

マリ共和国設備・運輸・僻地開発省  
マリ国土地地理院（IGM）

マリ国

バマコ都市圏デジタル地形図

作成プロジェクト

ファイナルレポート

（要約）

平成 28 年 12 月

（2016 年）

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
16-144

交換レート

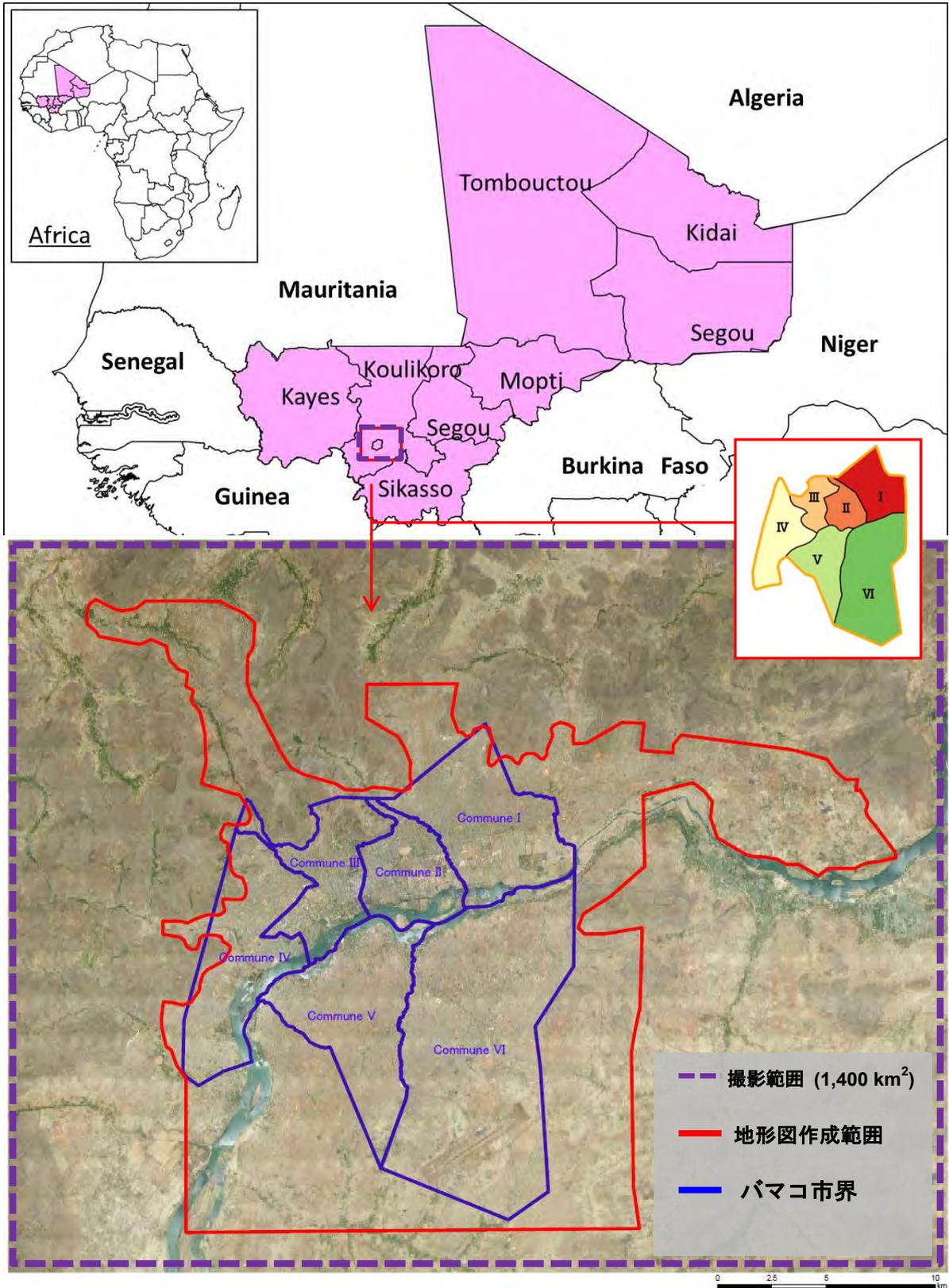
1 ユーロ = 115.974 円 (TTS)

1 ユーロ = 655.957 FCFA

1 FCFA = 0.177 円

2016 年 8 月平均

# 調査対象位置図



(出所：調査団作成)

## 写真集



キックオフセミナー開催



B-11 既存基準点



標定点測量計画協議



GNSS アンテナ据付指導



水準測量技術指導



水準測量風景



仕様協議風景



撮影用チャーター機



現地調査ワークショップ



現地調査の機材指導



現地調査の技術指導



現地調査の風景



現地補測調査ワークショップ



現地補測調査の技術指導



現地補測調査の風景



ワークショップ準備  
(ファシリテーター養成)



GIS 実務者ワークショップ



テーマ別グループ作業



グループ発表会



3次元計測の技術指導



数値編集の技術指導



GIS 構造化の技術移転



IGM オープンフォーラム (IGM によるデモ)



## 略 語

略語	名称	和文
AFD	Agence française de développement	フランス開発庁
AGETIPE	Agence d'Execution des travaux d'Interet Public pour l'Emploi	雇用促進公共事業施工庁
ANAC	Agence Nationale de l'Aviation Civile	民間航空国家機関
ANASER	Agence Nationale de la Sécurité Routière	国家道路安全局
CAD	Computer-Aided Design	コンピュータ支援設計
CGIG	Centre de Gestion de l'Information Géographique	地理情報管理センター
CIIG	Conseil Interministériel d'Information Géographique	地理情報省庁間協議会
CNIG	Comité National d'Information Géographique	国家地理情報委員会
CNPCT	Centre Nationale Production Cartographique et Topographique	国立地図・地形図測量作成局
CRIG	Comité Régionale d'Information Géographique	地方地理情報委員会
CTAT	Cellule Technique d'appui aux communes	コミューン技術支援室
DEM	Digital Elevation Model	数値標高モデル
DGCT	Direction Générale des Collectivités Territoriales	地方自治体局
DGPC	Direction Générale de la Protection Civile	市民保護総局
DNACPN	Direction Nationale de l'Assainissement et du Contrôle des Pollutions et des Nuisances	衛生公害局
DNCT	Direction Nationale de la Cartographie et de la Topographie	国家地図・測量局
DNDC	Direction Nationale des Domaines et du Cadastre	財産地籍局
DNH	Direction Nationale de l'Hydraulique	水利局
DNPD	Direction Nationale de la Planification du Développement	開発計画局
DNR	Direction Nationale des Routes	道路局
DNUH	Direction Nationale de l'Urbanisme et de l'Habitat	都市計画住宅局
DRCT	Direction Régionale de la Cartographie et de la Topographie	地方地図・測量局
DSM	Digital Surface Model	数値表面モデル
DTM	Digital Terrain Model	数値地形モデル
EO	External Orientation	外部標定

EDM	Energie du Mali	マリ電力公社
GCP	Ground Control Point	基準点
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
GNSS	Global Navigation Satellite System	全地球航法衛星システム
GPS	Global Positioning System	全地球測位システム
GLONASS	Global Navigation Satellite System	ロシア衛星測位システム
GSD	Ground Sample Distance	地上サンプル解像度
IGM	Institut Géographique du Mali	マリ国地理院
IGN France	Institut Géographique Nationale France	フランス国土地理院
IMU	Inertial Measurement Unit	内部測定ユニット
INT	Institut Nationale Topographie	国家地図局
ISO	International Standards Organisation (International Organization for Standardization)	国際標準化機構
IT	Information Technology	情報技術
JICA	Japan Internationa Cooperation Agency	日本国国際協力機構
LGO	Leica Geo Office	ライカ・ジオ・オフィス (GNSS 解析用ソフトウェア)
MDB	Mairie du District de Bamako	バマコ県庁
NSDI	National Spatial Data Infrastructure	国土空間基盤データ
OCHA	Le Bureau des Nations Unies pour la Coordination des Affaires Humanitaires au Mali	国際連合人道問題調整事務所マリ 事務所
OJT	On the Job Training	実地研修
OMATHO	Office Malien du Tourisme et l'Hotellerie	マリホテル観光公社
PDF	Portable Document Format	電子文書ファイル形式
PNIG	Politique Nationale de l'Information Géographique	地理情報国家政策
POS-EO	Position and Orientation System/ External Orientation Parameter	ポス・イオ (位置標定システム/外部 標定パラメータ)
RD	Record of Discussion	合意文書
SHP	Shape file	シェイプ・ファイル
SD	Standard deviation	標準偏差
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
SOMAGEP	Société malienne pour la gestion de l'eau potable	マリ飲料水公社
TIFF	Tagged Image File Format	ビットマップ形式の画像ファイル
UTM	Universal Transverse Mercator	ユニバーサル横メルカトール図法
WGS84	World Geodetic System 1984	世界測地系 84

マリ国  
バマコ都市圏デジタル地形図作成プロジェクト  
ファイナルレポート

調査対象位置図  
写真集  
略語

目 次

<b>1. プロジェクトの概要</b> .....	<b>1</b>
1.1 プロジェクトの背景 .....	1
1.2 プロジェクトの目的と成果 .....	2
1.3 マリ国側のカウンターパート .....	3
1.4 業務実施の内容 .....	3
<b>2. 地理情報の普及促進（データの利活用）</b> .....	<b>7</b>
2.1 GIS 基盤データ整備の位置づけ .....	7
2.2 IGM の地理情報の供給能力・体制 .....	9
2.3 バマコ都市域における GIS 基盤情報の必要性・要望 .....	18
2.4 利活用促進活動の実施 .....	20
2.5 ウェブサイトの構築 .....	27
2.6 今後の方向性 .....	29
<b>3. GIS 基盤データ（1:5,000）の整備</b> .....	<b>31</b>
3.1 技術仕様の決定 .....	31
3.2 空中写真撮影監理 .....	34
3.3 標定点測量 .....	37
3.4 空中三角測量 .....	43
3.5 オルソフォト作成 .....	49
3.6 数値図化 .....	52
3.7 現地調査 .....	55
3.8 現地補測調査 .....	59
3.9 数値編集・記号化 .....	62
3.10 GIS 構造化 .....	66
3.11 品質管理 .....	69

<b>4. 技術移転プログラム</b> .....	<b>72</b>
4.1 プログラムの実施要領 .....	72
4.2 技術移転の達成度 .....	73
4.3 技術指導の実施内容 .....	75
<b>5. 今後の展望と将来の期待</b> .....	<b>115</b>

## 図表

図 1-1	本プロジェクトの対象エリア図	2
図 1-2	マリ国における業務実績	5
図 1-3	本プロジェクトのワークフロー	6
図 2-1	IGM の組織	10
図 2-2	IGM の技術サービスの推移	15
図 2-3	2015 年の地理情報の販売部数の実績	18
図 2-4	WebGIS のサンプルイメージ	28
図 3-1	縮尺 1:5,000 図式および適用規定	32
図 3-2	シートインデックス	34
図 3-3	撮影コースと撮影成果	35
図 3-4	既存基準点の配点図	37
図 3-5	標定点の点ノ記	38
図 3-6	セッション観測図	39
図 3-7	水準測量路線図	41
図 3-8	水準測量における標高計算の順序	42
図 3-9	空中三角測量の作業工程	44
図 3-10	航空写真撮影の標定図	45
図 3-11	空中三角測量で使用した航空写真の標定図	47
図 3-12	POS-EO 成果のサンプル	48
図 3-13	オルソフォトの作成範囲	49
図 3-14	オルソフォト作成のフローチャート	50
図 3-15	モザイク処理（シームライン）	51
図 3-16	精度管理表出力図（左図）と平面と高さの精度管理表（右図）	51
図 3-17	等高線図（左図）とオルソフォトマップ（右図）	52
図 3-18	数値図化対象範囲	53
図 3-19	数値図化業務のワークフロー	53
図 3-20	現地調査で取得したデータ	54
図 3-21	数値図化のエラーの例	55
図 3-22	1:10,000 都市図の活用	56
図 3-23	現地調査範囲図（調査区割）	57
図 3-24	タブレット活用例	58

図 3-25	現地調査結果のデータ化 .....	58
図 3-26	位置標定後の道路管理図（左）と地形図重合せ（右） .....	61
図 3-27	道路データ図 .....	61
図 3-28	抽出後の河川データ .....	61
図 3-29	バマコ市の送電線（電圧 KV） .....	62
図 3-30	バマコ市域内の Quartier .....	62
図 3-31	数値編集・記号化編集のワークフロー .....	63
図 3-32	現地補測資料図および現地補測リスト .....	64
図 3-33	補測編集データ .....	64
図 3-34	記号化編集データ .....	65
図 3-35	検査図面の例 .....	66
図 3-36	データ構造化のワークフロー .....	66
図 3-37	道路中心線の入力データ .....	67
図 3-38	道路名入力の例 .....	67
図 3-39	GIS 基盤データのイメージ .....	68
図 3-40	ステレオ画像と地形図（GPS-8） .....	70
図 3-41	点検測量の標定図 .....	70
図 4-1	作業マニュアル（一部抜粋） .....	80
図 4-2	空中写真判読が困難な事例 .....	81
図 4-3	空中写真への記載方法 .....	81
図 4-4	調査ルート .....	82
図 4-5	各班の調査結果展開図 .....	83
図 4-6	作業マニュアル（一部抜粋） .....	84
図 4-7	図式の理解度テスト（例） .....	85
図 4-8	建物名称等の確認用リスト記入例 .....	85
図 4-9	補測調査用図面への記入例 .....	86
図 4-10	道路名、河川名調査用原稿図への記入例 .....	87
図 4-11	トレーニング範囲：平野市街地 .....	89
図 4-12	IGM 受講者（2 名）の空中三角測量の技術レベル .....	91
図 4-13	オルソフォトのトレーニング範囲 .....	92
図 4-14	DEM 編集時の立体画像 .....	93
図 4-15	シームライン処理 .....	94

図 4-16	オルソフォトイメージ .....	95
図 4-17	IGM 受講者（2名）のオルソフォト作成の自己評価の結果 .....	96
図 4-18	実習で作成他図化データと標準図化データの重合せ図 .....	100
図 4-19	IGM 受講者（2名）の数値図化技術レベルの自己評価 .....	101
図 4-20	数値編集のトレーニングエリア .....	102
図 4-21	重複データエラー .....	103
図 4-22	等高線の高さの不具合修正 .....	104
図 4-23	印刷・出力順序を適用していないデータ .....	104
図 4-24	経年変化トレーニングの成果 .....	105
図 4-25	IGM 受講者（3名）の数値編集・地図記号化の技術レベル評価 .....	106
図 4-26	実習トレーニングの成果 .....	109
図 4-27	技術指導終了後の受講者の自己評価と専門家評価 .....	109
図 4-28	各調査班の進捗状況のグラフ化 .....	112
図 4-29	トレーニングエリアの検査図面と精度管理表 .....	114
表 1-1	マリ国での主要な活動内容 .....	4
表 2-1	マリ国における地理空間情報の主要組織 .....	8
表 2-2	マリ国地理情報国家政策の概要 .....	9
表 2-3	IGM 職員数 .....	11
表 2-4	地図作成部の人員構成 .....	11
表 2-5	IGM が保有する測地機材 .....	13
表 2-6	IGM が保有する写真測量機材 .....	13
表 2-7	IGM の過去 5 年間の収支状況（単位:FCFA） .....	14
表 2-8	マリ国の地理情報の整備状況 .....	15
表 2-9	地理情報の販売価格一覧 .....	16
表 2-10	ヒアリング結果の概要 .....	19
表 2-11	キックオフセミナー概要 .....	21
表 2-12	実務者レベルのワークショップ概要 .....	22
表 2-13	参加型ワークショップ（主題図作成）の発表結果 .....	22
表 2-14	ワークショップ参加者のアンケート結果 .....	23
表 2-15	利活用促進セミナーの概要 .....	24
表 2-16	IGM オープンフォーラムの概要 .....	26

表 2-17	オープンフォーラム参加者のアンケート結果 .....	26
表 3-1	測量の基準 .....	32
表 3-2	本調査で適用した精度基準 .....	32
表 3-3	地形図の許容精度 .....	33
表 3-4	地形図の等高線間隔 .....	33
表 3-5	撮影精度管理表 .....	36
表 3-6	観測座標と既存成果との比較 .....	38
表 3-7	既存水準点の確認結果と標高値 .....	40
表 3-8	既存基準点の確認結果と標高値 .....	40
表 3-9	水準測量における標高計算の順序 .....	42
表 3-10	各標定点の標高値 .....	43
表 3-11	各種データの受入検査項目 .....	44
表 3-12	空中三角測量で使用した航空写真の番号リスト .....	45
表 3-13	航空写真データ登録時の点検項目 .....	46
表 3-14	空中三角測量の制限値と計算値 .....	49
表 3-15	位置および高さの精度基準 .....	51
表 3-16	位置・高さ・等高線の精度基準 .....	55
表 3-17	不明箇所の調査結果別の確認箇所 .....	60
表 3-18	収集資料一覧 .....	60
表 3-19	縮尺 1:5,000 図式規定に基づく主要な地物データセット .....	69
表 3-20	点検測量の結果 .....	71
表 4-1	技術移転プログラムの各分野の達成度 .....	73
表 4-2	IGM における水準測量の経験 .....	77
表 4-3	現地調査ワークショップの実施日程 .....	79
表 4-4	現地調査項目付き図式一覧表（一部抜粋） .....	80
表 4-5	レビュー実施内容 .....	82
表 4-6	班別調査箇所数 .....	83
表 4-7	現地補測ワークショップの実施日程 .....	84
表 4-8	差異が生じた主な箇所 .....	86
表 4-9	空中三角測量技術に関するアンケート内容 .....	88
表 4-10	オルソフォトマップ作成技術に関するアンケート内容 .....	91
表 4-11	数値図化能力に関するアンケート内容 .....	96

表 4-12	数値編集・地図記号化・部分修正技術に関するアンケート内容 .....	102
表 4-13	技術指導プログラム（数値編集・地図記号化）の主な内容 .....	103
表 4-14	検査・誤差修正内容 .....	112
写真 2-1	実務者向けワークショップの風景 .....	24
写真 2-2	利活用セミナーの風景 .....	25
写真 3-1	既存基準点の現状 .....	38
写真 3-2	標定点観測量作業実施状況 .....	39
写真 3-3	地物判読用現地写真 .....	54
写真 3-4	現地調査のワークショップ風景 .....	56
写真 3-5	現地補測調査のワークショップ風景 .....	59
写真 4-1	航空写真撮影技術移転 .....	75
写真 4-2	GNSS アンテナ設置の技術移転 .....	78
写真 4-3	空中三角測量の講義 .....	90
写真 4-4	数値図化の技術指導 .....	98
写真 4-5	GIS 構造化とジオデータベースの講義 .....	108

## 1. プロジェクトの概要

### 1.1 プロジェクトの背景

近年、マリ共和国（以下、「マリ」）の首都バマコでは経済発展により人口増加が続いており、1998年に約100万人であった都市人口が2009年には180万人に増加している（1998/2009年マリ国勢調査）。流入した住民は、市街地の周縁部に無秩序に居住し、都市がスプロール的に拡大している。このような地域では、道路、上下水道、電気等のインフラ整備や病院、学校が不足し、またスラムの形成による居住環境や治安の悪化が進み、マリの安定した社会・経済発展の阻害要因となっている。

このような状況の下、バマコ市役所および住宅開発省都市開発局は、2011年にインフラの整備計画を含むバマコ市都市開発マスタープランを策定した。しかしながら、マスタープランに用いたベースマップは、1988年にフランスの援助で作成された縮尺1/50,000の地形図であるため、経年変化が著しい都市インフラの現状把握や拡大するインフォーマルセクターに対処するための詳細計画の策定に向いておらず、ベースマップの更新が急務となった。そこで、バマコ市とその周辺地域で構成される都市圏を一体的に視野に入れた都市開発マスタープランの更新を目的とした大縮尺地形図整備のニーズの高まりを受け、マリ政府は、日本国に対してバマコ市および周辺地域を対象とした大縮尺（1:5,000）のデジタル地形図（GIS空間基礎データ整備含む）の作成およびそれにかかる技術移転を要請した。

以上の現状を踏まえ、JICAは詳細計画策定調査団を派遣し、バマコ市およびその周辺地域の都市計画策定に資するためのデジタル地形図作成と、そのための技術移転実施の必要性が認められたため、2011年11月に合意文書（RD）に合意し、GIS空間基礎データ（以下GIS基盤データという）の整備への協力のため、本プロジェクトを実施することとなった。

本プロジェクトは2012年3月2日に開始されたものの、同年同月21日に発生したクーデターとその後の治安情勢の悪化により事業実施を中断した。その後、対象地のバマコ市および周辺地域において治安が安定化し、安全対策措置が引き下げられた状況を踏まえ、2015年2月から本プロジェクトが再開された。

## 1.2 プロジェクトの目的と成果

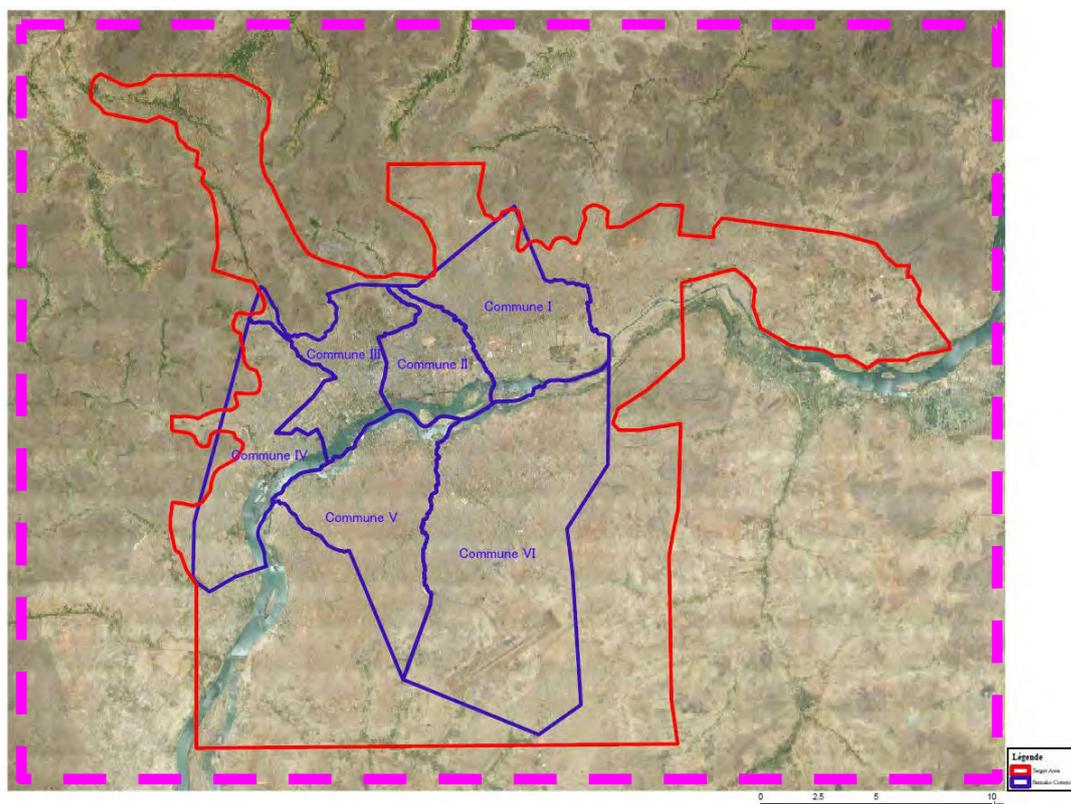
### 1.2.1 プロジェクトの目的

本プロジェクトは、バマコ市および周辺地域の持続的で効率的な社会経済開発計画の策定や都市インフラ整備を支援するために、GIS 基盤データ（縮尺 1:5,000 のデジタル地形図およびオルソフォトマップ）の整備と実施能力（作成・更新プロセス管理）を強化するための技術移転を通じ、マリにおける大縮尺 GIS 基盤データ作成能力の向上に寄与することを目的とする。

### 1.2.2 プロジェクト対象エリア

下図 1-1 は、本プロジェクトで整備する GIS 基盤データならびにオルソフォトマップの対象地域を示したものである。

- (1) 縮尺 1:5,000 の GIS 基盤データの整備として、バマコ市を中心とする約 520km<sup>2</sup>
- (2) オルソフォトマップの整備としてバマコ市とその周辺を含む約 1,400 km<sup>2</sup>



(出所：調査団作成)

図 1-1 本プロジェクトの対象エリア図

-  : 縮尺 1:5,000 デジタル地形図の作成範囲 (約 520km<sup>2</sup>)
-  : オルソフォトマップの整備範囲 (約 1,400 km<sup>2</sup>)
-  : バマコ市界

## 1 プロジェクトの概要

### 1.2.3 プロジェクトの成果

本プロジェクトは、2011年11月17日に合意されたRDに基づき実施されるものであり、上記目的を達成するために、カウンターパート機関であるマリ国地理院（以下「IGM」という）との協議およびOJT等による技術移転を通じて、以下の一連の成果物を作成した。

- (1) 空中写真（1,251枚）
- (2) オルソフォトマップ（約1,400km<sup>2</sup>）
- (3) 標定点測量成果（GNSS観測および水準測量の点ノ記）
- (4) 空中三角測量成果（EOファイル一式）
- (5) 1：5,000 デジタル地形図データセット（520km<sup>2</sup>）
- (6) 1：5,000 GIS 基盤データセット（520km<sup>2</sup>）
- (7) ブックレット版地形図
- (8) 技術仕様書・業務マニュアル
- (9) WebGIS の構築
- (10) ファイナルレポート（IGMのデジタル地形図作成ならびに更新技術に係る能力向上）

### 1.3 マリ国側のカウンターパート

本プロジェクトのカウンターパート機関は、設備・交通・僻地開発省所管のIGMである。IGMは、他省庁や各ドナーからの発注に応じて現地での測量調査、地形図作成を行う測量・地形図に関する技術部院である。現在のところ独自予算で新規/更新する計画はないが、顧客からのニーズに応じて、既存図のデジタル化、主題図作成し販売を収入源としている。なお、IGMの組織や体制については次章で詳述する。

本プロジェクトは、地図作成部を構成する5課（測地課、地形図課、空中写真測量課、製図課、印刷課）からの職員が主要なカウンターパートとしてそれぞれの業務を実施した。

### 1.4 業務実施の内容

#### 1.4.1 プロジェクトの全体構成

本プロジェクトの全体構成は、2015年2月下旬から2016年10月下旬までの21カ月間であり、6ページの図1-3のとおり、（A）GIS基盤データ整備業務と（B）技術移転業務の2つの工程に区分し実施した。

本報告書は、表1-1に示したマリ国で実施した主要活動を中心に、2015年2月から2016年10月までに実施した主な業務ならびに成果について取りまとめたものである。

表 1-1 マリ国での主要な活動内容

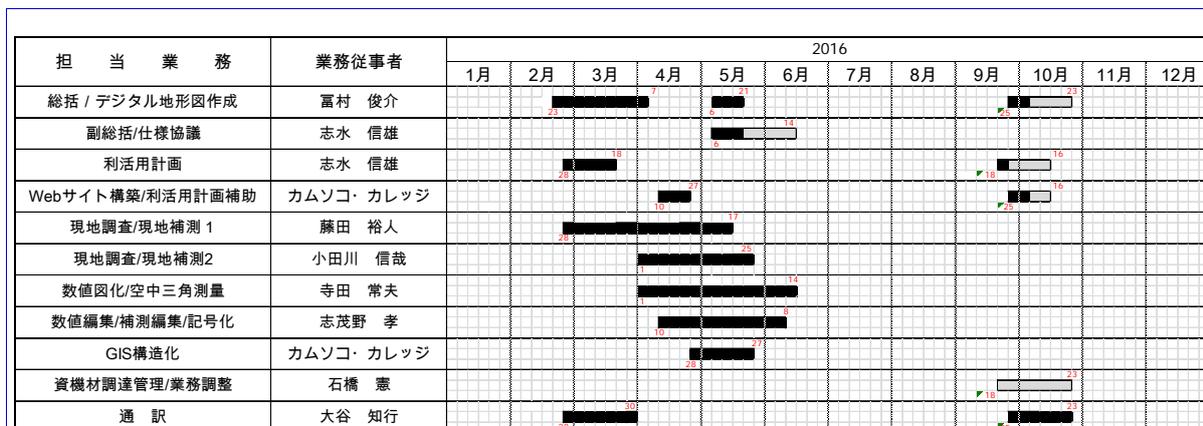
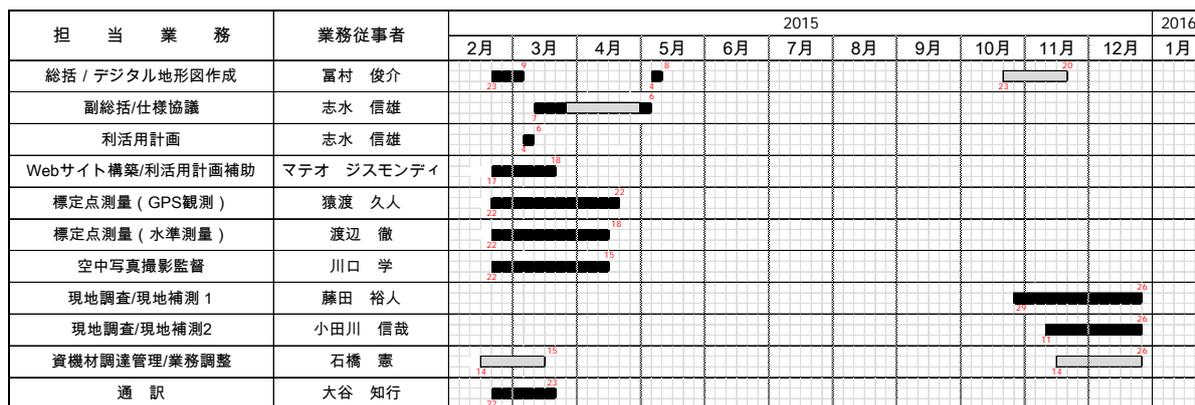
業務実施項目		活動時期	活動内容
仕様協議 (A)		2015年3月～5月 2015年10月～11月 2016年5月～6月 2016年10月	1:5,000の図式規定(Ver4.03)の策定 1:5,000デジタル地形図作成にかかる技術仕様書(測量基準、整飾情報、注記、図面付番)の策定
航空写真撮影	(A)	2015年3月～4月	撮影会社の入札の実施、
	(B)		対象全域(1,400km <sup>2</sup> )の写真撮影(1,251枚)の完了 技術移転トレーニング(撮影計画・品質管理)の実施
標定点測量	(A)	2015年2月～4月	1:5,000地形図作成に必要な既存基準点の検査 GNSS観測(27点)の実施 水準測量(約180km)の実施
	(B)		OJTによるGNSS観測の実施 OJTによる水準測量の実施 観測成果の品質管理の指導
ウェブサイト構築(A)・(B)		2015年2月～4月 2016年4月 2016年10月	ニーズ調査、IT環境調査の実施 WebGISの基本設計の合意、維持管理の指導 WebGISの設置・運用
利活用促進(A)・(B)		2015年3月～5月 2016年2月～3月 2016年5月 2016年10月	キックオフセミナーの実施 想定されるユーザーへのヒアリングの実施 NSDI構築へ向けたGISワークショップの開催 利活用促進セミナー・IGMオープンフォーラムの開催
現地調査	(A)	2015年10～12月 2016年2月	OJTによる現地調査の実施
	(B)		ワークショップ(図式規定・調査手法の理解)の実施 簡易オルソを用いた現地確認調査の実施
補測調査	(A)	2016年3月～5月	図化素図を用いた現地補測調査の実施
	(B)		ワークショップ(現地調査との違い、質問事項の理解)の実施
技術移転プログラム	空中三角測量(B)	2016年4月～6月	撮影された航空写真の空中三角測量の実施指導
	オルソフォト作成(B)		空中三角測量成果の基づくオルソフォトの作成指導
	数値図化(B)		三次元空間の標高値計測や適切な地物判読の指導
	数値編集(B)	2016年4月～6月	トポロジー構造の理解促進とデータ入力の指導
	記号化(B)		1:5,000図式規定の理解と記号の表現方法の指導
	GIS構造化(B)	2016年4月～5月	デジタル地理情報のデータベース構造の理解とジオデータベース構築の指導
	品質管理(B)と部分修正(B)	2015年4月 2015年12月 2016年4月～6月	撮影した空中写真の品質管理方法の理解 標定点測量における観測成果の品質管理の指導 現地調査における取得データの品質管理の指導 デジタルマッピング(空中三角測量・オルソフォト作成・数値図化・数値編集・記号化・GIS構造化)にかかる各工程の精度管理を含む品質管理の指導ならび、 新規作成とアップデート(経年変化修正)の差異の理解と考え方の指導

1 プロジェクトの概要

1.4.2 調査団の構成

本プロジェクトのなかで、現地業務を行った業務従事者の派遣実績は下

図 1-2 のとおりである。調査団のマリ国での活動期間中、IGM は地図作成部の測地課、地形図課、空中写真測量課、製図課を中心に本プロジェクトの専属技官を選出した。IGM 側の専属技官を対象とした協働作業や技術移転プログラムを実施した。



■ : 計画アサイン      □ : 自社負担アサイン

図 1-2 マリ国における業務実績



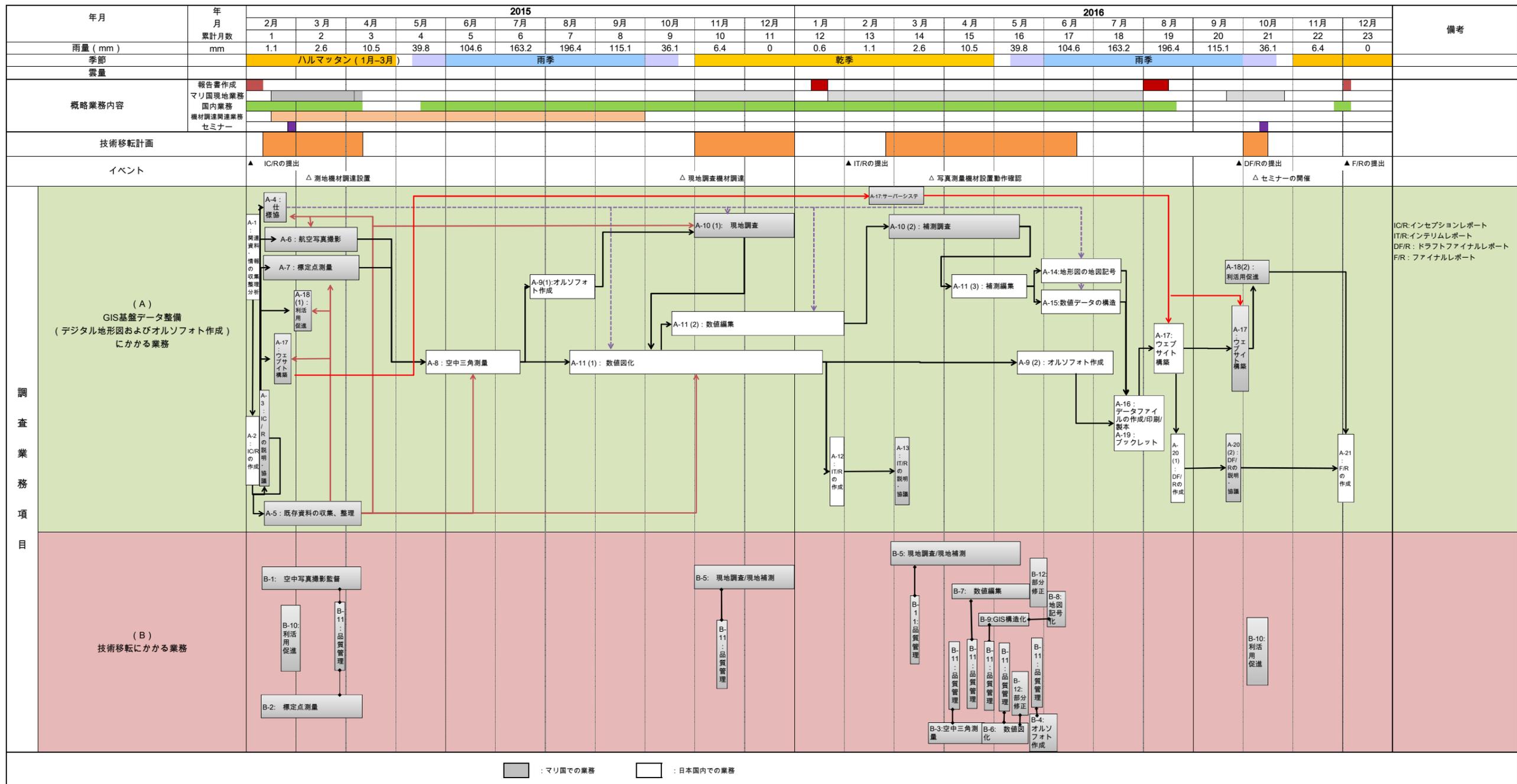


図1-3 本プロジェクトのワークフロー



## 2. 地理情報の普及促進（データの利活用）

本プロジェクトで整備される GIS 基盤データは、後述する地理情報省庁間協議会（以下 CIIG とする）内に設置された国家地理情報委員会（以下 CNIG とする）ならびに地方地理情報委員会（以下 CRIG とする）を構成する各省庁や地方公共団体に共有されることが想定され、IGM と CIIG に加盟する省庁との間で相互にデータ更新や多面的利用に関して協力しあうポテンシャルがすでにマリ国には存在していることになっている。

そこで、本プロジェクト成果の普及促進を図るためには、本プロジェクト終了後を念頭において、本プロジェクトの内容や成果は IGM 自身の新しい地理情報として今後維持管理・更新がなされ、加えて IGM が連携する他省庁や地方公共団体等の現場レベルへの情報の共有、知見の蓄積が可能となる体制の整備が重要と位置付けた。そこで、本プロジェクト実施期間中にマリ国の国土空間政策の現状を踏まえながら、以下の利活用普及活動を実施した。

### 2.1 GIS 基盤データ整備の位置づけ

マリ国が保有する地理空間情報は、1950 年代後半および 60 年代前半に仏国から独立する前後にフランスの技術協力のもとで作成されたものであり、IGM（当時は DNCT）が独自に作成したものではない。例外としては、1998 年から 2001 年にかけて JICA はバマコ西部のキタ地区（31,000km<sup>2</sup>）を対象とした縮尺 1:50,000 のデジタル地形図を整備し、IGM はこのプロジェクトで実施された技術移転プログラムで習得した小縮尺地形図作成技術を駆使し、独自に主題図を作成するなど行ってきた。なお、マリ国全域がカバーされた地形図は、縮尺 1:2,000,000 の小縮尺地形図だけであったが、2016 年フランス国土地理院（以下、IGN France とする）は IGM と協力してマリ国全土を対象とした縮尺 1:200,000 の地形図を整備した。

本プロジェクトの対象エリアであるバマコ都市域をカバーする地理情報については、1980 年代に IGN France が DNCT と協力して作成した縮尺 1:20,000 の地形図（全 4 面）と、IGM が 2005 年から 2007 年にかけて、バマコ市の 6 コミューンを対象として作成した縮尺 1:10,000 の都市ガイドマップ（高さ情報がない平面主題図）だけである。

そのため、近年のバマコ市への急激な人口の流入に起因する都市部の拡大と開発によりバマコ市をカバーする大縮尺地形図は新しく開発された地形・地物等が反映されていないことから現状とはかけ離れており、バマコ都市域の都市計画セクターの関係機関、ドナー関係者ならびに、民間デベロッパー等を含む開発アクターのニーズに対応できない状態である。

## 2 地理情報の普及促進（データの利活用）

大縮尺の地理情報は、都市域の開発計画を円滑に策定するための基本情報であり、関連省庁がデータを共有管理することにより、各種開発計画に対して効果的な計画立案・実現を促進することができる。

このような地理情報基盤データベース構築の重要性の認識のもと、2002年12月16日にマリ国政府は、地理情報基盤データの構築とそのユーザーである行政機関への積極的なGIS導入を目的とした地理情報基盤データに関する関係閣僚評議会および国家委員会の設置に関する政令（No.02-565/P-PM）を發布し、CIIGを設置した。CIIGは各省庁大臣を代表とした政治的意思決定の場とし、実施組織としてCIIGの下部組織として中央政府のCNIGと地方自治体のCRIGを設置した（表2-1）。

表 2-1 マリ国における地理空間情報の主要組織

地理情報関連組織	構成等	活動内容
地理情報関係省会議（CIIG）	国家基盤情報の1つである地理情報に関する最高意思決定機関として、2002年12月に設置。議長は首相が務め、27大臣から組織され、原則として定例会は年1回議長が招集。	<ul style="list-style-type: none"> <li>地理情報の作成と更新、積極的な利用を促進するための政府組織の体制強化</li> <li>国家優先事業の実施に不可欠な地理情報データベース構築や更新方法の確立</li> <li>地理データの入手、管理、処理、提供及び利用に関するデータの安全確保と個人データや知的財産の保護。</li> <li>地理データ・関連資料の提供価格の設定</li> <li>行政サービス向上と研究機関による地理情報解析処理能力向上と強化の政策決定。</li> <li>CNIGからの提案について評価</li> </ul>
地理情報国家委員会（CNIG）	CIIGの国家政策を実現するため、地理情報に関する問題を取扱う。委員は、全36省庁の局長クラスと5専門家から構成。委員長は、設備運輸僻地開発省大臣が担当し、IGM院長が事務局長を担当。議長は、6か月に1回の通常委員会を招集する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>地理情報ガイドラインの策定</li> <li>CIIGの決定事項を早期実施</li> <li>CIIGの調整・対応</li> <li>地理情報関係ユーザー間の調整。</li> <li>地理情報作成に関するガイドラインの準備</li> <li>地理情報製品の標準化の提案。</li> </ul>
地理情報地方報員会（CRIG）	地理情報地方委員会は主に各地方の21代表者と5専門家から構成されている。委員長はバマコ市長が担当し、会長はIGMの地方代表が担当	目的は、地理情報の全てのユーザーで構成され、地理情報国家委員会をサポートする。四半期に1回定例会議を開催し、必要に応じて委員長が臨時会議を招集できる。

IGMは、CNIGの事務局として42機関の省庁、大学および各研究機関と調整を行い、「地図データ整備」、「コード標準化」、「メタデータ」、「地理情報政策」についての調整を行ってきた。最終的に、地理情報国家政策（POLITIQUE NATIONAL D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE。以下PNIGとする）として取りまとめ、2012年に閣議承認された。この中で、地理情報国家政策を達成するための目標を設定し、具体的な行動計画についても策定した。表2-2は、マリ国の地理情報国家政策の概要と本プロジェクトの役割についてまとめたものである。

表 2-2 マリ国地理情報国家政策の概要

項目	内容	本プロジェクトの位置づけ
一般目標	国家空間データ基盤（INDS）の創設及び継続的な更新を通して、マリ国の経済社会発展に寄与することである。	→NSDI構想への啓蒙支援
特別目標	1. 国家空間基盤データの基本構造の開発 2. 地理情報の作成および管理に関する関係機関の能力の強化 3. 地理情報に相互協力を強化 4. 官民、地理情報関連機関間の広報、普及戦略の実施	→1:5,000GIS基盤データの技術仕様書 →WebGISの整備等による普及・啓蒙  →現場レベルのGISワークショップ開催 →セミナーやWebGISでの支援
行動計画 2012-2016	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地理情報管理センター(CGIG)の設立</li> <li>・ CGIGの機材調達</li> <li>・ 地理情報省庁間協議会と国家地理情報委員会設置に関する政令の読み返し</li> <li>・ 使用できるデータの収集</li> <li>・ 地理情報ユーザーの特定</li> <li>・ 地理情報管理に携わる機関の研修</li> <li>・ 全国メタデータ目録の作成と更新</li> <li>・ 縮尺20万分の1の基本地図作成</li> <li>・ 地理情報に関する協力強化</li> <li>・ 多方面から技術資金提供パートナー、地理情報関係機関ユーザーの間の広報戦略、情報普及戦略の実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ すでに自己資金で着手中</li> <li>→ 一部機材調達中</li> <li>→ 特になし</li> <li>→ 本プロジェクトで実施</li> <li>→ WebGIS等での支援</li> <li>→ 最終セミナーで呼びかけ</li> <li>→ 特になし</li> <li>→ IGN France実施済み</li> <li>→ 本プロジェクト後の活動</li> <li>→ セミナーやWebGISでの支援</li> </ul>
財源	同政策実施に貢献する様々な行動は、国家予算、外部資金、成果品販売による自己収入により、資金調達される見込みである。	特になし
国家予算	国とIGM間の計画契約を通じた特別投資予算	特になし
自己収入	地理情報成果品や測量に係るサービスの提供や販売収入で生じる収益である。全国地理情報基金(FNIG)に入金される予定である。	特になし

なお、これまで国内の混乱により停滞していたため、2016年以降の次期行動計画の具体的な活動は未定である。ただし、2015年にCGIGの設立準備の予算（行動計画では2012年）がつき、後述するワークショップやセミナーでCGIGの運営案についてIGMは発表した。

## 2.2 IGMの地理情報の供給能力・体制

### 2.2.1 IGMの組織体制

上述したPNIGの各種施策を具体化する中で地理情報分野の中心的役割を担うIGMは、当初1964年に公共事業省内に国家地図局 (Institut National de Topographie:INT)として設立された。

その後、1977年に国立地図・地形測量作成センター (Centre National Production Cartographique et Topographique: CNPCT) に名称変更し、1979年には国家地図・測量局(Direction Nationale de la Cartographie et de la Topographie:DNCT)に地方地図測量局(Direction Regionale de la Cartographie et de la Topographie:DRCT)が統合され、2000年に現在のIGMとなった。

なお、マリ国の地図測量に関する国家戦略は、1998年9月に採択された「地図測量国家戦略」(Politique Nationale de cartographie et de Topographie) が礎となっている。

図 2-1 は、2015 年に組織変更した IGM の最新の組織図である。大きな変更点は CGIG の設立である。本プロジェクトに関係する新設された組織の役割について以下にまとめる。

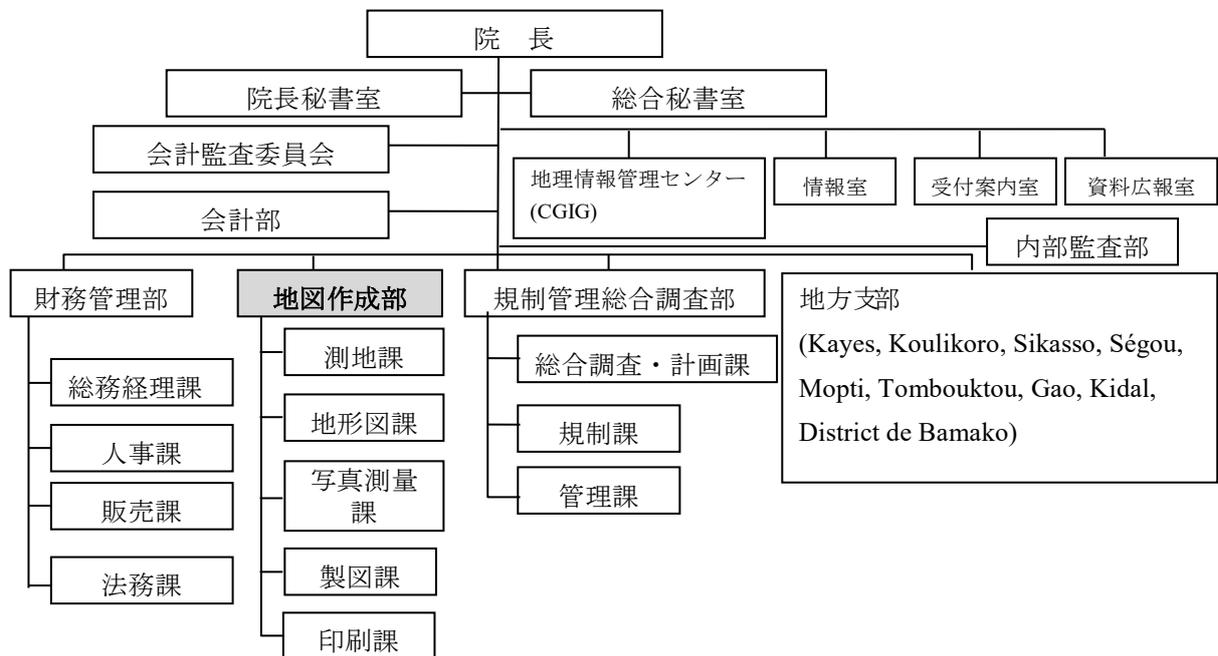


図 2-1 IGM の組織

(1) 地理情報管理センター（CGIG）

CGIG は PNIG の行動計画に基づき 2015 年 8 月に予算案が承認され、2016 年 3 月に設置準備が開始された。各省庁で作成する地理情報を収集し、一括管理を実施する新設組織であり、IGM 院長の直下に位置づけ、IGM 本院 1 階のラボに設置予定である。

人員計画としてはセンター長 1 名、GIS 処理の専門家 2 名、GIS データ普及・管理で GIS 専門家 2 名の総勢 5 名で計画中であるが、2016 年 6 月時点では、まだ職員は具体的には配置されていない。IGM および他省庁の職員による合同管理を行う予定とのことである。CGIG の使命は、以下の 3 つとされている。

- ・ 他省庁の地理情報を一元管理するが、著作権の問題もあり販売権は所持しない。
- ・ クリアリングハウスとして位置づけられ、顧客からの GIS データに関する相談窓口と GIS データの普及。
- ・ 他省庁からの GIS 技術者のトレーニングの実施。

(2) 地図作成部印刷課

従来の組織に新たに印刷課が新設された。地形図販売を担当するが、現在は大型プロッタによる印刷サービスであるが、将来オフセット印刷機の不足部品を導入してオフセット印刷を実施

## 2 地理情報の普及促進（データの利活用）

することも考慮している。同課の役割は、地形図および平面図の印刷および IGM 内の印刷管理を担当する。なお、印刷業務は、生産方針によりいくつかの技術ランクに分類する。主任 1 名、測地専門家、地図調整専門家、写真測量専門家、地形測量専門家各 1 名の総勢 5 名で運営予定である。

### (3) 財務経理部法務課

従来の財務管理部の配下に法務課が新設された。同課の役割は、IGM の事業実施の適合性の監視と紛争に関する法的意見の助言、経営の係争時の支援を行う。

### 2.2.2 IGM の人的資源と技術能力

IGM 職員数推移について、2011 年 11 月と比較すると 204 名から 161 名と減少に伴い、契約社員が増加し正社員が減少している。

表 2-3 IGM 職員数

	職員全体 (Total)	技術者 (Ingeieur)	技能者 (Technicien)	その他 助手等	契約社 員	技術職の割合
IGM本院	93名	25名	13名	20名	35名	62%(その他含)
BAMAKO支所	9名	1名	2名	2名	4名	33%
KOULIKORO支所	12名	3名	3名		6名	50%
KAYES支所	10名	2名	3名	1名	4名	50%
SIKASSO支所	11名	2名	3名	1名	5名	45%
SEGOU支所	6名	2名	1名		3名	50%
MOPTI支所	6名	2名	1名		3名	50%
GAO支所	8名	2名	2名		4名	50%
TOMBOUCTOU支所	6名	1名	1名	1名	3名	33%
合計	161名	40名	29名	25名	67名	全体平均47%

(出所：IGM 資料 2016 年 3 月)

本プロジェクトのカウンターパートは、IGM の地図作成部であり、その人員構成については以下のとおりである。

表 2-4 地図作成部の人員構成

	地形図課	測地課	製図課	写真測量課	印刷課
主任技師	1名	2名	5名	2名	1名
技 師	4名	4名	4名	2名	3名
技師補	4名	6名	3名	1名	
訓練生	地図作成部全体で35名(非正規雇用)				
事務職	地図作成部全体で2名				

(出所：IGM 資料 2016 年 3 月)

## 2 地理情報の普及促進（データの利活用）

マリ国の地理情報データ供給の実施組織として、IGM 地形図作成部の現状の技術力について、本プロジェクトで実施した各活動を通じてまとめると以下のとおりであった。

### (1) 測地測量技術

基本的な GPS 観測の技術は、調査団のベースライン調査の結果、本プロジェクトに必要な観測手順は有していると判断した。特に、放射法による GPS 観測から 3 次元ネットワーク網を組んだ観測手法を紹介し、精度管理ができるように指導した。また、IGM の測地部門には 4 名のエンジニアが所属しており、全員がアナログレベルを使用した水準測量に関して十分な経験を有している。その内、1 名はデジタルレベルを使用した水準測量に関して十分な経験を有している。

本プロジェクトの水準測量はいくつかの既存水準点を使用して、新たに設置した標定点の高さを決定した。従来からこれら業務は実施していたため、本プロジェクトの水準測量技術としては十分であることが確認できた。

### (2) 空中三角測量/写真測量技術(数値図化、DEM 発生、オルソフォト作成)

IGM はこれまで数値図化の経験はあるが、空中三角測量については実践がない。したがって、基本的な専門技能の向上を目標とした技術移転の内容とした。加えて、DEM オルソフォトの理解はあるが、オルソフォトの色調調整の希望が事前に IGM より出されていたので、その技術を念入りに指導した。

### (3) 地図編集・記号化/地図複製・印刷技術

IGM 内では、かつて JICA が実施した 1:50,000 地形図作成プロジェクトや現在実施中の IGN France の 1:200,000 の地形図の編集経験のみで、1:5,000 以上の大縮尺の編集経験は初めてであった。

IGM は顧客からの主題図作成サービスを提供しているが、数値編集、地図記号の作成・登録、図面出力等の各種工程で体系的で一貫した方法論が確立されていない。そこで、本プロジェクトで策定したマニュアルや標準仕様を IGM 自らが今後更新することとなる。

### 2.2.3 IGM の設備資源

本プロジェクト終了後、IGM が独自に GIS 基盤データを新規・更新するうえで必要となる個々の機材をまとめた。

表 2-5 は、地上測量や標定点測量に必要な測定機器類であるが、すべての機器は IGM 本院に保管されているが、業務稼働中は各支局で管理している。

表 2-5 IGM が保有する測地機材

機材名	数量	仕様/状態	備考
Digital Level NA3003	2	良好	三脚 2 台
Digital Level NA2002	5	良好	三脚 5 台
Digital Level DNA 10	1	可能	三脚 1 台
Digital Level DNA 03	1	可能	三脚 1 台
Ordinary Level NAK 2	3	良好	三脚 3 台
GPS system 500	2		
GPS system 1200	4	GX1230, V2.12-V5.10	
Leica Geo Office (LGO) Ver8.40, Basic license	1	L1/L2 data processing for GNSS, GLONASS data processing option ,Rinex import, Design & adjustment 3D, Flexible Bundle CCP,	GPS 解析ソフト 本プロジェクト で調達
Total Station	8		

（出所:IGM 資料 2016 年 3 月）

表 2-6 は、デジタルマッピングに必要な 3 次元計測システムである。今後治安が回復し、バマコの都市計画のニーズの高まりとともに求められる各種インフラ開発に不可欠な高さの計測に不可欠な 3 次元計測の機材や計画策定に必要な主題図を作成する機材である。これらはすべて IGM 本院で管理されている。

表 2-6 IGM が保有する写真測量機材

写真測量システム	数量	仕様/名称	備考
Photogrammetry software (for aerial triangulation, Mosaic, Stereo-Matching, DTM)	1	Top Aero	
Photogrammetry software (for Stereo-Plotting)	1	GeoView	IGN France が開発 したソフトウェア
LPS Package Desktop	1	数値図化システム基本ソフトウェア	本プロジェクトの 調達機材
LPS Orima	1	空中三角測量ソフトウェア	本プロジェクトの 調達機材
LPS PRO 600 CART	1	数値図化データ取得ソフトウェア	本プロジェクトの 調達機材
LPS PRO DTM	1	DTM 作成ソフトウェア	本プロジェクトの 調達機材

## 2 地理情報の普及促進（データの利活用）

Bentley map enterprise v8	2	数値図化、数値編集システム CAD ソフトウェア	本プロジェクトの調達機材
Adobe Photoshop	1	画像変換ソフトウェア	本プロジェクトの調達機材
ArcGIS Desktop Advanced	1	GIS ソフトウェア	本プロジェクトの調達機材
3D monitor/3D Glasses(2set/each)	2	数値図化システム	本プロジェクトの調達機材
Topo mouse 3D	2	数値図化システム	本プロジェクトの調達機材
Desktop Workstation Precision 3420 with 3D board	3	数値図化・数値編集・GIS 構造化システム	本プロジェクトの調達機材
Autocad 3D mapper	1	数値編集システム	本プロジェクトの調達機材

（出所:IGM 資料 2016 年 3 月、JICA 調達機材を含む、なお、IGN France プロジェクトで用いた機材は IGM に引渡し完了していない（2016 年 6 月現在）ので上表には含めない。）

### 2.2.4 IGM の財務状況

IGM の過去 5 年間の財務状況の推移（表 2-7）を見ると、2011 年と比較して 2012 年の国庫補助金が減少しているのは、クーデターや北部勢力との内戦（2013）による外部要因に加え、2011 年に IGM の地籍部門が他部門に移動したことによると推察される。特に後者の影響は、IGM が過去 5 年間実施した技術サービスを示した図 2-2 から土地測量（地籍測量を含む）のニーズが 2011 年以降半減していることが判断できる。しかしながら、2014 年以降は、内政的に落ち着きを取り戻し、CGIG 設立予算の確保等が認められ、全体的にクーデター前の状況に戻りつつある。

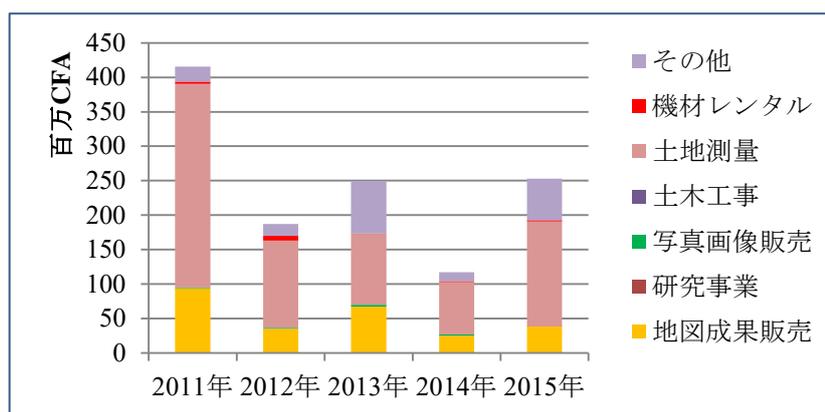
なお、IGM の主サービスである地形図販売に関しては、2011 年以降のクーデターならびに北部地域の内戦等に起因する治安の悪化により、官民ともに開発行為の停滞が生じ地形図の需要が減退し、2015 年の地形図頒布総額は、2011 年度実績の 40%程度となっている。

表 2-7 IGM の過去 5 年間の収支状況（単位:FCFA）

	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年
国庫補助金	1,006,924,000	693,634,535	675,068,000	897,821,000	998,052,296
IGM 支出	1,006,852,000	692,011,152	659,802,724	602,906,622	934,625,948
収支	72,000	1,623,383	15,265,276	294,914,378	63,426,348
収支（円）	12,744	287,338	2,701,954	52,199,845	11,226,464

（出所:IGM 資料 2016 年 3 月）1FCFA=0.177 円換算（2016 年 8 月平均）

## 2 地理情報の普及促進（データの利活用）



(出所：IGM 資料 2016 年 3 月)

図 2-2 IGM の技術サービスの推移

### 2.2.5 地理情報の整備状況と販売価格

#### (1) 地理情報の整備状況

IGM は、既存の地理情報や最新の地形図およびそのデータ、航空写真、衛星画像、オルソフォト、基準点成果等を整備することを任務としている。IGM が整備・管理する地理情報のアーカイブ状況を整理したものが表 2-8 である。このほかにも、航空写真、衛星画像、オルソフォト、基準点等の標定図がある。地理情報のアーカイブとしては、これまではアナログ情報として管理・販売を行っていたが、近年の JICA や IGN France のプロジェクト成果でデジタル情報として整備が進んできた。

表 2-8 マリ国の地理情報の整備状況

	地図縮尺	図葉面数	データ	備考
小縮尺	1:2,000,000	1 面	アナログ	マリ国全土をカバー
	1:1,000,000	12 面	アナログ	
	1:500,000	33 面	アナログ	マリ国全土をカバー
	1:200,000	137 面	アナログ デジタル	マリ国全土をカバー 118 面 (2016 年 IGN France プロジェクトで更新)
中縮尺	1:50,000	105 面	アナログ デジタル	マリ国全土を 1848 図葉でカバー キタ地区および IGM が作成した 5 面
	1:20,000	4 面	デジタル	バマコ市
	1/10,000	6 面	デジタル	6 コミューン別(主題図)
大縮尺	1/5,000	なし	アナログ	旧 DNCT が 1990 年代のバマコ市部を 1:2,000, 1:5,000, 1:10,000 で作成した。複製原図は DNDC 分室保管。IGM では原則として 1:5000 地形図までが担当範囲で、それ以上の縮尺は原則として作成していない。市役所や地籍局はそれ以上の縮尺を担当する。

(出所：IGM 資料、2016 年 3 月)

## 2 地理情報の普及促進（データの利活用）

### (2) 販売価格

地理情報の販売価格は、印刷図とデジタルデータに大別できる。印刷図は、IGM の前身だった DNCT 時代では、オフセット印刷機による大量印刷が可能であったため、価格が抑えられていたが、現在はインクジェットプロッタから直接出力するため、出力サイズと白黒、カラーの区別により表 2-9 の価格で統一されている。

なお、IGN France が整備した縮尺 1:200,000 地形図ならびに、縮尺 1:200,000 地形図から編纂した縮尺 1:1,000,000 地形図、そして本プロジェクトの成果である縮尺 1:5,000 の地形図・オルソフォトマップおよびカテゴリー毎のデジタルデータについて、IGM が新たに価格設定を行ったので、新規図面価格として下表に記載する。IGM によると、国家予算で整備された地形図に関しては、これまで利潤を追求せず必要経費（人件費、材料費、加工処理費）をベースに価格を設定してきた。しかしながら、今後はデータ更新の費用を確保するため、利益を含めた適切な新価格設定を行った。

また、地形図はマリ国全体とバマコ市内においても広く販売されており、国際機関、大使館、民間が重要な顧客となっている。さらに、マリ国の政府機関からの依頼に関しても、正規の価格で提供している。本プロジェクトの成果である地形図出力も同様の価格として販売する予定である。デジタルデータに関しては、著作権の関係上、契約書を交わし条件を指定して頒布する予定である。

表 2-9 地理情報の販売価格一覧

既存図面・デジタルデータ価格			
Designation(地理情報)	地理情報の内容	価格/Unit	価格/円換算
主題図			
A0 版	デジタルデータ	97,960F CFA/面	17,339 円
A1 版	デジタルデータ	50,480F CFA/面	8,935 円
A2 版	デジタルデータ	26,740F CFA/面	4,733 円
A3 版	デジタルデータ	14,870F CFA/面	2,632 円
A4 版	デジタルデータ	8,935F CFA/面	1,581 円
主題図（大判プロッタ出力）			
A0 版	出力図	11,700F CFA/面	2,071 円
A1 版	出力図	5,850F CFA/面	1,035 円
A2 版	出力図	2,925F CFA/面	518 円
A3 版	出力図	1,465F CFA/面	259 円
A4 版	出力図	730F CFA/面	129 円
地形図（オフセット印刷図）			
縮尺 1:1,000,000 図	印刷図	5,000F CFA/面	885 円

## 2 地理情報の普及促進（データの利活用）

縮尺 1:500,000	印刷図	5,000F CFA/面	885 円
縮尺 1:200,000	印刷図	5,000F CFA/面	885 円
縮尺 1:50,000	印刷図	5,000F CFA/面	885 円
縮尺 1:20,000	印刷図	5,000F CFA/面	885 円
縮尺 1:7,500	印刷図	5,000F CFA/面	885 円
地形図			
全縮尺	デジタルデータ	97,960F CFA/面	17,339 円
写真図（プロッタ白黒出力）			
縮尺 1:1,000,000	出力図	15,000F CFA/面	2,655 円
縮尺 1:50,000	出力図	5000F CFA/面	885 円
新規図面・デジタルデータ価格			
Designation(地理情報)	地理情報の内容	価格/Unit	価格/円換算
<b>1:1,000,000</b>			
普通紙出力	出力図	60,000F CFA/面	10,620 円
写真用紙出力	出力図	75,000F CFA/面	13,275 円
ベクターデータ	デジタルデータ	1,000,000F CFA/式	17,7000 円
ラスターデータ	デジタルデータ	300,000F CFA/式	53,100 円
<b>1:200,000（同一サイズ）</b>			
普通紙出力	出力図	7,500F CFA/面	1,328 円
ラスターデータ	デジタルデータ	30,000F CFA/面	5,310 円
ベクターデータ	デジタルデータ	100,000FCFA/面	17,000 円
<b>1:5,000(バマコ)</b>			
地形図普通紙出力	出力図	10,000F CFA/面	1,770 円
オルソフォト普通紙出力	出力図	13,000F CFA/面	2,301 円
地形図写真紙出力	出力図	15,000F CFA/面	2,655 円
オルソフォト写真紙出力	出力図	20,000F CFA/面	3,540 円
ベクターデータ	デジタルデータ	150,000F CFA/式	26,550 円
ラスターデータ	デジタルデータ	50,000F CFA/式	8,850 円
オルソフォトラスターデータ	デジタルデータ	75,000F CFA/式	13,275 円
<b>データテーマ毎のデジタルデータ</b>			
行政界情報	デジタルデータ	20,000F CFA/Group	3,540 円
道路情報	デジタルデータ	20,000F CFA/Group	3,540 円
インフラストラクチャー情報	デジタルデータ	20,000F CFA/Group	3,540 円
水情報	デジタルデータ	20,000F CFA/Group	3,540 円
地形情報	デジタルデータ	20,000F CFA/Group	3,540 円
土地利用情報	デジタルデータ	20,000F CFA/Group	3,540 円

（出所：IGM 資料、2016 年 10 月、1FCFA=0.177 円 2016 年 8 月平均で換算）

### (3) 地理情報の需要

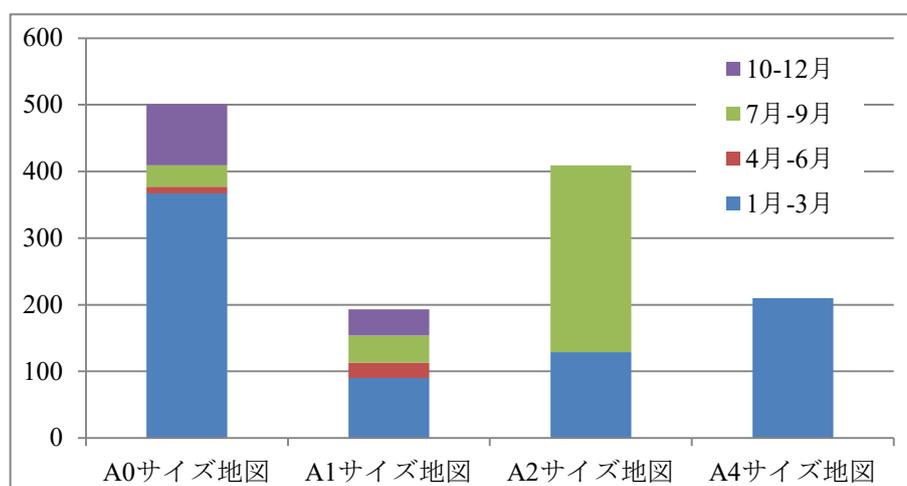
IGM における地理情報の販売状況の動向把握として、IGM 本院の 1 階にある販売部が 4 半期毎に販売実績をまとめている(図 2-3)。前節 2.2.4 で示した 5 ヶ年の販売実績からもわかるよう

## 2 地理情報の普及促進（データの利活用）

に、2012年に発生したクーデター以降、マリ国内の公共事業も低調であり、販売量が60%以上に減少しIGMの組織運営で支障が出ている状況である。

一方地形図の需要としては、大型のA0とA2版までの地図がそのほぼ84%以上を占めている。したがって、顧客は大判の出力ができないために、IGMに依頼していることから、今後大判地図の販売に注力を注ぐことが合理的と推察される。

なお、IGMによると、これまでの販売実績からニーズが高い図面は、縮尺1:500,000各州の地図（カイ、クリコロ、シカソ、セグー、モプチ）や主題図としての縮尺1:10,000のバマコ都市ガイドマップ、道路地図が挙げられる。



（出所：IGM資料、2016年3月）

（単位：枚）

図 2-3 2015年の地理情報の販売部数の実績

### 2.3 バマコ都市域におけるGIS基盤情報の必要性・要望

表2-10は、本プロジェクトの成果品に対する想定されるユーザー（21機関）に対して行ったヒアリングの結果、特に期待度の高かった組織をとりまとめたものである。

GIS基盤データに関する潜在性の高いユーザーからの要望は、GISシステムを導入し各種地理情報を利用したいが、地理情報を使いこなすことができる技術者が少ないため、GIS技術研修を含めた使いやすい地理情報の提供ということに集約できる。そのため、IGMがリーダーシップをとり、地理情報を利用する各ステイクホルダー機関に対して、情報活用について技術的な交流等の啓蒙普及活動が必要であることが明らかになった。

本プロジェクトの成果は、縮尺1:5,000の地形図として、位置と高さの地理情報として参照できる国土の基盤となる地理情報である。現在、各バマコ都市域開発に関わる各官庁は、それぞれ

## 2 地理情報の普及促進（データの利活用）

れの任務から生じるニーズにより各自で主題図等を作成更新している状況である。ただし、これらは平面に限定されている。バマコ都市域の高さに関する参照情報は本成果によって整備されたため、バマコ都市域の開発に関わる各ユーザーにとって有用なデータとなる。特に、高低差が重要になる河川水利関連、水害対策、上下水道整備に関しては、すぐにでも活用できる高いニーズが確認された。

表 2-10 ヒアリング結果の概要

略称	活動内容	本プロジェクトとの関連
AGETIPE 雇用促進事業施工庁	雇用促進のために公共事業の民間委託の監督機関である。	オルソフォト、地形図データ コメント：インフラ整備事業には、本成果は不可欠である。雇用促進事業として道路、家屋、水利整備工事等で民間委託する場合の事前調査に活用できる。
ANASER 国家道路安全局	主要業務は交通インフラ管理や交通事故や安全対策（事故発生位置の特定、道路種別・名称、駐車場の位置確認、リスクのある地域の位置確認）を講じている。	地形図データ、GIS データを追加加工し主題図に活用できる。 コメント：交通事故や安全対策のため、道路状況、交通状況、病院の配置等の情報が重要。主要道路の属性情報を追加し、道路管理に期待できる。
DGPC 市民保護総局（救急、消防等）	都市災害（事故、災害、洪水、火災）の防災活動や被災時の住民保護や救援活動の責任機関。	GIS データ、地形図データ コメント：市民保護やセキュリティデータとして、本成果の道路情報、病院、消防署、警察署等を整備した主題図の配布が可能。
DGCT （国家）地方自治体局	コミュニケーション間の調整業務やコミュニケーション界等の行政界の確定を討議する。	地形図・オルソフォトデータ、GIS データ コメント：行政界を決定するため同局の協力が必要である。
DNACPN （国家）衛生公害局	開発行為における環境影響度や水害防止等の各種調査実施や廃棄物収集・処理施設等の衛生インフラ整備計画を策定する。	地形図データ、航空写真データ、オルソフォトデータ コメント：空地と道路の位置関係から適切な廃棄物収集場所、収集ルート、処理施設建設等の設計に利用価値がある。
DNDC （国家）財産地籍局	マリ国の土地はすべて国有地であり、使用权のみ認められている。その際のその土地登記手続き、地籍測量、土地使用权の売買に関する徴税業務を担当している。主業務で人口統計と合わせた地籍管理を実施している。	地形図データ、航空写真データ、オルソフォトデータ コメント：1：500 の縮尺地図による地籍業務を推進。地方では精度を落とし、50cm 解像度で利用可能。 本成果に地籍データを追加すると地籍管理の基盤データとして利用可能となる。
DNH （国家）水利局	水資源に関する国家政策の策定、水資源のモニタリングそして、マリ全土の上下水道計画の策定や水源地の特定や給水施設の配置の検討等を管轄する。開発機関であり、水資源管理のモニタリングも実施中である。現在、SINEAU（水の国家情報システム）業務を通して水力、水文のデータベースを所有している。	地形図・オルソフォトデータ、GIS データ コメント：本成果の DEM を使用した土地起伏情報は施設整備や洪水対策、水域部の面積測定で利活用可能
DNPD 開発計画局	中長期の国家開発計画政策の開発や地域や地方間の社会経済セクター戦略の調整等の実施機関である。	道路網、観光用地図、主題図 コメント：本成果は、あらゆる開発計画策定に寄与できる。特に、1:5,000 地形図は道路網データや建物名称、位置・形状の特定が可能となり、

## 2 地理情報の普及促進（データの利活用）

		地物を精査するのに役立つ。さらに、住民サービスに対応可能である。
DNR （国家）道路局	マリ全土の道路行政、法整備、道路付帯施設の維持管理を所掌する。実務として、LogiRoad(フランス製道路管理ソフトウェア)を用いて業務を実施している。かつて、道路始終点データの提供および調査をIGMに協力依頼した。	地形図、GISデータ、オルソフォト コメント：道路始終点データ(名称含む)を提供可能であり、今後のデータ更新を考えると相互の協力は不可欠である。
DNUH （国家）都市計画住宅局	都市計画に関する政策策定・実施機関である。バマコ市周辺都市計画は、バマコ市および周辺都市計画マスタープラン（SDU）と各コミューンに対応するセクター別都市計画プラン（PUS）に大別して政策を策定している。	地形図データ、航空写真、オルソフォトデータ、GISデータ コメント：バマコ市周辺地域における都市計画実施機関として、本成果は問題なく利用可能である。
MDB バマコ市役所	中央官庁の各出先機関とともにバマコ市の開発・保全や住民サービスの実施主体である。バマコ市のマスタープランを検討中である。	地形図データ、航空写真、オルソフォトデータ、GISデータ コメント：2016年11月頃から着手予定のマスタープラン策定調査を実施する上で、必ず本成果を活用することになり、この機関が本成果の最も有力の潜在的ユーザーと位置付けられる。
OMATHO （設備運輸僻地開発省）マリホテル観光公社	現在はDNTHとなっており、主にマリ観光のプロモーションと観光のための法律・規則の策定を担っている。	地形図・オルソフォトデータ、GISデータ、航空写真 コメント：バマコのホテル、レストラン、名所旧跡等の観光スポットを追加し、観光地図を更新できる。従前よりIGMとの旅行者用観光図の「マリへのパスポート」を発行・販売した実績がある。なるべく1枚の地図として表示し、広告スポンサーを募り、地図更新のO&M費確保を目指す。
AFD フランス開発庁	(1)バマコ市周辺地区都市開発MP 2011年事前調査実施、5社選択/15社、仕様作成中、2区、5区が衛生・下水基本計画プロジェクト (2)バマコ・カバラ飲料水供給プロジェクト：2億ユーロ（WB、AFD、EIB） (3)地形図のニーズ：不可欠、IGMとコンタクトし情報共有実施	全国の道路管理のため、バマコでの主題図データの整備・道路ネットワーク情報の利用は可能

## 2.4 利活用促進活動の実施

### 2.4.1 キックオフセミナーの開催

本プロジェクトの実施に先立ち、本報告の第1章に記載した本プロジェクトの目的、実施方法、全体のスケジュール、期待される成果、マリ国側の便宜供与について予め取りまとめたインセプションレポート案について2015年2月27日にIGMに対し説明し、双方で合意した。

インセプションレポートの合意後、下表 2-11 の通り、マリ国で地理情報を活用する潜在的なユーザーを対象に本プロジェクトの成果をPRするためのキックオフセミナーを開催した。日本側からは在マリ日本国大使、マリ側からはIGMを所管する設備・運輸・僻地開発省大臣か

## 2 地理情報の普及促進（データの利活用）

らそれぞれ、マリにおける日本の技術協力についてスピーチを頂いた。その後調査団がプロジェクトの概要を説明し、質疑応答を行った。

表 2-11 キックオフセミナー概要

開催日	2015年3月6日
開催場所	アザライグランドホテル（Azalai Grand Hotel） コンファレンスルーム
参加者数	総数：71名 内訳 招待機関：40名 主賓： 設備・運輸・僻地開発省大臣 在マリ日本国特命全権大使 IGM : 17名 日本側 : 11名 プレス : 3名
主要な議論	本プロジェクトの方法論、期待される成果 本プロジェクトにおけるIGMの役割や義務について デジタル地形図作成手法について 本プロジェクトの成果である3次元データやその利活用について

### 2.4.2 NSDI 構築に向けた GIS 基盤データワークショップの開催

各省庁間を横断的に結びつける CIIG が設立後、治安上の問題もあり、2012 年以降活動が停滞した。その後、IGN France プロジェクトによる小縮尺地形図更新の完了やマリ国にとって初めての試みである本プロジェクトの大縮尺地形図作成の開始もあり、これら成果が多方面で活用されるべく地理情報基盤データの受皿の 1 つとして 2015 年に CGIG 設立準備が開始された。

このような状況の中、IGM と利活用促進に関する協議を重ねた結果、想定される地理情報のユーザーである CIIG の加盟機関が本プロジェクトの成果がどのようなものを認識することがマリ国における地理情報の利活用促進に効果的であると理解が一致した。そこで、本プロジェクトの成果を活用し、バマコ市の抱える行政課題について地理情報に用いて見える化するグループ作業（主題図作成）を実体験する機会を提供することにした。

このワークショップは、地理情報は都市行政に活用できるツールであるという共通認識と、IGM のみならず関係省庁（特に CNIG に加盟する省庁）のオーナーシップの醸成を図ることを目的とし、各担当分野の現場レベルの実務者（課長クラス）を対象としたワークショップを開催した。本ワークショップでは、表 2-1 のとおり、本プロジェクトの概要や成果について参加

## 2 地理情報の普及促進（データの利活用）

者に説明したうえで、省庁横断的なグループ討議を行い、主題図作成のプロセスを学んでもらう機会を提供した。

表 2-12 実務者レベルのワークショップ概要

開催日	2016年5月9日
開催場所	設備・運輸・僻地開発省資材・経理部会議場
参加者数	総数：65名 内訳 招待機関：32省庁27名 主賓： 設備・運輸・僻地開発省技術顧問 在マリ日本国臨時代理大使 IGM : 19名 日本側 : 14名
主要な内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>・マリ国地理情報分野と本プロジェクトの位置づけ</li> <li>・地理情報管理センター（CGIG）の設立と役割</li> <li>・主題図の意義と目的</li> <li>・参加型ワークショップ（課題別主題図作成）             <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 主題図作成グループ作業</li> <li>(2) グループ別成果発表</li> <li>(3) ワークショップ評価</li> </ol> </li> </ul>

参加型ワークショップは、2015年にバマコ市役所が作成した都市計画案『Bamako2030』に記載されたバマコ市の抱える開発課題の中から、3つのテーマ（①治安・市民保護、②給水・保健衛生ならびに③観光・教育）を選定した。32省庁からの参加者を担当分野で6グループに分類し、グループ内で省庁横断的なグループ討議を行い、テーマごとの主題図（ゾーニング）作成を約1時間かけてグループ毎に実施した。

なお、IGMは、グループ毎に担当者を配置し、本プロジェクトの成果の一部を利用した大縮尺地形図の活用方法や各参加者の実務利用についてファシリテーターとして側面支援を行った。

各グループの主題図作成の共同作業の発表結果をまとめると下表 2-13 のとおりであった。

表 2-13 参加型ワークショップ（主題図作成）の発表結果

テーマ	班	内容
治安・市民保護	1	主題図テーマ：治安・市民保護 目的：治安重要拠点 SOMAGEP（飲料水公社）への安全確保 民家や市場での火災に対する消防活動 <b>必要データ</b> ：詳細道路情報、電灯、道路標識、信号、治安施設情報
	2	主題図テーマ：バマコ市内の交通事故の最小化 目的：交差点の整備の重要性 <b>必要データ</b> ：交通標識、信号、交通計画

## 2 地理情報の普及促進（データの利活用）

給水・保健衛生	3	主題図テーマ：commune3 の水と健康 目的：健康と施設の関係（保健施設と薬局の分布、用排水路） <b>必要データ</b> ：ごみ処理場、詳細用排水路
	4	主題図テーマ：commune2~3 の健康と衛生 目的：人口過剰の commune2~3 の衛生環境の把握 <b>必要データ</b> ：保健施設情報、ごみ処理場、詳細用排水路
教育・観光	5	主題図テーマ：マリの観光図 目的：国立博物館、国立動物園やサッカー場を含む commune2~3 の観光情報 <b>必要データ</b> ：記念碑情報
	6	主題図テーマ：観光図、学校分布図 目的：行政別観光資源とホテルの分布や学校の分布把握 <b>必要データ</b> ：ホテル情報、教育施設情報

次に、ワークショップ終了後の参加者に対して行ったアンケートの結果について表 2-14 に示す。

表 2-14 ワークショップ参加者のアンケート結果

		非常に思う	思う	あまり思わない	全く思わない	無回答
a	省庁間の地理情報共有の重要性について理解しましたか？	13	9	1	0	6
b	NSDI 構想に対する CIIG の役割について認識しましたか？	13	14	0	0	2
c	ファシリテーター*1 はうまく運営していましたか？	13	15	0	0	1
d	ファシリテーター*1 は適切な時間配分を行っていましたか？	9	18	1	0	1
e	ファシリテーター*1 はテーマの知識を有していましたか？	16	12	1	0	0
f	準備された材料等は役に立ちましたか？	23	5	1	0	0
g	ワークショップを楽しめましたか？	22	7	0	0	0
h	ワークショップがあなたのテーマ認識を改善しましたか？	16	13	0	0	0
i	ワークショップがあなたのスキルアップに寄与しましたか？	11	15	3	0	0
j	ワークショップで学んだ知識やスキルがあなたの職場での業務に役立ちますか？	17	11	0	0	1
k	本 WS についてほかの人にも薦めますか？	23	6	0	0	0

\*1：ファシリテーターは、事前に本プロジェクトで研修を受けた 6 名の IGM 職員

以上の通り、まず CNIG・CRIG や CGIG の理解を促し、本プロジェクト成果の活用方法を本ワークショップ開催の目的である実務者レベルに確実に浸透させるために、本ワークショップ終了後に参加者が各自の上長に報告することを依頼した。

加えて、そのフォローアップとして、IGM が本ワークショップの成果報告書を作成し、各部署の局長レベルに対してワークショップ報告書を提出した。

## 2 地理情報の普及促進（データの利活用）



写真 2-1 実務者向けワークショップの風景（出所：調査団）

### 2.4.3 利活用促進セミナーの開催

本プロジェクト成果の最終報告として、2016年9月28日にIGMに対しドラフトファイナルレポートの内容について説明を行い、その後IGMの内部評価の結果、基本合意された。

ドラフトファイナルレポートの合意後、表 2-15 に示した通り、CNIG ならびに CRIG 加盟省庁を中心としたマリ国の地理情報を活用するユーザーを招待した利活用促進セミナーを開催した。日本側からは在マリ日本国大使をはじめとして、JICA セネガル事務所長、マリ側からは IGM を所管する設備・運輸・僻地開発省事務次官からそれぞれ、マリにおける日本の技術協力についてスピーチを頂いた。セレモニーとして、日本国大使から事務次官宛に成果品の目録の引き渡しを行った。

続いて、調査団がプロジェクトの概要を説明し、IGM は、本プロジェクト終了後の地理情報行政としての基本方針や展望や本プロジェクトで吸収した技術に関する発表を行った。加えて、ユーザー側による発表として、調査団が予めサンプルとして提供したサンプルデータを用いて、バマコ市役所都市計画局や市民保護局が本成果の適用事例について講演を行った。最後に、質疑応答として、本成果の仕様に関する質問、本プロジェクトで IGM が得られた地理情報技術の普及に関する質問等に関する議論を行い閉会した。

表 2-15 利活用促進セミナーの概要

開催日	2016年10月6日
開催場所	Palais des Sports de Bamako
参加者数	総数：129名 内訳 招待機関：57名 主賓：設備・運輸・僻地開発省事務次官 在マリ日本国特命全権大使 国際協力機構セネガル事務所長 IGM : 52名 日本側 : 13名 プレス : 7名

## 2 地理情報の普及促進（データの利活用）

主要な議論	本プロジェクト成果に期待される効果 本プロジェクトの概要と成果（WebGIS・技術仕様の規定集） NSDI 構想に向けた今後の展望 本プロジェクト終了後の IGM の活動方針 本プロジェクト成果の利活用（バマコ市役所、市民保護局） 技術移転成果の発表（空中三角測量、数値編集、GIS）
-------	---



（出所：調査団）

写真 2-2 利活用セミナーの風景

### 2.4.4 IGM オープンフォーラムの開催

本プロジェクトによりバマコ都市域の大縮尺地形図ならびに GIS データ（1:5,000）が整備された。同時に、技術移転プログラムを通じて、今後アップデートを含む再整備に必要な機材が供与され、その機材を用いた技術ノウハウについて IGM は一定のレベルは習得できた。その一方、本プロジェクトで実施したニーズ調査の過程で、地理情報データのユーザー側の課題も明らかになった。地理情報ユーザーが、すべて正確な知識を有している訳でなく、ユーザーに向けた地理情報に関する基本的な情報共有が不可欠であり、IGM は、ユーザーに向けた GIS 等の技術支援サービスが大きな役割であることが認識できた。

そこで、IGM が習得した技術とともに、そもそも GIS データとは何なのか、どうやって作成されるのか等々について地理情報ユーザーにフィードバックし、情報共有する IGM オープンフォーラムを開催した。本年 5 月に開催した実務者レベルの主題図作成のためのワークショップに続いて、今回は下記の効用を期待し開催した（表 2-16）。

- ・ 本プロジェクト実施中に積極的にデータ共有・提供に協力した行政サービス実務者含む地理情報ユーザーや将来の担い手である大学関係者が IGM の作業や成果を直接見学し、質問することで地理情報への理解とともに利用機会や利用者層の裾野の拡大
- ・ 本プロジェクトで実施した大縮尺デジタルステレオマッピングに関する技術移転の内容、地理情報データの作成プロセスについて、IGM が主体的に展示を行い、来客者からの質疑対応を行うことにより、技術や成果品への責任感の自覚化

2 地理情報の普及促進（データの利活用）

表 2-16 IGM オープンフォーラムの概要

開催日	2016年10月13日
開催場所	IGM ラボラトリーおよび大会議室
参加者数	総数：151名 内訳 招待機関：25名 大学：12名 IGM：91名 IGM 地方職員：23名
プログラム	調査団による本オープンフォーラムの開催説明 IGM のラボラトリー内の4か所、2階会議室に分散して、下記内容について参加者に対して、直接データを提示しながら説明した。加えて参加者からの質問について逐次対応説明した。 (1) デモンストレーション（デジタルマッピング技術） ・テーブル1：IGM（三次元計測） ・テーブル2：IGM（GIS データベース管理） ・テーブル3：IGM（デジタル地形図） ・テーブル4：調査団（オープンソース GIS） (2) デモンストレーション（GIS 技術） ・テーブル5：IGM（WebGIS） ・テーブル6：調査団（タブレット内動画を用いた、日本の地理情報活用技術の先進事例紹介）

オープンフォーラム終了後、参加者に対して依頼したアンケート（提出した54名）の結果を下表に示す。

表 2-17 オープンフォーラム参加者のアンケート結果

		非常に 思う	思 う	あまり 思わな い	全く思 わない	無回 答
1	省庁間の地理情報共有の重要性について理解しましたか？	33	16	1	1	3
2	NSDI 構想に対する CIIG の役割について認識しましたか？	12	26	6	4	6
3	説明担当者はうまく運営していましたか？	18	24	8	1	3
4	説明担当者は適切な時間配分を行っていましたか？	16	28	3	0	7
5	今回の内容について多少知識がありましたか？	14	26	13	0	1
6	今回参加してあなたの認識は改善されましたか？	34	18	0	0	2
7	このオープンフォーラムは楽しかったですか？	27	22	4	0	1
8	ワークショップがあなたのスキルアップに寄与しましたか？	17	25	8	1	3
9	今回学んだ知識やスキルがあなたの業務に役立ちますか？	28	18	4	1	3
10	本プロジェクト成果の利用について理解しましたか？	21	20	6	1	6

## 2 地理情報の普及促進（データの利活用）

なお、アンケートのコメント欄に記述を求めたところ、本オープンフォーラムの感謝や興味等の内容以外に貴重な意見が記述されていた。それらを要約すると下記の通りであった。

- QGIS や ArcGIS のソフトウェアを学べるよい機会であった。IGM は、今後も今回のような機会を用意し、地理情報に関する技術支援をパートナー機関に行ってほしい。
- 今回のような開かれたフォーラムをマリの将来を担う大学生に対しても実施してほしい。
- バマコの地形図で課題の行政界について、都市計画に不可欠なので早期改善してほしい。
- IGM は、地理情報ユーザーに対して技術トレーニングする時間を準備し、常に情報公開する姿勢をもってほしい。
- 地形図の更新について 10 年毎に更新する計画等を検討してほしい。CommuneVI の境界線を公式なものにしてほしい。
- パイプライン計画に早速活用したい。
- パンフレットに地形図の価格表、ユーザーガイド等を今後は準備してほしい。
- 今回のみならず引き続きこのような機会を IGM は用意すべきある。ただし、今回は参加者多数で満足できなかったため、1 回 10 名程度の参加者の入れ替えで企画してほしい。

以上から、本成果の技術移転プログラムから得られた知見を IGM が主体的に利用者に伝えることにより、IGM の役割を広報することに加え、地理情報データの根本的な理解や地形図の作成方法に関する理解を利用者側に促し、地理情報ユーザーである大学関係者や行政実務者レベルに本プロジェクト成果の活用方法を浸透させるという本フォーラム開催の目的はおおむね達成できたと推察される。

5 月に開催したワークショップの結果も加えると、IGM や地理情報セクターの現場レベルの活動支援については、マリ国で一定の認知を得られたことは間違いない。今後は、IGM 幹部が主導して CNIG ならびに CRIG 加盟省庁の各部局とともに、マリ国政府の活動として地理情報の標準化、NSDI（国土空間データ基盤）の構想の実現に向けた活動が期待できる。

## 2.5 ウェブサイトの構築

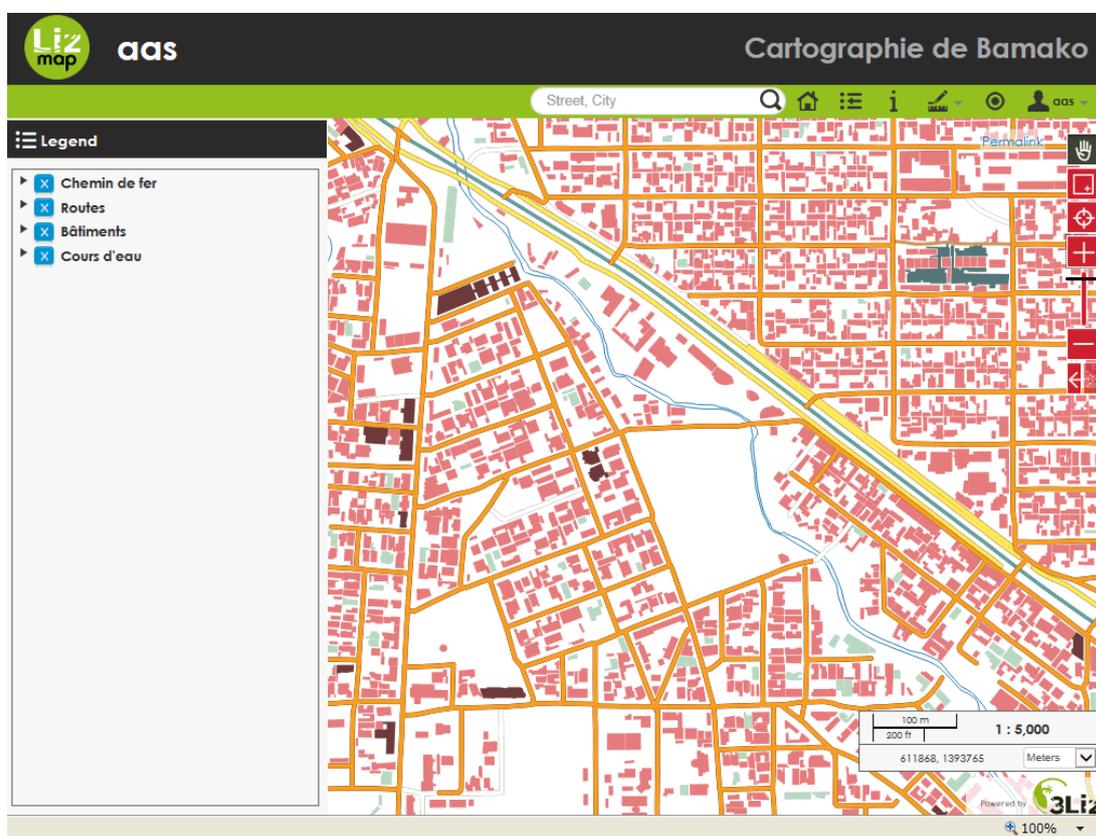
本プロジェクトで整備する GIS 基盤データ情報の共有や公開を図ることで、本プロジェクト終了以降についてもバマコ市の都市開発に関連する潜在的ユーザーの間で継続的な利用や更新依頼等の問い合わせが可能となるウェブサイトの構築について IGM と協議を重ね、設計方針の検討し、ウェブサイトを構築した。

### 2.5.1 WebGIS のデザイン

WebGIS で表示する最終的なコンテンツは、インターネット上で利用可能な一般公開できるように選択した GIS データセットで構成される（下図参照）。セキュリティ上の理由から、IGM と協議の結果、最終的な WebGIS は以下の通り設計された。

## 2 地理情報の普及促進（データの利活用）

- (1) 位置情報（座標値）を付与しない GIS ベクトルデータを使用する。
- (2) ユーザーが地図上でこれらの属性情報や名前を見ることができないように、大使館、国際機関、軍事機関や施設、ホテルのような慎重に扱うべき「公共施設」レイヤーはマスキング処理を行う。
- (3) 「建物」レイヤ（データコード 2101～2106）については1つのデータとして統合し、「建物密集地（総描建物）」として置き換えた。
- (4) WebGIS のデータサイズを圧縮するために、標高値レイヤ（データコード 6101～7107）をマスキング処理した。GIS データサイズは、アップロードのパフォーマンスを左右するためバマコのインターネット接続は注意が必要である。



（出所：調査団作成）

図 2-4 WebGIS のサンプルイメージ

### 2.5.2 WebGIS の設置とシステム管理

WebGIS の設計と整備は、GIS データは QGIS のプラグインである Lizmap を使用して設定され、アップロードされる反復的なプロセスである。本プロジェクトの WebGIS は、縮尺 1:5,000 のバマコデジタル地形図から選別された GIS データセットの可視化により双方向の空間データプラットフォームとして導入された。

## 2 地理情報の普及促進（データの利活用）

本プロジェクトで導入されたプラットフォーム上の GIS データセットは、行政界、建物、水系、選別された公共施設、土地利用ならびに道路関連地物データセットで構成されるよう設定した。WebGIS プラットフォームは、地形図や GIS データセットが改善された際はいつでも更新することができる。

なお、マリ国の通信インフラ状況とアクセスの利便性から WebGIS のコンテンツとしての GIS データセットは、EU（イタリア）のサーバーに 2016 年から 5 年間運用を可能とした。運用方法について IGM 担当者に運用手順や方法について技術指導した。2021 年以降は IGM 自身で維持管理・運営するか、マリ国の通信インフラ状況が改善されるならば IGM 内に移行して管理することとした。

加えて、IGM 内にファイルサーバーを設置した。サーバーは RAID ハードディスクにデータセキュリティの強化やデータのロス低減を設定可能にした。加えて、IGM はオフラインでバックアップデータの作成を可能とした。

### 2.6 今後の方向性

本プロジェクトで整備される GIS 基盤データは、地理情報省庁間協議会（CIIG）や国家地理情報委員会（CNIG）において共有されることを目的として整備されているが、現時点では目立った活動が行われていないのが現状であった。そこで、IGM は CIIG 等の加盟機関相互で更新や多面的利用に関して調整することが役割であると考えられるため、IGM に対して本プロジェクトの利活用促進活動として以下のように、引続き情報収集や実践的な活動を行うよう提言した。

#### (1) GIS 基盤データの追加整備

GIS 基盤データは、図式規定で定めたとおり、地形図を構成する地物の中で共通の主題として扱える項目で構成されたものである。GIS のニーズが多様化しているなかで本プロジェクトの成果がすべてのユーザーを満足させることはできない。従って、前述したワークショップの成果が示したとおり、セクターで横断的に議論すると、GIS 基盤データに対して各省庁の任務から生まれるニーズを満たすための不足情報が明確化する。そこで、IGM は CNIG 等の加盟組織間でテーマごとに調整することで、同じ GIS 基盤データの重複整備を回避し、そして付加情報を明確化することで効率的に追加更新を行う責務を担うこととなる。

#### (2) 縮尺 1:5,000 地形図の整備拡大

近年、マリ国首都バマコ市では人口増加が続いており、1998 年に約 100 万人であった都市人口が 2009 年には 180 万人に増加している（1998/2009 年マリ国勢調査）。流入した住民は、市

## 2 地理情報の普及促進（データの利活用）

街地の周縁部に無秩序に居住しており、都市がスプロール的に拡大しているのが現状であり、宅地造成、衛生インフラや上下水施設の整備においてバマコ市周辺地域の地理情報はなくてはならないものと開発アクターは認識している。

本プロジェクトでは、航空写真撮影面積（1,400km<sup>2</sup>）に対して縮尺 1:5,000 の地形図作成面積は 520km<sup>2</sup> であり、残りのバマコ都市域周辺 880km<sup>2</sup> は未整備である。この未整備エリアはオルソフォトマップを作成するため標定点測量の成果を用いて空中三角測量を実施している。本プロジェクト終了後、これら 3 次元モデルと、第 4 章で後述する技術移転プログラムで習得した各作業工程の知見やノウハウを用いて、IGM 独自で高さ情報を含む整備を継続して進めることが重要となる。

### (3) CGIG への協力と合理的運営（ヒト、機材）

2015 年に CGIG の設立準備が着手された。これは、PNIG の行動計画に基づいたものであるが、当初計画は NSDI を整備する特別目標の初年度 2012 年に設立する予定であった。そこで、当初計画の特別目標達成に必要な活動（IGN France プロジェクトによる 1:200,000 の地形図と本プロジェクト成果のメタデータ目録作成ならびに技術仕様書・法的枠組みの整備）についてこれを機に積極的に推進していくことが肝要である。さらに、CNIG ならびに CRIG の加盟省庁に対して GIS 基盤データの導入研修を実施できる人材の確保が急務である。

### 3. GIS 基盤データ (1:5,000) の整備

#### 3.1 技術仕様の決定

GIS 基盤データ整備業務の開始にあたり、測定の標準や地形図データの仕様について IGM と協議を重ね、縮尺 1:5,000 の GIS 基盤データならびにオルソフォトマップの整備に必要な仕様を決定した。

##### 3.1.1 技術仕様設定のための協議

縮尺 1 : 5,000 デジタル地形図作成のための測定の基準（手法と許容精度）、図式（取得地物項目）および適用規定、成果の仕様（サイズ、言語、整飾）等について IGM は未整備であった。

前章で述べたとおり、マリ国では 2012 年に閣議決定された地理情報国家政策の中で達成すべき上位目標として NSDI の創設が掲げられている。その目標が達成するうえで最も重要となるのは、マリ国における地理情報データの標準化と技術仕様の整備である。IGM が事務局として推進するマリ国の国土空間情報管理において、統一された技術仕様書の整備は本プロジェクトが整備する 1:5,000 の GIS 基盤データそのもの同様に重要となる。

そこで、IGM の既存成果や将来計画との整合性を保持することを含めて十分に協議し、他省庁を含めマリ国で採用する 1:5,000 の地理情報の技術仕様を整備する目的で協議を行った。

##### 3.1.2 IGM のインベントリー調査

仕様協議に先立ち、測定の基準を決定するために、以下の各種既存資料を収集分析した。

- (1) バマコ基準点配置図（基準点配置図および成果、水準点点ノ記、水準路線図）
- (2) IGM 内サーバーシステムや通信環境調査
- (3) 行政名、行政界の範囲、ならびに都市インフラ施設に関する情報の存在
- (4) 既存地形図（IGM）
- (5) IGM の保有技術、人的資源、機材等の再確認

##### 3.1.3 合意された各種技術仕様書

本プロジェクトで作成する縮尺 1:5,000 の GIS 基盤データに必要な各種規定案を予め準備し、各規定案に基づき IGM とそれぞれ協議を行った。最終的に IGM が合意した規定集は、以下のとおりである。この 5 つの規定に準拠して GIS 基盤データとなる縮尺 1:5,000 の地形図ならびにオルソフォトマップを整備した。

### 3 GIS 基盤データ (1:5,000) の整備

- (1) バマコプロジェクト UTM 説明書
- (2) バマコプロジェクト縮尺 1:5000 図整飾情報
- (3) バマコプロジェクト図面付番システム
- (4) バマコプロジェクト縮尺 1:5,000 図式および適用規定
- (5) バマコプロジェクト 1 : 5,000 注記規定

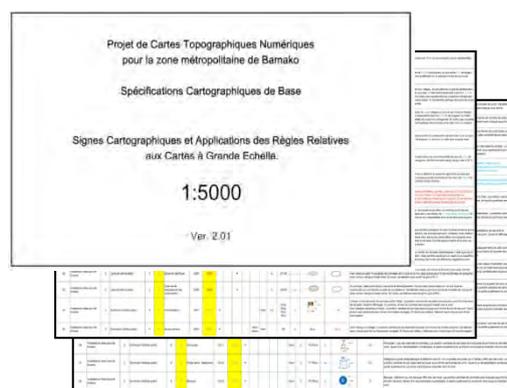


図 3-1 縮尺 1:5,000 図式および適用規定

#### 3.1.4 測量の基準

航空写真撮影、GNSS 観測、水準測量、空中三角測量、現地調査、数値図化、数値編集を行うための測量の基準を IGM と協議を行った。国家基準座標系について、IGM は 2012 年以降、世界測地系への移行を検討していたため、IGM の基準系の変換作業を確認しながら、本プロジェクトで採用する測量基準を設定した。表 3-1 は、本プロジェクトで作成する GIS 基盤データが準拠する測量基準を示したものである。

表 3-1 測量の基準

基準項目	採用
準拠楕円体	WGS84 (World Geodetic System84)
投影法	UTM(Universal Transverse Mercator), Zone 29N
測地系	WGS84 測地系
高さの基準	ダカール港平均海面 (IGM 既存水準点)

次に、標定点測量を実施上、必要不可欠な測量結果の精度基準について IGM と協議し、GNSS 観測、水準測量および航空写真測量に必要な要求精度に関して表 3-2 のとおり設定した。

表 3-2 本調査で適用した精度基準

調査項目	基準・観測仕様
GNSS 観測	観測セッション数：20セッション 観測時間：60分 データ取得間隔：15秒以内 使用する共通のGNSS衛星：5個以上 測量の方法：同時観測
簡易水準測量	2km～4kmに刺針点設置 環閉合差：40mm√S 既知点閉合差：50mm√S

### 3 GIS 基盤データ (1:5,000) の整備

	往復観測差の較差=40m√S S=観測距離 (片道、km 単位)
航空写真撮影 (デジタルカメラ)	オーバーラップ：60%を標準 サイドラップ：30%を標準 固定局と航空機移動局：同時に5衛星以上 撮影報告書：撮影記録、実施者、撮影開始、・終了時間、撮影年月日、カメラ番号、画面距離、GSD、航空機名、撮影高度、カメラキャリブレーションレポート、GNSS/IMU データ、航空機軌跡、撮影精度管理表、技術移転資料、航空写真画像データ、サムネール画像

次に、GNSS 観測、水準測量ならびに空中三角測量で取得された各種データや成果に関する許容誤差については、表 3-3 のとおりとした。

表 3-3 地形図の許容精度

調査項目	水平位置	標高
標定点測量	0.2m 以内	0.2m 以内
空中三角測量検証点	1.5m 以内	1.5m 以内
空中三角測量調整計算	1.5m 以内	1.0m 以内
数値図化	1.5m 以内	1.0m 以内
GIS 基盤データ	3.5m 以内	1.66m 以内 (等高線 2.5m 以内)

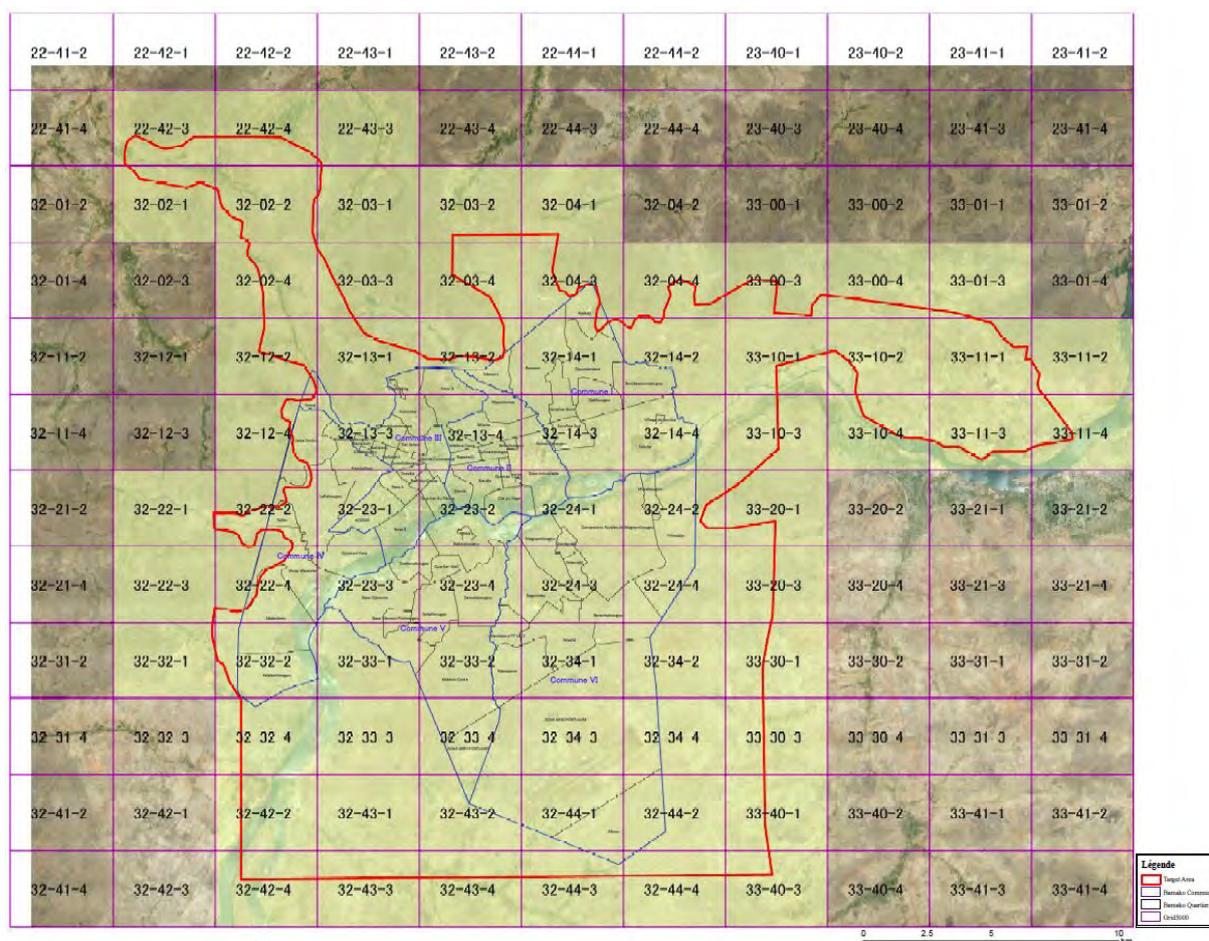
最終成果として整備される GIS 基盤データに含まれる等高線の間隔や単点密度については表 3-4 のとおり合意された。

表 3-4 地形図の等高線間隔

図面	主曲線	計曲線	間曲線	単点間隔 (図上)
1 : 5,000	5m	25m	2.5m	4 点/10cm <sup>2</sup>

最後に、IGM が保有する小縮尺地形図との整合性に則った図面付番ルールに従い、本プロジェクトで作成される縮尺 1:5,000 の地形図ならびにオルソフォトマップの配置は、下図 3-2 に示す標定図で決定された。

### 3 GIS 基盤データ (1:5,000) の整備



(出所：調査団作成)

図 3-2 シートインデックス

赤線内側：地形図作成エリア、紫枠：1:5,000の全図郭、青線：コミューン界、  
黄色：本プロジェクトで作成した地形図の図郭

## 3.2 空中写真撮影監理

### 3.2.1 航空写真撮影

マリには航空写真撮影会社が存在しないため、本プロジェクトではEU（オランダ）の撮影会社に再委託して実施した。技術仕様に従いデジタル航空カメラ UltraCam Eagle（GNSS および慣性計測装置を装備）を用い、デジタル画像の地上解像度を 20cm で仕様を設定した。航空写真撮影の入札、契約、撮影管理、成果品受領までの経過は以下のとおりであった。

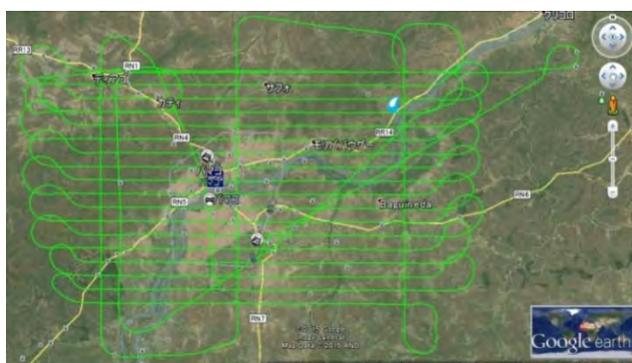
- (1) 2015年2月19日 入札案内
- (2) 2015年2月26-27日 入札図書提出期限、入札図書評価/評価結果の通知
- (3) 2015年3月03日 JICA 本部への再委託選定経緯報告書の説明

### 3 GIS 基盤データ (1:5,000) の整備

- (4) 2015年3月04日 撮影許可の申請
- (5) 2015年3月09日 再委託契約書の締結
- (6) 2015年3月19日 撮影許可証の取得
- (7) 2015年3月20-21日 撮影機の到着、機体検査・GPS/カメラ動作確認
- (8) 2015年3月22日 撮影開始 / 撮影 100%終了
- (9) 2015年4月08日 撮影中間結果の受け入れ検査終了

#### 3.2.2 撮影実施結果

撮影飛行コースは、東西方向 18 コース、南北コース 3 コース。写真枚数は、合計 1,251 枚となった。なお、撮影時には、IGM の既設基準点 (B11) を用いて GPS/IMU データ (撮影主点座標値) を取得した (図 3-3、表 3-5 参照)。



(出所 : Map data©2015 GoogleEarth)



(出所 : 調査団作成)

図 3-3 撮影コースと撮影成果 (左上 : 撮影コース、左下 : 全撮影域、右 : サンプル)

表 3-5 撮影精度管理表

Digital Aerial Photography Quality Control Sheet										Client	Japan International Cooperation Agency			Aircraft	Piper Cheyenne PA31T	Piper Cheyenne IIXL	La Mission d' Etude de la JICA Asia Air Survey Co., Ltd				Date	16/3/2015	Inspector	Ianabu Kawaguchi	(Signature)
Project Name	Digital topographic mapping project for the Bamako Metropolitan Area					Project Period	From : 9th March, 2015 To : 10th May, 2015	Camera	Vexcel Ultra CAM Eagle No.01-70512096	Pixel size=15.1CM Focal length=100.500mm	Date	29/4/2015	Approved	Nobuo Shimizu	(Signature)										
Flight Line No.	Photo No (Start)	Photo No (End)	Number of Photos	Date of Photography	Inspection Item	Forward overlap	Lateral overlap	EO file	κ	φ	ω	Deviation from planned altitude	Out of focus	Halation	Shadow spot	Cloud	Smoke	Haze	Remarks						
					Accuracy requirement	60%±5%	30%±5%	Availability & condition	≤5°	≤3°	≤3°	±5% from planned altitude	No	Less than 3% in each image					※Only adopted results are shown.						
1	1217	1265	49	22-Mar-2015	21	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
2	1169	1216	48	22-Mar-2015	20	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
3	1121	1168	48	22-Mar-2015	19	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
4	2	90	89	22-Mar-2015	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
5	91	151	61	22-Mar-2015	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
6	152	212	61	22-Mar-2015	3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
7	226	286	61	22-Mar-2015	4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
8	287	347	61	22-Mar-2015	5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
9	348	408	61	22-Mar-2015	6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
10	409	468	60	22-Mar-2015	7	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
11	469	528	60	22-Mar-2015	8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
12	529	588	60	22-Mar-2015	9	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
13	589	647	59	22-Mar-2015	10	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
14	648	707	60	22-Mar-2015	11	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
15	708	767	60	22-Mar-2015	12	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
16	768	826	59	22-Mar-2015	13	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
17	827	885	59	22-Mar-2015	14	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
18	886	943	58	22-Mar-2015	15	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
19	944	1002	59	22-Mar-2015	16	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
20	1003	1061	59	22-Mar-2015	17	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
21	1062	1120	59	22-Mar-2015	18	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
21			1,251																						

### 3.3 標定点測量

#### 3.3.1 GPS 観測

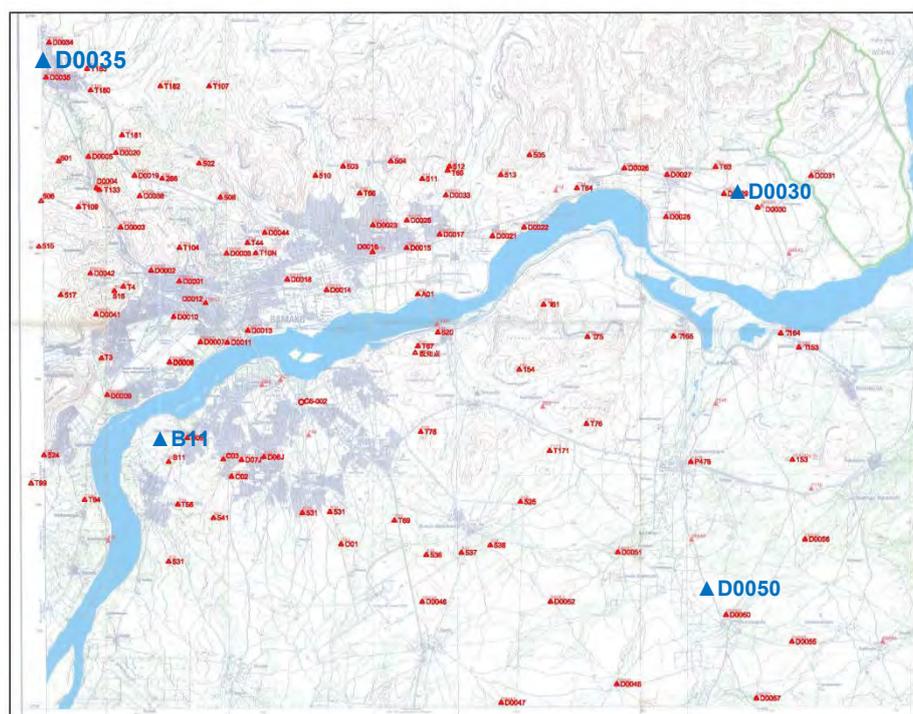
縮尺 1:5,000 の GIS 基盤データ作成による空中三角測量の標定点の水平位置を決定するために、IGM が管理している既存基準点を用いて IGM と協働し標定点測量を実施した。

##### (1) 標定点実施における事前準備

調査実施に先立ち、IGM が管理する既知点（屋上設置点）に本プロジェクトで使用する IGM 所有の GNSS を設置し、単独測位観測による GNSS 機器の動作確認を実施した。

##### (2) 既存基準点の点検確認

バマコ周辺の既存基準点は下図 3-4 のとおりである。この配点図をもとに本調査で用いる基準点を選点し、本プロジェクトの対象範囲内にある既存基準点を選択し、それぞれの点が使用可能か現地踏査し点検を行った。



(出所：IGM 資料から調査団作成)

図 3-4 既存基準点の配点図

点検測量は、まず B11 を固定点とし、放射法によりプロジェクト範囲の境界付近にある D0035、D0030、D0050 の基準点の座標を算出しそれらの座標値を確認した。観測した座標値と既存座

### 3 GIS 基盤データ (1:5,000) の整備

標値との比較した結果を表 3-6 に示す（座標表示は UTM 座標を採用）。観測値を検証した結果、本プロジェクトで採用する精度として問題ないことが確認できた。

表 3-6 観測座標と既存成果との比較

既知点名	観測値 X 座標 観測値 Y 座標	成果値 X 座標 成果値 Y 座標	差
D0035	601333.077	601333.098	-0.021
	1407075.274	1407075.265	0.009
D0030	629561.081	629561.054	0.027
	1401956.465	1401956.434	0.031
D0050	628153.732	628153.783	-0.051
	1385708.196	1385708.276	-0.080

なお、バマコ市周辺における全ての既存基準点が点検調査したわけではないが、調査結果から判断すると、基準点の残存率は概ね 60%程度であると推定され、残りは経年変化による亡失、破損しているものと推定される。

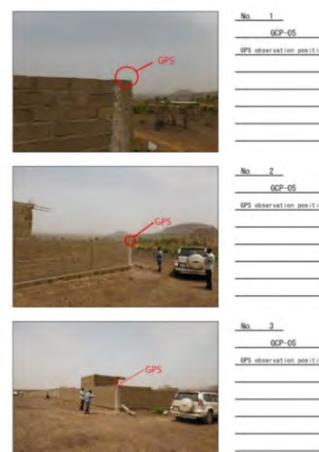


写真 3-1 既存基準点の現状（左：正常な基準点（D0050）、右：破損点（T58））  
（出所：調査団）

#### (3) 標定点選点位置の踏査

空中三角測量で用いる標定点として 27 点（GCP-01～GCP-27）を選点し、それらの状態を確認するため 27 点のすべての踏査を行った。

さらに、現場写真を撮影し、選点者以外でも明確になるよう標定点位置の点ノ記（図 3-5）を作成した。



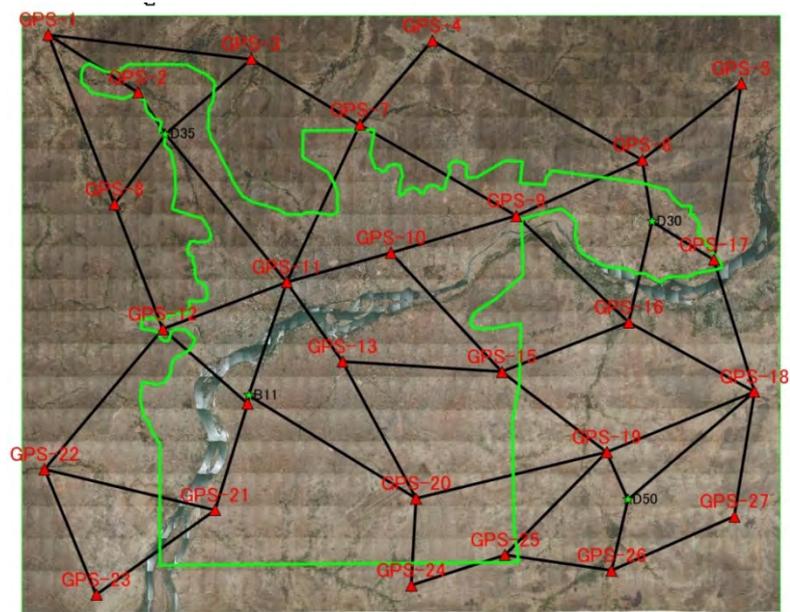
（出所：調査団作成）

図 3-5 標定点の点ノ記

### 3 GIS 基盤データ (1:5,000) の整備

#### (4) 標定点測量の実施

27 点の標定点の GNSS 観測は 4 班編成で構成し、4 台の GNSS を用いて、20 セッションを実施した (図 3-6)。なお、本プロジェクトの標定点測量は、IGM が従来行っている放射法ではなく多角網を用いた観測・計算手法で実施した (写真 3-2 参照)。



(出所：調査団作成)

図 3-6 セッション観測図



(出所：調査団)

写真 3-2 標定点観測量作業実施状況

#### 3.3.2 水準測量

縮尺 1:5,000 デジタル地形図作成における空中三角測量の標定点の標高値を決定するために、IGM が管理している既存水準点を基にして水準測量を実施した。

### 3 GIS 基盤データ (1:5,000) の整備

#### (1) バマコ市周辺における既存水準点の確認

IGM よりバマコ市周辺における既存水準点の情報を入手し、その情報に基づき計画水準路線付近にある既存水準点の確認（標石が現場に存在するかどうか）を行った。

既存水準点の確認結果と IGM から提供された標高値は表 3-7 に示すとおりである。

表 3-7 既存水準点の確認結果と標高値

BM No.	結果	状態	標高 (m)
Mle DET	現存	良好	332.480
Mle 1	亡失		330.413
Mle 2	亡失		324.656
Mle 3	現存	良好	324.948
CT-1	現存	良好	322.789
CT-2	不明		322.199
CT-3	現存	良好	322.130
CT-4	亡失		322.898
CT-5	亡失		322.191
CT-6	亡失		320.760
CT-12	現存	良好	324.489
CT-16	現存	良好	353.859

#### (2) バマコ市周辺における既存基準点の確認

前項の GNSS 観測で既述した IGM が設置したバマコ市周辺における既存基準点の一部は、水準測量により標高値が決定されている。そのため、既存基準点の確認（標石が現場に存在するかどうか）するために現地踏査を実施した。既存基準点の確認結果と IGM から提供された標高値は 11 点中現存している点は 7 点（うち A-01 は状態不良）であった（表 3-8）。

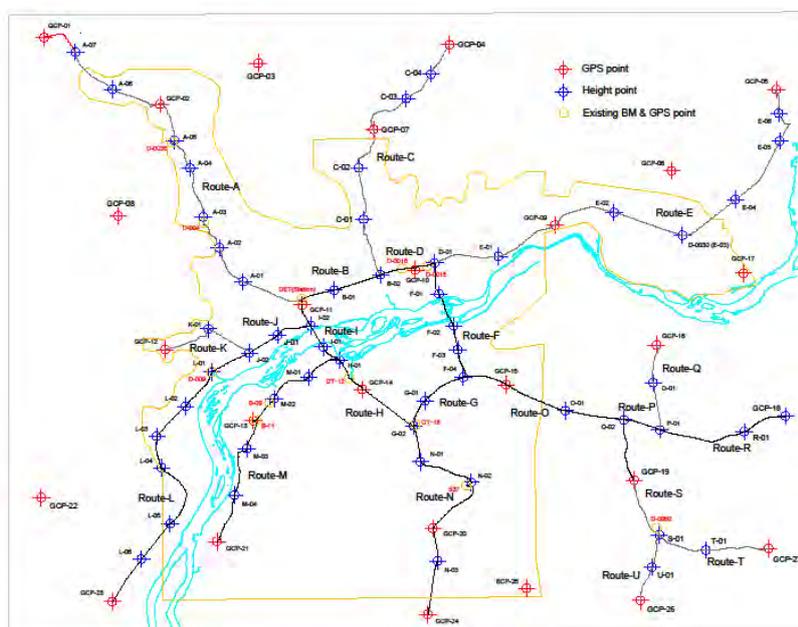
表 3-8 既存基準点の確認結果と標高値

基準点 No.	確認結果	状態	標高 (m)
A-01	現存	破損	316.915
520	亡失		503.500
531	亡失		363.540
537	現存	良好	361.870
B-09	現存	良好	328.745
B-11	現存	良好	348.776
D-002	亡失		349.034
D-004	現存	良好	414.310
D-0015	現存	良好	326.092
D-0016	現存	良好	330.738
T-69	亡失		386.980

### 3 GIS 基盤データ (1:5,000) の整備

#### (3) 水準測量の実施

調査に先立って計画した水準測量路線を基にして、既存水準点と既存基準点（標高値が水準測量で決定されているもの）の位置、道路状況等を考慮して最終的な水準測量路線は図 3-7 のとおりに決定した。



(出所：調査団作成)

図 3-7 水準測量路線図

総距離 196.78km の水準測量は 2015 年 3 月 9 日から 4 月 26 日にかけて 3 班編成で実施した。水準測量の観測と並行して観測簿の整理と標高値の計算、再測定を含めて 2015 年 4 月 28 日に全標定点の標高値を算出した。なお、上述のとおり IGM と決定した測量の精度基準に基づき、水準測量の精度は以下のように実施した。

往復観測差  $40 \text{ mm } \sqrt{D}$

既存点間の併合差  $50 \text{ mm } \sqrt{D}$

注：D は点間距離 (km 単位)

#### (5) 各標定点の標高値の算出

IGM が維持管理している既存水準点と既存基準点の標高値の検証の結果、これらの点の標高値は縮尺 1: 5,000 デジタル地形図作成のための標定点測量の高さの基準として十分な精度を有していることが判明したことから、各標定点の標高値は既存の水準点および既存基準点（水準測量により標高値が決定されているもの）の標高値を基にして決定した。

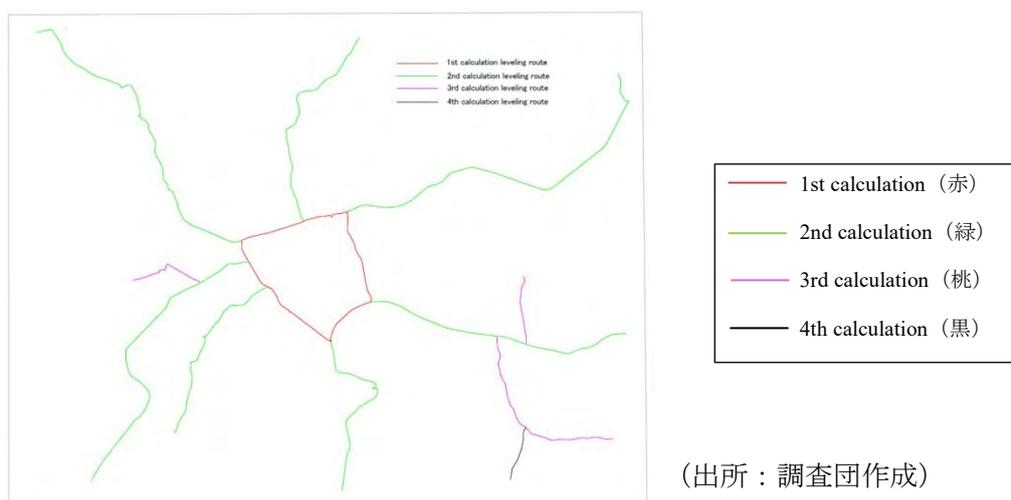
既存水準点の標高値、既存基準点（水準測量により標高値決定）の標高値と水準測量により求められた各点間の標高差を用いて、各標定点の標高値は下記の方法で決定した。

### 3 GIS 基盤データ (1:5,000) の整備

- 1) 既存水準点と既存基準点の標高値は正しいとする。
- 2) 既存点間は水準測量の併合差を距離に比例して誤差配分する。
- 3) 既存点からの突き出し水準測量は往復観測の平均値を標高差とする。
- 4) 既存水準点の配置状況と考慮して、中央の環の水準路線と既存水準点または既存基準点（標高値あり）を結ぶ水準路線を1次路線とする。
- 5) 1次路線に結合する水準路線を2次路線とし、必要により3次路線以下を設定する（表 3-9 および、図 3-8 を参照）。

表 3-9 水準測量における標高計算の順序

解析順序	ルート名
1st calculation (赤)	Loop consisting of Route B, D, F, G, H, I
2nd calculation (緑)	Route A
	Route C
	Route E
	Route J & L
	Route M
	Route N
3rd calculation (桃)	Route O & P & R
	Route K
4th calculation (黒)	Route S & T
	Route U



(出所：調査団作成)

図 3-8 水準測量における標高計算の順序

最終的に決定された各標定点の標高値は表 3-10 に示すとおりである。

表 3-10 各標定点の標高値

水準点				基準点	
Point No	標高 (m)	Point No	標高 (m)	Point No.	標高 (m)
A - 01	348.588	I - 01	322.046	GCP - 01	388.394
A - 02	387.317	I - 02	321.654	GCP - 02	427.830
A - 03	419.394	J - 01	324.342	GCP - 04	386.125
A - 04	440.718	J - 02	327.427	GCP - 05	328.121
A - 05	478.747	K - 01	341.878	GCP - 07	397.827
A - 06	408.459	L - 01	325.411	GCP - 09	312.774
A - 07	404.692	L - 02	328.458	GCP - 10	328.901
B - 01	328.518	L - 03	347.914	GCP - 11	327.984
B - 02	328.354	L - 04	336.509	GCP - 12	341.197
C - 01	359.096	L - 05	326.454	GCP - 13	338.862
C - 02	368.144	L - 06	331.352	GCP - 14	327.329
C - 03	414.719	M - 01	342.840	GCP - 15	334.219
C - 04	391.953	M - 02	327.244	GCP - 16	315.578
D - 01	324.784	M - 03	330.716	GCP - 18	331.872
E - 01	316.131	M - 04	326.842	GCP - 19	344.661
E - 02	325.628	N - 01	386.081	GCP - 20	373.696
E - 03	338.379	N - 02	358.529	GCP - 21	330.397
E - 04	343.011	N - 03	363.020	GCP - 23	329.890
E - 05	315.520	O - 01	348.791	GCP - 24	365.058
E - 06	311.971	O - 02	322.470	GCP - 26	342.746
F - 01	319.351	P - 01	341.957	GCP - 27	368.854
F - 02	323.266	Q - 01	328.939	GCP - 3	416.869
F - 03	322.740	R - 01	343.986	GCP - 6	362.161
F - 04	329.963	S - 01	338.775	GCP - 8	441.896
G - 01	357.175	T - 01	361.979	GCP - 17	316.702
G - 02	351.174	U - 01	339.082	GCP - 22	345.762
H - 01	325.603			GCP - 25	376.738

### 3.4 空中三角測量

日本国内で航空写真の撮影範囲（約 1,400km<sup>2</sup>）に対して空中三角測量を図 3-9 に示した作業工程で実施した。

### 3 GIS 基盤データ (1:5,000) の整備

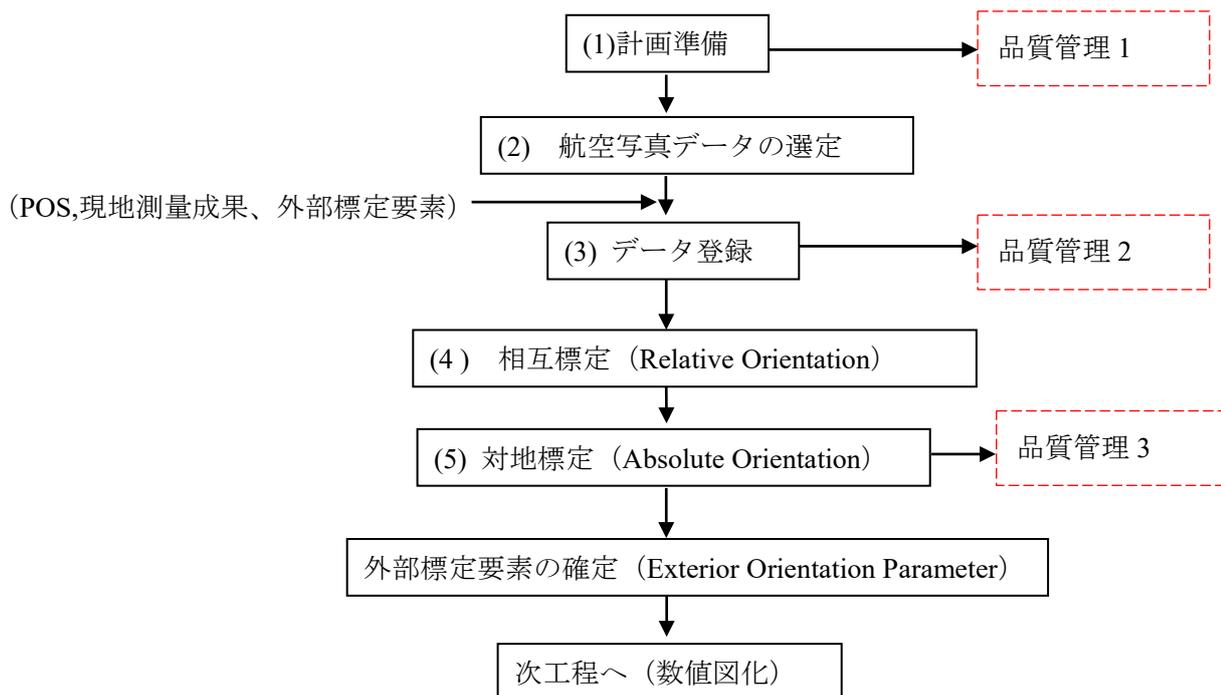


図 3-9 空中三角測量の作業工程

#### 3.4.1 空中三角測量に用いた各種データの受入れ検査（品質管理 1）

空中三角測量を実施するにあたって、航空写真撮影画像とその品質検査結果および、POS - EO 結果と標定点測量の結果をもとに、作業で用いる航空写真デジタルデータと、標定点測量の座標成果を点検し、後続作業の数値図化に必要な外部標定要素を求めた（表 3-11）。

空中三角測量作業で処理した航空写真は全 21 コース 1,222 枚で、標定点測量成果の 80 点を使用した。

表 3-11 各種データの受入れ検査項目

各種の成果	データ分類	点 検 項 目
航空写真成果	航空写真画像データ	各画像→番号、データサイズ確認 画質 → 鮮明度 重複度→ OL60%、SL30% 標定点→ 2枚以上の写真で判読可
	POS-EO データ	Bundle 調整計算→緒元の確認 飛行高度→地上解像度の要求事項確認
	航空カメラ諸元データ	航空カメラ→焦点距離
	写真の位置図（標定図）	POS-EO*情報と撮影位置の一致確認
標定点測量の成果	点ノ記	指針点→明確であるか
	標定点の座標	航空写真撮影の範囲内であるか

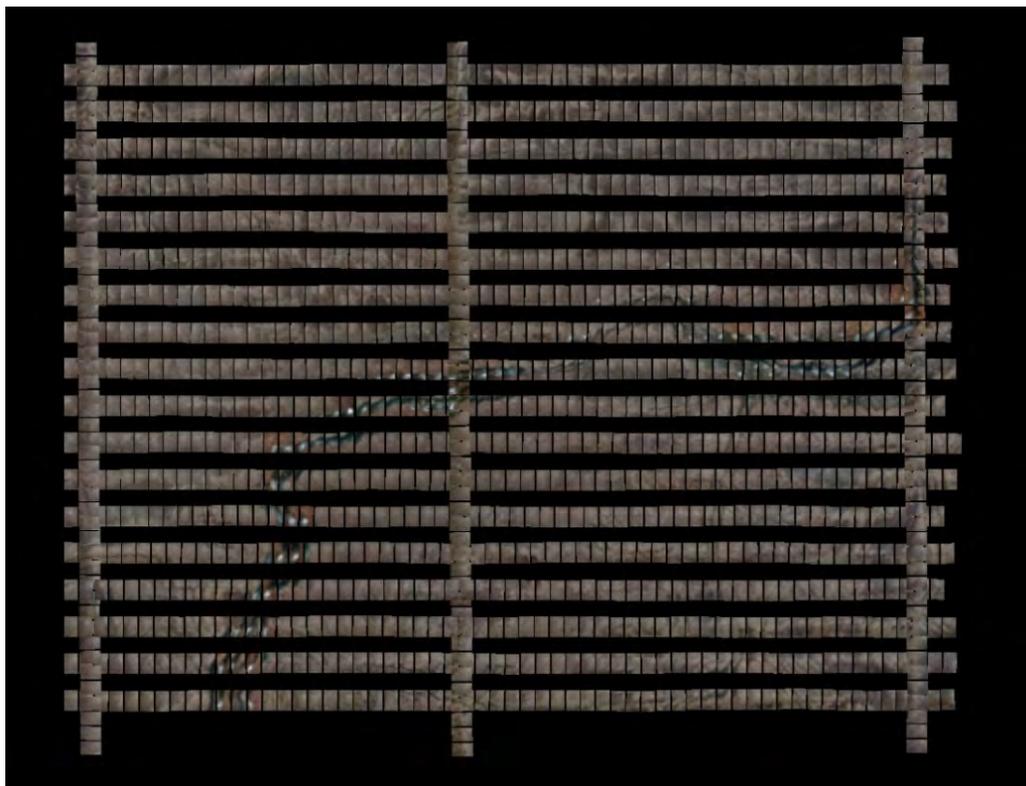
### 3 GIS 基盤データ (1:5,000) の整備

	標定点の位置図 (標定図)	標定点の座標ファイルと一致
--	---------------	---------------

\*POS-EO の近似外部標定要素 (Approximate External Orientation Parameter)

#### 3.4.2 航空写真データの選定

本プロジェクトで撮影した航空写真を示したものが図 3-10 である。本プロジェクトの対象範囲は、全 21 コースで縦の 3 コースと横の 18 コース、総写真枚数は 1,222 枚から構成される。



(出所：調査団作成)

図 3-10 航空写真撮影の標定図

本プロジェクトの航空写真撮影は幸運にも 1 撮影日で実施できたことで POS-EO 成果での飛行高度のバラつきが少ないため、撮影精度が良好であった。そこで、表 3-12 に示した通り、最終的に横コース (東西) 18 コース 1,077 枚で空中三角測量を実施した。

表 3-12 空中三角測量で使用した航空写真の番号リスト

Line No,	写真 No.		写真 No,	枚数	Line No,	写真 No.	～	写真 No,	枚数
C-4	4-31	～	4-90	60	C-18	18-886	～	18-943	58
C-5	5-91	～	5-151	61	C-19	19-944	～	19-1002	59
C-6	6-152	～	6-212	61	C-20	20-1003	～	20-1061	59
C-7	7-226	～	7-286	61	C-21	21-1062	～	21-1120	59
C-8	8-287	～	8-347	61				Total	235

### 3 GIS 基盤データ (1:5,000) の整備

C-9	9-348	～	9-408	61				
C-10	10-409	～	10-468	60				
C-11	11-469	～	11-528	60				
C-12	12-529	～	12-588	60				
C-13	13-589	～	13-647	59				
C-14	14-648	～	14-707	60				
C-15	15-708	～	15-767	60				
C-16	16-768	～	16-826	59				
C-17	17-827	～	17-885	59				
			Total	842				

18strips

Grand Total

1,077

#### 3.4.3 データの登録 (品質管理 2)

航空写真と POS-EO データと航空カメラの焦点距離をもとに、デジタル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、 $\omega, \phi, \kappa$ ) のデータを登録し 3 次元モデルを再現した。

次に、登録した航空写真が正しくステレオモデルとして再現されることをシステムの画面上で目視確認を終了後、表 3-13 に示した POS-EO データ (AEROoffice V5.3d の解析結果 : 7-APR, 2015) および撮影記録 (Flight Report :22-Mar,2015) を用いてデータの登録を行った。

表 3-13 航空写真データ登録時の点検項目

作業工程	登録データの項目	点検内容
航空写真画像登録	航空写真の撮影位置	標定図の座標と POS-EO 成果
	撮影コース	撮影コース番号と写真番号
	飛行高度	撮影高度の平均値 (m)
撮影カメラ登録	航空カメラ種別	カメラの焦点距離 (mm)
画像の解像度	写真縮尺	航空写真の撮影縮尺

#### (1) 航空カメラの緒元

撮影時に使用した航空カメラの緒元は以下のとおりである。

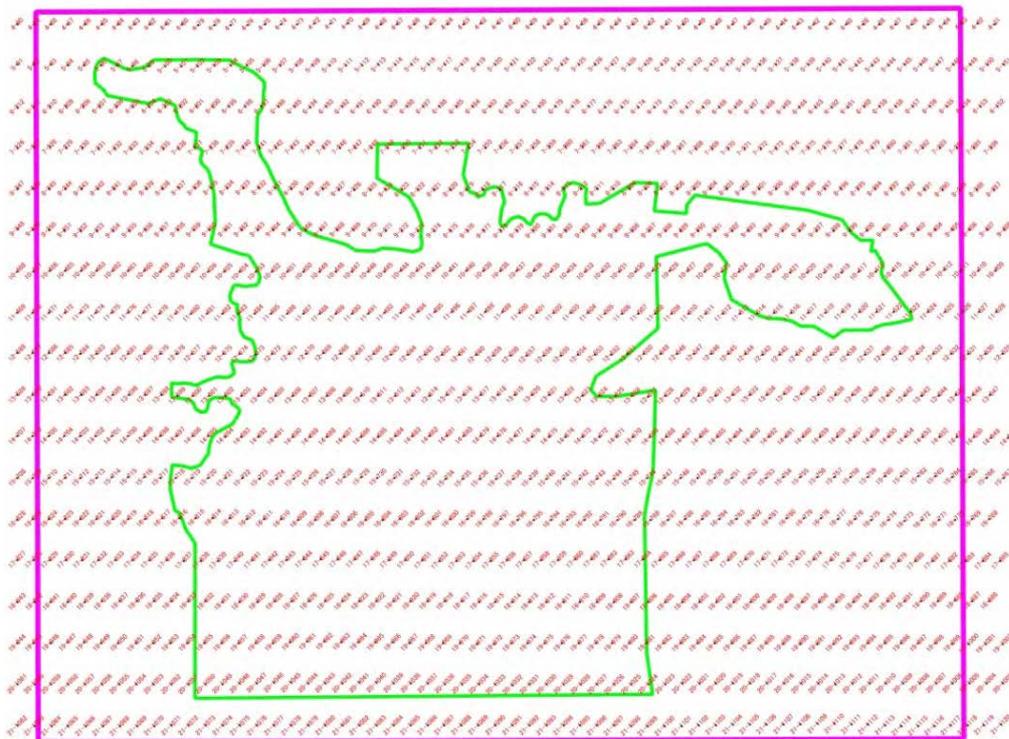
- ・カメラタイプ : UltraCam Eagle, 1-70512096-f100
- ・画像サイズ : 13080, 20010 (H,W Pixel)
- ・CCD サイズ : 0.0052, 0.0052 (mm)
- ・焦点距離 : 100.5 (mm)

\*測定日時 : 06-May-2014

### 3 GIS 基盤データ (1:5,000) の整備

#### (2) 航空写真

航空写真の標定図 (図 3-11) に示す通り 21 コースの撮影枚数 1,251 枚から選択した 18 コース、1,077 枚の航空写真データを用いて空中写真測量を実施した。



(出所：調査団作成)

図 3-11 空中三角測量で使用した航空写真の標定図

- : 1/5,000 地形図範囲
- : 業務範囲     1234 : 航空撮影位置と写真番号

#### (3) POS-EO データ

空中写真撮影時の POS 装置で記録したデータと地上で GNSS 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を算出した。図 3-12 は、POS-EO の成果サンプルを示したものである。

### 3 GIS 基盤データ (1:5,000) の整備

```

Dongle-ID: 2-1364927
Data Manager Output File
4/3/2014 1 15 32 PM
*****
Project: DMC_N652L_140123_bks
Projectfile: J:\ASMI\002_Abidjan\GPS\W140123\WDMC_N652L_140123_bks.aop
Event Marks: W\Jobs\ASMI\1002_Abidjan\GPS\W140123\work\WDMC_N652L_140123_bks.aom
Format Type: User defined
Format Profile: WGS84
Sensor: Leica 01
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-SP1
Defined in: built-in control
Selected Zone: 30
*****
Info from the post processing logfile:
AEROoffice V5.4 2011-09-03
Dongle ID: 2-1364927
2/25/2014 9:00:13 AM
Header of imported GNSS File
Project: 140123
Program: GrafNav Version 8.00.2923
Profile: IGI AEROCTRL
Source: GNSS Epochs (GPS Combined)
Process Info: Unknown on 2/20/2014 at 12:21:48
Datum: WGS84 (processing datum)
Master 1: Name: ELIER, Status: ENABLED
Antenna height: 0.850 m, to ARP (LEIATX1230GG(NONE))
Position: 5 19 48 16576, -3 59 54 97207, 69.215 m (WGS84, Ellipsoidal hgt)
Master 2: Name: ONOMO, 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, Altitude, Scale Factor, SD VE, SD VH
(sec), (Deg), (Deg), (m), (m)
*****
038 0006 402453.397535 384533.785 589374.434 1546.736 0.071704 1.835931 91.093536
038 0007 402437.192123 384531.739 589313.356 1549.930 0.327790 1.853373 91.073505
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 91.354646
038 0010 402447.093092 384541.414 589630.033 1552.944 0.196648 1.975876 91.752825
  
```

図 3-12 POS-EO 成果のサンプル

#### 3.4.4 相互標定 (Relative Orientation)

自動画像ステレオマッチング技術により隣接するステレオの左右画像の同一箇所となるパスポイントとタイポイントを自動で取得し、左右の写真の相互関係を合わせる相互標定を実施した。1モデル当たりの取得基準はモデル間の接続点（パスポイント）を5点とし、コース間の接続点（タイポイント）は各写真単位で1点以上とした結果、18コース、1,077枚の航空写真の総接合点は6,451点となった。

#### 3.4.5 対地標定 (品質管理 3)

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を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、地上座標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を確定した。

空中三角測量の相互標定結果（パスポイント・タイポイントの縦視差）および対地標定結果（標定点測量で求めた基準点成果と空中三角測量で求めた基準点の成果）の残差について精度検証した。

その調整計算結果は表 3-14 のとおりである。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 3-14 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	0.1
	Y (m)	0.05	0.1
	Z (m)	0.08	0.1
	$\omega$ (deg)	0.005	0.005
	$\varphi$ (deg)	0.005	0.005
	$\kappa$ (deg)	0.008	0.008
基準点 XY (H)	標準偏差 (m)	0.64	0.198 (0.246)
	最大値 (m)	1.28	-0.369 (-0.744)
パスポイント・タイポイント	標準偏差 (mm)	0.015	0.002
	最大値 (mm)	0.03	0.009
撮影標高 (m)	-	-	3,200m

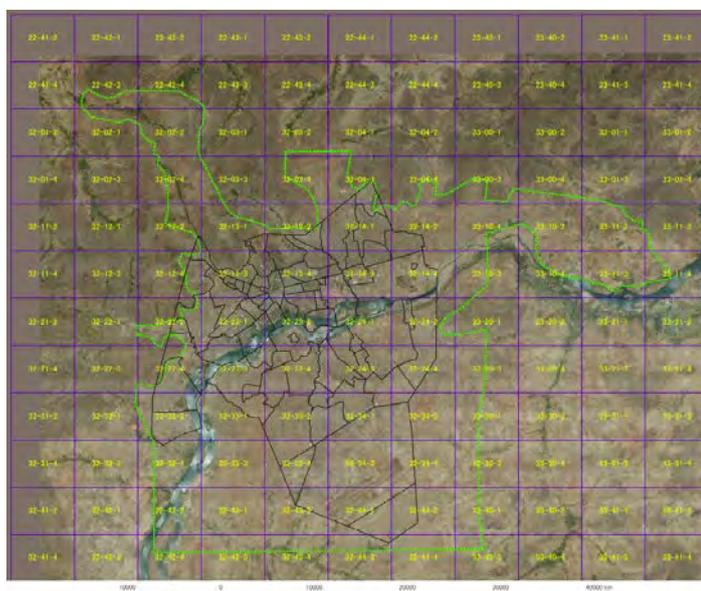
最終の空中三角測量の対地標定結果は、基準点の標準偏差 (XYZ) =0.143m、0.134m、0.438m、平面の標準偏差 (XYZ) =0.198m となり良好な結果となった。

### 3.5 オルソフォト作成

オルソフォトは中心投影である空中写真を標高データ (DEM) や地形変換点を示すブレイクラインを用いて正しい位置と正しい縮尺に正射投影したものであり、地形図同様に画像上で面積や長さの測定が可能となる正射画像である。

#### 3.5.1 オルソフォトマップの範囲

本プロジェクトでは、図 3-13 のとおり、航空写真撮影を行った範囲の内バマコ都市全域の約 1,400km<sup>2</sup> (132 図郭 (1 図郭 = 4.0km×3.0km)) を 1:5,000 の数値図化作業の対象範囲の 520km<sup>2</sup> と数値図化作業の対象範囲外の 880km<sup>2</sup> に分けてオルソフォトを作成した。



(出所：調査団作成)

図 3-13 オルソフォトの作成範囲

### 3.5.2 オルソフォトデータの作成

本プロジェクトでは、下図 3-14 に示した流れでオルソフォトを作成した。

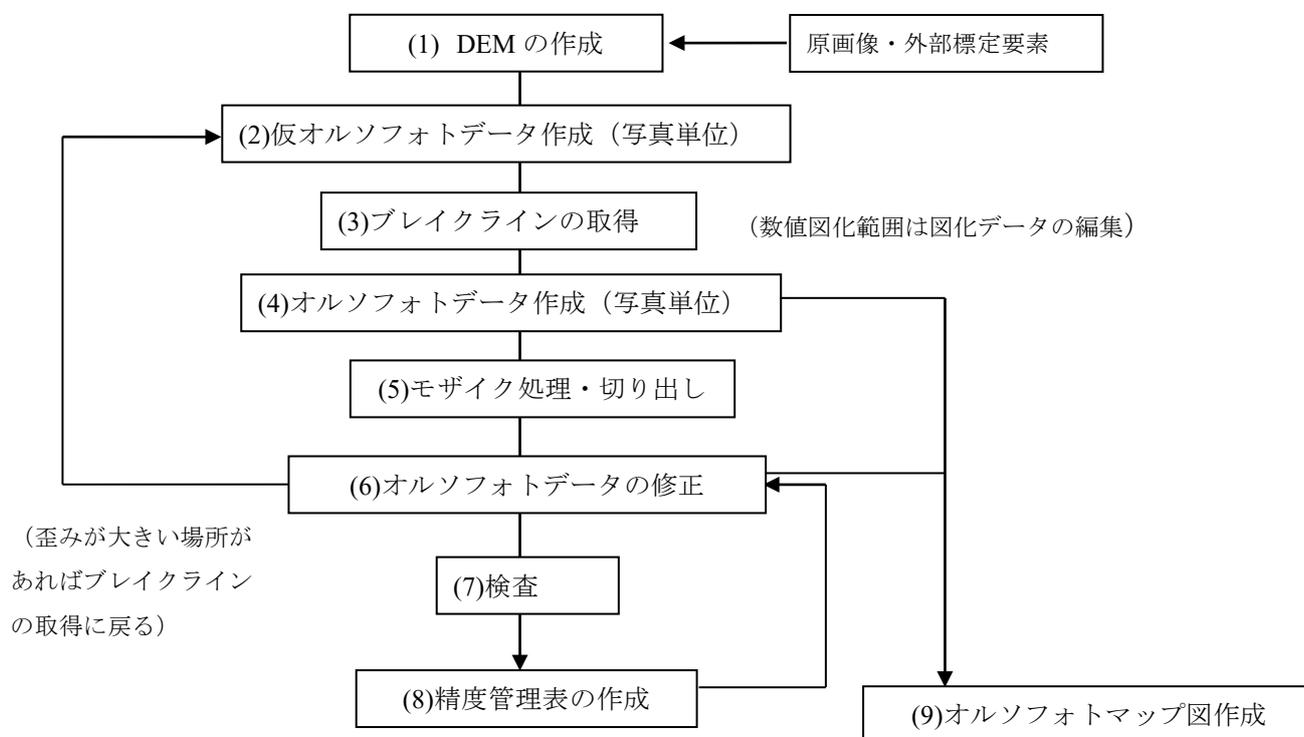


図 3-14 オルソフォト作成のフローチャート

#### (1) DEM の作成

航空写真データ（原画像）と空中三角測量で確定した外部標定要素を用いて自動マッチング手法により DEM データを作成した。不整合箇所については手動修正し DEM データを作成した。

#### (2) 仮オルソフォトデータ作成

生成された DEM データを用いて仮オルソフォトデータ（写真単位）を作成した。

#### (3) ブレイクラインの取得

仮オルソフォトデータより道路や河川等の歪みがある場所を検証し、ステレオモデルを用いてブレイクラインの取得を行った。数値図化範囲については図化データを道路や等高線の地物データに対して編集を行った。

#### (4) オルソフォトデータ作成

DEM データとブレイクラインデータ（編集済みの図化データ）を用いて、オルソフォトデータ（写真単位）を作成した。

#### (5) モザイク処理

写真単位で作成したオルソフォトデータを読み込み自動モザイク処理した。

### 3 GIS 基盤データ (1:5,000) の整備

モザイク処理後、シームラインデータを作成した (図 3-15)。

さらに、写真単位のオルソフォトデータに対して、シームラインデータを用いて図郭単位にモザイク処理されたオルソ画像を作成した。



(出所：調査団作成)

図 3-15 モザイク処理 (シームライン)

#### (6) オルソフォトデータの修正

モニタリングチェックで全体の接合域・歪み・色調について実施した。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。

#### (7) 検査

オルソフォトデータ修正後の画像を、オルソ修正で抽出されたエラー箇所の確認を行い、オルソフォトデータが完成した。

#### (8) 精度管理

オルソフォトデータの位置・DEM の高さの精度については、表 3-15 に示した精度基準で検査を実施し、精度管理表にとりまとめた。

表 3-15 位置および高さの精度基準

地図情報レベル	水平位置の標準偏差	標高点の標準偏差
5000	5.0m 以内	2.5m 以内

加えて、水平位置については、地形図とオルソフォトデータとの較差で精度管理を行い、標高点についてはDEMと三次元空間モデルとの残差を計測することによる精度管理を実施した。



(出所：調査団作成)

FICHE DE CONTROLE-QUALITE POUR L'ORTHOPHOTO

Pointe de controle	Coord. X	Coord. Y	Altitude	Observations
25410	110	110	1.0	
25411	110	111	1.0	
25412	110	112	1.0	
25413	110	113	1.0	
25414	110	114	1.0	
25415	110	115	1.0	
25416	110	116	1.0	
25417	110	117	1.0	
25418	110	118	1.0	
25419	110	119	1.0	
25420	110	120	1.0	
25421	110	121	1.0	
25422	110	122	1.0	
25423	110	123	1.0	
25424	110	124	1.0	
25425	110	125	1.0	
25426	110	126	1.0	
25427	110	127	1.0	
25428	110	128	1.0	
25429	110	129	1.0	
25430	110	130	1.0	
25431	110	131	1.0	
25432	110	132	1.0	
25433	110	133	1.0	
25434	110	134	1.0	
25435	110	135	1.0	
25436	110	136	1.0	
25437	110	137	1.0	
25438	110	138	1.0	
25439	110	139	1.0	
25440	110	140	1.0	
25441	110	141	1.0	
25442	110	142	1.0	
25443	110	143	1.0	
25444	110	144	1.0	
25445	110	145	1.0	
25446	110	146	1.0	
25447	110	147	1.0	
25448	110	148	1.0	
25449	110	149	1.0	
25450	110	150	1.0	
25451	110	151	1.0	
25452	110	152	1.0	
25453	110	153	1.0	
25454	110	154	1.0	
25455	110	155	1.0	
25456	110	156	1.0	
25457	110	157	1.0	
25458	110	158	1.0	
25459	110	159	1.0	
25460	110	160	1.0	
25461	110	161	1.0	
25462	110	162	1.0	
25463	110	163	1.0	
25464	110	164	1.0	
25465	110	165	1.0	
25466	110	166	1.0	
25467	110	167	1.0	
25468	110	168	1.0	
25469	110	169	1.0	
25470	110	170	1.0	
25471	110	171	1.0	
25472	110	172	1.0	
25473	110	173	1.0	
25474	110	174	1.0	
25475	110	175	1.0	
25476	110	176	1.0	
25477	110	177	1.0	
25478	110	178	1.0	
25479	110	179	1.0	
25480	110	180	1.0	
25481	110	181	1.0	
25482	110	182	1.0	
25483	110	183	1.0	
25484	110	184	1.0	
25485	110	185	1.0	
25486	110	186	1.0	
25487	110	187	1.0	
25488	110	188	1.0	
25489	110	189	1.0	
25490	110	190	1.0	
25491	110	191	1.0	
25492	110	192	1.0	
25493	110	193	1.0	
25494	110	194	1.0	
25495	110	195	1.0	
25496	110	196	1.0	
25497	110	197	1.0	
25498	110	198	1.0	
25499	110	199	1.0	
25500	110	200	1.0	

QUALITY CONTROL SHEET FOR DEM

Pointe de controle	Coord. X	Coord. Y	Altitude	Observations
25410	110	110	1.0	
25411	110	111	1.0	
25412	110	112	1.0	
25413	110	113	1.0	
25414	110	114	1.0	
25415	110	115	1.0	
25416	110	116	1.0	
25417	110	117	1.0	
25418	110	118	1.0	
25419	110	119	1.0	
25420	110	120	1.0	
25421	110	121	1.0	
25422	110	122	1.0	
25423	110	123	1.0	
25424	110	124	1.0	
25425	110	125	1.0	
25426	110	126	1.0	
25427	110	127	1.0	
25428	110	128	1.0	
25429	110	129	1.0	
25430	110	130	1.0	
25431	110	131	1.0	
25432	110	132	1.0	
25433	110	133	1.0	
25434	110	134	1.0	
25435	110	135	1.0	
25436	110	136	1.0	
25437	110	137	1.0	
25438	110	138	1.0	
25439	110	139	1.0	
25440	110	140	1.0	
25441	110	141	1.0	
25442	110	142	1.0	
25443	110	143	1.0	
25444	110	144	1.0	
25445	110	145	1.0	
25446	110	146	1.0	
25447	110	147	1.0	
25448	110	148	1.0	
25449	110	149	1.0	
25450	110	150	1.0	
25451	110	151	1.0	
25452	110	152	1.0	
25453	110	153	1.0	
25454	110	154	1.0	
25455	110	155	1.0	
25456	110	156	1.0	
25457	110	157	1.0	
25458	110	158	1.0	
25459	110	159	1.0	
25460	110	160	1.0	
25461	110	161	1.0	
25462	110	162	1.0	
25463	110	163	1.0	
25464	110	164	1.0	
25465	110	165	1.0	
25466	110	166	1.0	
25467	110	167	1.0	
25468	110	168	1.0	
25469	110	169	1.0	
25470	110	170	1.0	
25471	110	171	1.0	
25472	110	172	1.0	
25473	110	173	1.0	
25474	110	174	1.0	
25475	110	175	1.0	
25476	110	176	1.0	
25477	110	177	1.0	
25478	110	178	1.0	
25479	110	179	1.0	
25480	110	180	1.0	
25481	110	181	1.0	
25482	110	182	1.0	
25483	110	183	1.0	
25484	110	184	1.0	
25485	110	185	1.0	
25486	110	186	1.0	
25487	110	187	1.0	
25488	110	188	1.0	
25489	110	189	1.0	
25490	110	190	1.0	
25491	110	191	1.0	
25492	110	192	1.0	
25493	110	193	1.0	
25494	110	194	1.0	
25495	110	195	1.0	
25496	110	196	1.0	
25497	110	197	1.0	
25498	110	198	1.0	
25499	110	199	1.0	
25500	110	200	1.0	

図 3-16 精度管理表出力図 (左図) と平面と高さの精度管理表 (右図)

### 3 GIS 基盤データ (1:5,000) の整備

#### (9) オルソフォトマップ図作成

オルソフォトマップは、数値図化範囲外についてはオルソフォトデータ作成時に使用した DEM と、ブレイクライン・データから等高線を生成した。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編集し、オルソフォトマップ用等高線データを作成した (図 3-17)。

オルソフォトマップ用の整飾を作成し等高線図データとオルソフォトデータを背景にオルソフォトマップ図の作成を実施した。



(出所：調査団作成)

図 3-17 等高線図 (左図) とオルソフォトマップ (右図)

## 3.6 数値図化

### 3.6.1 数値図化対象エリア

数値図化業務は、前節の 3.4 で用いた撮影縮尺約 1:13,000 のカラー航空写真画像データの C4 ~20 コース (前掲の表 3-12 を参照) を使用し、図 3-18 に示すバマコ都市域を中心とした 520km<sup>2</sup> (73 図郭) に対して数値図化を実施した。

なお、本業務は前項 2.1 で採用された「縮尺 1 : 5,000 図式および適用規定」や許容誤差精度に基づき実施された。

### 3 GIS 基盤データ (1:5,000) の整備



(出所：調査団作成)

図 3-18 数値図化対象範囲

#### 3.6.2 数値図化データの作成

本プロジェクトでは、下図 3-19 に示した業務の流れで数値図化データを作成した。

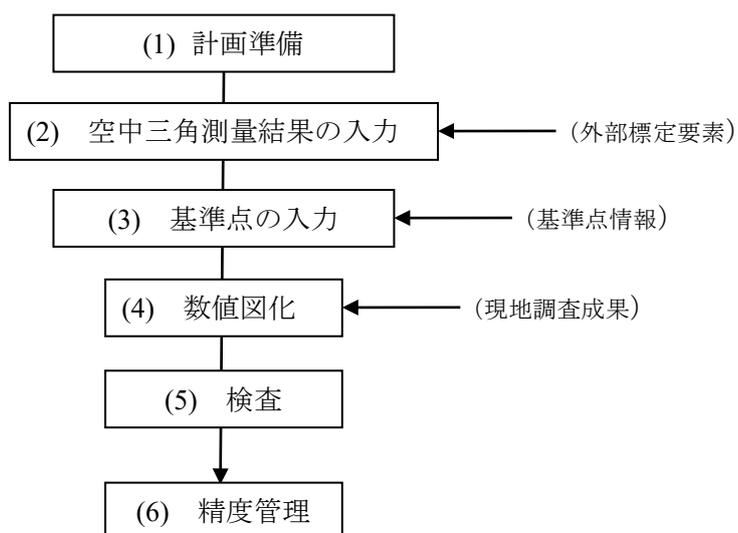


図 3-19 数値図化業務のワークフロー

##### (1) 計画準備

数値図化作業に必要なステレオモデルや前節 3.4 の空中三角測量で得られた成果（外部標定要素）を用いて、「縮尺 1 : 5,000 図式および適用規定」等を用い、数値図化システム環境を設定した。

##### (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システムに取り込み、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。

### 3 GIS 基盤データ (1:5,000) の整備

ステレオモデル画像数はコース間での重複分も含め、約 1,000 モデル程度用いた。

#### (3) 基準点の入力

空中三角測量で用いた基準点情報(一次 GPS 点および水準点)を数値図化データ上に展開し、等高線等の数値図化取得項目との整合を三次元モデル空間上で確認を行った。

#### (4) 数値図化

小物体や建物記号等の写真判読に適さない地物項目以外の取得項目に対して、初期入力として写真判読による数値図化作業を実施し、図化素図や簡易オルソフォトを作成した。

その図化素図や簡易オルソフォトを現地に持ち込み、次項で説明する現地確認調査を行った。マリ国で実施した現地調査で取得した地物属性、位置・形状などのデータを盛り込み最終的な数値図化データを作成した(図 3-20)。



(出所：調査団作成)

図 3-20 現地調査で取得したデータ

数値図化を実施するにあたり、対象地域の特性や土地利用形態ならびに、建物分類の判読補助となる現地写真等も写真判読の参考とした(写真 3-3)。



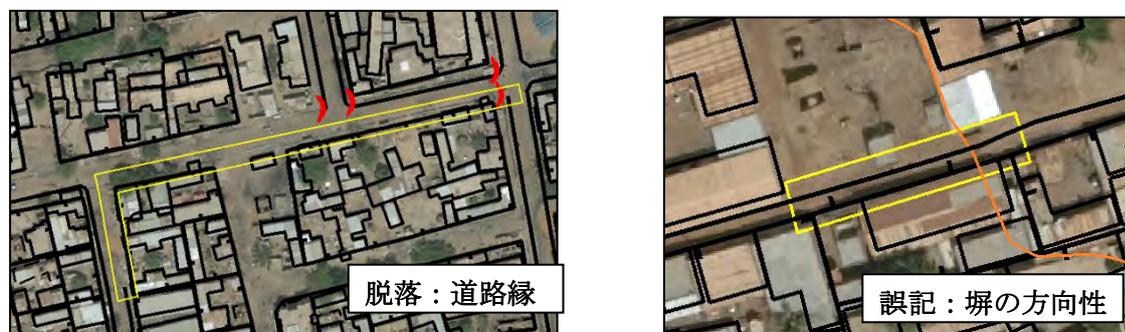
(出所：調査団)

写真 3-3 地物判読用現地写真

### 3 GIS 基盤データ (1:5,000) の整備

#### (5) 検査

取得した各地物分類項目について、「縮尺 1 : 5,000 図式および適用規定」に基づき、適切な地物が取得されているか、取得もれや過剰取得がないか（図 3-21）、そして取得した地物の位置や形状に誤りがないかについて 3 次元空間モデルを用いて図郭単位に目視検査を実施した。



(出所：調査団作成)

図 3-21 数値図化のエラーの例

#### (6) 精度管理

数値データの位置・DEM の高さの精度については表 3-16 に示した許容精度で検査を実施し、精度管理表にとりまとめた。

表 3-16 位置・高さ・等高線の精度基準

地図情報レベル*	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
5,000	3.5m 以内	1.66m 以内	2.5m 以内

\*: ここでいう「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。

## 3.7 現地調査

前項 3.6.2 の(4)で述べたとおり、空中写真から直接判読しがたい地物情報（土地利用、道路の種別（舗装・未舗装）、公共施設等の主要な建物の名称・用途）を現地で直接確認し、地物情報を取得する現地調査を実施した。

### 3.7.1 現地調査のためのワークショップ開催

当初は現地調査に参加する IGM 技師とともに、日本人専門家も現場に同行し、OJT 形式で直接指導しながら実施する計画であった。しかしながら、バマコ市内の治安上の問題から日本人が現場に同行せず、IGM 側が単独で地物情報を取得する方法に変更した。

### 3 GIS 基盤データ (1:5,000) の整備

そこで現地調査に先立ち、参加者全員がともに同一な理解と均一な精度の調査が必要なため、現地調査のためのワークショップを開催した(写真 3-4)。ワークショップは IGM 会議室でのレクチャーと現場での実習を交えて実施した。ワークショップの詳細は次章で詳述する。



(出所：調査団)

写真 3-4 現地調査のワークショップ風景

#### 3.7.2 既存情報 (1:10,000 都市図) の精査

既存資料を整理分析したところ、IGM が 2005 年から 2009 年に発行した縮尺 1:10,000 の平面都市図には本プロジェクトで活用できる道路名や主要施設名称が記載されていた。そこで、作成年度は古い貴重な情報源であることは間違いのないため、現地調査に先立ち、これらのデータを予察検証し、既存データから情報更新することで、現地調査の時間短縮を図った。

**1:10,000 の都市図と今回作成する地形図は図郭も縮尺も異なるため、そのままでは地物位置の比較は困難であった。そこで、調査の効率を上げるために調査図郭に合わせた図郭に切り直し、現地調査用の図面と同縮尺、同図郭のトレーシングペーパー図面 (**

図 3-22) を作成し、現地調査用図面に位置が特定できた地物について図面および野帳に記入しデータの更新を図った。



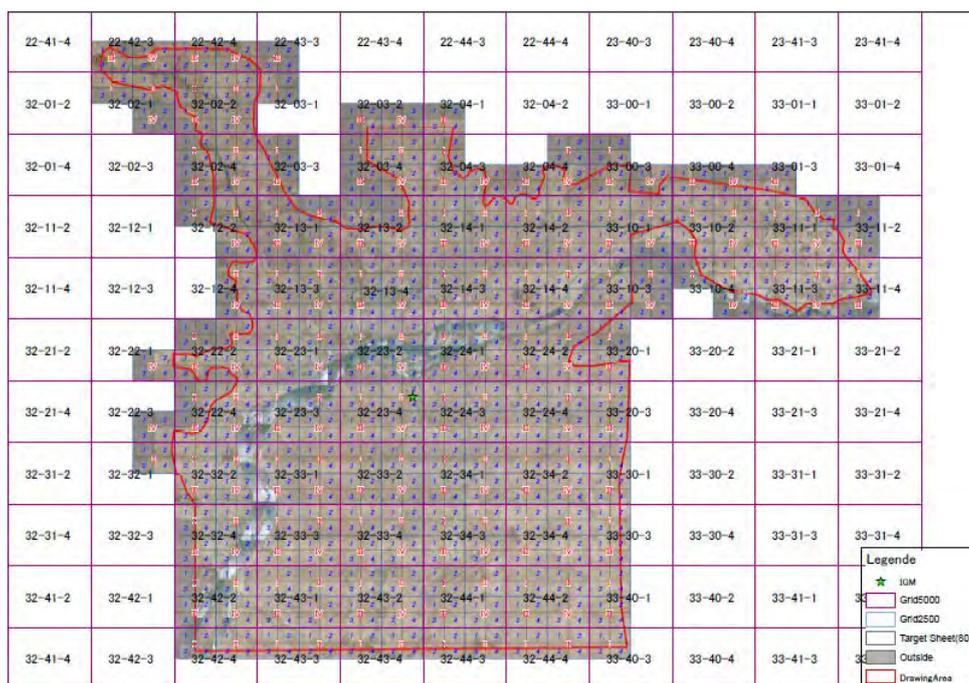
(出所：IGM 資料から調査団作成)

図 3-22 1:10,000 都市図の活用

### 3.7.3 現地確認調査の実施

現地調査は、1チーム2名体制の6チームによって実施した。ワークショップ期間中に習得した調査方法に基づき、下図 3-23 に示した A3 版の現地調査用図面（計 801 図面）を現場に持ち込み、地物情報を収集した。

調査期間は当初 2015 年 11 月 16 日から翌年 1 月 6 日を計画していたが、2015 年 11 月 20 日にバマコ市内で発生したホテル襲撃事件による治安情勢の悪化により 2015 年 12 月 23 日に一旦現地調査を中断し、2016 年 3 月 2 日から調査を再開し業務を完了させた。



(出所：調査団作成)

図 3-23 現地調査範囲図（調査区割）

現地調査では、位置の特定精度を担保するために以下の手法を実施した。

- タブレット上に現地調査用図面と同じ空中写真と現在位置を表示させ、調査地点と現在位置の把握を容易にした（図 3-24 左）。
- 地物名称および範囲とともに取得地点の GNSS 座標を野帳に記載することにより、後続のデータ化作業における調査地点の位置検証データを取得した。
- タブレットのトラッキング機能により現地調査の実績を把握し、現地調査の効率性と適切性を検証した（図 3-24 右）。

### 3 GIS 基盤データ (1:5,000) の整備



(出所：調査団作成)

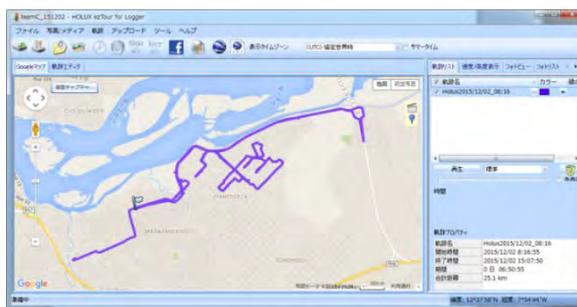


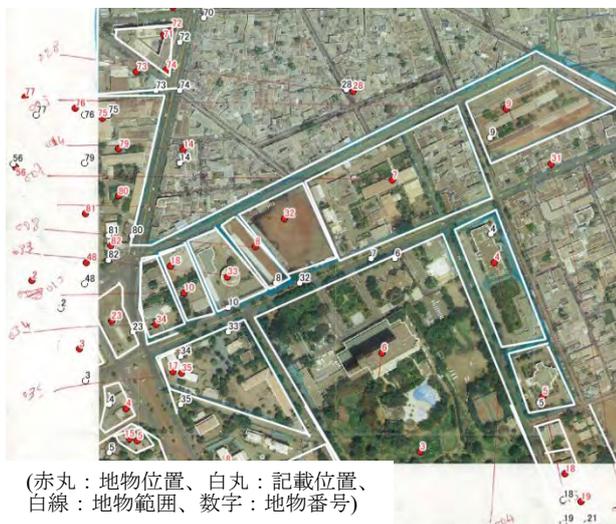
図 3-24 タブレット活用例

(左：航空写真上での位置確認、右：調査活動履歴の確認)

#### 3.7.4 調査結果の整理・データ化

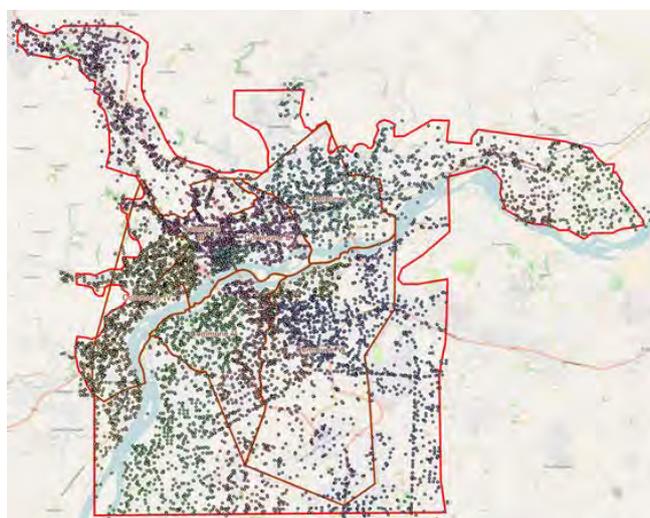
現場で野帳に記載した地物のコード、名称、写真番号、記載位置の緯度経度などをエクセル表に取りまとめた。次に、GIS ソフトを用いて、現地調査実施時に航空写真上に記載した地物の位置情報を GIS データ化した。加えて、エクセル表にまとめた記載データを GIS ソフトに取り込み、航空写真上に記載した位置と GIS 上の位置とを比較することで地物の位置精度を検証した。

調査結果のポイントデータを展開した状況は図 3-25 の右図のとおりである。本調査では、合計 8,628 点の現地データを取得した。



(赤丸：地物位置、白丸：記載位置、  
白線：地物範囲、数字：地物番号)

(出所：調査団作成)



(出所：©OpenStreetMap contributors, 調査団)

図 3-25 現地調査結果のデータ化

(左図：地物整理 右図：調査結果の展開図)

## 3.8 現地補測調査

現地補測は図化編集作業において生じた疑問点を現地にて再確認する作業であるとともに、現地調査時では調査できなかった各種情報（道路名、河川名、地区名等）を資料より確認する作業である。そこで地形図を完成させるために、現地調査結果を盛り込んだ数値図化ならびに数値編集作業過程で発生した疑問箇所の解明を中心に、(1)図面表示用注記の調整、(2)道路や河川の名称や起終点の確認、(3)送電線の接続確認、(4)行政界の最終調整についてマリ国で現地最終調査を実施した。

### 3.8.1 現地補測調査のためのワークショップ

現地調査を実施した IGM の技師を対象として3日間のワークショップを実施した。最初に、現地補測調査の概要についてレクチャー形式で説明を行い、現地調査との相違点について理解させるとともに、地形図の読解力をつけるために「縮尺1:5,000図式および適用規定」を再度説明した。その後、IGMの事務所が含まれている範囲をモデル地区とし調査メンバー全員で実習を行い、各チームの調査結果についてレビューを行い、メンバー間で調査結果を共有した。



(出所：調査団)

写真 3-5 現地補測調査のワークショップ風景

### 3.8.2 現地最終確認箇所の予察作業

補測調査は、数値図化および数値編集においてリストアップされた不明事項を現地にて最終確認を行うことである。限られた時間的な制約があるので、補測調査に先立ち、調査箇所を最少化し、作業効率化を図るために下記2点の予察確認のための室内作業を実施した。

#### (1) 不明箇所の確認

不明箇所の確認は、数値図化および数値編集においてリストアップされた箇所を図面上にマークし、各地点における質問内容の確認を実施した。

#### (2) 建物等名称の再確認

建物等の名称は現地調査時に取得した。名称は、地理情報の品質要素であるため、本調査時に再確認を行った。一方、全建物の確認は不可能なため、絞込んだ確認対象リストを作成した。

### 3.8.3 現地最終確認調査の実施

現地確認調査は、図化編集時に発生した疑問箇所や名称を直接現地で最終確認するため、6チーム体制で4月5日より4月27日の17日間に実施した。

現地確認した調査結果を元に補測調査用リスト（不明箇所リスト、建物等名称リスト）を更新した。調査の結果、内容別の確認箇所の総数をまとめたものが表 3-17 であり、最終的に合計 5,997 点の不明箇所を確認した。なお、建物名等の修正が多い原因は、綴りの入力ミスや単語の先頭文字を大文字に設定したことによるものであった。

表 3-17 不明箇所の調査結果別の確認箇所

確認内容	要修正	削除	修正なし	新規追加	合計
疑問箇所確認調査	695	124	320	326	1,465
名称確認調査	2,231	144	2,138	-	4,513

### 3.8.4 道路および河川の確認調査

地形図上の注記情報の1つとして道路および河川の名称、区間を調査した。IGM と協議を行い、本調査は既存情報からのみ属性データとして活用し、情報が存在しない場合は取り扱わず、将来 IGM が独自で更新をすることで合意した。活用した既存データは表 3-18 のとおりである。

表 3-18 収集資料一覧

種別	収集資料	形態
道路	<ul style="list-style-type: none"> <li>・道路管理図 (CTAC<sup>※1</sup>)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・ Plan d'ensemble bamako et kalababan coro (バマコ市内、Kalaban coro 地区)</li> <li>・ sangarébouougou (sangarébouougou 地区)</li> <li>・ KATI adressage (Kati 地区)</li> </ul> </li> </ul>	デジタル (DWG 形式) 任意座標
	・ 1:10,000 都市図 (IGM)	紙
	・ 道路ネットワークデータ (OCHA)	デジタル (Shape 形式)
河川	・ 1:25,000 バマコ市域図 (作成者 : IGM)	デジタル (Shape 形式)

※1 CTAC : Cellule Technique d'appui aux communes (コミュニケーション技術支援室)

#### (1) 道路名称および起終点の確認

バマコ市内の道路を管理している CTAC から収集した資料はデジタルデータであったが、座標を保持していなかった。そこで、地形図と位置標定し、重ね合わせて比較ができるように同じ図郭単位で出力した (図 3-26 左)。

### 3 GIS 基盤データ (1:5,000) の整備



(出所：調査団)

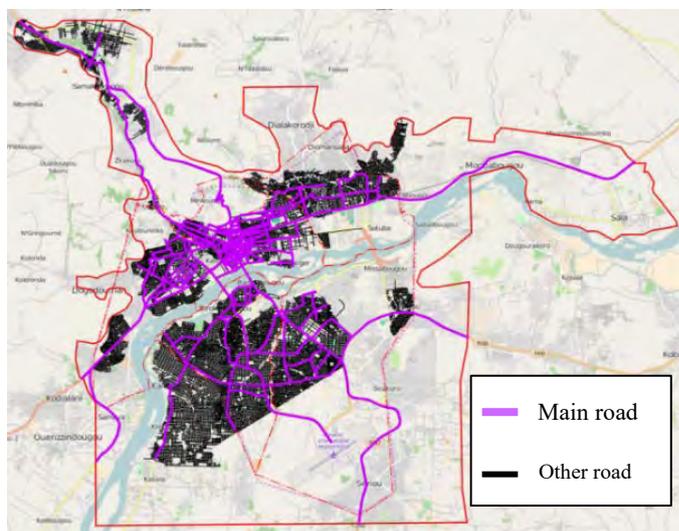


(出所：IGM および CTAC 資料から調査団作成)

図 3-26 位置標定後の道路管理図 (左) と地形図重ね (右)

道路名の確認、修正および起終点位置を記入し、数値図化で取得した道路中心線データに道路名称および起終点位置を登録した (図 3-26 右)。

データ入力後、入力ミスや入力漏れがないか出力検査を実施し、修正が必要な箇所については修正入力した。名称を登録したデータのうち、国道等の幹線道路のみ図面表示用として抽出し、他の道路については、属性情報として保持した (図 2-27)。



(出所：©OpenStreetMap contributors, 調査団作成)

図 3-27 道路データ図

#### (2) 河川名称および起終点の確認

河川名称および起終点の確認は、バマコ市域図 (1:25,000) のデジタルデータ (Shape 形式：IGM 作成) を使用した。収集したデジタルデータから名称のある河川の位置を把握した。河川位置を把握後、地形図データより河川関係のデータコード「4101 : Cours d'eau」、「4102 : Ligne de côte」、「4103 : Canal」、1205: Caniveau」を抽出し、属性情報として河川名称を確定した。

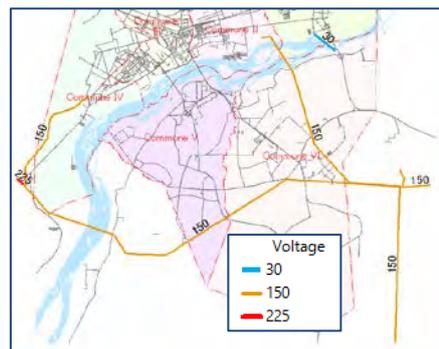


(出所：IGM 資料から調査団作成)

図 3-28 抽出後の河川データ (青太線)

### 3.8.5 送電線の接続確認

高圧の送電線はバマコの重要なインフラの1つである。そこで、送電線を管理する EDM (Energie du Mali) の担当者にヒアリングを行い、送電線の方向や接続箇所について図上で確認した。その際に、電圧の情報について同時に提供されたので、属性情報として入力した。



(出所：調査団作成)

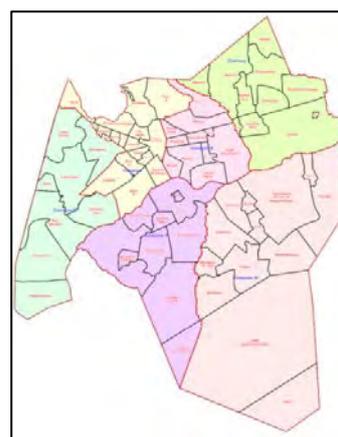
図 3-29 バマコ市の送電線 (電圧 KV)

### 3.8.6 Quartier 界の特定

都市計画等を策定するうえで、行政区域名、地区名は地図上で位置を特定する重要な情報である。ただし、公式な行政界データは内務当局の承認が必要となるので、非公式データとして整備することで IGM と合意している。本プロジェクト当初は、最小行政単位を Commune としたが、同単位では広域すぎるため、IGM と再度協議し、一段階下位の Quartier に変更した。

Quartier 界の作成は、IGM の「1:25,000 バマコ市域図」の行政界データで行った。IGM より提供された行政界データを地形図データに重ね合わせ、河川等の地形要素で境界設定されている区間について、接合処理を行った。最終的に IGM 担当者が境界位置および名称の検収を実施し確定した (図 3-30)。

なお、バマコ市域外 (Kati 県) の Quartier は名称の情報しかないため、境界線は作成せず、地形図上に Quartier 名のみを記載することで IGM と合意した。



(出所：IGM 資料から調査団作成)

図 3-30 バマコ市域内の Quartier

## 3.9 数値編集・記号化

数値編集/補測編集・記号化は、数値図化作業を実施したバマコ都市域を中心とした 520km<sup>2</sup> (全 73 図郭) を対象に実施した。数値編集作業は、数値図化データと現地調査結果に基づき「縮尺 1:5,000 図式および適用規定」に準拠して、取得された地理情報を図面上に整理編集した。補測編集作業は、数値編集時に発生した現地調査の脱落・誤記・不明箇所を補測図にまとめて、現地補測調査の実施場所を指定し、現地確認の結果に基づき編集データに GIS 基盤データとして完成されるために実施した。

### 3 GIS 基盤データ (1:5,000) の整備

記号化作業の過程では、数値編集が完了したデータを用いて、「縮尺 1 : 5,000 図式および適用規定」等の技術仕様書に従い、整飾データや注記記号の調整を行い、最終図面を作成した。

#### 3.9.1 編集業務の方法

本プロジェクトでは、

図 3-31 に示した業務の流れで数値編集データならびに記号化編集データを作成した。

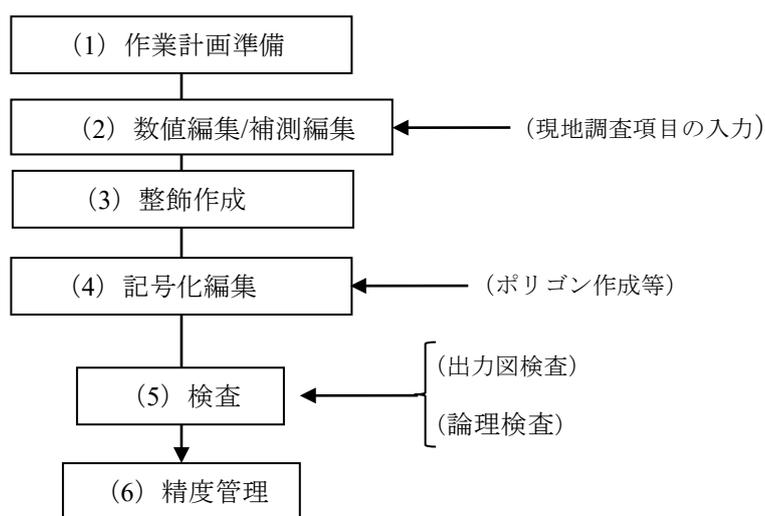


図 3-31 数値編集・記号化編集のワークフロー

#### (1) 作業計画準備

準備作業として、数値編集作業に必要となる数値図化データを 1:5,000 地形図の図郭単位でデータを切り出して作成した。また、数値編集で現地調査の脱落・誤記や不明箇所が発見された場合、現地確認場所を特定した補測図面を作成した。

#### (2) 数値編集/補測編集

##### 1) 数値編集

数値図化で取得したデータの連続性・入力方向の確認、属性項目の追加、陰線・間断処理等を、「縮尺 1 : 5,000 図式および適用規定」に準拠して実施した。

さらに、現地で調査収集した取得項目情報や注記及び建物記号等の入力と修正も合わせて行った。現地調査結果の不明・不足箇所については、後工程の補測編集にて再調査するため、現地補測資料図および現地補測リストの作成を実施した (図 3-32)。

### 3 GIS 基盤データ (1:5,000) の整備

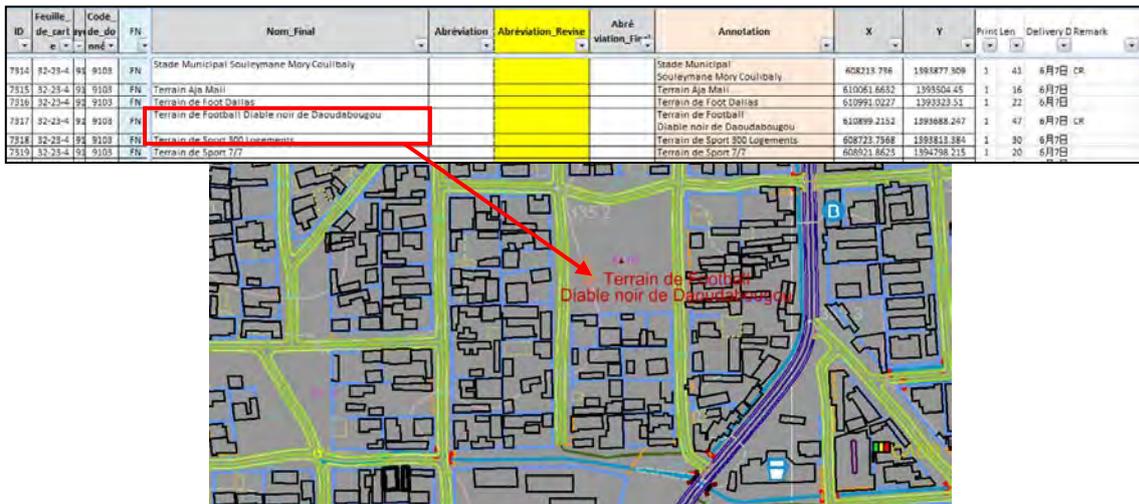


(出所：調査団作成)

図 3-32 現地補測資料図および現地補測リスト

#### 2) 補測編集

補測編集は、補測調査結果についての漏れや作業指示内容との相違が無いか確認し、GIS データおよびエクセルデータでの現地補測結果を、数値編集が完了したデータに追加・修正を加え、補測編集作業を行った。



(出所：調査団作成)

図 3-33 補測編集データ

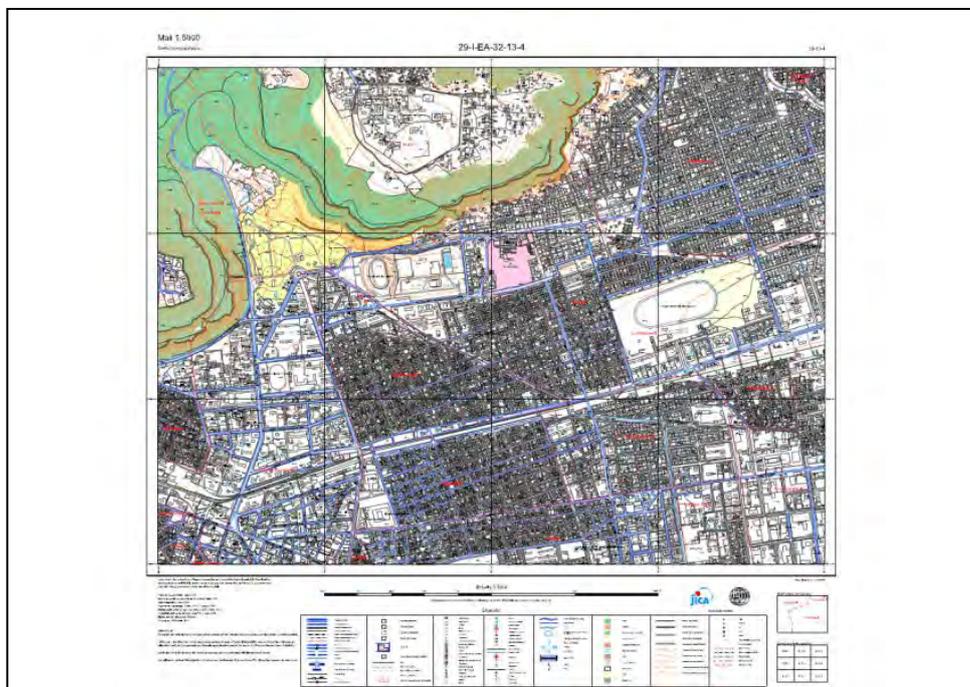
#### (3) 整飾作成

本プロジェクト対象範囲である全 73 図郭について、1/5,000 の図葉名、グリッド座標値、隣接図郭番号・索引図を入力し、凡例及び提供されたロゴを配置して整飾を作成した。

#### (4) 記号化編集

### 3 GIS 基盤データ (1:5,000) の整備

記号化編集は、「縮尺 1 : 5,000 図式および適用規定」に準拠して、塗面表示色および地図記号で印刷出力ができるように、数値編集後のデータにポリゴン入力および地図記号の発生処理を行い、出力ファイル (図 3-34) を作成した。



(出所：調査団作成)

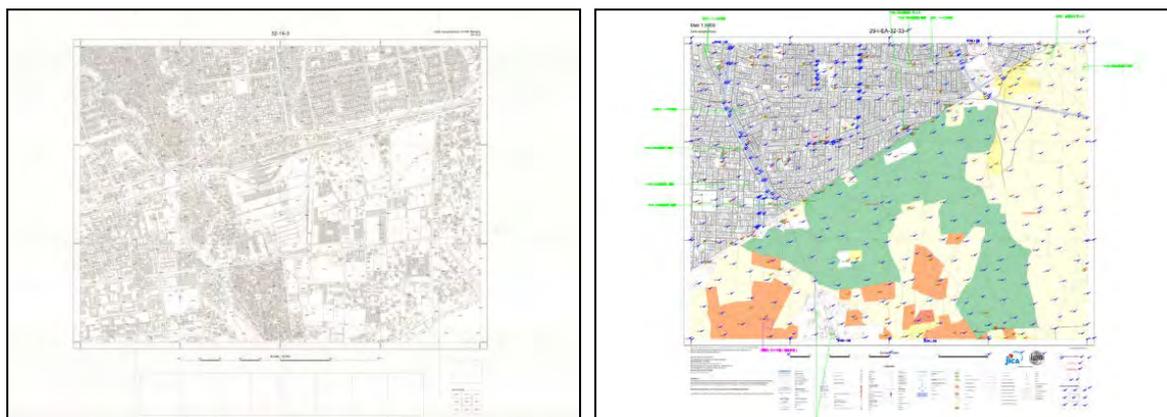
図 3-34 記号化編集データ

#### (5) 検査

数値編集ならびに記号化編集作業の各作業終了時に検査図面を作成し、脱落や誤記に関する目視検査を実施した。加えて、プログラム処理による論理検査も合わせて実施し、データタイプの分類・構造・トポロジーエラーが生じた場合、その都度修正した。

目視検査については、主として等高線と標高単点の整合・配置密度について出図検査を実施し、一方、記号化編集データに関しては、整飾データを合わせて印刷イメージのラスター出力を行い、建物注記データや道路名データと数値編集済みデータを重複表示させてモニタリングチェックなどを行った (図 3-35)。

### 3 GIS 基盤データ (1:5,000) の整備



(出所：調査団作成)

図 3-35 検査図面の例 (左：出力検査、右：モニタリング検査)

#### (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まとめ数値編集精度管理表の作成を実施した。

## 3.10 GIS 構造化

構造化編集は、補測編集で得られた最終化した地形データを使用し、道路中心線の入力や行政界・土地利用に係るポリゴンデータの作成ならびに、「縮尺 1 : 5,000 図式および適用規定」に基づき必要な属性情報を付与するため、GIS 基盤データの構造を構築した。

### 3.10.1 データ構造化の流れ

本プロジェクトでは、図 3-36 に示した業務の流れで GIS 構造化データを作成した。

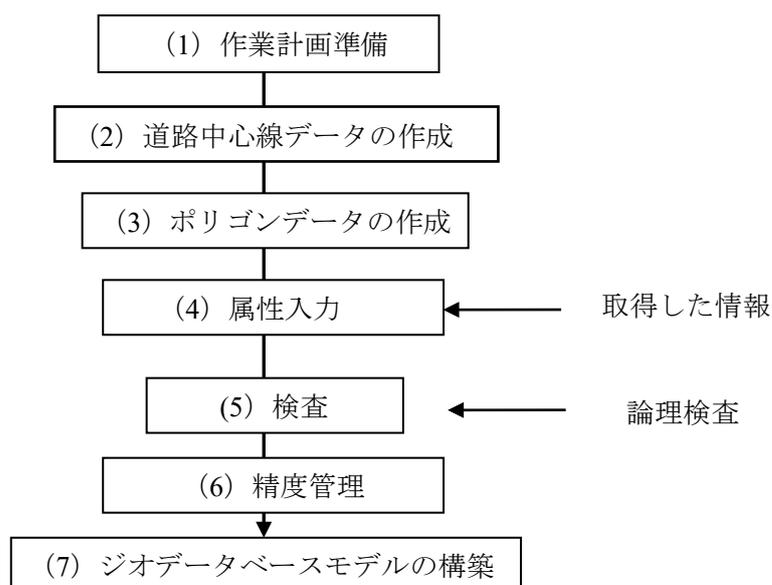


図 3-36 データ構造化のワークフロー

### 3 GIS 基盤データ (1:5,000) の整備

#### (1) 作業計画準備

構造化編集の作業実施に先立ち、現地で取得した GIS 属性データのデータ変換作業、紙に出力した補測情報を準備し、データ構造化作業の計画を行った。

#### (2) 道路中心線データの作成

補測編集データ作業終了後、真幅道路（幅員 5m 以上の道路）に対し、その道路中心部分に中心線の入力を行った。さらに、1 条の記号化道路との接合や交差部分については真幅道路の中心線に接合させ道路ネットワーク化を行った。

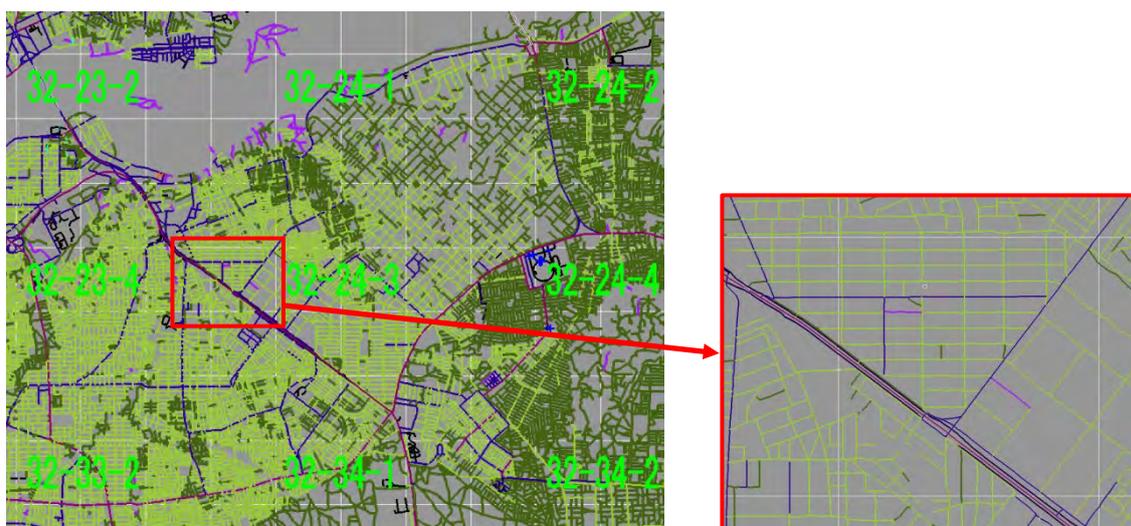


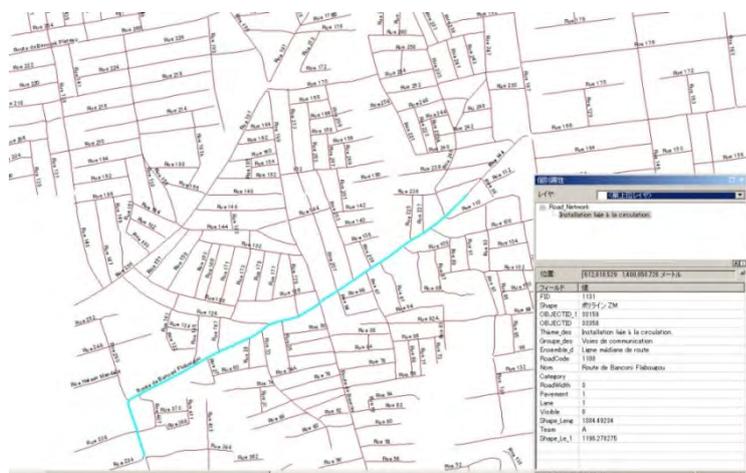
図 3-37 道路中心線の入力データ (出所：調査団作成)

#### (3) ポリゴンデータの作成

建物データについては、ポリゴンデータ化し属性入力可能な構造化データを作成した。土地利用等の関しては、用途別にポリゴンデータ化しそれぞれに属性情報が入力可能なデータ構造を整備した。

#### (4) 属性入力

現地調査等で収集した各種地理情報や属性情報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建物注記等の必要な属性の付加を実施した。



(出所：調査団作成)

図 3-38 道路名入力の例

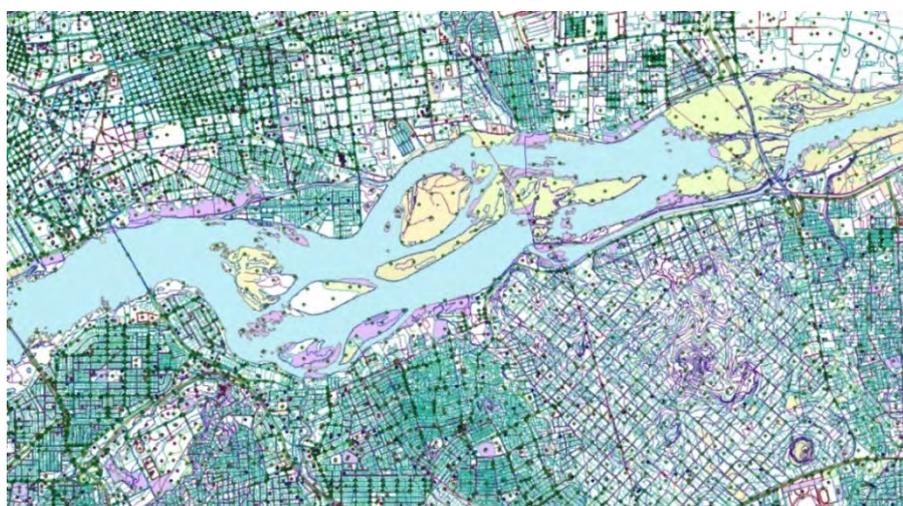
### 3 GIS 基盤データ (1:5,000) の整備

#### (5) 検査

プログラム処理によるデータタイプの属性情報、分類・構造・トポロジーエラーについて論理一貫性検査を行い、データ構造上に不具合を発見した場合その都度修正した。

#### (6) 精度管理

論理一貫性検査で確認されたエラーの数量や修正内容を算出したデータについて、その都度修正しながら精度管理を実施し、最終的にすべての結果を精度管理表に取りまとめた。



(出所：調査団作成)

図 3-39 GIS 基盤データのイメージ

#### (7) ジオデータベースモデルの構築

GIS 基盤データは、都市インフラ整備のために重要であるが、その有効利用はその品質だけでなく、効率的なデータベース管理システムに依存する。本プロジェクトでは、GIS 基盤データの構造化は、様々な GIS データセットの構造と取得された地理情報データを使用して効率的な地理情報データベース管理を設計した。ジオデータベースモデルの特定の目的は、CAD や SHP データをジオデータベース形式に効率的に移行、保存、管理、および処理することである。

##### 1) バマコジオデータベースモデル

GIS データの構造化（以下、バマコジオデータベースモデルとする）は ESRI のシングルユーザーファイルジオデータベースモデルに基づいて設計された。ArcGIS (ESRI 2012) 固有のデータ構造であるジオデータベースは、地物データセットおよび地物クラスの内部にベクトルデータを整理する機能を有する。地物クラスは同じジオメトリタイプ（点、線およびポリゴン）

### 3 GIS 基盤データ (1:5,000) の整備

の空間的地物データを保持する一方、地物データセットは同一座標系や空間領域を共有する地物クラスを格納する。ラスターデータも同様にジオデータベースとして保存された。

#### 2) 概念モデル

概念モデルは、地物と注記を含む 128 種の地物レイヤからコンパイルされた 7 つの地物データセットから構成される (表 3-19)。128 種の地物レイヤは「縮尺 1 : 5,000 の図式規定」に基づいて作成された。なお、概念モデルはラスターデータセット (オルソフォト画像) を含む。

表 3-19 縮尺 1:5,000 図式規定に基づく主要な地物データセット

地物データセット	定義	出所	データタイプ
Administrative	行政界、法定界や国立公園.	IGM	線とポリゴンデータ
Building Infrastructure	建物、文化施設、ランドマークや建物関連施設を表す	IGM/新規	主に注記を含むポリゴンデータ
Public services	公共建物、銀行、学校、宗教施設等を表す	IGM/新規	注記を含む点データ
Hydrography	地表水や移動・貯留・管理する水関連地物を表す	IGM/新規	注記を含む点、線、ポリゴンデータ
Hypsography	地形を表す	IGM/新規	注記を含む標高値、等高線、DEM
Imagery	背景図や参照	新規	航空写真とオルソフォト
Surface overlays	市街地、荒廃地や森林等の土地利用被覆を示す	IGM/新規	注記を含むポリゴンデータ
Transportation	道路、線路に関連するインフラ施設を表す	IGM/CTA C/新規	注記を含む点、線データ

### 3.11 品質管理

上述した通り各作業工程で検査した結果を精度管理表として取りまとめ、品質管理に関する報告書を作成した。ただし、本プロジェクトの成果は、治安上の安全管理を重視して実施したため、現場作業について日本人専門家はほとんど同行しないリモートコントロール下で取得したデータに基づき作成されたものである。

そこで、一連の成果に対する再現性や位置精度を確認・検証するためにマリ国内で標定点測量と日本国内で実施した空中三角測量、数値図化、数値編集により完成したデジタル地形図に対して、GNSS 機器を用いて IGM 技術者による点検測量を実施した。

#### 3.11.1 点検測量の実施

点検測量は、B-11 および D-30 の 2 点の既知点を基線として、本プロジェクトの対象範囲内の河川の両岸に対して 9 点を配置して 4 台の GNSS 機器を用いて同時観測した。地形図上で明瞭

### 3 GIS 基盤データ (1:5,000) の整備

な9か所を選点し、ステレオ画像上でGNSS観測が可能な平坦かつ位置の特定が容易な場所\*の座標を測定した(図3-40)。

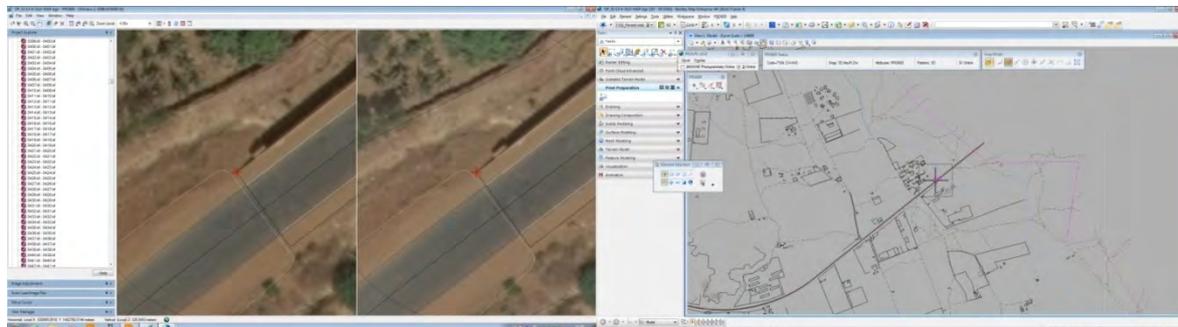
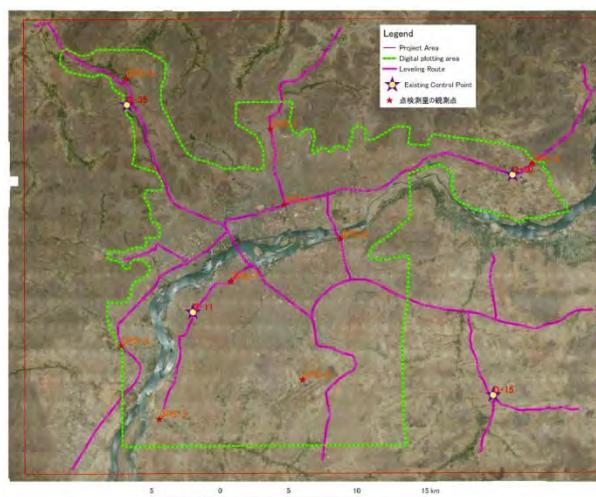


図 3-40 ステレオ画像と地形図 (GPS-8) (出所：調査団作成)

なお、平面に関しては、IGMの所有の座標値、高さに関しては、本プロジェクトで直接水準測量により決定した標高値を採用した(図3-41)。



(出所：調査団作成)

観測点	X	Y	高さ
GPS-1	611,799.617	1,405,693.456	368.250
GPS-2	612,827.091	1,399,738.743	328.338
GPS-3	601,244.131	1,409,008.185	426.400
GPS-4	600,906.118	1,389,309.176	336.882
GPS-5	603,706.274	1,383,907.407	327.015
GPS-6	616,937.584	1,397,205.435	320.209
GPS-7	608,923.969	1,394,046.776	342.793
GPS-8	630,969.092	1,402,760.514	325.549
GPS-9	614,172.210	1,386,819.218	377.592
B-11	606,154.302	1,391,800.147	348.776
D-30	629,561.054	1,401,956.434	338.376
D-35	601,333.098	1,407,075.265	471.762
D-50	628,153.783	1,385,708.276	341.862

図 3-41 点検測量の標定図

以上のとおり設定した検証地点でGNSS機器を用いて観測した後、取得したデータに対して3次元解析を行い、各検証点の座標値を算出した。

\*：現地で位置が特定しやすい地点とは、たとえば橋梁の端や人工構造物の角等が挙げられる。

### 3 GIS 基盤データ (1:5,000) の整備

#### 3.11.2 検証点の解析結果

地形図から測定した位置座標と GNSS 観測による点検測量結果を下表にとりまとめた。この結果から 9 点の検証点に関して、平面と高さの標準偏差は、平面 (X 方向) の SD =±14cm、平面 (Y 方向) の SD =±25cm、高さ (H) の SD =±40cm となった。

以上から、各工程の精度管理を含め、本プロジェクトで整備した総合的な縮尺 1:5,000 の GIS 基盤データセットは位置と高さともに十分な精度を保持した一連のデジタル地形図作成業務の結果であると評価できた。

表 3-20 点検測量の結果

													2016/7/29		
Points	X/Northing	Y/Easting	z	Latitude	Longitude		Remesured	Remesured	Remesured	dx	dy	dz			
B11	1391800.148	606154.3031	348.776	12° 35' 17.70883" N	8° 01' 21.79025" W	348.7760 m									
D30	1401956.848	629651.5538	338.376	12° 40' 45.12930" N	7° 48' 24.60338" W	338.2916 m									
D35	1407075.267	601333.0993	471.762	12° 43' 35.49088" N	8° 03' 59.75565" W	471.7829 m									
D50	1385708.277	628153.7814	341.862												
B11	1391800.148	606154.3031													
D30	1401956.512	629561.2055													
D35	1407075.341	601333.0543													
GPS1	1405694.004	611799.7997	368.1128	12° 42' 49.24356" N	7° 58' 12.89305" W	368.1128	611799.617	1405693.456	368.250	-0.18	-0.55	0.14			
GPS2	1399738.239	612825.3021	327.9379	12° 39' 35.25570" N	7° 57' 39.67938" W	327.9379	612824.946	1399738.078	328.200	-0.36	-0.16	0.26			
GPS3	1409008.162	601244.5408	426.6814	12° 44' 38.41473" N	8° 04' 02.46053" W	426.6814	601244.131	1409008.185	426.4	-0.41	0.02	-0.28			
GPS4	1389309.779	600906.3184	336.882	12° 33' 57.26540" N	8° 04' 15.99603" W	336.7222	600906.118	1389309.176	336.882	-0.20	-0.60	0.00			
GPS5	1383909.331	603705.7226	326.9549	12° 31' 01.15297" N	8° 02' 43.88096" W	326.9549	603705.496	1383909.038	327.015	-0.23	-0.29	0.06			
GPS6	1397204.828	616938.6042	319.6786	12° 38' 12.25421" N	7° 55' 23.67974" W	319.6786	616938.143	1397204.800	320.000	-0.46	-0.03	0.32			
GPS7	1394047.132	608924.0332	342.8172	12° 36' 30.50806" N	7° 59' 49.72016" W	342.8172	608923.969	1394046.776	342.793	-0.06	-0.36	-0.02			
GPS8	1402760.374	630969.1504	325.549	12° 41' 11.08222" N	7° 47' 37.80925" W	324.543	630969.092	1402760.514	324.543	-0.06	0.14	-1.01			
GPS9	1386817.858	614172.0733	377.855	12° 32' 34.53168" N	7° 56' 56.75120" W	377.855	614171.830	1386817.691	377.592	-0.24	-0.17	-0.26			
									GPS Pts. SD=	0.14	0.25	0.40			

## 4. 技術移転プログラム

### 4.1 プログラムの実施要領

本プロジェクトの技術移転プログラムは、本プロジェクトで調達し供与されたハードウェアやソフトウェアを用いて、縮尺 1:5,000 の GIS 基盤データならびにオルソフォトマップの整備を行う中で、下記内容を基本方針として実施した。

- 1) 実施された技術移転プログラムにより IGM の技術レベルを高め、本プロジェクトの対象範囲の追加・更新を含めた GIS 基盤情報の維持管理が IGM 自身で対応が可能となること
- 2) 本プロジェクトの成果がマリ国の GIS 基盤データとして CIIG を構成する省庁間で認知・活用され、NSDI（国土空間基盤インフラ）の一部としてバマコ都市圏の開発計画に寄与されること

特に、本成果の直接的な受益者（地理情報ユーザー）となりうる CNIG や CRIG に加盟する省庁や自治体に対し地理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。したがって、本プロジェクトの成果に対する責任を自覚させることも含めて、開始当初より IGM と技術分野ごとのプログラム内容や参加者について十分な協議・意見交換を行ってきた。

そこで、大縮尺デジタル地形図作成技術の技術指導内容については、技術指導の開始前に、IGM 参加者の技術レベルのベースライン調査を行い、各技術分野の技術レベルに応じたプログラム内容を検討した。そして、実作業そのものに主眼を置くのではなく、精度管理・品質管理を重視した技術移転を実施することで、IGM の大縮尺の GIS 基盤データを維持更新できる能力向上を図り、本プロジェクト終了後、IGM は自立的に新規・更新作業ができることを目標において各技術分野の技術指導プログラムを設定した。

また、第 2 章で既述のとおり、地理情報国家政策に基づく地理情報の利活用や CIIG の省庁間の相互運用については、2012 年以降停滞しているのが現状であった。そこで、同政策を改めて推進する意味合いから本プロジェクトの始動や CGIG の設立を契機に、同政策に対する本プロジェクトとの位置づけとともに、今後の国土空間データ整備に向けて多方面に周知することが肝要であると IGM と協議を通じ判断された。そこで、利活用推進活動の一環として IGM への技術指導のほかに、地理情報ユーザーに対して現場レベルでの本プロジェクトの具体的な成果の活用方法についてワークショップを開催することで、CIIG 内省庁間で共通認識を深めることとした。

## 4.2 技術移転の達成度

本プログラムの実施終了後に技術移転の達成度を把握するため、プログラム開始に先立ち IGM の技術レベルを把握することを目的としたベースライン調査を実施した。IGM の技術レベルの現況を確認したうえで、IGM の人材育成担当者と綿密な協議を通じ、各分野の実践的なスキル強化の内容を定めて実施した。本プロジェクトで実施した技術移転プログラムの各成果をまとめたものが下表である。

表 4-1 技術移転プログラムの各分野の達成度

分野	技術移転テーマ	ベースラインの技術レベル	達成度
航空撮影監理	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：品質管理の基本的な理解を通じ、精度管理表を用いた測量成果の精度管理が行うことができる	-	○
	選点計画	○	○
	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：業務内容の理解を通じ、対象とする縮尺に応じた調査計画を立案し、現地確認調査が実施できる。	-	◎
	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	×	◎
	デジタル端末を用いた現地調査/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。	-	○
	準備作業	△	◎
	内部標定の決定	×	○
	外部標定の決定	×	○
	精度管理	△	○
オルソフォト	達成目標：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習得できる	-	○
	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	-	○

4 技術移転プログラム

	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・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	○	◎
	精度管理の手法と精度管理表の理解	×	○
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。	-	○
	図郭間での接合座標の一致の理解	○	○
	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	○	○
	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	△	○
GIS 構造化	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	△	○
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	×	△
利活用促進	達成目標：バマコ都市域の都市開発に関わる潜在的な地理情報ユーザーのニーズを把握し、ニーズに応じた対応可能な組織運営方法を明確にする	-	○
	サービスやニーズの明確化	△	◎
	著作権の範囲	○	○
	情報公開に関する方針（セキュリティポリシーの明確化）	×	◎
	ウェブサイトの設計・運用	×	○
	開示情報の確認と地形図の供給	×	○
	利活用促進のためのセミナー・ワークショップの開催	○	◎

定性的評価基準（4段階）

ベースライン：（×：理論・実務無、△：有識・未経験、○：理論・実務有、◎：独自対応可）

達成度：（×：未達、△：理論のみ習得、○：理論理解・実践済、◎：独自実施対応可）

## 4.3 技術指導の実施内容

### 4.3.1 航空撮影監理

#### (1) IGM の技術レベル

IGM は撮影計画の許認可を所管する機関であるが、撮影用の航空機および航空カメラは所持していないため撮影技術や必要なテクニックは有していない。IGM が将来も撮影実施機関とはなり得ないため、本業務の技術移転プログラムでは航空写真撮影を外部に委託することを想定して、撮影技術の基本内容の講義とマニュアルの提供にとどめた。

#### (2) 技術移転の概要

上述のとおり、IGM は空中写真撮影業務の実施主体ではないので、ここでは、「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」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実施監理ができる能力の養成を目的とした。

そこで、本プロジェクトでは航空写真測量に必要な技術のうち、撮影技術の基本と最新デジタル技術とアナログ技術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（写真 4-1 参照）。

- 1) 航空写真撮影の基本（ステレオ写真について）
- 2) 航空写真撮影の基本（オーバーラップとサイドラップについて）
- 3) 撮影時の基準点について
- 4) デジタルカメラについて
- 5) 撮影データ処理と品質管理について
- 6) 質疑応答



(出所：調査団)

写真 4-1 航空写真撮影技術移転（左上：航空機見学、左下：講義、右：カメラ）

## 4 技術移転プログラム

### (3) 項目別評価

本技術移転プログラムの目標は、目的に応じた撮影時期や天候を判断した撮影計画と工程管理の習得である。上記の結果を踏まえ、IGM の理解度について項目別に定性的に評価した。

#### 1) 撮影計画

航空写真測量に必要な内容と航空カメラの機材諸元から、目的に応じた撮影計画の立案について説明を行った。ただし、これまで IGM が行った航空写真撮影監督業務の頻度は高くないので、本プログラムだけでは十分の理解が得られたとは言いがたい。しかしながら、アナログ写真撮影とは異なるデジタル写真撮影の計画立案の違いについて内容を理解できた。

#### 2) 直接定位計測 (GNSS・IMU)

本プロジェクトで再委託した撮影会社への監理業務を通して、IGM は GNSS や IMU 等の計測装置の重要性、デジタル写真撮影の飛行方法ならびに地上局との同時観測の意味について基本的な技術内容について理解できた。

#### 3) 撮影データの検査

本プロジェクトでは、偶然の好天に恵まれ、短期間で撮影が可能となったため撮影データの不具合や不採用の機会がなかった。よって、撮影障害等の手戻り事案が発生せず、IGM と OJT 形式の技術移転は実施できなかったが、本プロジェクトで再委託した撮影会社への監理業務を通して、IGM は撮影された写真の検査方法の流れについて理解したものと評価できる。

#### 4) ワークマニュアルの整備

上述の通り、IGM は計画許認可を行う監督機関であり、現時点では撮影実施主体とはならないために、本プロジェクトにおいて空中写真を後工程で利用するために最低限必要な資料（空中写真画像、撮影記録、撮影標定図等）や下記のマニュアル等を提供した。

- Introduction of Digital photography – The latest technology and its trend
- Digital camera calibration report
- Data management and Quality control

### 4.3.2 標定点測量

IGM の地上測量技術者は、これまで各省庁からの要請で、GNSS 観測ならびに水準測量の経験を有しており、一定レベル以上の測量スキルがある。そこで、標定点測量では GNSS 観測および水準測量の実施を通じて IGM 実施能力や技術レベルを把握し、OJT 形式で以下の技術的なノウハウの指導を行った。

#### (1) 標定点に関する技術レベルの確認

##### 1) IGM の測地インフラの管理状況

#### 4 技術移転プログラム

第3章で既述したとおり、バマコ周辺におけるIGMが管理する全ての測地基準点や水準点を確認されたわけではない。しかしながら、既知点に対する現地踏査の結果から判断すると、IGMが管理する基準点の残存率は、約60%程度であり、既存水準点に関してはさらに亡失が多く概ね50%と推察される。

そこで、既知点の状態を定期的に見視点検し、座標値で把握するとともにバマコ市内の新規開発等による亡失を確認し配点図での明確な管理を徹底するよう指導し提言を行った。

##### 2) IGMが保有するGNSS機器の管理

GNSS観測はIGM所有機器を用いて実施した。観測調査の実施前に、GNSS機器本体への外部的損傷等の確認、気泡管の正確性、受信（エポック）間隔の点検、バッテリーチェックを実施した。点検確認した結果、観測機器に関しては適切に管理されており問題はなかった。

##### 3) IGM技術者のGNSS観測能力

GNSS観測時に、IGM技術者によるGNSS機器の設置の確認を行った。三脚の据付、致心整準の素早さ、器械高の測定のいずれにしても不備は見当たらず、観測実施に関しては問題ないと判断できた。さらに、受信器の設定方法に関しては、本プロジェクトで採用する取得エポック数、楕円体の選択、器械高入力、点名入力、観測終始方法等では指導したとおりの実施が確認できた。

##### 4) IGM技術者の水準測量の実施能力

IGMの測地部門には4名にエンジニアが所属しており、全員がアナログレベルを使用した水準測量に関して経験を有する。その内、1名はデジタルレベルを使用した水準測量に関して十分な経験をもつ。IGMがこれまで実施した主要な水準測量の経験は表4-2に示したとおりである。

表 4-2 IGMにおける水準測量の経験

時期	業務名
1999 - 2000	JICA Mapping project in Kita area
2004	Kossanto mapping project (1:50,000 scale)
2004	Leveling of Senegal River in the frame of OMVS
2004 - present	Road leveling through Bamako and Mali

##### (2) 項目別評価

標定点測量に関する技術移転プログラムの目標は、測量計画や測量成果の精度管理の習得である。上記のIGMの標定点測量の実施能力を確認した結果を踏まえ、IGMの理解度について項目別に評価した。

## 4 技術移転プログラム

### 1) 選点計画策定の理解

治安悪化に伴う現地作業の制約もあり、IGM と共同した計画策定作業を実施せず、予め設定した選点計画の設定理由を IGM 技術者に対して説明した。加えて、標定点測量の実施を通じて、GCP の配点の理由や根拠を現場レベルで具体的に指導した。その結果、IGM 技術者も効率的な観測計画、測点場所を把握し、移動時間や設置環境を事前に想定しながら効率的に活動するようになり、効率的かつ必要最低限の数量を考慮した選点計画の重要性を認識したものと評価できる。

### 2) GNSS 観測の理解

OJT による観測指導は主に下記の項目について技術的なノウハウを指導した。観測で得られたデータの基線解析計算では、本プロジェクトで調達した Leica Geo Office を用いて、以下の解析作業について技術移転を実施した。なお、IGM はこれまで三次元解析を行った経験がないために、基礎技術から IGM 担当技術者に対して技術指導を行った（写真 4-2 参照）。

- 機械高入力値の確認の徹底
- 基線解析固定点の決定
- 1セッションの解析順序・観測記簿での座標確認
- 各測点に対する誤差の確認・精度管理の徹底



(出所：調査団)

写真 4-2 GNSS アンテナ設置の技術移転

### 3) 水準測量の理解

IGM は水準測量に関しては十分な経験を有しており、水準測量の実施能力（観測手法・観測精度等）において大きな問題はなかった。

### 4) 精度管理

標定点測量の実施に関しては上記のとおり一定の技術レベルの実施能力が認められた。しかしながら、データの管理方法に関しては改善の余地があると判断された。IGM から受領した既存基準点の標高値（水準測量の標高値から決定）の一部に、基準点の標高値を決定するために実施された水準測量の観測と計算は正しいが、原データから基準点の座標値と標高値

の一覧表を作成する際に転記ミスが生じたと推察された。そこで、必ず原データと新規に作成したデータの内容をチェックするという基本的な確認作業の徹底について指導した。

### 4.3.3 現地調査/現地補測

#### 4.3.3.1 現地調査

限られた期間内で現地調査の成果を得るためには、作成する地形図の目的および縮尺に応じた現地調査の方法を理解し、適切な調査計画を立案することが必要である。そのため、調査開始前に IGM と協働作業を行う上で必要な基本方針を共有することを目的としたワークショップを開催し、IGM 調査担当者全員に対し、写真判読技術および図式についての均質の理解を促し、実地トレーニングおよび OJT による反復実習を行った。

##### (1) ワークショップ開催

複数の班体制で現地調査を実施するにあたり、IGM 会議室および実地にて下記の日程でワークショップを実施した（表 4-3）。

表 4-3 現地調査ワークショップの実施日程

項目	講義	実習	2015年11月					
			4	5	6	9~12	13	16~20
現地調査概要	○	-	■					
図式および空中写真判読技術	○	○		■				
既存情報の収集・精査方法	○	○		■		■		
航空写真への記載方法	○	○		■				
Field Note の記載方法	○	○		■				
実地指導	-	○			■			■
現地調査支援機器の操作方法	-	○					■	
調査終了時の整理方法	○	○				■		■
レビュー	-	-			★	★		★

教育期間
  OJT 期間

##### (2) 現地調査の概要と作業方法の説明

大縮尺地形図の作成は IGM にとって本プロジェクトが初めてであった。そこで、過去に実施した中縮尺 1:50,000 の地形図作成時の現地調査との相違点を比較するとともに、大縮尺地形図における現地調査の重要性、必要性について現地調査作業マニュアル（図 4-1）を用いて以下の項目を重点的に説明した。

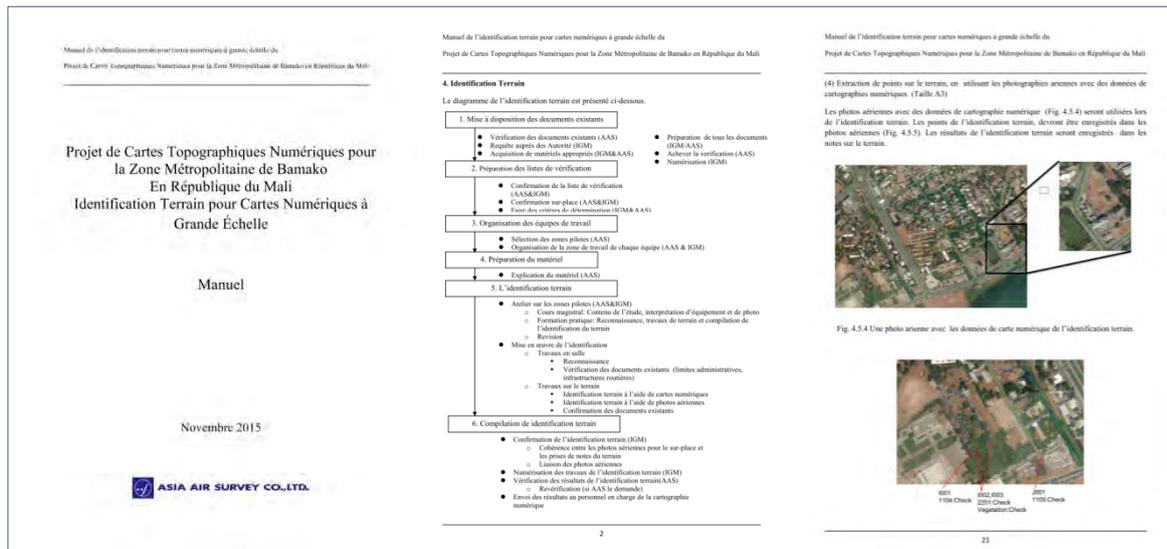


図 4-1 作業マニュアル（一部抜粋）

(3) 空中写真判読技術

現地調査を実施する上で図式と空中写真判読技術を知識として習得する必要があるため、「縮尺 1:5,000 図式および適用規定」および事前の踏査結果を用いて説明した。

今回採用している図式項目の数は約 120 種類となる。そこで、各項目について現地調査で取得すべき項目、現地調査でのみ取得できる項目について分類し、表 4-4 に示す資料を用いて教示した。

表 4-4 現地調査項目付き図式一覧表（一部抜粋）

Identification sur le terrain  
Field Identification Survey ◎:Top priority ○:Low priority △:If Possible ▲:Direction ×:No Need

	Thème des Données	Groupe des Données	Ensemble des Données	Data Code	Data type					Identification sur le terrain			
					poin	ln.	pol.	txt	attr1	attr2	1st	2nd	
66	Infrastructure et Etablissements	Infrastructure et Etablissements	Château d'eau	3108	●							△	▲
67	Infrastructure et Etablissements	Infrastructure et Etablissements	Monument	3109	●				Nom			◎	▲
68	Infrastructure et Etablissements	Infrastructure et Etablissements	Pipeline	3110		●						×	△
69	Infrastructure et Etablissements	Infrastructure et Etablissements	Cuve à carburant ou gaz	3111	●							◎	▲
70	Infrastructure et Etablissements	Infrastructure et Etablissements	Pylône	3112			●					◎	▲
71	Infrastructure et Etablissements	Infrastructure et Etablissements	Cheminée	3113	●							△	▲
72	Infrastructure et Etablissements	Infrastructure et Etablissements	Arbre isolé	3114	●							×	▲
73	Hydrographie	Hydrographie	Cours d'eau (flueve, rivière)	4101			●		Nom			△	▲
74	Hydrographie	Hydrographie	Ligne de côte	4102		●						×	×
75	Hydrographie	Hydrographie	Canal	4103			●					△	▲
76	Hydrographie	Hydrographie	Etang/mare/bassin et/ou réservoir, marigot, tal	4104			●					△	▲
77	Hydrographie	Hydrographie	Point d'eau d'installation publique	4105			●					△	▲
77	Hydrographie	Hydrographie	Station de pompage	4108			●					△	▲
78	Hydrographie	Hydrographie	Piscine	4106			●					×	×
79	Hydrographie	Hydrographie	Cuve d'eau	4107			●					◎	▲

#### 4 技術移転プログラム

空中写真判読技術については、事前に整理した質問表および踏査結果に基づき、空中写真では判読が困難な事例（図 4-2）について質疑応答を交えながら説明した。



図 4-2 空中写真判読が困難な事例（左：舗装状況 右：墓地種別および植生）（出所：調査団）

#### (4) 取得データの記載方法

既存情報から読み取れる情報および現地にて取得した情報を空中写真上に記入する方法について説明をした。空中写真図上には、迅速性を重視し、番号と位置のみを記入する方法とした（図 4-3）。

さらに、空中写真図上に記入した番号に対応した情報を野帳へ記載する方法について説明し、各調査班で統一した記述ができるよう指導した。

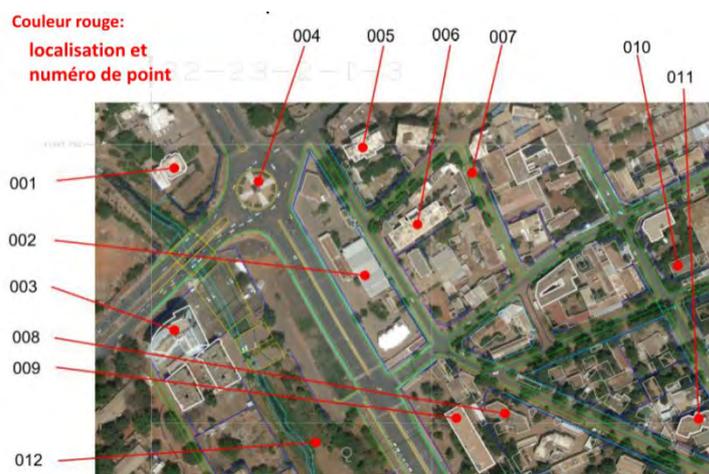


図 4-3 空中写真への記載方法（出所：調査団作成）

## 4 技術移転プログラム

### (5) 実地指導

ワークショップ期間中の実習は、行政施設や教育施設等の各種施設がある図面番号「32-23-2-1-3」を選定し、現地指導を実施した。予め調査ルート案(図4-4)を提示し、効率的な調査方法および現地で実際に確認する内容について教示した。

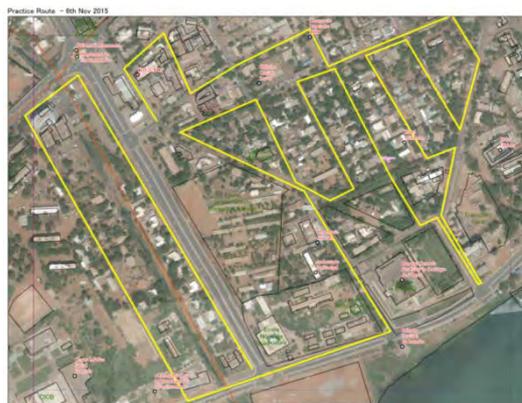


図 4-4 調査ルート (出所：調査団作成)

### (6) 取得データのレビュー

各現地調査班全員が調査手法について均一に理解しているか、また、より最善な方法がないかを確認し、調査方法をブラッシュアップさせるため、主要工程終了後、品質管理として調査班員全員を対象に精査を実施した。

表 4-5 に示したとおり、レビューは2回実施し、各レビューの活発な議論により、本ワークショップが調査班の共通理解に寄与したものと認識できた。

表 4-5 レビュー実施内容

回	実施日	内容
1	11月6日	実地演習終了後、現地調査方法についての理解度および実施上の課題
2	11月11日	実地演習箇所の結果整理後、各調査班での相違点

#### 1) 第1回目のレビュー結果

- ・同じ時間内で予定していた範囲を全て達成できた班と達成できなかった班がある。達成できなかった班の原因としては、1箇所あたり丁寧に指導しすぎたことにも起因し時間切れとなったことである。本調査は限られた時間内で調査を完了させる必要があるため、1箇所あたりの調査時間を短縮する方法を指導することとした。
- ・図式が細かく、覚えるまで時間がかかる。そのため、よく使うコードを抜粋した資料を手元ですぐに参照できるように準備することとした。
- ・アンテナなどの一部の図式で取得範囲が不明瞭なものがあった。そのため、取得する地物の均一性を確保するために、取得基準を見直すこととした。

#### 2) 第2回目のレビュー結果

#### 4 技術移転プログラム

表 4-6 は、実地トレーニング終了後に各班の調査結果を、新しい空中写真上に整理させた結果をまとめたものであり、図 4-5 は、各班の取得地点を GIS 上に展開したものである。

表 4-6 班別調査箇所数（単位は箇所数）

班	道路 (11xx)	道路構造物 (12xx)	建物 (21xx)	境界線 (23xx)	建物記号 (24xx)	施設 (31xx)	土地利用 (51xx)	注記 (9xxx)	調査数
A	7	1	0	3	46	7	0	0	64
B	2	0	2	0	34	2	1	0	41
C	2	0	3	1	34	4	0	0	44
D	15	0	1	0	39	7	0	1	63
E	5	0	0	0	32	3	1	1	42
F	11	0	0	0	28	1	1	1	42

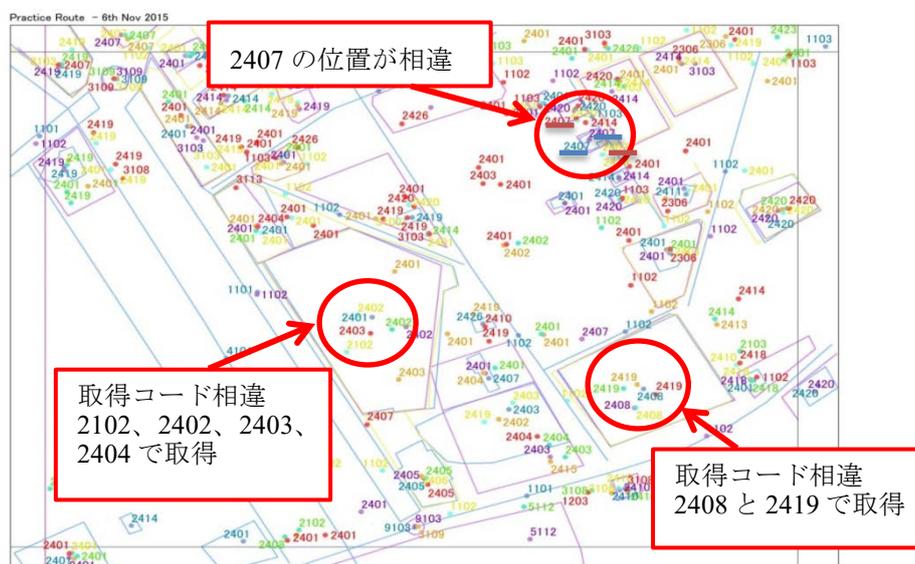


図 4-5 各班の調査結果展開図

(出所：調査団作成)

上記の結果を踏まえ、取得結果が異なる箇所について調査班全員で議論を行うことで、コードおよび名称の取得基準の考え方について全員が均一なレベルとなり、共通認識のなかで現地調査を実施することが可能となった。

#### 4.3.3.2 現地補測

図化編集作業において生じた疑問点の再確認とともに、現地調査時では調査できなかった各種情報（道路名、河川名、地区名等）に対する最終確認作業に対して OJT 形式で指導した。特に、本調査の結果が地形図の信頼性および品質を左右することを IGM 参加者に認識させる必要があるため、現地調査時同様、作業開始前にワークショップを開催した。

#### 4 技術移転プログラム

そのなかで、補測調査の内容について共通の理解をさせ、実地トレーニングおよびOJTによる反復実習を行う形式で実施した。

##### (1) ワークショップの開催

複数の班体制で補測調査を実施するため、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として、ワークショップを実施した（表 4-7）。

表 4-7 現地補測ワークショップの実施日程

項目	講義	実習	2016年3月							
			9	10	11	14	15~18	19	21~24	25
補測調査概要	○	-								
補測用リストの確認方法	○	○								
補測用図面への記載方法	○	○								
実地指導	○	○								
調査終了時の整理方法	○	○								
道路調査の方法	-	○								
アンケート調査	-	-								★

■ 教育期間 ■ OJT

##### (2) 補測調査の概要

ワークショップ開始に際し、前回実施した現地調査との相違点や調査方法、図式の再説明について補測調査作業マニュアル資料（図 4-6）を準備し講義を行った。

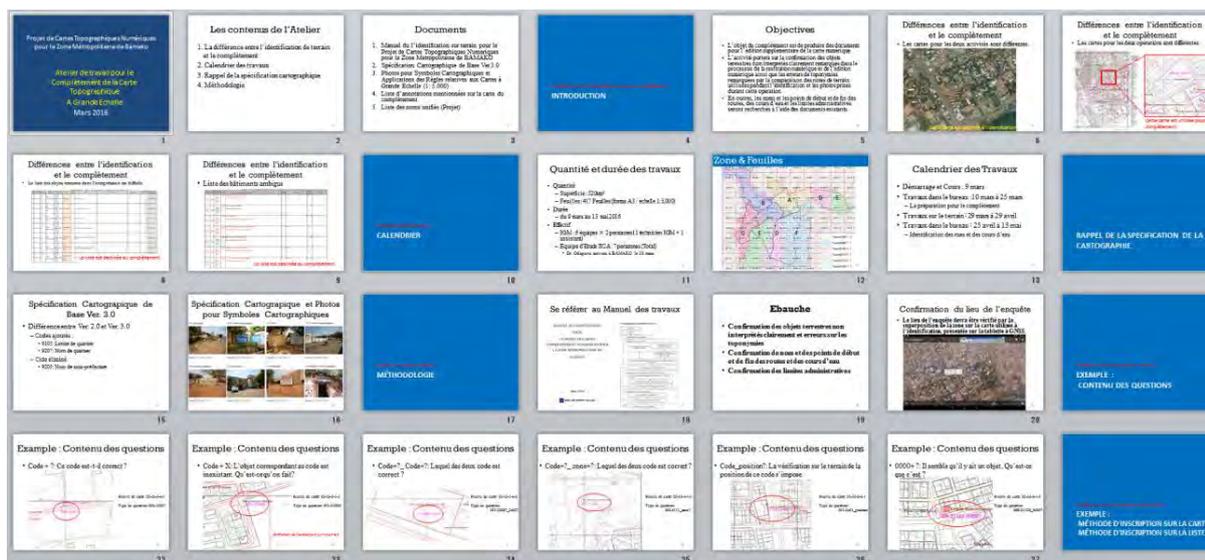


図 4-6 作業マニュアル（一部抜粋）

（出所：調査団作成）

#### 4 技術移転プログラム

さらに、現地調査時において説明した図式内容についての理解度を測るために、編集済データの一部を切り出し、繰り返し調査参加者に対してクイズ形式で出題し回答させた(図 4-7)。

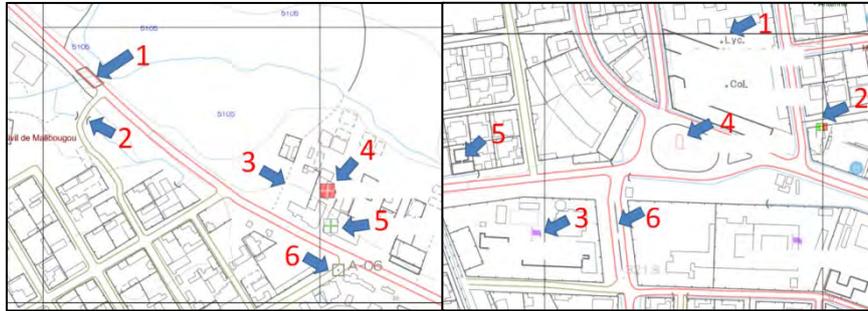


図 4-7 図式の理解度テスト(例) (出所：調査団作成)

#### (3) 補測用リストの確認方法

今回使用したリストは図化編集時の不明箇所、建物名等の確認用の2種類あり、その違いについて説明した。実習エリアとして調査用図面番号「32-33-2-II-1」を使用し、全チームを対象に実習形式で実施し、その後、各チームの割り当て分について、OJT形式にて実施した。

Exemple: Confirmation du nom et du code

Grille aFC	No	FL Link	Code	Upper - From Complément Survey Map	Non- Down - From Field Note & Photo	Confir- med	Abbré- viation	Numé- ro de la photo	File Name
(8)	32-33-2-2-1	008	2402 2403	Ecole Saint-André Pari-Sin Ecole Saint-André Pari-Sin ✓		✓	✓	✓	teamD_151124WDSND02 07.JPG
	32-33-2-2-1	009	2408	Complexe scolaire Platon Complexe Scolaire Platon ✓		✓	PLATON	0208	teamD_151124WDSND02 08.JPG
(10)	32-33-2-2-1	010	2402 2403	Ecole privée URANUS Ecole Privée Uranus		✓	URANUS	123	
	32-33-2-2-1	011	2421	Marché de Kalaban ouara (grand-marché) Marché de Kalaban Cours (Grand-Marché) ✓		✓			
(12)	32-33-2-2-1	012	2423	Station Sanké Station Sanké ✓		✓	✓	0192	teamD_151124WDSND01 92.JPG
	32-33-2-2-1	013	2419	Police de commissariat 11ème Arrondissement Commissariat de Police du 11ème Arrondissement ✓		✓	✓	0191	teamD_151124WDSND01 91.JPG
	32-33-2-2-1	014	2417	Mosquée Mosquée ✓		✓	✓	0204	teamD_151124WDSND02 04.JPG

Si le nom n'est pas confirmé par la photo, écrire '2' et marquer sur la carte de complètement terrain.

図 4-8 建物名称等の確認用リスト記入例

#### (4) 補測用図面への記載方法

室内作業で記入する内容と現地にて確認した際に記入する内容の違いについて説明し、全参加者が共通理解の上調査を行うため、全参加者を対象に実習形式で記載方法実施した。

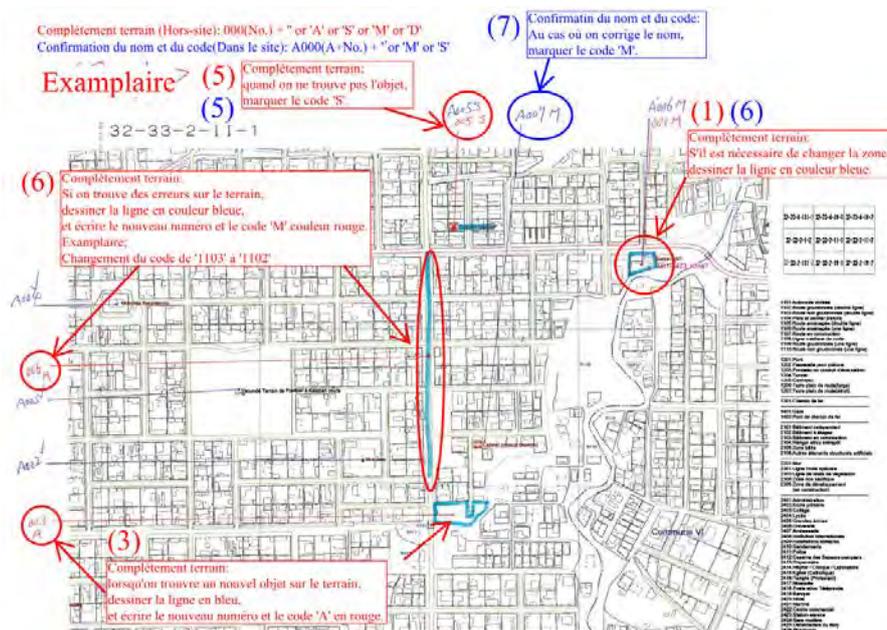


図 4-9 補測調査用図面への記入例 (出所：調査団作成)

(5) 調査終了時の整理方法

実地トレーニング終了後、各班の調査結果を比較し、取得内容に差異がある箇所（表 4-8）について参加者全員でレビューし、各調査班の品質が均一となるよう指導した。

表 4-8 差異が生じた主な箇所

差異	原因	対処
移転した銀行が削除されていない。	看板が残っているため現存すると判断した班と、移転していることを直接目視確認した班があった。	看板だけで判断せず、直接確認することを指導した。
アンテナの設置位置が異なる。	現地で確認した際に、建物位置を間違っ判読した。	図面やタブレットだけでなく、歩測などで自分の位置と対象地物の相対位置を把握することを指導した。
道路の舗装区分が異なる。	道路状況まで確認していないチームがあった。	補測調査用図面で舗装道路は赤線で強調しているので、赤線以外で舗装道路である場合、取得するよう指導した。
現地調査時に漏れた地物が取得できていない。	図化編集時の不明箇所等に集中し、現地調査時に取得漏れしている箇所を見落とししている。	取得項目を再度理解し、現地調査時での調査漏れ、経年変化箇所を確認するよう指導した。

(5) 道路名、河川名調査の方法

図面縮尺による精度や作成基準が異なる情報から必要な情報を転記し、調査用原稿図を作成する方法（図 4-10）について指導した。

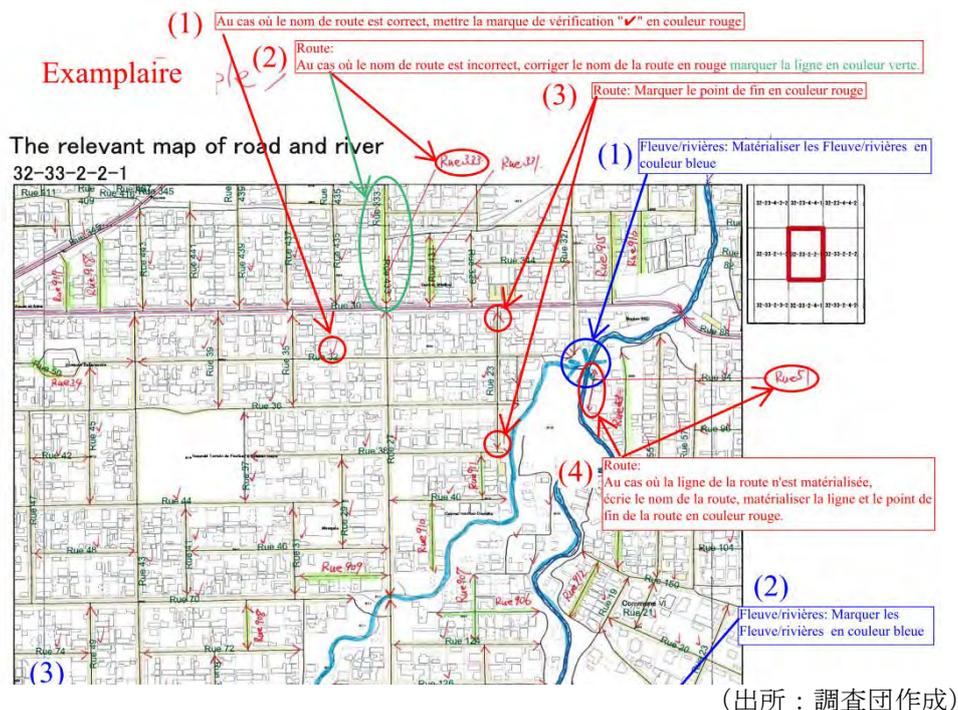


図 4-10 道路名、河川名調査用原稿図への記入例

なお、調査用原稿図作成後の GIS への入力については、補測調査の事前準備が終了したチームから順次本作業を開始したため、日本人専門家が先行した班を対象に入力方法や編集方法をマンツーマンで指導し、その後指導を受けた班が後続の班に教える方式とした。これにより教える側の理解度が向上するとともに、チーム間の成果の品質を一定にすることが可能となった。

#### 4.3.3.3 項目別評価

現地調査/現地補測調査に関する技術移転プログラムの目標は、対象とする縮尺に応じた調査計画に基づいた現地調査や現地補測調査実施の習得である。上記の OJT 形式の技術指導を通じて確認した IGM の現地調査/現地補測調査実施に関する理解度について項目別に評価した。

##### (1) 中縮尺と大縮尺地形図に関する調査内容の違いの認識

現地調査時と同様、実作業や調査結果やアンケート結果から判断する限り、全調査員が概ね理解できていると評価できた。

##### (2) 仕様書、図式ならびに図式適用規定内容の理解

現地調査と現地補測調査との間で3カ月ほど空いたため、補測調査開始時には忘れていた調査員や、現地調査時には利用しなかった一部の図式についての理解が足りていない場面もあったが、調査結果やアンケート結果から判断する限り、ほぼ全ての調査員が理解できた。

##### (3) 調査内容（取得項目）の理解

図化編集後の図面を利用した調査により、現地調査で取得した項目が図面上にどのように表現されるかを実際に確認したことで、取得項目の理解が深まっていると判断できた。

## 4 技術移転プログラム

### (4) 現地調査と補測調査の役割の違いについての理解

ワークショップを通じて調査内容の差異については認識でき、実際に補測調査を実施する過程で、現地調査との違いは明確に理解できていると判断できた。

### (5) デジタル端末を用いた現地調査の実施

現地調査時同様、タブレットやGNSSカメラ等を利用して問題なく実施できた。ただし、事前準備の段階は日本側調査団が実施しているため、IGM 単独で準備する場合にスムーズに準備できるかどうか今後の課題はあるため、引き続き IGM 独自で継続実践活用することが望まれる。

### (6) 精度管理を通じた調査結果の整理

調査結果の最終検査は日本人専門家が実施したが、調査過程における中間検査は、IGM の参加者自身が検査を実施し、不適合箇所については修正作業を行った。特に EXCEL で入力したリストや GIS ソフトウェアで入力した道路データについては、画面上だけではなく、出力し紙面上で正しく入力、更新ができていないかの確認を行った。このように、検査を繰り返し実施したことで、検査の重要性に加え、精度管理の方法について理解したと評価できた。

## 4.3.4 空中三角測量

空中三角測量の指導内容は、内部標定、外部標定（相互、対地）、精度管理に分かれる。その内容のウェイトを決定するため、事前アンケートならびにインタビューを行い、IGM が選出した 2 名の受講者の技術レベルを把握したうえで技術指導を開始した。

### (1) 技術レベル把握のため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調査項目を設定し実施した（表 4-9 参照）。

表 4-9 空中三角測量技術に関するアンケート内容

調査項目	トレーニングの内容	自己評価 (5段階)	
基礎知識	(1) デジタル地形図の作業工程の理解	5.0	2.0
	(2) 空中三角測量の作業工程の理解	1.0	4.0
専門技能	(3) 航空写真の立体視能力	3.0	2.0
	(4) ステレオ視による地物判読能力	3.0	4.0
	(5) 基準点やタイポイントの測定能力	1.0	1.0
専門知識	(6) LPS の初期設定の理解	0	0
	(7) POS/IMU 成果を使用した場合の基準点数の理解	1.0	2.0
特殊技術	(8) バンドルブロック調整計算の知識	1.0	2.0
品質管理	(9) 空中三角測量成果の精度管理の知識	3.0	2.0

#### 4 技術移転プログラム

ベースライン調査の結果、受講者の空中三角測量の実務経験が少ないことから、3次元判読の精度向上に焦点を当てた専門技能と専門知識に重点を置いた反復トレーニングに力点を置いた。特に、本プログラムは“航空写真の立体視能力”と“基準点やタイポイントの測定能力”のレベルアップに注力した内容として、14日間（2016年4月5日から4月22日）の日程で2名の受講者に対して実施した。

##### (2) 実習における対象範囲の設定

短期間で3次元計測技術を習得するため、多様で複雑な地形環境を対象にせず、単純な地形パターンを丁寧に技術指導することとした。最終的に図4-11のとおり、空中三角測量の対象範囲について、平野部市街地と山間部の2地域（総面積が約231km<sup>2</sup>、159枚の航空写真データを使用）を選定し、IGM受講者に対して技術指導を実施した。



(出所：調査団作成)

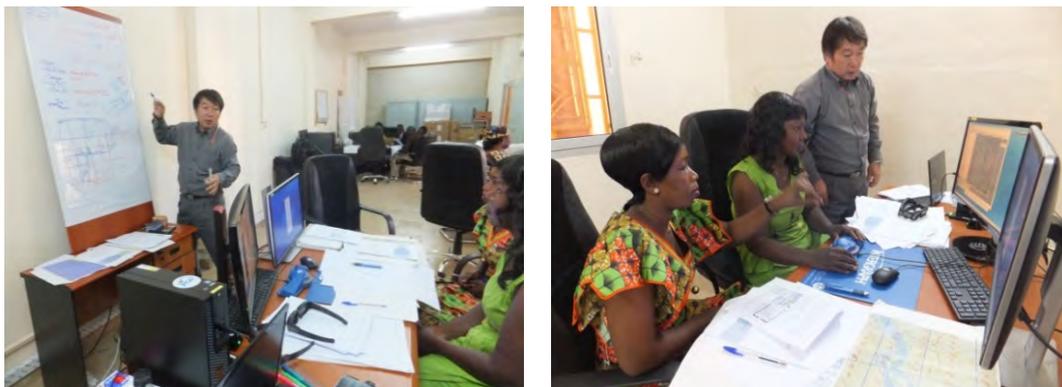
図 4-11 トレーニング範囲：平野市街地 (A:左) 山間部 (B:右)

##### (3) 技術指導内容

空中三角測量に関する技術内容やノウハウに関する講義では、空中三角測量の作業工程、写真測量の基本概念を中心に議論を行った。他方、講義に基づく実技演習では、本プロジェクトで供与した3次元図化システムを用いて、対象範囲である2地点の空中三角測量の技術トレーニングを実施した（写真4-3）。

品質管理では空中三角測量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。特に、実技演習において、空中三角測量から算出した結果を評価し、精度管理表に品質結果を記録する習慣を義務つけるよう繰り返し指導した。

#### 4 技術移転プログラム



(出所：調査団)

写真 4-3 空中三角測量の講義（左）と立体視の訓練と 3D マウスの操作実習（右）

#### (4) 技術指導内容の評価

本技術指導プログラムの目標は、全体の作業工程（事前準備、内部標定、外部標定ならびに精度管理）を理解し、IGM 自身が空中三角測量を実施できることである。上記の指導活動で確認した IGM 受講者（2 名）の技術達成度について項目別に評価した。

##### 1) 準備作業の理解

POS-IMU を搭載したデジタル航空カメラによる作業については、IGM にはこれまで経験がなかった。技術指導を通じて、アナログカメラとの相違点や POS-IMU 搭載のデジタル航空カメラによる作業工程と必要な情報データについて理解できたと推察される。

##### 2) 作業工程の理解

指導マニュアルを用いた講義により、デジタル航空写真データの取り込みから撮影位置情報（POS-EO）とカメラ情報の入力に至る作業内容および方法について指導した。特に、未熟な 3 次元計測にかかる専門技能と特殊技術分野においては、反復実習を行った結果、標定点の測定精度およびタイポイントの誤差消去方法の操作を習得し、独自で空中三角測量が実施できるレベルに達したことが確認できた。

##### 3) 各工程の実施と精度管理

標定点成果の精度区分の設定や、自動タイポイント測定時の密度の設定、大規模空中三角測量の解析処理および各種誤差の視覚化表示の設定が独自にできるようになった。加えて、解析成果を評価し、精度管理表へ記録する方法とその意味について理解したと判断できた。

##### 4) トレーニングの達成度

ベースライン調査の結果から、本プロジェクトで導入した 3 次元計測システムや POS-IMU の成果を用いた空中三角測量について経験がないため、事前評価は低調であったが、反復実

#### 4 技術移転プログラム

習を重点的に行った結果、受講者は一定のレベルに達したことが確認できた（図 4-12）。しかしながら、専門技能を確実なものとし、一般業務として作業を遂行できるレベルに到達するためには、目視判読の作業速度や効率を上げるトレーニングを継続的に行う必要がある。

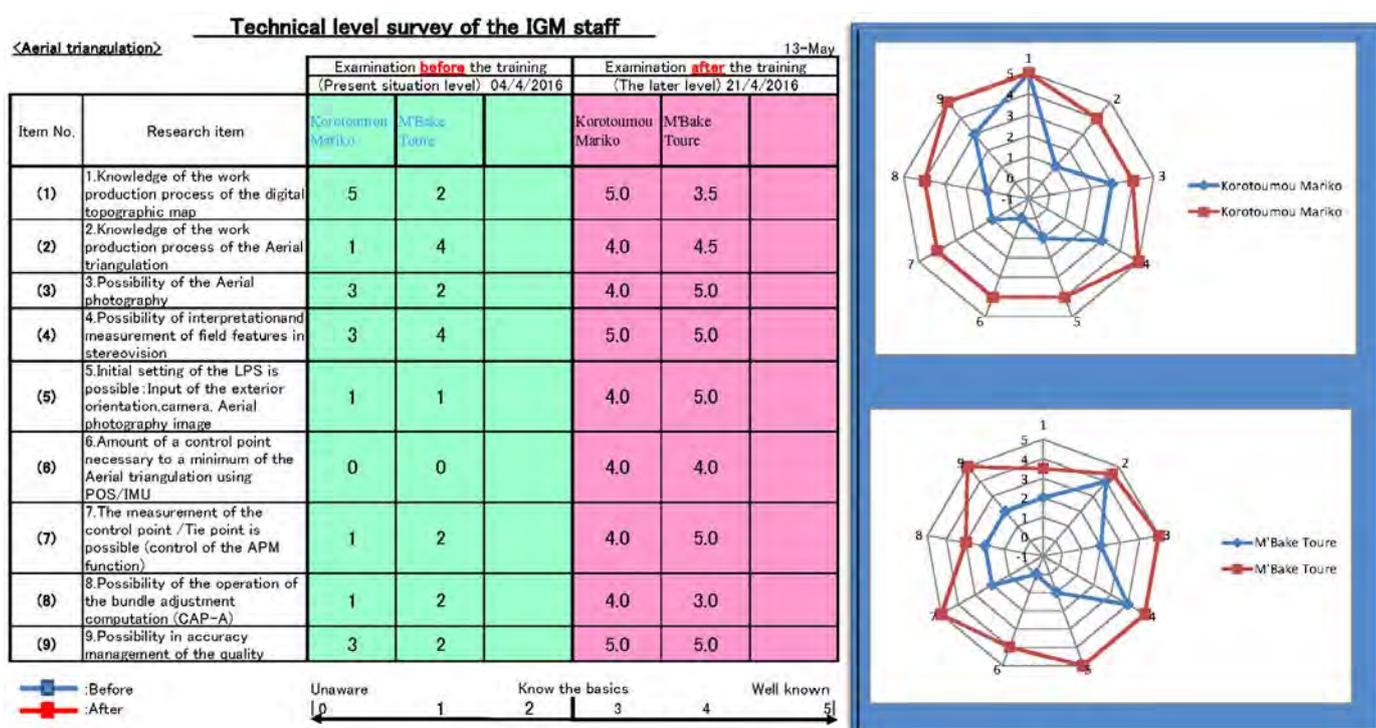


図 4-12 IGM 受講者（2 名）の空中三角測量の技術レベル  
（青：事前自己評価、赤：事後自己評価）

#### 4.3.5 オルソフォト

IGM がオルソフォトの基本概念を理解し、画像の調整やモザイク処理等を含むオルソフォトマップの作成方法を習得することを目標に定め、IGM が選出した 2 名の受講者（前項 4.3.4 と両名とも同一）へ指導した。

##### (1) 技術レベル把握のためのベースライン調査

トレーニング開始に先立ち、参加者の専門的な技術力と熟練度を把握するために、以下の調査項目についてアンケート調査を実施した。

表 4-10 オルソフォトマップ作成技術に関するアンケート内容

調査項目	トレーニングの内容	自己評価 (5 段階)	
基礎知識	(1) DEM/オルソフォト図の作業工程の理解	2.0	4.0
専門知識	(2) DEM データの編集作業の知識	2.0	4.0

#### 4 技術移転プログラム

	(3) オルソフォト作成作業の知識	4.0	4.0
専門技能	(4) オルソフォトの接合と編集の知識	4.0	1.0
特殊技術	(5) 画像の色調補正の知識	4.0	4.0
品質管理	(6) オルソフォト成果の品質管理の知識	2.0	2.0

ベースライン調査の結果や IGM 自身によるオルソフォトの既存成果の確認を行ったところ、すでに IGM は業務実績があり、全体的に一定の技術レベルは有しているが、DEM 編集の経験がないことを含め、以下のような課題が見受けられた。

- ・ 衛星写真のように均一色調でなく、建造物の傾きが大きくなる航空写真を用いたオルソフォト作成の経験が乏しい
- ・ 航空写真処理で重要な各写真の接合場所の位置決め等の判断ができない
- ・ 地盤標高 (DTM) を再測定して正しい地盤標高に編集した経験が少ない

そこで、上記の課題を克服するため、航空写真処理特有のノウハウやテクニックの習得に主眼に置いた実践的なトレーニングを7日間 (2016年6月2日から6月20日) の日程で、技術移転プログラムを計画した。

#### (2) トレーニングの対象範囲の設定

短期間でオルソフォトの作成方法を習得させるため、一連の作成作業の習得が容易な範囲を検討した。最終的に山間部、市街と平野部を含む空中三角測量で対象とした4モデル (6枚の航空写真) を実習範囲 (約 7.8 km<sup>2</sup>) とした (図 4-13)。



(出所：調査団作成)



図 4-13 オルソフォトのトレーニング範囲

(3) 技術指導の内容

オルソフォト作成は、空中三角測量成果の点検、DEM 生成・編集、シームラインの編集、色調補正、オルソフォト画像の生成と精度管理の工程に分かれる。本プログラムは各工程で講義と実習を組み合わせ、航空写真処理特有のノウハウやテクニックに主眼に置いた技術指導を 2 名の IGM 受講者に対して実施した。

1) DEM 生成と編集

DEM 生成の作業は、空中三角測量成果の点検、DEM 生成、DEM 編集と品質管理に分かれる。実技演習では、特に受講者が苦手とする 3 次元データの標高判読の反復トレーニングを行った。

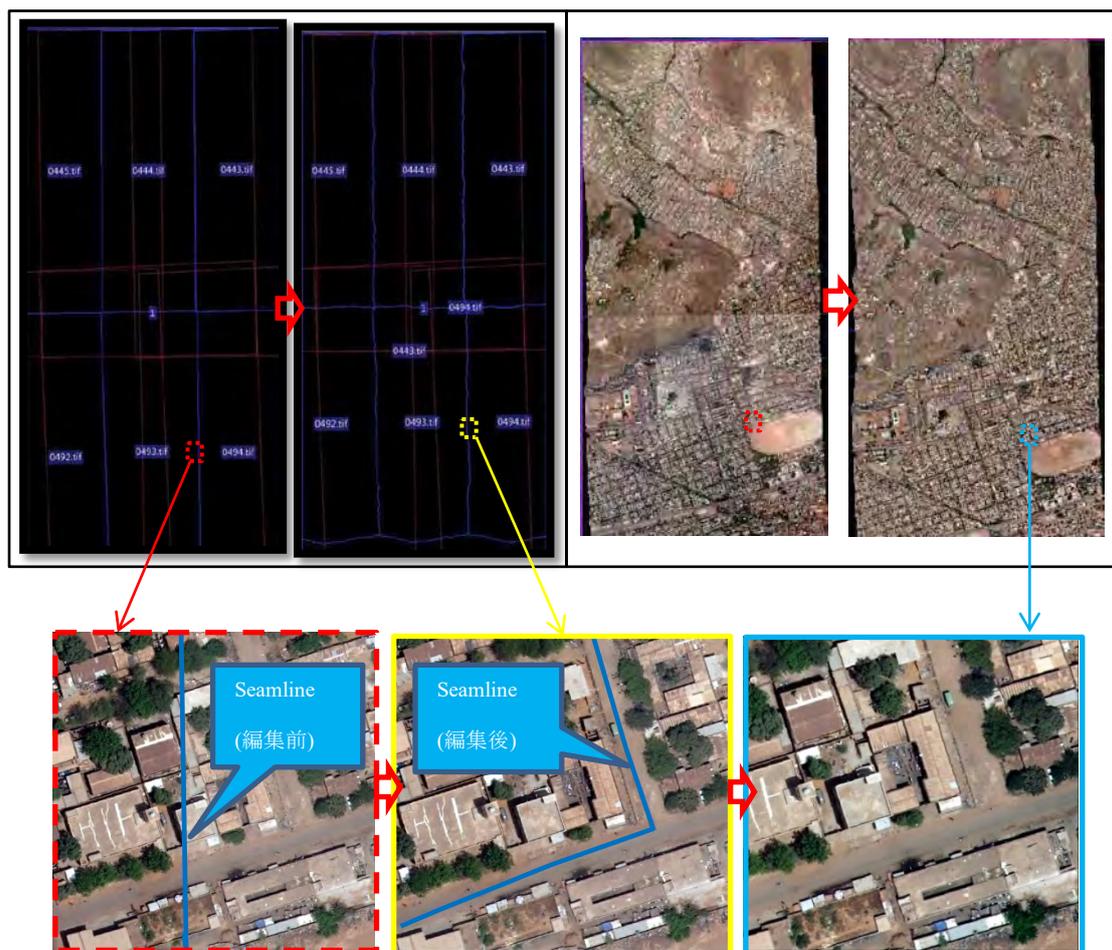


図 4-14 DEM 編集時の立体画像（編集前（左）と編集後（右））

2) オルソフォト画像の作成と精度管理

オルソフォト生成は、航空写真画像データを用いての色調補正と幾何補正、各航空写真の接続位置の編集を行う。作業工程は接続位置の線（シームライン）の作成と編集および航空写真の色調補正（図 4-15）と品質管理に分かれる。

実技演習では本プロジェクトで供与したデジタル写真測量システム（IMAGINE Photogrammetry:旧名称 LPS）を使用してオルソフォト作成のトレーニングを実施した。その成果を評価し、精度管理表に品質結果を記録する一連の技術移転を行った。



(出所：調査団作成)

図 4-15 シームライン処理

(上左：シームライン編集前・後、 上右；画像色調補正の編集前・後)

#### (4) 項目別評価

上記の技術指導で確認した IGM 受講者 (2 名) のオルソフォト作成に関する達成度について下記のとおり評価した。

##### 1) DEM の生成と編集

実技演習の開始当初は、不慣れな 3 次元計測専用マウスの操作の習得に多くの時間を要したが、最終的には自動処理した DEM の標高補正を 3 次元モニター上で独自に処理できるまで技術が向上した。

ただし、地盤表面が樹木等で覆われた森林地域では標高補正の精度が悪い傾向が散見された。そのため、このような地域での標高補正精度を上げるためには同地域でのさらなる反復訓練を実施して、多様な地形パターンの標高補正の経験をする必要があるため、今後も実践と反復訓練を行い、DEM 編集に必要なとされる専門スキルのさらなる向上が望まれる。

## 4 技術移転プログラム

### 2) オルソフォト画像の作成と精度管理

専門技能の分野では、本プロジェクトで導入したデジタル写真測量システムの経験がないこと、シームラインの編集経験がないことから、実技の反復トレーニングを重点的に行うことによって一定のレベルに達したことが確認できた（前掲図 4-15）。

さらに、専門知識分野のトレーニングの結果、受講者は、DEM ならびにオルソフォトの作成およびオルソフォトの定義（正射投影変換）やその他の標高モデル（DTM:Digital Terrain Model、DSM:Digital Surface Model）の原理については一定のレベルの知識を習得できた。その結果、デジタル方式のオルソフォトの基本概念や精度管理に基づく品質評価について理解ができた。

### 3) オルソフォトマップの作成

図 4-16 の左図は、本プログラムで受講者が作成したオルソフォトイメージである。右図に示した日本で作成したオルソフォトイメージと比較しても遜色なく、受講者は現地の状況を把握していることから色調補正は合格点であった。

DEM の標高精度では、地形が急峻に変化する地域や前述した建物や樹木・塀の陰部では DEM 標高の精度が悪くなる傾向が散見されたが、概ね良好であった。



図 4-16 オルソフォトイメージ (出所：調査団作成)  
(左：IGM の実習成果、右：本プロジェクトの成果品)

### 4) トレーニングの達成度

前述の通り、ベースライン調査の結果、IGM は自動処理による DEM の生成や衛星画像の色調補正については一定の経験を有している一方、航空写真によるオルソフォト作成や画像接合処理や DEM の編集に関しては、本プロジェクトが初体験の作業であった（図 4-17）。

#### 4 技術移転プログラム

そこで、3次元判読の反復トレーニングを実施した結果、IGM受講者は、DEM・オルソフォト作成ならびに、標高モデルの原理やオルソフォトの定義（正射投影変換の特徴）について一定の技術レベルに到達したと判断できた。

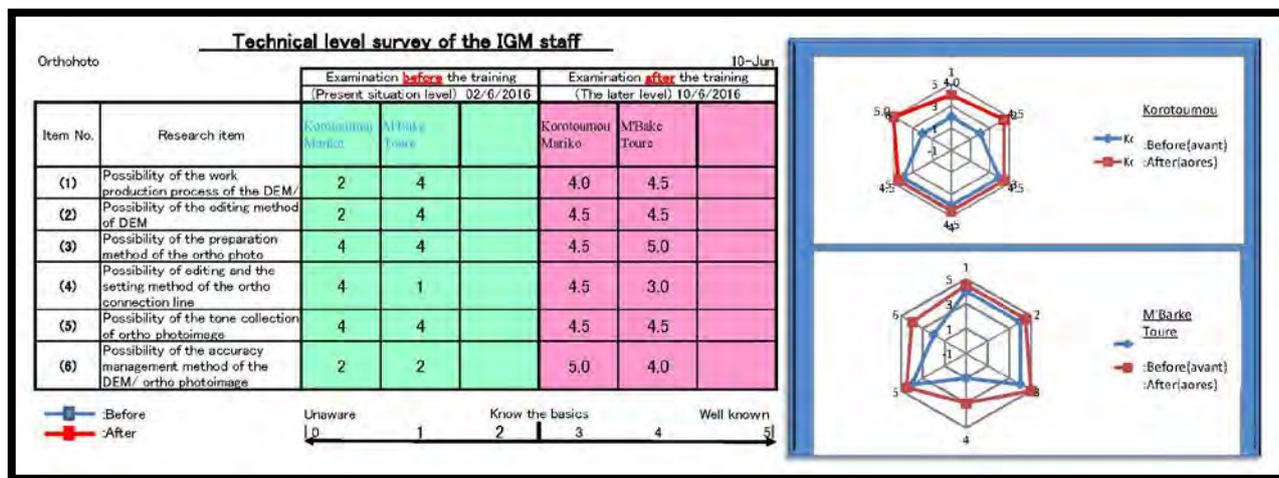


図 4-17 IGM 受講者（2名）のオルソフォト作成の自己評価の結果  
（青：事前自己評価、赤：事後自己評価）

#### 4.3.6 数値図化および部分修正

本プロジェクトで準拠する 1:5,000 の図式規定や仕様書をよく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、適切なデータを取得すること、さらに IGM が将来自立して経年変化修正が実施できることを目標にした技術指導を IGM の受講者に対して実施した。

##### (1) 技術レベル把握のためのベースライン調査

トレーニング開始に先立ち、受講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調査項目を設定し実施した。

表 4-11 数値図化能力に関するアンケート内容

項目	トレーニングの内容	自己評価 (5段階)	
		Before	After
基礎知識	(1) デジタル地形図作成の作業工程の知識	3.0	2.0
	(2) 空中三角測量の作業工程の知識	4.0	4.0
専門技能	(3) 航空写真の目視立体視の能力	4.0	5.0
	(4) ステレオ視での地物判読の能力	4.0	4.0
専門知識	(5) LPS の BLOCK 設定と変更（環境設定）の知識	4.0	5.0
	(6) PRO-600 の環境設定の知識	1.0	1.0
	(7) PRO-600 のライブラリー設定と変更の知識	1.0	1.0

#### 4 技術移転プログラム

特殊技術	(8) ステレオ視で地形/地物の判読能力	4.0	4.0
	(9) 航空写真を使用した地形図修整の経験	3.0	4.0
品質管理	(10) 品質管理と精度管理の理解	2.0	1.0

ベースライン調査の結果、IGM 自身はアナログ図化の経験は有しており、基礎知識（空中三角測量の手順）については理解があり、専門技能（3次元の目視判読や地物判断力）についても基本的な能力があると評価できた。しかしながら、数値図化については初体験であり作業環境の設定やデジタル図の作業工程の理解を深める必要があった。他方、部分修正については、IGM 自身が衛星画像を用いてマリ国の 1:20,000 の既存図を修正しており、一定の業務経験を有していると判断できた。

以上から、特に、デジタル地形図作成の手順についての理解促進と数値図化に関する専門知識ならびに精度管理の実践に焦点を当てたプログラム内容を計画した。

##### (2) 実習における対象範囲の設定

限られた期間内で技術習得させる必要があるため、1:5,000 デジタル地形図作成の範囲から、1 図面 (12.0m<sup>2</sup>) の 1/64 に相当する範囲 (0.187km<sup>2</sup>) を選定し、地形図作成の概要説明から数値図化/部分修正までの詳細な作業方法と作成した図化データの品質管理まで技術指導した。

##### (3) 技術指導内容

本プロジェクトで供与したデジタル写真測量システム (IMAGINE Photogrammetry) の PRO-600 モジュール (以下 PRO-600) を用いて、3次元数値図化とデータ構造の説明、縮尺 1:5,000 の地形図データの取得基準、部分修正時の作業手順や予察方法の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り、その成果に対する品質管理の方法をについて 25 日間の日程 (2016 年 4 月 25 日から 6 月 1 日) で技術指導を行った。

##### 1) 数値図化の理解と準備作業

特に注力した基礎知識や専門技能では、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、縮尺 1:5,000 地形図作成のための「図式規定」の内容の理解と数値図化システムの基本設定の講義と実践指導を実施した (写真 4-4)。特に、デジタル地図のデータ構造の理解に多くの時間を用いて説明した。

#### 4 技術移転プログラム



(出所：調査団作成)

写真 4-4 数値図化の技術指導

(左：作業工程の講義、右：3D モニターでの標高計測指導)

#### 2) 3次元判読によるデータ取得と品質管理

特殊技術分野において、ステレオ航空写真を用いて等高線を含む地形や単点ならびに縮尺 1:5,000 の地形図作成で要求される地物の 3次元判読によるデータ取得の演習に加えて、航空写真を用いた部分修正時の予察方法の講義と経年変化修正の実習指導を行った。また、品質管理に関しては、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について実際の取得成果を用いて指導した。

#### (4) 技術指導の項目別評価

数値図化に関する技術移転プログラムの目標は、仕様書や図式規定を理解したうえで、3次元モデル空間から数値情報を判読し、適切な精度をもつデータを取得することである。上記の技術指導から確認した IGM 受講者（2名）の数値図化ならびに部分修正に関する技術達成度について項目別に以下のとおり評価した。

#### 1) 数値図化の準備作業・作業工程の理解

IGM は過去にアナログ図化や衛星画像による経年変化修正の経験があることから準備すべきデータについては一定の理解があった。そこで、事前に準備した数値図化作業マニュアルに基づき、縮尺 1:5,000 のデジタル地形図のデータ取得基準、一般的な数値図化作業の手順と内容ならびに生成される各種データの概要を講義と演習を交えた指導により一定の理解が得られたと判断した。

#### 2) 3次元数値図化データ取得の能力向上

2名の受講者に対して2枚のステレオ写真を使用した裸眼による立体視の能力測定を実施した結果、両名とも一定の技術レベルを有しており追加訓練は不要であった。しかしながら、

## 4 技術移転プログラム

IGM 受講者には3次元の描画経験がほとんどなく、ステレオ画面の立体視には不慣れのため、等高線データの反復取得訓練には多くの時間が必要であった。そのため、標高点と等高線のデータ取得については本期間内では実務レベルの技能の習得は難しく、生産レベルの取得スピードを向上するには更なる訓練が不可欠である。

この課題の解決方法は、繰り返し数値図化の実践経験を積むことにあり、その結果、的確な数値情報の取得が短時間に測定可能となる。すなわち、本期間中において、初期と中間と最終時点の受講者による数値情報取得にかかるスピードを測定したところ、1.56 点/分、4.86 点/分、11.19 点/分と確実な上達が確認できた。よって本プロジェクト終了後、本プロジェクト範囲外の地域で数値図化データを取得し、継続的な活動を実践することが重要となる。

### 3) 地物判読能力の向上

地物判読能力には、図式規定に沿った地物判読と縮尺 1:5,000 に応じた高精度の高さの測定が要求される。IGM 受講者の地物分類の判読レベルは高く判読精度も良好であったが、高さの判読精度は不安定であった。

そこで、縮尺 1:5,000 の「図式規定」の内容説明の講義と対象地物の標高値取得の実習指導を繰り返すことで、高さの精度は徐々に安定してきた。しかしながら、現状として数値情報の測定に時間がかかり過ぎるため、瞬時に標高測定ができるようにさらなる継続的な訓練が不可欠である。

### 4) 部分修正の理解

IGM の経年変化修正の経験として、衛星写真を使用した地形図の部分修正による更新業務は実施され、現在でも既存地形図が更新されている。そこで、本プログラムでは、航空写真による経年変化した数値図化データとステレオ写真を用いた修正作業の実習指導を行った。

その結果、最新の航空写真を使用した地形図の更新業務について理解が促進され、IGM が今後独自に3次元地形図の経年変化修正を行うための基本技術は習得できたと判断した。

### 5) 数値図化の成果

受講者が実際に作成した数値図化データは図 4-18 の上段左図のとおりである。日本で作成した同地域の数値図化データ（同図上段右）と比較したところ、平面の地物の測定に関してはおおむね一致し、標高単点の測定精度は許容誤差内であった。

#### 4 技術移転プログラム

ただし、等高線の測定では、地形が平坦な地域では、若干の差異が散見され、高さの変化点の多い箇所や建物や樹木・塀の陰部では等高線の精度が悪くなる傾向であり、安定した3次元判読技術の習得のため、さらなる反復トレーニングの実践が望ましい。

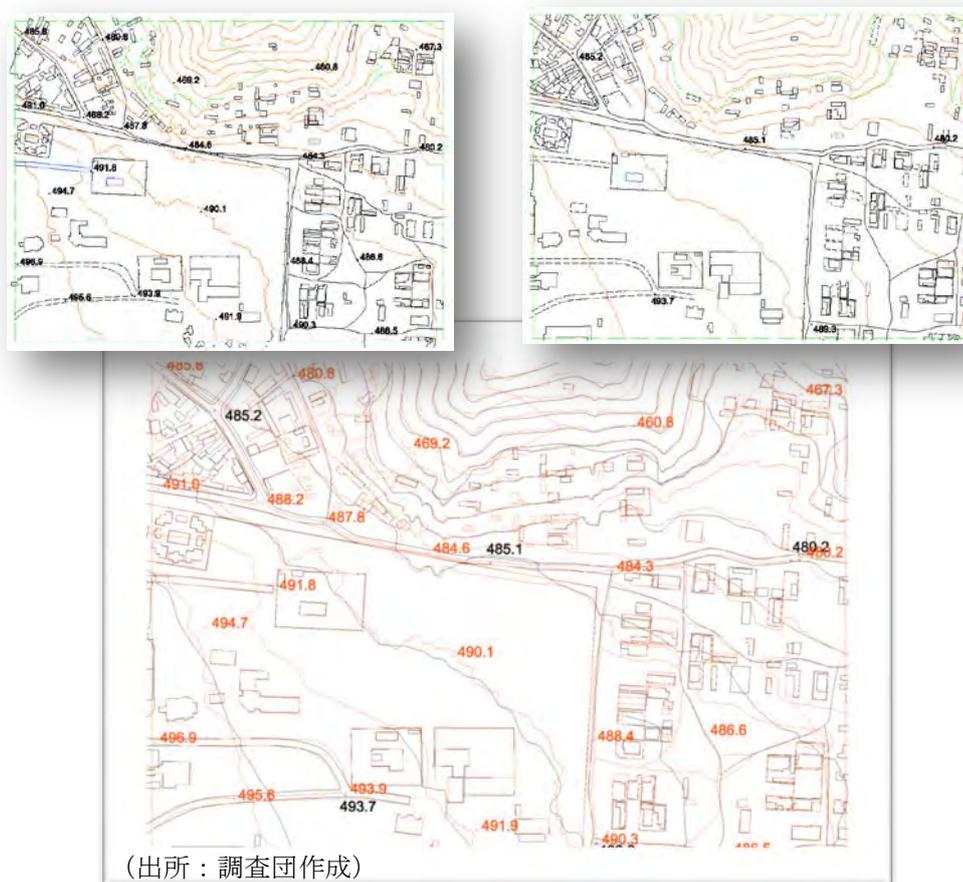


図 4-18 実習で作成他図化データと標準図化データの重合せ図（下）  
（上左：IGMの数値図化実習の成果、上右：標準的な図化データ）

#### 6) 精度管理

IGMでは品質管理記録がないため、取得した成果の品質・精度情報が不透明であった。そこで、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する書式と精度管理方法について講義と演習を実施した。

その結果、3次元の数値図化データの悪さ具合を数量的にとらえて評価し、是正処置をする品質管理手法について一定の理解が得られた。なお、精度管理表については、IGMにおいて、CIIGが将来規定するマリ国の国家地理情報の設計基準や仕様に適合させる形式に発展的に修正し、継続的な運用がなされることを期待する。

#### 4 技術移転プログラム

##### 7) トレーニングの達成度

数値図化の技術指導終了後に、ベースライン調査と同様の指標を用いて、IGM 受講者 2 名による数値図化技術についての自己評価を行った結果とベースライン調査時の結果と比較したものが図 4-19 である。

上記の通り、IGM はアナログ図化の経験があることから基本的な準備および作業工程の理解や裸眼による立体視や地物判読力は十分理解していたが、数値図化の経験が乏しく環境設定や各独自の操作方法は理解を深める必要があった。また、数値図化データの取得に関して標高値の数値情報取得に関しては未熟なため繰り返しのトレーニングが不可欠であった。

結論として、本トレーニング期間中、3次元データ構造の説明や地形・地物を取得する動作（平面位置と高さを確定するまでの時間）に必要以上に時間を要したが、実習成果を評価すると一定の理解と技術が習得されたものと判断できた。

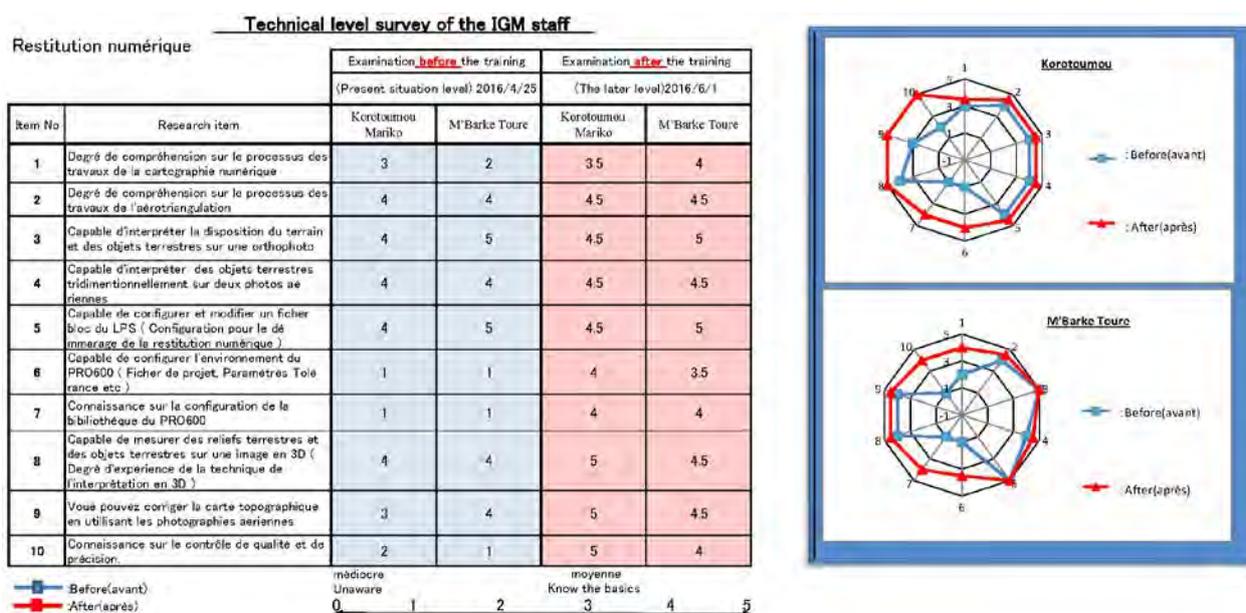


図 4-19 IGM 受講者（2名）の数値図化技術レベルの自己評価  
（青：事前自己評価、赤：事後自己評価）

#### 4.3.7 数値編集・地図記号化および部分修正

本プログラムは、IGM 受講者が 1:5,000 の図式規定や仕様書をよく理解したうえで、数値編集や地図記号化作業が独自に実施できるよう技術指導を実施した。

##### (1) 技術レベル把握のためのベースライン調査

トレーニング開始に先立ち、本プログラムの受講者 4 名に対して、数値編集・記号化技術の概要説明書を配布し、技術移転のスケジュールと概要について説明した。

#### 4 技術移転プログラム

その後技術レベルと技術移転への希望等を把握するためのアンケート調査を実施した（表 4-12）。アンケート・自己採点表の結果をみると、数値編集用ソフトウェアの業務利用はあるとはいえ、実務上の作業ツールとして効率的に活用はできていない状況であった。

表 4-12 数値編集・地図記号化・部分修正技術に関するアンケート内容

評価項目	受講者 3 名の自己評価 (5 段階)		
(1) 地図作成経験	1	3	3
(2) MicroStation/AutoCAD の操作	1	3	2
(3) MicroStation/AutoCAD での記号・線の作成	1	0	1
(4) 地図トポロジーの理解	1	2	2
(5) ArcGIS 等の GIS ソフトの操作	1	2	2
(6) 地図の更新作業	1	2	3
(7) 出力図面の検査	1	2	3

そこで、IGM 受講者の理解度を踏まえ、本プログラムの達成目標である「デジタル地図編集・記号化・経年変化修正への対応・品質管理の習得」の達成に向けて、必要な作業にかかる基本操作の繰り返しに重点を置き、今後 IGM 自身が行う数値編集業務に必要な操作については何度も繰り返し指導を行った。

#### (2) 実習における対象範囲の設定

短期間で数値編集、地図記号化ならびに品質管理の技術手法を IGM 受講者に習得させるため、図面番号「29-I-EA-32-13-4」を 1/4 に分割した北西部分を選定し、実習対象エリアとした。



(出所：調査団作成)

図 4-20 数値編集のトレーニングエリア

#### (3) 技術指導内容

数値編集や地図記号化に関する技術内容やノウハウに関する講義では、あらかじめ準備したマニュアルを用いて、基本概念を中心に講義を行った。

他方、実習トレーニングでは、IGM 受講者の習熟度・項目の重要度に応じて繰り返し指導した。具体的には、表 4-13 に示した技術指導内容を 35 日間（2016 年 4 月 14 日から 6 月 3 日）の日程で 2 名の IGM 技師に対し実施した。

表 4-13 技術指導プログラム（数値編集・地図記号化）の主な内容

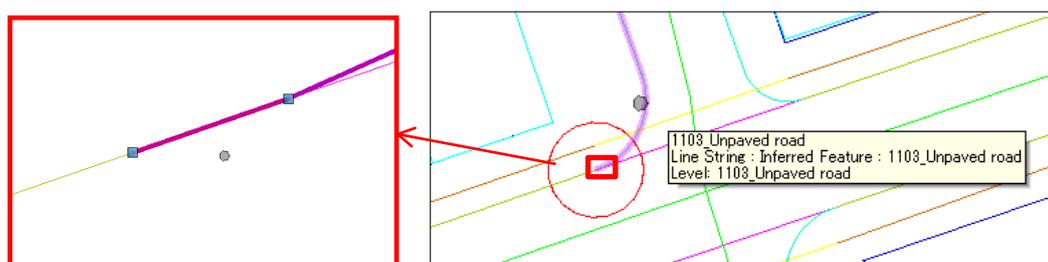
項目	目的	作業内容
数値編集の基本的な作業内容の理解	ソフトウェアの基本操作の理解	本プロジェクトに必要なコマンド操作の実習
数値編集作業のデータ修正	データクリーニングの理解 各種エラーへの対処への理解	トポロジー作成に不要な画線の除去と調整、目視判断によるデータの修正
地図記号化の理解	ソフトウェアの基本操作の理解 地図表現に必要な記号の理解 縮尺に応じた地図調製の判断の理解	地図表現に必要な記号・線種の作成 点、線、面で構成されたデータから地図調製作業出力用データの作成
経年変化修正	補備測量で取得した地物の属性を考慮したデータの挿入の理解 必要な場合の座標変換 参照系データの挿入 地図成果の品質管理	既存データとの整合性を考慮したデータ修正、トポロジーの再構築、座標変換、ラスタ・ベクター入力、テキストデータ挿入 検査・修正、精度管理表作成

## 1) 作業内容の理解

ベースライン調査の結果、IGM 受講者は、数値編集ソフトウェアや GIS を用いた GIS 基盤データ作成業務を行った経験が乏しかった。そこで、数値編集や地図記号化業務を実施するうえで必要な数値編集システムの基本操作について繰り返し直接指導しながら演習を行った。

## 2) 数値編集のデータ修正

数値編集についてはトレーニングエリアの作業データを使い重複箇所・未結合箇所の検出を行なった後、対処法の演習を行った（図 4-21）。エラーのタイプ別に修正・処置の仕方が異なるので OJT エリアの演習にはその都度対処法を助言しながら進めていった。

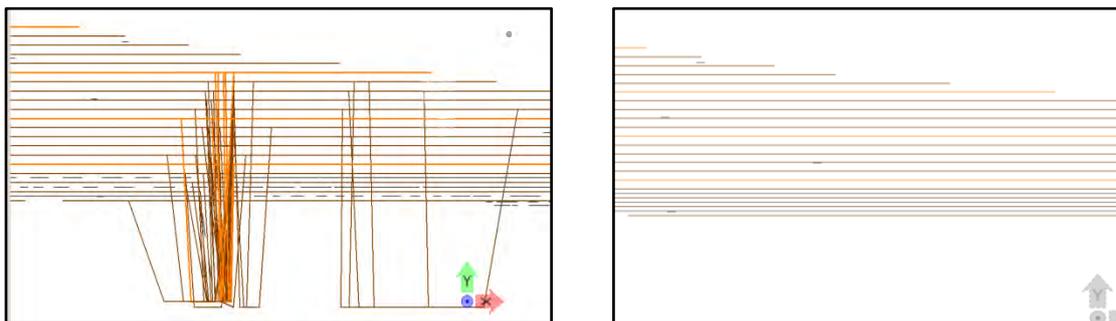


（出所：調査団作成）

図 4-21 重複データエラー

等高線の編集については、通常数値編集ソフトウェアで3次元データの編集を行うと高さの属性に不都合が生じ、GIS 用のデータとして使用できないことを説明したうえで、その修正方法を指導・演習した。

#### 4 技術移転プログラム



(出所：調査団作成)

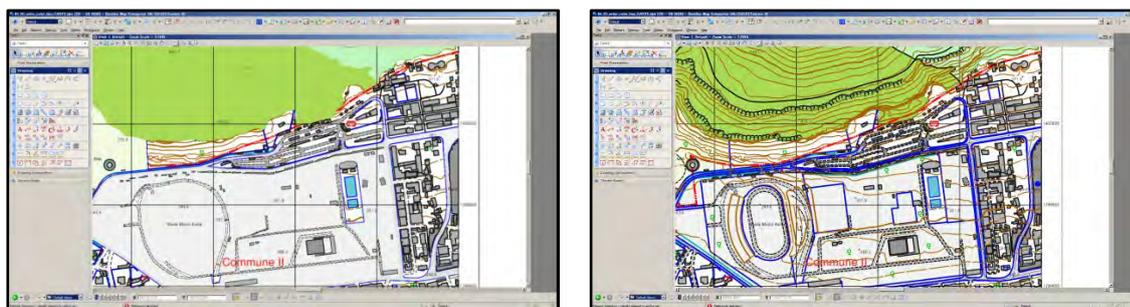
図 4-22 等高線の高さの不具合修正 (左：標高値不具合、右：修正済断面)

上記の修正は、GIS データ作成に不可欠であり、たとえ数が多くあろうとも必要な要件を満たすまで修正を続けることを強調した。これらのエラーの状況・傾向は記録して数値図化担当者に報告して改善に努めるよう連携が必要なことを合わせて指導した。

#### 3) 地図記号化

縮尺 1:5,000 の地形図において転位作業は一般的ではないが、記号の重複により読図が困難な場合のみを行うことを指導した。

注記の配置に関しては、注記仕様書に準拠して行うが、配置規則が適用できない場合は、周囲の記号・注記との重複を避けて配置することも指導した。加えて、出力データを作成する前に地物コードのレイヤの順番を定義しなければ、適切な地図表現がされないまま出力されてしまうので、順番の定義ファイルの作成方法を実技指導した。



(出所：調査団作成)

図 4-23 印刷・出力順序を適用していないデータ  
(左：等高線・道路等の表示が不完全、右：適切な表示)

さらに、将来 IGM で独自の地図記号のデザインができるように、セル（記号）の作成、カスタムライン（線種）作成に多くの時間を使って指導した。

IGM からの依頼もあり、単純な記号から複雑な記号（例えば、市場 2421 や崖地 6105）まで一連の地図記号を図式規定に合わせた実践トレーニングを繰り返した。

## 4 技術移転プログラム

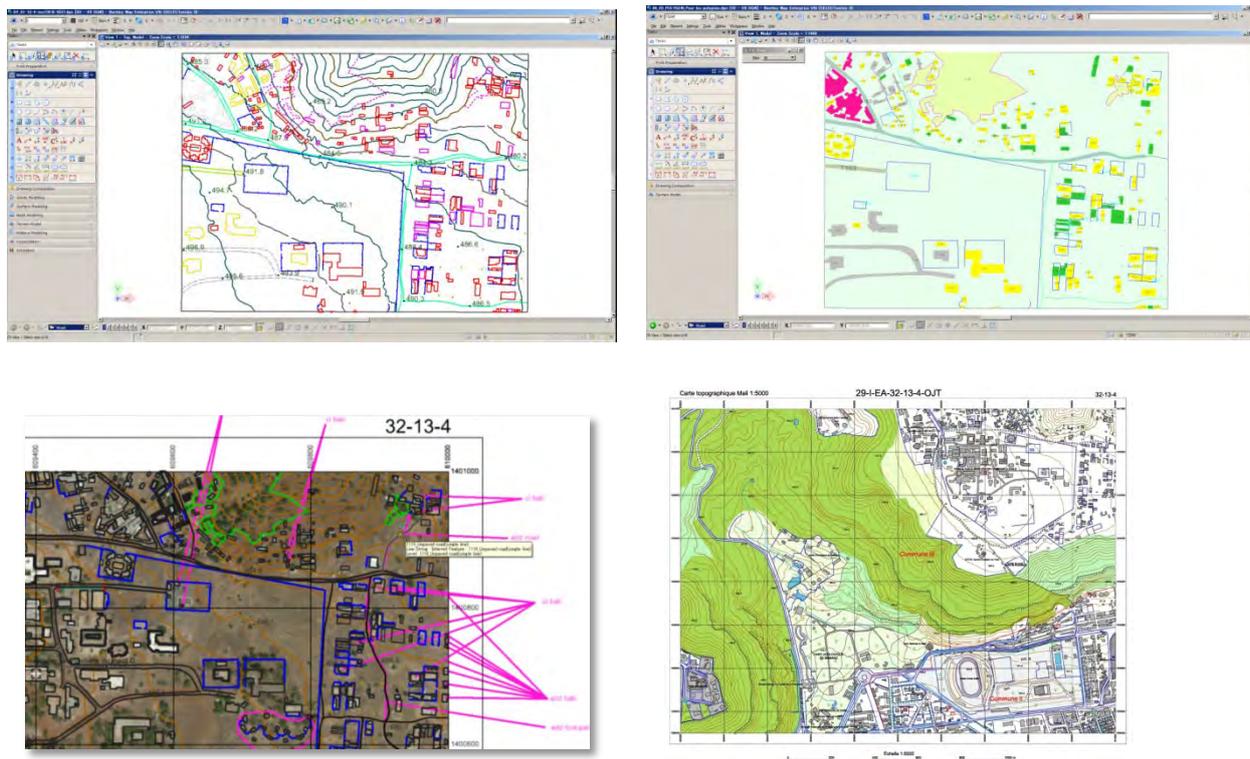
### 4) 経年変化修正

本プロジェクト終了後、地理情報の維持管理をする上で経年変化への対応は重要な課題であり IGM の使命として独自に運営しなければならないことを徹底指導した。

経年変化修正を行う素材として空中写真、衛星画像や施設的设计図、位置・配置図施設・設備の情報等があり、経年変化修正の対象地域については、大規模開発・自然災害等による道路、橋、鉄道、地形、公共施設の拡充・消失の変化が対象に挙げられることを講義した。

オルソフォトをデジタイズするときには建物の屋根でなく真位置を描画することが肝要であり、写真測量技術者との連携の必要性について説明し、IGM 受講者には前項 4.3.6 の数値図化の技術指導中の 3 次元画面を見せて理解を促進させた。

最終的に、経年変化修正の OJT として図化技術移転での経年変化 OJT 作業で取得したデータを使って、ポリゴンデータの作成後接合作業を行わせて挿入作業を行い、既存図データとの接合の重要性の理解を促した。赤太線のエリアを経年変化部分として既存図にマージしてオルソ画像を背景にマゼンタの引き出し修正箇所を処置した。



(出所：調査団作成)

図 4-24 経年変化トレーニングの成果

(上段左：実習成果、上段右：ポリゴン化データ、下段左：経年変化記録図、下段右：最終成果)

## 4 技術移転プログラム

### (4) 項目別評価

数値編集・地図記号化に関する技術移転プログラムの目標は、仕様書や図式規定を理解したうえで、数値図化データから編集適切な精度をもつデータを取得することである。上記の技術指導から確認した IGM 受講者（3 名）の数値編集、地図記号化ならびに部分修正に関する技術達成度について項目別に以下のとおり評価した。

#### 1) 数値編集

繰り返しの演習指導を実施したことで、数値編集に必要な作業や数値編集システムのコマンドや機能について、IGM 受講者は理解できていると評価した。ただし、理解に基づく適切なチェックや修正作業（データクリーニング）やトポロジーの作成、経年変化修正の一連の作業について、瞬時に適切な処置がとれるようになるにはさらなる継続訓練が必要である。

#### 2) 記号化

地図記号化の理解、記号・線種の作成手順に関する知識やノウハウについて十分習得できたと判断できた。習得した技術を用いて、引き続き実務の中での活用が望まれる。

#### 3) トレーニングの達成度

数値編集・地図記号化の技術指導終了後に、ベースライン調査と同様の指標を用いて、IGM 受講者 2 名による数値図化技術について自己評価を行った結果とベースライン調査時の結果と比較したものが図 4-25 である。

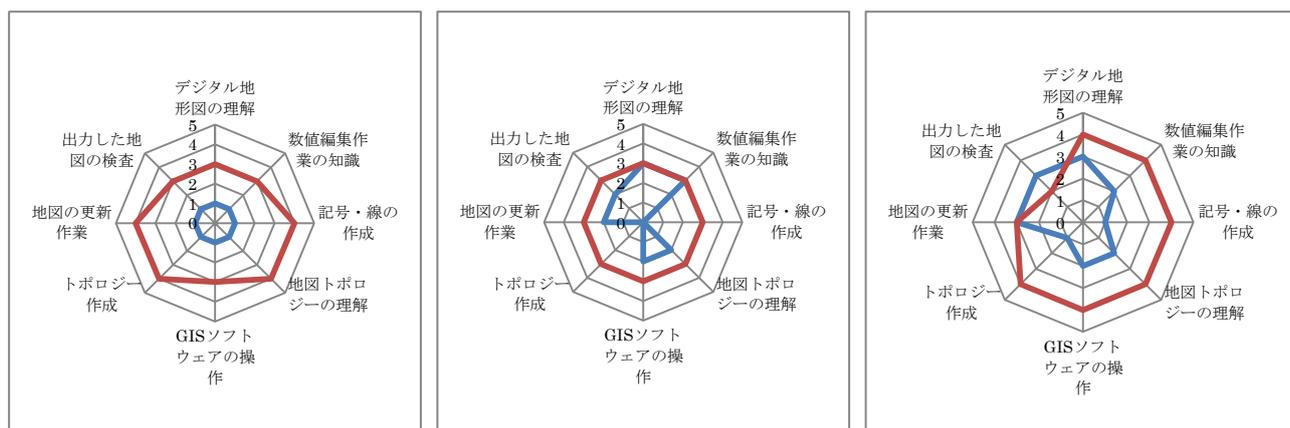


図 4-25 IGM 受講者（3 名）の数値編集・地図記号化の技術レベル評価  
（青：事前自己評価、赤：事後自己評価）

上記の通り、IGM は 3 次元データを含む GIS 基盤データの数値編集経験がほとんどなく、基本操作、環境設定について理解を深める必要があった。そこで、本トレーニング期間中、3

## 4 技術移転プログラム

次元データのデータクリーニングやトポロジー作成の基本作業に必要な知識の習得に必要以上に時間を要した。

指導した基本操作・知識等を実作業に適用しながら IGM 研修生が独力で行うことを期待したが実務レベルには到達していないのが実情であった。そこで、プログラム後半に繰り返し説明を行ったことで一定の理解は得られたと判断できたが、継続的なトレーニングが必要であると IGM 受講者に助言した。

### 4.3.8 GIS 構造化

#### (1) 技術レベル把握のためのベースライン調査

IGM 受講者の GIS やデータベース管理の経験等を把握し、参加者の視点としてベースライン情報を収集するために事前アンケートを行った。事前アンケートの結果を要約すると以下の通りである。

- 1) 1名の受講者は、情報システムに関する十分な知識だけでなく、リレーショナルやオブジェクト指向データベース管理の概念を持っていた。この受講者は、マイクロソフトの Access、PostgreSQL と MySQL のデータベース管理システムにも精通していたが、CAD ソフトウェアについては取り扱った経験がなかった。
- 2) 他の2名の受講者は、情報システムやデータベース管理の知識は乏しかったが、CAD ソフトウェアに精通していた。
- 3) 受講者全員が GIS の業務経験は有していなかった。ただし、ArcGIS や QGIS 等のソフトウェアについて認識があり、GIS 研修の経験があった。
- 4) IGM の GIS データを改善するために GIS や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) 技術指導内容

上記のような IGM 受講者の技術レベルを把握したうえで、ジオデータベースの設計と管理について技術移転プログラムで実施するトレーニングに関するワークショップを実施した。今回実施するトレーニングの具体的な目的は以下のとおりである。

- 1) ジオデータベースの概念や設計の理解
- 2) 効率的なモデルの構築やデータが格納しやすいジオデータベース・スキーマの設計
- 3) 図式規定に準拠したサブタイプやトポロジー等のジオデータベース構成要素の作成
- 4) 本プロジェクトで作成した GIS 基盤データからジオデータベースへの効率的な移行

## 4 技術移転プログラム

技術指導プログラムは、IGM からの 3 名の受講者に対して 14 日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 ArcGIS10.3 を用いた実習トレーニングを行った（写真 4-5）。

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。



（出所：調査団）

写真 4-5 GIS 構造化とジオデータベースの講義

### 1) ジオデータベースの設計・管理

ジオデータベース管理トレーニングは、以下の 4 つの中心テーマに焦点を当てた実践的な演習とした。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、全期間を通じて受講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。

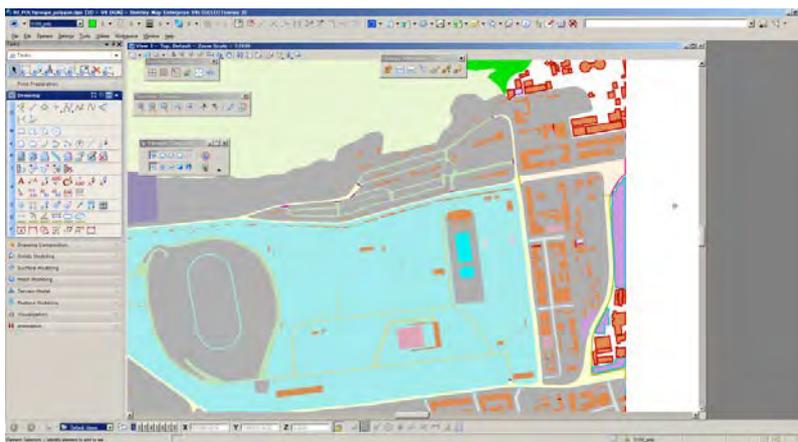
- ・ 簡易ジオデータベース・スキーマの設計
- ・ ジオデータベースの入力や作成
- ・ サブタイプ等の項目分類
- ・ ラスターデータのインポート

### 2) GIS データのためのトポロジーの作成

トポロジー作成についてはポリゴントポロジー作成の指導を主に行った。各トポロジーのタイプ、ポイント（テキスト含む）、ライン、ポリゴントポロジーの必須要件の説明と例外事項について指導した後、OJT エリアの演習を行った（図 4-26）。

ポリゴントポロジーの作成については、今後 IGM が自前でデータを維持・管理・作成するにあたって重要な作業と考えられるので十分な時間を使って実習を行った。特に、エラーについて「何が起因しているか」という解決アプローチについて自己研鑽による習得が重要であることを強調して指導を行った。

#### 4 技術移転プログラム



(出所：調査団作成)

図 4-26 実習トレーニングの成果

### (3) 実施後の評価

上記の技術指導から確認した IGM 受講者 (3 名) の GIS 構造化に関する技術達成度について評価した。

図 4-27 は事後評価の結果であり、受講者とプロジェクト専門家との間の類似性を示している。GIS ソフトウェアを初めて使用したことを考慮しても、全体的なパフォーマンスは良好であったと判断できた。しかしながら、情報システム系の受講者は、簡易ジオデータベース・スキーマの設計と ジオデータベース入力・作成は難易度が高かったようであるが、トレーニングマニュアルに沿って実習を行った結果、最終的には理解できたと判断できた。

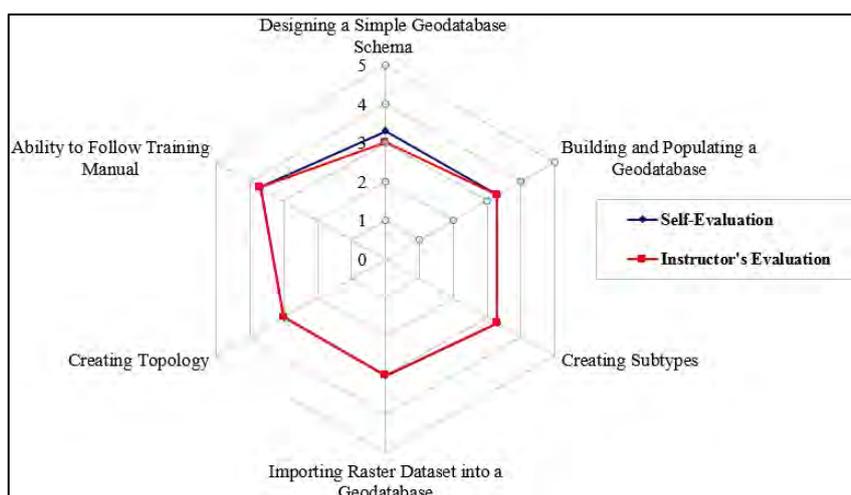


図 4-27 技術指導終了後の受講者の自己評価と専門家評価

総じて、受講者全員の GIS データモデル (ラスター・ベクターモデル) の知識不足に起因して、ジオデータベースへのラスターデータのインポートとトポロジーの作成で様々な課題が生

## 4 技術移転プログラム

じた。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受講者の理解を促した。

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。このような高いポテンシャルがあるIGMにおいて、一定水準の地理情報を維持するため、今後IGMが進むべく方策としての提言を以下の通りまとめた。

- 1) 受講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、IGMは技術研修プログラムを継続して行う必要がある。
- 2) IGMがGIS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) GISデータと適切なGISデータ共有の手続きを行うため、IGM内にGISデータセットが一元管理できるGISラボの設立が望まれる。

### 4.3.9 品質管理

#### 4.3.9.1 標定点測量

標定点測量の品質管理は、以下の4点に注力して実施した。その結果は点ノ記に取りまとめ、後続工程の空中三角測量で使用した。

##### (1) 既存基準点の精度管理

既存の基準点が現場に存続して正常な状態であること、また周囲の立地環境からGNSS観測に支障がないことをIGMの職員と共に目視確認した。

次に、基準点の座標値(X,Y,Z)が標定点測量として使用できる精度を保持しているかをGNSS観測で点検した。その際、IGMの職員が観測機器を正しく設置し、衛星情報を適切に受信するためにGNSSの受信機の初期設定ができることを確認した。

その受信結果を使用して基線解析を行った結果の平面座標値と既存成果と比較して差異がないことを確認した。

具体的には、D0035、D0030、D0050 および B11 の4点で観測を行い、4点の既存基準点を使用した網平均計算の結果を評価した。以上の精度管理の結果、標定点測量の骨格基準点として採用できることもと判断した。

## 4 技術移転プログラム

### (2) GNSS 観測の精度管理

IGM は、これまで放射観測法による GNSS 観測を実施していたが、本プロジェクトでは多角網による観測手法に変更した。この手法では 4 台の GNSS 機器で同時観測する必要があるため、その観測方法について IGM の職員に指導した。

作業に先立ち、交通事情と土地勘のある IGM 職員と共に観測作業計画（セッション計画）を策定した。その計画に対して確実に観測されたことを確認した。

### (3) 水準測量の精度管理

水準測量における精度管理項目として、OJT による品質管理（データ管理および精度管理）を実施した。IGM は水準測量に関しては十分な経験を有しており単路線単位の測量精度は規定内であった。ただしデータの管理方法に誤りが散見され最終成果に悪影響を及ぼしていた。

その原因は水準測量の中間成果を作成する各段階で転記ミスや計算誤りを点検する作業が定着していないことに起因することが推察される。そこで、水準測量作業を通じた OJT により各段階のデータ管理手法と精度管理を技術移転し品質管理を徹底した。

### (4) 基線解析の精度管理

上記の GNSS 観測の結果と水準測量の結果を本プロジェクトで調達した標定点解析ソフトウェアの LGO（Leica Geo Office）を用いて 3 次元解析処理を実施し、標準偏差で 18cm となったため、この値を採用して後続作業の空中三角測量を実施した。

#### 4.3.9.2 現地調査/現地補測

現地調査/現地補測の品質管理は、下記 2 点に注力して実施した。

##### (1) 作業規定および図式規定の理解

大縮尺地形図作成における現地調査および補測調査の位置づけについて、OJT による反復学習を行うことで、作業マニュアルや図式規定に従って調査する意味は理解できた。

特に補測調査では、1 日の調査終了後、調査結果を各チームにヒアリングを実施し、調査結果に矛盾や漏れ、不足等がないか逐次確認した。繰り返し確認を行うことで、作業マニュアルに沿った調査ができていると評価した。

##### (2) 検査・誤差修正、品質・工程管理（精度管理表の作成、工程表の作成）の実施

工程管理は、各チームの進捗状況をグラフ化（図 4-28）し、日々調査団事務所に掲示し、誰もが確認できるようにした。

#### 4 技術移転プログラム

これにより、各チームの進捗状況を一目で比較することができ、日毎管理、進捗管理の必要性を認識させることができた。

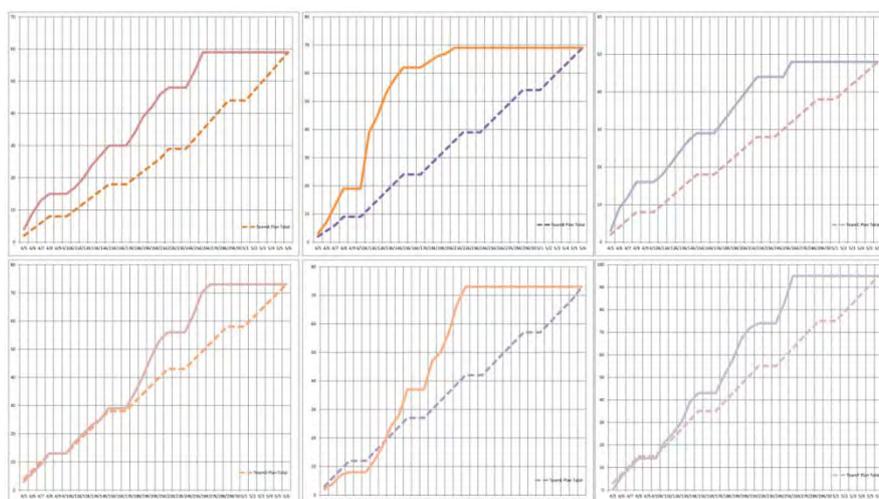


図 4-28 各調査班の進捗状況のグラフ化（現地確認）

加えて、検査・誤差修正は、各工程単位に日本人専門家と IGM 調査班の役割を設定し、検査内容および修正対応を実施した。各工程の主な検査・誤差修正内容は表 4-14 の通りである。

表 4-14 検査・誤差修正内容

工程	検査内容	修正対応等
調査箇所 の整理	建物名等の名称確認作業に漏れがないか。	調査班による確認作業後、日本人専門家が調査結果を検査し、漏れや不明がある場合は指摘し、調査班に修正させた
	建物名等の名称確認後、調査員によって EXCEL 入力したものが正常に更新されているかどうか。	調査班による入力後、日本人専門家が修正前後の履歴を表示したリストを出力し、調査班が修正原稿と照合を行った。修正がある場合 EXCEL データを修正した。最終検査は日本人専門家が行った。
	補測調査用図面に調査箇所が整理できているか。	調査班による補測図面への整理後、日本人専門家が整理結果を確認し、漏れ等があれば指摘し、調査班に修正させた。
現地確認	調査対象箇所を全て確認できているか。また、調査内容に不備がないか。	調査班が現地から戻り次第、日本人専門家が調査結果を確認し、漏れや不備がある場合は、指摘し、その場で解決できない事項については、翌日に再調査を指示した。
調査結果 の整理・デ ータ化	野帳の調査結果の EXCEL 入力が正しくできているか。	日本人専門家による EXCEL 入力後、原資料と対比し、間違い箇所については、修正させた。
	調査結果図と野帳の EXCEL 入力結果の件数が一致しているか	日本人専門家による EXCEL や GIS 入力後、日本人専門家がデータを確認し、問題あれば修正させた。
図面表示 用の注記 調整	注記調整リストに記載された内容が全て確認できているか	IGM 担当者が確認したリストを日本人専門家が目視検査し、確認漏れについては、指摘し修正させた。
	略語に変更した内容が EXCEL へ正しく入力されているか。	日本人専門家の EXCEL 入力後、日本人専門家が出力し、入力漏れ、誤記等を検査し、随時修正対応させた。
道路およ	道路調査用元資料の内容が入力	調査員が作成した入力原稿図を、日本人専門家が確認し、

び河川の 名称、起終 点の確認	原稿に正しく記入されているか	漏れや間違い箇所を指摘し、修正させた。
	GIS 入力結果が、道路調査元資料と整合性がとれているか	調査班が入力した GIS データを調査図郭単位に出力し、一次検査として調査班自身で原稿図と照合させた。一次検査終了後、修正データを二次検査で日本人専門家が実施した。
送電線の 接続確認	送電線の接続が正しいか。	送電線を管理している EDM 担当者と図面を確認し、訂正箇所（1箇所）を修正した。
Quartier 界 の作成	原資料データから正しく展開できているか。	日本人専門家が展開した結果を IGM 担当者が確認し、空白地や他のレイヤ（Commune 界）との不整合箇所を修正した。

#### 4.3.9.3 空中三角測量

空中写真測量の計算は、地上基準点の座標を検証点として撮影時のカメラ主点位置（XYZ）およびカメラの傾き（XYZ の三軸の回転角度オメガ、ファイ、カッパー）を求めると同時に、悪さ具合を数量的に示す値（シグマ）と標定点の基準点残差から計算結果の合否判定を決定した。その判定基準は、使用された航空写真の撮影縮尺と航空カメラの CCD サイズで決定されることを講義形式と実技トレーニングで技術指導した。IGM 職員は合否判定基準をもとに品質管理が行うことが可能となった。

それらの結果は「空中三角測量の精度管理表」に記録して保存した。前項 4.3.5 で既述したとおり、今回は精度管理用の一般的な書式を準備し IGM 職員が実技トレーニングで作成した数値図化データの品質評価をして精度管理表を作成した。今後 IGM は、CIIG が将来規定するマリ国の国家地理情報の設計基準や仕様に適合させる形式に改良し、継続的な運が望まれる。

#### 4.3.9.4 オルソフォト

一般的に実施される DEM の品質管理は、部分的にランダム抽出した標高点を点検して記録する手法が用いられる。ただし現在の IGM では DEM の品質が部分的に不安定となりこの点検方法では製品の品質にばらつきが発生する。よって、本プログラムで実施した品質管理では DEM の標高を 3 次元モニターで目視点検（全件検査）する方法を技術移転した。

モデル単位で自動発生した DEM の標高点を点検して、その点検者がサインする書面「DEM の精度管理表」を用いた品質管理手法は受講者に十分理解されたと評価した。

#### 4.3.9.5 数値図化および部分修正

数値図化と部分修正の 3 次元図化データは、一連の作業であることから品質管理では同一フォーマットの管理表を使用した。ここでの品質評価は、講義と実践トレーニングで取得された数値図化データの「過剰、洩れ」、「3 次元位置」と、分類の「誤り、定量的属性」を 3 次元モデル画像と直接比較して行った。品質評価におけるエラー箇所は随時修正、地物の追加処理を行い、数値図化データとして次工程に引継ぐことを指導した。

#### 4.3.9.6 数値編集・地図記号化

地形図の検査方法として、コンピュータの画面上で検査する方法と出力図を用いた方法があることを説明した。前者は、画面をズームすることで精緻なデータ構造について精査できる一方、画面拡大により部分的なエリアのみを検査する傾向に陥りやすい。一方、後者の出力図を用いたアナログ検査は一度に広い範囲をチェックすることが可能であり、地形図全面の統一性を検査するのに向いている。



(出所：調査団)

図 4-29 トレーニングエリアの検査図面と精度管理表

IGM はかつてアナログの地形図作成技術を有していることから、コンピュータの画面検査だけでなく、ベテランの技術者からの助言が得られやすく複数名のクロスチェックができる出力検査の実施の意義について繰り返し説明した。

さらに、本トレーニングのみならず、検査の結果は精度管理表に記録し、エラーの状況を把握することで次のプロジェクトの改善につながることを助言した。

## 5. 今後の展望と将来の期待

本プロジェクトで実施した各作業工程でのベースライン調査の結果や IGM での活動の中でいくつかの課題が散見された。今後は IGM が国家地理情報を担う組織として発展するために以下の課題を解決し、地理情報技術ならびに GIS 基盤データの提供サービス機関として、そのユーザーである他省庁に対してリーダーシップを発揮することを期待する。

### (1) 新組織での業務内容と提供サービスの整理

航空写真、衛星画像ならびに地形図といった地理情報の提供のみならず、新設した CGIG の運営と提供技術サービスを明確にし、Web サイトで IGM の商品及び提供技術サービスを PR することが必要である。

### (2) 基準点の管理と再整備

IGM の使命の 1 つにマリ国土の骨格となる国家基準点の管理がある。しかしながら、バマコ市内での国家基準点（三角点、水準点）が破壊され、亡失しているのが現状である。

そこで、バマコ市内の全基準点の調査を早急に実施し、必要に応じて新しい基準点（電子基準点の設置も含む）を再整備したうえで、他省庁の地理情報整備の支援を行うことを忘れてはならない。

### (3) 本プロジェクト成果のアップデート

#### 1) 道路および河川に関する情報の更新方法

道路情報については、コミュニケーション技術支援室（CTAC）が道路施設管理で活用している道路管理図の提供を受けて作成し、位置情報が正確な GIS 基盤データとして更新し CTAC に還元し道路行政での活用が期待される。ただし、道路管理図は市域全体の情報はなく、地区によっては道路名が未登録な箇所がある。さらに、提供されたデータは座標管理されていないため、位置精度が悪い場所もあり、識別できない箇所は未登録とした。

今後は、今回整備した大縮尺地形図データを CTAC へ提供し、そのデータ上に CTAC が更新し、IGM へフィードバックする仕組みを作ることで、統一された精度を維持したうえで道路情報が整備でき、今後の道路行政の効率化に寄与するものと考えられる。

河川および水路名については、既存の 1/25,000 データ上に格納されて情報のみを利用して作成したため、主要な河川以外は未登録である。河川および水路は排水路としても現在されているものもあることから、今後は、これらを管理している省庁との連携を密にし、河川・水路管理に大縮尺地形図が利活用されることを期待する。

## 5 今後の展望と将来の期待

### 2) 行政界 (Commune、Quartier) の精度向上

Commune 界および Quartier 界などの行政界は地域を形成する基本的な情報であり、地域の実情や課題を把握のために使用される頻度が高い情報である。

今プロジェクトの GIS 基盤データ整備にあたり、Commune 界は 1980 年代に作成された縮尺 1:20,000 の地形図から展開し、一方、Quartier 界は 1:25,000 の市域図から展開したため、位置精度は期待できない。さらに、Kati 県内については、資料がないため境界線を描画することができなかつたため、地域名の登録にとどまっている。今後は、今回作成されたデータを元に内務当局や関係機関と調整を行いながら、行政界情報の確定を図る必要がある。

### 3) 地形図作成対象外の整備

本プロジェクトで実施した空中三角測量の成果を用いた 3 次元ステレオモデルがすでに整備されている。よって、本プロジェクトで整備した地形図作成地域外の 880km<sup>2</sup> に対して、他省庁の開発計画やバマコ市役所のマスタープランからの要請を今から想定し新規整備することを期待する。

### 4) 地形図範囲内の経年変化修正

本成果である縮尺 1:5,000 地形図 (520km<sup>2</sup>) は 2015 年 3 月に撮影された航空写真を使用して整備されたものである。本成果のセールスポイントはこれまで存在していなかった地盤の高さの情報を面的に整備したことであり、当面は十分に高さの参照データとして活用できる。その一方、バマコ市内では部分的に開発が急速に進んでいるため、徐々にデータの鮮度が低くなっている。そこで、構造物や地形に改変が生じた場合、まずはオルソフォト画像を用いて平面の経年変化修正を行う必要がある。

### 5) DNDC (地籍局) との協力

本成果のオルソフォトや縮尺 1:5,000 の地形図は DNDC が行う地籍測量計画の策定には十分に対応できる精度を有している。そのため、DNDC と協力し地籍測量のサービス支援することが間接的にバマコ市の行政サービスの向上に寄与するであろう。

## (5) 地理情報の技術仕様

本プロジェクトでは縮尺 1:5,000 のデジタル地形図作成の技術仕様や GIS 基盤データのジオデータベースを策定した。共有の地理情報基盤データという概念上、これは IGM に限った仕様ではなく、マリ国基盤情報の技術仕様である。IGM もこのことを十分理解し、ガイドライン等を整備し全地理情報ユーザーに対して公表していく努力が必要となる。

## 5 今後の展望と将来の期待

そして、本プロジェクトで整備された各種の技術仕様は今後各省庁においても適用できるものに変更もしくは更新していくことを期待する。

### (6) NSDI 構想の構築に向けて

地理情報は国土空間の基盤情報の1つに過ぎず、バマコの抱える様々な課題や都市開発を直接解決するものではない。それ故に、地理情報の利活用に関する課題は、横の連携の脆弱性に起因するものであり、供給サイドの IGM と地理情報ユーザー間の役割分担について相互理解やコミュニケーションが重要である。

そのため、マリ国全体のフレームワークを検討し、全省庁、利用する全セクターを横断する運用ガイドラインを整備していかなければならない。このことは PNIG にすでに明示されているとおり、地理情報ユーザーのニーズを満たすために必要な（もしくは不足している）すべての地理情報は、IGM が作成する GIS 基盤データ（ベースマップ）上に展開され管理され、最終的には各地理情報データ（主題情報）が省庁間で共有されることとなる。

ワークショップを鑑みると、IGM はその任務からベースマップを準備し、他のユーザー機関が主題データをその上に展開するという NSDI の基本コンセプトについては認識できており、一方ユーザーである CNIG 等の加盟省庁も概ね理解できていることも確認できた。そこで、まず IGM が行わなければならないことは、地理情報の受け皿である CGIG 整備の準備が始まったので、第2章のニーズ発掘で明確となった、使いやすい（ユーザーフレンドリーな）データの提供、GIS 技術支援そしてその情報発信の取り組みが喫緊の課題となる。

### (7) おわりに

本プロジェクトは、2015年2月から2016年10月までの約21か月にわたり、調査団と IGM のカウンターパートとの共同作業で実施された。プロジェクトの前半は、バマコ市内の治安状況の悪化を辿るなか、標定点測量や現地調査/現地補測調査では、IGM が主体となって活動した。そしてプロジェクト後半の活動では、本プロジェクトで調達した機材を使用して空中写真測量による縮尺 1:5,000 デジタルマッピングの技術移転プログラムを策定し、IGM に対して、GIS 基盤データの作成・修正のための技術指導を行った。

IGM は、これまで小縮尺のアナログマッピングや直近では IGN France によるデジタルマッピング (1:200,000) による地形図作成の経験を有しているが、大縮尺地形図作成は本プロジェクトが最初の経験となった。そのため、縮尺の差異による考え方や作成手法の違いについて IGM 受講生が理解・習得するまで多くの時間を有した。

## 5 今後の展望と将来の期待

本プロジェクトで整備された縮尺 1:5,000 の地形図はデジタルデータであり、追加や修正することは容易である。今後 IGM は本プロジェクトで習得した技術や経験をもとにバマコの現状に即しながら更新していくことが重要である。もちろん、本プロジェクトで IGM が体験した技術指導プログラムだけで完全な技術が身についたわけではない。

しかしながら、IGM には大縮尺地形図作成に必要な資機材、各工程の作業マニュアルは整備された。これら環境に加え、本プロジェクトで撮影された航空写真と空中三角測量の成果からオルソフォト (1,400km<sup>2</sup>) も整備されている。すでに上述したとおり、IGM は、本プロジェクトの地形図作成対象地域 (520km<sup>2</sup>) 以外の未整備地域 (880km<sup>2</sup>) に関してはすぐにでも着手できる状態にある。

よって、本プロジェクト終了後、IGM は習得したノウハウを駆使し、未整備地域の縮尺 1:5,000 地形図を独力で整備し、その試行錯誤の過程からマリ国の大縮尺地形図作成の手法を確立することを調査団としては期待する。

最後に、本プロジェクトではマリ国の治安情勢が不安定の中、本プロジェクトの遂行に当たり、実に多くの方々からご支援を賜った。バマコ滞在中、短期間で円滑な業務を実施しなければならぬ制約の中、調査団への安全配慮とともに多大な支援と協力を頂いた IGM 院長をはじめとする IGM のカウンターパート、在マリ日本国大使館、JICA セネガル事務所、マリ国派遣専門家の皆様に対して深く謝意を表する次第である。