No. 13

リベリア共和国

セントジョン川水力発電開発計画調査

報告書

(航空写真撮影及び図化)

昭和58年3月

国際協力事業団

鉱計資
JR
83－22

JICA LIBRARY
1064393[0]

リベリア共和国

セントジョン川水力発電開発計画調査

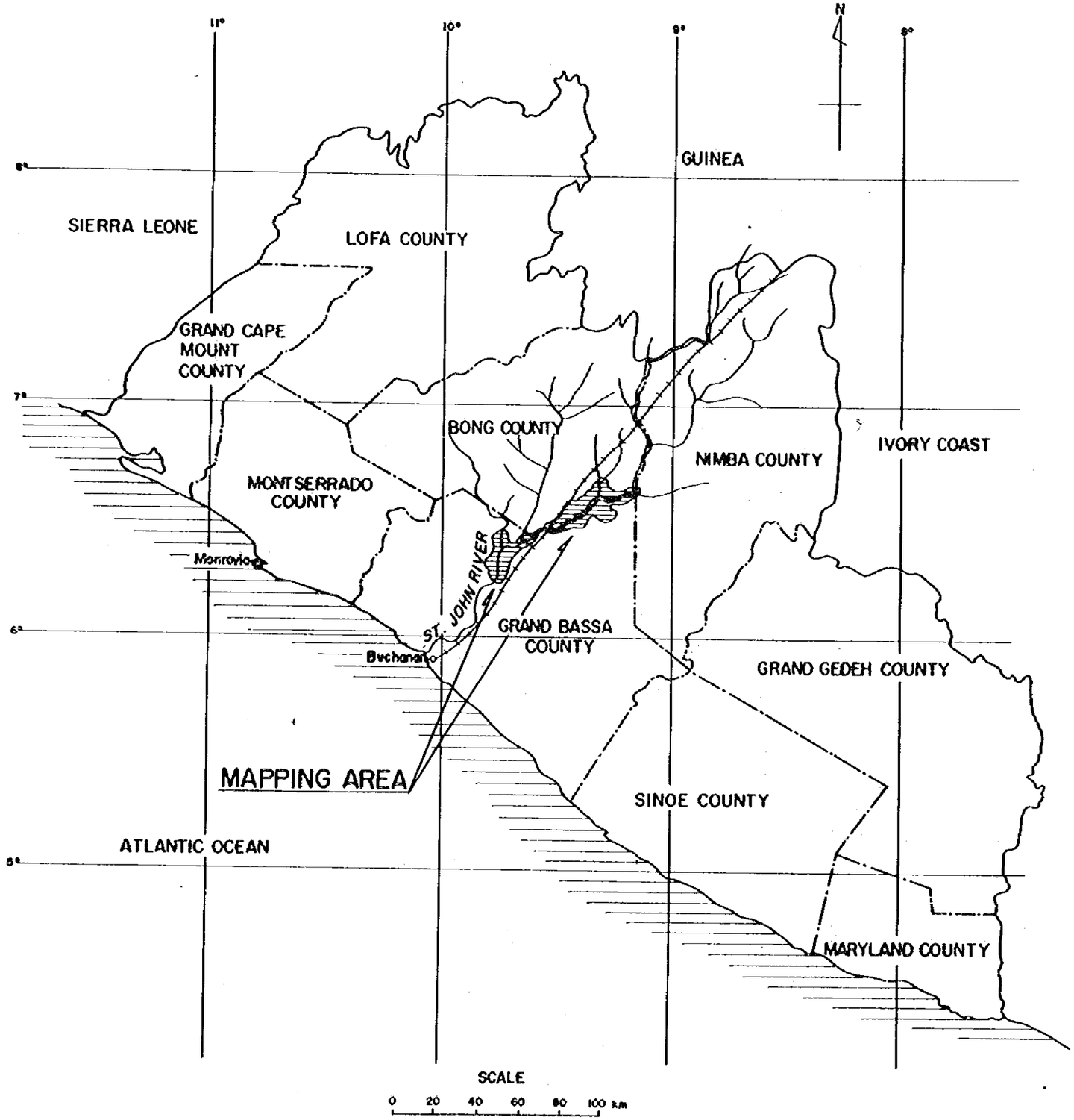
報告書

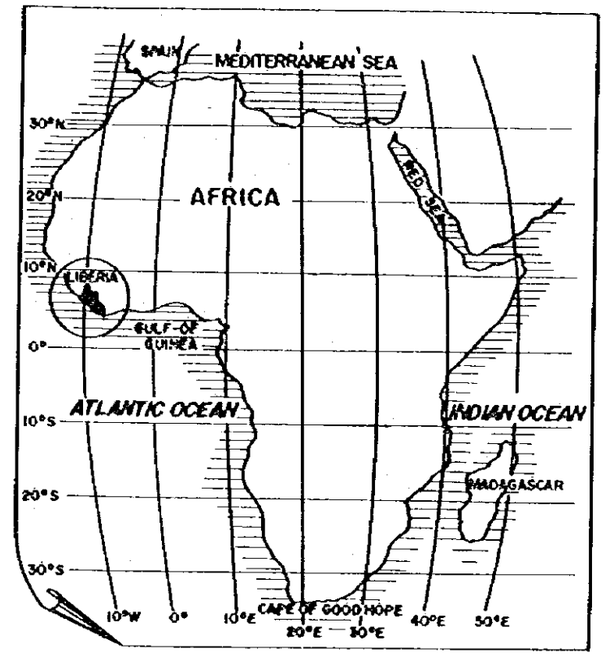
(航空写真撮影及び図化)

昭和58年3月

国際協力事業団

国際協力事業団
受入月日 '84. 6. 19
登録No. 10399
517
64.3
MPN





LOCATION MAP

目　次

1. 序論 …… 1
1－1　プロジェクトの背景 …… 1
1－2　プロジェクトの構成 …… 1
1－3　現地測量隊の構成と現地作業時間 …… 1

2. 対象地域の概況 …… 3

3. 昭和５５年度の現地作業 …… 5
3－1　航空写真撮影 …… 5
3－1－1　作業の人員、方法及び機材 …… 5
3－1－2　作業の進度 …… 6
3－1－3　航空写真撮影の作業規定 …… 7
3－1－4　航空写真撮影の結果 …… 7
3－2　現地踏査 …… 13
3－2－1　現地踏査の経路 …… 13
3－2－2　作業の人員、方法及び機材 …… 17
3－2－3　作業の進度 …… 17
3－2－4　踏査の結果 …… 18
3－3　直接水準測量 …… 18
3－3－1　水準路線 …… 18
3－3－2　作業の人員、方法及び機材 …… 20
3－3－3　作業の進度 …… 20
3－3－4　直接水準測量の精度 …… 20
3－4　現地作業進度表 …… 21

4. 昭和５６年度の現地作業 …… 23
4－1　モロンビア及びブキャナンに於ける準備作業 …… 23
4－1－1　作業用車輌の通関 …… 23
4－1－2　現地測量の装備、機材の通関 …… 23
4－1－3　無線通信の許可 …… 23
4－1－4　測量隊宿舎の準備 …… 23
4－1－5　ブキャナンの既設基準点 …… 25
4－1－6　機材及び装備の点検 …… 25
4－2　直接水準測量 …… 25
4－2－1　水準路線 …… 25

4－2－2　作業の人員、方法及び機材 …… 25
4－2－3　作業の進度 …… 28
4－2－4　直接水準測量の精度 …… 29
4－3　気圧測高 …… 30
4－3－1　気圧測高点の位置 …… 30
4－3－2　作業の人員、方法及び機材 …… 30
4－3－3　計算処理 …… 33
4－3－4　作業の進度 …… 33
4－3－5　気圧測高の精度 …… 36
4－4　ドップラー観測による基準点測量 …… 36
4－4－1　ドップラー観測点の位置 …… 37
4－4－2　作業の人員、方法及び機材 …… 37
4－4－3　計算処理 …… 38
4－4－4　作業の進度 …… 39
4－4－5　ドップラー観測による基準点測量の精度 …… 40
4－5　現地調査 …… 40
4－6　現地作業進度表 …… 42

5.　航空写真測量 …… 43
5－1　航空三角測量 …… 43
5－1－1　航空三角測量の標定図 …… 43
5－1－2　作業の方法と機材 …… 43
5－1－3　航空三角測量の精度 …… 47
5－2　細部図化 …… 50
5－2－1　作業の方法と機材 …… 50
5－2－2　写真判読と図化 …… 50
5－2－3　素図整理 …… 53
5－2－4　図化の精度 …… 53
5－3　製図 …… 55
5－3－1　記号及び注記の方法 …… 55
5－3－2　図の整飾 …… 56
5－3－3　製図材料とその精度 …… 56
5－3－4　リベリア研修員による視察 …… 57
5－3－5　日本測量技術センターによる検査 …… 57
5－4　複製図 …… 57
5－5　航空写真測量進度表 …… 58

付録．セント・ジョン川水力発電開発計画調査の航空写真撮影のための作業規定 …… 59

1. 序　　論

1. 序論

セント・ジョン川水力発電開発計画調査は、昭和５３年に、国際協力事業団によって開始され、１：10,000 地形図を航空写真測量によって、作成することとなった。対象地域は２つのダムサイトとその湛水区域を覆う総面積６５０Km^2である。

本報告書は昭和５５年１１月から昭和５８年２月までの、１：10,000 地形図作成の過程を、各作業工程毎に作業人員、作業方法、使用機材、作業進度、その工程で得た成果及びその成果の精度等を記録、分析し、まとめたものである。

１－１　プロジェクトの背景

リベリア共和国政府の要請を受けて、日本国政府は本件プロジェクト実施のための技術協力を国際協力事業団を通じて、行なうことを決定した。

セント・ジョン川水力発電開発計画調査に必要な航空写真撮影と地形図作成までの協力内容を盛り込んだSCOPE OF WORK は、昭和５５年１１月にリベリア共和国政府土地鉱山エネルギー省リベリア地図局と国際協力事業団の間で署名された。

このSCOP OF WORKで、航空写真撮影と地上基準点測量を含む航空写真測量による地形図作成の詳細が定められた。

SCOPE OF WORK によれば、航空写真の縮尺は１：25,000 で、およそ 1,000Km^2の地域を覆うものである。地上基準点測量は現地踏査、直接水準測量、気圧測高及びドップラー観測による基準点測量からなっている。地形図は１：10,000 の縮尺で、およそ６５０Km^2の地域について作成されることになっている。

１－２　プロジェクトの構成

当プロジェクトは３つの段階に分けられる。リベリア地図局と国際協力事業団による現地踏査、基準点の埋設、基準点・水準点への対空標識の設置などの準備作業が完了してのち、昭和５５年１１月から昭和５６年２月の乾期に調査団による航空写真撮影が行なわれた。地上基準点測量は昭和５６年１１月から昭和５７年２月の乾期に実施された。

地形図作成は航空三角測量、図化、製図及び複製図作成の工程で昭和５７年７月から昭和５８年２月の間に国内で順調に実施された。

１－３　現地測量隊の構成と現地作業時間

現地測量隊は、全員がアジア航測株式会社から参加した次のようなメンバーからなっている。

昭和５５年度

	氏名	担当	現地作業期間
団長	早崎秀美	航空写真撮影	昭和５５年１１月　８日～昭和５６年　３月　１日
	小野　茂	〃	昭和５５年１１月　８日～　１１月２５日
	後藤　一	地上測量	昭和５６年　１月１０日～昭和５６年　３月　１日
	山道一弘	〃	〃　〃

昭和５６年度

団長	後藤　一	地上測量	昭和５６年１１月１１日～昭和５７年　２月２８日
	清野伊勢吉	〃	〃　〃
	山道一弘	〃	〃　〃
	志水信雄	〃	昭和５６年１２月１０日～昭和５７年　２月２８日
	永島喜代俊	〃	〃　〃
	井谷臣男	〃	〃　〃
	洞口克美	〃	〃　〃
	金高　博	〃	〃　〃
	登坂滋紀	〃	〃　〃
	宮本尚章	〃	〃　〃
	若山和秀	〃	〃　〃
	中山三樹男	〃	〃　〃

現地測量作業の実施にあたってのリベリア地図局の支援及び協力があって、数々の障害を克服して、当プロジェクトが成功裏に完了できた。同局の関係者に感謝して止まない。また、土地鉱山エネルギー省の本省並びにリベリア電力公社から寄せられた支援協力に対しても厚く感謝の意を表したい。

2. 対象地域の概況

2. 対象地域の概況

セント・ジョン川はリベリア共和国の中央部を北東から南西に流れている。２ケ所のダム予定地点とその湛水区域はこのセント・ジョン川流域の北緯６°から７°、西経９°から１０°の間に建設されることになっている。対象地域は標高１００ｍ～３００ｍの丘陵地である。全域が熱帯性多雨林に覆われ、その間に小規模な集落と焼畑農地が点在している。

当地域への進入路としては、LIBERIAN AMERICAN MINING COMPANY(LAMCO)の鉄道と車輌の通行可能な道路が地域の中央部を北東～南西に走っている。点在する集落や耕地は徒歩道で結ばれているが、車輌の通行可能な道路はない。

3. 昭和55年度の現地作業

3. 昭和５５年度の現地作業

昭和５５年度の現地作業は、航空写真撮影、現地踏査および短距離の直接水準測量である。これらの現地作業は、次年度以降の作業の正確な見通しをたてるために重要なものであった。

３－１　航空写真撮影

航空写真撮影の成否は、対象地域の気象条件に大きく左右される。

当地域に於ては、１１月から、翌年の４月までが乾期、５月から１０月までが雨期で、当然ながら航空写真撮影は乾期に、とりわけ、乾期の初めと終りの短い期間に行なわれる。その理由は、乾期の最中は、ハマターンと呼ばれる北方の砂漠からの飛砂が空中の視程をそこなうからである。

３－１－１　作業の人員、方法及び機材

航空写真撮影の作業は、象牙海岸共和国のアビジャンに事務所を置く航空写真撮影の会社、SOGETEC社に依頼した。SOGETEC社からは、撮影士とパイロット、航空機、航空カメラおよび写真処理用の機材がモンロビアへ派遣、輸送された。調査団は、この作業の監督のために、技術者１名を派遣した。

撮影作業に従事した技術者は次の通りである。

撮影管理	：	早崎秀美	調査団
パイロット	：	ディアズ・ジョセフ	SOGETEC社
撮影士	：	ファルバ・ロラン	SOGETEC社

リベリアでの航空写真撮影の作業を始める前に、団長早崎秀美と小野茂は、象牙海岸共和国アビジャンのSOGETEC社で航空写真撮影に関するSOGETEC社との契約を締結し、契約書及び撮影作業仕様書を作成、交換した。本仕様書は巻末に添付してある。

航空写真の撮影対象地域、写真縮尺、乗員の氏名、使用する航空機の種類などを明示した撮影計画書を土地鉱山エネルギー省に提出し、撮影飛行および空港使用の許可を要請した。同省では、直ちに、必要な申請書を商工業運輸省、法務省、国防省に送って、撮影作業開始までに、各省からの承認を得て、許可証を入手することができた。

撮影対象地域の周辺には、ロバーツ国際空港をはじめ、ブキャナン、スワココなど数ケ所に空港ないし滑走路があるが、燃料補給、乗員と関係機関との連絡の便、撮影済フィルムの写真処理等を考慮して、モンロビア市内にあるジェームズ・スプリング・ペイネ飛行場を撮影基地とした。（対象地域までは約１６０ＫＭ）

対象地域上空のテスト飛行を経て、調査団の撮影管理者の監督のもとに、SOGETEC社派遣の撮影士、パイロットによる撮影作業が開始された。撮影したフィルムは直ちにモンロビア市内のラボで現像と焼付を行った。従って、撮影の結果はその場で検査され、必要な場合は直ちに補備撮影が出来るようにした。

この作業に使用した資機材は次の通りである。

航　空　機：　セスナＴＵ－２０６Ｆ、FBVQK

航空カメラ：　ウィルド社製、ＲＣ－８、９″×９″　№７３２

レ　ン　ズ：　ウィルド社製、ユニバーサル・アビオゴン　Ｆ＝１５2.81　№３２９

フ　ィ　ル　ム：　アグファ・ゲバルト社製、アビフォト、PAN　33（ASA125）

３－１－２　作業の進度

この年の乾期の気象条件は、航空写真撮影には不向な、不安定なものであったので、撮影班は僅かなチャンスを辛抱強く待機しなければならなかった。

１２月１３日（土）乗員と撮影機がモンロビアのスプリッグ・ペイネ空港に到着した。

１２月１４日（日）～１２月１６日（火）天候悪く、飛行はできなかった。

１２月１７日（水）午前１０時～１１時の間テスト飛行を行ったが、航空写真を撮影できる天候ではなかった。

１２月１８日（木）～１２月２０日（土）天候悪く、飛行はできなかった。

１２月２１日（日）午前１０時～１１時の間、テスト飛行を行ったが、航空写真の撮影はできなかった。

１２月２２日（月）天候悪く、飛行できなかった。

１２月２３日（火）午前９時４５分～１０時２０分の間、飛行を行ったが、航空写真の撮影はできなかった。

１２月２４日（水）～１月１６日（金）この間、ハマターン、霧、雲等、多く発生して、撮影飛行はできなかった。

１月１７日（土）午前１０時より午後２時まで、撮影飛行を行ない６コースの航空写真を撮影した。

１月１８日（日）～１月２０日（火）撮影飛行はできなかったが、撮影したフィルムの現像、焼付を行なった。

１月２１日（水）午前９時４５分より午後２時２５分まで撮影飛行を行って、４コースの航空写真を撮影した。

１月２２日（木）午前９時３０分～１１時１０分の間飛行したが、航空写真の撮影はできなかった。

１月２３日（金）天候悪く、飛行はできなかった。

１月２４日（土）午前９時３０分～１０時３０分の間飛行したが航空写真の撮影はできなかった。

１月２５日（日）午前１０時より午後２時２５分まで飛行して、７コースの航空写真を撮影した。

１月２６日（月）～２月　１日（日）これまでに撮影した航空写真について、その撮影コース、撮影範囲、画質、写真諸元等の適否を検査した。

2月　2日（月）～2月11日（水）撮影機の機体チェックをアビジャンで行った。
2月13日（金）午後2時～3時の間飛行したが航空写真の撮影は出来なかった。
2月14日（土）午前9時～10時の間飛行したが、航空写真の撮影はできなかった。
2月15日（日）午前9時30分～10時40分の間、飛行したが、航空写真の撮影はできなかった。
2月16日（月）天候悪く、飛行できなかった。
2月17日（火）午前9時15分より午後12時25分まで飛行して、1コースの航空写真を撮影した。
2月18日（水）午前9時15分より午後12時20分まで飛行して、4コースの航空写真を撮影した。
2月19日（木）～2月21日（土）撮影した航空写真の現像及び焼付を行った。
2月22日（日）撮影した航空写真の標定図を作成した。

3－1－3　航空写真撮影の作業規定

航空写真の撮影はSOGETEC社の技術者が同社の機械を使用して、調査団の撮影管理者の監督のもとに行なわれた。撮影管理者は航空写真の撮影及び写真処理のための作業規定を指示徹底した。その作業規定は巻末に添付した。

3－1－4　航空写真撮影の結果

撮影作業の結果を要約すると、総飛行時間は27時間20分、撮影した航空写真の総数は400枚、コース数は22コース、撮影総面積は1,000Km^2を少し越える。その詳細は次の通りである。（撮影コース、写真主点は図－1に示す。）

撮影日		離陸	着陸	飛行時間	写真枚数
昭和55年	12月17日	10：00	11：00	1：00	0
	12月21日	10：00	11：00	1：00	0
昭和56年	1月17日	10：00	14：10	4：10	109
	1月21日	9：45	14：25	4：40	112
	1月22日	9：30	11：10	1：40	0
	1月24日	9：30	10：30	1：00	0
	1月25日	10：00	14：25	4：25	124
	2月13日	14：00	15：00	1：00	0
	2月14日	9：00	10：00	1：00	0
	2月15日	9：30	10：40	1：10	0
	2月17日	9：15	12：25	3：10	22
	2月18日	9：15	12：20	3：05	33
				計27：20	400

飛行記録－1

年月日	昭和56年1月17日	離　陸	10：00
基　地	スプリングス・ペイネ、35フィート	着　陸	14：10
天　候	ハマターン	飛行時間	4：10
機体番号	F－BVQK	計器高度	12,700フィート
地上気温	32°C	実飛行高度	13,700フィート
上空気温	10°C（13,000フィート）	レンズ及びカメラ	15UAG 329/732
絞　り	5.6	フィルム	アグファ PAN33
シャッタースピード	1／250	マガジン番号	657
フィルター	500	気　圧	1,010ミリバール

コース番号	写真番号	写真枚数
5	9053～9076	24
4	9078～9097	20
3	9099～9115	17
2	9117～9130	14
1	9132～9146	15
14	9148～9166	19
計　6コース		109枚

飛行記録－2

年月日	昭和56年1月21日	離　陸	9：45
基　地	スプリング・ペイネ空港、35フィート	着　陸	14：25
天　候	ハマターン	飛行時間	4：40
機体番号	F－BVQK	計器高度	12,700フィート
地上気温	32°C	実飛行高度	13,700フィート
上空気温	10°C（13,000フィート）	レンズ、カメラ	15UAG 329/732
絞　り	5.6	フィルム	アグファ PAN33
シャッタースピード	1／250	マガジン番号	657
フィルター	500	気　圧	1,010ミリバール

コース番号	写真番号	写真枚数
6	9193～9228	36
7	9230～9271	42
8B	9273～9293	21
9B	9299～9311	13
計　4コース		112枚

飛行記録－３

年月日	昭和５６年1月２５日	離　陸	１０：００
基　地	スプリックス・ペイネ空港、35フィート	着　陸	１４：２５
天　候	ハマターン	飛行時間	４：２５
機体番号	F－BVQK	計器高度	13,400フィート
地上気温	２９℃	実飛行高度	13,700フィート
上空気温	3℃（13,000フィート）	レンズ、カメラ	15UAG 329/732
絞　り	5.6	フィルム	アグファ PAN33
シャッタースピード	１／２５０	マガジン番号	６５７
フィルター	５００	気　圧	1,011ミリバール

コース番号	写真番号	写真枚数
１３Ａ	９３２６～９３５３	２８
１１Ｂ	９３５５～９３６７	１３
１２Ｂ	９３６９～９３８５	１７
１０	９３８７～９４１４	２８
８Ａ	９４１９～９４２６	８
９Ａ	９４２９～９４４６	１８
１５Ａ	９４４８～９４５９	１２
計　７コース		１２４枚

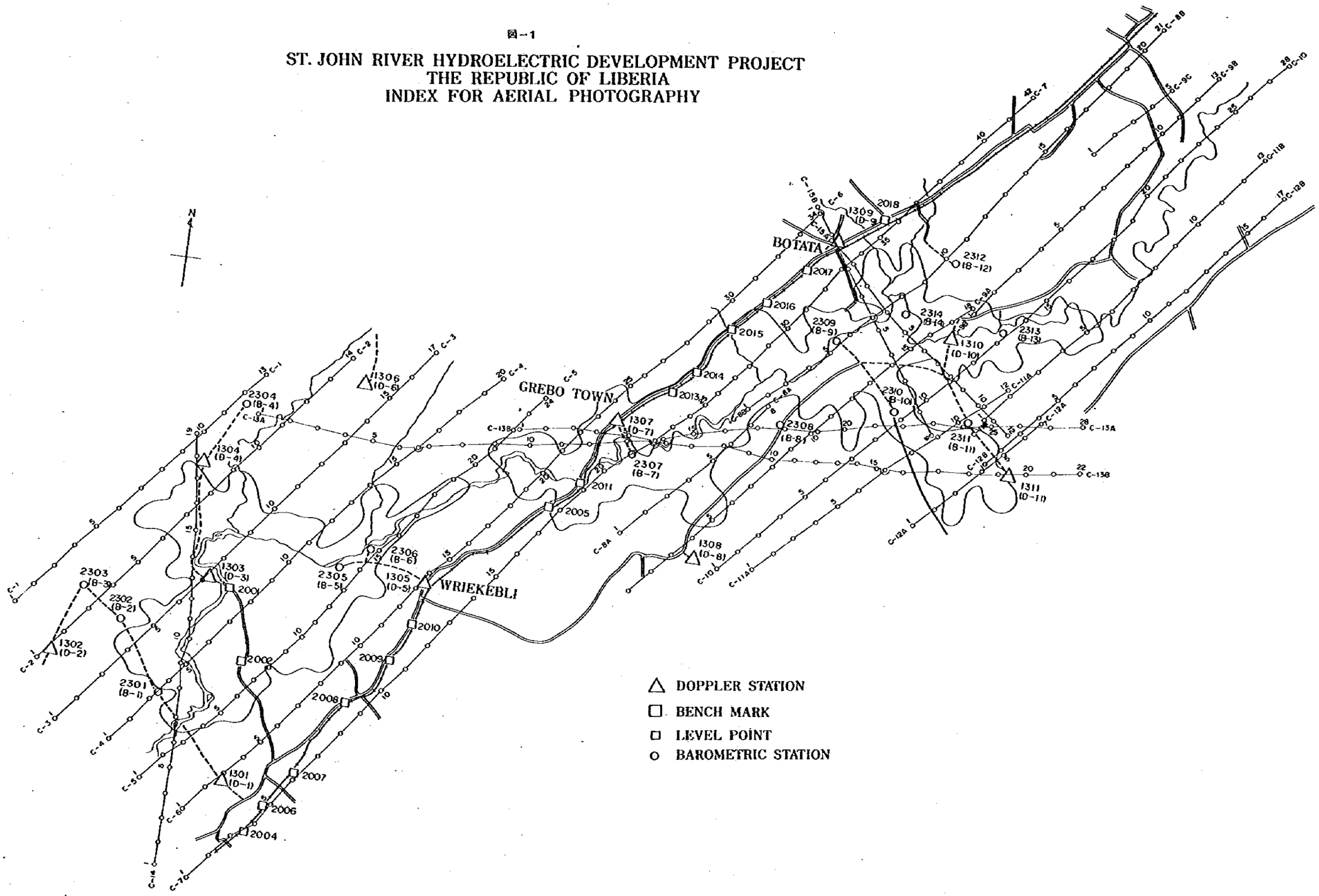
飛行記録－４

年月日	昭和５６年2月１７日	離　陸	９：１５
基　地	スプリング・ペイネ空港、35フィート	着　陸	１２：２５
天　候	ハマターン	飛行時間	３：１０
機体番号	F－BVQK	計器高度	13,000フィート
地上気温	２９℃	実飛行高度	13,700フィート
上空気温	4℃（13,000フィート）	レンズ、カメラ	15UAG 329/732
絞　り	5.6	フィルム	アグファ PAN33
シャッタースピード	１／２５０	マガジン番号	６５７
フィルター	５００	気　圧	1,010ミリバール

コース番号	写真番号	写真枚数
１３Ｂ	９８８４～９９０５	２２

図－1

ST. JOHN RIVER HYDROELECTRIC DEVELOPMENT PROJECT
THE REPUBLIC OF LIBERIA
INDEX FOR AERIAL PHOTOGRAPHY



飛行記録－５

年月日	昭和５６年2月１８日	離　陸	９：１５
基　地	スプリング・ベイネ空港、35フィート	着　陸	１２：２０
天　候	ハマターン	飛行時間	３：０５
機体番号	F－BVQK	計器高度	13,000フィート
地上気温	２８℃	実飛行高度	13,700フィート
上空気温	4℃（13,000フィート）	レンズ・カメラ	15UAG 329/732
絞　り	5.6	フィルム	アグファ PAN33
シャッタースピード	１／２５０	マガジン番号	６５７
フィルター	５００	気　圧	1,010ミリバール

コース番号	写真番号	写真枚数
１２Ａ	９９５４～９９６０	７
１１Ａ	９９６２～９９７３	１２
１５Ｂ	９９７８～９９８６	９
９Ｃ	９９８９～９９９３	５
４コース		３３枚

３－２　現地踏査

１：10,000 地形図作成のための航空写真測量には、地上の基準点が不可欠である。昭和５３年にリベリア地図局は、８点の基準点と１９点の水準点の埋標と対空標識設置を計画し、その位置、埋標及び対空標識の設置についての詳細が決定された。リベリア地図局では、昭和５３年の乾期にこの埋標と対空標識の設置を行った。しかし、天候不良が続いて、昭和５３年、５４年の乾期に航空写真の撮影はできなかった。

昭和５５年の乾期に、航空写真の撮影、つづいて基準点測量を再開するにあたって、現地踏査を行った。

この作業の目的は、

1. 対象地域の一般情報、例えば道路、橋、河川の渡渉、住民や集落、現地での人夫の雇用、食料及び飲料水の補給等々を収集すること。
2. 各基準点、水準点及びその対空標識を調査、確認し、必要な場合は、補修すること。
3. 各々の基準点、水準点に到る徒歩道を確認し、車道から各点までの経路、距離、時間を調査することである。こうして収集した資料から、地上測量の実施計画を正確に決定した。

３－２－１　現地踏査の経路

踏査の経路は、各点の位置と共に図－２に示した通りである。

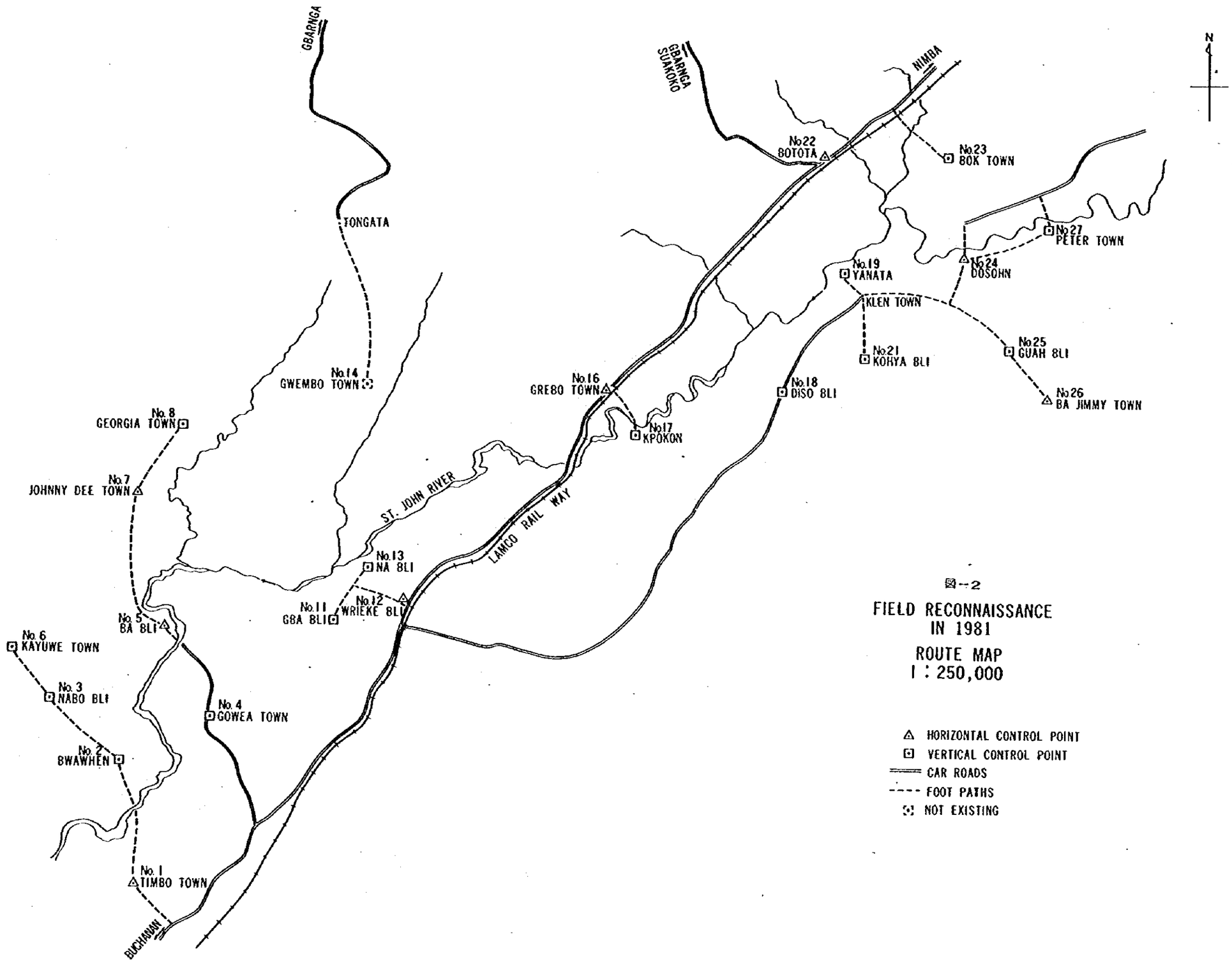


図-2

FIELD RECONNAISSANCE
IN 1981

ROUTE MAP
1 : 250,000

△ HORIZONTAL CONTROL POINT
⊡ VERTICAL CONTROL POINT
═══ CAR ROADS
---- FOOT PATHS
⊡ NOT EXISTING

3－2－2　作業の人員、方法及び機材

現地踏査に参加したメンバーは次の通りである。

リベリア地図局：　ジミィ・ブルックス、　ベン・バーブリ
　　ソロモン・ヒューズ、　ウィルモ・ジョージ

調　査　団：　後　藤　一、　山　道　一　弘

各メンバーは作業の進展に合わせて、1班または2班に分かれて行動した。

基準点、水準点ともに、現地で確認し、点の明細簿を作成するため、平板測量を実施した。各点に設置されていた対空標識も補修したり、ペンキを塗り直したりした。車道から各点に至る徒歩道も実際に歩いて調査し、その状態、歩行の時間、およその距離等を記録した。踏査に必要な、キャンプ用具、飲料水、食料等の算定やテストも行った。こうして収集した資料は、後続の地上測量の計画に有効に使用された。

予定されている基準点測量のうち、人工衛星のドップラー観測のためには、既設の基準点が少くとも1点必要である。このために、ブキャナンにあるＳＹＬ－５、または、スワココにあるスワココ・天測点の調査、確認も必要であった。

この作業に使用した機材は、2組の平板測量器（平板、三脚、アリダード、羅針及び布テープ）である。

3－2－3　作業の進度

1月19日（月）モンロビアよりブキャナンへ人員、機材を移動した。

1月20月（火）ブキャナンでの宿舎を準備して後、基準点№12（リーカブリ）、№16（グレボタウン）を点検、記録した。

1月21日（水）水準点№4（ゴワタウン）と基準点№5（バーブリ）を点検、記録した。

1月22日（木）水準点№18（ディソブリ）と№19（ヤナタ）を点検、記録した。

1月23日（金）この日作業班を2つに分け、1班は水準点№11（バブリ）、他の班は水準点№13（ナーブリ）を点検、記録した。

1月24日（土）1班は基準点№1（ティンボ・タウン）、他班は水準点№17（ボーコン）を点検、記録し、夕刻、両班とも、モンロビアへ補給のため帰った。

1月25日（日）収集した資料を整理した。

1月26日（月）モンロビアよりブキャナンへの移動に、海岸沿いでなしに、対象地域の北にあるバンガ市から、南下してセント・ジョン川沿いにブキャナンまで、対象地域を縦断するルートをとって、地域の全体を概査した。途中、基準点№22（ボタタ）を点検、記録した。

1月27日（火）水準点№2（ボワウェン）を点検、記録してこの村にキャンプした。

1月28日（水）ボワウェンより出発して、水準点№3（ナボブリ）及び№6（カイウェブリ）を点検、記録し、再びボワウェンにキャンプする。

1月29日（木）ボワウェンよりブキャナンに帰る。

1月30日（金）2班に分かれて、1班は水準点№21（コーヤブリ）を、他班は基準点

No7（ジョニイ・ディ・タウン）を点検、記録した。後者はジョニイ・ディ・タウンでキャンプした。

1月31日（土）1班は水準点No23（ボンタウン）を、他班は水準点No8（ジョージア・タウン）を点検、記録した。

2月　1日（日）補給のためブキャナンよりモンロビアへ帰る。

2月　2日（月）～2月14日（土）の間は直接水準測量を実施した。

2月15日（日）水準点No27（ピーターータウン）と基準点No24（ドゥソンブリ）を点検、記録した。

2月16日（月）バンガ市の西約20KMにある、リベリア国家基準点の1つスワココ天測点を確認し、その後、水準点No14（グウェンボタウン）を探したが、この点は亡失していることが判った。

2月17日（火）水準点No25（グワタウン）を点検、記録し、この村でキャンプした。

2月18日（水）グワタウンから出発して、基準点No26（パ・ジミィ・タウン）を点検、記録した後、ブキャナンへ帰る。

2月19日（木）予定した現地踏査を完了して、モンロビアへ帰る前に、ブキャナンの海岸近くに設置されている地震探鉱のための基準点SYL－5を確認した。

3－2－4　踏査の結果

この現地踏査では、対象地域の一般情報の収集と、リベリア地図局が昭和53年に埋設、設標した基準点および水準点の点検、記録を行った。その結果、8点の基準点と14点の水準点を確認し、その明細簿を平板法で作成した。これらの点の対空標識は白ペンキで塗り直して、補修した。

各点に到る経路の距離、所要時間を記録して、次の乾期に予定されている観測作業が能率的に実施出来るようにした。結果的に、22点が点検、記録でき、1点だけが亡失していることが判った。これらの点の配置は図－2に示してある。

3－3　直接水準測量

直接水準測量は対象区域内の車道上に実施する予定で、これによって、航空写真測量の高さの精度を保つためのものである。その総延長はおよそ120KMと予想されている。そのうち、17KMをこの期間に実施した。この短い距離の直接水準の目的は、

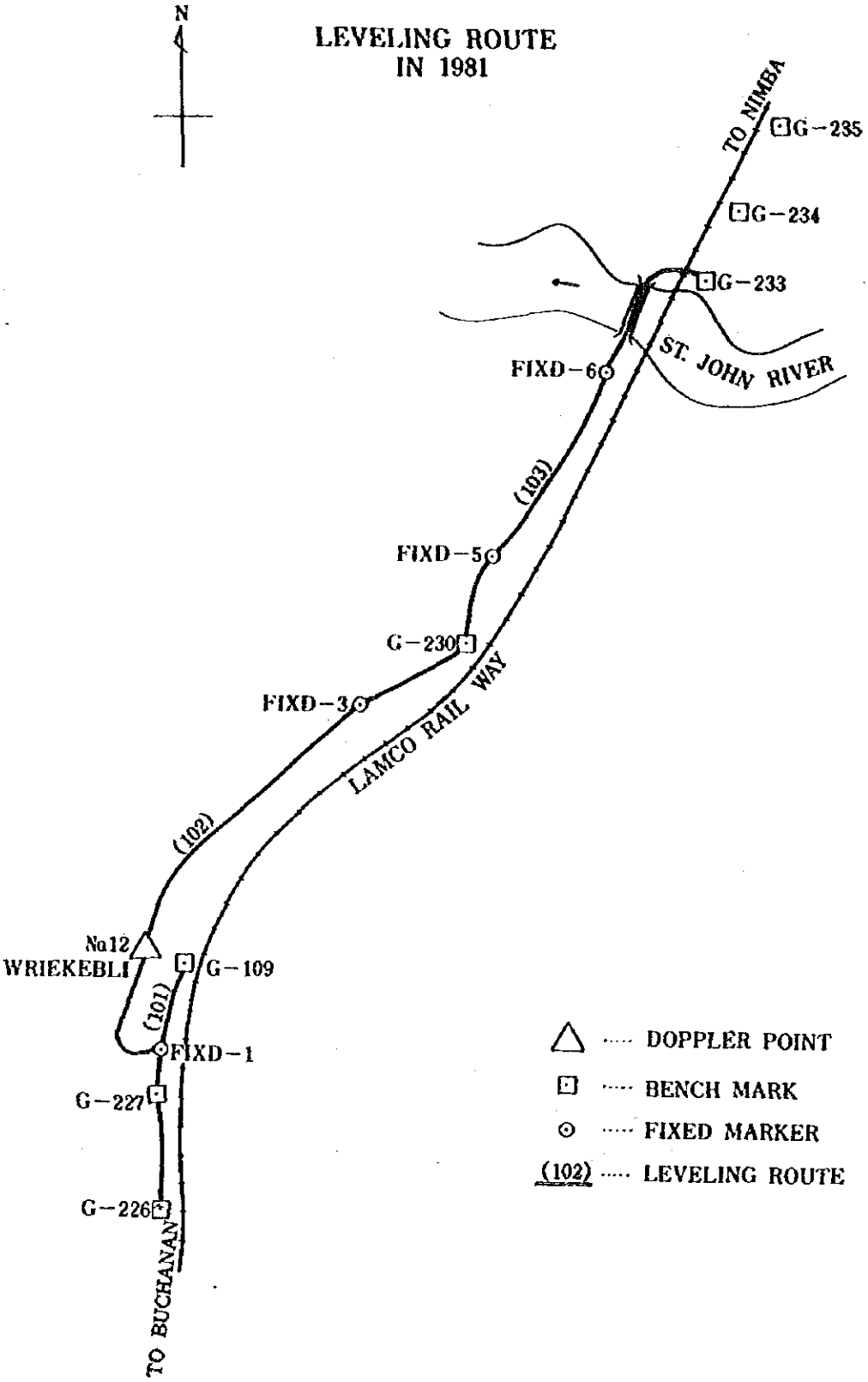
1. この地域での平均的な直接水準測量の作業進度を知ること、
2. この地域の既存のリベリア国家水準点の精度を点検すること、

であった。

3－3－1　水準路線

直接水準測量の路線、既設水準点の位置等は図－3に示した通りである。

図－3


N
LEVELING ROUTE
IN 1981
TO NIMBA
G－235
G－234
G－233
ST. JOHN RIVER
FIXD－6
(103)
FIXD－5
G－230
FIXD－3
LAMCO RAIL WAY
(102)
No12
WRIEKEBLI
G－109
(101)
FIXD－1
G－227
G－226
TO BUCHANAN
DOPPLER POINT
BENCH MARK
FIXED MARKER
(102) LEVELING ROUTE

3－3－2　作業の人員、方法、及び機材

この作業を行った人員は次の通りである。

リベリア地図局：　ジミィ・ブルックス、　ベン・バーブリ
　　ソロモン・ヒューズ、　ウィルモ・ジョージ

調　査　団：　後　藤　一、　山　道　一　弘

この水準路線はリベリアの国家水準点G－２２７及びG－１０９から出発して、基準点№１２（リーカブリ）、G－２３０を経て、G－２３３に閉合するもので、その距離はおよそ、１７KMである。

各水準点間の閉合差は、２０㎜√S とした。（Sは水準路線延長をキロメートルで表した値）。水準路線上、およそ、１KMに１点の割合で標高点を選定し、１：25,000 航空写真上に刺針して、その位置を表示した。従って、刺針標高点は、１７点であった。

この作業に使用した機材は次の通りである。

自動レベルB－２、測機舎製、№17468,及び三脚、レベル標尺、２本、№ASIAKO７、及び８、標尺台２基

3－3－3　作業の進度

２月　２日（月）現地で刺針に使用する航空写真を準備した。

２月　３日（火）直接水準測量の作業計画、準備を行った。

２月　４日（水）モンロビアから、ブキャナンへ移動。

２月　５日（木）リベリア国家水準点G－２２６、２２７、１０９、２３０、２３３、２３４、２３５を踏査、確認した。

２月　６日（金）G－２２６、２２７間の検測を行った。

２月　７日（土）G２２７、１０９間の検測及び固定点№１より基準点№１２（リーカブリ）までの水準測量を行った。

２月　８日（日）基準点№１２（リーカブリ）より固定点№３までの水準測量を行った。

２月　９日（月）固定点№３よりG－２３０を経て、固定点№５までの水準測量を行ない、夕刻補給のためモンロビアへ帰った。

２月１０日（火）モンロビアよりバンガへ移動。基地をブキャナンからバンガへ移した。

２月１１日（水）固定点№５より№６までの水準測量を行った。

２月１２日（木）この日車輌の故障により作業できず。

２月１３日（金）固定点№６よりG－２３３までの水準測量を行った。

２月１４日（土）G－２３４とG－２３５の間を検測した。

3－3－4　直接水準測量の精度

直接水準測量の精度は次の通りである。

路線番号	区　間	距離（KM）	閉合差（㎜）	許容誤差（㎜）
１０１	G－２２６～G１０９	2.3	＋２６	３０

102	G−226〜G230	8.0	+53	57
103	G−230〜G233	7.2	+21	54

この水準測量の結果から、この地域での作業進度は、1日約3KMと算定された。また、当地域のリベリア国家水準点は、この水準測量に使用する与点として十分な精度を保っていることが判明した。

3−4 現地作業進度表

昭和55年度

	昭和55年11月		12月		昭和56年1月		2月	
	10	20	10	20	10	20	10	20
航空写真撮影		23						19
現地踏査						19	1	15 19
直接水準測量							2	14

4. 昭和56年度の現地作業

4. 昭和５６年度の現地作業

４－１　モンロビア及びブキャナンに於ける準備作業

現地測量のための準備作業は、団長を含む３人の日本人技術者とリベリア側カウンターパートによって行った。３人は昭和５６年１１月１２日にモンロビアへ到着して現地測量実施前の準備にとりかかった。この作業の大部分は土地鉱山エネルギー省の関係者の協力があって遂行できた。

４－１－１　作業用車輌の通関

現地測量は５台の４輪駆動車で行うことになっていた。そのうち３台を日本から、モンロビアへ船便で輸送した。なお、この車輌は現地作業終了後は国際協力事業団からリベリア政府へ供与することになっていた。

４－１－２　現地測量の装備、機材の通関

現地測量用の資機材は全て日本で調達し、昭和５６年１１月２２日に航空貨物でモンロビアへ送り出した。１２名の日本人技術者用のキャンプ用装備と携帯食の他に、５基のドップラー観測機器、５台の精密アネロイド気圧計、６台の無線機、５組のレベル、平板、標尺三脚、アリダード等が主なものである。

１２月１６日、測量隊全員と全ての資機材はブキャナンへ移動した。

４－１－３　無線通信の許可

現地作業は６班で行うことになっていたが、これらの各班の間の連絡のために、６台の無線機を使用した。無線機の持込みと無線局開設の許可は、郵政通信省から取得した。

無線局開設許可の内容は次の通りである。

無　線　機	周波数	出力	開設場所
八重洲無線ＦＴ－７０７Ｓ			
№ＯＭ－１１０８６４	5.64ＭＨｚ	１８ワット	グランドバッサ郡
№ＯＬ－１１０５４０	〃	〃	〃
№ＯＬ－１１０４５６	〃	〃	〃
八重洲無線ＦＴ－７			
№８Ｌ－１２０５２８	〃	１５ワット	〃
№８Ｋ－１２００９９	〃	〃	〃
№８Ｌ－１２０５３１	〃	〃	〃

４－１－４　測量隊宿舎の準備

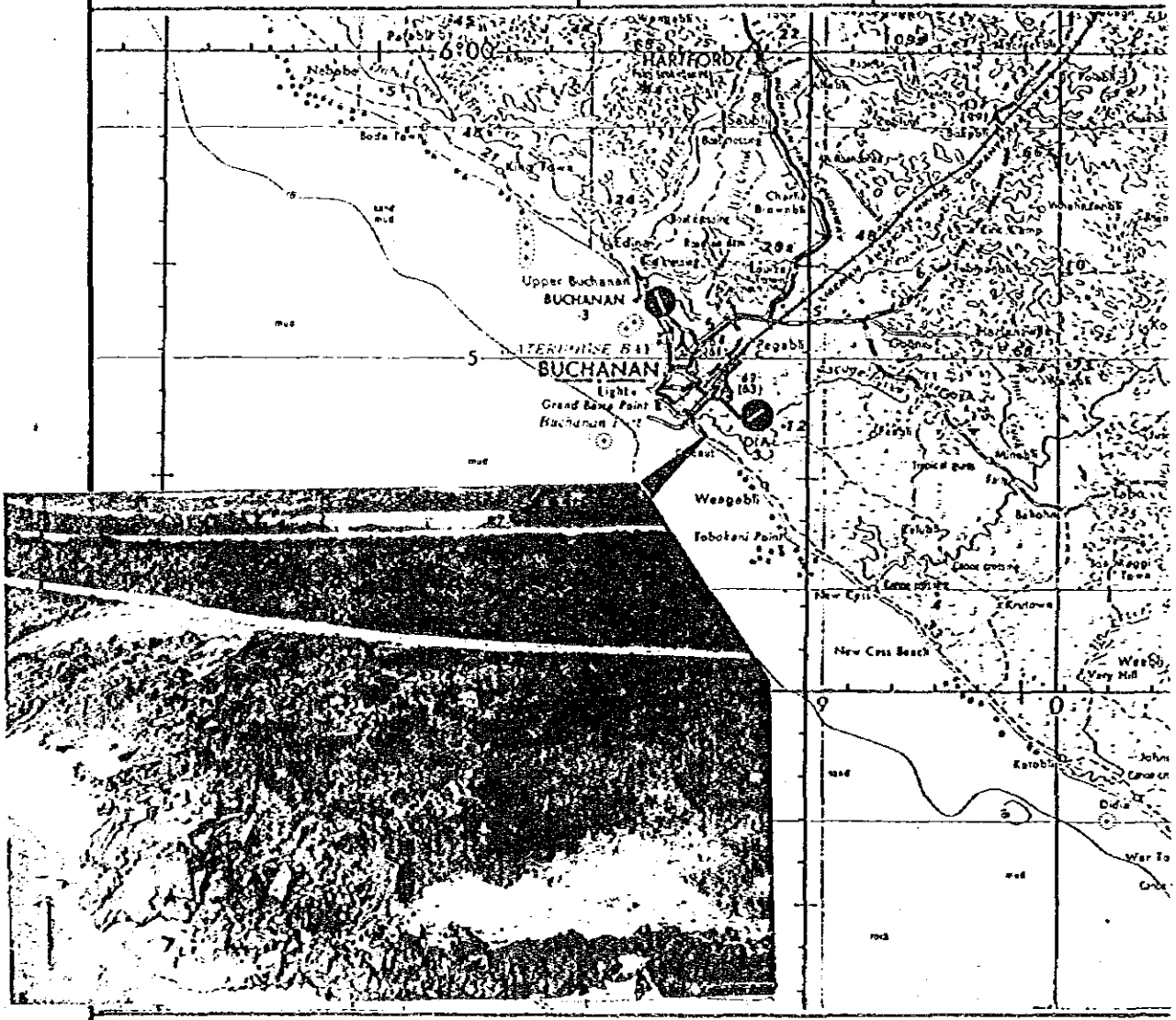
対象地域に最も近い市であり、また市の近郊に既設基準点ＳＹＬ－５があることからも、ブキャナン市に調査団の基地を設定した。この市はリベリア最大の鉱山会社ＬＡＭＣＯが

図－4　SYL－5基準点明細簿

CROQUIS DE LA STATION
STATION SKETCH

BUCHANAN ✓

St N° SYL. 5



ELLIPSOÏDE SPHEROID	W.G.S. 72		GEODESIE GEODESY	TRANSIT SATELLITE	
	Longitude	Latitude	Est	Nord	Z
SYLEDIS 5	-10° 02' 22.'' 21	5° 50' 58'' 65	384921.4	646688.1	11.m1 Top Concret

ELLIPSOÏDE SPHEROID			GEODESIE GEODESY		
	Longitude	Latitude	Est	Nord	Z

PROVISOIRE DOCUMENT

1027-1080

ペレット工場と積出港をもっているため完備したゲスト・ハウスの施設がある。さいわい、この施設のうち、団員の宿舎用に６室、事務所用に１室、ストックルーム１室及び倉庫のスペースを１２月１５日～２月１５日の２ケ月間借用することができた。これらの交渉は土地鉱山エネルギー省を通じて行い調査団の到着までに準備を完了することができた。

４－１－５　ブキャナンの既設基準点

人工衛星のドップラー観測による基準点測量で、その精度を高めるために、いわゆるトランス・ロケーション法を採用する場合、既設の基準点が１点必要である。リベリア地図局はフランスの調査団と共同で、この国の大西洋岸一帯に石油探査のための地質調査を行っている。そのための基準点、ＳＹＬ－５が市の海岸沿いの丘上に設置されている。別紙点の明細簿にその位置、緯度、経度、ＵＴＭ座標及び海抜高が示されている。（図－４）

この点をトランス・ロケーションのマスターステーションとして使用するためには、その標石にアンテナを設置して、基準点作業の期間中、つまり約２ケ月間、連続して人工衛星のドップラー観測を続けなければならない。この連続観測を中断されないよう、観測装置を収納する小屋を、この点の近くに設置する必要があった。この地点に小屋を建設する認可をグランド・バッサ郡々長から、１１月２０日に得て、１１月２６日には建設が完了した。

４－１－６　機材及び装備の点検

調査団全員と機材装備一式をモンロビアからブキャナンに移動して、ＬＡＭＣＯのベース・キャンプで１２月１７日から２０日までの間、全ての機材装備を点検した。

ドップラー観測機器（ＪＭＲ－１、２基、ＪＭＲ－３、２基）を１２月１７日～２０の間、実際にドップラー信号を受信し、機器の作動と受信した信号の内容をチェックした。

気圧測高と直接水準測量の機器も点検、整備した。無線機の送受信状態もＳＹＬ－５とベースキャンプ間でテストして良好な結果を得た。

テント、寝袋、簡易ベッド、炊事用具等のキャンプ用品と共に、食料、飲料水、燃料の量も点検した。

４－２　直接水準測量

昭和５５年度の作業で、昭和５６年２月に、水準点Ｇ－227からＧ－233まで約１７ＫＭの直接水準測量を行った。同じ方法で昭和５６年１２月に、直接水準測量を再開し、対象地域内の車道上、約１２０ＫＭを実施した。

４－２－１　水準路線

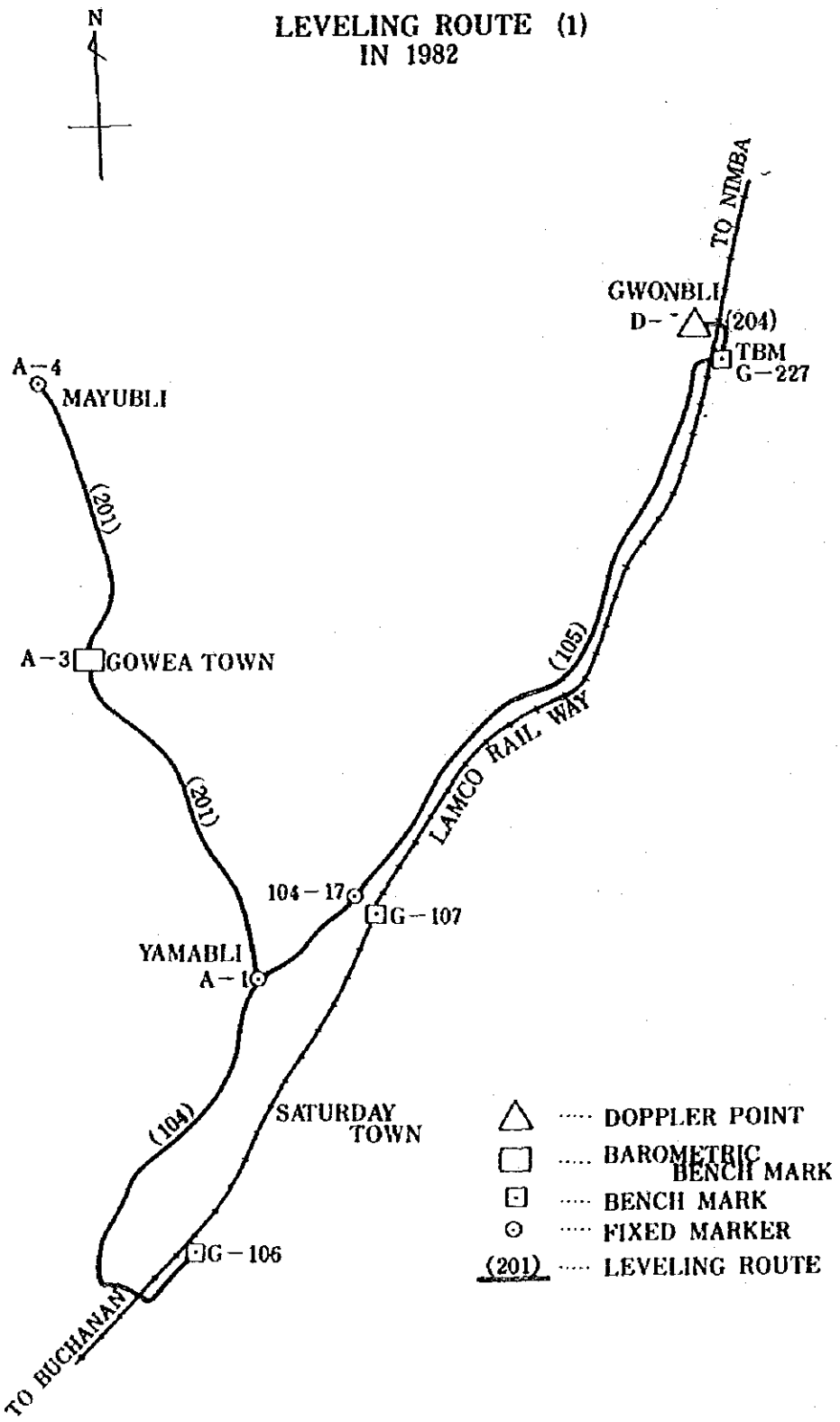
水準路線と既設水準点の位置は図－５及び図－６に示した。

４－２－２　作業の人員、方法及び機材

直接水準測量は２班で行った。各班は日本人技術者２名、リベリア地図局からのカウン

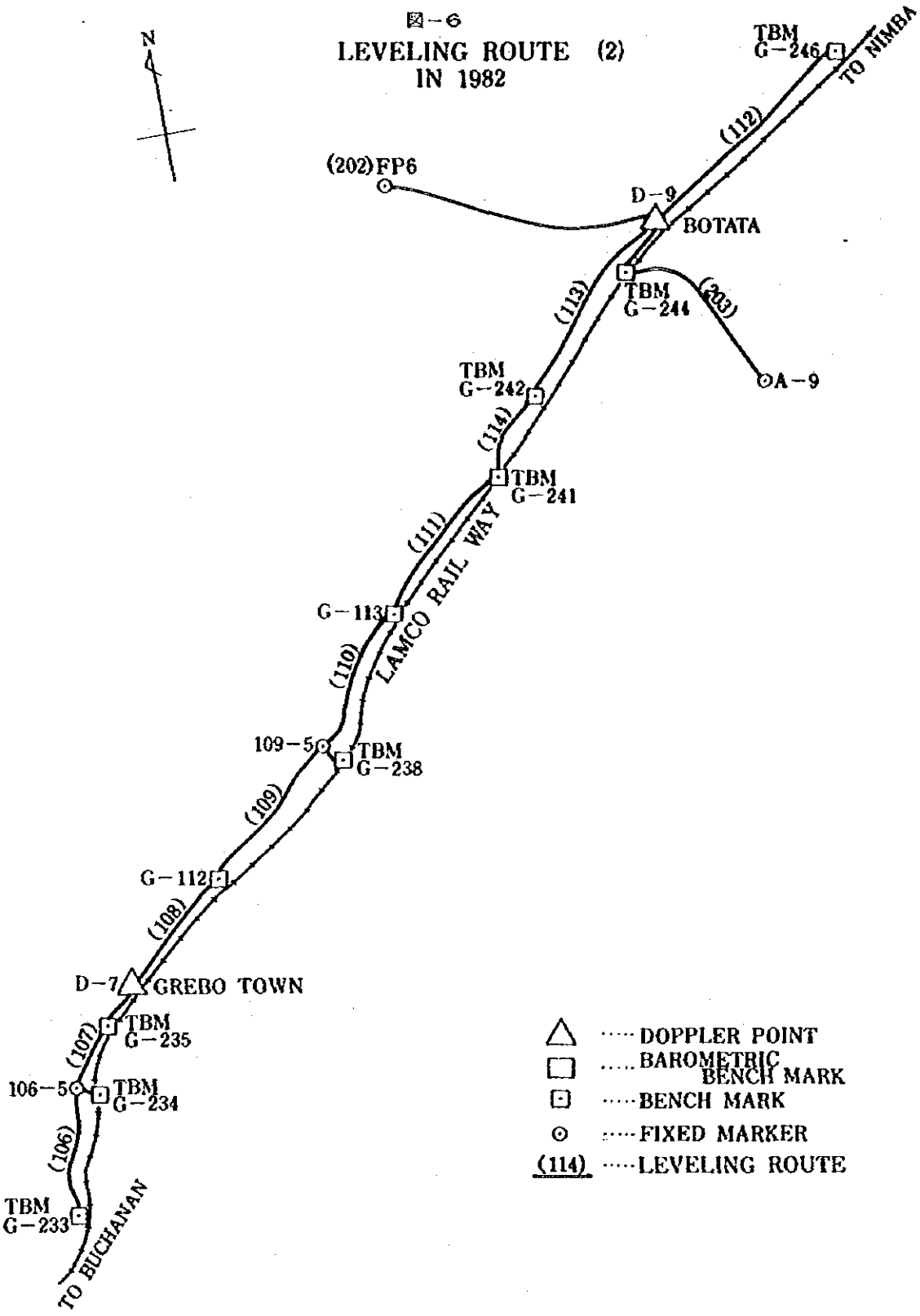
図－5

LEVELING ROUTE (1) IN 1982



図－6

LEVELING ROUTE (2)
IN 1982



ターパート１名と人夫数名からなっている。そのメンバーは次の通り。

１班　清野伊勢吉、Ｍ．ブク、中山三樹男、人夫数名

２班　永島喜代俊、Ｊ．ケマ、宮本尚章、人夫数名

図－５及び図－６に示した通り、水準路線は既設水準点から出発して他の水準点に閉合している。この水準測量の閉合差もしくは、出合差は全て２０mm√S以内に保たれている。但しＳは路線の延長をキロメートルで表したものである。水準測量の標高点は約１ＫＭ間隔で１：２５,000航空写真上に刺針した。従って、これら標高点は、航空写真測量の高さの決定に有効に使用できることとなった。

各班の使用した機材は次の通り。

１班　自動レベル　ＮＡ－１（ウィルド社製）　№４１３９１７

水準標尺　２基　№ＡＳＩＡＫＯ１、２及び標尺台２、三脚１

２班　自動レベル　ＮＡ－１（ウィルド社製）　№４２６９２９

水準標尺　２基　№ＡＳＩＡＫＯ３、４及び標尺台２、三脚１

この２班は、水準路線に近い村にキャンプして、作業用車輌１台、無線機１基を配備して、行動、連絡に利用した。

４－２－３　作業の進度

直接水準測量は予定した通り、順調に進んだ。その進度は次の通りである。

第１週

１２月２１日（月）　１、２班共ブキャナンよりキャンプ地（ヤマブリ）に移動して、キャンプ設営。

１２月２２日（火）　１、２班とも、与点の水準点を踏査、確認した。

１２月２３日（水）　１班はＧ－１０６から（１０４）－５までの水準測量。
２班は（２０１）－Ａ１から固定点－３までの水準測量。

１２月２４日（木）　１班は（１０４）－５からＳ－１までの水準測量。
２班は（２０１）固定点－３から固定点－５までの水準測量。

１２月２５日（金）　１班は（１０４）Ｓ－１からＧ－１０７、（１０５）－１０４－17から（１０５）－７までの水準測量。２班は（２０１）固定点－５から固定点－８までの水準測量。

１２月２６日（土）　１班は（１０５）１０５－７からＧ－２２７までの水準測量。２班は（２０１）固定点－８から固定点－１１までの水準測量。

１２月２７日（日）　１班は（１０５）路線の再測。２班は（２０１）固定点－１１からＡ４までの水準測量。

１２月２８日（月）　両班ともブキャナンへ帰る。

この週の水準測量の延長は５７.２ＫＭ、刺針した標高点は４６点となった。１日平均の進度は１班あたり５.７ＫＭであった。

第２週

1月　5日（火）両班とも、ブキャナンからボタタ近くのキャンプ地点へ移動キャンプの設営を行った。

1月　6日（水）1班は既設水準点の踏査。2班は（202）D−9 から、固定点−3までの水準測量。

1月　7日（木）1班は既設水準点の踏査。2班は（202）固定点−3から固定点−6までの水準測量。

1月　8日（金）1班はG−233から（106）−4までの水準測量。2班は（202）固定点−5から固定点−6までの再測とG−224から（203）A9までの水準測量。

1月　9日（土）1班は（106）−4から（109）−1までの水準測量。2班は（203）A−9から固定点−4までの再測とG−224から（112）A−8までの水準測量。

1月10日（日）1班は（109）−1からG−238までの水準測量。2班は（112）A8からG−242までの水準測量。

1月11日（月）1班はブキャナンへ撤収。2班はG−242からG−241までの水準測量の後ブキャナンへ撤収。

この週の水準測量の延長は62.8KM、刺針した標高点は55点となった。この進度は、1日、1班あたり約7KMである。

4−2−4　直接水準測量の精度

この水準測量の精度は次の通りである。

路線番号	区　　間	距離(KM)	閉合差(mm)	許容誤差(mm)
104	G−106〜G−107	15.1	+65	77
105	(104)17〜G227	14.6	−47	76
106	G−233〜G−234	3.6	+34	37
107	(106)5〜G−235	1.8	+7	26
108	G−235〜G−112	4.6	+35	42
109	G−112〜G−238	4.5	+13	42
110	(109)−5〜G−113	4.5	+8	42
111	G−113〜G−241	4.1	+10	40
112	G−244〜G−241	6.5	−12	50
113	D−9〜G−242	4.7	0	43
114	G−242　G−241	2.4	+19	30
201	A−1〜A−4	15.3	+28	78
202	D−9〜(202)−6	7.1	−40	53
203	G−244〜A−9	4.5	−26	42
204	G−227〜D−5	0.8	−8	17

水準測量の総延長は１２０ＫＭ、その有効距離は９４.１ＫＭであった。その中で、再測した路線は5.３ＫＭ、再測路線とその距離は次の通りである。

路線番号	再測距離（ＫＭ）
１０４	1.2
１１１	0.9
１１４	0.9
２０１	1.2
２０２	1.1

従って、再測率は5.３／９４.１＝0.０５６、つまり5.６％であった。

４－３　気圧測高

気圧測高による標高点は、対象地域の中で、直接水準を行う進入路がないけれども、どうしても標高の既知点が必要な地点に対して実施した。

４－３－１　気圧測高点の位置

気圧測高点は予めリベリア地図局が木杭を埋設し、それに対空標識を設置した。その位置は、図－７に示した。その点数は合計１４点で、各々Ｂ－１～Ｂ－１４の番号を付けた。

４－３－２　作業の人員、方法及び機材

気圧測高は当初３班で、後に４班で実施した。そのチーム編成は次の通りである。

１班　清　野　伊勢吉、Ｍ．ブク、人夫数名

２班　永　島　喜代俊、Ｊ．ケマ、人夫数名

３班　中　山　三樹男、宮木尚章、人夫数名

４班　井　谷　臣　男、Ｇ．コックス、登坂滋紀、人夫数名

これらのメンバーは、作業の進行状況に応じて、適宜交替したり入れ替たりして、作業を行った。

できるだけ高い精度を得るために、気圧測高の実施に際して、いくつかの条件を設定した。その条件は次の通りである。

1. 各点における気圧の測定は午前９時から午後４時まで３０分毎に行う。従って、各点で１６回の観測を行うことになる。
2. １回の観測で６度測定し、最大と最小の測定値を除いて残りの４度の測定値の平均をその回の測定値とする。
3. 少くとも、３ヶ所で同時観測を行うと共に３ヶ所のうち、２ヶ所は、既設の水準点であること。
4. １回の観測の直前と直後に気温を測定すること。
5. 気圧測高の求点と与点（既設水準点）の間隔は２５ＫＭ以内とする。
6. 精密アネロイド気圧計は使用前に各器機毎の器差を測定して補正常数を決定しておくこと。

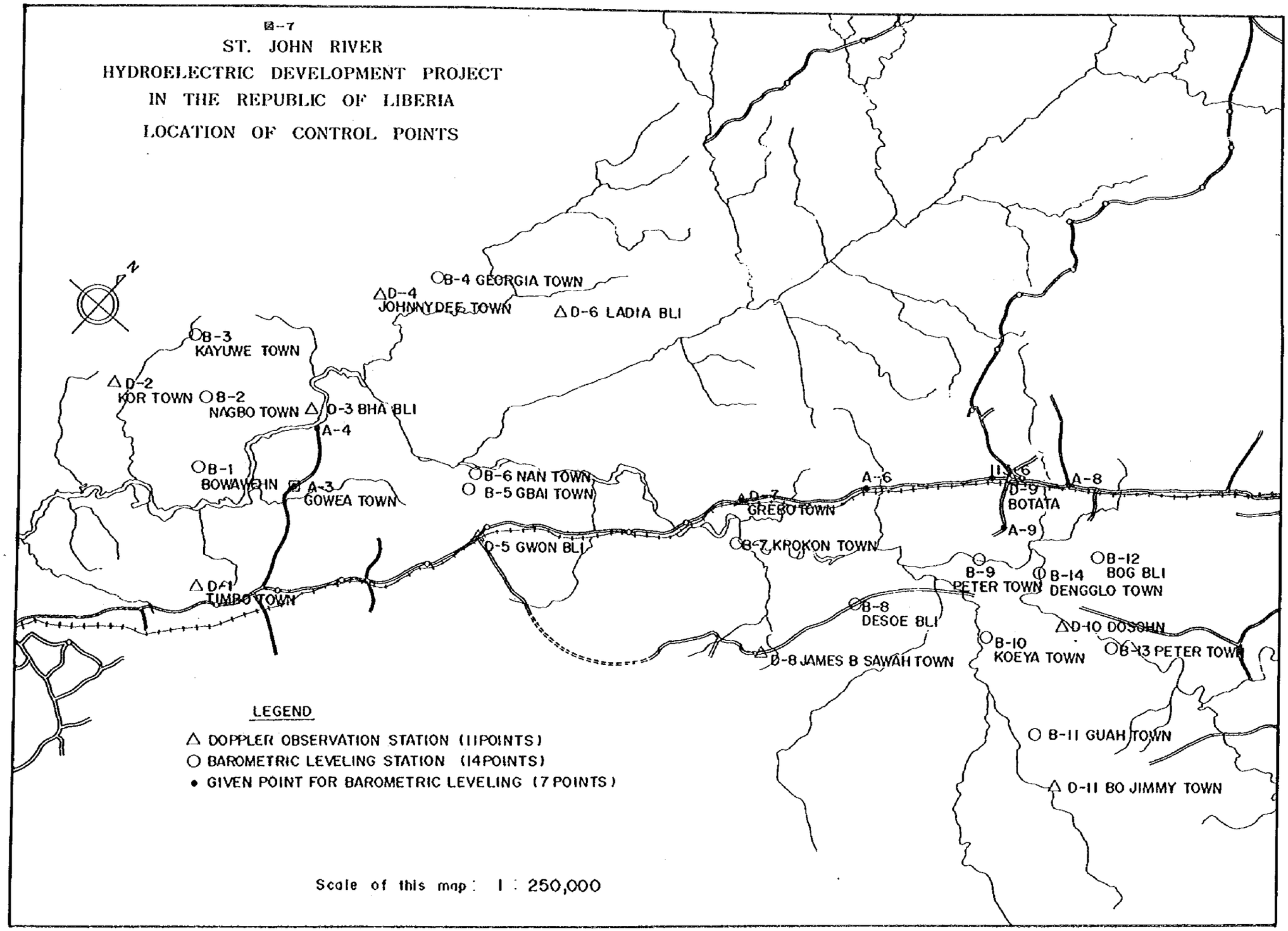


図-7
ST. JOHN RIVER
HYDROELECTRIC DEVELOPMENT PROJECT
IN THE REPUBLIC OF LIBERIA
LOCATION OF CONTROL POINTS
N
B-4 GEORGIA TOWN
D-4
JOHNNYDEE TOWN
D-6 LADIA BLI
B-3
KAYUWE TOWN
D-2
KOR TOWN
B-2
NAGBO TOWN
D-3 BHA BLI
A-4
B-1
BOWAWEIN
A-3
GOWEA TOWN
B-6 NAN TOWN
B-5 GBAI TOWN
D-7
GREBO TOWN
A-6
A-8
D-9
BOTATA
A-9
D-5 GWON BLI
B-7 KROKON TOWN
B-12
BOG BLI
B-9
PETER TOWN
B-14
DENGGLO TOWN
D-1
TIMBO TOWN
B-8
DESOE BLI
D-10 DOSOHN
B-10
KOEYA TOWN
B-13 PETER TOWN
D-8 JAMES B SAWAH TOWN
LEGEND
△ DOPPLER OBSERVATION STATION (11POINTS)
○ BAROMETRIC LEVELING STATION (14POINTS)
• GIVEN POINT FOR BAROMETRIC LEVELING (7 POINTS)
B-11 GUAH TOWN
D-11 BO JIMMY TOWN
Scale of this map : 1 : 250,000

各班が使用した機材は精密アネロイド気圧計、ＭＫ－２の型式番号Ｍ２２３６Ａ又はＭ２２３６及びアスマン通風温度計である。各班の機材は次の通りである。

班	精密アネロイド気圧計		アスマン通風温度計
	№	型　式	№
1	Ａ－０３１	Ｍ－２２３６Ａ	７９８１５４
2	Ａ－０２７	Ｍ－２２３６	７９８１５６
3	Ａ－０２８	〃	７９８１５７
4	Ａ－０３２	Ｍ－２２３６Ａ	７９８１５８
５（時に応じて使用）			
	Ａ－０２６	Ｍ－２２３６	７９８１５５

４－３－３　計算処理

現地で得た観測データは次の様な手順で計算処理した。

1. 最大及び最小の測定値を除いて、４個の測定値を平均して、その回の観測値とする。（単位はミリバール）
2. 気圧測定直前と直後の気温を平均して、観測時の気温とする。（単位℃）
3. 各観測値は次の式で温度補正を行う。

$$P = P' + K(20℃ - T℃)$$

ここで、Ｐは補正した気圧（ミリバール）、Ｐ′は観測値（ミリバール）、Ｔは観測時の気温、Ｋは計器に固有の定数で、タイプ№Ｍ２２３６では$K = \frac{0.5}{15}$、№２２３６Ａでは$K = \frac{0.7}{15}$である。

4. 各々の計器の機械誤差つまり器差を補正する。器差はあらかじめブキャナンで測定して定めたものを使用した。

機　器　№	Ａ０２８	Ａ０２６	Ａ０２７	Ａ０３１	Ａ０３２
補正値（ミリバール）	０	－0.34	－1.13	０	－0.49

5. Ａ、Ｂ、２点間の比高を計算する気圧測高の式は次の通りである。

$$dh = 18464(1 + 0.003665 \times TM)LOG\frac{PB}{PA}$$

ここで、ｄｈはＡ、Ｂ間の比高、ＴＭはＡ、Ｂの気温の平均値、ＰＡ、ＰＢは各々Ａ、Ｂの気圧、２つの定数は各々大気の特性係数及び重力の加速度を表している。

４－３－４　作業の進度

気圧測高の作業はドップラー観測の進行との関係で、しばしば予定を変更するような事もあったが、最終的には、予定日数内で終了することが出来た。

１月１６日（土）

１班　ブキャナンからＢ－４（ジョージア・タウン）へ移動

２班　ブキャナンからＢ－３（カイウエ・タウン）へ移動、午後そこで気圧測高を行った。

3班　ブキャナンからA－3（ゴウエ・タウン）へ移動、午後、そこで気圧測高を行った。

4班　ブキャナンからA－4（ベヤン・ブリ）へ移動、午後そこで気圧測高を行った。

1月17日（日）

1班　B－4で気圧測高を行った。

2班　午前中B－3で気圧測高を行い、午後B－2（ナゴ・ブリ）へ移動。

3班　A－3で気圧測高を行った。

4班　A－4で気圧測高を行った。

1月18日（月）

1班　B－4からB－5（バイ・タウン）へ移動。

2班　B－2で気圧測高を行った。

3班　A－3で気圧測高を行った。

4班　A－4で気圧測高を行った。

1月19日（火）

1班　B－5で気圧測高を行った。

2班　B－2からB－1（ボワウエン）へ移動、午後そこで気圧測高を行った。

3班　A－3で気圧測高を行った。

4班　A－4で気圧測高を行った。

1月20日（水）

1班　B－5からB－6（ナン・タウン）へ移動、午後そこで気圧測高を行った。

2班　午前中B－1で気圧測高を行い、午後ブキャナンへ撤収。

3班　A－3で気圧測高を行った。

4班　A－4で気圧測高を行った。

1月21日（木）

1班　午前中、B－6で気圧測高を行い、午後ブキャナンへ撤収。

2班　ブキャナンでデータの計算処理。

3班　午前中、A－3で気圧測高を行い、午後ブキャナンへ撤収。

4班　午前中、A－4で気圧測高を行い、午後ブキャナンへ撤収。

1月22日（金）より1月24日（日）まで、各班ブキャナンで計算処理及び次回の現地作業の補給を行った。

1月25日（月）

1班、2班　ブキャナンからA－9（ツェオ・タウン）へ移動。

3班　ブキャナンからB－10（コヤ・タウン）へ移動。

4班　ブキャナンからB－12（ボクブリ）へ移動。

5班　この週、3班を2つに分けて第5班を作った。ブキャナンからB－13（ピータータウン）へ移動。

1月26日（火）

1班　A－8（カーコン）で気圧測高を行った。

2班　A－9（ツェウォ・タウン）で気圧測高を行った。

3班　B－10で気圧測高を行った。

4班　B－12で気圧測高を行った。

5班　B－13で気圧測高を行った。

1月27日（水）

各班、ブキャナンへ撤収。

1月28日（木）より1月31日（日）まで、各班、ブキャナンで計算処理及び次回現地作業の補給を行った。

2月1日（月）

1班　ブキャナンからA－6（ウェア・タウン）へ移動。

2班　ブキャナンからD－7（グレボタウン）へ移動。

3班　ブキャナンからB－7（ボーコン）へ移動。

4班　ブキャナンからB－8（デソブリ）へ移動。

2月2日（火）

1班　A－6で気圧測高を行った。

2班　D－7で気圧測高を行った。

3班　B－7で気圧測高を行った。

4班　B－8で気圧測高を行った。

2月3日（水）

1班　A－6からA－8（カーコン・タウン）へ移動。

2班　D－7からA－9（ツェオ・タウン）へ移動。

3班　B－7からクレン・タウンへ移動。

4班　B－8からB－11（グア・タウン）へ移動。

2月4日（木）

1班　A－8で気圧測高を行った。

2班　A－9で気圧測高を行った。

3班　クレンタウンからB－9（ヤニタ）へ移動したが、この村へ到達することができず、B－14（デングロ・タウン）で気圧測高を行い、再びクレン・タウンに帰る。

4班　B－11で気圧測高を行った。

2月5日（金）

1班　強雨のため気圧測高は行えずA－8に待機。

2班　強雨のため気圧測高は行えずA－9に待機。

3班　B－9に移動したが強雨のため気圧測高はできず待機。

4班　B－11からブキャナンへ撤収。

2月6日（土）

1班　A－8で気圧測高を行い、夕刻ブキャナンへ撤収。

2班　A－9で気圧測高を行い夕刻ブキャナンへ撤収。

3班　B－9で気圧測高を行った。

2月7日（日）

3班　クレン・タウンからブキャナンへ撤収。

4－3－5　気圧測高の精度

気圧測高を行う場合、数ヶ所の地点で同時観測を行う必要があるが、その際少くとも、2点は既設の水準点が含まれていなければならない。従って、この水準点間の比高について、既知の比高と気圧測高によって得た比高を比較することによって、気圧測高の精度を推定することができる。

気圧測高に使用した既設水準点は次の通りである。

点名	所在地	標高(m)
A－3	ゴウェタウン	122.37
A－4	ムヤタウン	117.72
D－7	グレボタウン	188.18
A－6	ウェアタウン	213.77
A－8	カーコンタウン	217.36
A－9	ツェオタウン	222.30
113－6	ウェセ農場	229.67

気圧測高で同時観測した既設水準点の組合せは、A－3／A－4、D－7／A－6、A－8／A－9、A－9／113－6である。これらの組合せ2点間の比高は直接水準で求めたものと、気圧測高で求めたものがあるので、その2つを比較すると次のようになる。

点名	直接水準の比高(m)	気圧測高の比高(m)	差(m)
A－3／A－4	4.65	5.62	－0.97
D－7／A－6	4.95	5.55	－0.60
A－8／A－9	25.59	27.12	－1.53
113－6／A－9	7.37	5.80	＋1.58

通常、気圧測高の精度は2メートル以内と考えられているが、この比較データから算定すると、今回の気圧測高の誤差の標準偏差は1.43mである。

4－4　ドップラー観測による基準点測量

対象地域の植生や地形の状況を検討して、この1：10,000地形図作成の航空写真測量に必要な基準点を設置する方法として、ドップラー観測法を採用することに決定した。これらの基準点は航空三角測量のために使用するが、リベリア地図局で各点にコンクリート埋石を行ったので、プロジェクトの進行に伴って、種々の目的に利用することもできる。

4－4－1　ドップラー観測点の位置

各点の位置、点名、所在地の集落名等を図－7に示した。基準点は全部で11点、その他に、この図には示してないが、ブキャナンの既設点SYL－5をトランスロケーション法のマスターステーションに使用した。

4－4－2　作業の人員、方法及び機材

ドップラー観測の作業は、4班でマスターステーション1点、スレーブステーション3点を観測することで始めた。しかしながら、頻発する機器の不調のため2班でマスターステーション1点、スレーブステーション1点という事態に到った。各班の人員は次の通りである。

1班　志水　信雄　ウィルモ・ジョージ　洞口　克美
2班　井谷　臣男　ジョージ・コックス　登坂　滋紀
3班　金高　博　ベン・バーブリ　若山　和秀
4班　（ブキャナン基準点）　後藤　一、ジミイ・ブルックス、山道　一弘

ドップラー観測による基準点測量は、近年開発された測量法であって、地上の点の三次元座標を決定するために、正確な極軌道を移動する人工衛星の信号を受信して、そのドップラー効果を観測するものである。

ドップラー信号受信用の機器を、地上のある点に設置して、一定数以上の信号を受信する。この信号を所定の計算プログラムで処理すると、地上の点の三次元座標が得られる。この受信、観測作業は地上のどこであっても、独立して行える。したがってどこの点であれ、独立に座標計算ができる。この方法はポイント・ポジショニングとよばれている。

更に高い精度を得たい場合には、トランスロケーションの方法が採用される。この方法では、既設の基準点を1点、マスターステーション（与点）として使用することが必要である。人工衛星からの信号をマスターステーションとスレーブステーション（求点）とで同時に受信すれば、マスターステーションに於けるポイントポジショニングの誤差を算出して補正することができるからである。当然ながら、これら、マスターステーションとスレーブステーションの距離はそんなに大きくとれない。

今回のドップラー観測では次のような条件を設定した。

1. 全点の観測をトランスロケーション法で行なう。
2. マスターステーションはブキャナンのSYL－5を使用する。
3. スレーブステーションは全て、マスターステーションから150Km以内にある。
4. 各スレーブステーションとマスターステーションで同時に受信する信号は20パス以上とする。
5. 受信した信号の質は9段階に分けて、そのうちの第1級のものだけを観測値とする。
   従って前述の20パスは第1級の同時観測信号20パスの意である。
6. ドップラー観測中の気温、湿度、気圧は自己の温湿気圧計で測定、記録する。
7. 各点のポイントポジショニングによる座標は全て現地で計算する。

8. トランスロケーションの座標計算は国内で大型の計算機を使用して行なう。

各班の使用した機材は次の通りである。

1班　JMR－1、ドップラー観測システム、№77－006
　　自記温湿気圧計、№214909

2班　JMR－1、ドップラー観測システム、№77－121
　　自記温湿気圧計、№214910

3班　JMR－3、ドップラー観測システム
　　レシーバー／マイクロプロセッサーユニット　№23M00091
　　インターフェース／パワーユニット　№24M03013
　　JMR－1　CRR、カセット・リーダー　№30M01289
　　自記温湿気圧計、№214914

4班　（ブキャナン基準点）　JMR－3　ドップラー観測システム
　　レシーバー／マイクロプロセッサーユニット　№23M02045
　　インターフェース／パワーユニット　№24M03017
　　JMR－1　CRR、カセット・リーダー　№30M01380
　　自記温湿気圧計、№214915

4－4－3　計算処理

ドップラー信号を発信している人工衛星は5個で、それぞれ、№30130、30140、30190、30200および30480の番号がつけられている。これらの衛星から受信したデータはJMR－3に付属しているマイクロプロセッサーで計算処理をした。計算の内容は、信号の質のチェックとポイントポジショニング法による三次元座標決定である。

各点で受信した信号は次の通りである。

点名	所在地	受信総数	第1級信号数
D－1	ティンボタウン	43	23
D－2	コーブリ	40	22
D－3	バーブリ	47	20
D－4	ジョニィ・ディ・タウン	60	33
D－5	ゴウォン・ブリ	33	23
D－6	ラディア・ブリ	39	21
D－7	グレボ・タウン	42	24
D－8	サワ・ブリ	38	20
D－9	ボタタ	75	34
D－10	ドーソン	73	28
D－11	ボ・ジミィ・タウン	70	26
SYL－5	ブキャナン	453	294

トランスロケーション法の計算処理は現地では計算機の容量とプログラムがないことか

ら、データを国内に持ち帰って、大型コンピュータで行った。

4－4－4　作業の進度

ドップラー観測の作業進度は機器の故障、（とくにＪＭＲ－１に多発した）で予定したものとは大幅に変ってしまった。しかし、あらゆる手段を使って、何とか最終の完了予定期日には作業を終了することができた。

第１週

１班　１２月２２日より２９日までＤ－９（ボタタ）で観測し３４パスを受信した。

２班　１２月２２日より３０日までＤ－１０（ドーソン）で観測し２８パスを受信した。

３班　１２月２３日より３０日までＤ－１１（ボ・ジミイタウン）で観測し２６パスを受信した。

４班　（マスターステーション）、１２月２２日より３０日までＳＹＬ－５（ブキャナン）で観測し３６パスを受信した。

第２週

１班　１月６日より１４日までＤ－２（コーブリ）で観測したが１パスも受信できなかった。

２班　１月６日より１２日までＤ－３（バーブリ）で観測したが、７パス受信したのみであった。

３班　１月６日より１２日までＤ－４（ジョニィ・ディ・タウン）で観測し、３３パスを受信した。

４班　（マスターステーション）ＳＹＬ－５（ブキャナン）では１月６日から、２月９日まで、連続観測を行い２５８パスを受信した。

第３週

この週より、スレーブ・ステーションの観測にＪＭＲ－３　１台、マスターステーションに１台という状態になってしまった。

３班　１月１５日より１９日までＤ－１（ティンボタウン）で観測し、２４パスを受信した。

第４週

１班　１月１９日より２３日までＤ－７（グレボタウン）で観測し２４パスを受信した。

第５週

３班　１月２３日より２６日までＤ－８（サワブリ）で観測し、２０パスを受信した。

第６週

１班　１月２６日より２９日までＤ－５（グウォンブリ）で観測し、１９パスを受信した。

第７週

３班　１月３０日より２月２日までＤ－６（ラディアブリ）で観測し、２１パスを受信した。

第８週

１班　２月２日より６日までD－２（コーブリ）で観測し、２２パスを受信した。

第９週

３班　２月６日より８日までD－３（バーブリ）で観測し、１３パスを受信した。

第１０週

１班　２月８日より９日まで、D－５（グウォンブリ）で観測し４パスを受信した。

４－４－５　ドップラー観測による基準点測量の精度

一般にドップラー観測による基準点の精度は３メートル以内と考えられている。しかし、その精度も、自然条件や人工的な条件の変化で影響をうける要素が多く、一定しない。従って、最終的にはトランスロケーションの計算を行って、その残差から推定することになる。ただし観測の精度は、第１級信号を各点で２０パス以上受信するということで確認されている。

トランスロケーションの計算はＪＭＲ社のプログラムＳＰ－２Ｔを使用してUNIVACの大型計算機１１００－６０Ｂ（メイン・メモリー５４２キロワード又は２メガバイト、ディスク・メモリ４０５,０００キロ・ワード又は１５００メガ・バイト）で行なわれた。

マスターステーション１点とスレーブステーション１１点について、地上座標のＸ、Ｙ及びＨが各点の２０パス以上の受信データから計算された。各点の三次元座標の標準偏差は次の通りである。

点名	X (m)	Y (m)	H (m)
D－１	1.51	2.20	1.64
D－２	1.96	2.26	2.14
D－３	1.72	2.75	1.80
D－４	1.55	2.19	1.67
D－５	1.38	2.14	1.47
D－６	1.49	2.40	1.63
D－７	1.53	2.21	1.64
D－８	1.61	2.33	1.76
D－９	1.34	2.28	1.46
D－１０	1.24	2.14	1.24
D－１１	1.62	2.42	1.59

４－５　現地調査

現地調査は、リベリア地図局のＹ．ミラー局長と同局の技術者によって、昭和５７年５月１日より６月１日の間に、実施された。その内容は次の通りである。

1. 自然及び人工地物を確認し、分類する。
2. 確認、分類した資料を記号や注記で引伸した航空写真上に表示する。

3. 航空写真上では判読できないデータ、例えば、集落、河川、山等の名称を収集する。

現地調査を開始する前に、この地域の１：２５０,０００、１：５０,０００ 、１：４０,０００の既成図や、標準地名辞典等の資料を検討して予察を行ない、現地作業の期間や経費の縮少を計った。

現地調査の結果は次の通りである。

1. 地名の収集

村落、河川、山等の名称を収集し、引伸し写真上に表示した。

2. 道路の分類

対象地域内の道路や小径は次の５種類に分類した。

a．全天候用、舗装道で二車線以上のもの

b．全天候用、未舗装で二車線以上のもの

c．全天候用、舗装道で一車線のもの

d．乾期用、未舗装で一車線のもの

e．徒歩道

3. 鉄　　道

鉄道の分類は、a．標準軌道、b．狭軌道の二種とした。

4. 橋　　梁

橋梁の分類はa．コンクリート又は鉄橋、b．木橋、c．暗きょの三種とした。

これらの資料は、全て航空写真上に表示して、リベリア地図局から、国際協力事業団へ送付された。

4－6　現地作業進度表

昭和56年度

	昭和56年12月	昭和57年1月	昭和57年2月
	10　20	10　20	10　20
ドップラー観測 マスターステーション	SYLr-5	SYLr-5	
スレーブステーション	D－9 D－10 D－11	D－2　D－7　D－5 D－3 D－4　D－1　D－8　D－6	D－2　D－5 D－3
直接水準測量	1班 2班	1班 2班	
気圧測高		B－4,5,6,　A－8 B－1,2,3,　A－9 A－3　B－10 A－4　B－12 B－13	A－6,8 D－7,A－9 B－7,9 B－8,11,14

5. 航空写真測量

5．航空写真測量

１：２５,０００航空写真と地上測量の成果を得て、２ヶ所のダムサイト予定地点とその湛水区域を復う約６５０KM²の地域の１：１０,０００地形図作成は昭和５７年７月に始まり、昭和５８年２月に完了した。

現地調査団のメンバーの何人かはこの作業に参加し、後藤団長もその実施を管理した。

５－１　航空三角測量

航空写真のステレオ・モデルを規正するためには、各モデルに数点のパス・ポイントが必要である。このパスポイントを設置するため、航空三角測量が２１コース、３０３モデルについて実施された。

５－１－１　航空三角測量の標定図

図－８は航空三角測量に必要な撮影コース、主点位置、基準点及び水準点の位置とその点名、地形図作成の範囲等を示している。対象地域を２ヶ所のダムサイトとその湛水区域に相当する２つのブロックに分けて、航空三角測量は行われた。

５－１－２　作業の方法と機材

航空写真の密着写真とポジフィルムを用意して、密着写真上でパスポイント及びタイポイントを選点し、ポジフィルム上で観測及び点刻を行う。この作業には精密点刻機が使用された。１枚のポジフィルムには３点のパスポイントと２点のタイポイントを点刻するようにしたので、少くとも６点のパスポイントが１つのステレオ・モデルに含まれることになった。地上測量で設置したドップラー基準点、気圧測高点、水準標高点等も、その位置をポジフィルム上に点刻した。点刻したこれらの点及び航空カメラのフィデュシャル・マークをステレオ・コンパレータで観測、測定した。

ステレオ・コンパレータの測定で得た写真座標のＸ、Ｙは解析航空三角測量の計算システムに従って、電子計算機で計算処理した。写真座標計算の便宜上、対象地域を２ヶ所のダムサイトとその湛水区域に相当する２つのブロックに分割して、その各々のブロックに対して、ブロック調整の計算を行った。その結果、全てのパスポイント及びタイポイントについて、ＵＴＭ座標系による地上座標値を算出した。更に各ステレオ・モデルの絶対標定の要素も算出した。

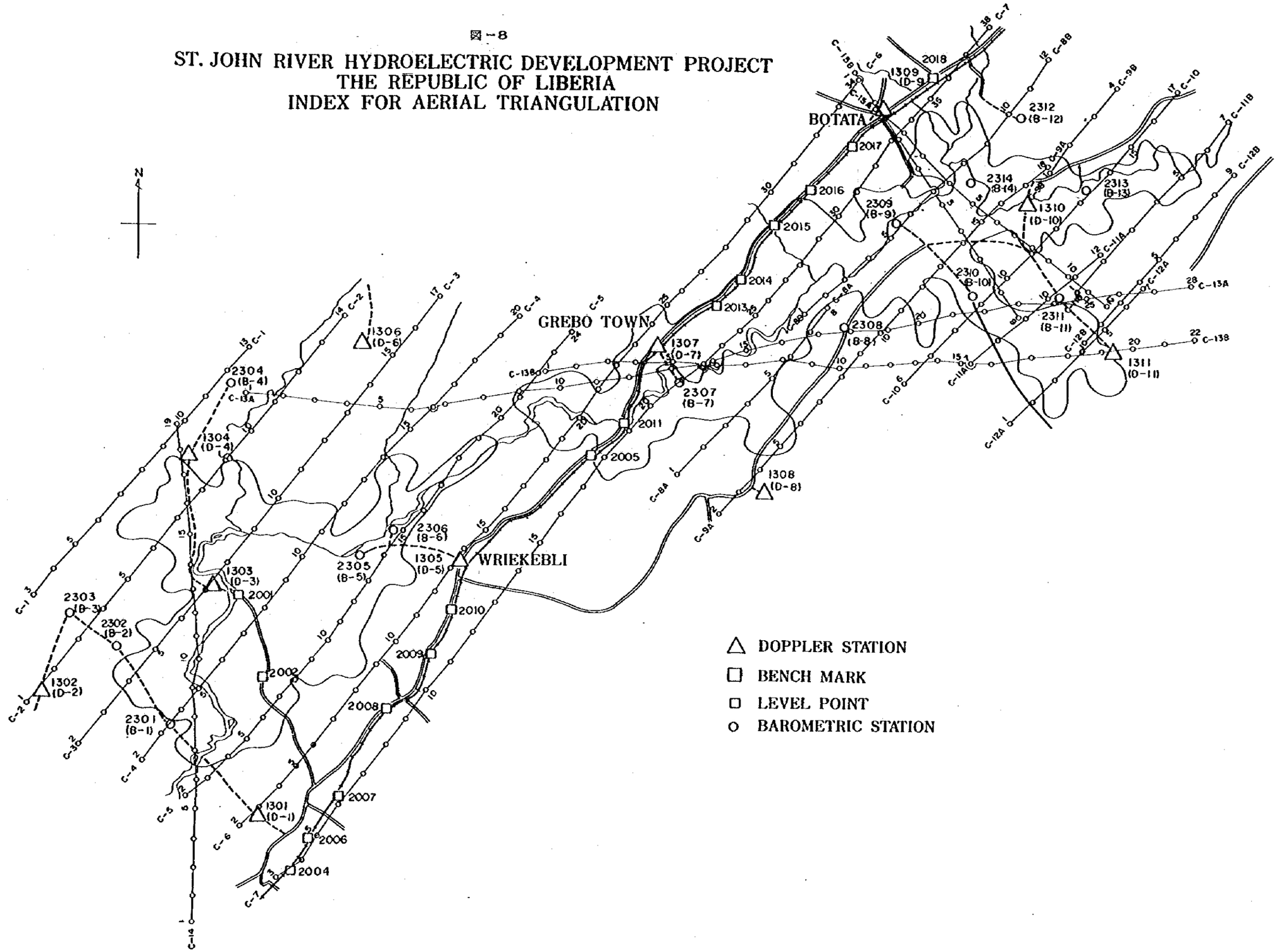
この解析航空三角測量の結果を使用して、各々の地形図シートに含まれる標定点を自動展開機で展開した。

このように、解析航空三角測量から地形図シートの作成、グリッド及び標定点の展開に到る一連の作業は、最新の方法と機材を使って実施され、極めて高い精度と作業時間の短縮が得られた。

解析航空三角測量に使用した、機材とソフトウェアは次の通りである。

図－8

ST. JOHN RIVER HYDROELECTRIC DEVELOPMENT PROJECT
THE REPUBLIC OF LIBERIA
INDEX FOR AERIAL TRIANGULATION



1. 点刻機、レーザー・トランス・マーク、ツァイスイエナ社製
2. ステレオ・コンパレータ、ＳＴＫ－１、ウィルド社製
3. 電子計算機、ユニバック１１００－６０Ｂ、メイン・メモリー５２４キロワード（２メガ・バイト）、ディスク・メモリ４０５,０００キロワード（１,５００メガバイト）
4. 自動展開機、Ｄ－ＳＣＡＮ　自動展開機、第二精工舎製
5. ソフト・ウェア、プログラム・パッケージ、ＰＡＴ－Ｍ、独立モデル法による航空三角測量。

５－１－３　航空三角測量の精度

標定図（図－８）に示すように、航空三角測量はブロック１とブロック２に分けて行った。しかしながら、標定点のうち何点かは、両方のブロックにまたがって使用されているので、その座標によって、２つのブロックは接合されている。

ブロック１のパスポイント決定のため、ドップラー点７点、気圧測高点７点、水準標高点１０点を使用した。その点名、所在地、座標値は次の通りである。

点番号	点　名	所在地	X (m)	Y (m)	H (m)
1301	D－1	ティンボタウン	+688,753,200	+417,444,900	135,900
1302	D－2	コーブリ	696,130,100	402,862,800	129,200
1303	D－3	バーブリ	703,616,600	415,111,700	130,100
1304	D－4	ジョニディブリ	712,936,400	413,260,400	176,100
1305	D－5	グウォンブリ	704,584,900	431,110,000	177,900
1306	D－6	ラディアブリ	720,082,500	424,855,400	185,600
1307	D－7	グレボタウン	719,260,700	443,598,700	186,710
2301	B－1	ボワエン	——	——	131,900
2302	B－2	ナグボブリ	——	——	147,960
2303	B－3	カユエブリ	——	——	141,440
2304	B－4	ジョージアブリ	——	——	170,900
2305	B－5	バイブリ	——	——	163,520
2306	B－6	ナンブリ	——	——	124,660
2307	B－7	ボーコンブリ	——	——	188,720
2001	水準の標高点	車道上	——	——	117,240
2003	〃	〃	——	——	121,640
2004	〃	〃	——	——	126,980
2005	〃	〃	——	——	150,340
2007	〃	〃	——	——	141,570
2008	〃	〃	——	——	149,790
2009	〃	〃	——	——	182,070
2010	〃	〃	——	——	176,080

点番号	点　名	所在地	X（m）	Y（m）	H（m）
2011	水準標高点	車道上	——	——	172,840

ブロック1の基準点の残差は次の通りである。

点番号	点　名	dX（m）	dY（m）	V（m）
1301	D－1	－0.011	－0.570	0.570
1302	D－2	－0.338	－0.205	0.395
1303	D－3	＋0.014	＋1.253	1.253
1304	D－4	－0.037	－0.223	0.226
1305	D－5	＋0.379	－0.255	0.457
1306	D－6	＋0.127	＋0.015	0.218
1307	D－7	＋0.151	＋0.073	0.168

XとYの残差のベクトル和がVとすると $V=\sqrt{dx^2+dY^2}$ で計算し、Vの標準偏差をMhとすると $Mh=\pm\sqrt{\frac{[V\cdot V]}{n-1}}$（nは点数）で計算するとMh＝±0.629 mである。

また、ブロック1の高さの標定点の残差は次の通りである。

点番号	点　名	dH（m）	点番号	点　名	dH（m）
1301	D－1	＋0.523	2306	B－6	＋0.108
1302	D－2	－0.182	2307	B－7	＋0.034
1303	D－3	＋0.029	2001	水準標高点	＋0.017
1304	D－4	－0.343	2002	〃	＋0.034
1305	D－5	＋0.019	2003	〃	＋0.334
1306	D－6	－0.140	2004	〃	－0.401
1307	D－7	－0.129	2006	〃	＋0.064
2301	B－1	－0.505	2007	〃	－0.119
2302	B－2	＋0.032	2008	〃	－0.295
2303	B－3	＋0.299	2009	〃	＋0.264
2304	B－4	＋0.239	2010	〃	－0.035
2305	B－5	＋0.159	2011	〃	＋0.075

標高点の標準偏差をMvとすると $Mv=\pm\sqrt{\frac{[dH\cdot dH]}{n-1}}$（nは定数）で計算して、Mv＝±0.243 mとなる。

ブロック2の航空三角測量では、ドップラー点5点、気圧測高点7点、水準標高点8点を使用した。その点名、所在地、座標等は次の通りである。

点番号	点　名	所在地	X（m）	Y（m）	H（m）
1307	D－7	グレボタウン	719,260,700	443,598,700	186,710
1308	D－8	サワブリ	711,305,000	450,950,700	214,400
1309	D－9	ボタタ	735,072,100	458,756,500	221,000
1310	D－10	ドーソン	728,903,300	468,070,600	197,400

点番号	点　名	所在地	X (m)	Y (m)	H (m)
1311	D −11	ボ・ジミィブリ	719,571,500	473,699,100	222,900
2307	B − 7	ボーコンブリ	——	——	188,720
2308	B − 8	デンブリ	——	——	222,610
2309	B − 9	ピーター・タウン	——	——	181,720
2311	B −11	グァブリ	——	——	228,620
2312	B −12	ボグブリ	——	——	221,800
2313	B −13	ピータータウン	——	——	193,520
2314	B −14	デングロブリ	——	——	189,380
2005	水準標高点	車道中	——	——	227,080
2012	〃	〃	——	——	191,510
2013	〃	〃	——	——	214,910
2014	〃	〃	——	——	189,380
2015	〃	〃	——	——	193,020
2016	〃	〃	——	——	211,510
2017	〃	〃	——	——	221,470
2018	〃	〃	——	——	215,750

ブロック２の基準点の残差は次の通りである。

点番号	点名	dX(m)	dY(m)	V(m)
1307	D− 7	+0.168	+0.077	0.185
1308	D− 8	+0.514	−0.027	0.515
1309	D− 9	+0.110	−0.730	0.738
1310	D−10	−0.932	+0.415	1.020
1311	D−11	+0.341	+0.279	0.441

前述の式でその標準偏差を計算するとＭｈ＝±0.721(m) である。また、ブロック２の高さの標定点の残差は次の通りである。

点番号	点　名	dH (m)	点番号	点　名	dH (m)
1307	D− 7	−0.099	2313	B−13	−0.159
1308	D− 8	−0.253	2314	B−14	−0.155
1309	D− 9	−0.079	2005	水準標高点	+0.198
1310	D−10	−0.616	2012	〃	+0.169
1311	D−11	+0.132	2013	〃	−0.001
2307	B− 7	+0.010	2014	〃	−0.061
2308	B− 8	+0.058	2015	〃	−0.199
2309	B− 9	+0.148	2016	〃	−0.150
2311	B−11	−0.266	2017	〃	+0.053
2312	B−12	−0.270	2018	〃	+0.061

高さの測定に於ける標準偏差Mv ＝±0.210（m）である。

5－2　細部図化

細部図化は、航空写真の相互標定及び絶対標定、自然及び人工地物の描画、等高線・独立標高点の測定描画、機械素図の整理等を言う。

5－2－1　作業の方法と機材

航空三角測量でパスポイントを設置した1組のポジフィルムを立体図化機の中で、相互標定、絶対標定を行う。つまり、1対の1：25,000の航空写真で、図化機の中に地形の三次元モデルを再現する。この立体モデルは、実際の地形を正確に1：125,000（写真縮尺の2倍）に縮小して再現したものである。従って、各々の航空写真がもっている縮尺の違い、X、Y方向の傾き等は完全に補正されている。

ステレオ・モデルの標定が完了すると、立体図化機による測定、図化を行なう。1：10,000地形図に必要な自然及び人工地物、等高線、及び独立標高点を測定、描画した。図化用のシートは#300厚のポリエステル・ベースで内図隔50cm×50cmとし1,000m（図化縮尺上では10cm）毎のUTMグリッドを展開したものを使用した。こうして、機械素図を作成した。面積約650KM²を覆うのに、使用したステレオ・モデルは109モデル、シートは48面であった。

この細部図化に使用した立体図化機は次の通りである。

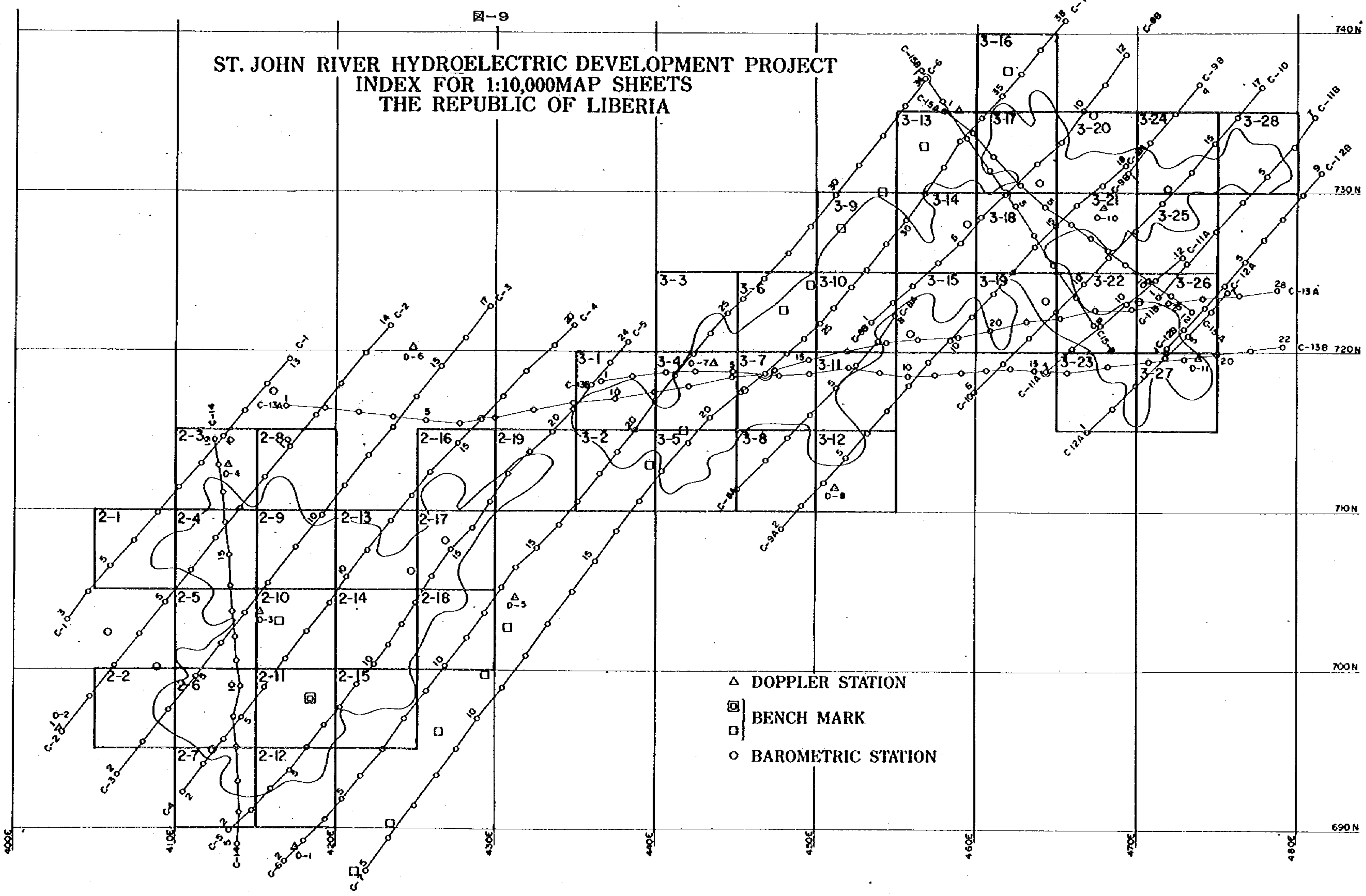
a）オートグラフA－7　ウィルド社製
b）オートグラフA－8　　〃
c）オートグラフA－10　　〃
d）ステレオ・メトログラフG　ツァイス・イエナ社製

5－2－2　写真判読と図化

この地域の殆んど全域が熱帯雨林に覆われているため、正確な写真判読の技術が非常に重要である。次のような対象物の図化には細心の注意を払って、写真判読を行った。

a）集落；部分的に樹林に覆われた家屋、教会や学校と考えられる大きな建物。
b）道路及び小径；樹林の下の徒歩道、小さな橋、暗きょ。
c）森林；森林は3つに分類して表示し、天然林（高木）、二次林、低木林を写真判読した。
d）耕地；畑、果樹、ゴム等の農園、水田。
e）河川；滝、早瀬、樹林に覆れた細流。
f）等高線；樹林帯の等高線。

写真上ではっきり観測できる地物については通常の写真図化を実施した。等高線は5メートル間隔で描画したが地形が平坦で、5メートルの等高線では、うまく表現できないような部分については2.5メートルの等高線も描画した。独立標高点は道路の交点、小径、河川、山頂、畑地、集落等に測定、表示した。森林の中で地表が観測できないような場所


ST. JOHN RIVER HYDROELECTRIC DEVELOPMENT PROJECT
INDEX FOR 1:10,000MAP SHEETS
THE REPUBLIC OF LIBERIA
DOPPLER STATION
BENCH MARK
BAROMETRIC STATION
740N
730N
720N
710N
700N
690N
400E
410E
420E
430E
440E
450E
460E
470E
480E
2-1
2-2
2-3
2-4
2-5
2-6
2-7
2-8
2-9
2-10
2-11
2-12
2-13
2-14
2-15
2-16
2-17
2-18
2-19
3-1
3-2
3-3
3-4
3-5
3-6
3-7
3-8
3-9
3-10
3-11
3-12
3-13
3-14
3-15
3-16
3-17
3-18
3-19
3-20
3-21
3-22
3-23
3-24
3-25
3-26
3-27
3-28

では、独立標高点は表示していない。

5－2－3　素 図 整 理

機械素図にもう一枚のポリエステル・ベースのシートを重ねて、機械素図の地形地物を編纂整理して、色鉛筆でトレースすると鉛筆原図ができあがる。これが機械素図の整理の工程である。

各々の地形 地物は次のように色分けして整理した。

a）黒鉛筆；道路、家屋、独立標高点、計曲線、露岩、壁岩、砂地等。

b）緑鉛筆；森林、低木地、耕地等。

c）赤鉛筆；徒歩道、地名注記、郡界、基準点、水準点等。

d）紫鉛筆；河川、細流、滝、早瀬、湿地等。

e）橙鉛筆；等高線のうちの間曲線と主曲線。

集落、山、河川等の名称を鉛筆原図に表示したが、これらの注記は次の資料から得たものである。

a）リベリア公式標準地名辞典

b）１：４０,０００地形図

c）１：２５０,０００地形図

d）リベリア地図局の行った現地調査の資料

地名は全て、リベリア公式標準地名辞典で点検、確認してから、注記として原図に表示した。各図葉には図番号と共に図葉名をつけた。この図葉名は、その図に含まれる重要な地名などからつけた。

5－2－4　図化の精度

十分な図化の精度を保つためには、ステレオ・モデルの相互標定と絶対標定が重要な要素である。標定の精度は絶対標定後の写真の標定点の残差から推定できる。次の表は各図葉毎のモデル数標定点の数及びその残差の平均を平面位置と高さについてまとめたものである。

図番号	標定点数	モデル数	平面の残差の平均(m) ($\sqrt{\Delta X^2+\Delta Y^2}$)	高さの残差の平均(m)
2－ 1	16	2	0.44	0.32
2－ 2	17	2	0.29	0.22
2－ 3	16	2	0.38	0.23
2－ 4	50	6	0.36	0.28
2－ 5	34	4	0.56	0.30
2－ 6	58	7	0.50	0.27
2－ 7	33	4	0.42	0.26
2－ 8	26	3	0.46	0.23

図番号	標定点数	モデル数	平面の残差の平均(m) ($\sqrt{\triangle X^2+\triangle Y^2}$)	高さの残差の平均(m)
2－ 9	67	7	0.33	0.24
2－10	66	8	0.50	0.29
2－11	67	8	0.51	0.26
2－12	40	5	0.40	0.25
2－13	63	8	0.51	0.29
2－14	52	7	0.52	0.26
2－15	39	5	0.59	0.29
2－16	32	4	0.69	0.37
2－17	49	6	0.65	0.32
2－18	24	3	0.54	0.25
2－19	24	3	0.75	0.36
3－ 1	26	4	0.42	0.73
3－ 2	6	1	0.33	0.65
3－ 3	14	2	0.50	0.78
3－ 4	56	7	0.39	0.61
3－ 5	22	3	0.36	0.30
3－ 6	30	4	0.30	0.69
3－ 7	48	6	0.46	0.61
3－ 8	24	3	0.46	0.62
3－ 9	36	5	0.36	0.71
3－10	65	9	0.26	0.61
3－11	37	5	0.46	0.50
3－12	28	4	0.50	0.59
3－13	11	2	0.64	1.05
3－14	33	6	0.55	0.67
3－15	16	3	0.50	0.59
3－16	12	2	0.58	0.80
3－17	36	6	0.61	0.65
3－18	39	7	0.49	0.59
3－19	25	4	0.48	0.47
3－20	29	5	0.72	0.45
3－21	42	7	0.43	0.42
3－22	16	3	0.31	0.48
3－23	16	3	0.38	0.46
3－24	22	4	0.59	0.37

図番号	標定点数	モデル数	平面の残差の平均(m) ($\sqrt{\triangle X^2+\triangle Y^2}$)	高さの残差の平均(m)
3－25	19	3	0.42	0.39
3－26	17	3	0.47	0.42
3－27	14	3	0.64	0.42
3－28	20	4	0.35	0.57
3－29	5	1	0.20	0.41

全ての地物や等高線の描画は、経験を積んだ図化オペレータによって、慎重に進められたので、その描画誤差は図上0.5㎜以内に保たれている。独立標高点は2回ずつ測定してその中数を表示したが、2回測定の差が50㎝を越える時には再測した。

5－3　製　　図

製品は最終製果品としての地形図を仕上げる工程である。丸ペン、烏口、回転烏口、墨を使用して、#500のポリエステル・ベースにトレースした。鉛筆原図に描画された地形、地物を、この#500シートにトレースする作業は熟練した製図技術者の手で、正確に、一定の基準に従って、行なわれた。地形図のトレースが終り、検査校正が終ると、透明ラッカーで墨止めを施した。こうして、セント・ジョン川流域の約650KM²の地域が47面のシートの地形図として完成した。

5－3－1　記号及び注記の方法

この地形図は単に当プロジェクトで使用されるのみでなく、他の種々の目的に使用される場合も考慮して、図式、記号、注記の方法は全て、この国の1：50,000国土基本図整備計画でリベリア地図局と英国海外測量局が使用しているものを採用した。しかし、縮尺の違いや、色刷りで仕上げるものと墨一色で仕上げるものとの違いから、多少の変更ははさけられなかった。

図式、記号で変更したものは次の通りである。

森林（天然林）、森林（2次林）、低木林、サバンナ、
ヤシ林、耕作地、農園、水田、湿地

種類の異なる地形、地物を表現するために、描線の太さを変えて製図を行った。描線の太さ（線号）は次の様に使用した。

2号線（太さ0.1㎜）；等高線のうち、主曲及び間曲線を表示するとき、また、森林、低木林、サバンナ、ヤシ林、耕作地、農園等の記号に使用した。

3号線（太さ0.15㎜）；道路、滑走路、橋、水路を表示するとき。また、マイクロウェーブの塔や鉱山の記号に使用した。

4号線（太さ0.2㎜）；等高線の計曲線、空港、国立公園、自然動物保護区、森林保護区等の境界を表示するのに使用した。

5号線（太さ0.25㎜）；徒歩道及び郡界を表示するのに使用した。

８号線（太さ0.4㎜）；鉄道及びその側線を表示するのに使用した。

注記に使用した文字は写真植字の方法で作成した。文字の大きさ（字大）は次の通りである。

２０級（字大4.5㎜）；郡名の表示に使用した。

１６級（字大3.5㎜）；市の名称の表示に使用した。

１４級（字大3.0㎜）；町、村の名称の表示に使用した。

１２級（字大2.5㎜）；鉄道名の表示に使用した。

１０級（字大2.0㎜）；経緯度数値、農園や建物の略号、写真主点の番号を表示するのに使用した。

河川の名称は、その図上の大きさに従って、１８級（4.0㎜）～１４級（3.0㎜）の文字を適宜使用した。

５－３－２　図の整飾

図の内図隔は、５０㎝×５０㎝の大きさで、対象地域全体を４７面で覆った。各図の４つのコーナーはそれぞれＵＴＭ、Zone 29の座標系の５キロメートル毎のグリッドに一致している。更に、経度及び緯度の１分毎のグリッドも表示されている。

図の整飾は、１：５０,０００リベリア国土基本図の整飾例に準じて作成し、製図作業を始める前に、整飾盤のサンプルを作成し、リベリア地図局の承認を得た。

５－３－３　製図材料とその精度

#５００ポリエステル・ベース（７０㎝×７０㎝）を使用して地形図の最終成果品を仕上げた。このポリエステル・ベースの寸度安定性は、その上に描画された地形、地物の精度を維持する上で重要である。温度変化による膨張または収縮が起るが－２０℃から+50℃までの温度帯では、寸度変化は可逆的である。この温度帯での寸度変化は次の式で計算できる。

$$W_T = C_T(T - T_0)L$$

ここでC_Tはポリエステルに固有の温度係数

（Ｔ－Ｔo）は温度変化量

Ｌはそのポリエステル・ベースの長さである。

C_Tは、C_T＝ 0.018㎜／１メートル／１℃である。

以上の事から、このシートは－２０℃～＋５０℃ の間で保存すれば常にもとの温度にもどすことによってもとの精度を再現することが判る。なお、このシートは＋２０℃で作成されている。

地形、地物、等高線、独立標高点等は全て熟練した製図技術者によって、慎重にトレースされたので、その偏位は鉛筆原図から±0.3㎜以内に保たれている。

5－3－4　リベリア研修員による視察

昭和５７年１０月から１１月の間、リベリア土地鉱山エネルギー省から国際協力事業団が受け入れた研修員（地図、測量局次官補マイケル・ディーン氏と地図局次長アロイシャス・コーリー氏）は、その日本滞在中に最終段階に入った、セントジョン川水力発電開発計画のための地形図作成の作業を視察した。

作成中の地形図を点検して、作業は国際協力事業団の作業規定にのっとって、実施されていることを確認した。この視察の間に次のような成果品の改善要望がなされた。

a）各シートには図葉名をつけること。

b）接図例の欄にも図化範囲を表示すること。

c）各シートに「この地形図はセント・ジョン川水力発電開発計画調査のために作成されたものである」という注記を付けること。

5－3－5　日本測量技術センターによる検査

現地作業、室内作業ともに、その成果品は日本測量技術センターの検査、承認をうけた。同センターが行ったセント・ジョン川水力発電開発計画調査に関する検査は次の通りである。

a）航空写真撮影及び直接水準測量；昭和５６年３月９日～１９日

b）直接水準測量；昭和５７年７月１２日～３１日

c）航空写真測量；昭和５８年１月６日～２月１０日

全ての検査対象に関する精度と内容の適性を確認した証明が同センターから発行され、国際協力事業団に提出された。

5－4　複　製　図

すでに述べられた通り、原図の精度は環境の変化、主として、温度変化によって、害なわれる。原図の変形を防止するために、ポリエステル・ベースの第２原図を作成した。第２原図の寸度安定性は原図のそれと同様である。

5－5　航空写真測量進度表

昭和57年度

	昭和57年						昭和58年	
	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
日本測量技術センター検査（直接水準測量）								
航空三角測量								
写真測量計画準備								
機械図化								
編纂整理								
製図								
日本測量技術センター検査（図化）								

付　　録

SPECIFICATIONS

PROJECT NAME: AERIAL PHOTOGRAPHY OF THE AREA FOR ST. JOHN RIVER HYDROELECTRIC DEVELOPMENT PROJECT

1. Scale of Photography : 1:25,000
2. Area : Approximately 1,000 square kilometers
3. Type of photography : Panchromatic Black and white
4. Equipment to be used :

4-1. Aircraft

A Cessna TU206F capable of the aerial photography mission specified in this specifications.

4-2. Aerial Camera

WILD RC-8 (FL: 15CM) with a latest calibration report.

The calibration report should include :

a. The maker's serial number of the camera and the serial number of the lens.
b. The coordinates of the principal point with reference to the fiducial marks.
c. The calibrated focal length at which these distortions apply.
d. The radial distortions of the image, with reference to the principal point as origin.
e. The certificate showing by whom and when the camera was calibrated.
f. The certificate for camera hatch glass calibration.

4.3. Equipment list and Calibration Certificates.

A list of all equipment and copies of the last calibration certificates of the equipment to be used shall be agreed upon and submitted to AAS before commencement of the work.

5. Flight Plan : Flight plan will be made on site after observing local terrain and weather conditions.
6. Aerial Film : Kodak aerial Film or equivalent.
7. Flying Requirement

a. Overlap : (60 Plus/Minus 5)%. In the event of considerable variations in ground level, a reasonable increase in the specified over laps will be accepted.
b. Sidelap : (30 Plus/Minus 5)%.
c. Crab : Crab shall not exceed 10° or be such that stereoscopic gaps in the photography result from it.
d. Tip and Tilt : Tip and Tilt should not exceed 5°.
e. Cloud Coverage : Reasonable effort will be made to obtain cloud free photographs and five percent of each photograph covered by clouds may be considered tolerable.

f. The photography will be undertaken so as to provide complete stereocopic coverage over the specified area.

g. The centers of the first two and last two photographs shall fall outside the required area boundary.

h. Photography should be esposed so that even in the shadows caused by topographic relief, satisfactory identification of details is possible.

8. Flight report.

A flight report has to be delivered for each film containing the following information:

1) The name of the Contract
2) The name of the CONTRACTOR
3) The number of films
4) The time of the first and last exposure for each run
5) The date exposed
6) The serial number of the camera, magazine, and the lens
7) The calibrated focal length given in the calibration report
8) Lens aperture, filter, shutter speed
9) Type of film
10) Aircraft number
11) Height above sea level

9. Development

Development of the film shall be done, immediately after flights, in the following manner.

a) Development shall be done according to the instructions given by the manufacturer of the film.

b) Fine grain development shall be done carefully so as to avoid extreme shrinkage to obtain even tone and sharp images in darker parts.

c) Fixation shall be conducted perfectly so that no unexposed silver will remain on the film.

d) Film shall be dried quickly.

e) Film shall be sufficiently washed so that no chemicals will remain on the film.

f) In developing roll film, more than one (1) meter shall be retained on both ends before cutting

g) Information of chemicals used, temperature of processing liquids and time for the development process will be submitted to AAS.

10. Inspection and Correction

If any faults such as listed below are found, aerial photographs of such portion shall be taken again. However, such correction will not be required if AAS judges that such defects will not effect subsequent work.

a) Blurs on the photos caused by vibration of camera, malfunction of shutter, inadequate emulsion of film, improper development etc.

b) Deformation on the photos caused by irregular shrinkage of film, outside pressure on film at the time of exposure etc.

c) Lack of necessary markings on the photographs.

d) Other defects which may obstruct photogrammetric mapping.

JICA