

エチオピア連邦民主共和国
アディスアベバ市道路公社

エチオピア連邦民主共和国
アディスアベバ市道路維持管理
能力向上プロジェクト

事業完了報告書
(和文サマリー)

令和元年6月
(2019年)

独立行政法人 国際協力機構
(JICA)

株式会社 片平エンジニアリング・インターナショナル

株式会社 パデコ

株式会社 パスコ

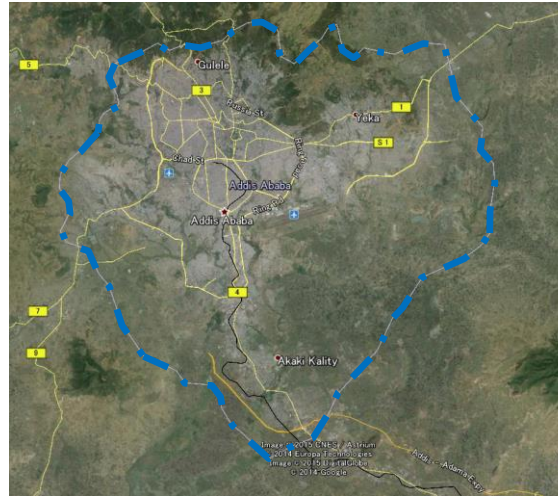
基盤
JR
19-084

プロジェクト位置図



エチオピア連邦民主共和国

英名 : Federal Democratic Republic of Ethiopia



出所 : UN Cartographic Section, Google Earth Pro を基に調査団作成

エチオピア国データ

人口 (百万人)	89.39
GNI 総額 (百万ドル)	31,639.26
GNI 一人あたり (ドル)	380
経済成長率 (%)	7.3
面積 (1,000 km ²)	1,104.30
公用語	アムハラ語
通貨	ブル (ETB)
為替レート (JICA 精算レート令和元年 4 月)	
USD 1 = JPY 110.423	
ETB 1 = JPY 3.88518	

出所 : 外務省国別データブック等

目次

プロジェクト位置図

目次

第1章 業務の概要.....	1
1.1 業務の背景.....	1
1.2 プロジェクトの概要.....	1
1.3 業務の実施体制.....	1
1.4 プロジェクトチームの構成.....	2
第2章 プロジェクトの結果.....	3
2.1 プロジェクトへの投入.....	3
2.1.1 日本側からの投入.....	3
2.1.2 エチオピア側からの投入.....	4
2.2 アクティビティ.....	4
2.2.1 PDCA サイクルに基づく業務実施.....	4
2.2.2 アクティビティの枠組み.....	5
2.3 プロジェクトの達成度.....	5
2.3.1 プロジェクトアウトプットと指標.....	5
2.3.2 プロジェクト目標と指標.....	5
2.3.3 プロジェクト成果物.....	5
2.3.3.1 目視点検支援システム (VISS).....	5
2.3.3.2 路面性状調査システム (PCSS).....	7
2.3.3.3 データベースと GIS.....	9
2.3.3.4 RMMS と維持管理計画.....	11
2.3.3.5 パイロットプロジェクトと構造調査試験機.....	15
第3章 合同評価結果.....	18
3.1 DAC 基準に基づく評価結果.....	18
3.1.1 妥当性 (Relevant).....	18
3.1.2 効率性 (Efficiency).....	18
3.1.3 有効性 (Effectiveness).....	18
3.1.4 インパクト (Impact).....	18
3.1.5 持続性 (Sustainability).....	19
3.2 プロジェクトの実施と成果物に影響を与えた主要な要因.....	19
3.2.1 追い風要因.....	19
3.2.2 抑制要因.....	19
3.3 リスク管理結果に対する評価.....	20
3.3.1 当事者意識.....	20

3.3.2	PCSS 機器の調達が遅れ.....	20
3.4	プロジェクト実施から得た教訓.....	20
第4章	プロジェクトの上位目標を達成するために.....	21
4.1	上位目標達成の可能性.....	21
4.2	日本側及びエチオピア側に対する提案.....	21
4.2.1	日本側に対する提案.....	21
4.2.2	エチオピア側に対する提案.....	21
4.3	プロジェクト終了から Ex-Post 評価時までのモニタリング計画.....	21

第1章 業務の概要

1.1 業務の背景

エチオピア国（以下、「エ」国）の首都アディスアベバ市（以下、「ア」市）は、アフリカ連合本部や国連アフリカ経済委員会の本部を有し、アフリカ政治外交の中心地である。エチオピアの近年の10%を超える好調な経済発展を背景に「ア」市の都市化が急速に進展し、現在LRTを含む多くの交通インフラの整備が実施されている。ただ不適切な道路維持管理による劣悪な道路状況が、日常的に発生する交通渋滞の原因となっており、道路維持管理が「エ」国の重要課題の一つに挙げられている。かかる状況のもと2013年8月に「ア」市道路公社（AACRA）はJICAに道路維持管理能力向上のための技術協力プロジェクトの実施を要請した。これを受けJICAは2015年1月に詳細計画策定調査を実施し、2015年4月にR/Dを締結し本件の実施を決定した。

1.2 プロジェクトの概要

表 1.2-1 プロジェクトの概要

(1) プロジェクト名	アディスアベバ市道路維持管理能力向上プロジェクト
(2) 実施期間	2015年7月～2019年7月
(3) 上位目標	アディスアベバ市における道路が持続的に維持管理される。
(4) プロジェクト目標	道路維持管理にかかる AACRA の運営管理能力が強化される。
(5) 期待される成果	成果1. 道路維持管理にかかる AACRA の実施体制が改善される。 成果2. 道路維持管理計画の策定プロセスが確立される。 成果3. AACRA 技術スタッフの維持管理スキル・知識が向上する。
(6) 対象地域	アディスアベバ市
(7) 関係官庁・機関	アディスアベバ市道路公社(AACRA)

1.3 業務の実施体制

図 1.3-1 に示すように業務の実施体制は、合同調整委員会（JCC）技術分科会（TAC）で構成される。

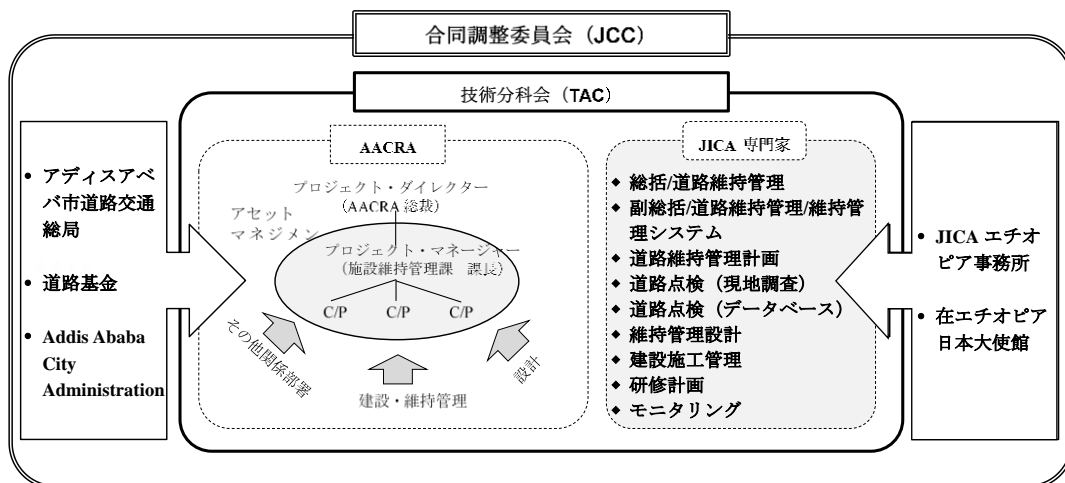


図 1.3-1 業務実施体制

以下に JCC の開催記録を示す。

表 1.3-1 JCC 開催記録

#	実施日	状況	参加者数	PMS
1	2015年8月17日	実施済	18	バージョン 1
2	2016年2月18日	実施済	23	バージョン 2
3	2016年9月15日	実施済	20	バージョン 3
4	2017年4月14日	実施済	23	バージョン 4A
5	2017年10月4日	実施済	21	バージョン 5
6	2018年4月3日	実施済	23	バージョン 6A
7	2018年10月4日	実施済	37	バージョン 7
8	2019年5月22日	実施済	32	完了報告書

1.4 プロジェクトチームの構成

プロジェクトチーム構成員と担当業務を以下の表 1.4-1 に示す。ただし極めて短期間のアサインであった構成員は除いている。

表 1.4-1 プロジェクトチーム構成員一覧

氏名	役割と担当
本田 洋	総括/道路維持管理
青木 一也	副総括/道路維持管理/維持管理システム
角岡 正嗣(前々任) / 延谷 秀正(前任) / 西濱 やよい(後任)	道路維持管理計画
土屋 善靖(前任) / 兼子 隆右(後任)	道路点検(現地調査)
酒井 浩平	道路点検(データベース)
村上 啓一	維持管理設計
向井 潔	建設施工管理
山田 千晶	研修計画
中坪 尚美 / 宮川 明貴子	モニタリング
マイケル アスナケ	全業務に対する技術支援

第2章 プロジェクトの結果

2.1 プロジェクトへの投入

2.1.1 日本側からの投入

(1) 専門家の派遣

表 1.4-1 に示すように 9 名（派遣時期が極めて短期の者を含めると 11 名）の日本人専門家を適宜派遣し業務を遂行した。全日本人の派遣時期の合計は 80.13MM となった。

(2) カウンターパートの研修


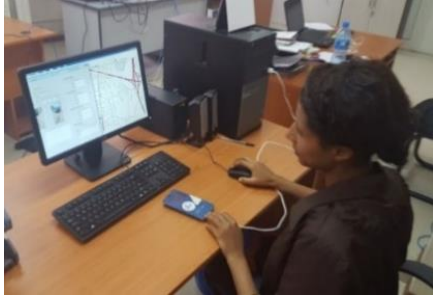
セミナー、ワークショップ及び OJT を通じての現地研修に加えて、2016 年 8 月と 2017 年 8 月の 2 回本邦研修を実施した。

(3) 機材の供与

本プロジェクトで AACRA に供与した、システムを含む機材を表 2.1-1 に示す。

表 2.1-1 供与機材（システムを含む）一覧

資機材の名称	構成材	調達実施機関	当初計画による調達予定日	調達実施日	適応
路面性状調査車及び測定機器	<ul style="list-style-type: none"> 車両 1 台 路面性状調査機器（コンピューター、解析ソフトを含む） 	JICA	2016 年 1 月	車両：2016 年 5 月 その他機器：2017 年 1 月	機材一式の AACRA への引き渡しは 2017 年 1 月 31 日に実施
	 <p>路面性状調査車</p>			 <p>データ保存及び加工</p>	
構造調査試験機	<ul style="list-style-type: none"> 動的貫入試験機（DCP）2 台 アスファルトコアカッター 1 台 	プロジェクトチーム	2017 年 6 月	試験機のアディスアベバ到着：2017 年 7 月 22 日	操作研修終了後正式引き渡しは 2017 年 10 月
	 <p>DCP</p>			 <p>操作研修</p>	

資機材の名称	構成材	調達実施機関	当初計画による調達予定日	調達実施日	適応
道路維持管理システム	<ul style="list-style-type: none"> デスクトップコンピュータ 1 台 GIS ソフト 1 式 主要システムはプロジェクトで開発 	プロジェクトチーム	2016 年 4 月	GIS システム 2016 年 4 月に設置完了 全体システムの引き渡しは 2017 年 7 月 (路面性状調査車の引き渡し完了後)	アクラへの正式引き渡しは 2019 年 6 月 (プロジェクト終了時)
目視点検支援システム	<ul style="list-style-type: none"> スマートフォン 5 台 GIS ソフト 1 式 アプリの開発 	プロジェクトチーム	2016 年 3 月	スマホの引き渡し: 2016 年 2 月 GIS 設置: 2016 年 4 月	AACRA への引き渡し: 2016 年 4 月 その後必要に応じてアップデート
	 <p>現場での点検作業</p>	 <p>データの記録と保存</p>			
地域事務所用追加 PC の供与	<ul style="list-style-type: none"> ノート PC 2 台 モニター 2 台 	プロジェクトチーム	2018 年 12 月	2018 年 12 月	正式引き渡し日: 2018 年 12 月 10 日
地域事務所目視点検用追加タブレット端末の供与	<ul style="list-style-type: none"> タブレット端末 5 台 	プロジェクトチーム	2019 年 1 月	正式引き渡し日: 2019 年 2 月 6 日	目視点検用アプリのインストール完了

2.1.2 エチオピア側からの投入

当初約束されていた、1) 人員、2) 家具付き事務所、3) 交通量調査とパイロットプロジェクトの実施、4) 必要経費の負担、の 4 項目の内 3) の交通量調査が実施されていなかった。特に人員については必要に応じての増員がなされた。

2.2 アクティビティ

2.2.1 PDCA サイクルに基づく業務実施

アクティビティの実施に関しては、先ず PDCA サイクルの導入を提案し、このサイクルを円滑に回すために、データベース構築、データ収集システムの開発、RMMS の開発、中長期維持管理計画作成と段階的に開発業務を進めていくことを説明した。

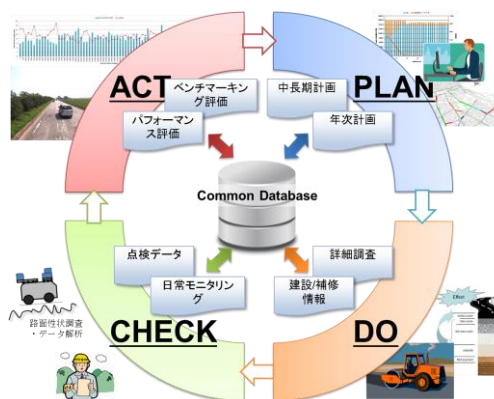


図 2.2-1 PDCA サイクルのイメージ

2.2.2 アクティビティの枠組み

当初 PDM のアクティビティの枠組みの中で計画された 17 のアクティビティは内容に変更を加えられたものはあるが、すべて実施された。内容に大きな変更があったものは以下の通り。

表 2.2-1 内容に変更があったアクティビティ

アウトプット	アクティビティ		
	#	計画	実際
2. 道路維持管理計画の策定プロセスが確立される	2-4	インベントリーデータに基づく中長期維持管理計画の作成	プロジェクトチームで開発する RMMS に基づく中長期維持管理計画の作成
	2-5	年度維持管理計画の作成	プロジェクトチームで開発する RMMS に基づく年度維持管理計画の作成

2.3 プロジェクトの達成度

2.3.1 プロジェクトアウトプットと指標

PDM に記載された 3 つのアウトプット、すなわち①道路維持管理にかかる AACRA 実施体制が改善される、②道路維持管理計画の策定プロセスが確立される、③AACRA 技術職員の維持管理スキル・知識が向上する、はすべて達成された。またアウトプット達成のために設けられた 10 の指標もすべて達成された。

2.3.2 プロジェクト目標と指標

プロジェクト目標の“道路維持管理にかかる AACRA の運営管理能力が強化される”及び達成のために設定された 3 の指標すべてが達成された。

2.3.3 プロジェクト成果物

2.3.3.1 目視点検支援システム (VISS)

(1) 開発のきっかけ

これまでは、目視点検により道路の損傷個所と損傷状態を点検員が現場で確認し、紙の帳票に記入していた。また、道路の起点からの距離を距離計により実測し、損傷個所を特定していた。この方法では、1) 点検の現場作業に膨大な時間がかかる、2) 損傷個所の位置がわかりづらい、3) 紙の帳票に記入したデータの整理に膨大な時間がかかる、4) 過去の点検記録の情報共有や検索が困難である、等の問題点が指摘された。

上記の問題点を解消するために、目視点検の効率化と高度化を図った、スマートフォンのアプリケーションを開発した。このシステムでは、GPS の位置座標、損傷情報、写真の 3 種類の情報を 1 セットとして現場で収集し、その情報を Office の PC に登録する。

(2) 開発途中での問題点

損傷の分類が明確化されておらず、点検員の独自の判断で分類されており、問題が指摘される度にワークショップを開催して確認を取り、システムを改訂する必要があった。

また本プロジェクトでは、RR、SAS、PAS の幹線道路が適用範囲と設定していたが、AACRA では幹線道路以外の日常道路の目視点検にも VISS の仕様を希望していたため、VISS の適応範囲を日常道路まで適応できるようにシステムを拡大した。

Road Maintenance Plan の策定には、点検データのほか、補修データの収集が重要であり、そ

の認識は AACRA でも理解されていたが、補修データの収集の方法が明確化されておらず、データ収集が十分に実施されなかった。この問題についてワークショップで議論を行い、VISS を補修データの収集業務に拡大するした。

(3) 完成したシステム

VISS は、Field Reporting System と Visual Inspection Data Management System から構成される。Field Reporting System は、現場で目視点検（定期点検、緊急点検）または補修記録の収集を図るためのスマートフォンアプリである。Visual Inspection Data Management System は、Field Reporting System で得た結果を道路維持管理データベースへ効率的かつ効果的に登録するための GIS システム（RMMS）である。

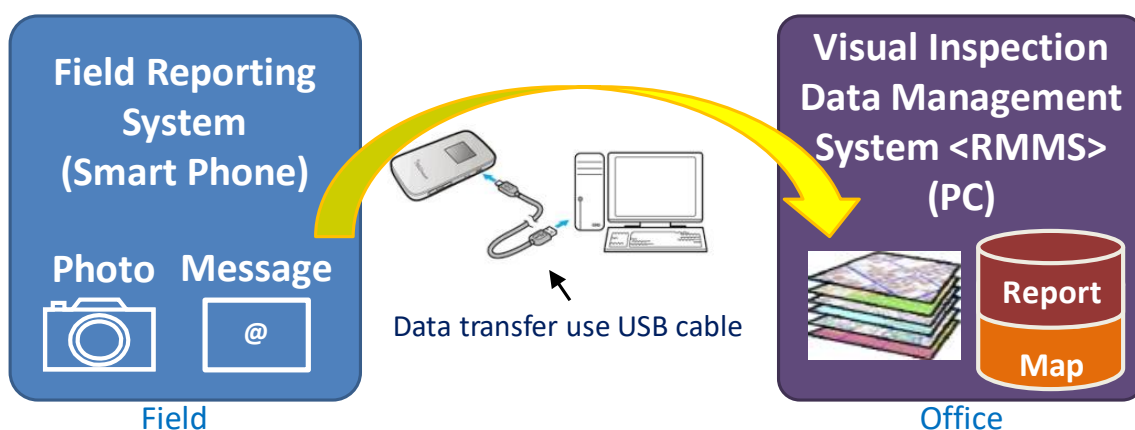


図 2.3-1 VISS イメージ

このシステムは入力ミスや、データ不足の時にエラーメッセージが出る等、ユーザーフレンドリーに出来ており、使い勝手が非常によい。

目視点検では、損傷の重大度や施工対応の優先度の評価が点検員の感覚や判断に依存しないよう、可能な限り計測数値に基づいて算出されるよう工夫されている。

表 2.3-1 損傷の大きさの定義

損傷の大きさ	轍ぼれ深さ	クラック幅	表層の粗さ
0	$D = 0$	$W = 0$	なし
1	$0 < R < 20\text{mm}$	$0 < W < 6\text{mm}$	-
2	$20\text{mm} \leq D < 40\text{mm}$	$6\text{mm} \leq W < 15\text{mm}$	Light
3	$40\text{mm} \leq D$	$15\text{mm} \leq W$	Heavy

補修情報は、点検者がスマートフォンを用いて補修工事が実施された区間、工法の種別、幅、材料を記録する。補修工法は、ポットホール補修、クラックシール、オーバーレイ、大規模補修から該当する種類を選択し、施工情報を記録する。これらの情報は VISS 内で一元管理される。

現場で記録された目視点検の結果及び補修記録は事務所で Road Maintenance Management System（RMMS）のデータベースに登録される。路線名や路線番号だけを頼りにデータベースとの紐づけ作業は困難であるが、RMMS を用いることにより地図上に点検結果を可視化しながら作業を実施することが可能である。

VISS は、2016 年 4 月に導入され、AACRA と協議を重ねて 4 回の大きなアップグレードおよ

びカスタマイズを通じて完成された。各バージョンアップ時には OJT などのトレーニングが実施され、2017 年度に AACRA において管理区域、管理体制が再編されたことを受け、VISS も 5 つのリージョンと本部での管理を想定した仕様に変更した。現行のシステムは各リージョンで点検および登録作業を実施し、その結果を Headquarter で集約する仕様となっている。

VISS の持続的利用を可能とするために、教育訓練の実施とシステム運用体制の構築を意識的に実施した。まずは OJT を通じて Inspector や System Operator の Inspection Support System の操作技術や能力と IT リテラシーの向上を図り、持続的な Inspection Support System の運用スキルを養った。

また人事異動などにより担当が入れ替わってしまった場合に備えて、ハンドブック、システム運用マニュアル、システム操作マニュアル、システムソース、システム設計書などを AACRA に提供した。これにより AACRA 自身が人材教育を行うことが可能であり、持続的な Inspection Support System の運用スキルを継承することが可能となっている。

2.3.3.2 路面性状調査システム (PCSS)

(1) 開発計画

道路舗装のコンディションを評価する指標として、国際ラフネス指数 (IRI) が世界的に導入されている。AACRA では、これまで IRI のデータは取得されておらず、道路舗装の LOS を定量的に評価される取り組みが実施されていない。また、IRI は、本プロジェクトの Overall Goal の指標に設定されている。

IRI を計測するためには、車輻による自動計測システムを導入する必要がある。車輻による計測システムを導入するにあたり、AACRA の道路環境に適した仕様を採用した。IRI の計測システムの方法には大きく Class-2 と Class-3 の 2 種類に分類される。Class-3 はより簡便かつ安価なシステムによる計測が可能であるが、低速走行時の IRI の計測値の信頼性が確保されないという問題がある。アディスアベバ市内の道路を調査する場合、渋滞により走行速度が低速になる可能性が高く、Class-3 の導入は適切ではない。このことから、Class-2 の計測システムの導入が決定された。

PCSS は、IRI の計測のほか、車輻に搭載したカメラを用いて、道路の画像データを取得することが可能である。カメラにより取得した道路画像データをオフィスの PC に登録し、PC 上で道路の損傷状況の概略を把握することが可能となる。道路画像を判読し、明らかに損傷がみられる路線の目視点検を優先的に実施し、一方、道路上の損傷がまったく見られない路線は、目視点検の優先順位を落とすことができる。これにより、目視点検の作業の効率化が期待される。

(2) 開発途中での問題点

PCSS は、センサーやカメラ等の精密な機材とコンピュータによる制御システムにより構成される。それらのオペレーションには、一定のスキルが要求される。PCSS は 2017 年 1 月に導入され、初年度はトライアルサーベイとして一部の道路ネットワークを対象に調査を実施しながら、OJT を実施した。

AACRA にて IRI のデータを収集する試みは、本プロジェクトが初めてであり、計測データの精度確保は一つの課題であった。本プロジェクトでは、テスト計測により収集した IRI のデータと、実測により評価した IRI のデータを比較し、PCSS による計測データの信頼性を確認した。

この精度検証作業は AACRA の技術者と協働で実施し、精度検証方法の技術移転を同時に実施した。

(3) 完成したシステム

本プロジェクトで導入した PCSS は、車輻にセンサーを搭載した計測システムと、計測システムで取得したデータを加工するデータ処理システムで構成されている。



図 2.3-2 PCSS 搭載車両と取得したデータ

取得したデータは、オフィスでデータ処理システムを使用して IRI を算出し、データベースに登録する。データ処理システムは地図上に表示された自車位置を表示し、前方・側方映像を用いて、舗装損傷を確認し、目視点検区間の優先順位を判定する。

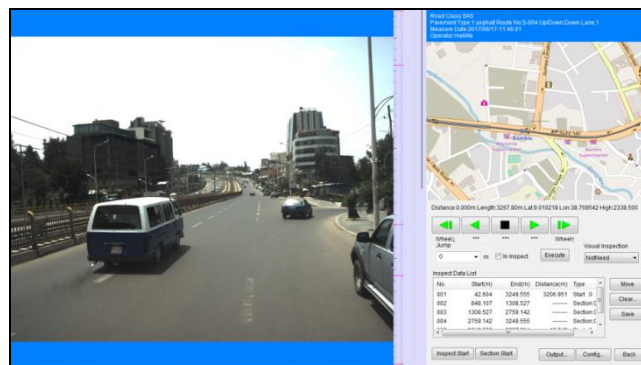


図 2.3-3 データ処理システム

本プロジェクトでは、2017年1月にPCSSが導入され、2017年2月、8月にOJTを実施した。AACRAでは2月のOJT後から、試行点検を実施し、約200kmのデータ取得・処理を実施した。2018年にはOJTの効果もあり、AACRAの技術者のみで、600kmのデータ取得・処理を実施し、IRIによる道路舗装の評価を実施することができた。

また、AACRAではこれまでIRIによる道路舗装の評価を実施しておらず、計測データ精度の信頼性を評価する必要があった。本プロジェクトでは、テストサイトにおける実測IRIとPCSSで算出したIRIの比較検証をAACRAスタッフと協働で実施し、精度検証方法のOJTと、IRIの精度に関する理解を深めた。

PCSSを継続的に利用するためには、1) 故障の回避、2) 品質確保、3) 故障時の対応が重要である。これらの対応策の詳細に関しては運用マニュアルに記載している。

2.3.3.3 データベースと GIS

(1) 開発計画

AACRA の道路維持管理においては、路線名称及びセクション名称が定義され、維持管理業務で利用され、その定義が維持管理の関係部局で共有されていた。しかし、維持管理業務のシステム化を検討する場合、路線及びセクションの定義がコード化されていないことから、データベースを構築することができなかった。そのため、路線を定義するためのコード化を行った。具体的には、AACRA が管理する道路のうち、幹線道路（RR、PAS、SAS）を対象として、道路クラス、路線番号、セクション番号を付与し、コード化を定義した。

路線番号のコード化には、路線の起終点を明示し、起点から終点に向かってシーケンシャルの連続番号を付与する必要がある。また、RMMS 及び点検支援システムの基盤となる位置情報の管理と共有化のためには、道路ネットワークの GIS 化が必要であった。AACRA における道路ネットワークの管理には、道路の新設時の設計上をもとに、道路ネットワークデータとして整備された CAD データが利用されていた。

CAD データとして整備されている道路ネットワークデータをベースとして、GIS データに変換し道路ネットワークデータの基盤を作成した。さらには、PCS 及び目視点検における評価の最小単位として、セクションを起点側から 100m 毎に分割したセグメントを作成し、起点からのシーケンシャル番号をセグメント番号として付与した。これらの一連の作業は、ArcGIS を用いて実施した。

コード化された路線情報と GIS データとして整備された道路ネットワークデータをもとに、道路インベントリーデータベースを構築した。基本コンセプトを以下の図に示す。

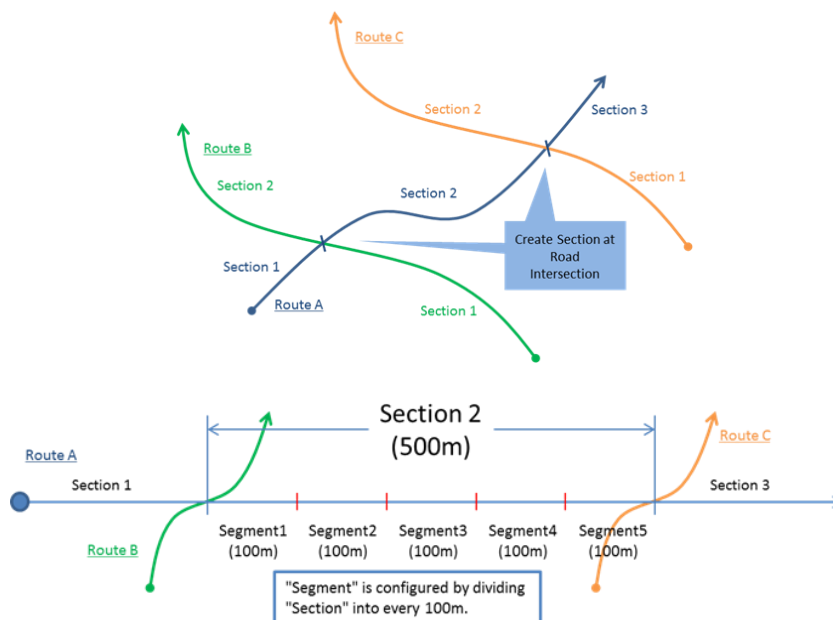


図 2.3-4 道路インベントリーデータベース構築の基本コンセプト

(2) 開発途中での問題点

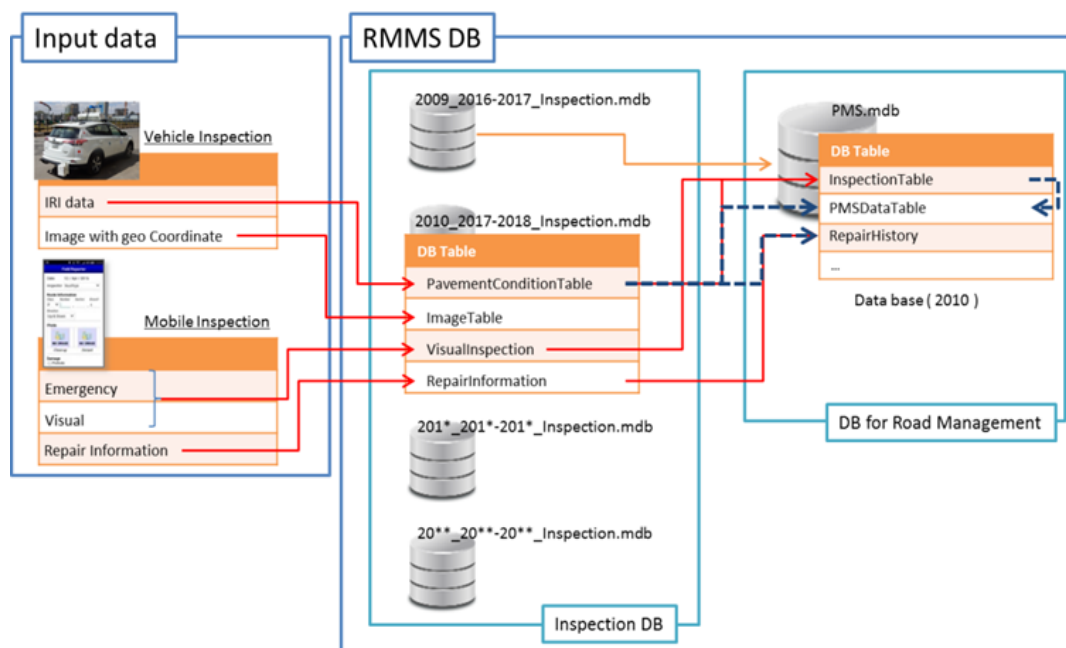
CAD データをもとに整備した初期の Road Inventory Database の情報をもとに、RMMS の構築、さらには道路維持管理業務を実施した。しかし、その時点における Road Inventory Database のすべての情報が正確である保証はなかった。

ただ、すべての情報を事前に現地で調査し、データを収集することは現実的には不可能であるため、維持管理業務を実施しながら、必要に応じてデータを修正、更新するプロセスを導入した。その過程で、問題がある箇所について PCSS データや現地での確認などを行い、道路インベントリーデータベースを修正するプロセスを構築した。この道路インベントリーデータベースを適宜修正するプロセスと方法について集中研修を実施し、技術移転を行った。

道路インベントリーデータベースは道路維持管理業務のすべての局面において共通的に利用されるべき基盤となる情報である。本プロジェクトにおいて、道路のコード化を新たに整備したことから、道路の定義について古い定義と新しいコード化による定義が混同する場合も見られた。それらの状況に対して、主に道路点検（PCSS 及び目視点検）の OJT を繰り返し実施する際に、道路のコード化の定義について何度も確認、共通認識を確認し、関係者での理解の浸透を推進した。最終的には、インベントリーデータベースは、本プロジェクトにて構築した道路維持管理業務の PDCA サイクルに従って共通利用されるためのプラットフォームとして整備され、PCSS、点検支援システム、RMMS の基盤情報として利用されている。

(3) 完成したデータベースと GIS

本プロジェクトで構築した道路インベントリーデータベースの基本構成を以下に示す。



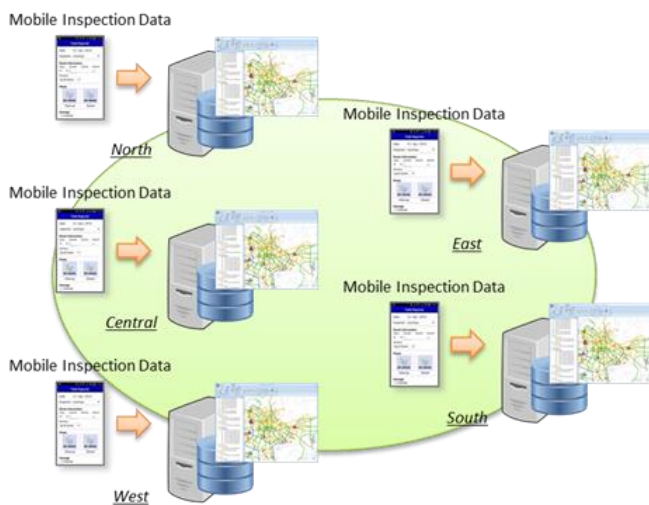
- Manage the inspection DB on a yearly basis
- The road management DB is created by combining the yearly inspection DB

図 2.3-5 道路インベントリーデータベース

また、道路点検や補修データ等、RMMS で統合的に管理するデータは、道路インベントリーデータベースをもとに統合し、関連データベースとして構築した。

道路点検のうち、PCSS は AACRA の HQ で実施され点検データはデータベースに入力される。一方、目視点検は、地域事務所にて実施される。目視点検のデータ登録の作業を効率化するために、目視点検のデータ登録作業を各々の地域事務所で行えるシステム環境及びデータベースを構築した。

Regional Office



AACRA HQ

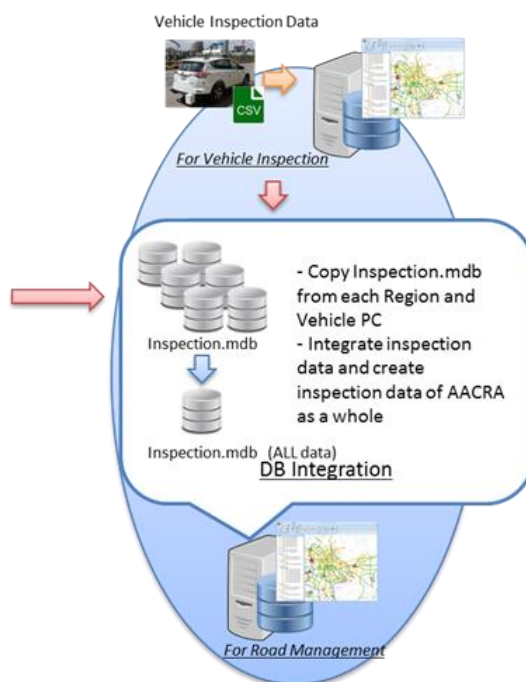


図 2.3-6 データベースの統合概念図

AACRA が管理する道路は、今後も新規建設や道路改良等により、そのインベントリー情報も更新させる必要がある。その新規建設及び道路改良に伴うデータベース更新の手法及びルールについて集中研修を実施し、インベントリー情報及び GIS の道路ネットワークデータの更新方法の技術移転を実施した。これらの手法とルールは、マニュアルに記載している。

2.3.3.4 RMMS と維持管理計画

(1) 開発計画

これまで AACRA で実施されてきた道路維持管理業務では、点検と維持管理計画が乖離しており、実際のデータに基づく道路維持管理計画の作成と維持管理業務の実行が課題であった。本件では 1) 点検を実施し客観的な損傷データに基づいて補修が必要な箇所を選定する、2) さらに、過去の補修履歴情報を収集、蓄積し、問題箇所を特定し改善する、3) 必要な補修事業費の算出、それら一連に亘る道路維持管理業務を PDCA サイクルへの適応を目標とした。

一方、道路のアセットマネジメントの観点においては、現在の状態のみならずライフサイクルに亘った総合的な意思決定による合理的な維持管理業務の構築が更なるチャレンジであった。

実際に、AACRA では過去に補修が実施される箇所は一定の区間に集中する傾向がみられ、補修を繰り返しても十分な寿命が確保できない場合が少なくなかった。そのような箇所は、補修の優先順位の再考、さらには応急措置ではなく抜本的な改善が必要とされる。

これらの課題に対して、本プロジェクトでは、蓄積された点検データ及び補修データから時系列データを作成し、その時系列データを用いて過去の道路の劣化速度を評価するシステムを導入した（劣化パフォーマンス評価）。この評価の結果より、将来時点における劣化する確率が高い箇所の対策の優先順位を検討することが可能となる。

(2) 開発途中での問題点

客観的なデータに基づく道路維持管理業務の意思決定（Data-Driven Decision Making）へのシステムの変換のためには、確実なデータの蓄積は必須となる。データベースの信頼性は、そのまま道路維持管理計画の信頼性に影響を及ぼす。このデータを中心とした維持管理業務を理解するために、データの蓄積が維持管理計画作成にとってのクリティカルな業務であることの認識を OJT にて強調した。

道路点検業務では、現地調査とデータ登録作業が膨大な作業となり、AACRA の多くのリソースを必要とした。さらには、目視点検は地域事務所の役割であり、点検データのデータベースへの登録作業により一層の効率化が求められた。

そのため目視点検データ及び補修データは、スマートフォンのアプリケーションである点検支援システム（VISS）と GIS 自動登録機能を開発し RMMS に搭載した。これらによりデータ登録作業の作業効率が大幅に改善した。

RMMS を導入することで道路維持管理計画の作成を支援するためのアウトプットを提供することが可能となる。本プロジェクトでは、AACRA の実際の道路維持管理業務と予算要求の流れに即したシステムを構築するために、Commercial Off The Shelf（COTS）モデルに基づくシステムではなく、本プロジェクトで開発した。

(3) 完成した RMMS と維持管理計画

RMMS の全体像を以下の図に示す。RMMS は、データ管理を中心とする Main System と、劣化パフォーマンス評価及び Budget Simulation を行う Analysis Module によって構成される。

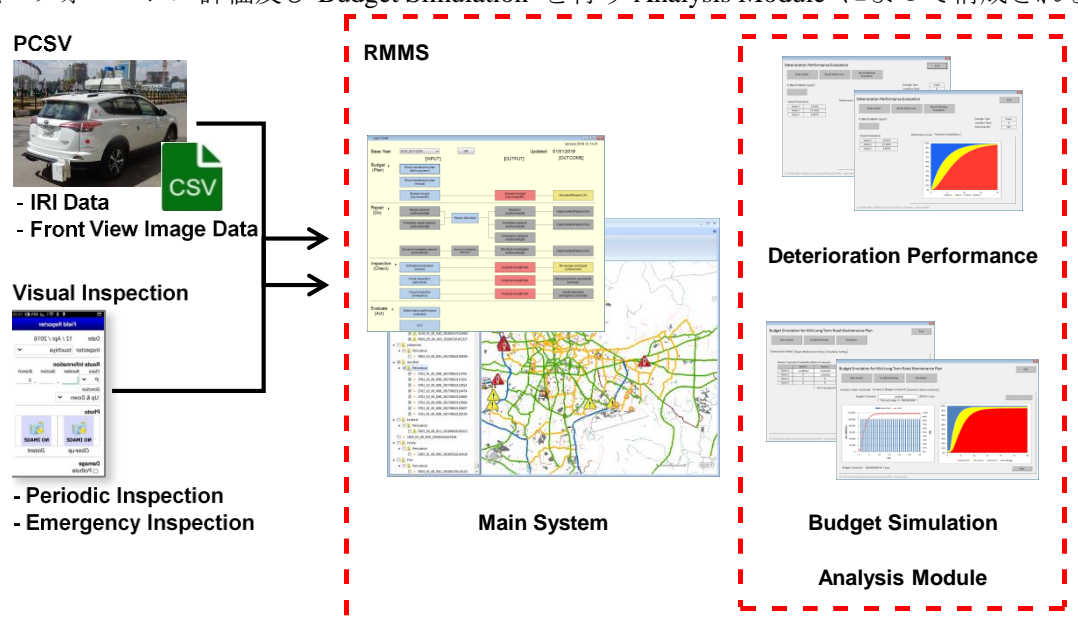


図 2.3-7 RMMS 構成図

次に、RMMS のアウトプットの一覧を示す。Main System ではデータベースの管理と蓄積されたデータに基づく年次維持管理計画の作成を支援する。Analysis Module は、Main System から提供される Module Dataset を読み込み、劣化パフォーマンス評価及び中/長期維持管理計画作成の予算計画を実行する。

表 2.3-2 RMMS のアウトプット一覧

システム	機能	アウトプット
メインシステム	目視点検データの登録と閲覧	
	路面性状調査データの登録と閲覧	- 路面性状調査結果 (集計及びリスト)
	補修データの登録と閲覧	
	年次維持管理計画の作成	- 年次維持管理計画
	劣化パフォーマンス評価 (データ管理)	- モジュールデータセット
	中長期維持管理計画 (データ管理)	- モジュールデータセット
分析モジュール	劣化パフォーマンス評価	- 劣化パフォーマンス
	中長期維持管理計画作成	- 中長期維持管理計画

RMMS は、AACRA の道路維持管理業務に適するようにカスタマイズされたアプリケーションである。しかしながら、道路維持管理業務は、本プロジェクト後も継続されるものであり、必要に応じてシステム環境の改善や機能の更新が必要となる場合が想定される。そのため、RMMS の継続的な利用を考慮し、RMMS の開発環境及びソースコード、データベース定義を公開している。さらに、RMMS の管理業務にあたっては、AACRA の IT Department の責任とすることとし、必要に応じて協力体制を構築できるようにした。

(4) 年度道路維持管理計画

エチオピア暦 (以後 EY) 2010 年 (2017-2018) と EY2011 年 (2018-2019) に PCSS と VISS で収集したデータに基づき EY2012 年度に補修すべき個所を作成した。以下に関連する結果を示す。

表 2.3-3 EY2010 年と EY2011 年のサービスレベル (IRI) の比較

Road Class	IRI Average(mm/m)		IRI < 3.5		IRI < 6.0	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011
Ring Road	3.76	3.78	60.8%	59.0%	90.9%	85.5%
PAS	4.72	4.20	49.3%	49.3%	77.5%	80.5%
SAS	6.21	5.63	28.6%	26.8%	60.5%	64.6%
Total	5.00	4.57	45.1%	43.9%	74.5%	76.5%

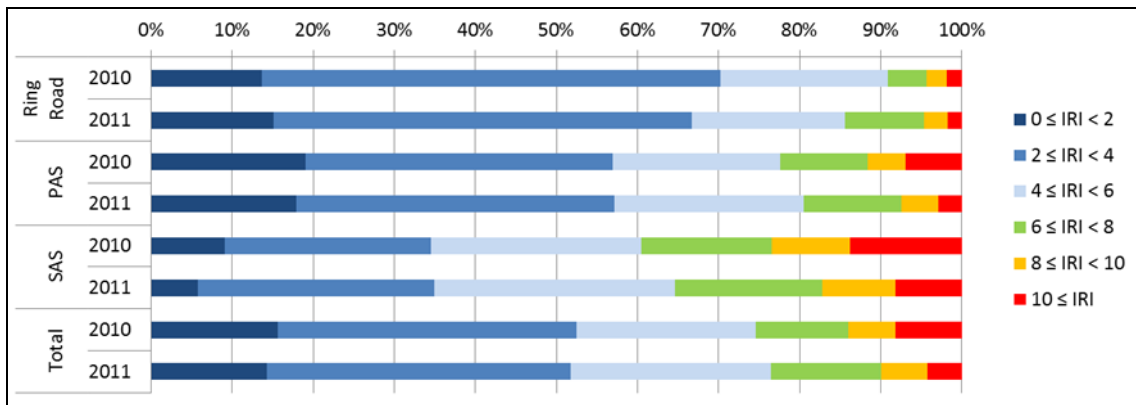


図 2.3-8 EY2010 年と EY2011 年のサービスレベル (IRI) の比較

以下の図・表は EY2011 年度に VISS で収集した道路損傷の一覧で EY2011 年度の維持管理計画で補修の対象となる。

表 2.3-4 目視点検による損傷一覧

(Point)

Region	Damage Total	Pothole	Rut	Crack	Raveling
Central	309	177	17	67	48
North	148	67	29	5	47
East	313	150	19	83	61
South	168	92	22	39	15
West	176	85	15	14	62
Total	1,114	571	102	208	233

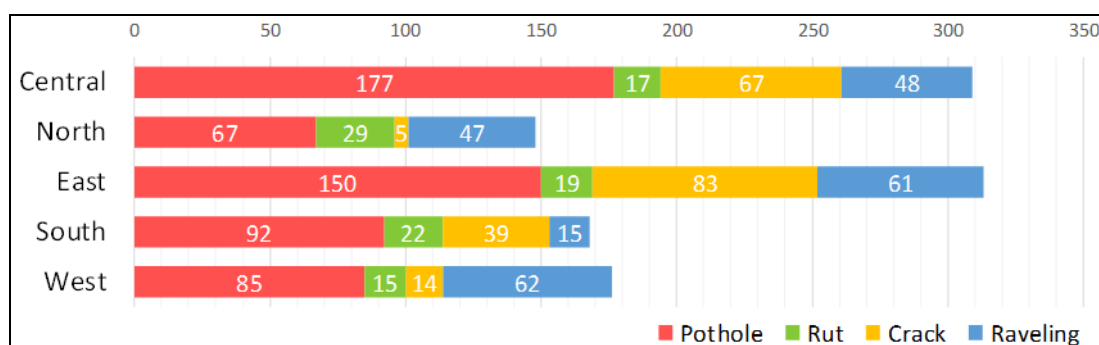


図 2.3-9 目視点検による損傷一覧

計画作成に当たっては、ケース 1：重度の損傷だけを補修する、ケース 2：中程度の損傷まで補修する、及びケース 3：軽度の損傷まで補修するの 3 ケースで検討した。以下にケース 3 の場合の補修数量と補修金額を示す。

表 2.3-5 補修数量と金額（ケース 3）

	Patching			Crack Seal			Partial OL			Full OL		
	Repair Area(m2)	Segment Area(m2)	ratio(%)	Repair Area(m2)	Segment Area(m2)	ratio(%)	Repair Area(m2)	Segment Area(m2)	ratio(%)	Repair Area(m2)	Segment Area(m2)	ratio(%)
RR	1,182	92,400	1.3%	-	-	0.0%	5,707	105,950	5.4%	10,775	10,775	100.0%
PAS	8,341	158,563	5.3%	-	-	0.0%	17,584	209,943	8.4%	18,898	18,898	100.0%
SAS	34,484	93,605	36.8%	-	-	0.0%	7,943	72,213	11.0%	33,395	33,395	100.0%
Total	44,007	344,568	12.8%	-	-	0.0%	31,233	388,105	8.0%	63,068	63,068	100.0%

Unit Birr

	Patching			Crack Seal			Partial OL			Full OL		
	Repair Area(m2)	Unit Cost	Repair Cost	Repair Area(m2)	Unit Cost	Repair Cost	Repair Area(m2)	Unit Cost	Repair Cost	Repair Area(m2)	Unit Cost	Repair Cost
RR	1,182	434	512,858	-	200	-	5,707	534.98	3,053,077	10,775	802.47	8,646,614
PAS	8,341		3,619,820	-		-	17,584		9,406,821	18,898		15,164,677
SAS	34,484		14,966,143	-		-	7,943		4,249,186	33,395		26,798,486
Total	44,007		19,098,821	-		-	31,233		16,709,084	63,068		50,609,777

Total 86,417,682

(5) 中長期維持管理計画

本件では中長期計画作成のために、EY2009、EY2010 及び EY2011 の 3 年間に収集したデー

タに基づいて舗装面の損傷度合いの推移を予想し、各年度の予算と道路のサービスレベルとの関連性のケーススタディを実施した。その結果最も長期にわたって道路の状態を良好に保つための年度別予算配分は以下の図に示すように、当初の1、2年は75 Million Birr程度の予算を配分し、その後は60 Million Birr程度の予算配分を保持して推移するケースが望ましいとの結論を得た。

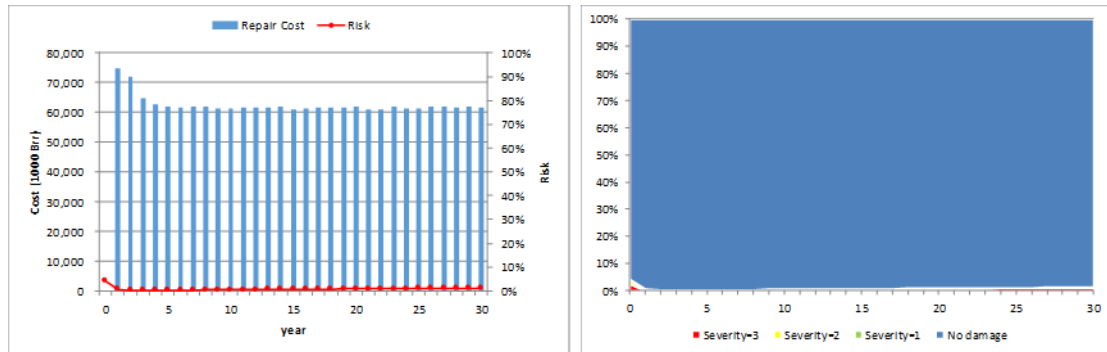


図 2.3-10 最適予算配分

2.3.3.5 パイロットプロジェクトと構造調査試験機

(1) パイロットプロジェクトの目的

- ① 年次維持管理計画に基づいて構造調査・補修施工を実施すること
- ② 過度／過小とならずに適切な補修工法選択、補修設計を実施すること
- ③ 破損状況に応じて、パッチング、オーバーレイ以外の補修工法も施工すること
- ④ 維持管理サイクルにおける補修記録の蓄積とフィードバックを実践し、定着させること

(2) パイロットプロジェクトの実施

パイロットプロジェクト（以下PJ）の実施記録は以下の通り。

表 2.3-6 PJ実施記録

選定のポイント	第1回（2016年補修実施）	第2回（2017年補修実施）
選定期	2016年11～12月	2017年6～7月
補修施工時期	10～2月の乾季に実施	
対象道路	年次計画に含まれる舗装幹線道路（Ring Road、PAS、SAS）	
構造調査	構造調査を含まない事業	構造調査を含む事業
重視する目的	①計画に基づいた補修実施 ④補修記録のフィードバック	②適切な補修設計 ③様々な補修工法
対象損傷	明らかな路面破損	構造破損を伴うもの
想定対象工法	- ポットホールパッチング - クラックシーリング	-(切削) オーバーレイ - 局部打ち換え
重視する管理項目	安全衛生管理、品質管理（出来形管理含む）	

尚第2回のPJで実施予定であった切削オーバーレイは機械の調達ができず、取りやめとした。ただ第2回PJは、後述する構造調査試験機（以下DCP）での調査の結果、路床部に不良土（ブラックコットン）が見つかり、舗装だけでなく路盤、路床を置き換える大規模補修となった。



図 2.3-11 第 1 回 PJ



図 2.3-12 第 2 回 PJ

(3) 構造調査試験機

舗装路面上からは深さ方向の破損の範囲が特定しにくい場合に、基層・路盤・路床などの残存支持力などの状態を確認することを目的として構造調査を実施する。舗装構造の調査方法には、表 2.3-7 のものがある。

表 2.3-7 構造調査試験機

開削による探査法	破損箇所の開削調査方法
	動的貫入試験機
	簡易 FWD による地盤支持力試験方法
非破壊探査法	ベンケルマンビームによるたわみ量測定方法
	FWD によるたわみ量測定試験方法

精度・機能性を考慮した場合、FWD が第 1 候補となるが、購入費、維持管理費が圧倒的に他の試験機と比べて高価であることから、舗装部の切削が必要となるが、動的貫入試験機 (DCP) を構造調査試験機として推薦し、AACRA が採用を決定した。また舗装部の切削を容易にするためアスファルトコーンカッターを付属機械としてつけた。



図 2.3-13 構造調査試験機

(4) 技術移転

PJ 実施から得た教訓・知見や DCP 等の新しい技術のフィードバックを 2019 年 5 月 10 日に開催した第 2 回セミナーを通じて実施した。



図 2.3-14 第 2 回セミナー

第3章 合同評価結果

3.1 DAC 基準に基づく評価結果

3.1.1 妥当性 (Relevant)

国家開発計画 (GTP/GTP II) において、Road Maintenance System を強化することが掲げられている。また、「第5次道路セクター開発プログラム (Road Sector Development Program Phase V: RSDP V; 2015/16~2019/20) において、メンテナンスが必要な道路を確実に把握することが重要であると明記されている。本プロジェクトでは、客観的なデータに基づくシステム化された維持管理業務への改革が推進されたことは、国家戦略及び AACRA のニーズに対して妥当であると判断することができる。さらに、本プロジェクトでの上記の技術を導入する過程において、AACRA の技術者とともに導入するシステムの仕様やカスタマイズに関する議論を常に行なっていることは、JICA の技術協力プロジェクトの方針に合致する。

3.1.2 効率性 (Efficiency)

専門家のアサインは適切であり、すべてのアサイメントが消化された。プロジェクト期間延長に伴い OJT が追加的に実施された。オープンソースでのシステム開発が行われ、プロジェクト後にシステムのソースコードが AACRA に公開された。2016年11月の組織変更に伴い、カウンターパートが増員され、最終的に16名のカウンターパートが配置され、Road Asset Management and Database Directorate から、各々の活動に対する責任者が配置された。以上のことから、本プロジェクトは十分、効率的に実施されたと評価することができる。

3.1.3 有効性 (Effectiveness)

5つの Regional Office の新設、Road Asset Management and Database Directorate の技術者の増員により、道路維持管理にかかる AACRA の実施体制の改善に大きく有効であった。道路維持管理の PDCA サイクルを実践するための各々の活動が確実に実施され、道路維持管理計画策定プロセスの確立に大きく有効であったと評価できる。パイロットプロジェクトでは、予防的補修の適用についての技術移転が行われ、維持管理スキル・知識の向上に寄与した。予定されたすべての活動は完了し、その有効性は高いと判断することができる。

3.1.4 インパクト (Impact)

道路維持管理の PDCA サイクルを系統的に実行するプロセスの確立は、AACRA の維持管理業務の信頼性を確保させ、アディスアベバ市や道路基金に対する予算要求の信頼性向上の効果があつた。それにより持続的な道路維持管理業務を遂行する基盤が構築された。また IRI による国際標準に準拠した指標を目標設定に導入し実際に運用レベルに至ったことは、エチオピア国内さらには周辺国に対する AACRA の道路維持管理の取り組みに対する理解を深めることに繋がり、AACRA の道路維持管理、さらに将来的な道路アセットマネジメントの導入が加速する環境が構築された。AACRA の道路維持管理業務及び本プロジェクトを紹介したプロモーションビデオは道路維持管理に関する市民の理解を深め、AACRA のアカウンタビリティを高めることは期待できる。

以上のことから、本プロジェクトによるインパクトは高いと評価できる。

3.1.5 持続性 (Sustainability)

以下の3つの視点より、本プロジェクトの Sustainability は十分に確保されていると評価することができる。

(1) 技術的視点

本プロジェクトの各活動において、プロジェクトで開発、導入された技術に関する継続的な OJT が実施された。また、プロジェクト終了後には新メンバーや Regional Office の技術者へ継続的にトレーニングを実施する体制が構築された。路面性状調査システムは、十分技術移転がなされるとともにサプライヤーへの問い合わせ窓口が開設され常にサポートを受けることができる。RMMS 及び点検支援システムは、プログラムのすべてのソースコードシステムの設計書、データベース定義書等のドキュメント一式が提供された。

(2) 財源的視点

アディスアベバ市から配分される道路維持管理予算を含め、近年、配分額が増加傾向にあり、ある一定の道路維持管理業務が実行できるレベルにある。

(3) 組織的視点

エチオピア政府の上位計画である国家開発計画及び道路セクター開発プログラムにおいて、道路維持管理の重要性の認識と道路維持管理への予算配分を考慮することが明確に示されている。AACRA では、道路維持管理業務の PDCA サイクルの進捗管理に関するレポートラインが明確となり、業務の担当からトップマネジメントの意思決定者までスムーズに情報共有が図られるよう改善された。2019 年 2 月に実施された TAC Meeting にて、プロジェクト後の Sustainability の方針について情報共有がなされ、AACRA の上層部の意思決定者が、道路維持管理の活動にイニシアティブをとることが確認された。

3.2 プロジェクトの実施と成果物に影響を与えた主要な要因

3.2.1 追い風要因

- (1) エチオピアの開発政策とプロジェクトの方向性の一致により広く理解を得た（予算・人員の増等）。
- (2) 関連部署間でのコミュニケーションの改善。
- (3) OJT、ワークショップを通じて保たれた JICA チームと C/P の意思の疎通。
- (4) C/P の主要メンバーがほぼ固定されたため、今回のメンバーは次世代のトレーナーとしての期待。
- (5) プロジェクト実施期間を通じて安全が保たれたため、遅滞ない業務の実施。

3.2.2 抑制要因

- (1) PCSS 機材の調達の遅れ（工期延長で対応）
- (2) 道路維持管理機材不足によるパイロットプロジェクト計画変更を余儀なくされた。（注：翌年 AACRA は独自でアスファルト切削機を購入し、切削オーバーレイが可能となった。）

3.3 リスク管理結果に対する評価

3.3.1 当事者意識

プロジェクトの成否を左右する最大の要因はいかに C/P の当事者意識を高めるかであると判断し以下の方針を定め実施した。結果 C/P の当事者意識を最後まで保つことができた。

- (1) なるべく早い段階で具体的で、業務に役立つ成果品を作成する。(契約変更を実施し、目視点検支援システム (VISS) を構築した。)
- (2) いつでも C/P の相談に対応できるように、日本人専門家一回の滞在期間を短くし、渡航回数を増やした。

3.3.2 PCSS 機器の調達の遅れ

PCSS の機材調達の遅れには工期延長と、専門家の派遣スケジュールを変更することで対応し、計画したすべての成果品を提供することができた。

3.4 プロジェクト実施から得た教訓

- (1) 具体的な成果品を早い時期に作成し、C/P のやる気・当事者意識を高める。
- (2) 最先端仕様でもなく高価な機器が常に必要とは限らない。(構造調査試験機として導入した DCP が非常に積極的に使われている。)
- (3) C/P の意見要望に応じて、システムのアップデートと改良を常に心がける。
- (4) 今後のシステムの改良が必要となったときに、C/P 独自で対応できるように、システムのソースコードをオープンにする。

第4章 プロジェクトの上位目標を達成するために

4.1 上位目標達成の可能性

2018年10月4日に開催された第7回JCCにおいて下記の上位目標の設定が承認された。

- (1) 上位目標1：プロジェクト終了から3年後には主要道路（RR、PAS及びSAS）の60%以上のIRIを3.5以下に保つ。
- (2) 上位目標2：プロジェクト終了から3年後には、AACRAが管理するアスファルト舗装道路の90%以上を、本プロジェクトで標準化された手法（VISS）で点検する。

PDCA サイクル手法を基に、本プロジェクトで導入された成果物を適切に使用し続ければ、上位目標達成の可能性は高いと判断する。

4.2 日本側及びエチオピア側に対する提案

4.2.1 日本側に対する提案

現在アディスアベバ市全体で組織の見直しが検討されており、この市全体の見直しが終わらない限り AACRA の組織の見直しが実施できない。そのため AACRA としては今後の活動計画や実施のためのロードマップの策定ができない状況にある。そこで JICA エチオピア事務所には AACRA の組織の見直しの進捗をモニターしていただきたい。

4.2.2 エチオピア側に対する提案

- (1) PDCA サイクル手法の適応の拡大
- (2) データ収集の継続
- (3) システムを管理する IT 部門の、権限と義務の明確化

4.3 プロジェクト終了から Ex-Post 評価時までのモニタリング計画

通常プロジェクト終了から2年後に実施される Ex-Post 評価時までに JICA エチオピア事務所には以下の作業の実施をお願いしたい。

- ・プロジェクトの成果物が適切に使用されているかの定期的モニター
- ・上位目標達成のため進捗状況のモニター
- ・上位目標達成のために必要と判断される専門家の派遣
- ・もし導入されたシステムに技術的な問題が発生した場合、AACRA と協力して問題解決のために手段を講じる。（補記：システム開発会社の連絡窓口が設置された。）