

独立行政法人国際協力機構

ミャンマー林業省測量局

ミャンマー国

国家復興開発計画のための  
地理情報データベース構築調査

和文要約

2004年8月

アジア航測株式会社  
朝日航洋株式会社



## 序 文

日本国政府は、ミャンマー国政府の要請に基づき、国家復興開発計画に資する地理情報データベース構築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14年1月から平成16年8月までアジア航測株式会社海外事業部の古跡純一氏を団長とし、同株式会社及び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、ミャンマー国政府関係者と協議を行うとともに、計画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、本計画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16年8月

独立行政法人国際協力機構  
理事 松岡 和久



## 伝 達 文

独立行政法人 国際協力機構  
理事 松岡 和久殿

ここにミャンマー国国家復興開発計画のための地理情報データベース構築調査報告書を提出できたことを光栄に存じます。

アジア航測株式会社と朝日航洋株式会社で構成された調査団は、独立行政法人国際協力機構との業務実施契約に基づき、平成14年1月から平成16年7月にかけてミャンマー国において現地調査を、平成14年7月より平成16年7月にかけてデジタル地形図作成等の国内作業を実施しました。

現地調査期間中、ミャンマー国測量局の職員等と十分な協議がなされ、その結果に基づき本報告書及びデジタル地形図等の成果品が作成されました。

調査団を代表してミャンマー国測量局ならびに関係機関に対し、私共がミャンマー国滞在中に受けたご好意と惜しみないご協力に心から感謝申し上げます。

また、独立行政法人国際協力機構、外務省、在ミャンマー日本大使館、在ミャンマーJICA事務所に対しても、現地調査の実施及び報告書の作成にあたって、貴重なご助言とご協力を頂きましたことを深く感謝いたします。

平成16年8月

ミャンマー国国家復興開発計画のための  
地理情報データベース構築調査団  
団長 古 跡 純 一



## 調査概要表

項 目	内 容
1. 航空写真撮影	
撮影縮尺	1:50,000
航空写真撮影	44,658 km <sup>2</sup>
ポジフィルム作成	1 部、1,244 枚
密着写真作成	1 部、1,244 枚
2倍伸写真	1 部、1,244 枚
航空写真のデジタル化	1 部、1,244 枚
2. 標定点測量	
G P S 観測	既存: 3 点、新設: 47 点
水準測量	100 km
刺針	48 点(GPS), 22 点(BM)
3. 空中三角測量	
ブロック調整計算	1.100 モデル
4. デジタル地形図作成	
縮尺	1:50,000
作成面積	33,000 km <sup>2</sup>
面数	48 面
等高線間隔	主曲線 10m
数値図化	33,000 km <sup>2</sup>
現地調査	33,000 km <sup>2</sup>
数値編集 1	33,000 km <sup>2</sup>
現地補測	33,000 km <sup>2</sup>
数値編集 2	現地補測後 33,000 km <sup>2</sup>
5. データ構築	
地形図データ	48 シート
空間データ基盤	1 セット
G I S データベース	1 セット
6. C D - R O M 等の作成	
地形図データ	1 セット
空間データ基盤	10 セット
G I S データベース	1 セット
技術仕様書	30 セット
測量マニュアル	30 セット
G I S ガイドライン	50 セット
7. 印刷図作成	
縮尺1:50,000 地形図	測量局により実施 500 セット
縮尺1:50,000 土地利用図	出力図(11面) 1 セット
8. 報告書	
インセプションレポート	20 セット
プロGRESSレポート 1	20 セット
プロGRESSレポート 2	20 セット
中間報告書	20 セット
プロGRESSレポート 3	20 セット
ドラフトファイナルレポート	20 セット
最終報告書	概要、本編、資料編 50 セット
最終報告書(CD-R O M)	1 セット
9. 技術セミナー	
セミナー 1	
セミナー 2	





## 調査の要旨と提言

### 1. 調査の背景

ミャンマー連邦（人口約 4,640 万人、面積 68 万平方 km）は、1997 年にアセアンに加盟、近年は外国資本による投資を促進するなど経済開放政策を推し進めている。また、同国は国家の復興と開発に関する計画を策定し、未整備または老朽化した社会インフラの整備や各種資源の開発・自然保護に力を入れてきた。

こうした開放政策を推進する上で、情報インフラとしての地形図や地理情報データベースは不可欠であるが、同国の大部分をカバーする地形図としては 1940 年代に作成された縮尺 1/63,360 の地形図があるのみで、50 年以上改訂されていない。

それゆえ、地形図ならびに地理情報を更新・整備し、多方面での利用に供することが開発計画を効果的に実現する上で急務であるが、いくつかの理由により地図作成のための機材や技術は非常に立ち遅れたものとなっている。

こうした状況に鑑み、同国政府は 2000 年 11 月、わが国に対し国土の約 1 割を占める地域の地形図および地理情報データベースの作成および自力での地形図・地理情報の整備を可能とするような技術の移転を要請し、本調査が実施された。

### 2. 調査の実施

独立行政法人国際協力機構（以下 JICA と呼ぶ）は、調査団を 2002 年 1 月にヤンゴンに派遣した。その後、調査団は 2004 年 7 月までの 27 ヶ月にわたり、現地および国内で調査を実施し、技術移転および地理情報データベースの構築を行ってきた。この間係った技術者は延べ 38 名である。

### 3. 機材の調達

本調査の実施にあたり技術移転で使用する機械として以下の機材が調達され、現地調査および技術移転に使用された。

#### 調達機材

年度	機材名	台数	機 種
初年次	GPS 観測機	3	Trimble TS7000
	デジタルレベル	3	Leica NA3003
2 年次	数値図化機	3	Summit Evolution
	数値編集機	4	TNTmips

この他、調査団はデータベースの作成としてパソコン 5 台、GIS ソフトウェア 1 台を購入し、これらも技術移転の際に使用した。

#### 4. カウンターパート機関：測量局

本調査のカウンターパート機関は林業省に属する測量局である。測量局は局長・副局長の下に企画・管理部、測量研修・第 1 測量部、測地・測量第 2 部、航空写真部、地図複製部および国境・公共測量部の 6 部からなる組織で約 900 名の技術者および事務員が所属している。

測量局は 2000 年 8 月から UTM プロジェクトと称し、基本図の更新作業を始めている。本プロジェクトでは新たな水平原子への更新、メートル法の採用、投影法の更新および英語表記など国際的な標準を適用し、近代的な地形図の作成を目指したものである。

また、地形図作成には最新のデジタルマッピング技術を採用し、民間会社である FINNMAP 社（フィンランド）、SUNTAC 社（ミャンマー）の共同企業体から技術協力を得て実施している。

2000 年には根幹となる 1 等基準点網を整備して水平原子を決め、2001 年から地形図作成事業に進んでいる。これを実施するため、衛星航法装置、GPS 測量機、デジタルレベル、数値図化機、数値編集機等のデジタル機器を導入し、技術者の訓練と実作業を行っている。このプロジェクトは現在も進められている。

#### 5. 技術移転

測量局は上に説明したように現在 UTM プロジェクトを進めている。このような環境のもとでの JICA プロジェクトである。本調査は、地形図作成を含む地理情報データベースの構築であり、測量局に対し、とりわけデジタルなデータの取り扱いに関する技術の移転に努めた。技術移転を実施する際には、現在測量局が実施している作業方法を調査・分析し、実態にあった内容を検討して実施した。

UTM プロジェクトの作業内容を調査した結果、UTM プロジェクトで扱うデジタル技術は地形図作成のためであり、GIS 構築を意図したものではなかった。そこで、本調査では地形図作成および GIS 構築の両方に使える地形図データの作成をまず始めに行い、これを基に地形図づくりを行うという現在では常識的な手法を進めた。

デジタル技術の活用、デジタルな成果を作る。これが本調査の目的であった。フィールド調査を伴う作業は調査団員と測量局カウンターパートがともに OJT で作業を行

うことで指導・監督を行った。また、数値図化、数値編集・記号化、補測編集、および地形図データファイルの作成では 10%に相当する部分を JICA が調達した機材を使い技術指導を行い、実作業を通じて技術移転を行った。

この技術移転の進捗においては、年度毎に確認を取るとともに、2 回にわたる技術移転セミナーを開催した。このセミナーでは、担当した技術者に作業内容を発表させることとし、担当した作業を要領よくまとめ、発表用スライドを作り、決められた時間で内容を説明した。その内容の質からも技術移転が十分に行われたことを評価ができる。

本セミナーは英語を使って発表したが、測量局技術者が英語で発表を行ったのは初めてであった。日本人技術者と密に議論して発表の資料作りをしたことの意味は大きかった。

また、カウンターパート 2 名に対し、国内での研修も行われ、日本における作業とともに、GIS 構築の実習もあわせて行われた。そのほか、日本での GIS の利用の現状を理解するとともに、日本での測量行政についての研修を行った。

## 6. 作業規定および図式の作成

地形図作成作業において、仕様によりその規格を統一するとともに、必要な品質を確保することを目的として作業規程が作られた。この中では地形図作成の際、規準となる測量諸元、すなわち準拠楕円体、平面位置の原子、標高の原子、楕円体変換パラメータおよび地図投影法を定義し、これに基づいて地形図を作成する一般的な作業方法を定め、取得する地物、その定義、取得基準、シンボル等をあわせて定めた。

## 7. 写真測量による地形図データの作成

写真測量法を用いて地形図の材料となる地形図データを作成した。その作業工程は以下に示すような一般的な流れで実施した。

- 1) 標定点測量 (GPS 測量)
- 2) 空中写真撮影
- 3) 標定点測量 (簡易水準測量)
- 4) 空中三角測量
- 5) 数値図化
- 6) 現地確認調査
- 7) 数値編集・地図記号化
- 8) 現地補備測量
- 9) 補備編集・構造化

## 8. 地形図作成マニュアルの作成

地形図作成作業の内容を詳細に示した作業マニュアルを作成した。

この地形図作成作業マニュアルを利用することで作業の標準化がなされ、それに伴い、作成する地形図の品質の均一化が達成される。また、新たな技術者を養成する際に、教科書として活用できることから、有用なものである。

本調査ではデジタル機器を活用したデジタル手法を駆使して、作業の効率化、迅速化に対応した。

地形図作成の手順について工程毎に、必要な資料、必要な機械、作業の詳細、および作成する成果品についてまとめた。

地形図作成マニュアルの作成にあたっては、調査団が作業項目毎に原稿を作り、これに基づいて技術指導をする中でカウンターパートと協議をしてその内容を修正し、完成させた。

## 9. GIS 基盤データの作成

GIS で使われるデータベースを構築する際、骨格地物として利用できる GIS 基盤データを作成した。

各種の GIS ソフトウェアで読み込みが可能で、デファクト標準となっている AutoCAD 社の DWG ファイルで作成した。

このデータを基盤として使うことで、諸機関が作成したデータが共有できることになる。いろいろな GIS データを統合して、これを用いることにより新たな空間解析が可能となる。そして何よりデータベース構築の費用の低減と時間の短縮が可能となる。

本調査で作成した地形図データは GIS で利活用できるように構造化を施し、GIS 基盤データを作成した。地形図データは地形図を作成することを意図しているため、図葉単位で整理・保存されている。本調査での GIS 基盤データは UTM ゾーン毎に統合して作成した。

## 10. 地理情報データベースの構築

本調査で作成した GIS 基盤データが実際に GIS で活用できることを示す意味で、実験的に地理情報システムを構築した。

調査期間中に収集した資料およびデータを使用して地物の確認をし、その属性データファイルを作り、その対象地物の属性データとして入力を行い、地理情報データベースを作成した。

この地理情報データベースは限られた情報に基づいて作られているため、今後情報の収集に努め、充実した内容の地理情報データベースに完成させることを望んでいる。

## 11. GIS ガイドラインの作成

GIS の普及のためには、関係諸機関で作成するデータを共有することが重要である。そのため、今後各機関が GIS を構築する際、共有できるデータを作成するために遵守すべき事項をまとめ、ガイドラインとして作成した。

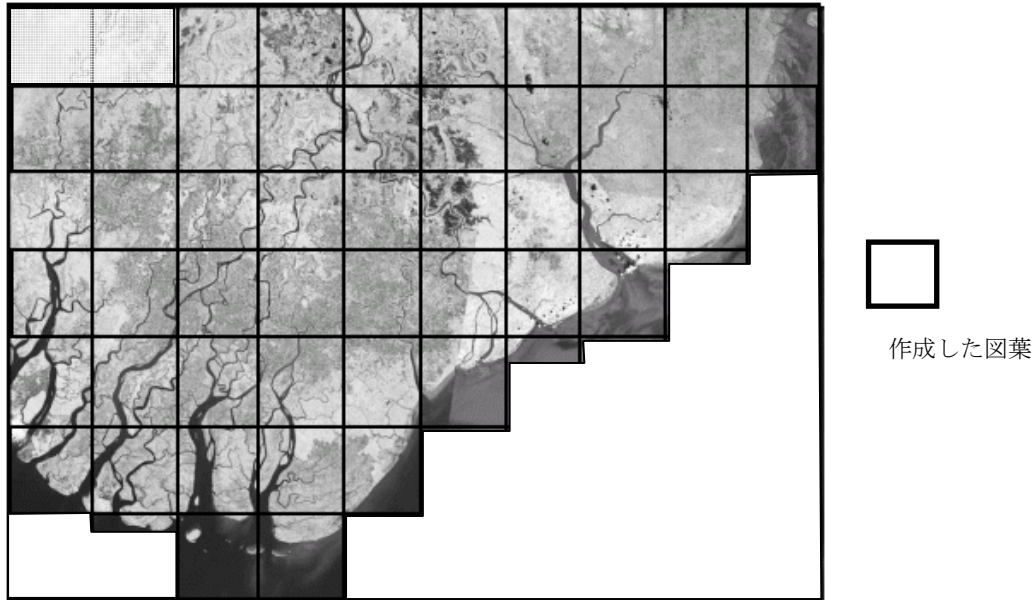
GIS はハードウェア、ソフトウェアおよび地理データベースで構成され、共有化のために、これらの個々の構成要素から検討が必要である。ガイドラインでは、GIS 構築の目的、GIS を構築する場合のハードウェア、ソフトウェアの選定基準、データベースの必要性について述べている。この中で一番コストのかかる部分がデータベースの作成である。

そこで、本調査で作成した GIS 基盤データを背景データとして採用することにより、初期コストを軽減し、このデータを背景に新たな情報が展開されることにより、その位置情報は正確なものになることを示している。また、他の機関においてもまったく同じ基盤データを使うことにより情報の重ねあわせが容易にできるようになる。この様に共通の GIS 基盤データを使うことによって各機関が構築する GIS で扱うデータが共有できるようになる。

また、この GIS ガイドラインには、本調査で作成した中間成果物を列記し、新たな情報の取得の可能性も紹介している。

## 12. 地形図描画データの作成

地形図データに地図記号化処理を行い、48面分の地形図描画データを作成した。その後、測量局はこの地形図描画データを用いて48面の印刷図を作成した。



調査対象地域（背景図は本調査で作成されたオルソフォト図）

## 13. 土地利用図の作成

地形図データを利用した主題図作成の一例として土地利用図の作成を行った。今後、復興・開発が数多く計画されているヤンゴン首都圏を対象地域として選定した。復興・開発計画策定に資するため、首都ヤンゴンとその周辺部を含む地域、縮尺1/50,000地形図のうち、11面の土地利用図を作成した。

本調査で作成した土地利用は、都市計画等の開発を意図して23のカテゴリーに区分した。

本作業は日本国内で地形図データを基に収集した資料を参照して、机上で土地利用分類し土地利用原稿図を作成した。これをミャンマー国に持ち込み現地調査を実施して土地利用区分を行った。これを整理して土地利用図を作成した。

## 14. 各種地理情報データの公開

本調査では、地理上データベースの他に各種の成果品が作られた。これらの地理情報データは多くのユーザによって使われ、その価値が大きなものとなる。

この意味からも、測量局が各種地理情報データを公開し、利用を勧めることを願うものである。

本調査で作成した地理情報データ

1) 地形図データ

GIS 構築および地形図作成のソースとなるデータ。

2) GIS 基盤データ

GIS で利用できるように構造化した地形図データ。

3) 地形図描画データ

本調査で作成した地形図のラスター画像データ、地形図と同一の内容の出力図が出力できる。

4) 地理情報データベース

本調査で作成したもの。

5) 空中写真画像データ

調査で撮影した空中写真を解像度 20 $\mu$  でスキャンした画像データ。

6) 標定点データ

本調査で作成および確認した標定点のデータ。

7) DTM データ

調査地域全域の 100m 間隔の数値地形モデル。

8) オルソフォト画像データ

調査地域全域のオルソフォト画像。縮尺 1/50,000 地形図単位で 48 面。

本調査で撮影した空中写真を基に作成した地上解像度 2m の画像データ。

9) 土地利用データ

縮尺 1/50,000 地形図単位で 11 面の土地利用区分データ。

10) 現地写真画像データ

調査期間中に撮影した現地写真。

## 15. 本調査での問題点

本調査を実施した結果、以下のような問題点が生じた。

今後同様な調査を実施する際には、ぜひともこれらの点を踏まえて実施して欲しいと願うものである。

1) 余裕のある技術移転計画

本調査で技術移転に与えられた時間はフィールド調査を除くと各工程が 1 ヶ月であった。この 1 ヶ月間で技術の基礎知識を与え、調査地域全体の 10% にあたる地域の実作業を行うことは非常に困難であった。理想的には 3 ヶ月ほどの時間が必要である。

2) 作業環境の整備

ミャンマー国においてはインフラの整備状況は貧弱で、特に電力に大きな課題が生じた。数値図化機および数値編集機を UTM プロジェクトが進められている建物に設置したため、停電の影響は少なくすんだが、その他調査団の作業、印刷では停電の影響が大きく、十分な調査ができない場面もあった。発電機等の作業環境の整備も考慮する必要があるだろう。

### 3) 地名集の必要性

地形図を作るうえで地名は重要な要素である。本調査では地名を英語表示するため、ミャンマー語の地名を英語表記した。

しかし、英語の綴りが人によって異なり、フィールド調査で取得した綴りが違っており、何度か修正を繰り返した。

今後、地形図を作成する際には、作業開始とともに地名を収集し、地名集を作り、正しい英語のつづりを決める。このようにすれば修正を繰り返すこともなく、早く正しい地名注記を作成できることになる。

## 16. 測量局への提言

本調査を実施してきて、調査団より測量局に対し、測量局が今後より発展するために次のような事項を進めることを要望する。

### 1) 国土空間データ基盤 (NSDI) の構築

国土の現状の理解、開発計画を策定するための基本資料である国土空間データは、道路、鉄道、ダム等の産業活動や生活の基盤となる施設と同様に社会基盤として定義され国家によって整備されるものである。

空間データ基盤とは空間データを有効活用するための基礎データと位置付けられている。

本調査でミャンマー国南部デルタ地域のGIS基盤データが作成された。

また、測量局がすでに実施しているUTMプロジェクトで作成している地域の地形図データをGIS基盤データとすることで、これらデータセットを結合して、国全体のGIS基盤データとすることを願うものである。

現在各国はNSDIを推進しようとして計画中であることを表明している。しかし、各国が保有する既存の基本図は作成年が古く、その更新に頭を悩ませているところである。

これに対し、ミャンマー国ではすでに国土の半分の地域の地形図が更新され、2



年後には全土の更新がなされようとしている。これをベースにした空間データ基盤が実現すると、アジア地域ではどこの国よりも早くNSDI整備がなされることになるだろう。

## 2) 国家空間データ基盤 (NSDI)

空間データ基盤は次のようなことから構成されると言われている。

### A) 基盤を利用するための政策

ミャンマー国は現在、**e-Government** を掲げ、高度情報通信社会を作ろうと進めている。

### B) 情報通信インフラ

空間データ基盤の利用を推進するための組織を作り、情報検索・利用を目的としたクリアリングハウスを設置する。

### C) 情報流通のための標準規格

国際標準規格に準拠したデータの整備

### D) 基盤を効率的に運用するための産学官のパートナーシップ

効率的な運用を行うため産学官で委員会を作る。

### E) 骨格的かつ、共通利用可能な空間データ

空間データ基盤の作成

## 3) 地理情報センターの設立

測量局は国内で唯一の地図作成機関である。測量局は地図にかかわる情報を収集し、それを流通させるためクリアリングハウスを作るべきと考える。

ISO/TC 211 や国連アジア太平洋地図会議等の国際学会に参加し、世界の地図に関する情報を集約する機関となるべきと考える。

また、GISに関心のある諸機関の情報交換の場を作るべきと考える。

## 4) 活動の公表

地形図の作成は高度で難しい作業である。また、地形図は国土を理解する重要で有用なものである。そこで、測量局の日々の活動を多くの国民に知らせる必要がある。インターネットを活用して、ホームページを作成し、活動を広く広報するとともに、測量局が保有する地形図、空中写真等の資料を公開することで、保有資源の有効活用が図れる。

また、測量局は地形図作成に使用する各種の機器を保有している。それらは古く、保守がなされていないため、実用に適さないものもあるが、写真測量の原理を知る上では貴重なものであり、一般の人に展示する。この他、

地図作成の工程のパネル等を作成して、地図博物館の設置をすることも必要ではなかろうか。

#### 5) 地図学習の啓蒙・普及協力

地形図はその紙面に数多くの情報が明示されている。しかし、その内容を読み取ることは難しく、訓練が必要である。

これは小さな子供のときから教育する必要がある。そのため、小中学生用の地図帳、地図に関する副読本などの作成を行うことも必要であろう。

## 省略語

略 称	内 容
SD	Survey Department(測量局)
JICA	Japan International Cooperation Agency (国際協力機構)
TIN	Triangulated Irregular Network (不規則三角網)
NSDI	National Spatial Data Infrastructure(国家空間データベース整備)
ISO	International Organization for Standardization (国際標準化機構)
GPS	Global Positioning System (汎地球測位システム)
UTM	Universal Transverse Mercator (ユニバーサル横メルカトル)
GIS	Geographic Information System (地理情報システム)
UPS	Uninterruptible Power Supply (無停電電源装置)
DEM	Digital Elevation Model (数値標高モデル)
TC 2 1 1	Technical Committee 211 (第2 1 1 技術委員会)
ASEAN	Association of South East Asian Nations (東南アジア諸国連合)
DWG	Drawing file of Auto-Cad inner format (Auto-Cad の内部ファイル形式)
CD-ROM	Compact Disk Read Only Memory (読出専用メモリーで使用する記録媒体)



## 目 次

序文

伝達分

調査概要表

調査の要旨と提言

省略語

<b>1. 調査の概要</b>	1
1. 1 調査の目的と目標	1
1. 2 調査対象地域	1
1. 3 調査全体のフローチャート	2
1. 4 調査団の編成	3
1. 5 調査業務の概要	4
1. 6 調査の範囲	5
1. 7 調査実施上の留意点	5
1. 8 報告書本編の構成	6
<b>2. 地形図データおよび地形図作成の仕様協議</b>	7
2. 1 測地諸元の確認	7
2. 1. 1 測地諸元とデータ	7
2. 2 取得地物の確認	8
2. 2. 1 図式規定の原稿作成	8
2. 2. 2 仕様の改訂	8
2. 3 整飾版の決定	9
<b>3. カウンターパート機関の現況調査</b>	10
3. 1 測量局の組織図	10
3. 2 測量局が保有する機材	11
3. 3 測量局が保有する地形図等	11
3. 4 UTMプロジェクト	12
3. 5 本調査のカウンターパートと保有技術	14
<b>4. 機材の調達</b>	15
4. 1 機材および図書の調達	15
4. 2 測地関連機材の導入	15

4. 3	写真測量機材の導入 -----	15
4. 4	その他教育用機材の導入 -----	15
4. 5	図書等の購入 -----	16
<b>5.</b>	<b>空中写真撮影 -----</b>	<b>18</b>
5. 1	空中写真撮影の仕様 -----	18
5. 2	作業計画 -----	18
5. 2. 1	作業着手のための手続き -----	18
5. 2. 2	撮影再委託会社の選定 -----	18
5. 3	撮影の実施 -----	19
5. 4	精度管理 -----	20
5. 5	2倍伸空中写真の作成 -----	20
5. 6	G P Sによる撮影地点のデータ記録 -----	20
5. 7	画像データの作成（スキヤニング） -----	21
5. 8	成果品 -----	22
<b>6.</b>	<b>標定点測量 -----</b>	<b>24</b>
6. 1	G P S測量 -----	24
6. 1. 1	作業計画 -----	24
6. 1. 2	標定点の設置 -----	24
6. 1. 3	観測 -----	25
6. 1. 4	基線解析 -----	26
6. 1. 5	精度管理 -----	26
6. 1. 6	成果品 -----	28
6. 2	簡易水準測量 -----	29
6. 2. 1	作業計画 -----	30
6. 2. 2	既存水準点の踏査 -----	30
6. 2. 3	観測 -----	30
6. 2. 4	精度管理 -----	31
6. 2. 5	ジオイド高の算出 -----	32
6. 2. 6	ジオイド起伏図の作成 -----	33
6. 2. 7	成果品 -----	34
6. 3	刺針 -----	35
6. 3. 1	技術指導 -----	36
6. 3. 2	作業計画 -----	36
6. 3. 3	刺針の実施 -----	36

6. 3. 4	精度管理	37
6. 3. 5	成果品	37
6. 4	対空標識設置	38
6. 4. 1	対空標識の設置方法	38
6. 4. 2	対空標識の大きさ	39
<b>7.</b>	<b>空中三角測量</b>	<b>40</b>
7. 1	G P S 支援空中三角測量の原理	40
7. 2	空中三角測量で使用する資料	41
7. 3	使用した機械	41
7. 4	空中三角測量の実施範囲	42
7. 5	空中三角測量実施の手順	44
7. 6	品質管理	45
7. 7	問題点	45
7. 8	成果品の作成	45
<b>8.</b>	<b>数値図化</b>	<b>46</b>
8. 1	地物データの取得方法	46
8. 2	準備作業	46
8. 2. 1	作業に使用した資料	46
8. 2. 2	使用した機材	46
8. 3	数値図化の実施	46
8. 3. 1	作業範囲	46
8. 3. 2	作業手順	46
8. 3. 3	点検	47
8. 4	オルソフォトの作成	47
8. 4. 1	DTM の作成	47
8. 4. 2	オルソフォトの作成	47
8. 5	地形図の確認とデータ整理	47
<b>9.</b>	<b>現地確認調査</b>	<b>49</b>
9. 1	現地確認調査の方法	49
9. 2	デジタル手法の利用	49
9. 2. 1	Handy GPS の利用	49
9. 2. 2	注記資料図の作成	49
9. 2. 3	調査用資料の作成	49

9. 3	ヤンゴン市内における実験作業	49
9. 4	予備調査	50
9. 5	本格調査	51
9. 5. 1	作業用資料の準備	51
9. 5. 2	現地作業の実施	51
9. 6	調査結果の整理	51
9. 6. 1	資料の整理	51
9. 6. 2	測量局が実施している現地確認調査手法の確認	51
9. 6. 3	資料・情報の収集	52
9. 6. 4	現地確認調査項目の決定と写真判読カードの作成	53
9. 6. 5	ヤンゴン市内の現地調査	53
<b>10.</b>	<b>数値編集（地形図データの作成）</b>	<b>54</b>
10. 1	準備作業	54
10. 2	数値編集の実施	54
10. 3	数値編集の整理	56
<b>11.</b>	<b>地図記号化編集（描画データの作成）</b>	<b>57</b>
11. 1	準備作業	57
11. 2	地図記号化編集の実施	57
11. 3	印刷図作成のための編集	57
11. 4	検査	57
<b>12.</b>	<b>地形図データの検査</b>	<b>58</b>
12. 1	検査の実施	58
<b>13.</b>	<b>補備測量</b>	<b>61</b>
13. 1	準備作業	61
13. 2	補備測量の実施	62
13. 2. 1	作業手順	62
13. 3	整理	62
<b>14.</b>	<b>補測編集</b>	<b>65</b>
14. 1	準備作業	65
14. 2	補測編集の実施	65



<b>15. 構造化編集 (GIS 基盤データの作成)</b>	-----	66
15. 1	結合ファイルの作成	66
15. 2	G I S 基盤データの作成	66
15. 3	メタデータの作成	66
15. 4	C D - R O M の作成	66
<b>16. 地理情報データベースの作成</b>	-----	67
16. 1	収集した資料	67
16. 2	属性データの作成	67
16. 3	地理情報データベースの作成	67
<b>17. ミャンマー測量局による地形図の印刷</b>	-----	68
17. 1	測量局の印刷技術	68
17. 2	準備作業	68
17. 3	地形図印刷の実施	69
17. 4	印刷の作業期間と施工管理	69
17. 5	印刷図の検査	69
<b>18. 土地利用図の作成</b>	-----	70
18. 1	土地利用作成の目的	70
18. 2	作業対象地域	70
18. 3	土地利用区分	72
18. 4	土地利用図作成の手順	72
18. 5	土地利用区分現地調査	72
18. 6	土地利用図および土地利用データの作成	73
18. 7	成果品	73
<b>19. 技術移転</b>	-----	76
19. 1	技術移転項目	76
19. 2	標定点測量	76
19. 2. 1	対空標識設置	77
19. 2. 2	GPS 測量	77
19. 2. 3	RTK-GPS	78
19. 3	簡易水準測量	78
19. 4	刺針	79
19. 5	空中三角測量	79

19. 5. 1	測量局が従来実施している手法の解析 -----	79
19. 5. 2	技術移転の内容 -----	80
19. 5. 3	GPS 空中三角測量の原理 -----	81
19. 6	数値図化 -----	81
19. 6. 1	測量局における図化作業の現状 -----	81
19. 6. 2	数値図化の技術指導 -----	81
19. 6. 3	数値図化の実施 -----	82
19. 6. 4	作業範囲 -----	82
19. 6. 5	作業工程 -----	83
19. 6. 6	品質管理 -----	83
19. 7	現地確認調査 -----	84
19. 7. 1	測量局が実施している現地確認調査手法の確認 -----	84
19. 7. 2	資料・情報の収集 -----	86
19. 8	数値編集および地図記号化編集 -----	86
19. 9	現地補測 -----	87
19. 10	補測編集 -----	88
19. 11	構造化編集および地理データベースの作成 -----	88
19. 12	技術移転に関するコメント -----	88
19. 13	日本でのカウンターパート研修 -----	88
19. 13. 1	研修内容・目的 -----	88
<b>20.</b>	<b>技術移転セミナーの開催 -----</b>	<b>91</b>
20. 1	セミナー 1 -----	91
20. 2	セミナー 2 -----	92
20. 3	参加者 -----	94

添付資料 1. 調査で収集した書籍

添付資料 2. 調査で収集した教育用CDリスト

## 図

図 1. 2. 1	調査対象地域(背景図は本調査で作成されたオルソフォト図)	-----	1
図 1. 3. 1	フローチャート	-----	2
図 3. 1. 1	測量局の組織図	-----	10
図 3. 4. 1	UTMの作業工程	-----	14
図 4. 1. 1	本調査で導入したデジタル写真測量の機械	-----	17
図 5. 3. 1	撮影を実施した地域	-----	19
図 6. 1. 1	観測計画図	-----	25
図 6. 1. 2	閉合多角形による測定精度の点検箇所	-----	27
図 6. 2. 1	水準測量	-----	29
図 6. 2. 2	水準測量	-----	29
図 6. 2. 3	水準儀NA3003	-----	30
図 6. 2. 4	新規に測量した水準路線(青色)	-----	31
図 6. 2. 5	ジオイド起伏図	-----	33
図 6. 3. 1	刺針点としてのパゴダ	-----	36
図 6. 3. 2	偏心要素の測定	-----	36
図 6. 4. 1	正方形型対空標識	-----	38
図 6. 4. 2	三枚羽対空標識	-----	38
図 6. 4. 3	十字羽型対空標識	-----	38
図 7. 1. 1	GPS支援空中写真測量	-----	40
図 7. 2. 1	GPSアンテナのオフセット(dはオフセットベクトル)	-----	41
図 7. 3. 1	空中三角測量の実施	-----	41
図 7. 4. 1	空中三角測量標定図(ゾーン46)	-----	42
図 7. 4. 2	空中三角測量標定図(ゾーン47)	-----	43
図 7. 5. 1	空中三角測量の手順	-----	44
図 8. 3. 1	本調査で作成する図面(Uの記号が延伸部分)	-----	48
図 9. 6. 1	旧図からの地名読み取り結果	-----	53
図 12. 1. 1	オルソフォト上にオーバーレイされた地形図データ	-----	58
図 13. 3. 1	資料図の整理	-----	64
図 18. 2. 1	作成した土地利用図の図葉番号	-----	71
図 18. 4. 1	土地利用原稿図(上図)と成果品(下図)	-----	75
図 19. 2. 1	RTK測量システム(既知点)	-----	78
図 19. 2. 2	RTK測量システム(移動点)	-----	78
図 19. 5. 1	空中三角測量の実施	-----	80
図 19. 6. 1	数値図化・数値編集作業	-----	82
図 19. 6. 2	数値図化のフローチャート	-----	83

図 19. 7. 1	現場での現地補測 -----	85
図 19. 7. 2	学校でのハンディGPS観測 -----	85
図 19. 8. 1	数値編集トレーニング -----	87
図 19. 13. 1	日本でのトレーニング -----	90

## 表

表 1. 4. 1	要員の配置	3
表 3. 2. 1	測量局が保有する機材	11
表 3. 3. 1	測量局が保有する地形図とそのカバー率	12
表 3. 3. 2	測量局が販売する地図	12
表 3. 4. 1	UTMプロジェクトの各ステージでの作成面数（計画）	13
表 3. 4. 2	測量局が保有するUTMプロジェクト機材	13
表 4. 2. 1	導入した測地関連機材	15
表 4. 3. 1	導入した写真測量関連機材	15
表 5. 6. 1	GPSによる撮影地点の記録	21
表 5. 7. 1	使用したスキャナーの仕様	21
表 5. 8. 1	調査で撮影された航空写真枚数	23
表 6. 1. 1	GPS作業に従事したCP及び測量作業員	24
表 6. 1. 2	GPS観測の観測仕様	25
表 6. 1. 3	GPS観測に使用した機器	26
表 6. 1. 4	閉合多角形による測定精度の点検	27
表 6. 1. 5	重複辺の点検	28
表 6. 2. 1	水準測量に従事したカウンターパート	29
表 6. 2. 2	簡易水準の仕様	30
表 6. 2. 3	使用した水準儀	31
表 6. 2. 4	水準測量の閉合差	31
表 6. 2. 5	ジオイド高の算出	32
表 6. 2. 6	標定点の最終の座標値	34
表 6. 3. 1	刺針に従事したカウンターパート	37
表 6. 3. 2	刺針点の評価表	37
表 7. 2. 1	カメラのパラメータ	41
表 7. 6. 1	調整計算の成果	45
表 12. 1. 1	発見された間違いの内容と個数（47ゾーンの18面分）	60
表 13. 2. 1	作業期間	62
表 13. 3. 1	数値編集前に生じた疑問事項ならびに再調査の方法（主な項目）	63
表 17. 2. 1	印刷に必要な材料	68
表 18. 5. 1	配属された技術者	73
表 18. 7. 1	土地利用データの土地利用区分	74
表 19. 2. 1	GPS作業に従事したCP及び測量作業員	77
表 19. 3. 1	水準測量に従事したカウンターパート	78
表 19. 4. 1	刺針測量に従事したカウンターパート	79

表 19. 5. 1	空中三角測量に従事したカウンターパート	80
表 19. 6. 1	測量局からアサインしたカウンターパート	82
表 19. 7. 1	測量局からアサインしたカウンターパート	84
表 19. 8. 1	選任された数値編集担当技術者	87
表 19. 13. 1	日本でのカウンターパート研修内容	88
表 20. 1. 1	技術移転セミナー1プログラム	92
表 20. 2. 1	技術移転セミナー2プログラム	93

## 1. 調査の概要

### 1.1 調査の目的と目標

本調査の目的は以下の3点である。

- 1) ミャンマー国の復興・開発計画を策定するための基礎資料となる縮尺 1/50,000 地形図データセットの作成と GIS 基盤データの構築
- 2) 本調査で作成する GIS 基盤データを広く多方面の利用者に活用させること。GIS 基盤データの活用と相互利用を図るための「GIS ガイドライン」の作成。
- 3) 本調査を通じて、ミャンマー国カウンターパートへの地形図データ作成の技術移転実施。

また、上記の目的に添って、本調査の達成すべき目標は次の3点である。

- 1) 作成された地形図等の成果品を用いて、国家開発計画が効率的に進められること。
- 2) デジタル化、データベース化された地形図が関係機関での GIS 構築に活用される。
- 3) 技術移転により測量局の能力が強化され、自力で UTM プロジェクトを実施できるようになる。

### 1.2 調査対象地域

本調査はミャンマー国南部（ヤンゴン管区、イラワジ管区およびバゴ管区の一部）の約 33,000 平方キロメートル(以下 km<sup>2</sup>)を対象として実施される。地理的には北緯 15° 30′ から 17° 15′、東経 94° 30′ から 97° 00′ に囲まれた地域である。

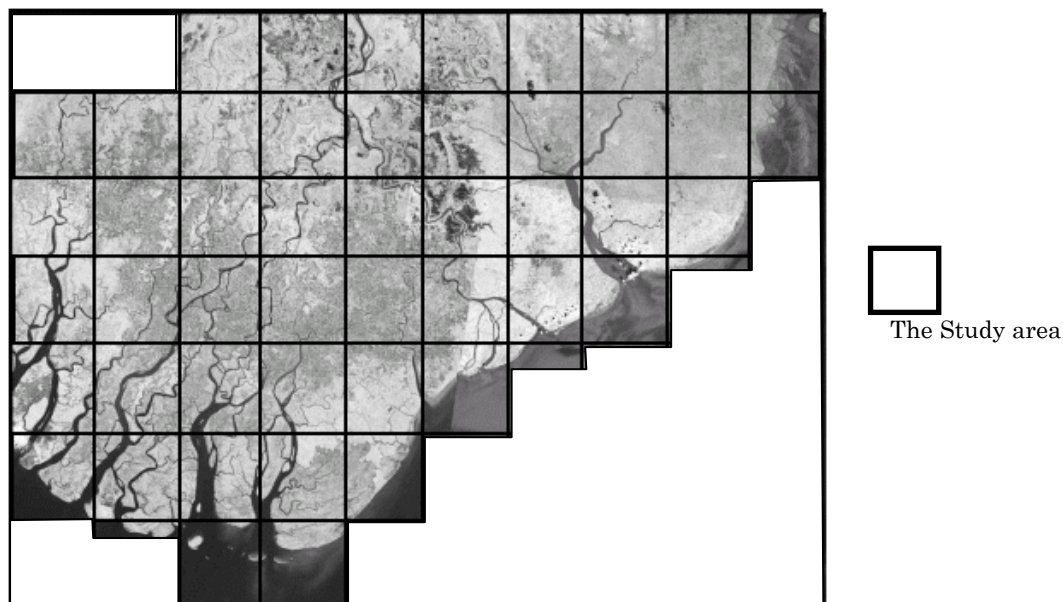


図 1.2.1 調査対象地域（背景図は本調査で作成されたオルソフォト図）





1.3 調査全体のフローチャート

フローチャートは次のとおり。

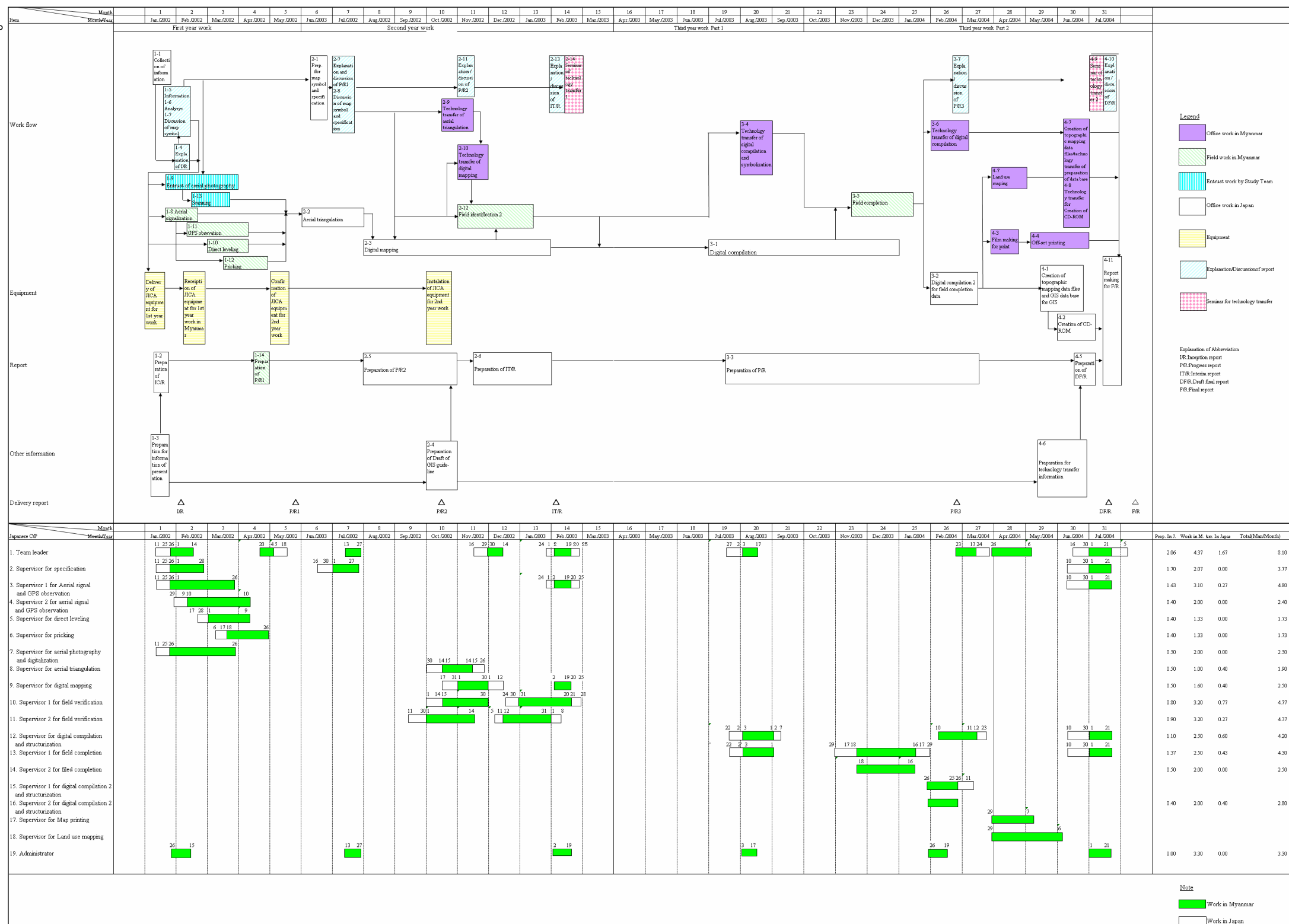


図 1.3.1 フローチャート



## 1.4 調査団の編成

調査団は古跡 純一を総括として以下に示す団員により編成し、現地調査を実施した。

表 1.4.1 要員の配置

年次	担当	名前	期間	派遣日数
第1年次	総括	古跡 純一	2002.1.26～2002.2.14	20日
			2002.4.20～2002.5.4	14日
	仕様協議	渡辺 徹	2002.1.26～2002.2.28	34日
	GPS測量	河野 信一	2002.1.26～2002.3.26	60日
		高橋 博将	2002.2.10～2002.4.10	60日
	水準測量	上村 晃一	2002.3.1～2002.4.9	40日
	刺針	小川 博美	2002.3.18～2002.4.26	40日
	写真撮影	細田 秀人	2002.1.26～2002.3.26	60日
業務調整	野中 一郎	2002.1.26～2002.2.15	15日	
第2年次	総括	古跡 純一	2002.7.13～2002.7.27	15日
			2002.11.30～2002.12.14	15日
			2003.2.2～2003.2.19	18日
	空中三角測量	玉利 清文	2002.10.15～2002.11.13	30日
	数値図化	寺田 常男	2002.11.1～2002.11.30	30日
	現地確認調査	志水 信雄	2002.11.1～2002.12.15	45日
		五味 謙隆	2002.10.1～2002.11.14	45日
	セミナー1	河野 信一	2003.2.2～2003.2.19	18日
寺田 常夫		2003.2.2～2003.2.19	18日	
志水 信雄		2003.2.2～2003.2.19	18日	
業務調整	林 慎千	2002.7.13～2002.7.27	15日	
第3年次 その1	総括	古跡 純一	2003.8.3～2003.8.17	15日
	数値編集・記号化	大仲 実則	2003.8.3～2003.9.1	30日
		松下 宜照	2003.8.3～2003.9.1	30日
業務調整	林 慎千	2003.8.3～2003.8.17	15日	
第3年次 その2	総括	古跡 純一	2003.11.24～2003.12.1	8日
			2004.1.26～2004.2.19	25日
			2004.7.1～2004.2.19	21日
	現地補備測量	五味 謙隆	2003.11.18～2004.1.16	60日
		臼田 健太郎	2003.11.18～2004.1.16	60日
	補測編集／構造化	大仲 実則	2004.1.26～2004.2.25	30日
		松下 宜照	2004.1.26～2004.2.25	30日
	印刷	古跡 純一	2004.3.29～2004.5.7	40日
	土地利用図作成	松下 宜照	2004.3.29～2004.6.6	70日
	セミナー2	河野 信一	2004.7.1～2004.7.21	21日
		志水 信雄	2004.7.1～2004.7.21	21日
		五味 謙隆	2004.7.1～2004.7.21	21日
業務調整	野中 一郎	2004.1.26～2004.2.19	25日	
		2004.7.1～2004.7.21	21日	

## 1.5 調査業務の概要

3年間にわたる調査に対し、以下に各年度に行われた作業項目のみを列挙し、その概要を述べる。

### (1) 第1年次調査

以下の作業を第1年次として平成14年1月11日から6月17日まで実施。

- 1) インセプションレポート等の作成・協議
- 2) 作業規定(案)の作成・協議
- 3) 対空標識設置の実施(共同作業、技術指導)
- 4) 空中写真撮影の実施(現地再委託)
- 5) GPS観測の実施(共同作業、技術指導)
- 6) 簡易水準測量の実施(共同作業、技術指導)
- 7) 刺針作業の実施(共同作業、技術指導)
- 8) プログレス・レポート(1)の作成

### (2) 第2年次調査

以下の作業を第2年次として平成14年6月26日から平成15年3月13日まで実施。

- 1) プログレス・レポート(1)の説明・協議
- 2) 地形図の仕様・図式(案)の作成・協議
- 3) 空中三角測量の実施(国内作業、技術指導)
- 4) 数値図化の実施(国内作業、技術指導)
- 5) GISガイドライン(案)の作成
- 6) 現地確認調査の実施(共同作業、技術指導)
- 7) プログレス・レポート(2)の作成・協議
- 8) インテリム・レポートの作成・協議
- 9) 技術移転セミナーの開催

### (3) 第3年次その1調査

以下の作業が第3年次その1として平成15年5月30日から9月19日まで実施された。

- 1) インテリム・レポートの説明・協議
- 2) 数値編集1の実施(国内作業、技術指導)
- 3) 現地補備測量の実施(共同作業、技術指導)
- 4) 補測編集の実施(国内作業、技術指導)
- 5) プログレス・レポートの作成・協議

### (4) 第3年次その2調査

以下の作業が第3年次その2として平成15年10月10日から平成16年8月30日まで実施された

- 1) 地形図データファイル作成およびデータベース構築(国内作業、技術指導)
- 2) 地形図の印刷(測量局が実施、技術指導)

- 3) 土地利用図の作成（国内作業、技術指導）
- 4) CD-ROMの作成（国内作業、技術指導）
- 5) ドラフト・ファイナルレポートの作成

## 1.6 調査の範囲

### (1) 撮影範囲

撮影範囲は測量局との協議の結果、北緯 17 度 15 分以南、東経 97 度以西の範囲が撮影縮尺 1:50,000 で撮影された。ただし、ヤンゴン上空は飛行禁止区域が含まれているため一部撮影できない部分があった。

### (2) 地形図作成の範囲

本調査の図化範囲は空中三角測量を実施した後、オルソフォトを作成して陸域と海域の区分がなされ正式に作業範囲が定められた。ミャンマー国が定義する図郭単位では 52 面となる。しかし、その中の 4 面は陸地面積が少なく、微小な範囲であることから上部の図葉に含めることとし、図葉としては 48 面作成することになった。

### (3) 他プロジェクト用の資料の作成

本調査のほか同じ林業省で JICA が実施するエーヤーワーディ・デルタ住民参加型マングローブ総合管理計画調査で使用する資料として本調査の成果品の一部を複製した。この成果品は 4 月 3 日に現地の JICA 事務所に納品された。

- |                |        |
|----------------|--------|
| 1) 密着空中写真      | 1 Set  |
| 2) 2 倍新空中写真    | 2 Sets |
| 3) ポジフィルム      | 1 Set  |
| 4) 空中写真デジタルデータ | 1 Set  |
| 5) 空中写真撮影標定図   | 1 Set  |

## 1.7 調査実施上の留意点

### (1) 測量局の技術を調査・分析した結果に基づき技術指導の実施

測量局は現在、UTM 事業を実施しており、地形図作成の技術は保有している。そのため、各工程を実施するうえで、最初に測量局の保有する技術の内容を調査し、技術力を理解した上で、効率的な品質の高い成果を作成する技術を移転することとした。

### (2) デジタル技術の活用

従来の地形図作成技術は高度な機械を操作し、高精度な作業が強いられ、熟練を要する技術が求められていた。しかし、現在ではコンピュータを組み込んだ装置を使うことにより、正確な観測が可能となり、後の処理はコンピュータを駆使することによって技術者の養成が早まり、また精度の劣化も少なくなっている。このため、GPS、デジタルレベル、Handy GPS、デジタルプロッター、デジタル編集機などデ

デジタル処理機やデジタルカメラ、スキャナー等多くのデジタル技術を活用することで、品質の高い成果を得る道具として使用した。

(3) 作業マニュアルの作成

共同作業、技術指導した作業の内容はできるだけ記録に残すことにより、最終的に作業マニュアルとしてまとめ、繰り返して実施する際の作業の確認、後輩の指導等に活用できるようにした。

(4) 品質に重点をおく作業工程

地形図作成はいくつもの工程から成り立つ作業である。効率的に作業を実施するためには、後戻りのない作業を実施するよう各工程できちんとした品質管理を実施する。

## 1.8 報告書本編の構成

英文及び日本語による報告書は以下の3分冊構成である。

1. Executive Summary (要約)
2. Volume 1 Main Report (報告書本編)
3. Volume 2 Documents (報告書付録)
  - 1) Technical Specifications for Digital Topographic Mapping
  - 2) The Survey Manual for Topographic Mapping
  - 3) GIS Guideline

## 2. 地形図データおよび地形図作成の仕様協議

本調査で作成する地形図データおよび地形図作成の仕様に関し、測量局と協議し決定した。最初に作成した原案は作業を通じて改良点が発見され、協議を重ね「作業規定」および「図式および適用規定」としてまとめた。図式および適用規定は改定が数度行われたため、版番号を付与して管理した。

### 2.1 測地諸元の確認

地理的位置を正確に定義するために、ミャンマー国で規格化されている測地諸元を確認した。ミャンマー国ではUTMプロジェクトと名づけられた地形図作成事業が2001年度から6年かけ全国規模で始まっている。この中で“Myanmar Datum 2000”と名づけた世界基準系と整合を取った一等基準点測地網を完成させている。このため、本調査が作る地形図及び地形図データの測地諸元もこれと同一のものを採用し、整合性を持たせることとした。

#### 2.1.1 測地諸元とデータ

ここで採用した測地諸元のデータは以下の要素である。

##### (1) 準拠楕円体

準拠楕円体は従来と同様に Everest 1830 を採用する。

長半径  $a=6,377,276.345\text{m}$

扁平率  $f=1/300.8017$

##### (2) 平面位置

平面位置の基準は一等基準点網の Yangon 点を採用する。

基準点名 : Yangon (Kaynathpo)

緯度 :  $N16^{\circ} 58' 20.62762''$

経度 :  $E96^{\circ} 07' 36.99653''$

##### (3) 楕円体変換パラメータ

世界統一座標系として GPS で採用している WGS-84 楕円体から、ミャンマー国が採用している Myanmar Datum 2000 への変換パラメータを採用する。その値は以下の様になる。

$\Delta X=-246.632\text{m}$

$\Delta Y=-784.833\text{m}$

$\Delta Z=-276.923\text{m}$

但し、この値は Yangon 基準点でのジオイド高を 0m と仮定して求められた数値である。

なお、隣国バングラデシュの WGS-84 より Everest 1830 への楕円体変換パラメータは  $\Delta X=-283.729\text{m}$ 、 $\Delta Y=-735.942\text{m}$ 、 $\Delta Z=-261.143\text{m}$  である。

##### (4) 標高

ミャンマー国では、高さの基準は **Kyaikkami** にある検潮所で観測した **Andaman 海** の平均海水面を標高の基準としている。当調査においても同様に、この基準で測定した既存の水準点の標高を使用する。

(5) 地図投影法

従来使用していたランベルト図法に変わり **UTM 図法** を採用する。ゾーン **46** およびゾーン **47** が含まれる。また、各々の中央子午線は東経 **93 度** と **102 度** である。

(6) 図葉の大きさ

縦横とも **15´ x 15´** の大きさとする。

(緯度・経度を **15´** 単位で分割し、この 4 点を四隅として、各々を直線で結んだ範囲を 1 図葉と定義した)

## 2.2 取得地物の確認

本調査で作成する地形図データに取り込む地物を協議して、取得地物およびその適用規定を作成した。適用規定および図式の決定にあたっては、既存地図を参考として分析して決定することとした。

### 2.2.1 図式規定の原稿作成

収集した既存図は次の 3 種であるが、1)、2) および 3) はインド測量局が 1 インチ 1 マイル図を作成する際に採用した図式規定に準拠している。UTM プロジェクトでも採用していることから、この事業と整合を取るために 3) の資料を基に本調査で使用する図式を検討することとした。既測の UTM 図面は内陸部の図面であり、今回は海岸域のデルタ地帯であることから、海域に関する地物を多く加えることとした。

- 1) インド測量局により 1940 年代に作成された縮尺 **1/63,360** 地形図
- 2) ミャンマー測量局が上記地形図を基に 1970 年代に作成した縮尺 **1/50,000** 地形図
- 3) UTM プロジェクトにより作成された縮尺 **1/50,000** 地形図

### 2.2.2 仕様の改訂

実際、作業を進めていく中で、数回、仕様について協議を行った。

1) 図式規定

図式規定に従い地物データを取得する。実際に作業を進めた結果、種々の疑問が生じており、これを解決すべく図式規定の見直しを行った。測量局側は仕様の解説をミャンマー語に翻訳する際に生じた疑問、日本側は国内作業で数値図化、数値編集を行う上で生じた疑問を相互に示し、個々の疑問を解決し調整した。最終版は **Version5** である。

Version 1 : 調査団が作成した原案(1/7/2002)

Version 2 : 調査団と測量局が協議した結果の原案 (4/12/2002)



Version 3 : 改訂された原案 (14/02/2003)

Version 4 : 注記データに関する記述の追加 (14/02/2003)

Version 5 : 一部の訂正を加えた最終版 (14/02/2003)

### 2.3 整飾版の決定

UTM プロジェクトで使われている整飾版を基本として若干の変更を加え、作成した。追加した事項は以下のものである。整飾版の詳細については作業マニュアルに記している。

- 1) JICA と SD の共同事業であることの文
- 2) JICA のロゴマークの挿入
- 3) 磁北の偏移量

“This map was produced jointly by Japan International Cooperation Agency (JICA) and Survey Department, Ministry of Forestry in the Union of Myanmar under the Japanese Government Technical Cooperation Program.”

### 3. カウンターパート機関の現況調査

測量局は林業省に属する機関で、ミャンマー国で地形図作成に責任をもつ唯一の機関である。インド測量局より分かれた機関であり、古くから、地形図の作成を行っている。1925年発行のデルタ地域の林相図作成においてもわかるように写真測量による地形図作成も古くから行われてきた。(注)「AERO-PHOTO SURVEY AND MAPPING OF THE FORESTS OF THE IRRAWADDY DELTA」, BURMA FOREST BULLETIN NO.11, 1925.

#### 3.1 測量局の組織図

測量局は図 3.1.1 に示されるように測量局長の下に 6 部で構成されている。その各部の主な業務は以下の内容である。

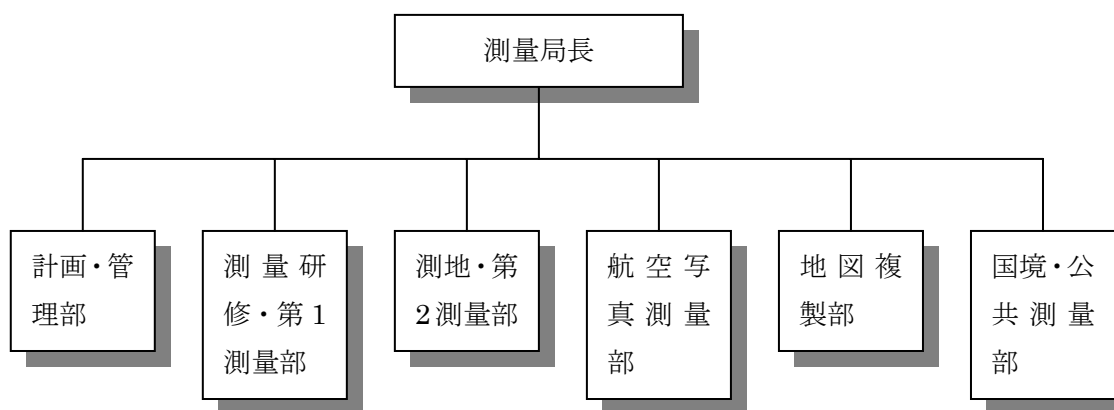


図 3.1.1 測量局の組織図

(出典 測量局提示資料を基に編集)

- 1) 計画・管理部  
ヘッドオフィス、管理部門
- 2) 測量研修・第1測量部  
ミャンマー国北部地区のあらゆる種類の測量 (2級及び3級基準点測量、地形測量)
- 3) 測地・第2測量部  
一等三角測量、一等水準測量の実施  
ミャンマー国南部地区のあらゆる種類の測量 (2級及び3級基準点測量、地形測量)
- 4) 航空写真測量部  
航空写真撮影及び写真測量の実施
- 5) 地図複製部  
製図及び地図印刷の実施
- 6) 国境・公共測量部

国境測量、各種プロジェクトの測量、民間の測量請負の実施  
現在、タイ、ラオス、中国、バングラデシュとの国境確定を行っている。

### 3.2 測量局が保有する機材

測量局が保有する機材を表 3.2.1 に示す。保有する機材の多くは旧式であるが、十分な台数があり、生産能力が高いことをうかがわせる。

エンコーダー付アナログ図化機（A8）を1台保有し、これが稼動していることからアナログからデジタル化への対応も行っていることがわかる。なお、解析図化機は保有していない。この他に現在進めている UTM プロジェクトを実施するために、最新の機械を導入している。これは表 3.4.2 に示す。

表 3.2.1 測量局が保有する機材

Instrument	Type of instrument	Set	Remarks	
測地・測量	レベル N3	11	2 台使用可能	
	レベル N2	5		
	セオドライト T3	4		
	セオドライト T2	18		
	トータルステーション	5		Leica:3、Topcon : 2
	GPS	5		ASHTEC
写真処理	電波測距儀	1		
	撮影用航空機	1	Cessna, Citation II,MAF4400	
	航空カメラ	1	RC-10 故障中	
	モノクロ現像機	6	HOPE134	
	密着現像機	1	SPEK3030	
写真測量	印画紙現像機	1	Quimipol	
	1 級図化機	1	A7(故障中)	
	2 級図化機	5	A8、B8	
	オルソフォト作成機	1	PPO8	
地図印刷	偏位修正機	1	SEG-VI	
	PS 版印刷機	1	Yoshitani 社製	
	印刷機	3	Heidelberg、2-color type	
	プロセスカメラ	2	1:manual, 1:Automatic (C520F)	

### 3.3 測量局が保有する地形図等

測量局はインド測量局から引き継いだ 1 インチ 1 マイル地形図、1 インチ 2 マイル及び 1 インチ 4 マイル地形図等を保有する傍ら、一般用全国図、カレンダーなど地図に関連し

た多くの資料も作成している。その中の一部は販売もしている。  
測量局が保有する地形図類を表 3.3.1 に示す。

**表 3.3.1 測量局が保有する地形図とそのカバー率**

地図名称	縮尺	等高線	面数	カバー率
1 インチ 1 マイル図	1/63,360	50feet	888	88%
1 インチ 2 マイル図	1/126,720	100feet	296	98%
1 インチ 4 マイル図	1/253,440	250feet	92	100%
州・管区図	1/8,000,000		14	100%

また、局内には地図販売所があり、そこで販売している地形図の価格もあわせて次表に示す。

**表 3.3.2 測量局が販売する地図**

No.	Type of map	Price (Kyat)
1	Map of Myanmar (1 inch to 32miles) in English	375
2	Map of Myanmar (1 inch to 32miles) in Myanmar	375
3	Map of Myanmar (1 inch to 45miles) in English	250
4	Map of Myanmar (1 inch to 45miles) in Myanmar	250
5	Map of Myanmar (1 inch to 20miles) in English	875
6	Map of Myanmar (1 inch to 20miles) in Myanmar	875
7	Map of Yangon (3 inches to 1mile) in Myanmar	1,000
8	World map (1 inch to 30millions) in English (2 sheet combined)	1,000
9	Calendar in 2004	1,500
10	Topographic Map ( 1 inch to 1mile, 1 inch to 2 miles and 1inch to 4 miles) <sup>注1)</sup>	850

1Kyat=0.135 円

<sup>注1)</sup> (By permission of Army)

### 3.4 UTM プロジェクト

測量局は現在全国の縮尺 1/50,000 地形図の作成を進めている。この UTM プロジェクトについて調査した。

#### 1) UTM プロジェクトの概要

独立以前にインド測量局により作成された地形図は作成後 50 年以上が立ち、経年変

化も多く、現状とは大きく変わっている。そこで、新規の地形図作成事業では、新たな水平位置原子への更新、メートル法の採用、また、地図投影法は UTM 投影法に変更、英語表記等国际標準の採用を行っている。

この作業は FINNMAP 社（フィンランド）と SUNTAC 社（ミャンマー国）の共同企業体から技術協力を得て実施している。最新技術を導入することによって技術取得の効率化を図り、6年間のプロジェクトとして計画され、ミャンマー国政府の予算で実施されている。

### 2) 現在の進捗と今後

現在、パイロットプロジェクトとしての初年度分 16 面および第 1 ステージでの 160 面の地形図が完了している。6 年計画を 5 年に短縮すべく、現在実施中である。

**表 3.4.1 UTM プロジェクトの各ステージでの作成面数（計画）**

ステージ	年度	作成面数
パイロットプロジェクト	2001	16 面
第 1 ステージ	2002	160 面
第 2 ステージ	2003	201 面
第 3 ステージ	2004	245 面
第 4 ステージ	2005	245 面
第 5 ステージ	2006	245 面

### 3) 導入機材

このプロジェクトを進めるにあたって測量局は以下の機材を新規に導入している。

**表 3.4.2 測量局が保有する UTM プロジェクト機材**

Instrument	Type of instrument	Set	Remarks
測地・測量	GPS 測量機	5	Ashtech
	Digital Level	2	Leica NA2002
写真撮影機材	コンピュータ制御航法システム	1	CCNS 4
写真測量機材	空中三角測量ソフトウェア	1	MATCH-AT
	デジタル・プロッター	10	DVP (8 sets) , Summit Evolution (2 sets)
	デジタル編集機	6	TNTmips
印刷用機材	イメージセッター	1	

#### 4) 図式と整飾

インド測量局作成の仕様を基にデジタル手法による表現に適合したものとする。

UTM プロジェクトの初年度に作成した印刷図の1図葉をサンプルとして受領した。

#### 5) UTM プロジェクトの作業工程

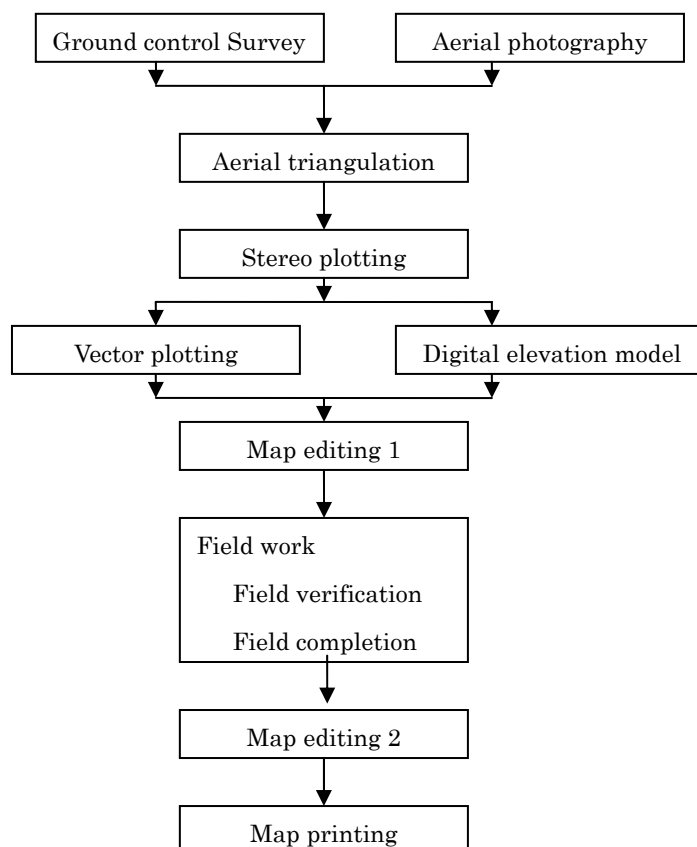


図 3.4.1 UTM の作業工程

### 3.5 本調査のカウンターパートと保有技術

本調査に対し、測量局は、写真測量部長（当時）である U Kant Sint を本調査の測量局側の総括に任命し、作業ごとに関係する部署の技術者をアサインする体制を整えた。

UTM事業は共同企業体との共同事業である。初期段階では、旧来の技術でできる現地作業と検査を測量局、空中三角測量、数値図化、数値編集等のコンピュータ処理を共同企業体と分業していたようであるが、現在では、多くの工程を測量局が実施している。本調査で作る作業規定および作業マニュアルが活用されているようである。

## 4. 機材の調達

### 4.1 機材及び図書への調達

本調査は技術移転を目的として実施するため、JICA は技術移転および共同で行う作業に必要な機材を調達することとした。(図 4.1.1 参照)

本調査では 1) 測地関連、2) 写真測量、および 3) GIS 関連の機械が導入された。また、書籍等の資料も購入した。

### 4.2 測地関連機材の導入

標定点測量に使用する測地関連資材として GPS 観測機およびデジタルレベルの最新機材が第 1 年次に導入された。

表 4.2.1 導入した測地関連機材

装置名	台数	備考
GPS 観測機	3	Trimble TS5700
パソコン	1	Note Type for GPS
デジタルレベル	3	Leica NA3003
平板測量	2	Tamura Type
トランシットコンパス	2	
Handy GPS	4	Garmin 38E

### 4.3 写真測量機材の導入

数値図化、数値編集に使用される装置が第 2 年次に導入された。

表 4.3.1 導入した写真測量関連機材

装置名	台数	備考
数値図化機	3	Summit Evolution
空中三角測量プログラム	1	PAT-M
数値編集機	4	TNTmips
カラープロッタ	1	A 0 版対応
プリンタ	1	A 3 版対応
無停電電源装置	1	

### 4.4 その他教育用機材の導入

- (1) パソコン 5セット

作業の補助ツールとして、また教育・訓練用として PC を 5 台導入した。GIS 用の統計データの作成やセミナー用資料の作成に使われた。

## (2) GIS ソフトウェア 1 セット

本調査で作成する GIS 基盤データの普及を目的として、データ交換、各種 GIS の利用可能性を検討するために GIS ソフトウェアを購入した。

GIS ソフトウェアの ArcView 及び Geomedia が候補として上げられ、価格の安い ArcView を購入することとした。

Arc View は最も普及している GIS ソフトウェアの一つである。GSI の解説書が多く出版されているが、その多くが Arc View をベースに執筆されている。また、ArcView のデータフォーマットである shape ファイル形式をデータ交換のためのフォーマットとしてサポートする GIS ソフトウェアは多く、shape ファイル形式および ArcView について理解することは、作成したデータの交換方法を検討する際にも非常に有用である。

## 4.5 図書等の購入

本調査の技術移転で扱う技術領域は測地学 (GPS)、写真測量、GIS 等が含まれる。単に機材を目の前にして操作技術を伝えるのみではなく、深く理解するためには理論的な背景も伝える必要があり、その補助教材として参考図書を収集することとし、その購入を含めて実施した。

### 1) 購入および収集した書籍

約 30 冊の購入した書籍は添付資料 1. に示す。

### 2) 収集した資料

磁気偏差に関する資料 (MAGNETIC VARIATION 2000 AND ANNUAL RATES OF CHANGE Reduced to the Epoch 2000.0 No.5374 British Geological Survey) .

2003 年 7 月に開催された国連アジア太平洋地図会議で収集したアジア地域の地形図作成の現状に関する資料

### 3) 収集した地図類

1/50,000 地形図(熊本、八代、西表島東北部、西表島西部)

1/10,000 地形図 (沖縄)

1/25,000 土地利用図 (上尾、戸塚)

### 4) 教育用 CD

GPS、写真測量、リモートセンシング等の教育用として利用できる CD を収集した。(添付資料 2. 参照)



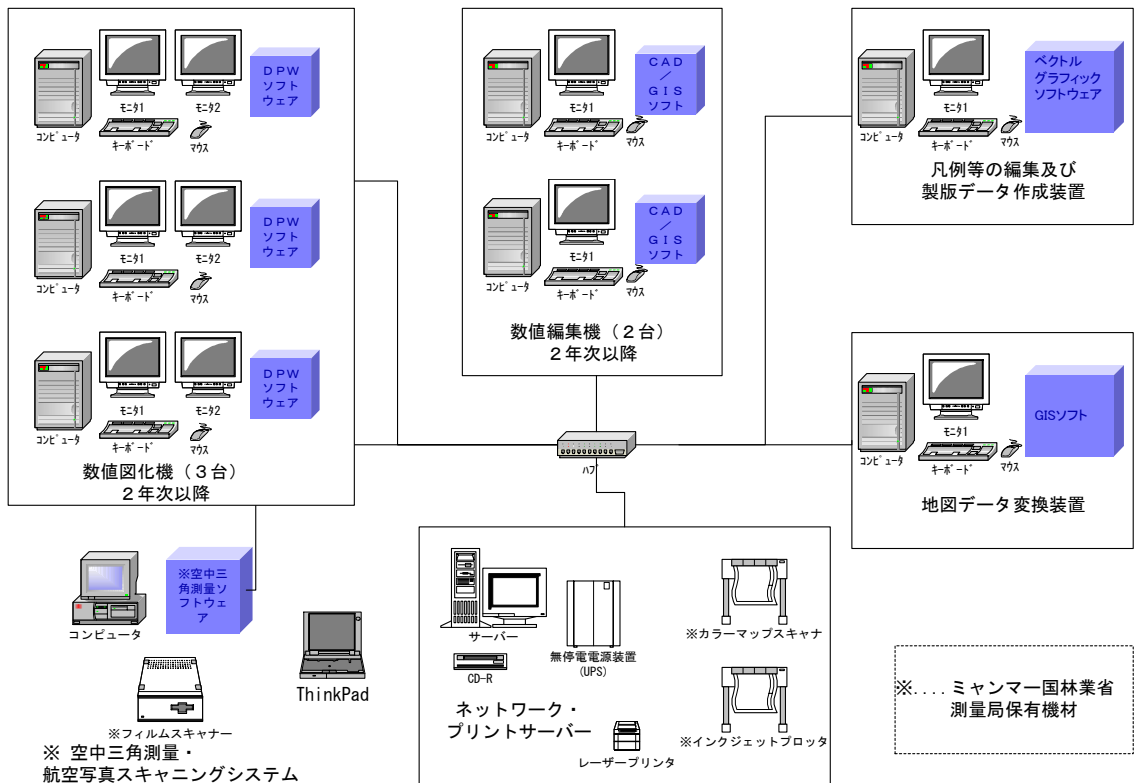


図 4.1.1 本調査で導入したデジタル写真測量の機械

## 5. 空中写真撮影

調査対象地域を含む北緯 17 度 15 分以南、東経 97 度以西の範囲の空中写真撮影が実施された。この業務は、現地再委託業務として実施された。

### 5.1 空中写真撮影の仕様

撮影は以下の仕様で実施された。

- 1) 写真縮尺 : 1/50,000
- 2) 撮影面積 : 33,000km<sup>2</sup>
- 3) 写真枚数 : 1244 枚
- 4) オーバーラップ : 60%
- 5) サイドラップ : 30%
- 6) 写真の種類 : 白黒写真 (パナクロマティック)
- 7) 撮影時のカメラ中心位置の 3 次元座標記録

### 5.2 作業計画

#### 5.2.1 作業着手のための手続き

ミャンマー国内で撮影を実施するためには撮影許可の取得が必要であり、撮影許可の申請を行った。

2002 年 1 月 30 日に撮影許可申請を提出したが、首都圏が撮影範囲に含まれることから撮影許可取得に時間を要した。ヤンゴン市の一部の飛行許可は下りなかったが、それ以外の地域に対する撮影許可は同年 2 月 28 日に下りた。

#### 5.2.2 撮影再委託会社の選定

空中写真撮影業務を現地再委託で実施した。はじめに空中写真撮影の仕様を測量局と協議し確認をとった。その後、入札図書(案)及び再委託業務仕様書(案)を作成し、JICA に承認を求め、入札に参加する現地測量会社にこれらを配布した。

##### 1) 入札業務及び業者選定

承認された入札図書及び再委託業務仕様書に基づき、現地再委託業務(空中写真撮影)の入札説明会を開催した。入札には、SUNTAC 社、FINNMAP 社、Thai Flying Service 社の 3 社が参加した。この 3 社の中より技術力、類似業務の実施経験で勝る SUNTAC 社を再委託契約会社として選定し、契約交渉を実施した。

##### 2) 現地再委託業務の契約

JICA が定める現地再委託契約の手続きを踏まえ、承認を得た後、調査団は、再委託契約予定会社の SUNTAC 社との現地再委託契約を締結した。

### 5.3 撮影の実施

調査対象地域とその周辺部の撮影が 2002 年 3 月 1 日から 3 月 11 日までの 11 日間で完了した。また、GPS 空中三角測量ができる様に縦コース・斜めコースの追加撮影も行った。

撮影には次の機器が使用された。

- 撮影用航空機 : Citation II、Cessna 社 MAF4400
- 撮影用コンピュータ制御航法システム : CCNS 4
- 撮影用カメラ : Leica RC-30 No.5126 (焦点距離 : 153.19mm)
- 撮影フィルム : Agfa Aviopan 80

飛行禁止地域に対しては、南北コースを追加し、非撮影地域が極力少なくなるように努力したが、結果としてヤンゴン市上空の約  $3 \times 10$  km の未撮影部分が生じた。未撮影部分が生じたことは、測量局も了承した。

- 撮影縮尺 : 1/50,000
- 撮影コース : 28 コース
- 撮影延長距離 : 5548km
- 撮影面積 : 44,658km<sup>2</sup> (撮影延長距離 × 有効撮影幅)
- 撮影空中写真枚数 : 1244 枚
- 実撮影時間 : 29 時間

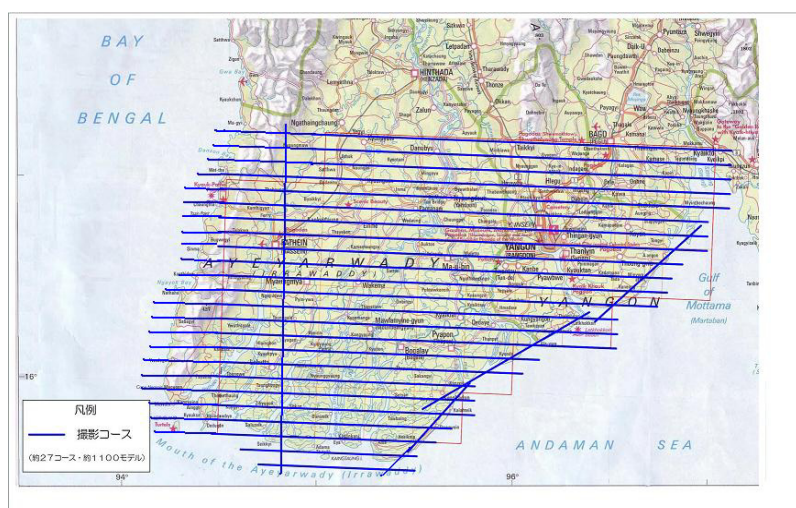


図 5.3.1 撮影を実施した地域

撮影したフィルムから密着写真を作成し、密着写真を基に撮影が仕様に適合していることを確認した。調査対象地域がすべて含まれること、品質を確認した後、これら成果品

を受領した。

また、ネガフィルムは管理用のため注記、番号を付し整理した。

#### 5.4 精度管理

撮影された空中写真の品質を確認した。撮影高度、撮影コース、隣接写真及びコースの重複度、オーバーラップの範囲、指標の明瞭度、写真の回転量、写真処理の適否、画像の状態による品質の確認を実施した。

#### 5.5 2倍伸空中写真の作成

現地確認調査に使用する2倍伸空中写真作成にあたって、ネガフィルムから直接拡大写真を作成する装置がなく、また、測量局が保有する偏位修正機（Zeiss社製）SEG-VIは現在故障中であり、復旧の見込みがないという状況であった。このため、ネガフィルムから数値化した画像データを使用して、コンピュータ処理により2倍伸空中写真を作成した。

#### 5.6 GPSによる撮影地点のデータ記録

空中写真撮影時のカメラ位置は撮影機上のGPSアンテナと地上基準点とのディファレンシャル測量により求められた。このデータは標定図の作成のためと、後に実施する空中三角測量で空中基準点として利用された。撮影時におけるカメラ位置は、ミャンマーDatum2000上の平面座標3次元位置として次のようにして求められた。

- 1) 地上基準点におけるGPSの連続観測
- 2) 撮影中、航空機に設置したGPSアンテナ位置の連続観測及び撮影時のイベントマークを記録
- 3) 地上および機上で収集したデータのキネマティック処理により、WGS-84楕円体上の緯度、経度、楕円体高を計算
- 4) イベントマークの時刻から内挿して撮影地点のWGS-84楕円体上の3次元座標を計算
- 5) ミャンマーDatum2000に座標変換
- 6) UTM投影平面座標へ投影変換
- 7) ジオイド補正を行い楕円体高から海水面からの標高に変換

001	2	17.243316539	94.452050135	7708.887	447417.622810	0.130	0.130	0.156
001	2	17.244969107	94.495498038	7709.192	447454.655089	0.086	0.086	0.105
001	3	17.245944728	94.538733860	7709.272	447491.409670	0.089	0.090	0.110
001	4	17.246913137	94.582060754	7710.381	447528.163838	0.095	0.095	0.119
001	5	17.247679748	94.625429303	7710.816	447564.360698	0.091	0.091	0.112
001	6	17.248757037	94.668615513	7711.865	447599.722777	0.092	0.092	0.112
001	7	17.249694974	94.711832042	7712.536	447634.527910	0.096	0.097	0.119
001	8	17.250597760	94.754970827	7711.212	447668.776211	0.093	0.093	0.113
001	9	17.251304590	94.798300616	7708.216	447702.746127	0.116	0.116	0.143
001	10	17.252962690	94.841498208	7709.184	447736.437337	0.107	0.107	0.130
001	11	17.253689530	94.885017492	7707.868	447770.129081	0.093	0.093	0.114
001	12	17.254412986	94.928141777	7706.266	447803.263638	0.099	0.099	0.126
001	13	17.255471485	94.971590261	7705.258	447836.398180	0.089	0.089	0.112
001	14	17.256509827	95.014689675	7707.022	447869.254952	0.076	0.076	0.093
001	15	17.257087819	95.057950676	7704.319	447902.110659	0.097	0.097	0.119
001	16	17.257812035	95.101153596	7707.391	447934.967254	0.103	0.103	0.153
001	17	17.258356501	95.144204092	7705.017	447967.545319	0.098	0.099	0.123
001	18	17.259257814	95.187797077	7704.887	448000.401499	0.073	0.073	0.086
001	19	17.260143107	95.230984624	7707.324	448032.980032	0.094	0.095	0.142
001	20	17.260856929	95.273997575	7705.952	448065.279684	0.072	0.073	0.086
001	21	17.261561295	95.317164700	7705.067	448097.579735	0.072	0.072	0.089

表 5.6.1 GPS による撮影地点の記録

(表の内容は撮影コース番号、撮影番号、撮影点の緯度、経度、高さ、時刻、3次元位置の標準偏差の順)

## 5.7 画像データの作成 (スキヤニング)

撮影された空中写真は精密写真スキャナーを使用して、ネガフィルムから直接数値化して空中写真画像データを作成した。この画像データは CD-ROM に記録し保存した。この画像データはこれに続く空中三角測量、数値図化工程で使用された。

スキヤニングは 1200dpi の解像度 (約 20 $\mu$  : 地上解像度約 1m) で実施された。1242 枚の空中写真をスキヤニングし、251 枚の CD-ROM を作成した。

スキヤニングに使用した装置は以下のものであり、その仕様を示す。

表 5.7.1 使用したスキャナーの仕様

項目	仕様
スキャナーの名称	Ultra Scan5000
データ取得サイズ	280 x 440 mm <sup>2</sup>
解像度	50dpi - 10,160dpi
測定精度	±2 $\mu$
データ補正機能	自動キャリブレーション、 オンザフライ点検機能
スキャンできる色	カラー対応

## 5.8 成果品

本工程で、以下の成果品を作成した。

- |                   |     |
|-------------------|-----|
| 1) ネガフィルム         | 1 式 |
| 2) 標定図            | 1 式 |
| 3) ポジフィルム         | 1 式 |
| 4) 密着空中写真         | 1 式 |
| 5) 2倍伸空中写真        | 1 式 |
| 6) 空中写真撮影地点座標ファイル | 1 式 |
| 7) 空中写真デジタルデータ    | 1 式 |

表 5.8.1 調査で撮影された航空写真枚数

Run No	Roll No.	Photo No.	No. of Photo
1	14	1 ~ 61	61
1	18	188 ~ 193	6
2	14	62 ~ 123	62
3	14	124 ~ 185	62
4	15	129 ~ 190	62
5	15	66 ~ 128	63
6	14	186 ~ 221	36
6	14	222 ~ 252	31
7	18	67 ~ 107	41
7	18	120 ~ 136	17
8	18	172 ~ 187	16
8	17	228 ~ 269	42
9	15	1 ~ 65	65
10	17	170 ~ 227	58
11	17	111 ~ 169	59
12	17	54 ~ 110	57
13	16	72 ~ 127	56
14	16	21 ~ 71	51
15	15	191 ~ 238	48
16	16	1 ~ 20	20
16	15	239 ~ 264	26
17	16	128 ~ 167	40
18	16	168 ~ 206	39
19	16	207 ~ 242	36
20	16	243 ~ 266	24
20	17	1 ~ 12	12
21	17	13 ~ 35	23
22	17	36 ~ 53	18
23	18	55 ~ 66	12
24	18	39 ~ 54	16
25	18	18 ~ 38	21
26	18	1 ~ 17	17
N1	18	108 ~ 113	6
N2	18	114 ~ 119	6
T1	18	137 ~ 171	35
Total number of photos			1244

## 6. 標定点測量

空中三角測量を実施するため、GPS 測量により標定点の設置を行った。

本調査では UTM 投影法を使用して、地形図及び地形図データを作成することになっている。また、調査地域は UTM 投影ではゾーン 46 とゾーン 47 の二つの地域が含まれるため、空中三角測量は 2 ブロックに分け実施することとした。この作業が精度よく、効率的に実施できるように標定点の配置を検討し、選定された地点に標定点を設置した。

標定点測量は平面位置の測量と標高の測量があり、各々 GPS 測量と水準測量により座標の測定が行われた。

### 6.1 GPS 測量

標定点の平面座標および標高の測量のため GPS 測量が実施された。この作業に従事した CP 及び測量作業員を以下に示す。

表 6.1.1 GPS 作業に従事した CP 及び測量作業員

任務	氏名	所属
CP 1	U Than Hlaing	測量局測地部次長
CP 2	U Ko Latt	測地部職員
作業班 1	U Khin Mg Aye	測地部職員
2	U Teot Oo	測地部職員
3	U Win Myint Oo	測量補助員
4	U Than Aye	測量補助員
5	U Nuein Zay Aung	測量補助員

#### 6.1.1 作業計画

当初計画では 100 点の標定点を設置することにしていた。しかし、現地踏査をした結果、南部のエーヤーワーディ河口部は道もなく、船による移動においても危険が伴うこと等困難が予想された。限られた期間内で効率的に作業を終える必要があったため、GPS 空中三角測量を実施することとした。GPS 空中三角測量を実施することで少ない標定点で十分な精度の測量が可能となった。

測量局が実施している UTM プロジェクト及び日本における作業規程等を踏まえ、また作業日数の関係から、標定点数を測量局と協議し、配点計画を決定した。その結果、最終的に 48 点の平面位置および 21 点の高さの標定点を設置することとした。

#### 6.1.2 標定点の設置

標定点は次の方法により設置した。

- 1) 非舗装の場所では木杭を打設し、中心に釘を打つ。



- 2) コンクリート鉋が打設可能な場所はコンクリート鉋を打つ。
- 3) 測量局が必要とした点は測量局によりコンクリート杭を埋石する。

### 6.1.3 観測

#### 1) 選点

配点計画に示された地点の現地踏査を行い、GPS 観測が可能でかつ刺針が可能な地物が空中写真上で確認できる地点を標定点として選点した。

その結果に基づき標定点観測計画図を作成した。

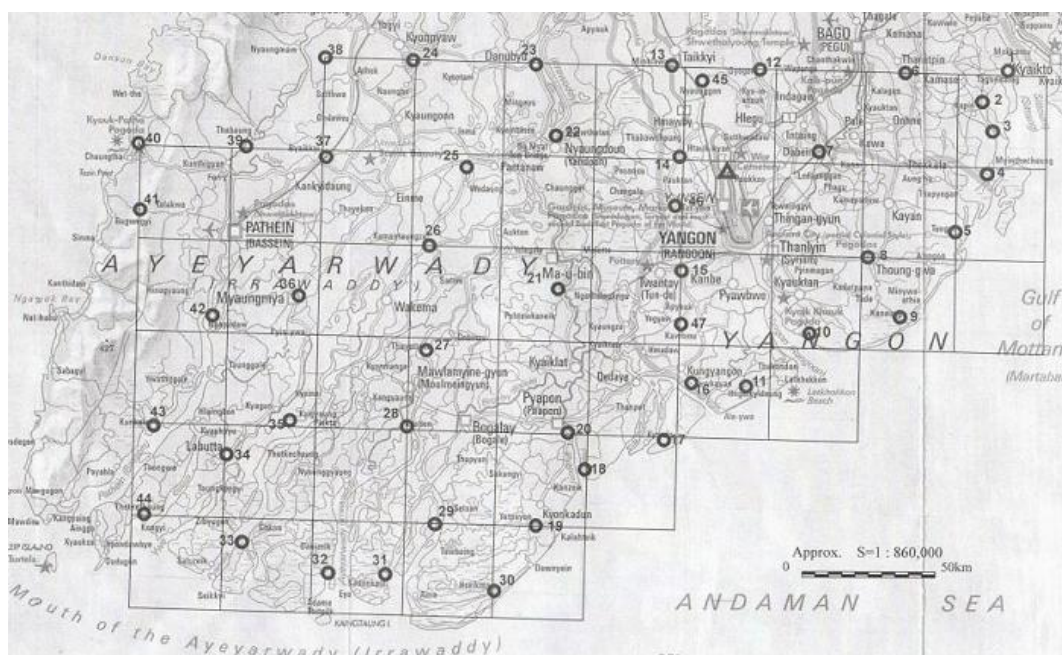


図 6.1.1 観測計画図

#### 2) 観測の仕様

GPS 測量は以下の仕様で行った。

表 6.1.2 GPS 測量の観測仕様

観測法	スタティック観測
観測時間	3 時間
データ取得間隔	30 秒
衛星数	同時に 4 衛星以上

注) 無線がなく移動による到着時間の確定ができないため、3 時間と長めに取った。

3) 使用機材

GPS 受信機の導入が遅れ作業開始時点で入手できなかったため、GPS 受信機をレンタルして観測を行った。

観測は、各作業班が使用する受信機とアンテナのセットを常に同一にして実施した。各班と使用機材は以下のとおりである。

表 6.1.3 GPS 測量に使用した機器

班名	班 長	受信機モデル	シリアル番号	
			受信機	アンテナ
1	U Khin Mg Aye	ASHTECH Z12	SN220005103	SN6180
2	U Thet Oo	ASHTECH Z12	SN220001471	SN6189
3	U Win Myint Oo	ASHTECH Z12	SNLP02433	SN700228C1415
4	U Than Aye	ASHTECH Z12	SNLP00350	SNLP13350
5	U Nuein Zay Aung	ASHTECH Z12	SNLP02211	SN700328A0413

4) 作業計画

本調査では無線機が使用できなかったため、各班の準備状態を確認する手段がなかった。アクセスが不便な点が多いため、再測が出ることは時間的にも経費的にも大きなロスとなる。そのため、全班が確実に現地に到着し観測体制を整えられるように、余裕を持った工程計画とした。

6.1.4 基線解析

基線解析は次のステップで実施した。

- 1) ASHTECH 社製 基線解析ソフト PRIZM による解析
- 2) 基線解析は、観測を行った日に実施するのが理想であるが、現場は移動だけで相当の時間を要するところが多く、5 台の受信機のデータを集めることは困難であった。そのため、基線解析は平均 3 セッション終了ごとに実施した。
- 3) 解析を開始する最初の既知点座標は、ヤンゴン一次基準点の WGS-84 系の座標値を使用し、WGS-84 楕円体上で解析し、その結果をミャンマーDatum2000 に変換した。

6.1.5 精度管理

次の事項により精度管理を実施した。

- (1) 異なるセッションで観測された基線で閉合多角形を構成し、閉合差を検査した。許容制限は日本の公共測量作業規程の基準を参考にした。ただし、本調査では基線が最長 80km 程度と長く、測量局と協議の上、制限値を各成分 1.0ppm とした。本

調査で検査された環の数は8であった。

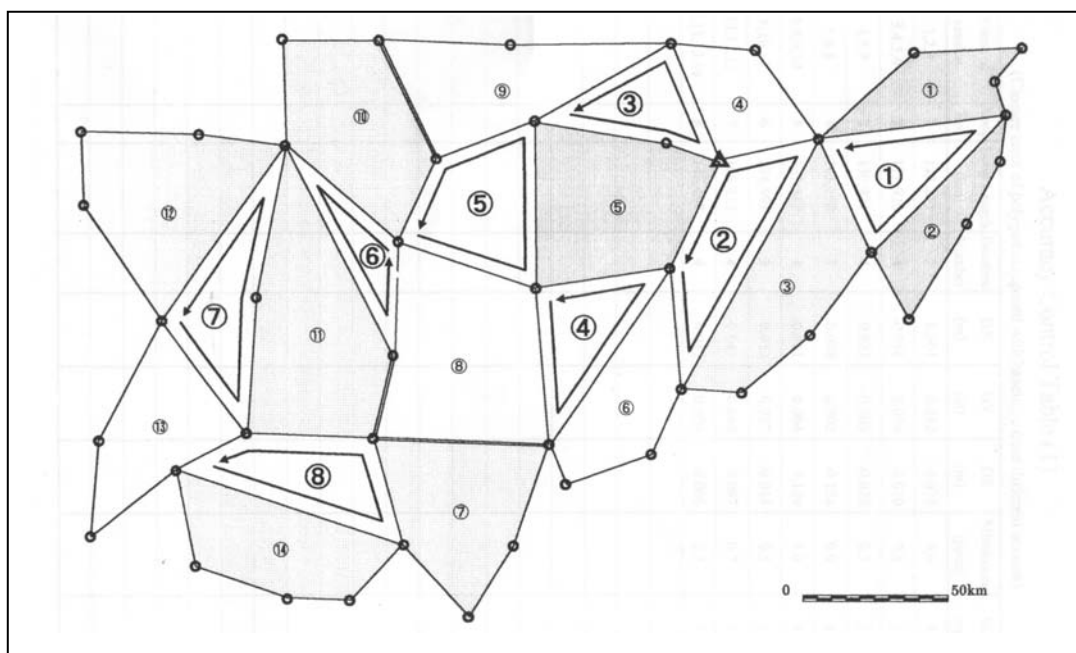


図 6.1.2 閉合多角形による測定精度の点検箇所

Name of session	Loop No.	Loop Length (km)	Baseline Number	DX (m)	DY (m)	DZ (m)	Misclosure (ppm)	Allow. (ppm)
1,2,3	1	133,251	3	0.001	0.012	0.075	0.6	1.0
3,4,5,6	2	171,920	4	-0.044	0.004	0.010	0.3	1.0
4,5,9	3	130,921	4	0.021	-0.003	-0.029	0.3	1.0
5,6,8	4	143,150	3	-0.008	0.002	-0.126	0.9	1.0
5,8,9,10	5	137,317	4	-0.051	0.004	0.129	1.0	1.0
8,10,11	6	134,593	3	0.052	-0.027	-0.044	0.5	1.0
11,12,13	7	166,412	4	-0.043	-0.044	-0.097	0.7	1.0
7,11,13,14	8	148,497	4	0.011	0.029	-0.006	0.2	1.0

表 6.1.4 閉合多角形による測定精度の点検

(2) 異なるセッションで重複観測された基線の各成分の較差による検査

本調査で検査された重複基線の数は3辺である。本調査での、14セッションに対して重複基線が3測線という割合は少ないと思われるが、以下の理由からやむを得ない処置であった。

- ・ 現場へのアクセスが非常に困難である。

- 無線等のコミュニケーション手段がなく、観測工程に余裕を持たせる必要があった。
- 供与機材の通関が遅れ、実作業は地元測量会社から機材借上げで実施したため、経費を抑える必要があった。

Baseline from → to	Session		Baseline (km)	DX		DY		DZ	
	No.	adopted		(m)	diff.	(m)	diff.	(m)	diff.
GCP24 → GCP25	9	○	35,256	14356.346	3mm	-8380.543	2mm	31397.522	4mm
	10			14356.343	0.1ppm	-8380.541	0.1ppm	31397.518	0.1ppm
GCP27 → GCP28	8	○	23634	2437.788	1mm	6863.009	18mm	-22484.050	24mm
	11			2437.789	0ppm	6862.991	0.8ppm	-22484.074	1.0ppm
GCP20 → GCP28	7	○	46785	46586.102	4mm	4238.672	37mm	780.824	9mm
	8			46586.106	0.1ppm	4238.635	0.8ppm	780.825	0.2ppm

表 6.1.5 重複辺の点検

(3) 一点固定三次元網平均の結果における基線ベクトルの各成分の偏差による検査  
この検査の結果は 60~70mm の点があった。本測量は 1/50,000 地形図作成のための標定点測量であることから、十分な精度であるとした。

(4) GPS 測量の成果

本調査では、調査対象地内にある既存点は Yangon 一等基準点のみである。そのため、一点固定三次元網平均の結果を最終成果とした。

### 6.1.6 成果品

GPS 測量終了後、以下の成果を作成した。

- 1) 標定点配置図
- 2) 標定点成果表
- 3) 標定点点の記

## 6.2 簡易水準測量

空中三角測量の高さの精度を高めるため、簡易水準測量により高さの標定点測量を実施した。また、GPS 測量を実施した標定点に水準測量を取り付け、水準標高と楕円体高の差異を求めることにより、ジオイドの起伏を測量した。このジオイド起伏図を使い、GPS 測量で測定した楕円体高を水準で求める正規標高に変換することにした。このための標高取り付けの水準測量を約 100km 実施した。

当初計画では約 300km の簡易水準測量を実施して、高さの標定点を設置する予定であったが、測量局の保有資料を調査した結果、既存の水準路線が本調査地域に数多くあることがわかったため、これら既存の水準点を高さの標定点に利用することで、作業効率を高めることとした。

この作業に従事した CP 及び測量作業員をリストに示す。



図 6.2.1 水準測量



図 6.2.2 水準測量

表 6.2.1 水準測量に従事したカウンターパート

任 務	氏 名	所 属
カウンターパート	U Maung Maung Soe	測量局測地課長
観測員 (Group1)	U Than Tun Kyaing	測地部
観測員 (Group2)	U Tin Winn	測地部
観測員 (Group3)	U Than Khine	測地部
測量助手 (Group1)	U Banyar	測地部
測量助手 (Group1)	U Ko Ko Htwe	測地部
測量助手 (Group2)	U Tun Aung	測地部
測量助手 (Group2)	U Aung Kyaw Moe	測地部
測量助手 (Group3)	U Thein Kyi	測地部
測量助手 (Group3)	U Saw L Htoo	測地部

### 6.2.1 作業計画

既存の水準測量路線の資料を収集して、刺針による標定点の設置、新規水準路線の追加及びGPS標定点取り付け点を選定し、水準測量の作業計画を作成した。

### 6.2.2 既存水準点の踏査

作業計画で選定された路線の既存水準点の踏査を実施した。この結果、実施する作業量は既存水準点の刺針4路線、新規水準測量21路線の約100kmに変更した。

### 6.2.3 観測

選定された水準路線の簡易水準測量と標高点の刺針が実施された。

簡易水準測量は以下の仕様で2002年3月11日から4月2日までの23日間にわたって行なわれた。

表 6.2.2 簡易水準の仕様

項目	内容
使用水準儀	Leica 社製 NA3003
観測距離	100m 以内
読定単位	1mm
スタッフ	アルミ製標尺
閉合差	$50\text{mm}\sqrt{S}$

観測に使用した水準儀は次のものである。



図 6.2.3 水準儀 NA3003

表 6.2.3 使用した水準儀

班名	班長	機種	シリアル番号
Group1	U ThanTun Kyaing	Leica NA3003	310349
Group2	U Tin Winn	Leica NA3003	310354
Group3	U Than Khine	Leica NA3003	310290

観測を実施した路線は次の図に示す通りである。

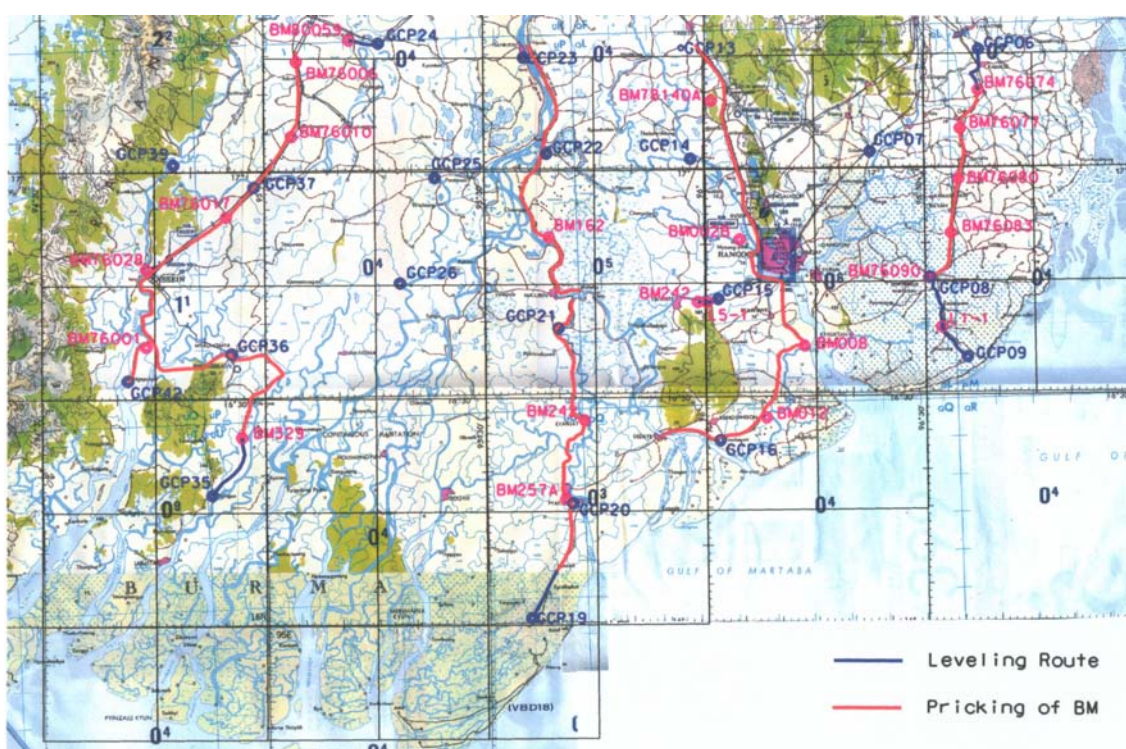


図 6.2.4 新規に測量した水準路線（青色）

#### 6.2.4 精度管理

観測した路線は、結合水準点で閉合差を求めることによって、精度管理を行った。

表 6.2.4 水準測量の閉合差

路線番号	観測日	往	復	延長距離	閉合差
GCP 6	30.3.02	5.676	5.656	12.14	0.020
GCP 7	11.3.02	3.674		1.92	
GCP 8	12.3.02	3.255	3.255	0.41	0.000
GCP 9	15.3.02	4.097	4.085	23.22	0.012

GCP13	22.3.02	9.252	9.251	0.10	0.001
GCP14	23.3.02	3.279	3.280	0.20	-0.001
GCP15	19.3.02	3.142	3.124	6.52	0.018
GCP16	23.3.02	1.574	1.562	2.15	0.012
GCP19	22.3.02	1.514	1.551	12.11	-0.037
GCP20	21.3.02	1.863	1.847	2.46	0.016
GCP21	27.3.02	2.461	2.463	1.47	-0.002
GCP22	27.3.02	7.594	7.590	1.48	0.004
GCP23	27.3.02	8.272	8.274	1.23	-0.002
GCP24	01.4.02	7.697	7.710	4.98	-0.013
GCP25	28.3.02	4.092	4.096	0.61	-0.004
GCP26	03.4.02	5.767		1.75	
GCP35	03.4.02	1.567	1.576	22.21	-0.009
GCP36	01.4.02	2.693	2.693	0.20	0.000
GCP37	13.3.02	4.132	4.133	1.08	-0.001
GCP39	02.4.02	4.959	4.966	2.96	-0.007
GCP42	02.4.02	13.182	13.181	0.93	0.001

### 6.2.5 ジオイド高の算出

GPS 測量により求められた楕円体高と水準測量で得られた正規標高の差を求めることによりジオイド高を求めた。

表 6.2.5 ジオイド高の算出

標定点番号	楕円体高	正規標高	ジオイド高
GCP 6	9.459	5.666	3.793
GCP 7	5.715	3.674	2.041
GCP 8	7.153	3.255	3.898
GCP 9	9.286	4.091	5.195
GCP13	7.232	9.251	-2.019
GCP14	1.923	3.280	-1.357
GCP15	3.297	3.133	0.164
GCP16	2.838	1.568	1.270
GCP19	-0.177	1.533	-1.710
GCP20	0.495	1.855	-1.360
GCP21	-0.522	2.462	-2.984



GCP22	3.108	7.592	-4.484
GCP23	2.676	8.273	-5.597
GCP24	-0.691	7.704	-8.395
GCP25	-2.450	4.094	-6.544
GCP26	-0.454	5.767	-6.221
GCP35	-6.267	1.572	-7.839
GCP36	-5.890	2.693	-8.583
GCP37	-5.466	4.133	-9.599
GCP39	-6.547	4.962	-11.509
GCP42	2.737	13.181	-10.444
YANG	54.750	54.750	0.000

単位は m

結果は世界ジオイドマップから読み取れる傾向とほぼ一致した。また、一等基準点測量の結果求められたジオイドマップとも一致する。

### 6.2.6 ジオイド起伏図の作成

算出されたジオイド高を図上に展開してジオイド起伏図を作成した。これを基に GPS 測量により求められた標高を補正して、標定点の 3 次元座標を決定した。

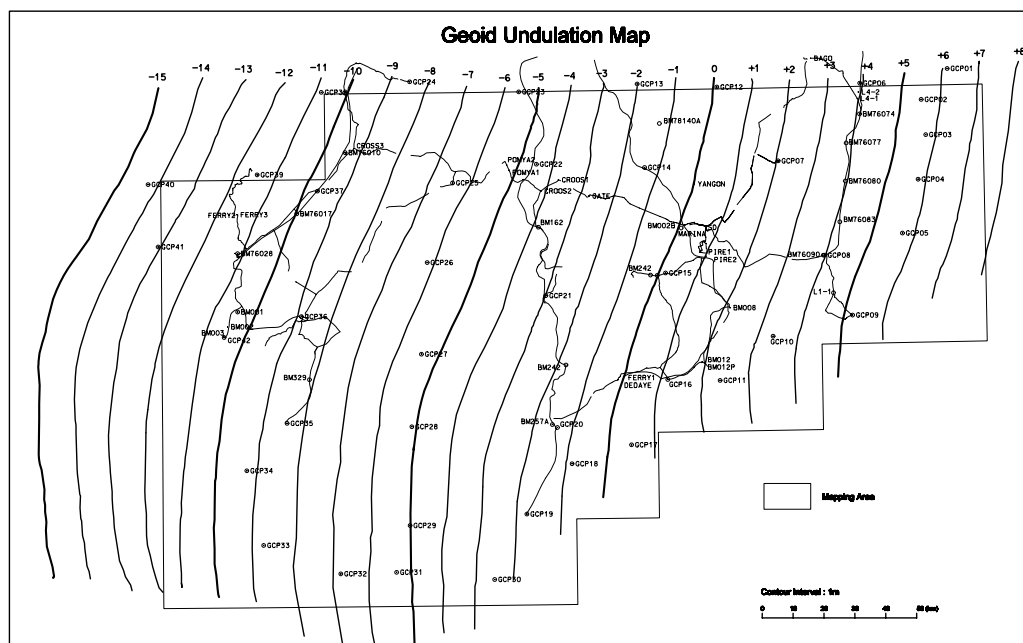


図 6.2.5 ジオイド起伏図

### 6.2.7 成果品

簡易水準測量を行った結果、以下の成果を作成した。

- 1) 水準路線図
- 2) 成果簿
- 3) 点の記
- 4) 観測手簿、計算簿
- 5) 精度管理表
- 6) 既存水準点データファイル

表 6.2.6 標定点の最終の座標値

点名	緯度	経度	正標高
CP1	17 17 47.59278	96 54 04.66392	6.838
CP2	17 12 27.33679	96 49 13.34660	8.039
CP3	17 06 16.33948	96 49 54.83889	6.440
CP4	16 58 30.15540	96 48 22.77351	5.563
CP5	16 49 07.28353	96 45 20.26332	5.818
CP6	17 15 30.93444	96 38 04.77391	5.666
CP7	17 02 09.32125	96 22 56.96203	3.674
CP8	16 45 29.42592	96 31 04.40737	3.255
CP9	16 34 55.01365	96 35 59.93285	4.091
CP10	16 31 27.61514	96 21 29.28448	3.205
CP11	16 23 51.82746	96 11 44.13339	2.841
CP12	17 15 17.06961	96 12 00.75262	17.968
CP13	17 16 02.69170	95 57 27.61311	9.251
CP14	17 01 22.80945	95 58 35.91976	3.280
CP15	16 42 49.78827	96 02 07.66822	3.133
CP16	16 24 09.58878	96 02 13.80987	1.568
CP17	16 12 47.74297	95 55 28.85373	1.986
CP18	16 09 37.34699	95 44 38.35775	1.478
CP19	16 00 53.98163	95 36 20.05449	1.533
CP20	16 16 01.16866	95 42 04.41439	1.855
CP21	16 39 09.12020	95 40 17.65442	2.462
CP22	17 02 13.36812	95 38 52.71095	7.592
CP23	17 14.56.59543	95 35 49.86044	8.273

CP24	17 16 56.81354	95 15 56.41370	7.704
CP25	16 59 07.97699	95 23 33.74227	4.094
CP26	16 45 13.32206	95 18 45.26281	5.767
CP27	16 29 10.11677	95 17 31.81230	1.723
CP28	16 16 27.66521	95 15 48.72276	2.075
CP29	15 59 07.79885	95 15 06.74128	2.461
CP30	15 49 30.17661	95 30 21.44821	6.297
CP31	15 50 56.84648	95 12 35.61978	3.526
CP32	15 50 46.88472	95 02 27.97411	2.634
CP33	15 55 53.08777	94 48 31.94974	4.290
CP34	16 09 00.57196	94 45 35.80424	1.848
CP35	16 17 16.14139	94 52 59.00425	2.023
CP36	16 35 58.48119	94 55 45.33720	2.860
CP37	16 57 57.54212	94 58 54.84423	4.133
CP38	17 15 16.25476	94 59 48.05136	5.207
CP39	17 00 55.31344	94 47 56.99368	4.962
CP40	16 59 22.56513	94 28 02.26891	30.386
CP41	16 48 24.17929	94 29 46.98551	36.538
CP42	16 32 25.24750	94 41 40.21199	13.181
CP43	16 14 00.44075	94 32 45.60766	1.816
CP44	15 59 53.34165	94 31 54.57647	2.135
CPAA	17 13 10.10662	96 02 48.04941	19.572
CPBB	16 52 28.90815	95 59 10.22204	3.376
CPCC	16 33 21.80390	96 00 30.46302	5.015
YANG	16 58 20.62800	96 07 36.99652	54.750

### 6.3 刺針

本調査では空中写真の撮影を優先して実施したため、標定点に対空標識を設置することができず、空中三角測量に使用する平面標定点及び高さの標定点は刺針により、空中写真にその位置を明示することとした。

### 6.3.1 技術指導

刺針作業は、空中三角測量を実施する上で、非常に重要な工程であり、難しい作業でもある。そのため、事前に作業に従事する CP 及び現地雇用作業員に対し、刺針作業の技術の指導を実施した後、実際の作業を始めた。

### 6.3.2 作業計画

平面標定点の刺針作業は GPS 測量を行う際に、あわせて実施した。このため、作業開始時には空中写真がまだ作成されていなかった。このため一部の標定点に対し、既存の空中写真があったので、これを複製し、この密着写真を使用して刺針を行った。他の標定点は新規撮影した空中写真を使用した。

また、高さの標定点の刺針作業は既存の水準点の刺針と新たに追加・実施された水準路線で行われた。



図 6.3.1 刺針点としてのパゴダ



図 6.3.2 偏心要素の測定

### 6.3.3 刺針の実施

以下に示す工程で刺針作業を実施した。この作業に従事した CP 及び測量作業員は GPS 測量班と同一である。

#### (1) GPS 点および水準点の刺針

既存の空中写真を用いて刺針を行った点は、既存空中写真と刺針明細簿により新規に撮影された写真に移写した。

- 1) 対象地物及び参照点の刺針
- 2) 偏心要素の測定
- 3) 見取り図の作成
- 4) 刺針点、参照点の座標計算
- 5) 刺針明細簿の作成

(2) 既存水準点の刺針

既存の水準点で空中三角測量に必要となる点を、新規に撮影された空中写真上に刺針した。また、数値図化を行う際に地形図上に既存水準点を明示するためにあわせて調査を行った。

- 1) 対象地点の刺針
- 2) 既存水準点より比高の測定
- 3) 密着写真上に整理

表 6.3.1 刺針に従事したカウンターパート

任 務	氏 名	所 属
カウンターパート	U Tun Ling	測量局測地課長
カウンターパート	U Khin Maung Aye	測地部
測量助手	U Thet Oo	測地部
測量助手	U Win Myint Oo	測地部
測量助手	U Than Aye	測地部

6.3.4 精度管理

刺針の精度管理は次の視点で実施された。

1) 刺針の品質

刺針の状態を次の4段階に分けて区分した

Excellent：最良の刺針点選ばれ、容易に判読できる

Good：刺針点が明瞭に判読できる

Normal：刺針点が明細簿を見て判読できる

Bad：刺針点の判読が困難

- 2) 偏心要素の測定の正否
- 3) 偏心点の座標計算の正否

この結果は表 6.3.2 に示すように、B がなく全て採用された。

表 6.3.2 刺針点の評価表

評 価	E	G	N	B	合計
刺針点数	0	26	22	0	48

6.3.5 成果品

刺針の結果、以下の成果品を作成した。

- 1) 刺針明細簿 (GPS 観測点の明細簿を含む)
- 2) 精度管理表

## 6.4 対空標識設置

空中三角測量を実施する上で、標定点を空中写真上で確認する方法として、対空標識の設置が有効であるが、本調査では空中写真の撮影が最優先されたため、実際には刺針作業で実施されることになった。ここでは実験的に対空標識設置の意義を確認した。既存の基準点として調査地内にある Yangon 一等基準点に対してのみ対空標識を設置することとなった。

### 6.4.1 対空標識の設置方法

将来、同様な空中写真測量を実施する際、最適な対空標識の形状、大きさ等を検討するため、測量局内に実験的に形、大きさを替えた対空標識を設置した。



図 6.4.1 正方形型対空標識



図 6.4.2 三枚羽対空標識



図 6.4.3 十字羽型対空標識

#### 6.4.2 対空標識の大きさ

撮影した空中写真をスキャニングして作成した画像データでどのように判読できるか確認した。

##### 1) 設置

標定点を中心にして対空標識を設置する。その時に中心には杭等でマークしておく。標定点と白い標識まではスペースを空けて設置する。

材料は、路面及び屋上には白ペンキ、芝生地には木杭と白色ビニールシートを使用した。

##### 2) サイズ、形、方向

対空標識の型式はスキャニング後の画像上での見え方を検討するために、十字羽型、三枚羽型を設置した。

設置した型と寸法は以下のとおりである。

十字羽型：5.0m×1.0m（白色ビニール）

4.0m×0.9m（白色ペンキ）

三枚羽型：4.0m×0.9m（白色ペンキ）

正方形型：3.0m×3.0m（白ペンキ、1.0m×1.0m 中抜き）

この実験は、測量局の敷地内で行ったが飛行禁止範囲内であったため、残念なことに空中写真の撮影範囲外となりステレオでの3次元測定はできなかった。

##### 3) 結論

三枚羽、十字羽型が認識しやすいことが裏付けられた。縮尺 1/50,000 で 20 $\mu$  の解像度の場合にはここで定めた対空標識の大きさが十分である。

## 7. 空中三角測量

空中写真により形成するモデルから地物を取得するのに必要な空中写真の標定パラメータを解析するため、空中三角測量が実施された。調査範囲が UTN 投影法のゾーン 46 と 47 が含まれるため、2つのブロックに分け解析した。

本調査では GPS により撮影時のカメラ中心の 3次元位置を取得していたため、GPS 支援空中三角測量で処理をした。

### 7.1 GPS 支援空中三角測量の原理

GPS 支援空中三角測量は空中で GPS により測定した 3次元位置を標定点として扱うことで、より少ない標定点で地上に十分な数の標定点を設置した場合と同様の精度の解析が可能となる。

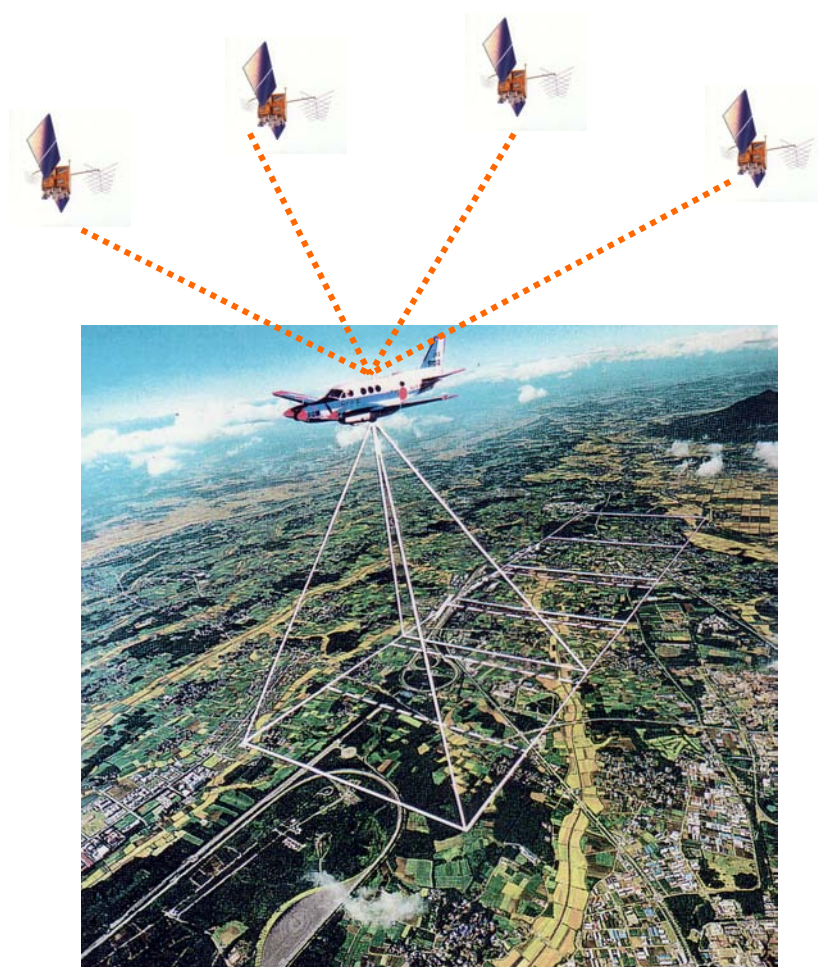


図 7.1.1 GPS 支援空中写真測量



## 7.2 空中三角測量で使用する資料

次の資料が空中三角測量で利用された。

- 1) 空中写真標定図
- 2) 空中写真画像データ
- 3) 地上標定点の成果と点の記
- 4) 空中写真撮影時の3次元位置データファイル
- 5) カメラ緒元

表 7.2.1 カメラのパラメータ

カメラ名	Leica RC-30
焦点距離	153.19mm
指標データ	6 $\mu$ 以下
デストーション	5 $\mu$ 以下
GPS アンテナのオフセット量	補正済み

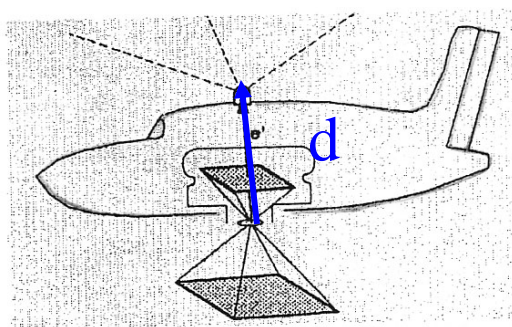


図 7.2.1 GPS アンテナのオフセット (dはオフセットベクトル)

## 7.3 使用した機械

次の機械等が空中三角測量に使用された。

- 1) デジタル図化機  
Socet Set system : LH 社製(スイス)
- 2) ブロック調整ソフトウェア  
PAT-B : LH 社製 (K2)

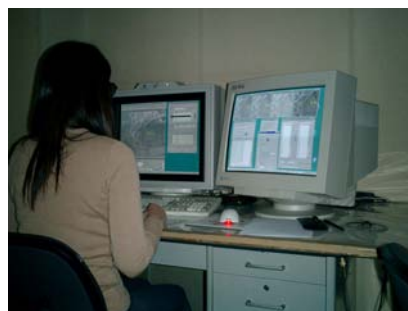


図 7.3.1 空中三角測量の実施

### 7.4 空中三角測量の実施範囲

2ブロックの空中三角測量は、ブロック調整法を用い調査対象地域全域（1100モデル）で実施した。

Aerial Triangulation Index Map (Zone 46)

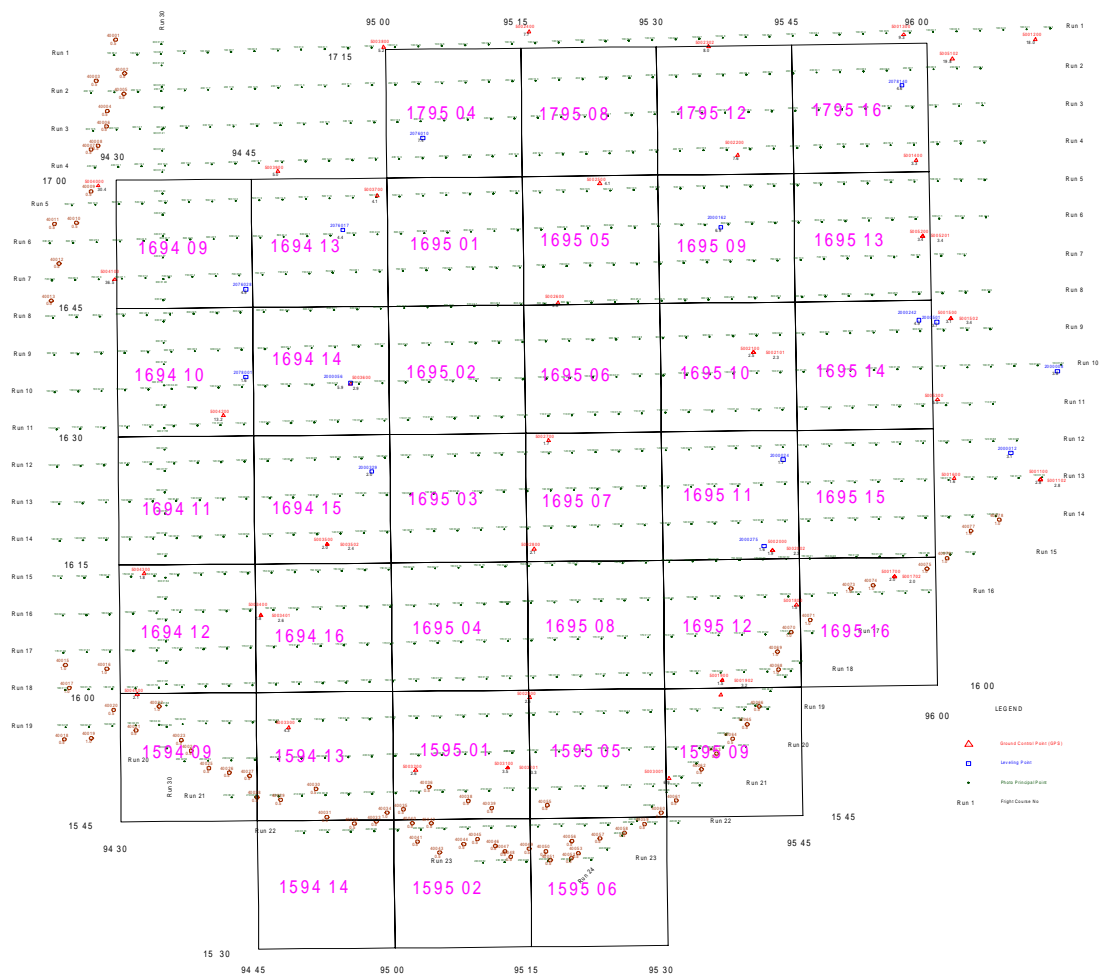


図 7.4.1 空中三角測量標定図(ゾーン 46)

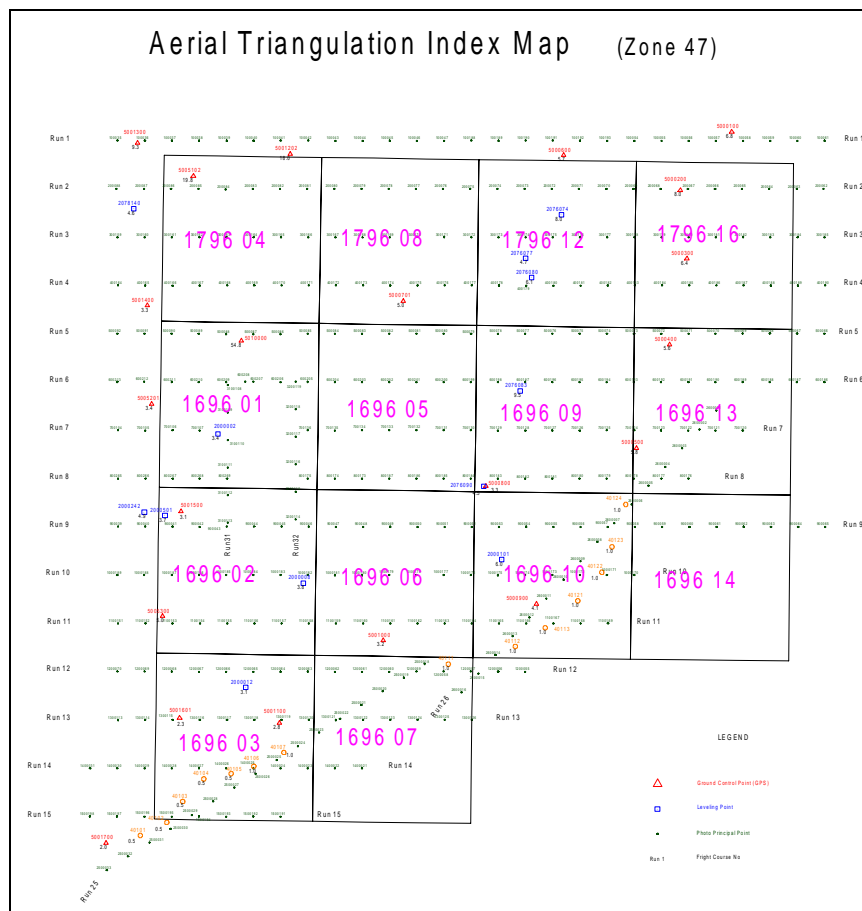


図 7.4.2 空中三角測量標定図 (ゾーン 47)

### 7.5 空中三角測量実施の手順

空中三角測量は以下のステップで実施された。

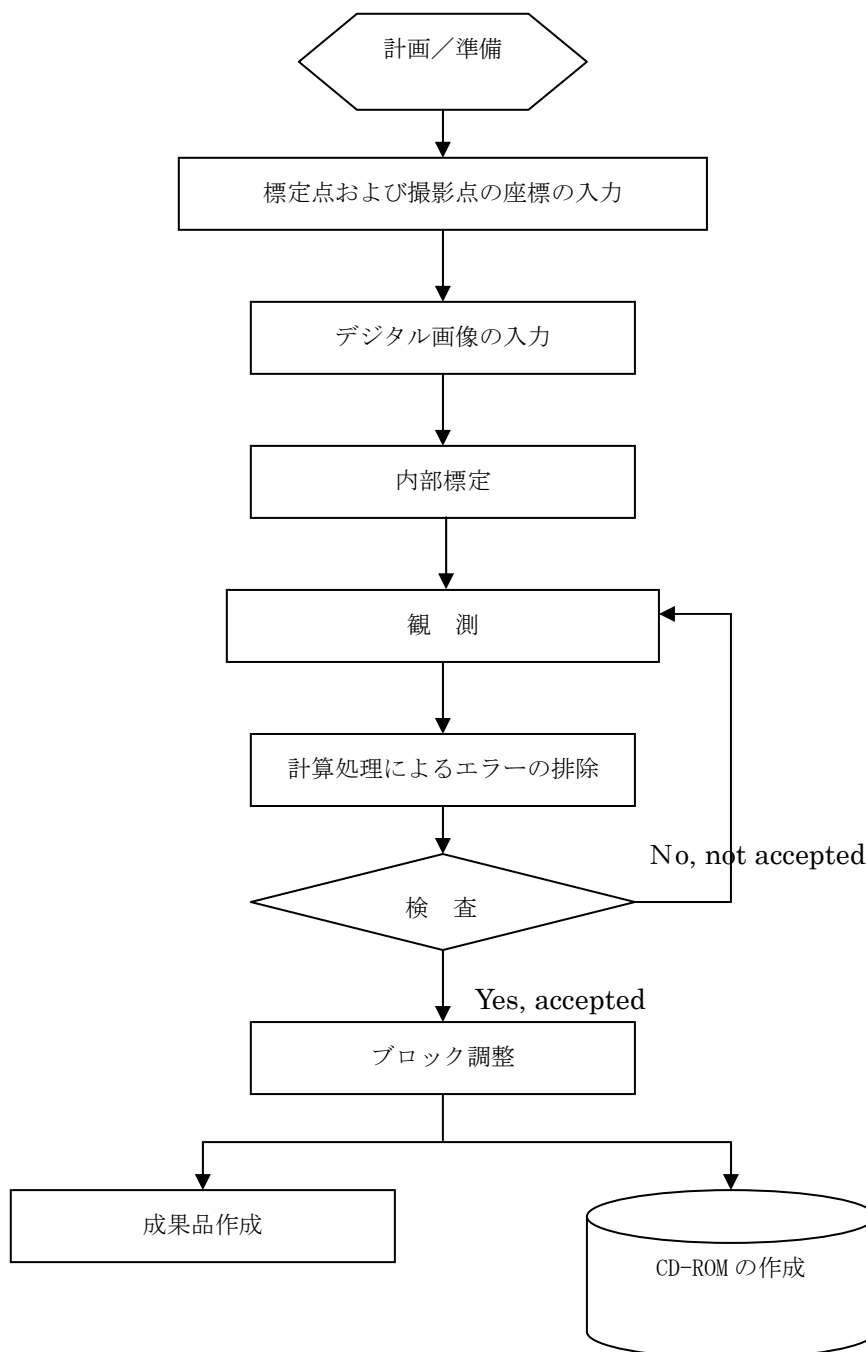


図 7.5.1 空中三角測量の手順

## 7.6 品質管理

空中三角測量の品質はエラーのトレランスによって評価した。各工程で設定したトレランスは以下の通りである。

- 1) 座標変換後の指標の残差は 0.030mm 以内。
- 2) 相互標定後のポジフィルム上の残差は 0.020mm 以内。
- 3) 同一ブロック内における標定点の残差は水平位置および標高とも、標準偏差は、撮影高度の 0.02%以内。最大値は 0.04%以内。
- 4) 同一ブロック内のタイポイントの交会残差は標準偏差が 0.015mm 以内、かつ最大値が 0.030mm 以内。

表 7.6.1 調整計算の成果

	座標軸	平均誤差	最大較差
Zone46	X	0.602	1.686
	Y	0.628	1.547
	Z	0.006	0.023
Zone47	X	0.375	0.678
	Y	0.585	1.058
	Z	0.007	0.019

## 7.7 問題点

空中三角測量を実施した結果、幾つかの問題が見受けられた。今後同様な作業をする場合には以下の点に留意して実施すべきである。

- 1) 空中写真のスキャニング  
スキャン時の振動等の障害により画像データに欠落した箇所があった。振動の影響を受けない安定した台の上にスキャナーを設置する。
- 2) 刺針点の選点箇所  
今回刺針した点付近に、より良い刺針箇所があった。空中写真をよく判読して最良点を選び、刺針を行うべきであった。
- 3) 撮影コースの追加  
縦コースを追加したが、このコースに標定点が入らなかった。精密な地形図を用いて縦コースに標定点を含めるようにすることによって、さらに精度の向上が期待できる。

## 7.8 成果品の作成

空中三角測量の実施の結果、以下の成果品を作成した。

- 1) 空中三角測量成果表
- 2) 空中三角測量成果データ

この成果は、現在実施している UTM プロジェクトの第二ステージの空中三角測量において接合を取るために、測量局が利用し、成果が出ている。