

開発途上国における ICT 技術を活用した 道路分野 ODA 事業のあり方に関する プロジェクト研究

最終報告書

平成 30 年 4 月
(2018 年)

独立行政法人
国際協力機構(JICA)

株式会社 建設技術研究所
株式会社 建設技研インターナショナル

開発途上国における ICT 技術を活用した道路分野 ODA 事業のあり方に関する プロジェクト研究

目 次

第 1 章	業務概要	1-1
1.1	業務背景	1-1
1.2	業務概要	1-1
1.3	最終報告書の構成	1-2
第 2 章	資料収集及び関係機関からのヒアリング	2-1
2.1	概要	2-1
2.1.1	CIM 技術	2-1
2.1.2	点検・モニタリング技術	2-1
2.1.3	参考文献リスト	2-3
2.2	文献調査方法及び結果	2-8
2.2.1	CIM 技術	2-8
2.2.2	点検・モニタリング技術	2-11
2.3	アンケート調査方法及び結果	2-23
2.3.1	アンケート概要	2-23
2.3.2	アンケート先リスト	2-25
2.3.3	質問票	2-27
2.3.4	アンケート調査結果の要旨	2-34
2.4	ヒアリング調査方法及び結果	2-36
2.4.1	ヒアリング先リスト	2-36
2.4.2	ヒアリング調査結果の要旨	2-38
第 3 章	ICT 技術の発現効果機構の体系化	3-1
3.1	概要	3-1
3.2	ICT 技術の発現効果機構の体系化の方針	3-1
3.3	CIM 技術の発現効果	3-2
3.3.1	既存資料の整理・分析	3-2
3.3.2	日本の活用事例	3-3
3.3.3	海外の活用事例	3-14
3.3.4	効果の抽出/体系化	3-34
3.4	点検・モニタリング技術の発現効果	3-39
3.4.1	既存資料の整理・分析	3-39
3.4.2	効果の抽出/体系化	3-82
3.5	効果分析	3-86
3.5.1	CIM 技術の効果分析	3-86
3.5.2	点検・モニタリング技術の効果分析	3-87
第 4 章	ICT 技術の現状・課題・リスクの体系化	4-1

4.1	概要	4-1
4.2	CIM 技術の現状・課題・リスク	4-1
4.2.1	現状分析	4-1
4.2.2	CIM による発現効果	4-5
4.2.3	課題・リスクの抽出/体系化	4-5
4.3	点検・モニタリング技術の現状・課題・リスク	4-10
4.3.1	現状・課題・リスクの抽出/体系化	4-10
第5章	ICT 技術活用の技術・制度基準及びその取り組み事例の整理	5-1
5.1	概要	5-1
5.2	CIM 技術活用の技術・制度基準及びはその取り組み事例	5-1
5.2.1	技術・制度基準およびはその取り組み事例	5-1
5.2.2	日本の CIM の制度	5-3
5.2.3	英国の取り組み事例 (BS1192/PAS1192 シリーズ)	5-7
5.2.4	日本・米国の建設構造と CIM との関係	5-8
5.3	点検・モニタリング技術の技術・制度基準及びその取り組み事例	5-11
5.3.1	日本及び米国における技術・制度基準およびその取り組み事例	5-11
5.3.2	技術認証制度に関する技術・制度基準	5-12
5.3.3	構造物点検制度に関する技術・制度基準	5-19
5.3.4	米国のモニタリングに関する技術・制度基準	5-24
第6章	追加調査・研究内容案の作成	6-1
6.1	ICT 技術の効果と課題および動向の整理	6-1
6.2	ODA 事業への適用	6-2
6.2.1	PM ツールとしての適用可能性に関する考察	6-2
6.3	パイロットプロジェクト案	6-4
6.4	追加調査・研究案	6-7
6.4.1	追加調査・研究案 (その1)	6-7
6.4.2	追加調査・研究案 (その2)	6-8
6.5	開発途上国への導入に関連する基礎資料	6-9
6.5.1	ODA 事業への CIM 導入に関する整理	6-9
6.5.2	電子基準点および最先端衛星技術	6-16
6.5.3	ICT 土工導入に関する留意事項	6-20
6.5.4	データベース技術に関する補足 (BMS の事例)	6-24

巻末資料-1 (点検・モニタリング技術の事例集)

巻末資料-2 (アンケート・ヒアリング調査結果)

巻末資料-3 (検討会の資料および討議録)

巻末資料-4 (ICT 技術の効果・課題に対する評価手法)

目 次

図 2-1	資料収集及び関係機関へのアンケート・ヒアリング調査の全体イメージ	2-2
図 3-1	ICT 技術の発現効果機構の体系化の基本的考え方	3-1
図 3-2	建設生産システム	3-3
図 3-3	CIM 技術の効果	3-4
図 3-4	各道路事業管理プロセスに発現する活用事例	3-34
図 4-1	BIM および CIM の効果発現イメージ	4-2
図 4-2	CIM 活用の課題とその要因	4-3
図 5-1	国土交通省による平成 30 年度の CIM 実施方針	5-4
図 5-2	国際標準化の動向	5-6
図 5-3	情報マネジメント主要フェーズ	5-7
図 5-4	工事発注単位マネジメント	5-8
図 5-5	工事発注単位マネジメント	5-9
図 5-6	建設技術審査証明協議会 審査章	5-13
図 5-7	建設技術審査証明協議会における技術審査の流れ	5-14
図 5-8	衝撃弾性波検査概略説明	5-15
図 5-9	建設技術審査証明書	5-16
図 5-10	新技術情報提供システム (NETIS) の活用イメージ	5-17
図 5-11	開発者のメリット	5-17
図 5-12	開発技術の連携と全体戦略	5-18
図 6-1	パイロットプロジェクトの位置付け	6-4
図 6-2	PM 体制イメージ	6-6
図 6-3	開発途上国における点検・モニタリング技術の課題	6-8
図 6-4	追加調査・研究内容案 (その 2) のフロー	6-8
図 6-5	情報マネジメント主要フェーズ	6-11
図 6-6	韓国が取り組む Infra BIM	6-12
図 6-7	日本の ICT 土工システムの導入	6-13
図 6-8	CIM を用いた検討状況	6-14
図 6-9	地下埋設物のモデル化、3 次元点群による現況把握	6-15
図 6-10	橋梁に付与された情報に基づく解析 (損傷状況など)	6-15
図 6-11	点群データ	6-16
図 6-12	3 次元測定の種類	6-16
図 6-13	ネットワーク型 RTK 測量イメージ	6-18
図 6-14	MADOCA-PPP 実証実験システムのイメージ図	6-19
図 6-15	MADOCA-PPP の概要	6-20
図 6-16	長寿郎/BG システム画面イメージ	6-25
図 6-17	BMStar システム画面イメージ	6-26
図 6-18	橋梁管理システム (北海道建設技術センター) 画面イメージ	6-27
図 6-19	データベースシステムにおけるデータ転送の概要	6-28

表 目 次

表 1-1	業務の概要.....	1-1
表 1-2	業務仕様書と本成果の整合性.....	1-3
表 2-1	「点検・モニタリング技術の事例集」の整理方法.....	2-1
表 2-2	CIM 技術の参考文献リスト.....	2-3
表 2-3	点検・モニタリング技術の参考文献リスト.....	2-7
表 2-4	既存資料の整理・分析(その 1).....	2-9
表 2-5	既存資料の整理・分析(その 2).....	2-10
表 2-6	代表的な技術の抽出（グループ化）.....	2-12
表 2-7	研究開発段階(SIP)の点検・モニタリングにおける進捗状況（参考資料）.....	2-13
表 2-8	点検・モニタリング技術（例）.....	2-20
表 2-9	アンケートの目的.....	2-23
表 2-10	アンケート回答状況.....	2-24
表 2-11	ヒアリング先リスト.....	2-36
表 3-1	「CIM 技術の発現効果」の整理方法.....	3-2
表 3-2	効果の抽出.....	3-35
表 3-3	効果の体系化.....	3-38
表 3-4	点検・モニタリング技術の整理方法.....	3-39
表 3-5	点検に資する効果.....	3-82
表 3-6	診断に資する効果.....	3-82
表 3-7	品質管理（新設・補修・補強）に資する効果.....	3-82
表 3-8	緊急時の対策に資する効果.....	3-82
表 3-9	効果の抽出・体系化（その 1）.....	3-83
表 3-10	効果の抽出・体系化（その 2）.....	3-84
表 3-11	効果の抽出・体系化（その 3）.....	3-85
表 3-12	BIM の効果検証結果（英国：アバンティプロジェクト 2004）.....	3-86
表 3-13	点検・モニタリングの効果分析結果（技術リスト）.....	3-88
表 4-1	各道路事業管理プロセスに発現する活用事例.....	4-1
表 4-2	CIM に関するアンケートの主な回答.....	4-3
表 4-3	主要な BIM/CIM ソフトウェアの概要.....	4-4
表 4-4	CIM の効果発現のための発現メカニズム.....	4-5
表 4-5	道路事業における CIM の課題およびリスク一覧.....	4-5
表 4-6	効果発現メカニズムの課題.....	4-7
表 4-7	ICT 技術（CIM）の効果・課題の体系化.....	4-9
表 4-8	点検・モニタリング技術の課題・リスク.....	4-10
表 4-9	現状・課題・リスクの抽出・体系化（その 1）.....	4-11
表 4-10	現状・課題・リスクの抽出・体系化（その 2）.....	4-12
表 5-1	各国における CIM 技術活用の技術・制度基準及びはその取り組み事例.....	5-2
表 5-2	2018 年度の要求事項（リクワイヤメント）案.....	5-5

表 5-3	国土交通省による CIM 導入スケジュール	5-5
表 5-4	アクターの能力および工事発注単位規模	5-9
表 5-5	日本・米国における点検・モニタリング技術活用の技術・制度基準及びその取り組み事例	5-11
表 5-6	道路橋点検要領の日米比較に用いた要領	5-19
表 5-7	米国の橋梁点検の種類	5-20
表 5-8	直轄点検及び米国における橋梁点検種別の対応表	5-21
表 5-9	日米の道路橋点検比較表（まとめ）	5-21
表 6-1	ICT 技術の効果と課題の概要	6-1
表 6-2	工事期間中の支払いに至るプロセス及びその担当	6-3
表 6-3	CIM における各工種統一的な詳細度の定義	6-5
表 6-4	ODA 事業の適用方針（活用方法と契約形態）（案）	6-9
表 6-5	受発注者の CIM 導入目的	6-10
表 6-6	ODA 事業への導入方法（データマネジメント）	6-10
表 6-7	ODA 事業への導入方法（施工監理（管理））	6-11
表 6-8	ODA 事業への導入方法（ICT 土工）	6-12
表 6-9	ODA 事業への導入方法（3次元可視化）	6-13
表 6-10	ODA 事業への導入方法（維持管理段階での活用）	6-14
表 6-11	3次元測量	6-15
表 6-12	CIM 及び点検・モニタリング技術における GNSS 技術の利用実態	6-17
表 6-13	各測量技術の精度および計測範囲	6-17
表 6-14	用語の説明	6-19
表 6-15	機械施工歩掛補正表	6-21
表 6-16	ICT 土工を適用した場合の歩掛補正推算値（国内施工実態調査）	6-21
表 6-17	ICT 土工を適用した場合の歩掛補正推算値（ICT 活用工事積算要領）	6-22
表 6-18	我が国の制度と ODA 事業スキームの対比	6-24

略 語 集

No.	略語	正式名称	備考
1	AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials	米国州道路交通運輸担当官協会
2	ACM	Atmospheric Corrosion	大気腐食
3	ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
4	ALB	Airborne Laser Bathymetry	航空レーザー測深機
5	ASTM	American Society of Testing and Materials	米国試験材料協会
6	BAM	Federal Institute for Materials Research and Testing	ドイツ連邦材料試験研究所
7	BEP	BIM Execution Plan	BIM の実施計画
8	BIM	Building Information Modeling	-
9	BIM/VDC	Building Information Modelling/Virtual Design and Construction	-
10	BMS	Bridge Management System	-
11	BoQ	Bills of Quantities	出来高精算
12	BS	British Standards	英国規格
13	BSI	British Standards Institution	英国規格協会
14	bSI	Building SMART International	データ交換/国際標準化
15	bSJ	Building Smart Japan	bSI の日本支部
16	CAD	Computer Aided Design	コンピューター支援設計
17	CDE	Common Data Environment	共通データ環境
18	CIM	Construction Information Modeling/Management	-
19	CMR	Construction Management at Risk	-
20	COBie	Construction Operation Building information exchange	-
21	DB	Database	データベース
22	DRIMS	Dynamic Response Intelligent Monitoring System	道路性状の簡易評価システム
23	ECFA	Engineering and Consulting Firms Association, Japan	一般社団法人海外コンサルタツ協会
24	ECI	Early Contractor Involvement	-
25	EIR	Empoyment Requirement	英国 入札文書の一部
26	FBG	Fiber Bragg Granting	光ファイバセンシング技術の一つ
27	FDEM	Frequency Domain Electromagnetic Method	周波数領域電磁探査法
28	FEM	Finite Element Method	有限要素法
29	FHWA	Federal Highway Administration	米国連邦道路庁

No.	略語	正式名称	備考
30	FIDIC	F'ed'eration International des Ing'eneurs-Conseils (仏語)	国際コンサルティング・エンジニア連盟
31	GIS	Geographic Information System	地理情報システム
32	GNSS	Global Navigation Satellite System	全球測位衛星システム
33	GPR	Ground Penetrating Radar	地中レーダー
34	GPS	Global Positioning System	米国の GNSS
35	HIVIDAS	Hybrid Infrared / Visible Image Inspection & Diagnostic Analysis System	調査. 診断技術の一つ
36	ICT	Information and Communication Technology	-
37	iDRIMS	Dynamic Response Intelligent Monitoring System measurement app for iOS	iOS 向けの DRIMS
38	IFC	Industry Foundation Classes	CAD データモデルの仕様の一つ。
39	JACIC	Japan Construction Information Center	一般財団法人 日本建設情報総合センター
40	JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
41	LOD	Level of Development	BIM モデルの情報の詳細度
42	MADOCA	Multi-GNSS Advanced Demonstration tool for Orbit and Clock Analysis	高精度測位補正技術
43	MADOCA-PPP	Multi-GNSS Advanced Demonstration tool for Orbit and Clock Analysis - Precise Point Positioning	MADOCA による精密単独測位
44	MC/MG	Machine Control / Machine Guidance	-
45	MEMS	Micro Electro Mechanical Systems	微小電気機械システム
46	MMS	Mobile Mapping System	モバイルマッピングシステム
47	MoU	Memorandum of Understanding	覚書
48	NBIS	National Bridge Inspection Standards	米国橋梁調査基準
49	NEDO	New Energy and Industrial Technology Development Organization	国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
50	NETIS	New Technology Information System	新技術情報提供システム
51	ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
52	PAS	Predictive and Analysis System	変形予測システム
53	PBMC	The Performance-Based Maintenance Contracting in U.S	性能規定型維持管理契約
54	PM	Project Management	-
55	QS	Quantity Surveyor	-

No.	略語	正式名称	備考
56	RAIMS	Research Association for Infrastructure Monitoring System	モニタリングシステム技術研究組合
57	RFI	Request For Information	-
58	RI	Radio Isotope	-
59	RoI	Return on Investment	投資利益率
60	RTK	Realtime Kinematic	-
61	SAR	Synthetic Aperture Radar	-
62	SHRP2	Second Strategic Highway Research Program	米国第2次戦略的高速道路研究プログラム
63	SIP	Strategic Innovation Promotion Program	戦略的イノベーション創造プログラム
64	TS	Total Station	トータルステーション
65	UAV	Unmanned Aerial Vehicle	無人航空機、ドローン等
66	WB	World Bank	世界銀行

第1章 業務概要

1.1 業務背景

我が国は、2015年5月に「質の高いインフラパートナーシップ」を公表し、それを支える4本の柱の第一の柱として「日本の経済協力ツールを総動員した支援量の拡大・迅速化」が掲げられており、質の高いインフラ輸出として、設計及び施工の各段階における効率化・高度化・高質化はもとより、設計・施工段階から将来の維持管理段階まで一連の道路事業を総合的に効率化、高度化するツールとしてICT技術の利活用が期待されている。

上記の現状を踏まえ、「道路分野の質の高いインフラ」の観点から、ODA事業におけるICT技術(CIM技術及び点検・モニタリング技術)のあり方について整理し、これらのICT技術をODA事業へ導入するために、追加的に詳細な調査や研究が必要と考えられる事項の整理を行う。

1.2 業務概要

本業務の概要を表1-1に示す。

表 1-1 業務の概要

1. 業務の目的	道路分野における ODA 事業の質の向上を念頭において、ICT 技術の発現効果機構・技術基準・制度基準・現状・課題・リスク及び取組みを整理するとともに、今後、追加的に必要となる詳細な調査・研究事項の整理を行うものである。
2. 成果	【成果 1】 本邦/先進国の道路事業マネジメントにおける ICT 技術の発現効果機構が体系化される。
	【成果 2】 本邦/先進国の道路事業マネジメントにおける ICT 技術の現状・課題・リスクが体系化される。
	【成果 3】 道路事業への ICT 技術導入にあたる本邦/先進国の現状の技術・制度基準及びその取組みが明らかになる。
	【成果 4】 追加調査・研究内容案が作成される。
3. 調査対象国	日本及び先進国
4. 業務実施場所	日本国内

1.3 最終報告書の構成

業務仕様書の記載に基づき、CIM 技術および点検・モニタリング技術において、本業務の成果概要を表 1-2 に整理した。

第 2 章では、日本/先進国の事例調査方法として、文献調査、アンケート調査、ヒアリング調査を実施しており、調査方法および調査結果を整理している。

第 3 章では、本邦/先進国の道路事業マネジメントにおける ICT 技術の発現効果機構を整理し、第 4 章では同技術の現状・課題・リスクを整理した。

第 5 章では、我が国および先進国における ICT 技術の制度基準及び取り組み事例を整理した。

本プロジェクト研究の最終目標は、ODA 事業における ICT 技術のあり方を明らかにし、ODA 事業における ICT 技術の活用が加速されることである。したがって、本業務の主な成果は日本/先進国の事例調査・整理であるが、ICT 技術の活用を前提とした道路分野の案件形成および実施に寄与するものでなければならない。そこで、第 6 章では、追加調査研究内容案に加え、日本/先進国の事例調査・整理を通して得られた、開発途上国への導入に関連する知見を整理することとした。

表 1-2 業務仕様書と本成果の整合性

業務仕様書	成果概要	
<p>発現効果機構の体系化：日本／先進国の道路事業マネジメントにおける ICT 技術の発現効果機構が体系化される</p>	第 3 章	<p><u>CIM</u>：日本、米国、英国により活用目的が異なっていること、日本国内において当初の目的と実態との間に乖離があることを踏まえ、効果を体系化した。</p> <p><u>点検・モニタリング</u>：本業務で作成した点検・モニタリング技術の事例集（巻末資料 1 参照）の中から類似業務をグループ化し、12 の整理項目¹⁾を設定し、その整理項目に基づいてグループ化後の代表技術（25 の技術）を体系化した。</p>
<p>効果分析：ICT 技術の活用による発現効果機構が整理された後、その効果の影響度を客観的に評価するため、効果分析を行う</p>		<p><u>CIM</u>：土木分野への CIM の活用は始まったばかりであり、事例が少ないことが判明した。そこで、CIM の定量的評価に向けた提言を行った。</p> <p><u>点検・モニタリング</u>：「発現効果機構の体系化」、「現状・課題・リスクの体系化」で抽出した 13 の効果、5 の課題について点数を付け、把握できる内容が異なるそれぞれの技術について、同じ指標で総合的に性能を評価した。</p>
<p>現状・課題・リスクの体系化：日本／先進国の道路事業マネジメントにおける ICT 技術の現状・課題・リスクが体系化される</p>	第 4 章	<p><u>CIM</u>：建設事業全体の生産性向上に資する技術であるため、技術的課題と調達方法を含めた制度的課題に着目して課題・リスクを整理した。</p> <p><u>点検・モニタリング</u>：①高額な費用、②点検範囲の制約、③センサーの寿命、④データのばらつき、⑤高度な操作・分析の 5 つの視点で課題・リスクを整理した。</p>
<p>技術・制度基準・取組み：道路事業への ICT 技術導入にあたり日本／先進国の現状の技術・制度基準及びはその取り組むが明らかになる</p>	第 5 章	<p><u>CIM</u>：米国、欧州、アジア、日本において政府の方針、技術・制度基準の整備状況が異なっていること、特に英国では BS1192/PAS1192 シリーズを整備し、受発注者間のデータのやり取りを標準化していること、日米の建設構造の違いと CIM との関係等を踏まえ、技術・制度基準・取組みを整理した。</p> <p><u>点検・モニタリング</u>：新技術の開発を支援する政府（連邦政府）主導の取り組み事例、日本、米国における点検制度と新技術の適用方針の違いを踏まえ、技術・制度基準・取組みを整理した。</p>
<p>追加調査・研究内容案：追加調査・研究内容案が作成される</p>	第 6 章	<p>追加調査研究案（その 1）、追加調査研究案（その 2）を提案するとともに、その必要性や具体的な方法について整理した。また、本業務で調査した開発途上国への導入に関連する基礎情報（PM ツール、電子基準点および最先端衛星技術、ICT 土工、データベース等）を整理した。</p>

1) 12 の整理項目：①点検モニタリング手法、②必要機材と操作性、③価格（初期コスト・ランニングコスト）、④発現効果機構、⑤従来手法との差異比較、⑥適用可能な道路施設、⑦適用可能な変状、⑧CIM 技術との連携性、⑨実績及び技術手法の特許の有無、汎用性、類似技術、⑩精度、留意点及び適用限界、⑪開発途上国への導入課題、調達環境、維持管理特性(消耗品・スペアパーツの供給体制)等、⑫参考文献

第2章 資料収集及び関係機関からのヒアリング

2.1 概要

2.1.1 CIM 技術

本業務で収集した文献を 2.1.3 に整理した。効果、課題・リスク、制度の観点から、簡潔に文献毎に内容を整理した。

2.1.2 点検・モニタリング技術

NETIS、SIP、NEDO、その他技術資料（学会、過年度報告書等）、web（企業サイト）、SHRP2 を基に、点検・モニタリング技術を収集した。

収集した点検・モニタリング技術は、下記の項目で整理した。

表 2-1 「点検・モニタリング技術の事例集」の整理方法

No.	整理項目	整理内容
1	名称	技術の名称を記載する
2	把握できる内容	把握できる内容を端的に記載する
3	施設分類	橋梁、トンネル、舗装、法面・斜面により分類する
4	概要	端的に技術の概要を記載する
5	イメージ図	理解し易いように、イメージ図や使用状況写真等を添付する
6	運用結果	技術を活用して得られた結果を記載する 運用結果（例） ・遠隔操作により、高所作業車による作業が不要となり、交通への影響を軽減した
7	課題	技術を活用する上での課題を記載する 課題（例） ・自然条件に左右され、降雨、降雪では適用できない
8	参考資料	主な参考資料は、以下である ・NETIS 新技術情報提供システム ・SIP 戦略的イノベーション創造プログラム ・NEDO 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 ・技術資料（学会、過年度報告書等） ・Web（企業サイト） ・SHRP2 ・アンケート ・ヒアリング

<文献調査及びアンケート・ヒアリング調査の位置づけ>

様々な点検・モニタリング技術が開発・運用されている現状を踏まえ、本業務では以下の順序で【成果1】発現効果機構の体系化、【成果2】現状・課題・リスクの体系化、【成果4】追加調査・研究内容案の作成を整理することとする。

まずは、点検・モニタリング技術を文献調査により収集し、点検・モニタリング技術事例集を作成する。ここでは、基礎的な情報のみを整理する。そして、点検・モニタリング技術事例集から、類似業務をグループ化し、代表的な技術を抽出する。これらの技術については、アンケート調査を実施する。アンケートの目的は、収集した技術情報の確認、途上国導入課題の抽出、ヒアリング先抽出の活用である。最後に、本業務で重要な点検・モニタリング技術について、ヒアリング調査を実施する。ここで、アンケート調査前から情報の深堀りが必要と判断された「東京ゲートブリッジのモニタリング技術」では、アンケート調査を飛ばして、ヒアリング調査を実施することとした。

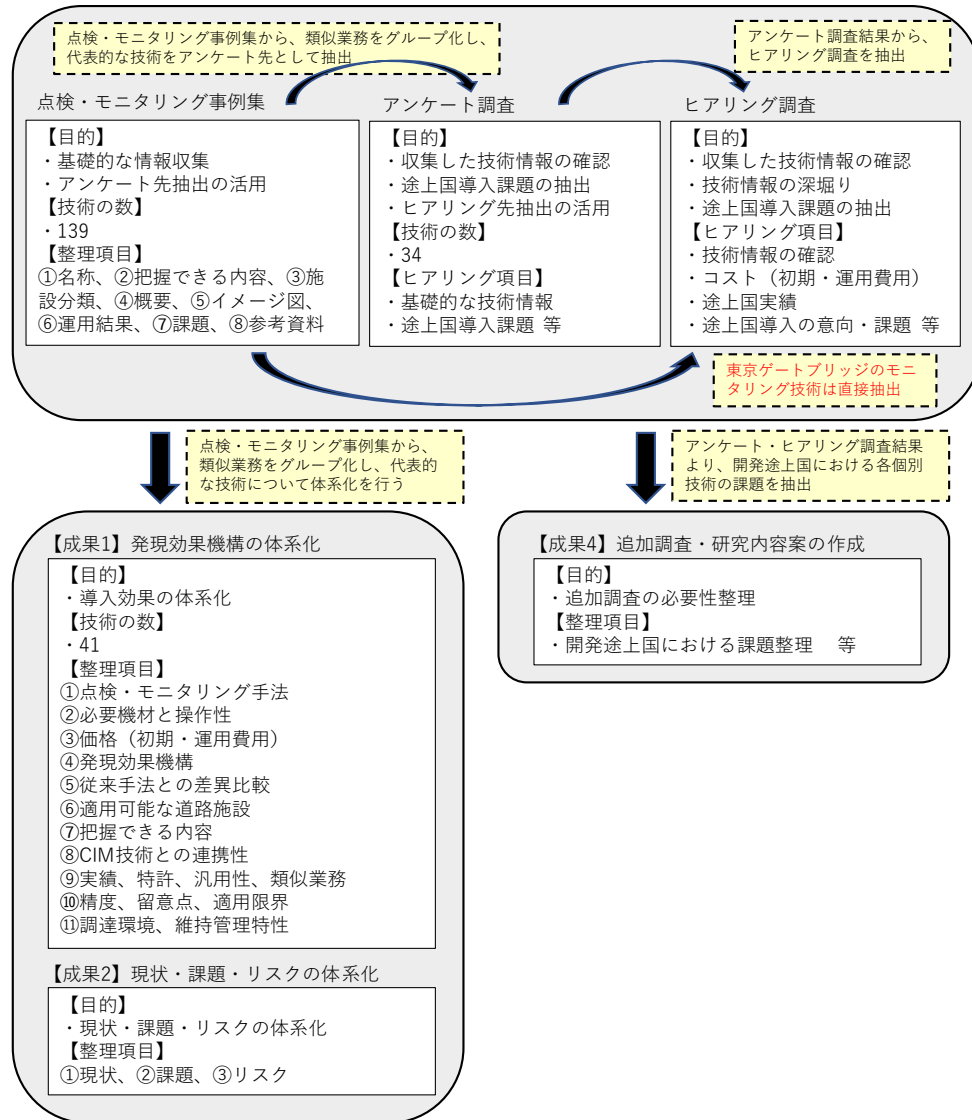


図 2-1 資料収集及び関係機関へのアンケート・ヒアリング調査の全体イメージ

2.1.3 参考文献リスト

日本/先進国における ICT 技術（CIM 技術、点検・モニタリング技術）に関連する参考文献リストを示す。先進国については、経験が豊富なアメリカ、イギリス、ドイツ、シンガポールを対象とした。

(1) CIM 技術

表 2-2 CIM 技術の参考文献リスト

No.	名称	発行元情報	概略
1	CIM 導入推進委員会資料(第1回～第4回)(2016年～現在)	日本/国土交通省大臣官房 CIM 導入推進委員会	CIM の導入・推進および普及に関する目標や方針に関する施策を進めていくための委員会で作成された委員会資料。
2	CIM 導入ガイドライン(案)2017年3月	日本/国土交通省大臣官房 CIM 導入推進委員会	現時点で CIM の活用が可能な項目を中心に、CIM モデルの詳細度、受発注者の役割、基本的な作業手順や留意点とともに、CIM モデルの作成指針(目安)、活用方法(事例)を参考として記載したもの。
3	CIM 事業における成果品作成の手引き、2017年3月	日本/国土交通省大臣官房 CIM 導入推進委員会	CIM 事業にて提出する成果品の作成方法(電子納品に関する規定)やその確認方法を定めたもの。
4	施工 CIM 事例集(2015年版、2016年版、2017年版)	日本/一般社団法人日本建設業連合会インフラ再生委員会	CIM 導入の目的と概要、導入効果、今後の展開・課題等について、会員企業における施工 CIM の適用事例の一部を取りまとめたもの。
5	CIM モデル作成仕様【検討案】(橋梁編)平成 27年4月	国土交通省国土技術政策総合研究所/防災・メンテナンス基盤研究センター メンテナンス情報基盤研究室	橋梁を対象とした維持管理における具体的な CIM の活用場面と、その活用場面を実現するための具体的な 3次元モデルの作り込みレベルと属性情報を、設計、施工段階で構築することを念頭に取りまとめたもの。
6	i-Construction 委員会資料(第1回～第4回資料および報告書)、2016年4月	日本/国土交通省大臣官房 i-Construction 委員会	本委員会は、i-Construction の基本方針や推進方策を検討するために設置され、2015年12月から4回開催されている。報告書では、「ICT の全面的な活用(ICT 土工)」等の施策が設定され、取り組むべき事項を整理。
7	ECFA セミナー「BIM/CIM の取り組み現状と今後の展望」H29.11	日本/一般社団法人海外コンサルタンツ協会 (ECFA)	2017年11月28日に一般社団法人海外コンサルタンツ協会(ECFA)の主催で開催されたセミナー資料。「BIM/CIM の取り組み現状と今後の展望」をテーマとしており、開発コンサルタント、大学、ゼネコンからそれぞれの現状と展望。

No.	名称	発行元情報	概略
8	ODA 活用小委員会 中間報告書 H27.6	公益社団法人 土木学会 建設マネジメント委員会 ODA 活用小委員会	過去の ODA 事業の不調、不落の原因究明を行い、現行の ODA 事業にどのような問題があるのかを探るとともに、建設マネジメント委員会でこれまでに実施されてきた国内外の入札契約制度に関する研究の蓄積等に基づき、我が国の建設業者が ODA 事業を通して国際貢献をさらに進めるための方策を提案するもの。
9	公共工事の入札契約方式の適用に関するガイドライン H27.5	国土交通省	発注者による適切な入札契約方式の選択が可能となるよう、多様な入札契約方式を体系的に整理し、その導入・活用を図ることを目的として策定されたガイドライン。
10	特記仕様書(案)(大町ダム等再編土砂対策設備予備設計業務)H29.10	北陸地方整備局	大町ダム等再編土砂対策設備予備設計業務の特記仕様書。CIM 活用範囲の規定を含む。
11	日・米・欧における公共工事の入札・契約方式の比較 2005.9	会計検査院	アメリカ・イギリス・フランス・ドイツ・スウェーデンを対象とした実態調査を基に、日本と欧米諸国の公共工事の入札・契約方式の制度と運用上の特徴を比較・整理し、日本がこれらの諸国から学ぶべき点について取りまとめた資料。
12	MADOCA 及び MADOCA-PPP の開発状況について	宇宙航空研究開発機構	MADOCA(PPP 方式を実現するために不可欠な精密軌道クロック推定ソフトウェア)及び MADOCA-PPP(MADOCA を用いて生成した精密軌道・クロック情報を用いた単独搬送波位相測位方式)の開発状況、開発経緯及び今後の課題についてまとめた資料。
13	平成 27 年度 CIM に関する海外調査 教育訓練調査(米国方面)、2015 年	日本(対象国は米国)/日本建設情報総合センター(JACIC)	CIM の導入実績が豊富な米国で 2015 年 10 月 24 日から 11 月 1 日に行われた、CIM に関する要領・基準・ガイドライン調査、教育・訓練の状況調査に関する報告資料。
14	米国における CIM 技術調査 2013 報告書、2013 年	日本(対象国は米国)/土木学会土木情報学委員会米国 CIM 技術調査団	CIM の導入実績が豊富な米国で 2013 年 9 月 22 日から 28 日に行われた、産官学関係者との意見交換および実務実情調査に関する報告資料。
15	米国における BIM/CIM の取り組みについて(第 15 回建設情報研究所研究発表会)、2013 年 11 月	日本(対象国は米国)/建設情報研究所研究開発部建設 ICT 推進グループ	先駆的・先進的事例および教育・訓練プログラム、費用対効果、調達・発注方式等、米国における BIM/CIM の取り組みが整理されたもの。

No.	名称	発行元情報	概略
16	平成 29 年度 CIM に関する海外調査 調査報告書、2017 年	日本 (対象国は、英、フィンランド) / 日本建設情報総合センター (JACIC)	英国では、英国 BIM task Group との MoU の履行、3次元データ共通プラットフォーム構築 (CDE) に関する事例調査、PAS1192 の実施状況の確認を実施している。また、フィンランドでは、FinBIM (InfraKit) の普及・展開及び運用実施状況の調査を実施。
17	欧州における CIM 技術調査 2014 報告書、2014 年	日本 (対象国は仏、英、独) / 土木学会土木情報学委員会欧州 CIM 技術調査団	CIM の導入実績が豊富な欧州(仏、英、独)で 2014 年 10 月 19 日から 26 日に行われた、産官学関係者との意見交換および実務実情調査に関する報告資料。
18	BIM/CIM に関する海外調査に関するセミナー H29.12	一般財団法人 日本建設情報総合センター (JACIC)	平成 29 年 12 月 12 日に一般財団法人日本建設情報総合センター (JACIC) の主催で開催されたセミナー資料。米国、英国、フィンランド等における BIM/CIM の取り組み事例を紹介。
19	CIM 活用業務及び工事における実施内容について_H29.10	国土交通省	発注者指定型等で発注する CIM 試行業務・工事にて検討する項目を設定し、事業を通じて CIM モデルの本格導入に必要な課題の抽出及び解決方法を検討した資料。
20	National BIM Guide for Owners, 2017.01	米国/National Institute of Building Sciences	施設管理者(発注者)が BIM を実施するにあたって留意すべき点、準拠する基準等を記載したもの。
21	BIM Project execution planning guide version 2.0, 2010.04	米国/A buildingSMART alliance™ Project	構造化された BIM 実行手順が示された BIM 実施計画を作成するための実践的な手引書
22	Handbook for the Introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector, 2017	EU/EU BIM TASKGROUP	公共事業発注社や政策立案者に向けた指針を作成し、共通の理解、的を絞った要件、およびデジタル業務における一貫した専門用語を作り上げることにより、欧州各国の連携に向けた取り組みを推進するための手引き。
23	BS1192/PAS1192 シリーズ	英国/英国政府	BIM 実施にあたっての業務段階をまたがったデータ管理の考え方、受発注者間のデータのやり取り、管理等について、整理して示した BIM 推進の基本となる英国基準。 枝番の 5 番まで順次発行されており、今後も追加発行の予定。

No.	名称	発行元情報	概略
24	CIC BIM Protocol, 2013	英国/ the Construction Industry Council (CIC)	BIM 使用に関する責任、自由、制限を取り決めている標準的なプロトコル。
25	BS8541 シリーズ	英国/ the British Standards Institution	BIM 関連部品のライブラリ集 パート 1 から 6 まで存在。
26	COBie UK 2012	英国/ BuildingSmart Alliance	設計・施工段階から運用段階へと建物の情報を受け渡すためのデータフォーマット 米国の BIM で推奨されている COBie の基準を取り入れ、一部英国向けにアレンジして採用。
27	BS11000 シリーズ	英国/ the British Standards Institution	企業が他社と協力して事業を実施できるようにするためのフレームワーク。
28	Employer's Information Requirement for the CENTRE FOR ADVANCED MANUFACTURING	英国/University of Sunderland	EIR は、サプライヤーに 3 次元モデルやデータの扱いの要求を整理した入札文書の一部であり、本資料は、サンダーランド大学のプロジェクトで作成されたものである。BIM 実施計画(BEP) を提出要求することも記載。
29	BIM Execution Plan for the CENTRE FOR ADVANCED MANUFACTURING, 2016.05	英国/Waterman Structures Limited	英国 Waterman 社がサンダーランド大学の建築案件において本工事における BIM の基準および手順を協力関係者に向けて提示したものの。
30	The Impact of BIMVDC on ROI 2017	KTH Royal Institute of Technology in Stockholm	BIM/VDC 導入により投資利益率 (ROI) がいかに好転するかについてスウェーデン国内等の事例を紹介しながら説明した資料。
31	Singapore BIM Guide	シンガポール/Building and Construction Authority	建築案件において BIM を活用した場合に考えられる成果物、プロセス等の概略を説明した資料。BIM を活用した事業において関係者の役割や責任のガイドラインとして利用されることが目的。
32	BIM Particular Conditions	シンガポール/Building and Construction Authority	シンガポールにおける BIM 活用時の基準、用語の規定等、特定の条件を説明した資料

(2) 点検・モニタリング技術

表 2-3 点検・モニタリング技術の参考文献リスト

No.	名称	発行元情報	概略
1	NETIS 新技術情報提供システム（平成 10 年度より運用を開始）	日本/国土交通省	新技術の活用のため、新技術に関わる情報の共有及び提供を目的として、国土交通省のイントラネット及びインターネットで運用されるデータベースシステム。
2	SIP 戦略的イノベーション創造プログラム 「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」（2013 年より開始）	日本/SIP インフラ維持管理・更新・マネジメント技術推進委員会（国土交通省、JST、NEDO 等）	総合科学技術・イノベーション会議が司令塔機能を発揮し、府省の枠を超え、基礎研究から実用化・事業化までをも見据えた研究開発を推進し、イノベーションを実現するために創設されたプログラム。インフラ維持管理・更新・マネジメント技術では、「点検・モニタリング・診断技術」、「情報通信技術」、「ロボット技術」等の研究開発項目がある。JST：科学技術振興機構 NEDO：新エネルギー・産業技術総合開発機構
3	各定期点検要領（国管理・技術的助言）	日本/国土交通省	道路橋、道路トンネル、シェッド・大型カルバート、歩道橋、付属物（標識、照明施設等）、舗装、道路のり面工・土工構造物に関する点検要領。国管理および技術的助言（地方自治体）向けに発行。
4	道路・橋梁維持管理に関する情報収集・確認調査 2013 年 1 月	日本（対象は中進国、開発途上国）/国際協力機構	先進諸国（日、米、英、仏等）、中進国 1（南アフリカ、タイ、マレーシア、ブラジル、チリ）、開発途上国（ベトナム、インドネシア、フィリピン、ラオス等）における道路維持管理の現状、他ドナー（世界銀行等）の取り組みについても情報収集するとともに、JICA の今後の協力方針を検討するための基礎資料
5	モニタリング技術の活用による維持管理業務の高度化・効率化 平成 29 年 7 月 RAIMS（Research Association for Infrastructure Monitoring System）	日本/RAIMS	インフラへのモニタリング技術活用の意義や役割、早期実用化に向けた現在の取り組みを具体例と共に紹介。

No.	名称	発行元情報	概略
6	JICA セミナー (道路アセット マネジメント技術～最先端 技術の技術協力への適用～)	JICA	今後の技術協力に国内最先端の研究成 果を反映させることで更なる効果的・ 効率的な支援を実施することを目標と した、内閣府戦略的イノベーション創 造プログラム (SIP) の技術紹介
7	米国の性能規定型維持管理 契約の概要と我が国への示 唆	月間土木技術 66 巻	欧米をはじめとする諸国において 10 年 以上前から道路等の維持管理に採用さ れている性能規定型維持管理契約 (PBMC) の概要とそれを参考にした 今後我が国で推進すべき戦略的維持管 理への取組み方。
8	企業 HP	日本/各企業	点検・モニタリング技術の開発・販売・ 運営者
9	SHRP2 : Second Strategic Highway Research Program (2006 年～2015 年)	米国/ Federal Highway Administration(FHWA)	米国連邦道路庁(FHWA)により新技術 (非破壊検査技術等)を積極的に研究・開 発するために創設された第 2 次戦略的 高速道路研究プログラム。
10	Bridge Inspector's Reference Manual	米国/ FHWA	全国橋梁点検基準(構造要素全体)。 FHWA: Federal Highway Administration
11	AASHTO Guide Manual for Bridge Element Inspection	米国/ AASHTO	橋梁点検マニュアル(部材要素) AASHTO: the American Association of State Highway and Transportation Officials
12	Division 8.2 Non-Destructive Damage Assessment and Environmental Methods	ドイツ/ ドイツ連邦 経済技術省 BAM (ド イツ連邦材料試験研 究所)	EU 規制「765/2008/EG」で指定された 適合性評価機関である BAM の取り組 みの一つとして、非破壊損傷診断・環 境測定方法に関する研究・開発を実施。

2.2 文献調査方法及び結果

2.2.1 CIM 技術

参考文献リストから、CIM 技術の効果、課題・リスク、制度に関連する情報を整理・抽出した。(表 2-4、表 2-5 参照) 具体的には、「名称」、「発行元情報 (対象の国名)」、「活用目的」、「概略」、「確認事項」の 5 項目で整理した。なお、「活用目的」については、成果 1・2 (個別技術の発現効果および課題・リスク) あるいは成果 3 (全体の技術・制度基準及びはその取り組み事例) に分類している。また、各文献の概要を「概略」で整理するとともに、「確認事項」の項で、効果および課題・リスク、制度の観点から、文献毎に簡潔に内容を整理した。

表 2-4 既存資料の整理・分析(その1)

No.	名称	発行元情報	活用	概略	確認事項
		(対象の国名)	目的		
1	CIM導入推進委員会資料（第1回～第4回）（2016年～現在）	日本/国土交通省大臣官房CIM導入推進委員会	成果1, 2, 3	CIMの導入・推進および普及に関する目標や方針に関する施策を進めていくための委員会で作成された委員会資料。	効果は見える化の部分に集中している 課題は制度が不十分、導入コストがかかる、人材育成が進まない 制度への取り組みとしてECIやCIM監理業務などを設置、国際標準化への取り組み、H29.3に策定したガイドラインの拡充を実施している。
2	CIM導入ガイドライン（案）、2017年3月	日本/国土交通省大臣官房CIM導入推進委員会	成果3	現時点でCIMの活用が可能な項目を中心に、CIMモデルの詳細度、受発注者の役割、基本的な作業手順や留意点とともに、CIMモデルの作成指針（目安）、活用方法（事例）を参考として記載したもの。	現在の技術力で対応可能な範囲で執筆としている。 これまでの試行業務・工事での知見から活用場面(好事例)を提示しているが、これらを実施するためのガイドラインとはなっていない。 建設事業全体での効率化のためのモデル作成・修正方法や属性付与方法が緩く定められている。 これで完成ではなく、国交省でのCIMの実施の経験を踏まえてブラッシュアップする位置づけとされている。
3	CIM事業における成果品作成の手引き、2017年3月	日本/国土交通省大臣官房CIM導入推進委員会	成果3	CIM事業にて提出する成果品の作成方法（電子納品に関する規定）やその確認方法を定めたもの。	CIMモデルの電子納品方法として、フォルダ構成、納品時の媒体、3次元モデルのチェック方法が示されている。 (既存の電子納品要領では、3次元モデルの納品方法について触れていないため、本手引きで補足したもの。)
4	施工CIM事例集 (2015年版、2016年版、2017年版)	日本/一般社団法人日本建設業連合会インフラ再生委員会	成果1・2	CIM導入の目的と概要、導入効果、今後の展開・課題等について、会員企業における施工CIMの適用事例の一部を取りまとめたもの。	効果は、見える化による手戻り防止、施工シミュレーションによる施工手順の把握、計測記録の冗長による判断の迅速化など 課題は、導入時のコスト、発注者との連携等
			成果3		
5	i-Construction委員会資料	日本/国土交通省大臣官房i-Construction委員会	成果3	本委員会は、i-Constructionの基本方針や推進方策を検討するために設置され、2015年12月から4回開催されている。報告書では、「ICTの全面的な活用（ICT土工）」等の施策が設定され、取り組むべき事項が整理されている。	i-ConstructionとしてICT土工が脚光を浴びており、効果が実際に出ている。国交省はトップランナー方式により展開するとしている。 他の事業においてもICTを用いた効率化が期待されている。 現在、国交省の取り組みとしてコンソーシアムを立ち上げ、2つのWGがある 「技術開発・導入WG」: ICTを用いた効率化に向けたニーズとシーズのマッチング、「3次元データ流通・利活用WG」: 3次元データを利活用するためのプラットフォームの構築。将来的にはこれらの仕組みを海外展開するための「海外標準WG」を立ち上げる予定。
	(第1回～第4回資料および報告書)、2016年4月				
6	平成27年度 CIMに関する海外調査 教育訓練調査（米国方面）、2015年	日本（対象国は米国）/日本建設情報総合センター（JACIC）	成果3	CIMの導入実績が豊富な米国で2015年10月24日から11月1日に行われた、CIMに関する要領・基準・ガイドライン調査、教育・訓練の状況調査に関する報告資料。	ロードアイランド州交通局、マサチューセッツ州港湾局、ウィスコンシン州交通局の土木向けBIMの事例をヒアリングしている。米国では合衆国全体でのBIMの取り組みはしておらず、各州の組織が各々の裁量で方針を立てており、独自のBIM導入推進計画なども策定している。また、その州の都合でオートデスク製品に限定するなどの大胆な方針も打ち出している。
7	米国におけるCIM技術調査2013報告書、2013年	日本（対象国は米国）/土木学会土木情報学委員会米国CIM技術調査団	成果1・2	CIMの導入実績が豊富な米国で2013年9月22日から28日に行われた、産官学関係者との意見交換および実務実情調査に関する報告資料。	大規模で複雑な事業においてはBIMの導入によって干渉チェックや事業進捗管理に効果を上げている。 効果の多くは無駄（手戻り・RFI）の削減 効果を得るためには目的を明確化し、そのために必要な精度でモデル化する必要がある。
			成果3		
8	米国におけるBIM/CIMの取り組みについて（第15回建設情報研究所研究発表会）、2013年11月	日本（対象国は米国）/建設情報研究所研究開発部建設ICT推進グループ	成果1・2	先駆的・先進的事例および教育・訓練プログラム、費用対効果、調達・発注方式等、米国におけるBIM/CIMの取り組みが整理されたもの。	2013年当時の米国でのBIMの取り組み状況が整理されている。 米国では、契約方式としてプロジェクトマネージャ(PMr)を受発注者の調整役として設置する方式や、CM/GC方式といったCM費用を収益とする契約を含んだ方式が採用されることがある。
			成果3		
9	平成29年度 CIMに関する海外調査 調査報告書、2017年	日本（対象国は、英、フィンランド）/日本建設情報総合センター（JACIC）	成果3	英国では、英国BIM task GroupとのMoUの履行、3次元データ共通プラットフォーム構築（CDE）に関する事例調査、PAS1192の実施状況の確認を実施している。また、フィンランドでは、FinBIM（InfraKit）の普及・展開及び運用実施状況の調査を実施している。	英国では、BIMを制度化するだけでなく、普及・推進するための組織として、BIMタスクグループを設置し、啓蒙普及に努めるとともに、RIBA(英建築家協会)が部品集や標準的な業務の進め方のガイドラインを作成するなど、普及のための組織や活動が充実している。 フィンランドでは、データ共有のためのクラウドシステムである「Infra Kit」を政府機関が採用したため、情報共有の面からもBIM普及が進んでいる。

表 2-5 既存資料の整理・分析(その2)

No.	名称	発行元情報	活用	概略	確認事項
		(対象の国名)	目的		
10	欧州におけるCIM技術調査 2014報告書、2014年	日本(対象国は仏、英、独) / 土木学会土木情報学委員会 欧州CIM技術調査団	成果1・2 成果3	CIMの導入実績が豊富な欧州(仏、英、独)で2014年10月19日から26日に行われた、産官学関係者との意見交換および実務実情調査に関する報告資料。	英国では2016年にBIMを義務化することを決め、その推進役として産学官から組織したBIM TASK GROUPがある。 義務化にあたってはその効果を実証したプロジェクトがある。そこでの成果を取りまとめたPAS化(標準化の一手前、現在BSになっている)している。 3次元モデルよりもデータ管理の重要性を意識している。
11	National BIM Guide for Owners, 2017.01	米国/National Institute of Building Sciences	成果3	施設管理者(発注者)がBIMを実施するにあたって留意すべき点、 準拠する基準等を記載したもの。	施設管理者を対象に、国内施策や手続きにおけるBIMの要求事項を改善する方法やその要求事項 を計画・設計・建設・維持管理に含む方法についてコンパクトに記載している。目的を明確にす ること、採用する技術や基準を明確にすることが重要。
12	BIM Project execution planning guide version 2.0, 2010.04	米国/A buildingSMART alliance™ Project	成果3	構造化されたBIM実行手順が示されたBIM実施計画を作成するた めの実践的な手引書	BIM実施計画を作成するために必要な内容や手順を整理して記述。情報交換方法や品質管理手順 などBIM実施に必要な内容を網羅しており、付録としてBIM実施計画書のテンプレートや作業別業務 プロセスのフローなどが示されている。
13	Handbook for the Introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector, 2017	EU/EU BIM TASKGROUP	成果3	公共事業発注社や政策立案者に向けた指針を作成し、共通の理 解、的を絞った要件、およびデジタル業務における一貫した専門 用語を作り上げることにより、欧州各国の連携に向けた取り組み を推進するための手引き。	BIMの概要、メリットと共に行政がリーダーシップを発揮すべきこと、欧州共通のアプローチが必要なこ と、業界全体での協力体制が必要なが示されている。 本資料においても、発注者のEIR、受注者からのBIM実施計画、CDE(共通データ環境)が重要である と述べられている。
14	BS1192/PAS1192シリーズ	英国/英国政府	成果3	BIM実施にあたっての業務段階をまたがったデータ管理の考え 方、受発注者間のデータのやり取り、管理等について、整理して 示したBIM推進の基本となる英国基準。 枝番の5番まで順次発行されており、今後も追加発行の予定があ る。	英国のBIMの標準。 3次元モデルを活用することそのものよりも、その背景や前提となる、受発注者間のデータの持ち方、 共有方法、納品などにICT技術を活用することに重点を置いて標準を策定していることが分かる。 また、調査から維持管理までを含めたライフサイクル全体でのデータ管理の考え方も標準の中で述 べられている。
15	CIC BIM Protocol, 2013	英国/ the Construction Industry Council (CIC)	成果3	BIM使用に関する責任、自由、制限を取り決めている標準的なプ ロトコル。	発注者がBIMの要件を示すEIR、受注者が示すBIM計画書(BEP)、共通データ環境(CDE)が重要な要 素として示されている。 また、建物に関する納品する属性情報については、ほぼ米国のCOBieをそのまま採用している。
16	BS8541シリーズ	英国/ the British Standards Institution	成果3	BIM関連部品のライブラリ集 パート1から6まで存在する。	
17	COBie UK 2012	英国/ BuildingSmart Alliance	成果3	設計・施工段階から運用段階へと建物の情報を受け渡すための データフォーマット 米国のBIMで推奨されているCOBieの基準を取り入れ、一部英国向 けにアレンジして採用している。	
18	BS11000シリーズ	英国/ the British Standards Institution	成果3	企業が他社と協力して事業を実施できるようにするためのフレーム ワーク。	
19	Employer's Information Requirement for the CENTRE FOR ADVANCED MANUFACTURING	英国/University of Sunderland	成果3	EIRは、サプライヤーに3次元モデルやデータの扱いの要求を整理 した入札文書の一部であり、本資料は、サンダーランド大学のプ ロジェクトで作成されたものである。BIM実施計画(BEP)を提出 要求することも記載されている。	英国の基準に準拠し、発注者として成果物(3次元モデル、データ)に求める内容・仕様を規定してい る。 準拠する基準、用語の定義、共通データ環境の運用、モデルの詳細度、付与する情報、データ提出 のタイミングやファイルフォーマットなどを規定。また、発注者がすめ決めるのではなく、受注者から提案 して定めるべき項目はその旨の記載がされている。
20	BIM Execution Plan for the CENTRE FOR ADVANCED MANUFACTURING, 2016.05	英国/Waterman Structures Limited	成果3	英国Waterman社がサンダーランド大学の建築案件において本工事におけ るBIMの基準および手順を協力関係者に向けて提示したもの。	PAS1192、EIRの基準を準拠したうえで、提出物や仕様ソフトウェア等のフォーマットを提案/規定して いる。マネージメントチームの氏名連絡先及びそれぞれの役割を規定し、プロジェクト各段階における スケジュールが示されている。空白部分はプロジェクト進行中に随時アップデートされることとされてい る。

2.2.2 点検・モニタリング技術

(1) 代表技術の抽出（グループ化）

収集した技術は、類似業務を多く含むため、より詳細な情報収集、発現効果機構及び課題・リスクの体系化については、代表的な技術を抽出し、検討を進めていくこととする。

代表的な技術を、表 2-6 に示す。構造物には様々な損傷形態があり、特定の損傷に特化した技術として、「ひび割れ特化型」、「うき・剥離特化型」、「疲労き裂特化型」、「床版の損傷特化型」、「路面空洞特化型」、「路面性状特化型」を抽出した。

一方、特定の損傷に着目した発想とは異なり、点検車・高所作業車等による近接目視を代替する技術として、「点検車・高所作業車の代替技術」を抽出した。また、構造物全体の挙動を把握することで対象構造物全体の健全度を推定する技術として、「構造物全体の挙動に着目した技術」を抽出した。

上述の技術と重複するが、日本、先進国における最先端技術である SIP（日本）、SHARP2（米国）の技術は別枠で抽出することとした。

表 2-6 代表的な技術の抽出（グループ化）

グループ化前				グループ化後（代表技術の抽出）		
点検プロセス	No.	グループ名	数	No.	代表技術	数
点検/ 診断	1	ひび割れ検出	10	1	ひび割れ計測システム	2
				2	コンクリート構造物のひび割れ検出塗装システム	
	2	うき・剥離検出	5	3	赤外線調査トータルサポートシステム Jシステム	1
	3	疲労き裂検出	6	5	クラックパトロール	1
	4	床版の損傷検出	4	6	G-Cube・橋梁床版内部診断技術	1
	5	橋梁洗堀検出	3	7	ソナーによる橋梁下部工洗堀調査	1
	6	路面空洞検出	4	8	スケルカー	1
				9	道路性状の簡易評価システム（DRIMS）	
	7	路面性状検出	9	10	モバイルマッピング・システム	2
				11	地中レーダーによるトンネル覆工巻厚・背面空洞探査システム	
8	覆工コンクリート内部空壁検出	3	12	コンクリートビュー	1	
9	表面塩分検出	2	13	土木(建築)構造物一般図作成システム	8	
10	点検/診断を補助する技術 (画像・レーザー・ロボット技術・データベース)	24	14	H I V I D A S (コンクリートひび割れ診断)		
			15	橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム		
			16	構造物点検用カメラ「DSカメラ」システム		
			17	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム		
			18	インフラドクター		
			19	橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替する飛行ロボットシステム		
			20	省電力化を図ったワイヤレスセンサによる橋梁の継続的遠隔モニタリングシステム		
			21	鉄筋コンクリート構造物における内部鋼材の非破壊調査技術	2	
22	補修・補強を行ったコンクリート橋の長期モニタリング					
品質管理	11	品質管理を補助する技術	3	23	衝撃振動試験による構造物の健全度評価法	2
				24	東京ゲートブリッジのモニタリング技術	
緊急時	12	緊急時の対策を補助する技術（橋梁）	16	25	トンネル点検無人調査ユニット	1
	13	緊急時の対策を補助する技術（トンネル）	2	26	斜面崩壊検知センサー	1
	14	緊急時の対策を補助する技術（法面・斜面）	10	-	日本、先進国における最先端技術 SIP（日本）、SHARP2（米国）	16
	15	最先端技術（研究開発段階）	38	-	日本、先進国における最先端技術 SIP（日本）、SHARP2（米国）	16
合計（グループ化前の技術の数）			139	-	合計（グループ化後の技術の数）	41

(2) 最先端技術

SIP 戦略的イノベーション創造プログラムで開発中の点検・モニタリング技術について、下表を取り上げ、既に実用段階にあると言える技術が複数存在しており、区分分けすることとした。これは、アンケート調査結果、公開情報といった限られた情報を基に整理したものであり、参考資料として整理している。

表 2-7 研究開発段階(SIP)の点検・モニタリングにおける進捗状況（参考資料）

No.	研究開発段階の点検・モニタリング技術	実用 段階	実証 段階	開発 段階
1	異分野融合によるイノベティブメンテナンス技術	—	○	—
2	レーザー超音波可視化探傷技術を利用した鋼橋の劣化診断技術	—	○	—
3	レーザーを活用した高性能・非破壊劣化インフラ診断技術	—	○	—
4	コンクリート内部を可視化する後方散乱X線装置	—	○	—
5	インフラモニタリングのための振動可視化レーダー	—	—	○
6	高速走行型非接触レーダーによるトンネル覆工の内部欠陥点検技術と統合型診断システム	○	—	—
7	高感度近赤外分光を用いたインフラの遠隔診断技術	—	—	○
8	学習型打音解析技術	—	—	○
9	空洞及び裏込れ下調査におけるチャプレーダー等、特殊GPR装置	—	○	—
10	ALB（航空レーザー測深機）による洗掘状況の把握	—	—	○
11	橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム	○	—	—
12	画像解析技術を用いた遠方からの床版ひび割れ定量評価システム	—	○	—
13	省電力化を図ったワイヤレスセンサによる橋梁の継続的遠隔モニタリングシステム	○	—	—
14	高精度かつ高効率で人工構造物の経年変位をモニタリングする技術	—	○	—
15	自在適応桁で支えられる橋梁点検ロボットシステム	—	○	—
16	橋梁・トンネル用打音点検飛行ロボットシステム	—	○	—
17	トンネル全断面点検・診断システム	—	○	—
18	橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替える飛行ロボットシステム	○	—	—
19	近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム	—	○	—
20	二輪型マルチコプタを用いたジオタグ付近接画像を取得可能な橋梁点検支援ロボットシステム	—	○	—

※1 実用段階：～5年、開発段階：5年～

(3) 点検・モニタリング技術リスト

① ひび割れ検出

No.	点検・モニタリング技術の名称
1	コンクリート構造物のひび割れ検出システム
2	ひび割れ自動撮影システム
3	コンクリートひび割れ調査システム
4	コンクリート構造物のひび割れ検出塗装システム
5	ウェアラブル端末によるインフラヘルスマニタリング
6	デジタル画像による構造物の点検・分析支援システム
7	コンクリート構造物のひび割れ検知ツール（クラックセンサ）
8	ひび割れ計測システム
9	ラインセンサカメラ(連続走査画像)
10	レーザー

② うき・剥離検出

No.	点検・モニタリング技術の名称
1	赤外線調査トータルサポートシステム Jシステム
2	赤外線コンクリート構造物劣化診断支援システム
3	打音による床版コンクリート等の健全度測定システム
4	健コン診断ポータブル
5	回転式連続打音検査(Drコロリン)

③ 疲労き裂検出

No.	点検・モニタリング技術の名称
1	クラックパトロールシステム
2	アコースティックエミッション計測を適用した橋梁モニタリングシステム
3	鋼床版デッキプレート亀裂検査
4	疲労センサによる鋼構造物の疲労寿命評価
5	溶接部ヘルスマニタリングシステム
6	渦流探傷による橋梁等の亀裂検査システム

④ 床版の損傷検出

No.	点検・モニタリング技術の名称
1	G-Cube・橋梁床版内部診断技術
2	橋梁床版損傷状況調査システム
3	打音による床版コンクリート等の健全度測定システム
4	橋梁床版内部診断技術

⑤ 橋梁洗堀検出

No.	点検・モニタリング技術の名称
1	ソナーによる橋梁下部工洗堀調査
2	水中3Dスキャナー
3	ナローマルチビームによる水中部形状調査

⑥ 路面空洞検出

No.	点検・モニタリング技術の名称
1	3Dレーダーを用いた地中探査システム
2	スケルカー
3	岸壁舗装コンクリートの空洞化調査（レーダ探査）
4	ハイブリッド表面波探査技術

⑦ 路面性状検出

No.	点検・モニタリング技術の名称
1	道路性状簡易評価システム（DRIMS）
2	MMS（モバイルマッピングシステム）
3	路面性状測定車による調査
4	路面性状自動計測車による調査
5	道路パトロール支援サービス
6	画像解析による社会インフラ点検
7	次世代道路計測システム
8	タイヤによる路面状態判定技術
9	移動式舗装たわみ測定手法の開発

⑧ 覆工コンクリート内部空壁検出

No.	点検・モニタリング技術の名称
1	高速走行型非接触レーダーによるトンネル覆工の内部欠陥点検技術と統合型診断システム
2	コンクリート音響探傷システム
3	遠赤外線照射装置と赤外線ラインセンサカメラを搭載した検査車両

⑨ 表面塩分検出

No.	点検・モニタリング技術の名称
1	コンクリートビュー
2	コンクリート塩害の現場分析技術

⑩ 点検/診断を補助する技術（画像・レーザー・ロボット技術・データベース）

No.	点検・モニタリング技術の名称
1	土木(建築)構造物一般図作成システム
2	HIVIDAS（コンクリートひび割れ診断）
3	橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム
4	構造物点検用カメラ「DSカメラ」システム
5	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム
6	インフラドクター
7	橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替する飛行ロボットシステム
8	省電力化を図ったワイヤレスセンサによる橋梁の継続的遠隔モニタリングシステム
9	3次元レーザースキャナー計測システム
10	3次元レーザースキャナーによる構造物の変位測定システム
11	UAV（無人機）を用いた3次元計測・構造物調査
12	画像による橋梁表面の損傷把握システム
13	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム
14	スカイキャッチャー
15	狭隘部点検ロボットによる点検技術
16	音源探査システム（Noise Scope System）
17	ACM型腐食センサによる大気腐食モニタリング
18	フィールドワークス
19	遠隔操作無人探査機による水中構造物診断システム
20	道路橋の長寿命化修繕計画策定支援システム 長寿郎
21	橋梁DBマネージャー
22	無人航空機による地形計測・写真撮影システム
23	舗装構成厚さ調査システム
24	走行型計測車両を適用した移動体による変位観測

⑪ 品質管理を補助する技術

No.	点検・モニタリング技術の名称
1	鉄筋コンクリート構造物における内部鋼材の非破壊調査技術
2	補修・補強を行ったコンクリート橋の長期モニタリング
3	地中埋設物長さ測定装置
4	電気防食化した栈橋鋼管杭部の腐食状況把握

⑫ 緊急時の対策を補助する技術（橋梁）

No.	点検・モニタリング技術の名称
1	衝撃振動試験による構造物の健全度評価法
2	東京ゲートブリッジのモニタリング技術
3	横浜ベイブリッジのモニタリング技術
4	本四連絡橋の動態把握システム
5	衝撃振動試験
6	路線バスによる橋梁モニタリングシステム
7	橋梁遠隔長期モニタリングシステム
8	亀裂変位計および水管式沈下計による損傷橋梁のモニタリング
9	光ファイバーによるひずみ把握
10	橋梁モニタリング用振動計測システム
11	橋梁モニタリングシステムの適用性検討
12	新湊大橋の耐風対策工効果把握のための振動観測
13	FBG光ファイバセンシングシステム
14	大地震後の安全性判定工法
15	光ファイバーによる構造物モニタリングシステム
16	鉄筋コンクリート部材の塩害モニタリング

⑬ 緊急時の対策を補助する技術（トンネル）

No.	点検・モニタリング技術の名称
1	トンネル点検無人調査ユニット
2	画像解析による社会インフラ点検

⑭ 緊急時の対策を補助する技術（法面・斜面）

No.	点検・モニタリング技術の名称
1	斜面崩壊検知センサー
2	GPSセンサによる法面の位置ずれ把握
3	地盤の比抵抗を測定するシステム（FDEM探査）
4	拡散レーザー変位計による斜面監視
5	ナノセンサデバイスを活用した道路管理手法
6	地上型レーザースキャナーによる斜面計測
7	デジタル画像計測による斜面モニタリングシステム
8	干渉SAR解析による地盤変動監視
9	施設モニタリングシステム（状態監視サービス）
10	土砂水分量による斜面崩壊警報システム

⑮ 最先端技術（研究開発段階）

No.	点検・モニタリング技術の名称
1	異分野融合によるイノベティブメンテナンス技術
2	レーザー超音波可視化探傷技術を利用した鋼橋の劣化診断技術
3	レーザーを活用した高性能・非破壊劣化インフラ診断技術
4	コンクリート内部を可視化する後方散乱X線装置
5	インフラモニタリングのための振動可視化レーダー
6	高速走行型非接触レーダーによるトンネル覆工の内部欠陥点検技術と統合型診断システム
7	学習型打音解析技術
8	空洞及び裏込沈下調査におけるチャープレーダー等、特殊GPR装置
9	ALB（航空レーザー測深機）による洗掘状況の把握
10	画像解析技術を用いた遠方からの床版ひび割れ定量評価システム
11	高精度かつ高効率で人工構造物の経年変位をモニタリングする技術
12	自在適応桁で支えられる橋梁点検ロボットシステム
13	橋梁・トンネル用打音点検飛行ロボットシステム
14	トンネル全断面点検・診断システム
15	近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム
16	二輪型マルチコプタを用いたジオタグ付近接画像を取得可能な橋梁点検支援ロボットシステム
17	ロボットを利用した道路橋床版のひび割れモニタリング
18	車両牽引型橋梁床板スキャナー（Bridge Deck Scanner）を用いた床版の健全度評価
19	地中レーダー（GPR）を用いた道路橋床版の健全度モニタリング
20	センサーネットワークを利用した橋梁健全度モニタリング
21	センサーを利用した洗掘のモニタリング
22	自立電源のワイヤレス橋梁モニタリングシステム
23	自立型無線センサーノードを用いた橋梁モニタリング
24	Weigh in Motionを用いた過積載車両のモニタリング
25	アラスカアンカレッジ港アクセス道路における加速度センサーを使った地震応答による健全度評価
26	MEMS（微小電気機械システム）センサーによる、高速道路構造物のモニタリングシステムの適用性研究
27	新I-35W橋（St Anthony Falls Bridge)のヘルスマニタリングシステム
28	ピンセント・トーマス橋の加速度計による振動特性把握
29	インフラ劣化防止のためのコンピューターネットワークによる無線監視システム
30	レーザーを利用した道路路面のプロファイリング計測
31	道路路面性状のモニタリング
32	地中レーダー法（GPR）を利用した路面の健全度評価
33	自動車搭載型の橋梁・道路の状態観測・評価システム（VOTERS）
34	GPSによる地すべりのリアルタイムモニタリング

⑩ 代表技術の事例集

No.	点検・モニタリング技術の名称
1	ひび割れ計測システム(KUMONOS)
2	コンクリート構造物のひび割れ検出塗装システム
3	赤外線調査トータルサポートシステム Jシステム
4	クラックパトロール
5	G-Cube・橋梁床版内部診断技術
6	ソナーによる橋梁下部工洗掘調査
7	スケルカー
8	道路性状の簡易評価システム (DRIMS)
9	モバイルマッピング・システム
10	高速走行型非接触レーダーによるトンネル覆工の内部欠陥点検技術と総合型診断システム
11	コンクリートビュー
12	土木(建築)構造物一般図作成システム
13	H I V I D A S (コンクリートひび割れ診断)
14	橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム
15	構造物点検用カメラ「DSカメラ」システム
16	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム
17	インフラドクター
18	橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替する飛行ロボットシステム
19	鉄筋コンクリート構造物における内部鋼材の非破壊調査技術
20	補修・補強を行ったコンクリート橋の長期モニタリング
21	衝撃振動試験による構造物の健全度評価法
22	東京ゲートブリッジのモニタリング技術
23	省電力化を図ったワイヤレスセンサによる橋梁の継続的遠隔モニタリングシステム
24	トンネル点検無人調査ユニット
25	斜面崩壊検知センサー

(4) 点検・モニタリング技術の事例集

点検・モニタリング技術の数が多いため、本省では一部の技術（表 2-8）を掲載するのみとし、巻末資料に全ての技術を整理した。


表 2-8 点検・モニタリング技術（例）

No.	点検・モニタリング技術	特徴
1	東京ゲートブリッジのモニタリング技術	<ul style="list-style-type: none">➤ 国内外でも先進的な長大橋のモニタリング技術➤ 初期・維持管理コストが高い
2	ひび割れ計測システム（KUMONOS）	<ul style="list-style-type: none">➤ 途上国での適用実績有（タイ・ベトナム）➤ コンクリートのひび割れ計測技術で汎用性が高い➤ コストが安価である

① 東京ゲートブリッジのモニタリング技術

1. 名称	東京ゲートブリッジのモニタリング技術	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ リアルタイムで交通管理情報（風向風速・雨量・震度）を取得できる ▶ 常時、異常時の橋梁健全度の把握 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要		
<p>東京ゲートブリッジは東京港臨海道路の一部を形成する 2,618mの連続橋であり、主橋梁は約 800m の鋼 3 径間連続トラス・ボックス複合構造である。（平成 24 年 2 月 12 日共用）本システムは、センサーの耐久性や耐落雷性を考慮し、光ファイバを利用した情報収集伝達を主に使用し、以下のコンポーネントで構成されている。①Weigh-in-Motion システム：Fiber Bragg Grating (FBG) を用いたひずみ計、加速度計、②変位計（支承、伸縮装置）、③桁内温度計、④風向風速計、⑤一軸加速度計（タイダウンケーブル、サイドブロック）</p> <p>常時の橋梁健全度把握には、桁内温度計、変位計（支承）により得られたデータから桁温度に対する適切な挙動を目安とし活用している。異常時では、地震前後の支承部の変位を把握するとともに、伸縮装置の損傷確認でも、主橋梁と隣接桁の橋軸方向での相対変位と、衝突による加速度から損傷の判断を可能にしている。また、大規模地震を受けた時の橋梁全体における損傷順序があらかじめ解析により想定されており、順序が早い鉛直支承サイドブロック、伸縮装置、タイダウンケーブルにおける座屈・破断等の損傷状況を観測データにより判断できる状況である。</p>		
5. イメージ図		
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="204 1249 853 1496"> <p style="text-align: center;">図 モニタリング箇所と内容</p> </div> <div data-bbox="853 1137 1390 1496"> <p style="text-align: center;">図 モニタリングシステム監視画面</p> </div> </div>		
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 長大橋であるため、目視での点検は時間を要し、かつ支承部はゴムカバーが施され目視点検が容易ではないが、本モニタリングシステムを活用し地震後の交通開放を早期に判断できる 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 100 年以上の共用を目指す東京ゲートブリッジに対して、センサーの寿命は 5 年から 10 年しかない。維持管理費用が高額になる。 	
8. 参考資料	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 東京ゲートブリッジの維持管理計画について http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000080088.pdf ▶ 2017/12/20 東京港湾事務所にてヒアリング 	

② ひび割れ計測システム

1. 名称	ひび割れ計測システム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ひび割れ 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>光波測量器を用いたひび割れ計測システムで、離れた場所からひび割れの幅・形状・3次元位置座標を測定し図化することができる。さらに、構造物の形状や附属物を測定することで、桁下等の平面図・建物等の立面図及びアーチ状構造物の展開図が作成できる。管理者ニーズとしては、従来はひび割れに手が届く範囲まで近づき、クラックスケールを用いて幅を測定していたため、仮設足場や高所作業車を用いなければならず作業が必要であった。そのため地上からの測定技術にニーズがある。評価手段としては、光波測量器を通して目視でひび割れを探し、焦点鏡に組み込んだクラックゲージによりゲージ番号を選択する。機器から測定箇所までの距離と角度を光波測量器を用いて測定する。距離・角度・ゲージ番号の関係から、ひび割れ幅を機器内の計算プログラムで算出する。</p>	
5. イメージ図	 <p style="text-align: center;">図 計測状況(左) 計測機器(中) 解析ソフトウェア(右)</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 今までは点検員がチョーキングして野帳に記録し、オフィスで電子データを作成していた。撮影したデータは自動で電子データ化可能である。CADへの互換性も有り。 ▶ ひびわれの長さ、位置の情報をスケッチすると、ヒューマンエラーが発生する。画像により正確に記録できる。ひびわれの進行状況を、新旧の画像データと見比べながら調べられる。 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 暗所の点検においては照明車・投光器等を使用してひび割れ箇所を照らさなければならない。 ▶ 本技術はレーザー製品を使用するため、作業エリア内への第三者の立ち入りを防ぐため、交通規制（路肩規制等）を行う必要がある。 ▶ 暗所の点検においては照明車・投光器等を使用してひび割れ箇所を照らさなければならない。 	
8. 参考資料	NETIS 維持管理支援サイト	

2.3 アンケート調査方法及び結果

2.3.1 アンケート概要

(1) 目的

本調査研究は、本邦/先進国の道路事業マネジメントにおける ICT 技術の発現効果機構、課題およびリスクの体系化を目的としているが、こうした情報はすでに既存の調査研究により検討が行われているものが多い。

一方、ICT 技術の ODA 活用を前提にした課題およびリスクは体系化されていない。ICT 技術は、様々な技術（シーズ）が開発・運用されており、ODA 活用を念頭において、資料収集及び関係機関からのヒアリングを実施しないと重要な情報を抽出できないと考える。

点検・モニタリング技術では、数多くの技術（シーズ）が存在している。アンケートにより ODA 活用を前提にした課題およびリスクを抽出することで、効率的にヒアリング先の選定を行うことが可能となる。

CIM 技術については、本邦の道路事業で活用されているものの、そのノウハウの蓄積・体系化の技術資料は多くない。そこで、ODA 活用を前提にした課題およびリスクに加え、効果の発現機構を体系化するために CIM 技術の導入効果を抽出することが有効と考えられる。

以上より、アンケートの目的は、以下の通りとする。

- 1) ヒアリング先の抽出、成果-4 の基礎資料として、開発途上国への活用に向けた課題等を抽出する（CIM 技術、点検・モニタリング共通）
- 2) 導入効果を抽出する（CIM 技術）。

表 2-9 アンケートの目的

	成果-1 ・ 成果-2	成果-3	成果-4	ヒアリング調査
	○本邦/先進国における発現効果機構の体系化 ○本邦/先進国における現状・課題・リスクの体系化	○本邦/先進国の技術・制度基準及びはその取り組み	○追加調査・研究内容案	○文献調査により収集した情報の確認・深掘り
CIM 技術	（利用者）効果の発現機構を体系化するために導入効果を抽出する。また、基礎資料として活用する。		（開発者）開発途上国における ODA 活用上の実績、課題、リスクを抽出する。	（開発者・利用者）ヒアリング先の基礎資料として活用する。
点検・モニタリング技術※1	（開発者・利用者）基礎資料として活用する。		（開発者・利用者）海外で活用する場合の課題、リスクを確認し、体系化する。	（開発者・利用者）ヒアリング先の基礎資料として活用する。

※1 点検・モニタリング技術の導入効果については既存資料を活用し、アンケートで改めて聞き取りは行わない。

(2) アンケート回答状況

表 2-10 に、アンケート調査概要を示す。CIM 技術、点検・モニタリング、開発者向け、利用者向けに、アンケート調査の質問票を 4 種類作成し、配布した。また、点検・モニタリング技術は、SIP が研究開発段階の技術で特徴が異なるため、SIP とその他の技術に分け、整理することとする。

表 2-10 アンケート回答状況

質問票	回答数 / 配布数
CIM 技術 (開発者)	10 / 13
CIM 技術 (利用者)	6 / 8
CIM 技術 合計①	16 / 21
点検・モニタリング (開発者)	6 / 13
点検・モニタリング (開発者) SIP	15 / 20
点検・モニタリング (利用者)	2 / 2
点検・モニタリング 合計②	23 / 35
合計 (①+②)	39 / 56

2.3.2 アンケート先リスト

アンケート配布先を下記に示す。ここでは、アンケート配布段階と回答時の段階で、それぞれナンバリングした。回答を辞退したところについては、表中の“－”で示すこととする。

1) CIM 技術（開発者）

No.		アンケート先	所有技術
配布	回答		
1	1	株式会社ニコン・トリンプル	地上設置型の3次元スキャナ、UAVを用いた3次元測量、3次元移動体計測
2	2	株式会社 演算工房	計測モニタリング、3次元モニタリング技術
3	-	パスコ株式会社	航空測量、移動体計測を用いた3次元測量・計測
4	3	パスコ株式会社	GIS、アセットマネジメント
5	4	川田テクノシステム株式会社	情報共有システム
6	-	川田テクノシステム株式会社	道路設計ツール、3次元CAD
7	5	株式会社フォーラムエイト	各種設計ツール、シミュレーションツール、3次元CAD
8	6	国際航業株式会社	3次元空間解析クラウドサービス
9	7	ルーチェサーチ株式会社	UAV等を用いた3次元計測および画像処理
10	-	株式会社コンピュータシステム研究所	CIMモデル統合ツール、CIMモデル作成
11	8	応用技術株式会社	CIMモデル作成、GISや3DCADツールのカスタマイズ
12	9	オートデスク株式会社	CIMモデル作成ツール、サービスの提供
13	10	株式会社ベントレーシステムズ	CIMモデル作成ツール、サービスの提供

2) CIM 技術（利用者）

No.		アンケート先
配布	回答	
1	1	大日本コンサルタント株式会社
2	2	株式会社 エイト日本技術開発
3	3	日本工営株式会社
4	-	八千代エンジニアリング株式会社
5	4	清水建設株式会社
6	5	株式会社 大林組
7	-	東亜建設工業株式会社
8	6	飛鳥建設株式会社

3) 点検・モニタリング技術（開発者）

No.		アンケート先	所有技術
配布	回答		
1	1	クモンスコーポレーション株式会社	ひび割れ計測システム
2	2	ブラナスケミカル株式会社	コンクリート構造物のひび割れ検出塗装システム
3	3	西日本高速道路エンジニアリング中国株式会社	構造物点検用カメラ「DSカメラ」システム
4	-	西日本高速道路エンジニアリング四国株式会社	赤外線調査トータルサポートシステム Jシステム
5	-	太啓建設株式会社	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム
6	-	日本車輛製造株式会社	クラックパトロール
7	-	ジオ・サーチ株式会社	G-Cube・橋梁床版内部診断技術
8	-	株式会社ジェイアール総研エンジニアリング	衝撃振動試験による構造物の健全度評価法
9	-	一般財団法人 橋梁調査会	ソナーによる橋梁下部工洗掘調査
10	4	JIPテクノサイエンス社	道路性状の簡易評価システム（DRIMS）
11	5	東京大学	道路性状の簡易評価システム（DRIMS）
12	-	ジオ・サーチ株式会社	スケルカー
13	6	(株)岩根研究所	モバイルマッピング・システム

4) 点検・モニタリング技術（開発者）

No.		アンケート対象機関	点検・モニタリング技術
配布	回答		
1	1	(独)土木研究所 構造物メンテナンス研究センター	異分野融合によるイノベティブメンテナンス技術
2	2	つくばテクノロジー(株)	レーザー超音波可視化探傷技術を利用した鋼橋の劣化診断技術
3	3	(国研)理化学研究所 光量子工学研究領域	レーザーを活用した高性能・非破壊劣化インフラ診断技術
4	4	(国研)産業技術総合研究所 分析計測標準研究部門	コンクリート内部を可視化する後方散乱X線装置
5	5	アルウェットテクノロジー（株）	インフラモニタリングのための振動可視化レーダー
6	6	パシフィックコンサルタンツ(株)	高速走行型非接触レーダーによるトンネル覆工の内部欠陥点検技術と統合型診断システム
7	7	首都高技術(株)	高感度近赤外分光を用いたインフラの遠隔診断技術
8	-	(国研)産業技術総合研究所 人工知能研究センター	学習型打音解析技術
9	8	川崎地質（株）	空洞及び裏込れ下調査におけるチャープレーダー等、特殊GPR装置
10	9	(株)パスコ	ALB（航空レーザー測深機）による洗掘状況の把握
11	10	三井住友建設（株）	橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム
12	-	大成建設（株）	画像解析技術を用いた遠方からの床版ひび割れ定量評価システム
13	11	オムロン ソーシャルソリューションズ（株）	省電力化を図ったワイヤレスセンサによる橋梁の継続的遠隔モニタリングシステム
14	-	日本電信電話(株)	高精度かつ高効率で人工構造物の経年変位をモニタリングする技術
15	12	(株)ハイボット	自在適応桁で支えられる橋梁点検ロボットシステム
16	13	日本電気(株)	橋梁・トンネル用打音点検飛行ロボットシステム
17	-	東急建設(株)	トンネル全断面点検・診断システム
18	14	東北大学、未来科学技術共同開発センター	橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替する飛行ロボットシステム
19	15	新日本非破壊検査(株)	近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム
20	-	富士通(株)	二輪型マルチコプタを用いたジオタグ付近接画像を取得可能な橋梁点検支援ロボットシステム

5) 点検・モニタリング技術（利用者）

No.		アンケート先
配布	回答	
1	1	(株)岩根研究所
2	2	本州四国連絡高速道路株式会社

2.3.3 質問票

(1) CIM 技術（開発者）

質問 1：必要機材販売あるいは技術サービスの価格について、お答え下さい。
質問 1-① 本技術の手法、従来方法の差異、適用上の留意点について、お答え下さい。 自由記述覧①（本技術の手法、従来方法の差異、適用上の留意点をお答え下さい） （パンフレット等があれば添付願います）
質問 1-② 必要機材の販売価格について、お答え下さい。 <input type="checkbox"/> 1:0~300万円 <input type="checkbox"/> 2: 300~1000万円 <input type="checkbox"/> 3: 1000万円以上 <input type="checkbox"/> 4: 販売していない 自由記述覧②（質問 1-②の回答に含んでいる必要機材名を全てお答え下さい）
質問 1-③ 技術サービスの価格について、お答え下さい。 <input type="checkbox"/> 1:0~300万円 <input type="checkbox"/> 2: 300~1000万円 <input type="checkbox"/> 3: 1000万円以上 <input type="checkbox"/> 4: サービス提供無し 自由記述覧③（質問 1-③の回答にあたり、条件をお答え下さい）
質問 1-④ 国内実績の有無について、お答え下さい。 <input type="checkbox"/> 1:有（10件以上） <input type="checkbox"/> 2: 有（10件未満） <input type="checkbox"/> 3: 無（実証実験中・開発中）
質問 1-⑤ 特許の有無について、お答え下さい。 <input type="checkbox"/> 1:有 <input type="checkbox"/> 2: 無
質問 2：開発途上国の実績有無について、お答え下さい。
質問 2-① 開発途上国への実績有無について、お答え下さい。（複数回答可） <input type="checkbox"/> 1:実績有（機材搬入） <input type="checkbox"/> 2: 実績有（技術サービス） <input type="checkbox"/> 3: 実績無 自由記述覧①（質問 2-①で、1、2と回答した場合、具体の国名をお答え下さい）
質問 3：開発途上国への導入意向および適用性、課題について、お答え下さい。
質問 3-① 開発途上国への導入意向について、お答え下さい。 <input type="checkbox"/> 1:既に導入しているが今後も展開したい/新規に導入したい（具体の国も検討中） <input type="checkbox"/> 2:既に導入しているが今後も展開したい/新規に導入したい <input type="checkbox"/> 3:今のところ考えていない 自由記述覧①（質問 3-①で、1と回答した場合、具体の国名をお答え下さい）

開発途上国への国内技術導入についての経験談を読み、質問3-②～⑦をお答え下さい。

■開発途上国への国内技術導入についての経験談

- 当該国の工業規格によっては、日本の工業規格を取得していても、品質保証が認められないことが考えられる。（品質保証に関する課題）
- 当該国によっては、生産工場や販売代理店などが無いため、機材にエラーが起きても、日本あるいは隣国に戻さないと対応できないことが考えられる。（アフターケアに関する課題）
- 機材の操作やデータ処理が複雑であるため、本技術を利用する度に日本人が現地に赴く必要があることが考えられる。（操作性・容易性に関する課題）
- 当該国の技術者が使用する場合において、長期間あるいは専門的なトレーニングが必要となることが考えられる。（操作性・容易性に関する課題）
- その他、電圧、利用可能な周波数帯域の違いや法制度の未整備、特許関連等が適用上の障害になることが考えられる。（それ以外の課題）

質問3-② 開発途上国へのODA事業における適用性について、お答え下さい。

1) 技術上の適用性

- 1:適用性は高い
- 2: 適用性はやや高い
- 3: 適用性は現時点では低い

2) ビジネス上の適用性

- 1:適用性は高い
- 2: 適用性はやや高い
- 3: 適用性は現時点では低い

質問3-③ 国内外の工業規格において取得状況について、お答え下さい。（複数回答可）

- 1:ISO規格（国際標準化機構）
- 2:ANSI規格（アメリカ合衆国）
- 3:JIS規格（日本）
- 4:その他

自由記述欄③（質問3-③で、4と回答した場合、具体の工業規格をお答え下さい）

質問3-④ 開発途上国への導入課題について、品質保証の観点からお答え下さい。

質問3-⑤ 開発途上国への導入課題について、アフターケアの観点からお答え下さい。

質問3-⑥ 開発途上国への導入課題について、操作性・容易性の観点からお答え下さい。

質問3-⑦ 開発途上国への導入課題について、上記以外の観点からお答え下さい。

質問4：海外で積極的に活用するために必要な方策や要望する支援についてお答え下さい。

質問4 海外で積極的に活用するための方策や必要と感じる支援方法があればお答え下さい。

(2) CIM 技術（利用者）

質問1：御社で利用されているCIM技術についてお聞かせ願います。
質問1-① 海外において効果があると考えられるCIMの活用方法について、利用されている技術および製品の名称および利用段階(下記参照)をお聞かせ願います。 利用段階：調査段階、設計段階、建設段階、維持管理段階
質問1-② 上記(質問1-①)の技術および製品の導入時の費用をお聞かせ願います。 可能であれば内訳もお願いいたします。
質問1-③ 上記(質問1-①)の技術および製品の維持管理にかかる費用をお聞かせ願います。可能であれば内訳もお願いいたします。
質問1-④ CIM技術を活用した業務の数および対象施設をお聞かせ願います。 <input type="checkbox"/> 1: 1~2業務 <input type="checkbox"/> 2: 3~5業務 <input type="checkbox"/> 3: 6~9業務 <input type="checkbox"/> 4: 10業務以上 <input type="checkbox"/> 1: 道路 <input type="checkbox"/> 2: 橋梁 <input type="checkbox"/> 3: トンネル <input type="checkbox"/> 4: 土工 <input type="checkbox"/> 5: その他
質問2：質問1の技術について、活用による効果をお聞かせ願います。
下記に想定した効果を記載しています。実際に海外での活用を通して感じた項目があれば、チェックを入れて下さい。（複数回答可）チェックを入れた項目には、具体的な効果を回答欄にご記入下さい。また、想定した効果以外にも多数の効果があると考えられます。“11: その他”の項目がありますので、是非ご協力をお願い致します。なお、海外での事例がなければ国内での実績からの回答をお願いします。 [<input type="checkbox"/> 海外での実績 <input type="checkbox"/> 国内での実績]
質問2 CIM技術を活用した事業対象国
<input type="checkbox"/> 1: 可視化による条件誤認などの削減 <input type="checkbox"/> A: 調査段階 <input type="checkbox"/> B: 設計段階 <input type="checkbox"/> C: 建設段階 <input type="checkbox"/> D: 維持管理段階 <input type="checkbox"/> a: 効果あり <input type="checkbox"/> b: やや効果あり <input type="checkbox"/> c: 効果なし <input type="checkbox"/> d: やや非効率 <input type="checkbox"/> e: 非効率 回答欄（具体的な効果をお聞かせ願います。）
<input type="checkbox"/> 2: ビューワ利用等の情報共有による効率化（発注者、関係機関、住民説明、下請け業者等への情報共有） <input type="checkbox"/> A: 調査段階 <input type="checkbox"/> B: 設計段階 <input type="checkbox"/> C: 建設段階 <input type="checkbox"/> D: 維持管理段階 <input type="checkbox"/> a: 効果あり <input type="checkbox"/> b: やや効果あり <input type="checkbox"/> c: 効果なし <input type="checkbox"/> d: やや非効率 <input type="checkbox"/> e: 非効率 回答欄（具体的な効果をお聞かせ願います。）
<input type="checkbox"/> 3: 配筋干渉チェック・設計ミス排除等 <input type="checkbox"/> A: 調査段階 <input type="checkbox"/> B: 設計段階 <input type="checkbox"/> C: 建設段階 <input type="checkbox"/> D: 維持管理段階 <input type="checkbox"/> a: 効果あり <input type="checkbox"/> b: やや効果あり <input type="checkbox"/> c: 効果なし <input type="checkbox"/> d: やや非効率 <input type="checkbox"/> e: 非効率 回答欄（具体的な効果をお聞かせ願います。）
<input type="checkbox"/> 4: 付属物・付帯物設計の干渉チェック等 <input type="checkbox"/> A: 調査段階 <input type="checkbox"/> B: 設計段階 <input type="checkbox"/> C: 建設段階 <input type="checkbox"/> D: 維持管理段階 <input type="checkbox"/> a: 効果あり <input type="checkbox"/> b: やや効果あり <input type="checkbox"/> c: 効果なし <input type="checkbox"/> d: やや非効率 <input type="checkbox"/> e: 非効率 回答欄（具体的な効果をお聞かせ願います。）

- 5: 設計・施工数量の自動計算による省力化・高度化等
 A: 調査段階 B: 設計段階 C: 建設段階 D: 維持管理段階
 a: 効果あり b: やや効果あり c: 効果なし d: やや非効率 e: 非効率
回答欄（具体の効果をお聞かせ願います。）

質問2：質問1の技術について、活用による効果をお聞かせ願います。（複数回答可）

- 6: 作図・図面修正の効率化・省力化
 A: 調査段階 B: 設計段階 C: 建設段階 D: 維持管理段階
 a: 効果あり b: やや効果あり c: 効果なし d: やや非効率 e: 非効率
回答欄（具体の効果をお聞かせ願います。）

- 7: 図面照合チェックの省力化
 A: 調査段階 B: 設計段階 C: 建設段階 D: 維持管理段階
 a: 効果あり b: やや効果あり c: 効果なし d: やや非効率 e: 非効率
回答欄（具体の効果をお聞かせ願います。）

- 8: 仮設・施工計画における諸条件の確認・照査
 A: 調査段階 B: 設計段階 C: 建設段階 D: 維持管理段階
 a: 効果あり b: やや効果あり c: 効果なし d: やや非効率 e: 非効率
回答欄（具体の効果をお聞かせ願います。）

- 9: 情報化施工（TSを用いた出来形管理、転圧管理、MC/MG等）の活用
 A: 調査段階 B: 設計段階 C: 建設段階 D: 維持管理段階
 a: 効果あり b: やや効果あり c: 効果なし d: やや非効率 e: 非効率
回答欄（具体の効果をお聞かせ願います。）

- 10: 品質管理情報の一元管理等によるトレーサビリティの確保
 A: 調査段階 B: 設計段階 C: 建設段階 D: 維持管理段階
 a: 効果あり b: やや効果あり c: 効果なし d: やや非効率 e: 非効率
回答欄（具体の効果をお聞かせ願います。）

- 11: その他
 A: 調査段階 B: 設計段階 C: 建設段階 D: 維持管理段階
 a: 効果あり b: やや効果あり c: 効果なし d: やや非効率 e: 非効率
回答欄（具体の効果をお聞かせ願います。）

質問3：質問1でお答え頂いた技術および製品に関し、今後の展開構想をお聞かせ願います。

質問4：質問1でお答え頂いた技術および製品に関し、現状の課題をお聞かせ願います。

質問5：質問1でお答え頂いた技術および製品に関し、海外で展開する際の懸念事項等がありましたら、お聞かせ願います。

質問6：海外で期待するCIMの活用効果についてお答え下さい。

質問7：海外で積極的に活用するために必要な方策や要望する支援についてお答え下さい。

(3) 点検・モニタリング技術（開発者）

質問1：必要機材販売あるいは技術サービスの価格について、お答え下さい。
質問1-① 本技術の手法、従来方法の差異、適用上の留意点について、お答え下さい。 自由記述覧①（本技術の手法、従来方法の差異、適用上の留意点をお答え下さい） （パンフレット等があれば添付願います）
質問1-② 必要機材の販売価格について、お答え下さい。 <input type="checkbox"/> 1:0~300万円 <input type="checkbox"/> 2: 300~1000万円 <input type="checkbox"/> 3: 1000万円以上 <input type="checkbox"/> 4: 販売していない 自由記述覧②（質問1-②の回答に含んでいる必要機材名を全てお答え下さい）
質問1-③ 技術サービスの価格について、お答え下さい。 <input type="checkbox"/> 1:0~300万円 <input type="checkbox"/> 2: 300~1000万円 <input type="checkbox"/> 3: 1000万円以上 <input type="checkbox"/> 4: サービス提供無し 自由記述覧③（質問1-③の回答にあたり、条件をお答え下さい）
質問1-④ 国内実績の有無について、お答え下さい。 <input type="checkbox"/> 1:有（10件以上） <input type="checkbox"/> 2: 有（10件未満） <input type="checkbox"/> 3: 無（実証実験中・開発中）
質問1-⑤ 特許の有無について、お答え下さい。 <input type="checkbox"/> 1:有 <input type="checkbox"/> 2: 無
質問2：御社技術の開発途上国の実績有無について、お答え下さい。
質問2-① 開発途上国への実績有無について、お答え下さい。（複数回答可） <input type="checkbox"/> 1:実績有（機材搬入） <input type="checkbox"/> 2: 実績有（技術サービス） <input type="checkbox"/> 3: 実績無 自由記述覧①（質問2-①で、1、2と回答した場合、具体の国名をお答え下さい）
質問3：御社技術の開発途上国への導入意向および適用性、課題について、お答え下さい。
質問3-① 御社技術の開発途上国への導入意向について、お答え下さい。 <input type="checkbox"/> 1:既に導入しているが今後も展開したい/新規に導入したい（具体の国も検討中） <input type="checkbox"/> 2:既に導入しているが今後も展開したい/新規に導入したい（具体的な国は検討していない） <input type="checkbox"/> 3:今のところ考えていない 自由記述覧①（質問3-①で、1と回答した場合、具体の国名をお答え下さい）

開発途上国への国内技術導入についての経験談を読み、質問3-②～⑦をお答え下さい。

■開発途上国への国内技術導入についての経験談

- 当該国の工業規格によっては、日本の工業規格を取得していても、品質保証が認められないことが考えられる。（品質保証に関する課題）
- 当該国によっては、生産工場や販売代理店などが無いため、機材にエラーが起きても、日本あるいは隣国に戻さないと対応できないことが考えられる。（アフターケアに関する課題）
- 機材の操作やデータ処理が複雑であるため、本技術を利用する度に日本人が現地に赴く必要があることが考えられる。（操作性・容易性に関する課題）
- 当該国の技術者が使用する場合において、長期間あるいは専門的なトレーニングが必要となることが考えられる。（操作性・容易性に関する課題）
- その他、電圧、利用可能な周波数帯域の違いや法制度の未整備、特許関連等が適用上の障害になることが考えられる。（それ以外の課題）

質問3-② 開発途上国へのODA事業における適用性について、お答え下さい。

1) 技術上の適用性

- 1:適用性は高い
- 2: 適用性はやや高い
- 3: 適用性は現時点では低い

2) ビジネス上の適用性

- 1:適用性は高い
- 2: 適用性はやや高い
- 3: 適用性は現時点では低い

質問3-③ 国内外の工業規格において取得状況について、お答え下さい。（複数回答可）

- 1:ISO規格（国際標準化機構）
- 2:ANSI規格（アメリカ合衆国）
- 3:JIS規格（日本）
- 4:その他

自由記述欄③（質問3-③で、4と回答した場合、具体の工業規格をお答え下さい）

質問3-④ 開発途上国への導入課題について、品質保証の観点からお答え下さい。

質問3-⑤ 開発途上国への導入課題について、アフターケアの観点からお答え下さい。

質問3-⑥ 開発途上国への導入課題について、操作性・容易性の観点からお答え下さい。

質問3-⑦ 開発途上国への導入課題について、上記以外の観点からお答え下さい。

質問4：海外で積極的に活用するために必要な方策や要望する支援についてお答え下さい。

(4) 点検・モニタリング技術（利用者）

質問1：利用されている、点検・モニタリング技術についてお聞かせ願います。
質問1-① 利用されている技術および製品の名称をお聞かせ願います。 (パンフレット等があれば添付願います)
質問1-② 上記(質問1-①)の技術および製品の導入時の費用をお聞かせ願います。 可能であれば内訳もお願いいたします。
質問1-③ 上記(質問1-①)の技術および製品の維持管理にかかる費用を お聞かせ願います。可能であれば内訳もお願いいたします。
質問2：質問1でお答え頂いた技術および製品の開発途上国の実績有無について、お答え下さい。
質問2-① 開発途上国への実績有無について、お答え下さい。(複数回答可) <input type="checkbox"/> 1:実績有（本格運用） <input type="checkbox"/> 2: 実績有（試行段階） <input type="checkbox"/> 3: 実績無 自由記述欄①（質問2-①で、1、2と回答した場合、具体の国名をお答え下さい）
質問3：質問1でお答え頂いた技術および製品の導入効果をお聞かせ願います。
質問3-① 定性的な効果をお聞かせ願います。 質問3-② 定量的な効果をお聞かせ願います。
質問4：質問1でお答え頂いた技術および製品に関し、今後の展開構想をお聞かせ願います。
質問5：質問1でお答え頂いた技術および製品に関し、現状の課題をお聞かせ願います。
質問6：質問1でお答え頂いた技術および製品に関し、海外で展開する際の懸念事項等が ありましたら、お聞かせ願います。
質問7：海外で積極的に活用するために必要な方策や要望する支援についてお答え下さい。

2.3.4 アンケート調査結果の要旨

アンケート集計結果は、巻末資料に整理し、ここでは、調査結果の要旨を掲載する。

(1) 全体の概要

【CIM 技術に関して】

アンケートに回答を頂いた 16 社の全般的な傾向としては以下の点が挙げられる。

- 導入実績のある地域は、欧米先進国、東南アジア諸国、アフリカ地域多岐に渡るが、ベトナム、タイ、インドネシアといったアジア地域が主である。
- いずれの技術(システム自体)も高額であり、費用面から導入の壁は高いため、導入により効果をしっかり理解させる必要がある。
- 人(知識レベル)、物(インフラ基盤)、金の全ての周辺環境がある一定レベル以上の条件が整わないと導入することは困難であるという認識は共通している。(導入しても、オペレーションやマネジメントが継続しない等)
- オートデスク社やベントレー社のような世界的な企業においては、途上国への導入に障害は無いという考えであるが、日本企業はニーズが不明、海外展開する際の資金、サービス提供ネットワーク等のリスクを感じている。
- 海外での導入効果として、ミスの早期発見、作業時間の短縮、可視化による合意形成の迅速化等は各社共通して感じている。
- 一定の品質確保には非常に有効なツールである。
- 代表的な課題としては、CIM 技術を操作可能な人材の不足があげられる。初期投資、人材育成の段階に資金と時間が必要となることから、導入時の壁が高いのが要因である。その後は、初期投資を上回る効果が期待できることは各社認識しているものの、前述の課題から、全社一斉にとはいかず、“徐々に”が現実であり、欧米や中国企業とのスピード感の違いは非常に大きい。
- 導入初期の壁を低くするような制度の導入・構築(金銭面や人材育成)を望んでいる企業が多いが、既に導入している企業には実績を考慮したインセンティブの導入を望んでいる企業もある。

【点検モニタリング技術に関して】

- CIM 技術に比べ、技術サービスの費用は安く、導入の壁は比較的低い。
- JICA 技プロ、中小企業支援等により開発途上国への導入実績は多い。JICA 案件以外にも香港、サウジアラビア等への導入実績もある。
- 計測精度の確保には、使用に関する技術移転も必要であり、日本企業の管理下を外れた場合は精度の確保に課題はある。従って、継続的な使用を担保するためには、現地企業との協力が不可欠である。
- 本格的な展開には、現地でのアフターケアが必要となってくるが、企業単体での対応は難しく、JICA 案件の傘下から外れた単独での展開は困難というのが現状である。

(2) CIM・点検モニタリング技術の途上国への導入課題

- 海外展開には、人・物・金の三拍子が揃わないと積極的な展開は難しい。オートデスク社やベントレー社のような世界的企業は別として、特に点検モニタリング技術は中小企業も多く、単独での海外展開は難しい。(JICA 中小企業支援のようなスキームを利用することで海外への進出は支援可能であるが、企業単独で利益を確保するまでは至っていないため、企業努力に加えて、支援が必要な部分ではある。
- CIM 技術、点検モニタリング技術の双方において、最低限の専門知識を有する人の操作・管理の下でないと高精度化、効率化といった導入効果が発揮されないため、広く展開していくためには、日本および現地での人材育成等の課題がある。また、開発には先進国を対象としている技術が多く、開発途上国の現状(通信インフラの未整備等)を考慮した場合、適用が難しい技術もある。

2.4 ヒアリング調査方法及び結果

本業務で実施したヒアリング調査方法及び結果の要旨を整理した。なお、ヒアリング調査時に使用した資料及び議事録は、巻末資料2に整理している。

2.4.1 ヒアリング先リスト

ヒアリング先、目的、選定理由、実施期間について、表 2-11 に整理した。

表 2-11 ヒアリング先リスト

No.	ヒアリング先	ヒアリング目的	ヒアリングを選定した理由	実施時期
【1】 CIM 技術				
1	(一財) 先端建設技術センター	<ul style="list-style-type: none"> 大河津分水路改修事業での「CIM活用型技術監理業務」 海外技術支援（タイ国でのセミナー開催） 	<ul style="list-style-type: none"> 「CIM活用型技術監理業務」を受注しており、CIM技術の導入効果・課題、CIMマネージャーの役割や仕組み等に関する有益な経験・知見を有している。 タイ国で技術支援を実施している。 	2017年 12月18日
2	(一財) 日本建設情報総合センター	<ul style="list-style-type: none"> 先進国（日本を含む）におけるCIM技術活用の技術・制度基準及びはその取り組み事例 	<ul style="list-style-type: none"> CIMに関する海外調査を数多く実施している。 CIM導入推進委員会において事務局として参画している。 	2017年 12月18日
3	株式会社フォーラムエイト	<ul style="list-style-type: none"> 所有CIMツールの活用方法、期待される効果 海外導入上の課題や必要な制度 	<ul style="list-style-type: none"> CIM、3次元関連のツールを複数開発している。 国内ベンダーの中で最も積極的に海外展開をしている。 	2018年 1月22日
4	オートデスク株式会社	同上	<ul style="list-style-type: none"> 全世界的にBIM/CIMツールで高いシェアを誇る。 3次元ツール以外にも、政府と契約を含む様々なビジネスモデルを展開している。 	2018年 1月24日
5	日本工営株式会社	<ul style="list-style-type: none"> CIM導入効果および課題の確認 海外でCIMを導入する絵で留意すべき事項の確認 	<ul style="list-style-type: none"> 国内CIMの実績を多く所有している。 英国のBDP社を子会社に持ち、BIM/CIMを用いたビジネスモデルの構築を行っている。 	2018年 1月25日
6	飛島建設株式会社	同上	<ul style="list-style-type: none"> ODAの実績が多い。 トンネルやICT土工などの実績を有する。 	2018年 1月25日

No.	ヒアリング先	ヒアリング目的	ヒアリングを選定した理由	実施時期
7	内閣府宇宙開発戦略推進事務局	<ul style="list-style-type: none"> • MADOCA の開発・試行運転状況 	<ul style="list-style-type: none"> • 開発途上国では電子基準点が整備されていない地域もあり、ICT 土工やモニタリングを活用する上で障害となり得る。MADOCA は電子基準点を利用せず、センチメートル級の精度を確保可能な技術 	2018 年 2 月 13 日
8	片平インターナショナルエンジニアリング	<ul style="list-style-type: none"> • CIM の ODA への活用事例 	<ul style="list-style-type: none"> • 道路分野における ODA の活用事例があるため 	2018 年 3 月 9 日
【2】点検・モニタリング技術				
1	国土交通省関東地方整備局東京港湾事務所	<ul style="list-style-type: none"> • 長大橋の先進的なモニタリング技術の効果・課題等 	<ul style="list-style-type: none"> • 先進的なモニタリング技術が活用されている東京ゲートブリッジの管理者である。 	2017 年 12 月 20 日
2	(株)建設技研インターナショナル	<ul style="list-style-type: none"> • DRIMS、iDRIMS の効果・課題等 • 開発途上国で運用経験があり、開発途上国への適用に関する課題の抽出 	<ul style="list-style-type: none"> • 開発途上国でも需要が高いと思われる路面性状の把握に関する技術である。 • JICA の ODA 業務において、複数の国で導入実績がある。 	2018 年 1 月 18 日
3	東北大学コンソーシアム	<ul style="list-style-type: none"> • ドローンを活用した最先端技術の効果・課題等 	<ul style="list-style-type: none"> • ドローンを活用した点検技術では最先端の技術である。 • 機材の大きさや技術の適用範囲、トレンドから、途上国への適用可能性は SIP の中で比較的高い。 	2018 年 1 月 29 日

2.4.2 ヒアリング調査結果の要旨

(1) CIM 技術

以下、ヒアリング結果の要旨を整理した。

1) 先端建設技術センター

2017年12月18日（月）に先端技術センターへのヒアリング調査を実施した。ヒアリング調査結果の目的及び要旨を下記に示す。

ヒアリング目的

- 監理業務に CIM が活用されている大河津分水路の案件において、CIM の活用を前提とした発注の方法や現在の CIM の運用状況、効果、課題についてヒアリングを実施し、日本国内における CIM の活用状況を把握する。
- CIM 技術の海外展開についてご意見を頂き、ODA への活用の課題を抽出する。

結果要旨

- 大河津分水路の CIM 監理業務で、CIM はデータ共有のインターフェイスとして使われている。3次元データは2次元データから起こすため、まずは2次元の図面が求められる。CIM により、事業の“見える化”が進んだことは、大きな導入効果である。
- CIM は Project Management ツールとして使える。現在は CIM を使う制度がないので、CIM マネージャーの導入が必要である。CIM マネージャーになるための要件は、土木工事を理解していることであり、1～2年工事現場の経験があり、適切に管理技術者を担当できる人材であれば大丈夫である。対象の CIM ツールで何ができるかを把握する必要はある。
- タイ国で開発者ベースの支援を目的に2年間セミナーを実施している。セミナーの成果として、数件の試験施工がある。試験施工の実施は比較的容易であるが、その後の本格導入は難しい。
- セミナーの実施前に1年ほど時間をかけて、ニーズ調査を実施している。特許を確認のうえ、日本企業を連れて行っている

2) 日本建設情報総合センター

2017年12月18日(月)に日本建設情報総合センターへのヒアリング調査を実施した。ヒアリング調査結果の目的及び要旨を下記に示す。

ヒアリング目的

- CIMに関する海外調査を数多く実施しており、先進国の現状の技術・制度基準及びはその取り組みに関する有益な経験・知見を抽出する。
- 国土交通省がCIMの制度設計を行っているCIM導入推進委員会において事務局として参画しており、国内のCIM技術に関する動向を抽出する。

結果要旨

- 資料1-1の各国におけるCIM技術活用の技術・制度基準及びその取り組み事例(成果3)と重複しているため、それを参照のこと。

3) 株式会社フォーラムエイト

2018年1月22日に株式会社フォーラムエイトへのヒアリング調査を実施した。ヒアリング調査結果の目的及び要旨を下記に示す。

ヒアリング目的

- 3次元VRソフトUC-win/Roadについて、国内外(ベトナム、タイ、インドネシア、中国)で事業展開しており、各国の効果的な活用方法、海外への展開方法、途上国への導入課題等について意見を頂き、VR技術による効果・課題等を抽出する。

結果要旨

- 効果的な活用事例(日本・先進国・途上国)については、運転シミュレーションおよび津波避難シミュレーション、VR技術による見える化で活用されている。
- 運転シミュレーションについては、整備の前段階で、標識の設置位置等の利便性評価に使われている。日本では首都高の大橋JCT等でやられている。途上国では、運転手の教育に運転シミュレーションを活用する事例がある。また、交通分野の評価以外にも、緑視率といった環境面での評価にも活用されている。
- 海外への展開については、途上国ではベトナム、タイ、インドネシア、ミャンマー、先進国ではアメリカ、中国、韓国、シンガポールで実績がある。海外で展開している技術は、解析技術(FEM)も若干あるが、メインはVR技術である。また、構造設計ソフトは、日本の構造設計基準と異なるため展開していないものの、ODA関連ではツールの英訳版などの依頼もある。

4) オートデスク株式会社

2018年1月24日にオートデスク株式会社へのヒアリング調査を実施した。ヒアリング調査結果の目的及び要旨を下記に示す。

ヒアリング目的

- 3次元ソフト Architecture, Engineering & Construction Collection について、全世界的に BIM/CIM ツールで高いシェアを誇るオートデスク株式会社に、各国の効果的な活用方法、海外への展開方法、途上国への導入課題等について意見を頂き、BIM/CIM 技術による効果・課題等を抽出する。

結果要旨

- 効果的な活用事例（日本・先進国・途上国）については、見える化以外にも、特に海外では、施工の手戻り削減効果およびプレコンストラクション（施工計画での活用）、フロントローディングによる効果が挙げられる。
- 海外と日本の大きな差については、日本ではビジュアルライズ（見える化）にフォーカスして受注者が活用しており、海外では JV による取り組みが活発でクラウドサービス（オープンプラットフォーム）によるファイル交換の活用事例がある。フィンランドでもオープンプラットフォームが利用されており、LandXML によるファイル交換が主流である。
- 海外では、イギリス、ドイツ、韓国等でカントリーキットを構築し、日本では、道路構造令に対応したソフトウェアをカスタマイズしている。これらは、開発パートナー（ディベロッパー）がアドオン機能によりカスタマイズしている。
- 途上国への展開方法については、日本と同じように営業活動を実施している。教育関連の取り組みとして、各大学に無償でソフトを提供し、卒業生が就職後に利用することで全世界に利用を促進している。また、ソフトウェアの違法な利用が発生していることから、違法利用の防止を政府に働きかけている。
- i-construction による取り組みを途上国に導入する場合は、作業員の省略化もあるが、精度管理、進捗管理、出来形管理といった品質に関わる部分で効果が期待されるのではないかと。ODA 事業であれば、竣工期間のお尻が決まっている場合があり、CIM による進捗管理の効果が特に期待されるのではないかと。
- 途上国への導入課題については、ライセンスに関する縛りが小さく、国の物価状況に応じて販売価格を設定しており、大きな問題は無いと考えている。（販売価格は当該地の物価変動に合わせて変動する。）
- CIM マネージャーの条件については、要求事項が決めにくい。土木の知識、モデルの知識、モデルの管理が必要となるため、CIM マネージャーは1人では厳しく、組織として捉えて導入するのが現実的であると考えられる。また、海外でも一人で実施しているわけではない。特に、プログラマーがいないと、効率良く利用できない感がある。

5) 日本工営株式会社

2018年1月25日に日本工営株式会社へのヒアリング調査を実施した。ヒアリング調査結果の目的及び要旨を下記に示す。

ヒアリング目的

- CIMを実務で活用している日本工営株式会社からヒアリングを行い、現場におけるCIMの有効性、導入時の課題についてご意見を頂き、ODAへの活用の課題を抽出する。

結果要旨

- Q: アンケートの回答に、ベトナムやエジプトでのCIMの導入実績があるが、これはODA事業か?
A: ODA事業である。ただし将来的な必要があると判断し、資金は持ち出しでやっている。CIMというよりはBIMである。情報共有、施主、コンサルタント、コントラクター等との情報共有の効率化により、作業の手戻り削減をすることが目的である。
- CIM導入の効果について
イギリスで導入されているデータマネジメントを目指しており、コンサルタントの働き方を変えることを目指している。実際にモデルをつくと施設がいかにか干渉しているのかよくわかる。BIMとして鉄道施設をモデル化しているが換気設備や電気施設が行ってくる。重ねてみると柱の中に配管するなどの干渉がよくわかる。施設関係にBIMを投入することはかなり有効であると考え。ODAでは、施工管理はコンサルタントの仕事なので、手戻りを改善するだけで、工期の精度が向上する。
例えば、東京メトロの事例では、土木構造物に必要な穴が空いていないなどの事例がある。ドバイの鉄道では構造物を壊すところから始まった。
- 施設の施工順序は、①土木、建築、②配管、空調、③電気である。干渉もしくは②と③のためのスペースを確保するための手戻りを避けることで効率化できる。ITを導入したことによるメリットである。
- 費用は現時点で完全に持ち出しで実施している。数千万円である。
- Q: アンケートの回答に、出来高管理とあるが具体的には何を実施しているのか?
A: 将来的に実施したいと思っているところ。準備はまだできていない。これを実現させるためには、支払いのBOQと属性コードを合わせなければならない。前提として、属性コードと支払い項目が一致している必要がある。承認から支払いのコードを共有して連動させたい。現在は、現場で一人のQSがやっているところをクラウドで処理したい。これが理想。なお、プラットフォームを作っているベンダーは既に存在するが、その準備が社内ではまだできていない。
- 上記の活動はProject Management (PM) である。設計時に属性コードを体系化したい。イギリスではスタンダードができつつあるので、それをベースに独自のコードを作りたい。
- 現在の土木工事が変わっていくと思う。見える化が促進する。技術移転のできていない空白の世代を補うための、属人的な技術を共有化したい。

➤ Q:BIM リードのスキル、資質は？

A:IT のことをわかっている、組織のコーディネイト力がないと難しい。PC の知識は誰かに聞けば良いが、組織間のコーディネイトはリーダーシップの方が重要。その人が必ずしも個々のツールを理解する必要は無い。BIM リードの下に、IT の詳しい人やハードがわかるベンダーの人が要る。

- 現在、施工現場ではレター（ハードコピー）のやりとりが行われているが、このような時代はもうすぐ終わる。プロジェクトマネージャーは承認しなければいけないレターを PC 上で承認する時代がくる。このためにはシステムサポートが必要である。

海外への展開について

- Q:ヒアリングでは施工途中からの導入が難しいという回答が多い。当初から無いと意味がないのか。

A：途中からの導入だと手戻りが多い。BoQ（出来高精算）が決まっていたら不可能。契約変更する必要がある。ソフトについては、A360 かエーコネクス、ダッソ-などが候補にあがっているが、日本工営内部でまだ決め切れておらず検証段階である。ダッソ-は Civil 分野に参入したいらしい。例えば、中国の鉄道事業など。

- 中国やイギリス、アメリカは政府主導であるため導入が早い。日本は保守的である。なお、オーストラリアや中国は自動設計の件が多い。中国では道路の線形をかえると橋梁のデザインまで自動的に変わるシステムがある。
- プロジェクトマネジメント（PM）については、鉄道に関してはリスクが大きい、マネジメントに数億円かけても数 100 億円のメリットが産まれる。一度 CIM を体系化すれば小規模なプロジェクトにも CIM のメリットがでてくると考える。
- 道路案件の場合、CIM の効果はあまりないかもしれない。トンネルなどは効果があるかもしれない。

6) 飛島建設株式会社

2018年1月25日に飛島建設株式会社へのヒアリング調査を実施した。ヒアリング調査結果の目的及び要旨を下記に示す。

ヒアリング目的

- 今回、実践的かつ有用な研究成果を取りまとめるため、CIM（3次元化）およびICT土工技術に精通した飛島建設株式会社にヒアリング調査を実施し、CIM・ICT土工技術の導入効果・課題等を抽出する。

結果要旨

- 導入効果については、自主的な提案で利用している状況で弊社として効果を感じていない。たとえば、3次元化により地元協議がスムーズに行くという効果は、目に見えない（直接的に対価を得られる訳ではない）ものである。また、技研・本社といった限られた人間が実施しているため、現場部隊までが利用して活用している状況ではないため、干渉チェックや下請け業者への説明に関する効果も得られていない。
- ICT土工では、MGは良いが、MCは使いにくい。たとえば、斜面を切ろうとすると、ゆっくりやらないといけませんが、MCではそれが出来ない。熟練技術者による微妙な力加減に取って変わるレベルにまで達していない印象である。
- 一方、締固めの均一化といった品質保証には役立つと考えられる。
- 導入課題については、施工では、2次元図面の照査があり、照査後に施工を実施する。図面の照査が適切に実施されずに、施工を進めると瑕疵責任は施工者にあるが、その流れで、3次元図面にいきなり進むと、施工者としてのリスクは大きいと考えられる。
- UAVによる3次元測量については、事故があったときの補償問題が課題であると考えている。

ICT土工技術のGNSS測位方式

- 2級TSで計測した基準点を受信局とし、RTK方式によりMG/MCを利用している。また、電子基準点は利用していない。

7) 内閣府宇宙開発戦略事務局

2018年1月25日に飛島建設株式会社へのヒアリング調査を実施した。ヒアリング調査結果の目的及び要旨を下記に示す。

ヒアリング目的

- 内閣府が運用する MADOCA システムの現状、開発途上国での利用可能性等について意見を頂き、CIM 及び点検・モニタリング技術で利用されている測量技術との関連性を整理する。

結果要旨

- 質問 1 : ICT 土工(MC、MG)、モバイルマッピングシステム (MMS) における MADOCA-PPP 方式の適用可能性に関して、現状をお聞かせ願います。
- 回答 1 : 現時点では、実証段階の技術であるため、種々の課題がある。精度については、相対測位に比べ現状では精度が劣っている状況である。感覚として、相対測位が 3cm の精度であれば、MADOCA-PPP は 10cm 程度の精度になるかと思われる。また、位置情報の補正データを収集計算するための収束時間は 30 分程度であり、途中で電波遮断される環境では利用できない。特に、高さ方向の精度は 10cm 以上あり、ICT 土工への適用は難しい現状である。
- 質問 2: 質問 1 と関連し、当面の MADOCA のターゲットは自動車の自動走行、農機自動走行、気象現象（津波・降雨等）の推定という理解で良いでしょうか。
- 回答 2 : その通りである。
- 質問 3 : 今後、ODA 事業の活用による MADOCA 利用促進に向けた取り組みは考えられますでしょうか。また、どのような内容でしょうか。
- 回答 3 : 是非お願いしたい。
- 質問 4: アジアオセアニア地域で MADOCA を利用する場合の留意点について、お聞かせ願います。
- 回答 4 : 現地の座標系とマッチするかを確認する必要がある。
- 質問 5 : 質問 4 と関連し、MADOCA-PPP 方式について、準天頂衛星以外の衛星への展開可能性についても、お聞かせ願います。
- 質問 6 : グローバル測位サービス株式が行う衛星情報データに係る事業内容をご教示ください。
- 回答 5、6 : 技術的には可能である。インターネット配信でも補正情報を配信可能であり、グローバル測位サービス会社が事業化を検討している。同社は企画会社であり、ビジネスとして成り立つと判断されればインターネット配信も利用できるようになると考えられる。料金収集は、L6 の受信に課金することは困難であるため、受信機の販売価格で調整すると考えられる。マゼランシステムズジャパン株式の受信機は、1 機 100 万円程度で販売していたと思う。

8) 片平インターナショナルエンジニアリング

2018年1月25日に飛島建設株式会社へのヒアリング調査を実施した。ヒアリング調査結果の目的及び要旨を下記に示す。

ヒアリング目的

- 実践的かつ有用な研究成果を取りまとめるため、片平インターナショナルエンジニアリング（KEI）にヒアリング調査を実施し、ODA 無償・協力事業の CIM 活用事例（概要、効果、課題・リスク）を抽出する。

結果要旨

- 橋梁案件で CIM 技術を活用している。橋梁及び 1km のアプローチ道路を Auto CAD civil3D で作成した。精緻な 3D 設計図面ではなく、完成イメージ図である。発注者への説明用として活用した。従来のイメージパースとは異なり、座標データを取得している。C/P は Auto CAD civil3D を保有していないため、動画形式で保存し提出している。
- 3D モデルの作成は、KEI 内部で全て実施している。初めての取り組みのため、主部材のみの作成で約 2 カ月時間を要した。
- 今後、JICA の ODA 事業において、3D モデルの義務化が進む場合は、1 年の余裕がある対応可能であると思うが、現時点では CIM を社内で積極的に展開する動きは無い。

(2) 点検・モニタリング技術

1) 国土交通省東京港湾事務所

2017年12月20日(水)に国土交通省東京港湾事務所へのヒアリング調査を実施した。ヒアリング調査結果の目的及び要旨を下記に示す。

- 東京ゲートブリッジモニタリング技術のシステムの構成は、①Weigh-in-Motion システム：Fiber Bragg Grating (FBG)を用いたひずみ計 14 箇所、②3 軸速度・加速度計（上部工 2 箇所、下部工 2 箇所）③変位計 16 箇所（支承、伸縮装置）、④桁内温度計 4 箇所、⑤風向風速計、⑥一軸加速度計（タイダウンケーブル 4 箇所、サイドブロック 6 箇所、伸縮装置 4 箇所）である。
- モニタリング技術の検討・設計費用は、約 8 千万円（委託費）である。これは、国内で初めての取り組みであり、詳細な検討が必要であったことに起因する。
- 設備費用は、設置費および機材費を含め約 8 千万円である。これには、モニタリング技術関連の計測機器以外の整備（照明設備の一部等）も含まれている。
- 維持管理費用は、年間約 690 万円である。これは、計測機器の点検、メンテナンス（キャリブレーション）で発生する費用であり、専門業者に外部委託している。また、モニタリングシステムとして、モニター画面で常時監視しているが、これらの費用は含んでいない。
- 導入効果については、モニタリング技術導入から 5 年程度しか経過していないが、計画当初から「交通管理情報の取得」および「構造物のモニタリング」で以下の効果が期待されている。
- 「交通管理情報の取得」の効果については、風向風速、雨量、地震（震度）のデータより、迅速な通行規制・通行止めの実施および解除が可能になることである。
- 「構造物のモニタリング」の効果については、震災時に損傷状況を迅速かつ簡易に判断でき、道路規制の早期解除が可能になることである。これは、地震時の損傷順序を予め解析により確認しており、各部位（鉛直支承サイドストッパー、伸縮装置、上部工のラテラル部材、タイダウンケーブル）の損傷状況を計測データから判断できるシステムを構築していることで可能となる。しかし、現時点で大地震が発生していないため、震災時の活用実績はない。（モニタリング技術導入から震度 5 弱以下の地震が発生しているが、2000gal 以上の地震（震度 7 程度）は発生していない。）

2) 株式会社建設技研インターナショナル

2018年1月18日に建設技研インターナショナルへのヒアリング調査を実施した。ヒアリング調査結果の目的及び要旨を下記に示す。

ヒアリング目的

- JICAのODA道路事業において、DRIMS（道路路面性状の測定技術）を複数の国で導入した実績があり、開発途上国への導入課題等について意見を頂き、点検・モニタリング技術の追加調査・研究内容案に活用する。

結果要旨

- Q：開発途上国への実績有無は？
- A：ケニア、カンボジア、タジキスタン、フィリピン、キルギス
- Q：定性的な効果は？
- A：下記の通り。
 - ① 点検結果（道路の平坦性）の主観性の排除
 - ② 点検作業の効率化・時間短縮
 - ③ 点検データの共有の容易化
 - ④ プロジェクトへの関心の高まり
- Q：定量的な効果は？
- A：下記の通り。
 - ① 主観性：目視による5ランク（Excellent, good, fair, poor, bad）から数値評価へ（ケニア）
 - ② 作業の効率化：これまで点検者（技術職員）が直接目視点検により評価していたものが、IRI計測と車上からの目視点検となった。（ケニア、カンボジア）
 - ③ データの共有化：IRIはGISデータに変換可能なため、道路公社内のポータルサイトへの活用、道路基金（KRB）のGIS担当部署に共有、活用が可能。北部回廊調整機構（国際機関）へ共有された。
 - ④ 道路エンジニアだけでなくIT部門の担当者もプロジェクトに加わることとなった。
- Q：今後の展開構想は？
- A：下記の通り。
 - ① 持続性（プロジェクト終了後）のため、現地民間企業による販売、アフターケア、教育を可能とする体制を構築することが必要。
 - ② 北部回廊調整機構への展開
 - ③ 道路以外の評価（空港の滑走路等）
- Q：海外で展開する際の懸念事項等は？
- A：下記の通り。
 - ① 製品の持ち込み時に発生する関税。製品が特殊なため関税率が担当官により判断されるため、交渉に非情な労力を要する。
 - ② 製品の先方国における認証。ケニアの場合ケニア標準局（Kenya Bureau of Standard）、が計測機器の認定を行うが、部品として認定を受ける段階と製品として認定を受ける

段階がある。国際連盟等に加盟していることで例えば日本の認定を批准することも可能とのことで、iDRIMS については日本での試験結果を根拠に申請を試みている。

③ GPS の欠損の問題。日本における試験では確認できなかった欠損が問題となった。

- Q：海外で積極的に活用するために必要な方策や要望する支援は？
- A：日本における研究機関や試験機関において、認定書を英文にて（も）発行をして頂きたい。先方国において性能を確認する試験を実施することは困難なため、日本における公的な試験機関による検査結果の提示は有効。しかしながら、ケニアの事例では一般財団法人土木研究センターが実施する平坦性の性能確認試験を行い性能確認証書により確認がなされたが、認定書（および報告書）の発行は和文のみとのことであった。このため、開発側で認定書および報告書を翻訳し、日本公証人連合会により公証人手続きを経ることにより、公定翻訳とする必要があった。

3) 東北大学コンソーシアム

2018年1月29日に東北大学コンソーシアムへのヒアリング調査を実施した。ヒアリング調査結果の目的及び要旨を下記に示す。

ヒアリング目的

- ドローンを活用した点検技術では最先端の技術であり、機材の大きさや技術の適用範囲、トレンドから、開発途上国への適用可能性は SIP の中でも比較的高いと考えられる。ドローン最先端技術における効果、現状・課題・リスクを抽出する

結果要旨

- 販売価格については、需要と供給のバランスを見て価格設定を行う予定である。
- 球殻ヘリは、最大飛行時間が 15 分程度で、機体重量は 2.66kg である。一度の飛行による桁下空間の撮影範囲は、パネル 2 つ分（1 パネル：3m×5m）である。
- 導入効果については、現場の点検員が手書きで作成する野帳（従来の手法）から健全部を含め全て画像で撮影して損傷を記録できるため、品質の向上が期待できる。また、従来の点検手法では近接が出来ていない場所にも近接できることが最大の効果であると考えている。
- 球殻ヘリによる点検および点検調書作成支援ソフトにより、点検・調書作成といった一連の作業の短縮が期待できる。実験では、従来の近接目視による点検と比較して、25%程度の削減効果があった。
- 現状の課題については、人通りが多い場所での撮影ができないこと、操縦員の育成が必要であることが挙げられる。操縦員の育成については、撮影対象にぶつかることを前提にした飛行体の操縦であるため、一般的な UAV の操縦とは別に、ある程度操作に慣れる必要がある。しかし、UAV が操縦できる人であれば、2、3 日程度の練習期間で問題なく操縦できるものと考えている。
- 点検調書作成支援ソフトには撮影した複数の写真を自動でパノラマ写真として作成できるが、鋼桁のように複雑な構造では一部対応できていない。たとえば、主桁は問題ないが、横桁および対傾構のパノラマ写真は対応できていない。

開発途上国への導入課題

- 開発途上国への導入課題については、点検調書作成支援ソフトの言語・フォーマットに関する対応が挙げられる。特に、フォーマットは、日本の点検調書に合わせてシステムを構築しており、簡単には変更できない。
- アフターケアに関する課題については、途上国ではアフターケアサービスを提供する体制を構築することが困難である。一方、球形ガードの破損により取り換え程度であれば、容易に対応できる構造である。
- 操作性・容易性に関する課題については、GPS 無効状態での操縦が必要であるため、一定期間の訓練が必要である。同様に、橋梁点検に関する知識についても教育が必要である。

第3章 ICT 技術の発現効果機構の体系化

3.1 概要

本章では、CIM 技術および点検・モニタリング技術について、本邦/先進国の道路事業マネジメントにおける ICT 技術の発現効果機構を体系化した。

CIM 技術については、日本、米国、英国により、CIM の活用目的が異なっていること、日本国内において当初の目的と実態との間に乖離があることを踏まえ、効果を体系化した。

点検・モニタリング技術については、点検・モニタリング技術の数が多いため、効率的に効果を体系化するため、第 2 章で整理した通り、本業務の作成した点検・モニタリング技術の事例集（巻末資料 1 参照）の中から類似業務をグループ化し、12 の整理項目を設定し、その整理項目に基づいてグループ化後の代表技術（25 の技術）を体系化した。

ICT 技術の活用による発現効果機構が整理された後、その効果の影響度を客観的に評価するために効果分析を行った。CIM 技術については、道路建設事業に対する CIM 導入技術による効果の発現項目を整理した。なお、これらに対する定量的な効果分析がなされていないため、英国の BIM 取り組みのきっかけとなったプロジェクトに対する評価指標を示した。点検・モニタリング技術については、「発現効果機構の体系化」、「現状・課題・リスクの体系化」で抽出した 13 の効果、5 の課題について点数を付け、同じ指標で代表技術を総合的に評価した。

3.2 ICT 技術の発現効果機構の体系化の方針

CIM 技術と点検・モニタリング技術の基本的な適用範囲の認識及び効果発現機構に対する検討の基本的な考え方を下記に示す。道路事業管理プロセス毎に活用事例を整理することとした。期待される効果は、道路建設段階では CIM 技術で多く発現し、道路維持管理段階では点検・モニタリング技術で多く発現する。

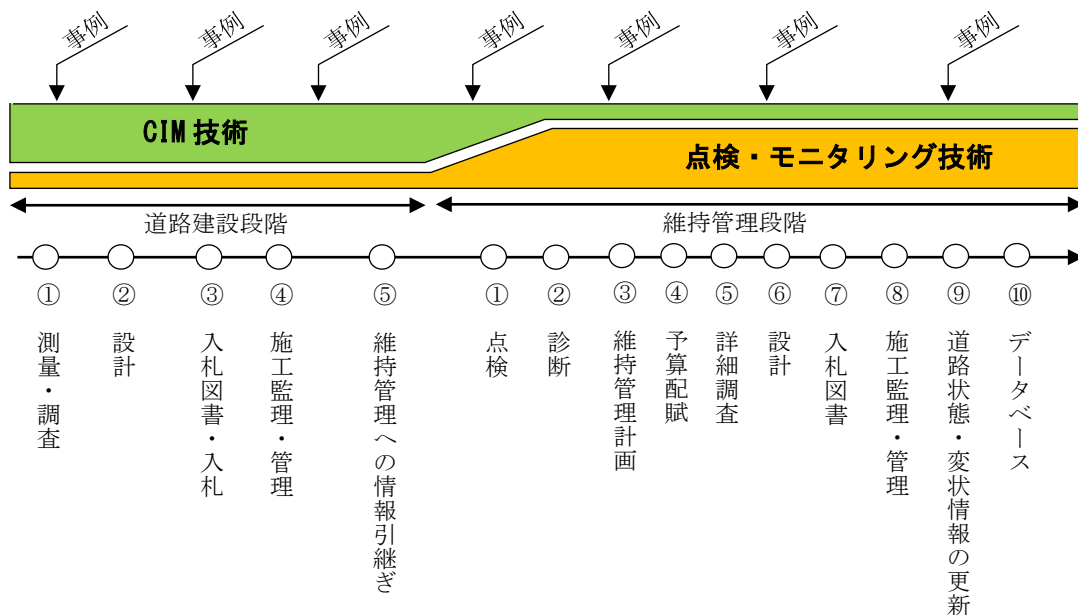


図 3-1 ICT 技術の発現効果機構の体系化の基本的考え方

3.3 CIM 技術の発現効果

3.3.1 既存資料の整理・分析

日本、米国、英国により、CIM の活用目的が異なっていること、日本国内において当初の目的と実態との間に乖離があることを踏まえ、効果を体系化した。具体的には、国単位で活用目的、活用事例を整理している。たとえば、日本の事例では、現状で見える化に起因する効果に限定されており、海外（特に英国）では、データマネジメントに特化した活用方針が策定されている。

また、活用事例については、下記の項目で整理した。

表 3-1 「CIM 技術の発現効果」の整理方法

No.	整理項目	整理内容
1	案件名	案件名を記載する
2	道路事業管理 プロセス	道路建設段階：①測量・調査、②設計、③入札図書作成及び入札手続き、④施工監理/管理、⑤維持管理への情報引継ぎ 道路維持管理段階：①点検（目視点検）、②診断、③維持修繕計画の策定（優先順位リスト等）、④予算配賦、⑤詳細調査（変状分類・進行度等）、⑥設計、⑦入札図書作成及び入札手続き、⑧施工監理/管理、⑨道路状態（変状）情報の更新、⑩データベース
3	概要/イメージ図	理解し易いように、イメージ図や使用状況写真等を添付する
4	効果	技術を活用して得られた結果を記載する。（活用方法：主な効果） 活用事例（例） <ul style="list-style-type: none"> ➤ 既設橋の配筋を再現し、新設する落下防止システム、RC 巻立てとの取り合いを確認可能。（可視化による干渉チェック（維持管理）） ➤ トンネル掘削時の情報（変位量や切羽の写真）を 3 次元モデル上に表示することで前方の地山状況が判断しやすくなり、適切な構造を選定できる。（施工監理/管理：可視化による施工監理/管理の効率化） ➤ プロジェクトに関わる情報の欠落や情報共有の少なさ等による手戻りやムダの縮減（品質確保・手戻り防止）
5	参考資料	主な参考資料は、以下である <ul style="list-style-type: none"> ➤ 国土交通省 CIM 制度委員会資料（第 5 回） ➤ 施工 CIM 事例集 ➤ CIM 導入ガイドライン（案）H29.3 ➤ CIM モデル作成仕様【検討案】<道路編> ➤ 米国における CIM 技術調査 ➤ 欧州における CIM 技術調査

3.3.2 日本の活用事例

(1) 当初の目的

CIMの導入目的は、建築分野でのBIMを土木分野に導入して、建設事業全体での生産性の向上を図ることである。すなわち、計画・調査・設計段階から3次元モデルを導入し、その後の施工、維持管理の各段階においても3次元モデルに連携・発展させ、あわせて事業全体にわたる関係者間で情報を共有することにより、一連の建設生産システムの効率化・高度化を図るものである。3次元モデルは、各段階で追加・充実され、維持管理での効率的な活用を図る。

【期待される効果】

- 情報の有効活用（設計の可視化）
- 設計の最適化（整合性の確保）
- 施工の効率化、高度化（情報化施工）
- 構造物情報の一元化、統合化
- 環境性能評価、構造解析等
- 維持管理の効率化、高度化

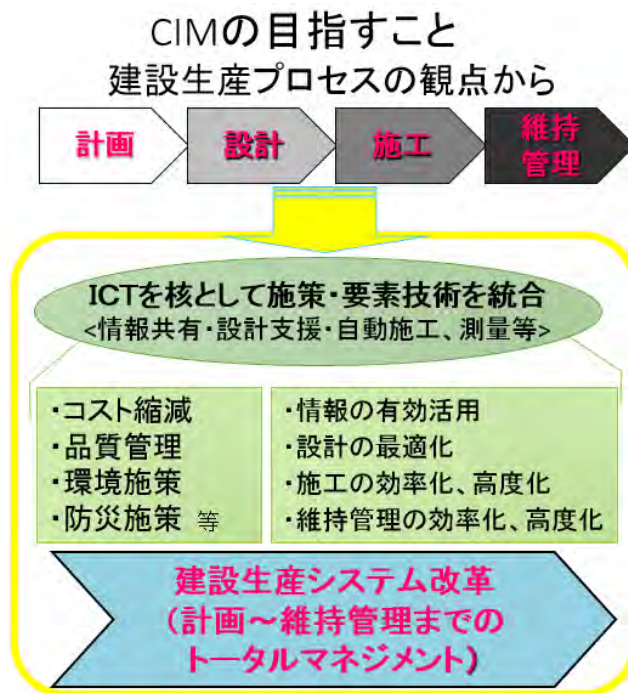


図 3-2 建設生産システム

(2) 試行事業における効果の整理（日本の事例）

国土交通省ではCIMを2012年度から導入し、2016年度までに、設計業務で56件、施工業務で109件のCIM試行的導入実績がある。設計から施工、施工から維持管理へのフェーズを跨いだデータ流通が課題であることから、事業全体としての定量的導入効果は検討段階であるものの、各段階を通じてCIMモデルを共有することにより効果的・高度化が期待されている。

ここでは、CIM技術の効果に関する実態調査結果¹や具体的な活用事例を整理した。

¹ CIM導入推進委員会資料

1) CIM 技術の効果に関する実態調査

図 3-3 に、第 4 回 CIM 導入推進委員会（2017 年 8 月 8 日）資料で記載された CIM 技術に関する調査結果を示す。

受発注者が実感している効果については、3次元化による関係者間の「合意形成の迅速化」が最も高く、意思決定のツールとして有効であることが確認された。図中の他の項目についても効果有の回答が得られているが、次ページ以降に示す事例 1~8 の通り、「3次元化による見える化」の効果に起因する事例がほとんどである。

一方、監督・検査や数量算出、事業スケジュールの把握など、本来効果が見込める項目での活用事例が少なく、CIM を活かしかれていない現状である。これらの原因は、監督・検査については、検査方法が制度化されていないこと、数量算出については、数量の自動算出のためには精緻な 3次元設計が必要で膨大な作業が発生し、現時点では局所的な活用か全体のイメージ図として活用できる程度のものに留まっていることが考えられる。

以上より、現時点で日本の効果的な事例は、3次元化による「見える化」に起因する効果に限定されている。

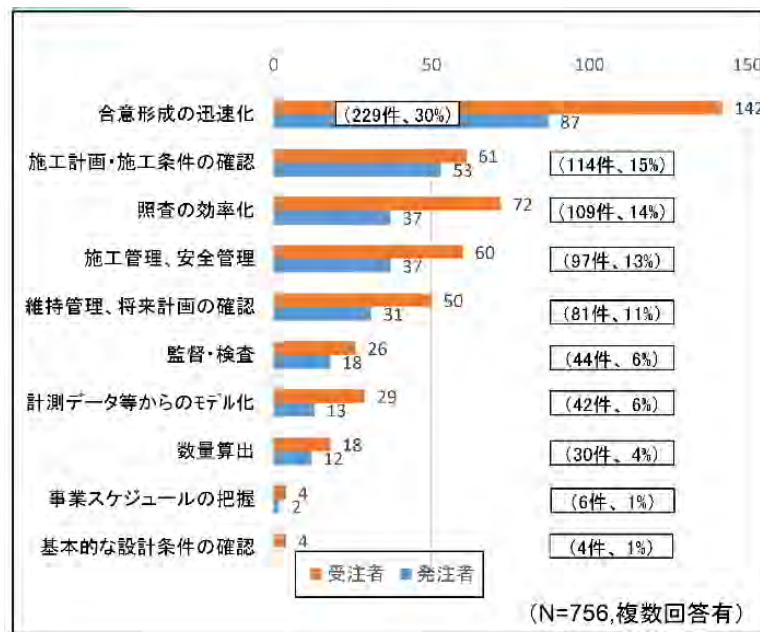

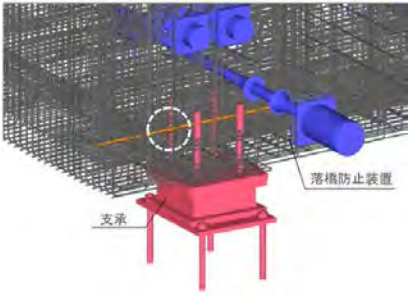


図 3-3 CIM 技術の効果²

² 国土交通省 CIM 推進委員会資料（第 4 回）

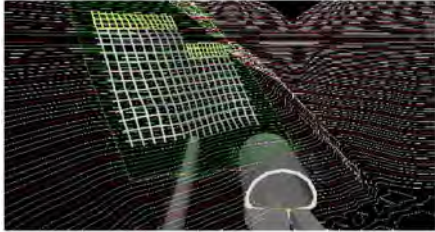
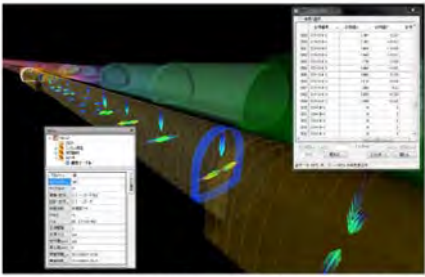
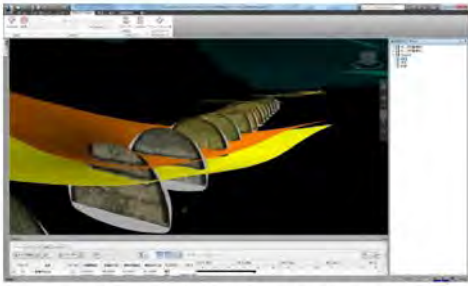
2) 事例 1 : 上部工工事

No.	整理項目	整理内容
1	案件名	東北中央自動車道長老沢 3 号橋上部工工事 東北地方整備局
2	道路事業管理 プロセス	道路建設段階：施工監理・管理
3	概要/イメージ図	<p>長老沢 3 号橋は、橋長 201m の 3 径間連続 PC ラーメン箱桁橋であり、架設工法は、移動作業車を用いた張出し工法を採用している。</p> <p>CIM 試行の対象モデルとして直線線形や等断面の構造物が選定される場合が多い中、曲線線形で断面変化を有するプレストレストコンクリート橋を選定し、橋梁のモデリングも含め、「施工段階における」の可能性・適用性について試行調査することを目的とした。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>図 橋梁モデル (架設中)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>図 鋼材と付属物の干渉チェック</p> </div> </div>
4	効果	<p>➤ 2次元図面と異なり、各部材が同一モデル空間に存在するため、モデル化さえ行えば、干渉を瞬時にチェックすることが可能。(干渉チェック (新設))</p>
5	参考資料	CIM 導入ガイドライン (案) H29.3

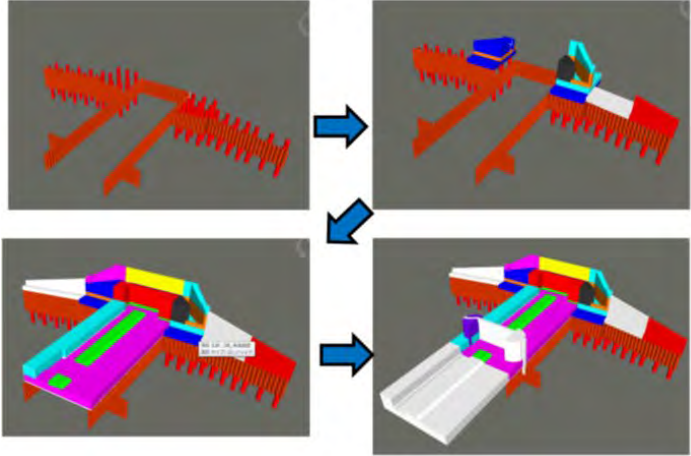
3) 事例 2 : 景観検討モデル

No.	整理項目	整理内容
1	案件名	広域的景観検討モデル（河川景観検討への CIM 活用） 東北地方整備局
2	道路事業管理 プロセス	道路建設段階：測量・調査
3	概要/イメージ図	<p>旧北上川河口部の防潮堤整備事業にかかる景観検討において「石巻水辺のプロムナード計画」を踏まえた有識者委員会を効率的に進めるため、CIM 技術を活用した。</p>  <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p>③日和山公園（現状）</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>（事業完了後イメージ）</p>  </div> </div>
4	効果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 有識者委員会で広域的な景観の三次元モデルを活用し、可視化による相互理解の向上。（関係者間の相互理解向上） ➤ 事業完了後イメージを可視化した資料も用いることにより、相互理解の向上が図られた。（関係者間の相互理解向上）
5	参考資料	国土交通省 CIM 制度委員会資料（第 5 回）

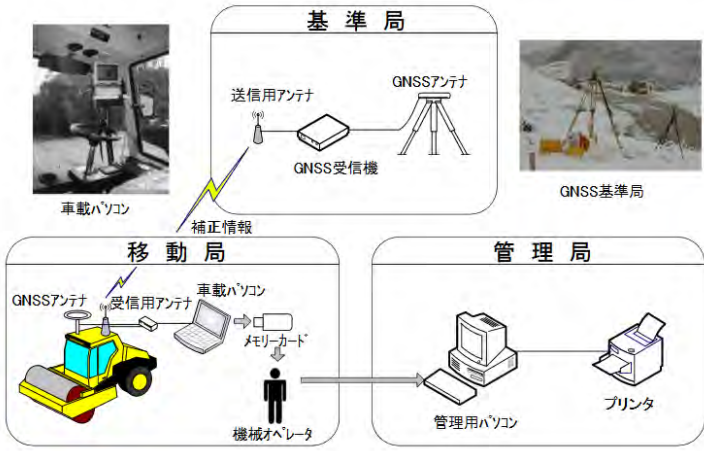
4) 事例 3：トンネル新設工事

No.	整理項目	整理内容
1	案件名	トンネル新設工事（施工時の判断補助）
2	道路事業管理 プロセス	道路建設段階：施工監理/管理
3	概要/イメージ図	 <p>図 11 坑口上部の法面補強アンカーとトンネル掘削のゆるみ影響範囲の干渉チェック</p>  <p>図 9 トンネルモデルへの施工管理情報の蓄積</p>  <p>図 10 切羽、地質情報のトンネルモデルへの一元化</p>
4	効果	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 3次元測量成果を元に坑口部に設ける法面補強工の影響範囲を確認（3次元可視化による施工管理の効率化） ➢ トンネル掘削時の情報（変位量や切羽の写真）を3次元モデル上に表示することで前方の地山状況が判断しやすくなり、適切な構造を選定できる。（3次元可視化による施工管理の効率化）
5	参考資料	CIM 導入ガイドライン（案）H29.3 国土交通省

5) 事例 4 : 堰改修工事

No.	整理項目	整理内容
1	案件名	合志川平島堰改修（2期）工事
2	道路事業管理 プロセス	道路建設段階：施工監理/管理
3	概要/イメージ図	 <p style="text-align: center;">図 合志川平島堰改修工事</p>
4	効果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 複雑な施工計画も一目で理解することができ、合意形成と周知が容易になる。（関係者間の相互理解向上） ➤ 施工順序をアニメーション化し、現場見学等の資料にすることで、一般の方への理解度向上。（関係者間の相互理解向上） ➤ コンクリート打設順序のアニメーション化により、作業員の理解度向上が図れる。（関係者間の相互理解向上）
5	参考資料	2017 施工 CIM 事例集：（社）日本建設業連合会


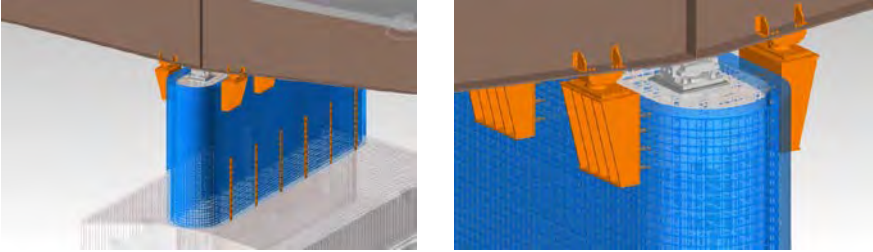
6) 事例 5 : ICT 土工

No.	整理項目	整理内容
1	案件名	TS・GNSS を用いた盛土の締固め管理の監督・検査
2	道路事業管理 プロセス	道路建設段階：施工監理/管理
3	概要/イメージ図	<p>従来の河川土工及び道路土工等における盛土の締固め管理においては、砂置換法やR I 計法が主として用いられてきたが、近年、TS 又は GNSS を用いて、作業中の締固め機械の位置座標を施工と同時に計測し、この計測データを締固め機械に設置したパソコンへ通信・処理することによって、盛土全面の品質を締固め回数で面的管理する手法が導入されている。</p>  <p>図 GNSS を用いた盛土の締固め回数管理システム (例)</p>
4	効果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 盛土全体の品質について、締固め回数を面的に管理することができ、品質の均一化や過転圧の防止等の他、締固め状況の早期把握による工程短縮が図れる。(作業の効率化) ▶ 締固め回数の面的な把握による全体的な強度の確保 (土工の品質・精度の確保) ▶ 締固め度による管理ができなかったレキを含む岩塊盛土等への適用が可能 (土工の品質・精度の確保) ▶ 現場密度試験省略による品質管理の簡素化・効率化 (土工の品質・精度の確保) ▶ 回数管理の自動化によるオペレータの負担低減 (作業員の縮減)
5	参考資料	<p>CIM 導入ガイドライン (案) 土工編 国土交通省</p> <p>TS・GNSS を用いた盛土の締固め管理の監督・検査要領 国土交通省</p>

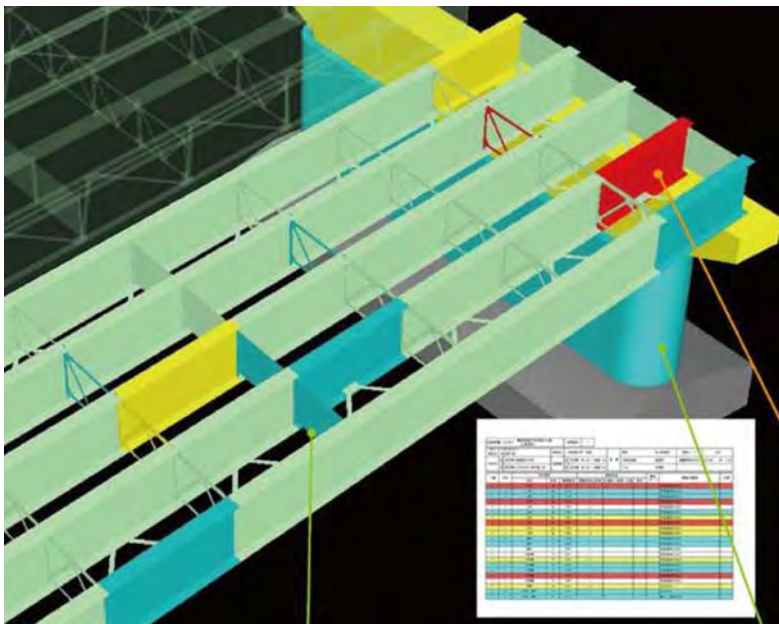
7) 事例 6 : UAV・レーザー測量

No.	整理項目	整理内容
1	案件名	佐久間道路浦川地区第1トンネル新設工事
2	道路事業管理 プロセス	道路建設段階：測量・調査、設計、施工監理/管理
3	概要/イメージ図	<p>正確な法面の情報を取得するために、坑口法面を3Dスキャナにて測量 坑口全域を地形測量するため UAV 測量を実施 坑口の形状が複雑なため見える化するため3Dプリンタにて坑口付近モデルを作成</p>  <p>レーザースキャナ UAV 写真測量 点群変換 モデルと合成・確認</p>
4	効果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ トンネル坑口部に対して3次元計測（UAV、地上レーザ）を用いることで、測量時間の削減、データ量の削減によってコスト削減に繋がる。（作業の効率化） ➤ 事業の早期段階で精度の高い3次元計測を行い、コントロールを明確にすることで、設計のフロントローディング・品質向上に繋げる。（早期段階での課題対応・フロントローディング）
5	参考資料	施工 CIM 事例集 2016 日本建設業連合会

8) 事例 7 : 耐震補強設計

No.	整理項目	整理内容
1	案件名	道路（橋梁詳細）設計（耐震補強設計） 北海道開発局
2	道路事業管理 プロセス	道路維持管理段階：設計
3	概要/イメージ図	 <p style="text-align: center;">図 落橋防止システムの設置</p>  <p style="text-align: center;">図 RC 巻立てと落橋防止システムの設置</p>
4	効果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 既設橋の配筋を再現し、新設する落下防止システム、RC 巻立てとの取り合いを確認可能。(3次元可視化による干渉チェック (維持管理)) ➤ 特に杓座周りの複雑な過密配筋状況を 3次元モデルで確認でき、鉄筋やアンカーの干渉チェックが容易。(3次元可視化による干渉チェック (維持管理))
5	参考資料	国土交通省 CIM 制度委員会資料 (第 5 回)

9) 事例 8 : 維持管理で想定される活用

No.	整理項目	整理内容
1	案件名	点検結果の視覚化、維持管理の効率化
2	道路事業管理 プロセス	道路維持管理段階：点検、診断、維持管理計画
3	概要/イメージ図	<p>施工段階で作成された 3D モデルを利用し、各部材の点検結果の属性情報を入力し視覚化、損傷の位置や履歴を 3D で確認できる。3D モデルの属性情報で配管・配線状況がわかるため補修時の切り回しの際に役立つ。</p>  <p style="text-align: center;">図 点検結果の視覚化</p>
4	効果	<ul style="list-style-type: none"> 設計・施工時のデータ及び周辺環境データを併せた劣化予想の実施や保全計画を立案（維持管理の高度化）
5	参考資料	CIM モデル作成仕様 【検討案】 <道路編>

10) その他：施工 CIM 事例集（日建連）

また、前節の事例 4：合志川平島堰改修（2 期）工事以外にも、施工監理・管理のプロセスにおける CIM の活用事例については、施工 CIM 事例集で整理されている。

【効果】

- トンネルでは前方探査結果や切羽写真を 3 次元モデル上に冗長させることによって、支保パターン変更や補助工法の必要性などの判断が速やかにできる。（2015, P9 他）
- 品質に関わる情報を 3 次元モデルに付与することで維持管理段階での活用が期待できる（付与すべき属性については検討がなされていない状況）（2015, P9 他）
- 設計照査の確実な実施、ミスの削減（2015, P24）
- 施工シミュレーションによって施工手順の確認、安全対策の効率化、施工検討の迅速化に繋がる。（2015, P24）
- 現場職員と作業員とでモデルを使用して打合せをしたことで、作業効率の良い施工方法の提案があり、実施工期の短縮ができた。（2015, P26）
- 大規模土工の進捗管理のための測量に UAV による写真測量を用いることで、従来の測量時間が短縮できることに加え、現場作業との調整が必要ない。（2015, P32）
- トンネル坑口部に対して 3 次元計測（UAV、地上レーザ）を用いることで、測量時間の削減、データ量の削減によってコスト削減に繋がった（2016, P12）
- 住民説明会で、完成イメージが理解しやすいなど理解度・協力依頼が円滑に行えた。（2016, P78）

3.3.3 海外の活用事例

(1) 海外における効果の総括

文献調査およびアンケート・ヒアリング調査により得られた海外における効果を下記に整理した。

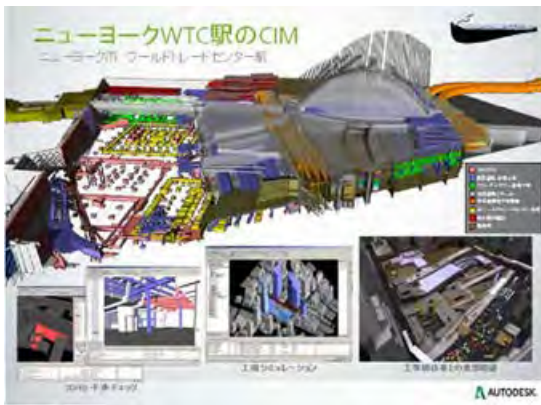
【海外における主な効果】

- 海外では図面を読めない作業員も多く、3次元モデルを使つての指示の効果は大きい。
- データマネジメントの標準化による関係者間での適切な情報共有が英国を中心に欧州で進んでいる。
⇒これが、コストや時間の情報も取り込んだPM ツールとしての利用に発展している。
- 仕事のプロセスを（コンカレントエンジニアリングの導入など）大きく変化させ、当事者間のコミュニケーション深化、手戻りの防止、RFI（設計者への問い合わせ）の減少といった効果がある（CIFE³）。

³ CIFE：スタンフォード大学内にあるBIM/CIMに関する研究機関

(2) 米国での取り組み事例

1) 事例 1 : World Trade Center 再開発

No.	整理項目	整理内容
1	案件名	World Trade Center 再開発事業
2	道路事業管理 プロセス	道路建設段階：設計、施工監理/管理
3	概要/イメージ図	<p>Lider データを利用して被災現場の状況とボリューム、地下の地層状態を把握し、施設（路線、地下埋設物など）の再配置計画を実施した。WTC 駅工事ではまず仮駅舎を建設し、後に本設駅舎の工事を行う。WTC 跡地をメモリアルとして残す必要があり、地下工事で地上メモリアル工事を平行する必要があった。</p>  <p>図 ワールドトレードセンター地下鉄駅工事</p>
4	効果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 基本・設計計画の段階でそれぞれの請負計画を色分けで表現し、施工計画内容（地下と地上メモリアル）の干渉チェックを事前に行い不整合を確認した。その結果早い段階で干渉問題を発見することができ、通常解決までに 3 ヶ月かかる問題を 3 分で解決することができた。（干渉チェック（新設）） ➤ 施工進捗にしたがって完成形と 4D モデルを比較しながら管理を進めた。同時に施工段階の情報を付加していき、将来的に利用できるよう考慮した。情報公開ポータルには 60 を超えるリンクがはっており、セキュリティを確保しながらプロジェクト関係者と共有することも可能であり、多くの関係者、オーナー、行政、発注者、企業体、設計者、施工者、一般人に情報を提供している。（3次元可視化による施工管理の効率化）
5	参考資料	米国における CIM 技術調査 2013 : 土木学会

参照資料より抜粋

2.1.1 米国における CIM/BIM の導入事例

Autodesk 社 米国担当事業開発責任者上席取締役 Doug Eberhard 氏から、米国における BIM/CIM の導入事例の紹介と意見交換を行った。

(1) World Trade Center 再開発事業

1) プロジェクト概要

発注者：ニューヨーク州・ニュージャージー州港湾局（The Port Authority of New York & New Jersey）

プロジェクト：WTC 統合交通ターミナル施設建設パーソンズプリンカホフ&URS プログラムマネージメント共同業体

WTC 統合交通ターミナル施設総事業費：2,200 億円



図 2-1 World Trade Center

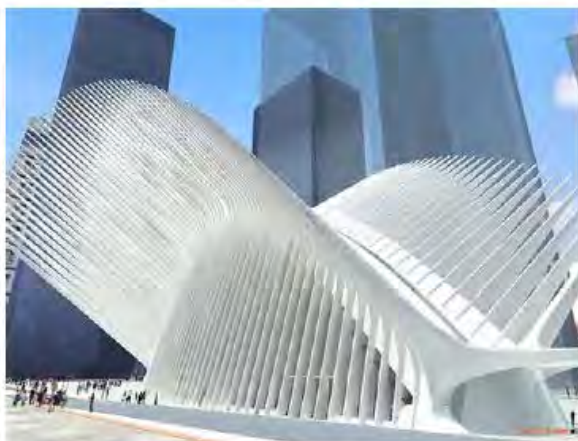


図 2-2 WTC Transportation Hub
(Street Level Rendering)

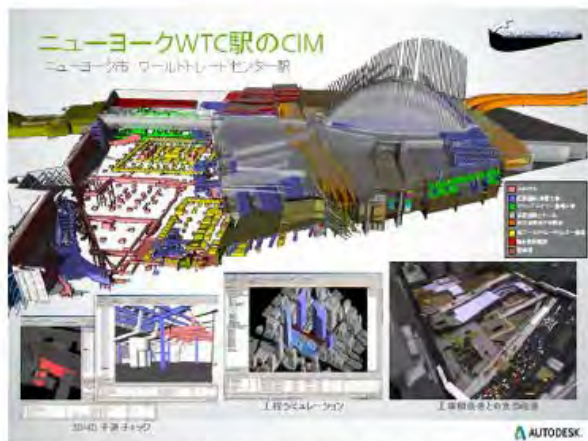


図 2-3 事前チェックにおける不整合を確認、請負計画を色分けで表現

2) プレゼン内容

9・11 発災後最初に行ったのは被害者救出のための現況把握であった。Lidar データを利用して被災現場の状況とボリューム、地下の地層状況を把握し、施設（路線、地下埋設物など）の再配置計画を実施した。WTC 駅工事では先ず仮駅舎を建設し、後に本設駅舎の施工を行う。工事敷地面積は 160 エーカー、プログラムマネジメント請負金額は約 250 億円、複数の設計会社、施工会社が参画、8 ラインの地下鉄が関連、地下バスターミナルの建設を 6 つの設計オプションから選択した。

一般住民向け説明に簡易マスモデルを利用し、合意形成を行った。6 社による設計コンペが実施され、内容は一般にウェブ公開されており、さらに設計、施工期間も同様に一般に情報公開を行っている。WTC だけではなく関連する施設との施工手順の把握に 4D による概略レベルの施工手順を作成した。（ビデオによる紹介）



図 2-4 WTC プロジェクトプレゼン状況（調査団員撮影）

3) プログラムマネジメントにおける課題と解決策

WTC 跡地をメモリアルとして残す必要があり、地下工事と地上メモリアル工事を平行する必要があった。そのため基本・設計計画の段階でそれぞれの請負計画を色分けで表現し、施工計画内容（地下と地上メモリアル）の干渉チェックを事前に行い不整合を確認することができた。

当初オーナーは 2 次元図面での発注を考えていたが、プロジェクトの複雑性により 3 次元を利用することを決断、早い段階で干渉問題を発見することができ、通常解決までに 3 ヶ月かかる問題を 3 分で解決することができた。仮設（青）、本設（赤）、完成モデル（白）でモデル化して統合、干渉チェックを実施した。仮設の支保工は施工中に取り除く事ができないという状況だったため、4D で検討することが重要であったため、PDF 上の構造物をクリックすることで詳細な情報が表示されるシステムを構築した。BIM/CIM モデルの利用以外に、写真の活用も有効な情報提供手段として位置づけており、定点カメラで撮影した週ごとの写真をつなぎあわせた進捗状況を BIM・CIM モデルと比較して状況を確認することに加え、材料の搬入、搬出シミュレーションにも活用した。

————— : 事例の参照範囲

WTC ビルの建設はメモリアル式典の開催日程のため工期短縮が必要となった。他にも多くの課題はあったが、安全管理はこのプロジェクトで特に重要な位置づけであった。施工進捗にしたがって完成形と 4D モデルを比較しながら管理を進めた。同時に施工段階の情報を付加していき、将来的に利用できるように考えた。情報公開ポータルには 60 を超えるリンクがはっており、セキュリティを確保しながらプロジェクト関係者と共有することも可能であり、多くの関係者、オーナー、行政、発注者、企業体、設計者、施工者、一般人に情報を提供している。



Image credit: Joe Woolhead Courtesy of: Silverstein Properties Taken: September 01, 2013
※<http://www.wtc.com/media/images/s/wtc-construction-wtc-transportation-hub>

— : 事例の参照範囲

2) 事例 2 : 高速道路 IC 改良

No.	整理項目	整理内容
1	案件名	Connecticut 道路局高速道路インターチェンジ
2	道路事業管理 プロセス	道路建設段階：施工監理/管理
3	概要/イメージ図	 <p style="text-align: center;">図 高速道路 IC の改良工事</p>
4	効果	<p>➤ 本案件の目的は、既存の交通の流れを阻害しないで安全にかつ、高速道路を毎日 4 時間しか封鎖しないで施工することであった。4D-CAD がない時代では、工程管理者は工程計画、設計者は設計、施工業者は施工計画をそれぞれ作成し、発注者はそれらが問題なく進むことを祈るだけだったが、BIM 技術によってこのような心配をする必要がなくなるだけでなく、さらに施工スケジュールを短縮できるようになった。(プロジェクトマネジメント (PM) による施工監理の効率化)</p>
5	参考資料	米国における CIM 技術調査 2013 : 土木学会

参照資料より抜粋

(3) Connecticut 道路局高速道路インターチェンジ

1) プロジェクト概要

発注者：コネチカット州道路局



プロジェクト：インターステート 95 号線ニューヘブレン湾横断線改良工事 I-95 NEW HAVEN HARBOR CROSSING CORRIDOR IMPROVEMENT PROGRAM 高速道路 3 路線のインターチェンジ改良工事、延長距離 70 マイル

総事業費：2,000 億円



図 2-11 プロジェクト工区割り

※<http://www.i95newhaven.com/contractor/>



図 2-12 3D 完成イメージ (CTDOT Web サイトより転載)

2) プレゼンテーション内容

発注者が BIM の ROI(return on investment)に着目し、設計、施工業者の BIM 化に対して出資した 2 億円を BIM によるプログラムマネジメントに投資した。目的は既存の交通の流れを阻害しない安全にかつ、高速道路を毎日 4 時間しか封鎖しないで施工することであった。4D-CAD がない時代では、工程管理者は工程計画、設計者は設計、施工業者は施工計画をそれぞれ作成し、発注者はそれらが問題なく進む事を祈るだけだったが、BIM 技術によってこのような心配をする必要がなくなるだけでなく、さらに施工スケジュールを短縮できるようになった。

発注者への納品物は 2 次元図面だが、上記のように対応する為に Navisworks を利用し、補完資料として提出している。将来オフィシャルにする為には法律上、契約上の課題はあるが、ソフトウェアとしては既に対応可能である。建築では既に法律、契約上の整備が整っているが、土木分野もこれらを参考にして事業に適用する必要がある。今までは発注者は施工者に任せっきりでスケジュール管理も行っていなかったが、Design-Build、PPP などにより状況は変わりつつある。

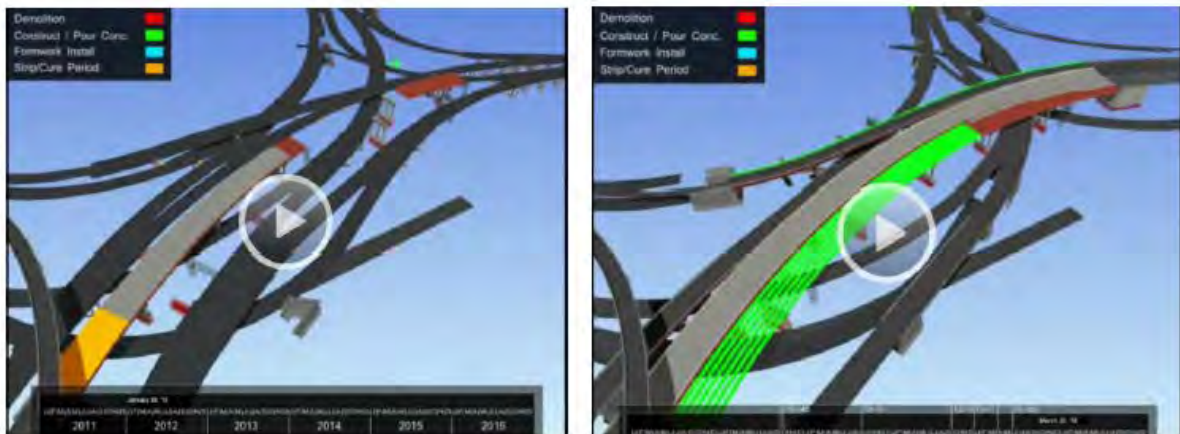


図 2-13 4D スケジュールアニメーション

————— : 事例の参照範囲

3) 事例 3 : ハイウェイ復興

No.	整理項目	整理内容
1	案件名	アラスカハイウェイ復興事業
2	道路事業管理プロセス	道路維持管理段階：詳細調査、設計
3	概要/イメージ図	<p>シアトルの二階建てアラスカハイウェイは 2011 年の地震で被害を受け、復興プロジェクトとして多くの提案がなされ、最終的に地下シールドトンネルの施工プロジェクトとなった。シアトルのダウンタウン中のモデルにとどまらず、地下モデル、地下シールドモデルと統合して全体都市モデルを作成し検討、計画を行った。Integrated Model としては大規模な例である。</p> <p>基礎杭の深さは図面から読み取ってモデル化しており、入手できる情報から最良レベルである。建物基礎はシアトル市から入手した図面、地下の構造物は図面から読み取ったものと GRP (ground penetrating radar:地中レーダ) 機器で入手した情報からモデル化し、地上部分は GIS データから作成している。</p>  <p style="text-align: center;">図 BIM 紹介スライド</p>
4	効果	<p>➤ 管理施設や地下埋設物、点群データによる周辺地物等の 3 次元モデルを整備することで改良事業や補強施工の際に現道切廻しや掘削時の支障回避などの効率化を実現する。(データマネジメントによる効率化・高度化)</p>
5	参考資料	米国における CIM 技術調査 2013 : 土木学会

(4) アラスカハイウェイ

シアトルの2階建てアラスカハイウェイは2011年の地震で被害を受け、復興プロジェクトとして多くの提案がなされ、最終的に地下シールドトンネルの施工プロジェクトとなった。シアトルのダウンタウン中のモデルに留まらず、地下モデル、地下シールドモデルと統合して全体都市モデルを作成し検討、計画を行った。Integrated Model としては大規模な例である。

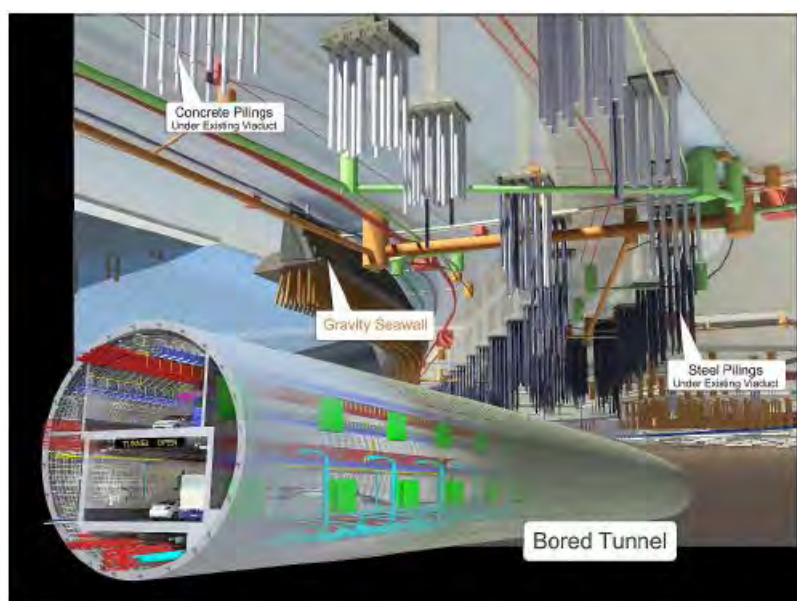


図 2-22 シアトル市アラスカンハイウェイでの BIM 紹介スライド

基礎杭の深さは図面から情報を読み取ってモデル化しており、入手出来る情報から最良レベルである。建物基礎はシアトル市から入手した図面、地下の構造物は図面から読み取ったものと GPR(ground penetrating radar:地中レーダ)機器で入手した情報からモデル化し、地上部分は GIS データから作成している。

1) トンネルプロジェクト

このプロジェクトでは日本製シールドマシンを利用した。当初の予定では直径 61ft の予定だったが、CIM モデルによるクリアランスチェックで設備機器が収まらない事が判明し、64ft に変更した。

PB 社はシアトル、スプリンクラーシステム設計はサクラメント、メカニカル設計はボストン、その他関係者はそれぞれの拠点から共同設計を行っているため、CAVE (Computer Analysis and Visualization Environment)システムと Go to meeting などのウェブサービスを利用した協調設計を活用した。通常このような複数拠点間での消防施設設計協議には12週間程度かかっていたが、CAVE、クラウドサービスを活用することで3週間に短縮することができた。

————— : 事例の参照範囲

2) 地震解析プロジェクト

実際データ：継続時間 40sec、マグニチュード 6.8、震源地シアトル沖 30 マイル

シミュレーションデータ：継続時間 60sec、マグニチュード 7、震源地シアトル沖 20 マイルで発生した実際の地震と解析結果を可視化した。被害の状況を単なるのビジュアライズではなく、研究成果、報告書、大学教授の助言により再現した。



図 2-23 シアトル市アラスカンハイウェイでの BIM 紹介スライド

(3) 英国での取り組み事例

1) 事例 1：アバンティプロジェクト

No.	整理項目	整理内容
1	案件名	アバンティプロジェクト
2	道路事業管理 プロセス	道路建設段階：設計、施工監理/管理
3	概要/イメージ図	<p>アバンティプロジェクトは同一形状の建築物を複数建てる際に、施工条件を変えてコスト、工期を検証したものであり、研究成果は英国政府の BIM 義務化の根拠となり、BS1192:2007 に記載されている。</p>  <p style="text-align: center;">図 アバンティプロジェクト</p>
4	効果	<p>▶ 全てのパートナーによる全てのプロジェクト情報への早期アクセス、サプライチェーンの早期参画、合意された一貫した方法での情報、図面およびスケジュールの共有により、価格とコストの削減（クライアント管理で最大 50%、コストで 40%）、品質向上 70%、コンストラクションウェイスト 20%～25%の削減。（リーンの原則による効率化）（品質確保・手戻り防止）</p>
5	参考資料	<p>欧州における CIM 技術調査 2014 報告書：土木学会 http://constructingexcellence.org.uk/resources/avanti/</p>

3.2.3 英国の BIM 義務化および効率化目標の根拠

英国 BIM の戦略は、2016 年に BIM レベル 2 を達成し、かつ BIM を義務化することで建設事業を 20%効率化することである。また、2025 年には BIM レベル 3 を達成し、33%のコスト縮減と 50%の工期短縮することを目標としている。

この 2016 年の BIM レベル 2 達成によるコストダウン 20%という目標は、Mervyn 教授が 2004 年
に取り組んだアバンティプロジェクトで得た BIM 効果の検証結果が根拠となっている。アバンティプ
ロジェクトは同一形状の建築物を複数建てる際に、施工条件を変えてコスト、工期を検証したもので
ある。

- CASE1 は既存の方法で建設。積算に対して 20%のコスト増大し、予定の工程に対して 20%の遅れが発生した。
- CASE2 は積算の段階で CASE1 において得た知見を活用してコスト縮減を実施した。しかし、20%コスト増大が発生した。
⇒この 2 つのプロジェクトの比較で、技術ではなくマネジメントのプロセスが変化をもたらすことが分かった。
- CASE3 では BIM の教育をプロジェクトチームに対して行った。これにより 10%のコスト削減があり、工期の遅延は 10%だった。
⇒この結果から BIM により 20%の効率化を得られたと考えている。

この研究成果が英国政府の BIM の義務化の根拠となり、BS1192:2007 に記載されている。



BIM Drivers – Avanti 2004

- SMPs (Standard Methods and Protocols)
- Case Studies
 - Palace Xchange
 - St Helens and Knowsley
- Real Projects
- Measured time / cost savings (Costains £3m)

Result = BS1192:2007



© BRE 2011

図 3-2-2 BIM レベル 2 目標の根拠となったアバンティプロジェクト

建設事業の効率化では、コンストラクションウェイストの削減が重要である。コンストラクション
ウェイストとは手戻りなどの「建設時のムダ」である。これは情報の欠落や共有不足が大きな原因で、
BIM によって 20%~25%の削減が可能となり、工事のコスト縮減につながる。これらは約 50%の建設
プロジェクトで適用可能と考えられている。

————— : 事例の参照範囲


AVANTI RESEARCH DEMONSTRATES BENEFITS

Key Benefits

- Price & Cost reductions – up to 50% in client management, 40% in cost
- Quality improvements 70%
- Improved Client satisfaction up to 90% – tenants, schools, public
- Productivity savings:- 50-85% saving on information receipt/reuse
- 60-80% saving on finding information
- 75–80% saving in design co-ordination

————— : 事例の参照範囲

2) 事例 2 : HS2 高速鉄道

No.	整理項目	整理内容
1	案件名	HS2 プロジェクト
2	道路事業管理 プロセス	道路建設段階：設計、施工監理/管理
3	概要/イメージ図	<p>HS2 プロジェクトとは、ロンドンからイングランド中部バーミンガム(延長 250km)及び同北部のマンチェスターとリーズまで(延長 500km)を結ぶ新高速鉄道の建設計画である。計画は2段階にわたって実行され、第1段階であるロンドン-バーミンガム間の鉄道建設が承認されている。BIM 導入の主たる目的は、維持メンテナンスの効率化ではなく、第一義に「プロジェクトを通じての生産性の向上」、第二義に「プロジェクトに関わる情報の欠落や情報共有の少なさ等による手戻りやムダの縮減」に置いている。技術的チャレンジに加えて、既存の契約制度には手を付けずにカルチャー(契約、管理手法を含む)を変えるチャレンジにも取り組むとしている。HS2 における BIM とは、計画・設計から施工・維持管理までの情報をマネジメントすることである。</p>  <p>図 HS2 (高速鉄道) 事業での BIM イメージ</p>
4	効果	<ul style="list-style-type: none"> ➢ プロジェクトに関わる情報の欠落や情報共有の少なさ等による手戻りやムダの縮減(品質確保・手戻り防止) ➢ 施工手順をビジュアル化することで実際にプロジェクトが始まる前に様々なことが発見できる。その結果として施工時の物件引き渡しの段階でも施工確認などで効率化できる。(維持管理の高度化)
5	参考資料	欧州における CIM 技術調査 2014 : 土木学会

参照資料より抜粋

3.4 HS2 : High Speed Two Limited (英国高速鉄道株式会社)

3.4.1 調査先概要

(1) 訪問日等

訪問日時 : 2014年10月22日 10:00~12:00(現地時刻)

場所 : HS2 本社事務所 (ロンドン市内)

出席者 : Jon Kerbey (Head of Management Systems)

Bill Grose (Technical Strategy Adviser)

(2) 組織概要

High Speed Two Limited(英国高速鉄道株式会社)は、英国の新しい高速鉄道網を整備する責任組織で有り、英国運輸省が所管している。

3.4.2 HS2 と BIM

HS2 プロジェクトとは、ロンドンからイングランド中部バーミンガム(延長 250km)及び同北部のマンチェスターとリーズまで(延長 500km)を結ぶ新高速鉄道の建設計画である。新鉄道は、「High Speed 2」を略した「HS2」との通称で呼ばれている。計画は2段階にわたって実行され、第1段階であるロンドン-バーミンガム間の鉄道建設が承認されている。第1段階の工事は2017年までに開始され、2026年に開通の予定である。第2段階であるマンチェスター及びリーズ行きの路線については、2014年後半に詳細が発表され、2032~33年に開通する見込みとのことである。

この計画に対しては、新鉄道の沿線に位置することになる地域の自治体や住民などから、騒音等の環境面での影響などを理由に、強い反対の声が上がっている。こうした多くの人々の反発を考慮し、政府が発表した最新の計画では、鉄道がトンネルを通過するルートが増えており、本プロジェクトでは、建設中及び供用後の環境への影響や巨額の建設コストについても注視されている。

このため HS2 では、決められた時間と予算の中で効率よくプロジェクトを遂行するために、既存のルールにとらわれない新たなプロジェクトマネジメントを行うこととした。それが BIM の導入である。BIM 導入の主たる目的は、維持メンテナンスの効率化ではなく、第一義に「プロジェクトを通じての生産性の向上」、第二義に「プロジェクトに関わる情報の欠落や情報共有の少なさ等による手戻りやムダの縮減」に置いている。技術的チャレンジに加えて、既存の契約制度には手を付けずにカルチャー(契約、管理手法を含む)を変えるチャレンジにも取り組むとしている。

図 3-4-1 に HS2 が考えている BIM の姿を示す(この図はポスターとして会議室の壁に掲示されていた)。「誰がどの段階で誰と何を調整しどのような意思決定をするのか」というプロジェクトマネジメントの有り様について示している。図中中央部にはスケジュールが示してあり、これを「BIM Journey」と表記しているところが興味深い。1つのプロジェクトが完成しても、非常に長い間維持管理していかなければならない。その時、必要な情報がどこにあるか担当者は理解しておかなければならない。こういった場面で BIM が活躍することをこの図は示している。

HS2 における BIM とは、計画・設計から施工・維持管理までの情報をマネジメントすることであり、データそのものが非常に重要となる。その重要なデータをサプライチェーン(設計者、施工者、サブコン等々)から正しく納めさせる必要がある、そのためには、ある組織の中だけではなくサプライチェーンを含めて、データ作成方法や管理方法、提出方法について規定する必要がある。こういったルールが整備されれば、BIM を活用することで、より安く・安全に・付加価値の高いプロジェクト

を提供することができると HS2 は考えている。

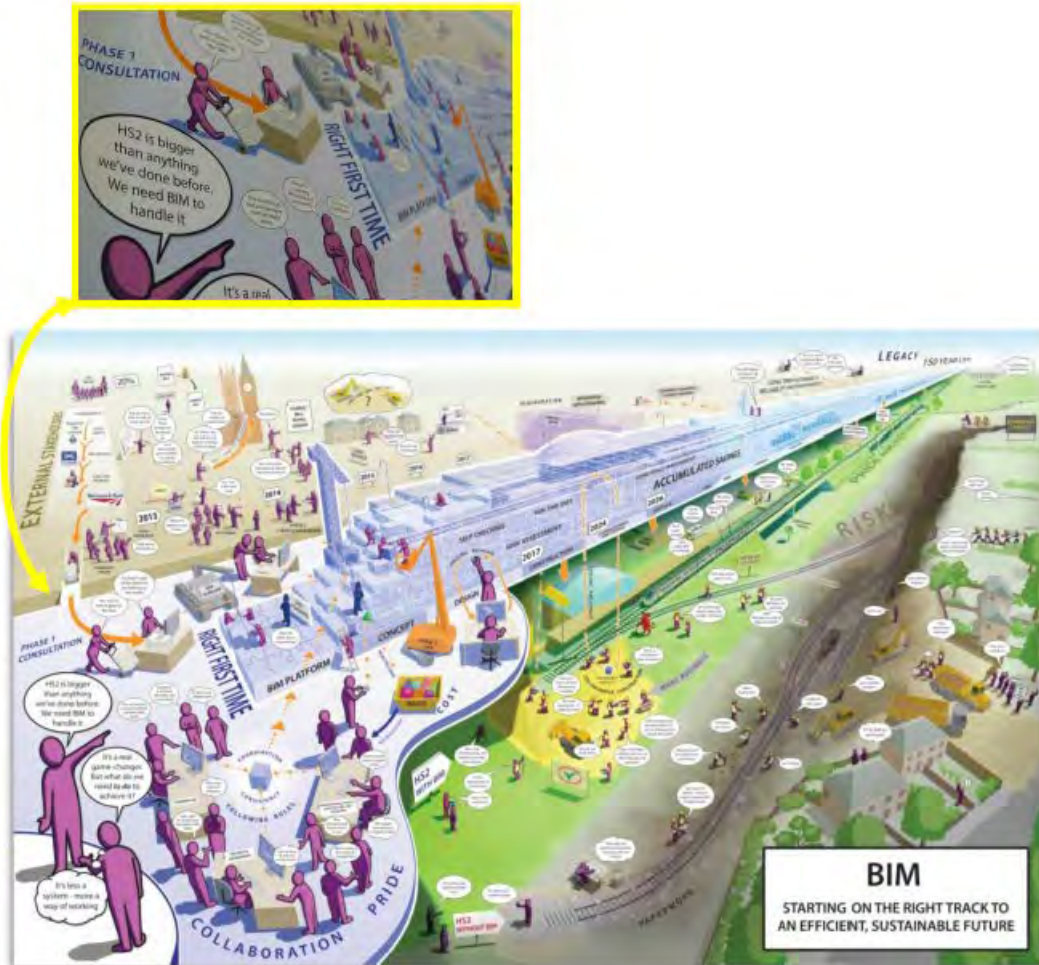


図 3-4-1 HS2 が考えている BIM (HS2 BIM Journey)

3.4.3 サプライチェーンを通じたの BIM 導入について

HS2 は英国では前例がないスケールで BIM を使い、中央政府と同じく 2016 年までに Level 2 (BIM 活用のレベル、能力のこと) を成し遂げる計画を公表している。情報利活用の面では、クラウドやデジタルデータを使用するために BIM を使うとしている。

これらの目標を成し遂げるためには、サプライチェーン（調査会社、設計会社、施工会社、施工協力会社、資機材納入業者など、購買・法務・人事も含む）の BIM 能力は HS2 と同等である必要がある。2013 年 11 月時点では、HS2 に関連するサプライチェーンのかなりの組織団体が BIM そのものをよく知らないか、BIM 運用の能力が欠如していることが明白であった。そこで、HS2 では、「HS2 Supply Chain BIM Upskilling Study」という教育システムを用意して、サプライチェーン全体として BIM のスキルアップを開始している。

現在の英国における BIM 採用状況を図 3-4-2 に示す。図中、凡例の意味は次のようである。Tier とは「階層」を意味する。

- Tier 1 - lead designer, main contractor, joint venture (JV) partner or supplier, contracting directly to client;
- Tier 2 - designer, supplier or subcontractor to Tier 1
- Tier 3 - supplier to Tier 2
- Other – specialist

Current BIM adoption levels by category:

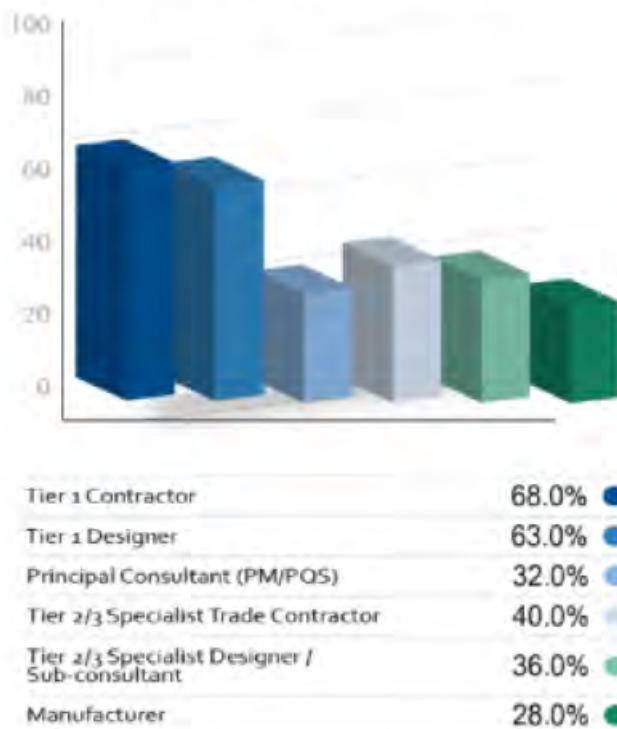


図 3-4-2 現在の英国における BIM 採用状況

上図に示すように、Tier1 に分類された設計会社や施工会社の内、60%を超える企業が BIM を採用していることがわかる。HS2 プロジェクトにおいて、HS2 がサプライチェーンとともに BIM 活用 Level2 を達成するためには、小さな企業からのデータ提供が重要であるにもかかわらず、小さな企業は BIM には慣れていないため、特に Tier 2 と Tier 3 の組織（HS2 と Tier 1 の指示なしで Level 2 にたどり着かないかもしれない）に対して、数回のスキルアップトレーニングを要求する必要があるとしている。また、BIM 活用の能力に加えて、サプライチェーンは、HS2 がどのようなデータを要求しているのか、BIM でどのような効果を上げたいのかを理解しておく必要がある。

なお、データの価値から判断すると、Tier 2 と Tier 3 から提供されるデータが BIM にとって重要であるという研究成果がある。

このように、HS2 は BIM を利用して情報をマネジメントし、デジタルデータに基づいて取引を行うことを確実にしたいと考えている（データそのものの売買もあり得る）。すなわち、「情報の存在場所と利用法の定義」が必要であり、これが実現できれば、プロジェクトに関わるデータを、サプライチェーンを通じて正しく納めることができるようになる。

3.4.4 意見交換

Q：HS2がBIMに取り組むと決めるまでにどれだけかかった？

A：戦略を練るのに3ヶ月、システム構築までに6ヶ月。この2年間でシステムの理解を高め、サプライチェーンとのコミュニケーションを進め、様々な知見を入れて戦略を改定したところである。

Q：構築に6か月要したシステムとはどのようなものなのか？

A：・BIMのプラットフォームであり、プロジェクトの情報や組織の情報、契約データや維持管理のデータ、その他データを一括管理するものである。GIS（地理情報システム）やプリマベラのスケジュール管理システム、CRMのシステムなどが含まれる。

・この中で最も重要なことは、システムをどう連携させるかということである。

Q：授受されるデータは特定のソフトウェアに依存しないようにしたいとのことであるが、そのようなデータをどのようにして展開していく予定なのか。

A：3Dモデルの標準化は、特に土木では進んでいない。しかし、GISの分野には国際標準があるし、CADの分野では何をどう作成するかという厳密な定義がある。open standardの策定に参画して積極的に活動している。

Q：カルチャルチャレンジ（cultural challenge）とは？

A：・BIMをプロジェクト管理に取り入れることで、文化を変えるという発想である。契約方法にはトランザクショナルコントラクトとリレーショナルコントラクトという考え方があり、前者は金額やスコープ、リスクのすべてが確定した上で契約するものであり、後者は過去に契約者間の紛争が起きた場合に解決するための方法として導入されたものであり、例えば、施工者の考えを設計段階で取り入れるということや誰がどのようにプロジェクトに貢献するかを議論することも含まれるであろう。

・データの理解を進め、データの価値や利用法を受発注者ともに（サプライチェーンとのコラボレーションの中で）理解することが重要である。

・現在はトランザクショナルコントラクトが主流である。各々が成果物に対してリスクを明確にして責任をとる。

・BIMレベル2では契約方式を変えることを考えていない。もう少し先になる。ただ、このレベル以上を考える場合には、リレーショナルコントラクトを導入することになる。

・英国土木学会(ICE)発行のガイドライン NEC3 は、サプライチェーン内でのコラボレーションを前提にした契約であり、ここにBIMレベル2プロトコルも定義されている。

Q：中小企業からのデータにはどのようなものがあるのか？

A：現段階では、ほとんど収められていない状況である。最初のフェーズで中小規模の設計者から概略設計データを受け取った。しかし、そこには多くの問題が存在した。

Q：中小企業がBIMプロジェクトに参加するは、どのような条件が整備さればいいと考えているか？

A：・現段階では工事発注は一切行ってなく、設計業務の発注をしているだけ。こういった設計建設コンサルは規模が小さくても施工者よりは技術的に進んでいると、理解している。

・昨年、サプライチェーンに対するトレーニングを企画した。HS2に関わる全てのTierが参画

するというもので、中小企業にとってベストな選択は、そのサプライチェーンの中のレベル高い Tier と会話することだと思っている。

Q : BIM 採用の目的として、「プロジェクトに関わる情報の欠落や情報共有の少なさ等による手戻りやムダの縮減」を考えた理由は？

- A : ・政府の方針にある建設コスト削減の一環として考案した。BIM 導入によるコスト削減効果は大きいと考えている。施工手順をビジュアル化することで実際にプロジェクトが始まる前に様々なことが発見できる。その結果として施工時の物件引き渡しの段階でも施工確認などで効率化できると考える。
- ・他には、トンネル地盤や建物挙動に対して、BIM を活用することで構造物のモデリングを行う事例もある。

Q : HS2 プロジェクトでは最終的にどれくらいまでコストを下げられると考えている？

- A : BIM 活用だけではなく、他の技術と組み合わせることで削減可能と考えている。
維持メンテナンス段階での BIM 活用も含めて削減量は大きいと考えている。

3.4.5 考察

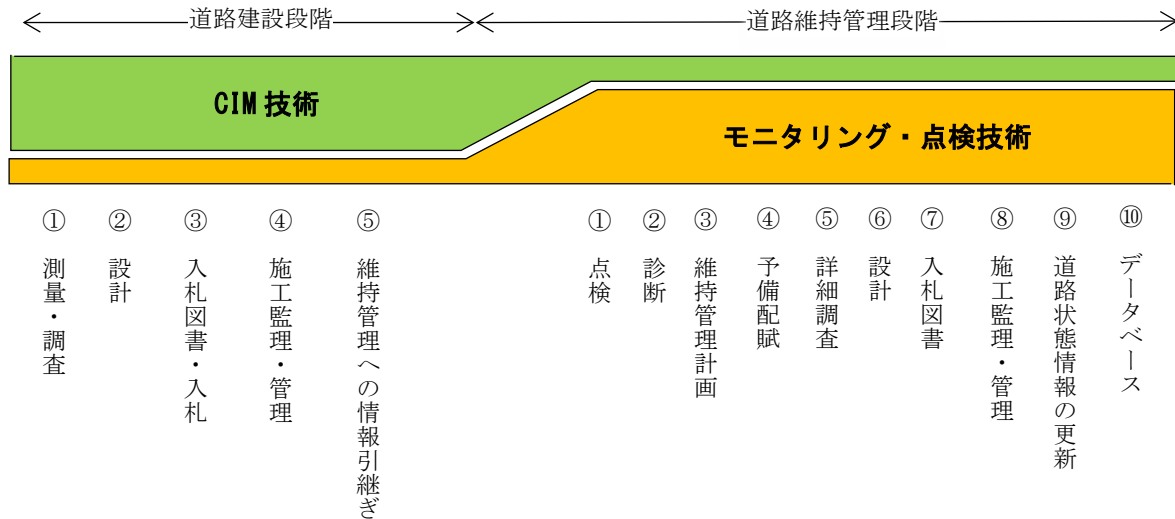
- ◆ 我が国では設計や施工の各建設プロセスにおける BIM 導入効果を図ろうとしているが、英国では BIM をプロジェクトマネジメントの一環として導入し、プロジェクトを通じてのコスト削減や手戻り・ムダの低減を考えるなど、幅広い見方をしている。
- ◆ 特にコスト削減効果については、HS2 プロジェクトへの「投資家」が BIM 運用を注視しているとのことであった。
- ◆ 建設プロセスに関わる一部のプレイヤーだけでなく、プロジェクトに関わる全体で（サプライチェーンと称していた）BIM を使いこなし、効果を上げていこうという機運にある。
- ◆ BS 等のガイドライン下で、実際に BIM 利用プロジェクトが稼働していて、EU 各国もこのガイドラインを参考に動き始めている。
- ◆ こういった BIM 運用の一連の取り組みは、これまでの契約形態や購買方式を変革しようとするカルチャルチャレンジ (cultural challenge) に向かっている。
- ◆ BIM は 3D モデルだけを指し示しているのではなく、モデルに付随する属性情報にこそ価値があると強調している。そこに価値があるからこそ、データの売買という発想がある。

————— : 事例の参照範囲

3.3.4 効果の抽出/体系化

(1) 各道路事業管理プロセスに発現する活用事例

各道路事業管理プロセスで発現する活用事例を整理した。日本/先進国ともに、維持管理段階の事例は少ない。また、日本の事例では、測量・調査段階、施工監理/管理の各プロセスにおいて単発で活用されている。一方、米国・英国では、データマネジメントの標準化による関係者間の情報共有が進んでおり、設計から施工監理/管理のプロセス間による活用事例が確認された。



項目 (日本、米国、英国)	道路建設段階					道路維持管理段階									
	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
事例 1: 上部工工事				↔											
事例 2: 景観検討モデル	↔														
事例 3: トンネル新設工事				↔											
事例 4: 堰改修工事				↔											
事例 5: ICT 土工				↔											
事例 6: UAV・レーザー測量	↔														
事例 7: 耐震補強設計											↔				
事例 8: 維持管理で想定される活用 ^{※1}						↔									
事例 1: World Trade Center 再開発	↔														
事例 2: 高速道路 IC 改良				↔											
事例 3: ハイウェイ復興				↔							↔				
事例 1: アバンティプロジェクト	↔														
事例 2: HS2 高速鉄道 ^{※2}		↔													↔

※1 維持管理で想定される活用は、実際の事例ではなく国総研資料で想定された活用方法

※2 HS2 高速鉄道は、将来的には維持管理で活用すること想定される

図 3-4 各道路事業管理プロセスに発現する活用事例

(2) 効果の抽出

各道路事業管理プロセスに発現する活用事例について、6つの活用方法に分類・整理した。表3-2の通り、日本では、3次元化による「見える化」に起因する効果及びICT土工の事例が多い。一方、米国では、プロジェクトマネジメント（PM）のツールとして活用している事例が確認された。また、英国では、類似施設での検証結果を基にデータマネジメント手法を標準化している。これは、多くの欧州各国の基準となっており、正確な情報を共有することで建設事業の無駄を省き、効率化を図ることが期待されている。ECI等の発注形式との組み合わせが効果的であると考えられている。

表 3-2 効果の抽出

No.	活用方法	主な効果 (3次元化による「見える化」の効果)	活用事例（日本、米国、英国）
1	データマネジメント	品質確保・手戻り防止 リーンの原則による効率化 維持管理の高度化	事例1 ：アバンティプロジェクト 事例2 ：HS2 高速鉄道
2	施工監理/管理	3次元可視化による施工管理の効率化	事例3 ：トンネル新設工事 事例1 ：World Trade Center 再開発
		プロジェクトマネジメント（PM）による施工監理の効率化	事例2 ：高速道路 IC 改良
3	ICT 土工	作業の効率化 作業員の縮減 土工の品質・精度の確保	事例5 ：ICT 土工
4	3次元可視化	関係者間の相互理解向上	事例2 ：景観検討モデル 事例4 ：堰改修工事
		干渉チェック（新設）	事例1 ：上部工工事 事例1 ：World Trade Center 再開発
5	維持管理段階	データマネジメントによる効率化・高度化	事例8 ：維持管理で想定される活用 事例3 ：ハイウェイ復興
		3次元可視化による干渉チェック（維持管理）	事例7 ：耐震補強設計
6	3次元計測	早期段階での課題対応・フロントローディング	事例6 ：UAV・レーザー測量
		作業の効率化	事例6 ：UAV・レーザー測量

(3) CIM 効果の発現機構

前項で抽出した効果を道路事業プロセスに準じた体系化を行った。調査・設計段階ではフロントローディングとして3次元モデル作成や属性情報付与といった手間が掛かることとなるが、後工程である発注・入札、施工、維持管理段階での効果が期待できる。

効果の発現機構としては大きく「機械化による業務の半自動化」、「フロントローディング」、「コンカレント・エンジニアリング」の機能が上げられる。

「機械化による業務の半自動化」とは、ICT 機械の機能を活かして、既往の業務の短縮、大量データの取得の簡素化を期待するものである。具体的には、UAV による現地の3次元幾何情報データ取得の短期化といった活用がされている。なお、国内の i-Construction で導入が進む ICT 土工はこの代表的な活用方法であり、制度・基準類が整備されていることから、海外での展開もしやすいものと考えられる。なお、ICT 土工に必要な3次元設計データは国内基準では設計段階で作成することが規定されている (https://www.cgr.mlit.go.jp/icon/pdf/sokuryou_sekkei_ver2906.pdf P13)ため、設計段階に作業負荷が生じることになる。

また、「3次元計測/計測による現場幾何条件取得の取得」は土工工事のように土工形状を対象とする場合には UAV による写真測量によって出来高管理や出来形管理に必要なデータ取得で効率化が期待できる。また、3次元計測データを設計から施工・維持管理と建設生産システム全体で活用する CIM の基盤データとして使うことで、ICT 土工用のデータ作成や任意の断面での検討、幾何形状の確認等の効果が期待できる。一方で、地形データの他にも地物データの取得が必要となるため、通常の TS を用いた測量との併用が必要となり、作業負担が増加することになる。これ以外の「品質・出来形管理の簡素化」や「数量算出支援」といった効果に対しては、現段階ではこれらに必要な精度で簡易に3次元化できるツールが少ないため、設計段階でこれらの活用に必要な精度でモデル化して、施工段階・維持管理段階に流通することで効率化に繋がることとなる。

「フロントローディング」とは、フロントローディングとは、初期の工程（フロント）において負荷をかけて事前に集中的に検討し、後工程で生じそうな仕様変更や手戻りを未然に防ぎ、品質向上や工期の短縮化を図ることを指す。具体的には、高密度鉄筋の組立に当たり、従来は、現場にて、鉄筋が干渉することが判明し、手戻りが発生していたが、設計段階で高配筋箇所を3次元図面表示することで、鉄筋干渉を確認するといった事例がある。

「コンカレント・エンジニアリング」とは、製造業等での開発プロセスを構成する複数の工程を同時並行で進め、各部門間での情報共有や共同作業を行うことで、開発期間の短縮やコストの削減を図る手法を指す。すなわち、意思決定時期を適時化し、業務を並行化する。具体的には、設計段階で施工者や維持管理担当者等の関係各者の知見を反映し、施工性の向上や、維持管理性の高度化といった下流段階での効率化に繋げる。このように事業に関わる関係者と共同作業することで、維持決定の迅速化や手待ち時間の縮小により工期や事業全体の期間の短縮に繋がる効果が期待できる。

効果機構のうち、フロントローディング及びコンカレント・エンジニアリングは、ICT 技術によって得られる情報を活用し、関係者による検討・調整の高度化を期待していることが特徴となっており、CIM においては特に「データマネジメント」と「3次元可視化による関係者間の理解の向上」の機能を導入することにより効果を得ている。

これら3つの発現機構を利用し、10種の効果の下、CIMの活用場面が実現されている。実用例を確認すると、効果毎の with-without の活用・検証例は少なく、複数の効果発現を意図して CIM 技術が活用されている事例が多く、成果が生まれる。定性的な成果として、業務の効率化、合意形成の迅速化、品質確保、手戻り防止が図れ、定量的には、次の2つの事例が確認されている。

機械化による業務の半自動化に関する成果の定量値として、国土交通省「ICT 土工の現状分析について」において、平均土量規模 17,791 m³ 工事の場合、21.1%の施工時間の削減効果があることが示されている。

一方、フロントローディング及びコンカレント・エンジニアリングによる成果については、英国、AVANTI プロジェクトにおいて、Building Information Modeling (BIM) 活用の with-without プロジェクトが実施され、BIM 活用の成果として、1) 事業費の 10%削減、2) 工期の 10%縮減が達成できることが示されている。

(4) 効果が発現する業務プロセス

表 3-3 右側に、効果毎に発現する業務プロセスを示している。フロントローディング及びコンカレント・エンジニアリングによる効果は、事業横断的に発現するとともに業務プロセス間で相互影響を与える。一方、機械化による業務の半自動化による効果は、単独業務プロセスにおいて、発現する特徴がある。

CIM 技術は、一般に道路事業の川上から川下に至る事業横断的な活用が期待されてきたが、効果を分割することにより、影響を与える業務プロセスを体系化した。

表 3-3 効果の体系化

効果	番号	効果機構 (メカニズム)	細目 番号	効果/目的 (output)	成果 (outcome)		取組状況		道路事業プロセス						
					定性的な成果	定量的な成果 ※2	日本	先進 国	測量 ・ 調査	設計	発注 ・ 入札	施工	維持 管理	協議	
効果	1	機械化による 業務の半自動化	1-1	3次元測量/計測による現場幾何条件取得の簡素化	業務の効率化・品質確保	機械歩掛27%増 に対して、工期短縮21.1% ※3	★	★	▲			○	○		
			1-2	情報化施工 (ICT土工) による施工能力向上			★	★		▲		○		○	
			1-3	品質・出来形管理の簡素化			★	★		▲		○	○	○	
			1-4	数量算出支援			△	★		▲	○	○	○		
	2	フロント ローディング ※1	2-1	現場条件把握の正確性向上による工法選択の適正化	・合意形成の迅速化 ・品質確保 ・手戻り防止	・事業費の10%削減 ・工期の10%縮減 ※4	△	★	▲	▲	○	○	○		
			2-2	部材の干渉チェック (本設)			△	★		▲		○	○		
			2-3	部材の干渉チェック (仮設)			△	★	▲	▲		○	○		
			2-4	時系列の不整合チェック			△	★		▲		○	○		
	3	コンカレント・ エンジニアリング	3-1	情報一元化によるPM支援	事業者間の業務調整 事業者の発注単位間の業務調整 1 発注単位の施工部隊・資機材共有者間の業務調整		-	★	○	○	○	○	○	○	
				事業者間の業務調整			-	★	○	○	○	○	○	○	
			3-2	3次元可視化による関係者間理解の向上			事業者間の業務調整	★	★	○	○	○	○	○	○
				事業者の発注単位間の業務調整			1 発注単位の施工部隊・資機材共有者間の業務調整	-	★	○	○	○	○	○	○
						△	★	○	○	○	○	○			

凡例
 ○ 効果が発現する業務プロセス
 ▲ フロントローディングにより一時的に負荷がかかる業務
 ★ 官主導で実施される項目
 △ 民主導で実施される項目
 - 実施されていない項目

※1 事業の初期段階に負荷をかけ課題を事前に特定する

※2 定量値に関し効果の相互影響は考慮しない

※3 「第4回ICT導入協議会資料」および「協力準備調査 設計・積算マニュアル 補完編 (土木分野)」より

※4 AVANTI計画の結果 (欧州CIM技術調査2014報告書より)

3.4 点検・モニタリング技術の発現効果

3.4.1 既存資料の整理・分析

2章の資料収集及び関係機関からのヒアリングに基づき、点検・モニタリング技術の発現効果機構を整理した。



整理項目は、表 3-4 の通りである。

表 3-4 点検・モニタリング技術の整理方法

No.	整理項目	整理内容
1	点検・モニタリング手法	点検・モニタリング手法を記載する。
2	必要機材/操作性	必要機材/操作性を記載する。操作性は、難易度を評価し、開発途上国の適用性を検討する上での基礎情報とする。
3	価格(初期コスト・ランニングコスト)	価格(初期コスト・ランニングコスト)を記載する。アンケート、企業 HP 等により収集した情報から、販売および技術サービスに関する費用を示す。
4	発現効果機構	効果の発現機構を抽出する
5	従来手法との差異比較	従来手法および対象技術の優位性を整理する。理解し易いように、イメージ図や使用状況写真等を添付する
6	適用可能な道路施設	橋梁、トンネル、舗装、法面・斜面、その他により分類する
7	適用可能な変状 (把握できる内容)	把握できる内容を端的に記載する
8	CIM 技術との連携性	CIM 技術との連携性について記載する
9	実績及び技術手法の特許の有無、汎用性、類似技術	実績及び技術手法の特許の有無、汎用性、類似技術を記載する
10	精度、留意点及び適用限界	精度、留意点及び適用限界といった課題・リスクについて記載する
11	開発途上国への導入課題 調達環境、維持管理特性 (消耗品・スペアパーツの供給体制) 等	ODA 事業への活用において、必要機材の調達環境、維持管理特性(消耗品・スペアパーツの供給体制)など問題となるケースが多いため、アンケートにより情報を収集し、開発途上国への導入課題を整理する。
12	参考資料	主な参考資料は、以下である <ul style="list-style-type: none"> ・ NETIS 新技術情報提供システム ・ SIP 戦略的イノベーション創造プログラム ・ NEDO 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 ・ 技術資料(学会、過年度報告書等) ・ Web(企業の Web サイト) ・ SHRP2 ・ アンケート ・ ヒアリング

※ 整理項目：共通仕様書に記載された最低限の項目(表中の1~10、12番)に加え、1項目(11番)を追加した

(1) ひび割れ計測システム

No.	整理項目	整理内容
1	点検・モニタリング手法	ひび割れ検出
2	必要機材/操作性	トータルステーションに付属するアクセサリ一式（トータルステーションに特殊なレチクルとソフトウェアを搭載） / レンズを通して遠方から対象のコンクリート構造物のひび割れ幅を指定すれば、自動でひび割れ延長が記録される。取得したデータは専用ソフトを介して Auto CAD 上に自動で描画される。（簡単な操作で活用可能）
3	価格（初期コスト・ランニングコスト）	販売費：300万円～700万円 ひび割れ計測サービス（現場計測費、内業費は計測対象物の面積によって変動）： 器械損料：2万円/日、特許料：4千円/日、 ソフト使用料：5千円/日（内、特許料：千円/日）計2万9千円/日（人件費除く）
4	発現効果機構	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 今までは点検員がチョーキングして野帳に記録し、オフィスで電子データを作成していた。撮影したデータは自動で電子データ化可能である。CADへの互換性も有り。（点検作業の縮減） ➤ ひびわれの長さ、位置の情報をスケッチすると、ヒューマンエラーが発生する。画像により正確に記録できる。ひびわれの進行状況を、新旧の画像データと見比べながら調べられる。（画像データによる損傷の正確な把握）
5	従来手法との差異比較	<p>従来は点検員が近接してひび割れ幅をひび割れゲージで計測し、形状をスケッチで野帳に記録していた。記録したデータはオフィスで CAD データにおこしていた。本技術は、遠方からレンズを通してひび割れを確認し、ひび割れ幅を指定することであとは自動でひび割れ形状を記録可能である。CAD ソフトと互換性が有り、記録データはそのまま CAD データとして活用可能である。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>図 計測状況（左）</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>解析ソフトウェア（右）</p> </div> </div>
6	適用可能な道路施設	橋梁、その他（コンクリート構造物）
7	適用可能な変状（把握できる内容）	<ul style="list-style-type: none"> ➤ コンクリートのひび割れ

No.	整理項目	整理内容																						
8	CIM 技術との連携性	事例なし。ひび割れを3次元データに記録する活用方法が考えられる																						
9	実績及び技術手法の特許の有無、汎用性、類似技術	<p>実績：国内で多数の実績、また開発途上国でもタイを中心に実績有 技術手法の特許の有無：ISO5501（コンクリート構造物のアセットマネジメントに対して、KUMONOS等を用いた調査業務を行う部署が認証された。） 類似業務：ひび割れ検出技術は、以下の通り、多くの技術が開発されている。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>点検・モニタリング技術の名称</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>コンクリート構造物のひび割れ検出システム</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>ひび割れ自動撮影システム</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>コンクリートひび割れ照査システム</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>コンクリート構造物のひび割れ検出塗装システム</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>ウェアラブル端末によるインフラヘルスマニタリング</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>デジタル画像による構造物の点検・分析支援システム</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>コンクリート構造物のひび割れ検知ツール（クラックセンサ）</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>ひび割れ計測システム</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>ラインセンサカメラ（連続走査画像）</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>レーザー</td> </tr> </tbody> </table>	No.	点検・モニタリング技術の名称	1	コンクリート構造物のひび割れ検出システム	2	ひび割れ自動撮影システム	3	コンクリートひび割れ照査システム	4	コンクリート構造物のひび割れ検出塗装システム	5	ウェアラブル端末によるインフラヘルスマニタリング	6	デジタル画像による構造物の点検・分析支援システム	7	コンクリート構造物のひび割れ検知ツール（クラックセンサ）	8	ひび割れ計測システム	9	ラインセンサカメラ（連続走査画像）	10	レーザー
No.	点検・モニタリング技術の名称																							
1	コンクリート構造物のひび割れ検出システム																							
2	ひび割れ自動撮影システム																							
3	コンクリートひび割れ照査システム																							
4	コンクリート構造物のひび割れ検出塗装システム																							
5	ウェアラブル端末によるインフラヘルスマニタリング																							
6	デジタル画像による構造物の点検・分析支援システム																							
7	コンクリート構造物のひび割れ検知ツール（クラックセンサ）																							
8	ひび割れ計測システム																							
9	ラインセンサカメラ（連続走査画像）																							
10	レーザー																							
10	精度、留意点及び適用限界	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 暗所の点検においては照明車・投光器等を使用してひび割れ箇所を照らさなければならない。（点検範囲の制約） ➤ 本技術はレーザー製品を使用するため、作業エリア内への第三者の立ち入りを防ぐため、交通規制（路肩規制等）を行う必要がある。 ➤ 暗所の点検においては照明車・投光器等を使用してひび割れ箇所を照らさなければならない。 																						
11	開発途上国への導入課題 調達環境、維持管理特性（消耗品・スペアパーツの供給体制）等	<p>開発途上国への導入課題（アンケートより情報収集） （品質保証に関する課題）</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 機材が適切に使用されないことにより、技術の品質が低いと判断される可能性があるため、技術移転を併せて行う必要がある。 <p>（アフターケアに関する課題）</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ メンテナンスには、製品の母体となる機器メーカー（トータルステーション）のサポートが必須であり、アフターケアのために当該メーカーの各国代理店と連携体制を構築しなければならない。 <p>（操作性・容易性に関する課題）</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 操作は容易で、3日程度。トレーニングで使用可能だが、応用的な使用のためには、継続的なサポートが必要となる。 <p>（海外で積極的に活用するための方策や必要と感じる支援方法）</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 現地大学と製品の周辺分野に関する共同研究を行うための支援。特に、現地政府と密接な関係にある大学との連携は、導入インセンティブに大きな効果が期待できる。 																						
12	参考資料	NETIS 新技術情報提供システム																						

(2) コンクリート構造物のひび割れ検出塗装システム

No.	整理項目	整理内容
1	点検・モニタリング手法	ひび割れ検出
2	必要機材/操作性	紫外線照射器+バッテリー/ 特殊光源を照射することでひび割れ箇所を発光させ、画像により記録する。特殊塗料の塗装、デジタル画像の記録を行うのみで操作は簡単である。
3	価格(初期コスト・ランニングコスト)	販売費：0万円～300万円(紫外線照射器+バッテリー) サービス提供無し
4	発現効果機構	ひび割れ検出において、塗料を予め塗る作業があり、スケッチの自動化がなく、直射日光のもとでは発光したひび割れを検知できない。一方、トンネルの覆工コンクリートのひび割れについては、暗所が続くため、点検作業の効率化が図られると考えられる。ひび割れ箇所を発光させ画像で記録する。(点検作業の軽減)(画像データによる損傷の正確な把握)
5	従来手法との差異比較	<p>従来は、点検員が近接してひび割れ幅をひび割れゲージで計測し、形状をスケッチで野帳に記録していた。記録したデータはオフィスでCADデータにおこしていた。本技術は、特殊光源を照射することでひび割れ箇所を発光させ、画像により記録し管理する。予めコンクロート等の基材に特殊な2層の塗装を施しておき、それ以降に発生したひび割れを紫外線の照射により発光検出するもので原理は、1層目塗膜は柔軟で蛍光顔料を含有し、2層目塗膜は硬質で紫外線を遮光する顔料を含有しておりコンクリートにひび割れが生じると、1層目塗膜は柔軟なので追従し伸びるが、2層目塗膜は硬質なので、追従できずに亀裂が入る。その亀裂部分から1層目塗料が露呈することで、そこに紫外線が照射されると発光し、ひび割れが検出できるというものである。このデータをデジタル画像で取得し、管理していく。従来術では近接目視によりひび割れを検出している。本技術の点検では、点検に熟練度は不要で、遠方からでも紫外線が照射できればひび割れを検出できる。塗装を行なう際に厚みを2層ともに200μmを維持すること。</p> <p>図 紫外線照射器および活用イメージ</p>
6	適用可能な道路施設	トンネル、その他(暗所のコンクリート構造物)

No.	整理項目	整理内容																						
7	適用可能な変状 (把握できる内容)	コンクリートのひび割れ																						
8	CIM 技術との連携性	ひび割れを 3 次元データに記録する活用方法が考えられる (実際に活用例に関する報告は無し)																						
9	実績及び技術手法の特許の有無、汎用性、類似技術	<p>実績：国内で多数の実績 技術手法の特許の有無：NETIS 登録済 類似業務：ひび割れ検出技術は、以下の通り、多くの技術が開発されている。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>点検・モニタリング技術の名称</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>コンクリート構造物のひび割れ検出システム</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>ひび割れ自動撮影システム</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>コンクリートひび割れ照査システム</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>コンクリート構造物のひび割れ検出塗装システム</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>ウェアラブル端末によるインフラヘルスマニタリング</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>デジタル画像による構造物の点検・分析支援システム</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>コンクリート構造物のひび割れ検知ツール (クラックセンサ)</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>ひび割れ計測システム</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>ラインセンサカメラ (連続走査画像)</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>レーザー</td> </tr> </tbody> </table>	No.	点検・モニタリング技術の名称	1	コンクリート構造物のひび割れ検出システム	2	ひび割れ自動撮影システム	3	コンクリートひび割れ照査システム	4	コンクリート構造物のひび割れ検出塗装システム	5	ウェアラブル端末によるインフラヘルスマニタリング	6	デジタル画像による構造物の点検・分析支援システム	7	コンクリート構造物のひび割れ検知ツール (クラックセンサ)	8	ひび割れ計測システム	9	ラインセンサカメラ (連続走査画像)	10	レーザー
No.	点検・モニタリング技術の名称																							
1	コンクリート構造物のひび割れ検出システム																							
2	ひび割れ自動撮影システム																							
3	コンクリートひび割れ照査システム																							
4	コンクリート構造物のひび割れ検出塗装システム																							
5	ウェアラブル端末によるインフラヘルスマニタリング																							
6	デジタル画像による構造物の点検・分析支援システム																							
7	コンクリート構造物のひび割れ検知ツール (クラックセンサ)																							
8	ひび割れ計測システム																							
9	ラインセンサカメラ (連続走査画像)																							
10	レーザー																							
10	精度、留意点及び適用限界	ひび割れ検出において、塗料を予め塗る作業があり、スケッチの自動 CAD 化がなく、直射日光のもとでは発光したひび割れを検知できない。(点検範囲の制約)																						
11	開発途上国への導入課題 調達環境、維持管理 特性 (消耗品・スペア パーツの供給体制) 等	<p>開発途上国への導入課題 (アンケートより情報収集) (品質保証に関する課題)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 塗装の際の厚み管理が行えるかが課題。 <p>(アフターケアに関する課題)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 紫外線照射器のケアができれば可能。 <p>(操作性・容易性に関する課題)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 点検に関しては誰でも行える。 																						
12	参考資料	NETIS 新技術情報提供システム																						

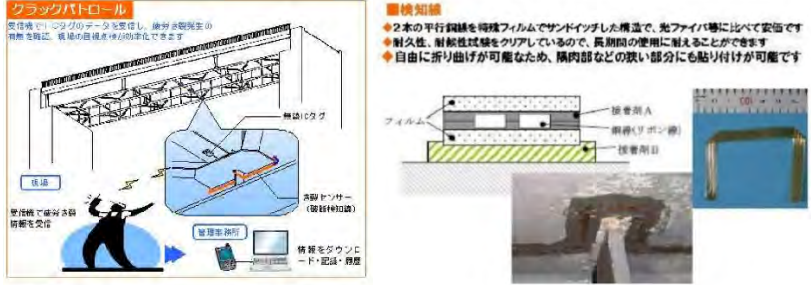
(3) 赤外線調査トータルサポートシステム J システム

No.	整理項目	整理内容
1	点検・モニタリング手法	うき・剥離検出
2	必要機材/操作性	赤外線カメラ/ 離れた場所から、赤外線カメラにより点検対象を撮影し、解析を行なうことで、浮き・剥離を検出する。操作は簡単である。
3	価格 (初期コスト・	販売無し

No.	整理項目	整理内容												
	ランニングコスト	機械器具費（損料）：4万6千円/日（参照 NETIS） サービス料金（調査計画・調査・報告書作成）： 約332万円（30橋×300m ² /橋）、工程53日（参照 NETIS）												
4	発現効果機構	<ul style="list-style-type: none"> 赤外線等により、うきなどの損傷状況を把握し、検知された損傷の状況をたたき試験により調査する。（点検作業の軽減） 遠隔から検知が可能のため、足場・高所作業車に必要な諸作業が不要となり、効率化が期待できる。また、危険を伴う高所作業を減少させ、安全性が向上される（アクセス困難）（安全性向上） 												
5	従来手法との差異比較	<p>従来は、点検員が近接して打音検査を全面に行い、音や感触の差異により点検員が判断し、スケッチで野帳に記録していた。記録したデータはオフィスでCADデータにおこしていた。本技術は、赤外線により画像でうき剥離等のコンクリートの異常を短時間で検知でき、点検箇所の絞り込みが可能となる。遠隔から調査もできるため、高所作業や交通規制が削減できる。</p> <div style="text-align: center;">  <p>調査支援モニター(左:赤外線画像右:損傷判定画像)</p> <p>Jシステムと一般的な赤外線調査技術の比較</p> </div> <p style="text-align: center;">図 Jシステムの参考図</p>												
6	適用可能な道路施設	橋梁、トンネル、その他（コンクリート構造物）												
7	適用可能な変状（把握できる内容）	コンクリートのうき・剥離の検出												
8	CIM技術との連携性	うき・剥離を3次元データに記録する活用方法が考えられる（実際に活用例に関する報告は無し）												
9	実績及び技術手法の特許の有無、汎用性、類似技術	<p>実績：国内で多数の実績（主にNEXCO管理の構造物）</p> <p>技術手法の特許の有無：NETIS登録は済</p> <p>類似業務：うき・剥離検出技術は、以下の通り、多くの技術が開発されている。</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>点検・モニタリング技術の名称</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>赤外線調査トータルサポートシステム（Jシステム）</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>赤外線コンクリート構造物劣化診断支援システム</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>打音による床版コンクリート等の健全度測定システム</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>建コン診断ポータブル</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>回転式連続打音検査（Drコロリン）</td> </tr> </tbody> </table>	No.	点検・モニタリング技術の名称	1	赤外線調査トータルサポートシステム（Jシステム）	2	赤外線コンクリート構造物劣化診断支援システム	3	打音による床版コンクリート等の健全度測定システム	4	建コン診断ポータブル	5	回転式連続打音検査（Drコロリン）
No.	点検・モニタリング技術の名称													
1	赤外線調査トータルサポートシステム（Jシステム）													
2	赤外線コンクリート構造物劣化診断支援システム													
3	打音による床版コンクリート等の健全度測定システム													
4	建コン診断ポータブル													
5	回転式連続打音検査（Drコロリン）													
10	精度、留意点及び適用限界	<ul style="list-style-type: none"> 雨天、湿潤状態では適用できない。調査対象に対する対象面角度の最小角度が30°以上確保できること、撮影箇所から調査対象部位の視通が確保できるこ 												

No.	整理項目	整理内容
		と、など現場の制約条件がある。(点検範囲の制約)(データのばらつき)。
11	開発途上国への導入課題 調達環境、維持管理特性(消耗品・スペアパーツの供給体制)等	開発途上国への導入課題(コンサルタントによる想定) ▶ 開発途上国への導入実績が無く、機材が故障すると、日本へ持ち帰る必要がある。また、特殊な赤外線を利用しており、輸出入時に手続きが必要になる可能性がある。 ▶ 機材の操作は容易であり、消耗品ではないため充電して故障が無ければ長期間メンテナンスフリーで使用できると考えられる。
12	参考資料	NETIS 新技術情報提供システム


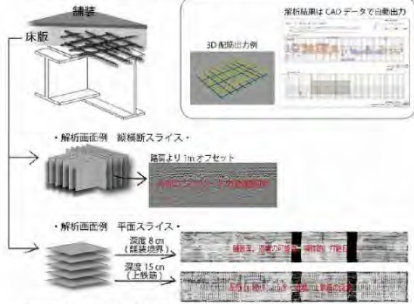
(4) クラックパトロール

No.	整理項目	整理内容
1	点検・モニタリング手法	疲労き裂検出
2	必要機材/操作性	破断検知線+無線 IC タグ+受信機/ 遠方(地上、路面など安全な場所)で無線を受信して疲労き裂を監視する。操作は簡単であるが、設置箇所の検討は構造的な知識が要求される。
3	価格(初期コスト・ランニングコスト)	販売:0万円~300万円(破断検知線+無線 IC タグ+受信機)
4	発現効果機構	▶ IC タグのデータを受信機で受信し、疲労き裂を早期に検知できるため、劣化損傷の重症化を防ぐことが期待される(予防保全段階の損傷検知) ▶ 疲労き裂の検知において目視点検が不要になるが、き裂センサーの設置は局所的で点検の効率化に資するまでには至っていないと考えられる(点検作業の効率化には至らない)
5	従来手法との差異比較	<p>従来は、目視点検、テストハンマー、磁粉探傷試験で疲労き裂を検出していた。磁粉探傷試験は、塗膜除去作業が必要であり、調査後に無塗装になり錆を進展させる原因になるため、再塗装等が必要である。また、疲労き裂は塗膜割れが見間違えるケースがあり、ヒューマンエラーを気を付ける必要がある損傷である。本技術は、疲労き裂の進展を監視したい箇所または疲労き裂が予想される箇所に破断検知線と無線 IC タグを設置して、遠方(地上、路面など安全な場所)で無線を受信して疲労き裂を監視できる。</p>  <p>クラックパトロールのシステム設置例</p> <p>破断検知線概念図、写真、施工例</p> <p>図 クラックパトロールの参考図</p>

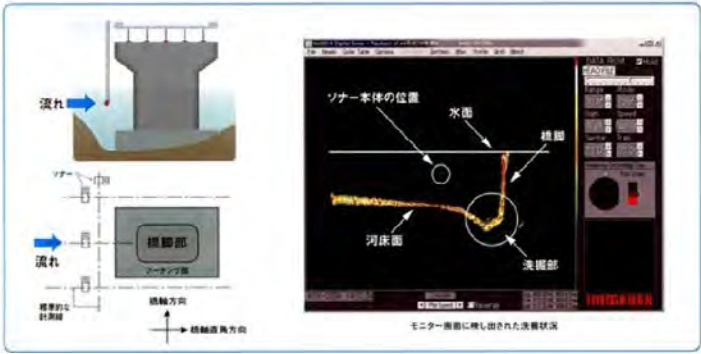
No.	整理項目	整理内容
6	適用可能な道路施設	橋梁（鋼橋）、その他（鋼構造物）
7	適用可能な変状 （把握できる内容）	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 鋼材の疲労き裂の検出
8	CIM 技術との連携性	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 事例無し。 ➤ センサーの位置を CIM に記録して管理する活用方法が考えられる。
9	実績及び技術手法の特許の有無、汎用性、類似技術	<p>実績：国内で多数の実績</p> <p>技術手法の特許の有無：NETIS 登録済であったが、更新手続きをしておらず、現在は NETIS での閲覧は不可。企業 HP には掲載</p> <p>類似業務：赤外線サーモグラフィによる疲労き裂の検出技術</p>
10	精度、留意点及び適用限界	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 部位ごとに個別に監視するので、監視対象以外の箇所から発生したき裂は検出できない。当然、全ての部材にセンサーを設置することは出来ず、疲労き裂が出やすい箇所の特定は難しい。外力（自動車荷重等）の予測も困難である。（点検範囲の制約） ➤ センサーの寿命（約 5 年）が短く、定期的な保守が費用である。（センサーの寿命）
11	開発途上国への導入課題 調達環境、維持管理特性（消耗品・スペアパーツの供給体制）等	<p>開発途上国への導入課題（コンサルタントによる想定）</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ センサー自体は小型で輸出等の問題は無いと考えられる。 ➤ 一方、センサーの寿命が短く、センサーの保守管理を年に 1～2 回程度必要になってくると考えられる。
12	参考資料	NETIS 新技術情報提供システム

(5) G-Cube・橋梁床版内部診断技術

No.	整理項目	整理内容
1	点検・モニタリング手法	床版の損傷検出
2	必要機材/操作性	G-Cube/ 床版内部の様々な損傷や状況を非破壊で検知・診断する。操作は簡単である。
3	価格（初期コスト・ランニングコスト）	販売：0 万円～300 万円（G-Cube）
4	発現効果機構	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 舗装切削が不要で、舗装路面から高解像度・3 次元データが取得可能。従来は、舗装切削が必要なため、舗装を補修する必要があった。（点検作業の軽減）（スクリーニング） ➤ 経年変化の評価（同位置の比較解析）が可能（画像データによる損傷の正確な把握）

No.	整理項目	整理内容										
5	従来手法との差異比較	<p>従来は複数技術の組合せで実施してきた内容が、舗装路面からの一度の調査で完結する。診断内容の多さに加え、広範囲・短期間・高い判定精度等が特長である 従来必要だった舗装切断が不要になり、点検作業が軽減される。</p>  <p>G-Cube・橋梁床版内部診断技術イメージ図</p> <p>・G-Cube 橋梁床版 診断例・ 独自のデータ取得、処理、解析技術により実用化した技術 三次元解析：任意の断面（平面・縦断・横断）で内部を詳細に解析</p>  <p>G-Cube・橋梁床版内部診断技術 3次元解析の説明</p>										
6	適用可能な道路施設	橋梁（鋼橋）										
7	適用可能な変状 （把握できる内容）	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 橋梁の床版内部の様々な劣化損傷や状況の検知・診断 										
8	CIM 技術との連携性	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 事例無し。 ➤ 損傷状況と3次元データの連携する方法が考えられる。 										
9	実績及び技術手法の特許の有無、汎用性、類似技術	<p>実績：国内5件（参照 NETIS） 技術手法の特許の有無：NETIS 登録済 類似業務：床版の損傷検出技術は、以下の通り、いくつかの技術が開発されている。</p> <table border="1" data-bbox="566 1310 1321 1518"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>点検・モニタリング技術の名称</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>G-Cube・橋梁床版内部診断技術</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>橋梁床版損傷状況調査システム</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>打音による床版コンクリート等の健全度測定システム</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>橋梁床版内部診断技術</td> </tr> </tbody> </table>	No.	点検・モニタリング技術の名称	1	G-Cube・橋梁床版内部診断技術	2	橋梁床版損傷状況調査システム	3	打音による床版コンクリート等の健全度測定システム	4	橋梁床版内部診断技術
No.	点検・モニタリング技術の名称											
1	G-Cube・橋梁床版内部診断技術											
2	橋梁床版損傷状況調査システム											
3	打音による床版コンクリート等の健全度測定システム											
4	橋梁床版内部診断技術											
10	精度、留意点及び適用限界	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 自然条件、現地条件の制約の他、過去に上面増厚等の補強工法を用いた箇所ではレーダが透過しないため適用不可（点検範囲の制約） ➤ 腐食起因以外の表面的なうき・剥離は検知対象外 										
11	開発途上国への導入課題 調達環境、維持管理特性（消耗品・スペアパーツの供給体制）等	<p>開発途上国への導入課題（コンサルタントによる想定）</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 開発途上国への導入実績が無く、機材が故障すると現地での修理が難しく、日本へ持ち帰る必要がある。 										
12	参考資料	NETIS 新技術情報提供システム										

(6) ソナーによる橋梁下部工洗掘調査

No.	整理項目	整理内容								
1	点検・モニタリング手法	橋梁洗掘検出								
2	必要機材/操作性	ソナー/耐水圧 1000m 級のソナーヘッドを使用した橋梁下部工の計測。河床や橋脚基部の形状をその場で、リアルタイムでディスプレイ上に表示可能								
3	価格(初期コスト・ランニングコスト)	販売費：356,000 円/橋脚 (イニシャルコスト) (参照 NETIS)								
4	発現効果機構	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 船舶を準備して水面から計測することや、潜水士により水中で調査することなく、アクセス困難箇所に橋梁上から安全でかつ容易に計測可能(アクセス困難)(安全性向上) 								
5	従来手法との差異比較	<p>従来技術と比較し、船舶で河川内に立ち入ったり、点検員が水中に入って計測する必要が無いので安全性が向上する。本技術は距離 10m で 1%未満の精度を有しており、従来技術より向上している。金額においても、従来より約 30%安価である。</p>  <p style="text-align: center;">調査方法</p>								
6	適用可能な道路施設	橋梁								
7	適用可能な変状(把握できる内容)	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 水中にある橋脚等の洗掘の有無やその状況 								
8	CIM 技術との連携性	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 事例無し。 ▶ 損傷状況と 3 次元データの連携する方法が考えられる。 								
9	実績及び技術手法の特許の有無、汎用性、類似技術	<p>実績：国内有り 技術手法の特許の有無：NETIS 登録済み 類似業務：橋梁洗掘検出技術は、以下の通り、いくつかの技術が開発されている。</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>点検・モニタリング技術の名称</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>ソナーによる橋梁下部工洗掘調査</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>水中 3D スキャナ</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>ナローマルチビームによる水中部形状調査</td> </tr> </tbody> </table>	No.	点検・モニタリング技術の名称	1	ソナーによる橋梁下部工洗掘調査	2	水中 3D スキャナ	3	ナローマルチビームによる水中部形状調査
No.	点検・モニタリング技術の名称									
1	ソナーによる橋梁下部工洗掘調査									
2	水中 3D スキャナ									
3	ナローマルチビームによる水中部形状調査									
10	精度、留意点及び適用限界	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 橋梁の高欄にソナーを支えるロッドを取り付けるため、水面までの高低差や高覧幅等の現場条件の制限がある。(点検範囲の制約) 								

No.	整理項目	整理内容
11	開発途上国への導入課題 調達環境、維持管理特性(消耗品・スペアパーツの供給体制)等	開発途上国への導入課題(コンサルタントによる想定) <ul style="list-style-type: none"> ▶ 開発途上国への導入実績が無く、機材が故障すると現地での修理が難しく、日本へ持ち帰る必要がある。 ▶ 機材の操作は容易であり、消耗品ではないため充電して故障が無ければ長期間メンテナンスフリーで使用できると考えられる。
12	参考資料	NETIS 新技術情報提供システム


(7) スケルカー

No.	整理項目	整理内容
1	点検・モニタリング手法	路面空洞検出
2	必要機材/操作性	探査車(SKELE-CAR)による路面空洞の検出
3	価格(初期コスト・ランニングコスト)	販売費:基礎価格:61,209,100円(参照NETIS) 基礎価格 ①車輻:20,000,000円 ②車輻架装:16,500,000円 ③調査機器:24,709,100円
4	発現効果機構	従来は、一次調査(探査車による概略探査)と二次調査(ハンディ型地中レーダーによる詳細調査)の2段階で行われていたが、本探査車は一度に計測可能。また、ハンディ型地中レーダーは規制が必要になるが、本探査車は規制が不要である。点検作業の軽減効果が高い。(点検作業の軽減)(通行危険箇所の放置時間短縮)
5	従来手法との差異比較	<p>従来の2段階計測を本探査車は一度に計測可能。本技術は従来技術の一次調査、メッシュ調査に相当する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・一次調査:広範囲を探査車により計測し、異常信号箇所を抽出する。 ・メッシュ調査:一次調査で抽出した異常信号箇所について、ハンディ型地中レーダーで空洞の可能性の判定とその広がり、概略発生深度を調査。 <div style="text-align: center;"> <p>図 計測状況</p> </div>
6	適用可能な道路施設	舗装、港湾施設、橋梁

No.	整理項目	整理内容										
7	適用可能な変状 (把握できる内容)	➤ 変状・空洞										
8	CIM 技術との連携性	➤ 事例無し。道路の損傷は面的に記録する必要があり、GIS 技術を活用して記録・管理している。										
9	実績及び技術手法の特許の有無、汎用性、類似技術	<p>実績：国内有り（調査道路総延長 175,402km 2017 年 10 月末） 技術手法の特許の有無：無（NETIS 登録済み） 類似業務：路面空洞検出技術は、以下の通りいくつかの技術が開発されている。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>点検・モニタリング技術の名称</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>3D レーダを用いた地中探査システム</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>スケルカー</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>岸壁舗装コンクリートの空洞化調査（レーダー探査）</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>ハイブリッド表面波探査技術</td> </tr> </tbody> </table>	No.	点検・モニタリング技術の名称	1	3D レーダを用いた地中探査システム	2	スケルカー	3	岸壁舗装コンクリートの空洞化調査（レーダー探査）	4	ハイブリッド表面波探査技術
No.	点検・モニタリング技術の名称											
1	3D レーダを用いた地中探査システム											
2	スケルカー											
3	岸壁舗装コンクリートの空洞化調査（レーダー探査）											
4	ハイブリッド表面波探査技術											
10	精度、留意点及び適用限界	<p>➤ 自然条件、現地条件の制約の他、過去に上面増厚等の補強工法を用いた箇所ではレーダが透過しないため適用不可。（点検範囲の制約）</p> <p>➤ 探査車（車幅 2.2m）が走行可能な場所に限られる。（点検範囲の制約）</p> <p>➤ 空洞厚を調べる調査には適用出来ない。（点検範囲の制約）</p>										
11	開発途上国への導入課題 調達環境、維持管理特性（消耗品・スペアパーツの供給体制）等	<p>開発途上国への導入課題（コンサルタントによる想定）</p> <p>➤ 自然条件として気温 0℃～40℃の範囲内でしか使用できない為、適応する国が限られてくる。</p> <p>➤ 機材が故障すると現地での修理が難しく、日本へ持ち帰る必要がある。探査車の輸出入にはコストがかかり、スペアパーツ等の部品も現地調達は困難であることが想定される。</p>										
12	参考資料	NETIS 新技術情報提供システム										

(8) 道路性状の簡易評価システム（DRIMS）

No.	整理項目	整理内容
1	点検・モニタリング手法	路面性状検出
2	必要機材/ 操作性	バネ上加速度のみを利用して IRI を推定するため、計測の仕組みが簡便で、小型で安価。車両内にセンサーを設置するのみであるため、車両改造が不要で、配線も簡易である。バネ上角速度計測を利用するスマートフォン版は、スマートフォンを車内に固定するのみである。
3	価格（初期コスト・ランニングコスト）	販売費：0～300 万円（iPhone あるいは、iPodTouch と外付け GPS） 技術サービス：0～300 万円 買い切り型の場合、ソフトウェア約 30 万円。クラウドサービスは価格を検討中
4	発現効果機構	<p>➤ 路面状態の迅速な評価による、舗装点検に要する時間・コストの削減（点検作業の軽減）</p> <p>➤ IRI（路面の平坦性指標）を自動算出し、定量的評価による優先順位付けの効</p>

No.	整理項目	整理内容																				
		率化が図られる。(定量的データの取得)																				
5	従来手法との差異比較	<p>従来の路面の点検・診断は、定性的評価にとどまり、高額なコストを要していたが、DRIMS は、安価で定量的かつ高精度に路面状態を診断・評価可能なモニタリングシステムである。DRIMS は加速度計、GPS 受信機、小型 PC を搭載した一般車両が定速走行する際の動的応答を、その代表値である鉛直加速度によって把握し、路面のラフネスを International Roughness Index (IRI、国際ラフネス指数) を指標として評価するものである。</p>  <p>左図 DRIMS の概要 右図 車両キャリブレーションの様子</p>																				
6	適用可能な道路施設	舗装																				
7	適用可能な変状 (把握できる内容)	IRI を指標とした路面性状の評価																				
8	CIM 技術との連携性	事例無し。道路の損傷は面的に記録する必要があり、GIS 技術を活用して記録・管理している。																				
9	実績及び技術手法の特許の有無、汎用性、類似技術	<p>実績：国内 10 件未満、開発途上国はケニア、タジキスタン、キルギス、ラオスにて機材搬入及び技術サービスの実績あり。</p> <p>技術手法の特許の有無：有</p> <p>類似業務：路面性状検出技術は、以下の通り、多くの技術が開発されている。</p> <table border="1" data-bbox="587 1451 1300 1865"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>点検・モニタリング技術の名称</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>道路性状簡易評価システム (DRIMS)</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>MMS (モバイルマッピングシステム)</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>路面性状測定車による調査</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>路面性状自動計測車による調査</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>道路パトロール支援サービス</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>画像解析による社会インフラ点検</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>次世代道路計測システム</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>タイヤによる路面状態判定技術</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>移動式舗装たわみ測定手法の開発</td> </tr> </tbody> </table>	No.	点検・モニタリング技術の名称	1	道路性状簡易評価システム (DRIMS)	2	MMS (モバイルマッピングシステム)	3	路面性状測定車による調査	4	路面性状自動計測車による調査	5	道路パトロール支援サービス	6	画像解析による社会インフラ点検	7	次世代道路計測システム	8	タイヤによる路面状態判定技術	9	移動式舗装たわみ測定手法の開発
No.	点検・モニタリング技術の名称																					
1	道路性状簡易評価システム (DRIMS)																					
2	MMS (モバイルマッピングシステム)																					
3	路面性状測定車による調査																					
4	路面性状自動計測車による調査																					
5	道路パトロール支援サービス																					
6	画像解析による社会インフラ点検																					
7	次世代道路計測システム																					
8	タイヤによる路面状態判定技術																					
9	移動式舗装たわみ測定手法の開発																					
10	精度、留意点及び適用限界	<p>➤ 探査車 (車幅 2.2m) が走行可能な場所に限られる。(点検範囲の制約)</p> <p>➤ 測定時間は昼間に限定される。(点検範囲の制約)</p>																				
11	開発途上国への	開発途上国への導入課題 (アンケートより情報収集)																				

No.	整理項目	整理内容
	導入課題 調達環境、維持管理特性（消耗品・スペアパーツの供給体制）等	<p>（品質保証に関する課題）</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 現地の担当技術者が異動した際に技術の継承が難しい。使い方を誤ると高精度の計測ができない。 <p>（アフターケアに関する課題）</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ JICA の技術プロジェクトとして導入しても、プロジェクト終了後のサポート体制構築が重要である。 <p>（操作性・容易性に関する課題）</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ スマートフォンを操作するだけであるので操作性の観点から問題はないが、設定項目を誤って入力することがあり得る。ハード、ソフトも揃っているが設定方法がわからずに利用されない、という事態にならないように簡易マニュアルを作成する、現地コンサルタントを育てるなどの配慮が必要である。 <p>（海外で積極的に活用するための方策や必要と感じる支援方法）</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 路面評価機器の国際的な検定試験は存在しない。国際的な検定・認証試験を実施できれば国際展開時に高品質な技術であることを明確な根拠を持って主張できる。
12	参考資料	web（企業の Web サイト）、アンケート、ヒアリング調査結果

(9) モバイルマッピングシステム

No.	整理項目	整理内容
1	点検・モニタリング手法	路面性状検出
2	必要機材/操作性	レーザースキャナ、GNSS/IMU、デジタルカメラなどのセンサーを車両に搭載し、走行しながら周辺の地形・地物・形状・画像などの3次元情報を取得する。機材構成が簡便であり、操作性も簡単。
3	価格（初期コスト・ランニングコスト）	<p>販売費：1000万円以上</p> <p>全天球カメラ・傾斜計・簡易GPS・架台・制御装置・各種ソフトウェア・講習/トレーニング費用</p> <p>技術サービス：概ね撮影延長あたり3-10万円/kmで提供。</p> <p>（規模・精度・現場状況等によって価格付けに変更が生じる為、固定的な価格設定はしていない）</p>
4	発現効果機構	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 路面状態の迅速な評価による、舗装点検に要する時間・コストの削減。舗装の損傷を目視で確認する従来の方法に比べ、点検作業の軽減効果が高い。（点検作業の軽減） ➤ 定量的評価による優先順位付けの効率化（定量的データの取得） ➤ 3次元データ・画像データによる記録が可能で経年変化の評価が可能（画像データによる損傷の正確把握）
5	従来手法との差異比較	従来ではレーザー・IMUを用いて3D計測していた装置を画像で計測可能にした技術。画像における特徴点を自動追尾することによりカメラ位置（位置と姿

No.	整理項目	整理内容																				
		<p>勢の6変数)を自動演算することが可能。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;"> 図 計測車両 (左) 図 鳥瞰図 (右) </p>																				
6	適用可能な道路施設	河川堤防																				
7	適用可能な変状 (把握できる内容)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 堤防の変状 																				
8	CIM 技術との連携性	事例無し。道路の損傷は面的に記録する必要があり、GIS 技術を活用して記録・管理している。																				
9	実績及び技術手法の特許の有無、汎用性、類似技術	<p>実績：国内外に多数の実績あり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ JICA 案件化調査 (モザンビーク国 2016 年～2017 年) ➢ JICA 調査業務 (スリランカ国 外部人材として計測作業 2017 年) ➢ 香港政府機関 全土をカバーする 6,500km の実績 ➢ タイ王国では政府機関による自営作業で 45,000km の実績あり。 ➢ 中小企業ノンプロ無償 (機材販売 2017 年) ➢ シンガポール、マレーシア、台湾、サウジアラビアなどに機材販売 <p>技術手法の特許の有無：有</p> <p>類似業務：路面性状検出技術は、以下の通り、多くの技術が開発されている。</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">No.</th> <th>点検・モニタリング技術の名称</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>道路性状簡易評価システム (DRIMS)</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>MMS (モバイルマッピングシステム)</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>路面性状測定車による調査</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>路面性状自動計測車による調査</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>道路パトロール支援サービス</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>画像解析による社会インフラ点検</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>次世代道路計測システム</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>タイヤによる路面状態判定技術</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>移動式舗装たわみ測定手法の開発</td> </tr> </tbody> </table>	No.	点検・モニタリング技術の名称	1	道路性状簡易評価システム (DRIMS)	2	MMS (モバイルマッピングシステム)	3	路面性状測定車による調査	4	路面性状自動計測車による調査	5	道路パトロール支援サービス	6	画像解析による社会インフラ点検	7	次世代道路計測システム	8	タイヤによる路面状態判定技術	9	移動式舗装たわみ測定手法の開発
No.	点検・モニタリング技術の名称																					
1	道路性状簡易評価システム (DRIMS)																					
2	MMS (モバイルマッピングシステム)																					
3	路面性状測定車による調査																					
4	路面性状自動計測車による調査																					
5	道路パトロール支援サービス																					
6	画像解析による社会インフラ点検																					
7	次世代道路計測システム																					
8	タイヤによる路面状態判定技術																					
9	移動式舗装たわみ測定手法の開発																					
10	精度、留意点及び適用限界	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 費用が高額である。(高額な費用) ➢ 探査車 (車幅 2.2m) が走行可能な場所に限られる。(点検範囲の制約) 																				
11	開発途上国への導入課題 調達環境、維持管理 特性 (消耗品・スペア パーツの供給体制)	<p>開発途上国への導入課題 (アンケートより情報収集)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 製品・サービス価格が開発途上国の物価や予算とマッチング出来るかが課題。(金額面の課題) 																				

No.	整理項目	整理内容
	等	
12	参考資料	Web（企業の Web サイト）、アンケート

(10) 高速走行型非接触レーダによるトンネル覆工の内部欠陥点検技術と統合型診断システム

No.	整理項目	整理内容
1	点検・モニタリング手法	覆工コンクリート内部空洞検出
2	必要機材/ 操作性	道路トンネル点検車の荷台に最大2基のブーム（棒状の構造物を有する作業機）を搭載し、2測線の同時測定ができるシステム。時速0.5～2.0kmの速度で走行しながら測定を行う。
3	価格（初期コスト・ランニングコスト）	販売費：1000万円以上 レーダアンテナ，コントローラ（具体的な金額は決定していない） 技術サービス：1kmあたり3測線で300万程度（輸送に関わる費用を除き，レーダ探査のみの場合）
4	発現効果機構	<ul style="list-style-type: none"> ▶ トンネルの覆工コンクリート内部空壁の迅速な評価による、点検作業に要する時間・コストの削減。損傷を目視で確認する従来の方法に比べ、点検作業の軽減効果が高い。（点検作業の軽減） ▶ 定量的評価による優先順位付けの効率化（定量的データの取得） ▶ 3次元データ・画像データによる記録が可能で経年変化の評価が可能（画像データによる損傷の正確把握）
5	従来手法との差異比較	<p>従来点検時に併せて走行計測を実施し、変状原因、巻厚不足、背面空洞などを考慮した総合的な健全度診断ができる。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p style="text-align: center;">図 計測システム</p> <p style="text-align: right;">図 地中レーダ解析例</p>
6	適用可能な道路施設	トンネル
7	適用可能な変状（把握できる内容）	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 覆工コンクリート内部空壁 ▶ 覆工コンクリート厚さの計測

No.	整理項目	整理内容								
8	CIM 技術との連携性	事例なし。3次元データ・画像データによる記録が可能で経年変化の評価が可能								
9	実績及び技術手法の特許の有無、汎用性、類似技術	<p>実績：国内で10件以上の実績</p> <p>技術手法の特許の有無：無</p> <p>類似業務：覆工コンクリート内部空洞検出技術は、以下の通り、いくつかの技術が開発されている。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>点検・モニタリング技術の名称</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>高速走行型非接触レーダによるトンネル覆工の内部欠陥点検技術と統合型診断システム</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>コンクリート音響探傷システム</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>遠赤外線照射装置と赤外線ラインセンサカメラを搭載した検査車両</td> </tr> </tbody> </table>	No.	点検・モニタリング技術の名称	1	高速走行型非接触レーダによるトンネル覆工の内部欠陥点検技術と統合型診断システム	2	コンクリート音響探傷システム	3	遠赤外線照射装置と赤外線ラインセンサカメラを搭載した検査車両
No.	点検・モニタリング技術の名称									
1	高速走行型非接触レーダによるトンネル覆工の内部欠陥点検技術と統合型診断システム									
2	コンクリート音響探傷システム									
3	遠赤外線照射装置と赤外線ラインセンサカメラを搭載した検査車両									
10	精度、留意点及び適用限界	<ul style="list-style-type: none"> 販売していないが専用の車両、レーザー搭載等の機材は非常に高額である。(高額な費用) 								
11	開発途上国への導入課題 調達環境、維持管理特性(消耗品・スペアパーツの供給体制)等	<p>開発途上国への導入課題(アンケートによる情報収集)</p> <ul style="list-style-type: none"> レーダ探査の解析にはノウハウが必要で、トレーニングのほかに多くの経験を積む必要がある。(アフターケアに関する課題) コンクリートの調達、覆工打設方法、トンネル施工法などによって、レーダ探査対象のコンクリートの品質に影響が生じる。精度検証のためのコア抜きボーリングなどが可能か(品質保証に関する課題) 計測車両などの大型機器を輸送するためには、費用、法的問題などの課題が多い(供給体制の課題) 								
12	参考資料	Web(企業のWebサイト)、アンケート								

(11) コンクリートビュー

No.	整理項目	整理内容
1	点検・モニタリング手法	表面塩分検出
2	必要機材/操作性	プローブヘッド、インターフェイス、パソコンを利用した。近赤外線分光法による塩化物イオン調査
3	価格(初期コスト・ランニングコスト)	技術サービス：¥1,547,400/200m ² 、工程5日(参照 NETIS)
4	発現効果機構	<ul style="list-style-type: none"> 近赤外線分光法に変えたことにより、非破壊で分析可能となり、分析費用が削減される。また、従来のコア抜き室内試験では輸送作業が必要になるが現場で即検知できるため作業の軽減効果は高く、。(点検作業の軽減) 画像データにより記録するため、健全部も同時に記録され、損傷の経年変化を評価できる。(画像データによる損傷の正確把握)
5	従来手法との差	塩化物イオン調査を従来までの電位差滴定法から近赤外線分光法に変更した。それ

No.	整理項目	整理内容						
	異比較	<p>により、これまで表面をグラインダーで採取して分析する箇所が多いため費用が掛かっていたが、非破壊で分析可能となり、分析費用が低減されるため、経済性が向上する。また、表面グラインダー採取による分析箇所と補修箇所が減少するため、施工性が向上する。</p> <p>従来技術 コンクリートビュー</p> <p>塩化物イオン濃度 中性化度</p> <p>橋梁床版下面の出力例</p> <p>コンクリートビュー概要</p> <p>測定状況</p>						
6	適用可能な道路施設	橋梁、トンネル						
7	適用可能な変状 (把握できる内容)	<ul style="list-style-type: none"> ▶ コンクリート表面の塩化物イオンの検知 						
8	CIM 技術との連携性	事例なし。表面塩分量を3次元データに記録する活用方法が考えられる						
9	実績及び技術手法の特許の有無、汎用性、類似技術	<p>実績：国内有り（10件以上）</p> <p>技術手法の特許の有無：有</p> <p>類似業務：表面塩分検出技術は、以下の通りいくつかの技術が開発されている。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>点検・モニタリング技術の名称</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>コンクリートビュー</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>コンクリート塩害の現場分析技術</td> </tr> </tbody> </table>	No.	点検・モニタリング技術の名称	1	コンクリートビュー	2	コンクリート塩害の現場分析技術
No.	点検・モニタリング技術の名称							
1	コンクリートビュー							
2	コンクリート塩害の現場分析技術							
10	精度、留意点及び適用限界	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 水セメント比が40%未満、または60%を超える構造物には適用不可 ▶ コンクリート面に樹脂系の塗装が施されている場合は適用不可 ▶ 塩化物イオン濃度が20kg/m³を超える含有量の場合は適用不可（点検範囲の制約） 						
11	開発途上国への導入課題 調達環境、維持管理特性（消耗品・スペアパーツの供給体制）等	<p>開発途上国への導入課題（コンサルタントによる想定）</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 開発途上国でのパーツ等供給体制が無く、機材が故障すると、日本へ持ち帰る必要がある。また、特殊な赤外線を利用しており、輸出入時に手続きが必要になる可能性がある。 ▶ 本技術を現地のみで行う為には現地技術者への教育が必要であるが、従来技術と全く異なる技術のため教育に時間を要す可能性がある。 						
12	参考資料	NETIS 新技術情報提供システム						

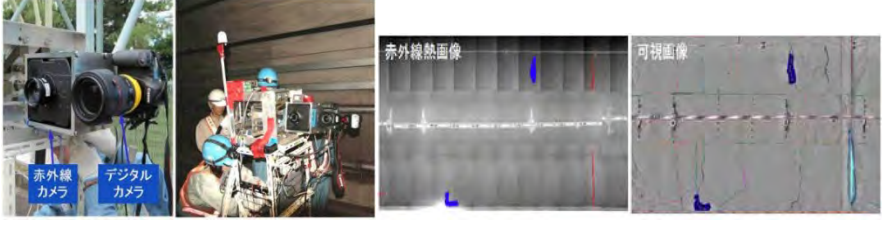
(12) 土木（建築）構造物一般図作成システム

No.	整理項目	整理内容												
1	点検・モニタリング手法	点検/診断を補助する技術（画像・レーザー・ロボット技術・データベース）												
2	必要機材/ 操作性	3D レーザースキャナを用いて橋梁・トンネル等の道路構造物や河川構造物を3次元での現況計測を行う。												
3	価格（初期コスト・ランニングコスト）	販売費：700万円程度												
4	発現効果機構	<ul style="list-style-type: none"> 短時間で現場の3次元点群座標を取得でき、都市部の高架橋など複数の構造物が密集した空間における点検車、高所作業車、足場当の点検計画に適用できる（点検計画の合理化）（安全性向上） 												
5	従来手法との差異比較	<p>従来点検と比較し足場が必要ないため、準備の段階での作業時間・費用が削減可能。また、安全な位置からの計測が可能となるため、計測時の安全性が確保される</p> <p>3Dレーザースキャナ標準構成</p> <p>ランガー橋の計測例</p> <p>【現場計測】</p> <p>【3D計測データ】</p> <p>【3Dモデリング】</p> <p>【図面作成】</p> <p>ランガー橋の成果例(一般図)</p> <p>概略施工手順</p>												
6	適用可能な道路施設	橋梁、トンネル												
7	適用可能な変状（把握できる内容）	<ul style="list-style-type: none"> 構造物の3次元点群座標の取得 												
8	CIM 技術との連携性	3次元点群データを取得可能												
9	実績及び技術手法の特許の有無、汎用性、類似技術	<p>実績：国内有り</p> <p>技術手法の特許の有無：有</p> <p>類似業務：点検/診断を補助する技術（画像・レーザー・ロボット技術・データベース）は、以下の通り、多くの技術が開発されている。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>点検・モニタリング技術の名称</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>土木（建築）構造物一般図作成システム</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>HIVIDAS（コンクリートひび割れ診断）</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>構造物点検用カメラ「DSカメラ」システム</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム</td> </tr> </tbody> </table>	No.	点検・モニタリング技術の名称	1	土木（建築）構造物一般図作成システム	2	HIVIDAS（コンクリートひび割れ診断）	3	橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム	4	構造物点検用カメラ「DSカメラ」システム	5	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム
No.	点検・モニタリング技術の名称													
1	土木（建築）構造物一般図作成システム													
2	HIVIDAS（コンクリートひび割れ診断）													
3	橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム													
4	構造物点検用カメラ「DSカメラ」システム													
5	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム													

No.	整理項目	整理内容																																				
		<table border="1"> <tr><td>6</td><td>インフラドクター</td></tr> <tr><td>7</td><td>橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替する飛行ロボットシステム</td></tr> <tr><td>8</td><td>3次元レーザースキャナ計測システム</td></tr> <tr><td>9</td><td>3次元レーザースキャナによる構造物の変位測定システム</td></tr> <tr><td>10</td><td>UAV（無人機）を用いた3次元計測・構造物調査</td></tr> <tr><td>11</td><td>画像による橋梁表面の損傷把握システム</td></tr> <tr><td>12</td><td>デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム</td></tr> <tr><td>13</td><td>スカイキャッチャー</td></tr> <tr><td>14</td><td>狭隘部点検ロボットによる点検技術</td></tr> <tr><td>15</td><td>音源探査システム（Noise Scope System）</td></tr> <tr><td>16</td><td>ACM型腐食センサーによる大気腐食モニタリング</td></tr> <tr><td>17</td><td>フィールドワークス</td></tr> <tr><td>18</td><td>遠隔操作無人探査機による水中構造物診断システム</td></tr> <tr><td>19</td><td>道路橋の長寿命化修繕計画策定支援システム 長寿郎</td></tr> <tr><td>20</td><td>橋梁DB マネージャー</td></tr> <tr><td>21</td><td>無人航空機による地形計測・写真撮影システム</td></tr> <tr><td>22</td><td>舗装構成厚さ調査システム</td></tr> <tr><td>23</td><td>走行型計測車両を適用した移動体による変位観測</td></tr> </table>	6	インフラドクター	7	橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替する飛行ロボットシステム	8	3次元レーザースキャナ計測システム	9	3次元レーザースキャナによる構造物の変位測定システム	10	UAV（無人機）を用いた3次元計測・構造物調査	11	画像による橋梁表面の損傷把握システム	12	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム	13	スカイキャッチャー	14	狭隘部点検ロボットによる点検技術	15	音源探査システム（Noise Scope System）	16	ACM型腐食センサーによる大気腐食モニタリング	17	フィールドワークス	18	遠隔操作無人探査機による水中構造物診断システム	19	道路橋の長寿命化修繕計画策定支援システム 長寿郎	20	橋梁DB マネージャー	21	無人航空機による地形計測・写真撮影システム	22	舗装構成厚さ調査システム	23	走行型計測車両を適用した移動体による変位観測
6	インフラドクター																																					
7	橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替する飛行ロボットシステム																																					
8	3次元レーザースキャナ計測システム																																					
9	3次元レーザースキャナによる構造物の変位測定システム																																					
10	UAV（無人機）を用いた3次元計測・構造物調査																																					
11	画像による橋梁表面の損傷把握システム																																					
12	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム																																					
13	スカイキャッチャー																																					
14	狭隘部点検ロボットによる点検技術																																					
15	音源探査システム（Noise Scope System）																																					
16	ACM型腐食センサーによる大気腐食モニタリング																																					
17	フィールドワークス																																					
18	遠隔操作無人探査機による水中構造物診断システム																																					
19	道路橋の長寿命化修繕計画策定支援システム 長寿郎																																					
20	橋梁DB マネージャー																																					
21	無人航空機による地形計測・写真撮影システム																																					
22	舗装構成厚さ調査システム																																					
23	走行型計測車両を適用した移動体による変位観測																																					
10	精度、留意点及び適用限界	<ul style="list-style-type: none"> 費用が高額である。（高額な費用） 																																				
11	開発途上国への導入課題 調達環境、維持管理特性（消耗品・スペアパーツの供給体制）等	<p>開発途上国への導入課題（コンサルタントによる想定）</p> <ul style="list-style-type: none"> 開発途上国でのパーツ等供給体制が無く、機材が故障すると、日本へ持ち帰る必要がある。また、特殊な赤外線を利用しており、輸出入時に手続きが必要になる可能性がある。 本技術を現地のみで行う為には現地技術者への教育が必要であるが、従来技術と全く異なる技術のため教育に時間を要す可能性がある。 																																				
12	参考資料	Web（企業のWebサイト）、NETIS 新技術情報提供システム																																				

(13) HIVIDAS（コンクリートひび割れ診断）

No.	整理項目	整理内容												
1	点検・モニタリング手法	点検/診断を補助する技術（画像・レーザー・ロボット技術・データベース）												
2	必要機材/ 操作性	高感度赤外線サーモグラフィ、高解像度デジタルカメラ等を用いて計測し、画像データに記録する。												
3	価格（初期コスト・ランニングコスト）	<p>技術サービス：2,915,000円/10000m2 辺り 工程 50日（参照 NETIS）</p> <p>内訳：</p> <table border="1"> <tr> <td>現地調査</td> <td>280,000円</td> <td>画像解析</td> <td>1,820,000円</td> </tr> <tr> <td>損傷図作成</td> <td>340,000円</td> <td>解析システム使用料</td> <td>315,000円</td> </tr> <tr> <td>現地踏査および撮影計画</td> <td>100,000円</td> <td>画像展開図印刷費</td> <td>60,000円</td> </tr> </table>	現地調査	280,000円	画像解析	1,820,000円	損傷図作成	340,000円	解析システム使用料	315,000円	現地踏査および撮影計画	100,000円	画像展開図印刷費	60,000円
現地調査	280,000円	画像解析	1,820,000円											
損傷図作成	340,000円	解析システム使用料	315,000円											
現地踏査および撮影計画	100,000円	画像展開図印刷費	60,000円											
4	発現効果機構	<ul style="list-style-type: none"> 熱画像から、浮き、剥離、表層部の内部空洞、漏水等の把握が可能である。ま 												

		<p>た、可視画像から、ひび割れ、鉄筋露出、遊離石灰等の変状の把握が可能である。(点検作業の軽減)</p> <p>➤ 画像データにより記録するため、健全部も同時に記録され、損傷の経年変化を評価できる。(画像データによる損傷の正確把握) "</p>																																		
5	従来手法との差異比較	<p>従来は損傷部の検出において調査員の個人差があり再現性も低かったが、新技術では現地で撮影した画像を解析し損傷部を検出することにより、個人差がなく再現性も高くなり検出精度が上がるので品質が向上する。</p>  <p>図 必要機材 (左) 図 画像解析から抽出された損傷例 (右)</p>																																		
6	適用可能な道路施設	トンネル																																		
7	適用可能な変状 (把握できる内容)	➤ ひび割れ、うき、剥離、剥落等の損傷																																		
8	CIM 技術との連携性	事例なし。損傷を3次元データに記録する活用方法が考えられる																																		
9	実績及び技術手法の特許の有無、汎用性、類似技術	<p>実績：国内有り（10件程度）</p> <p>技術手法の特許の有無：出願中（2013年）</p> <p>類似業務：点検/診断を補助する技術（画像・レーザー・ロボット技術・データベース）は、以下の通り、多くの技術が開発されている。</p> <table border="1" data-bbox="518 1310 1372 2004"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>点検・モニタリング技術の名称</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>土木（建築）構造物一般図作成システム</td></tr> <tr><td>2</td><td>HIVIDAS（コンクリートひび割れ診断）</td></tr> <tr><td>3</td><td>橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム</td></tr> <tr><td>4</td><td>構造物点検用カメラ「DSカメラ」システム</td></tr> <tr><td>5</td><td>デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム</td></tr> <tr><td>6</td><td>インフラドクター</td></tr> <tr><td>7</td><td>橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替する飛行ロボットシステム</td></tr> <tr><td>8</td><td>3次元レーザースキャナ計測システム</td></tr> <tr><td>9</td><td>3次元レーザースキャナによる構造物の変位測定システム</td></tr> <tr><td>10</td><td>UAV（無人機）を用いた3次元計測・構造物調査</td></tr> <tr><td>11</td><td>画像による橋梁表面の損傷把握システム</td></tr> <tr><td>12</td><td>デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム</td></tr> <tr><td>13</td><td>スカイキャッチャー</td></tr> <tr><td>14</td><td>狭隘部点検ロボットによる点検技術</td></tr> <tr><td>15</td><td>音源探査システム（Noise Scope System）</td></tr> <tr><td>16</td><td>ACM型腐食センサーによる大気腐食モニタリング</td></tr> </tbody> </table>	No.	点検・モニタリング技術の名称	1	土木（建築）構造物一般図作成システム	2	HIVIDAS（コンクリートひび割れ診断）	3	橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム	4	構造物点検用カメラ「DSカメラ」システム	5	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム	6	インフラドクター	7	橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替する飛行ロボットシステム	8	3次元レーザースキャナ計測システム	9	3次元レーザースキャナによる構造物の変位測定システム	10	UAV（無人機）を用いた3次元計測・構造物調査	11	画像による橋梁表面の損傷把握システム	12	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム	13	スカイキャッチャー	14	狭隘部点検ロボットによる点検技術	15	音源探査システム（Noise Scope System）	16	ACM型腐食センサーによる大気腐食モニタリング
No.	点検・モニタリング技術の名称																																			
1	土木（建築）構造物一般図作成システム																																			
2	HIVIDAS（コンクリートひび割れ診断）																																			
3	橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム																																			
4	構造物点検用カメラ「DSカメラ」システム																																			
5	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム																																			
6	インフラドクター																																			
7	橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替する飛行ロボットシステム																																			
8	3次元レーザースキャナ計測システム																																			
9	3次元レーザースキャナによる構造物の変位測定システム																																			
10	UAV（無人機）を用いた3次元計測・構造物調査																																			
11	画像による橋梁表面の損傷把握システム																																			
12	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム																																			
13	スカイキャッチャー																																			
14	狭隘部点検ロボットによる点検技術																																			
15	音源探査システム（Noise Scope System）																																			
16	ACM型腐食センサーによる大気腐食モニタリング																																			

		17	フィールドワークス
		18	遠隔操作無人探査機による水中構造物診断システム
		19	道路橋の長寿命化修繕計画策定支援システム 長寿郎
		20	橋梁 DB マネージャー
		21	無人航空機による地形計測・写真撮影システム
		22	舗装構成厚さ調査システム
		23	走行型計測車両を適用した移動体による変位観測
10	精度、留意点及び適用限界	<ul style="list-style-type: none"> 費用が高額である。(高額な費用) 	
11	開発途上国への導入課題 調達環境、維持管理特性(消耗品・スペアパーツの供給体制)等	開発途上国への導入課題(コンサルタントによる想定) <ul style="list-style-type: none"> 開発途上国でのパーツ等供給体制が無く、機材が故障すると、日本へ持ち帰る必要がある。また、特殊な赤外線を利用しており、輸出入時に手続きが必要になる可能性がある。 本技術を現地のみで行う為には現地技術者への教育が必要であるが、従来技術と全く異なる技術のため教育に時間を要す可能性がある。 	
12	参考資料	NETIS 新技術情報提供システム	

(14) 橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム

No.	整理項目	整理内容
1	点検・モニタリング手法	点検/診断を補助する技術(画像・レーザー・ロボット技術・データベース)
2	必要機材/操作性	点検カメラ、カメラ操作用タブレット PC、高所型ポール、懸垂型ポール
3	価格(初期コスト・ランニングコスト)	販売費: 300万円~1000万円 機器構成: 点検カメラ、カメラ操作用タブレット PC、高所型ポール、懸垂型ポール 技術サービス: 0~300万円 定期メンテナンス: 未定 有償修理は実施中
4	発現効果機構	<ul style="list-style-type: none"> 足場・高所作業車に必要な諸作業が不要となり、点検作業の効率化が期待できる。また、高所作業が不要となるため、点検作業の安全性が向上される(点検作業の軽減)(アクセス困難)(安全性向上) GPS 機器に接続することによって従来の定期監視型モニタリングでは困難であった機器設置箇所の連続性を確保することができ、また Web(企業の Web サイト)システムとの連携により、損傷の経年変化を正確に評価できる。(画像データによる損傷の正確把握)
5	従来手法との差異比較	点検専用車両などを利用した点検作業に比べ、点検時間と費用の低減が見込める。Web(企業の Web サイト)システムとの連携により、現場でデータの出し入れが可能であり、橋面または地上面から実施できる。

No.	整理項目	整理内容																																														
		<p>図 ロボットカメラ (左) 図 ウェブシステムとの連携 (右)</p>																																														
6	適用可能な道路施設	橋梁、その他（コンクリート構造物）																																														
7	適用可能な変状 （把握できる内容）	➤ ひびわれ、損傷																																														
8	CIM 技術との連携性	事例なし。損傷を 3 次元データに記録する活用方法が考えられる																																														
9	実績及び技術手法の特許の有無、汎用性、類似技術	<p>実績：国内有り（10 件以上）、開発途上国有り（バングラデッシュ）</p> <p>技術手法の特許の有無：有</p> <p>類似業務：点検/診断を補助する技術（画像・レーザー・ロボット技術・データベース）は、以下の通り、多くの技術が開発されている。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>点検・モニタリング技術の名称</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>土木（建築）構造物一般図作成システム</td></tr> <tr><td>2</td><td>HIVIDAS（コンクリートひび割れ診断）</td></tr> <tr><td>3</td><td>橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム</td></tr> <tr><td>4</td><td>構造物点検用カメラ「DS カメラ」システム</td></tr> <tr><td>5</td><td>デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム</td></tr> <tr><td>6</td><td>インフラドクター</td></tr> <tr><td>7</td><td>橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替える飛行ロボットシステム</td></tr> <tr><td>8</td><td>3次元レーザースキャナ計測システム</td></tr> <tr><td>9</td><td>3次元レーザースキャナによる構造物の変位測定システム</td></tr> <tr><td>10</td><td>UAV（無人機）を用いた3次元計測・構造物調査</td></tr> <tr><td>11</td><td>画像による橋梁表面の損傷把握システム</td></tr> <tr><td>12</td><td>デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム</td></tr> <tr><td>13</td><td>スカイキャッチャー</td></tr> <tr><td>14</td><td>狭隘部点検ロボットによる点検技術</td></tr> <tr><td>15</td><td>音源探査システム（Noise Scope System）</td></tr> <tr><td>16</td><td>ACM 型腐食センサーによる大気腐食モニタリング</td></tr> <tr><td>17</td><td>フィールドワークス</td></tr> <tr><td>18</td><td>遠隔操作無人探査機による水中構造物診断システム</td></tr> <tr><td>19</td><td>道路橋の長寿命化修繕計画策定支援システム 長寿郎</td></tr> <tr><td>20</td><td>橋梁 DB マネージャー</td></tr> <tr><td>21</td><td>無人航空機による地形計測・写真撮影システム</td></tr> <tr><td>22</td><td>舗装構成厚さ調査システム</td></tr> </tbody> </table>	No.	点検・モニタリング技術の名称	1	土木（建築）構造物一般図作成システム	2	HIVIDAS（コンクリートひび割れ診断）	3	橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム	4	構造物点検用カメラ「DS カメラ」システム	5	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム	6	インフラドクター	7	橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替える飛行ロボットシステム	8	3次元レーザースキャナ計測システム	9	3次元レーザースキャナによる構造物の変位測定システム	10	UAV（無人機）を用いた3次元計測・構造物調査	11	画像による橋梁表面の損傷把握システム	12	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム	13	スカイキャッチャー	14	狭隘部点検ロボットによる点検技術	15	音源探査システム（Noise Scope System）	16	ACM 型腐食センサーによる大気腐食モニタリング	17	フィールドワークス	18	遠隔操作無人探査機による水中構造物診断システム	19	道路橋の長寿命化修繕計画策定支援システム 長寿郎	20	橋梁 DB マネージャー	21	無人航空機による地形計測・写真撮影システム	22	舗装構成厚さ調査システム
No.	点検・モニタリング技術の名称																																															
1	土木（建築）構造物一般図作成システム																																															
2	HIVIDAS（コンクリートひび割れ診断）																																															
3	橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム																																															
4	構造物点検用カメラ「DS カメラ」システム																																															
5	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム																																															
6	インフラドクター																																															
7	橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替える飛行ロボットシステム																																															
8	3次元レーザースキャナ計測システム																																															
9	3次元レーザースキャナによる構造物の変位測定システム																																															
10	UAV（無人機）を用いた3次元計測・構造物調査																																															
11	画像による橋梁表面の損傷把握システム																																															
12	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム																																															
13	スカイキャッチャー																																															
14	狭隘部点検ロボットによる点検技術																																															
15	音源探査システム（Noise Scope System）																																															
16	ACM 型腐食センサーによる大気腐食モニタリング																																															
17	フィールドワークス																																															
18	遠隔操作無人探査機による水中構造物診断システム																																															
19	道路橋の長寿命化修繕計画策定支援システム 長寿郎																																															
20	橋梁 DB マネージャー																																															
21	無人航空機による地形計測・写真撮影システム																																															
22	舗装構成厚さ調査システム																																															

No.	整理項目	整理内容
		23 走行型計測車両を適用した移動体による変位観測
10	精度、留意点及び適用限界	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 人力による作業スペースが確保でき撮影操作に支障のない作業環境でのみ使用（点検範囲の制約） ▶ 費用が高額である。（高額な費用）
11	開発途上国への導入課題 調達環境、維持管理特性（消耗品・スペアパーツの供給体制）等	<p>開発途上国への導入課題（コンサルタントによる想定）</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 開発途上国でのパーツ等供給体制が無く、機材が故障すると、日本へ持ち帰る必要がある。 ▶ 本技術を現地のみで行う為には現地技術者への教育が必要であるが、従来技術と全く異なる技術のため教育に時間を要す可能性がある。
12	参考資料	NETIS 新技術情報提供システム、SIP 戦略的イノベーション創造プログラム、アンケート


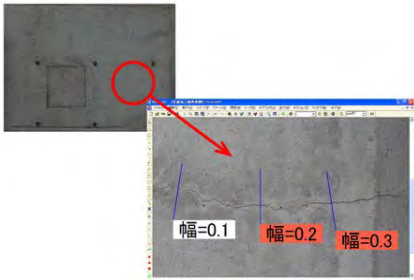
(15) 構造物点検用カメラ「DS カメラ」システム

No.	整理項目	整理内容
1	点検・モニタリング手法	コンクリート構造物・鋼構造物等の近接目視による外観変状検出
2	必要機材/ 操作性	デジタルカメラ、解析ソフト用 PC
3	価格（初期コスト・ランニングコスト）	<p>販売費：0～300 万円</p> <p>技術サービス：1 橋あたり 310,000 円程度（国内の場合のみ）</p> <p>橋長 30m,幅員 10m（点検面積 300m²）</p> <p>4 橋/日施工可能</p>
4	発現効果機構	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 足場・高所作業車に必要な諸作業が不要となり、点検作業の効率化が期待できる。また、高所作業が不要となるため、点検作業の安全性が向上される（点検作業の軽減）（アクセス困難）（安全性向上） ▶ 画像データにより記録するため、健全部も同時に記録され、損傷の経年変化を評価できる。（画像データによる損傷の正確把握） "
5	従来手法との差異比較	<p>従来は高所作業車、橋梁点検車等を使用していたが本技術は使用機材が小規模で人力で操作可能なため、トータルコストが削減できる。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">     </div> <p style="text-align: center;">暗所及び狭隘部の調査</p> <p style="text-align: center;">図 計測状況（左）</p>
6	適用可能な道路	橋梁、トンネル

No.	整理項目	整理内容																																																
	施設																																																	
7	適用可能な変状 (把握できる内容)	➤ 橋梁及びトンネルのコンクリート構造物・鋼構造物等の近接目視による外観変状																																																
8	CIM 技術との連携性	事例なし。損傷を3次元データに記録する活用方法が考えられる																																																
9	実績及び技術手法の特許の有無、汎用性、類似技術	<p>実績：国内10件以上</p> <p>技術手法の特許の有無：無</p> <p>類似業務：点検/診断を補助する技術（画像・レーザー・ロボット技術・データベース）は、以下の通り、多くの技術が開発されている。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>点検・モニタリング技術の名称</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>土木（建築）構造物一般図作成システム</td></tr> <tr><td>2</td><td>HIVIDAS（コンクリートひび割れ診断）</td></tr> <tr><td>3</td><td>橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム</td></tr> <tr><td>4</td><td>構造物点検用カメラ「DSカメラ」システム</td></tr> <tr><td>5</td><td>デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム</td></tr> <tr><td>6</td><td>インフラドクター</td></tr> <tr><td>7</td><td>橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替する飛行ロボットシステム</td></tr> <tr><td>8</td><td>3次元レーザースキャナ計測システム</td></tr> <tr><td>9</td><td>3次元レーザースキャナによる構造物の変位測定システム</td></tr> <tr><td>10</td><td>UAV（無人機）を用いた3次元計測・構造物調査</td></tr> <tr><td>11</td><td>画像による橋梁表面の損傷把握システム</td></tr> <tr><td>12</td><td>デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム</td></tr> <tr><td>13</td><td>スカイキャッチャー</td></tr> <tr><td>14</td><td>狭隘部点検ロボットによる点検技術</td></tr> <tr><td>15</td><td>音源探査システム（Noise Scope System）</td></tr> <tr><td>16</td><td>ACM型腐食センサーによる大気腐食モニタリング</td></tr> <tr><td>17</td><td>フィールドワークス</td></tr> <tr><td>18</td><td>遠隔操作無人探査機による水中構造物診断システム</td></tr> <tr><td>19</td><td>道路橋の長寿命化修繕計画策定支援システム 長寿郎</td></tr> <tr><td>20</td><td>橋梁DBマネージャー</td></tr> <tr><td>21</td><td>無人航空機による地形計測・写真撮影システム</td></tr> <tr><td>22</td><td>舗装構成厚さ調査システム</td></tr> <tr><td>23</td><td>走行型計測車両を適用した移動体による変位観測</td></tr> </tbody> </table>	No.	点検・モニタリング技術の名称	1	土木（建築）構造物一般図作成システム	2	HIVIDAS（コンクリートひび割れ診断）	3	橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム	4	構造物点検用カメラ「DSカメラ」システム	5	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム	6	インフラドクター	7	橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替する飛行ロボットシステム	8	3次元レーザースキャナ計測システム	9	3次元レーザースキャナによる構造物の変位測定システム	10	UAV（無人機）を用いた3次元計測・構造物調査	11	画像による橋梁表面の損傷把握システム	12	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム	13	スカイキャッチャー	14	狭隘部点検ロボットによる点検技術	15	音源探査システム（Noise Scope System）	16	ACM型腐食センサーによる大気腐食モニタリング	17	フィールドワークス	18	遠隔操作無人探査機による水中構造物診断システム	19	道路橋の長寿命化修繕計画策定支援システム 長寿郎	20	橋梁DBマネージャー	21	無人航空機による地形計測・写真撮影システム	22	舗装構成厚さ調査システム	23	走行型計測車両を適用した移動体による変位観測
No.	点検・モニタリング技術の名称																																																	
1	土木（建築）構造物一般図作成システム																																																	
2	HIVIDAS（コンクリートひび割れ診断）																																																	
3	橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム																																																	
4	構造物点検用カメラ「DSカメラ」システム																																																	
5	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム																																																	
6	インフラドクター																																																	
7	橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替する飛行ロボットシステム																																																	
8	3次元レーザースキャナ計測システム																																																	
9	3次元レーザースキャナによる構造物の変位測定システム																																																	
10	UAV（無人機）を用いた3次元計測・構造物調査																																																	
11	画像による橋梁表面の損傷把握システム																																																	
12	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム																																																	
13	スカイキャッチャー																																																	
14	狭隘部点検ロボットによる点検技術																																																	
15	音源探査システム（Noise Scope System）																																																	
16	ACM型腐食センサーによる大気腐食モニタリング																																																	
17	フィールドワークス																																																	
18	遠隔操作無人探査機による水中構造物診断システム																																																	
19	道路橋の長寿命化修繕計画策定支援システム 長寿郎																																																	
20	橋梁DBマネージャー																																																	
21	無人航空機による地形計測・写真撮影システム																																																	
22	舗装構成厚さ調査システム																																																	
23	走行型計測車両を適用した移動体による変位観測																																																	
10	精度、留意点及び適用限界	➤ 気象条件が悪い場合は適用できない場合がある。人力による作業スペースが確保でき撮影操作に支障のない作業環境でのみ使用。（支障例：遮音壁、フェンス等）（点検範囲の制約）																																																
11	開発途上国への導入課題 調達環境、維持	<p>開発途上国への導入課題（アンケートより情報収集） （アフターケアに関する課題）</p> <p>➤ 機器販売後のアフターケアは保障できない。</p>																																																


No.	整理項目	整理内容
	管理特性（消耗品・スペアパーツの供給体制）等	（操作性・容易性に関する課題） ▶ 主装置（タブレットパソコン）にインストールした専用アプリケーション以外は市販製品で構成されているため、一定の技術水準と代替部品の供給体制があればユーザーにて維持管理や修理が可能と予想される。しかし専用アプリケーションは日本からのサポートが必要になる。
12	参考資料	NETIS 新技術情報提供システム、アンケート

(16) デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム

No.	整理項目	整理内容
1	点検・モニタリング手法	点検/診断を補助する技術（画像・レーザー・ロボット技術・データベース）
2	必要機材/操作性	一般的なデジタルカメラと PC で計測作業を行うことが可能
3	価格（初期コスト・ランニングコスト）	費用に関する情報無し。
4	発現効果機構	撮影した画像によりコンクリートの表面変状（ひび割れ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰等）の損傷図、補修図面の自動で作図し、スケッチ等の点検作業が軽減できる。また、画像による記録のためヒューマンエラーが軽減される。 （点検作業の軽減）（画像データによる損傷の正確な把握）
5	従来手法との差異比較	従来の点検では目視での診断図、数量表の作成等を行っており、点検の正確さや記録の保存性、点検記録の定点比較において欠点があった。また熟練作業員への依存や、判断の属人性などの問題があった。デジタルカメラ・赤外線カメラ等で撮影した画像とスキャナ等で読込んだ図面データを利用し、高度な画像処理技術で撮影画像の正射影画像への変換と解析技術で構造物のひびわれ幅（0.1mm 以上適用範囲）・長さ、劣化面積等を計測及び図面化し、構造物の点検や劣化分析を支援するシステムである。 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p style="text-align: center;"> 図 計測状況(左) 図 計測により発見したひび割れ(右) </p>
6	適用可能な道路施設	トンネル
7	適用可能な変状（把握できる内容）	▶ コンクリートのひび割れ
8	CIM 技術との連携性	事例なし。損傷を 3 次元データに記録する活用方法が考えられる

No.	整理項目	整理内容																																																
9	実績及び技術手法の特許の有無、汎用性、類似技術	実績：国内有り（10件以上） 類似業務：点検/診断を補助する技術（画像・レーザー・ロボット技術・データベース）は、以下の通り、多くの技術が開発されている。																																																
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>点検・モニタリング技術の名称</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>土木（建築）構造物一般図作成システム</td></tr> <tr><td>2</td><td>HIVIDAS（コンクリートひび割れ診断）</td></tr> <tr><td>3</td><td>橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム</td></tr> <tr><td>4</td><td>構造物点検用カメラ「DSカメラ」システム</td></tr> <tr><td>5</td><td>デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム</td></tr> <tr><td>6</td><td>インフラドクター</td></tr> <tr><td>7</td><td>橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替える飛行ロボットシステム</td></tr> <tr><td>8</td><td>3次元レーザースキャナ計測システム</td></tr> <tr><td>9</td><td>3次元レーザースキャナによる構造物の変位測定システム</td></tr> <tr><td>10</td><td>UAV（無人機）を用いた3次元計測・構造物調査</td></tr> <tr><td>11</td><td>画像による橋梁表面の損傷把握システム</td></tr> <tr><td>12</td><td>デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム</td></tr> <tr><td>13</td><td>スカイキャッチャー</td></tr> <tr><td>14</td><td>狭隘部点検ロボットによる点検技術</td></tr> <tr><td>15</td><td>音源探査システム（Noise Scope System）</td></tr> <tr><td>16</td><td>ACM型腐食センサーによる大気腐食モニタリング</td></tr> <tr><td>17</td><td>フィールドワークス</td></tr> <tr><td>18</td><td>遠隔操作無人探査機による水中構造物診断システム</td></tr> <tr><td>19</td><td>道路橋の長寿命化修繕計画策定支援システム 長寿郎</td></tr> <tr><td>20</td><td>橋梁DB マネージャー</td></tr> <tr><td>21</td><td>無人航空機による地形計測・写真撮影システム</td></tr> <tr><td>22</td><td>舗装構成厚さ調査システム</td></tr> <tr><td>23</td><td>走行型計測車両を適用した移動体による変位観測</td></tr> </tbody> </table>	No.	点検・モニタリング技術の名称	1	土木（建築）構造物一般図作成システム	2	HIVIDAS（コンクリートひび割れ診断）	3	橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム	4	構造物点検用カメラ「DSカメラ」システム	5	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム	6	インフラドクター	7	橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替える飛行ロボットシステム	8	3次元レーザースキャナ計測システム	9	3次元レーザースキャナによる構造物の変位測定システム	10	UAV（無人機）を用いた3次元計測・構造物調査	11	画像による橋梁表面の損傷把握システム	12	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム	13	スカイキャッチャー	14	狭隘部点検ロボットによる点検技術	15	音源探査システム（Noise Scope System）	16	ACM型腐食センサーによる大気腐食モニタリング	17	フィールドワークス	18	遠隔操作無人探査機による水中構造物診断システム	19	道路橋の長寿命化修繕計画策定支援システム 長寿郎	20	橋梁DB マネージャー	21	無人航空機による地形計測・写真撮影システム	22	舗装構成厚さ調査システム	23	走行型計測車両を適用した移動体による変位観測
		No.	点検・モニタリング技術の名称																																															
		1	土木（建築）構造物一般図作成システム																																															
		2	HIVIDAS（コンクリートひび割れ診断）																																															
		3	橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム																																															
		4	構造物点検用カメラ「DSカメラ」システム																																															
		5	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム																																															
		6	インフラドクター																																															
		7	橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替える飛行ロボットシステム																																															
		8	3次元レーザースキャナ計測システム																																															
		9	3次元レーザースキャナによる構造物の変位測定システム																																															
		10	UAV（無人機）を用いた3次元計測・構造物調査																																															
		11	画像による橋梁表面の損傷把握システム																																															
		12	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム																																															
		13	スカイキャッチャー																																															
		14	狭隘部点検ロボットによる点検技術																																															
		15	音源探査システム（Noise Scope System）																																															
		16	ACM型腐食センサーによる大気腐食モニタリング																																															
		17	フィールドワークス																																															
		18	遠隔操作無人探査機による水中構造物診断システム																																															
		19	道路橋の長寿命化修繕計画策定支援システム 長寿郎																																															
		20	橋梁DB マネージャー																																															
		21	無人航空機による地形計測・写真撮影システム																																															
22	舗装構成厚さ調査システム																																																	
23	走行型計測車両を適用した移動体による変位観測																																																	
10	精度、留意点及び適用限界	➤ 平面的で点検対象面が撮影できる構造物「橋梁（床版・橋脚・橋台）・擁壁・舗装面・建物等」にのみ適用（点検範囲の制約）																																																
11	開発途上国への導入課題 調達環境、維持管理特性（消耗品・スペアパーツの供給体制）等	開発途上国への導入課題（コンサルタントによる想定） ➤ 開発途上国でのパーツ等供給体制が無く、機材が故障すると、日本へ持ち帰る必要がある。 ➤ 本技術を現地のみで行う為には現地技術者への教育が必要であるが、従来技術と全く異なる技術のため教育に時間を要す可能性がある。																																																
12	参考資料	NETIS 新技術情報提供システム																																																

(17) インフラドクター

No.	整理項目	整理内容																
1	点検・モニタリング手法	点検/診断を補助する技術（画像・レーザー・ロボット技術・データベース）																
2	必要機材/操作性	レーザースキャナ、管理用 PC 等																
3	価格（初期コスト・ランニングコスト）	<p>技術サービス：2,826,600 円/1km 工程 18.5 日（参照 NETIS）</p> <p>内訳：</p> <table border="1"> <tr> <td>作業計画</td> <td>80,600 円</td> <td>現地踏査</td> <td>66,000 円</td> </tr> <tr> <td>調整点計測</td> <td>495,000 円</td> <td>路線測量（本線）</td> <td>700,000 円</td> </tr> <tr> <td>路線測量（街路）</td> <td>800,000 円</td> <td>図面作成（縦断図）</td> <td>135,000 円</td> </tr> <tr> <td>図面作成（横断図）</td> <td>400,000 円</td> <td>特許料（調整中）</td> <td>150,000 円</td> </tr> </table>	作業計画	80,600 円	現地踏査	66,000 円	調整点計測	495,000 円	路線測量（本線）	700,000 円	路線測量（街路）	800,000 円	図面作成（縦断図）	135,000 円	図面作成（横断図）	400,000 円	特許料（調整中）	150,000 円
作業計画	80,600 円	現地踏査	66,000 円															
調整点計測	495,000 円	路線測量（本線）	700,000 円															
路線測量（街路）	800,000 円	図面作成（縦断図）	135,000 円															
図面作成（横断図）	400,000 円	特許料（調整中）	150,000 円															
4	発現効果機構	クラウドサービスによる 3 次元データの活用により、オフィスで現場の詳細な情報を確認できる。また、都市部の高架橋など複数の構造物が密集した空間における点検車、高所作業車、足場当の点検計画に適用できる（点検計画の合理化）（点検作業の軽減）（安全性向上）																
5	従来手法との差異比較	<p>従来技術は、作業員が徒歩で測量器の移動・設置・計測を繰り返すため現地作業時間が長く、経済性、作業員の安全性に問題があったが、本技術の活用により、現地作業が効率化し、経済性や作業員の安全性が向上する。</p>  <p>図 インフラドクターの 3 つの機能</p>																
6	適用可能な道路施設	橋梁、その他（コンクリート構造物）																
7	適用可能な変状（把握できる内容）	➤ 橋梁、その他コンクリート構造物の 3 次元点群データ																
8	CIM 技術との連携性	インフラドクターの動的シミュレーション機能を用い、橋梁点検車などの 3D モデルを 3 次元点群データ上に搭載して実際の点検作業を事前に確認できる。																

No.	整理項目	整理内容																																																
9	実績及び技術手法の特許の有無、汎用性、類似技術	<p>実績：国内有り</p> <p>技術手法の特許の有無：出願中（2018年）</p> <p>類似業務：点検/診断を補助する技術（画像・レーザー・ロボット技術・データベース）は、以下の通り、多くの技術が開発されている。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>点検・モニタリング技術の名称</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>土木（建築）構造物一般図作成システム</td></tr> <tr><td>2</td><td>HIVIDAS（コンクリートひび割れ診断）</td></tr> <tr><td>3</td><td>橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム</td></tr> <tr><td>4</td><td>構造物点検用カメラ「DSカメラ」システム</td></tr> <tr><td>5</td><td>デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム</td></tr> <tr><td>6</td><td>インフラドクター</td></tr> <tr><td>7</td><td>橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替する飛行ロボットシステム</td></tr> <tr><td>8</td><td>3次元レーザースキャナ計測システム</td></tr> <tr><td>9</td><td>3次元レーザースキャナによる構造物の変位測定システム</td></tr> <tr><td>10</td><td>UAV（無人機）を用いた3次元計測・構造物調査</td></tr> <tr><td>11</td><td>画像による橋梁表面の損傷把握システム</td></tr> <tr><td>12</td><td>デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム</td></tr> <tr><td>13</td><td>スカイキャッチャー</td></tr> <tr><td>14</td><td>狭隘部点検ロボットによる点検技術</td></tr> <tr><td>15</td><td>音源探査システム（Noise Scope System）</td></tr> <tr><td>16</td><td>ACM型腐食センサーによる大気腐食モニタリング</td></tr> <tr><td>17</td><td>フィールドワークス</td></tr> <tr><td>18</td><td>遠隔操作無人探査機による水中構造物診断システム</td></tr> <tr><td>19</td><td>道路橋の長寿命化修繕計画策定支援システム 長寿郎</td></tr> <tr><td>20</td><td>橋梁DBマネージャー</td></tr> <tr><td>21</td><td>無人航空機による地形計測・写真撮影システム</td></tr> <tr><td>22</td><td>舗装構成厚さ調査システム</td></tr> <tr><td>23</td><td>走行型計測車両を適用した移動体による変位観測</td></tr> </tbody> </table>	No.	点検・モニタリング技術の名称	1	土木（建築）構造物一般図作成システム	2	HIVIDAS（コンクリートひび割れ診断）	3	橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム	4	構造物点検用カメラ「DSカメラ」システム	5	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム	6	インフラドクター	7	橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替する飛行ロボットシステム	8	3次元レーザースキャナ計測システム	9	3次元レーザースキャナによる構造物の変位測定システム	10	UAV（無人機）を用いた3次元計測・構造物調査	11	画像による橋梁表面の損傷把握システム	12	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム	13	スカイキャッチャー	14	狭隘部点検ロボットによる点検技術	15	音源探査システム（Noise Scope System）	16	ACM型腐食センサーによる大気腐食モニタリング	17	フィールドワークス	18	遠隔操作無人探査機による水中構造物診断システム	19	道路橋の長寿命化修繕計画策定支援システム 長寿郎	20	橋梁DBマネージャー	21	無人航空機による地形計測・写真撮影システム	22	舗装構成厚さ調査システム	23	走行型計測車両を適用した移動体による変位観測
No.	点検・モニタリング技術の名称																																																	
1	土木（建築）構造物一般図作成システム																																																	
2	HIVIDAS（コンクリートひび割れ診断）																																																	
3	橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム																																																	
4	構造物点検用カメラ「DSカメラ」システム																																																	
5	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム																																																	
6	インフラドクター																																																	
7	橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替する飛行ロボットシステム																																																	
8	3次元レーザースキャナ計測システム																																																	
9	3次元レーザースキャナによる構造物の変位測定システム																																																	
10	UAV（無人機）を用いた3次元計測・構造物調査																																																	
11	画像による橋梁表面の損傷把握システム																																																	
12	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム																																																	
13	スカイキャッチャー																																																	
14	狭隘部点検ロボットによる点検技術																																																	
15	音源探査システム（Noise Scope System）																																																	
16	ACM型腐食センサーによる大気腐食モニタリング																																																	
17	フィールドワークス																																																	
18	遠隔操作無人探査機による水中構造物診断システム																																																	
19	道路橋の長寿命化修繕計画策定支援システム 長寿郎																																																	
20	橋梁DBマネージャー																																																	
21	無人航空機による地形計測・写真撮影システム																																																	
22	舗装構成厚さ調査システム																																																	
23	走行型計測車両を適用した移動体による変位観測																																																	
10	精度、留意点及び適用限界	3次元点群データのデータベースをクラウド上で管理するサービスであるが、システムを確立するためのハードを購入する費用が相当額必要である。（高額な費用）																																																
11	開発途上国への導入課題 調達環境、維持管理特性（消耗品・スペアパーツの供給体制）等	<p>開発途上国への導入課題（コンサルタントによる想定）</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 開発途上国でのパーツ等供給体制が無く、機材が故障すると、日本へ持ち帰る必要がある。 ➤ 本技術を現地のみで行う為には現地技術者への教育が必要であるが、従来技術と全く異なる技術のため教育に時間を要す可能性がある。 																																																
12	参考資料	Web（企業のWebサイト）、NETIS 新技術情報提供システム																																																



(18) 橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替する飛行ロボットシステム

No.	整理項目	整理内容
1	点検・モニタリング手法	点検/診断を補助する技術（画像・レーザー・ロボット技術・データベース）
2	必要機材/操作性	球殻ヘリ、近接撮影用カメラシステム、点検調書作成支援ソフトの3つの要素から構成される。
3	価格（初期コスト・ランニングコスト）	販売費：300万円～1000万円 （球殻ヘリ、近接撮影用カメラシステム、点検調書作成支援ソフト） 技術サービス：50万円から70万円程度/1橋（10橋以上が条件） 橋長40m、幅員12m程度の一般的な橋梁で、日本で実施した場合、近接撮影（外業）と画像点検及び調書作成（内業）との合計
4	発現効果機構	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 足場・高所作業車に必要な諸作業が不要となり、点検作業の効率化が期待できる。また、高所作業が不要となるため、点検作業の安全性が向上される（点検作業の軽減）（アクセス困難）（安全性向上） ➤ 画像データにより記録するため、健全部も同時に記録され、損傷の経年変化を評価できる。（画像データによる損傷の正確把握）
5	従来手法との差異比較	<p>従来の点検方法に比べて、少ない交通規制で橋梁の点検ができること、橋梁の損傷部と健全部の両方の記録を残せること、点検調書作成にかかる労力を軽減化できる。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>1. 打音検査や難アクセス箇所の近接目視を代替するマルチコプタ</p> <p>2. 近接目視マルチコプタ</p> <p>3. 損傷位置検出による調書作成支援</p> <p>4. 専門家注視による実用性能の実証</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Spherical Shell</p> <p>Gimbal Mechanism</p> <p>UAV (Rotor-type) with Visual System</p> <p>3DOF ■ Pitch ■ Roll ■ Yaw</p> </div> </div> <p style="text-align: center;"> 図 研究開発結果の最終イメージ（左） 図 受動回転球殻ドローンの仕組み（右） </p>
6	適用可能な道路施設	橋梁
7	適用可能な変状（把握できる内容）	<ul style="list-style-type: none"> ➤ コンクリートのひび割れ
8	CIM 技術との連携性	事例なし。損傷を3次元データに記録する活用方法が考えられる

No.	整理項目	整理内容																																																
9	実績及び技術手法の特許の有無、汎用性、類似技術	<p>実績：SIP 技術として開発中。現在実用段階。</p> <p>技術手法の特許の有無：有</p> <p>類似業務：点検/診断を補助する技術（画像・レーザー・ロボット技術・データベース）は、以下の通り、多くの技術が開発されている。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>点検・モニタリング技術の名称</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>土木（建築）構造物一般図作成システム</td></tr> <tr><td>2</td><td>HIVIDAS（コンクリートひび割れ診断）</td></tr> <tr><td>3</td><td>橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム</td></tr> <tr><td>4</td><td>構造物点検用カメラ「DS カメラ」システム</td></tr> <tr><td>5</td><td>デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム</td></tr> <tr><td>6</td><td>インフラドクター</td></tr> <tr><td>7</td><td>橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替する飛行ロボットシステム</td></tr> <tr><td>8</td><td>3次元レーザースキャナ計測システム</td></tr> <tr><td>9</td><td>3次元レーザースキャナによる構造物の変位測定システム</td></tr> <tr><td>10</td><td>UAV（無人機）を用いた3次元計測・構造物調査</td></tr> <tr><td>11</td><td>画像による橋梁表面の損傷把握システム</td></tr> <tr><td>12</td><td>デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム</td></tr> <tr><td>13</td><td>スカイキャッチャー</td></tr> <tr><td>14</td><td>狭隘部点検ロボットによる点検技術</td></tr> <tr><td>15</td><td>音源探査システム（Noise Scope System）</td></tr> <tr><td>16</td><td>ACM 型腐食センサーによる大気腐食モニタリング</td></tr> <tr><td>17</td><td>フィールドワークス</td></tr> <tr><td>18</td><td>遠隔操作無人探査機による水中構造物診断システム</td></tr> <tr><td>19</td><td>道路橋の長寿命化修繕計画策定支援システム 長寿郎</td></tr> <tr><td>20</td><td>橋梁 DB マネージャー</td></tr> <tr><td>21</td><td>無人航空機による地形計測・写真撮影システム</td></tr> <tr><td>22</td><td>舗装構成厚さ調査システム</td></tr> <tr><td>23</td><td>走行型計測車両を適用した移動体による変位観測</td></tr> </tbody> </table>	No.	点検・モニタリング技術の名称	1	土木（建築）構造物一般図作成システム	2	HIVIDAS（コンクリートひび割れ診断）	3	橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム	4	構造物点検用カメラ「DS カメラ」システム	5	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム	6	インフラドクター	7	橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替する飛行ロボットシステム	8	3次元レーザースキャナ計測システム	9	3次元レーザースキャナによる構造物の変位測定システム	10	UAV（無人機）を用いた3次元計測・構造物調査	11	画像による橋梁表面の損傷把握システム	12	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム	13	スカイキャッチャー	14	狭隘部点検ロボットによる点検技術	15	音源探査システム（Noise Scope System）	16	ACM 型腐食センサーによる大気腐食モニタリング	17	フィールドワークス	18	遠隔操作無人探査機による水中構造物診断システム	19	道路橋の長寿命化修繕計画策定支援システム 長寿郎	20	橋梁 DB マネージャー	21	無人航空機による地形計測・写真撮影システム	22	舗装構成厚さ調査システム	23	走行型計測車両を適用した移動体による変位観測
No.	点検・モニタリング技術の名称																																																	
1	土木（建築）構造物一般図作成システム																																																	
2	HIVIDAS（コンクリートひび割れ診断）																																																	
3	橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム																																																	
4	構造物点検用カメラ「DS カメラ」システム																																																	
5	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム																																																	
6	インフラドクター																																																	
7	橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替する飛行ロボットシステム																																																	
8	3次元レーザースキャナ計測システム																																																	
9	3次元レーザースキャナによる構造物の変位測定システム																																																	
10	UAV（無人機）を用いた3次元計測・構造物調査																																																	
11	画像による橋梁表面の損傷把握システム																																																	
12	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム																																																	
13	スカイキャッチャー																																																	
14	狭隘部点検ロボットによる点検技術																																																	
15	音源探査システム（Noise Scope System）																																																	
16	ACM 型腐食センサーによる大気腐食モニタリング																																																	
17	フィールドワークス																																																	
18	遠隔操作無人探査機による水中構造物診断システム																																																	
19	道路橋の長寿命化修繕計画策定支援システム 長寿郎																																																	
20	橋梁 DB マネージャー																																																	
21	無人航空機による地形計測・写真撮影システム																																																	
22	舗装構成厚さ調査システム																																																	
23	走行型計測車両を適用した移動体による変位観測																																																	
10	精度、留意点及び適用限界	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 費用が高額である。価格設定はこれからだが、ヒアリングでは点検調書作成支援ソフト+機体で 300 万円程度。（高額な費用） ➤ 本技術は、橋梁の桁下での利用が想定され、GNSS 機能によるホバリング機能が無く、ある一定の操縦技術が必要とさせる。ヒアリングでは、通常の UAV 操縦者が 3 日程度の訓練を受けることで操作可能とのこと。（高度な操作・分析） 																																																
11	開発途上国への導入課題 調達環境、維持管理特性（消耗品・スペアパーツの供給体制）等	<p>開発途上国への導入課題（アンケート・ヒアリング調査結果より）</p> <p>（品質保証に関する課題）</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ バッテリー安全基準の違いによる調達・運用の容易さ、電波法の違いによる無線機材や必要免許の適用可否など <p>（アフターケアに関する課題）</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 導入コンサルや販売をおこなう代理店、機材のサービスパーツの確保、サービス網の構築が困難 <p>（操作性・容易性に関する課題）</p>																																																

No.	整理項目	整理内容
		<ul style="list-style-type: none"> ▶ 一般的なドローンの操縦技術の他、桁内（GPS 無効状況）での操縦が必要であるため、一定期間の訓練が必要。また、橋梁および橋梁点検に関する知識が必要であり、一定期間の教育が必要。 ▶ 主装置（タブレットパソコン）にインストールした専用アプリケーション以外は市販製品で構成されているため、一定の技術水準と代替部品の供給体制があればユーザーにて維持管理や修理が可能と予想される。
12	参考資料	SIP 戦略的イノベーション創造プログラム、アンケート・ヒアリング

(19) 鉄筋コンクリート構造物における内部鋼材の非破壊調査技術

No.	整理項目	整理内容
1	点検・モニタリング手法	品質管理を補助する技術
2	必要機材/操作性	<p>磁気計測ユニットを用い、着磁した鉄筋上のコンクリート表面を走行させて破断の有無を確認する。</p> <p>磁気計測ユニットは乾電池で動作するため、電源敷設の難しい箇所での診断も可能</p>
3	価格（初期コスト・ランニングコスト）	レンタル費：570,000 円/1 週間、1,070,000 円/月（参照企業HP）
4	発現効果機構	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 内部鋼材の異常・破断を非破壊で検知できる。ポステン桁におけるシーす内は充填不足（初期不良）による内部のPC鋼材の損傷が問題視されているが、本技術はPC鋼材の健全性調査にも適用可能で、初期不良を早期に把握できる。（初期不良の把握）
5	従来手法との差異比較	<p>従来、PC 橋における既存の非破壊検査技術は、グラウト不良個所を調査する技術が多く、鋼材の破断検知を行える技術は少ない。本技術は、これまで国内において電柱等の鉄筋破断を検知する非破壊検査技術として既に実用化されている漏洩磁束法に着目し、PC 鋼材破断検知の非破壊検査技術を確立・実用化を可能にしている。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>図 計測ユニット（左）</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>計測状況（右）</p> </div> </div>

No.	整理項目	整理内容										
		 <p>PCポストテンションT桁橋(鋼製シース、PC鋼線)の実橋調査 測定波形 例</p>										
6	適用可能な道路施設	橋梁										
7	適用可能な変状 (把握できる内容)	<ul style="list-style-type: none"> 鉄筋の破断 										
8	CIM 技術との連携性	事例なし。施工不良の位置を3次元データに記録する活用方法が考えられる										
9	実績及び技術手法の特許の有無、汎用性、類似技術	<p>実績：国内有り 技術手法の特許の有無：有 類似業務：品質管理を補助する技術は、以下の通り、いくつかの技術が開発されている。</p> <table border="1" data-bbox="550 1034 1342 1240"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>点検・モニタリング技術の名称</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>鉄筋コンクリート構造物における内部鋼材の非破壊調査技術</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>補修・補強を行ったコンクリート橋の長期モニタリング</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>地中埋設物長さ測定装置</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>電気防食化した栈橋鋼管杭部の腐食状況把握</td> </tr> </tbody> </table>	No.	点検・モニタリング技術の名称	1	鉄筋コンクリート構造物における内部鋼材の非破壊調査技術	2	補修・補強を行ったコンクリート橋の長期モニタリング	3	地中埋設物長さ測定装置	4	電気防食化した栈橋鋼管杭部の腐食状況把握
No.	点検・モニタリング技術の名称											
1	鉄筋コンクリート構造物における内部鋼材の非破壊調査技術											
2	補修・補強を行ったコンクリート橋の長期モニタリング											
3	地中埋設物長さ測定装置											
4	電気防食化した栈橋鋼管杭部の腐食状況把握											
10	精度、留意点及び適用限界	<ul style="list-style-type: none"> 販売は無いが、レンタル料1ヶ月で100万円程度と高額。(高額な費用) 										
11	開発途上国への導入課題 調達環境、維持管理特性(消耗品・スペアパーツの供給体制)等	<p>開発途上国への導入課題(コンサルタントによる想定)</p> <ul style="list-style-type: none"> 計測装置は乾電池で動作する為、電源の問題は発生しないが、故障した場合に開発途上国でのパーツ等供給体制が無く、日本に持ち帰る必要がある。 										
12	参考資料	Web(企業のWebサイト)										

(20) 補修・補強を行ったコンクリート橋の長期モニタリング


No.	整理項目	整理内容
1	点検・モニタリング手法	品質管理を補助する技術
2	必要機材/操作性	上部工に設置した計測機器により連続計測を行い、事前に設定した閾値を超過した場合は、自動警報システムにより道路管理者および関係者に連絡を行う。

No.	整理項目	整理内容																																																	
3	価格（初期コスト・ランニングコスト）	費用に関する記載無し																																																	
4	発現効果機構	補修・補強工事（ひび割れ注入工法、上面増厚工法、外ケーブル工法等）の効果持続性を監視する技術である、道路管理者が通行の可否を判断する材料として活用されている。（共用状態の自動判断）（対策の妥当性把握）（交通開放作業の短縮）（通行危険箇所の放置時間短縮）																																																	
5	従来手法との差異比較	<p>国土交通省近畿地方整備局が和歌山県橋本市隅田町垂井に建設した垂井高架は、平成14年4月に竣工したが、1年半経過した平成15年10月、上部工にひび割れが発見された。詳細な調査を行ったところ、上部工には多くのひび割れが発生しており、上部工自体も設計で想定していない変形を生じていた。この橋は、平成18年春に供用が予定されている京奈和自動車道、橋本道路の一部をなしており、国土交通省近畿地方整備局としては、早急に対応する必要があることから、土木学会に原因の究明、現時点での耐荷性能、補修・補強対策等に関する調査を委託した。この委託を受けて、土木学会コンクリート委員会では、垂井高架橋損傷対策特別委員会を組織し、学術的な観点から原因の究明、健全度の評価および補修・補強等の対策の検討を行うこととした。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">測定機器/ 測定項目</th> <th colspan="4">管理基準値</th> </tr> <tr> <th>下限値</th> <th>下限超過</th> <th>上限超過</th> <th>上限値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>光ファイバー (ウェブの変形)</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>0.10mm</td> <td>0.20mm</td> </tr> <tr> <td>支承変位計 A1</td> <td>-</td> <td>~30mm</td> <td>55mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>支承変位計 A1</td> <td>-</td> <td>~45mm</td> <td>30mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>支承変位計 A1</td> <td>-</td> <td>~30mm</td> <td>50mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>亀裂変位計(ハンチ 部水平ひび割れ)</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>0.10mm</td> <td>0.20mm</td> </tr> <tr> <td>光ファイバー (上下床版ひずみ)</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>0.10mm</td> <td>0.20mm</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.6Pu</td> <td>0.84Pu</td> </tr> <tr> <td>ロードセル</td> <td>0</td> <td>660kN</td> <td>1163kN</td> <td>1628kN</td> </tr> </tbody> </table> <p>図 補修工事前後の主桁の剛性の変化 (左) 図 各計測項目における閾値 (右)</p>	測定機器/ 測定項目	管理基準値				下限値	下限超過	上限超過	上限値	光ファイバー (ウェブの変形)	-	-	0.10mm	0.20mm	支承変位計 A1	-	~30mm	55mm		支承変位計 A1	-	~45mm	30mm		支承変位計 A1	-	~30mm	50mm		亀裂変位計(ハンチ 部水平ひび割れ)	-	-	0.10mm	0.20mm	光ファイバー (上下床版ひずみ)	-	-	0.10mm	0.20mm				0.6Pu	0.84Pu	ロードセル	0	660kN	1163kN	1628kN
測定機器/ 測定項目	管理基準値																																																		
	下限値	下限超過	上限超過	上限値																																															
光ファイバー (ウェブの変形)	-	-	0.10mm	0.20mm																																															
支承変位計 A1	-	~30mm	55mm																																																
支承変位計 A1	-	~45mm	30mm																																																
支承変位計 A1	-	~30mm	50mm																																																
亀裂変位計(ハンチ 部水平ひび割れ)	-	-	0.10mm	0.20mm																																															
光ファイバー (上下床版ひずみ)	-	-	0.10mm	0.20mm																																															
			0.6Pu	0.84Pu																																															
ロードセル	0	660kN	1163kN	1628kN																																															
6	適用可能な道路施設	橋梁、その他（コンクリート構造物）																																																	
7	適用可能な変状 （把握できる内容）	▶ ひび割れ、歪み、たわみ等																																																	
8	CIM 技術との連携性	事例なし。損傷を3次元データに記録する活用方法が考えられる																																																	
9	実績及び技術手法の特許の有無、汎用性、類似技術	<p>実績：和歌山県橋本市隅田町の垂井高架橋のみ</p> <p>技術手法の特許の有無：無し</p> <p>類似業務：品質管理を補助する技術は、以下の通り、いくつかの技術が開発されている。</p>																																																	

No.	整理項目	整理内容										
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>点検・モニタリング技術の名称</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>鉄筋コンクリート構造物における内部鋼材の非破壊調査技術</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>補修・補強を行ったコンクリート橋の長期モニタリング</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>地中埋設物長さ測定装置</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>電気防食化した栈橋鋼管杭部の腐食状況把握</td> </tr> </tbody> </table>	No.	点検・モニタリング技術の名称	1	鉄筋コンクリート構造物における内部鋼材の非破壊調査技術	2	補修・補強を行ったコンクリート橋の長期モニタリング	3	地中埋設物長さ測定装置	4	電気防食化した栈橋鋼管杭部の腐食状況把握
No.	点検・モニタリング技術の名称											
1	鉄筋コンクリート構造物における内部鋼材の非破壊調査技術											
2	補修・補強を行ったコンクリート橋の長期モニタリング											
3	地中埋設物長さ測定装置											
4	電気防食化した栈橋鋼管杭部の腐食状況把握											
10	精度、留意点及び適用限界	<ul style="list-style-type: none"> ➤ センサーの寿命は5年から10年で、維持管理費用が高額になる。(高額な費用)(センサーの寿命) 										
11	開発途上国への導入課題 調達環境、維持管理特性(消耗品・スペアパーツの供給体制)等	<p>開発途上国への導入課題(コンサルタントによる想定)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ モニタリング期間中はデータを管理する技術者が必要であり、現地技術者への教育を要す。 										
12	参考資料	Web(企業のWebサイト)										

(21) 衝撃振動試験による構造物の健全度評価法

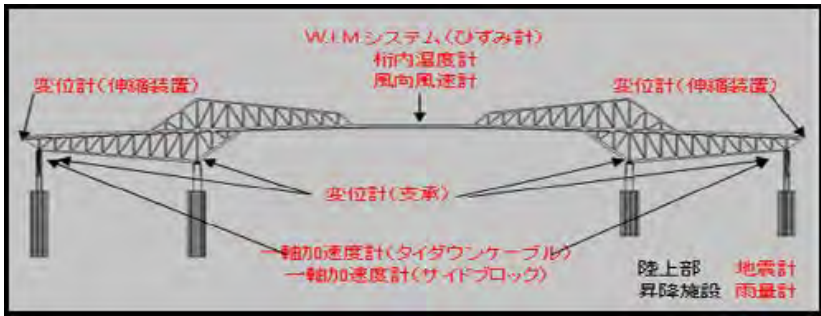
No.	整理項目	整理内容
1	点検・モニタリング手法	緊急時の対策を補助する技術(橋梁)
2	必要機材/操作性	感振器
3	価格(初期コスト・ランニングコスト)	費用に関する記載無し。
4	発現効果機構	地中部・水中部の見えない基礎等の構造物の異常を検知できる。事象は特定できない。地中部・水中部の見えない基礎等の構造物に有効である。(スクリーニング)
5	従来手法との差異比較	<p>従来の橋梁健全度診断では長時間の交通規制や足場の敷設が必要だったが、本技術の活用によりそれらの点検費用が削減できる。また、本技術の特徴として以下を備えている。①構造物の適切な位置に感振器を設置し、重錘(30kg程度)で構造物に衝撃を与える。②記録機器で応答波形を収録する。③フーリエ解析でスペクトルを算出し固有振動数を決定する。④健全状態の固有振動数の「基準値」を算出する。⑤固有振動数の測定値と基準値の比較で健全度を判定する。</p> <div style="text-align: center;">  <p>NSISの外観</p> </div> <p style="text-align: center;">図 計測機器</p>

No.	整理項目	整理内容																																		
		 <p style="text-align: center;">図 測定状況</p>																																		
6	適用可能な道路施設	橋梁																																		
7	適用可能な変状 (把握できる内容)	➤ 橋梁の基礎の欠陥																																		
8	CIM 技術との連携性	事例なし。異常値を3次元データに記録する活用方法が考えられる																																		
9	実績及び技術手法の特許の有無、汎用性、類似技術	<p>実績：国内あり</p> <p>類似業務：緊急時の対策を補助する技術（橋梁）は、以下の通り、多くの技術が開発されている。</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">No.</th> <th style="width: 95%;">点検・モニタリング技術の名称</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>衝撃振動試験による構造物の健全度評価法</td></tr> <tr><td>2</td><td>東京ゲートブリッジのモニタリング技術</td></tr> <tr><td>3</td><td>横浜ベイブリッジのモニタリング技術</td></tr> <tr><td>4</td><td>本四連絡橋の動態把握システム</td></tr> <tr><td>5</td><td>衝撃振動試験</td></tr> <tr><td>6</td><td>路線バスによる橋梁モニタリングシステム</td></tr> <tr><td>7</td><td>橋梁遠隔長期モニタリングシステム</td></tr> <tr><td>8</td><td>亀裂変位計および水管式沈下計による損傷橋梁のモニタリング</td></tr> <tr><td>9</td><td>光ファイバーによるひずみ把握</td></tr> <tr><td>10</td><td>橋梁モニタリング用振動計測システム</td></tr> <tr><td>11</td><td>橋梁モニタリングシステムの適用性検討</td></tr> <tr><td>12</td><td>新湊大橋の耐風対策工効果把握のための振動観測</td></tr> <tr><td>13</td><td>FBG 光ファイバセンシングシステム</td></tr> <tr><td>14</td><td>大地震後の安全性判定工法</td></tr> <tr><td>15</td><td>光ファイバーによる構造物モニタリングシステム</td></tr> <tr><td>16</td><td>鉄筋コンクリート部材の塩害モニタリング</td></tr> </tbody> </table>	No.	点検・モニタリング技術の名称	1	衝撃振動試験による構造物の健全度評価法	2	東京ゲートブリッジのモニタリング技術	3	横浜ベイブリッジのモニタリング技術	4	本四連絡橋の動態把握システム	5	衝撃振動試験	6	路線バスによる橋梁モニタリングシステム	7	橋梁遠隔長期モニタリングシステム	8	亀裂変位計および水管式沈下計による損傷橋梁のモニタリング	9	光ファイバーによるひずみ把握	10	橋梁モニタリング用振動計測システム	11	橋梁モニタリングシステムの適用性検討	12	新湊大橋の耐風対策工効果把握のための振動観測	13	FBG 光ファイバセンシングシステム	14	大地震後の安全性判定工法	15	光ファイバーによる構造物モニタリングシステム	16	鉄筋コンクリート部材の塩害モニタリング
No.	点検・モニタリング技術の名称																																			
1	衝撃振動試験による構造物の健全度評価法																																			
2	東京ゲートブリッジのモニタリング技術																																			
3	横浜ベイブリッジのモニタリング技術																																			
4	本四連絡橋の動態把握システム																																			
5	衝撃振動試験																																			
6	路線バスによる橋梁モニタリングシステム																																			
7	橋梁遠隔長期モニタリングシステム																																			
8	亀裂変位計および水管式沈下計による損傷橋梁のモニタリング																																			
9	光ファイバーによるひずみ把握																																			
10	橋梁モニタリング用振動計測システム																																			
11	橋梁モニタリングシステムの適用性検討																																			
12	新湊大橋の耐風対策工効果把握のための振動観測																																			
13	FBG 光ファイバセンシングシステム																																			
14	大地震後の安全性判定工法																																			
15	光ファイバーによる構造物モニタリングシステム																																			
16	鉄筋コンクリート部材の塩害モニタリング																																			
10	精度、留意点及び適用限界	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 車両通行時にノイズの影響を受ける。(データのばらつき) ➤ 記録機器で応答波形を収録し、フーリエ解析でスペクトルを算出し固有振動数を決定する。健全状態の現状の固有振動数の比較で健全度を判定するが、振動工学の基礎的な知識を必要とする。(高度な操作・分析) 																																		
11	開発途上国への導入課題 調達環境、維持管	<p>開発途上国への導入課題（コンサルタントによる想定）</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 開発途上国でのパーツ等供給体制が無く、機材が故障すると、日本へ持ち帰る必要がある。 																																		

No.	整理項目	整理内容
	理特性（消耗品・スペアパーツの供給体制）等	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 本技術を現地のみで行う為には現地技術者への教育が必要であるが、従来技術と全く異なる技術のため教育に時間を要す可能性がある。
12	参考資料	Web（企業の Web サイト）

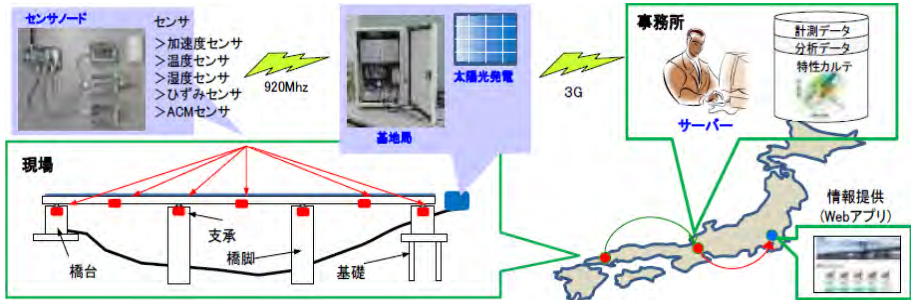
(22) 東京ゲートブリッジのモニタリング技術

No.	整理項目	整理内容
1	点検・モニタリング手法	緊急時の対策を補助する技術（橋梁）
2	必要機材/ 操作性	Fiber Bragg Grating（FBG）を用いたひずみ計、加速度計、変位計（支承、伸縮装置）、桁内温度計、風向風速計、一軸加速度計（タイダウンケーブル、サイドブロック）等を設置してモニタリングを行う。
3	価格（初期コスト・ランニングコスト）	<p><ヒアリング調査結果></p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ モニタリング技術の検討・設計費用は、約 8 千万円（委託費）である。これは、国内で初めての取り組みであり、詳細な検討が必要であったことに起因する。 ▶ 設備費用は、設置費および機材費を含め約 8 千万円である。これには、モニタリング技術関連の計測機器以外の整備（照明設備の一部等）も含まれている。 ▶ 維持管理費用は、年間約 690 万円である。これは、計測機器の点検、メンテナンス（キャリブレーション）で発生する費用であり、専門業者に外部委託している。また、モニタリングシステムとして、モニター画面で常時監視しているが、これらの費用は含んでいない。
4	発現効果機構	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 長大橋であるため、目視での点検は時間を要し、かつ支承部はゴムカバーが施され目視点検が容易ではないが、本モニタリングシステムを活用し、何等かの異常の有無や地震後の交通開放を早期に判断できる（スクリーニング）（交通開放作業の短縮）（通行危険箇所の放置時間短縮） ▶ 変位量等の定量的データを把握できるが、評価するための指標が確立されていないため措置の優先順位付けに利用することはできない。よって、定量的データの取得には該当しない。
5	従来手法との差異比較	従来の目視点検では、長大橋であるため時間を要していたが、本システムにより地震後の交通開放を早期に判断できる。また、大規模な地震を受けたときの橋梁全体における損傷順序があらかじめ解析により想定されており、各部位の損傷状況を計測データから判断できる。

No.	整理項目	整理内容																																		
		 <p style="text-align: center;">図 モニタリング箇所と内容</p>																																		
6	適用可能な道路施設	橋梁																																		
7	適用可能な変状（把握できる内容）	<ul style="list-style-type: none"> ➤ リアルタイムで交通管理情報（風向風速・雨量・震度）を取得できる ➤ 常時、異常時の橋梁健全度の把握 																																		
8	CIM 技術との連携性	事例なし。異常値を3次元データに記録する活用方法が考えられる																																		
9	実績及び技術手法の特許の有無、汎用性、類似技術	<p>実績：国内有り（東京ゲートブリッジのみ）、開発途上国有り</p> <p>類似業務：緊急時の対策を補助する技術（橋梁）は、以下の通り、多くの技術が開発されている。</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">No.</th> <th>点検・モニタリング技術の名称</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>衝撃振動試験による構造物の健全度評価法</td></tr> <tr><td>2</td><td>東京ゲートブリッジのモニタリング技術</td></tr> <tr><td>3</td><td>横浜ベイブリッジのモニタリング技術</td></tr> <tr><td>4</td><td>本四連絡橋の動態把握システム</td></tr> <tr><td>5</td><td>衝撃振動試験</td></tr> <tr><td>6</td><td>路線バスによる橋梁モニタリングシステム</td></tr> <tr><td>7</td><td>橋梁遠隔長期モニタリングシステム</td></tr> <tr><td>8</td><td>亀裂変位計および水管式沈下計による損傷橋梁のモニタリング</td></tr> <tr><td>9</td><td>光ファイバーによるひずみ把握</td></tr> <tr><td>10</td><td>橋梁モニタリング用振動計測システム</td></tr> <tr><td>11</td><td>橋梁モニタリングシステムの適用性検討</td></tr> <tr><td>12</td><td>新湊大橋の耐風対策工効果把握のための振動観測</td></tr> <tr><td>13</td><td>FBG 光ファイバセンシングシステム</td></tr> <tr><td>14</td><td>大地震後の安全性判定工法</td></tr> <tr><td>15</td><td>光ファイバーによる構造物モニタリングシステム</td></tr> <tr><td>16</td><td>鉄筋コンクリート部材の塩害モニタリング</td></tr> </tbody> </table>	No.	点検・モニタリング技術の名称	1	衝撃振動試験による構造物の健全度評価法	2	東京ゲートブリッジのモニタリング技術	3	横浜ベイブリッジのモニタリング技術	4	本四連絡橋の動態把握システム	5	衝撃振動試験	6	路線バスによる橋梁モニタリングシステム	7	橋梁遠隔長期モニタリングシステム	8	亀裂変位計および水管式沈下計による損傷橋梁のモニタリング	9	光ファイバーによるひずみ把握	10	橋梁モニタリング用振動計測システム	11	橋梁モニタリングシステムの適用性検討	12	新湊大橋の耐風対策工効果把握のための振動観測	13	FBG 光ファイバセンシングシステム	14	大地震後の安全性判定工法	15	光ファイバーによる構造物モニタリングシステム	16	鉄筋コンクリート部材の塩害モニタリング
No.	点検・モニタリング技術の名称																																			
1	衝撃振動試験による構造物の健全度評価法																																			
2	東京ゲートブリッジのモニタリング技術																																			
3	横浜ベイブリッジのモニタリング技術																																			
4	本四連絡橋の動態把握システム																																			
5	衝撃振動試験																																			
6	路線バスによる橋梁モニタリングシステム																																			
7	橋梁遠隔長期モニタリングシステム																																			
8	亀裂変位計および水管式沈下計による損傷橋梁のモニタリング																																			
9	光ファイバーによるひずみ把握																																			
10	橋梁モニタリング用振動計測システム																																			
11	橋梁モニタリングシステムの適用性検討																																			
12	新湊大橋の耐風対策工効果把握のための振動観測																																			
13	FBG 光ファイバセンシングシステム																																			
14	大地震後の安全性判定工法																																			
15	光ファイバーによる構造物モニタリングシステム																																			
16	鉄筋コンクリート部材の塩害モニタリング																																			
10	精度、留意点及び適用限界	<ul style="list-style-type: none"> ➤ センサーの寿命は5年から10年で維持管理費用が高額になる。ヒアリングではセンサーの保守費年間700万円程度発生する。（高額な費用）（センサーの寿命） ➤ センサーの設置箇所は、地震時に損傷が発生する部材の優先順位を事前に構造解析で検討し、設置する必要がある。（高度な操作・分析） 																																		

No.	整理項目	整理内容
11	開発途上国への導入課題 調達環境、維持管理特性（消耗品・スペアパーツの供給体制）等	開発途上国への導入課題（コンサルタントによる想定） ➤ 本技術を導入するためには現地技術者へのモニタリング及びメンテナンスの教育が必要であり、またセンサーの寿命が短いため、高額な維持管理必要が発生する
12	参考資料	Web（企業の Web サイト）

(23) 省電力化を図ったワイヤレスセンサによる橋梁の継続的遠隔モニタリングシステム

No.	整理項目	整理内容
1	点検・モニタリング手法	緊急時の対策を補助する技術（橋梁）
2	必要機材/ 操作性	機器は電源にバッテリー、データ伝送には無線通信を採用し設置工事を極力無くし容易に導入できる。
3	価格（初期コスト・ランニングコスト）	販売なし。 H30年度に商品化を予定。
4	発現効果機構	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 本モニタリングシステムを活用し、何等かの異常の有無や地震後の交通開放を早期に判断できる（スクリーニング）（交通開放作業の短縮）（通行危険箇所の放置時間短縮） ➤ 変位量等の定量的データを把握できるが、評価するための指標が確立されていないため措置の優先順位付けに利用することはできない。よって、定量的データの取得には該当しない。
5	従来手法との 差異比較	<p>従来の目視点検において長時間を要していたが、本システムは橋梁などの構造物に本システムを設置することにより、加速度・歪・腐食・温湿度のデータを取得、機器は電源にバッテリー、データ伝送には無線通信を採用し設置工事を極力無くし容易に導入できる。また、従来道路管理者には専門的知識が必要とされてきたが、本システムは専門的な知識無しでも理解できる情報として提供する。</p>  <p style="text-align: center;">図 モニタリングシステム</p>
6	適用可能な道路施設	橋梁

No.	整理項目	整理内容																																		
7	適用可能な変状 (把握できる内容)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 構造物全体、個別部位の挙動 ➤ 床版のひび割れ、鋼部材の剛性低下などの損傷・劣化状態 ➤ 腐食変化の進行箇所・時期 ➤ ダメージ発生の時刻・場所、レベル 																																		
8	CIM 技術との連携性	事例なし。異常値を3次元データに記録する活用方法が考えられる																																		
9	実績及び技術手法の特許の有無、汎用性、類似技術	<p>実績：SIP 技術として開発中。現在実用段階。</p> <p>技術手法の特許の有無：有</p> <p>類似業務：緊急時の対策を補助する技術（橋梁）は、以下の通り、多くの技術が開発されている。</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>点検・モニタリング技術の名称</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>衝撃振動試験による構造物の健全度評価法</td></tr> <tr><td>2</td><td>東京ゲートブリッジのモニタリング技術</td></tr> <tr><td>3</td><td>横浜ベイブリッジのモニタリング技術</td></tr> <tr><td>4</td><td>本四連絡橋の動態把握システム</td></tr> <tr><td>5</td><td>衝撃振動試験</td></tr> <tr><td>6</td><td>路線バスによる橋梁モニタリングシステム</td></tr> <tr><td>7</td><td>橋梁遠隔長期モニタリングシステム</td></tr> <tr><td>8</td><td>亀裂変位計および水管式沈下計による損傷橋梁のモニタリング</td></tr> <tr><td>9</td><td>光ファイバーによるひずみ把握</td></tr> <tr><td>10</td><td>橋梁モニタリング用振動計測システム</td></tr> <tr><td>11</td><td>橋梁モニタリングシステムの適用性検討</td></tr> <tr><td>12</td><td>新湊大橋の耐風対策工効果把握のための振動観測</td></tr> <tr><td>13</td><td>FBG 光ファイバセンシングシステム</td></tr> <tr><td>14</td><td>大地震後の安全性判定工法</td></tr> <tr><td>15</td><td>光ファイバーによる構造物モニタリングシステム</td></tr> <tr><td>16</td><td>鉄筋コンクリート部材の塩害モニタリング</td></tr> </tbody> </table>	No.	点検・モニタリング技術の名称	1	衝撃振動試験による構造物の健全度評価法	2	東京ゲートブリッジのモニタリング技術	3	横浜ベイブリッジのモニタリング技術	4	本四連絡橋の動態把握システム	5	衝撃振動試験	6	路線バスによる橋梁モニタリングシステム	7	橋梁遠隔長期モニタリングシステム	8	亀裂変位計および水管式沈下計による損傷橋梁のモニタリング	9	光ファイバーによるひずみ把握	10	橋梁モニタリング用振動計測システム	11	橋梁モニタリングシステムの適用性検討	12	新湊大橋の耐風対策工効果把握のための振動観測	13	FBG 光ファイバセンシングシステム	14	大地震後の安全性判定工法	15	光ファイバーによる構造物モニタリングシステム	16	鉄筋コンクリート部材の塩害モニタリング
No.	点検・モニタリング技術の名称																																			
1	衝撃振動試験による構造物の健全度評価法																																			
2	東京ゲートブリッジのモニタリング技術																																			
3	横浜ベイブリッジのモニタリング技術																																			
4	本四連絡橋の動態把握システム																																			
5	衝撃振動試験																																			
6	路線バスによる橋梁モニタリングシステム																																			
7	橋梁遠隔長期モニタリングシステム																																			
8	亀裂変位計および水管式沈下計による損傷橋梁のモニタリング																																			
9	光ファイバーによるひずみ把握																																			
10	橋梁モニタリング用振動計測システム																																			
11	橋梁モニタリングシステムの適用性検討																																			
12	新湊大橋の耐風対策工効果把握のための振動観測																																			
13	FBG 光ファイバセンシングシステム																																			
14	大地震後の安全性判定工法																																			
15	光ファイバーによる構造物モニタリングシステム																																			
16	鉄筋コンクリート部材の塩害モニタリング																																			
10	精度、留意点及び適用限界	<ul style="list-style-type: none"> ➤ センサーの寿命は5年から10年で維持管理費用が高額になる。(高額な費用)(センサーの寿命) 																																		
11	開発途上国への導入課題 調達環境、維持管理特性(消耗品・スペアパーツの供給体制)等	<p>開発途上国への導入課題（アンケートより情報収集） (品質保証に関する課題)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 日本の気候条件を元に製品設計しているため、高温、高湿、低温などではそのままでは性能発揮できず、気候条件に対する対策が必要。 <p>(操作性・容易性に関する課題)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 橋梁に関する専門的な知識が必要であり、一定期間の教育が必要。システムは、国内利用を基本に作っているため、相手国の言語に合わせる必要あり。 																																		
12	参考資料	SIP 戦略的イノベーション創造プログラム、アンケート																																		


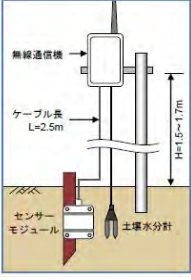
(24) トンネル点検無人調査ユニット

No.	整理項目	整理内容
1	点検・モニタリング手法	緊急時の対策を補助する技術（トンネル）
2	必要機材/操作性	移動局ユニット・基地局ユニットを有線または無線で接続し、人による点検が不可能な崩壊したトンネル内部の点検を行う。
3	価格（初期コスト・ランニングコスト）	費用に関する記載無し
4	発現効果機構	<p>➤ トンネル内部を無人で調査できるため、被災状況を安全かつ迅速に把握し、早期の復旧活動を可能にする（安全性向上）（交通開放作業の短縮）（通行危険箇所の放置時間短縮）</p>
5	従来手法との差異比較	<p>従来、震災により被災したトンネルは余震が続く状況下では崩壊の危険性が高く、人間による現地調査は二次被害の可能性があるため困難とされていた。本技術は、地震被災後の余震が続く状況のなかでもトンネル内部を無人で調査できる装置を開発し、被災状況を迅速に把握することにより、早期の復旧活動を可能とするものである。</p>  <p style="text-align: center;">図 運用手順</p>
6	適用可能な道路施設	トンネル
7	適用可能な変状（把握できる内容）	<p>➤ 覆工コンクリートの表面変状</p>
8	CIM 技術との連携性	事例無し

No.	整理項目	整理内容						
9	実績及び技術手法の特許の有無、汎用性、類似技術	<p>実績：国内有り</p> <p>類似業務：緊急時の対策を補助する技術（トンネル）は、以下の通り、いくつかの技術が開発されている。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>点検・モニタリング技術の名称</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>トンネル点検無人調査ユニット</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>画像解析による社会インフラ点検</td> </tr> </tbody> </table>	No.	点検・モニタリング技術の名称	1	トンネル点検無人調査ユニット	2	画像解析による社会インフラ点検
No.	点検・モニタリング技術の名称							
1	トンネル点検無人調査ユニット							
2	画像解析による社会インフラ点検							
10	精度、留意点及び適用限界	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 遠隔操作は無線で 500m、有線で 300mにのみ適用（点検範囲の制約） ➤ 費用が高額である。（高額な費用） 						
11	開発途上国への導入課題 調達環境、維持管理特性（消耗品・スペアパーツの供給体制）等	<p>開発途上国への導入課題（コンサルタントによる想定）</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 移動局ユニット・基地局ユニットなどの大型機器を輸送するためには、費用、法的問題などの課題が想定される（供給体制の課題） ➤ 開発途上国でのパーツ等供給体制が無く、機材が故障すると、日本へ持ち帰る必要がある。 ➤ 試験的に活用した実績はあるが、製品はまだ 1 台しか無く、途上国へ導入する場合は、生産者に事前に相談する必要がある。 						
12	参考資料	Web（企業の Web サイト）						

(25) 斜面崩壊検知センサー

No.	整理項目	整理内容
1	点検・モニタリング手法	緊急時の対策を補助する技術（法面・斜面）
2	必要機材/操作性	センサーモジュール、GPS センサーを設置して斜面の崩壊を事前に感知する。
3	価格（初期コスト・ランニングコスト）	販売費：斜面崩壊感知センサー85,000 円/台（参照 NETIS）
4	発現効果機構	被災法面にセンサーモジュールを設置し、浸食崩壊の状況を経時変化で観測した結果、崩壊 1 時間前に前兆現象を検知し、早期の対応を行うことができた。（安全性向上）（交通開放作業の短縮）（通行危険箇所の放置時間短縮）
5	従来手法との差異比較	従来は、斜面の傾斜変動を測定して崩壊を検知したが、新技術では多数設置における自動連続監視により斜面を面的に把握でき、土壌水分との相互照合で検知精度が向上する。また、従来の地盤傾斜計と比較し設置が容易になる。

No.	整理項目	整理内容																							
		  <table border="1" data-bbox="944 318 1369 519"> <thead> <tr> <th rowspan="2">集落での対応</th> <th rowspan="2">道路での対応</th> <th colspan="3">平均傾斜速度(°/時間)</th> </tr> <tr> <th>24h</th> <th>6h</th> <th>1h</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>道難</td> <td>通行止</td> <td>1.0</td> <td>0.5</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>警戒</td> <td>通行止準備</td> <td>0.5</td> <td>0.2</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>注意</td> <td>現地確認</td> <td>0.2</td> <td>0.1</td> <td>0.05</td> </tr> </tbody> </table> <p>図 機器設置イメージ (左) 図 管理基準値 (右)</p>	集落での対応	道路での対応	平均傾斜速度(°/時間)			24h	6h	1h	道難	通行止	1.0	0.5	0.2	警戒	通行止準備	0.5	0.2	0.1	注意	現地確認	0.2	0.1	0.05
集落での対応	道路での対応	平均傾斜速度(°/時間)																							
		24h	6h	1h																					
道難	通行止	1.0	0.5	0.2																					
警戒	通行止準備	0.5	0.2	0.1																					
注意	現地確認	0.2	0.1	0.05																					
6	適用可能な道路施設	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 法面・斜面 																							
7	適用可能な変状 (把握できる内容)	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 斜面崩壊 																							
8	CIM 技術との連携性	事例無し。GIS 技術を活用して記録・管理することが考えられる。																							
9	実績及び技術手法の特許の有無、汎用性、類似技術	<p>実績：国内有り 技術手法の特許の有無：有り 類似業務：緊急時の対策を補助する技術（法面・斜面）は、以下の通り、多くの技術が開発されている。</p> <table border="1" data-bbox="518 1079 1375 1541"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>点検・モニタリング技術の名称</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>斜面崩壊検知センサー</td></tr> <tr><td>2</td><td>GPS センサーによる法面の位置ずれ把握</td></tr> <tr><td>3</td><td>地盤の比抵抗を測定するシステム (FDEM 探査)</td></tr> <tr><td>4</td><td>拡散レーザー変位計による斜面監視</td></tr> <tr><td>5</td><td>ナノセンサデバイスを活用した道路管理手法</td></tr> <tr><td>6</td><td>地上型レーザースキャナによる斜面計測</td></tr> <tr><td>7</td><td>デジタル画像計測による斜面モニタリングシステム</td></tr> <tr><td>8</td><td>干渉 SAR 解析による地盤変動監視</td></tr> <tr><td>9</td><td>施設モニタリングシステム (状態監視サービス)</td></tr> <tr><td>10</td><td>土砂水分量による斜面崩壊警報システム</td></tr> </tbody> </table>	No.	点検・モニタリング技術の名称	1	斜面崩壊検知センサー	2	GPS センサーによる法面の位置ずれ把握	3	地盤の比抵抗を測定するシステム (FDEM 探査)	4	拡散レーザー変位計による斜面監視	5	ナノセンサデバイスを活用した道路管理手法	6	地上型レーザースキャナによる斜面計測	7	デジタル画像計測による斜面モニタリングシステム	8	干渉 SAR 解析による地盤変動監視	9	施設モニタリングシステム (状態監視サービス)	10	土砂水分量による斜面崩壊警報システム	
No.	点検・モニタリング技術の名称																								
1	斜面崩壊検知センサー																								
2	GPS センサーによる法面の位置ずれ把握																								
3	地盤の比抵抗を測定するシステム (FDEM 探査)																								
4	拡散レーザー変位計による斜面監視																								
5	ナノセンサデバイスを活用した道路管理手法																								
6	地上型レーザースキャナによる斜面計測																								
7	デジタル画像計測による斜面モニタリングシステム																								
8	干渉 SAR 解析による地盤変動監視																								
9	施設モニタリングシステム (状態監視サービス)																								
10	土砂水分量による斜面崩壊警報システム																								
10	精度、留意点及び適用限界	<ul style="list-style-type: none"> ▶ GPS センサーが雪に埋められると計測に支障があるため、基礎・支柱の設置や、受信機のレドーム装着など、積雪対策が必要となる。(点検範囲の制約) 																							
11	開発途上国への導入課題 調達環境、維持管理特性(消耗品・スペアパーツの供給体制)等	<p>開発途上国への導入課題 (コンサルタントによる想定)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 開発途上国での供給体制が確立されていない為、落下等の衝撃でセンサーが故障すると再び日本から輸入する必要がある。 ▶ 施工前に地質調査を行う必要があるため、開発途上国の技術レベルを事前に確認する必要がある。 																							
12	参考資料	Web (企業の Web サイト)																							

3.4.2 効果の抽出/体系化

(1) 効果の抽出

標準的な点検方法（目視等）に比べて、個別の点検・モニタリング技術にどのような効果があるのかを抽出し、効率化・高度化に資する 13 の効果を整理した。効果の整理にあたり、「点検」、「診断」、「品質管理」、「緊急時の対策」に分類することとした。

表 3-5 点検に資する効果

No.	効果（ 効率化・高度化 ）	説明
1	点検計画の合理化	点検計画、各種申請、取りまとめを補助する
2	点検作業の軽減	点検範囲の絞り込み、自動化等により、点検時間・費用を削減する（点検範囲の絞り込み：点検不要とみなせる範囲を把握すること）
3	スクリーニング	何等かの異常があった箇所を把握する（事象は特定できなくてもよい）
4	アクセス困難	高所作業が必要な場所など、近接目視が困難な箇所（アクセス困難箇所）を簡易に点検できる
5	安全性向上	近接目視点検に伴う危険な作業（高所作業等）が不要になる等、作業の安全性を向上させる

表 3-6 診断に資する効果

No.	効果（ 効率化・高度化 ）	説明
6	予防保全段階の損傷検知	予防保全対策をとるべき状態に達したことを検知し、劣化損傷の重症化を防ぐ
7	定量的データの取得	措置の優先順位づけを行う（客観的評価を行うための定量的データを取得する）
8	画像データによる損傷の正確な把握	画像データ取得により、損傷の見落とし防止、進行有無の確認、健全部が健全であることの記録
9	共用状態の自動判断	通行制限あるいは通行止めすべき状態に達したことを検知する

表 3-7 品質管理（新設・補修・補強）に資する効果

No.	効果（ 効率化・高度化 ）	説明
10	初期不良の把握	竣工後の初期不良を把握する
11	対策の妥当性の把握	補修・補強の効果について、持続性を確認する

表 3-8 緊急時の対策に資する効果

No.	効果（ 効率化・高度化 ）	説明
12	交通開放作業の短縮	構造物の人的危険が予測される箇所を把握する（交通開放するまでの時間を短縮する）
13	通行危険箇所の放置時間短縮	構造物の人的危険が予測される箇所を把握する（通行危険箇所を放置する時間を短縮する）

(2) 効果の体系化

表 3-9 効果の抽出・体系化（その1）

No.	名称	正式名称	標準的な点検方法	効果の抽出 (標準的な点検方法との比較による当該技術の効果分析)	点検					診断				品質管理		緊急時	
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
					点検計画の合理化	点検作業の軽減	スクリーニング	アクセス困難	安全性向上	予防保全段階の損傷検知	定量的データの取得	画像データによる正確な把握	共用状態の自動判断	初期不良の把握	対策の妥当性の把握	交通開放作業の短縮	通行危険箇所の放置時間短縮
1	ひび割れ検出①	ひび割れ計測システム	目視 クラック ゲージ 写真	・今までは点検員がチョーキングして野帳に記録し、オフィスで電子データを作成していた。撮影したデータは自動で電子データ化可能である。CADへの互換性も有り。(点検作業の軽減) ・ひび割れの長さ、位置の情報をスケッチすると、ヒューマンエラーが発生する。画像により正確に記録できる。ひび割れの進行状況を、新旧の画像データと見比べながら調べられる。(画像データによる損傷の正確な把握)		○						○					
2	ひび割れ検出②	コンクリート構造物のひび割れ検出塗装システム	目視 クラック ゲージ 写真	・ひび割れ検出において、塗料を予め塗る作業があり、スケッチの自動化がなく、直射日光のもとでは発光したひび割れを検知できない。一方、トンネルの覆工コンクリートのひび割れについては、暗所が続くため、点検作業の効率化が図られると考えられる。ひび割れ箇所を発光させ画像で記録する。(点検作業の軽減)(画像データによる損傷の正確な把握)		○						○					
3	うき・剥離検出	赤外線調査トータルサポートシステム Jシステム	目視 写真	・赤外線により、遠方からうき・剥離の状況を把握し、検知された損傷の状況をたたき試験により調査する。たたき試験を全面で実施する必要がなくなり点検作業が軽減される。(点検作業の軽減) ・遠隔から検知が可能のため、足場・高所作業車に必要な諸作業が不要となり、効率化が期待できる。また、危険を伴う高所作業を減少させ、安全性が向上される(アクセス困難)(安全性向上)		○		○	○								
4	疲労き裂検出	クラックパトロール	目視 テストハンマー	・ICタグのデータを受信機で受信し、疲労き裂を早期に検知できるため、劣化損傷の重症化を防ぐことが期待される(予防保全段階の損傷検知) ・疲労き裂の検知において目視点検が不要になるが、き裂センサーの設置は局所的で点検の効率化に資するまでには至っていないと考えられる(点検作業の効率化には至らない)							○						
5	床版の損傷検出	G-Cube・橋梁床版内部診断技術	舗装切削 目視点検	・舗装切削が不要で、舗装路面から高解像度・3次元データが取得可能。従来は、舗装切削が必要なため、舗装を補修する必要があった。スクリーニング効果が高く、◎で評価した。(点検作業の軽減)(スクリーニング) ・経年変化の評価(同位置の比較解析)が可能(画像データによる損傷の正確な把握)		○	◎					○					
6	橋梁洗掘検出	ソナーによる橋梁下部工洗掘調査	目視 水系 ポール	・船舶を準備して水面から計測することや、潜水士により水中で調査することなく、アクセス困難箇所に橋梁上から安全でかつ容易に計測可能(アクセス困難)(安全性向上)				○	○								
7	路面空洞検出	スケルカー	探査車+ハンディ型地中レーダー	・従来は、一次調査(探査車による概略探査)と二次調査(ハンディ型地中レーダーによる詳細調査)の2段階で行われていたが、本探査車は一度に計測可能。また、ハンディ型地中レーダーは規制が必要になるが、本探査車は規制が不要である。点検作業の軽減効果が高く、◎で評価した。(点検作業の軽減)(通行危険箇所の放置時間短縮)		◎											○
8	路面性状検出①	道路性状の簡易評価システム(DRIMS)	目視	・路面状態の迅速な評価による、舗装点検に要する時間・コストの削減。舗装の損傷を目視で確認する従来の方法に比べ、点検作業の軽減効果が高く、◎で評価した。(点検作業の軽減) ・IRI(路面の平坦性指標)を自動算出し、定量的評価による優先順位付けの効率化が図られる。(定量的データの取得)		◎						○					
9	路面性状検出②	モバイルマッピングシステム	目視	・路面状態の迅速な評価による、舗装点検に要する時間・コストの削減。舗装の損傷を目視で確認する従来の方法に比べ、点検作業の軽減効果が高く、◎で評価した。(点検作業の軽減) ・定量的評価による優先順位付けの効率化(定量的データの取得) ・3次元データ・画像データによる記録が可能で経年変化の評価が可能(画像データによる損傷の正確な把握)		◎						○	○				
10	覆工コンクリート内部空壁検出	高速走行型非接触レーダーによるトンネル覆工の内部欠陥点検技術と統合型診断システム	目視	・トンネルの覆工コンクリート内部空壁の迅速な評価による、点検作業に要する時間・コストの削減。の損傷を目視で確認する従来の方法に比べ、点検作業の軽減効果が高く、◎で評価した。(点検作業の軽減) ・定量的評価による優先順位付けの効率化(定量的データの取得) ・3次元データ・画像データによる記録が可能で経年変化の評価が可能(画像データによる損傷の正確な把握)		◎						○	○				

表 3-10 効果の抽出・体系化（その2）

No.	名称	正式名称	標準的な点検方法	効果の抽出 (標準的な点検方法との比較による当該技術の効果分析)	点検					診断				品質管理		緊急時		
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
					点検計画の合理化	点検作業の軽減	スクリーニング	アクセス困難	安全性向上	予防保全段階の損傷検知	定量的データの取得	画像データによる正確な把握	共用状態の自動判断	初期不良の把握	対策の妥当性の把握	交通開放作業の短縮	通行危険箇所の放置時間短縮	
11	表面塩分検出	コンクリートビュー	コア抜き室内試験	・近赤外線分光法に変えたことにより、非破壊で分析可能となり、分析費用が削減される。また、従来のコア抜き室内試験では輸送作業が必要になるが現場で即検知できるため作業の軽減効果は高く、◎で評価した。 (点検作業の軽減) ・画像データにより記録するため、健全部も同時に記録され、損傷の経年変化を評価できる。 (画像データによる損傷の正確把握)		◎						○						
12	点検/診断を補助する技術①	土木(建築)構造物一般図作成システム	—	・短時間で現場の3次元点群座標を取得でき、都市部の高架橋など複数の構造物が密集した空間における点検車、高所作業車、足場等の点検計画に適用できる (点検計画の合理化) (安全性向上)	○				○									
13	点検/診断を補助する技術②	HIVIDAS (コンクリートひび割れ診断)	—	・熱画像から、浮き、剥離、表層部の内部空洞、漏水等の把握が可能である。また、可視画像から、ひび割れ、鉄筋露出、遊離石灰等の変状の把握が可能である。 (点検作業の軽減) ・画像データにより記録するため、健全部も同時に記録され、損傷の経年変化を評価できる。 (画像データによる損傷の正確把握)		◎						○						
14	点検/診断を補助する技術③	橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム	—	・足場・高所作業車に必要な諸作業が不要となり、点検作業の効率化が期待できる。また、高所作業が不要となるため、点検作業の安全性が向上される (点検作業の軽減) (アクセス困難) (安全性向上) ・GPS機器に接続することによって従来の定期監視型モニタリングでは困難であった機器設置箇所の連続性を確保することができ、またWebシステムとの連携により、損傷の経年変化を正確に評価できる。 (画像データによる損傷の正確把握)		○		○	○			○						
15	点検/診断を補助する技術④	構造物点検用カメラ「DSカメラ」システム	—	・足場・高所作業車に必要な諸作業が不要となり、点検作業の効率化が期待できる。また、高所作業が不要となるため、点検作業の安全性が向上される (点検作業の軽減) (アクセス困難) (安全性向上) ・画像データにより記録するため、健全部も同時に記録され、損傷の経年変化を評価できる。 (画像データによる損傷の正確把握)		○		○	○			○						
16	点検/診断を補助する技術⑤	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム	—	・撮影した画像によりコンクリートの表面変状（ひび割れ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰等）の損傷図、補修図面の自動で作図し、スケッチ等の点検作業が軽減できる。また、画像による記録のためヒューマンエラーが軽減される。 (点検作業の軽減) (画像データによる損傷の正確な把握)		○						○						
17	点検/診断を補助する技術⑥	インフラドクター	—	・クラウドサービスによる3次元データの活用により、オフィスで現場の詳細な情報を確認できる。また、都市部の高架橋など複数の構造物が密集した空間における点検車、高所作業車、足場等の点検計画に適用できる (点検計画の合理化) (点検作業の軽減) (安全性向上)	◎	◎			○									
18	点検/診断を補助する技術⑦	橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替する飛行ロボットシステム	—	・足場・高所作業車に必要な諸作業が不要となり、点検作業の効率化が期待できる。また、高所作業が不要となるため、点検作業の安全性が向上される (点検作業の軽減) (アクセス困難) (安全性向上) ・画像データにより記録するため、健全部も同時に記録され、損傷の経年変化を評価できる。 (画像データによる損傷の正確把握)		○		○	○			○						
19	品質管理を補助する技術①	鉄筋コンクリート構造物における内部鋼材の非破壊調査技術	—	・内部鋼材の異常・破断を検知を非破壊で検知できる。ポステン桁におけるシーす内は充填不足（初期不良）による内部のPC鋼材の損傷が問題視されているが、本技術はPC鋼材の健全性調査にも適用可能で、初期不良を早期に把握できる。 (初期不良の把握)											◎			
20	品質管理を補助する技術②	補修・補強を行ったコンクリート橋の長期モニタリング	—	・補修・補強工事（ひび割れ注入工法、上面増厚工法、外ケーブル工法等）の効果持続性を監視する技術である、道路管理者が通行の可否を判断する材料として活用されている。 (共用状態の自動判断) (対策の妥当性把握) (交通開放作業の短縮) (通行危険箇所の放置時間短縮)									○		○	○	○	○

表 3-11 効果の抽出・体系化（その3）

No.	名称	正式名称	標準的な点検方法	効果の抽出 (標準的な点検方法との比較による当該技術の効果分析)	点検					診断				品質管理		緊急時		
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
					点検計画の合理化	点検作業の軽減	スクリーニング	アクセス困難	安全性向上	予防保全段階の損傷検知	定量的データの取得	画像データによる正確な把握	共用状態の自動判断	初期不良の把握	対策の妥当性の把握	交通開放作業の短縮	通行危険箇所の放置時間短縮	
21	緊急時の対策を補助する技術（橋梁）①	衝撃振動試験による構造物の健全度評価法	—	・地中部・水中部の見えない基礎等の構造物の異常を検知できる。事象は特定できない。（スクリーニング）			○											
22	緊急時の対策を補助する技術（橋梁）②	東京ゲートブリッジのモニタリング技術	—	・長大橋であるため、目視での点検は時間を要し、かつ支承部はゴムカバーが施され目視点検が容易ではないが、本モニタリングシステムを活用し、何等かの異常の有無や地震後の交通開放を早期に判断できる（スクリーニング）（交通開放作業の短縮）（通行危険箇所の放置時間短縮） ・変位量等の定量的データを把握できるが、評価するための指標が確立されていないため措置の優先順位付けに利用することはできない。よって、定量的データの取得には該当しない。			○					○				○	○	
23	緊急時の対策を補助する技術（橋梁）③	省電力化を図ったワイヤレスセンサによる橋梁の継続的遠隔モニタリングシステム	—	・本モニタリングシステムを活用し、何等かの異常の有無や地震後の交通開放を早期に判断できる（スクリーニング）（交通開放作業の短縮）（通行危険箇所の放置時間短縮） ・変位量等の定量的データを把握できるが、評価するための指標が確立されていないため措置の優先順位付けに利用することはできない。よって、定量的データの取得には該当しない。			○						○				○	○
24	緊急時の対策を補助する技術（トンネル）	トンネル点検無人調査ユニット	—	□トンネル内部を無人で調査できるため、被災状況を迅速に把握し、早期の復旧活動を可能にする。（安全性向上）（交通開放作業の短縮）（通行危険箇所の放置時間短縮）													○	○
25	緊急時の対策を補助する技術（法面・斜面）	斜面崩壊検知センサー	—	□被災法面にセンサーモジュールを設置し、浸食崩壊の状況を経時変化で観測した結果、崩壊1時間前に前兆現象を検知し、早期の対応を行うことができた。（安全性向上）（交通開放作業の短縮）（通行危険箇所の放置時間短縮）													○	○

3.5 効果分析

3.5.1 CIM 技術の効果分析

前節の 0 のとおり、CIM の適用事例を検証した結果、現時点では道路建設段階（施行監理・管理）において最も効果が発現することが確認されている。本業務において再度確認された CIM の導入による効果は、以下の通りである。

- 品質確保・手戻り防止
- 早期段階での課題対応・フロントローディング
- リーンの原則による効率化
- 3次元可視化による施工管理の効率化、干渉チェックなど
- プロジェクトマネジメント（PM）による施工監理・管理の効率化
- 作業員の縮減
- 土工事の品質・精度の確保
- 関係者間の相互理解向上（合意形成を含む）

なお上述した CIM の導入による効果は定性的な根拠が多く、定量的な根拠は確認できなかった。これは CIM に関する with-without 分析の事例がないことが理由である。本プロジェクトの文献調査において、英国のアバンティプロジェクトで Mervyn 教授が BIM の効果検証を実施したことを確認している。その概要は以下の通りである。

表 3-12 BIM の効果検証結果（英国：アバンティプロジェクト 2004）

項目	検証ケース		
	Case1	Case2	Case3
施工条件	既存の方法で建設	既存の方法で建設。 ただし、積算の段階で CASE1 において得た知見 を活用しコスト縮減を実施	BIM を導入 プロジェクトチームに対し BIM の教育を実施
検証結果	積算に対して 20% のコスト 増大 予定の工程に対して 20% の遅れが発生	20% コスト増大が発生 工期は予定通り	10% のコスト削減 工期の遅延は 10%
備考	この比較によりコスト削減や工期縮小は技術ではなく マネジメントのプロセスに依存することが判明		BIM の導入による効率化 を 20% の評価

英国における BIM レベル 2 の達成による効率化目標である 20% は、アバンティプロジェクトが根拠となっている。またこの検証結果が英国の BIM の義務化の根拠にもなっており、BS1192:2007 にも記載されている。

3.5.2 点検・モニタリング技術の効果分析

「発現効果機構の体系化」、「現状・課題・リスクの体系化」で抽出した13の効果、5の課題について点数を付け、同じ指標で代表技術の総合評価を算出した。具体的には、効果については、○、◎でそれぞれ、1点、2点で評価し、課題については、○、◎でそれぞれ、マイナス1点、マイナス2点で評価した。

効果及び課題は、日本の標準的な点検方法と比較した場合の“効果”と“課題・リスク”であり、総合評価の高い技術が、同様に開発途上国の適用性も高いとは限らない。そこで、最終的には開発途上国へ導入できるかが重要であるため、限定的な検討になるが、ODA事業への適用性を◎、○、△、－の4段階で評価した。加えて、開発途上国の成熟度が異なることに着目し、維持管理支援レベル1（定期点検、損傷度評価、維持工事の実施・作成）、維持管理支援レベル2（定期点検および損傷度評価、限定的な健全度評価、維持工事、簡易な補修、維持管理計画の実施・策定）、維持管理支援レベル3（定期点検および損傷度評価、健全度評価、詳細調査、維持工事、多様な補修・補強、維持管理計画、品質管理、緊急時の適切な対策の実施・策定）の区分し、技術協力プロジェクトにおける適用性を支援レベルに応じて評価した。

以上の効果分析結果について、表3-13に示す。同表（技術リスト）の中には、既に開発途上国で活用されている技術があることから、開発途上国の実績有無についても記載した。今後、ODA事業への導入に向けては、技術リストを更新することにより、開発途上国における活用実態を把握することが可能である。また、新技術は日進月歩で開発・実用化されるため、これらの評価指標を活用することにより、新技術を評価して技術リストに更新することも可能である。

点検・モニタリング技術を開発途上国で活用するにあたり、重要な留意事項の一つとして電子基準点の要否がある。これは、日本では当然に活用できる電子基準点が開発途上国では整備されていない場合が多いためである。そこで、電子基準点を必要とする技術かどうかについても、技術リストに記載することとした。

第4章 ICT 技術の現状・課題・リスクの体系化

4.1 概要

本章では本邦および先進国の道路事業マネジメントにおける ICT 技術（CIM および点検・モニタリング）に関する現状・課題・リスクを体系化し、ODA 事業への活用に向けた基礎資料を作成する。

4.2 CIM 技術の現状・課題・リスク

4.2.1 現状分析

ヒアリング結果（第2章）および道路事業における国内外の CIM の活用事例（第3章）等から、CIM の利用状況の現状について整理した。表 4-1 に各道路事業管理段階における活用事例を整理した。道路事業における事例が 13 と少ないため今後も調査が必要ではあるが、以下の傾向が確認できる。

- 道路建設段階で利用されるケースが多く、維持管理段階での利用は少ない。
- 米国や英国では設計や入札においても CIM が活用されているのに対し、日本は施工監理・管理に集中している。

表 4-1 各道路事業管理プロセスに発現する活用事例

事業管理プロセス	道路建設段階					道路維持管理段階									
	① 測量調査	② 設計	③ 入札図書・入札	④ 施工監理・管理	⑤ 維持管理への情報引継	① 点検	② 診断	③ 維持管理計画	④ 予備配賦	⑤ 詳細調査	⑥ 設計	⑦ 入札図書	⑧ 施工監理・管理	⑨ 道路状態情報の更新	⑩ データベース
日本															
事例 1：上部工工事				↔											
事例 2：景観検討モデル	↔														
事例 3：トンネル新設工事				↔											
事例 4：堰改修工事				↔											
事例 5：ICT 土工				↔											
事例 6：UAV・レーザ測量	↔														
事例 7：耐震補強設計											↔				
事例 8：維持管理で想定される活用 ^{※1}						←	---	---	---	---	---	---	---	---	---
アメリカ															
事例 1：World Trade Center 再開発		←	↔	↔											
事例 2：高速道路 IC 改良				↔											
事例 3：ハイウェイ復興				↔							↔				
イギリス															
事例 1：アバンティプロジェクト		←	↔	↔											
事例 2：HS2 高速鉄道 ^{※2}		←	↔	↔											---

※1 維持管理で想定される活用は、実際の事例ではなく国総研資料で想定された活用方法

※2 HS2 高速鉄道は、将来的には維持管理で活用することが想定される。

下図に一般的な建築物に BIM を適用した場合の効果発現と道路事業に CIM を適用した場合の効果発現について整理した。BIM は計画・設計から維持管理まで、同一スケール、同一精度のモデルを適用できることから、全フェーズについて効果の発現が期待できる。

一方、道路事業単体においては、スケールや必要とされる設計精度の違いから、CIM を事業全体に適用する事例は少なく、施行監理・監理に限定して CIM が個別に活用される事例が多い。

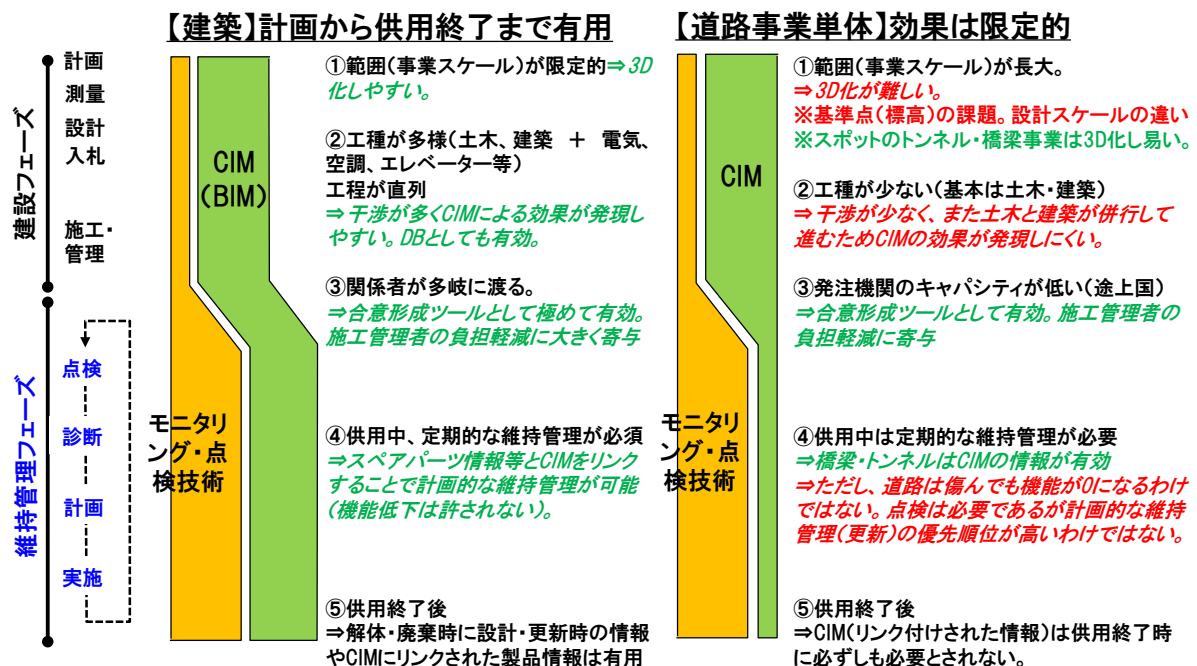


図 4-1 BIM および CIM の効果発現イメージ¹

設計や入札段階において活用され難い理由としては、発注（各段階において別発注や瑕疵問題等）やデータマネジメント（セキュリティ）といった制度面の課題や3D化等の技術面の課題が挙げられる。

図 4-2 は、国土交通省の CIM 推進委員会において共有された CIM 活用の課題とその要因分析である。これによると人材、機材といった技術的な課題に加え、CIM の手順・手法といった制度面の課題が示されている。

¹ 第 2 回検討会（2018 年 3 月 6 日）資料より

CIM活用の課題とその要因

CIM活用に対する課題の自由記述を次の内容に分類

人材: 3次元モデル作成に係わる人材不足、教育・訓練に関する事項

機器: ハードウェアやソフトウェア等の環境整備に関する事項

費用: 人材、機材の導入、CIMモデル作成等の費用に関する事項

手法: CIMの実施や3次元モデル作成の手順・手法に関する事項

【業務】計画・設計条件への利用: 受注者70%(14件)

手法: 50%(7/14件)

- ・ 工種・段階の選定方法や用途・目的に応じた3次元モデルの作成手順が不明
- ・ 3次元モデルの指針(活用方法・表現方法等)が存在しない 等

費用: 43%(6/14件)

- ・ 3次元モデル作成に時間・費用がかかる
- ・ 人材育成に費用がかかる 等

【工事】施工計画、施工管理への利用: 受注者89%(74件)

手法: 45%(33/74件)

- ・ CIMの実施手順や3次元モデル作成後の照査・管理の方法が不明
- ・ 3次元モデルと施工誤差に対する対処方法が不明 等

機器: 45%(33/74件)

- ・ ハイスペックなハードウェアが必要、
- ・ やりたいことを実現する機能を備えたソフトウェアが存在しない
- ・ 3次元モデルのデータに互換性がない 等

CIMが活用されている分野では、受注者が抱える課題も多い。CIMモデル作成手順、範囲の体系化に加え、ソフトウェアの機能開発を促す仕組み作りも必要。

図 4-2 CIM 活用の課題とその要因²

本業務で実施した日本企業向けの CIM に関するアンケート結果（回答 16 社）によると CIM の導入効果については認識しているものの、人材を含めたコストの課題や継続性についてリスクを感じており、CIM 導入に踏み切れていない現状である。

表 4-2 CIM に関するアンケートの主な回答

No.	項目	主な回答
1	地域	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 実績のある地域は、欧米先進国、東南アジア諸国、アフリカ地域多岐に渡る。 ▶ 主な地域はベトナム、タイ、インドネシアといった東南アジア地域である。
2	導入効果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ミスの早期発見や作業時間の短縮、可視化による合意形成の迅速化等が主な導入効果である。 ▶ 一定の品質確保に非常に有効なツールである。
3	導入に向けた課題・リスク	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 技術（システム自体）が高額であり、初期投資の壁が高い。 ▶ CIM 技術を操作可能な人材の不足も主な課題である。<u>初期投資、人材育成の段階に資金と時間が必要</u>である。 ▶ 相手国政府の人（知識レベル）、物（インフラ基盤）、金の3つの要素全ての周辺環境がある程度のレベルにないと導入することは困難と認識している。導入しても、オペレーションやマネジメントが継続しないリスクがある。 ▶ 主なベンダーである、オートデスク社やベントレー社は世界的な企業は、CIM の途上国への導入に障害は無いという考えであるが、日本の企業は、①ニーズが不明、②海外展開する際の資金、③サービス提供ネットワーク、等のリスクを感じている。

² 国土交通省 CIM 推進委員会資料（第3回）

【参考：主な CIM ソフトウェア】

表 4-3 に主な BIM/CIM のソフトウェアの概要を示す。オートデスク（株）と Bentley の 2 社が世界的に有名である。ソフトウェアの価格（年間ライセンス）は、日本円で 30～50 万である。

表 4-3 主要な BIM/CIM ソフトウェアの概要

No.	ソフトウェア	会社名	ソフトウェアの概要
1	AutoCAD Civil 3D	オートデスク (株)	土木 3 次元設計のワークフローをサポートするソリューション。設計情報が 3 次元モデルによって一貫性が保たれるため、図面間の不整合を大幅に減らすことができるほか、複数案の検討や設計変更にすばやくかつ柔軟に対応。 https://www.autodesk.co.jp/campaigns/cim-start-up-jp/price-promotion
2	Autodesk InfraWorks 360		調査設計および概略設計に最適。クラウドで任意のデバイスでデータを統合、接続し、場所を問わず情報の作成、解析、共有、管理が可能。 https://www.autodesk.co.jp/campaigns/cim-start-up-jp/price-promotion
3	Revit		BIM のためのソフトウェア。建物やインフラの計画、設計、構築、管理が可能。設計コラボレーションに適した多分野共同設計プロセスをサポート。 https://www.autodesk.co.jp/products/revit-family/overview
4	In Roads Suite	Bentley (ベ ン ト レー)	道路設計および解析ソフトウェアで、3D モデリング、建築主導のエンジニアリング、および解析が 1 つのパッケージになったアプリケーション。ワークフローを合理化し、生産時間を短縮する。 https://www.bentley.com/ja/products/product-line/civil-design-software/inroads-suite
5	3DCAD Studio	(株)フォーラム エイト	3 次元のモデリングと様々な製品とのデータ連携が可能。計算処理をライブラリ化した純国産の 3 次元 CAD エンジンを利用しており、土木向けに必要な機能を調査・選定。またを考慮 ISO10303 に従ったデータ構造であり、データ交換が可能。 http://www.forum8.co.jp/product/uc1/cad/3dcad-studio.htm
6	Allplan		ドイツの CAD メーカー Nemetschek グループ Allplan 社により開発された BIM/CIM 統合ソリューション。基本図面、レンダリング画像、プレゼン映像、詳細施工図、数量拾い出しが連続的に行え、建物のライフサイクル全体を設計・表現することが可能。 http://www.forum8.co.jp/product/shokai/Allplan-1.htm
7	TREND-CORE	福井コンピュータ(株)	4D 施工ステップによる施工手順の"見える化"や i-Construction で利用する 3 次元設計データの作成が可能。発注者や地元住民への合意形成を手助けするビューア出力にも対応。 https://const.fukuicompu.co.jp/products/trendcore/index.html
8	V-nas Clair	川田テクノシステム(株)	純国産 3 次元 CAD システム。豊富な 3D モデル作成、編集コマンドを搭載し 3D 点群や TIN、サーフェス、ソリッドモデルが扱え、3D プリンタや 3DPDF への出力機能も標準搭載。CSV ファイル読み込みによる簡易モデリングやスクリプトによるユーザーカスタマイズも可能。 http://www.kts.co.jp/seijyou/vnas.html

4.2.2 CIMによる発現効果

CIMをプロジェクト全体で活用するためには、CIMの効果が発現するためのメカニズムの整理が必要である。本業務においては、下表に示すとおり、測量及び設計段階における3次元モデルの作成といったCIMの導入に向けた投資（フロントローディング）と、回収メカニズム（CIMによる効果）に大別し、CIMの効果発現メカニズムを整理した。

表 4-4 CIMの効果発現のための発現メカニズム

建設段階	効果
①測量調査	フロントローディングとしての位置づけ。
②設計	3次元モデルの作成や属性情報の付与といった追加作業が必要。
②設計※ ③入札図書、入札 ④施工監理・管理 ⑤維持管理への情報引継	事業全体においてCIMの効果発現に必要な効果発現メカニズムを整理 (1) 機械化による業務の半自動化 (2) フロントローディング (3) データマネジメント

※設計は3次元モデル化等によって負荷が増大すると同時に干渉のチェックや手戻り削減等によるCIMの効果が発現する。

4.2.3 課題・リスクの抽出/体系化

CIMがプロジェクトマネジメント（PM）ツールとして持続的に活用されるためには、情報共有や情報セキュリティといったCIMの維持管理に配慮する必要がある。ODA事業においては投入（ここではCIM）が継続的に利活用される事が特に重要であり、施設のライフサイクル全体にCIMが寄与することが望ましい。

表 4-5 に現時点で考えられるCIMの課題およびリスクを整理した。課題は相互に関連性のあるものが多いため、単発な対策ではなく総合的な対策が必要である。

表 4-5 道路事業におけるCIMの課題およびリスク一覧

No.	主な課題	個別	課題およびリスクの概要
1	適用範囲	建設段階	基本的に土木構造物は長大で規模が大きいため、建築と同程度のスケール・精度でモデル化することが難しい。 ⇒詳細設計に耐えうるCIMの開発環境が必要であり、測量調査段階から解像度の高い情報収集が必要。 設計から施工などのフェーズを跨いでの効果検証が十分ではない。CIMの適用範囲が限定的である。 ⇒パイロットプロジェクトにおいて土木のCIMにおける効果検証が必要
		維持管理段階	CIMが構築されていても設計瑕疵の問題があり、設計段階で構築されたCIMが施行監理/管理に活用される事例がない。 ⇒制度整備が必須。発注者側がデータ管理責任を持つなど情報管理が必要。 ⇒パイロットプロジェクトにおいて土木のCIMにおける効果検証が必要
2	導入	技術面	点検を元にした管理手法が確立しており、設計・施工段階での情報をあまり必要としないことから維持管理の効率化に寄与しづらい。CIMにリンクされた情報をベースに劣化予測を行うといった別の活用方法にむけた取組が必要である。 ⇒建設生産段階のデータを活用した維持管理手法の確立が必要。
			BIMとCIMの特性がそもそも異なる。現在はBIMをベースに土木工事のCIMを

No.	主な課題	個別	課題およびリスクの概要
3	運用	制度面	構築しているため、効率的なモデル化ができていない。例えば、曲面のモデル化など土木側からのニーズに現在の BIM が対応しておらず、モデル化の負荷が大きい。また、積算に耐えうるレベルのモデル化が出来ていない現状でもある。 ⇒活用方法を明確にし、開発すべきツールについてベンダーとの協議が必要
			継続中の事業から CIM を導入する場合、多くの場合は 2 次元の図面から 3 次元化が必要となる。 ⇒3 次元スキャナーの普及、点群データから 3 次元モデルの構築技術など
			ベンダー側は土木用の CIM 開発にかかるコストが回収できるかがリスクとなる。CIM のニーズに対して開発コストのリカバリーが可能か？ ⇒追加調査が必要
			CIM 導入ガイドラインには属性情報が例示されている。ただし、属性情報のコード化といった部材単位でのリンク付けが不明である。 ⇒土木分野の資材のコード化が難しい。
			日本においては、CIM の導入目的や活用方法が制度化されていないため、CIM マネージャーやオペレーターの人材育成が難しい。またベンダー側も CIM の制度（基準）がないため、土木用の CIM ソフトの開発が難しい。 ⇒パイロットプロジェクトにより、具象的な制度化に向けた調査を実施する。
			CIM からある程度の数量算出可能であるが、現在の積算基準に合致した数量算出区分や属性の付与が困難である。CIM の精度向上が困難な場合は、積算基準の簡略化などが必要となる。 ⇒積算基準の簡素化による影響調査が必要。
			CIM を契約図書とする動きがあるが、精緻なモデル化が困難な状況では瑕疵責任等の問題に発展するリスクがある。 ⇒CIM の技術面を考慮した制度面の整備が必要。
			CIM による効率化を最大化するには、ECI、WCS 等の協同作業できる発注形態の導入が必要。導入にあたっては、アドバイスをを行う施工者のインセンティブの与え方などが課題。 ⇒ドラスティックな発注形態の見直しが必要。
			CIM による効果を得るための大幅な基準変更が求められる（設計手法・出来形管理・維持管理方法等）。
		設計は基本的に 2 次元解析で基準化されているため、BIM のような構造解析との関係が図りづらい。 ⇒3 次元解析の導入を許容するなどの設計基準の大幅な改定が求められる。	
		施工段階では部分的に、ICT を活用した出来形管理が提案されてきているが、適用工種が少なく効果は限定的である。トンネルのレーザ計測による覆工厚の検査は精度的に問題があることや、埋設物の TS 出来形管理などでは、小規模工事に TS を用意する必要がある等の費用対効果の課題がある。	
		情報共有	交換標準フォーマットとして国際標準である IFC の開発が進んでいる。ただし、ツールによって 3 次元の表現は可能であっても属性の確認やモデル修正ができるものではなく、実際の交換は現時点では困難。 ⇒日本としての活用方法を明確にした上で、IFC で交換可能なように IFC を作成する団体 bsI に働きかけていく。
			プロジェクトの規模によってはデータ容量が膨大となるためサーバーの設置が望ましいが、途上国でデータ管理に関する能力開発が必要。 ⇒データ管理に関する技術協力が必要。
			途上国における情報管理能力の強化や維持管理能力（資機材、予算等も含む）の向上が必須 ⇒データ管理に関する技術協力が必要。
		セキュリティ	CIM を施設のライフサイクル（建設から維持管理まで）に適用する場合、関係者が増大する。アクセス権の管理が必要 ⇒データ管理に関する技術協力が必要。
			ODA 事業の場合、発注側に該当する JICA や相手国政府関係機関に CIM を確認・操作する環境がない。 ⇒CIM 管理を外部委託するなどの対策が必要。
		その他	事業マネジメントを行う相手国政府（円借款事業など）に対し CIM の効果に関する周知が必要である。 ⇒パイロットプロジェクトを実施し、グッドプラクティスを増やす活動が必要。

No.	主な課題	個別	課題およびリスクの概要
			BIM/CIM の導入は世界的に進んでおり、欧州、中国、韓国、シンガポールなどは国を挙げて取り組んでいる。特にプロジェクトマネジメント（PM）における効果が期待されている。日本は発注側の能力が高いため、PM よりも CIM の高度化に目を向ける傾向がある。

表 4-6 に前節で整理した 4 つ効果発現メカニズムに関連する課題を整理した。

表 4-6 効果発現メカニズムの課題

No.	課題	課題分野		主体
		制度	技術	
1	現地の ICT 機器のサポート体制の整備	○		受注側、メーカー
2	出来形管理基準の改定	○		発注側
3	積算（数量算出）基準の改定	○		発注側
4	CIM 情報の瑕疵担保責任の取扱いに関する改定	○		発注側
5	構造解析の 3 次元化の基準整備	○		発注側、受注側
6	設計（図面作成/CIM 作成）ツール・ソフトウェアの開発及びコスト回収		○	受注側、メーカー
7	事業途中からのモデル構築方法の検討		○	受注側
8	調達制度の見直し	○		発注側
9	成果/効果の定量指標の検証			
10	建設時データから維持管理事業データへの引継ぎ情報の規定	○		発注側
11	属性情報のコード化	○		発注側、メーカー
12	大規模データの収用技術の開発/収用技術方法の検討		○	メーカー
13	データの蓄積・更新体制の確立	○		発注側
14	セキュリティ機能の整備		○	受注側、メーカー
15	セキュリティ体制	○		発注側
16	データ引継ぎのための交換標準フォーマット ³ の整備		○	発注側、受注側、メーカー
17	人材育成	○		発注側、受注側

表 4-7 に、業務プロセスに沿った CIM 技術による様々な効果・課題を体系化した。CIM 技術の実装課題は、技術的な課題と制度的課題に大別される。また、課題は、意図する効果（目的）に付随しており、表 4-7 の課題の採番は、どの効果に関係するかを示している。

課題の特色として、単独の業務プロセスのみ検討対象範囲とする課題と、事業プロセス全体が対象となる課題に大別される。また、傾向として機械化による業務の半自動化に起因する課題の検討対象範囲は、比較的狭い一方、フロントローディング及びコンカレント・エンジニアリングに起因する課題は、事業横断的な課題であり、技術・制度の双方で抜本的な改善が必要となる。

また、表 4-7 には日本と先進国での取り組み状況も含んで示している。日本では、「i-Construction」

³ 交換標準フォーマット：3次元 CAD ソフトに限らず、各ソフトウェアが独自の保存形式を持っている場合、異なるソフトウェア間では作成したデータの互換性がないため、何らかの変換を行う必要がある。異なるソフトウェアが多数存在する場合には、個々のソフトウェア間で変換を行うのではなく、メーカーに依存しない標準的な形式を定め、各ソフトウェアからこの形式でデータの保管を行うことで、複数のソフトウェア相互間でも円滑にデータ交換を行うことが可能となる。その交換形式のことを「交換標準フォーマット」という。

に代表されるように、機械化による業務の半自動化による効果や3次元の可視化に特化した効果に期待した活用が多く認められる。一方、欧州、中国、韓国、シンガポールなどでは、特に、関係者間の情報交換・情報一元化によるプロジェクトマネジメント（以下、PM）の効果に着目している。また、これら先進国では、CIMによる効果を高めるために、関係者が協同作業できる発注形態の導入検討が、必要と認識されており、CIM活用と併せて、Early Contractor Involvement（ECI）、設計施工一体型、Construction Management at Risk（CM/CMR）方式の調達方式が、適用されている。先進国において、CIM技術開発が、積極的に推進される経緯については、「5.2 CIM技術活用の技術・制度基準及びはその取り組み事例」で記載する。

なお発現する効果の高さや課題の難易度の違いがあることから、優先順位をつける必要がある。例えば、課題4の『CIM情報の瑕疵担保責任の取扱いに関する改定』は、設計を担当するコンサルタントと施工を担当するコントラクターにとって非常に重要な課題である。この課題がクリアすることで、CIMの効果がプロジェクト全体で発現する可能性がある。また、課題17の『人材育成』については、全ての建設事業プロセスに関係する課題であり、発注側（ドナー）から裨益を受ける開発途上国、受注側（コンサルタントやコントラクター）まで、多くのステークホルダーが取り組むべき課題である。人材が成長するまでの時間もかかることから、優先度は高い。そこで本業務においては、効果および課題について下記に示す係数（重み付け）を考慮した。なお、評価にあたっては、効果に関しては期待できるプロセス数に下記の係数を乗じ、効果の配点とした(表4-7内の①)。課題については、制度面および技術面のそれぞれに対し、該当する課題項目に割り当てた係数を合計して、配点とした(表4-7内の②)。例えば、効果の細目1-1の制度面においては、表4-7下段の課題番号1,13,17が課題として挙げられ、それぞれの係数である0.5、1.5、1.5の合計3.5点としている。個々の算出根拠は巻末資料-4に記載する。

【効果：国内外での効果が高いと判断できるものについて高く評価】

- 1.0：一般的な活用方法
- 1.2：国内で効果が高いとされる活法方法
- 1.5：国内外共に効果が高いとされる活用方法

【課題：フィージビリティを考慮】

- 0.5：現状で特に妨げにならない、もしくはパイロット事業で問題にならない課題
- 1.0：現在試行中、もしくは近年に解決可能と考えられる課題
- 1.5：5年以内に解決可能と考えられる課題
- 2.0：制度改革や技術開発に多大な労力が想定される課題

表 4-7 ICT 技術 (CIM) の効果・課題の体系化

番号	効果機構 (メカニズム)	細目番号	効果/目的 (output)	成果 (outcome)		取組状況		道路事業プロセス						①効果が期待できるプロセスの数		課題						②合計	①-②	
				定性的な成果	定量的な成果※3	日本	先進国	測量・調査	設計	発注・入札	施工	維持管理	協議	制度			技術							
														課題数	課題番号※6	配点	課題数	課題番号※6	配点					
効果	機械化による業務の半自動化	1-1	3次元測量/計測による現場幾何条件取得の簡素化	業務の効率化	27%の歩掛向上※4	★	★	▲			○	○		2	(2.4)	3	1, 13, 17	(3.5)	3	6, 12, 16	(4.5)	8	-5.6	
		1-2	情報化施工 (ICT施工) による施工能力向上			★	★	▲			○		○		2	(3.0)	3	1, 13, 17	(3.5)	3	6, 12, 16	(4.5)	8	-5.0
		1-3	品質・出来形管理の簡素化			★	★	▲			○	○			2	(3.0)	3	2, 13, 17	(3.5)	3	6, 12, 16	(4.5)	8	-5.0
		1-4	数量算出支援			△	★	▲	○	○	○				3	(3.0)	3	3, 13, 17	(4.5)	3	6, 12, 16	(4.5)	9	-6.0
	フロントローディング※1	2-1	現場条件把握の正確性向上による工法選択の適正化	・合意形成の迅速化 ・品質確保 ・手戻り防止	・事業費の20%削減 ・工期の10%縮減※5	△	★	▲	▲	○	○	○		3	(3.6)	5	4, 5, 8, 13, 17	(8.0)	4	6, 7, 12, 16	(5.5)	13.5	-9.9	
		2-2	部材の干渉チェック (本設)			△	★	▲	▲	○	○	○		2	(2.4)	5	4, 5, 8, 13, 17	(8.0)	4	6, 7, 12, 16	(5.5)	13.5	-11.1	
		2-3	部材の干渉チェック (仮設)			△	★	▲	▲	○	○	○		2	(2.4)	2	8, 17	(2.5)	4	6, 7, 12, 16	(5.5)	8	-5.6	
		2-4	時系列の不整合チェック			△	★	▲	▲	○	○	○		2	(2.4)	2	8, 17	(2.5)	4	6, 7, 12, 16	(5.5)	8	-5.6	
	コンカレント・エンジニアリング	3-1	情報一元化によるPM支援	事業者間の業務調整	-	★	○	○	○	○	○	○		6	(6.0)	6	8, 10, 11, 13, 15, 17	(7.5)	4	6, 12, 14, 16	(5.0)	12.5	-6.5	
				事業の発注単位間の業務調整	-	★	○	○	○	○	○	○		6	(9.0)	6	8, 10, 11, 13, 15, 17	(7.5)	4	6, 12, 14, 16	(5.0)	12.5	-3.5	
				1発注単位の施工部隊・資機材共有者間の業務調整	-	★	○	○	○	○	○	○		6	(9.0)	6	8, 10, 11, 13, 15, 17	(7.5)	4	6, 12, 14, 16	(5.0)	12.5	-3.5	
		3-2	3次元可視化による関係者間理解の向上	事業者間の業務調整	★	★	○	○	○	○	○	○		6	(6.0)	4	8, 11, 13, 17	(5.5)	3	6, 12, 16	(4.5)	10	-4.0	
事業の発注単位間の業務調整	-			★	○	○	○	○	○	○		6	(7.2)	4	8, 11, 13, 17	(5.5)	3	6, 12, 16	(4.5)	10	-2.8			
1発注単位の施工部隊・資機材共有者間の業務調整	△			★	○	○	○	○	○	○		6	(9.0)	4	8, 11, 13, 17	(5.5)	3	6, 12, 16	(4.5)	10	-1.0			
課題	番号	関連する効果の細目番号	課題 (日本及びODA)	測量・調査	設計	発注・入札	施工	維持管理	協議	課題の割増係数	凡例													
	1	1-1, 1-2	現地のICT機器のサポート体制の整備	■			■	■		0.5	○ 効果が発現する業務プロセス ▲ フロントローディングにより一時的に負荷がかかる業務 ★ 官主導で実施される項目 △ 民主導で実施される項目 × 実施されていない項目 □ 技術的課題 ■ 制度的課題													
	2	1-3	出来形管理基準の改定				■			0.5														
	3	1-4	積算 (数量算出) 基準の改定		■	■	■			1.5														
	4	2-1, 2-2	CIM情報の瑕疵担保責任の取扱いに関する改定		■		■	■		2														
	5	2-1, 2-2	構造解析の3次元化の基準整備		■					2														
	6	1-1~3-2	設計 (図面作成/CIM作成) ツール・ソフトウェアの開発及びコスト回収		□		□		□	1.5														
	7	2-1~2-4	事業途中からのモデル構築方法の検討				□		□	1														
	8	2-1~3-2	調達制度の見直し			■				1														
	9	3-1, 3-2	成果/効果の定量指標の検証							1														
	10	3-1	建設時データから維持管理事業データへの引継ぎ情報の規定				■	■		1.5														
	11	3-1, 3-2	属性情報のコード化	■	■	■	■	■		1.5														
	12	1-1~3-2	大規模データの取用技術の開発/取用技術方法の検討	□	□	□	□	□		1														
	13	1-1~3-2	データの蓄積・更新体制の確立	■	■	■	■	■		1.5														
	14	3-1	セキュリティ機能の整備	□	□	□	□	□	□	0.5														
	15	3-1	セキュリティ体制	■	■	■	■	■	■	0.5														
	16	1-1~3-2	データ引継ぎのための交換標準フォーマットの整備	□	□		□		□	2														
17	1-1~3-2	人材育成	■	■	■	■	■	■	1.5															

- ※1 事業の初期段階に負荷をかけ課題を事前に特定する
- ※2 製造業等での開発プロセスを構成する複数の工程 (タスク) を同時並行で進め、各部門間での情報共有や共同作業を行うことで、開発期間の短縮やコスト削減を図る手法
- ※3 定量値に関し効果の相互影響は考慮しない
- ※4 国交省の報告書
- ※5 AVANTI 計画の結果
- ※6 下表の課題番号

4.3 点検・モニタリング技術の現状・課題・リスク

4.3.1 現状・課題・リスクの抽出/体系化

(1) 現状・課題・リスクの抽出

点検・モニタリング技術の発現効果機構は3章において整理した。本章では、精度、留意点及び適用限界を分析して、点検・モニタリング技術の課題・リスクを抽出した。

表 4-8 点検・モニタリング技術の課題・リスク

No.	課題	説明
1	高額な費用	初期コストあるいはランニングコストが高い。
2	点検範囲の制約	調査可能な範囲が限定的である。また、周辺の環境条件により何等かの制約を受ける。
3	センサーの寿命	センサーの寿命が短く、本来の道路分野施設の点検とは別にモニタリング設備自体の保守管理が頻繁に必要となる。
4	データのばらつき	外部要因等により、記録データに異常値が散見される。
5	高度な操作・分析	高度な操作あるいは分析を要し、作業員が限定される。また、作業員の教育が必要となる。

(2) 現状・課題・リスクの体系化（グループ化）

表 4-9 現状・課題・リスクの抽出・体系化（その1）

No.	名称	正式名称	現状、課題・リスクの抽出	販売価格				課題・リスク						
				1	2	3	4	1	2	3	4	5		
				0 5 3 0 0 万 円	3 0 0 5 1 0 0 0 万 円	1 0 0 0 万 円 以 上	販 売 し て い な い	高 額 な 費 用	点 検 範 囲 の 制 約	セ ン サ ー の 寿 命	デ ー タ の ば ら つ き	高 度 な 操 作 ・ 分 析		
1	ひび割れ検出①	ひび割れ計測システム	・暗所の点検においては照明車・投光器等を使用してひび割れ箇所を照らさなければならない。 （点検範囲の制約）		○					○				
2	ひび割れ検出②	コンクリート構造物のひび割れ検出塗装システム	・直射日光のもとでは発光したひび割れを検出できない。 （点検範囲の制約）	○						○				
3	うき・剥離検出	赤外線調査トータルサポートシステム Jシステム	・雨天、湿潤状態では適用できない。調査対象に対する対象面角度の最小角度が30°以上確保できること、撮影箇所から調査対象部位の視通が確保できること、など現場の制約条件がある。 （点検範囲の制約）（データのばらつき）				○		○			○		
4	疲労き裂検出	クラックパトロール	・部位ごとに個別に監視するので、監視対象以外の箇所から発生したき裂は検出できない。当然、全ての部材にセンサーを設置することは出来ず、疲労き裂が出やすい箇所の特定は難しい。外力（自動車荷重等）の予測も困難である。 （点検範囲の制約） ・センサーの寿命(約5年)が短く、定期的な保守が費用である。 （センサーの寿命）				○		◎	○				
5	床版の損傷検出	G-Cube・橋梁床版内部診断技術	・自然条件、現地条件の制約の他、過去に上面増厚等の補強工法を用いた箇所ではレーダが透過しないため適用不可。 （点検範囲の制約）				○		○					
6	橋梁洗堀検出	ソナーによる橋梁下部工洗堀調査	・橋梁の高欄にソナーを支えるロッドを取り付けるため、水面までの高低差や高覧幅等の現場条件の制限がある。 （点検範囲の制約）				○		○					
7	路面空洞検出	スケルカー	・自然条件、現地条件の制約の他、過去に上面増厚等の補強工法を用いた箇所ではレーダが透過しないため適用不可。 （点検範囲の制約）				○		○					
8	路面性状検出①	道路性状の簡易評価システム (DRIMS)	・探査車(車幅2.2m)が走行可能な場所に限られる。 （点検範囲の制約）	○					○					
9	路面性状検出②	モバイルマッピング・システム	・費用が高額である。 （高額な費用） ・探査車(車幅2.2m)が走行可能な場所に限られる。 （点検範囲の制約）				○		◎	○				
10	覆工コンクリート内部空壁検出	高速走行型非接触レーザーによるトンネル覆工の内部欠陥点検技術と統合型診断システム	・販売していないが専用の車両、レーザー搭載等の機材は非常に高額である。 （高額な費用）				○		◎					

表 4-10 現状・課題・リスクの抽出・体系化（その2）

No.	名称	正式名称	現状、課題・リスクの抽出	販売価格				課題・リスク					
				1	2	3	4	1	2	3	4	5	
				0 5 3 0 0 万 円	3 0 0 5 1 0 0 0 0 万 円	1 0 0 0 万 円 以 上	販 売 し て い な い	高 額 な 費 用	点 検 範 囲 の 制 約	セ ン サ ー の 寿 命	デ ー タ の ば ら つ き	高 度 な 操 作 ・ 分 析	
11	表面塩分検出	コンクリートビュー	<ul style="list-style-type: none"> 水セメント比が40%未満、または60%を超える構造物に適用不可 コンクリート面に樹脂系の塗装が施されている場合適用不可 塩化物イオン濃度が20kg/m³を超える含有量の場合は適用不可 （点検範囲の制約） 				○		○				
12	点検/診断を補助する技術①	土木(建築)構造物一般図作成システム	<ul style="list-style-type: none"> 費用が高額である。本製品は700万円程度。（高額な費用） 		○				○				
13	点検/診断を補助する技術②	HIVIDAS（コンクリートひび割れ診断）	<ul style="list-style-type: none"> 費用が高額である。（高額な費用） 				○	○					
14	点検/診断を補助する技術③	橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム	<ul style="list-style-type: none"> 人力による作業スペースが確保でき撮影操作に支障のない作業環境でのみ使用（点検範囲の制約） 費用が高額である。（高額な費用） 		○				○	○			
15	点検/診断を補助する技術④	構造物点検用カメラ「DSカメラ」システム	<ul style="list-style-type: none"> 気象条件が悪い場合は適用できない場合がある。人力による作業スペースが確保でき撮影操作に支障のない作業環境でのみ使用。（支障例:遮音壁、フェンス等）（点検範囲の制約） 	○						○			
16	点検/診断を補助する技術⑤	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム	<ul style="list-style-type: none"> 平面的で点検対象面が撮影できる構造物「橋梁(床版・橋脚・橋台)・擁壁・舗装面・建物等」にのみ適用（点検範囲の制約） 	○						○			
17	点検/診断を補助する技術⑥	インフラドクター	<ul style="list-style-type: none"> 3次元点群データのデータベースをクラウド上で管理するサービスであるが、システムを確立するためのハードを購入する費用が相当額必要である。（高額な費用） 				○	◎					
18	点検/診断を補助する技術⑦	橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替する飛行ロボットシステム	<ul style="list-style-type: none"> 費用が高額である。価格設定はこれからだが、ヒアリングでは点検調査作成支援ソフト+機体で300万円程度。（高額な費用） 本技術は、橋梁の桁下での利用が想定され、GNSS機能によるホッピング機能が無く、ある一定の操縦技術が必要とさせる。ヒアリングでは、通常のUAV操縦者が3日程度の訓練を受けることで操作可能とのこと。（高度な操作・分析） 		○				○				○
19	品質管理を補助する技術①	鉄筋コンクリート構造物における内部鋼材の非破壊調査技術	<ul style="list-style-type: none"> 販売は無いが、レンタル料1ヶ月で100万円程度と高額。（高額な費用） 					○	○				
20	品質管理を補助する技術②	補修・補強を行ったコンクリート橋の長期モニタリング	<ul style="list-style-type: none"> センサーの寿命は5年から10年で、維持管理費用が高額になる。（高額な費用）（センサーの寿命） 					○	◎		○		
21	緊急時の対策を補助する技術（橋梁）①	衝撃振動試験による構造物の健全度評価法	<ul style="list-style-type: none"> 車両通行時にノイズの影響を受ける。（データのばらつき） 記録機器で応答波形を収録し、フーリエ解析でスペクトルを算出し固有振動数を決定する。健全状態の現状の固有振動数の比較で健全度を判定するが、振動工学の基礎的な知識を必要とする。（高度な操作・分析） 					○				○	○
22	緊急時の対策を補助する技術（橋梁）②	東京ゲートブリッジのモニタリング技術	<ul style="list-style-type: none"> センサーの寿命は5年から10年で維持管理費用が高額になる。ヒアリングではセンサーの保守費年間700万円程度発生する。（高額な費用）（センサーの寿命） センサーの設置箇所は、地震時に損傷が発生する部材の優先順位を事前に構造解析で検討し、設置する必要がある。（高度な操作・分析） 					○	◎		○		○
23	緊急時の対策を補助する技術（橋梁）③	省電力化を図ったワイヤレスセンサーによる橋梁の継続的遠隔モニタリングシステム	<ul style="list-style-type: none"> センサーの寿命は5年から10年で維持管理費用が高額になる。（高額な費用）（センサーの寿命） 					○	○		○		
24	緊急時の対策を補助する技術（トンネル）	トンネル点検無人調査ユニット	<ul style="list-style-type: none"> 遠隔操作は無線で500m、有線で300mにのみ適用（点検範囲の制約） 費用が高額である。（高額な費用） 					○	○	○			
25	緊急時の対策を補助する技術（法面・斜面）	斜面崩壊検知センサー	<ul style="list-style-type: none"> GPSセンサーが雪に埋もれると計測に支障があるため、基礎・支柱の設置や、受信機のレドーム装着など、積雪対策が必要となる。（点検範囲の制約） 	○						○			

第5章 ICT 技術活用の技術・制度基準及びその取り組み事例の整理

5.1 概要

本章では、ICT 技術の事例収集および関係機関からのヒアリング結果に基づき、ICT 技術活用に関連する技術・制度基およびその取り組み事例を整理した。

5.2 CIM 技術活用の技術・制度基準及びはその取り組み事例

5.2.1 技術・制度基準およびはその取り組み事例

米国、欧州、アジア、日本における ICT 技術活用の技術・制度基準及びその取り組み事例を表 5-1 に整理した。日本では、「未来投資戦略 2017」が 2017 年に閣議決定され、ICT 等の活用により、インフラの建設現場の生産性に関する数値目標（2025 年度までに 2 割）が設定されたものの、CIM の導入はここ数年で試行業務として実施されたばかりである。一方、英国では、2011 年に公共部門の資産コストを 2016 年までに最大 20%削減することを目指した「政府建設戦略」を発表している。その後、2013 年、「政府建設戦略」を補足し、2025 年までの目標を記した「Construction 2025」を発表し、その中で政府の発注する建設プロジェクトについて BIM を導入することを義務化している。この目標を達成するために必要となる基準として、BS1192、PAS1192（BIM プロセス等の標準仕様）シリーズ、BIM レベル 2 のデータ管理手法（CDE：Common Data Environment）を整備している（5.2.3 参照）。

また、CIM 技術は各建設事業プロセスにおいて、情報の一元管理による効果が期待されており、道路管理者、設計者、建設業者、専門工事業者、調査業者といった多様なアクターが関わっていることから、各国でアクターの能力や工事発注単位規模の違いが CIM 技術に影響することが想定される。ここでは日本と米国の建設構造を整理し、CIM 技術との関係性を整理した（5.2.4 参照）。

表 5-1 各国における CIM 技術活用の技術・制度基準及びはその取り組み事例

	米国	欧州 (イギリス・ドイツ・フィンランド)	アジア (シンガポール)	日本
政府等の方針	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 連邦政府による関与は小さく、各州が独自に取り組んでいる ➤ ウィスコンシン州は、BIMにより、事業コスト20～30%削減を目標としている 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ イギリス政府は、「建設戦略2011」の中で、公共事業における事業費の20%削減を目指し、2016年までに全ての中央政府部門がBIMレベル2の利用を義務化している ➤ BIMを使ったインフラ輸出(プロセス輸出)や英国方式の調達手順を国際標準化することを政策に掲げている 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 建築確認申請の際、20,000m²以上の建築物については、意匠設計に関するBIM提出を義務化(2013年) ➤ 上記を構造設計、設備設計に拡大(2014年) ➤ 5,000m³以上の建築物に適用を拡大 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 2017年6月に「未来投資戦略2017」が閣議決定された。ここでは、ICT・ロボット・センサ等の活用により、インフラの建設現場の生産性(2025年度までに2割)が向上されることが記載されている ➤
CIM/BIMを推進する体制	<ul style="list-style-type: none"> ➤ WisDOT MDU(Method Development Unit)：州全体でのCIM(Civil Integrated Management)の導入のためのマニュアル等の整備を担当する部局 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ EU BIM TASK GROUP ➤ UK BIM Task Group ➤ UK BIM Alliance 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ シンガポール国立研究財団(National Research Foundation) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ CIM導入推進委員会(2016年～) ➤ 国際土木委員会(building SMART Japan(bSJ) + JACIC)
技術基準	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 陸軍工兵隊および米国航空宇宙局、米国連邦調達庁(GSA:General Services Administration)等が設計・施工段階から運用段階へと建物の情報を受け渡すためのデータフォーマット(COBie:Construction operation building information exchange)を開発している 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ イギリス政府は、BS1192、PAS1192(BIMプロセス等の標準仕様)シリーズ、BIMレベル2のデータ管理手法(CDE:Common Data Environment)を整備している。 ➤ フィンランドでは、「InfraKit(情報共有クラウドサービス)」が多くの事業で利用されている 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 「CityGML(仮想3D都市および景観モデルの記述、管理、交換のためのデータ形式標準)」が利用されている 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 国際土木委員会がIFCの動向について情報収集を行っている。
制度基準	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 各州でBIMのマニュアルを作成している ➤ Massport(マサチューセッツ州港湾局)では、2015年にBIM Guidelines for Vertical and Horizontal Constructionを定めている ➤ ニューヨーク市は、2012年にBIM Guidelines 1.0を策定し、LOD(Level of Development)を定めている(現在、BIM Guidelines 2.0に改定)。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ EU BIM TASK GROUPは、「Handbook for the Introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector, 2017」を策定している ➤ フィンランドでは、公共調達事業において、ICT土工(情報化施工)を義務化している 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 2012年にSingapore BIM Guide1.0を策定している(現在、Singapore BIM Guide2.0に改定)。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 2017年にCIM導入ガイドラインを策定している
取り組み事例	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ウィスコンシン州では、2008年に高速道路建設でCivil3Dを活用し、2014年に設計と施工サイドでモデル利用に関する意見交換が行われている ➤ Massportでは、2020年までのBIMロードマップを作成し、プロジェクトマネジメント、教育訓練、施設管理、統合的なアセットマネジメントに至るまでの目標を段階的に示している ➤ ニューヨーク市では、2016年にインフラ施工や施設管理へBIMを適用している 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ イギリスでは、143マイルの道路構造物建設を含めたSMART MotorwaysプログラムでBIMを活用している。47のプロジェクトがあり、数名(3名程度)のBIMチームにより、プロジェクト全体をコントロールしている。2015年9月に開始し、2020年に完成予定である。 ➤ 「Handbook for the Introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector, 2017」に各国のCIM技術導入事例(ベストプラクティス)が整理されている 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 「Virtual Singapore(シンガポール全域を対象にして3次元データを1箇所集約し、都市のビックデータ・プラットフォーム)」を整備している(開発費は60億円、2018年度の完成予定)。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 2012年度よりCIMの試行を開始し、2016年度までに設計業務で90件(道路分野57件)、施工業務で196件(道路分野163件)を実施している(しかし、道路管理プロセス間でのCIMモデルの活用事例は無く、単発業務のみ)。 ➤ 2016年には設計業務で「CIM活用型技術監理業務」が2件発注され、現在進行中である ➤ 2015年から3年連続で施工CIMの適用事例集(日建連)が整理されている
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ (データ交換/国際標準化) building SMART International(bSI)が3次元ソフトウェアの標準化(IFC:Industry Foundation Classes)に取り組んでいる 			
ベンダー等の影響	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Autodesk, Inc.が州の基準に関与 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bentley Systems, Inc.が基準に関与 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bentley Systems, Inc.、英国政府が基準に関与 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 1企業の独占的な関与を避けている

5.2.2 日本の CIM の制度

我が国では国土交通省が主体となり、建設現場の生産性向上を図る i-Construction のトップランナー施策として「ICT の全面的な活用」の推進し、3次元モデルを活用し社会資本の整備、管理の効率化・高度化を図る CIM を、土工、トンネル、橋梁、ダム等へ本格導入するため、CIM 導入推進委員会を設置し、関係団体が一体となり目標や方針について検討を行ってきている。

2018 年度より「新技術導入促進調査経費」等を活用し、橋梁、トンネル、河川構造物、ダムなどの大規模構造物の詳細設計において、CIM の実施を原則対象とすることを公表している（図 5-1 参照）。将来の運用を目指して、2017 年度に引き続き要求事項（リクワイヤメント）を設定し、CIM の導入・普及に必要となる課題の抽出及び解決方策を検討することとしている。国土交通省の示している 2018 年度の要求事項（リクワイヤメント）案を表 5-2 に、CIM の制度設計のスケジュールを表 5-3 にそれぞれ示す。また、国土交通省主催の i-Construction 推進委員会の海外標準 WG では国内で効果のあった i-Construction の取り組みを国際標準化・パッケージ化して海外に展開する方策が示されている。その概要を図 5-2 に示す。



(1)平成30年度の発注方針①

国土交通省

- ・ H30年度より「新技術導入促進調査経費」等を活用し、橋梁、トンネル、河川構造物、ダムなどの大規模構造物の詳細設計において、CIMの実施を原則対象とする
- ・ 将来の運用を目指して、H29年度に引き続き**要求事項 (リクワイアメント)**を設定

	現状	次年度の取組み	将来の運用
①設計の効率化	<ul style="list-style-type: none"> CIMモデルを活用した合意形成への活用 	<ul style="list-style-type: none"> 的確な設計意図の伝達、図面間の不整合の解消や設計条件の可視化 	<p>■ 設計段階におけるCIMの原則化</p> <p>⇒ 的確な照査による設計ミスの解消</p> <p>⇒ 数量の自動算出により、施工計画検討と連動する形で工事費の確認や経済比較を効率化する</p> <p>⇒ 工期の自動算出、施工計画や維持管理の事前検討などによるフロントローディングの実現</p>
②施工の効率化	<ul style="list-style-type: none"> 検尺等により管理断面毎に計測 	<ul style="list-style-type: none"> 設計照査の省力化、施工管理の効率化と監督・検査への連携 	<p>■ 施工段階におけるCIMの原則化</p> <p>⇒ 最適な施工工程の実現、最適となる人材や資材の確保</p> <p>⇒ 3次元計測と連携し施工の実施状況の把握及び出来形管理の効率化</p>
③設計図書を想定したCIMモデルの構築	<ul style="list-style-type: none"> 契約図書は2次元図面 CIMモデルは参考資料 	<ul style="list-style-type: none"> 寸法や材料特性等を具備した3次元モデルの作成 (適宜、2次元図面を活用) 	<p>■ CIMモデルの契約図書化</p> <p>⇒ 契約図書に活用、3Dデータの流通・利活用を促進</p>
④データ共有方法	<ul style="list-style-type: none"> 発注者が複数の設計成果を施工業者へ受け渡し 	<ul style="list-style-type: none"> 受・発注者、前工程設計者などが事業中の三次元データをクラウドで同時に共有 	<p>■ 一元的な情報共有環境の構築</p> <p>全国の3次元データを収集・蓄積するクラウド</p> <p>活用</p> <p>各工程の成果格納</p>

図 5-1 国土交通省による平成 30 年度の CIM 実施方針¹

¹ 国土交通省 第 5 回 CIM 導入推進委員会 (平成 30 年 3 月 6 日) 資料 3-1 (<http://www.mlit.go.jp/common/001224375.pdf>)

表 5-2 2018 年度の要求事項（リクワイヤメント）案²

項目	概要	整備時期
契約図書化に向けた CIM モデルの構築（設計）	<ul style="list-style-type: none"> 「表記標準」に従い、契約図書としての要件を備えた CIM モデルを作成すること。また、作成した 3 次元モデルと 2 次元図面との整合性について確認すること 	2018 年度 新規追加
契約図書化に向けた CIM モデルの構築（施工）	<ul style="list-style-type: none"> CIM モデルを作成し、設計照査、設計変更、施工管理（段階確認、検査等）での確認に活用すること。また、作成した 3 次元モデルと 2 次元図面との整合性について確認すること 	
関係者間での情報連携及びオンライン電子納品の試行	<ul style="list-style-type: none"> 設計や施工段階において、建設生産プロセス全体を見据えた属性情報等が付与できるよう、情報共有システムを活用し、受・発注者に加え、関係者による情報連携を実施すること 発注者への成果物の納品にあたり、オンライン電子納品を検討、実施すること 	
属性情報の付与	<ul style="list-style-type: none"> CIM ガイドラインに沿った属性情報を付与するとともに、付与した情報の利用目的や利用にあたっての留意点等を一覧表としてとりまとめること 	2017 年度 内容拡充
CIM モデルによる数量、工事費、工期算出	<ul style="list-style-type: none"> ソフトウェアの機能を用いて数量を自動算出すること。その際、施工計画の検討と連動して数量が算出できる方法を検討し実施すること 概算事業費及び工期の算出方法を検討し、実施すること 	
CIM モデルによる効率的な照査の実施	<ul style="list-style-type: none"> CIM モデルを活用した効率的な照査方法を検討、実施すること 	
施工段階での CIM モデルの効率的な活用	<ul style="list-style-type: none"> CIM モデルを用いた仮設計画、施工計画を行うこと 3 次元計測と連携した出来形管理を検討、実施すること 	

表 5-3 国土交通省による CIM 導入スケジュール³

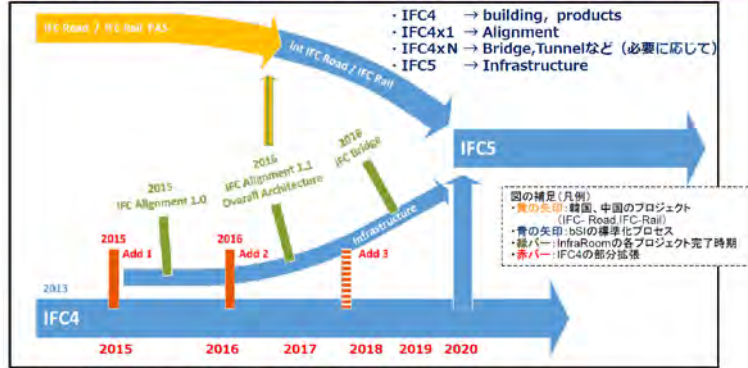
年度	内容
2016 年度	<ul style="list-style-type: none"> ICT 土工の実施
2017 年度	<ul style="list-style-type: none"> ICT 舗装工、ICT 浚渫工の実施 ECI 方式を活用し、3 次元データを設計・施工の一気通貫で活用する試行事業の実施 橋梁及び土工において 3 次元データの標準的な仕様の策定
2018 年度	<ul style="list-style-type: none"> 総合評価落札方式・新技術導入促進型の活用により 3 次元データの活用による施工、監督・検査の効率化及び高度化を図るための技術開発を展開 トンネル、ダム、河川構造物(樋門・樋管)において 3 次元データの標準的な仕様の策定 3 次元データの流通・利活用に向けたシステムの基本仕様の策定
2019 年度	<ul style="list-style-type: none"> 橋梁、トンネル、ダム、河川構造物、港湾構造物（基礎工等）、維持管理において 3 次元データの活用拡大 電子納品保管管理システムに格納された 2 次元図面を活用し 3 次元データ化する方法を 2019 年度までに開発し、転換を図る 3 次元データの流通・利活用に向けたシステムの構築

² 国土交通省 第 5 回 CIM 導入推進委員会（平成 30 年 3 月 6 日）資料 3-1
(<http://www.mlit.go.jp/common/001224375.pdf>)

³ 同 参考資料 7 (<http://www.mlit.go.jp/common/001224384.pdf>)

【参考】土木分野を含めた国際標準化の動向

土木分野を含めた標準「IFC5」の検討作業、およびIFC4の部分拡張が進行中。
 2017年 IFC-Alignment1.0の結果を反映したIFC4x1がリリース
 2017年以降 IFC-Alignment1.1およびOverall Architectureを反映したIFC4xOがリリース
 2020年以降 IFC-Bridge、IFC-Road、IFC-Rail、IFC-Tunnelを反映したIFC5をリリース



IFC4の部分拡張およびIFC5の検討イメージ

図 5-2 国際標準化の動向⁴

⁴ 国土交通省 第5回 CIM 導入推進委員会 (平成30年3月6日) 資料 2-3 (<http://www.mlit.go.jp/common/001224374.pdf>)

5.2.3 英国の取り組み事例（BS1192/PAS1192 シリーズ）

英国政府は BS1192/PAS1192 シリーズ（BIM 実施にあたり、業務段階をまたがるデータ管理の考え方や受発注者間のデータの受け渡し・管理等について示した BIM 推進の基本となる英国基準）、CIC BIM Protocol（BIM 使用に関する責任、自由、制限を取り決めた標準的なプロトコル）、BS8541 シリーズ（BIM 関連部品のライブラリ集）、COBie UK（設計・施工段階から運用段階へと建物の情報を受け渡すためのデータフォーマット）、BS11000 シリーズ（企業が他社と協力して事業を実施できるようにするためのフレームワーク）等が順次整備されている。

また、調査から維持管理までを含めたライフサイクル全体でのデータ管理の考え方も基準の中で述べられており、発注者が BIM の要件を示す EIR、受注者が示す BIM 計画書（BEP）、共通データ環境（CDE）が重要な要素として示されている。CDE（Common Data Environment）とは、データの不完全さ、不確実さ、曖昧さを払拭するためのプロセスであり、プロジェクトに関与するチーム間で情報を収集、管理、共有する情報管理方法である。CDE は作業しているプロジェクトのサイズやタイプに応じて異なる管理方法があり、ODA への適用も可能と考えられる。

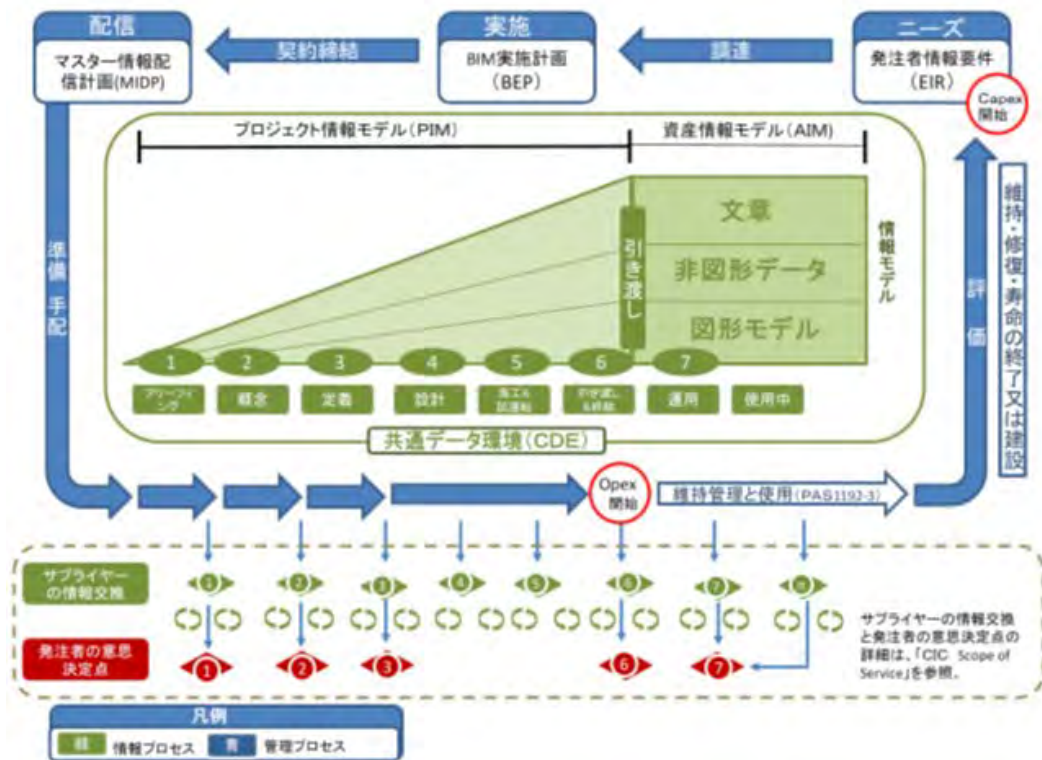


図 5-3 情報マネジメント主要フェーズ

5.2.4 日本・米国の建設構造と CIM との関係

CIM 技術の導入により、調査・設計から施工管理、維持管理まで一連の建設段階における情報共有ならびに一元管理が促進されることが期待されている。各設計段階において、道路管理者や設計者、建設業者、専門工事業者、調査業者といった様々なステークホルダーが関与しており、各国の建設業界の特色やステークホルダーの能力、工事発注単位規模の違い等が CIM の効果発現に影響していることが考えられる。ここでは日本と米国の建設構造を整理し、CIM 技術との関係性を整理した。

(1) 日本の建設構造と CIM との関係

- 工種により、工事発注単位を分割する。

発注者は、主に以下の業務を行う。

- ①品質管理（一部、施工管理コンサルタントに委託）
- ②安全管理
- ③予算管理
- ④環境モニタリング
- ⑤工程管理

※ 個々の工事の工程管理のみならず、工事横断的な調整を含む。輻輳する工事では難易度が高い。

- 諸外国と比較し、発注者の技術力が高いため、3次元可視化やマネジメントツールとしての CIM の必要性が低い状態（ただし、技術職員の少ない地方自治体では CM 方式が活用されている）。
- 工事発注単位については分業化をある程度行っているが、総合工事業者が受注し、元請けが1次下請け以降の管理を行う。CIM はここでの活用が中心。

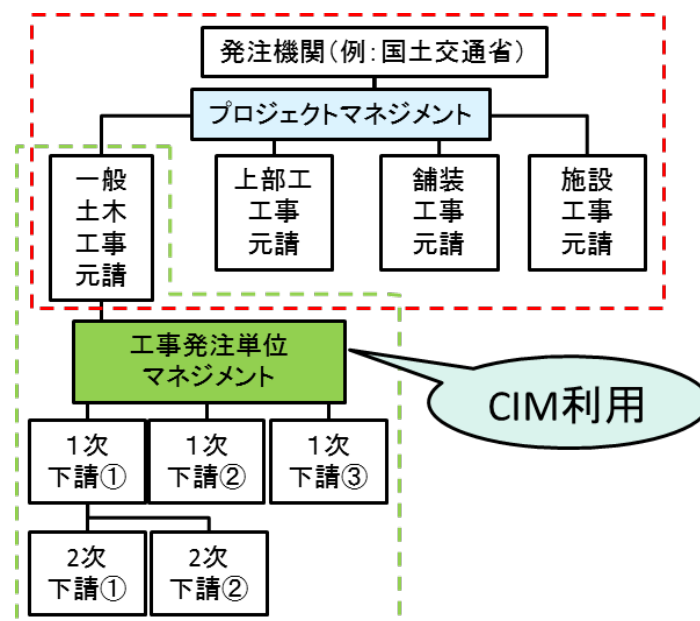


図 5-4 工事発注単位マネジメント

(2) 米国の建設構造と CIM との関係

- CM 契約方式により、マネジメントを委託する。
- 諸外国と比較し、発注者の技術力が低い⁵。
- 工事発注単位については分業化の傾向が高い。

建設業構造からの課題（考察）

- ① 分業化の傾向が強く、高いプロジェクトマネジメントが求められるため、マネジメント業務を外部委託。
 - ⇒調整する一元化ツールのニーズが高く、業務効率化による恩恵を直接的に享受可能。
 - ⇒CIM の開発が進む。

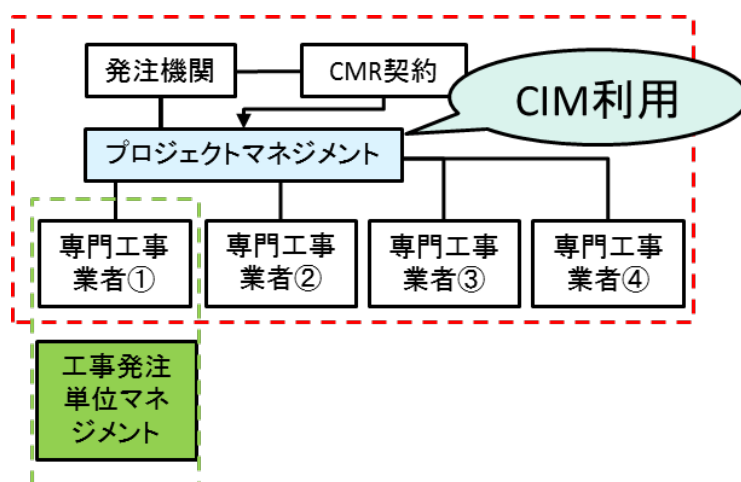


図 5-5 工事発注単位マネジメント⁶

表 5-4 アクターの能力および工事発注単位規模

評価項目	対象国	
	日本	米国
発注者能力	高	中～低
工事発注単位規模	中規模ロット	小規模ロット
下請けの能力	高	—
求められる PJ マネジメント能力	中	大（CM が代行）
求められる工事発注単位のマネジメント能力	中	小

⁵ 「日・米・欧における公共工事の入札・契約方式の比較」
<http://www.jbaudit.go.jp/koryu/study/mag/pdf/j32d09.pdf>

⁶ 「米国における CM 方式活用状況調査報告書参考資料 2」
<http://www.mlit.go.jp/common/000113027.pdf>

(3) 考察

前項で整理したように日本と他の先進国とでは制度整備状況に大きな差異が見られる。他の先進国による CIM 技術開発・制度設計が日本より先行していることや、求められる効果が異なることなどが理由として考えられ、他の先進国と日本との建設業体系（調達制度）が大きく異なることが背景として考えられる。

日本では一つのプロジェクトが工種や区間により分割され、中規模の工事発注単位としてまとめられる。工事種別は一般土工工事、上部土工工事等であり、一程度の分業化が図られているが、一般に総合工事業者が受注し、元請が 1 次下請け企業以降の管理を行う。

プロジェクトの実施にあたり、発注者は一部の業務を施工管理コンサルタントに委託しつつ、プロジェクト期間中は①品質監理、②安全監理、③予算監理、④環境モニタリング、⑤工程監理といった PM 業務を主に行う。発注者による上記の監理対象は、個別工事の監理のみならず工事横断的な調整が含まれる。特に、合併施行や支障物件の移設等、施工の輻輳が生じるプロジェクトや施工部隊の調整が多いプロジェクト監理では難易度が高い。日本では発注者が PM 業務を実施しており、諸外国に比べ、発注者の技術力が高いと評価されている。

一方、米国（英国も類似）では、一つのプロジェクトの PM 業務が、一つの CM/CMR 方式により一括して外部化されるケースが多い⁷。CM/CMR 方式とは、民間企業が、発注者（行政）に代わり、Construction Manager（CM）として、PM を行う調達方式である⁸。また、分業化が進んでおり、個々の工事発注単位は専門業者に向けた小規模な単位で調達される。したがって、調整・指示・監理機能が、CM に集中する。PM 機能を外部化する調達制度が主流化した経緯として、先進国では、発注者の監督/監理能力が相対的に低い一方で、分業化により、多くの施工部隊の調整を求められ、CM に高いプロジェクトマネジメント能力（調整能力）が必要となることが挙げられる。これを、第 4 章の表 4-7 を用いて説明すると、「情報一元化による PM 支援」と「3 次元可視化による関係者間理解の向上」の対象範囲を、1) 事業者間の業務調整、2) 事業の発注単位間の業務調整、3) 1 発注単位の施工部隊・資機材共有者間の業務調整の 3 種の規模毎に分類しているが、先進国では、CM が 2)・3) を調整することとなり、様々な調整・指示が求められる。このような環境下では、CIM 技術の情報一元化機能が、広範囲で発現され、CIM 技術の制度整備が積極的に進められたものと推察される。

対照的に、日本では発注者/元請けが 1 つのプロジェクト全てを一括してマネジメントした実績は少ない。日本におけるこれまでの CIM 技術の活用者・受益者は、元請け企業であり、情報化施工による施工管理の簡素化、施工能力の向上等、直接的な利潤を得る活用が多い。

このように、CIM 技術の効果的な制度設計を行っていくためには、日本と先進国の建設業体系・関係者の役割の差異を理解した上で、先進国の制度設計方法を参考にすることが必要である。

⁷ 「日・米・欧における公共工事の入札・契約方式の比較」
(<http://www.jbaudit.go.jp/koryu/study/mag/pdf/j32d09.pdf>)

⁸ 「米国における CM 方式活用状況調査報告書参考資料 2」
(<http://www.mlit.go.jp/common/000113027.pdf>)

5.3 点検・モニタリング技術の技術・制度基準及びその取り組み事例

5.3.1 日本及び米国における技術・制度基準およびその取り組み事例

ICT 技術活用の技術・制度基準及びその取り組み事例を表 5-5 に整理した。日本、米国ともに政府・連邦政府主導により新技術開発を後押しする枠組み (SIP、SHRP2) が整備されている。また、日本では、各技術の性能を公的に証明する技術認証機関・プログラムとして、建設技術審査証明協議会、新技術情報提供システム (NETIS)、戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) が整備されている。開発途上国において性能を確認する試験を実施することは困難なため、日本における公的な試験機関による検査結果の提示は有効である。

しかし、いずれの制度においても、認定書を英文にて発行できる仕組みになっていない。この場合、開発側で認定書および報告書を翻訳し、日本公証人連合会により公証人手続きを経ることにより、公定翻訳とする必要がある (技術認証機関・プログラムの詳細は、5.3.2 参照のこと)。

道路構造物の点検方法が整理された技術資料 (点検要領) より、近接目視・打音検査といった従来の点検方法を代替する技術として新技術を適用する環境が日本と米国で異なることが明らかになった。日本では、新技術の活用には近接目視に完璧に代替することが条件として求められている。一方、米国では、近接目視点検を主に、必要に応じて点検・モニタリング技術を採用することもできる。開発途上国への新技術の導入においては、上記の視点で当該国の点検要領を確認する必要がある。また、そもそも点検要領が整備されていない国もあり、近接目視点検の義務化により利用されていない日本の点検・モニタリング技術が開発途上国では利用できる可能性があると考えられる (構造物点検制度の詳細は、5.3.3 参照のこと)。

表 5-5 日本・米国における点検・モニタリング技術活用の技術・制度基準及びその取り組み事例

	日本	米国
技術基準	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 建設技術審査証明協議会 2001 年～ ⇒ 民間開発建設技術の技術審査・証明 ▶ 新技術情報提供システム (NETIS : New Technology Information System) 1998 年～ ⇒ 新技術の性能評価・技術認証 ▶ SIP 戦略的イノベーション創造プログラム「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」2013 年～ ⇒ 政府主導で新技術の研究・開発の促進 (資金助成) および性能評価・技術認証 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 第 2 次戦略的高速道路研究プログラム (SHRP2 : Second Strategic Highway Program) 2006 年～ ⇒ 連邦政府主導で新技術の研究・開発の促進 (資金助成) および性能評価・技術認証
制度基準	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 定期点検要領 (橋梁・トンネル・舗装・門型標識・横断歩道橋・シェッド・大型カルバート 等) ⇒ 近接目視点検の義務化 (新技術の活用には近接目視に完璧に代替することが条件として求められている。) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 全国橋梁点検基準 (NBIS : National Bridge Inspection Standards) ⇒ 近接目視点検を主に、必要に応じて点検・モニタリング技術を採用することもできる。 ▶ モニタリング技術に関する制度はなく、採用するにあたり、技術認証の有無を考慮。

5.3.2 技術認証制度に関する技術・制度基準

(1) 建設技術審査証明協議会

「建設技術審査証明協議会は、民間における研究開発の促進及び新技術の建設事業への適正かつ迅速な導入に資するため、会員※が実施する建設技術審査証明事業の透明性、公平性及び客観性の確保並びに審査の社会的信頼性の維持を図り、もって建設技術の向上に寄与することを目的として、平成13年1月10日に設立された。

※会員（平成25年4月1日現在）

- 一般財団法人 国土技術研究センター
- 一般財団法人 土木研究センター
- 一般財団法人 日本建設情報総合センター
- 公益社団法人 日本測量協会
- 一般社団法人 日本建設機械施工協会
- 一般財団法人 ダム技術センター
- 一般財団法人 日本建築センター
- 一般財団法人 建築保全センター
- 一般財団法人 砂防・地すべり技術センター
- 公益財団法人 日本下水道新技術機構
- 一般財団法人 先端建設技術センター
- 公益財団法人 都市緑化機構
- 一般財団法人 日本地図センター
- 一般財団法人 ベターリビング

1) 技術審査の実施基準

➤ 事業の実施方針

建設技術審査証明事業は、民間において自主的に研究・開発された建設技術について、建設事業への適正かつ円滑な導入を図ることを目的として、透明、公平かつ客観的に審査、証明等を実施するものとする。

➤ 審査、証明等の受付

審査、証明等の受付は、審査、証明等を依頼しようとする者より、依頼しようとする技術の開発の趣旨及び開発目標等を記した資料等の提出を受けて行う。

➤ 審査、証明の方法

建設技術審査証明事業における審査、証明は、依頼者から依頼のあった技術の内容について、事実の審査を行い、その結果を客観的に証明する。審査は、依頼者より提出された資料等を基に、受付審査と技術審査によって行う。

➤ 受付審査

受付審査は、依頼された技術の内容等について、建設技術審査証明事業の対象としての適否を審査する。受付審査は、あらかじめ受付審査基準等の審査方法を定め、依頼者から提出された資料等を基に審査するものとする。受付審査は、「民間開発建設技術の技術審査・証明事業」において受付審査の経験又は各会員の代表者が当該事業に対する十分な知識を有すると判断した複数の者による審査会等を設置して審査する。

➤ 技術審査

技術審査は、各会員の代表者が当該技術の内容に対して権威ある学識経験者等と判断した複数の者による委員会等を設置して審査する。技術審査は、受付審査を経て受け付けた技術の内容について、委員会等が定める技術審査の基準に照らして、依頼者から提出された資料等を基に審査する。

➤ 証明

証明は、各会員の代表者が技術審査を終了した案件について、その内容を記した証書（以下、「審査証明書」）を作成して交付するとともに、審査証明書の写し、委員会名簿、技術審査の結果の詳細及び技術資料を記した報告書を作成することにより行う。

➤ 普及活動

技術審査が終了した案件に係わる報告書を関係機関へ配布する等の普及活動に努める。



図 5-6 建設技術審査証明協議会 審査章

2) 技術審査の流れ

建設技術審査証明協議会における技術審査の流れを以下に示す。

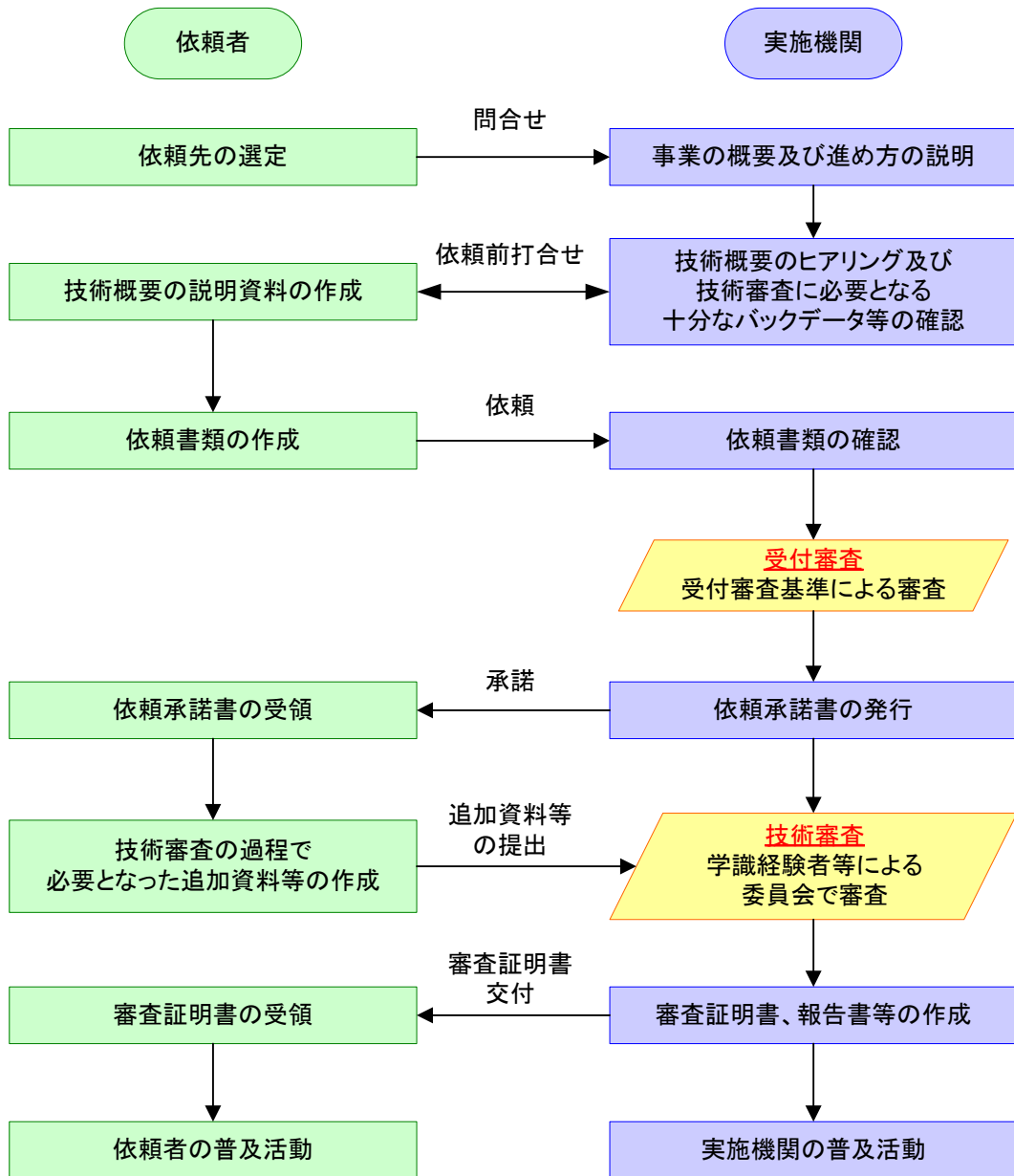


図 5-7 建設技術審査証明協議会における技術審査の流れ

3) 技術認証を受けた非破壊検査例

平成 24 年度 建設技術審査証明事業（下水道技術） 「衝撃弾性波検査法⁹」

➤ 技術の概要

衝撃弾性波検査法は非破壊検査方法で、更生管に軽い衝撃を与えることにより発生する振動を加速度センサで検知し、その波形を解析することで得られる周波数分布を数値化した高周波成分比から更生管の硬化状態を確認できる。また打撃反力のデータから打撃位置での充てん状態を確認することができる。

現場においては、専用の計測ロボットを管内に挿入し、地上に設置したコントローラおよびパーソナルコンピュータにより計測を実施する。

従来、更生管の品質は、人孔管口での厚み計測や硬化確認、物性計測等を確認してきたが、本検査法を用いることにより、管路内の任意位置で硬化確認および充てん状態の確認が可能である。また、非破壊検査であるため更生管の削孔や加工が不要であり、迅速に調査が実施できる。

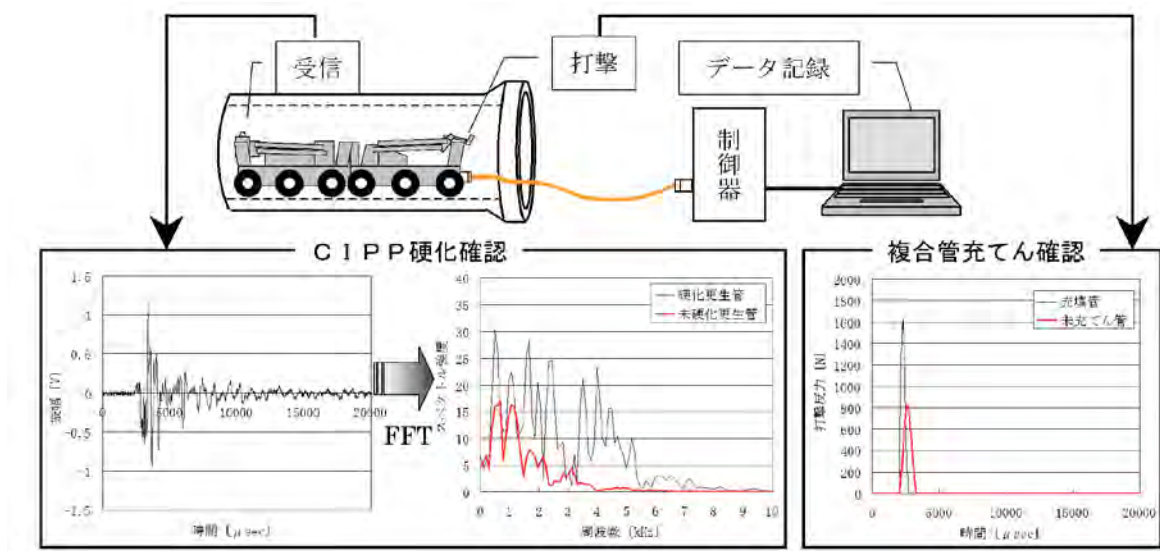


図 5-8 衝撃弾性波検査概略説明

⁹ <http://www.jiwet.or.jp/wp/wp-content/uploads/2013/03/a24d7b5b0bd1fbb4e225df2362936d4a.pdf>

➤ 建設技術審査証明書

「衝撃弾性波検査法 衝撃弾性波検査法¹⁰⁾」に対する建設技術審査証明書を以下に示す。



図 5-9 建設技術審査証明書

¹⁰⁾ <http://www.jiwet.or.jp/wp/wp-content/uploads/2013/03/a24d7b5b0bd1fbb4e225df2362936d4a.pdf>

(2) 新技術情報提供システム（NETIS）

1) システムの概要

新技術の活用のため、新技術に関わる情報の共有及び提供を目的として、国土交通省のインターネット及びインターネットで運用されるデータベースシステムであり、新規の非破壊検査技術についても登録されている。

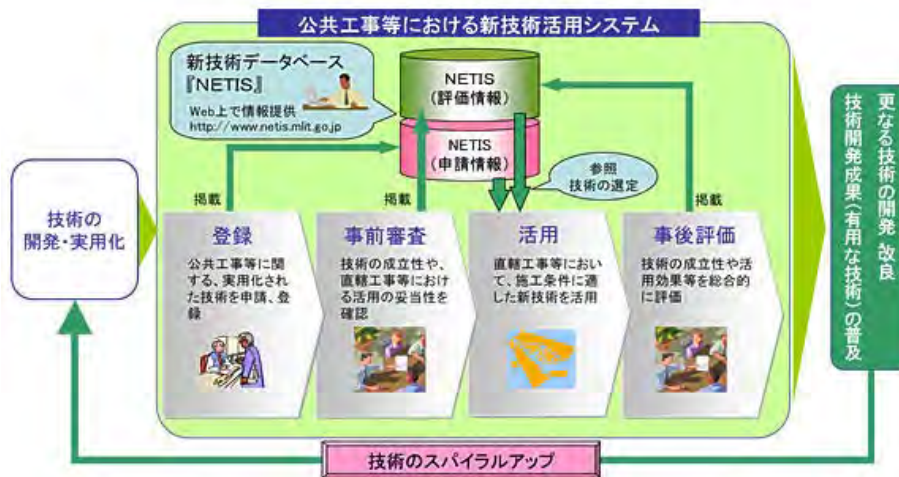


図 5-10 新技術情報提供システム（NETIS）の活用イメージ¹¹

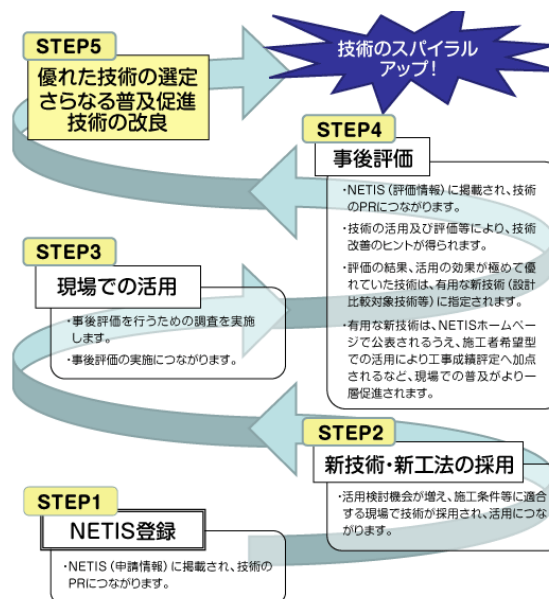


図 5-11 開発者のメリット¹²

¹¹ 北海道開発局 HP <http://www.hkd.mlit.go.jp/topics/netis/01/01.html>

¹² 北海道開発局 HP <http://www.hkd.mlit.go.jp/topics/netis/02/01.html>

(3) SIP 戦略的イノベーション創造プログラム

戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) は、科学技術イノベーション総合戦略 (平成 25 年 6 月 7 日閣議決定) 及び日本再興戦略 (平成 25 年 6 月 14 日閣議決定) において、総合科学技術会議が司令塔機能を発揮し、科学技術イノベーションを実現するため創設することが決定した。SIP は、府省・分野を超えた横断型のプログラムであり、総合科学技術会議が課題を特定し、予算を重点配分するものであり、課題ごとに PD(プログラムディレクター) を選定し、基礎研究から出口 (実用化・事業化) までを見据え、規制・制度改革や特区制度の活用等も視野に入れて推進していくものである。

SIP には、11 重点課題があり、その 1 つである「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」では、世界最先端の ICRT 等、システム化されたインフラマネジメントを活用し、国内重要インフラの高い維持管理水準での維持、魅力ある継続的な維持管理市場の創造、海外展開の礎を築くことを目標としている。この目標を達成するために、(1)点検・モニタリング・診断技術の研究開発、(2)構造材料・劣化機構・補修・補強技術の研究開発、(3)情報・通信技術の研究開発、(4)ロボット技術の研究開発、(5)アセットマネジメント技術の研究開発を研究開発項目に掲げ、維持管理に関わるニーズと技術開発のシーズとのマッチングを重視し、新しい技術を現場で使える形で展開し、予防保全による維持管理水準の向上を低コストで実現させることを目指している。

※ ICRT : ICT(Information and Communication Technology) + IRT(Information and Robot Technology)



図 5-12 開発技術の連携と全体戦略

5.3.3 構造物点検制度に関する技術・制度基準

(1) 比較対象とする点検要領

本節では、米国の「全国橋梁点検基準（NBIS：National Bridge Inspection Standards）」に基づく道路橋点検と、国土交通省が実施している道路橋の点検について、点検種別、点検頻度及び、損傷評価手法等に関する比較を行った。なお、比較の対象として用いた点検要領は表 5-6 の通りである。

表 5-6 道路橋点検要領の日米比較に用いた要領

米国	全体 評価	FHWA (Federal Highway Administration) (2006), Bridge Inspector's Reference Manual (以下、文中では「 <u>BIRM</u> 」と表記する)	
	部材 レベル	AASHTO (the American Association of State Highway and Transportation Officials) (2011), AASHTO Guide Manual for Bridge Element Inspection, First Edition 2011 (以下、文中では「 <u>AASHTO Manual</u> 」と表 記する)	
日本 (国土交通省)		橋梁定期点検要領 平成 26 年 6 月 国土交通省 道路局 (以下、文中では「 <u>直轄点検要領</u> 」と表記 する)	

(2) 点検種別及び点検頻度の比較

道路構造物の点検には、主として第三者被害防止を目的としたものと、構造物の健全性を詳細に把握することを目的としたものがある。

米国における点検種別の定義は表 5-7 に示す通りである。これらの点検要領に示されている橋梁点検種別の定義に基づき、直轄点検要領との比較表を作成した（表 5-8）。

表 5-7 米国の橋梁点検の種類

点検の種類	点検内容
● 初期点検 Initial (Inventory) Inspection	橋梁に関する最初の点検であり、全ての構造インベントリと仕様書適合性(Structure Inventory & Appraisal)データおよびその他の関係データを提供するとともに、基本の構造健全度を確認するための橋梁ファイルの一部となる。
● 定期点検 Routine (Periodic) Inspection	定期的に予定された点検であり、橋梁の物理的および機能的健全度を判断するとともに、初期の健全度または以前に記録された健全度からの変化を確認し、構造物が目下の供用要件を引き続き満たしていることを保証するのに必要な観察と測定から成る（通常、24 か月を超えない間隔での点検が必要）。
(水面下点検) Underwater Inspection	水面下にあり、目視での点検ができず、一般的に潜水やその他の方法が必要な橋梁構造物および周辺水路の水面下部分の点検（通常、60 か月を超えない間隔での点検が必要とされており、定期点検の一種）。
(破壊危険部材点検) Fracture Critical Member Inspection	破壊危険部材の近接点検であり、目視点検または非破壊検査を含む（24 か月を超えない間隔での点検が必要とされており、定期点検の一種）。
● 損傷点検 Damage Inspection	環境要因や人的行為による構造的損傷を評価する予定外の点検。
● 詳細点検 In-Depth Inspection	水面下または水面上の部材のクローズアップ点検であり、定期点検の方法では検知が困難な欠陥を確認するためのもの。場所により、近接点検が必要な場合もある。
● 特別点検 Special (Interim) Inspection	橋梁管理者の裁量で予定される点検であり、ある種の判明した欠陥や疑われる欠陥をモニターするために行われる。

直轄点検及び米国橋梁点検における点検種別と点検間隔について以下に整理した。

表 5-8 直轄点検及び米国における橋梁点検種別の対応表

直轄点検	米国 (NBIS)
(1) 定期点検 (初回：供用後2年以内)	● 初期点検
(2) 日常パトロール	(道路管理者または維持管理会社により実施)
(3) 定期点検 (～5年)	● 定期点検 (～2年) (水面下点検) (～5年) (破壊危険部材点検) (～2年)
(4) 特定点検 (5) 異常時点検	● 詳細点検 ● 特別点検 ● 損傷点検

※ (○年) は点検間隔

(3) 日米道路橋点検比較のまとめ

本章では、国土交通省の道路橋点検と米国の全国橋梁点検基準の違いについて点検手法、点検体系、健全度評価等について、比較表 (表 5-9) にまとめた。

表 5-9 日米の道路橋点検比較表 (まとめ)

国名	アメリカ合衆国 ^{13, 14}	日本(国土交通省) ¹⁵
要領名	道路橋点検マニュアル (BIRM: Bridge inspector's Reference Manual) (構造要素全体) AASHTO Guide Manual for Bridge Element Inspection (部材レベル)	橋梁定期点検要領 (案)、平成 24 年 4 月、国土交通省 国道・防災課
要領の位置付け	連邦規則 第 23 章 ハイウェイ：151 節 全国橋梁点検プログラム (23USC151) 「National Bridge Inspection Standard (全国橋梁点検基準)」に則る	国土交通省の管理する道路橋に適用法的な裏付けはない。
対象施設	公道上にある橋長 6.1m 以上の道路橋 (鋼橋、コンクリート橋、木製橋)	直轄の道路橋 (橋長 2m 以上)
点検の体系	<u>初期点検</u> ：最初の点検。全ての構造台帳とデータ及びその他の関係データを提供。 橋梁の基本の構造状態を確認するための	<u>定期点検 (初回)</u> ：供用後 2 年以内に実施する定期点検。 <u>定期点検 (2 回目以降)</u> ：橋の現状を把握し、

¹³ FHWA (Federal Highway Administration) (2006), Bridge Inspector's Reference Manual

¹⁴ AASHTO (the American Association of State Highway and Transportation Officials) (2011), AASHTO Guide Manual for Bridge Element Inspection, First Edition 2011

¹⁵ 橋梁定期点検要領平成 24 年 4 月 国土交通省 国道・防災課

国名	アメリカ合衆国 ^{13, 14}	日本(国土交通省) ¹⁵
	<p>「橋梁ファイル」の一部を構成。</p> <p><u>定期点検</u>：初期状態又は以前に記録された状態からの変化を確認し、供用要件を満たしていることを保証するための必要な観察と測定の結果をまとめたもの。24ヶ月を超えない間隔での点検が必要。</p> <p><u>損傷点検</u>：環境要因や人的行為による構造的損傷を評価する予定外の点検（ハリケーンや地震、嵐等による事象や交通事故等）</p> <p><u>詳細点検</u>：水面下又は水面上の部材をクローズアップする点検。定期点検では検知が困難な部材の欠陥を確認。</p> <p><u>特別点検</u>：橋梁管理者の裁量で予定される点検。ある種の判明した欠陥や疑われる欠陥をモニターするもの。</p>	<p>異常及び損傷を早期に発見することにより、安全で円滑な交通を確保するとともに、合理的な橋の維持管理のための資料を得ることを目的として実施する。原則として5年以内に実施。</p> <p><u>中間点検</u>：事故や火災などによる不測の損傷の発見や損傷の急激な進展などに対して、概略確認するため実施する点検。</p> <p><u>異常時点検</u>：地震や台風等の災害や大きな事故が発生した場合等、必要に応じて橋梁の安全性を確保するために実施する点検。</p> <p><u>詳細調査</u>：補修等の必要性の判定や補修方法等を決定するために実施する調査。</p> <p><u>特定点検</u>：特定の事象に着目して予防保全的な観点などから、計画的に実施する点検。</p>
点検の頻度	「定期点検」は、24ヶ月を超えない範囲で1回実施する。	5年以内に1回
点検の方法	<p>「目視点検（Visual Inspection）」、「物理的点検（Physical Inspection）」、「詳細調査（Advanced Inspection）」の3種類により行われる。</p> <p>最も一般的で多くの情報が得られるのが「目視点検」。これに加えて、「物理的点検」が補完的な方法として頻繁に使用される。目視で症状を確認し、物理的点検で損傷の定量化を行うことが目的である。</p> <p>「詳細調査」とは、必要に応じて個別に実施する各種非破壊検査等を言う。</p> <p>現地の点検は、チームリーダーと点検員の2名一組を基本とする。</p>	<p>近接目視を主に、必要に応じて簡易な点検機械・器具を用いて行うことを基本とするが、損傷程度をより詳細に把握したり、表面からの目視によるだけでは検出できない損傷を調査する上で、非破壊検査が有効であることも多いため、必要に応じて非破壊検査を採用することもできる。</p> <p>現地の点検は、橋梁点検員1名と点検補助員2名一組を基本とする。</p>
点検の体制	<p>○州運輸省の橋梁点検管理者の配置・・・プログラムマネージャー （役割）橋梁点検・報告・台帳作成・維持管理の責任者 （要件）登録技術士（PE）であるか、10年の橋梁点検の経験を有する者で、かつFHWA 公認の総合橋梁点検研修コースを修了した者</p> <p>○点検主任・・・チームリーダー （役割）橋梁の現地点検責任者 （要件）以下のいずれかの条件を満たすこ</p>	<p>○橋梁検査員 （役割）点検結果に基づく対策区分の判定 （要件）対策区分の判定を行うのに必要な以下の能力と実務経験を有する者とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・橋梁に関する相応の資格又は相当の実務経験 ・橋梁の設計、施工に関する相当の知識 ・点検に関する相当の技術と実務経験 ・点検結果を照査できる技術と実務経験 <p>○橋梁点検員 （役割）点検作業班を統括し、点検補助員と</p>

国名	アメリカ合衆国 ^{13, 14}	日本(国土交通省) ¹⁵
	<p>と</p> <p>1) プログラムマネージャーの資格を有する者。</p> <p>2) 5年の橋梁点検の経験を有し、かつFHWA公認の総合橋梁点検研修コースを修了した者、またはこれに準ずる要件に適合する者。</p> <p>○点検員 (役割) チームリーダー補助、現地点検の実施 (要件) 国家資格としては設定されていないが、各州で独自の講習会の受講等を要件として課しているケースがある。</p>	<p>の連絡を密にして点検調査を実施 (要件) 損傷状況の把握を行うのに必要な以下の能力と実務経験を有する者とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 橋梁に関する実務経験 ・ 橋梁の設計, 施工に関する基礎知識 ・ 点検に関する技術と実務経験 <p>○点検補助員 (役割) 橋梁点検員の指示により, 点検作業の補助を行う (要件) 特に設定されていない。</p>
<p>診断および健全性の判定</p>	<p>【健全性の評価】 橋梁の健全性を主に目視点検によって評価しており、床板、上部構造、下部構造等の単位で「0」～「9」の10段階で評価する。</p> <p>さらに、部材ごとの健全性を評価するため、「健全度1: Good (良好)」、「健全度2」Fair (可)」、「健全度3: Poor (欠陥のある状態)」、「健全度4 Serious (深刻な状態)」の4段階で評価。</p> <p>【健全性評価の単位】 橋梁ごとに全国橋梁台帳 (NBI: National Bridge Inventory) に入力する。例えば、10径間連続橋であれば、10径間分が1橋として扱われ、床板、上部構造、下部構造等の単位で「0」～「9」の10段階で評価し、橋梁ごとに全国橋梁台帳 (NBI) に入力される。 部材ごとの健全度評価結果は、MAP-21§1111; 23 USC 144により、MAP-21 施行後2年以内 (2014年10月1日まで) にNBIへの入力を完了することが規定されており、「健全度1」～「健全度4」に分類された数量を総括表の形式にして入力する。</p>	<p>【損傷程度の評価】 近接目視を主に、点検対象とする部位・部材区分毎に、対象とする損傷の種類 (全26種類) に対して、損傷程度 (a～eの5段階) を評価する。</p> <p>【損傷程度の評価単位】 各部材を構成する要素単位で損傷程度の評価を行う。</p>
<p>措置</p>	<p>部材レベルの健全度評価の結果により、下記の措置が検討される。</p> <p>1 good (良好な状態) : 経過観察、又は表面保護</p> <p>2 fair (可) : 経過観察、表面保護、又は補修</p>	<p>【対策区分の判定】 橋梁の損傷状況 (損傷程度の評価) を把握したうえで、構造上の部材区分毎に対策区分の判定を実施する。 A: 損傷が認められないか、損傷が軽微で補修を行う必要がない。</p>

国名	アメリカ合衆国 ^{13, 14}	日本(国土交通省) ¹⁵
	<p>3 poor (欠陥のある状態) : 経過観察、表面保護、補修、又は補強</p> <p>4 severe (深刻な状態) : 経過観察、表面保護、又は架替え</p>	<p>B : 状況に応じて補修を行う必要がある。</p> <p>C : 速やかに補修等を行う必要がある。</p> <p>E1 : 橋梁構造の安全性の観点から、緊急対応の必要がある。</p> <p>E2 : その他、緊急対応の必要がある。</p> <p>M : 維持工事に対応する必要がある。</p> <p>S : 詳細調査の必要がある。</p>
点検の記録	<p>橋梁点検データベースの様式への入力作業を行う。</p> <p>全国橋梁台帳のデータ、全体レベル及び部材レベルの健全度データ、写真、スケッチ、補修に関する提案等を報告書に記載する。</p> <p>詳細については、州の要領による。</p>	<p>橋梁点検結果等入力システムを用いて点検調書を作成</p>
点検の報告	<p>NBI (全国橋梁台帳) への入力作業を行う。</p> <p>橋梁ごとに床板、上部構造、下部構造等の単位で「0」～「9」の健全度を入力する。さらに、NHS (国家ハイウェイシステム) に登録されている橋梁については、2014年10月までに各部材のCSI (健全度1) ～CS4 (健全度4) の数量を集計したものも入力する。</p>	<p>各事務所の点検結果は各地方整備局が集約</p>

5.3.4 米国のモニタリングに関する技術・制度基準

米国においてはモニタリング技術を適用した事例は多く存在するが、現時点ではモニタリング技術が体系化され、点検要領のような基準・制度が整備されている状況にはない。

モニタリング技術の適用の傾向としては、長大橋など特殊な橋梁等に対して、振動特性などを把握するために加速度センサや変位計を設置する事例はあり、構造物の挙動(加速度等)自体を把握する要素技術は、実用可能なレベルにあるため、これらを組み合わせたモニタリングシステムとして、構造物の状況・状態を評価できる技術の開発が期待される。

一方、通常の中小橋梁にモニタリング機器を設置する例はあまりない。中小橋にはロボットやUAV等を活用した定期的なモニタリング(点検)の事例が多い。定期的なモニタリングについては、非破壊検査技術との棲み分けが課題である。

また、一部の技術は、研究段階から実用段階に移行しつつあるものの、構造物の挙動自体を把握した上で、構造物の状況・状態を評価まで十分に実施できている事例はほとんどない。

米国におけるモニタリング技術の現状は以下の通りである。

- The Vision for Civil Engineering in 2025¹⁶にて、2025年までにより多くのセンサを使って、管理を高度化していくことを目指している。
- 米国のモニタリング技術を構成する技術分野は以下の3つがある。
 - 1) センシング及び計測

¹⁶ <http://www.asce.org/vision2025/>

- 2) データのネットワーク化と保存
- 3) 分析及び解釈
- 米国に限らず諸外国の事例をみても一つの技術で全ての損傷が発見できるような技術はない。構造物の状況を把握するためには、現時点では各々の技術の特徴を把握し、複数の技術を組み合わせて効果的に使うことが実用的である。
- モニタリングデータは一般等に公開しておらず、関係する機関（データの分析や解釈を専門とする機関等）のみで共有している。

開発途上国への導入を考えた場合、上記のような米国に代表される先進国の実情を考慮しつつ、かつ、下記に示す開発途上国共通の留意点を踏まえた検討が必要である。

1) 現地で連携可能なパートナー

開発途上国に拠点がない場合、資機材の輸送又は持ち込みに関する手続きが必要であることに加え、輸送した資機材の現地での受取先がなく、また、現地において必要な車両や発電機の借り上げも、現地に住所がない場合は手続きが煩雑になる。また、デモンストレーションにおける事前の準備と現地での様々な機器の調達のためには、現地における協力者が必要であり、適切なパートナーを見つけることが課題となる。この課題に対しては、JICA の在外事務所の協力が必要となる。

2) 国際規格への対応（EN や ASTM などの欧米の規格が重視される）

国際入札等では米国試験材料協会（ASTM: American Society of Testing and Materials）の基準や、欧州規格である EN 規格が仕様に採用される場合が多く、国際規格に登録されていない日本の技術で参入する場合、障壁になるケースがある。国によっては、国際連盟等に参加していることで、日本の認定を批准することも可能であるが、ISO 等の国際規格に関する議論に積極的に参画し、日本の技術が広く活用できるように標準化等の活動を実施する必要がある。

3) 開発途上国のインフラ管理者の意識の低さ（管理の高度化に対する意識がない）

高度な技術の普及・販売には初期費用がある程度高額となるが、一般に開発途上国の道路管理者は維持管理に関する意識が低く、新設構造物に対する投資に比べて維持管理に対する投資への理解が浅い場合がほとんどであることから、良い技術であっても開発途上国への展開は容易ではない。

この問題の解決策としては、技術協力プロジェクトを絡めて技術の普及促進および維持管理に対する意識の向上を図る等の活動が必要となる。

第6章 追加調査・研究内容案の作成

6.1 ICT 技術の効果と課題および動向の整理

第3章および第4章で整理した ICT 技術の効果と課題ならびに日本と他の先進諸国の動向を下記に取りまとめる。

表 6-1 ICT 技術の効果と課題の概要

技術	効果	課題
CIM 技術	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 品質確保・手戻り防止 ➤ 早期段階での課題対応・フロントローディング ➤ リーンの原則による効率化 ➤ 3次元可視化による施工管理の効率化、干渉チェックなど ➤ プロジェクトマネジメント (PM) による施工監理・管理の効率化 ➤ 作業員の縮減 ➤ 土工事の品質・精度の確保 ➤ 関係者間の相互理解向上 (合意形成を含む) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 適用範囲に関する課題 モデル化の課題、データ共有に関する課題、発注形態の課題等 ➤ 導入に向けた課題 技術面 (初期投資、人材等)、制度面 (発注形態、設計瑕疵等) ➤ 運用に向けた課題 情報共有、情報セキュリティ、CIM 技術の継続性
点検モニタリング技術	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 点検の合理化、作業の軽減 ➤ スクリーニング ➤ アクセス困難 ➤ 安全性向上 ➤ 予防保全段階の損傷検知 ➤ 定量的データの取得 ➤ 画像データによる損傷の正確な把握 ➤ 共用状態の自動判断 ➤ 初期不良の把握 ➤ 対策の妥当性の把握 ➤ 交通開放作業の短縮 ➤ 通行危険箇所の放置時間短縮 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 高額な費用 ➤ 点検範囲の制約 ➤ センサーの寿命 ➤ データのばらつき ➤ 高度な操作・分析能力が必要

上記の ICT 技術の効果と課題に加え、CIM の利用目的に関し、日本と他の先進諸国の方向性の違いも明らかになった。日本は 3D モデルを軸に据えた高度利用を目指しているが、他の先進国は PM ツールとしての利用することを目指している。これは、日本は他の先進諸国に比べ、契約文化が薄いこと、発注機関が高いマネジメント能力を有していること、マネジメント技術といったソフトな技術よりもハードな技術、視覚的にインパクトのある技術が注目されやすいことに起因するものと推察される (5.2.4 参照)。

6.2 ODA 事業への適用

前述の通り、CIM 技術に関しては日本と他の先進諸国とでは、利用目的の方向性が異なっているが、開発途上国への導入を図る際には、日本以外の先進諸国が目指している PM ツールとしての利用を目指すべきであると考えられる。

理由としては、開発途上国における発注者のプロジェクトマネジメント能力は発展途上であり、かつマネジメントが行える人材の絶対数が不足しているため、マネジメント技術の向上を支援するツールが望まれていること、および開発途上国も将来的に直面するであろう維持管理時代に向けて、効率的な維持管理を行うためのデータを蓄積していくことが将来的な維持管理の効率化につながると考えられるためである。

6.2.1 PM ツールとしての適用可能性に関する考察

CIM の PM ツールとしての適用可能性を以下に整理した。ただし、この PM ツールは 3 次元ツールに限らず、2 次元ツールとして適用することも考えられる。

- (1) 既存プロジェクトにおける PM に関する課題
- (2) CIM を PM ツールとして活用する方法および期待される効果

(1) 既往プロジェクトにおける PM に関する課題

- | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none">1) 円借款事業等で活用する FIDIC 契約約款の中では、発注者 (the Employer)、コントラクター (the Contractor)、エンジニア (the Engineer) の三者構造で役割を分担している。また、“The Engineer”としての役割を担うコンサルタントは、各専門技術者、検査技術者等による分業化が進んでおり、一連の業務の手続きがドキュメント (書面・レター等) の交換を前提にした手続きが一般的とされている。2) FIDIC 契約約款に基づく契約は、数量精算方式 (Bill of Quantity) によるものが主流であり、施工時における数量の変更に対して柔軟に対応できる反面、数量の確認、承認手続き、支払い手続きには数多くの確認プロセスが必要とされ、書類作成・審査に多大な労力を費やしている。3) こうした既往の建設管理手法は、出来高の確認、審査、承認に時間を要し、さらには支払い手続きの遅れ、施工業者のキャッシュフローの悪化、支払い遅延金利の発生などの問題を引き起こす要因の一つにもなっている。 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

- 1) エンジニアは、支払証明、工事の監理、設計変更の指示やクレームの査定等の契約管理を担当している。これらの役割を果たすために、通常、施工監理コンサルタントは、各種 Structural Engineer (SE)、Material Engineer (ME)、Quantity Surveyor (QS)、Site Inspector (SI)、Topo Surveyor (TS) などの要員で構成され、各担当作業を分業して行っている。エンジニアは契約書に基づく中立的な立場で各種手続きを行うが、発注者の代理人としての位置づけとなるため、クレーム等により施工業者との間に紛争が生じた場合を想定し、紛争調停委員会 (Dispute Board; DB) が設立され、第三者として紛争解決を行う。一般的には、工事期間中の支払いに至るプロセスは、下記のような担当に分かれている。

表 6-2 工事期間中の支払いに至るプロセス及びその担当

	測量	施工図	材料	現場管理	支払い	設計変更	クレーム
コントラクター	実施	作成	申請	品質管理	請求	実施	申請
エンジニア	立会 (TS)	承認 (SE)	承認 (ME)	検査 (SI)	審査 (QS)	変更指示	審査
発注者					承認	(承認) ※1	承認
紛争調停委員会							調停

※承認の要否は契約により異なる。

- 2) 工事の出来高を確認するために各担当が分業で承認・検査等を行い、これらのプロセスを経て施工業者より支払い請求が行われる。この際、BOQ 項目毎に多くの承認手続きを経たエビデンスが添付される。現在はこれらのプロセスのほとんどが紙ベースで処理されており、デジタル化があまり進んでいない。また、各種中間払いは月単位で行われることが通常であるため、出来高精算、修正、変更などが日々重なり、こうした記録のトレース、検索、確認などに多くの時間を費やしているのが実態である。さらに、ODA の場合、上記の作業の多くはローカルスタッフが担当することが多く、また、明確なガイドラインなどが十分に整備されていない環境での業務が多いため、手続きの方法や判断基準が属人化しやすく、人為的なミス・手戻りが発生しやすい環境にある。
- 3) FIDIC で規定する一般的な支払い手続きでは、コントラクターから請求が行われた後、28 日以内にコンサルタントが審査 (Certification) を行い、56 日以内に発注者の承認、支払い手続きを完了することが義務付けられている。こうした時間の制約がある中、書類の不備、不明瞭なデータの確認、承認書類の作成、回覧などに多くの時間が費やされ、既定の支払い期限を超過することで発生する遅延金利などが問題となり、発注者とコントラクター間の紛争の要因となることも少なくない。

(2) CIM を PM ツールとして活用する方法および期待される効果

- 1) コントラクター、コンサルタント、発注者が行うそれぞれの作業を、仮想空間上のプラットフォームで行うことにより、各担当者間の書類の受け渡しの時間短縮、記録の省力化、トレーサビリティの向上が期待できる。
- 2) 各種検査、審査の過程で使用する図面情報・数量情報・設計変更情報が一元化され、過去の審査記録との連動も可能であるため、人為的なミスを削減し、また審査基準等をシステム上で統一することで、作業の属人化を抑制し、3 者間での合意形成も行いやすくなる。
- 3) 手続きの効率化により支払い手続きが円滑化し、コントラクターのキャッシュフロー改善、また発注者に課せられる遅延金利の抑制等が期待できる。また、承認プロセスの進捗を可視化することで、手続きの遅れ等を予防する効果も期待できる。

- 1) 各種検査、審査で使用される図面情報・数量情報の共有を仮想空間上で行うためのネットワーク環境が必要となる。開発途上国、特に遠隔地など通信環境が十分整備されていない国での適用に課題が残る。

- 2) 各種作業のプラットフォーム化、検査、審査のデジタル化を進めるために、システムへのアクセス管理、情報セキュリティの高度化、ローカルスタッフも含め CIM ツールの操作方法を習熟する必要がある。
- 3) CIM 上に記録される属性コードと BOQ アイテムを連動させることができれば、CIM と支払いに係る承認手続きを連動させることが可能になる。ただし、現在 CIM ツールとして市場で販売されている製品にはこうした機能が無いため、独自で専用ソフトやクラウド/専用サーバー等の開発が必要である。また、BOQ アイテムは、独自の標準 BOQ を整備している国も多いため、システムの開発に際しては、対象国またはプロジェクトに応じたカスタマイズが必要になる場合もある。

6.3 パイロットプロジェクト案

CIM 技術に関しては、開発途上国において導入された実績は無く、上述の効果・課題を含め、開発途上国における実際の効果および課題を抽出し、体系化するためには、パイロットプロジェクトを実施することが望ましい。パイロットプロジェクトの位置づけを図 6-1 に示す。

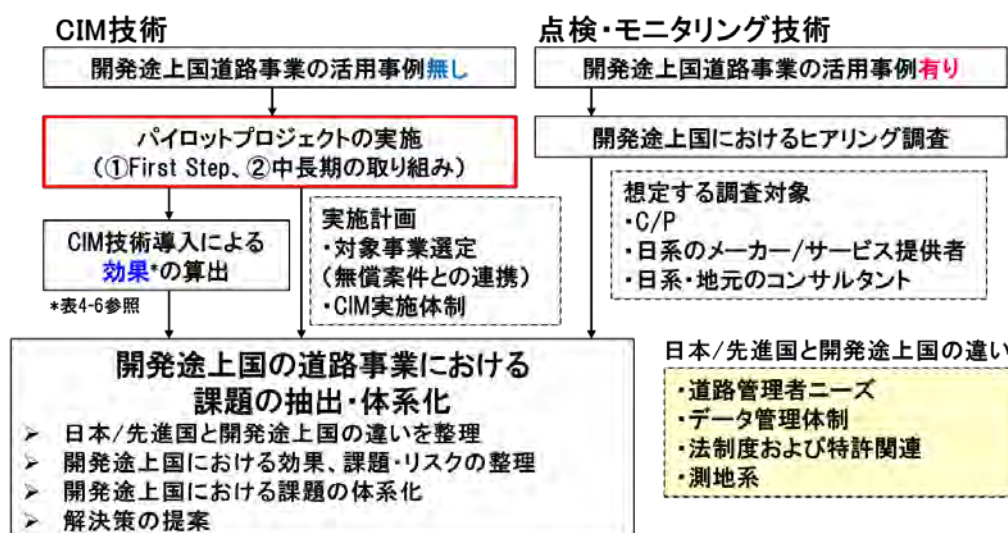


図 6-1 パイロットプロジェクトの位置付け

パイロットプロジェクトにおいては、CIM 技術導入による効果（表 4-7 で示した 3 項目¹⁾）を算出し、道路分野 ODA 事業の有効性を確認するとともに、開発途上国独自の事情による課題を抽出・体系化する。効果の検証に関しては、パイロットプロジェクト実施者へのヒアリングにより評価する。具体的な導入方法に関する基礎資料を 6.5 節に整理した。

(1) CIM の促進に向けた取り組み案（First Step として、3 年以内での実施を想定）

本調査から CIM の導入効果が発現するのは多くの施設が幅濶し、工種の多い有償資金協力案件もしくは大規模の無償資金協力案件である。具体的工種として、立体交差事業（立体工事での道路切り廻し、地下埋設物への影響確認効果が期待できる）が考えられる。しかしながら、最初からこういった事業監理が複雑なプロジェクトに導入を図ることはリスクが高いこと（モデル化に多くの労力を要し、CIM 本来の効果（PM ツール）の検証に至らない可能性がある）、PM ツール

¹⁾ 「機械化による業務の半自動化」、「フロントローディング」、「コンカレント・エンジニアリング」

としての利用のためには測量、計画、設計、施工の一連の流れの中での課題や効果を検証することが望ましいと考えられるため、CIM 促進の足掛かりとして、技術協力プロジェクト内でのパイロットプロジェクトの実施を提案する。例えば、建設の品質管理技プロや、道路・橋梁の維持管理技プロにおいて発見された架け替えが必要な橋梁に対して、技術協力プロジェクト内で架け替え工事をパイロットプロジェクトとして実施する。架け替え工事にあたり、測量、計画、設計、施工の一連の流れを技プロを実施している JICA 専門家チームの監理の下で CIM を用い、各フェーズ内およびフェーズ間で生じる課題や効果を抽出し、制度設計への知見とするとともに、相手国側 C/P への興味付け（初歩的なトレーニングを実施）を行う。パイロットプロジェクトは 1 件（1 カ国）だけでなく、複数の技プロ（数カ国）で実施することで、短期間で多くの課題や効果の抽出が可能である。

また、4.2.3 節で述べた通り、CIM の促進に向けてはまず人材育成、業界全体のボトムアップが必要であることから、日本国内の各社が CIM 導入を促進するよう、将来的な方針（例：2020 年から完成予想パースは CIM により、詳細度 200（表 6-3 参照）で作成する等）、およびそれに向けた制度（入札時 or 評価時の加点等）のアナウンスが必要である。これらを踏まえて、受発注者の取り組むべき事項を以下に示す。

【発注側】

- パイロットプロジェクトを実施する技プロの選定
- 将来の CIM 導入スケジュールおよび活用方針の検討
- 活用促進の方法として、仕様書に①完成予想図の 3D モデル作成、②3 次元化による手戻り防止・品質向上の取り組みを記載する。
- CIM 導入に要する費用の計上方法の検討（機材費としてのソフトウェア使用料、CIM 要員の MM 等）

【受注側】

- CIM マネージャおよびオペレータの育成
- CIM の導入および活用方法の検証

CIM マネージャの要件としては、日本国内で CIM 業務を実施している先端建設技術センターへヒアリングをした結果を 2.4.2 節に記載している。

表 6-3 CIM における各工種統一した詳細度の定義²

詳細度	共通定義
100	対象を記号や線、単純な形状でその位置を示したモデル。
200	対象の構造形式が分かる程度のモデル。 標準横断で切土・盛土を再現、又は各構造物一般図に示される標準横断面を対象範囲でスイープ（押し出し）させて作成する程度の表現。
300	附帯工等の細部構造、接続部構造を除き、対象の外形状を正確に表現したモデル。
400	詳細度 300 に加えて、附帯工、接続構造（ボルトは除く）などの細部構造及び配筋も含めて、正確に表現したモデル。
500	対象の現実形状を正確に表現したモデル。

² http://www.cals.jaic.or.jp/CIM/study/pdf/h27/H27report_0629.pdf

(2) CIMの促進に向けた取り組み案（中長期の取り組み）

CIMは最終的にはPMツールとしての利用を目指していることから、3次元モデルの精緻化に向かうと、ツールの適用限界によるモデル作成の手間や照査の長期化による応札意欲の低下が懸念されるため、CIMの導入効果は限定的と考えられる。従って、中長期的なCIMの導入は、輻輳施工箇所での4Dモデル、埋設物等支障物件の3次元化といった事業課題箇所の見える化によるプロジェクトマネジメント業務での活用を目指す。さらにPMの効果を高めるため、CIMにコスト・工程の情報を連係してPMツールと見なし、定期状況レビュー会議の開催等の体制と併せた運用を行う（先進国において、CIMに併せてCM方式が採用されている）。導入対象事業としては、効果の高いと考えられるLRT（高架）やフライオーバー（陸橋）、アンダーパスなどの都市土木事業での展開を目指す。また、設計段階からコントラクターがプロジェクトに参画することで（ECI、WCS方式）、情報共有が容易になり（類似する契約方式としてCM方式がある）、導入効果の向上が期待できる。

受発注者の取り組むべき事項を以下に示す。

【発注側】

- PMツールにCIMを活用することを前提とした制度設計（準備調査から建設、維持管理まで）
- 仕様書に、①輻輳箇所の4Dモデル（参考図）、②埋設物等支障物件の3次元化、③CIMによるPM活動の実施及び体制構築、④事業課題箇所を記載する。
- 成果品の納品仕様の改定検討

【受注側】

- CIMマネージャの育成
- PMツールとしての活用（施工監理から）

【その他】

- CIMとPMの連係による情報一元管理システムの構築

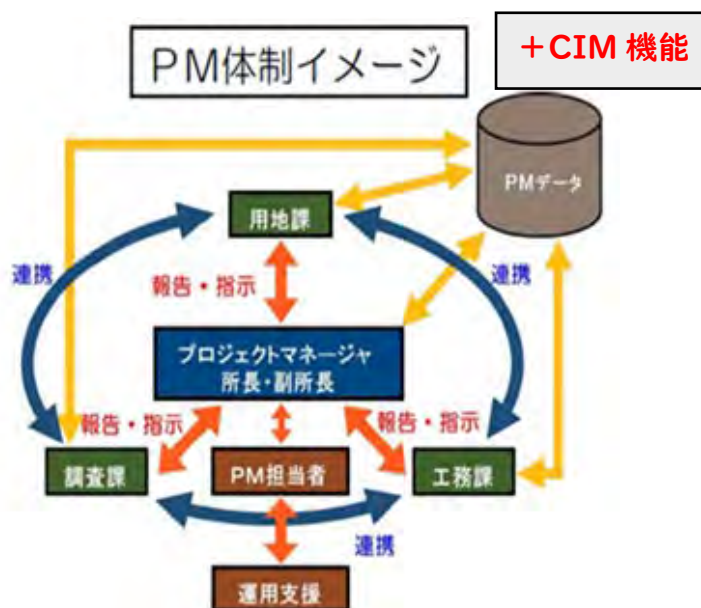


図 6-2 PM体制イメージ

6.4 追加調査・研究案

6.4.1 追加調査・研究案（その1）

テーマ：日本/先進国の事例に基づく開発途上国の道路事業における ICT 技術活用に関する調査
目的：開発途上国の道路事業における課題の抽出・体系化
内容：（1）、（2）参照、フローは図 6-1 参照。

(1) CIM 技術

開発途上国における道路分野 ODA 事業の CIM 活用事例については、プロポーザル提出時の自主的な提案により取り組まれているものの、それらは 3D の完成イメージ（3 次元のパース図）程度に留まっており、本来の CIM 活用目的とは大きく乖離がある。

追加調査は、パイロットプロジェクトのモニタリングを担い、CIM 技術導入による効果を抽出し、道路分野 ODA 事業の有効性を確認するとともに、開発途上国独自の事情による課題（表 4-7 参照）を抽出・体系化する。

(2) 点検・モニタリング技術

開発途上国における道路分野 ODA 事業の点検・モニタリング技術の活用事例は多数あり、本業務で実施したアンケート調査の中でも、「開発途上国の導入経験がある」と回答した回答者が複数確認された。調査では、開発途上国の導入課題についても質問し、「日本の認証結果が、海外においてどの程度受け入れられるかが不明である」、「メンテナンスには、製品の母体となる機器メーカーのサポートが必須であり、アフターケアのために当該メーカーの各国代理店と連携体制を構築しなければならない。」といった回答が得られている。これらは、企業が開発途上国に点検・モニタリング技術を積極的に導入・展開していく上での障害である。また、道路アセットマネジメントにおける PDCA サイクルの定着という技術協力プロジェクトの目標を達成する上でも課題である。現時点で想定される開発途上国の課題に関する基礎資料を 6.5.1.1、6.5.1.2 に整理した。

追加調査では、アンケート調査及びヒアリング調査により、開発途上国独自の事情による課題を抽出・体系化する。調査対象は、カウントパート（C/P）、当該技術のメーカー/サービス提供者、日系・現地のコンサルタントとし、広い視野により分析することが重要であると考えられる。

(3) 開発途上国における点検・モニタリング技術の課題

アンケート調査、ヒアリング調査に基づき、開発途上国における点検・モニタリング技術の課題を整理した。技術の開発者、利用者を対象に調査しているため、ODA 道路事業における課題というよりも、技術の定着化に資する課題が多く抽出された。ここで、技術の定着化については、2 パターン考えられる。①技術の現地化、②サービスの定着に分けられる。①は、ODA 終了後も、C/P が当該技術を継続的に利用する。或いは、現地コンサルタントを使って C/P が継続的に技術を活用することである。②は、ODA 終了後も、日本から現地に訪問して継続的にサービスを提供することである。①には、「人的課題」、「技術的課題」、「予算上の課題」、「ビジネス上の課題」が抽出された。C/P が継続的に技術を活用する場合は、上述の通り多くの課題が懸念される。一方、②のサービスの定着は、「予算上の課題」のみである。しかし、日本から現地へ訪問して、サービスを継続的に提供する場合は、人件費・経費が高額になり、予算の確保は大きな障害となると考えられる。

また、ODA 道路事業での（技術導入段階での）課題として、日本の研究機関等の技術認定書が

和文のみしか発行されない場合があり、英文版の発行には別途日本公証人連合会により手続きが必要になることが挙げられた。

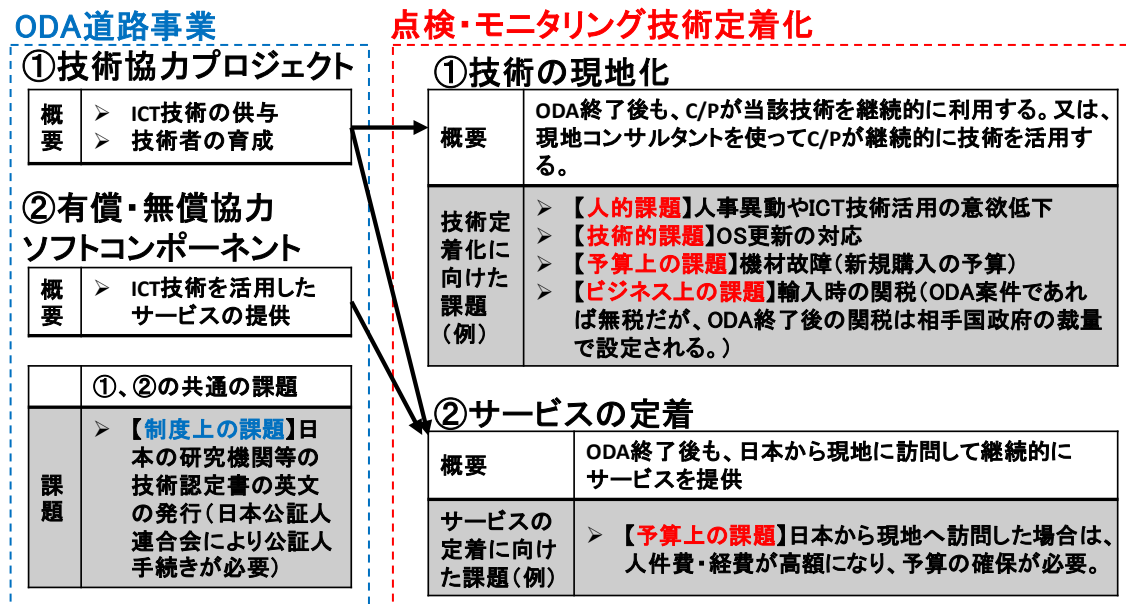


図 6-3 開発途上国における点検・モニタリング技術の課題

6.4.2 追加調査・研究案（その2）

テーマ：ICT 技術を活用した道路分野 ODA 事業実施に向けた JICA が抱える課題・解消方法

目的：JICA が抱える課題・解消方法が明らかになる

内容：（1）、（2）参照

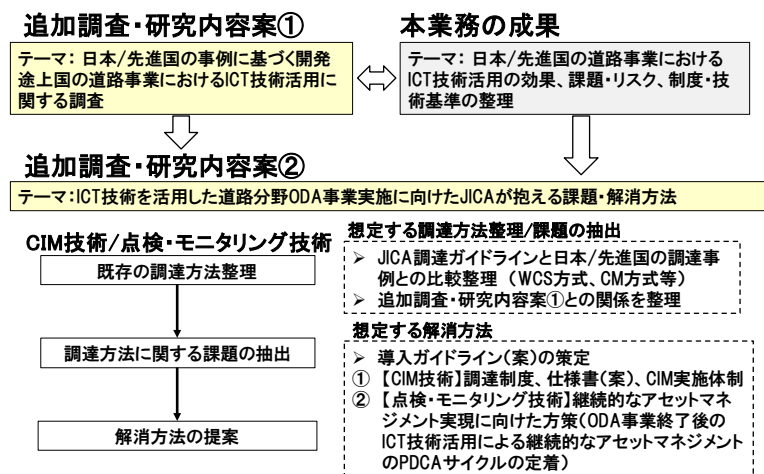


図 6-4 追加調査・研究内容案（その2）のフロー

(1) CIM 技術

追加調査では、JICA 調達ガイドラインに整備された調達方法及び日本/先進国の調達方法を比較検証し、CIM 技術の導入・推進という観点から、調達方法に関する課題を抽出し、それらの解消方法を提案する。解消方法として、調達制度、CIM マネージャに関する Requirement 等を含めた

仕様書（案）、CIM 実施体制を整理することを想定している。なお、これらは、ICT 技術導入ガイドライン（案）としてガイドライン化することが考えられるが、追加調査研究内容案①の結果に基づき、ガイドライン化の要否を検討することとする。

(2) 点検・モニタリング技術

開発途上国の道路事業における課題として、6.4.1（3）で整理している通り、ODA 事業終了後の技術定着化が挙げられる。この課題に関する解消方法は、技術協力プロジェクト以外の方法（JICA 道路アセットマネジメントプラットフォームの活動、中小企業支援）を含めた検討が必要であると想定する。追加調査では、上記の観点を含め、ICT 技術活用による継続的なアセットマネジメントの PDCA サイクルの定着に向けた課題を抽出し、それらの解消方法を提案する。

6.5 開発途上国への導入に関連する基礎資料

6.5.1 ODA 事業への CIM 導入に関する整理

CIM 技術のパイロットプロジェクト実施に向けた基礎資料を整理した。具体的には、第 3 章で抽出した 6 つの活用方法において、それぞれ導入方法を整理した。ここで、受発注者による CIM 導入の目的は、下記に示すようにそれぞれの立場により異なることから、受発注者の CIM 導入目的についても整理した。

表 6-4 ODA 事業の適用方針（活用方法と契約形態）（案）

No.	活用方法	主な効果	契約方法	契約期間
1	データマネジメント	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 品質確保・手戻り防止 ➤ 維持管理の高度化 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ECI・WCS との連携 ➤ 施工監理業務に CIM マネージャを配置 	施工監理業務期間
2	施工監理	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 施工監理・課題 ➤ 工程管理・予算管理 (PM) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 施工監理業務に CIM マネージャを配置 	同上
3	ICT 土工	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 土工事の品質・精度の確保 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ICT 土工導入する旨を工事の特記に示す 	工事期間
4	3次元可視化	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 現地作業員への指示・教育 ➤ 干渉チェック等の課題抽出 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ CIM 活用の義務化（施工者） ➤ CIM 活用方法の具体化 	工事期間
5	維持管理段階	<ul style="list-style-type: none"> ➤ データマネジメントによる維持管理の高度化 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 維持管理業務として CIM マネージャを配置 	単年度・複数年（教育に資する期間）
6	3次元計測	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 早期段階での課題対応・フロントローディング 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 設計段階で 3次元計測実施を義務づける 	設計段階 各段階での契約

表 6-5 受発注者の CIM 導入目的

受発注者	導入目的	
発注者	プロジェクトの円滑な管理・運営	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 3次元モデルによる関係者の理解促進 ➤ 工程の遅れの原因の視覚化 ➤ 3次元測量導入による事業の迅速化・品質確保
	工事情報の一元管理により、維持管理の際に活用可能	<ul style="list-style-type: none"> ➤ データベースとしての利用により、検索性の向上 ➤ モニタリング技術との連携やアセットマネジメント導入等の高度化
受注者	安全かつ効果的な工事管理	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 作業員とのゴールの共有により工事の手戻り、手待ちの防止 ➤ 現場の状況変化の事前把握
	受発注者間の情報共有による効率化	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 3次元モデルによる理解促進、協議時間の短縮

※ 発注者：プロジェクト管理者を含む、受注者：総合建設会社、工事会社を含む

(1) データマネジメント

前述の通り、パイロットプロジェクトにおいては、CIM を PM ツールとして利用することを目指すため、データマネジメント手法が大きな課題となる。特に表 4-7 に示した課題のうち、「属性情報のコード化」「セキュリティ機能（体制）の整備」「標準交換フォーマット」が課題として思慮される。属性情報のコード化については、建設時から将来的（維持管理において）に必要なと思われる属性情報をパイロットプロジェクトにおいて抽出する（現在、属性情報の統一的理解はない）。また、セキュリティ確保に関しては、今後はクラウドサービスを利用することが想定されるため、利用するクラウドサービスが、クラウドサービスに関する情報セキュリティの国際規格である ISO/IEC27017:2015 を取得しているか確認する必要がある。標準交換フォーマットについては、現在検討段階であることから、パイロットプロジェクトにおいては実施監理するコンサルタントが使用するソフトウェアを用いることとし、パイロットプロジェクト期間中のソフトウェア使用料を契約金額に含めることで対応可能である。

表 6-6 ODA 事業への導入方法（データマネジメント）

No.	整理項目	整理内容
1	概要	標準化されたプロセスを元に正確な情報を作成し関係者間で共有する仕組みを導入
2	効果	<p>図面とドキュメントの不整合などを防ぎ、品質確保や手戻りの防止に繋がる</p> <p>プロセスと各段階で提出すべきデータを定義しておくことで手待ち時間の防止（リーンの原則）を行う</p> <p>設計・施工段階で生じた情報を維持管理段階に引き継ぐことで、維持管理の高度化に繋がる。</p>
3	契約方法	<p>ECI（Early Contractor Involvement, 有償の WCS）と組合せることで効果が大きくなる。</p> <p>データを管理する CIM マネージャと契約する必要がある。（事業規模を考慮し、配置先を選定）</p>

No.	整理項目	整理内容
4	課題	データ管理方法の標準化とともに事業プロセスを定める必要がある。 上記ルールを関係者全員で共有・実行するための教育が必要である。 属性情報のコード化が必要となる。
5	必要な制度・技術	データ管理システムの構築（セキュリティ） データマネジメント基準の確立

英国の BS1192 の様にデータマネジメントとプロセス管理による効率化

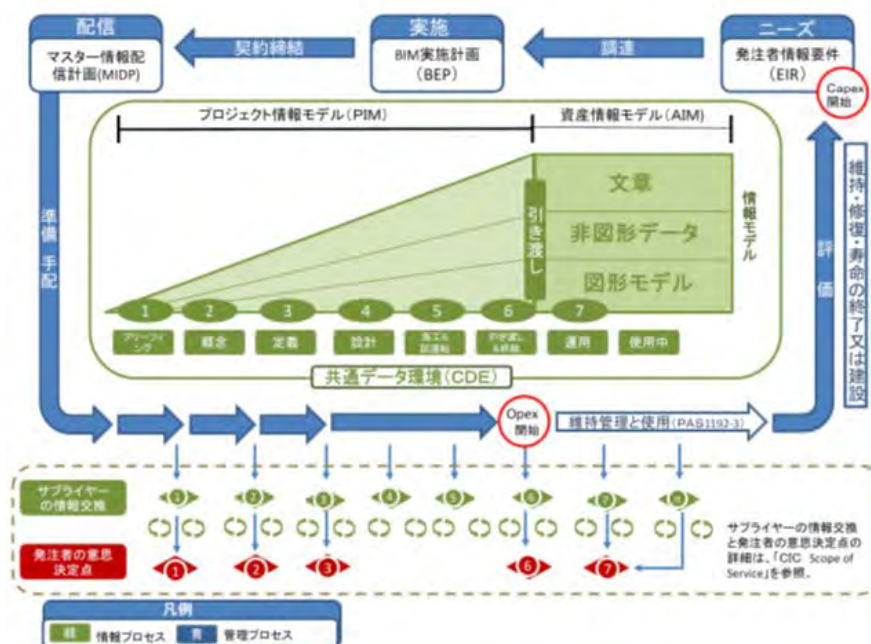


図 6-5 情報マネジメント主要フェーズ³

(2) 施工監理（管理）

表 6-7 ODA 事業への導入方法（施工監理（管理））

No.	整理項目	整理内容
1	概要	施工段階で 3 次元モデルと属性情報を連係した施工管理を行う
2	効果	複数箇所で行工を行う場合に、CIM を用いて工事用道路や施工範囲等の工事間調整を行う 周辺施設との近接程度や干渉度合いを 3 次元的に確認しながら、適切な対策や設計変更を実施する 事業の進捗・コスト・時間管理を CIM モデルと連係し、早期に課題やボトルネック箇所を抽出する（PM⇒CIM を導入している各国で最も期待される効果）
3	契約方法	施工監理者（設計コンサルタント）に CIM マネージャを配置するような契約とする

³ PAS_1192-2_情報マネジメント主要フェーズ

No.	整理項目	整理内容
4	課題	CIM モデルとプロジェクトマネジメントツールとの連携
5	必要な制度 ・技術	施工開始時に 3 次元モデルがないと、CIM 導入に繋がらないため、詳細設計段階に施工段階で利用するための CIM モデルを構築するように規定する プロジェクトのタスク化と CIM モデルと連携するためのコードの開発



図 6-6 韓国が取り組む Infra BIM⁴

(3) ICT 土工

表 6-8 ODA 事業への導入方法 (ICT 土工)

No.	整理項目	整理内容
1	概要	国交省が取り組んでいる ICT 土工を導入する
2	効果	ICT 土工である MG (重機操作の補助)、MC (重機の自動制御) を導入することによって、熟練工がいなくても精度・品質の高い土工工事を行うことができる 土工以外にも ICT 舗装の活用も期待できる
3	契約方法	施工者との契約に ICT 土工を実施する内容を特記に入れる。
4	課題	基準点が恒久的に維持される必要がある。(しかし、工事区域内

⁴ 2015 OCF セミナー OCF における CIM の取り組み・韓国の CIM モデル標準化活動の紹介

No.	整理項目	整理内容
		<p>で使用する座標系を設定することで運用可能であるが、その際、一時的な基準点（基地局）を設置する必要がある。基準点（基地局）のリース費用は、日本国内では 30-35 万円/月程度である。）現地作業員雇用機会が減少する。</p> <p>人件費の高い日本ではコスト削減効果があるが、ODA 事業ではコスト増加となる可能性もある*</p> <p>品質管理・出来形管理がこれまでの手法と異なる</p>
5	必要な制度・技術	ICT 土工に関する日本の各種基準類の適用を対象国に働きかける

*ICT 建機導入資金回収は、日本では 1 万 m³ の土工事を 15 回程度で可能であるが、途上国においては ICT 土工の導入費用より人件費が低いケースが多く、かつ ICT 土工用機材の調達やメンテナンス、フレキシブルな機材運用も困難であることから、従来工法に比べコスト高となる可能性がある。



図 6-7 日本の ICT 土工システムの導入⁵

(4) 3次元可視化

表 6-9 ODA 事業への導入方法（3次元可視化）

No.	整理項目	整理内容
1	概要	3次元モデルの可視化による手戻り防止・施工品質の向上
2	効果	<p>3次元モデルを活用した干渉チェックや課題点の抽出による手戻り防止</p> <p>現地作業員に対して3次元モデルで施工手順を示すことによる作業手順の明確化</p> <p>⇒工期短縮・品質向上</p>
3	契約方法	<p>施工者との契約に CIM を活用する内容を特記に入れる。</p> <p>活用方法を具体的に示すことで導入を促す。</p>

⁵ <http://www.mlit.go.jp/common/001174968.pdf>

No.	整理項目	整理内容
4	課題	施工段階でモデル化することになるため、契約当初に労力が掛かる。 受注者の自主性に任せるために CIM 普及に寄与しにくい
5	必要な制度・技術	設計段階にモデルを構築する制度の導入

日本では、JV 職員、職人との意見交換で利用。
ODA 事業では図面を読めない作業員への指示に効果が期待できる

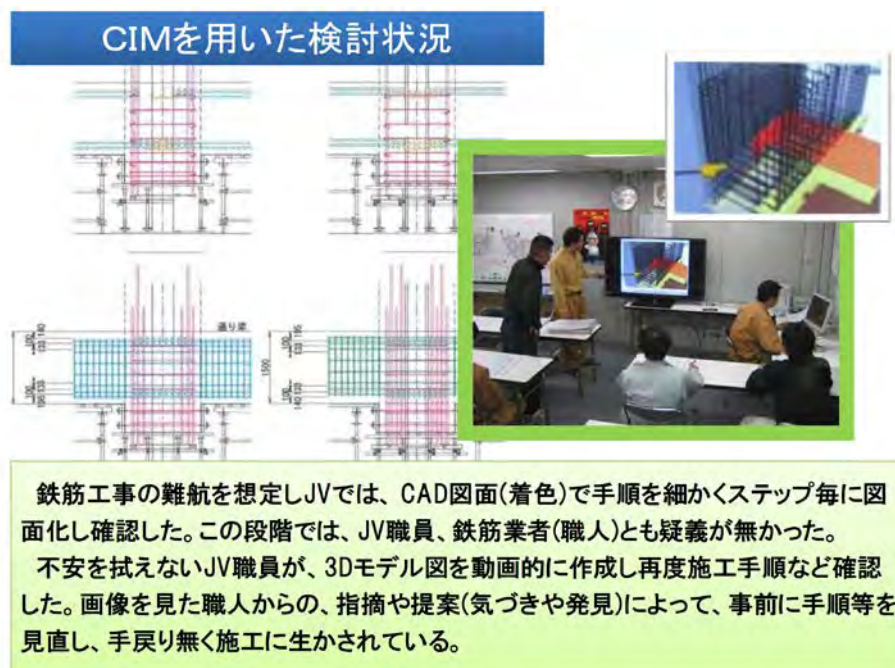


図 6-8 CIM を用いた検討状況⁶

(5) 維持管理段階での活用

表 6-10 ODA 事業への導入方法（維持管理段階での活用）

No.	整理項目	整理内容
1	概要	3次元モデルおよび設計・施工時データを活用した維持管理の高度化・効率化
2	効果	設計・施工時のデータおよび周辺環境データを併せた劣化予測の実施や保全計画を立案（維持管理の高度化） 対象施設のプラットフォームとして必要な情報を一元管理でき、維持管理に必要な情報の検索性が向上する CIM モデル上にセンサーや画像解析結果を重ねて表示することで、課題点の抽出や影響範囲の想定に役立つ 管理施設や地下埋設物、点群データによる周辺地物等の3次元モデルを整備することで改良事業や補強施工の際に現道切廻しや掘削時の支障回避などの効率化を実現する

⁶ 施工 CIM 事例集（2015）

No.	整理項目	整理内容
3	契約方法	道路管理機関が CIM マネージャと契約する 現地スタッフの CIM マネージャ育成としての契約も考えられる
4	課題	設計・施工段階の属性情報を適切に管理する必要がある 維持管理段階で設計・施工時のデータの活用が少ない道路事業では、建築や鉄道ほど効果は期待できない
5	必要な制度・技術	CIM モデル及び属性情報を用いた効果的な維持管理方法の確立

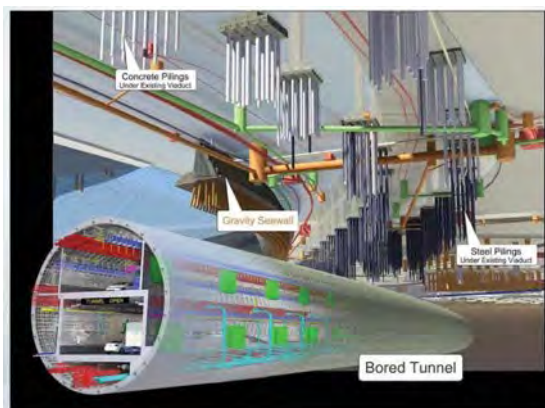


図 6-9 地下埋設物のモデル化、3次元点群による現況把握⁷

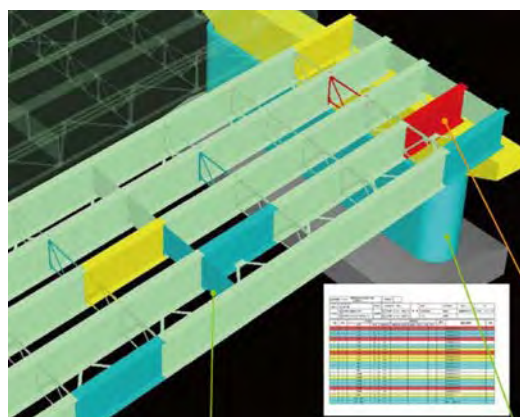


図 6-10 橋梁に付与された情報に基づく解析⁸（損傷状況など）

(6) 3次元測量

表 6-11 3次元測量

No.	整理項目	整理内容
1	概要	3次元計測の導入によるフロントローディング、効率化の実施
2	効果	事業の早期段階で精度の高い3次元計測を行い、コントロールを明確にすることで、設計のフロントローディング・品質向上に繋げる。都市内の近接影響や山間部の土配計画での効果に期待。

⁷ 米国 CIM 技術調査 2013（土木学会）

⁸ CIM モデル作成仕様（案）【橋梁編】（国総研）

No.	整理項目	整理内容
		設計段階だけでなく、土工事での出来高管理や維持管理段階での活用も期待できる。
3	契約方法	設計業務に3次元測量を実施、活用する旨を特記に記載する 施工・維持管理段階は、それぞれの段階で活用方法を明確にして特記に記載する
4	課題	GNSSの導入が困難な国は、ローカル座標での運用も考えられる
5	必要な制度・技術	現地状況・必要精度に応じた計測手法の実施コストの低減

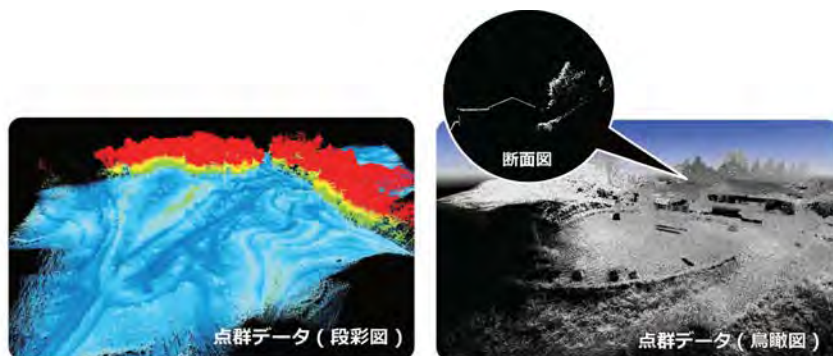


図 6-11 点群データ

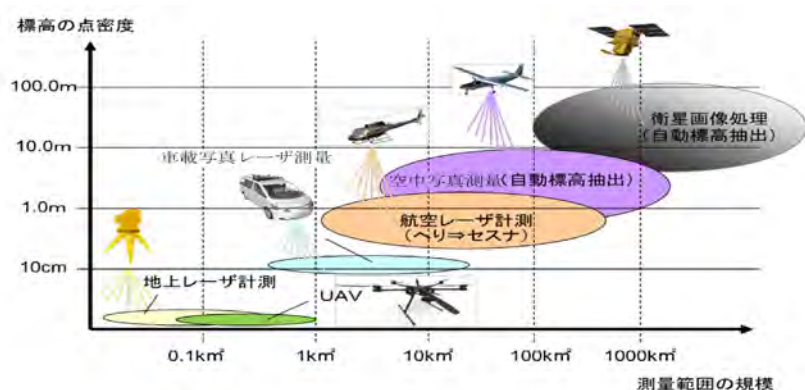


図 6-12 3次元測量の種類⁹

6.5.2 電子基準点および最先端衛星技術

CIM 及び点検・モニタリング技術の中には、測量 (GNSS) 技術が利用されている。ここでは、GNSS 技術の利用実態を示す。GNSS 技術は、衛星情報を活用して位置座標を取得することが可能である。これらには、複数の方式があり、それぞれ精度や適用範囲が異なる。電子基準点を利用した「ネットワーク型 RTK」は、高精度かつ広範囲に適用可能な技術として利用されている。日本では、1300 点以上の電子基準点が稼働している。一方、開発途上国では、電子基準点が整備・稼働されていない場合がある。たとえば、カンボジアでは電子基準点が 3 点整備されていたが、現在は 3 点とも稼働していない状況である。

ここでは、開発途上国への導入にあたり、電子基準点がない状況を踏まえて、GNSS 技術を利用

⁹ CIM 導入ガイドライン (案) 共通編 (国交省)

用した CIM 及び点検・モニタリング技術の適用可能性を検討した。加えて、電子基準点の代替技術として活用が期待されている日本の最先端衛星技術（高精度測位補正技術 MADOCA（Multi-GNSS Advanced Demonstration tool for Orbit and Clock Analysis））について概説する。

(1) CIM 及び点検・モニタリング技術における GNSS 技術の利用実態

CIM 及び点検・モニタリング技術における GNSS 技術の利用実態を表 6-12 に整理した。

「単独測位」については、GNSS 衛星から送信される衛星の情報を 1 台の受信機で受信する方式である。一方、「相対測位」については、2 台以上の受信機を使い、GNSS 衛星を観測する方式である。相対測位の「RTK」については、既知座標に固定局を据えて、移動局の位置を精度良く観測することが可能となる。「ネットワーク型 RTK」については、利用者が現場で取得した衛星データと、周辺の電子基準点の観測データから作成された補正情報を組み合わせ、リアルタイムで cm 級の測量を効率的に行う方式である。その他、DGPS 等の技術があるが、日本で広く利用されていないため、上記 3 つの技術において、GNSS 技術の利用実態を整理することとした。

表 6-12 CIM 及び点検・モニタリング技術における GNSS 技術の利用実態

技術の名称	用途	単独測位	相対測位	
			RTK	ネットワーク型 RTK
3次元測量（レーザーによる測量）	地形測量、構造物形状計測	利用	—	—
ICT 土工（MG/MC）	施工機械の操作をサポート 建設機械の自動制御 出来高管理	—	利用	—
UAV による橋梁点検技術	橋梁の変状写真撮影	利用	—	—
明石海峡大橋動態観測システム	長大橋変位量の把握	—	利用	—
モバイルマッピングシステム（MMS）	路面性状の把握	利用	—	—
	道路台帳の作成	—	—	利用
高速走行型非接触レーザーによるトンネル覆工の内部欠陥点検技術と統合型診断システム	レーザーによるトンネルの変状計測	利用	—	—

(2) 各測量技術の精度及び適用範囲

単独測位：GNSS 技術、相対測位：RTK、ネットワーク型 RTK について、精度および一度に計測できる範囲を表 6-13 に整理した。

表 6-13 各測量技術の精度および計測範囲

測量技術	精度及び範囲について	精度	計測範囲
単独測位：GNSS 技術	衛星の位置誤差や衛星からの電波が対流圏や電離層を通過するときの電波の遅れ等により、誤差生じる。船舶や飛行機、自動車などのナビゲーションとして利用されている。4 個以上の衛星を受信でき	10cm 程度	広い

測量技術	精度及び範囲について	精度	計測範囲
	る場所であれば、活用可能。高層建物やトンネル以外の範囲であれば、活用可能。		
相対測位： RTK	既知座標に固定局を据えて、移動局の位置を観測する。それぞれの受信機に到達する時間差を測定して、2点間の相対的な位置関係を求めるため、高い精度で測定可能。しかし、2点の距離は高精度で計測する場合は5km圏内で計測する必要があるため、長距離の観測時には、固定局を移動し、キャリブレーション等の作業が移動する度に必要となるため、長距離の高精度測量には不向きである。	1cm程度	狭い
相対測位： ネットワーク型RTK	電子基準点のリアルタイム観測データ等を利用して補正することにより、RTKで苦手とされる長距離基線の測量を可能にするとともに、短距離基線のRTKと同程度の測位精度で計測が可能である。	1cm程度	広い

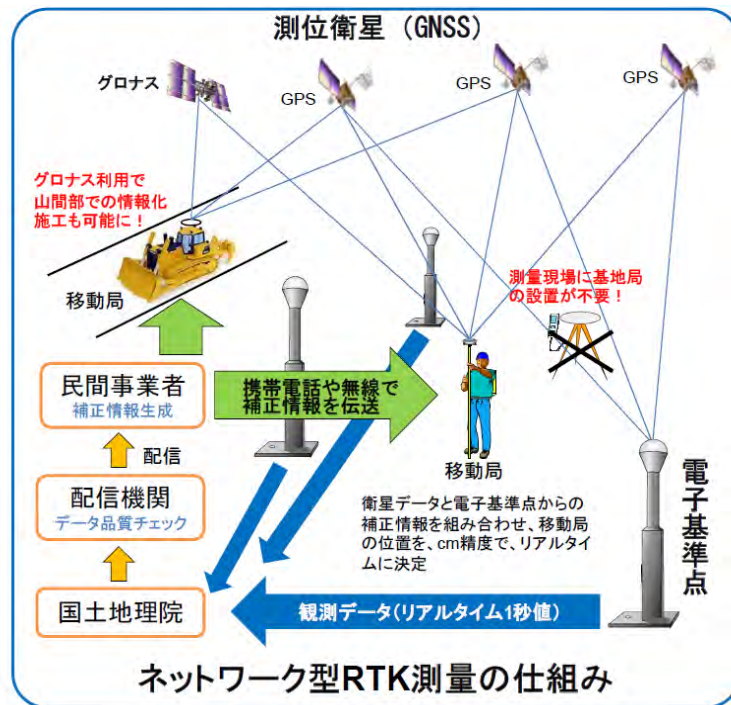


図 6-13 ネットワーク型 RTK 測量イメージ¹⁰

(3) 高精度測位補正技術 (MADOCA)

内閣府が整備を進めている準天頂衛星システムにおいて、アジアオセアニア地域でのセンチメートル級測位補強の実証の位置づけで、高精度測位補正技術 MADOCA (Multi-GNSS Advanced Demonstration tool for Orbit and Clock Analysis) の技術実証 (L6E 信号での技術実証用補正情報の配信) が 2017 年 12 月 06 日に開始されている。L6 信号は、GPS から配信している信号ではないため、専用の受信機が必要である。

¹⁰ 国土地理院 Web サイト

表 6-14 用語の説明

用語	説明
MADOCA (Multi-GNSS Advanced Demonstration tool for Orbit and Clock Analysis)	複数 GNSS 衛星の精密軌道・クロック推定データを生成するソフトウェアシステム
MADOCA-PPP (Precise Point Positioning)	MADOCA による軌道クロック推定結果を用いた精密測位方式 (単独搬送波位相測位方式)

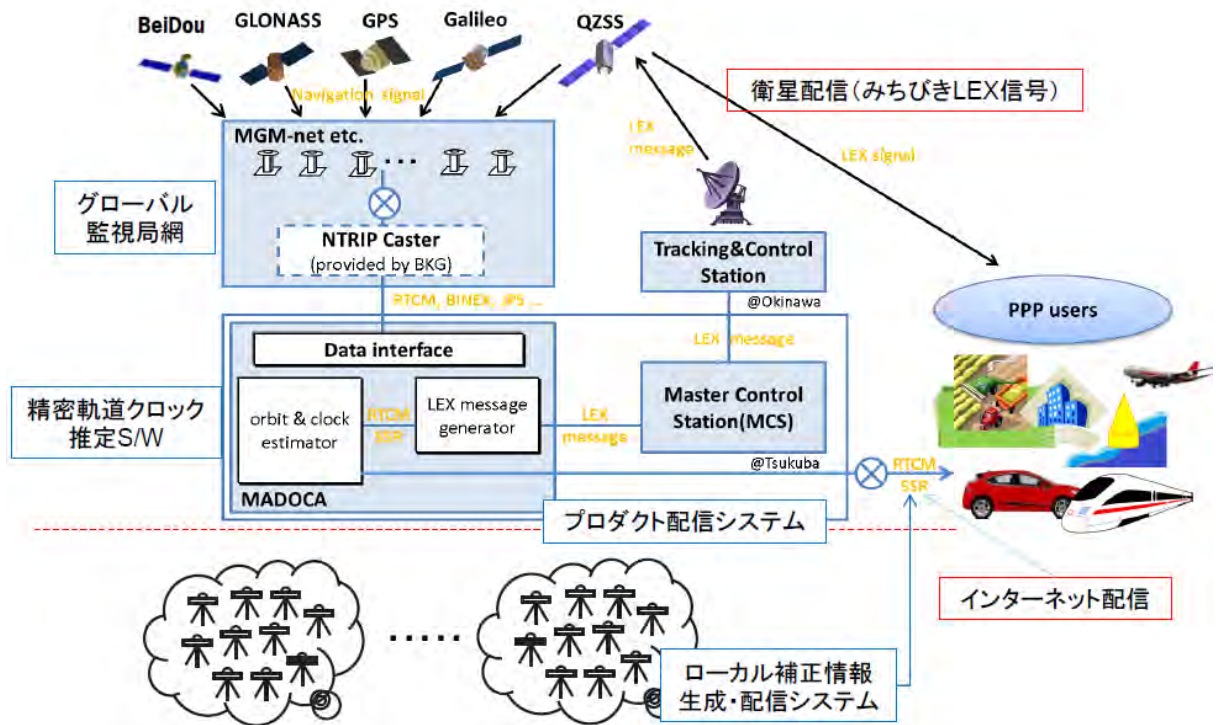


図 6-14 MADOCA-PPP 実証実験システムのイメージ図¹¹

(4) MADOCA の利用イメージ

高精度測位補正技術 MADOCA の利用イメージとして、公共基準点および電子基準点が十分に整備されていない環境において、RTK 測量技術の固定局で必要となる座標を比較的短時間で観測可能である。開発途上国では、公共基準点および電子基準点が現場から非常に離れた位置にある場合、TS を利用して遠方の公共基準点から現場まで引っ張って対応しており、この作業が短縮される。(TS 作業は、公共基準点が離れていても、TS で 2~3 日程度で計測できる距離である) また、RTK で不可欠な高品位の通信網 (通信の遅延・途切が発生しにくい) 不要である。以下の利用方法が考えられる。

1) L6 信号の受信機搭載

開発途上国において、L6 信号の受信機を搭載した ICT 土工 (MG/MC)、モバイルマッピングシステム (MMS) による活用を想定する。

¹¹ 【参考】MADOCA 及び MADOCA-PPP の開発状況について
http://www.ic-madoca.org/documents/2_handout_JAXA.pdf

これにより、公共基準点、電子基準点、高品位の通信網の制約に縛られずに途上国で活用できる。MMS は、国内ではネットワーク型 RTK 技術により地図の基本となる道路敷および道路骨格データを縮尺 1/500 精度（高精度）で 3 次元点群データの計測が可能な技術であるが、L6 信号の受信機を搭載することにより、アジアオセアニア地域でも同様に活用できることが期待される。しかし、MG/MC、MMS へ L6 信号の受信機能を設置するためには、互換性を確保する必要がある。また、実証段階の技術であるため基準化がされていない。

2) MADOCA 技術による基準点測量により、RTK の固定局に必要な座標を取得

ICT 土工（MG/MC）、明石海峡大橋動態観測システムを従来通り RTK 方式により活用し、RTK の固定局で必要となる座標データを MADOCA の測量技術で観測する。

これにより、高品位の通信網の制約はあるが、公共基準点、電子基準点の制約には縛られずに途上国で活用できる。明石海峡大橋動態観測システムは、長大橋のモニタリング技術として、橋梁の変位量を常時監視できる技術であり、地震等の大きな外力が発生した場合に、異常を早期に把握できる。

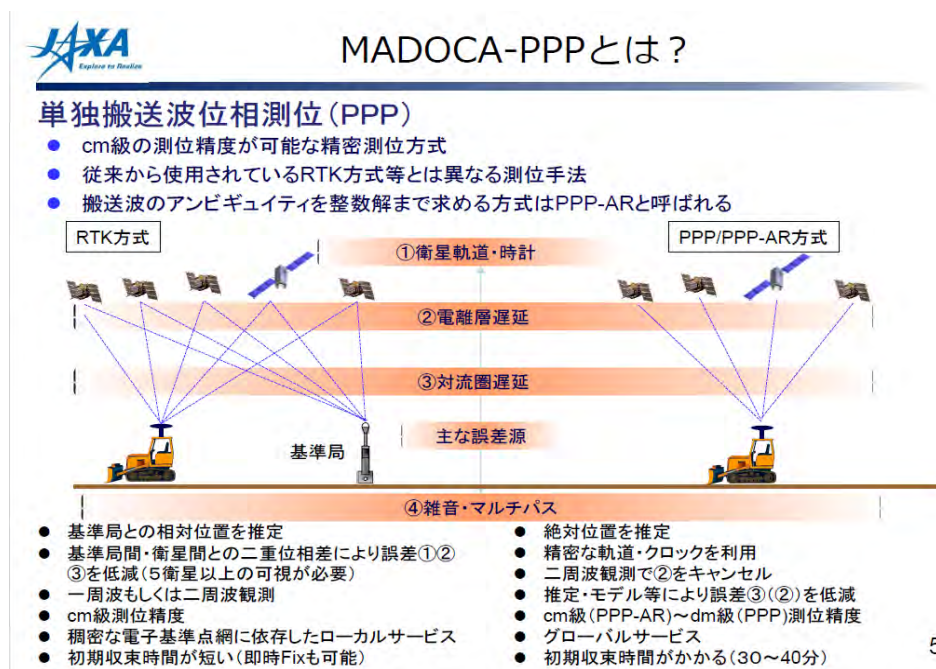


図 6-15 MADOCA-PPP の概要¹²

6.5.3 ICT 土工導入に関する留意事項

6.5.3.1 ICT 土工が与える効率化および導入への課題

(1) ODA 事業における機械施工の歩掛

JICA の「協力準備調査設計・積算マニュアル補完編（土木分野）」¹³ (P.52) によると、「工事（工種、作業）別実作業日数算定は、各工事（工種、作業）の積算数量（施工数量）と、それに

¹² MADOCA 及び MADOCA-PPP の開発状況について

http://www.ic-madoca.org/documents/2_handout_JAXA.pdf

¹³ https://www.jica.go.jp/activities/schemes/grant_aid/guideline/ku57pq0000050saj-att/doboku_hokan.pdf

対する基準歩掛および被援助国における労働者の作業能力、現場の作業条件、作業時間等に基づく日当たり作業量を算定したうえで、実作業日数を算定する。」とある。

ここで、歩掛補正の適用として、機械施工歩掛（日当り施工量）を補正する場合、同マニュアル4-2-4（3）7）では、被援助国公的機関の積算基準に寄り難い場合には、以下の表に示すとおり、歩掛補正を行うことを規定している。

表 6-15 機械施工歩掛補正表

地域区分	単純機械施工歩掛 ^{※1} (%)	一般機械施工歩掛 ^{※2} (%)
アジア	70	65
アフリカ	55	60
中南米	80	75
大洋州	60	50
中近東	55	60
東欧	95	90

※1：単純機械施工歩掛：敷均し機械類による舗装材、盛土材、砂利等の敷均し作業及び転圧機械類による舗装

※2：一般機械施工歩掛：掘削、杭打工、橋梁架設、クレーン等の単純機械以外の作業

上記表は、施工実態調査により規定された値であるが、傾向として、海外における機械施工は、本邦施工よりも生産性が低く、また、生産能力は地域差があることを示している。

(2) 国内施工実態調査に基づく歩掛推定

本邦における ICT 土工による生産性向上について、「ICT 土工の現状分析について」（国土交通省）¹⁴によると、施工時間の削減効果は平均 21.1%（従来手法:平均 44.4 日、ICT 土工:平均 35.0 日、平均土量 17,791m³）と報告されている。この事例に基づき、同程度の土量規模の工事に関し、ICT 土工（単純機械施工）を海外へ展開した場合には、以下の歩掛が推算される。

表 6-16 ICT 土工を適用した場合の歩掛補正推算値（国内施工実態調査）

地域区分	単純機械施工歩掛（単位：%）		
	① ICT 土工適用無	② ICT 土工適用有	増分（②－①）
日本	100	127 [※]	27
アジア	70		57
アフリカ	55		72
中南米	80		47
大洋州	60		67
中近東	55		72
東欧	95		32

※ $100 / (100 - 21.1) \times 100$

¹⁴ <http://www.mlit.go.jp/common/001174968.pdf>

(3) ICT&活用工事積算要領に基づく歩掛推定

一方で、「ICT 活用工事積算要領」（国土交通省）（<http://www.mlit.go.jp/common/001124408.pdf>）によると、ICT 土工を活用した場合、歩掛は、

- ① バックホウを用いた場合、1.1 倍
- ② ブルドーザを用いた場合、1.2 倍

とすることが規定されている。

これに基づき、ICT 土工（単純機械施工）を海外へ展開した場合には、以下の歩掛が推算される。

表 6-17 ICT 土工を適用した場合の歩掛補正推算値（ICT 活用工事積算要領）

地域 区分	単純機械施工歩掛（単位：％）					
	バックホウ			ブルドーザ		
	ICT 土工 適用無	ICT 土工 適用有	増分 (②-①)	ICT 土工 適用無	ICT 土工 適用有	増分 (②-①)
日本	100	110	10	100	120	20
アジア	70		40	70		50
アフリカ	55		55	55		65
中南米	80		30	80		40
大洋州	60		50	60		60
中近東	55		55	55		65
東欧	95		15	95		25

上記の表 6-16 および表 6-17 は、定性的に以下を示している。事業者のメリットとしては、

- ① 施工地域の労働環境に依存せず、同程度の生産性が見込める
- ② 工期短縮が図れる。生産性が向上する

他方、施工業者へのメリットとして、

- ① 工期短縮により、現場管理作業（費用）負担を減らすことができる
- ② 工期厳守に寄与する
- ③ 国や地域によらず、一定の施工性を確保可能になる

が挙げられる。

6.5.3.2 ICT 土工機械の事業費用について

上記のとおり、ICT 土工を導入した場合、定性的に工期短縮効果・生産性向上が見込まれる。一方で、事業費用に関しては、本邦積算基準と ODA 事業特有の積算基準の差異を踏まえて、個別に精査する必要がある。

「協力準備調査設計・積算マニュアル補完編（土木分野）」P53 によると、機械を購入する場合、機械損料は、当該建設機械の購入価格を基礎価格として、「建設等損料算定表」に基づき、算定することが規定されている。また、供用損料の補正の留意として、一般に建設機械の供用日数が長期にわたり、工事完工まで現場に存置されることが多いこと（国内のように簡単に転用が可能な

い) から補正を行うよう規定している。加えて、共通仮設費に「輸送梱包費 (往復)」を計上する。

他方、ICT 活用工事積算要領では、積算にあたり、①施工パッケージ型積算方式による算定、②単価表への「ICT 建設機械経費」(41,000 円/日) の加算、③「保守点検費 (0.05 人/日)」・「システムの初期費 (598,000 円/式)」の共通仮設費への積上げ計上が規定されている。

発注者指定型¹⁵により ICT 土工を導入する場合、ICT 土工を適用しない場合の単価・共通仮設費と ICT 土工を適用した場合の単価・共通仮設費の 2 ケースについて算定し、数量を踏まえた総価でコストメリットを確認する必要がある。仮に、コストメリットが認められない場合は、受注者の裁量による導入を期待することとなる。

なお、ICT 建機購入費用の資金回収については、「協力準備調査設計・積算マニュアル補完編 (土木分野)」に基づく積算上、「建設等損料算定表」に基づき、算出することとしていること、及び、「輸送梱包費」は往復分を計上しているため、国内事業と同様に、民間施工業者が ODA 事業を含む受注工事の中で、長期的に ICT 建機購入資金を回収していくことは可能である。

一方、ODA 事業施設案件に ICT 土工の適用可否を検討する場合、機械経費の施工計画及び費用計上方法の留意点として、維持修理費・管理費の積算と実態が乖離する可能性があるが、これは「建設等損料算定表」及び「ICT 活用工事積算要領」が、国内調査に基づき、算定された表であるためである。

ICT 建機に対して維持修理のサポート体制が無い途上国の場合、維持修理費用・管理費用は、「建設等損料算定表」よりも高くなり、過小積算となる可能性がある。これは、ICT 建機に関わらず、他の建機でも同様のリスクを抱えている。しかしながら、ICT 建機は、維持修理に特有の技術を要するため、導入を検討する際は少なくとも、当該国における維持修理のサポート体制の有無の確認が必要となる。また、「ICT 活用工事積算要領」に示される「保守点検費 (0.05 人/日)」について、本邦技術者単価か現地技術者単価を適用するかを検討する際にも、当該国における維持修理のサポート体制の有無の確認が必要である。参考として、日本国内において基地局を設置する場合の費用 (リース) は、概算で 30-35 万円/月程度であり、開発途上国に ICT 土工で使用可能な基地局が無い場合は、この費用も事業費に加える必要がある。1 基地局で半径 2~3km の範囲をカバーできる。

6.5.3.3 ODA 事業における ICT 土工導入への課題

日本国内の ICT 活用工事における発注方式としては、前述の発注者指定型の他に、受注者希望型という形態もあり、施工業者の技術提案が入札時の評価および工事成績において加点される制度となっているため、発注者指定型に分類されない小規模工事 (予定価格 3 億円以下) においても施工者が VE 提案を行うメリットがある。

一方で、ODA 事業 (有償資金協力および無償資金協力) においては、以下に示す制度面での課題がある。

(1) ODA 事業の入札制度における課題

ODA 事業 (有償資金協力および無償資金協力) においては、発注者は相手国政府となることから、我が国の発注者指定型のような方式で ICT 土工を導入するためには、相手国側の理解、同意

¹⁵ 事業者 (発注者) が ICT 活用施工を前提として発注する発注方式

を得る必要があり、非常に壁が高い。

入札制度においては、無償資金協力および有償資金協力の双方において、入札者からの技術提案が我が国の総合評価方式のように加点評価される制度には一般的にはなっていない。具体的には、技術評価は実施されるものの、評価手法は国内工事のように加点制ではなく、評価項目に対して Pass or Fail の評価であり、要件を満たしていれば、ICT 土工を採用するか否かに寄らず Pass という評価となることから、制度面からは積極的に ICT 土工を提案し、導入する環境にはない。従って、PQ（入札参加資格事前審査、Pre-Qualification）要件を満たしていれば、技術提案内容によらず、入札金額のみで落札者が決定されるため、初期投資が必要な ICT 土工の提案は不利になる。

(2) 無償資金協力において VE 提案が認められていない課題

前述したように ODA 事業においては、発注者側からの指定により ICT 土工の導入を図ることは困難であり、我が国の制度でいうところの受注者希望型で ICT 土工を導入していくことが現実的であると考えられる。しかしながら、有償資金協力においては、施工業者は VE 提案により削減された金額の 50%を受け取ることができる制度があるものの、無償資金協力においてはそのような制度はなく、制度面から先進的技術の導入を後押しする場合には、施工業者にインセンティブが働くような制度構築が望まれる。ICT 土工が VE 提案の対象となるかの議論は別にし、我が国の ICT 技術の ODA 事業への導入を後押ししていこうとするのであれば、上記の課題に対しての議論を始める必要がある。我が国の制度と ODA 事業（無償資金協力および有償資金協力）スキームの対比を表 6-18 に示す。

表 6-18 我が国の制度と ODA 事業スキームの対比

項目	我が国の制度 (ICT 活用工事【土工】)	無償資金協力	有償資金協力
入札時の 技術評価	加点評価 (一般土工と 差別化される)	Pass or Fail (一般土工と 差別化されない)	Pass or Fail (一般土工と 差別化されない)
VE 提案	可	不可	可
メリット	工事成績においても加 点されるため、その後 の受注に優位になる。	なし	施工業者は VE 提案で削 減された金額の 50%を受 け取ることが出来る。

6.5.4 データベース技術に関する補足（BMS の事例）

本調査内で実施された検討会において、複数の有識者から情報管理（データベース）の重要性に関するコメントが寄せられた。日本および途上国で導入されているデータベース事例を以降に示す。

(1) 国内の事例

我が国では、橋梁維持管理の実務において、点検結果をデータベースに蓄積し、ライフサイクルコスト（LCC）を算出し、効果的な補修・補強となるよう優先度を付けた維持管理計画（長寿命化修繕計画）を策定するための補助ツールとして、橋梁マネジメントシステム（BMS）が、多くの自治体に取り入れられている。その事例を以下に示す。

1) 市販されているシステム

以下に国内で流通している比較的ポピュラーなシステム 2 例について示す。

① 長寿郎／BG：道路橋の長寿命化修繕計画策定支援システム JIP テクノサイエンス(株)

⇒点検様式の 1 つである基礎データ収集要領(案)に基づく修繕計画策定支援システム¹⁶

- 点検結果の入力、お絵かき感覚の簡単操作で損傷図の作成が可能で損傷図描画の省力化がされている。
- 橋梁諸元、各種履歴、関連ファイル管理が可能。
- 地図上に橋梁の位置を登録し、健全度毎の色分け表示や位置図の印刷ができる。
- 劣化曲線と対策費用を基に LCC 計算、予算シミュレーションが可能。
- 各橋梁の LCC の推移や計画内容などの確認が可能。
- 予算平準化を考慮した長寿命化修繕計画の策定が可能。

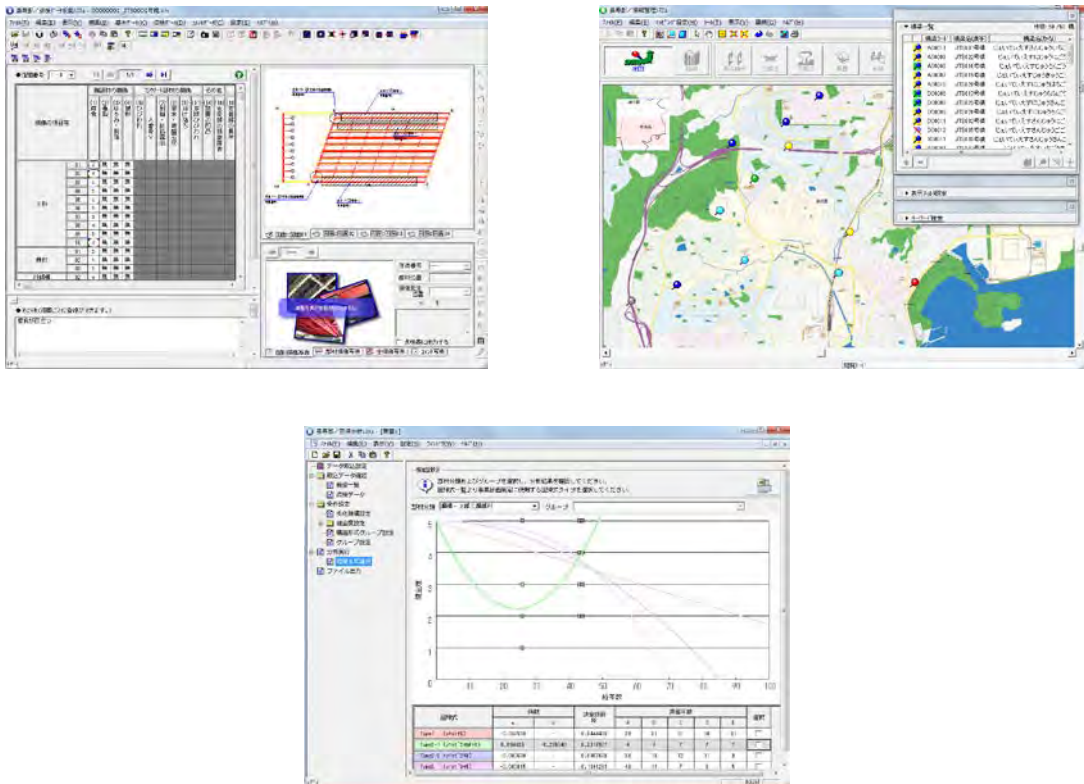


図 6-16 長寿郎／BG システム画面イメージ

② BMStar：一般財団法人 大阪地域計画研究所／伊藤忠テクノソリューションズ(株)

⇒鹿島建設の開発した青森県ブリッジマネジメントシステムをベースとするシステム¹⁷

¹⁶ https://www.jip-ts.co.jp/product_service/chojuro_bg/

¹⁷ <http://www.rpi.or.jp/bmsc/index.php?BMStar>

<http://www.engineering-eye.com/BMS/>

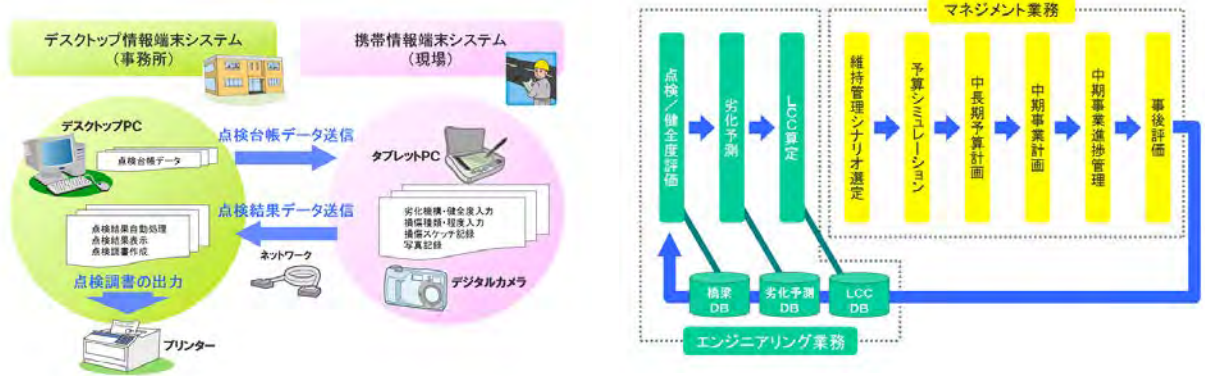


図 6-17 BMStar システム画面イメージ

- モバイル PC と橋梁点検支援システムを使った橋梁定期点検によって、必要な情報を効率よく収集することができる。
- 定期点検データをデータベースに登録することにより、橋梁維持管理に必要な情報をすばやく引き出すことができる。
- LCC（ライフサイクルコスト）算定機能、予算シミュレーション機能を使って、長寿命化修繕計画を策定することができる。
- BMS 技術研修によって、橋梁維持管理に必要な技術情報を効率よく取得することができる。

2) 自治体毎のオリジナルシステム

道路分野はこれまで国土交通省などより統一的な施設台帳様式、点検要領、修繕計画策定のための手引きなどが示されておらず、地方公共団体で独自にシステムを構築し保有している例が多い。但し、その殆どが公開されていない。

以下に、公開されている数少ない事例として、北海道建設技術センターの橋梁管理システムについて示す。

- 諸元データ、点検データを WEB 上のシステムに登録し、参照・変更可能
- 最新の点検結果に基づき中長期費用の推移や個別施設計画を策定可能
- 北海道内の多くの市町村が本システムを利用し、修繕計画を策定

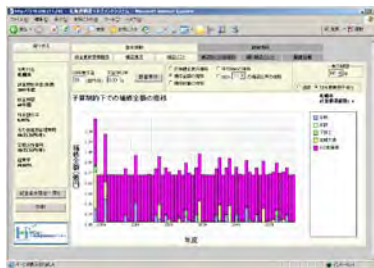
○施設一覧画面



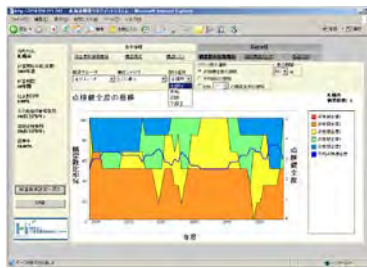
○試算条件設定画面



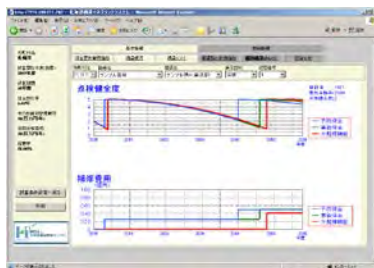
○試算結果(修繕費用の推移)



○試算結果(健全度の推移)



○試算結果(個別施設のLCC)



○試算結果(修繕橋梁リスト)

図 6-18 橋梁管理システム（北海道建設技術センター）画面イメージ

(2) 海外への導入事例

▶ カンボジアのデータベースシステムの概要

道路・橋梁の維持管理能力強化プロジェクトの一環として、橋梁点検支援システムを導入した事例がある。カンボジアでは、特に橋梁について、橋梁台帳、定期点検、点検記録等の基礎的業務をはじめとする維持管理の枠組みが整理されておらず、必要な予算要求も行われていない状態であった。

これに対し、タブレットを活用した橋梁点検支援システムを開発し、橋梁点検になじみが無くともタブレットによるチェックリストを回答することにより自動診断することで、以降の活動に必要な初期データが整備されるようになった。

システムの概要を以下に示す。

Bridge Database System

The Bridge Database System which is developed in JICA Project is recording the items below.

- ▶ Bridge inventory information
- ▶ Bridge inspection record
- ▶ Repair work record

The Bridge Database System can send the data from the site to the server in MPWT in direct. Outline of the bridge database system is shown in below.

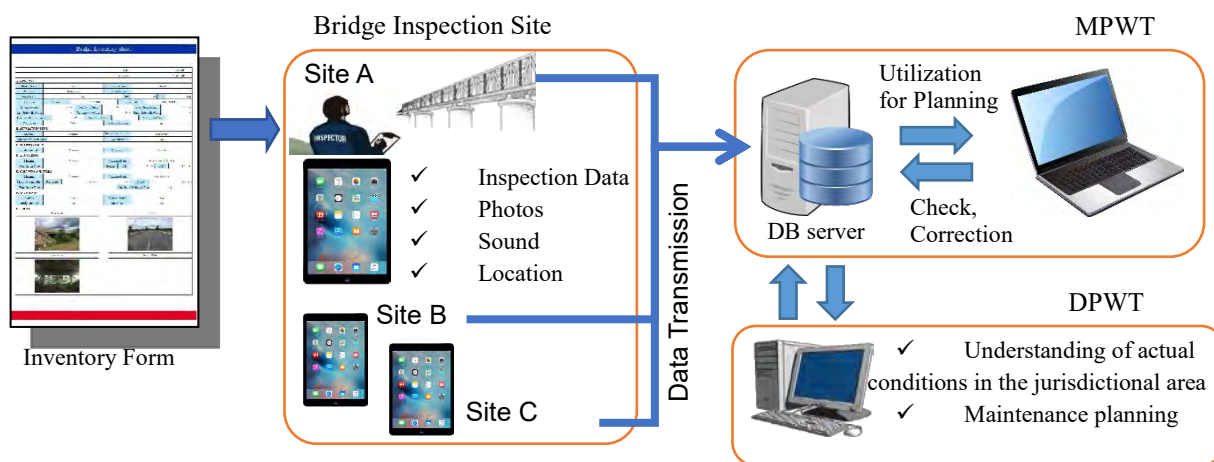


図 6-19 データベースシステムにおけるデータ転送の概要

巻末資料-1

点検・モニタリング技術の事例集

点検・モニタリング技術の事例集

目次

第1章	概要	1
第2章	点検・モニタリング技術リスト	2
2.1	代表技術の抽出（グループ化）	2
2.1.1	代表技術の抽出	2
2.1.2	SIP 最先端技術の実用化に向けた開発進捗状況（参考）	4
2.2	技術及び代表技術リスト	5
第3章	点検・モニタリング技術の事例集	12
3.1	ひび割れ検出技術の事例集	12
3.2	うき・剥離検出技術の事例集	22
3.3	疲労き裂検出の事例集	27
3.4	床版の損傷検出事例集	33
3.5	橋梁洗掘検出の事例集	37
3.6	路面空洞検出の事例集	40
3.7	路面性状検出の事例集	44
3.8	覆工コンクリート内部空壁検出の事例集	53
3.9	表面塩分検出の事例集	56
3.10	点検/診断を補助する技術（画像・レーザー・ロボット技術・データベース）	58
3.11	品質管理を補助する技術の事例集	81
3.12	緊急時の対策を補助する技術（橋梁）の事例集	85
3.13	緊急時の対策を補助する技術（トンネル）の事例集	101
3.14	緊急時の対策を補助する技術（法面・斜面）の事例集	103
3.15	最先端技術（研究開発段階）の事例集	113
3.16	代表技術の事例集	157

第1章 概要

NETIS、SIP、NEDO、その他技術資料（学会、過年度報告書等）、web（企業サイト）を基に、点検・モニタリング技術を収集した。

収集した点検・モニタリング技術は、下記の項目で整理した。

表 1-1 点検・モニタリング技術の整理方法

No.	整理項目	整理内容
1	名称	技術の名称を記載する
2	把握できる内容	把握できる内容を端的に記載する
3	施設分類	橋梁、トンネル、舗装、法面・斜面により分類する
4	概要	端的に技術の概要を記載する
5	イメージ図	理解し易いように、イメージ図や使用状況写真等を添付する
6	運用結果	技術を活用して得られた結果を記載する 運用結果（例） ・遠隔操作により、高所作業車による作業が不要となり、交通への影響を軽減した
7	課題	技術を活用する上での課題を記載する 課題（例） ・自然条件に左右され、降雨、降雪では適用できない
8	参考資料	主な参考資料は、以下である ・NETIS 新技術情報提供システム ・SIP 戦略的イノベーション創造プログラム ・NEDO 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 ・技術資料（学会、過年度報告書等） ・Web（企業サイト） ・SHRP2 ・アンケート ・ヒアリング

第2章 点検・モニタリング技術リスト

2.1 代表技術の抽出（グループ化）

2.1.1 代表技術の抽出

収集した技術は、類似業務を多く含むため、より詳細な情報収集、発現効果機構及び課題・リスクの体系化については、代表的な技術を抽出し、検討を進めていくこととする。

代表的な技術を、表 1-1 に示す。構造物には様々な損傷形態があり、特定の損傷に特化した技術として、「ひび割れ特化型」、「うき・剥離特化型」、「疲労き裂特化型」、「床版の損傷特化型」、「路面空洞特化型」、「路面性状特化型」を抽出した。

一方、特定の損傷に着目した発想とは異なり、点検車・高所作業車等による近接目視を代替する技術として、「点検車・高所作業車の代替技術」を抽出した。また、構造物全体の挙動を把握することで対象構造物全体の健全度を推定する技術として、「構造物全体の挙動に着目した技術」を抽出した。

上述の技術と重複するが、日本、先進国における最先端技術である SIP（日本）、SHARP2（米国）の技術は別枠で抽出することとした。

表 2-1 代表的な技術の抽出（グループ化）

グループ化前				グループ化後（代表技術の抽出）		
点検プロセス	No.	グループ名	数	No.	代表技術	数
点検/診断	1	ひび割れ検出	10	1	ひび割れ計測システム	2
				2	コンクリート構造物のひび割れ検出塗装システム	
	2	うき・剥離検出	5	3	赤外線調査トータルサポートシステム Jシステム	1
	3	疲労き裂検出	6	4	クラックパトロール	1
	4	床版の損傷検出	4	5	G-Cube・橋梁床版内部診断技術	1
	5	橋梁洗堀検出	3	6	ソナーによる橋梁下部工洗堀調査	1
	6	路面空洞検出	4	7	スケルカー	1
	7	路面性状検出	9	8	道路性状の簡易評価システム（DRIMS）	2
				9	モバイルマッピング・システム	
	8	覆工コンクリート内部空壁検出	3	10	高速走行型非接触レーダーによるトンネル覆工の内部欠陥点検技術と統合型診断システム*	1
9	表面塩分検出	2	11	コンクリートビュー	1	
10	点検/診断を補助する技術（画像・レーザー・ロボット技術・データベース）	23	12	土木(建築)構造物一般図作成システム	7	
			13	H I V I D A S（コンクリートひび割れ診断）		
			14	橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム*		
			15	構造物点検用カメラ「DSカメラ」システム		
			16	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム		
			17	インフラドクター		
18	橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替する飛行ロボットシステム*					
品質管理	11	品質管理を補助する技術	4	19	鉄筋コンクリート構造物における内部鋼材の非破壊調査技術	2
				20	補修・補強を行ったコンクリート橋の長期モニタリング	
緊急時	12	緊急時の対策を補助する技術（橋梁）	16	21	衝撃振動試験による構造物の健全度評価法	3
				22	東京ゲートブリッジのモニタリング技術	
				23	省電力化を図ったワイヤレスセンサによる橋梁の継続的遠隔モニタリングシステム*	
13	緊急時の対策を補助する技術（トンネル）	2	24	トンネル点検無人調査ユニット	1	
14	緊急時の対策を補助する技術（法面・斜面）	10	25	斜面崩壊検知センサー	1	
15	最先端技術（研究開発段階）	38	-	日本、先進国における最先端技術 SIP（日本）、SHARP2（米国）	0	
合計（グループ化前の技術の数）			139	-	合計（グループ化後の技術の数）	25

* SIP 技術（実用段階）

2.1.2 SIP 最先端技術の実用化に向けた開発進捗状況（参考）

SIP の最先端技術については、従来の点検・モニタリング技術に比べ、高い効果が期待できる一方で、ODA 事業の適用性を検討するにあたっては、いつから ODA 事業へ導入できるようになるのが重要である。そこで限られた状況の中で限定的な評価になるが、実用段階、実証段階（5年程度で実用化）、開発段階（5年～で実用化）の3段階で下表の通り SIP 技術を評価した。

表 2-2 SIP の最先端技術の実用化に向けた開発進捗状況（参考）

No.	研究開発段階の点検・モニタリング技術	SIP開発状況		
		実用段階	実証段階	開発段階
1	異分野融合によるイノベティブメンテナンス技術	—	○	—
2	レーザー超音波可視化探傷技術を利用した鋼橋の劣化診断技術	—	○	—
3	レーザーを活用した高性能・非破壊劣化インフラ診断技術	—	○	—
4	コンクリート内部を可視化する後方散乱X線装置	—	○	—
5	インフラモニタリングのための振動可視化レーダー	—	—	○
6	高速走行型非接触レーダーによるトンネル覆工の内部欠陥点検技術と統合型診断システム	○	—	—
7	高感度近赤外分光を用いたインフラの遠隔診断技術	—	—	○
8	学習型打音解析技術	—	—	○
9	空洞及び裏込沈下調査におけるチャープレーダー等、特殊GPR装置	—	○	—
10	ALB（航空レーザー測深機）による洗掘状況の把握	—	—	○
11	橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム	○	—	—
12	画像解析技術を用いた遠方からの床版ひび割れ定量評価システム	—	○	—
13	省電力化を図ったワイヤレスセンサによる橋梁の継続的遠隔モニタリングシステム	○	—	—
14	高精度かつ高効率で人工構造物の経年変位をモニタリングする技術	—	○	—
15	自在適応桁で支えられる橋梁点検ロボットシステム	—	○	—
16	橋梁・トンネル用打音点検飛行ロボットシステム	—	○	—
17	トンネル全断面点検・診断システム	—	○	—
18	橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替する飛行ロボットシステム	○	—	—
19	近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム	—	○	—
20	二輪型マルチコプタを用いたジオタグ付近接画像を取得可能な橋梁点検支援ロボットシステム	—	○	—

※1 実証段階：～5年、開発段階：5年～10年

2.2 技術及び代表技術リスト

(1) ひび割れ検出

No.	点検・モニタリング技術の名称
1	コンクリート構造物のひび割れ検出システム
2	ひび割れ自動撮影システム
3	コンクリートひび割れ調査システム
4	コンクリート構造物のひび割れ検出塗装システム
5	ウェアラブル端末によるインフラヘルスマニタリング
6	デジタル画像による構造物の点検・分析支援システム
7	コンクリート構造物のひび割れ検知ツール（クラックセンサ）
8	ひび割れ計測システム
9	ラインセンサカメラ(連続走査画像)
10	レーザー

(2) うき・剥離検出

No.	点検・モニタリング技術の名称
1	赤外線調査トータルサポートシステム Jシステム
2	赤外線コンクリート構造物劣化診断支援システム
3	打音による床版コンクリート等の健全度測定システム
4	健コン診断ポータブル
5	回転式連続打音検査(Drコロリン)

(3) 疲労き裂検出

No.	点検・モニタリング技術の名称
1	クラックパトロールシステム
2	アコースティックエミッション計測を適用した橋梁モニタリングシステム
3	鋼床版デッキプレート亀裂検査
4	疲労センサによる鋼構造物の疲労寿命評価
5	溶接部ヘルスマニタリングシステム
6	渦流探傷による橋梁等の亀裂検査システム

(4) 床版の損傷検出

No.	点検・モニタリング技術の名称
1	G-Cube・橋梁床版内部診断技術
2	橋梁床版損傷状況調査システム
3	打音による床版コンクリート等の健全度測定システム
4	橋梁床版内部診断技術

(5) 橋梁洗堀検出

No.	点検・モニタリング技術の名称
1	ソナーによる橋梁下部工洗堀調査
2	水中3Dスキャナー
3	ナローマルチビームによる水中部形状調査

(6) 路面空洞検出

No.	点検・モニタリング技術の名称
1	3Dレーダーを用いた地中探査システム
2	スケルカー
3	岸壁舗装コンクリートの空洞化調査（レーダ探査）
4	ハイブリッド表面波探査技術

(7) 路面性状検出

No.	点検・モニタリング技術の名称
1	道路性状簡易評価システム（DRIMS）
2	MMS（モバイルマッピングシステム）
3	路面性状測定車による調査
4	路面性状自動計測車による調査
5	道路パトロール支援サービス
6	画像解析による社会インフラ点検
7	次世代道路計測システム
8	タイヤによる路面状態判定技術
9	移動式舗装たわみ測定手法の開発

(8) 覆工コンクリート内部空壁検出

No.	点検・モニタリング技術の名称
1	高速走行型非接触レーダーによるトンネル覆工の内部欠陥点検技術と統合型診断システム
2	コンクリート音響探傷システム
3	遠赤外線照射装置と赤外線ラインセンサカメラを搭載した検査車両

(9) 表面塩分検出

No.	点検・モニタリング技術の名称
1	コンクリートビュー
2	コンクリート塩害の現場分析技術

(10) 点検/診断を補助する技術（画像・レーザー・ロボット技術・データベース）

No.	点検・モニタリング技術の名称
1	土木(建築)構造物一般図作成システム
2	HIVIDAS（コンクリートひび割れ診断）
3	橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム
4	構造物点検用カメラ「DSカメラ」システム
5	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム
6	インフラドクター
7	橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替する飛行ロボットシステム
8	3次元レーザースキャナー計測システム
9	3次元レーザースキャナーによる構造物の変位測定システム
10	UAV（無人機）を用いた3次元計測・構造物調査
11	画像による橋梁表面の損傷把握システム
12	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム
13	スカイキャッチャー
14	狭隘部点検ロボットによる点検技術
15	音源探査システム（Noise Scope System）
16	ACM型腐食センサによる大気腐食モニタリング
17	フィールドワークス
18	遠隔操作無人探査機による水中構造物診断システム
19	道路橋の長寿命化修繕計画策定支援システム 長寿郎
20	橋梁DBマネージャー
21	無人航空機による地形計測・写真撮影システム
22	舗装構成厚さ調査システム
23	走行型計測車両を適用した移動体による変位観測

(11) 品質管理を補助する技術

No.	点検・モニタリング技術の名称
1	鉄筋コンクリート構造物における内部鋼材の非破壊調査技術
2	補修・補強を行ったコンクリート橋の長期モニタリング
3	地中埋設物長さ測定装置
4	電気防食化した栈橋鋼管杭部の腐食状況把握

(12) 緊急時の対策を補助する技術（橋梁）

No.	点検・モニタリング技術の名称
1	衝撃振動試験による構造物の健全度評価法
2	東京ゲートブリッジのモニタリング技術
3	横浜ベイブリッジのモニタリング技術
4	省電力化を図ったワイヤレスセンサによる橋梁の継続的遠隔モニタリングシステム
5	明石海峡大橋動態把握システム
6	路線バスによる橋梁モニタリングシステム
7	橋梁遠隔長期モニタリングシステム
8	亀裂変位計および水管式沈下計による損傷橋梁のモニタリング
9	光ファイバーによるひずみ把握
10	橋梁モニタリング用振動計測システム
11	橋梁モニタリングシステムの適用性検討
12	新湊大橋の耐風対策工効果把握のための振動観測
13	FBG光ファイバセンシングシステム
14	大地震後の安全性判定工法
15	光ファイバーによる構造物モニタリングシステム
16	鉄筋コンクリート部材の塩害モニタリング

(13) 緊急時の対策を補助する技術（トンネル）

No.	点検・モニタリング技術の名称
1	トンネル点検無人調査ユニット
2	画像解析による社会インフラ点検

(14) 緊急時の対策を補助する技術（法面・斜面）

No.	点検・モニタリング技術の名称
1	斜面崩壊検知センサー
2	GPSセンサによる法面の位置ずれ把握
3	地盤の比抵抗を測定するシステム（FDEM探査）
4	拡散レーザー変位計による斜面監視
5	ナノセンサデバイスを活用した道路管理手法
6	地上型レーザースキャナーによる斜面計測
7	デジタル画像計測による斜面モニタリングシステム
8	干渉SAR解析による地盤変動監視
9	施設モニタリングシステム（状態監視サービス）
10	土砂水分量による斜面崩壊警報システム

(15) 最先端技術（研究開発段階）

No.	点検・モニタリング技術の名称
1	異分野融合によるイノベティブメンテナンス技術
2	レーザー超音波可視化探傷技術を利用した鋼橋の劣化診断技術
3	レーザーを活用した高性能・非破壊劣化インフラ診断技術
4	コンクリート内部を可視化する後方散乱X線装置
5	インフラモニタリングのための振動可視化レーダー
6	高感度近赤外分光を用いたインフラの遠隔診断技術
7	学習型打音解析技術
8	空洞及び裏込込下調査におけるチャープレーダー等、特殊GPR装置
9	ALB（航空レーザー測深機）による洗掘状況の把握
10	画像解析技術を用いた遠方からの床版ひび割れ定量評価システム
11	高精度かつ高効率で人工構造物の経年変位をモニタリングする技術
12	自在適応桁で支えられる橋梁点検ロボットシステム
13	橋梁・トンネル用打音点検飛行ロボットシステム
14	トンネル全断面点検・診断システム
15	近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム
16	二輪型マルチコプタを用いたジオタグ付近接画像を取得可能な橋梁点検支援ロボットシステム
17	ロボットを利用した道路橋床版のひび割れモニタリング
18	車両牽引型橋梁床版スキャナー（Bridge Deck Scanner）を用いた床版の健全度評価
19	地中レーダー（GPR）を用いた道路橋床版の健全度モニタリング
20	センサーネットワークを利用した橋梁健全度モニタリング
21	センサーを利用した洗掘のモニタリング
22	自立電源のワイヤレス橋梁モニタリングシステム
23	自立型無線センサーノードを用いた橋梁モニタリング
24	Weigh in Motionを用いた軸重等のモニタリング
25	アラスカアンカレッジ港アクセス道路における加速度センサーを使った地震応答による健全度評価
26	MEMS（微小電気機械システム）センサーによる、高速道路構造物のモニタリングシステムの適用性研究
27	新I-35W橋（St Anthony Falls Bridge)のヘルスマニタリングシステム
28	ビンセント・トーマス橋の加速度計による振動特性把握
29	インフラ劣化防止のためのコンピューターネットワークによる無線監視システム
30	レーザーを利用した道路路面のプロファイリング計測
31	道路路面性状のモニタリング
32	地中レーダー法（GPR）を利用した路面の健全度評価
33	自動車搭載型の橋梁・道路の状態観測・評価システム（VOTERS）
34	GPSによる地すべりのリアルタイムモニタリング

(16) 代表技術の事例集

No.	点検・モニタリング技術の名称
1	ひび割れ計測システム
2	コンクリート構造物のひび割れ検出塗装システム
3	赤外線調査トータルサポートシステム Jシステム
4	クラックパトロール
5	G-Cube・橋梁床版内部診断技術
6	ソナーによる橋梁下部工洗掘調査
7	スケルカー
8	道路性状の簡易評価システム (DRIMS)
9	モバイルマッピング・システム
10	高速走行型非接触レーダーによるトンネル覆工の内部欠陥点検技術と統合型診断システム
11	コンクリートビュー
12	土木(建築)構造物一般図作成システム
13	H I V I D A S (コンクリートひび割れ診断)
14	橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム
15	構造物点検用カメラ「DSカメラ」システム
16	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム
17	インフラドクター
18	橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替える飛行ロボットシステム
19	鉄筋コンクリート構造物における内部鋼材の非破壊調査技術
20	補修・補強を行ったコンクリート橋の長期モニタリング
21	衝撃振動試験による構造物の健全度評価法
22	東京ゲートブリッジのモニタリング技術
23	省電力化を図ったワイヤレスセンサによる橋梁の継続的遠隔モニタリングシステム
24	トンネル点検無人調査ユニット
25	斜面崩壊検知センサー

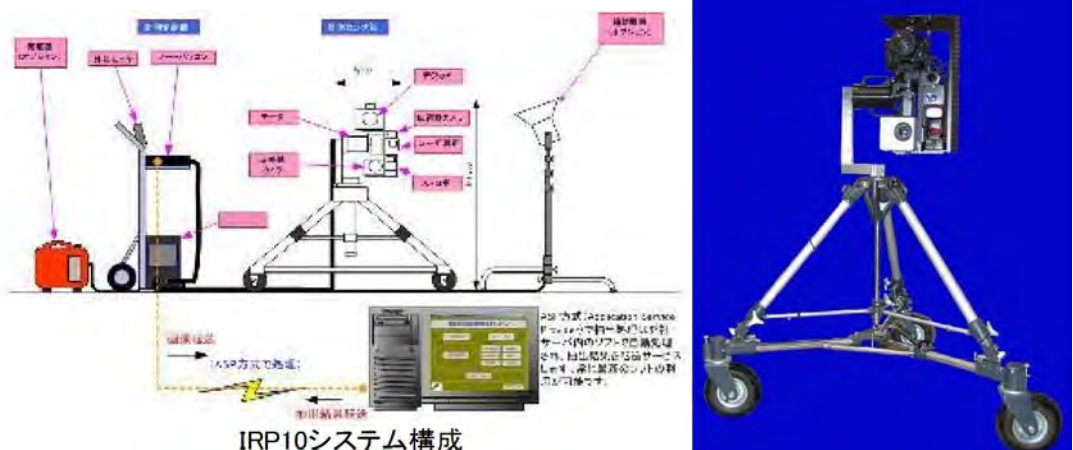
第3章 点検・モニタリング技術の事例集

3.1 ひび割れ検出技術の事例集

(1) コンクリート構造物のひび割れ検出システム

1. 名称	コンクリート構造物のひび割れ検出システム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ひび割れの幅・長さ・形状・位置座標の検出 	3. 施設分類 橋梁、トンネル
4. 概要	<p>本技術は、デジタル一眼レフカメラで撮影した画像にウェーブレット変換と画像処理を組み合わせたひび割れの検出・管理技術である。従来は、目視観察によるひび割れ調査が行われている。本技術の活用により、高精度なひび割れ検出が可能であり、品質や客観性の向上が期待できる。</p>	
5. イメージ図	<p>The diagram illustrates the image analysis process. It starts with '現地画像撮影' (On-site image photography), followed by '撮影画像の補正処理' (Image correction), 'ひび割れ検出解析' (Crack detection analysis), 'ひび割れ画像作成' (Crack image creation), and 'ひび割れ定量解析' (Crack quantitative analysis). The '出力図' (Output image) section shows a grid of images: '撮影画像' (Original image), 'ウェーブレット画像' (Wavelet image), '二値化画像' (Binary image), 'ひび割れ抽出作業' (Crack extraction), 'ひび割れ画像' (Crack image), and 'ひび割れ幅画像' (Crack width image). A color scale at the bottom indicates crack width in mm, ranging from 0~0.1 to 15.1, with corresponding numerical values: 170.5, 2.2, 9.2, 17.1, 27.7, 45.5, 69.9, 25.9, 15.1.</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> 高精度なひび割れ検出が可能 品質や客観性の向上が期待できる 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> 機器設置地点が安定していない場所では適用できない 	
8. 参考資料	新技術情報提供システム NETIS	

(2) ひび割れ自動撮影システム

1. 名称	ひび割れ自動撮影システム	
2. 把握できる内容	ひび割れの幅・長さ・形状・位置座標の検出	3. 施設分類 橋梁、トンネル、 舗装
4. 概要		
自動連続分割撮影方式及び画像処理技術を用い、コンクリート構造物のひび割れ幅を自動抽出する技術である。		
5. イメージ図		
 <p>IRP10システム構成</p>		
6. 運用結果	従来は目視、赤外線カメラ及びデジカメとの併用が必要であったが、本手法で工期とコストを改善	
7. 課題	ひび割れ幅が 0.2mm 未満は測定できない。 馬蹄形（曲線）トンネルの自動抽出処理はできない。	
8. 参考資料	新技術情報提供システム NETIS	


(3) コンクリートひび割れ調査システム

1. 名称	コンクリートひび割れ調査システム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ひび割れ形状及び位置の測定 	3. 施設分類
4. 概要	橋梁	
デジタル写真測量技術を利用したコンクリート構造物のひび割れ調査システムである。		
5. イメージ図		
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 経年変化の判別や位置の詳細も管理できる ▶ 高所作業機材の使用による現地目視点検がなく、撮影した写真画像よりひび割れの計測及び展開図の作成が可能 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 対象物が極端に汚い場合や撮影に障害となる物体がある場合、適用できない。 	
8. 参考資料	新技術情報提供システム NETIS	


(4) コンクリート構造物のひび割れ検出塗装システム

1. 名称	コンクリート構造物のひび割れ検出塗装システム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ひび割れ箇所の検出 	3. 施設分類 橋梁、トンネル
4. 概要	<p>コンクリート構造物の点検において従来は目視点検されていたひび割れ検出を、特殊光源を照射することでひび割れ箇所を発光させ画像撮影を可能とする、点検精度・速度を向上するための検出塗装システムである。</p>	
5. イメージ図	<p>塗膜構成図</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 塗装を施しておくことにより点検時には容易に精度高くひび割れ箇所を検出できる ▶ 暗所や遠望での目視でもひび割れの発見が容易 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 直射日光のもとでは発光したひび割れを検出できない。 	
8. 参考資料	新技術情報提供システム NETIS	

(5) ウェアラブル端末によるインフラヘルスマモニタリング

1. 名称	ウェアラブル端末によるインフラヘルスマモニタリング	
2. 把握できる内容	▶ ひび割れ	3. 施設分類
		トンネル
4. 概要	<p>視線の先に映像を表示することで、トンネル内の打音検査の結果をその場でリアルタイムに確認できる。作業指示書を参照しながら検査ができるので、足場の悪い場所でも効率よく作業が可能である。またカメラを組み合わせることで映像データを送信し、センターで確認しながら現場に対して指示を出すことも可能である。管理者ニーズとしては、保守点検の業務量の増加や、高難度化が進む中で、高度な専門スキルを持った保守作業員が不足しており、ICT 技術の積極活用による作業効率の改善が期待される。そのため、ハンズフリーで作業手順書や図面等を視線の先に表示できるウェアラブル・ディスプレイの映像表示技術が開発された。評価手段としては、目視点検・打音検査の際に利用して作業効率を向上させる。またカメラを組み合わせることで映像データを送信し、本部で熟練の点検員が確認を行う。</p> <p>今後は、今後は表示部のより一層の小型化・軽量化と、表示の高画質化、広画角化の技術開発を進め、社会インフラを中心とした保守や点検業務の効率化への活用予定である。</p>	
5. イメージ図	<p>■ トンネル内の打音検査の結果をその場でリアルタイムに確認できます。また、ハンズフリーで作業できるため、作業効率がアップします。(橋梁、高速道路など)</p>  <p>カメラ*を組み合わせることで画像データを撮影したり、検査結果をDB化して照合したりすることで、前回の修繕結果との比較・確認が容易にできるようになります。</p> <p>図 ウェアラブル端末の利用イメージおよびウェアラブル端末</p>	
6. 運用結果	<p>▶ トンネル内の暗所において、ハンズフリーで過去の点検結果を参照することにより、作業の効率化を図っている。</p> <p>▶ 指輪型コントローラ、グローブ型バーコードリーダー、ヘッドセット等の入力デバイスと組み合わせることで、幅広いニーズに対応</p>	
7. 課題	<p>▶ トンネルの点検は広範囲に及び、過去の点検結果と現場の点検場所を特定することに時間がかかる。</p>	
8. 参考資料	Web (日経 BP、企業サイト)	

(6) デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム

1. 名称	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ コンクリート構造物の表面変状（ひび割れ、浮き、鉄筋露出、錆汁、鉄筋露出）の補修図面の自動作成および数量計算 	3. 施設分類 橋梁、舗装
4. 概要	デジタルカメラで撮像した画像とスキャナーで読込んだ図面を利用し、画像処理技術で構造物の点検や劣化分析を支援するシステムである。	
5. イメージ図		
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 現場での作業は、点検箇所を撮影するのみで現場調査時間の削減と足場が不要の為、調査費用が低減 ▶ 事務所での作業は、リニューアル工事支援ソフト使用により、撮影画像の正射影画像への変換、記録のデジタル化、診断精度の向上、診断図・数量表作成時間が短縮 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 平面的で点検対象面が撮影できる構造物「橋梁(床版・橋脚・橋台)・擁壁・舗装面・建物等」にのみ適用。(深い渓谷や海洋に架かる橋梁及び、長大橋には適用できない) 	
8. 参考資料	新技術情報提供システム NETIS	

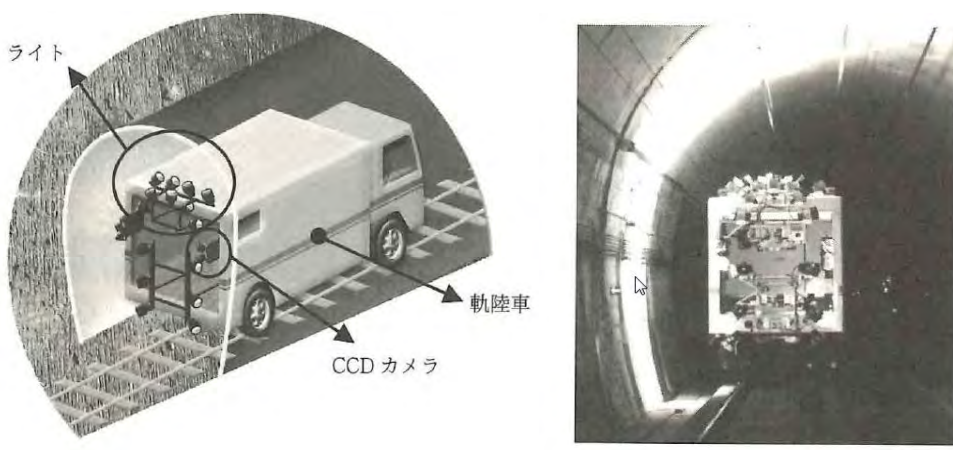
(7) コンクリート構造物のひび割れ検知ツール（クラックセンサ）

1. 名称	コンクリート構造物のひび割れ検知ツール（クラックセンサ）	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ひび割れ 	<p>3. 施設分類</p> <p>橋梁</p>
4. 概要	<p>追跡点検が必要と判断されたコンクリート構造物のひび割れや、将来ひび割れが発生することが予測される箇所に適用する技術である。追跡点検するひび割れに KK クラックセンサを設置し、ひび割れが発生した場合、センサの表面に指示模様が現れ、ひび割れの最大幅が目視でわかる。管理者ニーズとしては、2014年7月1日に施行された改正道路法施行規則により、全国の橋梁・トンネルの維持・管理について、5年に1回の目視点検が義務化された。義務化に伴う検査対象件数の増加に対して、作業の効率化と確実性を高めたい管理者ニーズがある。評価手段としては、ひび割れの拡大を際立たせる素材でできたセンサを測定箇所に貼付ける。ひび割れが発生すると、センサが白色に変色するため、ひび割れの発生～拡大を容易に視認することができる。ひび割れ感度は0.15～0.60mmタイプ、1～5mmタイプの2種類がある。</p>	
5. イメージ図	<p>ひび割れ幅によるクラックセンサの変化</p> <p>ひび割れ箇所におけるクラックセンサの変状</p> <p>図 ひび割れ箇所におけるクラックセンサの変化と変状</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 高さ 10m にあるコンクリートのひび割れに応じた指示模様を 20m 離れたところから目視で判別可能 ▶ 高所点検時に高所作業が不要になり、交通規制の回数を削減 ▶ 初期コストが必要だが初回点検と施工を同時に実施することで削減可能 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 降雨、降雪、強風、低温、高温の環境下では施工できない。 ▶ コンクリート塗装などの被覆材が施工されているコンクリート構造物では、センサの感度が低下する。 	
8. 参考資料	Web、NETIS プラス	


(8) ひび割れ計測システム

1. 名称	ひび割れ計測システム		
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ひび割れ 	3. 施設分類	
4. 概要	橋梁		
4. 概要	<p>光波測量器を用いたひび割れ計測システムで、離れた場所からひび割れの幅・形状・3次元位置座標を測定し図化することができる。さらに、構造物の形状や附属物を測定することで、桁下等の平面図・建物等の立面図及びアーチ状構造物の展開図が作成できる。管理者ニーズとしては、従来はひび割れに手が届く範囲まで近づき、クラックスケールを用いて幅を測定していたため、仮設足場や高所作業車を用いなければならず作業が必要であった。そのため地上からの測定技術にニーズがある。評価手段としては、光波測量器を通して目視でひび割れを探し、焦点鏡に組み込んだクラックゲージによりゲージ番号を選択する。機器から測定箇所までの距離と角度を光波測量器を用いて測定する。距離・角度・ゲージ番号の関係から、ひび割れ幅を機器内の計算プログラムで算出する。</p>		
5. イメージ図			
	図 計測状況(左)	計測機器(中)	解析ソフトウェア(右)
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 100m 先の 0.4mm 幅のひび割れを計測可能 		
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 本技術はレーザ製品を使用するため、作業エリア内への第三者の立ち入りを防ぐ必要があり、交通規制を行う ▶ 暗所の点検においては照明車・投光器等を使用してひび割れ箇所を照らさなければならない 		
8. 参考資料	NETIS 維持管理支援サイト		

(9) ラインセンサカメラ(連続走査画像)

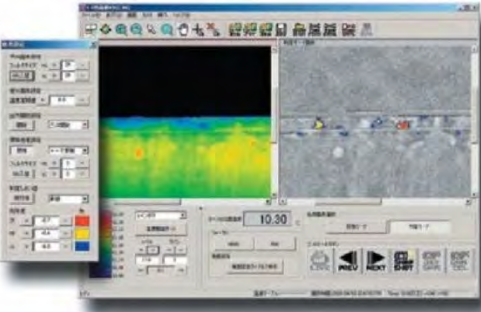
1. 名称	ラインセンサカメラ(連続走査画像)	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ トンネル壁面のひびわれ 	3. 施設分類 トンネル
4. 概要	<p>本技術は、走行しながら壁面を走査して画像を得、連続走査画像から展開図を作成するものである。JR 東海では、1999 年度から活用しており、15 km/h(単線)、27 km/h(複線、片側) で走行しながら壁面を走査し、幅 1mm のひび割れを検出できる。JR 北海道では、2002 年度から活用しており、10 km/h で走行しながら壁面を走査し、幅 1mm のひび割れを検出できる。鉄道総研や民間鉄道では、2004 年度から、上記よりも簡易な撮影システムを導入している。</p>	
5. イメージ図		
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 画像を撮影するため、損傷の見逃しを防止できる。 ▶ 走行しながら走査できるため、現場作業が縮減される。 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 覆工コンクリート内部の損傷を把握することができない。 	
8. 参考資料	<p>鉄道構造物等維持管理標準・同解説（構造物編）トンネル、平成19年1月</p>	

(10) レーザー

1. 名称	レーザー	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ トンネル壁面のひびわれ 	3. 施設分類 トンネル
4. 概要	<p>レーザービームで全周をスキャンし画像処理を施して連続壁面画像を得、展開図を作成する。JR 東日本では、2000 年度から活用しており、4～7 km/h で走行しながら壁面をスキャンし、幅 0.5mm のひび割れを検出できる。JR 西日本では、2001 年度から活用しており、2.8～17 km/h で走行しながら壁面をスキャンし、幅 0.5mm のひび割れを検出できる。</p>	
5. イメージ図		
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 画像を撮影するため、損傷の見逃しを防止できる。 ▶ 走行しながらスキャンできるため、現場作業が縮減される。 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 覆工コンクリート内部の損傷を把握することができない。 	
8. 参考資料	<p>鉄道構造物等維持管理標準・同解説（構造物編）トンネル、平成19年1月</p>	

3.2 うき・剥離検出技術の事例集

(1) 赤外線調査トータルサポートシステム Jシステム

1. 名称	赤外線調査トータルサポートシステム Jシステム										
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ うき、剥離の検出 	3. 施設分類 橋梁、トンネル									
4. 概要	<p>本技術は、離れた場所から、赤外線カメラにより点検対象を撮影し、解析を行なうことで、浮き・剥離を検出する技術で、従来は全面打音点検で対応していた。本技術の活用により、点検箇所での絞り込みが可能となり、高所作業や交通規制が削減でき経済性と安全性が向上した。</p>										
5. イメージ図	 <table border="1" data-bbox="772 745 1331 1070"> <caption>赤外線画像と判定結果の違い</caption> <thead> <tr> <th></th> <th>Jシステムによる撮影例</th> <th>一般的な赤外線カメラによる撮影例</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>赤外線画像</td> <td>表面から空洞までのかぶり 2cm 3cm 4cm</td> <td>表面から空洞までのかぶり 2cm 3cm 4cm</td> </tr> <tr> <td>判定結果</td> <td>表面に近い空洞をより危険と判断して赤、黄の順で自動判定</td> <td>判定画像なし 赤外線カメラ操作者が赤外線画像から主観的に判断して浮き剥離を判定。浮き・剥離の判定は操作者の熟練度に依存。</td> </tr> </tbody> </table> <p>調査支援モニター(左:赤外線画像右:損傷判定画像)</p> <p>Jシステムと一般的な赤外線調査技術の比較</p>			Jシステムによる撮影例	一般的な赤外線カメラによる撮影例	赤外線画像	表面から空洞までのかぶり 2cm 3cm 4cm	表面から空洞までのかぶり 2cm 3cm 4cm	判定結果	表面に近い空洞をより危険と判断して赤、黄の順で自動判定	判定画像なし 赤外線カメラ操作者が赤外線画像から主観的に判断して浮き剥離を判定。浮き・剥離の判定は操作者の熟練度に依存。
	Jシステムによる撮影例	一般的な赤外線カメラによる撮影例									
赤外線画像	表面から空洞までのかぶり 2cm 3cm 4cm	表面から空洞までのかぶり 2cm 3cm 4cm									
判定結果	表面に近い空洞をより危険と判断して赤、黄の順で自動判定	判定画像なし 赤外線カメラ操作者が赤外線画像から主観的に判断して浮き剥離を判定。浮き・剥離の判定は操作者の熟練度に依存。									
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 打音点検面積を削減することにより、橋梁点検全体の経済性が向上 ▶ 足場上などの危険を伴う高所作業を減少させ、作業の安全性が向上 ▶ JR 交差点など、規制が困難な箇所の損傷状況を遠望から把握することが可能 										
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 雨天、湿潤状態では適用できない ▶ 調査対象に対する対象面角度の最小角度が 30° 以上確保できること、撮影箇所から調査対象部位の視通が確保できること、など現場の制約条件がある 										
8. 参考資料	新技術情報提供システム NETIS										

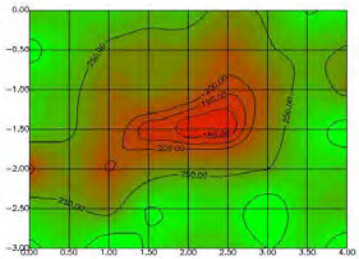


(2) 赤外線コンクリート構造物劣化診断支援システム

1. 名称	赤外線コンクリート構造物劣化診断支援システム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ うき、剥離の検出 	3. 施設分類 橋梁、トンネル
4. 概要	<p>本技術はコンクリートの浮き・剥離を赤外線法により検出する劣化診断技術で、従来は目視・打音法により対応していた。本技術の活用により、調査による墜落・転落災害等の危険作業を廃止すると共に、調査結果を画像より読取ることより、より高精度の調査が期待出来る。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="300 752 823 1111"> <p>劣化診断図(赤外線と可視画像の重ね合せ)</p> </div> <div data-bbox="836 752 1299 1111"> <p>システムの特徴</p> </div> </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 足場上での高所調査をなくし、主に地上での調査が可能 ▶ 画像表現による客観性向上 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 雨天での調査活動は不可 ▶ 調査対象物と本システムの間には障害物が無い。調査対象物との距離が最低 5m 必要など、現場の制約条件がある 	
8. 参考資料	新技術情報提供システム NETIS	

(3) 打音による床版コンクリート等の健全度測定システム

1. 名称	打音による床版コンクリート等の健全度測定システム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 道路高架構造の既設床版の内部及び増厚床版と既設床版との境界部の空隙等の箇所 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>本技術は、主に橋梁部のコンクリート床版及び、コンクリート床版と増厚床版の境界に発生している空隙等を舗装を捲らず、その上から打音測定機で発見する技術。衝撃音をソフトウェアを用いてPC画面に波形(ソノグラフ)表示して、空隙状態を図化表示する。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>舗装の上から打音検査可能 打音検査システムT.T.Carによる波形調査(データ)異音箇所をPC上にプロットデータ解析結果とプロット図を確認 作業員1名で1日2000㎡/橋以上の調査も可能 詳細データ(T.T.MAP)提出</p> </div> </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 広い範囲を先行的に、空隙範囲を短時間で把握出来る ➤ 補修に伴う樹脂注入面積の詳細面積特定が早く出来る 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 降雨天及び降雪時については、收音計等が濡れることにより問題が出るため測定が出来ない ➤ 測定時は、片側車線規制時に測定となる 	
8. 参考資料	企業HP (https://www.daon.jp/)	

(4) 健コン診断ポータブル

1. 名称	健コン診断ポータブル	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 浮き、はく離、空洞 	3. 施設分類 トンネル
4. 概要	<p>打音法（ハンマー打撃による発生音をマイクロフォンで収録・分析し、健全性を評価する技術）により、トンネル覆工コンクリート、RC床版などの表層欠陥（浮き、はく離、空洞など）、合成床版や沈埋トンネルなどの鋼板とコンクリートのはがれなどを調査する技術である。管理者ニーズとしては、近年、コンクリート構造物からの剥落など、社会資本の老朽化が問題になっている。現在では目視点検と叩き点検に依っているが、評価に迷う場合もあり、客観的・定量的に評価する技術が求められている。評価手段としては、現場で測定位置をマーキングし、ハンマーにより打撃する。打撃した結果はパソコン内に格納され、後日専用ソフトを用いてコンター図等の作成を行い、健全度評価を実施する。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>計測結果を基に作成した コンター図</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>計測機器</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>計測状況</p> </div> </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 準拠する基準類「NDIS 2426-3 コンクリート構造物の弾性波による試験方法-第3部:打音法」 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 降雨・降雪により機器が濡れる場所での調査は不可 ➤ コンクリート表層から25cm以深にある欠陥は計測不可 	
8. 参考資料	NETIS 維持管理支援サイト	

(5) 回転式連続打音検査(Dr コロリン)

1. 名称	回転式連続打音検査(Dr コロリン)	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 構造体等の剥離、劣化、膨張、空気・異物混入 	3. 施設分類 橋梁、トンネル
4. 概要	<p>本システムは、構造物の剥離等を非破壊で点検するものである。本検査器は転打子を構造体等の表面に沿い移動させると打撃音が得られる形状で、従来のハンマー等を用いた打音検査に比べ個人差が少なく、点検の作業性、効率、正確度、信頼性が向上するとともに省力化が図れる。</p>	
5. イメージ図	<p style="text-align: center;">回転式打音検査器模式図及び点検作業状況</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 点検作業の工期を短縮化、及び作業費が縮減 ▶ 連続打撃音のため従来見出せなかった叩打点間の不健全箇所を検知することができ信頼性、正確度が向上 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 構造物表面が著しく凹凸しており、本点検具の転打子の回転が著しく損なわれる場所での適用は不可 ▶ 検査可能高さを超える場合は高所作業所が必要 	
8. 参考資料	新技術情報提供システム NETIS	

3.3 疲労き裂検出の事例集

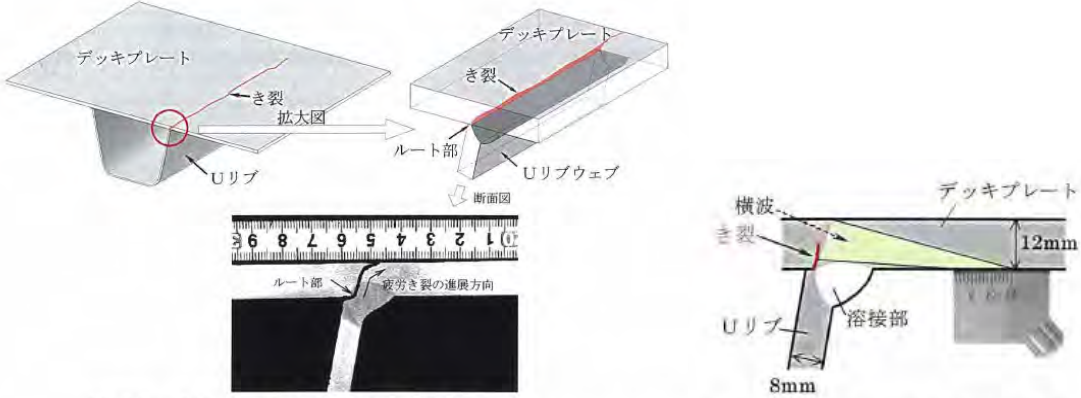
(1) クラックパトロールシステム

1. 名称	クラックパトロールシステム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> 鋼道路橋、鋼鉄道橋、鋼製の照明柱や標識柱等の鋼構造物の部位の疲労き裂について、その進展の監視 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>クラックパトロールシステムは、鋼構造物の疲労き裂を検知する技術。疲労き裂の進展を監視したい箇所または疲労き裂が予想される箇所に破断検知線と無線 IC タグを設置して、遠方(地上、路面など安全な場所)で無線を受信して疲労き裂を監視できる。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="256 801 742 1176"> <p>クラックパトロール 受信機で IC タグのデータを受信し、疲労き裂発生有無を判定。現場の目視を補完・効率化できます。</p> <p>無線 IC タグ</p> <p>破断検知線</p> <p>受信機で疲労き裂検知を受信</p> <p>送信センサー (破断検知線)</p> <p>管理事務所</p> <p>情報をダウンロード・記録・履歴</p> <p>クラックパトロールのシステム設置例</p> </div> <div data-bbox="762 801 1321 1176"> <p>破断検知線</p> <ul style="list-style-type: none"> 2本の平行鋼線を特殊フィルムでサンドイッチした構造で、光ファイバ等比べて安価です 耐久性、耐酸性試験をクリアしているので、長期間の使用に耐えることができます 自由に折り曲げが可能のため、隅内部などの狭い部分にも貼り付けが可能です <p>フィルム</p> <p>接着剤 A</p> <p>鋼線(リボン線)</p> <p>接着剤 B</p> <p>破断検知線の概念図、写真、施工例</p> </div> </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> 遠方目視で監視できるため安全性が向上 一度設置すれば、5年間(電池寿命の計算値)の間いつでも監視できる 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> 部位ごとに個別に監視するので、監視対象以外の箇所から発生したき裂は検出できない 設置地点の外部ノイズの影響や周辺の悪条件下では適用できない 調査の頻度が多くなるとシステムを設置する経済効果は高くなる 	
8. 参考資料	新技術情報提供システム NETIS	

(2) アコースティックエミッション計測を適用した橋梁モニタリングシステム

1. 名称	アコースティックエミッション計測を適用した橋梁モニタリングシステム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 亀裂、歪み、変位 	3. 施設分類
		橋梁
4. 概要	<p>アコースティックエミッション (AE) と呼ばれる材料の微小亀裂から発生する弾性波を検出するスーパーアコースティック (SA) センサを用いたモニタリングシステム。従来は加速度センサ、歪みセンサ、変位センサなど複数のセンサを用いてきた変状を、ひとつのセンサで計測することができる。管理者ニーズとしては、一般に高速道路会社や大都市の自治体・国が管理する橋梁は維持管理に十分な費用・人員を割り当てることができるが、地方の自治体は一つの橋梁にかけられるメンテナンスコストが相対的に低い傾向があり、低コストなので維持管理可能な技術に対するニーズが高い。評価手段としては、橋梁の変状が予想される場所にセンサユニットを設置する。データは無線で伝送され診断が行われる。</p>	
5. イメージ図	<p>The diagram is divided into two parts. On the left, 'AE の計測例' (Example of AE measurement) shows a graph with 'AE 振幅' (AE amplitude) and 'エネルギー' (Energy) on the y-axis and '時間' (Time) on the x-axis. It illustrates a peak in amplitude and energy over a '持続時間' (Sustained time). On the right, 'システムの構成' (System configuration) shows a 'SA センサユニット' (SA sensor unit) installed on a bridge. This unit is connected to 'SA センサ' (SA sensors). Data is transmitted wirelessly to a '集約装置' (Data collector), then to a 'コンセントレータ' (Concentrator), and finally to a 'サーバ' (Server). The flow is labeled 'データの流れ' (Data flow).</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 開発した SA センサは AE 帯域に必要とされる超音波帯域を含む、広い周波数特性を確保していると言える ▶ 10 年間メンテナンスなしで自律駆動する予定である ▶ 成果は NEDO の委託研究業務「インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト」で得られた 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 部位ごとに個別に監視するので、監視対象以外の箇所から発生したき裂は検出できない 	
8. 参考資料	Web (論文)	

(3) 鋼床版デッキプレート亀裂検査

1. 名称	鋼床版デッキプレート亀裂検査	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 鋼床版デッキプレートと U 型縦リブ間の溶接ルート部の疲労き裂の検出 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要		
鋼床版デッキプレートと U 型縦リブ間の溶接ルート部より発生し、デッキプレート内に進展する疲労き裂を超音波探傷法によって検出するための調査技術である。		
5. イメージ図		
 <p>図 溶接ルート部から発生したデッキプレート進展き裂及び横波臨界屈折角探傷法の探傷イメージ</p>		
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 溶接ルート部からデッキプレート内に進展しデッキプレートを貫通するき裂は、デッキプレート下面側の密閉された U リブ内部の溶接ルート部を起点として、デッキプレート上面側へ向かって進展するき裂であり、進展状況を目視にて直接確認することは困難。この危険なき裂を特殊な超音波探傷技術で検出することができる。 ▶ 鋼床版デッキプレート下面の溶接線に沿って上向きに探傷する作業条件を考慮して、探触子の走査を自動的に行い、データを記録することができる。 ▶ 直轄国道の特定橋梁で土木研究所の指導の下で適用されている。 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 超音波探傷法による探傷結果は検査技術者の技量に左右されやすく、客観性・信頼性の高い結果を得るためには、使用する探触子の選定や探傷方法、探傷結果の評価方法について検討する必要がある。本手法は、この点を「自動走査」という方法で改良しており、今後の活用が期待される。 ▶ 土木研究所による現地講習（3日程度）を受講する必要があり、調査結果のまとめにおいても知識と経験が必要である。 	
8. 参考資料	土木研究所資料第 4138 号鋼床版デッキプレート進展き裂の調査のための超音波探傷マニュアル(案)	


(4) 疲労センサによる鋼構造物の疲労寿命評価

1. 名称	疲労センサによる鋼構造物の疲労寿命評価	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> 鋼道路橋、鋼鉄道橋等の鋼構造物の部位について、疲労損傷度を間接的に評価して疲労寿命を推定 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>本技術は、主に鋼構造物を対象に金属箔のき裂進展から間接的に繰り返し応力を受ける部位の疲労寿命を推定する技術であり、従来はひずみゲージを用いて応力頻度測定を行い、疲労寿命を推定していた。</p>	
5. イメージ図	<p>疲労センサの概要</p> <p>疲労センサと従来手法の比較</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> 低コストで寿命評価が可能 長期間の収集データから解析が可能 部位ごとの疲労損傷度を定量的にとらえることができ補修・補強の優先順位付けに活用できる 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> 疲労寿命推定に長期間の計測を要する 塗装の除去は必要 高湿度の環境下では、表面処理もしくは表面カバーが必要 	
8. 参考資料	新技術情報提供システム NETIS	

(5) 溶接部ヘルスマニタリングシステム

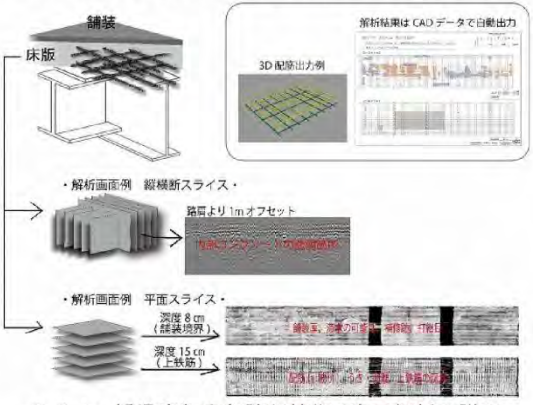
1. 名称	溶接部ヘルスマニタリングシステム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 鋼構造物の疲労き裂について、初期の段階で検知可能 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>溶接部ヘルスマニタリングシステムは、破断検知線を用いて鋼構造物の疲労亀裂を検知する技術で、リアルタイムに疲労亀裂の有無を監視することで目視点検を補完する維持管理手法である。このシステムで使用する破断検知線は、疲労亀裂を早期かつ確実に安価で発見できる。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="300 801 683 1182"> <p>溶接部ヘルスマニタリングの適用例</p> </div> <div data-bbox="778 835 1295 1182"> <p>■検知線</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 2本の平行鋼線を特殊フィルムでサンドイッチした構造で、光ファイバ線に比べて安価です ◆ 耐久性、耐酸性試験をクリアしているので、長期間の使用に耐えることができます ◆ 自由に折り曲げが可能のため、隅肉部などの狭い部分にも貼り付けが可能です <p>破断検知線の概念図、写真、施工例</p> </div> </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 定期的な目視検査で見逃しがちな疲労亀裂を、早い段階で発見できる ▶ 鉄道橋や道路橋など一般塗装された鋼構造物の健全な塗膜表面上からでも亀裂の検知が可能 ▶ 疲労亀裂を常時監視できる ▶ 同時にたくさんの箇所をモニタリングできる 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 施工時に桁下に足場が必要 ▶ 塗膜が浮き上がっている等、正常な塗装でない状態では、塗装の上面に設置することはできない 	
8. 参考資料	新技術情報提供システム NETIS	

(6) 渦流探傷による橋梁等の亀裂検査システム

1. 名称	渦流探傷による橋梁等の亀裂検査システム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 鋼構造物の疲労き裂の検出 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	本技術は橋梁の溶接部の亀裂を探傷する非破壊検査方法で、従来は磁粉探傷で対応していた。	
5. イメージ図	 <p style="text-align: center;">亀裂調査状況</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 塗膜を剥がす必要が無くなり、作業効率の向上及びコストメリットが向上 ▶ 亀裂の自動判定機能を付けたことにより、作業者の熟練が不要となり、だれにでも検査ができる 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 高所作業の場合は、高所作業車が必要 ▶ コンクリート等の非金属のキズの検出は不可 ▶ センサーを検査面に垂直に立てられない場所(狭い場所、複雑な構造の部位)は検出の精度は悪い 	
8. 参考資料	新技術情報提供システム NETIS	

3.4 床版の損傷検出事例集

(1) G-Cube・橋梁床版内部診断技術

1. 名称	G-Cube・橋梁床版内部診断技術	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 橋梁の床版内部の様々な劣化損傷や状況の検知・診断 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要		
<p>高解像度・3次元の地中レーダ技術の実用化がもたらした、床版内部の様々な損傷や状況を非破壊で検知・診断する技術。従来複数技術の組合せで実施してきた内容が、舗装路面からの一度の調査で完結します。診断内容の多さに加え、広範囲・短期間・高い判定精度等が特長である。</p>		
5. イメージ図		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  <p style="text-align: center;">G-Cube・橋梁床版内部診断技術イメージ図</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p style="text-align: center;">・G-Cube 橋梁床版 診断例・</p> <p style="text-align: center;">独自のデータ取得、処理、解析技術により実用化した技術</p> <p>三次元解析：任意の断面（平面・縦断・横断）で内部を詳細に解析</p>  <p style="text-align: center;">G-Cube・橋梁床版内部診断技術 3次元解析の説明</p> </div> </div>		
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 舗装切削は不要で、舗装路面から基点管理した高解像度・3次元データが取得可能 ➤ 経年変化の評価(同位置の比較解析)が可能 ➤ 広い範囲から詳細な損傷を3次元で詳細に検知 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 腐食起因以外の表面的なうき・剥離は検知対象外 ➤ 自然条件、現地条件の制約の他、過去に上面増厚等の補強工法を用いた箇所ではレーダが透過しないため適用不可 	
8. 参考資料	新技術情報提供システム NETIS	

(2) 橋梁床版損傷状況調査システム

1. 名称	橋梁床版損傷状況調査システム (床版キャッチャー)																						
2. 把握できる内容	▶ ひび割れ、損傷状況	3. 施設分類 橋梁																					
4. 概要	<p>橋梁床版の損傷状況を非破壊検査にて行うシステム。計測用車両に搭載された装置から電磁波を照射し、アスコン層内部や床版全面の損傷状況を探知する。路肩は搭載された手押し型レーダ装置で測定を行う。背景・目的としては、電磁波技術を活用して、橋梁の床版上面と舗装面の非破壊検査を行う。損傷の位置や範囲、深さや程度を事前に把握することで、工事日程の適正化や、必要な修復材の量を推計することができる。分析評価手段としては、200MHz～3GHzの電磁波を舗装表面に照射し、反射時間から床版内部での損傷を検知。また併せてラインカメラでの撮影を行い、舗装表面のひび割れを把握する。これらの計測データはGPSにより橋梁上での位置とひも付けられ、損傷程度により白黒の視覚化を行ってプレビューソフトにより利用者に提供される。</p>																						
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>図 計測結果の例</p> </div> <div style="text-align: center;"> <table border="1"> <thead> <tr> <th>健全性診断の判定区分</th> <th>対策区分判定</th> <th>損傷状況判定の考え方</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">I 健全</td> <td>A</td> <td>損傷が認められない、損傷が軽微</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>補修等が必要な損傷</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">II 予防保全段階</td> <td>M</td> <td>維持工事に対応が必要な損傷</td> </tr> <tr> <td>C1</td> <td>補修等が必要な損傷</td> </tr> <tr> <td>III 早期措置段階</td> <td>C2</td> <td>補修等が必要な損傷</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">IV 緊急措置段階</td> <td>E1</td> <td>著しいひびわれを生じており、上部工全体の剛性の低下によって構造安全性を著しく損なう状況</td> </tr> <tr> <td>E2</td> <td>抜け落ち寸前の床版ひびわれが発生しており、剥離落下によって第三者被害が懸念される状況</td> </tr> </tbody> </table> <p>図 橋梁定期点検要綱に基づく健全性判定区分</p> </div> </div>		健全性診断の判定区分	対策区分判定	損傷状況判定の考え方	I 健全	A	損傷が認められない、損傷が軽微	B	補修等が必要な損傷	II 予防保全段階	M	維持工事に対応が必要な損傷	C1	補修等が必要な損傷	III 早期措置段階	C2	補修等が必要な損傷	IV 緊急措置段階	E1	著しいひびわれを生じており、上部工全体の剛性の低下によって構造安全性を著しく損なう状況	E2	抜け落ち寸前の床版ひびわれが発生しており、剥離落下によって第三者被害が懸念される状況
健全性診断の判定区分	対策区分判定	損傷状況判定の考え方																					
I 健全	A	損傷が認められない、損傷が軽微																					
	B	補修等が必要な損傷																					
II 予防保全段階	M	維持工事に対応が必要な損傷																					
	C1	補修等が必要な損傷																					
III 早期措置段階	C2	補修等が必要な損傷																					
IV 緊急措置段階	E1	著しいひびわれを生じており、上部工全体の剛性の低下によって構造安全性を著しく損なう状況																					
	E2	抜け落ち寸前の床版ひびわれが発生しており、剥離落下によって第三者被害が懸念される状況																					
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 国土交通省の橋梁定期点検要領に基づいた4区分（I～IV）の健全性を診断可能 ▶ 1mm以上の詳細なひび割れを測定可能。これは（一財）土木研究センターの「路面性状自動測定装置の性能確認試験」と同等の性能である 																						
7. 課題	▶ 計測作業で発生する費用が高額である。（1425362円/1800mあたり）																						
8. 参考資料	ニチレキ株式会社、道路構造物ジャーナル NET																						

(3) 打音による床版コンクリート等の健全度測定システム

1. 名称	打音による床版コンクリート等の健全度測定システム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> 舗装内の空隙 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>道路高架構造の既設床版の、内部及び増厚床版と既設床版との境界部の空隙等の箇所を舗装の上から測定するシステムである。1名が打音測定用の手押し車を走らせ、もう1名がそれをパソコンに記録していく。320mmまでの厚さに発生している空隙・空洞を測定可能としている。管理者ニーズとしては、従来の打音点検では、作業員に熟練が必要であり、またかがんだ状態での作業で負荷も大きかった。評価手段としては、ソノグラフで音や振動を図形にして印刷し、空隙の位置や大きさを図示する。測定時は片側車線規制を行うが、この時に大型車が通行しない方が望ましい。測定車担当と収音担当の2名で測定でき、特別な技術や経験を必要としない。</p>	
5. イメージ図		
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> 準拠する基準類「土木工事共通仕様書(中部地方整備局 監修)」「土木工事積算仕様書(愛知県建設部 監修)」「土木工事施工管理基準(愛知県建設部 監修)」「道路維持修繕要領(日本道路協会)」 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> 降雨および降雪の際には集音計が濡れるため測定ができない 床版補強工事、床版改良工事の事前調査として用いることを想定している 	
8. 参考資料	NETIS 維持管理支援サイト	

(4) 橋梁床版内部診断技術

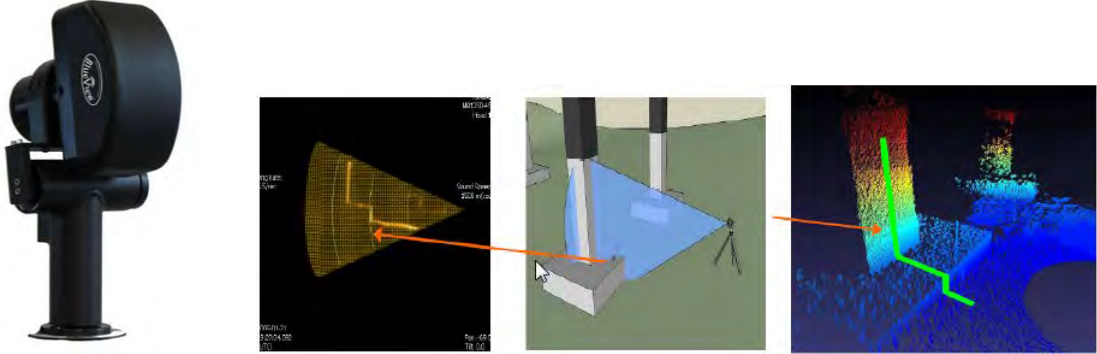
1. 名称	橋梁床版内部診断技術	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 床版の損傷（うき、剥離、空洞、鉄筋腐食等） 	3. 施設分類
4. 概要	橋梁	
4. 概要	<p>舗装路面からの非破壊調査で、RC 床版内部の様々な劣化損傷や状況を三次元で検知、診断する技術である。本技術の診断で舗装切削前に部分補修・打替・架替など床版補修の適切な判断が可能になり、損傷実態に基づいた老朽化対策計画設計を支援する。管理者ニーズとしては、我が国の橋梁では通行車両の大型化等に対応するため、床版下面を鋼板接着等で補強しているものがあり、目視点検だけでは維持管理に必要な広範囲の一次情報を得ることが困難である。評価手段としては、車両に搭載された装置からマイクロ波を路面に照射し、反射波を取得。独自に解析システムにより内部の空洞の位置を特定する。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>図 計測作業の様子</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>図 計測結果</p> </div> </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 1日あたり10橋程度の橋梁床版に対し、劣化の可能性のある箇所の把握が可能 ➤ 最高時速60km/hで走行しながらの計測が可能 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 鋼繊維補強コンクリート(SFRC)による補修箇所には適用不可 	
8. 参考資料	NETIS 維持管理支援サイト	

3.5 橋梁洗掘検出の事例集

(1) ソナーによる橋梁下部工洗掘調査

1. 名称	ソナーによる橋梁下部工洗掘調査	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 水中にある橋脚等の洗掘の有無やその状況 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要		
水中にある橋脚等橋梁下部工の洗掘等の状況を、深淺測量や潜水調査を行わずに橋梁上から超音波を利用したカラーイメージングソナーにより調査するものである。		
5. イメージ図		
<div style="text-align: center;">  <p>モニタ画面に映し出された洗掘状況</p> </div> <h3 style="text-align: center;">調査方法</h3>		
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 船舶を準備して水面から計測することや、潜水土により水中で調査することなく、橋梁上から安全に計測可能 ➤ 河床や橋脚基部の形状をその場で、リアルタイムでディスプレイ上に表示可能 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 調査箇所における水深が 1m 以上必要 ➤ 橋梁の高欄にソナーを支えるロッドを取り付けるため、水面までの高低差や高覧幅等の現場条件の制限がある。歩道がない場合は、簡易な交通規制が必要となる。 	
8. 参考資料	新技術情報提供システム NETIS	

(2) 水中3Dスキャナー



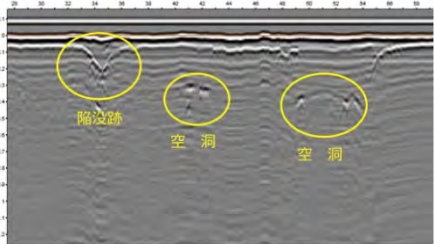
1. 名称	水中3Dスキャナー	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 河床や海底の構造物の3D計測 	3. 施設分類
		道路・河川
4. 概要	<p>水中音波（ソナー）技術により、濁った不透明な水中（視界ゼロ）でも、河床や海底の構造物を3D計測することができる。スキャナーと三脚で構成されている本装置を、船上から河床（海底）にロープ等で降ろし、遠隔操作でスキャンニングすることができる。</p> <p>海底構造物の損傷検査、橋脚やダムの中基礎の調査、ダムの堤体調査と放流池の洗掘測量、水中構造物の撤去調査、河床変動測量と湖床調査、海底文化財の調査などの用途がある。</p>	
5. イメージ図	 <p>水中3Dスキャナー (BV5000)</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ レーザー技術では計測できない、濁った不透明な水中でもスキャンニングができる。 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 調査船の接近が難しい護岸等の隅角部や、水深の浅い防波堤元付け部ではデータ取得が困難である。 	
8. 参考資料	株式会社オーピーティー HP	

(3) ナローマルチビームによる水中部形状調査

1. 名称	ナローマルチビームによる水中部形状調査																	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 洗掘・海底の堆積状況 	3. 施設分類 湾港																
4. 概要	<p>測深機を搭載した調査船から、海底に向けてナローマルチの音響ビームを発射。海底からの反射波を受信して、船に搭載したパソコンに記録していく仕組みである。背景・目的としては、全国の国有港湾施設（4,025 施設）から特に老朽化が進んでいる 103 港 810 施設について緊急点検を行うために、点検手法のひとつとして、港湾における係留施設及び外郭施設を幅広く探査できる、ナローマルチビームによる探査を行った。分析評価手段としては、GPS 機器により船位を決定。マルチビーム音響測深機（Soni2024）から海底にビームを照射する。計測時に動揺センサー・方位センサーにより測量船のロール・ピッチ値を取得し、補正を行う。</p>																	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="212 952 992 1281"> </div> <div data-bbox="1029 929 1369 1281"> </div> </div> <p style="text-align: center;">係留施設における変状</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>種別</th> <th>洗掘</th> <th>堆積</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>矢板式</td> <td>25</td> <td>22</td> <td>47</td> </tr> <tr> <td>栈橋</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>重力式</td> <td>16</td> <td>6</td> <td>22</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">係留施設全面域の不具合</p> <p style="text-align: right;">計測イメージ</p>		種別	洗掘	堆積	合計	矢板式	25	22	47	栈橋	2	0	2	重力式	16	6	22
種別	洗掘	堆積	合計															
矢板式	25	22	47															
栈橋	2	0	2															
重力式	16	6	22															
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 調査によって、洗掘は局所的に、堆積は岸壁全体で発生する傾向が確認された ➤ 被覆工と根固工の移動・散乱、基礎マウンド全面の洗掘が確認された。これらの変状要因は波浪である 																	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 調査船の接近が難しい護岸等の隅角部や、水深の浅い防波堤元付け部ではデータ取得が困難である。 																	
8. 参考資料	株式会社 海洋先端技術研究所																	

3.6 路面空洞検出の事例集


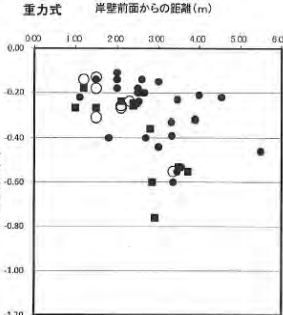
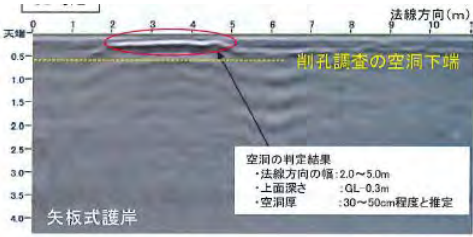
(1) 3D レーダーを用いた地中探査システム

1. 名称	3D レーダーを用いた地中探査システム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 変状・空洞 	3. 施設分類 舗装、湾港施設
4. 概要	<p>広い周波数帯域をもつマルチチャンネルアンテナの採用により、自動的に周波数を切り替えながら、1度の測定で縦断・横断方向の3次元データを広範囲に取得できる計測システムである。管理者ニーズとしては、従来、舗装下の変状を調査するには、マルチチャンネル地中レーダーを用いた1次調査(概略調査)によって異常箇所の抽出を行い、その結果をもとに2次調査(メッシュ調査)を行い、空洞や変状等の判定を行っていた。そのため手間と時間がかかり、管理者の負担となっていた。評価手段としては、複数のチャンネルから200MHz~3GHzの電磁波を段階的かつ連続的に発信し、高速度で切り替えながら地中のデータを取得する。縦横断方向7.5cmのグリッドで測定し、地中の空洞等の位置を特定する。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>計測状況</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Google Earth との連動</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  <p>3.4 m付近に陥没跡、4.2 mおよび4.8~5.4 m付近に空洞が確認される</p> <p>計測により発見した空洞(湾港施設)</p> </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 専用解析ソフトで解析されたデータは、Google Earth との連動が可能 ▶ 現場測定日数の短縮とコスト削減が可能、交通規制が不要なく事故の発生が軽減され安全性が向上 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 現在は紙による報告書の提出であるため、今後は成果品のデジタル化と測定データの閲覧ソフト提供が課題 ▶ 豪雨時や、路面に2cm以上の溜水がある場合には測定不能 	
8. 参考資料	NETIS 維持管理支援サイト	

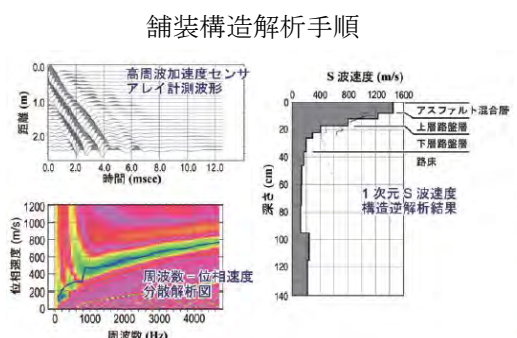
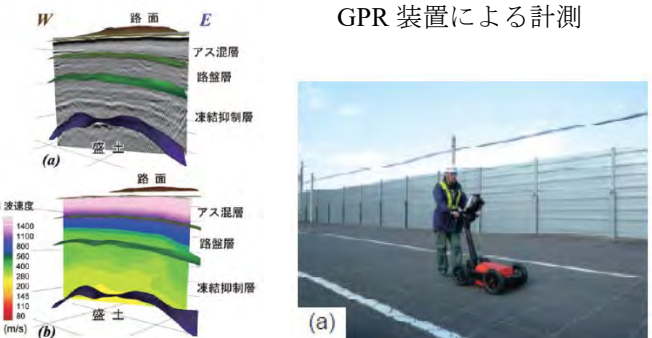
(2) スケルカー

1. 名称	スケルカー	
2. 把握できる内容	▶ 変状・空洞	3. 施設分類 舗装、港湾施設、橋梁
4. 概要	<p>道路等の表面下の空洞を高解像度地中レーダを搭載した探査車(SKELE-CAR)で調査する技術である。7CH アンテナ探査車による一次調査+ハンディ型地中レーダによるメッシュ調査で対応していた路面下空洞調査は3工程に分類でき、本技術は従来技術の一次調査、メッシュ調査に相当する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・一次調査:広範囲を探査車により計測し、異常信号箇所を抽出する。 ・メッシュ調査:一次調査で抽出した異常信号箇所について、ハンディ型地中レーダで空洞の可能性の判定とその広がり、概略発生深度を調査。 	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>従来手法</p> <p>業務計画 一次調査 解析 二次調査準備 二次調査 調査作成 とりまとめ 空洞箇所の補修</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>総点検に最適なスケルカ手法</p> <p>業務計画 スケルカ調査・解析 陥没の危険度評価 危険箇所の即時補修</p> </div> </div> <p style="text-align: center; color: red; font-weight: bold;">調査から危険箇所補修までの期間を劇的に短縮！</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 交通規制不要 ▶ 探査車による取得データで空洞の判定までできるので、作業の効率化が図られる 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 探査車(車幅 2.2m)が走行可能な場所に限られる。 ▶ 空洞厚を調べる調査には適用出来ない。 	
8. 参考資料	NETIS 維持管理支援サイト	

(3) 岸壁舗装コンクリートの空洞化調査（レーダ探査）

1. 名称	岸壁舗装コンクリートの空洞化調査（レーダ探査）	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 内部空洞 	3. 施設分類 舗装
4. 概要		
	<p>岸壁法線から平行に探査測線を設定し、電磁波レーダによる探査を行う。レーダ反応図から空洞の有無を確認して、空洞箇所にはさらに横断測線の電磁波レーダ探査を行い、空洞の規模を確認する。背景・目的としては、国土交通省では、全国の国有港湾施設（4,025 施設）から特に老朽化が進んでいる 103 港 810 施設について緊急点検を行った。点検手法のひとつとして、長い延長を持つ岸壁施設を短時間・非破壊で探査できるレーダ探査が採用された。分析評価手段としては、ハンディ型地中レーダ、および路面探査車を使用して、岸壁法線方向に電磁波レーダの照射を行う。岸壁中の空洞からの反射波を捉えて、位置や規模の測定を行う。</p>	
5. イメージ図		
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>レーダ探査の実施状況</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>重力式 岸壁前面からの距離 (m)</p>  <p>レーダ探査による 空洞の点検結果</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <p>鹿島港における 空洞の事例</p>  <p>空洞の判定結果 ・法線方向の幅 : 2.0~5.0m ・上面深さ : QL-0.3m ・空洞厚 : 30~50cm程度と推定</p> </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 空洞化は、岸壁法線近傍及び比較的浅部で発生している傾向にある 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 深い部分の空洞や地盤の緩みは検出できない場合が多い。地盤深部の探査技術開発が必要 ➤ 鉄筋が埋め込まれている箇所については電磁波が先まで届かない ➤ 施設によりレーダの反応が異なるため、空洞化の判別についての知見が必要 	
8. 参考資料	国土交通省 NETIS	

(4) ハイブリッド表面波探査技術

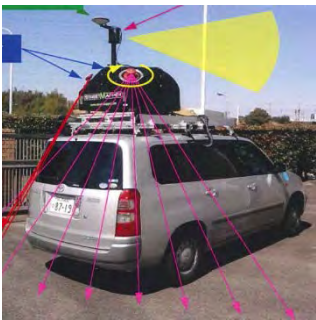

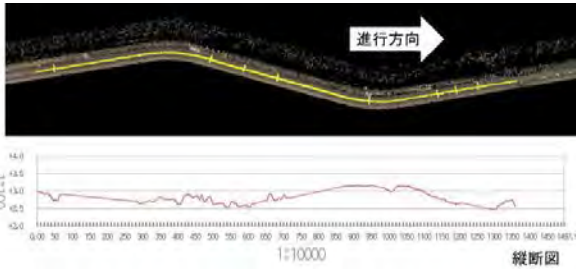
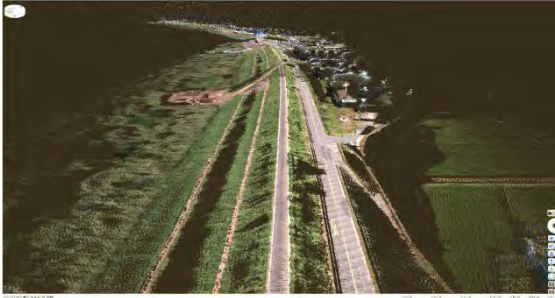
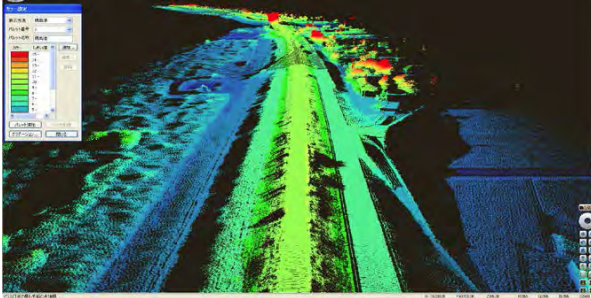
1. 名称	ハイブリッド表面波探査技術	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> 舗装・盛土の内部構造 	3. 施設分類 舗装
4. 概要	<p>GPR（地中レーダ探査）技術に GNSS 測位技術を組合せ、測定位置の地下にある盛土や路床の内部構造を計測する技術である。電極間隔を密にすることで、探査深度と空間分解能を確保している。管理者ニーズとしては、道路や河川堤防などの社会インフラは、効率的な点検診断手法が確立されておらず、点検結果に基づいた予防保全措置が十分にとられていない。そのため、変状や災害の発生時には対処療法的な対策に終始してきた。また、土構造物は人工材料に比べて不均質性が高いため、内部構造を把握する技術のニーズが高い。評価手段としては、高所撮影カメラを用いて上方から斜め写真を撮影し、それらを合成してオルソ画像作成した後、3D モデルを構築し、3D モデルから地下構造を空間的に把握する。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>舗装構造解析手順</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>GPR 装置による計測</p>  </div> </div> <p style="text-align: center;">物理探査による盛土内変状把握結果</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> 概ね 60%以上の区間で FIX 解を得られることが確認された 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> 高層建築物や街路樹など上空を遮る障害物があると GNSS の受信状態が低下し、FIX 解の決定率が低下する 今後は計測機器の実機開発と実用化を目指して調査研究を推進していく 	
8. 参考資料	H27 土木研究所講演会	

3.7 路面性状検出の事例集

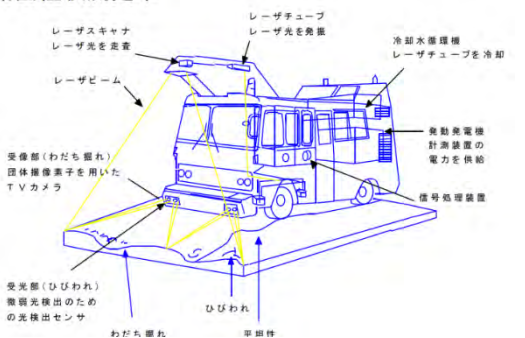
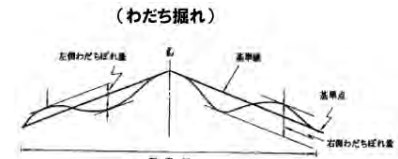
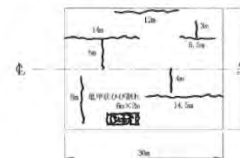
(1) 道路性状簡易評価システム (DRIMS)

1. 名称	道路性状の簡易評価システム DRIMS :Dynamic Response Intelligent Monitoring Systems	
2. 把握できる内容	➤ IRI を指標とした路面性状の評価	3. 施設分類 舗装
4. 概要	<p>従来の路面の点検・診断は、定性的評価にとどまり、高額なコストを要していたが、DRIMS は、安価で定量的かつ高精度に路面状態を診断・評価可能なモニタリングシステムである。</p> <p>DRIMS は加速度計、GPS 受信機、小型 PC を搭載した一般車両が定速走行する際の動的応答を、その代表値である鉛直加速度によって把握し、路面のラフネスを International Roughness Index (IRI、国際ラフネス指数) を指標として評価するものであり、主な特色は次の通りである。</p> <p>1) 小型で安価 バネ上加速度のみを利用して IRI を推定するため、計測の仕組みが簡便で、小型で安価。車両内にセンサを設置するのみであるため、車両改造が不要で、配線も簡易である。バネ上角速度計測を利用するスマートフォン版は、スマートフォンを車内に固定するのみである。</p> <p>2) 使用車両、走行速度の違いを補正して IRI を推定可能 小型ハンプを乗り越えるときの応答を利用して車両のバネ特性を推定、補正する。専用車両が不要であり、タイヤやサスペンションの交換、さらには車両交換時にも、キャリブレーションをすれば IRI 推定ができるため、任意の車両・走行速度で計測が可能である。</p>	
5. イメージ図	<p>スマートフォンのDRIMS</p> <p>車両キャリブレーションの様子</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 路面状態の迅速な評価による、舗装点検に要する時間・コストの削減 ➤ 機器の導入により、人的評価のばらつきが補正され、結果の恣意性を排除 ➤ 定量的評価により、予算確保に係る客観性が担保され、意思決定者や財務省への説明性が向上 	
7. 課題	➤ 車両が通行できない歩道などは適用不可。また測定時間は昼間に限定	
8. 参考資料	道路性状の簡易評価システム Dynamic Response Intelligent Monitoring System (DRIMS) (http://vims.sakura.ne.jp/)	

(2) MMS (モバイルマッピングシステム)

1. 名称	MMS (モバイルマッピングシステム)	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 変状 	3. 施設分類 舗装
4. 概要		
<p>レーザスキャナ、GNSS/IMU、デジタルカメラなどのセンサを車両に搭載し、走行しながら周辺の地形・地物・形状・画像などの3次元情報を取得するシステムである。管理者ニーズとしては、管理業務が多様化する中で、信頼性を確保しながら延長の長い堤防や広大な河川空間を持続的に管理するためには、ICT を活用した現場における管理実務の合理化・高度化の取組みをより一層推進する必要がある。評価手段としては、計測車両で河川管理道路を走行しながら、各種カメラによって堤防の現状を撮影し、変状を確認する。</p>		
5. イメージ図		
<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%;">  <p>計測車両</p> </div> <div style="width: 50%;">  <p>センサ部詳細</p> </div> <div style="width: 100%;">  <p>平面図から任意縦断面図を表示</p> </div> <div style="width: 50%;">  <p>鳥瞰図(色付点群表示)</p> </div> <div style="width: 50%;">  <p>鳥瞰図(標高段彩表示)</p> </div> </div>		
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 実証実験において、目視点検では 430 箇所の変状確認だったが、MMS では 11,400 箇所を確認 ▶ 準拠する基準類「河川維持管理データベースガイドライン (ver.2) (H24.12)」 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 道路台帳の作成といった高精度の測量に対応した技術であるため、機材が高額である。 	
8. 参考資料	JACIC 情報、日経アーキテクチャ、中部地整	

(3) 路面性状測定車による調査

1. 名称	路面性状測定車による調査																																																			
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ひび割れ、わだち掘れ、平坦性 	<p>3. 施設分類</p> <p>舗装、空港施設</p>																																																		
4. 概要																																																				
<p>路面性状調査については、舗装面をデータユニットに分けて調査を実施し、路面の変状度合を継続的に把握している。 ※データユニットの大きさは、大型ジェット機就航空港で、幅 21m×長さ 30m。背景・目的としては、路面性状調査として、「ひび割れ」「わだち掘れ」「平坦性」を、3年に1回（標準）の頻度で調査することとされている。（空港土木施設管理規定）。分析評価手段としては、路面の損傷に係る数値を、劣化予測式を用いて、路面性状を調査。</p> <p>[劣化予測式] ひび割れ：ひび割れ率（％）＝（ひび割れ面積/単位ユニット面積×100）mm 単位</p>																																																				
5. イメージ図																																																				
<p>◆ 路面性状測定車</p>  <p>計測車両の機能</p> <p>（わだち掘れ）</p>  <p>わだち掘れ量の定義</p> <p>（ひび割れ）</p>  <p>ひび割れの実測の例（大型ジェット機が就航する空港の1データユニット）</p> <p>PRI 調査の評価</p> <table border="1" data-bbox="782 974 1181 1232"> <thead> <tr> <th rowspan="2">区分</th> <th rowspan="2">舗装区域</th> <th colspan="5">評価</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B1</th> <th>B2</th> <th>B3</th> <th>C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">アスファルト</td> <td>滑走路</td> <td>8.0以上</td> <td>6.6以上 8.0未満</td> <td>5.2以上 6.6未満</td> <td>3.8以上 5.2未満</td> <td>3.8未満</td> </tr> <tr> <td>誘導路</td> <td>6.9以上</td> <td>5.6以上 6.9未満</td> <td>4.3以上 5.6未満</td> <td>3.0以上 4.3未満</td> <td>3.0未満</td> </tr> <tr> <td>エプロン</td> <td>5.9以上</td> <td>3.9以上 5.9未満</td> <td>2.0以上 3.9未満</td> <td>0以上 2.0未満</td> <td>0未満</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">コンクリート</td> <td>滑走路</td> <td>7.0以上</td> <td>5.9以上 7.0未満</td> <td>4.8以上 5.9未満</td> <td>3.7以上 4.8未満</td> <td>3.7未満</td> </tr> <tr> <td>誘導路</td> <td>6.4以上</td> <td>5.0以上 6.4未満</td> <td>3.7以上 5.0未満</td> <td>2.3以上 3.7未満</td> <td>2.3未満</td> </tr> <tr> <td>エプロン</td> <td>5.7以上</td> <td>3.8以上 5.7未満</td> <td>1.9以上 3.8未満</td> <td>0以上 1.9未満</td> <td>0未満</td> </tr> </tbody> </table> <p>A：補修の必要はない B：近いうちの補修が望ましい C：できるだけ早急に補修の必要</p> <p>ひび割れ率(%) = $\frac{6 \times 2 + (2 \times 1) + 5 \times 1 + 6.5 \times 1 + (4.5) \times 0.5}{21 \times 30} \times 100 = 5.1\%$</p>			区分	舗装区域	評価					A	B1	B2	B3	C	アスファルト	滑走路	8.0以上	6.6以上 8.0未満	5.2以上 6.6未満	3.8以上 5.2未満	3.8未満	誘導路	6.9以上	5.6以上 6.9未満	4.3以上 5.6未満	3.0以上 4.3未満	3.0未満	エプロン	5.9以上	3.9以上 5.9未満	2.0以上 3.9未満	0以上 2.0未満	0未満	コンクリート	滑走路	7.0以上	5.9以上 7.0未満	4.8以上 5.9未満	3.7以上 4.8未満	3.7未満	誘導路	6.4以上	5.0以上 6.4未満	3.7以上 5.0未満	2.3以上 3.7未満	2.3未満	エプロン	5.7以上	3.8以上 5.7未満	1.9以上 3.8未満	0以上 1.9未満	0未満
区分	舗装区域	評価																																																		
		A	B1	B2	B3	C																																														
アスファルト	滑走路	8.0以上	6.6以上 8.0未満	5.2以上 6.6未満	3.8以上 5.2未満	3.8未満																																														
	誘導路	6.9以上	5.6以上 6.9未満	4.3以上 5.6未満	3.0以上 4.3未満	3.0未満																																														
	エプロン	5.9以上	3.9以上 5.9未満	2.0以上 3.9未満	0以上 2.0未満	0未満																																														
コンクリート	滑走路	7.0以上	5.9以上 7.0未満	4.8以上 5.9未満	3.7以上 4.8未満	3.7未満																																														
	誘導路	6.4以上	5.0以上 6.4未満	3.7以上 5.0未満	2.3以上 3.7未満	2.3未満																																														
	エプロン	5.7以上	3.8以上 5.7未満	1.9以上 3.8未満	0以上 1.9未満	0未満																																														
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ PRI（舗装補修管理指数：Pavement Rehabilitation Index）：ひび割れ率(%)、わだち掘れ(mm)、平坦性(mm)の関数により求められる数値を算出可能。技術者が現地調査により、ひび割れなどの路面性状から抱く主観的定性評価と、各項目の実測値の関係を評価式としたもの。 																																																			
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 任意の測定区間の状況評価手法を確立する必要があること ▶ 管理水準を検討する必要があること（どの程度までのクラックを許容するのか、等） 																																																			
8. 参考資料	<p>社会インフラのモニタリング技術活用推進検討委員会 第1回空港施設WG資料より</p>																																																			



(4) 路面性状自動計測車による調査

1. 名称	路面性状自動計測車による調査																																								
2. 把握できる内容	▶ ひび割れ、わだち掘れ、平坦性、IRI	3. 施設分類 舗装																																							
4. 概要	<p>レーザを用いたフライング・スポット法により、最大時速 60km の高速で幅 1mm 以上のクラックを計測するシステム。背景・目的としては、非接触型センサを搭載した車両による路面計測で、交通規制を必要としない、低コストの路面診断を実現。分析評価手段としては、レーザ光線による反射映像を CCD カメラで記録、映像データをリアルタイム解析してわだち掘れを検出する。</p> <p>加えて加速度計やレーザ変位計により縦断プロファイルデータを収集する。</p>																																								
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>計測車両及びその仕様</p> </div> <div> <table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>認定精度</th> <th>計測精度</th> <th>備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ひび割れ</td> <td>1mm以上</td> <td>1mm以上</td> <td>測定幅4.0m</td> </tr> <tr> <td>わだち掘れ</td> <td>±3mm以内</td> <td>±3mm以内</td> <td>横断10mm 縦断250mm</td> </tr> <tr> <td>平坦性</td> <td>±30%以内</td> <td>±30%以内</td> <td>測定間隔50mm</td> </tr> <tr> <td>IRI</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>測定間隔50mm</td> </tr> <tr> <td>距離</td> <td>±0.5%以内</td> <td>±0.5%以内</td> <td>測定間隔1mm</td> </tr> </tbody> </table> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  <p>計測された加速度波形</p> </div> <div> <table border="1"> <thead> <tr> <th>区分</th> <th>状態</th> <th>MCI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I 健全</td> <td>構造物の機能に支障が生じていない状態</td> <td>5以上</td> </tr> <tr> <td>II 予防保全段階</td> <td>構造物の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態</td> <td>4~5</td> </tr> <tr> <td>III 早期措置段階</td> <td>構造物の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態</td> <td>3~4</td> </tr> <tr> <td>IV 緊急措置段階</td> <td>構造物の機能に支障が生じている。又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態</td> <td>3以下</td> </tr> </tbody> </table> <p>舗装の健全性の目安</p> </div> </div>		項目	認定精度	計測精度	備考	ひび割れ	1mm以上	1mm以上	測定幅4.0m	わだち掘れ	±3mm以内	±3mm以内	横断10mm 縦断250mm	平坦性	±30%以内	±30%以内	測定間隔50mm	IRI	-	-	測定間隔50mm	距離	±0.5%以内	±0.5%以内	測定間隔1mm	区分	状態	MCI	I 健全	構造物の機能に支障が生じていない状態	5以上	II 予防保全段階	構造物の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態	4~5	III 早期措置段階	構造物の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態	3~4	IV 緊急措置段階	構造物の機能に支障が生じている。又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態	3以下
項目	認定精度	計測精度	備考																																						
ひび割れ	1mm以上	1mm以上	測定幅4.0m																																						
わだち掘れ	±3mm以内	±3mm以内	横断10mm 縦断250mm																																						
平坦性	±30%以内	±30%以内	測定間隔50mm																																						
IRI	-	-	測定間隔50mm																																						
距離	±0.5%以内	±0.5%以内	測定間隔1mm																																						
区分	状態	MCI																																							
I 健全	構造物の機能に支障が生じていない状態	5以上																																							
II 予防保全段階	構造物の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態	4~5																																							
III 早期措置段階	構造物の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態	3~4																																							
IV 緊急措置段階	構造物の機能に支障が生じている。又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態	3以下																																							
6. 運用結果	▶ 一度の走行で、「ひび割れ」、「わだち掘れ」、「平坦性」、「IRI」を計測できる。																																								
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 任意の測定区間の状況評価手法を確立する必要があること ▶ 管理水準を検討する必要があること（どの程度までのクラックを許容するのか、等） ▶ 運用を続けて実データの蓄積を行い、解析を繰り返すことで精度を上げていく必要がある 																																								
8. 参考資料	ニチレキ株式会社 HP																																								

(5) 道路パトロール支援サービス

1. 名称	道路パトロール支援サービス	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ひび割れ、わだち掘れ、平坦性 	3. 施設分類 舗装
4. 概要	<p>スマートフォンに専用アプリをインストールし、巡回走行に携帯する。内蔵する加速度センサーにより道路の凹凸の情報を収集する。GPS による位置情報とクラウド上の地図情報と照合することで、舗装の異常箇所を地図上にプロットし、これらのデータを使用することで作業報告書の作成を効率化する。管理者ニーズとしては、各自治体において、限られた人員体制での道路パトロールと、住民通報による現場確認作業が重荷になっている。また厳しい財政状況により、MCI 等による路面性状評価への予算確保が難しくなっている。このため日頃の巡回走行を点検に活用し、安価な汎用機材を用いた点検支援サービスを構築した。評価手段としては、スマートフォン内蔵の加速度センサにより、路面の凹凸を計測する。</p>	
5. イメージ図	<p>スマートフォンが取得した異常箇所の表示イメージ</p> <p>システム概要イメージ</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 補修箇所などと重ね合わせた統合的な分析が可能 ▶ 現場で破損個所の写真を撮影、コメントを記述して本部に転送可能 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 巡回走行車が振動しないレベルの微細なクラック、わだち掘れなどは検出不可 ▶ マンホール、小石など舗装劣化と関係のない振動でも検知してしまう 	
8. 参考資料	富士通 Web (企業サイト)	

(6) 画像解析による社会インフラ点検

1. 名称	画像解析による社会インフラ点検	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> 舗装面の異物、冠水 	3. 施設分類
4. 概要	トンネル	
4. 概要	<p>トンネルやアンダーパスの内部に設置したカメラで、通行する車両の挙動を捉える。路面に異物や冠水があるとドライバーは回避や減速の行動をとるため、映像からこれらの異常を検出して道路管理者に通知する。管理者ニーズとしては、人員やコストをかけずに、既存の異常検知システム（交通の監視システム）を活かしたトンネル・アンダーパスの異常検出装置が求められている。評価手段としては、映像を格子状に分割し、格子に収められた画像の動きを解析して車の動きを認識する。車が回避行動など、通常の動きと異なる挙動をした場合にはこれを検知する。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>カメラ設置箇所</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>画像解析イメージ</p> </div> </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> 2つの事例で実証実験を行ったが、監視開始から異状は生じていない 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> トンネル内での逆走の事例を発見 既存の設備を用いれば安価に設置できるが、新規でカメラを取り付けると高額 システムを軌道に乗せるためには、監視対象を 50 件程度まで増やす必要がある 	
8. 参考資料	Web（日経 BP、企業サイト）	

(7) 次世代道路計測システム

1. 名称	次世代道路計測システム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ わだち掘れ、ひび割れ、平坦性、IRI 	3. 施設分類 舗装
4. 概要	<p>小型の路面性状自動測定装置で、これまで測定が難しかった場所においても自動測定が可能である。また昼間測定、前方映像の同時取得等により人員削減が可能となり、人件費および稼働日数が削減可能である。管理者ニーズとしては、狭あい道の調査には路面性状測定車が使用しにくく、これまで点検頻度が不足していた。また既存のシステムでは3名体制による測定が必要であり、人件費を要していた。評価手段としては、路面性状、前方映像、地理座標を走行しながら同時に取得することで、路面性状調査と車両前方映像の取得が同時に実施可能である。幅2mm以上のひび割れを判読でき、わだち掘れ制度は±6mm以内となる。</p>	
5. イメージ図		
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 準拠する基準類「舗装調査・試験法便覧 平成 22 年 1 月 日本道路協会 P.1-147～176」「NEXCO 試験方法(第 2 編 アスファルト舗装関係試験方法) 平成 22 年 7 月 東日本・中日本・西日本高速道路株式会社 P.71～84」「空港舗装補修要領(案) 平成 19 年 4 月 国土交通省航空局 P.Ⅱ-3～8」 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 幅員 1.8m 以下の道路や、車両が通行できない歩道などは適用不可。また測定時間は昼間に限定 ▶ 作業員の派遣が必要であるため、業務は請負となる 	
8. 参考資料	NETIS 維持管理支援サイト	

(8) タイヤによる路面状態判定技術

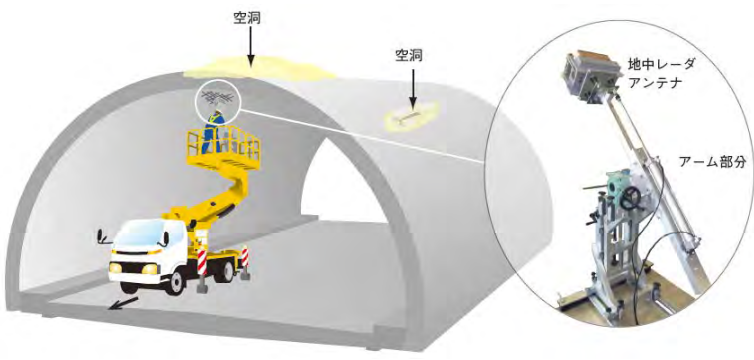
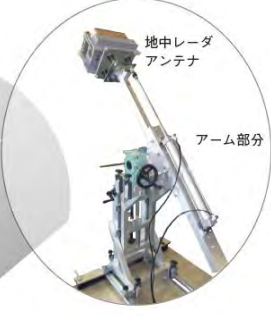
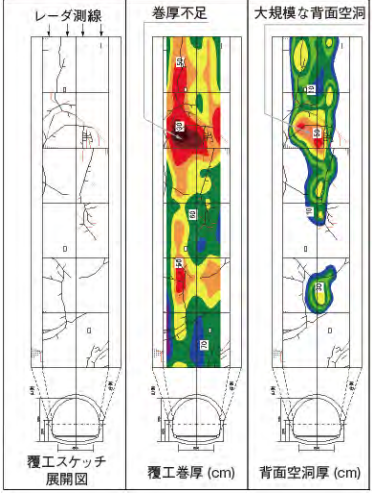
1. 名称	タイヤによる路面状態判定技術	
2. 把握できる内容	▶ 路面状態	3. 施設分類 舗装
4. 概要	タイヤの内側に装着した加速度センサにより振動を検出し、情報を無線で車載装置に送信する。これをリアルタイムで解析し、路面を7つのタイプ（乾燥・半湿・湿潤・シャーベット・積雪・圧雪・凍結）から判別する。結果は車内ディスプレイに表示される他、他のドライバーや道路管理者に通信することも可能である。管理者ニーズとしては、従来、降雪地域の高速道路における雪氷対策作業は、道路監視用カメラの情報や雪氷巡回車に乗る巡回員の目視情報をもとに、除雪作業や凍結防止剤散布作業などを実施していた。走行しながら路面状態を把握できる本技術の導入により、冬の道路管理業務の効率化が可能となる。評価手段としては、路面の状態によって加速度センサに現れる波形が異なるため、それぞれの特徴を数値化して蓄積する。これに複数の識別関数を組み合わせた独自のアルゴリズムを掛け合わせ、路面状態を判別している。2011年から開発・実証実験を行い、2015年から実運用が開始している。	
5. イメージ図	<p>解析装置の概要</p> <p>システムイメージ</p> <p>タイヤ断面図</p> <ul style="list-style-type: none"> ・歪 ・加速度 ・圧力 ・温度など <p>センサ取付箇所</p> <p>車載ディスプレイ表示例</p>	
6. 運用結果	▶ 雪氷巡回車に装置を搭載することで、夜間など視界の悪い状況でも走行しながら路面状態を的確に把握	
7. 課題	▶ タイヤの軌跡範囲のみの計測のため、調査範囲が限定される。	
8. 参考資料	ブリジストン Web (Yahoo!JAPAN、企業サイト)	

(9) 移動式舗装たわみ測定手法の開発

1. 名称	移動式舗装たわみ測定手法の開発	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 路面のたわみ量 	3. 施設分類 舗装
4. 概要	<p>高速で移動しながら連続的にたわみを測定する車両は各国で開発実績があるが、いずれも大型であり日本国内の測定には適さなかった。そこで一般的な大型車に積載できるたわみ計測装置が開発された。管理者ニーズとしては、我が国の舗装道路は 100 万 km を超えるが、舗装は車両通行や雨水・紫外線などの影響で劣化しやすい構造物である。舗装の非破壊による構造診断方法としては、舗装に重錘を落下させてたわみを測定する FWD が実用化されているが、装置が静止した状態で計測を行う必要があるため、効率性に課題がある。評価手段としては、計測車両には 10 個のレーザーセンサを配置し、車軸と路面までの距離を計測する。ドップラーセンサにより車体の振動を計測し、補正のため加速度センサも加えている。車両の振動による計測ノイズをソフトウェアによって除去し、たわみ量の測定を行う。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div data-bbox="204 1093 544 1323">  <p style="text-align: center;">計測車両</p> </div> <div data-bbox="555 1093 1374 1323">  <p style="text-align: center;">FWD で計測したたわみ量との比較</p> </div> </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 時速 30km/h、時速 50km/h のいずれの速度でも、FWD によるたわみとほぼ同等の値を得ることが可能 ➤ 計測装置は、不健全箇所のおよその位置を特定するスクリーニング試験機として十分な精度を有している 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 開発段階。 	
8. 参考資料	H27 土木研究所講演会	

3.8 覆工コンクリート内部空壁検出の事例集

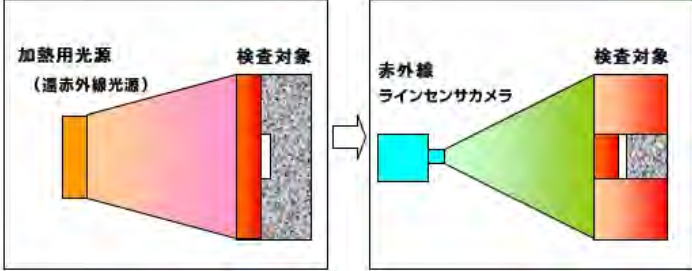
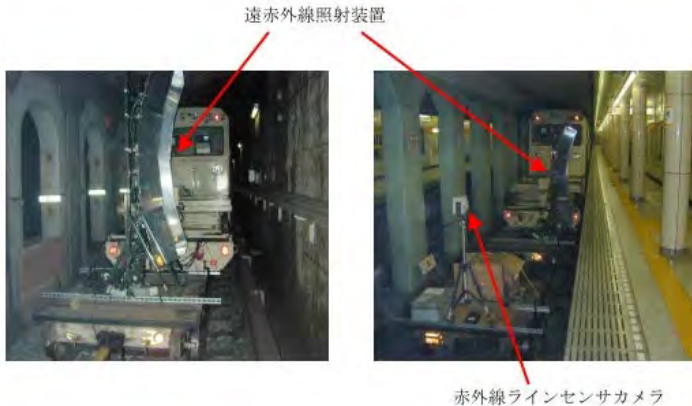
(1) 高速走行型非接触レーダーによるトンネル覆工の内部欠陥点検技術と統合型診断システム

1. 名称	高速走行型非接触レーダーによるトンネル覆工の内部欠陥点検技術と統合型診断システム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 覆工コンクリート内部空壁 ➤ 覆工コンクリート厚さの計測 	3. 施設分類 トンネル
4. 概要	<p>道路トンネル点検車の荷台に最大2基のブーム（棒状の構造物を有する作業機）を搭載し、2測線の同時測定ができるシステム。時速 0.5~2.0km の速度で走行しながら測定を行う。3.5~11.0m のトンネル高に対応し、覆工厚や空洞厚を検出する。管理者ニーズとしては、山岳工法によるトンネルでは、覆工巻き厚が不足したり、背面に大規模な空洞が残存している場合、トンネルの安定性に重大な支障が生じる可能性がある。特に地震動などが作用すると、急激にトンネルが変形し、覆工の一部や地山が崩落する危険性がある。評価手段としては、検出した覆工巻厚や背面空洞厚を視覚化し、色分け表示で危険箇所を識別する。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <p>計測システム</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>地中レーダ解析例</p>  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 80~100cm の覆工厚に対応【開発状況】 ➤ 軌陸車を使用することで鉄道トンネルに、アンテナ部分を取り外して水路トンネルにも適用可能【最終目標】 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 適用可能な最小の鋼製支保工感覚は 75~90cm 以上 	
8. 参考資料	応用地質株式会社 Web（企業サイト）	

(2) コンクリート音響探傷システム

1. 名称	コンクリート音響探傷システム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 浮き、剥離、空洞 	3. 施設分類 トンネル
4. 概要	<p>本システムは打音検査を代替するもので、指向性スピーカーから検査対象物に向けて可聴音を発生させて、検査対象物の表面に生じる振動速度をレーザー振動計で観測する。管理者ニーズとしては、コンクリート構造物の検査は、習熟した検査員による打音・目視検査が必要であり、検査のための足場や高所作業車を必要とする場合もある。本システムは、音響技術を用いることで5 m以上離れた地点から検査が可能であり、且つ検査の習熟が不要であることから、検査を効率化することができる。評価手段としては、指向性スピーカーにより発生した音がコンクリート表面を振動させ、その振動をLDV（レーザーの流速を測定する機器）で計測し、事前に測定しておいた正常部のデータと比較することで異常発生部位を検出する。</p>	
5. イメージ図	 <p>計測イメージ 計測画面 空洞発生箇所を視覚化</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 太陽光が当たらないトンネル奥部にも使えるため、赤外線カメラに比べてメリットがある ➤ 特定の検査員の能力に依存しないため、検査の再現性が高い 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 場所によって、交通規制が必要である。 ➤ 車両型のトンネル変状調査技術に比べて効率性が劣る。 	
8. 参考資料	Web（日経、ASCII、企業サイト）	

(3) 遠赤外線照射装置と赤外線ラインセンサカメラを搭載した検査車両

1. 名称	遠赤外線照射装置と赤外線ラインセンサカメラを搭載した検査車両	
2. 把握できる内容	▶ 覆工コンクリート内部の空壁（鉄道トンネルが対象だが、道路トンネルにも適用可能はありとされる）	3. 施設分類 トンネル
4. 概要		
加熱用遠赤外線光源により発生した遠赤外線が、覆工コンクリート表面に照射され、遠赤外線によりコンクリートは表面のみでなく内部も加熱される。内部に空隙が存在する場合は、健全な部分に比べ熱伝達率が低下するため、コンクリート表面温度に微弱な温度差が生じる。これを赤外線ラインセンサカメラで撮影することにより覆工コンクリート内部の空隙を検知する。		
5. イメージ図		
<div style="text-align: center;">  <p>図 遠赤外線光源を利用した剥離検知の原理</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>図 試験中の検査装置の様子</p> </div>		
6. 運用結果	▶ 覆工コンクリートを破壊せずに、内部の空壁を検知できる。	
7. 課題	▶ 従来の熱赤外線では、覆工コンクリート表面から 10mm の深さまで検出可能であったが、本技術では、深さ 50mm の位置の空壁等の検知を実証している。	
8. 参考資料	東京地下鉄株式会社 HP	

3.9 表面塩分検出の事例集

(1) コンクリートビュー

1. 名称	コンクリートビュー	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ コンクリート表面の塩化物イオンの検知 	3. 施設分類 橋梁、トンネル
4. 概要	<p>本技術は、コンクリート表面の塩化物イオンを近赤外線分光法で検査するシステムで、従来は、切削した粉体試料を電位差滴定法で検査する方法で対応していた。</p>	
5. イメージ図	<p>従来技術 → コンクリートビュー</p> <p>塩化物イオン濃度 中性化度</p> <p>橋梁床版下面の出力例</p> <p>コンクリートビュー概要 測定状況</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 近赤外線分光法に変えたことにより、非破壊で分析可能となり、分析費用が削減される ▶ コア抜きやドリル削孔が適用できない場合にも適用可能 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 水セメント比が 40%未満、または 60%を超える構造物には適用不可 ▶ コンクリート面に樹脂系の塗装が施されている場合は適用不可 ▶ 塩化物イオン濃度が 20kg/m³ を超える含有量の場合は適用不可 	
8. 参考資料	新技術情報提供システム NETIS	

(2) コンクリート塩害の現場分析技術

1. 名称	コンクリート塩害の現場分析技術	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ コンクリート中の塩化物量 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>コンクリート構造物の劣化の原因とされる塩害の測定を、ポータブル蛍光 X 線分析装置を用いて現場で短時間のうちに実施できる。管理者ニーズとしては、現在、コンクリート劣化の原因となる塩化物量の測定方法は、コンクリート構造物からコアサンプルを採取し、分析センターに持ち帰って複雑な前処理を施し、電位差滴定分析を行っている。しかし、土木構造物は、検査対象物が大きく、立地条件も厳しいことから、大断面の検査を行うには大きな労力と費用を必要とする。評価手段としては、採取した試料サンプルを専用機器で検証することで、評価を行う。評価は、X 線をサンプルに照射することで生じる蛍光 X 線の固有エネルギーから行う。なお、蛍光 X 線は元素に固有のエネルギーを持っているため定性分析が可能となる。</p>	
5. イメージ図	 <p>ドリル粉の採取</p> <p>計測機器</p> <p>計測手順</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 試料ホルダーにサンプルを充填します。(約2~3g程度) ② 試料ホルダーにフィルムを貼ってサンプルがこぼれない様にします。 ③ 試料ホルダーを約20回程度上下にタッピングします。 ④ 試料ホルダーを装置の上に設置します。 ⑤ 試料名を入力してスタートボタンを押します。 ⑥ 2~3分後、測定が終了し、測定結果が表示されます。 	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 大幅な時間短縮とコストダウンが可能。従来方式に比べて特別なスキルや熟練が不要 ▶ 分析精度については公的機関にて実証実験を行い、分析値についての実用性を認められている 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 準拠する基準類「労働安全衛生法」「労働安全衛生規則」「電離放射線障害防止規則」 	
8. 参考資料	NETIS 維持管理支援サイト	

3.10 点検/診断を補助する技術（画像・レーザー・ロボット技術・データベース）

(1) 土木(建築)構造物一般図作成システム

1. 名称	土木(建築)構造物一般図作成システム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 橋梁・トンネル等の道路構造物や河川構造物を3次元での現況計測を行い、そのデータをもとに三次元CADデータで一般図を作成 	3. 施設分類 橋梁、トンネル
4. 概要		
<p>本技術は非接触型計測器の3Dレーザーキャナを活用して土木構築物の現況計測を行い、一般図まで作成するシステムである。</p>		
5. イメージ図		
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 足場が必要ないため、準備の段階での作業時間・費用が削減 ➤ 安全な位置からの計測が可能となるため、計測時の安全性が確保される ➤ 取得した点群データをいつでも解析できるため、断面が追加になった場合でも再計測せずに断面図を作成することができる 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 雨天時、降雪時、積雪部の計測不可 ➤ 設置スペース: 1m×1mの広さが必要で現場制約条件がある ➤ レーザーの反射により計測を行うので、水中の対象物の計測は不可 	
8. 参考資料	新技術情報提供システム NETIS	


(2) HIVIDAS (コンクリートひび割れ診断)

1. 名称	HIVIDAS (コンクリートひび割れ診断)																			
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ひび割れ、うき、剥離、剥落等の損傷 	3. 施設分類 トンネル																		
4. 概要	<p>高感度赤外線サーモグラフィによる「熱画像」と高解像度デジタルカメラによる「可視画像」を同時撮影し、画像処理することにより「ひび割れ」や「浮き・剥離」等を抽出する非接触型調査診断技術である。背景・目的としては、従来の調査方法（目視・打音調査）では、調査職員のスキルによって診断結果にばらつきが生じていた。また、対象となる構造物の大きさによっては、足場の組み立て・解体などの非効率的な作業が必要である。そこで、コンクリート構造物の劣化状況把握の効率化のため、画像診断技術を導入した。分析評価手段としては、赤外線画像と可視画像を同じ画角で同時撮影し、画像を重ねた上で、画像解析を行って変状を抽出する。</p>																			
5. イメージ図	<p>赤外線カメラ デジタルカメラ</p> <p>撮影機器</p> <p>画像解析から抽出された損傷例</p> <p>赤外線熱画像 可視画像</p> <table border="1"> <tr> <td></td> <td>ひび割れ ~0.2mm</td> <td></td> <td>ひび割れ 1.0~3.0mm</td> <td></td> <td>剥落</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ひび割れ 0.2~0.5mm</td> <td></td> <td>ひび割れ 3.0mm~</td> <td></td> <td>漏水</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ひび割れ 0.5~1.0mm</td> <td></td> <td>ひび割れ 手書き</td> <td></td> <td>うき</td> </tr> </table>			ひび割れ ~0.2mm		ひび割れ 1.0~3.0mm		剥落		ひび割れ 0.2~0.5mm		ひび割れ 3.0mm~		漏水		ひび割れ 0.5~1.0mm		ひび割れ 手書き		うき
	ひび割れ ~0.2mm		ひび割れ 1.0~3.0mm		剥落															
	ひび割れ 0.2~0.5mm		ひび割れ 3.0mm~		漏水															
	ひび割れ 0.5~1.0mm		ひび割れ 手書き		うき															
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 熱画像から、浮き、剥離、表層部の内部空洞、漏水等の把握が可能 ▶ 可視画像から、ひび割れ、鉄筋露出、遊離石灰等の変状の把握が可能 																			
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 現在、撮影時は静止する必要がある、高速走行撮影方法への対応が課題である ▶ 降雪、降雨、濃霧の際や、気温3℃未満の寒冷時には撮影ができない 																			
8. 参考資料	清水建設、NETIS 公式サイト																			

(3) 橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム

1. 名称	橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ひびわれ、損傷 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>コンクリート橋の支承部・桁端部等、人が容易に近づけず近接目視が困難な部位を対象に、損傷状況の経年変化データを取得する定期監視型モニタリングシステム。</p> <p>橋梁点検ロボットカメラ、デジタルカメラ、レーザースキャナを用いてモニタリングを行い、GPS 機器に接続することによって従来の定期監視型モニタリングでは困難であった機器設置箇所の連続性を確保することができ、前回と同じ位置に設置可能である。また、Web システムとの連携により、現場でデータの出し入れが可能であり、橋面または地上面から実施できるため、点検専用車両などを利用した点検作業に比べ、点検時間と費用の低減が見込める。必要機材の価格は 300 万～1000 万程度を予定。</p>	
5. イメージ図	<p>Web システムとの連携</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 光学 30 倍ズームにより、距離が離れていても小さな損傷まで視認可能【開発状況】 ▶ 橋梁点検ロボットカメラの解像度向上 150%を実現【最終目標】 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 人力による作業スペースが確保でき撮影操作に支障のない作業環境でのみ使用 ▶ 導入コストが高額 	
8. 参考資料	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) インフラ維持管理・更新・マネジメント技術 プロジェクト紹介ー開発技術の概要ー ▶ 開発者アンケート 	

(4) 構造物点検用カメラ「DS カメラ」システム

1. 名称	構造物点検用カメラ「DS カメラ」システム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 橋梁及びトンネルのコンクリート構造物・鋼構造物等の近接目視による外観変状 	3. 施設分類 橋梁、トンネル
4. 概要	橋梁やトンネル等の土木構造物及び道路付属施設の劣化損傷の点検調査において、従来は高所作業車、橋梁点検車等を使用していたが本技術は使用機材が小規模で人力で操作している。	
5. イメージ図	 <p style="text-align: center;">暗所及び狭隘部の調査</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 使用機材が小規模で人力操作で交通規制等を必要とせず安全 ➤ 暗所や狭隘部の調査が可能で、点検範囲が拡大 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 気象条件が悪い場合は適用できない場合がある ➤ 人力による作業スペースが確保でき撮影操作に支障のない作業環境でのみ使用。(支障例:遮音壁、フェンス等) 	
8. 参考資料	新技術情報提供システム NETIS	

(5) デジタル画像による構造物の点検・分析支援システム

1. 名称	デジタル画像による構造物の点検・分析支援システム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ひび割れ 	3. 施設分類 トンネル
4. 概要	<p>デジタルカメラ・赤外線カメラ等で撮影した画像とスキャナー等で読込んだ図面データを利用し、高度な画像処理技術で撮影画像の正射影画像への変換と解析技術で構造物のひびわれ幅(0.1mm以上適用範囲)・長さ、劣化面積等を計測及び図面化し、構造物の点検や劣化分析を支援するシステムである。管理者ニーズとしては、従来の点検では目視での診断図、数量表の作成等を行っており、点検の正確さや記録の保存性、点検記録の定点比較において欠点があった。また熟練作業員への依存や、判断の属人性などの問題があった。評価手段としては、現場ではカメラで測定箇所を撮影するのみの作業で、事務所等を持ち帰ってからデータを専用の解析ソフトにかけて計測を行う。</p>	
5. イメージ図		
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 一般的なデジタルカメラとPCで計測作業を行うことが可能 ▶ 担当者が変わっても、解析・数量を同レベルの精度で維持可能 ▶ 自動で長さ・面積などの数量を測定可能 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 解析ソフトが高額である。 ▶ ひび割れ幅0.1mmの検知には、高解像度の撮影が必要となる。カメラの画角は十数センチメートルと非常に狭い間隔での撮影を必要とする。 	
8. 参考資料	NETIS 維持管理支援サイト	

(6) インフラドクター

1. 名称	東京ゲートブリッジのモニタリング技術	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 3次元点群データの閲覧・寸法計測 ➢ 3次元データ活用による安全管理 ➢ 3次元シミュレーション ➢ 道路管理台帳、点検補修履歴の検索システム 	<p>3. 施設分類</p> <p>橋梁</p>
4. 概要	<p>インフラドクターは、GIS（地理情報システム）と3次元点群データを活用した道路・構造物の維持管理を支援するシステムである。これにより、インフラの維持管理における点検、補修、設計業務の省力化、高度化、効率化を図ることが可能である。以下、主な機能である</p> <p>I：レーザースキャナにより取得する3次元点群データと同時に取得する映像等をクラウド上で一元管理できる。</p> <p>II：インフラ管理者のニーズに合わせて、管理・点検結果台帳等の検索システムをカスタマイズ可能である。</p> <p>III：インフラドクターによる図面作成、舗装や壁面の変状検出、保安規制図作成、3Dシミュレーションなどの各種拡張機能を用いて、GISと3次元点群データの更なる活用を行うことにより維持管理業務を高度化できる。</p>	
5. イメージ図	<p>図 インフラドクターの3つの機能および3次元点群データの活用事例</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➢ クラウド上に3次元点群、動画及び台帳等の利用者（管理者、点検車）が保有するデータを収納し、これらを閲覧・解析することが出来る。膨大なデータを管理するため、管理者がサーバーを保有・管理する手間が省けるとともに、データ資産を安価かつ便利に有効活用できる ➢ インフラドクターの動的シミュレーション機能を用い、橋梁点検車などの3Dモデルを3次元点群データ上に搭載して実際の点検作業を事前に確認できる。 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 3次元点群データのデータベースをクラウド上で管理するサービスであるが、システムを確立するためのハードを購入する費用が相当額必要である。（本システムは、サービスを提供しており、ハードを販売していないため、販売価格は不明） 	
8. 参考資料	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 企業 HP 	

(7) 橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替する飛行ロボットシステム

1. 名称	橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替する飛行ロボットシステム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ コンクリート橋のひび、鋼橋の腐食など 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要		
<p>ぶつかっても落ちない点検用球殻ドローンによる橋梁の全面の近接撮影を行い、近接画像をつなぎ合わせた展開画像を利用して点検員による点検調書作成を支援することが可能。従来の点検方法に比べて、少ない交通規制で橋梁の点検ができること、橋梁の損傷部と健全部の両方の記録を残せること、点検調書作成にかかる労力を軽減化できる。本橋梁点検システムは、球殻ヘリ、近接撮影用カメラシステム、点検調書作成支援ソフトの3つの要素から構成される。そのトータルの価格は300万～1000万円程度。</p>		
5. イメージ図		
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>研究開発結果の最終イメージ</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>受動回転球殻ドローンの仕組み</p> </div> </div>		
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 従来必要だった足場や交通規制が原則不要【開発状況】 ➤ 高解像度カメラで0.2mm幅の損傷を撮影可能【開発状況】 ➤ 打音で損傷を確認【最終目標】 ➤ 損傷の種類と位置を半自動で書き込み 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ GNSS機能によるホバリング機能が無く、ある一定の操縦技術が必要 	
8. 参考資料	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) インフラ維持管理・更新・マネジメント技術 プロジェクト紹介ー開発技術の概要ー ➤ 開発者アンケート 	


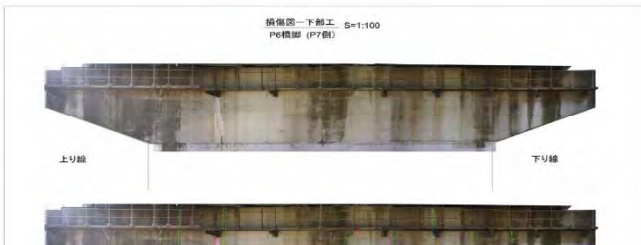
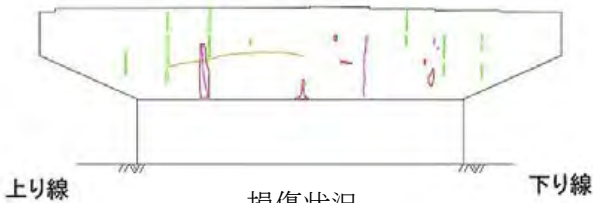
(8) 3次元レーザースキャナー計測システム

1. 名称	3次元レーザースキャナー計測システム	
2. 把握できる内容	▶ 橋梁・トンネル等の道路構造物や河川構造物を3次元での現況計測を行い、三次元データを取得	3. 施設分類 橋梁、トンネル
4. 概要	3次元レーザースキャナーを使用することによって、従来実現できなかった大量の3次元データを、短時間に取得することが出来る。	
5. イメージ図	<div style="text-align: center;"> <p>■ 3次元レーザースキャナーについて</p> <ul style="list-style-type: none"> ・測定距離 1.5m~200m ・スキャニング・スピード 3,000 ポイント/秒 (標準) ・角度読取り分解能 0.0018度 (6.6秒) ・視野/水平方向 360度×鉛直方向 60度 ・レーザーポット径 3mm / 50m先 ・グリッド間隔(解像度) 3mm / 100m先 ・RGB True Color (カラースキャニング) ・寸法 380×420×280mm、重量13.6kg   <p style="text-align: center;">距離 1.5m~200m</p> <p>使用機器</p>  </div>	
6. 運用結果	▶ 大量の3次元データ(点群)を短時間に取得することを可能 ▶ 作業員が計測場所に立ち入る必要がなく、危険が予想される場所での作業の安全性が確保できる	
7. 課題	▶ 雨天時、降雪時、積雪部の計測不可 ▶ 水中、ガラス面、鏡面等はレーザー光が通過、吸収、反射されるため計測不可	
8. 参考資料	新技術情報提供システム NETIS	

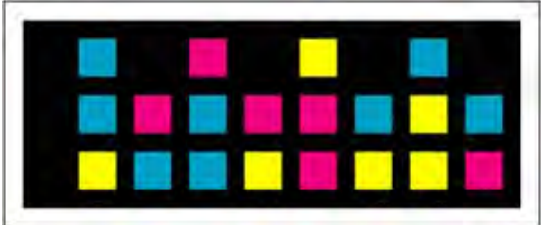

(9) 3次元レーザースキャナーによる構造物の変位測定システム

1. 名称	3次元レーザースキャナーによる構造物の変位測定システム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 橋梁、トンネル、道路構造物、河川構造物、交差点形状、法面(急傾斜法面)など一般構造物の一般図の作成 ▶ 部材の変位、変形やハイテンションボルト等の緩み、破損の解析 	<p>3. 施設分類</p> <p>橋梁、トンネル</p>
4. 概要		
<p>本システムは地上型3次元レーザースキャナーを使用し、取得した3次元点群データから道路・橋梁・トンネルなど、構造物の位置情報・変形・変位・回転角を高精度かつ高速でデータ取得可能である。また、高速計測が可能であるので橋梁主桁のたわみ量の計測が可能である。</p>		
5. イメージ図		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  <p>3次元レーザースキャナー Scan Station C10</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 高速レーザー <ul style="list-style-type: none"> ・短時間で高密度かつ高精度なデータの取得 ■ 2軸補正コンペンセータ搭載 ■ 測定レンジ <ul style="list-style-type: none"> ・測定レンジ100m ■ 精度 <ul style="list-style-type: none"> ・座標精度±6mm ・距離精度±4mm ■ レーザークラス <ul style="list-style-type: none"> ・Class 3R (IEC 60825-1) (人体に影響なし) ■ 測定視野 <ul style="list-style-type: none"> ・360°×270° ■ 高精度CCDカメラ内蔵 <ul style="list-style-type: none"> ・画像と点群データの合成が可能 ■ 測定ピッチ <ul style="list-style-type: none"> ・測定ポイント間最小0.25mm ■ スキャンスピード <ul style="list-style-type: none"> ・50,000点/秒 </div> <div style="width: 45%; text-align: center;">  <p>3次元レーザースキャニング状況</p> </div> </div>		
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 定期的に3次元計測することで、経年変化や動態観測を構造物全体で把握すると共に、構造物の各部位ごとに管理も可能 ▶ 対象構造物に非接触での計測が可能になり、一度に広範囲の計測が短時間で可能 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 雨、降雪、濃霧等の計測は不可 ▶ 計測対象物が水中部である場合はレーザー光が屈折作用、乱反射するので不可 ▶ 設置スペース: 1m×1mの広さが必要で現場制約条件がある 	
8. 参考資料	新技術情報提供システム NETIS	

(10) UAV（無人機）を用いた3次元計測・構造物調査

1. 名称	UAV（無人機）を用いた3次元計測・構造物調査	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ひび割れ等の損傷 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>自律飛行するドローンに搭載したカメラにより、オルソ画像、3次元データなどを作成。サーモグラフィ用のカメラを搭載することも可能。管理者ニーズとしては、従来であれば、高所での点検作業には足場を組む必要がある箇所や、人員の接近が困難な箇所もあった。評価手段としては、撮影したオルソ画像・3次元データを用いての目視点検や、サーモグラフィに表現される損傷箇所により、構造物の損傷程度を判断する。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>橋梁下部撮影風景</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>撮影結果</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  <p>損傷状況</p> </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 高所作業車が不要となり、作業の効率化が図られる。また、作業員が高所で点検することが不要となり、より安全に損傷を把握できる。 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 画像により損傷程度を把握する場合、高い解像度を確保する必要があり、撮影対象まで UAV を接近させる必要がある。ある程度の操縦技術が必要になると考えられる。 	
8. 参考資料	JACIC セミナー	

(11) 画像による橋梁表面の損傷把握システム

1. 名称	画像による橋梁表面の損傷把握システム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ひび割れ、剥落等の変状 	3. 施設分類
4. 概要	<p>コンクリートの変状を発見した際、その近くに最大 8 色の色配列から成るバーコード「カメレオンコード」を貼り付ける。次に、変状とカメレオンコードの両方が画像に入るようにタブレットで撮影。その画像をインターネット経由でサーバーにアップロードすれば、コード別に画像データが蓄積される。管理者ニーズとしては、変状把握の方法は、専門技術者による目視・打音調査、構造物に埋め込んだセンサによるひずみ測定が中心になるが、専門技術者が不足していること、センサによる変状判別には基準値設定に高度な専門知識を要することから、誰でも簡単・手軽にできる調査方法が求められていた。評価手段としては、コードを目印に、定期的に撮影して過去の画像と比較することで、変状の進行を技術者が判定する。現場での定期的な撮影は必要だが、チェックは現場に行かなくてもサーバー上で済ませられる。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>カメレオンコードの例</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>システム使用状況</p> </div> </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 開発したシステムを使えば、目視でひび割れ箇所を探しながらタブレットで撮影する技術者 1 名で済むため、人件費を半分程度に削減できる（従来の目視点検では 2 名が必要であった） 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 2015 年度内の実用化を目指し、技術者不足に悩む自治体や民間施設の管理会社などへシステムを外販する予定 	
8. 参考資料	企業サイト(清水建設、菱友システムズ)	

(12) デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム

1. 名称	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ コンクリート構造物の表面変状（ひび割れ、浮き、鉄筋露出、錆汁、鉄筋露出）の補修図面の自動作成および数量計算 	3. 施設分類 橋梁、舗装
4. 概要		
デジタルカメラで撮像した画像とスキャナーで読込んだ図面を利用し、画像処理技術で構造物の点検や劣化分析を支援するシステムである。		
5. イメージ図		
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 現場での作業は、点検箇所を撮影するのみで現場調査時間の削減と足場が不要の為、調査費用が低減 ▶ 事務所での作業は、リニューアル工事支援ソフト使用により、撮影画像の正射影画像への変換、記録のデジタル化、診断精度の向上、診断図・数量表作成時間が短縮 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 平面的で点検対象面が撮影できる構造物「橋梁(床版・橋脚・橋台)・擁壁・舗装面・建物等」にのみ適用。(深い渓谷や海洋に架かる橋梁及び、長大橋には適用できない) 	
8. 参考資料	新技術情報提供システム NETIS	

(13) スカイキャッチャー

1. 名称	スカイキャッチャー	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 工事状況や工事の完成写真、また地形調査や環境・災害調査などの空中写真 	3. 施設分類 橋梁、トンネル、舗装
4. 概要	<p>安価・安全・安心な空中撮影システムです。ほかの空撮手段に比べ、小型で特殊なバルーンと小型の撮影装置により手軽に簡単に空撮可能な画期的な空撮システムです。ラジコンヘリに比べ騒音ゼロ、墜落の恐れが少なく安全性が高く市街地での空撮も可能である。</p>	
5. イメージ図	 <p>福岡西部沖地震・災害状況(志賀島)</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 特殊なバルーン形状とフィンの効果により強風下でも機体を安定させ空撮が可能 ➤ 立入り困難な場所の調査など、最高 250m の高度から撮影が可能 ➤ 空中からの映像はリアルタイムで地上のモニターを確認し撮影が可能です(立会い確認、指示可能) 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 荒天時(台風、雨天など)の場合は空撮不可 ➤ 防水対策が施されていないため少量の雨にも対応不可 	
8. 参考資料	新技術情報提供システム NETIS	

(14) 狭隘部点検ロボットによる点検技術

1. 名称	狭隘部点検ロボットによる点検技術	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 伸縮継手下面等の狭隘部の外観変状 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要		
<p>ガイドローラーと撮影用カメラ、操作モニター用カメラを搭載した小型のロボットにより、任意な位置、角度で画像を撮影することができる。伸縮継手下面など、人の侵入が困難な個所を自由に移動できる。</p>		
5. イメージ図		
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>		
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 人が進入できない狭隘部の画像を得ることができる。 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 凹凸が大きい場所等では移動できない。 	
8. 参考資料	首都高技術株式課支社 HP	

(15) 音源探査システム (Noise Scope System)

1. 名称	音源探査システム (Noise Scope System)													
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 異常騒音 	3. 施設分類 橋梁												
4. 概要	<p>多数のマイクを束ねたマイクロフォンアレイにより騒音を集音し、周波数帯ごとに分解。カメラで撮影した現場の映像の上に集音結果を重ね合わせて表示させ、リアルタイムで騒音の分布状況を把握する。背景・目的としては、騒音調査の効率化を目的として、異常騒音源の特定を可視化できる騒音モニタリング手法を開発した。騒音箇所を容易に特定でき、有効かつ効率的な補修が可能となる。分析評価手段としては、計測した騒音に対して、ビームフォーミング法にて解析を行う。複数のマイクで計測した音源に対し、時間差 Δt を補正することで、音の到来方向を定位・識別することが可能となる。</p>													
5. イメージ図	<table border="1" data-bbox="204 936 667 1182"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>性能</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>測定方法</td> <td>ビームフォーミング法</td> </tr> <tr> <td>測定距離</td> <td>3~100m(実測値)</td> </tr> <tr> <td>測定範囲</td> <td>水平方向60° 鉛直方向30°</td> </tr> <tr> <td>測定周波数</td> <td>315Hz~6kHz</td> </tr> <tr> <td>測定時間</td> <td>60秒間/回</td> </tr> </tbody> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>システム諸元(上)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>ダブルデッキ構造の橋梁部における騒音対策事例(左下)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>計測データ(右下)</p> </div> </div> <div style="margin-top: 20px;">  </div>		項目	性能	測定方法	ビームフォーミング法	測定距離	3~100m(実測値)	測定範囲	水平方向60° 鉛直方向30°	測定周波数	315Hz~6kHz	測定時間	60秒間/回
項目	性能													
測定方法	ビームフォーミング法													
測定距離	3~100m(実測値)													
測定範囲	水平方向60° 鉛直方向30°													
測定周波数	315Hz~6kHz													
測定時間	60秒間/回													
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 騒音箇所を容易に特定でき、有効かつ効率的な補修が可能 ▶ 補修効果を可視化でき、関係者などへの説明責任に有効 ▶ 橋梁伸縮装置からの突発騒音を対策前後で測定、対策後の騒音レベルが下がっていることを確認 													
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 特になし。 													
8. 参考資料	NEXCO 総研、大日本コンサルタント株式会社													


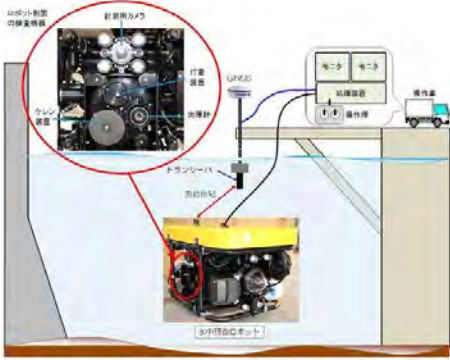
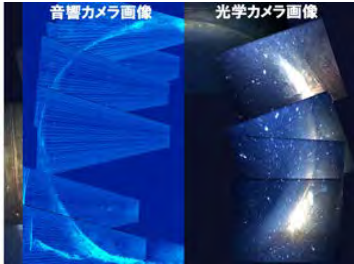
(16) ACM 型腐食センサによる大気腐食モニタリング

1. 名称	ACM 型腐食センサによる大気腐食モニタリング	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> 腐食 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>ACM センサを構造物設置環境等に設置し、10 分毎に降雨や結露により生じた水膜を流れる微弱電力を測定する。これをデータロガーにて記録し、メモリーカードで PC に移送。データを読み込んで解析を行う。背景・目的としては、構造物の寿命推定や保守管理を行うため、大気環境の腐食性を定量的に評価するシステム。金属の腐食性に影響する大気環境因子である、温度、湿度、降雨、海塩粒子や腐食性ガスなどの影響を測定できる。分析評価手段としては、ある時刻での電流値 $I[A]$ を測定し、そこから電流値を任意の期間に対し積算した値である、積算電気量 $Q[C]$ (クーロン) を求める。日平均電気量 $Q [C/day]$ は、大気環境の腐食性を評価する指標となる。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="443 943 719 1205"> <p>導電ペースト (Ag) 絶縁体 (SiO₂) 基板 (Fe)</p> <p>SiO₂ Ag Fe</p> <p>ACM センサの構成</p> </div> <div data-bbox="735 958 1134 1205"> <p>log CR of Fe [mm/y]</p> <p>log Q [C/day]</p> <p>Weight Loss Sheltered (1-12months) Shimizu ● '95.10 ○ '94.10-'95.10 Nishihara ▲ '95.5 Constant RH ○ 76% ● 85%</p> <p>QCM W₀=4.5×10⁻⁴ g/m² △ Fe(OH)₂ ▲ Fe(OH)₃ W₀=1.1×10⁻² g/m² □ Fe(OH)₂ ■ Fe(OH)₃</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">日平均電気量(Q)と腐食速度(log CR)の関係</p> <div data-bbox="587 1272 1002 1525"> <p>ACM センサから出力された測定値の例</p> </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> 琉球大学や、(一財)沖縄しまたて協会 技術環境研究所の実験により、腐食度 $CR[mm/y]$ と ACM センサーによる日平均電気量 $Q [C/day]$ との間に相関があることが確認された 長年にわたり各地で ACM モニタリングを実施しており、取得したデータを解析したデータベースが存在する。これを用いることで、個別の大気環境における材料の腐食速度、ならびに残存寿命を推定できる 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> 開発段階。 	
8. 参考資料	JFE テクノリサーチ (協力: (社) 腐食防食協会、(独法)物質・材料研究機構)	

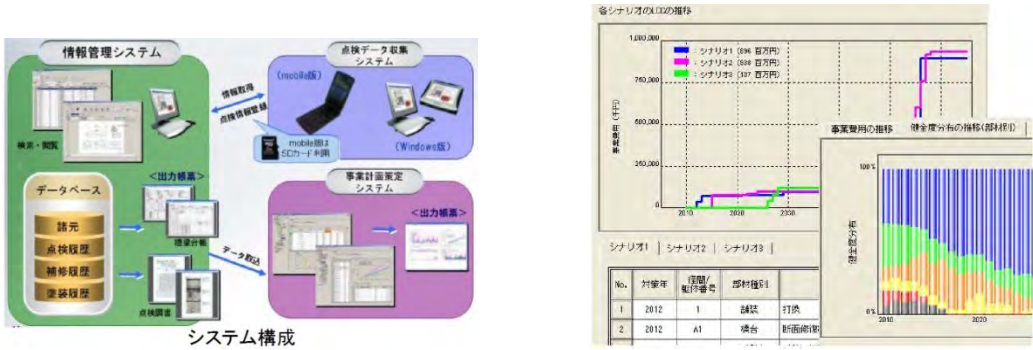
(17) フィールドワークス

1. 名称	フィールドワークス	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 地形測量の現況測量や、トンネル内のクラック計測 ▶ トンネルや橋梁、ダム等の形状計測 	3. 施設分類 橋梁、トンネル
4. 概要		
<p>本技術は市販のノンプリズムトータルステーションのみを使用し、三次元 CAD データを出力するシステムで、従来はモバイルパソコン等を用いたオンライン法もしくは手作業によるオフライン法などで対応していた。</p>		
5. イメージ図		
<div style="text-align: center;"> <p>現場観測</p>  <p>データ解析三次元 DXF 生成</p>  <p>CADによる各種図化編集</p>  <p>システムの概略</p> </div>		
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 記録が簡易なことにより高能率な作業が可能 ▶ 内業で行うべき作業を現場に持ち込まないことにより、現場における観測者の肉体的精神的ストレスを軽減 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ トータルステーションで視準できない場合(夜間、濃霧、降雨、降雪時)など、悪天候時は使用できない ▶ 放射観測プログラムの標準装備が必要 ▶ 観測距離が 500m を超える距離の計測は不可 	
8. 参考資料	新技術情報提供システム NETIS	

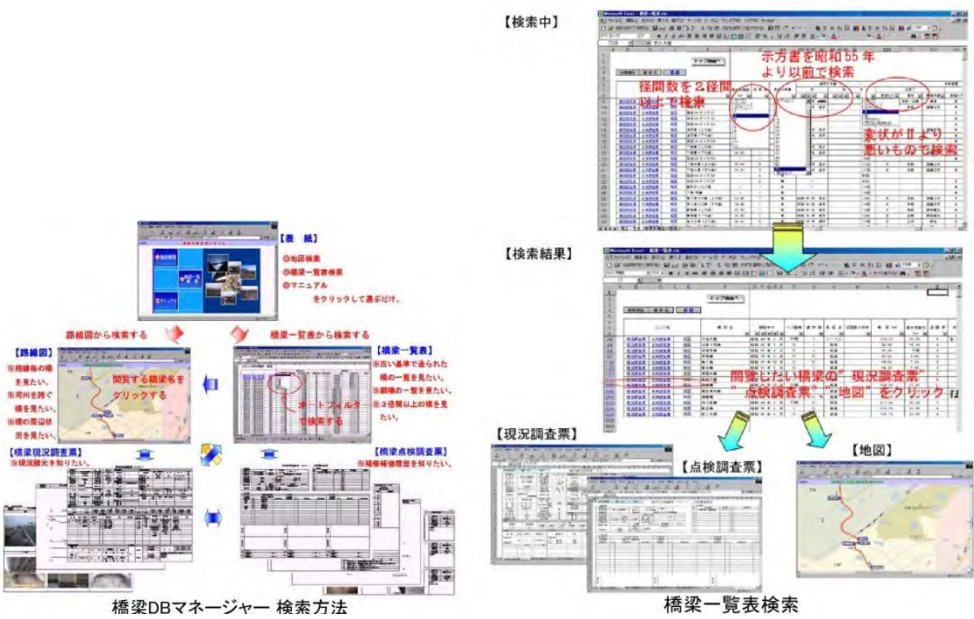
(18) 遠隔操作無人探査機による水中構造物診断システム

1. 名称	遠隔操作無人探査機による水中構造物診断システム	
2. 把握できる内容	▶ クラック、打音、肉厚（ダム、堤体がメインだが、橋梁の下部工にも適用可能。）	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	目視点検の代替として、低濁度ではLED照明と操作用（前面）カメラ、高濁度では音響カメラにより、構造物を俯瞰できるとともに、LED照明と計測用カメラにより、高解像度で構造物の状態を観測可能である。計測用カメラの画像からは、平行レーザポインタをスケールとしてクラック等の計測が可能である。簡易点検の代替として、ケレン装置（鋼材の表面に付着しているサビや異物を取り除くこと）、打音検査装置、肉厚計測装置を有している。管理者ニーズとしては、ダム堤体などの水中構造物では、安全面と効率面から水深が深い場所において、潜水士による調査が難しいという課題がある。評価手段としては、光学カメラ画像・音響カメラ画像による目視確認、鋼材の肉厚測定、コンクリート打音検査を行う。	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>調査ロボット</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>計測システム</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>左：音響カメラ画像 右：光学カメラ画像</p> </div> </div>	
6. 運用結果	▶ 国土交通省の公募事業「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入の推進」に参加し、「事業化については可能なレベルであり、現場適応性および経済性については現行より優れる技術である。」との評価を得た	
7. 課題	▶ 最深部 140m の宮ヶ瀬ダムで実証実験を行い、性能を確認	
8. 参考資料	国交省資料	

(19) 道路橋の長寿命化修繕計画策定支援システム 長寿郎

1. 名称	道路橋の長寿命化修繕計画策定支援システム 長寿郎	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 道路橋の点検結果の整理・蓄積(損傷図・写真等)および橋梁台帳の整理・蓄積(データベース化)により長寿命化修繕計画を策定する 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>本技術は、道路橋の点検データ収集・台帳整理・修繕計画策定ができるシステムで、従来はシステムを利用せず、表計算ソフト等で点検データ収集・台帳整理・計画策定で対応していた。</p>	
5. イメージ図	 <p>The image contains two main parts. On the left is a 'システム構成' (System Structure) diagram showing the flow of information between a '情報管理システム' (Information Management System) with a 'データベース' (Database) containing '諸元' (Basic Data), '点検履歴' (Inspection History), and '修繕履歴' (Repair History), and a '点検データ収集システム' (Inspection Data Collection System) which includes 'mobile版' (mobile version) and 'Windows版' (Windows version). It also shows a '事業計画策定システム' (Business Plan Formulation System) with '出力結果' (Output Results). On the right are two charts: '各シナリオのLCCの推移' (LCC Trend for Each Scenario) showing a line graph of LCC (Y-axis) over years (X-axis) for three scenarios (シナリオ1: 996百万円, シナリオ2: 988百万円, シナリオ3: 977百万円), and '事業費用の推移' (Trend of Business Expenses) showing a stacked bar chart of expenses (Y-axis) over years (X-axis) for the same three scenarios.</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ システムを利用して、点検データ収集・橋梁台帳整理・修繕計画を一括運用・管理できるようになったことにより、計画策定の一括運用管理が可能となるため、省力化と経済性の向上を図れる 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 点検方法が「道路橋に関する基礎データ収集要領(案)」を適用、または準拠していない場合は適用不可 ➤ 定期的にバージョンアップ版をリリースするため、常に最新版を利用する。契約によっては、サポート契約締結が必要 	
8. 参考資料	新技術情報提供システム NETIS	

(20) 橋梁 DB マネージャー

1. 名称	橋梁 DB マネージャー	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 橋梁台帳(橋梁現況調査票、橋梁点検調査票)の電子化 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	橋梁台帳を電子データで管理し、省力化、作業環境・品質の向上を図り、アセットマネジメントを支援するシステムである。	
5. イメージ図	 <p>The image shows a workflow for searching the bridge database. It includes several screenshots: <ul style="list-style-type: none"> 橋梁DBマネージャー 検索方法: A central hub with icons for map-based search, search from overview, search from current status, and search from point inspection. 【検索中】: A search criteria screen with a date range set to 'Showa 55 and earlier' and a search button. 【検索結果】: A list of search results with a red box highlighting a specific bridge. 【現況調査票】 and 【点検調査票】: Screens for viewing detailed inspection data for a selected bridge. 【地図】: A map showing the location of the selected bridge. </p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 電子化により、データの追加、更新作業は短時間で簡単に行える ▶ 対象橋梁の検索が容易 ▶ 事務所内のネットワークに接続された各パソコンで橋梁台帳の閲覧が可能 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 1 事務所内の LAN の整備が必要 ▶ WAN 等で接続されている事務所外のパソコンからの閲覧・更新は不可 	
8. 参考資料	新技術情報提供システム NETIS	



(21) 無人航空機による地形計測・写真撮影システム

1. 名称	無人航空機による地形計測・写真撮影システム													
2. 把握できる内容	▶ 波の回折、波向分布	3. 施設分類 湾港												
4. 概要	沖防波堤建設の影響を明らかにするため、領域を10mメッシュで分割し、波浪場の計算を行った。防波堤建設前と建設後の、海岸への影響を比較できるように数値化した。背景・目的としては、阿字ヶ浦海岸における沖防波堤建設に伴い、地形や海流の変化など海岸への影響を調査するため、無人航空機による撮影と解析が行われた。分析評価手段としては、防波堤建設前（1984年）と建設後（2010年）のデータを比較し、入射波を波高1.32m、周期8.3s、波向N80°Eで設定。潮位T.P.0m、方向集中度パラメーターは75として波の回折と波向分布を計算した。													
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="319 896 766 1209"> <p style="text-align: center;">汀線変化</p> </div> <div data-bbox="829 896 1276 1209"> <table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>内容</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>飛行速度</td> <td>0～150 (250) m</td> </tr> <tr> <td>撮影・計測範囲</td> <td>約73m×52m (高度50m) 1フライトで15,000m²</td> </tr> <tr> <td>飛行回数</td> <td>1日平均5回、最大15回</td> </tr> <tr> <td>写真精度</td> <td>1.3cm/pix (高度50m)</td> </tr> <tr> <td>地形計測精度</td> <td>鉛直精度±5cm程度</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">無人航空機の仕様</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div data-bbox="351 1254 766 1590"> </div> <div data-bbox="813 1254 1228 1590"> </div> </div> <p style="text-align: center;">沖防波堤建設前（左）と建設後（右）の波の回折と波向分布</p>		項目	内容	飛行速度	0～150 (250) m	撮影・計測範囲	約73m×52m (高度50m) 1フライトで15,000m ²	飛行回数	1日平均5回、最大15回	写真精度	1.3cm/pix (高度50m)	地形計測精度	鉛直精度±5cm程度
項目	内容													
飛行速度	0～150 (250) m													
撮影・計測範囲	約73m×52m (高度50m) 1フライトで15,000m ²													
飛行回数	1日平均5回、最大15回													
写真精度	1.3cm/pix (高度50m)													
地形計測精度	鉛直精度±5cm程度													
6. 運用結果	▶ 沖防波堤建設により波の入射方向が変わり、遮蔽域が形成された。これによって北向きの沿岸漂砂が誘起され、海岸に地形変化が起きたことが明らかとなった													
7. 課題	▶ 降雨・降雪時や夜間は計測できない。また植生等の障害物がある区域は地上計測による補足が必要													
8. 参考資料	ブルーイノベーション株式会社													

(22) 舗装構成厚さ調査システム



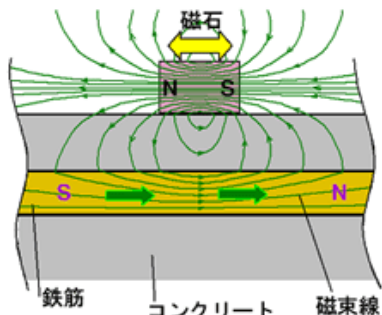
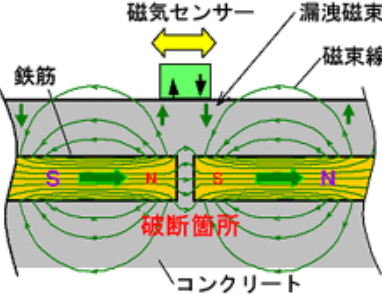
1. 名称	舗装構成厚さ調査システム													
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 舗装構成厚さ 	3. 施設分類 舗装												
4. 概要	<p>路面の舗装構成（アスコン層厚、路盤厚）を連続的に把握するもので、電磁波により舗装厚さを推定し、舗装構成の変化点を把握する技術である。一般車両と同程度の速度で走行しながらの計測が可能。背景・目的としては、電磁波による舗装面の非破壊検査により、短時間・安価に舗装構成を把握するシステム。舗装補修工事の事前調査に用いられる。交通規制を伴う開削調査やコアボーリングの回数を削減する効果がある。分析評価手段としては、計測用車両から舗装面に電磁波を照射し、その反射波を検知する。計測した反射時間から、舗装面におけるアスコン層、路盤、路床の深さを推定する。</p>													
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="199 936 590 1243">  </div> <div data-bbox="614 929 925 1243"> <table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>仕様</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ひび割れ測定</td> <td>180万画素/5m間隔</td> </tr> <tr> <td>アスコン層厚測定</td> <td>FMCWレーダー方式 (中心周波数2GHz) 精度±1cm以内</td> </tr> <tr> <td>路盤厚測定</td> <td>高速パルスレーダー方式 (中心周波数800MHz) 精度±5cm以内</td> </tr> <tr> <td>計測速度</td> <td>～50km/h</td> </tr> <tr> <td>調査深度</td> <td>～100cm</td> </tr> </tbody> </table> </div> <div data-bbox="957 936 1380 1243">  </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> <p>計測用車両の仕様</p> <p>舗装構成分析イメージ</p> </div> <div style="margin-top: 10px;">  <p style="text-align: center;">電磁波調査の原理</p> $H = V \times T / 2$ <p>V: 電磁波伝播速度 [m/s²] H: 境界までの深さ [m] T: 反射時間 [s]</p> $V = \frac{C}{\sqrt{\epsilon_s}}$ <p>C: 光の速度 (30万km/s) ϵ_s: 比誘電率</p> </div>		項目	仕様	ひび割れ測定	180万画素/5m間隔	アスコン層厚測定	FMCWレーダー方式 (中心周波数2GHz) 精度±1cm以内	路盤厚測定	高速パルスレーダー方式 (中心周波数800MHz) 精度±5cm以内	計測速度	～50km/h	調査深度	～100cm
項目	仕様													
ひび割れ測定	180万画素/5m間隔													
アスコン層厚測定	FMCWレーダー方式 (中心周波数2GHz) 精度±1cm以内													
路盤厚測定	高速パルスレーダー方式 (中心周波数800MHz) 精度±5cm以内													
計測速度	～50km/h													
調査深度	～100cm													
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ コア測定値に対して、電磁波測定値は平均 98.7%。コア測定値と電磁波測定値の相関係数 92% 													
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 1回の調査で1車線しか計測できないため、車線数の多い道路では複数回の走行が必要となる ▶ コンクリート舗装された箇所には使用できない。また歩道部には使用できない ▶ 正しい測定値を得るため、始業時点検としてタイヤ空気圧の確認が必要 													
8. 参考資料	NETIS 当該技術ページ													

(23) 走行型計測車両を適用した移動体による変位観測

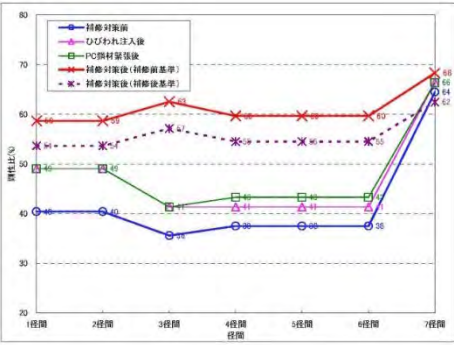
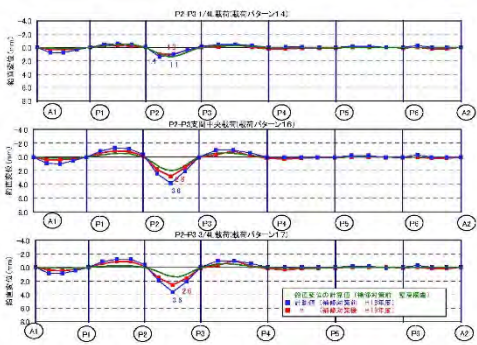
1. 名称	走行型計測車両を適用した移動体による変位観測																																																																					
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ひび割れ、うき、剥離、剥落等の損傷 	3. 施設分類 トンネル																																																																				
4. 概要	<p>車両に複数台のビデオカメラとレーザー計測装置を搭載し、走行しながらトンネル等のコンクリート構造物の表面状態を定量的に記録する。覆工壁面や断面形状の画像データおよびレーザーデータを基に、トンネル内のひび割れやうき、剥離、剥落等の損傷を把握する。背景・目的としては、従来の目視による道路トンネルの点検は、一般に片側通行規制で実施されるため、渋滞発生の原因となっていた。また、トンネル内の暗い中での点検では、見落としや点検員による判断の差などから、客観的な診断が困難であった。そこで、コンクリート構造物の表面状態について、交通規制を行うことなく、かつ定量的に把握するため、走行型計測車両を開発した。分析評価手段としては、高精細ビデオカメラによる連続撮影と、高精度レーザーによるトンネル表面の形状記録により損傷を判定する。</p>																																																																					
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>高精度レーザー 100万点/秒、200ヶ所/秒 5000点/周 (4mm 間隔)</p> <p>計測用車両</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>レーザースキャナによるトンネル計測例</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <table border="1" style="font-size: small;"> <thead> <tr> <th></th> <th>パーツ</th> <th>台数</th> <th>備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">MIS 部</td> <td>L E D 照 明</td> <td>60 台</td> <td>70W</td> </tr> <tr> <td>カ メ ラ</td> <td>20 台</td> <td>38 万画素</td> </tr> <tr> <td>G P S</td> <td>3 台</td> <td>2 周波 1 台 1 周波 2 台</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">MMS 部</td> <td>I M U</td> <td>1 台</td> <td>3 軸 FOG/3 軸加速度計</td> </tr> <tr> <td>オドメトリ</td> <td>1 台</td> <td>右後輪</td> </tr> <tr> <td>レ ー ザ</td> <td>2 台</td> <td>13575 点 / 秒</td> </tr> <tr> <td>カ メ ラ</td> <td>1 台</td> <td>1000000 点 / 秒</td> </tr> <tr> <td>車 両</td> <td>いすゞエルファ3トン</td> <td>2 台</td> <td>500 万画素</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>4WD エアサス仕様</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="font-size: small;"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>仕様</th> <th>条件</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">位置精度*</td> <td>車両自己位置</td> <td>0.06m(rms)</td> <td rowspan="2">GPS 受信が良好で FIX 解が得られている場合</td> </tr> <tr> <td>レーザ点 (5m)</td> <td>0.10m(rms)</td> </tr> <tr> <td>高 さ 精 度</td> <td></td> <td>0.15m(rms)</td> <td rowspan="3">5 分間の良好な GPS 受信状態 が得られている場合 (静止時)</td> </tr> <tr> <td>方 位 精 度</td> <td></td> <td>0.18' (rms)</td> </tr> <tr> <td>ピ ッ チ 精 度</td> <td></td> <td>0.36' (rms)</td> </tr> <tr> <td>ロ ー ル 精 度</td> <td></td> <td>0.72' (rms)</td> <td rowspan="2">舗装道路走行時</td> </tr> <tr> <td>標 準 計 測 速 度</td> <td></td> <td>~ 50km/h</td> </tr> <tr> <td>最 高 計 測 速 度</td> <td></td> <td>80km/h</td> <td rowspan="2">5km/h 以下での走行時</td> </tr> <tr> <td>段</td> <td></td> <td>最大 10cm</td> </tr> </tbody> </table> </div>			パーツ	台数	備考	MIS 部	L E D 照 明	60 台	70W	カ メ ラ	20 台	38 万画素	G P S	3 台	2 周波 1 台 1 周波 2 台	MMS 部	I M U	1 台	3 軸 FOG/3 軸加速度計	オドメトリ	1 台	右後輪	レ ー ザ	2 台	13575 点 / 秒	カ メ ラ	1 台	1000000 点 / 秒	車 両	いすゞエルファ3トン	2 台	500 万画素				4WD エアサス仕様	項目	仕様	条件	位置精度*	車両自己位置	0.06m(rms)	GPS 受信が良好で FIX 解が得られている場合	レーザ点 (5m)	0.10m(rms)	高 さ 精 度		0.15m(rms)	5 分間の良好な GPS 受信状態 が得られている場合 (静止時)	方 位 精 度		0.18' (rms)	ピ ッ チ 精 度		0.36' (rms)	ロ ー ル 精 度		0.72' (rms)	舗装道路走行時	標 準 計 測 速 度		~ 50km/h	最 高 計 測 速 度		80km/h	5km/h 以下での走行時	段		最大 10cm
	パーツ	台数	備考																																																																			
MIS 部	L E D 照 明	60 台	70W																																																																			
	カ メ ラ	20 台	38 万画素																																																																			
	G P S	3 台	2 周波 1 台 1 周波 2 台																																																																			
MMS 部	I M U	1 台	3 軸 FOG/3 軸加速度計																																																																			
	オドメトリ	1 台	右後輪																																																																			
	レ ー ザ	2 台	13575 点 / 秒																																																																			
	カ メ ラ	1 台	1000000 点 / 秒																																																																			
車 両	いすゞエルファ3トン	2 台	500 万画素																																																																			
			4WD エアサス仕様																																																																			
項目	仕様	条件																																																																				
位置精度*	車両自己位置	0.06m(rms)	GPS 受信が良好で FIX 解が得られている場合																																																																			
	レーザ点 (5m)	0.10m(rms)																																																																				
高 さ 精 度		0.15m(rms)	5 分間の良好な GPS 受信状態 が得られている場合 (静止時)																																																																			
方 位 精 度		0.18' (rms)																																																																				
ピ ッ チ 精 度		0.36' (rms)																																																																				
ロ ー ル 精 度		0.72' (rms)	舗装道路走行時																																																																			
標 準 計 測 速 度		~ 50km/h																																																																				
最 高 計 測 速 度		80km/h	5km/h 以下での走行時																																																																			
段		最大 10cm																																																																				
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 高精細カメラによる連続撮影により、時速 40~80km/h 程度での計測が可能であるため、車線規制の必要がない ▶ 平成 22 年度~平成 24 年度の期間において、130 箇所以上、約 93km のトンネルを計測した実績がある 																																																																					
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 維持管理要領に位置付けるための明確な基準化が必要である 																																																																					
8. 参考資料	パシフィックコンサルタンツ株式会社、計測検査株式会社、三菱電機株式会社																																																																					

3.11 品質管理を補助する技術の事例集

(1) 鉄筋コンクリート構造物における内部鋼材の非破壊調査技術

1. 名称	鉄筋コンクリート構造物における内部鋼材の非破壊調査技術	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 鉄筋の破断 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>あらかじめ鉄筋探査等により、鉄筋の位置およびかぶりを把握しておく。磁石ユニットの取手を両手で握り、診断したい鉄筋上のコンクリート表面を、鉄筋の長手方向に所定の長さを走行させ、鉄筋を着磁。磁気計測ユニットを用い、着磁した鉄筋上のコンクリート表面を走行させる。破断箇所では、磁束の乱れがあるので、それを磁気センサーで検出して破断の有無を診断できる。診断結果から、健全で無い箇所を検出し、劣化進行の早期対策に役立てる。管理者ニーズとしては、コンクリート構造物内の鋼材の健全性は、斫により目視確認を実施していた。そのため、非破壊で検査する技術の開発が望まれていた。評価手段としては、測定したデータは無線によりパソコン画面に磁束密度分布波形として表示される。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>計測ユニット</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>計測状況</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>正常な鉄筋</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>破断している鉄筋</p> </div> </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 計測ユニットは乾電池で動作するため、電源敷設の難しい箇所での診断も可能 ➤ ポステン桁におけるシース内のPC鋼材の健全性調査にも適用 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 一度の計測範囲が狭く、近接できる範囲に限られる。 	
8. 参考資料	NETIS 維持管理支援サイト	

(2) 補修・補強を行ったコンクリート橋の長期モニタリング

1. 名称	補修・補強を行ったコンクリート橋の長期モニタリング																																													
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ひび割れ、歪み、たわみ等 	3. 施設分類 橋梁																																												
4. 概要	<p>平成 19 年から 10 年間モニタリングを行う。上部工に設置した計測機器により連続計測を行い、事前に設定した閾値を超過した場合は、自動警報システムにより道路管理者および関係者に連絡を行う。背景・目的としては、垂井高架橋（橋長 297m の 7 径間連続 PRC 箱桁ラーメン橋）について、補修・補強工事（ひび割れ注入工法、上面増厚工法、外ケーブル工法等）の効果持続性を監視するため、モニタリングを行った。分析評価手段としては、供用開始後の常時監視は、変状、変位、損傷の発生の検知を目的として、垂井高架橋上部工に設置した計測機器により 1 時間毎の連続計測を行い、データを送受信するシステムを用いる。</p>																																													
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <table border="1" data-bbox="288 1301 719 1608" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">測定機器/ 測定項目</th> <th colspan="4">管理基準値</th> </tr> <tr> <th>下限値</th> <th>下限注記</th> <th>上限注記</th> <th>上限値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>光ファイバー (ウェブの歪み)</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>0.10mm</td> <td>0.20mm</td> </tr> <tr> <td>支承変位計 A1</td> <td>~30mm</td> <td>55mm</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>支承変位計 A1</td> <td>~45mm</td> <td>30mm</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>支承変位計 A1</td> <td>~30mm</td> <td>50mm</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>亀裂変位計(インチ 部水平のび割れ)</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>0.10mm</td> <td>0.20mm</td> </tr> <tr> <td>光ファイバー (上下床版ひずみ)</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>0.10mm</td> <td>0.20mm</td> </tr> <tr> <td>ロードセル</td> <td>0</td> <td>660kN</td> <td>1163kN</td> <td>1628kN</td> </tr> </tbody> </table> <div style="margin-top: 10px;"> <p>図 補修工事前後の主桁の剛性の変化(左上)</p> <p>図 载荷重による主桁の鉛直変異分布(右上)</p> <p>図 各計測項目における閾値(下)</p> </div>		測定機器/ 測定項目	管理基準値				下限値	下限注記	上限注記	上限値	光ファイバー (ウェブの歪み)	-	-	0.10mm	0.20mm	支承変位計 A1	~30mm	55mm			支承変位計 A1	~45mm	30mm			支承変位計 A1	~30mm	50mm			亀裂変位計(インチ 部水平のび割れ)	-	-	0.10mm	0.20mm	光ファイバー (上下床版ひずみ)	-	-	0.10mm	0.20mm	ロードセル	0	660kN	1163kN	1628kN
測定機器/ 測定項目	管理基準値																																													
	下限値	下限注記	上限注記	上限値																																										
光ファイバー (ウェブの歪み)	-	-	0.10mm	0.20mm																																										
支承変位計 A1	~30mm	55mm																																												
支承変位計 A1	~45mm	30mm																																												
支承変位計 A1	~30mm	50mm																																												
亀裂変位計(インチ 部水平のび割れ)	-	-	0.10mm	0.20mm																																										
光ファイバー (上下床版ひずみ)	-	-	0.10mm	0.20mm																																										
ロードセル	0	660kN	1163kN	1628kN																																										
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 補修・補強工事（ひび割れ注入工法、上面増厚工法、外ケーブル工法等）の効果持続性を監視する技術である、道路管理者が通行の可否を判断する材料として活用されている（平成 26 年現在もシステム稼働中） ▶ 衝撃振動試験によって補修前後の主桁の剛性の評価ができ、供用開始後の剛性の変化をモニタリングすることが可能であることがわかった。 																																													
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ センサーの寿命が短く、定期的な保守・更新が必要である。 																																													
8. 参考資料	国土交通省、土木学会																																													

(4) 電気防食化した栈橋鋼管杭部の腐食状況把握

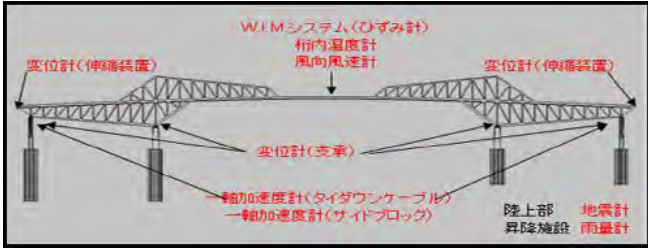

1. 名称	電気防食化した栈橋鋼管杭部の腐食状況把握	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> 腐食（港湾の鋼管杭で利用しているが、橋梁の鋼製橋脚でも利用可能） 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>鋼管杭の表面にセンサ（面積既知の鋼材試験片、照合電極等）を設置し、アルミ陽極を用いた流電陽極法による電気防食を施した。海底土中部の防食状態や、アルミ陽極の消費速度についてモニタリングを行った。背景・目的としては、海底土中部における電気防食の効果に関する実態把握のため、2010年2月より羽田空港連絡誘導路の鋼管杭部にてモニタリングを実施。同様の実験を東京港大井ふ頭、横浜港南本牧ふ頭でも行った。分析評価手段としては、被防食体の電位計測により、陽極消費量の推定手法を開発。防食能力を維持した上で、施設の設計基準に合致した電位がどれくらいなのかを探った。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="210 1003 587 1272"> <p>腐食速度の震度分布 (海底土中部)</p> </div> <div data-bbox="619 1003 995 1272"> <p>プローブ電流計測とカソード電位計測 を組み合わせた アノード電流の推定手法の概念図</p> </div> <div data-bbox="1027 945 1385 1272"> <p>調査対象杭および計測位置</p> </div> </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> 電流低減率は設計値 0.50 に対して実構造物では 0.15 で、アルミ陽極の寿命は設計値を大幅に上回ると確認した 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> 鉄筋の電位を-650mV 以下に分極させることを新たな電気防食基準として提案 センサ・ケーブル類の耐久性が今後の課題 低コストで常時モニタリングするシステムの開発が必要となる 	
8. 参考資料	<p>港湾空港技術研究所、九州大学 港湾施設に適用した電気防食システムの維持管理に関する研究（九州大学）</p>	

3.12 緊急時の対策を補助する技術（橋梁）の事例集

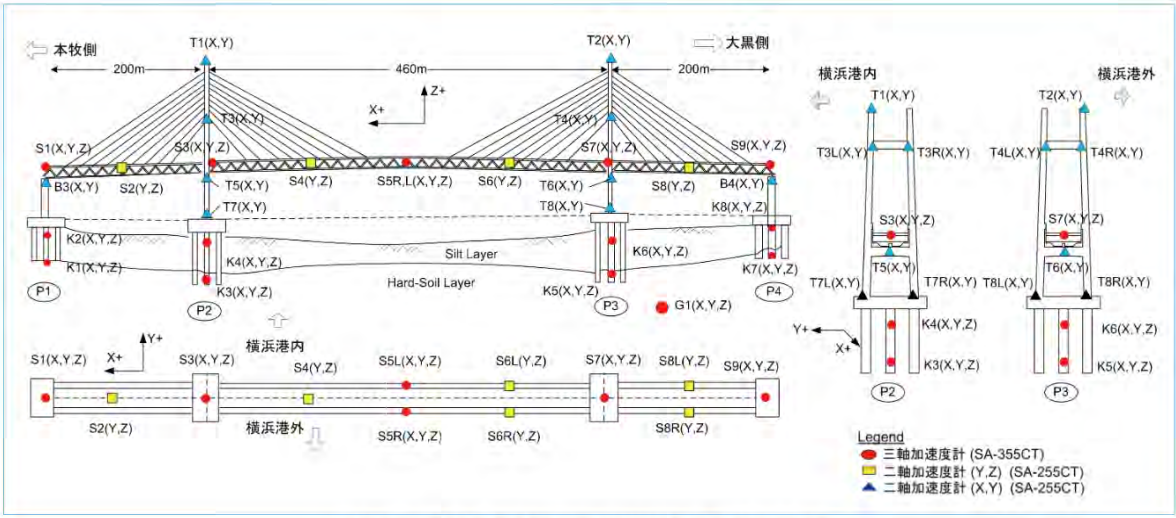
(1) 衝撃振動試験による構造物の健全度評価法

1. 名称	衝撃振動試験による構造物の健全度評価法	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 橋梁の基礎の欠陥 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>橋梁構造物の健全度を判定する上で、地中部・水中部に隠れて見えない基礎本体と上部工の固有振動数を測定し、健全状態の基準値と比較して、数値的な判定結果を見える形で示すことができる。管理者ニーズとしては、従来の橋梁健全度診断では、長時間の交通規制や足場の敷設が必要だった。評価手段としては、①構造物の適切な位置に感振器を設置し、重錘（30kg 程度）で構造物に衝撃を与える。②記録機器で応答波形を収録する。③フーリエ解析でスペクトルを算出し固有振動数を決定する。④健全状態の固有振動数の「基準値」を算出する。⑤固有振動数の測定値と基準値の比較で健全度を判定する。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>NSISの外観</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>計測機器</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>NSIS 測定状況</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>NSIRB 測定状況</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>測定状況</p> </div> </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 地中部・水中部の見えない基礎等の構造物に有効 ➤ 近年では、トンネルの覆工、高速道路の施設及び建築物に対しても実施 ➤ 鉄道（JR）では、洗掘が懸念される橋脚のほとんどで実績があり、新幹線では標準装備されている。 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 車両通行時にノイズの影響を受ける。 	
8. 参考資料	<p>「衝撃振動試験による構造物の健全度評価」：(株) ジェイアール総研エンジニアリング</p>	

(2) 東京ゲートブリッジのモニタリング技術

1. 名称	東京ゲートブリッジのモニタリング技術	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ リアルタイムで交通管理情報（風向風速・雨量・震度）を取得できる ▶ 常時、異常時の橋梁健全度の把握 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>東京ゲートブリッジは東京港臨海道路の一部を形成する 2,618m の連続橋であり、主橋梁は約 800m の鋼 3 径間連続トラス・ボックス複合構造である。（平成 24 年 2 月 12 日共用）本システムは、センサの耐久性や耐落雷性を考慮し、光ファイバを利用した情報収集伝達を主に使用し、以下のコンポーネントで構成されている。①Weigh-in-Motion システム：Fiber Bragg Grating (FBG) を用いたひずみ計、加速度計、②変位計（支承、伸縮装置）、③桁内温度計、④風向風速計、⑤一軸加速度計（タイダウンケーブル、サイドブロック）</p> <p>常時の橋梁健全度把握には、桁内温度計、変位計（支承）により得られたデータから桁温度に対する適切な挙動を目安とし活用している。異常時では、地震前後の支承部の変位を把握するとともに、伸縮装置の損傷確認でも、主橋梁と隣接桁の橋軸方向での相対変位と、衝突による加速度から損傷の判断を可能にしている。また、大規模地震を受けた時の橋梁全体における損傷順序があらかじめ解析により想定されており、順序が早い鉛直支承サイドブロック、伸縮装置、タイダウンケーブルにおける座屈・破断等の損傷状況を観測データにより判断できる状況である。</p>	
5. イメージ図		
		
図 モニタリング箇所と内容	図 モニタリングシステム監視画面	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 長大橋であるため、目視での点検は時間を要し、かつ支承部はゴムカバーが施され目視点検が容易ではないが、本モニタリングシステムを活用し地震後の交通開放を早期に判断できる 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 100 年以上の共用を目指す東京ゲートブリッジに対して、センサーの寿命は 5 年から 10 年しかない。維持管理費用が高額になる。 	
8. 参考資料	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 東京ゲートブリッジの維持管理計画について http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000080088.pdf ▶ 2017/12/20 東京港湾事務所にてヒアリング 	

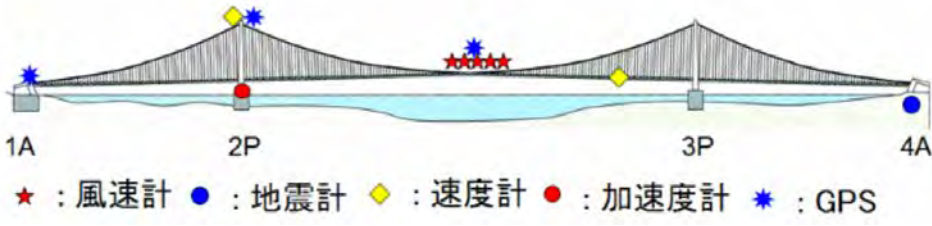
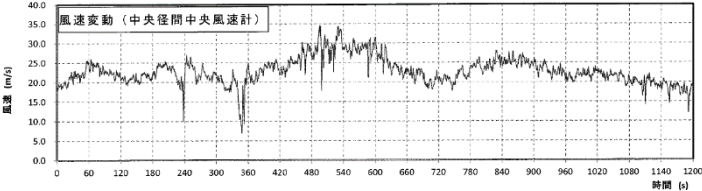
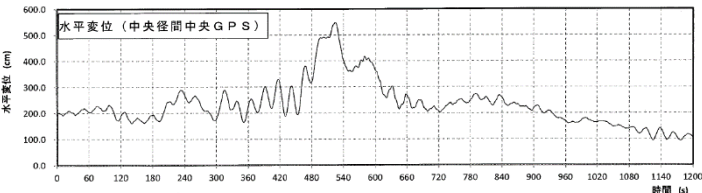

(3) 横浜ベイブリッジのモニタリング技術

1. 名称	横浜ベイブリッジの高密度地震センシング技術	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 暴風や地震等の大規模外力を受けた場合の長大橋の橋体の安全性評価等 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>本技術は、30 台以上のサーボ型の高精度地震計が設置され、地震応答記録の計測を可能とする技術である。横浜ベイブリッジの建設当初（1989 年）から設置されたものである。</p> <p>地震時の観測記録を活用することで、地震観測記録から推定した固有振動特性が耐震設計に用いる動的解析モデルから得られる固有値解析結果に近似していることや、弾性地震応答の範囲において橋の減衰性能を適切にモデル化すれば動的解析モデルによって得られる地震応答は、地震観測記録に近似していることを確認するなど、動的解析モデルの精度向上に大きく寄与している。</p> <p>また、2011 年 3 月 11 日東北地方太平洋沖地震で観測された観測記録から、主桁の非線形応答特性やリンク支承の性能評価等が実施されている。</p>	
5. イメージ図		
 <p style="text-align: center;">図3 横浜ベイブリッジの高密度地震センシング</p>		
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 地震時の観測記録は、動的解析モデルの精度向上に寄与している 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 維持管理費用が高額である。設備更新費は 50 百万円。（初期費用は、記録が残されておらず不明） 	
8. 参考資料	<ul style="list-style-type: none"> ▶ センシング・モニタリング技術の課題と展望 (http://bunken.rtri.or.jp/PDF/cdroms1/0004/2013/0004005939.pdf) ▶ アンケート調査（2017/12/28 回答） 	

(4) 省電力化を図ったワイヤレスセンサによる橋梁の継続的遠隔モニタリングシステム

1. 名称	省電力化を図ったワイヤレスセンサによる橋梁の継続的遠隔モニタリングシステム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 構造物全体、個別部位の挙動 ▶ 床版のひび割れ、鋼部材の剛性低下などの損傷・劣化状態 ▶ 腐食変化の進行箇所・時期 ▶ ダメージ発生の時刻・場所、レベル 	<p>3. 施設分類</p> <p>橋梁</p>
4. 概要		
<p>橋梁などの構造物に機器を設置し、加速度・歪・腐食・温湿度のデータを取得するシステム。機器として、現場の各部にセンサノードを計 31 台設置し、基地局を 1 台実装する。基地局からのデータを遠隔サーバに無線通信にて転送し、データ分析技術によって多様な劣化損傷を指標化する。電源にバッテリー、データ伝送には無線通信を採用し、電源設置工事等を極力無くし容易に導入できる。道路管理者は取得したデータで橋梁の状態を専門的な知識無くでも理解できる情報として提供する。</p>		
5. イメージ図		
<p>The diagram illustrates the monitoring system architecture. On the left, a bridge structure is shown with labels for '橋台' (bridge pier), '橋脚' (bridge pier), and '基礎' (foundation). Red lines indicate the placement of 'センサノード' (sensor nodes) along the bridge deck. A '基地局' (base station) is located on the bridge, powered by '太陽光発電' (solar power). It communicates with a '事務所' (office) containing a 'サーバー' (server) and 'データベース' (database) via '3G' wireless communication. The office also features '計測データ' (measurement data), '分析データ' (analysis data), and '特性カルテ' (characteristic card). A '情報提供 (Webアプリ)' (information provision via web application) is shown as a separate component.</p>		
<p>図 モニタリングシステム (センシング・伝送・分析)</p>		
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 橋梁の状態を、専門的な知識なしでも理解できる情報として、センサデータの指標化を実現【開発状況】 ▶ 省電力、屋外環境対応のセンシング技術による長期信頼性確保（電池駆動で寿命 5 年以上）【最終目標】 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 日本の気候条件を元に製品設計しているため、高温、高湿、低温などではそのままでは性能発揮できず、気候条件に対する対策が必要。 	
8. 参考資料	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) インフラ維持管理・更新・マネジメント技術 プロジェクト紹介ー開発技術の概要ー ▶ 開発者アンケート 	

(5) 明石海峡大橋動態観測システム

1. 名称	明石海峡大橋動態観測システム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 暴風や地震等の大規模外力を受けた場合の長大橋の橋体の安全性評価 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>本システムは、当初長大橋の建設時に用いた設計法の検証を目的に、暴風時及び地震時の橋体の挙動を観測するために設置したものである。</p> <p>明石海峡大橋における動態観測設備は、風速計、地震計、速度計、加速度計、GPS で構成されている。</p>	
5. イメージ図	<div style="text-align: center;">  <p>★ : 風速計 ● : 地震計 ◆ : 速度計 ● : 加速度計 ★ : GPS</p> <p>図 明石海峡大橋における動態観測設備配置図</p> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>風速変動 (中央径間中央風速計)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>水平変位 (中央径間中央GPS)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>橋上のGPS受信局</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p>図 台風 0406 通過時のデータ</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>図 橋上のGPS受信局</p> </div> </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 暴風時、地震時の橋体の挙動をモニタリングできた。 ➢ 長大橋の設計法の検証データとして活用されている 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 初期費用、維持管理費用が高額である。1998 年当時の設備設置工事費は 234 百万円、2014 年での設備更新費は 85 百万円。 	
8. 参考資料	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 明石海峡大橋の動態観測設備 (http://www.jb-honshi.co.jp/corp_index/technology/lbec/job/monitor.html) ➢ アンケート調査 (2017/12/15 回答) 	



(6) 路線バスによる橋梁モニタリングシステム

1. 名称	路線バスによる橋梁モニタリングシステム	
2. 把握できる内容	▶ たわみ、劣化	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>2010年12月から2011年12月まで、山口県宇部市の新権代橋、蛇瀬橋、白土第二橋の3橋にて、計37回の計測を行った。橋梁とバスバネ下振動の相似性確認試験を実施した結果、両者の間に一定の類似性を確認することができた。背景・目的としては、中小橋梁において橋梁本体にセンサを設置せずに、路線バスに加速度センサを設置することで低コストでの簡易診断を実現する。路線バスは定期的に橋梁を通行するため、モニタリングをルーチン化しやすいという利点がある。分析評価手段としては、路線バスの車軸に取り付けた加速度センサーによって橋梁の振動データをモニタリングし、収集したデータから独自に開発した「たわみ特性値」を抽出・分析し、橋梁の状態を判断。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="210 1070 853 1339"> </div> <div data-bbox="901 1070 1369 1370"> </div> </div>	
6. 運用結果	▶ たわみ特性値に影響する運行条件に関わる因子としては、天候、対向車、運行速度、乗車人数が考えられる。しかし15回程度のたわみ特性値の移動平均により、前述の因子についても排除できるものと考えられる	
7. 課題	<p>▶ システム化には、自動計測機能と計測データ中のたわみ自動抽出機能が必要である</p> <p>▶ データの大規模化に対して、データ授受の方法、DB 管理手法の開発も重要である</p>	
8. 参考資料	構造計画研究所（協力：宇部市土木建設部、宇部市交通局）	

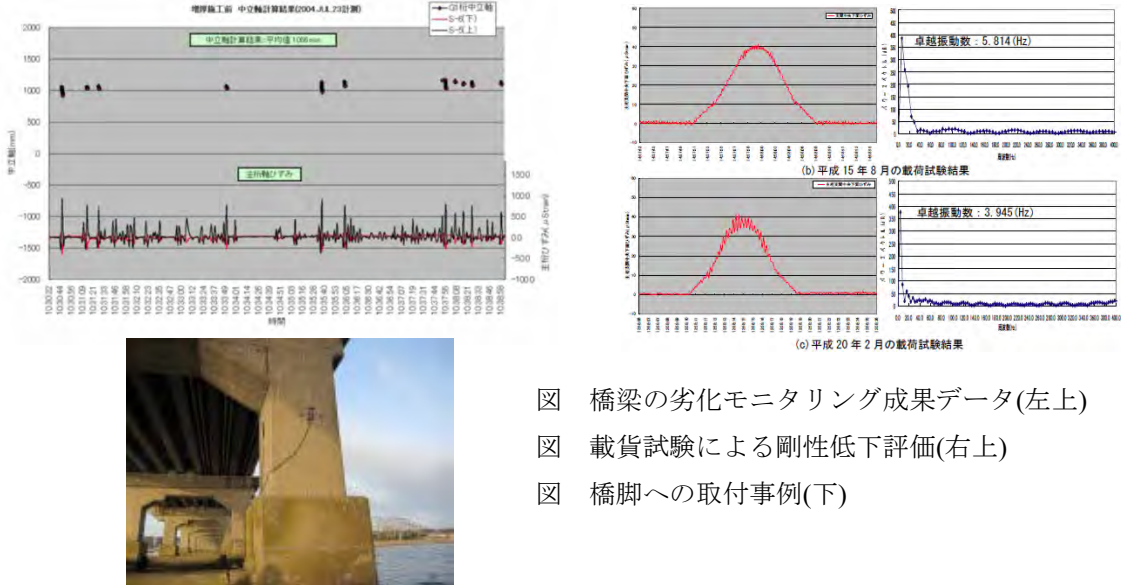
(7) 橋梁遠隔長期モニタリングシステム

1. 名称	橋梁遠隔長期モニタリングシステム																													
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 劣化 	3. 施設分類 橋梁																												
4. 概要	<p>橋梁の床版下部に加速度計・熱伝対センサーを設置し、データをサーバにて収集。PHS を利用したネットワークにより、遠隔地のクライアント PC にデータを送信する。クライアントにてデータ解析等を行う。背景・目的としては、PC 橋の劣化診断を遠隔地にて行うためのシステム構築を行った。また橋梁の振動特性（固有振動数・減衰定数）に着目し、加速度計が計測した数値から、振動特性を自動的に算出するアルゴリズムを開発した。分析評価手段としては、センサーで計測された加速度応答から、AR モデルを適用した構造同定アルゴリズムから構造系固有値を算出。構造物の振動特性の変動から、剛性の低下などの劣化診断を行う。</p>																													
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="300 936 695 1256"> <p>モニタリング状況</p> <table border="1" data-bbox="277 1301 722 1464"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="4">固有振動数(Hz)</th> <th rowspan="2">気温</th> </tr> <tr> <th>F1</th> <th>F2</th> <th>F3</th> <th>F4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>最大値</td> <td>4.193</td> <td>4.217</td> <td>4.157</td> <td>4.116</td> <td>31.2</td> </tr> <tr> <td>最小値</td> <td>4.043</td> <td>4.068</td> <td>4.031</td> <td>4.006</td> <td>1.3</td> </tr> <tr> <td>変動量</td> <td>0.15</td> <td>0.149</td> <td>0.126</td> <td>0.11</td> <td>29.9</td> </tr> </tbody> </table> </div> <div data-bbox="791 1055 1393 1379"> <p>図 固有振動数の年変動</p> </div> </div> <p>図 固有振動数の年変動量</p>			固有振動数(Hz)				気温	F1	F2	F3	F4	最大値	4.193	4.217	4.157	4.116	31.2	最小値	4.043	4.068	4.031	4.006	1.3	変動量	0.15	0.149	0.126	0.11	29.9
	固有振動数(Hz)				気温																									
	F1	F2	F3	F4																										
最大値	4.193	4.217	4.157	4.116	31.2																									
最小値	4.043	4.068	4.031	4.006	1.3																									
変動量	0.15	0.149	0.126	0.11	29.9																									
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 移動体通信を用いた橋梁遠隔長期モニタリングシステムの開発により、計測作業の自動化・無人化を達成 ➤ 振動特性の自動推定プログラムにより、振動特性の長期的変化をモニタリングすることが可能 ➤ 1年間の長期モニタリング結果から、固有振動数が気温の上昇とともに低下し、気温の低下とともに上昇する傾向にあることを確認 																													
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ センサーの寿命は橋梁に比べて小さく、定期的な保守・更新が必要となる。 																													
8. 参考資料	長崎大学																													

(8) 亀裂変位計および水管式沈下計による損傷橋梁のモニタリング

1. 名称	亀裂変位計および水管式沈下計による損傷橋梁のモニタリング																															
2. 把握できる内容	▶ たわみ、目地開き	3. 施設分類 橋梁																														
4. 概要	<p>第1径間8ブロックを対象に、亀裂変位計や水管式沈下計を設置し、橋のたわみ量や目地の開きを監視する。変位の値によって、「注意レベル」、「警戒レベル」、「限界レベル」の基準値（案）を設定し、亀裂変位計や水管式沈下計で異常値を検知した場合は、自動で携帯電話にメールで通報される。背景・目的としては、妙高大橋は昭和47年に竣工。平成21年にケーブルの破断が9本発見され、補修工事を実施したが、現在も橋梁の劣化が続いている。そこで、橋梁の異常を早期に発見するためモニタリングを実施した。分析評価手段としては、現地にて載荷試験によるたわみ量等の計測を実施。計測値をもとに管理基準値を設定し、設置した亀裂変位計・水管式沈下計による異常の検知を行った。</p>																															
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>亀裂変位計</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>水管式沈下計</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">センサーの設置状況</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <table border="1" style="margin-right: 20px;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">測定箇所</th> <th colspan="2">応力度 (N/mm²)</th> </tr> <tr> <th>載荷試験</th> <th>計算値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>第1径間 9ブロック</td> <td>-3.4</td> <td>-3.5</td> </tr> <tr> <td>第4径間 91ブロック</td> <td>-3.3</td> <td>-3.6</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">測定箇所</th> <th colspan="2">たわみ量 (mm)</th> </tr> <tr> <th>載荷試験</th> <th>計算値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>第1径間</td> <td>8.0</td> <td>13.6</td> </tr> <tr> <td>第4径間</td> <td>6.2</td> <td>9.8</td> </tr> </tbody> </table> </div> <div style="margin-top: 20px;"> <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>管理レベル</th> <th>主な対応</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: #e0ffe0;">注意レベル たわみ量 =25mm 目地変位 =0.2mm ↓ 警戒メール</td> <td style="background-color: #e0ffe0;"> <ul style="list-style-type: none"> 自動計測値をウェブで確認し定時間隔で監視 CCTV確認 パトロールにより交通状態や異常等の有無を確認 変形の増加原因を推定 原因特定や除去ができた場合は通常体制に戻す </td> </tr> <tr> <td style="background-color: #fff9c4;">警戒レベル たわみ量 =40mm 目地変位 =0.3mm ↓ 回転灯点灯</td> <td style="background-color: #fff9c4;"> <ul style="list-style-type: none"> 専門技術者調査を要請し原因を推定 大型車の連行防止のため交通整理員を配置し誘導 詳細調査により損傷状況を把握 保全検討委員会を招集し助言を受ける </td> </tr> <tr> <td style="background-color: #ffe0e0;">限界レベル たわみ量 =80mm 目地変位 =0.5mm</td> <td style="background-color: #ffe0e0;"> <ul style="list-style-type: none"> 交通規制を実施（旧道や高速道路へ迂回） 状況に応じて補強ケーブルの2次緊張に着手 効果が確認できれば規制を緩和 効果がない場合は迂回仮橋の構築等に着手 </td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">図 モニタリング管理基準</p> </div>		測定箇所	応力度 (N/mm ²)		載荷試験	計算値	第1径間 9ブロック	-3.4	-3.5	第4径間 91ブロック	-3.3	-3.6	測定箇所	たわみ量 (mm)		載荷試験	計算値	第1径間	8.0	13.6	第4径間	6.2	9.8	管理レベル	主な対応	注意レベル たわみ量 =25mm 目地変位 =0.2mm ↓ 警戒メール	<ul style="list-style-type: none"> 自動計測値をウェブで確認し定時間隔で監視 CCTV確認 パトロールにより交通状態や異常等の有無を確認 変形の増加原因を推定 原因特定や除去ができた場合は通常体制に戻す 	警戒レベル たわみ量 =40mm 目地変位 =0.3mm ↓ 回転灯点灯	<ul style="list-style-type: none"> 専門技術者調査を要請し原因を推定 大型車の連行防止のため交通整理員を配置し誘導 詳細調査により損傷状況を把握 保全検討委員会を招集し助言を受ける 	限界レベル たわみ量 =80mm 目地変位 =0.5mm	<ul style="list-style-type: none"> 交通規制を実施（旧道や高速道路へ迂回） 状況に応じて補強ケーブルの2次緊張に着手 効果が確認できれば規制を緩和 効果がない場合は迂回仮橋の構築等に着手
測定箇所	応力度 (N/mm ²)																															
	載荷試験	計算値																														
第1径間 9ブロック	-3.4	-3.5																														
第4径間 91ブロック	-3.3	-3.6																														
測定箇所	たわみ量 (mm)																															
	載荷試験	計算値																														
第1径間	8.0	13.6																														
第4径間	6.2	9.8																														
管理レベル	主な対応																															
注意レベル たわみ量 =25mm 目地変位 =0.2mm ↓ 警戒メール	<ul style="list-style-type: none"> 自動計測値をウェブで確認し定時間隔で監視 CCTV確認 パトロールにより交通状態や異常等の有無を確認 変形の増加原因を推定 原因特定や除去ができた場合は通常体制に戻す 																															
警戒レベル たわみ量 =40mm 目地変位 =0.3mm ↓ 回転灯点灯	<ul style="list-style-type: none"> 専門技術者調査を要請し原因を推定 大型車の連行防止のため交通整理員を配置し誘導 詳細調査により損傷状況を把握 保全検討委員会を招集し助言を受ける 																															
限界レベル たわみ量 =80mm 目地変位 =0.5mm	<ul style="list-style-type: none"> 交通規制を実施（旧道や高速道路へ迂回） 状況に応じて補強ケーブルの2次緊張に着手 効果が確認できれば規制を緩和 効果がない場合は迂回仮橋の構築等に着手 																															
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 亀裂変位計および水管式沈下計を設置することで、橋梁の異常を検知することが可能 ▶ モニタリングによって、劣化の進行把握および交通規制実施の判断材料となるデータを取得可能 																															
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 高精度・経済的・簡単な非破壊調査技術の開発が今後の課題 																															
8. 参考資料	北陸地方整備局、樋口徳男（高田河川国道事務所）																															

(9) 光ファイバーによるひずみ把握

1. 名称	光ファイバーによるひずみ把握	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 伸縮（ひび割れ）、歪み 	<p>3. 施設分類</p> <p>橋梁、トンネル</p>
4. 概要	<p>赤外線が光ファイバの曲がり部において漏洩し、通過する赤外線の強度が変化するマイクロベンディングの原理を利用して、構造物の相対変位を光ファイバセンサーにより計測する。リンクケーブル（最大 8km）を経てサイトボックスでモニタリングし、電話回線・光回線を使って事務所等に通知する。背景・目的としては、光ファイバセンサーを用いて、構造物の相対変位をモニタリングすることで、構造物の維持管理、健全度診断、施工管理を効率化する。分析評価手段としては、伸縮計、歪み計などの光ファイバセンサーにより、2点間の相対変位を測定する。測定には、赤外線が光ファイバーの屈折部において漏洩し、強度が変化するマイクロベンディングの原理を利用している。</p>	
5. イメージ図	 <p>図 橋梁の劣化モニタリング成果データ(左上)</p> <p>図 載貨試験による剛性低下評価(右上)</p> <p>図 橋脚への取付事例(下)</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 電気ノイズや耐水性に優れており、通常ノイズに埋もれるような微細な変化も捉えることが可能 ▶ 供用中の施設への適用（目的に応じた情報取得）が可能 ▶ 2003年10月から現在にかけて長期的にモニタリングを継続している実績がある 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ イニシャルコストが大きいいため、構造物の挙動を代表する箇所を予め設定し、測定対象を絞り込む必要がある 	
8. 参考資料	OSMOS 技術協会	

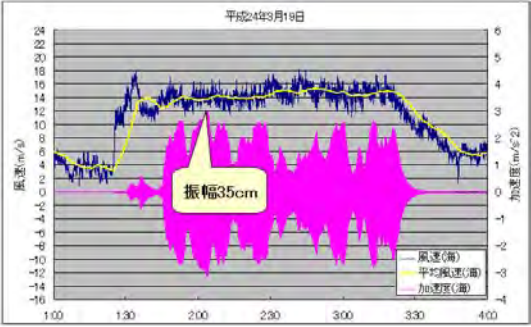
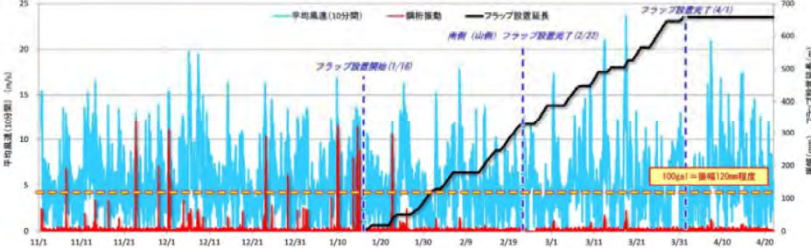
(10) 橋梁モニタリング用振動計測システム

1. 名称	橋梁モニタリング用振動計測システム									
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 床版の異常振動 	3. 施設分類								
4. 概要	橋梁									
4. 概要	<p>橋梁上5箇所高精度の振動計を取り付け、橋梁の状態を常にモニタリングするシステム。併設された太陽光パネルを電源とし、常時監視を可能としている。計測結果データは塩尻市の無線ネットワークへ定期的に送信され、遠隔地からの分析を可能としている。背景・目的としては、総務省「ICT 街づくり推進事業」の一環として、安心・安全な街づくりを目指しセンサーネットワークの活用を推進している塩尻市において、実証実験が行われた。分析評価手段としては、振動を測定したデータを長期間蓄積し、異常発生時に生じる振動の固有周期パターンを特定する。これにより、今後同様の振動を計測した場合、異常が発生していることを検知できる。</p>									
5. イメージ図	<table border="1"> <thead> <tr> <th>構成</th> <th>概要</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>振動計</td> <td>分解能1μG、防水・防塵（IP67）、RS422デジタルインターフェイス</td> </tr> <tr> <td>制御部</td> <td>SDカードによるデータロギング、FFT解析機能、無線データ通信インタフェース内蔵</td> </tr> <tr> <td>太陽光電源部</td> <td>10W太陽光パネル、12V/10Ah鉛蓄電池およびチャージコントローラ内蔵</td> </tr> </tbody> </table> <p>機器使用</p>  <p>使用した振動計</p>  <p>桔梗大橋に設置したセンサー等の概要</p> <p>1983年に供用を開始したききょう大橋。橋長61.8mの鋼桁橋</p> <p>微小振動や周期の長い揺れを感知しやすい水晶を用いた振動計を設置した</p>		構成	概要	振動計	分解能1 μ G、防水・防塵（IP67）、RS422デジタルインターフェイス	制御部	SDカードによるデータロギング、FFT解析機能、無線データ通信インタフェース内蔵	太陽光電源部	10W太陽光パネル、12V/10Ah鉛蓄電池およびチャージコントローラ内蔵
構成	概要									
振動計	分解能1 μ G、防水・防塵（IP67）、RS422デジタルインターフェイス									
制御部	SDカードによるデータロギング、FFT解析機能、無線データ通信インタフェース内蔵									
太陽光電源部	10W太陽光パネル、12V/10Ah鉛蓄電池およびチャージコントローラ内蔵									
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 水晶を用いたセンサは、従来のシリコンを用いた振動計に比べてノイズの影響が小さく、シリコンを用いたセンサでは測定が難しかった長周期振動を測りやすかった ▶ 水晶を用いたセンサは小型で消費電力が小さく、常時監視に適していた 									
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ センサーの寿命は橋梁に比べて小さく、定期的な保守・更新が必要となる。 									
8. 参考資料	セイコーエプソン株式会社									

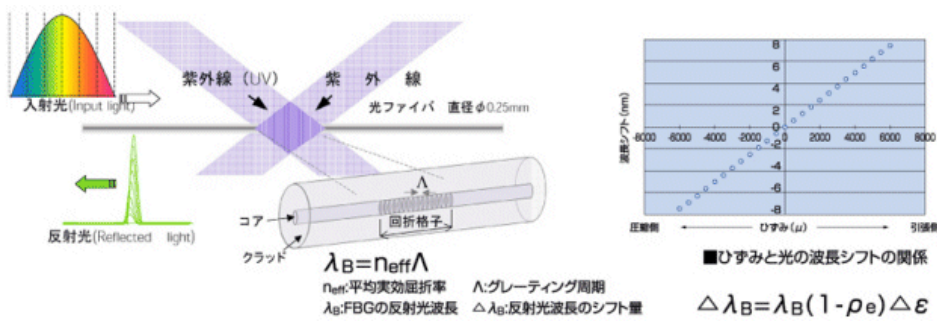
(11) 橋梁モニタリングシステムの適用性検討

1. 名称	橋梁モニタリングシステムの適用性検討	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 歪み 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>各橋梁に歪みゲージ、変位計、光系センサ、温度計を設置。これらの計測装置を光ファイバー通信網に接続し、計測値を管理センターに送信する。地震時には通行可否判断を行い、通常時には車両重量計測（Weight-In-Motion）により橋梁に作用する自動車荷重や部材の応答等、疲労損傷に関するデータを取得する。背景・目的としては、コンクリート橋（赤塚高架橋、小余綾高高架橋、矢切高架橋）および鋼橋（大阪橋、玉川高架橋、荒川河口橋）を対象として、橋梁モニタリングシステムの適用性検討を目的にひずみ、変位等の計測を実施した。分析評価手段としては、主桁の下フランジに生じるひずみをあらかじめ試験車の走行によって計測。この数値を元に、大型車通過時に発生したひずみから、車両重量を算定する。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="288 976 762 1290"> <p>計測機器の例</p> </div> <div data-bbox="850 976 1334 1290"> <p>応力の範囲頻度分布と疲労損傷度評価</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <p>重量別通過台数</p> </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ モニタリングシステムを構築し、システムの耐久性を確認 ➤ 橋梁に作用する自動車荷重等の基礎的なデータを取得 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 個別橋梁の劣化状況把握など、管理業務において計測データをどの様に用いるべきかについては、計測期間中の損傷状況との比較も含め、検討が必要 	
8. 参考資料	国土交通省、土木学会	




(12) 新湊大橋の耐風対策工効果把握のための振動観測

1. 名称	新湊大橋の耐風対策工効果把握のための振動観測																																																																				
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ たわみ 	3. 施設分類 橋梁																																																																			
4. 概要	<p>主橋梁部の中央に加速度計を内蔵した振動計を設置し、鋼桁の振動を24時間記録した。記録データは職員が定期的に収集したが、データの解析は発注した業務において実施した。整備局所有のポータブル微動/強震観測キット、振動計測デジタイザー（データ蓄積用）を使用した。背景・目的としては、新湊大橋主橋梁部の鋼桁に規則的な振動が観測されたことから、その発生原因と対策を検討するため、平成24年3月から平成26年2月までモニタリングを実施した。分析評価手段としては、主橋梁部に発生する鉛直たわみ振動を計測するため、加速度計を内蔵した振動計を設置。風洞実験や加振による鋼桁振動実験の結果と併せ、橋体が振動に耐えることと、導流板（フラップ）の効果を検証した。</p>																																																																				
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="236 949 746 1012" style="width: 45%;"> <p>風向・風速と主橋梁部の鋼桁に発生した振動の関係を解析</p>  </div> <div data-bbox="794 976 1404 1294" style="width: 45%;"> <p>桁振動発生状況</p> <p>平成23年11月30日以降10cm以上の振幅が確認された日時</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: small;"> <thead> <tr> <th>振動を確認した日時※1</th> <th>最大振幅 ※2</th> <th>風速 ※1</th> <th>風向</th> <th>備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 平成23年11月30日 15時～1日1時</td> <td rowspan="10">20～30cm</td> <td>13.5～17.8m/s</td> <td>(橋面上) ※1</td> <td>(新湊出張所上)</td> </tr> <tr> <td>2 平成23年12月 1日 9時～12時</td> <td>12.9～14.8m/s</td> <td>北北東～北東</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3 平成23年12月 8日 13時～9日4時</td> <td>12.0～17.3m/s</td> <td>北北東～北東</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4 平成23年12月16日 15時～16時</td> <td>11.5～15.5m/s</td> <td>北</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5 平成24年 1月11日 15時～17時</td> <td>11.8～15.0m/s</td> <td>北北西～北</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6 平成24年 1月17日 4時～ 5時</td> <td>12.2～13.0m/s</td> <td>北北東</td> <td></td> </tr> <tr> <td>7 平成24年 1月23日 6時～23時</td> <td>11.8～15.8m/s</td> <td>北～北北東</td> <td></td> </tr> <tr> <td>8 平成24年 1月25日 22時～23時</td> <td>11.8～13.0m/s</td> <td>北</td> <td></td> </tr> <tr> <td>9 平成24年 1月28日 4時～ 6時</td> <td>11.5～13.0m/s</td> <td>北～北北東</td> <td></td> </tr> <tr> <td>10 平成24年 2月 1日 3時～ 5時</td> <td>7.3～10.0m/s</td> <td>南</td> <td>※3</td> </tr> <tr> <td>11 平成24年 3月 2日 11時～14時</td> <td rowspan="5">30～35cm</td> <td>8.8～12.5m/s</td> <td>北東～東北東</td> <td></td> </tr> <tr> <td>12 平成24年 3月 2日 17時～19時</td> <td>11.0～12.5m/s</td> <td>北北東～北東</td> <td></td> </tr> <tr> <td>13 平成24年 3月 3日 3時～ 7時</td> <td>11.8～14.0m/s</td> <td>北北東～北東</td> <td></td> </tr> <tr> <td>14 平成24年 3月 3日 18時～19時</td> <td>11.8～12.1m/s</td> <td>北北東～北東</td> <td></td> </tr> <tr> <td>15 平成24年 3月 9日 10時～12時</td> <td>8.2～14.0m/s</td> <td>北東～東北東</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>※1 未振動時も含む ※2 トランシット及びビデオ映像等による目視計測値 ※3 橋上風速計付近にエレベータ塔があるため、実際の風速より低い可能性がある。</p> </div> </div> <div style="margin-top: 10px;">  <p style="text-align: right;">導流板(フラップ)効果検証</p> </div>		振動を確認した日時※1	最大振幅 ※2	風速 ※1	風向	備考	1 平成23年11月30日 15時～1日1時	20～30cm	13.5～17.8m/s	(橋面上) ※1	(新湊出張所上)	2 平成23年12月 1日 9時～12時	12.9～14.8m/s	北北東～北東		3 平成23年12月 8日 13時～9日4時	12.0～17.3m/s	北北東～北東		4 平成23年12月16日 15時～16時	11.5～15.5m/s	北		5 平成24年 1月11日 15時～17時	11.8～15.0m/s	北北西～北		6 平成24年 1月17日 4時～ 5時	12.2～13.0m/s	北北東		7 平成24年 1月23日 6時～23時	11.8～15.8m/s	北～北北東		8 平成24年 1月25日 22時～23時	11.8～13.0m/s	北		9 平成24年 1月28日 4時～ 6時	11.5～13.0m/s	北～北北東		10 平成24年 2月 1日 3時～ 5時	7.3～10.0m/s	南	※3	11 平成24年 3月 2日 11時～14時	30～35cm	8.8～12.5m/s	北東～東北東		12 平成24年 3月 2日 17時～19時	11.0～12.5m/s	北北東～北東		13 平成24年 3月 3日 3時～ 7時	11.8～14.0m/s	北北東～北東		14 平成24年 3月 3日 18時～19時	11.8～12.1m/s	北北東～北東		15 平成24年 3月 9日 10時～12時	8.2～14.0m/s	北東～東北東	
振動を確認した日時※1	最大振幅 ※2	風速 ※1	風向	備考																																																																	
1 平成23年11月30日 15時～1日1時	20～30cm	13.5～17.8m/s	(橋面上) ※1	(新湊出張所上)																																																																	
2 平成23年12月 1日 9時～12時		12.9～14.8m/s	北北東～北東																																																																		
3 平成23年12月 8日 13時～9日4時		12.0～17.3m/s	北北東～北東																																																																		
4 平成23年12月16日 15時～16時		11.5～15.5m/s	北																																																																		
5 平成24年 1月11日 15時～17時		11.8～15.0m/s	北北西～北																																																																		
6 平成24年 1月17日 4時～ 5時		12.2～13.0m/s	北北東																																																																		
7 平成24年 1月23日 6時～23時		11.8～15.8m/s	北～北北東																																																																		
8 平成24年 1月25日 22時～23時		11.8～13.0m/s	北																																																																		
9 平成24年 1月28日 4時～ 6時		11.5～13.0m/s	北～北北東																																																																		
10 平成24年 2月 1日 3時～ 5時		7.3～10.0m/s	南	※3																																																																	
11 平成24年 3月 2日 11時～14時	30～35cm	8.8～12.5m/s	北東～東北東																																																																		
12 平成24年 3月 2日 17時～19時		11.0～12.5m/s	北北東～北東																																																																		
13 平成24年 3月 3日 3時～ 7時		11.8～14.0m/s	北北東～北東																																																																		
14 平成24年 3月 3日 18時～19時		11.8～12.1m/s	北北東～北東																																																																		
15 平成24年 3月 9日 10時～12時		8.2～14.0m/s	北東～東北東																																																																		
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 主橋梁部の鋼桁に発生した鉛直たわみ振動を正確に観測 ▶ 耐風対策工（導流板(フラップ)取付）の効果を正確に確認 																																																																				
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ データ量が多く、分析・評価にあたっては、外部の専門知識が必要 																																																																				
8. 参考資料	北陸地方整備局 伏木富山港湾事務所 新湊大橋における鋼桁部の振動観測について																																																																				

(13) FBG 光ファイバセンシングシステム

1. 名称	FBG 光ファイバセンシングシステム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ひずみ 	3. 施設分類 トンネル
4. 概要	<p>FBG 光ファイバセンサ（温度や歪みの変化を、光波長の変化として検出可能である一般的な光ファイバセンサ）により、斜面の防災監視や土、コンクリート、鋼構造物等維持管理の健全性モニタリングを行う計測技術である。光ファイバ上に紫外線を利用して焼付けることによりひずみや温度の変化を、光信号を入射した際に FBG により反射される光の波長変化として捉える技術で、ひずみゲージと同等（1.0μ）のひずみ測定精度を持っている。評価手段としては、光ファイバセンサにひずみが生じると、反射光の波長が変化するため、これを計測してひずみ量を算出する。</p>	
5. イメージ図	 <p>計測の仕組み</p> <p>施工事例</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ センサの高耐久性により長期間のモニタリングが可能 ▶ 1つのシステムで最大 100 センサの制御が可能（4チャンネル仕様で最大 400 センサ） 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ センサの寿命はトンネルの構造物に対して短いため、定期的な保守・更新が必要である。 	
8. 参考資料	NETIS 維持管理支援サイト	

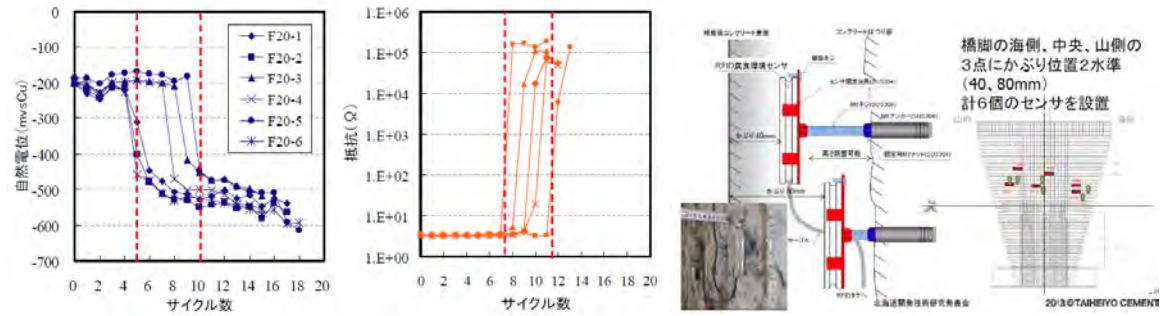
(14) 大地震後の安全性判定工法

1. 名称	大地震後の安全性判定工法	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 変位 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>橋梁の座屈拘束ブレースに変位計を設置することで、遠方より目視で大規模地震時の最大変位を確認することにより、橋の安全性を判定できる。このため、通行止め要否の判断が簡易点検で可能となる。管理者ニーズとしては、大規模地震後には、緊急輸送路を確保するためできるだけ早く橋梁の安全性を判断する必要がある。従来は、足場を使用したり、橋梁点検車による高所作業によって初期判断をしていた。しかし、大規模地震直後は余震の恐れがあることから、高所での点検は安全性に十分注意をする必要があった。評価手段としては、変位計の表示が緑であれば正常範囲、黄色であれば許容範囲の変位、赤色であれば限界変位であることを示す。限界変位の場合には、直ちに通行止めの措置を行う必要がある。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>変位が許容範囲内にある場合の変位計表示</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>変位限界に達している場合の変位計表示</p>  </div> </div> <p style="text-align: center;">適用事例</p> <div style="display: flex; align-items: center;">   </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 無電源で計測・判定が行えるため、電源敷設の困難な場所に適している。また、センサーに比べ非常に安価である。 ➤ 座屈拘束ブレースのほか、シリンダーダンパーや軸方向変形構造物にも設置可能。 ➤ アーチ橋やトラス橋の計測に適している 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 無電源のため、常時監視は出来ない。 	
8. 参考資料	NETIS 維持管理支援サイト	

(15) 光ファイバーによる構造物モニタリングシステム

1. 名称	光ファイバーによる構造物モニタリングシステム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 建設時における近接構造物への影響監視 ➢ 橋梁、ダム、道路わきの斜面などの供用中における挙動監視・管理 	3. 施設分類 橋梁、トンネル
4. 概要	<p>本技術は、構造物の相対変位を光ファイバーセンサーによりモニタリングする技術で、従来は伸縮計やひずみゲージで対応していた。本技術の活用により、各種構造物の工事中や供用中の監視・管理、補修・補強の効果確認に必要な情報を得ることが期待出来る。</p>	
5. イメージ図	<p style="text-align: center;">OSMOSの構成</p> <p style="text-align: center;">センサーおよび測定機器</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 光ファイバーを用いるため、センサーの劣化が非常に少なく、厳しい条件下での長期間の安定したモニタリングが可能 ➢ 構造物の局所的な挙動ではなく、部材全体や構造物全体の動きを捉えられるため、管理データとして利用しやすい 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 測定可能な変位量が小さいため、大変形が発生する挙動には不向き ➢ 計器などのインシヤルコストが大きい ➢ 物理的な衝撃に弱いため、直接触れない位置への設置が必要 	
8. 参考資料	新技術情報提供システム NETIS	

(16) 鉄筋コンクリート部材の塩害モニタリング


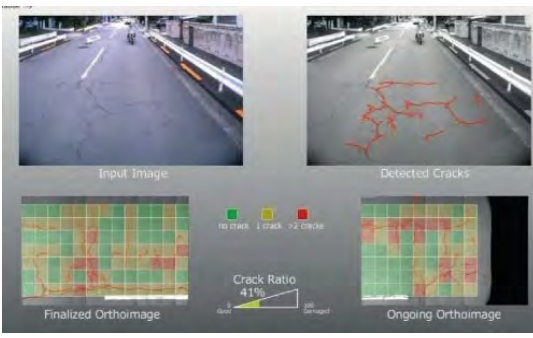
1. 名称	鉄筋コンクリート部材の塩害モニタリング	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 腐食（港湾構造物がメインで活用されているが、湾岸部の橋梁に適用可能） 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>RFID タグをコンクリート内に埋設することで、構造物を破壊することなく計測ができる仕組み。RFID タグは電源を必要としないパッシブタイプを用いて、無電源の長期計測が可能である。背景・目的としては、従来の損傷等発生後の事故的な管理から、事前に点検する予防保全的な管理へと転換し、戦略的な維持管理により安全・安心の確保とライフサイクルコストの低減を図る。鉄筋コンクリート構造物の維持管理で最も重要な鉄筋の腐食状況について、既存の非破壊技術では適用が難しいため、新しい診断技術が求められていた。分析評価手段としては、950MHz（UHF 帯）の RFID センサを鉄筋に設置し、腐食による電気特性（抵抗値）の変化を計測する。</p>	
5. イメージ図	 <p>自然電位法(左)と RFID 検知(右)の検知性能の比較</p> <p>センサ設置状況</p> <p>橋脚の海側、中央、山側の3点にかぶり位置2水準(40、80mm)計6個のセンサを設置</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 自然電位法の結果とほぼ同時期に腐食を検知した ➤ 樹脂系材料による保護塗装後も計測が可能である ➤ 清部大橋に RFID 腐食環境検知システムを設置してから、680 日経過時点でも正常に動作しており、計測上の問題は見られない。また、同時点において腐食判定は認められない（今後、5 年目までは年 1 回の調査を継続し、その後 7 年目、10 年目に調査を実施して終了予定） 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 設置箇所周辺の検知はできるが、広範囲の検知には適していない。 	
8. 参考資料	RFID 腐食環境検知システムの概要と施工事例、太平洋セメント HP、NETIS 当該技術のページ	

3.13 緊急時の対策を補助する技術（トンネル）の事例集

(1) トンネル点検無人調査ユニット

1. 名称	トンネル点検無人調査ユニット	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 覆工コンクリートの表面変状 	3. 施設分類 トンネル
4. 概要		
	トンネル全景と壁面の状況がリアルタイムに確認でき、映像の録画が可能で、地震被災後の余震が続く状況のなかでもトンネル内部を無人で調査できる装置で、遠隔操作が可能。	
5. イメージ図		
	<p>■運用手順</p> <p>■防災ヘリ、運路バトへの搭載</p> <p>■突トンネルにおける試験状況 (H29.3.3 宇都宮ダム企業136)</p> <p>■トンネル展開図作成</p> <p>■移動局ユニット</p> <p>■基地局ユニット</p> <p>基地局 設置状況</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➢ トンネル内部を無人で調査できるため、被災状況を迅速に把握し、早期の復旧活動を可能にする ➢ トンネル壁面調査画像(動画)を記録し、連続静止画作成ソフトでトンネル展開図の作成が可能 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 全国に1台しかなく、今後現地適用に向けた検討が必要 ➢ 災害時の臨時点検にのみ適用 	
8. 参考資料	国土交通省北陸地方整備局	

(2) 画像解析による社会インフラ点検

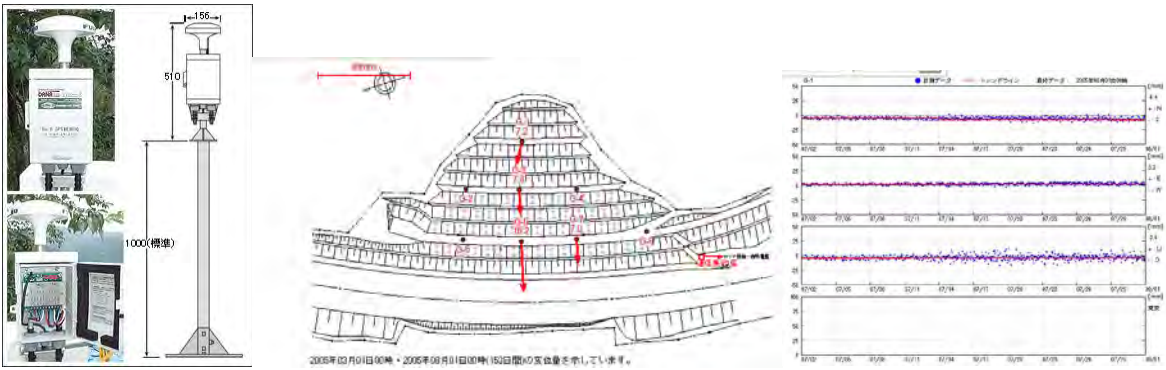
1. 名称	画像解析による社会インフラ点検	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ひび割れ 	3. 施設分類 舗装
4. 概要	<p>MMS や市販ビデオカメラなどの撮影装置で道路を撮影し、映像から舗装面のひび割れ率を自動検出する。一般車両と市販カメラで点検が行えるため、コスト低減に寄与する。管理者ニーズとしては、自治体管轄道路の点検については、一部の主要道路のみで定期点検が行われ、生活道路については住民からの通報があってから対処するケースが多く、対処が十分ではない。また路面性状測定車による点検にはコストがかかり、幅員の狭い道路には不向きという実情もある。評価手段としては、画像上のひび割れは他とは違う輝度の線状となるため、これを抽出する。ひび割れか否かの判断については、あらかじめ試験用画像と人間による分類によってシステムに学習を施す。これらの判定結果から、道路維持管理の評価指標として用いられる「ひび割れ率」を算出する。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>計測イメージ</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>ひび割れ算出イメージ</p> </div> </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 同様の画像解析技術により、標識・ミラーなど道路附属物の維持管理にも応用される予定 ▶ トンネル内壁の変状検出や、橋梁の床板にも適用可能 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 自動解析の精度は75%ほどであり、まだ精度の点で目視点検に及ばない 	
8. 参考資料	東芝 Web (日経 BP、企業サイト)	

3.14 緊急時の対策を補助する技術（法面・斜面）の事例集

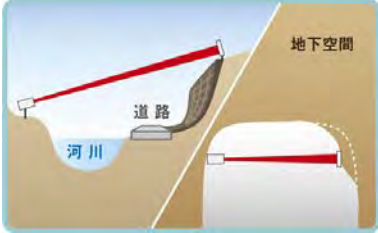

(1) 斜面崩壊検知センサー

1. 名称	斜面崩壊検知センサー																										
2. 把握できる内容	▶ 斜面崩壊	3. 施設分類																									
		法面・斜面																									
4. 概要	<p>地中 10cm 程度の位置にセンサーモジュールを埋め込み、地上部に無線通信機を設置。地盤変動の際に地表面が傾くので、その傾斜角(θ)を経時的(標準 10 分間隔)に測定。データは FOMA 回線でサーバに送信される。背景・目的としては、設置場所を選ばず、小型・軽量・省電力・低価格の傾斜センサー。国内各地で既に 25 例以上の設置実績がある。自動観測システムと組み合わせることで、リアルタイム監視が可能となる。分析評価手段としては、管理基準値として、$1.0^\circ / 24h$、$0.5^\circ / 6h$、$0.2^\circ / 1h$ の傾斜が観測された場合、近隣集落は避難を、道路は通行止をメーカーが推奨しているため、この値を元に応急対策等を行う。</p>																										
5. イメージ図	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th rowspan="2">集落での対応</th> <th rowspan="2">道路での対応</th> <th colspan="3">平均傾斜速度(°/時間)</th> </tr> <tr> <th>24h</th> <th>6h</th> <th>1h</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>避難</td> <td>通行止</td> <td>1.0</td> <td>0.5</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>警戒</td> <td>通行止準備</td> <td>0.5</td> <td>0.2</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>注意</td> <td>現地確認</td> <td>0.2</td> <td>0.1</td> <td>0.05</td> </tr> </tbody> </table>				集落での対応	道路での対応	平均傾斜速度(°/時間)			24h	6h	1h	避難	通行止	1.0	0.5	0.2	警戒	通行止準備	0.5	0.2	0.1	注意	現地確認	0.2	0.1	0.05
	集落での対応	道路での対応	平均傾斜速度(°/時間)																								
			24h	6h	1h																						
避難	通行止	1.0	0.5	0.2																							
警戒	通行止準備	0.5	0.2	0.1																							
注意	現地確認	0.2	0.1	0.05																							
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 切土掘削に伴う傾斜変動の観測を行い、変状速度の上昇を察知。緊急点検のうえ抑え盛土施工を行うことで、切土法面の崩壊を未然に防ぐことができた ▶ 被災法面にセンサーモジュールを設置し、浸食崩壊の状況を経時変化で観測した結果、崩壊 1 時間前に前兆現象を検知し、早期の対応を行うことができた 																										
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ GPS センサが雪に埋もれると計測に支障があるため、基礎・支柱の設置や、受信機のレドーム装着など、積雪対策が必要となる。 ▶ センサー自体の保守管理が必要になる。 																										
8. 参考資料	C K C 中央開発株式会社（共同開発：東京大学、(独)土木研究所)																										

(2) GPS センサによる法面の位置ずれ把握

1. 名称	GPS センサによる法面の位置ずれ把握	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 地すべり、地盤変位量 	3. 施設分類 法面・斜面
4. 概要	<p>法面の斜面上に複数設置した GPS センサーを、GPS 衛星が計測する複数点間の位置情報から、法面等のずれを監視センターで常時観測し、危険度予測を行う。斜面の情報は気象情報と併せて監視センターから配信され、利用者は PC や携帯端末等で最新の斜面状況を確認する。背景・目的としては、地すべり計測の分野において、多くの GPS 計測事例が報告されているが、計測精度の向上や計測に係るコストの軽減が課題となっていた。これらの課題を解決するため、斜面計測専用 GPS センサーの開発および時系列統計手法による誤差処理を実施することで、mm 単位の高精度 GPS 計測技術を開発した。分析評価手段としては、計測データをトレンドモデルによって時系列的に解析し、真の変位挙動を推定する。</p>	
5. イメージ図	 <p>The figure consists of three parts: <ul style="list-style-type: none"> 計測機器 (Measurement Equipment): Shows a GPS sensor mounted on a pole. Dimensions are indicated: 186mm for the sensor height, 510mm for the pole height, and 1000mm (standard) for the base height. 平面ベクトル図 (Plan Vector Diagram): A cross-sectional diagram of a slope with multiple layers. Red arrows indicate the locations of GPS sensors at various depths and positions across the slope. 時系列変位グラフ (Time-series Displacement Graph): A series of line graphs showing displacement over time for different sensor locations. The x-axis represents time from 2005 to 2006, and the y-axis represents displacement in mm. The graphs show relatively stable displacement levels with some minor fluctuations. </p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 計測精度検証において、可動式治具に GPS センサーを取り付け、2mm ~10mm の強制変位を与えたところ、正確に検出することを確認した 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ GPS センサが雪に埋められると計測に支障があるため、基礎・支柱の設置や、受信機のレドーム装着など、積雪対策が必要となる 	
8. 参考資料	shamen-net 研究会、GPS による地すべり地表面計測の実用性検証①・②・③、GPS を用いた動態観測の実用化検討（四国道路エンジニア）	

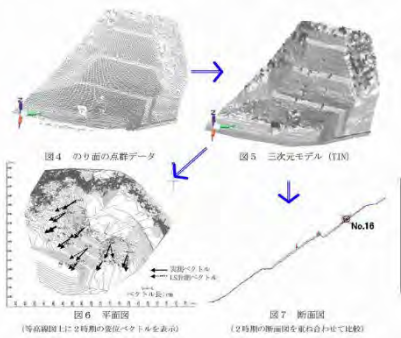

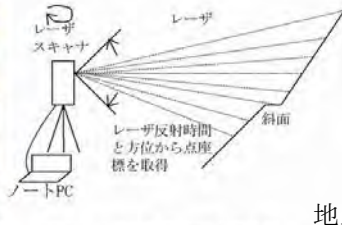
(4) 拡散レーザー変位計による斜面監視

1. 名称	拡散レーザー変位計による斜面監視																																			
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 地盤・構造物の変位 	3. 施設分類																																		
4. 概要	<p>計測したい場所に反射板（測点）を設置し、地上にレーザユニットを設置。ユニットから拡散レーザー光線を測点に向けて照射し、地形の形状（変位）を測定する。背景・目的としては、長期的に地形の変位を計測し、地盤の動きや構造物の動きを正確にキャッチするため、拡散レーザー変位計による計測を行う。分析評価手段としては、遮蔽物の影響を受けにくい拡散レーザー光線を、対象物に設置された反射板に向けて照射する。連続的に計測を行うことで、2点間の相対変位を計測する。</p>																																			
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>計測イメージ</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>設置事例</p> </div> <div style="text-align: center;"> <table border="1" style="font-size: small;"> <thead> <tr> <th colspan="2">拡散レーザー変位計 仕様</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>レーザー光線径</td><td>直径10mm以上200mm (100mm時) 以下</td></tr> <tr><td>測定距離 (基線長)</td><td>7m~140m</td></tr> <tr><td>表示分解能</td><td>0.1mm</td></tr> <tr><td>測定精度</td><td>±2.0mm (実使用環境に依存)</td></tr> <tr><td>計測間隔</td><td>1/5/10/30分、1/6/12/24時間</td></tr> <tr><td>内蔵メモリ容量</td><td>10,000回以上 (1時間毎の計測で1年以上分)</td></tr> <tr><td>外部通信</td><td>データ・モジュール (Mrex-T 別売) による特定小電力無線</td></tr> <tr><td>外部システム接続</td><td>OSNET® コマンド (旭オプティクス) 対応</td></tr> <tr><td>レーザークラス</td><td>クラス2レーザー製品 (JIS C6802)</td></tr> <tr><td>防塵防水仕様</td><td>IP66</td></tr> <tr><td>電源</td><td>DC12V ±4V</td></tr> <tr><td>消費電力</td><td>最大1.5W</td></tr> <tr><td>使用温度範囲</td><td>-20℃ ~ +50℃</td></tr> <tr><td>外形寸法、重量</td><td>レーザユニット: 114×268×310mm、6.0kg 反射シート: 225×225mm 反射シート取付板: 264×264mm (アクリル製)</td></tr> <tr><th colspan="2">警報機能 仕様</th></tr> <tr><td>警報接点容量</td><td>DC30V/100mA (オープンコレクタ出力、有極性) ※ケーブルはオプション</td></tr> </tbody> </table> <p>拡散レーザー変位計の仕様</p> </div> </div>		拡散レーザー変位計 仕様		レーザー光線径	直径10mm以上200mm (100mm時) 以下	測定距離 (基線長)	7m~140m	表示分解能	0.1mm	測定精度	±2.0mm (実使用環境に依存)	計測間隔	1/5/10/30分、1/6/12/24時間	内蔵メモリ容量	10,000回以上 (1時間毎の計測で1年以上分)	外部通信	データ・モジュール (Mrex-T 別売) による特定小電力無線	外部システム接続	OSNET® コマンド (旭オプティクス) 対応	レーザークラス	クラス2レーザー製品 (JIS C6802)	防塵防水仕様	IP66	電源	DC12V ±4V	消費電力	最大1.5W	使用温度範囲	-20℃ ~ +50℃	外形寸法、重量	レーザユニット: 114×268×310mm、6.0kg 反射シート: 225×225mm 反射シート取付板: 264×264mm (アクリル製)	警報機能 仕様		警報接点容量	DC30V/100mA (オープンコレクタ出力、有極性) ※ケーブルはオプション
拡散レーザー変位計 仕様																																				
レーザー光線径	直径10mm以上200mm (100mm時) 以下																																			
測定距離 (基線長)	7m~140m																																			
表示分解能	0.1mm																																			
測定精度	±2.0mm (実使用環境に依存)																																			
計測間隔	1/5/10/30分、1/6/12/24時間																																			
内蔵メモリ容量	10,000回以上 (1時間毎の計測で1年以上分)																																			
外部通信	データ・モジュール (Mrex-T 別売) による特定小電力無線																																			
外部システム接続	OSNET® コマンド (旭オプティクス) 対応																																			
レーザークラス	クラス2レーザー製品 (JIS C6802)																																			
防塵防水仕様	IP66																																			
電源	DC12V ±4V																																			
消費電力	最大1.5W																																			
使用温度範囲	-20℃ ~ +50℃																																			
外形寸法、重量	レーザユニット: 114×268×310mm、6.0kg 反射シート: 225×225mm 反射シート取付板: 264×264mm (アクリル製)																																			
警報機能 仕様																																				
警報接点容量	DC30V/100mA (オープンコレクタ出力、有極性) ※ケーブルはオプション																																			
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 拡散レーザー光線によって、雪や雨などの悪天候や、植生などの遮蔽物に左右されない計測が可能 ▶ 計測距離にかかわらず誤差±2mmの高精度を実現した 																																			
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 橋梁や軟弱地盤に設置した場合、取得データの誤差が大きくなる場合がある ▶ レンズおよび反射板が著しく汚れた場合には清掃が必要 																																			
8. 参考資料	明和コンサルタント株式会社、NETIS 当該技術ページ																																			

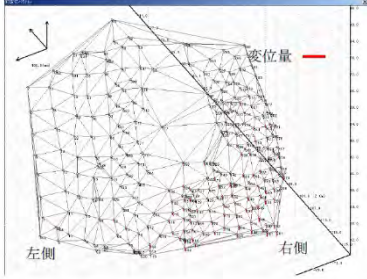
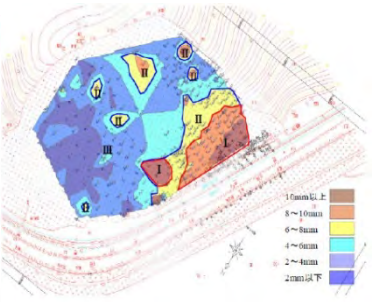
(5) ナノセンサデバイスを活用した道路管理手法

1. 名称	ナノセンサデバイスを活用した道路管理手法	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 岩体の挙動、落石の事前検知 	3. 施設分類 法面・斜面
4. 概要	<p>水晶振動子を用いたナノセンサ（傾き、歪み、変位などを検知）を対象物に設置し、近傍の基地局にて計測データを無線で受信。計測結果を Web 経由でパソコンにてリアルタイム監視するシステム。背景・目的としては、和歌山県串本町の天然記念物「橋杭岩」には亀裂や浮石があり、国道 42 号に落下する危険性があるため、小型センサーを取り付けて調査を行った。また、同町くじの川には樹木に覆われた斜面があり、落石の危険があったため、これも同様の小型センサにて調査した。分析評価手段としては、センサデバイスを計測対象物に貼付け、角度等の情報を一定間隔で無線にて近傍に設置された基地局に送信する。基地局は計測データを Web を通じて事務所に送信し、事務所でこれをモニタリングする。</p>	
5. イメージ図	 <p>データ通信部品および傾斜角度、温度、湿度計測用センサが一体化した基板 通信用アンテナ 乾電池収納部 60mm</p> <p>ナノセンサデバイスの構造</p> <p>パソコン上での監視画面例</p> <p>設置した岩塊の3軸方向の角度変化 水平 鉛直 水平 9/1 9/6 9/11 9/16 9/21 9/26 台風 12 号上陸時の 3 軸方向の角度変化</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 計測システムは設置場所の自由度が高く、植生の影響を受けないメンテナンスフリーでの計測が可能 ▶ 岩塊の挙動を 3 次元で捉えることが可能で、計測機器が低価格であるため、高密度の計測網を構築できる 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ センサデバイスを設置した治具の気温の影響などを、計測データから除去する手法の開発が必要 	
8. 参考資料	紀南河川国道事務所、京都大学大学院、国際航業株式会社、可視化ビジョン、熊谷組、サンコーコンサルタント、地層科学研究所	

(6) 地上型レーザースキャナーによる斜面計測

1. 名称	地上型レーザースキャナーによる斜面計測																																	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 地すべり、移動土塊量等 	3. 施設分類 法面・斜面																																
4. 概要	<p>地上型レーザースキャナーを三脚上に設置し、接続したパソコンでレーザースキャナーの制御、および三次元地形モデルのデータ収録を行う。背景・目的としては、レーザースキャナーを用いた調査により、微地形を表現した三次元地形モデルを取得し、このモデルから等高線図や断面図を作成したり、移動土塊の土量を推定する。また、複数時期の三次元地形モデルの差分から、移動範囲や移動量を検討することにも使用できる。分析評価手段としては、照射されたレーザの走時を利用して、地物の三次元座標データを取得する。計測データを元に三次元地形モデルを取得し、複数時期の三次元地形モデルの差分から、地滑り発生箇所での土砂の移動量などを推定する。</p>																																	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  <p>図4 のり面の点群データ</p> <p>図5 三次元モデル (TIN)</p> <p>図6 平面図 (等高線図上に2時期の位置ベクトルを表示)</p> <p>図7 断面図 (2時期の断面図を並べて比較)</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>表1 地上型レーザースキャナーの仕様・特徴^{*)2)}</p> <table border="1" data-bbox="853 1008 1276 1310"> <thead> <tr> <th>製造元</th> <th>Leica Geosystems</th> <th>RIEGL</th> <th>RIEGL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>型式</td> <td>HDS3000</td> <td>IMS-Z210ii</td> <td>IMS-2420</td> </tr> <tr> <td>計測最小間隔</td> <td>1.2~300m先で約2mm</td> <td>0.01'</td> <td>0.008'</td> </tr> <tr> <td>計測速度</td> <td>1,800点/秒</td> <td>12,000点/秒</td> <td>12,000点/秒</td> </tr> <tr> <td>最大測定距離</td> <td>300m@反射率90% 134m@反射率18%</td> <td>650m@反射率80% 200m@反射率10%</td> <td>1,000m@反射率80% 350m@反射率10%</td> </tr> <tr> <td>スポット径の大きさ</td> <td>φ50m: 6 mm</td> <td>2.7 mrad (10m:2.7cm, 100m:27cm)</td> <td>0.25 mrad (10m:0.25cm, 100m:2.5cm)</td> </tr> <tr> <td>計測精度^{*)1)}</td> <td>位置0mm, 距離2mm</td> <td>±15mm</td> <td>±10mm</td> </tr> <tr> <td>特徴</td> <td>近距離(〜中距離) 高精度 照射するレーザのスポット径が小さく、近(〜中)距離で高密度・高精度な計測を行うのに適している。</td> <td>近〜中距離 高速 照射するレーザのスポット径がやや大きく、近〜中距離で高密度・高精度の計測に適している。</td> <td>近〜長距離 高速・高精度 照射するレーザのスポット径が小さく、近距離〜遠方で高密度・高精度・高速の計測に適している。</td> </tr> </tbody> </table> <p><small>*)1) 各メーカーのカタログ値である</small></p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div data-bbox="351 1332 734 1366">地すべり発生箇所での解析事例</div> <div data-bbox="853 1332 1292 1366">地上型レーザースキャナーの仕様・特徴</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div data-bbox="319 1400 502 1624">  </div> <div data-bbox="510 1400 853 1624">  </div> </div> <p style="text-align: center;">地上型レーザースキャナーの計測状況と概念図</p>		製造元	Leica Geosystems	RIEGL	RIEGL	型式	HDS3000	IMS-Z210ii	IMS-2420	計測最小間隔	1.2~300m先で約2mm	0.01'	0.008'	計測速度	1,800点/秒	12,000点/秒	12,000点/秒	最大測定距離	300m@反射率90% 134m@反射率18%	650m@反射率80% 200m@反射率10%	1,000m@反射率80% 350m@反射率10%	スポット径の大きさ	φ50m: 6 mm	2.7 mrad (10m:2.7cm, 100m:27cm)	0.25 mrad (10m:0.25cm, 100m:2.5cm)	計測精度 ^{*)1)}	位置0mm, 距離2mm	±15mm	±10mm	特徴	近距離(〜中距離) 高精度 照射するレーザのスポット径が小さく、近(〜中)距離で高密度・高精度な計測を行うのに適している。	近〜中距離 高速 照射するレーザのスポット径がやや大きく、近〜中距離で高密度・高精度の計測に適している。	近〜長距離 高速・高精度 照射するレーザのスポット径が小さく、近距離〜遠方で高密度・高精度・高速の計測に適している。
製造元	Leica Geosystems	RIEGL	RIEGL																															
型式	HDS3000	IMS-Z210ii	IMS-2420																															
計測最小間隔	1.2~300m先で約2mm	0.01'	0.008'																															
計測速度	1,800点/秒	12,000点/秒	12,000点/秒																															
最大測定距離	300m@反射率90% 134m@反射率18%	650m@反射率80% 200m@反射率10%	1,000m@反射率80% 350m@反射率10%																															
スポット径の大きさ	φ50m: 6 mm	2.7 mrad (10m:2.7cm, 100m:27cm)	0.25 mrad (10m:0.25cm, 100m:2.5cm)																															
計測精度 ^{*)1)}	位置0mm, 距離2mm	±15mm	±10mm																															
特徴	近距離(〜中距離) 高精度 照射するレーザのスポット径が小さく、近(〜中)距離で高密度・高精度な計測を行うのに適している。	近〜中距離 高速 照射するレーザのスポット径がやや大きく、近〜中距離で高密度・高精度の計測に適している。	近〜長距離 高速・高精度 照射するレーザのスポット径が小さく、近距離〜遠方で高密度・高精度・高速の計測に適している。																															
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 崩壊地など立ち入りが困難な現場や、夜間にも計測可能である ▶ 数〜数十 cm 間隔の高密度座標データであるため、詳細な形状把握が可能である 																																	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 植生が密な斜面での地形計測は困難であるため、なるべく伐採して地表面を露出させるのが望ましい ▶ 公共測量規程に定められた機器ではないため、公共座標系の適用には変換が必要となる 																																	
8. 参考資料	国際航業株式会社																																	

(7) デジタル画像計測による斜面モニタリングシステム

1. 名称	デジタル画像計測による斜面モニタリングシステム																																					
2. 把握できる内容	▶ 法面の劣化・岩盤変位	3. 施設分類																																				
		斜面																																				
4. 概要	<p>道路法面の維持管理をより効果的・安価で客観性・即時性・表現性・簡易性に優れた技術として、多数のデジタル画像を用いて高精度に計測点の座標を計測するデジタル画像計測技術を活用し、斜面の変位計測を実施した。様々な方向から対象物の写真を撮り、その画像情報から対象物の寸法形状を把握する技術である。背景・目的としては、道路法面の劣化を防ぐためには、道路法面の健全度を評価することが重要である。岩盤変位などの定点計測に関して、労力や設備などの観点から、簡便な計測が実施可能な技術を適用した。分析評価手段としては、市販の一眼レフデジタルカメラで撮影した画像から、簡略 DLT 法などの解析手法を用いて斜面・法面の変位を解析する。解析の作業を自動化するプログラムを開発し、精度向上のためターゲット像の二次元の重心計算など解析手法の理論式を展開した。</p>																																					
5. イメージ図	<table border="1" style="display: inline-table; margin-right: 20px;"> <thead> <tr> <th>測定日</th> <th>11月13日</th> <th>12月22日</th> <th>2月12日</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>写真枚数(枚)</td> <td>72</td> <td>84</td> <td>89</td> </tr> <tr> <td>ターゲット数(点)</td> <td>267</td> <td>251</td> <td>269</td> </tr> <tr> <td>焦点距離(mm)</td> <td>35</td> <td>35</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>撮影平均距離(m)</td> <td>40</td> <td>40</td> <td>42</td> </tr> <tr> <td>X軸の平均精度(mm)</td> <td>3.00</td> <td>2.47</td> <td>2.42</td> </tr> <tr> <td>Y軸の平均精度(mm)</td> <td>2.45</td> <td>1.88</td> <td>2.29</td> </tr> <tr> <td>Z軸の平均精度(mm)</td> <td>1.66</td> <td>1.50</td> <td>1.47</td> </tr> <tr> <td>平均精度(mm)</td> <td>2.43</td> <td>1.99</td> <td>2.10</td> </tr> </tbody> </table> <div style="display: inline-block; text-align: center;">  <p>三次元変位ベクトル図</p> </div> <div style="display: inline-block; text-align: center;">  <p>変位等高線図</p> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;">デジタル画像計測の 解析条件・精度</p>		測定日	11月13日	12月22日	2月12日	写真枚数(枚)	72	84	89	ターゲット数(点)	267	251	269	焦点距離(mm)	35	35	35	撮影平均距離(m)	40	40	42	X軸の平均精度(mm)	3.00	2.47	2.42	Y軸の平均精度(mm)	2.45	1.88	2.29	Z軸の平均精度(mm)	1.66	1.50	1.47	平均精度(mm)	2.43	1.99	2.10
測定日	11月13日	12月22日	2月12日																																			
写真枚数(枚)	72	84	89																																			
ターゲット数(点)	267	251	269																																			
焦点距離(mm)	35	35	35																																			
撮影平均距離(m)	40	40	42																																			
X軸の平均精度(mm)	3.00	2.47	2.42																																			
Y軸の平均精度(mm)	2.45	1.88	2.29																																			
Z軸の平均精度(mm)	1.66	1.50	1.47																																			
平均精度(mm)	2.43	1.99	2.10																																			
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 撮影位置が制約された状況下にあっても、高精度の計測が可能 ▶ どの変状が対策すべきものなのか、どの区間で抑止工が必要であるのかを判断する資料として、計測結果を提供 ▶ 市販のデジタルカメラだけで、長大法面の面的な変位分布を等高線図として描くことが可能となった 																																					
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 植生が密な斜面での地形計測は困難であるため、なるべく伐採して地表面を露出させるのが望ましい 																																					
8. 参考資料	<p>京都大学、株式会社アーステック東洋、近畿地方整備局紀南河川国道事務所、応用地質株式会社</p>																																					

(8) 干渉 SAR 解析による地盤変動監視

1. 名称	干渉 SAR 解析による地盤変動監視	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 地盤変動 	<p>3. 施設分類</p> <p>法面・斜面</p>
4. 概要	<p>JAXA が運用中の人工衛星 ALOS、および今後打ち上げ予定の ALOS-2 による SAR（干渉合成開口レーダ）データを利用して、地殻変動、地盤変動等を把握する。背景・目的としては、国土地理院では従来から干渉 SAR の研究を実施し、地盤変動を把握する事業として展開している。本手法を活用できれば、地上での機器の設置や観測を行うことなく、水準測量や GNSS 測量に匹敵する計測精度で地盤変動を面的に把握できる。また、人工構造物の変動監視にも効果を発揮できると期待される。分析評価手段としては、多数の SAR 画像を用いて、地表の散乱状態の時間変化や衛星軌道の位置変化等による干渉性の劣化に伴うノイズを、SAR データ特有の性質を利用しながら低減処理することにより、mm 精度での面的な地盤変動計測を達成し、さらにその時間変化を追跡できる。</p>	
5. イメージ図	<p style="text-align: center;">人工構造物への応用イメージ</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="319 1064 638 1601"> <p>水準測量と干渉 SAR の上下変動量の比較</p> <p style="text-align: center;">津軽平野における計測事例</p> </div> <div data-bbox="893 1064 1324 1344"> <p style="text-align: center;">津軽平野における計測事例</p> </div> </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 津軽平野にて SAR 干渉解析により 5cm/年の地盤沈下を検出 ▶ 将来的に人工構造物の変動を mm オーダーで監視することに応用できると期待される 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 将来的な継続実施には衛星の安定的運用が必要 ▶ 今後、解析技術の発展、応用により、より広範囲をより高精度で把握出来る可能性 	
8. 参考資料	<p>国土地理院「合成開口レーダーによる地震活動に関連する地殻変動観測手法」報告書 付録1 SAR 干渉解析結果の表現の標準化の指針</p>	

(9) 施設モニタリングシステム (状態監視サービス)



1. 名称	施設モニタリングシステム (状態監視サービス)	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 地すべり 	3. 施設分類 法面・斜面
4. 概要	<p>小型のセンサを土木施設に取り付け、継続的に状態変化を監視する。データを 900MHz 帯の RFID で受信することで、パトロール車による短時間の巡回で広範な施設情報を収集できる。集約したデータはその場でモバイル端末等によりグラフ表示されるほか、管理サーバへと送信されて長期的な状態監視を行う。また全てのサービスがクラウド上で提供される。管理者ニーズとしては、現在、国内のインフラ施設の老朽化への対応が重要な課題となっており、サービスレベルを維持・向上させるための高度な管理を低コストで実現することも求められている。このため各種センサー技術を用いて遠隔でもデータ収集が可能なサービスを開発した。評価手段としては、斜面・法面の各所にセンサを設置し、一定の時間間隔で変状を計測、データを基地局に送信する。あらかじめ設定した閾値を超えるような変状が計測された場合には、施設管理者に通報を行う。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="204 1070 826 1234"> </div> <div data-bbox="831 1205 1050 1234"> <p>図 計測イメージ</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div data-bbox="204 1272 890 1637"> </div> <div data-bbox="895 1615 1214 1644"> <p>図 システム構成イメージ</p> </div> </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 通信距離 200m、時速 80km/h の巡回でも施設データの受信が可能 ▶ 目視が困難な箇所、アプローチしづらい箇所の点検に適用可能 ▶ 有線による状態監視システムの設置が困難な箇所にも適用可能 ▶ 冬季通行規制などの制限がある場所にも設置可能 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ センサーの保守管理が必要になる 	
8. 参考資料	NETIS 維持管理支援サイト	

(10) 土砂水分量による斜面崩壊警報システム


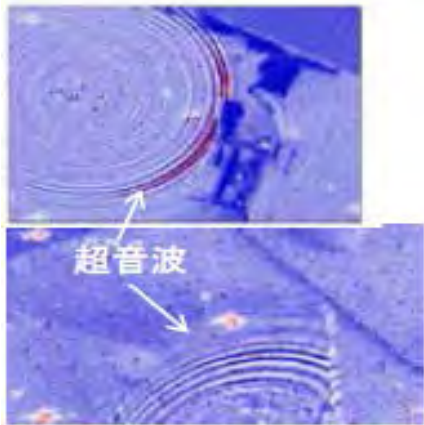
1. 名称	土砂水分量による斜面崩壊警報システム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 斜面崩壊 	3. 施設分類 法面・斜面
4. 概要	<p>複数の指標データを「土砂に含まれる水分量」のみから算出可能とするシステム。土中の水分量により変化する「土砂の重量」・「土中の水圧」・「土砂の粘性」・「土砂の摩擦」と土砂の振動特性に相関関係があることに着目し、これらのデータから斜面崩壊の危険性を算出する。従来の3分の1のセンサ数で計測が可能。管理者ニーズとしては、従来、土砂斜面崩壊の危険度を算出するには、降雨量により変化する土砂状態のデータを取得する必要がある。これらのデータをリアルタイムで取得するには、土砂重量、水圧、土砂粘着力など指標ごとに複数のセンサを土中に設置する必要があり、コスト面の課題があった。評価手段としては、土中の水分量からリアルタイムで斜面崩壊の危険性を算出する。</p>	
5. イメージ図	 <p>The figure consists of three panels. The left panel shows a photograph of a landslide site in Tzuyama, with a large area of earth and debris. The middle panel is a schematic diagram of the sensor layout on a slope, showing various sensors (振動センサ, 土中水分ロガー) and intermediate boxes (中間BOX) connected to a main measurement box (計測BOX). The right panel is a photograph of the measurement equipment, showing a tall pole with various sensors and boxes attached to it.</p>	
	津和野町で発生した土砂災害	センサ構成
	計測機器	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 人工斜面による降雨実験では、システムが「危険あり」と判定してから10~40分後に斜面崩壊が発生 ▶ 「振動センサ」は土砂の振動特性の変化を受動的に測定できることから、より長期間の測定に適している 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 「土中水分計」は電極の経年劣化や、土中における導電時のイオン移動により土質変性が生じることから、定期的な交換や測定場所の変更が必要となるなど、長期間の測定に課題がある 	
8. 参考資料	NEC Web (日経 BP、企業サイト)	

3.15 最先端技術（研究開発段階）の事例集

(1) 異分野融合によるイノベティブメンテナンス技術

1. 名称	異分野融合によるイノベティブメンテナンス技術	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ PC 桁のグラウト未充填箇所の検出 ▶ 床版土砂化の可視化 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>小型・可搬型の線形加速器に基づいた高エネルギーX線源を用いて、厚肉構造物の撮像が可能な技術。また、小型中性子源を用いた水分可視化技術の小型化を行い、床版の滞水箇所検出に関する適用性を検討する技術である。従来はX線管がX線非破壊検査に利用されてきたが、X線エネルギーが低いため物体の透過力が低く、厚肉構造物を撮像できなかった。本技術は、線形加速器に基づくX線源であり、可搬性を維持しながらも高いX線エネルギーに到達しており、厚肉構造物内部の透過撮像能力が高い。それにより耐荷力消失部材を同定し、確実な補修・補強方法の策定ができる。アンケート調査結果より、小型・可搬型加速器X線源及びX線検出器の販売価格は1000万円以上。技術サービスは国内で200万～500万程度。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">    </div> <p style="text-align: center;"> 図 高出力 X 線による可視化 図 X 線画像 (右) </p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 供用中の PC 箱桁におけるグラウト重点状況や鋼材の破断及び腐食状態の可視化【開発状況】 ▶ 床版土砂化箇所の可視化により効率的な補修計画の策定【開発状況】 ▶ 鋼材腐食状況や切断状況の同定をミリ単位で実施【最終目標】 ▶ 可視化技術を用いた検査結果に基づくコンクリート橋の健全度診断マニュアルを公表【最終目標】 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 環境（温度・湿度）により加速器 X 線源の動作に影響が出る可能性がある。事前に高低温／多低湿環境など、現場環境に応じた試験が必要。 	
8. 参考資料	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) インフラ維持管理・更新・マネジメント技術 プロジェクト紹介－開発技術の概要－ ▶ 開発者アンケート 	

(2) レーザー超音波可視化探傷技術を利用した鋼橋の劣化診断技術

1. 名称	レーザー超音波可視化探傷技術を利用した鋼橋の劣化診断技術	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 鋼材の亀裂 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>本技術は、橋梁等の検査体表面をレーザー走査して超音波が伝わる様子を映像化し、映像に現れる波紋状の傷エコーを検出して亀裂等の欠陥を探傷する非破壊検査技術であり、従来技術の磁粉探傷法と比較して次のような利点を有している。</p> <ul style="list-style-type: none"> (1)塗膜上から検査できるので塗装の除去・復旧が不要 (2)ミラーによる高速走査なので広い範囲を迅速に検査できる (3)遠隔計測できるので不安定な足場上での移動が少なく安全 <p>アンケート調査結果より、レーザー超音波可視化検査装置の販売価格は 1000 万円以上、技術サービスとしては設置費用 300 万円、講習費用 50 万円、年間保守費用 100 万円程度。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>図 小型レーザー超音波検査装置</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>図 鋼橋を伝わる超音波の映像化例</p> </div> </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ コンパクト・軽量のレーザー超音波可視化検査装置を開発【開発状況】 ➤ 検査部位から 2m 離れた位置で塗膜上からスリット亀裂を検出【開発状況】 ➤ 非接触検査で、長さ 5mm の亀裂の有無を 5m 異常離れた位置で塗膜上から検出【最終目標】 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 現状は検査部位に受信センサーを付ける必要がある。受信もレーザーによる完全遠隔方式の開発。 	
8. 参考資料	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) インフラ維持管理・更新・マネジメント技術 プロジェクト紹介ー開発技術の概要ー ➤ 開発者アンケート 	




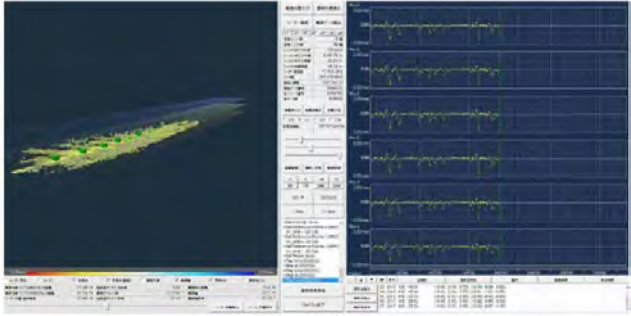
(3) レーザーを活用した高性能・非破壊劣化インフラ診断技術

1. 名称	レーザーを活用した高性能・非破壊劣化インフラ診断技術	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ トンネル内壁面の3次元形状、ひび割れ、凹凸、漏水部 ▶ 剥離・内部空洞 	3. 施設分類 トンネル
4. 概要	<p>本技術は、トンネル内壁面をライダー（Light detection and ranging）の技術を基礎として、精査する方法である。幅 200 μm のひび割れをリアルタイムで計測、判定できるという点で従来にはないシステムである。安全面に留意した設計になっているため、レーザーの使用において危険は伴わない。技術者の目視点検や手作業（触診・打音・叩き落とし）による現状の保守保全作業は非常に時間がかかるばかりでなく大きな危険が伴っているため、本技術によってそれらの老朽化したインフラの診断・保守保全作業を安全かつ高速そして効率化できる。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="204 887 743 1182"> <p>トンネル内壁表面形状 表面形状計測用レーザー 表面付近コンクリート欠陥 検出用レーザー 高出力ファイバーレーザー 衝撃波誘起用レーザー レーザーを用いた欠陥検出車 レーザーを用いた欠陥除去・補修車</p> </div> <div data-bbox="751 887 1161 1182"> <p>屋外用高速レーザー打音検査システム 振動誘起レーザー レーザー計測システム 高速走査ユニット</p> </div> <div data-bbox="1169 887 1366 1182"> <p>屋外実験場における実験配置 コンクリート供試体 6m</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div data-bbox="264 1193 617 1272"> <p>図 レーザー技術を活用したインフラ診断保守保全作業図</p> </div> <div data-bbox="874 1193 1283 1272"> <p>図 屋外用高速レーザー打音検査システムとその配置</p> </div> </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ トンネル内壁の3次元形状計測と分光分析（0.15mm 幅のひび割れ計測、0.1mm の凹凸計測、汚れの透視が実現）（距離 3m）【開発状況】 ▶ 0.2mm 幅のひび割れ、深さ 0.1mm の溝の図示化、発見（距離 5m）【最終目標】 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ レーザーや光計測系について教育を受けた技術者による操作・分析が必要である。 	
8. 参考資料	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) インフラ維持管理・更新・マネジメント技術 プロジェクト紹介ー開発技術の概要ー ▶ 開発者アンケート 	

(4) コンクリート内部を可視化する後方散乱 X 線装置

1. 名称	コンクリート内部を可視化する後方散乱 X 線装置	
2. 把握できる内容	➤ 道路橋の床版、RC 橋の鉄筋減肉、PC 鋼材の破断等	3. 施設分類
		橋梁
4. 概要	<p>道路橋の床版、PC 橋の鉄筋減肉、PC 鋼材の破断などを非破壊で高精細にイメージングする後方散乱 X 線装置を試作し、検査の高効率化と高精度化を実現する。背景及び目的として、日本は海岸線が長い為、塩害によるコンクリート内の鉄筋腐食が多く発生している。また古い橋では、プレストレストコンクリートのシール間グラウトを未充填による鋼材損傷が発生している。これらの腐食・損傷に起因する大事故を未然に防ぐためには非破壊で内部を見る必要があり、従来は X 線透過試験が用いられていた。後方散乱 X 線装置は反射型なので従来型よりも現場で使いやすく、高速道路床版や大型橋桁など X 線透過撮影法が使えない場所でも使用可能である。また表面近傍の構造を鮮明に可視化できる。アンケート調査結果より、開発途中につき装置はまだ販売されていないが、将来的な販売価格は 3000 万円以上と予想されている。</p>	
5. イメージ図	<p>現場で活躍する後方散乱 X 線透過装置</p> <p>図 X 線透過と後方散乱 X 線</p> <p>図 後方散乱 X 線用イメージング用 X 線カメラ</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 従来の装置よりも約 3 倍エネルギーの高い X 線源の開発に成功し、コンクリート深さ 10cm にある異物を見ることができ【開発状況】。 ➤ 後方散乱 X 線イメージング用の X 線カメラ開発に成功【開発状況】 ➤ 10cm の深さを数 mm の解像度で撮影できる装置の開発【最終目標】 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 測定対象物を挟み込むように X 線源と検出器を配置する必要がある。(現場での利便性) 	
8. 参考資料	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) インフラ維持管理・更新・マネジメント技術 プロジェクト紹介ー開発技術の概要ー ➤ 開発者アンケート 	

(5) インフラモニタリングのための振動可視化レーダー

1. 名称	インフラモニタリングのための振動可視化レーダー	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 橋梁・高架橋等の挙動（振動の可視化） 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>振動可視化レーダーの開発により、橋梁、高架橋等の振動を計測・解析して、点検・モニタリング及び診断の安全性、効率を向上する。振動可視化レーダ（VirA）は遠隔から橋梁等に微弱なマイクロ波を照射する非接触計測システムであり、観測対象をデジタルビームフォーミング（DBF）レーダーにより最高 2000 回/秒で面的に画像化して、画像上の各点の振動や微小変位を数十マイクロン精度で計測する。高所作業が不要で、交通を遮断することなく、短時間で安全に遠隔から橋梁の振動、動揺を計測でき、インフラ保守業務のコスト削減が可能。アンケート調査結果より、必要機材の販売価格は 3000 万円程度、技術サービスは 300 万～1000 万円程度を予定している。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>（受信モジュール）</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>（送信モジュール）</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>図 計測時の写真</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>図 振動可視化ソフトウェアの解析画面</p> </div> </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 観測範囲（仰角 30 度 方位角 37 度）、観測距離（30m～4500m）において、方位分解能 0.5 度、撮像速度 500 枚/秒以下、解析周波数 250Hz 以下、計測振動振幅 0.1m 程度にて実証確認済み【開発状況】 ▶ 10km の観測距離を実現【最終目標】 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ レーダーに関する専門的な知識が必要であり、一定期間の教育が必要 ▶ 導入コストが高額（3000 万円程度） 	
8. 参考資料	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) インフラ維持管理・更新・マネジメント技術 プロジェクト紹介ー開発技術の概要ー ▶ 開発者アンケート 	

(6) 高感度近赤外分光を用いたインフラの遠隔診断技術

1. 名称	高感度近赤外分光を用いたインフラの遠隔診断技術	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ コンクリート表面の劣化因子や現象（塩分、水分、中性化、硫酸塩等） 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>コンクリート表面を近赤外分光装置を用いて撮影することによって、近赤外線線の吸光度スペクトルを取得し、吸光された波長域によって表面に存在する劣化因子や現象（塩分、水分、中性化、硫酸塩等）を定量的に把握するシステム。劣化因子の濃度は、コンタ性的に色の濃淡で示すことができる可視化プログラムを備えている。従来はコア抜きやドリルで一部サンプルを取って塩分濃度計測を行っていたが、遠隔・非破壊で検査が可能であり、足場や交通規制等も削減できる。今後は橋脚表面の塩害が評価できるようコンター図化機構を実装する予定。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>図 近赤外分光の検出器</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>図 橋脚の水分分布の可視化</p> </div> </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 従来より 1000 倍高感度の近赤外分光検出器を開発【開発状況】 ➤ 橋脚の水分分布の可視化【開発状況】 ➤ 3m 離れた位置からコンクリート表面を診断（エリア 1m×1m あたり 10 秒で測定）【最終目標】 ➤ 装置重量 5kg 以下【最終目標】 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 撮影時の調整法や撮影結果の表示が開発者用となっているアプリケーションを用いているため、一般点検技術者の使用が困難。 	
8. 参考資料	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) インフラ維持管理・更新・マネジメント技術 プロジェクト紹介ー開発技術の概要ー ➤ 開発者アンケート 	

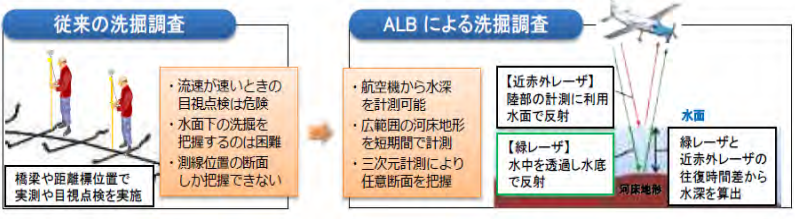
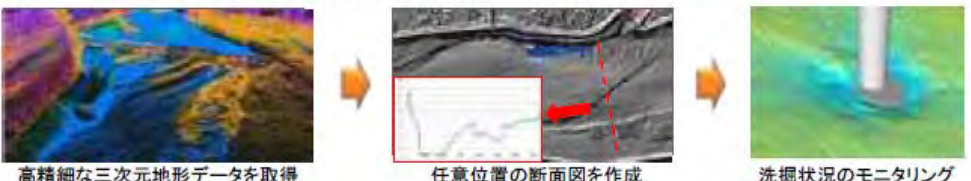
(7) 学習型打音解析技術

1. 名称	学習型打音解析技術	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ コンクリート剥離・損傷、内部欠陥 ➤ 床版損傷状況 	<p>3. 施設分類</p> <p>橋梁、トンネル</p>
4. 概要	<p>機械学習に基づく打音解析技術を用いることにより、一時点検手段としての打音装置を高度化する。従来は熟練者により特徴量抽出及び解釈が行われてきたが（主観的判断）、音響解析技術を用いて打音の違いを自動判別し、構造物の損傷箇所を検出する。打音判定結果は判断事例として定量化及び蓄積され、多変量解析に使用される（客観的判断）。</p> <p>また、通常の点検ハンマと組み合わせて使える点検困難箇所用打音装置や台車型打音装置を開発することにより、手が届かない範囲までの検査が可能となり、現在の人手による打音検査と比較し作業工数及び開削調査費用を削減できる。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 30%;"> <p style="text-align: center;">二段階で行うメリット</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 教師ラベル付のデータが十分に集まらない段階でも異常の有無が一段目で判定可能 ・ 様々な構造物の打音の違いにも対応 ・ 汎用的な枠組みで、任意の打音装置に適用可能 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 30%;"> <p style="text-align: center;">一段目：教師なし学習手法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 検査対象ごとに、その場の「正常」を学習 ・ 学習した「正常」からの逸脱として異常を定義 ・ 異常の大小を各打撃点ごとに算出 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 30%;"> <p style="text-align: center;">二段目：教師あり学習手法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 一段目の判定結果に教師ラベルをつけて蓄積 ・ 蓄積した結果をもとに判別学習 ・ 異常の有無の高精度化 </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>図 現状の人手による打音検査</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>解析システムと連動し、 損傷マップを自動作成</p> <p>手押しにより前進 速度 1.5km/h 程度</p> <p>図 開発した装置</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>図 点検困難箇所用打音装置</p> </div> </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 様々な構造物の打音の違いにも対応し、極めてノイズに強い解析手法であることを確認【開発状況】 ➤ コンクリートの剥離だけでなく、内部欠陥も検知【開発状況】 ➤ 打音検査結果の定量化と蓄積、その可視化を実現【最終目標】 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 蓄積した結果を元に判別学習し高精度化されるため、十分にデータを集めるまでは教師なし学習手法のみでの判定となり、異常有無の精度が教師あり学習手法より劣る。 	
8. 参考資料	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) インフラ維持管理・更新・マネジメント技術 プロジェクト紹介－開発技術の概要－ 	

(8) 空洞及び裏込沈下調査におけるチャープレーダー等、特殊 GPR 装置

1. 名称	空洞及び裏込沈下調査におけるチャープレーダー等、特殊 GPR 装置	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 空洞、裏込め材の沈下 	3. 施設分類
		港湾、道路
4. 概要	<p>地中レーダー探査を利用した空洞調査技術。探査装置は深層空洞調査用に探査可能深度を高めた「車両牽引式深層用空洞調査 GPR」と、探査の難しい鉄筋コンクリートに対応したエプロン下専用の「鉄筋コンクリート対応型マルチチャンネル GPR」の 2 機種。深層空洞調査用装置は、従来の地中レーダー探査装置と比較して 2 倍以上の深度の空洞を探知できるので作業性も向上している。鉄筋コンクリートエプロン下専用の空洞探査装置は、従来の地中レーダー探査装置では鉄筋に影響されて探査できなかった鉄筋コンクリート版直下の空洞を探知できる。道路、河川等幅広く適用可能である。アンケート調査結果より、機材は販売しておらず、技術サービスの費用は探査を行う距離（測線長）によって異なる。目安は 400 万円/km（渡航費や運搬費、運搬中の機械損料を除く）程度。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>＜車両牽引式深層用空洞調査GPR＞</p>  <p>As舗装岸壁に適用</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 従来技術より探知能力の深層化 ・ 空洞検出、裏込め材沈下範囲検出に適用 ・ 車両牽引で作業効率化 </div> <div style="width: 45%;">  </div> </div> <p>＜鉄筋コンクリート対応型マルチチャンネルGPR＞</p>  <p>エプロン舗装岸壁に適用</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 従来技術では困難な鉄筋コンクリート下の空洞検出 ・ 3台同時計測で作業効率化 <p style="text-align: center;">図 研究開発の内容</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 空洞検知精度 10cm 未満を確保し、GPS 機能により側線設定の省略化【開発状況】 ➤ コンクリート厚 38cm まで空洞検知可能、3 測線の同時計測により空洞範囲推定を効率化【開発状況】 ➤ 鉄筋コンクリート対応型マルチチャンネル GPR 空洞範囲拡大の対応【最終目標】 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 計測作業、取得データの解析作業、機材メンテナンスのいずれにおいても専門技術者の配置が必要 	
8. 参考資料	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) インフラ維持管理・更新・マネジメント技術 プロジェクト紹介－開発技術の概要－ ➤ 開発者アンケート 	



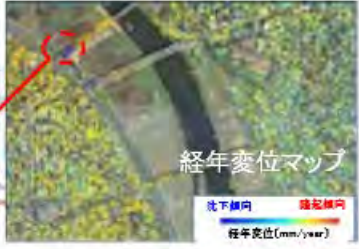
(9) ALB（航空レーザー測深機）による洗掘状況の把握

1. 名称	ALB（航空レーザー測深機）による洗掘状況の把握	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 河床地形、洗掘状況 	3. 施設分類 河川、橋梁
4. 概要	<p>航空機に搭載したレーザーにより河床地形を計測する技術。従来手法の深淺測量では実測や目視点検にて行われていた計測を航空機からレーザーを用いて行うことにより、広域複数の河床（橋梁洗掘）をより安全に短時間で計測できる。近赤外レーザー（水面で反射）と緑レーザー（水底で反射）の往復時間差から水深を算出する。従来では困難だった洗掘の三次元形状や、二時期のデータから標高の差分を算出し面的な河床変動量を可視化することによって、効果的な洗掘モニタリングを実現する。また、把握した洗掘三次元データと橋梁一般図を重ね合わせることで洗掘状況の見える化を実現でき、効率的、効果的な施設管理に貢献する。アンケート調査結果より、必要機材 ALS70 の販売価格は 1000 万以上、技術サービスは条件により費用は大幅に異なるが 1000 万以上を想定。</p>	
5. イメージ図	 <p>図 従来の洗掘調査と ALB による洗掘調査の比較</p> <p>三次元地形データを取得し、橋脚の洗掘状況をモニタリング</p>  <p>図 提供サービス</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 深淺測量と同等程度の精度を確認【開発状況】 ➤ 水深約 6m まで計測可能、洗掘深は約 10cm の誤差【開発状況】 ➤ 損傷程度の評価判定することで詳細調査や緊急対策の必要性等を検討でき、橋梁管理を高度化【最終目標】 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 水深約 6m 以上の計測ができないため、適用範囲は限定される ➤ ALB 計測成果を二次加工などして多目的に活用する場合、GIS ソフトなどの操作が必要になる。 ➤ 必要機材・技術サービスが高額（1000 万円以上） 	
8. 参考資料	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) インフラ維持管理・更新・マネジメント技術 プロジェクト紹介－開発技術の概要－ ➤ 開発者アンケート 	

(10) 画像解析技術を用いた遠方からの床版ひび割れ定量評価システム

1. 名称	画像解析技術を用いた遠方からの床版ひび割れ定量評価システム													
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 橋梁床版のひび割れ 	3. 施設分類 橋梁												
4. 概要	<p>道路橋床版の劣化の程度を、画像解析処理技術を用いて定量的に評価できるシステム。従来は目視点検にて手書きでひび割れ図を作成していたためひび割れの定量評価や遠方部、狭隘部の点検は困難だった。UAV やポールを用いたデジタル画像撮影技術、平面的な損傷を抽出・定量評価できる画像解析技術、撮影場所で迅速に解析結果が得られる画像処理技術の3つの技術を開発することにより、振動の影響を排除した高精細な画像撮影、遊離石灰の面積算定、隠れたひび割れ幅推定、タブレットを用いた処理の迅速化が可能になる。それにより点検や対策・維持管理の優先度を定めるための情報提供を実現する。</p>													
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="212 1039 778 1267"> </div> <div data-bbox="804 927 1374 1240"> <p>従来手法</p> <p>迅速化手法</p> </div> </div> <table border="1" data-bbox="916 1249 1257 1375" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>従来手法</th> <th>迅速化法</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ノイズ除去・トレース</td> <td>52:20</td> <td>06:30</td> </tr> <tr> <td>解析時間</td> <td>02:46</td> <td>01:37</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td>55:06</td> <td>08:07</td> </tr> </tbody> </table>			従来手法	迅速化法	ノイズ除去・トレース	52:20	06:30	解析時間	02:46	01:37	合計	55:06	08:07
	従来手法	迅速化法												
ノイズ除去・トレース	52:20	06:30												
解析時間	02:46	01:37												
合計	55:06	08:07												
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➢ ひび割れ幅と長さ、ひび割れ密度の正確な算定可能。【開発状況】 ➢ 遊離石灰の面積を画像解析で正確に算定可能。【開発状況】 ➢ 画像解析処理の速度を大幅に向上でき、撮影現場での調査結果の表示が可能。【開発状況】 ➢ 点検事業者が使いやすい機能、インターフェイスへのシステム化【最終目標】 													
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➢ UAV やロボットカメラでの撮影には操縦者の訓練が必要 													
8. 参考資料	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) インフラ維持管理・更新・マネジメント技術 プロジェクト紹介ー開発技術の概要ー 													


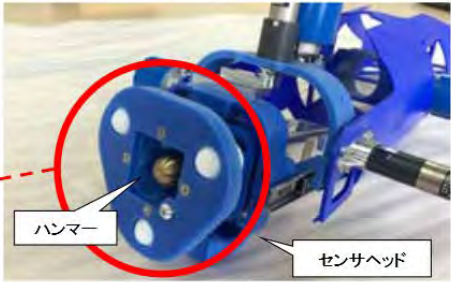
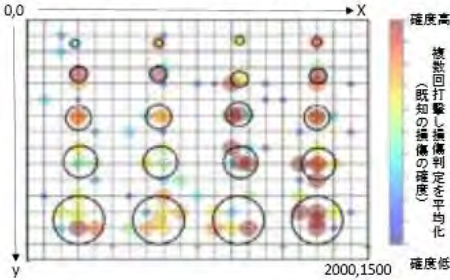
(11) 高精度かつ高効率で人工構造物の経年変位をモニタリングする技術

1. 名称	高精度かつ高効率で人工構造物の経年変位をモニタリングする技術	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 橋梁上の任意点における変位量(スクリーニング) ➢ 橋梁周りの広範囲にわたる地盤の変位傾向(沈下/隆起) 	<p>3. 施設分類</p> <p>橋梁</p>
4. 概要	<p>衛星 SAR (合成開口レーダ) で撮影された広域エリア内のインフラの画像データを解析し、経年変化を高精度かつ高効率でモニタリングする技術。従来のインフラ点検は近接目視や打音検査によって劣化把握が判定されていたが、多くの手間と費用が必要とされる課題を抱えていた。本技術は衛星 SAR を利用して、点検現場で計測装置を設置することなく、橋梁上の複数の計測ポイントにおける変位割合や、橋梁周りの広範囲にわたる地盤の変異傾向が把握できる。これにより現場負担を軽減し、広域エリア内の複数の橋梁の中から着眼点の絞り込みが可能になる。特別な機材は必要としない。アンケート調査結果より、技術サービスの費用は対象エリアの広さなどにより異なるが、イニシャル計測：1000 万円程度 (初回)、ランニング計測：500-600 万円程度 (2 回目以降) 程度。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p style="text-align: center; background-color: #0056b3; color: white; padding: 2px;">従来のインフラ点検</p>  <ul style="list-style-type: none"> ・近接目視による劣化把握 ・打音検査による劣化把握 ・センサ等による歪み計測 <p style="text-align: center; font-size: small;">多くの手間と費用が必要(課題)</p> </div> <div style="font-size: 2em; color: #0056b3;">➔</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p style="text-align: center; background-color: #0056b3; color: white; padding: 2px;">衛星SARによるインフラモニタリング</p> <ul style="list-style-type: none"> ・広域エリア内のインフラ点検時における着眼点の抽出が可能 ・水準測量より高密度計測が可能 ・高精度計測 (mm/年) が可能 ・周囲の地盤変動計測も可能 <p style="text-align: center; font-size: small;">優先度の高い点検対象の特定が可能(スクリーニング)</p> </div> </div> <div style="margin-top: 10px;"> <p>着眼点の抽出</p>  <p style="font-size: small;">経年変位マップ</p>  <p style="font-size: small;">経年変位グラフ</p> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;">図 従来のインフラ点検と衛星 SAR によるインフラモニタリングの比較 (上)</p> <p style="text-align: center;">図 経年変位マップ (左)</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 橋梁等人工構造物をミリ単位の精度で計測可能【開発状況】 ➢ 画像解析技術により橋梁上の異常の可能性が高い場所を検知可能【開発状況】 ➢ 点検対象構造物の周囲も高密度に同時計測【開発状況】 ➢ 広域エリア内の複数の橋梁のスクリーニング、優先順位付け、着眼点の絞り込みを実現【最終目標】 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 技術サービスの金額が高額 	
8. 参考資料	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) インフラ維持管理・更新・マネジメント技術 プロジェクト紹介-開発技術の概要- ➢ 開発者アンケート 	

(12) 自在適応桁で支えられる橋梁点検ロボットシステム

1. 名称	自在適応桁で支えられる橋梁点検ロボットシステム	
2. 把握できる内容	➤ 桁下部の損傷（ひび割れ、剥離・鉄筋露出、腐食等）	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>入り組んだ構造をもつ橋梁に対し、伸展アームで損傷に近づき、照明の方向と撮影の方向を変えた撮影を行い、表面状態をより明確に判別可能とするロボットシステム。</p> <p>3D モデルに撮影写真をはめ込むことで、周辺状況も考慮した現実的な評価が出来るようにする。撮影部位の打音データを同時に出力可能とすることで、表面状態の評価可能性を向上させる。システムは、ワイヤ支持ロッド、制御装置、伸展型アーム、ガイドワイヤ架設用 UAV、点検制御システム、データベース等から構成される。従来の橋梁点検車と比較すると高欄と路肩のみを使用する方式であるため従来必要であった橋梁の車道の交通規制なしに点検作業ができる。現在開発されているドローンを使用する方式と比較すると、張力が掛かった4ワイヤで吊下げられていて橋梁部で発生する風の乱流の影響をはるかに受けにくく、またワイヤの長さ計測などで計測データにその位置座標をより正確に計測でき経年変化も追跡しやすい。</p>	
5. イメージ図	 <p>The diagram shows a 3D perspective of the robot system. Labels include: 制御装置 (Control device), 支持ワイヤ (Support wire), リール (Reel), カメラユニット (Camera unit), 姿勢制御装置 (Attitude control device), and 伸縮アーム (Extendable arm). Below the diagram are three photographs: 'カメラユニット' (Camera unit) showing a close-up of the camera and sensors; '支持ロッド' (Support rod) showing a rod being used to support the structure; and '道系搬送用UAV' (Roadway transport UAV) showing a drone being used to transport the system across a road.</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 伸展アームの安定吊り下げ可能。アーム移動速度 8cm/s 【開発状況】 ➤ 暗部での分解能 0.15mm 【開発状況】 ➤ 伸展アーム移動速度 0.3m/s、暗部での橋表面欠陥判別分解能 0.05mm 以下 【最終目標】 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ UAV やその他機材の操縦技術が必要 ➤ 機器メンテナンスに関する専門的な知識が必要であり教育が必要。 	
8. 参考資料	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) インフラ維持管理・更新・マネジメント技術 プロジェクト紹介－開発技術の概要－ ➤ 開発者アンケート 	

(13) 橋梁・トンネル用打音点検飛行ロボットシステム

1. 名称	橋梁・トンネル用打音点検飛行ロボットシステム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ひび割れ等表面状態 	3. 施設分類 橋梁、トンネル
4. 概要		
<p>高所作業車等を利用した従来の打音点検の課題を解決するため、飛行ロボットを活用した点検システムを実現。開発内容は、①橋梁・トンネルなどの非GPS環境、風などの外乱がある環境での飛行制御技術、②コンクリート構造物の打音による変状の状況検知技術、③ロボットによる点検の安全確保と従来の人での点検からロボット導入による生産性の向上である。従来の打音検査の課題として、高所作業車による長時間の車両規制、高い橋脚等の足場設置が困難、災害現場での人による点検が危険、などが挙げられるが飛行ロボットを活用することにより、車線規制時間の大幅短縮、死角など点検困難箇所の点検、危険な場所での人の作業が不要となる。</p>		
5. イメージ図		
<p style="text-align: center;">改良中の打音点検飛行ロボットシステム</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="font-size: small;">開発中の機体、昨年度より40%小型化 今後評価を実施し、現場での実証実験を計画</p> <p style="text-align: center;">試験体を用いた清音・濁音の判別結果</p> 		
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ JAXA 風洞での飛行性能の評価により、風速 8m/s の整流での飛行安定性を確認【開発状況】 ▶ 従来の点検と同等の時間での作業性を確認。足場の構築時間、費用を縮減。【開発状況】 ▶ 連続運用 2 時間（有線給電）高度 30m、平均風速 8m/s 以下で運用【最終目標】 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 打音点検飛行ロボットの操縦技術が必要 	
8. 参考資料	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) インフラ維持管理・更新・マネジメント技術 プロジェクト紹介－開発技術の概要－ 	

(14) トンネル全断面点検・診断システム

1. 名称	トンネル全断面点検・診断システム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ コンクリート表面の汚れ、ひび割れ 	3. 施設分類 トンネル
4. 概要	<p>従来高所作業車で行っていた打音検査や近接目視によるトンネル内点検作業を遠隔操作ロボットによって全断面点検するシステム。システムは、①多様なトンネル形状や坑内設備に適応するフレキシブルガイドフレーム、②コンクリート片の落下などの災害を防止する走行式防護フレーム、③コンクリート表面の凹凸を検出し、汚れとひび割れを識別するひび割れ検出ユニット、④打音と画像から浮きの位置を記録する打音検査ユニットの4つの内容で構成される。トンネルの点検を通行止めせずに行うことが可能で、交通規制を大幅に削減することができる。また、これまで人による点検が困難だった天頂部分の点検も可能になる。専門家でも適切な補修や維持管理方法について判断可能な情報を提供することが可能な為、技術者が不足している地方自治体などでも点検可能である。</p>	
5. イメージ図	<p>従来のトンネル点検例</p> <p>トンネル全断面点検・診断システム</p> <p>開発のポイント ・通行止めせず1日1本のトンネルを点検 ・人による点検が困難な天頂部分の点検が可能</p> <p>1. フレキシブルガイドフレーム トンネル形状や坑内設備に合わせて自由にフレームを変形</p> <p>2. 走行式防護フレーム 坑内を走行するフレームで点検時のコンクリート片落下から第三者を防護</p> <p>3. ひび割れ検出ユニット 画像と凹凸を同時に取得して、ひび割れやエフロ等を高精度に検出</p> <p>4. 打音検査ユニット コンクリートを自動で叩き、自動判定された場所を画面に表示</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 覆工面との接触や、特異点が発生することなくフレームが変形可能であることを実証【開発状況】 ▶ 歩道への乗り上げ、覆工面との干渉、操舵性等に問題がないことを確認【開発状況】 ▶ 試験体のひび割れと汚れの識別率 70%以上を達成【開発状況】 ▶ ひび割れ 80%以上（幅 0.5mm 以上）、浮きなどの変状 70%以上を達成【最終目標】 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ すべてのトンネルに運用可能ではない。 	
8. 参考資料	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) インフラ維持管理・更新・マネジメント技術 プロジェクト紹介ー開発技術の概要ー 	

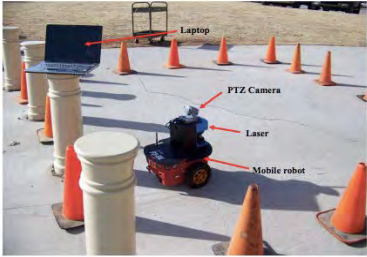
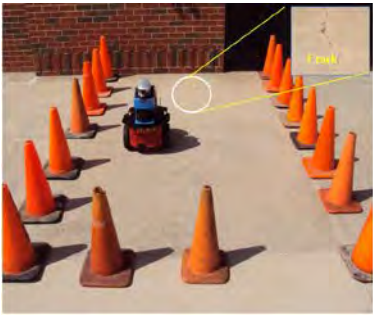
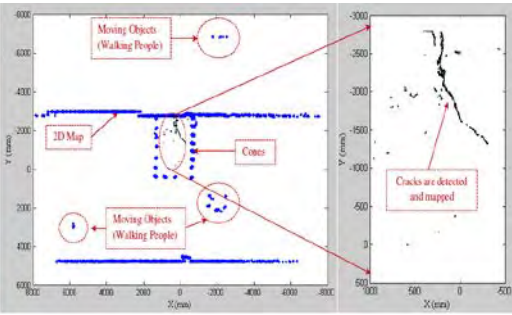
(15) 近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム

1. 名称	近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ひびわれ、うき・はく離 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>点検システムはマルチコプターをベースに、その上部に駆動車輪と点検機構を搭載し、橋梁の人が容易に近づけない箇所に接近、走行状態で近接目視、打音検査を実施する点検ロボットと、点検ロボットにより得られた画像や打音信号から信号解析によりひびわれや、うき・はく離などの変状を自動検出する解析システムからなる。従来の点検と比較し、特殊車輛・足場使用のコスト、安全性、点検者技能に依存しない点で優位である。アンケート調査結果より、必要機材である点検ロボットの販売価格は 300 万円以下、技術サービスの費用は橋梁の形状、構造によるが 300 万円以下を予定。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="210 972 786 1570"> </div> <div data-bbox="823 972 1342 1350"> </div> </div> <p style="text-align: center;">点検ロボット (左) フィールド試験飛行 (上)</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 人が容易に近づけない箇所への飛行、走行状態での点検【開発状況】 ▶ 自動記録による見落とし防止、データの可視化【開発状況】 ▶ ひび割れ自動検出（幅 0.2mm 程度） ▶ 近接目視検出ひび割れ 0.1mm、打音検査空洞検出深さ 60mm【最終目標】 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 作業可能風速が 6m/秒程度であり、悪天候の際には点検できない。 	
8. 参考資料	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) インフラ維持管理・更新・マネジメント技術 プロジェクト紹介ー開発技術の概要ー ▶ 開発者アンケート 	

(16) 二輪型マルチコプタを用いたジオタグ付近接画像を取得可能な橋梁点検支援ロボットシステム

1. 名称	二輪型マルチコプタを用いたジオタグ付近接画像を取得可能な橋梁点検支援ロボットシステム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ひびわれ等の劣化状態 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>人による点検が困難な箇所の画像を近接撮影する点検用ロボットシステムと、点検データを3D-CAD上で一元管理して様々な用途に活用可能な点検データ管理システムを開発し、維持管理業務全体の省力化・高度化を実現する。点検業務の効率化のために、二輪型マルチコプタに全方位カメラと近接カメラを設置し、人がアクセスしにくい箇所を近接撮影する。3D維持管理DBのアプリケーションは、①タブレットで過去の点検記録を参照、入力、②点検調書を自動出力、③様々な情報を検索し、維持管理計画を立案、④劣化状況の把握と予測を表示、の4つがあり、橋梁維持管理業務を効率化する。</p>	
5. イメージ図	<p>研究開発の内容（上） 開発中のマルチコプタ（右）</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 大型二輪型マルチコプタでは風速 5m/s 以下、小型二輪型マルチコプタでは風速 2m/s 以下の条件において、橋梁の橋脚や床版に接触し、走査しながら近接撮影が出来ることを確認【開発状況】 ▶ 実業務に適応可能な耐風性能を実現し、かつ安全に遠隔操作可能な機構、制御技術の確立【最終目標】 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 耐風性能の向上 ▶ 経年変化自動検知など高度活用に向けた基本技術の確立 	
8. 参考資料	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) インフラ維持管理・更新・マネジメント技術 プロジェクト紹介－開発技術の概要－ 	

(17) ロボットを利用した道路橋床版のひび割れモニタリング

1. 名称	ロボットを利用した道路橋床版のひび割れモニタリング	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ クラック 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>ROCIM (A Robotic Crack Inspection and Mapping) とは、ロボットによる橋梁床版上のクラックの点検調査システムである。カメラとレーザーを搭載した自動走行ロボットが床版上を走行して、自動的にクラックの位置を特定しデータ上にマッピングする。</p> <p>ロボットには高解像度カメラが搭載されており、画像によりひび割れを検出し、自らの位置情報とともに記憶してひび割れ展開図を作成する。なお、ロボットは検査エリアをすべてカバーするよう、自ら走行軌跡を調整することが可能である。</p>	
5. イメージ図	<div style="text-align: center;">  <p>図[1]-1：システム概要図</p> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;">   </div> <p style="text-align: center;">図 屋外施設での実験結果（ひび割れ検出）</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 従来目視かつスケッチによって確認されていたクラックが、正確な位置座標を持って電子データで蓄積することが可能になる。この技術は、目視で実施していたことをロボットに行わせることで作業が効率化する効果がある。 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 床版上を低速で走行させるために、橋梁の通行止めを必要とする技術であることが実運用上での課題である。 	
8. 参考資料	SHRP2	

(18) 車両牽引型橋梁床板スキャナー (Bridge Deck Scanner) を用いた床版の健全度評価

1. 名称	車両牽引型橋梁床板スキャナー (Bridge Deck Scanner) を用いた床版の健全度評価	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> はく離、内部クラック、床版厚さ 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>本技術 (BDS) は、コロラド州に本拠地を置く、Olson Engineering Inc. が、車両牽引型非破壊検査技術開発に関する NCHRP-IDEA プログラムを通じて開発した技術である。</p> <p>橋梁床版の上部・下部表面の剥離、内部クラック、垂直クラック深さ、床板厚さ、コンクリート品質/健全性に関する情報を得ることが必要とされた。</p> <p>橋梁床版の上部・下部表面の剥離、内部クラック、垂直クラック深さ、床板厚さ、コンクリート品質/健全性に関する情報を得ることを目的に、橋梁床板スキャナー (BDS) のを開発した。</p>	
5. イメージ図	 <p>The image shows a white pickup truck equipped with a scanner on its bed, moving across a bridge deck. Text overlays indicate 'Full Deck Scanning - 40,000 ft² Deck in 3 Hours - 1 Deck Length in 1 Minute'. Below the truck, a person is shown operating the scanner. To the right, a detailed diagram of the scanner's internal components is shown, including labels for 'Strip the test assembly', 'On-board electronics', 'Thin wireline tip', 'Displacement transducer (striking cone)', 'Sensored trigger for IE, SASW, and Advanced Sound-by-Taps', and 'Deliver displacement transducer'.</p>	
<p>図 Bridge Deck Scanner の概要 (右は変換機ホイール)</p>		
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> この技術には、インパクトエコー (IE)、表面波スペクトル分析 (SASW)、自動サウンディング (AS) を含み、BDS はその全てが同時に、幅 0.5 フィート、速度 1.6 - 2.4 km/hour で行えるように開発 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> 従来の目視点検、打音点検に比べ、RC 床版の剥離に関して定量的な情報を得ることが可能だが、<u>低速での利用となるため、規制が必要</u> 	
8. 参考資料	<p>SHRP2 NCHRP : National Cooperative Highway Research Program、 IDEA : Innovations Deserving Exploratory Analysis http://olsonengineering.com/2007site/index.php</p>	

(19) 地中レーダー（GPR）を用いた道路橋床板の健全度モニタリング

1. 名称	地中レーダー（GPR）を用いた道路橋床板の健全度モニタリング	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ クラック、さび跡、鉄筋の腐食 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>Geophysical Survey Systems Inc.社（GSSI）は、メイン州運輸省との協働で「the BridgeScan GPR system」を使った橋梁床板健全度調査を、2005年4月13日に行った。調査場所は、Maine Central Railroad と the Androscoggin River を跨ぐランプ D の、床板上面にアスファルト舗装が施工されている橋梁。従来の橋梁床板点検は、ハンマーの打撃やチェーン牽引による打音点検にて行っており、これらの点検方法では、打音の結果から正確にコンクリートの良否や床板全体の健全性判断をするために、点検者の能力に大きく左右される。既存のアスファルトオーバーレイは、打音検査に先立ち撤去しなければならず、点検結果は、点検者の技術と判断によって大きな差が生じてしまう。また、点検から得られる評価は、通常、単に床板に「good」「bad」の領域を記すだけであった。</p> <p>これらのことから、定量的に床版の劣化状況を評価することが必要とされた。当該橋梁は、1971年に施工され、床板は9インチの厚さのRCスラブで、32フィート（9.7m）幅、180フィート（54.8m）長さである。鉄筋の被り厚は2インチ（5cm）である。表面の舗装は、1991年に高温合材で打ち換えられている。多くの補修が行われており、下図からわかるように、それらのいくつかは床板のパッチである。メイン州運輸省は、床板の劣化が無視できないほど進行していたため、補修計画を立案した。同時に、運輸省はこの橋梁でGPRの評価をすることとした。GPRのデータを収集するのに加えて、床板の上面と下面に対する目視点検を行った。表面のクラックとパッチングの位置、下面のクラック、錆跡およびエフロの位置が記録された。これらのデータは、GPRの結果と比較するために、上面および下面の変状図として整理された。GPRとして、GSSI社の、ウィンドウズCEによるデータ収集システム、グラウンドカップリングアンテナから構成される「BridgeScan system」を使用。1.5GHzアンテナは、コンクリートにおいて、約18インチ（46cm）の探査深さを持つが、検出するのには十分である。また、GPRにはクラックの評価をするのみならず、場所を把握することが可能。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>図1：探査対象橋梁</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>図2 GPR 調査状況</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>図3 床板下面の状況</p> </div> </div>	

6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ GPR 調査によって橋梁の舗装表面をはがす前に劣化の度合いが分かったため、全面改修が必要か否かの判断や補修方法や工程や予算管理を効率的に行うことができた。 ➤ GPR による調査結果が、劣化が無いかあるいは僅かであれば、床板防水工を補修し表面のアスファルト層を打ち換えるだけの対応でよかったが、調査結果より床板の深刻な劣化（50%）が発見されたことから、床板防水工は機能していないと考えられ、全面撤去する判断となった。
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 低速で牽引するか、手押し車にて計測するため、通行規制は必要。
8. 参考資料	<p>SHRP2</p> <p>http://www.geophysical.com/Documentation/Brochures/GSSI-BridgeScanBrochure.pdf</p> <p>http://www.environmental-expert.com/products/bridgescan-complete-bridge-condition-assessment-system-240937</p>

<補足>

(A) GPR を用いた点検の運用状況

GPR は、電磁波を使った評価技術であり、運輸関係をはじめとする多くの分野、コンクリート検査、埋設管調査、地質、考古学などの分野で承認され採用されている。橋梁の分野でも、正確な評価手法としてその適用方法は確立されている。

すでに数百の橋梁床板において、GPR を使った健全度の評価がなされている。このうち、最も正確な調査ができるのは、1.5GHz 高周波のグラウンドカップリングアンテナを使った GPR によるものである。高周波のグラウンドカップリングアンテナ GPR は、鉄筋に対して優れた位置特定能力と分解能を有している。GPR を使った橋梁床版健全度評価では、劣化マップの作成あるいは劣化範囲把握のために、鉄筋からの相対反射が使われる。

(B) 劣化箇所抽出の検証

コンターマッピングプログラムを使って、ASCII ファイルから転送された X, Y, 座標や各鉄筋位置での反射強度のようなデータから、カラーで着色された床板のコンター図が作成される。鉄筋からの反射が弱い部分は、より劣化が進んだ可能性があるとしてより赤く着色表示される。(目視結果にて確認できた箇所と概ね一致) また、チェーン牽引試験より作成した損傷図との比較でも、コンター部により劣化が確認された箇所と同様の箇所にて損傷箇所が確認された。

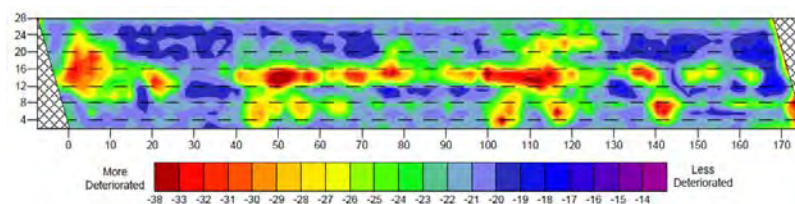


図 3-1 劣化度コンター図

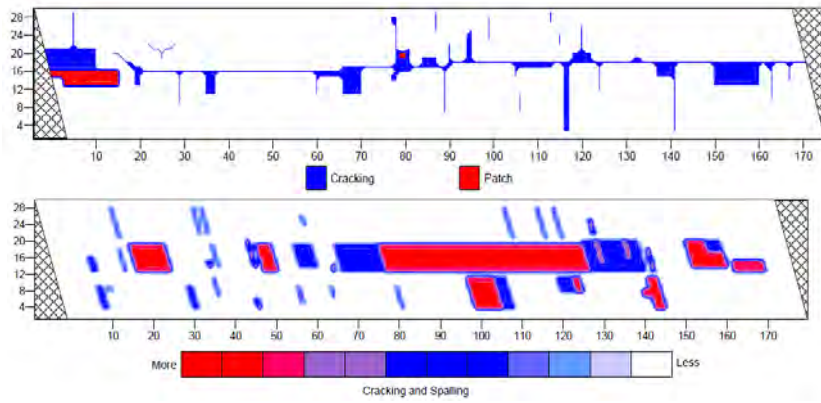


図 3-2 目視点検によるマッピング（上が舗装面、下が床板下面）

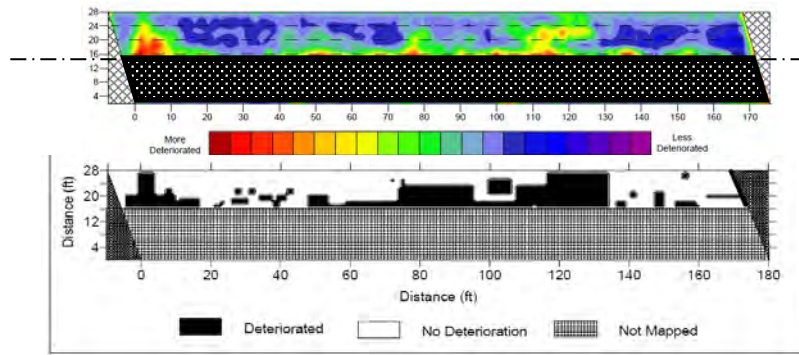


図 3-3 チェーン牽引試験より作成された橋梁半分の損傷図（上図は GPR 劣化マップ）

(20) センサーネットワークを利用した橋梁健全度モニタリング

1. 名称	センサーネットワークを利用した橋梁健全度モニタリング	
2. 把握できる内容	➤ ひずみ、温度等	3. 施設分類
		橋梁
4. 概要	<p>老朽化した Parkview Bridge※の架け替え工事を従来と異なる方式で行ったため、橋梁の供用後の影響把握や、供用後の維持管理の参考とすることを目的に、架け替え後に常時モニタリングを実施。</p> <p>※Parkview Bridge はミシガン州カラマズーの Western Michigan University の工学部キャンパス横に位置しており。架け替えが必要とされていた Parkview Bridge は、橋梁建設の工期短縮のため、現場外で製作した主部材を運搬し、現場で組み立て・架設を実施したミシガン州初の橋梁</p> <ul style="list-style-type: none"> • Parkview Bridgeは4スパン、3車線、防水膜と1.25cmのアスファルト摩滅面がついた22.3cmのプレキャストRC床版、上部構造はType III AASHTO桁。 • 建設は、2008年4月7日に開始し、供用したのは2008年9月8日である。 • ネットワークの構成部品は以下の通りである。 <ul style="list-style-type: none"> ● Geokon振動ワイヤーひずみゲージ（センサー）（モデルVCE-4200）。サーモカップル付き。床版パネルに導入。（184台） ● Geokon Micro-10データロガー（モデル8020-1-1）（2台） ● Geokonマルチプレクサー（モデル8032-16-1S）（12台） ● モデム（2台） ● 通信ソフトウェアを導入したコンピューターワークステーションを遠隔地（研究所）に設置 ● 通信およびデータ通信に必要な配線 • 2台のデータロガーに毎週アクセスし、モデムと専用電話線を通じ、センサーデータをダウンロードおよび保存し、今後の分析に使用する。 • これまでの3年分のデータは、ベースラインとして、今後の分析との比較に使用される。 • 184台のセンサーは4グループに分類され、橋梁性能の監視に使用されている。 <ol style="list-style-type: none"> 1. 縦断方向の応力（中間スパン、橋脚上） 2. 横断方向の応力（中間スパン） 3. パネル間のジョイントの応力（端部と平行） 4. 南北のパネルの間で、場所打ち部分の両側の応力 	

5. イメージ図



図1：Parkview Bridge全景

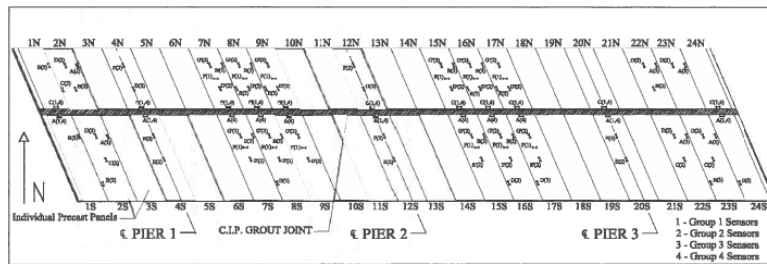


図2：Parkview Bridgeセンサー配置図

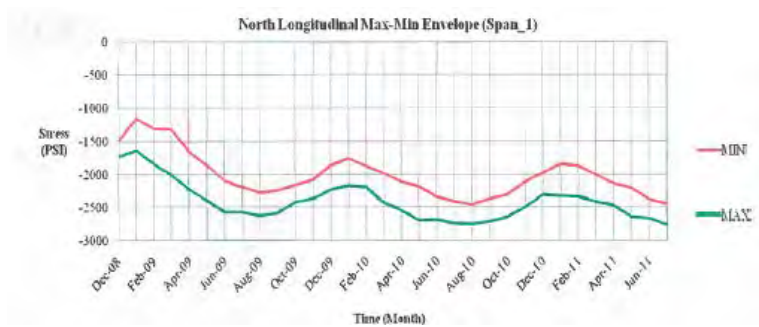



図3：センサーが収集した応力の例（スパン1の北側縦断方向）



赤：最小、緑：最大

<p>6. 運用結果</p>	<p>➤ 供用直後の2008年12月にセンサーネットワークが導入された。このセンサーネットワークの導入により、継続的にひずみと温度データを10分間隔で遠隔地から収集することができ、将来的には異常の兆候の把握に使用することが期待されている。</p>
<p>7. 課題</p>	<p>➤ センサーによる計測結果は蓄積（2008年12月から）しているが、計測結果の数値をもとに健全度に係る評価を行うための判断指標の確立等が今後の研究課題。</p>
<p>8. 参考資料</p>	<p>SHRP2 http://www.michigan.gov/documents/mdot/MDOT_Research_Report_RC1536_317702_7.pdf http://www.zuj.edu.jo/conferences/icit11/paperlist/Papers/Information%20Systems/503_osama.pdf</p>

(21) センサーを利用した洗掘のモニタリング

1. 名称	センサーを利用した洗掘のモニタリング	
2. 把握できる内容	➤ 洗掘	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>センサーを利用した橋脚の洗掘モニタリング</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bridge Scour Monitoring (NEXSENSE)は、橋梁に取り付ける形式の洗掘モニタリングである。データ貯蓄部分を橋梁上部に、センサーを水中に取り付け、レーザー装置を橋梁上部に取り付けることによりデータを貯蓄する。 • ソナーにより、常に川底あるいは海底までの距離をモニタリングし、リアルタイムでデータが供給される（図[6]-1）。データ貯蓄装置（図[6]-2）は6インチ（約17cm）と小型 • Wi-Fiや衛星電話回線を用いてデータ通信が可能 • 電源はソーラー、バッテリー、ACと組み合わせが可能 • 他にも多数のセンサーを追加で取り付けることが可能 • あらかじめ設定された閾値を超える変位を観測した場合には携帯電話にSMSやemailを送信する機能がある • 結果は、図3に示すように地図上にリアルタイム表示が可能 	
5. イメージ図	 <p>図1 取付けイメージ図 図2 データ蓄積装置 図3 地図上へのリアルタイム表示</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 既設構造物への取付けが可能であり、洗掘の常時モニタリングが可能である。 ➤ メール転送機能を付加することにより、遠隔地での状況把握が可能 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 調査船の接近が難しい護岸等の隅角部や、水深の浅い防波堤元付け部ではデータ取得が困難である。 	
8. 参考資料	<p>SHRP2 http://www.nexsens.com/systems/bridge_scur_monitoring</p>	

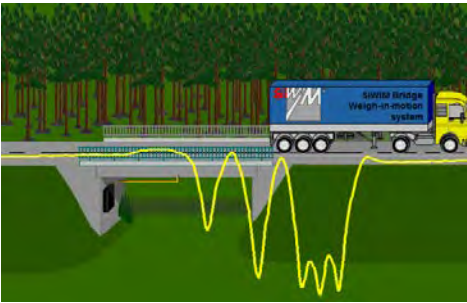

(22) 自立電源のワイヤレス橋梁モニタリングシステム

1. 名称	自立電源のワイヤレス橋梁モニタリングシステム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ひずみ、加速度 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>道路橋にセンサーを設置し加速度や歪みをモニタリングする。アメリカの Microstrain 社（2012 年 8 月 Load Corporation により買収）が開発した自立電源と無線技術の組み合わせで、ワイヤレス橋梁モニタリングの計器設置コストを削減。BridgeComposites, LLC 社は、このセンサーを利用して免震支承の性能を評価した（図 1）。システムは 7 つのワイヤレスセンサーノードから成り、2 つの加速度計ノード（G-Link®）、2 つの線形変形変換機（DVRT®）、2 つの温度計ノード（TC-Link®）、1 つのワイヤレス歪ゲージノード（SG-Link®）から構成。加速度計は、16Hz で振動を、線形変形変換機は橋軸方向の温度による変位を、ワイヤレス歪ゲージは地震や過積載による変形（または応力）を継続的に記録。（図 2 は結果の一例）。センサーの値は自動的に転送されシステムに保存され、設定された閾値を超えた値を観測した場合には、担当者に email が送信される警告システムを備えており、地震や過積載等による異常を感知することができる。</p>	
5. イメージ図	<div style="text-align: center;">  <p>図1 取付けイメージ図</p>  <p>図2 センサーによるモニタリング結果の一例</p> </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 自立電池電源により交換なく長期間無線センサーネットを運用できる。Microstrain 社が発表した LXRS という無線通信プロトコルはデータのロスなく無線通信が可能。電線配置や通信配線工事が不要となり消費電力も下げることができる。ため低コストでの導入が可能。 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ センサーを数年程度で交換する必要がある。 	
8. 参考資料	<p>SHRP2 http://www.microstrain.com/news/microstrain-cloud-enabled-bridge-monitoring</p>	

(23) 自立型無線センサーノードを用いた橋梁モニタリング

1. 名称	自立型無線センサーノードを用いた橋梁モニタリング	
2. 把握できる内容	➤ 動態把握	3. 施設分類
		橋脚
4. 概要	<p>米国メリーランド大学の研究者 Mehdi Kalantari 氏は、橋梁モニタリングのための自立型無線センサーノードを開発した。メリーランド州運輸省と共同で、一年近くにわたり、実証実験を続けている。センサーノードの平均消費電力は $4\mu\text{W}$ で、電源は太陽電池と電波ハーベスティングでまかなう。Mehdi Kalantari 氏は、ベンチャー企業 Resensys LLC を設立し、2011 年 9 月にはセンサーの生産能力を増強する予定。厚さ 5mm、縦横 5cm のセンサーノードは、フレキシブルな 4 層からなる。最初の層は、センサーで、橋梁の健全度モニタリングに必要な、歪み、傾斜、加速度、変形、亀裂、温度を計測する。2 番目の層は、エネルギーを蓄積するスーパーキャパシタである。3 番目の層は、無線送信回路で、見通しで 1.3km の通信距離である。4 番目の層（もっとも外側の層）は、エネルギー・ハーベスティング層である。太陽電池およびアンテナで、光や電波を吸収する。センサーの寿命は、少なくとも 10 年と言われている。コストは一つあたり 20 ドルで（センサーが 500 個必要な平均的サイズの道路橋の場合、センサーのコストは 1 万ドルになる。有線のセンサーノードを敷設するのに比較し、低コストとなる。橋梁モニタリングは、センサーの配線のためのコストが膨大）</p>	
5. イメージ図	 <p>図 厚さ5mm、縦横5cmのセンサーノード</p>	
6. 運用結果	➤ 有線のセンサー敷設と比較してコストを抑えられる。少なくとも 10 年連続利用が可能	
7. 課題	➤ センサーを 10 年程度で交換する必要がある。	
8. 参考資料	<p>SHRP2 http://www.gizmag.com/wireless-bridge-sensor/19380/?utm_source=Gizmag+Subscribers&utm_campaign=d496aef9ea-UA-2235360-4&utm_medium=email</p>	

(24) Weigh in Motion を用いた軸重等のモニタリング

1. 名称	Weigh in Motion を用いた軸重等のモニタリング	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 車両総重量、軸重、速度、車種、温度、空洞 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>アラバマ大学バーミングハム校では、効率の良い過積載車両の取締り及び橋梁の損傷度合のモニタリングを通じた橋梁の適切な維持・修繕を実現することを目的とした、橋梁専用のWIM、B-WIMシステムの研究開発を実施。同システムは、車両総重量、軸重、速度、車種、温度等のデータを取得すると同時に、ジョージア工科大学の協力の下、超音波を利用した非破壊検査技術も組み込まれている（橋梁内部の損傷、空洞の有無等）。アラバマ大学（University of Alabama : UA）及びアラバマ大学ハンツビル校（University of Alabama at Huntsville : UAH）は共同で、橋梁用WIMの研究を実施。同研究は、過積載車両の取締りをより効果的且つ効率的に実施すること、また、橋梁の損傷度合を正確に把握し既存インフラの維持・修繕に役立てることを目的として実施された。B-WIMシステムは、通過車両の総重量、軸重、速度、車種、温度等を取得することが可能。図1及び図2に示す通り、システムは橋梁の下部に取り付けられるため、道路を閉鎖することなく容易に設置することが可能で、道路の表面に影響を与えることがないこと、信頼性・精度が高い機器を安価に提供できることが利点。アラバマ州における試験では重量計測結果について他の計測機器（ベンディングプレート型）と比較しても同等の精度となった。キャリブレーションを5軸のトラックに照準をあてて実施していたため3軸トラックの重量については5軸トラックに比べて良くなかった。計測条件は短いスパンの橋梁で、舗道に凹凸がなく、加速・減速がされにくい位置にあるものが望ましいとされている。アラバマ州の実験では、静止重量に対して±10～15%程度の精度であり、ヨーロッパのWIMの運用基準では、重量車両に係る取締等への利活用には適さないことが分かった。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>図1 B-WIM システム</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>図2 橋梁の下部に取り付けられた B-WIM システム</p> </div> </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 通行規制をかけずに運用が可能。また、同システムは、ポータブルで取り外しが容易であること、コストも手頃であることから、今後の商業化、普及拡大が期待されている。 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 今後、試行運用にて課題を抽出予定 	

8. 参考資料	SHRP2 http://ntl.bts.gov/lib/45000/45400/45495/07212_Final_Report.pdf http://www.nctspm.gatech.edu/field-validation-drive-by-bridge
---------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<補足>

研究チームは、ジョージア工科大学（Georgia Institute of Technology : GIT）と協力することで、同システムのワイヤレス化を実現した。GIT は、超音波を利用した非破壊検査技術（Nondestructive Evaluation : NDE）の研究を担当し、WIM システムと非破壊検査を統合したワイヤレスデバイスの研究開発を行った。これは、車両の総重量および軸重を計測するのと併せて、橋梁の保全・安全管理のために、超音波を利用して橋梁内部の損傷、空洞の有無を調べるシステムである。

(25) アラスカ、アンカレッジ港アクセス道路における加速度センサーを使った地震応答による健全度評価

1. 名称	アラスカ、アンカレッジ港アクセス道路における加速度センサーを使った地震応答による健全度評価	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 凍結時の固有振動数 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要		
<p>アラスカ港へのアクセス道路は、アラスカの物流の90%を担う重要施設であるが、アラスカ州の中南部は地震が多く、橋梁の応答特性に関するデータが不足していることが問題であった。また、冬季の基礎地盤の凍結による固有振動数への影響が懸念された。モニタリングの対象橋梁は図1に示す連続鋼鉄桁コンクリート床板橋。モニタリング装置は図2に示すように配置され、データは電話回線によりアラスカ・アンカレッジ大学に送られた。主なモニタリング装置は、一軸、二軸および三軸の加速度計である。2004年11月1日から2005年12月31日にかけて、マグニチュード3.5～5.5の21の地震と列車による振動が観測された(図3)。図4より、凍結深さの増大(グラフ下方向)と固有周波数の減少に明確な関係がみられることがわかる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 明瞭な固有振動が観察され、一次の固有振動の変動は12%であった。 ② 最も支配的要素は基礎地盤の凍結で、これに温度変化が続く。 ③ FEM解析により振動を再現できたが、凍結深さ1.5mmまでの動的特性が結果に対して敏感であった。 ④ 凍結により、ソイルパイル工法(セメントミルクの注入・攪拌と改良杭の二つの対策によって強固な地盤を築造する複合工法)の剛性に大きな影響を与える。 <p>基礎地盤の凍結により、固有周波数で25%の増加、せん断力50%増加、水平変形能力20%減少の結果になった。</p>		
5. イメージ図		
 <p>図1 橋梁の写真</p>		

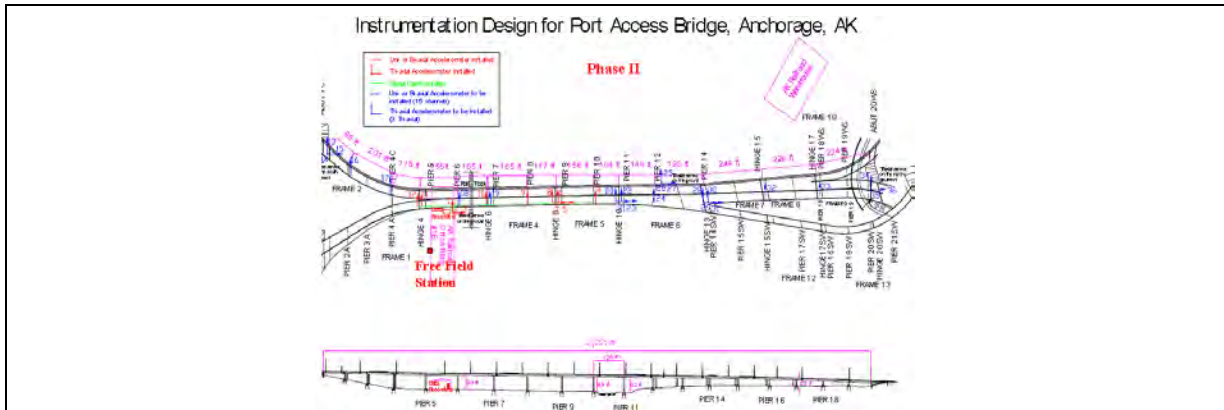


図2 モニタリング装置の配置計画 (Phase II)

- 21 earthquakes ($3.5 < M_L < 5.5$) and more than 400 train-induced vibrations recorded from Nov. 1, 2004 – Dec. 31, 2005

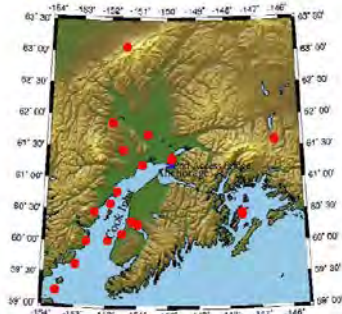


図3 観測された地震

Seasonal Frost Effects on Bridge Dynamic Properties

- Primary reason for the change the seasonally frozen ground.
- Implication to engineering design
 - Design load
 - Failure mode of foundation system

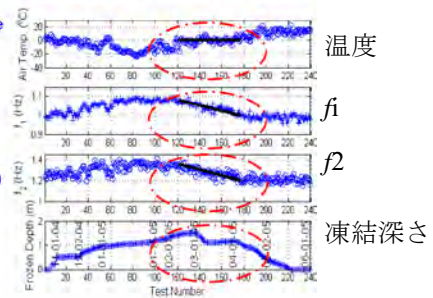


図4 温度、固有周波数（一次と二次）、凍結深さ

6. 運用結果	<p>➤ アラスカのような極寒の地では基礎地盤の凍結により地震に対する応答が大きく変化することがわかり、耐震対策の指針が得られた。</p>
7. 課題	<p>➤ さらに詳しい解析方法と設計方法の確立が必要。</p>
8. 参考資料	<p>SHRP2 http://seismic.alaska.gov/download/ashsc_meetings_minutes/2006_12_05_Yang_MonitoringPortAccessViaductAnc.pdf</p>

(26) MEMS（微小電気機械システム）センサーによる橋梁モニタリングシステム

1. 名称	MEMS（微小電気機械システム）センサーによる橋梁モニタリングシステム	
2. 把握できる内容	➤ 振動（固有振動数）	3. 施設分類
		橋梁
4. 概要		

構造物の振動を利用した健全度評価には、サーボ式加速度センサーが使われことが多いが、このセンサーは極低周波の加速度に対して高い検出感度があり、高分解能で常時微振動計測が可能という特長を持っている。ところが、価格が高いことが普及を阻害する要因の一つとなっている。そこで、より低価格な MEMS（Micro Electro Mechanical Systems）式加速度センサーデバイスを使用したセンサーが必要とされた。モニタリング試験は、カリフォルニア大学アーバイン校のキャンパスにあるトラス橋を使って行われた。加速度計として、圧電式加速度計と MEMS は Silicon Designs 社製（SD-2210）のものと ADXL 社製（202E）のものが使われ比較された。計測結果は、構造振動解析ソフトウェア SAP2000 と比較された。結果は、今回の比較の大きな振動に対しては、MEMS の検出精度、圧電式加速度計や SAP2000 の解析比較とも良好な結果が得られた。SD - 2210 は 202E よりもノイズが少なく、より小さな振動でも計測できると想定されるワイヤレス通信によりリアルタイムでモニタリングができる。

5. イメージ図



図1 試験に使われたトラス橋

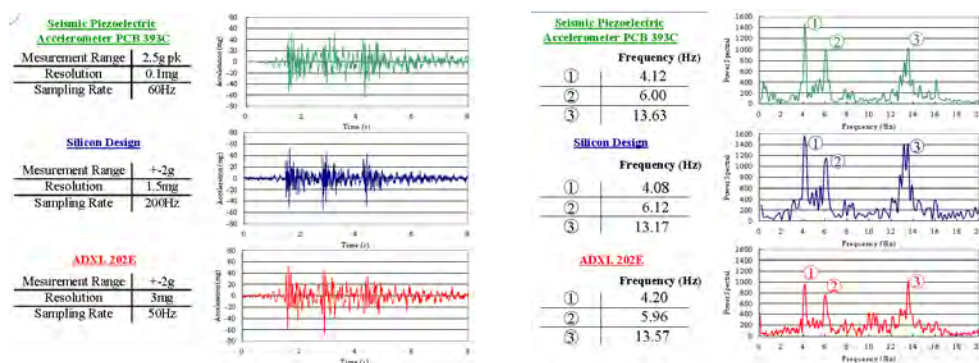


図2 計測結果：左がタイムドメイン、右が周波数ドメイン
上から圧電式、SD-2210、ADXL202Eの加速度センサー

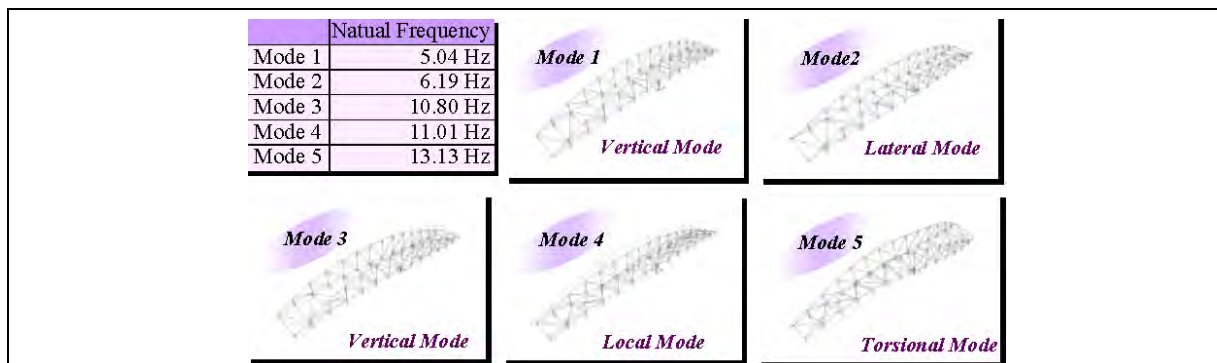


図3 SAP2000の3次元振動解析による固有振動数
 図2の右の周波数ドメインで得られる卓越周波数とほぼ合致している。

6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> 従来が目視や近接して計測する非破壊検査に比べ、遠隔で連続的にリアルタイムのモニタリングが可能になる。
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> 健全度モニタリングとしての活用範囲を広げるには、低周波数の常時微動振動で使える必要がある。
8. 参考資料	SHRP2 http://shinozuka.eng.uci.edu/Temp/UCI_Wireless.pdf

<参考>

・MEMSによる構造物健全度モニタリング (SHM) の現状

振動を利用した SHM は近年、大学などで研究・開発が行われており、新設・既存の構造物にセンサーを設置し、応答波形から構造性能を診断するものである。比較的発生頻度の高い無感地震や常時微振動 (0.1 ~ 0.5 Gal 程度) による応答を活用した構造物 (共振周波数は 0.1 ~ 20 Hz 程度) の性能診断や、大地震 (数百~2,000 Gal) や台風など損傷の発生する可能性のある場合に損傷程度の推定を自動的に行うことができる。また、継続的にデータを蓄積することによって構造物の経年劣化を把握し、メンテナンスの判断に活用することもできる。目視による定期点検や超音波探傷検査などは表面的あるいは部分的な検査であるのに対し、SHM では全体的な構造の状況や不具合箇所を推定できる。図 3-4 に SHM の手順を示す。SHM では構造物に設置したセンサーにより、構造物の加速度 (または速度や変位など) を測定し、データを管理サーバに送信する。送信された加速度データから構造物の振動モードを解析し、算出した構造物の固有振動数などを基に診断し結果を提示する。

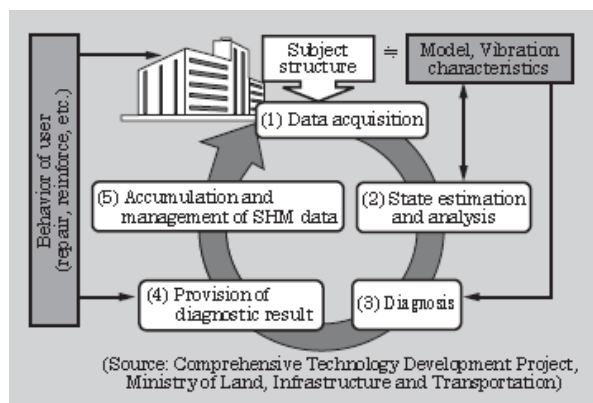


図 3-4 MEMS を利用した SHM の手順

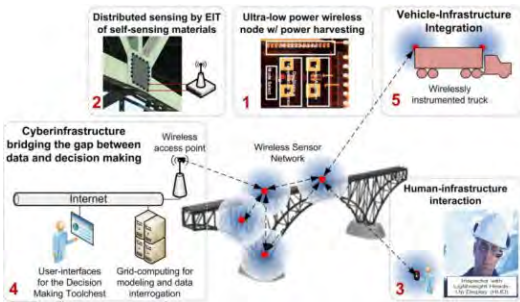
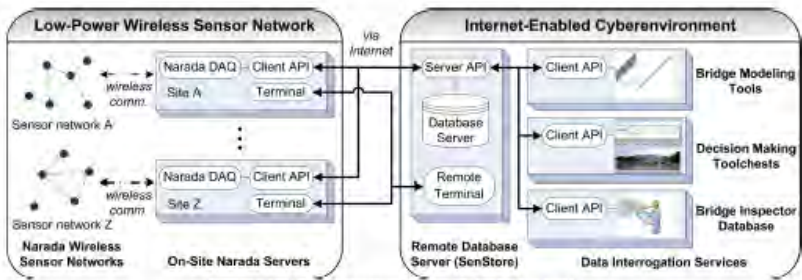
(27) 新 I-35W 橋 (St Anthony Falls Bridge)のヘルスマニタリングシステム

1. 名称	新 I-35W 橋 (St Anthony Falls Bridge)のヘルスマニタリングシステム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 動態把握 (加速度、ひずみ、腐食、湿度、温度等) 	3. 施設分類
		橋梁
4. 概要	<p>2007 年に発生した I-35W 橋の落橋事故の後に架け替えられた新橋は施工中の安全性や供用後の安全性を示す必要があった。2007 年に落橋下 I-35w 橋は鋼トラス橋、架け替え後の橋梁はプレキャストコンクリート桁橋。橋梁性能や経年劣化に関連する多様な指標を計測するための多くのセンサーを設置した</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 振動弦式ひずみ計 ・ 加速度計 ・ コンクリート湿度および腐食センサー ・ ロングゲージ SOFO 光ファイバーセンサー(ひずみ等) ・ リニアポテンシオメータ (直線上の位置検出) ・ サーミスタ (温度計測) <ul style="list-style-type: none"> ・ 施工時からモニタリングを実施 ・ 計測結果のリアルタイム情報や事前に定義した警告レベルに応じてカラーで表示が可能 	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>図 1 センサ類</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>図 2 計測結果リアルタイム情報表示類</p> </div> </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 多様なセンサーの利用による橋梁の挙動把握が可能 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 将来的な劣化予測 	
8. 参考資料	<p>SHRP2</p> <p>http://www.roctest-group.com/sites/default/files/bibliography/pdf/c202.pdf</p> <p>JACIC 情報 97号 p.15-20 (欧州の橋梁モニタリングの現状について)</p>	

(28) ビンセント・トーマス橋の加速度計による振動特性把握

1. 名称	ビンセント・トーマス橋の加速度計による振動特性把握	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 動態把握（振動等） 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>ロサンゼルスにあるビンセントトーマス橋は、1963 年供用の古い吊り橋である。交通網の動脈にあり、地震活動な活発な南カリフォルニア地域の断層帯にまたがる危険な箇所にあることから、地震による構造物への影響を把握することが求められた。1987 年の Whittier 地震や 1994 年の Northridge 地震も観測されておりそれらの構造物への応答特性をベースに各種のモデルが構築されている。1995 年よりデジタルでのモニタリングが可能なシステムが導入されている。26 個の加速度センサーが常設され、長期のヘルスマニタリングに利用されている。テストベットとして複数のプロジェクトに用いられている。橋梁の下を管が通っていることから、水道システムのモニタリングの試験対象構造物としても利用されている</p>	
5. イメージ図	<p>図-9 Vincent Thomas Bridge</p> <p>図 1 対象橋梁</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 長期に渡るデータ蓄積がされており、振動等に対する挙動については観測されている。 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 劣化予測の実現は今後の課題 	
8. 参考資料	<p>SHRP2</p> <p>https://www.jstage.jst.go.jp/article/coj1975/44/5/44_102/_pdf</p> <p>http://www.ece.uci.edu/~chou/sss13.pdf</p>	

(29) インフラ劣化防止のためのコンピューターネットワークによる無線監視システム

1. 名称	インフラ劣化防止のためのコンピューターネットワークによる無線監視システム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 車両位置、通過把握、重量等 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>点検等の運用を効率化して、専門家以外の管理者が点検結果や観測データから状況把握を容易にできる必要があった。スマート材料※を部品に使ったセンサーを利用。</p> <p>※材料自体が外部刺激の検出や劣化診断などのセンサー機能や自己修復機能などを持つ機能性材料</p> <ul style="list-style-type: none"> ・環境発電（振動を利用）や、超省電力のワイヤレスセンサーノードで構成 ・車内のモバイルセンサーで車両の動きを得て、橋梁を通過した際にその情報を取得する仕組みを開発 ・個々の構造物のみならず、地域全体での情報統合を目的としている ・技術者以外の利用者でも、分析結果をもとに意思決定を行うための支援技術ツールを提案した（本システムはTIP 選定プロジェクト ・実験は New Carquines Suspension Bridge にて実施 	
5. イメージ図	 <p>図 1 概要図</p>  <p>図 2 システム概要</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 環境発電等について考慮がなされるなど先端技術が利用されている。 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 開発段階 	
8. 参考資料	<p>SHRP2</p> <p>http://www.scsolutions.com/bridge-health-monitoring-cyber-enabled-wireless-monitoring-systems-protection-deteriorating-national</p> <p>http://structure.stanford.edu/workshop/documents/Keynote%20presentations/IWSHM%202011%20Keynote_Felix%20Wu.pdf</p>	

(30) レーザーを利用した道路路面のプロファイリング計測

1. 名称	レーザーを利用した道路路面のプロファイリング計測	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ クラック・轍・ポットホール 	3. 施設分類 舗装
4. 概要		
<p>米国では、道路管理者が舗装マネジメントシステム（PMS）及びトンネルマネジメントシステム（TMS）の運用に必要な構造物の健全度データを効率的に収集するための技術に注目が集まっている。車両に搭載したレーザー照射装置により路面にレーザー光を真上方向から線状に照射し、これを斜め上方から写真撮影することによって道路路面の三次元形状を把握する（光切断法）ものである。レーザー照射装置と写真撮影装置が対になって、1個のプロファイラ（重量10kg）を構成し、車両にはこのプロファイラを2個搭載し、幅4mの範囲を計測する。精度：幅1mm 深さ0.5mm。</p>		
5. イメージ図		
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p style="text-align: center;">図 Pavemetrics 社製 レーザークラック計測システム</p>		
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ この技術の最大の特徴は、100km/hr までの高速走行で調査できること、取得された3次元データによって、クラックの自動検出など路面管理に必要な数値データが自動的に算出されることである。 ➤ 3次元形状データの他に、インテンシティ（反射強度、すなわち画像データ）も取得できるので、レーンマークの見え方を数値表示することもできる。 ➤ 昼夜測定が可能で、アスファルト、コンクリート舗装に使用できる。トンネル覆工コンクリートのひび割れ調査に使用された実績もある。 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 車両が通行できる範囲に限定される。 ➤ 費用が高額である。価格は、2個のプロファイラと電源ユニット、ソフト込みで5千万円程度以下である。 	
8. 参考資料	<p>SHRP2</p> <p>http://www.scsolutions.com/bridge-health-monitoring-cyber-enabled-wireless-monitoring-systems-protection-deteriorating-national</p> <p>http://structure.stanford.edu/workshop/documents/Keynote%20presentations/IWSHM%202011%20Keynote_Felix%20Wu.pdf</p>	

(参考)

表 3-1 Pavemetrics 社製 レーザークラック計測システムの主な仕様

項目	規格	備考
断面データ取得頻度	5,600 断面/秒	
断面データ取得間隔	5mm	推奨値 (変更可)
横断方向分解能	1mm	
深さ方向分解能	0.5mm	
プロファイラ消費電力	150W @ 120/240 VAC	最大値

(A) 縦断プロファイルおよび反射強度

本システムでは、図 3-5 に示すように、レーザー測定による測点の路面からの深さ（厳密にはレーザーと測点の距離）によるプロファイル、および反射強度（レーンマークの認識）の両方が数値として求まる。

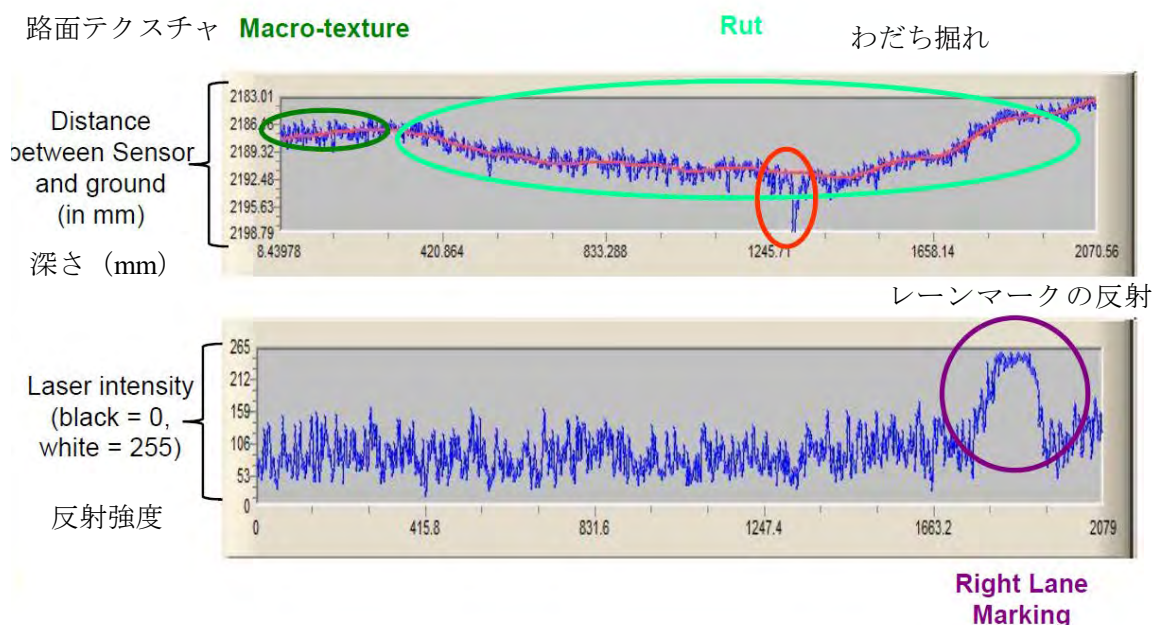


図 3-5 : 深さと反射強度の表示画面

わだち掘れやポットホールは幅、長さ、深さ、体積が数値で求まる。

(B) ひび割れ検出

縦断プロファイルの一部の機能としてひび割れ（幅と深さ）の数値が測定できるし（図 3-6）、それらのある道路延長で集計して表示させることもできる（図 3-7）。

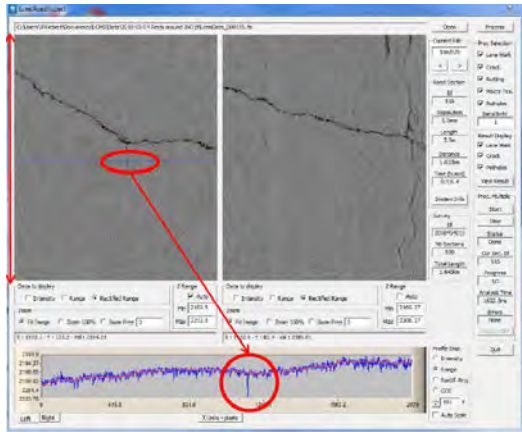
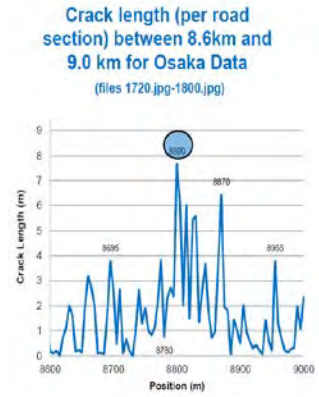
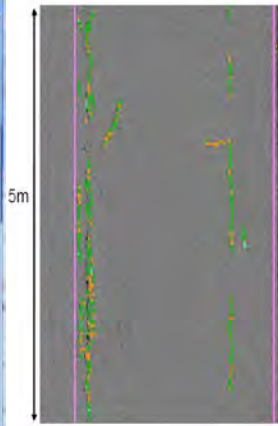


図 3-6 : ひび割れ検出画面



29

図 3-7 : ひび割れ検出画面

(C) レベリングインデックス

レベリングインデックスとは、単位表面あたりの骨材の損失として定義されるが、高性能舗装の劣化度を表す指標としてヨーロッパを中心に使用され始めている。なお、レベリングインデックスは、レーザーによって計測された全空隙から、測定する舗装の標準的な空隙を除いて算出される。

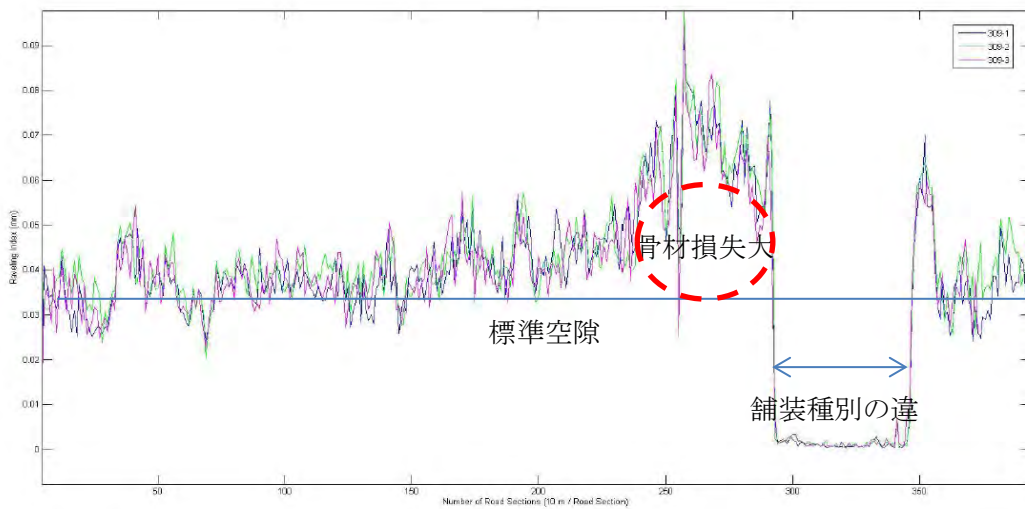


図 3-8 : レベリングインデックスの表示例

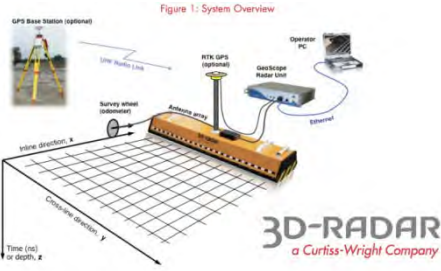
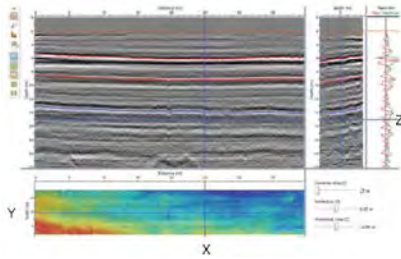
(31) 道路路面性状のモニタリング

1. 名称	道路路面性状のモニタリング	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ クラック・轍・ポットホール 	3. 施設分類 舗装
4. 概要	<p>広大な道路舗装の維持管理を行うための道路の路面性状の把握を効率化が目的 ARANにより、以下のデータが高速走行中に取得可能。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・舗装マネジメント：縦断プロファイルとラフネス、横断プロファイルとわだち、路面のマクロテクスチャ、路面の損傷格付け（クラック、ポットホール等）、各種基準（ASTM D6433（Micro Paver）等）に対応するカスタマイズが可能。各種 PMS（Micro Paver、Deighton、Agile、Assets、CarteGraph 等）へのアップロード対応のカスタムフォーマット。 ・デジタルビデオ記録：シングルまたはマルチカメラにて画像を収集。解像度 1920×1080（HD）ピクセル。 ・走行しながらのマッピング：走行しながらのリアルタイムあるいは走行後の処理が可能で、精度レベルが設定可能。 ・道路幾何構造：縦断勾配、横断勾配／カーブの片勾配、カーブの角度、半径、始点と終点等、道路端の段差 ・道路アセットマネジメント：ビデオ記録画像から抜粋した包括的な沿道資産インベントリー（種類、位置（GPS 情報と線形）、寸法、特性等を含む）。データ出力フォーマットは、後に GIS またはアセットマネジメントのソフトウェアへ投入可能。 	
5. イメージ図	 <p>図 ARAN9000(自動道路分析装置)</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 維持管理作業への効果 <ul style="list-style-type: none"> ・交通規制せずに、走行しながら路面性状のデータが取得可能。 ➤ 道路アセットマネジメントにデータを取りこみ、利用可能。 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 幅員 1.8m 以下の道路や、車両が通行できない歩道などは適用不可。 	
8. 参考資料	SHRP2 ウェブサイト：www.fugro.com	


<補足>

カナダの Fugro Roadware 社が開発した「ARAN : Automatic Road Analyzer, 自動道路分析装置」は、複数のサブシステムを統合し、路面性状データおよびビデオ記録と、道路インフラ管理をするための位置情報を同時に収集する装置である。同社 の有する調査車両は、年間 125,000 マイルを調査しており、また、90 台を超える ARAN により、6 大陸・20 カ国以上で、年間約 50 万マイルのデータを収集している。

(32) 地中レーダー法（GPR）を利用した路面の健全度評価

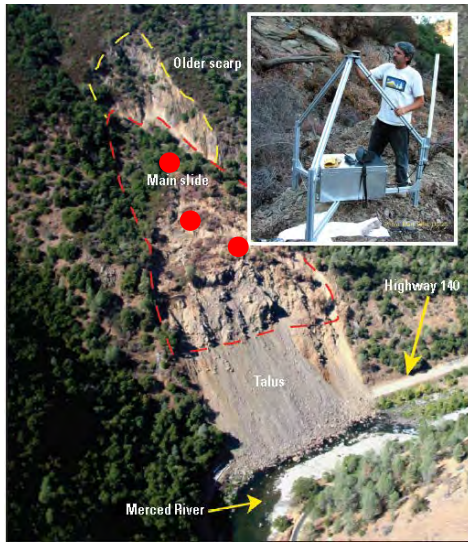
1. 名称	地中レーダー法（GPR）を利用した路面の健全度評価	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 空洞 	3. 施設分類 舗装
4. 概要	<p>アメリカでは、道路のアスファルト舗装の健全度評価を客観的、効率的に実施するため、地中レーダーを利用した技術が実用段階に入っている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ GeoScope Mk IV は、地中レーダー（GPR：Ground Penetrating Radar）を利用した路面の健全度評価技術。 ・ 多素子の超広帯域アンテナを有し、200MHz～3GHz の正弦波周波数を段階的、連続的に極めて高速度で切り替えながらデータを取得し、リアルタイムでフーリエ逆変換をして、時間領域の地中レーダー波形を得る三次元地中レーダー装置 ・ 高速走行しながら最大 41 断面データが得られ、かつ超広帯域特性により高分解能と深い探査深度を両立。 ・ 図[23]-2 は、リアルタイム 3D 測定のモニター記録である。（図[23]-2 左上：Y の断面図、図[23]-2 左下：深度 Z の平面図、図[23]-2 右図：X の断面図） 	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>図 1 概要図</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>図 2 リアルタイム 3D 測定のモニター記録</p> </div> </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 路面下の空洞等の損傷を非破壊で検出可能。路面性状調査の効率化が図られる。 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 今後、得られたデータから舗装の健全度評価に結び付けるための基準作りが必要。 	
8. 参考資料	<p>SHRP2 http://www.3d-radar.com/wp-content/uploads/2011/06/GeoScope-Mk-IV-Brochure.pdf http://www.geo5.co.jp/catalog/3d-radar.pdf</p>	

(33) 自動車搭載型の橋梁・道路の状態観測・評価システム (VOTERS)

1. 名称	自動車搭載型の橋梁・道路の状態観測・評価システム (VOTERS)	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ひび割れ等 	3. 施設分類 舗装
4. 概要		
<p>道路や橋梁床版の地表下の観測を行うための運用・費用負荷を軽減するために、通常の走行速度で、道路の健全度や疲労状況を把握し、どの箇所をいつ修正すべきかについての計画立案を効率的に実施することが必要とされていた</p> <p>VOTERS; Versatile Onboard Traffic Embedded Roaming Sensors</p> <ul style="list-style-type: none"> ・複数の計測機器を車両に搭載して計測するシステム ・地中レーダー：1フィートまでの地表面下の鉄筋腐食等をとらえる ・アコースティック法により、地表、地表直下の疲労状況をタイヤの振動や音波で把握する ・光学カメラ等で表面の劣化損傷の発見や予兆をとらえる ・レーダーにより表層 1~2mm の水分や凍結状況を把握する ・GIS システムと連携して、各種センサーの表示結果と観測位置を連動させる ・テラバイトになるセンサーデータを GIS と連携して管理・分析) 		
5. イメージ図		
 <p style="text-align: center;">図 計測機器構成</p>		
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 移動型の計測機器のため、設置場所や設置環境を選ばない。 ➤ 取得した大量のデータを GIS システムと連携して分析できる。 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ リアルタイムでの分析の実現 	
8. 参考資料	SHRP2 http://structure.stanford.edu/workshop/documents/Keynote%20presentations/IWSHM%202011%20Keynote_Felix%20Wu.pdf	

(34) GPS による地すべりのリアルタイムモニタリング

1. 名称	GPS による地すべりのリアルタイムモニタリング	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 位置 	3. 施設分類 斜面
4. 概要	<p>アメリカの全ての州において地すべりが発生し、毎年1~2千億円の被害、25名以上の人命の損失を招いている。この被害は人口の増加と集中によってさらに加速すると予想される。国家地すべり危険対策プログラム（LHP）は、地盤の崩壊を理解し被害を緩和する措置を計画することによって、長期的に地すべりによる国家的損失を低減することを目的としている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ LHP（国家地すべり危険対策プログラム） <p>アメリカでは、1970年代から、LHPにより地すべり被害の軽減のための活動が継続されており、この一環としてアメリカ測量局（USGS）は地すべり情報をネットで提供している（図[31]-1）。また、USGSはリアルタイムまたは準リアルタイム（測定数分後）の地すべりモニタリングシステムを開発した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ヨセミテ公園ハイウェイの自然法面の崩壊とモニタリング <p>平年を大幅に超える2006年の降雨によって、カリフォルニア州シエラネバダ山脈のヨセミテ公園へのアクセスとなるハイウェイに数千の岩石が落下した。この落下土砂によってハイウェイと河川が埋まり、ハイウェイの再開は92日後の対岸の仮迂回路の完成を待つことになった。最大の懸案事項は、岩盤すべり塊全体が崩落してダムを形成し、河川上流側の湛水とダム崩壊による下流側の崩壊であった。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ USGSのスパイダーによるモニタリング <p>岩盤すべりによる被害を低減するために、USGSは他の関連機関と協力して連続のリアルタイムモニタリングが可能なスパイダーユニットを活動中の岩盤にヘリコプターを使って設置した。スパイダーは、活動中の火山の遠隔モニタリングのために開発されたもので、岩盤の微小な変位を検知できる高精度GPSユニットを搭載している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ その他のモニタリング <p>土石流の溪流深さ測定（図3左）、地表面付近の土壌水分測定（図3右）等が行われている。</p>	
5. イメージ図	 <p style="text-align: center;">図1 アメリカ全土の地すべりマップ</p>	



← スパイダーユニット

赤丸がスパイダー設置場

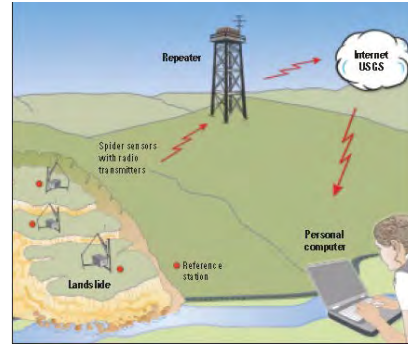


図2 ヨセミテ公園ハイウェイにおける地すべり



図3 その他のモニタリング

6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 道路等に近接する自然斜面のモニタリングを遠隔でリアルタイムに実施できる。
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ GPS センサーが雪に埋もれると計測に支障があるため、基礎・支柱の設置や、受信機のレドーム装着など、積雪対策が必要となる
8. 参考資料	<p>SHRP2 http://pubs.usgs.gov/fs/2012/3008/contents/FS12-3008.pdf</p>

3.16 代表技術の事例集

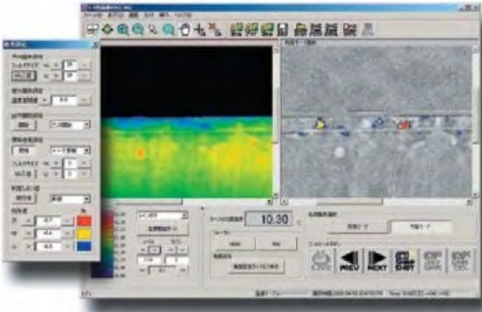
(1) ひび割れ計測システム

1. 名称	ひび割れ計測システム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ひび割れ 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>光波測量器を用いたひび割れ計測システムで、離れた場所からひび割れの幅・形状・3次元位置座標を測定し図化することができる。さらに、構造物の形状や附属物を測定することで、桁下等の平面図・建物等の立面図及びアーチ状構造物の展開図が作成できる。管理者ニーズとしては、従来はひび割れに手が届く範囲まで近づき、クラックスケールを用いて幅を測定していたため、仮設足場や高所作業車を用いなければならず作業が必要であった。そのため地上からの測定技術にニーズがある。評価手段としては、光波測量器を通して目視でひび割れを探し、焦点鏡に組み込んだクラックゲージによりゲージ番号を選択する。機器から測定箇所までの距離と角度を光波測量器を用いて測定する。距離・角度・ゲージ番号の関係から、ひび割れ幅を機器内の計算プログラムで算出する。</p>	
5. イメージ図	 <p>図 計測状況(左) 計測機器(中) 解析ソフトウェア(右)</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 今までは点検員がチョーキングして野帳に記録し、オフィスで電子データを作成していた。撮影したデータは自動で電子データ化可能である。CADへの互換性も有り。 ▶ ひびわれの長さ、位置の情報をスケッチすると、ヒューマンエラーが発生する。画像により正確に記録できる。ひびわれの進行状況を、新旧の画像データと見比べながら調べられる。 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 暗所の点検においては照明車・投光器等を使用してひび割れ箇所を照らさなければならない。 ▶ 本技術はレーザー製品を使用するため、作業エリア内への第三者の立ち入りを防ぐため、交通規制（路肩規制等）を行う必要がある。 ▶ 暗所の点検においては照明車・投光器等を使用してひび割れ箇所を照らさなければならない。 	
8. 参考資料	NETIS 維持管理支援サイト	

(2) コンクリート構造物のひび割れ検出塗装システム

1. 名称	コンクリート構造物のひび割れ検出塗装システム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ひび割れ箇所の検出 	3. 施設分類 橋梁、トンネル
4. 概要	<p>コンクリート構造物の点検において従来は目視点検されていたひび割れ検出を、特殊光源を照射することでひび割れ箇所を発光させ画像撮影を可能とする、点検精度・速度を向上するための検出塗装システムである。予めコンクリート等の基材に特殊な2層の塗装を施しておき、それ以降に発生したひび割れを紫外線の照射により発光検出するもので原理は1層目塗膜は柔軟で蛍光顔料を含有し、2層目塗膜は硬質で紫外線を遮光する顔料を含有しておりコンクリートにひび割れが生じると、1層目塗膜は柔軟なので追従し伸びるが、2層目塗膜は硬質なので、追従できずに亀裂が入る。その亀裂部分から1層目塗料が露呈することで、そこに紫外線が照射されると発光し、ひび割れが検出できるというものである。このデータをデジタル画像で取得し、管理していく。従来術では近接目視によりひび割れを検出している。本技術の点検では、点検に熟練度は不要で、遠方からでも紫外線が照射できればひび割れを検出できる。塗装を行なう際に厚みを2層ともに 200 μmを維持すること。</p>	
5. イメージ図		
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ トンネルの覆工コンクリートのひび割れについては、暗所が続くため点検作業の効率化が図られると考えられる ▶ 暗所や遠望での目視でもひび割れの発見が容易 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ひび割れ検出において、塗料を予め塗る作業があり、スケッチの自動CAD化がなく、直射日光のもとでは発光したひび割れを検知できない。 	
8. 参考資料	新技術情報提供システム NETIS	

(3) 赤外線調査トータルサポートシステム Jシステム

1. 名称	赤外線調査トータルサポートシステム Jシステム										
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ うき、剥離の検出 	3. 施設分類 橋梁、トンネル									
4. 概要	<p>本技術は、離れた場所から、赤外線カメラにより点検対象を撮影し、解析を行なうことで、浮き・剥離を検出する技術で、従来は全面打音点検で対応していた。本技術の活用により、点検箇所での絞り込みが可能となり、高所作業や交通規制が削減でき経済性と安全性が向上した。</p>										
5. イメージ図	 <table border="1" data-bbox="772 745 1329 1070"> <caption>赤外線画像と判定結果の違い</caption> <thead> <tr> <th></th> <th>Jシステムによる撮影例</th> <th>一般的な赤外線カメラによる撮影例</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>赤外線画像</td> <td>表面から空洞までのかぶり 2cm 3cm 4cm</td> <td>表面から空洞までのかぶり 2cm 3cm 4cm</td> </tr> <tr> <td>判定結果</td> <td>表面に近い空洞をより危険と判断して赤、黄の順で自動判定</td> <td>判定画像なし 赤外線カメラ操作者が赤外線画像から主観的に判断して浮き剥離を判定。浮き・剥離の判定は操作者の熟練度に依存。</td> </tr> </tbody> </table> <p>調査支援モニター(左:赤外線画像右:損傷判定画像) Jシステムと一般的な赤外線調査技術の比較</p>			Jシステムによる撮影例	一般的な赤外線カメラによる撮影例	赤外線画像	表面から空洞までのかぶり 2cm 3cm 4cm	表面から空洞までのかぶり 2cm 3cm 4cm	判定結果	表面に近い空洞をより危険と判断して赤、黄の順で自動判定	判定画像なし 赤外線カメラ操作者が赤外線画像から主観的に判断して浮き剥離を判定。浮き・剥離の判定は操作者の熟練度に依存。
	Jシステムによる撮影例	一般的な赤外線カメラによる撮影例									
赤外線画像	表面から空洞までのかぶり 2cm 3cm 4cm	表面から空洞までのかぶり 2cm 3cm 4cm									
判定結果	表面に近い空洞をより危険と判断して赤、黄の順で自動判定	判定画像なし 赤外線カメラ操作者が赤外線画像から主観的に判断して浮き剥離を判定。浮き・剥離の判定は操作者の熟練度に依存。									
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 打音点検面積を削減することにより、橋梁点検全体の経済性が向上 ▶ 足場上などの危険を伴う高所作業を減少させ、作業の安全性が向上 ▶ JR 交差点など、規制が困難な箇所の損傷状況を遠望から把握することが可能 										
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 雨天、湿潤状態では適用できない。調査対象に対する対象面角度の最小角度が 30° 以上確保できること、撮影箇所から調査対象部位の視通が確保できること、など現場の制約条件がある。(点検範囲の制約)(データのばらつき) 										
8. 参考資料	新技術情報提供システム NETIS										

(4) クラックパトロール

1. 名称	クラックパトロールシステム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 鋼道路橋、鋼鉄道橋、鋼製の照明柱や標識柱等の鋼構造物の部位の疲労き裂について、その進展の監視 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>クラックパトロールシステムは、鋼構造物の疲労き裂を検知する技術。疲労き裂の進展を監視したい箇所または疲労き裂が予想される箇所に破断検知線と無線 IC タグを設置して、遠方(地上、路面など安全な場所)で無線を受信して疲労き裂を監視できる。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="256 757 740 1126"> <p>クラックパトロールのシステム設置例</p> </div> <div data-bbox="762 757 1321 1126"> <p>破断検知線の概念図、写真、施工例</p> </div> </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 遠方目視で監視できるため安全性が向上 ➤ 一度設置すれば、5年間(電池寿命の計算値)の間いつでも監視できる 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 部位ごとに個別に監視するので、監視対象以外の箇所から発生したき裂は検出できない ➤ 設置地点の外部ノイズの影響や周辺の悪条件下では適用できない ➤ 調査の頻度が多くなるとシステムを設置する経済効果は高くなる 	
8. 参考資料	新技術情報提供システム NETIS	

(5) G-Cube・橋梁床版内部診断技術

1. 名称	G-Cube・橋梁床版内部診断技術	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 橋梁の床版内部の様々な劣化損傷や状況の検知・診断 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要		
<p>高解像度・3次元の地中レーダー技術の実用化がもたらした、床版内部の様々な損傷や状況を非破壊で検知・診断する技術。従来複数技術の組合せで実施してきた内容が、舗装路面からの一度の調査で完結します。診断内容の多さに加え、広範囲・短期間・高い判定精度等が特長である。</p>		
5. イメージ図		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  <p style="text-align: center;">G-Cube・橋梁床版内部診断技術イメージ図</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p style="text-align: center;">・G-Cube 橋梁床版 診断例・</p> <p style="text-align: center;">独自のデータ取得、処理、解析技術により実用化した技術</p> <p>三次元解析：任意の断面（平面・縦断・横断）で内部を詳細に解析</p>  <p style="text-align: center;">G-Cube・橋梁床版内部診断技術 3次元解析の説明</p> </div> </div>		
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 舗装切削は不要で、舗装路面から基点管理した高解像度・3次元データが取得可能 ➤ 経年変化の評価(同位置の比較解析)が可能 ➤ 広い範囲から詳細な損傷を3次元で詳細に検知 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 腐食起因以外の表面的なうき・剥離は検知対象外 ➤ 自然条件、現地条件の制約の他、過去に上面増厚等の補強工法を用いた箇所ではレーダが透過しないため適用不可 	
8. 参考資料	新技術情報提供システム NETIS	


(6) ソナーによる橋梁下部工洗掘調査

1. 名称	ソナーによる橋梁下部工洗掘調査	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 水中にある橋脚等の洗掘の有無やその状況 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要		
<p>水中にある橋脚等橋梁下部工の洗掘等の状況を、深淺測量や潜水調査を行わずに橋梁上から超音波を利用したカラーイメージングソナーにより調査するものである。</p>		
5. イメージ図		
<div style="text-align: center;">  <p style="text-align: center;">調査方法</p> </div>		
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 船舶を準備して水面から計測することや、潜水土により水中で調査することなく、橋梁上から安全に計測可能 ➢ 河床や橋脚基部の形状をその場で、リアルタイムでディスプレイ上に表示可能 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 調査箇所における水深が 1m 以上必要 ➢ 橋梁の高欄にソナーを支えるロッドを取り付けるため、水面までの高低差や高覧幅等の現場条件の制限がある。歩道がない場合は、簡易な交通規制が必要となる。 	
8. 参考資料	新技術情報提供システム NETIS	

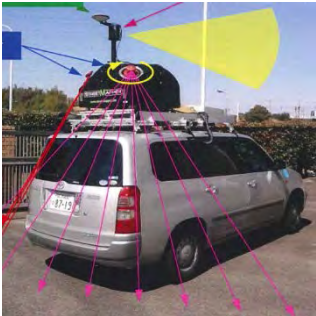

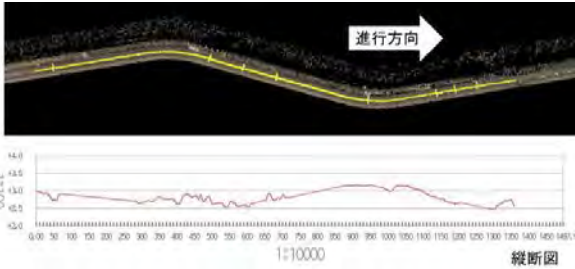
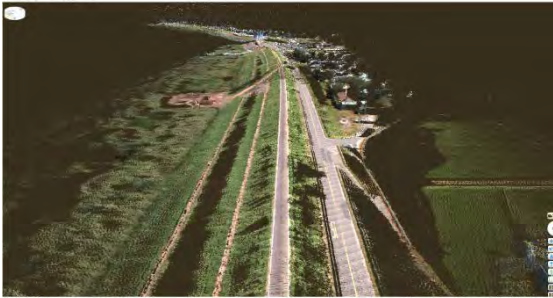
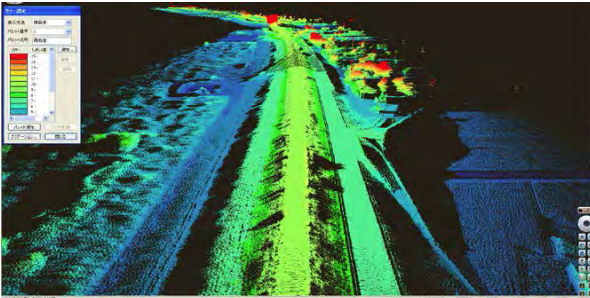
(7) スケルカー

1. 名称	スケルカー	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> 変状・空洞 	<p>3. 施設分類</p> <p>舗装、港湾施設、橋梁</p>
4. 概要	<p>道路等の表面下の空洞を高解像度地中レーダを搭載した探査車(SKELE-CAR)で調査する技術である。7CH アンテナ探査車による一次調査+ハンディ型地中レーダによるメッシュ調査で対応していた路面下空洞調査は3工程に分類でき、本技術は従来技術の一次調査、メッシュ調査に相当する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 一次調査:広範囲を探査車により計測し、異常信号箇所を抽出する。 メッシュ調査:一次調査で抽出した異常信号箇所について、ハンディ型地中レーダで空洞の可能性の判定とその広がり、概略発生深度を調査。 	
5. イメージ図	<p>従来手法</p> <p>業務計画 → 一次調査 → 解析 → 二次調査準備 → 二次調査 → 調書作成 → とりまとめ → 空洞箇所の補修</p> <p>総点検に最適なスケルカ手法</p> <p>業務計画 → スケルカ調査・解析 → 陥没の危険度評価 → 危険箇所の即時補修</p> <p>調査から危険箇所補修までの期間を劇的に短縮！</p> <p>交通規制の必要な二次調査を省略</p> <p>調査・補修結果をカルテ化</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> 交通規制不要 探査車による取得データで空洞の判定までできるので、作業の効率化が図られる 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> 探査車(車幅 2.2m)が走行可能な場所に限られる。 空洞厚を調べる調査には適用出来ない。 	
8. 参考資料	NETIS 維持管理支援サイト	

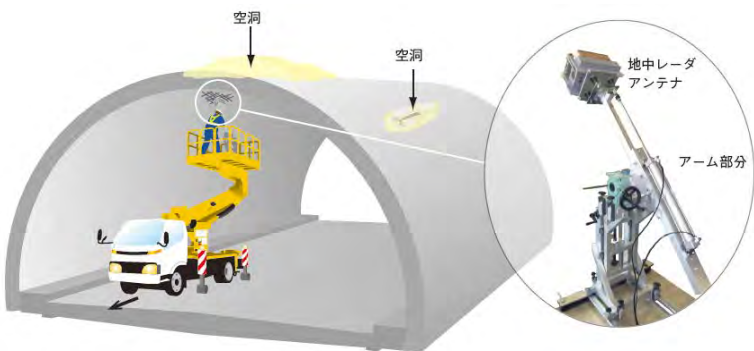
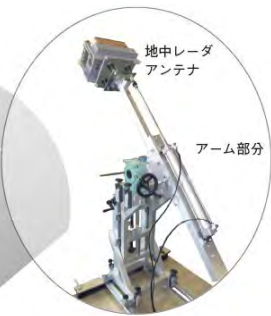
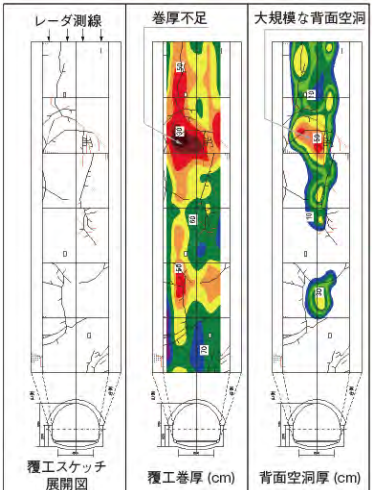
(8) 道路性状の簡易評価システム (DRIMS)

1. 名称	道路性状の簡易評価システム DRIMS :Dynamic Response Intelligent Monitoring Systems	
2. 把握できる内容	➤ IRI を指標とした路面性状の評価	3. 施設分類 舗装
4. 概要	<p>従来の路面の点検・診断は、定性的評価にとどまり、高額なコストを要していたが、DRIMS は、安価で定量的かつ高精度に路面状態を診断・評価可能なモニタリングシステムである。</p> <p>DRIMS は加速度計、GPS 受信機、小型 PC を搭載した一般車両が定速走行する際の動的応答を、その代表値である鉛直加速度によって把握し、路面のラフネスを International Roughness Index (IRI、国際ラフネス指数) を指標として評価するものであり、主な特色は次の通りである。</p> <p>1) 小型で安価 バネ上加速度のみを利用して IRI を推定するため、計測の仕組みが簡便で、小型で安価。車両内にセンサを設置するのみであるため、車両改造が不要で、配線も簡易である。バネ上角速度計測を利用するスマートフォン版は、スマートフォンを車内に固定するのみである。</p> <p>2) 使用車両、走行速度の違いを補正して IRI を推定可能 小型ハンプを乗り越えるときの応答を利用して車両のバネ特性を推定、補正する。専用車両が不要であり、タイヤやサスペンションの交換、さらには車両交換時にも、キャリブレーションをすれば IRI 推定ができるため、任意の車両・走行速度で計測が可能である。</p>	
5. イメージ図	 <p>スマートフォンの DRIMS</p> <p>DRIMS の概要</p> <ul style="list-style-type: none"> 鉛直加速度 IRI (国際ラフネス指標) <ul style="list-style-type: none"> 世界銀行が1986年に提案 乗り心地を示す評価指標 品質評価のために道路事業で採用 測定値はアセットマネジメントや予算計画に活用可能 <p>車両キャリブレーションの様子</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 路面状態の迅速な評価による、舗装点検に要する時間・コストの削減 ➤ 機器の導入により、人的評価のばらつきが補正され、結果の恣意性を排除 ➤ 定量的評価により、予算確保に係る客観性が担保され、意思決定者や財務省への説明性が向上 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 車両が通行できない歩道などは適用不可。また測定時間は昼間に限定 	
8. 参考資料	道路性状の簡易評価システム Dynamic Response Intelligent Monitoring System (DRIMS) (http://vims.sakura.ne.jp/)	

(9) モバイルマッピング・システム

1. 名称	MMS (モバイルマッピングシステム)	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 変状 	3. 施設分類 河川堤防
4. 概要	<p>レーザスキャナ、GNSS/IMU、デジタルカメラなどのセンサを車両に搭載し、走行しながら周辺の地形・地物・形状・画像などの3次元情報を取得するシステムである。管理者ニーズとしては、管理業務が多様化する中で、信頼性を確保しながら延長の長い堤防や広大な河川空間を持続的に管理するためには、ICTを活用した現場における管理実務の合理化・高度化の取組みをより一層推進する必要がある。評価手段としては、計測車両で河川管理道路を走行しながら、各種カメラによって堤防の現状を撮影し、変状を確認する。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%;">  <p>計測車両</p> </div> <div style="width: 50%;">  <p>センサ部詳細</p> </div> <div style="width: 100%;">  <p>平面図から任意縦断面図を表示</p> </div> <div style="width: 50%;">  <p>鳥瞰図(色付点群表示)</p> </div> <div style="width: 50%;">  <p>鳥瞰図(標高段彩表示)</p> </div> </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 実証実験において、目視点検では430箇所の変状確認だったが、MMSでは11,400箇所を確認 ▶ 準拠する基準類「河川維持管理データベースガイドライン (ver.2) (H24.12)」 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 費用が高額である。(高額な費用) ▶ 探査車(車幅2.2m)が走行可能な場所に限られる。(点検範囲の制約) 	
8. 参考資料	JACIC 情報、日経アーキテクチュア、中部地整	

(10) 高速走行型非接触レーダーによるトンネル覆工の内部欠陥点検技術と統合型診断システム

1. 名称	高速走行型非接触レーダーによるトンネル覆工の内部欠陥点検技術と統合型診断システム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 覆工コンクリート内部空壁 ➤ 覆工コンクリート厚さの計測 	3. 施設分類 トンネル
4. 概要	<p>道路トンネル点検車の荷台に最大2基のブーム（棒状の構造物を有する作業機）を搭載し、2測線の同時測定ができるシステム。時速 0.5～2.0km の速度で走行しながら測定を行う。3.5～11.0m のトンネル高に対応し、覆工厚や空洞厚を検出する。管理者ニーズとしては、山岳工法によるトンネルでは、覆工巻き厚が不足したり、背面に大規模な空洞が残存している場合、トンネルの安定性に重大な支障が生じる可能性がある。特に地震動などが作用すると、急激にトンネルが変形し、覆工の一部や地山が崩落する危険性がある。評価手段としては、検出した覆工巻厚や背面空洞厚を視覚化し、色分け表示で危険箇所を識別する。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>計測システム</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>地中レーダ解析例</p>  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 80～100cm の覆工厚に対応【開発状況】 ➤ 軌陸車を使用することで鉄道トンネルに、アンテナ部分を取り外して水路トンネルにも適用可能【最終目標】 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 適用可能な最小の鋼製支保工感覚は 75～90cm 以上 	
8. 参考資料	応用地質株式会社 Web（企業サイト）	

(11) コンクリートビュー

1. 名称	コンクリートビュー	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ コンクリート表面の塩化物イオンの検知 	3. 施設分類 橋梁、トンネル
4. 概要	本技術は、コンクリート表面の塩化物イオンを近赤外線分光法で検査するシステムで、従来は、切削した粉体試料を電位差滴定法で検査する方法で対応していた。	
5. イメージ図	<p>従来技術</p> <p>コンクリートビュー</p> <p>塩化物イオン濃度</p> <p>中性化度</p> <p>橋梁床版下面の出力例</p> <p>コンクリートビュー概要</p> <p>測定状況</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 近赤外線分光法に変えたことにより、非破壊で分析可能となり、分析費用が削減される ▶ コア抜きやドリル削孔が適用できない場合にも適用可能 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 水セメント比が 40%未満、または 60%を超える構造物には適用不可 ▶ コンクリート面に樹脂系の塗装が施されている場合は適用不可 ▶ 塩化物イオン濃度が 20kg/m³ を超える含有量の場合は適用不可 	
8. 参考資料	新技術情報提供システム NETIS	

(12) 土木（建築）構造物一般図作成システム

1. 名称	土木(建築)構造物一般図作成システム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 橋梁・トンネル等の道路構造物や河川構造物を3次元での現況計測を行い、そのデータをもとに三次元CADデータで一般図を作成 	3. 施設分類 橋梁、トンネル
4. 概要		
<p>本技術は非接触型計測器の3Dレーザースキャナを活用して土木構築物の現況計測を行い、一般図まで作成するシステムである。</p>		
5. イメージ図		
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>3Dレーザースキャナ標準構成</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>ランガー橋の計測例</p>  <p>概略施工手順</p> </div> </div> <p style="text-align: right; margin-right: 50px;"> 【現場計測】 【3D計測データ】 【3Dモデリング】 【図面作成】 ランガー橋の成果例(一般図) </p>		
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 足場が必要ないため、準備の段階での作業時間・費用が削減 ➤ 安全な位置からの計測が可能となるため、計測時の安全性が確保される ➤ 取得した点群データをいつでも解析できるため、断面が追加になった場合でも再計測せずに断面図を作成することができる 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 雨天時、降雪時、積雪部の計測不可 ➤ 設置スペース: 1m×1mの広さが必要で現場制約条件がある ➤ レーザーの反射により計測を行うので、水中の対象物の計測は不可 	
8. 参考資料	新技術情報提供システム NETIS	


(13) HIVIDAS (コンクリートひび割れ診断)

1. 名称	HIVIDAS (コンクリートひび割れ診断)																			
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ひび割れ、うき、剥離、剥落等の損傷 	3. 施設分類 トンネル																		
4. 概要	<p>高感度赤外線サーモグラフィによる「熱画像」と高解像度デジタルカメラによる「可視画像」を同時撮影し、画像処理することにより「ひび割れ」や「浮き・剥離」等を抽出する非接触型調査診断技術である。背景・目的としては、従来の調査方法（目視・打音調査）では、調査職員のスキルによって診断結果にばらつきが生じていた。また、対象となる構造物の大きさによっては、足場の組み立て・解体などの非効率的な作業が必要である。そこで、コンクリート構造物の劣化状況把握の効率化のため、画像診断技術を導入した。分析評価手段としては、赤外線画像と可視画像を同じ画角で同時撮影し、画像を重ねた上で、画像解析を行って変状を抽出する。</p>																			
5. イメージ図	<table border="1" style="margin-top: 10px;"> <tr> <td></td> <td>ひび割れ ~0.2mm</td> <td></td> <td>ひび割れ 1.0~3.0mm</td> <td></td> <td>剥落</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ひび割れ 0.2~0.5mm</td> <td></td> <td>ひび割れ 3.0mm~</td> <td></td> <td>漏水</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ひび割れ 0.5~1.0mm</td> <td></td> <td>ひび割れ 手書き</td> <td></td> <td>うき</td> </tr> </table>			ひび割れ ~0.2mm		ひび割れ 1.0~3.0mm		剥落		ひび割れ 0.2~0.5mm		ひび割れ 3.0mm~		漏水		ひび割れ 0.5~1.0mm		ひび割れ 手書き		うき
	ひび割れ ~0.2mm		ひび割れ 1.0~3.0mm		剥落															
	ひび割れ 0.2~0.5mm		ひび割れ 3.0mm~		漏水															
	ひび割れ 0.5~1.0mm		ひび割れ 手書き		うき															
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 熱画像から、浮き、剥離、表層部の内部空洞、漏水等の把握が可能 ▶ 可視画像から、ひび割れ、鉄筋露出、遊離石灰等の変状の把握が可能 																			
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 現在、撮影時は静止する必要がある、高速走行撮影方法への対応が課題である ▶ 降雪、降雨、濃霧の際や、気温3℃未満の寒冷時には撮影ができない 																			
8. 参考資料	清水建設、NETIS 公式サイト																			


(14) 橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム

1. 名称	橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ひびわれ、損傷 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>コンクリート橋の支承部・桁端部等、人が容易に近づけず近接目視が困難な部位を対象に、損傷状況の経年変化データを取得する定期監視型モニタリングシステム。</p> <p>橋梁点検ロボットカメラ、デジタルカメラ、レーザースキャナを用いてモニタリングを行い、GPS 機器に接続することによって従来の定期監視型モニタリングでは困難であった機器設置箇所の連続性を確保することができ、前回と同じ位置に設置可能である。また、Web システムとの連携により、現場でデータの出し入れが可能であり、橋面または地上面から実施できるため、点検専用車両などを利用した点検作業に比べ、点検時間と費用の低減が見込める。必要機材の価格は 300 万～1000 万程度を予定。</p>	
5. イメージ図	<p>The diagram illustrates the monitoring system. It includes a suspended camera (懸垂型) and a high-altitude camera (高所型). A tablet (操作端末) is used for wireless communication (無線通信) with the cameras. A photograph shows the high-altitude camera being used to monitor the bridge's end (桁端部). Below, a flowchart shows the integration with a web system: data is added (追加) to a database (調査結果の帳票), and then uploaded (点検データを追加 アップロード) to the cloud (【Webシステム】モニタリング調査データ). Conversely, historical data is downloaded (過去データをダウンロード) from the cloud.</p>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 光学 30 倍ズームにより、距離が離れていても小さな損傷まで視認可能【開発状況】 ▶ 橋梁点検ロボットカメラの解像度向上 150%を実現【最終目標】 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 人力による作業スペースが確保でき撮影操作に支障のない作業環境でのみ使用 ▶ 導入コストが高額 	
8. 参考資料	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) インフラ維持管理・更新・マネジメント技術 プロジェクト紹介ー開発技術の概要ー ▶ 開発者アンケート 	

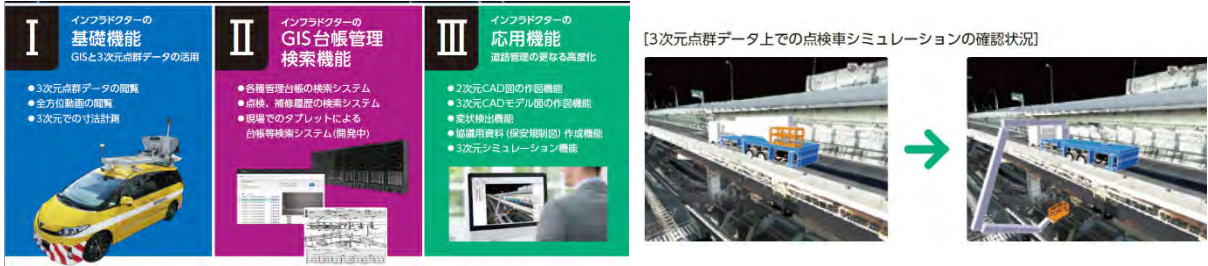
(15) 構造物点検用カメラ「DS カメラ」システム

1. 名称	構造物点検用カメラ「DS カメラ」システム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 橋梁及びトンネルのコンクリート構造物・鋼構造物等の近接目視による外観変状 	3. 施設分類 橋梁、トンネル
4. 概要		
<p>橋梁やトンネル等の土木構造物及び道路付属施設の劣化損傷の点検調査において、従来は高所作業車、橋梁点検車等を使用していたが本技術は使用機材が小規模で人力で操作している。</p>		
5. イメージ図		
<div style="text-align: center;">  <p>The image block contains three main visual elements: <ul style="list-style-type: none"> A large photograph of a worker in a safety harness on a steel bridge structure, with a camera rig suspended from above. A smaller photograph of a worker in a confined space, holding a sign that reads '4/21(土)16-17 鈴鹿南側トンネル DSカメラ撮影 下面から'. A technical diagram of the camera rig, showing a 'カメラ' (camera) at the bottom, a '連結棒' (connecting rod), and a 'ゲルバーセンサー部' (gel bar sensor part) at the top. A vertical scale bar indicates a distance of '10cm'. </p> <p style="text-align: center;">暗所及び狭隘部の調査</p> </div>		
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 使用機材が小規模で人力操作で交通規制等を必要とせず安全 ➤ 暗所や狭隘部の調査が可能で、点検範囲が拡大 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 気象条件が悪い場合は適用できない場合がある ➤ 人力による作業スペースが確保でき撮影操作に支障のない作業環境でのみ使用。(支障例:遮音壁、フェンス等) 	
8. 参考資料	新技術情報提供システム NETIS	

(16) デジタル画像による構造物の点検・分析支援システム

1. 名称	デジタル画像による構造物の点検・分析支援システム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ひび割れ 	3. 施設分類 トンネル
4. 概要	<p>デジタルカメラ・赤外線カメラ等で撮影した画像とスキャナー等で読込んだ図面データを利用し、高度な画像処理技術で撮影画像の正射影画像への変換と解析技術で構造物のひびわれ幅(0.1mm以上適用範囲)・長さ、劣化面積等を計測及び図面化し、構造物の点検や劣化分析を支援するシステムである。管理者ニーズとしては、従来の点検では目視での診断図、数量表の作成等を行っており、点検の正確さや記録の保存性、点検記録の定点比較において欠点があった。また熟練作業員への依存や、判断の属人性などの問題があった。評価手段としては、現場ではカメラで測定箇所を撮影するのみの作業で、事務所等に持ち帰ってからデータを専用の解析ソフトにかけて計測を行う。</p>	
5. イメージ図		
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 一般的なデジタルカメラとPCで計測作業を行うことが可能 ▶ 担当者が変わっても、解析・数量を同レベルの精度で維持可能 ▶ 自動で長さ・面積などの数量を測定可能 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 解析ソフトが高額である。 ▶ ひび割れ幅0.1mmの検知には、高解像度の撮影が必要となる。カメラの画角は十数センチメートルと非常に狭い間隔での撮影を必要とする。 	
8. 参考資料	NETIS 維持管理支援サイト	



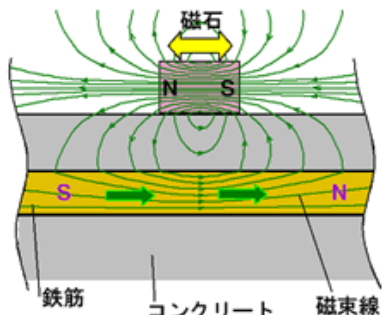
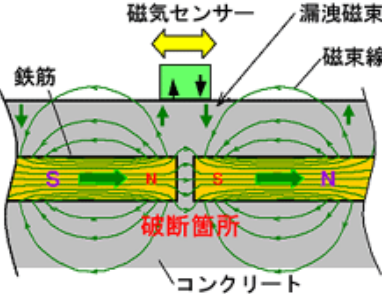
(17) インフラドクター

1. 名称	東京ゲートブリッジのモニタリング技術	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 3次元点群データの閲覧・寸法計測 ➢ 3次元データ活用による安全管理 ➢ 3次元シミュレーション ➢ 道路管理台帳、点検補修履歴の検索システム 	<p>3. 施設分類</p> <p>橋梁</p>
4. 概要		
<p>インフラドクターは、GIS（地理情報システム）と3次元点群データを活用した道路・構造物の維持管理を支援するシステムである。これにより、インフラの維持管理における点検、補修、設計業務の省力化、高度化、効率化を図ることが可能である。以下、主な機能である</p> <p>I：レーザースキャナにより取得する3次元点群データと同時に取得する映像等をクラウド上で一元管理できる。</p> <p>II：インフラ管理者のニーズに合わせて、管理・点検結果台帳等の検索システムをカスタマイズ可能である。</p> <p>III：インフラドクターによる図面作成、舗装や壁面の変状検出、保安規制図作成、3Dシミュレーションなどの各種拡張機能を用いて、GISと3次元点群データの更なる活用を行うことにより維持管理業務を高度化できる。</p>		
5. イメージ図		
 <p style="text-align: center;">図 インフラドクターの3つの機能および3次元点群データの活用事例</p>		
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➢ クラウド上に3次元点群、動画及び台帳等の利用者（管理者、点検車）が保有するデータを収納し、これらを閲覧・解析することが出来る。膨大なデータを管理するため、管理者がサーバーを保有・管理する手間が省けるとともに、データ資産を安価かつ便利に有効活用できる ➢ インフラドクターの動的シミュレーション機能を用い、橋梁点検車などの3Dモデルを3次元点群データ上に搭載して実際の点検作業を事前に確認できる。 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 3次元点群データのデータベースをクラウド上で管理するサービスであるが、システムを確立するためのハードを購入する費用が相当額必要である。（本システムは、サービスを提供しており、ハードを販売していないため、販売価格は不明） 	
8. 参考資料	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 企業 HP 	

(18) 橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替する飛行ロボットシステム

1. 名称	橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替する飛行ロボットシステム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ コンクリート橋のひび、鋼橋の腐食など 	<p>3. 施設分類</p> <p>橋梁</p>
4. 概要		
<p>ぶつかっても落ちない点検用球殻ドローンによる橋梁の全面的近接撮影を行い、近接画像をつなぎ合わせた展開画像を利用して点検員による点検調書作成を支援することが可能。従来の点検方法に比べて、少ない交通規制で橋梁の点検ができること、橋梁の損傷部と健全部の両方の記録を残せること、点検調書作成にかかる労力を軽減化できる。本橋梁点検システムは、球殻ヘリ、近接撮影用カメラシステム、点検調書作成支援ソフトの3つの要素から構成される。そのトータルの価格は300万～1000万円程度。</p>		
5. イメージ図		
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>1. 打音検査や難アクセス箇所の近接目視を代替するマルチコプタ</p> <p>2. 通信中継マルチコプタ</p> <p>3. 損傷位置検出による調書作成支援</p> <p>4. 専門家主導による実用性能の実証</p> <p>研究開発結果の最終イメージ</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Spherical Shell</p> <p>Gimbal Mechanism</p> <p>UAV (Rotor-type) with Visual System</p> <p>3DOF ■ Pitch ■ Roll ■ Yaw</p> <p>受動回転球殻ドローンの仕組み</p> </div> </div>		
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 従来必要だった足場や交通規制が原則不要【開発状況】 ➤ 高解像度カメラで0.2mm幅の損傷を撮影可能【開発状況】 ➤ 打音で損傷を確認【最終目標】 ➤ 損傷の種類と位置を半自動で書き込み 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ GNSS機能によるホバリング機能が無く、ある一定の操縦技術が必要 	
8. 参考資料	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) インフラ維持管理・更新・マネジメント技術 プロジェクト紹介ー開発技術の概要ー ➤ 開発者アンケート 	

(19) 鉄筋コンクリート構造物における内部鋼材の非破壊調査技術

1. 名称	鉄筋コンクリート構造物における内部鋼材の非破壊調査技術	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 鉄筋の破断 	<p>3. 施設分類</p> <p>橋梁</p>
4. 概要	<p>あらかじめ鉄筋探査等により、鉄筋の位置およびかぶりを把握しておく。磁石ユニットの取手を両手で握り、診断したい鉄筋上のコンクリート表面を、鉄筋の長手方向に所定の長さを走行させ、鉄筋を着磁。磁気計測ユニットを用い、着磁した鉄筋上のコンクリート表面を走行させる。破断箇所では、磁束の乱れがあるので、それを磁気センサーで検出して破断の有無を診断できる。診断結果から、健全で無い箇所を検出し、劣化進行の早期対策に役立つ。管理者ニーズとしては、コンクリート構造物内の鋼材の健全性は、斫により目視確認を実施していた。そのため、非破壊で検査する技術の開発が望まれていた。評価手段としては、測定したデータは無線によりパソコン画面に磁束密度分布波形として表示される。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>計測ユニット</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>計測状況</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  <p>正常な鉄筋</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>破断している鉄筋</p> </div> </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 計測ユニットは乾電池で動作するため、電源敷設の難しい箇所での診断も可能 ➤ ポステン桁におけるシース内のPC鋼材の健全性調査にも適用 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 一度の計測範囲が狭く、近接できる範囲に限られる。 	
8. 参考資料	NETIS 維持管理支援サイト	

(20) 補修・補強を行ったコンクリート橋の長期モニタリング

1. 名称	補修・補強を行ったコンクリート橋の長期モニタリング																																													
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ひび割れ、歪み、たわみ等 	3. 施設分類 橋梁																																												
4. 概要	<p>平成 19 年から 10 年間モニタリングを行う。上部工に設置した計測機器により連続計測を行い、事前に設定した閾値を超過した場合は、自動警報システムにより道路管理者および関係者に連絡を行う。背景・目的としては、垂井高架橋（橋長 297m の 7 径間連続 PRC 箱桁ラーメン橋）について、補修・補強工事（ひび割れ注入工法、上面増厚工法、外ケーブル工法等）の効果持続性を監視するため、モニタリングを行った。分析評価手段としては、供用開始後の常時監視は、変状、変位、損傷の発生の検知を目的として、垂井高架橋上部工に設置した計測機器により 1 時間毎の連続計測を行い、データを送受信するシステムを用いる。</p>																																													
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> </div> <table border="1" style="width: 100%; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">測定機器/ 測定項目</th> <th colspan="4">管理基準値</th> </tr> <tr> <th>下限値</th> <th>下限注警値</th> <th>上限注警値</th> <th>上限値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>光ファイバー (ウェブの歪み)</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>0.10mm</td> <td>0.20mm</td> </tr> <tr> <td>支承変位計 A1</td> <td>-</td> <td>~30mm</td> <td>55mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>支承変位計 A1</td> <td>-</td> <td>~45mm</td> <td>30mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>支承変位計 A1</td> <td>-</td> <td>~30mm</td> <td>50mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>亀裂変位計(インチ 部水平のひび割れ)</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>0.10mm</td> <td>0.20mm</td> </tr> <tr> <td>光ファイバー (上下床版の歪み)</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>0.10mm</td> <td>0.20mm</td> </tr> <tr> <td>ロードセル</td> <td>0</td> <td>660kN</td> <td>1163kN</td> <td>1628kN</td> </tr> </tbody> </table>		測定機器/ 測定項目	管理基準値				下限値	下限注警値	上限注警値	上限値	光ファイバー (ウェブの歪み)	-	-	0.10mm	0.20mm	支承変位計 A1	-	~30mm	55mm		支承変位計 A1	-	~45mm	30mm		支承変位計 A1	-	~30mm	50mm		亀裂変位計(インチ 部水平のひび割れ)	-	-	0.10mm	0.20mm	光ファイバー (上下床版の歪み)	-	-	0.10mm	0.20mm	ロードセル	0	660kN	1163kN	1628kN
測定機器/ 測定項目	管理基準値																																													
	下限値	下限注警値	上限注警値	上限値																																										
光ファイバー (ウェブの歪み)	-	-	0.10mm	0.20mm																																										
支承変位計 A1	-	~30mm	55mm																																											
支承変位計 A1	-	~45mm	30mm																																											
支承変位計 A1	-	~30mm	50mm																																											
亀裂変位計(インチ 部水平のひび割れ)	-	-	0.10mm	0.20mm																																										
光ファイバー (上下床版の歪み)	-	-	0.10mm	0.20mm																																										
ロードセル	0	660kN	1163kN	1628kN																																										
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 補修・補強工事（ひび割れ注入工法、上面増厚工法、外ケーブル工法等）の効果持続性を監視する技術である、道路管理者が通行の可否を判断する材料として活用されている（平成 26 年現在もシステム稼働中） ▶ 衝撃振動試験によって補修前後の主桁の剛性の評価ができ、供用開始後の剛性の変化をモニタリングすることが可能であることがわかった。 																																													
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ センサーの寿命が短く、定期的な保守・更新が必要である。 																																													
8. 参考資料	国土交通省、土木学会																																													

(21) 衝撃振動試験による構造物の健全度評価法

1. 名称	衝撃振動試験による構造物の健全度評価法	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 橋梁の基礎の欠陥 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>橋梁構造物の健全度を判定する上で、地中部・水中部に隠れて見えない基礎本体と上部工の固有振動数を測定し、健全状態の基準値と比較して、数値的な判定結果を見える形で示すことができる。管理者ニーズとしては、従来の橋梁健全度診断では、長時間の交通規制や足場の敷設が必要だった。評価手段としては、①構造物の適切な位置に感振器を設置し、重錘（30kg程度）で構造物に衝撃を与える。②記録機器で応答波形を収録する。③フーリエ解析でスペクトルを算出し固有振動数を決定する。④健全状態の固有振動数の「基準値」を算出する。⑤固有振動数の測定値と基準値の比較で健全度を判定する。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div data-bbox="204 936 804 1223" style="text-align: center;">  <p>NSISの外観</p> </div> <div data-bbox="829 1196 938 1227" style="text-align: center;"> <p>計測機器</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div data-bbox="213 1263 609 1509" style="text-align: center;">  <p>NSIS測定状況</p> </div> <div data-bbox="635 1263 1187 1509" style="text-align: center;">  <p>NSIRB測定状況</p> </div> <div data-bbox="1225 1527 1337 1559" style="text-align: center;"> <p>測定状況</p> </div> </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 地中部・水中部の見えない基礎等の構造物に有効 ➤ 近年では、トンネルの覆工、高速道路の施設及び建築物に対しても実施 ➤ 鉄道（JR）では、洗掘が懸念される橋脚のほとんどで実績があり、新幹線では標準装備されている。 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 車両通行時にノイズの影響を受ける。 	
8. 参考資料	<p>「衝撃振動試験による構造物の健全度評価」：(株) ジェイアール総研エンジニアリング</p>	

(22) 東京ゲートブリッジのモニタリング技術

1. 名称	東京ゲートブリッジのモニタリング技術	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ リアルタイムで交通管理情報（風向風速・雨量・震度）を取得できる ▶ 常時、異常時の橋梁健全度の把握 	3. 施設分類 橋梁
4. 概要	<p>東京ゲートブリッジは東京港臨海道路の一部を形成する 2,618m の連続橋であり、主橋梁は約 800m の鋼 3 径間連続トラス・ボックス複合構造である。（平成 24 年 2 月 12 日共用）本システムは、センサの耐久性や耐落雷性を考慮し、光ファイバを利用した情報収集伝達を主に使用し、以下のコンポーネントで構成されている。①Weigh-in-Motion システム：Fiber Bragg Grating (FBG) を用いたひずみ計、加速度計、②変位計（支承、伸縮装置）、③桁内温度計、④風向風速計、⑤一軸加速度計（タイダウンケーブル、サイドブロック）</p> <p>常時の橋梁健全度把握には、桁内温度計、変位計（支承）により得られたデータから桁温度に対する適切な挙動を目安とし活用している。異常時では、地震前後の支承部の変位を把握するとともに、伸縮装置の損傷確認でも、主橋梁と隣接桁の橋軸方向での相対変位と、衝突による加速度から損傷の判断を可能にしている。また、大規模地震を受けた時の橋梁全体における損傷順序があらかじめ解析により想定されており、順序が早い鉛直支承サイドブロック、伸縮装置、タイダウンケーブルにおける座屈・破断等の損傷状況を観測データにより判断できる状況である。</p>	
5. イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="209 1312 858 1559"> <p>WIMシステム(ひずみ計) 桁内温度計 風向風速計 変位計(伸縮装置) 変位計(支承) 一軸加速度計(タイダウンケーブル) 一軸加速度計(サイドブロック) 陸上部 地震計 昇降施設 雨量計</p> </div> <div data-bbox="863 1211 1382 1559"> <p>東京ゲートブリッジ モニタリングシステム 計測値 最終更新日時：2010年7月19日(金) 11:30</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div data-bbox="344 1576 711 1610">図 モニタリング箇所と内容</div> <div data-bbox="906 1576 1358 1610">図 モニタリングシステム監視画面</div> </div>	
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 長大橋であるため、目視での点検は時間を要し、かつ支承部はゴムカバーが施され目視点検が容易ではないが、本モニタリングシステムを活用し地震後の交通開放を早期に判断できる 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 100 年以上の共用を目指す東京ゲートブリッジに対して、センサーの寿命は 5 年から 10 年しかない。維持管理費用が高額になる。 	
8. 参考資料	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 東京ゲートブリッジの維持管理計画について (http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000080088.pdf) ▶ 2017/12/20 東京港湾事務所にてヒアリング 	

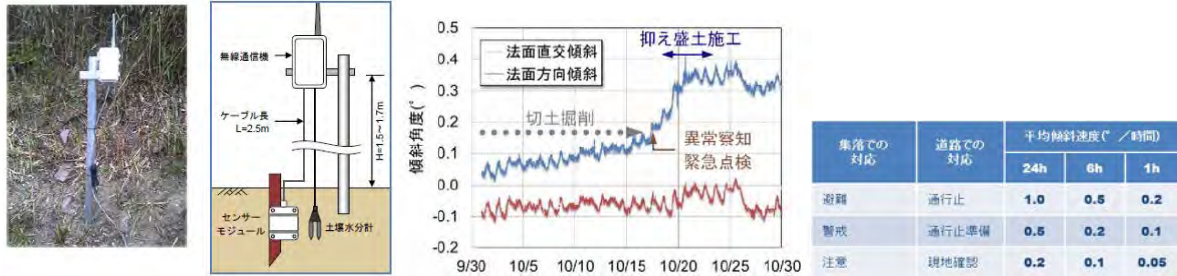
(23) 省電力化を図ったワイヤレスセンサによる橋梁の継続的遠隔モニタリングシステム

1. 名称	省電力化を図ったワイヤレスセンサによる橋梁の継続的遠隔モニタリングシステム	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 構造物全体、個別部位の挙動 ▶ 床版のひび割れ、鋼部材の剛性低下などの損傷・劣化状態 ▶ 腐食変化の進行箇所・時期 ▶ ダメージ発生の時刻・場所、レベル 	<p>3. 施設分類</p> <p>橋梁</p>
4. 概要		
<p>橋梁などの構造物に機器を設置し、加速度・歪・腐食・温湿度のデータを取得するシステム。機器として、現場の各部にセンサノードを計 31 台設置し、基地局を 1 台実装する。基地局からのデータを遠隔サーバに無線通信にて転送し、データ分析技術によって多様な劣化損傷を指標化する。電源にバッテリー、データ伝送には無線通信を採用し、電源設置工事等を極力無くし容易に導入できる。道路管理者は取得したデータで橋梁の状態を専門的な知識無くでも理解できる情報として提供する。</p>		
5. イメージ図		
<p>The diagram illustrates the monitoring system architecture. On the left, '現場' (Site) shows a bridge with '橋台' (Abutment), '橋脚' (Pier), and '基礎' (Foundation). Red dots represent 'センサノード' (Sensor nodes) installed on the bridge deck. A '基地局' (Base station) is located on the bridge, powered by '太陽光発電' (Solar power). It communicates with a '事務所' (Office) containing a 'サーバー' (Server) and 'データベース' (Database) via '3G' wireless communication. The office also features '計測データ' (Measurement data), '分析データ' (Analysis data), and '特性カルテ' (Characteristic card). A '情報提供 (Webアプリ)' (Information provision via Web app) is shown as a separate component.</p>		
<p>図 モニタリングシステム (センシング・伝送・分析)</p>		
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 橋梁の状態を、専門的な知識なしでも理解できる情報として、センサデータの指標化を実現【開発状況】 ▶ 省電力、屋外環境対応のセンシング技術による長期信頼性確保（電池駆動で寿命 5 年以上）【最終目標】 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 日本の気候条件を元に製品設計しているため、高温、高湿、低温などではそのままでは性能発揮できず、気候条件に対する対策が必要。 	
8. 参考資料	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) インフラ維持管理・更新・マネジメント技術 プロジェクト紹介－開発技術の概要－ ▶ 開発者アンケート 	

(24) トンネル点検無人調査ユニット

1. 名称	トンネル点検無人調査ユニット	
2. 把握できる内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 覆工コンクリートの表面変状 	3. 施設分類 トンネル
4. 概要		
トンネル全景と壁面の状況がリアルタイムに確認でき、映像の録画が可能で、地震被災後の余震が続く状況のなかでもトンネル内部を無人で調査できる装置で、遠隔操作が可能。		
5. イメージ図		
<p>■運用手順 被災→緊急事態発生→緊急事態発生→緊急事態発生→緊急事態発生</p> <p>■防災ヘリ、運路バトへの搭載 本陸地方整備局 運路バトにて、被災地へ緊急搬送 移動用バトへの搭載状況</p> <p>■突トンネルにおける試験状況 (H29.3.3 宇都宮ダム突トンネル) 移動用カメラモニター 点検状況 (壁面調査 W8.15m H45.75m) 壁面調査用カメラモニター</p> <p>■トンネル展開図作成 トンネル壁面調査画像(動画)を記録し、連続静止画作成ソフトでトンネル展開図を作成することが可能。 - 1mは [展開図作成時期]、 - 1-2変換(1回/秒)、 - 展開図作成時期</p> <p>■移動局ユニット 壁面調査用カメラ(4台) 壁面調査用照明(2台) 無線アンテナ(前方) 無線アンテナ(後方) 走行用カメラ(1台) 光ケーブル(300m)</p> <p>■基地局ユニット 無線アンテナ 壁面調査用モニター 移動局コントローラ 無線アンテナ モニター 電源スイッチ PC接続スイッチ カメラ接続スイッチ 重量 28.6kg 30cm壁面(4画面)表示状況</p> <p>基地局 設置状況</p>		
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ トンネル内部を無人で調査できるため、被災状況を迅速に把握し、早期の復旧活動を可能にする ➤ トンネル壁面調査画像(動画)を記録し、連続静止画作成ソフトでトンネル展開図の作成が可能 	
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 全国に1台しかなく、今後現地適用に向けた検討が必要 ➤ 災害時の臨時点検にのみ適用 	
8. 参考資料	国土交通省北陸地方整備局	

(25) 斜面崩壊検知センサー

1. 名称	斜面崩壊検知センサー																										
2. 把握できる内容	▶ 斜面崩壊	3. 施設分類																									
		法面・斜面																									
4. 概要	<p>地中 10cm 程度の位置にセンサーモジュールを埋め込み、地上部に無線通信機を設置。地盤変動の際に地表面が傾くので、その傾斜角(θ)を経時的(標準 10 分間隔)に測定。データは FOMA 回線でサーバに送信される。背景・目的としては、設置場所を選ばず、小型・軽量・省電力・低価格の傾斜センサー。国内各地で既に 25 例以上の設置実績がある。自動観測システムと組み合わせることで、リアルタイム監視が可能となる。分析評価手段としては、管理基準値として、$1.0^{\circ}/24h$、$0.5^{\circ}/6h$、$0.2^{\circ}/1h$ の傾斜が観測された場合、近隣集落は避難を、道路は通行止をメーカーが推奨しているため、この値を元に応急対策等を行う。</p>																										
5. イメージ図	 <p>計測機器の設置イメージ</p> <p>変状速度の異常検知データ</p> <p>管理基準値</p> <table border="1" data-bbox="1018 1093 1385 1243"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th rowspan="2">集落での対応</th> <th rowspan="2">道路での対応</th> <th colspan="3">平均傾斜速度($^{\circ}$/時間)</th> </tr> <tr> <th>24h</th> <th>6h</th> <th>1h</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>避難</td> <td>通行止</td> <td>1.0</td> <td>0.5</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>警戒</td> <td>通行止準備</td> <td>0.5</td> <td>0.2</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>注意</td> <td>現地確認</td> <td>0.2</td> <td>0.1</td> <td>0.05</td> </tr> </tbody> </table>				集落での対応	道路での対応	平均傾斜速度($^{\circ}$ /時間)			24h	6h	1h	避難	通行止	1.0	0.5	0.2	警戒	通行止準備	0.5	0.2	0.1	注意	現地確認	0.2	0.1	0.05
	集落での対応	道路での対応	平均傾斜速度($^{\circ}$ /時間)																								
			24h	6h	1h																						
避難	通行止	1.0	0.5	0.2																							
警戒	通行止準備	0.5	0.2	0.1																							
注意	現地確認	0.2	0.1	0.05																							
6. 運用結果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 切土掘削に伴う傾斜変動の観測を行い、変状速度の上昇を察知。緊急点検のうえ抑え盛土施工を行うことで、切土法面の崩壊を未然に防ぐことができた ▶ 被災法面にセンサーモジュールを設置し、浸食崩壊の状況を経時変化で観測した結果、崩壊 1 時間前に前兆現象を検知し、早期の対応を行うことができた 																										
7. 課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ GPS センサが雪に埋もれると計測に支障があるため、基礎・支柱の設置や、受信機のレドーム装着など、積雪対策が必要となる。 ▶ センサー自体の保守管理が必要になる。 																										
8. 参考資料	C K C 中央開発株式会社 (共同開発：東京大学、(独)土木研究所)																										