

ジンバブエ共和国測量局

ジンバブエ共和国
地理空間情報データベース整備
プロジェクト
ファイナルレポート
(要約)

平成 29 年 6 月

(2017 年)

独立行政法人 国際協力機構 (JICA)

アジア航測株式会社

株式会社パスコ

基 盤
JR
17-064

USD 1.00=JPY111.326

(2017年6月)

ジンバブエ共和国測量局

ジンバブエ共和国
地理空間情報データベース整備
プロジェクト
ファイナルレポート
(要約)

平成 29 年 6 月

(2017 年)

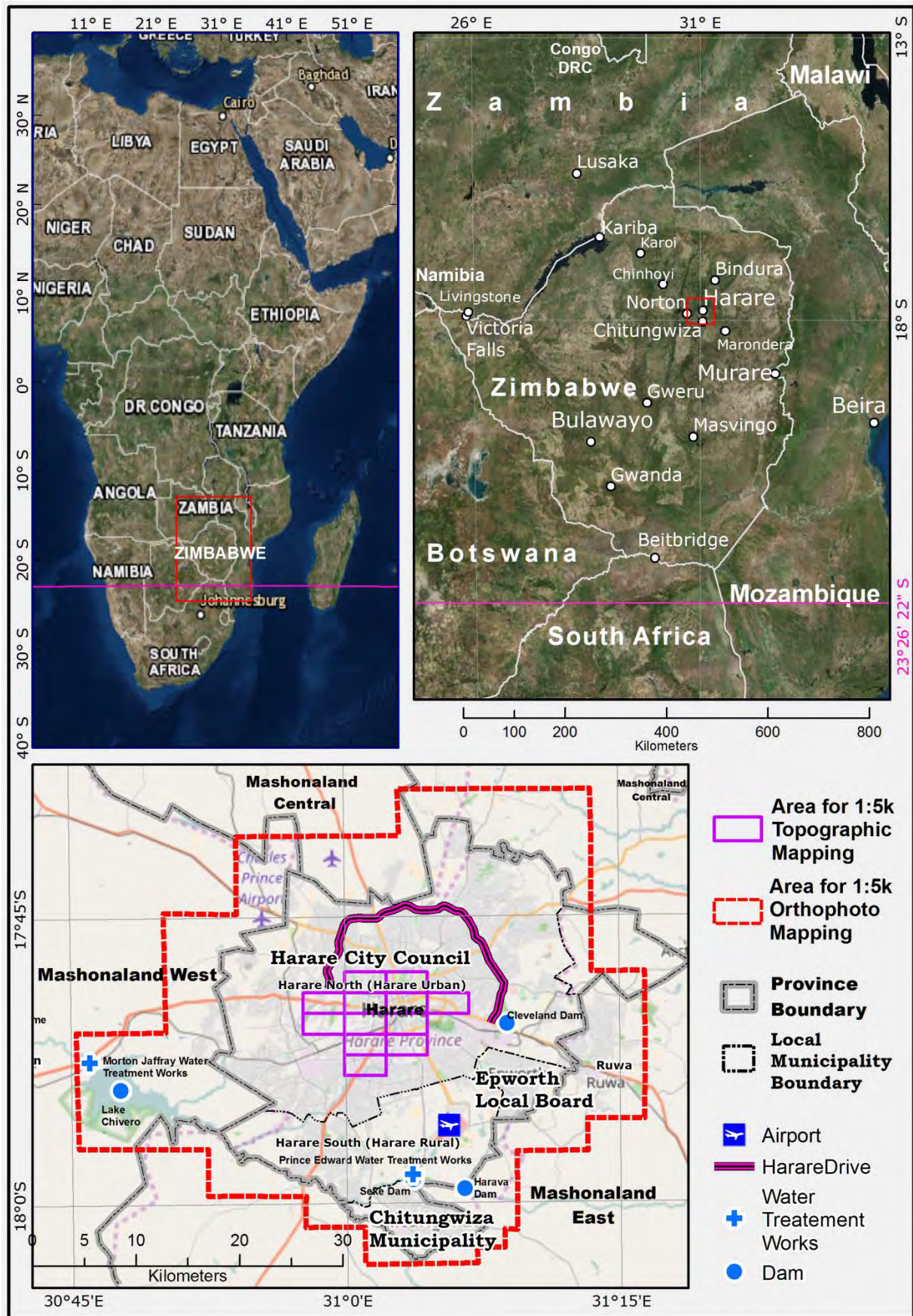
独立行政法人 国際協力機構 (JICA)

アジア航測株式会社

株式会社パスコ

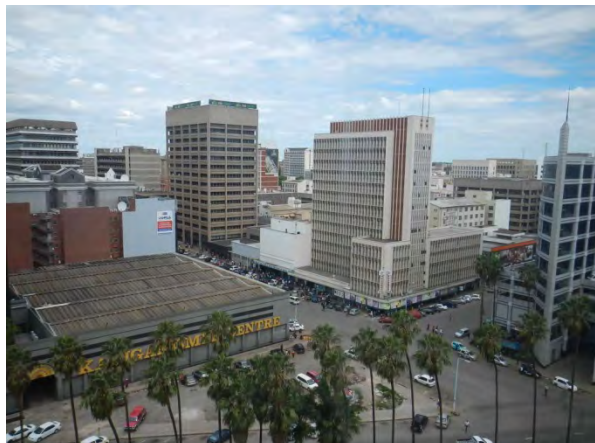
基 盤
JR
17-064

プロジェクト対象地域図



(調査団作成)

写真集



ハラレ市の中心部 1



ハラレ市の中心部 2



ハラレ市の幹線道路



チトゥンギザ市の遠景



インセプション・セミナー



国家基準点 387/T (GPS-35)



国家基準点 3118/T (GPS-38)



国家水準点 BM21M 366



撮影機



撮影機に搭載されたデジタルカメラ



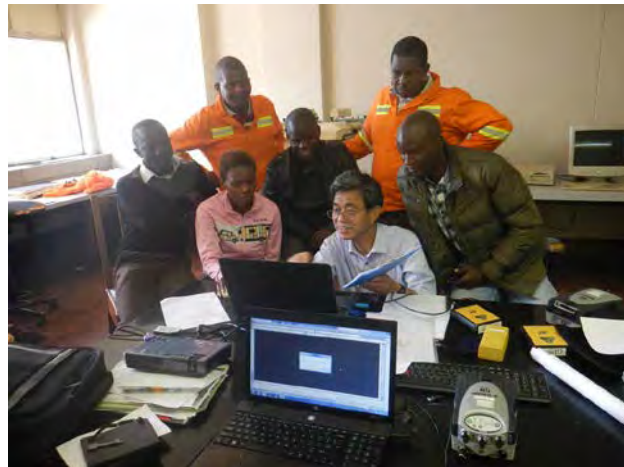
水準測量の作業風景



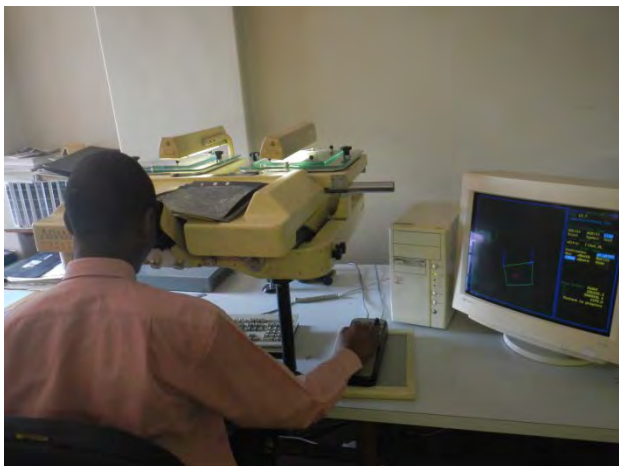
GNSS 観測の作業風景



対空標識の設置指導



GNSS 観測データの解析指導



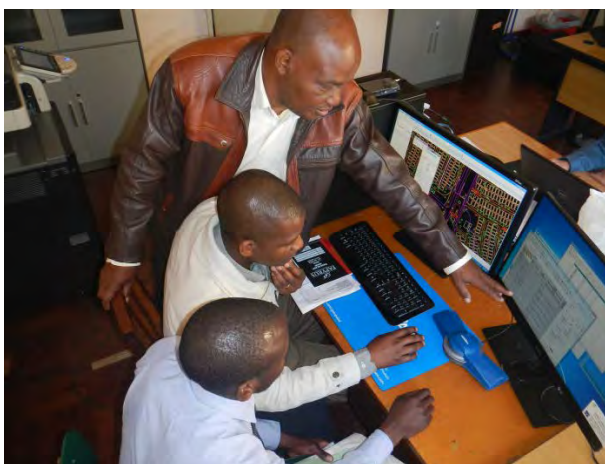
DSG 所有の解析図化機



本プロジェクトで供与したデジタル図化機



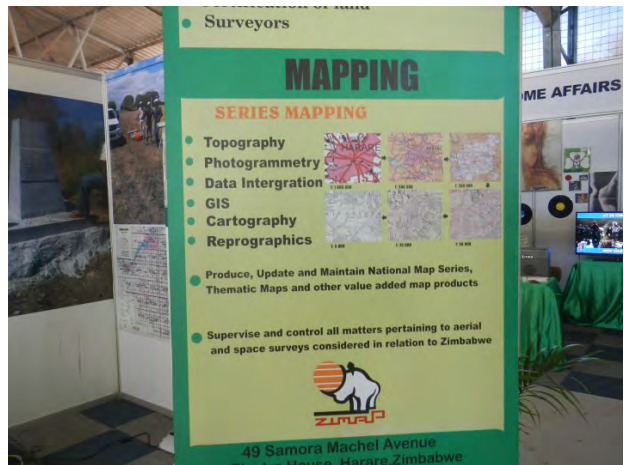
デジタル図化機を用いた 3 次元計測の技術指導



DSG 職員による自主練習



利活用促進のための出張ワークショップ
(チトゥンギザ市役所)



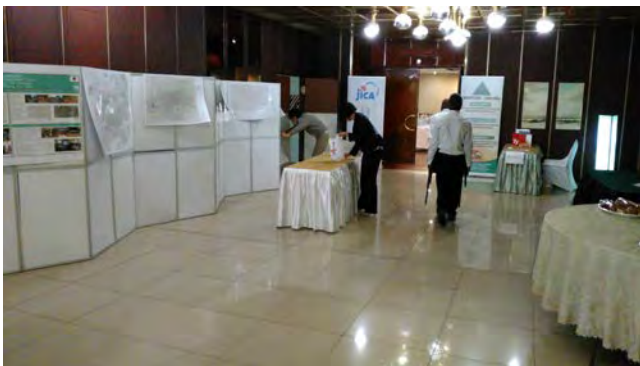
農業展に出展した DSG ブース



国土地理院での電子基準点の見学（本邦研修）



本プロジェクトの成果発表（最終セミナー）



最終セミナーの展示ブース



最終セミナーの集合写真

略語集 (1)

略 語	正式名称	日本語名称
AfDB, ADB	African Development Bank	アフリカ開発銀行
AusAID	Australian Government Agency for International Development	オーストラリア国際開発庁
ASTER	Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer	衛星搭載型高性能熱放射反射放射計
ASTER GDEM	ASTER Global Digital Elevation Model	ASTER 全球 3 次元地形データ
AWF	African Water Facility	アフリカ水ファシリティ
CAD	Computer Aided Design	キャド（コンピューター支援設計）
CBD	Central Business District	中心業務地区
CIDA	Canadian International Development Agency	カナダ国際開発庁
CORS	Continuously Operating Reference Station	連続観測基準局
C/P	Counterpart	カウンターパート
DEM	Digital Elevation Model	数値標高モデル
DF/R	Draft Final Report	ドラフトファイナル・レポート
DPW	Digital Photogrammetry Workstation	デジタル写真測量ワークステーション
DMC	Digital Matrix Camera	ディー・エム・シー.（Intergraph 社製デジタル航空カメラの製品名）
DSG	Department of the Surveyor General	ジンバブエ国測量局
EMA	Environmental Management Agency	ジンバブエ国環境管理庁
ESRI	Environment Systems Research Institute, Inc.	ESRI 社（GIS ソフトウェア ArcGIS を開発・販売している会社の名称）
EU	European Union	欧州連合
FGD	Fundamental Geospatial Data	基盤地図情報
F/R	Final Report	最終報告書
GCP	Ground Control Point	地上標定点
GGRF	Global Geodetic Reference Framework	地球規模の測地基準座標系
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
GIZ	German International Cooperation Agency	ドイツ国際協力公社
GNSS	Global Navigation Satellite System	全地球航法衛星システム
GoJ	Government of Japan	日本国政府
GoZ	Government of Zimbabwe	ジンバブエ国政府
GPS	Global Positioning System	全地球測位システム
IC/R	Inception Report	インセプション・レポート
ID	Identification	アイディ、固有識別子
IGS	International GNSS Service	国際 GNSS 事業

略語集 (2)

略 語	正式名称	日本語名称
ICT	Information Communication Technology	情報通信技術
IMU	Inertial Measurement Unit	慣性計測装置
IT/R	Interim Report	インテリム・レポート
ITRF	International Terrestrial Reference Frame	国際地球基準座標系
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
JCC	Joint Coordination Committee	合同調整委員会
LAN	Local Area Network	ローカル・エリア・ネットワーク
M/M	Minutes of Meeting	議事録
M/M	Man /Month	人/月
METI	Ministry of Economy, Trade and Industry	日本国経済産業省
MDP	Millennium Development Goals	ミレニアム開発計画
MLRR	Ministry of Land and Rural Resettlement	ジンバブエ国土地・地方再定住省
MTP	Medium Term Plan	中期計画
NASA	National Aeronautics and Space Administration	米国航空宇宙局
NGO	Non-Governmental Organization	非政府組織
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
OJT	On the Job Training	オー・ジェー・ティー
PC	Personal Computer	パーソナル・コンピュータ
PDCA	Plan - Do - Check - Action	ピー・ディー・シー・エー
PDF	Portable Document Format	ピー・ディー・エフ（電子上の文書を確実に表示・交換するために使用される符号化形式）
R2V	Raster to Vector	ラスタ/ベクタ変換
R/D	Record of Discussion	協議議事録
SDGs	Sustainable Development Goals	持続可能な開発目標
SPOT	Satellite Pour l'Observation de la Terre	スポット（衛星）
Tiff	Tagged Image File Format	ティフ（画像の符号化形式の一つ）
TS	Total Station	トータルステーション
TSM	Town Survey Mark	タウン・サーベイ・マーク
UNDP	United Nations Development Programme	国際連合開発計画
UNICEF	United Nations Children's Fund	国際連合児童基金
UNOCHA	United Nations Office for Coordination of Humanitarian Affairs	国際連合人道問題調整事務所
UTC	Coordinated Universal Time	協定世界時

略語集 (3)

略語	正式名称	日本語名称
UTM	Universal Transverse Mercator	ユニバーサル横メルカトル（図法・投影法）
UN-GGIM	United Nations initiative on Global Geospatial Information Management	国連地球規模の地理空間情報管理に関するイニシアチブ
WAN	Wide Area Network	ワイド・エリア・ネットワーク
WASH	Water and Sanitation and Hygiene	水と下水設備と衛生学
WB	World Bank (The International Bank for Reconstruction and Development)	世界銀行
WGS84	World Geodetic System 1984	世界測地系 1984
Zim Asset	Zimbabwe Agenda for Sustainable Socio-Economic Transformation	ジンバブエ持続可能な社会経済移行指針
Zim-Fund	Zimbabwe Multi-Donor Trust Fund	ジム・ファンド財団
ZIMSTAT	Zimbabwe National Static Agency	ジンバブエ国統計局
ZINWA	Zimbabwe National Water Authority	ジンバブエ国水資源公社

対象地域図
写真集
略語集

目 次

1. プロジェクトの概要	1-1
1.1 プロジェクトの背景.....	1-1
1.2 プロジェクトの目的.....	1-1
1.3 プロジェクトの対象地域.....	1-2
1.4 測量局とハラレ市周辺での地理空間情報データベースの整備と利用状況.....	1-4
1.5 本プロジェクトの実施概要.....	1-6
1.6 本プロジェクトによる地理空間情報データベース整備概要.....	1-9
1.7 本プロジェクトのフローチャート.....	1-12
1.8 プロジェクト実施上の方針.....	1-14
1.9 プロジェクトの実施体制.....	1-16
1.10 本プロジェクト実施工程と業務従事者の実績.....	1-17
1.11 本プロジェクトの成果品.....	1-19
2. デジタル地形図およびデジタルオルソフォトの作成	2-1
2.1 関連資料・情報の収集、整理、分析.....	2-1
2.2 インセプション・レポートの作成・協議.....	2-2
2.3 技術移転計画の作成および技術移転の実施.....	2-2
2.4 図式、作業基準・仕様協議.....	2-3
2.5 空中写真撮影.....	2-6
2.6 基準点測量、標定点測量.....	2-9
2.7 空中三角測量.....	2-37
2.8 現地調査・現地補測.....	2-40
2.9 数値図化・編集・補測編集.....	2-42
2.10 デジタルオルソフォトの作成.....	2-43
2.11 地図記号化.....	2-44
2.12 数値データの構造化.....	2-44
2.13 データファイルの作成.....	2-44

3. DSG への技術移転	3-1
3.1 技術移転の目的と DSG の現状と課題.....	3-1
3.2 技術移転計画.....	3-6
3.3 空中写真撮影の技術移転.....	3-19
3.4 標定点測量の技術移転.....	3-21
3.5 空中三角測量の技術移転.....	3-25
3.6 現地調査・現地補測の技術移転.....	3-32
3.7 数値図化・編集・補測編集の技術移転.....	3-33
3.8 デジタルオルソフォトの作成の技術移転.....	3-53
3.9 国別研修の実施（本邦研修の実施）	3-58
3.10 地図記号化の技術移転.....	3-65
3.11 数値データの構造化の技術移転.....	3-69
3.12 プロジェクト計画立案とプロジェクト管理の講義と演習.....	3-71
3.13 技術移転の達成度.....	3-82
4. 提供用データ作成と管理および地理空間情報の利活用の促進	4-1
4.1 成果品利活用に係る提案のための基礎情報の収集.....	4-2
4.2 現地セミナー（開始時）の開催.....	4-9
4.3 提供用データ作成・管理.....	4-13
4.4 DSG の地理空間情報製品の販売・普及促進活動への支援.....	4-15
4.5 地理空間情報の販売価格設定に関するコンサルティング.....	4-20
4.6 利用者機関への技術支援.....	4-28
4.7 成果品利活用に係る提案.....	4-35
4.8 現地セミナーの開催(終了時).....	4-41

図 表 目 次

図 1-1	プロジェクトの対象地域	1-4
図 1-2	DSG の組織図	1-5
図 1-3	縮尺 1:5,000 デジタル地形図出力図面例（図面番号:TR9227）	1-10
図 1-4	等高線入りデジタルオルソフォト地図出力例（図面番号:TR9627）	1-10
図 1-5	本プロジェクトで更新されたハラレ・ストリートマップ	1-11
図 1-6	フローチャート	1-13
図 1-7	プロジェクトの実施体制	1-16
図 2-1	1995 年 DSG 作成の地物コード表（道路）抜粋	2-5
図 2-2	地物コードと図式の一覧表（抜粋）	2-6
図 2-3	空中写真撮影範囲	2-7
図 2-4	撮影実施時（2015 年 7 月 19 日）の撮影機の航跡図	2-8
図 2-5	撮影された航空写真	2-8
図 2-6	撮影された航空写真 拡大	2-9
図 2-7	設置した 2 つの基準点の位置（赤色破線で強調表示）	2-12
図 2-8	長基線解析で利用した IGS 局と世界の IGS 局の配置状況	2-13
図 2-9	標定点配点図と水準測量路線図	2-16
図 2-10	本プロジェクトで採用した観測手法の説明図	2-19
図 2-11	GPS 観測点の配置図（実績）	2-20
図 2-12	既存水準点(青四角)、水準路線(青実線)、標定点(橙三角)と撮影コース(橙点の集合)の配置	2-27
図 2-13	水準路線と地形の起伏（赤色立体地図）	2-28
図 2-14	水準測量による高さの標定点明細簿	2-36
図 2-15	空中三角測量の実施概要図	2-37
図 2-16	空中写真簡易モザイク上で整理された地名注記データ(黄色の文字列)	2-42
図 2-17	数値図化で取得された 1:5,000 デジタル地形図データ（縮小画像）	2-43
図 3-1	DSG の組織図	3-3
図 3-2	写真測量による地形図、DEM、オルソフォト作成のワークフロー概念図	3-28
図 3-3	空中三角測量のフロー(左)とバンドル調整計算の概念図(右)	3-28
図 3-4	空中三角測量の実習エリア	3-29
図 3-5	空中三角測量でのタイポイントの観測作業	3-30
図 3-6	ステレオペアの航空写真とデジタル図化機の測標(中央の十字線)	3-37
図 3-7	実習の範囲（赤枠）東西 1km×南北 2km	3-41
図 3-8	実習トレーニングエリアの様子（オルソフォト画像）（左）	3-46
図 3-9	標高測定実技テスト結果の推移（ベースライン調査時と終了時評価時）	3-50
図 3-10	まとめられた不具合事例とその対策マニュアルの内容	3-52
図 3-11	DEM の性状（定義）[左]とオルソフォトの原理 [右]	3-55
図 3-12	DEM データの編集インターフェース[左]とモザイクされたオルソ画像[右]	3-56
図 3-13	本邦研修全体概念図	3-59
図 4-1	対象地域でのインフラ整備計画調査結果（開発が進行中または計画中の地域）	4-4
図 4-2	新カタログ表紙案	4-17

図 4-3	新カタログ構成案	4-18
図 4-4	説明文書素案の一部（経緯度による地球上の位置の表現）	4-20
図 4-5	ワークショップで用いたデジタルオルソフォト（チトウングザ市役所周辺） ..	4-31
図 4-6	水道メータのコンクリート製の箱の外観(左)とデジタルオルソフォト上での水道メータボックス 黄色矢印で指示(右).....	4-33
図 4-7	GPS 測位とデジタルオルソフォト上の水道メータ位置	4-33
図 4-8	利活用促進活動と成果品利活用に係る提案の全体像	4-35
図 4-9	利用者への製品提供の流れ（地図売店を除き担当部署は調整中）.....	4-40
表 1-1	地理空間情報データベース整備の実施項目とその概要	1-6
表 1-2	技術移転項目と実施状況（業務従事者の投入 MM 数）	1-7
表 1-3	調査用資機材の一覧	1-8
表 1-4	本プロジェクトの 3 つのコンポーネントと対応するインデックス.....	1-12
表 1-5	本プロジェクトで採用した測量の基準	1-14
表 1-6	各種図面の等高線間隔	1-14
表 1-7	JICA 調査団員	1-16
表 1-8	プロジェクト実施工程	1-17
表 1-9	業務従事者の業務従事実績表	1-18
表 1-10	調査報告書	1-19
表 1-11	技術協力成果品	1-19
表 1-12	その他の報告書類	1-20
表 2-1	インセプション・レポート協議での確認事項	2-2
表 2-2	技術移転計画の概要	2-2
表 2-3	空中写真撮影業務	2-7
表 2-4	作業基準と仕様	2-10
表 2-5	GPS 連続観測の実施日程	2-12
表 2-6	与点とした使用した IGS 点の一覧.....	2-13
表 2-7	2 点の基準点の座標成果 (GPS-35 と GPS 38).....	2-14
表 2-8	観測日による座標較差の検証	2-14
表 2-9	観測日による基準点間距離（基線長）の検証	2-15
表 2-10	標定点の配置、水平位置の要求精度、対空標識の大きさの基準.....	2-15
表 2-11	標定点の選点と対空標識設置の実績	2-17
表 2-12	GPS 観測の仕様	2-18
表 2-13	GPS 観測の日程（実績）	2-19
表 2-14	Coordinates of GCP.....	2-20
表 2-15	許容差の設定値	2-23
表 2-16	GPS 水準測量による既存水準点の標高の算出	2-25
表 2-17	観測された 2 つの標高値の比高差	2-26
表 2-18	水準測量 観測日程（実績）	2-30
表 2-19	観測成果の点検（区間の往復観測結果の較差）の例	2-32
表 2-20	観測成果の点検（路線の往復観測結果の閉合差による点検）	2-33
表 2-21	平均計算による TBM-1 の標高値の決定	2-34
表 2-22	水準測量により決定された標定点の標高一覧	2-34
表 2-23	精度の許容値	2-38
表 2-24	標定点残差表	2-39

表 3-1	DSG の 2014 年度および 2015 年度の年間予算額	3-5
表 3-2	DSG の 2014 年度予算における各セクションの予算額	3-5
表 3-3	空中写真撮影（技術移転内容）	3-19
表 3-4	標定点測量（GPS 測量）の OJT に従事したカウンターパート	3-21
表 3-5	標定点測量（水準測量）の OJT に従事したカウンターパート	3-23
表 3-6	技術移転に参加したカウンターパート	3-26
表 3-7	ベースライン調査結果	3-26
表 3-8	トレーニング終了後の理解度調査結果	3-31
表 3-9	現地調査の OJT に従事したカウンターパート	3-32
表 3-10	全体のスケジュール表	3-36
表 3-11	技術移転に参加したカウンターパート	3-38
表 3-12	ベースラインと目標設定	3-40
表 3-13	数値図化実習の内容と日程	3-41
表 3-14	精度管理表	3-44
表 3-15	DSG カウンターパート 3 名の数値図化トレーニングの評価	3-47
表 3-16	標高点測定の実技テストのトレーニング前後の結果比較	3-49
表 3-17	標高点測定の実技テストのトレーニング前後の結果比較	3-49
表 3-18	技術移転に参加したカウンターパートリスト	3-53
表 3-19	ベースライン調査結果	3-54
表 3-20	トレーニング終了後の理解度調査結果	3-57
表 3-21	日本での地理空間情報の整備・管理・利活用に関する事例 主体別に分類	3-60
表 3-22	研修項目・内容・研修先の概要一覧	3-61
表 3-23	研修実施スケジュール	3-62
表 3-24	縮尺 1:5,000 デジタル図化データのエラーの種類とエラー数	3-74
表 3-25	デジタル図化データを基にして算出されたノード点数/1km ²	3-75
表 3-26	SOB 職員と DSG 職員のデジタル図化のエラー率の比較	3-76
表 3-27	DSG 職員が取得したノード点数/時間と 1 ノード点の取得に要した時間	3-77
表 3-28	アンケート調査結果	3-81
表 3-29	技術移転の達成度評価（ベースライン評価との比較）	3-82
表 4-1	地理空間情報の利活用促進に係る活動とその実施期間表	4-1
表 4-2	対象地域で計画・実施されているインフラ整備計画	4-3
表 4-3	本プロジェクトの成果品の利活用に関する利用者機関での訪問調査結果	4-5
表 4-4	提供用製品の仕様に関する要望事項と対策方針	4-8
表 4-5	現地セミナー（開始時）の内容	4-9
表 4-6	招待状を发出した機関のリスト	4-10
表 4-7	提供する製品案について	4-13
表 4-8	普及促進策	4-15
表 4-9	新カタログの作成のアクションプラン	4-18
表 4-10	DSG 紙地図製品の販売価格と在庫状況	4-23
表 4-11	デジタル地図の販売価格と販売状況	4-24
表 4-12	デジタルオルソフォトの提供フローと作業従事者・所要時間例	4-26
表 4-13	人件費単価、PC の機械経費	4-26
表 4-14	販売原価の計算	4-27
表 4-15	チトウングザ市でのワークショップの概要	4-29
表 4-16	ハラレ市水道局でのワークショップの概要	4-31
表 4-17	考慮すべき事項と対応策	4-34
表 4-18	本プロジェクト成果品等の販売価格案（調査団からの提案）	4-36
表 4-19	製品類型、提供方法、該当する製品の一覧表	4-37

表 4-20	デジタル地形図・オルソフォト製品提供方法に係る提案.....	4-37
表 4-21	ハラレ・ストリートマップ 製品提供方法に係る提案	4-38
表 4-22	今後 提供が期待される製品の提供方法に係る提案	4-38
表 4-23	DSG の地理空間情報製品の普及促進策と具体的な活動案.....	4-39
表 4-24	終了時現地セミナー参加機関リスト	4-41
表 4-25	現地セミナー（終了時）の内容	4-42
写真 2-1	基準点 Coventry (GPS-35).....	2-11
写真 2-2	基準点 Domboramwari (GPS-38).....	2-11
写真 2-3	GPS 受信機 :Trimble 製.....	2-11
写真 2-4	標定点上の対空標識	2-17
写真 2-5	対空標識の地上写真（左）と航空写真での見え方（右）	2-18
写真 2-6	既存水準点から GPS 観測点（参照点）への標高の取付水準観測	2-24
写真 2-7	DSG 職員による水準測量の様子	2-30
写真 2-8	DSG 職員による水準測量の様子	2-30
写真 2-9	空中写真簡易モザイクを使った地名データの収集	2-41
写真 3-1	撮影機機内での機材見学の様子	3-20
写真 3-2	標定点測量（GPS 測量）の OJT に従事したカウンターパート	3-22
写真 3-3	GPS 測量 技術移転.....	3-23
写真 3-4	標定点測量（水準測量）の OJT に従事したカウンターパート.....	3-24
写真 3-5	デジタル図化機とデジタル図化の作業風景	3-37
写真 3-6	数値図化の作業工程の講義	3-42
写真 3-7	地物コード策定の実習	3-42
写真 3-8	地物コード策定の実習	3-42
写真 3-9	3次元図化のトレーニング	3-42
写真 3-10	図化でのエラーについて議論している様子	3-43
写真 3-11	DEM 編集のトレーニング風景写真.....	3-56
写真 3-12	国土地理院での研修	3-64
写真 3-13	北九州市上下水道局での研修	3-64
写真 4-1	開始時セミナーの様子	4-11
写真 4-2	セミナー参加者 集合写真	4-12
写真 4-3	提供用データに関する DSG との検討の様子	4-14
写真 4-4	農業展(2016年8月22日～29日開催)での DSG ブースの様子.....	4-15
写真 4-5	ワークショップの様子	4-30
写真 4-6	ワークショップ参加者	4-30
写真 4-7	ハラレ市水道局会議室でのワークショップ	4-32
写真 4-8	GPS による水道メータの位置計測.....	4-32
写真 4-9	大使代理の挨拶	4-43
写真 4-10	セミナー会場の様子	4-43
写真 4-11	プロジェクト成果の贈呈	4-43
写真 4-12	参加者集合写真	4-43

1. プロジェクトの概要

1.1 プロジェクトの背景

ジンバブエ共和国（以下「ジ国」という。）は2013年に「ジンバブエ持続的な開発及び社会的公平を目指した開発計画」（ZimAsset, 2013-2018）を策定した。同計画では、4つの戦略的クラスターの一つとして「インフラと公共施設の整備」を掲げており、この中で給水及び公衆衛生、運輸に係るインフラの構築、更新を目指している。

ジ国最大の都市であり、行政及び商業の中心である首都ハラレの人口は、1982年時点の約65.8万人から2012年時点の約155万人へと急速に増加したと推定されている。増加する人口を収容するために都市域は郊外へ無秩序に拡大している。急激な人口増加と2000年以降のハイパーインフレを伴った経済状況の悪化もあり都市インフラ整備が追い付いておらず、ハラレ市は、交通渋滞、環境汚染、公衆衛生の課題を抱えている。こうした中で、2008年にはコレラの流行も発生した。

このような状況の対処には、ハラレ市とその周辺地域のインフラ整備・公衆衛生の向上を目指した都市計画の策定と既存インフラの維持管理が喫緊の課題である。このような計画策定や管理には、ハラレ市の最新の状況を表した地形図あるいは地理空間情報が必要であるが、現在のジンバブエ測量局には、それを自力で行える能力が備わっていない。

上記の背景の下、ジ国は、首都ハラレ地域の縮尺1:5,000デジタル地形図及びデジタルオルソフォトの作成、並びにデジタル地形図の作成、更新、利活用に係る技術移転という2つの目的を持った「地理空間情報データベース整備プロジェクト」（以下、「本プロジェクト」という。）の実施を我が国に要請した。

この要請に対して、日本国政府は技術協力を行うこととし、国際協力機構は2015年1月に詳細計画策定調査団を派遣し、土地・地方再定住省との間で協議議事録（M/M）の署名が行われた。また、同年2月には、国際協力機構と土地・地方再定住省との間で協力内容に関する合意文書（R/D）の署名が行われ、これに基づいてジ国の国家測量地図作成機関であるジンバブエ測量局（Department of the Surveyor - General, Ministry of Lands and Rural Resettlement（以下「DSG」とする。））をカウンターパート機関として本プロジェクトが開発計画策定調査型技術協力として実施されることとなった。

1.2 プロジェクトの目的

本プロジェクトの目的は以下の通りである。

目的1. ハラレ市及び周辺地域の最新の状況を反映した地理空間情報データベースの整備

ハラレ市および周辺地域（大ハラレ圏）をカバーする縮尺1:5,000デジタル地形図と航空写真をもとにした写真地図であるデジタルオルソフォト（等高線入り）を作成する。これによりこれまで約30年間更新されてこなかったハラレ市とその周辺の地理空間情報を最新のものに更新すること

ができる。

目的 2. 地理空間情報データベースの整備とその利活用促進に関する DSG の能力強化

デジタル地形図、デジタルオルソフォトの作成・更新・利活用促進に関する DSG の能力強化を実施する。過去において、DSG には独自で地形図・地理空間情報を整備できていた時代があった。現在でも使われている約 30 年前以前に新規整備された古い地形図は、この時代に DSG により整備されたものである。しかし、2000 年以降のインフレを伴った経済危機、それと時を同じくして進行した写真測量技術のフルデジタル化への移行に対しての投資ができなかったため、現在の DSG は、現在主流となっているデジタル写真測量技術による地形図更新に対応できず、地形図は更新されていない。DSG が独自で地形図・地理空間情報を更新できる体制を再構築するためには、デジタル写真測量技術を伴った地形図作成対する能力強化が不可欠であるため、必要な機材を導入し技術移転を行う。

1.3 プロジェクトの対象地域

本プロジェクトによる地理空間情報データベースの整備対象地域範囲を図 1- 1 に示す。各データ別の整備面積については以下のとおりである。

- | | |
|---------------------------|---------------------------|
| 1) 1:5,000 デジタル地形図 | (約 96km ²) |
| 2) デジタルオルソフォト（地上解像度 20cm） | (約 1,700km ²) |
| 3) 等高線データ：地形情報（等高線間隔 2m） | (約 1,700km ²) |

対象地域範囲を網羅する為にデジタル空中写真の撮影とその外部標定要素の決定（空中三角測量）は 1,824 km² を対象として実施された。対象地域にはハラレ市全域の他に隣接するチトゥンギザ市、エポワース地区、ルーワ地区が含まれている。

プロジェクト対象地域（データ整備対象地域）が決定された背景は下記の通りである。本プロジェクトの目的でも説明されたとおり、本プロジェクトで整備される地理空間情報データベース（デジタル地形図・等高線入りのオルソフォト地図）が対象地域のインフラ整備・維持管理に寄与することが期待されている。具体的には次にあげるニーズ、事情が考慮された。

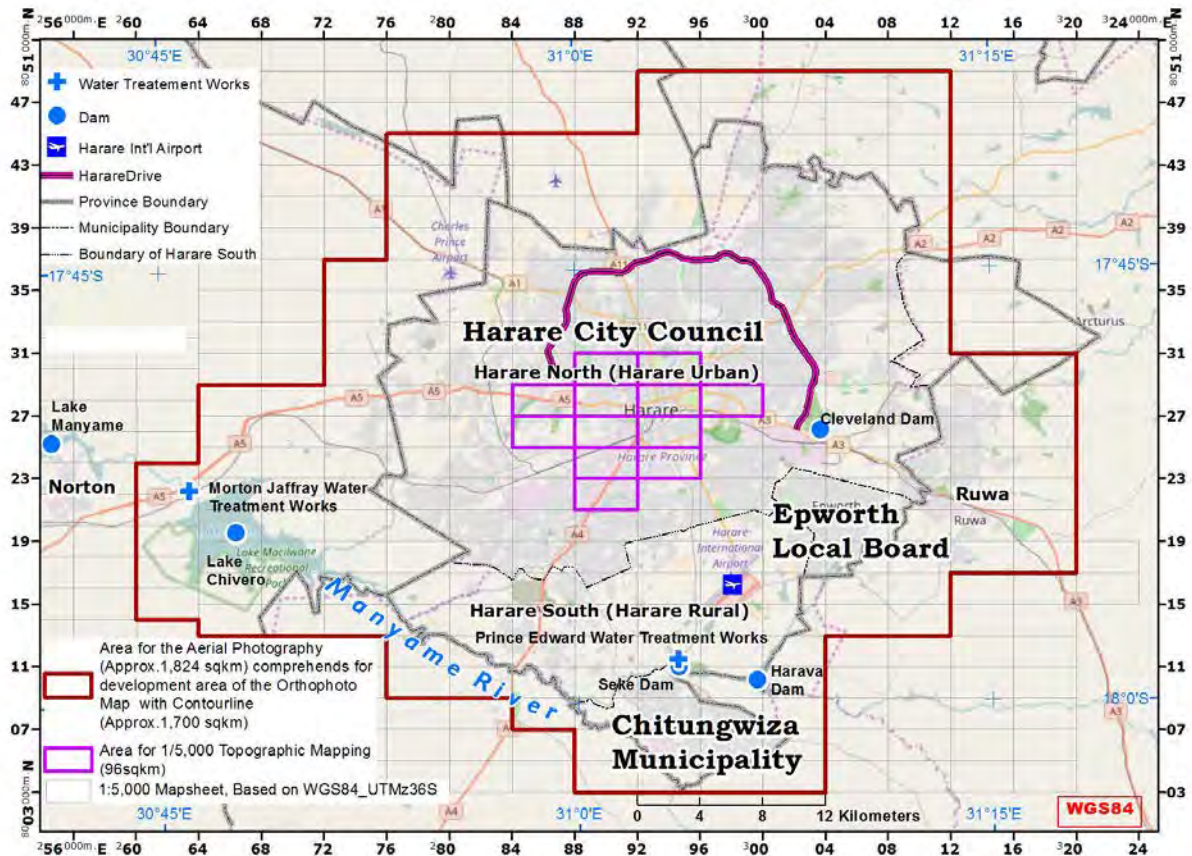
- 上下水道インフラ・公衆衛生の改善を利用目的として想定する場合、対象地域の主要な水系でかつ、ハラレ市水道局の水源であるチベロ湖を含むマニャメ川水系をカバーする必要がある。ハラレ市水道局とは、ハラレ市の上水道と下水道事業を経営するハラレ市の部局である。ハラレ市のみならず、近接するチトゥンギザ市、エポワース地区、ルーワ地区、ノートン地区に対しても上水を供給している。下水道について言えば、チトゥンギザ市の下水道は、チトゥンギザ市が管理・運営している。
- マニャメ川水系はハラレの上水道の水源として利用されているが、チトゥンギザを含む河川の周辺地域から流入する生活排水の適切な処理が課題となっている。上下水道インフラ

と公衆衛生の改善を利用目的とする場合、ハラレ市域のみならずチトゥンギザ市もカバーする必要がある。

- 開発地域は、行政区域を跨いで、郊外に向かって拡大しており、今後の適切な開発の実現には、計画とモニタリングの基礎情報となる地理空間情報が必要となるため、現在開発中、今後開発が見込まれる郊外の地域もカバーする必要がある。
- 現在、大ハラレ圏と呼ばれるハラレ市、チトゥンギザ市、エポワース、ルーワー、ノートンの各地区に跨る地域は、社会・経済的に密接に関連しているのが現実である。この地域の広域的な問題に対処するためには、地域を包括的にカバーする大縮尺のデジタル地形図・オルソフォト、等高線といった地理空間情報の整備が必要とされている。
- ハラレ市水道局からは、今後開発が予定されており、現在は地理空間情報が全く整備されていない郊外部分の地理空間情報の整備を優先して欲しいとのリクエストがあった。
- ハラレ市土木局、ハラレ市水道局をはじめとする各利用者は、土地の地盤高と起伏を表現した等高線への高いニーズを持っている。
- DSG からは、本邦でのデータ整備に重点を置くプロジェクトではなく、DSG が自前でデータ整備ができるようにする能力向上に重点をおいたプロジェクトへのニーズの表明があった。

上記ニーズ・事情を踏まえて検討した結果、以下のとおり対象範囲を決定した。

- マニャメ川水系および郊外の新興開発地を縮尺 1:5,000 デジタル地形図としてカバーしようとする範囲が広大となり費用の面で対応できない。また、郊外の開発予定地域の土地利用は、農地、休閒地が主である。農地や休閒地を対象とした場合、線画の情報である地形図よりも空中写真（航空写真）による写真地図のほうが土地利用状況に関しては情報量を豊富にすることができ、地図の上での位置の特定も容易に行える。以上から、縮尺 1 : 5,000 デジタル地形図の整備は、ハラレ市中心部（96km²）のみとする一方で、詳細な土地利用状況を表現できる航空写真をもとにしたデジタルオルソ画像と土地の起伏を表す等高線から成る等高線入りの写真地形図を整備することとした。これにより、マニャメ川水系と周辺部の新規開発地をカバーするベースマップが整備できる。
- DSG のデジタル地形図整備の能力向上を考慮して、データ整備範囲は決定された。プロジェクトによるデジタル地形図整備は、ハラレ市中心部の 96km²のみとする一方、DSG によりプロジェクト終了後、技術移転の成果とプロジェクトで撮影した航空写真を活用してプロジェクト対象地域の残りの地域（約 1,700km²）のデジタル地形図を整備することが期待されている。



（出典：JICA 調査団） Service Layer Credits: (c) OpenStreetMap and contributors, Creative Commons-Share Alike License (CC-BY-SA)

図 1-1 プロジェクトの対象地域

1.4 測量局とハラレ市周辺での地理空間情報データベースの整備と利用状況

1.4.1 測量局（DSG）について

本プロジェクトのカウンターパート機関であり、能力向上に向けた技術移転プログラムの対象機関は、土地地方再定住省（Ministry of Lands and Rural Resettlement (MLRR)）傘下の測量局（Department of the Surveyor – General (DSG)）である。DSG は、同国の Land Survey Act によりその存立と任務を以下のように規定されている。

「ジンバブエにおける地上・空中・宇宙に関連する測量と地図作成に関する管理、規制、勧告と助言、技術を運用し、また、同国に関わる地理情報の保存と供給を任務とする機関」

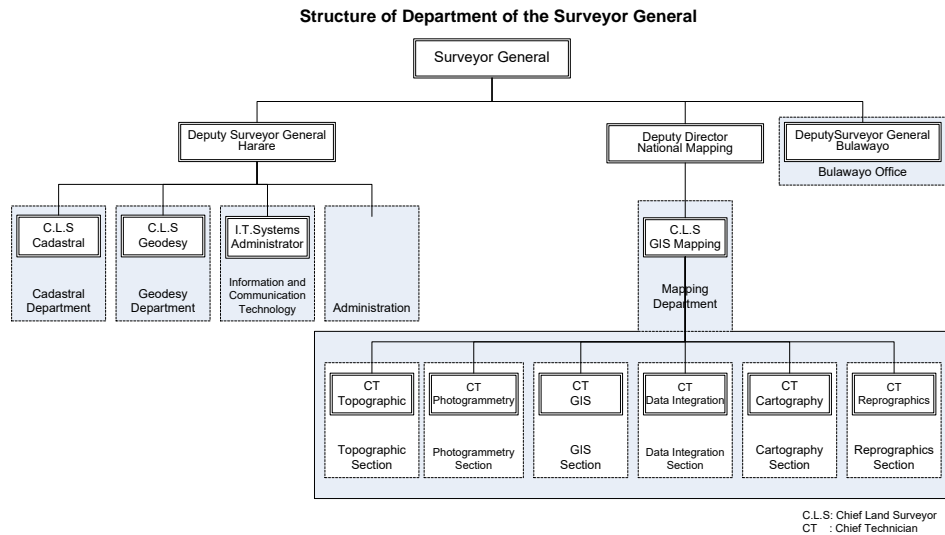
また、DSG は、「高精度かつニーズ指向型の土地情報、測地測量・地籍測量・マッピングの製品とサービスをクライアントにタイムリーに届けること」を目標に掲げている。

DSG の具体的業務は以下のとおりである。

- ・測量・地図作成の基礎となる測地基準点網の構築と管理
- ・地形図・主題図の作成・管理・頒布

- ・土地の取引・登記事務に必要な地籍測量の管理と実施
- ・国境線の画定測量

これらの業務を実施している DSG の組織体制を下図に示す。



（出典：DSG 資料をもとに調査団作成）

図 1-2 DSG の組織図

技術部門は、測地部、地籍部、地図部、情報技術部及びブラワヨ支所から構成され、この他に管理部門がある。本プロジェクトの主要なカウンターパート部門は、地図部の写真測量課と地図課である。

1.4.2 ハラレ市周辺の地理空間情報の整備状況と利用状況

DSG によるハラレ市周辺の地理空間情報の整備状況と利用状況について以下に示す。

- ・ DSG は、ローデシア時代を含めて過去に自国の予算・技術で今回整備した縮尺 1:5,000 を含めた地形図を整備していた時期があった。1980 年のジンバブエ成立を経て、1990 年代中頃までは、地形図の整備・更新が行われ、地籍データの電子化も行われていた。しかしながら、2000 年以降は、地形図をはじめとする地理空間情報の新規整備と更新はほぼ行われていない状況である。
- ・ 1960 年代以前から、ハラレ市では上下水道、電気等の社会インフラ整備は進んでいた。この時代には、ハラレを対象として、縮尺 1:5,000、1:2,500 といった都市部の大縮尺地形図が整備されており、これらの地形図は社会インフラの整備にも利用されていた。インフラ事業者等の利用者機関では 1990 年代中頃以前に整備された古い地形図が、現状に即したものではないが、現在も使われ続けており、今回整備するデジタル地形図・オルソフォトが利活用される素地は存在する状況である。

1.5 本プロジェクトの実施概要

本プロジェクトは、2015年2月に国際協力機構と土地・地方再定住省との間で署名された協力内容に関する合意文書（R/D）に基づいた開発計画調査型技術協力として実施された。1.2で述べた2つの目的、すなわち、ハラレ市及び周辺地域での最新の地理空間情報データベースの整備と、データベースの作成／更新・利活用促進に関するDSGの対応能力を強化することを達成するために、以下の内容の活動が実施された。

なお、本プロジェクトは、2015年（平成27年度）6月1日に開始され、2017年（平成29年度）6月30日までの25ヶ月間の期間で実施された。

1.5.1 地理空間情報データベース整備の実施内容

実施された地理空間情報データベース整備の項目とその概要を次表に示す。

表 1-1 地理空間情報データベース整備の実施項目とその概要

1.	航空写真撮影 (2015年7月実施)	デジタル地形図・オルソフォト・等高線の作成に必要な航空写真の撮影 <ul style="list-style-type: none"> 撮影対象面積 1,824km² (計画 1,824km²) 撮影写真枚数 1,127枚 オーバーラップ率 60%±5% サイドラップ率 30%±5% 撮影高度 3,800m (対地高度) 写真の地上解像度 20cm 撮影日 2015年7月19日 (冬・乾季の最中) GNSS 地上固定局 2点
2.	基準点測量 (2015年6月～7月実施)	WGS84 測地系に基づいた基準点を2点設置する目的で IGS 点を既知点とした長基線解析による基準点測量 <ul style="list-style-type: none"> 72時間 (3日間) 連続観測 長基線解析は、IGS 点8点を既知点として実施 (IGS: International GNSS Service, 日本語では、「国際 GNSS 事業」)
3.	標定点測量 (2015年6月～8月実施)	GPS 測量と水準測量により、後続の空中三角測量で必要となる標定点の平面位置および高さを決定した。 <u>GPS 測量</u> <ul style="list-style-type: none"> 標定点 36点、既存水準点上 6点の GPS 観測 観測に先立ち、踏査・選点と対空標識の設置 計算 <u>水準測量</u> <ul style="list-style-type: none"> 路線長 264.5km の水準測量を行い、GPS による標定点 19 点に標高値を取り付けた。 水準路線の踏査と固定点の選点の実施 計算
4.	空中三角測量 (2015年9月実施)	タイポイントの座標を求め、ブロック同時調整により空中写真の外部標定要素を最終決定した。 <ul style="list-style-type: none"> 949モデル

5.	現地調査 (2015年10月～12月実施)	縮尺 1:5,000 地形図、等高線デジタルオルソフォトに表示する地名・道路名の情報の収集。 • 対象面積 1,700km ²
6.	数値図化・編集・補測編集 (2016年2月～12月実施)	航空写真と現地調査の情報をもとに地形図を作成する作業 • 対象面積 96km ² • 国内図化作業として実施した。
7.	デジタルオルソフォト作成 (2016年1月～8月実施)	航空写真をもとにした写真地図としてデジタルオルソフォトの作成 デジタルオルソフォトの作成、等高線の図化、オルソフォトモザイクの作成の各工程が含まれる。 • 対象面積 1,700km ²
8.	地図記号化 (2016年7月～2017年2月実施)	デジタル地形図データに、所定の地図記号による表現を適用し、読図しやすい地図の出力イメージである地図記号化データの作成 • 対象面積 96km ² (12面)
9.	数値データの構造化 (2016年1月実施)	デジタル地形図データから基盤地図情報として利用可能な GIS 基盤データを作成。 • 対象面積 96km ²
10.	データファイルの作成 (2016年11月～2017年2月実施)	デジタル地形図データ、デジタルオルソフォト、デジタル地形図の出力図データ、デジタルオルソフォトの出力図データ、GIS 基盤データの最終確認と調整を行い、記録媒体に格納した。 • 対象面積 デジタル地形図、GIS 基盤データ 96km ² • デジタルオルソフォト 1,700km ²
11.	一般用簡易マップの作成 (2016年8月～11月実施)	最新の航空写真、WGS84 座標系に基づいて 1:34,000 地図を新規作成することにより、既存のハラレ・ストリートマップを更新した。 • 対象面積 1,008km ²

(出典：JICA 調査団)

1.5.2 DSG に対する技術移転の実施概要

DSG のデジタル地形図の作成、更新、利活用についての能力強化を図るための技術移転が実施された。

表 1-2 として調査団員による実施項目と実施状況（業務従事者の投入 MM 数）を、表 1-3 として投入された調査用資機材の一覧を示す。

表 1-2 技術移転項目と実施状況（業務従事者の投入 MM 数）

	DSG への技術移転項目	派遣期間と投入 MM 数	
1	総括/図式・仕様協議/技術移転計画	総括/図式・仕様協議/技術移転計画 2015年6月6日～7月5日 2016年8月26日～9月9日 2017年3月23日～4月21日	2.50
2	空中写真撮影の技術移転 (2015年7月実施)	空中写真撮影監督 2015年7月15日～8月6日	0.77
3	標定点測量の技術移転 (2015年6月～8月実施)	標定点測量 1 2015年6月6日～8月6日	2.07
		標定点測量 2 2015年6月17日～8月23日	2.27

4	現地調査の技術移転 (2015年10月～12月実施) (2016年8月～9月実施)	現地調査/現地補測 1 2015年10月22日～12月20日 2016年9月10日～10月6日	3.17
		現地調査/現地補測 2 2015年11月12日～12月20日 2016年8月8日～9月10日	2.43
5	数値図化・編集・補測編集、地図記号化の技術移転 (2016年8月～10月実施) (2017年2月～3月実施)	数値図化・数値編集/補測編集/記号化 I 2016年8月23日～10月1日 2017年2月22日～3月23日	2.33
		数値図化 2 2016年8月1日～8月20日	0.67
		数値編集/補測編集/記号化 2 2016年8月21日～10月1日	1.40
6	空中三角測量・デジタルオルソフォトの作成技術移転 (2016年10月～11月実施)	空中三角測量/デジタルオルソフォト作成 2016年10月17日～11月27日	1.40
7	提供用データ作成と管理、数値データの構造化の技術移転 (2017年2月～3月実施)	機材調達/GIS構造化/提供用データ作成・管理 2015年6月6日～7月8日 2017年2月19日～3月23日	1.10
8	提供用データ作成・管理及び地理空間情報の利活用促進 (2015年6月～7月実施) (2016年8月実施) (2017年3月実施)	データ利活用促進 2015年6月17日～7月16日 2016年8月8日～8月27日 2017年3月12日～3月31日	2.30

(出典：JICA 調査団)

表 1-3 調査用資機材の一覧

機材名	仕様・構成等	数量
水準測量機材	自動レベル：AE-7, Nikon、三脚：CMF-II, Nikon、 標尺：SKT-55D (5m 5段)、標尺台：SSB-S	4
ハンディ GPS	GPS map 62s, Garmin	5
デジタルカメラ	Coolpix AW20, Nikon (GPS 電子コンパス付き)	5
ノート PC	Dell Mobile Precision M2800, Dell Intel Core i7-4810MQ, 15.6" UltraSharp, FHD(1920x1080), 8GB (2x4GB) 1600MHz DDR3L, 1TB (5.400 Rpm) SS, Hybrid with 8GB Flash, DVDRW, Backlit, AMD FirePro W4170M w/2GB GDDR5, Wireless, BT, Win 7 Pro (64Bit Win 8.1 Lic)3Yr ProSupport	4
デスクトップ PC	デジタル写真測量ワークステーション用ハードウェア 64 BIT Photogrammetric Workstation to run IMAGINE/IMAGINE Photogrammetry software,	1

	Intel i7 Quad Core Processor, 32 GB RAM (4 x 8GB), 2 x 2TB Hard drive, Good quality power supply, DVD Drive, Graphics Card: NvidiaQuadroK4200, Windows 7 Professional 64 bit Operating System, Standard Keyboard and mouse, Monitor: 3D monitor with NVIDIA 3D Vision® 2 kit or similar.	
GIS ソフトウェア	ArcGIS for Desktop Advanced, ESRI	2
デジタル写真測量ワークステーション	デジタル写真測量ワークステーション用ソフトウェア 空中三角測量、数値図化・編集、DEM 作成機能 IMAGINE Photogrammetry, IMAGINE AutoDTM, IMAGINE Terrain Editor, PRO600 CART, PRO600 DTM, ORIMA DP-TE/GPS, ERDAS	1
CAD ソフトウェア	数値図化・編集用 CAD ソフトウェア Bentley Map V8i, Bentley Systems	2
写真測量用マウス (3D マウス)	Intergraph TopoMouse with USB, Intergraph	1
無停電電源装置	SMT1000, APC	3
A0 大判インクジェットプロッタ	HP DESIGNJET T930, Hewlett-Packard	1
プリンター	BizHub C360, Konica Minolta (A3 対応カラー複合機)	1

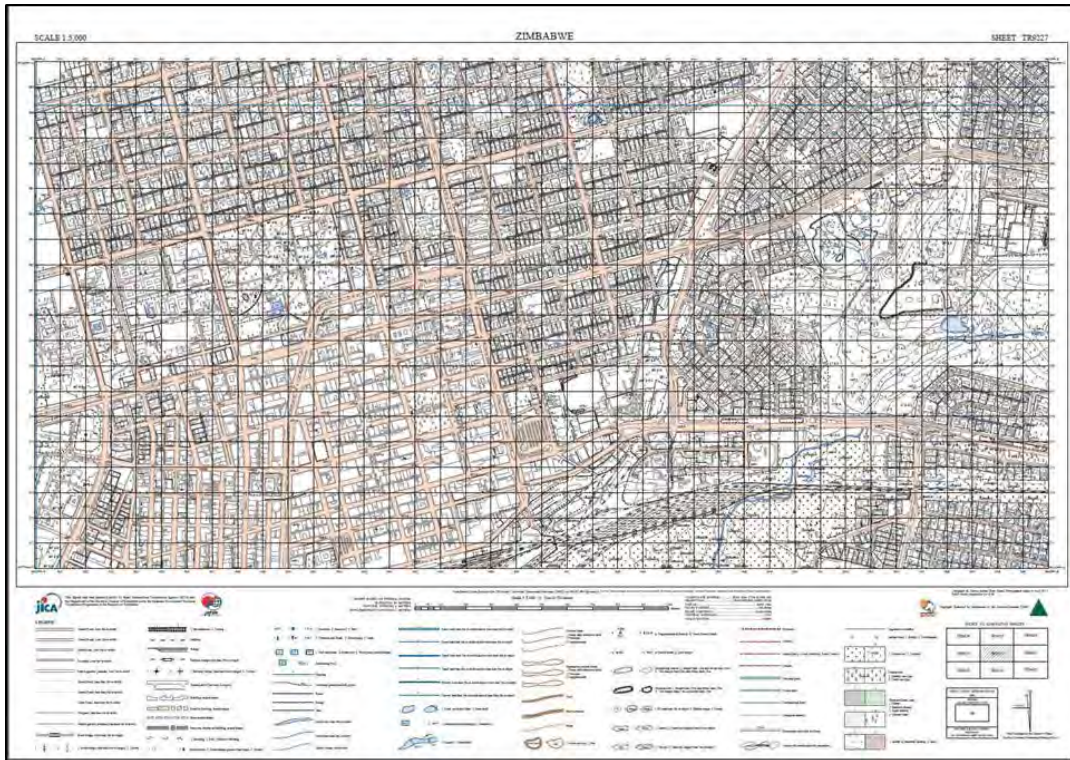
(出典：JICA 調査団)

1.6 本プロジェクトによる地理空間情報データベース整備概要

1.6.1 デジタル地形図とデジタルオルソフォトの作成成果

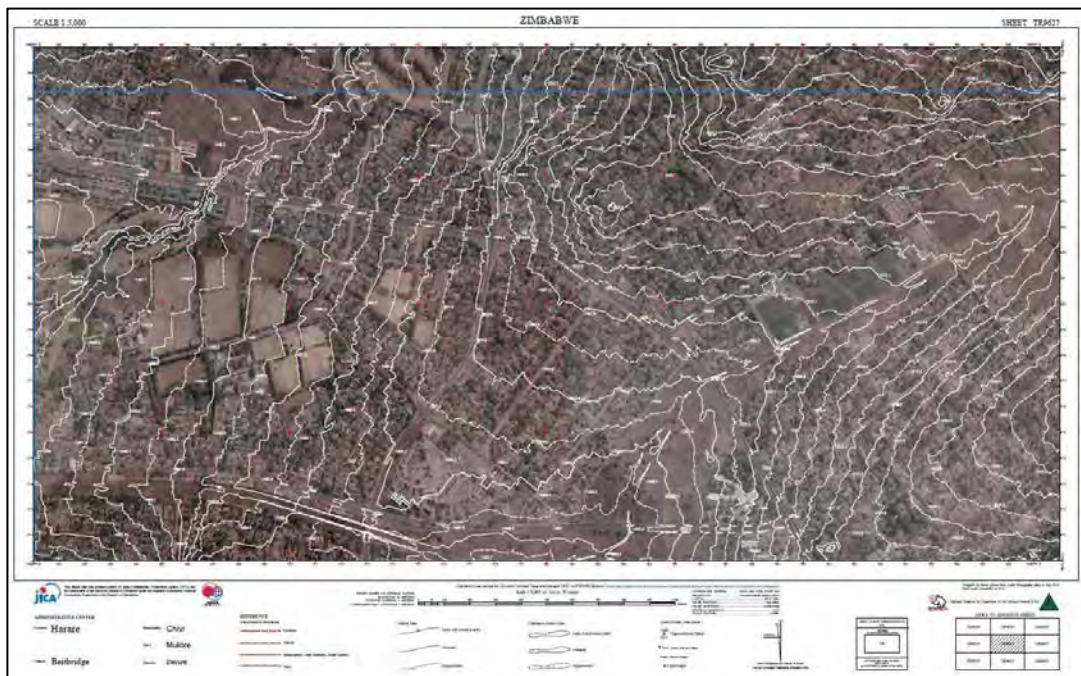
地理空間情報データベース整備として、1.3 図 1.3-1 に示す地域に対してデジタル地形図（整備面積 96km²・地形図 12 面）、デジタルオルソフォトを（整備面積 1,700km²）をそれぞれ作成した。図 1-3 と図 1-4 にそれぞれ作成された図面の出力例を示す。

デジタル地形図は縮尺 1:5,000 地形図の精度を確保するために衛星画像ではなく高解像度の航空写真を新規撮影したうえで作成された。また、等高線入りデジタルオルソフォト地図（デジタルオルソフォトと等高線を組み合わせた地図）でも地形図と同様に等高線を表示した。これは、上下水道等のユーティリティの計画・管理において、土地の起伏（地形）が必須の情報であることを考慮したものである。



(出典：JICA 調査団)

図 1-3 縮尺 1:5,000 デジタル地形図出力図面例 (図面番号:TR9227)



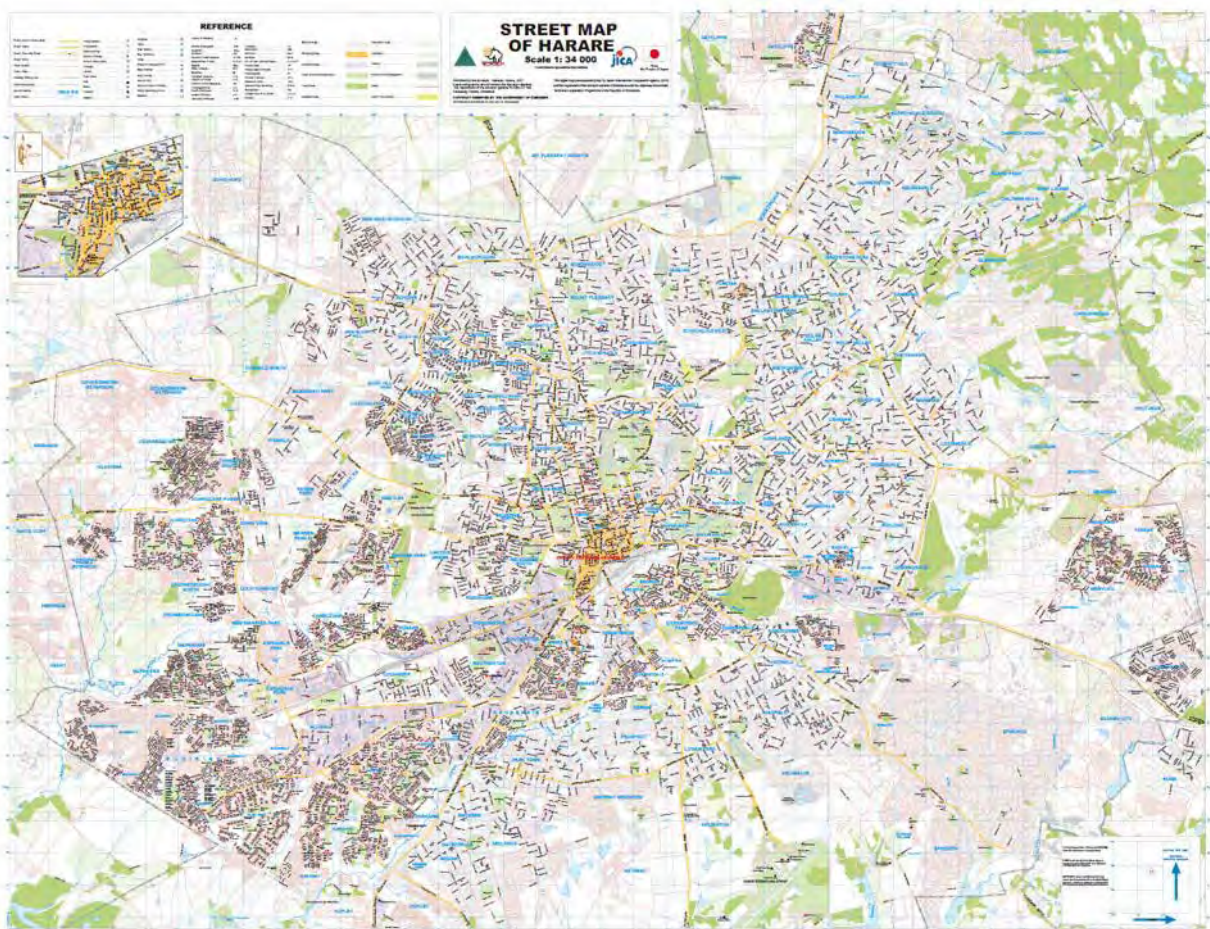
(出典：JICA 調査団)

図 1-4 等高線入りデジタルオルソフォト地図出力例 (図面番号:TR9627)

1.6.2 ハラレ・ストリートマップの成果

本プロジェクトの派生成果品の一例として、今回撮影した最新の空中写真から作成されたデジタルオルソフォトからハラレ・ストリートマップ（Harare Street Map 縮尺 1:30,000）の最新版が作成された。

ハラレ・ストリートマップとは、2000年頃まで DSG により整備・更新されていた旧ハラレ市街地に相当する Harare Urban 区域を一枚でカバーする地図であり、広く一般市民にも利用されてきた。日本側は、今回更新されたハラレ・ストリートマップも多くの方々に利用され、本プロジェクトの広報効果に寄与することを期待している。図 1-5 が今回作成されたハラレ・ストリートマップの最新版である。



（出典：JICA 調査団）

図 1-5 本プロジェクトで更新されたハラレ・ストリートマップ

1.7 本プロジェクトのフローチャート

本プロジェクトの全体フローチャートを次ページ 図 1.7-1 に示す。

プロジェクトの各調査・活動項目を表 1-4 に示す 3 つのコンポーネントとして整理した。3 つのコンポーネントとは、各調査・活動項目について、本プロジェクトの主目的として位置づけられると考えられる「デジタル地形図及びオルソフォトの整備」、「技術移転」、「提供用データ作成と管理及び地理空間情報の利活用の促進」にまとめたものである。

表 1-4 本プロジェクトの 3 つのコンポーネントと対応するインデックス

3 つのコンポーネント	対応するインデックス	
	本稿 (※)	フローチャート
デジタル地形図及びデジタルオルソフォトの作成	(番号)-A	【A-番号】
DSG への技術移転	(番号)-B	【B-番号】
提供用データ作成・管理及び地理空間情報の利活用の促進	(番号)-C	【C-番号】

(※) 本項のインデックスについては、同一工程を複数に分けた場合のみ附番している。

(出典：JICA 調査団)

フローチャート（図 1-7）では各調査項目示す図形を表 1.7-1 の 3 つのコンポーネントに分けて配置している。上から順に「国内準備作業」、「技術移転用機材調達」、「デジタル地形図及びデジタルオルソフォトの整備」、「技術移転」、「提供用データ作成と管理及び地理空間情報の利活用の促進」、「報告書の提出」としてグループ化し配置している。

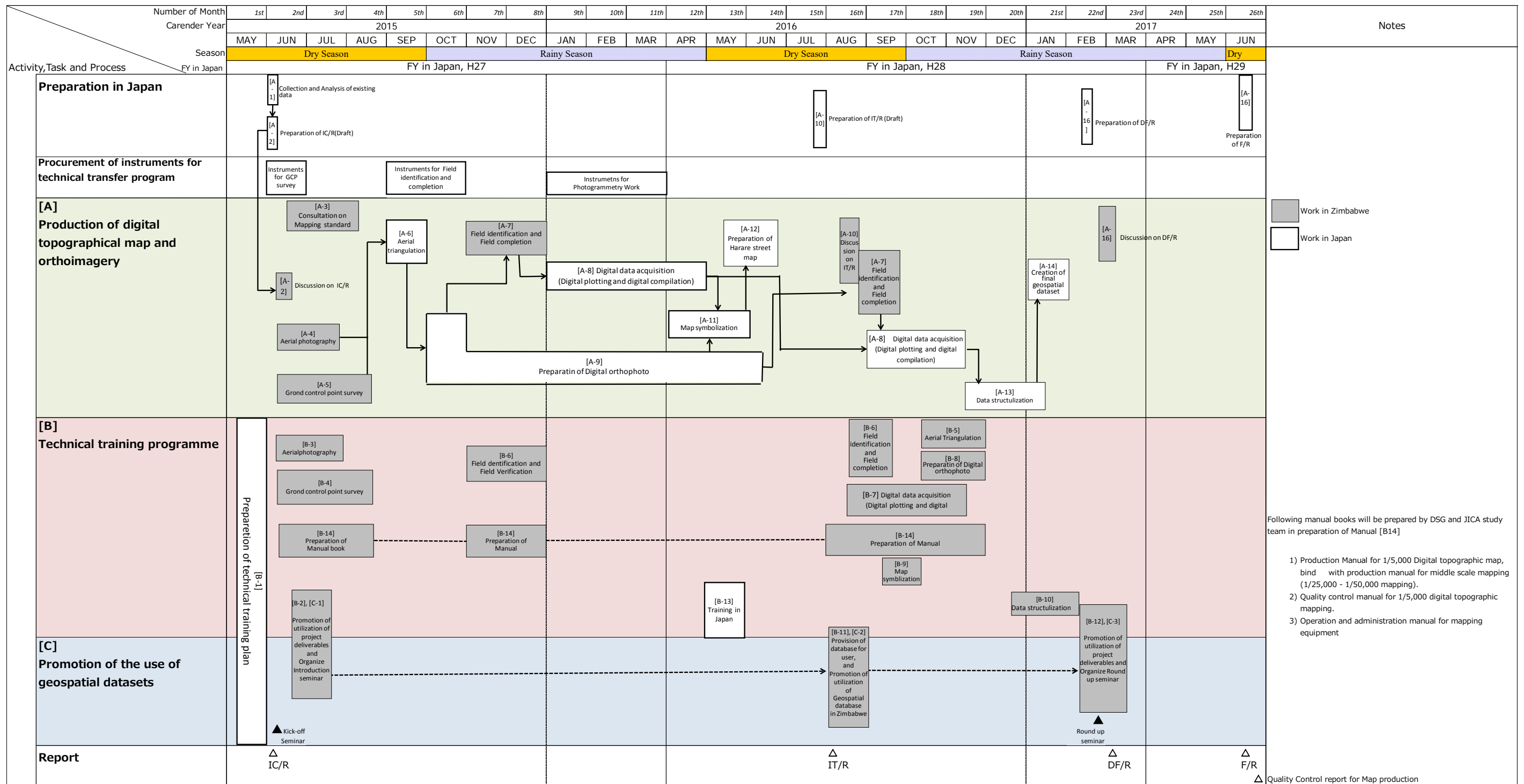


図 1-6 フローチャート

1.8 プロジェクト実施上の方針

デジタル地形図及びデジタルオルソフォトの作成、DSG への技術移転は以下の方針に基づいて実施された。

1.8.1 デジタル地形図及びデジタルオルソフォト作成に関する対応方針

(1) GGRF の採用（測量の基準）

デジタル地形図等の作成仕様中で最も基本となる測量の基準について、引き続きローカル測地基準を採用することは、現在普及がめざましい GNSS 衛星測位サービスとプロジェクト成果品との併用に支障を来すことが懸念されることから GGRF（Global Geodetic Reference Framework：地球規模の測地基準座標系）の一つである WGS84 が採用する。表 1-5 に本プロジェクトで適用した測地系、投影法等の作成基準を示す。

表 1-5 本プロジェクトで採用した測量の基準

基準	内容
測地系	WGS84 測地系
準拠楕円体	WGS1984
地図投影法	ユニバーサル横メルカトル法（UTM）図法(投影):zone36S 中央経線:東経 33 度 原点:中央経線（東経 33 度）と赤道の交点 False easting: 500,000m, False northing: 10,000,000m 中央経線における縮尺係数: 0.9996
高さの基準	プロジェクト対象地域内に設置されていた既存国家水準点の標高値
単位	メートル（m）
地形図図郭割	東西 4km、南北 2km（DSG 既存図とサイズ、図面番号システムは同じ）準拠楕円体の変更に伴い WGS84 による新しい図郭線の位置は、Arc1950 に基づく既存図の図郭線の位置から約 300m 北方向へ移動する。

（出典：JICA 調査団）

デジタルオルソフォト地図にも、地形図と同様に等高線を表示する仕様とした。これは、上下水道等の公共インフラの計画・管理でも、土地の起伏（地形）が必須の情報であることを考慮した結果である。

縮尺 1:5,000 のデジタル地形図及びオルソフォトに適用する等高線間隔は、次表の仕様とするが、これは DSG の既存地形図・オルソフォト等高線地図と同様の仕様である。

表 1-6 各種図面の等高線間隔

図面種類	主曲線	間曲線	計曲線
縮尺 1:5,000 デジタル地形図	4m	2m	20m
デジタルオルソフォト	4m	2m	20m
一般用簡易マップ	20m	-	100m

（出典：JICA 調査団）

1.8.2. DSG の能力強化に関する対応方針

(1) OJT 方式による技術移転

DSG に対する技術移転プログラムは、OJT 方式による技術教育を主な手法として実施する。今回の OJT 方式による技術移転では、実作業の実施、技術理解度の効果測定、達成度評価、作業上の課題への対策立案、このサイクルを CP と一緒に繰り返していく手法を基本とする。本プロジェクト完了後も、引き続き DSG が独自にかつ継続的にデジタル地形図を作成、更新して管理できる基礎能力を獲得することを目標として技術移転を実施する。

(2) 国別本邦研修

日本におけるデジタル地形図及びデジタルオルソフォトの作成過程と、その利活用事例及び地理空間情報の管理、販売体制を理解することを目的として、OJT 方式による技術移転のみならず本邦での国別研修を実施する。

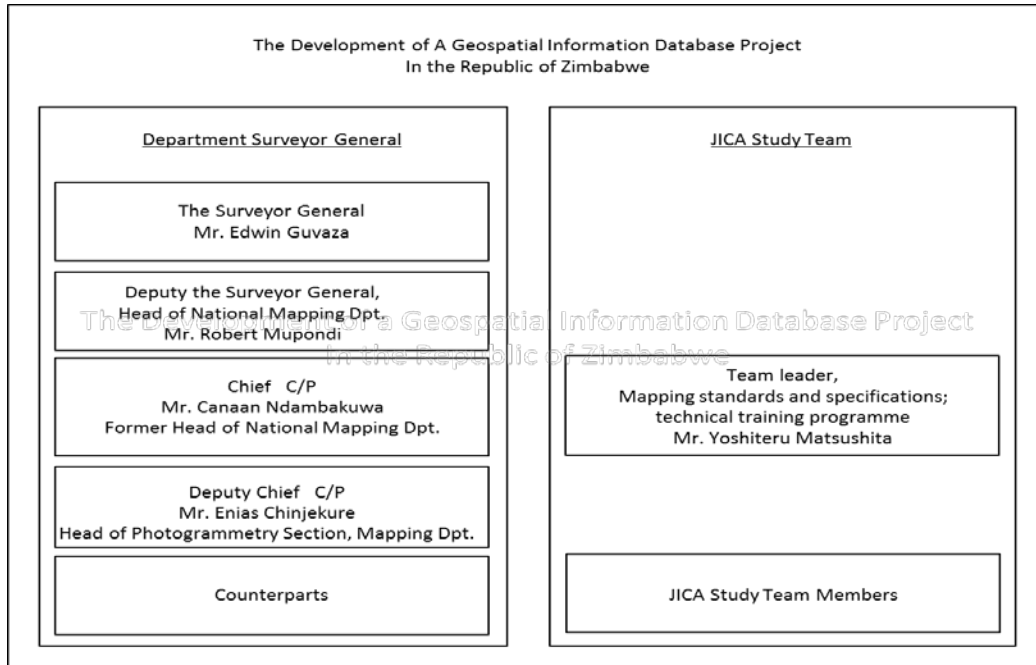
1.8.3. 提供用データ作成・管理及び地理空間情報の利活用促進に関する対応方針

本プロジェクトで整備されたデジタル地形図及びデジタルオルソフォトは、インフラ・公衆衛生サービスの整備・維持管理計画で利活用されることが大きな目標となっている。

DSG が継続してデータ更新を行うことで地理空間情報の供給をできるようになることに加えて、デジタル地形図およびデジタルオルソフォトが本プロジェクト終了後、迅速かつ適切に利活用されることをあるべき姿と認識して活動を実施する。

1.9 プロジェクトの実施体制

本プロジェクトは図 1-7 プロジェクトの実施体制に示す JICA 調査団と DSG による体制によって実施された。



(出典：JICA 調査団)

図 1-7 プロジェクトの実施体制

JICA 調査団員は表 1-7 の通りである。

表 1-7 JICA 調査団員

担当分野	氏名	所属先
総括／図式・仕様協議／技術移転計画	松下 宜照	アジア航測
副総括/数値図化・編集/補測編集/記号化 1	渡辺 徹	アジア航測
数値図化 2	寺田 常夫	アジア航測
空中写真撮影監督	中田 豊	アジア航測
標定点測量 1	古跡 純一	アジア航測
標定点測量 2	中嶋 大吉	パスコ
空中三角測量／デジタルオルソフォト作成	真屋 学	アジア航測
現地調査／現地補測 1	松下 宜照	アジア航測
現地調査／現地補測 2	中嶋 大吉	パスコ
数値編集／補測編集／記号化 2	寺田 常夫	アジア航測
機材調達／GIS 構造化／ 提供用データ作成・管理/現地補測 3	カムソコ カレッジ	アジア航測
データ利活用促進	丸山 弘通	国際建設技術協会 (アジア航測補強)

(出典：JICA 調査団)

1.10 本プロジェクト実施工程と業務従事者の実績

本プロジェクトは、表 1-8 に示す実施工程にて実施された。また、業務従事者の対応実績は表 1-9 に示されている。

表 1-8 プロジェクト実施工程

プロジェクト実施工程

作業項目	期間	平成27年度												平成28年度												平成29年度					
		6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6					
デジタル地形図およびデジタルオルソフォトの整備																															
A-1	関連資料・情報の収集、整理、分析	□																													
A-2	インセプション・レポートの作成・協議	□△																													
A-3	図式、作業基準・仕様協議	■																													
A-4	空中写真撮影	■	■																												
A-5	基準点測量、標定点測量	■	■																												
A-6	空中三角測量				□																										
A-7	現地調査・現地補測					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
A-8	数値図化・編集・補測編集																														
A-9	デジタルオルソフォトの作成																														
A-10	インテリム・レポートの作成・協議																														
A-11	地図記号化																														
A-12	一般用簡易マップ作成																														
A-13	数値データの構造化																														
A-14	データファイルの作成																														
A-15	ドラフトファイナル・レポートの作成・協議																														
A-16	ファイナル・レポートの作成																														
技術移転にかかる業務																															
B-1	技術移転計画の作成及び技術移転の実施	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
B-3	空中写真撮影	■	■																												
B-4	基準点測量、標定点測量	■	■																												
B-5	空中三角測量																														
B-6	現地調査・現地補測					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
B-7	数値図化・編集・補測編集																														
B-8	デジタルオルソフォトの作成																														
B-9	地図記号化																														
B-10	数値データの構造化																														
B-13	国別研修の実施																														
B-14	マニュアルの作成	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
提供用データ作成・管理及び地理空間情報の利活用促進																															
B-2,C-1	成果品利活用に係る提案及び現地セミナーの開催（開始時）	■																													
B-11,C-2	提供用データ作成・管理及び地理空間情報の利活用促進	■																													
B-12,C-3	成果品利活用に係る提案及び現地セミナーの開催（終了時）																														

凡例：現地業務期間：■、国内作業期間：□、報告書の説明・協議：△

（出典：JICA 調査団）

表 1-9 業務従事者の業務従事実績表

業務従事者の業務従事実績（プロジェクト完了時）

1. 現地業務

氏名 (担当業務)	格付	渡航 回数	2015												2016												2017						日数 合計	人月 合計
			6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6							
松下 宜照 (総括/図式・仕様協議/技術移転計画)	2	3	[6/30] [6/6] [4/1] [1/5]												[10/16] [2/25] [2/6] [1/5] [9]												[28/30] [1/22] [1/8]						75	2.50
渡辺 徹 (副総括/数値図化・ 数値編集/補測編集/記号化1)	3	2													[23/40]												[22/30] [2/23] [1/5]						70	2.33
寺田 常夫 (数値図化2)	3	3													[2/20] [2/8]																		20	0.67
中田 豊 (空中写真撮影監督)	4	1	[15/28] [6/6]												[2/20] [2/8]																		23	0.77
古跡 純一 (標定点測量1)	4	1	[6/6] [2/6]																														62	2.07
中嶋 大吉 (標定点測量2)	4	1	[17/68] [1/23]																														68	2.27
眞屋 学 (空中三角測量/デジタルオルソフォト作成)	4	1													[7/62] [2/27]																		42	1.40
松下 宜照 (現地調査/現地補測1)	4	1	[8/6] [6/23] [2/22] [6/20] [1/21]												[10/27] [6/6]																		95	3.17
中嶋 大吉 (現地調査/現地補測2)	4	2	[2/22] [3/20]												[8/24] [3/30]																		73	2.43
寺田 常夫 (数値編集/補測編集/記号化2)	4	1													[1/21] [4/21]																		42	1.40
カムソコ カレッジ (機材調達/GIS構造化/ 提供用データ作成・管理/現地補測3)	4	2	[6/33] [8/8]																								[19/33] [2/23] [1/15]						66	2.20
丸山 弘通 (データ活用促進)	4	3	[17/30] [1/16]												[8/19] [2/6]												[11/20] [3/11] [1/13]						69	2.30
現地業務小計															計画	705	23.50	実績	705	23.50														

2. 国内業務

松下 宜照 (総括/図式・仕様協議/技術移転計画)	2	2	[1/5] [5]												[1/5] [5]												[22/29] [2/28]						15	0.75
渡辺 徹 (副総括/数値図化・ 編集/補測編集/記号化1)	3	3																									[1/10] [1/14]						10	0.50
国内業務小計															計画	25	1.25	実績	25	1.25														

凡例: 業務従事実績 業務従事計画 自社負担
 同一渡航での連続アサイン

合計	計画	24.75
	実績	24.75

報告書等	△																△				△	△
	IC/R																IT/R				DF/R	F/R

(出典：JICA 調査団)

1.11 本プロジェクトの成果品

表 1-10、表 1-11、および表 1-12 に示す成果品が作成された。

表 1-10 調査報告書

報告書名	詳細と部数					提出時期
	英文		和文 (要約)	電子データ		
	貴機構 提出分	先方政 府提出 分		貴機構 提出分	先方政府 提出分	
インセプション・ レポート (IC/R)	5 部	10 部	-	-	-	プロジェクト開始 (2015 年 6 月)
インテリム・ レポート (IT/R)	5 部	10 部	-	-	-	プロジェクト開始 から 約 15 か月後 (2016 年 8 月)
ドラフト ファイナル レポート (DF/R)	5 部	10 部	5 部	-	-	プロジェクト開始 から 約 22 か月後 (2017 年 4 月)
ファイナル・ レポート (F/R)	10 部	10 部	5 部	1 セット	1 セット	プロジェクト終了 時 DF/R に対するジン バブエ側からのコ メント受理後 1 ヶ 月以内 (2017 年 6 月中旬) コメント受 理後 1 ヶ月以内 (2017 年 6 月中旬)

(出典：JICA 調査団)

表 1-11 技術協力成果品

成果品	貴機構 提出部数	先方政府 提出部数	提出時期
1:5,000 デジタル地形図作成マニュアル(英文)	1 部	1 部	最終報告時
1:5,000 デジタル地形図品質管理マニュアル(英文)	1 部	1 部	最終報告時
機材運営管理マニュアル (英文)	1 部	1 部	最終報告時

(出典：JICA 調査団)

表 1-12 その他の報告書類

報告書類	貴機構 提出部数	先方政府 提出部数	提出時期
現地測量結果	1部	1部	プロジェクト終了時
空中三角測量結果	1部	1部	プロジェクト終了時
デジタルデータファイル	1部	1部	プロジェクト終了時
1:5,000 地形図データ	1部	1部	プロジェクト終了時
1:5,000GIS 基盤データ	1部	1部	プロジェクト終了時
1:5,000 地形図データ PDF 版	1部	1部	プロジェクト終了時
デジタルオルソフォト	1部	1部	プロジェクト終了時
空中写真データ	1部	1部	プロジェクト終了時
仕様書	1部	1部	プロジェクト終了時
一般用簡易マップ			プロジェクト終了時
品質管理に関する報告書			プロジェクト終了時
調査用資機材取得明細表			取得年度内

(出典：JICA 調査団)

2. デジタル地形図およびデジタルオルソフォトの作成

プロジェクトの活動結果として、業務実施契約書の業務の項目にある活動のうち、プロジェクト管理に関する項目（報告書作成・協議）、デジタル地形図とデジタルオルソフォトの整備に関連する項目を整理する。

なお、技術移転に関連する項目は、3.「DSG への技術移転」、プロジェクト成果品を含む DSG 地理空間情報製品の利活用促進活動は、4.「提供用データ作成と管理および地理空間情報の利活用の促進」として整理する。

本プロジェクトの目的と期待される成果を実現するために、1:5,000 デジタル地形図（96km²）およびデジタルオルソフォト（約 1,700km²）の整備が実施された。以下にその整備の過程を記す。

2.1 関連資料・情報の収集、整理、分析

フローチャートの項目【A-1】

プロジェクトの開始にあたり、関連資料・情報の収集、整理および分析を行い、プロジェクト実施の基本方針を含んだプロジェクトの業務実施計画書が作成され JICA へ提出された。

- (1) プロジェクト実施計画策定のための国内準備作業として、次の資料・情報の収集、整理および分析を行った。
 - DSG の GNSS 測量機の調達状況の確認と、GNSS 測量機の本邦からのレンタル手配
 - 標定点測量実施の計画と準備
 - 詳細計画策定調査団が収集した資料の分析
 - 国内で入手可能な追加情報の収集、整理と、DSG が所有する地理空間情報の整理と本プロジェクトにおいて活用可能なデータの検討
- (2) デジタル地形図およびデジタルオルソフォトの利活用促進活動の準備として、詳細計画策定調査時の収集情報をもとに、ジ国およびハラレ市、ドナー等が策定・実施中のインフラ整備計画および関連プロジェクトを整理した。
- (3) 日本での地理空間情報の活用事例を整理の上、現地でのデータ利活用促進に関する活動計画（案）が作成された。
- (4) 詳細計画策定調査時の収集情報をもとに、成果品の利活用が想定される機関とデータの利活用形態についての整理が行われた。デジタル地形図およびデジタルオルソフォトの利活用促進を目的とした開始時セミナーのプログラムと招待者リストの素案が作成された。
- (5) 図式・仕様協議の準備として、DSG の 1:5,000 地形図既存図の内容の分析と新しい測地基準に基づいた地形図図郭割り案の準備を実施した。

2.2 インセプション・レポートの作成・協議

フローチャートの項目【A-2】

2015年6月、インセプション・レポートの作成・協議が実施された。

- (1) 本プロジェクトの基本方針・方法・作業工程・要員計画等のプロジェクト実施計画および技術移転計画等を取りまとめ、インセプション・レポート（案）を作成し、インセプション・レポート検討会で JICA への説明を行い、合意を得た。
- (2) DSG に対し、インセプション・レポート（案）を基に、プロジェクト内容、プロジェクト実施方針等について説明・協議を行い、同意を得た。内容は、関係者間で認識の共有をはかる目的で、最終的にインセプション・レポートとして取りまとめられた。DSG との協議議事録での確認事項を表 2-1 に示す。

表 2-1 インセプション・レポート協議での確認事項

確認事項	
1.	プロジェクトの実施手法、工程、要員計画
2.	ハラレ・ストリートマップ（一般用簡易マップ）作成(更新)の概要について 仕様の詳細は今後の協議事項とすること

（出典：JICA 調査団）

2.3 技術移転計画の作成および技術移転の実施

フローチャートの項目【B-1】

プロジェクト終了後も DSG が独自にデジタル空中写真からデジタル地形図およびデジタルオルソフォトを作成できるようにすることを目的として技術移転を実施した。

技術移転の目標設定、方法、効果のモニタリング方法等を検討し、技術移転計画としてまとめた。技術移転計画の概要を表 2-2 に示す。この計画に沿って技術移転が実施された。

なお、技術移転の実施内容と評価については、3.「DSG への技術移転」に記されている。

表 2-2 技術移転計画の概要

<p>【技術移転の目的】 デジタル地形図・オルソフォトの作成・更新・利活用に係る DSG の能力の強化</p>
<p>【技術移転の留意事項】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) OJT 形式によるデジタル地形図およびデジタルオルソフォト作成の技術移転の実施 2) 完了後に DSG 自らがデジタル地形図を作成可能とするための技術移転計画策定 3) 技術移転の目標設定と効果の測定(評価項目の設定と客観的評価基準(アンケート、テスト結果等)の

導入				
対象分野	対象部署	活動内容		
空中写真撮影	地図部 写真測量課	講義の実施	撮影計画・標定点計画の立案、再委託仕様書の理解	
標定点測量	写真測量課、	各技術分野 についての OJT 形式の 技術移転実施	測量計画、対空標識設置、標定点測量	
空中三角測量	写真測量課		作業計画、タイポイント観測、 ブロック同時調整計算	
オルソ フォト作成	写真測量課		DEM 作成、オルソ作成、モザイク	
現地調査 ／現地補測	写真測量課、 地籍部		大縮尺地形図用調査計画、取得項目の理解、調査手法とデータの纏め方	
数値図化	写真測量課		マニュアル 作成の実施	作業規程、図式規程の理解、データ取得方法、更新・維持管理方法、品質管理
数値編集	地図課			
地図記号 化	写真測量課 地図課		描画法適用、地図調整	
GIS 構造化	写真測量課 地図課		GIS の理解、GIS 用データ作成	
利活用促進	全部門	DSG 内の利活用促進体制構築、情報公開に関するコンサルテーション、販売計画立案		
品質管理	全部門	精度管理の概念、精度管理方法の理解、工程ごとの精度管理の実践		
一般簡易 マップ作成	写真測量課 地図課	実習と講義、マニュアル作成作業規程、工程管理、精度管理。中小縮尺地形図の更新方法に関する講義		
調達機材	全部門	講義：機材の維持管理・点検		

（出典：JICA 調査団）

2.4 図式、作業基準・仕様協議

フローチャートの項目【A-3】

成果品（縮尺 1:5,000 デジタル地形図およびデジタルオルソフォト）を作成する際の仕様（図式、地図記号、注釈等）と作業基準について、随時 DSG と確認・協議しながら策定した。

2.4.1 WGS84 に基づく新しい図郭割りについて

各図葉の内図郭のサイズは、DSG が過去に作成済みの 1/5,000 地形図の仕様に従い、縦 2km×横 4km とした。ただし、WGS84 を採用する測地基準の変更により、図郭の位置が移動する。この対応策として、外図郭部分に旧座標系の図郭コーナー位置を表示することで、既存図ユーザーの利便性を損なわないように対応することを DSG に対して提案し合意した。

2.4.2 取得項目・取得基準と地形図図式

地形図に載せる情報の項目である取得項目・取得基準の選定と、地形図図式の策定にあたっては、DSG 既存 1:5,000 地形図の内容および図式表現をできる限り踏襲することを基本方針とした。

DSG に保管されていた既存の 1:5,000 地形図、1971 年作成の地形図作成に関する作業マニュアルを参考に、地形図の仕様、取得項目の定義、地物の分類基準、データ取得基準、図式における表現方法について決定した。

デジタル地形図作成の図化・編集作業は日本で実施されることから、特に地形図で表現される対象となる地理的事象や定義にジンバブエ特有の景観・文化・事情を反映していると想定されるものについては、日本の技術者に理解を正確に伝えることができるように、詳細を DSG と確認しながら、後の日本での作業で理解の齟齬に起因する問題が生じないように努めた。この結果、日本での図化編集作業とその成果品について、理解の齟齬に起因する問題は発生しなかった。

2.4.3 デジタルマッピングの地物コード策定

データ取得に先立ち、データ入力・編集工程（数値図化と数値編集）で必要なる地物コードの策定を行った。既存の DSG による 1:5,000 地形図既存図の多くは、コンピュータとソフトウェアによる地図作成が導入される前の熟練した地図作製技術者により、手書きで作成されたものである。一方、現在のコンピュータとソフトウェアを用いたデジタルマッピングの手法では、地図情報は、点・線・面と文字に大別できる図形情報の集まりである。地図を表現する図形情報はデータ取得時（数値図化）において、図化オペレーターにより、予め定義された取得項目と取得基準に従い対象物の主題属性やサイズの大小で対応する取得項目別に分類の上、図形情報として地形図データファイル内に記録（描画）される。デジタルマッピングの地物コードはこのときに利用されるものである。

デジタルマッピングの地物コードとは、取得項目の大項目カテゴリ分類、各取得項目の識別コードとその対象物の定義、各取得項目の識別コードと一対となるように定義される地図データ内の図形情報を分類し区別するための点・線・面と文字のジオメトリ種別、図形をモニタまたは出力図に表示する際に適用する線種・線号の種別と色、情報を書き込むレイヤやファイルの名称の区別の集合である。地図情報はこのコードに基づいてデータファイル上で対応する取得項目毎の分類が識別される。

前項(1)の取得項目、そのカテゴリ分け、図式表現とそれに対応するジオメトリ種別の組み合わせから成る地物コードが編成された。（図 2.4-2）

前項(1)の取得項目・地形図図式については、DSG の既存図を踏襲したが、地物コードのカテゴリ分けと識別コード体系については、日本の縮尺 1:5,000 デジタル地形図作成で使われているコード体系を参考にした。

DSG 地図部写真測量課には、1980 年代末から 90 年代に当時の DSG 技術者が策定したデジタルマッピングの地物コード表が複数個保管されていた。95 年作成のものはこのプロジェクトのカウンターパートでもある DSG 技術者が昔作成したものである。デジタルマッピングの基本概念、地物コードの基本的な構成は、20 年前も今も同じであるが、コンピュータの能力が現在よりかなり限定された環境で、限られた能力をうまく使いこなすためには、規則化した上で単純化して物事を纏めるかのスキルが今より 20 年前のほうが求められたはずである。DSG 技術者には地物コード策定の経験があることが分かった。

ベースライン調査の評価としては、昔の地物コードが資料として保管されていたこと、今より地物コードを策定した経験のある技術者がいること、これらの事実や観察から地物コードの策定とそのベースとなる地形図作成、デジタルマッピングの基本概念の理解は、空白の期間が長く限定的ではあるが、図 2-1 のとおり地図コードが策定されており DSG 内に継承されていると結論づけた。

```

3DD -- Plot Style Report
Page 1
File: C:\PROJ2\PHOTOLAG.PST
12-27-95 09:15:16
HITECH Mapping Systems Pty Ltd
306/3 Smal Street, Broadway, NSW 2007, Australia
    
```

Ident	ReScale	Feat Type	Colour	Symbol	Weight
(mm)					(mm)
<hr/>					
1.0	roads				
1.1	tarred road				
1.1.1	wide tar				
1.1.1.1	multi-lan	AOR	RE	9	0.70
1.1.1.2	double-la	AOR	RE	9	0.37
1.1.2	narrow tar				
1.1.2.1	double ed	AOR	RE	10	0.00
1.1.2.2	single la	Line	RE	10	0.00
1.1.2.3	air strip	Line	RE	12	0.00
1.2	control pt	Point	RE	25	0.00
1.3	gravel				
1.3.1	gravel/eart	Line	RE	4	0.06
1.3.2	other	Line	RE	47	0.05
1.4	strip	Line	RE	11	0.02
1.5	footpath				
1.5.1	track/c-lin	Line	RE	12	0.02
1.6	bridge symb	Symbol	BK	4	0.30
1.7	other/sports	Line	BK	13	0.10
1.8	bridge	Line	BK	0	0.00
2.0	buildings				
2.1	bldg-scaled				
2.1.1	bldg edge	AOR	BK	39	0.00
2.1.2	bldg symbol	Point	BK	3	0.15

出典 : DSG

図 2-1 1995 年 DSG 作成の地物コード表（道路）抜粋

Code for Major Category	Feature Group	Code for Medium Category	Code for Feature Geometric object	Code for depiction class	Feature Code	Map Symbol (図式の線が入る)	Symbol Specification line width or font size	Symbol Specification Color	Name for Map Symbol (Feature Class Name)	Geometry Type of feature Class (特徴のタイプ)	Application rule (Map content and specifications: Placable Detail and others) (ここは地図記号の説明 (図式の取得方法は右欄))
1	Administrative Boundary	1	01	0	11010		0.4mm	Zim_Red	Between, Province	Line	
1	Administrative Boundary	1	02	0	11020		0.3mm	Zim_Red	Between, District	Line	
1	Administrative Boundary	1	03	0	11030		0.4mm	Zim_Red	Between Municipality or Local Authority or Rural Council	Line	
1	Administrative Boundary	1	04	0	11040		0.2mm	Zim_Red	Wards	Line	
2	Road	1	01	1	21011		0.2mm	Zim_Gray Zim_Red20	Tarred Road, over 5m in width (Depicted as double line)	Line	Carriage way surfaced by asphalt, concrete, or cobble. Both side of feature (edge of carriage way) to be depicted as line.
2	Road	1	01	2	21012		0.5mm 0.3mm	Zim_Gray Zim_Red20	Tarred Road, less than 5m in width (Depicted as single line)	Line	Carriage way surfaced by asphalt, concrete, or cobble. Centerline of feature (center of carriage way) to be depicted as line.
2	Road	1	02	1	21021		0.2mm	Zim_Gray Zim_Gray20	Gravel Road, over 5m in width (Depicted as double line)	Line	Carriage way surfaced by gravel, or crushed stone. Both side of feature (edge of carriage way) to be depicted as line.
2	Road	1	02	2	21022		0.5mm 0.3mm	Zim_Gray Zim_Gray20	Gravel Road, less than 5m in width (Depicted as single line)	Line	Carriage way surfaced by gravel or crushed stone. Centerline of feature (center of carriage way) to be depicted as line.
2	Road	1	03	1	21031		0.2mm	Zim_White	Other Road, over 5m in width (Depicted as double line)	Line	Carriage way non surfaced. Both side of feature (edge of carriage way) to be depicted as line.
2	Road	1	03	2	21032		0.5mm 0.3mm	Zim_White	Other Road, less than 5m in width (Depicted as single line)	Line	Carriage way non surfaced. Centerline of feature (center of carriage way) to be depicted as line.

(出典：JICA 調査団)

図 2-2 地物コードと図式の一覧表 (抜粋)

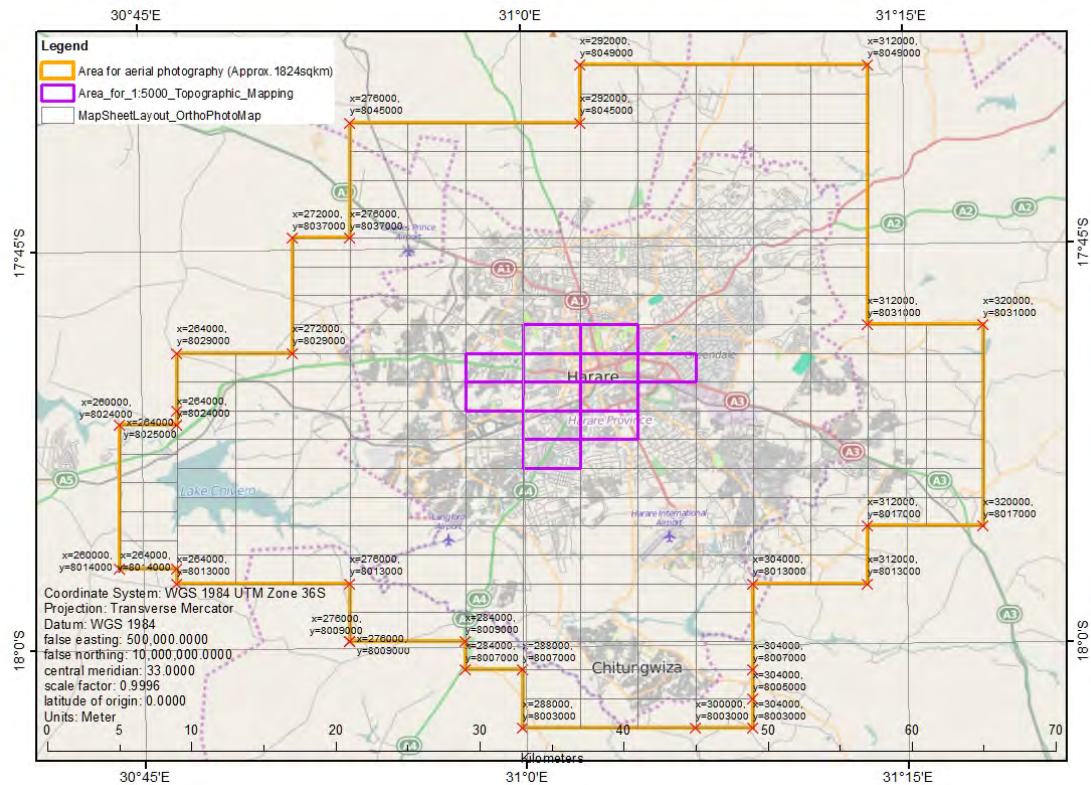
2.5 空中写真撮影

フローチャートの項目【A-4】

1:5,000 デジタル地形図およびデジタルオルソフォト、等高線データの作成に必要な測量用の空中写真（航空写真）を、デジタル航空測量カメラを用いて撮影し、数値写真（デジタル空中写真の画像データファイル）として記録した。撮影飛行中の GNSS/IMU による直接定位要素の取得を標準仕様とし、そのデータ処理も実施した。撮影対象地域は、次図に示す面積約 1,824km² の範囲である。

空中写真撮影とデータ処理作業は、撮影業者への再委託契約作業として実施され、再委託先の選定と契約にあたっては、貴機構の現地再委託業務ガイドラインに従って実施した。

撮影は 2015 年 7 月 19 日（日曜日）に実施され、規定した仕様と条件に適合した撮影結果が得られた(表 2-3 参照)。 図 2-4 は、撮影当日の撮影機の航跡を示している。



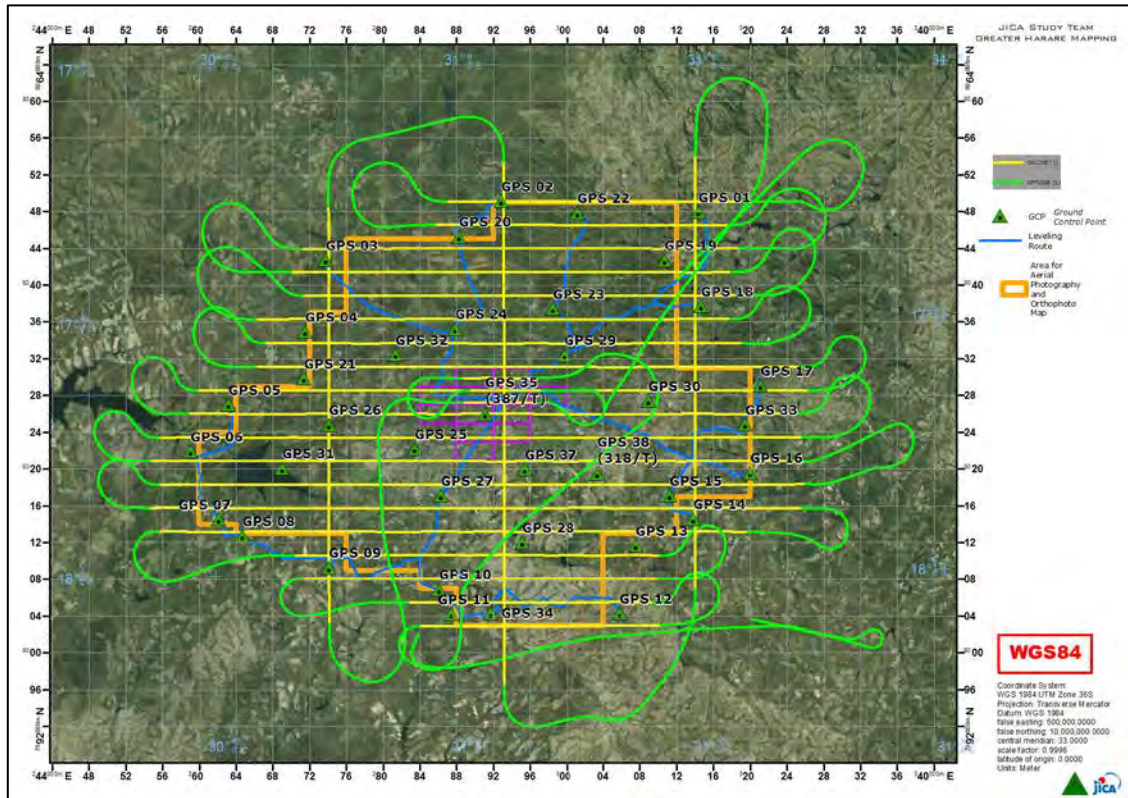
(出典：JICA 調査団)

図 2-3 空中写真撮影範囲

表 2-3 空中写真撮影業務

項目	内容
契約形態	空中写真撮影会社への再委託契約（撮影と写真外部標定要素処理） （再委託先：Fugro Geospatial B.V・SKM GISAIR OY 共同企業体）
作業内容	<ul style="list-style-type: none"> DSG に対する撮影計画の説明、デジタル空中写真撮影に関する DSG への講義の実施 撮影・飛行計画許可申請 航空測量用デジタルカメラを使った垂直写真の撮影 撮影中の直接定位データの記録とデータ処理 空中写真画像データ処理と数値写真ファイルの作成 撮影実施に関する報告書の作成
基本仕様 実施結果	<ul style="list-style-type: none"> 使用カメラ：Microsoft 社製(現 Vexcel 社) UltraCam Eagle（焦点距離 100mm） 撮影対象面積 1,824km²（計画 1,824km²） 撮影写真枚数 1,127 枚 オーバーラップ率 60%±5% サイドラップ率 30%±5% 撮影高度 3,800m（対地高度） 写真の地上解像度 20cm 撮影日 2015 年 7 月 19 日（冬・乾季の最中） GNSS 地上固定局 2 点

(出典：JICA 調査団)



（出典：JICA 調査団）

図 2-4 撮影実施時（2015 年 7 月 19 日）の撮影機の航跡図



写真番号 17695 ハラレ市中心部（図面番号 TR9227 の範囲）（出典：JICA 調査団）

図 2-5 撮影された航空写真



写真番号:17695 ハラレ市中心部（図面番号 TR9227 の範囲）赤枠は拡大写真（図 2.5.3）の範囲
（出典：JICA 調査団）

図 2-6 撮影された航空写真 拡大

2.6 基準点測量、標定点測量

フローチャートの項目【A-5】

2.6.1 標定点測量（GPS 測量と水準測量）の概要

デジタル地形図・オルソフォト作成に必要な標定点の位置を決定する標定点測量を実施した。標定点の平面位置を GPS 測量により、標高を水準測量により決定した。標定点測量に際して、各標定点に対空標識の設置も行った。

また、標定点測量に先立ち、基準点測量を実施して標定点測量の与点とする 2 点の基準点を設置した。この基準点を既知点として標定点測量が実施された。標定点測量と対空標識の設置は、実作業の OJT プログラムとして、調査団と DSG ベテラン職員の指揮監督のもと、DSG の地図部写真測量課、地籍部の若手職員を中心とする職員により実施された。

なお、DSG には、GPS 測量・水準測量を専門とする測地部が存在するが、測地部は同時期に国境面定測量のプロジェクトに従事していた。このような事情から、標定点測量は、GPS 測量・水準測量を専門業務としない地図部写真測量課と、地籍測量として GPS、水準測量の業務を行っている地籍部の職員が標定点測量（GPS 測量、水準測量）により実施されることとなった。

2.6.2 基準点測量

本プロジェクトの目的の一つは、GNSS 衛星測位と整合する地球規模の測地基準座標系（GGRF に）基づいたデジタル地形図オルソフォトを整備することである。プロジェクトでは GGRF の一つである WGS84 を測地基準として採用した。

しかしながら、ジンバブエの国家基準点網は、ローカルな測地基準である Arc1950（準拋楕円体 Clarke 1880）に基づいて整備されたものであり、WGS84 に基づく座標成果は未整備であった。このため標定点測量で必要となる WGS84 に基づいた既知点の座標成果を用意する必要があった。

標定点測量の実施前に、基準点測量を行い 2 点の基準点を設置した。基準点測量は次の方法で行った。新設点で 72 時間連続 GPS 観測を行う。一方で既知点とする 72 時間連続観測と同時に観測された IGS（International GNSS Service：国際 GNSS 事業）局の GPS 常時観測成果を入手した。新点での 72 時間連続観測の成果と既知点とする同時期の IGS 局の観測成果を使って精密長基線解析を行い、WGS84 に基づいた新点の座標値を算出した。

1) 作業基準と仕様

作業基準と仕様を次表に示す。

表 2-4 作業基準と仕様

項目	詳細	備考
要求精度	±5 cm	
GPS 受信機（測量機）	2 周波対応	
データ取得間隔	30 秒	
セッション数	3 セッション	GMT 0:00 – 23:30 (2:00AM–1:30AM Local time)
観測時間	72 時間	3 日
計算処理ソフトウェア	Bernese	
既知点として使用した IGS 観測局の数	8 観測局	直近の稼働状況が良好な観測局を選定

（出典：JICA 調査団）

2) 基準点とする点の選点

基準点測量は、DSG が管理している既存の国家三角点の標石を利用し、既存国家三角点標石の WGS84 に基づいた位置の座標成果を得ることとした。選点は、DSG がリストアップした候補の点について、昼夜連続観測でも支障がない周囲の安全状況とアクセスのしやすさを主眼として調査を行い決定した。

選点の結果、次の 2 点の既存国家三角点の標石を基準点として利用することとした。ハラレ市内、DSGCoventry オフィス構内に設置されている既存 3 等三角点 387T/Coventry と、エポワースの大きな一枚岩(Domboramwari)の上に設置されている既存 3 等三角点 318T/Domboramwari の 2 点の標石を利用する。本プロジェクトでの点番号は 387T/Coventry を GPS-35 とし、318T/Domboramwari を GPS-38 とした。2 つの基準点の位置を図 2-7 に示す。



写真 2-1 基準点 Coventry (GPS-35)

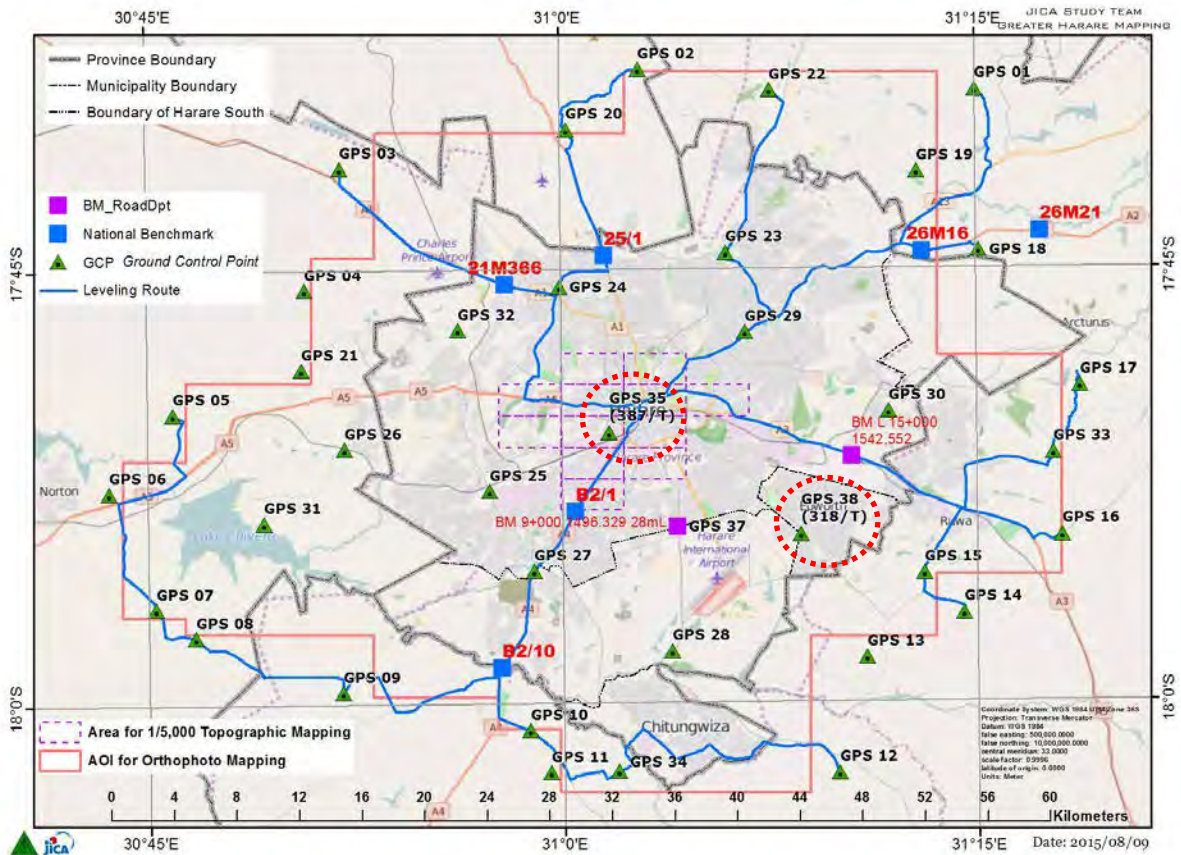


写真 2-2 基準点 Domboramwari (GPS-38)



写真 2-3 GPS 受信機 :Trimble 製

(出典：JICA 調査団)



（出典：JICA 調査団）

図 2-7 設置した2つの基準点の位置（赤色破線で強調表示）

3) 観測

2016年7月8日から11日にかけて72時間連続観測が実施された。IGS 観測成果のセッション開始時刻である協定世界時（UTC）0時となる現地時間午前2時を観測の開始・終了時刻とした。観測に用いたGPS受信機は、Trimble社製R7である。

表 2-5 GPS 連続観測の実施日程

Date	July 7 th	July 8 th	July 9 th	July 10 th	July 11 th
Point No.	(188)	(189)	(190)	(191)	(192)
GPS-35		—————	—————	—————
GPS-38		—————	—————	—————

日付欄の（ ）内の数字は Julian Date に基づく IGS 成果のセッション ID を示す

（出典：JICA 調査団）

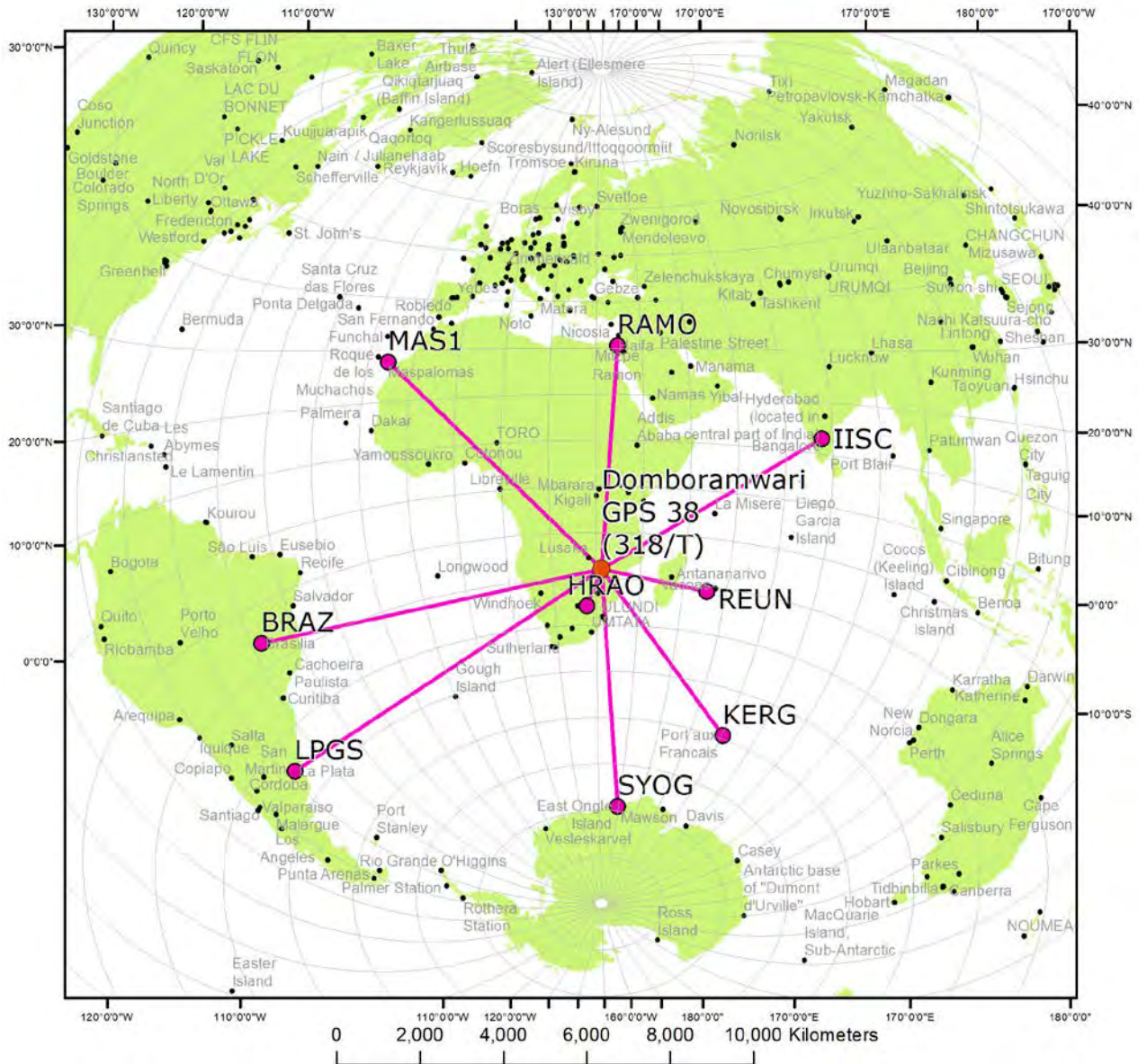
4) データ処理

精密長基線解析を実施した。使用したソフトウェアは、長基線解析ソフトウェア Bernese。はじめに、観測を実施した3日間（2015年7月8日、9日、10日）の各時点での2点の基点（基準点）の位置を算出した。

次に、それを3日間で平均処理し、2点の新点の位置を決定した。

5) IGS reference station

長基線解析の与点として使用した8点のIGS局の配置と測量基線を図2-8に示す。また、各局の局名、位置、GPS38から各局までの距離を表2-6として示す。



(出典：JICA 調査団 (IGS website- <http://www.igs.org/> の情報をもとに調査団作成)

図 2-8 長基線解析で利用した IGS 局と世界の IGS 局の配置状況

表 2-6 与点とした使用した IGS 点の一覧

IGS station name	Location	Distance from observed station
BRAZ	Brasil	7,770 km
HRAO	Hartebeesthoek (South Africa)	953 km

HSC	Bagalore (India)	5,906 km
KERG	Kerguelen Islands	4,816 km
MASI	Maspalomas (Gran Canaria Idsland)	6,770 km
RAMO	Mitzpe Ramon (Israel)	5,222 km
REUN	Reunion Island	2,569 km
SYPG	Showa Base (Antarctic)	5,520 km

（出典：JICA 調査団）

6) 座標成果

プロジェクトで観測を実施した2点の新点と、与点として使用した各 IGS 観測局との間の精密長基線解析により、2点の新点（GPS-35 と GPS-38）の WGS84 に基づいた位置を決定した。その位置（座標成果）を次表に示す。

表 2-7 2点の基準点の座標成果 (GPS-35 と GPS 38)

点名	緯度	経度	楕円体高 (m)
	Y (Easting) (m)	X (Northing) (m)	標高 (EGM2008) (m)
GPS-35	S 17 50 40.5722	E 31 01 42.7429	1474.272
	291,080.294	8,025,905.062	1470.333
GPS-38	S 17 54 14.3525	E 31 08 37.9702	1516.206
	303,372.190	8,019,457.572	1512.307

（出典：JICA 調査団）

7) 品質管理

表 2-8 に示すように、各日の座標値の較差は、10cm を超えていない。また、表 2.6-6 に示すように各基線の較差も 10cm 以内であることから、十分な測量結果が得られたことが確認できた。

表 2-8 観測日による座標較差の検証

Station	Session (DAY)	Cartesian coord.			RMS		
		X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)
GPS35	189	5205393.320	3131245.891	-1942471.628	0.002	0.002	0.001
	190	5205393.317	3131245.884	-1942471.628	0.002	0.002	0.001
	191	5205393.324	3131245.883	-1942471.630	0.002	0.002	0.001
	3days	5205393.321	3131245.886	-1942471.628	0.001	0.001	0.001
GPS38	189	5197386.540	3140695.484	-1948741.222	0.002	0.001	0.001
	190	5197386.540	3140695.479	-1948741.223	0.002	0.001	0.001
	191	5197386.540	3140695.479	-1948741.223	0.002	0.001	0.001
	3days	5197386.542	3140695.476	-1948741.222	0.002	0.001	0.001

（出典：JICA 調査団）

表 2-9 観測日による基準点間距離（基線長）の検証

doy	Baseline				
	GPS38 - GPS35 (m)	GPS38 - BRAZ (m)	GPS38 - HRAO (m)	GPS38 - IISC (m)	GPS38 - KERG (m)
189	13882.0133	7769888.6123	952891.5103	5905894.8583	4816496.7873
190	13882.0124	7769888.6121	952891.5104	5905894.8597	4816496.7894
190-189	0.0009	0.0002	-0.0001	-0.0014	-0.0021
191	13882.0135	7769888.6108	952891.5094	5905894.8646	4816496.7870
191-189	0.0002	-0.0015	-0.0009	0.0063	-0.0003

doy	Baseline			
	GPS38 - MAS1 (m)	GPS38 - RAMO (m)	GPS38 - REUN (m)	GPS38 - SYOG (m)
189	6769877.5920	5221588.9055	2569620.3455	5519553.5112
190	6769877.5899	5221588.9071	2569620.3480	5519553.5117
190-189	0.0021	-0.0016	-0.0025	-0.0005
191	6769877.5896	5221588.9055	2569620.3472	5519553.5115
191-189	-0.0024	0.0000	0.0017	0.0003

「doy」は Day of Year の意で Julian date を示す。

（出典：JICA 調査団）

8) 成果品

- 座標成果
- 品質報告書

2.6.3 標定点測量（GNSS 測量）

標定点の配点計画に基づき、標定点の3次元座標を求めるためのGPS測量を実施した。4セットのGNSS測量機を用いた4班体制とした。作業はJICA調査団監督の下、DSGカウンターパートが実施した。また標定点測量実施に際し、各標定点に対空標識を設置した。対空標識の目的は、撮影される空中写真上で標定点の位置を識別できるようにするためである。以下にその詳細を示す。

(1) 標定点の配点計画

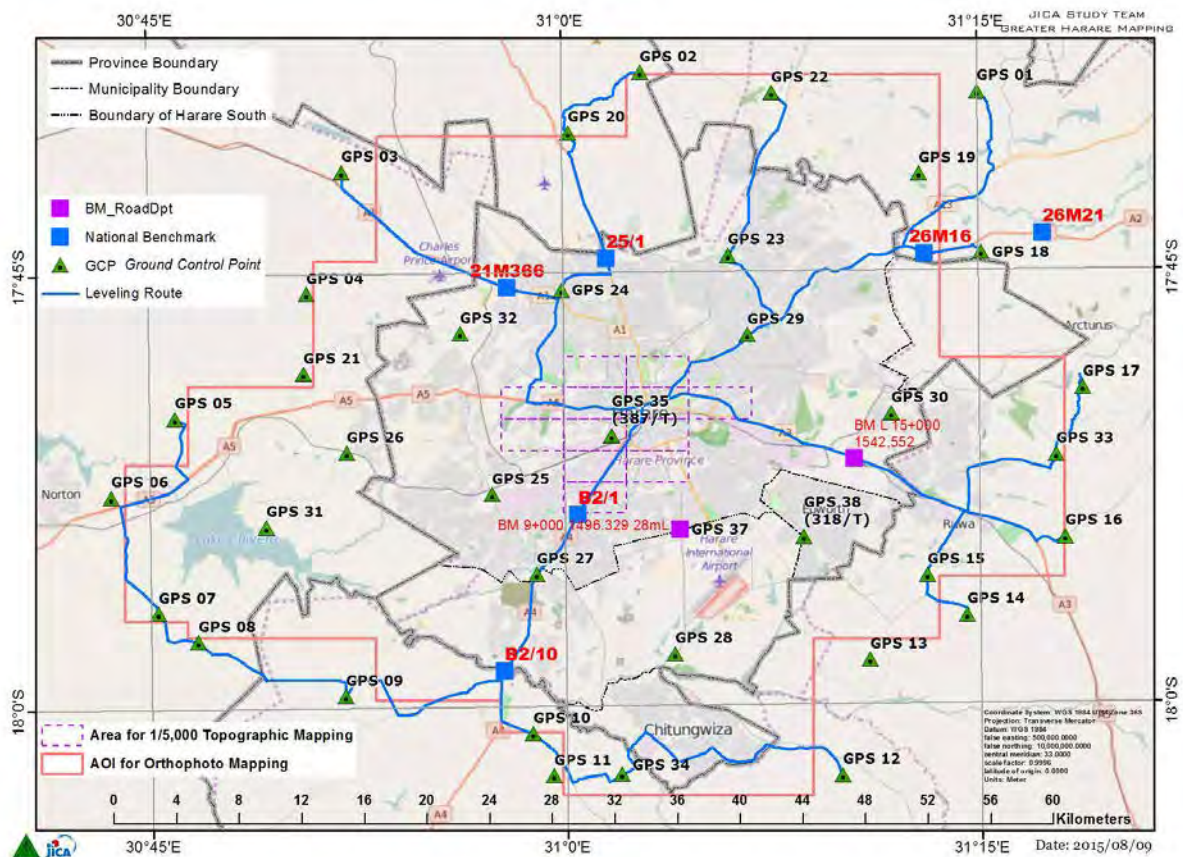
標定点の配点計画を策定するにあたって考慮した基準の内容を以下に示す。また、配点位置を示した配点図を図 2-9 に示す。

表 2-10 標定点の配置、水平位置の要求精度、対空標識の大きさの基準

項目	詳細	備考
標定点の配置位置と数量	航空写真撮影対象エリアの辺縁部 37点	GPS/IMU 支援撮影を実施するため、標定点数の削減は可能

要求精度（水平）	10 cm	
新点間距離（設置する標定点間の距離）	20 km 以内	20km 以内が望ましい
対空標識形状とサイズ	3 枚羽根 (90cm x 30cm) 3 枚	対空標識に代わり、撮影後、撮影した航空写真上で詳細位置を特定する刺針という代替策もある。

(出典：JICA 調査団)



Service Layer Credits: (c) OpenStreetMap and contributors, Creative Commons-Share Alike License (CC-BY-SA)

(出典：JICA 調査団)

図 2-9 標定点配点図と水準測量路線図

(2) 標定点への対空標識の設置

撮影される空中写真上で、標定点の位置を明瞭に識別できるようにするため、白色ペンキによる対空標識を、選点作業と平行して設置した。標定点の選点と対空標識設置の実績を表 2.6-8 に示す。また、設置した対空標識の写真を写真 2-4 として、対空標識の航空写真上での見え方のサンプルを写真 2-5 として示す。

表 2-11 標定点の選点と対空標識設置の実績

	Date	Selected GCP point				
1	2015/6/29	35	25	26	21	
2	2015/6/30	4	5	6	7	8
3-1	2015/7/1	9	10	11	34	28
3-2	2015/7/1	27	37	38	30	29
4-1	2015/7/3	16	33	36		
4-2	2015/7/3	15	14	13	12	
5	2015/7/6	18	19	1		
6	2015/7/7	23	22	31		
7	2015/7/8	24	20	2		
8	2015/7/9	32	17			
9	2015/7/10	3				

（出典：JICA 調査団）



設置された対空標識：路面上、裸地上、構造物の上（構造物を白色に塗り、標識として利用）、岩の上（出典：JICA 調査団）

写真 2-4 標定点上の対空標識



（出典：JICA 調査団）

写真 2-5 対空標識の地上写真（左）と航空写真での見え方（右）

(3) 観測

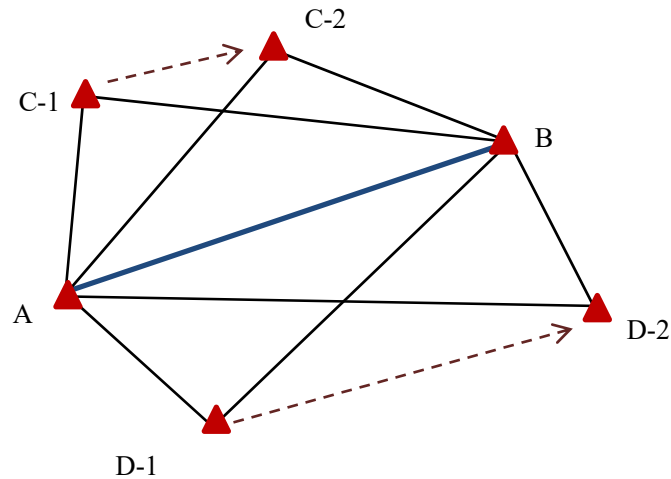
GPS 観測は、表 2-12 の仕様に沿って実施した。

表 2-12 GPS 観測の仕様

項目	詳細	備考
GPS 受信機 (測量機)	<ul style="list-style-type: none"> ・測量用 ・2周波対応 	4 セット Trimble 社製 R7 (2セット) TOPCON 社製 Legacy-H-GT (2セット)
観測時間	1 時間	
データ取得間隔	15 秒	
上空視界	15 度以内	水平からの高度角

（出典：JICA 調査団）

対象地域の中心はハラレ市の中心部と一致する。対象地域の幹線道路網形態はハラレ市の中心部を起点に放射状である。環状方向の道路は中心部分に偏在している。また、立ち入りが制限される大規模農地や私有地が存在する。この状況から放射状の道路網の外縁部にあたる郊外地域では、各標定点間の移動が容易ではなく、移動にかかる時間が多大となる懸念があった。4 台の受信機（4 班の観測班）で、観測開始と終了時間を同期させる同時観測する手法は、時間的に効率的でない。対応策として図 2-10 に示すように、2 台の受信機は移動しない固定局として終日観測状態を維持してデータを取得する。残る 2 台の受信機が移動しながら、次々に新点で 1 時間ずつの観測を行う手法を採用した。



受信機 A（A 班）と受信機 B（B 班）は固定局、C と D が新点を移動しながら観測する。
 （出典：JICA 調査団）

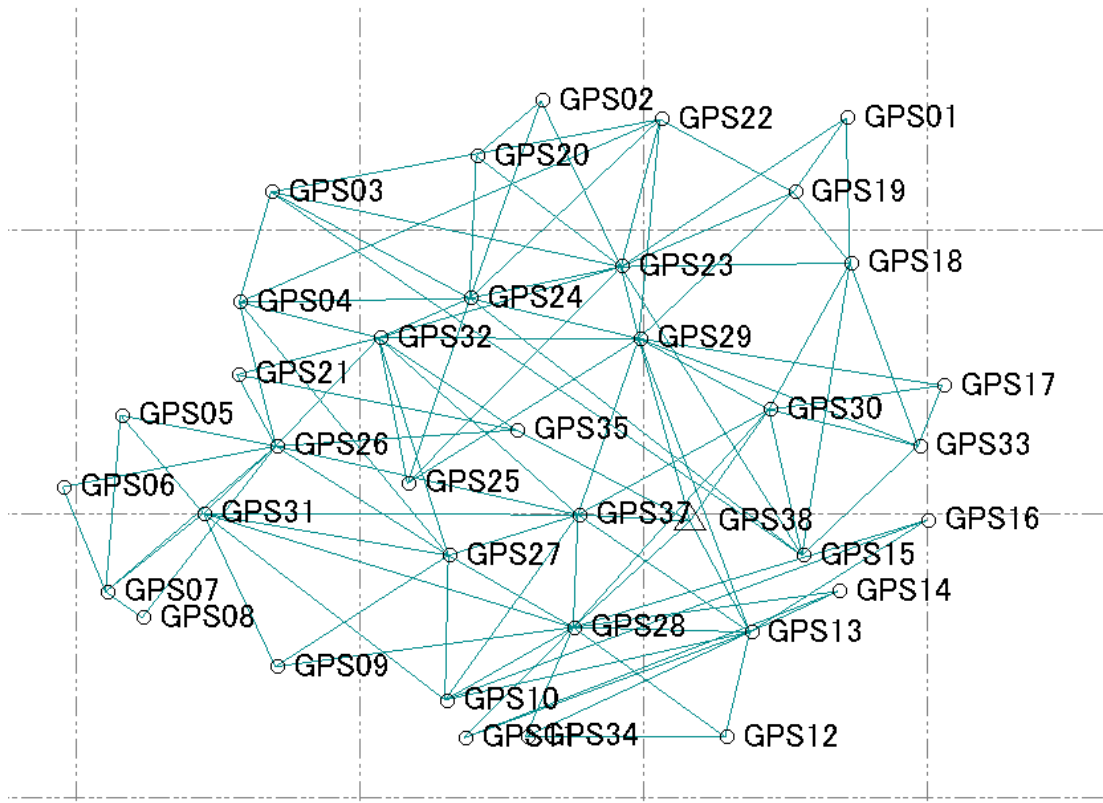
図 2-10 本プロジェクトで採用した観測手法の説明図

表 2-13 GPS 観測の日程（実績）

No.	Day	Group-A	Group-B	Group-C	Group-D
1	2015/7/13	34	24	35	25
				29	
				23	
2	2015/7/14	26	32	4	35
				21	27
3	2015/7/15	7	26	5	8
				6	31
4	2015/7/16	28	13	10	16
				11	14
				34	12
5	2015/7/17	30	33	18	17
				29	16
6	2015/7/20	23	19	22	29
				1	18
7	2015/7/21	3	24	22	4
				15	23
8	2015/7/22	37	38	29	28
				30	13
9	2015/7/23	31	27	9	28
				10	17

（出典：JICA 調査団）

図 2-12 が示すように合計 110 辺の基線が観測された。



（出典：JICA 調査団）

図 2-11 GPS 観測点の配置図（実績）

(4) 標定点の位置の決定（計算処理）

基線解析ソフトウェアを使って基線解析を行い各標定点の位置を決定した。基線解析ソフトウェアは“Trimble Business Center”を使用した。得られた標定点の座標値を表 2-14 に示す。

表 2-14 Coordinates of GCP

点名	緯度	経度	楕円体高
	Y (Northing)	X (Easting)	標高 (EGM2008)
GPS-01	S 17038'52.3015"	E 31015'01.0188"	1368.608 m
	8,047,913.558 m	314,382.496 m	1365.933 m
GPS-02	S 17038'06.4624"	E 31002'51.0544"	1366.211 m
	8,049,112.091 m	292,850.960 m	1362.971 m
GPS-03	S 17041'28.7067"	E 30052'02.1550"	1458.455 m
	8,042,686.637 m	273,790.654 m	1454.961 m
GPS-04	S 17045'40.7532"	E 30050'43.0998"	1429.866 m

	8,034,909.896 m	271,549.365 m	1426.214 m
GPS-05	S 17049'56.8925"	E 30045'55.6553"	1379.169 m
	8,026,934.414 m	263,174.240 m	1375.351 m
GPS-06	S 17052'39.7465"	E 30043'34.7225"	1357.206 m
	8,021,876.360 m	259,084.375 m	1353.305 m
GPS-07	S 17056'41.2033"	E 30045'14.7454"	1394.892 m
	8,014,486.937 m	262,119.125 m	1390.824 m
GPS-08	S 17057'41.7887"	E 30046'41.4318"	1419.112 m
	8,012,654.544 m	264,692.906 m	1415.014 m
GPS-09	S 17059'37.6465"	E 30451'59.5589"	1408.389 m
	8,009,201.757 m	274,096.340 m	1404.198 m
GPS-10	S 18100'58.7119"	E 30158'45.6411"	1416.735 m
	8,006,843.034 m	286,071.705 m	1412.519 m
GPS-11	S 18102'25.8961"	E 30159'30.6668"	1408.855 m
	8,004,176.727 m	287,425.377 m	1404.581 m
GPS-12	S 18102'30.1877"	E 31109'56.9581"	1472.165 m
	8,004,236.142 m	305,847.806 m	1,467.958 m
GPS-13	S 17158'30.0593"	E 31110'58.3415"	1,515.830 m
	8,011,636.680 m	307,580.771 m	1,511.800 m
GPS-14	S 17156'58.3006"	E 31114'31.3734"	1,547.962 m
	8,014,518.069 m	313,821.915 m	1,544.061 m
GPS-15	S 17155'35.3975"	E 31113'05.6093"	1,518.363 m
	8,017,042.824 m	311,273.795 m	1,514.498 m
GPS-16	S 17154'17.6133"	E 31118'04.0578"	1,597.400 m
	8,019,516.288 m	320,035.173 m	1,593.765 m
GPS-17	S 17149'08.1234"	E 31118'45.5486"	1,452.819 m
	8,029,041.945 m	321,170.380 m	1,449.574 m
GPS-18	S 17144'25.3924"	E 31115'07.1518"	1,338.125 m
	8,037,675.006 m	314,658.254 m	1,335.050 m
GPS-19	S 17141'41.7220"	E 31112'53.4147"	1,355.064 m
	8,042,669.795 m	310,670.566 m	1,352.071 m
GPS-20	S 17240'10.8443"	E 31200'14.4565"	1,502.073 m
	8,045,239.571 m	288,274.784 m	1,498.609 m
GPS-21	S 17248'26.6668"	E 30650'35.7378"	1,414.846 m
	8,029,805.66 m	271,391.147 m	1,411.074 m
GPS-22	S 17238'51.5202"	E 31207'35.4471"	1,500.200 m
	8,047,811.639 m	301,248.495 m	1,497.073 m
GPS-23	S 17244'28.6804"	E 31205'58.3210"	1,518.963 m

	8,037,416.995 m	298,490.029 m	1,515.374 m
GPS-24	S 17245'37.3942"	E 30259'55.6862"	1,496.233 m
	8,035,193.366 m	287,828.275 m	1,492.479 m
GPS-25	S 17252'40.4531"	E 30257'21.4473"	1,436.951 m
	8,022,136.330 m	283,426.346 m	1,432.974 m
GPS-26	S 17251'11.8418"	E 30252'09.9102"	1,418.069 m
	8,024,757.423 m	274,134.504 m	1,414.186 m
GPS-27	S 17255'26.9030"	E 31258'57.5521"	1,413.980 m
	8,017,049.21 m	286,311.234 m	1,409.934 m
GPS-28	S 17258'15.0764"	E 31203'55.1849"	1,439.662 m
	8,011,971.506 m	295,125.318 m	1,435.555 m
GPS-29	S 17247'13.9360"	E 31206'39.4151"	1,498.380 m
	8,032,348.383 m	299,751.872 m	1,494.685 m
GPS-30	S 17349'59.6635"	E 31311'49.2804"	1,584.121 m
	8,027,343.098 m	308,927.662 m	1,580.501 m
GPS-31	S 17353'44.5190"	E 31349'11.6072"	1,377.710 m
	8,020,003.015 m	269,027.116m	1,373.755 m
GPS-32	S 17347'06.0217"	E 31356'15.9085"	1,450.063 m
	8,032,398.197 m	281,383.374 m	1,446.274 m
GPS-33	S 17351'26.5535"	E 31317'46.0793"	1,575.508 m
	8,024,770.344 m	319,457.985 m	1,572.046 m
GPS-34	S 17302'24.8416"	E 31301'58.1559"	1,414.858 m
	8,004,255.777 m	291,763.273 m	1,410.578 m
GPS-35	S 17350'40.5724"	E 31301'42.7428"	1,474.283 m
	8,025,905.057 m	291,080.291 m	1,470.344 m
GPS-36	Unused number		
GPS-37	S 17°53'56.9174"	E 31°04'09.2238"	1,510.223 m
	8,019,913.237 m	295,456.010 m	1,506.232 m
GPS-38	S 17°54'14.3525"	E 31 08'37.9702"	1,516.206 m
	8,019,457.572 m	303,372.190 m	1,512.307 m

（出典：JICA 調査団）

上記結果は、標定点明細簿（点の記）として纏め、次工程である空中三角測量へ引き継いだ。

(5) 品質管理

品質管理として、基線解析処理の点検、閉合差の点検、調整計算の点検を行った。結果は合格であった。基線解析ソフト“Trimble Business Center”の品質管理に関する機能を使用した。

i 許容差について

水平と垂直方向の位置の許容差の設定値を、表 2-15 に示す。

表 2-15 許容差の設定値

Component	Caution	Bad
Horizontal	0.050 m + 1 ppm	0.100 m + 1 ppm
Vertical	0.100 m + 1 ppm	0.200 m + 1 ppm

（出典：JICA 調査団）

処理結果は、全点この許容差内に収まりすべて合格であった。

ii GPS 観測 閉合差の確認

合計 12 の基線で、他基線と比較して大きな閉合差が認められたが、最大値は 76mm であり、要求精度 10cm（100mm）以内に収まっていることから、合格とした。

iii 全体調整計算

較差の最大値は、44mm、8mm、7mm であった。要求精度（100mm 以内）の基準充足する結果が得られたことを確認したことから、合格とした。

(6) 成果品

以下の内容を含む報告書を作成した。

- 標定点の座標値一覧
- 標定点明細簿
- 品質管理報告書

2.6.4 GPS を使った間接水準測量による既存水準点の標高の点検とジオイド高補正量の決定

プロジェクトエリア内で 5 点の既存国家水準点の標石が現存することを確認した。これら複数の既存国家水準点をデジタル地形図の高さの基準とするにあたり、各国家水準点が参照する標高の基準が同一であるかどうかの確認と既存の標高成果の良否を確認する必要があった。

また、直接水準測量で標高を取り付けることができない標定点については、GPS 測量により得られる楕円体高にジオイドモデルによるジオイド高を加え標高を算出することとなるが、その際に必要となるジオイド補正高補正量を確認する必要があった。

既存水準点を対象とした GPS 間接水準測量による標高と既存水準点成果との比較からより確度の高いジオイド高補正量を得ることが出来る。既存国家水準点成果に関する上記 2 つの確認とジオイド高補正量を得ることを目的として、既存国家水準点を対象にした GPS 間接水準測量を実施し、既存国家水準点の標高成果と GPS 間接水準測量による標高値の比較を行った。

調査団は、前もってジンバブエの国家水準点網には、整備の経緯から3つの異なる標高の基準が存在するとの情報を得ていたことから各既存水準点が参照している標高の基準についても資料から特定しようとしたが、資料が失われており特定することは出来なかった。

GPS 間接水準測量により得られた標高値と水準点成果の標高値について、既存水準点間相互の点間の比高差を確認した。なお、国家水準点 25M/1 については、GPS 観測は実施したが、最終的に成果簿が見つからず既存の標高成果を確認することができなかった。GPS 間接水準による標高値の比高差と既存水準点成果による比高差の差は、概ね 10cm 以内に収束していることが確認出来た。

この結果から、4 点の国家水準点の既存標高成果に特に問題はなく、同一の高さの基準を採用しているとみなせると判断した。

また、ジオイド高補正量については、EGM2008 ジオイドモデルは、0.557m ジンバブエのローカルジオイドより低いという推察を得た。これにより補正量を-0.5m として決定した。以下に GPS を使用した間接水準測量の手順とジオイド補正量の決定の詳細を示す。

(1) 参照点の設置

6 点の各水準点の近傍で GPS 観測が出来る場所に参照点を設定した。

(2) 参照点での GPS 観測の実施

6 点の参照点と標定点 GPS-27 で GPS 観測を実施した。

(3) 参照点への直接水準測量による比高差の測定

直接水準測量により、参照点に標高を取り付けるための既存水準点と参照点の比高差を決定した。



(出典：JICA 調査団)

写真 2-6 GPS 水準測量 既存水準点から GPS 観測点（参照点）への標高の取付水準観測

(4) 参照点と既存水準点の GPS 水準測量による標高の決定

6 点の参照点と標定点 GPS-27 での GPS 観測結果の基線解析と調整計算を行い、参照点の楕円体高 (A) を決定した。次に EGM2008 ジオイドモデルを用いてジオイド高の補正を加え参照点の GPS 水準測量による標高 (B) を決定した。

既存水準点から参照点までの直接水準測量による比高差 (C) を加えて、水準点の GPS 測量による楕円体高 (D) を決定した。さらに水準点の楕円体高に EGM2008 ジオイドモデルによるジオイド高の補正を加えて既存水準点の GPS 測量による標高 (E) を決定した。その結果を表 2-16 に示す。

なお、本文中 () 内アルファベットは、表 2-16 内の列見出し直下のアルファベットに対応している。

表 2-16 GPS 水準測量による既存水準点の標高の算出

Reference Point Name(RBM#) / Name of existing BM	X	Y	Ellipsoidal height of reference point	Height of reference point based on EGM2008 geoid model	Relative height between reference point and BM measured by direct leveling	Estimated ellipsoidal height of existing BM	Estimated Height of existing BM based on EGM2008 Geoid model from GPS leveling	3/08/2015	(Unit: m)
								MSL Height of Existing BM from record or monument	
			A	B	C	D=A+C	[H _{Gps}]	[H _{MSL}]	[H _{MSL}]
RBM1	284,366.414	8,035,343.853	1,493.323	1,489.576	0.992				
21M366						1,494.315	1,490.568	1,490.059	0.509
RBM2	290,687.809	8,037,294.467	1,479.967	1,476.276	0.104				
25/1						1,480.071	1,476.380	Not available	
RBM3	311,035.590	8,037,602.365	1,345.618	1,342.426	-0.220				
26M/16						1,345.398	1,342.426	1,341.635	0.791
RBM4	306,580.027	8,024,514.888	1,546.768	1,543.028	0.000				
BML15+000						1,546.768	1,543.028	1,542.552	0.476
RBM5	288,946.758	8,020,879.473	1,425.797	1,421.789	0.161				
B2/1						1,425.958	1,421.950	1,421.444	0.506
RBM6	284,220.476	8,010,889.104	1,386.553	1,382.416	0.033				
B2/10						1,386.586	1,382.449	1,381.944	0.505
GPS-27	286,311.231	8,017,049.210	1,413.974	1,409.928			1,409.928		
Mean									0.557

(出典：JICA 調査団)

(5) GPS 水準測量による高さとの直接水準測量による高さの比較とジオイド高補正量の決定

GPS 水準測量による標高と水準点成果の標高を比較した。比較により得られた 2 つの標高値の差を表 2-17 に示す。

表 2-17 観測された2つの標高値の比高差

										3/08/2015	(Unit: m)
Reference Point Name(RBM#) / Name of existing BM	X	Y	Ellipsoidal height of reference point	Height of reference point based on EGM2008 geoid model	Relative height between reference point and BM measured by direct leveling	Estimated ellipsoidal height of existing BM	Estimated Height of existing BM based on EGM2008 Geoid model from GPS leveling	MSL Height of Existing BM from record or monument			
			A	B	C	D=A+C	[H _{Gps}]	[H _{MSL}]	[H _{Gps}]	[H _{MSL}]	
							E	F	G=E-F		
RBM1	21M366	284,366.414	8,035,343.853	1,493.323	1,489.576	0.992	1,494.315	1,490.568	1,490.059	0.509	
RBM2	25/1	290,687.809	8,037,294.467	1,479.967	1,476.276	0.104	1,480.071	1,476.380	Not available		
RBM3	26M/16	311,035.590	8,037,602.365	1,345.618	1,342.426	-0.220	1,345.398	1,342.426	1,341.635	0.791	
RBM4	BML15+000	306,580.027	8,024,514.888	1,546.768	1,543.028	0.000	1,546.768	1,543.028	1,542.552	0.476	
RBM5	B2/1	288,946.758	8,020,879.473	1,425.797	1,421.789	0.161	1,425.958	1,421.950	1,421.444	0.506	
RBM6	B2/10	284,220.476	8,010,889.104	1,386.553	1,382.416	0.033	1,386.586	1,382.449	1,381.944	0.505	
GPS-27		286,311.231	8,017,049.210	1,413.974	1,409.928		1,409.928				
Mean										0.557	

(出典：JICA 調査団)

この結果、 $H_{MSL} = H_{GPS} - 0.557 \text{ m}$ より、使用した EGM2008 ジオイドモデルは、0.557m ジンバブエのローカルジオイドより低いと推察される。

標定点のうち、直接水準測量により高さを取り付けていない点に関しては、GPS 測量による楕円体高に EGM2008 ジオイドモデルによるジオイド高を加え標高値とするが、この値に基づく補正值 (-0.5m) でもって補正し、標定点の最終の標高値とした。

2.6.5 標定点測量（水準測量）

標定点に既存国家水準点からの標高を付与するために直接水準測量を実施した。実施期間は、2015年6月から8月であった。

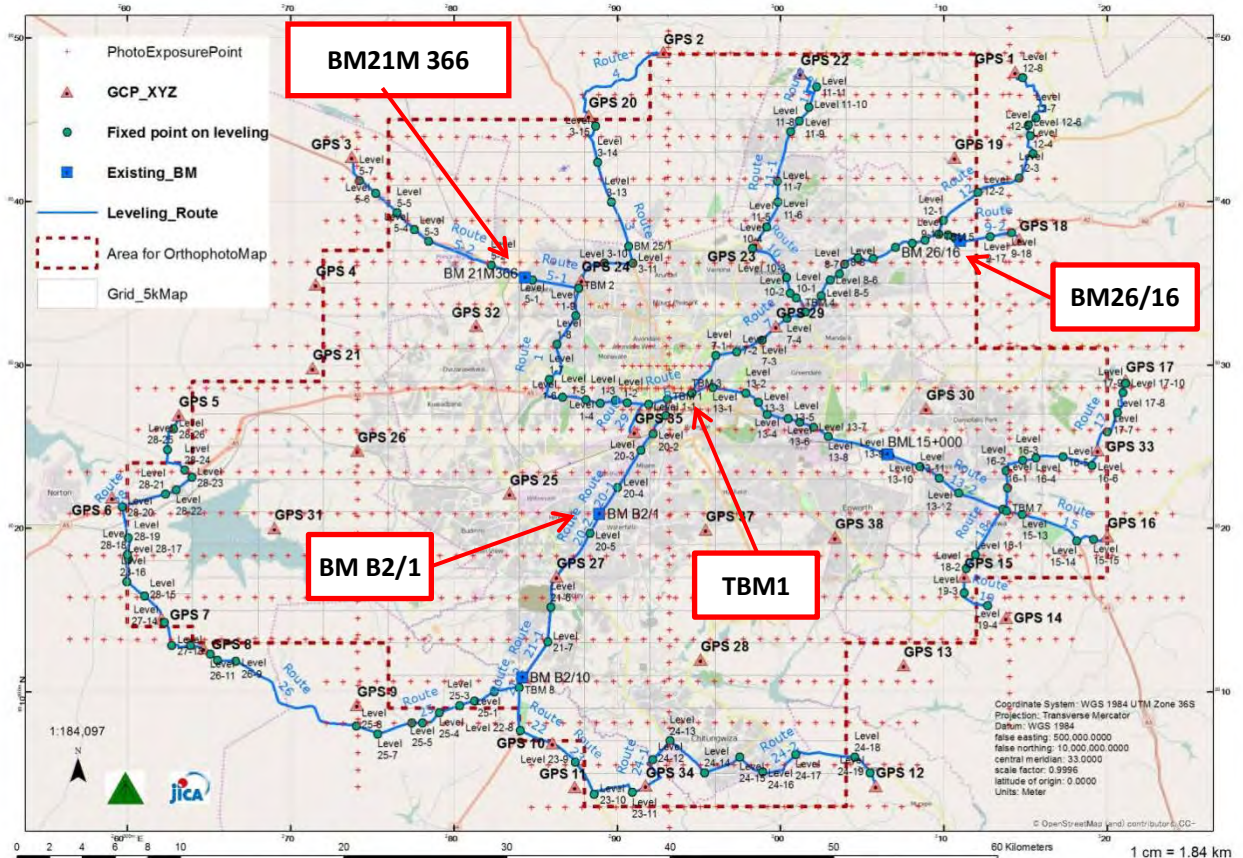
対象地域内に現存し、標高成果が入手できた国家水準点の標高値を高さの基準として、水準路線長 264.5km の水準観測を行い、20 点の GPS 測量による標定点に標高を取り付けた。業務項目は以下のとおりである。

- 水準路線の踏査と固定点の選点
- 水準測量観測
- 標高算出計算

本プロジェクトで調達した4台の水準儀を用い、4班体制で水準測量を実施した。水準測量観

測実施前に、固定点として設定する場所の選定を、衛星画像上で選定後、現地にて確認し、水準測量観測の作業計画を立案した。

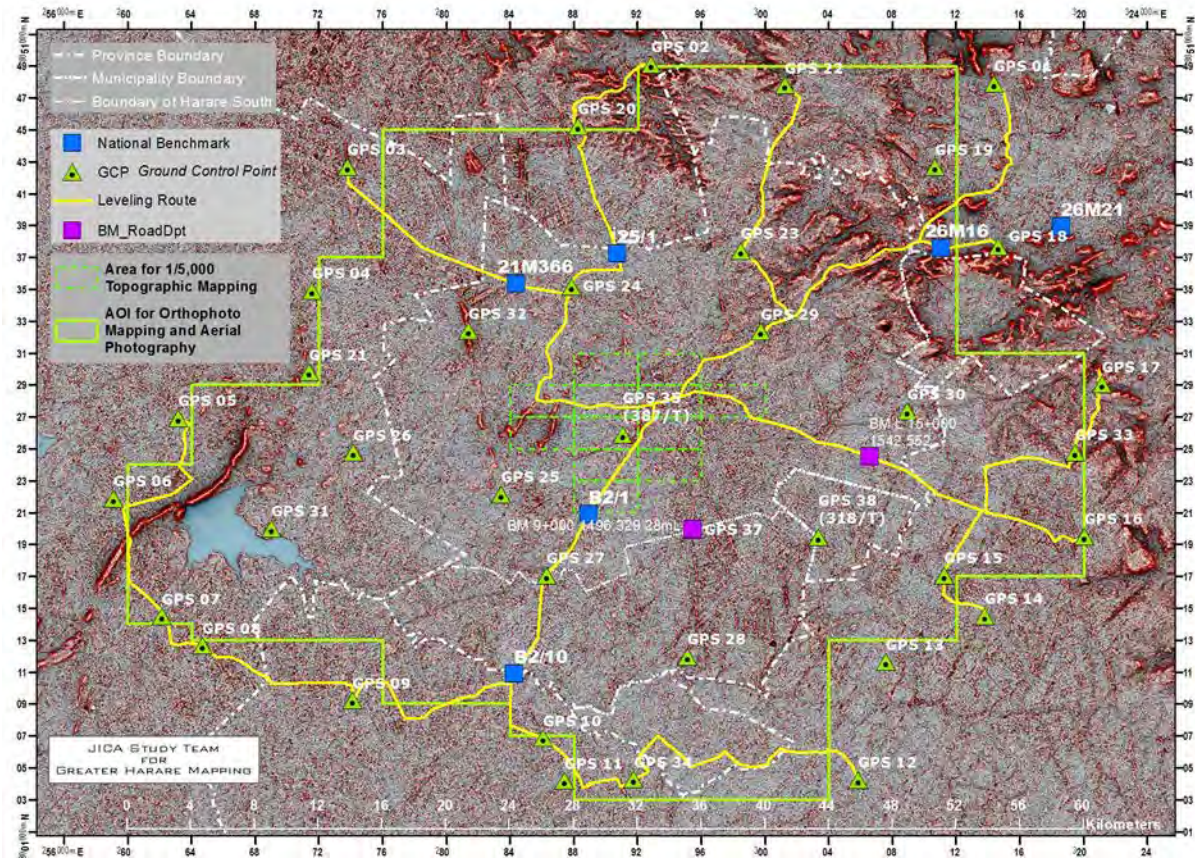
作業は JICA 調査団の監督の下、DSG 職員に対する OJT として実施された。交通安全対策として、交通監視員を各作業班に配置した。標定点の配点と水準路線を次図に示す。



Service Layer Credits: (c) OpenStreetMap and contributors, Creative Commons-Share Alike License (CC-BY-SA)

(出典：JICA 調査団)

図 2-12 既存水準点(青四角)、水準路線(青実線)、標定点(橙三角)と撮影コース(橙点の集合)の配置



The Red Relief Image Map: New topography visualizing system, method, and program developed by Asia Air Survey Co., Ltd.
 Source DEM data: ASTER GDEM, ASTER GDEM is a product of NASA and Japan's METI.
 既存国家水準点（青四角）、標定点（緑三角）、水準路線（黄実線）

（出典：JICA 調査団）

図 2-13 水準路線と地形の起伏（赤色立体地図）

(1) 水準路線上の固定点の選点と予察（机上）

水準路線上の固定点を選点した。衛星画像と衛星の DEM から自動発生させた等高線を参照し各水準路線の交点および路線上の地形の起伏により標高が最高および最低になる箇所を選んで固定点の候補地点を選定した。

さらに空中三角測量での高さの標定点・検証点として利用可能な高さの既知点とする意図で計画撮影コース間にも水準測量の固定点を設定する計画とした。

選定した固定点の候補地点の位置座標は、現場でそれら候補地点への到達を容易にするためにハンディ GPS にインストールした。

(2) 固定点の選点（現場）

カウンターパートの中から 5 名の班長候補を選出し、5 名の班長候補者が、机上の選点で選んだ固定点の候補地を現場で確認の上、固定点を設定した。（その様子は図 2-14 内の写真を

参照）固定点の場所には、観測の際に目標となるマーキングと点番号をペンキで表示した。固定点の平面位置をハンディ GPS で記録した。

(3) 観測

4 班編成で、各班がそれぞれ担当の路線を観測した。

DSG 本部と現場の往復移動と昼休憩の時間を除いて、4 時間/日の観測を実施した。

観測に先立ってレベルの視準線の誤りが無いかの点検を事前に作成したマニュアルに従って行った。点検作業を通じてカウンターパートは、標定点測量のような観測点間の長い水準測量の経験は無いが、基本的な水準測量（観測および調整計算）の知識は概ね保有していると判断された。

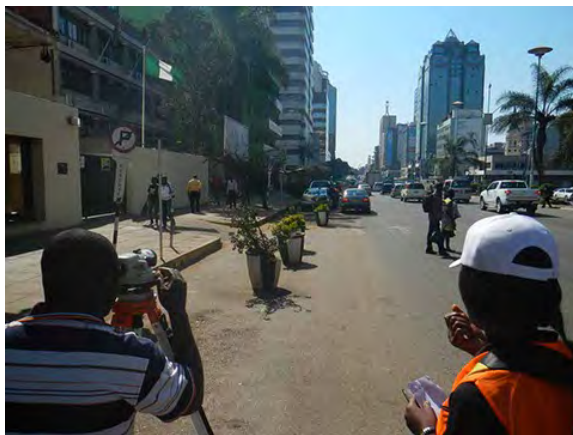
作業開始当初は、実務経験不足によるものと想定される下記のような課題が頻発したが、徐々に習熟が見られ、1 ヶ月後には、ほぼ課題が生じないようになった。

- 標尺の誤読又は観測手簿での誤記
- 前視、後視の一对観測の片方の記載（観測）漏れ
- 4 桁であるべき観測値が観測手簿で 5 桁として記載されていた。
- 読定単位を 1mm でなく 5mm としていた
- レベルと標尺の間隔を 60m 以上で観測していた
- 観測点（固定点）の名称が連続していなかった（固定点名の誤記に気が付かない）
- 観測野帳で、昇降式と器高式の記載が混在していた。



(出典：JICA 調査団)

写真 2-7 DSG 職員による水準測量の様子



(出典：JICA 調査団)

写真 2-8 DSG 職員による水準測量の様子

表 2-18 水準測量 観測日程（実績）

ROUTE NUMBER Route No.	DESCRIPTION Leveling section	Distance (km)	GROUP Leveling party	To Completion date of TO observation	For Completion date of Fro observation
Route 01	From TBM 1 to TBM 2	15.1	1	Completed 10/07/2015	Completed 17/08/2015
Route 02	From TBM 2 to GPS 24	0.5	1	Completed 10/07/2015	Completed 03/08/2015

Route 03	From GPS 24 to GPS 20	13.6	1	Completed 14/07/2015	Completed 18/08/2015
Route 04	From GPS 20 to GPS 2	7.8	1	Completed 14/07/2015	Completed 19/08/2015
Route 05	From TBM 2 to GPS 3	17.0	1	Completed 20/07/2015	Completed 21/08/2015
Route 06	From TBM 1 to TBM 3	1.5	2	Completed 08/07/2015	Completed 03/08/2015
Route 07	From TBM 3 to TBM 4	9.0	2	Completed 10/07/2015	Completed 04/08/2015
Route 08	From TBM 4 to TBM 5	10.3	2	Completed 13/07/2015	Completed 20/08/2015
Route 09	From TBM 5 to GPS 18	5.3	2	Completed 14/07/2015	Completed 23/07/2015
Route 10	From TBM 4 to GPS 23	5.8	1	Completed 05/08/2015	Completed 14/08/2015
Route 11	From GPS 23 to GPS 22	11.8	2 & 3	Completed 05/08/2015	Completed 14/08/2015
Route 12	From TBM 5 to GPS 1	15.7	2	Completed 16/07/2015	Completed 23/07/2015
Route 13	From TBM 3 to TBM 6	21.1	3	Completed 13/07/2015	Completed 31/07/2015
Route 14	From TBM 6 to TBM 7	0.2	3	Completed 13/07/2015	Completed 21/07/2015
Route 15	From TBM 7 to GPS 16	7.0	3	Completed 14/07/2015	Completed 24/07/2015
Route 16	From TBM 7 to GPS 33	9.3	3	Completed 16/07/2015	Completed 23/07/2015
Route 17	From GPS 33 to GPS 17	5.4	3	Completed 16/07/2015	Completed 24/07/2015
Route 18	From TBM 6 to GPS 15	4.8	3	Completed 17/07/2015	Completed 24/07/2015
Route 19	From GPS 15 to Level 19-4	2.9	3	Completed 17/07/2015	Completed 20/07/2015
Route 20	From TBM 1 to GPS 27	13.1	4	Completed 07/08/2015	Completed 14/08/2015
Route 21	From BM B2/10 to TBM 8	0.7	4	Completed 03/08/2015	Completed 03/08/2015
Route 22	From TBM 8 to GPS 10	4.8	2	Completed 04/08/2015	Completed 04/08/2015
Route 23	From GPS 10 to GPS 34	7.9	2	Completed 05/08/2015	Completed 05/08/2015
Route 24-1	From GPS 34 to Level 24-13	7.1	2	Completed 05/08/2015	Completed 05/08/2015
Route 24-2	From Level 24-13 to GPS 12	12.8	3	Completed 04/08/2015	Completed 04/08/2015
Route 25	From TBM 8 to Level 25-8	10.8	4	Completed 03/08/2015	Completed 03/08/2015
Route 26	From Level 25-8_9 to GPS 8	11.5	4	Completed 14/07/2015	Completed 30/07/2015
Route 27	From GPS 8 to GPS 7	4.0	4	Completed 16/07/2015	Completed 23/07/2015
Route 28	From GPS 7 to GPS 5	17.9	4	Completed 17/07/2015	Completed 18/08/2015
Route 29	From Level 1-1 to GPS A	2.6	1	Completed 04/08/2015	Completed 04/08/2015

（出典：JICA 調査団）

(4) 品質管理

観測成果の品質管理は、下記 1 から 3 の方法で実施した。（ \sqrt{S} ：観測距離／片道 km）

1. 各区間の往復観測による較差の点検 較差の許容範囲： $5\text{cm}\sqrt{S}$ (i)
2. 各路線の往復観測による閉合差の点検 閉合差の許容範囲： $5\text{cm}\sqrt{S}$ (ii)
3. 標高既知点から他の標高既知点に結合した場合、中間の固定点標高の比較 (iii)

区間もしくは路線の観測成果が揃う度に、上記 1. と 2. の方法で観測成果に対しての点検を実施した。許容範囲に収まらない箇所については再観測を実施した。再観測の結果、さらに不合格となっ

た区間はさらに再観測を実施した。最終的にすべての観測成果の点検結果が許容範囲内に収まり所定の精度が得られたことを確認し観測を終了した。

上記 1.から 3.の点検方法の内容は以下である。

(i)各区間の往復観測による較差の点検

往復観測（同じ区間の 2 回観測）された区間での、観測成果の点検は、2 回の観測値を比較する方法で行われた。表 2-19 は、その一例を示している。

この例では、固定点 Level 1-9 から固定点 TBM 2 の区間の観測において、往復観測値の較差 (-0.027m)は所定の許容範囲である $5\text{cm}\sqrt{S(0.066\text{m})}$ の範囲内であったので合格（“ok”）とした。

この方法で往復観測（同じ区間の 2 回観測）されたすべての区間について較差の点検を実施し、最終的にすべての区間の較差が許容範囲内に収まったことを確認した。

表 2-19 観測成果の点検（区間の往復観測結果の較差）の例

1 Group 1: (Closure difference of all observation sections were in those tolerance.)												
2 Surveyor: Mr Kudakwashe Gwelo, Mr.Terrence Mujombiza, Mr.Billy Manwere, Mr.Aldrien Chironga												
3	NAME	BS	IS	FS		Σ BS	Σ FS	DIFF (go)	DIFF (back)	NAME	COMMENT	Error
145	(go)	1.365		2						(back)		
146		1.594		1.34						1002		
147	Level 1-9	1.939		1.251		30.812	38.21	-7.398	7.420	1-8 to 1-9	completion	0.022 Ok
148		2.025		1.04								
149		2.095		0.949								
150		2.108		1.062								
151		1.815		1.115								
152		1.785		1.175								
153		2.125		1.085								
154		2.132		0.765								
155		2.231		0.93								
156		2.277		0.808								
157		2.163		0.907								
158		2.357		0.764								
159		2.250		0.924								
160		2.295		0.705								
161		2.295		0.875								
162	(go)	2.075		0.761						(back)		
163		2.135		1.395						979		
164	TBM 2			2.03		36.102	17.26	18.812	-18.839	1-9 to TBM 2	completion	-0.027 Ok
165												
166	From TBM 2 to GPS 24 (INE 2)											
167	TBM 2	1.446										
168		1.050		1.845								
169	(go)	1.445		1.87								
170		1.045		1.972						(Back)		
171		1.148		1.85						902		
172	GPS 24			1.948		6.134	9.485	-3.351	3.371	TBM 2 to GPS 24	completion	0.02 Ok

(出典：JICA 調査団)

(ii) 各路線の往復観測による閉合差の点検

各区間の観測に問題がないことを確認後、36 すべての路線について各路線の往復観測の閉合差を点検した。点検の結果、36 すべての路線の閉合差は許容範囲内であることを確認した。

表 2-20 観測成果の点検（路線の往復観測結果の閉合差による点検）

Quality Control for 36 Levelling Lines (routes)								
Closure difference of all observation lines were in those tolerance.								
LINE		DIFFERENCE			DISCREPANCY	DISTANCE (km)	TOLERANCE (5cm√S)	Evaluation
		go	back	mean				
1	from TMB_1 to TBM_2	21.359	-21.320	21.340	0.0390	15.11	0.1944	ok
2/3	from TBM_2 to GPS_20	9.007	-8.993	9.000	0.0140	14.13	0.1879	ok
4	from GPS_20 to GPS_2	-136.430	136.506	-136.468	0.0760	7.82	0.1398	ok
5-1	from TBM_2 to BM_21M366	-5.247	5.269	-5.258	0.0220	3.32	0.0911	ok
5-2	from BM_21M366 to GPS_3	-35.584	35.630	-35.607	0.0460	13.70	0.1851	ok
6	from TBM_1 to TBM_3	6.416	-6.417	6.417	-0.0010	1.55	0.0622	ok
7	from TBM_3 to TBM_4	21.093	-21.028	21.061	0.0650	8.98	0.1498	ok
8	from TBM_4 to TBM_5	-129.360	129.372	-129.366	0.0120	10.31	0.1605	ok
9-1	from TBM_5 to BM_26/16	-30.362	30.360	-30.361	-0.0020	1.43	0.0598	ok
9-2	from BM_26/16 to GPS_18	-6.729	6.692	-6.711	-0.0370	3.85	0.0981	ok
10	from TBM_4 to GPS_23	13.566	-13.625	13.596	-0.0590	5.84	0.1208	ok
11-1/11-2	from GPS_23 to GPS_22	-18.849	18.894	-18.872	0.0450	11.82	0.1719	ok
12	from TBM_5 to GPS_1	-6.738	6.674	-6.706	-0.0640	15.66	0.1979	ok
13-1	from TBM_3 to BML_15	61.741	-61.770	61.756	-0.0290	13.22	0.1818	ok
13-2	from BML_15 to TBM_6	13.849	-13.908	13.878	-0.0591	7.90	0.1405	ok
14	from TBM_6 to TBM_7	1.083	-1.079	1.081	0.0040	0.23	0.0240	ok
15	from TBM_7 to GPS_16	35.730	-35.653	35.692	0.0770	7.06	0.1329	ok
16/17	from TBM_7 to GPS_17	-108.294	108.196	-108.245	-0.0980	14.67	0.1915	ok
18/19	from TBM_6 to Level 19-4	-16.376	16.471	-16.424	0.0950	7.67	0.1385	ok
20-1	from TBM_1 to BM_B2/1	-52.405	52.372	-52.389	-0.0330	8.40	0.1449	ok
20-2	from BM_B2/1 to GPS_27	-11.978	11.984	-11.981	0.0060	4.76	0.1091	ok
21-1	from GPS_27 to BM_B2/10	-27.419	27.433	-27.426	0.0140	6.79	0.1303	ok
21-2	from BM_B2/10 to TBM_8	2.553	-2.557	2.555	-0.0040	0.69	0.0415	ok
22	from TBM_8 to GPS_10	27.529	-27.519	27.524	0.0100	4.85	0.1101	ok
23	from GPS_10 to GPS_34	-1.621	1.610	-1.616	-0.0110	7.92	0.1407	ok
24-1	from GPS_34 to Level 24-14	7.184	-7.179	7.181	0.0050	7.13	0.1335	ok
24-2	from Level 24-14 to GPS_12	49.772	-49.765	49.769	0.0070	12.84	0.1792	ok
25	from TBM_8 to Level 25-8	28.906	-28.955	28.931	-0.0490	10.80	0.1643	ok
26	from Level 25-8_9 to GPS_8	0.831	-0.804	0.818	0.0270	11.53	0.1698	ok
27/28	from GPS_8 to GPS_7	-39.544	39.547	-39.546	0.0030	21.91	0.2340	ok
29	from Level 1-1 to GPS_A	-11.908	11.926	-11.917	0.0180	2.58	0.0803	ok
						264.47	line km in total	

(出典：JICA 調査団)

(iii) 標高既知点から他の標高既知点に結合した場合の固定点の標高の較差の比較

上記 1. と 2.の方法で区間と路線毎の点検を行った一方で、上記 1. と 2.の方法では発見できない異常を見つけ出す目的で、標高既知点から他の標高既知点に結合した場合の固定点の標高の較差の比較による点検も実施した。この点検の結果、異常があると判断された区間は再観測を実施し、異常のない観測結果に置き換えた。

(5) 調整計算

3か所の国家水準点（BM 21M366, BM 26/16 and BM B2/1）よりの Y 型網平均計算（路線長を用いた重量）により交点である固定点 TBM 1 の標高値を決定した。

表 2-21 平均計算による TBM-1 の標高値の決定

Route	Route Distance	Weight	Observed elevation at intersection (TBM-1)	Determined elevation at intersection (TBM-1)
From 21M366 to TBM-1	18.43	1.00	1473.977	1473.880
From 26/16 to TBM-1	22.33	0.82	1473.885	
From B2/1 to TMB1	8.4	2.19	1473.833	

（出典：JICA 調査団）

上記 3 路線内に含まれる標定点の標高は固定点 TBM 1 の標高値が上記の決定標高値を保てるように補正した。上記以外の路線については国家水準点からの開放路線（往復の閉合差の補正を行った）として計算した。（路線と上記 3 点の国家水準点の配置は図 2-14 を参照）

(6) 標定点の標高値の決定

水準測量の結果から、既存国家水準点の標高（MSL）を参照した標定点の標高を決定した。37 点の標定点のうち、20 点の標定点は直接水準測量により取り付けた高さを最終の標高値とした。

直接水準測量により高さを取り付けなかった 17 点については、GPS 測量により得られた楕円体高に EGM2008 ジオイドモデルを用いたジオイド高の補正と既存水準点の GPS による間接水準測量結果の分析から得たジオイドモデル補正量（-0.5m）を加え最終の標高とした。

表 2-22 水準測量により決定された標定点の標高一覧

	点名	X 座標	Y 座標	標高 (MSL)	直接水準測量と GPS 間接水準測量の別*	標高 (EGM2008)	楕円体高
1	GPS 1	314382.496	8047913.558	1,365.293	1	1,365.933	1,368.608
2	GPS 2	292850.960	8049112.091	1,362.471	0	1,362.971	1,366.211
3	GPS 3	273790.654	8042686.637	1,454.452	1	1,454.961	1,458.455
4	GPS 4	271549.365	8034909.896	1,425.714	0	1,426.214	1,429.866
5	GPS 5	263174.240	8026934.414	1,374.699	1	1,375.351	1,379.169
6	GPS 6	259084.375	8021876.360	1,352.805	0	1,353.305	1,357.206
7	GPS 7	262119.125	8014486.937	1,390.152	1	1,390.824	1,394.892
8	GPS 8	264692.906	8012654.544	1,414.238	1	1,415.014	1,419.112

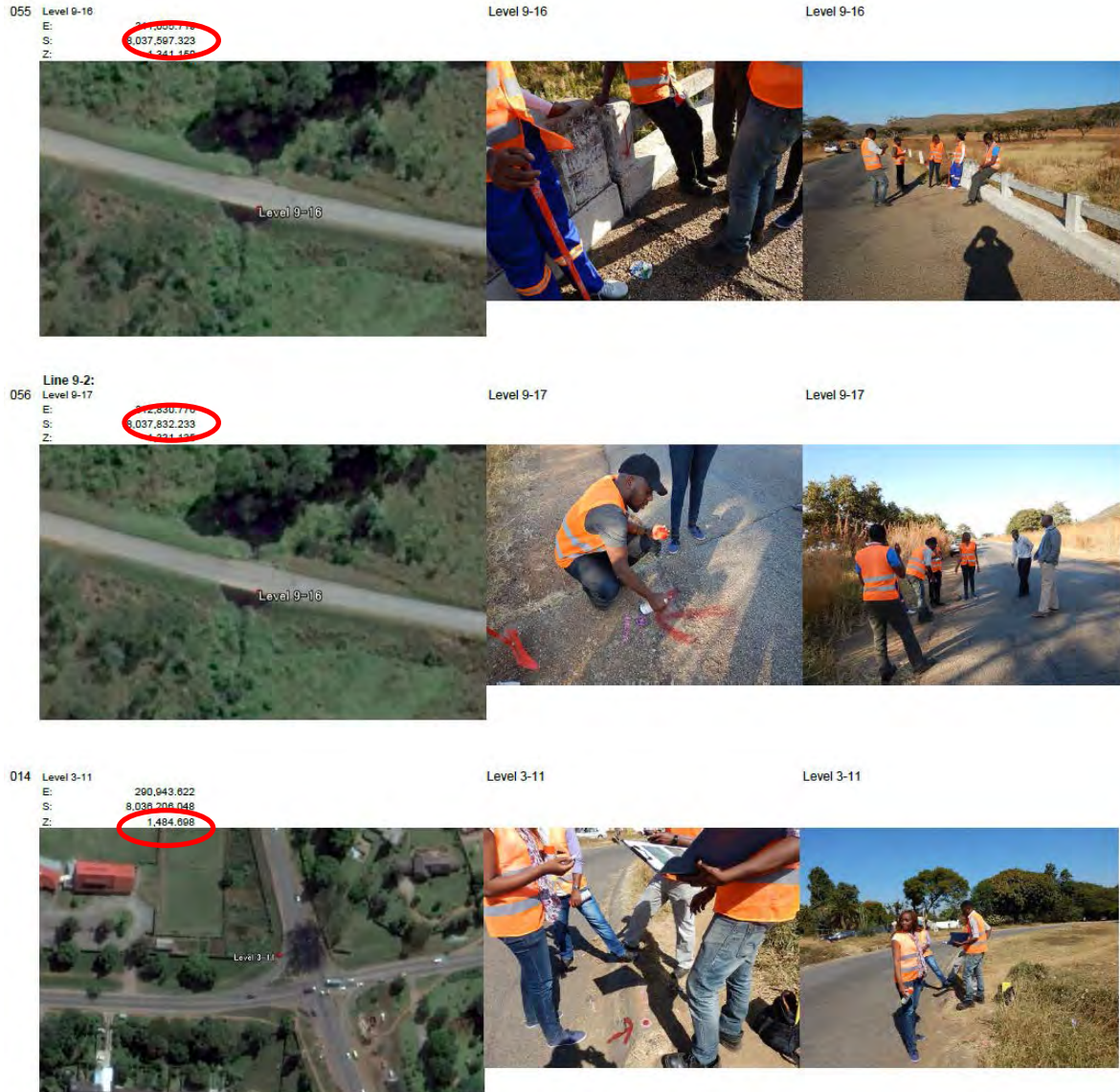
9	GPS 9	274096.340	8009201.757	1,403.698	0	1,404.198	1,408.389
10	GPS 10	286071.705	8006843.034	1,412.025	1	1,412.519	1,416.735
11	GPS 11	287425.377	8004176.727	1,404.081	1	1,404.581	1,408.855
12	GPS 12	305847.806	8004236.142	1,467.359	0	1,467.958	1,472.165
13	GPS 13	307580.771	8011636.680	1,511.300	0	1,511.800	1,515.830
14	GPS 14	313821.915	8014518.069	1,543.561	1	1,544.061	1,547.962
15	GPS 15	311273.795	8017042.824	1,513.954	1	1,514.498	1,518.363
16	GPS 16	320035.173	8019516.288	1,593.203	1	1,593.765	1,597.400
17	GPS 17	321170.380	8029041.945	1,449.217	1	1,449.574	1,452.819
18	GPS 18	314658.254	8037675.006	1,334.924	0	1,335.050	1,338.125
19	GPS 19	310670.566	8042669.795	1,351.571	1	1,352.071	1,355.064
20	GPS 20	288274.784	8045239.571	1,497.943	0	1,498.609	1,502.073
21	GPS 21	271391.147	8029805.660	1,410.574	1	1,411.074	1,414.846
22	GPS 22	301248.495	8047811.639	1,496.099	1	1,497.073	1,500.200
23	GPS 23	298490.029	8037416.995	1,514.943	1	1,515.374	1,518.963
24	GPS 24	287828.275	8035193.366	1,491.944	0	1,492.479	1,496.233
25	GPS 25	283426.346	8022136.330	1,432.474	0	1,432.974	1,436.951
26	GPS 26	274134.504	8024757.423	1,413.686	1	1,414.186	1,418.069
27	GPS 27	286311.234	8017049.210	1,409.421	0	1,409.934	1,413.980
28	GPS 28	295125.318	8011971.506	1,435.055	1	1,435.555	1,439.662
29	GPS 29	299751.872	8032348.383	1,494.306	0	1,494.685	1,498.380
30	GPS 30	308927.662	8027343.098	1,580.001	0	1,580.501	1,584.121
31	GPS 31	269027.116	8020003.015	1,373.255	0	1,373.755	1,377.710
32	GPS 32	281383.374	8032398.197	1,445.774	1	1,446.274	1,450.063
33	GPS 33	319457.985	8024770.344	1,571.456	1	1,572.046	1,575.508
34	GPS 34	291763.273	8004255.777	1,410.403	0	1,410.578	1,414.858
35	GPS 35 (387/T)	291080.291	8025905.057	1,469.747	1	1,470.344	1,474.283
36	GPS 37 (175/S)	295456.010	8019913.237	1,505.732	0	1,506.232	1,510.223
37	GPS_38 (318/T)	303372.190	8019457.572	1,511.807	0	1,512.307	1,516.206

* 「1」は直接水準測量により標高を決定した地上標定点、「0」はGPS 間接水準測量により標高を決定した地上標定点

(出典：JICA 調査団)

(7) 標定点明細簿の作成

水準測量で決定された標高値（図 2-14 の赤枠楕円内の数値）、選点の際にハンディ GPS で取得した平面位置の座標値、もしくは、GPS 測量で算出した平面位置の座標をまとめて、標定点明細簿を完成した。座標成果を点データとして展開した ESRI Shapefile 形式と KML 形式の GIS データも作成した。



(出典：JICA 調査団)

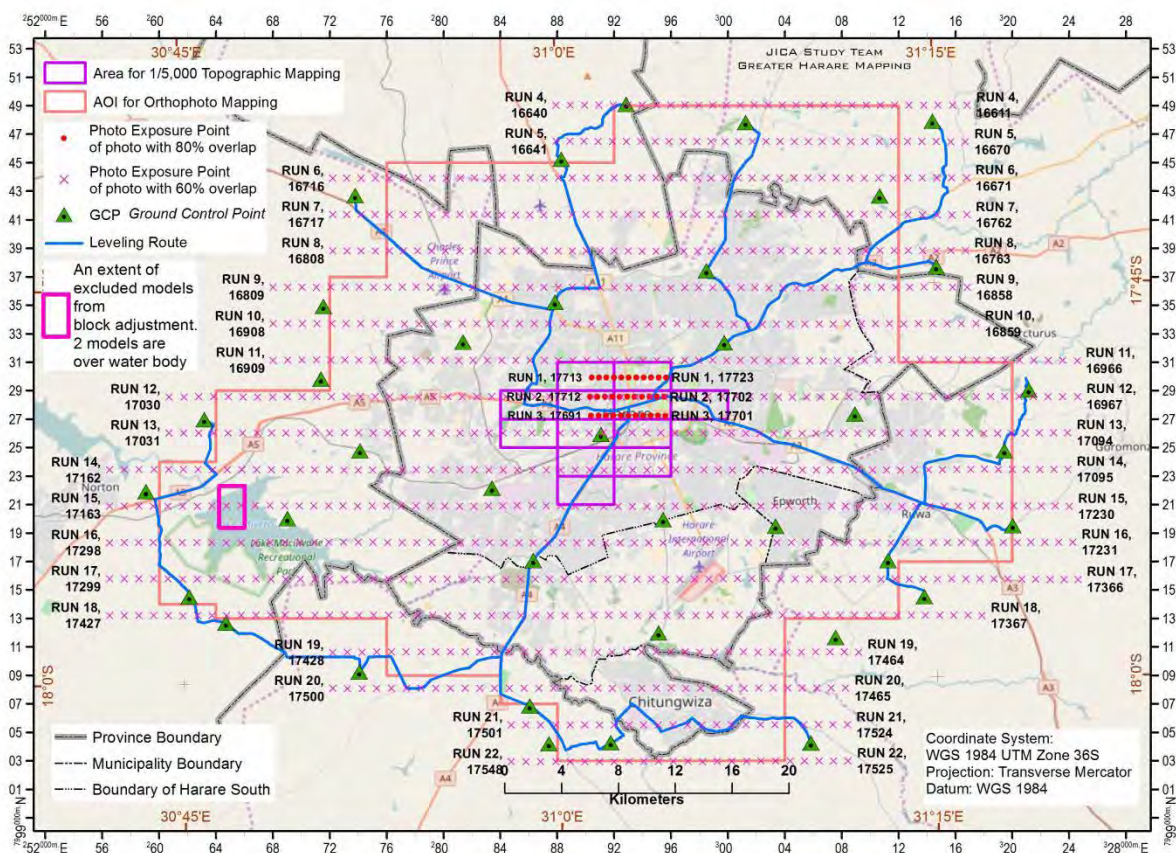
図 2-14 水準測量による高さの標定点明細簿

2.7 空中三角測量

フローチャートの項目【A-6】

デジタル地形図とデジタルオルソフォトの作成に用いる空中写真の外部標定要素（各写真が撮影された空間上の位置と写真の傾き）を決定すること目的として空中三角測量を実施した。空中写真画像データ、標定点測量成果をもとに空中三角測量とブロック同時調整計算を実施し、約 1,824km² の撮影範囲をカバーする 949 のステレオモデルを構成する各空中写真の外部標定要素が決定された。

この作業は本邦での国内作業として 2015 年 9 月に実施された。図 2- 15 として空中三角測量の実施概要図を示す。



（出典：JICA 調査団）

図 2- 15 空中三角測量の実施概要図

空中三角測量とブロック同時調整計算は、以下の手順で実施された。

- 撮影時に GPS/IMU を使って記録された外部標定要素の取り込み
- タイポイントの写真座標測定

- タイポイントの写真座標測定(同一コース間 10点/モデル、隣接コース間1点/モデル)
- 撮影時の外部標定要素を使ったブロック同時調整計算によるタイポイント測定結果の点検とタイポイント写真座標の再測定
- 標定点の写真座標測定
- 1点の標定点のみを基準点、残りの標定点を検証点としたブロック同時調整計算
- 最終のブロック同時調整計算

空中三角測量とブロック同時調整計算における上記手順での精度の許容誤差を表 2-23 に示す。

表 2-23 精度の許容値

タイポイントの写真座標の交会残差	平面位置：0.10mm
ブロック同時調整結果による標定点の残差	平面位置：0.6m、高さ：±1.2m

(出典：JICA 調査団)

途中における調整計算結果で、残差が制限値内に収まらないタイポイントは、写真座標の再測定を実施したのち、再度調整計算を行った。最終的に必要なすべてのタイポイントについて許容値内の結果が得られた。

空中写真の被写体の大部分が水面であるため不完全モデルとなるチベロ湖上空の 2 モデルについては、調整計算の結果が制限値内に収束しなかったことからこれ以降のブロック同時調整計算では対象から除外することとした。なお、隣接するストリップのモデルを構成する写真により陸域はすべてカバーされることからこの 2 モデルを除外してもオルソフォト地図作成への影響はない。

最終のブロック同時調整計算前に、標定点明細簿をもとに標定点の写真座標を観測した。標定点測量による 37 点すべての標定点の対空標識はすべて空中写真上で明瞭に視認出来た。続いて、撮影時に取得された外部標定要素、標定点測量の成果、標定点の写真座標観測結果の良否をみるために標定点 1 点のみを基準点としてブロック同時調整計算を実施した。

調整計算結果による残り 36 点の標定点の残差はすべて許容値内であり、撮影時の外部標定要素、標定点測量の成果、標定点の写真座標の観測に問題がないことを確認した。

最終のブロック同時調整計算は、以下の標定点を基準点として実施した。

- 平面位置と高さの標定点として 37 点の標定点
- 高さの標定点として 17 点の水準測量での固定点

ブロック同時調整計算の結果として、空中写真の外部標定要素が最終決定された。決定された外

部標定要素を適用して各写真を標定する際の標定点の残差を表 2-24 に示す。

表 2-24 標定点残差表

Index	GCP and Leveling Point Name	Point Name in Aerial Triangulation	標定点の残差		
			DX	DY	DZ
1	GPS1	10000010	0.089	0.185	0.169
2	GPS2	10000020	0.085	0.062	-0.273
3	GPS3	10000030	0.011	-0.016	-0.184
4	GPS4	10000040	0.017	0.011	0.099
5	GPS5	10000050	-0.044	-0.028	0.039
6	GPS6	10000060	-0.004	0.147	0.288
7	GPS7	10000070	-0.027	0.033	0.186
8	GPS8	10000080	0.064	-0.103	0.269
9	GPS9	10000090	-0.036	-0.022	0.184
10	GPS10	10000100	-0.016	0.007	0.133
11	GPS11	10000110	0.003	-0.062	0.268
12	GPS12	10000120	0.000	0.003	0.111
13	GPS13	10000130	0.003	0.071	0.219
14	GPS14	10000140	0.000	-0.021	0.115
15	GPS15	10000150	-0.019	0.013	0.327
16	GPS16	10000160	-0.064	0.038	0.287
17	GPS17	10000170	0.167	-0.006	0.169
18	GPS18	10000180	0.017	0.097	-0.158
19	GPS19	10000190	0.071	0.032	-0.152
20	GPS20	10000200	0.025	0.001	0.112
21	GPS21	10000210	-0.008	-0.025	0.191
22	GPS22	10000220	0.038	0.062	-0.041
23	GPS23	10000230	-0.014	0.039	0.065
24	GPS24	10000240	-0.066	0.026	0.154
25	GPS25	10000250	0.020	0.002	0.184
26	GPS26	10000260	0.002	0.007	0.131
27	GPS27	10000270	-0.100	0.084	0.273
28	GPS28	10000280	0.016	-0.019	0.300
29	GPS29	10000290	-0.012	0.013	0.154
30	GPS30	10000300	-0.020	0.042	0.178
31	GPS31	10000310	0.014	-0.070	0.113
32	GPS32	10000320	-0.020	0.004	0.080

33	GPS33	10000330	0.018	0.045	0.120
34	GPS34	10000340	-0.021	0.013	0.010
35	GPS35	10000350	-0.028	0.134	0.307
36	GPS37	10000370	-0.004	-0.004	0.148
37	GPS38	10000380	0.074	-0.126	-0.090
38	3-13	20000010			0.214
39	11-7	20000020			0.062
40	12-4	20000030			-0.091
41	5-3	20000040			-0.014
42	8-9	20000050			0.037
43	TBM5	20000060			-0.071
44	1-7	20000070			0.134
45	TBM1	20000080			0.265
46	13-9	20000090			0.115
47	16-2	20000100			0.294
48	28-23	20000110			0.320
49	BM-B2_1	20000120			-0.219
50	19-4	20000130			-0.090
51	28-16	20000140			0.109
52	BM-B2_10	20000150			0.433
53	24-15	20000160			-0.007
54	25-7	20000170			0.155

（出典：JICA 調査団）

すべての標定点で標定残差が許容値内であったことから所定の精度をもって各写真の外部標定要素が得られたことを確認した。

2.8 現地調査・現地補測

フローチャートの項目【A-7】

空中写真から判読・抽出できない地名等の情報を得るための現地調査を実施した。また、現地補測として、数値図化・数値編集での疑問事項の現地での確認、地名等の注記情報の最終確認が実施された。

2.8.1 現地調査の実施

2015年11月から12月にかけて現地調査を実施した。1:5,000 デジタル地形図およびデジタルオルソフォトに表示する地名や地物の名称・行政界等、空中写真から取得できない情報について、

DSG および現地行政機関が持つ既存の書類・地図等の収集と整理を行った。

整理した地名や道路名、地物名称のデータ入力と編集を、GIS ソフトウェアを使って行い注記データを作成した。大部分は室内作業として実施し、資料がない箇所（既存図がない郊外が中心）に関しては、現地で情報を収集した。この一連の作業はカウンターパートである DSG 職員の OJT として実施された。（OJT の詳細については、3.6 に記載をしている。）調査の実施に際しては、デジタル空中写真画像を所定の範囲にモザイクした図面（空中写真簡易モザイク）を作成し、調査のベース地図として利用した。

なお、行政界データについては、収集した古い小縮尺の既存地図に行政界が表示されていたものがあった。しかし、今回整備する縮尺 1:5,000 もしくは以上の縮尺の地図で、最新かつ公認された行政界を表示する地図はなかった。また、現状として、ハレラ市およびその周辺行政組織間では境界の主張が異なる状況となっている。以上の状況から今回作成するデジタル地形図、デジタルオルソフォトでは行政界は表示しないこととした。



（出典：JICA 調査団）

写真 2-9 空中写真簡易モザイクを使った地名データの収集



（出典：JICA 調査団）

図 2-16 空中写真簡易モザイク上で整理された地名注記データ(黄色の文字列)

2.8.2 現地補測の実施

2016年8月、数値図化、数値編集での疑問事項の他、デジタル地形図の内容について現地確認が必要な事項について現地補測を実施した。この作業は、数値図化・編集の結果であるデジタル地形図をベースマップとして実施した。確認対象はデジタル地形図であるため、対象範囲は、デジタル地形図整備エリア（96km²）である

また、DSG カウンターパートが2016年1月以降作成していたオルソフォト地図上に表示される注記データについては、主に室内作業として注記の内容、綴り、表示位置について誤り等がないかDSG カウンターパートと確認を行い、修正が必要なものについては修正を施した。

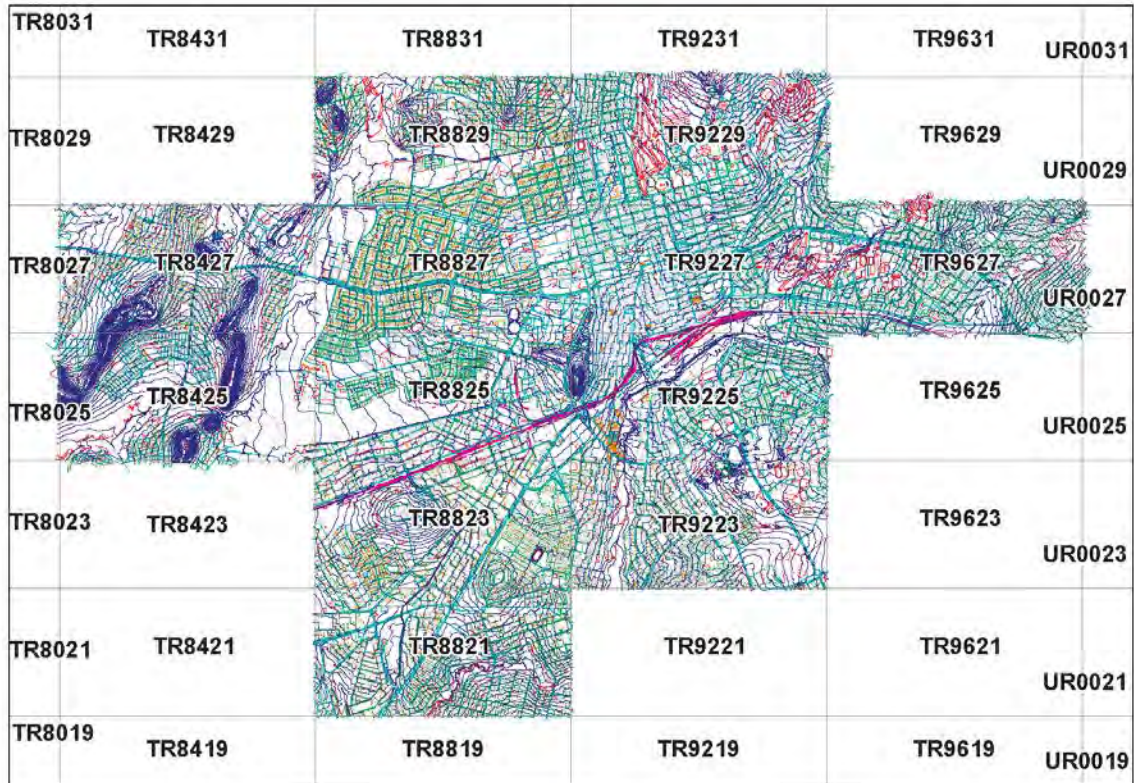
2.9 数値図化・編集・補測編集

フローチャートの項目【A-8】

デジタル地形図作成の初期データの取得と編集として、数値図化・数値編集の作業を実施し、デジタル地形図データの初期データが作成された。この作業は日本での国内作業として実施した。対象範囲は、ハラレ市中心部面積：96km²のデジタル地形図整備エリアとした。

また、現地補測後、補測編集を実施した。現地補測結果をもとにデジタル地形図データの必要箇所に対して補測結果をデジタル地形図データに反映させるための編集を行った。

数値図化・編集・補測編集内の各詳細工程内で工程内の品質管理を実施した。各詳細工程内で所定の品質が得られていることを確認した。



整備面積 96km² : 12 図郭、1 図郭は 4km×2km

（出典：JICA 調査団）

図 2-17 数値図化で取得された 1:5,000 デジタル地形図データ（縮小画像）

2.10 デジタルオルソフォトの作成

フローチャートの項目【A-9】

日本国内で国内作業として次の作業を実施し、等高線入りのデジタルオルソフォト地図（写真地図）に表示する等高線とデジタルオルソフォトを作成した。

工程の詳細を次に示す。

(1) 等高線の図化と数値地形モデルの作成

デジタル航空写真画像（数値写真）のステレオペアから等高線とオルソフォト作成の際の数値地形モデルに反映されるべき人工構造物や地形の特徴部（ブレイクライン）を図化した。等高線とブレイクラインの数値図化データから正射投影変換に必要な数値地形モデルを作成した。

(2) 正射投影画像の作成

数値写真とその標定要素および数値地形モデルを基に、数値写真を正射投影変換し、オルソフォト（正射投影画像）を作成した。

(3) オルソフォトモザイクの作成

数値写真のステレオモデル範囲毎の正射投影画像をモザイクし、一定範囲のオルソフォトモザイクを作成する。さらに図郭単位のデータとなるように切り出しを行い、切り出したファイル毎に位置情報を付与した。なお、デジタルオルソフォト地図の図郭割りは、1:5,000 地形図と同一の図郭割り（4km×2km）を採用した。DSG で管理されるマスター画像データファイルは、4km×2km の矩形で管理され、DSG から利用者へ配布する際のデータは、利用者のニーズ等に応じて、必要な範囲をマスターデータから切り出す対応となる。

2.11 地図記号化

フローチャートの項目【A-11】

数値図化・編集・補測編集を経たデジタル地形図データを図郭毎のファイルに分割し、図郭毎のデジタル地形図データに対して地図記号を適用するための地図記号化編集を行った。

図郭毎の地図記号が適用された整飾版付きの出力図データを作成するために下記に示す地図調整作業を実施した。

- 補測編集済のデジタル地形図データに対して、図式に従った地図表現の描画法を適用する。
- 地形図のマスターデータから、各図葉に相当する部分のデータを切り出し、これに整飾情報、到達注記の付加や地図として見やすくするための配置等の調整を行う。

地図記号化編集の内容について、表示の不具合や情報の抜け、適用座標系の誤り等による表示位置の不具合、位置の整飾版の情報に誤りがないか等についての品質管理を行い、不具合がなく、所定の品質が得られていることを確認した。

2.12 数値データの構造化

フローチャートの項目【A-13】

数値データの構造化として、デジタル地形図データから GIS 基盤データを作成した。数値図化・編集で作成されたデジタル地形図データは、CAD データである。これを GIS で利用できるデータに変換した。

2.13 データファイルの作成

フローチャートの項目【A-14】

(1) デジタルオルソフォトの精度管理の実施

デジタルオルソフォトの精度管理を実施した。同じ外部標定要素（空中三角測量成果）で標定された空中写真のステレオモデルとデジタルオルソフォトで座標値を比較した。1 図郭あたり 20 箇所を検証を行い、デジタルオルソフォトの位置精度について、所定の精度に収まっていること

を確認した。

(2) デジタルオルソフォトの出力図データの作成

デジタルオルソフォト地図の出力図データの作成を実施した。図面毎の注記および整飾版作成し、デジタルオルソフォト、等高線と図面毎の注記および整飾版を統合して各図葉単位のデジタルオルソフォト地図の出力図用データとして PDF 形式のファイルを作成した。

作成した PDF ファイルについて、図面毎の整飾版の内容に誤りがないかどうか、PDF 出力時の不具合(文字の抜け等)がないかどうかの確認も行った。

(3) 完成データの記憶媒体への格納

完成したデジタル地形図、デジタルオルソフォト、デジタル地形図の出力図データ、デジタルオルソフォト地図の出力図データ、GIS 基盤データおよび一般用簡易マップのデジタルデータ、デジタル空中写真の画像データを、DVD またはハードディスクの記憶媒体に格納した。また、各データには必要なメタデータを作成して添付した。格納した記憶媒体毎に格納したファイルに誤りや抜けがないかについて品質確認を実施し、記憶媒体への格納作業に不具合がないことを確認した。

3. DSG への技術移転

デジタル地形図の作成、更新、利活用に係る DSG の能力強化を目的として DSG に対する技術移転が実施された。

3.1 技術移転の目的と DSG の現状と課題

3.1.1 技術移転の目的

まず、プロジェクトの目的は、「ジンバブエの首都ハラレ市および周辺地域において、1/5,000 デジタル地形図（約 96km²）およびデジタルオルソフォト（約 1,700km²）を整備するとともに、DSG のデジタル地形図作成、更新、利活用に係る能力を強化することにより、同地域のインフラの計画、整備、維持管理に寄与する。」ことであった。

上記プロジェクト目的の達成のためには、以下の 2 つの達成が不可欠であった。

- DSG が本プロジェクト終了後においてもプロジェクトの対象地域であるハラレ市およびその周辺地域を対象に利活用の対象となるデジタル地形図の整備（作成と更新）を行えるようにすること。
- プロジェクトで整備されたデジタル地形図、デジタルオルソフォトおよびプロジェクト終了後に DSG により整備されることが期待されているデジタル地形図がプロジェクト対象地域のインフラの計画、整備、維持管理に係る機関で利活用されるように、DSG が利用者に対して適切にデータ提供を行えるようにすること。

上記 2 つの達成を目的として、デジタル地形図の整備と、本プロジェクトの成果品であるデジタル地形図とデジタルオルソフォト、さらに今後 DSG が整備するデジタル地形図をはじめとする DSG の地理空間情報製品の利活用とを促進させるために必要な技術（機材を含む）の導入を図る技術移転が実施された。

3.1.2 デジタル地形図の作成、更新、利活用に係る DSG の能力の現状と課題

技術移転の目的（3.1.1）で技術移転による強化の対象とされた「DSG のデジタル地形図作成、更新、利活用に係る能力」について、その現状と課題は以下のように整理された。

あるべき姿の設定は、「DSG により最新の地理空間情報が整備され、整備された地理空間情報がユーザーの問題解決の基礎データとして利活用されることである」とした。これに対しての現実の姿は、DSG には最新の状況を反映した地理空間情報を整備更新する能力は備わっていなかった。地形図の新規整備は 30 年以上、更新も 15 年以上実施されていない状況であった。最新の地理空間情報が整備されない状況から、利活用も停滞していると評価された。

一方で過去においては、DSG が写真測量技術を用いて、地形図・オルソフォト地図を整備していた時代もあったことが分かっていた。また、地形図・オルソフォトは印刷図として刊行され、利

活用もされていた。DSGによる過去のデータ整備について対象地域の縮尺 1:5,000 地形図の整備履歴をもとに整理した状況は以下の通りであった。ローデシア時代の 1950 年代後半から 1960 代後半までの約 10 年の間に、ハラレを対象に写真測量による地形図整備に必要な空中写真の撮影が複数回実施されていた。その空中写真をもとに 1:5,000 地形図の整備（新規作成）が行われた。

その後、1980 年のジンバブエとして独立後、1983 年から 1987 年にかけて再度空中写真の撮影が実施された。この空中写真をもとに 1994 年まで 1:5,000 地形図の更新が実施されていた。更新された地形図は印刷図として販売されていた。現存している既存の 1:5,000 地形図のうち比較的新しい部類に入るものは、この頃に作成されたものである。しかしながら、ハラレの 1:5,000 地形図の新規整備、更新はこれ以降途絶えた。

上記の 1990 年代前半までの DSG での地形図作成・更新には、フィルムベースの空中写真と機械式の図化機が使われていた。一般に 2000 年以降、写真測量による地形図作成では、デジタルカメラで撮影された空中写真とパーソナル・コンピュータ上で動作するソフトウェアとなった図化機を用いるデジタル写真測量が普及したが、DSG はこの技術動向の変化に対応することができなかった。現状、DSG の写真測量による地形図作成技術とそれに必要な写真測量技術はほぼ失われた状態であった。

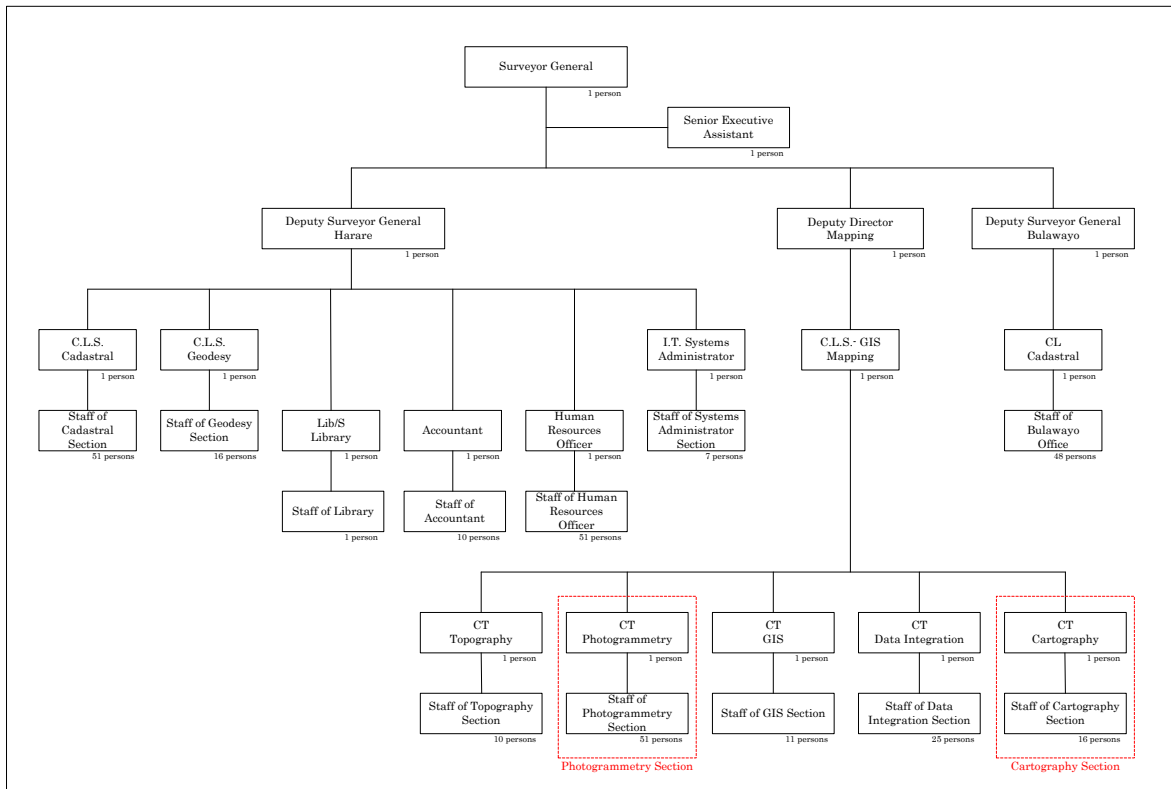
上記現状分析を基に、DSG の地形図作成・更新業務に必要な写真測量に関する能力（技術力・機材・プロジェクト運営能力・予算確保）の再建と強化をはかることが課題であり、その中でも地形図の整備でデータ取得の手段であるデジタル写真測量に関する能力を DSG へ導入し強化することが最重要課題であると判断された。

3.1.3 DSG の組織と人員

DSG は土地・地方再定住省（Ministry of Lands and Rural Resettlement）に属しており、図 3-1 に示すとおり、管理部門のほか、測地部、地籍部、地図部、情報技術部およびブラワヨ支部から構成されている。

プロジェクトの開始時点であった 2015 年当時に適用されていた DSG の組織計画では、DSG の職員の定数は 276 名とされていた。また、2015 年 1 月時点における DSG の職員数は、本部職員数が 109 名、ブラワヨ支部の職員数が 15 名、合計 124 名であった。

2015 年 2 月以降 UNDP による「MLRR 支援プロジェクト」が動き出したことから、新規職員の採用が行われ、職員数は、若干名増加している。



出展： DSG

図 3- 1 DSG の組織図

デジタル地形図作成に係る技術移転を実施するにあたりカウンターパートは、主に DSG の地図部写真測量課と地図部地図課であった。DSG の写真測量課に所属している人員は総計 13 名であり、それらの職員の内、写真測量法におけるアナログ図化又は解析図化の経験のある職員は 2 名であった。

DSG による地形図作成と更新はこの 15 年間以上停滞している状況であった。写真測量課で実際の業務はほとんど実施されていない状態であった。既存の古いアナログ航空写真と解析図化機を使用して、格子状に標高単点を取得して等高線データを描く作業を行っていた。

また、デジタル地形図の記号化編集や外部への提供用データ作成を担当すると見られていた DSG の地図課に所属している人員は総計 7 名であり、既存の地形図（印刷図）を基にしたデジタル化が編集部門の主たる業務であった。編集部門に所属している職員のほとんどがこの経験を有していた。

3.1.4 DSG の機材

現在、DSG の写真測量セクションにはアナログ又は解析図化機は合計 4 台あるが、それらの内、3 台は故障している。稼働可能なのはアナログ図化機を解析図化機に改造したものが 1 台（SWISS Kern 社の PG-2）だけである。

また、DSG にはデジタル図化機は JICA 調査団が技術移転の為に導入したデジタル図化システム 1 台以外は存在しない。

デジタル編集に使用可能なソフトは写真測量課に Micro Station 95 が 1 ライセンスあるほか、地図課にベクトルグラフィックソフト（Free hand）があるが、このソフトで作成されるデジタルデータには平面位置の座標がないことから、地図記号化には使えるがデジタル地形図の編集ソフトとしては必ずしも適切でない。

2015 年から UNDP による「MLRR 支援プロジェクト」が動き出したことから、このプロジェクトによるコンピュータ、GNSS 機材、リモートセンシングと GIS ソフトウェア等の新規購入が実施されているが、デジタル図化システムは同プロジェクトでは導入する計画になっていない。MLRR 支援プロジェクトは、農地を中心とした土地改革を支援するプロジェクトで、衛星画像を使ったリモートセンシングと電子基準点も含んだ GNSS 測位技術を組み合わせて、ジンバブエ全土の土地情報のマッピングを視野に入れた MLRR と DSG の能力強化が実施中である。

3.1.5 DSG の技術力

DSG の写真測量部門の職員の内、3 名は解析図化機又はアナログ図化機を使用した図化の経験があるが、デジタル図化システムを使用した図化の経験は、今回の JICA 調査団による技術移転が最初である。

写真測量部門の残りの 10 名の職員には、写真測量法による図化の経験はほとんどない。ただし、写真測量課の 2 名のアナログ写真測量経験のある職員が、解析図化機を使って残りの職員に 3 次元の標高測定の方法を教えている。DSG の編集部門の職員はベクトルグラフィックソフトを使用した既存地形図のデジタル化の経験はあるが、デジタル図化データからのデジタル編集の経験はない。

既存の地形図（印刷図）は、既に地形図作成に必要な編集が行われていることから、デジタル化により既存地形図（印刷図）と同一の内容のデジタル地形図を作成する事は、地形図作成のデジタル編集の知識と経験がなくともそれほど難しいわけではない。

一方、新規に航空写真測量法により取得されたデジタル図化データを基にして、デジタル地形図を作成するには、作成する地形図の縮尺に応じたデジタル編集の知識と経験が必要とされることから、既存地形図のデジタル化によるデジタル地形図作成の知識と経験だけでは、新規に航空写真から図化した図化データを基にしたデジタル編集が実施できるわけではない。

3.1.6 DSG の予算

DSG の 2014 年度および 2015 年度の年間予算額の内訳は表 3-1 に示すとおりである。

表 3-1 DSG の 2014 年度および 2015 年度の年間予算額

Items	Budget of 2014		Budget of 2015	
	Amount (US\$)	Ratio (%)	Amount (US\$)	Ratio (%)
Employment Cost	663,000	32.03	738,000	42.00
Goods & Services Cost	1,022,000	49.37	798,000	45.42
Maintenance Cost	225,000	10.87	91,000	5.18
Acquisition of Fixed Capital Assets	160,000	7.73	130,000	7.40
Total Amount	2,070,000	100.00	1,757,000	100.00

出展： DSG

"Employment Cost"は、DSG 職員の給与・手当等で、2014 年度は DSG の年間予算額の約 32.0%が、2015 年度は年間予算額の約 42.0%が職員の給与になっている。

"Goods & Service Cost"は、旅費・通信費・教育費・レンタル費等で DSG の日常業務を実施上で発生する経費で、2014 年度は年間予算額の約 49.3%、2015 年度は年間予算額の約 45.4%が"Goods & Service Cost"になっている。

"Maintenance Cost"は、DSG が保有する機材のメンテナンス、事務所の清掃・消毒、燃料・オイル・潤滑油等の経費で、2014 年度は年間予算額の約 10.8%、2015 年度は年間予算額の約 5.1%が"Maintenance Cost"になっている。

"Acquisition of Fixed Capital Assets"は、機材・車両・土地・家具等の取得にかかる経費で、2014 年度は年間予算額の約 7.7%、2015 年度は年間予算額の約 7.4%が"Acquisition of Fixed Capital Assets"となっている。

2014 年度の年間予算の内、"Goods & Service Cost"と"Maintenance Cost"の合計金額の各部署の内訳を示したものが表 3-2 である。2014 年度の Mapping Section 全体の予算額は US\$123,200.-であり、デジタル地形図の新規作成、又は既存地形図の更新作業に必要な予算はほとんどないと考えられる。

表 3-2 DSG の 2014 年度予算における各セクションの予算額

Section	Budget of 2014 (US\$)	Ratio (%)
Cadastral Section	66,000	5.34
Geodesy Section	175,000	14.15
Mapping Section	123,200	9.96
IT Section	43,000	3.47
Administration Section	749,800	60.61
Human Affairs Section	47,000	3.80
Accountant	10,000	0.81
Library	23,000	1.86
Total Amount	1,237,000	100.00

出展： DSG

3.2 技術移転計画

技術移転の目的、DSG の現状と課題に関する整理をもとに、技術移転の実施計画として技術移転計画が策定された。

技術移転計画は、技術移転の実施計画として、技術移転前のベースライン評価、技術移転対象となる技術内容、技術移転の設定目標と達成度評価のための各種の指標についてまとめたものである。

この技術移転計画に則り、DSG に対してデジタル地形図の作成、更新、利活用に係る各種工程についての技術移転が実施された。

3.2.1 技術移転計画の策定にあたっての留意事項

技術移転計画では、プロジェクト終了後も DSG が独自にデジタル空中写真からデジタル地形図およびデジタルオルソフォトを作成できるよう、以下の点に考慮して実施した。

- トレーニングは、DSG にデジタル地形図およびデジタルオルソフォトの作成工程を経験させることを目的として、OJT 形式のトレーニングを中心に実施した。
- 本プロジェクトでは、デジタル地形図・デジタルオルソフォトの作成に必要な空中写真の撮影およびデジタルオルソフォトと等高線データの整備は、プロジェクト対象地域全域（約 1,700km²）を対象に実施される計画となった。その一方でデジタル地形図については、ハラレ市中心部の 96km²のみが整備される計画となり、残りの地域（面積約 1600km²）については、本プロジェクト終了後において、DSG 自らにより撮影済の空中写真を利用して整備されることとなった。この DSG によるデジタル地形図整備に必要な、基礎となる能力を獲得させることが技術移転の目標として設定された。これに対する対応策として、デジタル地形図作成技術に関するトレーニングプログラムに加えて、プロジェクト計画立案とプロジェクト管理の講義と演習のプログラムが実施された。
- 技術移転を通じて DSG が作成するデジタル地形図やトレーニングの内容について、効果の測定が可能になるように DSG に対するアンケートや確認テストの実施、評価項目の設定等、指標化できる客観的な評価基準による目標設定や達成度評価が行われた。

3.2.2 技術移転のアプローチ

デジタル写真測量法によるデジタル地形図（縮尺 1:5,000）とデジタルオルソフォトの作成について、OJT を通じた実践を中心に、実践に必要な理論や方法を説明するための講義を組み合わせる技術移転は実施された。

さらに本プロジェクト後、プロジェクトにより空中写真が撮影済の約 1,600km²の範囲において、DSG 自らがデジタル地形図を作成できるようにするためにデジタル地形図作成のプロジェクトの計画と運営に関する技術移転も実施された。

次の2点を特に目的の実現にあたっての重点技術として位置づけ、投入を厚くした。

- デジタル写真測量技術のDSGへの導入（デジタル図化の技術移転）
- データの利活用を円滑に進めるためのデータの配布方法、製品開発、に関連するコンサルテーションと技術移転

上記2点目の大部分は、利活用促進活動として実施した。その内容については第4章に記載をした。

3.2.3 各技術移分野の技術移転計画

各技術分野の技術移転計画を以降に示す。なお、技術移転計画の下に技術移転結果を記載した。

技術移転計画 デジタル地形図・オルソフォト整備プロジェクトのプロジェクト計画・管理

デジタル地形図・オルソフォト整備プロジェクトのプロジェクト計画・管理の技術移転計画を以下に示す。なお、技術移転計画の下に技術移転の結果を記載した。

技術移転計画 デジタル地形図・オルソフォト整備プロジェクトのプロジェクト計画・管理		
<p>現状（技術移転前のベースライン評価）：</p> <ul style="list-style-type: none"> • DSG 地図部（配下に地形測量課、写真測量課、GIS 課、データ統合化、地図課）の役割は、各種縮尺の地形図整備である。しかし、15年以上、写真測量を伴う新規の地形図作成と更新の事業は実施されていない。このため地形図作成の経験を持つ職員がベテランに限定され、若手職員は地形図作成の経験がない。 • 一方、DSG には地籍測量を管掌する地籍部がある。こちらは継続的に事業が実施されている。業務が停滞している地図部と継続的に業務が実施されている地籍部の間では、経験/技術の維持を目的とした人事ローテーションが行われているが、地図部では長年実務を伴う業務が停滞しており実務プロジェクトの計画・管理の能力についても強化が必要である。 • 本プロジェクトでは、地形図作成に必要な写真測量能力の強化を DSG の地形図作成能力強化のメインアプローチとして位置づけ技術移転を実施するが、所定の効果を得るためにはプロジェクト計画・管理の能力強化も必要である。 • 本プロジェクトでは、プロジェクト終了後の DSG による大ハラレ圏の地理空間情報（デジタル地形図・デジタルオルソ）の自立的な整備(作成と更新)と普及（利活用）の実現が効果として期待されている。これを実現するためには、DSG が地理空間情報整備のプロジェクトの計画・管理ができる必要があることから、デジタル地形図・オルソフォトの整備プロジェクトに関するプロジェクト計画と管理の技術移転を実施する。 		
<p>目標：</p> <ul style="list-style-type: none"> • DSG カウンターパートのデジタル地形図整備のプロジェクト計画・管理に関する知識の獲得、特に計画・管理で重要な要因となるデジタル図化の生産性の指標の入手と評価方法について理解する。 • 今後の DSG によるデータ整備事業を実現するにあたっての課題について、DSG カウンターパートが把握し、これに対する必要な対策等を考えるようになる。 		
技術移転項目	技術移転手法	指標の入手方法 (ベースラインと 達成度評価の指標)
デジタル地形図整備プロジェクトに関するプロジェクト運営(計画とマネジメント)	DSG 管理職を対象とした講義と演習	<ul style="list-style-type: none"> • 観察・CP からの聞き取り • 質問票
<p>技術移転結果：</p> <ul style="list-style-type: none"> • デジタル地形図整備のプロジェクト計画・管理を実施する際に基礎データとなる生産性の指標、特にクリティカルパスとなる数値図化の生産性の指標の入手の方法（DSG 自らが作成する必要がある）について理解された。（質問票の結果より） • プロジェクト計画・管理の面で今後の課題は、数値図化の対象地域の地域特性（地形や地物の混雑度等）で類型化し、地域特性に応じた生産性の係数を DSG が整備することが重要であり、この実施が期待される。 		

技術移転計画 空中写真撮影

空中写真撮影の技術移転計画を以下に示す。なお、技術移転計画の下に技術移転の結果を記載した。

技術移転計画 空中写真撮影		
現状（技術移転前のベースライン評価）： <ul style="list-style-type: none"> デジタル航空カメラを使用した空中写真の撮影実施（外部へ委託含む）の経験はない。 ただし、次に示すように従来のフィルム式の航空カメラの撮影(外部への委託)、空中写真複製・販売の経験はある。 <ul style="list-style-type: none"> DSG が関与した最後の空中写真の撮影実施は 1997 年。 DSG に残る最も古い写真は 1935 年撮影。 南ローデシア時代には、Blanket Photography と呼ばれる全土を対象とした空中写真の撮影が定期的に行われていた。 過去の航空カメラフィルムや写真は、今も DSG に保管されている（歴史的な遺産としての価値は高いと考えられる）。 過去の航空写真は複製され DSG の売店で販売されていた実績がある。ただし、現在は航空写真の複製販売も実施できない状況である。その原因は以下である。 国内に航空フィルム用のスキャナーはなく、これらのフィルムをデジタル画像化できない。ジンバブエ国内に航空フィルムからの写真現像処理の能力は残っていない。 写真材料の調達も困難であるためフィルムから新たに写真を焼く手立てはない。 		
目標： <ul style="list-style-type: none"> デジタル航空カメラを使った空中写真の撮影を外部の撮影会社へ委託する際に必要となる知識と経験の習得。 		
技術移転項目	技術移転手法	指標の入手方法 (ベースラインと達成度評価の指標)
<ul style="list-style-type: none"> 空中写真撮影計画・標定点配点計画、 従来のフィルム式の航空カメラを使用する場合との相違点 GNSS/IMUによる直接定位の導入による従来手法との相違点 	<ul style="list-style-type: none"> 今回の撮影計画の説明 撮影再委託業務の仕様書の理解 デジタルカメラとアナログカメラの諸元の相違と撮影計画での考慮事項の説明 GNSS/IMU導入以前の従来の撮影標定点計画との違いの説明 	<ul style="list-style-type: none"> 観察・CPからの聞き取り
<ul style="list-style-type: none"> 撮影成果の検収方法 	<ul style="list-style-type: none"> 撮影成果の検収の立会(実務) 航空写真画像データのサンプリング検査(実務) 	<ul style="list-style-type: none"> 観察・CPからの聞き取り 実務の実績
<ul style="list-style-type: none"> 関連する工程・精度・品質管理手法 	<ul style="list-style-type: none"> 撮影会社への仕様書による説明 撮影会社の報告書による説明 	<ul style="list-style-type: none"> 観察・CPからの聞き取り 実務の実績
技術移転結果： <ul style="list-style-type: none"> デジタル航空カメラを使った空中写真の撮影を外部の撮影会社へ委託する際に必要となる知識と経験の習得ができた。 		

技術移転計画 標定点測量

標定点測量の技術移転計画を以下に示す。なお、技術移転計画の下に技術移転の結果も記載されている。

技術移転計画 標定点測量		
<p>現状（技術移転前のベースライン評価）：</p> <ul style="list-style-type: none"> 標定点測量を目的とした広範囲の GPS 測量、長距離路線の水準測量の業務経験はない。通常の DSG の業務内容は、地籍測量に関連する測量業務が主であり、広範囲の測量を行う機会はあまりない。 DSG カウンターパートは、測量に関する専門教育を受けており、GPS 測量と水準測量に関する知識と多少の実務経験はある。実務経験については、業務で GPS・水準測量の実務に携わっている者はきちんとした実務経験を持っている。今回は、GPS・水準測量を専門とする測地部は国境画定測量の対応で参加できず測地部からの参加カウンターパートは1名となる。地籍部から多くが参加している理由は、DSG では、通常から地籍部と測地部が協働して地籍測量に関連する地上測量の業務を行っている経緯があるため。写真測量課からの参加カウンターパートは若手が多い。 		
<p>目標：</p> <p>標定点測量（GPS 測量、水準測量）、選点と対空標識の設置の実務ができるようになる。</p> <p>本プロジェクト成果実現に必要な不可欠な標定点測量成果を得る実務を通じて、必要な知識・スキル・経験を獲得する。（航空写真測量によるデジタル地形図作成工程で重要な標定点測量の現地作業を完遂できる）</p>		
技術移転項目	技術移転手法	指標の入手方法 (ベースラインと達成度評価の指標)
<ul style="list-style-type: none"> 撮影計画と標定点配置計画 	<ul style="list-style-type: none"> 標定点測量計画を策定する 選点実施の実務 	<ul style="list-style-type: none"> 観察・CP からの聞き取り 実務の実績
<ul style="list-style-type: none"> GPS 測量、水準測量の実施 	<ul style="list-style-type: none"> GPS 測量と水準測量(実務)観測と計算 作業マニュアル整備 	
<ul style="list-style-type: none"> 標定点明細簿の作成（次工程である空中三角測量工程への成果の引継方法） 	<ul style="list-style-type: none"> 標定点明細簿の作成（実務） 	
<ul style="list-style-type: none"> 測量作業の計画、結果の点検、測量成果の管理 	<ul style="list-style-type: none"> 実際の観測計画、観測と観測結果の点検、測量手簿の管理の実務の実施 	
<ul style="list-style-type: none"> 観測手簿の記入方法および点検方法 	<ul style="list-style-type: none"> 実際の観測と手簿記入の実務、適時必要に応じて調査団か指導する 	
<ul style="list-style-type: none"> 関連する工程・精度・品質管理手法 	<ul style="list-style-type: none"> 精度管理手法の講義・実習（標定点測量の実務） 	
<p>技術移転結果：</p> <p>標定点測量（GPS 測量、水準測量）、選点と対空標識の設置の実務ができるようになった。</p> <p>本プロジェクト成果実現に必要な不可欠な標定点測量成果を得る実務を通じて、必要な知識・スキル・経験を獲得し、航空写真測量によるデジタル地形図作成工程で重要な標定点測量の現地作業を完遂できるようになった。</p>		

技術移転計画 空中三角測量

空中三角測量の技術移転計画を以下に示す。なお、技術移転計画の下に技術移転の結果を記載した。

技術移転計画 空中三角測量		
<p>現状（技術移転前のベースライン評価）：</p> <ul style="list-style-type: none"> デジタル写真測量ワークステーションとデジタル航空写真を扱う空中三角測量を含むフルデジタル化された写真測量の経験はまったくない。 機械式の凶化機とフィルムを扱う写真測量の経験者は DSG 写真測量課に 2 名いる。 DSG には、アナログ機器を使って実施された過去の空中三角測量の成果簿は残されている。2 名の写真測量技術者は、その成果簿から外部標定要素を拾って、解析凶化機にポジフィルムをセットし観測できるスキルは持っている。このことから、2 名の写真測量技術者は、アナログ機器の写真測量機器を扱えることから写真測量の基本原理は理解しているものと評価される。 写真測量課の他の職員は写真測量の実務経験はない。上記 2 名以外の他の職員については地籍測量と関連する地上測量の教育は受けている。地上測量の実務経験・知識はあるが、写真測量に関しては理解が浅い。 ただし、DSG 写真測量課には現在も稼働する解析凶化機が 1 台存在する。この凶化機を使って上記 2 名の職員が他の職員に凶化機を使った標高点の観測のトレーニングを行っているため、写真測量機器を全く見た事も触れたこともないという状況ではない。他にも稼働しないが過去のアナログ機器が複数台置かれている状況であり、写真測量について関心を全くもたないという環境に置かれているわけではない。 		
<p>目標：</p> <ul style="list-style-type: none"> プロジェクトで導入したデジタル写真測量ワークステーションの空中三角測量とブロック同時調整機能をつかって、空中三角測量とブロック同時調整ができるようになる。 		
<p>技術移転で使用したソフトウェア： Microsoft Windows（基本ソフトウェア）、ERDAS Imagine、Imagine Photogrammetry Suite、ORMIMA、CAP-A（写真測量、空中三角測量とブロック同時調整ソフトウェア）</p>		
技術移転項目	技術移転手法	指標の入手方法 (ベースラインと達成度評価の指標)
<ul style="list-style-type: none"> 写真測量、空中三角測量の基本原理の習得 新旧の空中三角測量の作業方法の相違の解説 	<ul style="list-style-type: none"> 写真測量基本理論（共線条件）についての講義説明 空中三角測量概要（講義） 内部標定、相互標定、外部標定の理解（講義） ブロック同時調整について 機械式の機器、フィルム式航空カメラを扱う従来の空中三角測量と DPW、デジタル航空カメラを使った空中三角測量の相違の解説（講義） 	<ul style="list-style-type: none"> 観察・CP からの聞き取り 質問票
<ul style="list-style-type: none"> プロジェクトで導入した DPW を使った空中三角測量とブロック同時調整の実施方法 使用する DPW のハードウェア・ソフトウェアに対する理解 空中三角測量のプロジェクトの設定方法 	<ul style="list-style-type: none"> 使用する DPW とソフトウェアの機能と操作方法に関する講義とソフトウェアを使用した実技指導 	<ul style="list-style-type: none"> 観察・CP からの聞き取り 質問票

<ul style="list-style-type: none"> デジタル航空写真画像データの取扱とインポート方法 カメラ検定値・直接定位データ他のインポート方法 自動・手動タイポイント観測 地上標定点の観測方法 ブロック同時調整前の地上標定点、タイポイントの評価方法 タイポイント・地上標定点の再観測 バンドルブロック同時調整プログラムの使用方法 ブロック同時調整結果の評価方法 		
<ul style="list-style-type: none"> 関連する工程・精度・品質管理手法 精度管理表の作成 	<ul style="list-style-type: none"> トレーニングにおいて自身で処理した空中三角測量とブロック同時調整結果を精度管理表としてまとめる。 	<ul style="list-style-type: none"> 観察・CPからの聞き取り 質問票 精度管理表の内容
<p>技術移転結果：</p> <ul style="list-style-type: none"> プロジェクトで導入したデジタル写真測量ワークステーションの空中三角測量とブロック同時調整機能をつかって、空中三角測量とブロック同時調整ができるようになった。 		

技術移転計画 現地調査・現地補測

現地調査・現地補測の技術移転計画を以下に示す。なお、技術移転計画の下に技術移転の結果を記載した。

技術移転計画 現地調査・現地補測		
現状（技術移転前のベースライン評価）： <ul style="list-style-type: none"> • DSG では、15 年以上新規の地形図の整備と更新が行われていない。したがって、現在の写真測量課の職員の多くは地形図作成の実務に携わった経験がなく、縮尺 1:5,000 地形図作成のための現地調査・現地補測の経験もない。 • 現地調査のデータは GIS ソフトウェアを使って GIS データとしてまとめる計画であるが、大部分の職員は、GIS ソフトウェアの実務での使用経験はない。 		
目標： <ul style="list-style-type: none"> • 現地調査の実施と現地調査結果のデータをまとめることができるようになる。 • 現地調査結果データをまとめるにあたって GIS ソフトウェアが使えるようになる。簡単な GIS データを自分で作れるようになる。 		
技術移転で使用したソフトウェア： Microsoft Windows(基本ソフトウェア)、Quantum GIS (GIS ソフトウェア)		
技術移転項目	技術移転手法	指標の入手方法 (ベースラインと達成度評価の指標)
<ul style="list-style-type: none"> • 地形図の仕様の内容理解をもとにした調査対象項目の確定と現地調査作業計画の立案 	作業計画を立てるにあたって以下の点を考えさせ、解決策を見つけさせる。 <ul style="list-style-type: none"> • 一般図である地形図と特定目的の主題図の違いを理解し、地形図として必要のないデータを取る必要がないことを理解させる。 • 資料を持っている機関はどこか • 収集しようとするその資料は地形図に表示する情報として使えるものかどうか 	<ul style="list-style-type: none"> • 観察・CP からの聞き取り • 実務の実績
<ul style="list-style-type: none"> • 現地調査・補測の実施 • 室内でのデータ収集 • 調査内容のとりまとめ 	<ul style="list-style-type: none"> • 実務を通じた指導 	
<ul style="list-style-type: none"> • データ入力・確認 • データ点検方法 	<ul style="list-style-type: none"> • GIS ソフトの導入、データ入力・編集方法の講義と実習 • 実務を通じた指導 	
<ul style="list-style-type: none"> • 関連する工程・精度・品質管理手法 	<ul style="list-style-type: none"> • 調べたデータの綴りの誤り、表記ルールに反していないかの確認の方法 	
技術移転結果： <ul style="list-style-type: none"> • 現地調査の実施と現地調査結果のデータをまとめることができるようになった。 • 現地調査結果データをまとめるにあたって GIS ソフトウェアが使えるようになった。簡単な GIS データを自分で作れるようになった。 		

技術移転計画 数値図化・編集・補測編集

数値図化・編集・補測編集の技術移転計画を以下に示す。なお、技術移転計画の下に技術移転の結果を記載した。

技術移転計画 数値図化・編集・補測編集		
<p>現状（技術移転前のベースライン評価）：</p> <ul style="list-style-type: none"> • DSG では、15 年以上、航空写真測量手法による新規の地形図の整備と更新の業務が実施されていない。このため図化をはじめとする写真測量で地形図を整備する能力もほぼ喪失している状況である。 • 地形図作成・更新時のデータ取得の主たる手段は航空写真から地図を描く図化であるが、図化ができないため、後続の編集工程に流れるデータはなく、編集工程も業務が止まっている状況である。 • DSG 地図部地図課では、ベクトル・グラフィック・ソフトウェアを使った既存地図のデジタル化が行われており、その能力は現在も有しているが、この技術移転で対象となる数値編集とは作業内容が異なる別の編集作業である。 • 地形図の整備事業は停滞しているため、若手職員の多くは地形図整備の実務経験がなく、地形図や写真測量による地形図作成についての理解は十分ではない。 		
<p>目標：</p> <ul style="list-style-type: none"> • デジタル地形図作成工程である数値図化・編集作業を理解するために必要な地形図と地形図作成に関する講義を通じて基礎知識を習得する。 • プロジェクトで導入したデジタル写真測量ワークステーションの数値図化機の機能をつかって、デジタル図化ができるようになる（DSG 写真測量技術者のデジタル写真測量への移行支援）。 • CAD ソフトウェアと GIS ソフトウェアを使用して、デジタル図化の実習で取得されたデジタル地形図データに対しての数値編集作業（エラー検査と修正編集、データの統合編集）ができるようになる。 		
<p>技術移転で使用するソフトウェア： Microsoft Windows（基本ソフトウェア）、 ERDAS Imagine、Imagine Photogrammetry Suite、PRO600（写真測量、数値図化のソフトウェア）、 Microstation（地形図データを記録する CAD ソフトウェア） Microstation（地形図データを編集する CAD ソフトウェア）、ArcGIS（地形図データを編集する GIS ソフトウェア）</p>		
技術移転項目	技術移転手法	指標の入手方法 (ベースラインと達成度評価の指標)
地形図作成の基礎知識 （数値図化・数値編集） <ul style="list-style-type: none"> • 地形図について基礎知識 • 地形図作成のワークフロー • 地形についての基礎知識 	<ul style="list-style-type: none"> • 講義 	<ul style="list-style-type: none"> • 観察・CP からの聞き取り • 質問票

<p>デジタル図化機を使ったデジタル図化の実習</p> <ul style="list-style-type: none"> 取得基準・取得コードの策定、 デジタル図化機での取得コードの実装、 デジタル図化機での立体視計測と図化 	<ul style="list-style-type: none"> 基本的な理論に関する講義 ワークフローとデータフローに関する講義 デジタル図化機を使った実地訓練 	<ul style="list-style-type: none"> 観察・CPからの聞き取り 質問票 実技テスト
<ul style="list-style-type: none"> 図化データの取りまとめと点検（図化の工程内品質検査） 	<ul style="list-style-type: none"> デジタル図化で得た地形図データをつかって、データの検査・修正の実地訓練を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 観察・CPからの聞き取り 質問票
<ul style="list-style-type: none"> データの検査・修正の編集作業（数値図化と数値編集） 	<ul style="list-style-type: none"> 地形図データの内容についての講義 データの検査・修正についての講義と実習 図化データに含まれているエラーについて図化作業者に認識させ、図化の際の対策を考えさせる 	
<p>データの統合編集 （数値編集、補測編集）</p>	<ul style="list-style-type: none"> モデルが異なるデータ、ソースが異なるデータを1つの地形図データファイルとして統合する実習 	
<p>関連する工程・精度・品質管理手法</p>	<ul style="list-style-type: none"> 自身で図化・編集したデータについて精度管理表を作成し、問題点・課題・良い点を認識する。 認識した問題点・課題の対策を考える。 良い結果、悪い結果につながるノウハウを他の職員と共有する。 	<ul style="list-style-type: none"> 精度管理表の内容
<p>技術移転結果：</p> <ul style="list-style-type: none"> デジタル地形図作成工程である数値図化・編集作業を理解するために必要な地形図と地形図作成に関する講義を通じて基礎知識を習得できた。 プロジェクトで導入したデジタル写真測量ワークステーションの数値図化機の機能をつかって、デジタル図化ができるようになった。（DSG 写真測量技術者のデジタル写真測量への移行支援を実施した） CAD ソフトウェアと GIS ソフトウェアを使用して、デジタル図化の実習で取得されたデジタル地形図データに対しての数値編集作業（エラー検査と修正編集、データの統合編集）ができるようになった。 		

技術移転計画 デジタルオルソフォトの作成

デジタルオルソフォトの作成の技術移転計画を以下に示す。なお、技術移転計画の下に技術移転の結果を記載した。

技術移転計画 デジタルオルソフォトの作成		
現状（技術移転前のベースライン評価）： デジタルオルソフォトを作成する機材もなく、デジタルオルソフォトの作成の経験もない。過去においてはオルソフォト作成が実施されていた時代もあった。アナログのオルソフォトプロジェクターは、稼働しないが残っている。ただし、1990年代には、初期のデジタル写真測量ワークステーションが外国の支援で導入され、デジタルオルソフォトが作成されたことがある。		
目標： <ul style="list-style-type: none"> プロジェクトで導入したデジタル写真測量ワークステーションのオルソフォト作成機能を使って、デジタルオルソフォトの作成ができるようになる。 		
技術移転で使用するソフトウェア： Microsoft Windows（基本ソフトウェア）、 ERDAS Imagine、Imagine Photogrammetry Suite、（写真測量、DEM、オルソフォト、オルソモザイク作成・編集ソフトウェア）		
技術移転項目	技術移転手法	指標の入手方法 (ベースラインと達成度評価の指標)
オルソフォト作成のワークフローとデータフロー	講義	<ul style="list-style-type: none"> 観察・CPからの聞き取り 質問票
数値地形モデルの作成と編集 <ul style="list-style-type: none"> DEMの作成 DEMの編集 DEMの評価 	講義と実習	
オルソフォト（正射投影画像）作成 <ul style="list-style-type: none"> オルソフォトの作成 オルソフォトの評価 	講義と実習	
オルソフォトのモザイク作成 <ul style="list-style-type: none"> シームライン取得・編集 モザイク処理 色調調整 オルソモザイクの評価 	講義と実習	
関連する工程管理・精度管理	<ul style="list-style-type: none"> トレーニングで作成したデータについての品質管理を行い、品質管理シートにまとめる 	
技術移転結果： <ul style="list-style-type: none"> プロジェクトで導入したデジタル写真測量ワークステーションのオルソフォト作成機能を使って、デジタルオルソフォトの作成ができるようになった。 		

技術移転計画 地図記号化

地図記号化の技術移転計画を以下に示す。なお、技術移転計画の下に技術移転の結果を記載した。

技術移転計画 地図記号化		
現状（技術移転前のベースライン評価）：		
<ul style="list-style-type: none"> • 縮尺 1:25,000 以下の中縮尺、小縮尺の地形図印刷図についてベクトル・グラフィック・ソフトウェアを使ったトレースによるデジタル化は実施している実績がある。この作業フローの一部は、今回の地図記号化と同じであり、地図記号化の経験と知識は持っていると評価される。 • 今回使用するソフトウェアは GIS ソフトウェア（ArcGIS）の地図記号化機能を利用する。これまで使っていたベクトル・グラフィック・ソフトウェア（FreeHand）との操作性の違いはあるが、地図記号化の作業フローと概念は同じである。 • 技術移転にあたっては、これまでの DSG の地図記号化ワークフローも念頭におきながら、追加となる部分のみを効率的に技術移転できるようにすることに留意する。 		
目標：		
<ul style="list-style-type: none"> • GIS ソフトウェアを使った、デジタル地形図データの記号化編集作業ができるようになる。 		
技術移転で使用するソフトウェア：		
Microsoft Windows（基本ソフトウェア）、ArcGIS（記号化編集を行う GIS ソフトウェア）		
技術移転項目	技術移転手法	指標の入手方法 (ベースラインと達成度評価の指標)
ソフトウェアを使用した地形図作成・編集・記号化のワークフローに関する理解（従来のアナログ手法との違いの理解）	<ul style="list-style-type: none"> • 講義 	<ul style="list-style-type: none"> • 観察・CP からの聞き取り • 質問票
ソフトウェアを使った地図表現の適用方法（地図記号化）	<ul style="list-style-type: none"> • デジタル地形図データの ArcGIS へのインポート方法（講義と実習） • ArcGIS のリプレゼンテーション機能について（講義と実習） • ArcGIS での整飾情報の作成方法（講義と実習） • プロジェクトで作成したデジタル地形図・オルソフォト地図、ハラレ・ストリートマップで実施された地図記号化編集についての説明（講義と実習） 	<ul style="list-style-type: none"> • 観察・CP からの聞き取り • 質問票
関連する工程管理・精度管理	<ul style="list-style-type: none"> • トレーニングで作成したデータについての品質管理を行い、品質管理シートにまとめる 	<ul style="list-style-type: none"> • 品質管理シートの内容
技術移転結果：		
<ul style="list-style-type: none"> • GIS ソフトウェアを使った、デジタル地形図データの記号化編集作業ができるようになった。 		

技術移転計画 数値データの構造化・提供用データ作成と管理

数値データの構造化・提供用データ作成と管理の技術移転計画を以下に示す。なお、技術移転計画の下に技術移転の結果を記載した。

技術移転計画 数値データの構造化・提供用データ作成と管理		
現状（技術移転前のベースライン評価）： <ul style="list-style-type: none"> 15年以上写真測量による新規のデータ取得がされていないため、大縮尺（デジタル）地形図をはじめとする新規の地形図データ作成は実施されておらず、新規のGISデータ作成も実施されていない。大縮尺地形図については、既存の紙地図のデジタル化の実績もない。地形図データ等の既存データからGISデータを整備する「データ統合課」が組織図上存在するが現在は休止している。 縮尺 1:25,000 以下の中縮尺、小縮尺の地形図印刷図のデジタル化は実施済であるが、その方法は、ベクトル・グラフィック・ソフトウェアを使った既存印刷図のトレースによるデジタル化であり、GISデータとはなっていない。外部へは有償提供されているが、ラスタ画像化したものを提供しており、ベクタデータは外部へ提供しておらず、ベクタデータの外部への配布の実績とノウハウはない。 既存地形図の印刷図は、DSGによりスキャナーで画像化されアーカイブ化されている。既存地形図はラスタ画像として、外部にも有償で提供されている。 過去には1980年代に、地籍データの電子化が行われていた。2000年以前はGISが導入され使用されていた。過去に外国の援助で整備された、地籍情報の目録と基準点の目録のデータベースと検索システムは現存している。 		
目標： <ul style="list-style-type: none"> GISソフトウェアを使って、デジタル地形図データ（CADデータ）からGIS基盤データ（GISデータ）を作成できるようになる。これに必要な、知識とスキルの理解と習得。 GISソフトウェアを使って、外部への提供用データを作成できるようになる。これに必要な、知識、スキルの理解と習得。 		
技術移転で使用するソフトウェア： Microsoft Windows（基本ソフトウェア）、 ArcGIS（数値データの構造化、提供用データの検索・加工を行うGISソフトウェア）		
技術移転項目	技術移転手法	指標の入手方法 (ベースラインと達成度評価の指標)
デジタル地形図データとGIS基盤データについての理解	<ul style="list-style-type: none"> 講義・実習 	<ul style="list-style-type: none"> 観察・CPからの聞き取り 質問票
デジタル地形図データを基にしたGIS基盤データの作成	<ul style="list-style-type: none"> 講義・実習 	
提供用データ作成と管理 <ul style="list-style-type: none"> ベクタ/ラスタ変換 ファイルフォーマット変換 特定主題や特定範囲によるデータ検索と抽出操作 ファイル記録単位変更（シームレスから図郭単位への変更等） 座標変換 	<ul style="list-style-type: none"> 講義・実習 	
関連する工程管理・精度管理	<ul style="list-style-type: none"> トレーニングで作成したデータについての品質管理を行い、品質管理シートにまとめる 	<ul style="list-style-type: none"> 品質管理シートの内容
技術移転結果： <ul style="list-style-type: none"> GISソフトウェアを使って、デジタル地形図データ（CADデータ）からGIS基盤データ（GISデータ）を作成できるようになった。これに必要な、知識とスキルを理解し習得できた。 GISソフトウェアを使って、外部への提供用データを作成できるようになった。これに必要な、知識とスキルを理解し習得できた。 		

3.3 空中写真撮影の技術移転

フローチャートの項目【B-3】

3.3.1 概要

空中写真撮影の技術移転は、OJT、講義、見学、を併用する方法で実施した。空中写真撮影の技術移転の項目とその実施方法の一覧を表 3-3 に示す。

表 3-3 空中写真撮影（技術移転内容）

技術移転項目	技術移転方法
• 撮影許可の取得と航空当局との調整	OJT
• 空中写真撮影の作業仕様書の理解	講義
• デジタル航空カメラの諸元の理解 (デジタルカメラとアナログカメラの技術的な比較)	講義
• 撮影計画	OJT／講義
• 標定点配点計画	OJT／講義
• 撮影機材について	講義／見学
• 撮影成果の検収方法	OJT
• 関連する工程・精度・品質管理手法	講義
• 最新の技術動向 UAV（ドローン）による撮影の紹介	講義

（出典：JICA 調査団）

3.3.2 撮影許可の取得を通じた航空写真撮影に関する技術理解度の評価

空中写真撮影の準備は、プロジェクト開始直後である 2015 年 6 月から開始された。地形図作成に使用する航空写真には、雲や霞が写らないことが絶対条件である。例年 5 月から 7 月は乾季の中でも雲の出ない日が多い時期であるとされていた。8 月以降は、雲が出る日が多くなること、耕作地の野焼きが始まり、煙が影響することが懸念されたため、できるだけ早く撮影に着手し完了させることが望まれた。この時期を逃して、雲が多い季節、さらに雨季に入ってしまうと翌年の乾季まで待つことになるからである。

撮影許可は、撮影会社が DSG の支援を受けながらジンバブエの当局に許可申請を行った。プロジェクト開始前は当局からの許可取得に時間を要するかもしれない懸念もあった。撮影許可に関するジンバブエ政府内での必要な調整については、DSG が主体的に必要な手続き・調整を実施していた。このため申請後数日という異例のスピードで承認された。

撮影許可申請に関連した実務をこなすためには空中写真撮影の工程全般についてのみならず、撮影仕様の理解、撮影計画、標定点配点計画が理解できていることが前提であり、政府内の調整がスムーズに進められたということは、当初から航空測量用の写真撮影および航空写真測量による地形図作成に関する理解が、所定のレベルに達していたことの証左であったと評価された。

3.3.3 撮影、標定点配置計画とデジタル航空写真撮影機材の見学と理解

撮影許可申請に先立ち、DSG に対して、撮影と標定点配置計画について、調査団と撮影会社から説明と講義を行った。今回の撮影計画は今回使用する航空機とデジタル航空カメラの仕様を基本に調査団と撮影会社で詳細化したものである。DSG にとっては、今回初めての経験となったデジタル航空カメラの使用については、講義形式で従来のアナログカメラとの相違点を紹介した。撮影完了後には、ハラレ空港に駐機中の撮影機を訪れ、実際の撮影に使用した機材（飛行機、デジタル航空カメラ、航法ナビゲーションシステム）を見学し理解を深めた（写真 3-1）。



（出典：JICA 調査団）

写真 3-1 撮影機機内での機材見学の様子（撮影位置ナビゲーションシステムの説明）

3.3.4 撮影成果の検収 OJT

撮影業者から提出されたデジタル航空写真と撮影の報告書に対しての調査団の検収に DSG も立ち会った。撮影会社から、報告書をもとに撮影の概要と実施状況、その成果についての説明を調査団と一緒に受けた。特に撮影中の GNSS/IMU による直接定位要素の観測状況と航空機の姿勢等、新しい関連技術に関する検収対応についても経験した。調査団によるデジタル航空写真のサンプリング検査については、その一部を DSG カウンターパートも一緒に行った。これら一連の実地業務を通じて撮影成果検収の OJT とした。

3.3.5 まとめ

航空写真の撮影に関する業務を一連の OJT として達成することができた。長期化が懸念されていた撮影会社による撮影許可の取得は、DSG のサポートにより迅速に実現されたことから、後続工

程の計画通りの推進につながり、このことは DSG の貢献が大きかったと評価できる。これらの実績から、最新のデジタル航空カメラを使った写真撮影の外部委託への対応に必要な知識と経験を獲得するとの所定の目標は到達できたと評価した。

撮影に関する今後の課題は、この経験を適用できる次の測量用航空写真撮影の機会を DSG が作ることができるかどうかにある。航空写真の撮影には一定の費用を必要とすることから、DSG が今回と同様のデジタル地形図整備もしくは、類似する地理空間情報の整備・更新を行うプロジェクトを実施する予算を確保できるかどうかは課題である。一方、近年、無人航空機（ドローン）の登場により、航空写真の撮影も用途と規模によっては、航空機の使用を必要としないケースも出てきている。ドローンを利用した撮影の概要とその適用可能性についても講義形式で技術移転を行い、目的に適合する撮影方法を選択応用できる能力も併せて高まったと評価した。

3.4 標定点測量の技術移転

フローチャートの項目【B-4】

標定点測量の OJT 技術移転として、DSG カウンターパートにより標定点測量のための GPS 測量と水準測量が実施された。この OJT を通じた DSG カウンターパートによる標定点測量成果が、プロジェクトで整備するデジタル地形図、デジタルオルソフォト作成に必要な標定点測量成果として使用されることから、標定点測量の OJT は実際の実務工程の一部として実施された。

3.4.1 標定点測量（GPS 測量）の技術移転

基準点測量と標定点測量のための GPS 測量は、JICA 調査団員の指導監督のもと、8 名の DSG カウンターパートにより実施された。標定点測量（GPS 測量）の技術移転に参加したカウンターパートは表 3-4 のとおりである。

表 3-4 標定点測量（GPS 測量）の OJT に従事したカウンターパート

	氏名	所属	職位
1	Mr. Tangai Munyongani	Photogrammetric Section	Land surveyor
2	Mr. Nomore Arikoko	Photogrammetric Section	Land surveyor
3	Mr. Reward A. Munyeki	Photogrammetric Section	Land surveyor
4	Mr. Dennis. Machinga	Cadastral Dpt.	Land surveyor
5	Mr. Nicholas Mazvazva	Cadastral Dpt.	Land surveyor
6	Mr Tanyaradzwa Chitengu	Cadastral SectionDpt.	Land surveyor
7	Mr. John Taruninga	Photogrammetric Section	Land surveyor
8	Ms. Florence Kurasha	Geodetic Dpt.	Land surveyor

（出典：JICA 調査団）



（出典：JICA 調査団）

写真 3-2 標定点測量（GPS 測量）の OJT に従事したカウンターパート

GPS 測量の技術移転は、調査団が本邦でレンタル調達して持ち込んだ 4 台の GPS 測量機を使用して実施された。JICA 調査団の監督のもと、選点、対空標識の設置、GPS 観測、計算処理、品質管理の一連の工程がカウンターパートにより実施されたその作業工程と作業の詳細は、2.6 標定点測量に記載している。この項では技術移転とその目標への到達度評価について記載している。

技術移転項目は次のとおりである。

- GPS 測量
- 標定点明細簿の作成（次工程である空中三角測量工程への成果の引継方法）
- 結果の点検、測量成果の管理
- 観測手簿の記入方法および点検方法
- 品質管理手法

最初に、DSG カウンターパートは、基準点測量、標定点測量の概要について、室内でスライドを使って講義を受けた。現地作業の初日に、DSG カウンターパートは、調査団員から実際の作業について指導を受けた。2 日目は、調査団員のサポートを受けながら、DSG カウンターパート自身で GPS 機器を操作し観測を行った。3 日目以降、DSG カウンターパートだけで、GPS 観測が実施された。また、メンバーが一堂に会して、GPS 機器の操作法と観測記録のまとめ方について、確認し合う目的のミーティングを実施した。

GPS 観測の後は、DSG カウンターパートが、調査団が準備したマニュアルに従って、GPS 観測結果の処理をすべて自力で実施した。GPS 測量の一連の工程全てを実作業として自力で実施できた。このことから、技術移転終了後も、疑問点はマニュアルを参照して同様の作業を独自に実施できると判断された。このことから上記実作業が完遂した実績を根拠として、GPS 測量の観測計画、観測、観測後の計算処理と航空写真測量の対空標識の設置ができるようになるという目標レベルに到達

できたと評価された。



（出典：JICA 調査団）

写真 3-3 GPS 測量 技術移転

3.4.2 水準測量の技術移転

標定点測量のための水準測量は、JICA 調査団員の指導監督と DSG ベテラン職員の指揮のもと、8 名の DSG 職員により実施された。標定点測量（水準測量）の技術移転に参加したカウンターパートは表 3-5 のとおりである。

表 3-5 標定点測量（水準測量）の OJT に従事したカウンターパート

	氏名	所属	職位
1	Mr. Kudakwashe Gwelo	Photogrammetric section	Land surveyor (Technician)
2	Mr. Terrence Mujombiza	Cadastral, Drawing office	Land surveyor (Technician)
3	Mr. Billy Manwere	Cadastral, Examination	Land surveyor
4	Mr. Aldrien Chironga	Cadastral, Examination	Land surveyor
5	Mr. Alexander Macheka	Photogrammetric section	Land surveyor (Technician)
6	Mr. Tobias Makuyo	Cadastral, Examination	Land surveyor (Technician)
7	Mr. Ronald Chishiri	Cadastral, Examination	Land surveyor (Technician)
8	Mrs. Pearmer Tanhara	Photogrammetric section	Land surveyor (Technician)
9	Mrs. Tendai Mungarevani	Cadastral, Examination	Land surveyor
10	Mr. Douglas Siwawa	Cadastral, Examination	Land surveyor (Technician)
11	Mr. Bethwel Banda	Cadastral, Examination	Land surveyor
12	Mr. Lenard Mudzana	Photogrammetric	Land surveyor (Technician)
13	Mr. Beruvin Gumbo	Cadastral, Examination	Land surveyor
14	Mr. Justice Zindoga	Cadastral, Examination	Land surveyor (Technician)
15	Donald Molai	Cadastral, Examination	Land surveyor



（出典：JICA 調査団）

写真 3-4 標定点測量（水準測量）の OJT に従事したカウンターパート

水準測量の技術移転は、調査団が本邦調達し調査用資機材として持ち込んだ 4 セットの水準測量機材を使用して実施された。

水準測量による標定点測量の作業の内容の詳細は、2.6 標定点測量に記載した。JICA 調査団の監督と DSG ベテラン職員の指揮のもと、予察・選点、水準観測、計算処理、品質管理の一連の工程がカウンターパートにより実施された。その作業工程と作業の詳細は、2.6 標定点測量に記載した。この項では技術移転とその目標への到達度評価について記載した。

技術移転項目は以下のとおりである。

- 撮影コースを考慮した水準測量路線の選定と高さの標定点の配置計画
- 予察等でのハンディ GPS の使用法
- 水準測量の実施（往復約 520km）
- 標定点明細簿の作成
- 水準測量計画立案
- 観測野帳の記入と観測結果の点検方法
- 品質管理方法

DSG カウンターパートの水準測量実務経験不足に起因すると考えられる再観測の頻発から、作業期間は当初予定より 10 日間の延長を必要としたが、徐々に技術が習熟し、最終的に往復で合計 520km の水準測量が OJT として DSG カウンターパートにより規定の精度範囲内で完遂さ

れた。この実績を根拠として標定点測量としての水準測量ができるようになるとの所定の目標に到達できたと評価した。

ジ国では、既に国家水準点網は整備済であるが、カウンターパートは今回の標定点測量を通して、プロジェクト対象範囲内の水準点の多くは、亡失して使えない状況であることと、水準点網の重要性を認識した。DSG カウンターパートからは、今後デジタル地形図の整備を進めるためにも、水準点網再整備が重要な課題であるとの認識が示された。

今回の往復約 520km にわたる水準測量 OJT 経験は、重要な基礎技術力の醸成となったはずであり、今後、この経験を継承しながら、継続的にデジタル地形図を独自に整備していくことが期待される。

3.5 空中三角測量の技術移転

フローチャートの項目【B-5】

空中三角測量の技術移転は、デジタルオルソフォト作成の技術移転と同時に、2016 年 10 月 19 日から 11 月 25 日の 38 日間で実施された。

空中三角測量は、デジタル地形図やデジタルオルソフォトを作成するために最も重要な空中写真が撮影された時のカメラの位置と傾き（外部標定要素）を写真測量により求める作業である。カメラの位置と傾きが正しく求められないと、後続の作業工程で作成されるデジタル地形図、デジタルオルソフォト、DEM は所定の精度を得ることができなくなる。成果品であるデジタル地形図、デジタルオルソフォト、DEM の位置精度を左右する重要な工程・技術である。

このため、DSG カウンターパートにとっては単なるソフトウェア操作の習得だけではなく、写真測量、空中三角測量の基本的な理論を理解し、出力される結果について評価できるようにならなければ、将来 DSG が独自にデジタル地形図を整備していくことは難しくなる。

単なるソフトウェア操作技術の習得ではなく、写真測量理論の講義、空中三角測量の実技トレーニング、そして品質管理と評価のトレーニングを通じて、今後 DSG が独自で地形図を作成していく際の基礎となる、空中三角測量に関する技術を修得することを目標として技術移転が実施された。

3.5.1 実施期間

空中三角測量、デジタルオルソフォト作成技術移転のプログラムとその実施期間は以下のとおりである。

- 作業環境の準備（ソフトウェアの設定他） : 2016 年 10 月 19 日～2016 年 10 月 21 日
- 空中三角測量 : 2016 年 10 月 24 日～2016 年 11 月 8 日

- DEM・オルソ画像作成 : 2016年10月9日～2016年10月17日
- フォローアップ・取りまとめ : 2016年11月18日～2016年11月25日

3.5.2 カウンターパート

空中三角測量およびDEM・デジタルオルソフォト作成技術移転のカウンターパートを表 3-6 に示す。

表 3-6 技術移転に参加したカウンターパート

番号	氏名	所属	備考
1.	Mr. ENIAS CHINJEKURE	写真測量課	地図部写真測量課課長 アナログ写真測量の経験がある
2.	Mr. MUDZANA LENARD	写真測量課	地籍測量を中心とした測量の専門教育は受けているが写真測量の経験はない。
3.	Mr. ALEXANDER MACHEKA	写真測量課	上に同じ
4.	Mr. NOMORE ARIKOKO	写真測量課	上に同じ（講義のみに参加）

（出典：JICA 調査団）

3.5.3 ベースライン調査（空中三角測量の基礎知識に関する理解度の把握）

全体を通じて参加した3名に対して、質問表によるベースライン調査を実施した。
5点法（1が理解度が低い、5が理解度が高い）による評価と実施結果を、表 3-7 に示す。

表 3-7 ベースライン調査結果

質問事項	カウンターパート回答		
	1	2	3
1. あなたは、デジタル地形図作成作業の工程を知っていますか？	4	1	3
2. あなたは、空中三角測量作業の工程を知っていますか？	3	1	2
3. あなたは、ライカ写真測量図化機（LPS）が、ステレオ立体観測機能を持つことを知っていますか？	3	1	4
4. あなたは、ステレオ立体視が、地形計測や判読に効果的であることを知っていますか？	4	1	4
5. あなたは、LPS*の初期設定方法について知っていますか？	4	1	2
6. あなたは、POS/IMU**成果を用いて空中三角測量を行う場合、最低必要な地上基準点の数量を知っていますか？	3	2	2
7. あなたは、地上基準点とタイポイント（接続点）の計測の原理について知っていますか？	4	2	2

8. あなたは、CAP-A (ORIMA)使ったバンドルブロック調整計算の工程について知っていますか？	3	1	1
9. あなたは、空中三角測量の精度および品質管理手法について知っていますか？	3	2	3
最小値	3	1	1
最大値	3	2	4
平均値	3.44	1.33	2.56

* LPS (Leica Photogrammetry Suite) は、ERDAS “Imagine Photogrammetry” の旧名称である。

** POS/IMU は GPS (GNSS) /IMU の同義である。

(出典：JICA 調査団)

質問表の内容は、写真測量と空中三角測量の基本知識、使用するソフトウェアの機能に対する理解度を問うものとした。その結果、3名のカウンターパート回答の平均値の最大値は3.44、平均値の最小値は1.33、全体の平均値は2.44で、全体的には知識、経験が少ないことを示した。また、写真測量経験がある技術者と経験がない技術者の間で理解度に2.11ポイントの差があることを示した。

3.5.4 トレーニング内容

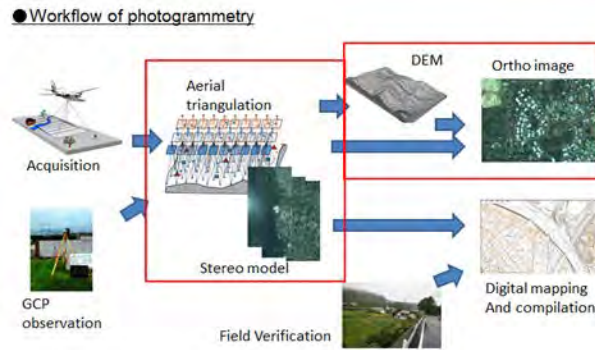
空中三角測量の技術移転として次の4つの項目のトレーニングを実施した。

- 写真測量の概要講義
- 空中三角測量の概要講義
- ソフトウェアを使った空中三角測量の実習
- 精度管理実習

3.5.5 写真測量の概要

空中三角測量は、写真測量をその基本原理とする技術であり、空中三角測量を理解するためには、写真測量についての理解が欠かせない。また、空中三角測量は、その後工程でデジタル地形図、デジタルオルソフォトの作成に利用する空中写真（航空写真）の撮影時の航空カメラの位置と傾きを写真測量により求めるものである。

この結果がデジタル地形図、デジタルオルソフォトの位置精度を大きく左右する重要な工程である。空中三角測量の講義の前に、写真測量の原理と写真測量手法による地形図作成の流れ、デジタル地形図、デジタルオルソフォト作成のワークフローでの空中三角測量の役割について講義形式で説明した。



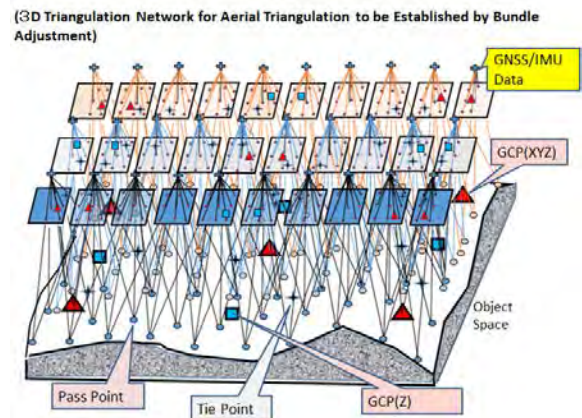
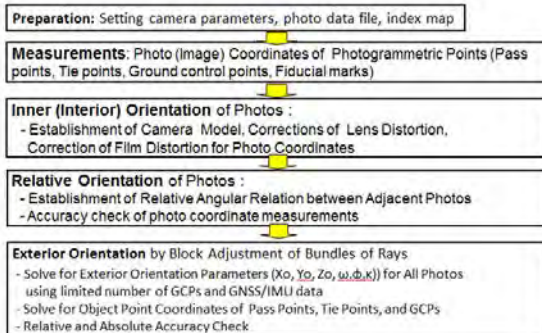
（出典：JICA 調査団）

図 3-2 写真測量による地形図、DEM、オルソフォト作成のワークフロー概念図

3.5.6 空中三角測量の概要

空中三角測量の概要では、次に実施するソフトウェアを使った実技をより理解するため、空中三角測量の目的、原理、実施手順（準備、タイポイント、地上標定点の計測、内部標定、相互標定、バンドル法によるブロック同時調整による外部標定）について説明した。

● Procedures of Aerial Triangulation



（出典：JICA 調査団）

図 3-3 空中三角測量のフロー(左)とバンドル調整計算の概念図(右)

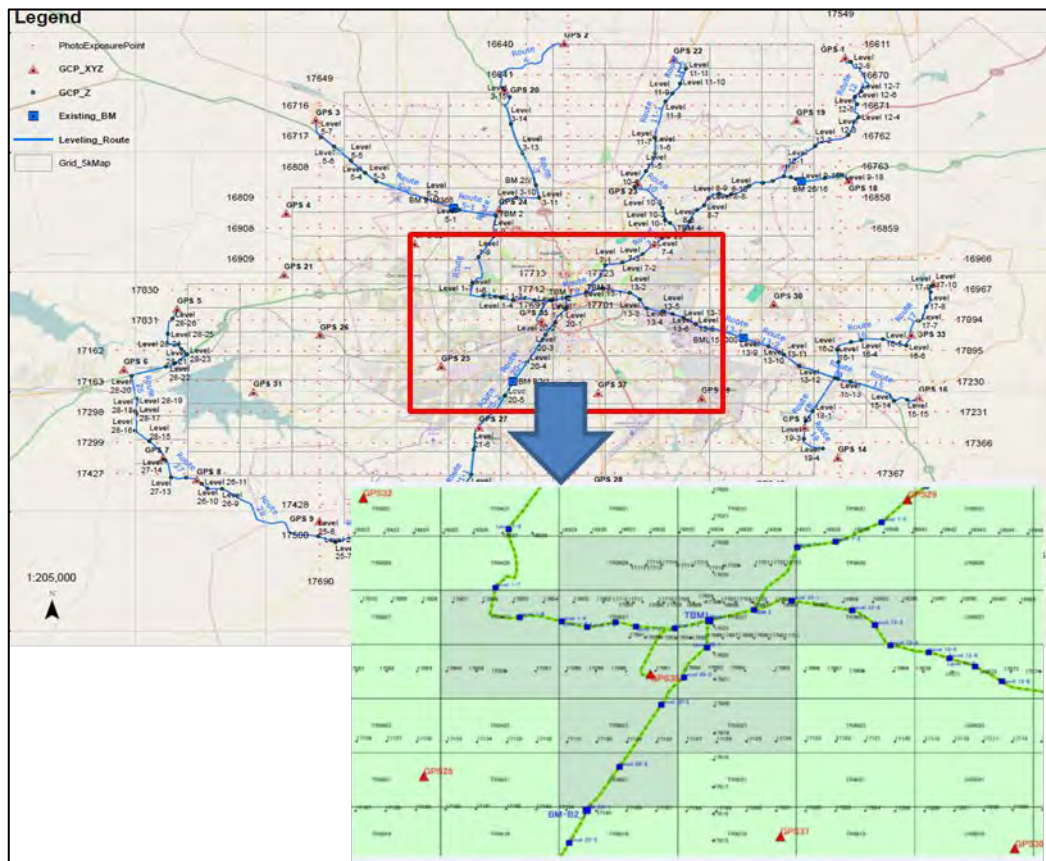
3.5.7 空中三角測量の実習

本プロジェクトで導入した写真測量用ソフトウェア Hexagon 社の ERDAS IMAGINE, IMAGINE Photogrammetry と ORIMA および CAP-A を使って、空中三角測量の実習を行った。

- 1) ソフトウェアの初期設定方法
- 2) プロジェクト定義ファイルの作成方法
- 3) カメラの検定値ファイルの設定
- 4) 撮影時に GPS/IMU により記録された初期の外部標定要素の取り込み

- 5) ピラミッド画像ファイル(表示高速化のための縮小画像)の作成
- 6) 内部標定の実施
- 7) ORIMA を使ったタイポイント観測、再観測方法
- 8) ORIMA を使った基準点・水準点の観測と再観測方法
- 9) CAP-A を使ったバンドルブロック同時調整
- 10) 調整結果の評価

実習エリアは、図 3- 4 で示すプロジェクトエリア内の赤枠内の範囲とした。このエリアは、縮尺 1:5,000 デジタル地形図の整備範囲を包含しており、実習に必要な且つ十分な航空写真と標定点測量のデータ（航空写真：117 フレーム、平面と高さの標定点：6 点、高さの標定点：27 点）が利用可能である。



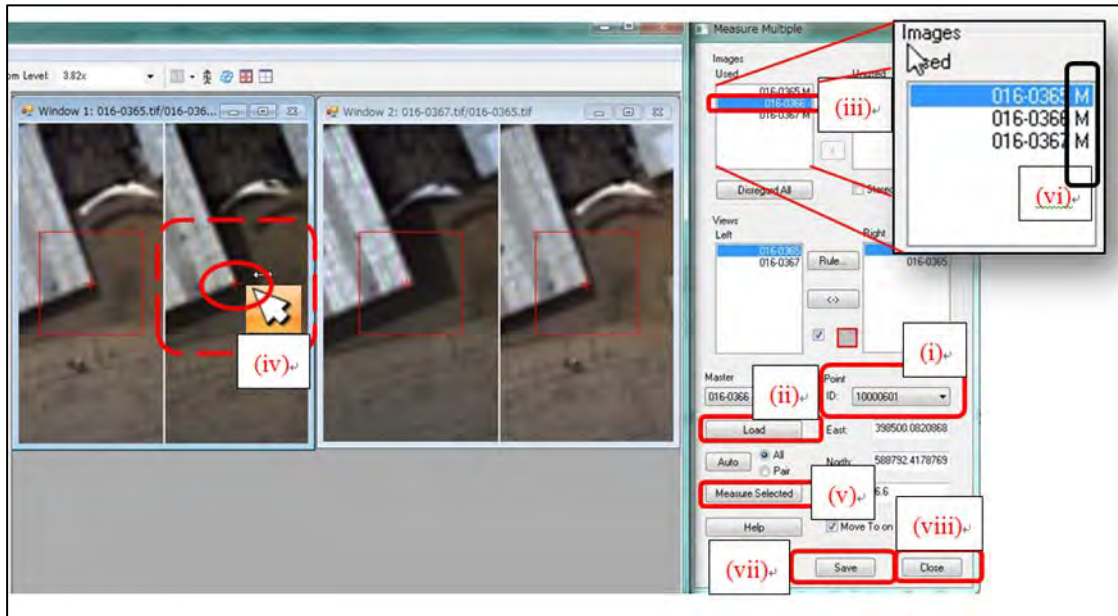
(出典：JICA 調査団)

図 3-4 空中三角測量の実習エリア

図 3- 5 は、空中三角測量の中の一工程であるタイポイントの観測作業の様子を示したソフトウェアの操作画面のキャプチャ画像である。これは操作マニュアル内の図である。

タイポイント観測とは隣接するステレオモデル同士を接続させる点を設置する目的で、隣接する写真同士の一部が重複するように撮影された複数の写真間で、同一の場所を見つけ出し、その写真座標を計測する作業である。(図 3-5 は 4 枚の写真間で同一の場所（建物の角）の写真座標

を計測している様子を示している。）



（出典：JICA 調査団）

図 3-5 空中三角測量でのタイポイントの観測作業

3.5.8 精度管理実習

空中三角測量の精度管理実習は、空中三角測量実習の結果を品質管理シートに取りまとめることによって実施された。品質管理の手法と基準については日本の例が用いられた。この作業を通じて、実習参加者全員の空中三角測量実習結果が所定の精度に収まっていることが確認された。カウンターパートが空中三角測量の知識、観測のスキルや計算結果に対する判断のスキル、精度に対する意識（1点1点を精度良く観測する等）を身につけ、ひとつひとつのプロセスをきちんと実行できたことによる結果だと評価された。

また、アナログ写真測量の経験がある Mr.Chinjekure は、偏ったエラーがなく非常に良い結果を出した。測量全般に言えることであるが、空中三角測量でも観測技術のトレーニングを継続的に積み経験と観測のスキルを上げることが、観測値の過誤やバラツキを減らし、高い品質結果を得ることにつながる。今回トレーニングに参加した3名のカウンターパートから今後指導を受け、空中三角測量の技術を身につけることとなる上記3名以外のDSG職員も含めて、観測技術のトレーニングを積み、観測精度向上のための努力を継続していくこと期待される。

3.5.9 実習内容の理解度の確認と復習

実習内容の理解度を確認するために、別の実習エリアを対象として改めて空中三角測量を実施した。実施にあたって発生した疑問点は、各自で作業マニュアルを参照し自力で疑問の解決をはかるよう促した。これにより、各自が自分の弱点を明確に把握できた。また自身で疑問の解決に

至った過程を作業マニュアルに追記することにより、各自自身の作業マニュアルが完成された。

3.5.10 トレーニング終了後の理解度調査

トレーニング内容の理解度を測る目的で質問票による調査が、ベースライン調査と同様に、5点法（1が理解度が低い、5が理解度が高い）によって実施された。表 3-8 は理解度調査の結果を示している。

表 3-8 トレーニング終了後の理解度調査結果

質 問 事 項	カウンターパート回答		
	1	2	3
1. あなたは、デジタル地形図作成作業の工程を知っていますか？	5	4	3
2. あなたは、空中三角測量作業の工程を知っていますか？	5	3	3
3. あなたは、LPS*が、ステレオ立体機能を持つことを知っていますか？	5	5	4
4. あなたは、ステレオ立体視が、地形計測や判読に効果的であることを知っていますか？	5	5	4
5. あなたは、LPS の初期設定方法について知っていますか？	5	4	4
6. あなたは、POS/IMU 成果を用いて空中三角測量を行う場合、最低必要な地上基準点の数量を知っていますか？	5	3	3
7. あなたは、地上基準点とタイポイント（接続点）の計測の原理について知っていますか？	5	5	4
8. あなたは、CAP-A (ORIMA)によるバンドルブロック調整計算の工程について知っていますか？	4	4	4
9. あなたは、空中三角測量の精度および品質管理手法について知っていますか？	4	4	4
最小値	4	3	3
最大値	5	5	4
平均値	4.78	4.11	3.78

* LPS (Leica Photogrammetry Suite) は、ERDAS “Imagine Photogrammetry” の旧名称である。

(出典：JICA 調査団)

トレーニング前の平均は 2.44 ポイントで、全体的に知識・経験とも少なく、各人の理解度に大きな差が見られた。しかし、トレーニング後の平均は 4.22 ポイントとなり、全体としては各人の知識・経験に向上があったと評価した。

今後 DSG が地形図作成を行っていく際の基礎技術の導入というトレーニングの目標は到達で

きたものと評価した。

3.6 現地調査・現地補測の技術移転

フローチャートの項目【B-6】

3.6.1 現地調査・現地補測の技術移転

現地調査・現地補測の技術移転として、デジタル地形図、デジタルオルソフォトに表示される地名と道路名に関する注記情報の収集と整理を 2015 年 11 月から 12 月にかけて実施した。この実務を、DSG が行うことを通じて、OJT 形式のトレーニングとして実施した。主な技術移転項目は以下のとおりである。

- 地形図の仕様と規格の内容理解（一般図である地形図と主題図では、地物の属性情報の収集範囲が異なること、および地形図に表示する注記情報の収集が主目的であることに対する理解の徹底とそれに対する作業計画の立案
- 地名と道路名に関する注記情報の収集のための資料の入手と整理
- 地名と道路名に関する結果の取りまとめと GIS ソフトウェアを利用した地名と道路名の注記情報データの入力と編集方法
- 関連する工程・精度・品質管理手法

地名と道路名に関する注記情報の収集と整理は、実際の資料の入手と整理、GIS ソフトを使ったデータ入力と編集作業が、DSG の若手職員を中心にベテラン職員による指揮のもと実施された。現地調査の技術移転に参加した職員は表 3-9 のとおりである。

表 3-9 現地調査の OJT に従事したカウンターパート

	氏名	所属	職位
1	Mr. Enias Chinjekure (Project manager)	Photogrammetric section	Chief of Photogrammetric Section
2	Mr. Tangai Munyongani	Photogrammetric Section	Land surveyor
3	Mr. Nomore Arikoko	Photogrammetric Section	Land surveyor
4	Mr. Reward A. Munyeki	Photogrammetric Section	Land surveyor
5	Mr. Kudakwashe Gwelo	Photogrammetric section	Land surveyor (Technician)
6	Mr. Alexander Macheke	Photogrammetric section	Land surveyor (Technician)
7	Mrs. Pearmer Tanhara	Photogrammetric section	Land surveyor (Technician)
8	Mr. Lenard Mudzana	Photogrammetric	Land surveyor (Technician)

(出典：JICA 調査団)

技術移転を通じて、無償配布されている GIS ソフトウェアを使って注記データを作成する方法とその経験が DSG に導入された。インターネット上のサイトからのソフトウェアの入手の方法、インストールの方法、GIS データファイルの作成方法、入力と編集の方法についてトレーニングが実

施された。多くの DSG カウンターパートが、GIS ソフトウェアを使ったデータ作成を行うのは初めてであった。この GIS ソフトウェアを用いた注記データの作成作業は、2015 年 12 月末の調査団の本邦帰国後、2016 年 4 月まで継続して実施された。

この間、DSG から適時インターネット経由で送付されたデータの内容を確認し、必要なアドバイスや進捗の把握が実施された。この作業を通じてデジタル地形図とオルソフォトに表示する地名情報を DSG が整備した。

実作業として DSG が初めて導入された GIS ソフトウェアを使って、調査団不在時を含めて自力でデータ作成ができた実績から、この技術移転により、現地調査に関する DSG の目標の技術レベル（現地調査の実施と調査結果のデータをまとめることができるようになる）は到達したと評価した。

3.7 数値図化・編集・補測編集の技術移転

フローチャートの項目【B-7】

数値図化と数値編集・補測編集に関するトレーニングが 2016 年 8 月から 9 月の期間（第 1 期）と 2017 年 2 月から 3 月の期間（第 2 期）に実施された。トレーニングでは、講義、実習形式からなる複数のプログラムが実施された。

第 1 期では、重要プログラムとして、導入されたデジタル図化機を使ってデジタル地形図の初期データを空中写真から作成する工程である数値図化の実習を実施した。この実習を通じて DSG は初めての経験となるデジタル図化機を用いたデジタル図化を実施した。約 1 ヶ月の期間でチトウンギザ市中心部の 2km² のデジタル地形図の初期データを作成した。

第 1 期終了後、第 2 期開始までの期間では、DSG カウンターパートによる自力でのトレーニングとして、チトウンギザ市の一部を対象としてデジタル図化を DSG が継続実施した。数値編集と補測編集の技術移転は、第 2 期の実施までに DSG カウンターパートが取得した数値図化データを用いたトレーニングを実施した。

3.7.1 数値図化、数値編集・補測編集 技術移転プログラムの概要

数値図化・数値編集・補測編集の技術移転を講義と実習形式で実施した。主な内容を以下に示す。

- 数値編集（対象者は、DSG 若手技術者および地形図作成の未経験者）
 - 地形図作成のワークフローと地形図作成の基礎知識
 - 地形図について（地形図とは何か）
 - 地形について（地形図作成に必要な地形の基礎知識）

■ デジタル図化機を使用した数値図化の実習

このトレーニングは、従来のアナログの写真と機械式の図化機を扱うアナログ写真測量から数値図化ソフトウェアと電子データ（デジタル航空写真とデジタル地形図データ）を扱うデジタル写真測量への移行を支援する集中実習として、DSG 地図部写真測量課の2名のアナログ写真測量経験者を対象者として計画し、2名のアナログ写真測量経験者と1名のアナログ写真測量未経験者、計3名を対象にトレーニングを実施した。

- 技術移転用に導入された写真測量ワークステーション（数値図化機）の操作方法について
- 数値図化（データ取得）の実技トレーニング
- データ取得（数値図化）のデータ取得基準と分類コード策定の実習。これには数値図化作業中でしばしば行われる必要に応じた取得基準と分類コードの追加と修正を含む
- 数値図化機の設定方法
- 取得した数値図化データの工程内検査方法
- 数値図化機を使用したデータ編集とデータ修正

上記の複数のトレーニングプログラムの平行実施に対応するため、「数値図化、数値編集／補測編集/記号化1」と「数値編集2、補測編集/記号化2」の2名による指導体制とした。

3.7.2 地図編集と地形図作成の基礎知識の講義

DSG の Mapping Section の職員に対して地図編集の講義を行った。

(1) 対象者

地図編集の基礎の講義に参加した DSG のカウンターパートは以下のとおりである。

	氏名
1	Mr. Alex Macheka
2	Mr. Pearmer Tanhara
3	Mr. Kuda Gwelo
4	Mr. Leonard Mudzana
5	Ms. Angela Muzondo
6	Mr. Farai Mudara
7	Ms. Esnath Makanganya
8	Mr. Ostern Magunise

(2) 日程

地図編集の基礎の講義の日程は下記のとおりである。

実施日

1	2016年9月	2日
2	2016年9月	5日
3	2016年9月	7日
4	2016年9月	9日
5	2016年9月	21日
6	2016年9月	23日

(3) 講義内容

地図編集の基礎の講義内容は以下のとおりである。

i) 地図編集概要

- 中縮尺と大縮尺地形図の違い
- 地物データタイプ
- 地物の転位表示
- 地物の表示の省略
- 地物の間断表示
- 地物のパターンニングと塗りつぶし表示
- 地物表示の簡略化
- 地物の描画規則
- 地物の回転表示
- 等高線と標高単点
- その他

ii) 地形学の紹介

- 参考となる教科書

3.7.3 デジタル図化機を使ったデジタル図化の実習プログラム

プロジェクトで導入されたデジタル図化機を使用したデジタル図化の実地指導を行った。対象者は、アナログ写真測量の経験を有する DSG 地図部写真測量課の 2 名の職員と写真測量は初心者の 1 名の職員、合計 3 名である。

(1) 目的

アナログ写真測量の経験者 2 名が、プロジェクトで導入されたデジタル図化機を使えるようにすることを目的とするプログラムとして計画した。

(2) 実施期間、プログラム内容とスケジュール

2016 年 8 月から 9 月にかけて実施した。

デジタル図化の実習のプログラム概要と概要スケジュールを表 3-10 に示す。

表 3-10 全体のスケジュール表

実施内容（技術移転内容）	AUG. 1 5 10 15	AUG 20 25 30	SEP. 1 5 10 15	SEP. 20 25 31
システム組立と動作確認・検収	■			
ベースライン調査	■			
デジタル図化の準備作業の 実習	■			
デジタル図化のデータ取得方法の説明と データ取得の練習（図化の練習）		■		
デジタル図化のデータ取得（図化）の 実習			■	■
品質管理と技術移転達成度の評価				■

（出典：JICA 調査団）

(3)使用機材

本プログラムでは、プロジェクトで導入されたデジタル写真測量ワークステーション（DPW）を使用した。DPW はデジタル図化機の機能も備えており、今回のデジタル図化のトレーニングではデジタル図化機として使用した。

今回使用する DPW は、現在主流のパーソナル・コンピュータベースであり、OS として Microsoft Windows を採用するシステムである。写真測量で必要となる立体視観測用のハードウェアを備え、大容量のデジタル航空写真画像ファイルを扱えるハイスペックのコンピュータであり、以下のパーツで構成される。

- ハードウェア：ハイスペックの PC 本体、ハイスペックのグラフィックボード、3D モニタ、3D メガネ、3D 観測用のマウス
- ソフトウェア：デジタル写真測量ソフトウェア（空中三角測量、数値図化、DEM 作成、オルソ作成、数値編集の各機能対応）、地形図データを描画する CAD ソフトウェア

(4)デジタル図化の基本動作

デジタル写真測量ワークステーション（DPW）をデジタル図化機として用いる場合に利用する際の主要な機能は以下のとおりである。

- 航空写真のステレオペアと測標を 3D 表示する機能
- データ取得とデータ記録機能（CAD または GIS の図形データとして記録）



(出典：JICA 調査団) 写真 3-5 デジタル図化機とデジタル図化の作業風景

写真 3-5 としてデジタル図化機とデジタル図化の作業風景の写真を示す。

操作者（写真左背中的人物）がかけているメガネ状のものは、液晶シャッターが付いた 3D メガネである。操作者には、3D メガネと 3D モニタ(左側のモニタ画面)によりステレオペア航空写真の左側の画像が左目に右側の画像が右目に入ることにより 3 次元の立体モデル像として見えている。

操作者は、左側モニタ画面に表示されている立体モデル像上の対象物の形状(位置)を図形(座標)として測定・記録しながら地図化していく。地図化した結果は、左側画面のステレオモデルの上にオーバーレイ表示される。また右側モニタの CAD にも地図化した内容が表示されている。図 3-6 は、デジタル図化機の表示機能をつかって、ステレオモデルを構成する 2 枚の写真を裸眼実体視ができるように並べて表示している画面のキャプチャ画像である。



(出典：JICA 調査団) (デジタル図化機の画面のキャプチャ画像：[この画像は肉眼立体視すると立体的に見える])

図 3-6 ステレオペアの航空写真とデジタル図化機の測標(中央の十字線)

デジタル図化の基本動作は以下のとおりである。

- 航空写真ステレオペアの 3D モデルを立体視しながら、3D マウスを使って 3D モデル画面上の測標（図 3-6 に表示されている中央の赤い十字の印）の平面位置を測定箇所に移動させる。
- 3D マウスの円盤を回転させ、測標の高さを測定対象物の高さに一致される。
- 測標を平面位置、高さともに測定対象物の上に置いたら、3D マウスのボタンをクリックする。その位置が CAD ソフト上に 3 次元空間上の座標値をもった図形データとして記録される。
- CAD ソフトには、予め定められた測定対象物ごとのデジタルマッピングの地物コードを登録し、地物コードに対応する CAD のレイヤ名、点・線・面・テキストの区別、所定の地図記号、地図を構成する図形のシンボル属性（色・線種・線幅）の区別の組み合わせで情報を主題で分類し記録する。この操作を繰り返すことにより地図化を行っていく。

(5)カウンターパート

デジタル図化の実習プログラムの 3 名の参加者を表 3-11 に示す。

3 人とも所属は地図部写真測量課である。

表 3-11 技術移転に参加したカウンターパート

氏名	写真測量経験年数（年）	年齢（歳）	備考
Mr.Enias Chinjekure	28	55	写真測量課課長
Mr.John Taruvinga	12	43	
Mr.Reward Munyeki	1	27	

経験年数が 10 年以上のカウンターパートは、解析図化機（デジタル図化機ではない旧式の図化機の 1 種）を扱うことができる。DSG 写真測量課では、2015 年から上記 2 名の写真測量経験のあるカウンターパートが DSG に 1 台のみ残っている稼働できる解析図化機を使用して、他の写真測量未経験の職員を対象に 3 次元観測のトレーニングを実施していた。経験年数 1 年のカウンターパートもこのトレーニングを受けており写真測量が全くの初めてという状態ではなかった。デジタル図化機の使用については、3 人とも初めての経験であった。

(6) ベースライン調査（数値図化の基礎知識・基本スキルに関する理解度・熟練度の把握）

ヒアリングと実技テストによるベースライン調査を実施した。調査の方法は以下の形式で実施した。

a.ヒアリングによる調査とその結果

ヒアリング調査の方法は以下のとおりである。

カウンターパートのデジタル図化、写真測量、地形図作成、品質管理・精度管理に関する理解度を測る質問内容とした。日本人専門家がカウンターパート3人からヒアリングと質問票調査を行った。

カウンターパートが0から5の6段階の自己評価で日本人専門家からの質問内容に対して、自身の知識・技能のレベルを回答した。この内容を点数化することにより指標化した。

回答内容から2人のアナログ写真測量経験者については、プロジェクトで導入したデジタル図化機についての予備知識を問う質問に対して0点となったが、これ以外の写真測量による地形図作成に関する基礎知識の有無等を問う質問等では概ね3点以上であった。当初からの見込みどおり、図化、写真測量に関する専門知識を既に持っているとして評価した。

写真測量経験がほとんどない、1名の職員については、写真測量による地形図作成の基礎知識の有無を問う質問での得点が他の2名の経験者より低得点であった。しかしながら、ステレオペアの空中写真を使った立体視の知識の有無と立体視をしながら地物の判読の可否、立体視を伴う地物の3次元観測での判読のスキル評価の3つの質問に対して、自己評価ではあるが4点となった。これは、前項5)に説明が記載されているDSG写真測量課内で行われてきた、解析図化機をつかったトレーニングの成果であったと評価した。

b.実技テストによる調査とその結果

デジタル図化および写真測量の基礎スキルとなるステレオ実体視による標高測定の実技テストを行った。日本人専門家が用意したテストエリアについて、日本人専門家が測定した標高点の値を最確値として、技術トレーニング参加者がデジタル図化機で同じ標高点の高さを計測した値を比較し、測定値の間の較差について評価した。また、複数回の計測の較差の標準偏差値で測定バラツキを評価した。さらに計測する際の所要時間について評価した。

また、標定点の高さのステレオ視の器具を使わない裸眼（肉眼）実体視とデジタル図化機のステレオ視機能を使った実体視による標高測定の間についてテストを実施した。

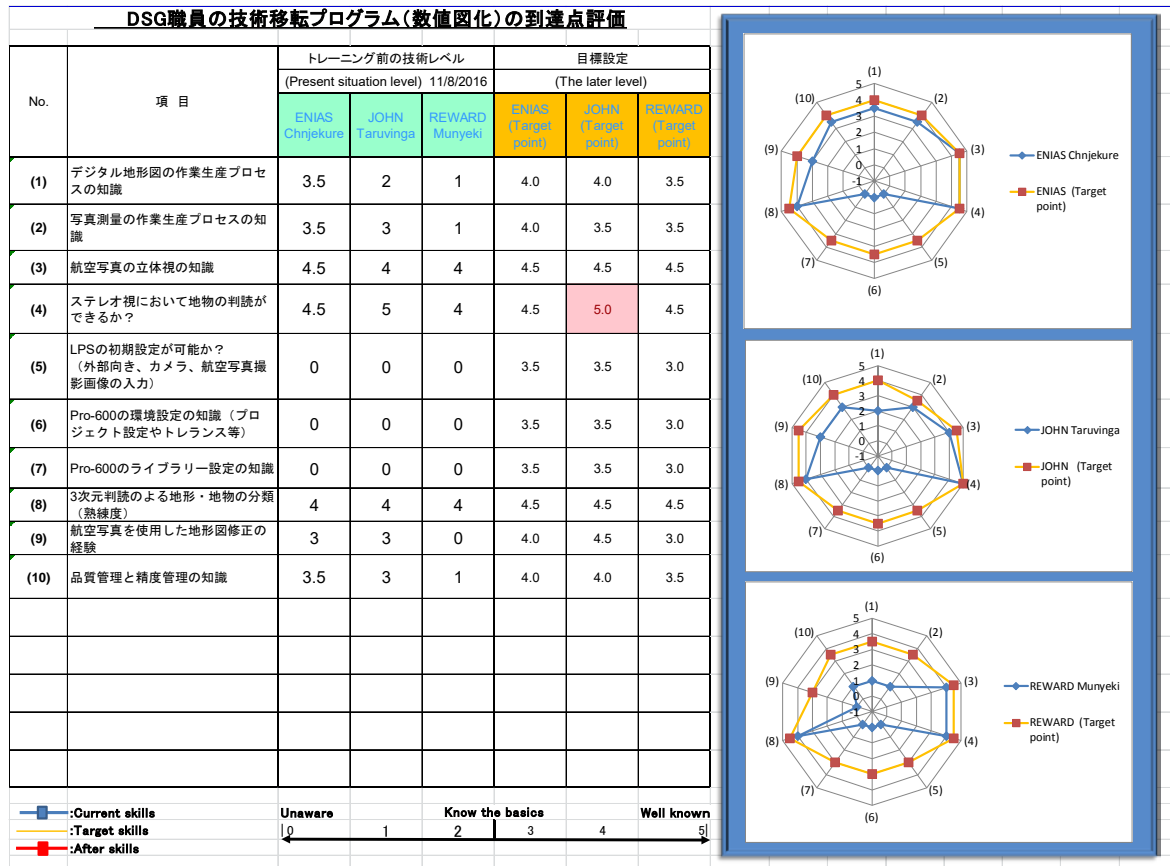
標高測定テスト結果から経験者2人は、最初から地上解像度20cmの空中写真ステレオモデルから計測可能な高さ精度の（ここでは0.6mとする）内に入っていた。写真測量初心者である1名は、当初は制限値付近であったが、さらにこの後トレーニングが進むにつれ、他の2人の経験者に近い測定精度をもって標高測定できるようになったことが確認できた。

(7)目標設定

ベースライン調査の結果から経験者2名については当初からの認識通り、デジタル図化の基礎がある程度備わっていると評価された。従って、当初の計画通り、導入されたデジタル図化機を使えるようにする移行支援をこのトレーニングのメインテーマとした。

ベースライン調査結果に基づき、3名の実技トレーニングの到達目標を数値目標として設定した。

表 3-12 ベースラインと目標設定



(出典：JICA 調査団)

(8) 実習エリア

技術移転の実習エリアは、図 3.7 に示すプロジェクトエリアの南端部分、ハラレ市南方にあるチトゥンギザ市の中央部、図面番号 TR9207 面積：8.0km² の 1/4 範囲のエリア面積：2.0km² を選定した。

ここは、縮尺 1:5,000 デジタル地形図が本プロジェクトで整備されていない範囲であり、チトゥンギザ市の中心部、低層の建物が密集する地域である。今後 DSG が整備する予定のチトゥンギザ市のデジタル地形図のサンプルを作成するという目的もかねてこの実習エリアが設定された。



この図の左側に示すプロジェクト全体範囲の中央部の塗部分はハラレ市中心部
本プロジェクトでデジタル地形図が整備された範囲である。（面積 96km²、12 面）

（出典：JICA 調査団）

図 3-7 実習の範囲（赤枠）東西 1km×南北 2km

(9) デジタル図化実習の実施

デジタル図化のデータ取得（図化）の実習は、表 3-13 に示す内容と日程で 2016 年 8 月 19 日から 9 月 23 日にかけて実施された。この間の実稼働日数は、約 26 日であった。約 26 日間のデータ取得実習の結果として面積 2km² の図化が実施された。トレーニングの様子を 写真 3-6～写真 3-9 に示す。

表 3-13 数値図化実習の内容と日程

種別	トレーニング内容	日付
準備	数値図化の技術移転の準備作業	8/10
デジタル図化の準備作業の実習	数値図化システムの基本設定とベースライン調査	8/11
	数値図化作業で使用する地図記号と特殊線の定義と設定の説明	8/11
	地図記号と特殊線の講義、地図記号の作成と登録方法の実技	8/12
	数値図化のデータ種別と取得順番の説明・実技	8/15
	ライブラリ設定ファイル、3D マウスの説明・実技	8/16
	プロジェクトファイル作成および初期パラメータの設定・実技	8/17
	数値図化データのカタログファイルの作成・実技	8/18
デジタル図化のデータ取得方法の説明とデータ取得の実技練習（図化の練習）	取得されるデータの地物と取得順番の説明	8/19
	データ取得の説明（道路関連） 模擬練習	8/22
	データ取得の説明（線路関連） 模擬練習	8/23
	データ取得の説明（河川関連） 模擬練習	8/24
	データ取得の説明（家屋類、塀関連） 模擬練習	8/25
	データ取得の説明（斜面、被覆、土がけ、岩崖） 模擬練習	8/26
デジタル図化のデータ取得実習	数値図化データ取得の説明（標高点・等高線） 模擬練習	8/29
	図化実習（道路類）	8/30-9/1
	図化実習（道路類、河川関連）	9/2
	図化実習（道路類、家屋類）	9/5
	図化実習（家屋類）	9/6-9

	図化実習（家屋類、塀類）	9/12
	図化実習（塀類）	9/13-14
	図化実習（塀類、植生界）	9/15
	図化実習（植生界）	9/16
	図化実習（植生界、植生記号、その他の記号類）	9/19
	図化実習（標高点と等高線）	9/20-23
品質評価と まとめ	品質評価	9/26-28
	品質評価、達成度評価	9/29

（出典：JICA 調査団）



（出典：JICA 調査団）

写真 3-6 数値図化の作業工程の講義



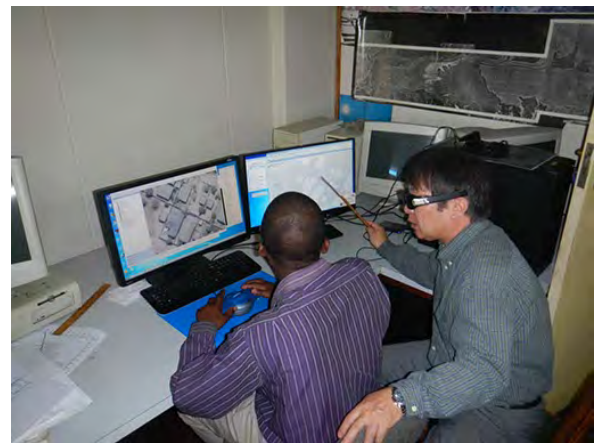
（出典：JICA 調査団）

写真 3-7 地物コード策定の実習



（出典：JICA 調査団）

写真 3-8 地物コード策定の実習



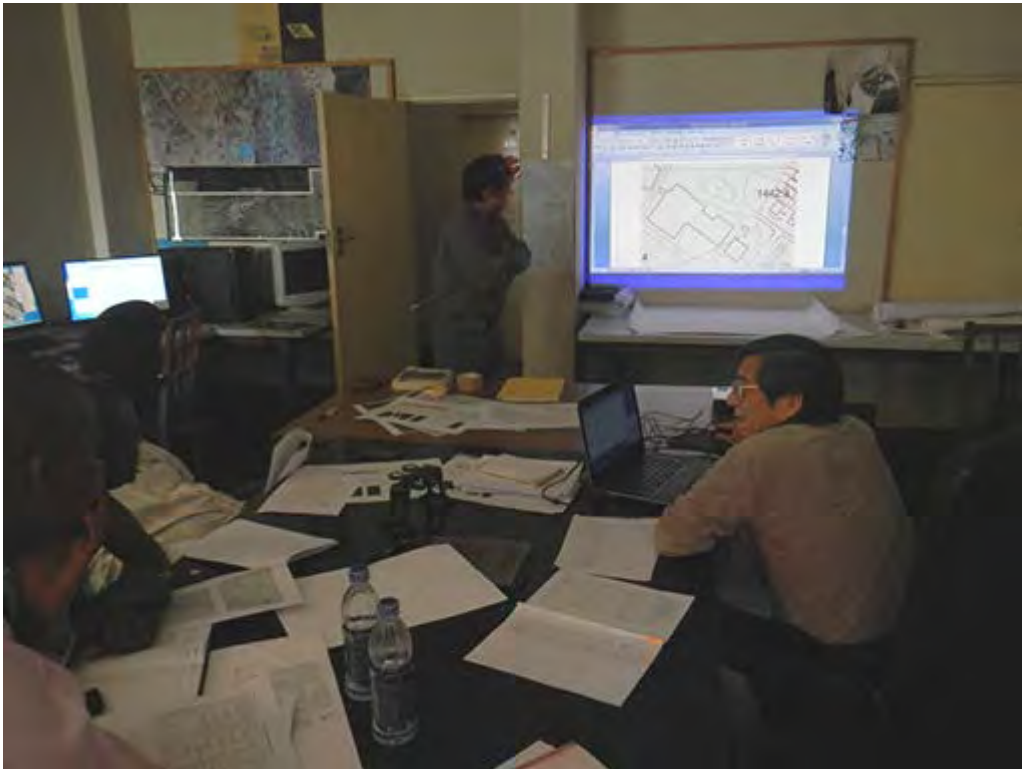
（出典：JICA 調査団）

写真 3-9 3次元図化のトレーニング

(10) デジタル図化データのエラーの指摘

今回 DSG にとって初めての経験となったデジタル図化であるが、まだ始めたばかりであり、その中には多くのエラーがある状況であった。3人のカウンターパートが図化したデータについて調査団が点検を実施し、どのような取得の方法がエラーとなるのか、エラーとならないデータを取る

ためにはどうすればいいか、図化の際に何を誤ったのか等についてエラーの例を示し、カウンターパートと議論した。（写真 3-10）



（出典：JICA 調査団）

写真 3-10 調査団と3人のカウンターパートが図化でのエラーについて議論している様子

主なエラー例として、次のような項目が、計測データの中に散見された。

- 単純な地物の描画漏れ
- 同一地物の重複図化（家屋など）
- 本来つながっている家屋と家屋の間の塀が繋がっていない、もしくは本来つながっていない家屋と塀が繋がっている。
- 樹木を示す点は根元に置くべきであるが、樹冠の中心に置いてしまい道路の中央に樹木があることになっている。
- 異なるカウンターパートが担当した範囲の接合部分で、データの欠落や重複がある。
- 取得コードの間違い（コードの入力誤り、分類の誤り）
- 本来交差しないはずの等高線と水路が交差している。

これらについて、1つひとつ本来どのように取得すべきか、取得基準の解釈、また取得基準そのものに見直すべき点がないかどうか等について、カウンターパートと議論を行い、より深い理解の向上を促した。

(11) 品質管理の技術指導

品質管理の技術指導として、トレーニングでカウンターパートが図化したデータの品質について、各自により品質を確認し、表 3- 14 に示している精度管理表としてまとめた。

表 3- 14 精度管理表

Sample quality control sheet			Digital plotting data Quality control sheets						Checked Date : _____			
Project Name		Sheet Name/No.	Mapping Scale		Volume		Executive Organization			Chief Engineer		Checked by
TRAINING		TR9207	1:5000		0.66 Km ²		John TARUWINGA					
Item	Missing	Error	Item	Missing	Error	Item	Missing	Error	Item	Missing	Error	
Geodetic points			Railway institutions			Water features			Marginal information			
Classification			Over bridge			Classification of symbol items			Water name			
Value			Platform			Position of symbol items			Place ground name			
Contour Lines			Administrative Boundaries			Form of line items			Sheet Name/No.			
Form			Classification			Traffic			District name			
Value			Form			Classification			Neat & Grid Line			
Roads			Public facilities			Position			Coordinates Value, etc.			
Classification			Classification			Vegetation			Scale Bar/Map symbol			
Form			Position			Form of boundary			Sheet index			
Road institutions			Buildings			Classification of symbol			Sheet History			
Embankment			Classification			Natural features			Planning / Executing Org.			
Underpass			Form			Classification			Others			
Over bridge			Fences			Form			Connection between adjacent sheets			
Distance marker			Form			Flow direction						
Bridge			Building symbols			Annotation						
Foot bridge			Classification			Administration name						
Road divider			Position			Road name						
Railways			Accessory objects			Road institution name						
Classification			Classification of symbols			Railway name						
Form			Position of symbols			Railway station name						
			Form of lines			Building name						

(出典：JICA 調査団)

成果全体の検査を実施したところ、416箇所 の過不足や誤りが含まれていた。これらの結果は精度管理表に記録し、修正・追加図化および数値編集でデータ修正を行った。最終的に検査・修正されたデータのみが次工程の作業に引継がれるよう指導した。

(12) トレーニングの成果と評価概要

26日間に亘り実施したデジタル図化の実習の結果として、2016年9月末時点で、図 3.7-3 に示す面積 2km² のデジタル地形図の初期データが、プロジェクトで導入されたデジタル図化機を使って DSG カウンターパートにより作成された。以下は作成されたデジタル地形図の評価概要である。

- 建物のような単純な矩形の地物の図化に関しては、デジタルデータの平面・高さの位置精度は 1:5,000 地形図の要求精度を満たしており良好であった。一方、道路縁や植生界のように線状、面状に拡がりのある地物は、高さの精度が不十分で、また縮尺に応じて形状を単純化するべきところの判断が不足しているといった問題が散見された。この問題に対する対応策は、線状、面状の地物の地物を図化するにあたって、1点1点を取得する際に図化データとして描画される地物の形状の全体像を考えながら、要所を正確に選んで測定する練習を積むことである。

- 起伏のある地形での等高線の取得では、等高線の高さの精度が不十分な例があった。等高線描画のトレーニングでは、デジタル図化機のモニタ画面で表示されている範囲の外側（画面に表示されていない部分）の地盤標高の傾向についても、モニタの表示範囲を適切に切り替え、広範囲の状況を確認することにより、等高線の行方を自分で予測しながら取得する指導を行ったが、まだ十分それができていない。この問題に対する対応策として、上記これまでの指導内容が確実にできるように練習を積むことである。もしくは、別途講義を行った地形そのものに関する理解を深めることである。デジタル図化機の表示範囲(表示倍率)の切り替えの操作に習熟し、図化を行いながら必要な時に、必要な範囲の情報を瞬時に把握できるようにすることも重要である。
- 地形が平坦な地域では、3名それぞれの結果の比較で標高精度の相違（図化された等高線の形状が大きく異なる）の問題が散見された。この対応策としても、この直前の段落で述べた起伏のある地形での等高線図化の対応策の内容が有効である。また、地形が平坦な地域で等高線を図化する際には、予めステレオマッチング法により DEM を作成し、その DEM からプログラムで自動発生させた等高線を画面上に表示することで地盤標高の傾向を把握してから等高線を図化することが一般に行われる。この方法に必要なステレオマッチングによる DEM の生成手順とその DEM から等高線を自動発生する手順については、数値図化のトレーニングの後である 2016 年 11 月に実施された DEM の作成と編集のトレーニングで実習が行われている。これを等高線図化に活用できるようになることも課題の一つとして挙げられる。
- 建物や樹木・塀等で地盤が遮蔽され観測できない箇所では等高線の計測精度が低下する傾向がみられた。この問題に対する対応策は、遮蔽物により直接地盤標高を観測できない場所では、地盤標高と等高線の形状がどうなるのか、直接観測できない箇所の周囲の等高線と地表面の状況からその箇所の地形の推定される成因も考慮しながら、地形の起伏と等高線形状の法則性に基いて想定される等高線形状を図化する以外に方法はない。このためには、地形そのものに対する理解および地形と等高線形状の対応に関する法則性を理解すること、デジタル図化機に画面の操作に習熟することが課題である。
- 単純に 1 点の標高を正確に計測する作業である標高単点の測定精度は許容誤差内であり、高さの計測の基本動作は十分に理解できたものと評価した。

デジタル図化のトレーニングを始めたばかりであり技術のさらなる習熟が必要である。今回指摘した上記課題を念頭に、今後も継続的なレベルアップが望まれる。



範囲は、東西 1km×南北 2km=2km²

（出典：JICA 調査団）

図 3-8 実習トレーニングエリアの様子（オルソフォト画像）（左）
とカウンターパートによる数値図化成果（右）

(13) 技術移転トレーニングの評価

数値図化の講義およびトレーニングの終了後、ベースライン調査と同様にアンケート調査と実技テストによる調査により今回のデジタル図化実習の目標への到達度の評価を実施した。

表 3-15 はその評価内容を示した表である。表の以下は各項目に対する評価内容である。

果が出力されるということにつながる。何が悪いのかわからず途方にくれないためにも、基本理論の理解は必須である。従来の図化機の使用経験のあるものに対しては、デジタル図化機を使いながら写真測量の基本理論の理解を促す方策としては、デジタル図化機でのソフトウェア上の操作とそれに対応する理論の内容について、従来の機械式の図化機をはじめとする各種の写真測量機器で行っていた操作と操作に対する機械の物理的な動きの説明も交えながら説明する等の工夫が有効であると考えられる。

c.基本技術・技能の確認 [調査票 項目(3)]

ベースライン調査の結果から明白であったとおり、DSG カウンターパートの 2 名は、アナログ図化の経験があったことから、基本的なスキルである立体観測に関する知識・スキルには問題がなかった。技術移転ではデジタル図化機で立体視ができる仕組み、それに必要なハードウェア等デジタル図化で追加となる内容についてもレクチャした。その結果、指導内容は理解され、デジタル図化への移行支援の目標は達成できたものと判断できた。

d.デジタル図化とデジタル図化機への理解 [調査票 項目(4)-(7)]

ステレオ視での地形・地物の判読に関する知識理解、デジタル図化機のソフトウェアの機能や操作法の理解についての質問である。アナログ図化の経験があったことから地形・地物の判読に関する知識は特に問題なかった。トレーニングでもデジタル地形図のデータ構造の理解、数値図化システムの操作の理解には想定以上に時間を要した。最終的に質問票での点数は、平均 4.1 点となり、デジタル図化機への理解が進んだと理解した。経験者 2 名のデジタル図化への移行支援という目標は達成できた。

e.三次元計測技術の向上 [調査票 項目(8),(9)]

等高線データの取得については、今回は立体観測しながら直接マウスで図化する方法をトレーニングした。経験者 2 名がこれまで行っていた等高線データ作成は、格子点法であり、標高点の計測だけを行うのが主であった。そのため、等高線の直接描画については、経験がなかったが、実技トレーニングを反復することで等高線を直接描画できるようになった。

導入された DPW には、格子点法で計測した単点に対して等高線を描画させる機能がある。また、自動マッチングにより DEM を取得したうえで、DEM を編集し等高線を描くこともできる。今後はそちらの機能による等高線描画も実践されることが期待される。

加えて、三次元データ取得の精度について、後述する「**実技テストの結果**」から容易に理解できるように、トレーニング前よりトレーニング後の測定結果の方が素早く精度良く測定ができていた。その習熟度は、肉眼立体視の測定の標準偏差で 7~24cm、3D メガネ視の測定の標準偏差では 16~45cm の幅で精度が改善された。なお、トレーニングの結果は、平均して 1.5 点向上し、目標に到達した。

以上から、実習により測定精度が良くなり作業速度がアップしたことが確認できた。ただし、一般的な数値図化作業の生産レベルに到達するには、まだ満足できる作業速度でないため、本プロジェクト終了後も継続的に実務作業や実践研修を通じた数値図化作業を行い、現状の測定時間を精

度良い観測をしながら短縮していく修練が必要である。

f.品質管理の技術向上 [調査票 項目(10)]

トレーニング結果は、平均して 1.5 点技術レベルが上がり、品質管理に関する理解の向上が見られ、設定した目標値に到達できた。

g.作業効率性の向上 [実技テスト結果]

ベースライン調査時に実施した三次元計測の実技テストを実技トレーニング終了時にも再度実施した。表 3-16 と表 3-17 にトレーニング前後の実技テストでの観測精度を示す。トレーニング前後の観測精度ならびに時間の比較をしたものが図 3-9 である。ベースライン調査時は、経験者の 2 人は測定精度については問題ないが、デジタル図化機のマウス操作等に不慣れなため、実技トレーニングを積んで測定スピードに改善の余地があると評価されていた。

トレーニング実施後は、3D マウスの操作等にも慣れ、測定スピードの向上が見られた。

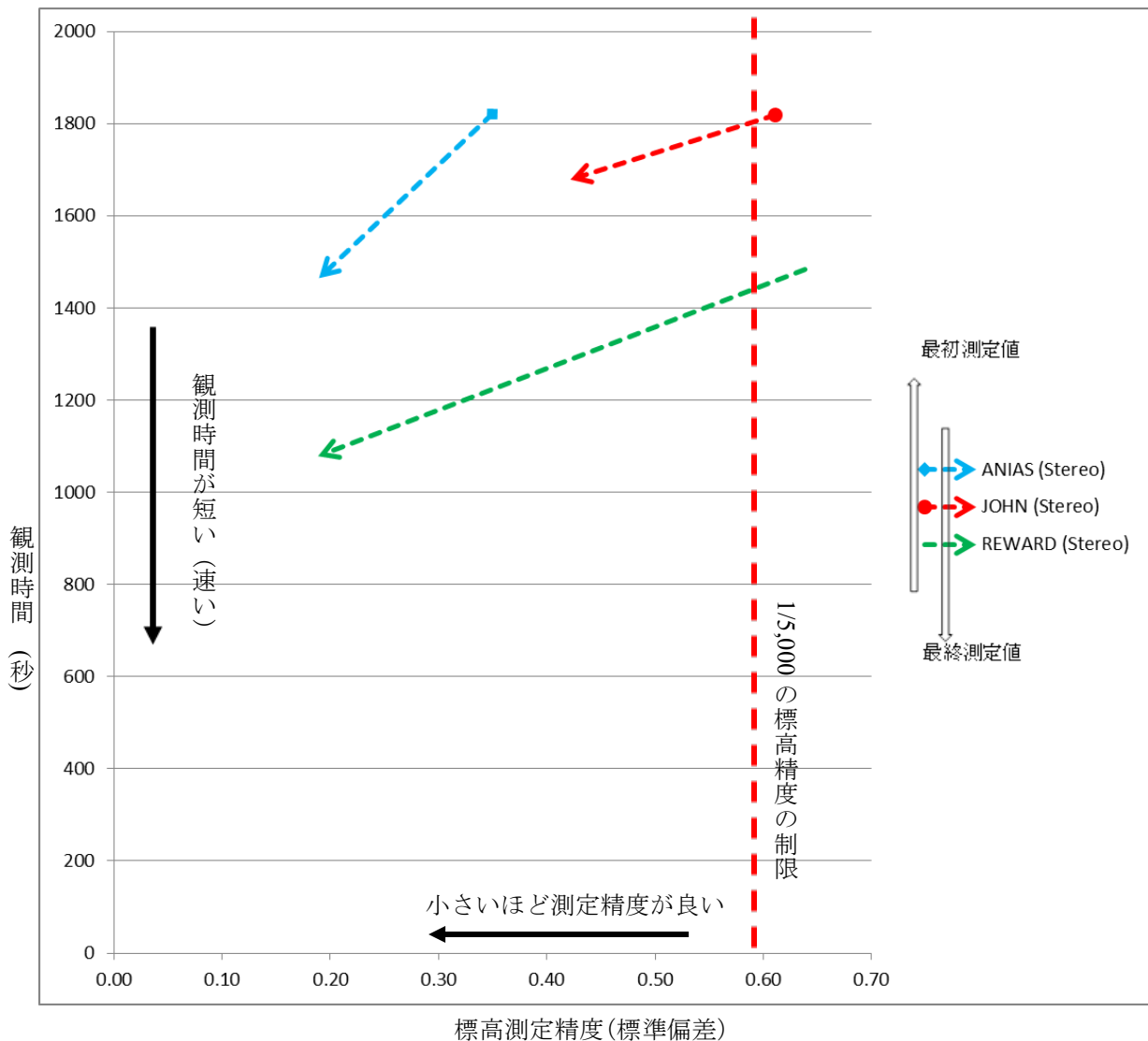
表 3-16 標高点測定の実技テストのトレーニング前後の結果比較

標高点測定				
名前	肉眼立体視の測定		3D メガネを使用した測定	
	トレーニング前の較差(m)	トレーニング後の較差(m)	トレーニング前の較差(m)	トレーニング後の較差(m)
Enias	0.41	0.34	0.35	0.19
John	0.61	0.42	0.23	0.13
Reward	0.58	0.35	0.64	0.19
* 数値は標高較差 (Dz) の標準偏差値 (SD)				

表 3-17 標高点測定の実技テストのトレーニング前後の結果比較

路線測定				
名前	肉眼立体視の測定		3D メガネを使用した測定	
	トレーニング前の較差(m)	トレーニング後の較差(m)	トレーニング前の較差(m)	トレーニング後の較差(m)
Enias	0.966	0.653	0.767	0.208
John	1.108	0.833	0.439	0.239
Reward	1.116	0.901	0.864	0.307
* 数値は 3 次元空間 (Dx,Dy,Dz) の標準偏差値 (SD)				

(出典：JICA 調査団)



(出典：JICA 調査団)

図 3-9 標高測定実技テスト結果の推移（ベースライン調査時と終了時評価時）

(14) 数値図化実習の継続実施とエラー分析結果のフィードバック

2016年9月末まで数値図化の実習の後、DSG カウンターパートは、調査団員が本邦へ帰国した後も引き続き数値図化の実習を継続した。トレーニングエリアは引き続きチトゥングザとして、9月末までのトレーニングエリアの隣接部分を対象に数値図化の実習を継続した。DSG は数値図化データを適時日本にいる調査団員へインターネットを使って送付し、調査団が日本でその内容を評価確認した。また、操作法の不明点、デジタル図化機不具合等についても DSG から質問等がありしだい調査団が対応した。

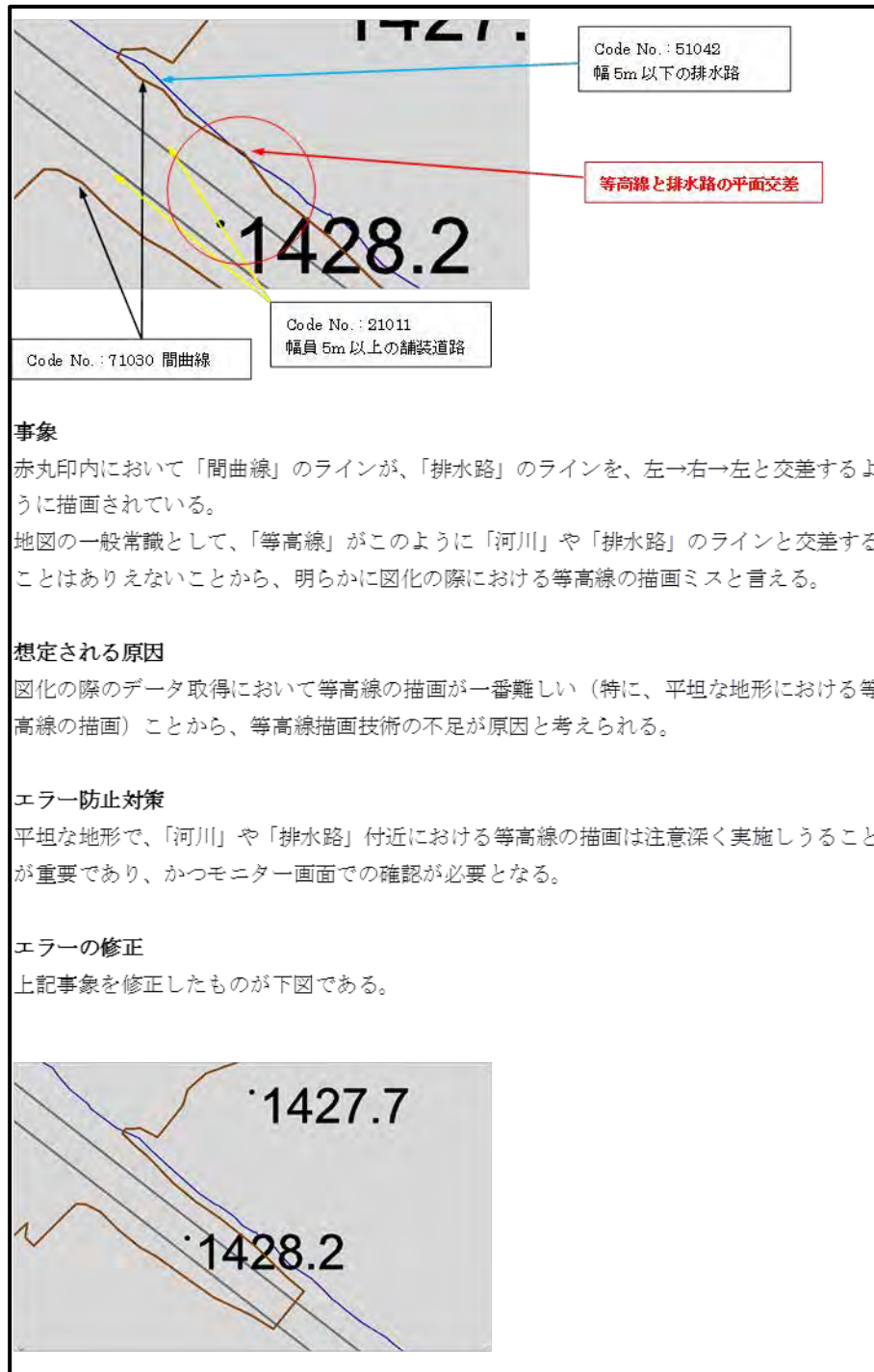
2016年11月までに DSG カウンターパートにより図化が完了したデータについて、調査団で不具合の分析を行い、それを図 3-10 に示すようなマニュアルとしてまとめた。

不具合の傾向は調査団による分析の結果、次の 12 類型にまとめられた。不具合の原因の分析と

対策を盛り込み、2017年2月から3月に実施した技術移転の際のマニュアルとしてまとめられた。

- | | |
|--------------|-----------------|
| 1) データの欠落 | 7) アンダーシュート |
| 2) データの接続不良 | 8) 等高線と排水路の平面交差 |
| 3) 点データの位置ずれ | 9) 線データの位置ずれ |
| 4) データの重複 | 10) 線データの未接続 |
| 5) オーバーシュート | 11) 不明瞭データ |
| 6) コード間違い | 12) 二重/三重データ |

これをもとに2017年2月から3月にかけての数値図化・編集の技術移転において、内容と対策をDSGに対して講義と実習を実施した。



（出典：JICA 調査団）

図 3-10 まとめられた不具合事例とその対策マニュアルの内容

3.8 デジタルオルソフォトの作成の技術移転

フローチャートの項目【B-8】

デジタルオルソフォトの作成の過程で必要なる DEM 作成についての技術移転を OJT 形式で実施した。

技術移転は空中三角測量の技術移転と同時に 2016 年 10 月 19 日から 11 月 25 日の 38 日間の期間内で実施された。

3.8.1 実施期間

空中三角測量も含めた技術移転のプログラムとその実施期間は以下のとおりである。

- 作業環境の準備（ソフトウェアの設定他） : 2016 年 10 月 19 日～2016 年 10 月 21 日
- 空中三角測量 : 2016 年 10 月 24 日～2016 年 11 月 8 日
- DEM・オルソ画像作成 : 2016 年 11 月 9 日～2016 年 11 月 17 日
- フォローアップ・取りまとめ : 2016 年 11 月 18 日～2016 年 11 月 25 日

3.8.2 カウンターパート

DEM・オルソ画像作成技術移転のカウンターパートを表 3-18 に示す。

表 3-18 技術移転に参加したカウンターパートリスト

	名前	部署	備考
1	Mr. ENIAS CHINJEKURE	写真測量課	地図部写真測量課課長 アナログ写真測量の経験がある
2	Mr. MUDZANA LENARD	写真測量課	地籍測量を中心とした測量の専門 教育は受けているが写真測量の経 験はない。
3	Mr. ALEXANDER MACHEKA	写真測量課	上に同じ
4	Mr. NOMORE ARIKOKO	写真測量課	上に同じ（講義のみに参加）

（出典：JICA 調査団）

3.8.3 ベースライン調査（空中三角測量の基礎知識に関する理解度の把握）

空中三角測量の技術移転と同様、全体を通じて参加できる3名に対して、5点法（1が理解度が低い、5が理解度が高い）の質問表によるベースライン調査を実施した。実施結果を表 3- 19 に示す。

表 3- 19 ベースライン調査結果

質問事項	カウンターパート回答		
	1	2	3
1. あなたは、DEM,デジタルオルソフォト作成作業の工程を理解していますか？	1	1	3
2. あなたは、LPS*による DEM 作成作業と編集作業手法を理解していますか？	2	1	2
3. あなたは、LPS*によるデジタルオルソフォトの作成作業と編集作業手法を理解していますか？	1	1	2
4. あなたは、LPS*でのオルソフォトをモザイクする際の接合線の設定と編集の方法について理解していますか？	1	2	1
5. あなたは、デジタルオルソフォトの色調整の方法を理解していますか？	1	2	1
6. あなたは、DEM、デジタルオルソの精度および品質管理手法について理解していますか？	1	2	1
最小値	1	1	1
最大値	2	2	3
平均値	1.33	1.50	1.67

* LPS (Leica Photogrammetry Suite) は、ERDAS “Imagine Photogrammetry” の旧名称である。
(出典：JICA 調査団)

質問表の内容は、デジタルオルソフォト、DEM に関する基本知識、使用するソフトウェアの機能に対する理解度を問うものとした。3名のカウンターパートの平均値の最大値は1.67、平均値の最小値は1.33、平均値ポイントは1.50で、アナログの写真測量の経験がある技術者でもデジタル画像を使ったデジタルオルソフォト・DEM についての知識・経験はほとんどなく、全員が初めてという結果であった。

3.8.4 トレーニングの実施

以下の項目のトレーニングを講義と実習形式で実施した。

- デジタルオルソフォトと DEM 作成の概要講義
- ソフトウェアを使ったデジタルオルソフォトと DEM の作成の実習
- 精度管理実習

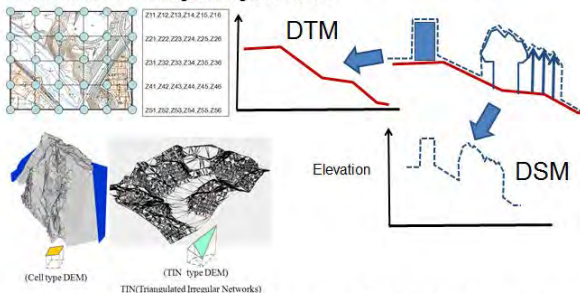
3.8.5 DEM とデジタルオルソフォト作成の概要

DEM とデジタルオルソフォト作成の概要では、ソフトウェアを使った実習を理解しやすくするため、ワークフロー、原理、データの内容について説明した。

図 3- 11 は、講義資料の一部であり、DEM の性状（左）とオルソフォト（正射投影変換された航空写真）の原理（右）を示したものである。

Difference of DTM and DSM

- DTM (Digital Terrain Model): Digital data showing elevations of ground.
- DSM (Digital Surface Model): Digital data showing elevations of ground surface features including buildings, trees, etc.



These digital topographic data are used for various engineering and scientific applications of topographic data.

(出典：JICA 調査団)

Principle of Orthophoto Production

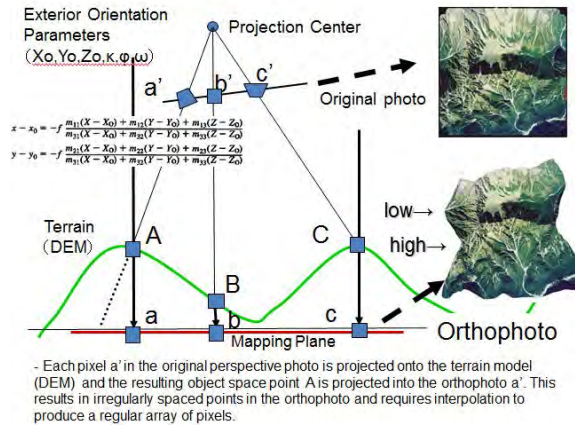


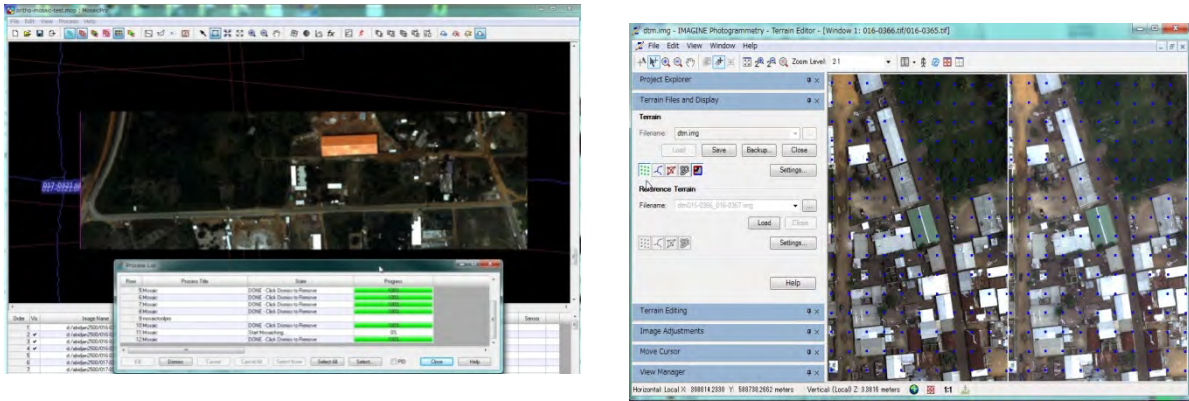
図 3- 11 DEM の性状（定義）[左]とオルソフォトの原理 [右]

3.8.6 ソフトウェアを使った DEM・オルソ画像作成の実習

本プロジェクトでの技術移転用機材として導入された Hexagon 社の ERDAS IMAGINE と IMAGINE Photogrammetry を使った DEM・オルソ画像の作成の実習を実施した。

- 1) DEM 作成のためのパラメータ設定方法と実行
- 2) DEM データの編集方法
- 3) DEM データの評価
- 4) デジタルオルソフォト作成のためのパラメータ設定方法と実行
- 5) モザイク処理
- 6) 色調調整
- 7) デジタルオルソフォトの評価

図 3- 12 に実習で使ったソフトウェア操作画面の様子を、写真 3- 11 にはトレーニングの様子を示す。



（出典：JICA 調査団）

図 3-12 DEM データの編集インターフェース[左]とモザイクされたオルソ画像[右]



（出典：JICA 調査団）

写真 3-11 DEM 編集のトレーニング風景写真

3.8.7 精度管理

DEM およびデジタルオルソフォトの精度は、作成した成果と現実世界で真値に最も近いと思われる最確値を比較することによって評価することができる。最も真値に近いと思われる最確値は、GPS などによって求められる地上測量成果であるが、地上測量で数多くの検証点を観測して最確値を入手することは時間、費用の面で現実的ではないため、空中三角測量後のステレオモデルで計測（図化）された座標成果との比較が現実的であるとされている。

日本の作業標準では、同一の標定要素（空中三角測量での同時調整の結果）を使って標定されたステレオモデルの座標値と DEM/デジタルオルソフォトの座標値を比較することにより精度管理を行っている。

トレーニングを通じて各自が作成したデジタルオルソフォトの精度管理の実習を実施した。ま

ず、上述した日本の精度管理手法でデジタルオルソフォトの精度検証を行い、その結果を品質管理シートに取りまとめた。品質管理シートに取りまとめることによって、基準に対してどのように評価すれば良いかという流れをカウンターパートに理解させることができた。

取りまとめられた品質管理シートの内容は、カウンターパートが精度管理の考え方を理解できたこと。またトレーニングでカウンターパートにより作成された DEM・デジタルオルソフォト画像の位置精度についても問題がない結果が得られていることを示していた。

3.8.8 トレーニング終了後の理解度調査

トレーニング内容の理解度を測る目的で質問票による調査を、ベースライン調査と同様に、5点法（1が理解度が低い、5が理解度が高い）によって実施した。

トレーニング前の平均値は 1.50 ポイントで、全く知識・経験がなかった。しかし、トレーニング後の平均値の最大値は 5.00、平均値の最小値は 3.83、平均値は 4.33 ポイントとなり、十分な理解度が得られ、DSG が DEM・オルソ画像を作成していく際の基礎技術習得というトレーニングの目標に到達できたものと評価した。

表 3-20 トレーニング終了後の理解度調査結果

質問事項	カウンターパート回答		
	1	2	3
1. あなたは、DEM,デジタルオルソフォト作成作業の工程を理解していますか？	5	4	4
2. あなたは、LPS*による DEM 作成作業と編集作業手法を理解していますか？	5	5	5
3. あなたは、LPS*によるデジタルオルソフォトの作成作業と編集作業手法を理解していますか？	5	4	4
4. あなたは、LPS*でのオルソフォトをモザイクする際の接合線の設定と編集の方法について理解していますか？	5	4	4
5. あなたは、デジタルオルソフォトの色調整の方法を理解していますか？	5	4	3
6. あなたは、DEM、デジタルオルソの精度および品質管理手法について理解していますか？	5	4	3
最小値	5	4	1
最大値	5	5	3
平均値	5.00	4.17	3.83

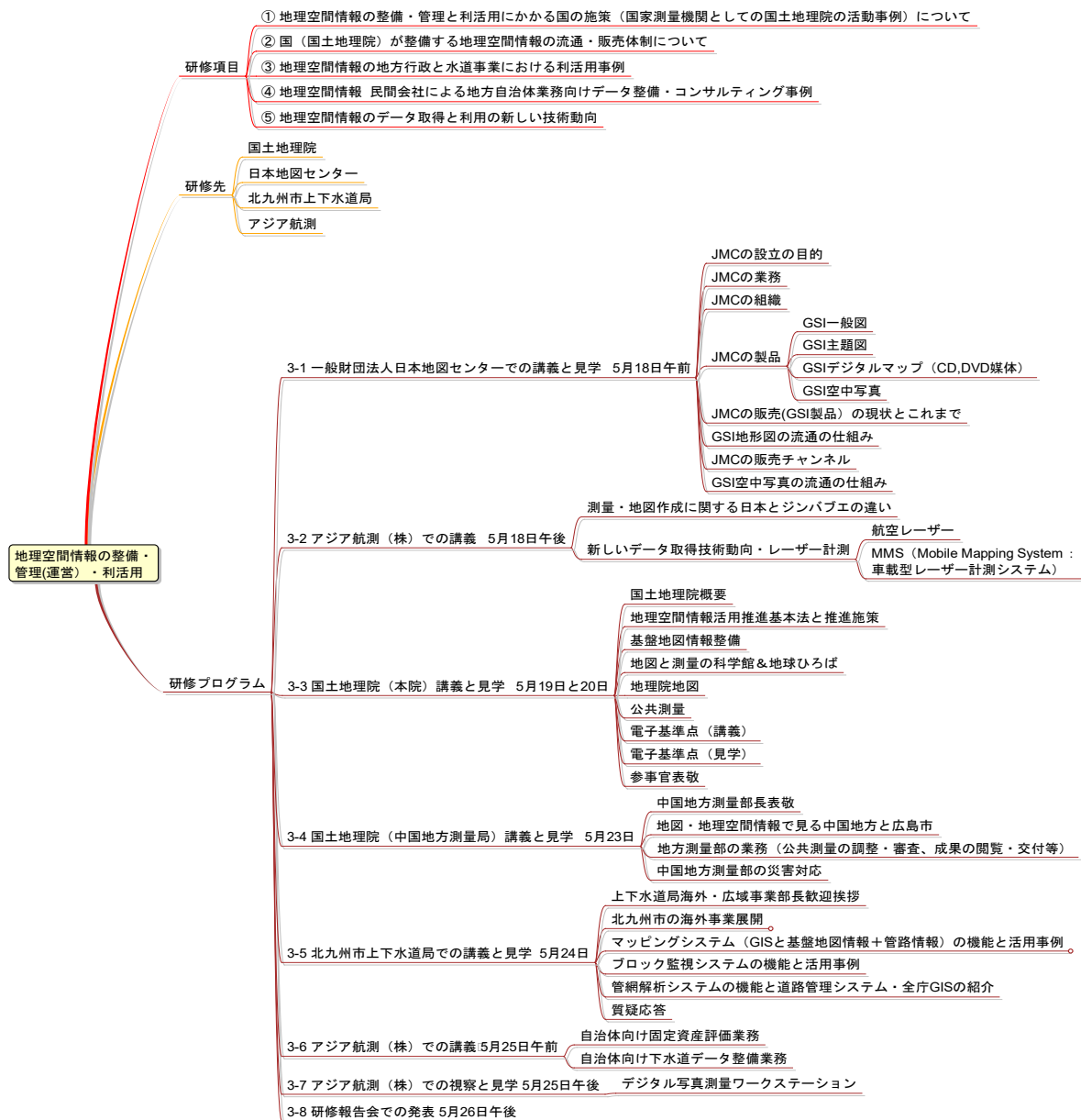
* LPS (Leica Photogrammetry Suite) は、ERDAS “Imagine Photogrammetry” の旧名称である。
(出典：JICA 調査団)

3.9 国別研修の実施（本邦研修の実施）

フローチャートの項目【B-14】

2016年5月に2週間の日程で本邦研修を実施した。DSGから測量局長をはじめとする4名（幹部2名、一般2名）の研修生が参加した。研修は本プロジェクトの主目的である地理空間情報データベースの整備と利活用促進について、日本での事例、状況および現時点での課題等をDSGへ紹介することをテーマとした。デジタル地形図・デジタルオルソフォトの他にも、最新の計測技術を使った各種空間データの整備や管理、データの活用事例およびデータの販売や流通について、国土交通省国土地理院、一般財団法人、地理空間情報を先進的に利用している自治体や民間の測量会社を訪問して研修を行った。

さらに、日本で作成中のプロジェクト成果品について、DSGが進捗具合を把握する必要があり、その視察も兼ねて実施された。図3-13は研修の全体概念図を示した。



(出典：JICA 調査団)

図 3-13 本邦研修全体概念図

ジンバブエと日本では、地理空間情報の整備・管理・利活用でそれぞれ役割を担う主体が異なる。例えば、ジンバブエでは、DSG が自ら 1:5,000 地形図を整備する制度となっている。一方日本では、縮尺 1:2,500 や 1:5,000 地形図は、国の地図作成機関である国土地理院ではなく地方自治体により整備される。ただし、地方自治体は、整備費用を負担するが、データ作成の実務は委託を受けた民間の測量会社等の企業により行われている。このように地理空間情報の整備・管理・利活用においてジンバブエと日本の間では事情の相違点が存在し、研修内容の理解のためには、制度面、運用面に違いがあることの理解が必要であった。

表 3-21 は、上記相違点の解説を目的として、日本の地理空間情報の整備・管理・利活用の具体的な事例について、誰が役割を担っているか（主体）を整理したものである。

表 3-21 日本での地理空間情報の整備・管理・利活用に関する事例 主体別に分類

	整備	管理 (法制度・標準化・作業 規程・インフラ)	利活用
市民	<ul style="list-style-type: none"> Web マッピングに参加 		<ul style="list-style-type: none"> web 地図 地図
民間企業	<ul style="list-style-type: none"> 国・民間から受注業務での地理空間情報データ整備 		<ul style="list-style-type: none"> Web 地図 地図 GIS
自治体・公営企業	<ul style="list-style-type: none"> 都市基本図（大縮尺の地形図） 大縮尺の台帳図 民間へ発注 オープンデータ 		<ul style="list-style-type: none"> インフラ管理用の図面・空間データ GIS 統合型（全庁型 GIS）
国・財団法人	<ul style="list-style-type: none"> 国土基本図（小から中縮尺地形図） 地理院地図 電子基準点データ オープンデータ 基盤地図情報 	<ul style="list-style-type: none"> 測量・地図作成の仕様書の標準化 公共測量 電子基準点 地図センターによる地図の頒布 法整備 NSDI 衛星測位 基盤地図情報 	<ul style="list-style-type: none"> GIS 統合型（全庁型 GIS） オープンデータ
	技術	<ul style="list-style-type: none"> 新しいデータ取得技術の動向 電子基準点 地理情報の可視化 	<ul style="list-style-type: none"> 衛星測位 基盤地図情報
			<ul style="list-style-type: none"> WebGIS GIS

（出典：JICA 調査団）

上述のとおり、日本では、国や地方自治体、上下水道等のライフライン事業者が自らの組織で利用する地理空間情報は、国や地方自治体、ライフライン事業者自らにより整備され利用されている。ただし、整備の実務の大半は、国や地方自治体、ライフライン事業者から委託を受けた主に民間の測量会社等の民間企業により行われている。1:5,000 地形図については、地方自治体から作成の委託を受けた民間の測量会社により作成されている。

このように整備された地理空間情報は、国や地方自治体、上下水道等のインフラ事業者により自らの組織の業務で利活用される。

DSG と同じ国の地図作成機関である国土地理院により、国の全域をカバーする縮尺 1:25,000 以下の縮尺の地形図や電子地図が整備されている。電子地図のインターネットを通じた無償公開も行われている。国土地理院が整備している地形図は、財団法人により複製と販売が行われている。

また国土地理院により地理空間情報整備のインフラとしての電子基準点を含んだ基準点網や法制度の整備や利活用促進の施策の立案と実施といったことが行われている。

上記のような仕組みの中で進められている日本の地理空間情報の整備・管理・利活用の実例をDSGへ紹介するために表 3-22 に示す研修内容と研修先からなる研修プログラムが企画され、研修が実施された。

表 3-22 研修項目・内容・研修先の概要一覧

研修項目	研修内容	研修先
空間データの整備	デジタルオルソの活用事例紹介	アジア航測（株）
	本プロジェクトの成果品の作成状況の確認	
	民間による航空測量業務の紹介	
	LiDAR、MMS、3D モデリングの事例紹介	
空間データの活用事例	地方行政による水道・下水道・固定資産・道路業務での地理空間情報の活用事例の紹介	市町村自治体
地理空間情報の利活用促進	空間データ整備・利活用の政府の施策	国土地理院
	国土地理院について	
	地図管理情報、地図の流通方法、価格設定に関する情報収集	一般財団法人 日本地図センター

（出典：JICA 調査団）

3.9.1 研修カリキュラム

以下の研修カリキュラムが設定された。

研修の目的

- 国土地理院や地方自治体など、地理空間情報の整備、管理、配布と利活用に関係する機関を訪問し、日本の技術とノウハウを理解する。
- 特に、日本の国家測量地図作成機関である国土地理院についてその歴史、組織体制と機能と業務の実例を学ぶことを通じて、日本の地理空間情報に関する国の施策がどのように実施されているのかを理解する。
- 日本とジンバブエでの相違点を理解したうえで、ジンバブエやDSGでの課題を把握する。

研修の成果が今後DSGにより推進されることが期待されているジンバブエの地理空間情報を整備、管理、配布と利活用の施策を考えていく上での参考となることが期待されている。

研修項目

1. 地理空間情報の整備・管理と利活用にかかる国の施策
 （国家測量機関としての国土地理院の活動事例）
2. 国（国土地理院）が整備する地理空間情報の流通・販売体制
3. 地理空間情報の地方行政と水道事業における利活用事例
4. 地理空間情報 民間会社による地方自治体業務向けデータ整備・コンサルティング事例
5. 地理空間情報のデータ取得と利用の新しい技術動向

3.9.2 研修の実施

上記研修カリキュラムに沿って研修が実施された。研修の実施スケジュールを表 3-23 として示す。

表 3-23 研修実施スケジュール

日時 (2016年5月)		研修実施場所 (受入機関)	行程と研修プログラム
14日(土)	午後		ジンバブエ出国・ハラレ発・ヨハネスバーク経由で香港へ
15日(日)	午後		香港経由 成田空港着 来日
16日(月)	午前	JICA 東京	ブリーフィング
	午後	JICA 本部	JICA 本部（社会基盤・平和構築部）表敬 都庁舎展望室見学
17日(火)		JICA 東京	ジェネラル・オリエンテーション (研修の理解を深めるために必要となる日本の政治、文化、社会についての講義) <ul style="list-style-type: none"> • プログラム説明 • JICA 東京所長挨拶 • 経済 • 政治・行政
18日(水)	午前	一般財団法人 日本地図 センター 朝霞事業所	国（国土地理院）が整備する地理空間情報のうち、(財)日本地図センターを通じて、販売されている製品の整備・流通方法・価格設定等に関する日本の事例を学ぶ 日本地図センター概要（日本の地図・データの配布・流通に関する現在までの沿革についての講義） 日本地図センター地図倉庫の見学
		アジア航測 (株) 新百合本社	日本においては、民間測量会社が担っている地理空間情報に関連する業務例を学ぶ 地理空間情報のデータ整備に関する最新の技術動向の紹介 Mobile Mapping System (MMS): 車載型レーザー計測システム、LIDAR（点群データ・赤色立体地図含む）
19日(木)	終日	国土地理院 本院（つくば）	国土地理院による空間データの整備・管理等による施策についての研修（講義と見学） <ul style="list-style-type: none"> • 国土地理院概要 • 地理空間情報活用推進基本法と推進施策 • 基盤地図情報整備 • 地図と測量の科学館&地球ひろば

20日(金)	終日	国土地理院 本院（つくば）	国土地理院による空間データの整備・管理等による施策 についての研修（講義と見学） <ul style="list-style-type: none"> • 地理院地図 • 公共測量 • 電子基準点（講義） • 電子基準点（見学） • 参事官表敬
21日(土)	終日	休息日	
22日(日)	午前	東海道山陽 新幹線	東海道山陽新幹線で広島へ移動
22日(日)	午後	広島県内	休日
23日(月)	午前	国土地理院 中国地方測量 部（広島）	国土地理院地方測量部の業務について講義と見学 <ul style="list-style-type: none"> • 中国地方測量部長表敬 • 地図・地理空間情報で見る中国地方と広島市 • 地方測量部の業務（公共測量の調整・審査、成果の 閲覧・交付等） • 中国地方測量部の災害対応
	午後	広島市内	山陽新幹線で小倉へ移動
24日(火)	午前	北九州市上下 水道局	地理空間情報の利活用事例（基盤地図情報と GIS の水道 事業と自治体での利活用事例）（講義と見学） <ul style="list-style-type: none"> • 北九州市上下水道局海外・広域事業部長より研修員 歓迎の挨拶 • 北九州市の海外事業展開 • マッピングシステム（GIS と基盤地図情報+管路情 報）の機能と活用事例
	午後	北九州市上下 水道局	<ul style="list-style-type: none"> • ブロック監視システムの機能と活用事例 • 管網解析システムの機能と道路管理システム・全庁 GIS の紹介 • 道路管理システム・全庁 GIS • 質疑応答 東京へ移動
25日(水)	午前	ア ジ ア 航 測 (株)	ライフラインや固定資産管理ための地図・データベース の作成やアプリケーション開発についての見学
	午後	新百合本社	本邦で実施中のプロジェクト成果品の作成状況の DSG による確認（視察） アジア航測で開発しているデジタル写真測量ステー ションの紹介と研修生によるデジタル写真測量ワーク ステーション操作体験
26日(木)	午前	JICA 東京	研修報告会での発表資料作成
	午後	JICA 本部	研修報告会（評価会）（研修についてのまとめ）
27日(金)	午後	成田空港	離日 成田発 香港経由 ヨハネスバーグへ

28日(土)	午後	ハラレ	ヨハネスバーグ経由 ハラレ着 ジンバブエ帰国
--------	----	-----	---------------------------

(出典：JICA 調査団)

研修の様子の一部を 写真 3-12 と写真 3-13 に示す。



(出典：JICA 調査団)

写真 3-12 国土地理院での研修



(出典：JICA 調査団)

写真 3-13 北九州市上下水道局での研修

3.9.3 研修成果の活用方法について

研修の最後のプログラムとして開催された研修報告会で、今回の本邦研修で学んだ知見とそれをどう活かしていくのか踏まえて、今後の DSG によるジンバブエの地理空間情報の整備、管理、運営と利活用の方策、特に DSG がジンバブエ国内各都市の 1：5000 地形図を最新版に更新していく必要性とそれを実現するための DSG の能力強化の必要性について、研修員から熱のこもったプレゼンテーションが行われた。

研修員のプレゼンテーションスライドで、研修成果の活用方法として次のような具体的な言及があった。

- 最新の地理空間情報技術と今回日本で学んだ例も含めた世界的な成功事例を活用して、ジンバブエ全国の高解像度の地理空間情報の整備につなげたい。
- ジンバブエ全土をカバーする電子基準点網の構築につなげたい。
- データ共有のための NSDI の構築
- 技術の変化に対応でき、地理空間情報の管理における実践を伴う職員の養成
- 日本は、地理空間情報を積極的に共有し、地理空間情報を社会経済の持続的発展に利活用することにとっても先進的であったといたうえで、ジンバブエとしても同様のことを実現するために、今後も継続して日本政府と技術・職員養成・経験の共有についてのキャパシティ・ビルディングでの協力関係を継続していきたい。

また、研修員によるアンケート回答で、今回の本邦研修で学んだ内容から、自国の課題解決に貢献しうる知見や技術として何があったかという質問に対して次のような言及があった。

- 災害モニタリングのための電子基準点網構築とその利用例（国土地理院による GeoNet）
- GIS による地図情報の利用例（北九州市上下水道局での水道管理のための地図・GIS の利用）
- デジタル技術を応用したデジタル地形図作成技術を DSG の技術者にも体得させたい。
- その理由として、デジタル技術を応用したデジタル地形図の作成技術について、次のように理解したようである。
- 政府機関や研究機関同士の地理空間情報の共有を可能にする
- 地理空間情報の品質と配布を強化することつながる
- 都市のユーティリティ維持管理や都市計画をよりよくできる
- 国土地理院による「地理院地図」のシステムは、ジンバブエで地理空間情報に関連した様々なサービスに応用できる可能性がある
- デジタル技術に対する投資は、地理情報空間情報の社会への配信において、便利で、効率的、効果的なソリューションを提供するものである。
- 現在の DSG の問題は、アナログ手法で作成された紙の地図しか持っていないことが問題であり、DSG はデジタル手法に移行していく必要があると認識している

最後にアンケート回答の中には、ジンバブエ政府もしくは DSG において研修成果を活用して何か事をなすにあたり、障害になるであろう課題についての研修生の認識も綴られていた。

- 今回学んだ電子基準点や ICT を利活用した地理空間情報利用の事例を自国で実現するためには、必要な資金の手当てをどのように解決するか、それが一番の課題である。資金問題の解決ができれば、技術的には、実現はできるのではないか。
- 今回学んだ技術は、ジンバブエにも適用可能だが、DSG としては、電子基準点や ICT システムの維持管理とシステムの構築・稼働の前提となるインフラの整備・維持管理の問題に苦勞することになるかもしれない。

本邦研修にて収集した情報と研修員が得た知見は、帰国後 DSG 内で広く共有されることを意図して、研修員による帰国報告が DSG で開催された。

3.10 地図記号化の技術移転

フローチャートの項目【B-9】

デジタル地形図の地図記号化編集と出力図データの作成方法に関する技術移転を実施した。

本プロジェクトでは、デジタル地形図およびハラレ・ストリートマップの地図記号化と出力図データの作成手法として、GIS ソフトウェアと GIS データベースに備わっている地図記号化の機能を利用する手法を採用した。これは従来の主流であり、DSG でも用いられていたドローソフトウェ

ア（ベクターグラフィックスエディターとも呼ばれる）を利用した地図記号化との比較で、新しい技術動向の採用となった。

ドローソフトの得意な領域は、ベクトルの図形を作図・編集することであり、線画や記号、塗りつぶし図形の集まりである地図を作図・編集する地図記号化編集でもドローソフトウェアの利用が普及した。地形図作成のデータフローでは、図化・編集工程で CAD または GIS ソフトウェア利用して地形図データファイル完成させた上でドローソフトウェアに対応するファイル形式に変換し、特に地図記号化と地図の印刷の工程でドローソフトウェアを利用した印刷図や出力図の最終イメージデータの作成が行われた。

しかしながらドローソフトウェアは、GIS や CAD のように地図や地理空間情報そのものを扱うことを目的としたソフトウェアではないために、空間参照や地図投影法に関する機能は備わっていない。ドローソフトウェアで行う地図記号化と作成された地図情報（地図の出力イメージ）には、次のような問題点があった。

- ドローソフトウェアで作図された地図は、空間参照をもった地理空間情報ではなく、言わば普通の絵である。
- 地図表現のままにベクトルの図形を作図・編集することになる。例えば、地図表現として転位の編集を行った場合、データファイル上の対象図形の位置は移動される。間断を行った場合は、図形は分断される。省略を行った場合、図形は削除されるか隠蔽される。情報は、地図表現としての転位や間断のために編集されることにより、その構成は複雑化する。図形は元の位置から移動される。図形の連続性や接続性も失われる、GIS データとしては利用できないものとなる。
- 地図表現のままに作図・編集された地図記号化編集済のデータを GIS や CAD にインポートして再度編集したり、解析したりということには困難があった。

このため地形図作成のデータフローの中では、地図記号化の段階、出力図の最終イメージとしてドローソフトウェアで取り扱うための別ファイルが作成された。そのデータはワークフローでの後工程に向かって、言わば一方通行のデータフローであった。データ出力のイメージ作成と出力工程への受渡目的のみに利用された。地図情報の更新の際は、再度 GIS や CAD データで元の地形図データを更新した上で、更新した情報をファイル変換した上でドローソフトウェアに引き渡し、再度記号化編集を行うことが一般的であった。ドローソフトウェアで編集済の情報を GIS や CAD に戻すことも一般的ではなかった。

地図記号化まで工程が進んだ段階で、補測結果の盛り込みや、経年変化修正による情報の更新が必要になると、GIS または CAD を使った地形図データの更新作業とドローソフトウェアによる地図記号化データの更新作業、2つのファイルを対象とした更新作業が一般的であった。更新内容とデータファイルの管理での煩雑さが問題となった。

これに対して、上記のドローソフトウェアの利用による地形図作成のデータフローの問題点を解決するべく、GIS ソフトウェアと GIS データベースの中に地図記号化編集と地図の描画法適用に関する機能を実装し、GIS データベースの中で、空間参照をもった地理空間情報のままで地図記号化の編集を行える手法が可能となった。

この手法は、GIS データベース中に以下のような機能を実装できる。

- 地図情報を構成する 1 つの図形（点・線・面・文字）に関する情報が GIS データベース内で 1 つのレコードとして記録される。
- この時、1 つのレコードとして記録される図形の単位は、地図表現を実現するための図形の転位、間断、省略といった編集や地図記号による表現が適用される前のデジタル地形図のデータを構成する図形である。
- 個々の図形に対応するデータベースのレコードに格納される各種の属性情報のひとつとして、地図表現を適用した図形の見た目（アピランス）の情報がデータベース内に記録される。
- 地図記号化編集では、図形の転位・間断・省略といった地図表現を実現するための編集で、地図情報を構成する図形そのものの位置や形状に変更を加えない。変更を加えるのは地図表現を実現する図形の描画ルールに対してである。

これにより、データベース内に複数のアピランスを格納することができる。すなわち、1 つのデジタル地形図データに対して、複数の地図表現（地図記号化編集の結果）をデータベース内に格納することができる。目的とする地図の主題や縮尺に応じて異なる地図表現を適用して描画することにより 1 つのデジタル地形図データから、異なった表現の地図を作成することができる。

また、地図表現を適する前の数値図化で取得された地図情報は、図形の転位・間断・省略といった編集が加えられない状態で、図化された時の真位置に近い位置を保持し、空間参照を伴った状態で保管することができる。

GIS データベースを利用した地図記号化の採用によるデータフロー上の利点は次のようになる。

- 1 つのデジタル地形図や GIS データのデータベースの中に地図の縮尺や利用目的に応じて複数の地図表現を与え、保存することが可能になる。目的に応じて地図表現を呼び出し、描画法として適用することができる。
- GIS ソフトウェアと GIS データベースを用いるため、地図投影法や座標変換の機能を使って、地図記号化済みのデータに対して、異なる地図投影法や座標系の適用を行い、まったく別の地図をつくることも可能になる。
- 地理参照の情報をデータに持たせることができることから、地図記号化済みのデータに対しても地図投影法の変更や座標変換の機能を使って異なる地図投影法や座標系の適用を行い、まったく別の地図をつくるのが可能になる。ドローソフトウェアより柔軟に対応できるようになる。

- 記号化編集適用前後の地図情報の内容を同一のデータベース内に保持することができるため、地図表現が適用され前のデータを適用された後のデータの更新作業を 1 回で行う事が出来る。ドローソフトウェアを利用したデータフローのように、地形図更新の際に、複数のデータファイルを更新・管理する必要性はなくなる。

DSG に GIS を利用した地図記号化編集を導入することにより、新しい空中写真からのデジタル図化を必要としない情報の更新については、編集を担当する部門で比較的短いサイクルで地図の部分更新を行えるようになることが期待出来る。また、更新した地図データから別の地図を作成することができるようになることが期待できる。

GIS を使った地図記号化編集の技術を DSG への導入を支援することを目的として、以下の 3 つの作業について講義と実習形式で技術移転を実施した。

- デジタル地形図データ（CAD 形式）を GIS ソフトウェアを使って、GIS データベース（ジオデータベース形式）に取り込む
- GIS ソフトウェアを使って、ジオデータベース形式の GIS データであるデジタル地形図データに対して地図記号化編集を行う
- 地図記号化編集の完了したデジタル地形図データに整飾版情報を付与し、デジタル地形図データの出力図データ（PDF 形式）を作成する。

3.10.1 ベースラインとトレーニング実施上の留意点

地図記号化編集の一部の工程については、DSG はドローソフトウェアの 1 つである Aldus FreeHand(後の Macromedia FreeHand を使って、ハラレ・ストリートマップや縮尺 1 : 25,000 以下の縮尺の地形図のデジタル化を行っている。この過程において今回の技術移転内容と同様の編集を実施していることから地図記号化編集の経験と知識は既にあると評価した。

ArcGIS の地図記号化編集機能を用いた地図記号化編集と Aldus FreeHand での地図記号化編集のデータフロー、ワークフロー、ソフトウェアの操作性の相違点に着目し、Aldus FreeHand を使った地図記号化から ArcGIS を使った地図記号化に円滑に移行できるようにすることをトレーニング実施上の留意点とした。

3.10.2 トレーニングの実施

トレーニングには、ArcGIS Desktop 10.4 を使用した。地図記号化に関する次の作業について、ArcGIS10.4 を使用して作業する方法とその基本知識について講義と実習によるトレーニングを実施した。

- 地図記号化の概要（ワークフローとデータフロー）

- ArcGIS ソフトウェアとジオデータベースの機能を利用した地図記号化について、ソフトウェアでの編集機能とデータベースの機能に関する説明
- DSG で従来行っていた Aldus FreeHand による地図記号化との相違点の説明
- ArcGIS を使った地図記号化の実習
 - 地図記号の作成
 - 地図表現の適用
- ArcGIS を使った地形図の整飾版の作成方法
- 地形図出力図用 PDF データの作成方法

3.10.3 トレーニングの到達度評価

トレーニングの結果、カウンターパートは GIS ソフトウェアを使った以下の作業が出来るようになった。

- デジタル地形図データ（CAD 形式）の GIS データベースへの取り込み、
- 地図記号化編集
- 整飾版情報の作成と地図記号化データとの統合
- 出力図データの作成

以上の結果から GIS ソフトウェアを使った、デジタル地形図データの記号化編集作業ができるようになるという目標に到達したと評価した。

3.11 数値データの構造化の技術移転

フローチャートの項目【B-10】

デジタル地形図データを GIS データベースに取り込み、GIS 基盤データ作成する工程と GIS ソフトウェアで利用可能な外部への提供用データを作成する工程について、必要な知識と技術に関する技術移転を実施した。技術移転は講義と実習形式で実施した。

3.11.1 トレーニングの概要

GIS データベースの取扱について、以下のトレーニングを実施した。

トレーニングの実施にあたっては、ArcGIS Desktop ソフトウェアを使用した。以下の3つの GIS データベースの取扱の導入を目的とした。

- ArcGIS のジオデータベースの設計と構築
- CAD データファイルから GIS データベースへのデータの変換
(CAD データ形式のデジタル地形図データを GIS データベースに変換し GIS 形式のデジタル地形図データと GIS 基盤データを作成する)
- GIS データベースの管理と配布用データ作成の方法

3.11.2 ベースライン調査

ベースラインの把握を目的に、カウンターパートに対して質問票による調査を実施した。質問票の内容は、以下の事項について問うものとした。

- GIS とデータベース管理に関する経験の有無
- GIS に対する認識
- GIS データベースのトレーニングに対する期待

質問票の回答内容に対する分析から、回答者について以下のような結果が明らかになった。

- コンピュータの基礎的なスキルと情報システムに関する基本的な知識を持っている。
- データベース言語（問い合わせ言語）や表計算ソフトでの検索機能の利用経験を持っている。
- リレーショナルデータベースやジオデータベースの基本的な知識を持っている。
- CAD ソフトウェアやドローソフトウェア（Aldus Free Hand）の使用経験がある。
- GIS の基本的な概念の知識を持っている。ArcGIS Desktop ソフトウェアの入門トレーニングの受講経験がある。
- DSG の GIS データベース管理に関する能力を向上させる目的で、GIS データベースの管理、ラスタ画像データの扱い方、地図投影法や座標系、トポロジーや webGIS に関するトレーニングが必要である。

3.11.3 トレーニングの実施

次の課題に関する実習を実施した。

(1) ArcGIS ジオデータベースモデルの取扱に関する課題

- 単純なジオデータベースの論理モデルの設計
- ジオデータベースの構築
- フィーチャーデータセットとフィーチャークラスの作成
- サブタイプの作成
- ジオデータベースへのデータの入力と CAD データから GIS データベースへのデータの変換
- ラスタ画像データのジオデータベースへのインポート
- トポロジーの構築

(2) 座標変換に関する課題

- 地図投影法
- 座標変換

(3) データ配布に際してのラスタ画像の取扱に関する課題

- ラスタ画像データ（既存の地籍図画像）への位置情報の付与
- オルソフォト画像の分割と切り出し

(4) データ共有に関する課題

- GIS データ共有の Web サービスを使ったデータ共有のデモンストレーション

3.11.4 トレーニングの到達度評価

トレーニングの結果、カウンターパートは GIS ソフトウェアを使った以下の作業が出来るようになったと評価した。

- ArcGIS のジオデータベースの設計と構築
- CAD データファイルから GIS データベースへのデータの変換
(CAD データ形式のデジタル地形図データを GIS データベースに変換し GIS 形式のデジタル地形図データと GIS 基盤データを作成する)
- GIS データベースの管理と配布用データ作成の方法

以上の結果から、技術移転の目標である次の 2 つの目標には到達できたものと評価した。

- GIS ソフトウェア（ArcGIS）を使って、デジタル地形図データ（CAD データ）から GIS 基盤データ（GIS データ）を作成できるようになる。これに必要な、知識とスキルの理解と習得。
- GIS ソフトウェア（ArcGIS）を使って、外部への提供用データを作成できるようになる。これに必要な、知識、スキルの理解と習得。

3.12 プロジェクト計画立案とプロジェクト管理の講義と演習

本プロジェクト終了後において、本プロジェクトで撮影済の空中写真を利用して DSG 自らがプロジェクトエリア内の残り約 1700km²のデジタル地形図を整備することが期待されている。この実現を確実なものとするための方策として、デジタル地形図作成プロジェクトの Project Planning と Project Management の講義と演習を実施した。講義と演習の対象者は、DSG の管理職とデジタル図化の技術移転の参加者を対象者とした。

3.12.1 講義と演習の目的

Project Planning と Project Management の講義と演習は、将来 DSG が独自で縮尺 1:5,000 デジタル地形図作成（特に、ハラレ市の残りの 1,604km²の範囲の縮尺 1:5,000 デジタル地形図作成）をプロ

プロジェクトとして計画・実施する場合の対応能力を強化する目的で実施した。

講義と演習の内容は、プロジェクト計画・管理を行う際に重要な基礎データとして必要不可欠なデジタル地形図作成の生産性、特にデジタル地形図作成工程のうち、クリティカルパスとなるデジタル図化機を使用したデジタル図化作業の生産性について、どのようにして定量化された指標として収集、それを活用して、デジタル地形図作成プロジェクトの計画と運営を行っていくかについてを主たる内容とした。

DSG では、アナログ形式の図化機を使用した写真測量による地形図作成と更新は 2000 年以前に実施されていたが、デジタル図化機を使用したデジタル地形図作成を実施した経験がない。これによりデジタル図化作業の生産性、取得されたデジタル図化データのエラー率、デジタル図化データのエラー率がデジタル地形図作成の作業工程に及ぼす影響等に関しての実務経験を基礎とした指標や指標の収集に関する知識は持ち合わせていなかった。

これらの知識は、今後 DSG がデジタル地形図作成計画の策定・実施・管理において必要不可欠な知識であることから、DSG の管理職とデジタル図化の技術移転の対象者に理解してもらうことを目的としてこの講義と演習が実施された。

講義と演習は、第 1 期（2016 年 9 月）と第 2 期（2017 年 2 月～3 月）の 2 期に分けて実施した。

3.12.2 第 1 回目の講義と演習の対象者と日程

第 1 期の講義と演習に参加した DSG 職員と講義日程は以下のとおりである。

(1) 第 1 期の講義と演習の対象者

1) 第 1 期の講義と演習の対象者は以下のとおりである。

- | | | |
|----|------------------|--------------|
| 1) | Mr. R. Mupond | DSG 副局長 測地部長 |
| 2) | Ms. C. Chanetsa | 地図部 |
| 3) | Mr. P. Mupambau | 地図部 |
| 4) | Mr. E Chinjekure | 地図部写真測量課長。 |

2) 第 1 期の講義と演習の日程

第 1 期の講義と演習の日程は以下のとおりである。

- | | |
|------|----------------|
| 1 回目 | 2016 年 9 月 1 日 |
| 2 回目 | 2016 年 9 月 2 日 |
| 3 回目 | 2016 年 9 月 6 日 |

- 4回目 2016年9月7日
- 5回目 2016年9月9日
- 6回目 2016年9月21日
- 7回目 2016年9月23日

3) 第1期の講義と演習の概要

第1期の講義と演習の概要は以下のとおりである。

- i) デジタル地形図作成計画の策定方法の概要
- ii) ハラレ市の残り 1,604km² の縮尺 1:5,000 デジタル地形図を作成する場合におけるデジタル図化システムの台数と作業期間のシミュレーション
- iii) デジタル地形図作成におけるプロジェクトマネジメント
 - デジタル地形図作成プロジェクトを管理・運営する際における留意点
 - モニタリング手法としての EVM の概要
 - デジタル地形図作成プロジェクトの実例の紹介（バングラデシュ国測量局の縮尺 1:25,000 デジタル地形図作成において生じた問題点）

(2) 第2期の講義の参加者と日程

第2期の講義においては、デジタル図化の技術移転において DSG 職員により作成された縮尺 1:5,000 デジタル図化データを基にして、エラー率の算出、現時点および将来の DSG の縮尺 1:5,000 デジタル図化の生産性の算出、ハラレ市の残りの 1,604km² の縮尺 1:5,000 デジタル地形図を作成しようとした場合における必要な機材数と作業工期のシミュレーション等を主として説明したことから、デジタル図化の技術移転に参加した DSG 職員も参加することとした。

1) 第2期の講義の対象者

第2回目の講義と演習の対象者は以下のとおりである。

- i) Mr. C. Ddambakuwa 測地部長
- ii) Mr. P. Mupambau 地図部
- iii) Mr. E Chinjekure 地図部写真測量課長。
- iv) Mr. J. Taruvinga 地図部写真測量課
- v) Mr. R. Munyeki 地図部写真測量課

2) 第2期の講義の日程

第2期の講義と演習の日程は以下のとおりである。

- 1回目 2017年2月27日
- 2回目 2017年2月28日
- 3回目 2017年3月1日

- 4回目 2017年3月2日
- 5回目 2017年3月3日
- 6回目 2017年3月13日
- 7回目 2017年3月14日

3) 第2期の講義の概要

第2期の講義は、第1期の講義と演習においては実施できなかった、デジタル図化の技術移転において DSG 職員により取得された縮尺 1:5,000 デジタル図化データを基にして、以下に述べる内容の講義を実施した。

- i) DSG 職員により取得された縮尺 1:5,000 デジタル図化データのエラーの種類とエラー数の算出とその評価
- ii) DSG 職員により取得された縮尺 1:5,000 デジタル図化データの 1km² 当りの平均ノード点数の算出と評価
- iii) デジタル図化の技術移転において DSG 職員により作成された縮尺 1:5,000 デジタル図化データにおけるエラー率の算出とその評価
- iv) デジタル図化の技術移転において DSG 職員により作成された縮尺 1:5,000 デジタル図化を基にした縮尺 1:5,000 デジタル図化の生産性の算出とその評価
- v) DSG の将来における縮尺 1:5,000 デジタル図化の生産性の推定

講義内容の概要は以下に記載するとおりである。

3.12.3 DSG 職員により取得された縮尺 1:5,000 デジタル図化データのエラーの種類とエラー数の算出とその評価

デジタル図化データのエラーには、論理チェックにより発見できるエラーと発見できないエラーがあることから、デジタル図化の技術移転において DSG 職員による取得された縮尺 1:5,000 デジタル図化データを全て目視チェックにより検査された。目視検査の結果、発見されたエラーの種類とエラー数は表 3-24 に示すとおりであった。

表 3-24 DSG 職員が取得した縮尺 1:5,000 デジタル図化データのエラーの種類とエラー数

エラーの種類	エラー数	エラーの内容
Wrong code number	146	The code of data is wrong.
Overlapping	47	Two line data are crossing each other.
Undershoot	19	The line does not reach to other line.
Overshoot	21	The line crosses over other line.
Wrong line shape	41	The shape of line is not correct.
Wrong connecting point	40	Line data does not connect to the proper point.
Lack of data	19	Necessary data is not obtained during digital plotting.

Double/triple data	18	Double/triple data is found.
Not closed	5	The line was not connected.
Ambiguous data	5	Meaningless data is found.
Wrong point location	14	Point data locates at improper location.
Etc.	41	The contour line crosses water line incorrectly, etc.
Total	416	

（出典：JICA 調査団）

注：縮尺 1:5,000 デジタル図化作成面積は 2km²

表 3-24 に示したデジタル図化のエラーの発生原因を分析した結果、ほとんどのエラーは以下の 2 つに起因している事が判明した。

- 1) データ取得時に適切なコード番号が選択されていない。
- 2) デジタル図化機のスナップ機能の適切な使い方ができていない。

これらのエラーは、基本的にデジタル図化データの取得の際における習熟度の不足とそれによる不注意に起因するものである。今後 DSG 職員がデジタル図化の実習を重ね、習熟度を高めていくことにより注意深くデジタル図化を実施できるようになれば、ほとんどのエラーはなくなるものと予測されるものであった。

3.12.4 DSG 職員が取得した縮尺 1:5,000 デジタル図化データの 1km² 当りの平均ノード点数の算出

2016 年 8 月から 9 月にかけて実施された DSG 職員に対するデジタル図化の技術移転において、3 人の DSG 職員が合計 2km²（一人当たり 0.66km²）のデジタル図化データを取得した。

このデジタル図化データについて、エラー率の算出と評価の基礎データを得ることを目的として、ハラレ市の周辺部（住宅地）における縮尺 1:5,000 デジタル図化の 1km² 当りのノード点数を算出した。その結果は表 3-25 に示すとおりであった。

この結果から、ハラレ市の周辺部（住宅地）における縮尺 1:5,000 デジタル地形図の図化データの 1km² 当りのノード点数は概ね 24,500 点/km² と算出された。

表 3-25 DSG 職員が作成したデジタル図化データを基にして算出されたノード点数/1km²

氏名	ノード点数	図化データの面積	1km ² 当りのノード点数
Mr. Enias Chinjekure	17,132	0.66	25,957
Mr. John Taruvinga	19,450	0.66	20,469
Mr. Reward Munyeki	17,962	0.66	27,215
Total	54,544		
Average			24,547

（出典：JICA 調査団）

3.12.5 DSG 職員が作成した縮尺 1:5,000 デジタル図化データのエラー率の算出とその評価

前項(3.12-3.と-4)で記載した DSG 職員により取得された縮尺 1:5,000 デジタル図化データのノード点数とエラー数の算出を基にして、デジタル図化データのエラー率を算出した。デジタル図化データのエラー率は、以下の計算式で算出される。

デジタル図化データのエラー率の計算式：

$$(\text{エラーの総数}) \div (\text{デジタル図化データのノード点の総数}) = \text{デジタル図化のエラー率}$$

デジタル図化の技術移転において DSG 職員により作成された縮尺 1:5,000 デジタル図化データ (2km²分) のエラー率は「0.0076」と算出された。これは、概ね 140 点のノード点に対して 1 個のエラーがあったことを意味している。

しかしながら、この縮尺 1:5,000 デジタル図化は DSG 職員にとって、ほぼ最初のデジタル図化作業により取得されたデータであることから、習熟した作業者による長年の実績を基に算出されている日本国内における縮尺 1:5,000 デジタル図化のエラー率との比較により評価する事は出来ない。

デジタル図化の習熟の途上にある DSG 職員によるデジタル図化データのエラー率を評価する際の比較検討の材料として、2008 年から 2012 年までの期間、JICA により実施された「バングラデシュ国デジタル地図作成能力向上プロジェクト」（以下 BDMAP とする）」でのバングラデシュ国測量局でのデジタル図化トレーニングでのエラー率の実績値を援用し DSG 職員によるデジタル図化のエラー率について評価と DSG 職員に対しての解説を実施した。

BDMAP では、バングラデシュ国における国家測量機関である Survey of Bangladesh（以下、SOB とする）職員に対して、縮尺 1:25,000 および縮尺 1:5,000 デジタル地形図作成の技術トレーニングが実施された。

その技術トレーニングにおいて、縮尺 1:25,000 および 1:5,000 デジタル図化におけるエラー率が算出されている。それは、SOB 職員のデジタル図化トレーニングの成果として習熟度が進むにつれエラー率が変化した様子も定量的に捉らえたものであった。

SOB 職員による縮尺 1:25,000 および縮尺 1:5,000 デジタル図化における 1 回目と 2 回目のデジタル図化のエラー率と DSG 職員による縮尺 1:5,000 デジタル図化のエラー率を比較すると、表 3- 26 に示すとおりとなる。

表 3- 26 SOB 職員と DSG 職員のデジタル図化のエラー率の比較

項目	縮尺 1:5,000 デジタル図化データ		縮尺 1:25,000 デジタル図化データ	
	1 回目	2 回目	1 回目	2 回目
DSG	0.00763	-----	-----	-----
SOB	0.01587	0.00169	0.01127	0.00386

(出典：JICA 調査団)

表 3-26 が示すとおり、DSG 職員による縮尺 1:5,000 デジタル図化データのエラー率は、SOB 職員の 1 回目の縮尺 1:5,000 デジタル図化のエラー率よりは低いですが、2 回目の縮尺 1:5,000 デジタル図化のエラー率よりは高いという結果になっている。

SOB 職員の 2 回目の縮尺 1:5,000 のエラー率(0.00169:約 591 個のデータに対して 1 個のエラー)と、1:25,000 デジタル図化のエラー率 (0.00386 : 約 259 個のデータに対して 1 個のエラー) は、デジタル地形図の生産性の視点から見た場合、まだ高い数値でありデジタル地形図作成プロジェクトが円滑に進めるためには、デジタル図化におけるエラー率を「0.001 以下：数千個のデータに対して 1 個のエラー)」まで減少させることが必要となる。

SOB の場合は、デジタル図化のエラー率が「0.001 以下」になったのは 3 回目のデジタル図化からであり、DSG が縮尺 1:5,000 デジタル地形図を作成する場合においても同様の経緯をたどると考えられる。

3.12.6 DSG 職員が作成した縮尺 1:5,000 デジタル図化の生産性の算出とその評価

デジタル図化の生産性とは、1 台のデジタル図化機と 1 人の図化オペレーターが 1 日の標準的な作業時間においてどのくらいの面積のデジタル図化データを取得する事ができるかを意味している。

縮尺 1:5,000 デジタル図化の生産性を算出する為のもう一つのデータが「1 点のノード点をデジタル図化システムで取得する為の平均的な時間」である。

DSG 職員に対するデジタル図化の技術移転において、3 人の DSG 職員により合計 2km² (1 人当たり 0.66km²) のデジタル図化データが取得されたが、それらの図化データ取得に要した時間数と図化データの総ノード点数から、デジタル図化の技術移転時における DSG 職員の「1 時間当りの取得ノード点数」、又は「1 点のノード点を取得する為に要する時間 (秒)」を算出する事ができる。

技術移転時における 3 人の DSG 職員による縮尺 1:5,000 デジタル図化作業の「1 時間当りに取得されたノード点数」、および「1 点のノード点を取得する為に要する時間 (秒)」は、表 3-27 に示すとおりで、3 人の平均値で 371 点/時間であった。従って、デジタル図化の技術移転時において DSG 職員が 1 ノード点を取得する為に要した時間は約 10 秒という結果となった。

表 3-27 DSG 職員が取得したノード点数/時間と 1 ノード点の取得に要した時間

氏 名	ノード点数 (a)	図化データ取得 時間 (b)	1 時間当りの 取得ノード点数 (c=a÷b)	1 点を取得す る時間 (秒) (3600÷c)
Mr. Enias Chinjekure	17,132	49	349	10.3
Mr. John Taruvinga	19,450	49	396	9.1

Mr. Reward Munyeki	17,962	49	366	9.7
Average	18,181	49	371	9.7

（出典：JICA 調査団）

この1点のノード点を取得するに要した10秒という時間は、デジタル図化の生産性の視点から見ると時間がかかりすぎと考えられるが、今回の技術移転におけるデジタル図化がDSG職員にとって最初の経験であったことから予想された結果であった。今後、デジタル図化作業の経験を重ねることにより、1点のノード点を取得する為に要する時間はかなり短縮されることになると考えられる。

デジタル図化の生産性を算出する為に必要な、以下の3つのデータがそろったことから、技術移転時におけるDSGの縮尺1:5,000デジタル図化の生産性が算出された。

- 1) 1日当たりの平均的な稼働時間（就業時間から昼休み、準備・打ち合わせ等の時間を差し引いて5時間/日と計算された）
- 2) 縮尺1:5,000デジタル図化データの1km²当りの平均ノード点数
- 3) 1点のノード点を取得する為に必要な時間

計算式

1日当たりの平均的な稼働時間（秒）÷1点のノード点を取得する為に必要な時間÷縮尺1:5,000デジタル図化データの1km²当りの平均ノード点数

この結果から、デジタル図化の技術移転に参加した3名のDSG職員の縮尺1:5,000デジタル図化の1日当たりの生産性は概ね0.09km²/日/台という結果となった。

DSG職員にとって、デジタル図化システムを使用した縮尺1:5,000デジタル図化は初めての経験であることから、算出された1日当たりの生産性（概ね0.09km²/日）は低いものになっているが、今後DSG職員がデジタル図化システムを使用したデジタル図化に習熟することにより、この1日当たりのデジタル図化の生産性はより高い数値になっていくものと推察される。

日本国内の都市部および周辺部の縮尺1:5,000デジタル図化の1日当たりの生産性は概ね0.22km²/日である。また、他国での技術移転で、3回目の図化実習で0.2km²/日まで1日あたりの生産性を向上した例がある。

これらからDSG職員のデジタル図化の1日あたりの生産性の目標値は、最低0.2km²/日として、この早期の達成を目指してトレーニングを積んでいくことが課題となる。

3.12.7 Project Planning と Project Management の講義と演習の成果

DSG 職員に対して実施された Project Planning と Project Management の講義の成果を評価するために参加者に対して以下の 4 項目に関するアンケート調査が実施された。

ほとんどの DSG 職員は縮尺 1/5,000 デジタル図化の 1km² 当りの平均ノード点数、デジタル図化のエラー率、デジタル図化の生産性等に関する知識を持っていないことが判明していたことから、アンケートの回答は「Yes」と「No」のどちらかで回答を依頼した。

アンケート調査における質問内容とその設定理由は以下に述べるとおりである。

1) デジタル図化データのエラーに関する質問

（質問数は 3 項目）

この質問はデジタル地形図データを作成する上において問題となるエラーの種類、エラーが発生する原因、エラーの削減方法についての質問で、作成するデジタル地形図の品質面における基礎知識である。

2) 縮尺 1/5,000 デジタル図化データの 1km² 当りの平均ノード数に関する質問

（質問数は 1 項目）

縮尺 1/5,000 デジタル図化の 1km² 当りの平均ノード点数は、今後 DSG が独自で縮尺 1/5,000 デジタル地形図作成を計画・実施する上において基礎となる情報であることから、この質問が設定された。

3) デジタル図化データのエラー率に関する質問

（質問数は 2 項目）

デジタル図化データのエラー率は DSG が独自でデジタル地形図作成プロジェクトを実施する場合に必ず直面する問題点である。

4) デジタル図化の生産性に関する質問

（質問数は 3 項目）

デジタル図化の生産性は、今後 DSG が独自でデジタル地形図作成プロジェクトを計画・実施する上において基礎となる情報である。

この質問は 4 項目の内において一番重要な項目で、DSG 職員にデジタル図化の生産性をどの様にして算出し、その生産性を基にしてデジタル地形図作成の予定をどの様に設定するかを DSG 職員に理解してもらうことが今回の講義の最も重要な目的であった。

アンケート調査の結果を取りまとめたものが表 3-28 に示すとおりであり、このアンケート調査結果を分析した結果は以下のとおりである。

1) デジタル図化におけるエラーに関する質問に対する回答

参加した 5 人の DSG 職員の内、3 人は講義を実施する前においてもデジタル図化データのエラーに関する知識を持っていると回答した。

これらの 3 人はデジタル図化の技術移転に参加しており、デジタル図化の技術移転時においてデジタル図化データのエラーに関する説明を受けていることから予想される結果であった。

講義終了後においては参加した 5 人の DSG 職員がデジタル図化におけるエラーに関して理解できたと回答していることから、この項目に関する DSG 職員の理解は進んだと判断される。

2) 縮尺 1/5,000 デジタル図化データの 1km² 当りの平均ノード数に関する質問に対する回答

参加した 5 人の DSG 職員全員が講義を実施する前においては、縮尺 1/5,000 デジタル図化データの 1km² 当りの平均ノード点数に関する知識を持っていない回答した。

講義の終了後においては参加した 5 人の DSG 職員全員が縮尺 1/5,000 デジタル図化の 1km² 当りの平均ノード点数に関して理解できたと回答していることから、この項目に関する DSG 職員の理解は進んだと判断される。

3) デジタル図化データのエラー率に関する質問に対する回答

参加した 5 人の DSG 職員の内、4 人は講義と演習を実施する前においてはデジタル図化データのエラー率に関する知識を持っていないと回答された。

講義の終了後において参加した 5 人の DSG 職員全員がデジタル図化データのエラー率に関して理解できたと回答していることから、この項目に関する DSG 職員の理解は進んだと判断される。

4) デジタル図化の生産性に関する質問に対する回答

参加した 5 人の DSG 職員全員が講義と演習を実施する前においては、デジタル図化の生産性に関する知識は持ってないと回答があった。

講義の終了時においては参加した 5 人の DSG 職員全員がデジタル図化の生産性に関して理解できたと回答していることから、この項目に関する DSG 職員の理解は進んだと判断される。

表 3-28 アンケート調査結果

Y: Yes, N: No.

質問内容	回答者	A		B		C		D		E		合計	
	回答	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N
A. デジタル図化データのエラーについて													
1-a) Did you know the error type of digital plotting data before the lecture?	✓					✓		✓		✓		2	3
1-b) Did you understand the error type of digital plotting data after the lecture?	✓					✓		✓		✓		5	0
2-a) Did you know the main reasons for errors of digital plotting data before the lecture?	✓					✓		✓	✓			4	1
2-b) Did you understand the main reasons for errors of digital plotting data after the lecture?	✓					✓		✓		✓		5	0
3-a) Did you know the method of reducing the errors of digital plotting data before the lecture?	✓					✓		✓		✓		3	2
3-b) Did you understand the method of reducing the errors of digital plotting data after the lecture?	✓					✓		✓		✓		5	0
B. 縮尺 1/5,000 デジタル図化データの 1km² 当りの平均ノード点数について													
1-a) Did you the average volume of 1/5,000 scale digital plotting data per 1 km ² before the lecture?		✓		✓		✓		✓		✓		0	5
1-b) Did you understand the average volume of 1/5,000 scale digital plotting data per 1 km ² after the lecture?	✓					✓		✓		✓		5	0
C. デジタル図化データのエラー率について													
1-a) Did you know how to calculate the error ratio of digital plotting data before the lecture?		✓				✓		✓		✓		1	4
1-b) Did you understand how to calculate the error ratio of digital plotting data after the lecture	✓					✓		✓		✓		5	0
2-a) Did you know the impact of high error ratio of digital plotting data for digital mapping project before the lecture?		✓				✓		✓		✓		1	4
2-b) Did you understand the impact of high error ratio of digital plotting data for digital mapping project after the lecture?	✓					✓		✓		✓		5	0
D. デジタル図化の生産性について													
1-a) Did you know how to calculate the productivity of digital plotting before the lecture?		✓		✓		✓		✓		✓		0	5
1-b) Did you understand how to calculate the productivity of digital	✓		✓		✓		✓		✓			5	0

plotting after the lecture?												
2-a) Did you know the present and maximum 1/5,000 digital plotting productivity of DSG before the lecture?		✓		✓		✓		✓		✓	0	5
2-b) Did you understand the present and maximum 1/5,000 digital plotting productivity of DSG after the lecture?	✓		✓		✓		✓		✓		5	0
3-a) Did you know how to calculate the necessary number of equipment and working period of digital plotting before the lecture?		✓	✓			✓		✓		✓	1	4
3-b) Did you understand how to calculate the necessary number of equipment and working period of digital plotting after the lecture?	✓		✓		✓		✓		✓		5	0

出典：JICA 調査団

3.13 技術移転の達成度

本プロジェクトで実施した技術移転の各課題別の成果の達成度の一覧を表 3-29 に示す。

表 3-29 技術移転の達成度評価（ベースライン評価との比較）

定性的評価基準（4段階）

ベースライン評価（×：理論・実務無、△：有識・未経験、○：理論・実務有）

達成度評価（×：未達、△：理論のみ習得、○：理論理解・実践済）

対象分野	技術移転する技術課題	ベースライン 評価	達成度 評価
全体	今後の DSG によるデータ整備事業を実現するにあたっての課題と問題について、DSG カウンターパートが把握し、これに対する必要な対策等を考えることができるようになる。（達成目標）	○	○
	地形図取得項目と図式規定	△	○
	デジタルマッピングの地物コード策定	○	○
空中写真撮影	空中写真の撮影の計画・実施・管理ができるようになる。（達成目標）	○	○
	撮影許可の取得と航空当局との調整	○	○
	デジタル航空カメラの諸元の理解(デジタルカメラとアナログカメラの技術的な比較)	×	△
	撮影計画	△	△
	標定点計画	△	△
	撮影機材についての理解	△	△

	撮影成果の検収方法	△	○
	最新の技術動向 UAV（ドローン）による撮影の理解・計画	○	○
	撮影再委託契約と仕様書の理解	△	△
標定点測量	標定点測量（GPS 測量、水準測量）、選点と対空標識の設置の実務ができるようになる。 （達成目標）	×	○
	測量計画（GPS 測量）	○	○
	選点（GPS 測量）	○	○
	対空標識設置	△	○
	GPS 観測	○	○
	GPS 計算処理	○	○
	測量計画（水準測量）	○	○
	固定点の選点（水準測量）	△	○
	水準測量機器（技術移転用機材として導入の点検と維持管理	○	○
	水準観測と観測結果の記録	○	○
	計算	○	○
	標定点明細簿の作成	△	○

定性的評価基準（4段階）

ベースライン評価（×：理論・実務無、△：有識・未経験、○：理論・実務有）

達成度評価（×：未達、△：理論のみ習得、○：理論理解・実践済）

空中三角測量	プロジェクトで導入したデジタル写真測量ワークステーションの空中三角測量とブロック同時調整機能をつかって、空中三角測量とブロック同時調整ができるようになる。（達成目標）	×	○
	写真測量の原理とステレオ写真の標定フロー	○	○
	写真測量による地形図作成のワークフロー	△	○
	空中三角測量のワークフローと従来と最新のデジタル写真測量とのワークフローの違い	△	△
	作業計画	△	○
	空中三角測量プロジェクト設定	×	○
	ファイル管理 （画像データファイル、その他）	×	○
	内部標定用のセンサー（カメラ）パラメータ設定	×	○

	撮影時の GPSIMU による初期外部標定要素の取り込み	×	○
	タイポイントと地上標定点の観測	×	○
	タイポイントのチェックと再観測	×	○
	ブロック調整（同時調整）計算	×	○
現地調査／現地補測調査	大縮尺地形図用調査計画	△	○
	現地調査の実施と現地調査結果のデータをまとめることができるようになる。（達成目標）	○	○
	現地調査結果データをまとめるにあたって GIS ソフトウェアが使えるようになる。簡単な GIS データを自分で作れるようになる。（達成目標）	△	○
	地形図取得項目（調査対象項目）の理解	△	○
	調査手法と纏め方	△	○
	GIS ソフトウェアの利用（ベクトルデータ）	×	○
	GIS ソフトウェアの利用（ラスター画像）	×	○
数値図化・数値編集	作業仕様、作業基準、図式規定の理解と図化で使用するデジタルマッピングの地物コードの策定・修正	△	○
	デジタル地形図作成工程である数値図化・編集作業を理解するために必要な地形図と地形図作成に関する講義を通じて基礎知識を習得する。 （達成目標）	×	○
	プロジェクトで導入したデジタル写真測量ワークステーションの数値図化機の機能をつかって、デジタル図化ができるようになる。 （達成目標）	×	○
	CAD ソフトウェアと GIS ソフトウェアを使用して、デジタル図化の実習で取得されたデジタル地形図データに対しての数値編集作業（エラー検査と修正編集、データの統合編集）ができるようになる。（達成目標）	×	○
	データ取得（図化）	△	○
	DPW の維持管理（写真測量関連技術分野：空中三角測量、オルソフォト作成を含む）	×	○
	後の更新・維持管理方法	△	○
オルソフォト	DEM 作成（自動マッチング法）と DEM 編集	×	○

作成	プロジェクトで導入したデジタル写真測量ワークステーションのオルソフォト作成機能を使って、デジタルオルソフォトの作成ができるようになる。(達成目標)	×	○
	DEM データの評価	×	○
	オルソフォト（正射投影変換）作成	×	○
	オルソフォトモザイク	×	○
	色調補正	×	○
	オルソ画像評価	×	○
地図記号化	描画法適用、地図調整（一般用簡易マップの描画法適用、地図調整を含む）	△	○
	GIS ソフトウェアを使った、デジタル地形図データの記号化編集作業ができるようになる。(達成目標)	×	○
提供用データ作成と管理 利活用促進活動	デジタル地形図データ (CAD 形式) からの GIS 基盤データ (GIS データベース) の作成	×	○
	GIS ソフトウェアを使って、デジタル地形図データ (CAD データ) から GIS 基盤データ (GIS データ) を作成できるようになる。(達成目標)	×	○
	GIS ソフトウェアを使って、外部への提供用データを作成できるようになる。(達成目標)	×	○
	ファイル内の図形の抽出（地理的範囲や属性による検索）と新たなファイルへの保存、既存のファイルへのマージ	×	○
	ラスタ画像データ（オルソフォト）切り出し、座標付け	×	○
	データ形態変換（ベクタからラスタへ変換）	×	○
	ファイルフォーマット変換	×	○
	DSG の地理空間情報製品の販売・普及促進活動への支援 ・ DSG 製品の普及促進についての DSG との検討	△	○
	DSG の地理空間情報製品の販売・普及促進活動への支援 ・ DSG 製品カタログの更新	○	○
	地理情報の販売価格設定に関するコンサルティング ・ 本プロジェクト成果品の価格設定方法の検討	○	○

利用機関への 技術支援	利用機関への技術支援（チトゥンギザ市） オルソフォトの業務への適用事例の体験 <ul style="list-style-type: none"> 各家屋等を GIS とオルソフォトを使ってマッピングしてみる実習として、門の位置をマッピング 	× (利用機関の 状況について の評価)	○ (利用機関の 状況について の評価)
	利用機関への技術支援（ハラレ市水道局） オルソフォトの業務への適用事例の体験 GIS とオルソフォトを使った水道メータマッ ピング	○ (利用機関の 状況について の評価)	○ (利用機関の 状況について の評価)

（出典：JICA 調査団）

定性的評価基準（4段階）

ベースライン評価（×：理論・実務無、△：有識・未経験、○：理論・実務有）

達成度評価（×：未達、△：理論のみ習得、○：理論理解・実践済）

技術移転対象の各技術分野の項目毎の項で記載されているように、各技術分野の技術移転の達成度評価は到達されたと評価できた。技術移転を通じて、カウンターパートの理論に対する理解と各技術の実践は行われたと評価されることから、表 3-29 の技術移転の達成度評価では、達成度評価の多くが○：理論理解・実践済と評価した。

しかしながら、上記評価表での評価には表現できなかった課題は存在している。今回の技術移転では、多くの技術分野で現在の DSG 職員にとって初めての経験となる技術と機材の導入を目指したトレーニングを実施した。技術移転プログラムの実施期間には当然期限があり、時間をかけて同じ事を繰り返してトレーニングし、技術の習熟が完成と言えるレベルにまで到達するところまでサポートすることは、この技術移転および上記の達成度評価では対象としていない。

DSG による本格的な地形図の整備の実現の観点からは、今回の技術移転により、DSG がこれからデジタル地形図の整備に取り組んでいく上で必要な最低限の能力（技術・機材）の導入が実現された。これは DSG にとっては、デジタル地形図の自力整備の実現に向けてようやくスタートラインに立つことができたと思えるべきである。

DSG は、今後時間がかかっても、自ら課題を発見し、その課題に対して繰り返してトレーニングを積み、これまでのトレーニング得た事、今後のトレーニングを通じて得ることを総動員して、課題を1つひとつ解決し、一定品質のデジタル地形図が整備できる状態に早期に到達できるようにすること、これを実践していくことが DSG にとっての今後の重要な課題である。

4. 提供用データ作成と管理および地理空間情報の利活用の促進

本プロジェクトで整備したデジタル地形図、デジタルオルソフォト、および DSG が流通させる地理空間情報を迅速かつ適切に利活用できることを目的として、表 4-1 の一連の利活用推進に係る活動を実施した。本活動は、第 1 期（2015 年 6～7 月）、第 2 期（2016 年 8 月）、第 3 期（2017 年 3 月）の 3 期に分けて実施した。

下記の 1) から 6) の一連の活動結果にもとづき、7) の成果品利活用に関する提案をまとめ、DSG へ提示し、議論を行った。

表 4-1 地理空間情報の利活用促進に係る活動とその実施期間表

実施項目 【番号】は本稿での項目番号	細目	ID	第 1 期	第 2 期	第 3 期
			2015 年 6 月-7 月	2016 年 8 月	2017 年 2 月-3 月
1. 成果品利活用に係る提案のための基礎情報の収集 【4.1】	対象地域におけるインフラ整備計画の調査	【4.1.1】	■		
	成果品等の利活用に関する関係機関に対するニーズ・要望調査	【4.1.2】	■		
	利用機関での GIS 技術等の利用状況の把握	【4.1.3】	■		
2. 現地セミナーの開催（開始時） 【4.2】	現地セミナーの開催（開始時）	【4.2】	■		
3. 提供用データ作成・管理 【4.3】	提供用データのニーズ把握	【4.3.1】	■		
	提供用データの仕様策定・作成手法・配布等の検討	【4.3.2】		■	■
	提供用データ作成と管理の技術移転	【4.3.3】			■
4. DSG の地理空間情報製品の販売・普及促進活動への支援 【4.4】	普及促進について DSG と検討	【4.4.1】		■	
	DSG 製品カタログの更新	【4.4.2】			■
	デジタルデータ取扱いについての説明文書の作成	【4.4.3】			■
5. 地理情報の販売価格設定に関するコンサルティング 【4.5】	DSG の既存ルールのレビュー	【4.5.1】	■		
	日本や諸外国の事例収集	【4.5.2】	■	■	
	本プロジェクト成果品の価格設定方法の検討	【4.5.3】		■	■
6. 利用機関への技術支援 【4.6】	成果品データやソフトウェアに関するワークショップの開催	【4.6.1】		■	
	技術支援結果から考慮すべき事項と対応策	【4.6.2】		■	
7. 成果品利活用に係る提案 【4.7】	プロジェクト成果品の利活用に係る提案	【4.7.1】			■
8. 現地セミナーの開催（終了時） 【4.8】	現地セミナーの開催（終了時）	【4.8】			■

（出典：JICA 調査団）

4.1 成果品利活用に係る提案のための基礎情報の収集

本プロジェクト成果品の利活用に係る提案を検討するための基礎情報の収集と、利活用の主体となることが想定される関係機関（以下「利用者機関」とする）に以下の調査をプロジェクトの開始とともに実施した。

- 本プロジェクト成果品の利活用先を把握する目的で、プロジェクト対象地域内のインフラ整備計画に関する調査
- 利用者機関の本プロジェクト成果品の利活用に対するニーズや要望調査

上記調査により、各利用者機関での成果品の利用イメージや、一部仕様、価格、配布方法等について意見を得た。この内容は、以降の利活用促進の各活動に対しての基礎情報として反映された。以下に実施した2つの調査の詳細を記す。

4.1.1 対象地域（ハラレ市とその周辺地域）のインフラ整備計画の調査

本プロジェクト成果品であるデジタル地形図、デジタルオルソフォトと等高線の利活用が期待できるプロジェクト対象地域内のインフラ整備計画を把握し、成果品の具体的な利活用検討の材料とするための調査を実施した。

2015年1月に実施された本プロジェクトに係る詳細計画策定調査で収集された情報、ジ国の国家開発5ヶ年計画として2013年に策定された「ジンバブエ持続的な開発および社会的公平を目指した開発計画 ZIM ASSET (Zimbabwe Agenda for Sustainable Socio-Economic Transformation) 2013-2018」の内容をもとに、DSG 調査対象とする利用者機関を選定して訪問調査を実施した。選定された調査先は、農業機械化灌漑省農業技術普及局、ハラレ市・ハラレ市水道局、チトゥンギザ市、エポワース地区、地方行政公共工事住宅省土木局、地方行政公共工事住宅省都市計画局、農業・機械化・灌漑省灌漑局、水資源公社、以上8機関とした。表4-2にその調査結果概要を整理し、図4-1に本調査で把握した計画の位置を示す。

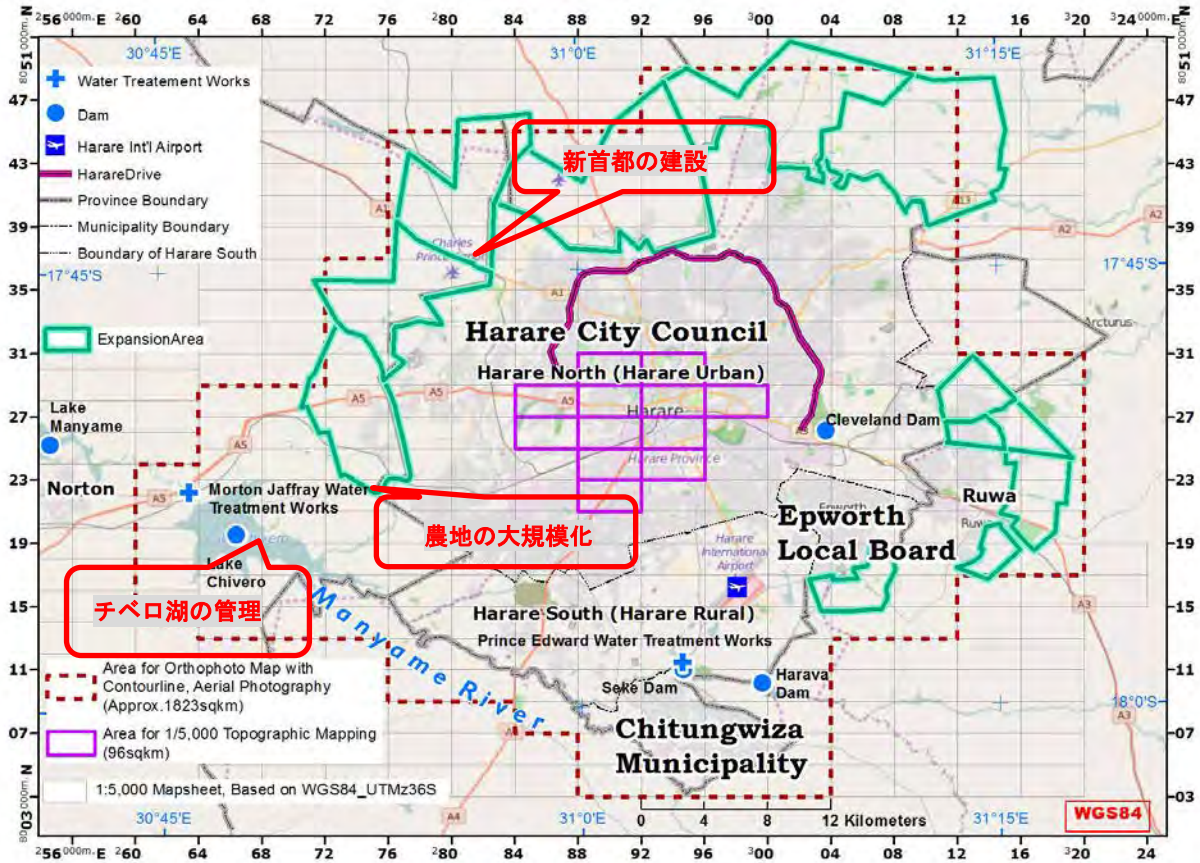
本調査結果から、本プロジェクトにおけるデジタル地形図、デジタルオルソフォトと等高線の作成範囲には、表4-2、図4-1に示す分野のインフラ整備計画の検討がされていた、あるいは実際に開発実施中であった。特に成果品のうち、高解像度、最新の状況を反映したデジタルオルソフォトは、上下水道管理、道路管理、都市計画、新首都建設等において、衛星画像よりもより詳細に施設状況や土地被覆状況を把握することができる。

さらに、デジタルオルソフォトに等高線を重ねて表示することにより、水道管設置計画、農地大規模化計画の検討で、土地被覆だけでなく高低差も把握できることが有効となる。このように、本プロジェクトで作成されるデジタル地形図、デジタルオルソフォトと等高線は各分野での利活用が期待できる。各利用者機関での有効性については次項（4.1.2）に記載している。

表 4-2 対象地域で計画・実施されているインフラ整備計画

分野	計画概要	状況等
上下水道 施設管理	<ul style="list-style-type: none"> アフリカ開発銀行のプロジェクトにより浄水施設、下水処理施設やポンプの補修が実施された(第1期)。2017年までの第2期には、水道管の補修(市内全域で4km)が予定されている。 	<ul style="list-style-type: none"> チベロ湖の浄水施設の補修は現在も継続している。 各市による上下水道施設の補修は、資金調達に関する懸念から計画どおりに実施されていない可能性がある。 上下水道の補修は各市(ハラレ市、チトゥンギザ市等)が担当している。
ダム建設と 水道管設置	<ul style="list-style-type: none"> ハラレ市北東部に2つのダム建設、とダムから市内までの水道管敷設の計画が進められており、その一部がプロジェクト対象地域に含まれる 新首都の建設に伴い、新国会議事堂周辺までの水道管敷設の計画がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ダム建設や水道管設置は、環境・水・気候省の所管であるが、設置後、関係自治体に引き渡される。
道路管理	<ul style="list-style-type: none"> ハラレ-ムタレ間、およびハラレ-バイトブリッジ間の片側二車線化計画 対象域内道路の補修計画 	<ul style="list-style-type: none"> 左記は広域幹線道路についてである。対象地域内(ハラレ市周辺部)の道路の新設計画は都市計画に基づくものに限られる。
都市計画	<ul style="list-style-type: none"> 都市域の整備拡張(例えば、チトゥンギザ市南西部農地の宅地化) 不法居住地域の整備・合法化(エポワース等) 市内の継続的な計画作成 	<ul style="list-style-type: none"> 世界銀行の資料によるとハラレ市北部、西部に都市域の拡張が見込まれる。また、チトゥンギザ、ルーア、エポワースについても都市域の拡張が見込まれている。 ハラレ市南部は、上下水道、道路等のインフラ整備が進んでいない。
農地	<ul style="list-style-type: none"> チベロ湖周辺の農地規模の拡大 廃水の農業への再利用 	
その他	<ul style="list-style-type: none"> 新首都の建設 市内の学校、病院等、公共建物の建設 チベロ湖の維持管理(水質向上等) 	

(出典：JICA 調査団)



Service Layer Credits: (c) OpenStreetMap and contributors, Creative Commons-Share Alike License (CC-BY-SA)

緑実線：ハラレ、チトゥングザ、エポワース、ルーアの拡大が進行・計画中の範囲
 茶破線：プロジェクト対象範囲

（出典：JICA 調査団）

図 4-1 対象地域でのインフラ整備計画調査結果（開発が進行中または計画中の地域）

4.1.2 成果品の利活用に関する関係機関に対するニーズ・要望調査

本プロジェクト開始直後に選定された利用者機関に対して、本プロジェクトの成果品の利活用に関するニーズ・要望に関する訪問調査を行った。その調査結果を表 4-3 に示す。

表 4-3 本プロジェクトの成果品の利活用に関する利用者機関での訪問調査結果

機関名	プロジェクト成果に対する利活用ニーズ・データの内容や仕様についての要望	結果
機関の役割	利用者機関の状況	調査日
農業・機械化・灌漑省 農業技術普及局	<ul style="list-style-type: none"> DSG の地図をベースマップとしてハラレ市内の湿地地図、農業生態地図等の主題図を DSG と協力して作成している。今回もベースマップとなるデジタル地形図・オルソフォトのデータ仕様については、DSG 仕様に従う。 湿地の詳細状況の把握、農地からチベロ湖への土砂流出の防止対策としての農地利用の適正化と大規模化にはデジタルオルソフォトは有効。 	<p>等高線付デジタルオルソフォトは、農地利用の適正化と大規模化に対して、現状での農地の利用状況を含めた土地被覆状況の把握と、計画地の高低差からの農水路と排水路の配置検討などに有効となる。</p> <p>農地からチベロ湖への土砂流出防止策の検討にも有効である。</p>
農業適地や適性作物の情報提供など農民への農業技術の普及	<ul style="list-style-type: none"> 利用している機器が古く、現在の高度なデジタルデータを扱う上での課題となる。 GIS は Ilwis 利用している。 	2015 年 7 月 7 日
ハラレ市・ハラレ市水道局	<ul style="list-style-type: none"> 現在は、紙ベースで施設メンテナンスを実施している。デジタル地形図、オルソフォトをベースマップとして施設情報をデジタル地図化し業務に役立てたい。 施設情報（管路網）のデジタル地図化には土地の高低差や距離の情報が重要になる。 WGS84 は良いが、既存の地籍情報等の座標変換に使うソフトウェアを用意することが課題。 データ利用価格に関心 場所によっては縮尺 1:2,500 の地形図が必要である。 	<p>デジタル地形図、高解像度のデジタルオルソフォト、等高線の上で管路情報をマッピングすることにより管路敷設場所の土地の高低差、管路延長の概略距離を把握することが可能になる。また、将来の管路網のデータベース化にもつながる。</p> <p>高解像度のデジタルオルソフォトを利用して、水道メータやマンホール位置を高精度で地図化できる可能性があり（どこまで、何まで見えるは今後の検討事項）、管理図作成の効率化、精度向上に寄与する。</p>
大ハラレ圏への水道水供給、ハラレ市内の上下水道管理	<ul style="list-style-type: none"> GIS ソフトウェアは、ArcGIS と QuantumGIS を利用している。 RTK-GPS でサブ meter 単位の水道メータマッピングを実施。 紙ベースの施設管理から GIS への移行が課題 	2015 年 7 月 9 日

チトゥンギザ市	<ul style="list-style-type: none"> 上下水道、道路、都市計画の他、消防や救急業務にも地理空間情報は必要。 上下水道施設、下水管網、タンク、水道メータ、街灯、無線中継塔のマッピングが必要。 	高解像度のデジタルオルソフォトは、上下水道施設、タンク等の位置を把握できる可能性があり（どこまで、何まで見えるは今後の検討事項）、また、人命にかかわる消防や救急活動での周辺現況を理解した上での対応を可能とさせる。
• 市行政全体	<ul style="list-style-type: none"> GIS 導入を含めた IT 化を進めており、2018 年までに完了予定 20 人近くが会合に参加し関心が高い。 	2015 年 7 月 10 日
エポワース地区	<ul style="list-style-type: none"> 当地区は国有地であったところに不法居住が広がった結果である。不法居住地区の合法化策をとった都市計画が最重要課題であり、これに付随する地籍測量には着手している 	高解像度のデジタルオルソフォトは、衛星画像以上に不法占拠地区の抽出には有効となる。
• 地区行政全体(道路、水道管、都市計画・開発、建築確認等)	<ul style="list-style-type: none"> 事務局長はじめ各区長が集まり関心が高い。 GIS の訓練を受けた職員はいるが、紙ベースで業務（業務での ICT 利用は、職員 1 人に PC1 台が実現している。） 	2015 年 7 月 10 日
地方行政・公共工事・住宅省土木局	<ul style="list-style-type: none"> 建設工事では小範囲の精密な地図(縮尺 1:500)が必要となり、1:5,000 地形図は建設工事の工事測量成果の代替とはならない。しかし、工事測量の計画図面としては有用である。過去の測量点の情報や地籍情報を重ね合わせることができればさらに有用である。 	デジタル地形図、デジタルオルソフォト、等高線は、建設土木工事の工事測量の計画策定には有効である。地籍情報を重ね合わせ出来ればさらに有用である。
• 学校、病院、警察署等公共施設の建設		2015 年 7 月 13 日
地方行政・公共工事・住宅省都市計画局	<ul style="list-style-type: none"> 最新の状況を反映したデジタルオルソフォトは古い既存 1:5,000 地形図の補完情報として重ね合わせて利用すると有益 A0 サイズまでの出力図が良い 地籍情報が統合されると有益 	都市計画は従来から DSG の 1:5,000 をベースとしており、今回のプロジェクト成果は極めて有益となる。デジタル地形図、デジタルオルソフォトと、地籍情報を重ね合わせ出来ればさらに有用である。
• 国有地の都市計画 • 自治体が行う都市計画のコンサルティング	<ul style="list-style-type: none"> 設計に AutoCAD を利用しているが、GIS の導入にも関心 課題は使用しているコンピュータが古いこと。 	2015 年 7 月 13 日
農業・機械化・灌漑省灌漑局	<ul style="list-style-type: none"> ハラレ市内北部の実験農場を有しており、井戸の設置を計画している。その場所の標高の情報が必要 チトゥンギザ周辺でのマニャメ川水系の汚染を防止する目的で廃水再利用を行っている。 フォーマットは SHP で良い。 地籍データや測量基準点の情報も重要 	農地灌漑事業に対して、等高線(2m)付デジタルオルソフォトは、計画地の高低差からの排水路配置検討などに有効となる。マニャメ川水系の汚染防止を目的とした農地からの排水と排水処理の対策にも有効である。

<ul style="list-style-type: none"> • 国有地の灌漑事業等 	<ul style="list-style-type: none"> • AutoCAD を灌漑の設計に利用している。DSG の地籍図も利用している。） • Sepac(SurveyPackage)、Model Maker、RTKGPS(トリンプル製)などの機材・ソフトを有している。 • Quantum GIS (QGIS)は知らないようで講習に関心を示した。 • インターネット利用環境は整っていない。 	2015年7月13日
水資源公社（ZINWA）	<ul style="list-style-type: none"> • ハラレ市北東部に2つのダムの建設計画中であり、ダムから市内までの水道管敷設に有効である。水道間敷設計画に使える詳細な標高データが欲しい。 • 新首都の建設が実施される場合、新首都までの水道管敷設を行う。 • デジタルオルソフォトより地形図が良い。デジタルオルソでは建物が木の陰になる懸念がある。 • 出力図はA1がよい。 • データ価格は既存の地形図と同様に10US\$が適当 	デジタル地形図はハラレ中心部に対しては、提供可能。それ以外のプロジェクトによる空中写真撮影範囲内であれば、プロジェクト終了後 DSG により縮尺 1:2,500 までの地形図整備が可能となる見込み。その対応は水資源公社と DSG との協議事項となる。
<ul style="list-style-type: none"> • ダムおよび水道管など関連施設の建設 	<ul style="list-style-type: none"> • GIS ソフトは、Model Maker と ArcGIS を利用している。 	2015年7月14日

(出典：JICA 調査団)

訪問調査の結果から、本プロジェクトの成果品を各利用者機関で利活用できる可能性は高く、特に調査対象地域全域をカバーするデジタルオルソフォトと等高線に対する利活用のニーズあることについて確認できた。(なお、水資源公社の要望は、今後 DSG により整備されることが期待される郊外部のデジタル地形図による対応となる)。以降のセミナーや技術支援を通しての、成果内容特に、デジタルオルソフォトの使い方の周知が以降の調査で重要になると再認識した。

4.1.3 利用者機関での GIS 技術等の利用状況の把握

各関係機関の利用現場を見ることにより、利用者の実際のニーズ・利用法やデータ利用上の懸念事項等について把握を行い、以後の調査で提供する適切な製品の提供形態を考えるにあたっての基礎情報とした。

前項(4.1.2)の訪問調査結果では、調査先8機関のうちGISの利用が確認できたのは、農業・機械化・灌漑省農業技術普及局、ハラレ市、農業・機械化・灌漑省灌漑局、水資源公社の4機関であった。使用しているGISソフトウェアの主なものは、ArcGISであった。GISを利用していないその他の機関でもIT化の一環としてGIS導入を計画したり、研修を受けたりするなど、GIS利用への関心は高いことがうかがえた。土木設計に関わる業務を主に行う機関では、AutoCADなどの設計ソフト(CAD)を利用していた。

また、一般に ICT の利用には、ソフトウェアとハードウェア、通信環境の維持管理コストの負担できるかが問題となる。インターネット接続が導入済みであってもほぼ使えない、設備の更新がされておらず、今回の成果品取り扱うには、利用している PC やソフトウェアが古すぎるなどの課題が各機関において見られた。

上記調査結果の提供用製品の仕様等に関する利用者からの要望や利用者の利用環境の状況と本プロジェクトでの対策方針を整理した内容を表 4-4 として示す。

表 4-4 提供用製品の仕様に関する要望事項と対策方針

仕様項目		仕様項目に対しての要望と対応方針
測地基準	要望・ 利用環境	<ul style="list-style-type: none"> WGS84 採用に対する反対意見はなかったが、既存データとの統合のために Arc1950 間や異なる投影法間との座標変換サービスの提供。
	対応方針	<ul style="list-style-type: none"> DSG による座標変換サービスの実施とそれに必要な技術の DSG への技術移転を実施する。
ベクタデータ フォーマット	要望	<ul style="list-style-type: none"> SHP、DWG、DXF 等汎用的な形式での利用例が多く、特殊な形式に対する要望はなかった。 GIS や CAD を利用していない機関も複数あり、ベクトル形式の取扱に懸念がある。
	対応方針	<ul style="list-style-type: none"> 配布データの配布形式は、複数の GIS や CAD で利用可能な汎用的なフォーマットである SHP、DWG、DXF 形式での配布に対応出来るようにする。それに必要なデータ変換に関する技術移転を DSG に対して実施する。 GIS や CAD ソフトウェアを利用していない利用者、ベクトルデータでの高度な利用を必要としない利用者、古いコンピュータ環境を使用している利用者に対する対応策として、ベクトル形式のデータをラスター画像化して提供することを検討する。
ラスターデータ フォーマット	要望	<ul style="list-style-type: none"> 特殊な形式での利用例は見られなかった。また、汎用的な形式である TIFF 形式以外への要望もなかった。位置情報は World File かヘッダー情報に記録
	対応方針	<ul style="list-style-type: none"> 汎用性とわかりやすさを考慮して、World File での対応を検討する。World File の場合、画像の位置情報を記述したテキストファイルとして独立しているため位置情報を記した情報の存在が目に見える。画像のヘッダー情報として画像内に格納した場合、利用者から見えにくいため、利用者が不用意にヘッダー情報を削除してしまうことが懸念される。
DEM データに ついて	要望	<ul style="list-style-type: none"> DEM データの整備・提供について一部機関より要望があった。
	対応方針	<ul style="list-style-type: none"> DSG に対する DEM 作成に関する技術移転を実施する。
統合すべき（し たい） 既存データ	要望	<ul style="list-style-type: none"> 地籍データ 測地基準点(三角点、水準点)データ 境界データ
	対応方針	<ul style="list-style-type: none"> DSG 地籍部が管理する地籍データ等との統合製品の作成について DSG に提案する。(4.7.1 内 表 4-22 に提案内容を記載)

出力図サービス	要望	<ul style="list-style-type: none"> • A0 サイズの希望が多かったが、既存の 1 : 50,000 地形図と同サイズの A1 が良い、あるいは A3 での利用可能性もありうるとの要望もあった。
	対応方針	<ul style="list-style-type: none"> • DSG との出力図サービスに関する検討を提案する。 (4.7.1 内 表 4-20 に提案内容を記載)
データ価格	要望	<ul style="list-style-type: none"> • 低価格や無償提供の要望が多い。 • 紙の 1 : 50,000 地形図と同様(10US\$/1 面) 程度が良いという意見があった。 (デジタルデータ配布の際の単位 (図郭単位・地域単位等) については今後の検討課題である)
	対応策	<ul style="list-style-type: none"> • 上記要望も参考に、DSG に対しての販売価格設定に関するコンサルテーションを実施する。(4.5.3 (2) 製品価格設定方法に関する技術移転に実施結果を記載)
2次利用	要望	<ul style="list-style-type: none"> • 特になし (民間にヒアリングは実施していない)。
	対応方針	

(出典 : JICA 調査団)

4.2 現地セミナー（開始時）の開催

デジタル地形図およびデジタルオルソフォトの利活用促進を図るため、利用者機関を招致したセミナーをプロジェクト開始直後に開催した。当日は、ジ国土地地方再定住省大臣、在ジンバブエ日本国大使の列席を得た。

4.2.1 セミナーの内容

本セミナーは、本プロジェクトの実施内容や成果品について、利用者として想定されるジ国政府関係機関や国際関係機関等に紹介・周知することを意図して開催した。以下にセミナーの開催日時と場所を示す。また、セミナーのプログラムを表 4.2-1 に示す。

日時 : 2015 年 7 月 3 日 10 時から 12 時

場所 : レインボータワーホテル (ハラレ市内)

内容 : 次表 「現地セミナー（開始時）の内容」

表 4-5 現地セミナー（開始時）の内容

	時間	プログラムとスピーカー
1.	9:30	Registration
2.	10:00-10:10	Self-introduction by Participants
3.	10:10	Opening: the Master of Ceremony asks the Surveyor General to introduce the Honorable Minister of Lands and Rural Resettlement for the opening address
4.	10:15 - 10:25	Opening address by the Honorable Minister of Lands and Rural Resettlement
5.	10:25 - 10:30	Opening address by His Excellency, the Ambassador of Japan
6.	10:30 - 10:35	Group photo

7.	10:35 - 10:55	Tea/ Coffee break
8.	10:55 - 11:15	Current Status of Topographic Mapping in Zimbabwe and Expected Project Outputs: Mr. Nadambakuwa (Department of the Surveyor General)
9.	11:15 - 11:30	Project Outline: Mr. Yoshiteru Matsushita, Team Leader of the JICA Study Team
10.	11:30 - 11:50	Project Components and Implementation Approach: Dr. Courage Kamusoko (JICA Study Team))
11.	11:50 - 12:05	Utilization of Digital Topographic Maps and Ortho-Photo imagery: Mr. Hiromichi Maruyama (JICA Study Team))
12.	12:05 - 12:10	Closing Remarks by the Acting Surveyor General: Mr. Canaan Ndambakuwa (Department of the Surveyor General)

(出典：JICA 調査団)

4.2.2 セミナー招待先について

ジ国中央政府機関を始めとして、プロジェクト成果である 1:5,000 地形図とデジタルオルソフォトの利用が想定される関係機関を幅広く招待した。招待する関係機関の選定は基本的に DSG 側に一任した。招待状を发出した機関のリストを表 4-6 に示す。当日は、66 名(報道関係者を含む)の出席者を得た。

なお、招待した報道機関により、セミナーの様様、日本国大使および土地・再定住省大臣のインタビューが翌日のテレビニュースで放映された。テレビ局 ZBC の web サイト (URL は以下) には記事も掲載された。

- <http://www.zbc.co.zw/news-categories/local-news/57971-new-harare-map-on-the-cards>

表 4-6 招待状を发出した機関のリスト

Local Government or Municipalities in the Project area
• City of Harare
• Chitungwiza Municipality
• Epworth Local Board
Users of Geospatial Information Database
• Department of Civil Engineering and Works, City of Harare
• Harare Water, City of Harare
• Forestry Commission
• Ministry of Transport and Infrastructural Development
• Ministry of Health and Child Care
• Ministry of Agriculture, Mechanisation and Irrigation Development
• Ministry of Local Government, Public Works and National Housing
• Ministry of Finance and Economic Development
• Ministry of Tourism & Hospitality Industry
• Ministry of Mines and Mining Development

• Ministry of Foreign Affairs
• Geological Survey
• Ministry of Higher and Tertiary Education, Science and Technology Development
• European Union
• German International Cooperation Agency
• African Development Bank
• World Bank (Project for Water facilities improvement)
• USAID
• Environmental Management Agency (EMA)
• Zimbabwe National Statistics Agency (ZIMSTAT)
• Zimbabwe National Water Authority (ZINWA)
• Department of Geography and Environment, University of Zimbabwe
• Department of Geomatics, University of Zimbabwe
• Scientific and Industrial Research and Development Centre
• Survey Institute of Zimbabwe
• Communication companies: Econet, NetOne, and Telecel

（出典：JICA 調査団）

写真 4-1 および写真 4-2 は、セミナーの様子を示した写真である。



左写真：左より測量局長代理、次官代理、土地・地方再定住省大臣、日本国大使、調査団長、右写真：会場の様子
（出典：JICA 調査団）

写真 4-1 開始時セミナーの様子



（出典：JICA 調査団）

写真 4-2 セミナー参加者 集合写真

4.2.3 インセプション・セミナー開催の準備と運営

セミナーの開催準備と当日の運営については、可能な限り DSG 職員の関与が得られるように配慮を進めた。ただし、標定点測量の現場作業は、セミナー準備期間および、開催当日も実施したことから、標定点測量に従事したカウンターパートは、インセプション・セミナーに関与していない。

4.2.4 セミナー参加者からの聴取意見

質疑応答の時間には参加者からは幾つかの意見が寄せられたが、そのうち、本プロジェクトには直接関係のない事項や、DSG への確認・要望事項以外では、以下の WGS84 への移行に関すること、デジタル技術（GIS）の導入（普及）、著作権に関する 3 つの課題が挙げられた。

- 「今回のプロジェクトで WGS84 を用いるということであるが、既存データはほとんどが旧測地系のローカル測地系である Arc1950 に基づいている。測地基準を合わせないと既存データと統合利用ができなくなるが、WGS84 への移行する準備はできているのか」
- 「紙の地形図からデジタル地理空間情報になると、その情報を扱う上で GIS などの知識や技術が必要となる。そういう面での能力開発を行うことがより重要となるのではないか」
- 「デジタルデータで提供するならば、著作権の問題を明確にする必要があるのではないか」

これら 3 つの課題の存在について、調査団と DSG はすでに認識していたが、利用者側においても

認識していることが把握できた。これらの課題は、以後の利活用推進のための活動の中で対応した。

4.3 提供用データ作成・管理

本プロジェクト成果品であるデジタル地形図、デジタルオルソフォト、等高線およびこれから派生するデータは、DSG をディストリビュータとして利用者に販売・配布される。DSG が利用者にデータを提供する際のデータの仕様策定・作成手法や配布形態等について、DSG に対するコンサルテーションと技術移転を行った。

4.3.1 提供用データのニーズ把握

4.1 として整理したプロジェクト対象地域内のインフラ整備計画の把握調査、利用者機関に対するニーズ・要望調査を通じて、デジタル地形図、デジタルオルソフォトおよび DSG が管理しているその他の地理空間情報のうち、以下のデータやサービスに対するニーズがあることが分かった。

- オルソフォトおよび 1:5,000 地形図
- オルソフォト、1:5,000 デジタル地形図と地籍情報や測地基準点、境界情報の統合
- DEM
- 既存データが準拠する測地参照系 Arc1950 と今回プロジェクトで採用した WGS84 間の測地系変換サービス
- A0 ないし既存 1:5,000 地形図と同サイズ A1 の出力図サービス

この内容は、次項 4.3.2 の提供用データの仕様策定・作成手法・配布等の検討での製品案検討の基礎情報とした。

4.3.2 提供用データの仕様策定・作成手法・配布等について DSG との検討

本プロジェクト成果品が幅広い利用者に活用されるためには、利用者のニーズに沿った使いやすい製品を速やかに提供することが必要である。このため、第 1 回調査時の利用者機関に対するニーズ調査結果も踏まえ、DSG と本プロジェクトの成果品である 1:5,000 デジタル地形図および地上解像度 20 cm のデジタルオルソフォト、縮尺 1:34,000 のハラレ・ストリートマップと、他のデータと統合した派生製品の作成について検討し、配布する製品案と課題等について表 4-7 に整理した。

表 4-7 提供する製品案について

製品案	概要	課題	関連する技術移転	DSG 内部で必要になると想定される対応
地籍情報から抽出した土地区画および土地所有者の情報	<ul style="list-style-type: none"> • 地籍情報をデジタル化し、デジタルオルソフォトを用いた WGS84 UTM36s に補正する（デジタルオルソフォトと重なるように補正する） 	<ul style="list-style-type: none"> • 地籍情報のデジタル化 • プライバシー保護との兼ね合い 	<ul style="list-style-type: none"> • 既存地図情報のデジタル化 • 楕円体投影法が異なる既存地図情報の位置合わせ 	<ul style="list-style-type: none"> • 地籍情報のデジタル化についての方針決定 • 具体的な計画策定

特定箇所・施設の案内図等の主題図	<ul style="list-style-type: none"> ユーザーの要望に応じた主題図。例えば、ハラレガーデンの案内図、チベロ湖の案内図、警察署の管内図 	<ul style="list-style-type: none"> 要望毎に対応する必要がある。標準的なプロダクト（既製品）とすべきとの意見がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 主題図作成 	<ul style="list-style-type: none"> カスタム製品を目指すか既製品を目指すか意思決定が必要
タウンアトラスハラレストリートマップブックレット版	<ul style="list-style-type: none"> 1:10,000 出力図+POI を集めた地図集 	<ul style="list-style-type: none"> 具体的な仕様について詳細な検討が必要 	(なし)	<ul style="list-style-type: none"> 製品化についての意思決定が必要

（出典：JICA 調査団）



（出典：JICA 調査団）

写真 4-3 提供用データに関する DSG との検討の様子

4.3.3 提供用データ作成と管理の技術移転

DSG がデジタル地形図、デジタルオルソフォトを利用者に対してデジタルデータとして提供する際には、データ変換、切り出し等の加工が必要となる。データの加工に必要な GIS ソフトウェアを用いた以下の操作に関する技術移転を DSG に対して実施した。

- データ形態変換（ベクタ/ラスタ変換）、
- ファイル記録形式（ファイルフォーマット）の変換、
- 内容の抽出（利用目的に合わせた特定地物型の抽出や特定地理的範囲の切り出し）
- ファイル記録単位の変更（シームレスから図郭単位への変更）

次に、DSG においてデジタル地形図とデジタルオルソフォト等の各種データの管理を行う必要がある。デジタル地形図、デジタルオルソフォトのデータ管理に必要なとされる地理空間情報の取扱方法についても講義と実習形式で技術移転を行った。

4.4. DSG の地理空間情報製品の販売・普及促進活動への支援

4.3.2 で検討した本プロジェクト成果品や派生製品が広く利活用されるようにするためには、販売・普及促進活動を展開し、製品の存在やその内容、さらには DSG の活動自体を一般および利用者に周知させる必要がある。そのための普及促進策と、DSG 製品カタログの更新、デジタルデータの説明書の作成等について DSG と検討した。この検討結果は、調査団からの販売・普及促進活動への提案にも反映された。

4.4.1 普及促進策についての DSG との検討

本プロジェクト成果品であるデジタル地形図とデジタルオルソフォト、さらにその派生製品が広く利活用されるようにするためには、販売・普及促進活動を展開し、製品の存在やその内容、さらには DSG の活動自体を一般およびユーザーに周知させる普及促進策が必要となる。

我が国の国土地理院および国土地理院の整備する地理空間情報を提供する一般財団法人日本地図センターが行っている普及活動を参考に、DSG においてどのような普及促進活動が考えられるのかディスカッションを DSG と行った。その結果を表 4-8 に示す。

表 4-8 普及促進策

普及促進策案	内容
展示会への出展	<ul style="list-style-type: none"> • DSG は、現状では、8 月に開催される農業展、4 月/5 月に開催される国際見本市に出展して、活動内容の紹介、製品の普及等に努めている。 • 他の機会(例：School fairs, Tourism expo)にも出展し普及に努める。
DSG の Web サイトの充実	<ul style="list-style-type: none"> • UNDP プロジェクトにおいて IT チームが Web サイトの更新を計画している。Web サイトを普及促進のための広報に活用する。
展示室の開設	<ul style="list-style-type: none"> • DSG 本部ビル Ground フロアの地図販売所の向かいの空室となっている展示スペースを地図や測量機器の展示場として、一般への測量・地図作成に関する普及啓発に努める。
出前セミナー	<ul style="list-style-type: none"> • 昨年、DSG 職員がジンバブエ大学に出向き測量・地図作成について講演した。これは大学からの要請に基づいたものであった • 今後も DSG が様々な機関から同様の要請を受けることが重要。
青少年へのアプローチ	<ul style="list-style-type: none"> • ジンバブエの一般市民に、小さいころから地図に親しんでもらうことが必要。



(出典：JICA 調査団)

写真 4-4 農業展(2016年8月22日～29日開催)での DSG ブースの様子

表 4-8 の普及促進策に関するアイデアのうち、展示会 Zimbabwe International Trading Fair (ZITF) への出展は実施された。ZITF とは、「国際見本市」としている展覧会であり、毎年 4 月末から 5 月にかけてブラワヨで開催されている。ジンバブエ国内の企業、各政府機関、外国企業、外国政府が出展を行う大規模な展示会である。2017 年の ZITF は、2017 年 4 月 25 日～30 日にブラワヨで開催された。DSG は MLRR とともに ZITF に出展し DSG 地理空間情報製品の PR および本プロジェクトの成果についての展示と PR を実施した。

4.4.2 DSG 製品カタログの更新

DSG は、プロジェクト成果品であるデジタル地形図・デジタルオルソフォトを DSG の製品として販売・配布する計画である。デジタル地形図・デジタルオルソフォトが迅速且つ有効に利活用されるために必要な販売・普及促進の具体策として、DSG 製品カタログの更新を行った。また、今回作成したデジタルデータの測地参照系、地図投影法、ワールドファイル等を理解してもらうための説明文書案を検討した。

(1) DSG 製品カタログの更新

DSG の地理空間情報製品の販売促進、普及促進を実現するためには、DSG がどのような製品を販売しているかわかりやすいカタログの整備が不可欠である。現在、DSG ではカラー印刷の美しいカタログを利用者に配布しているが、15 年以上前に作成されたものであり現状に即していない。

今回のプロジェクトで新たな製品が加わること、既存のカタログには既に在庫切れになっている製品が多く含まれることから、製品カタログの更新が必要である。製品カタログの更新に関する検討を行った。最終的な目的は、カタログ更新のための材料を揃え DSG が自らカタログ更新するための具体的な道筋をつけることである。

1) 検討の体制

印刷物の取り扱いに習熟した地図複製課の 2 名と主題図作成などのソフトウェアの扱いに豊富な経験を有する地図編課の 1 名とともに検討を行った。

2) 方針の検討

製品カタログの更新にあたり、まず、どのような方針で更新するかについて検討した。その結果、以下の方針を取ることにした。

- a. 既存のカタログとは、独立したカタログとする。
既存の 1:5,000 地形図は、地籍情報を上乘せしている図葉が存在するため引き続き提供する予定であること等から、混乱を避けることがその理由である。
- b. 既存のカタログの体裁を踏襲せず、定型の A 判とする。

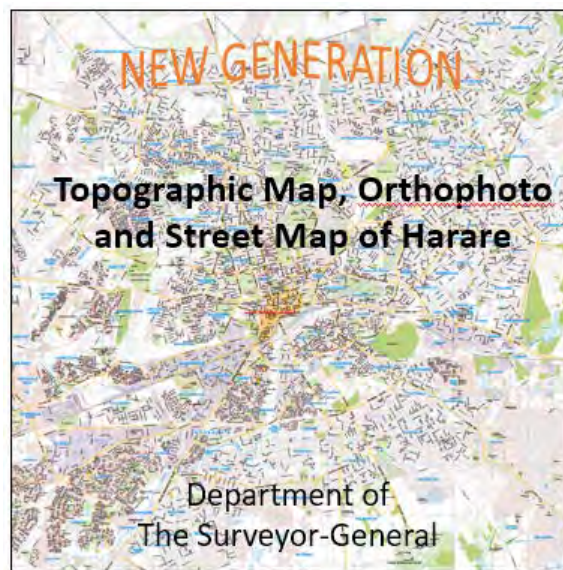
既存のカタログは、正方形の形状であり、ソフトウェアでの編集に難があることから、定型の A5 判とする。

3) 構成の作成

製品カタログには、以下の製品を含め、見開きで左ページに説明、右ページに地図や写真などのビジュアルを配置することを基本とした

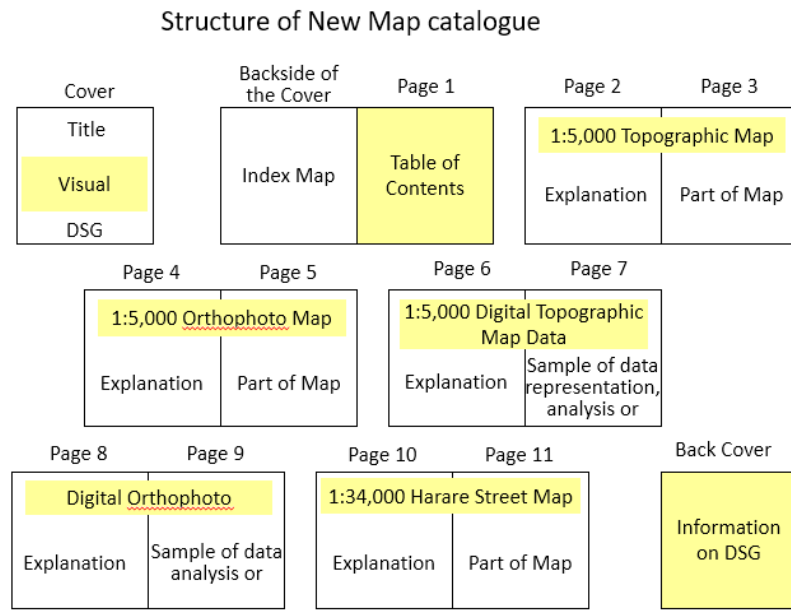
- 1:5,000 地形図
- 1:5,000 オルソフォト
- 1:5,000 デジタル地形図
- デジタルオルソフォト
- 1:34,000 ハラレ・ストリートマップ

新しい製品カタログの全体の表紙と構成を図 4-2 と図 4-3 に示す。



（出典：JICA 調査団）

図 4-2 新カタログ表紙案



（出典：JICA 調査団）

図 4-3 新カタログ構成案

作成した素案に基づき、実際に新カタログの作成を実現するためのアクションプランを検討した。表 4-9 にそのアクションプランの内容を示す。

表 4-9 新カタログの作成のアクションプラン

活動	担当	必要な機器等	期限
素案をもとに最終仕様決定	写真測量部門	PC	April 28, 2017
各ページの作成	写真測量部門	PC, 描画用ソフト	June 30, 2017
校正	地図編集部門	PC	July 31, 2017
最終稿作成・印刷	写真測量部門	PC, プリンター	August 31, 2017
管理・配布	総務部門	ロッカー	

（出典：JICA 調査団）

4.4.3 デジタルデータ取扱いについての説明文書の作成

今回のプロジェクトの成果品に基づき、DSG としてはベクトルデータの 1:5,000 デジタル地形図およびラスターデータのデジタルオルソを初めて提供することとなる。

ジンバブエ国のユーザーはこれらのデータに慣れていないこと、また、そもそもデジタルデータについては、紙の地形図とは異なり、一目見ただけでその内容がわからないため、データの仕様やどのような測地参照系、地図投影法に基づくデータであるのか等について明確に説明する文書が必要である。これらは最近ではメタデータとして与えられることが多いが、データ利用初心者でも理

解できるような文書としてデータの提供時にデータとともに利用者に提供することを想定して、DSG 職員と検討を行った。

(1) 検討の体制

今回のプロジェクトにおいて主要な C/P であり、新たな製品の仕様について詳しい写真測量課長とともに検討を行った。

(2) 方針の検討

説明文書の検討にあたり、まず、どのような文書とするかについて検討した。その結果、以下の方針とすることにした。

- ・ 説明文書は、今回のプロジェクト成果から作成される製品共通のものとする。
- ・ 測地系や地図投影法、地図図式など地形図を理解する上での基礎知識と地形図作成の流れを易しく説明する。
- ・ デジタル形式のデータのフォーマットやラスターデータの位置を定めるためのワールドファイルについて説明する。
- ・ 今回のプロジェクト成果品の基づく測地系、地図投影法、フォーマット等並びに成果品作成の原データであるデジタル写真の諸元について説明する。

(3) 素案の作成

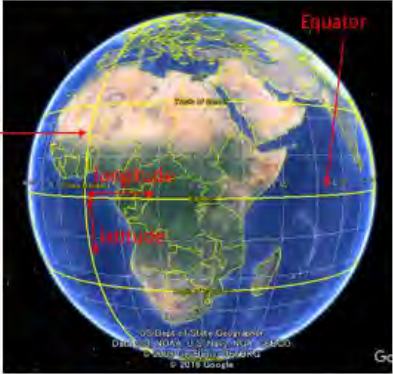
素案として、次の構成の説明文書を作成した。文書の一部（図 4-4）とあわせて以下に示す。

タイトル：地形図の利用にあたって

- ・ 地形図とは何か
- ・ 地球上の場所の位置はどのようにあらわされるか
- ・ 地球上の対象物はどのように表現されるか
- ・ 地形図はどのように作られるか
- ・ デジタル地形図について
- ・ JICA ハラレ地理空間情報作成プロジェクトにおける基本的な仕様

How is the position on the earth represented?

- Latitude and longitude
- Height
 - Geodetic reference system (Geodetic datum)
- Shape of the earth was modelled as ellipsoid for latitude and longitude
 - Reference ellipsoid characterized by semi-major axis **a** and semi-minor axis **b** (or flattening $1/f$, $f=(a-b)/a$)
 - Latitude and longitude as well as direction are defined at the origin.
- **Height** is usually defined based on mean sea level.



（出典：JICA 調査団）

図 4-4 説明文書素案の一部（経緯度による地球上の位置の表現）

4.5 地理空間情報の販売価格設定に関するコンサルティング

DSG の製品として販売・配布が計画されているデジタル地形図、デジタルオルソフォトの迅速且つ適切な利活用の実現のためには、製品の販売価格と販売方法が明確にされていることが必要である。

価格設定に関するコンサルティングとして、これまでの DSG の地理空間情報製品の複製や販売についての状況の把握、地理空間情報の成果品の価格設定についての DSG への情報提供や DSG との議論を行った。

4.5.1 DSG の既存ルールのレビュー

地理空間情報の販売価格設定に関する基礎情報を把握することを目的として、地理空間情報データベースの販売価格やデジタルデータの著作権、ライセンス許諾についての状況を確認した。ジ国政府は既にデジタル形式の地理空間情報データベースの販売価格やライセンス許諾に関する規定（既存ルール）を整備済とされていたが、この既存の規定の内容について調査した。

ジ国政府が既に整備している既存ルールとして、「著作権（政府の地図、空中写真、平面図、測量図表、チャートや関連する地理空間データ）通知、2004」について確認した。

これは、DSG を含むジ国の所有する地理空間情報の利活用について規定したものである。具体

的には、ジ国の著作権法に基づき、政府が作成する地図、空中写真、測量図等の地理空間情報について、適用対象となる各種地理空間情報（空中写真、地図等）の定義、著作権および著作権侵害の定義、ライセンス許諾について規定している。

ライセンス許諾については、基本的に年間ライセンスであり、更新を求めることが可能である。ライセンス料については、内部利用と2次利用、商業利用と非商業利用、内部利用機関の種別、改変の程度等といった利用形態の違いにより異なる規定となっている。

本通知は2004年の制定であり、ライセンス料はジンバブエドルでの表記である。通貨については、現在、ジ国独自の紙幣が廃止され米国ドル等が用いられているため、通知に定められたライセンス料と異なる価格で運用されている。例えば、非商用内部利用の年間ライセンス料は、通知では10万ジンバブエドルであるが、実行上は50米国ドルで運用されている。

本通知の主要部分は著作権のライセンス許諾に関する事項であり、非営利目的の内部利用者以外は申請毎に検討するという規定である。したがって、価格部分を除けばこの規定を援用して、本プロジェクトの成果物をDSGから利用者に対して提供することも対応可能であると判断したため、本通知改訂は行わなかった。

4.5.2 日本や諸外国の事例収集

販売価格設定に関するコンサルティングの基礎情報として、日本の国土地理院の一部デジタル製品に関する価格設定資料の収集を行った。収集した情報をもとに、次項(4.5.3)「本プロジェクト成果物の価格設定方法の検討」として、価格設定に関する講義と実習を実施した。

また、2016年5月実施の本邦研修は、日本地図センターを訪問し、販売価格設定に関連する日本の事例をDSG職員が直接情報を収集する機会となり、以下の情報を収集し、地形図価格設定の参考とした。

国土地理院の地形図を配布・流通を行っている制度の説明と、日本地図センターより刊行している地形図の販売量の変遷について、以下のとおり、販売価格設定・販売・流通の仕組みに関連する説明があった。

- 国土地理院により、地形図そのものの整備が行われている。
- 日本地図センターは、国土地理院に地形図の情報に対する利用料を支払った上で、地形図を印刷(複製)して利用者に販売している。この仕組みの中で日本地図センターを通じて利用者に販売される地形図の販売価格には、印刷(複製)と流通にかかるコストのみが転嫁している。
- 国土地理院が実施している地形図の情報そのものの整備・更新に係る費用は、国の予算(税金)で賄われており、販売価格として利用者に転嫁されるものではないこと。

さらに、地形図の価格改定、日本の社会・経済状況の変遷、紙地図からデジタルの地理空間情報への移行などのイベントに追従して、日本地図センターが取り扱う地形図の販売量が増減したこと

についての説明がされた。利用者に対する課金が比較的簡単であると言える紙地図から、利用者への課金が難しいデジタル形式地理空間情報が主流となった現在、地図の販売で収益を稼ぐビジネスモデルの成立が難しい例が示された。

国土地理院での研修では、国に予算で国土地理院が整備した地理空間情報がインターネットを通じて無償公開されている例が示された。

4.5.3 本プロジェクト成果品の価格設定設定方法の検討

デジタル地形図、デジタルオルソフォトの販売価格設定方法の検討を行うための基礎資料として、DSG の既存の地理空間情報の製品ラインアップとその販売価格(紙地図販売価格とデジタルデータのライセンス価格)、デジタルデータの権利保護の方法の現状に関して調査した。なお、ここで言う「古い印刷地形図」とは、2000 年前後より以前に印刷がされ在庫が残っている印刷地形図を指している。

DSG では、1. 既存の古い印刷地形図の販売（在庫が残っているもののみの対応）、2. 既存の古い印刷地形図をスキャナーにより画像データ化したものの販売とそれをプロッタで出力した出力図の交付サービス、3. 既存の古い中縮尺から小縮尺の印刷地形図をベクトル・グラフィック・ソフトウェアでトレース入力した上で、主に地名の情報を中心に更新し、ラスタ形式の地図画像データとしたもの。この販売と出力図交付サービス、以上の 3 つの方法で地形図の販売が行われている。（この詳細については、以下(1)に記載）

しかしながら、本プロジェクトで作成するようなデジタル地形図（ベクトルデータ）を作成し、利用者に販売・配布は行っていないことが確認された。

(1) 現状での DSG 地理空間情報製品の製品ラインアップと販売価格について

調査の結果、明らかになった DSG の製品販売の状況を以下に示す。

- DSG では、古い印刷図(紙地図)の在庫を DSG 本部ビルの Ground Floor にある地図販売店において販売している。一般利用者は印刷図の在庫があれば誰でも購入可能である。ただし、この 10 年以上、印刷による地図の複製は行われていない状況で、1 : 50,000 地形図はじめてとして、多くの地形図の印刷図は在庫切れの状況である。
- 一方で DSG は、大判スキャナーを持っており、古い印刷図を大判スキャナーでデジタル画像化してアーカイブし、この画像データを販売している。DSG 1:5,000 既存図もこの方法で利用者に対して販売されている。
- DSG は、上記地図の画像データから地図の出力図を利用者に交付するサービスも実施している。
- プロジェクト成果品と同縮尺である 1:5,000 地形図は、ベクトル化されていないが、中小縮尺の地図は、ベクトルデータを扱えるグラフィックソフトウェアでトレースしてベクトル形

式の地図としてデジタル化されている。このベクトル地図をラスタ画像化したデータは、販売されている。

1) 紙地図およびその他の紙媒体製品の販売価格と販売状況

表 4-10 は、DSG 紙地図製品（主に印刷図）の販売価格と在庫状況について整理したものである。印刷図の多くは 2000 年より以前に作成された古い地図である。在庫切れで、販売価格が設定されていても販売できない状況である。

DSG がアーカイブ保存している地図の画像データの出力図交付サービスは実施されている。この方法で利用者の大半が購入するのは縮尺 1 : 25,000~1 : 500,000 の地形図および縮尺 1:1,000,000 行政界図である。

表 4-10 DSG 紙地図製品の販売価格と在庫状況

種別	範囲	作成年	価格	在庫状況
測地情報	全国	種々	不明	不明
地図原版	主要都市	種々	不明	不明
地籍図と測量図	全国	種々	1US\$	原図の(部分)コピーで対応
1 : 500,000 地形図	全国	不明	20 US\$	あり
1 : 250,000 地形図	全国	不明	10 US\$	Harare、Kariba 等、需要が多い数枚は品切れ
1 : 50,000 地形図	全国	ハラレ付近は 1960 年代~2001 年	10US\$	多数図葉が品切れ
1 : 25,000 地形図	ハラレ市	不明	10US\$	3 面のみ在庫あり
1 : 5,000 地形図	主要都市	種々	15US\$	一部在庫なし
カリバ湖湖沼図 (1:100,000)	カリバ湖	不明	10US\$	3 枚の内 1 枚在庫なし
地形マップ (1:1,000,000)	全国	不明		在庫なし
植生図(250,000)	全国	不明		在庫なし
土地利用図(1,000,000)	全国	不明		在庫なし
自然地域と農地(1:1,000,000)	全国	不明		在庫なし
航空図(1:1,000,000)	全国	不明	10US\$	
道路図(1:1,000,000)	全国	不明		在庫なし
地方土壌図(1:1,000,000)	全国	不明		在庫なし
行政界図(1:1,000,000)	全国	不明		ハードコピーの在庫はなし。DSG でアーカイブしている画像データを利用者が外部のプロッタを使って出力することは可能。
地方人口分布(1:1,000,000)	全国	不明		在庫なし
人口分布(1:1,000,000)	全国	不明		在庫なし
年間降雨量マップ(1:2,500,000)	全国	不明		在庫なし
気候快適・不快地域と建物設計図 (1:2,500,000)	全国	不明		在庫なし

水文地域図(1:1,000,000)	全国	不明	10US\$	
空港図(1:50,000)	8 空港	不明	不明	
街路図(ストリート・マップ) (縮尺は各種)	5 市	不明	10US\$	ハラレ、チトゥンギザ、ブラワヨはハードコピーの在庫はなし。DSG でアーカイブしている画像データを利用者が外部のプロッタを使って出力することは可能。
ツーリスト・マップ(1:25,000～1:250,000)	12 か所	不明	10US\$	
ATLAS (全土のアトラスとハラレのストリートガイド)	全国	不明		在庫なし
空中写真 ・縮尺 1:25,000 ・縮尺 1:50,000 ・その他各種縮尺 (1:12,500 - 1:80,000)	全国 全国約 7 割 不明	不明 1996 - 7 1935 -		複製ができないため取り扱いなし。 ジンバブエ国内で、航空写真用フィルムからの写真の複製、航空写真用フィルムのスキャニング（デジタル画像化）に必要な資材・機材は入手不可能な状況である。
オルソフォト ・縮尺 1:25,000 ・縮尺 1:5,000	不明 チトゥン ギザ市	不明 1988		不明

(出典：JICA 調査団)

印刷図の在庫がない地図を利用者が購入したい場合、当該地図のデジタル画像化したアーカイブが存在するケースでは、利用者は、地図の利用料金 5 ドルを支払い、大判プロッタでの紙出力による複製サービスを受けることが出来る。DSG 担当者が、利用者が欲しい地図のデジタル画像データをアーカイブから検索しプロッタを用いて出図する。

2) デジタルラスタ画像形式地図の販売価格と販売状況

既存図をベクトル・グラフィック・ソフトウェアでトレースしてデジタル化した 1 : 25,000, 1 : 50,000, 1:250,000, 1:500,000 の各地形図についてラスタ画像形式で提供している。提供フォーマットは、JPEG および TIFF 形式である。

表 4- 11 に最近でのデジタル地図の販売価格と販売状況をまとめた。データ価格は 25US\$/面、ライセンス料が 25US\$/年である。つまり初回購入時に、利用者は DSG にデータ価格と 1 年目のライセンス料の合計 50 ドル支払い、ライセンス更新時はライセンス料のみを支払うこととなる。

表 4- 11 デジタル地図の販売価格と販売状況

Year		Number of sold map (sheets)*1	Sales Value (US\$)*2
2012	全体	133	11,640
	内、非営利内部利用分	129	6,480
2013	全体	99	11,170

	内、非営利内部利用分	95	4,750
2014	全体	65	8,250
	内、非営利内部利用分	61	3,090

*1：すべてのラスタ形式地形図の総販売枚数である。1：50,000 地形図の販売が大半である。

*2：標準的な価格は 50US\$ であるが特殊なケースがあるので、
販売枚数×50US\$ = 販売額とはならない。

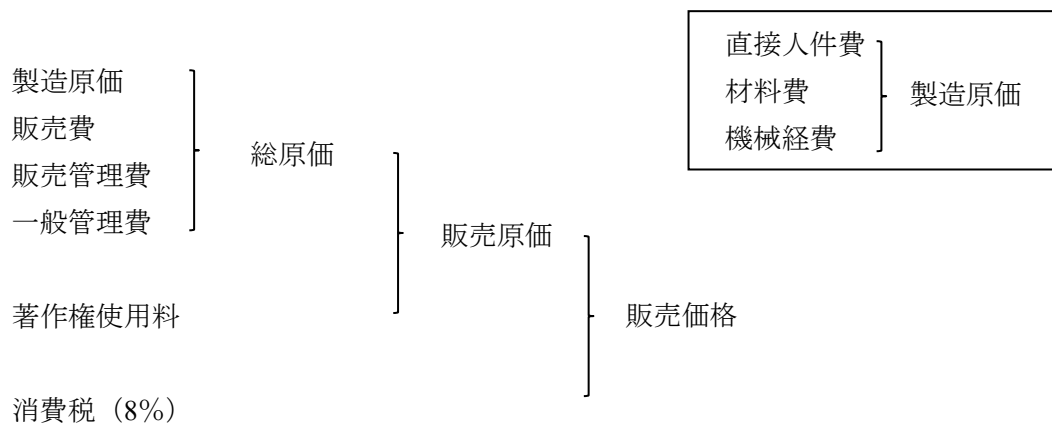
（出典：JICA 調査団）

(2) 製品価格設定方法に関する技術移転

我が国の国土地理院の整備するオルソフォト等の価格設定に関する資料を準備し、2016年8月17日(水)、18日(木)にC/P 対して日本の例を説明するとともに、日本の価格設定方法の例を適用してプロジェクト成果品の販売価格を設定する方法の練習および最終協議を行った。

1) 我が国の地理空間情報の価格構成

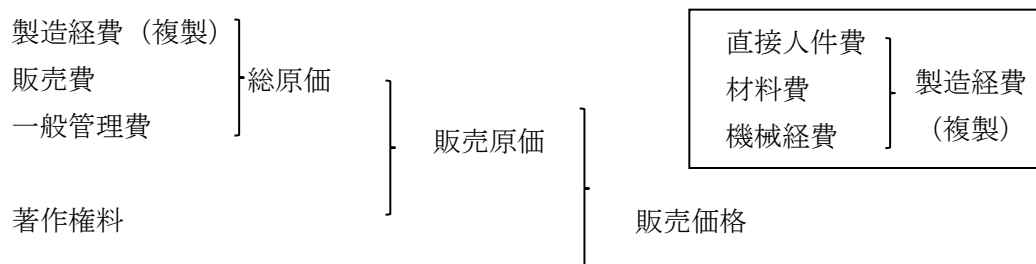
国土地理院が(一財)日本地図センターを通じて提供するオルソフォトの場合、その価格構成は以下のとおりである。



他の地理空間情報も同様の価格構成となっている。

2) ジ国での地理空間情報の価格設定のシミュレーション

(1)の我が国の例に倣い、ジ国での価格構成を、以下のように想定した。



*V.A.T (ジ国での税率は 15% ただし、DSG 製品は課税対象外で非課税となる)

上記価格構成を基にして 1:5,000 デジタル地形図とデジタルオルソフォトの出力図の価格設定の計算練習とシミュレーションを実施した。

直接人件費の算出には、原データからの複製のための作業フローおよび作業従事者並びに作業従事者単価が必要である。作業フローおよび作業従事者については CP とともに検討し、作業従事者単価については、作業に必要な材料費、機械購入費とともに CP が調査を行った。

販売費、一般管理費については、直接人件費のそれぞれ 10%、30%と仮定し、販売原価を計算した。ジ国の消費税は 15%であるが、DSG の製品には消費税を課していない。したがって、著作権料を定めれば販売価格が得られることになる。

こうした想定に基づき、デジタルオルソフォトの販売原価について、具体的な計算を行った例を表 4-12 から表 4-14 に示す。

表 4-12 デジタルオルソフォトの提供フローと作業従事者・所要時間例

作業順	場所	作業内容	機器・材料	作業従事者	所要時間 作業 (PC)
1	地図作成部門(6F)	・利用者からの注文書の受領 ・ライセンス合意書への署名		技能者	10分(10分)
2	カウンター(7F)、 または地図販売 所(GF)	・料金の受領と領収書の発行		会計担当	5分(5分)
3	地図作成部門(6F)	・注文内容に基づき CD-R を 作成 - 注文内容の確認 - 必要なデータの準備 - CD-R への書き込み - CD-R の内容確認 - ラベルの作成	PC CD-R 付き PC CD ラベルプリン タ	技能者 技能者 技能者 主任技能者 技能者	10分(10分) 10分(10分) 10分(10分) 10分(10分)
4	地図作成部門(6F)	・CD-R 引き渡し		技能者	1分
			計	技能者 主任技能者 会計担当 (PC)	51分 10分 5分 (55分)

(出典：JICA 調査団)

表 4-13 人件費単価、PC の機械経費

作業従事者	月給	日額	機器	購入価格	使用期間	年間稼働日	日額
主任技能者	528	25	PC	1,150	5年	150日	1.5
技能者	500	24					
会計担当	500	24					

*購入価格の単位は US\$

*単位は US\$

*日額は、21日/月として算定した

(出典：JICA 調査団)

表 4-14 販売原価の計算

費目	細目	従事者、 使用機械等	単価/日 (US\$)	所要人日等	金額 (US\$)	
複製経費					3.79	
	直接人件費				3.32	
		主任技能者	25	10 分/60 分/8 時間	0.52	
		技能者	24	51 分/60 分/8 時間	2.55	
		会計担当	24	5 分/60 分/8 時間	0.25	
		「所要人日等」は1日の稼働時間を8時間として想定し、日額単価と表 4.5-3 の作業時間から算出				
	材料費					
		CD-R	0.30	1 枚	0.3	
		A4 紙、インク		今回は考慮せず		
	機械経費					
PC		1.5	55 分/60/8	0.17		
	A4 プリンター		今回は考慮せず			
販売促進費				直接人件費の 10%	0.33	
一般管理費				直接人件費の 30%	1.00	
販売原価					5.12	

(出典：JICA 調査団)

(3) 本プロジェクト成果品の価格案

我が国の例を参考に価格設定の考え方および計算シミュレーションを実施した。この結果を参考にしつつ、本プロジェクト成果品等の製品の仕様、提供方法、価格等について DSG に対して提案を行った。提案した価格の基本的な考え方としては、地理空間情報の利活用促進を図るため、あまり高価格としないこと、および既存の類似製品の価格と整合性を図ったことにある。設定に関する考え方は以下のとおりである。

i. 1:5,000 デジタル地形図：1 図郭あたり 30 ドル。初年の年間ライセンス料を含む。

ベクトル形式の電子地図データである。CAD ファイル形式と GIS データ形式での提供が可能である。

価格シミュレーション計算結果は 5 ドルであり、これに現行のラスター画像地形図の年間ライセンス料 25 ドルを加え、30 ドルとした。

ii. 1:5,000 地形図デジタル地形図の出力図：1 図郭あたり 15 ドル

デジタル地形図の出力図の交付サービスである。

ユーザーは、出力図の交付を受けたい時に、その都度料金を支払うことにより出力図入手できる。

価格シミュレーション計算結果は 12 ドルであり、現在の同縮尺地形図の販売価格が 15 ドルであることから、15 ドルとした。

- iii. デジタルオルソフォト：1km×1km に対し 5 ドル。正規の図郭(1:5,000 地形図と同一の 2km×4km の範囲)の場合は 30 ドル。ともに初年の年間ライセンス料を含む。

ラスタ形式の画像データとなる。

正規の図郭の場合、価格シミュレーション計算結果は 5 ドルであり、これに現行のラスタ地形図の年間ライセンス料 25 ドルを加え、30 ドルとした。提供単位は、2km×4km にこだわる必要はない。DSG としては、1 km x 1 km 等、ユーザーが必要とする範囲等、提供単位は狭い範囲としたほうが販売実績は上がるものと想定される。1km² 単位で販売する際の販売価格については、正規区画の価格を 8 で割り、ドル単位に切り上げたものである。

- iv. 1:5,000 オルソフォトの出力図：30 ドル

デジタルオルソフォト、もしくはデジタルオルソフォトと等高線を組み合わせた等高線入りのオルソフォト地形図の出力図の交付サービスである。

価格シミュレーション計算結果は 32 ドルであるが、きりの良い価格とした。

価格がデジタル地形図の出力図 2 倍となっている理由は、インクジェットプロッタでの出力の際のインクのコスト（材料費）を考慮した結果である。

- v. 1:34,000 ハラレ・ストリートマップ(印刷図)：10 ドル

現行のハラレ・ストリートマップ（印刷図）は在庫切れであるが、在庫があり現在販売されている他都市のストリートマップが 10 ドルであることから設定した（ハラレの場合は、大判かつ情報量も多い地図なのでもう少し高価格でもよいかもかもしれない）。

ハラレ・ストリートマップについては、プロジェクトにより印刷機を使った複製が実施される。プロジェクトにより用意された印刷図の在庫が切れた場合には、再度印刷で複製するかプロッタを使った出力サービスで対応する必要性が生じる。その際の価格は複製コストを考慮して改めて設定する必要がある。

4.6 利用者機関への技術支援

利用者機関においては、デジタル地形図とデジタルオルソフォトおよびそれらを使うプラットフォームとなる GIS ソフトウェアを利用していない機関も存在する。そこで、デジタル地形図とデジタルオルソ、GIS ソフトウェアについて、どのようなもので、何に使えるのか、体験を通じて理解してもらう体験ワークショップを実施した。

4.6.1 成果品データ（デジタル）やソフトウェアに関するワークショップの開催

デジタル形式の地理空間情報の利活用において、懸念されることは、利用者（場合によってはデータの配布側も含む）が、その地理空間情報の内容に関する知識や、紙ベースで同じ内容の情報を利用した経験があっても、コンピュータやソフトウェアの操作方法を知らない、デジタルデータの特徴を理解していない場合に紙媒体とは異なり、利用者がデータの中身を見ることもできないといっ

たことが起こりうる。

そこで、調査団が自ら利用者となる機関のオフィスに出向いて、デジタルオルソフォトと GIS を確実に利用者機関に体験してもらうための、出張ワークショップを実施した。本プロジェクト成果品について事前に理解してもらい、DSG による 1:5,000 地形図やデジタルオルソフォト等の成果の提供開始後、速やかに利用の拡大につなげる意図で、最大の利用者となることが期待されるハラレ市、ハラレ市水道局、チトゥンギザ市の職員を対象として、デジタルオルソフォト画像と GIS、GPS 測位を組み合わせて利用する事例について講義と実践の実習を行った。

(1) チトゥンギ市でのワークショップ

1) 実施概要

チトゥンギザ市に対するワークショップを 2016 年 8 月 22 日(月)に実施した。実習ではチトゥンギザ市のデジタルオルソを用いて、参加者のデータ利活用に対する関心を引くように工夫した。表 4-15 にその概要を示す。

表 4-15 チトゥンギザ市でのワークショップの概要

日時	2016 年 8 月 22 日(月) 9:30~16:00
場所	チトゥンギザ市役所会議室
参加人数	23 名 (市役所の各部局より参加)
プログラム概要	<ul style="list-style-type: none"> • プロジェクトの概要とデジタル地形図についての講義 (講師：DSG チンジャクレ写真測量課長) • デジタルオルソフォトについて (講師：調査団丸山団員) • GIS とオルソフォト画像の利用についてのハンズオントレーニング実習 (講師：調査団丸山団員) • オープンソースの GIS ソフトウェア QGIS を使った、GIS とオルソフォト画像の利用法の初歩実習 • QGIS での既存ベクトルデータ、ラスターデータのインポートと表示 • QGIS でのチトゥンギザのオルソフォト画像をベースマップにした点データのデジタルサイズによる作成と地図出力の作成

(出典：JICA 調査団)

写真 4-5 および写真 4-6 は、ワークショップの様子を示したものである。



（出典：JICA 調査団）

写真 4-5 ワークショップの様子



（出典：JICA 調査団）

写真 4-6 ワークショップ参加者

2) ワークショップでの意見

図 4-5 にワークショップで用いたデジタルオルソフォトを示す。今回作成したデジタルオルソフォトの地上解像度は 20cm/画素である。ワークショップに参加した市職員の一人はオルソフォト上でマンホールの位置が明確に識別できることに業務への利用可能性を感じていたようである。

講義の直後、実習前の質疑応答では、参加者からオルソフォト上に家の番号等の情報を付加できるか、実際に現地で情報収集をした結果をデータ化してみたいとの意見があった。その一部は直後の実習で実際に体験してもらうことができた。



（出典：JICA 調査団）

図 4-5 ワークショップで用いたデジタルオルソフォト（チトゥングザ市役所周辺）

参加した市職員から意見が出されたデジタルオルソフォト上でマンホール位置の把握例

今回のワークショップで、高解像度、最新のデジタルオルソフォトで「どこまで見えるか」＝何に使えるかの答えの一部を得ることができた。また、今回の内容の GIS トレーニングには 2 日間程度必要であるとの意見も頂き、今後のカリキュラムについて参考とした。

(2) ハラレ市水道局におけるワークショップ

1) 実施概要

ハラレ市土木部およびハラレ市水道局に対するワークショップを 2016 年 8 月 23 日(火)、24 日(水)の 2 日間にわたって実施した。表 4-16 にその概要を示す。

表 4-16 ハラレ市水道局でのワークショップの概要

日時	2016 年 8 月 23 日(火) 10:30~16:00、24 日(水) 9:00~16:00
場所	ハラレ市水道局会議室 (2F)
参加人数	ハラレ市土木局 7 名、ハラレ市水道局 6 名 (2 日目には 10 名参加)

<p>プログラム概要 第1日目 (8月23日)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ハラレ市水道局局長代理の開会挨拶 • プロジェクトの概要とデジタル地形図 • デジタルオルソフォトについて • デジタルオルソの利用可能性に関するグループディスカッション • QGIS 入門 <ul style="list-style-type: none"> - オープンソースの GIS ソフトウェア QGIS を使った、GIS とオルソフォト画像の利用法の初歩実習 - 既存ベクトルデータ、ラスターデータのインポートと表示 - オルソフォト画像をベースマップにした点データのデジタルイズによる作成と地図出力の作成
<p>第2日目 (8月24日)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 午前：オルソフォト出力図と GPS を利用した水道メータ位置のマッピング実習 実習場所 ハラレ市西方の Nkwisi Park 地区 (比較的新しい住宅地) • 午後：QGIS を用いて現地での水道マッピング結果とデジタルオルソを統合して表示する実習 場所：ハラレ市水道局会議室 • ハラレ市水道局局長の閉会挨拶

(出典：JICA 調査団)



(出典：JICA 調査団)

写真 4-7 ハラレ市水道局会議室でのワークショップ



(出典：JICA 調査団)

写真 4-8 GPSによる水道メータの位置計測 (実習ハラレ市西方 NKWISI PARK 地区)

2) ワークショップでの意見

ワークショップ2日目に実施した現地調査のサイトは、市内中心部に位置する Harare Water から車で30分弱の閑静な住宅地 NKWISI PARK であり、敷地内にほとんど入らず調査対象の水道メータの位置観測が行える格好の場所であった。

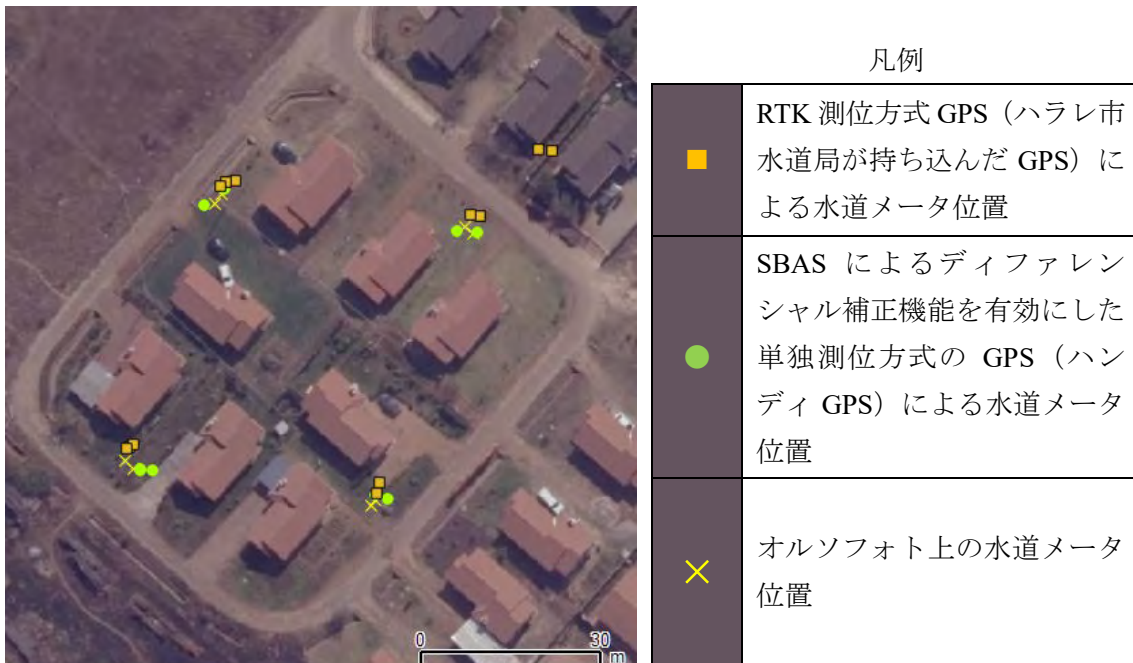
図 4-6 で示すように水道メータは、地上解像度 20cm/画素のデジタルオルソフォト上でもその位

置が識別可能な大きさで明るい灰色のコンクリート製の箱に収められている。



(出典：JICA 調査団)

図 4-6 水道メータのコンクリート製の箱の外観(左)とデジタルオルソフォト上での水道メータボックス 黄色矢印で指示(右)



(出典：JICA 調査団)

図 4-7 GPS 測位とデジタルオルソフォト上の水道メータ位置

図 4-7 は、RTK 測位方式、SBAS によるディファレンシャル補正機能を有効にしたハンディ GPS による水道メータの位置情報と、デジタルオルソフォトを判読した結果を重ね合わせて表示したものである。この結果を見る限り、今回は RTK 測位方式による GPS と、単独測位方式だが SBAS (Satellite Based Augmentation System : 衛星航法補強システム) によるディファレンシャル補正機能を有効にしたハンディ GPS 測位結果には大きな差は見られなかった。

また、2つの GPS 測位結果とデジタルオルソで識別できる水道メータボックス上の位置にも大きな差は見られなかった。GPS による測位結果はデジタルオルソフォト上での水道メータボックスの位置に対して相対的な変化が見られる。このことは、GPS 測位測位結果をデジタルオルソフォト上の明瞭な地物との相対的な位置関係により確認、補正する方法の有用性を示している。さらに、判読からもある程度メータ位置を抽出することができた。

本結果はチトゥンギ市同様に、高解像度、最新のデジタルオルソフォトで「どこまで見えるか」＝何に使えるかの答えの一部を得ることができた。また、デジタルオルソフォトは植生の変化の把握に用いられるか、市の保有する既存データとの互換性はあるか、デジタルオルソフォトのデータ配布ポリシーはどのようなものかとの質問を受けた。経年変化把握には複数時期の画像が必要、測量基準系の違いには座標系の変換が必要、価格・配布については検討中である旨を回答した。

また、グループ意見交換では、デジタルオルソフォトは、不動産の把握、人口の推定やインフラ維持管理の際に、土地利用計画、沼地や湿地、植生の把握、不法な活動の把握、土地の分類等の状況確認を行うことができ設計に活用できるのではないかと、あるいは他データとの統合のベースマップ（位置のキーとなる地図）になりうるとの意見があった。

今回のオルソフォトと GPS による水道メータ位置のマッピング実習のような、利用者の業務と直結した利活用事例の出前セミナーを DSG が今後も継続させることで利用の促進を図ることを提案したい。

4.6.2 技術支援結果から考慮すべき事項と対応策

利用者機関への技術支援、特に 4.6.2 で整理したハラレ市水道局、チトゥンギザ市役所でのデジタルオルソフォトと GIS 利用の体験ワークショップから技術移転や販売促進活動を検討する際の考慮すべき事項と対応策について表 4-17 にまとめた。

表 4-17 考慮すべき事項と対応策

考慮すべき事項	地理空間情報の仕様等、技術的に詳細なところまで経験・知識を持ち合わせている利用者は少数である。データ供給者（DSG）側で、経験・知識を持ち合わせてない利用者を念頭にして、扱いやすいデータ形式を準備する必要がある。
対応策	高度な解析等を目的としていない利用者に対しては、ベクター情報であるデジタル地形図もラスタ画像化して配布する。

考慮すべき事項	既存の古い地図・地形図を利用している機関は多数存在する。既存の地図・地形図はローカル測地系である Arc1950 と UTM 投影ではない投影法に基づいて作成されている。WGS84・UTM 投影に基づいた本プロジェクトによるデジタル地形図・オルソフォトと既存の地図・地形図を重ね合わせて利用するケースが想定されるが、その際に思ったように重ね合わせができない問題がおきることが懸念される。
---------	---

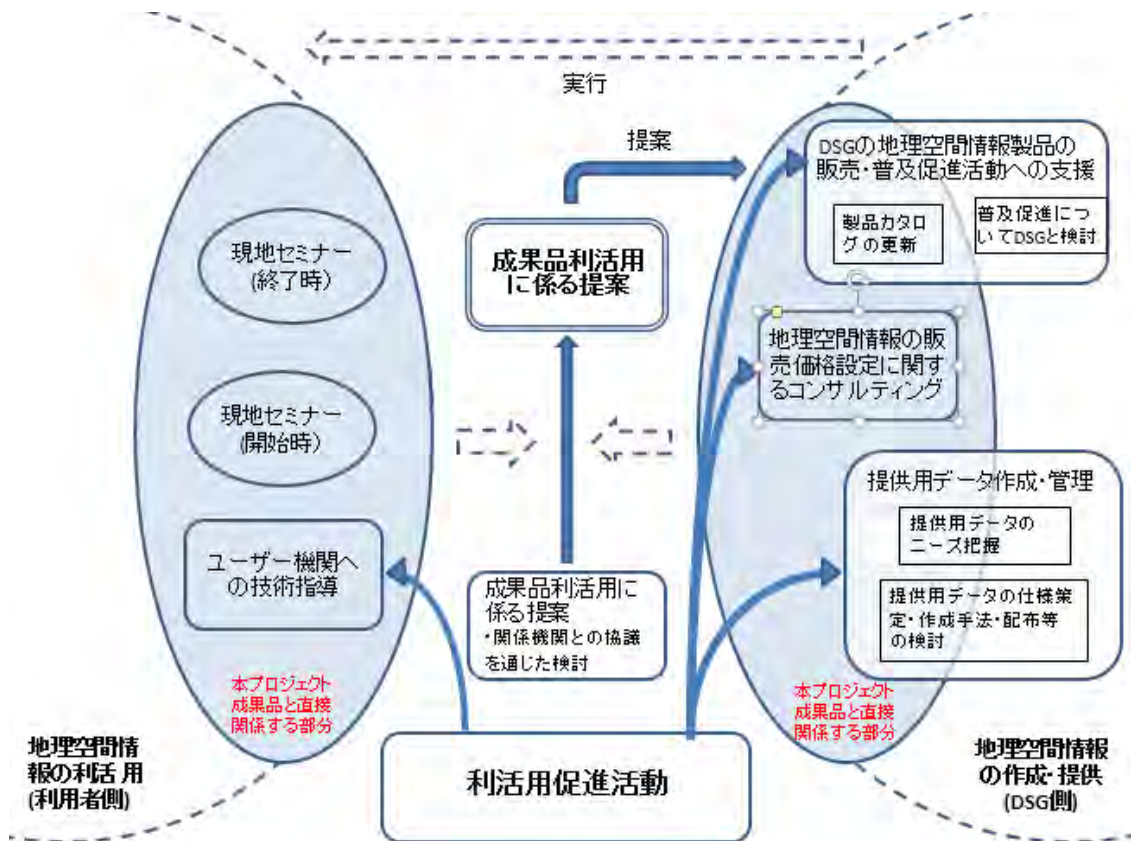
対応策	<ul style="list-style-type: none"> 利用者機関に対して、異なる測地系に基づく地理空間情報の重ね合わせの問題、その対処方法に関する説明資料を用意しておく。 地理空間情報データの座標変換サービスの実施とその実現に必要な技術の DSG への技術移転が必要となる。 利用者機関に対して、自身が持つデータを GIS に入力することでデジタルオルソフォト上に展開できることを体験してもらう出前セミナーの実施を今後も必要である。
-----	---

（出典：JICA 調査団）

4.7 成果品利活用に係る提案

これまでに整理したとおり、調査団と DSG により様々な利活用促進に関する活動を実施した。

図 4-8 は、利活用促進活動の全体像を示した図である。この図でも示すように、プロジェクトで実施された活動内容やそこから得た知見・経験をもとに調査団は成果品利活用に係る提案をまとめた。2016年3月、調査団は、この成果品利活用に係る提案を DSG に説明の上、提示した。



（出典：JICA 調査団）

図 4-8 利活用促進活動と成果品利活用に係る提案の全体像

4.7.1 製品提供方法に係る提案

利用者として想定される関係機関からのヒアリング等によるニーズ・要望調査結果を踏まえて、本プロジェクトの成果品の製品（ほぼ直接提供できる製品、加工ないし他の製品との統合した製品や、付随するサービスも含む。）に対する提供製品、製品仕様、提供方法、価格、提供開始時期等を含んだ提案をまとめ DSG に対して提示した。

(1) デジタル地形図・オルソフォト製品の販売価格設定提案

DSG の計画では、本プロジェクトの成果品のデジタル地形図、デジタルオルソフォトは、DSG の製品として利用者に対して販売されることになっている。その利用者へ販売価格を表 4-18 のように提案した。

この価格案は、4.5.3 で整理した販売価格設定方法と現行の類似製品の価格をもとにこれらから総合的に判断して適切と考えた販売価格である。この価格案を 2017 年 3 月に調査団は DSG に対して提示し、早期に価格と流通方法の具体策を決定するように DSG へ促した。

表 4-18 本プロジェクト成果品等の販売価格案（調査団からの提案）

(単位：US\$)

本プロジェクト 成果品等の製品	調査団による販売 価格の提案	価格シミュレーショ ンで算出された価格	DSG 現行類似製品の 価格
1:5,000 デジタル地形 図データファイル (デジタルデータ)	30 (1 年間ライセンス料 を含む)	5	25 (縮尺 1:50,000 デジタ ル地形図データ画像 の販売価格)
1:5,000 地形図出力図 交付サービス	15	12	15
デジタルオルソフォ トデータファイル (デジタルデータ)	30 (1 年間ライセンス料 を含む)	5	-
オルソフォト出力図 交付サービス	30	32	-
ハラレ・ストリート マップ	10	-	10

(出典：JICA 調査団)

(2) データ配布（提供）方法

データ配布（提供）方法に関する提案として、表 4-19 の内容で販売・配布することを DSG に提案した。

表 4-19 では、提供する製品類型と提供方法、該当製品について 4 つの類型に整理している。データ配布（提供）方法については、DSG により従来から実施している縮尺 1:5,000 地形図および小中縮尺の地形図のラスタ画像の販売や出力図交付サービスと同様とする。すなわち、一般向

けには DSG 内地図売店での対面販売、政府機関等の利用者については、利用者機関から DSG に対する個別の問い合わせに対応しての販売を想定する。

表 4-19 製品類型、提供方法、該当する製品の一覧表

	製品類型	提供方法	該当する製品
1.	デジタル (ベクター)	地図売店で注文受付・代金 受領、地図部で受け取り	• デジタル地形図ベクタデータ
2.	デジタル (ラスタ)	地図売店で注文受付・代金 受領、地図部で受け取り	• デジタルオルソ
3.	出力図 (出力図の交付 サービス)	地図売店で注文受付・代金 受領、地図部で受け取り	• 縮尺 1:5,000 デジタル地形図出力図 • 縮尺 1:5,000 等高線入りオルソフォト 地図出力図
4.	印刷図	地図売店での対面販売	• ハラレ・ストリートマップ

(出典：JICA 調査団)

従来よりもデジタルでの配布が増えることが見込まれることから、利用者に対してデータの内容や使用方法を説明するカタログや説明文書の準備は不可欠である。

なお、デジタルでの販売における著作権、ライセンスに関しては、DSG 側の意向を尊重して現行ルールの特許で対応することとしたい。価格設定を除き、現行ルール「著作権（政府の地図、空中写真、平面図、測量図表、チャートや関連する地理空間データ）通知、2004」で本プロジェクト成果品等の配布は対応可能である。

(3) 製品提供方法に係る提案（提案のまとめ）

表 4-20、表 4-21 および表 4-22 として提供製品別の成果品製品の提供方法に係る提案内容を一覧表としてをまとめた。表 4-20 はデジタル地形図・オルソフォト製品、表 4-21 はハラレ・ストリートマップ、表 4-22 は今後 DSG により製品開発と整備が期待される製品についてである。

デジタル地形図・オルソフォト製品とハラレ・ストリートマップはプロジェクト成果品として既に作成済みである。その提供開始時期は、本プロジェクト終了時点（2017 年 6 月末）の 2 ヶ月後である 2017 年 9 月と設定した。

表 4-20 デジタル地形図・オルソフォト製品提供方法に係る提案

製品 形態	提供製品	製品仕様	配布（提供）方法	価格 (US\$)	提供 開始時期
D	デジタルオルソ フォト	• 地上解像度 20cm • 1 km x 1 km の単位で提供 • 等高線と道路名ファイルを付与 • Tiff ファイルにジオコード用 tfw ファイルを付与	• 注文後、CD-R に 格納し、提供 • デジタル製品に 共通の説明書を付 ける	5 ドル。正 規区画の 場合は 30 ドル	2017.9
D	1:5,000 デジタ ル地形図デー タ、等高線	• ESRI ジオデータベースマスタ より切り出し、GIS データ(SHP 形式)または CAD データ (DWG、	同上	30 ドル(年 間ライセ ンスを含	2017.9

	データ	DXF) として提供		む)	
A	1:5,000 地形図出力図	・既存の 1:5,000 地形図と同一区画。但し、測地系は WGS84	・プロジェクト成果 (PDF) よりプロッタ出力	15 ドル	2017.9
A	1:5,000 オルソフォト出力図 (等高線入り)	・等高線および道路名を付したオルソフォト出力図	・プロジェクト成果 (PDF) よりプロッタ出力	30 ドル	2017.9

(製品形態 D: デジタル A: アナログ)

(出典: JICA 調査団)

表 4-21 ハラレ・ストリートマップ 製品提供方法に係る提案

製品形態	提供製品	製品仕様	配布 (提供) 方法	価格 (US\$)	提供開始時期
A	1:34,000 ハラレストレートマップ	プロジェクト成果と同一	<ul style="list-style-type: none"> 印刷図を提供 印刷図の在庫切れ後は、PDF より出力 	10 ドル 出力図の価格は後日決定	2017.9

(製品形態 D: デジタル A: アナログ)

(出典: JICA 調査団)

表 4-22 今後 提供が期待される製品の提供方法に係る提案

製品形態	提供製品	製品仕様	配布 (提供) 方法	価格 (US\$)	提供開始時期
D	数値地形モデル	・10m 間隔の標高データを ASCII GRID 形式で提供	・注文後、CD-R に格納し、提供 ・共通説明書付	—	加工作業が必要であるが、早期提供を推奨
D	数値地形モデル (ステレオマッチング)	・10m 間隔の標高データを ASCII GRID 形式で提供	同上	—	製品化の可能性のみの指摘
D	デジタル地籍オルソフォト	・地籍情報をデジタル化し、デジタルオルソフォトと重なるよう位置補正し提供。地籍情報は、SHP 形式。	同上	—	中長期的には重要であり、ニーズが大きいことのみ指摘
D	デジタル地籍地形図データ	・地籍情報をデジタル化し、1:5,000 デジタル地形図と重なるように位置補正し提供。地籍情報は、SHP 形式	同上	—	中長期的には重要であり、ニーズが大きいことのみ指摘
A	特定箇所・施設の案内図	・ユーザーの要望に応じた主題図 (例: ハラレガーデンやチベロ湖の案内図)	・カスタム製品	—	製品化の可能性のみの指摘
A	タウンアトラス	オルソフォトの縮尺 1:10,000 出力図に POI(Point of Interest)を加えた地図集	・冊子の販売	—	製品化の可能性のみの指摘
D	座標変換サービス	・利用者の所有する地理空間情報を WGS84 に基づく情報に変換するサービス	・利用者の指定するフォーマットで CD-R に格納し提供	—	重要であり、実施を推奨

(製品形態 D: デジタル A: アナログ)

(出典: JICA 調査団)

4.7.2 DSG の地理空間情報製品の販売・普及促進活動への提案

関係機関から要望された従来の測地系に基づいた古い地図や空間データの座標変換への対応と、本プロジェクト成果品を土地利用状況、インフラ施設の状況確認等に利活用／普及促進を図るための方策について DSG と議論した。そのためには、まずは広報的な活動無くして普及はありえない。そこで、ジ国において地理空間情報に関する全般的な関心を高めると同時に、本成果品の普及への貢献効果が高いと思われる方策として表 4-23 の活動から着手することを提案した。

表 4-23 の活動を実施するにあたり、新カタログ作成は必要不可欠であり、DSG と協議し作成したアクションプランに基づき着実に新カタログ作成を実施することも提案した。本プロジェクト内において、調査団の指導の下、新カタログ案の原稿を作成した。

表 4-23 DSG の地理空間情報製品の普及促進策と具体的な活動案

項目	内容	活動案
展示会への出展	本プロジェクトで作成された成果品等の展示出展	<ul style="list-style-type: none"> 例年 8 月に開催される農業展に参加することを継続する。 School fair やその他の展示会にも出展することを検討する。
Web サイトの充実	本プロジェクトの活動と成果品の紹介。	<ul style="list-style-type: none"> 現在更新中の DSGWeb サイトに、新たに作成する製品カタログ等を活用して掲載。
出前セミナー	地理空間情報や GIS、CAD に関する紹介。対象に合わせて内容を調整	<ul style="list-style-type: none"> 利用者機関に対する地理空間情報に関する技術セミナーの継続 ジンバブエ大学に対する講演の継続と他大学、高校等にもアプローチする。

（出典：JICA 調査団）

4.7.3 DSG への提案についての検討結果

前項 (4.7.2)での提案について、2017 年 3 月に DSG 側と討議を行った。その結果、は以下の通りである。

提供製品

表 4-20 ならびに表 4-21 の 5 つの製品については、提案をもとに具体化を進め、表 4-22 の製品・サービスについては、さらに DSG 内部で検討された。さらに、製品提供を確実に進めるために必要な具体的なアクションについて議論した。特に、提供時期については、DSG 側の早期提供に対する意欲が極めて高く、提案の 2017 年 9 月を前倒して 7 月に提供開始することとなった。

1:5,000 デジタル地形図データについては、4 km x 2 km の正規区画での提供のみを想定していたが、km 単位でユーザー指定範囲のデータ提供にも対応することとなった。

価格

価格については、上記提案どおりで DSG 側と合意した。但し、1:5,000 地形図データについては、正規区画ではなくユーザー指定範囲の場合は、5US\$/km²と決定された。

提供方法

提供方法についても、利用者の待ち時間をできるだけ少なくするため、縮尺 1:5,000 デジタル地形図出力図については、面数が 12 図葉と少なく、いずれもハラレ市内中心部であり需要が見込まれるため、あらかじめ 10 枚程度出力しておき、地図売店で注文を受けた際に利用者に即座に手渡しできるようにすることとなった。

また、縮尺 1:5,000 等高線入りオルソフォト地図出力図については、地図売店での注文受付後出力するが、ある程度の販売を実施した時点で、販売実績に基づき需要の大きな図葉については、ストックすることについても考慮することとした。図 4-9 に DSG 側と合意した 5 つの提供製品の提供方法の流れを示す。



図 4-9 利用者への製品提供の流れ（地図売店を除き担当部署は調整中）

4.8 現地セミナーの開催(終了時)

本プロジェクトの成果品を周知し、その利活用を促進するために、利用者として想定されるジ国政府機関や国際機関を招き、2017年3月29日(水)にセミナーを開催した。当日は、ジ国土地地方再定住省大臣および在ジンバブエ日本国大使館次席の列席を得た。

セミナーにはプロジェクト成果品である 1:5,000 地形図とデジタルオルソフォトの利用が想定される機関を幅広く招待することとした。招待機関は、プロジェクト開始当初に実施したニーズ調査等を踏まえ DSG 側と協議の上決定し、測量局長名で招待状を送付した。また、実際にデジタル地形図やデジタルオルソフォトを業務で活用するのは、利用者機関の中堅・若手の職員であると想定されることからセミナーには中堅・若手職員の参加を依頼した。表 4-24 に同セミナーに参加した機関を示す。

表 4-24 終了時現地セミナー参加機関リスト

Local Government or Municipalities in the Project area
• City of Harare
• Chitungwiza Municipality
• Epworth Local Board
Users of Geospatial Information Database
• Department of Civil Engineering and Works, City of Harare
• Harare Water, City of Harare
• Forestry Commission
• Ministry of Transport and Infrastructural Development
• Ministry of Health and Child Care
• Ministry of Agriculture, Mechanisation and Irrigation Development
• Ministry of Local Government, Public Works and National Housing
• Ministry of Finance and Economic Development
• Ministry of Tourism & Hospitality Industry
• Ministry of Mines and Mining Development
• Ministry of Foreign Affairs
• Geological Survey
• Ministry of Higher and Tertiary Education, Science and Technology Development
• European Union
• German International Cooperation Agency
• African Development Bank
• World Bank (Project for Water facilities improvement)
• USAID
• Environmental Management Agency (EMA)
• Zimbabwe National Statistics Agency (ZIMSTAT)
• Zimbabwe National Water Authority (ZINWA)
• Department of Geography and Environment, University of Zimbabwe
• Department of Geomatics, University of Zimbabwe

<ul style="list-style-type: none"> • Scientific and Industrial Research and Development Centre
<ul style="list-style-type: none"> • Survey Institute of Zimbabwe (Not yet specified)
<ul style="list-style-type: none"> • Communication companies: Econet, NetOne, and Telecel

（出典：JICA 調査団）

会場手前のロビーには、1:5,000 デジタル地形図およびデジタルオルソフォトの出力図、1:34,000 ハラレ・ストリートマップを展示し、開始前や休憩時間中に成果品を間近で見られるようにした。また、デジタルステレオ図化機による数値図化の様子を収めたビデオを PC 上で流し、地形図作成作業についての理解促進に努めた。

セミナーでは、本プロジェクト成果品である 1:5,000 地形図およびオルソフォト、1:34,000 ハラレ・ストリートマップを視覚に訴える形で具体的に紹介するとともに、最大の利用者であると考えられるハラレ市およびチトゥンギザ市よりデジタルオルソフォトなどのプロジェクト成果品の利活用に関する講演をいただいた。さらに、調査団よりデジタルオルソフォト、GNSS 測位、GIS を組み合わせたデジタルオルソフォトの利活用方法について再度説明を行った。プログラムの概要は表 4-25 に示す。

日時：2017 年 3 月 29 日 9 時から 12 時

場所：レインボータワーホテル（ハラレ市内）

内容：次表 「現地セミナー（終了時）の内容」

表 4-25 現地セミナー（終了時）の内容

	時間	プログラムとスピーカー
1.	8:30	Registration
2.	9:00 - 9:05	Opening: the Master of Ceremony invites the Permanent Secretary to introduce the Honorable Minister of Lands and Rural Resettlement for the opening address
3.	9:05 - 9:15	Opening address by the Honorable Minister of Lands and Rural Resettlement
4.	9:15 - 9:25	Opening address by Deputy Chief of Mission on behalf of His Excellency, the Ambassador of Japan
5.	9:25 - 9:40	Project Outline by the Surveyor-General, Mr. Guvaza
6.	9:40 - 10:00	Hand-over Ceremony and Group photo
7.	10:00 - 10:30	Tea/ Coffee break
8.	10:30 - 10:50	Project Results: Mr. Yoshiteru Matsushita, Team Leader (JICA Study Team):
9.	10:50 - 11:10	How the project products support local authority administration: Mr. Canaan Ndambakuwa, Chief Land Surveyor, Department of Surveyor General and Dr. Kamusoko (JICA Study Team)
10.	11:10 - 11:30	Utilization of the Project Products: Mr. Joy Sanyika, Chitungwiza City
11.	11:30 - 11:50	Development and Provision of the Products of the Project and their derivatives by the Deputy Surveyor-General, Mr. Mupondi
12.	11:50 - 12:00	Closing Remarks by the Permanent Secretary

（出典：JICA 調査団）

会場手前のロビーには、1:5,000 地形図およびオルソフォト、1:34,000 ハラレ・ストリートマップを展示し、開始前や休憩時間中に成果品を間近で見られるようにした。さらに、プロジェクトの成

果品であるデジタルオルソや 1:5,000 デジタル地形図を PC 上で閲覧できるようにするとともに、デジタル航空写真の撮影やデジタルステレオ図化機による数値図化等を説明するパワーポイントを PC 上で流し、地形図作成作業が精密かつ労力のかかる仕事であることの理解の促進に努めた。



写真 4-9 大使代理の挨拶



写真 4-10 セミナー会場の様子



写真 4-11 プロジェクト成果の贈呈



写真 4-12 参加者集合写真

セミナーにおいて、以下の質疑応答があった。

- 質問（高等教育省の参加者）

このような高等技術（1:5,000 デジタル地形図作成技術のこと）を Harare 理工専門学校の講師が学べるような短期コースを JICA は提供しているか。

→ 回答(JICA ジンバブエ支所長)

理工専門学校にはボランティアを 1 名派遣している。ボランティアの制度について、必要があれば情報は提供する。

- 質問（航空局の参加者）

WGS84 に基づく基準点がないのであれば、どうやってプロジェクトを進めたのか。

→ 回答(調査団長)

ハラレ市内の 2 点において 72 時間の GNSS 連続観測を実施し、近隣諸国等の IGS 点の観測データと合わせて解析し、WGS84 に基づく座標値を得た。この結果を用いて、プロジェクトを進めた。

→ 回答(測量局長)

現在 5 点の WGS84 に基づく GNSS 連続観測点の設置を進めている。予算化されれば、これを全国に広げていきたい。

● 質問（土地地方再定住省の参加者）

ハラレ市は過度に人口が集中してきている。これに対しどのような対策をとるべきか。

→ 回答(測量局前地図作成部長) DSG はジンバブエ国の地図作成担当機関である。ハラレ市は、これらの地形図を用いて各種計画を実施することができると考えている。

● 質問（水資源開発公社の参加者）

川沿いに住む住民は洪水のリスクをわかっているのか。

→ 回答（Chitungwiza 市発表者）

洪水の時に水が流れ込んでくるという不満が多数寄せられており、住民は認識している。

● 質問（民間会社の参加者）

このプロジェクトではリモートセンシング画像より高価な航空写真を用いている。これで全国をカバーすることができるのか。

→ 回答（測量局次長）

航空写真は大縮尺、リモートセンシング画像は小縮尺の地図作成に用いる。航空写真の解像度は都市部の大縮尺図作成に適している。

● 質問（統計局の参加者）

地方の地形図の更新計画はあるか

→ 回答（測量局次長・地図作成部長）

DSG は JICA ではない他機関の援助を得て、全国の 1:25,000 地形図作成作業を開始している。これは既存の 1:50,000 地形図に代わるものである。

● 質問（ハラレ市水道局の参加者）

DSG はグーグルマップの更新に貢献するのか

→ 回答(測量局次長)

DSG はグーグルマップに対しコントロールできないし、貢献もしない。DSG の地図は DSG の地図作成の基準と仕様に基づいて作成している。

