

2. 調査の概要

2-1 ガーナ国からの要請と調査内容

2-1-1 要請の背景

縮尺 1:50,000 国土基本図作成は国土の全域をカバーする地形図として、各国において国土計画の基礎的、且つ標準的な地形図として整備されている。また各種統計・計画等に使用する小縮尺の地図を編集する場合のベースマップとしても広く活用されている。この縮尺 1:50,000 国土基本図は国土の実態が詳細に表現されていることから、その国の社会経済基盤の整備、環境保全、都市・農村等の地域開発、および産業振興等のマスタープランを策定する上でも極めて基礎的な情報源として重要な国土基盤である。また今回ガーナ政府から強く要請が上げられた。

ガーナ国既存の縮尺 1:50,000 国土基本図は、1972年～1975年に撮影された空中写真を使用し、カナダ・イギリス政府の援助によって作成された。この地形図は、作成後25年以上経過しており、作成以後内容の更新が行われていない。特にアクラを主とする都市部の拡大、そして土地利用の変化等については、現在の状況と大きくかけ離れたものとなっている。またこの地形図の標高値単位はフィートであり、「C, G, S」単位が採用されているこの国において、地形図上の標高の情報をを用いる場合は、フィート単位からメートル単位への変換を行う必要がある。

このような状況にあることから、ガーナ政府は日本政府に対し、工業生産、農林業、および漁業が集中する南部沿岸地域、また金を主とする鉱業が立地する北西部について、地域開発、および環境保全等の社会基盤整備に必要な国土基本図の作成が急務であるとし、縮尺 1:50,000 国土基本図作成の技術協力と、これに伴う技術移転を要請した。

日本政府はこの要請に応じ、技術協力の実施機関である国際協力事業団(Japan International Cooperation Agency:以下、JICAと呼ぶ)から、平成7年3月中旬から同年4月上旬にかけて、要請内容を確認する調査団が派遣された。この調査団は、ガーナ国側の受け入れ機関であるガーナ測量局(Survey Department of Ghana:以下、SDGと呼ぶ)と協議を行い、平成7年3月17日、日本・ガーナ両国間において、上記地域の約25,500km²を対象とする、S/Wが合意された。

2-1-2 要請の内容

主な調査事項は次のとおりである。

- ①縮尺 1:50,000 空中写真撮影 約 25,500km²
- ②縮尺 1:50,000 地形図作成 約 25,500km² 40面 5色刷り

2-1-3 調査計画および実施

(1) 調査の仕様

ガーナ政府の要請に基づき、同国南部地域の各種開発、および保全計画を立案するための基礎資料として、縮尺1:50,000国土基本図を作成する。また調査の仕様は以下の通りである。

項 目	仕 様
1. 成果品	
a. 空中写真および衛星画像等	縮尺1:60,000 (超広角カメラ)約11,100km ² 既存空中写真(縮尺1:5,000, 1:20,000, 1:60,000) スポット衛星画像 その他、中間成果
b. 国土基本図	縮尺 : 1:50,000 面積 : 約25,500km ² 印刷図 : 40面・5色版各1,003枚 数値地形図データ : CD-ROM各10セット
2. 国土基本図仕様	
・標定点測量精度	相対位置精度 10ppm
・簡易水準測量精度	±5cm√S (但しS=km)
・投影法	ガーナ国修正横メルカトール
・準拠楕円体	クラーク 1880
・図郭	緯度15'× 経度15'
・縮尺	1:50,000
・等高線間隔	主曲線10m
・印刷色数	5色
・図式・同適用規程、およびコード	SDGと協議決定
3. 地形図の精度	平面 図上 0.5mm 標高点 $\Delta h/3$ 等高線 $\Delta h/2$
4. 作業規程	海外測量(基本図用)作業規程(案) 国際協力事業団(平成6年3月)
5. 成果品検定	社団法人日本測量協会

(2) 調査の作業量

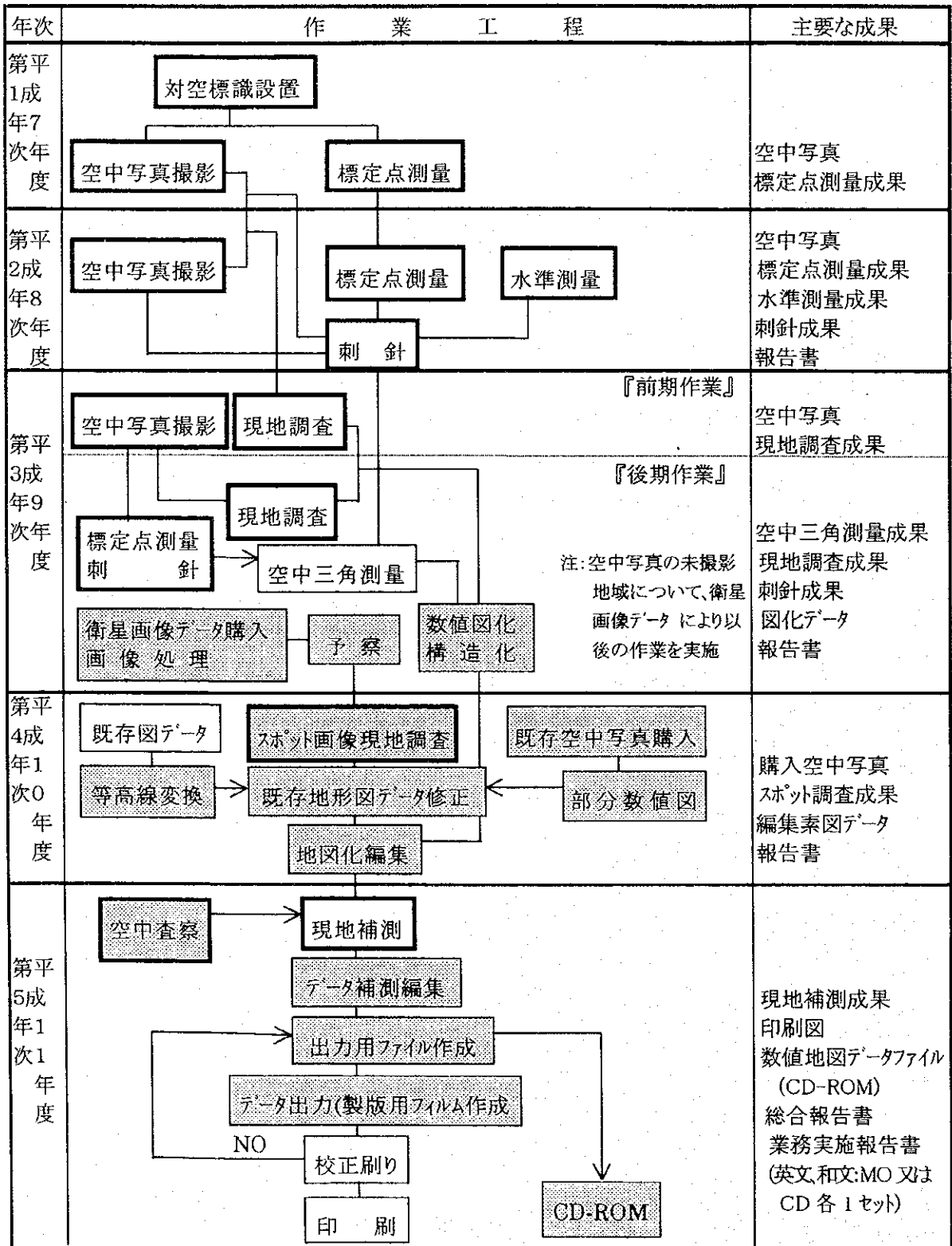
第1年次～第5年次の作業実績は、下表の通りである。

年次	作業項目	計画作業量	実施作業量	備考
平成 第七年度 第1年次	対空標識設置	0点	1点	一点増
	空中写真撮影	縮尺 1/60,000 703枚(3,500L/km)	縮尺 1/60,000 140枚(700L/km)	全体の約20%終了
	標定点測量 (位置・標高用)	40点	40点	—
平成 第八年度 第2年次	空中写真撮影	縮尺 1/60,000 563枚(2,800L/km)	縮尺 1/60,000 74枚(346L/km)	全体の約10%終了
	標定点測量 (標高用)	34点	34点	—
	水準測量	1080km	1,230km	150km増 完了
	刺針	標定点 74点 簡易水準 1,080km	標定点 35点 簡易水準 580km 水準点 102点	・1,2年次撮影分終了 ・撮影未了につき作業量減
	報告書(英文)	70部	70部	—
平成 第九年度 第3年次(期)	空中写真撮影	縮尺 1/60,000 489枚(2,454L/km)	縮尺 1/60,000 220枚(1,124L/km)	全体の約32%終了 (3期合計62%終了)
	現地調査	4,270km ² (前期分)	4,270km ²	—
	空中三角測量	323モデル	323モデル	—
平成 第九年度 第3年次(後期)	標定点測量 (追加分)	4点	4点	—
	現地調査	6,830km ²	6,830km ²	—
	刺針 (3年次撮影分)	標定点 20点 簡易水準 230km	標定点 20点 簡易水準 230km	—
	数値図化	11,100km ² (20面)	11,100km ² (20面)	—
	報告書(英文)	35部	35部	—
平成 第十年度 第4年次	現地調査	14,400km ² (20面)	14,400km ² (20面)	—
	部分撮影	縮尺 1/10,000 100km ²	—	未了
	既存空中写真購入	—	縮尺 1/5,000 面積 約100km ²	部分撮影未了のため 既存空中写真を購入
	部分図化	縮尺 1/50,000 面積 約100km ²	縮尺 1/50,000 面積 約100km ²	—
	データ経年変化修正	14,400km ² (20面)	14,400km ² (20面)	—
	等高線変換 マップデジタル化	14,400km ² (20面)	14,400km ² (20面) 2面	追加作業
	データ地図編集	25,500km ² (40面)	25,500km ² (40面)	—
	報告書(英文)	35部	35部	—

平成 第5 年次 年度	現地補測 数値データ処理技 術移転	約 25,500k m ² (40 面) 一式	約 25,500k m ² (40 面) 一式	経年変化による修正 及び数値地形図編集 手法 5 色刷り 数値地形図データを 格納 仕様書は業務指示書 の通り
	データ補測編集 データ出力 印刷 CD-ROM 作成 報告書作成	約 25,500k m ² (40 面) 40 図葉 印刷 各 1,003 部 10 セット 業務実施報告 2 部 総合報告書(和文)20 部 総合報告書(英文)50 部 技術資料等資料集 40 部	約 25,500k m ² (40 面) 40 図葉 印刷 各 1,003 部 10 セット 業務実施報告書 2 部 総合報告書(和文)20 部 総合報告書(英文)50 部	

(3) 調査のフローチャート

調査フロー(変更後)は下図の通りである。



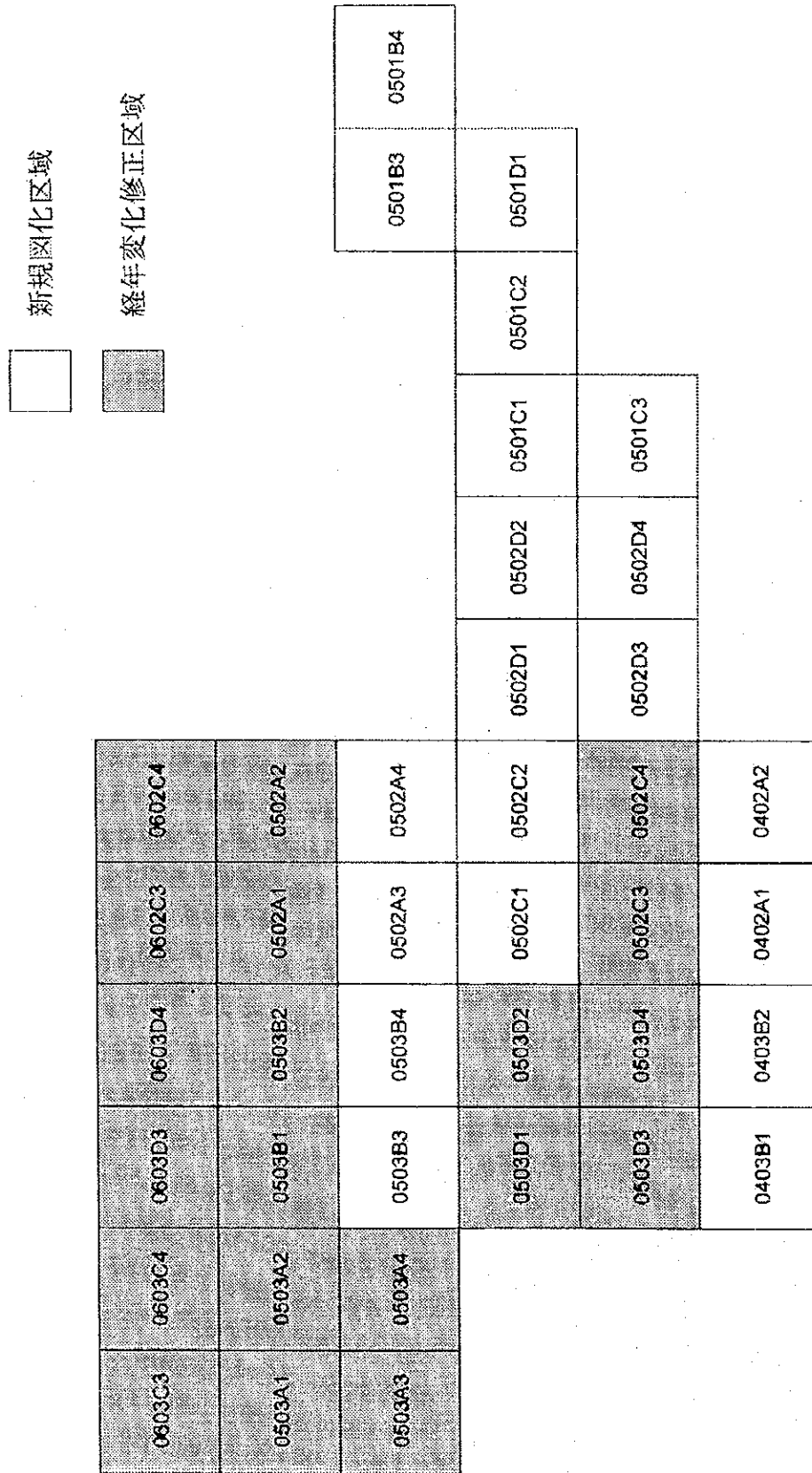
注: : 現地作業 : 国内作業 : 変更又は追加された工程

2-2 調査計画の変更

この S/W において、本調査は当初アナログ方式によって実施されるものとされ、平成8年に着手し、平成 11 年完成という計画であった。しかし、平成9年に地形図作成方法がデジタル方式に変更されたことにより、調査期間は約 8 ヶ月延期され平成 12 年 3 月、日本において完成した。本調査は、平成8年 2 月に開始され、地形図作成に不可欠な空中写真撮影は、他の地上測量と平行して平成8年、平成9年に各 2 回計 4 回実施された。しかし何れの撮影期間も天候不良のため、本調査対象地域全域の僅か約 44% について実施出来たのみで、全域についての撮影を完了することはできなかった。このため、JICA においては本調査対象地域の縮小を含め、全体計画の見直しが進められた。一方、平成9年末にガーナ国側から、アナログ地形図作成方式からデジタル方式に変更し、最終成果としての印刷図に加え、デジタル地形図データについても提供して欲しいとの旨、調査団に要請があった。

空中写真撮影の実施量が本調査対象地域について約 44% という状況の中で、全域における地形図作成方式を、アナログ方式からデジタル方式に変更することは極めて困難なことであり、JICA においてその対応策が検討された。そして JICA においては調査の実施に最善を尽くすため、またガーナ国側の要請、および日本側の対応策を協議・調整するための調査団をガーナ国に派遣された。この調査団は、ガーナ国側の要請内容を聴取するとともに、本調査団が検討している人工衛星データを使用し、地形図データを修正する手法について、技術革新の著しい現在においても、精度的にまだ完全に確立された技術ではなく、またガーナ国が保有している数値地形図データの精度にも左右されるため、この手法によって完成した数値地形図データの精度は、空中写真に基づき作成したデータより低下する旨を説明された。これに対して SDG は、仮に若干の精度低下があるとしても、本調査対象地域は環境保護、および開発計画の重要地区であるため、未撮影の調査対象地域については、人工衛星画像データを使用し作成する地形図と共に、数値地形図データの提供を JICA に要請した。そして JICA においては、その調査団が持ち帰ったガーナ国側の要請内容について分析・検討された結果、本調査対象地域は首都アクラを含み、同国にとって極めて重要な地域である主旨を鑑み、ガーナ国の要請を受け入れることを決定された。また当初アナログ法により計画した本調査を変更する必要性が生じたため、第3年次作業以降の調査手法を変更し、本調査は平成7年度を初年度とする5カ年計画に変更され、実施することを決定された(地形図作成区分図、を参照)。

地形図作成地域区分図



新規図化区域

経年変化修正区域

この協議の結果、当初計画は以下のように変更された。

- ① 地形図作成方式をアナログ方式からデジタル方式に変更する。
- ② 空中写真撮影は、継続しても完了の見込が立たないことから、平成9年で打切る。
- ③ 空中写真撮影の未完地域については、ガーナ 国側が進めているガーナ環境資源管理計画(Ghana Environmental Resource Management Project)において実施された縮尺1:50,000 地形図を数値化した既存の地形図データを利用して作成する。
- ④ 前記数値化地形図データは、既存地形図を数値化したのみのため、既存の人工衛星画像を用いて現地調査を実施し、経年変化を修正する。またこのデータは、等高線、および標高値がフィート単位のまま数値化されているので、全てメートル単位に変換する。
- ⑤ 最終成果品は、当初計画の印刷図に加え、数値地形図データを格納した CD-ROM を追加する。

2-3 技術移転

本調査の実施を通じて、ガーナ国側カウンターパート機関であるSDGに対し、空中写真撮影より最終の地形図印刷に至る、国土基本図作成に関する技術移転を実施した。

- ① 本部カウンターパートとの業務実施計画、図式等の協議、現地本部における業務、工程管理、および図式設計等に関する技術移転。
- ② 本調査団とともに現地作業に参加し、実務経験を通しての技術の習得。
- ③ ガーナ国内で行われた現地作業(対空標識設置、空中写真撮影、標定点設置、簡易水準測量、刺針、現地調査、および現地補測等)において SDG の職員が現地に行き、オン・ザ・ジョブ・トレーニング(以下、OJTと呼ぶ)を実施した。また日本国内において実施した作業については、SDG 職員が日本に派遣され、国土基本図作成のために最新技術のトレーニングを実施した。また現地 OJT の技術移転のため、日本から持ち込まれた標定点測量用の GPS 受信機、受信データ解析用コンピューター、数値地図データ処理用コンピューター、およびソフトウェア等の各種機器は、本調査終了後 SDG の要請に応え、JICA からガーナ国側に供与した。
- ④ 本調査業務の実施期間中、日本における技術研修のため、下記のとおり3名のカウンターパートが日本において建設省国土地理院、および測量関連施設の見学の他、国土基本図作成についての各工程を座学、見学、実習し最新の専門知識と技術の習得を図った。

日本国内におけるカウンターパート研修

氏名	職位	研修期間
Mr. Mensah Christopher Ausustine	デジタルマッピング室 主任技師	自平成10年11月2日 至平成10年12月1日
Mr. Jean Dotse	測量局次長	自平成9年8月11日 至平成9年8月23日
Mr. Awabigo Paul Jeremiah	測量士	自平成9年3月17日 至平成9年4月17日

2-4 年次別調査の内容

計画変更後における、年次別の調査内容は以下の通りである。

年 次	調 査 内 容
第1年次(平成7年度)	国内作業:準備作業、P/O作成、報告書作成 現地作業:対空標識設置、空中写真撮影、標定点測量 I
第2年次(平成8年度)	国内作業:準備作業、P/O作成、報告書作成 現地作業:空中写真撮影(継続)、標定点測量 II、 簡易水準測量、刺針(I、II)
第3年次(平成9年度)	国内作業:準備作業、P/O作成、空中三角測量、数値図化、 衛星画像処理、報告書作成 前期現地作業:空中写真撮影(継続)、標定点測量(III)、 刺針、現地調査 後期現地調査:現地調査、標定点測量(III)、刺針(III)
第4年次(平成10年度)	国内作業:準備作業、P/O作成、スポット画像予察、 既存地形図データ修正(等高線、および経年変化修正をむ)、部分数値図化、地図化編集、報告書作成 現地作業:現地調査(衛星画像地域)、部分撮影
第5年次(平成11年度)	国内作業:準備作業、P/O作成、データ補測編集、 地形図データ出力、印刷、CD-ROM作成、 総合報告書作成 現地作業:現地補測、数値地図データ処理技術移転

2-5 調査の期間

計画変更後における各年次の調査期間、および調査人員は以下の通りである。

年次	調査期間および現地調査人員
第1年次	調査期間 : 自平成 8年 1月30日 至平成 8年 3月28日 現地調査期間 : 自平成 8年 1月29日 至平成 8年 3月25日 現地調査人員 : JICA調査団21人・SDGカウンターパート13人
第2年次	調査期間 : 自平成 8年 8月12日 至平成 9年 3月25日 現地調査期間 : 自平成 8年 9月26日 至平成 9年 1月24日 現地調査人員 : JICA調査団22人・SDGカウンターパート26人
第3年次	調査期間 : 自平成 9年 9月12日 至平成10年 3月25日 現地調査期間 : 前期自平成 9年 9月28日 至平成 9年11月12日 後期自平成10年 2月 1日 至平成10年 3月20日 現地調査人員 : JICA調査団17人・SDGカウンターパート19人
第4年次	調査期間 : 自平成10年 7月 1日 至平成11年 3月15日 現地調査期間 : 自平成10年 8月22日 至平成10年10月23日 現地調査人員 : JICA調査団14人・SDGカウンターパート17人
第5年次	調査期間 : 自平成11年 9月14日 至平成12年 3月16日 現地調査期間 : 自平成11年 9月27日 至平成11年11月12日 現地調査人員 : JICA調査団15人・SDGカウンターパート27人

2-6 第5年次調査における概要

第1年次から第4年次までについては、年次毎に報告書を作成し、調査経過を記録したが、最終年次は年次報告書を作成しないので、本報告書に第5年次の作業経過の概要を記録する。

2-6-1 概要

第5年次業務の概要は以下の通りである。

(1) 現地補測

本調査対象地域の全域(約 25,500k m²)について、編集素図に表現された地形、地物、地名、および数値図化・地図化編集で生じた不確定事項を現地で点検・確認するとともに、行政界について関係官庁立合いのうえ図面に描入・確認を実施した。なお、地名、行政名、および行政界については全面的にガーナ測量局の協力により実施した。現地補測の

協議に先立って、校正図を作成し、これに基づき、最終的な印刷の色合い等の打合せも行った。

(2) データ補測編集

現地補測において取得したデータに基づき、日本国内においてコンピューターを使用し、数値地形図データ修正、およびイラストレータによる地図化データの補測修正を実施した。

(3) 製版用フィルム作成

編集した全図葉(40面)の地図化データについて、イメージセッターを使用し、色版毎に出力した。

(4) 印刷

現地補測時にSDG、および本調査団において、数種類のサンプルに基づき、印刷に使用するインクの色調、および色濃度等についての最終協議を行い決定した。その協議決定事項に基づき、データ補測編集された地形図40面の印刷を実施した。本調査で作成される図面の下余白部には必ず下記の事項を注記した。

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

(5) 数値データファイル作成

保守管理に最適なCD-ROMに、数値地形図データ、および作図用データを保存した。

(6) 報告書作成

5年次に亙る総合報告書は第1章序論、第2章調査の概要、第3章技術報告そして第4章考察の構成とし、和文・英文で作成した。

2-6-2 作業計画

第5年次作業計画は、下記のとおり計画し、予定どおり終了した。

工程内容	作業期間	
現地補測	自平成11年 9月上旬	至平成11年11月上旬
データ補測編集	自平成11年11月中旬	至平成12年 1月上旬
地図データ出力	自平成11年12月中旬	至平成12年 2月上旬
CD-ROM作成	自平成12年 2月上旬	至平成12年 2月下旬
印刷	自平成12年 2月上旬	至平成12年 3月上旬
総合報告書作成	自平成12年 2月中旬	至平成12年 2月下旬

2-6-3 調査期間および現地調査人員

第5年次についての調査期間、現地調査期間、および同調査に従事した人員は、以下のとおりである。

(1)調査期間 自平成11年 9月14日 至平成12年 3月31日

(2)現地調査期間 自平成11年 9月27日 至平成11年11月12日

(3)現地調査人員 JICA調査団15人・SDGカウンターパート27人

(4)調査団の編成と派遣期間

総括	上西 時彦	自平成11年10月28日	至平成11年11月12日
副総括	三鬼 鋼一	自平成11年 9月27日	至平成11年11月12日
基本図計画	奥村 晃三		〃
主任技師	吉田 均		〃
機材管理	水谷 利雄		〃
現地補測	浅野 巧造		〃
〃	大橋 正彦		〃
〃	大仲 実則		〃
〃	山崎 剛		〃
〃	里地 道夫		〃
〃	寺田 克		〃
〃	水落 雅章		〃
〃	根本 剛		〃
数値地図データ処理技術	山屋 浩三	自平成11年10月23日	至平成11年11月12日
業務調整	伊藤二治男	自平成11年10月23日	至平成11年11月12日

(5)調査に参加したSDGカウンターパート

SDG局長	Mr. Na Al-haja Iddirisu Abu
SDG局副局長	Mr. E. S. Sai
SDG次長	Mr. J. Dotse
〃	Mr. R. Brimah
本部スタッフ	Mr. J. Abbossy
〃	Mr. E. A. Quaye
印刷部長	Mr. E. R. Tetteh
検査部	Mr. Marcus A. Tabil
製図部	Mr. K. N. Arku-Lawson

写真測量部 Mr. I. Andoh-Kesson
 DM設計 Mr. S. Oppong-Antwi
 // Mr. E. Addo-Tawiah
 アクラ測量部 Mr. J. C. Acquah

現地参加カウンターパート

アクラ測量部	Mr. J. Ofori-Boadu	中部地区測量部	Mr. E. S. Obodai
//	Mr. J. Adu Baiden	//	Mr. K. G. Sapon
//	Mr. Kofi Wemegah	//	Mr. P. Edison Attah
//	Mr. F. O. Boadu	//	Mr. A. E. Logosu-Gatsi
//	Mr. F. N. Malm	西部地区測量部	Mr. Paul Essiem
//	Mr. C. D. Nanzonige	//	Mr. Daniel Asiedu
		//	Mr. G. Aya Bekoe
		//	Mr. David Totimeh

3. 技術報告

3-1 調査概要と作業スケジュール

ガーナ国内の最重要開発地域として位置づ南部地域の現況を把握し国家開発計画、保全計画、および行政計画策定など多目的な用途に用いることが可能な地形図を作成する。このため調査対象地域約 25,500km²のうち 11,100km²(図葉数 20 面)は当初の計画どおり新規空中写真を撮影して実施し、平成 8 年 1 月から開始し平成 12 年 3 月に終了した。現地作業を気象の問題で空中写真撮影が一部出来なかったため残りの 14,400km²(図葉数 20 面)は既存衛星画像を使う事となり、全体の工期を5か年のフェーズに分けて実施した。調査対象地域は、北緯 4 度 45 分～6 度 15 分、経緯 0 度 0 分～西経 3 度 0 分のガーナ国最南端地域であり範囲内には首都アクラの他、主要都市を含む地域となっている。作業スケジュールは様式一5に示したとおりである(ガーナ国基本図作成作業工程表を参照)。

本調査は目的達成のため、次の項目の調査を実施した。

(1) 対空標識設置

空中写真撮影に先立ち、標定点として用いる既設三角点が空中写真上明瞭に観測出来るように対空標識を設置し、また設置方法等について技術移転を実施した。

(2) 空中写真撮影

焦点距離約 90mm の超広角レンズ付き航空カメラを使用し、縮尺 1:60,000 の空中写真(パンクロ)を調査対象地域(25,500k m²)のうち、約 11,100k m²(20 図葉)しか実施できなかった。なお撮影期間短縮を計るため撮影機はジェット機を採用することとした。

撮影未完了の地域のうち、特に地形的経年変化の大きい鉾山地域 3 カ所については、大変非効率な数値図化の実施になるが、撮影高度を下げ縮尺 1:10,000 の撮影を実施する予定であった。しかしテスト飛行中、その地域をカバーする既存航空写真の存在が確認され撮影を中止し、JICA と協議・承諾のうえ既存の航空写真を購入し後続作業を行った。

(2) 標定点測量

空中三角測量・数値図化のため、衛星測位システム(Global Positioning System : 以下 GPS と呼ぶ)を使用し標定点を新設した。これらの新設標定点は今後の SDG が実施する測量のため、仮埋石を実施して保存した。

(3) 簡易水準測量

縮尺 1:50,000 地形図の標高精度を維持することを目的に、空中三角測量・数値図化において既設水準点の不足する地域に実施した。

(4) 刺針

1) 標定点の刺針

空中三角測量・数値図化のため、新設した標定点を写真上の明瞭な個所を選点、4倍伸し写真上に刺針・偏心観測を実施し、偏心点に座標取り付けを実施した。

2) 水準点の刺針

空中三角測量・数値図化の標高精度を維持するため、簡易水準測量を実施した路線、および既設水準点について2倍伸ばし空中写真上に刺針した。

(5) 現地調査

2倍伸ばし空中写真を使用し、SDG と調査団が協議の上、決定した図式・同適用規定に準じ、数値図化に必要な予察を行った空中写真判読結果の現地照合、判読キーの採取、地物の取捨選択、および注記事項を調査対象全地域について実施した。

(6) 空中三角測量

撮影した地域について、バンドル法によるブロック調整計算を実施した。

(7) 数値図化

空中三角測量、簡易水準測量、既設水準点、および現地調査の成果を用い、縮尺 1:50,000 の数値図化約 11,100k m² (20 図葉) を実施し数値地形図データ(以下、新規 DM データと呼ぶ)を作成し、Arc/Info カバレッジへ変換した。

既存地形図データ修正を実施した地域約 14,400k m² (20 図葉) のうち、特に地形的に変化した鉱山地域 5 カ所について、既存空中写真を使用して数値図化し、既存地形図デジタルデータ(以下、既存 DM データと呼ぶ)へ合成した。新規 DM データ同様に構造化して Arc/Info カバレッジを作成した。

(8) スポット画像処理

空中写真が得られなかった地域約 14,400k m² (20 図葉)について、スポット衛星画像を使用しオルソ画像を作成した。

(9) 既存地形図データ修正

メートル単位に変換した等高線データについて、既存地形図をコンピューターのディスプレイ上に背景表示し、地形を考慮して編集を実施した。

(10) 地図化編集

構造化した新規 DM データ (Arc/Info カバレッジ)、および経年変化修正を実施した既存 DM データ (Arc/Info カバレッジ)を用い、協議決定した図式・図式適用規定に従ってコンピューターによる地図化編集を実施した。

(11) 現地補備測量

数値図化・データ地形図編集で生じた疑問点、不明瞭事項、および経年変化の確認等の調査を現地補測で実施した。

(12) データ補測編集

現地補測の調査結果から新規・既存 DM データ、および地図化データの編集を実施した。

(13) 製版用フィルム作成

データ補測編集が終了した地図化データを、印刷する際の色版別 (5 色) のレイヤーにまとめ、イメージセッターより製版用フィルムを作成した。

(14) 印刷

校正図により検査の後、印刷はオフセット印刷機による 5 色刷り印刷を実施した。

(15) CD-ROM 作成

DM データ、および地図化データのオリジナルデータとして CD-ROM を作成した。

3-2 対空標識設置

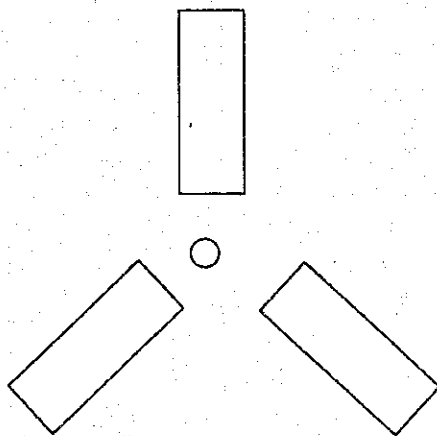
3-2-1 概要

既設基準点を4点使用する計画だったが、現地において踏査・選定後に観測網の再検討を行った結果、既設基準点を1点加えることにしたが、周囲に空中写真上、明確に観測できる地物等の偏心点が存在しなかったため、この1点について対空標識を設置した。

3-2-2 対空標識の形状

対空標識の形状は3枚羽を原則とした。また1片の寸法を空中写真撮影縮尺を考慮して3m x 5mの長方形とし、標識の材料は岩石を集積し型を形成したものに白ペンキで塗布した。

対空標識の形状



3-3 空中写真撮影

3-3-1 概要

空中写真撮影の計画は、北緯 4 度 45 分～6 度 15 分、経度 0 度 0 分～西経 3 度 0 分に位置するガーナ国の南部地域約 25,500k m²が対象であった。撮影の縮尺、およびカメラの種類等は S/W において合意されている通り、縮尺 1:60,000・超広角カメラを用いることとし、撮影高度は約 5,400m とした。撮影コースは、本調査対象地域全体の形状を考慮し、東西 20 コースに計画した。また南部海岸沿は空中三角測量における不完全モデルが生じないよう、斜 4 コースを加え写真のオーバーラップ、およびサイドラップは同地域における標高差が比較的少ないことから、通常のオーバーラップ 60%、そしてサイドラップ 30%として計画した。(空中写真撮影計画図を参照)

しかし本調査対象地域は、連日の悪天候により第 1 年次において撮影完了の見込みがなくなり、第 3 年次に向け継続して撮影を実施したが、第 1 年次から悪天候のため同地域約 25,500k m² (40 図葉)のうち約 14,400k m² (20 図葉)を残し、空中写真撮影を中止することに決定された。(空中写真撮影標定図および撮影コース別写真内訳表を参照)

3-3-2 空中写真の再委託契約

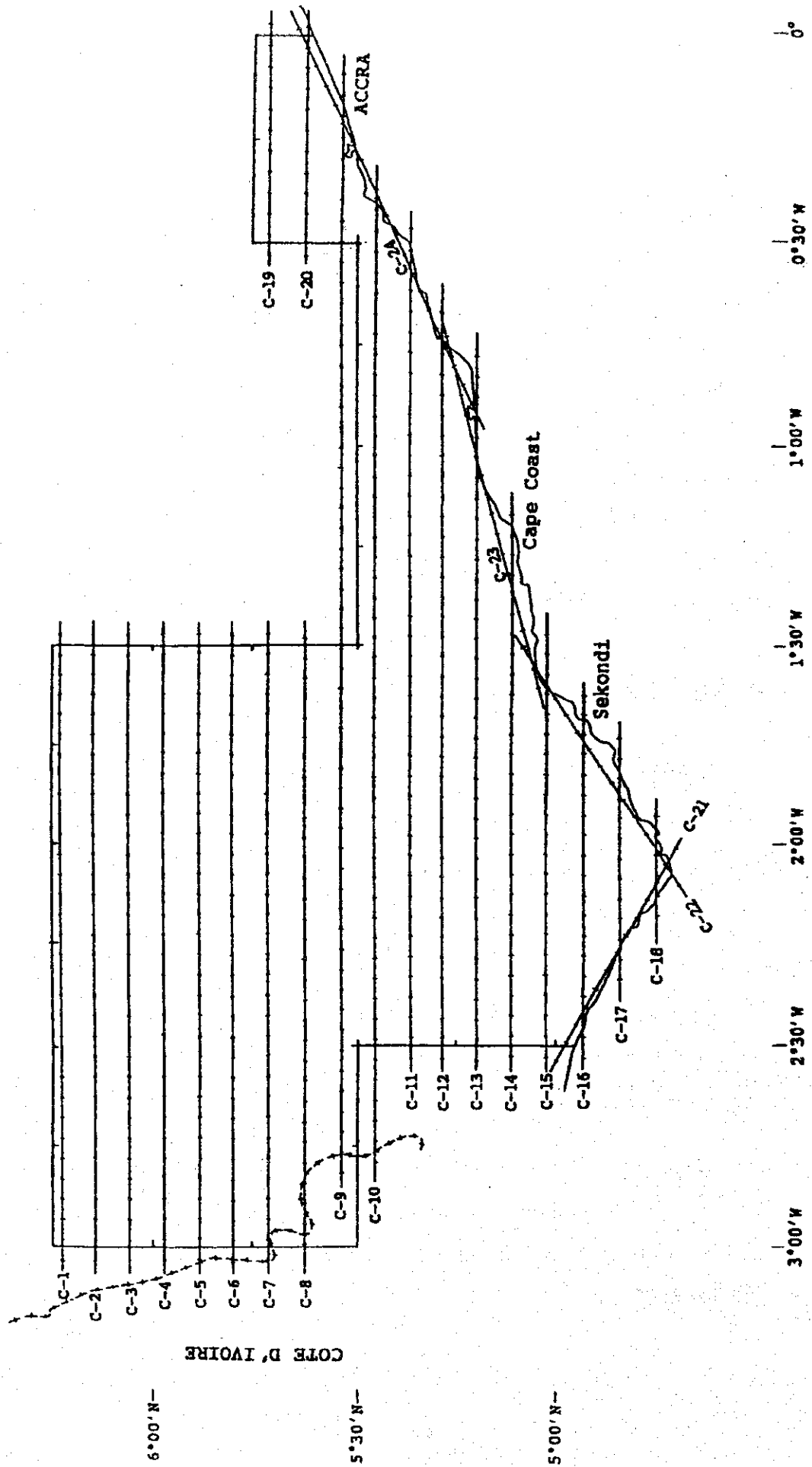
エアクラフト・オペレーティング社(南アフリカ共和国・以下 AOC と呼ぶ)と CTK-NETWORK AVIATION LTD(ガーナ国・以下 CTK と呼ぶ)に下記の通りの再委託契約を結んだ。

項目	契約日および撮影期間
第 1 次	平成 8 年 2 月 8 日(撮影期間: 同年 2 月 23 日～3 月 20 日 AOC)
第 2 次	平成 8 年 9 月 20 日(撮影期間: 同年 10 月 3 日～12 月 9 日 AOC) 平成 9 年 2 月 22 日(撮影期間:平成 9 年 2 月 24 日～3 月 15 日 AOC)
第 3 次	平成 9 年 9 月 26 日(撮影期間: 同年 10 月 9 日～12 月 5 日 AOC)
部分撮影	平成 10 年 8 月 31 日(撮影期間: 同年 9 月 11 日～10 月 25 日 CTK)

3-3-3 撮影基地

撮影基地は Kotoka Airport(アクラ空港)を使用し、本調査対象地域東部の気象情報は撮影基地、そして西部の気象情報は Tokoradi 空港、およびその他 2 個所の気象観測所の情報を常時入手し撮影業務を実施した。

空中写真撮影計画図



撮影コース別写真内訳表

コース 番号	撮影 年月日	撮影 (西)写真番号(東)	編集 (西)写真番号(東)	採用 写真枚数	備考
1	96年11月24日	645 ~ 639	01 ~ 07	7	
2	96年11月24日	652 ~ 657	01 ~ 06	6	
3	96年11月24日	704 ~ 697	01 ~ 08	8	
4	97年12月02日	5560 ~ 5558	01 ~ 03	3	
5	97年12月02日	5552 ~ 5554	01 ~ 03	3	
6	97年12月02日	5541 ~ 5539	01 ~ 03	3	
7	97年11月26日	5489 ~ 5512	01 ~ 24	24	
8	97年11月26日	5475 ~ 5452	01 ~ 24	24	
9	97年11月18日	5256 ~ 5243	01 ~ 14	14	
,	96年03月13日	433 ~ 407	15 ~ 41	27	
,	96年10月25日	396 ~ 384	42 ~ 54	13	
,	96年03月13日	(443 ~ 441)	(02s ~ 04s)	(3)	補完用写真
,	96年03月13日	(438 ~ 435)	(07s ~ 10s)	(4)	同上
,	97年10月30日	(4849 ~ 4857)	(32s ~ 40s)	(9)	同上
10A	97年11月17日	5132 ~ 5124	01 ~ 09	9	
10B	97年11月17日	5116 ~ 5104	01 ~ 13	13	
,	97年11月20日	5287 ~ 5278	14 ~ 23	10	
,	96年10月24日	318 ~ 312	24 ~ 30	7	
,	96年03月07日	306 ~ 294	31 ~ 43	13	
,	96年10月24日	(311 ~ 307)	(34s ~ 38s)	(5)	補完用写真
11	97年11月17日	5139 ~ 5164	01 ~ 26	26	
,	97年11月03日	5062 ~ 5068	27 ~ 33	7	
,	96年03月07日	311 ~ 327	34 ~ 50	17	
12A	97年11月25日	5418 ~ 5422	01 ~ 05	5	
12B	97年11月17日	5190 ~ 5173	01 ~ 18	18	
,	96年03月07日	348 ~ 332	19 ~ 35	17	
13A	97年11月20日	5298 ~ 5293	01 ~ 06	6	
13B	96年03月07日	355 ~ 370	01 ~ 16	16	
14	96年10月22日	237 ~ 227	01 ~ 11	11	
,	96年11月08日	(543 ~ 533)	(01s ~ 11s)	(11)	補完用写真
15	97年11月25日	5403 ~ 5401	01 ~ 03	3	
,	97年11月03日	5051 ~ 5055	04 ~ 08	5	
16	97年11月20日	5334 ~ 5346	01 ~ 13	13	
17	97年11月20日	5326 ~ 5317	01 ~ 10	10	
18	97年10月30日	4887 ~ 4883	01 ~ 05	5	
19	96年03月13日	579 ~ 573	01 ~ 07	7	
,	96年03月07日	273 ~ 265	08 ~ 16	9	
20	96年03月13日	562 ~ 569	01 ~ 08	8	
,	96年03月07日	282 ~ 289	09 ~ 16	8	
21	97年11月20日	5302 ~ 5308	01 ~ 07	7	
,	97年11月21日	5384 ~ 5388	08 ~ 12	5	
,	97年11月20日	5310 ~ 5313	13 ~ 16	4	
22	97年10月30日	4890 ~ 4898	01 ~ 09	9	
,	96年10月22日	213 ~ 205	10 ~ 18	9	
23	96年03月13日	548 ~ 528	01 ~ 21	21	
24	96年10月22日	203 ~ 184	01 ~ 20	20	
,	96年03月13日	499 ~ 506	21 ~ 28	8	
合計				458 (32)	

3-3-4 撮影主要機材

撮影に使用した主な機材は下記のとおりである。

項目	機種
撮影航空機	GATES 社 LEARJET24
航空カメラ	CARL ZEISS 社 RMK-A 8.5/23
焦点距離	85.54mm
航路誘導装置	TRIMBLE 社 GPS NAVIGATION SYSTEM2000
航空フィルム	AGFA 社 AVIPHOTPAN 200PEI

3-3-5 撮影結果

撮影許可は平成8年2月15日に取得し、第1次の期間中は曇天が続き、さらに視通も大変悪く、3月25日まで期間延長したものの撮影できたのは3月7日、13日、および17日の3日間のみであった。検査結果、採用可能な写真は本調査対象地域東部の首都アクラ周辺のみであった。北西部の森林地帯は沿岸部の天候より、さらに常時曇天の悪条件における撮影実施となった。また3月17日に1コース～4コースまで連続で撮影を実施したが、殆ど全ての写真は雲に覆われており、採用可能な空中写真は皆無であった。撮影結果は以下の通りである。

第1次撮影結果

	計画	実績	備考
撮影縮尺	1:60,000	1:60,000	—
撮影コース	24コース	8コース	但し再撮影含む (C19,20,23を終了)
撮影延長	約3,500L/km	約700L/km	—
写真枚数	約703枚	140枚	—

第2次は第1次の継続撮影とし、同仕様にて実施した。ただし前回採用した写真がコース途中で終わっている場合は、3枚の写真を重複する地点を新たな撮影開始点とした。平成8年10月11日より平成9年3月15日まで2度に分けて撮影に着手したものの、好天に恵まれず7日間の撮影となり、総数約400枚の空中写真のうち、採用できたものは僅か74枚であった。

第2次撮影結果

	計画	実績	備考
撮影縮尺	1:60,000	1:60,000	—
撮影コース	21コース	7コース	但し再撮影含む (C19,20,23は前回までに終了)
撮影延長	約2,800L/km	約346L/km	—
写真枚数	約563枚	74枚	—

第3次は第1次、および第2次の継続とし、全て同仕様にて実施した。平成9年10月11日より撮影に着手したが、今期においても全く好天に恵まれず、本調査対象地域全体における空中写真の56%を撮り残す結果となった。

第3次撮影結果

	計 画	実 績	備 考
撮影縮尺	1:60,000	1:60,000	—
撮影コース	20コース	16コース	但し再撮影含む (C19,20,23,24は前回までに終了)
撮影延長	約2,454L/km	約1,124L/km	—
写真枚数	約489枚	220枚	—

3-3-5 写真処理

撮影後、速やかにフィルム現像、および検査用の写真の焼き付けを実施した。現像はリワインド現像のため、リーダー・トレーラーを十分にとり現像むらがない様注意した。

3-3-6 使用機器

写真処理に使用した主な機器は以下のとおりである。

項 目	機 種
フィルム現像機	CARL ZEISS 社 REWIND S/No.111079
密着プリンター	CARL ZEISS 社 KG-30
現像液	AGFA 社 ILFORD OQ UNIVERSAL
印画紙	AGFA 社 RAPITONE PAPER 等
乾燥機	CARL ZEISS 社 TG-24 S/No.20209

3-3-7 空中写真の検査

下記の項目について検査を行い、精度管理表を作成した。また不適合な写真は再撮影を実施した。

(1) オーバーラップ、サイドラップおよび航路のずれ

隣接する写真間のオーバーラップが $60 \pm 5\%$ 以内、コース間隔のサイドラップ $30 \pm 5\%$ 以内の制限内であるか、および撮影航路のずれについて検査した。

(2) 空中写真の傾き

空中写真の傾きは垂直写真を原則とし、 $\phi \cdot \omega$ が 3 度以内、そして κ が 10 度以内の制限内

であるかを確認した。

(3) 雲、雲影、ハレーションおよび現像むら等

標定・数値図化に必要な個所を除いて、連続する5枚の写真の雲、雲影、およびハレーションの割合が3%以内であることを確認した。

3-3-8 撮影フィルムの編集

調査団とSDGにおいて協議決定した通り、ネガフィルムに表示する注記、コース番号、および写真番号を付した。詳細は以下の通りである。

(1) 注記事項

- ・ 地区名、撮影年月日、コース番号、写真番号、写真縮尺
- ・ 国際協力事業団の略称(JICA)

尚、上記の注記は各コースの最初と最後の写真のみに表示し、それ以外の写真については、コース番号、写真番号のみ表示した。

(2) コース番号

東西コース : 北から南へ順次 C-1, C-2, C-3, ...とした。

斜めコース : 西側のコースから東へ向かい、東西コースとの一連番号を付した。

(3) 写真番号

東西コース、および斜めコース共に、西から東へ向かい 1, 2, 3, ...とした。

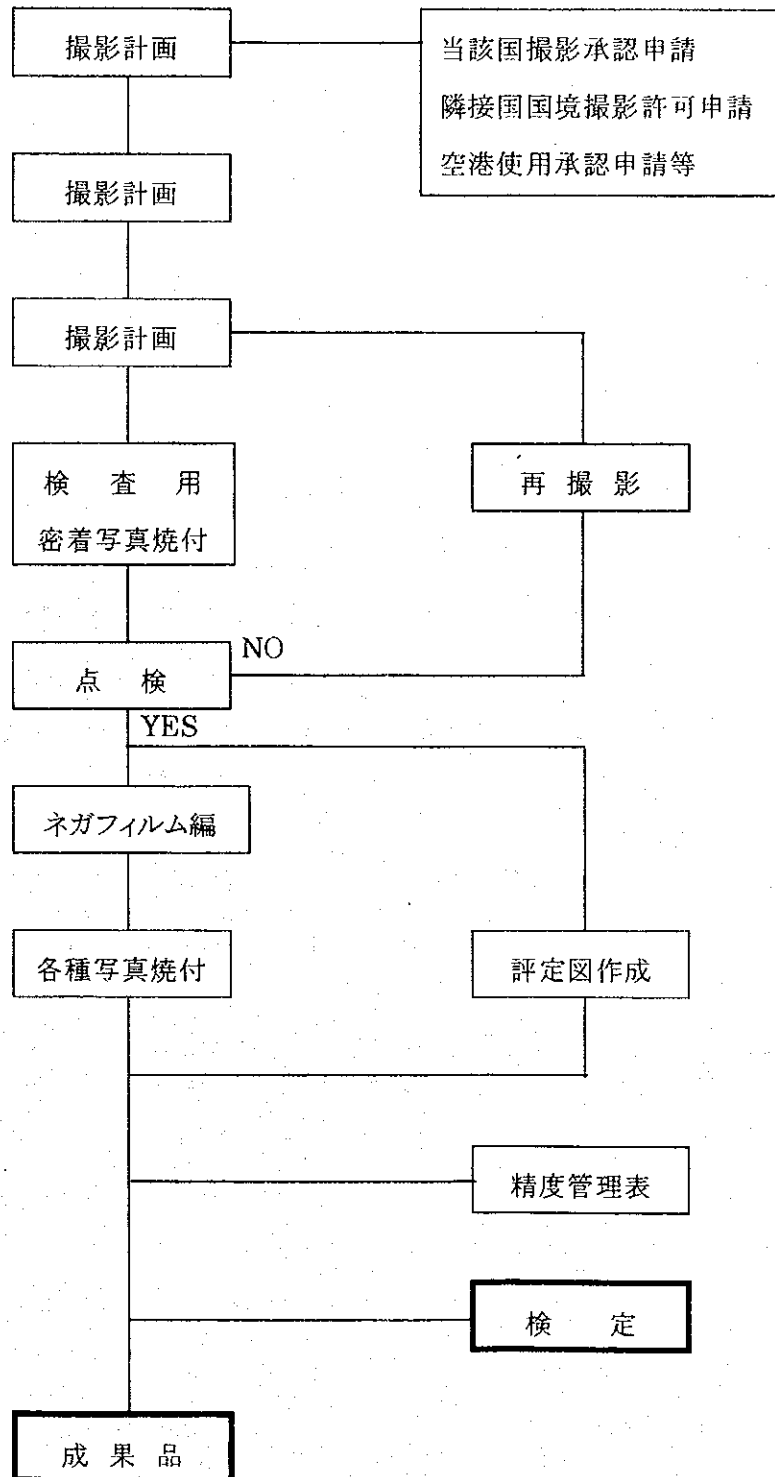
コースを分割した場合も通し番号とした。

3-3-9 空中写真撮影の未完地域の対応

本調査において天候不順により、空中写真撮影が不能となった地域は、数値図化が不能となったため、SDGが保有する数値地形図データを利用し、経年変化等の更新を行い数値地形図データを作成する事となった。スポット衛星データを使用したオルソイメージを作成することに決定され、また地形的経年変化の大きい鉾山地域5カ所については、既存空中写真を購入し使用した。

3-3-10 空中写真撮影のフローチャート

撮影のフローチャートは下記のとおりである。



3-4 標定点測量

3-4-1 概要

第1年次は、空中三角測量・数値図化に必要な平面位置、および標高を決定する標定点 40 点について GPS 測量(標定点測量Ⅰ)を実施した。

第2年次は、既設水準点が無く、また既設水準路線からのアクセスが困難であり、また直接水準測量による取付が不可能と思われる地域について、標高のみを決定するための GPS 測量(標定点測量Ⅱ)を標定点 34 点について実施した。

第3年次は、空中写真撮影結果に基づき、GPS 観測網を再検討し、空中三角測量、および数値図化に必要な標定点4点を追加し GPS 測量(標定点測量Ⅲ)実施した。

3-4-2 選点

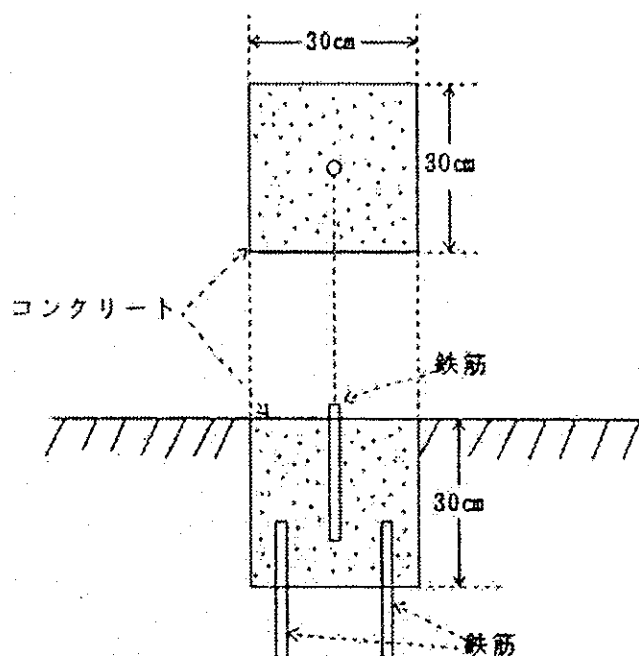
(1) 標定点測量Ⅰの選点(以下 XYZ 点と呼ぶ)

標定点の配点計画に基づき、平面位置、および標高を決定する標定点として、後続作業における利便、標識の保全等を考慮し、出来る限り公共施設内に選点するよう実施した。また既設基準点を 4 点使用する計画だったが、実施前に観測網を再検討した結果、1 点増の既設基準点 5 点とし、新設する標定点を 35 点とした。

使用した既設基準点

基準点名	緯度 (N)	経度 (W)	標高 (m)
CFP245	5° 16' 31.7009"	1° 59' 02.6533"	95.798
GCS102	5° 16' 47.7497"	0° 44' 04.8751"	60.320
GCS112	5° 35' 33.2406"	0° 19' 39.6115"	195.011
GCS296	5° 48' 12.3594"	2° 26' 17.9711"	145.359
W3/34/28	6° 11' 49.7984"	2° 28' 44.9733"	313.081

また、新設した XYZ 点35点、および Z 点34点について、下図の構造の標石を設置した。



(2) 標定点測量Ⅱの選点(以下 Z 点と呼ぶ)

標高を決定する標定点としての配点計画に基づき、標定点測量Ⅰにおいて設置した標定点の内側であること、刺針・偏心観測、GPS 観測、および標石の保存に適した個所を条件に Z 点を 34 点選点した。

3-4-3 XYZ 点の GPS 観測

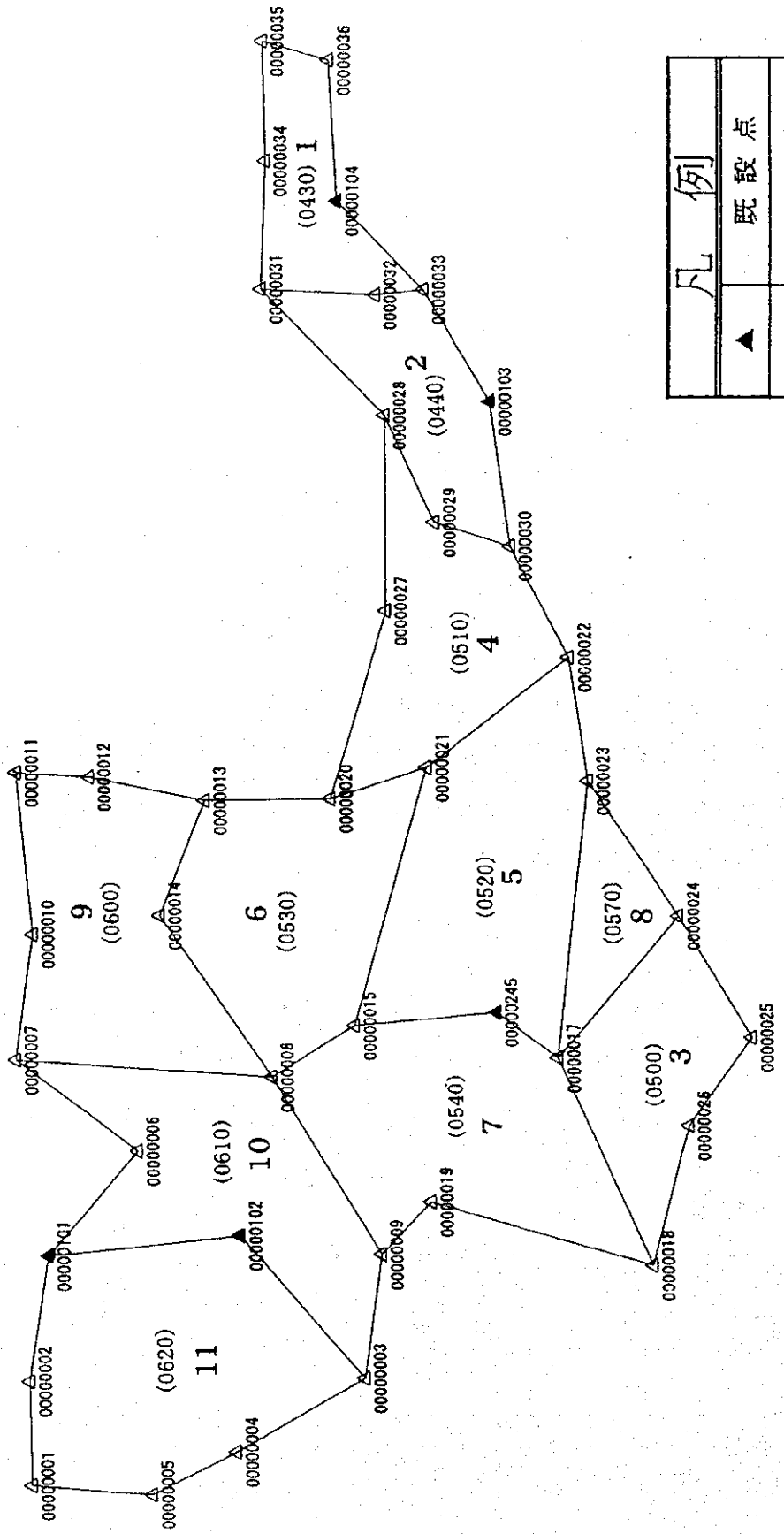
既設基準点 5 点を与点とし、第 1 年次に XYZ 点の 40 点について GPS 観測を実施した。観測は 7 台の受信機による同時観測を 1 セッションとし、合計 11 セッションの観測を実施した。(GPS 観測図を参照)

3-4-4 使用機器

XYZ 点の GPS 観測に使用した主な機器は以下の通りである。

項目	機種
GPS 受信機	TRIMBLE 社 4000SSE 7台
ソフトウェア	TRIMBLE 社 GPSURVEY, TRIMNET, ケンキョウ社 KEN-Q 等
コンピューター	東芝社 ダイナブック 1台
簡易 GPS	TRIMBLE 社 ENSIN 7台

GPS 観測網図



凡例	
▲	既設点
△	新設点

3-4-5 XYZ 点のベクター解析

各セッションで受信した GPS 衛星データを、全て WGS-84 楕円体に準拠するベクター解析を実施した。各セッションのベクター閉合差の最大は 0.086m (制限は 1.55m)、異なるセッションのベクターを組合せた閉合差の最大は 0.148m (制限は 3.094m)、また各セッションの重複ベクター較差の平均値は約 5.7cm と非常に高精度な解析サマリーを得た。

以上のベクター解析サマリーを検証すると、本調査における標定点測量の精度は十分に満たしており、第 2 年次に実施した Z 点に使用する与点としても、同様に精度を満たしている事を確認した。(単三角形点検計算構成図、表 1～表 5 を参照)

3-4-6 Z 点の GPS 観測

GPS 測量より標高を決定するためには、ジオイドデータによる補正計算を行う必要があり、本調査対象地域の周辺は、未だジオイド高観測が実施されていない。したがって標定点測量における各標定点の直接水準測量による標高値、および GPS 測量のベクター解析サマリーにより計算したジオイド高との比高に基づき、内挿法による Z 点の標高を求めるために実施した。また、標定点測量Ⅱの精度は標定点測量Ⅰと同様、非常に高精度な観測、および解析値を得られるため、観測網の中間検討の結果、34 点のうち 2 点を XYZ 点の標定点とした。観測は 7 台の受信機による同時観測を 1 セッションとし、合計 29 セッションの観測を実施した。(GPS 観測網図標高用、相対ジオイド高比較表を参照)

3-4-7 使用機器

Z 点の GPS 観測に使用した主な機器は以下のとおりである。

項 目	機 種
GPS 受信機	TRIMBLE 社 4000SSE 7台
ソフトウェア	TRIMBLE 社 GPSURVEY, TRIMNET, ケンキョウ社 KEN-Q 等
コンピューター	東芝社 ダイナブック 1台
簡易 GPS	TRIMBLE 社 ENSIN 7台

单三角形点检计算构成图

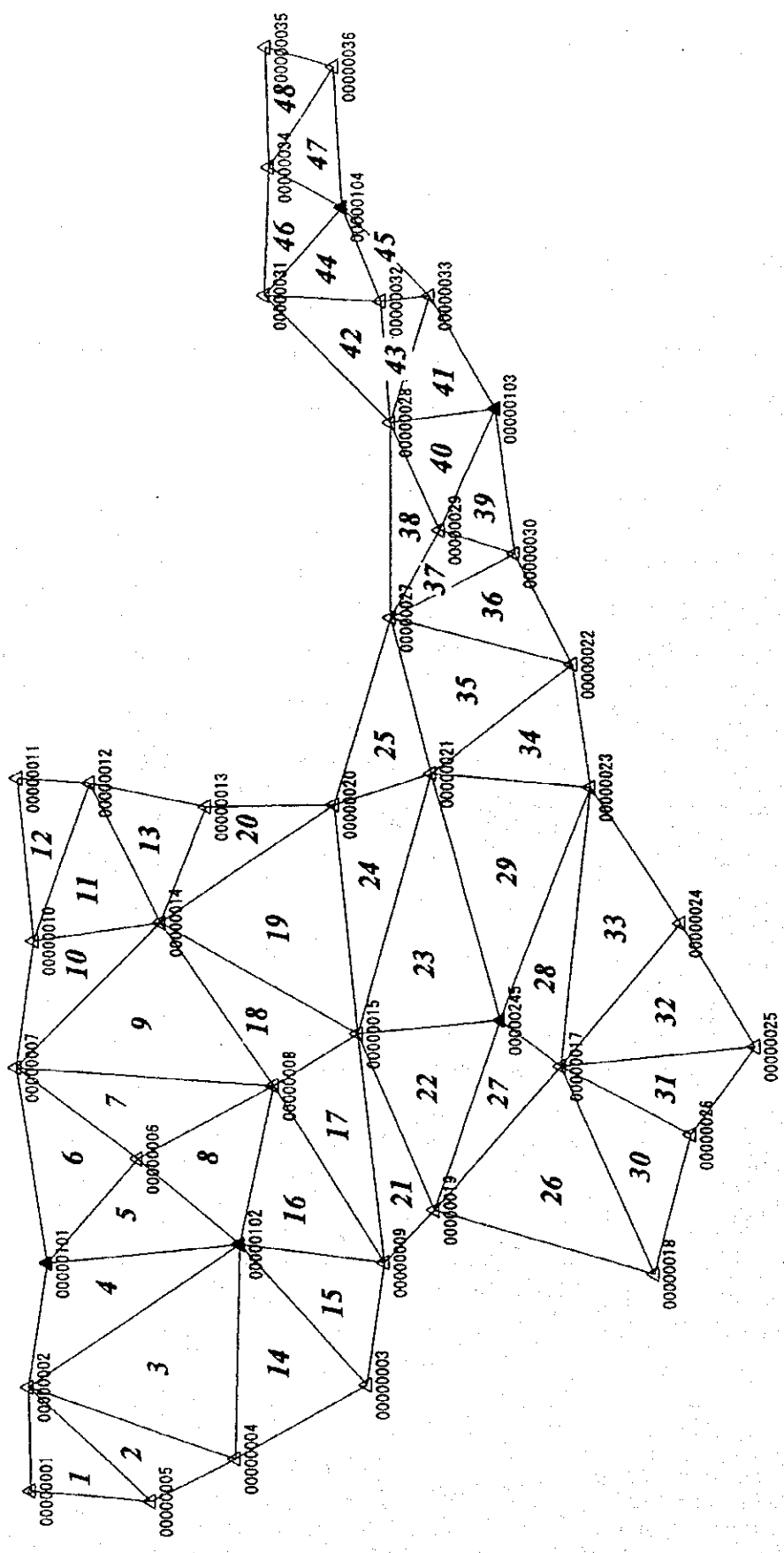


表-1. GPS觀測網閉合誤差表 1/2

Observation Group	Station combination for Baseline		Computed Slope Distance	Accuracy
	From	To		
1 (0430)	34	35	26,600.185 m	Total Dist.= 166,603.102 m dx = 0.011 m dy = -0.007 m dz = 0.004 m Ratio = 0.0782 ppm
	35	36	15,512.779 m	
	36	104	31,177.790 m	
	104	33	28,028.344 m	
	33	32	11,068.947 m	
	32	31	25,809.307 m	
	31	34	28,405.750 m	
2 (0440)	31	32	25,809.304 m	Total Dist.= 183,334.081 m dx = -0.018 m dy = -0.019 m dz = 0.002 m Ratio = 0.1429 ppm
	32	33	11,068.958 m	
	33	103	29,255.876 m	
	103	30	32,792.588 m	
	30	29	18,010.622 m	
	29	28	26,505.573 m	
	28	31	39,891.160 m	
3 (0500)	17	24	42,266.566 m	Total Dist.= 182,170.103 m dx = -0.009 m dy = 0.003 m dz = -0.004 m Ratio = 0.0567 ppm
	24	25	32,369.921 m	
	25	26	24,612.179 m	
	26	18	32,279.166 m	
	18	17	50,642.271 m	
4 (0510)	27	28	44,017.974 m	Total Dist.= 224,501.634 m dx = -0.002 m dy = 0.001 m dz = -0.005 m Ratio = 0.0232 ppm
	28	29	26,505.606 m	
	29	30	18,010.645 m	
	30	22	28,176.363 m	
	22	21	40,510.183 m	
	21	20	22,923.419 m	
	20	27	44,357.443 m	
5 (0520)	21	22	40,510.152 m	Total Dist.= 243,342.822 m dx = 0.017 m dy = -0.020 m dz = 0.006 m Ratio = 0.1103 ppm
	22	23	28,127.394 m	
	23	17	63,772.488 m	
	17	245	17,072.295 m	
	245	15	32,270.384 m	
	15	21	61,590.110 m	
6 (0530)	14	13	28,514.502 m	Total Dist.= 208,046.851 m dx = 0.004 m dy = 0.000 m dz = 0.001 m Ratio = 0.0232 ppm
	13	20	28,382.440 m	
	20	21	22,923.411 m	
	21	15	61,590.050 m	
	15	8	22,090.889 m	
	8	14	44,545.559 m	
7 (0540)	9	8	46,201.235 m	Total Dist.= 236,040.313 m dx = -0.010 m dy = 0.000 m dz = 0.001 m Ratio = 0.0420 ppm
	8	15	22,090.894 m	
	15	245	32,270.329 m	
	245	17	17,072.287 m	
	17	18	50,642.249 m	
	18	19	51,350.558 m	
	19	9	16,412.763 m	

表一2. GPS觀測網閉合誤差表 2/2

Observation Group	Station combination for Baseline		Computed Slope Distance	Accuracy
	From	To		
8 (0570)				Total Dist.= 142,887.825 m dx = 0.001 m dy = -0.001 m dz = 0.005 m Ratio = 0.0367 ppm
	17	23	26,600.185 m	
	23	24	15,512.779 m	
	24	17	31,177.790 m	
9 (0600)	10	11	37,328.922 m	Total Dist.= 240,028.781 m dx = 0.059 m dy = -0.002 m dz = 0.009 m Ratio = 0.2502 ppm
	11	12	16,235.007 m	
	12	13	26,701.445 m	
	13	14	28,514.543 m	
	14	8	44,545.587 m	
	8	7	57,832.287 m	
10 (0610)	7	10	28,870.991 m	Total Dist.= 282,511.415 m dx = -0.029 m dy = 0.052 m dz = 0.000 m Ratio = 0.2113 ppm
	6	7	33,980.954 m	
	7	8	57,832.295 m	
	8	9	46,201.298 m	
	9	3	27,689.071 m	
	3	102	41,839.133 m	
	102	101	43,774.176 m	
11 (0620)	101	6	31,194.489 m	Total Dist.= 218,988.078 m dx = 0.002 m dy = 0.000 m dz = 0.002 m Ratio = 0.0127 ppm
	1	2	44,017.974 m	
	2	101	26,505.606 m	
	101	102	18,010.645 m	
	102	3	28,176.363 m	
	3	4	40,510.183 m	
	4	5	22,923.419 m	
5	1	44,357.443 m		

表-3. 環境閉合點檢計算結果

Session No.	Station No.	Length (m)	Number of Station	Number of Side	DX (m)	DY (m)	DZ (m)	DS (m)	Allowable Error (m) -10ppm-
430, 440		276180.688	10	10	-0.047	-0.067	0.051	0.097	2.762
500, 570		240524.833	6	6	0.054	-0.026	0.030	0.067	2.405
510, 520		386824.067	11	11	-0.057	0.036	-0.012	0.068	3.868
530, 540		399905.382	11	11	0.045	0.004	0.017	0.048	3.999
600, 610		385985.440	11	11	-0.027	-0.078	0.010	0.083	3.860
610, 620		309382.802	9	9	0.109	-0.075	-0.067	0.148	3.094

Instrument	
Trimble4000SSE	
S/No.	3302A02377
S/No.	3348A04543
S/No.	3348A04545
S/No.	3348A04546
S/No.	3348A04548
S/No.	3348A04551
S/No.	3348A04542

G P S 觀測同一邊比較表

Session No.	Station No.	DX (m)			DY (m)			DZ (m)			DS (m)			Allowable Error (m) -10ppm-
		Length A	Length B	Diff.	Length A	Length B	Diff.	Length A	Length B	Diff.	Length A	Length B	Diff.	
620, 610	101, 102	4576.283	4576.357	0.074	4329.041	4329.065	0.024	-43318.492	-43318.526	-0.034	43774.133	43774.176	0.043	0.438
620, 610	102, 3	-1227.957	-1227.961	-0.004	31472.057	31472.100	0.043	27541.059	27541.098	0.039	41839.075	41839.133	0.058	0.418
610, 600	7, 8	-5769.978	-5769.863	0.115	4168.284	4168.305	0.021	57392.570	57392.572	0.002	57832.295	57832.287	-0.008	0.578
610, 540	8, 9	815.933	815.924	-0.009	-39433.850	-39433.785	0.065	-24059.627	-24059.613	0.014	46201.298	46201.235	-0.063	0.462
600, 530	8, 14	1225.032	1224.967	-0.065	-36890.151	-36890.122	0.029	-24936.431	-24936.428	0.003	44545.587	44545.559	-0.028	0.445
600, 530	13, 14	1811.767	1811.809	0.042	26470.193	26470.151	-0.042	-10446.315	-10446.305	0.010	28514.543	28514.502	-0.041	0.285
540, 530	8, 15	-2286.825	-2286.876	-0.051	-11728.796	-11728.800	-0.004	18579.918	18579.903	-0.015	22090.894	22090.889	-0.005	0.221
530, 520	15, 21	3444.900	3444.791	-0.109	59144.688	59144.720	0.032	-16833.752	-16833.767	-0.015	61590.050	61590.098	0.048	0.616
530, 510	20, 21	2307.495	2307.546	0.051	7116.348	7116.355	0.007	-21668.314	-21668.315	-0.001	22923.411	22923.419	0.008	0.229
540, 520	15, 245	3154.369	3154.353	-0.016	3055.811	3055.836	0.025	-31970.081	-31970.122	-0.041	32270.329	32270.370	0.041	0.323
540, 520	245, 17	832.798	832.780	-0.018	-10345.458	-10345.471	-0.013	-13555.107	-13555.105	0.002	17072.287	17072.292	0.005	0.171
540, 500	17, 18	-87.648	-87.690	-0.042	-46330.350	-46330.370	-0.020	-20448.186	-20448.197	-0.011	50642.249	50642.271	0.022	0.506
570, 500	17, 24	-3414.883	-3414.822	0.061	-32359.015	-32359.045	-0.030	26975.771	26975.800	0.029	42266.530	42266.566	0.036	0.423
570, 520	17, 23	-2568.727	-2568.769	-0.042	-63331.636	-63331.697	-0.061	7030.303	7030.321	0.018	63772.405	63772.469	0.064	0.638
520, 510	21, 22	-3442.739	-3442.692	0.047	-24758.897	-24758.938	-0.041	31878.145	31878.171	0.026	40510.141	40510.183	0.042	0.405
510, 440	29, 30	-1427.623	-1427.666	-0.043	5328.064	5328.046	-0.018	17145.173	17145.163	-0.010	18010.645	18010.633	-0.012	0.180
510, 440	28, 29	-669.317	-669.354	-0.037	24099.049	24099.020	-0.029	11015.216	11015.208	-0.008	26505.606	26505.576	-0.030	0.265
440, 430	31, 32	2510.813	2510.800	-0.013	-1365.057	-1365.059	-0.002	-25650.591	-25650.591	0.000	25809.308	25809.307	-0.001	0.258
440, 430	32, 33	1095.538	1095.466	-0.072	1072.878	1072.837	-0.041	-10952.294	-10952.233	0.061	11069.018	11068.947	-0.071	0.111

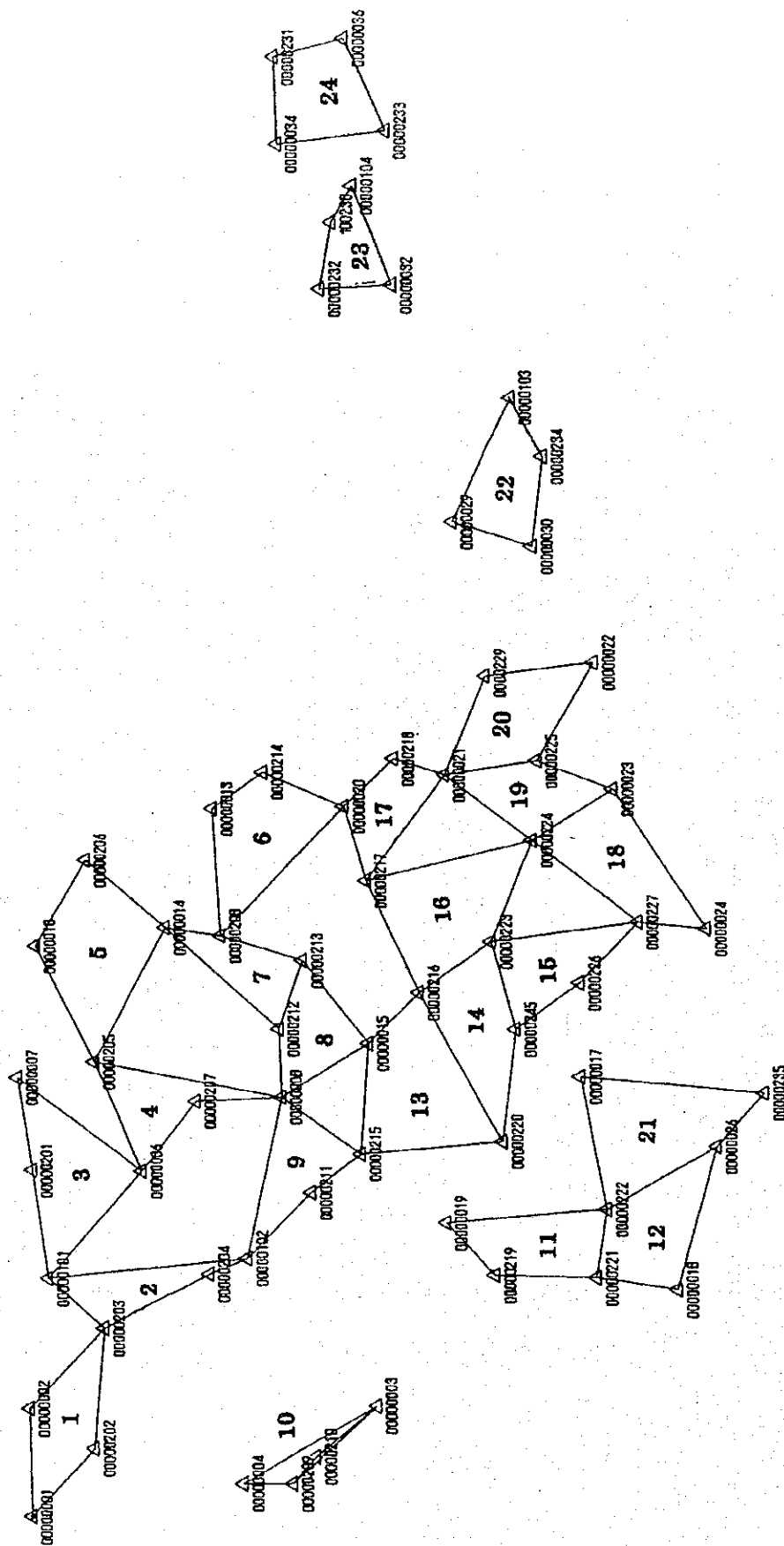
表一4. 单三角形点检计算结果 1/2

Session No.	Triangle Block No.	Length (m)	Number of Station	Number of Side	DX (m)	DY (m)	DZ (m)	DS (m)	Allowable Error (m) -10ppm-
620 ✓	1 ✓	87454.111 ✓	3 ✓	3 ✓	0.009 ✓	0.003 ✓	-0.001 ✓	0.010 ✓	0.875 ✓
620 ✓	2 ✓	107868.686 ✓	3 ✓	3 ✓	0.001 ✓	0.000 ✓	0.000 ✓	0.001 ✓	1.079 ✓
620 ✓	3 ✓	155123.736 ✓	3 ✓	3 ✓	0.038 ✓	0.074 ✓	0.020 ✓	0.086 ✓	1.551 ✓
620 ✓	4 ✓	129852.941 ✓	3 ✓	3 ✓	0.032 ✓	0.072 ✓	0.022 ✓	0.081 ✓	1.299 ✓
620 ✓	14 ✓	123314.007 ✓	3 ✓	3 ✓	0.001 ✓	0.000 ✓	0.001 ✓	0.002 ✓	1.233 ✓
600 ✓	9 ✓	148688.194 ✓	3 ✓	3 ✓	0.019 ✓	-0.003 ✓	0.003 ✓	0.020 ✓	1.487 ✓
600 ✓	10 ✓	104025.463 ✓	3 ✓	3 ✓	0.009 ✓	0.004 ✓	0.000 ✓	0.010 ✓	1.040 ✓
600 ✓	11 ✓	102702.570 ✓	3 ✓	3 ✓	0.016 ✓	-0.004 ✓	0.002 ✓	0.017 ✓	1.027 ✓
600 ✓	12 ✓	91916.821 ✓	3 ✓	3 ✓	0.012 ✓	0.000 ✓	0.003 ✓	0.012 ✓	0.919 ✓
600 ✓	13 ✓	90721.512 ✓	3 ✓	3 ✓	0.003 ✓	0.001 ✓	0.000 ✓	0.003 ✓	0.907 ✓
540 ✓	17 ✓	119768.340 ✓	3 ✓	3 ✓	-0.010 ✓	0.000 ✓	0.002 ✓	0.011 ✓	1.198 ✓
540 ✓	21 ✓	110688.097 ✓	3 ✓	3 ✓	0.002 ✓	0.000 ✓	0.000 ✓	0.002 ✓	1.107 ✓
540 ✓	22 ✓	120233.632 ✓	3 ✓	3 ✓	-0.001 ✓	0.000 ✓	0.000 ✓	0.001 ✓	1.202 ✓
540 ✓	26 ✓	145238.230 ✓	3 ✓	3 ✓	0.003 ✓	-0.001 ✓	0.000 ✓	0.003 ✓	1.452 ✓
540 ✓	27 ✓	105481.890 ✓	3 ✓	3 ✓	0.004 ✓	-0.001 ✓	0.001 ✓	0.004 ✓	1.055 ✓
530 ✓	18 ✓	117027.620 ✓	3 ✓	3 ✓	0.001 ✓	0.001 ✓	-0.001 ✓	0.001 ✓	1.170 ✓
530 ✓	19 ✓	149983.428 ✓	3 ✓	3 ✓	0.005 ✓	0.001 ✓	0.001 ✓	0.005 ✓	1.500 ✓
530 ✓	20 ✓	104224.366 ✓	3 ✓	3 ✓	-0.001 ✓	0.000 ✓	0.000 ✓	0.001 ✓	1.042 ✓
530 ✓	24 ✓	136778.293 ✓	3 ✓	3 ✓	0.001 ✓	-0.001 ✓	0.000 ✓	0.001 ✓	1.368 ✓
500 ✓	30 ✓	115776.925 ✓	3 ✓	3 ✓	-0.010 ✓	0.002 ✓	-0.004 ✓	0.011 ✓	1.158 ✓
500 ✓	31 ✓	101377.517 ✓	3 ✓	3 ✓	0.000 ✓	0.000 ✓	0.000 ✓	0.001 ✓	1.014 ✓
500 ✓	32 ✓	118546.336 ✓	3 ✓	3 ✓	0.001 ✓	0.000 ✓	0.000 ✓	0.001 ✓	1.185 ✓
570 ✓	33 ✓	142887.825 ✓	3 ✓	3 ✓	0.001 ✓	0.001 ✓	0.005 ✓	0.005 ✓	1.429 ✓

表一5. 单三角形点检计算结果 2/2

Session No.	Triangle Block No.	Length (m)	Number of Station	Number of Side	DX (m)	DY (m)	DZ (m)	DS (m)	Allowable Error (m) - 10ppm -
610 ✓	5 ✓	104677.533 ✓	3 ✓	3 ✓	-0.015 ✓	0.030 ✓	0.018 ✓	0.038 ✓	1.047 ✓
610 ✓	6 ✓	109460.711 ✓	3 ✓	3 ✓	-0.001 ✓	-0.003 ✓	0.003 ✓	0.004 ✓	1.095 ✓
610 ✓	7 ✓	126479.342 ✓	3 ✓	3 ✓	0.002 ✓	0.000 ✓	-0.001 ✓	0.002 ✓	1.265 ✓
610 ✓	8 ✓	100533.414 ✓	3 ✓	3 ✓	0.024 ✓	-0.035 ✓	0.004 ✓	0.042 ✓	1.005 ✓
610 ✓	15 ✓	101550.482 ✓	3 ✓	3 ✓	-0.001 ✓	-0.002 ✓	0.001 ✓	0.002 ✓	1.016 ✓
610 ✓	16 ✓	114382.030 ✓	3 ✓	3 ✓	-0.012 ✓	0.015 ✓	0.014 ✓	0.024 ✓	1.144 ✓
520 ✓	23 ✓	151956.564 ✓	3 ✓	3 ✓	0.001 ✓	-0.006 ✓	0.019 ✓	0.020 ✓	1.520 ✓
520 ✓	28 ✓	137790.966 ✓	3 ✓	3 ✓	0.001 ✓	-0.002 ✓	0.000 ✓	0.002 ✓	1.378 ✓
520 ✓	29 ✓	151033.270 ✓	3 ✓	3 ✓	-0.001 ✓	0.001 ✓	0.001 ✓	0.001 ✓	1.510 ✓
520 ✓	34 ✓	104628.496 ✓	3 ✓	3 ✓	-0.009 ✓	0.001 ✓	-0.001 ✓	0.009 ✓	1.046 ✓
510 ✓	25 ✓	103693.434 ✓	3 ✓	3 ✓	-0.001 ✓	0.000 ✓	0.000 ✓	0.001 ✓	1.037 ✓
510 ✓	35 ✓	119195.261 ✓	3 ✓	3 ✓	0.004 ✓	-0.002 ✓	-0.006 ✓	0.008 ✓	1.192 ✓
510 ✓	36 ✓	102202.477 ✓	3 ✓	3 ✓	0.002 ✓	-0.001 ✓	0.002 ✓	0.003 ✓	1.022 ✓
510 ✓	37 ✓	72517.174 ✓	3 ✓	3 ✓	-0.011 ✓	0.004 ✓	-0.002 ✓	0.012 ✓	0.725 ✓
510 ✓	38 ✓	93276.503 ✓	3 ✓	3 ✓	0.004 ✓	-0.001 ✓	0.001 ✓	0.004 ✓	0.933 ✓
440 ✓	39 ✓	80793.673 ✓	3 ✓	3 ✓	0.050 ✓	-0.007 ✓	0.016 ✓	0.053 ✓	0.808 ✓
440 ✓	40 ✓	80449.153 ✓	3 ✓	3 ✓	-0.031 ✓	-0.029 ✓	0.010 ✓	0.044 ✓	0.804 ✓
440 ✓	41 ✓	82890.330 ✓	3 ✓	3 ✓	-0.027 ✓	0.001 ✓	-0.004 ✓	0.027 ✓	0.829 ✓
440 ✓	42 ✓	92998.890 ✓	3 ✓	3 ✓	-0.004 ✓	0.002 ✓	-0.002 ✓	0.005 ✓	0.930 ✓
440 ✓	43 ✓	68048.762 ✓	3 ✓	3 ✓	-0.024 ✓	-0.043 ✓	-0.014 ✓	0.051 ✓	0.680 ✓
430 ✓	44 ✓	74506.213 ✓	3 ✓	3 ✓	-0.003 ✓	0.000 ✓	0.000 ✓	0.003 ✓	0.745 ✓
430 ✓	45 ✓	61810.471 ✓	3 ✓	3 ✓	0.005 ✓	-0.001 ✓	0.001 ✓	0.005 ✓	0.618 ✓
430 ✓	46 ✓	72697.764 ✓	3 ✓	3 ✓	0.007 ✓	-0.004 ✓	0.001 ✓	0.008 ✓	0.727 ✓
430 ✓	47 ✓	75910.332 ✓	3 ✓	3 ✓	0.005 ✓	-0.003 ✓	0.002 ✓	0.006 ✓	0.759 ✓
430 ✓	48 ✓	68537.217 ✓	3 ✓	3 ✓	-0.003 ✓	0.001 ✓	-0.001 ✓	0.003 ✓	0.685 ✓

GPS 観測網図 (標高用)



相対ジオイド高比較表

Station Name	Height from the Geoid ①(m)	Height from the Ellipsoid ②(m)	Relative Geoidal Height (①-②)(m)	Remarks
GPS102	59.968	59.968	0.000	Fixed Station
GPS 1	145.266	144.947	0.319	
GPS 2	190.416	189.971	0.445	
GPS 3	51.686	53.454	-1.768	
GPS 4	88.777	90.173	-1.396	
GPS 5	142.427	143.259	-0.832	
GPS 6	105.373	104.955	0.418	
GPS 7	172.070	170.871	1.199	
GPS 8	61.517	62.501	-0.984	
GPS 9	86.724	88.201	-1.477	
GPS 10	185.410	184.368	1.042	
GPS 11	218.844	217.483	1.361	
GPS 12	130.041	129.269	0.772	
GPS 13	93.794	94.120	-0.326	
GPS 14	134.746	134.971	-0.225	
GPS 15	85.023	86.668	-1.645	
GPS 17	57.951	60.916	-2.965	
GPS 18	7.542	10.959	-3.417	
GPS 19	81.687	83.597	-1.910	
GPS 20	81.342	82.423	-1.081	
GPS 21	109.114	110.649	-1.535	
GPS 22	22.158	22.991	-0.833	
GPS 23	17.220	18.925	-1.705	
GPS 24	6.944	9.516	-2.572	
GPS 25	19.707	23.217	-3.510	
GPS 26	29.344	32.879	-3.535	
GPS 27	106.614	107.416	-0.802	
GPS 28	99.575	99.597	-0.022	
GPS 29	84.783	85.414	-0.631	
GPS 30	10.231	10.840	-0.609	
GPS 31	69.426	68.276	1.150	
GPS 32	63.096	62.512	0.584	
GPS 33	100.246	99.640	0.606	
GPS 34	85.202	83.802	1.400	
GPS 35	56.599	54.915	1.684	
GPS 36	17.922	16.468	1.454	
GPS 233	4.060	2.796	1.264	

3-4-8 Z 点のベクター解析

第1年次同様、各セッションで受信したGPS衛星データを、全てWGS-84楕円体に準拠するベクター解析を実施した。各セッションのベクター閉合差、異なるセッションのベクターを組合せた閉合差、および各セッションの重複ベクター較差ともに制限内であり、非常に高精度なGPS観測による解析サマリーを得た。

以上のベクター解析サマリーを検証すると、本調査におけるZ点の標定点測量精度は十分に満たしている事を確認した。(観測値閉合差点検表、重複基線点検表を参照)

3-4-9 XYZ 点の3次元網平均計算

既設基準点成果、およびXYZ点に標高を直接取り付けた水準測量成果を与点とし、GPS観測のベクター解析サマリーを、ガーナ国が採用している準拠楕円体クラーク1880における3次元網平均計算を実施し、各XYZ点の測地座標、標高、および標準偏差を求めた。

3-4-10 内挿法によるZ点の計算

XYZ点成果を与点成果、ベクター解析サマリーを与点として、同様にガーナ国が採用している準拠楕円体クラーク1880における3次元網平均計算を実施し(内挿法)、各Z点の測地座標、標高、および標準偏差を求めた。

3-4-11 標定点測量Ⅲ(追加分)のGPS観測

空中写真撮影の進捗状況を正確に把握し、GPS観測網・撮影完了地域の再検討を行った結果、空中三角測量、および数値図化に必要な標定点を合計4点追加新設した。選点は標定点測量Ⅰ・Ⅱと同条件とした。GPS観測方法はXYZ点を与点とする4台の受信機による同時観測を1セッションとし、合計4セッションの観測を実施した。(GPS観測網図追加分を参照)

3-4-12 使用機器

追加分標定点のGPS観測に使用した主な機器は以下のとおりである。

項目	機種
GPS受信機	TRIMBLE社 4000SSE 4台
ソフトウェア	TRIMBLE社 GPSURVEY, TRIMNET, ケンキウ社 KEN-Q 等
コンピューター	東芝社 ダイナブック 1台
簡易GPS	TRIMBLE社 ENSIN 4台

観測値閉合差点検表

1/3

Group No.	Station combination for baseline		Computed Slope Distance(m)	Accuracy (m)
1	1	2	23,113.440	TD= 92,806.745
	2	203	23,845.312	dx = +0.012
	203	202	25,620.504	dy = -0.007
	202	1	20,227.488	dz = +0.001
				Ratio=0.144ppm
2	203	101	16,161.700	TD= 94,874.639
	101	102	43,774.179	dx = +0.013
	102	204	8,896.978	dy = -0.007
	204	203	26,041.783	dz = +0.007
				Ratio=0.172ppm
3	101	201	23,761.421	TD= 109,461.531
	201	7	20,524.753	dx = -0.006
	7	6	33,980.923	dy = -0.001
	6	101	31,194.434	dz = +0.001
				Ratio=0.053ppm
4	6	205	26,022.469	TD= 105,678.680
	205	8	41,530.304	dx = -0.001
	8	207	18,619.409	dy = -0.02
	207	6	19,506.499	dz = 0.001
				Ratio=0.021ppm
5	205	10	28,142.008	TD= 106,454.911
	10	206	22,079.494	dx = +0.002
	206	14	22,876.969	dy = -0.001
	14	205	33,356.440	dz = -0.000
				Ratio=0.023ppm
6	208	13	28,224.646	TD= 100,086.206
	13	214	13,598.048	dx = +0.001
	214	20	19,090.228	dy = -0.001
	20	208	39,173.288	dz = -0.001
				Ratio=0.020ppm
7	14	208	12,279.276	TD= 79,549.148
	208	213	18,524.618	dx = +0.007
	213	212	15,775.784	dy = -0.002
	212	14	32,969.470	dz = -0.004
				Ratio=0.102ppm
8	212	213	15,775.784	TD= 75,496.679
	213	15	22,703.528	dx = +0.015
	15	8	22,090.909	dy = -0.020
	8	212	14,926.458	dz = +0.010
				Ratio=0.355ppm
9	102	8	36,158.321	TD= 90,800.643
	8	215	21,046.750	dx = -0.005
	215	211	13,641.462	dy = -0.001
	211	102	19,954.111	dz = +0.001
				Ratio=0.052ppm
10	209	4	10,843.096	TD= 69,045.366
	4	3	33,460.337	dx = -0.007
	3	210	17,045.525	dy = +0.004
	210	209	7,696.407	dz = -0.002
				Ratio=0.118ppm

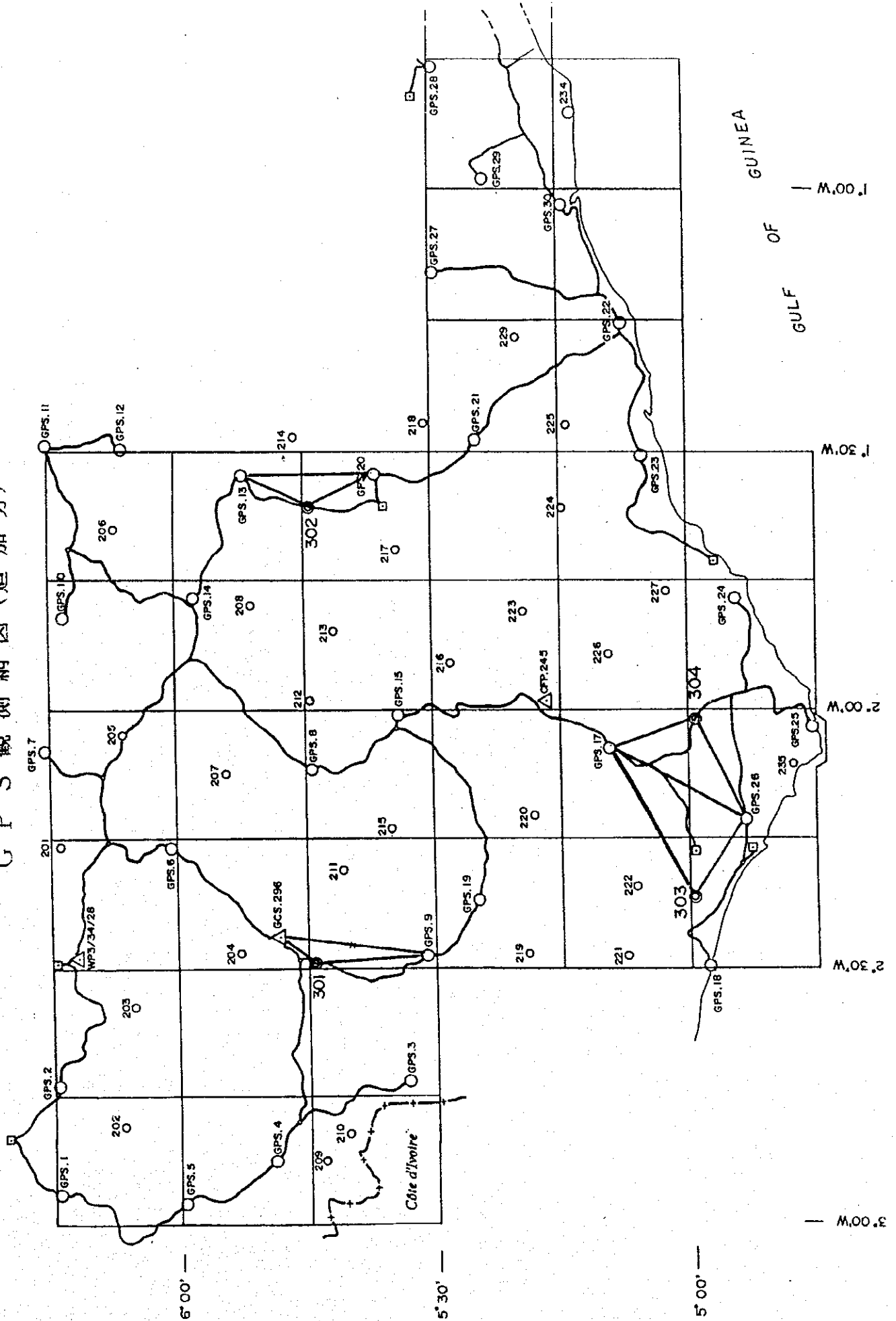
Group No.	Station combination for baseline		Computed Slope Distance(m)	Accuracy (m)
11	219	19	15,545.705	TD= 86,271.911
	19	222	34,296.738	dx = -0.026
	222	221	15,009.392	dy = +0.017
	221	219	21,420.076	dz = +0.000
				Ratio=0.359ppm
12	221	222	15,009.392	TD= 92,412.094
	222	26	27,609.600	dx = +0.003
	26	18	32,279.158	dy = -0.012
	18	221	17,513.944	dz = -0.008
				Ratio=0.155ppm
13	15	216	15,690.607	TD= 108,257.976
	216	220	37,241.843	dx = -0.009
	220	215	30,970.201	dy = -0.006
	215	15	24,355.324	dz = -0.001
				Ratio=0.096ppm
14	220	216	37,241.843	TD= 101,220.363
	216	223	19,422.494	dx = -0.015
	223	245	19,741.506	dy = +0.014
	245	220	24,814.520	dz = +0.007
				Ratio=0.214ppm
15	223	227	31,326.789	TD= 86,239.838
	227	226	18,319.993	dx = -0.043
	226	245	16,851.550	dy = +0.001
	245	223	19,741.506	dz = +0.009
				Ratio=0.113ppm
16	217	224	37,040.750	TD= 107,424.341
	224	223	24,045.178	dx = -0.003
	223	216	19,422.494	dy = -0.001
	216	217	26,915.919	dz = -0.003
				Ratio=0.044ppm
17	217	20	17,134.092	TD= 73,116.173
	20	218	15,139.772	dx = +0.001
	218	21	11,619.305	dy = +0.001
	21	217	29,223.003	dz = -0.000
				Ratio=0.017ppm
18	224	23	20,637.564	TD= 100,969.858
	23	24	36,848.911	dx = -0.002
	24	227	14,865.093	dy = +0.002
	227	224	28,618.290	dz = +0.001
				Ratio=0.023ppm
19	21	225	20,087.100	TD= 81,665.078
	225	23	17,167.803	dx = -0.042
	23	224	20,637.564	dy = +0.031
	224	21	23,772.610	dz = +0.009
				Ratio=0.039ppm
20	21	229	23,524.833	TD= 91,672.292
	229	22	23,185.185	dx = -0.002
	22	225	24,875.174	dy = +0.001
	225	21	20,087.100	dz = +0.001
				Ratio=0.022ppm

Group No.	Station combination for baseline		Computed Slope Distance(m)	Accuracy (m)
	222	17	29,603.515	TD= 112,497.205
21	17	235	39,588.283	dx = 0.004
	235	26	15,695.807	dy = 0.000
	26	222	27,609.600	dz = -0.001
				Ratio=0.039ppm
	29	103	29,990.404	TD= 82,254.219
22	103	234	14,538.416	dx = -0.001
	234	30	19,714.790	dy = -0.000
	30	29	18,010.610	dz = +0.000
				Ratio=0.015ppm
	104	32	22,713.169	TD= 61,245.116
23	32	232	15,418.601	dx = +0.000
	232	230	14,383.851	dy = +0.000
	230	104	8,729.495	dz = +0.000
				Ratio=0.007ppm
	34	231	18,472.580	TD= 78,820.321
24	231	36	15,470.086	dx = +0.000
	36	233	21,465.757	dy = +0.001
	233	34	23,411.898	dz = -0.001
				Ratio=0.015ppm

重複基線点検表

Station No	DX(m)			DY(m)			DZ(m)			DS(m)			Allowable Error 10ppm
	Lenght A	Lenght B	Diff.	Lenght A	Lenght B	Diff.	Lenght A	Lenght B	Diff.	Lenght A	Lenght B	Diff.	
225.21	-1920.099	-1920.097	0.002	-3091.481	-3091.471	-0.010	19754.686	19754.686	0.000	20087.099	20087.100	0.001	0.201
224.23	-1836.186	-1836.144	0.042	-11521.709	-11521.731	-0.022	17023.152	17023.143	-0.009	20637.564	20637.566	0.002	0.206
223.245	132.835	132.843	0.008	19074.462	19074.452	0.000	5086.681	5086.673	-0.008	19741.506	19741.504	-0.002	0.197
223.216	-1834.457	-1834.444	0.013	-11058.901	-11056.907	-0.008	15862.310	15862.311	0.001	19422.492	19422.494	0.002	0.194
216.220	463.534	463.525	-0.009	-32820.548	-32820.541	0.005	-17962.182	-17962.176	0.006	37241.843	37241.836	-0.007	0.372
212.213	1020.149	1020.134	-0.015	14848.652	14848.676	0.024	-5229.831	-5229.942	-0.111	15775.784	15775.809	0.025	0.158
222.26	2632.603	2632.598	-0.005	13843.484	13843.475	-0.009	-23742.730	-23742.739	-0.009	27609.597	27609.600	0.003	0.276
221.222	750.562	750.584	0.022	14838.312	14838.296	-0.016	-2131.539	-2131.536	0.003	15009.408	15009.392	-0.016	0.150

GPS観測網図(追加分)



3-4-13 標定点測量Ⅲ(追加分)のベクター解析

XYZ・Z 点における同仕様のベクター解析を実施した。各セッションのベクター閉合差、異なるセッションのベクターを組合せた閉合差、および各セッションの重複ベクターにおける較差ともに制限内であり、非常に高精度な解析サマリーを得た。以上のベクター解析サマリーを検証すると、本調査における追加分標定点の測量精度は十分に満たしている事を確認した。

3-4-14 標定点測量Ⅲ(追加分)の3次元網平均計算

XYZ点における成果、および標定点測量Ⅲに直接取り付けた標高値を与件として、追加分標定点について実施したGPS観測におけるベクター解析サマリーを、ガーナ国が採用している準拠楕円体クラーク1880における3次元網平均計算を行い、各XYZ点の測地座標、標高、および標準偏差を求めた。(追加標定点測量結果を参照)

3-4-15 準拠楕円体の諸元

調査団とSDGにおいて協議決定した、各諸元は以下のとおりである。

項目	各諸元
準拠楕円体	クラーク1880(長半径6,378,249.145m、扁平率1/293.465)
測地座標系	Ghana Modified Transverse Mercator
座標原点	West of Greenwich 1°00' North 4°40'
座標加常数	Easting 300,000m Northing 0m
零子午線縮率	0.99975
高さの基準	平均海水面(SDGの既設水準点)

3-4-16 検定

GPS測量成果は精度管理表を作成し、社団法人日本測量協会の検定を受けた。

追加標定点測量結果

Closure error

Observation st.	Station	Distance	Closure error
301/296/9	301 ~ 296	9,178.465m	Total dist.=66,231.011m dx=-0.0114m, dy=+0.0132m dz=-0.0325m Ratio=0.5562ppm
	296 ~ 9	32,022.304m	
	9 ~ 301	25,030.241m	
302/13/20	302 ~ 13	15,197.265m	Total dist.=59,631.815m dx=-0.0046m, dy=-0.0077m dz=+0.0114m Ratio=0.2433ppm
	13 ~ 20	28,382.447m	
	20 ~ 302	16,052.102m	
303/17/26	303 ~ 17	33,460.373m	Total dist.=82,975.844m dx=+0.0069m, dy=-0.0076m dz=+0.0069m Ratio=0.1494ppm
	17 ~ 26	32,855.475m	
	26 ~ 303	16,659.996m	
304/26/17	304 ~ 26	25,348.159m	Total dist.=78,018.068m dx=+0.0128m, dy=-0.0045m dz=-0.0162m Ratio=0.2708ppm
	26 ~ 17	32,855.475m	
	17 ~ 304	19,814.434m	

Double observation difference

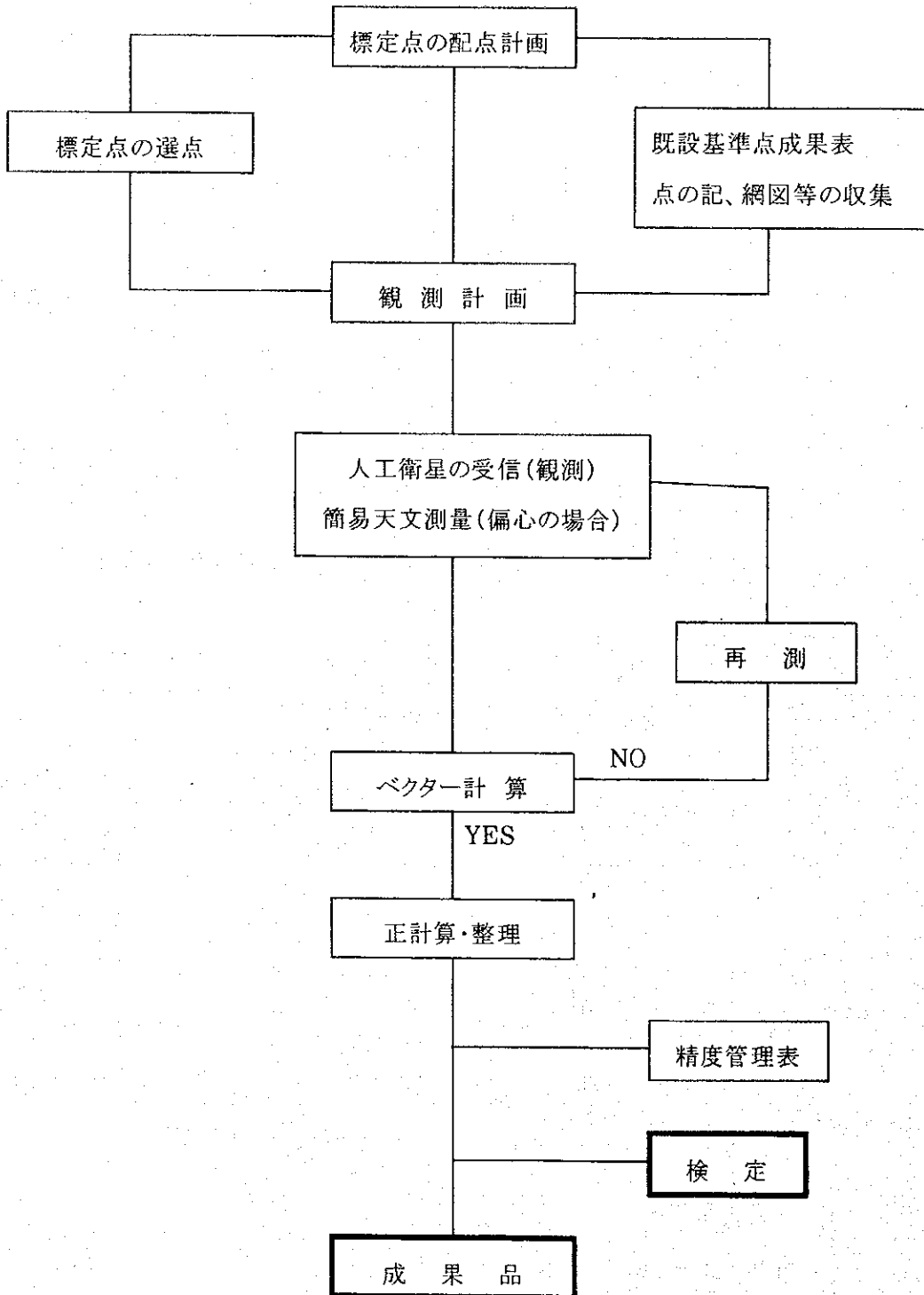
Station (year)	dx	dy	dz
296 ~ 9 ('96)	+ 2,899.106m	- 4,136.354m	-31,621.387m
('98)	+ 2,899.124m	- 4,136.386m	-31,621.407m
Difference	- 0.018m	+ 0.032m	+ 0.020m
13 ~ 20 ('96)	+ 2,837.442m	+ 396.848m	-28,237.463m
('98)	+ 2,837.456m	+ 396.844m	-28,237.469m
Difference	- 0.014m	+ 0.004m	+ 0.006m
17 ~ 26 ('96)	+ 1,950.879m	-15,277.521m	-29,021.966m
('98)	+ 1,950.883m	-15,277.534m	-29,021.944m
Difference	- 0.004m	+ 0.013m	- 0.022m
17 ~ 26 ('98)	+ 1,950.883m	-15,277.534m	-29,021.944m
('98)	+ 1,950.920m	-15,277.534m	-29,021.949m
Difference	- 0.037m	0.000m	+ 0.005m

Final Result of New Points

Station	Northing (m)	Easting (m)	Height (m)
301	+ 119,052.08	+ 134,572.81	+ 90.83
302	+ 118,845.13	+ 233,097.04	+ 80.32
303	+ 35,440.05	+ 152,629.94	+ 17.82
304	+ 35,528.86	+ 188,274.03	+ 69.86

(Ghana Modified Transverse Mercator)

3-4-17 標定点の作業フロー



3-5 簡易水準測量

3-5-1 概要

簡易水準測量は、縮尺 1:50,000 地形図作成に伴う標高精度を維持した空中三角測量・数値図化を実施するため、既設水準点が不足する地域について実施した。撮影範囲、既設水準路線、および主にアクセスが比較的安易な幹線道路を既存地形図に記入・明示し、安定した高精度なブロック調整計算が可能となるよう計画した。

また空中写真撮影が未完の地域の路線については、今後に備え刺針点が不明にならぬよう、地上写真撮影、および詳細な見取り図を作成した。

3-5-2 現地踏査

計画した簡易水準路線について、道路状況、観測路線としての適否、および周辺の既設水準路線の有無等について踏査を実施した。また約 4km 間隔に設置する水準点(刺針点)の選点も同時に実施した。

3-5-3 観測

観測は、デジタルレベル、およびバーコード・スタッフを使用して効率化を計り、また誤読による再測を防止した。開放型路線の場合は往復観測を原則とし、そして結合型路線についても出発点、および結合点において、既設水準点についての検測を実施した。また標定点測量Ⅰ・Ⅱにおいて新設した全標定点へ標高を取りつけた。(簡易水準路線網図を参照)

3-5-4 追加分の簡易水準測量

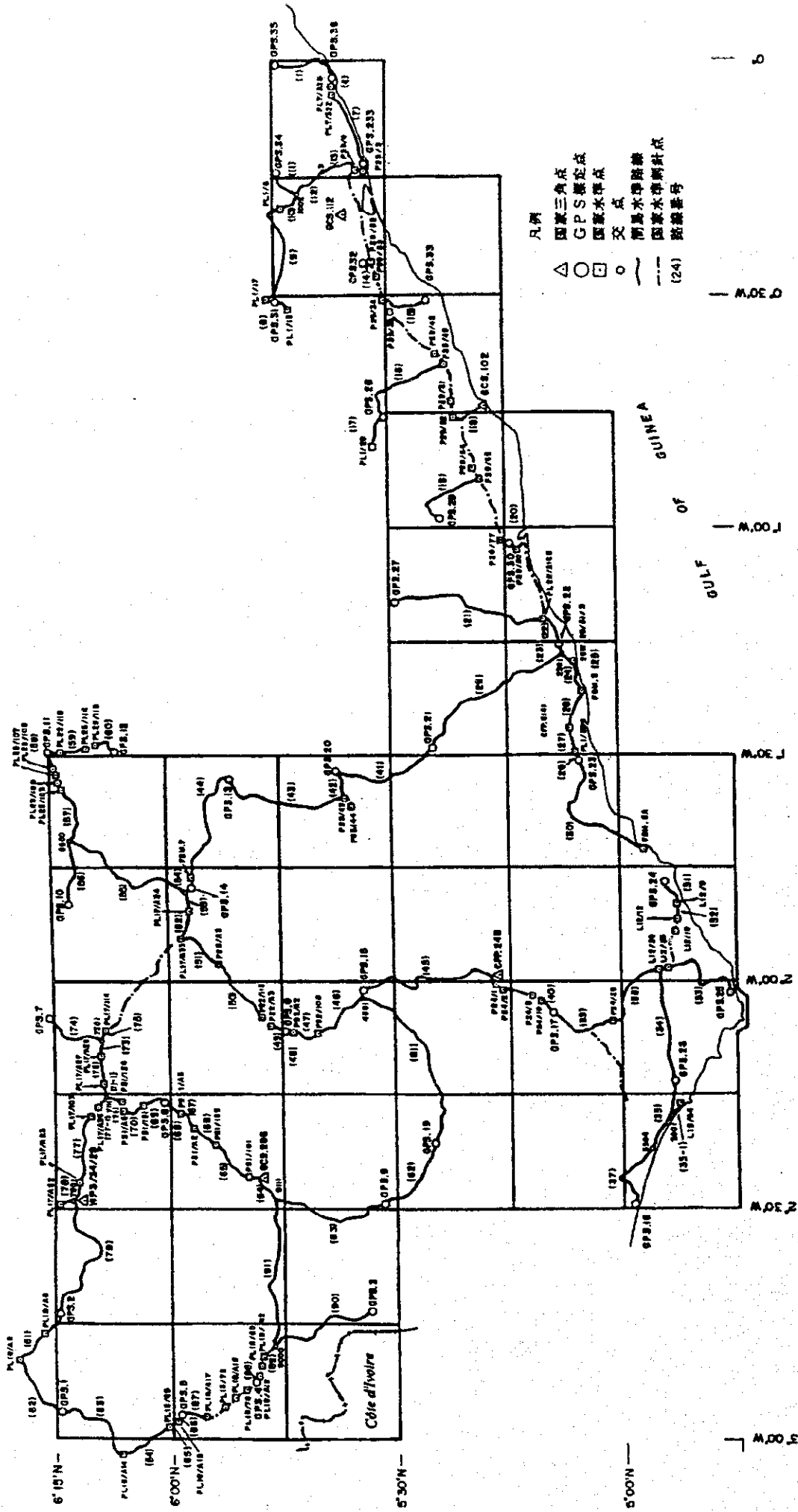
標定点測量において、追加した標定点4点について、同仕様の観測法にて約 230km の簡易水準測量を実施した。(簡易水準路線網図を参照)

3-5-5 使用機器

簡易水準測量に使用した主な機器は以下のとおりである。

項目	機種	
デジタル・レベル	LEICA 社 NA2000	4台
バーコード・スタッフ	LEICA 社 バーコード・スタッフ	8本
コンピューター	東芝社 ダイナブック	1台

簡易水準路線網圖



3-5-6 計算

観測データは、コンピューターに転送し全水準点の標高(刺針点)、標定点測量において新設して全標定点、および与点として使用した既存水準点標高の異常の有無を検査するため標高計算を実施した。往復差、および結合差は $\pm 50\text{mm}\sqrt{S}$ ($S=\text{km}$) 以内の制限内に収まり非常に良好な観測成果を得た。(簡易水準測量閉合結果表、国家水準点点検結果表を参照)

3-5-7 検定

簡易水準測量の観測結果より精度管理表を作成し、社団法人日本測量協会の検定を受けた。

簡易水準測量閉合結果

1/2

Route No.	Course	Distance	Closure	Tolerance	Remark
1, 4	PL7/325 ~ GPS. 35	20. 606 km	130 mm	226 mm	Open type
7	PL7/322 ~ PS9/2	22. 134	45	235	
8	PL1/19 ~ PL1/17	5. 338	6	115	
9	PL1/17 ~ PL1/6	29. 504	4	271	
10, 12, 13	PL1/6 ~ PS9/4	25. 960	13	254	
11	1002 ~ GPS. 34	7. 042	13	132	Open type
14	PS9/32 ~ GPS. 32	0. 590	1	38	Open type
15	PS9/34 ~ GPS. 33	10. 445	17	161	Open type
16, 17	PL1/29 ~ PS9/45	36. 810	94	303	
18	PS9/52 ~ GCS. 102	10. 618	10	162	Open type
19	PS9/65 ~ GPS. 29	22. 038	41	234	Open type
20	PS9/77 ~ PS9/80	3. 798	9	97	
21	PL25/A16B ~ GPS. 27	38. 424	186	309	Open type
22, 23, 24	PL25/A16B ~ SGW20/60/3	14. 030	13	187	
25	SGW20/60/3 ~ FBM. 5	7. 956	46	141	
26	FBM. 5 ~ CFP. 3141	11. 728	24	171	
27	CFP. 3141 ~ PL1/55	7. 710	16	138	
28, 30	PL1/55 ~ FBM. 5A	40. 458	27	318	
29, 41, 42	2301 ~ PS3/45	77. 136	54	439	
31, 32	L12/12 ~ GPS. 24	7. 147	22	133	Open type
33	L12/33 ~ GPS. 25	26. 097	243	255	Open type
34, 35, -1	L12/35 ~ L12/84	38. 912	65	311	
35, 37	3501 ~ GPS. 18	30. 425	35	275	Open type
38	L12/35 ~ PS4/25	20. 574	90	226	
39, 40	PS4/25 ~ PS4/10	22. 210	40	235	
43, 44	PS3/45 ~ FBM. 7	72. 836	175	426	
45, 46	PS4/1 ~ PS2/106	55. 018	353	370	
47	PS2/106 ~ PS2/A2	6. 540	11	127	
48, 49	PS2/A2 ~ PS2/A3	6. 350	7	125	
50	PS2/113 ~ PS2/A5	18. 450	18	214	
51	PS2/A5 ~ PL17/A33	9. 702	20	155	
52	PL17/A34 ~ PL17/A33	7. 618	27	138	
53, 54	PL17/A34 ~ FBM. 7	7. 608	17	137	
55, 57	5301 ~ PL25/105	49. 358	158	351	
56	5600 ~ GPS. 10	16. 795	47	204	Open type
58, 59	PL25/108 ~ PL25/114	15. 030	20	193	
60	PL25/115 ~ GPS. 12	7. 720	19	138	Open type
61, 62, 63	4601 ~ 9111	104. 862	130	512	
64	9111 ~ PS1/101	9. 114	16	150	
65	PS1/101 ~ PS1/108	12. 184	55	174	
66	PS1/108 ~ PS1/A2	7. 462	47	136	

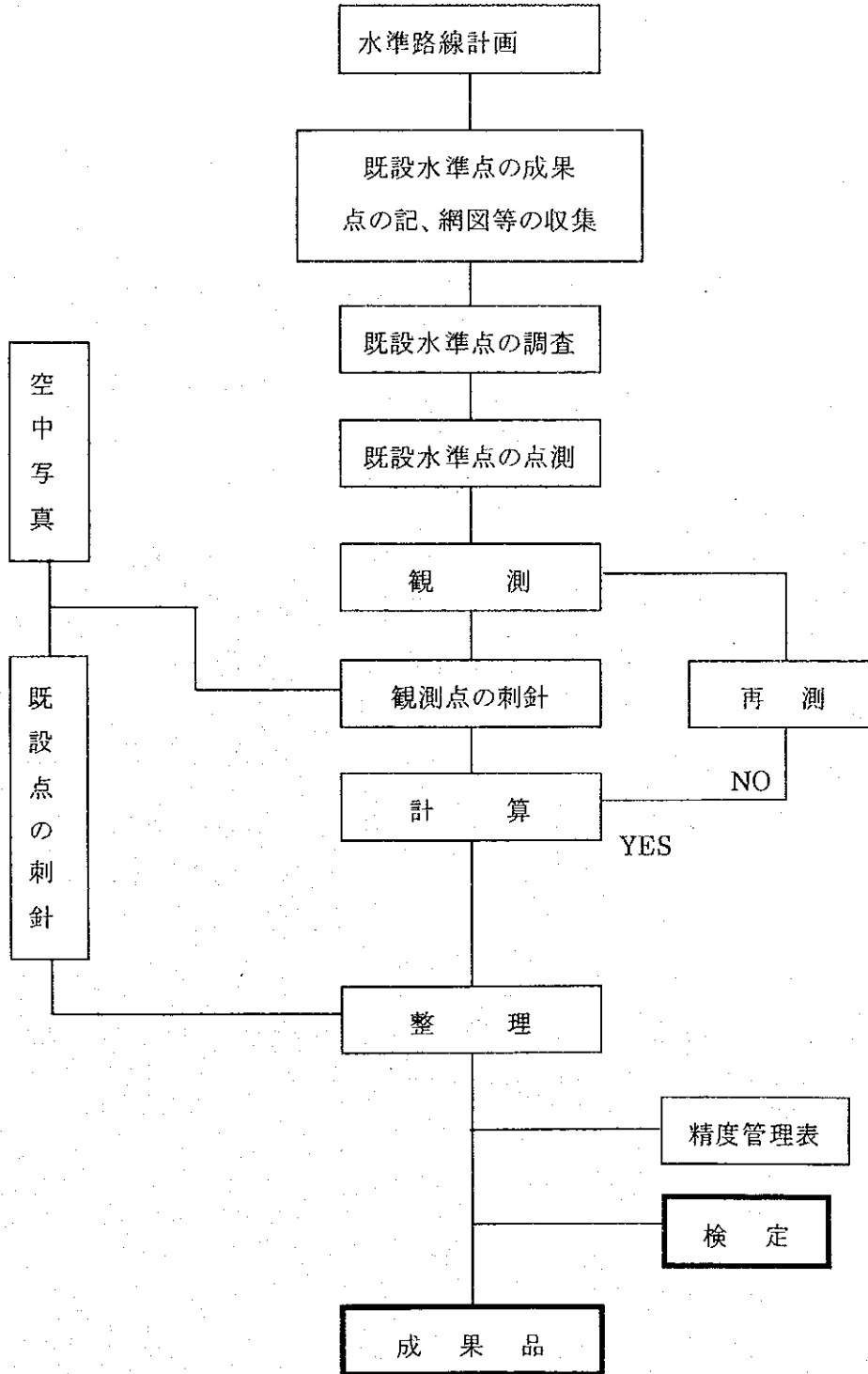
Route No.	Course	Distance	Closure	Tolerance	Remark
67	PS1/A2 ~ PS1/A3	5.926 km	4 mm	121 mm	
68, 69, 70	PS1/A3 ~ PS1/A5	16.748	3	204	
71, 77-1	PS1/124 ~ PL17/A26	8.156	124	142	
71-1	7111 ~ PL17/A27	4.608	45	107	
72, 73, 75	PL17/A27 ~ PL17/114	11.946	39	172	
74	7301 ~ GPS. 7	15.813	10	198	
77	PL17/A23 ~ PL17/103	21.930	49	234	
78	PL17/A22 ~ PL17/A23	6.370	34	126	
79, 80	PL18/A6 ~ 7801	46.138	14	339	
81	PL18/A5 ~ PL18/A6	9.118	0	150	
82	GPS. 1 ~ PL18/A5	18.528	16	215	
83	PL18/A14 ~ GPS. 1	20.074	16	224	
84	PL18/65 ~ PL18/A14	14.454	17	190	
85	PL18/A16 ~ PL18/65	1.466	16	60	
86	GPS. 5 ~ PL18/A16	0.308	16	27	
87	PL18/A17 ~ GPS. 5	7.100	16	133	
88	PL18/A19 ~ GPS. 4	0.409	1	31	Open type
89	PL18/82 ~ 9000	5.654	17	118	
90	9000 ~ GPS. 3	32.727	84	286	Open type
91	9000 ~ 9111	40.152	16	316	

国家水準点検測結果

Bench Marks	Distance	Closure	Tolerance	Remark
PL7/325 ~ PL7/324	0.388 km	3 mm	31 mm	
PL7/324 ~ PL7/322	0.796	6	44	
PS9/2 ~ PS9/4	1.906	20	69	
PS9/33 ~ PS9/32	0.632	4	39	
PS9/35 ~ PS9/34	1.770	1	66	
PS9/45 ~ PS9/43	3.388	1	92	
PS9/51 ~ PS9/52	1.788	27	66	
PS9/65 ~ PS9/64	1.818	8	67	
PS3/45 ~ PS3/44	0.800	7	44	
L12/18 ~ L12/12	4.732	4	108	
L12/33 ~ L12/35	1.580	52	62	
PS4/10 ~ PS4/9	1.652	3	64	
PS4/2 ~ PS4/1	1.586	3	62	
PS2/A3 ~ PS2/113	1.074	9	51	
PL25/106 ~ PL25/105	1.160	35	53	
PL25/107 ~ PL25/108	1.644	9	64	
PL25/114 ~ PL25/115	1.470	16	60	
PS1/A5 ~ PS1/124	2.524	4	79	
PL17/A26 ~ PL17/103	1.678	9	64	
PL18/A19 ~ PL18/76	5.124	16	113	
PL18/76 ~ PL18/A18	2.960	16	86	
PL18/A18 ~ PL18/72	5.094	17	112	
PL18/72 ~ PL18/A17	5.000	16	111	
PL18/A19 ~ PL18/80	3.046	16	87	
PL18/80 ~ PL18/82	2.716	16	82	

3-5-8 簡易水準測量のフローチャート

簡易水準測量のフローチャートは以下の通りである。



3-6 刺針

3-6-1 概要

空中三角測量・数値図化に必要な標定点、既設水準点、および水準点(刺針点)の全点について、現地において空中写真上に刺針を行った。

3-6-1 標定点(XYZ点、およびZ点)の刺針

空中三角測量・数値図化における XYZ を決定するために新設した標定点と追加分の標定点について、空中写真上で明瞭に判読、および点刻・観測が可能な地物等を偏心点として選点・偏心観測を実施し、4倍伸ばし写真上に刺針した。また、不採用写真を含め空中写真撮影が未完了の地域における標定点については、地上写真撮影、および詳細な見取り図を作成し今後に備えた。

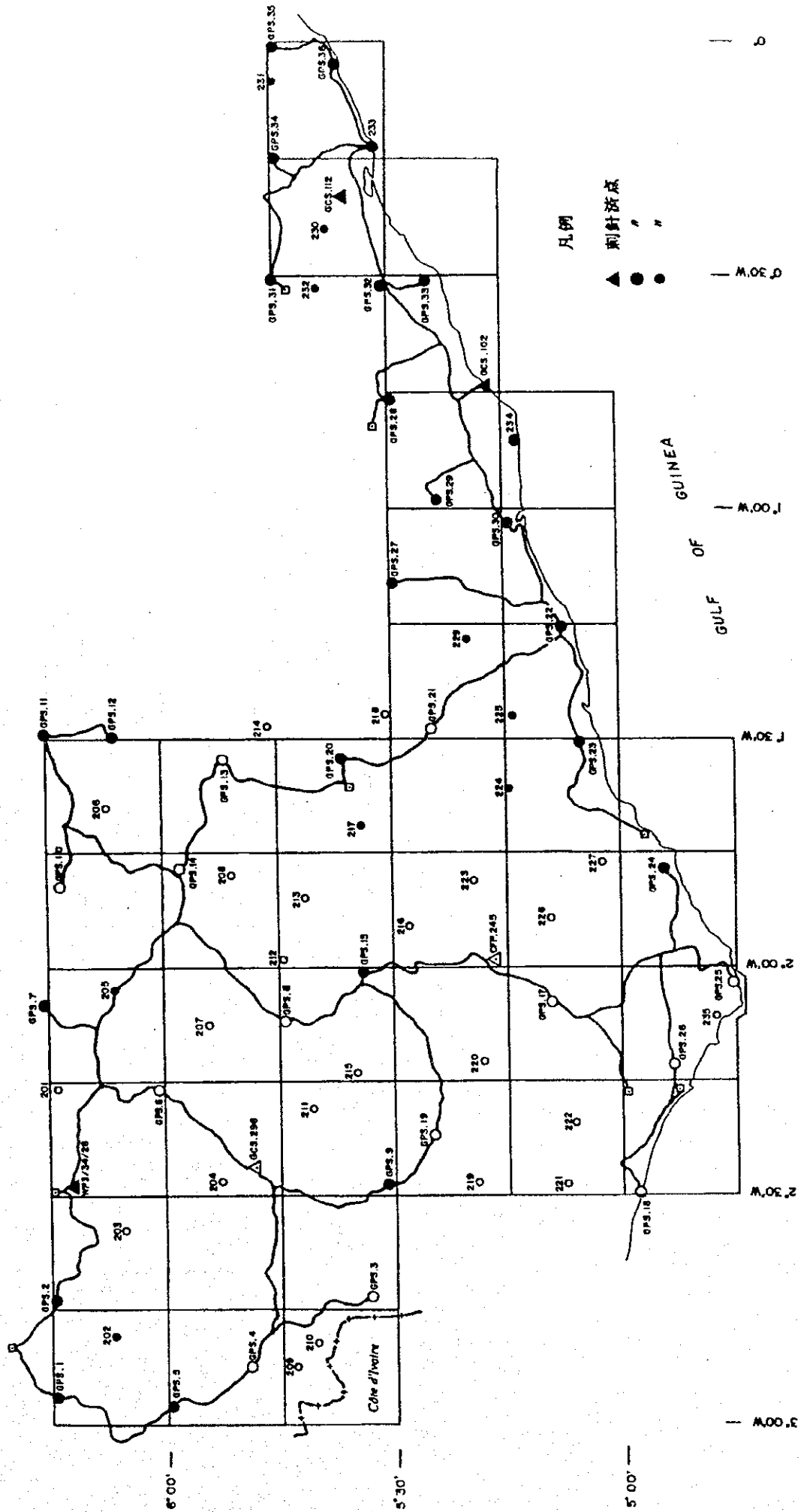
3-6-2 水準点の刺針

空中三角測量・数値図化における標高精度を維持するため、本調査において実施した簡易水準路線(約 1,230km)、および SDG が設置した既設水準点 102 点(アクラ〜ケーブ・コースト間の役 170km)について実施した。点の記に基づき既設水準点 102 点の有無を調査し、同時に2倍伸ばし写真上に刺針した。

簡易水準路線約 1,230km において実施した刺針 263 点のうち、撮影が未完のため空中写真上に刺針を実施した箇所は、路線長約 580km(144 点)である。したがって、刺針を行わなかった簡易水準路線(約 650km・119 点)については、今後に備え地上写真、および詳細な見取り図を作成した。

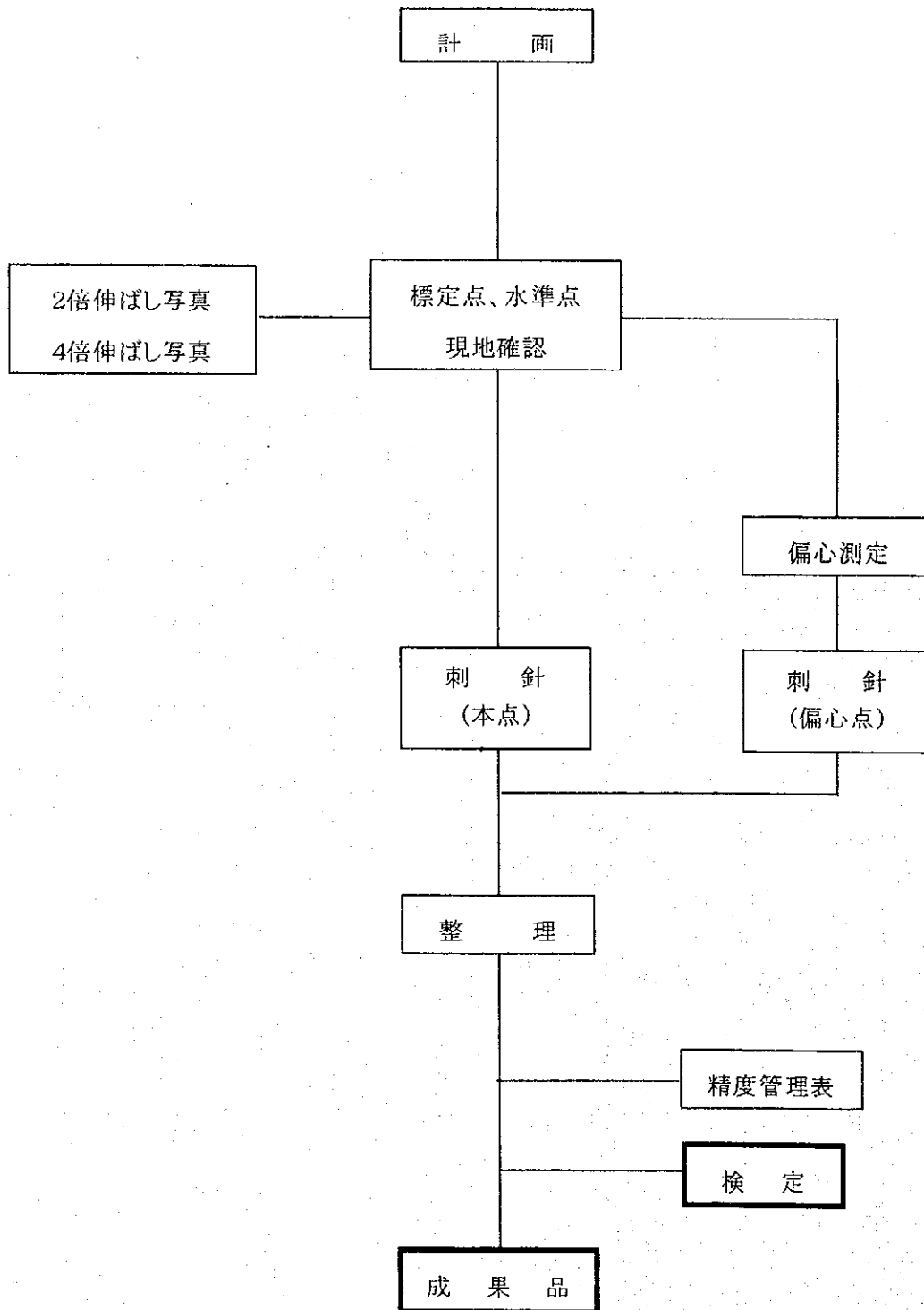
そして簡易水準測量成果である各水準点(既設点・新設点)の標高を、刺針した2倍伸ばし空中写真に記入した。また追加分の標定点に実施した簡易水準測量路線(約 230 点・58 点)についても、同仕様の刺針を実施した。(刺針点一覧図を参照)

刺針点一覽図



3-6-3 刺針作業のフローチャート

刺針作業のフローチャートは以下の通りである。



3-7 空中三角測量

3-7-1 概要

空中三角測量は、撮影した縮尺 1:60,000 密着空中写真上に選点したパスポイント・タイポイント、および基準点等をポジフィルムに点刻し、精密座標測定機を使用して写真座標を測定した。そして測定値、および測量成果値に基づき独立モデル法によるブロック調整計算を実施し、全ステレオモデルにおけるパスポイント・タイポイント等についての測地座標を決定した。(空中三角測量網図を参照)

3-7-2 作業数量および作業仕様

項目	作業数量および作業仕様
写真縮尺	1:60,000
コース数	18 コース
モデル数	323 モデル(東部地域 147 モデル含む)
ブロック数	3ブロック
基準点数	基準点残差表参照
調整計算	独立モデル法によるブロック調整

3-7-3 主要機材

空中三角測量に使用した主な機器は以下のとおりである。

項目	機種
点刻機	WILD 社 PUG-4
精密座標測定機	ZEISS JENA 社 STECOMETER
コンピューター	DELL 社 DIMENSION XPS
ソフトウェア	LEICA 社 PAT-M

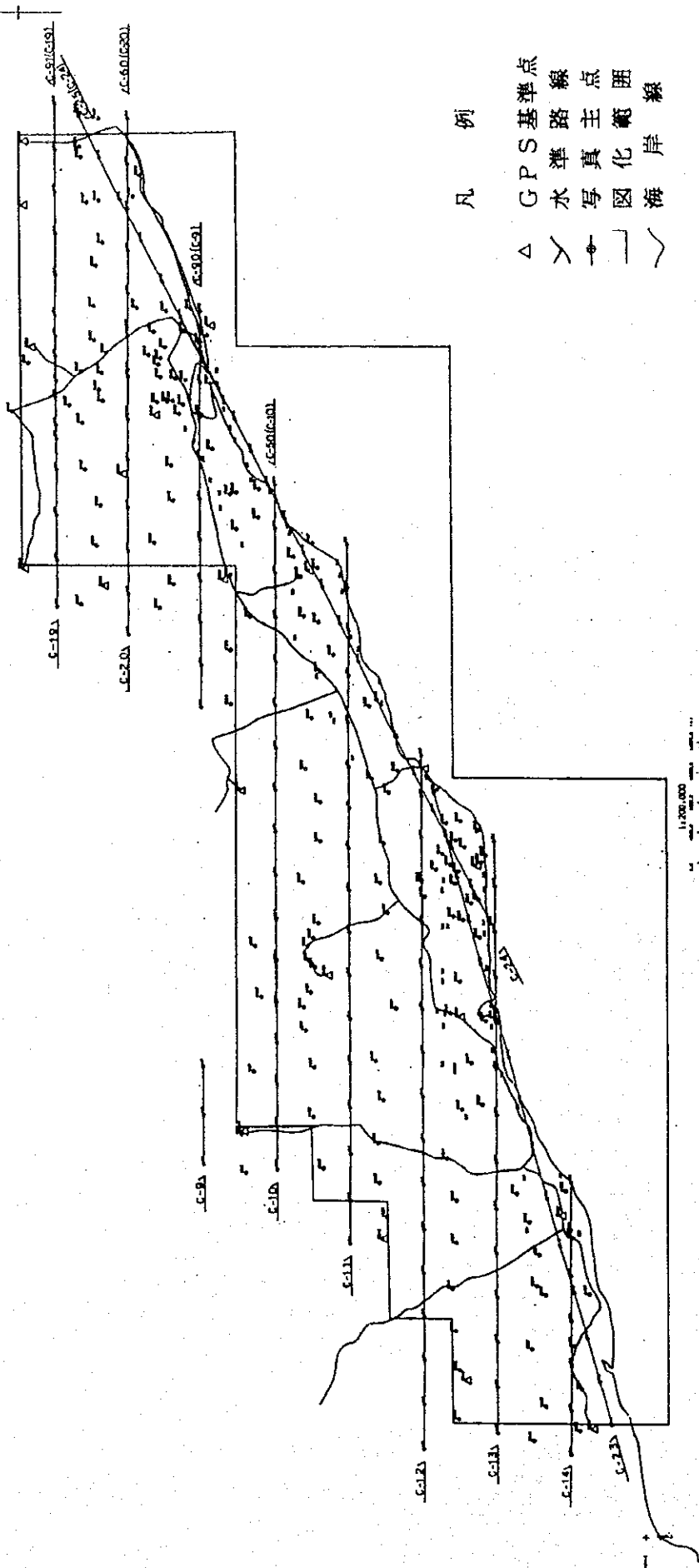
3-7-4 選点および点刻

パスポイント・タイポイントの選点は、『海外測量(基本図用)作業規程(案)』に基づき、密着空中写真上の明瞭、且つ写真座標を正確に測定できる地点を密着空中写真上に選点した。パスポイントの配点は各モデルに6点、タイポイントは隣接コースの重複部について各モデルに1点、また標定点は刺針写真、および見取り図等を参照し、点刻機に標定したポジフィルム上に点刻した。

3-7-5 写真座標の測定

空中写真の指標、および点刻したパスポイント・タイポイント・基準点・水準点(通常、水準点の点刻は行わない)を精密写真座標測定機により、1ミクロン単位の測定を実施した。この測定は2回観

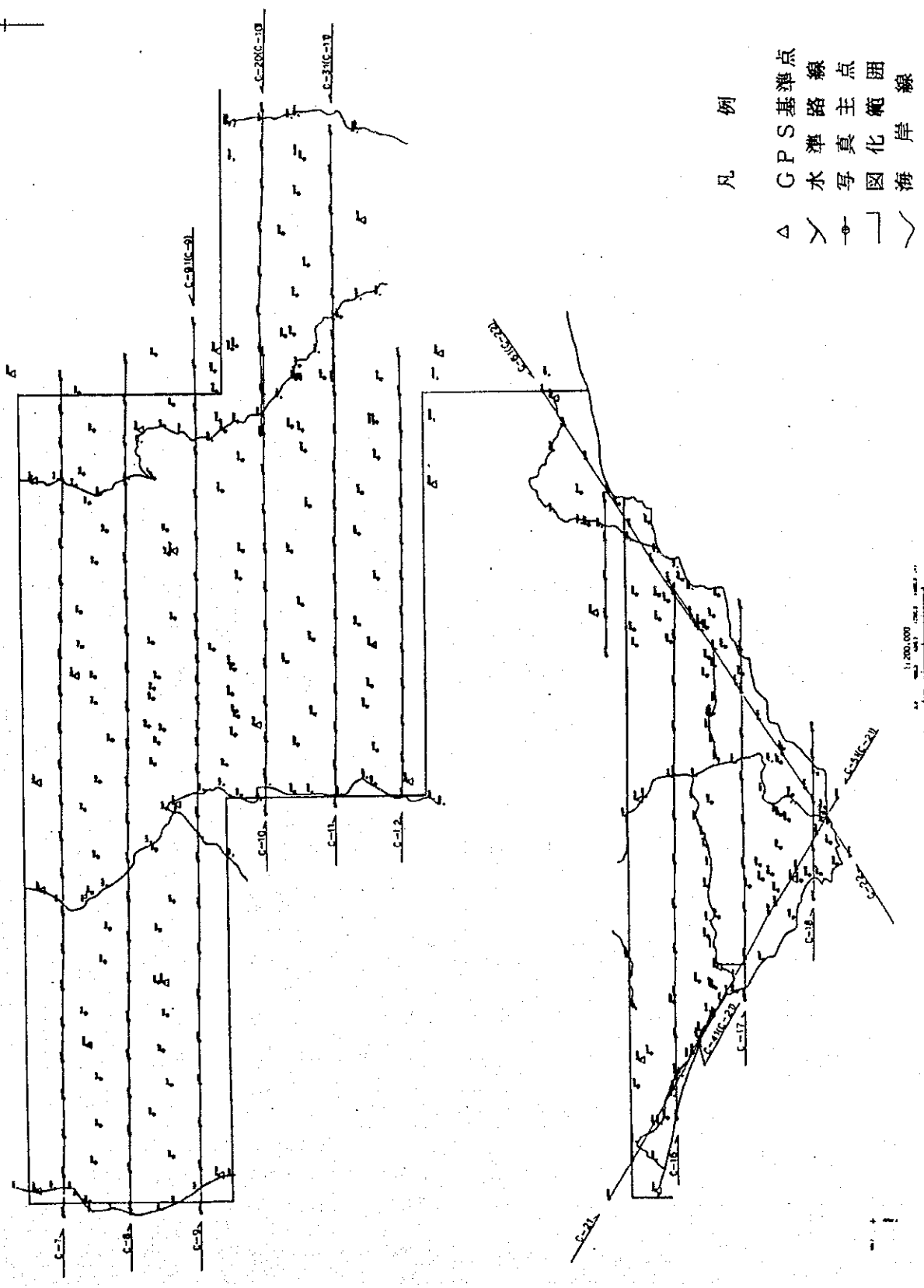
空中三角测量网图 (东部地区)



凡 例

- △ GPS 基准点
- × 水准点
- 路线
- 主路
- 化真
- 海岸线

空中三角测量网图 (西部地区)



測の平均値を採用するが、制限値を越える較差がある場合はさらに1回測定し、全測定値の平均値を採用した。

3-7-6 内部標定

内部標定は、精密写真座標測定機より測定した全ポジフィルムの指標についての写真座標において、伸縮による画面距離の補正、および航空カメラの歪曲収差等の補正を行い、写真主点を原点とする座標変換計算を行った。尚、指標の残存誤差は0.03mm以下とした。

3-7-7 相互標定

相互標定は、モデル内の全点を使用し、大気的光線の屈折影響等を補正したモデル座標を計算した。尚、残存縦視差はポジフィルム上0.03mm以下とした。

3-7-8 調整計算

本調査における空中写真撮影は未撮影地域があるため、調整計算は撮影が完了した地域を3ブロックに分け、独立モデル法によるブロック調整法(接続標定は同時)を実施した。標定点測量、簡易水準測量、および刺針・偏心観測の全成果が良好であったため、高精度な調整計算結果を得た。

基準点残差表

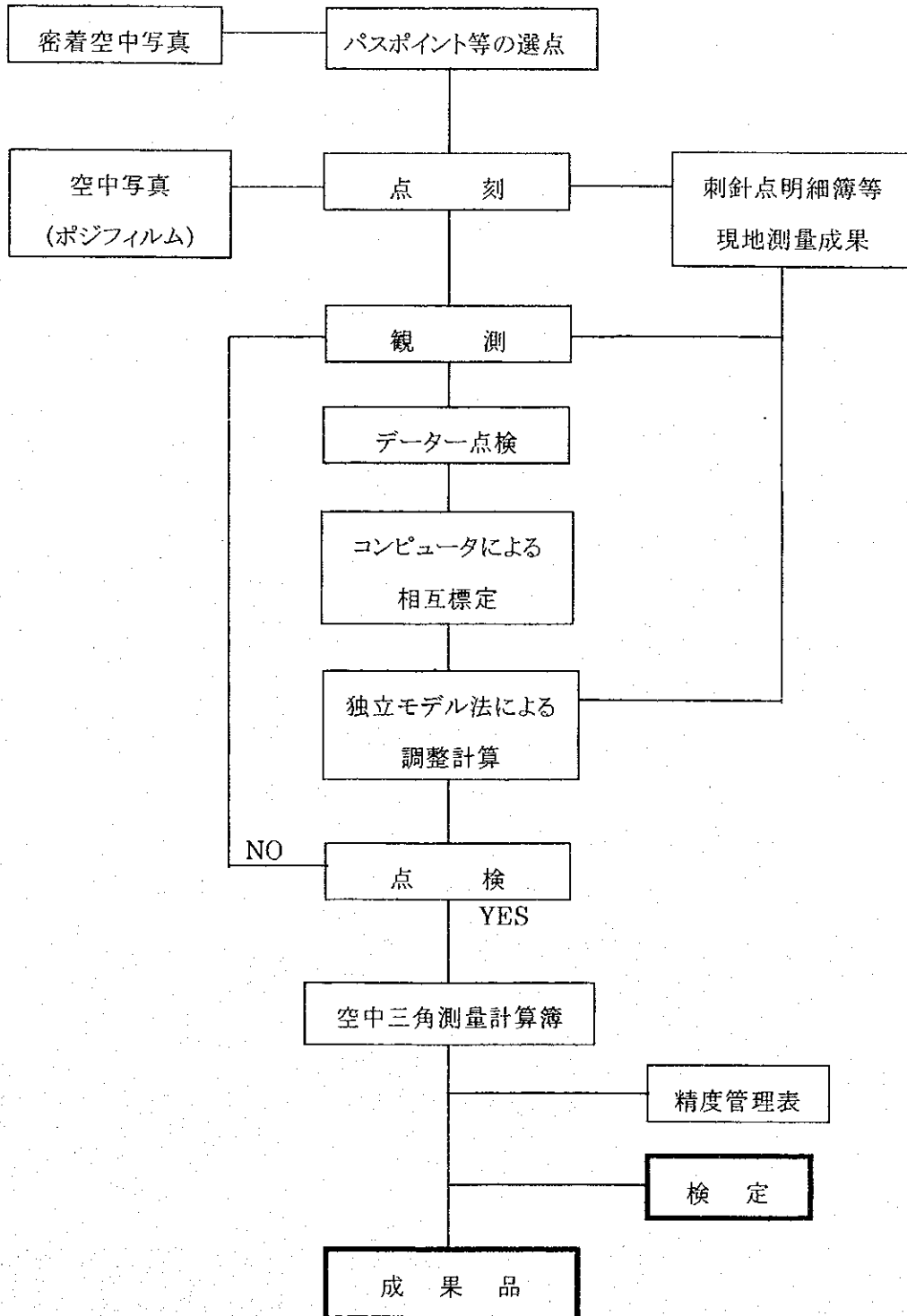
Block & Models	Number of control point		Horizontal residuals		Vertical residuals	
	Horizontal	Vertical	S.D.	Max	S.D.	Max
East 147md	18 points	143 points	1.09m	2.14m	0.43m	0.99m
West1 119md	25 points	82 points	1.09m	1.94m	0.38m	1.42m
West2 57md	9 points	62 points	1.00m	1.51m	0.32m	0.68m

タイポイント較差表

Block & Models	Horizontal		Vertical	
	S.D.	Max.	S.D.	Max
East 147md	0.58m	1.94m	0.37m	1.50m
West1 119md	0.63m	1.50m	0.37m	1.11m
West2 57md	0.50m	1.19m	0.29m	0.78m

3-7-9 空中三角測量のフローチャート

空中三角測量のフローチャートは以下の通りである。



3-8 現地調査

3-8-1 概要

既存の縮尺 1:50,000 国土基本図における図式、および Ghana Environmental Resource Management Project (GERMP) のコード表に基づき、本調査において協議決定した図式・同適用規定に準拠し(付録1を参照)、地形図を作成するために必要な行政界資料等の各種既存資料の収集、地物・地理名称等の現地調査確認、および数値図化・数値編集に伴う判読キーの調査・収集成果を2倍伸ばし空中写真上に記入・整理した。尚、空中写真撮影の進捗状況が大幅に遅れたため、第3年次の現地調査時まで空中写真撮影が完了した東部地域(約4,270k m²)を前期、また同年度新たに撮影完了した中部・南部地域(約6,830k m²)を後期として現地調査を実施した。

3-8-2 現地調査(前期)

現地調査(前期)は、本調査対象地域の東部約4,270k m²について3班編成により実施した。各班に1名のカウンターパートを配し、地元住民の質疑への対応も踏まえたコミュニケーションに配慮すると共に、調査における要点の把握を経験するようにした。

調査は2倍伸ばし航空写真を使用し、主に下記の項目について調査した。

- ・ 予察結果の現地確認
- ・ 図化判読のための判読キー収集
- ・ 空中写真上の不明瞭な事項、および小物体の確認
- ・ 道路、鉄道の区分、およびこれらに関する構造物の確認
- ・ その他の線状物体の確認(送電線等)
- ・ 学校、および教会等を含む公共建物の確認
- ・ 地名、および行政名等の確認、およびその資料収集
- ・ その他、地形図に表現すべき事項の確認

3-8-3 現地調査(後期)

現地調査(後期)は、中部・南部地域(約6,830k m²)について、4班編成により前期同様に実施した。

3-8-4 現地調査の整理

調査の結果は、後続の数値図化、および地図化編集オペレーターにおいて、正確に判断できるように基準を作成し、2倍伸ばし写真上に色分けし整理した。また、隣接する全ての航空写真の接合を行い不具合のないよう確認し現地において検査を行った。

3-8-5 現地調査フローチャート

現地調査フローチャートは以下の通りである。

