

コートジボワール共和国
国家技術研究開発局（BNETD）
地形図リモートセンシングセンター（CCT）

コートジボワール共和国
都市インフラ整備のための
デジタル地形図作成プロジェクト
（ファスト・トラック適用案件）
ファイナルレポート

平成 27 年 10 月
（2015 年 10 月）

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

アジア航測株式会社

基 盤
JR
15-161

都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト
ファイナルレポート

交換レート

1 ユーロ=143.62 円(TTS)

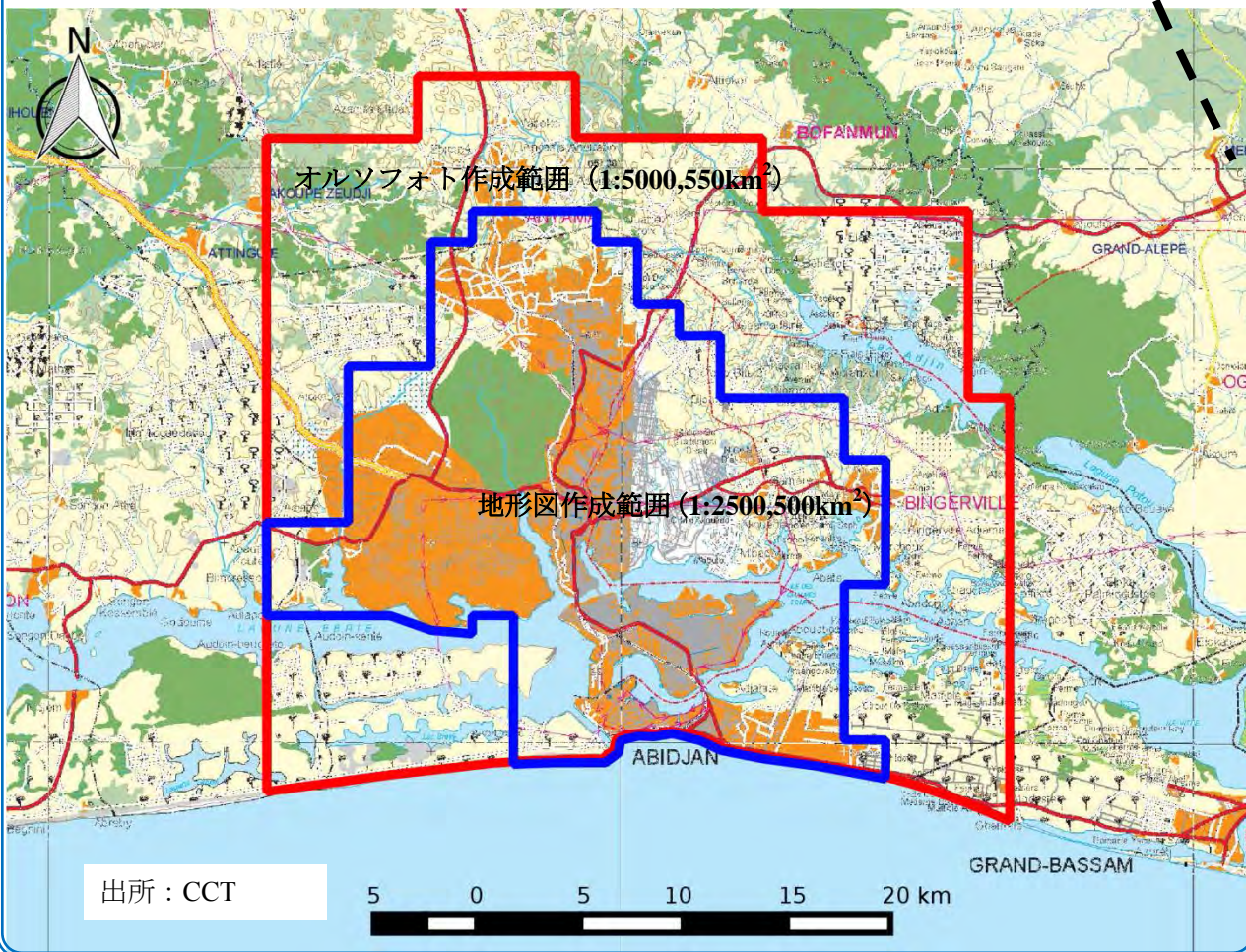
1 ユーロ=655.957 FCFA

2014 年 4 月平均

都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト
ファイナルレポート

調査対象地域図

都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト



都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト
ファイナルレポート

都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト
ファイナルレポート

調査の概要

調査の概要は以下のとおりである。

表 S-1 調査概要表

	項 目	細 目	内 容	備 考
1.	航空写真撮影	地上解像度（撮影縮尺相当）	15cm	約 1 : 13000
		撮影カメラ	DMC	
		撮影対象面積	1380km ²	
		撮影コース数	37 コース (43 コース)	ボアサイトキャリブレーション含む：6 コース
		撮影枚数	2382 枚	ボアサイト 166 枚含まず)
		航空写真データ	1 式	ハードディスク
2.	GPS 観測	GPS 測量成果	1 部	CCT(別冊)
		3D 解析・調整計算	105 点	
		点ノ記作成及び成果表	105 点	別冊
3.	水準測量	水準測量	180km	
		計算	180km	
		刺針点点ノ記作成及び成果	73 点	26 点+47 点 (5km)
		水準測量点の記	1 セット	別冊
4.	測量仕様協議	測量基準		ITR に報告
		図式及び適用規定	1:2,500 取得項目数 分類：134	最終報告書取り纏め (Ver5.01)
5.	空中三角測量	コース数:27 コース モデル数	1 セット 1789 モデル	別冊(調整計算結果) 写真枚数：1816 枚
6.	簡易オルソフォト	面数（中間成果品）	Full:172 面 1/4:664 枚	現地調査で使用
7.	厳密オルソフォト	1:5,000 (550km ²)	1 式 (102 面)	CCT (ハードディスク)
8.	デジタルデータ・ファイル	1:2,500 地形図データ	2 部	CCT,JICA 各 1 部
		1:2,500GIS 基盤データ	2 部	CCT,JICA 各 1 部
		1:2,500 地形図データ PDF	3 部	CCT:1 部,JICA:2 部
		デジタル航空写真データ	1 部	CCT 1 部
		1:5,000 オルソフォトデータ	2 部	CCT,JICA 各 1 部
		1:2500 オルソフォトデータ	2 部	CCT,JICA 各 1 部
		1:5000 オルソフォトマップ	2 部	CCT,JICA 各 1 部
		ファイナル・レポート (PDF)	2 部	CCT,JICA 各 1 部

都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト
ファイナルレポート

9.	ワークマニュアル	GPS 観測、水準測量、空中三角測量、数値図化、数値編集 GIS 構造化、記号化編集	2 部	CCT,JICA 各 1 部
10.	WebGIS の構築	基礎調査、機材調達、システム構築、データのインストール、ライセンスの発行引渡し	1 式	BNETD/CCT
11.	セミナー キックオフセミナー 利活用最終セミナー	工程と、成果品の紹介 利活用座談会 成果発表及び引渡し 利活用例の発表 技術移転実施結果	プログラム配布 発表 目録・地形図製本 地籍データ、水資源 図式、GIS	ファイナルレポートに記載 ファイナルレポートに記載
12.	機材調達	水準儀、GPS 観測機、A0 プロッタ、写真測量システム (数値図化、数値編集、GIS 構造化編集)、ラップトップ PC、携帯カメラ、携帯 GPS A3 プリンター、A3 コピー機	機材管理台帳報告 (ソフトウェアを含む)	ファイナルレポートに記載
13.	報告書印刷 インセプションレポート インテリムレポート ドラフト ファイナル レポート ファイナル レポート	インセプションレポート (ICR) : 全体計画・工程作業 内容の説明、BNETD/CCT へ 協力要請 インテリム・レポート (ITR) ドラフトファイナル・レポート (DFR) ファイナル・レポート (FR)	英文 6 部 仏文 15 部 和文 5 部 英文 6 部 仏文 15 部 和文 5 部 別冊 15 部 英文 6 部 仏文 15 部 和文サマリー 5 部 英文 15 部 仏文 15 部 和文 10 部 英文サマリー 15 部 仏文サマリー 15 部 和文サマリー 10 部	JICA : 5 部,CCT:1 部 JICA:5 部,CCT:10 部 JICA:5 部 JICA : 5 部,CCT : 1 部 JICA : 5 部,CCT : 10 部 JICA : 5 部 JICA : 5 部,CCT : 10 部 JICA : 5 部,CCT : 10 部 JICA : 5 部 JICA: 5 部,CCT:10 部 JICA: 5 部,CCT:10 部 JICA:10 部 JICA: 5 部,CCT:10 部 JICA: 5 部,CCT:10 部 JICA:10 部

都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト
ファイナルレポート

14.	広報用資料	広報用資料（仏語） 最終セミナーにて配布	A3 両面カラー印刷	200 部（JICA:50,CCT:150）
15.	品質管理に関する報告書	精度管理報告書（和文・英文） 別途納品	英文：1 部 和文：1 部 DVD（報告書,精度管理表）	CCT 1 部 JICA1 部 JICA,CCT 各 1 部
16.	デジタル画像集	プロジェクト全般のデジタル写真集（和文、英文）	デジタル写真集: CD-R 又は DVD:1 部	デジタル画像：1 部

調査の目的と分類

本プロジェクトの目的は、経済の中心都市であるアビジャンのインフラ整備に寄与する以下の 3 項目を実施することである。

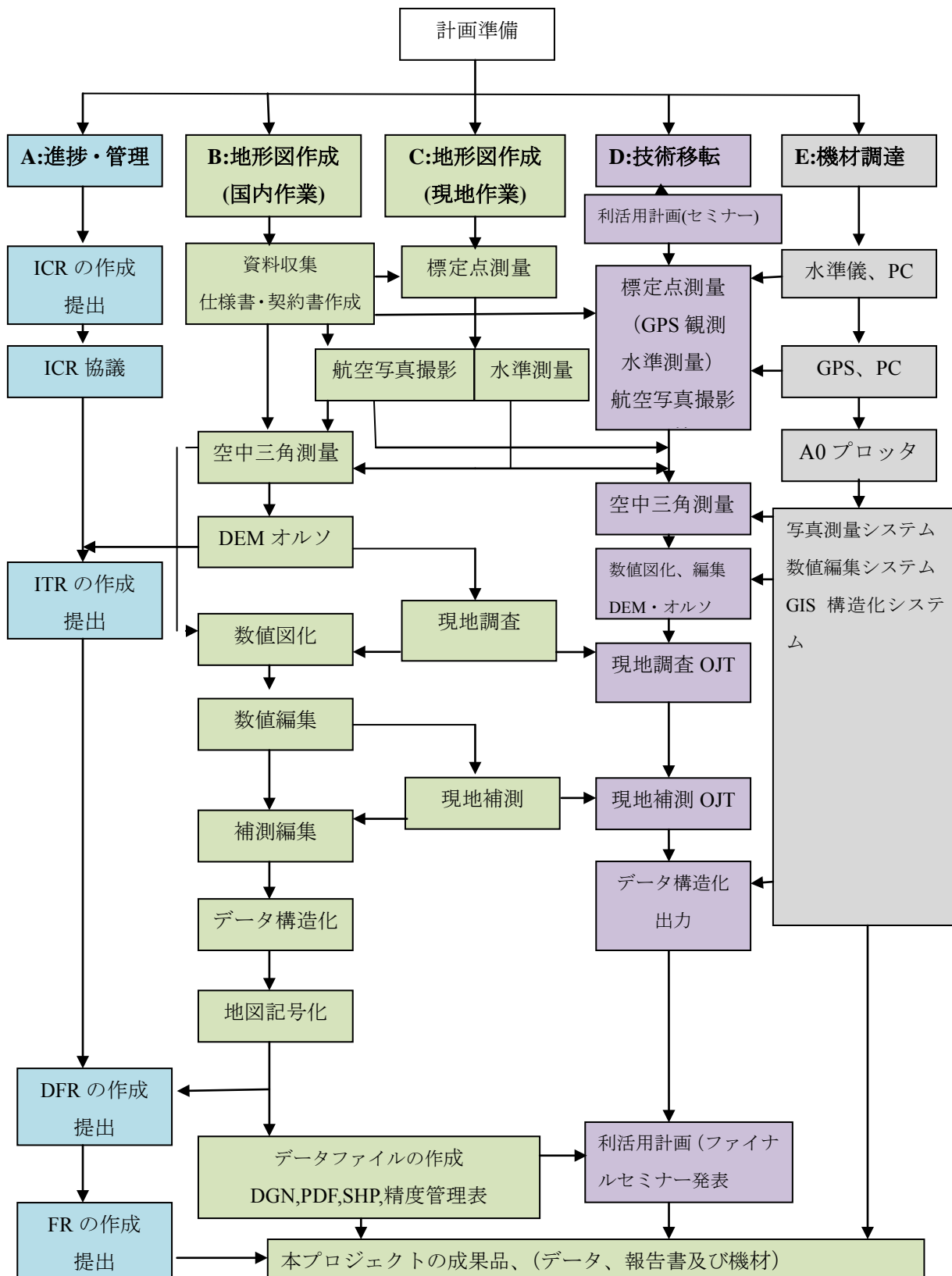
- 1.アビジャン中心部 500km²において 1：2,500 デジタル地形図及び GIS 基盤データ整備
- 2.アビジャン周辺部の 550km²において 1：5,000 オルソフォトマップの作成
- 3.本プロジェクト全体工程を通じた技術移転実施による能力強化・機能改善

コートジボワール国（以下、「コートジボワール」） 国家技術研究開発局（以下、「BNETD」）の傘下の地形図リモートセンシングセンター（以下、「CCT」）は、2011 年の政情不安定により施設、機材等が破壊され、新規投資、維持管理等もできずにいた。コートジボワール政府はアビジャン市の都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成に関する技術協力を日本政府に要請した。同要請を受け、JICA が 2013 年 10 月より 2015 年 10 月までの約 24 カ月間をかけて本プロジェクトを実施した。

本プロジェクトでは上記の目的を達成するために、以下の 5 つのステージに分類し調査を実施した。

- A：プロジェクト全体の進捗・管理にかかわる業務
- B：地形図作成にかかわる業務（現地作業）
- C：地形図作成にかかわる業務（国内作業）
- D：技術移転に関する業務
- E：機材調達に関する業務

図 S-1 全体の作業フロー



A：プロジェクトの全体の進捗・管理にかかわる業務

2013年10月に開始し、2015年9月末の約24カ月間で上記の目的を達成するために、各種報告書を提出した（詳細は前頁の本業務の成果一覧表に記載）。

本プロジェクトの目的である1：2,500デジタル地形図データ及びGIS基盤データの整備と1：5,000オルソフォトマップを作成するために、写真測量手法により、航空写真撮影、標定点測量、水準測量の野外作業、デジタル地形図作成作業の室内作業（数値図化、数値編集等）を日本国内で実施した。また、それらの技術移転をCCTの職員に行うためのプロジェクト全体の進捗管理を行った。

B：地形図作成にかかわる業務（国内作業）

国内作業では工程ごとに次工程への疑問点及び要望の引継により精度管理を徹底した。各工程毎に品質管理を行い精度管理表に取りまとめた。

(1) 精度管理表の作成

国内作業では、以下の業務で品質管理・精度管理を実施し、品質管理に関する報告書として取りまとめた。

- 1) 航空写真撮影：画像のチェック、不足画像の有無、煙およびヘイズの有無、範囲の検査
- 2) 空中三角測量：標定点の平面と標高の標準偏差
- 3) 数値図化：脱落、エラー、表現内容、等高線と単点の検査
- 4) 数値編集：図式および適用規定に従った表現内容の検査
- 5) 補測編集：補測事項の編集漏れ、エラーの検査
- 6) GIS構造化編集：点、線、面、属性データの論理検査
- 7) 地図記号化編集：図式および適用規定に従った色・線号・サイズおよび整飾情報の検査
- 8) データファイルの作成：各データのウイルスチェック、GIS基盤データは、媒体保存時の各データの内容を記載したメタデータの追加

C：地形図作成にかかわる業務（現地作業）

地形図作成にかかわる業務（現地作業）のうち、写真測量でデジタル地形図を作成するため、航空写真撮影、標定点測量（対空標識設置、GPS観測、水準測量、刺針）、現地調査、現地補測の業務を表S-1の数量で実施した。

特に航空写真撮影は、11月から3月の乾期5ヶ月間のみ撮影可能であるため、最大の課題であったが、乾期中に無事終了することができた。以下は現地作業の各工程ごとの調査概要である。

(1) 標定点測量（対空標識の設置を含む）

GPS機材の調達が遅れたため、標定点測量ではレンタルした機材を用いてGPS観測を実

施した。OJT を通じ GPS 観測を開始したところ、CCT は解析までの十分な能力を保有している一方、対空標識設置に関しては、これまで経験がなかったため、OJT で徹底的に指導した。表 S-1 成果一覧表に記載の通りの業務を CCT との協力で実施した。

(2) デジタル航空写真撮影

航空写真撮影では、計画どおり全撮影範囲を完了した。CCT は、アナログ航空カメラによる撮影経験があったため、航空写真撮影に関する理論は問題なく、今回使用したデジタルカメラとの違いについて技術移転した。

調査概要表に記載している数量を完了した。

(3) 水準測量（刺針を含む）

BNETD/CCT はアナログ水準機での水準測量の経験はあったが、本プロジェクトで使用したデジタル水準儀を用いた測量は始めてであった。そこで、デジタル水準儀の調整実習および、テスト観測等十分な観測実習を開始前に実施した。

今回実施した BNETD/CCT の水準測量の再測率は約 25% と高い結果を示したので、今後、さらなる実務経験を重ねて水準測量業務を継続することが必要である。

(4) 現地調査・現地補測

現地調査では、当初 CCT の持つ中縮尺レベルの従来のアナログ式現地調査技術と、今回導入した大縮尺レベルの相違点についてワークショップで理解を徹底した。全般的に内容を理解し計画的な業務を進めることができた。作成したマニュアルを用いて整理方法を効率的に行うことが望まれる。

D：技術移転に関する業務

本プロジェクトの技術移転方針は、時間的制約の中での効果の最大化をめざし、「CCT に必要な技術」を抽出するためのベースライン調査と実際の技術力との違いの分析（ギャップ分析）を行った。その結果に基づいて、測量の理論や新技術の講義・紹介および OJT による実践的アプローチで技術移転した。

E：機材調達に関する業務

機材の調達は、コンサルタントが調達した機材と、JICA が調達した機材に分けられる。機材管理リストとして調達した全機材を本文に記載した。

(1) コンサルによる資機材の購入

本プロジェクトの契約に基づき本邦、現地ならびに第 3 国での調達機材を以下のとおり報告する。なお、引渡時には CCT より受領書を取り付けた。

①本邦調達機材

- 1) 水準器：2セット（2014年2月引渡済）
- 2) ハンディ GPS：6セット(2015年4月引渡済)
- 3) ハンディデジタルカメラ：6セット（2015年4月引渡済）

②現地および第3国調達機材

- 1) ノート PC : 2セット(2015年4月引渡済)
- 1) 印刷用機材(スキャナ付 A0 版プロッタ) : 1セット（2014年10月引渡済）
- 2) 編集用機材・GIS用機材(図化・編集・GIS構造化) : 各1セット（2015年4月引渡済）
- 3) 印刷用機材(カラーレーザープリンタ) : 1セット（2015年9月引渡済）
- 4) 印刷用機材(A3カラーコピー機) : 1セット（2015年9月引渡済）
- 5) データ共有機材(サーバー、WebGIS) : 1セット(2015年9月引渡済)

(2)機構による資機材の購入 (E-3)

本プロジェクトの第3国ならびに現地での機構による資機材の調達は、下記の通りである。

①本邦調達機材

なし

②現地調達機材

- 1) GPS 観測機 : 3式（2014年8月引渡済）
- 2) 編集出力ソフトウェア(Dry) : 1式 (2015年4月引渡済)
- 3) 数値図化システムソフトウェア : 1式（2015年3月引渡済）

都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト
ファイナルレポート

略 語

略 称	名 称	和 訳
ANAC	Autorité Nationale de l'Aviation Civile	国立民間航空機関
AfDB	African Development Bank	アフリカ開発銀行
AGEROUTE	AGENCE DE GESTION DES ROUTES	道路管理機関
BNETD	Bureau National d'Etudes Techniques et de Développement	国家技術研究開発局
CAP-A	CAP-A	LPS の空中三角測量のアプリ ケーションである対地標定 ソフトウェア名
CCT	Centre de Cartographie et de Télédétection	地形図リモートセンシング センター
CP	Counterpart	カウンターパート
CURAT	Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection	ココディ大学大学院 リモートセンシング 応用センター
DAA	DISTRICT AUTONOME D'ABIDJAN	アビジャン自治区技術総局
DAFR	Département Agriculture et Focier Rural	農業・農村地域部局
DAUDL	Département Aménagement Urbain et Développement Local	都市計画・地域開発部
DCCT	DIRECTION CCT	地形図リモートセンシング センター本部
DCEP	Département Construction et Équipements Publics	公共施設・建設部局
DCF	Délimitation de Circonscriptions Foncières	境界確定点
DDC	Direction Générale des Impôts (Ministère de l'Économie et des Finances)	(経済財務省) 土地台帳局
DEAH	Département Environnement Assainissement et Hydraulique	水資源衛生環境部局
DEM	Digital Elevation Model	数値標高モデル
DIEM	Département Industrie Energie et Mines	鉱山エネルギー産業部局
DIT	Département Infrastructures et Transports	国土交通局
DFR	Draft Final Report	ドラフトファイナルレポー

都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト
ファイナルレポート

		ト
DGI	DIRECTION GENERALE DES IMPOTS Direction du Cadastre	税務総局（経済財務省） 地籍局
DMC	Digital Mapping Camera	数値写真測量用航空カメラ
DSM	Digital Surface Model	数値表層モデル
DTIC	Département des Technologies de l'Information et de la Communication	情報通信部局
DTC	Direction de la Topographie et de la Cartographie	地形・地図局（MCLAU）
DTM	Digital Terrain Model	数値地形モデル
ECOWAS	Economic Community Of West African States	西アフリカ諸国経済共同体
ESA	European Space Agency	欧州宇宙機関
FR	Final Report	ファイナル・レポート
GCP	Ground Control Point	航空写真測量標定点
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
GNSS/IMU	Global Navigation Satellite System/ Inertial Measuring Unit	汎地球航法衛星システム/ 慣性計測装置
GPS	Global Positioning System	汎世界測位システム
GPS/IMU	Global Positioning System/ Inertial Measuring Unit	汎世界測位システム/ 慣性計測装置
Geo TIFF	Geo Tagged Image File Format	座標付き高密度な画像デー タファイルを保存するた めの標準フォーマット
HTML	Hyper Text Markup Language	HTML 方式の文書
ICR	Inception Report	インセプションレポート
IGCI	Institut Géographique de Côte d'Ivoire	コートジボワール地理院
IGN-France	Institut Géographique National France	フランス国土地理院
IGS	International GNSS Service	国際 GNSS サービス
ITR	Interim Report	中間報告書
JCC	Joint Coordination Committee (Comité conjoint de coordination)	合同調整委員会 (フランス語表記:CCC)
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
LPS	Leica Photogrammetry Suite	ライカ写真測量システム
MCLAU	Ministère de la Construction, du	建設住宅衛生都市計画省

都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト
ファイナルレポート

	Logement de l'Assainissement et de l'Urbanisme	
M/M	Minutes of Meeting	議事録
NASA	National Aeronautics and Space Administration	アメリカ航空宇宙局
NRGAE	Nouveau Réseau Géodésique de la Ville d'Abidjan et ses Environs	アビジャン自治区およびその周辺部の新測地網
OJT	On The Job Training	実地訓練
ORIMA	ORIMA	数値図化機 (LPS) で使用する空中三角測量ソフトウェア
PAA	Port Autonome d'Abidjan	アビジャン自治港
PDOP	Position Dilution of Precision	衛星の配置状況を示した位置精度低下率
POS-EO	Position and Orientation System-External Orientation Parameter	位置標定システム—外部標定パラメータ
QGIS	Quantum GIS	フリーGIS ソフトウェア名
R/D	Record of Discussion	議事録合意文書
RC10	RC10	RC10 アナログ航空カメラの一種
RGCI	Réseau Géodésique de Côte-d'Ivoire	コートジボワール測地網
RGIO	Réseau Géodésique Ivoirien Opérationnel	コートジボワール国家測地網
RGIR	Réseau Géodésique Ivoirien de Référence	コートジボワール測地基準点網
SACM-GP	Service Actions Commerciales, Marketing et Gestion des Projets	マーケティングとプロジェクト管理部 (CCT)
SAFC	Service Administration Finances et Compatibilité	財務・総務部 (CCT)
SASIG	Service Applications SIG et Innovations Géomatiques	応用と地理情報部 (CCT)
SCDT	Service Collecte des Données de Terrain	地形データ収集部 (BNETD/CCT)
SIBD	Service Informatique et Bases de Données	情報・データベース部 (CCT)
SMIT	Service Management des Informations et	情報管理と地理情報技術部

都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト
ファイナルレポート

	Technologies Géospaciales	(CCT)
SODExAM	Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire, Aéronautique et météorologique	空港、航空管制、気象管理 開発会社
SOTFR	Service Operations Techniques du Foncier Rural	農村土地登記部 (CCT)
SRCPD	Service Rédaction Cartographique et Produits Dérivés	地図編纂・地図印刷部 (CCT)
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission	スペースシャトル立体地形 データ
STDA	Service Traitement des Données Aérospatiales	航空宇宙空間データ処理部
UEMOA	Union Économique et Monétaire Ouest-Africaine	西アフリカ経済通貨同盟
UPS	Uninterruptible Power(-supply) System	無停電電源装置
UTM 30N	Universal Transverse Mercator 30 North	ユニバーサル横メルカトール 投影 30 ゾーン北
WB	World Bank	世界銀行
WGS84	World Geodetic System 1984	WGS1984((世界測地系) WGS84 (準拠楕円体名)
WebGIS	World Wide Web of GIS	GIS 基盤データ世界配信ウ ェブ
ZI Imaging	Zeiss/Intergraph Imaging	ツァイス/インターグラフ イメージング会社

都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト
ファイナルレポート

画像集



キックオフセミナー



技術トレーニング（現地調査）



仕様協議



技術トレーニング（現地補測調査）



標定点測量（GPS 観測）



技術トレーニング（数値図化）



標定点測量（水準測量）



技術トレーニング（Web GIS）

都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト
ファイナルレポート



利活用セミナー会場設置ブース



セミナーオープニング



BNETD 総裁のスピーチ



CCT 局長のスピーチ



JICA 米崎所長のスピーチ



川村大使のスピーチ

都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト ファイナルレポート



外務省官房長のスピーチ



集合写真



展示物の説明風景



供与機材の説明



志水総括のプレゼンテーション



CCTのプレゼンテーション

都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト

ファイナルレポート

調査対象地域図

調査の目的と分類

略 語

画像集

目 次

1. 調査業務の概要	1
1.1 調査の背景（コートジボワール共和国政府の要請と調査内容）	1
1.2 調査の目的と成果	1
1.3 調査工程（実績工程表）	2
1.4 調査対象地域	5
1.5 調査団の構成	5
1.6 プロジェクトの全体工程と実績	7
2. アビジャンでの地形図作成活動	9
2.1 仕様協議（B-1）	9
2.2 標定点測量（対空標識の設置、GPS 観測、水準測量、刺針） B-2(1),B-2(2)	9
2.3 航空写真撮影(B-3)	27
2.4 現地調査・現地補測(B-4(1),B-4(2))	31
3. 地形図作成にかかわる業務（国内作業）	37
3.1 空中三角測量（C-1）	37
3.2 オルソフォト作成(C-2(1))	42
3.3 数値図化（C-3）	45
3.4 数値編集（C-3）・地図記号化編集（C-5）	48
3.5 厳密オルソフォト作成（C-2(2)）	52
3.6 補測編集(C-3)	59
3.7 GIS 基盤データ構造化編集（C-4-1）	60
3.8 GIS データ構造化（C-4-2）	63
3.8.1 序論	63
3.8.2 アビジャン都市ジオデータベースモデル	63
3.8.3 パイロット地理情報管理システムの概要	68
3.9 データファイルの作成（C-6）	68
3.10 全体の品質管理結果報告	70

都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト
ファイナルレポート

3.11 広報資料の作成と印刷.....	70
3.12 デジタル画像の作成.....	70
4. 技術移転に関する業務.....	71
4.1 技術移転の結果と考察.....	71
4.2 技術移転の項目別実施内容.....	73
4.2.1 開始時のセミナー・ワークショップ開催 (D-1(1))	73
4.2.2 利活用普及セミナー・ワークショップ開催 (D-1(2))	74
4.2.3 標定点測量・対空標識設置 (D-2(1))	74
4.2.4 水準測量・刺針 (D-2(1))	80
4.2.5 航空写真撮影 (D-2(2))	83
4.2.6 利活用促進(D-3(1)(2)(3)).....	87
4.2.7 現地調査(D-2(3)).....	91
4.2.8 空中三角測量・DEM およびオルソフォト(D-2(4-1),(4-2)).....	93
4.2.9 数値図化・編集・(地図記号化)(D-2(5)).....	98
4.2.10 現地補測(D-2(6)).....	108
4.2.11 数値データの構造化(D-2(7)).....	110
4.3 技術移転のまとめと今後への期待.....	114
4.4 ユーザーへのデータ提供.....	115
4.5 将来の展望と CCT に対する提言.....	116
5. 機材調達に関する業務.....	119
5.1 受注者による資機材の購入(E-1,E-2)	119
5.2 機構による資機材の購入 (E-3)	119
5.3 成果品	121
6. 付属資料	123

図目次

図 1	本プロジェクトの対象地域	5
図 2	CCT の組織図	6
図 3	標定点の配点図	11
図 4	コートジボワール全国 1~2 級基準点網	12
図 5	GPS 観測 105 カ所位置と区域図	14
図 6	点検測量の既存基準点配点図	15
図 7	直接水準測量の原理	16
図 8	水準測量の計画路線網図（青色線：計画された水準測量）	17
図 9	既存水準点のない地区	18
図 10	BNETD/CCT から収集した既存水準点点ノ記	19
図 11	計画路線と再測路線	24
図 12	刺針点（BM 点）の点ノ記	25
図 13	撮影進捗管理図	28
図 14	航空写真撮影標定図	30
図 15	実施工程	31
図 16	CCT 所有の既存データが存在する図面の範囲	32
図 17	現地調査範囲図（出所：© OpenStreetMap contributors、調査団）	32
図 18	調査内容を記入した簡易オルソフォト（出所：調査団）	33
図 19	現地補測調査のワークフロー	34
図 20	行政界調査・検証・修正結果	36
図 21	道路注記の分類結果	36
図 22	空中三角測量のフローチャート	38
図 23	空中三角測量実施標定図	40
図 24	POS-EO 成果のサンプル	40
図 25	簡易オルソフォト作成範囲図	43
図 26	簡易オルソフォトの A0 サイズ出力図(1:2,500)	44
図 27	簡易オルソフォトの A1 サイズ(1/4 画像)	44
図 28	数値図化データ作成範囲図	45
図 29	数値図化のフローチャート	45
図 30	現地調査データ	47
図 31	チェックマーク例	48
図 32	数値編集作成範囲図	49
図 33	数値編集のフローチャート	49
図 34	数値編集結果（出所：調査団）	50
図 35	整飾作成	51

都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト
ファイナルレポート

図 36 地図記号化編集データ (48-098-A-II)	51
図 37 出図検査	52
図 38 モニタリング検査.....	52
図 39 厳密オルソフォト作成範囲.....	53
図 40 厳密オルソフォトのフローチャート.....	54
図 41 オルソフォト作成範囲図.....	55
図 42 原画像 (左) とオルソフォトデータ (右)	56
図 43 モザイク処理 (シームライン)	56
図 44 修正前オルソフォト画像 (左) と修正後オルソフォト画像 (右)	57
図 45 精度管理出力図 (左) と精度管理表 (右)	58
図 46 等高線図 (左) とオルソフォトマップ (右)	58
図 47 補測編集データ範囲.....	59
図 48 補測編集のフローチャート.....	59
図 49 補測編集データ	60
図 50 GIS 構造化編集データ範囲	61
図 51 GIS 構造化編集のフローチャート	61
図 52 道路中心線入力データ.....	62
図 53 道路名入力資料.....	62
図 54 アビジャン都市ジオデータベース論理モデル.....	65
図 55 GIS 基盤データ作成のフローチャート	69
図 56 同時観測手法の概念図 (屋内講義)	76
図 57 標定点測量の品質管理チェックシート.....	77
図 58 GSD Calculator – 1 と GSD Calculator – 2	85
図 59 WebGIS の最終成果イメージ.....	89
図 60 洪水対策範囲 (黄色) と提供した DEM (XYZ) データ (橙色)	90
図 61 Bassin du Gourou 地区.....	90
図 62 実習範囲：平野市街地 (A:左) 不完全モデル地域 (B:中央) 山間部 (C:右) ..94	
図 63 選択した 3 地区.....	94
図 64 空中三角測量の未実施地域図.....	98
図 65 数値編集と数値図化トレーニングのフローチャート	100
図 66 数値図化技術移転の成果.....	103
図 67 数値図化技術移転の成果.....	104
図 68 数値編集技術移転の成果.....	107
図 69 数値編集技術移転の評価.....	108
図 70 SASIG 参加者の自己評価と指導者評価の結果	112
図 71 SIBD 参加者の自己評価と指導者評価の結果.....	113

表目次

表 1 全体実施工程.....	3
表 2 技術分野別のカウンターパート部門.....	5
表 3 主要な技術担当者.....	6
表 4 作業工程表.....	8
表 5 GPS 点と刺針点として観測する点の数量.....	17
表 6 水準儀の検査項目と検査結果.....	20
表 7 水準測量野帳に記載された観測値.....	21
表 8 観測値の計算結果記入例.....	22
表 9 誤差調整の結果記入例.....	22
表 10 水準測量計算簿の例.....	23
表 11 日本の水準測量の精度基準.....	23
表 12 既存点 BE8 と BE10 間の高低差比較結果.....	26
表 13 撮影枚数.....	29
表 14 現地調査で対象とする地物データ.....	31
表 15 コース別写真枚数.....	39
表 16 POS 調整時の制限値.....	41
表 17 空中三角測量の制限値と計算値.....	42
表 18 位置および高さ精度基準（地図情報レベル 2500）.....	48
表 19 位置情報の精度.....	57
表 20 1:2,500 地形図図式より抽出・編集した主な地物データセット.....	64
表 21 メタデータの入力項目.....	70
表 22 技術移転の全体の成果.....	71
表 23 セミナーの概要.....	74
表 24 GPS 観測時のアンテナタイプ別分類表.....	79
表 25 誤差調整のためのトレーニングデータ.....	81
表 26 航空写真撮影技術移転プログラムと実施状況.....	83
表 27 航空写真撮影技術移転マニュアル一覧.....	84
表 28 アンケート調査内容.....	95
表 29 CCT 職員 3 名の空中三角測量研修前後の技術力調査評価表.....	97
表 30 数値図化と数値編集のアンケート調査内容.....	99
表 31 参加者リスト.....	111
表 32 CCT の販売価格.....	116
表 33 利活用計画.....	117
表 34 調達機材リスト表.....	120

写真目次

写真 1 対空標識設置の点ノ記(左)と刺針点ノ記(右)	16
写真 2 電子レベル本体と標尺	21
写真 3 オートレベル本体と標尺	21
写真 4 BNETD/CCT 内にある水準点	26
写真 5 デジタル航空カメラ	27
写真 6 ANAC の機体検査	30
写真 7 撮影許可が得られた撮影機	30
写真 8 離陸前の点検 1	30
写真 9 離陸前の点検 2	30
写真 10 現地調査結果の評価状況(左)と GIS による現地調査データ管理(右)	33
写真 11 現地補測調査のワークショップの状況	35
写真 12 現地参考写真	47
写真 13 自動 DEM 不整合地区(赤矩形内:左右写真)	55
写真 14 対空標識採用基準の講義(左)と対空標識の設置トレーニング(右)	75
写真 15 対空標識の様式(A型、B型、C型)	75
写真 16 屋外トレーニング	76
写真 17 観測基準についての講義	76
写真 18 GPS 機器設置の精度確認(左)と偏心測定の精度確認(右)	79
写真 19 GPS 取得データ確認講義(左)と精度管理のレベルアップ講習(右)	80
写真 20 新しい水準儀の説明(左)と水準測量の BNETD/CCT 内での実習(右)	82
写真 21 水準測量の路上実習(左)と水準測量刺針点の作成実習(右)	82
写真 22 デジタル航空写真撮影講義(左)とデジタル写真撮影計画講義(右)	85
写真 23 デジタル航空カメラ点検立会(左)と撮影カメラ設置撮影機内(右)	86
写真 24 撮影データ処理の講義(左)とデータ品質管理の講義(右)	86
写真 25 オリエンテーション風景	92
写真 26 評価基準とデータ管理の講義(左)と GIS ソフトウェアの操作講習(右)	92
写真 27 空中三角測量講義の精度管理復習(左)と空中三角測量の実習(右)	96
写真 28 DEM データ修正と精度管理(左)・オルソフォト画像作成と精度管理(右)	96
写真 29 数値図化の作業工程の説明(左)と 3D モニターでの地物・標高測定(右)	101
写真 30 数値図化環境の構築(左)とデータ検査と品質管理説明(右)	101
写真 31 編集システムへの記号登録(左機材: MicroStation、右機材: Lorik)	106
写真 32 等高線の 3次元編集講義(左)とデータ検査と品質管理説明(右)	106
写真 33 (左)オルソフォト画像・(右) Google Earth の画面コピー	110
写真 34 大規模開発による経年変化の状況	110

1.調査業務の概要

コートジボワール共和国（以下、「コートジボワール」）「都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト」（以下、「本プロジェクト」）の調査業務の概要について以下に示す。

1.1 調査の背景（コートジボワール共和国政府の要請と調査内容）

コートジボワールの経済首都アビジャンを取り巻く大アビジャン圏（中心部：約 500km² および周辺部：約 250km² で構成される）は、1970 年代の年率 8%の経済成長を遂げた「象牙の奇跡」の時代に社会基盤整備を進め、西アフリカで随一の社会資本を有する都市となった。しかしながら、1990 年代より続く経済・政治・軍事危機の結果、社会資本ならびに都市機能を管理できず、整備された社会基盤インフラは老朽化が進行し、人口増加によるインフラの超過需要が経済活動のボトルネックとなっている。

そのため、精度の高いデータに基づいた都市計画の策定と都市インフラの整備が喫緊の課題となっているが、大縮尺・中縮尺の地形図は長引く混乱の影響や財政難等の理由により更新されていない。このような状況の中、インフラ整備等の経年変化が激しいアビジャン市内では、開発計画の策定や各種インフラ開発に大縮尺地形図が必要不可欠となっている。さらに、コートジボワールで地形図作成を担う国家技術研究開発局（以下、「BNETD」）に所属する地形図リモートセンシングセンター（以下、「CCT」）は、国内混乱の中、必要な機材やデータの損失、さらに人材の流出という問題も抱えており、組織の能力強化も大きな課題となった。

上記の状況を受け、国際協力機構（以下、「JICA」）は 2013 年 6 月に詳細計画策定調査団を派遣し、都市インフラ整備に寄与する基礎情報として地理情報の整備ならびに CCT 職員の能力強化、CCT の組織機能改善に係る技術協力の実施をコートジボワール政府と合意した。

1.2 調査の目的と成果

本プロジェクトは、大アビジャン圏のインフラ整備に寄与するため、以下の 3 点を主な目的とした。

- ① コートジボワール共和国の経済首都アビジャン市中心部の約 500km² において、縮尺 1:2,500 のデジタル地形図および GIS 基盤データを整備する。
- ② アビジャン市の中心部の周りの約 550km² においてオルソフォトマップを作成する。
- ③ 地形図作成国家機関として CCT がかつて行っていた技術サービスを回復し、本プロジェクトで定めた仕様に基づく地理情報基盤データを作成する技術能力を強化

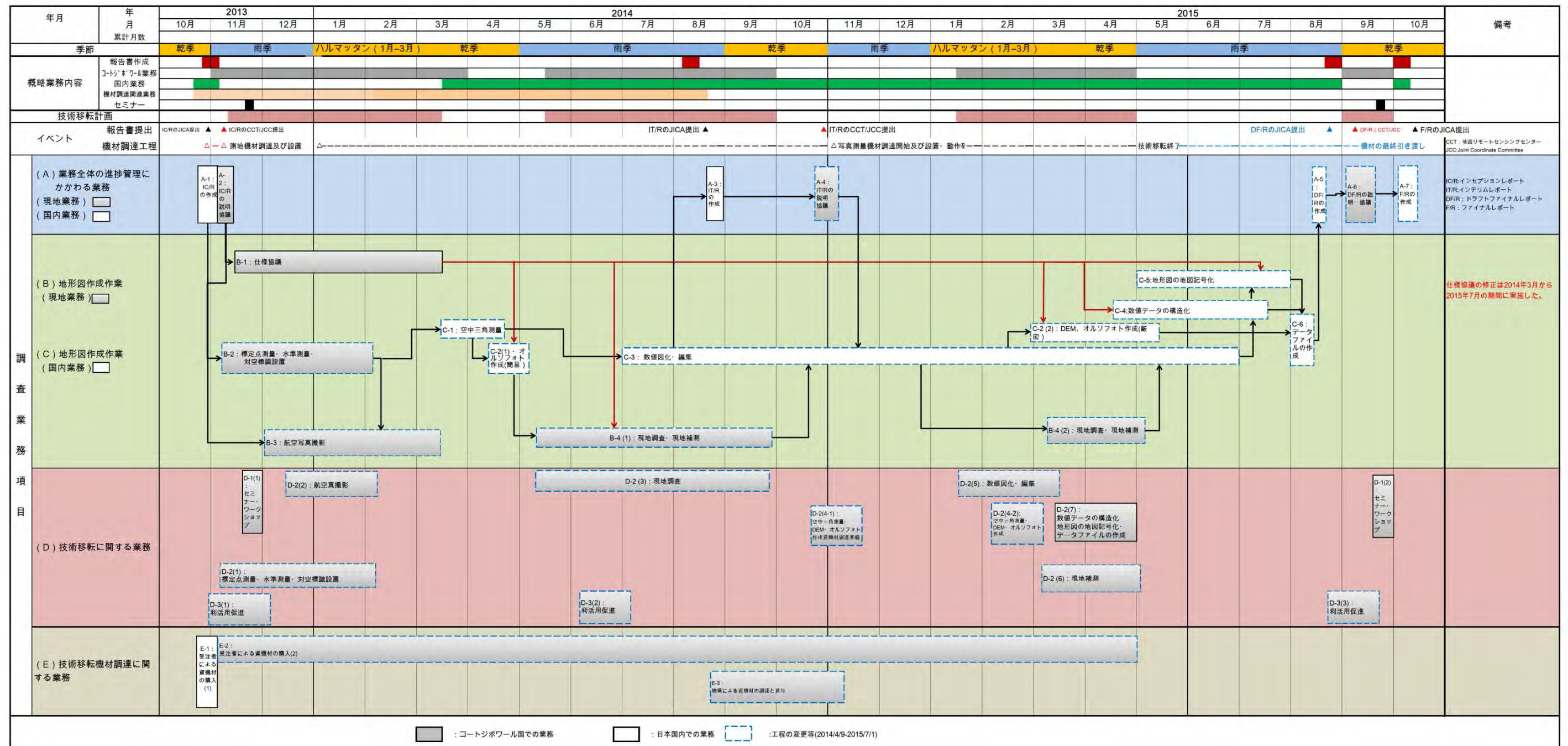
し、独力で更新できること。

1.3 調査工程（実績工程表）

表 1 全体実施工程に本プロジェクト（約 24 ヶ月）の実施工程表を記載した。

表 1 全体実施工程

コートジボワール国アビジャン圏都市インフラ地理情報システム及びデジタル地形図作成プロジェクトの実施フローチャート



1.4 調査対象地域

本プロジェクトの対象地域は、アビジャン市およびその周辺地域で図 1 本プロジェクトの対象地域のとおりである。

(1)1:2,500 のデジタル地形図整備域：アビジャン市を中心とする約 500km²

(内側の青線内)

(2)1:5,000 のオルソフォトマップ整備域：ア

ビジャン市周辺の約 550 km²

(赤線と青線間のエリア)

 : 大アビジャン圏

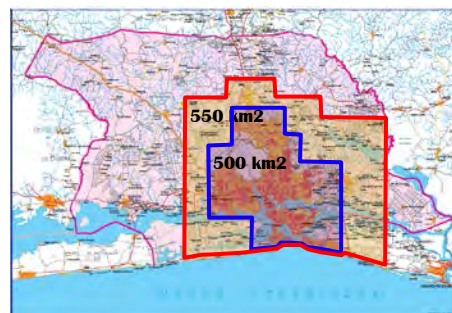


図 1 本プロジェクトの対象地域

(出所：CCT、調査団)

1.5 調査団の構成

表 2 は、本プロジェクトの技術分野と対応する CCT の部署を記載している。各技術分野の担当となる CCT 職員は表 3 のとおりであり、CCT の技術者と日本人専門家からなる調査団を組織し、日本人専門家と CCT の職員が協力しながら業務を実施した。

表 2 技術分野別のカウンターパート部門

技術分野	CCT 内の担当部署
最新デジタル航空カメラを使用した航空写真撮影	地形データ収集部の航空写真撮影課
標定点測量・水準測量・刺針・対空標識設置・ 現地調査	地形データ収集部
空中三角測量・数値図化・DEM・オルソフォト	航空宇宙空間データ処理部
仕様協議・数値編集・記号化	地図編纂・作成部
構造化・GIS 基盤データファイル	情報データベース部、GIS と地理情報部
地理情報データの利活用・普及	マーケティング・プロジェクト管理部

都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト
ファイナルレポート

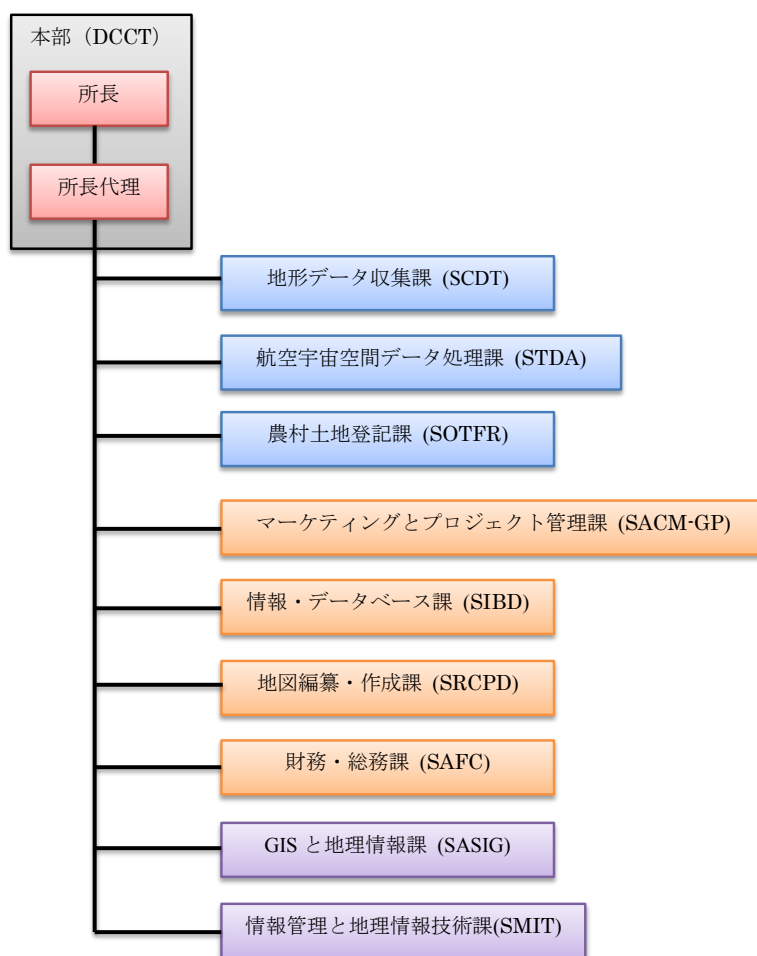


図 2 CCT の組織図

表 3 主要な技術担当者

担当分野	JICA 専門家	CCT 職員	CCT 役職
総括/地形図作成	志水 信雄	M'BRA Kouadio Séverin	CCT 局長
副総括	富村 俊介	SABENIN Yao	CCT 副局長
標定点測量・現地調査	寺田 常夫 真屋 学 富村 俊介	KONE Bourahima	地形データ収集課長
空中三角測量、数値図化 数値編集・地図記号化	寺田 常夫	COULIBALY Gogninniga	航空宇宙空間データ 処理課長
仕様協議	富村 俊介	KOUAME Aimé Louis	地図編纂・地図印刷 課長

都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト
ファイナルレポート

GIS 構造化	カレジ・ カムソコ	NIAMKE Solange Assié	基礎データ情報課長
		KOUAKOU Philippe Olivier	GIS および空間情報 開発サービス課長
利活用計画	志水信雄 マッテオ・ ジスモンディ	N'DOUME ClaudeThierry Aké	情報提供・販売およ びプロジェクト管理 サービス課長
		KOUAME Loukou Jacob-Charles	空間技術情報管理 サービス課長
航空写真	吉田 有二	N'GUESSAN Kouakou Privat	ナビゲータ
		OUATTARA Baba Danouma	パイロット

1.6 プロジェクトの全体工程と実績

本プロジェクトは実施方法に基づき、次頁の作業工程表の通り、(A)から(E)の 5 つの作業項目に区分して計画し、該当した作業項目を業務別に記載した。

表 4 作業工程表

作業項目	期間	平成25年度						平成26年度						平成27年度															
		10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
(A)業務全体の進捗管理にかかわる業務																													
A-1	インセプション・レポート(IC/R)の作成(国内作業)																												
A-2	インセプション・レポート(IC/R)の説明・協議(現地作業)																												
A-3	インテリム・レポートの作成(国内作業)																												
A-4	インテリム・レポートの説明・協議(現地作業)																												
A-5	ドラフトファイナル・レポート(DF/R)の作成(国内作業)																												
A-6	ドラフトファイナル・レポート(DF/R)の説明及び協議(現地作業)																												
A-7	ファイナル・レポート(F/R)の作成(国内作業)																												
(B)地形図作成作業(現地業務)																													
B-1	仕様協議																												
B-2(1)	標定点測量・対空標識の設置																												
B-2(2)	水準測量・刺針																												
B-3	航空写真撮影																												
B-4(1)	現地調査																												
B-4(2)	現地補測																												
(C)地形図作成作業(国内業務)																													
C-1	空中三角測量																												
C-2(1)	DEM・オルソフォト作成(簡易オルソフォト)																												
C-2(1)	DEM・オルソフォト作成(オルソフォトマップ)																												
C-3	数値図化、編集、補測編集																												
C-4	数値データの構造化																												
C-5	地形図の地図記号化																												
C-6	データファイルの作成																												
(D)技術移転にかかわる業務																													
D-1(1)	セミナー・ワークショップ(1回目)																												
D-1(2)	セミナー・ワークショップ(2回目)																												
D-2(1)	航空写真撮影																												
D-2(2)	標定点測量・水準測量・対空標識の設置																												
D-2(3)	現地調査・現地補測																												
D-2(4)	空中三角測量・DEM・オルソフォト作成																												
D-2(5)	数値図化・数値編集																												
D-2(6)	数値データの構造化・地形図の地図記号化・データファイルの作成																												
D-3(1)	利活用促進(1回目)																												
D-3(2)	利活用促進(2回目, 3回目)																												
(E)機材調達にかかわる業務																													
E-1	受注者による資機材の購入(国内作業)																												
E-2	受注者による資機材の購入(現地作業)																												
E-3	貴機構による資機材の購入(測量機材)																												
E-4	貴機構による資機材の購入(写真測量機材)																												

■ 現地作業期間 □ 国内作業期間 ▨ 実績延期工程

2. アビジャンでの地形図作成活動

1:2,500 地形図と 1:5,000 オルソフォトデータを作成した活動を取りまとめた。

2.1 仕様協議 (B-1)

1:2500 図式を新たに作成するため、事前準備した図式規定を CCT の技術者と協議した。

(1) 一般仕様の決定

デジタル地形図の仕様に関して、CCT はこれまでに BDGéo 200 のデータベースが作成された縮尺 1:50,000 地形図仕様をベースに他の縮尺の地形図の仕様を決めてきた。本プロジェクトで作成する縮尺 1:2,500 の大縮尺地形図の作成は、CCT にとっても初めての経験のため、地形図の骨格となる仕様の策定については、当初より CCT から期待されていた。仕様協議は 2015 年 7 月末まで継続して更新し以下の内容を検討した。

- ・本プロジェクトの一般仕様の合意
- ・大縮尺地形図の図面番号ルールの策定と図割
- ・縮尺 1:2,500 地形図に表現する地形項目の特定
- ・表現すべき地形図項目の定義、規定およびその文書化
- ・縮尺 1:2,500 地形図の整飾情報

(2) 成果の内容

以上の項目について一連の協議を実施した結果、以下の項目で合意に達し双方で署名した。

- ・適用仕様： 測量基準：UTM/WGS84
言語：フランス語
単位：メートル法
- ・地形図仕様： 図面サイズ：A0 フォーマット¹
内図枠：60cm X 80cm (1.5km × 2km)¹
図郭：既存図の縮尺 1:5,000 上で 500m 南に下方移動し再構築²
図面番号：既存図の縮尺 1:5,000 のルールに準拠²
取得項目：134 項目(最終バージョン Ver5.01)³
等高線間隔：計曲線 10m、主曲線 2m、補助曲線 1m

2.2 標定点測量 (対空標識の設置、GPS 観測、水準測量、刺針) B-2(1),B-2(2)

コートジボワールで実施した標定点測量は、撮影前の対空標識の設置、GPS 観測、水準測量、刺針の野外作業で構成される。標定点測量とは、後続作業である空中三角測量の解析

¹ Renseignement marginal relative à la carte topographique à l'échelle 1:2,500 を参照
(対訳：縮尺 1:2,500 の整飾情報)

² Méthodologie du système de numérotation cartographique à l'échelle 1:2.500 を参照
(対訳：縮尺 1:2,500 の図面付番方法システム)

³ Spécification cartographique de base – Signe cartographique et application des règles relatives aux cartes à grande échelle 1:2.500 を参照
(対訳：基本地形図仕様—署名付き 1:2,500 大縮尺地図の地図記号と適用規定)

計算や、数値図化に必要な基準点（座標）を現地で測量し、撮影前に対空標識を設置したり、撮影後の航空写真上にマーク（刺針作業）を行い、その平面位置を確定する業務である。

(1) 作業内容

空中三角測量で使用する 105 点（対空標識 31 点、刺針点 74 点、そのうち検証点 1 点を含む）に対して標定点測量を実施した。標定点測量では、作業着手前に測量原点の成果を入手し、CCT は選点方法や現場に即した対空標識の設置方法および刺針方法について、調査団の指導のもと協働作業で実施した。

(2) 座標原点

業務実施にあたり BNETD/CCT と協議の結果、コートジボワールの座標基準は全国に整備されている 1 級基準点網であることを確認した。その中から本プロジェクトの 1:2,500 地形図を作成する測量原点を下記の通り選択した。

平面の基準：BNETD/CCT 敷地内 RGIR-001、Anyama 地区 RGIO-19

高さの基準：ダカール水準原点に準拠した既存水準点高（BE8、BE10）

地上測量実施に先立ち、上記の測量原点と衛星画像をもとに、事前に標定点配点計画案を作成し、それらの点を現地踏査し、適切な対空標識設置場所と刺針する位置を決定した。同時に点ノ記（見取図）を作成した。

(3) 実施体制

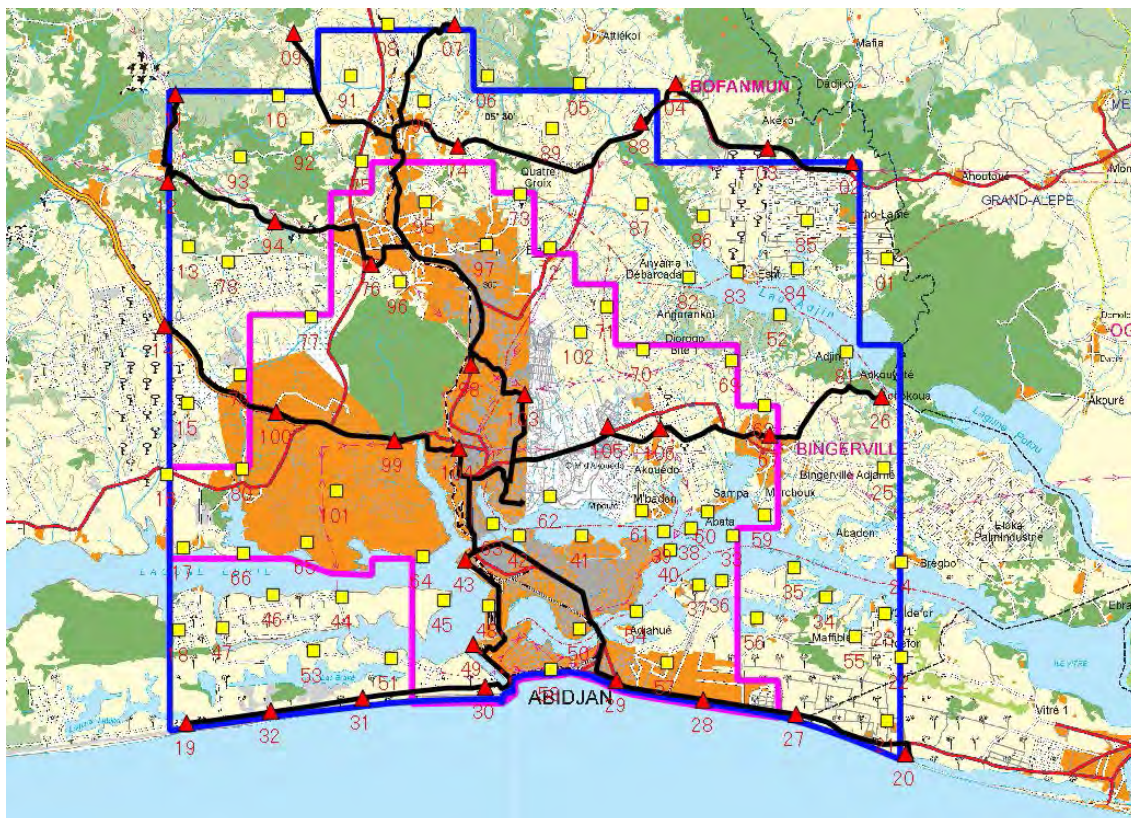
対象地域の自然・地形条件を考慮した結果、105 点の標定点を 4 班編成で実施した。

編成メンバー 地形データ収集部（SCDT）

- ・ 作業班長 : Kone Bourahima
- 1 班 : Djea Ngoran Aubert
- 2 班 : Goha T.Gedeon
- 3 班 : Kassi Kouame Rich
- 4 班 : Souleymane Traore

(4) 標定点の配点

図 3 に示す標定点測量の配点計画では、複雑な自然状況（ラグーン地域）を考慮し、対空標識点を 31 点、刺針点 74 点の配点計画とした。また精度管理を目的に検証点として水準点を 1 点を配置した。



(出所：CCT、調査団)

図 3 標定点の配点図

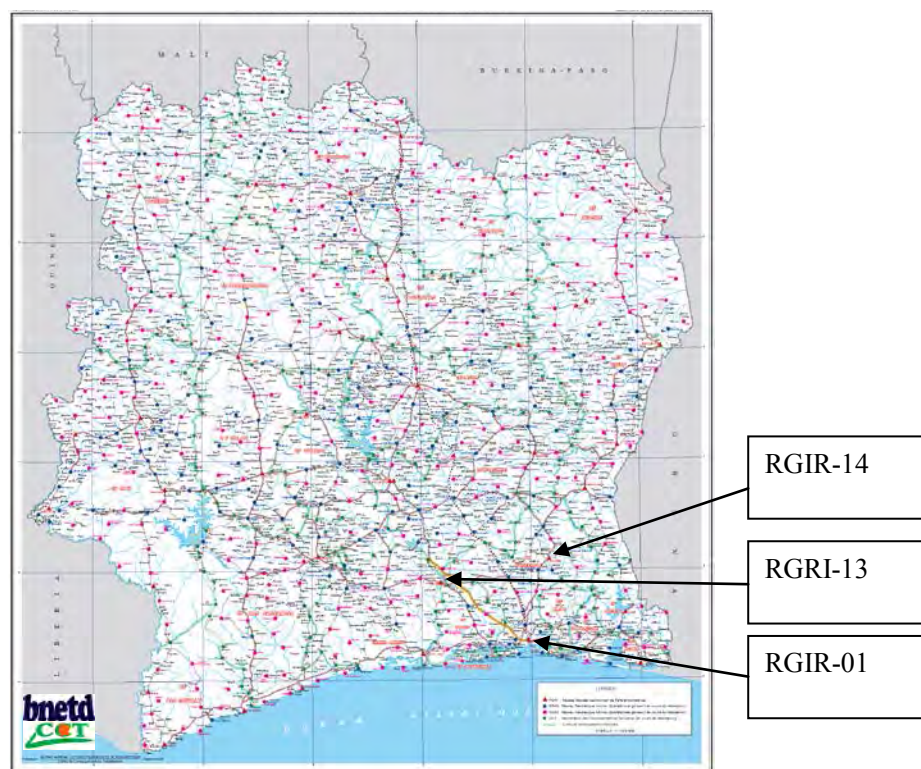
- : オルソフォトの作成範囲
- : 1:2,500 地形図の作成範囲
- ▲ : 対空標識の設置場所 (31 カ所)
- : 対空標識または刺針点の場所 (74 カ所)

(5) 対空標識にかかる各種調査の結果

既存基準点の点検および仕様等のインベントリー調査を実施した結果は、以下のとおりである。

1) 平面についての点検

調査団は、本プロジェクトの既存測量点の精度確認および作業エリア内および周辺地域の既存基準点を GPS 観測して座標を点検した。本プロジェクトの測量原点である RGIR-001 (一等基準点) の座標精度は CCT が保有している測量成果のうち 100km 以上はなれた 1 級基準点の RGIR-14 と RGIR-13 から GPS を使用した長時間の同時観測により求められた国家基準点であり 1 級基準点としての精度を有していた。今回の測量原点の平面位置情報精度に問題がないと判断した (図 4 参照)。



(出所：CCT)

図 4 コートジボワール全国 1～2 級基準点網

2) 標高の点検

コートジボワールの RGIO-19 (二等基準点) は 1:2,500 地形図を作成するには問題がないことを GPS 観測で確認した。ただし RGIR-001 と RGIO-19 の基準点標高(H) は精度検証の必要性があったため、既存の水準点から直接水準測量を実施してそれぞれの高さを求めた。その結果、本プロジェクトで十分使用可能であると判断した。

3) 品質管理

標定点の設置およびその観測したデータの整理において、CCT は小縮尺地形図 (1:10,000 以下) 作成の経験を有していたが、大縮尺地形図作成 (1:2,500 レベル以上) においては、以下の課題が散見された。

- ・ 既存点資料がデジタル整備されていない。
- ・ 点ノ記等の既存資料が組織として管理されておらず、個人管理となっている。
- ・ 1:2,500 用の大縮尺での標定点測量の仕様がなない。
- ・ 大縮尺地形図を作成するための標定点測量経験がない。

以上から、品質・精度管理、成果管理等の徹底が CCT にとっては必要不可欠な要素であるため、後述する技術移転の活動として品質管理・精度管理についての授業

を実施した。

(6) GPS 観測

本プロジェクトでは、GPS 観測の前に対空標識と刺針点の位置を確定し、GPS 観測を下記の日程と作業内容で実施した。

1) 実施日程

2013年12月03日~2014年1月10日 GPS 観測 (39日間)

2014年1月13日~2014年2月3日 GPS 計算処理 (22日間)

2) 作業内容

対空標識を設置した31カ所と刺針点74カ所の合計105カ所の基準点をGPS観測した。GPS作業開始前に測量原点のRGIR-001とRGIO-19を固定点としてGPS観測機をその2点に配置して連続観測の点検測量後、105カ所での標定点のGPS観測を実施した。

3) 実施体制

当初3班編成で3台のGPS機器を使用する計画であったが、現地踏査を実施した結果、地形条件や自然条件(ラグーンの存在)による標定点の増加、交通渋滞事情による作業効率の悪化、天候障害による航空写真撮影期間の延長を考慮し、早急に標定点測量(GPS観測、対空標識設置)を終了させるため、作業体制を変更し、4班編成でGPS観測を実施した(下図参照)。

編成メンバー：地形データ収集部(SCDT)

- ・ 作業班長 : Kone Bourahima
- 1 班 : Djea Ngoran Aubert
- 2 班 : N' GUESSAN Kouassi KAK Ezechias
- 3 班 : Samassi Ismaila
- 4 班 : Souleymane Traore

実施にあたり日帰り作業ができるA~D区域(図5)の4地区を4班で分担した。作業地区への移動に時間を要するE区域は全班でGPS観測をした。

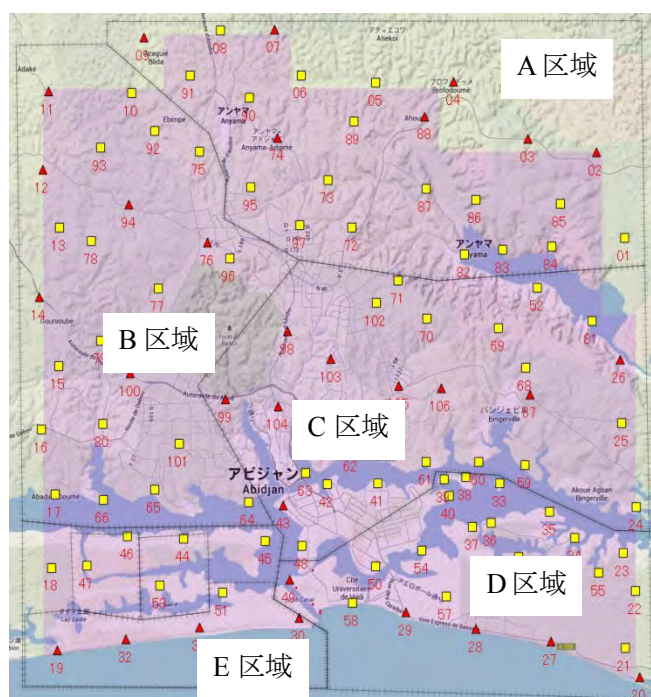


図 5 GPS 観測 105 カ所位置と区域図
(出所 : Map data ©2015 Google)

4) GPS 観測の実施

GPS 測量による既存点の点検測量後、CCT 社屋内 RGIR-001 と Anyama 地区 RGIO-19 の 2 カ所を固定点として新点 105 カ所の GPS 観測を実施した。

① 点検測量

Anyama 地区 RGIO-19 を初めとする航空写真撮影範囲に存在する既存基準点の点検測量を実施した。時間的な制約から、固定点 2 カ所と既存基準点 4 カ所で GPS 観測により各座標を計算して精度内であることを確認し、また Anyama 地区 RGIO-19 の座標を確定した。(図 6 点検測量の既存基準点配置図参照)

RGIO-19

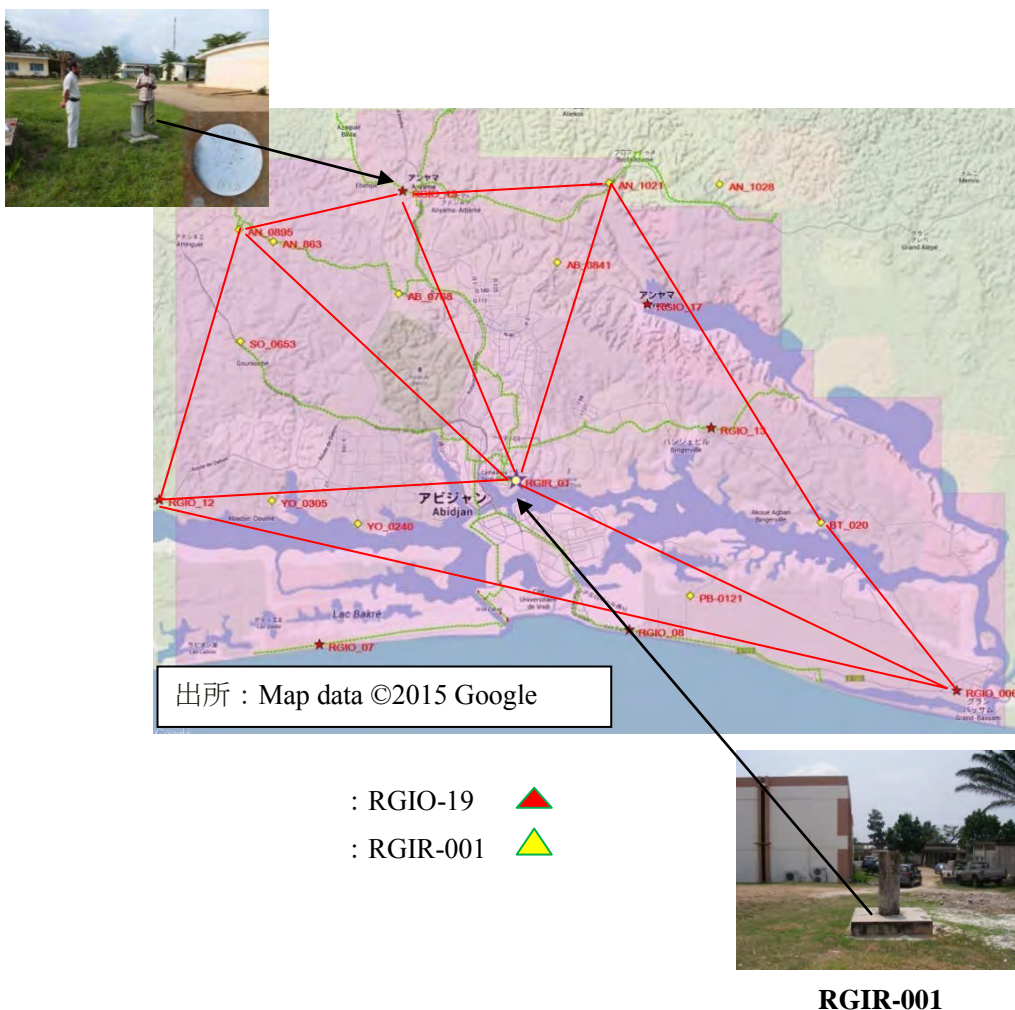


図 6 点検測量の既存基準点配点図

② 成果

GPS 観測は、RGIR-001 と RGIO-19 の図 6 点検測量の既存基準点配点図のとおり、2 カ所を固定点として新点 105 カ所を実施した。固定局以外の 105 点においては、データ取得時間を 10 秒間隔として連続 2 時間の同時観測を実施した。良好な衛星情報を得るために、観測時に GPS の位置精度の可否を判断する指標の PDOP 値(位置精度低下率)を目視確認して、観測時の受信データの品質確保をした。

GPS 観測の結果は、LEICA GeoOffice の解析ソフトウェアにより基線解析して GPS 観測結果を求めた。平面座標は、直接水準測量の標高結果をもとに網平均し 105 点の座標値 (XYZ) を計算して空中三角測量に使用する点ノ記に記載した。

点ノ記は、撮影前に設置した対空標識点(写真 1 左)と現地での明瞭な地物を標定点とした刺針点(写真 1 右)の 2 種類を作成した。

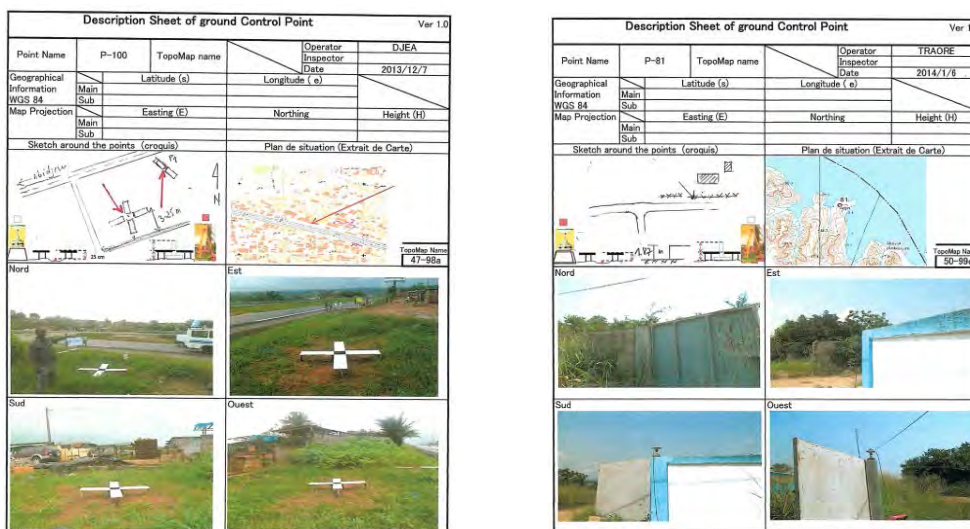


写真 1 対空標識設置の点ノ記(左)と刺針点ノ記 (右)

(7) 水準測量および刺針作業

水準測量とは、その国で採用されている高さの基準に合わせて、GPS で観測した標定点や写真上でマークした刺針点の高さを確定する業務である。高さの精度を向上させるために、道路上に水準測量を実施し、一定の距離に固定点を設置し高さの基準点を追加する業務である。水準測量空中三角測量で用いる標定点の高さを決定するために、2013年12月14日～2014年1月28日の48日間、水準測量・刺針作業を実施した。

1) 直接水準測量と刺針作業

水準測量とは、2測点に標尺 (Staff) を設置し、水準儀を用いて2点間の高低差を繰り返し観測することによって標高を求める測量方法 (図7 直接水準測量の原理) である。また、刺針作業とは、写真測量用の標定点として用いる水準点の位置を写真や画像上で特定する作業である。

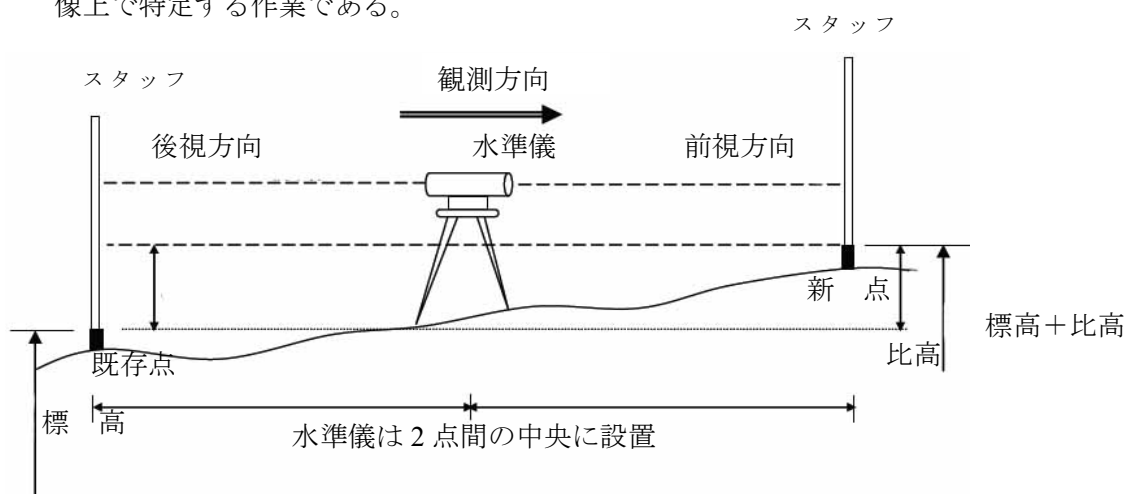


図 7 直接水準測量の原理
(出所:調査団)

2) 計画・既存資料の収集

地形図・オルソフォト作成範囲の航空写真の撮影計画、地形や既知の水準点の配点を考慮しながら、総路線距離約 180km の水準測量計画路線網図（図 8 水準測量の計画路線網図参照）を作成した。表 5 GPS 点と刺針点として観測する点の数量は、GPS 点と標高だけを使用する刺針点の総数 105 点の内訳である。

表 5 GPS 点と刺針点として観測する点の数量

種類	数量
GPS 点	32 点
既存水準点からの刺針点（点名：BM・・・）	26 点
新点（点名：AAS・・・）	47 点

合計 105 点

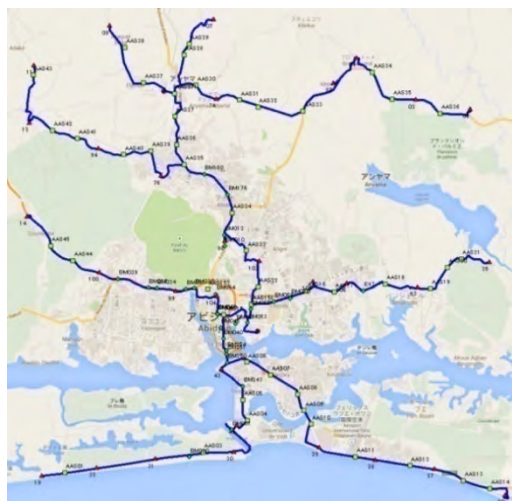


図 8 水準測量の計画路線網図（青色線：計画された水準測量）

（出所: Map data ©2015 Google）

図 8 水準測量の計画路線網図では、可能な限り既知の水準点を使用して効率性を高めることに努めて計画しているが、一部北部の Anyama 地区、東部の Bingerville 地区、Marcory から Grand Bassam の海岸沿いのエリアは、既存の水準点が存在しない地域のため、水準測量では往復観測により実施した（図 9 既存水準点のない地区参照）。

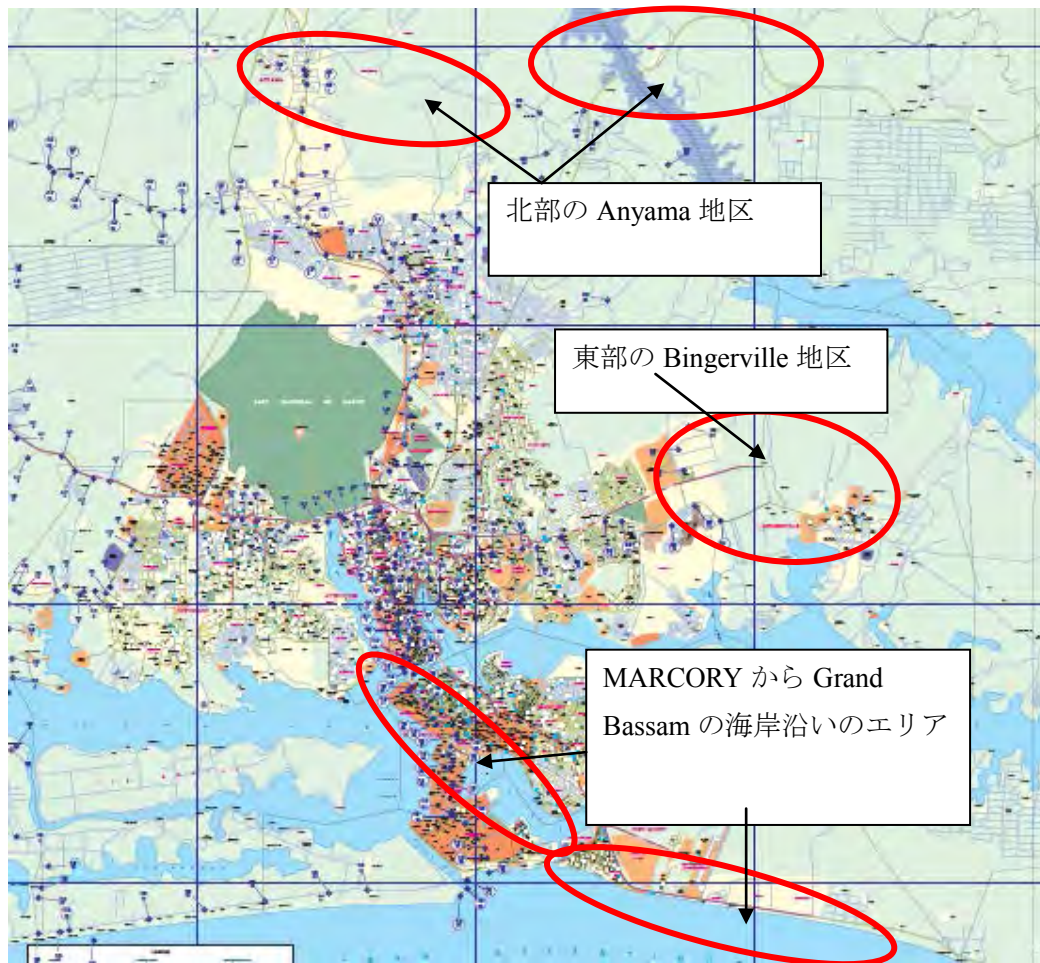


図 9 既存水準点のない地区
(出所: CCT)

3) 水準測量着手前の情報収集

水準測量の実施に先立ち、現地での既存水準点がどこに設置されているかを記述した水準点ノ記を CCT から入手した。この点ノ記が、信頼のおけるものかを判断するために、それらが本プロジェクトで十分活用できることを CCT の職員と確認した（図 10 参照）。

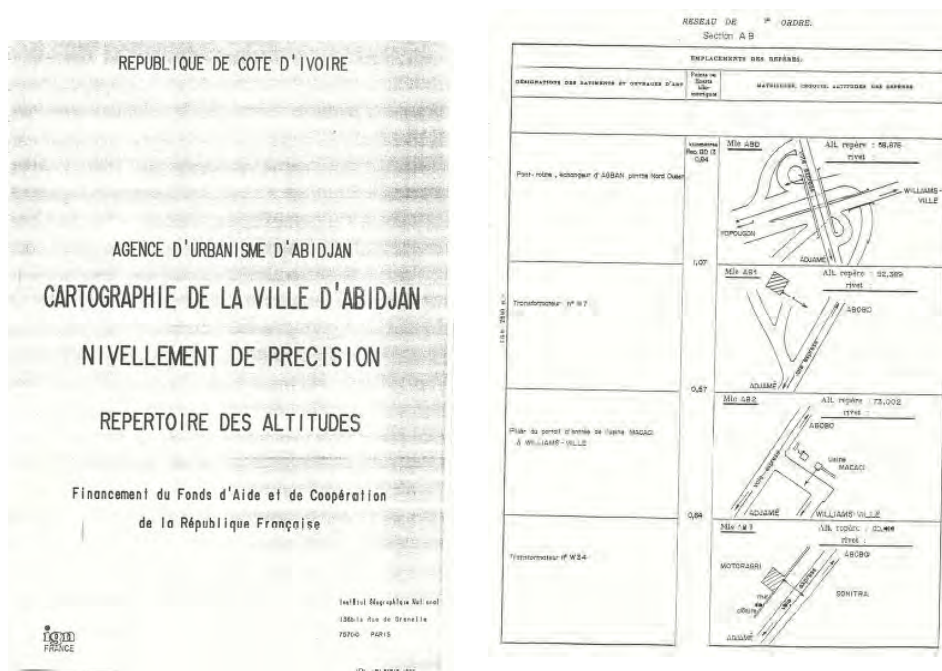


図 10 BNETD/CCT から収集した既存水準点ノ記
 (出所: CCT)

(左図和訳) アビジャン都市計画局、アビジャン市地形図のための標高リストと精密水準点ノ記、フランス共和国援助資金、フランス国土地理院

4) 水準儀の点検と調整

水準測量で使用する機材（水準儀）は、①機器が正常に動作しているか、②一定の精度で高低差が観測できるかの 2 項目について検査し、視準線の水平は十分保たれていることが確認できたため、調整は行わなかった。

検査項目と検査結果を表 6 水準儀の検査項目と検査結果に示す

表 6 水準儀の検査項目と検査結果

点検項目	Wild NAK(1)	Wild NAK(2)	Leica SPRINTER (1)	Leica SPRINTER (2)	Leica NA	Leica NA
外観、作動に異常がないことを確認する。	○	○	○	○	○	○
円形気泡管が水平を保っていることを確認する。	○	○	○	○	○	○
視準線が水平に保たれていることを確認する。	2.0 mm	1.0 mm	0.0 mm	1.0 mm	2.0 mm	2.0 mm
自動補正機構が動作していることを確認する。	○	○	○	○	○	○
その他、異常がないことを確認する。	無し	無し	無し	無し	無し	無し

*Wild NAK は CCT 所有の水準儀

*Leica SPRINTER(1), (2) は、JICA より機材供与した水準儀

*Leica NA は、アクシデントにより測量チーム増強のため代替機の水準儀

5) 測量・計算

水準測量を実施するにあたり、6名で1チーム（観測者、記録者、標尺係2名、途中から交通誘導員追加）となる水準測量チームを4チーム（途中から5チーム）編成した。各チームの技術レベルが未知数であったため、CCT 敷地内のテスト区間と既存水準点間の水準測量実習を実施することによって、各チームのスキルを確認した。各チームとも十分な測量技術を有していたため、調査団は水準測量計画図に基づいて分割した作業路線を各チームに指示して、観測を開始した。観測は、道路上で作業を実施することから、安全着を着用した上で、安全に十分注意を払うように指示した。

観測は、Wild NAK、Leica SPRINTER（写真2参照）、Leica NA（写真3参照）の3種類の水準儀が用いられた。



写真 2 電子レベル本体と標尺



出所：ライカパンフレット

写真 3 オートレベル本体と標尺

これらの水準儀によって観測された値は、レコーダ等の電子機器に記録するのではなく水準測量野帳に筆記することによって記録した（表 7 参照）。1 日の作業の締めくくりとして、各チームの記録した野帳を 1 日毎に取りまとめて計算用の入力資料を作成した。

表 7 水準測量野帳に記載された観測値

18-01-14								
PTS	Inst	LAR	LAV	Δ	PTS	Inst	LAR	LAV
AD3		0336			AD3			0361
P1	40	1406	1958	-1622	P1	40	1982	1383
B13	35	1441	1622	-0214	B13	35	1601	1383
P2	38	1381	1827	-0388	P2	38	1769	1318
P3	50	1381	1657	-0276	P3	50	1593	361
P4	57	1717	1702	-0321	P4	57	1682	1681
P5	50	1651	1501	0016	P5	50	1464	1653
P6	55	1524	1354	0297	P6	55	1357	1529
P7	57	1397	1309	0215	P7	50	1314	1403
P8	50	1868	1313	0078	P8	33	1325	1824
AD5	33	1392	0755	1113	AD5	54	0711	1383
P9	54	1860	1008	0384	P10	64	1004	1831
P10	64	1834	1760	0100	P11	53	1791	1841
P11	53	1913	1203	0631	P12	70	1210	1932
B13	70	1903	0770	1143	B13	35	0789	1938
P12	35	1836	1302	0601	P14	50	1337	1837
P13	50	1911	1211	0625	P15	54	1212	1841
P14	54	1912	1250	0661	P16	69	1179	1929
P15	69	1826	1099	0813	P17	58	1116	1826
P16	58	1808	1098	0727	P18	49	1099	1809
P17	49	1911	1177	0632	P19	49	1179	1889
P18	58	1907	1273	0633	P18	58	1251	1909

計算および調整は、入力資料にもとづいて、観測値をエクセルシート（表 8 に例を示す）

に入力した後、以下の手順で実施された。

6) 誤差調整前までの標高計算

- ①各点間 (A-B、B-C や C-D) の比高を、後視 (Backward site:BS) -前視 (Forward site:FS) によって計算する。昇 (+m) もしくは降 (-m) にその値を記述する。
- (2) 各点の標高値は、既知点の標高値に比高を加減し、地盤高 (m) にその値を記述する。
- (3) 水準点間の距離の合計を計算する。
- (4) 後視、前視の合計比高を計算した後、A-D 間の比高を計算する。
- ⑤ 色部分は記述しない。

表 8 観測値の計算結果記入例

点名	距離(m)	後視 BS(m)	前視 FS(m)	昇降(m)	調整(m)	地盤高(m)
A		1.453			記 述 し な い	10.000
B	27.5	0.661	0.582	0.871		10.871
C	32.4	1.553	0.749	-0.088		10.783
D	38.8		0.102	1.451		12.234
計	98.7	3.667	1.433	2.234		12.234

7) 誤差調整

誤差の調整は、各点の地盤高 (m) を計算し、誤差 (結合誤差、閉合誤差) が許容範囲であることを確認した後、観測距離に応じて誤差が増加するという原理にもとづいて配分した。表 9 は、表 8 の誤差を観測距離に比例して調整配分した結果を示したものである。

表 9 誤差調整の結果記入例

点名	距離(m)	後視 BS(m)	前視 FS(m)	昇降(m)	調整(m)	地盤高(m)
A 既知		1.453				10.000
B	27.5	0.661	0.582	0.871	0.001	10.872
C	32.4	1.553	0.749	-0.088	0.002	10.786
D 既知	38.8		0.102	1.451	0.002	12.239
計	98.7	3.667	1.433	2.234		12.239

都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト
ファイナルレポート

本プロジェクトで用いた水準測量計算簿の一部を示す（表 10）。

表 10 水準測量計算簿の例

	Points	Distances	Visée Arrière1	Visée avant 1	Differen ce de hauteur 1	Visée Arrière2	Visée avant 2	Differen ce de hauteur 2	Differen ce moyenne (1-2/2)	Valeur d'ajuste ment	Niveau du sol	Commen taire		
111	AE12		1.202			3.081					81.528	81.528		
113	P1	80.0	80.0	0.161	3.090	-1.888	2.510	1.193	1.888	0.000	-1.888	0.000	79.640	79.640
114	P2	80.0	160.0	2.105	2.441	-2.280	1.152	0.229	2.281	0.001	-2.281	0.001	77.360	77.360
115	AS40	24.0	184.0	0.988	1.130	0.975	3.695	2.127	-0.975	0.000	0.975	0.001	78.335	78.335
116	P1	48.0	232.0	0.956	3.704	-2.716	2.380	0.980	2.715	-0.001	-2.716	0.001	75.619	75.620
117	P2	80.0	312.0	1.041	2.363	-1.407	1.897	0.971	1.409	0.002	-1.408	0.001	74.211	74.212
118	P3	80.0	392.0	1.367	1.898	-0.857	2.266	1.041	0.856	-0.001	-0.857	0.001	73.355	73.356
119	P4	80.0	472.0	0.487	2.268	-0.901			0.000	-0.901	0.002	72.454	72.455	
120	P5	80.0	552.0	0.420	2.275	-0.900			0.000	-0.900	0.003	70.867	70.868	
165	P3	64.0	3,957.0	3.014	0.239	2.676			-0.001	2.677	0.015	42.351	42.365	
166	P4	80.0	4,037.0	1.214	0.395	2.619			0.002	2.618	0.015	44.969	44.983	
167	P5	80.0	4,117.0	0.609	2.326	-1.112	4.129	1.196	1.112	0.000	-1.112	0.015	43.857	43.872
168	P6	80.0	4,197.0	0.143	4.157	-3.548	4.179	0.582	3.547	-0.001	-3.548	0.016	40.309	40.325
169	P7	48.0	4,245.0	0.429	4.107	-3.964	1.752	0.214	3.965	0.001	-3.965	0.016	36.345	36.360
170	T1	36.0	4,281.0	1.428	1.728	-1.299	1.556	0.452	1.300	0.001	-1.300	0.016	35.045	35.061
171	AE18	42.0	4,323.0		1.535	-0.107		1.449	0.107	0.000	-0.107	0.016	34.938	34.954
172		4323.0		65.196	111.783	-46.587	111.938	65.345	46.593	0.006				
173									0.042					

表 10 の計算と誤差調整を約 180km に対して実施した。（別冊成果表参照）

8) 精度管理と検測

コートジボワールには、明確な水準測量のための精度基準は定められていない。そのため、本プロジェクトでは、日本の水準測量の精度基準（表 11）に基づいて精度評価を行った。ただし、縮尺 1:2,500 のデジタルマッピングでは、表 11 中の環併合差の簡易水準測量に示された $20\text{mm}\sqrt{S}$ 式が該当するため、この式を精度基準として採用した。

表 11 日本の水準測量の精度基準

項目	区分			
	1 級水準測量	2 級水準測量	3 級水準測量	4 級水準測量測 (簡易水準測量)
環閉合差	$2.5\text{mm}\sqrt{S}$	$5\text{mm}\sqrt{S}$	$10\text{mm}\sqrt{S}$	$20\text{mm}\sqrt{S}$
往復観測較差	$15\text{mm}\sqrt{S}$	$15\text{mm}\sqrt{S}$	$15\text{mm}\sqrt{S}$	$25\text{mm}\sqrt{S}$

S=距離 (km)

実際の評価は、観測日毎に計算した結果を、精度評価できるブロックに分割した後、 $20\text{mm}\sqrt{S}$ 式を適用して判定した。

図 11 の赤線は、許容される誤差を越えていたため、再測を実施した路線である。計画路線 180km に対して再測の距離は 48.87km で、再測率は 25.7%であった。

この結果を評価すると、まだ、初心者レベルであり、非常に高い再測率であったと言える。今後、CCT は、測量技術者に多くの水準測量を経験させることによって、再測率の

低い技術者の養成が不可欠である。

再測路線と判定された箇所は、再度水準測量を実施し、基準となる $20\text{mm}\sqrt{S}$ に収まるまで繰り返し観測して、最終標高値を求めた。最終的に、全ての路線で基準以内の精度が確保できていることが確認できたため、水準測量作業を終了することとした。

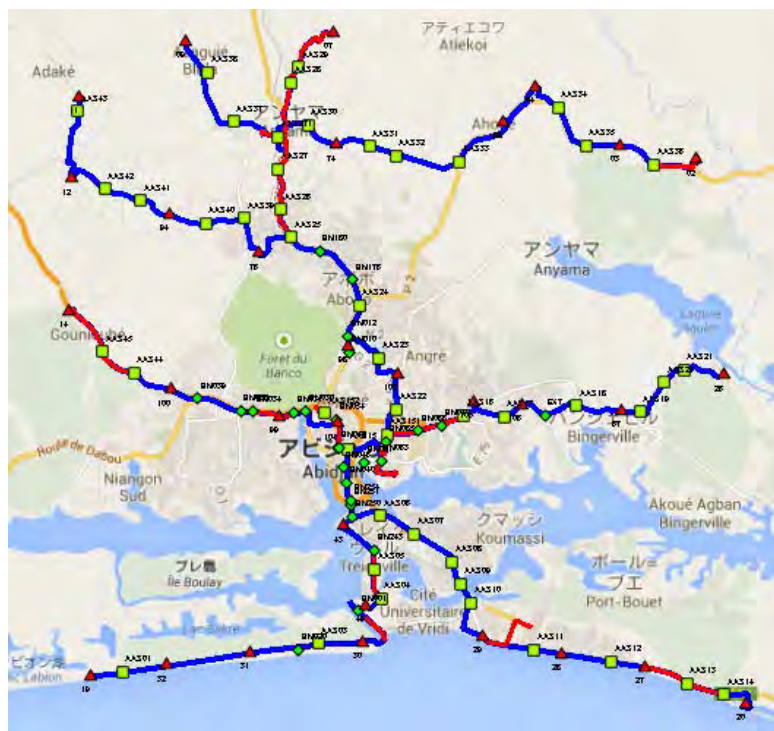


図 11 計画路線と再測路線

青線：計画路線、赤線：再測路線

(出所：Map data ©2015 Google,CCT供給データ)

9) 刺針作業および点ノ記作成

刺針とは画像上にその位置をマークする作業である。刺針点として観測した 73 点は、精度管理で十分な品質が確認できた後に、その位置を衛星画像上にマーキングした。刺針作業では、航空写真撮影の場合、マーキングする画像として航空写真画像の使用が望ましいが、本プロジェクトでは、航空写真撮影と刺針作業が同時に行われたため、Google Map の衛星画像を用いた。刺針作業の成果として、後続作業である空中三角測量の技術者が刺針した位置を容易に判断できるように以下の情報を記入した点ノ記(図 12)を作成した。

DESCRIPTION DES POINTS DE NIVELLEMENT ^①					
NOMS	BM70				
EST.	391,905.3m ^②	NORD.	591,772.5m ^③	ALTITUDE	40.397m ^④
IMAGE GOOGLE	COMMENTAIRE				
	A Côté de la cité universitaire Campus 2 de la riveira 2				
IMAGE1	IMAGE2				
					
IMAG	IMAGE4				
					

図 12 刺針点 (BM 点) の点ノ記

(出所 : Image ©2015 CNES/Astrium Digital Globe,調査団)

10) 国家水準点の点検

本プロジェクトにおける水準測量の課題の1つとして、国家水準点に関する以下の調査結果を取りまとめた。

- ・ IGN フランスが構築した水準測量成果の妥当性に関する評価
- ・ 国家 GPS 基準点の標高値の決定のための点検測量
- ・ ダカール平均海水面とアビジャン平均海水面の違いに関する評価

a) IGN フランスが構築した水準測量成果の妥当性に関する評価

コートジボワールの水準測量は、フランスの IGN がコートジボワールの水準測量網を構築した際に作成した成果が用いられている。しかし、この成果は整備以降一度も更新されていないため、構造物の自然劣化や消耗破損などによって水準点が移動している可能性があった。そのため、これらの成果の妥当性について確認する必要があり、以下の水準測量を実施して判断した。

既存水準点 BE8 と BE10 間の高低差を複数回観測し、その平均値を IGN フランスの水準測量成果と比較した (表 12 参照)。その結果、現在でも、IGN フランスの成果は十

分な精度を保持しているものと判断した。

表 12 既存点 BE8 と BE10 間の高低差比較結果

	比高差	評価
IGN フランス成果	11.533m	—
1 回目	11.533m	◎
2 回目	11.547m	○

最終的に、これらの成果から CCT 内にある水準点まで観測を行い、標高値(29.483m)を決定した (写真 4 参照)。



水準点(H=29.483m)

写真 4 BNETD/CCT 内にある水準点

b) 国家 GPS 基準点の標高値の決定のための点検測量

CCT 内にある国家基準点の原点 (RGIR-001) と Anayma 地区にある RGIO-19 は国家の GPS 基準点であるが、今まで平面としての基準点としてだけ使用されていたため、高さ情報を保持していない課題を持っていた。

これらの点が XYZ 座標値を持つ国家基準点として使用されるために、RGIR-001 の高さは CCT 内の水準点から、そして RGIO-19 の高さは EE2 の水準成果から直接水準測量によって算出された。

・ RGIR-001 : 32.569m

・ RGIO-19 : 88.772m

この結果は、BNETD/CCT によって国家 GPS 基準点の高さとして正式採用されることが承認された。

c) ダカール平均海水面とアビジャン平均海水面の違いに関する調査

コートジボワールの水準測量成果は、セネガル国ダカールが原点となっている IGN フラ

ンスの成果を用いている。コートジボワールの平均海水面からの標高とは異なるため、港湾や都市開発が進むにつれて混乱する可能性がある。

そこで、現時点での両成果間のオフセットを把握しておくことによって、今後 CCT が自ら解決することを想定し、本プロジェクトでは、その参考となる情報を収集整理した。

現時点で収集できた情報は、以下とおりである。

- ・IGN(0m) = Port(0m) - 1.140m
- ・IGN(0m) :IGN フランスが整備した水準測量成果（ダカール原点）
- ・Port(0m):アビジャン平均海水面を原点とした成果

2.3 航空写真撮影(B-3)

航空写真撮影は再委託で実施したため、契約から撮影管理、成果受領までに関して報告する。航空写真をオーバーラップして連続撮影することにより、立体的な航空写真測量を実施するために写真画像を取得する業務である。

(1) 航空写真撮影契約

第1位指名会社との契約交渉として選択された FUGRO 社の代表者と 2013 年 10 月 26 日に CCT 内の調査団事務所にて、JICA コートジボワール事務所立会のもと契約交渉を経て契約書に署名し、契約を締結した。

(2) 撮影現地再委託会社

FUGRO GEOSPATIAL B.V.

Dillenburgsingej 69, 2263 HW, Leidschendam, The Netherlands.

(3) 現地再委託した業務内容と撮影対象面積

再委託で実施した航空写真撮影内容は、以下のとおりである。

- ①対象面積：1,380km²
- ②業務内容：撮影に必要な機材の搬入と撤収、各種許可取得、航空写真撮影、撮影と同時に実施するベースステーションの GPS 観測、撮影結果の検査・報告・納品。

(4) 技術仕様

写真5の ZI Imaging 社製デジタル航空カメラ DMC（GPS および慣性計測装置を装備）を用い、縮尺 1:2,500 地形図作成に適合するようデジタル画像の地上解像度を約 16cm で撮影した（詳細は別冊撮影仕様書参照）。



写真 5 デジタル航空カメラ

(5) 入札から契約・成果品納入までの実施状況

航空写真撮影の入札から契約、撮影管理、成果品受領までの一連の概略工程は以下のとおりである。

- ① 2013年10月28日 再委託入札に関する業務の入札案内、入札図書の送付
- ② 2013年11月08日 入札結果評価、JICA および各社報告
- ③ 2013年11月26日 契約締結（AbidjanにてJICA立会）
- ④ 2013年11月27日 着陸許可、撮影許可、免税措置、Visa等各種申請
- ⑤ 2013年12月26日 航空機、撮影クルーAbidjan着
- ⑥ 2013年12月30日 航空局機体検査合格、撮影許可取得
- ⑦ 2013年12月31日 航空写真撮影開始
- ⑧ 2014年01月23日 撮影開始より24日目で初めて4コース撮影実施
- ⑨ 2014年02月03日 撮影開始より35日目で約80%の撮影進捗を得る。
- ⑩ 2014年03月09日 撮影開始より69日目で100%撮影終了
- ⑪ 2014年03月15日 撮影データ品質確認終了、撮影クルー現地離任
- ⑫ 2014年03月24日 撮影データ2次処理終了および付帯成果品納入

(6) 撮影進捗管理（サンプル撮影進捗管理図）

撮影の進捗は、JICAに対して毎日の進捗報告を基本とし、並行して全体進捗が把握できる進捗管理図を作成する方法を採用した。以下は、2014年2月12日時点の撮影状況を示す進捗管理図である（図13参照）。

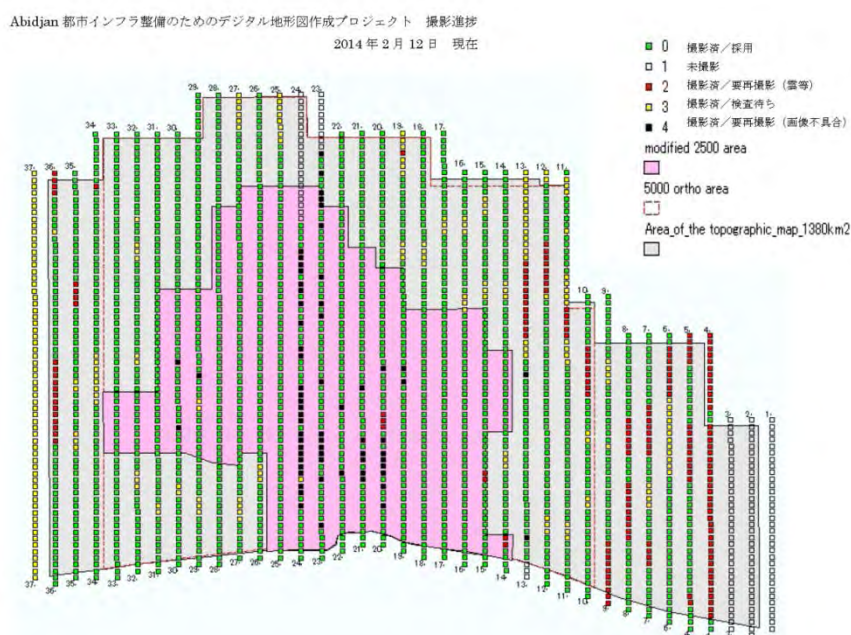


図 13 撮影進捗管理図

(7)撮影実施上の課題と対応

航空写真撮影が、本プロジェクト進捗の最大のボトルネックとなる業務工程のため、十分な期間を設定し撮影監理を実施した。撮影実施上の課題と対応は以下のとおりである。

- ① 撮影許可取得は、CCT の協力のもと時間の短縮を図った。
- ② 航空写真撮影に適した天候条件（撮影高度 1500m 以下に雲や、もや等が無い）の日が非常に少なく、撮影待機後 24 日目に初めて撮影が行われた。
- ③ 日々雲の写真を地上から撮影するなどにより得られた天候の特徴に関する知識から、雲が一時的に途切れることがある夕方 2 時間程度の時間帯を活用し、撮影期間の短縮を図った。
- ④ 一方、北部および東部は終日雲の切れ間無く、工期後半においても未撮影部分が多かったため、現地にて天候監視員を雇用するよう FUGRO 社に助言し、リアルタイムで天候状況を把握することにより、これら地域をピンポイントで撮影した。
- ⑤ 撮影、撮影当日の品質チェック、監理者による確認、データセンターへの発送と 2 次処理のスムーズな流れを作り、効率的かつ確実な成果品作成を行った。

(8)撮影実施結果

撮影実施結果を以下に示す。撮影した写真枚数（デジタルデータファイル数）は、計画 2,221 枚に対して実績は 2,382 枚である（表 13 参照）。飛行コースは、通常東西方向が基本であるが、海岸部に沿って東西方向にラグーンが存在していることから、撮影コースの写真主点位置が地上のラグーンの水面上となり写真の位置の特定ができないため、南北方向に 37 の撮影コースとした。表 13 は、撮影した写真枚数を示し、図 14 は、撮影標定図である。

表 13 撮影枚数

撮影コース	数量	撮影コース	数量	撮影コース	数量	撮影コース	数量
1	33	11	66	21	79	31	69
2	34	12	68	22	79	32	68
3	33	13	62	23	100	33	69
4	50	14	62	24	92	34	78
5	46	15	61	25	96	35	63
6	45	16	61	26	72	36	64
7	44	17	66	27	74	37	63
8	43	18	65	28	74		
9	53	19	66	29	79	—	—
10,44	58	20	72	30	75	—	—
合計							2382

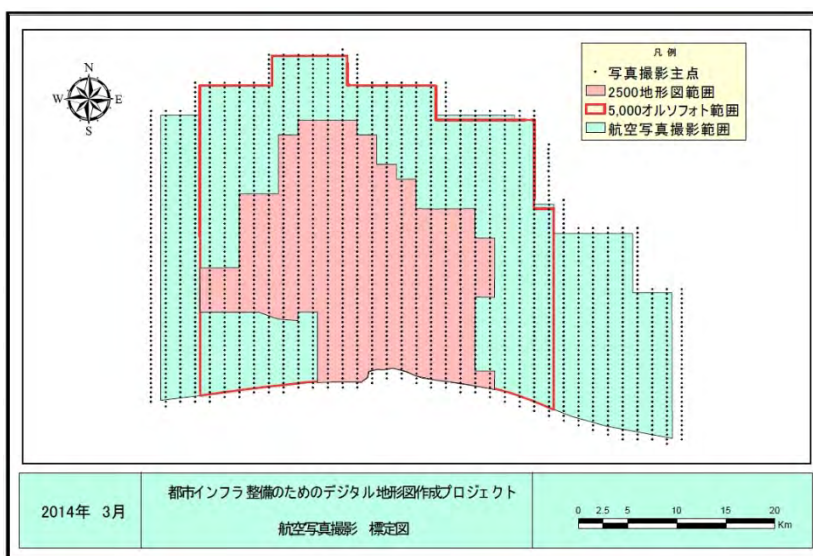


図 14 航空写真撮影標定図

(9) 写真

以下は撮影前の離陸前の点検作業の風景写真である（写真 6,7,8,9 参照）。



写真 6 ANAC の機体検査



写真 7 撮影許可が得られた撮影機



写真 8 離陸前の点検 1



写真 9 離陸前の点検 2

2.4 現地調査・現地補測(B-4(1),B-4(2))

現地調査とは航空写真を現地に携帯し、数値図化により最終的な地形図に表現するために、航空写真上では判読できない不明瞭な地物や疑問点を現地にて確認する業務である。また現地補測とは、最終地形図に表現するため、編集図面を現地に携帯し、疑問点や行政界や注記を現地にて最終確定する業務である。

(1) 現地調査の調査概要

表 14 は現地調査で対象とする地物データ（97 項目）を示したものである。とりわけ、施設関連の地物の名称・形状・種別等の現地確認調査に関しては、地物コード、名称、種別を航空写真や既存地理情報データから地物情報を収集し、精査後に現地で確認作業を行った。

表 14 現地調査で対象とする地物データ

データテーマ	データタイプ					
	点	線	面	テキスト	属性 1	属性 2
交通関連施設	1	3	9		名称	
建物関連施設	25	0	2			略称
一般施設	2	8	3		名称	
水部	0	2	8		名称	
土地利用	0	0	10			
地形	0	3	0			
境界線	0	6	0		名称	
注記	4					略称
			11		名称	

(2) 調査内容

現地調査は図 15 の実施工程で 2014 年 5 月 9 日から 9 月 15 日までの約 5 ヶ月で実施した。

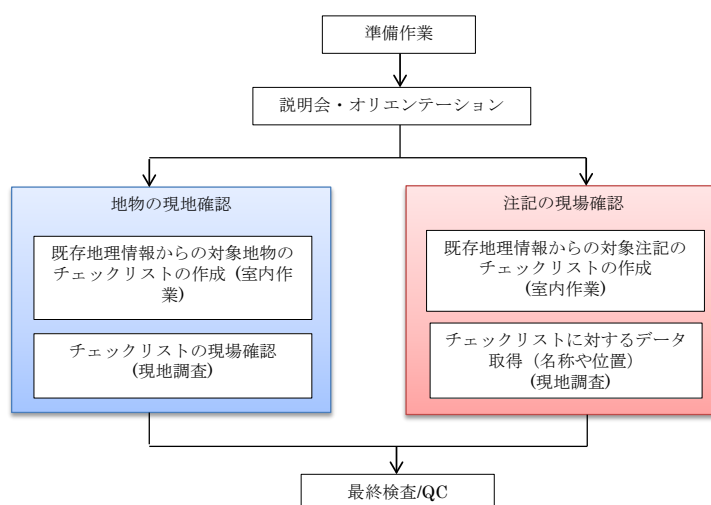


図 15 実施工程

1) 既存情報を活用した図面確認（室内作業）

本プロジェクトでは、CCT のオーナーシップを高めるため、これまで CCT が整備してきた地物情報（1:5000）を活かし、それらの内容を精査しアップデートすることで時間の短縮とコスト削減を図る方法を採用した。

そこで、総計 172 図面の内、CCT 所有の既存地物情報（**toponymy** データ）がある 104 図面（図 16）を対象に、活用できる情報を精査した。精査は、航空写真を出力した図面とトレーシングペーパーにプロットした既存情報を重ね合わせ、次のように分類する方法を実施した。

- ・位置と情報があっている地物情報：使用可能データ
- ・位置、情報いずれかが疑わしい地物情報：要確認データ
- ・確実に間違っている地物情報：削除データ
- ・今回の分類に適さない地物情報：削除データ

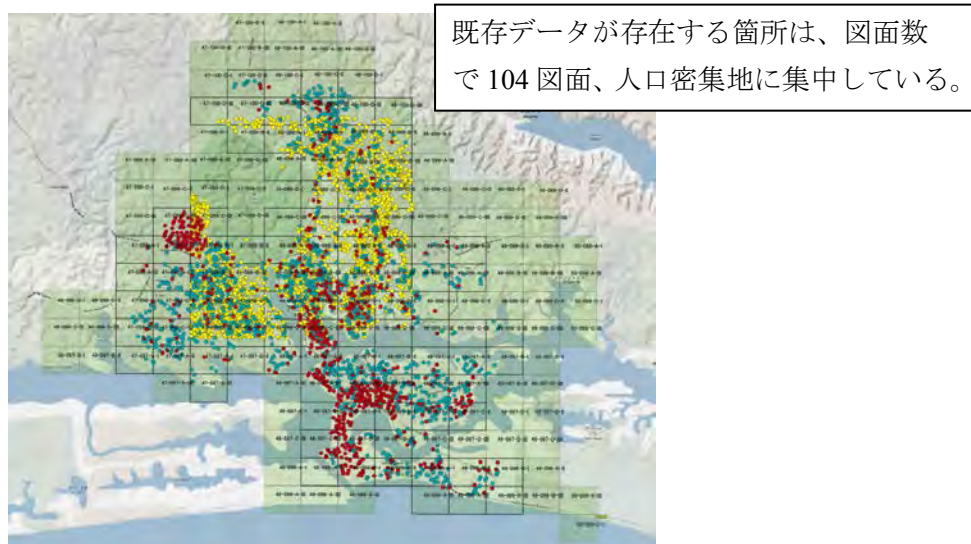


図 16 CCT 所有の既存データが存在する図面の範囲

(出所：Map data ©2015 Google, 調査団)

2) 現地調査

調査は、1 チーム 3 名の班体制で、6 チームによって実施した。

図 17 に示したとおり、各チームは担当するエリアを持ち、オリエンテーションで習得した調査方法に基づき、全ての道路を徒歩にて情報の収集作業を実施した。班ごとの現地調査範囲図を右に示す（全 172 面）。

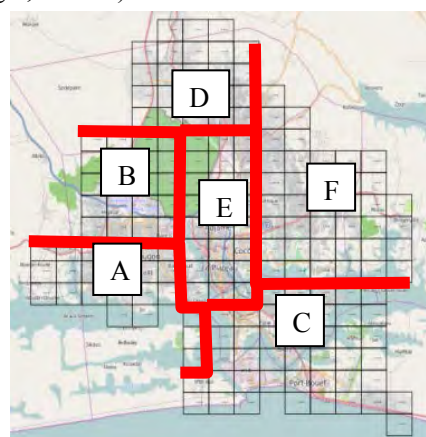


図 17 現地調査範囲図（出所：© OpenStreetMap contributors、調査団）

3) データ管理・精度管理

現地確認調査終了後、野帳（Field note）に記入した座標と調査データをエクセル表にまとめ、携帯 GPS（Hand held GPS）で観測したデータと共に GIS ソフトウェアに取り込んだ。取り込んだ調査データを、航空写真画像上に記入した調査結果（図 18）と現地写真と見比べながら、位置や属性情報の正確性について評価し（写真 10 参照）、次工程の数値図化・編集で参照する現地調査データを作成した。



図 18 調査内容を記入した簡易オルソフォト（出所：調査団）



写真 10 現地調査結果の評価状況（左）と GIS による現地調査データ管理（右）

(3) 現地補測調査の概要

2015年3月から5月にかけて CCT 職員との協働作業として現地補測調査 6 チームで実施した。本調査は、図 19 で示すとおり、①疑問点に関する現地での特定、②行政界、主要建物名の注記確認、そして③道路名、道路の始終点の特定、と大きく 3 つのコンポーネントで実施した。

都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト
ファイナルレポート

地形図データを完成させるために、予め日本で準備した数値図化・数値編集時に生じた疑問事項を記載した図面とリストさらに収集資料との不具合箇所を現地で確認した。

次に、行政界・主要な建物名等の注記および地形図に表現された地物が図式規定に則って地形図に表現されているかどうかを現地で確認し、誤りがあれば修正する事項を地形図（1:2,500）に整理・記入し、現地補測図に盛り込んだ。さらに、道路注記が必要な道路に関して、該当する道路名ならびに道路の始点と終点を決定し、修正箇所を整理した補測データを作成した。

なお、現地補測調査を実施にあたり、利活用計画でヒアリングを行ったアビジャン大学大学院リモートセンシング応用センター（CURAT）から在籍する院生をインターンとして本プロジェクトへ参加依頼があり、現地補測調査期間を通じてのべ28名の院生ならびに留学生を受け入れた。

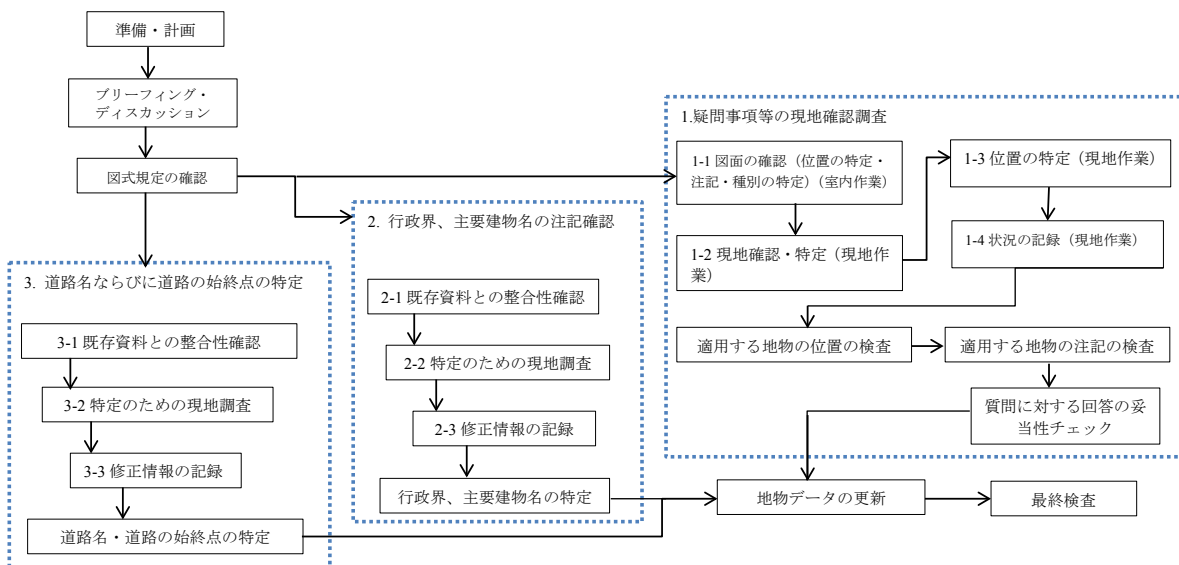


図 19 現地補測調査のワークフロー

(4)不明瞭箇所の現地補測調査結果

全 172 面にわたる本プロジェクト対象地内で生じている不明瞭な地物の形状、位置、名称等を再確認するために 6 班で構成された調査チームで現地最終確認調査を実施した（写真 11 参照）。

主要なチェックポイントは下記の通りであった。

- (a) 不明瞭箇所の特定（地物の位置名称ならびにコード番号）
- (b) 前回取得していなかった主要構造物や地物のデータ取得
- (c) 植生や土地利用関連データの特定・取得



写真 11 現地補測調査のワークショップの状況

なお、撮影から 1 年以上経過しており、現地補測時において、すでに経年変化による土地利用の変更が散見された。特に不法住宅地域において、大規模な開発が始まっていた。本プロジェクトで作成された成果（航空写真、オルソフォト、地形図、GIS 基盤データ）は、すでに過去のもとなっているために、その図面をベースに経年変化箇所を抽出して適切な方法で、経年変化修正をするためには、他部門からの要請、更新予算の確保が先決であり、技術的には問題なく、更新できると理解している。

1) 行政界の修正

CCT の担当者と協議を行い、ArcGIS を用いて縮尺 1:5,000 の簡易オルソフォトを 1:2,500

に拡大し地形図データを背景に重ねて、CCT が保有する既存行政界データの修正を行った
(図 20 参照)。

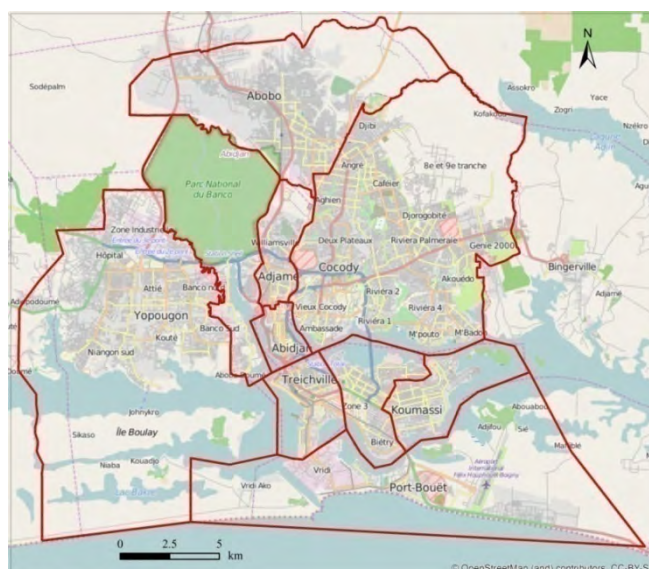
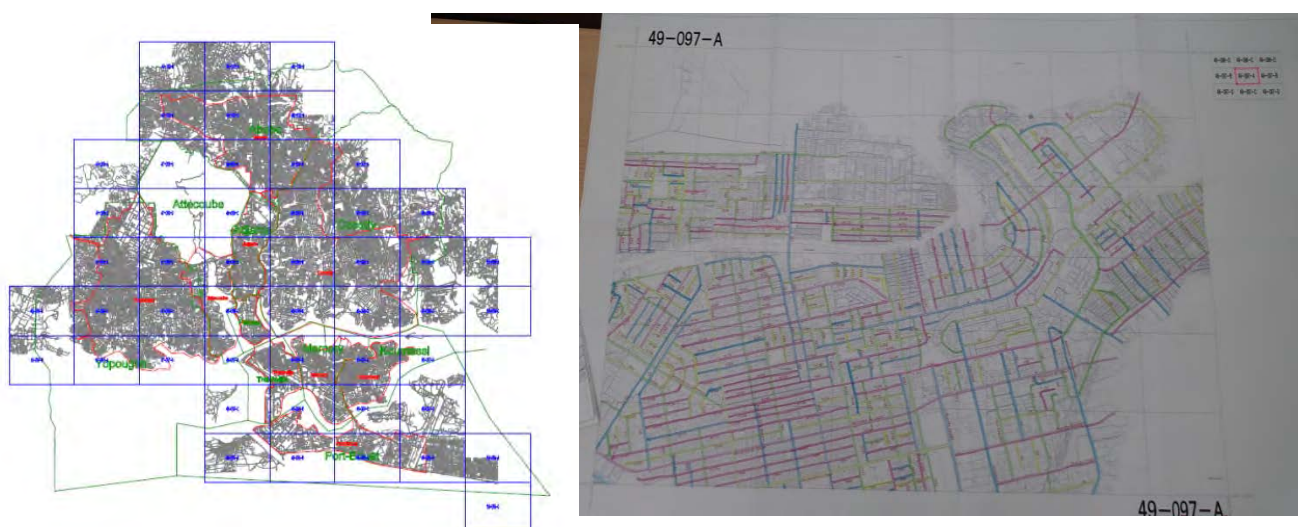


図 20 行政界調査・検証・修正結果

(出所: © OpenStreetMap contributors、調査団)

2) 道路注記の特定

予め準備した道路注記や道路行政を担う DAUDL/BNETD が保有する道路名称情報をもとに、道路注記情報（道路の名称ならびに道路の始点・終点）を図面上で青、赤、緑で色分けし、分類を行った（図 21 参照）。分類された成果については、最終的に SRCPD/CCT で照査され、承認を得た。



(出所 : CCT、調査団)

図 21 道路注記の分類結果

3. 地形図作成にかかわる業務（国内作業）

デジタル地形図及びオルソフォトを作成するため、日本国内で次の業務を実施した。

3.1 空中三角測量（C-1）

航空写真撮影をした範囲の約 1,050km² に対して空中三角測量を日本国内で実施した。空中三角測量を実施するにあたって航空写真撮影した画像の品質検査結果および撮影日時を考慮して最適な航空写真画像データを用いて、後続作業である数値図化に必要な標定要素を解析的に求めた。

(1) 空中三角測量に用いたデータ

作業で用いる航空写真撮影の写真データとそれ以外の撮影データの取得のため、以下の機材を利用した。

- ・ GNSS（全世界的航法衛星システム：（Global Navigation Satellite System）受信機）
- ・ IMU（慣性測定装置: Inertial Measurement Unit）
- ・ POS（Position and Orientation System）システム

上記機材のキャリブレーションデータと以下の現地成果を用い、空中三角測量を実施した。

- ・ 近似外部標定要素（POS-EO/Approximate External Orientation Parameter）
- ・ 現地測量成果（水準点、GCP 点）

(2) 作業フロー

空中三角測量のフローチャートは下図のとおりである。

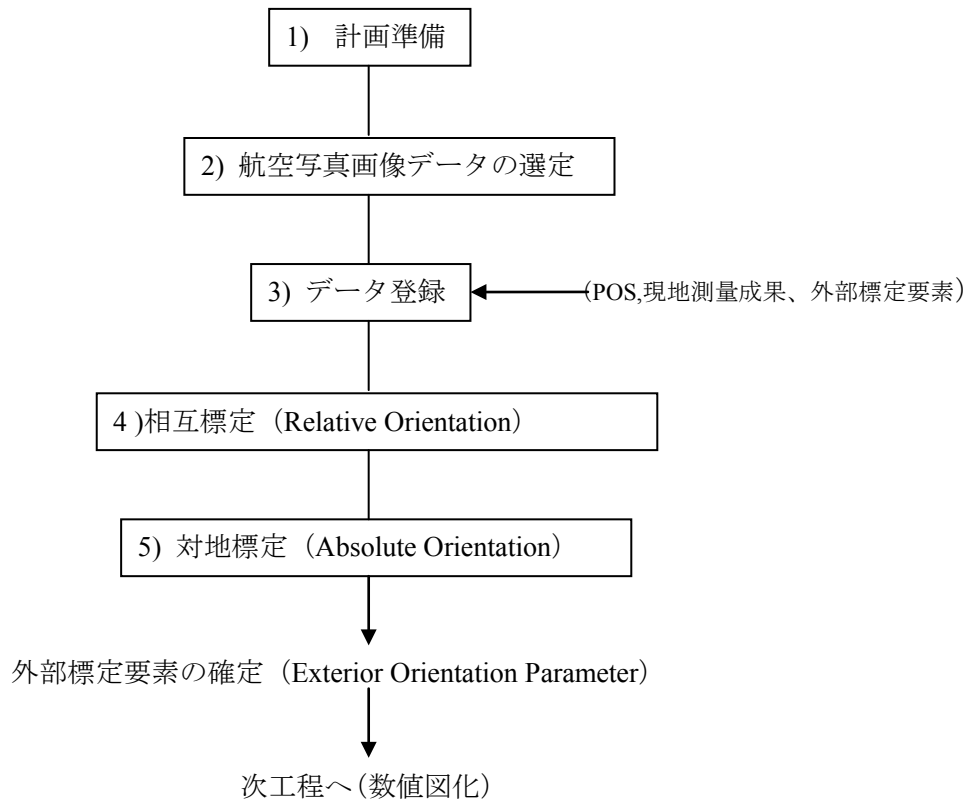


図 22 空中三角測量のフローチャート

1) 計画準備

空中三角測量に必要な航空写真データおよび大規模空中三角測量が可能となる環境を準備した。空中三角測量作業で処理する全データ量は、全 27 コース、2,382 枚の航空写真データである。

2) 航空写真データの選定

総計 2,382 枚の航空写真データから最新画像で数値図化作業時に地物が明瞭に判読できる最適な航空写真データを選定した。以下の選別基準に沿って航空写真を選んだ。

- ・ 撮影年月日が最新であるステレオ写真
- ・ 鮮明なステレオ写真（雲や霧と煙の障害で地上の様子が不鮮明でない写真）
- ・ 雨等により地表面に濡れた箇所や水溜りが少ないステレオ画像
- ・ 不完全モデルにならないステレオ写真
- ・ POS-EO データのある写真

3) データ登録

航空写真データと POS-EO データおよび撮影時の航空カメラの焦点距離を元に、数値写真測量システムを使用して、撮影時のカメラ状態 ($X, Y, Z, \omega, \phi, \kappa$) をデータ登録し 3

都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト
ファイナルレポート

次元モデルを再現した。このデータ登録の中からラグーンや海部および河川等が存在するために、相互標定ができなくなる不完全モデルとなる範囲の航空写真は登録から除外した。登録した航空写真データが正しくステレオモデルとして再現される事を PC の画面上で目視確認し、データ登録の品質確認をした。

① 航空カメラの緒元

撮影時に使用した航空カメラの初期緒元値は以下のとおりである。

- ・カメラタイプ : DMC01-0049
- ・画像サイズ : 7680,13824 (H,W Pixel)
- ・CCD サイズ : 0.012,0.012 (mm)
- ・焦点距離 : 120.0 (mm)

② 航空写真データ

下表 15 に示す通り総撮影の 27 コース、撮影枚数 2,382 枚から選択した 27 コース、1,816 枚の航空写真データを用いて空中写真測量を実施した(図 23 空中三角測量実施標定図参照)。

表 15 コース別写真枚数

Line No,	写真 No.		写真 No,	枚数	Line No,	写真 No.	～	写真 No,	枚数
C-9	9-0260	～	9-0543	51	C-23	23-0006	～	23-0230	96
C-10	10-0007	～	10-0052	46	C-24	24-0063	～	24-9063	91
C-11	11-0006	～	11-0086	64	C-25	25-0022	～	25-0019	91
C-12	12-0089	～	12-0366	68	C-26	26-0091	～	26-0089	70
C-13	13-0154	～	13-0317	60	C-27	27-0160	～	27-0230	73
C-14	14-0468	～	14-0527	59	C-28	28-0231	～	28-0302	73
C-15	15-0405	～	15-0464	59	C-29	29-0129	～	29-0154	77
C-16	16-0346	～	16-0404	59	C-30	30-0072	～	30-0127	73
C-17	17-0278	～	17-0342	65	C-31	31-0029	～	31-0026	66
C-18	18-0214	～	18-0277	64	C-32	32-0747	～	32-0813	66
C-19	19-0147	～	19-0210	65	C-33	33-0006	～	33-0073	66
C-20	20-0058	～	20-9038	73	C-34	34-0026	～	34-0022	74
C-21	21-9073	～	21-0209	78	C-44	44-0332	～	44-0343	12
C-22	22-0053	～	22-0079	77				Total	928
			Total	88					

27strip

Ground Total 1816

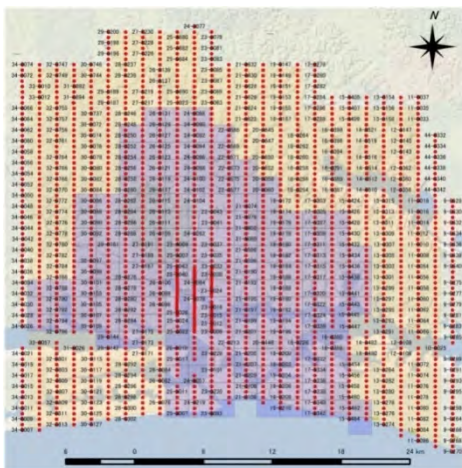


図 23 空中三角測量実施標定図
 (出所：Map data ©2015 Google,調査団)

③ POS-EO データ

空中写真撮影時に、POS 装置で記録したデータと地上で GPS により連続観測したデータから撮影時の概略の外部標定要素が算出される。この概略外部標定要素を POS-EO 形式に出力した成果を使用した。図 24 に POS-EO の成果サンプルを示す。

```

Dongle-ID: 2-1364927
Datamanager Output file
4/3/2014 1:15:32 PM
*****
Project: DMC_N652L_140123_bks
Projectfile: J:\ASML\002_Abidjan\GPS\140123\DMC_N652L_140123_bks.aop
Event Marks: \Jobs\ASML11002_Abidjan\GPS\140123\work\DMC_N652L_140123_bks.aom
Format Type: User defined
Format Profile: \Gizcan01\Documents and Settings\dmcprocessor\AEROofficeV51\CCNS_ATOutput.afd
Sensor-Leverarm: -0.016m 0.000m 0.200m ()
Meridian Convergence corrected
Coordinate system scale factor correction for height applied
Used Height above ground: 1600.000 m
Local Coordinate System:
UTM North - WGS84 Spheroid
Defined in: built-in coordinate system
Selected Zone: 30
*****
Infos from the postprocessing logfile:
AEROoffice V5.4 2013-09-03 .
Dongle-ID: 2-1364927 .
2/25/2014 9:00:13 AM .
Header of imported CCNS File .
Project: 140123
Program: GrafNav Version 8.50.2923 .
Profile: IGI AERO CTRL .
Source: GNSS Epochs(GPS Combined) .
ProcessInfo: 140123 by Unknown on 2/20/2014 at 12:21:48 .
Datum: WGS84, (processing datum) .
Master 1: Name ELLIER, Status ENABLED .
Antenna height 0.850 m, to ARP [LEIATX1230GG(NONE)] .
Position 5 19 48.16576, -3 59 54.97207, 59.215 m (WGS84, Ellipsoidal hgt) .
Master 2: Name GNOMO, Status ENABLED .
Antenna height 1.564 m, to ARP [LEIAT502(NONE)] .
Position 5 15 26.78376, -3 56 12.82535, 29.547 m (WGS84, Ellipsoidal hgt) .
Remote: Antenna height
SD Scaling Settings:
Position: 1.0000 .
Velocity: 1.0000 .
GPSTime, NS, Q, Latitude, Longitude, SD-VH, SD-VL, SD-VH, SD-VL
(sec), (Deg), (Deg), (m), (m)
*****
038 0006 402433.8973 384531.789 588813.356 1549.930 0.327790 1.855373 90.955367
038 0007 402437.192793 384532.416 589052.947 1552.295 0.370363 2.830046 91.210556
038 0008 402440.502955 384532.416 589052.947 1552.295 0.370363 2.830046 91.210556
038 0009 402443.844226 384536.747 589294.651 1553.409 0.342632 2.535770 91.354849
038 0010 402447.093092 384541.414 589530.033 1552.944 0.196648 1.975576 91.752825
    
```

図 24 POS-EO 成果のサンプル

4) 相互標定 (Relative Orientation)

自動画像ステレオマッチング処理によりパスポイントとタイポイントを取得し、相互標定を実施した。1モデル当たりの取得基準はパスポイントを5点とし、タイポイントは各写真単位で1点以上とした結果、27コース、1,816枚の航空写真から総マッチング数は10,761点となった。

5) 対地標定 (Absolute Orientation)

相互標定で求めたパスポイント・タイポイントおよび対空標識点や水準点で観測したモデル座標と、基準点成果（標定点測量と水準測量成果）や空中三角測量等で得られたパスポイント座標との間の変換係数を求めることにより、地上との関連をつける対地標定を行った。その結果、各写真の外部標定要素が確定された。

(3) 品質検査

空中三角測量成果のパスポイント・タイポイントの縦視差および地上測量で求めた基準点および水準点成果の残差が制限内であるかを検査した。また、モデル内で縦視差が残っていないことを目視で確認した。

POS-EO 調整計算時の制限値は、表 16 のパラメータ値を用いてバンドルブロック調整計算をした。

表 16 POS 調整時の制限値

各要素の制限値		制限値	単位
外部標定要素	X	0.05	m
	Y	0.05	m
	Z	0.08	m
	ω	0.005	deg
	ϕ	0.005	deg
	κ	0.008	deg
基準点	標準偏差	0.02	%× (撮影高度)
	最大値	0.04	%× (撮影高度)
パスポイント・ タイポイント	標準偏差	0.015	mm
	最大値	0.03	mm

(4) 計算結果

POS-EO データの初期値を使用した調整計算では、基準点や水準点での残差が大きくなり、また外部標定要素の制限値を規定内に固定すると空中三角測量計算が収束しなかった。したがって空中三角測量の調整計算では POS-EO の成果を使用しないで標定点測量の結果を使用した調整計算をして外部標定要素を確定した。

上記のように POS-EO 成果を使用しない場合では、105 点の標定点を基準点（既知点）として調整計算をすることになる。その調整計算結果を表 17 に示した。各残差が制限値以内であることから次工程の数値図化で必要となる外部標定要素を確定した。

表 17 空中三角測量の制限値と計算値

各要素の制限		制限値	計算値
外部標定要素	X(m)	0.05	-
	Y(m)	0.05	-
	Z(m)	0.08	-
	ω (deg)	0.005	-
	ϕ (deg)	0.005	-
	κ (deg)	0.008	-
基準点	標準偏差(%)	0.02	0.011
	最大値(%)	0.04	0.020
パスポイント・ タイポイント	標準偏差 (mm)	0.015	0.003
	最大値(mm)	0.03	0.012
撮影標高(m)	1,590		

しかしながら、ラグーン内の島のいくつかは不完全モデルとなり、標定ができないため、その部分のみ POS/EO データを使用した。空中三角測量の総モデル数は 1789 モデルとなった。

島を含む最終の空中三角測量の対地標定結果は、基準点の標準偏差 (XYZ) =0.124m,0.132m,0.118m、平面の標準偏差 (XY) =0.181m となり良好な結果となった（各基準点の残差表は別冊参照）。

3.2 オルソフォト作成(C-2(1))

後続作業で DEM や図化作業で取得したブレイクラインを使用して作成する厳密なオルソフォトマップと区別するためにここでは「簡易オルソフォト」と定義する。簡易オルソフォトは現地調査を実施する前に作成した。

簡易オルソフォトは、中心投影である写真画像を簡易的に正射投影画像に変換する業務である。そのため、空中三角測量の成果と標高データ (Digital Elevation Model:DEM) が必要となる。DEM は、今回作成する地域が平坦であることから DEM 密度は低く絶対標高でなくとも 10m 単位の精度で十分なため、SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) データを使用した。

簡易オルソフォトの作成範囲は図 25 のとおりである。

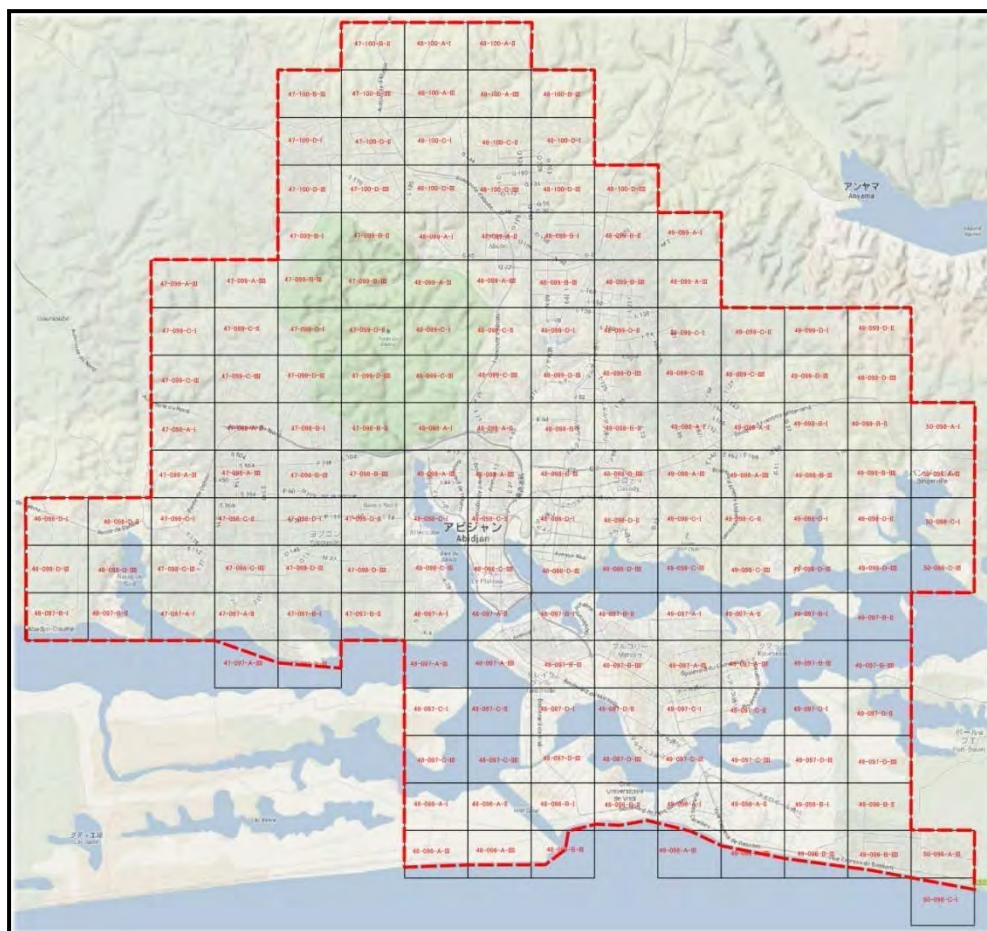


図 25 簡易オルソフォト作成範囲図
(出所：Map data ©2015 Google、調査団)

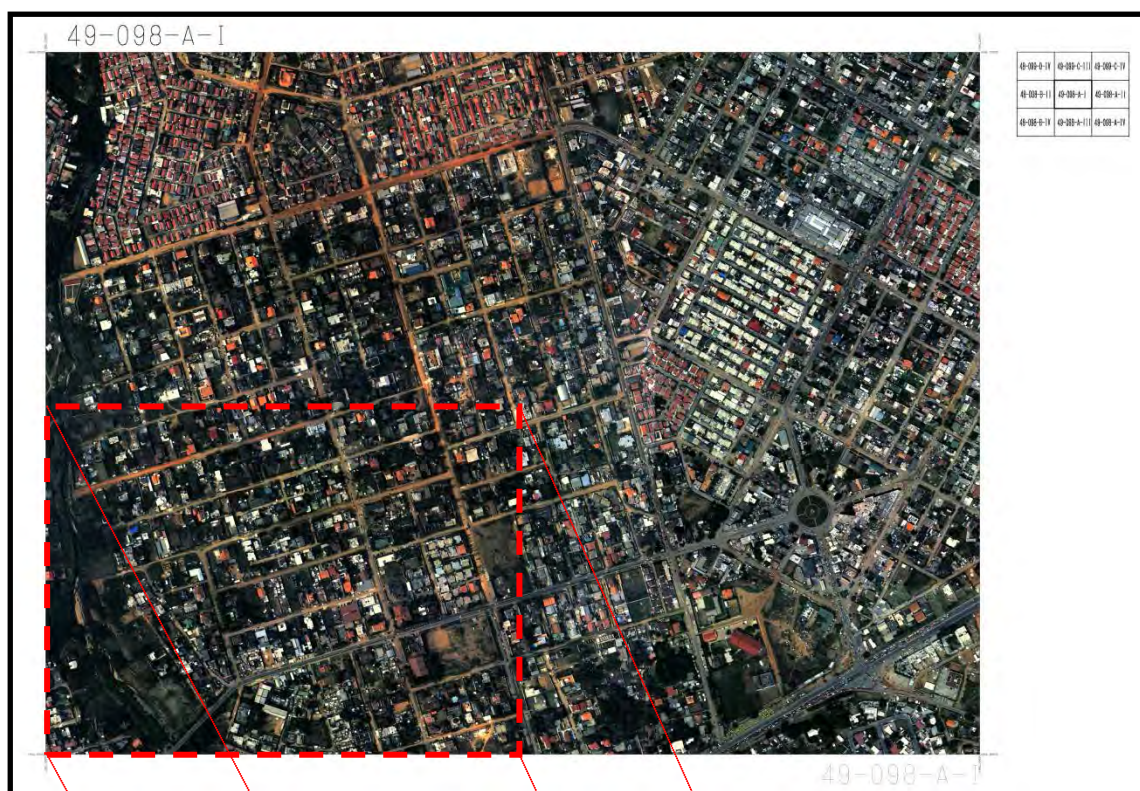


図 26 簡易オルソフォトの A0 サイズ出力図(1:2,500)



図 27 簡易オルソフォトの A1 サイズ(1/4 画像)

(出所：調査団)

簡易オルソフォトは現地調査で使用するため、資料整理用（A0 版サイズ、図 26）と現地調査した結果を記録する携帯用 1/4（A1 版サイズ、図 27）の 2 種類の図面を以下のとおり準備した。

- ・簡易オルソデータの作成範囲 : 500km²
- ・簡易オルソフォト図 A0 版サイズ : 172 枚
- ・簡易オルソフォト図 A1 版サイズ : 664 枚

3.3 数値図化 (C-3)

数値図化は航空写真撮影をした範囲の 1,050km² のうち、アビジャン市街を中心とした 500 km²= 172 図郭 (1 図郭 = 2.0km×1.5km) について、本プロジェクトにおいて定めた「図式規定」に基づき地図情報レベル 2500 (縮尺 1:2,500 相当) の精度に準拠して実施した (図 28 参照)。数値図化とは、デジタル図化機を用いて、図式規定に基づき、レイヤー番号を付して地物等の点、線、面データを取得する業務である。

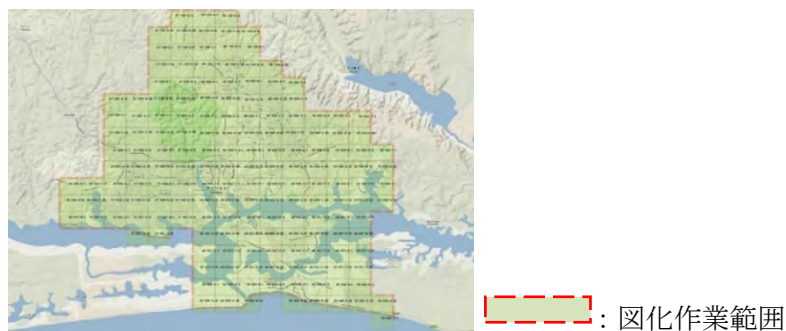


図 28 数値図化データ作成範囲図

(出所：Map data ©2015 Google、調査団、)

(1) 作業フロー

数値図化の作業フローは図 29 のとおりである。

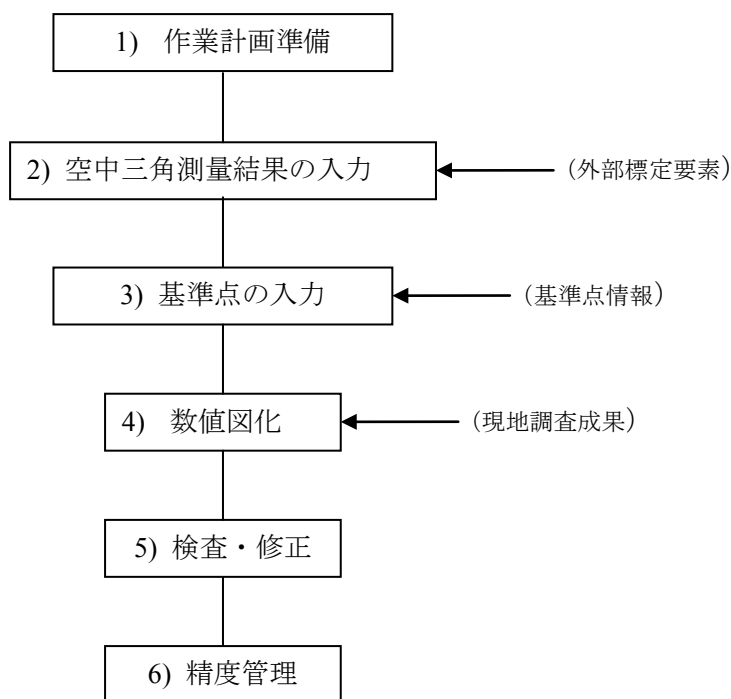


図 29 数値図化のフローチャート

1) 作業計画準備

数値図化作業に必要な航空写真画像、空中三角測量成果を準備するとともに、合意した「図式規定」に基づいて地図シンボルテーブルを作成し、数値図化ソフトウェア上に図化環境を構築した。

2) 空中三角測量結果の入力

空中三角測量で得られた外部標定要素を数値図化機に取り込み、数値図化に用いるステレオモデルを構築し、地上座標系と結合させた。ステレオモデルは、1,789 モデルとなった。

3) 基準点の入力

CCT より提供された基準点情報（RGIR、RGIO、DCF、NRGAE）を数値図システムに入力し、ステレオモデル上でそれらの点を展開し、座標や標高値が構築した図化環境で整合していることを確認した。

4) 数値図化

ステレオモデルで写真判読して、図式規定にしたがい、地物データ（道路・建物・構囲・等高線等）を取得した。

その数値図化データをもとに、不明瞭な箇所について現地調査（図 30 参照）を行い、取得した地物属性、位置・形状などの整理したデータに基づき詳細な数値図化データを完成した。

データ取得時には、オペレータによる取得項目チェックリストを用いたセルフチェックにより、取得項目の漏れや誤りが無いよう品質確認を行った。



図 30 現地調査データ
 (出所：調査団)

数値図化実施にあたり、対象地域の特性や各地物分類項目の判読の補助となる現地写真なども参考とした（写真 12 参照）。

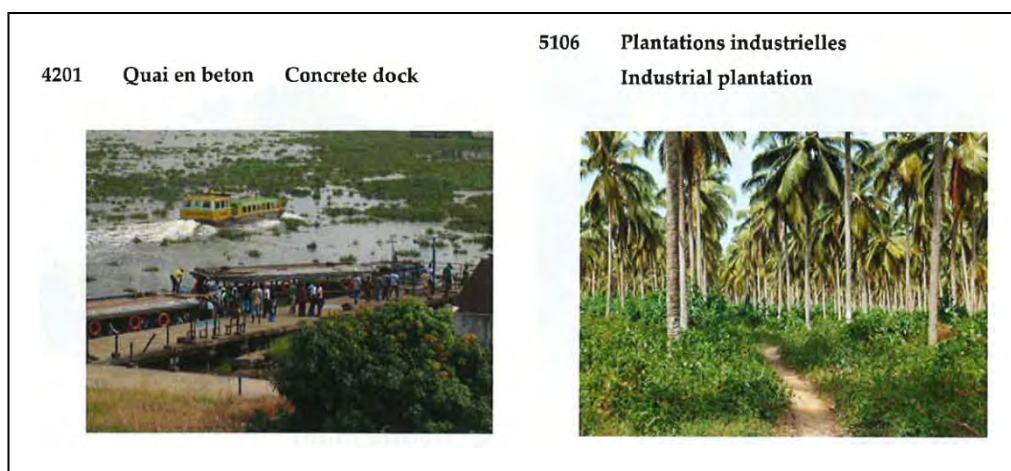


写真 12 現地参考写真
 (出所：調査団)

5) 検査・修正

各地物分類項目の取得もれや過剰取得、取得定義に合致しているかどうか、また取得位置・形状についてオルソ画像およびステレオモデルを使用して、図郭単位に画面上で検査（モニタリングチェック）を行い、確認箇所に丸印のチェックマークを付与した（図 31 参照）。その後、追加修正を実施し、各オペレータに事例のフィードバックを行い、取得精度の向上に努めた。

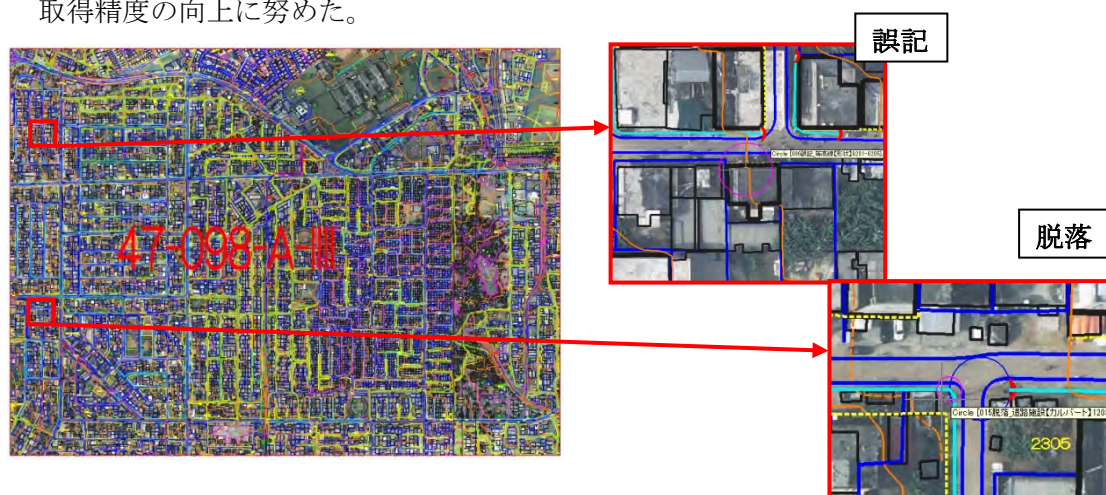


図 31 チェックマーク例
(出所：調査団)

6) 精度管理

位置精度および標高精度については、以下を基準に上記 5)の検査を実施した。

表 18 位置および高さ精度基準（地図情報レベル 2500）

地図情報レベル (縮尺の分母で表示)	水平位置の標準偏差	標高点の標準偏差	等高線の標準偏差
2500	1.75m 以内	0.66m 以内	1.0m 以内

(出所：公共測量作業規程)

「地図情報レベル」とは、数値地形図データの地図表現精度を表し、数値地形図における図郭内のデータの平均的な総合精度を示す指標をいう。

3.4 数値編集 (C-3)・地図記号化編集 (C-5)

数値編集・記号化編集は、数値図化を行ったアビジャン市街中心の 500km²、172 図郭 (1 図郭= 2.0km×1.5km) と同様の地区を対象とした (図 32 参照)。数値編集とは、数値図化データを元に、「図式規定」に従って、図形を整理編集する業務である。地図情報レベル 2500 の精度に準拠し実施した。また、記号化編集とは、同様に数値編集が完了したデータを、図式規定に従って、整飾データ、注記・記号の配置と記号の発生、線種の発生、色等

を最終図面として調整し、地形図データを完成させることである。



：数値編集・記号化編集範囲

図 32 数値編集作成範囲図

(出所：Map data ©2015 Google、調査団)

(1) 作業フロー

数値編集の作業フローは以下のとおりである。

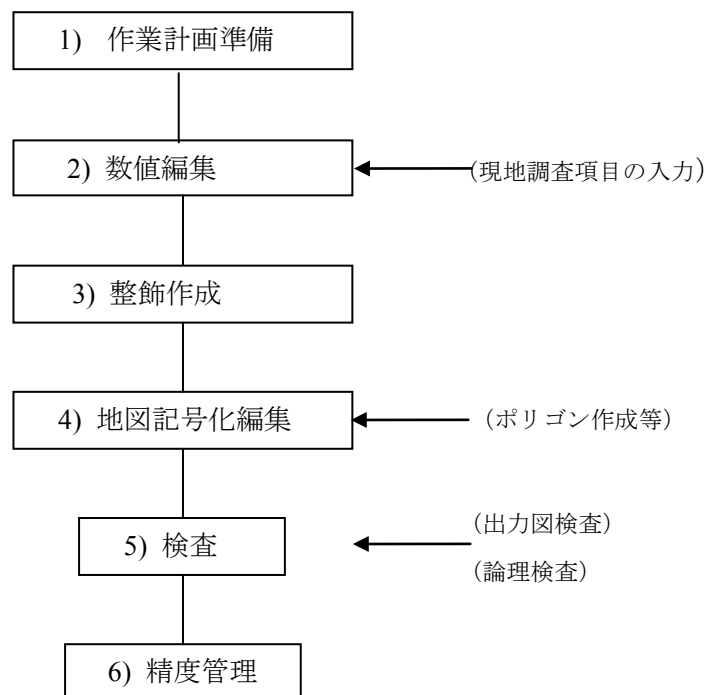


図 33 数値編集のフローチャート

1) 作業計画準備

前工程で終了したステレオモデル単位で取得した数値図化データファイルを数値編集システムで呼び出し、1:2,500 の図郭単位でデータを切り取り、数値編集データファイルを作成した。

2) 数値編集

数値編集は、数値図化で習得した項目について、「図式規定」に基づき、地物の連続性・入力方向の確認・属性の追加また、地名・施設名、施設記号の入力を実施した（図 34 参照）。

加えて、編集作業において発生した不明・不足部分については、後続作業で使用する現地補測資料図に記録した。

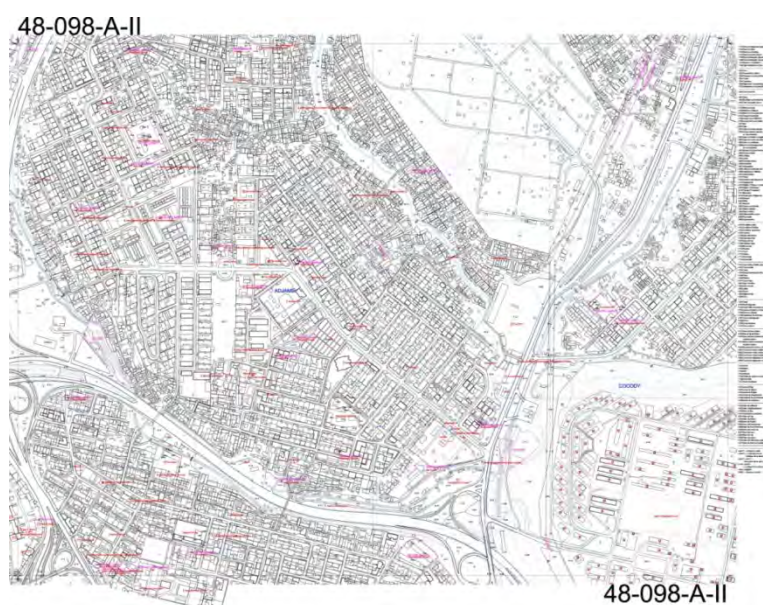


図 34 数値編集結果（出所：調査団）

3) 整飾作成

172 面の全図郭について 1:2,500 の図面名、グリッドの座標値、隣接図面番号および索引図を入力、また、凡例および提供された BNETD/CCT と JICA のロゴ等を配置し 172 面の製飾版を作成した（図 35 参照）。

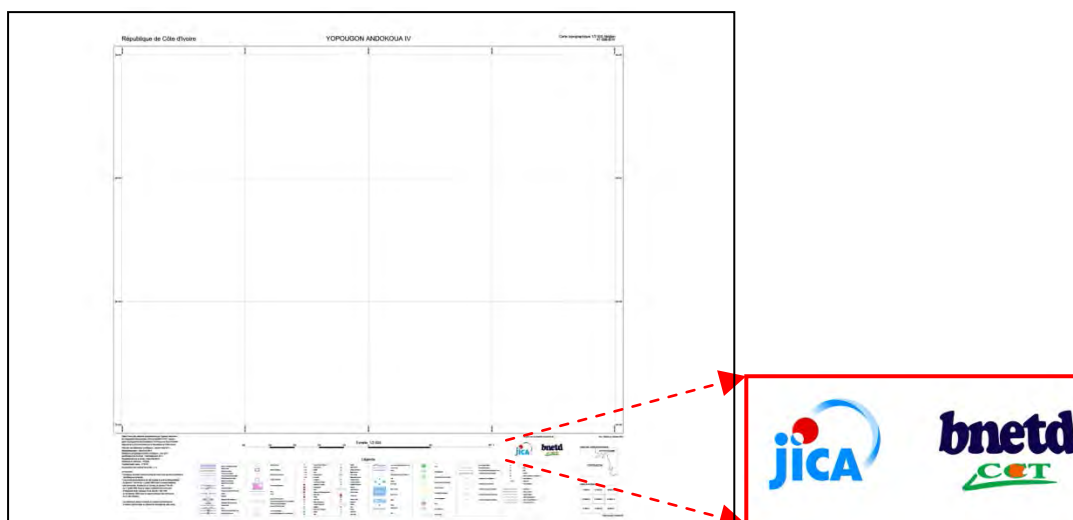
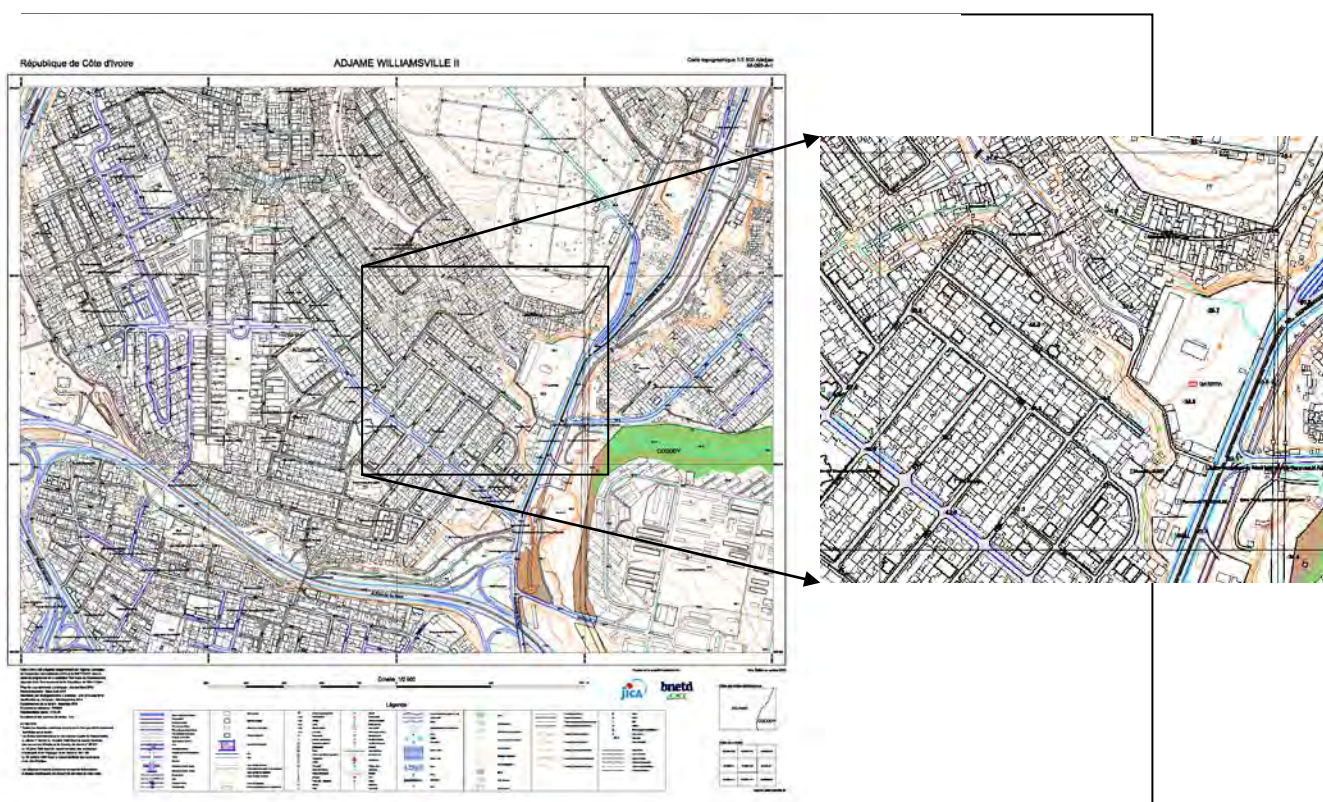


図 35 整飾作成
(出所：調査団)

4) 地図記号化編集

地図記号化編集では、数値編集で作成されたデータに必要なポリゴン入力を行い地図記号を発生し「図式規定」に基づいたポリゴンの色又は地図記号での出力ができるように調整し、出力ファイルを作成した（図 36 参照）。



(出所：調査団)

図 36 地図記号化編集データ (48-098-A-II)

5) 検査

目視検査は、段階ごとに最適な手法を用いて脱落や誤記に関するチェックを検査紙上で実施した（図 37 参照）。

主に等高線と標高単点の整合・配置密度についての出図検査、同じく、ラスタライズした現地補測図や道路名指示図および数値編集後のベクトルデータを編集システム上で重複表示させてモニタリングチェックを行った（図 38 参照）。

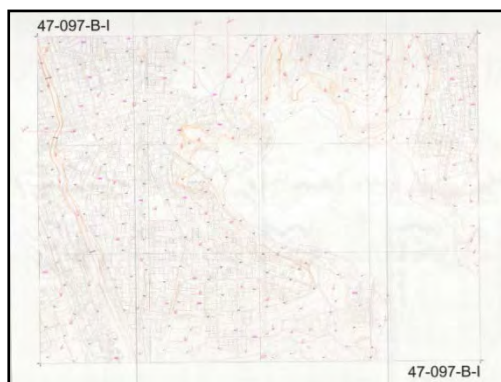


図 37 出図検査



図 38 モニタリング検査

（出所：調査団）

論理検査は、付属するプログラムで、データタイプの分類・構造・トポロジーエラーについて処理を行い修正を実施した。

6) 精度管理

目視検査・論理検査により抽出された漏れ・誤記等の集計を数値編集精度管理表にとりまとめ、数値編集精度管理表を作成した。この結果、エラーがないことを確認した。

3.5 厳密オルソフォト作成（C-2(2)）

厳密オルソフォトは、航空写真撮影をした範囲の $1,050\text{km}^2$ を数値図化範囲の 500 km^2 （1:2,500）、172 図郭（ $2.0\text{km}\times 1.5\text{km}/\text{図郭}$ ）と数値図化範囲外の 550 km^2 （1:5,000）、65 図郭（ $4.0\text{km}\times 3.0\text{km}/\text{図郭}$ ）に分けて作成した（図 39 参照）。厳密オルソフォトの作成とは、中心投影である航空写真を DEM やブレイクラインを使用して、正しい位置と正しい縮尺に正射投影する業務である。完成した厳密オルソフォトは地形図と同様に、画像上で面積や長さを測定できる正射画像である。

都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト
 ファイナルレポート



図 39 厳密オルソフォト作成範囲

(1) 作業フロー

厳密オルソフォト作成のフローチャートは、下図のとおりである。

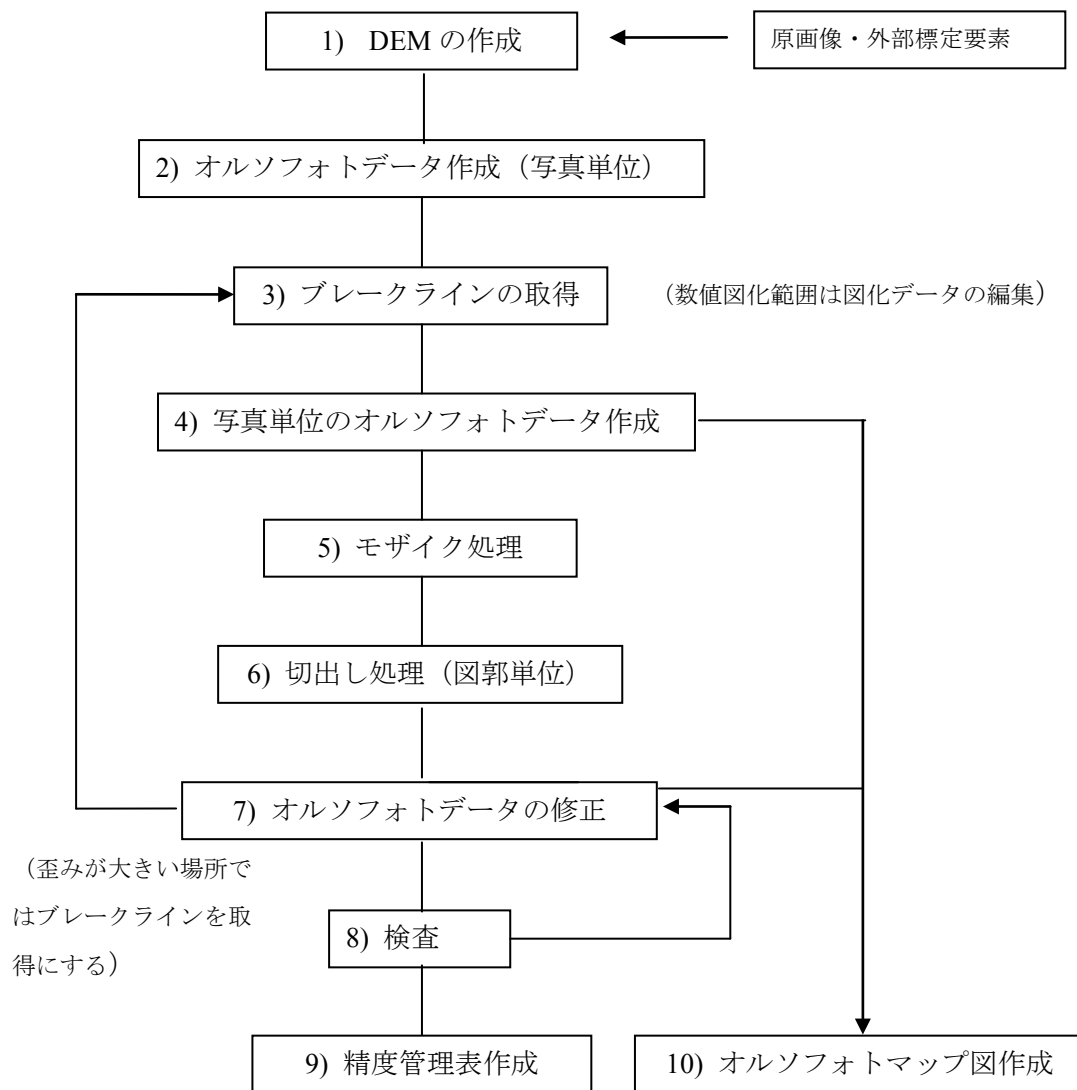


図 40 厳密オルソフォトのフローチャート

1) DEM の作成

航空写真データ（原画像）と空中三角測量成果（外部標定要素）を用いて、自動ステレオマッチング技術により、DEM データを作成した。

不整合箇所については、手動でデータを加工し DEM を修正した（写真 13 参照）。

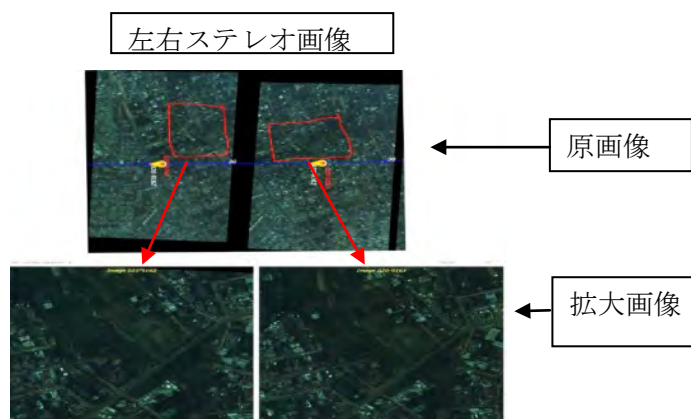


写真 13 自動 DEM 不整合地区 (赤矩形内：左右写真)
(出所：調査団)

2) 写真単位のオルソ画像作成

取得した DEM データを用いて、写真単位でオルソ画像を作成した (図 41 参照)。

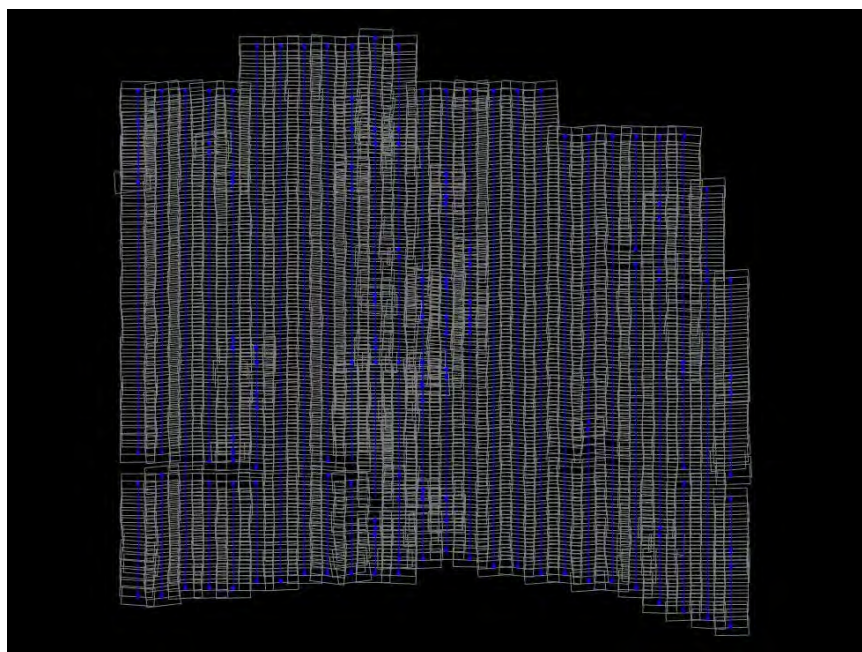


図 41 オルソフォト作成範囲図
(出所：調査団)

3) ブレークラインの取得 (数値図化データの編集)

写真単位のオルソフォトデータより道路等歪みがある場所をチェックし、ステレオモデルを用いてブレークラインデータを取得した。数値図化を実施した範囲については、図化データのうち、道路・等高線等の必要なデータを使用した。

6) オルソフォトデータの修正

切出し処理後のデータの検査は、全体の接合域・歪み・色調についてモニター上で実施した。

歪みが大きい箇所等についてはブレイクラインの追加（再取得）を行い、再度オルソフォトデータを作成した（図 44 参照）。



図 44 修正前オルソフォト画像（左）と修正後オルソフォト画像（右）
（出所：調査団）

7) 検査

あらかじめオルソフォト画像の不明瞭なエリアを修正時に確認し、印をつけ、その場所を中心に、オルソフォトデータ修正後の画像の検査を行った。修正モレ等があった箇所については再度修正を実施し、検査後のデータを最終オルソフォトデータとして整理した。

8) 精度管理表作成

オルソフォトデータの位置・DEM の高さの精度については下表を基準に検査を実施し、精度管理表にまとめた。

表 19 位置情報の精度

地図情報レベル	水平位置の標準偏差	標高点の標準偏差
2,500	2.5m 以内	1.0m 以内
5,000	5.0m 以内	2.5m 以内

出所：日本国国土交通省公共測量作業規程（Public Survey Work Regulation: 「PSWR」と仮略称）

都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト ファイナルレポート

水平位置は地形図データと最終オルソフォトデータの同一位置座標の測定比較検査を行い、標高点についてはDEMと図化機での計測値との残差で精度管理を実施した（図45参照）。



図 45 精度管理出力図（左）と精度管理表（右）
(出所：調査団)

9) オルソフォトマップ作成

数値図化範囲外のオルソフォトマップについては、オルソフォトデータに道路等の歪みがある場所をチェックし、ステレオモデルを用いてブレイクラインデータの取得を行った。オルソフォトデータ作成時に使用したDEMから等高線の自動発生を行い、これに道路や谷線のブレイクラインのデータを追加して、等高線に修正を施した。

一方、数値図化範囲内については数値編集データの等高線を使用し、等高線の編集を行い、オルソフォトマップ用等高線データを作成した。

オルソフォトマップ用の整飾を作成し、等高線データとオルソフォトデータを追加し、1:5,000のオルソフォトマップを作成した（図46参照）。

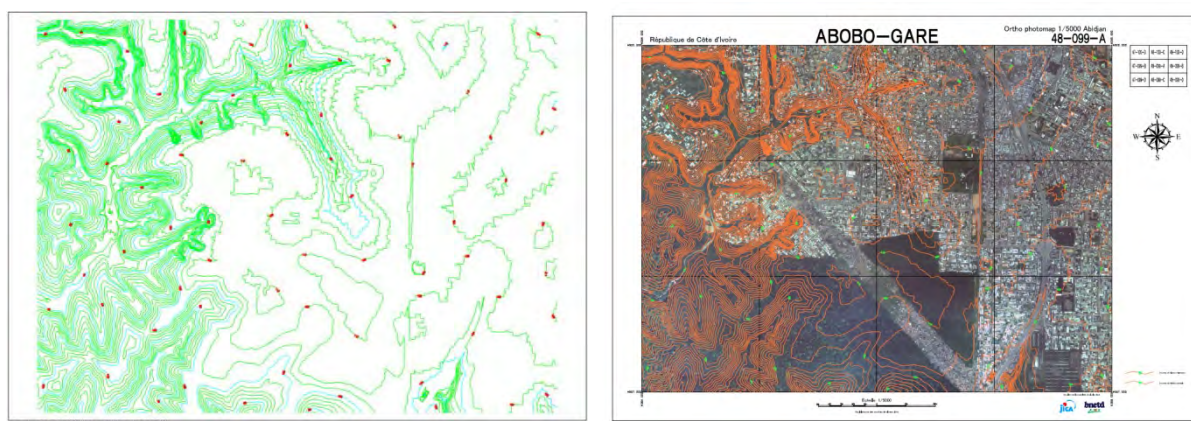


図 46 等高線図（左）とオルソフォトマップ（右）
(出所：調査団)

3.6 補測編集(C-3)

補測編集とは、地形図としての最終的な現地確認や疑問点を現地にて確認する業務である。数値編集作業終了後、現地調査資料等の漏れ・不明箇所を指示した現地補測図出力を行い、その現地補測図を用いた現地補測調査を行った。調査に基づき編集データに追加・変更を実施した。

作業範囲はアビジャン市街中心の 500km² 相当の 172 図郭（1 図郭=2.0km×1.5km）を対象とした（図 47 参照）。



補測編集範囲

図 47 補測編集データ範囲

（出所：Map data ©2015 Google、調査団）

(1) 作業フロー

補測編集の作業フローは以下のとおりである。

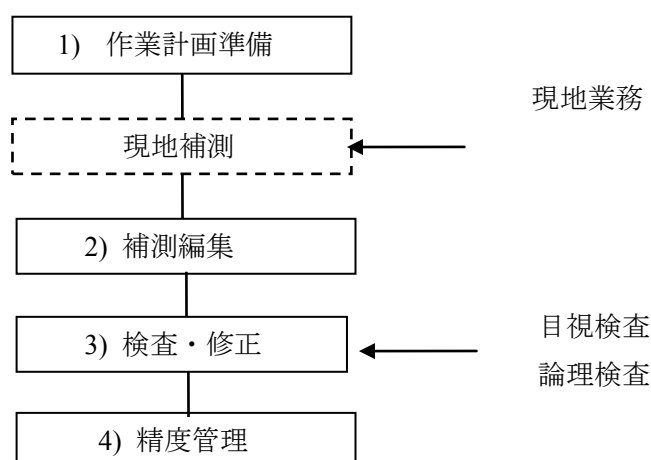


図 48 補測編集のフローチャート

1) 計画準備

数値補測編集は、数値編集で発見された現地調査の脱落・誤記や不明箇所を現地にて補測調査を行った結果を編集する作業である。編集を進めるにあたり、現地補測図をスキャンしてラスタライズするとともに、その他編集で利用した資料を準備した。

2) 補測編集

補測編集では、現地補測資料を参照し、数値編集の CAD データに追加・修正を実施した(図 49 参照)。

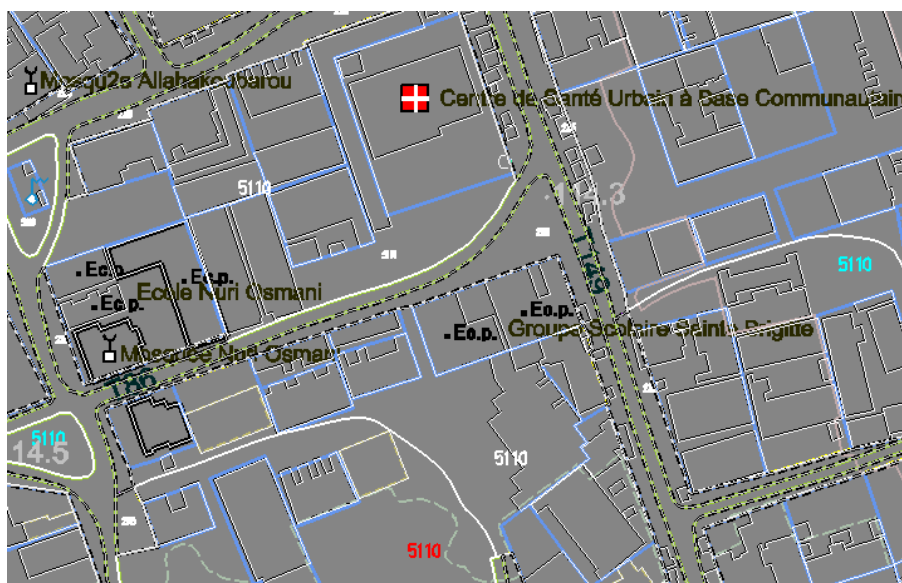


図 49 補測編集データ

(出所：調査団)

3) 検査・修正

補測編集が終了したデータに地図記号化編集を行い、整飾データと合わせて印刷イメージのラスタライズ出力図を出図し目視検査を行った。同様にラスタライズした現地補測図や道路名称指示図および最終数値補測編集後のベクトルデータを、数値編集システム上に重ねて表示し、モニタリングチェックを行った。検査終了後必要な修正を行った。

4) 精度管理

目視検査・論理検査により発見された漏れ・誤記等の集計を数値補測編集精度管理表にとりまとめ、数値補測編集精度管理表を作成した(精度管理表はデジタルデータとして記録)。

3.7 GIS 基盤データ構造化編集 (C-4-1)

構造化編集とは、GIS 基盤データとして、取得した図形を、点、線、面に分類し、属性情報を追加して、GIS 基盤データを作成する業務である。構造化編集では、補測編集で得られ

たデータを使用し、後続作業の GIS の基となる道路中心線入力や行政界・土地利用に係る補助線等の追加入力を行い、点、線、ポリゴン作成が可能なデータとして、属性を付与して構造化編集を実施した。

作業範囲は、アビジャン市街中心の 500 km² の 172 図郭（1 図郭 = 2.0km×1.5km）を対象とした（図 50 参照）。



図 50 GIS 構造化編集データ範囲

（出所：Map data ©2015 Google、調査団）

(1) 作業フロー

中心線入力の作業フローは以下のとおりである。

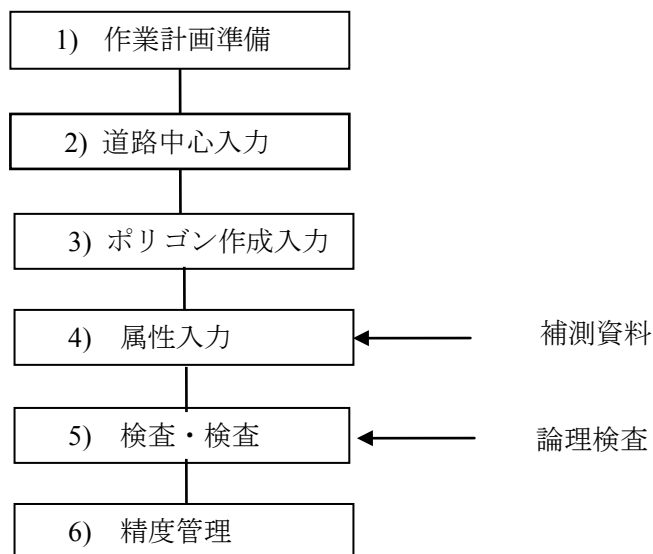


図 51 GIS 構造化編集のフローチャート

1) 作業計画準備

構造化編集のために、現地で取得した GIS の属性データを取り込み、CAD データに反映するための変換作業のほか、出力紙での補測資料準備作業を実施した。

2) 道路中心線入力

補測データ編集終了後、幅員 2.5m 以上の真幅道路については、道路中心線を入力し、1 条の記号道路（副員 2.5m 未満）と接合をつけた。特に 1 条道路と幅のある真幅道路の交差部分は、真幅道路の中心に補助線入力を行い、道路ネットワークを構築（図 52 参照）。

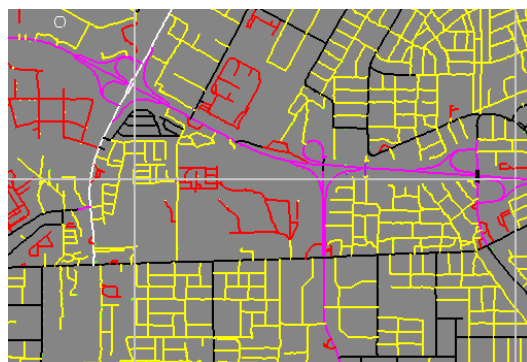


図 52 道路中心線入力データ
(出所：調査団)

3) ポリゴン作成入力

家屋については、図郭線上の接合のある家屋についても接合線上までのポリゴンでの入力を行い、属性入力可能なデータとして整備した。また、土地利用等の区分については、土地利用等の用途別にポリゴン作成を可能にするための補助線を追加した。

4) 属性入力

補測調査資料から道路中心線データに道路名を付加し、建物記号ポイントには、建物注記等の必要な属性を付加した（図 53 参照）。

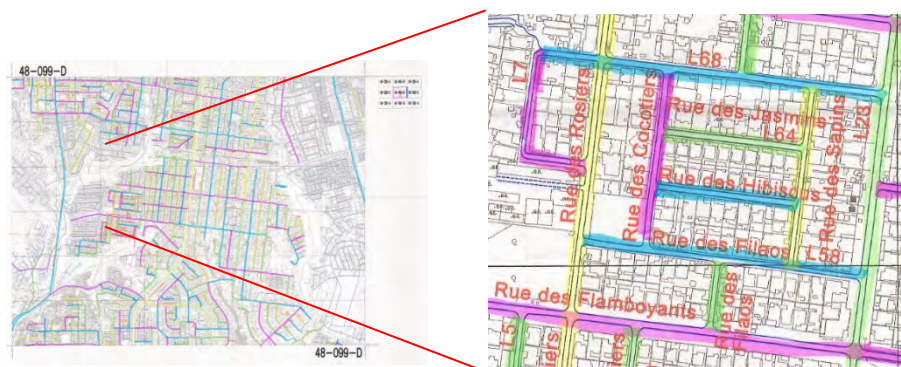


図 53 道路名入力資料
(出所：調査団)

5) 検査・修正

検査は、プログラムで処理を行い、データタイプの分類・構造・トポロジーエラーについて処理を行い修正した。

6) 精度管理

精度管理は、論理検査で検出されたエラーの数量と、データ修正内容を取りまとめ精度管理表を作成した。論理チェックの結果、最終構造化編集後はエラー無しとなった。

3.8 GIS データ構造化 (C-4-2)

地形図データを地理情報として利活用するために、一定のルールに従ってデータを構造化するためのそのルールを規定して保管する業務である。

3.8.1 序論

地理情報システム (GIS) データは都市基盤整備のために重要である。しかし、都市基盤整備のためのGISデータの有効活用は、効率的な地理情報データベース管理システム構築のみならず、そのデータ品質に依存することになる。また、本プロジェクトにおけるGISデータ構造化は、GISデータを管理する組織体系および、プロジェクト期間中に取得された地理空間データを、効率的に利用するための地理情報データベース管理の設計如何に委ねられることになる。従ってジオデータベースモデルを構築する目的は、CADデータを効率的にジオデータベースフォーマットへ移行させることのみならず、GISデータを効率的に保管、管理、運用することである。

3.8.2 アビジャン都市ジオデータベースモデル

GISデータ構造化 (今後、アビジャン都市ジオデータベースモデルと言う) は、ESRIのシングルユーザファイルジオデータベースモデル上に構築され、ジオデータベースは、地理空間データおよび属性データの格納容器である。ArcGIS (ESRI,2012) 固有のデータ構造であるジオデータベースは、ベクトルデータを地物データセットと地物クラスにより管理する。地物クラスは、同じ種類のデータタイプ (例えばポイント、ライン、およびポリゴン) を格納する一方、地物データセットは、同じ座標系と範囲を持つ (チャン、2010;ESRI、2012) 地物クラスを格納する。またラスタデータもジオデータベースに格納することができる。以下は設計過程の簡潔なアウトラインで、それらは概念上の、論理的で、物理的な設計のフェーズに関係している。ジオデータベース定義の概念と条件詳細については、ジオデータベース設計技術仕様書とトレーニングマニュアルを参照されたい。

(1)概念モデル

概念モデルは、7つの地物データセットで構成され、それらは「縮尺 1:2,500 地形図図式規定仕様書」(Ver.5.01) に規定された 134 個の地理空間データと注記を含む地物レイヤー

都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト
ファイナルレポート

から編集されたもので、この図式規定は、BNETD/CCT および JICA 調査団により協議、設計されたものである。加えて、この概念モデルは、デジタル標高モデル (DEM) ラスタデータセットを含む。表 20 は、おもな地物データセットを示す。

表 20 1:2,500 地形図図式より抽出・編集した主な地物データセット

地物データセット	地形図図式	データソース	データタイプ
行政界	行政界	CCT	ラインとポリゴン、注記を含む
建物および関連地物	建物、目標地物および建物関連の施設	CCT/JICA	主としてポリゴン、注記を含む
水系データ	貯水、排水および管理を目的とした地表を覆う一般水系データと水系関連地物	CCT/JICA	ポイント、ライン、およびポリゴン、注記を含む
地形データ	地形	CCT/JICA	標高点、等高線、DEM、注記を含む
公共施設	政府施設、銀行、学校、宗教関連施設	CCT/JICA	ポイント、注記を含む
土地被覆	土地利用、都市地域、裸地、森林などの土地被覆	CCT/JICA	ポリゴン、注記を含む
交通・輸送	道路、鉄道、およびこれらの関連施設	CCT/JICA	ライン、ポイント、注記を含む
DEM	数値標高モデル	CCT/JICA	標高値

(2) 論理モデル

アビジャン都市ジオデータベース論理モデルは、7つの地物データセットと、図 54 および数値標高モデル (DEM) ラスタデータセットから成っている。下図は、地物データセットおよび DEM ラスタデータセットについてそれぞれの地物クラスを示したものである。

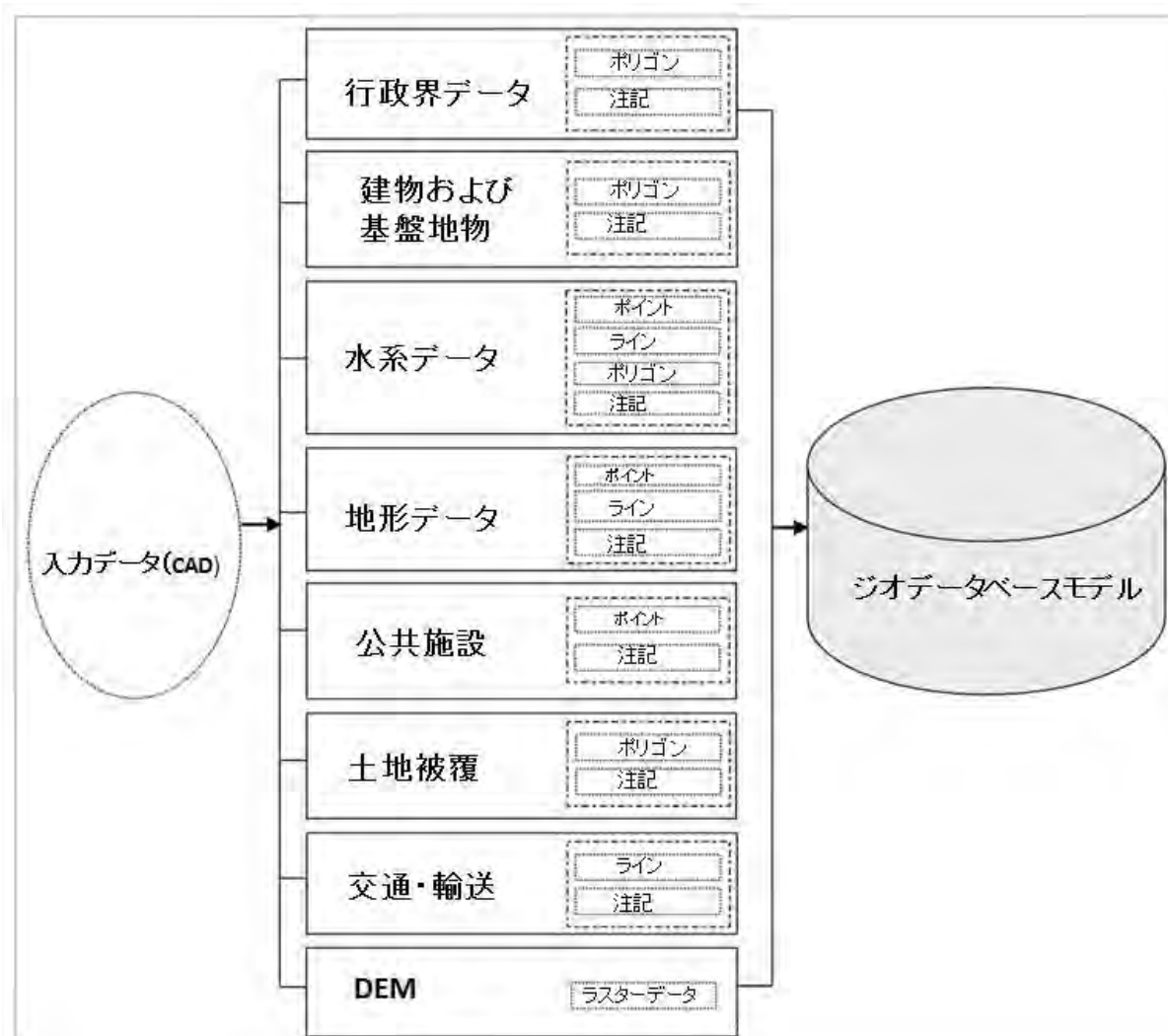


図 54 アビジャン都市ジオデータベース論理モデル

1) 行政界データセット

「行政界データセット」は、行政界クラスであり、小区とコミューンで構成される。

2) 建物および基盤地物データセット

「建物および基盤地物データセット」は、建物、区分域および区域界地物クラスから成る。

- 建物

建物は、個別独立建物、多階層建物、建築中建物、ハンガー（倉庫）、高密度地域などの人工的な区分域から成る。

- **区分域**

区分域クラスは、開発対象地域と用途未設定区域を含む。

- **区域界**

区域界クラスは、区域界、生垣、塀、植生界、耕作地界および宅地界から成る。

3) 水系データセット

「水系データセット」は、面水系、線水系、水系に関連する独立地物から構成される。面水系は、河川（大規模）、運河、池、流域、浄水場、プールがあり、線水系は、河川（小規模）、水路、海岸線がある。独立地物は、井戸、給水塔および灯台が含まれる。

4) 地形データセット

「地形データセット」は、地形、等高線、および基準点で構成される。

- **地形**

地物クラスは、法面（コンクリート）、土がけおよび岩がけを含む。

- **等高線**

等高線クラスは、インデックス等高線、主等高線、補助等高線、凹地等高線（主）、および凹地等高線（補助）で構成される。

- **基準点**

基準点クラスは、NRGAE、独立標高点および空中写真測量標定点から成る。

5) 施設データセット

「施設」データセットは、商業地域、政府機関、教育施設、保健施設、非政府の施設、一般施設、宗教施設、墓地、およびその他の施設から成っている。

- **商業地域**

商業地域クラスは、銀行、ホテル、マーケットおよびショッピングセンターから成る。

- **政府機関施設**

政府機関施設クラスは、役所、軍事施設、憲兵隊、警察署および消防署から成る。

- **教育施設**

教育施設クラスは、小学校、中等学校、高等学校、短期大学、および総合大学から成る。

- **保健施設**

保健施設クラスは、診療所、病院、および薬局から成る。

- **非政府の施設**

非政府施設クラスは、大使館と国際的非政府組織から成る。

- **宗教施設**

宗教施設クラスは、カトリック教会、プロテスタント教会、およびモスクから成る。

- **一般施設**

一般施設クラスは、給油所、バス・ターミナル、およびフェリーターミナルから成る。

- **墓地**

墓地クラスは、キリスト教墓地、イスラム教墓および両方混在した墓地から成る。

- **線路設備**

線状設備クラスは、送電線、導水管、およびパイプラインから成る。

- **他の施設**

他の施設クラスはアンテナ、エアポート、給水塔、モニュメント、タンク（石油とガス）、および鉄塔を含む。

6) **土地被覆データセット**

「土地被覆データセット」は、土地利用/被覆のクラスで構成される。これらは、森林、荒廃林、森林地帯/草原、低木草原、耕作地、大規模農場、沼地、裸地、砂地、および都市部から成る。

7) **交通・輸送データセット**

「交通・輸送データセット」は道路と鉄道のクラスから成る。

- **道路**

中央分離帯のある幹線道路、舗装道路、未舗装道路、軽車道と徒歩道、施設内道路（二条、一条）、工事中道路から成る。

- **鉄道線路**

鉄道路線クラスは、踏み切り、跨線橋および鉄道線路から成る。

8) **数値標高モデル(DEM)ラスタデータセット**

DEMは、標高を表しているラスタデータセットである。

(3) 物理モデル

本プロジェクトにおいて、物理的なジオデータベースモデルは、ArcGIS 10.2 (Advanced) ソフトウェアプラットフォーム上に構築される。構築の過程は、プロトタイプ構築、パイロットの実施および最終的なジオデータベースの構築と、段階的にいくつかのプロセスを経る。先ずサンプルとして基本地図47_098BIVから構築したGISデータセットを利用してプロトタイプジオデータベースモデルを作成し、続いてすべての基本地図インデックスをパイロットジオデータベース開発に活用した。その後、構築したパイロットジオデータベースのテストを経て、最終的な暫定的ジオデータベースが構築された。

3.8.3 パイロット地理情報管理システムの概要

地理情報データベース管理システムの設計と構築は、概念モデルと論理モデル設計で始まり、実際の物理モデル構築で終了となる反復を伴う作業である。今回、ジオデータベースモデルをベースに暫定的に構築したパイロット地理情報管理システムは、今後 BNETD/CCT が頑強なジオデータベース管理システムを構築するための基礎となるものである。

3.9 データファイルの作成 (C-6)

各種データ完成後、地形図データの CAD データおよび記号化済の出力用 PDF データ、オルソフォトデータ、GIS 基盤データに分類して、ファイルを作成した。GIS 基盤データでは、全体が 1 ファイルとなっているため、地理情報内容を説明したメタデータ（データの作成日時や作成者、データ形式、タイトル、注釈など）を追加して記憶媒体に記録した。

(1) CAD データの作成・記録、

補測編集済データより「図式規定」に基づいて記号化編集行い、整飾ファイルと統合して得られた CAD データを納品成果として HD に記録した。

フォーマット形式は、DGN データ。ファイル数は、172 ファイル（図郭単位）。

(2) PDF データの作成・記録

地形図データの PDF データは、記号化編集データより「図式規定」に基づいて調整したペンテーブル（線種、色、線号の規定）を使用して PDF 出力を行い、得られたデータファイルを納品成果品として HD に記録した。

フォーマット形式は、PDF データ。ファイル数は、172 ファイル（図郭単位）。

(3) オルソフォトデータの作成・記録

等高線データを追加した縮尺 1:5000 のオルソフォトマップデータのシート別ファイルを記憶媒体に記録した。

フォーマット形式は、PDF で格納した。ファイル数は、100 ファイル（550+500km²）である。

等高線なしの縮尺 1:5000 のオルソフォトオリジナルデータは全域をシームレスとして 1 ファイルに統合して記録媒体に記録した。フォーマット形式は、Geo TIFF データとして格納した。ファイル数は 1 ファイル。

(4) GIS 基盤データの作成・記録

GIS 基盤データ作成は、構造化編集で取得した CAD データの図形及び、属性データから、ARCGIS の SHAPE 形式のファイルに変換を行った。得られたデータファイルを納品成果品として HD に格納した。フォーマット形式は、SHP データとして格納した。

作業範囲は、構造化編集と同様、アビジャン市街中心の 500km² 172 図郭（1 図郭 = 2.0km×1.5km）についてシームレスデータでの GIS 基盤データファイルを作成した。

以下は GIS 基盤データ作成の作業フローである。

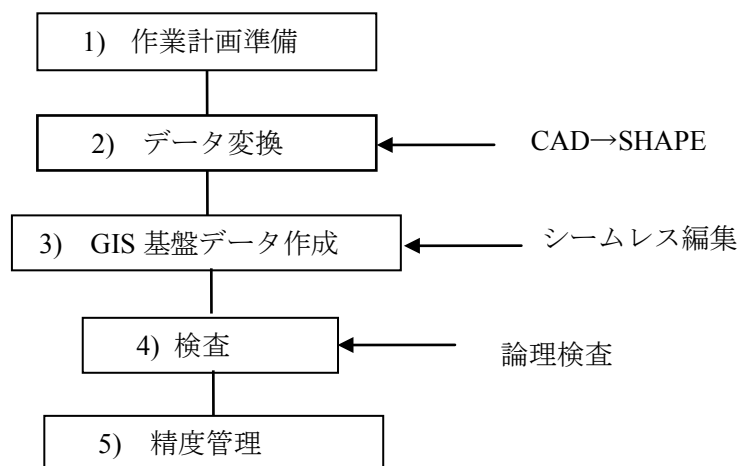


図 55 GIS 基盤データ作成のフローチャート

1) 作業計画準備

GIS 基盤データ作成のため、構造化データ 172 図郭の DGN (CAD) データから属性・注記等の確認を行い GIS 基盤データ作成前データの準備を行った。

2) データ変換

データ変換は Esri 社の ARC GIS を使用し計画準備で作成したデータをインポートし SHAPE ファイルに変換した。

3) GIS 基盤データ作成

GIS 基盤データは、データ変換作業で作成された SHAPE ファイルをシームレス編集を行い、ポリゴンデータは、ダングルデータ（自己ループデータ）の重複・交差、ドーナツポリゴン処理等の編集を行った。

本プロジェクトにおいて定めた「図式規定」に基づいたデータの構造、属性の確認を行い GIS 基盤データを作成した。

4) 検査

検査は、本案件において定めた「図式規定」に基づいたデータの構造・形状・属性データの誤記・脱落の有無を ARC GIS でモニタリングチェックによる検査を実施した。

5) 精度管理

精度管理として、エラー無しとなるまで論理チェックした。

(5) メタデータ(GIS 基盤データ)

GIS 基盤データのメタデータ内容は、下表のとおり利活用に必要な内容とした。

表 21 メタデータの入力項目

メタデータ入力項目		
1	データの要約(業務の目的)	Digital Topographic Data (CAD, GIS, PDF)
2	データの言語	French
3	空間データ名(作業名)	Digital Topographic Mapping Project for Urban Infrastructure Development in The Republic of Côte d'Ivoire
4	データの日付(納品日)	September 2015
5	データの文字コード	UTF8
6	データの分類	位置(001)
7	計画機関名	Japan International Cooperation Agency
8	メタデータ名	ABJ Digital Mapping
9	メタデータ形式	JMP
10	メタデータバージョン	2.0
11	メタデータの作成日	納品日
12	メタデータの言語	English
13	メタデータの文字コード	UTF8

Meta data contents

1.Data		
1.1	Purpose	Digital Topographic Data (CAD, GIS, PDF)
1.2	Language	French
1.3	Project name	Digital Topographic Mapping Project for Urban Infrastructure Development
1.4	Date of delivery	September 2015
1.5	Encoding	UTF8
1.6	Data classification	Position (001)
1.7	Executing organization	Japan International Cooperation Agency (JICA), Asia Air Survey Co., Ltd. (AAS)
2.Meta data		
2.1	Name	ABJ Digital Mapping
2.2	Format	JMP
2.3	Version	2.0
2.4	Creation date	August 2015
2.5	Language	English
2.6	Encoding	UTF8
2.7	Aerial photography date	January 2014 to March 2014
2.8	Total volume	644Mb(Geodatabase)
2.9	Coordinates system	WGS 84, UTM 30N
2.1	Height reference	Original benchmark at Dakar port
2.2	Copyright	Le Centre de Cartographie et de Télédétection (CCT), Japan International Cooperation Agency (JICA)

3.10 全体の品質管理結果報告

各工程での精度管理表に基づき、品質管理に関する報告書を取りまとめた。

3.11 広報資料の作成と印刷

広報用資料として、A-3 サイズで両面フランス語版カラープリントを作成した。内容はプロジェクトの活動概要、実施手順、対象範囲、対象地域概況、プロジェクト成果・結果および結論・提言を記載した。広報用資料は 200 部作成し、150 部はセミナーで配布した。

3.12 デジタル画像の作成

本プロジェクト開始から終了までの、現地での活動状況について、期間中に記録した写真を Word 形式で説明文をつけ、デジタル画像記録集として DVD を 2 部作成した。

4. 技術移転に関する業務

本プロジェクトの技術移転方針は、インセプションレポートに記載しているとおり、「CCT が保有していない技術」ならびに「必要な技術」を、写真測量全般にわたりギャップ分析を行った結果に基づいて、測量の理論や新技術の講義・紹介および OJT による実践的アプローチで技術移転することである。本プロジェクト終了後、CCT の技術レベルが自ら地形図の作成・更新ができることを目的として実施した。

4.1 技術移転の結果と考察

公共事業に係わるユーザーに空間情報データを提供する以上、一定の精度と一律の検査基準に基づく供給体制と製造責任、そして技術的な信頼性は担保されなければならない。さらに、本プロジェクトで作成される地理空間情報データを単に作成しても、整備の目的や空間情報行政機関としての主体的な供給責任や主体的で持続的な管理が明確にならなければ、波及効果がある有効な成果としてなりえないとの理解から本プロジェクトは出発した。

したがって、本プロジェクトの成果に対して CCT 自身がオーナーシップを醸成する目的で、開始当初より CCT と十分な協議・意見交換を行い、本プロジェクト成果を都市計画セクターで活用する目的の下、現場レベルでの具体的な成果の活用方法を早期に明確化し、共通理解を深めた。このように、本プロジェクトでは、これから活発化する大アビジャン圏の都市計画や地籍管理等の土地利用に絡む都市行政を推進するためのヒトづくり、地理情報の供給体制の強化の仕組みづくりと位置づけた技術移転を進めた。

本プロジェクトでは、CCT が一定のレベルの技術・知識を有しているとの認識から、専門分野別工程ごとに実施すべき精度管理や成果品の品質管理に関する能力向上を主眼とした管理方法の確立を目指した。具体的な内容は CCT の技術スキルのベースライン調査を行った後、CCT 担当者との密接な協議を通じ、各分野の実践的な技術移転内容を定めて実施した。技術移転を実施した成果をまとめたものが下表である。

表 22 技術移転の全体の成果

分野	技術移転テーマ	ベースラインの技術レベル	達成度
航空撮影	達成目標：撮影目的に応じた撮影時期と気象条件を判断した撮影計画と工程管理が習得できる。	-	○
	撮影計画	△	○
	直接定位計測（GNSS・IMU）	×	○
	撮影データの検査	○	◎
	精度管理	△	○
標定点測量	達成目標：品質管理の基本概念の理解を通じ、精度管理表を用いて測量成果の精度管理が行うことができる	-	◎
	選点計画	○	◎
	対空標識の設置	△	◎

都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト
ファイナルレポート

	刺針作業	×	○
	GNSS 観測	○	◎
	水準測量	△	○
	精度管理	△	○
現地調査・ 現地補測	達成目標：基本概念の理解を通じて、対象とする縮尺（地図情報レベル）に応じた調査計画を立案し、現地調査と補測調査が実施できる。	-	◎
	地形図の縮尺の違いについて理解	○	○
	仕様書、図式および図式適用規定の理解	△	○
	調査内容（取得項目）の理解	△	◎
	写真現地調査（現地調査）と図面現地調査（補測調査）の相違点の理解	○	◎
	現地調査/補測調査の実施	△	◎
	調査結果の整理	△	○
空中三角測量	達成目標：空中三角測量の全工程を理解し、独自に空中三角測量を実施できる。	-	◎
	基本的な準備作業が理解できる	○	◎
	3次元観測ができる	△	◎
	内部標定の決定	○	◎
	外部標定の決定	○	◎
	精度管理	×	○
DEM・ オルソフォト	達成目標：DEMならびにオルソフォトの基本概念を理解し、精度管理に基づく作成方法について習得できる	-	○
	DEMの作成方法の習得	○	◎
	DEMの編集方法の理解	△	◎
	オルソフォトの作業工程、活用方法の理解	△	○
	ピクセルサイズと精度の関係の理解	△	○
	オルソフォトの作成	○	○
	画像調整とモザイク処理の実施	△	○
	精度管理の理解	×	○
数値図化	達成目標：仕様書、図式規程を理解したうえで、ステレオ航空写真から構成される3次元モデルから数値情報を判読し、取得データに対して精度管理が実施できる。	-	◎
	標高測定（単点観測）の習得	○	◎
	地物判読の精度（地物分類）の習得	○	◎
	大縮尺の数値データ内容の理解	△	○
	仕様書、図式規程の理解	○	◎
	数値図化準備作業（環境設定及び各種成果の整理）の習得	×	○
	地形・地物測定・標高点・等高線の描画	○	◎
	品質管理（精度管理の手法と記録）の理解	×	○
数値編集	達成目標：仕様書、図式および図式適用規定を理解したうえで数値データの編集を行い、編集したデータに対して精度管理が実施できる。	-	◎
	図郭間接合座標の一致についての理解	△	○
	各地物のデータタイプと取得分類の理解	○	◎
	図化データの編集作業の習得	○	◎
	トポロジー構造の理解	○	○
	現地調査・現地補測結果の適切なデータ入力方法の理解	○	◎
	収集資料の適切なデータ入力方法の理解	○	◎
	品質・工程管理の基本概念の理解	×	○
数値データの	達成目標：仕様書、図式および図式適用規定を理解した	-	○

都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト
ファイナルレポート

構造化	うえて GIS 構造化を行い、作成した GIS 基盤データに対して品質管理が実施できる。		
	点データ構造の理解	○	○
	線データ構造の理解	○	○
	面データ構造の理解	○	○
	属性データ構造の理解	○	○
	GIS ソフトウェアの基本操作の習得	△	◎
	メタデータの理解	△	○
	品質管理と精度管理	△	○
仕様協議	達成目標：新規 1：2500 の仕様書および図式および図式適用規定の作成と内容の理解ができ、必要に応じて追加修正ができる。	-	◎
	図式および図式適用規定の内容の理解	△	◎
	注記規定の理解と応用	△	○
	図面番号システムの理解と応用	△	◎
	整飾情報の理解	△	◎
数値データの 地図記号化	達成目標：仕様書、図式および図式適用規定を理解したうえで地図記号化を行い、作成した記号化データに対して精度管理が実施できる。	-	◎
	図式および図式適用規定の理解	○	◎
	使用する地図記号、線種、パターン等の作成	○	◎
	最終出力図をイメージした地図記号の表現の理解	○	◎
	整飾・凡例の作成方法の習得	○	○
	経年変化修正方法の習得	△	△
	精度管理の理解	×	○

×：理論実務無し、△：有知識、未経験、○：理論実務有り、◎：理論実務独自実施水準
評価はインストラクターの定性基準

加えて、これまでの地理空間情報データに対するユーザー側から挙げられた課題を整理し、CCT と協議の上、都市計画に極めて重要となる行政界データや道路区分データについて、それぞれの管轄当局である内務省ならびに DAUDL/BNETD の保有情報をもとにアップデートを行った。

4.2 技術移転の項目別実施内容

開始時期に CCT より、全工程の技術移転を実施するよう要望があったため、実施した技術移転の詳細を記載した実施結果を報告する。

4.2.1 開始時のセミナー・ワークショップ開催 (D-1(1))

本プロジェクトの成果品を利活用する機関を招待し、本プロジェクトの目的、利活用計画および将来のナビジャン首都圏のインフラ整備に利用可能な成果品の内容(カウンターパート機関、対象範囲、精度、技術移転および供与機材)、地形図サンプル、地形図全体工程を説明し、WebGIS による利用者への広報説明、利用する各セクターからの質疑応答を以下の通り実施した。

都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト
ファイナルレポート

- ・開催日：2013年12月4日 10：00 から 14：00
- ・場所：外務省コンファレンスホール

4.2.2 利活用普及セミナー・ワークショップ開催 (D-1(2))

2013年12月の開始時のセミナーでは、全体の計画や成果の概要を説明したが、終了時のセミナーでは、すでに成果品が出来上がり、それらの成果品の紹介やそのデータを使用した利活用状況の説明、また本成果品を使用したシミュレーションを、ブースにて紹介した。したがって将来これらのデータを使用していくステークホルダーや、コートジボワール関係省庁、国際機関、JICA プロジェクト関係者を招待して最終セミナーを以下のとおり実施した。

- ・開催：2015年9月25日 9：00～14：30
- ・場所：ホテルイボワール・中ホール

セミナーの概要は以下のとおりである。

表 23 セミナーの概要

セミナー名称	日時	参加人数	内容	主要出席者
キックオフ・セミナー	2013年12月4日 10:00-14:00	87名： 内訳 関係機関：40名 BNETD/CCT：36名 日本側：9名 その他：2名	プロジェクト紹介（予算規模、工程、成果品）	外務大臣代理2国間協力部長 建設住宅都市衛生省官房長 日本大使館1等書記官 外務省アジア部長 JICA コートジボワール事務所長 BNETD 総裁代理 運輸局、コミュニケーション代表、都市開発計画局、国家警察局他
終了時の利活用セミナー	2015年9月25日 9:00-14:30	153名 内訳 関係機関：52名 BNETD/CCT：80名 日本側：12名 その他：9名	プロジェクト終了報告・挨拶・贈呈式（成果、地形図製本） 調査団：成果説明・WebGIS CP 発表：航空写真測量、 図式規定、標定点測量、 成果販売、 展示ブース：利活用説明	外務大臣代理内閣府官房長 日本国大使 JICA コートジボワール事務所長 BNETD 総裁 運輸局、コミュニケーション代表、都市計画開発局、国家警察局、統計局、 飲料水国家事務所他

4.2.3 標定点測量・対空標識設置 (D-2(1))

CCT の GPS 測量技術者は、コートジボワールおよび民間企業から依頼を受け実施した測量業務の経験が豊富にあり、観測技術に関する能力を一定レベル以上保有していた。そのために、技術移転計画ではこれらのスキルをもとに、次の技術移転を OJT により実施した。

- ・縮尺 1:2,500 に対応する観測データ取得に関すること。
- ・取得した観測データの品質管理に関すること。

(1) 技術移転項目

縮尺 1:2,500 に対応した観測データを取得する技術を学習するため標定点の配置計画、要員計画、対空標識の規格、GPS 観測の基準についての講義を行った。また、取得した観測データの品質管理に関する技術を取得するために、精度管理についての講義も実施した。

1) 標定点の配置計画

標定点配置計画案をもとに、固有の自然条件を有するコートジボワールにおける注意すべき事項に重点をおいて考慮しなければならない条件を説明した。

2) 対空標識の規格

航空写真上で確認できる標識を設置するため、形式、色、設置場所、大きさについて説明した。特に、対空標識設置場所の周りの地面の色に応じて2種類の配色を使い分けることにより、判読時に品質向上することも説明した（写真 14 参照）。

本プロジェクトでは、現場の状況に応じて3様式別の対空標識を採用することとなった。また、様式別による品質向上についても説明した（写真 15 参照）。



写真 14 対空標識採用基準の講義（左）と対空標識の設置トレーニング（右）



写真 15 対空標識の様式（A型、B型、C型）

3) GPS 観測の基準

GPS 観測で高精度に位置を測定するための GPS 観測の基準を以下に示し、事前に屋外でのトレーニングを実施した。

- a) PDOP (Position Dilution of Precision=衛星の配置による位置精度低下率)
- b) アンテナ角度
- c) 観測時間と受信間隔
- d) ネットワーク

GPS の特性、下図の観測例をもとに 2 時間の同時観測手法について、講義形式で説明後、実際に屋外でのトレーニングを実施した (写真 16,17 参照)。

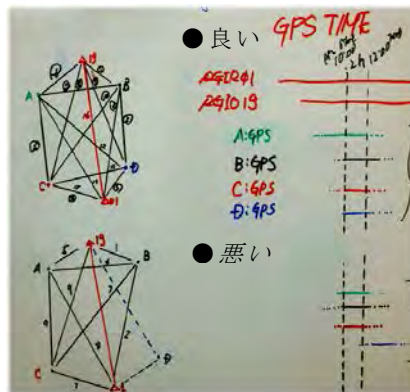


図 56 同時観測手法の概念図 (屋内講義)



写真 16 屋外トレーニング

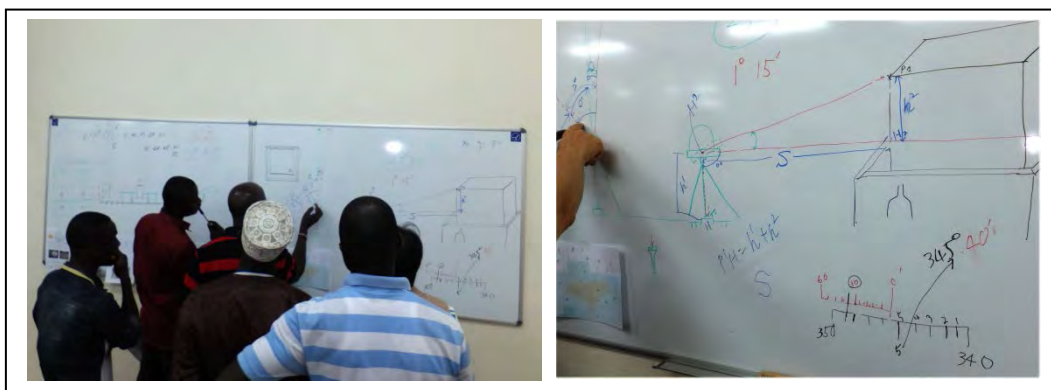


写真 17 観測基準についての講義

4) 精度管理

観測データや基線解析の精度管理において、不具合が散見したため、各業務終了時に工程ごとの品質管理チェックシートを作成し、レベルアップ講習会を実施した。また、図 57 の品質管理チェックシートを新たに作成した。これを使用して、各工程に必要な品質・精度・チェック項目と内容を復習し、標定点測量に必要な品質・精度管理の講義を実施した。

品質管理シートの詳細チェック内容は以下のとおりである。

- ・ GPS 観測の条件：2 周波 GPS 観測機使用
- ・ チェック 1：観測時のチェック項目
 - 観測開始時間、受信衛星数（5 衛星以上）、PDOP 値（0～2.75 が実用レベル、3 以上は再測定）、アンテナ高（mm まで測定）、点名・点番号、同時観測時間、Bias 値（2.3 未満）、座標残差（許容誤差以内）
- ・ チェック 2：計算時のチェック項目：
 - 水準測量標高値の有無、基線解析結果（許容誤差以内）、3 次元ネットワーク解析結果（本プロジェクトの許容誤差は $25\text{cm} \pm 4.5\text{cm}\sqrt{N}$ とする。）、

図 57 標定点測量の品質管理チェックシート

(2)項目別課題と評価

標定点測量の各項目別に課題を記載し、その評価を行った。

1) 標定点の配置計画

標定点の配置計画技術移転は、予め作成した本プロジェクトの配点計画（案）を用いて実施した。その結果、標準的な空中三角測量に必要な配点計画については、十分な理解が得られたものとする。

最新のデジタルカメラを搭載した撮影では、従来方法よりも効率的に業務を実施できる GPS/IMU 装置を使った直接定位測量が主流になりつつある。この測量方法に対応できる標定点配点計画の知識を習得することに加え、本プロジェクトで重点的に提案した

ラゲーンが入り組んだアビジャン特有の環境を考慮した、配点計画を応用できる技術力を身につけていく必要があると考える。

本プロジェクトでは、未実施地域として図化範囲の外周部に新規撮影のみ実施した地域（図 64）のコース 1~9、コース 34~37（本プロジェクトの地形図、オルソフォト作成対象外）がある。今後は、この地域で、CCT の自助努力により 1:2,500 または 1:5,000 相当の地形図作成を、今回習得した技術を用いて、実践・応用していくことを想定している。そのため調査団はプロジェクト終了まで CCT からのリクエストに応じて最大限のサポートを実施した。

2) 対空標識の設置

対空標識の設置では、対空標識の様式、色などの仕様と適地選定方法について指導した。CCT は、小縮尺地形図作成の経験があったため、大縮尺地形図に対応した技術の習得には時間がかからなかった。

ただし、CCT では、対空標識点が破損した場合に必要な予備点を設置する経験が少ないことから、本点から予備点の位置を求める偏心測定・計算、現況スケッチについて重点指導したが、以下の課題が散見されたので、偏心作業時の作業手順と管理手法を繰り返し実践する必要がある。

- ・現場で作成する現況スケッチ図の北方向の記載がないこと。
- ・偏心測定や計算に誤りが多いこと。
- ・偏心計算の結果について検査者の最終確認がなく間違っただけであること。

3) 標定点の GPS 観測

CCT は、一般的な GPS 測量の経験が豊富であり、理論と実践は問題ないものとして評価できた。しかしながら標定点測量で実施する GPS 観測はさまざまな据え付け方が要求されるため、精度を確保するためには一定のルールが必要となる。そこで GPS 観測の基準に重点を置き、CCT の技術力向上に努めた。その結果、本プロジェクトでは以下の通り、観測・解析とも満足できる水準に到達した。

① GPS 観測における教訓

本プロジェクトでは当初、GPS アンテナを直接観測地点に設置した地点において、正しい標高の観測結果が得られない問題が発生した。そのため、標定点の GPS 観測では、現地に GPS 機器を設置した時のアンテナ高を記録して、後続作業（GPS 解析担当者）に伝達するよう一貫して指導した。

通常、アンテナを三脚に取り付けた GPS 観測では付属のメジャーを使用して測定すれば良いが、GPS アンテナを三脚から外して観測地点に据えた場合は、そのアンテ

ナの電気中心点（GPS 電波受信位置）と観測点との比高を直接メジャーで測定・記録して、後続作業者に伝えなければならない。

本プロジェクト内では、この課題の対策として、観測状況を記録した点ノ記、写真等を参考に下表のアンテナタイプ別分類表を作成した。さらに、GPS 観測機への点名の誤入力によるエラーを回避するために同表にセッション番号と観測日時を記録して、後続作業の情報伝達ツールとして採用した。

表 24 GPS 観測時のアンテナタイプ別分類表

GPS Programme(stereo pre-balise)									
C/P Name	GPS-OPF	X-absiss	Y-Ordonnee	T-P-Id	No.	Session date	Sta-End	CHECK	AIN-Type
TRAORE		392203	597645	102	10	8-Jan	PM2-4		B
DJEA		380247	589901	101	10	8-Jan	AM10-12		A
DJEA		378775	587825	65	10	8-Jan	PM2-4		B
GOHA	N' Guessan	382782	612782	08	11	9-Jan		AM9:55-AM11:55	A
TRAORE		396655	586951	21	11	9-Jan		AM9:40-AM11:40	B
TRAORE				23	11	9-Jan		PM12:55-PM2:55	B
TRAORE				22	12	9-Jan			A
KASSI	Samassi	399724	587552	33	11	9-Jan		PM12:34-PM14:55	A
DJEA		384486	586613	64	11	9-Jan		AM9:20-AM11:20	B
DJEA				57	11	9-Jan		PM3:24-PM5:25	A
TRAORE				98	12	10-Jan			A
TRAORE		396655	586951	48	13	11-Jan			B

Antenna-type

TYPE	A	B	C	C1	D
					

(3) トレーニング写真

OJT による精度確認および講義・レベルアップ状況（写真 18,19 参照）



写真 18 GPS 機器設置の精度確認（左）と偏心測定の精度確認（右）



写真 19 GPS 取得データ確認講義(左)と精度管理のレベルアップ講習(右)

4.2.4 水準測量・刺針 (D-2(1))

BNETD/CCT は、GPS 観測と同様に直接水準測量についての観測・計算技術について既に一定の技術力を有している。一般技術に関する技術移転は、実践によるスキルアップの確認にとどめ、以下の項目に焦点をあてて技術移転を実施した。

- ・ 水準儀の視準軸の水平調整
- ・ 水準測量の観測精度の評価
- ・ 誤差配分方法

(1) OJT の内容

BNETD/CCT が実際に受けた OJT の内容は以下のとおりである。

1) 水準儀の視準軸の水平調整

視準軸が水平に保たれていない水準儀を使った場合、スタッフの目盛を正確に読み取っても正しい結果は得られないため、水準測量を実施する前の視準軸の水平調整について以下のとおり指導した。

- ・ 点 A と点 B に標尺を垂直に設置する。この点間の距離は 30m～50m とする。
- ・ AB 間の中央に水準儀を設置して、A1 と B1 の高さを観測する。
- ・ 点 A から 2m のところに水準儀を移動させ、再び A2 と B2 の高さを観測する。
- ・ $A1-B1=A2-B2$ に値を代入し、ギャップが小さいことを確認する。

2) 水準測量の観測精度

水準測量の管理は、日々の水準測量作業を管理するだけでなく、観測した結果を評価して再測の実施についても適切な指示を示さなければならない。

コートジボワールでは、水準測量の精度に関する基準が漠然としているため、日本の基準を用いて水準測量のレベル(等級)に応じた許容誤差(表 11)と計算式について指導した。

直接水準測量における往復差の許容範囲は、次のような式で与えられる。

$$m = \pm k\sqrt{S} \dots \dots \dots \text{式 1}$$

m:往復差の許容範囲、k:1km 当りの較差の許容値、S:水準路線長 (km、片道)

3) 誤差配分方法

2 点間の比高を繰り返し観測することによって決定される標高値は常に誤差が含まれている。誤差が許容される範囲内の場合、この誤差を配分することによって統計学的な最適解が求められる。今回は下表のサンプルデータ を用いて以下の計算手順について指導した。

- このサンプルでは、全体誤差 5mm に対して、1m 当たりの誤差配分量を算出する。
 $5.0\text{mm} \div 98.7\text{m} = 0.0507\text{mm/m}$
- 距離に比例した誤差調整量を算出する。
 B の調整量 $= (0.0507\text{mm/m}) \times (27.5\text{m}) = (1.39\text{mm})$ 1.39mm なので 1mm を採用
 C の調整量 $= (0.0507\text{mm/m}) \times (32.4\text{m}) = (1.64\text{mm})$ 1.64mm なので 2mm を採用
- 最終調整量を計算して既知点 D の高さとなっているか確認する。

表 25 誤差調整のためのトレーニングデータ

点名	距離(m)	後視	前視	昇(m) +(m)	降(m) -(m)	調整(m)	地盤高(m)
A(既知点)		1.453					10.000
B	27.5	0.661	0.582	0.871		0.001	10.872
C	32.4	1.553	0.749		0.088	0.002	10.786
D(既知点)	38.8		0.102	1.451		0.002	12.239
計 total	98.7	3.667	1.433	2.234			12.239

(2) 水準測量の教訓と課題

技術移転した項目の課題を以下に示す。

1) 水準儀の視準軸の水平調整

水準儀の視準軸の水平調整方法と評価方法については実践を通じて理解できた。しかしながら、視準軸の水平が保てない水準儀がなかったため、その調整までは実施できなかった。今後、実際に調整が必要になった水準儀が現れた場合、調整のためのプロセスや技術を忘れず身につける必要がある。

2) 水準測量の観測精度の評価

水準測量のレベル (等級) に応じた精度を管理していく必要性については、再測作業を

通じて理解できたと推察される。本プロジェクトでは日本の基準を紹介し適用しているが、今後異なるプロジェクトの精度を評価することがあるため、コートジボワールでの基準を CCT の組織として規定する必要がある。精度基準を文書にて残し、後世に伝えることを提案する。

3) 誤差配分方法

誤差配分は、水準測量の観測誤差を調整する方法の一つであり、十分な理解が得られた。

4) 評価

CP は、プロジェクト開始時、既に水準測量の観測方法や計算方法についてのスキルを保持していた。そのため、OJT の実務作業を通じて応用技術を身につけることができたものと考えられる。

しかし、実作業での経験が少ないため、観測者と助手の連携不足により、作業スピードが遅く、再測率が高いといった課題が残った。

今後、実務経験を通して、今回移転した技術を反復応用することを期待する。

(3) トレーニング写真

デジタル水準儀の説明およびテスト観測風景（写真 20,21 参照）



写真 20 新しい水準儀の説明(左)と水準測量の BNETD/CCT 内での実習(右)



写真 21 水準測量の路上実習(左)と水準測量刺針点の作成実習(右)

4.2.5 航空写真撮影 (D-2(2))

本プロジェクトでは、対象地域の航空写真をデジタル撮影して、航空写真測量により縮尺 1 : 2500 デジタル地形図および 1 : 5000 オルソフォトマップを作成した。

CCT は、航空機（現在修理中）とアナログカメラ（スイス製ウイルド RC10 : 1970 年代製）を保有しており、その運用実績もあることから、航空写真測量の基礎的な原理は概ね理解していた。

一方、デジタル航空カメラ、GPS/IMU 付きの航空機等の最新技術動向については、保有機材は長期間運用実績が無く、また内戦等の影響により 2000 年以降の急激なデジタル化の技術革新により、全く知識と経験が無い。

(1) CCT の現状と技術レベルの把握

現在、航空カメラ業界は、完全にアナログカメラからデジタルカメラの技術に移行しており、撮影のための航空フィルムの製造も終了している。CCT としても航空カメラの変更を模索している最中であり、本プロジェクトでは、アナログカメラとデジタルカメラの相違点に着目し、「最新技術動向の理解」と「デジタルカメラを用いる撮影計画技術の習得」にターゲットを絞り、独自の機材を保有していなくとも計画立案と撮影監理ができる能力の養成を目的に技術移転を実施した。

(2) 技術トレーニングの概要

本プロジェクトでは航空写真測量に必要な技術サービスのうち、撮影技術のイノベーションによるアナログ技術とのギャップに主眼を置き、以下の技術トレーニングを実施した。航空写真撮影技術移転プログラムと実施状況を表 26 に、提供したマニュアル（案）を表 27 に示す（別冊に添付）。

表 26 航空写真撮影技術移転プログラムと実施状況

No.	項目	形式	実施場所	時間	実施日	参加者
開会			CCT		2014/1/21 10:00	1,2,3,4
①	デジタル化時代の航空写真撮影 最新技術動向の紹介1	講義	CCT	2.5 時間	2014/1/21 10:00-12:30	1,2,3,4
②	デジタル化時代の航空写真撮影 最新技術動向の紹介2 (航空機と機材の見学)	見学	Abidjan空港	2.5 時間	2014/1/30 10:00-12:30	1,2
③	撮影計画	講義	CCT	2 時間	2014/1/22 10:30-12:30	1,2
④	撮影計画実習	実習・自主学習	CCT	2.5 時間	2014/1/29 10:00-12:30	1,2
⑤	撮影後のデータ処理及び品質管理	講義	ホテル オノモ 会議室	2.5 時間	2014/2/4 10:00-12:30	1,2
⑥	質疑応答	講義				
閉会			ホテル オノモ 会議室		2014/2/4 12:30	1,2

参加者1 N'GUESSAN Kouakou Privat (ナビゲーター)
参加者2 OAUUTTARA Baba Danouma (パイロット)
参加者3 COULIVBALY Gogninniga (主任航空写真測量技師)
参加者4 KAMELAN Aka Eugene (航空写真測量技師)

表 27 航空写真撮影技術移転マニュアル一覧

No.	分類	資料名	言語
A1	デジタル	Digital Aerial Photography_Eng	英
A2	航空写真撮影	Digital Aerial Photography_Fr	仏
B1	撮影計画	QGIS Flight Planning-Eng	英
B2		Plan de vol QGIS-Fra	仏
C1	データ処理	Data Management and in field QC_Eng	英
C2	品質管理	Data Management and in field QC-Fr	仏

(3) 項目別評価

最新技術動向は、プレゼンテーションによる技術紹介と、実際に運用している航空機とデジタルカメラを飛行場にて見学する機会を設定した。また、撮影後の各種データ処理および品質管理方法は、実際のデータを提示しながら講義した。

一方、最新技術動向の理解に加えて重要課題とした撮影計画の立案は、通常デジタルカメラメーカーより提供される専用のソフトウェアを用いて行うのが一般的である。しかし、本プロジェクトでは、ソフトウェアライセンスを CCT に提供できないため、FUGRO 社の協力により、以下の方法で自主学習の結果で評価することとした。

- 1) 期間（1 か月）に限定したソフトウェアライセンスの供与
- 2) Microsoft Excel 上でデジタルカメラの諸元を参照して撮影計画ができるように設計されたソフトウェアの貸与
- 3) コートジボワール首都ヤムスクロの撮影計画の立案

技術移転の対象者は CCT と相談の上、撮影士、パイロットとし、最新技術動向の研修については、CCT から推薦のあった航空写真測量技術者も講義に参加した。提出された質問がフィルムカメラとデジタルカメラの違いに関するものが主体であったことから、内容が理解されていると判断した。

これは、受講者全員がフィルムカメラによる地形図作成の経験者であり、基本的な原理に関する知識があるためと言える。

デジタルによる撮影計画については、1) 1 か月限定ライセンスソフトウェア、2) Microsoft Excel 上で動くソフトウェアについて、ともに講義時間内に運用方法の説明と実習により指導した。

その後、特に1か月限定ライセンスソフトウェアについては、1週間程度の時間をとり、自主学習による撮影計画立案とその評価を行う手順とした。

- 3) Microsoft Excel 上で動くソフトウェアイメージは図 58 のとおりである。

都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト ファイナルレポート



図 58GSD Calculator – 1 と GSD Calculator – 2

(4) 品質管理

デジタル航空写真における品質管理方法については、基本的にはアナログ航空写真の精度管理と同等のため、デジタル撮影画像のサンプル画像を用いて講義とトレーニングを実施し、問題なく理解できた。

(5) 航空写真撮影における教訓

今回、航空写真撮影工程を除くデジタル機器による一連の工程について、技術移転を実施した。機器のデジタル化に伴い取り扱う全ての成果がデジタルデータとなることから、全業務がコンピュータ上で処理されることになる。今後、習得技術を最大限生かすには、アナログ手法で培ってきた写真測量技術をベースに、GPS データの活用等の最新技術への理解の深化と、コンピュータ上で最大限運用するための IT 技術の向上が課題となる。

(6) トレーニング写真

デジタルカメラを使用した撮影計画の実習、撮影機材点検立会、撮影データ処理、品質管理実習の写真である。(写真 22,23,24 参照)



写真 22 デジタル航空写真撮影講義(左)とデジタル写真撮影計画講義 (右)

都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト
ファイナルレポート



写真 23 デジタル航空カメラ点検立会(左)と撮影カメラ設置撮影機内(右)



写真 24 撮影データ処理の講義(左)とデータ品質管理の講義(右)

4.2.6 利活用促進(D-3(1)(2)(3))

利活用では、開始時のキックオフセミナーで、各ステークホルダーやドナー組織に対して、本プロジェクトの概要説明と地理情報の成果品を紹介した。また、データの一般普及を目的として、データをアップロードするための新たなサーバーを導入して WebGIS⁴を整備した。そこに本プロジェクトの成果データを保存し、地形図ユーザーや一般利用者に対する PR やサービス業務に対応できるようにした。

また、最終セミナーでは、本成果（デジタル地形図及びオルソフォトマップ）を使用した各種のシミュレーション事例を発表し啓蒙を図った。

4.2.6.1 サーバシステムの導入と技術移転

アビジャン中心および周辺地区の 1:2,500 の地形図データを自由に視覚化し、これらの情報を共有するための最良の方法として、WebGIS システムを構築した。このシステム構築は以下の 2 つの目的がある。

- ・本プロジェクトの成果を国および地方レベルまでより多くの住民へ広く普及する。
- ・関係するステークホルダー機関との協力連携を強化する。

(1) サーバーの購入と設定

- ・ HP 社製 ProLiant ML350p サーバー、CISCO 社製 24 ポートスイッチ及び Infosec 社製 2000VAX1 無停電電源装置を購入。
- ・ サーバーソフトウェアのインストールと基本的な設定の実施、サーバーはデータ格納及び WebGIS の表示機能を併せ持つ。
- ・ WebGIS サーバーへアクセスするための固定 IP アドレスを初期設定、また URL <http://websig.bnetd.ci> を公式 WebGIS アドレスとして設定。

(2) WebGIS サーバーソフトウェアのインストールと設定

- ・ バーチャルボックスは、WebGIS LizMap システムを含むカスタマイズされた Debian をインストールするために利用、またインストール用の完全なキットはバックアップとして CCT に提供。

(3) ユーザー・インターフェイスの開設と設定

- ・ システム設定のために設計された以下 3 つの処理を実施。
 - QGIS を用いたサンプルデータの準備
 - LizMap を QGIS へプラグインすることによる地図データ公開のための設定
 - インターネット上のデータ表示

⁴ WebGIS: インターネット上に外部からアクセスできるサイトを BNETD/CCT 内に設置し、GIS データを公開、外部から閲覧可能にすること。無料の QGIS ソフトを使用しているため、閲覧者は QGIS を容易に無料でダウンロードし、閲覧可能。

(4) 技術移転

- 以下のプログラムに従って3日間の公式技術移転トレーニングを実施
 - 2014年6月24日 QGIS 入門（インストール、データ表示および編集）
 - 2014年6月25日 QGIS 実習（地図データ編集と印刷）
 - 2014年6月27日 プラグイン LizMap によるデータ公開のための設定と質疑応答
- 加えて2014年6月26日に CCT 地図制作チームに対して QGIS を使った高度なデータ処理トレーニングを実施。
- また2015年9月11日と14日に、同じく CCT 地図制作チームに対して CCT 縮尺 1:200,000 地形図データの WebGIS へのダウンロードについて特別なトレーニングセッションを実施。

(5) ウェブサイトへのアクセスの設定

- ウェブサイトは、アビジャンの都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクトの主たる成果を要約することを意図して構築された。以下は、ウェブサイトのインターフェースの表示イメージである。

ユーザーはこのウェブサイトより、CCT によって作成された縮尺 1:200,000 地形図と同様に、このプロジェクトで作成された縮尺 1:2,500 地形図データを WebGIS を通して参照することができる。ウェブサイト、そして特に WebGIS サーバーは、CCT によって作成されたデータと同様に本プロジェクトで作成されたデータを共有する目的を持っており、このツールにより国際的なレベルでのアクセスが可能となる。WebGIS 上の画像は、セキュリティをかけ、閲覧のみでダウンロードはできない。そこで、CCT は各データに関しては条件を付した契約を交わし、有償で提供する意向です。詳細は 4.4 を参照ください。

(6) 最終的なデータの準備と成型及び WebGIS サーバーへのダウンロード

本プロジェクトで作成された最終的なデータ（デジタル地形図及びオルソフォトマップ）は、高速のインターネットでの表示に適合するよう成型され、メタデータを付加した後、WebGIS サーバーにダウンロードされた。

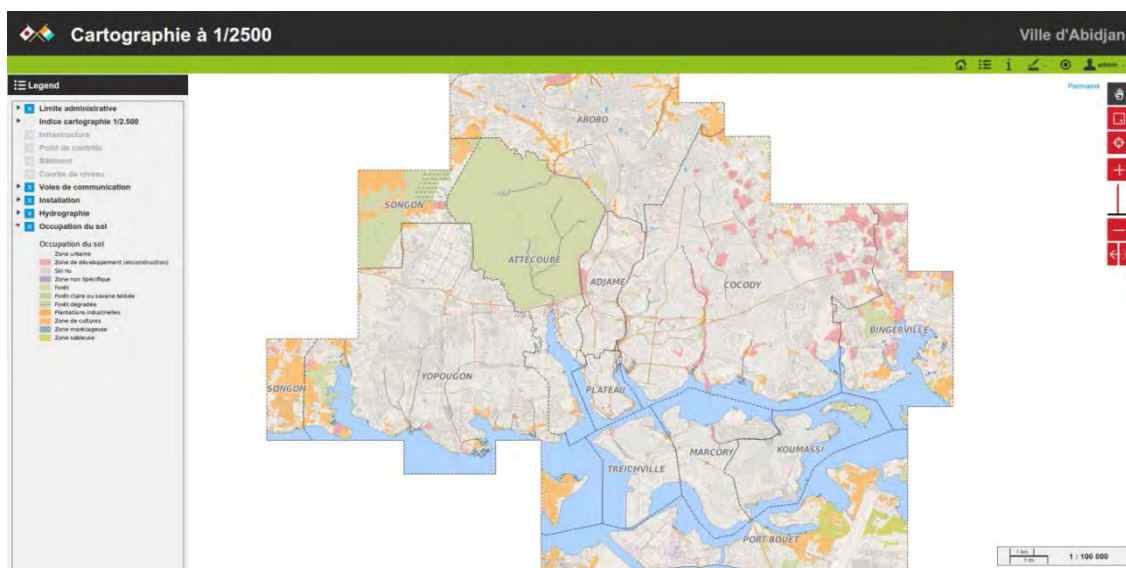


図 59 WebGIS の最終成果イメージ

(7) データのインストールとシステム管理

本プロジェクトで作成したすべての地理情報データ（デジタル地形図データ及びオルソフォトデータ）は 2015 年 9 月に BNETD/CCT 内に設置したサーバーシステムにインストールした。また、サーバーのデータ管理の技術移転を実施後、そのシステムを変更できるためのパスワードを BNETD/CCT の技術担当者に知らせ、WebGIS サーバーシステムの運用管理を委譲した。

4.2.6.2 利活用計画の実績

プロジェクト実施中に、本プロジェクトの中間成果品に対して、数々の利用希望があった。CCT 承認のもと、JICA コートジボワール事務所を通じて、各機関のプロジェクトに必要なデータを提供した。詳細な提供目的と内容は次のとおりである。

(1) JICA ソリブラ交差点改善計画（ソリブラ付近の航空写真）2014 年 4 月

JICA が実施した、アビジャン市マルコリー地区のソリブラ交差点での道路のフライオーバー工事計画に係る、地形図作成およびボーリング調査・地質地盤調査の計画用ベースマップとして、地形図の中間成果を提供した。また、3次元詳細工事用地形図作成用に航空写真画像と解析用データを提供した。

(2) WB のプロジェクト（下水整備事業、地盤高データ供給）2014 年 8 月

2014 年 8 月に World Bank (WB) のプロジェクト担当者から洪水対策用途で、立体航空写真からステレオマッチング技術により得られた DEM データ (XYZ) の提供依頼があった。

そこで次の範囲の DEM データ（図 60 参照）を無償で提供した。このことは CCT 局長に、その有効利用のため提供する了解を得て実施した。

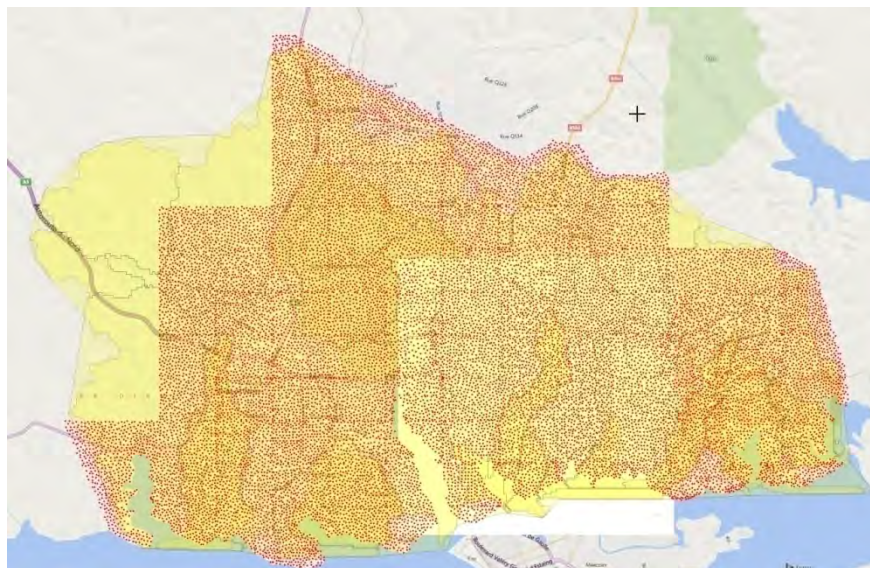


図 60 洪水対策範囲（黄色）と提供した DEM（XYZ）データ（橙色）
（出所：Map data ©2015 Google、調査団）

(3) AfDB 水資源改善プロジェクトからの航空写真データの提供要請 2014 年 12 月

2014 年 11 月初旬にアフリカ開発銀行（African Development Bank=AfDB）のココディ湾水資源改善プロジェクト（仮称）のために、本プロジェクトで撮影された最新の航空写真のうち、下図 Bassin du Gourou 地区付近のステレオ写真の使用希望があった。

航空写真データは空中三角測量の技術移転で使用中であったため、JICA 事務所および CCT の了解を得て、対象地域のデジタルデータを 12 月初旬に CCT より AfDB の担当者宛てに送付した。また北部を除く対象地域の 3 次元標高データを JICA コートジボワール事務所経由で AfDB に送付した。

弊社で計算した対象地区の数量は以下のとおりである。
面積：約 26.5km²（北部の一部本プロジェクト範囲外）
航空写真枚数：70 枚
ステレオモデル数：66 モデル
コース数：3 コース
提供データ：3 次元標高データ（地形図データより抽出）



図 61 Bassin du Gourou 地区
（出所：AfDB）

(4) JICA Abobo 及び Yopougon コミューン (4 か所) 2015 年 3 月

アビジャン自治区の中で、Abobo コミューンと Yoougon コミューンには都市貧困地区が形成されている。そのため、これらの地区では、学校施設、保健施設、道路、排水路といった基礎的なインフラ施設の不足に加え、若者たちの高い失業率人口を抱えており、JICA がコミュニティ緊急支援プロジェクトを実施した。そのための基礎情報として、それらの 4 地域の道路外形、等高線の 3 次元の補測中間データを JICA および CCT の承諾後、担当したコンサルタントに提供した。

(5) BNETD/CCT 地籍データ更新 (1 : 5,000 地籍図更新) 2015 年 7 月

CCT 局長より、CCT が財務経済省地籍局から依頼され、本プロジェクトの 1:5000 オルソフォト範囲のアビジャン 1 : 5,000 地形図作成を実施している。作成される 1 : 5,000 地形図は地籍局が地籍データを管理するために活用される予定である。その業務として、オルソフォトを利用する依頼があり、2015 年 7 月にデータをハードディスクにて提供した。

4.2.7 現地調査(D-2(3))

現地調査は他の技術移転項目と異なり理論を習得するのではなく、縮尺別図式の定義を良く理解し、それを現地にて正しく記録する技術である。そのため、OJT による反復実習を行うこととその結果について評価・管理ということが重要である。

従って、本プロジェクトでは CCT と協働作業を行う上で、以下の項目に注力して OJT 形式で調査を実施した。

- ・ 航空写真判読技術
- ・ 航空写真を用いた現地確認調査
- ・ 大縮尺地形図図式に応じた現地調査実習
- ・ 調査結果の評価と管理

複数の班体制で現地調査を実施するにあたり、調査内容の正しい理解・共有、さらに調査結果の均一性をできる限り保つことを目的に、以下の項目を 2 週間かけてオリエンテーションを実施した (写真 25 参照)。

- 1) 現地調査の概要と作業方法の説明
- 2) 既存情報 (1:5,000 空間データ) の精査・検証
- 3) データ取得方法
- 4) 航空写真への記載方法
- 5) Field note の記載方法
- 6) Hand held GPS の基本操作とカメラ撮影方法
- 7) 1 日の調査終了時の取りまとめ

都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト
ファイナルレポート



写真 25 オリエンテーション風景

調査結果の評価と管理の技術指導では、GIS ソフトウェアを使って業務を行うため、評価基準や次工程に渡すためのデータ管理方法を共有しただけでなく、取得データを用いて GIS ソフトウェアの操作についても CCT の参加者は習得することができたと推察される(写真 26 参照)。



写真 26 評価基準とデータ管理の講義(左)と GIS ソフトウェアの操作講習 (右)

5 カ月にわたっての反復実習により全てのスタッフが、今回定義した大縮尺地図図式について良く理解し、現地で正しく記録する方法を習得できたものと評価できた。大縮尺地形図作成が初めてである CCT にとって、調査前半は、判読・判断ミスもあり、結果にバラつきがあった。しかしながら、調査終盤の調査結果を確認すると、グループ間での品質のバラ

つきは、許容できる範囲に収まり、取得データの一定で均一化を達成することができた。

4.2.8 空中三角測量・DEM およびオルソフォト(D-2(4-1),(4-2))

空中三角測量およびDEM・オルソフォトの技術移転は、下記の日程と技術移転項目で実施した。また本技術移転は、本プロジェクト開始より着手したベースライン調査に基づき①正確な3次元測定、②空中三角測量の環境設定にかかるノウハウに注力し、「空中三角測量の全作業工程を理解し、CCT自身で空中三角測量を実施できる」「DEMならびにオルソフォトの基本概念を理解し、精度管理に基づく作成方法について習得できる」目標を定め、CCT職員へのトレーニング内容と技術移転の日程を決定した。

本技術移転のトレーニング対象者は、航空宇宙空間データ処理課(STDA)の課長が選定した職員に対して実施した。

(1) 実施日程

- ・空中三角測量 :2014年10月24日～2014年11月6日 10日間
- ・DEM・オルソフォト :2014年10月7日～2014年11月14日 6日間

(2) 技術移転の参加職員

空中三角測量の専門的な技術、手法、経験を短期間で習得する必要があることから、同作業の経験がある3名のCCT職員に対してトレーニングした。

- ① OUATTARA SEYDOU :STDA課 上級技術者
- (ア) KAMELAN AKA EUGENE :STDA課 上級技術者
- ③ KONE GNIGUEFOLOMA OLIVIER :STDA課 技術者

(3) 実施範囲

短期間で3次元計測技術を習得しなければいけないため、多様な地形環境を有するアビジャンで様々なパターンを対象にトレーニング計画を作成した。最終的に空中三角測量の対象範囲からトレーニング範囲(図62:実習範囲)を3地域選定して実施した。選定地域の特徴は山間部、不完全モデル地域、市街と平野部を含む範囲である(図63参照)。データとしては124km²、165枚の航空写真データを使用した。



図 62 実習範囲：平野市街地 (A:右) 不完全モデル地域 (B:中央) 山間部 (C:左)

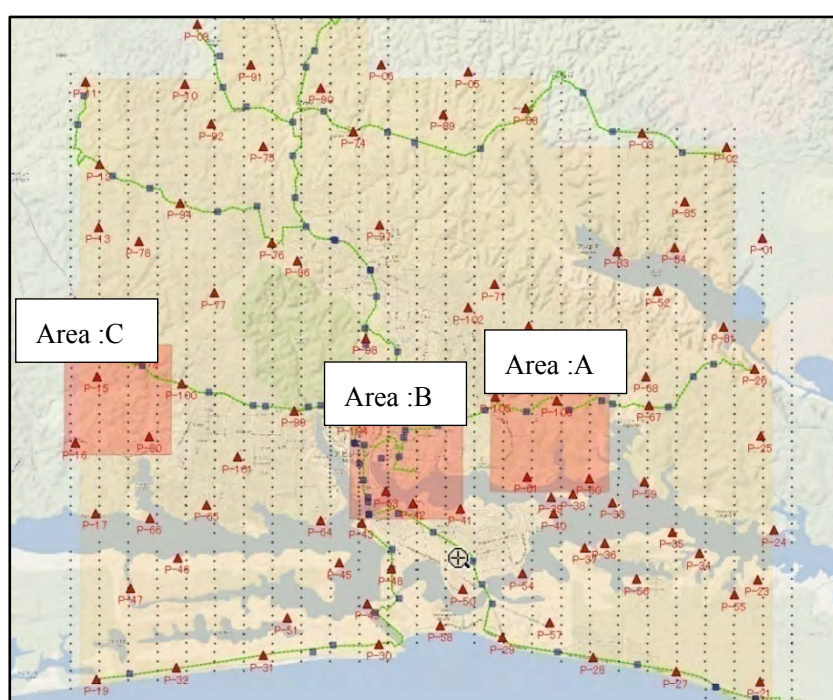


図 63 選択した 3 地区

(出所：Map data ©2015 Google、調査団)

(4) 技術移転の項目

講義形式と実践トレーニングを以下のスケジュールで実施した。

- ・ 2014 年 10 月 24 日：空中三角測量の概要と LPS の基本操作
- ・ 2014 年 10 月 27 日：空中三角測量ソフトウェア ORIMA の起動と初期値入力、観測実習 (A 地区)
- ・ 2014 年 10 月 28 日：観測実習 (B の地区)
- ・ 2014 年 10 月 29 日：観測実習 (C の地区)
- ・ 2014 年 10 月 30 日：基準点の入力、自動観測点ソフトウェア起動

都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト
ファイナルレポート

- ・ 2014年10月31日：バンドルブロック調整結果と評価方法と空中三角測量品質管理
- ・ 2014年11月 3日：タイポイント測定と修正方法（A地区とB地区）
- ・ 2014年11月 4日：対地標定ソフトウェア CAP-A の実施と繰り返し実習
- ・ 2014年11月 5日：最終解析空中三角測量の実施（一連の作業）
- ・ 2014年11月 6日：品質管理表の作成実習
- ・ 2014年11月 7日：DEMの発生と表示
- ・ 2014年11月10日：DEMの品質管理、オルソフォトの作成
- ・ 2014年11月11日：モザイク処理
- ・ 2014年11月12日：オルソフォトの色調調整、オルソフォトの品質管理
- ・ 2014年11月13日：QGISでの外部標定要素とオルソフォト作成、質疑応答
- ・ 2014年11月14日：トレーニング結果の評価

(5) 技術レベルのベースライン調査

トレーニングに先立ち、参加者の専門的な技術力と熟練度を把握するためにアンケート調査を以下のとおり実施した。

基礎知識を3項目、専門知識を5項目、専門技能を3項目、特殊技術を2項目、品質管理を2項目に設定し調査した（表28参照）。

表 28 アンケート調査内容

アンケート調査項目	トレーニングの内容
基礎知識	1) デジタル地形図の作業工程の理解
	2) 空中三角測量の作業工程の理解
	3) DEM/オルソフォトの作業工程の理解
専門知識	1) 航空写真の立体視能力
	2) ステレオ視による地物判読能力
	3) 基準点やタイポイントの測定能力
	4) DEMデータ編集の知識
	5) オルソフォト作成の知識
専門技能	1) LPSの初期設定の理解
	2) POS/IMU成果を使用した場合の基準点数の理解
	3) オルソフォトの接合線の編集知識
特殊技術	1) バンドルブロック調整計算の知識
	2) 画像の色調調整方法の知識
品質管理	1) 空中三角測量成果の精度管理の知識
	2) DEM/オルソフォト成果の精度管理の知識

(6) トレーニングの内容

トレーニングでは、空中三角測量・DEM・オルソフォトの作業工程、写真測量の基本概念を講義した。実技では、本プロジェクトで供与したデジタル3次元図化機を使用して、対象地区の空中三角測量・DEMとオルソフォト作成を実施した。品質管理では空中三角測量・DEM・オルソフォトの精度管理の方法を実際に撮影した航空写真データを使用して各精度管理を行った（写真27参照）。特に品質管理・特殊/専門技術の分野では、CCT職員の専門技術の熟練度を向上させるため、反復トレーニングによりレベルアップを図った（写真28参照）。



写真 27 空中三角測量講義の精度管理復習（左）と空中三角測量の実習（右）



写真 28 DEM データ修正と精度管理(左)・オルソフォト画像作成と精度管理(右)

(7) トレーニングの評価

ベースライン調査で実施したトレーニング内容の評価を、トレーニング後の中間成果より評価した。

1) 空中三角測量

空中三角測量の作業工程は、事前準備、内部標定、外部標定（相互、対地）、精度管理に大きく分かれる。トレーニングでは、各工程別に講義と実技を組み合わせ、それらの結果を評価し、不得意とする専門技能や特殊技術の反復トレーニングを行った。実技では数値図化システム（LPS）を使用して空中三角測量を実施した。その成果を評価し、精度管理

都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト
ファイナルレポート

表に品質結果を記録して一連の技術移転を行った。

CCT では同機能を有した図化システムを使用しており、基礎・専門知識のトレーニングでは素晴らしい能力を発揮し、更なるレベルアップができた。専門技能と特殊技術分野では、反復トレーニングをすることにより一定のレベルに達したことが確認できた。

2) DEM・オルソフォト

CCT の職員は、DEM ならびにオルソフォトの作成および利活用について理解した。標高モデル (DTM:Digital Terrain Model、DSM:Digital Surface Model) の原理やオルソフォトの定義 (正射投影変換) ならびにアナログ方式とデジタル方式との作成方法の違いについて指導した。その結果、デジタル3次元図化機材 (ハードウェア・ソフトウェア) の操作が可能となった。こうしてデジタル方式のDEMならびにオルソフォトの基本概念を理解し、精度管理に基づく作成が一定のレベルに達した。

3) トレーニングの教訓

職員のベースラインを調査したアンケート調査の15項目に対してトレーニング終了後に職員の技術力と熟練度を5段階評価して自己評価を実施した (表 29 参照)。その結果、CCT は独自に空中三角測量・DEM・オルソフォトの実施と品質管理ができるレベルに達したと判断できる。

表 29 CCT 職員 3 名の空中三角測量研修前後の技術力調査評価表

Technical level survey of the CCT staff

Item No.	Research item	Examination before the training (Present situation level) 24/11/2014			Examination after the training (The later level) 13/11/2014		
		A	B	C	A	B	C
(1)	1.Knowledge of the work production process of the digital topographic map	4	4	3	4.7	4.7	4.7
(2)	2.Knowledge of the work production process of the Aerial triangulation	3	4	2	4.3	5.0	5.0
(3)	3.Possibility of the Aerial photography	3	3	4	4.3	4.3	4.5
(4)	4.Possibility of interpretation and measurement of field features in stereovision	4	4	4	4.5	4.5	4.7
(5)	5.Initial setting of the LPS is possible :Input of the exterior orientation, camera, Aerial photography image	3	4	2	4.7	5.0	3.5
(6)	6.Amount of a control point necessary to a minimum of the Aerial triangulation using POS/IMU	0	0	0	3.3	3.3	3.3
(7)	7.The measurement of the control point / Tie point is possible (control of the APM function)	3	4	3	4.0	4.7	4.0
(8)	8.Possibility of the operation of the bundle adjustment computation (CAP-A)	1	1	0	3.7	3.7	3.3
(9)	9.Possibility in accuracy management of the quality control	0	0	0	3.3	3.3	4.2
(10)	10. Possibility of the work production process of the DEM/ortho photo	3	4	2	4.3	5.0	5.0
(11)	10.1 Possibility of the editing method of DEM	3	4	2	4.3	4.7	4.0
(12)	10.2 Possibility of the preparation method of the ortho photo	2	4	2	3.5	4.7	3.8
(13)	10.3 Possibility of editing and the setting method of the ortho connection line	2	3	1	4.5	4.3	3.0
(14)	10.4 Possibility of the tone collection of ortho photoimage	2	3	1	3.5	4.0	4.1
(15)	10.5 Possibility of the accuracy management method of the DEM/ortho photoimage	0	0	0	3.3	3.3	3.3

Legend for charts:

- Blue line: Before
- Red line: After

Scale: Unaware (0) | Know the basics (2) | Well known (5)

4) 今後の計画

CCT 職員は本トレーニングの技術を使用して、本プロジェクトで撮影した東西側の 2 地域（約 330km²）の一部において、CCT が独自に現地測量（GPS 観測）から空中三角測量、DEM・オルソフォト作成を実施している（図 64 参照）。

上述のとおり、すでに経年変化が始まっているので、早急の整備に加え、本プロジェクトで整備した地形図に対して部分修正を行うことが必要である。

そうすることで、本プロジェクト実施中に今回撮影した 1,380km² の全地域の空中三角測量と DEM やオルソフォトが作成される。また、コートジボワールの都市開発及び高精度標高データを使用した防災計画・地籍図の見直しや地域活性化の基本データとして広範囲での利活用が期待できる。

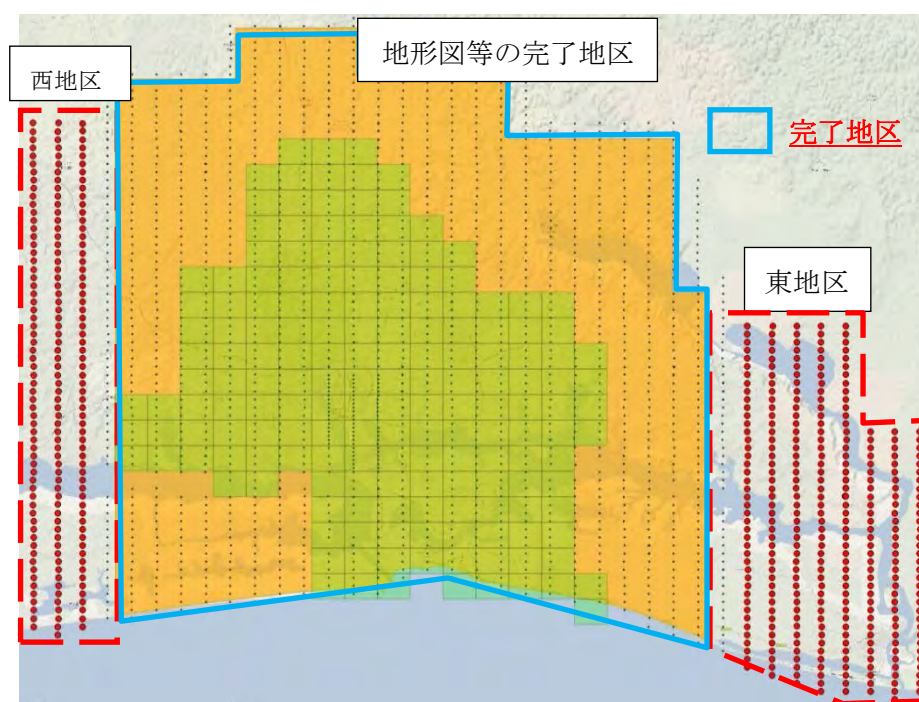


図 64 空中三角測量の未実施地域図

（出所：Map data ©2015 Google、調査団）

4.2.9 数値図化・編集・(地図記号化)(D-2(5))

JICA より供与されたデジタル写真測量システム（数値図化、数値編集、GIS 構造化）の 3 システムを利用して、CCT から選出された職員に対して技術移転を実施した。

技術移転の実施に先立ち、CCT の技術レベルを把握するために、ベースライン調査を実施した。

(1) 技術移転の概要

以下の CCT 職員に対して、縮尺 1:2,500 デジタル地形図を作成するための数値図化と数値

編集の技術移転を実施した。

- 1) 数値編集/記号化の技術移転と品質管理：2015年2月6日～2015年2月27日
・ Koffi Denis、Soro Lamine
- 2) 数値図化の技術移転と品質管理：2015年3月2日～2015年4月1日
・ Ouattara Seydou、Nobi Awo Marthe、Tabio Bernardo

技術移転では、1:2,500 デジタル地形図作成の範囲から、1 シートのサンプル範囲を使用して、地形図作成の概要説明から数値図化・編集・記号化・印刷までの詳細な作業方法と作成された製品の品質管理と精度管理について、講義と実践トレーニングを実施した。

(2) 技術レベルのベースライン調査

トレーニングに先立ち、参加者の専門的な技術力と熟練度を把握するために以下のとおり数値図化と数値編集のアンケート調査を実施した。

表 30 数値図化と数値編集のアンケート調査内容

項 目	トレーニングの内容
基礎知識	・ デジタル地形図作成の作業工程の理解
専門知識	・ 数値図化/数値編集の作業工程の理解 ・ 図化/編集データのデータ構造の理解
専門技能	・ 航空写真で地形/地物を判読できるか ・ 図化データを編集データに変換できるか ・ 図式規定で定めた記号/線種の登録 ・ 一般的な地形図の数値図化/数値編集の理解
特殊技術	・ ステレオ航空写真の立体視 ・ ステレオ視で地形/地物を判読できるか ・ 等高線、標高点の3次元編集の理解
品質管理	・ 品質管理と精度管理の理解

(3) 技術移転の工程

数値編集と数値図化の技術移転フローチャートは以下のとおりである。

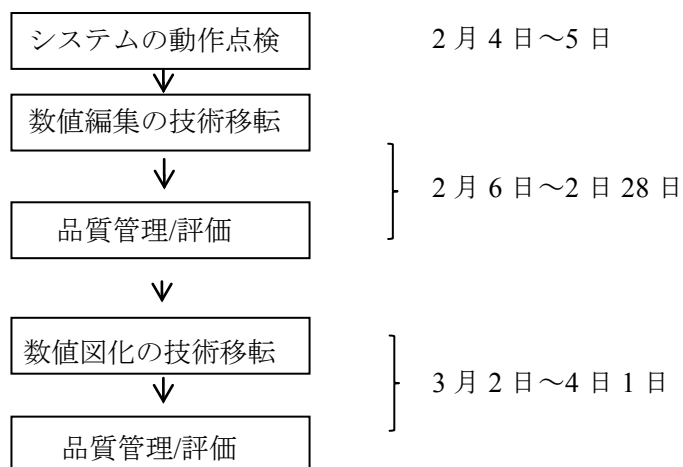


図 65 数値編集と数値図化トレーニングのフローチャート

(4) 数値図化のトレーニング内容

数値図化システム (IMAGINE PHOTOGRAMMETRY PRO600 以降 PRO600 という) を使用した 3 次元数値図化と数値データ構造の説明、1:2,500 地図データ取得基準について、講義と実践トレーニングを交えて職員のレベルアップを図った。また、その成果をもとに品質管理の方法を技術移転した。

1) 技術移転の項目

- ・ 数値図化の技術移転計画の説明
- ・ 数値図化のデータ取得手順と図式規定の概要説明
- ・ 数値図化の実践トレーニング (約 0.18km²)
- ・ 品質管理と精度管理表の作成

基礎知識のトレーニングは、デジタル地形図の作業工程と各作業で生成される各種データ内容について講義した (写真 29、30 参照)。

専門知識については、数値図化の作業工程で生成される成果物と参照する資料の内容について講義をした。

専門技能については、縮尺 1/2500 の「図式規定」の内容の理解と数値図化システムの基本設定を講義と実践を交えたトレーニングとした。

特殊技術はステレオ航空写真を用いて地形・地物の 3 次元判読によるデータ取得トレーニングとした。

品質管理については、数値図化で取得したデータを用いて品質管理の方法と精度管理表への記載方法のトレーニングを行った。



写真 29 数値図化の作業工程の説明（左）と 3D モニターでの地物・標高測定（右）

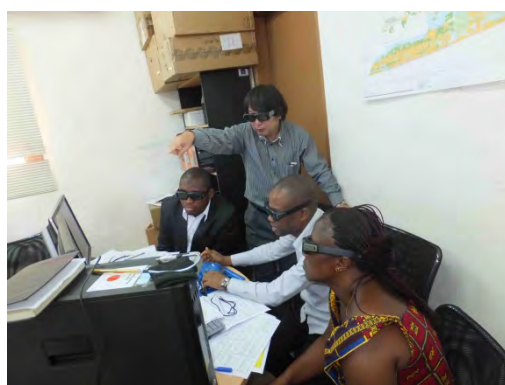


写真 30 数値図化環境の構築（左）とデータ検査と品質管理説明（右）

(5) 数値図化トレーニングの成果と評価

PRO600 を使用して数値図化の講義と実践トレーニングを実施した。

3名の職員は、基礎知識レベルは非常に高く講義内容を理解することができた。専門知識レベルでは、アナログ地図の作成経験があることからデジタル地図の元となるデータ構造を理解するには時間が必要であったが、実践トレーニング時に追加説明をすることにより一定の理解が得られた。

専門技能と特殊技術については、職員の1名がアナログ図化の経験があり地形・地物を取得する実践トレーニングでは、その職員を通じて他の職員に技術移転することにより、ほかの2名も短期間に実務可能なレベルに到達した。

特殊技術である等高線データの取得については、CCT 職員は描画経験が無いことから、実

践の反復トレーニングを行ったことにより一定のレベルに達した。

品質管理では取得した数値図化データを評価し、精度管理表に品質結果を記録する一連の技術移転を終了することができた。

CCT の職員は、3次元ステレオ画面の立体視に慣れていないため、標高点の測定には時間が必要であった。この問題は数値図化の実践経験を積むことにより、的確な標高が短時間に測定可能となる。

さらに、品質管理では特定の管理者が品質管理をしていたが、それらの品質管理の記録が残されていないため、取得した成果の品質情報が不透明であった。よって日本国内で採用されている精度管理表をもとに品質結果を記録した。今後 CCT は、この精度管理表を自国の測量制度に合わせてカスタマイズし継続的な運用を期待する。

3名の職員に対して技術移転前後の技術レベルのアンケート調査を実施した。その結果は、図 66 および図 67 に示すようにレベルアップの確認ができた。評価した項目は以下の 9 項目である。

- ・ 図化 1：デジタル地形図作成作業工程の理解度
- ・ 図化 2：3次元数値図化作業工程の理解度
- ・ 図化 3：オルソフォト上での地物位置判読能力
- ・ 図化 4：航空写真を使用した 3次元判読能力
- ・ 図化 5：LPS（Imagine Photogrammetry の旧名称）の初期設定能力
- ・ 図化 6：PRO600 の操作能力
- ・ 図化 7：PRO600 の技術マニュアル理解度
- ・ 図化 8：地物の 3D 判読測定能力
- ・ 図化 9：数値図化での精度・品質管理の理解度

(6) 数値図化の成果（“Microstation MAP V8i”）

CCT の職員が実際に作成した数値図化データの出力は下図のとおりである。日本で作成していた同地区の数値図化データと比較すると、平面の地物の測定に関してはおおむね合格点であった。さらに、等高線の測定では、地形が平坦な地域では、若干の違いが見受けられたが、航測単点の測定値は許容誤差内であった。また、丘陵地での等高線はほぼ同等と評価できた。

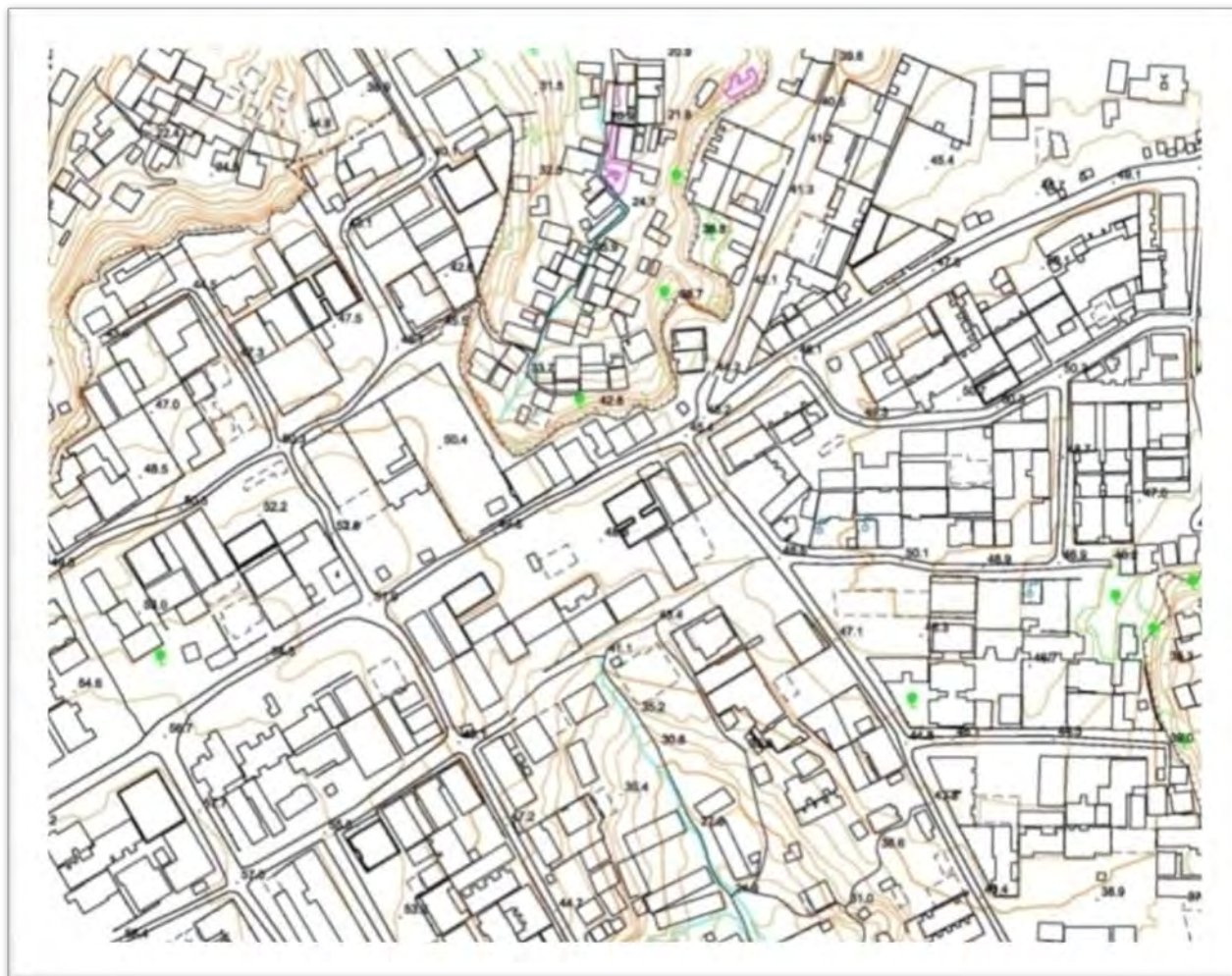


図 66 数値図化技術移転の成果
(出所：調査団)

(7) 数値図化の技術レベル評価結果 (図 67 参照)

数値図化のトレーニング前後に、数値図化した結果を 9 項目についての自己採点を 5 段階評価で以下のとおり実施した。

ここでは数値図化システムのアプリケーションソフトウェア PRO600 を使用した 3 次元計測の経験がほとんどなかったにもかかわらず、トレーニング後では 3 名とも標準以上 (3 点) となったことは評価に値し、レベルの向上が確認できた。

また全員が品質管理に関してもトレーニング前には、実施したことがなかったことが、トレーニング後には十分理解したことが推察される。

都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト
ファイナルレポート

Technical level survey of the CCT staff

Restitution numérique

3/4/2015

Item No	Research item	Examination before the training (Present situation level) 2015/3/6			Examination after the training (The later level)2015/4/1		
		A	B	C	A	B	C
1	Degré de compréhension sur le processus des travaux de la cartographie	4	3	3	4.5	3.5	4
2	Degré de compréhension sur le processus des travaux de l'aé	3	2	2	4	3.5	3.5
3	Capable d'interpréter la disposition du terrain et des objets terrestres sur une orthophoto	4	4	4	4.5	4.2	4.5
4	Capable d'interpréter des objets terrestres tridimensionnellement sur deux photos aériennes	3	4	4.8	4.5	4.5	5
5	Capable de configurer et modifier un fichier bloc du LPS (Configuration pour le démarrage de la restitution numé	2	1	1	3.5	5	3.5
6	Capable de configurer l'environnement du PRO600 (Fichier de projet, Paramètres Tolérance etc)	1	1	1	3.5	4	3.5
7	Connaissance sur la configuration de la bibliothèque du PRO600	1	1	1	4	5	4
8	Capable de mesurer des reliefs terrestres et des objets terrestres sur une image en 3D (Degré d'expérience de la technique de l'interprétation en 3D)	3	4	4.8	3.5	4.5	5
9	Connaissance sur le contrôle de qualité et de précision.	0	0	0	4	4	3.5

■ :Before(avant)
■ :After(après)

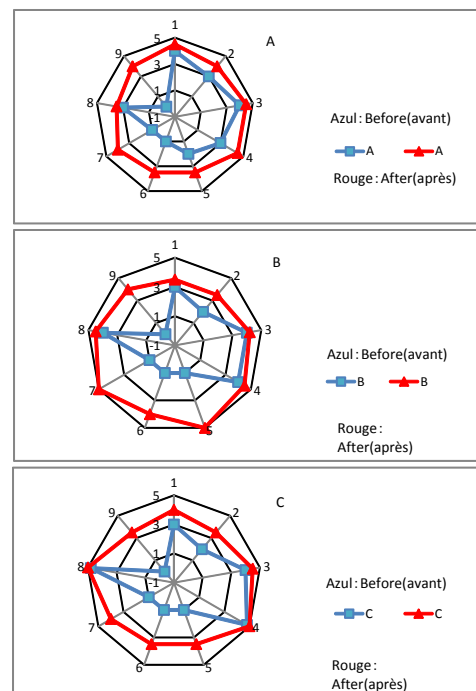
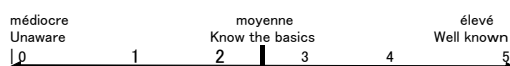


図 67 数値図化技術移転の成果

(8) 数値編集のトレーニング内容

“Microstation MAP V8i”と“LorikSoftware V5”を使用して、地形図編集と記号化、印刷までを指導した。また、あわせて地形図データのデータ構造および作成した地形図データの品質管理については、講義と実践トレーニングを交えて職員の技術レベルアップをした。

基礎知識のトレーニングについては、デジタル地形図の作業工程と各作業で作成される各種データ内容については講義で説明した。

専門知識については、数値編集で作成される成果と参照する資料の内容について説明した。

専門技能については、縮尺 1:2500 の「図式規定」の内容の理解と編集システムで使用する記号や線種の講義と実践を交えて、実際に記号を作成するトレーニングを行った。

特殊技術については、ステレオ航空写真を使用して、地形・地物の 3 次元判読による確認のトレーニングを行った。

品質管理は、数値編集のトレーニングで利用したデータを用いて品質管理の方法と精度管理表への記載方法のトレーニングを行った。

(9) 数値編集の技術移転の概要

“Microstation MAP V8i”と“LorikSoftware V5”を使用して、地形図編集と記号化、地形図のデータ構造および品質管理について、講義と実践トレーニングを交えて技術移転した。

1) 技術移転の項目

- ・ 数値編集の作業工程と図式規定の概要説明
- ・ 数値編集の講義と実践トレーニング
- ・ 記号化済データの印刷処理
- ・ 品質管理と精度管理表の作成

2) 数値編集トレーニングの成果と評価

数値図化データを使用して数値編集を実施した。2名の職員に対して技術移転前後に技術レベルを測るためにアンケート調査を実施した。その結果は、図 67 に示すようにレベルアップが確認できた。評価した項目は以下の 9 項目である。(写真 31、写真 32 参照)

- ・ 編集 1：デジタル地形図作成作業工程の理解度
- ・ 編集 2：3次元数値編集作業工程の理解度
- ・ 編集 3：オルソフォト上での地物位置判読能力
- ・ 編集 4：等高線と単点の 3次元編集能力
- ・ 編集 5：図化データから数値編集データへの変換能力
- ・ 編集 6：地図記号のデザインと登録能力
- ・ 編集 7：一般的な数値編集の理解度
- ・ 編集 8：数値地形データのデータ構造の理解度
- ・ 編集 9：数値編集の精度・品質管理の理解度

都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト
ファイナルレポート

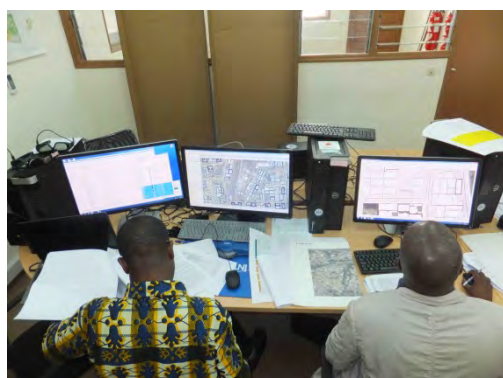
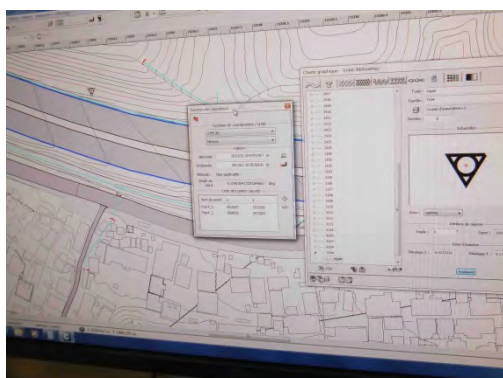


写真 31 編集システムへの記号登録（左機材：MicroStation、右機材：Lorik）



写真 32 等高線の 3 次元編集講義（左）とデータ検査と品質管理説明（右）

3) 数値編集の成果（“LorikSoftware V5”）

数値図化終了後、「図式規定」に基づき数値編集したデータを、日本で実施した同地域の数値編集データと比較して評価を実施した（図 68 参照）。

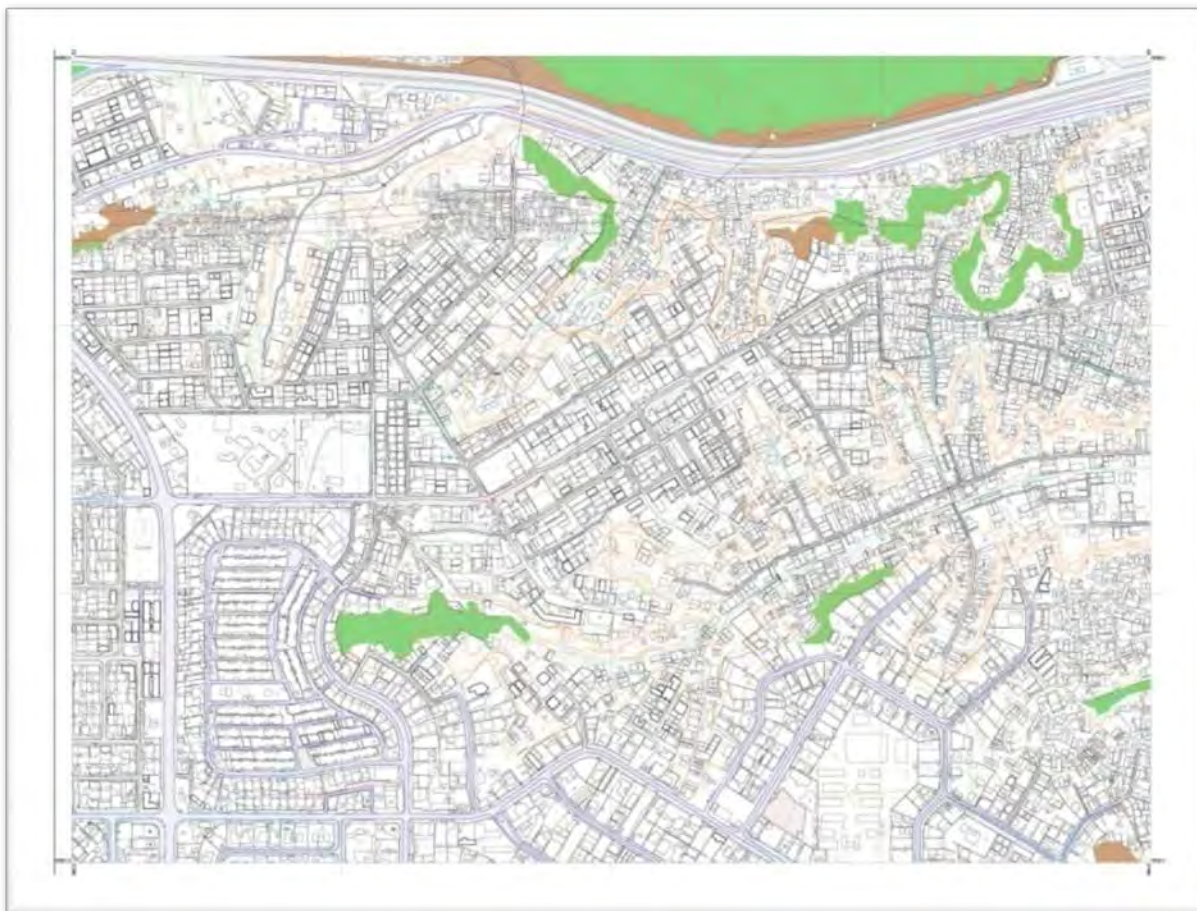


図 68 数値編集技術移転の成果

(出所：調査団)

(10)数値編集トレーニングの評価

数値図化データを使用して数値編集の講義と実践トレーニングを実施した。2名の職員は地図編集の実務経験があり短期間でトレーニング内容を理解した。

トレーニングで使用したソフトウェアは“Microstation MAP V8i”と“LorikSoftware V5”である。

これらの数値編集・記号化および印刷用のソフトウェアは、CCT が長年使用しているソフトウェアの最新版であることから、当初のバージョンが一新された。メニュー画面や追加された機能の操作に、当初は戸惑いを感じられたが、トレーニング終了までには一定の操作レベルに到達した。

専門知識については、経験があることからデジタル地図のデータ構造を理解するには時間を必要としなかった。

専門技術では、“LorikSoftware V5”ソフトウェアで処理する一部機能については、他のソ

ソフトウェア（ArcGIS）で代用するアイデアが 1 名の職員から出されるなど、その職員は応用能力もあり今後の活躍が期待できる。

特殊技術では“Microstation MAP V8i”を使用して 3 次元編集の実践トレーニングを行った。トレーニング開始時には、3 次元データ編集の意味を理解できない状態であったが、トレーニングが進むにつれ、3 次元情報の構造や編集方法の理解が深まり、反復トレーニングにより 3 次元データの品質向上が確認できた。

1) 数値編集の技術レベル評価結果

数値編集した結果は、9 項目についてトレーニング前後に自己採点により 5 段階評価で実施した（図 69 参照）。CCT では、従前より Lorik ソフトウェアを使用した数値編集経験があったため、ベースライン調査でも、比較的高い自己採点結果が示された。

下図のレーダーチャートが示すとおり、トレーニング前の評価（青線）が、トレーニング後の評価では赤線となり、2 名ともすべての項目に対して合格点となった。特に 4) の等高線と航測単点の 3 次元編集および 9) の品質管理の評価点が向上し、全体的に標準的な評価点にレベルアップしたことが示された。

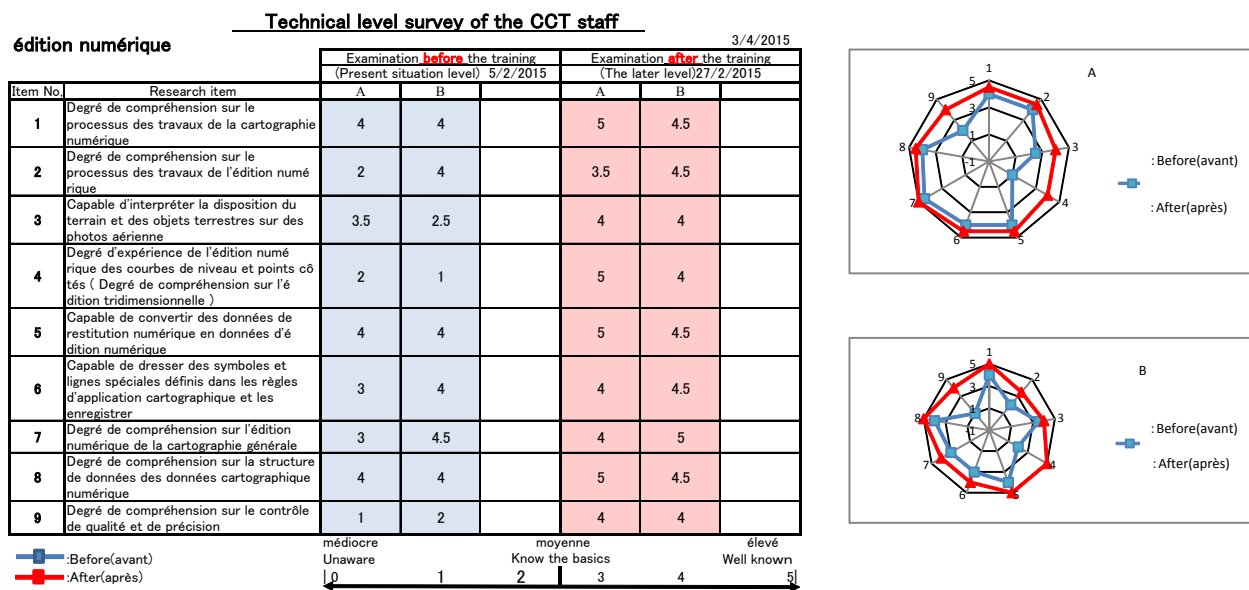


図 69 数値編集技術移転の評価

4.2.10 現地補測(D-2(6))

現地補測の目的は、数値図化および現地調査の結果から生じた疑問もしくは不明瞭箇所を現地で最終確認し、明確化することである。現地補測においては、現地調査で実施したルールに基づき、以下の項目に注力して OJT 形式で調査を実施した。

- ・ 地形図判読技術

- ・地形図を用いた現地確認調査技術
- ・大縮尺地形図図式に応じた現地調査技術

(1) 実施内容

現地調査同様に調査結果の均一性を保つため、現地補測に先立ち以下の項目について3日間の説明会ならびにオリエンテーションを実施した。

- 1) 現地補測の概要と作業方法の説明
- 2) 現地調査結果を盛り込んだ補測図の精査・検証
- 3) データ取得方法
- 4) 補測図への記載方法
- 5) Field note の記載方法
- 6) 調査終了時の取りまとめ
- 7) GIS を用いた行政界修正方法
- 8) 道路注記図への記載方法

(2) 理論と提言

現地調査同様、現地補測調査も OJT 形式の協働作業で実施した。前述したとおり、現地補測調査では CCT メンバーが、CURAT（ココディ大学大学院リモートセンシング応用センター）のインターン生を率いて指導しながら調査を実施した。現地補測調査は、現地調査結果を盛り込んだ地形図を判読して現地で最終確認を行うものである。今回の調査を通じて、以下の点について CCT メンバーは適切に理解できたものとする。

- 1) これまで CCT が経験の有する従来手法の現地調査との違いの認識
- 2) 大縮尺数値地形図作成に必要な着眼点等のノウハウの習得
- 3) 現地におけるデータ取得方法
- 4) 取得したデータの管理方法

なお、提言としてあげるならば、上述したとおり、アビジャン市内の急激で大規模な開発ラッシュに伴い、現地調査時には考えられなかった土地改変が生じており、本プロジェクトで撮影した航空写真の経年変化がすでに始まっている（写真 33 参照）。

本プロジェクトでは、航空写真撮影時を基準に地形図が作成されているため、写真 34 で示したような土地において現地確認調査を実施し、経年変化した場所を特定することが急務である。



写真 33 (左) オルソフォト画像・(右) Google Earth の画面コピー

出所: Image ©2015 CNES/Astrium Digital Globe)



写真 34 大規模開発による経年変化の状況

4.2.11 数値データの構造化(D-2(7))

数値データの構造化の技術移転は、供与された GIS システム (ArcGIS ソフトウェア) を使用して選出された CCT 職員に対して実施した。

4.2.11.1 GIS 入門

本技術移転業務 (GIS構造化・記号化・データベース管理) の目的は、ジオデータベース⁵ のデザインや管理について CCT 職員の理解を促すことである。とりわけ、以下の項目に重点

⁵ ジオデータベース: ジオデータベース (Geodatabase) という言葉の語源は「Geographic Database」(地理的データベース) であるといわれている。この「ジオデータベース」とは DBMS (database management system・データベース管理システム) 内部にベクタデータ、ラスタデータ、その他の GIS データを格納できる「空間データの格納場所」のことで、ESRI 社のフォーマットである (出所: Google)。

を置き技術トレーニングを実施した。

- (1) ジオデータベースの設計思想の理解
- (2) 効率的なモデルやデータの格納しやすいジオデータベース・スキーマの設計
- (3) 図式規定に基づくジオデータベースの作成や既存データの修正
- (4) データ構造化の効率的なデータの移動ならびに既存GIS基盤データからジオデータベースフォーマットへの移行

技術移転プログラムは、4週間の日程で技術トレーニングを実施した。講義を全体の1割程度で行い、残りは講義内容に沿って、本プロジェクトの成果と供与した ArcGIS10.2 を用いた実践的トレーニングを行った。本プログラムは、CCT 職員の4名（情報・データベース課：SIBD と GIS 地理情報課：SASIG の各々2名）に対して実施した（表 31 参照）、聴講者として1名の Cocody 大学大学院の博士課程インターンを本プログラムに受け入れた。

表 31 参加者リスト

氏名	所属	専門
Mr. Charles SABENIN	SASIG/CCT	GIS 技師
Mr. Mamadou KONE	SASIG/CCT	GIS 技師
Mr. Tetchi Boris Armel KENA	SIBD/CCT	Database 技師
Mr. Amu BINATE	SIBD/CCT	Database 技師

4.2.11.2 GIS 構造化、ジオデータベース

(1) 事前アンケート

ジオデータベース設計・管理の技術移転プログラムに先立ち、参加者全員に対し GIS やデータベース管理に対する技量や経験を把握し、ベースラインを設定するために技術アンケート調査を実施した。アンケート調査を要約すると次の通りである。

- 1) 参加者全員は QGIS の実務経験を有していた。加えて、ArcGIS や MapInfo の経験者もいた。
- 2) 参加者全員は、基本的な統計処理ソフトウェアである Microsoft Access、PostgreSQL や MySQL に精通している。
- 3) CCT の GIS 基盤データベース管理を改善するために、ジオデータベース管理のトレーニングは業務上急務と認識していた。

(2) ジオデータベースの設計・管理トレーニング

ジオデータベース管理トレーニングは、以下の6つの中心テーマに焦点を当てた実践的な演習とした。

- 1) 簡易ジオデータベース・スキーマの設計
- 2) ジオデータベースの入力や作成
- 3) サブタイプ等の項目分類
- 4) 注記 (annotation) との関連付け
- 5) ジオデータベースにラスターデータのインポート
- 6) トポロジーの作成

実践演習とトレーニング結果は、参加者の能力評価に用い、全期間を通じて参加者自身の理解が足りない点や得られた知見を把握するための自己評価を適宜織り交ぜながら実施した。図 70 は、SASIG からの参加者のトレーニング評価を示したもので非常に効果があったことが分かる。特に、1) 簡易ジオデータベース・スキーマの設計、2) ジオデータベース入力・作成、3) サブタイプ等の項目分類、4) 属性情報としての注記 (annotation) の関連付けにおいて理解が進んだものと推察する。

さらに、SASIG の参加者は実践演習項目の 1) から 4) について、基礎知識があることからマニュアルを事前に読み、積極的に独自学習したため進捗は良好であった。ただし、実践演習テーマの 5) ならびに 6) は、中級以上の技術的内容であり、評価の結果は平均的であった。以上のことから、トポロジーといった空間編集の概念について、これまで知識がないまま日常の業務を行っていたことが明らかになった。

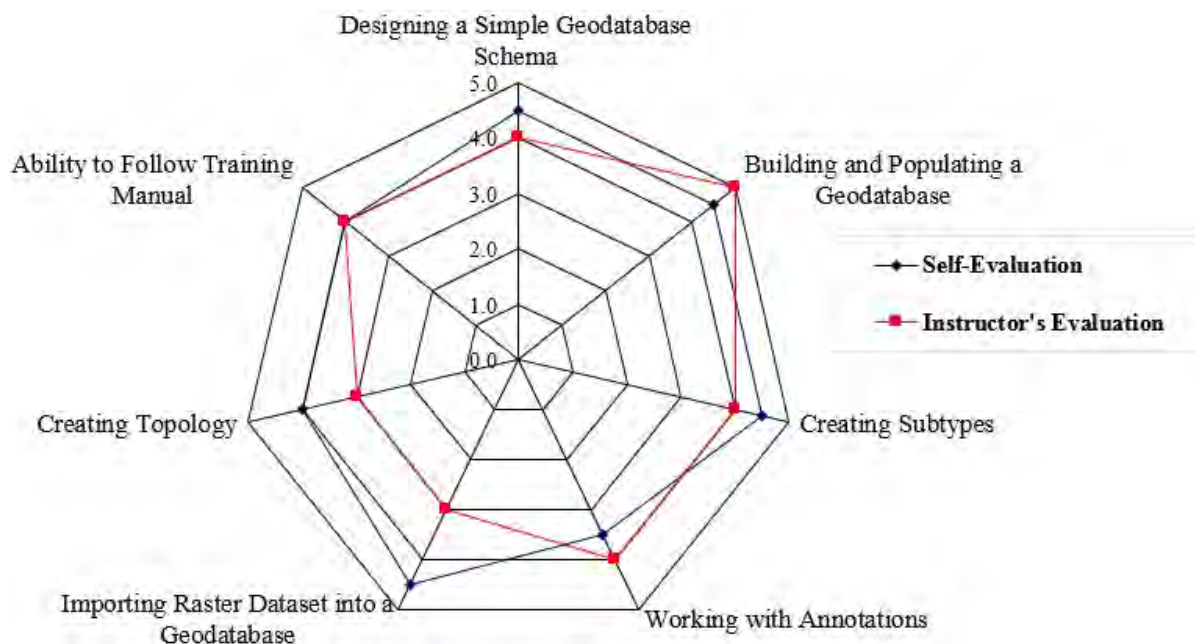


図 70 SASIG 参加者の自己評価と指導者評価の結果

図 71 は、SIBD からの参加者のパフォーマンス評価を示したものである。SIBD の参加者は 1) 簡易ジオデータベース・スキーマの設計、2) ジオデータベースの入力・作成、3) サブタイプ等の項目分類ならびに、4) 注記関連付け等の内容については比較的的理解が進んだ。さらにトレーニングマニュアルを用いて 1)から 4)について実践演習を行った。

前述した SASIG の評価結果同様、これらについては、ラスタータ管理やトポロジー等の空間編集の概念の適切な理解であるテーマ 5)とテーマ 6)に関して課題があった。これらの課題を解決するため、GIS によるデータベース管理やトポロジーの概念について、基本的な説明を繰り返し参加者の理解を促した。

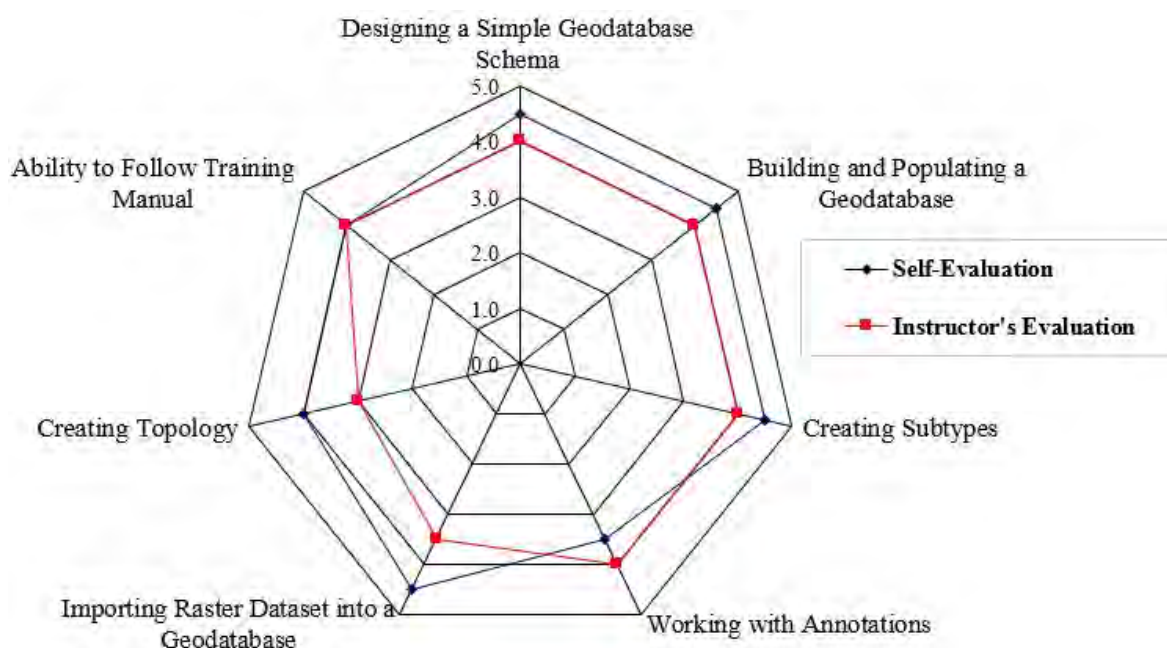


図 71 SIBD 参加者の自己評価と指導者評価の結果

さらに、適切なジオデータベース管理システムや有用なGIS基盤データを管理するための規則やルールがCCTにはないことから、本プログラムの終盤に、ジオデータベース管理システムの適切な運用について具体的な指導を受けたいとの参加者からの要望により、CCTが有するGIS基盤データを用いたジオデータベース設計・管理について追加演習を行った。

(3) プログラム終了時の評価

本プログラム終了後、参加者に対してアンケートを実施した。このアンケートは、CCTのデータベースやGISの担当者である参加者が、どの程度GIS基盤データベース管理の意識改善に寄与したかを把握する目的で実施された。主要結果は以下の通りであった。

- 1) 参加者全員がジオデータベース研修プログラムの内容に満足であった。

- 2) 参加者全員が日常業務と直接的な関連性を理解し、CCT 内の GIS 基盤データベース管理を改善するため、今後ジオデータベース管理を実施していく必要性を認識した。
- 3) より高度なジオデータベース管理に関するトレーニングの必要性を認識した。
- 4) GIS のベーシックな部分と高度利活用（3D モデリング）のリクエストに対して、セミナー時に GIS データの応用例を発表した。フリーソフトである QGIS を使用し、かつ Web 上での GIS データのアクセス等を行った。また、3D モデリングや地籍システムシミュレーション、洪水危険地域のゾーニング等をセミナーだけでなくワークショップで発表した

4.2.11.3 GIS 構造化、ジオデータベースのトレーニングの結論と提言

一般的に、トポロジーやラスターデータ入力に関するジオデータベースの設計・管理に課題はあるものの参加者全員の理解は進み、過去の知見もあることから参加者の自己評価は概して高評価であった（図 70 および図 71 参照）。このような高いポテンシャルがある CCT において、今後 CCT が進むべく方策としての提言を以下の通りまとめた。

- 1) 参加者全員にいえることであるが、ジオデータベース管理についてさらに技術力を磨く必要がある。ジオデータベースの知識や技術を強化するために、CCT は技術研修プログラムを継続して行う必要がある。
- 2) CCT がより専門的な GIS（とりわけ ArcSDE や ArcGIS Server）の研修を推進するため、関係機関との密接な対話ができる環境整備が必要である。
- 3) 国家レベルの GIS や地理空間情報のデータ標準化について議論する場の設立もしくは、すでに存在するグループとの相互評価の利用ができる仕組み作りを行うことが必要である。
- 4) GIS トレーニング内容の質を向上するためコートジボワールの大学と連携した取り組みが望まれる。

4.3 技術移転のまとめと今後への期待

CCT では、過去において不幸な事件や国内の混乱の中で様々な測量成果、マニュアルなどが消失したことが判明した。また、残ったアナログ資料は、組織的情報管理ではなく、個人に依存した管理をしていることが散見された。これらの資料は CCT では非常に重要な資料であるとともに、国家の財産でもある。従って技術移転においては、この重要性を CCT 内で共有しながら、CCT は、保管するアナログデータのデジタル化を早急に実施しつつ、一方、本プロジェクトの成果と併せてデータ管理を一元的にできるよう方向づけ、プロジェクト終了まで継続的に実施した。

- (1) OJT で協働作業として実施した標定点測量では、精度管理の重要性に力点を置いて指導を行った。精度の確保、再現性を維持する上でも、測量基準の設定が急務と提言する。一方、現地調査では大縮尺地形図作成の効率的かつ均一なデータ取得に力点を置き、指

導を実施した。その結果、本プロジェクトのデジタル地形図作成の中間成果が作成され、後続作業に有益な資料となった。

- (2) 理論ならびに実践的トレーニングとして実施した空中三角測量、デジタルマッピング、GIS 構造化は、複雑な工程となるため、繰り返し実践することが望ましい。これらの技術は一朝一夕で習得できるものではない。一方、CCT はトレーニング終了後、供与された機材、準備されたマニュアルを活用しながら、独自に地形図の整備を開始している。この内発的、自律的活動で技術力の向上が期待される。
また、技術移転では、業務の標準化に寄与するマニュアルの重要性を説明し、調査団が準備したマニュアルを、CP 自身で標準化マニュアルとして再整備し、CCT 内で共有化することが期待される。
- (3) CCT の測地課長より、GPS 観測、対空標識設置、水準測量、刺針作業、航空写真撮影を取りまとめたマニュアルが調査団に提出された。これらのマニュアルが、若年技術者への技術の伝搬を図るために有効活用されることを期待する。
- (4) 本プロジェクトでは業務の特性上、組織間およびチーム間の連携と協力が円滑な業務実施に重要な要素ととらえ、プロジェクトチーム内で熟練技術者と若手技術者との協力で実施するよう技術移転計画を作成し、責任を持たせて実施した。
これは、グループ内での協力およびグループごとに責任のある成果品を完成させ、次工程に引き渡すといった基本思想を、CCT 内に根付かせることとなり、将来的に CCT が国家地理情報提供機関として機能する一助として考えたものである。
- (5) 高品質な成果品は、品質管理及び精度管理を、作成者とグループリーダーのダブルチェック体制を敷くことにより、確実に品質管理が遂行できる。この結果、クライアントが満足する成果品が作成されることとなり、組織の活性化や機能改善に寄与する良好な環境となることとなる。
- (6) 本プロジェクト成果やその利活用に関して、潜在的なユーザーと想定される様々なステークホルダーや開発アクターに対して、PR を行ってきた。その結果として、プロジェクト実施中に様々なリクエストを得ることができた。その一方、アビジャン開発ユーザーの要望やアビジャンの開発活動状況を考えると、すでに経年変化が著しいアビジャンにおいて、供与された機材を利用し、積極的な経年変化修正を行うことを期待する。

4.4 ユーザーへのデータ提供

JICA チームと CCT の間でユーザーへのデータ提供に関し意見交換がなされた。両者は

ユーザに対し有料でデータを提供することで合意した。BNETD/CCT によって定められる金額は以下の側面を考慮する。

1. データの更新
2. Web サイトの維持管理
3. 印刷費（紙+インク）

一方、BNETD/CCT はアビジャン市の 1:5000 の地形図と国内の幾つかの大都市の地形図をすでに販売している。従って 1:2500 の地形図の価格はこれらの価格を考慮する。

情報として、1:5000 の地図は税抜で以下の表に示される価格で販売されている。

表 32 CCT の販売価格

縮尺	地図	ラスターデータ	ベクターデータ
1: 5 000	8 500FCFA	25 500FCFA	78 178FCFA
1: 2 500			

BNETD/CCT は本プロジェクトの製品の販売価格を早急に提案するために徹底的な調査を実施する。

4.5 将来の展望と CCT に対する提言

CCT は、地理空間情報を管轄する行政機関及びカウンターパート機関として、本プロジェクトを通じて具体的な業務を調査団と協力しながら実践してきた。

(1) 今後は、CCT 職員の自助努力により、本プロジェクトで培った写真測量の新技术により、本プロジェクトの周辺部の航空写真を有効利用し、それら地域の最新地形図データ整備を継続するよう提言する。それらを経験することにより、移転された技術が CCT 内に確実に定着することにつながると思料する。

(2) 今回導入した WebGIS を管理するため、メタデータ部を新たに開設し、デジタル化した過去の地理情報や本プロジェクトで作成された最新データを公開し、地理情報検索システムを確立し、現在 1 階にある地理情報の販売部と共有し、GIS 技術支援等の業務を立ち上げ CCT でのサービス業務を向上させることが肝要である。

また、デジタル地形図データや地理情報は非常に容量が大きいいため、WebGIS でのサービス業務をさらに円滑に進めるためには、WebGIS の通信インフラ環境の強化（高速、大容量処理、セキュリティ）が今後、必要となることを提言する。

(3) 特に、本プロジェクトで作成された地理情報データ（立体航空写真データ、地形図データ、DEM データ、オルソフォトデータ、基準点データ、GIS 基盤データ）をベースに、観光マップ、ハザードマップ、道路管理データ、空港・港湾整備データを作成し、政府機関

都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト
ファイナルレポート

の開発計画支援をしていくことも、CCTに課せられた役割の一つと思考する。

各セクターから GIS データ整備や管理に関して問い合わせ等も予想されるため、必要に応じて今回培った技術力を使用して、各セクターからの協力を仰ぎながら、各セクター向けに技術講座やセミナーを企画・開催し、要望等も含めた、新たな GIS データ整備の方向づけを行うことも重要な役割と提言する。

(4)利活用計画として、各セクターからの要望及び質問等から以下のデータの利活用が期待される。関係省庁との連絡を密に取り、地理情報の利活用に向けて積極的な情報発信を提言する。

表 33 利活用計画

地理情報成果品	利活用方法	将来の利活用分野	関係するセクター
立体デジタル航空写真	3次元計測、3次元モデリング	都市開発、農村開発、 港湾開発、	DAUDL PAA
1:2,500 デジタル地形図 CAD データ	都市基本図データ、販売	経年変化調査、行政 界管理、 公共交通インフラ管 理、住所管理システ ム	各コミュニン DIT AGERROUTE DGI 民間会社
1:2,500 デジタル地形図出力図データ	都市基本図印刷、販売	観光マップ背景図、 官公庁マップ背景 図、	観光局 各省庁 民間会社
1:2500 GIS 基盤データ	点、線、面、属性情報利用	道路管理計画、家屋 調査、地籍管理計画、 ゾーニング（鉱工業、 農業、森林、保護地 域） 交通ナビゲーション データ 送配電施設管理、通 信インフラ施設管理	DAUDL AGERROUTE DGI Police Nationale DAFR DIT DIEM DTIC 各国ドナー、民間会社
DEM,1:5,000 オルソフォトマップ	2次元デジタル化	地籍管理計画、水資 源管理、洪水対策、 上下水道管理	DGI DEAH 上下水道管理局
1:5000 全域オルソフォトデータ	GEO TIFF ファイル（座標付画像）	道路管理、土地利用 図背景、景観シミュ レーション背景	DAUDL 民間会社

(5)本プロジェクトでは各工程ごとに精度管理を行うことを技術移転してきたので、CCT内

での通常の業務に関しても、精度管理を適切に行い、精度管理表のサンプルを元に CCT 用に修正を加え、CCT が行う地理情報の管理・監督に摘要する事を提言する。

(6)本プロジェクトの成果（地形図及びオルソフォト）やその利活用に関して、潜在的なユーザーと想定される様々なステークホルダーや開発アクターに対して、PR を行ってきた。その結果、プロジェクト実施中に様々なリクエストを得ることができた。アビジャン開発ユーザーの要望やアビジャンの開発活動状況を考えると、すでに経年変化が著しいアビジャンにおいて、供与された機材を利用し、積極的な経年変化修正を行うことを提言する。

5. 機材調達に関する業務

機材の調達は、コンサルタントが調達した機材と、JICA が調達した機材に分けられる。機材管理リストとして調達した全機材（下表参照）を記載した。

5.1 受注者による資機材の購入(E-1,E-2)

本プロジェクトの契約に基づき本邦、現地ならびに第3国での調達機材を以下のとおり報告する。なお、引渡時には CCT より受領書を取り付けた。

(1) 本邦調達機材

- 1) 水準器：2セット（2014年2月引渡済）
- 2) ハンディ GPS：6セット(2015年4月引渡済)
- 3) ハンディデジタルカメラ：6セット（2015年4月引渡済）

(2) 現地および第3国調達機材

- 1) ノート PC : 2セット（2015年4月引渡済）
- 2)印刷用機材（スキャナ付 A0 版プロッタ） : 1セット（2014年10月引渡済）
- 3) 編集用機材・GIS 用機材（図化・編集・GIS 構造化） : 各1セット（2015年4月引渡済）
- 4) 印刷用機材（カラーレーザープリンタ） : 1セット（2015年9月引渡済）
- 5) 印刷用機材（A3 カラーコピー機） : 1セット（2015年9月引渡済）
- 6) データ共有機材（サーバー、WebGIS） : 1セット（2015年9月引渡済）

5.2 機構による資機材の購入（E-3）

本プロジェクトの第3国ならびに現地での機構による資機材の調達は、下記の通りである。

(1)本邦調達機材

なし

(2)現地調達機材

- 1) GPS 観測機 : 3式（2014年8月引渡済）
- 2) 編集出力ソフトウェア（Dry） : 1式（2015年4月引渡済）
- 3) 数値図化システムソフトウェア : 1式（2015年3月引渡済）

物品名称	規格・品番	通貨	取得価額	地域	物品使用部署	物品用途	配置場所	取得日	備考
全角60文字以下 半角120文字以下	全角20文字以下 半角40文字以下	選択式	半角15桁以下 (小数点以下3桁を含む15桁)	選択式	選択式	選択式	選択式	-	全角30文字以下 半角60文字以下
水準器	Leica Sprinter*2 セット	JPY		アフリカ	経済基盤開発部	事業用	専門家派遣先	2013/11/20	2014/2/24付でCCTIに引渡済 (1台保険申請中)
	Tripod * 2 セット			アフリカ	経済基盤開発部	事業用	専門家派遣先	2013/11/20	2014/2/24付で CCTIに引渡済 (1台保険申請中)
	(Rod+ base)*2*2sets			アフリカ	経済基盤開発部	事業用	専門家派遣先	2013/11/22	2014/2/24付で CCTIに引渡済
ノートPC(水準解析、 現地調査、現地補測)	Laptop HP 4540S 15.6" *2 セット (Office付 き)	XOF		アフリカ	経済基盤開発部	事業用	専門家派遣先	2013/11/22	2015/4/20付で CCTIに引渡済 (Office付き)
ハンディGPS ハンディカメラ	Magellan GRS MAP*6 セット TG-2Tough*6 6セット	JPY		アフリカ	経済基盤開発部	事業用	専門家派遣先	2013/11/5	2015/4/20付で CCTIに引渡済
印刷用機材	HP Designjet Z5400 ePrinter PostScript*1 セット、Cartridge*各色 (6種類300ml)*3 セット	XOF		アフリカ	経済基盤開発部	事業用	専門家派遣先	2014/8/1	2014/10/28付で CCTIに引渡済 (カートリッジ6色*3セットを含む)
	Taskalfa 2551C1A3/A4*1セット	XOF		アフリカ	経済基盤開発部	事業用	専門家派遣先	2014/1/18	調査団事務所内保管・使用中(2015/9引 渡済)
	Printer officejet HP 7610*1セット(インクカー トリッジを含む)	XOF		アフリカ	経済基盤開発部	事業用	専門家派遣先	2013/11/25	調査団事務所内保管・使用中(2015/9引 渡済)
データ共有機材	Server HP ProLiant ML350p + Ups、各1セッ ト Switch 24 ports	XOF		アフリカ	経済基盤開発部	事業用	専門家派遣先	2014/6/13	2014/6/30付で CCTサーバー室設置 済、2015/9にライセンス引渡済)
	WebGIS Lizmap*1,Installation	EUR		アフリカ	経済基盤開発部	事業用	専門家派遣先	2014/6/30	2014/6/30付で CCTサーバー室設置 済、2015/9にライセンス引渡済)
編集用機材 GIS用機材	DELL Precision T5610 + Monitor + UPS、各2 セット	XOF		アフリカ	経済基盤開発部	事業用	専門家派遣先	2014/7/22	2015/4/28付で CCTIに引渡済 (グラフィックボード付き)
数値図化/編集ソフト ウェア	Bentley Enterprise V8i	EUR		アフリカ	経済基盤開発部	事業用	専門家派遣先	2014/7/23	2015/4/28付で CCTIに引渡済
画像処理ソフトウェア	Adobe Photoshop*1 セット Adobe Acrobat Pro*1	XOF		アフリカ	経済基盤開発部	事業用	専門家派遣先	2014/8/1	2015/4/28付で CCTIに引渡済
GISソフトウェア	ArcGIS Desktop Advanced*1セット	EUR		アフリカ	経済基盤開発部	事業用	専門家派遣先	2014/7/29	2015/4/28付で CCTIに引渡済
写真測量ワークス テーション	DELL Precision T3610 + Monitor + UPS、各1 セット	XOF		アフリカ	経済基盤開発部	事業用	専門家派遣先	2014/7/22	2015/4/28付で CCTIに引渡済 (3Dモニター用グラフィックボード付き)
	3Dモニター*1セット、3D glasses*3セット、 NVIDIA Glass Kit*1セッ	JPY		アフリカ	経済基盤開発部	事業用	専門家派遣先	2014/7/5	2015/4/28付で CCTIに引渡済
	3Dモニター用グラフィッ クボード	JPY		アフリカ	経済基盤開発部	事業用	専門家派遣先	2014/8/20	2015/4/28付で CCTIに引渡済 (3Dモニター用ダブルグラフィックボード 付き)
	Topo mouse 3D* 1セッ ト	EUR		アフリカ	経済基盤開発部	事業用	専門家派遣先	2014/6/26	2015/4/28付で CCTIに引渡済
GPS観測機	GS15,Accessory*3 sets,LGO software*1	XOF		アフリカ	経済基盤開発部	事業用	専門家派遣先	2014/8/25	JICA調達機材引渡済
編集出カソフト	Dry (Lorik Publisher)	EUR		アフリカ	経済基盤開発部	事業用	専門家派遣先	2014/7/21	JICA調達機材引渡済 (当初コンサル調達を限度額範囲制限に より打合簿にてJICA調達変更)
数値図化システムソフ ト	LPS0014,Orima, PRO600CART,PRO600 DTM,DVD)	EUR		アフリカ	経済基盤開発部	事業用	専門家派遣先	2014/7/21	JICA調達機材

表 34 調達機材リスト表

都市インフラ整備のためのデジタル地形図作成プロジェクト
ファイナルレポート

5.3 成果品

本報告書に記載された業務の地形図成果品は以下のとおりである。

本成果品は、記憶媒体(ハードディスクまたはDVD)にそれぞれの形式で記録し納品する。

成果品のうち、航空写真データはデータ量が大きいためハードディスクで保管し、それ以外の成果品は別冊に保管した。

地形図作成成果品

(1) 現地測量結果 (プリント)	: 1 セット
(2) GPS 観測および水準点点ノ記 (DVD)	: 1 セット
(3) 航空写真データ (ハードディスク)	: 1 セット
(4) 撮影報告書 (プリント)	: 1 セット
(5) 空中三角測量成果 (プリント)	: 1 セット
(6) セミナー報告書 (プリント)	: 1 セット (JICA)
(7) ファイナル・レポート PDF (DVD)	: 2 セット (CCT/JICA)
(8) 品質管理に関する報告書	: 2 セット (CCT/JICA)
(9) ワークマニュアル (DVD)	: 2 セット (CCT/JICA)
(10) 1:2,500 数値地形図データ (DGN)	: 2 セット (CCT/JICA)
(11) 1:2,500 数値地形図データ (PDF)	: 3 セット (CCT:1/JICA:2)
(12) 1:2,500GIS 基盤データ(SHP)	: 2 セット (CCT/JICA)
(13) 1:5,000 オルソフォトマップ (PDF)	: 2 セット (CCT/JICA)
(14) 1:2500 オルソフォトデータ (TIFF+TFW)	: 2 セット (CCT/JICA)
(15) 1:5000 オルソフォトデータ (TIFF+TFW)	: 2 セット (CCT/JICA)

その他の報告書類 (ファイナルレポート提出時)

(16) 業務実施報告書 (和文簡易製本)	: 3 セット (JICA)
(17) 広報用資料 (仏文:最終セミナー配布)	: 200 枚 (CCT:150/JICA:50)
(18) 広報用資料 (仏文:電子データ)	: 1 セット (JICA)
(19) デジタル画像集 (CD-R:JPEG20 枚)	: 1 セット (JICA)