

スリランカ民主社会主義共和国

スリランカ国 測量局

スリランカ国
北部州地図更新プロジェクト
最終報告書
要約

平成24年1月
(2012年1月)

独立行政法人
国際協力機構(JICA)
国際航業株式会社
朝日航洋株式会社

1 USD = 77.95 円

1 LKD = 0.685 円

序 文

日本国政府は、スリランカ国政府の要請に基づき、北部州地図更新プロジェクトに係わる調査を実施することを決定し、独立行政法人国際協力機構がこの調査を実施いたしました。

当機構は、平成 22 年 2 月から平成 23 年 11 月まで、国際航業株式会社コンサルタントの西村明氏を団長とし、国際航業株式会社/朝日航洋株式会社から構成される調査団を現地に派遣いたしました。

調査団は、スリランカ国政府関係者と協議を行うとともに、調査対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、スリランカ国における今後のデジタル地形図作成の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援を戴いた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成 24 年 1 月

独立行政法人国際協力機構
経済基盤開発部
部長 小西 淳文

伝 達 状

独立行政法人国際協力機構
経済基盤開発部
部長 小西 淳文

ここにスリランカ国北部州地図更新プロジェクト調査報告書を提出できることを光栄に存じます。本報告書は独立行政法人国際協力機構及び関係諸官庁並びにスリランカ国測量局をはじめ、スリランカ国政府関係諸機関から頂いた助言と示唆を反映して作成したものであります。

本調査では、スリランカ国の北部州の一部を対象とする縮尺レベル 10,000 のデジタル地形図を作成すると同時に、これに関連する技術（GPS 測量、水準測量、デジタル空中三角測量、デジタル図化・編集、GIS 構造化、地図記号化）の移転をスリランカ国測量局に対して実施いたしました。また地理情報の普及に関する活動（セミナー/ワークショップ）を行いました。

本調査報告書の最終部分には、本調査の成果に基づいた課題や提案がなされています。また付属資料に、今後の地理空間データや GIS データベースの整備、維持・管理のワークマニュアル（ガイドライン）が添付されています。これらの課題・提案そしてワークマニュアル（ガイドライン）が、本調査での成果の維持・発展の観点から、スリランカ国政府関係機関により速やかに実施に移されることやマニュアルが活用されることを願ってやみません。

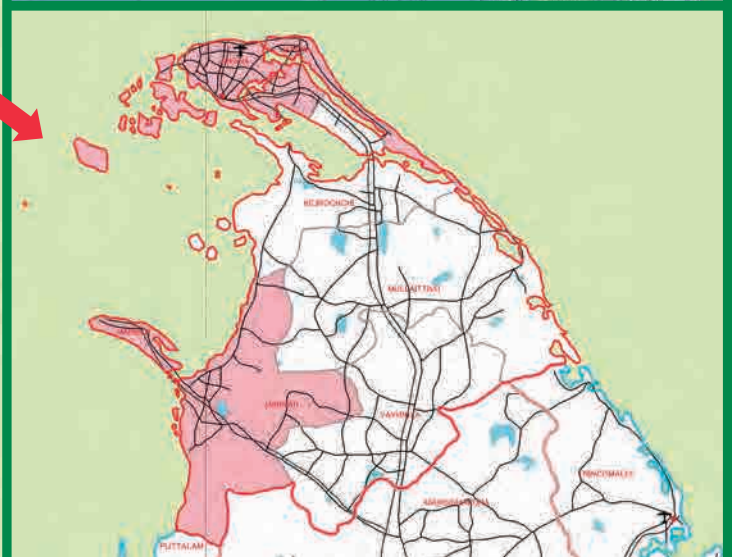
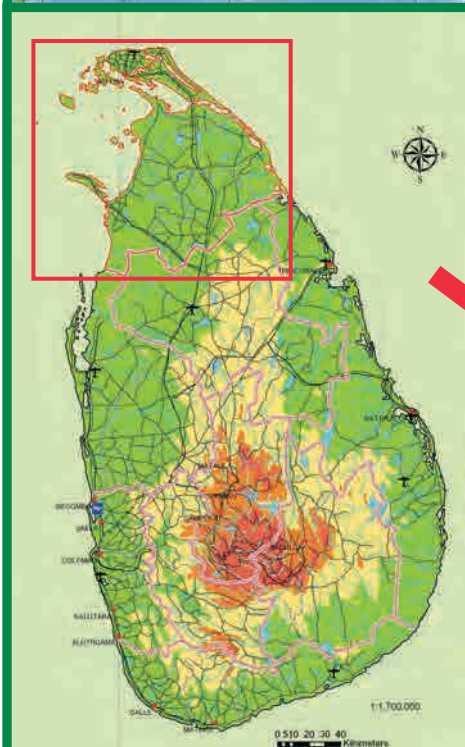
国際協力機構、外務省、国土交通省及び関係諸機関に対し、調査の実施にあたって貴重な御助言と御協力を頂いたことに心から御礼申し上げます。またスリランカ国測量局をはじめ、スリランカ国政府関係諸機関に対しても現地業務実施中に頂いた惜しめない御協力と御助力に深く感謝申し上げます。

平成 23 年 1 月

スリランカ国北部州地図更新プロジェクト調査
団 長 西 村 明



スリランカ民主社会主義共和国
Democratic Socialist Republic of Sri Lanka



スリランカ国北部州地図更新プロジェクト
(開発計画策定型技術協力) 対象地域位置図

写真集

(1/8)



SDSL の事務所



SDSL の玄関



三角点



水準点



空中写真撮影



空中写真撮影

写真集

(2/8)



対空標識設置



対空標識設置



標定点測量 (GPS 測量)



標定点測量 (GPS 測量)



水準測量



水準測量

写真集

(3/8)



現地調査



現地調査



現地補測



現地補測



技術移転（現地調査）



技術移転（現地調査）

写真集

(4/8)



技術移転（デジタル空中三角測量）



技術移転（デジタル空中三角測量）



技術移転（数値図化）



技術移転（数値図化）



技術移転（数値編集）



技術移転（数値編集）

写真集

(5/8)



技術移転（GIS 構造化）



技術移転（GIS 構造化）



技術移転（地図記号化）



技術移転（地図記号化）



技術移転（現地補測）



技術移転（現地補測）

写真集

(6/8)



インセプションレポート説明・協議



インセプションレポート説明・協議



インテリムレポート説明・協議



インテリムレポート説明・協議



ドラフトファイナルレポート説明・協議



ドラフトファイナルレポート説明・協議

写真集

(7/8)



セミナー・ワークショップ



セミナー・ワークショップ



セミナー・ワークショップ



セミナー・ワークショップ



セミナー・ワークショップ



セミナー・ワークショップ

写真集

(8/8)



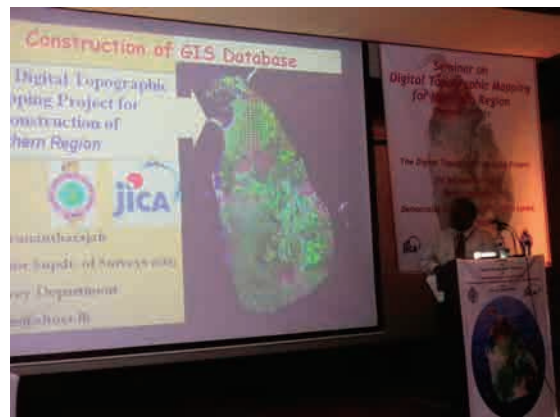
セミナー・ワークショップ



セミナー・ワークショップ



セミナー・ワークショップ



セミナー・ワークショップ



セミナー・ワークショップ



セミナー・ワークショップ

要約

1. 調査業務の概要

1. 1 調査業務の目的

スリランカ国では 30 年近く続いた武力紛争が 2009 年 5 月に終結した。この 30 年近い武力紛争のために北部州を中心に住民生活やその生活に必要な社会インフラが甚大な被害を受けた。

武力紛争の終結後は、その地域の復興と住民生活の再建が大きな課題となっている。また復興計画の立案や復興そのものには、最新の地理情報が必要となっていた。

このような背景の下で下記の目的をもって調査業務は実施された。

- a. スリランカ国北部州全域の空中写真撮影
- b. スリランカ国マナー県及びジャフナ県の縮尺 1/10,000 地形図の作成
- c. 上記 2 つの業務を通じてデジタル地形図作成に関する技術移転

1. 2 調査業務の実施工程

調査業務の概略工程は次の通りであった。

Months	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
Survey Year	2009			2010												2011												
Calendar Month	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1				
Work in Sri Lanka	■																							■	■			
Work in Japan	□																								□			
Report		▲ IC/R										▲ IT/R													▲ DF/R	▲ F/R		
Seminar																										☆		

調査業務は、2011 年 2 月に開始し、2011 年 1 月に終了した。また調査業務は、国内業務と現地業務に分けて実施した。

(1) 国内業務

空中三角測量や数値図化・編集等は国内業務で実施した。この国内業務は、第 1 次（2010 年 2 月 10 日から）から第 6 次（2012 年 1 月 15 日まで）まで実施した。

(2) 現地業務

標定点測量や各種技術移転は、現地業務で実施した。この現地業務は第 1

次（2010年2月28日から）から第6次（2011年11月9日まで）まで実施した。

1. 3 調査業務の実施

1. 3. 1 デジタル地形図整備業務の実施

調査業務の目的 a,b を達成するためにデジタル写真測量法を適用して以下の業務を実施した。

(1) 仕様協議

デジタル地形図を作成する上で必要な測量基準等（基準楕円体、座標系）やデジタル図式規程をスリランカ国測量局（SDSL）と協議した。またマナー県、ジャフナ県の地形図作成範囲を協議した。

(2) 空中写真撮影

空中写真撮影は、現地再委託で実施した。再委託先は、競争入札を行い、Finnmap FM International 社に決定した。

国防省や航空局を含む関係機関からの諸許可の取得後、2010年6月期、2011年3月期の両時期で北部州全域の空中写真撮影を実施した。なお空中写真撮影の主な仕様は次の通りであった。

* 撮影縮尺：1/20,000

* 撮影の種類：カラー撮影

* 撮影方式：GPS/IMU 方式

* 撮影重複度：オーバーラップ 60%（標準）

サイドラップ 30%（標準）

(3) 標定点測量

後続の空中三角測量に必要な標定点を設置する標定点測量（GPS 測量、水準測量）は、SDSL の技術協力で実施した。なお標定点測量の実施に先立って各標定点（水平位置の標定点）に対空標識を設置した。

1) GPS 測量

SDSL の所有する GPS 受信機を使用して、既知点では 8 時間の連続観測を実施、同時に新点では 1 時間の同時観測を実施した。

観測データの解析後、各標定点の座標を仕様で決定した測量基準系で算出した。また各標定点の標高は、後述する水準測量で可能な限り決定するようにした。

2) 水準測量

空中写真の情報や衛星画像の情報から水準測量路線を決定し、SDSL の保有する機材を用いた技術協力で水準測量を実施した。

水準測量で得られる高さの標定点では、見取り図を作成し、空中写真上で

の刺針のための資料とした。

また前述したように、可能な限り GPS 測量による水平位置の標定点の高さを水準測量で決定した。

(4) 現地調査

空中写真を用いた現地調査を SDSL の技術協力でジャフナ県等で実施した。

1) 現地調査の写真判読

現地での調査に先立って、空中写真の判読を室内業務として実施した。

写真判読は、決定した図式規程に基づいて、判読可能な地物を空中写真上で特定した。

2) 現地調査

写真判読に用いた空中写真を現地に持参し、写真判読では得られない地物情報（写真では確認できなかった地物、道路・構造物等の名称等）の調査と収集を行った。

(5) 空中三角測量

空中三角測量は、空中写真撮影の進捗状況からデジタル地形図作成地域とデジタル地形図作成地域を含む北部州全域に分けて実施した。

1) デジタル地形図作成地域の空中三角測量

デジタル地形図作成地域の空中三角測量は、2 時期に分けて、ジャフナ地区の南側、島嶼部とジャフナ地区の北側、マナー地区の 4 ブロックで実施した。

上記の空中三角測量の実施に先立って各ブロック内の標定点数や配点状況を精度管理の面から評価した。その結果、GPS/IMU 解析結果を併用することで 1/10,000 デジタル地形図の要求精度を満たすと評価した。

この評価後、空中写真撮影の画像データ、標定点測量成果を用いてデジタル形式のバンドル法による空中三角測量を実施した。

2) 北部州全域の空中三角測量

北部州全域を対象にしてデジタル形式とアナログ形式の空中三角測量を実施した。なお島嶼部の一部等は、全域の空中三角測量の計算から除外し、独立して図化に必要な標定要素を算出した。

a. デジタル形式による北部州全域の空中三角測量

北部州全域のデジタル形式による空中三角測量は、デジタル地形図作成地域の空中三角測量と同じ方法で実施した。

b. アナログ形式による北部州全域の空中三角測量

北部州全域のアナログ形式による空中三角測量は次の手順で実施した。

選点：空中写真の重複部分にタイポイントを選点した。

点刻：選点したタイポイント等をダイヤポジフィルム上に点刻した。

観測：点刻したタイポイントや標定点の機械座標を観測した。

内部標定：タイポイントや標定点の機械座標を写真座標に変換する内部標定を行った。

相互標定：タイポイントや標定点の写真座標をモデル座標に変換する相互標定を行った。

バンドル法による調整計算：タイポイントや標定点の写真座標と標定点測量成果を用いてバンドル法による調整計算を行った。

(6) 数値図化・編集

空中三角測量成果や現地調査成果を利用し、図式規程に基づいて数値図化・編集を行った。

1) 数値図化

各種デジタル図化機を用い、図式規程に基づいて、地形・地物のデジタルデータを取得した。取得した地形・地物のデジタルデータは、図式規程に基づいてポイント、ライン、ポリゴンのデータ形式を有している。

2) 数値編集

数値編集は、数値図化データと編集用 CAD ソフト MicroStationV8 を用いて実施した。

数値編集の具体的な内容は、図式規程に基づいた各シンボルの適切な位置への移動、注記、行政界の付加、地形・地物データ間の整合性の保持等であった。また数値編集の最終段階で現地補測事項の抽出を行った。

(7) 現地補測

現地補測では数値図化・編集時の疑問点の解消や行政界、行政名の最終確認を行った。現地補測は、SDSL の技術協力で実施した。

1) 実施時期と体制

SDSL の技術協力による現地補測は、2 時期に分けて実施した。2010 年 10 月期は、SDSL からの 11 班で実施した。また 2011 年 9 月期は、SDSL からの 12 班で実施した。

2) 業務内容

室内業務として行政界、行政名、道路種別、基準点成果等の情報を入手した。一方現地では、数値図化・編集時の疑問点の解消、追加表示の必要な地物情報の取得を行った。また道路キロポスト、高圧送電線、廃止鉄道等と主要交差点名、主要施設名と注記の情報を収集した。

(8) 数値補測編集

現地補測結果（疑問点の解消結果、道路キロポスト、高圧送電線等）を入

かし、周辺地物との整合性を取った。

(9) 数値データの構造化

数値データの構造化は、数値補測編集の終了したデータに対して実施した。

1) 構造化編集

構造化編集では、数値補測編集済みのデータの論理的なエラーの検査とその修正を行った。さらに位相構造の構築を行った。

2) データ形式の変換

構造化編集の終了したデータを図郭単位に DXF と SHPE 形式のデータに変換した。

(10) 地図記号化

数値データの構造化を終えた地形図データから縮尺 1/10,000 の印刷図用の AI データを作成した。

1) 地形図データの地図記号化

図式規程に基づいた地図記号を作成し、各地物データに対応させた。また地形図の印刷図表現を考慮して、地物レイヤーの上下関係の修正等を行った。さらに地物記号が重なる場合等に対して、適時地物の位置の転移を行った。

2) 整飾部分の地図記号化

整飾部分の凡例は、図式規程に基づいた地図記号に変換した。また凡例以外の整飾についても地図記号化を行った。

3) 記号化した地形図部データと整飾部データの合成

記号化した地形図データと整飾部データを合成し、図面番号、タイトル等を図面毎に入力し、印刷図用の AI データを作成した。

(11) データファイルの作成

数値データ構造化で作成した DXF、SHPE 両形式のベクターデータと地図記号化の終わった AI データをラスター形式に (PDF 形式) 変換したデータを DVD 等のメディアに格納した。

1. 3. 2 技術移転業務の実施

調査業務の目的 c.を達成するために、技術移転は、デジタル写真測量に関係する技術分野で実施した。

(1) 標定点測量

SDSL は標定点測量 (GPS 測量、水準測量) に十分な経験を持っていたので、空中三角測量実施に必要な標定点測量技術に焦点を絞って実施した。

1) GPS 測量

空中三角測量実施に必要な標定点の数量の算出方法や標定点の配点方法の技術移転を行った。

2) 水準測量

水準測量の技術移転も空中三角測量に必要な高さの標定点の数量の算出
方法と配点方法、そして水準測量路線の選定方法をその対象として実施した。

3) 対空標識設置と刺針

空中三角測量の実施に焦点を当てた技術移転になったので、対空標識の設
置と刺針の技術の移転も実施した。この技術移転には対空標識点や刺針点の
明細簿作成の技術も含まれていた。

(2) 現地調査

SDSL が経験を持っていない空中写真を用いた現地調査の技術移転を行
った。この技術移転では、室内で行う写真判読と現地で行う現地調査の実施
技術がその対象となった。

(3) 空中三角測量

SDSL は、数多くのアナログ空中三角測量の経験を有しており、一般的な
空中三角測量技術は保有していた。このため、プロジェクトで導入したデジ
タル空中三角測量のソフトの使用方法を中心にした技術移転を実施した。

(4) 数値図化・編集

SDSL は、数多くの数値図化・編集の経験を持っていた。また機種は違う
が、デジタル図化機を所有し、数値図化も実務レベルで実施している。数値
編集についても同様で、プロジェクトで導入を予定している数値編集用ソフ
トの旧バージョンを使って数値編集を実施している。

このような実情から、数値図化・編集の技術移転は、プロジェクトで導入
を予定している数値図化システムの使用法、そして最新の数値編集ソフト
の使用法に重点を置いて実施した。

(5) 現地補測

SDSL は、編集済みのデータの出力図を用いた現地補測に数多くの経験を
有していた。この事実を基にして、次の項目の技術移転を実施した。

- a. 数値図化・編集時の疑問点の解消方法
- b. 特定地物の最終確認方法
- c. 注記データファイルの作成・利用方法
- d. 工程・精度管理技術

(6) 数値データの構造化

SDSL は、ArcGIS ソフトを用いた各種の業務経験を有していた。このた
め数値データ構造化の技術移転では、プロジェクトで導入した最新の
ArcGIS ソフトの基本操作の技術移転を省略し、SDSL の職員が日常業務で
直面しているデータ処理（構造化を含む）の効率化、自動化の技術開発とそ
の利用技術に重点を置いて実施した。

(7) 地図記号化

地図記号化の技術移転では、プロジェクトで導入したソフト（Adobe Illustrator）を用いて数値補測編集済みのデータを印刷図用の AI データに変換する技術を移転した。移転した具体的な技術は次の通りであった。

- a. 印刷環境の設定
- b. Adobe Illustrator CS5 の基本操作方法
- c. 図式規程に従った地形図シンボルの作成方法
- d. 地図記号化の特殊技術（スケール変更、レイヤーの上下関係の変更、トリミング等）
- e. 印刷図用地形図データファイルの生成方法

1. 3. 3 その他業務

(1) セミナー/ワークショップの開催

2011年11月4日にSDSLの上位官庁である土地・土地開発省の次官等の出席を得てセミナー/ワークショップを開催した。

セミナー/ワークショップでは、プロジェクトの実施経緯や結果が発表されると同時に、技術移転成果（実演を含む）が広く公開された。また作成されたデジタル地形図のサンプル図も公開された。そして北部州のデジタル地形図未整備地域のSDSLによる整備計画が発表された。さらに今後SDSLで整備される空間地理情報の構築に当たってのガイドラインも発表された。

(2) 各種レポート

1) レポートの作成

プロジェクトでは次の各レポートが作成された。

- a. インセプションレポート：プロジェクトの概要と実施方法を記載している。
- b. インテリムレポート：2010年9月末までのプロジェクトの実施実績と今後の予定業務を記載している。
- c. ドラフトファイナルレポート：プロジェクト全体の実施経緯と結果を記載している。
- d. ファイナルレポート：プロジェクト全体の実施経緯と結果、及び今後の課題や提案等を記載している。

2) レポートの説明・協議

インセプション、インテリム、ドラフトファイナルの各レポートの作成後、これらのレポートの説明・協議をSDSLに対して実施した。

各説明・協議では、技術的な質問や若干の要望事項が提起され了解され、それぞれのレポートは、承認された。

1. 4 調査業務の実施結果

1. 4. 1 デジタル地形図整備業務の実施結果

(1) 仕様協議

SDSL との協議の結果、適用する測量基準は次の通りとなった。

準拠楕円体：エベレスト 1830

座標系：Sri Lanka Datum 1999 (SLD-99-2)

投影法：横メルカトル図法

また縮尺 1/10,000 デジタル地形図の図式規程も決定した。さらにマナー県、ジャフナ県も地形図作成範囲（100 面、2,008.2km²）も決定した。

(2) 空中写真撮影

紆余曲折を得て最終的に対象地域全域の約 9,000km² の空中写真撮影（61 コース、2,494 枚）が完了した。

(3) 標定点測量

多時期にわたったが、GPS 測量による標定点 105 点の設置、水準測量約 550km を実施した。

(4) 現地調査

ジャフナ県の 1 部約 36km² について実施した。

(5) 空中三角測量

地形図作成地域のみでも空中三角測量を実施したが、最終的には全域のデジタル空中三角測量（61 コース、2127 枚）と全域のアナログ空中三角測量（61 コース、2031 枚）を実施した。

(6) 数値図化・編集

100 面、2008.2km² の数値図化・編集を実施した。

(7) 現地補測

2 時期に分けて、合計 100 面 2008.2km² の現地補測を実施した。

(8) 数値補測編集、数値データ構造化、地図記号化

100 面、2008.2km² の数値補測編集、数値データ構造化、地図記号化を実施した。

(9) データファイルの作成

100 面、2008.2km² に相当する各データ形式のデータファイルを作成した。

1. 4. 2 技術移転業務の実施結果

(1) 標定点測量

1) GPS 測量

GPS 測量の標定点数算出方法は確実に習得されたが、配点方法は経験量が不足して十分に習得されたとは評価できない。

2) 水準測量

水準測量の路線の選定方法や合理的な観測方法は、確実に習得された。

(2) 現地調査

現地調査の技術移転は、実施数量が少なく、その技術が十分に習得されたと評価できない。さらなる経験が必要である。

(3) 空中三角測量

導入したデジタル空中三角測量のソフトを十分に使えるようになり、この技術は確実に習得された。

(4) 数値図化・編集

この分野における SDSL のこれまでの実務経験もあって導入した最新の数値図化・編集システムの使用方法は確実に習得された。

(5) 現地補測量

SDSL のこれまでの実務経験もあって現地補測の技術は、確実に習得された。ただ現地補測用のマニュアル作成技術習得は今後の課題である。

(6) 数値データ構造化

当初の想定より高レベルの技術移転になり、構造化の効率化や自動化のソフトを十分に扱える技術が確実に習得された。

(7) 地図記号化

SDSL は導入したソフトを使った地図記号化の経験を持っていなかったが、この技術の基本的な部分を確実に習得し一通りの地図記号化を実施する技術が移転された。

1. 5 調査業務の成果品

調査業務を実施した結果、次の成果品が得られた。

(1) 調査業務報告書

- | | | |
|------------------|----|------|
| a. インセプションレポート | 英文 | 25 部 |
| b. インテリムレポート | 英文 | 25 部 |
| c. ドラフトファイナルレポート | | |
| メインレポート | 英文 | 25 部 |
| サマリー | 英文 | 25 部 |
| d. ファイナルレポート | | |
| メインレポート | 英文 | 25 部 |
| サマリー | 英文 | 25 部 |

(2) 成果品

- | | | |
|-------------|---|-----|
| a. 空中写真 | | |
| 撮影済みフィルム | 1 | セット |
| デジタルデータファイル | 1 | セット |
| コンタクトプリント | 2 | セット |

空中写真標定図	1 セット
b. 現地測量成果	1 セット
c. 空中三角測量成果	1 セット
d. デジタルデータファイル (1/10,000 地形図)	1 セット

2. デジタル地形図の整備に向けて

2. 1 プロジェクト成果の有効利用

2. 1. 1 デジタル地形図の有効利用

プロジェクトでは北部州の約 1/4 のデジタル地形図が仕様に従って整備された。

整備されたデジタル地形図を活用する上で次の事項の実施が求められている。

- * デジタル地形図の仕様の公開と普及
- * デジタル地形図の公開と利用促進の宣伝活動
- * デジタル地形図の供給体制（価格政策、供給方法を含む）の確立

2. 1. 2 技術移転成果の有効利用

調査団は、プロジェクト期間中に実施された技術移転の結果を評価している。SDSL は、調査団の評価とは別に、技術移転受講者からの報告に基づいて独自の技術移転結果の評価を実施すべきである。そしてこの評価の実施が、SDSL にとって技術移転成果の有効利用の第 1 歩となる。

2. 2 技術移転成果に基づく課題

実施された技術移転は、多岐の技術分野にわたっていて、それぞれの技術分野で技術移転成果に差異が生じている。

SDSL が類似技術で経験を持っている分野（標定点測量の観測・解析計算、数値図化・編集、現地補測、数値データ構造化）では移転技術の習熟度は高い。また移転技術の反復度の高い分野（対空標識設置、刺針点の見取り図作成）も移転技術の習熟度は高い。

一方、経験が少なく、反復度の低い技術分野（標定点の配点方法、地図記号化）は習熟度が低い。

このような結果から、習熟度の低い技術分野での反復学習による習熟度の向上や習得された技術の伝播、そして習熟技術の生産性の向上が課題となっている。

2. 3 北部州の残りのデジタル地形図の整備

プロジェクトが終了した時点で北部州の残りのデジタル地形図の整備が大きな注目を浴びている。

2. 3. 1 SDSL による北部州の未整備地域のデジタル地形図整備計画

SDSL は、関係機関からの要望に基づいて未整備地域の整備計画を公表した。公開された計画では、図面単位に優先度を設け残り全体の数値図化・編集を 2014 年 6 月に完了の予定となっている。また通常の業務体制を 2 倍した計画では、2013 年 3 月に完了の予定になっている。

2. 3. 2 北部州の残りのデジタル地形図整備上の留意点

SDSL が計画している残りのデジタル地形図を整備するに当たっている
い
ろ
な
留
意
点
（
特
に
数
値
図
化
以
降
の
工
程
に
つ
い
て
）
が
あ
る
。

(1) デジタル地形図作成技術力の向上

プロジェクトの成果としてデジタル・アナログ空中三角測量成果が得られている。これらを利用したデジタル地形図の整備が想定される中で、以下の事項に留意する必要がある。

- * デジタル・アナログ空中三角測量成果の有効利用
- * 数値図化・編集の技術力の伝播と生産性の向上
- * 現地補測の実施体制の確立と生産性の向上
- * 地図記号化の生産性の向上

(2) 北部州の残りのデジタル地形図整備計画

既に SDSL は、残りのデジタル地形図整備計画を立案しているが、その計画の詳細化の過程で次の点に留意する必要がある。

- * SDSL が整備計画に投入できる人的、物的資源
- * 数値図化以降の各技術工程（数値編集、現地補測、地図記号化）での単位あたりの生産量

(3) 北部州の残りのデジタル地形図整備

開始されたデジタル地形図の整備では、工程毎での精度管理を行い、また最終成果品の品質評価を行い品質の維持に努める。

目 次

序文

伝達状

調査対象地位置図

現 地 写 真

要約

第 1 章	調査業務の背景・目的等	1 - 1
1.1	調査業務の背景	1 - 1
1.2	調査業務の目的	1 - 1
1.3	調査業務の概要と工程.....	1 - 1
1.3.1	調査業務の概要	1 - 1
1.3.2	調査業務の概略工程	1 - 3
1.4	調査業務の成果品.....	1 - 3
第 2 章	調査業務の実施	2 - 1
2.1	調査業務の基本方針	2 - 1
2.2	調査業務の内容	2 - 1
2.3	調査団の構成.....	2 - 3
第 3 章	調査業務の実施結果	3 - 1
3.1	デジタル地形図作成業務.....	3 - 1
3.2	技術移転業務.....	3 - 1 3
3.3	その他業務.....	3 - 2 4
3.3.1	セミナー業務等	3 - 2 4
3.3.2	各種レポート業務.....	3 - 2 4
3.4	今回の調査業務の実施上、実施結果に基づく教訓.....	3 - 2 6
3.4.1	調査業務実施上で得られた教訓	3 - 2 6
3.4.2	調査業務実施結果から得られた教訓	3 - 2 6
第 4 章	デジタル地形図の整備に向けて	4 - 1
4.1	プロジェクト成果の有効利用	4 - 1
4.1.1	デジタル地形図の有効利用.....	4 - 1
4.1.2	技術移転成果の有効利用	4 - 1

4.2	技術移転結果に基づく課題	4-1
4.2.1	技術移転結果の総括	4-1
4.3	北部州の残りのデジタル地形図の整備	4-2
4.3.1	デジタル地形図作成技術力の向上	4-2
4.3.2	北部州の残りのデジタル地形図整備計画の立案	4-2
4.3.3	北部州の残りのデジタル地形図整備計画	4-3
4.3.4	北部州の残りのデジタル地形図整備	4-3

表 目 次

表 3-1	作業工程表	3-2
-------	-------------	-----

図 目 次

図 1-1	実施した撮影および図化した対象地域	1-2
図 2-1	フローチャート	2-2
図 3-1	図化範囲とシート割り図	3-3
図 3-2	地形図作成対象地域の空中三角測量実施地域	3-8
図 3-3	空中三角測量技術移転実施の流れ	3-16

写 真 目 次

写真 3-1	写真：航空カメラのセットアップ	3-4
写真 3-2	対空標識設置	3-5
写真 3-3	設置した対空標識	3-5
写真 3-4	水準測量の観測	3-6
写真 3-5	道路交差部の刺針点の選定	3-6
写真 3-6	野外の現地調査の準備の技術移転	3-15
写真 3-7	野外での現地調査の技術移転	3-15
写真 3-8	受講者へのトレーニング	3-17
写真 3-9	実演風景	3-19
写真 3-10	受講生による実習風景	3-19
写真 3-11	現地補測	3-20
写真 3-12	数値データのデータ構造化	3-21
写真 3-13	地図記号化	3-23

第1章 調査業務の背景・目的等

1.1 調査業務の背景

スリランカ国（以下、「ス」国）において30年近く続いた武力紛争は、2009年5月に政府軍が、国土全土を掌握し終了した。しかし、北部州においては地雷除去、インフラ復旧、IDPの帰還促進が喫緊の課題となっている。

一方、日本政府は対「ス」国、国別援助計画において、「平和の定着と復興に対する支援」をスリランカ支援の柱の一つとして掲げており、それを踏まえてJICAは、「紛争影響地域住民生活・社会環境改善」を掲げ、開発課題の一つとしている。

そのような状況下で、北部州を対象として2009年9月から継続して「情報収集・確認調査」を実施した。同調査を通じて、ジャフナ県やマナー県の地方行政やコミュニティにおいて、生計の再建、廃棄物管理等、住民の生活に密着した分野への支援に対する高い期待とニーズが確認された。

本プロジェクトは、「ス」国北部州の復興に資するため、北部州の現況を把握するための航空写真撮影を行うとともに、マナー県及びジャフナ県の合計2,000k㎡の地域において復興計画の策定に必要な縮尺1/10,000デジタル地形図を作成することであった。

また、これらを通じて、デジタル地形図作成のための技術移転を行うことも目的とするものであった。

なお、カウンターパート（以下、「C/P」とする）機関は、スリランカ測量局（Survey Department of Sri Lanka、以下、「SDSL」とする）となった。

1.2 調査業務の目的

本業務の目的は以下のとおりであった。

- (1) スリランカ国北部州全域の航空写真の撮影
- (2) スリランカ国マナー県及びジャフナ県の縮尺1/10,000地形図の作成
- (3) 上記(1)、(2)の業務を通じたデジタル地形図作成に関する技術移転

1.3 調査業務の概要と工程

1.3.1 調査業務の概要

(1) デジタル地形図作成業務

デジタル地形図の整備対象地域は以下のとおりであった。

- 1) 航空写真撮影：北部州約9,000k㎡の範囲
- 2) 縮尺1/10,000デジタル地形図作成対象地域：マナー県及びジャフナ県約2,000k㎡の範囲

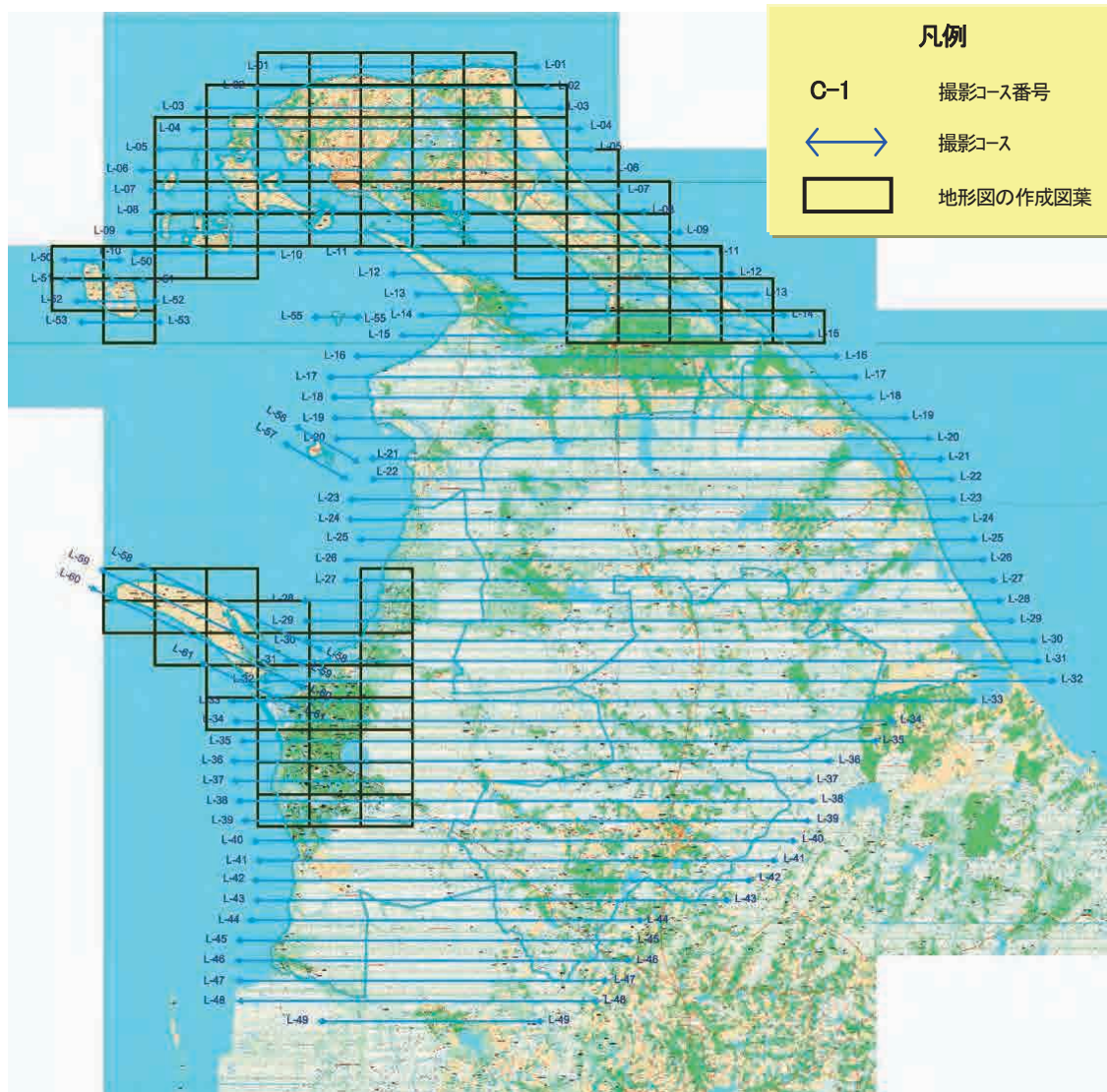


図 1-1 実施した撮影および図化した対象地域

(2) 技術移転業務

技術移転業務は、次の技術を対象にしてカウンターパート機関（C/P 機関）である SDSL の職員に対して実施した。

- GPS 標定点測量、水準測量、現地調査、現地補測
- デジタル写真測量（デジタル空中三角測量、数値図化・編集）
- GIS 構造化
- 地図記号化




(3) その他業務

- その他の調査業務としては、次の業務を行った。
- セミナー・ワークショップの開催
- 各種レポートの作成と説明・協議

1.3.2 調査業務の概略工程

調査業務の概略工程は、次のとおりであった。

月数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
調査年度	平成21年度			平成22年度												平成23年度								
暦月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1
現地調査																								
国内作業																								
報告書																								

凡例：
 現地調査
 国内作業
 報告書作成 ☆ セミナー・ワークショップ

1.4 調査業務の成果品

(1) 調査業務報告書

調査業務で作成し提出した報告書は次のとおりであった。

- | | |
|------------------|---------|
| a. インセプションレポート | 英文 25 部 |
| b. インテリムレポート | 英文 25 部 |
| c. ドラフトファイナルレポート | |
| メインレポート | 英文 25 部 |
| サマリー | 英文 25 部 |
| d. ファイナルレポート | |
| メインレポート | 英文 25 部 |
| サマリー | 英文 25 部 |

(2) 成果品

調査業務で作成し提出した成果品は、次のとおりであった。

- | | |
|------------------------------|-------|
| a. 空中写真 (1/20,000 : カラー写真) | |
| 撮影済みフィルム | 1 セット |
| デジタルデータファイル | 1 セット |
| コンタクトプリント | 2 セット |
| 空中写真標定図 | 1 セット |
| b. 現地測量成果 | 1 セット |
| c. 空中三角測量成果 | 1 セット |
| d. デジタルデータファイル(1/10,000 地形図) | 1 セット |

第2章 調査業務の実施

2.1 調査業務の基本方針

本業務の目的に基づいて、業務の基本方針は、次のとおりであった。

(1) 基本方針

基本方針1：適切な時期に航空写真撮影を実施し、速やかにその成果を後続作業に利用する。

基本方針2：今後の復興計画立案への利用を念頭に、SDSLの従来仕様及びJICAの作業規程類を踏まえた協議に基づいた仕様で地形図を作成する。

基本方針3：業務終了以降、SDSLが独自に残りの地域のデジタル地形図を作成できるための技術移転を行う。

2.2 調査業務の内容

(1) 調査業務内容

調査業務の目的を達成するために業務項目を次の4つに分けて実施した。

第1項目： デジタル地形図作成業務

第2項目： 技術移転業務

第3項目： セミナー・ワークショップ業務

第4項目： 各種レポート作成、説明・協議業務

(2) フローチャート

調査業務全体のフローチャートを、次頁にまとめている。

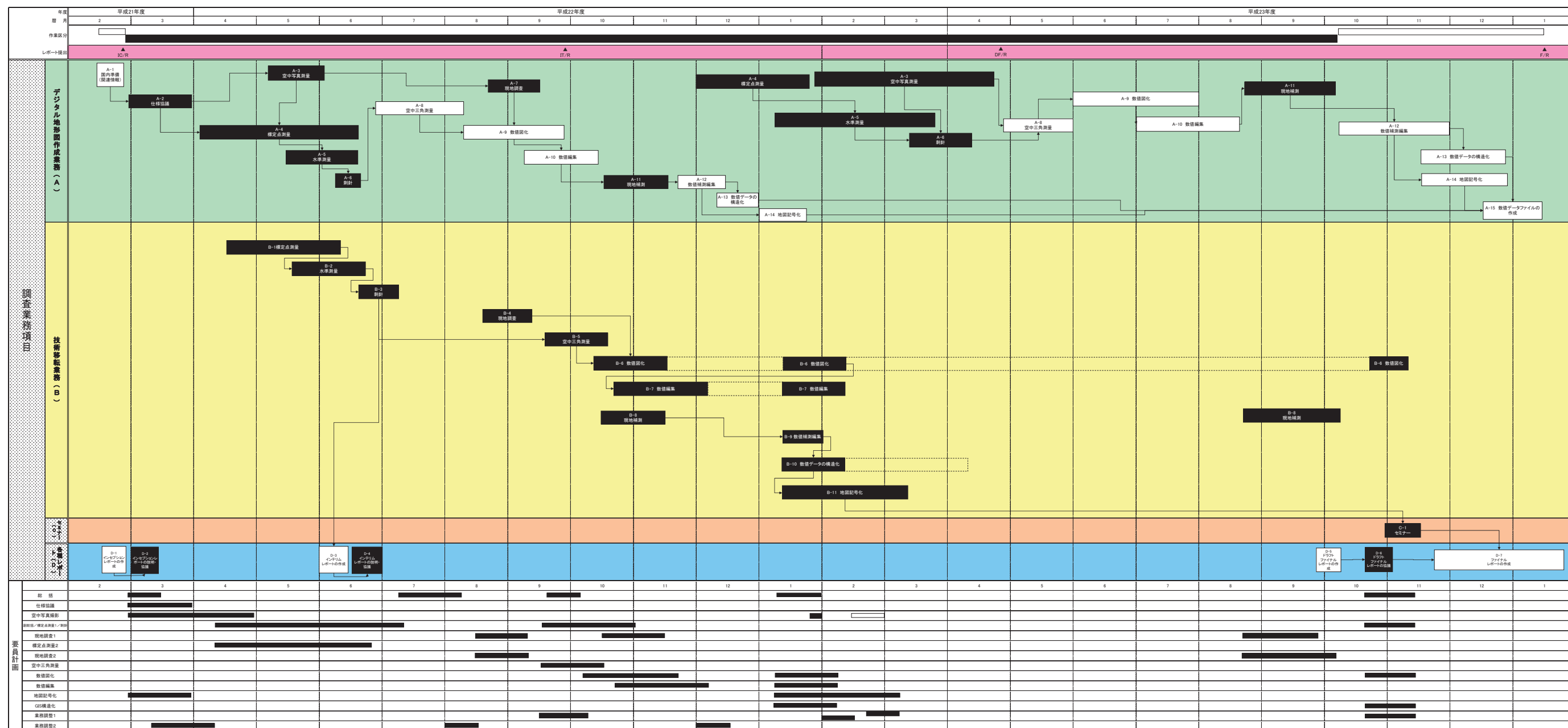


図 2-1 フローチャート

2.3 調査団の構成

調査団は、次の構成で調査業務を実施した。

担当任務名	担当者名	主たる業務内容
総括	西村 明	<ul style="list-style-type: none"> 調査業務全般にわたる運営と総括
仕様協議	千葉 善一	<ul style="list-style-type: none"> デジタル地形図の作成に関する仕様協議
空中写真撮影	臼田 健太郎	<ul style="list-style-type: none"> 空中写真撮影の現地再委託先の選定 空中写真撮影の仕様の作成 空中写真撮影の監督
副総括/標定点測量 1/刺針	原田 敬史	<ul style="list-style-type: none"> 調査業務全般にわたる運営のサポート デジタル地形図作成に関する標定点測量の管理・監督とその技術移転 デジタル地形図作成に関する刺針の管理・監督とその技術移転
標定点測量2	石塚 一啓	<ul style="list-style-type: none"> デジタル地形図作成に関する標定点測量の管理・監督とその技術移転
現地調査1	西尾 聡 石塚 一啓	<ul style="list-style-type: none"> デジタル地形図作成に関する現地調査（現地補測を含む）の管理・監督とその技術移転
現地調査2	臼田 健太郎	<ul style="list-style-type: none"> デジタル地形図作成に関する現地調査（現地補測を含む）の管理・監督とその技術移転
空中三角測量	中村 三友	<ul style="list-style-type: none"> デジタル空中三角測量の技術移転
数値図化	池田 良生	<ul style="list-style-type: none"> デジタル図化の技術移転
数値編集	星野 順	<ul style="list-style-type: none"> デジタル編集の技術移転
GIS 構造化	車 文 韜	<ul style="list-style-type: none"> 地形図データの GIS データベースへの変換（構造化）に関する技術移転
地図記号化	福本 善光	<ul style="list-style-type: none"> 地形図データの地図記号化に関する技術移転
業務調整1	加藤 誉之 臼田 健太郎 高橋 将彦 石島 則夫	<ul style="list-style-type: none"> デジタル空中三角測量技術移転補助 空中写真撮影監督補助 調査業務の業務調整
業務調整2	大内 勇二 平原 尚美	<ul style="list-style-type: none"> 調査業務の業務調整

第3章 調査業務の実施結果

調査業務項目とその実施時期を示す詳細工程表は、表 3-1 にまとめている。

3.1 デジタル地形図作成業務

(1) デジタル地形図作成の仕様等

1) 測量基準の協議・決定

標定点測量及び数値図化に使用する主要な測量基準は、協議の結果次のように決定した。

座標システム： Sri Lanka Datum 1999 (SLD-99-2)

準拠楕円体： エベレスト(1830)

a(長半径) = 6,377,276.345m b(短半径) = 6,356,075.413m

投影法： 横メルカトル図法 (Transverse Mercator Projection)

座標原点： ピデゥルタラガラ (Pidurutalagala：東経 80 度 46 分 18.16710 秒

北緯 7 度 00 分 1.69750 秒)

高さの基準： 既設水準点の基準に従う。

2) 図式規程の協議・決定

図式は、SDSL がアナログ形式で作成している図式規程と、SDSL が監修した「Basic Cartographic Principles」規程、及び SDSL が作成した「Data Capture Model -10K Geo-database-」規程を参考に協議し決定した。

図式規程の一部を成す出力地形図の整飾は、既存の 1/10,000 アナログ地形図を基本にして、協議を実施し、サンプル出力図で再検討し決定した。

さらに作成するデジタル地形図の整飾部分に下記の文言を入れることで合意した。

「This digital map was prepared jointly by Japan International Cooperation Agency (JICA) under the Japanese Government Technical Cooperation Program and the Government of Sri Lanka」

3) 図化範囲の協議・決定

作成する縮尺 1/10,000 地形図の出力図のサイズを協議し、SDSL の既存図と同様に、縦 5km × 横 8km を 1 面のサイズとした。この結果に基づいて図面単位を基本とする図化範囲 (2,008.2km²) を決定した。

➤ ジャフナ県 約 1,273.6 km² (69 面)

➤ マナー県 約 734.6 km² (31 面)

なお各県の図化範囲とシート割り図は、下記の通りである。

表 3-1 作業工程表

調査年度 暦月	平成21年度			平成22年度												平成23年度									
	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1
デジタル地形図作成業務	IC/R																								
A-1 国内準備(関連資料・情報の収集,整理,分析)	国内作業																								
A-2 仕様協議	現地調査																								
A-3 空中写真撮影	現地調査																								
A-4 標定点測量	現地調査																								
A-5 水準測量	現地調査																								
A-6 刺針	現地調査																								
A-7 現地調査	現地調査																								
A-8 空中三角測量	現地調査																								
A-9 数値図化	国内作業																								
A-10 数値編集	国内作業																								
A-11 現地補測	現地調査																								
A-12 数値補測編集	国内作業																								
A-13 数値データの構造化	国内作業																								
A-14 地図記号化	国内作業																								
A-15 数値データファイルの作成	国内作業																								
技術移転業務	技術移転業務																								
B-1 標定点測量	現地調査																								
B-2 水準測量	現地調査																								
B-3 刺針	現地調査																								
B-4 現地調査	現地調査																								
B-5 空中三角測量	現地調査																								
B-6 数値図化	国内作業																								
B-7 数値編集	国内作業																								
B-8 現地補測	現地調査																								
B-9 数値補測編集	国内作業																								
B-10 数値データの構造化	国内作業																								
B-11 地図記号化	国内作業																								
セミナー・ワークショップ	セミナー																								
C-1 セミナー	セミナー																								
各種レポート	各種レポート																								
D-1 インセプションレポートの作成	各種レポート																								
D-2 インセプションレポートの説明・協議	各種レポート																								
D-3 インテリムレポートの作成	各種レポート																								
D-4 インテリムレポートの説明・協議	各種レポート																								
D-5 ドラフトファイナルレポートの作成	各種レポート																								
D-6 ドラフトファイナルレポートの協議	各種レポート																								
D-7 ファイナルレポートの作成	各種レポート																								
要員計画	要員計画																								
総括	現地調査																								
仕様協議	現地調査																								
空中写真撮影	現地調査																								
副総括/標定点測量1/刺針	現地調査																								
現地調査1	現地調査																								
標定点測量2	現地調査																								
現地調査2	現地調査																								
空中三角測量	現地調査																								
数値図化	国内作業																								
数値編集	国内作業																								
地図記号化	国内作業																								
GIS構造化	国内作業																								
業務調整1	国内作業																								
業務調整2	国内作業																								

凡例: 現地調査
 国内作業
 デジタル地形図作成業務
 技術移転業務
 セミナー
 各種レポート

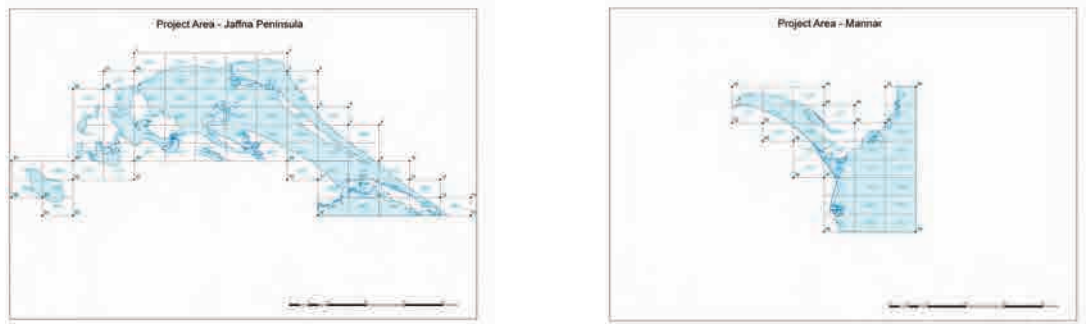


図 3-1 図化範囲とシート割り図

(2) 空中写真撮影

1) 空中写真撮影の再委託先の決定

空中写真撮影の現地再委託先は、指名競争入札で下記の業者を選定した。

・ Finnmap FM International

Malminkaari 5, F 1-00700 Helshinki, Finland.

2) 空中写真撮影の事前協議

Finnmap 社と次の空中写真撮影の技術仕様の確認を行った。

撮影範囲： 北部州の約 9,000km²

撮影縮尺： 1/20,000

撮影フィルム： カラー撮影

撮影重複度： オーバーラップ 60%±5% サイドラップ 30%±5%を標準とする。

撮影方式： GPS/IMU 方式の適用

3) 空中写真撮影に関する許可の取得

撮影対象地域（北部州）の基本的な撮影許可は、既にスリラン国の国防省から取得されていた。この為、撮影クルーのスリランカ国への入国ビザ、撮影機のスリランカ進入、着陸、駐機、離陸に対する許可を関係機関から取得した。

4) 撮影機の回航

上記の許可に基づいて撮影機を回航したが、途中エンジンの不調により回航できなくなった。この為 Finnmap 社は、代替機を回航する事を決定し、この回航を実現する為に各種許可の申請を行い取得した。

この許可に基づいて撮影機（Piper PA-31T Cheyenna II）は、2010年5月11日にコロombo、カトナヤケ（Katunayaka）国際空港に着陸した。その直後に撮影機は航空カメラ搭載の為にコロombo南部の空軍基地、ラトマラーナ空港に回航された。



写真 3-1 写真：航空カメラのセットアップ

5) 空中写真撮影の実施（2010年6月期の空中写真撮影）

2010年5月31日まで好転しなかった天候は、翌日の6月1日に回復し、同日ジャフナ地区の14コース約370枚が撮影された。さらにその翌日の6月2日にはマナー地区の離島部分の3コース15枚も撮影された。

しかし乾季の終了と天候不順から残りの撮影は残念ながら実施することが出来なかった。

6) 空中写真撮影の成果品

撮影の完了した空中写真は、現像処理が施され、採否の検査を行った。検査結果は、仕様を満たし全撮影が採用となった。この後、所定の精度で空中写真のデジタル化が実施されると同時に、密着写真、ダイアポジフィルムが所定の部数で作成された。

7) 未完了の空中写真撮影の実施予定に関する協議

Finnmap社と未完了撮影分の対処を協議した。一連の協議を通じて、次の事項の合意に至った。

- ・未完了空中写真撮影分を来期の乾季、2010年1,2月頃に実施する。
- ・この撮影を実施する為、2011年1月を目処に撮影機をスリランカに回航する。

8) 空中写真再撮影許可等の取得

Finnmap社で準備した必要書類を関係機関に提出し、必要な諸許可を2011年1月中旬までに取得した。

9) 撮影機の再回航と撮影の準備

各種許可の取得後、撮影機は、2011年1月20日にコロンボに到着した。またそれまでに撮影クルーもコロンボ入りした。

10) 空中写真撮影の再実施（2011年3月期の空中写真撮影）

2011年1月26日に航空カメラ等の装着を行い、テストフライト後撮影待機に入った（ラトマラーナ空港、チャイナベイ空軍基地）。しかしながら2011年2月期は、豪雨等で好天に恵まれなかった。そして2011年3月に入り天候が回復し同年3月6日から3月11日の間で全ての範囲の撮影が完了した。

1 1) クロスラインの空中写真撮影の中止

再委託業者と契約事項以外で実施することで合意していたクロスラインの空中写真撮影は、天候状況や撮影対象地域全域をカバーする撮影実施を優先した結果、実施できなかった。空中三角測量実施段階での精度は、GPS/IMU 成果の利用や標定点数で維持できると評価した。

1 2) 空中写真の再撮影の成果品

撮影フィルムの現像後、撮影成果の各種の検査を実施した。結果は、仕様を満たしており、引き続き成果品（空中写真のスキャンデータ、密着写真、ダイアポジフィルム）の作成を行った。

(3) 標定点測量

標定点測量（GPS 測量）は、撮影対象地域全域を対象にして実施した。これは空中写真撮影地域の全域（約 9,000km²）の空中三角測量の実施を意図したものであった。

1) 標定点測量実施計画の立案

調査地域の形状や撮影計画から標定点の配点計画を立案した。標定点（平面位置）の数量は、JICA 海外測量作業規程に準じて決定した。

2) 標定点測量の実施計画

立案した標定点測量実施計画を基に、SDSL と実施内容の細部について協議を実施した。この協議の場で得られた追加情報を加えて再度、標定点測量計画を見直し新たに立案し、SDSL と合意（計画標定点の総数は 105 点となった。）した。

3) 対空標識の設置

当初、標定点は全て刺針でその位置を空中写真上で決定する事になっていた。しかし撮影開始までに予想以上の時間的余裕があることと SDSL からの人的サポートを含めた要望により、基本的に全標定点へ対空標識が設置された。



写真 3-2 対空標識設置



写真 3-3 設置した対空標識

4) 標定点測量（GPS 測量）の実施

標定点測量（GPS 測量）には、ISM（Institute of Surveying and Mapping）が所有している

GPS 受信機を使用して SDSL の技術協力で実施した。

GPS 測量観測は、既知点に受信機を設置し約 8 時間の連続観測を行う一方、新設標定点で約 1 時間の既知点との同時観測を実施した。

水平位置の解析計算では、基線解析、解析後の基線から得られる任意の多角形の閉合差の点検、3次元網調整計算、座標変換を実施した。

閉合差、各 GCP 点での残差の標準偏差は制限値内であり、解析計算に問題はなかった。

高さの解析計算では、既知点 4 点の標高値（正標高）を用いてこの付近のジオイド高モデルを作り、そのモデルに基づいて新たに設置した各 GCP 点の標高（正標高）を求めた。

(4) 水準測量

水準測量は、空中写真撮影地域の全域を対象にして実施した。

1) 水準測量実施計画の立案

撮影計画から主要な幹線道路上を約 500km（約 2km 間隔で、刺針で高さの標定点を設置する。）の水準測量を計画した。

2) 水準測量の実施計画

前述した水準測量実施計画を基に、SDSL と実施内容の細部について協議を行い、次の要領で水準測量を実施した。

- ・水準測量路線（約 550km）の約 2km 毎に固定点を設置することを原則とする。
- ・全水準測量路線で、往復観測を実施する（誤読等のエラーを防止する為）。
- ・往復観測の閉合差の制限値は $50\text{mm}\sqrt{S(\text{km})}$ とする。

3) 水準測量の実施

水準測量の観測は、ISM が所有しているケルン社のティルティングレベルを利用し、SDSL の技術協力で実施した。

観測直後に判明する往復観測の閉合差は、観測終了路線の全てで制限値内であった。また水準測量観測値の計算処理は、全て単路線計算で処理し標高を決定した。



写真 3-4 水準測量の観測



写真 3-5 道路交差部の刺針点の選定

(5) 刺針

1) 平面位置の標定点の刺針

撮影後の空中写真上で対空標識が確認できなかった標定点や 2011 年 1 月の豪雨で冠水した標定点のいくつかは、刺針を行いその点の位置を現地で計測し概略座標を求めた。

2) 高さの標定点の刺針

空中写真撮影業務が終了していなかったため、2km 毎の高さの標定点の刺針のかわりに、空中写真上で特定が可能な道路の交差点等を簡易 GPS で概略座標を観測すると同時に詳細な見取り図を作成した。さらにその位置を Google Earth 上でも特定した。そして空中写真入手後、Google Earth 上での特定結果、概略座標値と見取り図に基づいた刺針を実施した。

(6) 現地調査

1) 現地調査の手法

SDSL の実情と日本国内での図化・編集業務実施を考慮し、次の手法で現地調査を実施した。

* 空中写真を用いた現地調査手法を適用する。

* 写真判読キーは、図化・編集作業用に図式規程の一部の植生・土地利用・水文に限り、現地調査期間中に作成する。

2) 現地調査の準備

1:10,000 のカラーモザイク写真と白黒モザイク写真をプロッターで出力して準備した。また SDSL で所有している地理情報の提供を依頼し、その情報が準備された。

3) 現地調査の実施体制

空中写真を用いた予察（写真判読による調査）は、SDSL 本部の写真測量部門の 2 名の技師による実施体制とした。一方野外の現地調査は、調査班 1 班を SDSL の職員 1 名と調査団員 1 名の構成とした 2 班の実施体制とした。

4) 現地調査の実施期間

現地調査は、2010 年 8 月 13 日から 9 月 8 日までの 25 日間で実施した。

5) 現地調査の実施

SDSL の写真測量部門の 2 名の技師が写真判読（予察）を行った。

野外の現地調査は、写真判読（予察）結果の 1 部である疑問点・不明点の解消を重点にして、写真画像の地物と現地の状況を目視で照合して確認した。また必要に応じて現地写真の撮影と簡易 GPS による経緯度観測を実施して、調査対象地物の概観と位置を特定した。

6) 現地調査の成果

現地調査で下記の成果を得ることが出来た。

- a. 写真判読キー（13 種）
- b. 現地調査された情報を記載したモザイク写真

c. 現地で撮影した地物概観写真

(7) 空中三角測量

空中三角測量は、空中写真撮影の進捗と後続作業（数値図化・編集、現地補測等）の工程を考慮して、地形図作成対象地域と全域に分けて実施した。

1) 地形図作成対象地域のデジタル空中三角測量

空中写真撮影の進捗状況と地形図作成対象地区の地理的位置から、これらのデジタル空中三角測量は、2時期、4ブロックに分けて実施した。

a. 実施時期

各実施時期とその対象地区は次の通りであった。

2010年7月期：Jaffna 地区の南側と島嶼部

2011年5月期：Jaffna 地区の北側と Mannar 地区

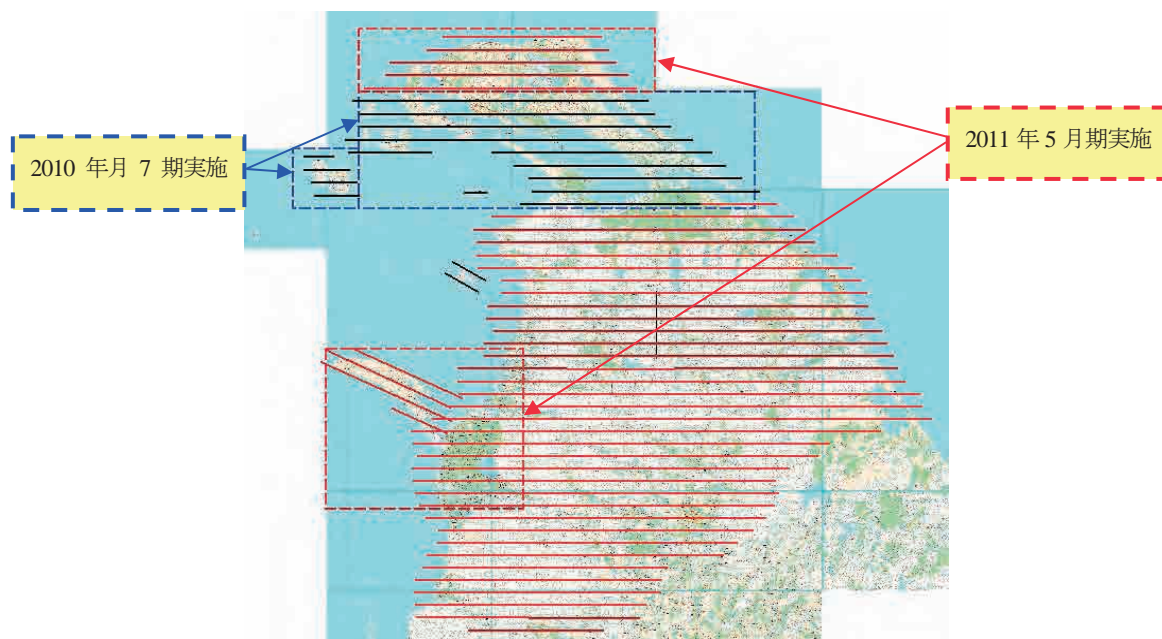


図 3-2 地形図作成対象地域の空中三角測量実施地域

b. 各ブロックにおける標定点数と配点の評価

標定点測量（GPS 測量、水準測量）は、撮影対象地域全域で空中三角測量を実施することを前提にして計画（配点計画）され実施された。このため部分的な空中三角測量実施に当たり、利用出来る標定点数と配点状況を評価した。

その結果すべてのブロックで、利用できる標定点数や配点状況は、実施規程を十分満たすとは言えないが、GPS/IMU 成果の併用により 1/10,000 地形図の数値図化に対して精度上問題があると言えるレベルに達していないと評価した。

c. 準備作業

撮影された空中写真を解像度 1270dpi(20 μ m)でスキヤニングを行った。その後、必要な標定点測量・水準測量成果、GPS/IMU 成果、カメラのキャリブレーションデータを収集した。

d. POS データ (GPS/IMU データ) の精度検証

収集した POS データ (GPS/IMU データ) の成果 (外部標定要素) を使用し標定点を観測したところ、その座標値に数メートルの較差が生じた。この較差が同方向に生じていたことから POS データの傾きに誤差があると考えられるため、調整計算では ω ϕ κ の重量を低く設定することとした。

e. タイポイントの観測

デジタル写真測量システムで、航空写真の重複部分にタイポイントを自動抽出し、その座標を観測した。島嶼部や海岸沿いの不完全モデルでは、手動によりタイポイントを抽出しその座標を観測した。

観測座標を用いてモデル座標を算出した。算出したモデル座標のモデル間での交会残差が仕様を満たさない場合は、観測を再度実施した。

f. 標定点の観測

標定点測量や水準測量で得られた標定点を航空写真上で特定し、デジタル写真測量システムでその座標を観測した。

またこれらの標定点の成果値 (XY 座標、標高値) もこのシステムに入力した。

g. バンドル法による調整計算とその結果

標定点測量・水準測量成果及び POS 解析の成果 (GPS/IMU 解析) を使用してバンドル法による空中三角測量の調整計算を実施した。

調整計算結果を評価する指標となる基準点残差は、その制限値である下記の数値を各ブロックで下回り、良好な調整計算結果が得られた。

標準偏差の制限値 0.61m

最大値の制限値 1.22m

2) 全域のデジタル空中三角測量

全域のデジタル空中三角測量は、地形図作成地域のデジタル空中三角測量と同様の方法を採用して実施した。なお島嶼部の一部は、別途成果を作成した。

a. 実施数量

全域のデジタル空中三角測量の実施数量は次の通りであった。

コース数： 61 コース

写真枚数： 2127 枚

b. バンドル法による調整計算の結果

標定点測量・水準測量成果及び POS 解析の成果 (GPS/IMU 解析) を使用してバンドル

法による全域の空中三角測量の調整計算を実施した。

調整計算の結果、基準点の残差の標準偏差と最大値は、制限値を下回り、全域のデジタル空中三角測量は、良好な結果が得られた。

3) 全域のアナログ空中三角測量

全域のアナログ方式の空中三角測量は、北部州全域の図化作業をエンコーダー付のアナログ図化機でも実施できるようにする為に行った。なお島嶼部の一部は、必要な標定要素を別途算出した成果を採用した。

a. 実施数量

全域のアナログ空中三角測量の実施数量は、次の通りであった。

コース数： 61 コース

写真枚数： 2031 枚

全域のデジタル空中三角測量の実施数量との間に差異のあるのは、同一コース内で重複した航空写真を採用して空中三角測量を実施しているからである。

b. 準備等

アナログ空中三角測量に必要な航空写真のダイヤポジティブフィルム等を収集した。

収集した資料から、空中三角測量作業計画図を作成し、その実施範囲を確定した。

作業計画図に従って、航空写真上で基準点の確認やタイポイントを選点し、ダイヤポジティブフィルム上に点刻した。点刻されたタイポイントと標定点の位置を観測しその機械座標を求めた。

機械座標から写真座標への座標変換である内部標定を行いその後モデルを形成する相互標定を実施した。

c. バンドル法による調整計算とその結果

タイポイント等の写真座標、標定点測量成果を使用してバンドル法による空中三角測量の調整計算を実施した。

基準点の残差の標準偏差と最大値は、制限値を下回り、全域のアナログ空中三角測量は、良好な結果が得られた。

調整計算後、その結果に基づいて各モデルの標定要素を計算した。

(8) 数値図化

1) 仕様

図化縮尺	1/10,000
図化面積	2,008.2k m ²
図化面数	100 面
等高線	主曲線 5m 計曲線 25m 補助曲線 2.5m

投影法	横メルカートル図法
図郭	東西 8km 南北 5km

2) 使用機材

デジタルステレオ図化機	SoftPlotter (BOEING 社)
	Summit (DAT/EM)
	LPS (Leica)
	ImageStation (INTERGRAPH 社) 他

3) 数値図化の実施

撮影画像データ及び空中三角測量成果からステレオモデル作成し、現地調査写真を参照して数値図化作業を実施した。また、現地調査写真のみでは、図化がしがたい箇所については、写真判読キーを参考にステレオ画像の状況を判読して数値図化作業を実施した。

4) 数値図化の結果

数値図化のデータは、Bentley 社の MicroStation V8DGN 形式で作成した。

(9) 数値編集

1) 仕様

編集縮尺	1/10,000
編集面積	2,008.2k m ²
編集図面数	100 面
図郭	東西 8km 南北 5km

2) 使用機材

編集用 CAD	MicroStation V8 (Bentley)
---------	---------------------------

3) 数値編集

数値図化結果を基に現地調査写真、既存図 (1/50,000)、既存データ (SHP ファイル) を参照して注記や行政界等を入力し、数値編集作業を実施した。

4) 数値編集結果

数値編集のデータは、Bentley 社の MicroStation V8DGN 形式で作成した。

(10) 現測補測

1) 実施期間

現地補測は2時期に分けて、コロンボでの資料収集とジャフナ・マナー地区での現地作業を実施した。

【第1回目】

2010年10月15日～11月13日

【第2回目】

2011年8月28日～10月11日

2) 投入

現地補測は、次の人員で実施した。

【第1回目】：11班28名（スリランカ側） 2名（調査団）

【第2回目】：12班31名（スリランカ側） 2名（調査団）

3) 作業内容

現地補測の作業内容は、次の通りであった。

a. コロンボでの資料収集

行政界・行政名、道路種別、基準点そして羅針定数の各資料をSDSL等の関係機関から収集した。

b. ジャフナ・マナー地区で実施した現地作業

数値図化・編集での疑問点の解消や地形図に追加表示必要な地形・地物を調査した。また特定の道路路線のキロポスト、高圧送電線、廃止鉄道・駅舎を調査した。さらに注記（主要交差点名、主要施設名等）も現地で調査した。

(11) 数値補測編集

1) 仕様

編集縮尺	1/10,000
編集面積	2,008.2k m ²
編集面数	100面
図郭	東西 8km 南北 5km

2) 使用機材

編集用CAD	MicroStationV8 (Bentley)
--------	--------------------------

3) 数値補測編集

現地補測の結果を基に数値補測編集を実施した。

4) 細部事項

数値補測編集では、キロポスト、送電線、その他補測内容等の入力と編集を行った。

(12) 数値データ構造化

数値データの構造化は、補測数値編集の終了したデータファイルに対して実施した。

1) 構造化編集

構造化編集では論理的なエラーの検査・修正（接合処理、アンダーシュート、オーバーシュート、領域の重なり、領域分類の整合性）を行ない、図式規程に基づき、すべての地物を line・polygon・point のデータタイプに分類する位相構造の構築を実施した。作業には MicroStationV8 を使用した。

2) データ形式の変換

構造化編集の終了したデータは、図郭毎に DXF 形式及び SHPE 形式への変換をおこなった。

(13) 地図記号化

数値データの構造化を終えた地形図データに、図式規程のシンボルに基づいた線種、色、記号等の生成・加工、レイヤーの上下調整等を行う地図記号化の処理を加えた。また、地形図の整飾部の地図記号化も行った。

さらに記号化した地形図データと整飾データを合成し、図面番号、タイトル等の情報入力を図面毎に行い、図面単位の印刷用データを完成させた。

1) 実施数量及び成果

a. 実施数量

*AI データ（地形図+整飾） 100 面

b. 成果品データの詳細

*ファイル形式：PostScript file (Adobe Illustrator CS5 フォーマット)

*仕上がりサイズ（整飾部を含む）：天地 657mm×左右 883mm

(14) データファイル作成

1) ベクターデータファイルの作成

数値データの構造化の終わった Shape 形式と DXF 形式のベクターデータを対象にして、図葉単位で、それぞれのデータ形式でベクターデータファイルを作成した。作成したデータファイルを DVD 等のメディアに格納した。

2) ラスターデータファイルの作成

地図記号化の終わった図葉単位の地形データに対応する整飾データを結合させた。そしてこのデータを PDF 形式のデータに変換しラスターデータファイルを図葉単位に作成した。作成したラスターデータファイルを DVD 等のメディアに格納した。

3.2 技術移転業務

(1) 標定点測量

1) SDSL の標定点測量（GPS 測量）の実施能力

SDSL では、GPS 受信機を利用した GPS 測量に数多くの経験を有し、その計画の立案、観測計画の立案、GPS 観測、観測データの解析の各技術に対し十分な実施能力を持っていた。

2) 標定点測量の技術移転の実施

SDSL の標定点測量（GPS 測量）の技術能力の実体から、空中写真測量の為の標定点測量の技術（必要な標定点の数量の算出方法、標定点の配点手法）の移転に重点を置いた。それ以

外に対空標識の設置方法とその明細簿の作成技術の移転も行った。

3) 標定点測量の技術移転の結果

標定点測量の技術移転の中心となった各技術の移転の結果は次の通りであった。

* 標定点の数量の算出方法は習得されたが、標定点の配点技術は、さらなる指導と経験が必要である。

* 対空標識の設置と明細簿の作成は、反復学習で十分に理解された。

(2) 水準測量

1) SDSL の水準測量の実施能力

SDSL は、水準測量に数多くの経験を有し、一般的な理論や観測・計算・結果の評価方法を十分に理解し実務を実施していた。

2) 水準測量の技術移転の実施

SDSL の水準測量の実施能力の実態から、空中三角測量用の水準測量の計画立案（水準路線の選定、合理的な観測法）に重点を置いた技術移転を実施した。

3) 水準測量の技術移転の結果

この分野での技術移転の成果は、次の通りであった。

* 水準測量路線の選定技術は、十分に習得された。

* 合理的な観測方法も十分に理解された。

(3) 刺針

1) SDSL の刺針の実施能力

刺針は、SDSL にとって比較的未経験の技術分野であった。

2) 刺針の技術移転の実施

空中写真が準備できた時に備える刺針点の明細簿の作成技術（刺針点の概略座標の取得、刺針点付近のスケッチ）を移転した。

3) 刺針の技術移転の結果

数多くの作成を通じて明細簿作成の技術は、SDSL に根付いた。

(4) 現地調査

1) SDSL の空中写真を用いた現地調査の実施能力

SDSL の職員は、ステレオ画像による写真判読（予察）の技術を十分に有している。SDSL の地方の支所の職員は、野外で利用する測量機器の扱いには優れているが、空中写真を利用した現地調査の実績はほとんど無かった。

2) 空中写真を用いた現地調査の技術移転の実施

図式規程に基づく写真判読後の疑問・不明箇所を特定するのに、写真画像上の特徴や図式

規程の地形・地物の定義の理解を求めた。そのことによって写真判読を用いた現地調査の予察技術の移転を実施した。



写真 3-6 野外の現地調査の準備の技術移転



写真 3-7 野外での現地調査の技術移転

野外での空中写真を利用した技術移転では、写真上の図式規程に基づく地物と実物との対比能力とその確認技術の習得及び疑問・不明箇所の現場での解消方法の技術の移転を行った。また調査結果の写真上への記載方法の技術の移転も実施した。

3) 空中写真を用いた現地調査の技術移転の結果

技術移転の成果として下記内容が挙げられる。

- a. 写真判読キーを利用して植生・土地分類・水文等の写真判読（予察）が出来る。
- b. 図式規程の各地物の現地での対比及び注意すべき地物と、各地物の調査難易度が理解出来る。
- c. 現地確認された調査結果を簡潔に空中写真上に表示出来る。

(5) 空中三角測量

技術移転は、導入したソフトウェアを用いて、実際に利用できる成果を得る為の実用的な空中三角測量手法に重点を置いて実施した。

1) 技術移転に用いたソフトウェア

本プロジェクトにおいて導入された LPS 及び ORIMA デジタル空中三角測量ソフトのモジュールを用いて技術移転を実施した。

2) 技術移転実施の流れ

技術移転は、以下のフローチャートに従って実施した。

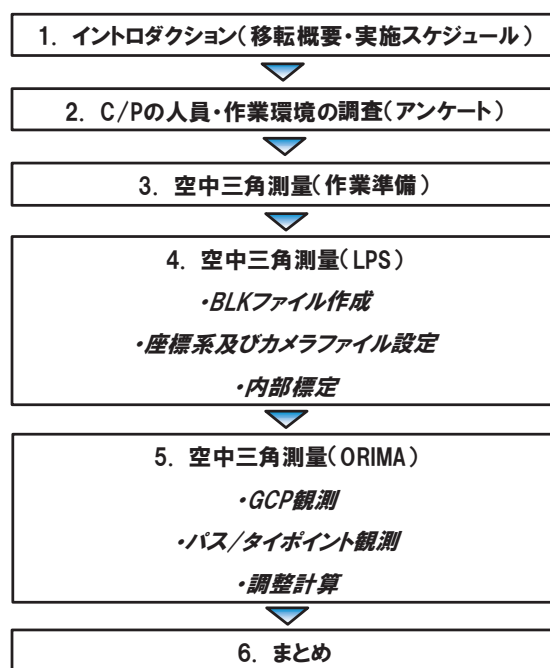


図 3-3 空中三角測量技術移転実施の流れ

3) 技術移転の実施

技術移転は、主たる受講生3名、オブザーバー受講生4名に対して実施した。各作業はマニュアルを基に調査団側で実施し、次に受講生側にて同様の作業を行う形式にて実施した。また、全体の間中期に受講生と調査団にて実施内容に対するレビューを実施し、移転内容及び実施項目に関して双方で確認しながら実施した。

4) 技術移転の結果

a. LPS を用いた作業

作業ファイルを作成する等の準備作業や内部標定作業も移転出来ており、空中三角測量における LPS を用いた作業部分の技術移転は完了出来た。

b. ORIMA を用いた作業

作業ファイル及び基準点 (GCP) データの読み込みを含めた ORIMA 側での事前設定に関する技術を移転できた。また相互標定、接続標定そしてバンドル法を用いた調整計算の実施手法及び計算結果の評価方法やその評価に基づくデータの除去や再観測・追加観測の各手法、そして最終的な計算結果を確定させる方法も移転出来た。

(6) 数値図化

SDSL は数値図化の経験や能力を十分有していることが事前の調査により判明していた。そのため、技術移転は新たに導入されたソフトウェアおよびハードウェアへの適応に重点を置くと共に、作業の効率化のための手法の提供を念頭に2期間で11名に対して実施した。

1) 使用機材

本プロジェクトにおいて導入されたデジタル図化システム「LPS」および同システムの数値図化モジュール「PRO600」を用いて技術移転を実施した。

2) 技術移転の実施内容

技術移転は下記の 4 項目について説明と実習を繰り返しながら、受講者が技術を確実に身に付けられるようにオペレーション主体で実施した。

- a. 数値図化開始までの準備
- b. 数値図化作業
- c. データチェック
- d. DEM を使用した等高線自動発生



写真 3-8 受講者へのトレーニング

3) 技術移転の結果

技術移転が実施された結果は以下の通りであった。

- a. 数値図化開始までの準備

LPS を使用したプロジェクトファイルの作成からステレオモデルを作成するまでの一連の技術が移転された。

LPS による準備完了後 PRO600 を起動し数値図化を実際に行うまでの各種設定および運用方法についての技術が移転された。

- b. 数値図化作業

対象地区のステレオモデルを使用した数値図化作業の各種技術が移転された。

- c. データチェック

PRO600 の機能を使用したデータチェック実施のための設定値、その実行、および修正方法の技術を移転した。

- d. DEM を使用した等高線自動発生

図化したデータをブレイクラインとして等高線を自動発生させる技術を移転した。

4) 技術移転の評価

受講者は、取得基準に則った地物の取得（写真判読能力）、図面表現（描画能力）いずれも問題のないレベルであった。またステレオモデル構築の操作も、実習を繰り返すことにより習得できている。

これらにより、受講者は、独自に 1/10,000 の数値図化を実施できると評価できる。

(7) 数値編集（数値補測編集を含む）

数値編集の技術移転は2期間で12名に対して実施された。

1) 使用機材（ソフトウェア）

本プロジェクトにおいて導入された CAD ソフトウェア「Microstation V8 XM Edition」および「Bentley MAP」を用いて技術移転を実施した。

2) 技術移転の実施内容

技術移転は下記の 5 項目について説明と実習を繰り返しながら、受講者が技術を確実に身に付けられるようにオペレーション主体で実施することにした。

- a. 1/10,000 図式規程の理解
- b. 導入された数値編集システムのソフトの基本的な運用技術
- c. 図式規程に基づく数値編集環境の設定技術
- d. 数値編集に必要な基本操作
- e. 品質管理とデータ管理

3) 技術移転の結果

技術移転が実施された結果は以下の通りであった。

a. 1/10,000 図式規程の理解

不明な地物があった場合、随時図式規程を確認しながら作業を進めていく事となり、図式規程の重要さが理解された。

b. 導入された数値編集システムのソフトの基本的な運用技術

受講者全員が問題なく v8 の基本的な運用技術を習得した。v8 に追加された新しい機能（例：画面の拡大、縮小、画面移動など）の操作方法も習得された。

c. 図式規程に基づく数値編集環境の設定技術

記号の作成は、直感的な事もあり問題なくその技術は習得された。線種の作成は、単純な線種の作成から徐々に複雑な線種の作成に移行する方法採用し、その技術が習得された。また v8 の環境設定技術も習得された。

d. 数値編集に必要な基本操作

1/10,000 デジタル地形図作成に必要な v8 上で追加、改良されたツールを1つ1つ解説、実演し、実習を通じてそれらのツールが習得された。

e. 品質管理とデータ管理

*データ検査

v8 の自動処理でデータの論理検査をする機能を活用したデータの検査、修正の技術が習得された。

*出力、目視検査

数値編集後の地形図データを出力し、現地調査写真と比較する目視検査の技術が習得された。

*データファイル管理の適性化

デジタルデータの一元管理とデータ消去の危険性に対して、工程毎にフォルダーを作成し、そこでデータを一元管理し、さらにフォルダーのバックアップを取るよう指導し理解を得た。



写真 3-9 実演風景



写真 3-10 受講生による実習風景

4) 技術移転の評価

受講者は、1/10,000 デジタル地形図を作成する上での図式規程仕様の重要性を理解すると同時にそれに基づく数値編集の技術業務を問題なく行えるようになった。また導入した最新のソフトのデータの論理チェックの機能を利用した限定的な品質管理まで実施できるようになった。

(8) 現地補測

1) 技術移転内容と実施

SDSL は、現地調査の知識と経験を有している事が判明していたので、その点を考慮したOJT方式で次の技術を移転した。

- *数値図化・編集時の疑問点の解消方法
- *行政界、道路種別、注記の最終確認方法
- *注記データファイルの作成と適用方法
- *工程・精度管理技術
- *現地補測マニュアルの作成方法

OJT では、作業要領の説明や全受講者による同一地点での現地補測実施等が含まれていた。



写真 3-11 現地補測

2) 技術移転結果の評価

各移転技術項目に対する結果の評価は次の通りであった。

a. 数値図化・編集時の疑問点の解消方法

疑問点の解消は、作業要領（案）どおりに実施され、その結果の表示も誤記・脱落が少なかったことから、十分に習得されたと評価できる。

b. 行政界、道路種別、注記の最終確認方法

それぞれの最終確認は、作業要領（案）どおりに実施されたことから、十分に習得された評価できる。

c. 注記データファイル作成と適用方法

注記データファイルが作成されたことから、作成方法は十分に習得されたと評価できる。しかし PC 等の機材の不十分さやそれによる利用可能者が限定されている事実が明白になった。

d. 工程・精度管理

所定の業務量を期限内に終えたことから、工程管理技術は、習得されたと評価できる。また精度管理表も図葉単位に作成されたことから、精度管理技術も習得されたと評価できる。

e. 現地補測マニュアル作成方法

現地補測マニュアルに相当する作業要領（案）作成のノウハウを伝えたが、技術移転の終了時までその改訂版は、出来なかった。この為伝えたノウハウが習得されているかどうかを評価する事は困難であった。

(9) 数値データの構造化

数値データの構造化の技術移転受講者 6 名は、既に 3 から 5 年程度の業務経験を有していた。このような事実から、技術移転は、受講者の日常業務の数値データの構造化に関する導

入ソフトの最新ツール、最新技術やその応用に重点を置いて実施した。

1) 使用機材 (ソフトウェア)

技術移転において使用したソフトウェアは、アメリカ ESRI 社の ArcGIS10.0 であった。

2) 技術移転の実施内容

次の 13 項目の技術移転を実施した。

- a. Microstation の dgn ファイルから ArcGIS のファイルジオデータベースへの変換
- b. データの構造化
- c. データの編集
- d. データの投影変換
- e. 属性検索と空間検索
- f. データ ドリブン ページによる大量地図の PDF ファイルへのエクスポート
- g. TIN と Terrain により 3D データの作成
- h. KML ファイルと ArcGIS データとの相互変換
- i. 道路ネットワークの構築
- j. パーソナル ジオデータベースの更新
- k. 背景データとして Bing Map データの利用
- l. モザイク データセットの活用
- m. 属性ドメインの利用
- n. ArcToolbox のバッチ処理モードの利用



写真 3-1 2 数値データのデータ構造化

3) 技術移転の結果

技術移転により、以下の結果が得られた。

- * 地形図の dgn データから ArcGIS データへの変換が手動と自動で出来る技術が習得された。
- * ファイルジオデータベースに変換した地形図データをフィーチャクラスに分けて、トポロジを構築し、エラーを検索・修正し、GIS データを作成するまでの技術が習得された。

*編集過程で、必要なフィーチャの属性検索と空間検索機能を利用し、属性と空間配置エラーを検出できるようになった。検出されたエラーは編集ツールで一括修正できるようになった。

*Bing Maps Aerial, Bing Maps Road などの ArcGIS Online データを取り入れて、最新の背景データを利用できるようになった。

*Google Earth の KML ファイルと ArcGIS データの相互変換の技術が習得された。

*データ ドリブン ページによる大量の地図を簡単に PDF ファイルにエクスポートする方法が習得された。地形図データの出力図作成の効率が大幅にアップした。

*大量のデータを ArcToolbox のバッチ処理モードで処理できる技術が習得された。

*モザイク データセットの活用によって、大量のラスタデータおよびオルソ画像データを高速表示・検索できるようになった。オルソ画像データを背景データとしてより簡単に利用できるようになった。

*既にパーソナルジオデータベースで管理している ArcGIS データが最新のファイルジオデータベースに自動更新できた。

*TIN と Terrain の構築に基づく 3D Surface データの作成、等高線、DEM、陰影図の作成方法が習得された。

*属性のドメインを利用した属性の入力の効率アップが実現した。

4) 技術移転の評価

上記の技術移転結果に加え、受講者が実施した地形図データの dgn ファイルから GIS データ作成までのパイロット作業の結果から、SDSL は ArcGIS を使用して独自に構造化した GIS データの作成が可能であると評価できる。

(10) 地図記号化

SDSL が独自に縮尺 1/10,000 地形図の印刷図用データを作成できるようになることを目的にして 4 グループ 12 名に対して地図記号化の技術移転を実施した。

1) 使用機材 (ソフトウェア)

地図記号化の技術移転では、本プロジェクトにおいて導入されたグラフィックソフトの Adobe Illustrator (2 ライセンス) を使用した。

2) 技術移転の内容

補測編集済みデータ (DXF 形式) を用いた地図記号化の次の技術移転を実施した。

- a. 印刷環境の設定
- b. Adobe Illustrator CS5 の基本操作
- c. 地図記号化作業の準備
- d. 地図記号化作業

- e. 地形図データと整飾データの合成による印刷用地形図データファイルの生成
- f. データ修正（経年変化修正を含む）



写真 3-13 地図記号化

3) 技術移転の結果

a. 印刷環境の設定

印刷用フィルム出力は従来のプロッター出力（RGB）とは異なるものである事等の説明をおこなった結果、カウンターパートはデジタルデータの印刷の全体像を理解した。

b. Adobe Illustrator CS5 の基本操作

オリジナルの基本操作マニュアルによる説明と、課題を与えたトレーニング形式の技術移転を行った結果、概ね地図記号化に必要な Adobe Illustrator の操作は習得された。

c. 地図記号化作業の準備

図式規程から地図記号化で使用する登録色（Swatch Color）作成方法、パレットファイル（作業用ファイル）の作成方法そして記号化に必要な植生パターン、シンボルブラシ（マーク）、ラインブラシ（Depression、artificial slop 他）の作成方法が習得された。

d. 地図記号化作業

次の技術が習得された。

*DXF データの 1/10,000 スケールへの縮小変換

*レイヤーの上下関係の整理方法

*図式規程に準じたオブジェクトの変換

ポリゴンの色変換・パターンの埋め込み、線種・線色・線号の変換、注記の書体・サイズ・色の変換の技術が習得された。

*不整合な部分の修正

ある種の地物の属性を一括で変換する際、不整合が発生する部分がある。その際に利用するコマンドの使用方法も習得された。

*地図のトリミング

地形図の図郭線付近のオブジェクトには、欠落や余分データが存在する場合がある。これらのデータの過不足を解消する技術も習得された。

3.3 その他業務

- e. 地形図データと整飾データの合成による印刷図用地形図データファイルの生成
整飾基本ファイルと、作成した地形図データとを合成した後、図面番号、到達、タイトル等の情報を差し替えて印刷図用地形図ファイルを生成する方法も習得された。
- f. データ修正（経年変化修正を含む）
補測数値編集済みのデータに修正が発生した場合の地図記号化データの修正手順も習得された。

4) 技術移転の評価

この技術移転で、地形図で使用するオブジェクトの作成や補測数値編集済みデータ（DXF形式）の入力から地図記号化を一通り出来るようになった。以上の事実から受講者の理解度・習得度は概ね印刷用地図データを作成できるレベルに達していると評価できる。

3.3 その他業務

3.3.1 セミナー業務等

(1) セミナー/ワークショップの開催

セミナー/ワークショップは、監督官庁の次官、副大臣を含む約 150 名の参加者を迎えて 2011 年 11 月 4 日、Water Edge において開かれた。

来賓の挨拶後、プロジェクトの概要、成果の公開、そして SDSL の成果に基づく今後の活動の発表があった。また成果の仕様や調査団、SDSL の双方から技術移転の成果の発表があった。技術移転の成果の 1 つである数値図化の実演や参加者の数値図化体験が行われた。

セミナー/ワークショップの終盤には、GIS データベースの構築や今後 SDSL で予想される各種地理空間データの構築時のガイドラインが提案の 1 つとして発表された。そして締めくくりに総合的な質疑応答が行われた。なお参加者には、作成したデジタル地形図の利用、普及、北部州のデジタル地形図作成における SDSL への要望等のアンケートを実施した。

3.3.2 各種レポート業務

(1) インセプションレポートの作成

業務実施の基本方針、実施方法、実施体制、スケジュール等をまとめ、インセプションレポートを作成した。

(2) インセプションレポートの説明・協議

インセプションレポートの説明・協議を 2010 年 3 月 4 日に実施した。参加者は、SDSL 側から 9 名、調査団からの 4 名、そして JICA スリランカ事務所からの 1 名であった。

説明・協議では、レポートに基づいてプロジェクトの内容（目的、対象、基本方針、業務

手法、工程、成果品等)の説明を行った。説明後の協議の中で、幾つかの質疑応答があった。

これらの質疑応答をへて、インセプションレポートは、原案通りに承認された。また以上の内容を議事録に取りまとめ、双方で署名した。

(3) インテリムレポートの作成

2010年9月末までの業務の実施状況、実施結果の評価、今後の業務の進め方と予定を記したインテリムレポートを作成した。

(4) インテリムレポートの説明・協議

インテリムレポートの説明・協議を2010年9月28日にSDSLの事務所で実施した。参加者は、SDSLから6名、調査団から4名、そしてJICAスリランカ事務所からの1名であった。

説明・協議では、インテリムレポートに基づいて2010年9月末までの業務の実施状況を業務項目毎に説明を行った。また業務の中間結果とその評価の説明も行った。さらに残っている業務に対する今後の方針と予定の説明も行った。説明後の協議の中で、幾つかの質疑応答があった。

質疑応答と協議の結果、インテリムレポートは原案どおり承認された。

以上の内容は、議事録に取りまとめ双方で署名した。

(5) ドラフトファイナルレポートの作成

プロジェクト全体の実施状況と結果を取りまとめたドラフトファイナルレポートを作成した。またSDSLが今後独自に各種データ(地理空間情報)を整備、維持・管理する上でのガイドライン(ワークマニュアル)やGIS用のデータベース構築とシステム設計等を行う上でのガイドライン(ワークマニュアル)の取りまとめを行った。

(6) ドラフトファイナルレポートの説明・協議

ドラフトファイナルレポートの説明・協議を2011年11月1日にSDSLの事務所で実施した。参加者は、SDSLから局長を含む9名、調査団から5名そしてJICAスリランカ事務所からの1名であった。

説明・協議では、ドラフトファイナルレポートに基づいて、業務の概要、業務の実施、業務の実施結果、デジタル地形図の整備に向けての説明を行った。説明後の協議では、当初計画よりの変更点の記述の追加、今後の活動に必要な資料の添付、今後の北部州のデジタル地形図整備計画とその実施上の課題等の議論がなされた。また業務実施に伴う調査団、SDSL双方の教訓についての協議も行った。

質疑応答と協議の結果、ドラフトファイナルレポートは承認された。

以上の内容は、議事録に取りまとめ双方で署名した。

(7) ファイナルレポートの作成

ドラフトファイナルレポートの説明・協議結果やこのレポートの作成後に実施した業務の経緯・結果に基づき、必要な修正・加筆を行い、ファイナルレポートを作成した。

3.4 今回の調査業務の実施上、実施結果に基づく教訓

3.4.1 調査業務実施上で得られた教訓

(1) 航空写真撮影

- a. 航空写真撮影実施に伴う各種許可を取得する時、組織と組織とのつながりや、担当者レベルの個人的なつながりも許可取得促進の上で重要である事が痛感させられた。
- b. 撮影機のエンジントラブルの経緯から、撮影の委託会社は少なくとも代替機を手配できる規模の会社であること、また契約時に代替機の手配を確認又は明記すべきである。

(2) プロジェクト用機材の調達

- a. プロジェクト用機材（技術移転を含む）の調達に当たっては、プロジェクト開始時に、必要な機材（仕様、銘柄、数量等）や調達可能地も明確にする必要がある。特に過去の経験により操作性や技術の持続可能性が異なる機材については C/P 機関と機材協議（仕様、銘柄、数量、構成）し決定する必要がある。

3.4.2 調査業務実施結果から得られた教訓

(1) 作成するデジタル地形図の仕様

デジタル地形図が地理空間データの1種であるとの観点から、図式規程は GIS における地形図データベースの考え方を導入した地形図の仕様へと移行していく必要がある。もちろん GIS の利用目的が明確になっているとの条件下である。

(2) 航空写真撮影

昨今の異常気象の常態化の中で、この種のプロジェクトの開始時期は、撮影に最適な乾季の開始前とし、気候に応じた適切な対応を行う必要がある。

(3) プロジェクト用機材の調達

調達機材を用いる業務は独立性が高く、対応する団員や C/P に重複が無いこと、そして限定されたプロジェクト期間であっても若干の余裕を持たせるべきである。

(4) 技術移転

技術移転の成果は無形の成果であるが、今回の技術移転の一部では、移転技術を適用した

C/P による数値図化・編集そして地図記号化の出力図の作成を試みており、間接的ながら技術移転の成果を示している。このように技術移転の成果を間接的にでも表示（有形の成果）していくのは、達成度合いと同時に重要な事である。

第4章 デジタル地形図の整備に向けて

4.1 プロジェクト成果の有効利用

4.1.1 デジタル地形図の有効利用

(1) デジタル地形図と仕様の公開

デジタル地形図とその仕様を公開し、同時に使用条件等を含めて関係省庁や広く一般に宣伝とその情報の普及を図る。

(2) デジタル地形図の宣伝活動

主として関係官庁、自治体、ドナー機関への個別の宣伝活動を行う。

(3) デジタル地形図供給体制

著作権、供給方法（場所、メディア等）、価格等を整備・決定する。

4.1.2 技術移転成果の有効利用

調査団は、実施した技術移転結果の評価を行っている。SDSL も実施された技術移転の組織としての自己評価を行い、その結果に基づいた行動を提起していく必要がある。そしてそれこそが、SDSL にとっての技術移転成果の有効利用の第一歩となる。

4.2 技術移転結果に基づく課題

4.2.1 技術移転結果の総括

調査業務では、縮尺レベル 10,000 のデジタル地形図作成に適用する次の技術の移転を実施した。

標定点測量 : 対空標識設置、GPS 測量、水準測量、刺針

現地調査 : 現地調査（空中写真を用いた）、現地補測

デジタル写真測量 : デジタル空中三角測量、デジタル図化・編集、数値データの構造化、地図記号化

この結果、各種技術移転の習熟度や課題が、技術移転の評価で明らかになっている。これらの結果を取りまとめると次のようになる。

4.3 北部州の残りのデジタル地形図の整備

技術移転項目	習熟度	課題
標定点測量	技術移転で反復して行われた技術（対空標識設置、明細簿の作成）は、十分に習熟された。 空中三角測量実施の観点から必要となる技術は、一部経験量が十分でなかった。	取得した技術の条件変更下での応用力の向上、経験量の増大そして各技術の生産性の向上が課題である。
現地調査（現地補測を含む）	屋内での実務の実施技術の習熟度は高かった。しかし屋外での実務の実施技術、特に航空写真を使った現地調査の習熟度は十分とは言えなかった。	SDSL として採用すべき現地調査手法の再検討とその改善が課題である。
デジタル写真測量	導入した最新機材（ハード、ソフト）の新しい機能の利用技術は、一通り習得された。しかし反復学習は十分とは言えない結果から、その習熟度は十分ではない。但し基本的なデジタル写真測量技術の習熟度は高い。	反復学習や経験量を増やす事が課題である。また同時に各技術分野での生産性を向上させる事も課題である。

4.3 北部州の残りのデジタル地形図の整備

4.3.1 デジタル地形図作成技術力の向上

デジタル地形図作成の中心を成す技術は、技術移転の対象となったデジタル写真測量と現地調査である。

この観点から北部州のデジタル地形図の完全な整備に向けて、前述した課題を克服すると同時に次の諸点を考慮してデジタル地形図作成の総合技術力の向上を図る必要がある。

- * デジタル図式規程の関係者への理解の周知・徹底
- * プロジェクト成果の有効活用
- * プロジェクトで習得した技術の伝播

4.3.2 北部州の残りのデジタル地形図整備計画の立案

北部州の残りのデジタル地形図を整備するにあたって、技術力やそれ以外の次の事項を考慮して整備計画を立案していく。

- * 整備地域に優先度を設ける。
- * SDSL が投入できる人的、物的資源
- * 各技術工程での単位当たりの生産量

4.3.3 北部州の残りのデジタル地形図整備計画

(1) 整備計画に必要な情報の収集

残りの地形図整備計画の策定にあたっては、優先地域、整備に利用できる人的、物的資源、そして単位当たりの生産量の情報を収集する必要がある。

(2) 整備計画作成

収集した上記の情報に基づいて各工程の必要な日数との重複度合いを考慮しながら整備計画を作成する。

(3) SDSL による北部州の未整備地域のデジタル地形図整備計画

SDSL は、関係省庁からの要請を受けて優先度に応じたデジタル地形図整備計画を立案した。

この計画では、2014年6月までに図化を終える通常計画と2013年3月までに終える急ぎの計画を立案している。またこれらの計画立案にあたっては、主要工程での単位期間あたりの生産量の計画数値を用いて整備工程を立案している。

いずれの計画においても、デジタル地形図作成の生産性を向上させることに加えて、必要な予算と人的資源等を確保することが、計画実施における重要な課題となっている。

4.3.4 北部州の残りのデジタル地形図整備

立案された整備計画に基づいて開始されたデジタル地形図の整備は、工程毎での精度管理を行い品質の維持に努める。また同時に、常に工程の管理を行い、その遅れを防止する。