

1 序章

エル・サルヴァドル共和国は、12年間に及ぶ内戦の影響や1986年の地震、1998年10月のハリケーン等の自然災害影響で、多大な被害を受けた。共和国政府は、被害からのインフラ復興とともに、貧困撲滅、民主化、環境保全等の政策を打出し、経済発展を目指している。和平合意後、マクロ経済は安定化し、国家経済は成長し、インフレも比較的抑制されている。

日本政府は、同国の課題に鑑み、1992年以降援助を再開し、電力、上下水道分野に対する円借款を含む復興支援を実施した。同国への援助の重要項目は、生産部門の活性化、初等教育、貧困対策、水資源、都市環境、民主化・経済安定化支援とされている。

上記の背景の下、エル・サルヴァドル共和国政府は、日本政府に対して、国土復興のためのインフラ整備計画策定に有効な縮尺1/25,000未整備地区の地形図作成及び同縮尺の全国GISデータ基盤整備事業(フェーズⅠ調査)を要請してきた。

エル・サルヴァドル共和国政府の要請を受けて、技術援助事業の実施機関である国際協力事業団(以下に“JICA”と述べる)は、エル・サルヴァドルの関連各省と協力し調査を実施した。その結果、日本国政府は、「エル・サルヴァドル共和国国土基盤情報整備調査」(以下“調査”と述べる)の実施を決定したものである。

カウンターパート機関は経済省登記局管轄の国家地理局(以下、“IGN”と述べる)である。

一方、調査実施中の2001年1月13日に、エル・サルヴァドル共和国で震度7.6を記録する地震が海岸沖合いで発生し、引き続き2月13日にも発生した。エル・サルヴァドル全土の14県が大きな被害を受けた。

この地震直後、JICAは本調査の成果を活用する意味で、フェーズIIとして調査を開始した。フェーズII調査の目的は2001年1月、2月の地震による災害復旧計画の基礎資料となる被害現況図と土砂災害・危険地域抽出図の作成である。

調査期間は1999年3月より2001年7月までである。

2 調査の概要

2 - 1 調査の目的

フェーズ

- (1) 縮尺 1/25,000 地形図未整備地域(面積:約 3,700km²)を対象に、地形図を作成する。
- (2) エル・サルヴァドル共和国全土(面積:約 20,740 km²)を対象に縮尺 1/25,000 地形図相当の GIS データ基盤を作成する。
- (3) カウンターパート機関である IGN の機能強化に必要な技術移転を実施する。

フェーズ

- (4) 震災の復興支援計画が効率的に進むように、国土の被害現況を把握する縮尺 1/25,000 の「被災現況図」を作成する。
- (5) 二次災害の可能性のある地域を示す「土砂災害・危険区域抽出図」を作成する。

2 - 2 調査対象地域

フェーズIの調査対象地域は、新規図化による縮尺 1/25,000 地形図作成対象地域約 3,700km²、及び全国数値データ作成対象地域約 20,740km²である。

フェーズIIの調査対象地域は2001年1月の震災により被害を受けたサンサルヴァドル、ウスルタン、リベルタ、ソンソナーテに加え、2月の震災で被害が拡大したサンビセンテ、クスカトラン、ラパス県の内、被害が顕著である地域、約 5,100km²(1/25,000 図で 43 面)である。(図1参照)

obj/japanese/fig1.xls

obj/japanese/fig2.xls

2 - 3 調査業務の範囲

フェーズ

(1) 新規地形図(縮尺 1/25,000:約 3,700 km²の作成。作業項目は以下。)

- 空中写真撮影
- 標定点測量
- 空中三角測量
- 現地調査
- 図化
- 補備測量
- 地図編集
- 印刷製版フィルムの作成

(2) 縮尺 1/25,000 既存図数値化(約 17,040 km²)

(3) データ構造化

(4) 技術移転

フェーズ

(1) 調査対象地域の地図データ修正

(2) 現地調査

(3) 被害現況図の作成

(4) 土砂災害・危険地域抽出図の作成

2 - 4 基本仕様

本調査の基本仕様を表 1 に示す

表 1 本調査の基本仕様。

図式	エル・サルヴァドル共和国設定の図式を基準に先方と協議、決定したものを用いる。	S/W、業務指示書
測量の基準	準拠楕円体: Clark 1866 Coordinate datum: Northern American Datum 1927 Leveling datum: 平均海水面 投影法: LAMBERT Conformal Conic 図化縮尺: 1/25,000 等高線間隔: 主曲線10m 図 郭: 5 × 7.5	S/W、業務指示書
精度	エル・サルヴァドル共和国と協議の後、決定された精度とする。	業務指示書

成果の検定	社団法人測量協会の検定書を成果品に添付する。	業務指示書
特記注記	印刷図の下余白部分及びデータファイルに次の注記を附す。 This map was prepared jointly by Japan International Cooperation Agency (JICA) under the Japanese Government Technical Cooperation Program and the Government of the Republic of El Salvador.	業務指示書

2 - 5 成果

本調査の納品成果を表2に示す

表2 成果

項目	内 容	適 用
報告書	1 インセプションレポート 英文30部・西文30部 (うち先方政府へ各20部) 2 プログレスレポート1 英文30部 (うち先方政府へ20部) 3 プログレスレポート2 英文30部 (うち先方政府へ20部) 4 ドラフトファイナルレポート メインレポート 英文30部・西文30部 (うち先方政府へ各20部) サマリー 英文30部・西文30部 (うち先方政府へ各20部) 和文要約 和文10部 作業マニュアル 英文5部・西文5部 (うち先方政府へ各4部) 5 ファイナルレポート メインレポート 英文30部・西文30部 (うち先方政府へ各20部) サマリー 英文30部・西文30部 (うち先方政府へ各20部) 和文要約 和文10部	S/W、 業務指示書
成果品	1 空中写真(縮尺 1/40,000 パンクロ 約 4,000 km ²) 1)ネガフィルム 一式 (先方政府へ一式) 2)標定図 一式 (先方政府へ一式) 3)密着印画 一式 (先方政府へ一式) 2 標定点 1)標定点成果表 一式 (先方政府へ一式) 2)標定点配置図 一式 (先方政府へ一式) 3 空中三角測量 1)空中三角測量成果及び実施一覧表 一式 (先方政府へ一式) 4 縮尺 1/25,000地形図(新規、約3,700 km ²) 1)製版フィルム 一式 (先方政府へ一式) 5 CD-ROM 1)GISデータファイル 203セット (うち先方政府へ200セット) 2)作図ファイル 6セット (うち先方政府へ3セット) 6 被災現況図、土砂災害・危険区域抽出図(約5,100 km ²) 1)被災現況図 各2セット (うち先方政府へ1セット) 2)土砂災害・危険区域抽出図 各2セット (うち先方政府へ1セット) 3)デジタルデータ(CD-ROM) 各21セット (うち先方政府へ20セット)	S/W、 業務指示書

3 カウンターパート機関

本調査の組織のカウンターパート機関は、経済省国家登記センタの国家地図局 (Instituto Geográfico Nacional “Ing. Pablo Arnoldo Guzmán” : IGN), Centro Nacional de Registros (以下“CNR”と略す), Ministerio de Economía) である。IGN は地図部と地理部で構成される。組織図を図3に示す。

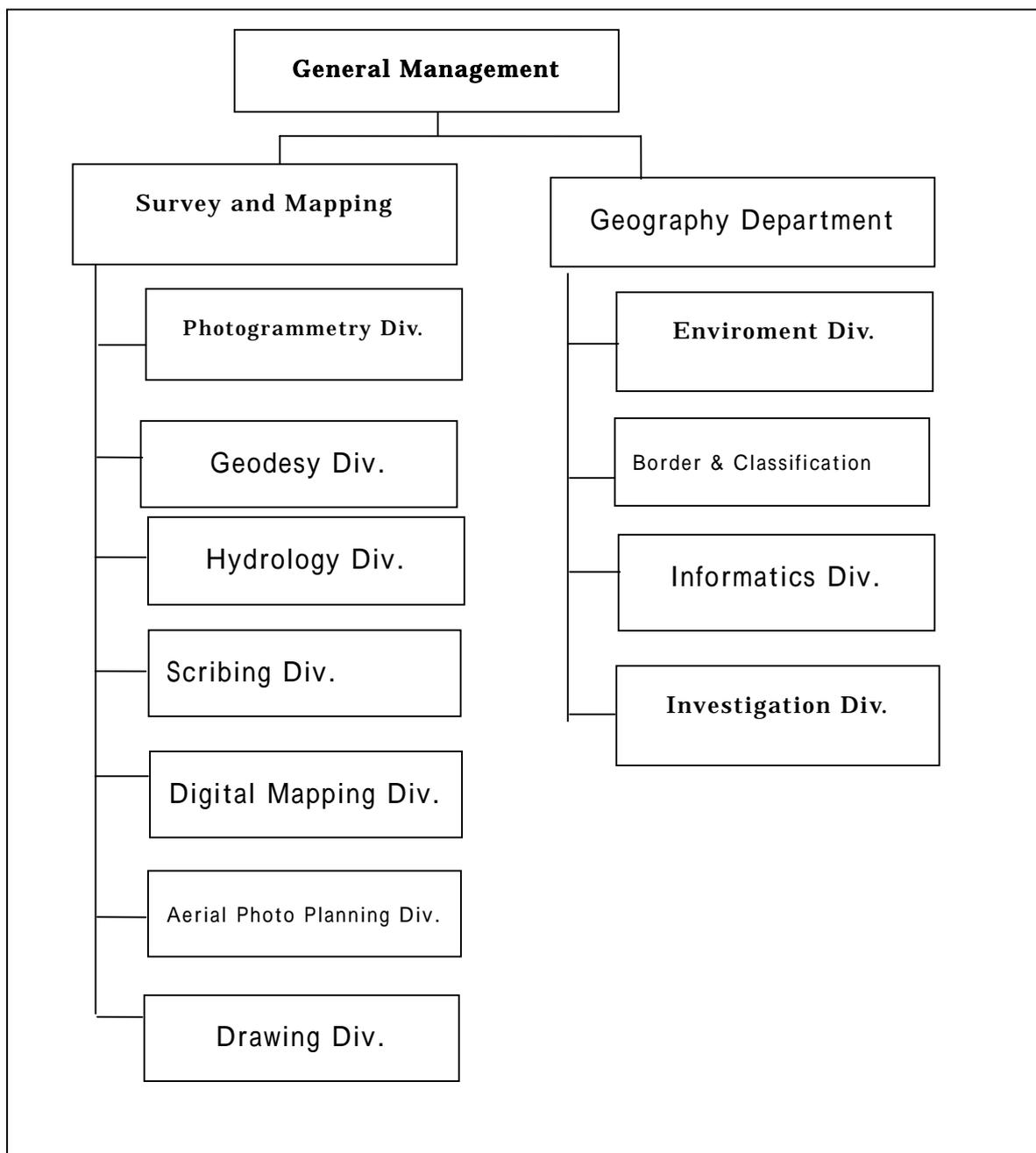


图 3 IGN 組織图

4 調査団の構成

調査団員名、職務、期間を以下に示す。

表3 フェーズ 調査団員の構成

職 務	氏 名	期 間
団長	高木 儁	1999年3月31日から5月29日 1999年10月22日から11月20日 2000年1月15日から2月13日 2000年3月28日から4月11日 2000年6月15日から9月12日 2001年5月12日から5月21日
GPS観測	中田 豊	1999年4月15日から5月29日 1999年10月22日から12月5日
写真撮影管理	客野 豊	1999年11月1日から12月30日
現地調査	中嶋大吉	1999年12月17日から2000年2月13日 2000年10月7日から11月5日
デジタルマッピング (1)	垣内英俊	1999年3月31日から4月29日 2000年1月15日から2月13日 2000年5月15日から8月27日 2001年5月12日から5月29日
デジタルマッピング (2)	寺田 克	2000年7月5日から10月17日
デジタルマッピング (3)	山屋浩三	2000年7月30日から9月27日
データ運用管理	丹 三雄	2000年6月15日から7月14日 2001年5月12日から5月29日
業務調整	上村和延	1999年3月31日から4月29日 1999年10月22日から11月20日 2000年6月15日から7月14日
地質・防災1	梅田英昭	2001年5月12日から5月29日

表4 フェーズ 調査団員の構成

職 務	氏 名	期 間
副団長	伊藤二治男	2001年2月18日から3月11日
地質・防災1	梅田英昭	2001年2月18日から3月11日
地質・防災2	早川栄一	2001年2月18日から3月11日
GPS測量1	佐多信博	2001年2月18日から3月11日
GPS測量2	浅井光彦	2001年2月18日から3月11日
業務調整	垣内英俊	2001年2月18日から2月28日

5 調査の詳細

5 - 1 既存 1/25,000 地形図からのデジタルデータ作成

既存 1/25,000 地形図のある地域(約 17,040 km²)のデジタルデータは、これらの既存図とその等高線版フィルムを使って作成された。仕様は、IGN と調査団の合意のもとで決定された。処理の流れを図 4 に示す。

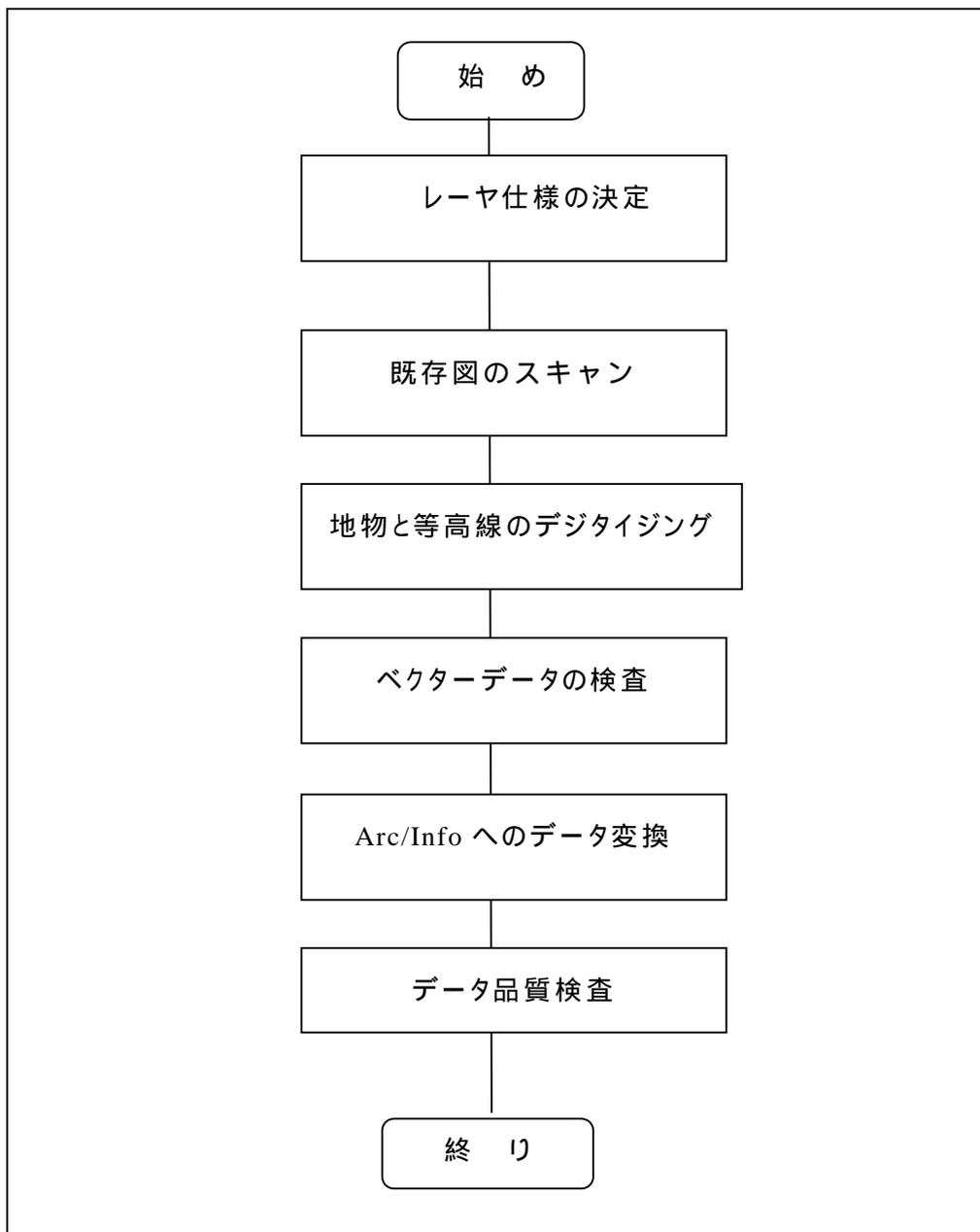


図 4 既存 1/25,000 地形図からのデジタルデータ作成処理

1) レーヤ仕様の決定

デジタルデータのレーヤは 19、属性項目は以下の 8 つが決められた。

code, BT-code, dept, muni, dept-code, type elevation, text

2) 既存図のスキャン

等高線版フィルムは、モノクロモード、解像度 200dpi でスキャンされ、幾何補正された。このスキャンイメージは、等高線のベクターデータ抽出に使われた。

既存の紙地図は、カラーモード、解像度 200dpi でスキャンされ、幾何補正された。地物のベクターデータ作成のために、このスキャンイメージが背景として使われた。ここでの地物とは、道路、ビルディング、植生などの既存図上の情報で等高線を除いたものである。

3) 地物と等高線のデジタイジング

等高線のスキャンイメージは、ラスターベクター変換によるベクターデータ作成に使われた。その後、code と elevation の属性データが入力された。検査後、等高線ベクターデータは、Arc/Info に取り込まれた。既存図のカラーイメージは、地物のベクターデータ作成に使用され、属性情報が与えられた。

4) ベクタデータの検査

等高線と地物のデジタルデータはプロットされ、プロット図により検査された。主な検査項目は、図形、属性項目、図面間接合であった。

デジタルデータは、人間の目に見えないほどの小さな図形的な誤りを持つので、Arc/Info に取り込まれた後、ソフト的にも検査され修正された。

5) トポロジ構築

デジタルデータは Arc/Info に取り込まれ、カバレッジが作成された。カバレッジとは、Arc/Info でのレイヤと考えて良い。Lambert Conformal Conic による投影法により座標変換され、トポロジも構築された。

6) データ品質検査

最後に、カバレッジは Arc/Info により、検査・修正が行われた。検査項目は、以下のとおりである。

Code、タイプ、text、デジタイジング方向、属性項目定義、トポロジ、図面間接合等。

5 - 2 既存 1/25,000 地形図の無い地域の数値地形図データ作成

既存 1/25,000 地形図の無い地域（約 3,700 km²）の成果品は、2 種類ある。1 つは、縮尺 1/25,000 の紙地形図用の印刷フィルムである。もう 1 つは、GIS 用のデジタルデータである。

これらの成果品は、新規に撮影した航空写真から作成された。処理の流れを図 5 に示す。

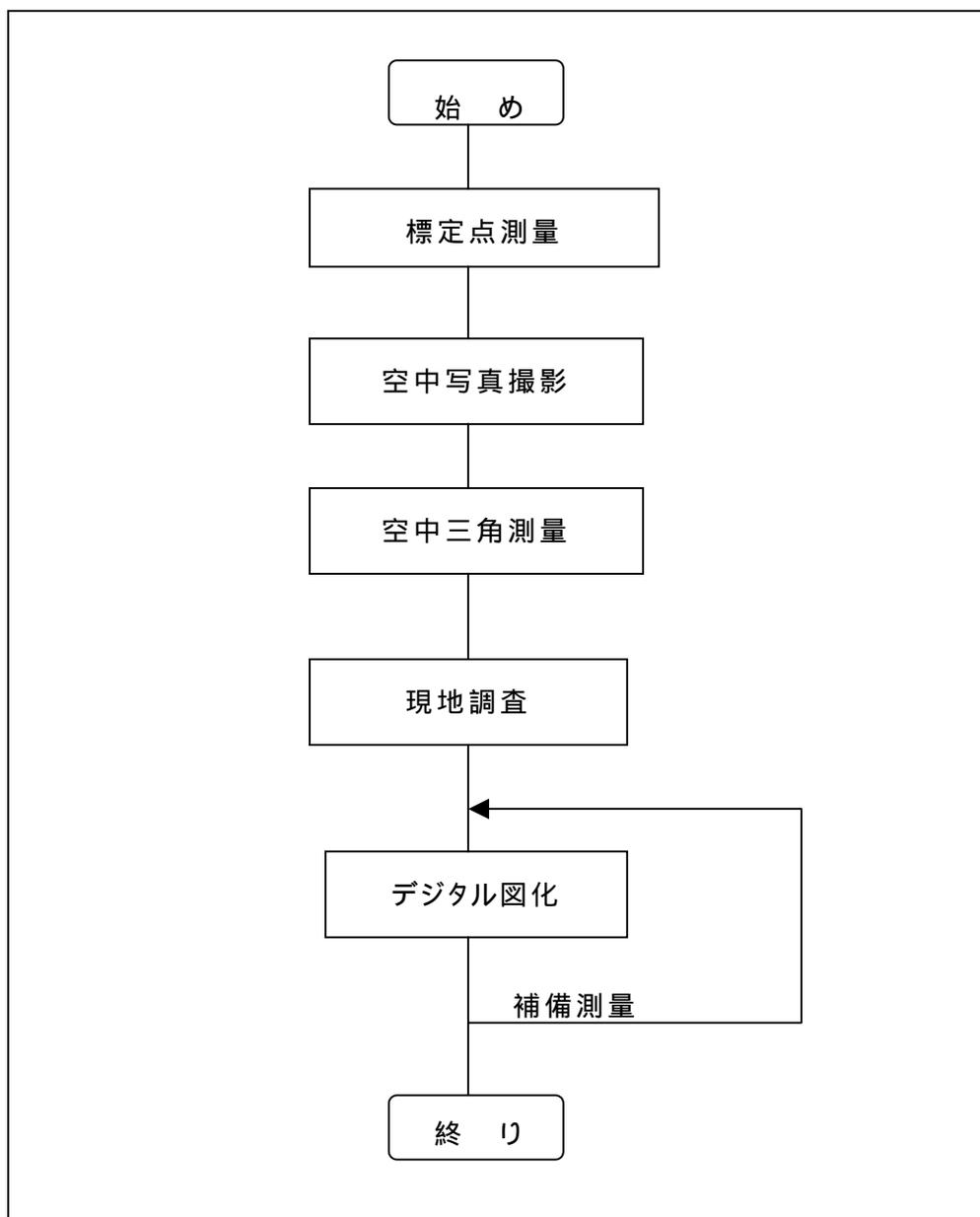


図 5 新規図化範囲の地図データ作成

1) 標定点測量

標定点測量踏査

標定点測量踏査には既存 1/50,000 地形図と点の記が利用され、空中写真撮影用の標識位置と GPS 観測用の新規標定点位置が計画された。

GPS 観測

独立した 8 つの図化範囲のために、GPS 観測は 29 ポイントで実施された。ASHTECH GPS 受信機 4 台で各局 1.5 から 2.0 時間の観測が実施された。観測データの参照地理座標には、WGS-84 と NAD-27 の 2 種類が使われ、最終的には、Lambert Conformal Conic に座標変換された。点の記は、各 GPS 観測点について作成され、それらの観測点は、密着写真上にマークされた。

2) 空中写真撮影

空中写真撮影用の標識 20 個が、GPS 観測点に設置された。それらの観測点は、既存三角点と新規の標定点に置かれた。

縮尺 1/40,000 の空中写真を撮影するために、高度 6,000 m まで上昇できる航空機が準備された。撮影範囲は、24 コースで、新規図化範囲(約 3,700 km²)を覆った。

期間、飛行回数、撮影時間は、以下のとおりである。

期間： 38 日
飛行回数： 10 回（実際に撮影が実施された飛行回数）
撮影時間： 15 時間 52 分

空中写真撮影の結果は、以下のとおりである。

フィルム： 2 巻
飛行コース： 24 コース
空中写真： 351 枚

写真撮影後、現像フィルムは、以下の項目について検査された。

- ・画像の均質な色調と鮮明なコントラストがあるか
- ・乳剤と現像液が完全に除去されているか
- ・フィルムの不十分な乾燥による画像ゆがみが起こっていないか

焼付け後、密着写真は、以下の項目について注意深く検査された。

- ・ オーバーラップおよびサイドラップ
- ・ 雲、雲の影、および画像の斑
- ・ 実際の飛行コースと計画された飛行コースとの不一致
- ・ ハレーション
- ・ 霧、煙等
- ・ フィルムの傷

3) 空中三角測量

GPS 観測からの標定点だけでは空中三角測量の計算をするには不十分なので、1/5,000 および 1/10,000 既存図からも、標定点を取ることが、計画された。空中三角測量の計算方法は、PAT-M 独立モデルが採用され、調査範囲は 8 ブロックに分割された。処理は良好に終わり、空中三角測量の結果はデジタル図化のために使われた。計算に使用された各標定点の RMS ERRORS (水平方向、垂直方向) を表 5 に示す。

表 5 標定点の RMS ERRORS

ブロック名	水平方向 (m)	垂直方向 (m)
ブロック 1	5.601	2.029
ブロック 2	3.387	3.052
ブロック 3	.668	2.102
ブロック 4	3.150	3.425
ブロック 5	5.070	1.766
ブロック 6	7.502	1.633
ブロック 7	.582	.708
ブロック 8	.365	.674

4) 現地調査

現地調査は、2 回実施された。最初は、図化素図を作成するための現地調査であり、調査項目は以下のとおりである。

- ・ 予備写真判読結果の確認
- ・ 写真判読が困難な小物体の確認
- ・ 道路、鉄道、ビルディング、標定点、川、植生、谷や丘の名前
- ・ 行政名、行政界資料収集
- ・ 政府機関からの情報収集
- ・ 注記名

2 回目の調査は、図化素図の検査のために実施された。本報告書では、この調査を補備測量と呼ぶ。調査項目は、注記情報の検査と整飾情報の検査である。本補備測量調査では、カラー図化素図、図化素図の白黒コピー、2 倍伸ばし空中写真が利用された。

5) デジタル図化

DXF データ作成

DXF データ（地物デジタルデータ、等高線デジタルデータ）は、利用可能な既存地形資料によって、3つの異なる手法により作成された。

- ・ 既存 1/25,000 地形図がないが既存 1/5,000 地形図がある地域の DXF データは、解析図化機によって新規に作成された。
- ・ 既存 1/10,000 地形図が使える地域は、次の手法が使われた。
 - 等高線デジタルデータは、既存 1/10,000 地形図を使って作成された。
 - 地物デジタルデータは、オルソイメージからデジタル化された。
- ・ 既存 1/10,000 地形図がそのまま使えない地域は、次の手法が使われた。
 - 等高線デジタルデータは、既存 1/10,000 地形図を修正して作成された。
 - 地物デジタルデータは、解析図化機によって新規に作成された。

デジタルデータの記号化

ここでの目的は、従来の地形図イメージ用のデジタルデータと印刷用フィルムを作ることである。このデジタルデータは、Illustrator によって、DXF データから作られた。

カバレッジ作成

Arc/Info のカバレッジデータは、DXF から作成された。カバレッジデータ作成・修正方法は、「3.1 既存 1/25,000 地形図からのデジタルデータ作成」とほとんど同様である。

6 被害現況図及び土砂崩壊・危険地域抽出図作成

6 - 1 現地作業

6 - 1 - 1 既存情報の収集

現地調査時に収集された資料は以下のとおり。

1) 航空写真

- ・地震前の Usulután 県写真：約 100 枚
- ・地震後の被害地空中写真：約 620 枚
- ・1/5000 正射写真：Ahuachapán、Sonsonate、Santa Ana 県の 180 枚

2) 既存地形図

- ・Libertad、San Salvador、Cuscatlán、San Vicente、La Paz の縮尺 1/5,000 地形図(約 90 面)

3) 被害現況のデジタル情報

- ・被害現況デジタル情報(ArcView Shape ファイル)
- ・土地利用と地質データ(ArcView Shape ファイル)

4) 水文データの収集依頼

調査団はIGNに対し US Department of Commerce, National Oceanic & Atmospheric Administration から水文データを収集することを依頼した。

6 - 1 - 2 既存地形図の修正に係る現地作業

現地調査はスポット衛星画像の予察のもとに移動用GPSにより、修正データの収集と被害地域の確定のために実施された。

6 - 1 - 3 写真判読と衛星画像判読

崩壊地域確認のため、調査団は空中写真判読と衛星画像判読を行い、崩壊箇所の範囲を表示する作業を行うため、結果を日本へ送付した。

6 - 1 - 4 崩壊地の調査

崩壊地の調査は今後の修復計画の参考資料となるように、日本の国土交通省で作成された調査表を翻訳し、1) 人家付近に発生した崩壊地及び崩壊の危険の可能性が認められる箇所、2) 重要な道路やハイウェイに発生した以下の箇所において実施した。

1. Cuscatlan 県 Santa Cruz Analquito 及び Candelaria
2. La Libertad 県 Santa Tecla、Las Colinas
3. La Libertad 県 Canton Las Cumbres
4. La Libertad 県 Finca San Jose
5. La Libertad 県 Pedrera las Lajas
6. La Libertad 県 Los Chorros
7. San Salvador 県 San Marcos
8. San Salvador 県 Ilopango Pedrera Los Amates

9. San Salvador 県 San Martin
10. La Paz 県 Panamerican Highway、Canton Las Piedritas
11. La Paz 県 Highway to International Airport of Comalapa
13. Usulután 県 Road from Tecapan to Santiago de Maria
14. Usulután 県 Santiago de Maria と Alegria 間の el Cuyapo
15. San Vicente 県 Panamerican Highway km.53、 Las Leonas

obj/common/figure/sheet.xls

obj/common/figure/sheet.xls

6 - 2 国内作業

6 - 2 - 1 1/25,000 地形図データの修正

現在作成中の 1/25,000 地形図データは、数値化はされているものの経年変化修正作業を成果提出後に計画していたために、現状を正しく表現していない。震災での被害を概観できる被害現況図を作成するために、SPOT 衛星画像、正射写真、GPS 現地測量結果を使用して可能な限りの経年変化修正を行った。その修正方法は、使用された有効資料により異なることから採用された地域別に以下に記す。

(1) SPOT 衛星画像による地区 (サンビセンテ、ウスルタン、の 2 県)

SPOT 画像を地形図の投影法と同じに変換し SPOT オルソ画像を作成する。

SPOT オルソ画像を背景データとして既存の 1/25,000 地形図データをスーパーインポーズして既存データとイメージ画像の判読により、加除・訂正を行なった。ビルドアップエリア等の修正も同様の手法を用いた。

最後に判読の困難な道路種別等は、現地で取得された Geo Explore 3 (GPS) のデータによりその属性の更新を行なった。

(2) 既存正射空中写真による地区 (サンタアナ、ソンソナテ、アウアチャパンの 3 県)

この地区においては、既存のオルソフォトを用いて修正を行なった。幸いにしてオルソフォトと既存の 1/25,000 地形図データは同じ投影法であったのでそのまま使用できた。オルソフォトは縮尺 1/5,000 である為、1/25,000 地形図修正には最適な縮尺と言えた。

(3) 既存 1/5,000 地形図による地区 (リベルタ、クスカトラン、サンビセンテ、ラパス)

IGN の協力のもと現地にて、1/5,000 と 1/10,000 地形図をスキャン (解像度 300dpi) し、地図座標を付けた。その後、Tiff イメージを背景として、オルソフォトや SPOT 画像同様の方法にて日本で修正を行なった。

6 - 2 - 2 被害現況図作成

現地調査結果を補正材料として、経年変化修正された地図データを完成させるとともに、現地調査にて収集した資料を参考にして、以下の作業内容にて被害現況図を作成した。

(1) 写真判読

震災直後の空中写真を現地で入手し、この写真がある地域について写真判読による崩壊地の抽出を行い、崩壊地の位置を縮尺 1/25,000 地図上にマークし、崩壊地抽出素図を作成した。尚、抽出の際には以下の判読基準により明白に崩壊が原因となっていない場所は抽出から削除した。

- 裸地(樹木伐採地):隣接している樹木地域との地形の状況から、尾根や沢が自然な形状をしている。
- 自然崩壊地(雨裂地):沢側に大量の土砂の堆積が見受けられない。
- 土取場、採石場:低地部に土砂堆積が見受けられず搬出のための道路が近くまで通じている。
- 主に緩い斜面や平地における撮影時のハレーションが原因と思われる写真上の白部
- 小規模崩壊地

(2) サンピセンテ、ウスルタンの土砂災害画像分析

Erdas Imagine Ver.8.4を使用して、震災前後のSPOT画像を比較し、サンピセンテ、ウスルタン県で空中写真の無い地域の崩壊地の抽出を行った。図6に作業のフローを示す。

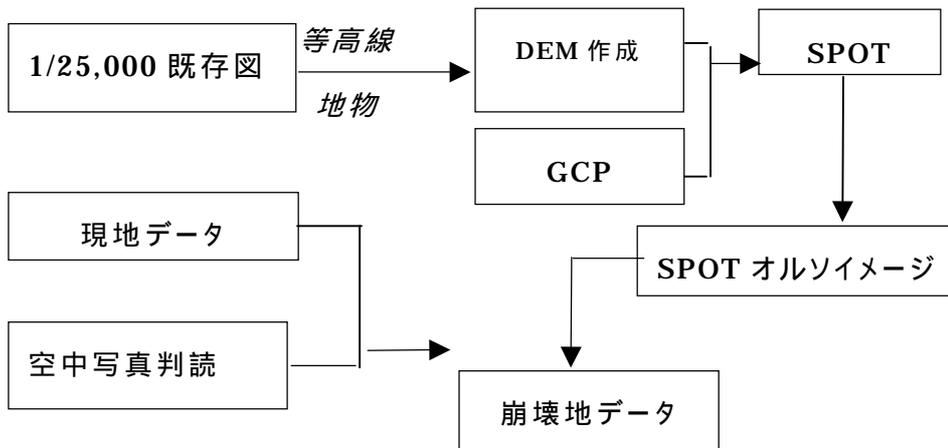
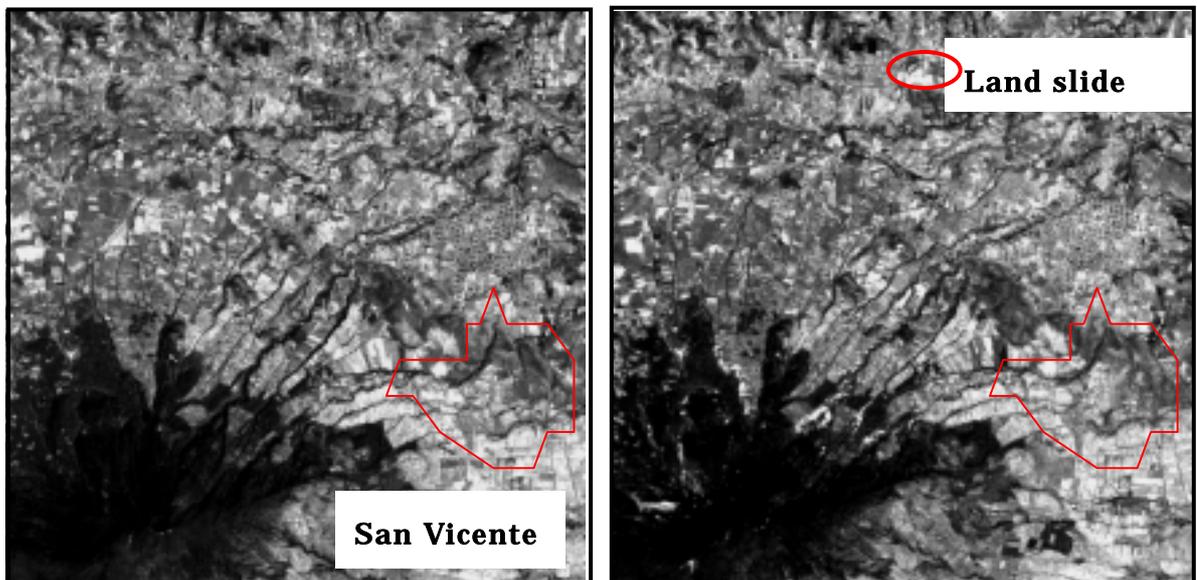


図 6 崩壊地抽出作業フロー

サンビセンテ周辺地域の地震前と地震後 2001 年 2 月 13 日付 SPOT オルソ写真の一部。マークされた地域はパンアメリカナ高速道路に沿った、サンビセンテ市北西部の土砂災害の一部を示す。



SPOT Ortho-rectified
(Before Earthquake)

SPOT Ortho-rectified
(After Earthquake)

(3) GIS データ化

写真判読や画像解析で作成した入力素図をもとに、ArcView を用いて地形図を背景にヘッドアップデジタイズを行い、シェープファイルを作成した。

表 6 作成した GIS データの災害情報

シェープファイル名	タイプ	内容	備考
Field	ポイント	現地調査を実施した地点	野帳とリンク
Ls_gps	ポイント	GPS で取得した現地写真撮影地点	現地写真とリンク
Slide	ポリゴン	空中写真判読により抽出した崩壊地	
Land_slide	ポリゴン	震災前後の SPOT 画像判読により抽出した崩壊地	

エル・サルヴァドルで収集した GIS データ (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales 提供) は以下のとおりである。

表 7 環境省から提供された GIS データの災害情報

シェープファイル名	タイプ	内容
Areas_impactadas	ポリゴン	被害地域
basepais	ポリゴン	国土基本図
cabeceradpto_poly	ポリゴン	主要都市
cabeceramunicipal	ポイント	地方都市
Cuencas	ポリゴン	村落
deptos_line	ライン	郡界
derrumbes	ポイント	崩壊個所
derrumbes_categoria_riesgo	ポリゴン	高危険度崩壊地域
derrumbes_marn	ポリゴン	危険地域 (道路、居住地、耕作地等)
derrumbes_marn_gps2	ポイント	空中写真表示位置 (災害後の空中写真とリンク)
derrumbes_mop	ポイント	崩壊後の道路通行可能区分
derrumbes_otros	ポイント	その他の崩壊地
Eventos_faes	ポイント	災害危険箇所 (地滑り、水没、地割れ)
Eventos_sismicos_marn	ポイント	地震による被災状況詳細 (現地調査内容)
Eventos13feb	ポイント	2月13日被災箇所
fallastectonicas	ライン	活断層
geologico	ポリゴン	地質
geologico_piroclastitas	ポリゴン	地質分類
inventario_grupos	ポイント	崩壊地 (観察記録および意見)

municipios	ポリゴン	市町村
pendientes	ポリゴン	傾斜区分
pendientes_mayores30%	ポリゴン	急傾斜地（30%以上）
Redvial25k	ライン	主要道路
rios50	ライン	主要河川
sitios_atencion_inmediata	ポイント	要緊急対策村落
Snanp	ポリゴン	
vegetacion	ポリゴン	植生

(4) 被害現況図作成

1/25,000 地形図 GIS データを背景として、(2) で作成した各種被害現況データを縮尺 1/25,000 で出力した。

また、ArcView 上で、以下の表示機能を実現した。

縮尺 1/25,000 地形図データを背景に現地調査地点を表示し、特定の地点をヒットすると、その地点の野帳を見る事ができる。

縮尺 1/25,000 地形図データを背景に空中写真判読により抽出した崩壊地を表示する。

縮尺 1/25,000 地形図データを背景に SPOT 画像判読により抽出した崩壊地を表示する。背景として震災後の SPOT 画像も重ねて表示することができる。

震災情報を載せた 2 つのホームページ（www.coen.gob.sv, www.reliefweb.int）にリンク可能な専用ボタンを作成した。

6 - 2 - 3 土砂災害・危険区域抽出図の作成

(1) 本調査における抽出対象土砂災害危険箇所

本調査においては入手情報(1/25,000 地形図)から人家および公共施設等の判別は困難であること、個別の現地確認も時間的制約上困難であることから、対象とする土砂災害は、斜面崩壊及び土石流とし、以下の定義を設定した。

1) 急傾斜地危険箇所

地形条件としては、高さ5m以上、勾配30°以上とし、急傾斜地崩壊危険箇所と同等とする。

被害予想区域は、斜面下は2H(50m以内、Hは斜面高さ)、斜面上はH以内。

建物の間隔が50mを超えた場合、被害想定区域内の保全対象として1/25,000地形図上で建物が確認される箇所とする。

2) 土石流危険箇所

地形条件としては、土石流危険渓流及び土石流危険区域と同等とする。

・谷地形を呈し、溪床勾配が3°(もしくは2°)以上

・氾濫予想範囲は、地形条件等をみて氾濫すると考えられる範囲

土石流危険区域内の保全対象として1/25,000地形図上で建物が確認される箇所とする。

渓流範囲(土石流危険渓流に相当)および土砂氾濫予想範囲(土石流危険区域に相当)を合わせて土石流危険箇所とする。

溪床勾配は、日本において火山砂防地域は他の地域と条件を変えているが、ここでは、地質条件をみて火山地域であれば火山砂防地域の値(2°以上)を適用する。

(2) 調査方法

本調査は、急傾斜地危険箇所および土石流危険箇所を図上で抽出するものであり、調査を以下の流れで実施した。

1) 既存資料の整理

土砂災害危険箇所を抽出するために用いた資料は、地形図(縮尺1/25,000)及び地質図(縮尺1/100,000)。

2) 傾斜区分図の作成

地形図デジタルマップのうち標高データを基に、傾斜区分図を作成した。

3) 急傾斜地危険箇所の抽出

傾斜区分図を参考にしながら、被害現況素図を用いて急傾斜地危険箇所を抽出した。

4) 土石流危険箇所の抽出

傾斜区分図を参考にしながら、被害現況素図を用いて土石流危険箇所を抽出した。

5) 土砂災害危険箇所抽出図作成

抽出した急傾斜地危険箇所ならびに土石流危険箇所を重ね、土砂災害危険箇所抽出素図とし、それを入力原図として、抽出箇所をGISデータ化した。

急傾斜地危険箇所は、範囲をポリゴン化し、土石流危険箇所は、溪流範囲および氾濫予想範囲をそれぞれをポリゴン化した。

入力したGISデータを基に、土砂災害危険箇所抽出図を作成した。

6) 土砂災害危険箇所抽出図

急傾斜地危険箇所及び土石流危険箇所を入力したGISデータを基に、土砂災害危険箇所抽出図を作成した。出力図面は縮尺 1/25,000 で、基本的な地形要素、行政界等を表現した背景図に重ねた。

7 数値基盤データの運用管理

JICA特記仕様書の5章、第7項 3) による、運用管理につき2000年12月6日より14日までインタビューにより実施した。本調査の15の関係機関が少なくとも以下4つの目的において、数値基盤データを使用すると思われる。

- a) 環境省、公共事業省、農業省等は空間データ分析に使用する。
- b) 都市居住開発計画局、地籍局等は、主として土地、家屋等の詳細な情報を使用する。但し、計画のためには小縮尺図を使用する。
 - 1) 公安及び電気関係機関は上記b)の利用者にあたるが、情報の提供者ではない。
 - 2) 施設関係機関は民営化され、現在住居計画に関わっている。しかし将来は上記a)に近い国家インフラ計画に関係するものと思われる。

インタビューの結果では、潜在的な利用者のほとんど全部が地理情報システム(GIS)及びネットワーク設置/開発での情報技術(IT)を開発している。すべての機関がインターネットを使用し、3省庁ではインターネットを通じ地理情報の提供のためインターネットマップサーバーを使用する調査を開始するところである。

上記a)の利用者は現在実施している、ステアリング委員会及びミッチ・クリアリングハウス・プロジェクトに関係している。環境省が調整機関であり、公共事業省、農業省、IGNがメンバー機関である。クリアリングハウス設置の目的は、米国、日本などのように、公共で利用する地理情報の調整及び交換を行うことである。

国土登録センターの地籍局は、国土の地籍を扱い、IGNは国の測量及び地図作成に責任を負っている。エル・サルヴァドルではリモートセンシングのための、国の機関は未だない。

地籍局はソソナテのパイロットプロジェクトにより、運用管理システムを構築した。本地籍局は40のマイクロステーションを所有し地籍数値図の技術管理を行っている。本省と地方局とをネットワーク化する計画で、それにより詳細な情報を利用する関係機関に有効で一元的に地籍情報の提供を可能とする。

しかし、地籍図の修正と地形図の管理とは互いに原則的に異なることから、本調査で作成した数値基盤データの運用管理の状況は一樣ではない。IGNは1946年創設以来、各種小縮尺図面を作成しており、縮尺1/50,000地形図は約10年毎に更新されている。品質管理委員会が設置され、IGN作成の印刷図の品質管理を行っている。

IGNは、本調査で作成した数値基盤データの運用管理のためには十分な資源を所有していると思われ、経験とGISの応用を実務的に行うことにより構築される組織的な運用管理システムが不足している。

環境省はインタビューにおいて、数値基盤データの品質管理と更新の重要性を挙げている。関係する各プロジェクト地域の更新を持続的に行うことが必要である。環境省と公共事業省都市計画局はGISプロジェクトを積極的に実施しており、システムとネットワークでの技術的インフラは現有している。

上記の機関において、「実務的な応用環境」でのデータの「利用適合」を検討することが望まれる。IGNはデータを更新することにより、運用管理に関する問題を解決し、更に数値基盤データの適切な運用管理計画を策定することが出来ると思われる。

8 技術移転

8 - 1 日本での研修

表8 日本での研修プログラム

研修者	期間	目的	内容
Ing. Enrique De La O Lemus	2000年2月21日 ～ 3月21日	デジタル・マップ作成研修	スキャナ操作実習 地形図数値化 ArcView操作実習 DTM作成 デジタルオルソ作成 記号化作業
Ms. Yolanda Consuelo Escobar de Rodriguez	2000年11月16日 ～ 12月15日	データ運用管理	Arc/Info、Arc/Edit操作実習

8 - 2 エル・サルヴァドル共和国での OJT

フェーズ I 調査の期間にエル・サルヴァドルでカウンターパートに実施された OJT は、以下の 4 項目である。

(1) 標定点測量 (GPS 測量)

標定点の配点計画の方法、GPS 受信機による静止観測法、及び観測データの解析法の研修が 5 週間にわたり以下の研修員に実施された。

Ricardo Soto

Hernan Estrada Calderon

Armando Grande Ramos

Jesus Alfons Uillalfa Diaz

Jose Neftali Aguilar

(2) 対空標識の設置

対空標識の設置の方法及び空中写真上での対空標識の確認・刺針の方法の研修が 5 週間にわたり、上記(1)と同じ研修員に実施された。

(3) 現地調査及び補備測量

写真判読キー作成法、写真判読法、写真实体視での判読分類・整理法の研修が 15 週間にわたり、以下の研修員に実施された。

現地調査

Jose Neftali Aguilar

German Hernandez Landos

Mario Albelto Palma

Miguel Angel Izarpate

Herman Estarada Calderon

Douglas Batres Aveiles

Oscar Rene Salazar

補備測量

Jose Neftali Aguilar

Mario Albelto Palma

Hernan Estada Calderon

Douglas Batres Aviles

Oscar Rene Salazar

Nery Americo Llanes

Gustavo Alonso Larin

(4) デジタル地形データの経年変化修正

オルソイメージ作成、Arc/Info Coverage 修正、データ記号化の研修が 35 週間にわたり以下の研修員に実施された。

Yolanda Consuero Escobar de Rodoriquuez

Ana Silvia Barahona Rivera

Alex Armado Manzano Bazil

Luis David Flores Argueta

9 ワークショップ

本調査期間に 4 回のワークショップが実施された。

(1) 第 1 回ワークショップ

実施日：2000 年 2 月 10 日

招待組織：CENTA FAO, CODEM, ECONOMIA AGROPECUARIA,
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS
NATURALES, POLICIA NACIONAL CIVIL, TELECOM,
CAESS, MOP, CEPA, ANDA, OPAMUS

目的：本調査の説明、1 年次に作成した GIS 用デジタルデータの説明

質問：1)最終成果デジタルデータは、いつ使えるようになるか？
2)現中間成果デジタルデータは、配布されるのか？
3)最終成果デジタルデータは、無料か有料か？

回答：1)最終成果デジタルデータは、2001年6月以降になる予定。
2)現中間成果デジタルデータは、配布されない予定。
3)現時点では、不明。

(2) 第2回ワークショップ

実施日：2000年7月11日

招待組織：COCESNA, ANDA, CAES, CEL, CEPA, MEA, OPAMUS, MI, M
MARN, MOP, CARE ISDEM, CND, TELEMOVIL, CIG, PNC,
COEN, OPAMSS

目的：本調査の説明、作成したGIS用デジタルデータの応用例の紹介

(3) 第3回ワークショップ

実施日：2000年8月22日

招待者：Dr. Juan José Dabout 大統領技術顧問

目的：内容は、第2回プレゼンテーションと同じ。本ワークショップは、湯沢大使の要望で、大統領技術顧問のDr. Daboutへ行なったものである。

質問：このデジタルデータの経年変化修正は、どのように行うのか？

回答：精度と効率を考慮すると新規に撮影した航空写真を使用しているのが良い。

(4) 第4回ワークショップ

実施日：2001年5月21日

招待組織：COCESNA, ANDA, CAES, CEL, CEPA, MEA, OPAMUS, MI, MARN, MOP, CARE ISDEM, CND, TELEMovil, C I G, PNC, COEN, OPAMSS

目的：地理情報データベース作成方法、経年変化修正方法、被害現況図作成方法、土砂災害危険箇所抽出図作成方法、ヒボア川の崩壊地解析

質問：1)調査範囲は、全部で何枚の図葉になるのか？

2)土石流の危険範囲は、どうやって抽出したのか？

回答：1) 調査範囲は、全部で43枚の図葉になる。

2) 土石流の危険範囲は、日本の基準を下に、手動で抽出した。

10 提言

10-1 フェーズからの提言

発展途上国において、国家レベルでの汎用性をもつGIS用空間データ基盤の整備が遅れている原因として、既存地形図からGIS用デジタルデータを作成するための資金不足と技術及び人材の不足が挙げられる。

幸いエル・サルヴァドルにおいては本調査の終了により、全国を網羅する縮尺1/25,000汎用Data Baseが完成し、GIS運用のためのスタート地点に立ったところである。

以下にカウンターパート機関が抱えるデジタルデータに関する現状の問題点とそれに対する提言を述べる。

(1) 1/25,000 Data Base の修正

本調査で作成された GIS 用デジタルデータは、経年変化修正なしで作成された部分を多く含む事から今後の自助努力に依る修正が急務である。そのために必要な技術移転はなされていると考えられる。

(2) 修正方法の提言

本調査で使用された調査用器材(主として Arc/Info、ERDAS Imagine 等の GIS 機材)と IGN 保有の CAD (MicroStation) のコンビネーションによるデジタルデータ作成を提言する。そのためのテクニカルな課題は、MicroStation の DXF データと Arc/Info の Coverage との互換性である。

(3) データベースの利用

デジタルデータのユーザーには、国レベルの GIS/LIS ユーザー (Macro ユーザー)と、Urban Housing and Municipal Cadastre 等に代表される、Micro Level ユーザーに大別される。本調査で作成した、データベースの主たる、ユーザーは Macro ユーザーと考える。Micro ユーザーへの対応は上部機関である CNR が対応している現状から、IGN の対応は Macro ユーザーにターゲットを当てるべきである。

尚、IGN には GIS 用空間データの専門家がないので、専門家の補強が必要だと思われる。

(4) データ情報の公開

作成されたデータベースの情報公開について、インターネットを利用したデータ普及を提言する。上部機関である CNR には WWW サイトが設置されているのでこの利用が考えられる。

(5) データの標準化とクリアリングハウスの設立

エル・サルヴァドルにおいては様々な組織がデジタルデータに関心を示し、様々なデータを作成・利用しているため処理の冗長があり非効率である。クリアリングハウスを設立してデータベースの標準化を進めることを提言する。

(6) データの恒常的な更新

常に新鮮な国土地理情報の提供を行うために定期的にデータの修正・更新を続けるべきである。

(7) 品質管理

CNRには2つの品質管理委員会があるが、パソコン画面やハードコピーを使用してアナログ的な品質管理に止まっている。デジタルデータのコードチェックまでを実施することを提言する。

10 - 2 フェーズ からの提言

エル・サルヴァドルで発生した大規模な地震により、山地部で崩壊や地すべりが発生したり、それに至らないまでも斜面が緩んでおり、今後の降雨期において不安定な土砂が流出して人的被害をもたらす可能性がある。

本調査では、雨期に突入する前に特に地震被害が大きいと考えられる地域(5,100km²)を選定し、2次災害の可能性のある地域を示唆するために被害現況図や危険地域抽出図を作成した。これらの主題図を作成するために必要とされた地図情報は、衛星画像、既存資料、GPS測量により2ヶ月という短期間で、簡易的にアップデートしたものであり、詳細を調査するには至らなかった。したがって、今回の成果品である被害現況図や危険地域抽出図はあくまで緊急措置的なものであり、使用目的によっては今後の詳細調査を必要とする場合もあることを念頭におかれたい。

防災的見地からエル・サルヴァドル共和国において実施すべき課題は次のとおりである。

(1)危険個所対策

現地調査により、早急に対策をとる必要がある危険な個所が確認された。それらを下記に示す。

1) LA LIBERTAD 県 CHILTIUPAN 行政区と JAYAQUE 行政区の境界に位置する道路（現地調査地点 No.2）:

次に示した理由でただちに通行禁止などの通行規制を実施すべきである。

現地は剣の刃先のような瘠せ尾根の上を通る道路で、現在路肩の数箇所に崩壊が発生しており開口亀裂が多数見られる。このため雨季には路盤崩壊の可能性が非常に高く危険である。

2) LA LIBERTAD 県 NUEVA SAN SALVADOR 行政区（Santa Tecla 市）の Las Colinas（現地調査地点 No.6）、およびその西方の LA LIBERTAD 県 NUEVA SAN SALVADOR 行政区 San Buenaventura 牧場（現地調査地点 No.4）の崩壊地点：

崩壊が発生した斜面上方の平頂峯に多くの開口亀裂が見られる。雨水が地下へ浸透するのを防ぐために、これらの開口亀裂をビニールシート（ブルーシート）で覆うべきである。現在セメントが開口亀裂に詰められているが、雨水の地下浸透を防ぐ効果は期待できない。

(2) Hazard Analysis Map の公表

本調査の成果のひとつである Hazard Analysis Map を公表し、危険個所に関係する各人・組織に危険性を認識してもらい、防災意識の高揚を図る。また同 Map の公表と同時に下記に示す避難計画も公表する。

(3) 避難計画の策定・公表

Hazard Analysis Map を参考に、危険地区の住民や組織を対象として避難計画を策定する必要がある。

避難計画は、長期的には十分検討された防災計画を策定すべきである。しかし、来る雨季に備え、早急に「警戒避難基準」、「防災対策組織」、「警戒避難連絡体制」、「避難路・避難場所」、「危険地域のパトロール計画」を策定すべきである。

(4) エル・サルヴァドル全域における危険箇所抽出

今回の調査では、特に緊急を要する地域に限定して土砂災害危険箇所を抽出した。今年発生した地震では、この地域以外にも山地に影響を与えており、全国的な調査が必要である。

(5) エル・サルヴァドル全域における地理情報のアップデート

人的被害をもたらす可能性がある全域的な危険箇所抽出のためには、地形図や地質図の全域的なアップデートが必要である。幸いにして、カウンターパート機関である NCR、IGN の技術レベルは高く、また、地域によっては最新のデジタルオルソフォトが整備されている。したがって、縮尺 1/25,000 地形図のアップデートは、更新のためのソース(衛星画像やオルソフォト等)さえあれば短期間で可能と思われる。

(6) 納品された GIS データベースの拡張

調査で納品した被害現況図は、調査が緊急措置的であったため、現時点で確認されている空中写真、衛星画像、現地調査資料等にもとづいて作成されたものであり、全ての土砂災害情報がインプットされているわけではない。したがって、本調査成果のユーザーは、新たに収集する被害情報を追加して、データベースの更新を行うことが望ましい。また、環境省等の関係省庁から提供された被害データも取り込んでいるが、本調査で作成したデータとの混乱を避けるため、そのままの形で本調査成果に内蔵した。

(7) 本格的(長期的)な防災計画の策定

本調査の提言を契機として、本格的な防災計画が策定されるべきである。

防災対策は、予め土砂災害の発生危険度の高い個所を抽出し防災点検による調査の実施や対策工事を行う災害予防、および災害警戒対策と災害発生時の対応とがある。以下に、災害発生危険度の高い個所の抽出と防災体制について提言する。

1) 災害発生危険度の高い個所の抽出

まず災害を防ぐには、前もって災害が発生する可能性の高い地域を知ることが必要である。災害発生が予想される地域は以下の手順で抽出する。

a) 保全対象の決定

保全対象には、住宅、耕作地、インフラがある。インフラには道路、水道、電気、ガス、公共施設等がある。

b)自然災害の種類の設定

自然災害の種類には、崩壊、地すべり、土石流、洪水氾濫、地盤液状化等がある。

c)災害危険地域の抽出

災害危険地域の抽出は以下の手順で行う。

- ・机上抽出（本調査で実施した日本の崩壊、土石流の抽出基準が参考となる。）
- ・現地調査（本調査で実施した調査票による調査が参考となる。）

d)災害危険地域データ・ベースの作成

2)防災体制

a)インフラに対する防災体制

平常時の体制：保全対象がインフラの場合は、平常時に災害に備えて施設の点検を行う。点検手順は維持管理計画を策定し実施する。同計画には、点検組織の決定、災害対策の種類の設定、点検マニュアルの作成、点検期間の決定、対策工事計画の策定、対策工事の実施を盛り込む。

非常時の対応：インフラ担当の諸機関が災害対策本部を設立し、行政機関が設立する災害対策本部と連携し、その下部機関として行動する。

b)人家など個人の人命や財産に対する防災体制

保全対象が人家など個人の人命や財産に関するものについては、行政と住民が協力して防災体制を確立して対応することとする。

防災体制は防災計画を策定し、それにより災害発生時または災害が発生する恐れがある場合に、国、県、地方自治体レベルで災害対策

本部を設置して災害に対処するものとする。また、通常時には行政担当部署に防災担当部署を設置し、土砂災害危険地域の周知・啓蒙、災害発見時の連絡体制の周知、避難場所および避難経路の決定・周知、災害に備えて避難訓練の実施を行う。なお、平常時の防災意識の周知・高揚には、一般住民に対するパンフレットの配布や小中学校等を対象とした防災に関するポスターや作文コンクールの実施などが考えられる。また、防災計画では以下の事項を決定する。

i)災害発生時の体制

- ・ 災害対策本部の設置
- ・ 情報伝達経路の決定
- ・ 上位および下位機関との連絡体制の決定
- ・ 災害発生危険個所の巡視体制

ii)自主防災組織の設立・育成

住民が自らの人命と財産を守るために行政機関の育成の下で組織するもので、災害対策本部の下部組織とする。

iii)災害に関する資料

- 土砂災害の発生危険度の高い個所の位置
- 安全な避難場所
- その他

關係者一覽

Counterpart Agency in El Salvador

Ing. Rovertó Lepez Meyer Director of Instituto Geográfico
Nacional

Ing. Enrique de la O Lemus Ex-manager of Cartographic Division

Ing. Katia Isabel Madrid Coordinator of Digital Cartographic
Department

Yolanda consuelo Escobar Engineer

Ana Silvia Barahona Rivera Engineer

Luis David Flores Argueta Engineer

Alex Armando Manzano Engineer

JICA

Atsushi Kamishima Resident Representative in El
Salvador

Takahiro Shinchi Senior Researcher

IDI

Seiichi Tanioka Senior Counsellor

Yoshikazu Fukushima Senior Counsellor

Hisashi Mori Counsellor

目 次

1	序章	1
2	調査の概要	2
2 - 1	調査の目的	2
2 - 2	調査対象地域	2
2 - 3	調査業務の範囲	5
2 - 4	基本仕様	5
2 - 5	成果	6
3	カウンターパート機関	6
4	調査団の構成	8
5	調査の詳細	9
5 - 1	既存 1/25,000 地形図からのデジタルデータ作成	9
5 - 2	既存 1/25,000 地形図の無い地域の数値地形図データ作成	11
6	被害現況図及び土砂崩壊・危険地域抽出図作成	16
6 - 1	現地作業	16
6 - 1 - 1	既存情報の収集	16
6 - 1 - 2	既存地形図の修正に係る現地作業	17
6 - 1 - 3	写真判読と衛星画像判読	17
6 - 1 - 4	崩壊地の調査	17
6 - 2	国内作業	21
6 - 2 - 1	1/25,000 地形図データの修正	21
6 - 2 - 2	被害現況図作成	22
6 - 2 - 3	土砂災害・危険区域抽出図の作成	25
7	数値基盤データの運用管理	28
8	技術移転	29
8 - 1	日本での研修	29

8 - 2 エル・サルヴァドル共和国での OJT.....	30
9 ワークショップ.....	31
10 提言.....	33
10 - 1 フェーズ からの提言.....	33
10 - 2 フェーズ からの提言.....	35
関係者一覧.....	41