

カンボディア国緊急復興のための 地図情報作成調査

最終報告書

要約版

1999年3月

JICA LIBRARY

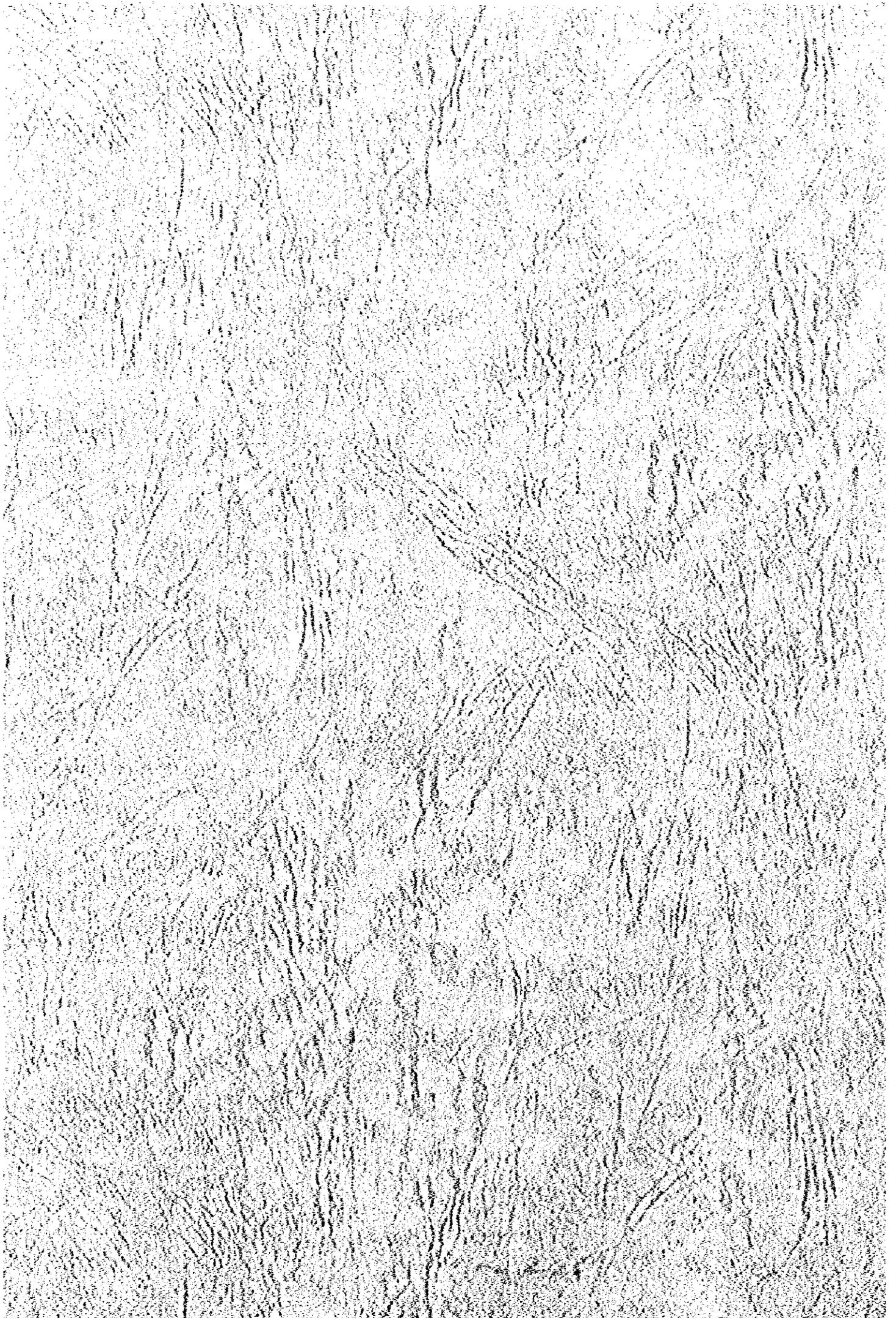


J 1152246 (3)

社団法人 国際建設技術協会
株式会社 パスコインターナショナル

JICA
09
48
SF
RARY

調査
JR
99-118



国際協力事業団
公共事業運輸省

カンボディア国緊急復興のための
地図情報作成調査
最終報告書
要約版

社団法人 国際建設技術協会
株式会社 パスコインターナショナル



1152246(3)

序 文

日本国政府は、カンボディア王国政府の要請に基づき、同国の緊急復興のための地図情報作成調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、1996年11月から1999年3月までの間、4回にわたり、社団法人国際建設技術協会の江川良武氏を団長とし、同協会及び（株）パスコ・インターナショナルから構成される調査団を現地に派遣しました。

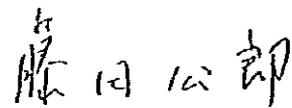
調査団はカンボディア王国政府関係者と協議を行うとともに、カンボディア国において写真判読等の諸調査及びワークショップを実施しました。また、この間に日本国内で空間三角測量、衛星データの幾何補正、デジタル図化、デジタル編集等を行い、その結果をとりまとめ、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、カンボディア国復興に寄与するとともに、両国の友好、親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

最後に、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

1999年3月

国際協力事業団



総裁 藤田 公郎

伝 達 文

国際協力事業団
総裁 藤田公郎 殿

ここにカンボディア国緊急復興のための地図情報作成調査報告書を提出できることを光榮に存じます。

社団法人国際建設技術協会及び株式会社パスコインターナショナルで構成された私を団長とする調査団は、国際協力事業団との業務実施契約に基づき、1996年11月から1999年3月にかけてカンボディア国において写真判読等の諸調査を実施するとともにワークショップを開催しました。またこの間に空間三角測量、衛星データの幾何補正、デジタル図化、デジタル編集等を行い、その結果を、本報告書としてとりまとめました。

調査団を代表して、カンボディア国政府及びその他の関係機関に対し、カンボディア国滞在中に受けたご好意と惜しみないご協力に心からお礼申し上げます。

また国際協力事業団、外務省、建設省、在カンボディア日本大使館及び関係諸官庁に対しても現地調査及び報告書の作成にあたっての貴重なご助言とご協力を頂いたことに深く感謝申し上げます。

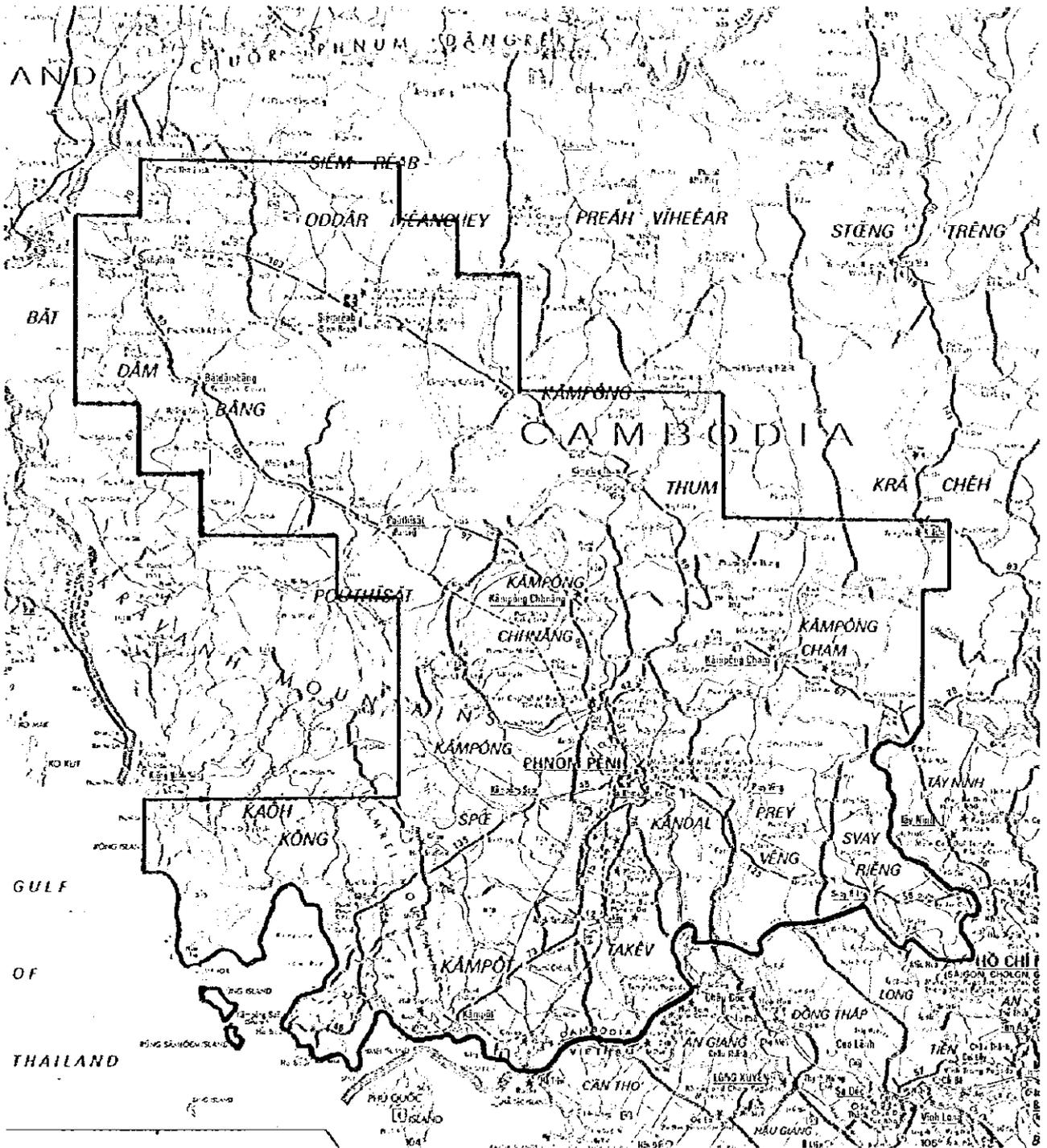
1999年3月

カンボディア国緊急復興のための
地図情報作成調査団

江川 良武

団長 江川 良武

調査対象地域



要 約

カンボディア国緊急復興のための地図情報作成調査

1. 調査の経緯

カンボディア王国政府は、内戦で疲弊した国土の復興を最重要課題としているところであるが、このためには全国土を広域的に均一な精度でカバーする、地図等の地図情報が必要不可欠である。しかし、同国で入手可能な地図は、1960年代に米国によって作成され、さらにベトナムによって約20年前に再調製された1/50,000地形図が民間に少量流通しているのみである。さらに、この地形図も原図が失われており、修正、更新、再印刷が不可能となっている。

カンボディア王国政府は、このような状況から、地形図、主題図の地図情報の新規整備を必要としているが、内戦のために地図作成の組織は弱体化、技術者の数も極端に不足しており独自の地図情報整備は行えない状況である。そのため、同国政府は、1994年9月、日本国政府に対して、復興のための地図作成に関する援助を求めてきた。

日本政府はこの要請に応えることとし、我が国の技術協力実施機関である国際協力事業団(JICA)は、1996年3月に事前調査団を派遣した。調査団は、カウンターパート部局である公共事業運輸省と協議を重ねた結果、1996年3月に両者間で本件調査計画(以下、S/Wと呼ぶ)の合意が交わされた。

本件、カンボディア国緊急復興のための地図情報作成調査は、このS/Wに基づき、(社)国際建設技術協会及び(株)パスコ・インターナショナルの共同企業体によって、実施期間1996年11月～1998年3月の予定で開始された。しかし1997年7月に勃発した騒乱及びその後の国内不安定により調査が遅れ、この度1999年3月に完了したものである。

2. 調査内容

調査地域は同国沖積低地地域をほぼカバーする、約80,000km²である(付図参照)。これは国土の45%にあたるが、カンボディア国の大部分の社会・経済活動が展開される舞台でもある。

調査の成果物は次の通りである。これらは印刷物及びCD-ROMで提供される。

- 1) 地形図(縮尺1/100,000)
- 2) 土地利用図データ(縮尺1/100,000)
- 3) 地質/地形分類データ(縮尺1/500,000)

3. 調査の基本方針

本調査は、開発計画策定などを含む国土の緊急復興に資する汎用基礎資料を作成するものであり、次の基本方針の下に進められた。

- 1) 調査地域の安全状況が保証されない状況にかんがみ、衛星写真、航空写真および旧地形図等の資料を多用することとし、現地踏査は行わない。また現地での資料収集調査に当たっては、調査員の安全を確保する。
- 2) 調査の対象面積は広大であるが、短時日で調査を完了させる。
- 3) 上記1)、2)を実現するため、一般的手法である航空機による地図作製手法を採らず、地図事業として初めてリモートセンシング(衛星を利用した調査)及びデジタルフォトグラメトリー技術を導入する。
- 4) 品質を確保するため、既存航空写真および旧地形図等の資料を活用する。

- 5) カンボディア国の技術者が極端に不足していることに鑑み、地図の作成・利用の双方の技術について技術移転を強力に行う。
- 6) 本調査は、カンボディア国の対応機関である公共事業運輸省と密接な連携を保ち、情報交換、協議などを行いつつ実施する。

4. 実施状況

調査は、期間が前述の外部要因により1年延びたが、これを除くと概ね基本方針通り進捗した。なお現地踏査を実施しないという本調査の方針は、品質を確保する上で負の影響があるが、現地の実状に通暁するカンボディア人技術者の判読の協力を得ることによってこの影響を少なくするとともに、カンボディア人技術者の能力を高めるうえでも効果が大きかった。

5. 成果の活用

成果物の活用方法として地理情報システム (GIS) への展開が挙げられる。技術移転においては本調査成果をGISに組み込んで使用する利用技術に力をいれた。「旧ボル・ボト派兵士の帰農のための用地確保調査」、「国道5号線改修のための路線選定」等に係わるGISについては、カウンターパート自らが検討課題として取り組み始めるなど、今後の本成果の利用可能性を確認できた。

6. 広報

カンボディア国において本成果が広く利用されるためには、本調査の成果を周知する必要がある。このため“The Exhibition on the First Full-scale GIS Database in Cambodia”を開催し技術移転とともに関係者への広報を図った。なおこの催しは現地は勿論、日本国内にも報道された。

目 次

1. 序章	1
2. 調査の概要	2
2.1 基本仕様	2
2.2 調査方法の概要	3
2.2.1 地形図作成	3
2.2.2 主題図作成	3
2.2.3 GISデータベース	3
2.3 調査団の構成	5
2.4 関係省庁との協力	6
2.4.1 カウンターパート機関(MPWT)	6
2.4.2 他の関係機関	6
2.5 技術移転	6
2.5.1 研修員の受入	6
2.5.2 現地研修(On-the-Job-Training、OJT)	6
2.5.3 ワークショップの開催	7
3. 調査の詳細	8
3.1 第1年次調査	8
3.1.1 事前準備	8
1) 細部計画	8
2) インセプションレポートの作成	8
3.1.2 SPOT衛星データの取得	8
3.1.3 空中写真取得	8
3.1.4 SPOT画像の引伸ばし	8
3.1.5 ランドサット画像作成	10
3.1.6 地形図情報判読	10
3.1.7 既存情報の収集と更新	10
3.2 第2年次調査	10
3.2.1 地形図作製	10
1) 使用した主要機材	10
2) 空間三角測量	11
3) 数値地形モデルの発生	11
4) SPOTオルソ画像の生成	11
5) 図式と規定	11
6) 等高線の抽出と標高点	11
7) 地物抽出	11
8) 植生	12
9) データ変換	12
10) 地図編集	12
11) 地図記号化編集	12
12) テキスト注記	12
13) 分線ティック	12
3.2.2 主題図作成	12
1) 主な使用機材	12
2) 土地利用	12
3) 雨季のトンレサップ湖・湖岸線の判読	12
4) 地質/地形分類	13

3.3	第3年次調査.....	17
3.3.1	印刷.....	17
3.3.2	GISデータベース作成.....	17
3.3.3	新・旧地形図の読図.....	17
3.3.4	ワークショップ.....	17
4.	提言.....	18
5.	アプリケーション例.....	18
5.1	旧ボルボト派兵士帰農のための用地確保調査.....	18
5.2	国道5号線の新ルート選定分析.....	18
5.3	地理情報システム利用した地形経年変化の抽出.....	18

1. 序章

1991年のパリ和平協定を受けて、国連カンボディア暫定統治機構(UNTAC)の監督下、総選挙がカンボディアで実施され、新しいカンボディア王国の再建が始まった。カンボディア政府の政策優先順位は、長期の政情不安のため破壊された交通、電力供給、農業などの経済、社会・経済インフラの再建と、帰国した370,000人の避難民に安定した暮らしを提供することである。

再建事業を成功させるために地理情報は不可欠であるが、基本的地理データである地形図、土地利用、地質/地形分類図等は更新されておらず、実用に耐えないのが実状である。このため、カンボディア政府は最新地理データの作成を日本政府に要請したものである。

要請を受け、我が国における技術援助事業の実施機関である国際協力事業団(以下“JICA”と略す)は事前調査を実施し、実状を調査するとともにカンボディアの関係各省と協議した。その結果、日本国政府は、「カンボディア国緊急復興のための地図情報作成調査」(以下“調査”と略す)の実施を決定した。

カウンターパート機関は公共事業運輸省(以下、“MPVT”と略す)であり、またカンボディア国国家メコン委員会(CMNC)が実務担当機関として指名された。

調査の内容は、縮尺1/100,000の地形図及び土地利用図並びに縮尺1/500,000の地質/地形分類図を作成するとともに、地理情報システム(GIS)のためのデータベースを構築するものである。調査対象地域は、首都プノンペンを含むカンボディア国の沖積平野の大部分をカバーする約80,000km²であり、カンボディア国土181,000km²の45%を占める。

調査は、1996年11月から2年の予定であったが1997年に発生したカンボディア国内の政治的混乱のために1年延長し、1999年3月に終了した。

2. 調査の概要

2.1 基本仕様

基本仕様は表1の通りである。

表1 調査の基本仕様

項目	内容	適用
成果品	地形図 縮尺1:100,000 約80,000km ² 印刷図 4色刷り 約36面(英語版各1,500部 クメール版各500部) CD-ROM マスターファイル 1セット コピーファイル 100セット 土地利用図 縮尺1:100,000 約80,000km ² 出力図 多色刷り 約36面 各20部 CD-ROM マスターファイル 1セット コピーファイル 100セット 地質/地形分類図 縮尺1:500,000、約80,000km ² 出力図 多色刷り 約4面 各20部 CD-ROM マスターファイル 1セット コピーファイル 100セット	S/W、業務指示書
図式	既存の地形図にあるAMS(Army Map Service)の図式に準じカンボディア公共事業交通省と協議し、決定する	S/W、業務指示書
測量の基準	準拠楕円体 : エベレスト1830 投影法 : UTM 図 郭 : 30' X30' 等高線間隔 : 主曲線40m 標高100m以下の平地では間曲20m	S/W、業務指示書
精度	地形図の精度:「カ」国側との協議で決定される精度 標定点の精度:「カ」国側との協議で決定される精度	業務指示書
成果検定	(社)日本測量協会の検定書を成果品に添付する。	業務指示書
特別注記	印刷図の余白に以下の注記を付す。 “This map was prepared by the Japan International Cooperation Agency (JICA) and the Ministry of Public Works and Transport (MPWT) under the Technical Cooperation Program of the Government of Japan and the Royal Government of Cambodia in conjunction with the Department of Geology and Mines (DGM).” “This map is available either in analogue or in digital form at the Ministry of Public Works and Transport”. “This map was created for urgent recover of Cambodia based on SPOT image without field Survey”	業務指示書

2.2 調査方法の概要

調査のフローは図1の通りである。

2.2.1 地形図作成

広域をカバーする高解像度衛星・SPOTの画像を利用し、従来のアナログ手法に代えて数値図化機を用い、「デジタルフォトグラメトリー手法」にて実施した。すなわち、自動空間三角測量→数値標高モデル作成→地形等高線自動抽出→オルソ(正射変換)画像自動作成→地物編集の手法を採用した。また、作業の安全確保等の観点から、地物の確認のために一般に行われる現地調査に代えて、既存空中写真の判読を行った。

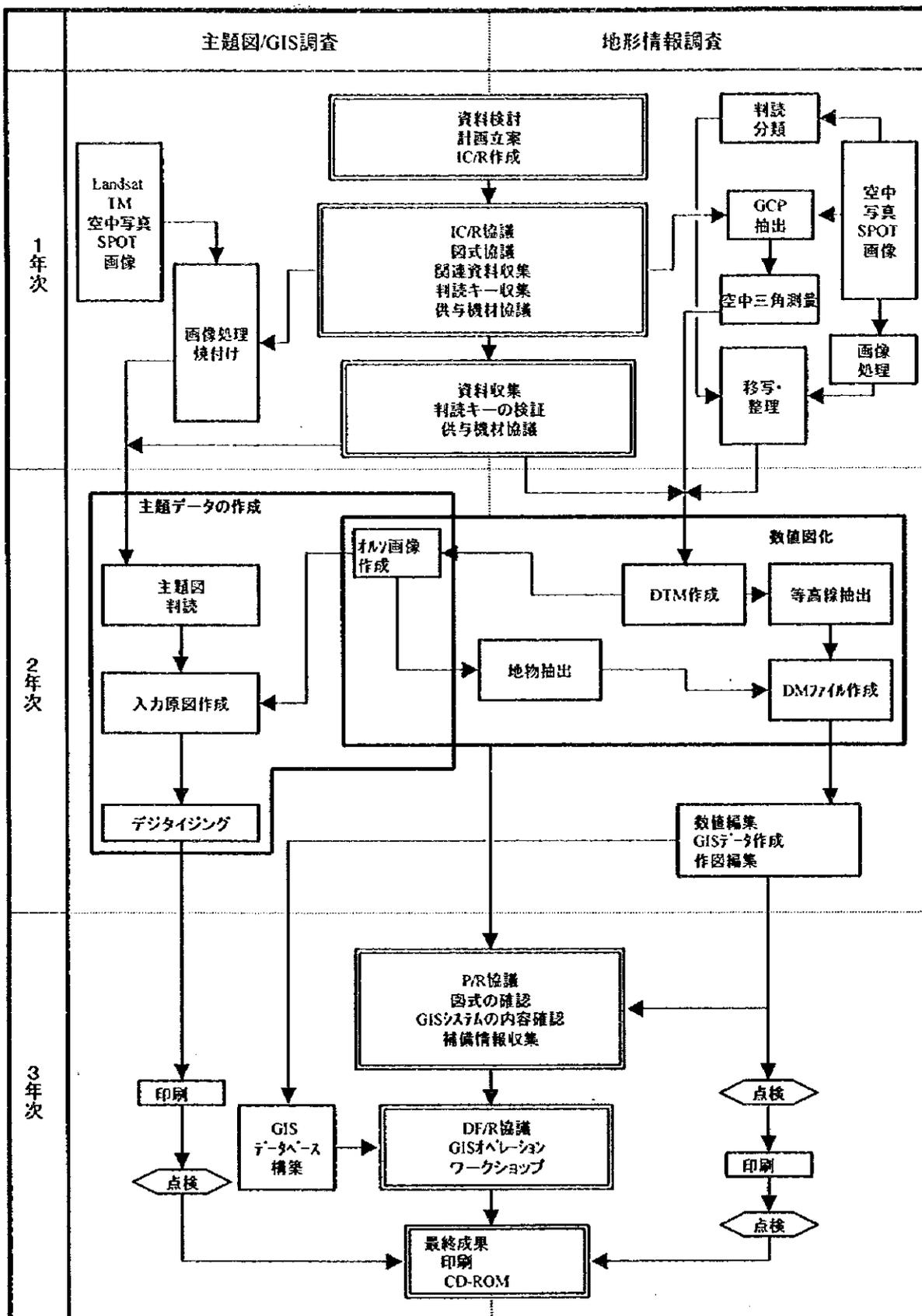
2.2.2 主題図作成

地形図作成と同様、短期間に広範囲の1/100,000土地利用図及び1/500,000地質/地形分類図を作成するため、衛星リモートセンシング技術を採用した。基図として縮尺1:100,000のオルソ化したSPOT画像を用いた。植生、地形等の画像解析・分類を主にランドサットTMデータに基づき、通常の写真判読手法にて行った。また、判読の精度を確保するため、既存資料を参照するとともに部分的に既存空中写真の判読を行った。

2.2.3 GISデータベース

地理情報を包括的に管理し、分析加工できる地図データベースを構築するため、地形図、主題図のすべてのデータを構造化した。この際、Arc/Info GISシステムを想定したデータ構造、フォーマットとした。

図1 調査フロー



2.3 調査団の構成

本調査を短期間に、かつ安全に実施するため、現地踏査を行わず、衛星写真および既存の航空写真等の資料を可能な限り活用することとした。このため、各分野にわたり経験と熟練度のある技術者を調査に充てた。主たる構成団員とその担当は下記の通りである。

総括	江川良武(国際建設技術協会)
副総括	平井 雄(パスコインターナショナル) 大徳吉明(パスコインターナショナル)
地図情報計画	今給黎 哲郎(国際建設技術協会) 松田博幸(国際建設技術協会)
地形図主任技師	伊藤二治男(パスコインターナショナル)
土地利用主任技師	アワード・キショールサー(パスコインターナショナル)
地質/地形分類主任技師	早川栄一(パスコインターナショナル) 梅田英昭(パスコインターナショナル)
GIS設計主任技師	リース・W.・ブルース(パスコインターナショナル) ミオ・タン(パスコインターナショナル)
データベース設計	遠藤和志(パスコインターナショナル)

2.4 関係省庁との協力

2.4.1 カウンターパート機関(MPWT)

本調査においては詳細かつ正確な情報を取得する必要があるが、野外調査を実施しない制約がある。主要データは衛星画像や空中写真から取得するとはいえ、一般の調査に増して、既存データの入手が重要であった。このため、必要な情報を保有する機関を探しだし、これとの折衝、調整役を担ったカウンターパート機関との良好な協力関係は大変重要であった。現地調査期間はもちろんのこと業務遂行の全ての期間に亘ってこれを維持できたことの意義は大きい。

2.4.2 他の関係機関

調査に必要な既存情報を持つと考えられる他の関係機関と、カウンターパート機関を通じて良好な関係を築いたことは好都合であった。すなわち、行政界や地名については「国家地理局」、土地利用判読のためのローカルスタッフの供給については「農業省」、地質データについては「地質調査所」等が協力した。また、その他の灌漑、洪水対策、河川管理、森林の管理・保全等に関係する関係機関からも必要な資料・情報の提供は得ることができた。

なおこの過程で、調査終了後のデータベースを利用する段階で機能するであろう、人的ネットワークが形成されたことは喜ばしい。

2.5 技術移転

2.5.1 研修員の受入

地理データ作成と管理に関する技術を学ぶため、カウンターパートの下記職員が「カウンターパート研修」として日本での研修に参加した。

Mr. Nuon Kunthea

専門分野: 地理情報システム

期間: 1997年3月17日の～ 5月15日

研修項目: 数値の地図作成と地理情報システム

Mr. Khun Ponnaban

専門分野: 測地学と写真測量

期間: 1997年10月14日の～12月9日

研修項目: デジタルのマッピング、コンパイルと地理情報システム

Dr. Khun Sokha

専門分野: プロジェクト管理、水文学

期間: 1998年1月18日の～2月17日

研修項目: デジタルのマッピング、図化・編集と地理情報システム

2.5.2 現地研修(On-the-Job-Training, OJT)

本調査期間中、下記の項目のOJTを実施した。

- 空中写真、衛星画像判読
- GISデータ構造化
- 地図注記・地名
- 編集・フォーマット
- デジタイジング

参加職員は次の通りである。

氏名	専門分野
KHUN Sokha	ANPC
TENG Peng Seang	GIS アプリケーション
MAO Phannarith	マッピング
SAN Sophat	マッピング
MENG Sakheara	地学
BIN Yoy	地学
SOUS Samouth	地学
NUON Channes	地学
MAK Sophearktra	地学
Oey David T.	Heng Thung博士アシスタント
PHOK Monica	考古学

2.5.3 ワークショップの開催

第4回現地調査時にワークショップを開催した。ワークショップの目的は 調査によって作成したデータベースの紹介と、ユーザーに対し可能な応用例を示すことであった。プレゼンテーションでは、GISの潜在的なアプリケーションを紹介した。なお、調査に直接携わることができなかったカウンターパート機関の技術者及び他の関係機関にも効果的であるよう留意した。参加者は他省庁のGISユーザーを含め70数名に達した。

3. 調査の詳細

3.1 第1年次調査

3.1.1 事前準備

1) 細部計画

現地進入に先立ち、調査団メンバーにより資料の検討・整理を行い、以下の作業詳細を計画した。

- 調査の基本方針
- 調査手法
- 作業行程
- 便宜供与
- 図式の仕様

2) インセプションレポートの作成

作業計画を立案してインセプションレポート(IC/R)を作成し、後に調査説明及び協議を行ない、修正を経て合意した。

3.1.2 SPOT衛星データの取得

調査範囲をカバーする48ステレオペアー(96シーン)のSPOT衛星データを取得した。その仕様は下記の通りである。

- レッドプログラミング
- 3アテンプト
- 許容雲量10%以下
- 各シーンのリカバー率10%
- BH比 0.7以上

3.1.3 空中写真取得

写真判読のために必要な1:25,000 空中写真は、既存のものをMPWT の協力の下、JICAが購入し調査団が借用した。

3.1.4 SPOT画像の引伸ばし

地形図に必要な地物データを抽出するため空中写真判読を実施した。判読結果を移写・整理するためにSPOT画像の引き伸ばしプリントを作成した。画像は縮尺1/75,000とし上質紙に直接印刷した。

3.1.5 ランドサット画像作成

Landsat TM データは画像処理により幾何補正し、擬似カラーの合成画像を作成した。調査地域をカバーする7つのフルシーンと4つのサブシーンを使用し、データ自体はバンコク、タイで受信しているものを購入した。

土地利用および地質 / 地形分類の判読のために、調査対象地域である熱帯湿润の植生判読に適したLandsat TM センサーの赤、緑、そして青のスペクトルバンド (バンド4、3、と1あるいは5、4と1) を選択した。レーザープリンタにより1:100,000カラー合成画像を作成した。

3.1.6 地形図情報判読

地物の判読・分類は衛星画像において可能な限り行ったが、これに加えて衛星画像判読・分類の確認のため、縮尺1:25,000の空中写真及び既存の地形図判読を行った。ブノンペン周辺においては判読キーの収集のために若干の現地調査を行った。判読・分類作業は、空中写真と反射式実体鏡を使用して実施した。収集した判読キーを活用し、道路、水路の欠落部、集落、その他の小物体(学校、寺など)を判読・分類、その結果を空中写真の上に製図ペンにより整理した。さらに、その判読・分類した項目を、SPOT画像(縮尺:1:75,000)上に、図式に従い整理記録した。主として以下の項目を判読した。

- 公共施設(政府建物、学校、寺、公共建物)
- 道路種別
- 植生
- 水系

3.1.7 既存情報の収集と更新

地形図作成に必要な既存のデータは、以下に示す関係政府機関から提供された。

集落データ	: 農業省 Landuse Mapping office
排水設備と灌漑データ	: 農業省 Landuse Mapping office
道路ネットワーク	: MPWT
地名	: 国家地理局
行政界	: 国家地理局
既存の測地基準点	: 国家地理局

これらの提供されたデータは、空中写真と衛星画像により更新し、一部はフィールドにてチェックを行った。

3.2 第2年次調査

3.2.1 地形図作製

1) 使用した主要機材

効率化を図るため、以下の最新機材を使用した。

ハードウェア: Lica - Helva DPW
ソフトウェア: Socet Set Ver. 3.2.0
V3D
Arc/Info

2) 空間三角測量

画像の歪みを除去するために必要な約170の標定基準(GCP)を既存の地形図(1/50,000)から抽出した。またタイポポイントは自動的にソフトウェアによって測定した。これらを用いて空間三角測量を実施した。それぞれの画像、セグメント、データストリップに関連しているパラメータの最適な値はガウス - ニュートンタイプアルゴリズムによって計算した。

空間ブロック三角測量の精度については、欧州写真測量実験機構(OEPE)による SPOT データの空間三角測量報告の3つの精度基準を検討し、MPWT と協議の結果、精度ランクIIIとした。

基準点残差は次の通りである。

基準点残差

	RMS(m)
X	21.22
Y	20.11
Z	4.94

標定基準点:約170点

上記の結果は基準点残差の許容範囲内であり、用いた基準点の数は十分であったと判断できる。

3) 数値地形モデルの発生

空間三角測量結果をすべてのステレオペアーに適用の上、数値地形モデル(Digital Terrain Model :DTM)を取得した。具体の地表高の自動測定は、左右の SPOT 画像によるイメージ相間理論を応用したステレオマッチングによって行った。数値地形の格子解像度は20メートルとした。これらの DTM は等高線の描画やオルソ画像の品質に影響を与える基本モデルであり、その作成には十分な時間をかけた。

4) SPOTオルソ画像の生成

DTM に基づいて、マッピングのための基本的情報ソースとして SPOT のオルソ画像を作成した。オルソ画像の地上サンプル距離は10メートルで計算した。

5) 図式と規定

図式については 1997 年 2 月に MPWT 側と協議し合意したものを採用した。

6) 等高線の抽出と標高点

等高線の抽出は、DTM より生成したTIN(不等三角網)モデルに基づいて自動的に行い、自動的に処理し切れない部分については視覚的に地形特徴を確認する3次元のモデル上にて対話型編集を行うことにより作成した。調査対象地域は広範な平地が含まれることを考慮して、20m 間曲等高線を描画することとした。また既存の 1:50,000 地形図を利用し、部分的ではあるが 10m 補助曲線を加えた。

等高線描画と同時に、道路交会部、鞍部、山頂部のような地形特徴点において、標高点を抽出した。

7) 地物抽出

作成したオルソイメージをもとに、ベクター抽出型ソフトを使用して図式規定に基づいて各レイヤー別に地物抽出を行った。地物抽出のためのソフトウェアは、ラスター背景型ベクトル入力可能なソフトウェアを選択した。それぞれの地物は、オルソイメージを背景にし、先に行われた判読分類結果を参照して、スクリーン上で判読及びトレースすることにより抽出した。

GISデータベースは Arc/Info で運用するため、取得したベクトルデータは Arc/Info のフォーマットに変換した。

8) 植生

植生界は地形図のため土地利用分類データを再度分類することにより作成した。作成にあたり、Landsat と SPOT の分解能の違いに起因する若干の不合を修正した。

9) データ変換

地理情報システムは地形図データの格納・管理・分析・加工システムとして用いられる。各データレイヤは印刷工程に必要な地図編集を必要とするため、地図編集を実施するデスクトップパブリッシング (DTP)ソフトウェア向けにファイル形式を書き換えた。これらのフォーマット変換は、GISデータシステムの特徴である、それぞれのグループに関連づけられたコードを使って行った。この作業は、Arc/Info のマクロ言語であるAMLによりプログラムによった。およそ100の個別のファイルを各図葉のために作った。

10) 地図編集

<データ変換>で準備した各レイヤは、DTP ソフトウェアが稼働するマッキントッシュやPC環境に転送し、地図編集作業を実施した。GISシステムから出力した個別のレイヤは DTP ソフトウェアの中で編集を容易にするために、単線での描画にマージするようにした。

11) 地図記号化編集

GISシステムから変換したデータレイヤは、編集前のシングルラインやポイントあるいはテキストとして DTP ソフトウェアの中で示される。これを DTP ソフトウェア及び図式規定に従って、カラーリングとシンボル化すなわち地図編集を実施した。

12) テキスト注記

GISシステムは集落名等の地名及び湖、河川、山、等自然地名の注記データを必要とする。これらの注記データについては、1/50,000 図に依拠したため非常に大量なデータとなった。注記データは個別のポイントのかたちで管理している。クメール語注記ストリングは機械可読なファイルでありカウンターパートより供与を受け、編集した。DTP ソフトウェアにクメール語のフォントを追加することにより、クメール語注記版を作成した。

13) 分線テック

分線テックとグリッドレイヤーは UTM 格子と緯経度線の双方とした。Arc/Info に準備している投影法と graticule コマンドで作成した。

3.2.2 主題図作成

1) 主な使用機材

主な使用機材は次の通りである。

ハードウェア: サンSSワークステーション

ソフトウェア: Erdas Imagin 8.3版

Arc/Info7.1版

2) 土地利用

土地利用は表2に示す 40 分類とした。

1/100,000 縮尺の土地利用データ作成のため、Landsat TM 画像の目視判読を実施した。判読が困難な地物に関して空中写真の判読を行うとともに、プノンペン周辺の現地調査を実施した。

3) 雨季のトンレサップ湖・湖岸線の判読

湖岸線は、メコン川からの水流入のため、乾季と雨季の間に大きく変化する。

航空写真、可視光衛星画像でこれをモニターするには雨期のデータが必要であるが、雲の障害のため取得不能である。このため、JICA から提供された8月のレーダ衛星 (JERS - 1 SAR) の画像を用いて湖岸線の輪郭を描いた。

4) 地質/地形分類

地質/地形分類は既存資料及び判読に基づいて表3の如く分類した。判読は主にランドサットのTM画像によったが、スポット画像及び空中写真を部分的に利用した。本調査はMPWTにより組織されたカンボディア地質調査所の技術者と日本の専門家が協同で実施した。判読結果は、縮尺1/100,000の図面上に整理した。オリジナルの縮尺1/100,000レベルの数値化データは他の情報を用いて調整するためGISデータベースに格納した。地質/地形分類図については、データを縮尺1/500,000レベルに縮小した上で編集した。

表2 カンボディア土地利用図凡例 (1/100,000)

Previous 43 LU Legend		Modified 40 LU Legend	
S. N. Code	Class Name	S. N. Code	Class Name
Urban, Built-up Areas:		Urban, Built-up Areas:	
1 U	Cities, towns	1 U	Settlement
2 V	Villages	2 I	Infrastructure (Airfield, Playground, Cemetery, etc.)
Infrastructures:		Infrastructures:	
3 Ip	Airfields, harbors		
4 Io	Other (Playgrounds, stations, schools, etc.)		
Agricultural lands:		Agricultural lands:	
5 Ar	Paddy field	3 Ar	Paddy field
6 Al	Receding and Floating rice fields	4 Al	Receding and Floating rice fields
7 Au	Field crop	5 Au	Field crop
8 As	Swidden agriculture (Slash and burn)	6 As	Swidden agriculture (Slash and burn)
9 Ao	Orchard	7 Ao	Orchard
10 Ap	Plantation (Rubber plantation)	8 Ap	Plantation (Rubber plantation)
11 Av	Village garden crops	9 Av	Village garden crops
12 Ag	Garden crops	10 Ag	Garden crops
13 Arv	Paddy field with villages	11 Arv	Paddy field with villages
Grasslands:		Grasslands:	
14 G	Grassland (Undifferentiated)	12 G	Grassland (Undifferentiated)
15 Ga	Abandoned field covered by grass	13 Ga	Abandoned field covered by grass
16 Gf	Flooded grassland	14 Gf	Flooded grassland
17 Gs	Grass savannah	15 Gs	Grass savannah
18 Gm	Grass with termite mounds	16 Gm	Grass with termite mounds
19 Ms	Marsh and Swamp	17 Ms	Marsh and Swamp
Shrublands:		Shrublands:	
20 S	Shrubland (Undifferentiated)	18 S	Shrubland (Undifferentiated)
21 Sa	Abandoned field covered by shrub	19 Sa	Abandoned field covered by shrub
22 Sf	Flooded shrub	20 Sf	Flooded shrub
23 St	Woodland (C < 10%)	21 St	Woodland (C < 10%)
Forest covers:		Forest covers:	
24 Fe	Evergreen broad leaved forest	22 Fe	Evergreen broad leaved forest
25 Fc	Coniferous forest	23 Fc	Coniferous forest
26 Fd	Deciduous forest	24 Fd	Deciduous forest
27 Fdo	Dry deciduous (Open) forest	25 Fdo	Dry deciduous (Open) forest
28 Fx	Mixed forest	26 Fx	Mixed forest
29 Fr	Riparian forest	27 Fr	Riparian forest
30 Fs	Bamboo and Secondary forests	28 Fs	Bamboo and Secondary forests
31 Ff	Flooded forest	29 Ff	Flooded forest
32 Fm	Mangrove forest	30 Fm	Mangrove forest
33 Fmd	Degraded mangrove forest	31 Fmd	Degraded mangrove forest
34 Fp	Forest plantation	32 Fp	Forest plantation
Water features:		Water features:	
35 Wl	Lake (>8 ha)	33 Wl	Lake (>8 ha)
36 Wp	Pond (< 8 ha)	34 Wp	Pond (< 8 ha)
37 Wr	Reservoir	35 Wr	Reservoir
38 Ws	Shrimp/Fish farm and Salt pan	36 Ws	Shrimp/Fish farm and Salt pan
39 Wo	Others (Sea, Bay, etc.)	37 Wo	Others (Sea, Bay, etc.)
Soils and Rocks:		Soils and Rocks:	
40 B	Barren land	38 B	Barren land
41 Bs	Sand bank	39 Bs	Sand bank
42 Br	Rock outcrop	40 Br	Rock outcrop
43 Bo	Others (Bare soil, areas after mining, etc.)		

表3

地質/地形分類圖凡例(1/500,000)

Code	Geologic Era	Deposits, Sediments, Rocks
[Unconsolidated material]		
(Remarks : shall be only used existing deposits in study area within following list)		
W	Quaternary	Water
Fp	Quaternary	Floodplain
Af	Quaternary	Alluvial fan
Co	Quaternary	Colluvium(Talus cones)
Pd	Quaternary	Pediment
Lb	Quaternary	Lake bed deposits
Dd	Quaternary	deltaic deposits
Ft	Quaternary	Tidal flats deposits
Br	Quaternary	Beach ridge deposits
Sw	Quaternary	Organic deposits
Va	Quaternary	Volcanic deposits
Cp	Quaternary	Costal Plains deposits
Ta	Quaternary	terrace laterite deposits
Pi	Quaternary	Basaltic plateau deposits
[Sedimentary Rocks]		
<i>Mesozoic</i>		
Jurassic-Cretaceous		
Jca	Jurassic-Cretaceous	claystone
JGg	Jurassic-Cretaceous	sandstone
JCG	Jurassic-Cretaceous	conglomerate
J	Jurassic	sandstone
J1-2	Lower-Middle Jurassic	formation
Triassic		
T	Triassic	formation
Tg	Triassic	formation(sandstone and microbreccias)
Tx	Triassic	siltstone, shists and marl
<i>Paleozoic</i>		
Permian-Carboniferous		
C-T	Upper Carboniferous - Lower Triassic	sandstone
CP	Ouralo - Permian	limestone
P	Permian	limestone
Carboniferous - Devonian		
CD	Carboniferous - Devonian	black shists, phtanites, sandstone
Devonian		
DHj	Devonian	phtanites
DHx	Devonian	schists and sandstone faces
DHm	Devonian	marl faces
DHcg	Devonian	conglomerate faces
a/DC	Devonian	DC formation covered by a thin layer of old alluvium

Cambrian - Silurian

CSeg	Silurian	metaconglomerate
CS2q	Cambrian - Upper Silurian	quartzites
CSq	Cambrian - Silurian	quartzites
CSx	Cambrian - Silurian	schists

Archean

AnteCambrian

Pt	AnteCambrian	formation
----	--------------	-----------

Unknown Geologic Era

C		Hornfelds, meta-arkose and meta-andesites
Ce/Cm/Cog		Skarn deposit, Marble, Metamorphic conglomerate

[Igneous Rocks]

Volcanic Rocks

Basic Rocks

B1/B	Quaternary / Pliocene - Quaternary	Basalts
------	------------------------------------	---------

Acidic Rocks

p2/p2b	Jurassic - Cretaceous	Rhyolites
b	Jurassic - Cretaceous	Dacites
p1	Lower-Middle Triassic	Rhyolites
p	Antepermian	Rhyolites(Old Rhyolites)

Intermediate Rocks

α 1	Jurassic-Cretaceous	Andesites and tuffs
α	Permian	Andesites and their relative rocks

Volcanic sediments

r2t	Jurassic-Cretaceous	volcanic breccias and acidic tuffs
r1t	Devonian	acidic tuffs

Pulmonic Rocks

Q4	unknown geologic Era	High alumina Granite
g3/g3.4	Post Triassic(Late Jurassic - Cretaceous)	Granites/coarse grained Granites
g3-1	Post Triassic(Late Jurassic - Cretaceous)	aplitic Granites, Aplite
g3.2	Post Triassic(Late Jurassic - Cretaceous)	fine grained Granites
g2	Early - Mid Triassic	Granite
g1	Early - Middle Paleozoic	Granite
g/gb	Late Triassic - Early cretaceous(Post Tria	Granodiorite
	unknown geologic Era	undiscriminated Pulmonic rocks
d	Late Cretaceous - Paleogene	Diorite, Gabbro, gabbroic Diorite

[Others]

faults
proposed faults

3.3 第3年次調査

3.3.1 印刷

地形図の印刷は次の工程によった。

- 1) 製版フィルム
1図葉当たり4色の製版フィルムを高精度フィルム出力装置により作成した。
- 2) 印刷版
製版フィルムよりPS版を作成した。
- 3) 校正印刷
校正刷りプリントを校正機により作成した。
- 4) 校正
校正刷りプリントは、色合、色ずれの点検を実施し、不具合は修正し再印刷した。校正刷りは第4回目のMPWT側とのDF/R協議時に、互いに適正である旨確認した。
- 5) 印刷
最終の地形図をオフセット印刷によってプリントした。印刷用紙は、表現と耐久性を考慮し、最適なものを採用した。印刷インクは色あせが最も少なく、発色のよい高品質のを使用した。
- 6) 点検
それぞれの印刷図について、かすれやぼけ、線の欠落、接合性、色合い等全ての項目を検査した。

3.3.2 GISデータベース作成

GISデータベースの構造は、カウンターパートと協議し、今後柔軟に加工できるよう、プロトタイプ形式とした。

データを構造化する際のフォーマットについてはArc-Infoにおける「ライブラリアン」が多くこのアプリケーションに適している。しかし調査対象地域全体をカバーし、それぞれのデータレイヤにアクセスすることも必要であり、CD-ROM内にライブラリアンと「マップジョイン」の双方のフォーマットを格納した。

ライブラリアンはコンピュータ上あるいはネットワーク上に、空間データのパーティションを、「切る、分配する」概念に基づいており、ライブラリアン中のデータは空間のエリア(タイル)と主題(レイヤ)の2つで分割されている。本調査でのライブラリアンのタイルは1/100,000図郭(30'x30')単位で構成されている。

3.3.3 新・旧地形図の読図

新たに作成された地形図と旧地形図を肉眼で比較し、国土の変化を予察的に検討した。調査地域の全域にわたり、農業開発による土地利用変化、道路、水路等のインフラ開発の進展、小村の消失と、より集約化された規模の大きな村落の発生等が見られる。

3.3.4 ワークショップ

前述のように第4回現地調査時にワークショップを開催した。

4. 提言

本調査の目的は、過去の内戦により疲弊したカンボディア国の緊急を要する国土復興計画に寄与するため、新しい地形図、土地利用図、地質/地形分類図を作成すると共に、これらの数値データを統合したGISデータ基盤を提供する事であった。

このデータ基盤は地理情報システムのアプリケーションを通してあるいは他の情報と連結し、地域の分析、計画立案、実施に活用することができる。したがって調査成果がカウンターパート機関であるMPWTに引き渡されるだけで終わってはならず、すべての行政機関に利用されることが必要である。

政府機関相互で互いのデータを共有し、また将来的にデータ生産を調整する「しくみ」の構築が必要である。またマッピングデータ使用の制限や各組織間での二重投資的なマッピングを避けるためにも、共通データをたがいに共有する事が薦められる。

5. アプリケーション例

技術移転の一環として、調査成果を活用し地理情報システムの3つの実験的なアプリケーション開発を実施した。この成果は技術移転の一環として実験的に行われたにもかかわらず、非常に有益なものであり、本データベースを基盤とする地理情報システムのポテンシャルを示すこととなった。

5.1 旧ポルポト派兵士婦農のための用地確保調査

土地の潜在農業開発能力を評価するため、任意に選んだ約4,000km²の土地について開発の優先順位を示す「土地の開発有効性評価」地図を作成した。土地利用、地質/地形分類、傾斜等のデータ及び地雷分布データ等を用いた。

5.2 国道5号線の新ルート選定分析

Kampong Chhnang からBat Dambang へ至る国道5号線は雨期に不通となるが、雨の影響の少ない新ルートの選定を試みた。標高・傾斜データ、地質、洪水期トレサップ湖湖岸線データを用い、現在の鉄道線沿いが最適との結論を得た。

5.3 地理情報システム利用した地形経年変化の抽出

3,600km²の標本地域において、1960年製地形図と本調査で作りに出されたデータを比較し、地形の経年変化の自動抽出を行った。大きな変化は集落、道と運河に見られた。

関係者一覧表

カンボジア側

H.E. Ing Kieth	Former Minister of Public Works and Transport
H.E. Khy Taing Lim	Minister of Public Works and Transport
Chea Sieng Hong	Director of IRIC
Dr. Heng Thung	Adviser for MPWT
Dirk Vanderstighelen	Adviser for IRIC
Mr. Khun Sokka	Project Coordinator
Mr. Meng Saktheara	Senior Geologist
Mr. Teng Peng Seang	GIS Expert

日本側

Dr. Yoshitake Egawa	Leader
Dr. Yu Hirai	Deputy Team Leader
Mr. Yoshiaki Otoku	Deputy Team Leader
Mr. Tetsuro Imakiire	Map information Planning
Mr. Hiroyuki Matsuda	Map Information Planner
Mr. Fujio Ito	Chief Engineer (Topographic Mapping)
Mr. Eiichi Hayakawa	Chief Engineer (Thematic Map)
Mr. Hideaki Umeda	Chief Engineer for Geology/Geomorphology
Mr. Awadh Kishor Sah	Engineer
Mr. Myo Thant	GIS Design Expert
Mr. Kazushi Endo	Database Engineer

JICA