

スリランカ民主社会主義共和国
土地省
土地省測量局

スリランカ国
防災強化のための数値標高モデル
作成能力向上プロジェクト
ファイナル・レポート
(要約)

平成28年11月
(2016)

独立行政法人
国際協力機構(JICA)

パシフィックコンサルタンツ株式会社
株式会社オリエンタルコンサルタンツグローバル
中日本航空株式会社
株式会社DMS

目 次

1	業務の概要	1
1-1	背景.....	1
1-2	プロジェクトの目的、範囲	1
1)	プロジェクトの目的	1
2)	期待される成果.....	2
3)	プロジェクト対象地域.....	2
4)	活動	4
5)	成果	5
6)	プロジェクト対象地域の変更とその経緯.....	5
1-3	業務実施体制.....	7
1-4	JCC の開催.....	8
1-5	プロジェクトワークフロー	9
2	業務内容	10
2-1	関係資料・情報の収集、整理、分析	10
2-2	インセプション・レポートの作成・協議	10
2-3	技術移転計画の作成及び技術移転の実施	10
1)	技術移転の実施.....	10
2)	技術移転に関する課題と対策	13
2-4	防災を主眼とした成果品利活用に係る提案及びセミナーの実施.....	15
2-5	仕様協議	18
2-6	LiDAR 計測計画の作成	18
2-7	GPS 基準局及び調整用基準点の設置	20
2-8	LiDAR 計測の実施.....	21
1)	現地再委託	21
2)	再委託業務の結果.....	22
2-9	オルソフォトデータの作成	23
2-10	三次元計測データの作成及び点検	24
1)	計測コース間の標高較差点検	25
2)	計測漏れ点検	25
3)	計測点密度の点検（欠測率の計算）	25
4)	ジオイドモデルの作成.....	26
5)	ジオイド補正	26

6)	調整用基準点との標高較差点検.....	26
2-11	オリジナルデータ、グラウンドデータ、DEM データ作成結果.....	27
1)	オリジナルデータ作成及び点検.....	27
2)	グラウンドデータの作成.....	28
3)	DEM データの作成.....	28
2-12	等高線データの作成.....	30
2-13	インテリム・レポートの作成・協議.....	31
2-14	本邦研修の実施.....	31
2-15	ドラフトファイナル・レポートの作成・協議.....	33
2-16	マニュアルの作成.....	34
2-17	ファイナル・レポートの作成.....	34
2-18	成果品等.....	34
2-19	作業実績.....	36
2-20	現地業務に必要な資機材.....	39

図

図 1-1	変更前プロジェクト対象地域.....	3
図 1-2	変更後プロジェクト対象地域.....	4
図 1-3	電波障害の範囲図.....	6
図 1-4	業務実施体制.....	7
図 1-5	プロジェクトワークフロー.....	9
図 2-1	LiDAR 計測計画コース.....	19
図 2-2	GPS 基準局の設置図.....	20
図 2-3	調整用基準点の設置図.....	21
図 2-4	再委託業務成果 (LiDAR 計測データ).....	23
図 2-5	オルソフォトデータ作成範囲.....	24
図 2-6	三次元計測データの作成範囲.....	25
図 2-7	オリジナルデータ、グラウンドデータ、DEM データの作成範囲図.....	27
図 2-8	DEM データ標高精度検証結果.....	28
図 2-9	等高線データの作成範囲図.....	31
図 2-10	作業計画.....	37
図 2-11	業務従事者の従事実績/計画.....	38

表

表 1-1	LiDAR 計測面積.....	2
表 1-2	変更前プロジェクト対象面積.....	2
表 1-3	変更後プロジェクト対象面積.....	3
表 1-4	プロジェクトメンバーリスト.....	8
表 2-1	収集資料リスト.....	10
表 2-2	技術移転実施実績.....	11
表 2-3	研修生評価.....	12
表 2-4	(暫定) データ価格.....	17
表 2-5	再委託業務の内容.....	21
表 2-6	現地再委託先の選定.....	21
表 2-7	LiDAR 計測機材・データ検査項目.....	22
表 2-8	再委託業務の結果.....	22
表 2-9	オルソフォトデータ作成結果.....	23
表 2-10	三次元計測データの点検面積.....	24
表 2-11	欠測率の規定値及び結果 (最大値).....	26
表 2-12	標高較差点検.....	26

表 2-13	オリジナルデータ、グラウンドデータ、DEM データの作成結果	27
表 2-14	DEM データ標高精度検証結果	29
表 2-15	DEM を使用した 1:5,000 タウンマップ作成・更新予定	29
表 2-16	等高線データの作成結果	30
表 2-17	研修生氏名・所属	32
表 2-18	国別研修スケジュール	33
表 2-19	技術移転資料	34
表 2-20	成果品等	35
表 2-21	現地調達資機材	39

写真

写真 1-1	JCC	8
写真 2-1	研修風景	12
写真 2-2	プロジェクト開始時セミナー	16
写真 2-3	技術セミナー（2016年3月21日）	16
写真 2-4	研修生の発表	18
写真 2-5	納品目録確認	36
写真 2-6	調達機材	39

1 業務の概要

1-1 背景

スリランカ民主社会主義共和国（以下「スリランカ」）は、昨今の気候変動の影響を受け、洪水や地すべりなどの様々な自然災害により、多くの人命やインフラ等が被害を受けている。

被災者数においては豪雨に伴う洪水による被害が最大であり、毎年数万人から数十万人規模の被災者が出ている。また、脆弱な地質特性、急峻な地形条件、山地・丘陵値の斜面の開墾・開発により、中央地域と南西地域の山岳地では地すべり等の土砂災害が頻発している。この結果、人的被害に加え、多くの家屋の倒壊、国道等機関道路も含めた道路の損壊が発生し、経済活動にも影響を与えている。

2004 年のスマトラ沖地震・津波を契機としてスリランカ政府は「事後対応」から「事前対応」へシフトするため、国家防災体制強化の方針を打ち出し、2005 年 5 月に事前の防災活動から災害発生後の近況対応、復興に至るまでの包括的な法的な基礎的枠組みを定めた災害対策法「Sri Lanka Disaster Management Act, 2005」を制定した。これに伴い、防災省（2005 年設置）および災害管理センターを設置するなど、災害対策および防災体制を強化している。

係る状況を踏まえ、スリランカ政府は洪水および地すべり等の災害リスクマップの作成整備を通じた早期警戒態勢を構築することを目指している。しかし、災害リスクマップの迅速な作成においては精確な標高データを効率的に取得することが求められる一方、スリランカ政府は LiDAR 測量による標高データ取得技術を有していないため、実地測量に基づく作成に頼らざるを得ない状況である。

以上の背景のもと、土地省（旧土地・土地開発省）測量局は土砂災害等に活用される標高データを円滑に整備し、スリランカにおける防災能力を向上させるため、LiDAR 測量に係る技術移転を我が国に要請した。

同要請を受け、JICA は 2014 年 7～8 月に詳細計画策定調査団を派遣し、土地省（旧土地・土地開発省）測量局との間でプロジェクトの内容について合意した。

この報告書は、スリランカ国での防災能力向上のための LiDAR 測量に係わる技術移転の要請に基づき実施された詳細計画策定調査の内容を受けて実施した、「スリランカ国防災強化のための数値標高モデル作成能力向上プロジェクト」の全ての内容を報告するファイナル・レポートの和文要約である。

1-2 プロジェクトの目的、範囲

1) プロジェクトの目的

本プロジェクトの目的は、1) スリランカ国における洪水及び地すべり等の自然災害が懸念される地域において DEM データの作成、2) DEM データ作成及び DEM データを基にした主題図作成手法の技術移転である。

2) 期待される成果

- 1) 対象地域における DEM データが作成される。
- 2) DEM データの作成および DEM データを基にした主題図の作成手法が技術移転される。

3) プロジェクト対象地域

- i) DEM データ作成地域

業務対象地域は、Colombo、Gampaha、Kegalle、Kandy、Nuwara Eliya、Badulla 県とその周辺をカバーする DEM 1 x 1 m 地区 2,400 km² と DEM 2 x 2 m 5,400 km² 地区の合計 7,800 km² である。DEM データ作成エリアは 1 m x 1 m メッシュエリアと 2 m x 2 m メッシュエリアに分かれる。

表 1-1 LiDAR 計測面積

単位 : km ²			
	1 x 1 エリア	2 x 2 エリア	計
LiDAR 計測エリア	2,400	5,400	7,800

電波障害と 2016 年 5 月の災害のために作業エリアが変更となった。全体の LiDAR 計測面積に変更はない。

1 m x 1 m メッシュエリアの 2,400 km² の内、北部の一部を除く 2,200 km² は、当初から DEM 作成面積であった。等高線データ作成範囲は 100 km² であった。1 m x 1 m メッシュエリアでの DEM 作成エリアは 2,400 km² すべてとなり、等高線データ作成は 300 km² となった。

DEM データ、等高線データの作成範囲の役割分担は以下の様である。

表 1-2 変更前プロジェクト対象面積

作業項目	単位 : km ²			
	1 m x 1 m メッシュエリア		2 m x 2 m メッシュエリア	
	測量局 作業面積	JICA プロジェクト -M 作業面積	測量局作業 面積	JICA プロジェクト -M 作業面積
三次元計測データ作成	200	2,200	4,600	800
オリジナルデータ作成	200	2,200	4,600	800
グラウンドデータ作成	200	2,200	4,600	800
DEM 作成エリア	200	2,200	4,600	800
オルソフォトデータ作成	200	2,200	4,600	800
等高線データ作成	2,300	100	5,300	100

表 1-3 変更後プロジェクト対象面積

単位 km²

作業項目	1m x 1m メッシュ		2m x 2m メッシュ	
	測量局 作業面積	JICAプロジェクト -ム作業面積	測量局 作業面積	JICAプロジェクト -ム作業面積
三次元計測データ作成	-	2,400	4,600	800
オリジナルデータ作成	-	2,400	4,600	800
グランドデータ作成	-	2,400	4,600	800
DEM作成エリア	-	2,400	4,600	800
オルソフォトデータ作成	-	2,400	4,600	800
等高線データ作成	2,100	300	5,300	100

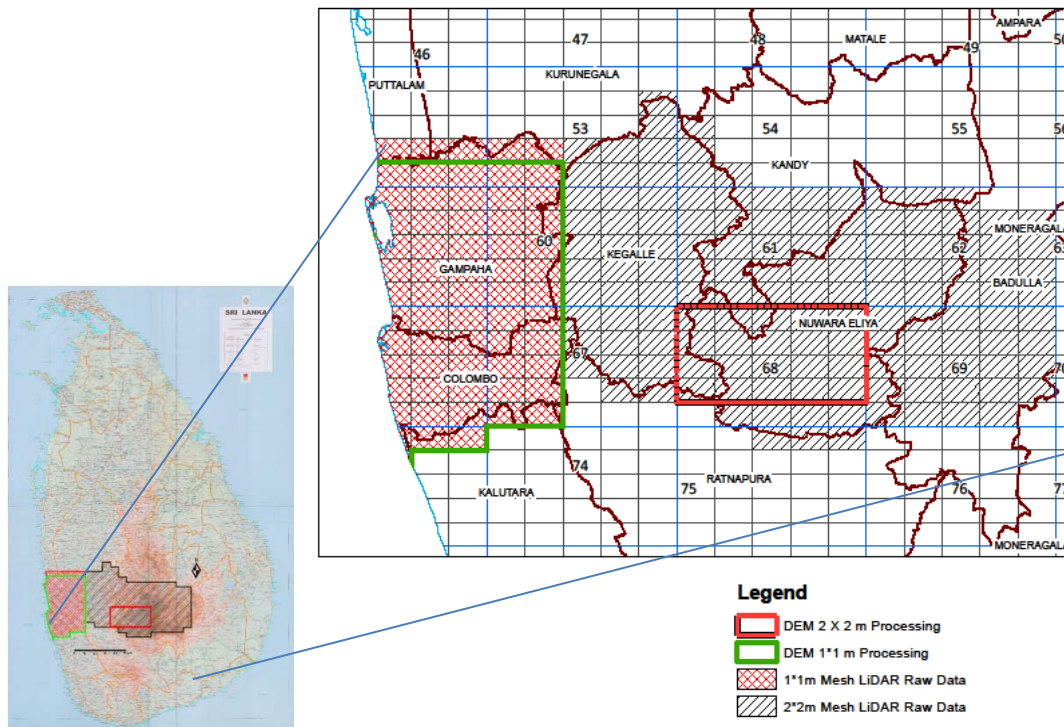


図 1-1 変更前プロジェクト対象地域

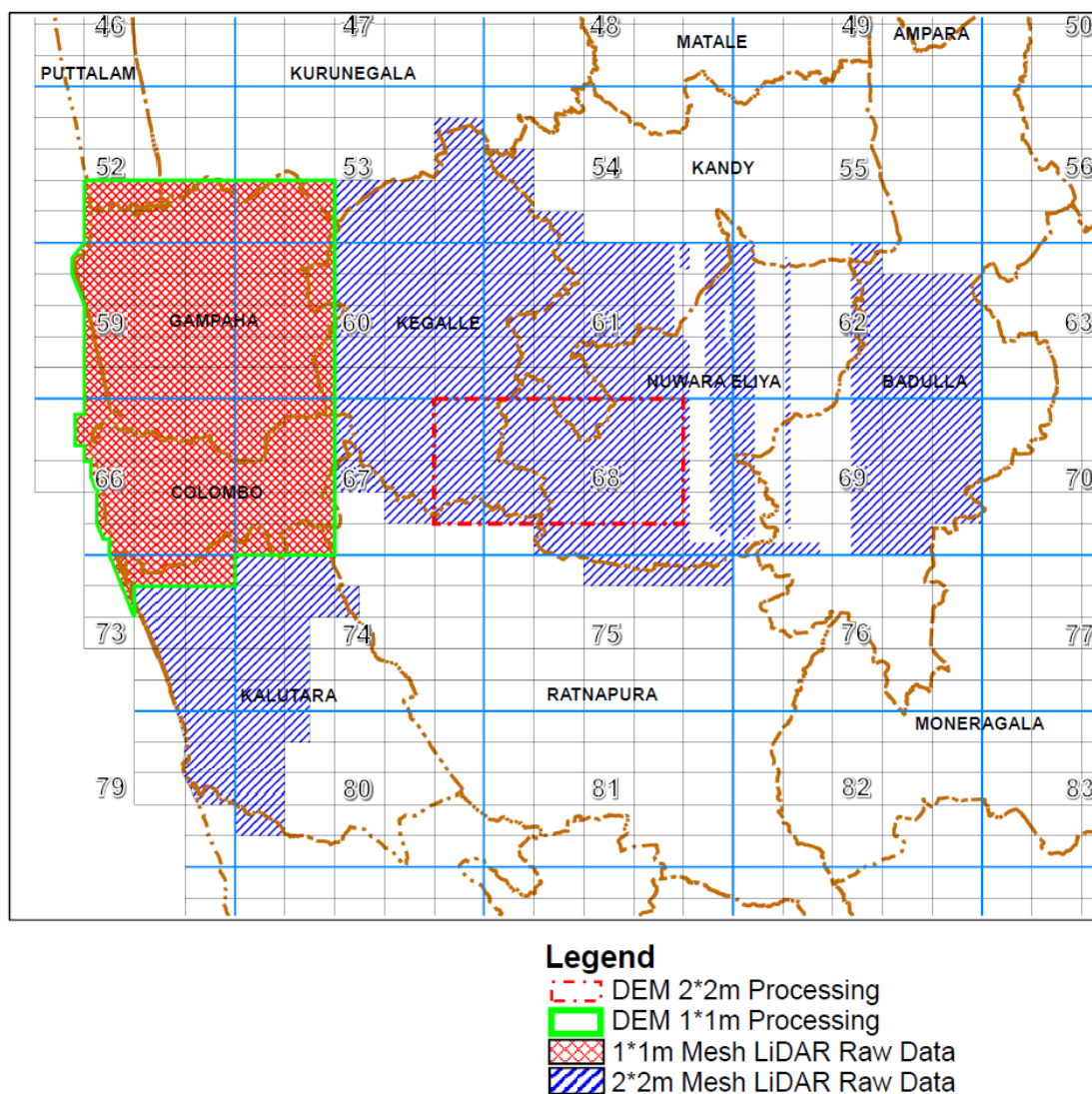


図 1-2 変更後プロジェクト対象地域

4) 活動

プロジェクトチームは、仕様協議、LiDAR 計測計画の作成、GCP 基準局および調整用基準点の設置、LiDAR 計測の実施、オルソフォトデータの作成、三次元計測データの作成及び点検、オリジナルデータの作成、グラウンドデータの作成、DEM データの作成、等高線データの作成の作業項目を実施した。GCP 基準局および調整用基準点の設置は測量局が実施し、プロジェクトチームが監督した。LiDAR 計測は再委託で実施した。

2015 年 11 月 30 日に始まった研修は、2016 年 8 月 31 日に全て完了した。1 回約 2 時間のセッションを 174 回実施した。また 47 回の自習のセッションを実施した。国別研修は 2016 年 4 月 10 日から 4 月 23 日にかけて実施した。測量局から参加者は 15 名参加した。研修用のソフトを含む研修機材はプロジェクト及び JICA で購入に、測量局に設置し研修に使用した。また研修用のマニュアルを作成し研修時に使用した。

業務開始時と終了時にセミナーを行った。開始時ではプロジェクトに対する理解と協力のために、ファイナルセミナーは成果を発表するために行った。

活動計画は、インセプション・レポートとしてまとめ、活動内容は、インテリムレポート、ドラフトファイナルレポート、ファイナルレポートにとりまとめた。報告書に関する協議、その他の協議内容は議事録にまとめた。

5) 成果

図 1 - 2 の破線で囲まれた 2 m x 2 m メッシュエリア内の DEM 処理エリアと、緑で囲まれた 1 m x 1 m メッシュエリア内の DEM 処理エリア内の DEM データを作成した。

測量局と仕様協議を行い、2015 年 3 月 20 日に計測等に係わる仕様に関して合意した。合意した仕様はスリランカ国で使用される。DEM 作成関連 LiDAR データ及びオルソフォトデータを 2015 年 12 月から順次作成し、2016 年 9 月に計画していた地域での DEM が完成した。また計画された地域での等高線データ作成も 2016 年 8 月に完了し、2016 年 10 月 11 日のファイナルセミナー時に JICA に提出し、測量局に移管された。プロジェクト対象地域内で電波障害が起こり、一部計測地域を変更した。またプロジェクト期間中に対象地域で大規模災害が発生したため、DEM データ、等高線データ作成範囲の拡大の対応を行った。

測量局職員で CAD (MicroStation) の経験がある研修対象職員 9 名全員が、DEM データ作成の技術を習得し、独自に DEM データ作成をプロジェクト期間中に開始し、他の職員に対して技術指導をしている。主題図・等高線データ作成では、GIS 課の職員 3 名がリーダーシップをとり、古田団員の指導の下、他の職員の研修をサポートレベルに達した。既に ArcGIS を利用しての主題図・等高線データ作成は測量局で定着している。LiDAR 計測計画に関しては、再委託の業務開始時期との兼ね合いがあり、OJT ではなく仮想ケースのワークショップとなった。仮想ケースとしては理解したが、実際のケースでの OJT は実施しなかったため、B (マニュアルを見ながら作業ができる) と評価した。

6) プロジェクト対象地域の変更とその経緯

i) 電波障害による変更

2016 年 1 月 22 日、プロジェクト中部山岳地域の LiDAR 測量を実施したところ GPS 電波障害が発生していると再委託先からプロジェクトチームに連絡があった。電波障害の問題が解決出来ないため、測量局はその対応策として 2 月 24 日と 25 日にプロジェクトチームに対し、以下のプロジェクト範囲の一部変更を要請した。プロジェクトチームは JICA に報告した。JICA と測量局との協議の結果、プロジェクト対象地域を変更し、2016 年 3 月 4 日に合意した。

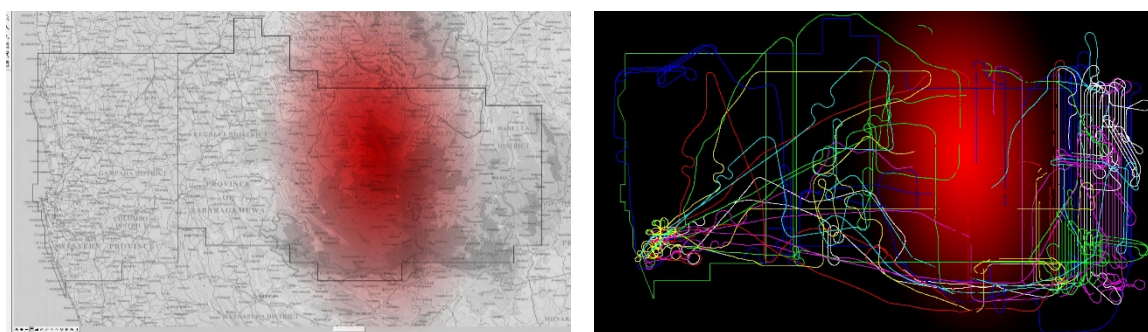


図 1-3 電波障害の範囲図

測量局とプロジェクトチームは、本電波障害に関わる関連機関に確認を行ったが、原因は不明である。

① 2 m x 2 m メッシュの範囲

電波障害で LiDAR 測量が実施出来ない 2 m x 2 m メッシュの範囲 900 km² は、洪水被害が多発する Kalutara District の南部地区 Gin Gango 河口周辺と東北部 Ingiriya 地区をカバーする範囲 900 km² に変更した。

② 2 m x 2 m メッシュの範囲

また、電波障害により JICA で作成予定の 2 m x 2 m メッシュエリア (800 km²) の内東側 160 km² の LiDAR 測量が実施出来なかったため 2 m x 2 m メッシュエリアを西側に 160 km²(1/10,000 地形図の図郭 4 枚分)に変更した。

ii) 大雨災害による DEM データ作成範囲の変更

氾濫被災域の範囲を把握する為の災害前の等高線データ(1 m x 1 m メッシュエリア)を災害管理担当する灌漑省、DMC、NBRO に提供する必要が生じ、2016 年 5 月 26 日に測量局はプロジェクトチームに、調査対象地域の航空レーザデータ作成 (1 m x 1 m) 範囲 2,400 km² で、同月の後半の豪雨により、大規模な洪水被害が発生した。この洪水被災範囲を含めて、測量局で被災実態調査を行うこととなった。そのため、作成予定の航空レーザデータ処理(範囲:2,200 km²) に追加の航空レーザデータ (範囲: 200 k m²) 処理の追加が必要となったと要請した。プロジェクトチームは、この要請を JICA に報告した。JICA とプロジェクトチームで協議した結果、大規模洪水被害に係る緊急対応として、DEM データ処理までのデータ処理範囲の拡大と当初 1 m x 1 m メッシュエリアで 100 km²であった等高線データ作成を 300 km²に変更、及び等高線データ活用の技術移転の追加に関し 6 月 10 日に合意した。プロジェクトチームと JICA は 2016 年 7 月 15 日に契約変更を行った。(表 1-2、1-3 参照)

技術移転後、測量局は 1 m x 1 m メッシュエリアで等高線データ (残り 2,100 k m²) を作成した。JICA プロジェクトチームは、DMC、灌漑省、NBRO に対しても DEM データの活用の技術移転を実施した。

1-3 業務実施体制

本プロジェクトでは、業務管理グループを形成し、JICA スリランカ事務所、関係機関、合同調整委員会と協働し、以下の実施体制でプロジェクトを実施した。

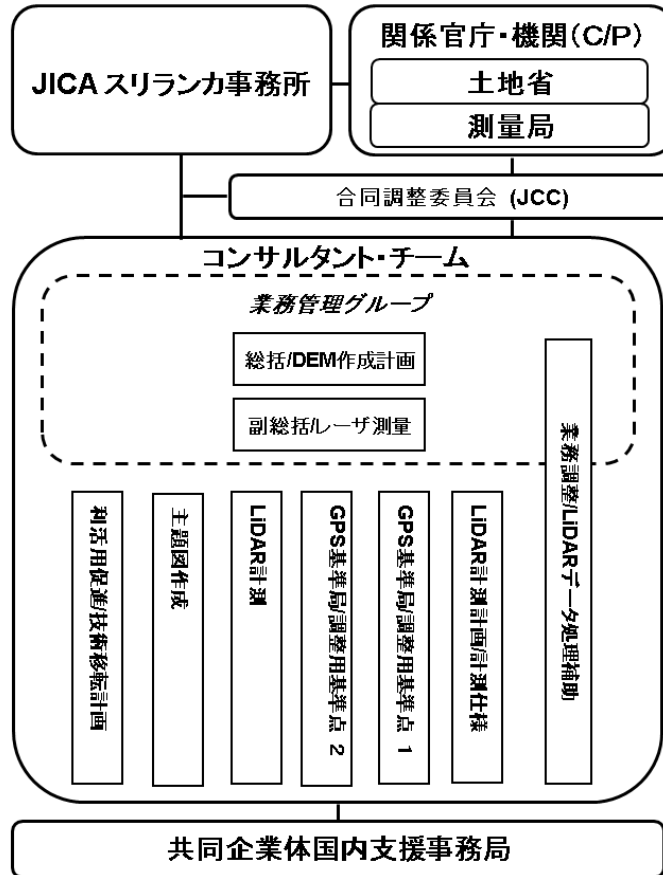


図 1-4 業務実施体制

プロジェクトメンバーを以下に示す。以下のメンバーの内、中舎団員、木谷団員は中日本航空株式会社負担によるサポート団員である。

表 1-4 プロジェクトメンバーリスト

担当	指名
総括/DEM 作成計画	國府 豊
副総括/LiDAR 測量/GPS 基準局/調整用基準点 2	上村 晃一
LiDAR データ処理	レナルド・アドラドラ
LiDAR 計測計画/計測仕様/技術移転 1	近藤 雅信
GPS 基準局/調整用基準点 1	玉利 清文
LiDAR 計測/技術移転 2	配島 秀行
LiDAR 計測/技術移転 3	中舎 哉
主題図作成/技術移転	古田 明広
利活用促進/技術移転計画	上村 和延
業務調整/LiDAR データ処理助手	グレース・デスサ
プロジェクト・アシスタント	木谷 一志

1-4 JCC の開催

測量局は、7月20日に灌漑省、NBRO等の関係省庁、JICA、プロジェクトチームを招いてJCCを開催し、JICAプロジェクトのDEMデータの進捗報告と今後のDEMデータの共有に関して説明・協議を行った。JCCは、測量局からJICAプロジェクトで作成されたDEMデータの販売方法、販売価格、省庁間への共有方法について今年10月11日に開催するセミナーで公表するとの報告で閉幕した。



写真 1-1 JCC

1-5 プロジェクトワークフロー

プロジェクトのワークフローを以下に示す。

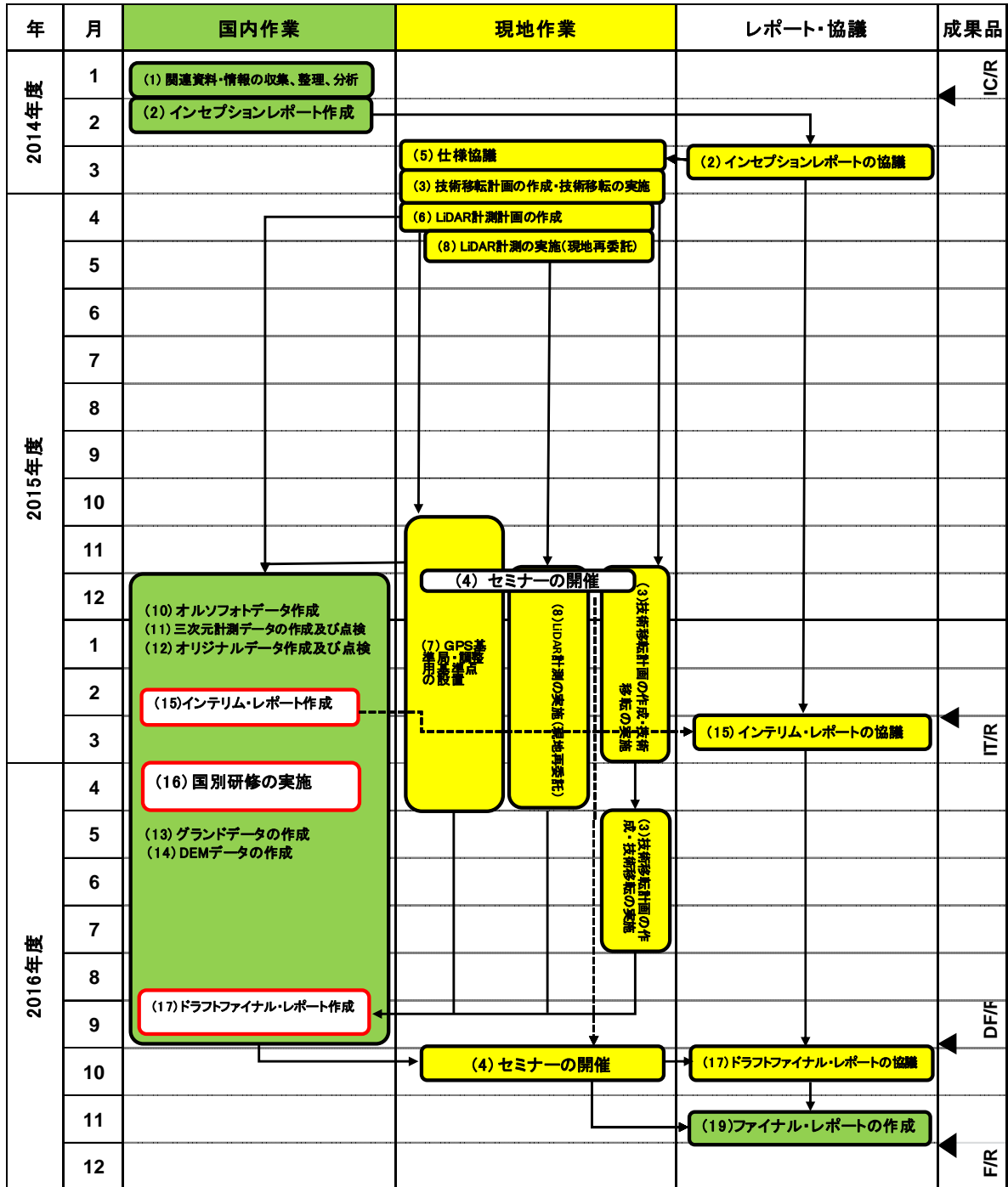


図 1-5 プロジェクトワークフロー

2 業務内容

2-1 関係資料・情報の収集、整理、分析

業務に必要な関連資料・情報を収集した。

表 2-1 収集資料リスト

収集資料	フォーマット
既存水準点リスト	kmz
既存水準点点の記	出力図
既存基準点リスト	kmz
1/50,000 地形図（紙出力図）	出力図
1/50,000 地形図（デジタルデータ）	JPEG
ハンディ GPS 用道路図	img
スリランカ測量局作業規定	PDF

収集した資料を LiDAR 計測計画等に利用するよう整理した。

2-2 インセプション・レポートの作成・協議

業務指示書、事前調査報告書、収集資料を分析・検討して、全期間にわたる作業の実施方法の検討を行い、本調査の基本方針、作業方法、作業工程、要員計画、技術移転計画及び実施体制等を立案して本件実施のためのインセプション・レポート（IC/R）を作成し、2015年3月4日にC/Pに提出した。インセプション・レポートのプレゼンと協議を2015年3月10日に行い、同日内容に関して合意した。協議の結果を貴機構に報告し、作業項目にあったプログレスレポートは作成しないこととなった。

2-3 技術移転計画の作成及び技術移転の実施

1) 技術移転の実施

合計 221（自習サポートを含む）セッション、一セッション約 2 時間を実施した。

表 2-2 技術移転実施実績

コード	分類	研修方法	研修開始日	研修終了日	セッション数
01	LiDAR 基礎知識	講義	30/11/2015		1
02	ソフトウェア基礎知識	講義	07/12/2015		1
025	LiDAR データ処理紹介	講義	08/12/2015	15/12/2015	2
025 集中	LiDAR データ処理紹介 (集中講座)	講義	16/02/2016		2
03	LiDAR 測量計画	ワークショップ ¹⁾	24/02/2016	03/03/2016	4
04	LiDAR 計測	講義	06/01/2016	02/03/2016	2
05	3次元計測データ作成	講義	08/03/2016		2
06	オリジナルデータ作成	OJT	22/12/2015	24/02/2016	22
06 集中	オリジナルデータ作成(集中講座)	OJT	17/02/2016	18/03/2016	17
06_SD ²⁾	オリジナルデータ作成(測量局職員による)	OJT	29/12/2015	27/01/2016	6
07	グラウンドデータ作成	OJT	14/03/2016	31/05/2016	35
08	DEM データ作成	OJT	12/05/2016	13/05/2016	4
09	オルソフォト作成	OJT	16/05/2016	17/05/2016	4
10	DEM を使った主題図作成 (TerraSeries, MicroStation)	OJT	01/08/2016	30/08/2016	42
11	DEM を使った主題図作成 (ArcGIS)	OJT	20/07/2016	28/07/2016	13
All	総合復習	OJT	01/06/2016	13/06/2016	17
Self	自習	自習	13/06/2016	15/07/2016	47
Total					221

1/ 実施回数：一セッション2時間

2/ 先に研修を受けた研修生による研修。

01「LiDAR 測量基礎、DEM 作成までの流れ」、02「使用ソフトに関する基礎知識」は講義科目、030「LiDAR 測量計画」はワークショップ中心科目、その他はソフトを利用した OJT 中心科目である。講義を行った科目に対しては、5 択 10 問の事前事後の小テストを実施し、講義に対する理解度を把握し、小テストでの点数が低かった設問に関しては、次回の講義または OJT の最初に解説し理解度を確認している。アプリケーションソフトを利用した OJT 科目に関しては、OJT 自己管理表と講師による OJT 管理表を使用し、各参加者の進捗状況を把握し、進捗が遅い参加者に対して集中しサポートしている。

技術移転対象者は、2015 年 3 月に CAD ソフト (MicroStation) によるスキルアセスメントを実施し、航空写真測量部航測図化担当 12 人の内、9 名を選出した。選ばれなかった職員は聴講もしくは、選出メンバーによる研修参加者として参加している。LiDAR 測量計画は、写真課 (フォトラボ)、航空写真測量部から 5 名参加している。集中トレーニングは、測量局からの要請により、測量研修所講師等が参加している。等高線データ・主題図作成には写真測量課、マッピング課、GIS 課、他省庁からの参加があった。本邦研修には 15 名が参加した。



写真 2-1 研修風景

聴講生以外の研修生は、出席、技術、リーダーシップを評価した。以下、S と評価した研修生は他への指導が可能であり特に優秀であると評価した。計画研修の2人が研修中に他の業務で参加できなくなったことを除き、全ての研修生がマニュアルを見て操作ができるようになった。

表 2-3 研修生評価

グループ名	氏名	所属	評価
LiDAR データ処理エンジニア	Mr. M.N.K. Bandara	写真測量課	A
	Mr. D. Ekanayake	写真測量課	A
	Mrs. D.C.S. Jayatunga	写真測量課	S
	Mrs. Y.K. Kannangara	写真測量課	A
	Mr. M.W.A.N. Karunatilaka	写真測量課	A
	Mr. A.G.T.P. Weerasinghe	写真測量課	A
	Mrs. I.S. Welhena	写真測量課	S
	Mr. P.N.B. Widanagamage	写真測量課	S
	Mr. M.K.J. Wijayatilake	写真測量課	A
等高線データ作成	Mr. M.N.K. Bandara	写真測量課	A
	Mr. D. Ekanayake	写真測量課	A
	Mrs. D.C.S. Jayatunga	写真測量課	A
	Mrs. Y.K. Kannangara	写真測量課	A
	Mr. M.W.A.N. Karunatilaka	写真測量課	A
	Mr. A.G.T.P. Weerasinghe	写真測量課	A
	Mrs. I.S. Welhena	写真測量課	A
	Mr. P.N.B. Widanagamage	写真測量課	A
	Mr. M.K.J. Wijayatilake	写真測量課	A
LiDAR 測量計画	Mr. A.A.J Abaysundara	写真課	B
	Mrs. P.C. Guruge	写真測量課	出席不足
	Mr. K.S. Gurusinghe	写真課	B

グループ名	氏名	所属	評価
	Mr. S.P. Meheramba	写真課	B
	Ms. P.A.C.P. Perera	写真測量課	出席不足
主題図作成 (マッピング課)	Ms. A.W. Gunawardana	ス°シャルマツ°ング課 1	B
	Mr. L.A.S.A. Iraj	ス°シャルマツ°ング課 2	B
	Ms. B.H.U. Rathnahansi	地形図描画	B
	Mrs. R.W.G.H. Sumanasiri	ス°シャルマツ°ング課 1	B
	Ms. W.A. Weerasinghe	地形図作成課	B
	Ms. N.M. Withana	ス°シャルマツ°ング課 2	B
主題図作成 (GIS 課)	Mrs. P.C. Guruge	写真測量課	B
	Ms. P.A.C.P. Perera	写真測量課	B
	Mr. S.M.J.S Samarasinghe	GIS 課	S
	Ms. KM Sandaruwani	リモートセンシング課	B
	Mrs. UK Weerakoon	GIS 課	A
	Mr. I. Welikanna	GIS 課	A

2) 技術移転に関する課題と対策

i) 課題

a) 業務・データ管理

技術者各人が受け持ち担当分の DEM データを作成するための処理技術習得は出来たが、その上位技術となる業務管理（広大な領域を効率よく適切に分担して工程進捗を管理するなど）やデータ管理（分担作成したデータの世代管理など）に関しては、まだ全体を見通すことが難しく脆弱である。

b) 早期の DEM データ作成完了

本プロジェクトでは、LiDAR 計測面積 7,800 km² に対し、3,200 km² の DEM を作成した。残る 4,600 km² は移転した技術を基に測量局が DEM を作成する。

研修を終えたメンバーは現在、1 月 1 人当たり約 3 km² の生産量となっている。今後経験を積むことで 6 か月後以降は 16 km² 程度まで生産量が上がることが期待される。以上のことを踏まえ、残り 4,600 km² の作成期間は 9 人で約 34 ヶ月となる。

表 2-2 を見ると、グラウンドデータ作成の技術移転に時間がかかっている。通常、実際の航空レーザ測定の作業でも多くの時間がグラウンドデータ作成に費やされるため、グラウンドデータ作成の生産性の向上が早期のデータ整備へのカギとなる。(Thematic Map Preparation from DEM using TerraSeries, MicroStation のセッションが多いのは技術移転と共に 2,100 km² の等高線データを作成しているため。)

c) 全国での LiDAR 計測のための基盤強化

本プロジェクトエリアは、治水や砂防において国内で最も防災対策の緊急性が高いと考えられるエリアを選定して作業実施されたが、それを裏付けるかのようにプロジェクト最中の 2016 年 5 月に発生した集中豪雨の被害が本エリア内に集中してしまった。今後は国内の他の水系流域でも同様の被害が発生する恐れがある。

現在、世銀の援助により本プロジェクトエリア以外のいくつかの水系流域における LiDAR プロジェクトが継続中との報告を受けているが、さらに他の支援機関とも連携した全国規模の DEM データ整備が望まれている。しかし、それには受け入れ機関である測量局の生産力や対応力の強化が必要である。

特に本プロジェクトは国内初の大規模 LiDAR 測量でもあったため、LiDAR 測量を地形標高測量に用いるには必須となる広域かつ高精度なジオイドモデルが存在せず、結果的にはジオイドモデルを作成するための GCP (Ground Check Point) 設置に多大な労力と時間がかかってしまった上に、LiDAR データの精度は GCP 現地測量精度に依存することになった。JCC 会議中でも指摘された全国を網羅する高精度なジオイドモデルの整備が望まれている。

ii) 対策

a) 管理能力の強化

業務管理に関しては他の業務で行っている管理体制を LiDAR データ処理作業でも実施する。データ管理に研修生と測量局の IT 部門・GIS 部門と連携して、管理の仕組みをつくる。

b) 生産力の強化

生産力を強化するためには、生産ラインを増強する必要がある。そのためには、定期的な研修や継続的な実作業を実施して、技術者各人が技術力と生産性を向上させつつ新たな LiDAR データ処理技術者を育成することが大切である。

LiDAR データ処理技術者を新たに育成することにより、測量局内に特に今後の測量計測技術の主流となると考えられる三次元点群データ解析処理技術が浸透するとともに、処理対応可能な人員が増えて交代制による生産性向上など PC の空き時間を減らした効率の良い作業実施が可能となる。本プロジェクトでは、技術移転した技術者による測量局主体の技術研修を計画しサポートした。

測量局は 2 m x 2 m メッシュエリアの Kalutara と Kegalle の約 2,000km²での自動フィルタリングによる処理を完了し、残りの約 2400km²を自動フィルタリングで 2016 年末までに完了する予定であることをファイナルセミナー時に発表した。

c) スペック・作業手順の見直し

今回のプロジェクトでは、日本の仕様、作業方法を採用したため精度は非常に高いデータが作成された。測量局によって行われた精度確認の結果、1 m グリッドエリアで高さの誤差は概ね 10cm 以内と非常に高い値であった。一方、この要求精度の高い仕様であったため、作業に時

間がかかったことも事実である。

多くの時間が費やされるグラウンドデータ作成は、地形モデルの品質を向上させるための手動フィルタリング工程（自動フィルタリング結果の不具合を目視確認し手作業で修正する工程）がその大部分を占める。裏返せば、利用目的に応じた適切なフィルタリング結果の品質及び仕様を明確に定義して、目的によってはほぼ自動フィルタリング結果をそのまま利用するなど、利用する地形モデルの最適な品質とかかる時間とのバランスを考慮できるようになるべきである。

d) 重力測量の実施

現在、スリランカ国内では GNSS 電子基準点（GNSS 衛星電波を休みなく連続的に受信記録し続けることが出来る座標既知の地上基準点）の設置を一部で進めており、近い将来には GNSS を利用した各種測量環境が大幅に改善されることが期待できる。

一方、国家基準となる国土を網羅した高精度なジオイドモデルが存在せず、GNSS 測量を活かして標高を求める測量が実施できない状況である。

今後、重力測量を実施して国土を網羅するジオイドモデルを作成、確定させることによって、現地水準測量にかかる労力が大幅に軽減されるとともに、LiDAR 測量をはじめとする GNSS を利用した各種測量データの精度安定化と生産性向上が期待できる。

測量局はプロジェクトチームの提言を受け、重力測量のプロジェクト提案を作成し、2016 年 10 月 6 日のドラフト・ファイナルレポート協議時に JICA にプロジェクト要請書を提出した。

2-4 防災を主眼とした成果品利活用に係る提案及びセミナーの実施

プロジェクト開始時セミナー

カウンターパート機関であるスリランカ測量局は JICA プロジェクトチームの支援を受け、プロジェクトに対する情報と認識を共有するため、スリランカ政府機関、教育機関から関係者を招き、2015 年 12 月 4 日にコロンボのガラダリホテルで技術セミナーを開催した。カウンターパートである測量局職員や土地省を中心とし、防災管理センター、土地利用政策計画局、国家建築調査局、環境局らが参加した。日本側からは大使館、JICA 本部、JICA スリランカ事務所、また防災と気象分野の JICA 専門からの参加があった。日・スリランカ合計 73 人が参加した。



写真 2-2 プロジェクト開始時セミナー

技術セミナー

2016年3月21日に技術セミナーを開催した。防災省 NBRO に派遣されている判田専門家による DEM データの土砂災害に対する活用のプレゼンがあった。國府団長は作成される DEM データのサンプル、プロジェクトの進捗を報告した。



写真 2-3 技術セミナー（2016年3月21日）

写真測量、測地、GIS、マッピングの部署から技術系職員が参加した。

ファイナルセミナーの開催

2016年10月11日にコロンボのガラダリホテルでファイナルセミナーを開催した。メディア、プロジェクトメンバーを除いた参加者人数は、70名であった。土地省からは2名。測量局から47名。DMC、灌漑省、NBRO から参加もあった。

副測量局長のサマン・ウェラシング氏がデータ共有の方針とデータ販売に関する暫定的な販売価格が説明された。値段金額に関して説明した。データ共有に関する基本方針は以下の通りである。

1. プロジェクトの調整会議が意思決定する。
2. 利用の主要目的は防災である。
3. プロジェクト期間中は JICA の合意が必要である。

4. 全ての取引と共有は合意文書（MOU）で管理する。
5. 付加価値がついた製品は共有される。
6. 省内利用は特記として定める。
7. 著作権は測量局に帰属する。

データの価格は以下の提案がされた。

表 2-4 （暫定）データ価格

メッシュエリア	カテゴリー	データ種類	スリランカ ルピー/km ²
1 x 1 メッシュデータ	手動フィルタ リング処理	点群（オリジナルデータ作成）	200
		DEM データ	100
		等高線データ	200
		簡易オルソフォト	400
2 x 2 メッシュデータ	手動フィルタ リング処理	点群（オリジナルデータ作成）	100
		DEM データ	50
		等高線データ	100
		簡易オルソフォト	400
	自動フィルタ リング処理	DEM データ	20
		等高線データ	40
		簡易オルソフォト	400

Kegalle と Kalutara 地区の自動フィルタリングによる DEM データ作成は完了している。残りの DEM データ作成に関しては、2016 年末までに自動フィルタリング処理による DEM 作成を完了する予定である。

セミナーでは、写真測量課のバンドラ氏が LiDAR データ処理研修の代表として、移転された技術のデモンストレーションを行った。主題図作成に関しては、GIS 課のサマラシング氏が ArcGIS を利用した主題図作成研修で習得した技術を発表した。



ArcGIS による主題図作成の操作を含む発表



LiDAR データ処理システムの
デモンストレーション

写真 2-4 研修生の発表

2-5 仕様協議

本調査で作成した DEM データの仕様（測量基準、注記等）に関しては、「公共測量—作業規程の準則の一部改正（平成 25 年度国土交通省国土地理院）」の仕様を基本に C/P と協議し、2015 年 3 月 20 日にバージョン 1.1 として合意した。

2-6 LiDAR 計測計画の作成

地形の特徴や天候等を考慮し、C/P 職員と協議して、計測諸元、飛行コース、GPS 基準局の設置場所、及び GPS 観測に係る計測計画を作成した。スキャン密度は、1 m×1 m メッシュ地域については同メッシュ内に最低 1 点以上、2 m×2 m メッシュ地域については同メッシュ内に最低 1 点以上のレーザを照射する計画とした。

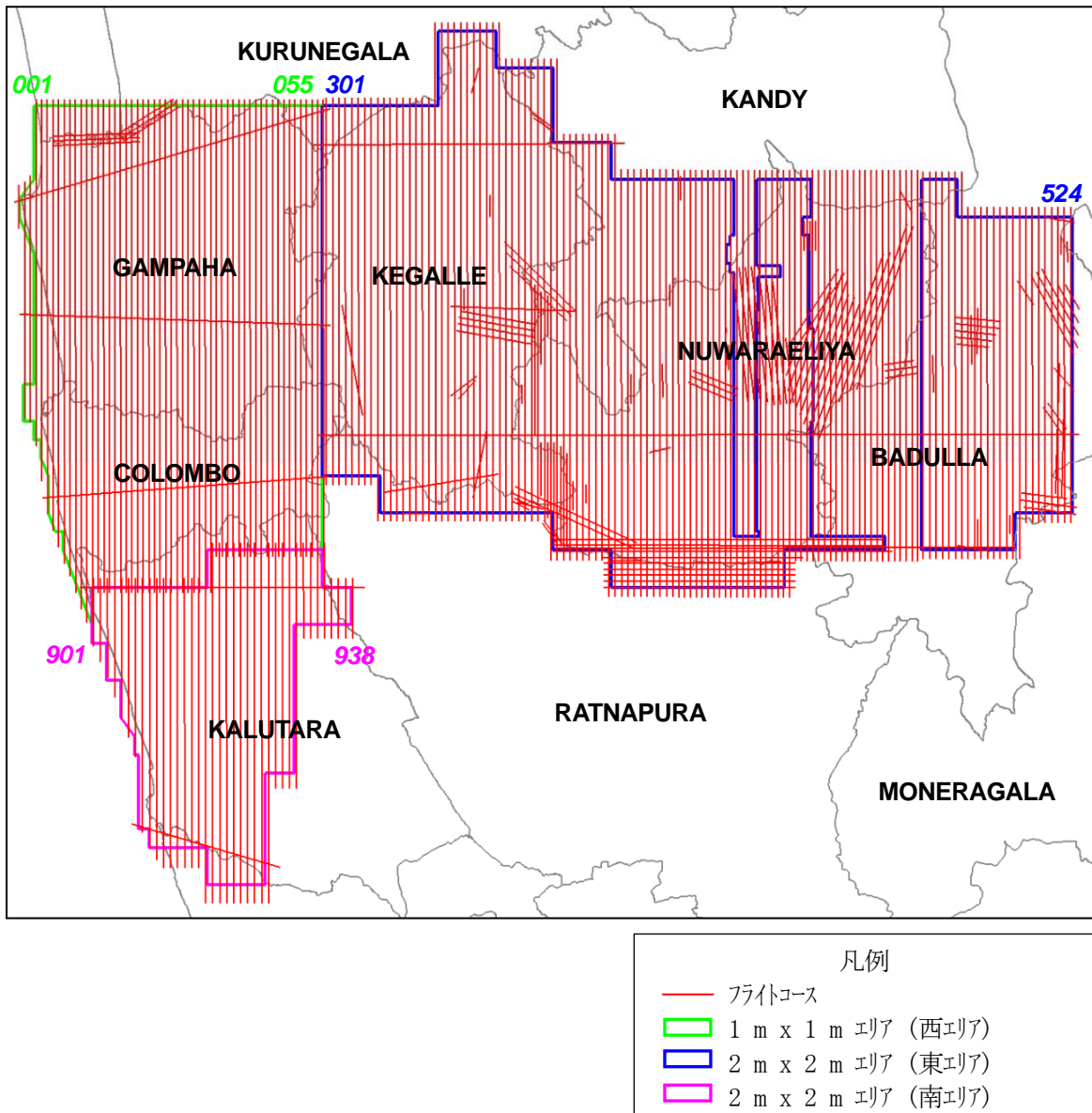


図 2-1 LiDAR 計測計画コース

2-7 GPS 基準局及び調整用基準点の設置

LiDAR 測量装置の位置を GNSS 測量で求めるために、C/P 職員と協働で GPS 基準局を 8 点設置した。

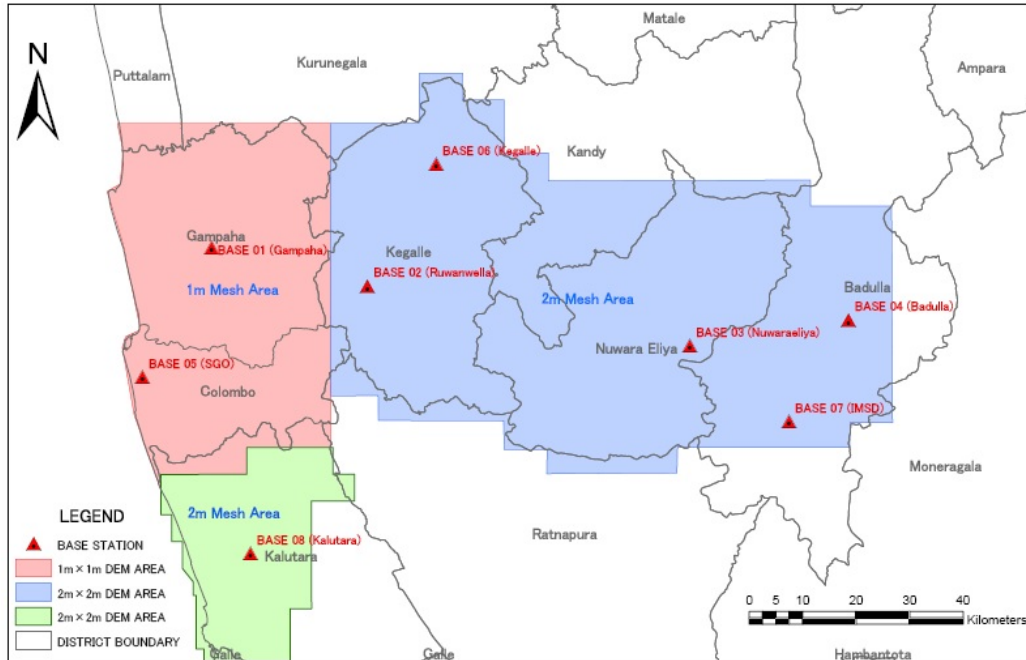


図 2-2 GPS 基準局の設置図

LiDAR データの点検・調整用に調整用基準点 360 点を選点した。範囲変更箇所を含め 2016 年 7 月完了した。

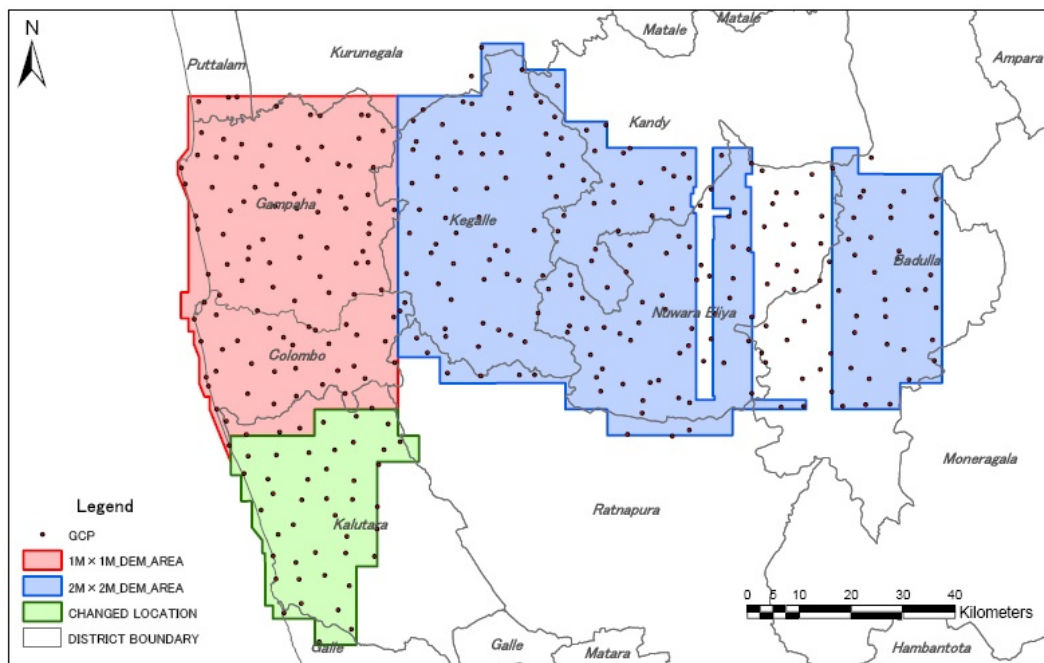


図 2-3 調整用基準点の設置図

2-8 LiDAR 計測の実施

1) 現地再委託

2015年3月10日にC/Pと合意されたインセプション・レポートのLiDAR計測計画、GPS基準局及び調整用基準点の設置計画と2015年3月20日に合意した仕様に従い、現地再委託（LiDAR測量）で2015年12月1日からLiDAR計測を実施した。

表 2-5 再委託業務の内容

1) LiDAR 計測（航空デジタル写真撮影を含む）の範囲：	1x1m メッシュ：2,400 km ² （コロンボ県及びガンパハ周辺地域） 2x2m メッシュ：5,400 km ² （キャンデー県を含む中部山岳地域）
2) 作業工期：	2015年12月～2016年4月
3) 成果品：	LiDAR 計測データ（GPS、IMU、レーザ計測観測データ）： 1式 三次元計測データ（キネマティック解析、GPS/IMU 解析、BL/XY 変換、ジオイド補正、ノイズ除去、欠測率の確認済みデータ）： 1式 航空デジタル写真： 1式
4) 仕様：	「公共測量－作業規程の準則の一部改正（平成25年度国土交通省国土地理院）」と Department Survey Regulations, Fifth Edition, 2015 March (Sri Lank Survey Department)」の仕様に準ずる。

2015年12月から2016年4月頃まで工期で業務を実施した。JICA「コンサルタント等契約における現地再委託契約手続きガイドライン」に則り、以下の手順とスケジュールでインセプション協議における合意後に、本再委託業務先選定を実施した。

表 2-6 現地再委託先の選定

日程	現地再委託先選定の手順
2015年3月20日	再委託先協議及びショートリストの作成
2015年4月1日	招聘状送付（メールで送付）
2015年4月6日（午後5時）	質問期限
2015年4月8日（午後5時）	質問回答
2015年4月15日（午前10時）	応札書受領、開札、評価（JICA スリランカ事務所立会い）
2015年4月15日（午前11時）	契約交渉
2015年5月11日	契約締結

3月20日にC/Pに対し航空レーザ測量再委託業務の内容説明と協議を行い（添付の再委託作業とショートリスト協議議事録の Coordination Meeting for short Listing を参照）、プロジェクトチームの過去の航空写真と航空レーザ測量調査の経験に基づき本委託業務を実施し得る航測会社（航空LiDAR測量の機材を保有している）をリストアップしてショートリストを作成し、4月1日入札招聘状を送付した。入札は、4月15日午前10:00時に測量局副測量局長、JICA スリランカ事務所 島野職員の立会いで行い、その場で開札した。入札の結果、貴機構との契約金額内の入札価格を提示

し、かつ本委託業務作業を実施しうる機材を保有し、類似業務案件を実施している経験を持つ SKM GISAIR Oy 社を本業務委託業社として技術仕様書と契約書（案）を基に開札後の 4 月 15 日午前 11 時から契約交渉を開始し、作業開始時期と契約金額に関して合意を得た。

入札価格、作業工程計画、使用機材、類似業務案件に関する評価とその後の支払い条件等の契約交渉により、プロジェクトチームは SKM GISAIR Oy 社を本業務委託業社として選定し、2015 年 5 月 11 日付けで契約した。

現地再委託業務の監督は、再委託業務の全体の管理監督を「業務管理グループ（総括・副総括）」が行っている。再委託業者の航空 LiDAR 計測作業の監督と、再委託業者により処理・作成される LiDAR データの検査は、「LiDAR 計測計画/計測仕様/技術移転 1」と「LiDAR 計測/技術移転 2」が行い、その結果から撮影コース図、計測記録、計測日誌を作成し、再委託業務の進捗を確認した。

表 2-7 LiDAR 計測機材・データ検査項目

① LiDAR 計測機材の検査	1) キャリブレーションの確認 2) 飛行前確認 3) GPS/IMU の初期化 4) データ収録器の確認
② LiDAR 計測データの検査	1) キネマティック解析・GPS/IMU 解析データの確認 2) 測地系・ジオイド変換データの確認 3) 飛行軌跡による確認 4) 計測範囲全体の計測漏れ点検 5) ノイズ除去の確認 6) 計測密度の点検（欠測率の確認・水部ポリゴンによる欠即率の確認）

2) 再委託業務の結果

計画された全てのエリアでの LiDAR 計測は 2016 年 3 月に完了した。

表 2-8 再委託業務の結果

地区	LiDAR 計測面積	計測完了面積
1 m x 1 m メッシュエリア (西地区)	2,400 km ²	2,400 km ²
2 m x 2 m メッシュエリア (東地区)	4,500 km ²	4,500 km ²
2 m x 2 m メッシュエリア (南地区)	900 km ²	900 km ²
合計	7,800 km ²	7,800 km ²

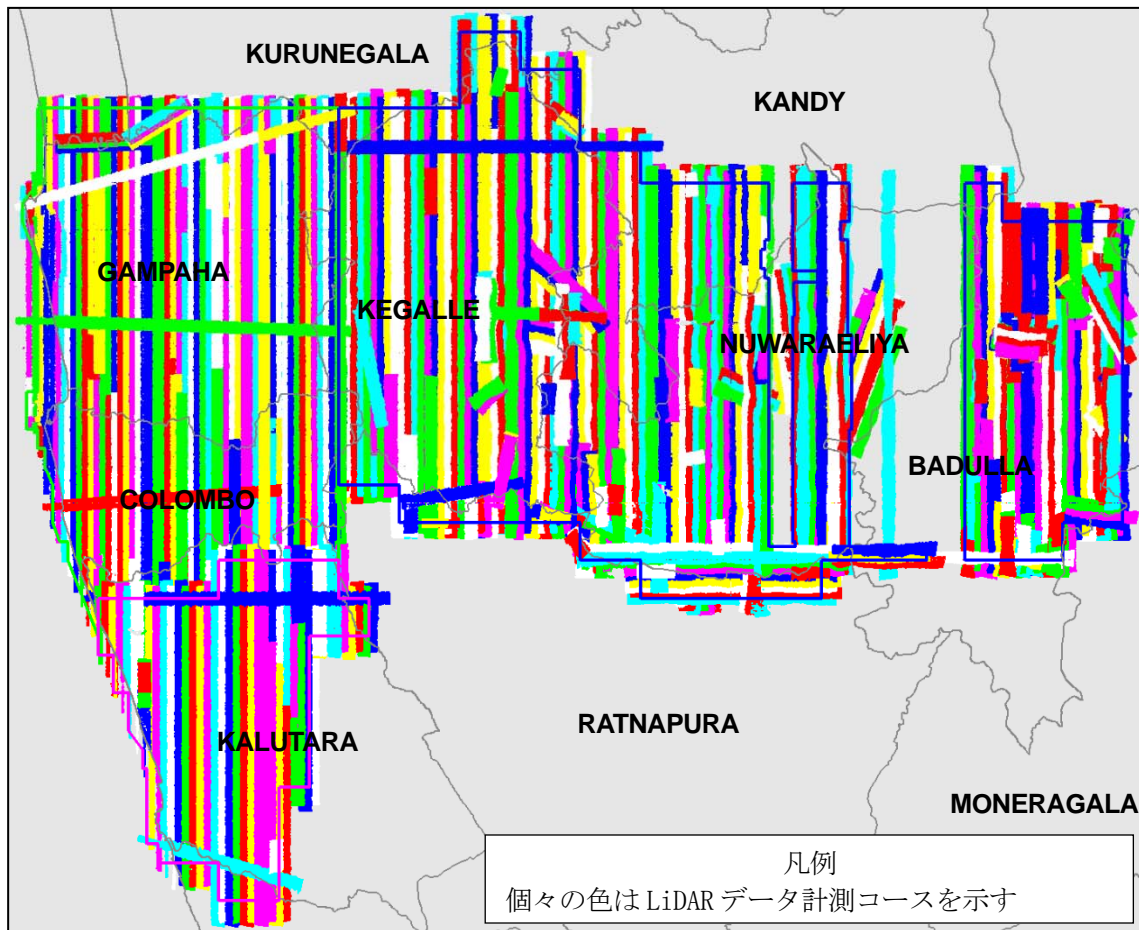


図 2-4 再委託業務成果 (LiDAR 計測データ)

2-9 オルソフォトデータの作成

LiDAR 計測時に同時搭載しているデジタルカメラにより撮影した、地表面のデジタル空中写真と写真の位置情報を元に、作業点検用の仮オルソフォトデータ(Rapid Ortho-Photo Images)を 1 m×1 m メッシュエリア及び計測の完了した 2 m×2 m メッシュエリアについて作成した。

仮オルソフォトデータの地上解像度は、LiDAR 計測格子間隔 1 m×1 m メッシュの対象地域は 25 cm とし、2 m×2 m メッシュの対象地域は 50cm とした。

表 2-9 オルソフォトデータ作成結果

地区	LiDAR 計測面積	オルソフォトデータ作成面積	オルソフォトデータ (地上解像度)
1 m x 1 m メッシュエリア (西地区)	2,400 km ²	2,400 km ²	25 cm
2 m x 2 m メッシュエリア (東地区)	4,500 km ²	800 km ²	50 cm
2 m x 2 m メッシュエリア (南地区)	900 km ²	0 km ²	-
合計	7,800 km ²	3,200 km ²	25 cm/50 cm

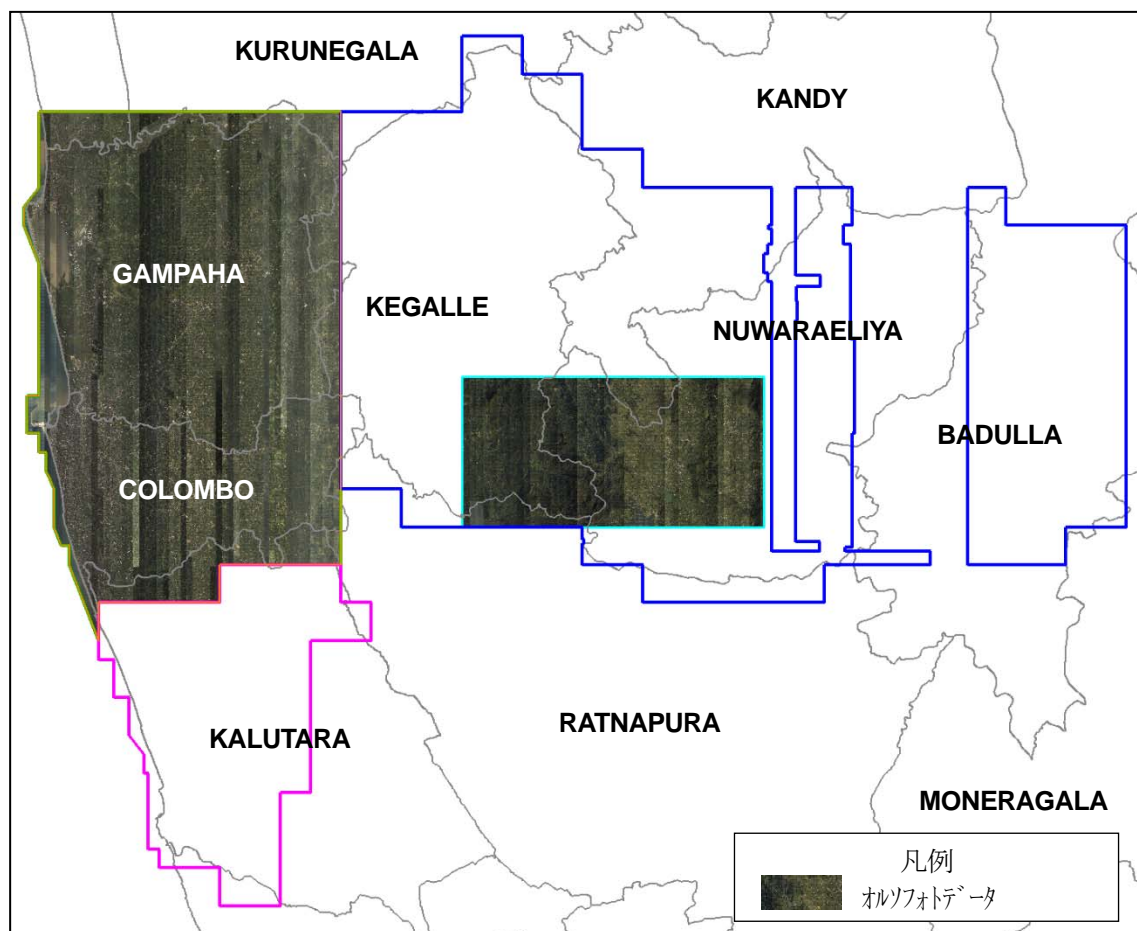


図 2-5 オルソフォトデータ作成範囲

2-10 三次元計測データの作成及び点検

三次元計測データを作成し、調整用基準点との比較及びコース間標高の点検を実施した。

表 2-10 三次元計測データの点検面積

地区	LIDAR 計測エリア	三次元計測データ作成 (再委託部分)	三次元計測データ作成面積 (JSP 分 担)	三次元計測データ作成面積 (SD 分 担)
1 m x 1 m メッシュ エリア (西地区)	2,400 km ²	2,400 km ²	2,400 km ²	0 km ²
2 m x 2 m メッシュ エリア (東地区)	4,500 km ²	4,500 km ²	800 km ²	3,700 km ²
2 m x 2 m メッシュ エリア (南地区)	900 km ²	900 km ²	0 km ²	900 km ²
合計	7,800 km ²	7,800 km ²	3,200 km ²	4,600 km ²

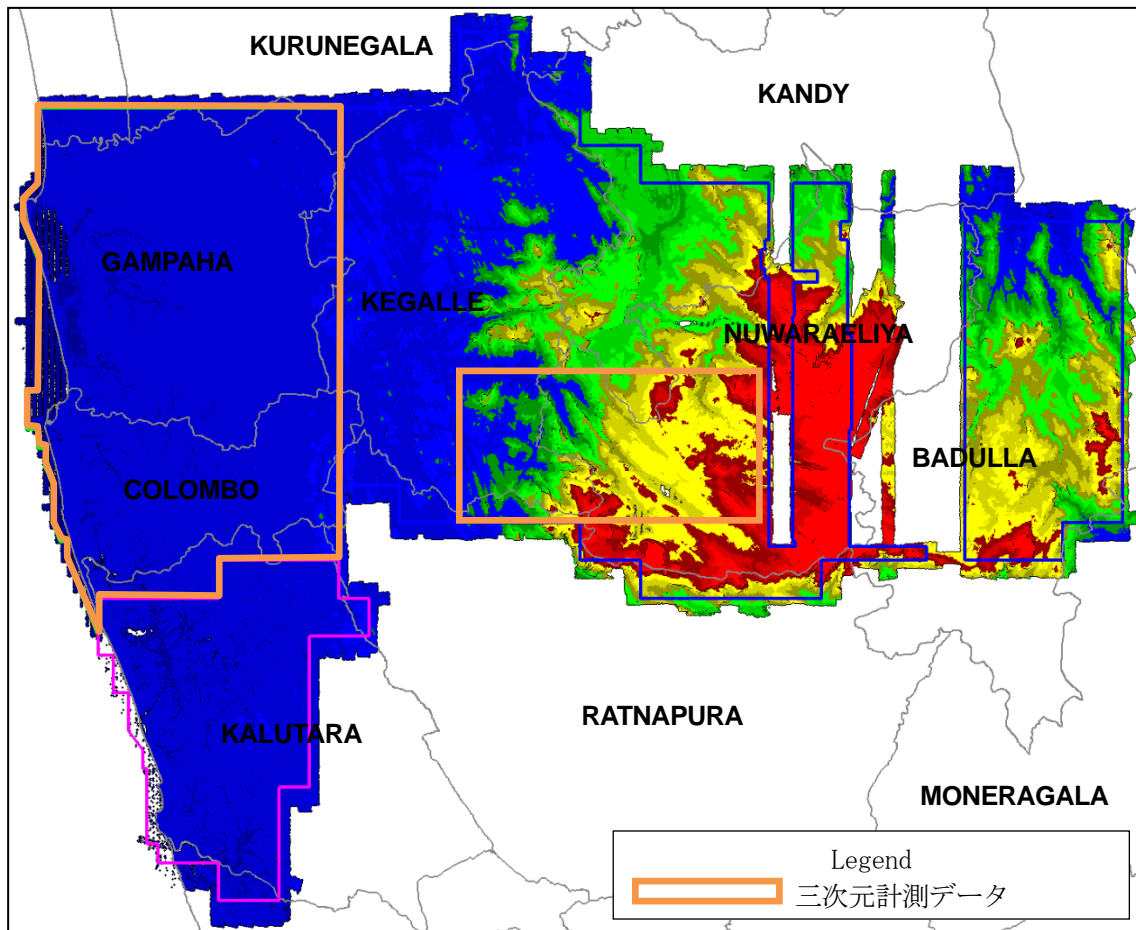


図 2-6 三次元計測データの作成範囲

1) 計測コース間の標高較差点検

次に三次元計測データについて、計測コース間の重複部分について相対的な高さ方向較差の点検を行った。点検箇所を選点は、山岳地帯等で適切な箇所が無い場合を除いて、仕様に従い計測コース延長およそ 10 km 当たりには 1 点を目安に所定の平坦な箇所を選定配置した。

2) 計測漏れ点検

作業範囲に対してすべての三次元計測データを展開して、作業範囲内において計測漏れやデータ欠落の範囲がないことを目視点検、確認した。ただしその基準とする作業範囲は、計測面積を満たしつつ GPS 受信障害によって計測できない範囲を除いたものとした。また水部等、レーザ光の反射が得られない箇所については漏れ欠落とはしていない。

3) 計測点密度の点検(欠測率の計算)

作業範囲内におけるレーザ計測点密度が仕様を満たしているか計算確認した。計測点密度は、仕様で定める欠測率という指標が規定の値に収まっていることを点検するが、使用する図郭ファイル単位で欠測率を算出し、水部等の計測点が無くても漏れ欠落としない領域については水部ポリゴンに

より計算から除外した。以下の表 2-11 に作業エリア別の欠測率規定値及び結果の最大値を示す。なお、図郭毎の詳細な欠測率は別途 Form12 に取りまとめた。

表 2-11 欠測率の規定値及び結果 (最大値)

地区	欠損率 (仕様)	欠損率 (最大値)
1m x 1m メッシュ (西地区)	15% 以下	8.7%
2m x 2m メッシュ (東地区)	10% 以下	0.7%
2m x 2m メッシュ (南地区)	10% 以下	-

4) ジオイドモデルの作成

現地で観測された調整用基準点 (GCP) 各点の SLD99 楕円体高及び水準標高の差分を用いて、今回新たにジオイドモデルを作成した。ジオイドモデル作成の際は、あらかじめモデルとして異常値と判断できる調整用基準点 (GCP) 成果を除外した上で、1km メッシュジオイドモデルを作成した。

5) ジオイド補正

上記で作成したジオイドモデルからジオイド補正モデルを作成し、それを用いて SLD99 楕円体高の三次元計測データのジオイド補正を行い、SLD99 水準標高の三次元計測データを作成した。

6) 調整用基準点との標高較差点検

最終的な調整用基準点 (GCP) の現地水準測量成果と、ジオイド補正の完了した三次元計測データ点群の標高値を比較点検した。比較点検結果は各調整用基準点の詳細な結果を Form9 に、すべての調整用基準点の結果一覧を Form10 に、それぞれ取りまとめた。

表 2-12 標高較差点検

DEM	標高較差点 検面積	高さ精度 RMS (仕様)	高さ精度 RMS (最大値)
1m x 1m メッシュ (西地区) DEM 作成範囲	2,400 km ²	0.3 m 以下	0.12 m
2m x 2m メッシュ (東地区) DEM 作成範囲	800 km ²	1.0 m 以下	0.34 m
2m x 2m メッシュ (東地区)	(4,600 km ²)	1.0 m 以下	(0.19 m)
2m x 2m メッシュ (南地区)	(900 km ²)	1.0 m 以下	(0.19 m)

2-11 オリジナルデータ、グラウンドデータ、DEM データ作成結果

オリジナルデータ、グラウンドデータ、DEM データの作成結果を以下の表と図に示す。

表 2-13 オリジナルデータ、グラウンドデータ、DEM データの作成結果

単位：km²

地区	LiDAR 計測対象面積	オリジナルデータ、グラウンドデータ、DEM データ
1m x 1m メッシュエリア (西地区)	2,400	2,400
2m x 2m メッシュエリア (東地区)	4,500	800
2m x 2m メッシュエリア (南地区)	900	0
合計	7,800	3,200

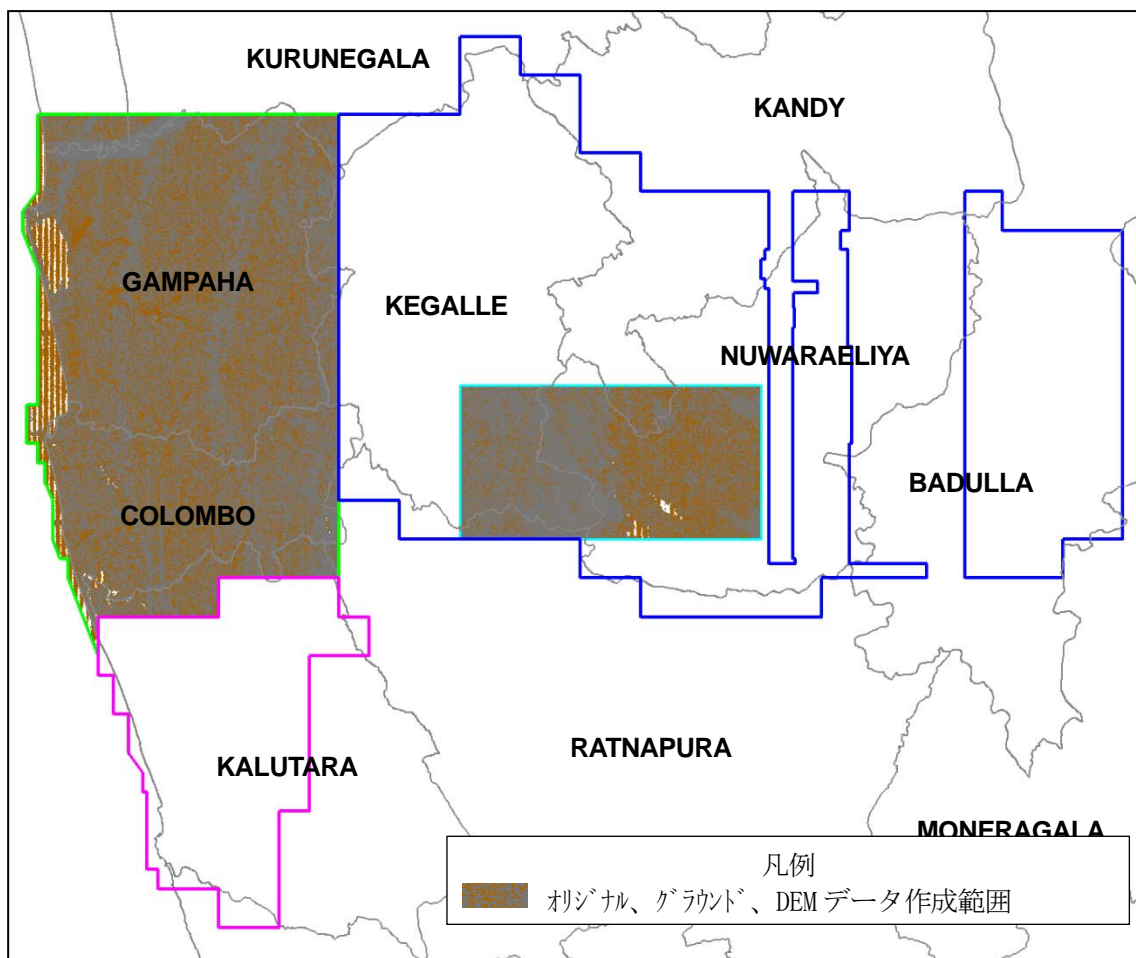


図 2-7 オリジナルデータ、グラウンドデータ、DEM データの作成範囲図

1) オリジナルデータ作成及び点検

作成が完了した三次元計測データについて所定の図郭単位のデータファイルに分割管理し、ノイズデータの除去を行ってオリジナルデータ (Unclassified Point Cloud) を作成した。このオリジナルデータは、地上のすべての地物について三次元座標値を持つランダムな点群で表しており、このデー

タを元にして DEM データ作成に必要となるグラウンドデータを次工程で作成した。

2) グラウンドデータの作成

作成したオリジナルデータに対して自動フィルタリング処理及び手動フィルタリング処理を行い、グラウンドデータを作成した。自動フィルタリング処理は、技術移転に用いたソフトウェアの自動フィルタリング機能を用いて行い、その処理結果について編集オペレータが目視点検確認し、誤った地形分類がされている箇所について手動フィルタリング処理編集を行ってグラウンドデータを作成した。

グラウンドデータの点検は、手動フィルタリング編集データを直接目視点検する他に、別途点検用の地形起伏図画像を作成して、広域で可視化された立体地形形状を目視点検することにより行った。点検修正結果については別途 Form14 に取りまとめた。

3) DEM データの作成

作成したグラウンドデータを用いて、TIN 補間法により各エリア仕様の格子間隔（メッシュ）標高となる DEM データを作成した。

i) (測量局による DEM データ精度検証)

インテリムレポート協議の合意に基づき 2016 年 3 月 21 日プロジェクトチームは測量局に対し 1m x 1m メッシュエリア内 4 地区のドラフト DEM データ成果を提出した。測量局は、このドラフト DEM データの標高精度の検証を水準測量により実施した。その結果、測量局は、2016 年 7 月 29 日検証レポートを、プロジェクトチーム提出した。仕様を十分に満たす精度を確認したと報告であった。

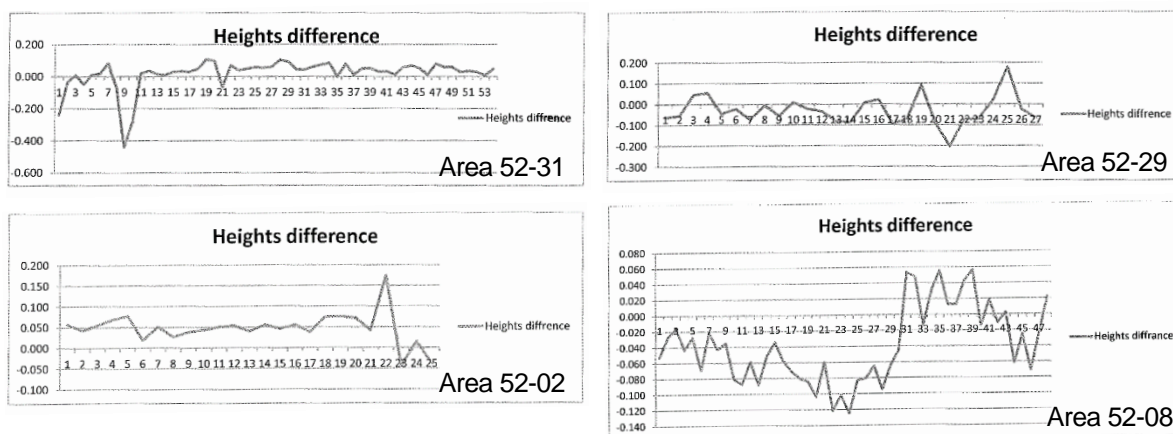


図 2-8 DEM データ標高精度検証結果

表 2-14 DEM データ標高精度検証結果

Draft DEM Data	Validation Point	Heights RMS error	Specifications
Area 52-31	54 points	0.09 m	0.30 m or less
Area 52-29	27 points	0.08 m	
Area 52-02	25 points	0.06 m	
Area 52-08	48 points	0.06 m	

ii) DEM データの活用

DEM データの活用に関して、測量局、防災センター、灌漑省、NBRO（国家建築調査機関）で聞き取り調査を行った。

a) 測量局

測量局では、DMC の要請を受け、2015 年度には 17 の都市で 1:5,000 のタウンマップを作成した。2016 年度には 22 の都市で 1:5,000 の縮尺でタウンマップを作成・更新している。2016 年の 22 都市の内、7 の都市で等高線データの新規作成もしくは更新のために DEM が使われる予定である。DMC からの要請を受けているため使用される DEM は洪水の危険性が高い低地部が優先されている。

表 2-15 DEM を使用した 1:5,000 タウンマップ作成・更新予定

No	町名	地区	DEM 利用状況
1	Moratuwa MC	Colombo	2015 年作成、2016 年更新
2	Kolonnawa MC	Colombo	2016 年新規
3	Kaduwela MC	Colombo	2016 年新規
4	Negambo MC	Gampaha	2016 年新規
5	Gampaha MC	Gampaha	2016 年新規
6	Homagama PS	Colombo	2016 年新規
7	Kaluthara UC	Kaluthara	2015 年作成、2016 年更新

MC: Municipal Council, UC: Urban Council,
PS: Pradeshiya Sabha (地方自治体)

b) DMC 防災管理センター

DMC では国家リスクプロファイル開発というプロジェクトを国の予算で実施する。リスクアセスメントの目的は開発計画、リスク管理にリスクの情報を統合することである。具体的には、国家的なリスク評価戦略、科学的方法を用いたハザード、リスク評価を国と地方の両方のレベルで実施することである。2016 年から実施する事業は、6 つの流域での洪水リスクプロファイリング、22 の都市部でのマルチハザードリスクプロファイリングである。これらの事業を実施するにあたり、現在 1:10,000 地形図で作業をする方針である。JICA プロジェクトで DEM が作成されたエリアに関しては、DEM を利用し都市部の 1:5,000 縮尺の図のベースマップとして使用する予定である。

c) 灌漑局 (Irrigation Department)

灌漑局では、世銀の援助を受け、Comprehensive Climate Resilience Improvement Project (CRIP) 統合機構回復力改善プロジェクトを実施している。コンポーネント1では流域投資計画を10の流域で行い、第2コンポーネントでは、スリランカでの気候リスクへの理解度の向上を図る。LiDARデータの利用は10の流域の中の2つの流域(Kelani GangaとAttanagalu OyaおよびMaha OyaとMahaweli Ganga流域)に利用する。CRIPではGISを利用し、水文・水理モデルを作成し、洪水シミュレーションを行う。その他8ヶ所は、世銀のLiDAR測量で作成されたDEMは、水文・水理モデルに利用する予定である。

d) NBRO

NBROは地滑り危険地区の検討のために利用を計画している。「データ作成範囲すべてのデータを利用したい」ということであったが、優先とされる地域はまだ特定されていない。2016年5月の地滑り地区での分析に一部データが活用された。

DEMデータを用いた広報資料を作成し、2016年10月11日のファイナルセミナーで配布した。

2-12 等高線データの作成

作成したDEMデータを用いて、機械処理により等高線データを作成した。作成範囲及び面積を以下の表2-16及び図2-9に示す。等高線データは1m x 1mエリアは主曲線1m・計曲線5mで、2m x 2mエリアは主曲線2m・計曲線10mで、それぞれ作成した。

表 2-16 等高線データの作成結果

地区	LiDAR 計測対象面積	等高線データ作成面積	備考 (等高線間隔)
1m x 1m メッシュエリア (西地区)	2,400 km ²	300 km ² (2100 km ²)*	主曲線 1m・計曲線 5m
2m x 2m メッシュエリア (東地区)	4,500 km ²	100 km ²	主曲線 2m・計曲線 10m
2m x 2m メッシュエリア (南地区)	900 km ²	0 km ²	
合計	7,800 km ²	400 km ²	

*測量局は1m x 1m メッシュエリアの2,100 km²について、技術移転完了後、等高線データを作成した。

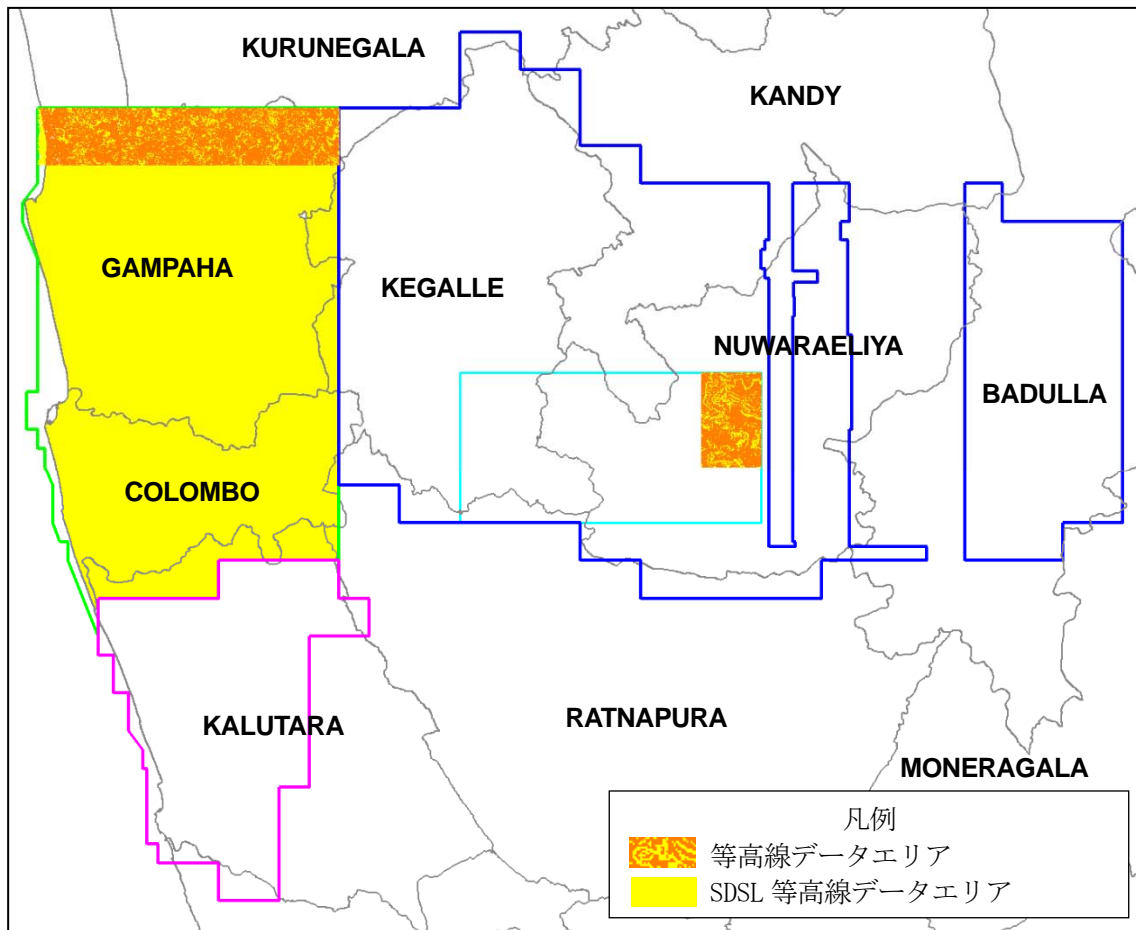


図 2-9 等高線データの作成範囲図

2-13 インテリム・レポートの作成・協議

インセプション・レポート（IC/R）の作成以降の調査結果及び技術移転、DEM データ作成の進捗状況を取りまとめ、インテリム・レポート（IT/R）を作成し JICA に対し 2016 年 3 月 9 日説明し合意を得た。

作成したインテリム・レポート（IT/R）を C/P に 2016 年 3 月 10 日に提出し、その内容について説明・協議を行った。説明・協議の内容は議事録にまとめた。

2-14 本邦研修の実施

本邦研修は以下の 3 つ目標を設定して実施した。

1. 日本の防災対策強化における国土地理院、関係機関、民間企業の個々の組織活動、役割、技術について学ぶ。
2. スリランカでの今後の LiDAR 測量データ整備に活かす事が出来るよう、最新 LiDAR 測量の手法及び DEM データ処理技術を実習で学ぶ。

3. スリランカにおける LiDAR 測量データの普及促進のために、わが国での DEM データ利活用の実情を学ぶ。

DEM データ作成に係わる研修生を中心に 15 名を選定した。

表 2-17 研修生氏名・所属

No.	性別	名前	姓	所属/役職
1	Mr	M.N.K.	Bandara	航空写真測量部 航測図化技官
2	Mr	P.N.B.	Widanagamage	航空写真測量部 航測図化技官
3	Mr	D	Ekanayake	航空写真測量部 航測図化技官
4	Mrs	C	Jayathunga	航空写真測量部 航測図化技官
5	Mr	M.K	Wijethilaka	航空写真測量部 航測図化技官
6	Mr	M.A.N	Karunathilaka	航空写真測量部 航測図化技官
7	Mrs	Y.K.	Kannangara	航空写真測量部 航測図化技官
8	Mrs	L.S	Welhena	航空写真測量部 航測図化技官
9	Mr	A.G.T.P	Weerasinghe	航空写真測量部 航測図化技官
10	Miss	S.	Osman	航空写真測量部 航測図化技官
11	Mr	W.M.S.	Weerasinghe	GIS 部 副測量局長
12	Mr	B.C.P.	Bogahawatta	測地部、測量技官
13	Mr	K.S.K.	Wijayawardhana	航空測量部 航空測量上級監督官
14	Mr	G.A	Udayakumara	測地部、測量技官
15	Mr	N.M.	Wijerathna	ディヤタラワ測量・地形図研究所 講師

プロジェクトチームは、2016 年 4 月に以下のスケジュールで国別研修を実施した。

表 2-18 国別研修スケジュール

月日	研修先	研修項目
4月10日	来日	セントレア着
4月11日	JICA 中部	ブリーフィング
		ジェネオリ
4月12日	中日本航空(株)	会社説明会、航空 LiDAR 測量計画実習
		航空 LiDAR 計器操作実習
4月13日	中日本航空(株)	航空 LiDAR 計測データ処理実習 (現地調査：岐阜県中津川市馬籠宿)
4月14日	中日本航空(株)	航空 LiDAR データ処理実習
4月15日	中日本航空(株)	航空 LiDAR データ処理実習
		航空 LiDAR データ処理実習 (現地調査：愛知県犬山市成田山、犬山城)
4月16日	中日本航空(株)	航空 LiDAR データ処理実習
	移動	名古屋～京都、清水寺
4月17日	アジア防災センター	財団紹介、ASEAN(アジア)における防災への取り組み
	人と防災未来センター	日本の防災の歴史見学
4月18日	京都大学 防災研究所	研究所紹介、実試場での洪水氾濫解析デモ体験
	移動	伏見稲荷、京都～東京
4月19日	パシフィック・コンサルタンツ (株)	LiDAR データ活用講義 (事例紹介)
	公益財団法人 日本測量協会	財団紹介、日本の主題図作成について
4月20日	国土地理院	表敬訪問、国家空間情報基盤データ整備紹介、国土地理院施設見学
	宇宙航空研究開発機構 (JAXA)	人工衛星利活用紹介 (JAXA 筑波宇宙センター見学)
	パシフィック・コンサルタンツ (株) つくば技術研究センター	洪水ハザードマップ作成の手法、つくば技術研究センター見学
4月21日	一般財団法人リーモート・センシング技術センター (RESTEC)	財団紹介、衛星 DEM 作成紹介
	(株) NTTデータ	会社紹介、地理情報システム構築 (NSDI) 紹介
4月22日	ITC402 号室	JICA 報告会、評価会
	パシフィック・コンサルタンツ (株)	会社紹介、調査団との打ち合わせ
4月23日	東京離日	成田発

2-15 ドラフトファイナル・レポートの作成・協議

実施された本調査の全ての調査結果とその課題と対応を取りまとめた上、ドラフトファイナル・レポート (DF/R) を作成し、2016年9月30日にスリランカ・東京を繋ぎ JICA ビデオ会議でドラフトファイナル・レポートの内容を説明した。

プロジェクトチームはスリランカ側に DF/R を 2016年10月6日に提出し、説明及び協議した。

この結果を議事録にまとめた。

2-16 マニュアルの作成

技術移転のために以下の LiDAR データ関連マニュアル・教材を作成した。主題図作成マニュアルに関しては、主題図団員派遣期間中に作成した。品質管理マニュアルは、作業規定に含むものとした。

表 2-19 技術移転資料

	名称	業務実施計画名称	備考
1	LiDAR 測量作業規程	LiDAR 測量作業規程	バージョン 1.1 作成済み
2	01 LiDAR 測量基礎、DEM 作成までの流れ	無し（追加）	プレゼン資料（PPT）
	02 使用ソフトに関する基礎知識	無し（追加）	マニュアル
	03 LiDAR 測量計画		マニュアル作成済み
	04 LiDAR 計測		マニュアル作成済み
	05 三次元計測データ作成	三次元計測データ作成	マニュアル作成済み
	06 オリジナルデータ作成	LiDAR 測量の DEM 観測データの前処理マニュアル	マニュアル作成済み
	0708 グラウンドデータ、DEM データ作成	グラウンドデータ作成マニュアル DEM 作成マニュアル DEM プロダクト（製品）仕様書	マニュアル作成済み
	09 オルソフォト作成	無し（追加）	マニュアル作成済み
5	品質管理マニュアル		マニュアル作成済み
6	1011 主題図作成マニュアル		マニュアル作成済み
7	12 機材の運用管理マニュアル		マニュアル作成済み

2-17 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（DF/R）に対する先方政府及び関係者からのコメントを検討し、必要な箇所については改訂し、ファイナル・レポートとしてとりまとめ、2016年12月 JICA に提出した。

2-18 成果品等

成果品、提出時期及び部数・数量は以下の通りである。以下の成果品を作成している。ファイナル・レポートは、ドラフトファイナル・レポート協議時の修正等を反映し作成し完成した。

表 2-20 成果品等

	成果品	提出時期	部数・数量	内 C/P への提出部数
(1)	業務報告書			
1)	インセプション・レポート (IC/R)	プロジェクト開始時 (2015年1月下旬)	和文(要約) 5部、英文 15部	英文 10部
2)	インテリム・レポート (IT/R)	プロジェクト開始から 15ヶ月後 (2016年3月下旬)	和文(要約) 5部、英文 15部	英文 10部
3)	ドラフトファイル・レポート (DF/R)	プロジェクト開始から 22ヶ月後 (2016年9月下旬)	和文(要約) 5部、英文 15部	英文 10部
4)	ファイナルレポート (F/R)	ドラフトファイル・レポートに対するスリランカ側コメント受理後 1ヶ月以内 (2016年12月上旬)	和文(要約) 5部、英文 20部	英文 15部
(2)	技術協力成果品	ドラフトファイル・レポート提出時	2セット	1セット
1)	L i D A R 測量規定	ドラフトファイル・レポート提出時	2セット	1セット
2)	DEM 3Dデータ (製品) 仕様書	ドラフトファイル・レポート提出時	2セット	1セット
3)	LIDAR 測量の DEM 観測データ前処理マニュアル	ドラフトファイル・レポート提出時	2セット	1セット
4)	DEM作成マニュアル	ドラフトファイル・レポート提出時	2セット	1セット
5)	品質マニュアル	ドラフトファイル・レポート提出時	2セット	1セット
6)	主題図作成マニュアル	ドラフトファイル・レポート提出時	2セット	1セット
7)	機材の運用管理マニュアル	ドラフトファイル・レポート提出時	2セット	1セット
(3)	その他の報告書類	ファイルレポート提出時		
1)	現地測量結果	ファイルレポート提出時	1セット	1セット
2)	デジタルデータファイル	ファイルレポート提出時	2セット	1セット
①	三次元計測データ	ファイルレポート提出時	2セット	1セット
②	オリジナルデータ	ファイルレポート提出時	2セット	1セット
③	グランドデータ	ファイルレポート提出時	2セット	1セット
④	DEMデータ	ファイルレポート提出時	2セット	1セット
⑤	オルソフォトデータ	ファイルレポート提出時	2セット	1セット
⑥	等高線データ	ファイルレポート提出時	2セット	1セット
⑦	仕様書	ファイルレポート提出時	2セット	1セット
⑧	技術移転に係る各種マニュアル	ファイルレポート提出時	2セット	1セット
3)	品質管理に関する報告書	ファイルレポート提出時	1セット	
4)	その他 (調査用資機材等取得明細書)	業務完了時	1セット	
(4)	業務報告書	毎翌月 15日提出	作成した全部数	
(5)	収集資料	ファイルレポート提出時	1セット	
(6)	広報用資料 (災害対応編)	ドラフトファイル・レポート提出時	英文 200セット	190セット
	広報用資料 (全般概要編)	ファイルレポート提出時	英文 200セット	150セット
(7)	デジタル画像集	ファイルレポート提出時	CD-R1枚	
(8)	その他提出物			
1)	議事録等	作成後速やかに提出	作成した全文書	
2)	スリランカ政府へから文書 (提出した写し)	作成後速やかに提出	作成した全文書 (写し)	



写真 2-5 納品目録確認

2-19 作業実績

業務作業工程を以下のように設定し、実施した。

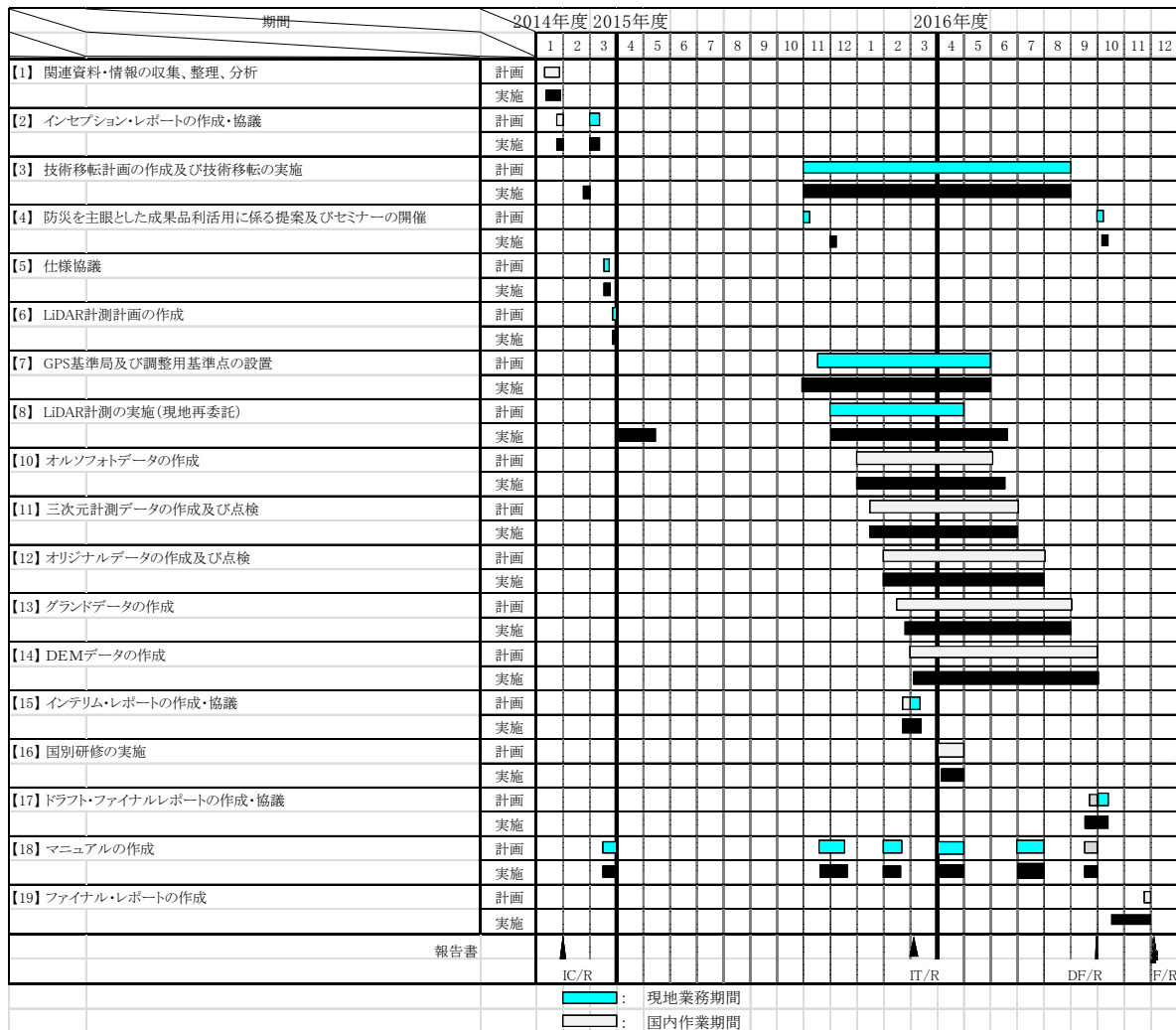


図 2-10 作業計画

LiDAR データ処理の追加、等高線データ作成の指導のため、齧島団員を 2016 年 7 月～2016 年 8 月末までの 2 ヶ月間追加投入した。それ以外の大幅な変更はない。

スリランカ国防災強化のための数値標高モデル作成能力向上プロジェクト

担当業務	格付	渡航回数	2015年												2016年											日数合計	人月合計	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
國府 豊 (総括/DEM作成計画)	2	計画			(45日)									(45日)		(15日)	(15日)		(15日)						165	5.50		
		実績		3/3	4/16							10/8	11/22		1/18	2/16	(15日)	(15日)		5/22	6/5	7/7	7/21	9/25	10/9	165	5.50	
上村 晃一 (副総括/LIDAR測量/GPS基準局/調整用基準点2)	4	計画			(45日)								(60日)		(60日)	(15日)		(15日)					(15日)		210	7.00		
		実績		3/3	4/16							10/8	11/7	12/3	1/16	2/1	3/31		5/8	5/22				10/3	10/16	210	7.00	
レイナルド アンドラドラ (LIDARデータ処理)	3	計画			(20日)								(15日)		(15日)				(15日)				(10日)		90	3.00		
		実績		3/3	3/22							11/22	12/11		2/22	3/12							9/24	10/23		90	3.00	
近藤 雅信 (LIDAR計測計画/計測仕様/技術移転1)	4	計画			(30日)								(60日)	(15日)				(45日)					(15日)		165	5.50		
		実績		3/3	4/1							11/15	12/31	1/10	1/24			5/1	6/2				9/12	10/21		165	5.50	
王利 清文 (GPS基準局/調整用基準点1)	4	計画											(60日)		(45日)										105	3.50		
		実績										11/15	12/24	1/18	3/22		3/28									105	3.50	
靄島 秀行 (LIDAR計測/技術移転2)	4	計画			(30日)								(60日)		(60日)		(45日)		(60日)				(15日)		270	9.00		
		実績		3/3	4/1							11/15		1/14	1/28	3/27		5/1	6/2	7/3	8/31	9/25	10/20			270	9.00	
中舎 哉 (LIDAR計測/技術移転3)	2	計画																							0	0.00		
		実績													2/28	3/13							10/9	10/16		0	0.00	
古田 明広 (主題図作成/技術移転)	4	計画																				(15日)		(15日)	30	1.00		
		実績																				7/16	7/30	10/2	10/18	30	1.00	
上村 和延 (和活用促進/技術移転計画)	3	計画			(30日)								(30日)		(30日)		(15日)		(30日)				(15日)		150	5.00		
		実績		3/3	4/1							11/15	12/30		2/15	3/13			7/3	7/30	9/25	10/23				150	5.00	
グレース デササ (業務調整/LIDARデータ処理助手)	5	計画			(15日)								(15日)		(15日)				(15日)				(15日)		75	2.50		
		実績		3/3	3/17							10/11	10/25		1/24	2/7		5/22	5/31	7/10	7/19	10/2	10/11			75	2.50	
木谷 一志 (プロジェクト・アシスタント)	3	計画																							0	0.00		
		実績																					10/19	10/22		0	0.00	
			現地業務小計																							計画	1260	42.00
			実績																							1260	42.00	

担当業務	格付	渡航回数	2015年												2016年											日数合計	人月合計	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
國府 豊 (総括/DEM作成計画)	2	計画			(3日)											(3日)					(5日)	(6日)		(3日)	20	1.00		
		実績		1/28	1/30										1/13	1/15						8/1	8/5			20	1.00	
近藤 雅信 (LIDAR計測計画/計測仕様/技術移転1)	4	計画																				(10日)			10	0.50		
		実績																				4/11	4/22			10	0.50	
靄島 秀行 (LIDAR計測/技術移転2)	4	計画																				(10日)			10	0.50		
		実績																				4/11	4/22			10	0.50	
			国内業務小計																							計画	12	2.00
			実績																							12	2.00	
			合計																							計画	1260	44.00
			実績																							1260	44.00	

凡例： 業務従事実績 業務従事計画 自社負担

図 2-11 業務従事者の従事実績/計画

2-20 現地業務に必要な資機材

JICA とプロジェクトチームは、本調査業務の実施にあたり、以下の機材を調達した。2016年10月に引き渡し、2016年10月20日に機材の最終稼働確認を行った。

表 2-21 現地調達資機材

資機材名	調達	数量	納品日
レーザ計測コース間による標高較差調整及びセンサー三軸キャリブレーション補正ソフト	PT	1	2015年12月8日(ﾊﾞｰｽﾌｯﾄ) 2015年12月10日(ｱﾄﾞﾎﾞ)
レーザ計測データの自動フィルタリング(自動分類)処理ソフト	PT	1	2015年12月8日(ﾊﾞｰｽﾌｯﾄ) 2015年12月10日(ｱﾄﾞﾎﾞ)
レーザ計測点群とデータの画像処理	PT	1	2015年12月8日(ﾊﾞｰｽﾌｯﾄ) 2015年12月10日(ｱﾄﾞﾎﾞ)
	JICA	2	2015年12月15日(ﾊﾞｰｽﾌｯﾄ) 2015年12月18日(ｱﾄﾞﾎﾞ)
レーザ計測点群の三次元モデリング(TINモデル、表層生成など)ソフト	PT	1	2015年12月8日(ﾊﾞｰｽﾌｯﾄ) 2015年12月10日(ｱﾄﾞﾎﾞ)
レーザ計測データの手動フィルタリング及びデータ品質管理ソフト	PT	1	2015年12月8日(ﾊﾞｰｽﾌｯﾄ) 2015年12月10日(ｱﾄﾞﾎﾞ)
各種拡張機能を持つGISソフト(ArcGIS, エクステンションを含む)	JICA	3	2015年12月16日
レーザ計測点群の表示、三次元CADモデリングソフト	JICA	1	2015年12月15日(ﾊﾞｰｽﾌｯﾄ) 2015年12月18日(ｱﾄﾞﾎﾞ)
土木設計等のためのレーザ計測点群データ処理(土量計算等)	JICA	1	2015年12月15日(ﾊﾞｰｽﾌｯﾄ) 2015年12月18日(ｱﾄﾞﾎﾞ)
デスクトップ PC	PT	9	2015年12月4日
UPS	PT	9	2015年12月4日
外部付けハードデスク	PT	2	2015年12月4日

PT: プロジェクトチーム



写真 2-6 調達機材