

タイ国

高等教育科学研究イノベーション省／国家 GIS 委員会

**タイ国全地球航法衛星システムの整備に
よる社会実験フィールドの構築に関する
情報収集・確認調査
ファイナルレポート**

2020 年 2 月

独立行政法人国際協力機構

株式会社パスコ
国際航業株式会社

目 次

1. 業務の概要	1
1.1. 業務の背景、目的等	1
1.2. 相手国主要対象機関の概要	3
1.3. 活動内容	11
1.4. 日タイの協議の経過	11
2. タイにおける電子基準点機材の整備状況	12
2.1. DOL の機材導入状況及びその運用維持管理	14
2.2. DPT の機材導入状況及びその運用維持管理	17
2.3. GISTDA の機材導入状況及びその運用維持管理	20
2.4. HII の機材導入状況及びその運用維持管理	24
2.5. NIMT の機材導入状況及びその運用維持管理	28
2.6. RTSD の機材導入状況及びその運用維持管理	31
2.7. タイの測地基準と電子基準点の座標決定(基線解析)	34
3. 高精度測位サービスを取り巻く状況	39
3.1. 日本の電子基準点リアルタイムデータの配信と測位サービスの提供	39
3.1.1. 国土地理院	39
3.1.2. 公益社団法人日本測量協会	45
3.1.3. 民間事業者の配信サービス	48
3.1.4. その他	51
3.2. 世界における高精度測位サービス事例	52
3.2.1. 日・タイ以外における測位サービス事例	52
3.2.2. 高精度測位サービス活用に関する技術動向	59
3.3. タイにおける高精度測位データ活用ニーズ	60
3.3.1. タイ政府機関及び民間企業における利活用	60
3.3.2. タイ進出(予定)本邦企業の高精度測位データ活用意向	67
3.3.3. タイ国内における関連分野での科学研究	70
3.4. 高精度測位サービス活用に関する制約	72
3.4.1. データ配信に関する制約	72
3.4.2. 社会実験実施に関する制約(EEC の特例を含む)	94
4. 高精度測位データの利活用・データ配信に関する検討	99

4.1. タイ国内で想定される高精度測位データの利活用	99
4.1.1. 精度レベル別の高精度測位データの利用用途	99
4.1.2. 高精度測位データの利活用に必要な環境整備及び求められるデータ内容	101
4.1.3. 高精度測位データの利活用普及に向けた取り組み	101
4.2. 高精度測位データの提供システム	102
4.2.1. 民間へ公開する場合の料金設定・徴収方法	102
4.2.2. 徴収した料金収入の分配	103
5. 電子基準点のデータ配信体制とシステム構成に関する検討	105
5.1. 将来的に想定される利用に適した電子基準点システムの検討	105
5.1.1. データ配信体制と電子基準点システムの全体構成	105
5.1.2. 電子基準点配置計画	110
5.1.3. 電子基準点の機材仕様	110
5.1.4. 電子基準点の観測データの NCDC への統合案	111
5.1.5. 国家 CORS データセンター機材仕様	117
5.2. 電子基準点システムの運営維持管理体制の検討	123
5.2.1. 電子基準点の運営維持管理	123
5.2.2. 国家 CORS データセンターの運営維持管理	124
5.2.3. 国家 CORS データセンターの運営に必要な役割と機能	129
5.2.4. 電子基準点の運営維持管理計画	131
5.2.5. データセンターの運営維持管理計画	133
5.3. 電子基準点システム運営に必要となる人材育成計画の検討	135
5.3.1. 電子基準点運営に必要となる人材育成	135
5.3.2. 国家 CORS データセンター運営に必要となる人材育成	137
6. 本邦招へい	141
6.1. 実施計画	141
6.2. 実施内容	142
7. 社会実験の実施	144
7.1. 社会実験案件の募集・決定	144
7.1.1. 社会実験候補案件のリストアップ	144
7.1.2. 社会実験案件の決定	145
7.2. 社会実験の実施	146
7.2.1. 社会実験環境の準備	146
7.2.2. 社会実験の内容	147

7.2.3. Thailand Japan GNSS DEMO DAY への参加	153
7.2.4. 社会実験のまとめ	154
8. 現地セミナーの実施	156
8.1. 実施計画	156
8.1.1. 開催日時及び会場の選定	156
8.1.2. アジェンダの検討及び有識者への講演依頼	156
8.2. THAILAND JAPAN SPECIAL SESSION の実施	156

巻末資料

- 1) 電子基準点標準仕様案
- 2) 社会実験報告書
- 3) セミナー発表資料

通貨換算率

2019 年 9 月の JICA 精算レート 1 バーツ=3.47478 円

図 一 覧

図 1-1 国家 GIS 委員会の構成.....	3
図 1-2 DOF の組織(2019 年 9 月時点)	4
図 1-3 DOL の組織図(2019 年 9 月時点)	5
図 1-4 DPT の Central Administration の組織図(2019 年 9 月時点)	6
図 1-5 GISTDA の組織図(2019 年 9 月時点).....	7
図 1-6 HII の組織図(2019 年 9 月時点)	8
図 1-7 NIMT の組織図(2019 年 9 月).....	9
図 1-8 RTSD の組織図(2019 年 2 月時点)	10
図 2-1 電子基準点のカバー範囲.....	13
図 2-2 電子基準点点間距離とネットワーク RTK の精度の関係	13
図 2-3 DOL の電子基準点ネットワーク (設置年 : 2016~2019 年)	14
図 2-4 DPT の電子基準点(左:全体、右:HII の統合 RTK ネットワークに利用されている電子基準点) ..	17
図 2-5 GISTDA の電子基準点ネットワーク (設置年:2013 年~2015 年)	20
図 2-6 研究開発用統合電子基準点ネットワークの一部	20
図 2-7 HII の電子基準点(6ヶ所)の設置状況	24
図 2-8 HII の電子基準点ネットワーク (2016~2017 年).....	25
図 2-9 EEC エリアの電子基準点ネットワーク (2018 年)	25
図 2-10 GNSS を用いた時計比較の原理	28
図 2-11 時計比較用 GPS 受信機用アンテナ(左側の円錐形レドーム。右側は避雷針)	29
図 2-12 2 台の GNSS 受信機用アンテナ	29
図 2-13 RTSD の電子基準点(2019 年 8 月時点)	31
図 2-14 RTSD の測地ネットワーク(水平方向)	35
図 2-15 RTSD の水準ネットワーク(垂直方向)、及びジオイドモデル.....	36
図 3-1 日本の電子基準点リアルタイムデータの配信と関係機関.....	39
図 3-2 電子基準点内部の機器構成	40
図 3-3 米国測地局 NGS CORS Map	53
図 3-4 米国の民間企業による配信地域.....	54
図 3-5 ヨーロッパの民間企業による配信地域	55
図 3-6 ドイツ SAPOS network.....	56
図 3-7 フランス RGP network	57
図 3-8 英国の OS Net	58
図 3-9 マレーシアの MyRTKnet	59
図 3-10 GNSS イノベーションのバリューチェーン	62

図 3-11 EECi 構想	63
図 3-12 HII の MMS 車両及(左)び MMS で計測した点群データ(右)	63
図 3-13 日本における自動操舵装置等の出荷台数	65
図 3-14 UAV による農薬のピンポイント散布	65
図 3-15 日本における ICT 土工の活用効果(2018 年度)	66
図 3-16 設置型のセンサー(左)とプローブデータの比較(右)	71
図 3-17 日本国内における既存の地図販売と法的な枠組みの一例	72
図 3-18 タイにおける地図販売の仕組と法規制との関係	74
図 3-19 RFAPR の組織図	75
図 3-20 RFAPR による地図販売及び料金徴収の仕組み	76
図 3-21 RTSD の Map information center における地図提供プロセス	77
図 3-22 RTSD における販売地図価格承認プロセス	78
図 3-23 RTSD の Map information center による地図販売チャンネル	80
図 3-24 RTSD の Map information center における料金支払いプロセス	81
図 3-25 データ収集と配信におけるネットワーク利用	89
図 3-26 GIN 構想図	90
図 3-27 移動体通信業者各社のカバー状況	92
図 3-28 Service Area Check (ToT 社)	93
図 3-29 EEC3 県と 3 つの特別経済振興区	98
図 4-1 Thailand4.0 と電子基準点の活用	100
図 4-2 GISTDA が注力している GNSS 技術のイノベーション分野	100
図 5-1 タイにおいて検討されていたデータ配信体制	105
図 5-2 データ配信体制 案 A	105
図 5-3 データ配信体制 案 B	106
図 5-4 データ配信体制 案 C	107
図 5-5 データ収集体制 案 A	109
図 5-6 データ収集体制 案 B	109
図 5-7 タイ国政府の電子基準点から NCDC への当初の統合案	112
図 5-8 調査団の提案 A の統合方法	113
図 5-9 調査団の提案 B の統合方法	114
図 5-10 調査団の提案 C の統合方法	115
図 5-11 タイ政府の新しい統合方法案	116
図 5-12 GEONET で使用されているデータ・フォーマット	121
図 5-13 各機関の電子基準点システムの保守契約の状況	125
図 5-14 GEONET の中央局の実施体制	126

図 5-15 NCDCに必要な役割と機能.....	130
図 7-1 トプコン社の電子基準点ネットワーク.....	147
図 7-2 DEMO DAY 会場図.....	154

表 一 覧

表 1-1 タイ政府 7 機関の主たる業務、人員、予算規模	10
表 2-1 タイの電子基準点の設置状況と計画.....	12
表 2-2 DOL の電子基準点の設置と機材等の仕様.....	14
表 2-3 DOL の電子基準点の運営・維持管理の計画と状況.....	15
表 2-4 DPT の電子基準点の設置と機材等の仕様.....	18
表 2-5 DPT の電子基準点の運営・維持管理の計画と状況.....	19
表 2-6 GISTDA の電子基準点の設置と機材等の仕様	21
表 2-7 GISTDA の電子基準点の運営・維持管理の計画と状況.....	22
表 2-8 GISTDA の Small-RTK の構想の概要	23
表 2-9 HII の電子基準点の設置と機材等の仕様.....	25
表 2-10 HII の電子基準点の運営・維持管理の計画と状況.....	26
表 2-11 RTSD の電子基準点の設置と機材等の仕様	31
表 2-12 RTSD の電子基準点の運営・維持管理の計画	32
表 2-13 RTSD の測地基準の推移.....	34
表 2-14 電子基準点の座標決定と使用したソフトウェア	37
表 3-1 日本の電子基準点リアルタイムデータの配信と関係機関について.....	39
表 3-2 GEONET の観測対象の測位衛星と観測仕様	40
表 3-3 GEONET 中央局の主な機能	41
表 3-4 GEONET の観測データの取得率の推移.....	42
表 3-5 GEONET の運営・維持管理に関する外部リソースの役割について.....	42
表 3-6 GEONET の運営・維持管理予算（2017 年度）	43
表 3-7 電子基準点の障害発生状況（2017 年度）	43
表 3-8 GEONET 中央局の障害発生状況（2016、2017 年度）	44
表 3-9 その他の GEONET の運用維持管理業務.....	44
表 3-10 ダウンロード可能な GEONET の観測データ	45
表 3-11 日本測量協会の概要	45
表 3-12 リアルタイムデータ配信のデータセンターの初期投資と主な運営経費	47
表 3-13 電子基準点データ提供サービス一覧表.....	47
表 3-14 電子基準点を利用したリアルタイム測位推進協議会の活動一覧表	48

表 3-15	RTK 補正データのリアルタイム配信を行っている民間事業者	49
表 3-16	リアルタイムデータを活用した主な利活用事例	49
表 3-17	リアルタイム配信のサービス提供時の課題	50
表 3-18	リアルタイム配信サービスを行っている民間事業者の主な料金体系	51
表 3-19	GNSS 連続観測点の主な設置機関	52
表 3-20	アンケートの配布先団体	67
表 3-21	アンケートの回答	68
表 3-22	ヒアリング実施先一覧	69
表 3-23	測量法における地図刊行に係る規定	73
表 3-24	著作権法における地図の規定	73
表 3-25	国有財産法における行政財産からの料金徴収可否に関する規定	73
表 3-26	RTSD における提供地図サービスの種類と担当部署	75
表 3-27	RFAPR の取締役会メンバー所属組織一覧	76
表 3-28	RTSD の Map information center が刊行する地図の販売価格一覧	78
表 3-29	RTSD による販売地図の EMS 発送価格一覧	81
表 3-30	タイの著作権法による規定	82
表 3-31	公的機関法の第 5 条による規定	82
表 3-32	公的機関法の第 12 条による規定	83
表 3-33	公的機関法の第 13, 14 条による規定	83
表 3-34	王国法での公的機関の業務内容の規定 (GISTDA の場合)	83
表 3-35	公的機関としての業務を実施するために必要な権限の規定 (GISTDA の場合)	84
表 3-36	個別設置法第 2 版における業務内容・権限の条文改訂の例 (GISTDA の場合)	85
表 3-37	GISTDA 個別設置法第 19 条による料金徴収の規定	85
表 3-38	データ配信・料金徴収において調査した法規制一覧	87
表 3-39	データ収集手段	89
表 3-40	タイにおける移動体通信業者使用の周波数帯	91
表 3-41	プロバイダ各社の光回線速度 (最大)	93
表 3-42	第 5 世代通信の使用する周波数帯と各国の対応	94
表 3-43	調査した日本の法令	94
表 3-44	調査したタイの法令	96
表 4-1	精度レベル別利用用途の整理	99
表 4-2	タイ政府機関が配信しているデータのフォーマット及び通信方式	101
表 4-3	高精度測位データの利活用普及促進に向けた取り組み案	102
表 4-4	NCDC の料金徴収機関として想定されるケース	103
表 4-5	徴収料金を分配する際の想定される実施機関別のメリットとデメリット	104

表 5-1 配信体制の比較.....	107
表 5-2 データ収集体制の比較.....	108
表 5-3 電子基準点の標準仕様案の検討事項.....	110
表 5-4 タイ政府の当初の統合方法の評価	113
表 5-5 調査団の提案 A の統合方法の評価.....	114
表 5-6 調査団の提案 B の統合方法の評価.....	115
表 5-7 調査団の提案 C の統合方法の評価	116
表 5-8 タイ政府の新しい統合方法の評価	117
表 5-9 データセンターの冗長化の検討ポイント	118
表 5-10 サーバ機材の検討ポイント	118
表 5-11 各機関の電子基準点管理ソフトウェアの運用状況	119
表 5-12 電子基準点管理ソフトウェアの機能要件	120
表 5-13 追加のソフトウェア開発のポイント	120
表 5-14 RTCM フォーマット.....	122
表 5-15 トリンブル社 CMR フォーマット.....	122
表 5-16 電子基準点の運営維持管理業務統合のメリット／デメリット	123
表 5-17 電子基準点の運営維持管理計画に関する検討事項	124
表 5-18 各機関の電子基準点システムの運営維持管理の状況.....	125
表 5-19 GEONET の外部人材に求められる役割と任務.....	127
表 5-20 国土地理院 測地観測センターの概要（2019 年 1 月時点）	128
表 5-21 電子基準点課の職員の役割	128
表 5-22 電子基準点のサービス内容の検討事項.....	129
表 5-23 現状の各機関のデータセンターの運営状況.....	131
表 5-24 電子基準点運営に必要な能力.....	136
表 5-25 各機関技術移転のニーズ.....	137
表 5-26 技術協力と人材育成の提案	138
表 6-1 本邦招へのスケジュール.....	141
表 6-2 招への参加者リスト	142
表 7-1 社会実験案件一覧	145
表 7-2 社会実験の環境の候補のまとめ（2019 年 3 月時点）	146
表 7-3 DEMO DAY のプログラム	153
表 8-1 Thailand Japan Special Session の実施概要.....	157
表 8-2 セッションアジェンダ	157

略 語 一 覧

略語	正式名称	和名
AIT	Asian Institute of Technology	アジア工科大学
BeiDou	BeiDou Navigation Satellite System	北斗測位衛星システム
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (ドイツ語)	ドイツ連邦地図測地局
CAAT	Civil Aviation Authority of Thailand	タイ航空局
CORS	Continuously Operating Reference Station	電子基準点
DDPM	Department of Disaster Prevention and Mitigation	防災局
DOF	Department of Fishery	漁業局
DOL	Department of Lands	土地局
DPT	Department of Public Works and Town & Country Planning	公共事業・都市農村計画局
EEC	Eastern Economic Corridor	東部経済回廊
EECi	Eastern Economic Corridor innovation	東部経済回廊イノベーション
EGSA	European GNSS Agency	欧州全地球航法衛星システム監督庁
FGDS	Fundamental Geographic Data Set	基本地理データセット
GBAS	Ground-Based Augmentation System	地上型衛星航法補強システム
GEONET	GNSS Earth Observation Network System	GNSS 連続観測システム
GIN	Government Information Network	政府情報回線
GiNNo	GNSS Innovation Center	GISTDA の SKP 内にある GNSS 技術の展示場の名称
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
GISTDA	Geo-Informatics and Space Technology Development Agency	タイ地理情報宇宙技術開発機関
GLONASS	Global Navigation Satellite System	グロナス衛星システム
GNSS	Global Navigation Satellite System	全球測位衛星システム
HII	Hydro Informatics Institute	科学技術省水文情報研究所
IERS	International Earth Rotation and Reference Systems Service	国際地球回転・基準系事業
IGN	Institut Géographique National (フランス語)	フランス国土地理院
IGS	International GNSS Service	国際 GNSS 事業

略語	正式名称	和名
ITRF	International Terrestrial Reference Frame	国際地球基準座標系
JUPEM	Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia (マレーシア語)	マレーシア地図測量局
MADOCA	Multi-GNSS Advanced Demonstration tool for Orbit and Clock Analysis	高精度測位補正技術
MHESI	Ministry of Higher Education Science Research and Innovation	高等教育科学研究イノベーション省
MGA	Multi GNSS Asia	マルチ GNSS アジアカンファレンス
MMS	Mobile Mapping System	モバイルマッピングシステム
MNO	Mobile Network Operator	移動体通信業者
MVNO	Mobile Virtual Network Operator	仮想移動体通信業者
NBTC	National Broadcasting and Telecommunications Commision	国家放送通信委員会
NCDC	National CORS Data Center	国家 CORS データセンター
NIMT	National Institute of Metrology (Thailand)	タイ国家計量標準機関
NMEA	National Marine Electronics Association	全米船舶用電子機器協会
NSTDA	National Science and Technology Development Agency	国立科学技術開発庁
OS	Ordnance Survey, Great Britain	英国陸地測量部
PPP	Precise Point Positioning	精密単独測位
PWV	Precipitable Water Vapor	可降水量
QZSS	Quasi-Zenith Satellite System	準天頂衛星システム
RGP	Le réseau GNSS permanent (フランス語)	電子基準点ネットワーク
RTCM	Radio Technical Commission For Maritime Services	海事用無線技術委員会
RTK	Real Time Kinematic	リアルタイムキネマティック方式
RTSD	Royal Thai Survey Department	タイ王立測量局
UAV	Unmanned Aerial Vehicle	無人航空機
UNAVCO	University NAVSTAR Consortium	米国 GPS 大学連合
VMS	Vessels Monitoring System	漁船監視システム

1. 業務の概要

本業務の目的、対象地域、範囲等を以下のとおり要約する。

1.1. 業務の背景、目的等

(1) 業務の背景

タイ政府は、今後 20 年間で目指すべき経済社会ビジョンとして「Thailand 4.0」を掲げ、産業の高付加価値化と競争力強化を実現する地域として、東部臨海地域がまたがる 3 県（チョンブリ、チャチェンサオ、ラヨーン）を経済特区「東部経済回廊（Eastern Economic Corridor: EEC）」と称し、その中心に据えている。EEC の特別活動特区の 1 つであるイノベーション特区の「EECi（東部経済回廊イノベーション）」はイノベーション技術を促進する政策であり、特に測位衛星を用いた高精度の位置情報を使用する技術やそのアプリケーション技術が着目されている。

我が国政府は準天頂衛星や電子基準点整備による高精度測位サービス等の実現を通じ、遠隔監視による農業機械の無人走行等の実現に向けた研究開発や防災システムの高度化等を推進しており、「質の高いインフラ輸出拡大イニシアティブ」の一環で同技術の海外展開を図っている。

特に多くの本邦企業が進出するタイは、高精度測位サービス展開の重点国の 1 つとされている。タイにおいて高精度測位活用に関する社会実験ができることで、わが国では制約の多い各種技術開発が可能となり、タイのみならず我が国にとっても有用な技術開発が進展することが期待されている。

他方、タイでは王立測量局（Royal Thai Survey Department: RTSD）、科学技術省地理情報宇宙技術開発機構（Geo-Informatics and Space Technology Development Agency: GISTDA）、内務省土地局（Department of Lands: DOL）、内務省公共事業・都市地方計画局（Department of Public Works and Town & Country Planning: DPT）、科学技術省水文情報研究所（Hydro Informatics Institute: HII）等の各政府機関が各使用目的に応じて独自に電子基準点を設置している。高精度測位サービスの実現のためにはこれらが統合され、電子基準点ネットワークが一体的に運用される必要があり、2017 年 3 月、タイ政府はデータ統合を目的とした国家 CORS データセンター（統合データセンター、以下 NCDC とする）を設立し、高精度測位サービス提供可能な環境整備に取り組むことを決定した。

(2) 業務の目的

タイにおいて高精度測位サービス提供可能な環境整備に必要となる、統合電子基準点ネットワーク及びデータセンター運用に向けた諸課題を明確にするための情報収集、また、タイにおける本邦企業の高精度測位を活用した技術開発及びビジネス展開に資する情報収集を行なうことを目的とする。

1. 業務の概要

(3) 対象地域

タイ全国（主にはバンコク都及び東部経済回廊地区）

(4) 相手国主要対象機関

高等教育科学研究イノベーション省（Ministry of Higher Education Science Research and Innovation: MHESI）／国家 GIS 委員会（National Geo-Informatics Board: NGB）／GNSS 小委員会／タイ日協力ワーキンググループ（以下、「タイ日協力 WG」）

- 国家 GIS 委員会（NGB）は、国家の GIS 整備に関する政策立案を支援するために 2003 年に首相官邸規則により首相の下に設置された。
- GNSS 小委員会は、NGB の下に設置された小委員会のうちの 1 つで、NCDC を監督し、GNSS の標準規格を調査・解析・定義し、GNSS に関する活動を推進するために国内外の機関と協力し、GNSS の利活用を国家の安全や社会経済活動を含むあらゆる面で促進・支援することを目的としている。
- タイ日協力 WG は、GNSS 小委員会の下に設置された 3 つの WG のうちの 1 つで、電子基準点のインフラ整備をタイと日本の協力により促進することを目的としている。タイ日協力 WG を構成する機関は、次の 8 機関である。
 - 1) 漁業局 DOF: Department of Fishery
 - 2) 土地局 DOL: Department of Lands
 - 3) 公共事業・都市農村計画局 DPT: Department of Public Works and Town & Country Planning
 - 4) 地理情報宇宙技術開発機関 GISTDA: Geo-Informatics and Space Technology Development Agency
 - 5) 水文情報研究所 HII: Hydro Informatics Institute（当 WG の事務局を兼ねる）
 - 6) タイ国家計量標準機関 NIMT: National Institute of Metrology (Thailand)
 - 7) 国立科学技術開発庁 NSTDA: National Science and Technology Development Agency
 - 8) タイ王立測量局 RTSD: Royal Thai Survey Department

図 1-1 に NGB、GNSS 小委員会、タイ日協力 WG の構成を示す。

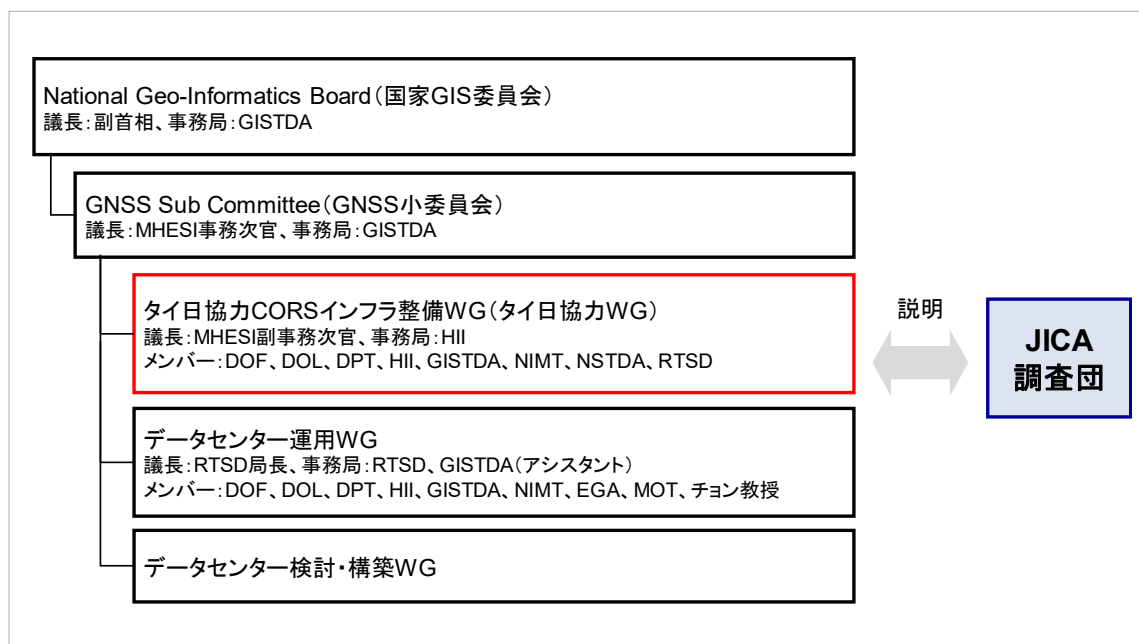


図 1-1 国家 GIS 委員会の構成

(5) 業務の範囲

本業務では、「1.1. (2) 業務の目的」を達成するため、事前準備として関連資料及び情報の収集分析等を行った上で、タイ政府側と調査実施体制を構築し、タイにおける高精度測位に関する情報収集・分析を実施する。収集された情報を整理して高精度測位データの利活用・配信計画等を検討、策定し、併せて、日タイ民間企業等によるタイにおける高精度測位利活用の社会実験実施を支援し、タイの電子基準点関係政府機関職員の本邦招へいを実施する。業務の進捗に応じてインセプションレポート、インテリムレポート、ファイナルレポート等を作成し、貴機構及び相手国関係機関に対し説明・協議のうえ、提出する。

(6) 業務実施期間

業務実施期間は、2018 年 11 月～2020 年 3 月である。

1.2. 相手国主要対象機関の概要

タイ日協力 WG メンバー機関のうちヒアリング調査対象となった 7 機関の事業内容、人員、予算規模を以下にまとめる。

1. 業務の概要

(1) DOF

農業・協同組合省の部局で、漁業に関する行政を担っている。海上漁業だけでなく養殖も対象としているため、国全体が事業の管轄範囲となっている。76 の県事務所及び 527 の郡事務所を含めて、約 8,800 名の職員が在籍している。このうち、Information and Communication Technology Center 及び Fishing Control and Surveillance Division が、GNSS CORS に関連する業務を行なっている。

ICT 技術の導入が進んでおり、地理空間情報を活用した漁業権の管理や禁漁区の設定等の業務も行っている。さらに、地理空間情報と測位情報を活用した漁船監視システム（Vessel Management System : VMS）を構築し、30 トン以上の漁船をモニタリングしている。また、スマートフォンのアプリで、自然環境や水産資源等の情報提供も行なっている。

電子基準点を保有している組織ではないが、今後、地理空間情報を含めた測位情報の積極的な活用を検討している。

Department Structure	
Central Administration Group	
1. Secretariat of the Department	11. Fishing and Fleets Management Division
2. Legal Affairs Division	12. Fisheries Foreign Affairs Division
3. Personnel Division	13. Planning Division
4. Finance Division	14. Fisheries Commodity Standard System and Traceability Division
5. Fish Quarantine and Inspection Division	15. Inland Aquaculture Research and Development Division
6. Royal Fisheries Initiated Projects and Special Activities Division	16. Coastal Aquaculture Research and Development Division
7. Fishing Control and Surveillance Division	17. Fisheries Industrial Technology Research and Development Division
8. Fish Inspection and Quality Control Division	18. Marine Fisheries Research and Development Division
9. Fisheries Development Policy and Strategy Division	19. Inland Fisheries Research and Development Division
10. Fisheries Resources Management and Measures Determination Division	20. Aquatic Animal Genetics Research and Development Division
	21. Aquatic Animal Health Research and Development Division
	22. Aquatic Animal Feed Research and Development Division
	23. Information and Communication Technology Center

図 1-2 DOF の組織（2019 年 9 月時点）

出典：DOF の HP（https://www4.fisheries.go.th/index.php/dof_en/view_role/2）

(2) DOL

内務省の部局で、土地行政全般を担っている。主たる業務は、土地の権利保護、土地証書の発行、土地情報の整備、土地登記等である。DOL の総職員数は約 10,600 名で、中央に約 2,500 名、地方（県事務所、郡事務所等）に約 8,100 名在籍している。電子基準点は、主に土地の境界調査の基準点測量に使用している。DOL の電子基準点ネットワークの運営・管理は、地図技術部（Mapping Technology Division）が担い、24 時間 365 日体制で実施されている。

DOL の電子基準点ネットワークは、現在 134 点（2019 年追加分含む）で構成されており、タイ政府機関の中では最大規模である。また、現在期間限定で、DOL の電子基準点のネットワーク RTK データを無償で配信している（<https://dol-rtknetwork.com/>）。地籍調査の効率的な実施のため、さらなる活用を目指している。

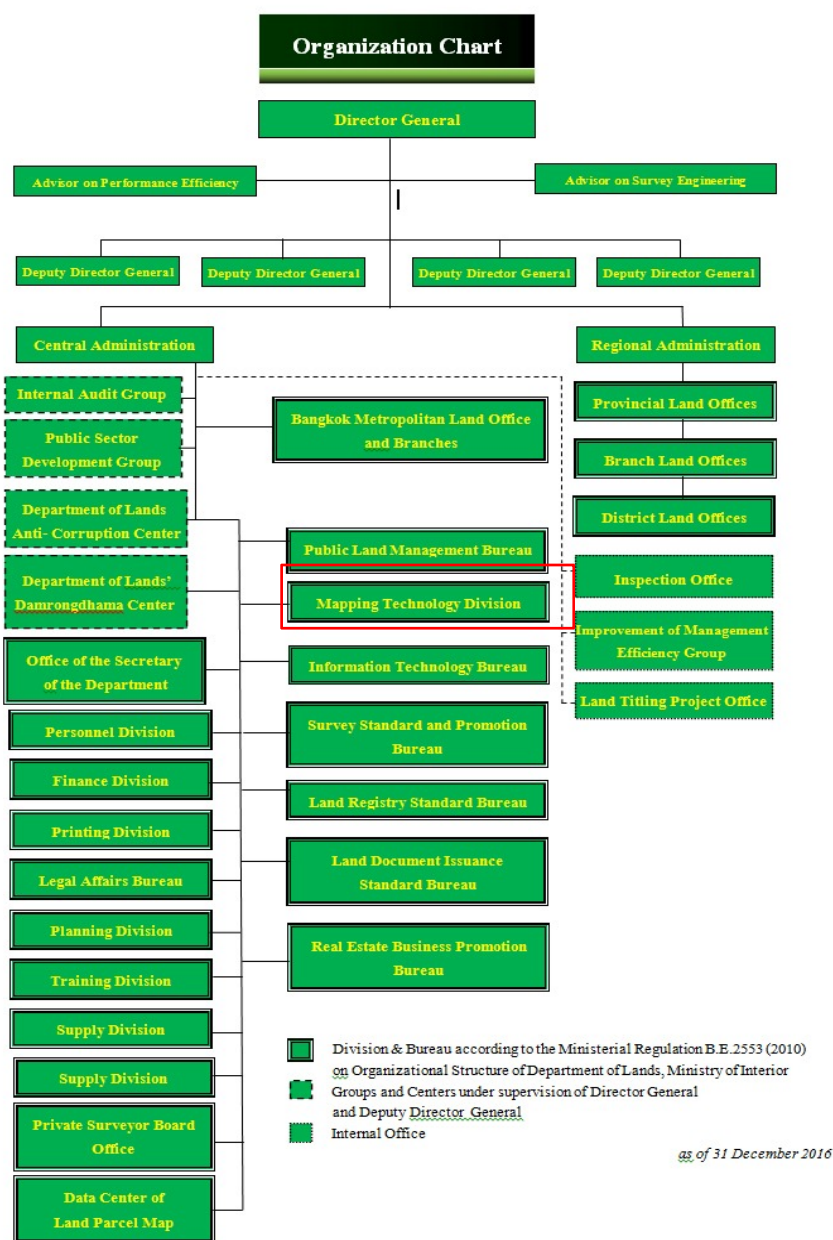


図 1-3 DOL の組織図 (2019 年 9 月時点)

出典 : DOL の HP (<http://www.dol.go.th/Pages/en/Organization-Chart.aspx>)

(3) DPT

内務省の部局で、国レベルから地方レベルまでの公共事業や空間計画、都市計画の策定等を担っている。都市部と農村部の業務があり、地方事務所も設置している。都市計画、都市開発、インフラ開発等の事業に必要な大縮尺の地理空間情報 (1/1,000 あるいは 1/4,000) を作成するために、電子基準点を

1. 業務の概要

活用している。

DPT の電子基準点ネットワークは、バンコク都市圏を含む大きな都市を中心に、計 15 点で構成されており、Town and Country Planning Engineering Bureau（約 120 名が在籍）が管理、運営を担当している。

Central Administration

Office of the Secretary	The Office of Town and Country Planning Board
Personnel Division	Public Sector Development Group
Planning Division	Office of Foreign Relations
Finance Division	Building Control Bureau
Information and Public Relations Division	Land Readjustment Bureau
Urban Development Training Institute	Royal Pavilion Design and Construction Division
Construction Supervision Division	Material Research and Testing Division
National and Regional Planning Bureau	Land Readjustment Funds
Comprehensive Planning Bureau	DPT Wives Club
Standard Development Bureau	Ethics Operations
Town and Country Planning Engineering Bureau	DPT Information Center
Structural Engineering and System Bureau	Building Research and Development Center
Architecture Bureau	Public Works Department Saving and Credit Co-operative 2529, Limited
The Internal Audit Group	

図 1-4 DPT の Central Administration の組織図（2019 年 9 月時点）

出典：DPT の HP（<https://www.dpt.go.th/en/dpt-administration/central-administration.html>）

(4) GISTDA

MHESI 傘下の公共機関¹で、リモートセンシング、GIS、地理空間情報や宇宙技術の研究開発を行っている。タイの最初の地球観測衛星プログラム「Thailand Earth Observation Satellite（THEOS）」も担っており、チョンブリー県シラチャ郡の GISTDA の施設“スペースクリノベーションパーク（Space Krenovation Park : SKP）”では、THEOS 衛星の観測センターで運用を行っている。これらの地理空間情報・宇宙技術開発の一環で GNSS 衛星や電子基準点の研究開発を行っている。

GISTDA の電子基準点ネットワークは、GISTDA の 4 点、DOL の 10 点、DPT の 15 点、King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang の 1 点、チュラロンコン大学の 1 点（IGS 点）の計 31 点で構成されている。農機の自動走行・建機のマシンコントロール、ドローンの自動制御、インフラのモニタリング等、高精度測位技術の利活用に特に関心が高い。

2018 年 1 月に SKP の敷地内にある GNSS Innovation Center の常設展示場内に開設された“GNSS 日本パビリオン”では、日本の政府機関及び企業が、パネルや動画で GNSS 関連技術を紹介している。

¹ 英名：Public Organization、タイの「公共機関」の特徴は、日本の独立行政法人や国立研究開発法人に類似している。

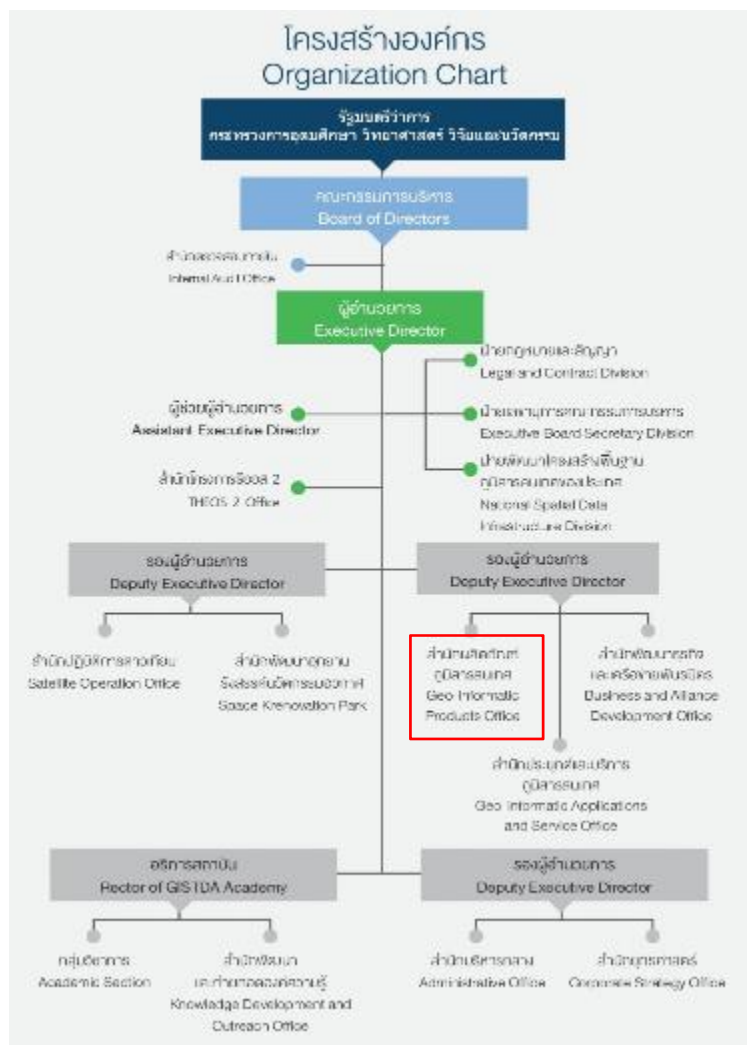


図 1-5 GISTDA の組織図 (2019 年 9 月時点)

出典：GISTDA の HP より (<https://www.gistda.or.th/main/en/node/70>)

(5) HII

MHESI 傘下の公共機関で、水資源（モニタリング含む）、災害対応時、防災等の情報収集やその収集方法等に関する研究開発を行なっている。その一環で、電子基準点データの活用を研究している。タイ日協力 WG の事務局を務めている。

HII の電子基準点ネットワークは、HII の 6 点（うち 1 点は、NIMT 所有）、DOL の 11 点、DPT の 6 点、その他 2 点の計 25 点で構成されており、EEC のエリアをカバーしている。電子基準点を活用した水蒸気量や可降水量（Precipitable Water Vapor:PWV）の推定にも高い関心がある。

1. 業務の概要

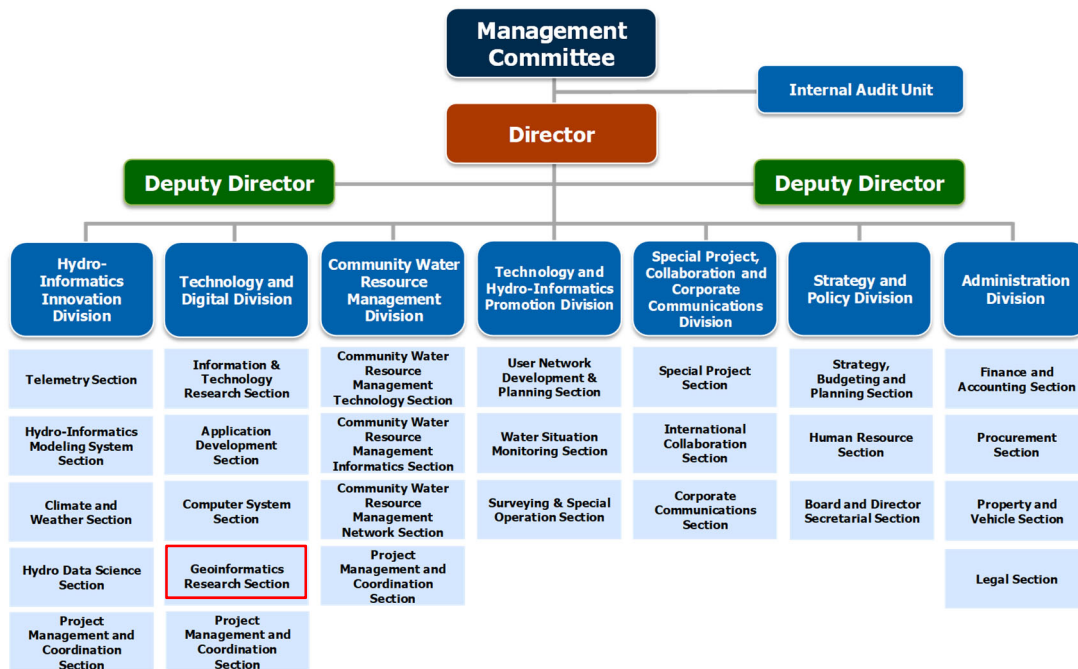


図 1-6 HII の組織図 (2019 年 9 月時点)

出典：HII

(6) NIMT

MHESI 傘下の公共機関である。約 200 名の職員が在籍し、タイの測定基準全般を担っている。対象は、化学、バイオメトリクス、計測（精密工学、ナノテクノロジー等を含む）、電気（時刻、周波数等を含む）、機械、温度、光学等、多岐にわたる。これまでに、日本の技術協力プロジェクトで組織を強化、発展させてきている。

標準時刻のモニタリングを目的として、電子基準点を 2 点保有している。電子基準点ネットワークからの正確な時刻提供で、タイのデジタル化（Thailand 4.0）に貢献したいと考えている。

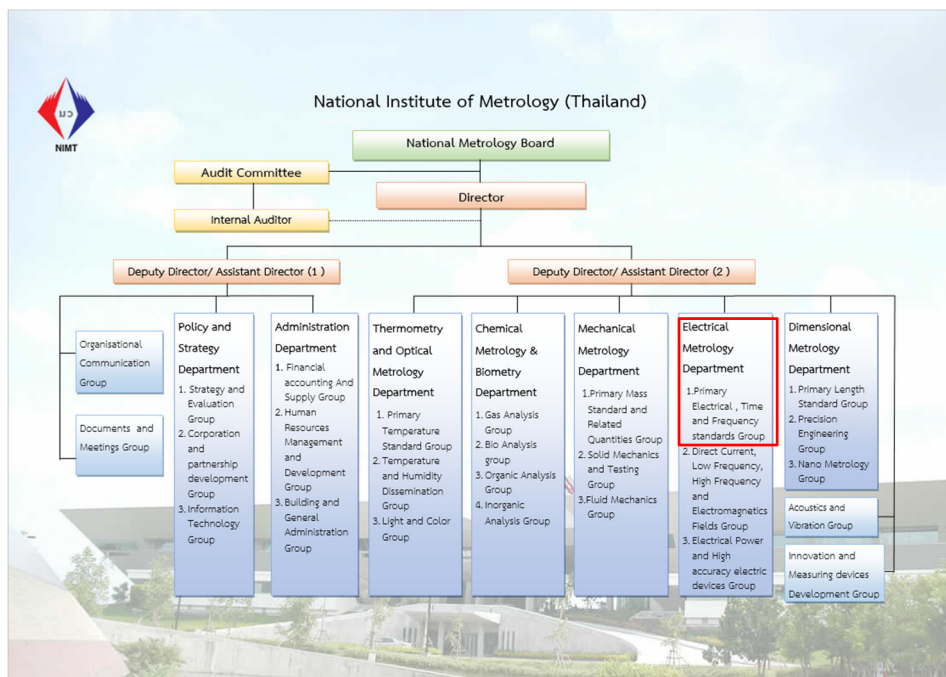


図 1-7 NIMT の組織図 (2019 年 9 月)

出典 : NIMT の HP (http://en.nimt.or.th/?page_id=2721)

(7) RTSD

タイの国家測量行政全般を担っており、日本でいえば国土地理院に相当する機関である。主な業務として、測地基準の設定、1/50,000 地形図等の地理空間情報の整備、測地網の維持管理、地図の販売等を行なっている。近年では、タイ全土の重力測量を実施し、ジオイドモデル (Thailand Geoid Model 2017: TGM2017) を構築した。このジオイドモデルは、電子基準点と一体となる活用を想定しており、高さ情報を得る利便性を高めている。

2019 年度 (2018 年 10 月～2019 年 9 月) に、80 点で構成される RTSD の電子基準点ネットワークを構築した。RTSD の電子基準点ネットワークの主担当部署は、Geodesy and Geophysics Division である。また、RTSD は NCDC 設置の責任機関でもある。

1. 業務の概要

Command Group	Personnel Division
	Plans and Projects Division
	Administrative Division
	Finance Division
	-Budget Section
Operations Group	Geodesy and Geophysics Division
	-Geodesy Section
	-Geophysics Section
	-Electronic Section
	International Boundary Division
	Aerial Survey Division
	Mapping Division
	Geography Division
	Reproduction/Printing Division
Services and Support Group	Map Information Center
	Revolving Fund for Aerial Photograph Reproduction
	Map Depot Division
Education Group	Services Division
	Protection Division
	Survey School

図 1-8 RTSD の組織図（2019 年 2 月時点）

出典：RTSD の HP より調査団が編集

上記 7 機関の主たる業務と人員、予算規模を下表にまとめる。

表 1-1 タイ政府 7 機関の主たる業務、人員、予算規模

機関名	主たる業務	人員 (人)	年間予算規模 (百万バーツ)
DOF	漁業に関する事業	約 10,300	4,093(2019 年)
DOL	地籍調査に関する事業	約 10,600	11,296(2017 年) ²
DPT	都市計画及び都市開発に関する事業	約 3,000	23,817(2017 年) ³
HII	水利用に関する研究開発及び事業	約 140	376.76(2019 年)
GISTDA	宇宙及び地理空間情報技術の応用に関する研究 開発及び事業	約 300	1,810(2018 年) ⁴
NIMT	測定基準全般	約 400	450(2020 年)
RTSD	測量及び地図作成に関する事業	約 800~1,000	678(2018 年) ⁵

出典：調査団によるヒアリング調査結果または各機関の公表資料

² DOL の HP (<http://www.dol.go.th/finance/DocLib16/Financial%20Reports%202560.pdf>)

³ DPT の HP (https://www.dpt.go.th/html/report_annual/Annual_60/annual_report60.pdf)

⁴ GISTDA の HP (https://gistda.or.th/main/sites/default/files/e-magazine/annual_report2561-20181206.pdf)

⁵ RTSD の HP (<https://www.rtsd.mi.th/main/wp-content/uploads/2017/05/O16.pdf>)

1.3. 活動内容

タイ日協力 WG を構成するタイ国内における 7 機関への訪問・情報収集を実施した。また、在タイ企業への訪問ヒアリングを実施した。その他、日本国内における関係機関・企業への訪問・情報収集、社会実験の実施、有識者セミナー開催についても実施した。

1.4. 日タイの協議の経過

2018 年 12 月 17 日に JICA タイ事務所からタイ GNSS 小委員会あてに発せられた本業務の実施のための提案書が 2019 年 2 月 4 日の同小委員会でおおむね承認され、その後の調整により 2 月 25 日のタイ日協力 WG において当該提案書の最終合意がなされた。これを受けて同日、同 WG において本調査団がインセプションレポートの説明を行い、タイ側の意見を求めた。提起された意見、質問及び要望に対処するため、翌 26 日に同 WG の事務局を務める HII と調査団が協議を行い、これら意見等への対応を決定し、今後の業務の進め方についても合意を得た。協議の内容は、HII から同 WG の議長に報告されている。

上記協議により、当該 WG を構成する 7 機関への訪問ヒアリング日程の調整方法が決定された。調査団はこれに基づき、同 26 日の HII を皮切りとして 3 月 7 日までに全機関との最初のコンタクトを実施し、その後必要に応じて再度の訪問ヒアリングあるいは E メールによる質疑応答により各機関の電子基準点及びデータセンターに関する情報及び NCDC に関する考え等を収集した。そして、収集した情報とそれらを考慮した NCDC の電子基準点のデータ配信体制とシステム構成に関する検討材料等をインテリムレポートとしてとりまとめて日タイ双方の関係機関へ提出した。さらに、5 月 24 日に開催されたタイ日協力 WG 会合において要点を報告した。当該会合に引き続き、タイ日協力 WG メンバー機関の代表者と JICA 及び調査団は、6 月に実施した本邦招へい中に NCDC の電子基準点のデータ配信体制とシステム構成の検討案について 2 回の意見交換を行なった。2 回目の意見交換会議には国土地理院及び株式会社ジェノバにも出席いただき、日本での GEONET の導入・維持管理やリアルタイム補正データの配信事業の実施をもとにした知見の共有やタイの NCDC の実現に向けたアドバイスを受けた。

その後、7 月 18 日にデータセンター運用 WG の初回会議が開催され、日本サイドから提示した検討案及びアイデアをもとに NCDC の設置に向けた具体的な検討やテストが行われている。

調査団は、インテリムレポートの提出以降 5 月、7 月、8 月に各機関を訪問して主に NCDC に関する意見交換や詳細情報の確認を継続し、ドラフト・ファイナルレポートとしてとりまとめた後、12 月にタイ日協力 WG 会合において内容の確認を行い、本ファイナルレポートを完成させた。

2. タイにおける電子基準点機材の整備状況

2. タイにおける電子基準点機材の整備状況

タイでは、これまで複数の政府機関がそれぞれの利用用途を念頭において表 2-1 に示すような電子基準点ネットワークの整備を進めてきた。

表 2-1 タイの電子基準点の設置状況と計画

機関名	電子基準点／データセンター			測地基準（電子基準点）	
	設置済み (総計画数)	用途	メーカー	準拠楕円体	座標系
DOL	134 (181)	地籍測量	CHC	WGS-84	ITRF2008
DPT	15 (15)	航空写真測量、地上測量	Leica	WGS-84	ITRF1996
HII	6 (6)	水資源と防災に関する調査研究	Topcon	WGS-84	ITRF2008
GISTDA	5 (5)	高精度測位に関する調査研究等	Leica, Topcon, Wuhan	WGS-84	ITRF2008
RTSD	80 (80)	基準点	Leica	WGS-84	ITRF2008
計	240 (287)	---	---	---	---

出典：調査団によるヒアリング結果の取りまとめ（2019 年 8 月時点）

なお、上表の HII の電子基準点のうち 1 点は NIMT が保有する点である（2.4 及び 2.5 で詳述する）。

すべての機関が、準拠楕円体を WGS-84 楕円体と規定している。また、DPT を除く 4 機関が、ITRF2008 に基づく座標系を用いている。

なお、ITRF を維持管理する国際地球回転・基準系事業（International Earth Rotation and Reference Systems Service: IERS）は、ITRF を用いる場合は（WGS-84 楕円体ではなく）GRS 80 楕円体の使用を推奨している。2 つの楕円体は長半径は同じで短半径がわずかに（約 0.1mm）異なるだけで、実利用上の問題は生じない。

電子基準点を利用してネットワーク RTK を実施する際、点間距離が 70km までであれば実施可能であるとする、電子基準点を中心とする半径 35km の円が隣接する地域が実施可能な地域である。上記設置済み電子基準点はタイ全土の約 90% をネットワーク RTK が可能な地域としてカバーしており、各点間の基線長は 30～80km である（図 2-1）。

なお、電子基準点の点間距離と精度の関係については、日本における電子基準点データを用いた研究結果を今給黎と細谷が日本測地学会第 130 回講演会（2018）において発表している。その結果は図 2-2 に示すとおりである。一方、精度に影響する別の要因として電離層による GNSS 電波の擾乱がある。低緯度地方は高緯度地方に比べて電離層による電波の擾乱が大きいことが知られており、低緯度地方では精度が落ちる可能性がある。この可能性については実運用における検証を行うことが望ましい。

2. タイにおける電子基準点機材の整備状況

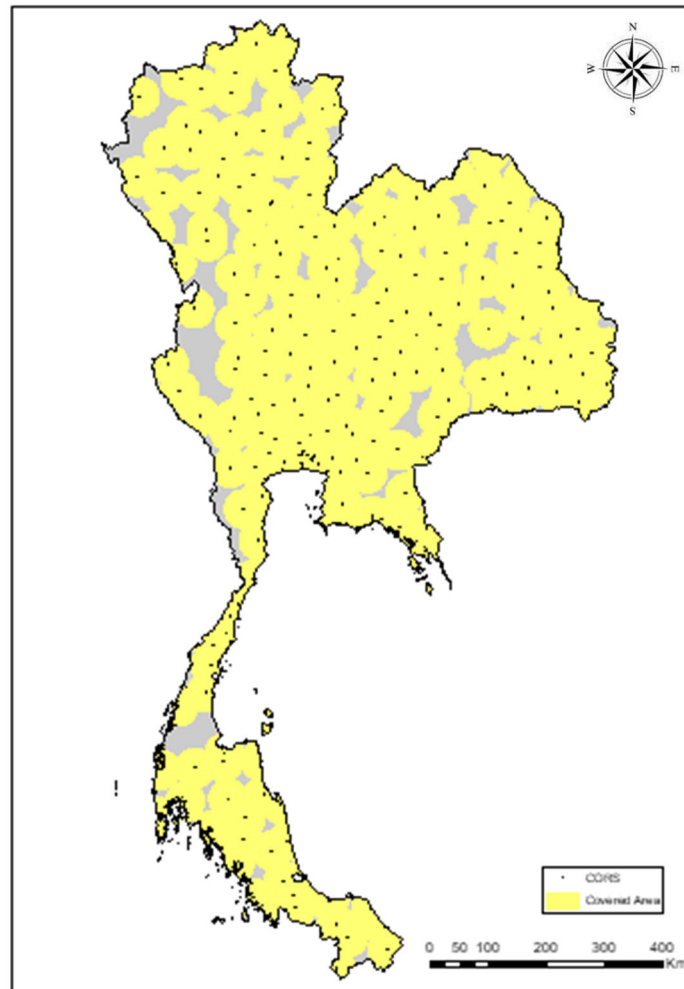


図 2-1 電子基準点のカバー範囲

出典：調査団による調査結果から作成

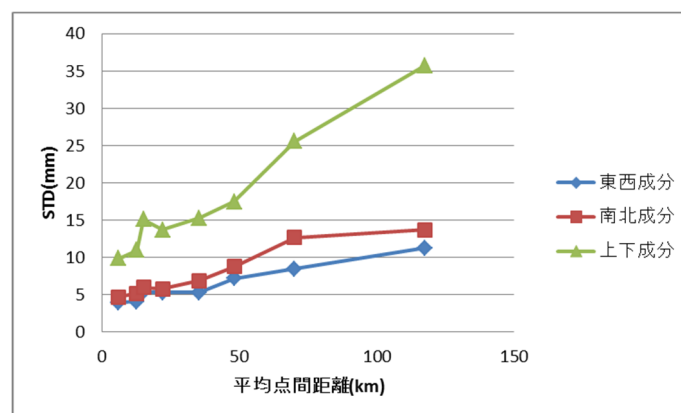


図 2-2 電子基準点点間距離とネットワーク RTK の精度の関係

出典：今給黎、細谷（2018）日本測地学会第 130 回講演会予稿集から調査団が作成

2. タイにおける電子基準点機材の整備状況

2.1. DOL の機材導入状況及びその運用維持管理

(1) 導入状況

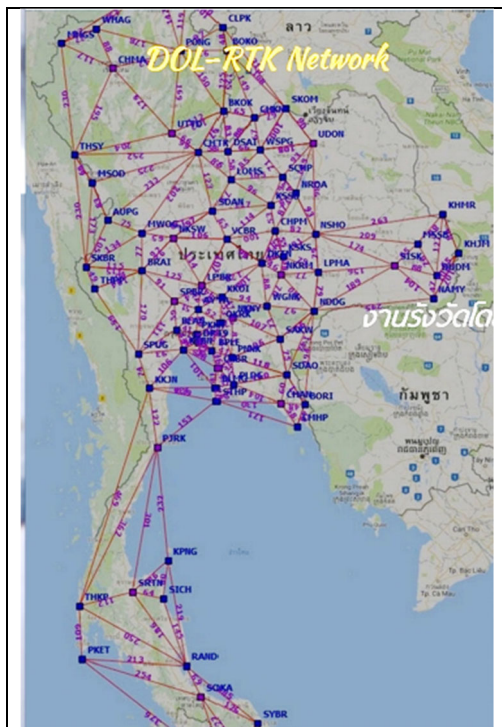


図 2-3 DOL の電子基準点ネットワーク
(設置年：2016～2019 年)

出典：DOL の HP

DOL は、2016 年に 62 点、2017 年に 30 点、2018 年に 36 点、2019 年に 6 点の電子基準点を設置し、計 134 点の電子基準点ネットワークを構築している。さらに、今後 47 点の設置を予定しており、将来的には合計 181 点の電子基準点ネットワークが構成される計画となっている。電子基準点ネットワーク構築の主な目的は地籍測量で、DOL の職員が利用するほか、DOL が委託した民間会社も利用する。

DOL の電子基準点ネットワークの測地基準は、RTSD をはじめとする他機関と同じ準拠楕円体：WGS-84、座標系：ITRF2008 であるが、DOL の業務では、準拠楕円体：Everest1830 楕円体、座標系：INDIAN1975 へ変換して利用している。これは、DOL が長年にわたって地籍図 (Land parcel) を準拠楕円体：Everest1830 楕円体、座標系：INDIAN1975 で作成してきた都合上、変更することができないためである。DOL が電子基準点を使用して作成する全ての地籍図は、上記の測地基準に基づく 2 つの座標が持たされている。

DOL は、2018 年 2 月 18 日から 6 ヶ月間（その後 6 ヶ月間ごとに延長）、自身の電子基準点ネットワークからのネットワーク RTK データの試験配信サービスを行なっている (<https://dol-rtknetwork.com/>)。本サービスは、民間企業を含め誰でも無償で利用可能であり、2019 年 12 月時点で約 3,000 のユーザー（このうち、約 2,000 は DOL 職員）が使用している。ただし、ユーザ登録にはタイの身分証明書（バート・プラチャーション）の登録番号が必要なため、実質的に外国人はユーザ登録ができない状況となっている。

DOL の電子基準点の設置や機材等の仕様は、下表のとおりである。

表 2-2 DOL の電子基準点の設置と機材等の仕様

配置点数	タイ全土に 134 点
GNSS アンテナ	CHCNAV C220GR2 (Choke ring)
GNSS 受信機	CHCNAV N72 (440 チャンネル)
捕捉衛星	GPS、GLONASS、Galileo、BeiDou ※QZSS は、受信可能だが受信していない。 ※Bei-Dou は、全ての衛星を受信しているわけではない。

2. タイにおける電子基準点機材の整備状況

設置場所	DOL の事務所に設置
設置スタイル	地上型または屋根据付型 ※壁据付を一時的に使用
アンテナピラーの高さ、材質	地上型：5m 屋根据付型：屋根の上から 2～4m 材質：ステンレスまたは溶融亜鉛メッキ
電源	系統電源、バックアップとして UPS を設置 電気代は、保守契約者と包括契約している
通信	光ファイバー回線（固定 IP アドレス）、バックアップ回線として 3G/4G を使用。
電子基準点管理ソフトウェア	CPS（中国製） GNSS ソフトウェアは、TBC/CGO（中国製）
ライセンス数	電子基準点数及びユーザ数ともに無制限
リアルタイムデータ	フォーマット：RTCM（RRS,VRS）
後処理データ	フォーマット：RINEX 2、15 秒サンプリング

DOL の電子基準点は地方事務所に設置したため、自然条件等への対策は雷対策程度である。

電子基準点の座標は、契約業者が TBC/CGO ソフトウェア（中国製）を使用して計算し、DOL が承認して決定した。その際 IGS 点を使用したかどうかは不明であるが、RTSD の測地網とは調整を行った模様である。

(2) 維持管理状況と今後の計画

DOL の電子基準点ネットワークは、データセンターの運営を除く保守業務を契約業者と包括契約している。保守契約の契約期間は電子基準点の設置から 7 年間で、当該契約には通信費や電気代も含まれる。主な運営・維持管理の計画と状況は、下表のとおりである。

表 2-3 DOL の電子基準点の運営・維持管理の計画と状況

運営・維持管理項目	運営維持管理の計画と状況
電子基準点の現地保守	主に担当部署（地図技術部）と契約業者が地方事務所の支援を受けて実施する。 ※復旧作業は、3 日以内で対応
電子基準点の定期検査	4 ケ月毎に点検している
電子基準点の代替機材	契約業者が保有している
電子基準点の座標計算等	導入時契約業者が計算を実施し、それを DOL が承認した。
電源	系統電源を使用するため、安定している
通信	光ファイバー回線とバックアップ回線（3G/4G）があるためほぼ安定しており、目立った問題は発生していない

2. タイにおける電子基準点機材の整備状況

運営・維持管理項目	運営維持管理の計画と状況
データセンターの運営	DOL の担当部門が、IT 部門の協力・支援を得ながら担当している。問題発生時には、契約業者も対応する。障害発生時の復旧時間は、12 時間以内。
データ配信先	DOL（DOL 職員が業務に使用）、DOL の業務の委託先民間企業、その他の試験配信サービスの利用者 計約 3,000 ユーザ（2019 年 12 月時点）
IT 機材の冗長性	6 台のメインサーバに対して、3 台のバックアップサーバを設置
ソフトウェアの保守	契約業者との保守契約に含まれている

保守契約期間中に何らかの故障等が発生した場合、主に担当部署（地図技術部）と契約業者が DOL の地方事務所の支援を得て復旧等の対応を行う。電子基準点の復旧時間は、3 日以内となっている。現状、月に 5 件程度のトラブルが発生しているが、ほとんどはその日のうちに解決している。主な原因は、落雷などによる電気系統のトラブル（全体の 60%程度）、ルーター関係（同 20%程度）、受信機関係（同 15%程度）である。電子基準点のトラブルが検知された際は、データセンターから担当者へ自動でアラートメールが送信される。

データセンターの運営は保守契約には含まれておらず DOL 自身が実施しているが、問題が発生した際には契約業者も対応する。障害復旧の対応時間は 12 時間以内としている。これまでサイバーアタック等の問題は発生していない。データセンターにはファイアウォールを設置しているほか https 通信で対策している。また、問題発生時に備えてコールセンターを備えている。

使用している通信回線は、バックアップ回線もあるため基本的に安定している。ただし、DPT からのデータストリーミングについては通信障害が発生することがある。

DOL の 2018 年度の電子基準点関連の予算は、約 220 万バーツであった。年間保守予算は、主にローバー等の買い替えに使われる。また、通信経費は保守業務の契約に含まれるが、内訳としては、メイン回線とバックアップ回線の合計で、1 電子基準点当たり月額 1,798 バーツ、データセンター側では月額 39,499 バーツかかるとのことである。

なお、DOL は前述したとおりネットワーク RTK データを一般向けに試験配信している。この取り組みを通じて得られるユーザーからのフィードバックを、DOL 自身のデータセンター運営や、データセンター運用 WG での決定にもとづき、RTSD のデータセンターとのストリーミングテストも実施して将来的な NCDC の運営に活かしていく考えである。

2.2. DPT の機材導入状況及びその運用維持管理

(1) 導入状況

DPT は、2006 年から 2016 年にかけて 15 点の電子基準点を設置した。空中写真撮影（標定点測量を含む）や都市計画のための地図の作成や更新に利用されている。他にも各種 GIS データの作成や地形測量、道路の測量等にも活用されている。

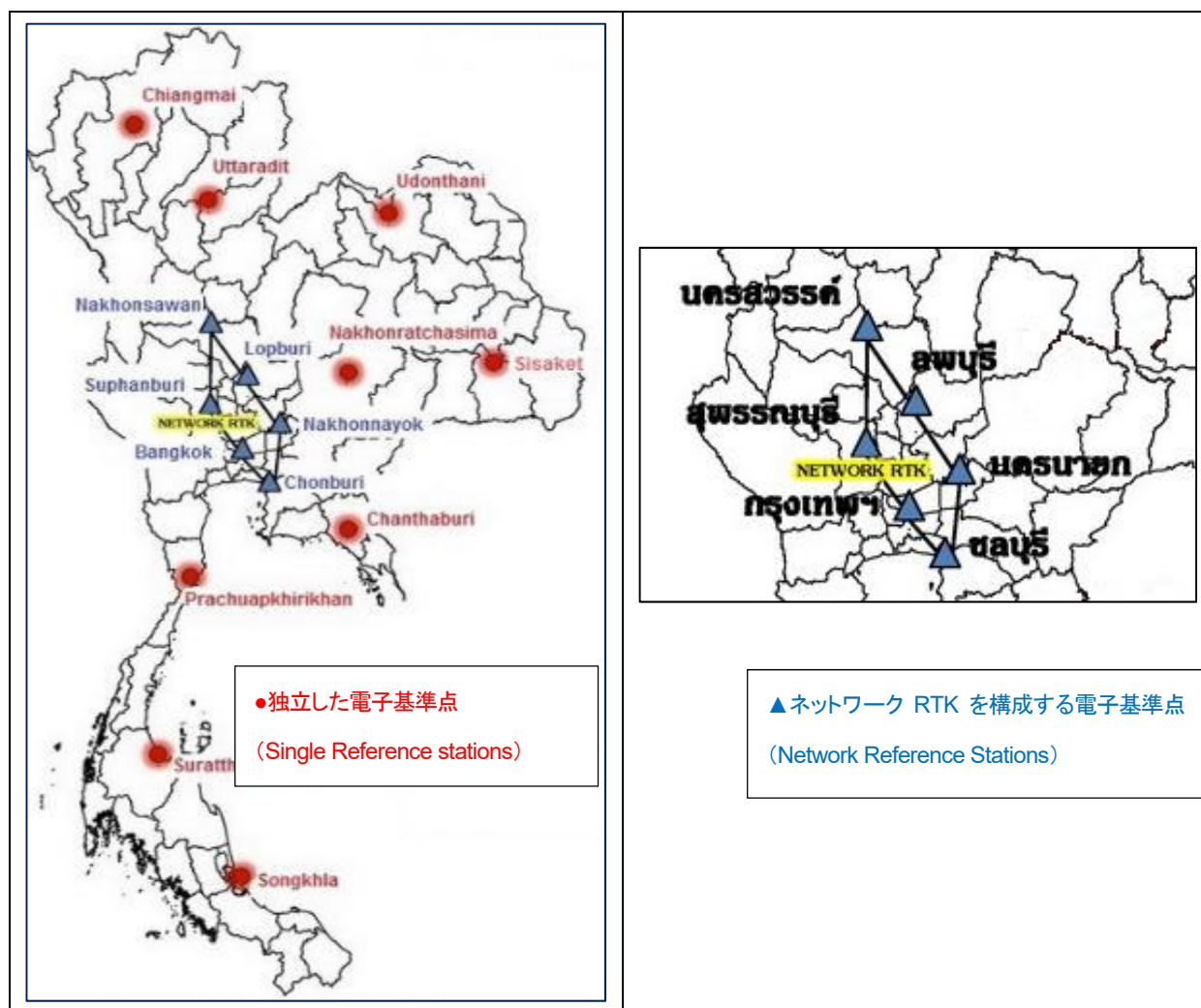


図 2-4 DPT の電子基準点（左：全体、右：HII の統合 RTK ネットワークに利用されている電子基準点）

出典：DPT

15 点のうち 6 点は、ネットワーク RTK 用の電子基準点ネットワークを構成している。リアルタイムデータ配信を行っており、無線及びインターネット回線での利用が可能である。またこれら 6 点は、2017 年に HII が構築する統合ネットワーク RTK サービスにも組み込まれて利用されている。残りの 9 点は、ネットワーク RTK を構成しない独立した電子基準点として利用される。後処理データ（RINEX 形式）も Web サイトからダウンロードが可能となっている。DPT の電子基準点の信号は、HII だけで

2. タイにおける電子基準点機材の整備状況

なく RTSD や GISTDA にもストリーミングデータを送信している。15 点の電子基準点の仕様は以下のとおりである。

表 2-4 DPT の電子基準点の設置と機材等の仕様

GNSS アンテナ	Leica GR-AR10(NRTK*用)、AR20(独立した 9 点)
GNSS 受信機	Leica GR25(NRTK 用のうち 4 点)、GR50(NRTK 用の 2 点と独立した 9 点)
捕捉衛星	①GPS、GLONASS、BeiDou、QZSS、Galileo ②GPS、GLONASS ③GPS、GLONASS、BeiDou、QZSS、Galileo ※①は独立した 9 点、②は NRTK 用の 4 点、③は NRTK 用の 2 点
設置場所	公共用地、あるいは公共建物
設置スタイル	地上型:2 点(5m)、壁据付型:1 点(1m)、屋根据付型:11 点(5m)、1 点(1m)
電源	系統電源、バックアップ用にバッテリー(48 時間)を配備
通信	光ファイバー回線(14 の電子基準点に対して 14 回線)、バックアップ用として 4G モバイル回線(14 の電子基準点に対して 14 回線)を試験的に導入中
電子基準点管理ソフトウェア	Leica GNSS SPIDER
ライセンス数	固定点:無制限 移動局:無制限
リアルタイムデータ	フォーマット:RTCM 3(FKP, MAC, VRS)、1 秒サンプリング
後処理データ	フォーマット:RINEX、5 秒単位
基線解析ソフトウェア	Leica Geo Office

*NRTK: ネットワーク RTK

アンテナはアルミニウム製で、塗装をしてる。沿岸部の電子基準点は塩害があるので、より十分なメンテナンスが必要と認識されている。

電子基準点は、高温、湿度、雷、防滴のほか、防鳥ネットの対策を行っている。また、事前に設置場所の風速を計測した上で、設備の強度を計算している。屋上型の電子基準点については、アンカーボルトを使用して設置している。

(2) 維持管理状況と今後の計画

電子基準点システムの維持管理は、業者と包括契約を締結している。通信状態は悪くなく、通信障害が発生した場合でも数時間～1 日以内には回復する。業務の関係上、DPT の電子基準点は都市部に設置されている。さらに、内務省の協力でインフラが整備された場所に設置されているため、通信障害はそれほど発生しない。

2. タイにおける電子基準点機材の整備状況

表 2-5 DPT の電子基準点の運営・維持管理の計画と状況

運営・維持管理項目	運営維持管理の計画と状況
電子基準点の現地保守	すべてアウトソーシングで実施。障害への対応は地方部で 72 時間以内、都市部で 48 時間以内である。
電子基準点の定期検査	毎日監視している
電子基準点の座標計算	日々の座標計算は DPT が実施
電源	安定している
通信	通信状況は特に問題なし。光ファイバー回線の通信料は、全体で年間 430,000 バーツ/年。モバイル回線については、現在は試験運用段階のため通信会社より無償で提供を受けている。
データセンターの運営	DPT の職員が運営している。
ソフトウェアの保守	包括的な保守契約をしている。通信料、メンテナンス、日々のリモート管理、修理が含まれる。

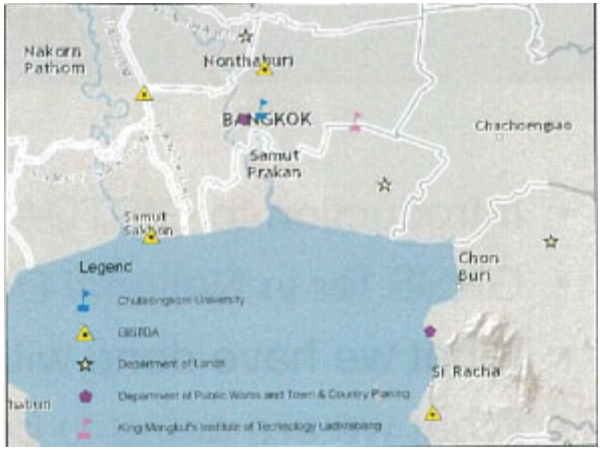
2. タイにおける電子基準点機材の整備状況

2.3. GISTDA の機材導入状況及びその運用維持管理

(1) 導入状況

GISTDA は、2013 年に 3 点、2015 年に 2 点の電子基準点を設置し、計 5 点の電子基準点ネットワークを構築している⁶。構築の主な目的は研究開発で、GISTDA 自身が利用するほか、研究者（大学、学生等）及び農機メーカ等の民間企業が利用している。

さらに GISTDA は、上記 5 点のうちの 4 点に加え、DOL（10 点）、DPT（15 点）、King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang（1 点）、チュラロンコン大学（1 点）の計 31 点から構成される研究開発用の統合電子基準点ネットワークも構築している。サーバは GISTDA の Bangkok オフィス内に設置され、データは 3 年前から収集している。GISTDA は、当ネットワークを各種アプリケーションへの適用、研究開発、テスト等へ使用することを通じて、改善すべき事項の洗い出しや安定運用に向けた取り組みを行なっている。ユーザは、研究開発目的であれば、当ネットワークのデータを無償で利用することができる。

	
図 2-5 GISTDA の電子基準点ネットワーク (設置年：2013 年～2015 年) 出典：GISTDA	図 2-6 研究開発用統合電子基準点ネットワークの一部 出典：GISTDA

GISTDA の 5 点に関する設置や機材等の仕様は、以下の表のとおりである。

⁶ これら 5 点とは別に、2013 年に GISTDA の SKP 敷地内に中国が BeiDou の軌道追跡を目的に 4 点の電子基準点（全て GHIT 製）を設置したが、GISTDA は場所を提供しているだけで、電気も通信も提供していない。また、現在この 4 点は稼働していない。

2. タイにおける電子基準点機材の整備状況

表 2-6 GISTDA の電子基準点の設置と機材等の仕様

配置点数	Bangkhane (Wuhan 製)、Nakhonpathom (Leica 製)、Samutsakhon (Leica 製) に各 1 点、シラチャ SKP に 2 点 (Wuhan 製、Topcon 製)	
GNSS アンテナ ⁷	Topcon CR-G5C (Choke-ring)	Leica AR10
GNSS 受信機 ⁸	Topcon Net-G5	Leica GR30
捕捉衛星	GPS、GLONASS、Galileo、BeiDou、QZSS	
設置場所	政府用地あるいは政府建物	
設置スタイル	屋根据付型または壁据付型	
アンテナピラーの高さ、材質	屋根据付型：屋根の上から約 1.6m、鉄	
電源	系統電源、Leica 製の電子基準点にはバックアップ電源を設置	
通信	地上固定回線、バックアップ回線は無し、VPN 接続	
電子基準点管理ソフトウェア	GNSmart (Geo++) RTK、ネットワーク RTK、後処理用のデータを配信 (ネットワーク RTK は、SKP の点が遠いため他の機関の点を含めてサービスを提供)	
ライセンス数	タイ国内の設置に限り無制限	
リアルタイムデータ	フォーマット：RTCM 2, 3 (RRS,VRS)、5 秒サンプリング	
後処理データ	フォーマット：RINEX 2.0,3.0、5 秒サンプリング	
基線解析ソフトウェア	ベルニーズ GNSS ソフトウェア	

電子基準点の座標決定は、チュラロンコン大学の Chalermpichon Satirapod 教授 (チョン教授) の助言を得ながら、ベルニーズ GNSS ソフトウェアを用いて実施した。RTSD をはじめとする他の機関の電子基準点ネットワークと比較した精度検証は行っておらず、今後徐々に実施していく考えである。

GISTDA は、関係 5 機関の中でも特に高精度測位データの普及及び利用促進に力を入れている機関の 1 つである。そのため、セミナーやイベントの開催や、GNSS 技術の展示場 (GNSS Innovation Center: GiNNo) の運営を行なっている。GiNNo 内には、日本の関係機関及び民間企業による常設展示場が設置されている。

(2) 維持管理状況と今後の計画

データセンターのソフトウェアについてのみ、保守契約の対象としている。現在は 2018 年から 3 年間の保守契約期間中であり、今後保守契約 (継続) を締結する計画である。データ配信のサービス時間は 24 時間であるが、夜間は人員を配置しておらず無人となっている。電子基準点については、安定稼働を念頭に電子基準点の受信状況を常時確認することに加え、3 ケ月毎に定期点検及びメンテナンス

⁷ 5 点のうち Bangkhane 及び SKP の 1 点は Wuhan 製であるが、機材の仕様は不明。

⁸ 同上

2. タイにおける電子基準点機材の整備状況

を実施している。これまで、通信系で軽微なトラブルが発生した以外には、大きな事故や故障は発生していない。

現段階では研究開発が目的なので、上記の程度の維持管理としている。全て GISTDA の保守チームが担当しており、アウトソーシングはしていない。

主な運営・維持管理の計画と状況は、下表のとおりである。

表 2-7 GISTDA の電子基準点の運営・維持管理の計画と状況

運営・維持管理項目	運営維持管理の計画と状況
電子基準点の現地保守	GISTDA の保守チームが実施、アウトソーシングはしていない
電子基準点の定期検査	GISTDA の保守チームが 3 ヶ月毎に実施
電子基準点の座標計算等	常時信号の受信確認をしている
電源	系統電源を使用するため、安定している
通信	地上固定回線の通信費は、3,000 バーツ/月
データセンターの運営	GISTDA の SKP 部門の職員が担当している サービス時間は 24 時間であるが、夜間は無人となる。
データ配信先	研究者（大学、学生等）、民間企業が利用可能、ただし研究開発目的のみ。
ソフトウェアの保守	来年、保守契約（継続）を締結予定

GISTDA は、NCDC の設立後も自身の電子基準点ネットワーク及びデータセンターの運用を継続する考えである。そのため、RTK サービスの提供、電子基準点ネットワークの維持管理及び高精度測位データの利活用に関する日本からの技術支援を期待している。

(3) Small-RTK

GISTDA は本調査の開始当初、低価格 GNSS 受信機を利用した“Small-RTK”の構築に向けて準備・検討を進めていた。“Small-RTK”では、2019 年からの 4 年間の予定でネットワーク RTK 用データ配信サービスの提供を計画し、本サービスは EEC エリア内のインフラ整備現場のほか、農業やロジスティクス等の幅広い用途を想定し、年間 50 ユーザ以上の利用を見込んでいた。また、Small-RTK のサーバを介して NCDC へデータを提供する考えもあった。

GISTDA は NCDC 構築の見通しが不明だった時期に本構想を立ち上げた。しかし、NCDC の構築の目処が立ったため本年 6 月頃方針を変更し、現在は Small RTK 構想は取りやめ、GNSS と 5G に関する研究に切り替えている。

以下に Small-RTK の構想の概要を示す。

2. タイにおける電子基準点機材の整備状況

表 2-8 GISTDA の Small-RTK の構想の概要

範囲及び配置点数	EEC エリア周辺に 40 点～100 点を設置予定（未設置）
GNSS アンテナ	Low cost GNSS
GNSS 受信機	Low cost GNSS
捕捉衛星	GPS、GLONASS、BeiDou
配信データ	仮想基準点（ネットワーク RTK）
配信フォーマット	RTCM

2. タイにおける電子基準点機材の整備状況

2.4. HII の機材導入状況及びその運用維持管理

(1) 導入状況

2017 年度（2016 年 10 月～2017 年 9 月）、HII は、同じ MHESI 傘下の NIMT、防災局（Department of Disaster Prevention and Mitigation: DDPM）と共同で、バンコク及びその近郊に 6 点の電子基準点ネットワークを構築した。HII の主な構築目的は、水資源や防災管理における電子基準点の活用に関する調査研究である。NIMT は、タイの標準時刻の精度向上、DDPM は防災管理の調査研究等が目的である。なお、NIMT には、観測を必ず継続するためのバックアップとして設置された 1 点を含め、1 ケ所に 2 つの電子基準点が設置されている。ただし、ネットワークに接続されている電子基準点は 1 つだけである。

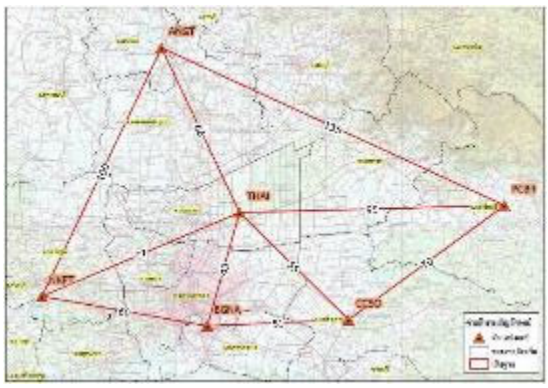
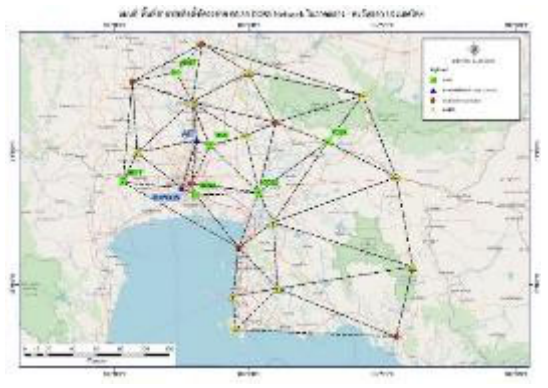
1. Angthong 	2. NakhonPathom 	3. Chachoengsao 
局名：ANGT、地上設置型	局名：NKPT、壁据付型	局名：CCSO、壁据付型
4. Prachinburi 	5. Samutprakarn 	6. NIMT 
局名：PCBR、屋上設置型	局名：BGNA、屋上設置型	局名：THAI、屋上設置型

図 2-7 HII の電子基準点（6 ケ所）の設置状況

出典：HII

2017 年 8 月から GNSS 観測データの収集を開始した。収集したデータは、約 1 年間は保存する考えである。

2. タイにおける電子基準点機材の整備状況

	
図 2-8 HII の電子基準点ネットワーク (2016～2017 年) 出典：HII	図 2-9 EEC エリアの電子基準点ネットワーク (2018 年) 出典：HII

また、2018 年に HII は、HII の 6 点を基に、DOL (11 点)、DPT (6 点)、その他 (2 点) の計 25 点で構成される電子基準点ネットワークを再構築した。このネットワークの有効範囲は、EEC のエリアをほぼカバーするように設計されている。ただし、他機関の電子基準点は HII のデータセンターに直接接続されておらず、各機関のデータセンターを経由して HII のデータセンターに観測データ (リアルタイムデータ用のみ、1 秒サンプリング) が送信され、ネットワーク RTK サービスが提供されている。HII の 6 点のみの後処理データが、インターネットからダウンロードができる。これらのサービスは、政府機関だけでなく、教育機関や民間企業でも利用できる。ただし、現在の利用規約では、営利行為以外での利用となる。

HII の 6 点に関する設置や機材等の仕様は、以下の表のとおりである。

表 2-9 HII の電子基準点の設置と機材等の仕様

配置点数、及び点間距離	バンコク、及びその近郊に 6 点、約 43～135km
GNSS アンテナ	Topcon CR-G5 (Choke-Ring Antenna)
GNSS 受信機	Topcon Net-G5
捕捉衛星	GPS、GLONASS、BeiDou、QZSS、SBAS
設置場所	公共用地、あるいは公共建物
設置スタイル	地上型：1 点、壁据付型：2 点、屋根据付型：3 点
アンテナピラーの高さ、材質	地上型：3.2m、屋根据付型：3.2m、ステンレス
自然条件対策	避雷対策、GNSS 受信機等の機材を屋内に格納する (1 点を除く)
電源	系統電源、バックアップ用にバッテリー (48 時間) を配備
通信	光ファイバー (FTTx バックアップ付)、VPN 接続
電子基準点管理ソフトウェア	GNSmart (Geo++)、ネットワーク RTK を配信

2. タイにおける電子基準点機材の整備状況

ライセンス数	固定点：40 ライセンス 移動局：無制限
リアルタイムデータ	フォーマット：RTCM 2, 3 (FKP, MAC, VRS)、1 秒サンプリング
後処理データ	フォーマット：RINEX 2 (1 秒サンプリング、GPS/Glonass のみ)、Hatanaka (RINEX 高圧縮、15 秒サンプリング)、1 時間単位
基線解析ソフトウェア	ベルニーズ GNSS ソフトウェア

HII によると、電子基準点の設置時にマルチパスや電波障害を回避するよう最適な場所を検討したが、設置条件の全てが必ずしも整わないケースがあった。この場合、設置前に GNSS 観測を 72 時間実施し、求められる精度が得られるかどうかを確認の上、設置場所を決定した。なお、壁据付型及び屋上設置型の GNSS 機材等は建物内部に設置・格納したため、自然条件等への対策は雷対策が主である。地上型の 1 ケ所のみ機材格納庫が屋外にあるが、冷却機能等は附属していない。現在まで、故障等の問題は発生していない模様である。屋上設置の電子基準点は、コンクリートのみで固定し、アンカーボルト等で固定はしていないが、問題等は発生していない模様である。

電子基準点（6 点）の座標決定は、HII の職員が RTSD の協力を得ながら、ベルニーズ GNSS ソフトウェアを用いて実施した。また、座標の調整計算は、タイのチュラロンコン大学、フィリピン、及びインドの IGS 点を用いて実施した。さらに、RTSD の測地ネットワークとの調整は、RTSD の支援、協力の下に実施した。

また、電子基準点ネットワークの精度については、17 点の RTK 測量（RTSD のジオイドモデル利用）とスタティック測量を実施して検証している。RTSD の基準点と比較した結果、水平方向で 4cm、垂直方向で 5cm の差で、良好な結果を得ている。

(2) 維持管理状況と今後の計画

HII の電子基準点ネットワークは、2022 年までの 5 ケ年間の保守契約が締結されている。この契約内容でカバーされない範囲も含めて、運営・維持管理していく必要がある。当該保守契約には、電子基準点管理ソフトウェアの保守経費も含まれている。主な運営・維持管理の計画と状況は、下表のとおりである。

表 2-10 HII の電子基準点の運営・維持管理の計画と状況

運営・維持管理項目	運営維持管理の計画と状況
電子基準点の現地保守	現地作業は契約業者が実施、重大な故障は含まれない
電子基準点の定期検査	特に想定していない 故障が発生した場合でも、バンコク近郊で直ぐに対応できる
電子基準点の代替機材	交換部品や機材は保有していない、修理の場合は 3 ケ月程度を想定
電子基準点の座標計算等	日々のモニタリング、座標計算は HII が実施している
電源	系統電源を使用するため、安定している

2. タイにおける電子基準点機材の整備状況

運営・維持管理項目	運営維持管理の計画と状況
通信	政府情報回線（Government Information Network: GIN）を使用しているため、通信費は無料、ほぼ安定している
データセンターの運営	HII の担当部門が、IT 部門の協力・支援を得ながら担当している
データ配信先	政府機関、民間で利用可能、ただし非営利活動のみ 特定ユーザとして、民間測量会社が調査研究で利用中
IT 機材の冗長性	現在は冗長性を担保していないが、次年度以降、機材増設を検討中
ソフトウェアの保守	2021 年までの保守経費を支払い済み、必要に応じ、代理店やソフトウェア開発元から支援（リモートアクセスを含む）を受けることができる 次年度以降、ライセンス数の加増を検討中

保守契約期間中に何らかの故障等が発生した場合、契約業者が復旧等の対応を行う。電子基準点の復旧期間は、電子基準点がバンコク近郊に設置されているので、2 日間以内となっている。ただし、重大な障害については、本契約ではカバーされていない。保守対象外の事象が発生した場合、HII 職員が状況を確認し、契約業者に対応を依頼することになる。

電子基準点管理ソフトウェア「GNSmart（Geo++）」は、広く普及している汎用ソフトウェアではなく、電子基準点の管理を目的とする限られたユーザで利用されているソフトウェアである。このため、契約業者である現地代理店のスタッフだけでは、十分な支援・対応が期待できない。よって、保守契約においては、タイの大学の支援者等を通し、同ソフトウェアの開発会社等のサポートを受けられる条項を設けている。

使用している政府の通信回線（GIN）は、稀に不安定な状況が発生し、データセンターで電子基準点の観測データが受信できない時がある。発生頻度は、月に 1 回、数分程度である。なお、通信環境が復旧した後、観測データはデータセンターに再送信される。

基線解析ソフトウェア「ベルニーズ GNSS ソフトウェア（Windows 版）」を用いて、座標計算等を行っている。HII 内で同ソフトウェアを使用できるのは 3 名であり、HII としては更なる理解力向上が課題である。

また、HII としては、電子基準点データの他機関への提供や他機関のデータの利用についても検討していく考えである。特に、RTSD の電子基準点データの取り込みに関心がある。他機関のデータを受信する場合、GNSmart（Geo++）に取り込んで処理するためには、受信する電子基準点の数量分のライセンス数が必要となる。このため、次年度以降、ライセンス数の加増を検討中である。

なお、2022 年以降の保守経費は、約 500 万バーツ／年と見込んでおり、今後、NCDC 設立後の電子基準点ネットワークの運用・維持管理の国全体の方向性を鑑み、契約内容等を検討していくことになる。

2. タイにおける電子基準点機材の整備状況

2.5. NIMT の機材導入状況及びその運用維持管理

(1) 導入状況

NIMT が所有する GNSS 受信機及びアンテナは次の 2 種である。

- 1) 1999 年に設置した時計比較用 Topcon 社製 GPS 受信機及び JAVAD 社製アンテナ
- 2) 2017 年に設置した測地観測及び時計比較両用 Topcon 社製受信機及び同社製アンテナ

NIMT が GNSS 受信機及びアンテナを導入した第一の目的は時計比較である。NIMT は時間と周波数の国内標準の研究、維持管理及び校正・報時サービスを任務とする国家機関であり、3 台のセシウム原子時計と 1 台の水素メーザー時計を所有・管理している。これらの時計は国際度量衡局に設置されている原子時計と比較して、協定世界時 UTC に対してタイ標準時 UTC (NIMT)⁹を正確に維持しなければならない。この時計比較は GNSS の発する信号を介して実施される。基本的な原理は下図に示されるものであるが、本報告では詳細は省略する。

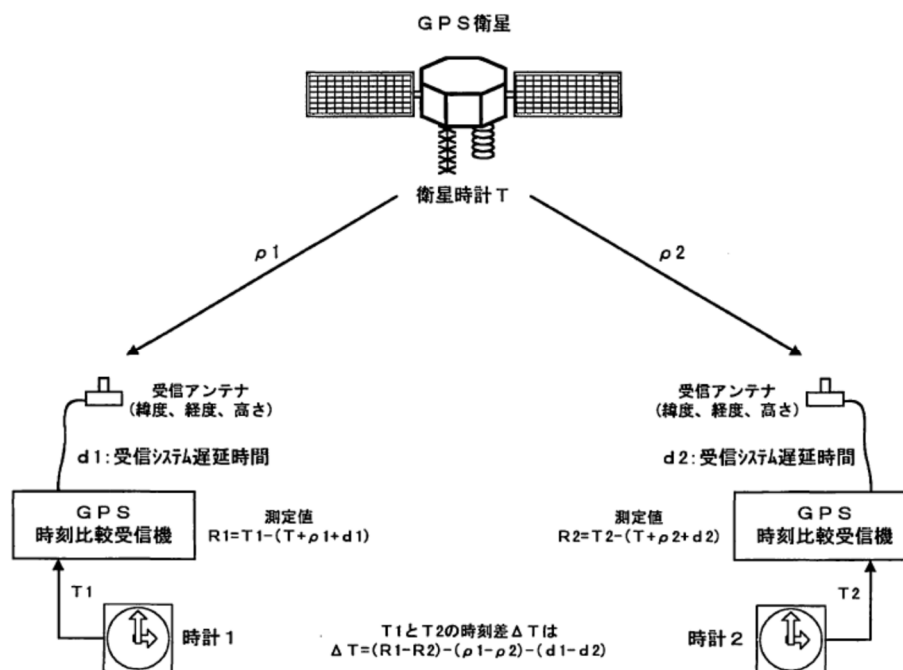


図 2-10 GNSS を用いた時計比較の原理

出典：通信総合研究所季報 Vol.45, Nos.1/2 (1999)

この時計比較を実施するために、NIMT は 1999 年に Topcon 社製 EURO-80 (OEM により他社製品として供給) を導入した。アンテナは JAVAD 社製である。これらの機材は 20 年間にわたり継続して運用されている。

⁹ 日本の場合、時刻の通報 (報時) を行うため、情報通信研究機構が日本標準時 UTC (NICT) を管理している。計量標準総合センターは時間・周波数の国内標準を維持するため、UTC (NMIJ) を管理している。NIMT は両方の業務をひとつの機関で実施している。

2. タイにおける電子基準点機材の整備状況

一方、2017年度にはHIIによりNIMTに2台の同一仕様のGNSS受信機（Topcon NET-G5）とGNSSアンテナ（Topcon CR-G5）が設置された（2.4.（1）参照）。これらは測地観測用の電子基準点としての目的と時計比較用の目的を併せ持って導入されたものであり、このうち1台がHIIの電子基準点ネットワークの1局となっている。受信データはHIIにリアルタイムで送信されている。もう1台はバックアップ用である。時計比較は中断なく実施する必要があるため、NIMTのみバックアップ用の機材が設置されている。

NIMTへのヒアリング調査によると、時計比較については当初の目的をまだ達成できていないとのことであり、正確に比較ができるようになればNET-G5受信機が現行のEURO-80の代替機になるとのことであった。

	
図 2-11 時計比較用 GPS 受信機用アンテナ（左側の円錐形レドーム。右側は避雷針） 出典：NIMT 提供資料	図 2-12 2 台の GNSS 受信機用アンテナ 出典：JICA 調査団

アンテナはいずれも NIMT の時刻・周波数標準グループの入っている庁舎屋上に設置されている。屋上には避雷針のほかファラデーケージが敷設されており、アンテナだけではなく建物そのものに避雷対策が取られている。

2017年に設置された機材の仕様等については2.4.（1）に記載されているので、本節では省略する。

（2）維持管理状況と今後の計画

2017年に設置された機材はHIIの電子基準点ネットワークの一部として運用されているが、これらの機材はHII、NIMTともにNIMTの所有であると述べている。機材の維持管理は所有するNIMTの責務であるとのことであるが、2021年までの5ケ年間の保守契約期間中でもあり、NIMTでは維持管理費を予算化する必要性は感じていない。ヒアリング調査においてNIMTの担当者は、今後の電子基準点の統合により維持管理費が予算化されることを期待していた。

電子基準点の位置座標はHIIのネットワークの1つとしてITRF2008で決定されているが、NIMTではITRF2014での座標も必要だと考えている。時刻ユーザには複数の座標が選択できることが望ましいとの考えである。電子基準点の位置座標の正確な決定は今後高精度化する時計比較にとって重要で

2. タイにおける電子基準点機材の整備状況

ある。

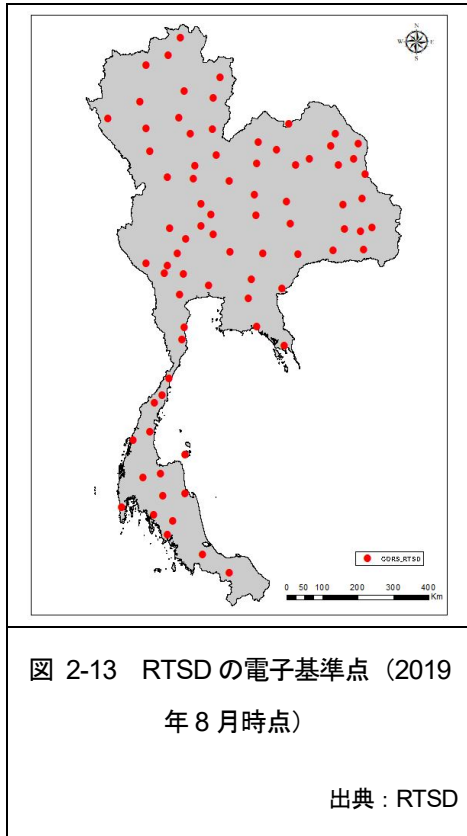
一方、NIMT の正確な時計信号を電子基準点に入力することで（NIMT に設置しているものに限らず）電子基準点の位置座標の決定精度を向上させることができるので、そのための研究に着手している。現在のところはまだ位置座標精度を向上させる効果は見られていないとのことである。

NIMT としては GNSS の PNT 機能（Positioning, Navigation, Timing）のうちの Timing で電子基準点ネットワークに貢献していく予定である。GNSS による正確な時計比較はタイにおいて信頼できる時刻信号の配信を維持する元であり、信頼性の高い時刻信号はタイムスタンプのようなサービスを通じて今後の経済社会の発展に不可欠なものとされている。NIMT はこの面での GNSS の重要性の理解が広まることを望んでいる。

なお、2017 年に設置された受信機及びアンテナのうち 1 点については HII の電子基準点ネットワークを構成する 1 点として計上されており、もう 1 点についてはバックアップ用としているので、HII との重複計上を避けるため、本報告では独立した電子基準点としては計上していない。また 1999 年設置の点については電子基準点として運用する目的で設置しているものではないため、検討対象としない。

2.6. RTSD の機材導入状況及びその運用維持管理

(1) 導入状況



RTSD は、2019 年に電子基準点 80 点とデータセンターの設置を完了した。また、2019 年 11 月より、無償でデータ配信を実施している (<https://gnss-portal.rtsd.mi.th/portal/apps/sites/#/gnss>)。

電子基準点は政府機関の敷地や建物等に設置しており、フェンスの設置等と併せ、防犯対策に重点を置いている。自然条件や安全への対策では、冷却装置の設置や避雷対策を行っている。また、データセンターのセキュリティ対策として、ファイアウォールの設置、データセンターへの入室管理、システムのユーザ認証等を行う考えである。

電子基準点の座標系は、ITRF2008 が採用され、RTSD の 2013 年の測量成果が活用されている。

RTSD の 80 点に関する設置や機材等の仕様は、以下の表のとおりである。

表 2-11 RTSD の電子基準点の設置と機材等の仕様

配置点数、及び点間距離	タイ全土に 80 点、約 150km 間隔
GNSS アンテナ	Leica AR-20 (Choke-Ring Antenna)
GNSS 受信機	Leica GR-50
捕捉衛星	GPS、GLONASS、Galileo、BeiDou、QZSS
設置場所	公共用地、あるいは公共建物
設置スタイル	地上型：65 点、屋根据付型：15 点
アンテナピラーの高さ、材質	地上型：5m 以上（コンクリート柱をステンレスでカバー） 屋根据付型：2m 以上（溶融亜鉛メッキ）
自然条件対策	冷却装置、避雷対策等
電源	系統電源、バックアップ用にバッテリー（72 時間）を配備
通信	光ファイバー通信、バックアップ回線は 3G/4G、VPN 接続
電子基準点管理ソフトウェア	Leica Spider
ライセンス数	固定点：250 点、移動局：無制限

2. タイにおける電子基準点機材の整備状況

リアルタイムデータ	官民を問わず配信
後処理データ	官民を問わず配信予定（未決定）
基線解析ソフトウェア	ベルニーズ GNSS ソフトウェア

(2) 維持管理状況と今後の計画

RTSD の電子基準点ネットワークは設置されたばかりであるため、今後の維持管理計画について述べる。RTSD の電子基準点ネットワークの入札では、5 ケ年間（保守開始は全ての機材の設置、検収後）の運用・保守契約が含まれており、契約業者に対して円滑な運営・維持管理を義務付けている。この運用・保守契約は包括的な内容となっており、電子基準点の座標決定、電子基準点の定期検査や機材交換、通信費、電気料金等も含まれている。なお、機材交換は通常使用時の故障に限定され、盗難や自然災害は対象外となっている。さらに、電子基準点の移設が必要になった場合の費用等は含まれていない。

また、データセンターの運用に関しては、契約業者の民間企業の社員（最低 1 名、ただし、最適な構成を提供することが義務付けられている）が RTSD に常駐し（昼間の通常勤務時間）、業務を実施する予定である。運営に関する RTSD との指揮命令に関しては、まだ明確には決められていない模様である。例えば、軽微な内容と思われれば契約業者の自主判断も容認するが、重大事項であれば RTSD に相談することになるとのことであった。

主な運営・維持管理の計画は、下表のとおりである。

表 2-12 RTSD の電子基準点の運営・維持管理の計画

運営・維持管理項目	運営・維持管理の計画
電子基準点の現地保守	現地作業は契約業者が実施、必要に応じ他機関の協力を得る予定
電子基準点の定期検査	年 2 回（清掃作業を含む、契約業者が実施）
電子基準点の代替機材	RTSD は保有しないが、契約業者が対応予定
電子基準点の座標計算	最初の座標計算は契約業者が実施する予定（計算方法の詳細は未定）
電源	系統電源を使用する、バックアップにバッテリー（72 時間）を用意 2 年毎のバッテリー交換、電気料金は保守契約に含まれる
通信	光ファイバー、バックアップとして 3G/4G、VPN 通信 通信料金は保守契約に含まれる
データセンターの運営	契約業者が実施する（最低 1 名の常駐）、観測・稼働は 24 時間 365 日で実施、 ただし、人員の夜間勤務は義務付けていない
データ配信先	防衛省関係：50 ユーザ、大学等の教育機関：100 ユーザ、民間：30 ユーザ、 その他 計約 260 ユーザ
IT 機材の冗長性	問題等が発生した場合、契約業者が速やかに復旧させる契約となっている

2. タイにおける電子基準点機材の整備状況

運営・維持管理項目	運営・維持管理の計画
ソフトウェアの保守	運用・保守契約に含まれている

RTSD との契約業者は、これまでに DPT の電子基準点ネットワークを納入し維持管理も担っているため、相応の経験を有しているといえる。

また、座標決定に使用予定の基線解析ソフトウェア「ベルニーズ GNSS ソフトウェア (Windows 版)」は、既に RTSD では業務で活用されている。なお、RTSD 内で同ソフトウェアを使用できるのは数名であるが、チュラロンコン大学からも技術的な支援を受けている。

2019 年 12 月時点の RTSD の電子基準点ネットワークの稼働状況であるが、大きなトラブルは発生しておらず、稀に短い時間であるが、通信が遅くなる現象が発生する程度である。通信費も含めて、通信に関してもを契約業者との保守契約に含まれており、通信の責任全般を契約業者が担うことになっている。しかしながら、RTSD と通信会社との直接の関係構築も今後の検討課題と思われる。

なお、5 年間の保守契約終了後の保守の方針は未定であり、NCDC 設立後の電子基準点ネットワークの運用・維持管理の国全体の方向性を鑑み、契約内容や運用維持体制等を検討していくことになる。

2. タイにおける電子基準点機材の整備状況

2.7. タイの測地基準と電子基準点の座標決定（基線解析）

電子基準点の設置及びその運用・維持管理において、採用する測地基準（準拠楕円体、座標系、原点）や電子基準点の座標決定方法は、重要な要素である。現在、複数の機関が電子基準点を設置しているため、これらの機関の電子基準点の統合運用及びデータ共有を検討するため、タイの状況を以下のとおり把握した。

（1）測地基準

日本では、測量法とその関連政令によって測地基準が定められており、政府機関や地方自治体を実施する測量（GIS や地形図作成等も含む）においては、それらに準拠する必要がある。一方タイの場合、法令や規則において明確には測地基準が定められてはいない。このため、各政府機関等において様々な測地基準が採用されてきた経緯がある。同様に、タイの民間測量会社等は発注者との契約で定められた測地基準で業務を実施している。今後、データ共有や電子基準点の活用のためには、測地基準の統一が一層求められている。

一方、政府の各機関においては、NSDI の省庁横断的活動、FGDS の仕様策定やデータ共有の検討等の活動を通し、測地基準の統一の必要性が検討されてきている。本調査時点であるが、各機関の電子基準点に採用されている測地基準は、RTSD の測地基準に準ずるように移行されてきている（表 2-1 を参照）。また、NCGI や GNSS 小委員会等においても、測地基準に関する規則等の制定について、協議・検討中である。なお、地籍図等の膨大な地理空間情報を保有・管理する DOL では、全ての地理空間情報を新座標系に変換・移行することは、業務量が膨大であり、非常に困難である。このため、現在は INDIAN1975 の旧座標系と ITRF2008 の新座標系の 2 つの測地基準で業務を行っている。電子基準点の測地基準は、ITRF2008 を採用しており、必要に応じて測量成果を旧座標系に変換している。

また、タイの国家測量機関である RTSD の測地基準は、以下の表のように推移している。

表 2-13 RTSD の測地基準の推移

項目	INDIAN1975	ITRF94	ITRF2000	ITRF2008
調査期間	不明	1991~1999	2000~2006	2007-2014
導入年	不明	1999	2006	2014
楕円体	Everest 1830	WGS-84	WGS-84	WGS-84
座標系	Indian1975	ITRF94	ITRF2000	ITRF2008
座標原点	ローカルな地上原点： Khau Sakaerang（経度、緯度）	地球重心	地球重心	地球重心

出典：EPSG registry <http://www.epsg-registry.org/>、及び RTSD の回答より調査団が編集

これまで RTSD は、比較的速やかに測地基準の改定を行ってきた。理由としては、GEODYSSSEA（Geodynamics of South and South-East Asia）のプロジェクトの活動の一環で、測地基準を見直す必要が

2. タイにおける電子基準点機材の整備状況

あったためである。GEODYSSSEA は、欧州委員会の資金提供によるプロジェクトで、ドイツの GFZ German Research Centre for Geosciences が代表実施機関である。RTSD 等の各国の参加機関は、費用を各国の負担で賄い、自らも解析等を行っている。

現在、RTSD においては、最新の測地基準への移行に関する政策は存在しない。しかしながら、RTSD の測地基準を準用する機関が多くなり、電子基準点の利活用も拡大することを考慮すると、RTSD が測地基準を移行することに伴う社会的な活動への影響は一層大きくなる。今後であるが、測地基準の国全体の統一に向けた見直しは、関係機関との調整を含めて、電子基準点の利活用が拡大する前に進めることが望ましいと思われる。一方、新しい測地基準の研究は、積極的に実施すべきである。

(2) RTSD の測地ネットワーク

電子基準点の設置においては、近隣国の IGS 点だけでなく既存の測地ネットワークとの整合性を図ることにより、地理空間情報（地形図や GIS を含む）との高精度な一体運用を実現することができる。このため、タイの測地ネットワーク（RTSD の測地ネットワーク）に関し、以下のように概要を把握した。なお、RTSD の測地ネットワークは、基本地理データセット（Fundamental Geographic Data Set: FGDS）を構成する1つのコンポーネントとなっており、各機関で共有して利活用することが期待されている。

水平方向の基準は、基準ネットワーク 8 点、一次ネットワーク 19 点（基準ネットワーク 8 点を含む）、及び二次ネットワーク 94 点（基準ネットワーク 8 点と一次ネットワーク 11 点を含む）から構成されている。基準ネットワークと一次ネットワークは、毎年 7 日間の GNSS 再観測を行い、RTSD とオランダの Delft 大学の双方で解析し、維持管理が行われている。

		
Reference Network（基準）	Primary Network（一次）	Secondary Network（二次）
8 点	19 点（基準の 8 点を含む） 点間距離：200～25km	94 点（一次の 19 点を含む） 点間距離：50～10km
維持管理：7 日間／年の再観測	維持管理：7 日間／年の再観測	維持管理：7 日間／2, 3 年毎

図 2-14 RTSD の測地ネットワーク（水平方向）

出典：RTSD（2017 年 12 月セミナー資料）

2. タイにおける電子基準点機材の整備状況

垂直方向（高さ）の基準は、1912 年、プラチュワップキーリーカン県（Prachaup Kirikhan province）コーラック（Ko Lak）の平均海面を基準として水準原点を設置し、水準網を構築している。コーラックを起点とし、北と南の2つの水準網があり、約 1,700 点の 1 次ネットワーク、約 7,300 点の二次ネットワークから構成されている。

また、RTSD は、全土の航空重力測量を実施し、重力モデル EGM2008 をベースとし、Thailand Geoid Model 2017（TGM2017）と呼ぶジオイドモデルを構築した。高さ精度は 5cm であり、このジオイドモデルを使用して RTK 測量で高さ情報を計測することができる。なお、このジオイドモデルは、GNSS 測量や RTK に限らず様々な用途で無償で活用することができ、民間でも外国人でも利用することが可能である。

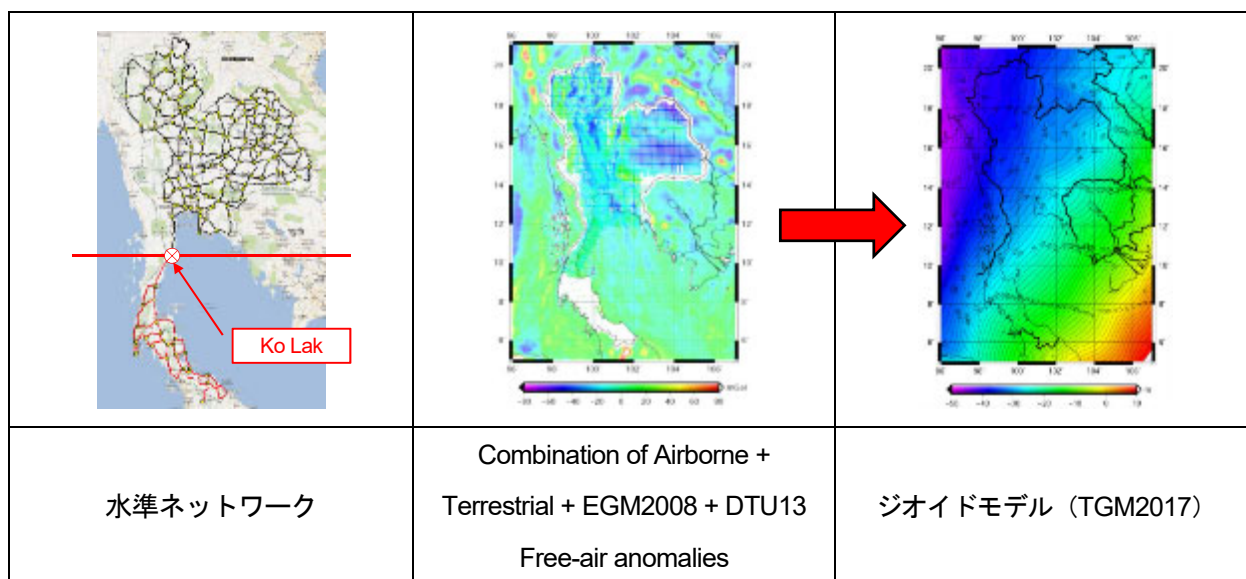


図 2-15 RTSD の水準ネットワーク（垂直方向）、及びジオイドモデル

出典：RTSD（2017 年 12 月セミナー資料）

(3) 電子基準点の座標決定（基線解析）

電子基準点の運用を開始するためには、まず電子基準点の座標を決定することが必要不可欠である。1 つの座標決定の例であるが、設置した電子基準点において 7 日間程度の GNSS 観測を実施し、IGS 点や既存測地ネットワーク等の情報と共に基線解析ソフトウェアを用いて行う。この基線解析ソフトウェアの利用は、技術的に難易度が高いといわれている。

下表は、各機関が電子基準点を設置し、座標を決定した際の実施方法等を取りまとめたものである。

2. タイにおける電子基準点機材の整備状況

表 2-14 電子基準点の座標決定と使用したソフトウェア

機関名	基線解析ソフトウェア	座標決定年	基線解析ソフトウェアの利用状況等
DOL	TGC/CBO (CHCNAV社製)	2016年（62点） 2017年（30点） 2018年（36点）	契約者が電子基準点の座標計算を実施し、DOLが承認した。IGS点の使用は不明だが、RTSDの測地網とは調整を行った。
DPT	Leica Geo Office	2013年、2016年	当初は、契約業者が実施。現在は、DPTが実施しており、約20名がソフトウェアを操作可能。
HII	ベルニーズ	2017年	RTSDの支援を受け、HIIスタッフが実施（3名が操作可能）。
GISTDA	Power Network⇒ ベルニーズ	2013年、2015年	現在は、ベルニーズを使用（2名が操作可能）。GISTDAで座標決定、チュラロンコン大学の支援有り。
RTSD	ベルニーズ	2019年	数名の職員がベルニーズを操作可能。チュラロンコン大学の支援も有り。

出典：調査団によるヒアリング結果の取りまとめ

基線解析ソフトウェアとしては、スイスのベルン大学が開発した「ベルニーズ GNSS ソフトウェア（以下、ベルニーズ）」が世界的に著名である。ベルン大学が作成している操作マニュアルは約 850 ページの分量があり、内容を理解するためには測地学だけでなく数学や地球物理学等の知識も必要となる。また、タイのチュラロンコン大学では、修士クラスの授業でベルニーズを活用している。さらに、定期的なコースではないが、ベルニーズに関するトレーニングコースを提供しており、基本的な操作を習得することが可能である。

RTSD によれば、タイ周辺では約 2cm/年の定常的な地殻変動があるとのことである。このことを考慮すると、上表のように各機関の座標決定の時期やソフトウェアを含めた決定方法等が相違することにより、高精度には座標の整合性が取れていない可能性がある。各機関の電子基準点を統合し、高精度の電子基準点ネットワーク構築を目指す場合、これらの精度検証を含め、再度座標決定方法を検討し、その後座標を再決定する必要があると思われる。

また、日本の国土地理院の基線解析ソフトウェアに関するコメントは、以下のとおりである。

一般的な基線解析のケースでは、RINEX 形式のファイルを解析できればどのようなソフトウェアでも問題は無い。しかし、定常的な解析、多点の解析、あるいは長基線の解析等の場合では、一般のソフトウェアでは対応できないため、以下の機能が必要となる。

- 自動処理プログラムを構築できること
- 多点での網平均計算を一度に実行可能であること
- 解析設定を細かく調整できること

2. タイにおける電子基準点機材の整備状況

国土地理院では、ベルニーズを使用しているが、どのようなソフトを使用するにしても、1つのソフトウェアに統一することと、バージョンが揃っていることが前提である。結果として、解析設定の共有や結果の比較を行いやすくなる。

(4) 電子基準点に関する法令等

RTSD によれば、以下の3つの法令／規則が電子基準点や測地基準に関係するとのことである。

- Official secrets protection act B.E. 2483
- Rule of national security B.E. 2517
- Rule of the office of the prime minister of security in hiring private sector to conduct survey and mapping

1) Official secrets protection act B.E. 2483 (1940 年制定)

この法律は、軍事的なものだけが対象ではなく、国家の安全保障に関する広い範囲が対象のため内務大臣が所管してる。電子基準点は、設置場所によって相違し、軍用地であれば、この法律が適用される。なお、RTSD の電子基準点は、ほとんどが DOL の敷地に設置されているため、本法律は適用外となる。

2) Rule of national security B.E. 2517 (1974 年制定)

この規則では、政府サービスを①Top Secret、②Secret、③Confidential、④Restricted の4つに分類している。電子基準点のサービスが軍事目的となればこの規則が適用される可能性はあるが、民生目的であれば、適用されない。

ただし、条項38の「定義」において、セキュリティの前提条件として、効率的な政府サービスを遂行するため、政府の施設や機材等は、盗難、スパイ行為、妨害工作等に対する防御対策を行う必要があり、全ての電子基準点が対象となる。

3) Rule of the office of the prime minister of security in hiring private sector to conduct survey and mapping (1991 年制定、2001 年改定)

この規則は、首相府が全ての政府機関に対し、政府機関が民間事業者にも測量や地理空間情報作成等の業務を委託するときの規則である。地理空間情報の取り扱いやセキュリティ対策に関しても規定されている。

RTSD の見解であるが、この規則は民間事業者独自の事業にも適用され、同様に外国企業も対象となる。ただし、国際協力による測量・地理空間情報作成業務も対象であることは明記されているが、民間事業による制限は明記されていない。しかし、この規則を遵守することが望ましいとのことである。

なお、同じく RTSD の見解では、電子基準点の観測データ、補正データ、点データは、全て地図データに含まれると解釈され、この規則が適用される。また、この規則は、将来的には新技術等に適用した改正がなされる可能性がある。

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

3.1. 日本の電子基準点リアルタイムデータの配信と測位サービスの提供

日本における電子基準点リアルタイムデータの配信と測位サービスを提供している各機関のそれぞれの役割と関係性、配信データの内容、その他について情報収集した結果を述べる。

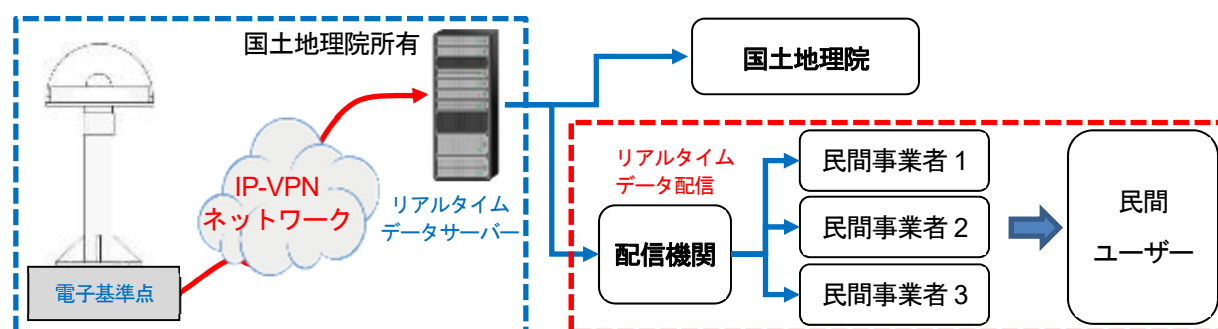


図 3-1 日本の電子基準点リアルタイムデータの配信と関係機関

出典：調査団の調査結果からの編集

上図は、電子基準点の観測データがリアルタイムデータとして配信される流れを示したものである。観測データは、国土地理院のリアルタイムデータサーバーに一元的に集められ、それらが国土地理院と配信機関に配信される。そして、配信機関から民間事業者を介し、民間企業等で RTK 補正データのリアルタイムサービスが活用できる仕組みとなっている。

下表は、リアルタイムデータ配信の関係機関の主な役割と関係をまとめたものである。

表 3-1 日本の電子基準点リアルタイムデータの配信と関係機関について

関係機関	主な役割と関係	備考
国土地理院	GEONET の安定的な運用（24 時間観測）	後処理用の RINEX データをホームページで提供
配信機関	データの安定的な受信と配信 配信サービス等の民間企業の窓口 配信機材の運営・維持管理	非営利事業、配信機材等の費用は配信サービスの民間企業より徴収する
民間事業者の配信サービス	民間セクターへのデータ配信（有償） 顧客サポートとサービスの提供	営利事業、現在は 3 社がサービスを展開している

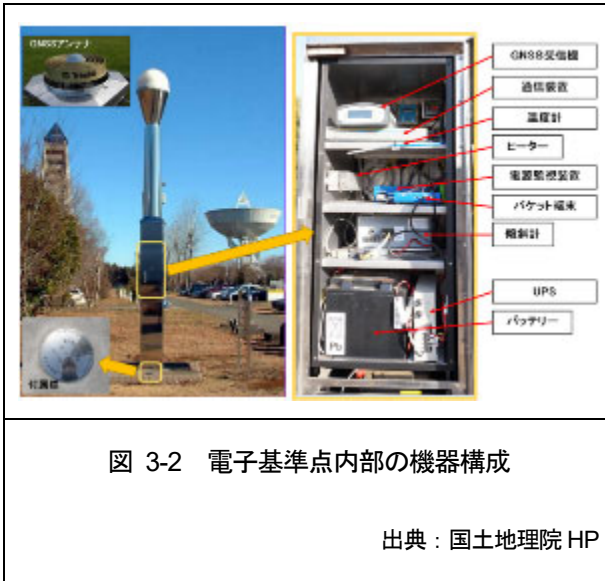
出典：調査団の調査結果

3.1.1. 国土地理院

国土地理院は、国土交通省設置法及び測量法に基づいて国土交通省に設置された機関であり、測量行政を担う。本項では、国土地理院が運営する GEONET について述べる。

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

(1) GEONET の概要



GEONET は、全国約 1,300 ヶ所（約 20km 間隔）に設置された電子基準点と GEONET 中央局（データセンター）で構成され、運営されている。GEONET の主要な役割は、

- 地殻変動の監視
- 電子基準点を利用した測量
- 測地基準点体系の維持管理
- 位置情報サービスの支援

等であり、観測データは、国土地理院だけでなく、大学や研究機関、民間等で広く活用されている。

電子基準点は、小学校や公共用地等の主に地上に設置され、通信回線（IP-VPN 回線や携帯電話回線

等）で GEONET 中央局と接続されている。なお、富士山頂や離島等の環境が厳しい場所にも電子基準点は設置されている。

電子基準点の構造は、外観は高さ 5m のステンレス製ピラーで、上部に GNSS 衛星からの電波を受信するアンテナ、内部には受信機と通信用機器等が格納されている。なお、約 1,300 ヶ所の電子基準点は、複数メーカーの GNSS アンテナと受信機から構成されており、国土地理院の独自開発ソフトウェアにより、観測データの受信、モニタリング等が実施されている。

(2) GEONET の観測対象の衛星測位システム

GEONET で観測対象としている衛星システムは、GPS（米国）、GLONASS（ロシア）、GALILEO（欧州）、QZSS（日本）の 4 衛星システムである。観測仕様は、下表のとおりである。

表 3-2 GEONET の観測対象の測位衛星と観測仕様

衛星測位システム	対象とする測位信号
GPS	L1 (C/A, C) , L2 (C, P) , L5
GLONASS	L1 (C/A, P) , L2 (C/A, P)
GALILEO	E1, E5a, E5b, E5-AltBOC
QZSS	L1 (C/A, C) , L2 (C) , L5

出典：国土地理院

なお、GEONET では、仰角 5 度以上の衛星を受信対象とし、解析には仰角 15 度以上の観測データを使用している。

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

(3) GEONET 中央局の主な機能

GEONET の中央局（データセンター）では、日本全国に設置された約 1,300 点の電子基準点の観測データの集約、観測データの解析、変換、保存、リアルタイムデータの配信等を行っている。併せて、電子基準点の稼働状況もモニタリングされ、電子基準点の保守業務も行っている。

表 3-3 GEONET 中央局の主な機能

区分	ソフトウェア	主な機能
収集・配信	GEONET 収集・配信系	電子基準点との通信、RINEX 変換・保存・提供、暦データの取得・提供・保存、解析制御、GEONET 運用機能等
	リアルタイムデータの外部提供	リアルタイムデータの配信
解析	定常解析	ベルニーズによる基線解析（電子基準点の座標計算）
	外部への情報提供	定常解析結果の公開用データ作成等
	地殻変動監視	電子基準点配点図、基線図、変動ベクトル図等の作成
	リアルタイム解析	電子基準点のリアルタイム測位
サービス	データ提供・保守情報提供	観測データ等の WEB からの取得
	クリアリングハウス	観測局の情報を集約し WEB 公開
	電子基準点属性データ管理	電子基準点情報の管理、閲覧、検索、HTML 変換等

出典：国土地理院

(4) GEONET の運営

GEONET は、24 時間 365 日体制で運営されている。電子基準点の観測データの取得率¹⁰は 99.5%以上／年であり、非常に安定した稼働状況である。過去 10 年において、99.5%を下回ったのは 1 回だけである。この安定した電子基準点の稼働を維持するため、電子基準点の更新・管理は徹底されている。観測データに欠測を生じる主な原因は、GNSS 受信機・電源部の老朽化や通信・電気系統関係のトラブル等である。そのため、耐用年数を考慮した機材の更新を行っている。例えば、GNSS 受信機の場合、耐用年数を 7 年に設定し、毎年 200 台程度の受信機の更新を行っている。また、GNSS 受信機と通信装置への無停電（72 時間対応）対策を講じてトラブルを最小限にとどめている。

¹⁰ 取得率（％）＝（実際に取得した観測データ数／全電子基準点がフルタイムで稼働したときの観測データ数※）×100

※全電子基準点がフルタイムで稼働したときの観測データ数

＝30 秒間隔で取得された観測データ数（1 分間に 2 回）×60 分×24 時間×全電子基準点数

なお、欠測率の 0.5%の数値は、全電子基準点で約 2,370 日分、電子基準点 1 点当たり約 1.8 日間／年に相当する。

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

表 3-4 GEONET の観測データの取得率の推移

年度	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
取得率 (%)	99.58	99.57	99.39	99.53	99.78	99.63	99.51	99.81	99.77	99.86

出典：国土地理院

さらに、この安定した運営を実施・実現するため、国土地理院の職員だけでなく、外部リソースも活用している。外部リソースは、フィールド対応とデータセンター運営と別々の契約であるが、連携した活動が行われている。また、夜間や休日においても外部リソースを含めた緊急連絡・実施体制が構築されており、障害の迅速な復旧を実現している。

表 3-5 GEONET の運営・維持管理に関する外部リソースの役割について

データセンターの運用と維持管理	電子基準点の維持管理
- 観測データのダウンロード - データ収集のモニタリング、トラブル対応と電子基準点の復旧 - ハードウェアとソフトウェアの稼働監視 - 観測データの変換と配信 - 機能不全となった電子基準点の復旧支援	- 機能不全となった電子基準点の復旧（機材、部品の交換、ブレーカのオンオフ等） - 機能不全となった回収機材の原因調査（故障や事故原因の究明等）
24 時間 365 日体制	電話即応、現地対応サービス

出典：国土地理院

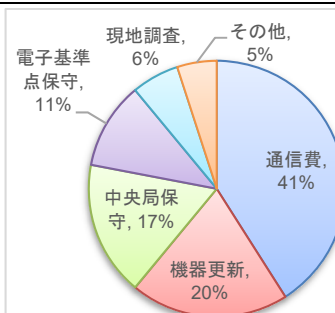
(5) GEONET の運営・維持管理予算

GEONET の運営・維持管理予算は、約 6～7 億円／年である。国土地理院の職員の人件費は含まれていないが、電子基準点や中央局（データセンター）の保守要員の外部委託費は含まれている。内訳は、下表のとおりである。

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

表 3-6 GEONET の運営・維持管理予算（2017 年度）

費目	割合（％）	備考
通信費	41%	電子基準点と中央局の通信費
GNSS 機器更新費	20%	受信機等の更新等
中央局保守費	17%	データセンター運営委託費
電子基準点保守費	11%	フィールドでの対応等
現地調査費	6%	定期的な点検等
その他	5%	電気代、旅費、可搬型機材等



出典：国土地理院

GNSS 受信機の更新は、大体 7 年を目安に機材を更新する計画である。GEONET 全体は、約 1,300 ケ所の電子基準点で構成されるため、年間約 200 台の GNSS 受信機を定期的に更新している。

(6) GEONET の障害対応

通常、電子基準点の観測や通信に何らかの障害が発生した場合、データセンターの要員が通信回線の確認を行い、その後、リモートアクセスで復旧を図ることになる。機材や部品の交換等、リモートアクセスで対応できない場合、フィールドでの復旧対応となる。日本全国に電子基準点が配置されていることや季節的に厳しい設置場所もあり、復旧期限は 7 日間以内と決められている。

下表は、2017 年度の約 1,300 ケ所の電子基準点での障害発生状況である。復旧対応の大部分が、機材や部品の交換作業となっている。

表 3-7 電子基準点の障害発生状況（2017 年度）

機材 保守内容	受信機	アンテナ	ルータ	傾斜計	プロトコル コンバータ	ブレーカ	その他の 機器
予防保守	0	0	81	0	0	0	8
交換	39	61	16	14	0	1	97
リセット	3	0	0	0	0	0	0
ブレーカ On/Off	0	0	0	0	0	20	0
その他	1	1	0	1	0	1	45
合計	43	62	97	15	0	22	150

出典：国土地理院

下表は、GEONET 中央局での障害発生状況である。回線調査や通信確認が、障害発生において相対数を占めている。通信会社への通信回線の確認作業は、障害発生時の初動として実施される。このため、国土地理院では通信会社と緊密に連携し、迅速な障害対応を実施できる体制を整えている。

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

表 3-8 GEONET 中央局の障害発生状況（2016、2017 年度）

年度	回線調査 通信確認等	ハードウェア障害	ソフトウェア障害セ キュリティ対応	合計
2016 年度	1,180	6	223	1,409
2017 年度	731	22	294	1,047
※ハードウェア障害：ディスク、ファン、電源ユニット等の交換作業				
※ソフトウェア障害／セキュリティ対応：システム設計変更、アドレス変更、脆弱性対応等				

出典：国土地理院

また、停電や電話回線の断線による電子基準点の停止情報をユーザーに発出するため事前に情報取得する必要があり、電力会社や通信会社の協力を得ている。同様に、電子基準点データの配信を行っている配信機関にも、電子基準点のメンテナンス情報を速やかに連絡している。

(7) GEONET の定期的な点検や移設等

上述の運用維持管理業務だけでなく、以下の業務も実施し、GEONET の安定的な運営に貢献している。

表 3-9 その他の GEONET の運用維持管理業務

業務名	業務内容	備考
電子基準点 現地調査	- 電子基準点調査：電子基準点及び周囲環境についての調査及び点検 - 傾斜測定：電子基準点架台の傾斜を測定 - 高低差測定：電子基準点本点と付属標間の高低差を測定	約 1,300 ケ所の全てを単年ではなく、数年に分けて実施する
電子基準点引込 柱等交換作業	防災対策のため、鋼管タイプの引込柱（電気、通信用）をコンクリート柱に変更する	教育機関に設置されている電子基準点が対象
電子基準点の移 設	観測環境が相応しくない（例：近隣に高層ビルが建設）等の変化が発生した場合、電子基準点を他の場所に移設する	年に数点の移設が発生

出典：国土地理院

(8) GEONET の観測データの配信

観測開始以来 30 秒毎の RINEX ファイル（後処理データ用）が保存されており、インターネットからダウンロードすることができる。

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

表 3-10 ダウンロード可能な GEONET の観測データ

観測データ名称	内容	備考
電子基準点データ	観測データファイル、(RINEX 形式、データサンプリング間隔：30 秒)	2010 年 4 月以降分のみ、それ以前は日本測量協会が提供
電子基準点日々の座標値	解析結果ファイル：地心座標値 (XYZ)、緯度・経度・楕円体高、更新間隔：1 週間	
IGS 精密暦	IGS 提供の GPS 衛星の精密軌道情報	IGS からダウンロード可能
研究者向けデータ	GEONET のデータ・解析結果を研究者向けに公開	利用申請手続きが必要

出典：国土地理院の HP

国土地理院の電子基準点のリアルタイムデータは、GNSS 測定の基準点データとして使えるように 2002 年 5 月から民間開放されている。当時、リアルタイムデータの配信サービスを希望する民間会社が複数存在したこともあり、GEONET と民間会社を直接的に接続せず、「中立的な組織かつ非営利団体であり、GNSS 測量に関する技術及び経験を有する者」を介して配信することとされた。リアルタイムデータを配信する機関（配信機関）は 5 年毎の公募で決定され、現在は日本測量協会が行っている。配信サービスの詳細は、日本測量協会の項に述べる。

3.1.2. 公益社団法人日本測量協会

日本測量協会は、1949 年の測量法の制定と測量士・測量士補の国家資格の創設を契機として、1951 年に官・学・産各界の有志により測量技術者の会員団体として設立し、2013 年に内閣府に認定された公益社団法人である。

表 3-11 日本測量協会の概要

設立年月日	1951 年 1 月 13 日
所在地	本部：東京都、支部：全国 10 ヶ所、測量技術センター：茨城県つくば市
職員数	105 名（2016 年 8 月 1 日現在）
会員数	正会員：10,284 名、準会員（学生）：406 名、特別会員（法人）：2,196 社（2018 年 3 月末現在）
業務概要	1) 会員活動（月刊「測量」の発行、イベント開催等）、2) 測量関係図書の出版、3) 測量継続（CPD）教育（セミナー、技術講習会の開催、認定試験等）、4) 測量コンサルティング、5) GIS コンサルティング、6) 各種検定（機器、測量成果等）、7) 建設技術審査証明（測量技術）、8) 電子基準点データ配信

出典：日本測量協会の HP より編集

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

(1) リアルタイムデータの配信

2002年5月、日本測量協会は、関東、中京、京阪神地域の大都市に位置する200点の電子基準点を対象とするリアルタイムデータの配信を開始した。民間の位置情報サービス事業者（以下、民間事業者とする。）は、日本測量協会のデータ配信を受け、同年6月から配信事業を開始している。現在は、約1,300点の電子基準点を対象とし、リアルタイムデータの配信を行っている。

上述の配信事業は、日本測量協会と国土地理院の電子基準点リアルタイムデータ配信に関する5年間の協定に基づくものである。この協定に基づき、日本測量協会は国土地理院からリアルタイムデータの提供を受け、データの品質検査や遅延を監視し、民間事業者に配信している。

なお、本協定では、配信業務に要した実費を民間事業者等より徴収することまでは認められているが、本業務による営利活動は認められていない。

本配信業務で重要なポイントは、

- リアルタイムデータを民間事業者に配信すること
 - データ品質検査で異常があった場合、民間事業者と国土地理院に情報を伝達すること
 - 国土地理院から伝達される電子基準点の停止状況等の情報を民間事業者に伝達すること
- の3点である。

(2) リアルタイムデータ配信のためのデータセンター運営

リアルタイムデータは24時間配信されているが、モニタリングを行うスタッフは24時間の配置体制ではない。ただし、毎時状況を知らせるメールや異常発生時には携帯電話へのメール、あるいは電話がシステムから自動的に発出されるシステムが構築されている。このため、データセンターの人員は、日本測量協会の職員と測量技術とICT技術を併せ持つアウトソーシング先の少数精鋭で構成されている。これまでの運営実績では、大きなトラブルは1回だけであり、順調に運営されている。

今後は、測量業務以外に農機や建機の自動運転等での利用が増えている現状を考慮し、24時間の運用モニタリング体制への移行も検討している。

データセンターの初期投資と運営経費は、以下の項目から構成される。

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

表 3-12 リアルタイムデータ配信のデータセンターの初期投資と主な運営経費

区分	経費項目	備考
初期投資	ハードウェア購入費	電子基準点約 1,300 点に対応する ICT 機材の規模
	ソフトウェア開発費	市販ソフトウェアではなく、システム開発を行った
運営経費	データセンター賃貸費	外部のデータセンターのスペースをレンタル
	運営維持管理費	アウトソーシング先との契約、夜間等は追加費用
	ハードウェアの更新費	5 年位でハードウェアを更新する方針
	ソフトウェアの不具合対応等	保守経費ではなく、発生時に費用発生とする

出典：日本測量協会よりヒアリング

これらの初期投資と運営経費は、データ配信を行っている民間事業者が負担することになっている。現在は、3 社の配信事業者と 1 社の実験を行っている事業者で経費を賄っている。配信事業者に比べ、実験者、非営利の大学や研究機関等の負担は少額となっている。

(3) 電子基準点データ提供サービス

日本測量協会は、民間事業者へのリアルタイムデータの配信だけでなく、電子基準点に関する他のサービスも提供している。これらのサービスは有償であるが、日本測量協会は非営利団体であるため、必要なコストのみから金額が決められている。

表 3-13 電子基準点データ提供サービス一覧表

サービス名	サービス内容
GPS 精密解析情報提供サービス (クイックルック衛星測位情報)	私設・公設の GPS 連続観測点の変動情報を提供 高精度な位置情報、及び品質評価情報・実況監視情報を提供
電子基準点リアルタイムデータ	民間事業者へのリアルタイムデータ配信
電子基準点 RINEX データ (30 秒値)	1994～2014 年のデータを DVD-R 等で提供
電子基準点 RINEX データ (1 秒値)	災害、大気・電離層擾乱等時のデータを DVD-R 等で提供
電子基準点 BINEX データ (1 秒値)	災害、大気・電離層擾乱等時のデータを DVD-R 等で提供
電子基準点日々の座標値	国土地理院の「電子基準点日々の座標値」を CD-R で提供

出典：日本測量協会の HP より編集

(4) 広報・普及活動

2001 年、国土地理院が所有する電子基準点リアルタイムデータの民間開放を要望するとともに、リアルタイムデータの利活用と普及を推進することを目的とし、「電子基準点を利用したリアルタイム

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

測位推進協議会」が設立されている。同協議会の事務局は、日本測量協会である。民間事業者、測量機器メーカー、ユーザー等から成る一般会員（民間会社）39 社、学校・公的機関 24 機関（2018 年 6 月時点）で構成されている。現在の同協議会の活動としては、

- ・ リアルタイム測位を広く普及させること
- ・ 測位衛星の数、種類が増えており、これらを利用できるように国土地理院に要望していくこと
- ・ 後処理の 30 秒データからリアルタイム測位への移行の効果を理解してもらうこと
- ・ 公共測量で使用されている点を理解してもらうこと

等とのことである。

表 3-14 電子基準点を利用したリアルタイム測位推進協議会の活動一覧表

活動項目	活動内容
会員総会	年 1 回の開催
幹事会	幹事 15 名により年 6 回の開催
国土地理院との意見交換会	年 2 回の開催
利用技術講習会	年 1 回の開催（会員と一般参加者が対象）
ワーキンググループ	利用促進 WG、基盤技術 WG が設置 実験観測や他機関との意見交換等を随時開催
広報	会報の発行（年 2 回）、協議会のホームページの運営
その他	日本測量協会を含む他の機関のセミナー、説明会、展示会等への参加

出典：日本測量協会の HP、ヒアリングより編集

3.1.3. 民間事業者の配信サービス

RTK 補正データのリアルタイム配信を行っている民間事業者は、2019 年 3 月時点で 3 社である。この 3 社の民間事業者は、全国対応で事業を行っている。これまでに地域限定の民間事業者も存在していたが、徐々に淘汰され、現在の 3 社となっている。ただし、新規参入の動きが無いわけではなく、日本測量協会への引き合いが数件はある。

なお、民間事業者の配信事業では、リアルタイムデータ（生データ）をそのまま第三者に対して利用させることは禁止されている。

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

表 3-15 RTK 補正データのリアルタイム配信を行っている民間事業者

会社名	株式会社ジェノバ	日本 GPS データサービス 株式会社	日本テラサット株式会社
設立年月日	2002 年 1 月 28 日	2002 年 4 月 25 日	2013 年 12 月 12 日
本社所在地	東京都	東京都	大阪府
主なサービス	- リアルタイムデータ配信 - 後処理データ配信	- リアルタイムサービス - 後処理ダウンロードサービス	- リアルタイムデータ配信 - 後処理データ配信
データ間隔（後処理データ）	1, 2, 5, 10, 15, 20, 30, 60 秒から選択	1, 2, 5, 10, 15, 30 秒から選択	未公開
サービス時間	24 時間 365 日対応		
対象エリア	日本全国（沿岸部を含む、一部離島を除く）		

出典：民間事業者の HP より編集

(1) 主なユーザー

リアルタイム配信を活用する主なユーザーは、航空写真測量、航空レーザー測量、地上測量、モバイルマッピングシステム（Mobile Mapping System: MMS）等で活用する測量業だけでなく、建設業、土地家屋調査士、補償コンサルタント等も含まれる。一般的な測量業務以外の主な利用事例は、以下の表のとおりである。

表 3-16 リアルタイムデータを活用した主な利活用事例

区分	利活用内容	メリット等
情報化施工	ブルドーザの制御	急峻な地形の現場でネットワーク RTK を活用し、基地局が不要
	建設機械の制御	マルチ GNSS で杉林周辺の現場でも捕捉衛星数の確保
施工管理	工場新設、造成地	ネットワーク RTK でトータルステーションに比して効率的な施工管理
一般測量	基準点測量	ネットワーク RTK で 4 級基準点や補助基準点設置の効率化
各種調査	下水道の復旧調査	災害発生後、変位したマンホール調査（標高値計測）の効率化
	下水道台帳の作成	ネットワーク RTK で用地の境界画定とマンホール位置の効率的な取得
	深浅測量	ネットワーク RTK で河川等における深浅測量の効率化
地籍調査	土地境界確定測量	ネットワーク RTK で GNSS 観測時間の短縮
	用地測量	旧座標系の 17 条地図を世界測地系に変換して、境界復元に使用

※国土地理院の「作業規程の準則」では、3 級と 4 級基準点の設置はネットワーク RTK での測量方法が認められている。基準点は、水平方向の位置基準であり、3 級や 4 級は基準点体系の階層を表している。

出典：民間事業者の HP より編集

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

以下の内容は、3社のうち1社の利用状況である。

利用時間による区分では、ICT 施工 (i-Construction) が半分程度を占めている。残りの半分は測量業務（地上測量、航空写真撮影、MMS も含む）や調査業務等である。現在、農機の自動運転の利用は余り多くないが、これは利用者が自前で RTK システムを構築し、実施しているからと思われる。また、MMS 向けの新規サービスも立ち上げており、今後のさらなる活用を期待している。ユーザー数（契約者数、1社で複数ユーザーの契約もある）としては、数千のレベルである。

(2) サービス提供の体制

以下の内容は、3社のうち1社の事例である。

サービスの提供時間は、24 時間 365 日である。ただし、夜間や休日はスタッフを配置していない。このため、何らかの異常等が発生した場合、担当者の携帯電話にアラートが配信される仕組みを構築している。また、リモートアクセスも可能になっている。これまでの運用実績では、配信を開始した当初を除き、さほど障害発生が多くないこと及び夜間の利用率が低いことから、24 時間配置にはしていない。しかしながら、今後の利用者の増加を見込み、新たな運用体制を検討している。さらに、ユーザーサポートを充実させるため、国土地理院の電子基準点のモニタリング機能を充実させる計画もある。

後処理データの保存期間は、約 6 ケ月である。航空写真測量や MMS の業務において、少し前の後処理データを求めるニーズが存在している。

(3) サービス提供への対処すべき課題

以下の内容は、配信事業者からの意見を基に、調査団が検討した結果をまとめた。リアルタイム配信をする上で、対処すべき課題である。

表 3-17 リアルタイム配信のサービス提供時の課題

課題	課題の詳細内容
複数メーカーの機材	機器メーカーにより衛星間のバイアス等の処理が異なる
通信の遅延時間	機器メーカーの見解では、ユーザーに 2 秒以内での配信が必要となる
地殻変動の補正	地殻変動を補正処理する必要がある
ユーザー管理	課金を行う場合、確実なユーザー管理を行う必要がある
不定期対応	GPS 衛星の週番号のロールオーバー（約 20 年に 1 回、将来的には解消の見込み）、うるう秒等への不定期対応を検討する必要がある

出典：民間事業者のヒアリングより編集

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

(4) 料金体系

各社のリアルタイム配信サービスの料金体系は、従量制や定額プランで設定されている。定額制の場合、月単位や年間で契約することが可能である。従量制は、少量のリアルタイム配信を使用するユーザー、あるいは試用したいユーザーのために設けている。下表は、主な料金を抜粋したものである。

表 3-18 リアルタイム配信サービスを行っている民間事業者の主な料金体系

会社名		株式会社ジェノバ	日本 GPS データ サービス株式会社	日本テラサット 株式会社
新規登録料		20,000 円	20,000 円	20,000 円
基本料金（月、定額制）		24,000 円	21,000 円	21,000 円
基本料金（年、定額制）		240,000 円	180,000 円	180,000 円
従量制	基本料金	2,000 円／月 （無償利用時間 20 分）	2,000 円／月 （無償利用時間 25 分）	2,000 円／月 （無償利用時間 25 分）
	使用料金	100 円／分	80 円／分	80 円／分
後処理データ（VRS、RRS）		40 円／分	40 円／分	40 円／分

※金額は、税抜き価格

出典：民間事業者の HP より編集

3.1.4. その他

電子基準点ではないが、GNSS 連続観測点を設置している機関は他にもある。これらの観測データは、国土地理院の GEONET とオンラインで接続されているわけではないが、関係機関間でデータの共有が行われている。特に、全国にわたる総合的な地震防災対策を推進するため、関係機関を横断した地震調査研究推進本部（本部長：文部科学大臣、本部員：関係府省の事務次官等）が設置されており、観測データを共有した調査・研究が活発に行われている。

2019 年 3 月 1 日で廃止となったが、海上保安庁では、海上の安全運航の確保のため、日本全国 27 ヶ所に DGPS 局を設置し、運用を行ってきた。また、近々では、航空機の滑走路への精密進入を支援する地上型衛星航法補強システム（Ground-Based Augmentation System: GBAS）の導入・運用評価を進めており、このシステムにおいても GNSS 連続観測点が設置されることになる。

なお、これらの GNSS 連続観測点は、設置や運用目的、維持管理条件等が相違するため、GEONET とオンラインで接続されていない。

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

表 3-19 GNSS 連続観測点の主な設置機関

機関名	主な設置理由	備考
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	地震、火山活動連続観測網の構築（16 の火山観測点のうち、13 ヶ所に GNSS 連続観測点を設置）	GNSS 機材だけでなく、包括的な地震、火山観測機材を設置
国立研究開発法人 産業技術総合研究所／ 地質調査総合センター	地震、火山活動の観測、調査・研究、情報の整備	紀伊半島、四国に 11 点を設置（2018 年 4 月 1 日時点）
気象庁／気象研究所	地震、火山活動の観測、天気予報への応用研究	国土地理院から観測データも受信している
国立大学	地震、火山活動、津波の観測、調査・研究（50 ヶ所以上に設置）	政府の地震調査研究推進本部への参画（他に 9 つの政府機関が参画）
特定非営利活動法人 海上 GPS 利用推進機構	海上（港湾）工事への RTK と DGPS サービスの提供（全国の 16 港湾に設置）	この機関は、政府機関とのデータ交換は実施していない
海上保安庁	船舶の安全航行のための DGPS の運用（全国で 27 ヶ所に設置）	2019 年 3 月 1 日に廃止、船舶は MSAS や QZSS の補正情報を活用
国土交通省航空局	GBAS に必要な誤差補正情報を作成するために空港に DGPS 基地局を設置	2020 年から羽田空港等での本格運用を計画している

出典：調査団の調査結果

3.2. 世界における高精度測位サービス事例

3.2.1. 日・タイ以外における測位サービス事例

本節においては、米国、ヨーロッパ、東南アジアにおける電子基準点データ（CORS データ）の配信事例を記載する。

（1）米国の CORS データ配信サービス

米国においては、200 以上の官、学、産の組織が電子基準点の整備担当機関としてそれぞれの目的に応じた電子基準点整備を行っており、国立測地局（National Geodetic Survey: NGS）が全体を取りまとめ、参画している組織が NGS とデータを共有している。

整備点数は、総計で約 2,000 点ある。NGS 自体は 42 点を整備しているに過ぎない。整備最大数は UNAVCO-PBO の 427 点である。UNAVCO は地球科学研究を行う大学連合の名称で、PBO はプレート境界観測を目的とすることを表している。

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

整備目的は、上記のような整備の経緯により多岐にわたるが、代表的なものとしては、国家測地基準ネットワークの骨格、測量・地図作成、プレート運動の監視（大陸プレートであるため、カリフォルニア州等一部の地域を除いてネットワーク自体に変形はなく平行移動）、その他測位サービス全般となっている。

様々な目的で設置された電子基準点の複合体であることが特徴であり、地域により分布に偏りがある。また、NGS に集約される CORS データは、後処理用データの提供が主であり、リアルタイム提供を目的としていない。リアルタイムデータ提供は民間企業が実施しているが、次に示すように米国全土をカバーしている訳ではない。

(全体配点図)

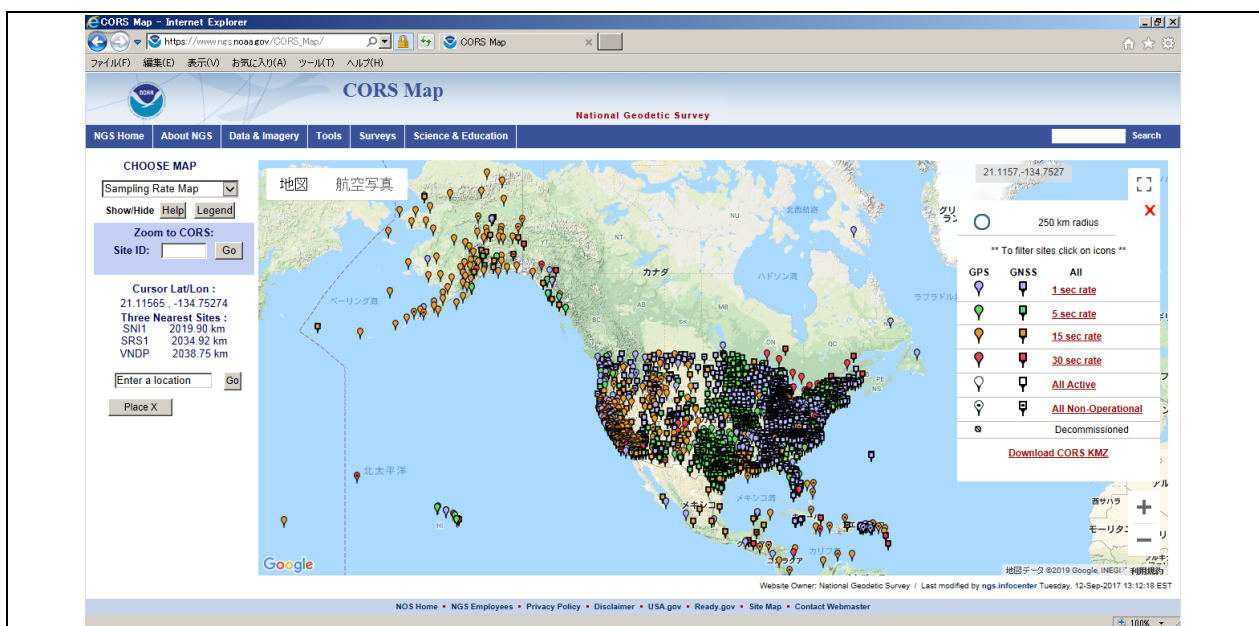


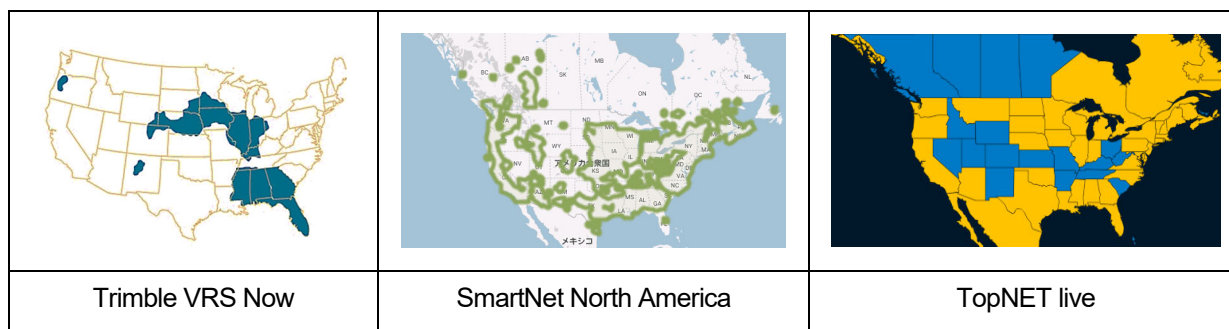
図 3-3 米国測地局 NGS CORS Map

出典：NGS の HP (https://www.ngs.noaa.gov/CORS_Map/)

民間企業による有料配信サービスとして、代表的な 3 社のサービスを以下に示す。

- 配信サービス名：Trimble VRS Now – 提供会社：Trimble
提供地域は、ジョージア、アラバマ、フロリダの 3 州が中心（図 3-4 左）。
- 配信サービス名：SmartNet North America -提供会社：HEXAGON（Leica） Geosystems
提供地域は、VRS Now よりも広め（図 3-4 中）。
- 配信サービス名：TopNET live –提供会社：TOPCON
提供地域は、SmartNet と同じくらいに見える（図 3-4 右、黄色）。

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況



注：各社の利用している電子基準点の整備担当機関は不明。

図 3-4 米国の民間企業による配信地域

出典（左から）：Trimble 社 HP（<https://www.trimble.com/Positioning-Services/VRS-Now.aspx>）、HEXAGON Geosystems 社 HP（<https://hxgnsmartnet.com/de-DE/local-coverage>）、TOPCON 社 HP（<http://www.topnetlive.com/>）

(2) ヨーロッパの CORS データ配信サービス

ヨーロッパの電子基準点に共通する事項として、座標系は ITRF89 に基づいて欧州で統一された ETRF89（European Terrestrial Reference Frame 1989）に基づくこと、各国の座標系は ETRF89 に基づき、電子基準点の配点密度をさらに稠密化していること、プレート運動によりヨーロッパ全体が移動するが、1枚のプレート上にあるので平行移動とみなしていることが挙げられる。

また、ヨーロッパにおいては民間企業による配信サービスも行われている。多くの国において受信機メーカーを中心とする企業がそれぞれネットワーク RTK データの配信サービスを行っている。企業によってはネットワーク RTK の補正情報サービスのほか、Web での RINEX データ（後処理用）の提供、計算サービスも行っている。

民間企業の配信サービスで大きなところは次の3社である。

- 配信サービス名：Trimble VRS Now - 配信企業：Trimble

Trimble はベルギー、チェコ、エストニア、ドイツ、オランダ、スウェーデン、英国、アイルランドのほか、スペインの一部に事業展開している（図 3-5 左）。

<https://www.trimble.com/Positioning-Services/index.aspx>

- 配信サービス名：SmartNet - 配信企業：HEXAGON（Leica） Geosystems

HEXAGON（Leica）はベルギー、ブルガリア、デンマーク、フィンランド、ドイツ、ギリシア、オランダ、アイルランド、イタリア、ノルウェー、ポーランド、スペイン、スウェーデン、ウクライナ、英国のほかロシアの一部に事業展開している（図 3-5 中）。

<https://hxgnsmartnet.com/de-DE/>

- 配信サービス名：TopNET live - 配信企業：Topcon

Topcon はベルギー、デンマーク、エストニア、フィンランド、フランス、ドイツ、ギリシア、オランダ、アイスランド、アイルランド、イタリア、ノルウェー、ポーランド、スベ

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

イン、スウェーデン、英国のほかロシアの一部に事業展開している（図 3-5 右）。

<http://www.topnetlive.com/>

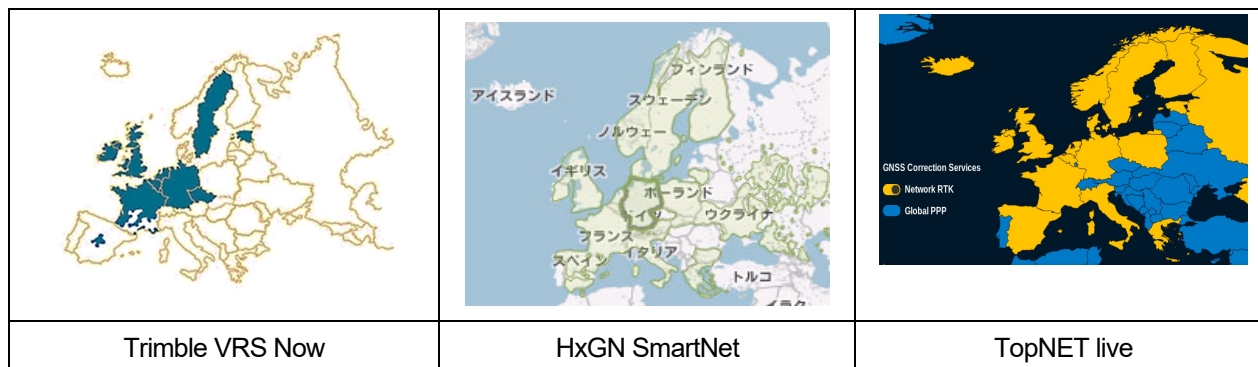


図 3-5 ヨーロッパの民間企業による配信地域

出典（左から）：Trimble 社 HP（<https://www.trimble.com/Positioning-Services/VRS-Now.aspx>）、HEXAGON Geosystems 社 HP（<https://hxgnsmartnet.com/de-DE/local-coverage>）、Topcon 社 HP（<http://www.topnetlive.com/>）

また、上記以外の民間企業による配信サービスとして、以下のようなものがあり、1～2 国に限定したサービスを行っている。

- 配信サービス名：TERIA Network - 配信企業名：TERIA
フランスで配信事業を行う民間企業（後述：本節（4））
<http://www.reseau-teria.com/>
- 配信サービス名：FarmRTK - 配信企業名：AXIO-NET
2008 年に ASCOS - Allsat and EADS が合併で AXIO-NET GmbH を設立、2016 年に Trimble 社が同社を買収した。ドイツと英国でネットワーク RTK サービスのほか、農業に特化した FarmRTK サービスを展開している。
<http://www.axio-net.eu/startseite/>
- 配信サービス名：EssentialsNet - 配信企業名：Soil Essentials
英国において農機の制御のためのネットワーク RTK サービスを提供している。
<https://www.soilessentials.com/product/rtk-correction-service/>

(3) ドイツの CORS データ配信サービス

ドイツにおいては、電子基準点の整備担当機関は主として各州測量局であり、ドイツ連邦地図測地局（Bundesamt für Kartographie und Geodäsie: BKG / Federal Agency for Cartography and Geodesy）が国家測地ネットワーク GREF の維持のために設置している電子基準点が骨格としてこれに加わっている。整備点数は、国内の電子基準点 270 点に隣接国の電子基準点 30 点を加えた構成とする 300 点であり、そのサービスは SAPOS（Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung / Satellite Positioning Service of the German State Survey）という名称である。SAPOS（ザポス）は 16 州共同の管理

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

機関であるドイツ連邦共和国測量局協会（Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland: AdV）が維持管理をしている。

国内の電子基準点の内訳は、国家測地ネットワークの骨格として BKG の管理する電子基準点が 25 点、各州測量局の管理する電子基準点が 245 点である。すべての電子基準点がヨーロッパ統一基準系である ETRF89 に準拠した座標を持つ。

整備目的は、国家測地基準ネットワークの骨格、測量・地図作成、プレート運動の監視（ネットワーク自体に変形はなく平行移動）、測位サービス全般である。

（配点図）

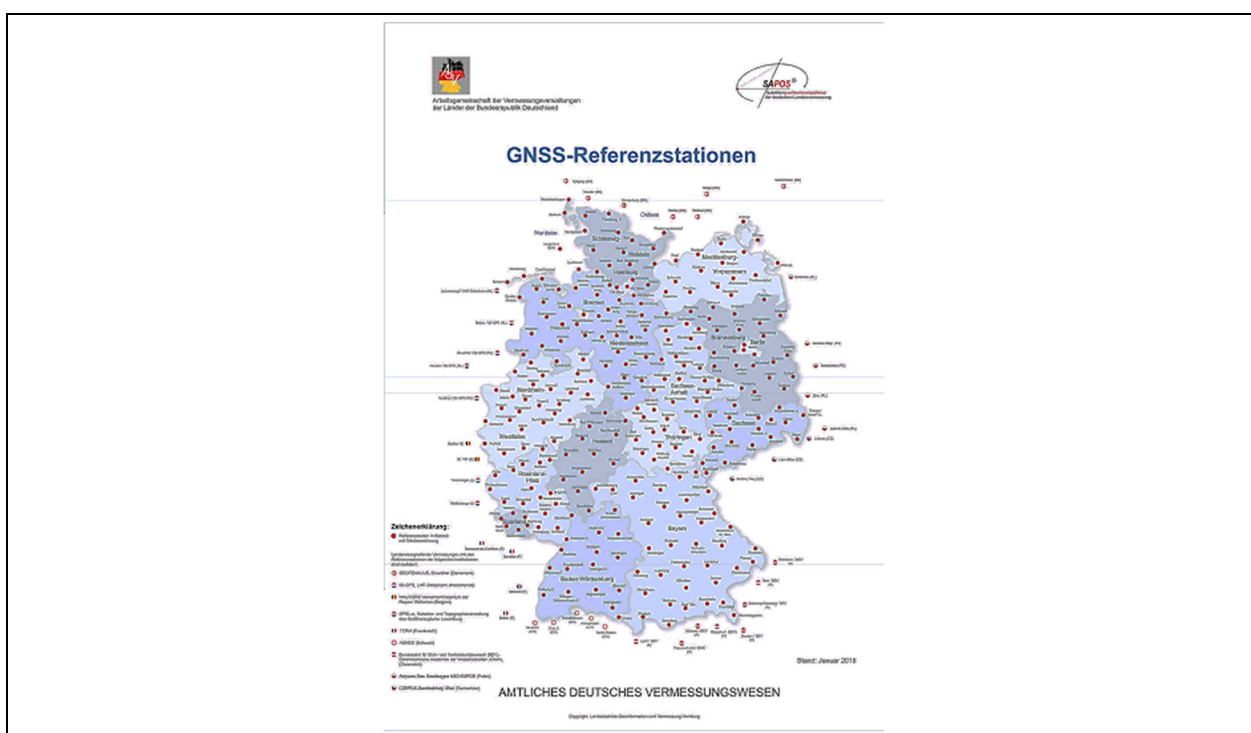


図 3-6 ドイツ SAPOS network

出典：AdV - SAPOS の HP (<http://www.adv-online.de/Products/SAPOS/>) からダウンロードした資料

ドイツでは後処理用 RINEX データとネットワーク RTK の補正情報はともに SAPOS が有償で提供しているが、それ以外の民間配信企業もそれぞれ独自の RTK サービスを提供している。

(4) フランスの CORS データ配信サービス

フランスにおいては、整備担当機関の構成が他国よりも複雑である。

フランス国土地理院（Institut Géographique National: IGN）が電子基準点ネットワーク（Le réseau GNSS permanent: RGP）を整備、管理しているが、RGP の電子基準点自体は、IGN と官・学・産のパートナー

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

シップ協定により構築されたもので、IGN のほか、地方自治体や大学・研究機関、民間企業が整備したものを含んでいる。

民間企業として最大数の電子基準点ネットワークを整備しているのがフランス測量者同盟（Ordre des Géomètres Experts: OGE）の出資により設立された TERIA 社であり、TERIA Network を整備している。そのほか、自社で電子基準点を整備している企業が複数ある。IGN は TERIA 社を含む企業のほか、地方自治体、大学・研究機関からデータの有償提供を受け、これらを含めて RGP としてフランス国家測地ネットワーク RGF93（Réseau Géodésique Français 1993）における座標を計算している。RGF93 は、他のヨーロッパ諸国同様、ETRF89 に準拠している

整備点数は、RGP 総計 518 点であり、IGN が 24 点、最大点数を保有する TERIA 社が 168 点、それに次ぐ点数を保有する SATINFO 社が 125 点を占めている。整備担当機関の構成割合は、IGN が約 5%、公的機関が約 17%、民間企業が約 78%である。

整備目的は、農業分野、建設分野における利用、測量・地図作成、測位サービス全般である。

(配点図)

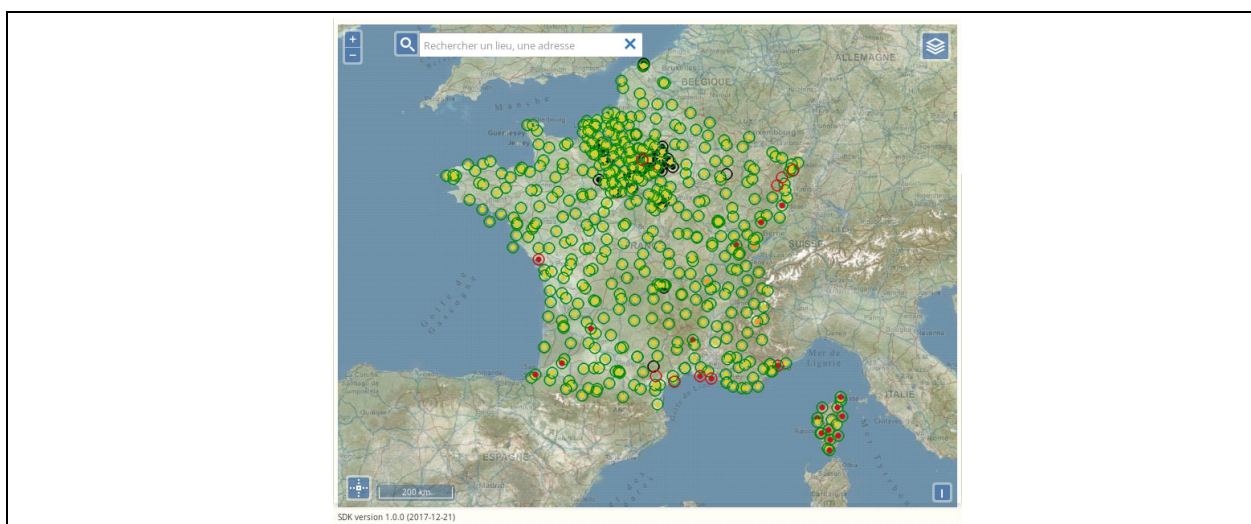


図 3-7 フランス RGP network

出典：IGN の HP (<http://rgp.ign.fr/>)

フランスでは民間活用による配信がメインとなっている。後処理用 RINEX データについては IGN が有償提供しているが、ネットワーク RTK の補正情報を TERIA 社、SATINFO 社等の民間企業が有償で提供している。各社の保有する電子基準点の数は RGP に含まれる電子基準点の数よりも多いことから、各社独自の点も保有していると推測できる。

(5) 英国の CORS データ配信サービス

英国における電子基準点の整備担当機関は、英国陸地測量部（Ordnance Survey, Great Britain: OS）で

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

ある。そのネットワークは OSNet という名称で、整備点数は 115 点である。調べた範囲では民間企業による電子基準点の整備は見つからない。

電子基準点の座標系は ETRF89 に基づくが、地図の座標系は OSGB36 という英国独自の座標系のため、地図と整合させるための座標の逆変換が必要である。OS がこの座標変換のためのソフトウェアを提供している。HEXAGON Geosystems 社によると、OSGB36 への逆変換機能は受信機（ローバー）側に持たせている。

整備目的として、農業分野、建設分野における利用、測量・地図作成のほか、正確な資産管理が挙げられている。

(配点図)

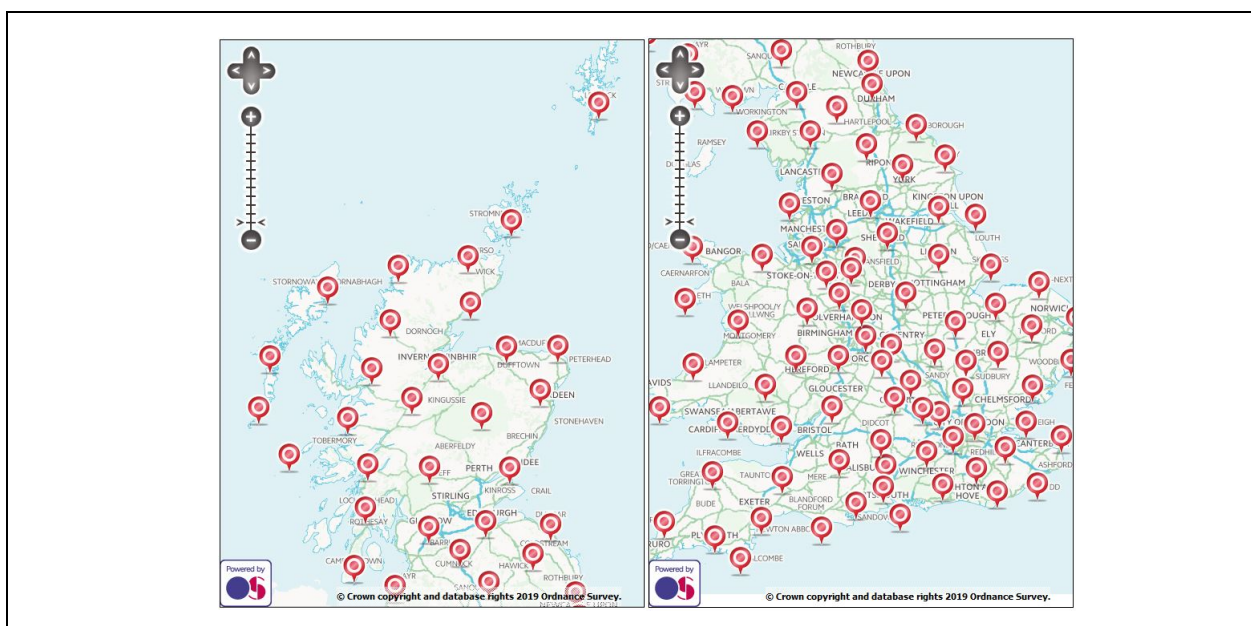


図 3-8 英国の OS Net

出典：OS の HP (<https://www.ordnancesurvey.co.uk/gps/os-net-rinex-data/>)

英国においては、民間活用による配信がメインである。OS 自らが後処理用データが無償で提供しているが、ネットワーク RTK データについては、OS 自らはその配信は行わず、OS の電子基準点データを企業パートナーが利用して有償で配信サービスを行っている。

(6) マレーシアの CORS データ配信サービス（東南アジアにおける先進例）

マレーシアは東南アジアでも最も完成された電子基準点ネットワークを持つ。整備担当機関は、マレーシア地図測量局（Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia: JUPEM）である。

整備点数は 78 点であり、MyRTKnet の名称で整備されている。2008 年に現在の電子基準点ネットワークが完成した。マレーシア半島に 50 点、サバ州とサラワク州に 28 点ある。

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

整備目的は、測量・地図作成、測位サービス全般である。

配信の形態としては、国の機関である JUPEM 自らが後処理用 GNSS データとネットワーク RTK データの提供を実施している。有償提供であるが、価格は開始当初よりも値下げしている。（ユーザー数が増加しないことへの対策との未確認情報あり。）

<https://www.jupem.gov.my/v1/my/produk-perkhidmatan/real-time-kinematic/>

(配点図)

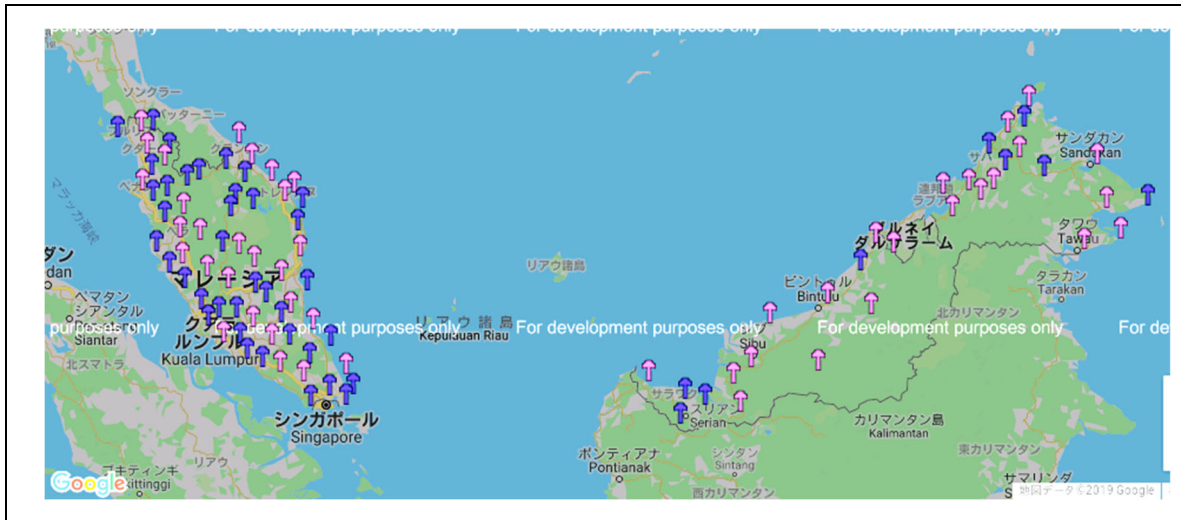


図 3-9 マレーシアの MyRTKnet

出典：JUPEM の HP (<http://www.rtknet3.gov.my/SpiderWeb/frmlIndex.aspx>)

民間活用によるネットワーク RTK データ配信について、調査した範囲では配信サービスを行っている民間企業は見当たらない。

3.2.2. 高精度測位サービス活用に関する技術動向

European GNSS Agency (EGSA) が 2018 年に発行した GNSS USER TECHNOLOGY REPORT ISSUE 2 によれば、近年の衛星測位に関する傾向は以下のようなものである。

近年、GPS, GLONASS, Galileo, QZSS など多種類の測位衛星が 100 基以上配備されるようになり、これらのマルチ GNSS (multiple constellations) に対応する受信機が数年前に普及し始め、マルチ GNSS に対応するのが今や受信機の基本機能となっている。これまで GPS のみに対応していたスマートフォンのような一般大衆市場の製品に組み込まれる GNSS 受信チップセットも同様の傾向である。

また、測量用の高精度受信機には従来から 2 周波の信号を受信する機能があったが、2017 年に安価な 2 周波受信チップセットが一般大衆市場に投入されたことから、2018 年には 2 周波受信可能なスマートフォンが市場に現れ、一般消費者向けの端末で従来より高精度な測位が可能となってきている。一方、アンドロイド端末においては Google が 2016 年に GNSS の受信生データを外部利用可能にしたことから、これを

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

利用するアプリの開発が進んでいる。一般消費者向けの端末においても高精度補強信号（QZSS の CLAS はそのひとつ）の受信を可能とするチップセットが登場している。このような高機能なチップセットが大量生産により安価に市場に投入されたことで一般消費者向けの端末が高精度化し、従来のプロ向け（例えば測量用や精密農業用）の受信機との境界が薄れてくることになる。

一方、プロ向けの受信機においては、GNSS の新たな周波数に対応する 3 周波（時に 4 周波）対応の受信機が市場に現れている。このプロの領域においては、マルチ GNSS 対応、多周波対応に加え、RTK やネットワーク RTK の測定手法が成熟した技術として普及している。次の技術として精密単独測位（Precise Point Positioning: PPP）手法の導入でさらなる高精度化が進んでいる。PPP については、測位の最初のフィックス解が得られる時間（Time To First Fix: TTFF）がかかるという面で、まだ難点がある。また、マルチパス対策も進み、測位結果の信頼性が高まっている。これらプロ向け製品の進化が一般消費者向けも含めた全体の品質を引っ張り上げている。

高精度化とは別の傾向として、車の自動運転への導入に対応するため、安全と信頼性への需要が高まっている。安全と信頼性には、受信信号の可用性、継続性、完全性、頑健性に加え、TTFF の短縮が求められる。このような需要に対応するための開発が進められている。

3.3. タイにおける高精度測位データ活用ニーズ

3.3.1. タイ政府機関及び民間企業における利活用

（1）タイ政府関係機関の高精度測位データ（電子基準点データ）の利用状況

タイ日協力 WG のメンバー機関の高精度測位データの利用状況を、以下に整理する。大きくは、実務での利用と研究開発対象としての利用の 2 つに分けられる。

（a）DOF

2015 年から地理空間情報と測位情報を活用した VMS を運用し、GNSS を搭載した 30 トン以上の漁船約 6,000 隻¹¹の船舶の監視を行なっている（<https://vms.fisheries.go.th/signin.php>）。監視対象が陸地から離れていることもあり監視には電子基準点データは使用していない。ただし、漁業禁止区域（海岸線から 3 マイル）を設定する際の精度を高めるために高精度測位データを活用することに関心がある。

¹¹ タイ全体の船舶数はおそらく 2 万隻以上である。

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

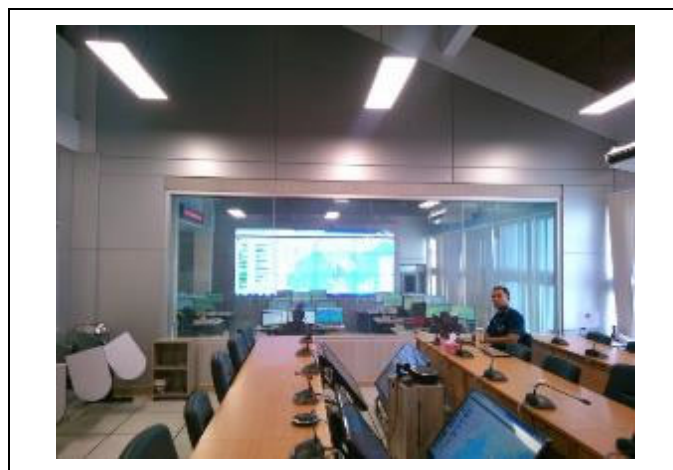


写真 3-1 VMS のオペレーションルーム

(b) DOL

最大規模の電子基準点ネットワークを導入している機関であり、1 日約 500 名がネットワーク RTK にて土地の境界調査の基準点測量や地籍測量を行なっている。

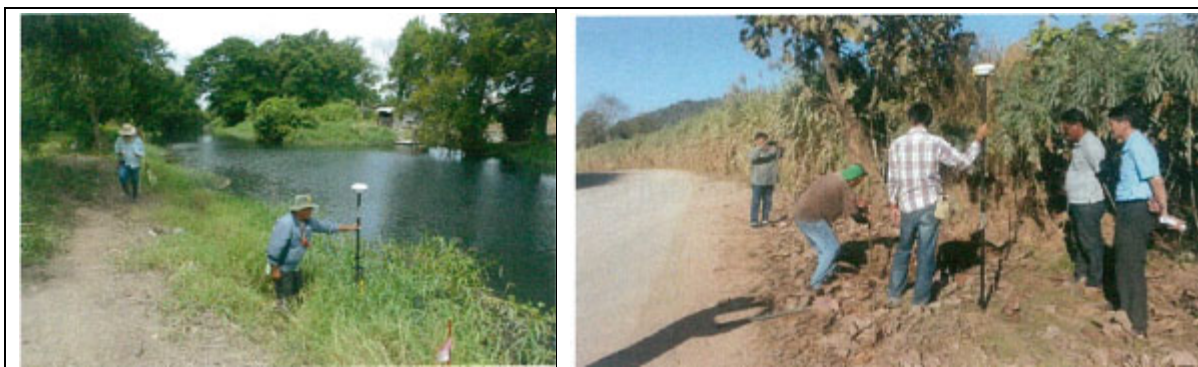


写真 3-2 DOL による RTK 測量作業

出典：DOL（2017 年 12 月セミナー資料）

(c) DPT

国レベルから地方レベルまでの公共事業や空間計画、都市計画の策定、道路を中心としたインフラ開発等の事業に必要な空中写真測量や大縮尺の地理空間情報（1/1,000 あるいは 1/4,000 の地形図）の整備、現場の地上測量等に電子基準点を活用している。具体的には、地形図を作成する際の標定点測量、都市開発を行う際の土地利用の境界の確認、道路舗装のアライメントをする際の現場測量（cm レベルの精度が必要）に RTK 測量を実施している。なお、道路整備では沿線の 1/1,000 の現況図を DPT が作成している。また、MMS の機材も保有しており、電子基準点を活用した道路計測も行なっている。さらに、整備した地図の点検や、新築家屋や新設道路等の経年変化があった場合の地図の更新作業の効率化に向けた利用にも期待している。

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況



写真 3-3 DPT の 1/4,000 地形図の整備・更新作業の様子

(d) GISTDA

地理空間情報・宇宙技術開発の一環で GNSS 衛星や電子基準点の研究開発を行っている。特に、GNSS を用いた農機・建機の自動運転、ドローンの自動制御、インフラのモニタリング、航空管制等の利活用促進に力を入れており、下図のバリューチェーンを掲げて国内外の企業や大学と連携したプロジェクトを遂行している。

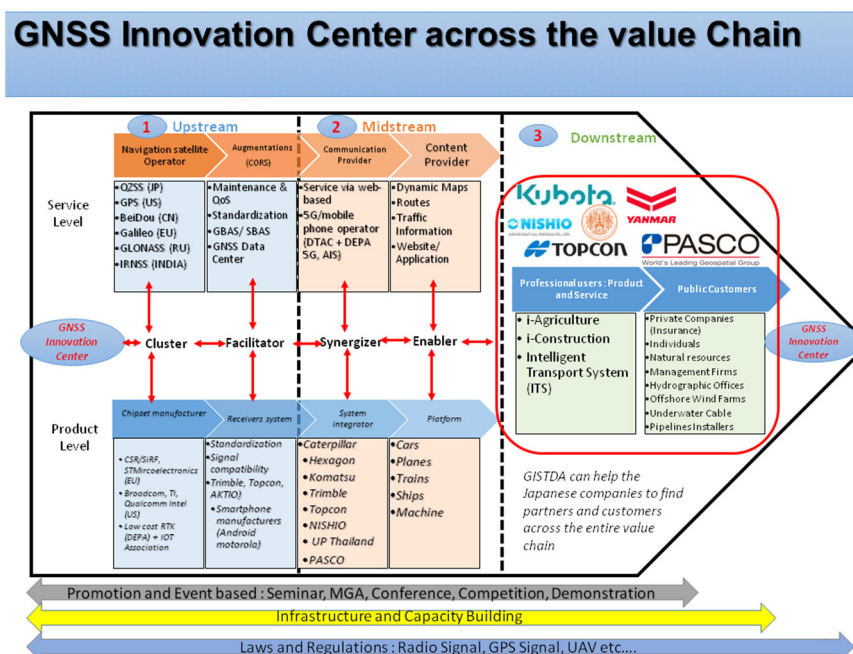


図 3-10 GNSS イノベーションのバリューチェーン

出典：GISTDA 作成” Space Krenovation Park And EECi”資料より抜粋

また、GISTDA は GNSS の技術開発のため、EECi¹²内に “Space Innopolis “の建設構想を立ち上げている。 “Space Innopolis “には、ICT 施工/i-Construction、スマート農業、UAV 宅配、測量等を実際に近

¹² SKP から 1 時間ほどの場所にあるイノベーションに特化した研究施設。

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

い形で実施・検証できるフィールドの設置が予定されている。まだ計画段階であり完成時期は未定であるが、まずは建設の際に i-Construction を活用することを目指している。



図 3-11 EECi 構想

出典：GISTDA 作成” Space Krenovation Park And EECi”資料より抜粋

(e) HII

水資源（モニタリング含む）、災害対応時、防災等の情報収集やその収集方法等に関する研究開発の一環として、電子基準点の活用を研究している。その 1 つとして、本業務で実施した社会実験に参加し、MMS と電子基準点を活用した河川堤防 3 次元モデルの生成と精度検証を行なった。また、水位計を設置した際の正確な位置の計測や、洪水等が発生した際の被災地の水位の計測といった実務にも電子基準点を使用している。将来的には、電子基準点を活用した水蒸気量や PWV の推定や、水量モデルの構築も目指している。

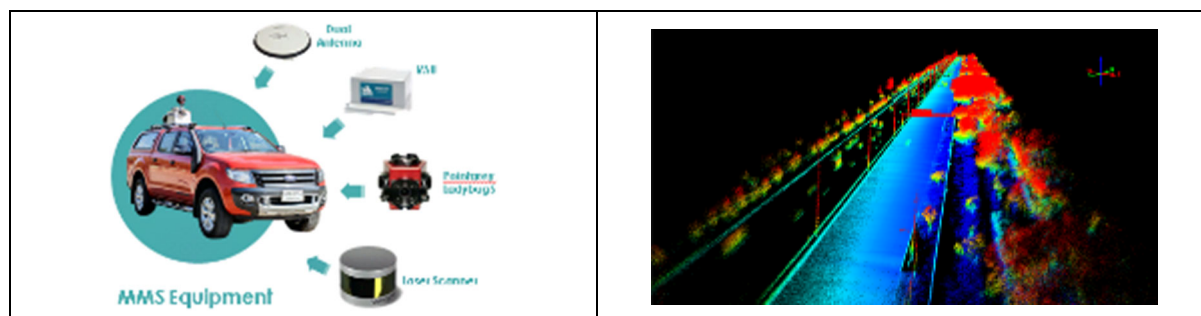


図 3-12 HII の MMS 車両及（左）び MMS で計測した点群データ（右）

出典：Thailand Japan Special Session（8 月 28 日）の HII による発表資料より抜粋

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

(f) RTSD

タイの測量行政全般を担う国家測量機関として、測地網の維持管理及び 1/50,000 地形図等の地理空間情報の整備に電子基準点を活用する。既存の標石基準点である基準ネットワークの 8 点を年に 7 日間、基準ネットワークに 11 点を加えた一次ネットワークの 19 点を年に 7 日間、一次ネットワークに 75 点を加えた二次ネットワークの 94 点を 2~3 年毎に 7 日間再観測している。既存の測地ネットワークを電子基準点に切り替えて行きたいという考えはなく、既存の測地ネットワークと新たに設置した 80 点の電子基準点ネットワークが混在することとなる。

(g) NIMT

タイの測定基準全般を担っており、電子基準点を標準時管理のための時計比較及び標準時刻のモニタリングに活用している。

(2) タイにおいて高精度測位データが配信された場合に想定される利用用途とその利用料

(a) 想定される利用用途

タイにおいては、高精度測位が Thailand4.0 の実現のために不可欠な技術の 1 つであると認識されている。特に、高精度測位データの貢献が期待されている分野は、その優先順に、測量、農業（スマート農業）、建設（ICT 施工）、自動車の自動運転、防災等である。

測量業務では、基準点、標定点、境界の測量等に RTK またはネットワーク RTK を用いることで作業効率の向上を図ることができる。さらに、車輜や UAV に搭載したレーザースキャナで取得した 3 次元点群データやカメラで撮影した画像データを後処理データを用いて解析することで、地形・地物を高精度かつスピーディに把握することができる。本技術は、タイにおいても DPT や HII によって道路沿線の詳細地形や経年変化の把握等への導入がすでに始まっており、今後タイ全土を対象としたデータが配信されることでより一層の利用が想定される。

農業分野では、近い将来農業人口の減少が懸念されている日本において、GNSS を利用してトラクターの運転をアシストする GNSS ガイダンスシステムやハンドル操作を自動化する自動操舵装置（オートステアリングシステム）、無人で自動走行が可能なロボットトラクターの普及が進んでいる（図 3-13）。タイにおいては、製糖最大手の Mittr Phol 社による GNSS ガイダンスシステムの導入¹³以外の事例がまだ見受けられないが、日本と同様に高齢化に伴う農業人口の減少により、ロボットトラクター等の需要が高まってくると推察される。また、農林水産省が農業新技術として位置付けている UAV による農薬のピンポイント散布（図 3-14）にも高精度測位データが不可欠である。本技術の実用化と普及に伴い、いずれタイにおいても高精度測位データの利用用途の 1 つとなると考えられる。

¹³ 同社による GEO SMART ASIA 2017 での発表資料より。

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

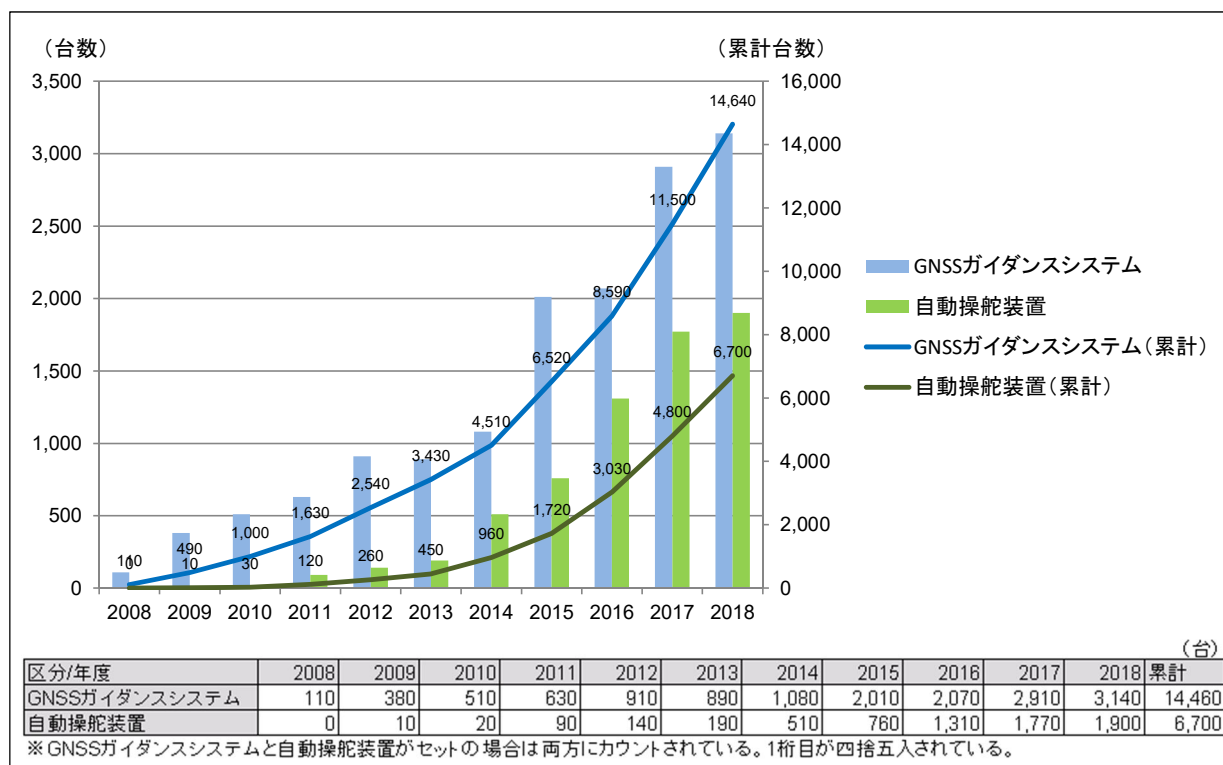


図 3-13 日本における自動操舵装置等の出荷台数

出典：北海道農政部生産振興局技術普及課の資料 (http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ns/gjif/jisedai/GPS_GuidanceSystem.htm)

をもとに調査団が編集

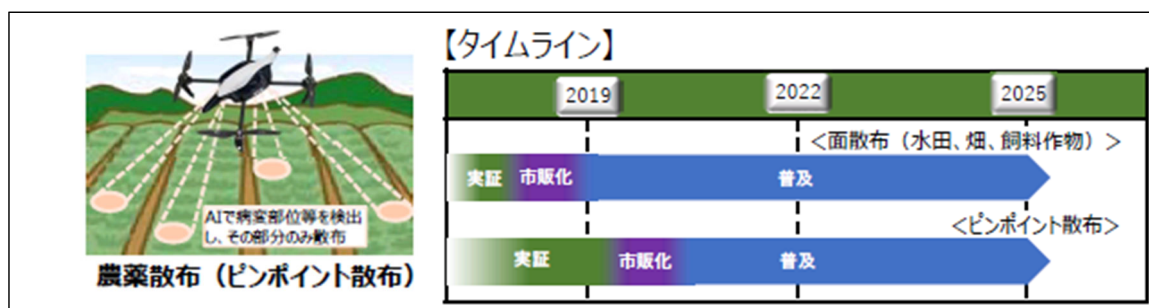


図 3-14 UAV による農薬のピンポイント散布

出典：「スマートの農業の展開について（農林水産省 2019 年 7 月）」より抜粋

建設分野では、建設工事の「調査/現況測量 - 設計 - 施工 - 検査 - 維持管理」という一連の工程に ICT 技術活用して生産性の向上や品質の確保等を図る動きが進んでいる。日本では、2015 年より国土交通省が建設工事における上記の一連の工程において 3 次元データなどを活用する「i-Construction」を推進し、その効果も確認されている。これらの取り組みには高精度な 3 次元計測やリアルタイム測位が不可欠であり、日本のリアルタイムデータの配信事業者によると ICT 施工（i-

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

Construction) への利用が全体の利用時間の半分程度を占めているという話もある。タイにおいてはまだ本格的な導入は始まっていないが、建設現場の生産性や品質向上はタイにとっても課題となっているため、将来的にはタイにおいても ICT 施工/i-Construction が展開し高精度測位データの主要な利用用途の 1 つになると推察される。

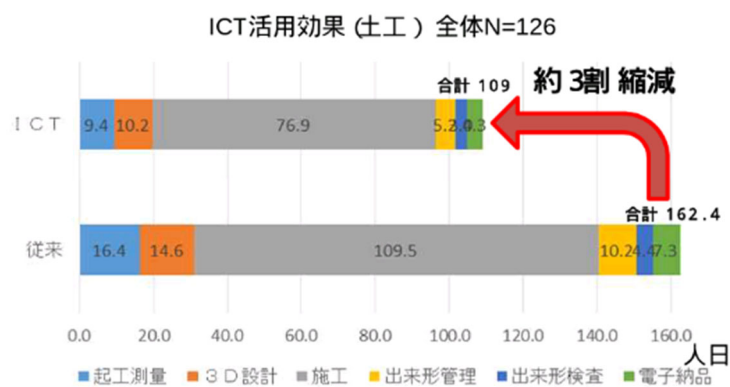


図 3-15 日本における ICT 土工の活用効果 (2018 年度)

出典：国土交通省「ICT 活用工事の実施状況 (H30 年度)」より抜粋 (<http://www.mlit.go.jp/common/001275855.pdf>)

(b) 想定される利用料

データ配信の料金体系については、NCDC の人員配置、機材、サービス内容が未定であることから、コストの積み上げによる算定は現状では困難である。

一方、高精度測位データの利用料については、タイ政府関係機関のヒアリングでは普及のためには当面無償であるべきという意見が多く聞かれ、実際にデータ配信を行なっている HII、DOL、RTSD のいずれも課金していない。また、データセンター運用 WG でも当面の間無償でデータ配信することが決定している。他方で、ユーザ側である民間企業のヒアリングでは、タイにおいて高精度測位データが配信された場合には相応の利用料を払っても良いという考えが確認できた。日本企業の価格感としては、日本でのデータ配信サービスの利用料 (21,000 円/月・ライセンス程度) と同等程度またはタイにおける物価を反映した程度の金額であれば利用するとの声があった (3.3.2. (1))。

したがって、本調査においては日本の配信サービスの料金をタイの物価に見合った程度の金額として試算し、その金額で配信サービスのコストのどの部分を賄うことができるのかを検討するととどめることとする。

日本の配信サービスで低額なものは月額で 21,000 円である (3.1.3. (4))。これをタイの物価に見合うものに換算するに際し、名目 GDP の比 [6992USD (タイ) : 39306USD (日本) $\div$ 1 : 5.6]¹⁴、労働

¹⁴ JETRO の Web サイト「各国・地域データ比較」から引用

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

者賃金の比〔製造業一般工職の月額の場合、413 USD（タイ）：2578USD（日本） $\approx$ 1:6.2；製造業中堅技術者の月額の場合、728USD（タイ）：3491USD（日本） $\approx$ 1:4.8〕¹⁵を参考にして、1（タイ）:5.5（日本）程度と仮定して考えると、利用料金として月額 3,800 円（21,000 円 $\div$ 5.5）、パーツに換算して月額約 1,100 パーツ（2019 年 9 月の JICA 精算レート 1 パーツ=3.47478 円で換算）という値を得る。

DOL における通信経費（2.1.（2））を単純に 287 点の電子基準点に割り当てると、約 555,500 パーツ/月となる。これは約 505 ユーザーからの料金収入に相当する。ただし、ユーザー数が増えるとデータセンター側の回線容量を増やす必要があり、通信経費はこれより増大する可能性がある。

また、GNSS 受信機の更新を日本の国土地理院並みに 7 年周期で行う（3.1.1.（4））と、平準化した場合で年間 41 台の更新が必要となる。電子基準点に使用される受信機 1 台の価格は 20,000USD～30,000USD 程度であるが、今後の低廉化や競争入札による価格の低下を想定して 10,000USD とかなり低めに仮定しても年間 410,000USD、約 12,540,000 パーツ（2019 年 9 月の JICA 精算レート 1USD=30.58266 パーツで換算）の更新経費が必要となる。これは約 950 ユーザーからの料金収入に相当する。

当面は国もしくは回転基金または公的機関が運用を担当すると見込まれるため、人件費は国費負担となると想像するが、仮に中堅技術者 10 人の賃金（月額 23,842 パーツ/人）¹⁶を料金収入で賄うとすると 217 ユーザーからの料金収入に相当する額が必要である。ただし、この賃金は基本給であり、社会保障等まで含めた雇用者側の負担額はさらに大きくなる。

タイ側がどの部分のコスト回収を目的として料金を設定するかは今後の検討課題であるが、上記試算からは数百から千人程度のユーザーが存在してようやく部分的な回収ができると想定できる。

3.3.2. タイ進出（予定）本邦企業の高精度測位データ活用意向

タイに進出済みまたは進出予定の本邦企業より、高精度測位データの活用ニーズについて情報収集した。

（1）アンケート調査

以下の 2 つの関連団体に電子メールでアンケートを配布した。

表 3-20 アンケートの配布先団体

団体名	活動内容
日タイ G 空間推進協力協議会	高精度測位サービスを活用し測量、農機、建機等のビジネス展開を促進する民間主導の団体
スペース・ニューエコノミー創造ネットワーク（S-NET）	「宇宙」をキーワードに新産業、サービス創出に関心をもつ企業・個人・団体などの活動を支援する活動

¹⁵ JETRO の Web サイト「投資コスト比較」から引用

¹⁶ 同上

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

その結果、測量、建設、農業、その他の 12 の企業から回答を得た。アンケートに回答した企業は、いずれも日本で高精度測位データを活用した製品・サービスを提供している企業である。アンケートの回答を下表に示す。

表 3-21 アンケートの回答

質問	回答
Q1. タイにおいてどのような業務または製品/サービスで高精度測位データを利用するか？	測量サービス、位置情報サービス、低緯度地域における高精度測位データの精度、安定性などの検証、自動車の自動運転、ICT 施工、農業機械の自律走行、地図作成
Q2. どの程度の精度を求めるか？	- 数ミリメートル（測量） - 数センチメートル（ICT 施工、農業機械の自律走行、地図作成） - 数センチメートルから 10 センチメートル程度（自動車の自動運転） - 数十センチメートル程度（位置情報利用サービス）
Q3. 24 時間 365 日必要か？	- 日中のみで良い（測量、地図作成） 24 時間 365 日と考えておいた方が良い（ICT 施工） - 農作業を行う時期は 24 時間（農業機械の自律走行） 24 時間 365 日（自動車の自動運転）
Q4. どの程度のデータ利用料であれば利用するか？	- 非リアルタイムであれば 1 時間分について百円程度、あるいは月単位の契約で該当データを無制限ダウンロード可能で月 1～2 万円程度。 - リアルタイムの定額であれば、1 アカウント当たり月 1～2 万円程度。 - 常識範囲の利用料金であれば良い。 - 日本の配信業者のサービス料金レベルまたはそれ以下。ただし、タイの物価に合わせる必要あり。 - データ利用料金はエンドユーザ（機械の使用者）負担としているため、極力安いほうが良い。 - センチメートル単位の場合、無料が良い。

回答した企業は、タイにおいて測量、i-Construction（ICT 建機の利用）、農業機械の自律走行、自動車の自動走行、ドローンの運行、地図の作成等に高精度測位データを活用したいとしている。また期待する精度レベルについては、数センチメートルという回答が多い。これは農機や建機の自動制御の要求精度が数センチメートルであることや、日本のネットワーク RTK の精度と同等レベルを求められていることが背景にある。利用時間については、基本的には昼間の時間帯での利用となるが、将来農機の自律走行や位置のモニタリングサービスを実施する際には 24 時間 365 日稼働する必要があるとの意見があった。データ利用料については、共通の意見として日本の配信サービスよりも安いことが求められている。その中でも分類すると、エンドユーザ（建機や農機の使用者）には無料またはなるべく安く提供されることが望まれ、一方で業務や事業に使用する場合はある程度の料金を支払う意向がある

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

ことが確認できた。

また、タイにおける高精度測位データの利用に関して、以下の意見が寄せられた。

- 観測データを日本に持ち帰って処理・解析できる枠組みが必要。それがなければ、技術開発や実導入に向けた準備が困難である。
- タイの各地で利用ができる環境の構築を期待する。
- 今後のビジネス展開を検討するにあたり、タイの高精度測位データがいつから利用可能になるのかをなるべく早く明らかにしてほしい。
- 利用者にとって利用しやすいソフトやハードの環境整備を期待する。

上記のとおり、データをタイ国外（日本）への持ち出しできることや、タイ全土で高精度測位サービスが利用可能になることが望まれている。現在、DOL がタイ全土を対象にネットワーク RTK データを試験配信しているが、部分的に信号が弱くなる箇所も存在する可能性があるため、今後構築される統合電子基準点ネットワークによりそれが解消されることが期待される。

(2) ヒアリング調査

上記のアンケートに加え、タイ国内にすでに進出している本邦企業の現地法人からの意見の集約を行った。タイ進出企業については、JETRO での企業調査や（株）パスコの子会社と取引のある会社をリストアップしヒアリングを実施した。ヒアリングをした会社は以下のとおりである。

表 3-22 ヒアリング実施先一覧

NO.	ヒアリング実施先	GNSS の活用事例
1	車両関係機器会社（タイ企業）	小型 EV 車の自動運転
2	道路舗装会社	GNSS によるマシンコントロール（日本）
3	農業機械会社	無人農機（タイでの利用は検討段階）
4	建設機械レンタル会社	建機のマシンコントロール（タイでは実績なし）
5	地図製造、販売会社	走行調査での GNSS の活用、衛星画像の位置の補正
6	建設機械販売会社	建機のメンテナンスのための位置情報の利用
7	建設会社	工事現場での測量、ドローンの利用（日本）
8	道路工事会社	車の試験センターでのマシンコントロール（実績あり）
9	建設コンサルタント会社	道路設計のための測量（他国）

上記の企業は建設や農機・建機を中心に日本で GNSS をすでに活用しているが、タイでの高精度測位データの利用はまだ準備段階であり、実際に利用されるまでにはしばらく時間が必要との回答が多かった。

事前に入手した情報では、タイは人件費が安いと高精度測位データを受信できる GNSS 受信機を備えた高価な機械を導入するとコスト的に見合わないとの話があった。本調査のヒアリングでも同様

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

の意見が聞かれたが、それと同時に、タイでも日本同様に就業者の高齢化が進んでおり、近い将来建設工事や農業の就業人口の減少が想定されるため、高精度測位データを用いた機械化を図らなければ生産力の低下は避けられないとの話があった。

また、実際にタイで建設機械のマシンコントロールを採用した道路工事会社によれば、本来熟練技術者が対応しなければならない工事を実施可能であることが分かったので、今後も積極的に活用したいとのことであった。マシンコントロールを採用した工事の成果は良好であり、当該技術のメリットが認知されればタイでも普及するだろうとの見解が示された。

農機については、上述した人件費のほか、タイの圃場が狭いことが当該技術の導入を困難にしており、すぐに効果を出すことは難しいとの意見があった。また、農機の自動運転等を含むスマート農業の実現が Thailand4.0 にも言及されているが、今までのところ政府にそれを普及させる具体的なアイデアはなく、今後どのように政策に落とし込んでいくかも重要であるとの意見があった。

多くの意見としては、タイにおける高精度測位データの活用は時期尚早ということであるが、その効果については徐々に認知が広がっており、法律の整備や大規模プロジェクトでの採用実績ができれば普及が促進される可能性があると考えられる。すでにスマート EV 車の試験をタイで実施している車両関係機器会社は、普及のためには全国的に高精度測位データが利用できる環境が整備される必要があると述べている。

3.3.3. タイ国内における関連分野での科学研究

タイ国内においては、大学（チュラロンコン大学、アジア工科大学等）のほか、GISTDA、HII 等が高精度測位データの利活用に関する科学技術研究を行なっている。以下に研究例を示す。

[1] A Taxi Zoning Analysis Using Large-Scale Probe Data: A Case Study for Metropolitan Bangkok (2016 年 9 月～2017 年 4 月、アジア工科大学院)

本研究は、タクシープローブデータを使って、タクシーのサービス圏を分析する方法を開発することを目的としたものである。2015 年 6 月～7 月にかけて 4,507 台のタクシーを追跡した GPS ログ17からタクシーの軌跡、滞在地、営業時間を分析した結果、タクシーの移動パターンに特徴的なパターンが確認された。これらを特徴別にグループ化することでタクシーのサービス圏とした。一連の分析手続きは、他のタクシープローブデータにも適用可能であり、他の時期や場所についても分析可能である。

¹⁷ 豊田通商ネクスティタイランドが提供。

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

[2] Measuring Connectivity between Thailand and Neighboring Countries with Probe Data (2018 年 7 月～2019 年 3 月、アジア経済研究所)

本研究は、商用車両プローブデータを使って、タイと周辺国間の物流を分析したものである。2018 年 3 月 4～5 日、2018 年 9 月 12～13 日にわたる商用車両プローブデータ¹⁸を分析し、隣接国との越境を国境通過地点別にカウントし、国際取引における接続性の計量を試みた。得られた結果は、隣接国との交易量のプロキシデータとして有用であることが確認された。準リアルタイムでの提供可能性を考慮すると、作成に時間と費用がかかる統計データの代替になることが期待される。

[3] Identification and estimation health of coconut trees by using Unmanned Aerial Vehicles (UAV) data and machine learning method (2016 年 9 月～2017 年 4 月、アジア工科大学)

本研究は、UAV 撮像画像を使って、オイルパームをマッピングすることを目的としたものである。タイ南部のパンガン島を対象として、RTK 測位で収集した GCP を使って正確に位置合わせされた UAV 撮像からオイルパームを個別の樹木で検出し、正確な位置でマッピングする手法を開発した。正確な GCP による位置合わせは、UAV 特有の不安定な姿勢で撮像される画像間に生じる不整合を解消し、広域の画像処理を容易にした。Support Vector Machine によるオイルパームの樹冠検出は 64% の F1 値を達成した。オイルパームの健康状態による検出精度低下の解消が今後の課題となっている。

以上のほか、Thai Traffic Foundation が設置型の交通量センサーで取得されたデータとプローブデータを比較し、プローブデータのほうがカバー範囲及び精度面の両方において交通状況の把握手段として優れているとの研究結果を発表したものがある。



図 3-16 設置型のセンサー（左）とプローブデータの比較（右）

出典：<https://www.iticfoundation.org/probe-benefits>

¹⁸ 豊田通商ネクスティタイランドが提供。

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

3.4. 高精度測位サービス活用に関する制約

3.4.1. データ配信に関する制約

(1) データ配信・料金徴収に関する法制度等

NCDC 構築後のデータ配信体制及びその料金を検討する上で RTSD が現在行っているタイ国内での地図販売・料金徴収制度を理解することは有用であると思われるため、RTSD に対して既存の地図販売に関するヒアリングを行った。ここでは、まず日本国内の地図販売の状況について説明のうえ、RTSD の地図販売に関して説明する。また、クライアントから料金を徴収するサービスを行っている GISTDA（公的機関）と DOL に対するヒアリングも行ったので、公的機関による料金徴収の可能性と、手数料等で料金を徴収している DOL を例とした政府機関が直接料金徴収する可能性についても言及する。

① 日本国内での地図販売の状況

日本国内の地図（国土地理院が刊行するもの）の販売の仕組みを、図 3-17 に示す。

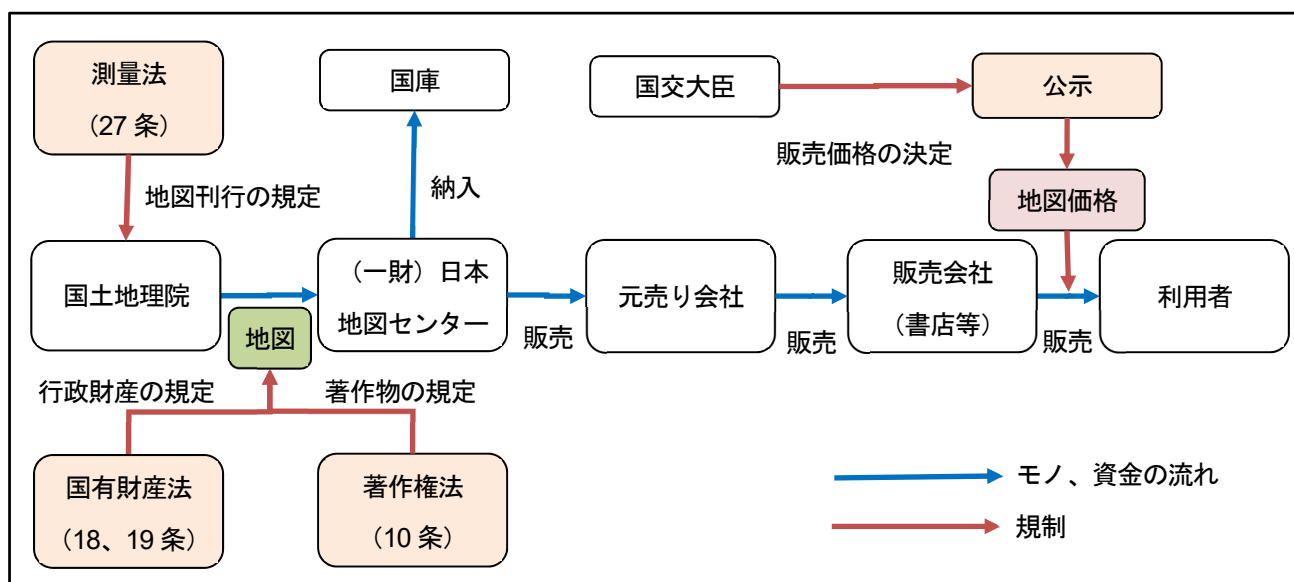


図 3-17 日本国内における既存の地図販売と法的な枠組みの一例

出典：調査団

まず、日本国内においては、以下の測量法第二十七条の 2 において国土交通大臣が地図刊行を行わなければならないと定められている。

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

表 3-23 測量法における地図刊行に係る規定

第二十七条 2 国土交通大臣は、基本測量の測量成果のうち地図その他一般の利用に供することが必要と認められるものについては、これらを刊行し、又はこれらの内容である情報を電磁的方法（電子情報処理組織を使用する方法その他の情報通信の技術を利用する方法をいう。以下同じ。）であつて国土交通省令で定めるものにより不特定多数の者が提供を受けることができる状態に置く措置をとらなければならない。

出典：測量法（昭和二十四年法律第百八十八号）

これによって、国土地理院が地図を一般に刊行しなければならないのであるが、地図の販売に関しては、別途著作権法第十条と国有財産法の第十八条・第十九条において定められている。まず著作権法により、国土地理院が刊行する地図は著作物として保護されることになっており、地図の著作権は行政財産として認められるということがある。

表 3-24 著作権法における地図の規定

第一節 著作物

（著作物の例示）

第十条 この法律にいう著作物を例示すると、おおむね次のとおりである。

（省略）

六 地図又は学術的な性質を有する図面、図表、模型その他の図形の著作物

（省略）

出典：著作権法（昭和四十五年五月六日法律第四十八号）

そのうえで、国有財産法の第十八条第 6 項の行政財産からの収益を許可する規定、ならびに第十九条の準用規定による第二十三条の貸付料の規定を根拠として地図販売から料金を徴収することができる。地図の販売価格は国交大臣が決定して公告し、地図の収益の一部は一般財団法人日本地図センター（以下、「日本地図センター」）から国庫へと納入されることになっている。

表 3-25 国有財産法における行政財産からの料金徴収可否に関する規定

第二節 行政財産

（処分等の制限）

第十八条 行政財産は、貸し付け、交換し、売り払い、譲与し、信託し、若しくは出資の目的とし、又は私権を設定することができない。

（省略）

6 行政財産は、その用途又は目的を妨げない限度において、その使用又は収益を許可することができる。

（省略）

第十九条 第二十一条から第二十五条まで（前条第二項第五号又は第六号の規定により地上権又は地役権を設定する場合にあつては第二十一条及び第二十三条を除き、前条第六項の規定により使用又は収益を許可する場合にあつては第二十一条第一項第二号を除く。）の規定は、前条第二項第一号から第四号までの貸付け、同項第五号の地上権若しくは同項第六号の地役権の設定、同条第三項（同条第四項において準用する場合を含む。）の貸付け又は同条第六項の許可により行政財産の使用又は収益をさせる場合について準用する。

第三節 普通財産

（貸付料）

第二十三条 普通財産の貸付料は、毎年定期に納付させなければならない。ただし、数年分を前納させることを妨げない。

2 前項の場合において、当該財産を所管する各省各庁の長は、借受人から、預金又は貯金の払出しとその払

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

い出した金銭による貸付料の納付をその預金口座又は貯金口座のある金融機関に委託して行うことを希望する旨の申出があつた場合には、その納付が確実と認められ、かつ、その申出を承認することが貸付料の徴収上有利と認められるときに限り、その申出を承認することができる。

出典：国有財産法（昭和二十三年法律第七十三号）

しかしながら、CORS データについては単なるデータとしての性格しかないため著作物としてみなされず、国有財産法による行政財産としては認められない。そのため、CORS データ配信に対して料金を徴収する法的根拠がないので、既存の地図販売における日本地図センターとは異なり、日本測量協会に無償配信する形をとることになった。

② RTSD における既存の地図販売モデルについて

タイの地図（RTSD が刊行するもの）の販売の仕組みを、図 3-18 に示す。

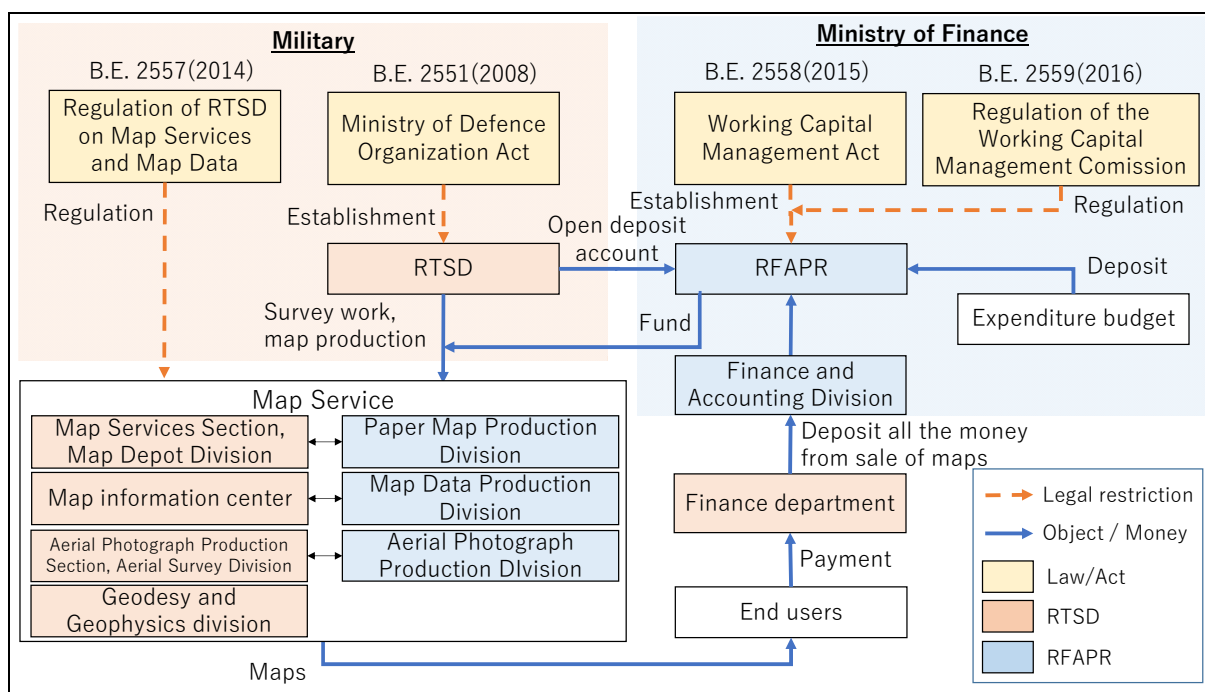


図 3-18 タイにおける地図販売の仕組みと法規制との関係

出典：RTSD からのヒアリングにより調査団作成

タイでは軍監督下の RTSD が直接民間機関へサービスを行うことは難しく、形式上 Revolving Fund Aerial Photograph Reproduction（以下、RFAPR）という財務省管轄の回転基金を RTSD が拠出・設立し地図販売を行うということになっている。RFAPR はもともと航空写真整備に伴う回転基金として 1992 年に設立され、現在は財務省の監督下で「運転資金管理法（Working Capital Management Act）」（B.E. 2558（2015））に則り運営されている。現在は航空写真以外の全ての地図の販売を行っており、RTSD とは完全に別組織という位置づけである。運転資金管理法に基づいて、「RFAPR における運転資金管理にかかる規制（Regulation of the Working Capital Management Commission for Producing Aerial Photograph on Working Capital to Produce Aerial Photograph）」（B.E. 2559（2016）、以下 RFAPR の規制）

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

が策定されており、それによって RFAPR での地図販売における資金管理が規制されている。この組織は政府組織、国有企業、教育機関及び民間企業に測量成果としての地図サービスを提供し、その対価によって運営することを目的としているが、それらサービスから営利を得ることはできないことになっている。図 3-19 に RFAPR の組織図を示す。

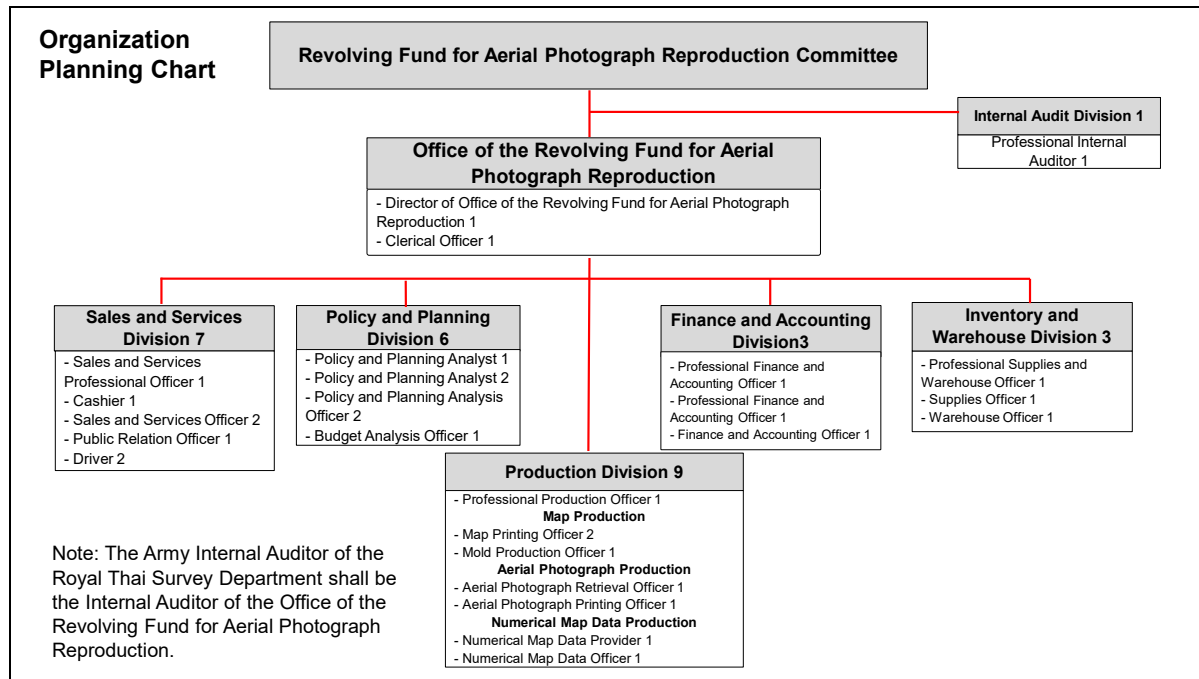


図 3-19 RFAPR の組織図

出典：RFAPR の HP より調査団により翻訳

RFAPR は RTSD とは別組織という位置づけであるが、実際は RTSD により運営されていると思われる。RFAPR の取締役会のトップは RTSD の局長（Director General）が務めており、表 3-26 に示すように RTSD の各担当部署が 6 種類の地図サービスを RFAPR の製品部（Production Division）として提供している。

表 3-26 RTSD における提供地図サービスの種類と担当部署

No	地図の種類	担当部署
1	Paper map	Map Services Section, Map Depot Division
2	Digital map	Map information center
3	Control Point	Geodesy and Geophysics division
4	Aerial Photo	Aerial Photograph Production Section, Aerial Survey Division
5	Geographic data	Geography Division
6	Orthographic data	Mapping Division

出典：RTSD からのヒアリング及び RTSD の規制文書より作成

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

RFAPR の取締役会は全 8 人で構成され、以下の表のとおりである。RTSD 以外のメンバーも関与することで、できるだけ地図販売における資金管理の透明性を確保できるような体制になっていると考えられる。取締役会に入るべきメンバーについては RFAPR の規制の 3 章で定められている。

表 3-27 RFAPR の取締役会メンバー所属組織一覧

No.	所属組織(英文)	所属組織(和文)
1	Chairman of the board, Director General of RTSD	RFAPR 理事長、RTSD 局長
2	Deputy Director General, RTSD	RTSD 副局長
3	Representative of the Budget Bureau	主計局
4	Representative of the Ministry of Finance	財務省
5	Director of Legal	法務担当役員
6	Director of Qualified Accounting	会計担当役員
7	Director of Qualified Finance	財務担当役員
8	Technical officer of RTSD	RTSD 技術者

出典：RFAPR のウェブサイト (rfapr.com) より (2019 年 3 月時点)

RTSD による地図販売は「RTSD における地図サービスに係る規制 (Regulation of the Royal Thai Survey Department On Map Services and Map Data)」(B.E.2557 (2014)、以下 RTSD の規制) により実施されている。同規制の 6 条により国境付近や、王宮、軍関係機関周辺の全ての地図の販売は厳格に禁止されており、特別な許認可のもとに行われることになっている。図 3-20 に、RFAPR による地図販売及び料金徴収の仕組みを示す。また、RFAPR の料金徴収・管理については RFAPR の規制により定められている。

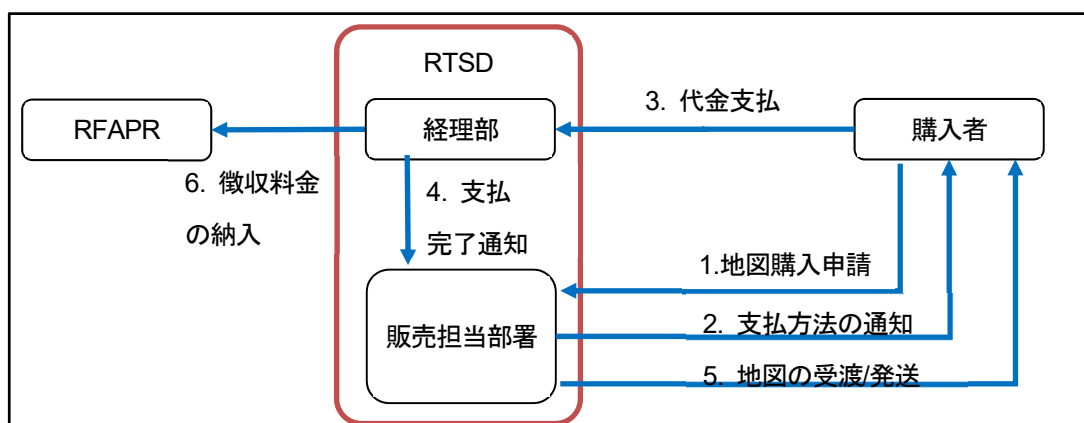


図 3-20 RFAPR による地図販売及び料金徴収の仕組み

出典：RTSD からのヒアリングにより調査団作成

地図購入・承認のプロセスについては RTSD の規制 12 条により決まっている。図 3-21 に購入・承

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

認のプロセスについて示す。

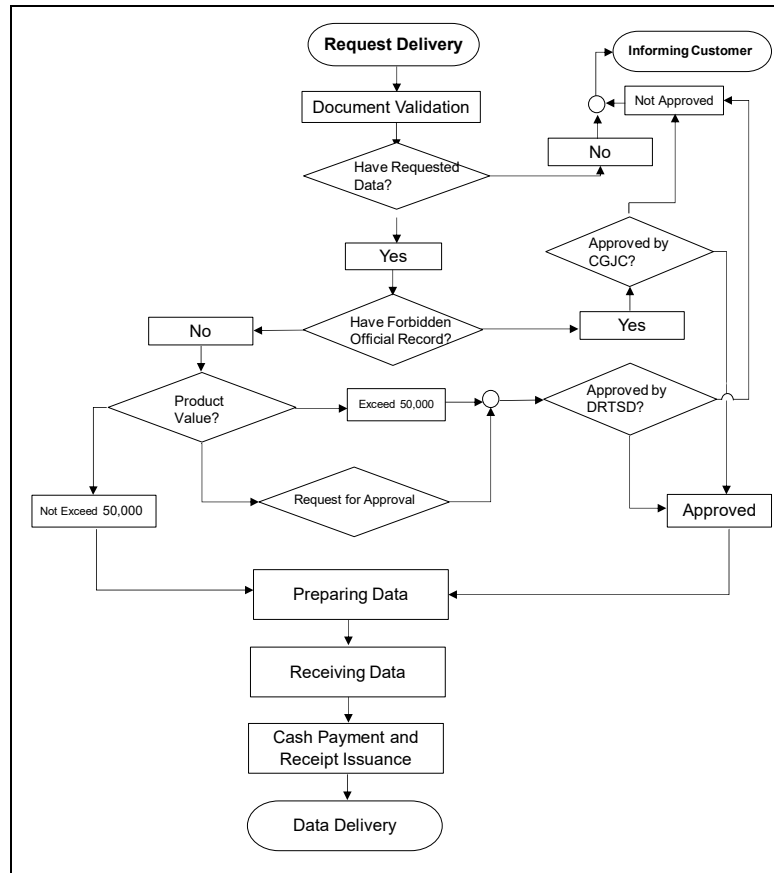


図 3-21 RTSD の Map information center における地図提供プロセス

出典：RFAPR ウェブサイト掲載の図を調査団にて翻訳

購入者は、まず販売担当部署にて所定の申請書により地図購入申請を行う。そして同申請の承認後 1 ケ月以内に、国民 ID カード/パスポートを提示のうえ指定された支払方法にて代金を支払う。支払いがなされない場合、RTSD はその注文をキャンセルできる。また RTSD の規制 13 条により購入者が支払った地図代金はいったん RTSD の経理部（Financial Division）に収められ、経理部から各担当部署に購入者の支払完了情報が通知される。各部署は申込者氏名と支払情報の氏名が整合していることを確認のうえ、地図が購入者に販売・発送されることになっている。ただし、氏名の不整合により支払いがスムーズにいかないケースもあるようである。RFAPR の規制 5 章により、地図の売上金は、最終的には RTSD から RFAPR に納められる。RFAPR は地図販売という目的のために設立された回転基金であるので、地図販売からの売上金はそれ以外の目的に使用することはできず、また RTSD が地図販売から得た収益を基金に収めずに直接使用することはできない。地図販売の収益は受領後から 3 営業日以内に RFAPR に納めなければならない。こういった措置をとるのはおそらくは民間からの資金を軍事目的に安易に転用できないようにするためと、地図販売の収益を確実に次のサービスの維持管理に適用していくためと考えられる。

しかし、RFAPR の規制 6 章によれば、RTSD が年次予算を策定し、会計年度が始まる前の 60 日間の

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

間に RFAPR の取締役会及び財務省の承認を得ることにより、既存販売地図ラインナップの拡充や更新、またその他関連プロジェクト等に基金を利用できる。財務省に最終的に認められた年次予算で策定された範囲内であれば、RTSD 局長の裁量で自由に使えるとのことである。RFAPR の規制の 9 章によれば、RFAPR での取引等の記録はすべて財務省の「政府財政管理情報システム（Government Fiscal Management Information System（GFMIS））」と連携することになっており、新年度開始後 60 日以内にタイの会計検査院による前年度の会計検査を受けなければならないことになっている。

地図販売価格については、図 3-22 に示すとおり、最高司令官（Supreme Commander）が地図の販売価格を決定後、RTSD がその決定価格を RFAPR に通知し、最終承認を経たのちに、決定されるというプロセスになっている（RTSD の規制 8 条）。ただし、実際は最高司令官の決定前に、RTSD の各担当部署が改定後の地図価格を計画し最高司令官に報告を行ったうえで、地図価格が決定されるということである。

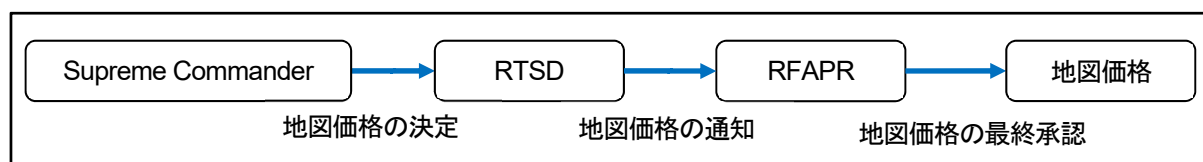


図 3-22 RTSD における販売地図価格承認プロセス

出典：RTSD からのヒアリングにより調査団作成

地図の販売価格には政府機関向けと民間機関向けの 2 つがある。政府機関向けのほうがやや低価格であり、一部の地図は民間機関には販売されない。また首相府（Office of Prime Minister）や緊急性を伴う業務を行う機関などに対して、一部条件（1 回の注文額が 20,000 バーツを超えないなど）を満たした場合にはその政府機関に対し RTSD 局長の承認のもと、地図の無償提供がなされる（RTSD の規制 10.1 条）。参考として、RTSD の Map information center が現在扱っている地図製品の価格一覧を表 3-28 に示す。

表 3-28 RTSD の Map information center が刊行する地図の販売価格一覧

No.	地図製品	販売 単位	政府向け 価格 (バーツ)	民間向け 価格 (バーツ)
1	Map, scale 1:50,000, series L 7018（民間向けは series L 7018 S）			
1.1	Raster Map, including data storage	Sheet	100	200
1.2	Vector Map, not including data storage			
	- All layers（14 layers）	Sheet	1,000	
	- All layers（13 layers）	Sheet		1,400

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

No.	地図製品	販売 単位	政府向け 価格 (ノパーツ)	民間向け 価格 (ノパーツ)
	- Separate layer sale	Layer	100	150
1.3	Digital Elevation Model : DEM	Sheet	2,500	3,000
1.4	Digital Terrain Elevation Model (DTED-II) ※軍にのみ提供	Sheet	10,000	
2	Map, scale 1:250,000, series 1501 G, A and other scale			
	- Raster Map, including data storage	Sheet	400	
	Map, scale 1:250,000, series 1501 S and other scale			
	- Raster Map, including data storage	Sheet		600
3	Digital Aerial Photo 9 X 9 inch	Photo	300	400
4	Digital Orthophoto 7.5 X 7.5 lipda	-	要相談	要相談
5	Digital Colour Orthophoto	km2	60	70
6	Digital Mosaic 15 X 15 lipda	-	要相談	要相談
7	Map, scale 1:20,000 Bangkok and suburb, series 9013 (民間向けは series 9013 S)			
	- Vector Map (total 20 sheets), 9 layers (year 1996)	Sheet	1,000	
	- Vector Map (total 20 sheets), 8 layers (year 1996)	Sheet		1,000
	Not sell separat layer			
8	Price for printing map on coated white paper 90 gram			
	- size A0 (width 84 cm X length 118.88 cm)	Sheet	950	1,090
	- size A1 (width 59 cm X length 84.1 cm)	Sheet	330	470
	- size A2 (width 42 cm X length 59.4 cm)	Sheet	190	330
	- size A3 (width 29.7 cm X length 42 cm)	Sheet	120	260
9	Price for printing map on coated white paper 120 gram			
	- size A0 (width 84 cm X length 118.88 cm)	Sheet	1,050	1,200
	- size A1 (width 59 cm X length 84.1 cm)	Sheet	400	540
	- size A2 (width 42 cm X length 59.4 cm)	Sheet	240	380
	- size A3 (width 29.7 cm X length 42 cm)	Sheet	150	300
	- size B0 (width 100 cm X length 141.4 cm)	Sheet	1,500	1,640
10	Price for printing map on coated paper (spacial water resistance) 180 gram			
	- size A0 (width 84 cm X length 118.88 cm)	Sheet	1,360	1,500
	- size A1 (width 59 cm X length 84.1 cm)	Sheet	610	760
	- size A2 (width 42 cm X length 59.4 cm)	Sheet	390	530

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

No.	地図製品	販売 単位	政府向け 価格 (ノーツ)	民間向け 価格 (ノーツ)
	- size A3 (width 29.7 cm X length 42 cm)	Sheet	260	410
11	Price for coating map with Glossy Laminate film 180 gram			
	- size A0 (width 84 cm X length 118.88 cm)	Sheet	190	330
	- size A1 (width 59 cm X length 84.1 cm)	Sheet	150	290
	- size A2 (width 42 cm X length 59.4 cm)	Sheet	110	260
	- size A3 (width 29.7 cm X length 42 cm)	Sheet	90	240
	- size B0 (width 100 cm X length 141.4 cm)	Sheet	220	370
12	Price for printing map by Oce printer, paper size A0, 120 gram	Sheet	1,020	1,220
13	Price for printing map by Oce printer, paper size A1, 120 gram	Sheet	510	610
14	Price for printing map by Oce printer, map paper, size A1, 120 gram	Sheet	540	650

出典：RTSD 提供資料（2019 年 3 月に承認された価格リスト）から調査団が作成

また政府機関や民間機関への見積価格が 50,000 ノーツ以内に収まる場合は、各担当部署の権限で販売できるが、50,000 ノーツを超える場合は、RTSD 局長の承認が必要となる（RTSD の規制 10 条）。

地図の販売方法は、次の図 3-23 に示すとおりインターネット（rfapr.com）、E メール、郵便、電話などで直接担当部署に申し込むほか、地方部では一部の大きな書店にて S Series 1501 という地図シリーズ（表 3-28 の No.2 の民間向け地図）の販売を行っている。

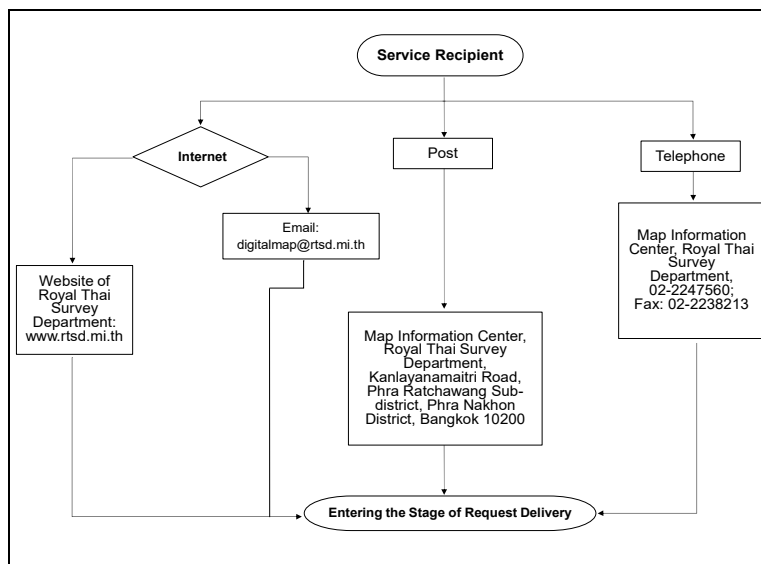


図 3-23 RTSD の Map information center による地図販売チャネル

出典：RFAPR ウェブサイト掲載の図を調査団にて翻訳

担当部署での購入後の地図の受け取りは直接窓口で行うほか、EMS による発送も行っている。表

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

3-29 に示すとおり、EMS による発送価格も規定されている。

表 3-29 RTSD による販売地図の EMS 発送価格一覧

重量(g)	送料(パーツ)	重量(g)	送料(パーツ)	重量(g)	送料(パーツ)
20g 未満	27	500g – 1000g	62	2500g – 3000g	122
20g – 100g	32	1000g - 1500g	77	3000g – 3500g	142
100g – 250g	37	1500g – 2000g	92	3500g – 4000g	162
250g – 500g	47	2000g – 2500g	107	4000g – 4500g	182

出典：RTSD 地図販売サイト (rfapr.com) から調査団が作成

料金の支払いについては、図 3-24 に示すとおり現金、郵便局、銀行振込、手形、クレジットカードの 5 つの方法がある。RTSD の担当者によれば、現時点でクレジットカードやモバイル決済などを規制する法律はない。クレジットカード決済は既に対応しているが、利用者は現金での支払いを好んでおり、カード決済はあまり使われていないようである。ただし、顧客の利便性向上のために多様な支払い手段を用意したいという意向は持っており、支払いシステム導入・開発費用等の目途が立てばモバイル決済を導入する可能性もあると考えられる。

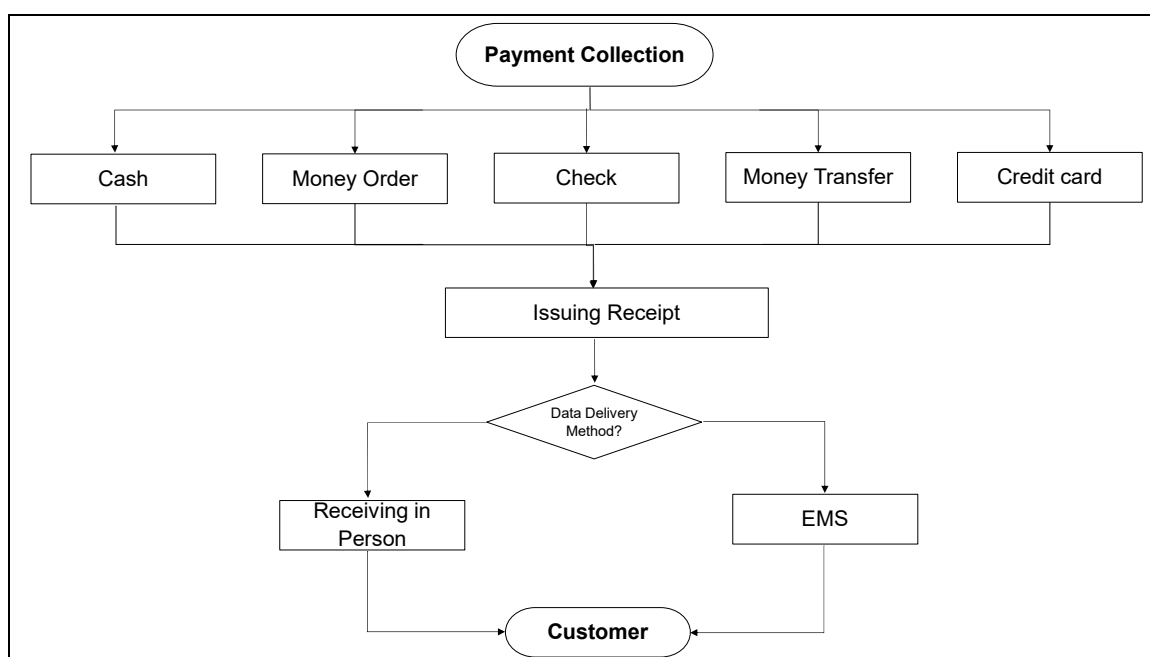


図 3-24 RTSD の Map information center における料金支払いプロセス

出典：RFAPR ウェブサイト掲載の図を基に調査団によるヒアリング内容を追記した

また、地図販売において例えば機材の老朽化、地図の劣化等で不要となり処分した結果得られた利益については RFAPR の基金口座から引き出して使用できると RFAPR の規制の 29 条に規定されている。ただし、その金額が 10 万パーツまでは RTSD 局長の承認、20 万パーツまでは最高司

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

令官の承認、20 万パーツ以上は財務省との合意が必要であるとなっている。

その他、関連する法律として、RTSD が販売する地図はタイの著作権法（Copyright Act B.E.2537（1994））4 条により著作物として認められることが分かった。一方、著作権法 7 条に記載のある「単なる情報の性格を持つにすぎない時事の記事及び事実」というのは CORS データに当たるのではないかと確認したところ、CORS データが著作物として認められるか否かについては現状不明であるという回答を得た。

表 3-30 タイの著作権法による規定

第 4 条

(6) 図形の著作物 地図、構成、写生図又は地理学、地形学若しくは科学に関する立体の著作物をいう。

第 7 条

本法において、次に述べる事項は、著作権のある著作物とみなされない。

(1) 文芸、学術又は美術の分野に属する著作物ではない、単なる情報の性格をもつにすぎない時事の記事及び事実

出典：Copyright Act - B.E. 2537（1994） ジェトロタイ事務所による翻訳より

また、日本国内のように国有財産法に相当する法律により地図が行政財産として認められるか、日本の測量法に相当する法律により地図の刊行等に対する規定があるか確認したが、タイには該当する法律はないとのことである。

③ 公的機関が料金徴収を行う場合の規制

タイの公的機関は公的機関法（Public Organization Act B.E.2542（1999））によって設置される。GISTDA や HII は公的機関としての位置づけである。全ての公的機関は勅令（Royal Decree）による個別設置法を制定する必要がある。HII は個別の設置法として「Royal Decree Establishment of the Hydro and Agro Informatics Institute（Public Organization） B.E. 2551（2008）」が規定されており、GISTDA は「Royal Decree Establishment of Geo-Informatics and Space Technology Development Agency（Public Organization）」（第一版：B.E.2543（2000）、第二版：B.E. 2562（2019））が制定されている。ここでは、主に GISTDA からのヒアリング内容をもとにして、公的機関が自身のサービスの対価として料金を徴収することになった場合の法的な規定について説明する。

以下に示す公的機関法第 5 条によれば、「公的機関は自身のサービスを通じた利益の追求はしてはならない」とされている。

表 3-31 公的機関法の第 5 条による規定

Section 5 The Government, when...or any other operation for public benefit, in any case they must not be those with main objectives in profit-seeking.

出典：Public Organization Act B.E.2542（1999）

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

また第 12 条による規定によれば、サービスの対価としての徴収料金や、公的機関の資産からもたらされる利益などは公的機関の歳入としてみなされるとなっている。

表 3-32 公的機関法の第 12 条による規定

Chapter II FUND, INCOME AND ASSETS
Section 12. Fund and assets for operation of public organization shall include:
(1). money or assets being transferred to it;
(2). money being paid for by the Government as initial fund;
(3). general subsidy being allocated annually by the Government as deemed appropriate;
(4). subsidy from the private sector or other agencies, including from foreign countries or international organizations, and money or assets being donated to it;
(5). fees, charges, reward, service charge or income from its operation;
(6). profits of money or income generated from assets of public organization.

出典 : Public Organization Act B.E.2542 (1999)

第 13 条によれば、公的機関は提供するサービスの対価としての料金を徴収する権利を有しているとも規定されており、第 14 条には「公的機関の全ての収入が財務省に納入されることはない」とも規定されている。

表 3-33 公的機関法の第 13, 14 条による規定

Section 13. Under its objectives, the public organization shall have the power to collect fees, charges, reward, or service charge in its operation as specified in the Royal Decree establishing it.
Section 14. All income of public organization are not to be sent to the Ministry of Finance under the law on treasury reserves and the law on budget process.

出典 : Public Organization Act B.E.2542 (1999)

上記で挙げた公的機関法の規定によれば、タイの公的機関であれば直接サービスの対価としての料金を徴収し、その徴収料金を自身の歳入として管理することができる。GISTDA によれば、料金徴収により過度な利益を挙げることはできないものの、少額であれば利益を出すことも可能なようである。公的機関が料金徴収から得た歳入は個別に定められる勅令の規定の範囲内であれば自由な裁量で使用する事ができる。GISTDA の場合は勅令の第 7 条に業務内容が規定されている。

表 3-34 王国法での公的機関の業務内容の規定 (GISTDA の場合)

Section 7 The Agency shall have the objects as follows:
(1). To develop space technology and geo-informatics applications, as borderless knowledge, to be beneficial to the general public;

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

- (2). To study and analyse the satellite data base and to serve as a centre for satellite based natural resources data;
- (3). To provide data services relating to space technology and geo-informatics and other relevant services;
- (4). To provide consultation and personnel development services in satellite remote sensing and geo-informatics;
- (5). To study, research, develop and to carry out other activities relating to, or incidental to, space technology, including to develop small satellites for natural resources survey;
- (6). To be the core organization responsible for setting up a common standard for remote sensing and geo-informatics systems.

出典 : Royal Decree Establishment of Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization)

B.E.2543 (2000)

また第7条で定めた業務実施のために必要な権限について第8条で定めている。例えば融資を金融機関から受けることや、料金を徴収すること、他機関とのジョイントベンチャーに参画できることなどが定められている。

表 3-35 公的機関としての業務を実施するために必要な権限の規定 (GISTDA の場合)

- Section 8 In order to achieve the objects prescribed in Section 7, the Agency shall also have the power and duty to engage in the following activities;
- (1). To own, possess, or hold any property rights;
 - (2). To create or enter into any jurist and relating to property;
 - (3). To participate in a joint venture with other juristic person relating to the objects of the Agency;
 - (4). To borrow money for the benefit of the operation under the objects;
 - (5). To accept fees, duers, consideration or service fees in connection with its operation;
 - (6). To arrange t have and provide grants in support of the operation of the Agency;
 - (7). To coordinate and set up networks with national and international agencies or organisations on the exchange programme or technical assistance relating to the objects of the Agency;
 - (8). To act as a secretarist of the commisiions having the authority dealing with space technology and geo-informatics;
 - (9). To perform any act necessary for, or incidental to, the achievement of the objects of the Agency;
- To participate in a join venture under (3) and to borrow money under (4) shall be in accordance with the criteria prescribed by the Council of Ministers.

出典 : Royal Decree Establishment of Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization)

B.E.2543 (2000)

また第7条と8条に対して第2版で GISTDA が宇宙関連の企業と提携したり株式を保有することが

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

できるように改訂していることから、必要に応じて適宜勅令を改訂することも可能であるとみられる。

表 3-36 個別設置法第 2 版における業務内容・権限の条文改訂の例（GISTDA の場合）

Section 7 To add the following as (3/1) of Paragraph one of Section 8 of the Royal Decree on Establishment of Geo-Informatics and Space technology Development Agency (Public Organization) B.E. 2543 (2000) .

“(3/1) To hold the shares or to partner in geo-informatics or space technology business of ther juristic person and the main objective of such shares holding or partnering shall not for the sake of profits.”

Section 8 To cancel the provision in Paragraph two of Section 8 of the Royal Decree on Establishment of Geo-Informatics and Space technology Development Agency (Public Organization) B.E. 2543 (2000) and to be superseded by the following provision:

“Join venture according to (3) , shares holding or partnering accorindg to (3/1) and loaning money according to (4) shall be in accordance with the principles stipulated by the Cabinet.”

出典：Royal Decree Establishment of Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization)

B.E.2562 (2019) を調査団が翻訳

なお、公的機関は自身の業務については役員会（Board of Directors）による監督を課されている。サービス料金を策定する際にも役員会の承認を得る必要があり、GISTDA の場合、料金策定を含む役員会の役割は個別設置法第 19 条で規定されている。以下に第 19 条のうち料金に関わる部分を引用する。

表 3-37 GISTDA 個別設置法第 19 条による料金徴収の規定

Section 19. The Board has an authority to supervise the general business and the operations of the Agency to be in accordance with the designated objectives. Such authority shall govern:

(省略)

(4) Giving consent for designation of fees, maintenance fees, compensation and service charges for the business operation of the Agency.

(省略)

出典：Royal Decree Establishment of Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization)

B.E.2562 (2019) を調査団が翻訳

また、公的機関が他機関保有の資産を使用してサービスを行い、徴収した料金を分配する際には、GISTDA によれば個別に当該機関と MoU を締結することで可能になるようである。また公的機関がジョイントベンチャープロジェクト（JV プロジェクト）を他機関と立ち上げて事業を実施するという可能性もある。ただし JV プロジェクトの事業規模が 100 万バーツを超える場合、国家経済社会開発委員会事務局（Office of the National Economic and Social Development Board : NESDB）による監督を受ける必要がある。

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

以上の点から推察すると、財務省による厳しい監督が課される回転基金と比較すると、個別に勅令を制定する手間はかかるが公的機関による料金徴収・利用の自由度は比較的高いと思われる。

④ 政府機関が直接料金徴収する場合の規制

政府機関が直接料金徴収する例として、DOL に対してヒアリングを行った。ここでは DOL を例としてどういった制約があるかについて説明する。

まず DOL は土地法による規定の下で土地を登記したりする際に係る各種手数料や税金を業務として徴収している。料金徴収方法については現金、手形、クレジットカード決済などがあるようである。ただし全ての料金収入は国庫に納める必要があり、それを DOL の業務に使用するようなことはできない。DOL は試験的に CORS データを無償で民間に配信しているが、CORS データ配信サービスに対して将来的に課金する可能性を打診したところ、そのつもりはないとの回答であった。その理由としては料金を徴収するような法改正や仕組みを作ったとしても、それによって DOL が自由に使用できる予算が増える保証もないことがいえると考えられる。DOL の事情はおそらく他の政府機関の料金徴収にも当てはまると思われるので、政府機関が自身の業務に対して料金徴収する場合は RTSD のように回転基金等でワンクッションおいて行うのが妥当な選択肢だといえる。

⑤ タイ国内でのデータ配信における法的制約について

タイ国内での RTK サービスの配信について、2019 年 7 月のデータセンター運用 WG 開催時点では、RTSD が NCDC の運営機関となることが承認された。ただし、NCDC は RTSD により実施運営されるが、直接の監督は国家 GIS 委員会・GNSS 小委員会に属すデータセンター運用 WG によってなされる。NCDC の直接の報告先もデータセンター運用 WG になる。

NCDC は今後 6 ケ月間、ユーザーに無償でデータ配信を行うことが決まり、以後 6 ケ月ごとにデータ配信の無償化継続に対して議論し承認されていくことになる。将来的に利用者が増え、データ配信に参入する民間事業者が出てくれば、NCDC が直接民間から料金を徴収したりしていきたいという考えのようである。

仮に将来 NCDC が民間から何らかの料金を徴収する場合においては、RTSD が NCDC の運営機関となることから、前述した RTSD の地図販売モデルが参考になると思われる。

既存地図販売モデルの例を考慮した場合、RTSD (NCDC) が料金徴収を実際に行い、顧客と直接やり取りをする機関になることは困難である。そのため、RTK サービスの配信による料金徴収及び実務を代行に行う財務省管轄の「運転資金管理法」に基づく RFAPR に準ずる回転基金等の組織を設立して運用する必要があると想定される。その際には、「RFAPR の規制」と同様の回転基金の運用に関する規制を策定する必要がある。また実際に実務を執り行う RTSD 内にて「RTSD の規制」文書の改訂が必要になると推察される。なお、RTSD は防衛省組織法 (Ministry of Defense Organization Act, B.E. 2551 (2008)) に従い設置されているが、RTSD の業務に直接かわるような規定はない。

回転基金を活用する以外には、NCDC を公的機関としサービスを運営するというケースが選択肢の

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

一つとして考えられる。GISTDA の例を参考にすると、公的機関法に則って個別に勅令を策定する手間はあっても、徴収料金を財務省に収める必要がないという点で大きなメリットがある。また回転基金と異なり少額であれば利益を出すことも可能であり、勅令に規定しておけばその収益を比較的自由的な裁量で使用することもできるうえ、MoU を結ぶことで他機関との融通を効かせることもできると思われる。データ配信機関として新しく公的機関を設置することも可能であるし、既存の公的機関を活用したり、複数の他機関とジョイントベンチャーを立ち上げて配信事業を実施することも可能である。

回転基金は、既存組織上に設置し配信事業から得た収益の特定の目的以外への安易な転用を抑止できる運転資金管理法に基づき事業運営することで確実に収益を配信事業の維持管理に生かせるという点で有効である。また一方で公的機関は、配信事業で得た収益を国庫に納める必要がなく比較的自由的な裁量で事業を実施できるという点でその活用のメリットも大きいといえる。回転基金は一度国庫に納めなければならなかったり、公的機関は勅令を制定しなければならないなどのデメリットがそれぞれあるが、政府機関が直接料金を徴収することを考えれば活用の利点はあるといえる。

⑥ データ配信・料金徴収において調査した法律・規制のまとめ

本節において述べた、データ配信や地図販売時の料金徴収・サービス策定に関して調査した法律とその概要を、表 3-38 に一覧としてまとめる。

表 3-38 データ配信・料金徴収において調査した法規制一覧

No.	法律名		策定年		言語			概要
	和名	英名	B.E.	西暦	泰	英	和	
1	防衛省組織法	Ministry of Defense Organization Act	2551	2008	◎	△	—	RTSD の設置法。RTSD の業務に関わる特段の規定はない。
2	運転資金管理法	Working Capital Management Act	2558	2015	◎	△	—	財務省管轄の回転基金を設置するための法律
3	RFAPR における運転資金管理にかかる規制	Regulation of the Working Capital Management Commission for Producing Aerial Photograph on Working Capital to Produce Aerial Photograph	2559	2016	◎	△	—	回転基金の資金の運用方法・管理方法について基金個別に定められる規制
4	RTSD における地図サービスに係る規制	Regulation of the Royal Thai Survey Department On Map Services and Map Data	2557	2014	◎	△	—	RTSD 内での地図サービスの運用に係る規制(マニュアル)

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

No.	法律名		策定年		言語			概要
	和名	英名	B.E.	西暦	泰	英	和	
5	電子取引法	Electronic Transaction Act	2544	2001	◎	○	○	電子取引を規定する法律。ただし同法による政府機関による決済手段等に対する規制はない。
6	著作権法	Copyright Act	2537	1994	◎	○	○	RTSD 発行の地図・地図データは同法により保護される。RTK データは不明。
7	公的機関法	Public Organization Act	2542	1999	◎	○	—	公的機関の設置法。サービス料金の規定もされている。
8	HII(公的機関)設置法	Royal Decree Establishment of the Hydro Informatics Institute (Public Organization)	2562	2019	◎	○	—	公的機関のうち HII 個別の設置法。
9	GISTDA(公的機関)設置法	Royal Decree Establishment of Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization)	2543	2000	◎	○	—	公的機関のうち GISTDA 個別の設置法
10			2562	2019	◎	△	—	2019 年 5 月改訂の第二版。

(言語欄の凡例=◎:公式のもの、○:非公式の訳文、和文は JETRO タイによる翻訳、△:調査団が翻訳、—:なし)

出典: 調査団の調査を基に作成

(2) 電波割当(周波数帯)及び関連法令

① 電子基準点データの収集及び配信におけるネットワーク利用

電子基準点データの配信においてネットワークを利用するシーンが 2 ヶ所ある。1 つは電子基準点が取得したデータのデータセンターへの送信、もう 1 つはエンドユーザへの配信である(図 3-25)。

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

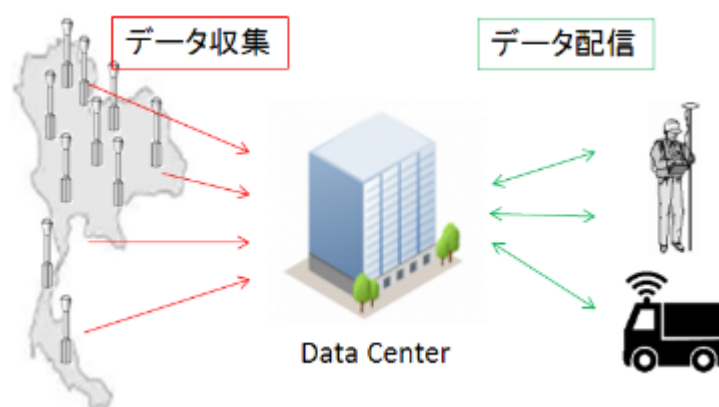


図 3-25 データ収集と配信におけるネットワーク利用

データセンターへの送信については、電子基準点から各機関データセンターへのデータ送信について、どのようなネットワークを使いデータを送っているのか、バックアップのための仕組みはあるのかについて調査した。エンドユーザへの配信については、配信の方針（インターネットアクセスの手段を持たない端末へのフォローの有無、及び配信に使用するネットワーク）について調査した。

② データ収集

表 3-39 に、各機関の電子基準点データの収集に利用するネットワークについて記述する。基本的には異なる 2 つのネットワークを用い、耐障害性を持たせた構成となっている。

表 3-39 データ収集手段

機関	データ収集ネットワーク	
	メイン	バックアップ
DOL	光ファイバー（CAT）	3G/4G Network
DPT	光ファイバー（ToT）	3G/4G Network
GISTDA	光ファイバー（契約先不明）	なし
HII	光ファイバー（GIN）	なし
RTSD	光ファイバー（ToT）	3G/4G Network

Government Information Network（GIN）は Digital Government Development Agency（DGA）により進められている中央政府ネットワークのことで、すべての政府機関をネットワークで結び様々な公共サービスを効率的かつ安定的、継続的に提供する仕組みである。

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

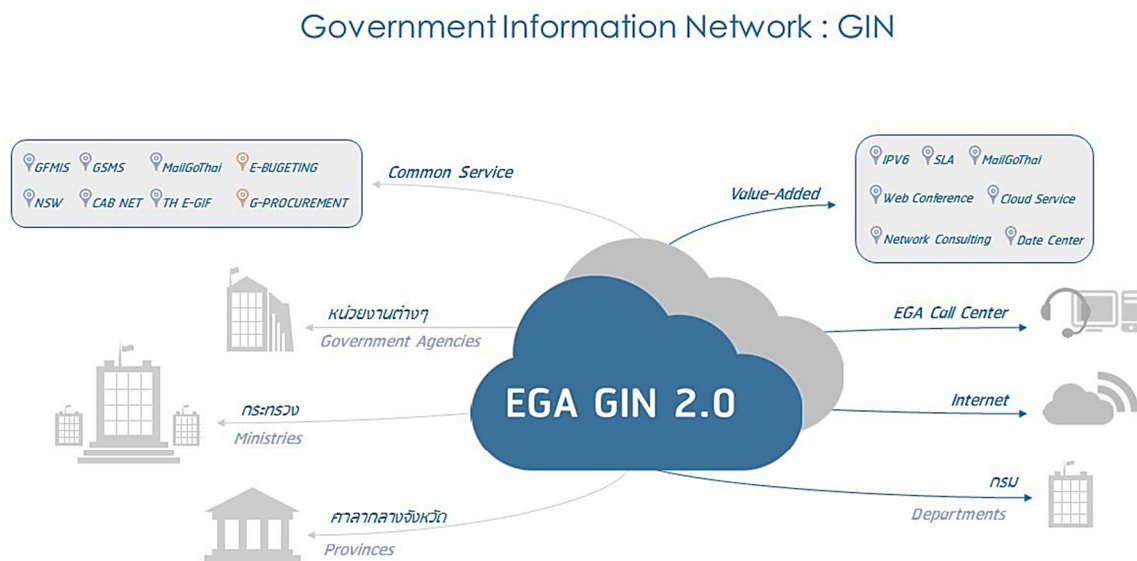


図 3-26 GIN 構想図

出典：DGA の HP (<https://www.dga.or.th/en/profile/904/>)

電子基準点からのデータ収集において GIN ネットワークを利用することにより、通信に係る費用を削減し運用コストを減らすことや高レベルの通信セキュリティ保護が可能となるが、現時点で採用しているのは HII のみである。利用が進まない背景には使用許可が得られにくいことや決定に要する時間等があるとされている。

③ データ配信

データ配信は時流のテクノロジーに沿った形での配信を想定している。このため、現状では 3G/4G/5G のモバイルネットワークを通じた配信のみをサポートする予定である。例えばモデムを使った Peer 2 Peer 接続による配信や無線による通信などインターネット接続の手段を持たない機器（主に旧来の RTK 機器）への配信は考慮していない。

④ 移動体通信業者の使用する周波数帯

タイの移動体通信業者（Mobile Network Operator: MNO）は、民間 3 社（AIS, DTAC, TrueMove）及び国営¹⁹ 2 社（ToT, CAT Telecom）がある。これら 5 社で使用されている 3G/4G 通信の帯域は、表 3-40 のとおりとされている（2019 年 3 月現在）。

¹⁹ 財務省がすべての株式を保有している。

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

表 3-40 タイにおける移動体通信業者使用の周波数帯

(単位 : MHz)

-	AIS	DTAC	TrueMove	ToT	CAT Telecom
4G LTE	2100 (Band 1) 1800 (Band 3) 900 (Band 8)	2300 (Band 40) 2100 (Band 1) 1800 (Band 3) 900 (Band 8)	2100 (Band 1) 1800 (Band 3) 900 (Band 8)	2300 (Band 40) 2100 (Band 1)	2100 (Band 1) 1800 (Band 3)
3G W-CDMA	2100 (Band 1)	2100 (Band 1) 850 (Band 5)	2100 (Band 1) 850 (Band 5)	2100 (Band 1) 1900 (Band 2)	850 (Band 5)

出典 : JICA 調査団

国営の 2 社は政府の方針により、消費者への直接のサービスを行う業態から通信業者への回線の卸売を行う業態へと移行していたが、消費者向けサービスも継続しており、2015 年 10 月に国家放送通信委員会 (National Broadcasting and Telecommunications Commission: NBTC) により ToT 社に対して LTE 方式 (4G) によるサービス提供が認可されている。現在 ToT 社は、消費者への直接のサービスの他、MNO もしくは仮想移動体通信業者 (Mobile Virtual Network Operator: MVNO) への回線提供を行っている。

CAT Telecom 社は民間向けサービスとして 850MHz 帯 (Band 5) を使った 3G 及び 2,100MHz 帯 (Band 1)、1,800MHz 帯 (Band 3) を使った 4G サービスを展開している。

日本においては電子基準点の受信する GNSS の L1 帯と LTE の 1,500MHz 帯との電波干渉が問題となったが、タイにおける移動体通信事業者の使用する周波数帯には 1,500MHz 帯はない。したがって、タイにおいては LTE との電波干渉の問題はないと思われる。

⑤ MVNO の動向

日本国総務省のまとめた世界情報通信事情のタイ国レポート (平成 29 年度最終更新 <http://www.soumu.go.jp/g-ict/country/thailand/detail.html#law>) によると、タイにおいて MVNO (日本では格安 Sim 等として知られる) として NBTC へ登録した業者が 44 社 (2017 年 3 月時点) あり、9 社が事業を始めているとされている。ただし、MVNO は MNO (AIS、DTAC、TrueMove、ToT、CAT Telecom) の回線を利用し、通信サービスを行う業態であり、これら 5 社が提供する以外の回線 (周波数帯) を使用することはない²⁰。このため、MVNO 業者の動向は、本業務においては考慮しないこととする。

⑥ 移動体通信業者各社のカバー範囲

移動体通信業者各社のカバー状況は、図 3-27 のとおりである (ToT 社と CAT Telecom 社は不明)。

²⁰ MVNO の定義は「MNO の提供する移動通信サービスを利用して、または MNO と接続して、移動通信サービスを提供する電気通信事業者であって、当該移動通信サービスに係る無線局 (基地局) を自ら開設しておらず、かつ、運用をしていない者」である。

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

Mobile Network を通じた電子基準点情報の配信を行う場合、移動体通信業者がどこのエリアまでカバーできているのが、利用範囲の目安ともなる。

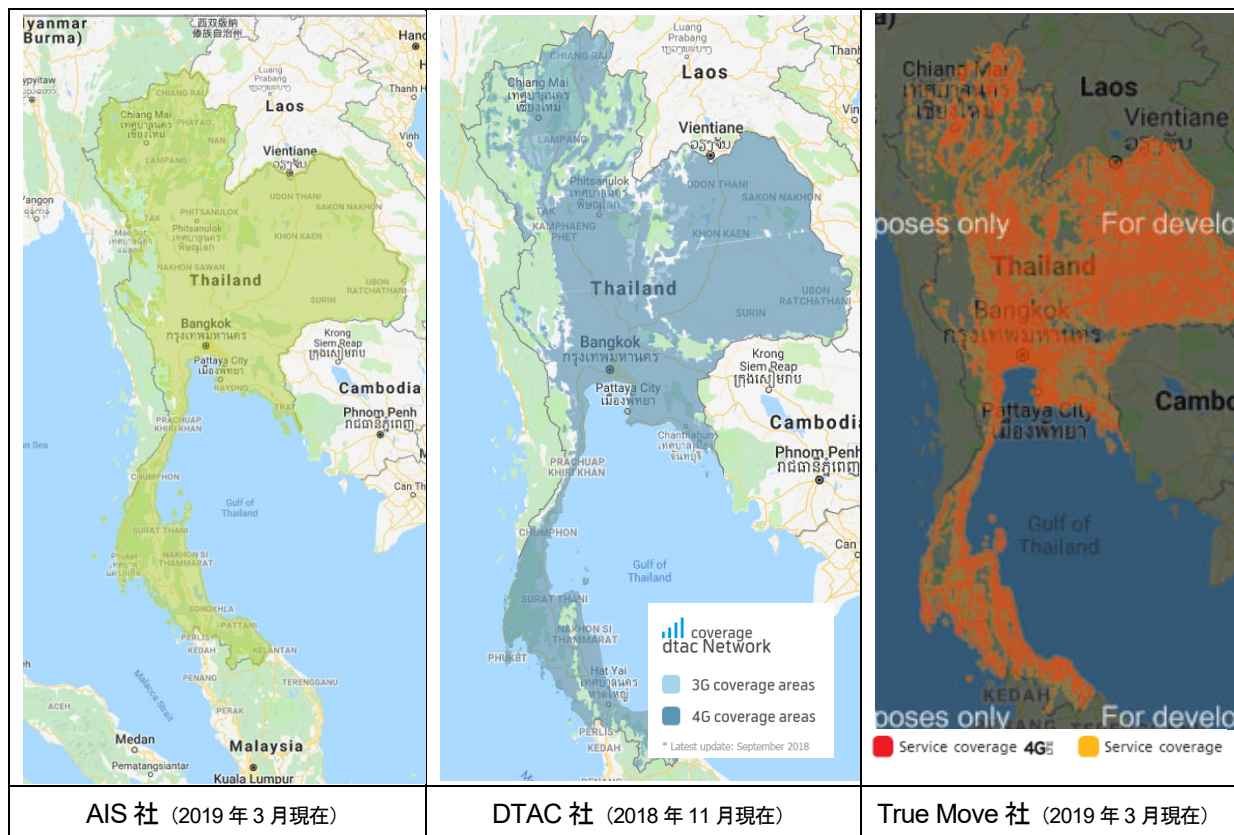


図 3-27 移動体通信業者各社のカバー状況

出典：各社の HP

⑦ 光ファイバー網の整備

タイの光ファイバー網の整備については、回線事業者として ToT や Fiber One などがある。Fiber One はバンコク及びその周辺地域をサポートし、ToT は全国的なサポートをしている。ToT のカバー範囲は、地図としては公開されていないが、下記サイトに住所等を入力することで導入の可否を確認できる(図 3-28)。<https://www.tot.co.th/en/fiber2u/register#checklocation>

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

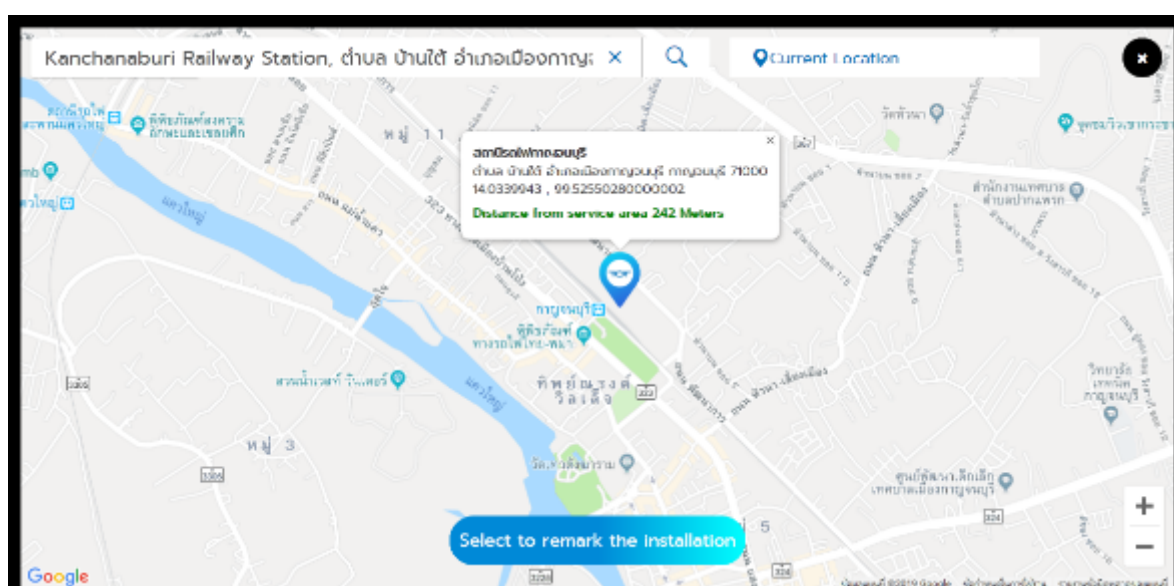


図 3-28 Service Area Check (ToT 社)

光回線をサポートするプロバイダ事業者としては、ToT、CAT Telecom、AIS、True、3BB 等がある。CAT Telecom を除き、いずれのプロバイダも下りは最大 1,000Mbps（CAT Telecom は 200Mbps）となっている。上りは各社にバラつきがあり最大 100Mbps ～ 500Mbps の接続プランを提供している（表 3-41）。

電子基準点とのデータ通信では、下りよりも上り速度が重要となる。

表 3-41 プロバイダ各社の光回線速度（最大）

プロバイダ	下り最大(Mbps)	上り最大(Mbps)
ToT	1,000	100
CAT Telecom	200	200
AIS	1,000	300
True	1,000	500
3BB	1,000	500

民生用の光回線は、プロバイダ事業者ごとに終端部に引き込まれている（引き込み費用が発生する）。事業者の変更を行う際には、回線の物理的な撤去と再度の引き込み作業が行われるための費用が必要となる（民間利用の場合、月額利用料に組み込まれておりユーザからは無償に見える）。民生用のサービスではその費用が回線利用料に組み込まれているが、電子基準点への引き込み（殊に遠隔地への引き込み）のような特殊なケースについて、どのようになっているのかは定かではない。

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

⑧ 第5通信規格(5G)の動向

タイ政府は2020年からの5G通信の商用化を目指しており、その実証実験をEEC等で行っている。5G通信に使用される周波数帯は、大きく分けて2つの帯域が予定されている(表3-42)。1つはSub-6GHz帯と呼ばれる、3GPP(Third Generation Partnership Project)で定義されている450~6,000MHzの周波数帯、もう1つは3GPPにより24,250MHz~52,600MHzと定義されている帯域で、こちらはミリ波帯と呼ばれている。

タイにおける5G通信での使用周波数帯は調査時点では未確定であるが、NBTCによる電波マスタープラン2016-2020によれば、30-57GHz帯がMobile Serviceとして予約されており、現在の帯域と合わせて、この周波数帯も5G通信に使用される可能性が高いと思われる(実証実験においては使用機材の都合上26GHz帯が使用されているが、本稼働時の帯域は未定である)。

表 3-42 第5世代通信の使用する周波数帯と各国の対応

	Sub-6GHz 帯 600(n71)/700(n28)MHz, 2.5(n41)/3.5(n78)/4.5(n79)GHz など	ミリ波帯 28(n257)/39(n260)GHz など
スタンドアローン	アメリカ、中国	-
ノンスタンドアローン	アメリカ、韓国、日本、ヨーロッパ	アメリカ、韓国、日本

出典：アンリツ社 WebSite (<https://www.anritsu.com/ja-JP/test-measurement/technologies/5g-everything-connected/5g-world-freq>) (2018年9月現在)

3.4.2. 社会実験実施に関する制約(EECの特例を含む)

「3.3.2 タイ進出(予定)本邦企業の高精度測位データ活用意向」での調査結果をふまえ、測量、i-Construction(ICT建機の利用)、農機の自動運行、車の自動走行、ドローン、MMSの社会実験または将来的な社会実装に関連すると考えられる許認可・制約について調査した。

(1) 日本の法令の調査

始めに日本の法令について調査を行った。上述した対象技術に係る法令は以下のとおりである。

表 3-43 調査した日本の法令

対象技術	関係する法令	法令の内容
測量	測量法	測量を正確かつ円滑に行うことを目的として施行された法律
ICT 施工/ i-Construction	ICT の全面的な活用の実 施方針	公共工事で ICT の活用を推進するための実施方針

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

対象技術	関係する法令	法令の内容
	土木工事施工管理基準 (案)(出来形管理基準及び規格値)	土木工事の施工について、契約図書に定められた工期、工事目的物の出来形及び品質規格の確保を図ることを目的としている。(情報化施工に対応している)
	土木工事数量算出要領 (案)(施工履歴データによる土工の出来高算出要領(案)を含む)	本要領は、出来高部分払方式における出来高算出方法の簡素化を目的に、ICT 建設機械から取得した施工履歴データによる簡便な土工の出来高算出方法を取りまとめたもの
	空中写真測量(無人航空機)を用いた出来形管理要領(土工編)(案)及び監督検査要領(土工編)	空中写真測量(UAV)による出来形計測及び出来形管理が、効率的かつ正確に実施されるために定められた要領
	レーザースキャナーを用いた出来形管理要領(土工編)(案)及び監督検査要領(土工編)(案)	地上型レーザースキャナー(以下、「TLS」という)を用いた出来形計測及び出来形管理が、効率的かつ正確に実施されるために定められた要領
農機の自動走行	道路運送車両法	道路運送車両に関し、所有権についての公証等を行い、安全性の確保及び公害の防止や整備についての技術の向上を図り、併せて自動車の整備事業の健全な発達に資することにより、公共の福祉の増進を目的とする。
	道路交通法	道路で発生する交通上のすべての危険及び障害を防止、除去して、安全で円滑な交通を確保することを目的として施行された法律
	農業機械の自動走行に関する安全性確保ガイドライン	ロボット技術(センサー、知能・制御系、駆動系)を組み込んで自動走行を行う車両系農業機械の安全性確保を目的に、リスクアセスメント等の安全性確保の原則や、関係者の役割等の指針を示したもの
車両の自動運転	道路運送車両法	「農機の自動走行」の「道路運送車両法」と同じ
	道路交通法	「農機の自動走行」の「道路交通法」と同じ
ドローン	測量法	上記、測量の「測量法」と同様
	航空法	輸送の安全の確保、利用者の利便の増進、航空の発達、公共の福祉を増進を目的とした法律
	無人航空機の飛行に関する許可承認の審査要領	無人航空機の飛行に関する許可等について、その申請に関する所要事項及び許可等を行うための審査基準を定めることを目的とした要領
	小型無人機等飛行禁止法	国会議事堂、内閣総理大臣官邸その他の国の重要な施設等、外国公館等及び原子力事業所の周辺地域の上空における小型無人機等の飛行の禁止に関する法律

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

対象技術	関係する法令	法令の内容
	電波法	電波の公平且つ能率的な利用を確保することによつて、公共の福祉を増進することを目的とした法律
	「ドローン」による撮影映像等のインターネット上での取扱いに係るガイドライン	ドローンによる撮影映像等をインターネット上で閲覧可能とすることについて考え方を整理し、このような行為を行う者が注意すべき事項を記載したガイドライン
MMS	測量法	同上
	道路交通法	道路で発生する交通上のすべての危険及び障害を防止、除去して、安全で円滑な交通を確保することを目的として施行された法律

日本では、測量法や電波法等の古くからある法律に加えて、新しい技術や産業を促進または規制する基準や要領が新しく整備されることによって新しい技術を適切に使用することが可能になっている。

(2) タイの法令の調査

上記の日本の法令を参考に、タイの法令の調査を行った。

表 3-44 調査したタイの法令

対応する日本の法令	タイの法令		
	名称	内容	発行年
測量法	SURVEY ACT	国内安全保護のため、測量企業に地籍図作成及び測量を委託する場合の委託基準、測量の委託管理、測量成果の公表及び保管などの項目が定められている。	2014 年
道路交通法	ROAD TRAFFIC ACT	日本と同様に自動車の種類の定義や交通ルール、運転免許証について記載されている。	1979 年
航空法	Aviation Law	飛行機の運行免許や飛行機の機体の取り扱い、運行管理や料金等のルールが記されている。	2019 年
無人航空機の飛行に関する許可承認の審査要領	On rules to apply for permission and conditions to control and launch unmanned aircraft in the category of remotely piloted aircraft	ドローンの飛行に関する許可申請と規定 ドローンの重さによる制限、空港や公共施設等の利用場所の制限が記載されている。	2015 年
ドローンの無線機器の登録は日本では義務付けなし	Subject of Radio Communications Registration Using for Unmanned Aerial Vehicle that controlled flight from outside	無人航空機（ドローン）で使用する無線機器の登録	2017 年

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況

対応する日本の法令	タイの法令		
	名称	内容	発行年
電波法	Subject of Rules and Condition to Approve of Using Frequency Wave for Unmanned Aerial Vehicle that using in general.	無人航空機用の電波・周波数の利用に関する許可申請の規定及び条件	2018 年
電波法	RADIO COMMUNICATION ACT	無線機器の登録や無線のライセンス、罰則について規定されている。	1955 年

測量法については、JETRO に調査を依頼した。SURVEY ACT については、測量に関する情報の安全保護が定められており、測量の方法や測量士の資格等は、別の法律で定められている。

RTSD によると、航空写真や点群データ等をタイ国外に持ち出す場合は RTSD の職員が同行し、RTSD 職員の監視のもとにデータを処理する必要がある。

道路交通法については、日本の法律と大きな相違がなく、MMS は車両が基準を満たしていれば一般車と同じように公道で運用することができる。無人運転についての法律は整備されていないので公道での運行は難しい。

ドローンについては新しい規制が存在するため、それに従った運行が必要である。機体や操縦者は航空局の登録が必要であるが、WEB サイト（英語）からの登録が可能でありタイに住所があれば外国人でも対応は可能である。ただし撮影を行う範囲について地権者の許可や地元警察への申請も必要であり、ローカルスタッフやタイ企業の協力がないと実際の作業は難しい。

ICT 建機の利用についても法律はまだない状態であるので、対象の工事現場での実施は通常の建機と同じであり問題なく使用できると思われるが、それ以外の場所での利用は関係省庁への問い合わせが必要である。

農機の自動走行についても同様に法律はまだない状態であり、地権者から許可を得れば農地での使用は問題ないが、それ以外での利用は関係省庁への問い合わせが必要である。

(3) EEC での規制緩和特例制度への適合

EEC とは、チャチュンサオ県、チョンブリ県、ラヨーン県で構成される東部経済回廊のことである。2018 年に EEC 特別法が施行され、EEC 域内の「特別経済振興区」へ投資する外国法人及び外国人は税制上の恩恵が受けられることと土地所有等の既存の法令に縛られない権利を持てる。それにより、EEC 域内で経済活動することは、外国人にはメリットのあることと考えられている。

3. 高精度測位サービスを取り巻く状況



図 3-29 EEC3 県と 3 つの特別経済振興区

出典：タイ投資委員会

本調査では、この域内で何らかの規制緩和により先進的な社会実験を実施することが可能かどうかを調査した。

EEC 特別法については、明確な規制緩和の法令が記載されているわけではなく、法令によってどのような恩恵が受けられるかが記載されている。本調査開始当初は、EEC 特別法に規制緩和の内容が記載されているものと想定していたが、そのような記載は無いことがわかった。JETRO バンコク事務所によると、EEC の「特別経済振興区」内でどのような恩恵を受けたいのかを EEC 事務局に問い合わせし、EEC 事務局が担当省庁にそれを相談し可能であればその規制を緩和する措置をとることができるとのことであった。よって、初めから何らかの規制緩和がされているわけではない。

EEC のイノベーション特区である EECi において自動運転やドローンの自由な飛行が可能か確認したところ、EEC 事務局が EEC 域内で規制緩和を含む個別のルールを決定することはできるが、事務局単独では行なえず管轄省庁との調整が必要であるとのことであった。

EEC では外国人は税制の恩恵だけでなく就労許可や土地の取得についても規制が緩和されており、新しいビジネスを始めるための拠点を「特別経済振興区」に設置するということはメリットがある。ただし、規制緩和を期待して先進的な社会実験を行おうとすると、管轄省庁や EEC 事務局との協議が不可欠であり、実現には相当の時間を要することが分かった。

4. 高精度測位データの利活用・データ配信に関する検討

4.1. タイ国内で想定される高精度測位データの利活用

4.1.1. 精度レベル別の高精度測位データの利用用途

タイの政府機関及び民間企業等へのヒアリング調査の結果をもとに高精度測位データの利用用途を精度レベル別にとすると、下表のとおりとなる。なお、表中のバスの運行管理（※1）に関して、2019年2月27日にタイの交通省がバンコク都内の全ての旧型路線バスを2年以内に回収してGPS機能や監視カメラ付きの新型を導入する計画を発表した。また、バイクタクシーの配車（※2）に関して、2019年2月28日にタイ商工会議所大学経済研究所が、バンコクと周辺県の二輪車タクシー（バイクタクシー）運転手1,243人を対象にした調査結果、配車アプリを使った運転手は月平均1,741.95バーツの増収になったと発表している。道路渋滞が重大な社会課題となっているバンコクにおいて、その解決策の1つとして測位データの活用が注目されていることが伺える。

表 4-1 精度レベル別利用用途の整理

精度レベル	利用用途
誤差が1cm未満	地殻変動、地すべり監視
1cm～10cm	測量(実測、レーザー測量、MMS 等)、スマート農業(精密農業、農機自動走行等)、ICT 施工/i-Construction(3D 計測、建機マシンコントロール等)、自動車の自動走行
10cm～1m	自動車の自動走行用地図(dynamic map)
1m 以上～数 m	航空機ナビゲーション(SBAS)、海上の測量、船舶監視、バスの運行管理※1、バイクタクシーの配車※2

このうち、精度レベル 1cm～10cm を必要とする測量、スマート農業、ICT 施工、自動車の自動走行は、Thailand4.0 の実現に向けた電子基準点データの活用分野（図 4-1）及び GISTDA による GNSS 技術のイノベーション分野（図 4-2）として位置付けられており、今後一層の利用が想定される分野である。タイで構築される NCDC のユーザーもこれらの用途が大部分を占めると考えられるため、その実現を念頭に必要な環境整備やデータ内容を検討していく必要がある。

4. 高精度測位データの利活用・データ配信に関する検討

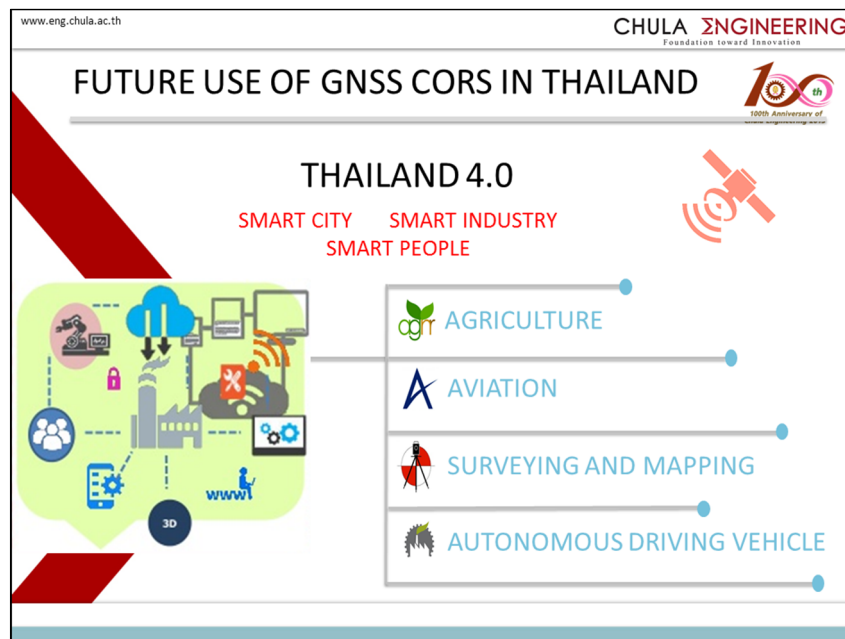


図 4-1 Thailand4.0 と電子基準点の活用

出典：Thailand Japan Special Session（8月28日）のチョン教授による講演資料より抜粋



図 4-2 GISTDA が注力している GNSS 技術のイノベーション分野

出典：GISTDA 作成” Space Krenovation Park And EEC”資料より抜粋

4. 高精度測位データの利活用・データ配信に関する検討

4.1.2. 高精度測位データの利活用に必要な環境整備及び求められるデータ内容

前項で整理した精度レベル 1cm～10cm を必要とする利用用途を想定し、それらの実現に必要な環境整備及び求められるデータの内容を以下に整理する。

(1) 必要な環境整備

第 2 章の冒頭に記載のとおり、タイのほぼ全土がいずれかの電子基準点から 35km 圏内でカバーされるため、多くのユーザにとって電子基準点を増設する必要はないと考えられる。また、既存の電子基準点は後述するデータの提供に使用する上で特段の問題がないため、改良の必要性もないといえる（将来的な自然災害等による故障や経年劣化による交換等は除く）。ただし、ネットワーク RTK 機能が搭載されていない安価な受信機を使用する場合には、日本の事例と同様に建設現場や圃場付近（10km 圏内が望ましい）に RTK 用の基準局の設置が必要となる場合がある。また、自動車の自動走行については、今後の研究開発の動向をふまえて検討・対応する必要がある。

(2) 求められるデータの内容

データフォーマット及び通信方式は、タイ政府機関がすでに採用している RTCM 及び Ntrip²¹が推奨される。時間帯は、測量等の特定の用途では日中のみで良いケースもあるが、その他の農業や建設等の利用用途では夜間・週末も関係なく利用される。さらに、自動車の自動運転等一般コンシューマによる利用を想定した場合は、メンテナンス時間も含めた 24 時間 365 日の途切れのないデータ配信が必要となる。NCDC の運用維持管理に際しては、この点に十分に留意しなければならない。

表 4-2 タイ政府機関が配信しているデータのフォーマット及び通信方式

区分	DOL	DPT	GISTDA	HII
リアルタイムデータ	RTCM	RTCM 3	RTCM 2, 3	RTCM 2, 3
後処理データ	RINEX 15 秒単位	RINEX 5 秒単位	RINEX 2.0,3.0 5 秒単位	RINEX 2 1 秒単位
通信方式	Ntrip	Ntrip	Ntrip	Ntrip

出典：ヒアリング調査結果をもとに調査団が作成

4.1.3. 高精度測位データの利活用普及に向けた取り組み

タイにおいて高精度測位データの利活用を普及促進するためには、NCDC 及びその配信データの認知度

²¹ Networked Transport of RTCM via Internet Protocol。インターネットを経由して、基地局（データセンター）や移動局でやり取りされる補正データや GNSS データ用に設計された RTCM 専用の通信手段。

4. 高精度測位データの利活用・データ配信に関する検討

向上と、ユーザーサポートが不可欠となる。そのための取り組みの案を以下に記載する。

表 4-3 高精度測位データの利活用普及促進に向けた取り組み案

認知度向上/ ユーザー獲得	- Web サイトの開設と情報発信 - 業界/利用用途別のセミナー/勉強会の開催 - デモ/体験イベントの開催 - 関連イベントでの展示 - 成功事例集の作成と、上記 web サイトやイベント等での発信
ユーザーサポート	- 導入トレーニングの提供 - ユーザー向けコールセンターの設置 - ユーザー向けオンサイト/オンラインサポートの提供 - ユーザー向け Web サイトの開設と情報発信 - 最新技術の勉強会

上記取り組みには、NCDC 単独で実施できるもののほか、民間企業との連携が必要なもの、あるいは民間企業が主体的に実施したほうが良いものが含まれる。

なお、日本企業によるタイにおけるビジネス展開については、本業務でも協力・連携いただいた日タイ G 空間推進協力協議会が引き続きタイでの関連イベントへの出展や実証事業の実施等を計画している（協議会の事務局である Space Edge Lab と GISTDA が MOU を締結）。今後の技術協力プロジェクトにおいても、日本企業が参画する活動を実施する際には当協議会と連携することが効果的かつ望ましいであろう。

4.2. 高精度測位データの提供システム

4.2.1. 民間へ公開する場合の料金設定・徴収方法

NCDC を構築する RTSD の担当者によると、料金設定については以下の 2 パターンが想定されるとのことである。

- ① 政府機関・民間機関双方に無償提供
- ② 政府機関に無償提供、民間機関に有償提供

しかしながら、2019 年 7 月開催のデータセンター運用 WG において原則無償でデータ配信を 6 ヶ月間行い、以後半年ごとに更新していくことが決定された。将来的に後者のように民間機関に有償提供する可能性も残っており、その際に料金徴収機関となりうるパターンをまとめると下表のような形が想定される。

4. 高精度測位データの利活用・データ配信に関する検討

表 4-4 NCDC の料金徴収機関として想定されるケース

実施機関	回転基金	公的機関	政府機関
参考例	RFAPR (RTSD)	GISTDA	DOL
監督機関	財務省	役員会	所管省庁
料金決定方法	最高司令官の地位に相当する管理者の決定後、運営を監督する回転基金等組織の取締役会の最終承認を経る必要がある	勅令による実施対象サービスの規定が必要であり、料金については役員会による承認を得る必要がある。	当該政府機関が関わる法律内に規定する必要がある。
料金徴収方法	現金・郵便局・手形・銀行振込、クレジットカード等。法的な制約は特にはない。 RTSD 担当者のとしては、できるだけ利用者の利便性をよくするために多様な決済サービスを利用できるようにしたいとのことである。	特に制約なし。比較的自由的な裁量で実施できると思われる。	現金、手形、クレジットカード等。法的な制約は特にはない。

出典：ヒアリング結果をもとに作成

DOL の例を考えた場合、政府機関が直接料金を徴収するメリットはほとんどないといっても良い。したがって、料金を徴収する機関として回転基金や公的機関など第三の組織を設置する必要がある。RTSD が既に地図販売で回転基金を利用しており、回転基金設立のノウハウを持っているため、NCDC 用に回転基金を設立して料金を徴収する可能性はあり得る。ただし、RTSD 回転基金は徴収料金を国庫に納める必要があるためかなり厳しいのではという RTSD 担当者の意見もあるため、将来的に NCDC を公的機関として料金徴収体制を構築する可能性もあると考えられる。

一方、3.3.1. (2) (b) で試算したように、料金を徴収するに際して日本の配信サービスの料金をタイの物価に見合った程度の金額とすると 1 ユーザーあたり月額約 1,100 バーツとなる。この試算からは数百から千人程度のユーザーが存在してようやく部分的なコストの回収ができると想定される。

4.2.2. 徴収した料金収入の分配

前項で述べた回転基金、公的機関、政府機関のそれぞれが主体となって料金を徴収する場合、それぞれのケースごとの料金分配・使途についてまとめると下表のようになる。

4. 高精度測位データの利活用・データ配信に関する検討

表 4-5 徴収料金を分配する際の想定される実施機関別のメリットとデメリット

実施機関	回転基金	公的機関	政府機関
参考例	RFAPR	GISTDA	DOL
料金用途の承認プロセス	毎年度基金の予算計画を行い、取締役会の承認を得る必要がある。事前に関係諸機関で合意をしたうえで予算計画をしておけば複数機関で徴収料金を分配できる可能性はある。	勅令に規定された範囲内であれば自由裁量で料金を使用可能。他機関との分配の場合は個別に MoU を結び対応。	いったん国庫に納めた徴収料金を再利用することはできない。
メリット	国庫に納められた徴収料金を事前に承認を経た範囲内で確実に再利用することができる。既存の政府機関をベースに回転基金を設置することが可能。	徴収料金を国庫に納める必要がない。 少額なら利益を出すことも可能。	特になし。
デメリット	一度徴収料金を国庫に納める必要がある。 財務省によって厳しい監督が課される。また、基金の取締役会の承認を受ける必要がある。 承認を得ない限り、運営主体となる政府機関は自由に使用できない。	新しく勅令を制定し、公的機関を設置する必要がある。 既存公的機関を活用するとしても既存の勅令を改訂する必要がある。 場合によっては他機関から必要人員を異動する必要がある。	国庫に納める必要がある。 徴収料金を当該政府機関の業務に再利用することができない。

出典：ヒアリング結果をもとに作成

前項でも述べたとおり政府機関が直接料金を徴収・分配する機関となり得る可能性はほとんどないため、既存の地図販売を参考とした回転基金か、公的機関を活用するなどといった可能性が考えられる。回転基金は一度国庫に納める必要があり財務省により厳格に用途を管理されるため、一度利用方法について規定してしまうと文書を改訂しない限り柔軟には使用できないデメリットがあるが、その一方で徴収料金を規定した用途に対して確実に再利用できるというメリットもある。公的機関は徴収料金を国庫に納める必要もなく当該機関の規定業務内であれば柔軟に使用できるメリットがある一方、勅令を制定する手間がかかるなどのデメリットもある。将来的に NCDC が民間から料金を徴収する際には、そのあたりのメリットとデメリットをよく考えたうえで、こういった形で料金を徴収し、分配するのがベストか決める必要がある。

5. 電子基準点のデータ配信体制とシステム構成に関する検討

5.1. 将来的に想定される利用に適した電子基準点システムの検討

5.1.1. データ配信体制と電子基準点システムの全体構成

(1) データ配信体制について

調査団が収集した情報では、当初、タイにおいて図 5-1 のようなデータ配信体制が検討されていた。NGB の決議によりこの配信の実装は RTSD の責務で行うことになっている。

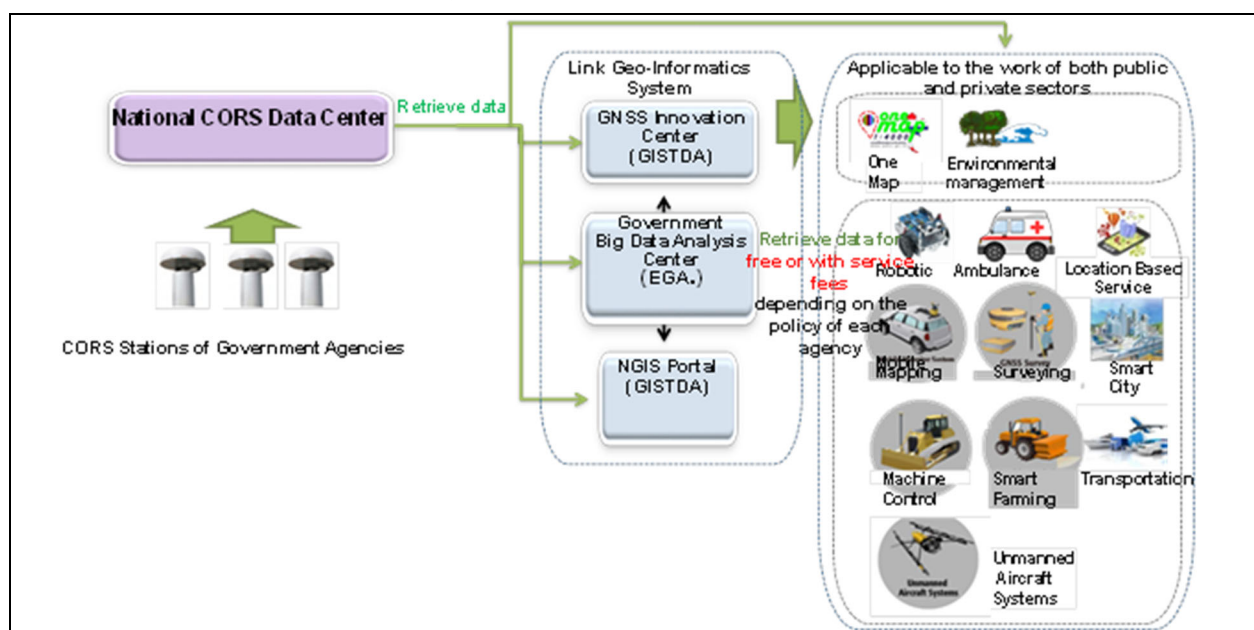


図 5-1 タイにおいて検討されていたデータ配信体制

出典：RTSD 提供資料（2019 年 3 月）を調査団が改変

4.2.1 で述べたようにデータセンター運用 WG では、政府機関へのデータ配信については、無償配信、民間への配信については当初 6 ヶ月は無償配信とし、その後 6 ヶ月ごとに更新することを 2019 年 7 月 18 日の会合において決定している。本報告書においては民間への配信体制について検討するが、料金徴収の点を除けば、ここで検討する体制は政府機関へのデータ配信にも適用可能である。

データ配信体制については、日本の例を踏まえると図 5-2 のような体制が考えられる。

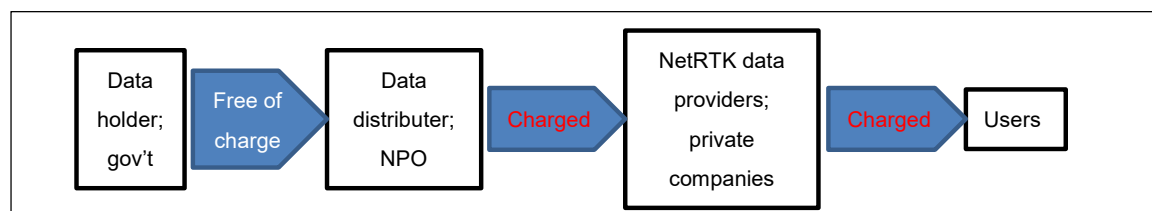


図 5-2 データ配信体制 案 A

5. 電子基準点のデータ配信体制とシステム構成に関する検討

この体制は、「3.1」に記載した日本の配信サービスをモデルとするものである。このモデルは、1) データを収集し、保有する政府機関からデータを分配する非営利団体へ無償でデータを提供する、2) 非営利団体は補正データの提供等の測位サービスを行う民間企業にデータ分配に係る費用を徴収してデータを分配する、3) 民間企業はユーザーに対して有償で補正データの提供等を行うが、その料金は企業間の市場競争でまかなえる、という形態である。

先に「3.2.1」で記載したように、欧米の多くの国でネットワーク RTK データの配信サービスは民間企業が実施しており、日本でも同様である。

一方、タイにおいては、まだ GNSS の活用が進んでおらず、調査団が民間企業に対して実施した調査結果でも積極的に GNSS データを利用したいという声は多くなかった (3.3.2)。また、隣国マレーシアの配信サービスの調査において民間の配信サービスを見いだせなかった (3.2.1. (6))。このため、当面、配信サービスに参入する企業が現れないと考えられること、また、DOL と HII において政府自らが配信サービスの試験実施をしているという現状があることから、政府もしくは回転基金または公的機関が配信サービスを実施することで事業を迅速に進めることができると考えられる。そこで、「3.4.1」において調査した RTSD の地図販売の体制を参考にしてその類型を考えると図 5-3 のような配信体制が考えられる。

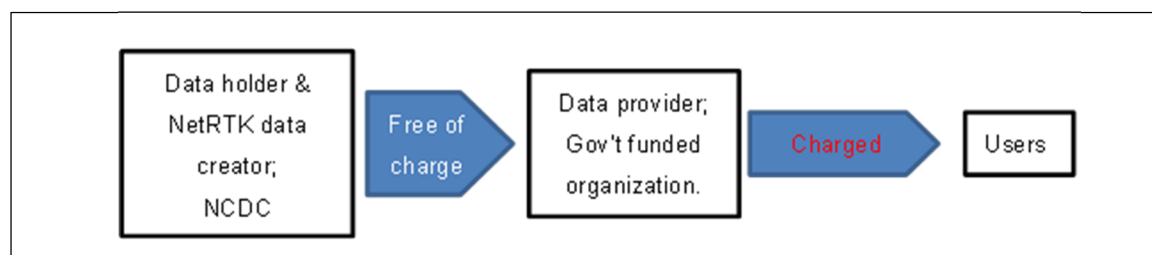


図 5-3 データ配信体制 案 B

RTSD の地図の販売を行っている RFAPR に準ずる別組織がデータの配信と料金の徴収を行うというモデルである。この体制では、政府機関である NCDC がデータの収集と補正データの生成までを行い、それらのデータを回転基金等組織が無償で NCDC から配布を受け、当該組織がユーザーに有償でデータを配信する。料金徴収方法と徴収した料金の分配については、NCDC をどこが運営、監督するかにより異なる。また、配信機関として、回転基金よりも料金徴収・利用の自由度が比較的高いと思われる公的機関を設置することも考えられる (4.2.2)。このモデルの変形として、NCDC では補正データの生成を行わず、政府出資で設立した組織が補正データの生成と配信を行うというモデルも考えられる。

ふたつの体制のメリット、デメリットには表 5-1 の事項が考えられる。

5. 電子基準点のデータ配信体制とシステム構成に関する検討

表 5-1 配信体制の比較

	案 A	案 B
メリット	配信事業者が複数あるため、価格面と技術面で市場競争がはたらき、向上が見込める。 会計年度途中にユーザー数の急増があっても迅速に対応が可能。	政府が配信に直接かかわるため、長期の事業継続性が見込まれる。 ユーザー数が増加するまで、政府の施策として利用振興策(当面の無償化等)を講じる余地がある。
デメリット	配信事業者の事業継続性が危惧される。 事業初期にユーザー数が見込めないため、配信事業への企業の参入が見込みにくい。	配信事業者が1者となるため、価格面と技術面で競争がはたらき難い。 ユーザー数の急増に迅速に対応することが困難。

両者のメリット・デメリットを勘案すると、配信サービス開始当初は案 B で進め、ユーザー数が増加して民間企業の配信事業に参入できる状況になれば、案 A の民間企業による配信を併存させ、民間事業が収益をあげられる状況になれば、案 A に移行する、というモデル案 C が考えられる(図 5-4)。ユーザー数の増加が決め手となることから、利用促進策として配信サービス開始当初は無償での配信を行うことも考えられる。

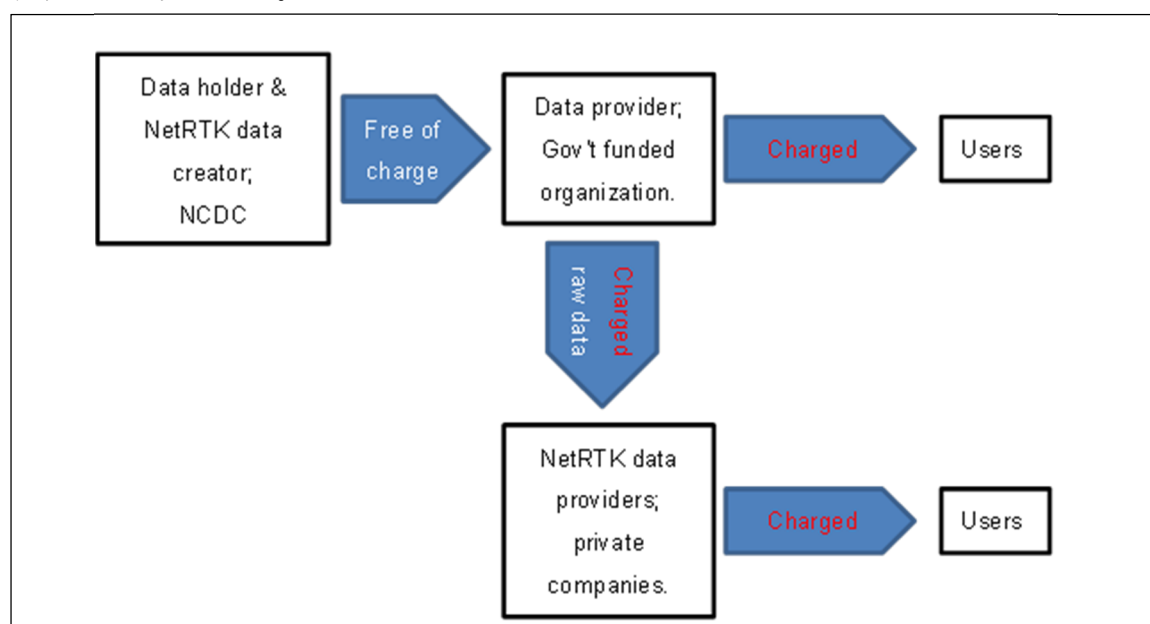


図 5-4 データ配信体制 案 C

これらの案を 5 月 24 日に開催されたタイ日協力 WG 会合で調査団が提示したところ、案 B を参考としてデータセンター運用 WG においてデータ配信体制を議論していくこととされた。

5. 電子基準点のデータ配信体制とシステム構成に関する検討

(2) 電子基準点システムの全体構成について

上記と同じく、タイ日協力 WG 会合においてデータ収集体制についても調査団が2つのシナリオを提示した。シナリオのひとつは、当初タイ側で検討していたように、5 機関がそれぞれの保有する電子基準点のデータを各機関で収集するというデータセンターの機能を保持しつつ、各データセンターから NCDC へデータを送信して集中管理する形態（図 5-5 案 A）である。

データの収集体制として考え得るもう1つのシナリオは、各機関の保有する電子基準点を直接 NCDC へ結合し、自前のデータセンターが必要な機関は NCDC から配信を受ける（図 5-6 案 B）というものである。

両者のメリットとデメリットを表 5-2 に記す。

表 5-2 データ収集体制の比較

	案 A	案 B
メリット	既存データセンターの機能をそのまま残すことが可能。 各機関のニーズに応じた電子基準点の運用が可能。 NCDC の構築が短期間で可能。	電子基準点から直接通信を行うため、データ遅延が生じにくい。 NCDC から各電子基準点に対して直接操作コマンドを送信可能。
デメリット	各データセンターを介して通信を行うため、データ遅延が生じやすい。 NCDC から各電子基準点に対して直接操作コマンドを送信できないため、各保有機関に操作を依頼する手間がかかる。	既存データセンターの機能を残すためのネットワーク接続の改修に時間を要する。 各機関のニーズに応じた電子基準点の運用を行うために、Working Group での調整に時間を要する。

これらのシナリオ案の提示に対して、タイ側はデータセンター運用 WG において今後の体制について検討を開始した。7月18日に開催された第1回会合においては、DOL と RTSD の各データセンター間でデータのストリーミングのテストを行ってその結果を評価すること、その後他の機関にもテスト範囲を拡大し、それらの結果を踏まえてどのようなシナリオが適しているかを判断することとされた。これを受けて8月から DOL と RTSD 間でテストが行われ、現在その評価が行われている、

また、これと並行して、調査団からより詳細なデータ収集の複数のモデルを各機関に提示し、検討の支援を行った。これらの案には、GNSS 受信機のマルチポートが設定できる I/O 設定の機能を利用する新たな提案が含まれる。提案した調査団の各案については 5.1.4 で詳述する。

5. 電子基準点のデータ配信体制とシステム構成に関する検討

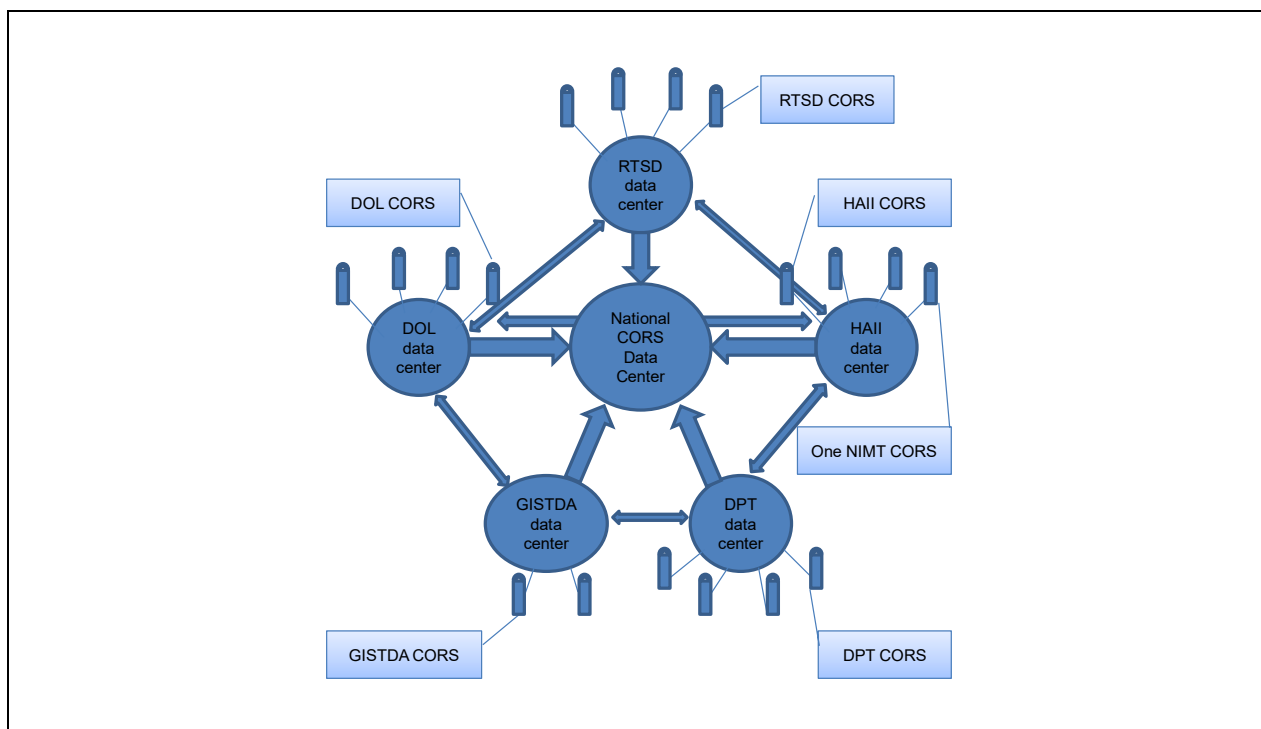


図 5-5 データ収集体制 案 A

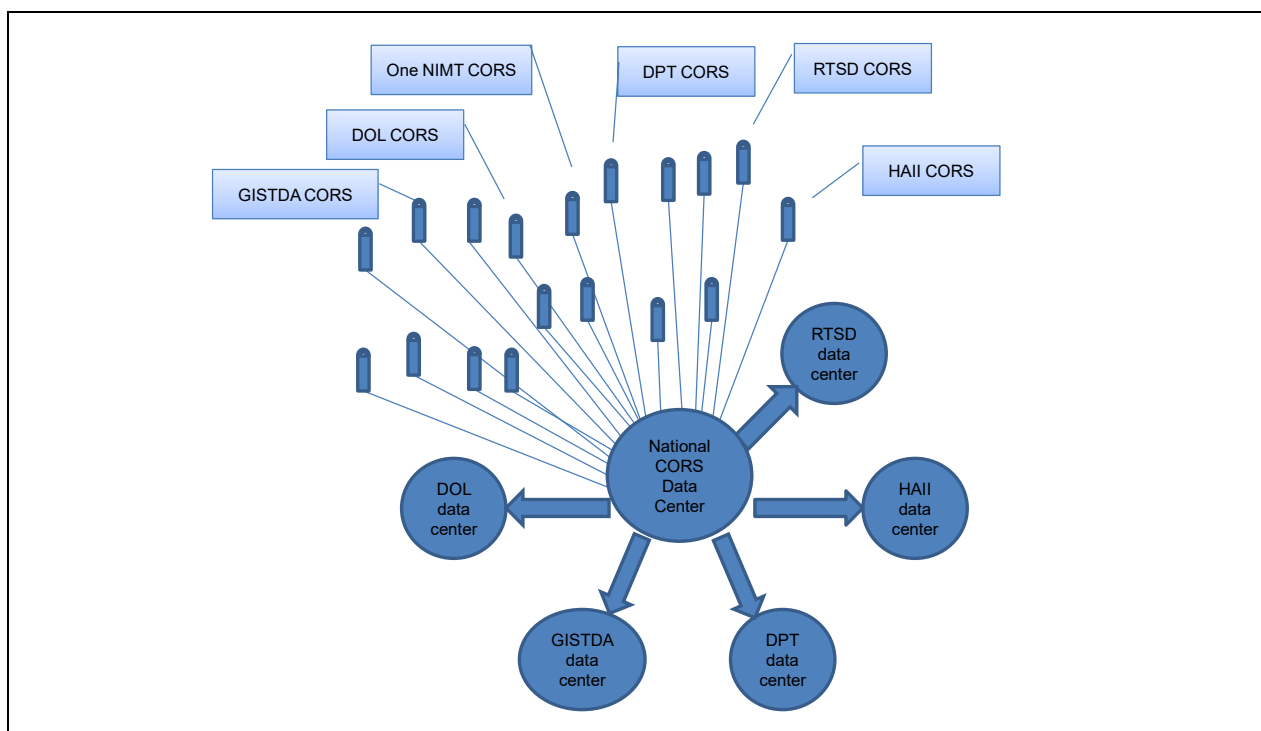


図 5-6 データ収集体制 案 B

5. 電子基準点のデータ配信体制とシステム構成に関する検討

5.1.2. 電子基準点配置計画

現時点でタイ政府各機関は合計で 240 点の電子基準点をタイ国内に設置している。また、今後 DOL が設置を予定している電子基準点 47 点を合わせると 287 点での電子基準点ネットワークが構築されることになる。電子基準点データがタイ国内で公開された際、特に民間の主要な利用用途となるネットワーク RTK について、それを用いた測量成果の水平位置精度は電子基準点の点間距離に大きく依存する。ネットワーク RTK で実用的とされる電子基準点の点間距離はメーカーや日本の配信業者が技術資料を公表しており、内容に多少の違いがあるものの、必要とされる水平位置精度をセンチメートル精度とした際には概ね 70km 以下の点間距離を確保する必要があるとされている²²。また、図 2-2 からは点間距離 70km におけるネットワーク RTK の標準偏差（STD）が水平成分 13mm、上下成分 25mm となることが読み取れる。99.7%の信頼度に相当する 3σ （標準偏差の 3 倍）は、水平成分で 39mm、上下成分で 75mm となり、測量に必要な精度を満たすため、現状での配点にて概ね必要な電子基準点の設置ができています。

5.1.3. 電子基準点の機材仕様

タイにおける電子基準点の設置については現状の配点により概ねカバーできているが、将来的に更なる配点の必要性が生じた場合を想定して、電子基準点システムのシステム構成の要求事項を満たし、かつ目的を達成するための電子基準点の標準仕様案を検討した。検討にあたっては、個々の構成機材の仕様だけでなく、据付方法／場所、自然環境対策、安全対策等も含めて検討を行なった。

GNSS 受信機及び GNSS アンテナの仕様検討について特に重視すべき点は、将来的なタイ国内での電子基準点データ活用のニーズに機材仕様が合致しているかという点と、QZSS の対応である。今後の準天頂衛星の追加配備を見越して、十分な受信可能信号数を備えた機材仕様を検討する。

さらに、電子基準点機材が長期的に効率よく運用されるために、維持管理にかかる費用を可能な限り低減できるような機材仕様を検討する必要がある。

以上の観点から、電子基準点の標準仕様案に関する検討事項を以下のとおりとした。

表 5-3 電子基準点の標準仕様案の検討事項

構成機材／項目	仕様案の検討事項
GNSS受信機	受信可能な衛星の種類、日本及びタイでの電子基準点としての使用実績、観測のサンプリングレート、受信可能な信号の数と種類、受信チャンネル数、機材の測位性能、防水／塵性能、通信インターフェース、データ記憶容量、データ記録方法、出力データフォーマット、バッテリー性能、遠隔操作対応の可否
GNSSアンテナ	アンテナの形式、受信可能な衛星の種類、アンテナ位相特性、防水／防塵性能、干渉電波対策

²² Trimble の推奨する距離は 50km、Topcon が想定する距離は 70km。

5. 電子基準点のデータ配信体制とシステム構成に関する検討

構成機材／項目	仕様案の検討事項
タワー	高さ、材質、固定方法、耐風性能
レドーム	形状、材質
データ通信機器	通信方法、通信速度、安定性、日本及びタイでの使用実績
電源制御装置	出力系統数、遠隔操作の可否、セキュリティ対策
格納庫（屋外設置の場合）	庫内サイズ、温度対策機能、防水／防塵性能、セキュリティ対策
据付方法／場所	屋上設置／壁面据付／地上設置の場合の各設置基準、上空視界の基準、干渉電波の有無、永続設置可否の確認
自然環境対策	高温低温／降雨／強風／砂塵／洪水／雷への対策
安全対策	いたずら／盗難／破壊への対策、情報セキュリティ対策

出典：調査団による検討結果

これら事項に従い、標準仕様を検討した結果を巻末に添付する。なお、資料中に具体名の記された機器はあくまで標準仕様を満たす機器の例として挙げたものである。

5.1.4. 電子基準点の観測データの NCDC への統合案

NCDC の設立は、GNSS 小委員会傘下のデータセンター検討・構築 WG（WG 委員長：RTSD 局長）が計画を策定し、データセンター運用 WG（WG 委員長：RTSD 局長）が実施する役割を担っている。NCDC 設立に関する 2020 年度の予算要求を行ったが、2019 年 12 月時点で予算は認可されていなかった。このため、NCDC の詳細な機材仕様は、まだ策定・決定されていない。同様に、NCDC に観測データを提供する各機関の電子基準点も最終決定ではなく、各機関の方針に基づき、提供の可否が最終決定となる。

なお、2019 年 7 月以降データセンター運用 WG の会合が開催され、NCDC 設立に向けた具体的な協議がされている。本項では、各機関の電子基準点の観測データの NCDC への統合方法について、検討を行う。

(1) 観測データの NCDC への統合の前提条件

各機関の電子基準点の観測データを NCDC に統合する方法は、いくつか検討することができる。NCDC への統合方法を検討する上で、前提となる条件は以下のとおりである。

- NCDC 設置を可及的速やかに行う必要がある
- DOL と RTSD は、長期の運営維持管理契約を締結している
- HII や GISTDA の研究開発機関はデータセンターを維持したい
- 実務に利用している DOL、DPT、RTSD の 3 機関は、NCDC が安定運営されないと既存の電子基準点ネットワークを停止することができない

これらの前提条件を踏まえ、NCDC への統合方法を検討する。なお、以下に示す全案に共通して、

5. 電子基準点のデータ配信体制とシステム構成に関する検討

NCDC のサーバにクラウドサーバを利用することも可能である。ただし、クラウド特有のトラブルが発生することもあるため、検討にあたっては留意が必要である。

(2) タイ政府の当初の統合案

タイ政府の当初の統合案では、電子基準点のリアルタイムデータは、各機関のデータセンター（中央局）を介して、NCDC に統合される。手法的には、現在も各機関間で相互ストリームを行っており、運用実績を有している。なお、各機関は、独自に RTK サービスを展開することも計画している。さらに、別の拠点に NCDC のバックアップセンターを設置し、冗長性を高める計画である。

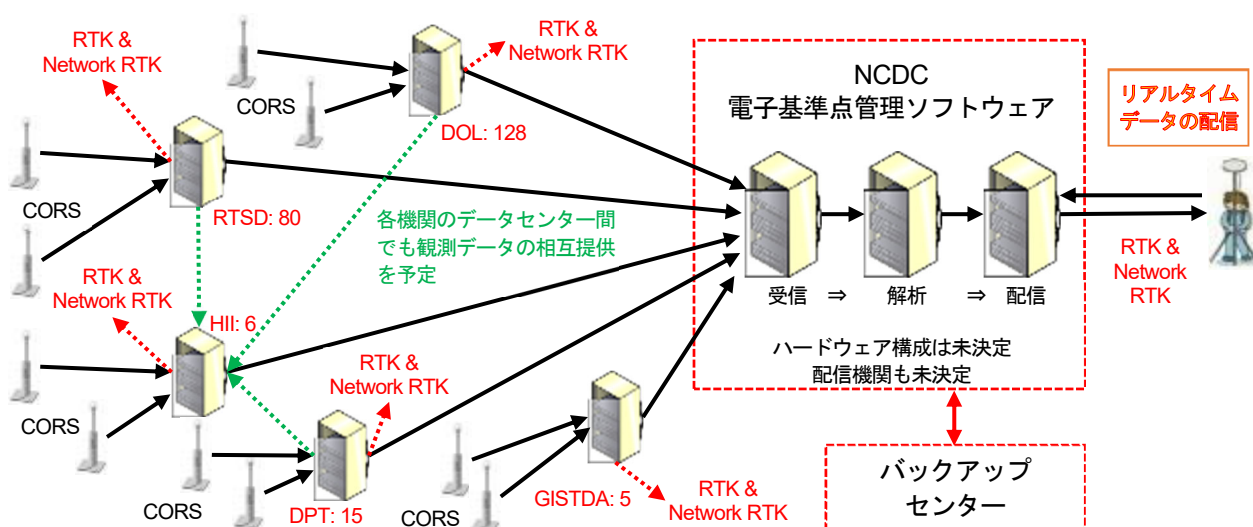


図 5-7 タイ国政府の電子基準点から NCDC への当初の統合案

出典：インタビュー結果から調査団が編集

この統合方法の評価は、下表のとおりである。各機関の運営維持管理計画に大きな配慮が必要なく、速やかに NCDC の設置が期待できる。一方、将来的には、NCDC の運営維持管理の難しさが想定されるため、懸念が残る。

5. 電子基準点のデータ配信体制とシステム構成に関する検討

表 5-4 タイ政府の当初の統合方法の評価

メリット	デメリット
- 各機関の電子基準点システムに大きな変更は無い - 各機関の運営維持管理契約に配慮せず、速やかに実施できる - 各機関がデータセンターを保持できる	- 各機関で問題が発生した場合、リアルタイムデータがNCDCに配信されない - 通信量の増加等により、リアルタイムデータ配信の遅れの懸念される - データ品質（異なる測地基準や座標値に由来する）に懸念が残る - コストの低減効果が見込めない - 問題発生時の運用責任が明確にならない - 各機関のIT機材が、現在よりも高い能力が必要 - NCDCは、電子基準点の運用とモニタリングを直接実施できない

出典：調査団の調査結果より編集

(3) 調査団の提案 A

A案は、日本のGEONETと日本測量協会のストリーミング方法に類似している。全ての電子基準点の観測データは、NCDCの一部であるリアルタイムデータサーバに配信される。リアルタイムデータ（生データ）は、リアルタイムデータサーバを介し、NCDC本体と各機関のデータセンターに配信される。NCDCと各機関のデータセンターは並列的な位置づけになる。

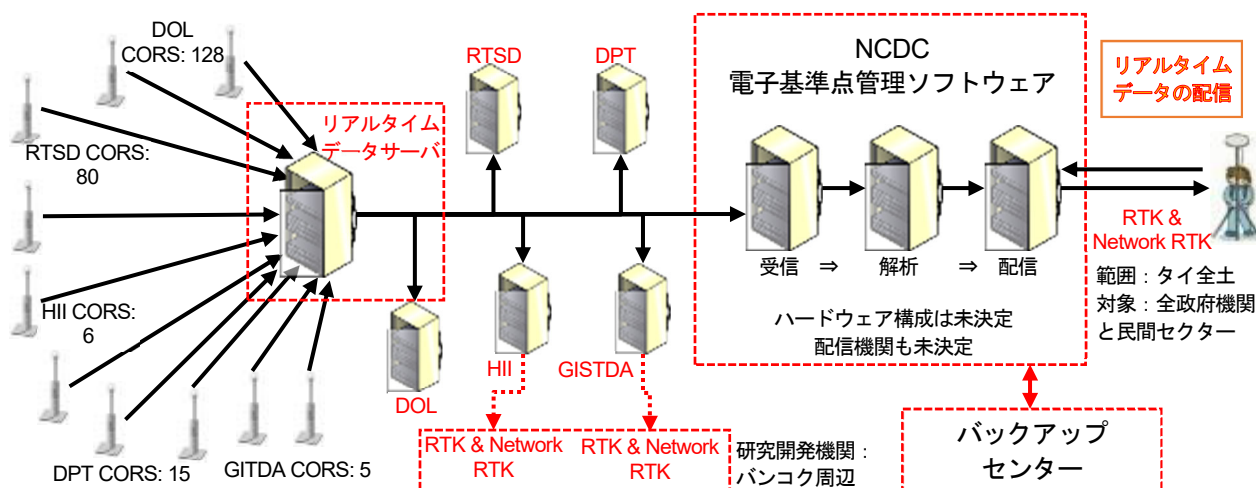


図 5-8 調査団の提案 A の統合方法

出典：調査結果から調査団が編集

5. 電子基準点のデータ配信体制とシステム構成に関する検討

なお、特定目的の有るデータセンターを除き、各機関の運営維持管理契約の終了後、各機関のデータセンターは順次、停止することが望ましい。

この統合方法の評価は、下表のとおりである。各機関の運営維持管理計画に配慮する必要があり、速やかに NCDC が設置できない。一方、日本の方式と類似しており、NCDC の運営維持管理の安定性は期待できる。

表 5-5 調査団の提案 A の統合方法の評価

メリット	デメリット
- リアルタイムデータの通信量を減らすことが可能 - リアルタイムデータの遅延発生の可能性は低い - 全ての電子基準点を集中的にモニタリングできる	- 運営維持管理契約が終了するまで実施できない - リアルタイムデータサーバは、高い冗長性が必要 - モニタリング・ソフトウェア開発が必要

出典：調査団の調査結果より編集

(4) 調査団の提案 B

B 案は、電子基準点を中心とするアイデアである。各電子基準点のリアルタイムデータは、NCDC と各機関のデータセンターに同時配信される。この配信方法は、電子基準点の GNSS 受信機において、マルチポートが設定できる I/O 設定の機能が必要になる。また、通信量を削減するため、各機関間の配信は、限定的に実施することも必要である。

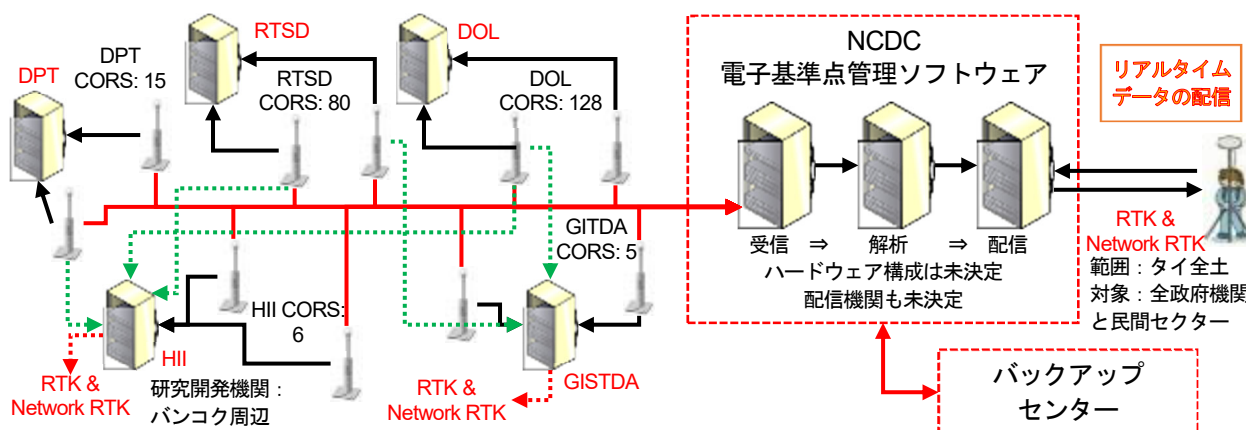


図 5-9 調査団の提案 B の統合方法

出典：調査結果から調査団が編集

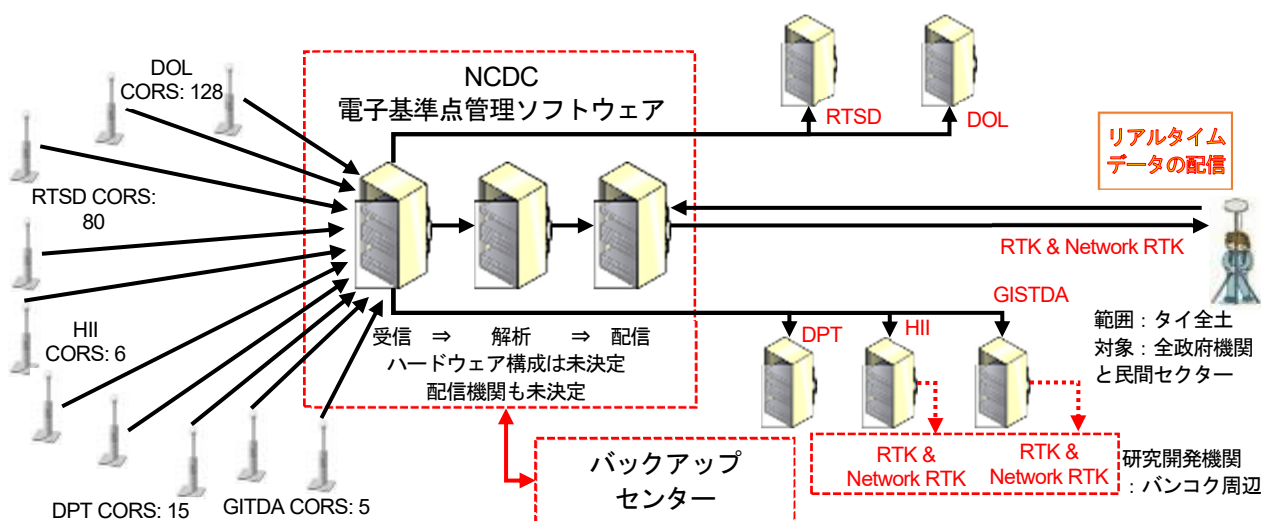
なお、特定目的の有るデータセンターを除き、各機関の運営維持管理契約の終了後、各機関のデータセンターは順次停止し、マルチ配信も順次停止することが望ましい。

この統合方法の評価は、下表のとおりである。各機関の運営維持管理計画に大きな配慮が必要なく、速やかに NCDC の設置が期待できる。また、将来の安定的な運営維持管理も期待できる。

表 5-6 調査団の提案 B の統合方法の評価

出典：調査団の調査結果より編集

この案は、A 案と類似している。しかし、各機関のデータセンターに比して、NCDC を優先している。A 案は、NCDC と各機関のデータセンターへのリアルタイムデータの配信を並列に処理しているが、C 案は、全ての電子基準点の観測データが、直接、NCDC に配信される。リアルタイムデータ（生データ）は、NCDC から各機関のデータセンターに配信される。



出典：調査結果から調査団が編集

この統合方法の評価は、下表のとおりである。各機関の運営維持管理計画に配慮する必要があり、速やかに NCDC が設置できない。一方、各機関の電子基準点を直接 NCDC と接続するため、NCDC の運営維持管理の安定性は期待できる。

5. 電子基準点のデータ配信体制とシステム構成に関する検討

表 5-7 調査団の提案 C の統合方法の評価

メリット	デメリット
- 電子基準点から NCDC への配信が最も安定し早い - リアルタイムデータの遅延発生の可能性は低い - 全ての電子基準点を集中的にモニタリングできる	- 運営維持管理契約の終了まで実施できない - モニタリング・ソフトウェア開発が必要

出典：調査団の調査結果より編集

(6) タイ政府の新たなアイデア

この案は、調査団との協議において、タイ政府の一部から示されたアイデアである。調査団の提案 B に、リアルタイムデータサーバを追加配置する案である。この案では、電子基準点のマルチ配信を制限し、GNSS 受信機のマルチ配信の負担を軽減し、将来的な NCDC の構成も考慮されている。

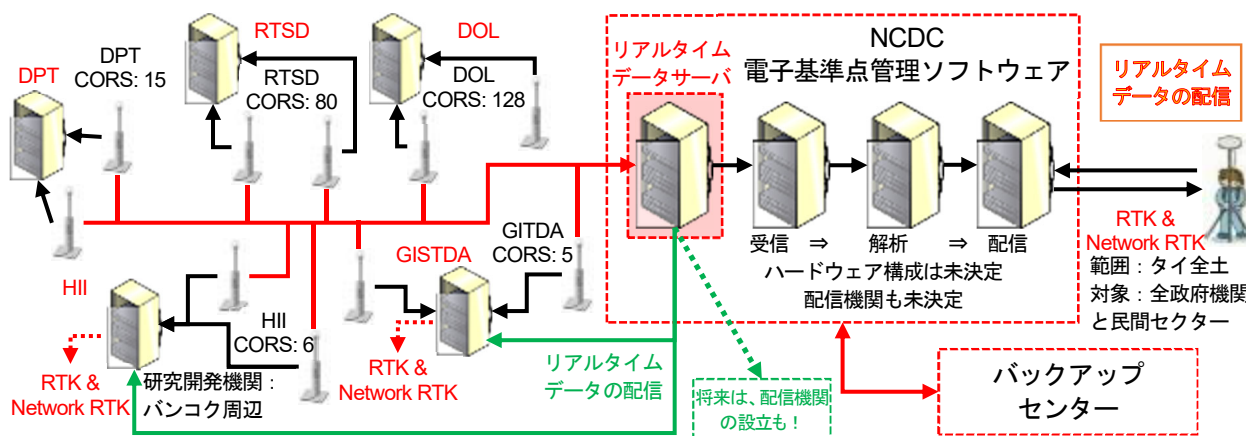


図 5-11 タイ政府の新しい統合方法案

出典：協議結果から調査団が編集

この統合方法の評価は、下表のとおりである。各機関の運営維持管理計画に大きな配慮が必要なく、速やかに NCDC の設置が期待できる。また、将来的に、徐々に NCDC の安定的な運営維持管理やコスト削減も期待できる。

5. 電子基準点のデータ配信体制とシステム構成に関する検討

表 5-8 タイ政府の新しい統合方法の評価

メリット	デメリット
- 各機関のシステムに大きな変更はない - 運営維持管理契約に配慮せず、速やかに実施可能 - 徐々に NCDC 構築を実施することが可能 - 研究開発機関は、データセンターを保持可能	- GNSS 受信機にマルチ配信の機能が必要 - リアルタイムデータの通信量が増加する可能性 - 当初段階、NCDC は電子基準点の運用とモニタリングを直接実施できない - モニタリング・ソフトウェア開発が必要

出典：調査団の調査結果より編集

現段階では、上述の配信方法の案は、決定しているわけではない。今後、タイ政府がテストを実施し、より望ましい方法を採用する予定である。

5.1.5. 国家 CORS データセンター機材仕様

本項では、国家 CORS データセンターの機材構成等を検討する上での留意点を述べる。今後の機材仕様を決定するために検討が必要である。

(1) データセンターの冗長性の確保

NCDC を安定的に運用し、サービス・レベルを維持するため、冗長化を検討する必要がある。一方、過剰な冗長化はコスト面での課題も発生する。タイ政府は、これまでの電子基準点ネットワークの運用経験を踏まえて、決定すべきである。また、これまでの運用維持管理契約の例では、契約者に数日以内の復旧を義務付けているが、具体的な対応策が不明確である。このため、どのようにリスク管理を実施するのか、明確化が必要である。

なお、冗長化を検討する上では、以下の点を考慮し、過剰な仕様にならないようすべきである。日本では、一部の民間配信会社でデータセンターの二重化（別拠点）を実施しているが、多くのデータセンターではサーバ機材の二重化で対応している。国土地理院の場合、サーバ機材の二重化とともに、データのバックアップを別拠点に設置している。NCDC においてもバックアップセンターの設置を検討しているが、コスト高になるデータセンターの二重化に関しては、地震、風水害等の自然災害の発生リスクを踏まえて、慎重に検討すべきである。さらに、電子基準点管理ソフトウェアを格納するサーバを二重化した場合、ソフトウェアのコストが二重に掛かることにも留意すべきである。

5. 電子基準点のデータ配信体制とシステム構成に関する検討

表 5-9 データセンターの冗長化の検討ポイント

レベル	冗長化項目	実施内容（案）	備考
1	データセンター拠点の二重化	主拠点：バンコク、副拠点：バンコク以外 サービスの継続機能、あるいはバックアップのみ	要検討
2	サーバ等の機材の二重化	プライマリとセカンダリ・サーバの配置 ホットスタンバイ、あるいはコールドスタンバイ	要検討
3	電子基準点との通信の二重化	主回線：有線、副回線：携帯電話網（3G/4G）等	実施済み
3	電子基準点の電源の二重化	主電源：系統電源、副電源：バッテリー等	実施済み
4	GNSS 受信機のデータ保存機能	GNSS 受信機のデータ保存の容量（複数日分以上）	実施済み

※レベル 3、4 は、必ず実施した方が良い項目、また、これまでもタイ政府が実施している冗長化である。

出典：調査団の調査結果より編集

また、冗長化の項目ではないが、データセンターから電子基準点へのリモートアクセス機能も確保することが必要である。この機能により、迅速な電子基準点の復旧等が可能になると共に、運用コストの削減が期待できる。

(2) データセンターの機材構成

前述のサーバ等の機材の冗長化以外の点でも、データセンターの機材構成を検討する必要がある。特に、データセンターの主要部であるサーバ機材は、下表の機能から構成されるが、ソフトウェアや運用の内容で実際の物理サーバの構成は相違する。

リアルタイムデータは、24 時間 365 日観測が継続されるため、膨大なデータ量となる。しかし、このデータを継続して保存する必要はない。30 秒の RINEX データ（後処理）は、日本では観測開始以来、全てのデータが保存されているが、このデータもサーバのハードディスク内だけでなく、外部媒体に保存するようにして、過剰なハードディスク容量を持つ必要はない。また、運用の初期段階においては、ユーザ数も少ないことが想定されるため、過剰なスペックにならないように配慮することが必要である。サーバ機材の更新が想定される 5 年程度の期間を想定し、サーバの仕様を検討することが望ましい。

表 5-10 サーバ機材の検討ポイント

サーバ機能	検討のポイント	備考
受信	電子基準点の設置数に応じ、物理サーバ数を考慮する （国土地理院の場合、約 200 点で 1 つの物理サーバを設置） 24 時間 365 日稼働のため、CPU 占有率に配慮する	独立した物理サーバ
アプリケーション	実施する内容に応じて、機材仕様や物理サーバ数を検討する	ソフトウェアや解析

5. 電子基準点のデータ配信体制とシステム構成に関する検討

サーバ機能	検討のポイント	備考
解析機能		内容に応じて、物理サーバの構成を検討する
データベース	リアルタイムデータの保存期間を検討する（数ヶ月程度） RINEX データの仕様と保存期間を検討する	
RTK 配信	RTK サービスのユーザ数に応じ、物理サーバ数を検討する	
RINEX 提供	外部からのアクセスを考慮し、防御策を検討する	独立した物理サーバ
バックアップ	データベースサーバに応じ、仕様を検討する	独立した物理サーバ

出典：調査団の調査結果より編集

その他として、サーバの冗長化やデータ処理量に応じて、ロードバランサーやスイッチ等の配置を検討する。さらに、RINEX データのダウンロード等を行う外部ユーザのアクセス場所等を検討し、DMZ（DeMilitarized Zone：非武装地帯）を設定し、サーバ構成を検討することも必要である。

(3) 電子基準点管理ソフトウェア

NCDC に導入されるソフトウェアは、測量機材メーカー開発のパッケージ・ソフトウェアである可能性が高い。世界的な大手測量機材メーカーのソフトウェアのライセンス費用は、固定的な費用だけでなく、固定基準局（電子基準点）または移動局（RTK サービスの利用者）の数量で変動する。よって、コスト削減の観点から必要最低限のライセンス数量を設定することが望ましい。なお、メーカーによって、ライセンスの計算方法は相違するが、欧米系の手メーカーのソフトウェアは、ほぼ同じ計算方法である。

表 5-11 各機関の電子基準点管理ソフトウェアの運用状況

ライセンス数	DOL	DPT	GISTDA	HII	RTSD
ソフトウェア	CHCNAV CPS	Leica SPIDER	Geo++ GNSMART	Geo++ GNSMART	Leica SPIDER
固定基準局	無制限	15	無制限	40	250
移動局	無制限	無制限	設定なし	設定なし	無制限
現在のユーザ数	約 3,000 ユーザ	約 300 ユーザ	数ユーザ	数ユーザ	約 260 ユーザ

出典：調査団の調査結果より編集

電子基準点管理ソフトウェアの機能要件は、下表のとおりである。なお、タイの電子基準点システムは、複数の衛星システムを受信し、異なるメーカーの機材で構成されるため、衛星システム間、及び異なる機材メーカー間のバイアス処理が必要である。特に、GPS と GLONASS だけでなく、他の衛星システムにも対応していることが必要である。

5. 電子基準点のデータ配信体制とシステム構成に関する検討

表 5-12 電子基準点管理ソフトウェアの機能要件

機能項目	主な機能
GNSS 観測データ	観測データの収集・保存、通信監理、フォーマット変換、編集 等
観測データの解析	電子基準点の日々の座標計算、変位モニタリング 等
RTK サービス	RTK 補正データの生成、補正データの配信 等
RINEX サービス	RINEX データのダウンロードサービス、観測データの取得状況 等
モニタリング	電子基準点の情報管理、モニタリング、遠隔メンテナンス、観測データの品質モニタリング 等
ユーザ管理	ユーザ登録、パスワード管理、アクセス管理、課金 等
その他	バックアップ、複数メーカーの機材の遠隔制御 等

出典：調査団の調査結果より編集

GNSS 機材メーカーのソフトウェアは、上述の大部分の機能を包含しているが、要求する仕様によっては、追加のソフトウェア開発の必要性がある。あるいは、別のソフトウェアを手動で動作させることも必要になる。

現段階で、追加のソフトウェア開発を検討すべきポイントは、以下のとおりである。

表 5-13 追加のソフトウェア開発のポイント

開発項目	追加のソフトウェア開発の検討のポイント
リアルタイムデータサーバ	リアルタイムデータサーバの設置の判断
ユーザ管理	パッケージ・ソフトウェアの仕様と機能要件が一致しない場合
電子基準点の定常的解析（日々の座標計算）	ベルニーズを使用する場合
RINEX サービス	ユーザの利便性やセキュリティを優先する場合

出典：調査団の調査結果より編集

なお、NCDC で利用するソフトウェアに関しては、RTSD のソフトウェア開発を流用することも検討すべきである。特に、ベルニーズを活用した座標計算のソフトウェアは、注目すべきである。

(4) データ・フォーマット

NCDC を運営する上で、電子基準点とデータセンター間のデータ、RTK サービスの補正データ、後処理用データのフォーマットにも注意する必要がある。

5. 電子基準点のデータ配信体制とシステム構成に関する検討

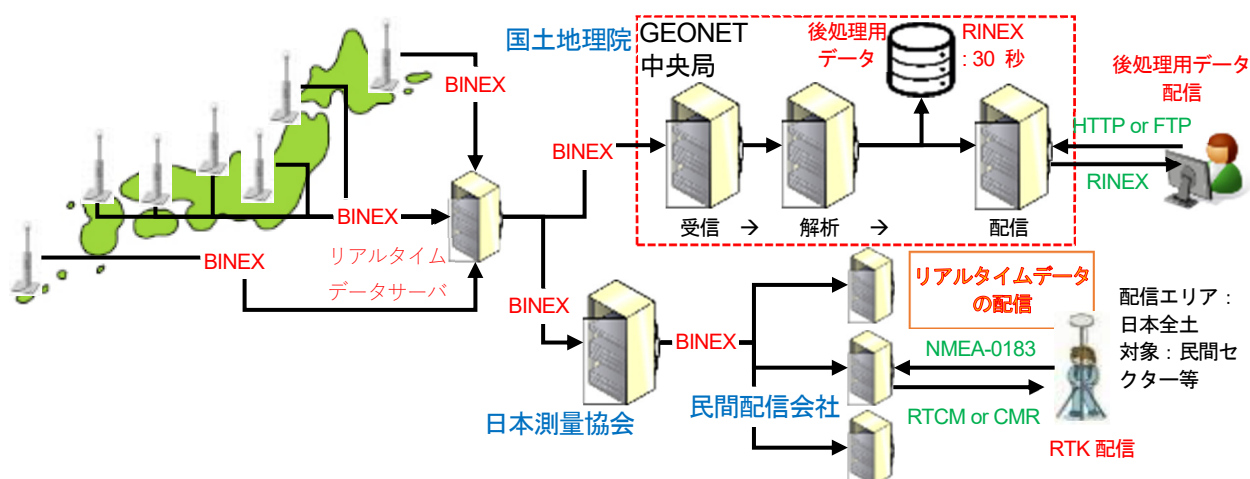


図 5-12 GEONET で使用されているデータ・フォーマット

出典：国土地理院、日本測量協会、他

(a) 電子基準点とデータセンター間のデータ

電子基準点で観測したデータは、構成する GNSS 受信機より NCDC に送信される。GNSS 受信機の製造メーカー固有のフォーマットで送信することも可能である。しかし、NCDC は、複数メーカーの GNSS 受信機の使用、後々のデータ処理や機材の更新等を考慮し、世界標準のフォーマットを採用することが望ましい。なお、現在のタイ政府の各機関においても世界標準のフォーマットが採用されており、継続すると思われる。

標準的な通信フォーマットとしては、米国 GPS 大学連合 (University NAVSTAR Consortium: UNAVCO) 等が開発した「BINEX」、あるいは海事業務無線技術委員会 (Radio Technical Commission for Maritime Services: RTCM) が提唱する「RTCM 3.2 MSM」が考えられる。日本の GEONET では、当時、搬送波位相の有効桁数が優れていた BINEX を採用し、現在も継続的に利用している。なお、RTCM フォーマットは、BINEX に比して、データサイズは大きくなるが、現在のトレンドとしては、RTCM の採用が一般的である。

(b) RTK サービスの補正データ等

RTK サービスの補正データのフォーマットも GNSS 機材メーカー固有のフォーマットではなく、世界標準的なフォーマットの採用が望ましい。一般的には、RTCM フォーマットが採用されている。

5. 電子基準点のデータ配信体制とシステム構成に関する検討

表 5-14 RTCM フォーマット

バージョン	発表年月	概要	対象衛星
RTCM 2.3	2001.08	RTCM 推奨の DGNSS サービスのフォーマット、世界中で広く使用されている	GPS, GPS+Glonass
RTCM 3.0	2004	RTCM 2.3 の効率的な代替フォーマット（データ圧縮等）	GPS, GPS+Glonass
RTCM 3.1	2006		
RTCM 3.2	2013.02	高精度なフォーマット、マルチ GNSS 対応	GPS, GLONASS, Galileo, QZSS, BeiDou, SBAS

出典：RTCM 等

また、米国トリンブル社の CMR フォーマットも多くの GNSS 機材メーカーで採用され、デファクトスタンダードの 1 つである。ただし、マルチ GNSS 対応の CMRx フォーマットは未公開である点に留意することが必要である。

表 5-15 トリンブル社 CMR フォーマット

フォーマット	発表年	概要	備考
CMR	1992	初期の GPS-RTK のフォーマットとして開発	
CMR+	1997	CMR の拡張バージョン（GPS、GLONASS）	2005 年、Glonass 対応
CMRx	2009	全ての GNSS システムに対応	トリンブル社のみ、未公開

出典：トリンブル社

なお、RTK サービスにおいて、移動局からデータセンターへの通信（移動局の位置情報の伝達）を行うプロトコルは、全米船舶用電子機器協会（National Marine Electronics Association: NMEA）の NMEA-0183 が一般的に使用される。

さらに、補正データの配信（通信プロトコル）は、Ntrip 方式（Networked Transport of RTCM via Internet Protocol）を採用することが望ましい。Ntrip 方式は、インターネットを経由して、データセンターや移動局でやり取りされる補正データや GNSS データ用に設計された RTCM 専用の通信手段である。

（c）後処理用データのフォーマット

後処理用データのフォーマットは、RINEX（Receiver Independent Exchange Format）が世界標準のフォーマットである。このフォーマットは、1989 年、スイスのベルン大学天文研究所で開発され、現在は、国際 GNSS 事業（International GNSS Service: IGS）と RTCM の第 104 委員会（SC-104）が管轄している。現在の最新バージョンは、2018 年 11 月に発表された「3.04」である。

5.2. 電子基準点システムの運営維持管理体制の検討

5.2.1. 電子基準点の運営維持管理

電子基準点システム全体を運営維持管理するための電子基準点の運営維持管理計画について検討を行う。タイでは複数の政府機関が電子基準点を設置している。運営維持管理に関して、現状はそれぞれの設置機関の方針に従って計画、実施されているが、今後データセンターの統合と電子基準点システム全体の運営維持管理の効率化を考えた場合には、運営維持管理業務の統合を検討する必要がある。業務を統合することで、スケールメリットによる各種費用の削減が可能になる反面、各機関での取り決めが必要になり、合意形成に時間がかかる可能性がある。また、各機関の負担の配分と、各機関の主な利用用途による運営維持管理の方針の違いについて調整が必要になる。具体的には、民間企業への高精度リアルタイム補正データ配信を主な用途としている機関と、長期的な研究が主な用途の機関では、障害発生時の復旧までにかかる時間の要求に差がある。

運営維持管理業務の統合について、メリット、デメリットは以下のとおりである。

表 5-16 電子基準点の運営維持管理業務統合のメリット／デメリット

メリット	・ 運営維持管理に関する人件費が削減可能 ・ 契約をまとめることで通信費、電気使用費が削減可能 ・ 外注による保守の場合、契約をまとめることで保守費用が削減可能 ・ 消耗品の調達費用が削減可能 ・ 運営維持管理に関するノウハウが蓄積されやすい
デメリット	・ 費用面、人材面での各機関の負担内容に関する取り決め、合意形成に時間がかかる ・ 各機関の運営維持管理方針の調整に時間がかかる

出典：調査団によるヒアリング調査結果

電子基準点の運営維持管理業務について、日本で実施されている業務項目を調査したうえで、タイ政府機関でのヒアリング結果を考慮し、運営維持管理計画に関する検討事項を列挙する。特に電子基準点の運営面、維持管理面でタイ政府機関が抱えている課題を抽出し、その課題を解決するための方策を計画の中に盛り込むことに留意した。また既存の設備は現在は民間業者とのメンテナンス契約が締結されているが、契約の終了後にどのように維持管理していくのか予算確保も含めた計画が必要となる。さらに適切なメンテナンスを行っていたとしても、導入後 7～10 年を過ぎるころには機材の入れ替えも必要となってくる。一度に全てを交換するのは現実的ではなく、年次毎の交換対象電子基準点の選定及びその交換に係る予算の計画が必要である。

5. 電子基準点のデータ配信体制とシステム構成に関する検討

表 5-17 電子基準点の運営維持管理計画に関する検討事項

項目	検討事項
人員／体制	通常時／障害発生時、平日／休日、日中／夜間のそれぞれの対応 障害発生時の連絡／指揮系統 役割と責任範囲の明確化
維持管理費用	人件費 通信費 電気使用費 消耗品の費用 定期メンテナンス費 障害時の対応費
財源	年間の予算額と予算確保の方法
メンテナンス頻度	重要度によるメンテナンス頻度の区分 自然条件等によるメンテナンス頻度の区分 リモートによるメンテナンス実施項目の検討
故障時の対応	緊急度の設定 復旧目標の設定
アウトソーシング	実施項目ごとに外注の検討 セキュリティを考慮
寿命による機材交換	機材ごとの標準寿命の設定 不具合原因の調査 機材交換に係る費用の検討と財源の確保
上空視界の確保（伐採）	上空視界の基準設定 電子基準点ごとのリスクの把握と対応方法の検討 上空監視カメラの設置など遠隔操作による監視方法の検討
構造物の維持	植物繁茂や経年変化による構造物の劣化監視 メンテナンス費用の見積
電子基準点の移設	電子基準点ごとのリスクの把握と検討 移設による諸対応（許可手続き、座標計算、公開、運用）
問い合わせ対応	電子基準点自体に関する問い合わせ対応 メンテナンス会社からの問い合わせ対応 対応マニュアルの作成

出典：調査団による検討結果

5.2.2. 国家 CORS データセンターの運営維持管理

NCDC の運営維持管理に関しては、GNSS 小委員会傘下のデータセンター運用 WG（WG 委員長：RTSD 局長）が計画を策定し実施する役割を担っている。しかしながら、NCDC 設立前でもあり、詳細は定められていない。

5. 電子基準点のデータ配信体制とシステム構成に関する検討

(1) 各機関の運営維持管理の状況

NCDC の運営維持管理を検討する上で、現在の各機関の運営維持管理状況を整理する。

DPT や RTSD の運営維持管理に関する契約は複数年の長期間であり、データセンターの運営、電子基準点の定期点検、障害発生時の復旧対応、ソフトウェアの保守、消耗品、通信費、電気代、交換部品等を含めた包括的な契約となっている。さらに安定的かつ円滑に運用することが義務付けられており、必要に応じて、当初仕様と異なる機材の交換等も発生する。

一方、DOL は、電子基準点システム運営の主体を担っている。外部委託は、データセンターの運営を除き、包括的な運営維持管理契約を締結している。データセンターは、24 時間／365 日体制で DOL が主体となり、運営している。問題発生時は、代理店の支援を受けることもできる。

他方、GISTDA や HII の研究開発機関は、ほとんどの運営維持管理業務を自身で実施しており、包括的な契約は締結していない。ソフトウェアや GNSS 機材の保守に関する程度である。

表 5-18 各機関の電子基準点システムの運営維持管理の状況

項目	DOL	DPT	RTSD	GISTDA	HII
設置目的	測量／地理空間情報に関する実務			電子基準点利活用の研究／開発	
設置エリア	タイ全土			バンコク周辺	
電子基準点数	134	15	80	2	6
運営主体	DOL	機材メーカーの代理店		GISTDA	HII
維持管理	DOL+代理店	代理店との包括契約		GISTDA	HII+代理店
契約年数	7 年	1 年（年次契約）	5 年	3 年（ソフトのみ）	5 年

出典：調査団の調査結果より編集

機関名	数量	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
DOL	62			←								
	30				←							
	36					←						
DPT	15				←	→	←	→	←	→		
GISTDA	-				←		→					
HII	6			←					→			
RTSD	80						←					→

図 5-13 各機関の電子基準点システムの保守契約の状況

出典：調査団の調査結果より編集

5. 電子基準点のデータ配信体制とシステム構成に関する検討

(2) NCDC の位置づけと人員配置

2018 年 5 月の国家 GIS 委員会の決議で、RTSD が 2019 年度（2018 年 10 月～2019 年 9 月）の新規プロジェクトとして NCDC 設立を担うこととなり、NCDC の機材整備経費について 2020 年度国家予算の要求を行っている。2019 年 12 月時点で、この予算要求は、デジタル経済省傘下のコンピュータに関する政府調達委員会で審査中である。また、NCDC の設置場所は、RTSD の航空写真保存の拠点内（バンコク都、ラップラオ通り沿い）となっている。

NCDC の運営維持管理に関しては、複数の政府機関等で構成される GNSS 小委員会傘下のデータセンター運用 WG（WG 委員長：RTSD 局長）が責任を有するが、上述の内容を考慮すると、RTSD の実施責任が大きいことが理解できる。しかしながら、現段階では、NCDC がどの組織に組み込まれるかは決定していない。あるいは、物理的な組織となる NCDC が、会議体である国家 GIS 委員会や GNSS 小委員会の傘下とすることが可能か、タイ政府として、検討することが必要である。

今後であるが、NCDC の組織的な位置づけや政府職員の人員配置を決定することが、具体的な NCDC の運営維持管理体制を検討する上での第一歩となる。

(3) 運営維持管理の実施体制

NCDC の運営維持管理計画として、まずは、NCDC の実施体制を検討する必要がある。タイ政府の人材だけで運営維持管理するのではなく、民間セクターの外部人材をどのように活用するかが重要なポイントである。

下図は、日本の GEONET の中央局の外部人材の実施体制であり、24 時間／365 日で稼働している。なお、実施体制は、契約で詳細が決められているわけではなく、契約上の必要条件を遵守し、契約者が判断してアサインを行っている。勤務の実態としては、平日の昼間時で 3 名程度で業務を行っている。

外部要員	日	月	火	水	木	金	土	備考
業務責任者		←---	---	---	---	---	→	非常勤、電話即応
ソフトウェア		←---	---	---	---	---	→	
セキュリティ		←-----→						通常勤務、電話即応
技術要員	←-----→							4 名で 3 交代制、常時 1 名は在籍

図 5-14 GEONET の中央局の実施体制

出典：国土地理院

GEONET の場合、外部人材は主に ICT 系の SE である。ただし、解析業務までを委託内容に含めているので、実施体制として、測量や GNSS の知識が必要になる。なお、測量や GNSS に精通している必要性は、NCDC の委託する業務内容に依り、外部人材に求められる条件は異なってくる。

5. 電子基準点のデータ配信体制とシステム構成に関する検討

表 5-19 GEONET の外部人材に求められる役割と任務

外部要員	主な役割と任務
ソフトウェア	- ソフトウェアの正常運用が行える保守体制の維持 - ソフトウェアとハードウェアの障害発生時の障害原因の特定と復旧 - ハードウェアのサポートに関する情報収集 - IGS 等の GNSS 関係機関の提供する情報の収集と報告
セキュリティ	- GEONET 中央局等の情報セキュリティの維持 - HTTP や FTP 等のログ収集、ユーザの統計、Web ページの監視 - ネットワーク図等の資料作成、IP アドレス・アカウント情報管理 - ライセンスやセキュリティに関する情報収集と提案
技術要員	- 観測データのダウンロード - データ収集のモニタリング、トラブル対応と電子基準点の復旧 - ハードウェアとソフトウェアの稼働監視 - 観測データの変換と配信 - 機能不全となった電子基準点の復旧支援

出典：国土地理院

なお、GEONET では RTK サービスを民間の配信会社が担っているが、NCDC の運用においては、その点を考慮し、人員体制を検討することが必要である。特に、RTK サービスのユーザ対応業務は、想定するユーザ数によっては、増員することが必要である。

(4) 運営維持管理の管理体制

NCDC の運営を外部委託する場合、その管理体制も検討することが必要である。特に、外部人材との業務の区分を明確にすることが必要である。また、障害発生時や日常業務における指揮命令系統も確立する必要がある。

国土地理院内で GEONET の運用維持管理全般を担っているのは、測地観測センターである。うち、GEONET の運用は、電子基準点課が担っている。

5. 電子基準点のデータ配信体制とシステム構成に関する検討

表 5-20 国土地理院 測地観測センターの概要（2019 年 1 月時点）

役職名・部署名	人数	役割・任務等
測地観測センター長	1	測地観測センターの全業務を総括
衛星測地課	12	総務、計画、予算、技術開発、技術整備
電子基準点課	16	GEONET の運用・高度化
地殻監視課	10	地殻変動の監視・提供

出典：国土地理院

電子基準点課の職員が担っている業務は、以下のとおりである。なお、電子基準点の移設や機材の更新といった維持管理の業務は判断と決定が主であり、実際の業務は業務委託先が担っている。

表 5-21 電子基準点課の職員の役割

業務区分	主な役割
日常業務	- 全てのサーバ等の動作状況の確認 - 全ての電子基準点の動作状況の確認 - 全ての障害情報の共有 - 観測停止等の Web への掲載依頼 - 定常解析の再解析依頼 - 観測点設置・撤去情報の共有とシステムへの登録・削除依頼 - オンサイト業務とデータセンターの業務調整
維持管理業務	- 電子基準点の成果計算、位相特性モデルの計算 - 電子基準点の成果停止（判断と決定） - 電子基準点の移設（判断と決定） - 電子基準点内部機器、GEONET サーバの修理と更新（判断と決定） - 電子基準点の現地確認 - 電子基準点周辺の樹木の伐採（判断と決定） - 定常解析の調整、解析失敗時の原因特定・解消 - 新技術・新仕様への対応 - 問い合わせ対応

※地殻変動のモニタリングやセミダイナミック補正は、電子基準点課以外の部署で実施

出典：国土地理院

(5) NCDC のサービス

NCDC から他の政府機関や民間セクターに提供するサービスとしては、RTK の補正データの配信と

5. 電子基準点のデータ配信体制とシステム構成に関する検討

RINEX データ（後処理用）のダウンロード等が想定される。また、各電子基準点の稼働状況を公開することもユーザサービスとして、検討することが必要である。

表 5-22 電子基準点のサービス内容の検討事項

サービス	検討事項
RTK	- サービスレベル（サービス時間等を含む）やサービス内容 - ユーザ対応（ユーザ登録、パスワード管理、問い合わせ対応等）
RINEX	- データ仕様（フォーマット、データ取得間隔、衛星の組み合わせ、時間等） - ユーザ対応（ユーザ登録、パスワード管理、問い合わせ対応等）
その他	- 電子基準点の属性情報の公開（名称、受信機・アンテナの名称、所在地、経緯度等） - 電子基準点の稼働状況の公開（稼働中、停止中、停止予定、廃点等） - 電子基準点の観測データの取得状況（欠測データの公開）

出典：調査団の調査結果より編集

(6) 運営維持管理計画の策定

NCDC の運営維持管理を行う上で、上述の内容を含む運営維持管理計画の策定が必要である。特に、セキュリティ対策、定期点検、障害発生時の対応、機材の更新計画等は、必須である。なお、セキュリティ対策は、これまでの対策以上に、十分に検討する必要がある。また、これら業務のマニュアルや報告・記録用のフォームの作成も検討すべきである。

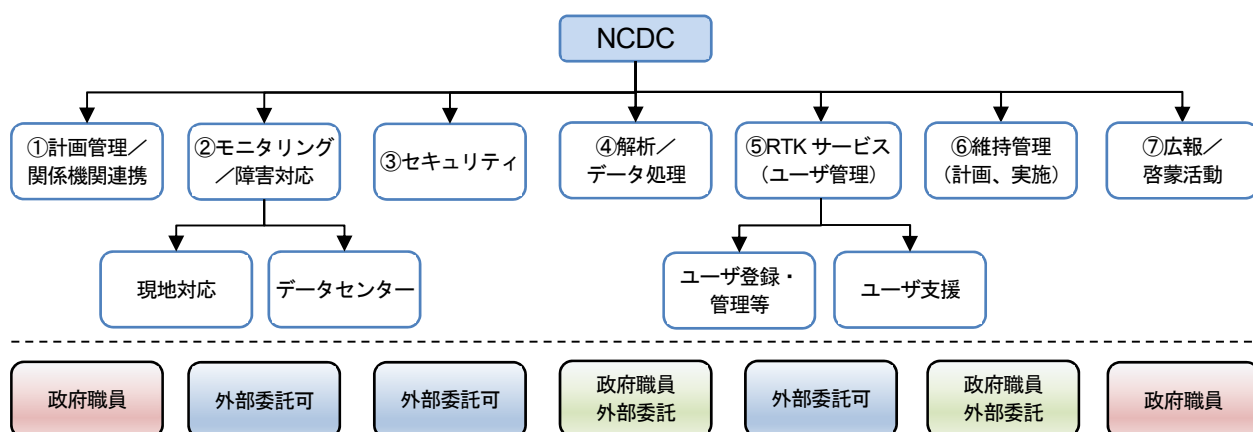
(7) 電子基準点のモニタリングと復旧方法

NCDC 設立後、現行の維持管理契約の関係もあり、当面の間、電子基準点の所管と管理は、設置した各機関になる可能性が高い。この場合、電子基準点のモニタリング、メンテナンスや障害発生時の連絡方法、復旧方法等を所管の機関と調整することが必要である。

5.2.3. 国家 CORS データセンターの運営に必要な役割と機能

上述の留意点等から、具体的に NCDC に必要な役割と機能を想定する。また、政府職員だけでなく、外部要員の活用も検討する。特に、ICT 系の業務に関しては、外部要員の活用が望ましい。なお、電子基準点の維持管理は、将来、NCDC に引き継がれると想定し、役割と機能に含めている。

5. 電子基準点のデータ配信体制とシステム構成に関する検討



※上述の機能や役割は、調査団からの提案であり、今後、更なる検討が必要である。なお、外部委託であっても、政府職員による指揮命令系統は確立する必要がある。

図 5-15 NCDCC に必要な役割と機能

出典：調査団の調査結果より編集

なお、全体として、意思決定が必要な業務を外部委託することは望ましくない。このため、計画管理、維持管理、広報／啓蒙活動に関しては、外部委託することは難しい。外部委託業務は、日常的なルーティン業務に限定することが望ましい。

以下に、各役割が果たすべき機能と留意点、表 5-23 に現状の各機関の運営状況を示す。

① 計画管理／関係機関連携

予算の立案、執行も含めて、NCDCC 全体の計画を管理する。さらに、GNSS 小委員会や政府全体への窓口としても機能する。さらに、タイの IGS 事業等に関する国際的な窓口としても機能する。

② モニタリング／障害対応

日常的に電子基準点とデータセンターの稼働状況をモニタリングする。電子基準点の障害発生時には、現地スタッフと連携して、復旧を図る。24 時間／365 日体制とするか、検討が必要である。なお、外部委託し易い業務であるが、指揮命令系統や外部委託者の役割を明確にすることが必要である。

③ セキュリティ

ソフトウェア、ハードウェアに関する日常的なセキュリティ対策を実施する。また、NCDCC への不正アクセスを防御する体制を構築することが必要である。本業務も外部委託し易い業務であり、詳細は GEONET の外部委託（セキュリティ）の内容を参照のこと。

また、NCDCC 全体のセキュリティ・ポリシーの策定や運用を担うことが必要であるが、これは政府職員が担うべき業務である。

④ 解析／データ処理

日常的に、電子基準点が受信したデータをデータセンターにおいて、解析、データ処理する業務である。これも外部委託し易い業務であるが、最終的なデータ処理の結果に関しては、政府職員が判断す

5. 電子基準点のデータ配信体制とシステム構成に関する検討

べきである。さらに、高度な解析業務に関しては、政府職員が担うべきである。

⑤ RTK サービス（ユーザ管理）

政府機関や民間セクターにネットワーク RTK 等のサービスを提供するための業務である。サービス提供のモニタリング、ユーザ登録、サービス提供時の支援、障害発生時の対応が想定される。また、電子基準点がメンテナンス等で停止する場合のアナウンス等を実施することも必要である。さらに、停電や通信障害発生時の外部機関との連絡体制も構築する必要がある。

⑥ 維持管理（計画、実施）

電子基準点や NCDC の年毎の維持管理計画を策定する。定期的な機材更新計画を基に、機材の調達、更新を実施する。さらに、新技術の検討や採用、電子基準点の移設や新設が必要な場合、それらの検討も実施する。

⑦ 広報／啓蒙活動

NCDC や電子基準点に関する啓蒙活動を実施し、民間セクター等に電子基準点の技術を普及させる。ワークショップやセミナーへの参加や実施も検討する。一般的な問い合わせ対応も担う必要があり、外部委託は望ましくない。

表 5-23 現状の各機関のデータセンターの運営状況

NCDC 機能	DOL	DPT	RTSD	GISTDA	HII
①計画管理／関係機関連携	DOL	DPT	RTSD	GISTDA	HII
②モニタリング／障害対応	DOL	契約業者	契約業者	GISTDA	HII
③セキュリティ	DOL	契約業者	契約業者	GISTDA	HII
④解析／データ処理	導入時は契約業者	DPT	契約業者（予定）	GISTDA	HII
⑤RTK サービス（ユーザ管理）	DOL	契約業者	契約業者	GISTDA	HII
⑥維持管理（計画、実施）	DOL+契約業者	計画：DPT 実施：契約業者	計画：RTSD 実施：契約業者	GISTDA	HII+契約業者
⑦広報／啓蒙活動	DOL	一般向けのサービスなし	TBD	GISTDA	HII

5.2.4. 電子基準点の運営維持管理計画

以下は、現状と課題をふまえた現時点の調査団の提案する運営維持管理計画である。

5. 電子基準点のデータ配信体制とシステム構成に関する検討

(1) 目標

- ① 2025 年（5 年後）を目途に各機関の保有する電子基準点（想定点数 287 点）の維持管理を一元化する。
- ② 7 年周期を目途に機材の更新を行う。

(2) 課題

- ① 電子基準点の運営維持管理は、現状ではそれぞれの設置機関の方針に従って計画、実施されており、統一的な運用が困難である。
- ② そのための予算と組織をそれぞれの設置機関が管理しており、全体的な最適化が困難である。

(3) 必要な活動

(a) 目標①への対応

- ・ 電子基準点の運営維持管理に必要な予算の獲得と執行を NCDC に一元化することについて関係機関間の合意を形成する。
- ・ 合意に基づき、電子基準点の運営維持管理は予算の獲得と執行を含めてすべて NCDC が一元的に実施する。各機関で外注している運営維持管理契約は現契約の終了時に一元化へ移行する。
- ・ 各機関保有の電子基準点から NCDC への通信方法を現在実施中のデータストリーミングテストの結果に基づき決定する。
- ・ 決定した通信方法に適合した通信回線への変更を行う。変更に当たっては将来の一元化に際して大口契約による経費削減に有利な回線を選定する。
- ・ 日常的な電子基準点機材の維持管理及びその周辺環境の維持管理を実施するためのマニュアルを整備し、それに基づき定期的な維持管理を実施する。
- ・ 新技術の情報収集と習得に努め、必要に応じて導入を図る。

(b) 目標②への対応

- ・ 稼働後 7 年を経過した機材（受信機及びアンテナ）について順次更新を行う。
- ・ 更新に際しては将来的な平準化を考慮し、費用の大きな電子基準点受信機及びアンテナについては年間 41 台を目安に更新する。更新対象となる機材がそれより多い場合は老朽化の程度により選択する。
- ・ 新技術の情報収集と習得に努め、必要に応じて機材の更新に反映させる。

5. 電子基準点のデータ配信体制とシステム構成に関する検討

(4) 必要な経費

- ・ 通信回線については、DOL の現契約を参考にとすると年額 6,666,000 バーツの経費が必要と見込まれる (3.3.1. (2) (b) 参照)。
- ・ 機材の更新については、受信機 41 台に対して 25,000,000~38,000,000 バーツ (1 台当たり 20,000~30,000USD を想定) の経費が必要と見込まれる。ただし、将来的には受信機価格の低廉化によりこれより低い数値が期待できる。
- ・ アンテナの更新については、アンテナ 41 台に対して、12,500,000~19,000,000 バーツ (1 台当たり 10,000~15,000USD を想定) の経費が必要と見込まれる。電子基準点に使用されるアンテナがチョークリングアンテナという特殊なものであることから価格の低下は期待できないが、国土地理院におけるアンテナの更新周期が受信機よりも長い実態に鑑みると、更新周期の延長は可能である。
- ・ 電子基準点機材及び周辺環境の定期的な維持管理の外注経費、故障の際の修理費が上記経費とは別途発生する。
- ・ その他、通信機、電源装置、バッテリー、ケーブル、ピラー、機材収納庫等についても適宜更新経費が必要である。
- ・ これら経費 (年間 44,000,000~64,000,000 バーツまたはそれ以上) の財源は、当面はデータ提供が無償で行われることから、国費で賄うことが想定される。将来的にはデータユーザーへの課金で一部経費を回収できる可能性があるが、それには千人規模のユーザーが必要である (3.3.1.(2)(b)参照)。

(5) 担当部署

- ・ 調査団が提案した NCDC 組織のうち、「計画管理／関係機関連携」、「モニタリング／障害対応」、「維持管理 (計画、実施)」がそれぞれの機能に応じて担当する。

5.2.5. データセンターの運営維持管理計画

以下は、現状と課題をふまえた現時点の調査団の提案する運営維持管理計画である。

(1) 目標

- ① 少なくとも現在の DOL のデータユーザー数 (約 3,000) に対して、サービス水準合意 (SLA) を示し (例えば 99% の稼働率)、その水準を維持する。
- ② ユーザー層を拡大し、ユーザー数を増大させる。(運用開始 1 年後を目途に 2025 年の数値目標を決定する)
- ③ 7 年周期を目途に機材の更新を行う。

5. 電子基準点のデータ配信体制とシステム構成に関する検討

(2) 課題

- ① 電子基準点の座標値が統一された測地基準に基づいていない。
- ② 電子基準点の活用推進のためには、地理空間情報の座標値が電子基準点と同じ測地基準に基づくか、または同じ測地基準に変換可能でなければならないが、現状はそうではない。
- ③ 電子基準点の運営維持管理が NCDC に一元化されていない現状では、電子基準点の位置に変動があった場合やデータに異常が発見された場合に、NCDC において迅速な対応を行うことが困難である。
- ④ 電子基準点の運営維持管理が NCDC に一元化されていない現状では、NCDC が SLA を提示するのに適切なデータ品質要件を定義することは困難である。
- ⑤ NCDC において日常的な情報セキュリティ対策に従事する人員の確保と情報セキュリティのためのツールが必要である。
- ⑥ ユーザー数の増大に対応するための人員の確保と機材の数・性能の向上が必要である。
- ⑦ GNSS の新技術を研究、習得し、その研究成果を NCDC の業務において活用し、また民間セクターへ伝達する体制を構築する必要がある。

(3) 必要な活動

(a) 目標①への対応

- ・ 電子基準点の座標値を統一された（新しい）測地基準に基づいて再計算する。
- ・ 電子基準点本体の維持管理計画を確実に遂行するとともに、電子基準点及びその他の地理空間情報の測地基準を統一し、位置座標の変換に必要なツールを開発、提供する。
- ・ 日常的にデータ解析を行い、電子基準点の座標値の維持管理や必要に応じた更新を行うとともに、異常が発見された場合には原因の発見と対応を迅速に行う。また、そのためのツールの開発を行う。
- ・ SLA に対応したリアルタイムデータの品質要件を定義し、日常的にデータの監視を行い、品質の確保されたデータの提供を行う。また、そのためのツールの開発を行う。
- ・ ソフトウェアの更新や通信トラフィックの監視など日常的なセキュリティ対策を確実に実施し、不正アクセスを防御して情報資産、ユーザー情報の保護を行う。また、そのためのツールの開発を行う。
- ・ 日常的なユーザーからの問い合わせ対応を行うとともに、異常・障害発生時にはユーザーへの情報提供を迅速に行う。
- ・ 新技術の情報収集と習得に努め、ツール開発やシステムの改善に反映させる。

5. 電子基準点のデータ配信体制とシステム構成に関する検討

(b) 目標②への対応

- ・ 測量分野をはじめとして、利用のためのマニュアルを整備し、ユーザーに提供する。
- ・ 広報、啓蒙活動により、測量以外の分野へのユーザー層の拡大に努める。
- ・ 外国人、外国企業も利用できるよう、ユーザーの資格要件の緩和を行う。

(c) 目標③への対応

- ・ 稼働後 7 年を経過した機材（サーバー、ディスク）について順次更新を行う。
- ・ ユーザー数の増大に応じて機材の数・性能を向上させる。

(4) 必要な経費

- ・ 通信回線経費については電子基準点の項に含めている。
- ・ データセンター機材についてはこれから調達されるため、当面の更新費用は発生しない。
- ・ ハードウェア及びソフトウェアの定期メンテナンスの外注経費、故障の際の修理費、各種ツールの開発経費が別途発生する。
- ・ 必要な経費は、電子基準点に比べて額は小さいと考えられるが、その財源は毎年の経常予算として国費の支出が必要と考えられる。

(5) 担当部署

- ・ 調査団が提案した NCDC 組織の 7 つの部署全てがそれぞれの機能に応じて担当する。

5.3. 電子基準点システム運営に必要となる人材育成計画の検討

5.3.1. 電子基準点運営に必要となる人材育成

電子基準点を正常に運営するためには、毎日のオペレーションとメンテナンスを正確に実施することと、障害発生時に適切に緊急対応を行うことが求められる。タイ政府機関の電子基準点の運営実施について、現状での具体的な実施内容と詳細、抱えている課題についてヒアリング調査を実施し、上記の 2 つの側面から、今後強化する必要がある能力分野の洗い出しを行った。

5. 電子基準点のデータ配信体制とシステム構成に関する検討

表 5-24 電子基準点運営に必要な能力

強化分野	内容
施設メンテナンス	現地確認 ・ 確認事項の理解 ・ 専門業者を必要としないメンテナンス作業の習得 遠隔確認 ・ 監視カメラ、センサー情報の確認
技術対応	新規／既存の機材、ソフトウェアのオペレーションに関する習熟 新技術の調査と評価
GNSSデータモニタリング	GNSS信号受信状態の監視 ・ 電波受信できているか ・ 受信電波強度 ・ ノイズ ・ 遅延状況など GNSS信号受信品質の監視 ・ データの欠損 ・ データ内容の妥当性
通信データ監視	電子基準点から送信されてくるデータの監視 ・ 受信できているか ・ 信号強度 ・ ノイズ ・ 通信速度 ・ 遅延状況 ・ パケットロス ・ リトライの監視 ・ 不正侵入の検知
障害原因の切り分けと対応	障害発生場所の推定 ・ 電子基準点側かデータセンター側か 要因の特定 ・ 外的要因（気象状況、事故など）か内的要因（後述）か 復旧対応の判断 ・ 一時的な障害か機器交換等が必要な障害か 内的要因の特定 ・ オペレーションエラー／ヒューマンエラーか ・ アンテナ、受信機、通信機器、コンピュータなど機材の障害か ・ ソフトウェアトラブルか 障害対応 ・ 職員対応可否の判断 ・ 関係機関、ユーザへの告知 ・ システムの一時停止に係るプロトコル ・ 障害対応作業

出典：調査団による検討結果

これらは「5.2.3 国家 CORS データセンターの運営に必要な役割と機能」で調査団が提案した NCDC 体制案の中で「モニタリング／障害対応」と「維持管理（計画、実施）」の役割を担う要員に求められる能力である。

5. 電子基準点のデータ配信体制とシステム構成に関する検討

5.3.2. 国家 CORS データセンター運営に必要となる人材育成

各機関のインタビュー結果では、IT 技術や障害対応を含めたデータセンター運営の日常的な活動に対する技術移転のニーズは高くない。また、データセンター運営を委託している機関と自ら行っている機関では、ニーズや強化策にも相違がある。しかし、共通しているのは、解析業務の高度化やサービス提供の改善である。さらに、高精度測位の利活用の研究、開発にもニーズがあることが確認できた。

また、各機関によって若干の相違はあるが、博士、修士課程を修了した人材も多く、地球物理学、測地学、GNSS、IT 等に関する知識、経験も有していることを確認できた。

表 5-25 各機関技術移転のニーズ

機関名	運営	データセンターの技術移転のニーズ	他のニーズ
DOL	独力+α	データセンターの運営全般に関心がある 特に、セミダイナミック補正に関心が高い	-
DPT	委託	データセンター運営では、特に必要ない	GNSS データの利活用（MMS 等） 地理空間情報の精度向上
GISTDA	独力	データセンターの運営全般（セミダイナミック補正等は除く）、RTK サービスの運用	高精度データの利活用 電子基準点の維持管理
HII	独力	解析業務（日々の座標計算、他機関データとの統合解析）、サービス提供（IGS 活動、他機関への提供、WEB サービス等）	電子基準点データの利活用 HII の調査研究活動への適用
RTSD	委託	解析業務全般 サービス提供、サービスの改善に関心	-

出典：調査団の調査結果より編集

(1) 解析手法のニーズ

各機関のこれまでの運用実績では、GPS や GLONASS の観測データの解析は行われている。また、GALILEO や QZSS 等の新しい衛星システムや L5 といった新しい測位信号の利用実績は低い、関心は高い。さらに、低価格の 1 周波受信機の活用についても、ニーズはある。

今後、衛星測位データの活用を推進する上でも新しい解析手法の調査・研究は効果的である。現状のキャパシティを踏まえ、NCDC の安定稼働と利用促進の観点からも解析手法の高度化を図ることが望ましい。

(2) 利活用促進対応のニーズ

衛星測位データの利活用促進を図るためには、NCDC の安定的な稼働が前提条件となる。このため、

5. 電子基準点のデータ配信体制とシステム構成に関する検討

次の技術協力プロジェクトでは、NCDC の運営維持管理を安定的に実施できるキャパシティ強化が求められる。さらに、政府機関だけでなく、民間セクターでも利活用が促進される仕組みとルール作成が必要である。

また、衛星測位データの利活用を促進するため、高度な解析技術や応用的な利活用の技術移転が求められている。例えば、電子基準点を活用した GNSS 気象学の研究やインフラのモニタリングである。さらに、民間セクターにおいて、広く利活用を進めるため、NCDC の啓蒙活動や衛星測位データの利活用の講習会等の開催が考えられる。

表 5-26 技術協力と人材育成の提案

成果	主な活動内容
運営維持管理の仕組みとルール	関係機関の調整、計画策定、マニュアル作成
NCDC の利活用の仕組みとルール	関係機関の調整、ガイドライン作成、利活用のモニタリング
高度な解析の研究開発	新しい解析手法の理解、トレーニング・マニュアル等の整備
衛星測位データの利活用促進	NCDC の啓蒙活動、講習会やセミナーの開催、民間セクターの活性化

出典：調査団の調査結果より編集

(3) NCDC 運営のための課題と必要な人材育成

NCDC の構築後、その運用と利活用を継続していくための現状の課題と必要な人材育成として、これまでの調査に基づきここでは次の 5 点を挙げる。

① 安定的な電子基準点システムの運営体制の確立

現時点において NCDC の組織的位置づけや人員配置は未定である（5.2.2. (2)）。安定的な運営体制のためには 5.2.3. で調査団が提案した NCDC 体制案を議論の材料としてタイの組織に適した NCDC の運営体制を検討、構築するとともに、各機関が NCDC の構成員にどのような人材を出向させるのか（あるいはさせないのか）、後継者の人材育成も含めてどのように構成員の人事を行うのかについて関係機関間の合意を形成し、さらに NCDC の組織上の位置づけを明確にして、体制を確立させる必要がある。

② 各機関の電子基準点システムの統合

5.2.1. で述べたように、電子基準点の運営維持管理は、現状ではそれぞれの設置機関の方針に従って計画、実施されているが、NCDC 構築後はこれらを統合して運営維持管理を効率化する必要がある。このためには関係機関間の合意形成が必要であり、機関間の利害を調整する能力が必要となることは言を俟たないが、合意を可能とする具体的な電子基準点の統合案を策定し実行する知識と技術力を有する人材もまた不可欠である。

このような人材は、調査団が提案した NCDC 体制案の中で「計画管理／関係機関連携」と「維持管

5. 電子基準点のデータ配信体制とシステム構成に関する検討

理（計画、実施）」の役割を担う要員として求められる。

③ 測地基準の共有化と改善

電子基準点保有5機関のうち4機関については測地基準として ITRF2008 を採用している。タイは測地基準をすべての機関で統一する必要性を認め、今後実行していく予定であり、また統一する際にはより新しい ITRF を採用することを検討している。ITRF は今後も適時更新されていくが、その際にタイの測地基準をどう対応させるか、という課題も将来発生する。また、測地基準の統一は電子基準点のみの課題ではなく、全ての地理空間情報にも必要な課題である。これまでに蓄積された過去の地理空間情報を活用するためには、電子基準点の保有機関のみならず、産学官のすべての組織においてその保有する地理空間情報を統一された測地基準へ変換する、あるいは変換可能とすることが重要である。そのためには測地学の知識とともに変換のアルゴリズムやソフトウェアを開発する技術力を有する人材の育成が必要である。

このような人材は NCDC 体制案の中で主として「解析／データ処理」を担う要員として求められるが、この種の能力は「計画管理／関係機関連携」や「広報／啓蒙活動」を担う要員にも一定程度のものが必要であろう。

④ 解析手法等を研究し、民間セクター等にそれらを広めることができる人材の育成

特定の GNSS 衛星に限定せず、複数の異種の GNSS 衛星を統合して利用するマルチ GNSS の手法が今後の GNSS 解析の潮流となる。異種の GNSS データの間にはバイアスと呼ばれる一種の定誤差があり、この取り扱いが受信機やソフトウェアの種類により異なるという問題がある。この問題に限らず、位置精度の改善や電波の受信が困難な地域でも安定的に精度を確保するための新たな解析手法（例えば、あらたな L5 信号への対応、マルチパス軽減手法、ジャミングやスプーフィング対策）や GNSS 気象学、時刻同期、インフラモニタリングなどの応用研究には様々な問題が潜在しており、その解決方法を研究する人材の育成が求められる。民間セクターでの GNSS の利活用がこれから進められるタイにおいては、このような人材は大学や国の機関、公的機関において育成し、その人材が民間セクターに研究成果を広めていくことが必要である。

このような人材は大学、研究機関はもとより、NCDC 体制案の中で「解析／データ処理」を担う要員として求められるが、最新の技術に対応して機器の維持管理を行う観点からは「維持管理（計画、実施）」を担う要員にも必要な能力である。また、この種の能力は「RTK サービス（ユーザー管理）」や「広報／啓蒙活動」を担う要員にも一定程度のものが必要であろう。

⑤ 電子基準点システムの民間セクターへの公開

民間セクターが電子基準点データを活用するためには、適切な価格設定のみならず、安定的なデータ配信事業の運用が必要になる。安定的な配信には短期的な面と長期的な面がある。短期的には企業の生産活動のリスクを軽減するために故障等によるデータの欠損や配信不能時間が少ないこと、長期

5. 電子基準点のデータ配信体制とシステム構成に関する検討

的には企業が新規に投資を行う際の経営リスクを軽減するためにデータ公開に継続性があることが求められる。特に長期継続性については、企業が電子基準点データを利用するビジネスを展開するかどうかを判断するうえで重要な要因となる。日本においては国土地理院が10年間を計画期間とする「基本測量に関する長期計画」において電子基準点のデータ提供を明示しており、これにより民間配信事業者が事業に投資するリスクを軽減している。また、これら民間配信事業者複数社が2002年以降長期に渡って事業を継続していることから、利用者は安心してこれらの者と契約を結ぶことができる。特にタイにおいては地理空間情報の利活用に未だ制限があることから、今後データの公開とその利活用が長期にわたって継続することを何らかの形で表明することが重要である。併せて短期的な安定性についてもサービス水準合意（SLA: Service Level Agreement）などの形で表明することが重要である。

このような高度な判断を行うのはNCDCの上位機関であると考えられるが、上位機関に判断材料を提供する観点からは「計画管理／関係機関連携」と「広報／啓蒙活動」を担う要員にもこのような判断能力が必要とされるであろう。

6. 本邦招へい

6.1. 実施計画

日本の高精度測位データ関連技術及び活用事例の習得及び社会実験実施案件の日タイ双方による合意等を目的として、本邦招へいのスケジュール及び内容を検討した。

調査団が作成した案をもとにタイ日協力 WG への説明及び協議を実施した結果、タイ側からの要望をふまえて下表のとおり決定した。

表 6-1 本邦招へいのスケジュール

日程	視察/協議先	視察/協議内容	場所
6月9日	バンコク-羽田		
6月10日	JICA	ブリーフィング、協議	東京
	内閣府、国土交通省	内閣府・国土交通省表敬訪問	東京
	(株) アクティオ	GNSS マーカーのデモ	市原市
6月11日	ヤンマーアグリ (株)	精密農機のデモ	佐倉市
	西尾レントオール (株) (株) トプコン	3次元設計データを活用した ICT 建機による施工作業について - GNSS の利活用及び i-Construction のデモ	
6月12日	快適空間 FC (株)、(株) パスコ (株) ニコントリンブル	- UAV の飛行デモ - GNSS を利用した MMS 計測のデモ	つくば市
	国土地理院	電子基準点及びデータ配信関連施設の視察及び講義 (24 時間連続観測、観測データの集積、解析処理等)	つくば市
	気象研究所	GNSS-PWV の講義	
	(株) クボタ	精密農業の紹介 (室内)	東京
6月13日	国際航業 (株)	GNSS を活用した大規模地盤変動のモニタリングの紹介 (室内)	
	国土交通省地籍整備課	GNSS を利用した地籍測量の講義	
	(株) ジェノバ	電子基準点のリアルタイムデータ配信の講義	
	JICA	データ配信方法についての協議	
6月14日	JICA	- 日タイ G 空間推進協力協議会との意見交換 - 日本政府機関との電子基準点活用に関する意見交換会 (JICA、国交省、内閣府、外務省、国土地理院等) - 社会実験案件のプレゼン及び社会実験案件の選定	東京
6月15日	羽田-バンコク		

6. 本邦招へい

招へいの参加者は以下のとおりである。

表 6-2 招へいの参加者リスト

所属機関	部署	区分	役職	氏名
DOL	Mapping Technology Division	Executive	Chief of Satellite Position Development Group	Mr.Peera Yomwan
DOL	Mapping Technology Division	Engineer	Survey Engineer, Professional level	Mr.Miti Nuntatikul
GISTDA	Space Krenovation Park	Executive	Director of Space Krenovation Park	Mr.Damrongrit Niammuad
GISTDA	Space Product Co-Creation Promotion	Engineer	Innovation Development Officer	Mr.Thotsawat Fukiatitut
HII	Technology and Digital Division	Executive	Head of Geoinformatics research Section	Ms.Nuantip Chaladlert
HII	Technology and Digital Division	Engineer	Geoinformatics Specialist	Ms.Panruthai Tangprasert
RTSD	-	Executive	Deputy Director of Royal Thai Survey	Maj.Gen.Krith Bunthid
RTSD	Map Information Center	Executive	Director of Map Information Center	Col.Attawoot Kiatiwat
DPT	Town and Country Planning Engineering Bureau	Executive	Survey and Mapping Expert	Mr.Keattisak Amornprasertsook
DPT	Town and Country Planning Engineering Bureau	Engineer	Surveyor Experienced	Mr.Chaiwat Panachat
DOF	Department of Fisheries, Information and Communication Technology Center	Executive	Director of Information and Communication Technology Center	Mr.Supawat Komolmarl
NIMT	Electrical Metrology Department	Engineer	Metrologist (Professional level)	Ms.Thayathip Thongtan
Chula Univ	Department of Survey Engineering	Executive	Professor and Head of Department	Mr.Chalermchon Satirapod

6.2. 実施内容

前節で示したスケジュールにもとづき、以下のことを実施した。また、滞在期間を利用してインテリムレポート内に提示した NCDC の電子基準点のデータ配信体制とシステム構成に関する検討材料等に関する

意見交換及び協議も実施した。

(1) 日本の高精度測位データ関連技術及び活用事例の習得

前節に示したスケジュールにもとづき、関係機関及び民間企業を訪問して視察及び意見交換等を実施した。民間企業の訪問時には、タイには未導入の高精度測位データを活用した建設機械の遠隔操作の視察・体験や、農機、UAV、MMS 等のデモンストレーションの見学を行なった。また、国土地理院では、GEONET に関する講義及び施設内の視察を通じて、電子基準点ネットワークの運用維持管理に関する理解を深めた。

(2) 社会実験実施案件の合意

招へい最終日に社会実験への応募者から実験内容について説明いただき、日タイ双方が全案件を実施することについて合意した。

7. 社会実験の実施

7. 社会実験の実施

以下のとおり、社会実験を行った。

7.1. 社会実験案件の募集・決定

7.1.1. 社会実験候補案件のリストアップ

以下のように社会実験候補案件のリストアップを行った。

(1) 関連団体・関連協議会等の加盟企業への社会実験参加案内

「3.3.2」の調査の結果を踏まえて、日タイ G 空間推進協力協議会及び S-NET の会員に対して社会実験の参加案内をするとともに社会実験の説明会を実施した。説明会では本社会実験の趣旨及び以下の要件を説明し、社会実験への参加を呼びかけた。

- 高精度測位データ（電子基準点または MADOCA）を活用するもの
- タイで実績を積み、さらに他国へのビジネス展開を考えているもの（日本への逆輸入含む）
- 社会課題の解決または緩和に寄与するもの
- 日本では実施が困難であるものが望ましい

説明会開催後、参加意向及び実験内容を確認し、上記の要件に合致するものを社会実験候補案件としてリストアップした。

(2) EEC 適合確認

前項で作成した社会実験候補案件について、EEC で実施可能かどうか適合性を確認した。「3.4.2. 社会実験実施に関する制約（EEC の特例を含む）」に示したとおり、EEC の特例は「特別経済振興区」においてビジネス展開をする場合に適用される税制面等の緩和であり、社会実験に関する緩和措置は存在しない。SKP の敷地内で実施する実験については GISTDA から実施許可を取り付けたため、SKP の敷地外で実施するものについて必要に応じて EEC 事務局へ相談する予定であったが、EEC 事務局に申請が必要となる事案はなかった。

(3) タイ側への参加呼びかけ、社会実験案件候補リストの完成

タイ日協力 WG に対して社会実験候補案件を提示したところ、タイ側の政府組織や民間企業からも参加を受け入れてほしいとの要請があった。それを受けてタイ日協力 WG を通じて案内をした結果、HII 及び民間企業 1 社からの申し込みがあり、最終的に 10 案件の社会実験候補案件リストを完成した。

7. 社会実験の実施

7.1.2. 社会実験案件の決定

「6.2 実施内容」に記載したとおり、6月14日に開催された会議での日タイ双方の合意にもとづき、下表に示す社会実験案件すべてを実施することが決定された。

表 7-1 社会実験案件一覧

NO.	実施者	実験名	実施場所	利用環境	担当機関
1	株式会社アクティオ	UAVによる空中写真測量用のGNSSマーカーの検証	SKP	TOPCON	HII
2	Hydro - Informatics Institute	MMS and CORS combination for 3D Dike Model Generation	バンコク周辺	HII	HII
3	Iwane Laboratories (Thailand) Ltd.	Accuracy Assessment of Mobile Mapping System (MMS) using CORS network	バンコク及びSKP	DOL, HII	DPT
4	株式会社快適空間 FC、PASCO (Thailand) Co., Ltd.	UAVレーザ計測による災害状況把握に資する基礎データの精度評価	SKP 及びシラチャ市	DOL, HII, TOPCON	RTSD
5	国際航業株式会社	電子基準点を利用したローカル基準点の不動性検証	SKP	TOPCON	RTSD
6	株式会社クボタ	電子基準点を用いた農機の自動走行実験	SKP	TOPCON, 基準局	HII
7	株式会社ニコン・トリンブル	GNSSのみとGNSS+IMUでのタイ市街測位可用性比較実験	バンコク周辺	DOL, HII, TOPCON	DOL
8	株式会社トプコン、西尾レントオール株式会社	タイにおけるVRSを使用したトータルステーションの実証実験	SKP	TOPCON	DPT
9	東海クラリオン株式会社、Asia Technology Industry Co., Ltd	高精度GNSSを使ったマイクロEV自動運転	SKP	TOPCON	GISTDA
10	ヤンマーアグリ株式会社	農業機械による自律走行実証	SKPとその周辺の農場	TOPCON	GISTDA

※1 実施者のうち下線が記された2社は中小企業²³であり、本調査にて渡航費や機材輸送費を支援した。

※2 表中の“担当機関”は、それぞれの社会実験の実施状況を視察する機関としてタイ日協力WGがアサインしたものである。

なお、一部の案件について日本へのデータの持ち出しが希望されたが、タイ側の規則によりSKP敷地外の空中写真や3次元点群データの持ち出しは許可されなかった。したがって、SKP敷地外のデータについて

²³ 中小企業庁のHP (<https://www.chusho.meti.go.jp/soshiki/teigi.html>) に示された「中小企業者の定義」に基づく。

7. 社会実験の実施

てはタイ国内でその処理を行なう等の対応を行なった。

7.2. 社会実験の実施

7.2.1. 社会実験環境の準備

社会実験の実施にあたり、タイで利用できる環境（既設の電子基準点ネットワーク）を調査した。前述したとおり、DOL 及び HII が電子基準点データの配信サービスを試験的に実施しており、本実験にも利用可能であることを確認した。また、株式会社トプコンへのヒアリングの結果、同社が過年度の内閣府事業のために設置した私設電子基準点ネットワーク（T-NET）を引き続き現地に保有しており、本社会実験に借用可能であることを確認した。

上記 3 つの環境について、以下にまとめる。

表 7-2 社会実験の環境の候補のまとめ（2019 年 3 月時点）

項目	DOL	HII	トプコン(T-NET)
電子基準点数	128	25	10
カバー範囲	タイ全土	バンコク周辺及び EEC	バンコク周辺及び SKP
配信フォーマット	RTCM3.0 及び 3.2	RTCM3.0 及び 3.2	RTCM3.0 及び 3.2
信号（補正データ）の種類	VRS	VRS	RRS、VRS
衛星の種類	GPS, Glonass	GPS, Glonass	QZSS, GPS, Glonass, BeiDou
制約事項/懸案事項	タイの個人 ID がなければ利用登録できない。	HII 以外の政府機関の電子基準点も利用したネットワークのため、利用にあたり、他機関との調整が必要。	点検及び状態に応じたメンテナンスが必要。

出典：調査団の調査結果より編集

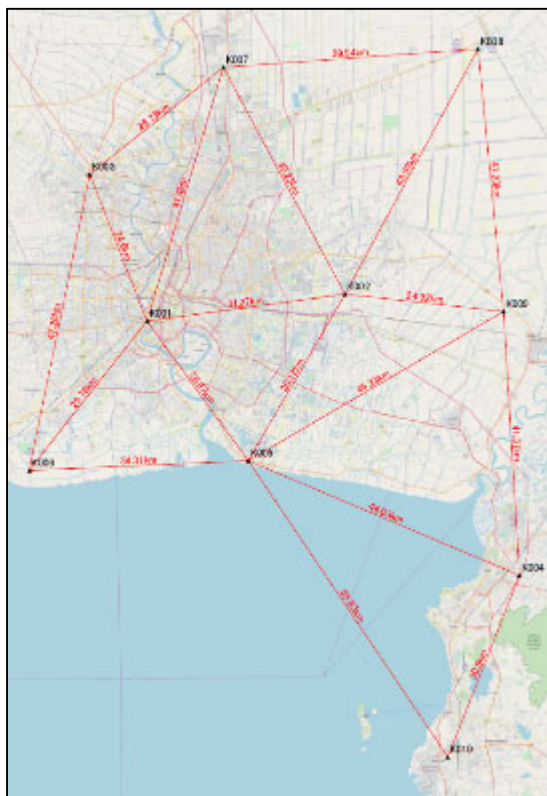


図 7-1 トプコン社の電子基準点ネットワーク

使用する環境について社会実験実施者の意向を確認したところ、SKP に電子基準点が設置されているという理由から、ほとんどがトプコン社の環境を使用することを希望した。一方で、バンコク近郊でも社会実験を実施する企業からは、DOL 及び HII の電子基準点ネットワークも利用したいとの要望があった。

以上をふまえ、DOL、HII、トプコン社の電子基準点ネットワークを本社会実験に使用することとした。

7.2.2. 社会実験の内容

各社会実験の概要を記載する。詳細は、実施者による報告書を巻末に添付する。

7. 社会実験の実施

[1] アクティオ

タイトル	UAV による空中写真測量用の GNSS マーカーの検証
実施日時	2019 年 8 月 27 日～29 日
実施場所	SKP 内 UAV フィールド周辺
内容	UAV を使用した空中写真測量に、対空標識として GNSS マーカーを使用。 同 GNSS マーカーを測量機として使用できるかを検討する。（基準点測量）
期待される効果	GNSS マーカーを使用して、高精度な空中写真測量を行い測量の効率化及び高精度に寄与できる。基準点測量が簡素化され、効率化を図ることができる。
実験の風景	 

[2] HII

タイトル	Mobile Mapping System (MMS) and Continuously Operating Reference Stations (CORS) combination for 3D Dike Model Generation
実施日時	2019 年 5 月 1 日～7 月 31 日
実施場所	バンコク都周辺
内容	MMS による最適な堤防の 3 次元モデルの作成方法を検討し、電子基準点を使用した MMS の計測により堤防の 3 次元モデルを作成する。地上データと電子基準点及び MMS で生成した 3 次元モデルを比較し検証する。
期待される効果	3 次元堤防モデルを作成するための MMS の最適な測量方法の習得 3 次元堤防モデルを作成するためのデータ分析方法の習得 MMS データからの堤防表面の高さ計測の精度検証
実験に使用した機材	

[3] 岩根研究所、Iwane Laboratories (Thailand) Ltd.

タイトル	Accuracy Assessment of Mobile Mapping System (MMS) using CORS network
実施日時	2019 年 8 月 14 日～28 日
実施場所	SKP
内容	電子基準点を使用した MMS 計測の精度評価を行う。都市部と地方部で電子基準点を使って MMS 計測を実施する。MMS により画像を取得し、後処理により位置を計算し検証を行う。
期待される効果	電子基準点網により解析される軌跡を適用した MMS データの位置精度の向上
実験に使用した機材	

[4] 株式会社快適空間 FC、PASCO (Thailand) Co., Ltd.

タイトル	UAV レーザ計測による災害状況把握に資する基礎データの精度評価
実施日時	2019 年 8 月 27 日～29 日
実施場所	SKP 及びシラチャ市
内容	タイの電子基準点を利用した UAV レーザ計測と車載レーザ計測の精度を検証し、災害状況の把握に資する基礎データとして適しているかを評価する。
期待される効果	タイ国内における防災計画や公共事業へ適用することで、調査段階から設計段階への工期短縮及び事業の高度化を図ることができる。
実験に使用した機材	

7. 社会実験の実施

[5] 国際航業株式会社

タイトル	Accuracy Assessment of Mobile Mapping System (MMS) using CORS network
実施日時	2019 年 8 月 23 日～30 日
実施場所	SKP
内容	GNSS 計測技術を用いた地盤や構造物のmm級モニタリングに際し、スタティック測位用のローカル基準点を計測対象区域近傍に設置するが、不動性が担保されない可能性のあるローカル基準点に対して電子基準点からの解析を併用することにより、ローカル基準点の不動性を検証する。
期待される効果	ローカル基準点の不動性が確保されにくい大規模地盤変動のmm級モニタリングにおいて、計測の正確性を高めることが期待される。特に、以下のようなモニタリング対象においては、ローカル基準点の不動性を確保することが難しいケースも考えられるため、タイ国内に整備される電子基準点網の活用効果が高いと考えられる。 大規模地すべり、広域地盤沈下、重要大規模構造物のモニタリング
実験に使用した機材	

[6] 株式会社クボタ

タイトル	電子基準点を用いた自動走行実験
実施日時	2019 年 8 月 5 日、26 日、27 日
実施場所	チョンブリ試験圃場及び SKP
内容	電子基準点からの補正情報による高精度測位（RTK）を実施し、直進作業の自動運転を行う。測位性能及び直進性能を検証する。
期待される効果	タイでの電子基準点による作業の効率化や省力化を目指した、熟練者の作業と比較した自動走行の作業精度の実力把握。
実験に使用した機材	

[7] 株式会社ニコン・トリンプル

タイトル	GNSS のみと GNSS+IMU でのタイ市街測位可用性比較実験
実施日時	2019 年 8 月 22 日～9 月 30 日
実施場所	バンコク都周辺
内容	タイ（バンコクを想定）市街における移動体での高精度測位について、GNSS のみと GNSS+IMU（慣性航法装置）による測位を実施して、測位可用性を比較する。
期待される効果	慣性計測装置の依存度を把握することにより、高性能な装置 FOG や LRG（高価）が必要となるか、MEMS（廉価）で対応できるかなど、具体的なシステム構成を検討することができる。
実験に使用した機材	 

[8] 株式会社トプコン、西尾レントオール株式会社

タイトル	タイにおける VRS を使用した i-Construction の実証実験
実施日時	2019 年 8 月 19 日～30 日
実施場所	SKP
内容	i-Construction による施工及び施工成果の確認など一連の流れを実施予定。現地設置 VRS によるリアルタイムデータ配信を利用。
期待される効果	3 次元設計データ及び、高精度位置情報（VRS）を利用し建機をコントロールするシステムの利用することで、施工のワークフローにおける生産性向上を得られ、最終的にタイにおけるインフラ整備の向上に繋げる。
実験に使用した機材	

7. 社会実験の実施

[9] 東海クラリオン株式会社、Asia Technology Industry Co.,Ltd

タイトル	高精度 GNSS を使ったマイクロ EV 自動運転
実施日時	2019 年 7 月～8 月
実施場所	SKP
内容	日本との衛星配置が異なることによる衛星システムの選択と信頼性を確認し、自動運転車両に適応できることを検証する。 マイクロ EV に GNSS システムを搭載し安定して走行ができるかを検証する。
期待される効果	高精度衛星測位による低コスト高信頼性の自動運転車両の実現
実験に使用した機材	

[10] ヤンマーアグリ株式会社

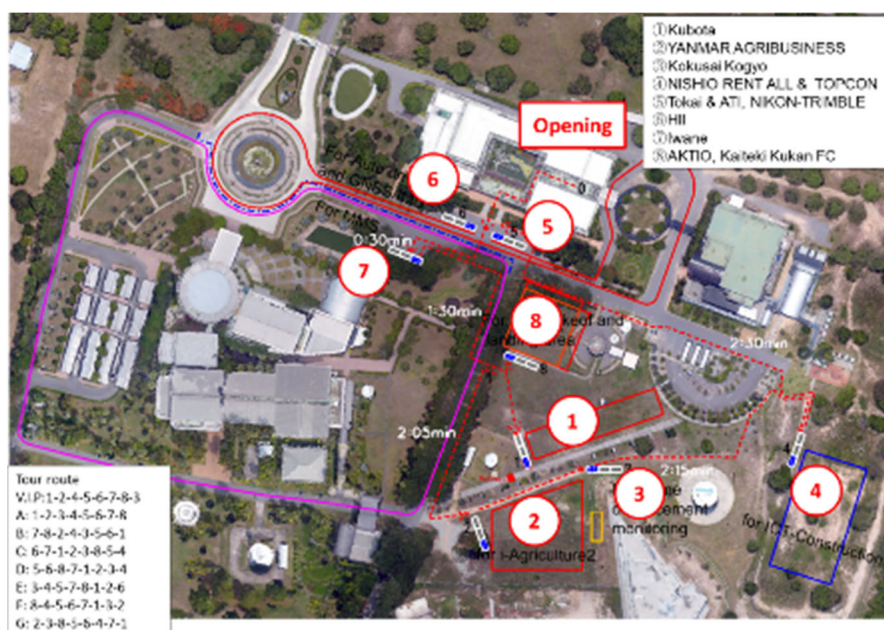
タイトル	農業機械による自律走行実証
実施日時	2019 年 7 月 23 日、24 日、8 月 30 日
実施場所	SKP 及びシラチャ市内農場
内容	GNSS アンテナを搭載した農業機械による自律走行を実施する中で、タイ国内に設置している電子基準点を使用した Ntrip 方式で測位した自律走行の検証を行う。
期待される効果	タイに設置してある電子基準点を使用することで、タイ国内でも農業機械の自律走行が可能となる。
実験に使用した機材	

7.2.3. Thailand Japan GNSS DEMO DAY への参加

全ての社会実験参加者は8月30日にSKPで開催されたThailand Japan GNSS DEMO DAYに参加し、それぞれの技術やサービスのデモンストレーションを行なった。本イベントには、タイ、日本及びその他の国（ラオス、シンガポール、カンボジア等）から約300名が来場した。来場者からは、一度にこれだけ多くの技術的なデモンストレーションを見るのは初めてあり、日本の高精度測位データを活用した技術は非常に高いものであるとの意見をいただいた。またこのデモンストレーションを通じてタイ企業からの引き合いがあった日本企業もあり、今後のタイでのビジネス展開につながる活動となった。さらに、日タイのメディアを通じてイベントの様子が紹介されており、高精度測位データの認知度向上に貢献したものと考ええる。

表 7-3 DEMO DAY のプログラム

Thailand-Japan GNSS DEMO DAY Time Table																			
Site Time	1		2		3		4		5		6		7		8				
	Smart Agriculture (Kubota)	Smart Agriculture (YANMAR AGRIBUSINESS)	Real-time displacement monitoring (Kokusai Kogyo)	i-Construction (NISHIO RENT ALL & TOPCON)	Micro EV (Tokai & ATI) GNSS/IMU (NIKON-TRIMBLE)	MMS (Hii)	MMS (Iwane)	UAV (AKTIO)	UAV (Kaiteki Kukan FC)										
9:00-10:00	Opening																		
10:00-10:30	V.I.P	A	V.I.P	G	E	-		D		C		B		F		-			
10:30-11:00	-	A		G		V.I.P	E	F	V.I.P	-	D		C		-	B			
11:00-11:30	C		B		A		-		E	F		V.I.P	-	V.I.P	-	D	G	-	
11:30-12:00	-	C		V.I.P	-	A	B		G		F		D		E	-		V.I.P	-
12:00-12:30	D		-		B	C	-		A		G		F		E		-		-
12:30-13:30	Lunch																		
13:30-14:00	E	F	D		-		G		B		A		-		-	-	C		
14:00-14:30	-		E		D	F		-		C		B		A	G	-		-	
14:30-15:00	B	G	F		-		C	D	-		E		-		-	-	A		



7. 社会実験の実施

図 7-2 DEMO DAY 会場図



写真 7-1 DEMO DAY の様子

7.2.4. 社会実験のまとめ

本社会実験の実施を通じて、日本の技術や製品・サービスがタイの環境下においても技術的に大きな問題なく適用できる可能性を確認することができた。今回は限られた場所及び時間の中での実施となったが、今後の継続的な技術検証及び実用に向けた技術面以外の課題の洗い出しや解決策の検討を進める上では、実際の現場（圃場、建設現場、道路等）やそれに近い環境下で、NCDC から配信されるリアルタイムデータを使用した実験を行なうことが望ましい。本実験で利用されたトプコン、HII、DOL すべてのリアルタイム配信サービスにおいて、配信の中断（トプコン及び HII）もしくは配信データに不具合（DOL）があり、実験を中断することがあった。この問題は、精密農業（クボタ）、自動運転（ATI）、ドローンの運用（快適空間 FC）の実験において発生した。実験参加企業のうち 2 社からは以下の課題があるとの意見があった。

- ・ 精密農業に利用することを想定した場合、日本と比較して電子基準点の点間距離が長いことで、安定的な配信に影響がないか懸念される（ヤンマーアグリ）。
- ・ i-Construction の活用には、高精度な 3 次元設計データを作成するために、既存の国家基準点と電子基準点の座標の不整合を整合させることが必要である（トプコン）。

今後の NCDC の運用の課題は、正確な補正情報を安定して配信することである。

またタイ国内での ICT 施工の普及のためにタイがパイロット事業を実施して、実務で ICT 施工の利便性を周知し、認知してもらうことが必要との意見があった。

さらに、タイのジオイドモデルが RTSD のホームページで公開されているにもかかわらず、データのダウンロードができなかったという状況もあった。外国人にもダウンロードしやすく、また、利用しやすいジオイドモデルの提供方法を検討する必要がある。

また、GISTDA をはじめとするタイ日協力 WG メンバー機関の支援を受けたが、それでもなお実験に必要な機材の輸出入や NBTC 及びタイ航空局（Civil Aviation Authority of Thailand: CAAT）の申請手続きに多大な労力及び時間を要した。また、一部の実験については実施内容の変更やスケジュールの見直しを余儀

なくされる結果となった。具体的には、ドローン飛行に関する CAAT への許可申請は公式には2週間程度を要するとされているが、実際は2ヶ月かかることがわかった。日本国内でドローンを飛行させる場合の航空局へのパイロットや機体の申請、許可に係る期間は1週間程度であり、実際にドローンを飛行させる時の飛行許可に係る期間は1～2日とのことである。撮影計画をしてから飛行許可までに2ヶ月かかることは、業務の工程を計画する際の障害となる。ドローンの飛行についても NCDC の電子基準点の補正情報の配信サービスを活用することが期待されるので、撮影計画から撮影許可までの期間は可能な限り短い期間になることが望まれる。今後同様の社会実験を計画する際には、必要な手続きの確認と取り得る対処方法の検討が求められる。

8. 現地セミナーの実施

8.1. 実施計画

8.1.1. 開催日時及び会場の選定

本調査の計画時点では現地にて本調査主催の単独セミナーを開催することを検討していたが、GISTDA から内閣府宇宙開発戦略推進事務局との連携を要請されたことを受け、GISTDA が 2019 年 8 月最終週に開催する Thailand Space Week のうちマルチ GNSS アジアカンファレンス（Multi GNSS Asia : MGA）内で当該セミナーを開催することとした。MGA は毎年開催されている GNSS に関する国際会議であり、アジア地域内外の政府機関及び民間企業から多数参加するため、本調査単独でのセミナー開催よりも大きな集客効果及び訴求効果が期待できた。

GISTDA 及び内閣府と調整した結果、MGA の 2 日目となる 8 月 28 日の 9:00～10:30 に、“Thailand Japan Special Session” というタイトルでセミナーを開催することとした。GISTDA によると、MGA は国際会議であるが、タイと日本は特別な関係であるため特例としてこのセッションを設定したとのことである。

なお、MGA のサイドイベントとして、8 月 30 日にシラチャの SKP にて高精度測位データを用いたデモイベント “Thailand Japan GNSS DEMO DAY” が開催され、本調査の社会実験の全ての参加企業及び HII が本イベントでデモンストレーションを実施した。これについては、「7.2.3 Thailand Japan GNSS DEMO DAY への参加」に詳述する。

8.1.2. アジェンダの検討及び有識者への講演依頼

本セッションでは、高精度測位データの活用アイデアを広げ、高精度測位データの有用性の理解を深めることを目的として、有識者による基調講演に加え、NCDC 及び本調査の紹介、続いて高精度測位データを用いた社会実験の紹介を行なうこととした。

有識者による基調講演は、日タイによる特別セッションであることをふまえて双方から 1 名ずつ講演いただくこととし、タイ側はチョン教授に依頼した。日本側は、タイ日協力 WG から Location Based Service に関する講演を求められたことを受け、地理空間情報の中でも特に移動体の位置情報の利活用を研究されている東京大学空間情報科学研究センター宮崎特任助教に依頼した。

8.2. Thailand Japan Special Session の実施

以下のとおり、Thailand Japan Special Session を実施した。

表 8-1 Thailand Japan Special Session の実施概要

開催日時	2019 年 8 月 28 日(水) 9:00~10:30
会場	Impact Arena Muong thong Thani Bangkok, Thailand
聴講者	約 150 名

表 8-2 セッションアジェンダ

時間	内容
9:00-	Opening Remarks By Dr. Damrongrit Niammuad, GISTDA By Mr. Satoshi Kogure, National Space Policy Secretariat, Cabinet Office
9:05-	Keynote Speech "Location-based Services for Smarter Society" By Mr. Hiroyuki Miyazaki, Ph.D., University of Tokyo & Asian Institute of Technology
9:15-	Keynote Speech "GNSS CORS as the National Positioning Infrastructure to support Thailand 4.0" By Professor Dr. Chalermchon Satirapod, Chulalongkorn University
9:25-	Introduction of Establishment of National CORS Data Center (NCDC) and JICA Technical Cooperation By Col. Attawoot Kiatiwat, Thai Japan Cooperation WG & Royal Thai Survey Dept. By Mr. Masaki Murakami, JICA Team (PASCO CORPORATION)
9:35-	Introduction of Pilot Projects in Thailand By Representatives of the participating companies from Japan and Thailand
10:25-	Closing Remarks By Mr. Takahiro Otsuka, JICA Thailand Office

宮崎特任助教の講演では、交通、人口分布や人口動態の把握、災害対応及び配送の課題解決に位置情報がいかに寄与するのかということが事例を交えて紹介された。また、チョン教授の講演では、タイにおける電子基準点の設置状況及び NCDC の設立に向けた取り組みの紹介に続き、Thailand4.0 の実現に向けて高精度測位データの活用が不可欠であることが説明された。さらに、チョン教授より、2015 年の日タイ両首相による共同声明以降の日本からタイへの継続的な支援に対して謝辞が述べられた。

RTSD の Attawoot 氏の発表では、NCDC の設立目的及び体制に加え、RTSD と DOL によるストリーミングゲストや配信方法の検討状況、今後の活動内容が紹介された。続いて調査団から本調査における社会実験実施の意義を紹介し、最後に社会実験参加企業及び HII の代表から各実験のねらいと概要を発表いただいた。

8. 現地セミナーの実施



写真 8-1 Thailand Japan Special Session の様子（上段左：チョン教授基調講演、上段右：宮崎特任助教基調講演、下段左：会場の様子：下段右：発表者集合写真）

巻末資料 1. 電子基準点標準仕様書案

機器名称	仕様
GNSS 受信機 国土地理院において使用されている機種（参考）： Trimble NetR9 TOPCON NET-G3; NET-G5 JAVAD DELTA-G3T	GNSS アンテナと分離できる構造であること。
	1Hz(毎秒 1 回)のサンプリングレートで途切れることなく連続観測ができること。
	サポートする衛星：GPS、GLONASS、QZSS、Galileo
	以下の測位衛星からの信号を同時に受信、記録、出力が可能であること。
	【GPS（15 機）】 L1C/A、L1C、L2C、L2P、L5
	【GLONASS（15 機）】 L1C/A、L1P、L2C/A、L2P
	【QZSS（7 機）】 L1C/A、L1C、L2C、L5
	【Galileo】 E1、E5a、E5b、E5-AltBOC
	受信チャンネル数は、今後打ち上げ予定の衛星や信号数の増加を考慮し、400 以上であること。
	測位性能は下記の性能以上であること。 高精度スタティック法により、 水平精度：3 mm + 0.1 ppm X (距離) RMSE (root mean square error) 高さ精度：3.5 mm + 0.4 ppm X (距離) RMSE (root mean square error)
	防塵防水の保護等級は IP67 以上であること。
	内部メモリの容量は、GPS 衛星、GLONASS 衛星、QZSS 衛星及び Galileo 衛星の 1 秒サンプリングの観測データが 少なくとも 60 日分保存できること。
	受信した信号から次に示すデータを記録及び出力できること。 【GPS】 L1、L2、L5 搬送波位相 L1C/A、L1C、L2P、L2C、L5 コード擬似距離 航法メッセージ 単独測位による観測局座標値 L1、L2、L5 搬送波の信号強度及びドップラーシフト量 【GLONASS】 L1、L2 搬送波位相 L1C/A、L1P、L2C/A、L2P コード擬似距離 航法メッセージ 単独測位による観測局座標値 L1、L2 搬送波の信号強度及びドップラーシフト量 【QZSS】 L1、L2、L5 搬送波位相 L1C/A、L1C、L2C、L5 コード擬似距離 航法メッセージ L1、L2、L5 搬送波の信号強度及びドップラーシフト量 【Galileo】 E1、E5a、E5b、E5-AltBOC 搬送波位相 E1、E5a、E5b、E5-AltBOC コード擬似距離 航法メッセージ E1、E5a、E5b、E5-AltBOC 搬送波の信号強度及びドップラーシフト量
	受信機の内部メモリへ保存する観測データは、1 時間毎に区切って保存可能であること。また、保存データの時間区切りは任意に変更できること。
	内部メモリは、受信装置の電源供給が遮断された場合でも既に格納された観測データが消えることなく保存できる機能を有すること。
	出力フォーマットは、RINEX2.x 及び 3.x、RTCM2.x 及び 3.x、並びに NMEA-0183 とすること。
	リアルタイムデータフォーマットおよび GNSS 受信機内部メモリ内のデータフォー

機器名称	仕様
	マットは、擬似距離で 10mm、搬送波位相で 0.2mm 以上の分解能をもつこと。
	GNSS 受信機への電源供給は無停電電源装置 UPS を使用すること。
	12 時間以上の連続稼働が可能な内部バッテリーを有すること。
	Web ブラウザでの遠隔操作により、GNSS 受信機の動作状況の確認とファームウェアの更新が行えること。
	GNSS 受信機への電源供給が遮断された場合でも、電源復旧後自動的に停電前と同じ設定で再起動されること。
	使用言語は英語とすること。英文のマニュアルを添付すること。
GNSS アンテナ 国土地理院において使用されている機種（参考）： Trimble TRM29659.00; TRM57970.00; TRM59800.80 Topcon TPSCR.G5	GNSS アンテナは、チョークリング構造とすること。また、使用するアンテナレドームに適合した大きさであること。
	レドームとの組合せを含めたアンテナ位相特性が公開されていること。
	GNSS アンテナと GNSS 受信機を接続する同軸ケーブルには、雷対策として同軸避雷器を挿入した構造とすること。
	GNSS 衛星以外の電波（携帯電話基地局からの電波や航空管制局からの電波）による干渉の影響を低減する機種であること。
レドーム 参考モデル：Scign radome	GNSS アンテナを保護するためにアンテナ架台頂部に設置すること。
	材質は電波の透過性のよいものとし、形状は半球とし、アンテナに適合する大きさであること。