

4.2 1/10,000 オルソフォトマップ作成

4.2.1 標定点測量（IGN の技術協力）

後続の自動空中三角測量などで使用する基準点などの XY 座標、標高値を求める作業である。作業規程、必要精度は、「GIS 等仕様協議」で決定したものを採用した。

- 基準点 : 25 点 (計画 = 20 点)
- 既設三角点刺針 : 7 点 (計画 = 10 点)
- GPS 水準点 : 34 点 (計画 = 約 25 点)
- 既設水準点刺針 : 184 点 (計画 = 約 175 点)

(1) 危機管理

1) 関係機関、JICA 事務所、大使館との安全強化に関する協議・報告

調査開始時に、JICA 現地事務所、大使館より、治安があまり良くない状況である旨の情報を聞くことができた。団員は安全に行動することを心がけ、カウンターパートに対しても、この問題を周知徹底させた。

調査団では緊急連絡網を作成し、在グアテマラ市の団員の連絡方法を明らかにした。また、現地調査の週間スケジュールを毎週作成し、地方で作業している団員の連絡方法、所在を明確にすることにより、本部で行動予定を的確に把握することができた。

これらの情報は、作業の進捗状況報告と合わせ、毎週 JICA 現地事務所、大使館に報告した。一方、2月14日に JICA 現地事務所より更なる安全強化の要請があった。これを受け、IGN に対し現地作業における安全強化の協力要請をし、IGN は快くこれを引き受けてくれた。

2) 先遣隊の編成

先遣隊の役割は、観測班より先に現地に入り、調査地域の治安状況を確認することと観測時の観測班の警護である。

実際、先遣隊は調査地域の地方警察、役所、周辺商店、ガソリンスタンド、住民等きめ細やかな聞き取り調査を行い、直前の治安状況を的確に把握することができた。

3) 通信手段の確保

グアテマラ国では携帯電話網が幹線道路沿いを中心に整備されている。GPS 観測をスムーズに運営するため、携帯電話を 2 台、衛星電話を 2 台、計 4 台の通信手段を供給した。これにより各チーム間における観測や移動に関する連絡、本部との緊急連絡

体制が確保され、作業を安全にかつ容易に進めることが出来た。

(2) 測量作業準備

1) 機器の調整

調査で使用した主な機器は次の通りである。

- Trimble4000SSE,SSi GPS 受信機 (2周波) : 4台
- Topcon トータルステーション GTS-3 : 1台
- Nikon オートレベル AE-5 : 4台

調査に先立ち、全ての機器について点検観測を行い、日本において出発前に調整した内容を再度確認した。

2) 要員構成

測量を実施するために IGN の協力を得て構成したスタッフは次の通りである。

- 測量監督 (JICA 調査団) : 3名
- 測量技師 (IGN) : 8名

(3) 測量作業

1) 基準点測量 (GPS スタティック観測)

基準点測量は当初標定点の予定であったが、IGN の強い要望により基準点に格上げをした。伴い、観測精度も上げた。基準点測量は GPS を用いた方式で実施し、三角網を形成し、新設基準点 25 点を設置した。既知点 (与点) にはグアテマラ国の既設基準点を 8 点使用した。観測は「GIS 等仕様協議」で決定した測量規程に準じて行った。観測図を図 4.2-1 に示す。

ネットワーク解析の結果は、誤差の最大値はグアテマラ地区 $B(X) = 24\text{mm}$ 、 $L(Y) = 29\text{mm}$ 、 $H = 200\text{mm}$ 、プエルトバリオス地区 $B(X) = 3\text{mm}$ 、 $L(Y) = 4\text{mm}$ 、 $H = 18\text{mm}$ で、平面位置の制限値 150mm、標高の制限値 300mm の精度を確保した。

基準点標高の決定には、内挿法プログラムを使用した。ただし、基準点が水準路線付近にある場合は、水準点より直接水準測量により標高を決定した。今回直接水準測量により標高を決定した点は 13 点、計算により算出した点は 12 点あった。

2) 既存水準点の刺針

グアテマラ国内には、既設水準路線が網羅されており、1/20,000 空中写真撮影範囲に約 700km ある。作業員は、その既設水準路線上の水準点 (およそ 4km ごと)、184 点を刺針した。団員は IGN の測量技師とともに、空中写真上の明瞭な場所に刺針点を

選定し、直接水準測量により水準点との標高差を測定した。

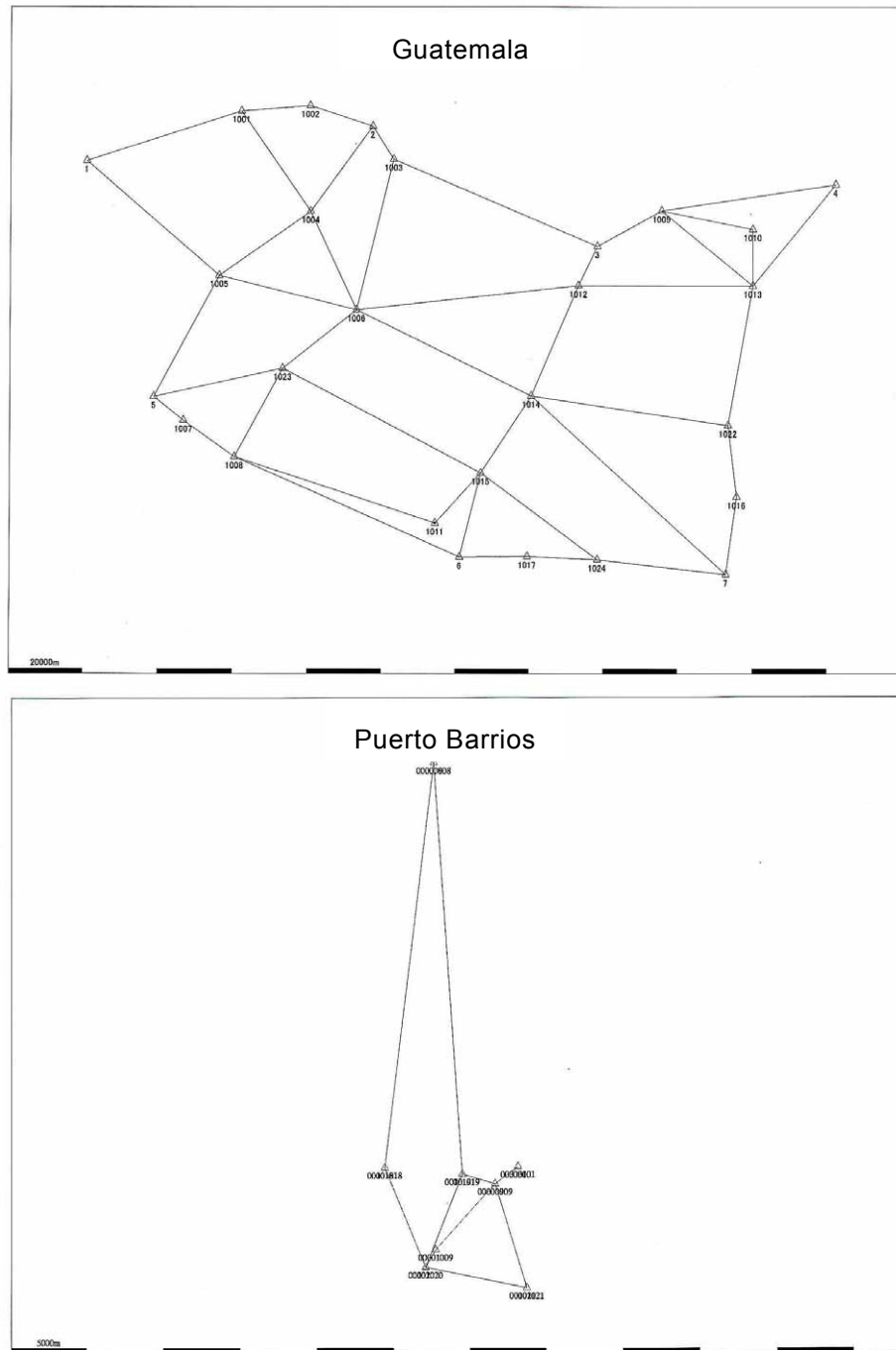


図 4.2-1 標定点測量の網図

3) GPS 水準測量 (GPS スタティック観測)

GPS 水準測量は、水準点が設置されていない道路沿い約 100km について、約 4km 間隔で実施した。GPS 水準測量は GPS を用いた方式で実施し、多角路線を形成し、新設 GPS 水準点 34 点を設置した。与点には、標高を直接水準によって求めた基準点以上のものを使用した。観測は「GIS 等仕様協議」で決定した測量規程に準じて行った。

4.2.2 オルソフォトマップ作成

(1) 空中写真ネガフィルム スキャニング

データは、解像度 1 画素 20 μm 、モノクロ 256 階調で取得し、作業用データファイルとは別に元画像をアーカイブとして汎用性のある TIFF フォーマットで格納した。

(2) 自動空中三角測量

自動空中三角測量は、自動観測による多量のタイポイントにより、安定した結果が得られる。西部 649 枚、中央部 1070 枚、東部 18 枚の写真をそれぞれバンドル法により実施した。この作業はバッチ処理により、自動処理を多用し業務の効率化を図った。

(3) DEM 生成

DEM の抽出は、ステレオペアの対応点を自動処理により探索・決定する作業である。DEM の間隔は 1/10,000 図上で 4mm にあたる 40m とし、この縮尺で求められる地形の表現、等高線の生成、およびオルソフォトの生成に適した値である事を確認した。

(4) 等高線生成

等高線は、当初計画していた主曲線 5m、計曲線 25m での描画では、特に山岳地において間隔が必要以上に狭くなり、背景の画像データが隠れてしまうことが判明した。そのため IGN および INSIVUMEH 双方のカウンターパートと協議を行い、計曲線を 50m、主曲線を 10m の間隔と決定した。ただし、平坦部においては 5m 間隔の間曲線を表示することとした。

(5) 等高線データ図化

等高線は上記作業で生成した 40m 間隔の DEM をもとに、TIN モデルを生成し等高線を発生させる手法と、デジタル図化機上で作業員の実体視により取得する方法とを併用した。

DEM をもとに生成した等高線と、図化した等高線の誤差が 2.5m を越える森林地帯等については、その地域を抽出し作業員が手動で図化した。森林地帯はスタディエリアの約 40% を占め、その森林地帯の DEM を樹高の分下げる処理を行うより、直接図化により等高線データを取得した方が、精度的に望ましくかつ効率的であった。

(6) 最終 DEM の作成

直接図化により取得した等高線データをもとに TIN モデルを生成した。この TIN モ

デルより、この地域の 40m 間隔の DEM を生成し、上述の自動処理で得た DEM と合わせ、全対象地域の 40m 間隔の DEM を完成させた。

(7) 点検・修正

等高線データ生成について以下の項目についての精度管理をモデル単位に実施し、不良箇所については修正を行った。

- 手法（自動発生法・等高線描画法）
- （自動発生のみ）粗大誤差（誤マッチング）箇所数
- （自動発生のみ）マニュアル修正（樹木・家屋等）必要箇所数
- 隣接モデル間接合修正必要箇所数

DEM データ生成について以下の項目についての精度管理を実施し（モデル単位）、不良箇所については修正を行った。

- データ整列順序
- フォーマット正誤
- 点数

(8) 地物データ図化

デジタル図化機を用いて地物の図化を行った。図化の主な項目は、図 4.2-1 のとおりとした。原則としてデータは 3 次元で取得し編集を行った。

表 4.2-1 地物図化項目

	点	線	面	注記
道路中心線				
鉄道中心線				
河川中心線				
湖沼				
道路ト礼中心線				
道路橋梁中心線				
鉄道ト礼中心線				
鉄道橋梁中心線				
標高単点				
等高線				
標高数値				

(9) 河川縦横断

河川氾濫解析のため、ハザードマップ作成方針の協議で選定された 1 河川について航測による河川縦横断図を作成した。横断測線は扇状地の扇頂部から 2km ピッチとし、

幅員約 500m (片側 250m) とした。縦断図の縮尺は、横 (距離) 1/10,000、縦 (高さ) 1/100 とし、横断図の縮尺は、横 (距離) 1/1,000、縦 (高さ) 1/100 とした。

(10) 自動オルソフォト生成

生成された DEM とデジタル化した空中写真を用いて、自動処理によりオルソフォトを生成した。この際、ステレオペアを構成する左右どちらの写真を使用するか明確にし、概略の接合線を設定した。

(11) モザイクキング

調査団は、生成されたオルソフォトを隣接写真との重複範囲内で最も適切と思える部分を手動で接合線として設定し、モザイク画像を作成した。その後、1/10,000 図郭単元に切り出し処理を行った。

図郭ファイルの仕様を以下に示す。

解像度	: 600dpi
階調	: モノクロ 256 階調
フォーマット	: TIFF

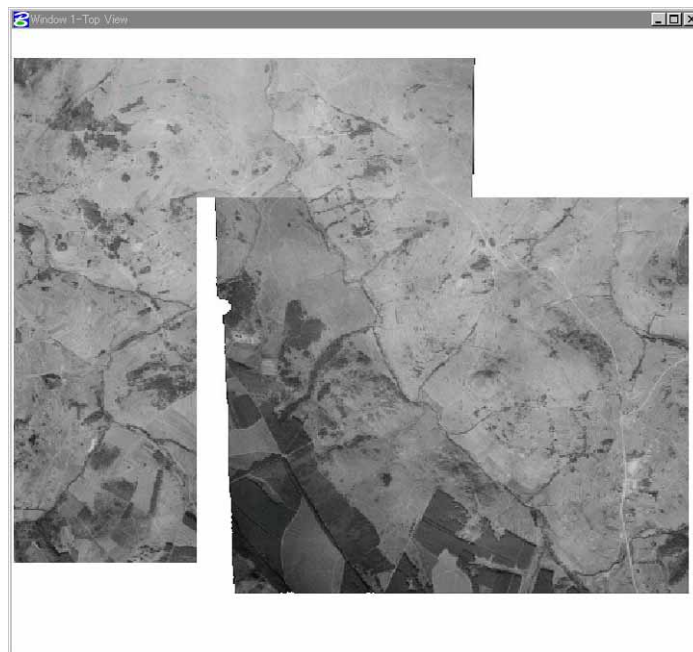


図 4.2-2 モザイク作成

(12) 行政界、行政名確認

1/50,000 注記をもとに作成しているため、全ての 1/10,000 図面に行政名が入っていない。よって、1/10,000 オルソフォトの各図面に行政名が入るように再配置する必

要があった。行政界が図面に入っていない場合は、行政名を図面中央付近に1個配置し、行政界が入っている場合は、各行政区画に行政名を1個、各区画中央に配置するよう、IGN と協議済みである。

(13) フィールドでの補測調査

1) 注記の位置の確認

予察作業で抽出された不明確な注記位置の確認を行った。

2) 配置密度の適正化

予察作業で抽出された新たな集落名を現地で直接調査した。記入した注記は、別途 EXCEL ファイルを IGN が作成し、スペルミス防止を図った。

3) 必要な公共施設等の確認

学校、教会、病院、警察署、軍隊駐屯地、役所の正確な位置を現地にて確認した。これは災害時に救援機関となる関係機関、避難場所と想定される公共施設および医療関係機関である。

それぞれ記号ではなく、「Escuela」、「Iglesia」、「Hospital」、「Policía」、「Militar」、「Municipalidad」と注記を記入し、指示点をその建物に落とした。

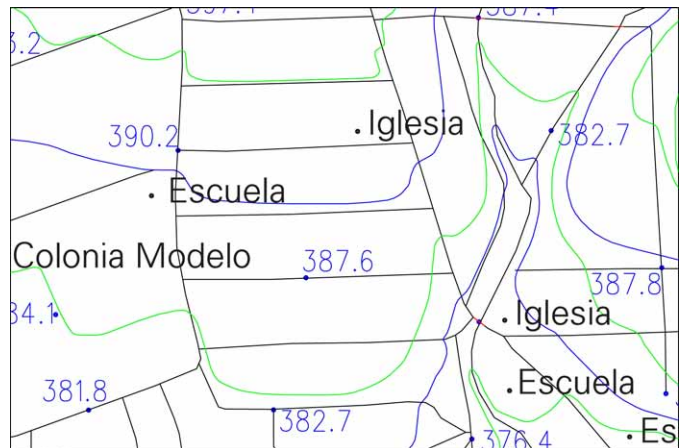


図 4.2-3 MicroStation による注記データの編集



図 4.2-4 注記データとオルソフォトデータの合体



写真 4.2-1 現地調査およびその OJT の風景

(14) 注記 / 行政界データ入力

オルソフォトマップの注記は原則として、1/50,000 国土基本図作成業務にてデータ化したもののサイズを縮小し入力した。そのため、注記が指示する対象物が不明確になるものも一部あったが、調査結果を元にその位置を修正した(図 4.2-5)。

注記入力に関して特に作業上問題であったのは、スペイン語独特の表記である。

MicroStation にてスペイン語を入力する際

にはオペレーションシステム及び、MicroStation が英語版でない場合、文字化けを起こし正確に表現されない。

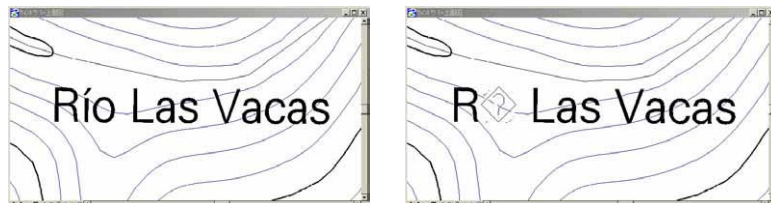


図 4.2-6 正常な文字列と変化した文字列

「グ」国に提供した調査用機材は双方とも英語版であるが、調査団の使用するのは双方とも日本語版であった。そのため暫定的措置として調査団が注記を編集する際にはアクセント記号等は別の文字に置き換え、全ての作業が終了後調査用機材の MicroStation によって一括変換を実施し、正確な表現を再現した。

(15) 数値編集 / 構造化

数値編集が終了した地形データ、地物データ、注記・行政界などのデータは、GIS による今後の有効活用を促進するために構造化編集を実施した。具体的にはネットワークを構成する道路、鉄道、河川などの各中心線要素については、データの方向性、連続性などを検査・修正した。特に連続性が損なわれ易い図郭間の線要素（図 4.2-7）について重点を置いた検査・修正を実施した。

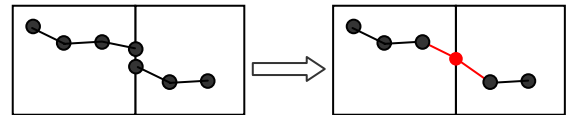


図 4.2-7 図郭間の接合処理

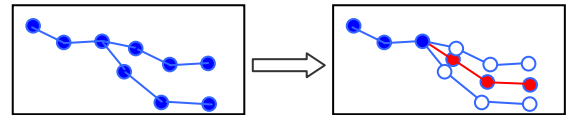


図 4.2-8 河川中心線の発生

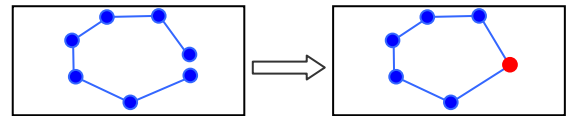


図 4.2-9 湖沼の閉図形化

二条の河川は別途中心線を発生させてから同様の処理を施した（図 4.2-8）。

湖沼については、水涯線を確実に閉図形（図 4.2-9）とした。

(16) 精度管理

検査は図郭毎及び全域一括に高さの粗大誤差、データの連続性、レイヤー構成について調査団が行い、精度管理表に取りまとめた。

(17) 出力図、CD-ROM 作成

デジタル写真測量システムによって作成したオルソフォトに各種ハザード情報をオーバーレイしたオルソフォトマップの作成を実施した。

作成したオルソフォトは縮尺が 1/10,000 で総面数が 401 面となり、取り扱いやデータ管理が煩雑となることが予想される。調査団とカウンターパートは、ハザードマップの本来の目的を考慮し、1/10,000 の縮尺で出力する必要は無いと判断した。そこでハザードマップ作成地域を 6 ブロックに分割し、1/25,000 で出力することとした。

オルソフォトデータは経緯度により図郭を設定しているため、図郭は歪んでいる。オルソフォト画像では図郭に接する斜めの部分の画素を白に設定しているため、そのままの状態では隣り合ったオルソフォトとの間に隙間が生じてしまうこととなる。この問題はグラフィックソフトウェアによって白色を抜くことで解決した。

この画像データに各種ハザードマップをオーバーレイし、全ての図葉に製飾を施し、出力を行った。出力図とは別に、オルソ画像データと図形データは、全図葉について CD-ROM を作成した。

4.3 ハザードマップ

4.3.1 概略

(1) 目的

グアテマラ国では、1998年にハリケーンミッチによって大きな被害を受けた。本来、地震や火山など災害を受けやすい国土であるため、ハザードマップを作成することにより、危険区域を明らかにし、避難対策や安全な土地利用を推進することが災害による損失を少なくするために極めて重要である。

ハザードマップ作成プロジェクトは、JICA study team と Guatemala 政府機関、特に INSIVUMEH が協力し、グアテマラ国の防災力向上のために不可欠であるハザードマップを作成すると同時に、ハザードマップ作成に必要な各種の技術移転を行い、ハザードマップ活用の在り方を提案することを目的として行われた。

(2) ハザードマップ作成業務の流れ

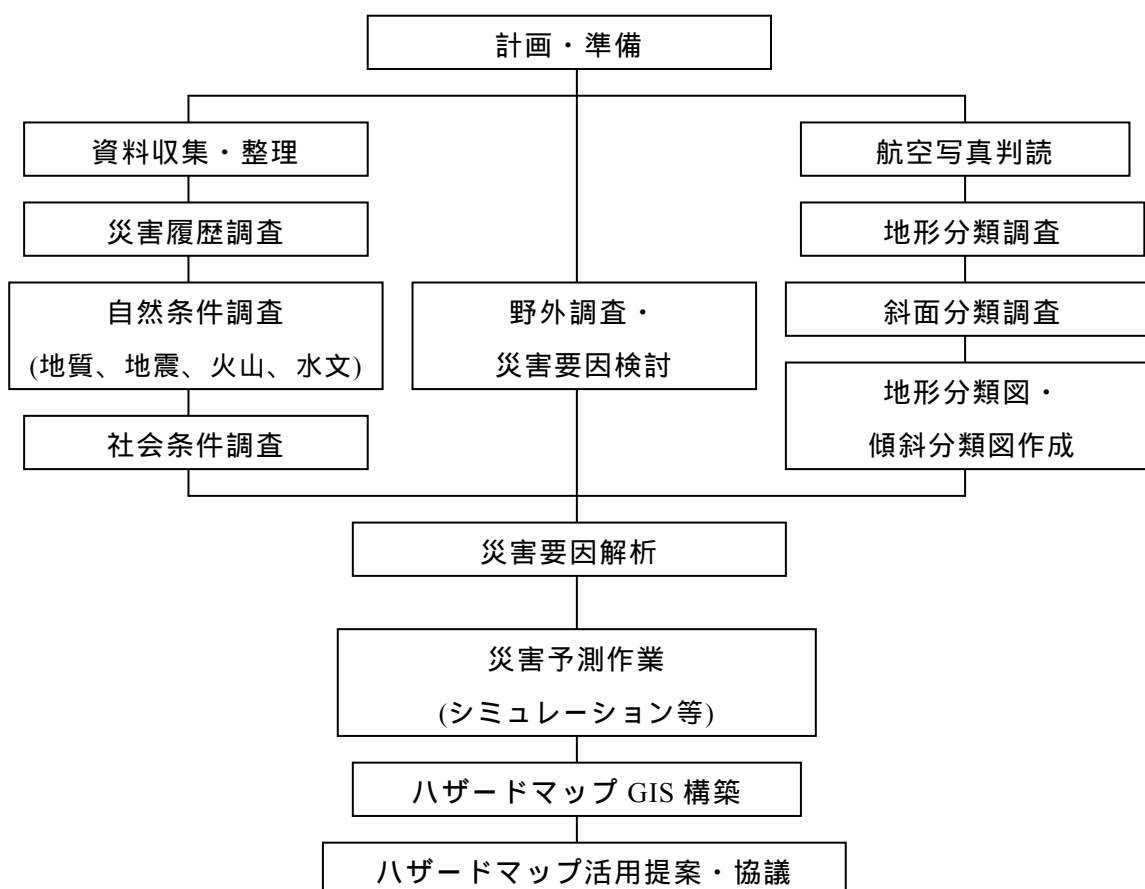


図 4.3-1 ハザードマップ作成業務の流れ

2000年度の主な作業内容

- ・ 計画準備
- ・ 実施方針協議（目的、工程、作業体制、成果品など）
- ・ ハザードマップ作成にかかわる現状調査
- ・ 資料収集・整理
- ・ 野外調査（各地域の災害環境に関する概況把握）

2001年度の主な作業内容

- ・ 実施方針協議（工程、作業体制、技術移転）
- ・ 災害履歴調査
- ・ 自然条件調査（地質、地震、火山、水文）
- ・ 社会条件調査（人口、建物、国家・地域の防災体制）
- ・ 航空写真判読
- ・ 地形分類調査、斜面分類調査
- ・ 野外調査（災害要因検討）
- ・ 災害要因解析（ハザードマップ作成手法協議）

2002年度の主な作業内容

- ・ 実施方針協議（工程、作業体制、技術移転）
- ・ 地形分類図、斜面分類図作成
- ・ 野外調査（災害要因検討）
- ・ 災害予測作業（シミュレーション等）
- ・ GIS技術移転

2003年度の主な作業内容

- ・ 実施方針協議（工程、作業体制、技術移転）
- ・ 災害予測結果協議（シミュレーション手法等）
- ・ 成果品作成
- ・ ハザードマップ GIS 技術移転
- ・ ハザードマップ活用提案・協議
- ・ セミナー準備・開催
- ・ 成果品の提出

作成したハザードマップは表 4.3-1 の通りである。

表 4.3-1 作成したハザードマップ

災害のタイプ	調査地域	図の数		
		1:50000	1:25000	1:20000
地震災害	Guatemala City	5		
	Quetzaltenango			1
	Mazatenango			1
	Escuintla			(combined)
	Puerto Barrios			1
火山災害	Tacana	1		
	Santiaguito		5	
	Cerro Quemado		4	
	Pacaya		4	
地すべり災害	Guatemala City		4	
	Quetzaltenango		3	
	Antigua		1	
	North-west Region	14		
	Central Region	5		
洪水災害	Samala River		5	
	Acome・Achiguate・ Maria Linda River		12	

タカナ火山および地すべりの North-west Region、Central Region は出力図 13 セット（うち先方政府 10 セット）。他は印刷図で 103 セット（うち先方政府 100 セット）。

4.3.2 ハザードマップ作成環境

(1) 防災に係わるグアテマラ政府組織

本プロジェクトのハザードマップ関係のカウンターパート機関は INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sisimologia, Vulcanologia, Meteorologia, e Hidrologia: 地震火山気象水文庁) である。INSIVUMEH は自然現象の観測、記録、予報業務などを中心業務としているが、他国の研究者・ドナー機関の作成した既存のハザードマップ作成にも協力している。観測機器は内戦やハリケーンミッチによって破壊されたままであったが、近年 USGS を中心とした支援により、少しずつ整備されてきている。しかし、予算が削減されている現状で、観測や研究にかかわる人員はほとんど増えておらず、技術的な面での改善は遅れ気味である。

CONRED (Cordinadora Nacional para la Reduccion de Desasteres : 国家防災委員会) はハリケーンミッチ後、防災に関する多くの権限を持つ機関になり、各国の支援を受けている。緊急事態に対応できるような機材（移動手段、情報収集体制、機器など）が着実に整備されてきている。既存のハザードマップ情報は INSIVUMEH から得ているが、

GIS を活用して地方自治体の防災教育・指導を行っている。

表 4.3-2 防災に係わる主な機関

機関名	機関名 (日本語)	主な業務	ハザードマップとの 係わり
INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sisimologia, Vulcanologia, Meteorologia, Hidrologia)	地震火山気象 水文庁	地震、火山、気象・気候、 水文観測、観測記録の 管理、天気予報、災害 調査	過去のハザードマッ プ作成にかかわった 機関、本プロジェクト のカウンターパート 機関
CONRED (Cordinadora Nacional para la Reduccion de Desasteres)	国家防災委員 会(大統領直 属機関)	緊急時対応、防災機関 の調整、防災計画策定、 自治体の指導	ハザードマップの利 用機関

(2) 既存のハザードマップ

ハリケーンミッチ以前からハザードマップが作成されてきている(表 4.3-3)。国全体をカバーするような小縮尺のハザードマップは 2000 年ごろ作成された。詳細なハザードマップは、火山に関しては 1986 年ごろ多く作成された。地すべり・斜面崩壊・土石流のハザードマップはハリケーンミッチ後、USGS によってモタグア川流域などで作成された。地震と洪水のハザードマップはほとんどなく、JICA プロジェクトによるハザードマップが最も詳細なマップとなる。

表 4.3-3 グアテマラで作成された主なハザードマップ

Hazard	Object	Year	Scale	Title	Disaster factor	Creator
Earth-quake	All country	2000	1:250,000 1:2,000,000	Catálogo de Mapas República de Guatemala - Amenazas de Sismos -	Scale of intensity	MAGA
Volcano	Tacaná	1986	1:50,000	Mapa preliminar de zonas de riesgo potencial de flujos de lava y depositos de nubes de cenizas de futuras erupciones del Volcan Tacana.	Lava flows Ash cloud	INSIVUMEH
				Mapa preliminary de areas de riesgo potencial de futuros flujos piroclasticos, flujos de lodo e inundaciones y explosions laterals del Volcan Tacana, Guatemala	Pyroclastic flows, Mud flows, Floods, Lateral blasts, Dome extrusion, Lava flows, Avalanches	
Volcano	Santiaguito	1988	1:50,000	Mapa preliminar de riesgos volcanicos del domo de Santiaguito, Guatemala	Pyroclastic flows, Lahars, Floods, Surge, Crater collapse, Lateral blast, Inundations	INSIVUMEH
			1:500,000	Mapa preliminar de zonas de riesgo potencial de depositos de nubes de ceniza de futuras erupciones del domo de Santiaguito, Guatemala	Ballistic bomb Ash fall	

4.3 ハザードマップ

Hazard	Object	Year	Scale	Title	Disaster factor	Creator
	Cerro Quemado	1989	1:50,000	Areas de peligro potenciales para flujos de lavas, flujos piroclasticos y nube de cenizas- asociados en Cerro Quemado, Guatemala	Lava flows Pyroclastic flows Ash clouds	INSIVUMEH
				Area de peligros potenciales para explosiones laterals, avalanches, flujos de lodo, lahars y tephra en Cerro Quemado	Lateral blasts Ash fall Debris avalanche Debris flows	
	Fuego	1987		Preliminary ashfall hazard map for Fuego volcano, Guatemala.	Ash fall	INSIVUMEH
				Mapa prelininar de riesgo volcanico del volcan de Fuego	Ballistic bomb Debris flow Debris avalanche Lava flow	
	Feugo and Acatenango	2001	1:50,000	Riesgos volcanicos en Los Volcanes Fuego y Acatenango, Guatemala	Pyroclastic and lava flow Debris avalanche Lahar	J.W. Vallance, S.P. Schilling O.Matias W.I.Rose M.W.Howell
	Pacaya		1:55,000	Mapa que muestra las areas de riesgo de avalanches de debris y colapso del volcan de Pacaya	Collapse Debris avalanche	INSIVUMEH
				Mapa que muestra las areas de riesgo de base surge y otros flujos piroclasticos del volcan de Pacaya	Base surge Pyroclastic flow	
				Mapa que muestra las areas de riesgo de flujos de lava del volcan de Pacaya	Lava flow	
				Mapa que muestra las riesgo de flujos de lodo del volcan de Pacaya	Mud flow	
				Mapa que muestra las areas de riesgo de caida de bloques de lava del volcan de Pacaya	Ballistic blocks Ash fall	
Land-slides	All country	2000	1:250,000 1:2,000,000	Catálogo de Mapas República de Guatemala - Zonas susceptibles a Deslizamientos -	Landslide, Collapse, Debris flow	MAGA
	Motagua river and Polochic river basin	2002	1:50,000	Mapa de Amenaza	Landslide, Collapse, Debris flow	USGS
Floods	All country	2000	1:250,000 1:2,000,000	Catálogo de Mapas República de Guatemala - Zonas susceptibles a Inundaciones -	Principal river, Problem of drainage	MAGA

(3) グアテマラの過去の災害

グアテマラの災害記録はきちんと整理されてはいない。本調査で、各種の文献・記録などを収集整理し、マヤ時代からの現在まで（1469年から2003年まで）の災害年表を作成した。534年間で230事例が確認されたが、記録の信憑性の低いものもありそうである。表 4.3-4 は主要な災害を抽出したものである。

表 4.3-4 歴史的な大規模災害

年月日	被害の概要
1541	Ciudad Vieja Earthquake. , the old Capital City of Guatemala was destroyed.
1773-7-29	City of Antigua Guatemala was destroyed by the earthquakes of Santa Marta . Max IM=IX, Ms=6.5
1862-12-19	Earthquake of Santa Catarina Ixtahuacán , Tecpán. The area of intensity of VIII and VII was 29,444 km ² , and that of VI was about 54,000 km ² . Max IM=VIII, Ms=7.24, D=30 km
1902-10-24/25	Eruption of Santa María Volcano . About 6,000 deaths. It is called the Twentieth Century's eruption (probably at world level).
1929-9-15	Hurricane . Heavy rainfall at the whole country, damages in 24% area of the country. Destruction of the railroad of Los Altos (Quetzaltenango-San Marcos Area). Affected road sections: 33, bridges: 24, towns: 18
1929	Eruption of Santiaguito volcano . Killed about 2, 500 persons.
1933-9-11	Tropical storm . Deaths: 59 persons. Affected road sections: 47, bridges: 50, railroads: 9, inundated towns: 64, tumbled houses: at least 110, settlements and crackings: 9, affected public facilities: 21. Damages in 37% area of the country
1942-8-6	The biggest earthquake up to now, in terms of energy liberation. Main damages were recorded at Guatemala, Sacatepequez, Chimaltenango, San Marcos, Totonicapán, EL Quiché, Escuintla and Huehuetenango. MR=8.3, D=60 km.
1949-9-28	Tropical storm . Total duration: Sept. 27-Oct.6 th . Economic losses: US\$ 13.6 million.
1969-9-3	Hurricane Francelia . About 500 deaths. Economic losses: US\$ 6.5 million
1974-9/14-19	Hurricane Fifi . About 8,000-10,000 deaths. Economic losses: US\$ 30 million.
1976-2-4	Guatemala Earthquake . Most deadliest earthquake. 22,778 deaths and 76,465 injured. Economic losses: US\$1, 250 million. Max IM=IX, MR= 7.5, D=5 km.
1998-10-27/30	Hurricane Mitch . 202 deaths. Economic losses: US\$748 million.

Nomenclature:

IM=Intensity Mercalli, MR=Magnitude Richter, Ms=Magnitude of Surface Wave, MI=Local Magnitude, Mag=Magnitude (no specification), SS= Seismic Source, EP= Epicenter, D=Depth, E=Earthquake, V=Volcanic Eruption, H= Hurricane, L=Landslides

近年の大きな災害としては、1998年10月末から11月初めにかけて中米を襲ったハリケーンミッチ（グアテマラでの死者202人）、1976年2月4日に起こったグアテマラ地震（死者22,778人）、1974年9月のハリケーンフィフティ（死者約10,000人）、1929年のサンティアゴ火山噴火（死者約2,500人）、1902年のサンタマリア火山噴火（死者約6,000人）などがあげられる。

2001年の現地調査、航空写真判読及び各機関の資料に基づき、ハリケーンミッチによる被害を表した災害履歴図を作成した。災害履歴図の背景は1/50,000地形図（デジタルデータ）である。作成した範囲は、本プロジェクトの洪水調査対象地域である4河川の流域とグアテマラ市およびプエルトバリオスである。

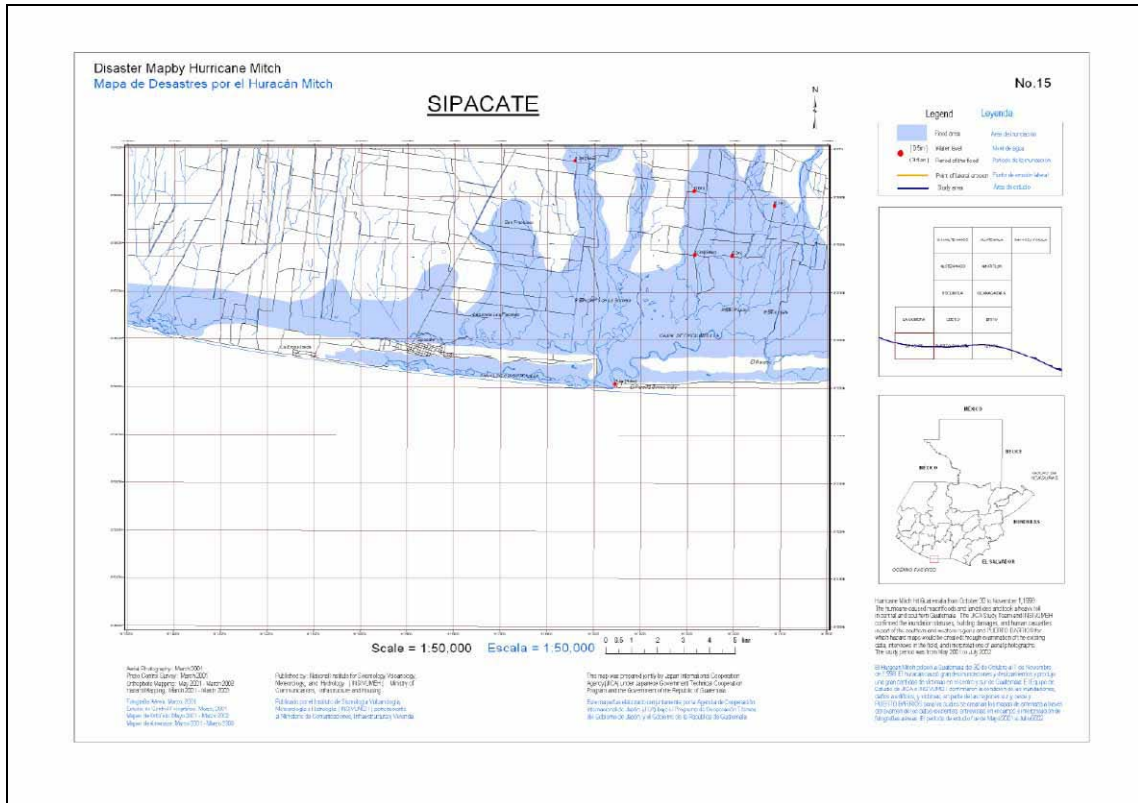


図 4.3-2 災害履歴図の事例

(4) 自然環境

グアテマラ国は、カリブプレート、太平洋プレート、北米プレートの会合部にあり(図 4.3-3)、地震、火山噴火が頻発している。また、周辺海域ではハリケーンの発生が多く、年平均 1 から 2 個のハリケーンがグアテマラに襲来する。国土の中南部は急峻な山地や脆弱な火砕流堆積物に広く覆われているため、地震や豪雨によって地すべり、崩壊、土石流などの土砂災害が起こりやすい。

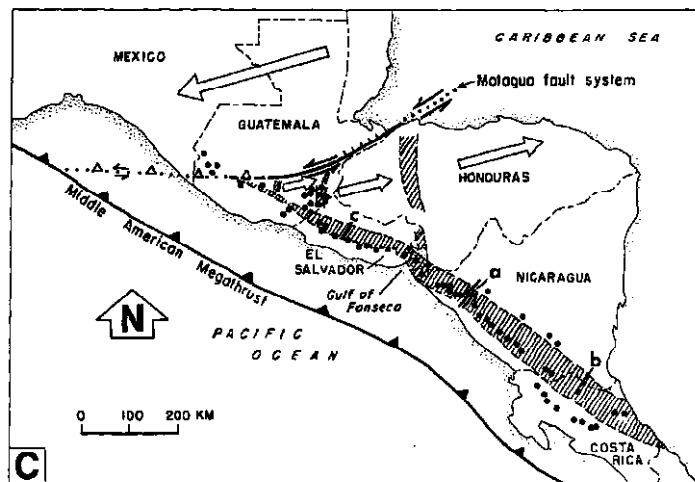


図 4.3-3 グアテマラ周辺のプレートの動き (G. Plafker, 1978)

(5) 地形分類図および傾斜分類図の作成

災害環境把握とハザードマップ作成の基礎として、写真判読と現地調査により地形分類図を作成した。地形分類の成果はいったん縮尺 1/10,000 のオルソフォトマップに移し、その成果をデジタル化し、縮尺 1/25,000 のデジタルマップとした。

Landslide 調査地域の北西地域と中央地域については、地すべり評価のひとつの要素として、傾斜分類図を作成した。さらに、写真判読や現地補足調査で把握した地すべり・斜面崩壊・ガリの集中する区域・土砂災害の影響を受けやすい主要道路をデジタル化した。

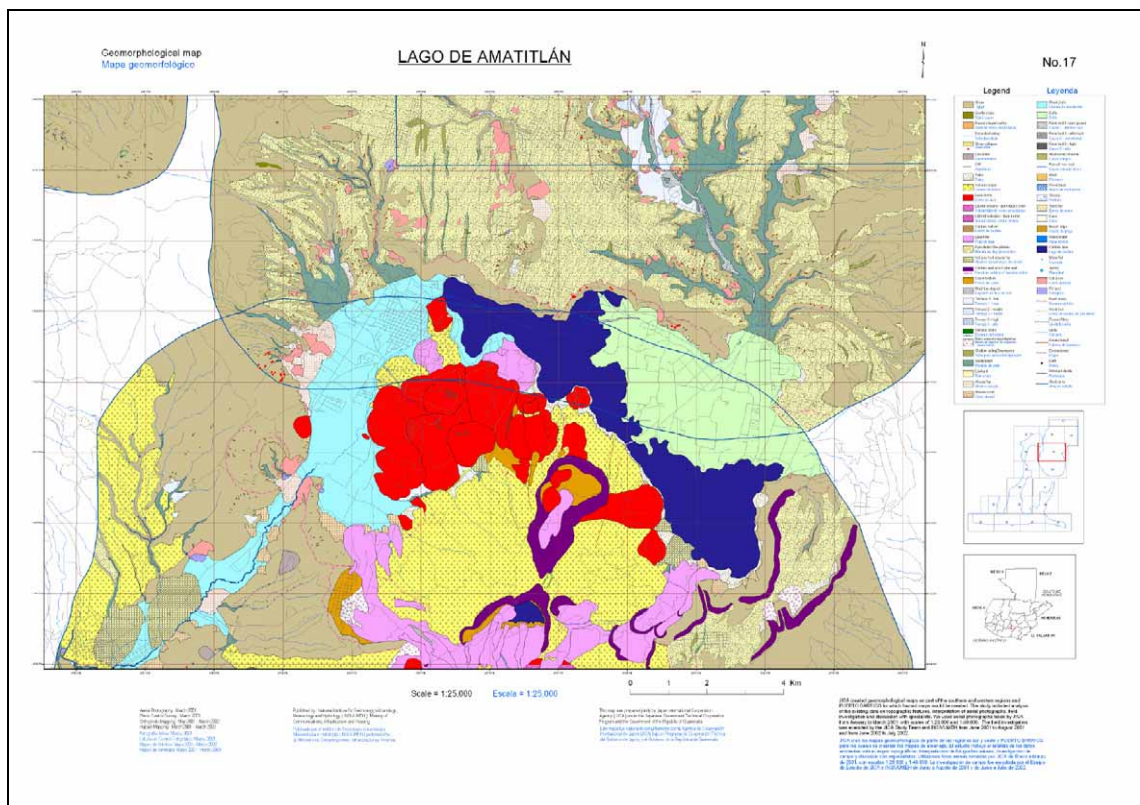


図 4.3-4 地形分類図の事例

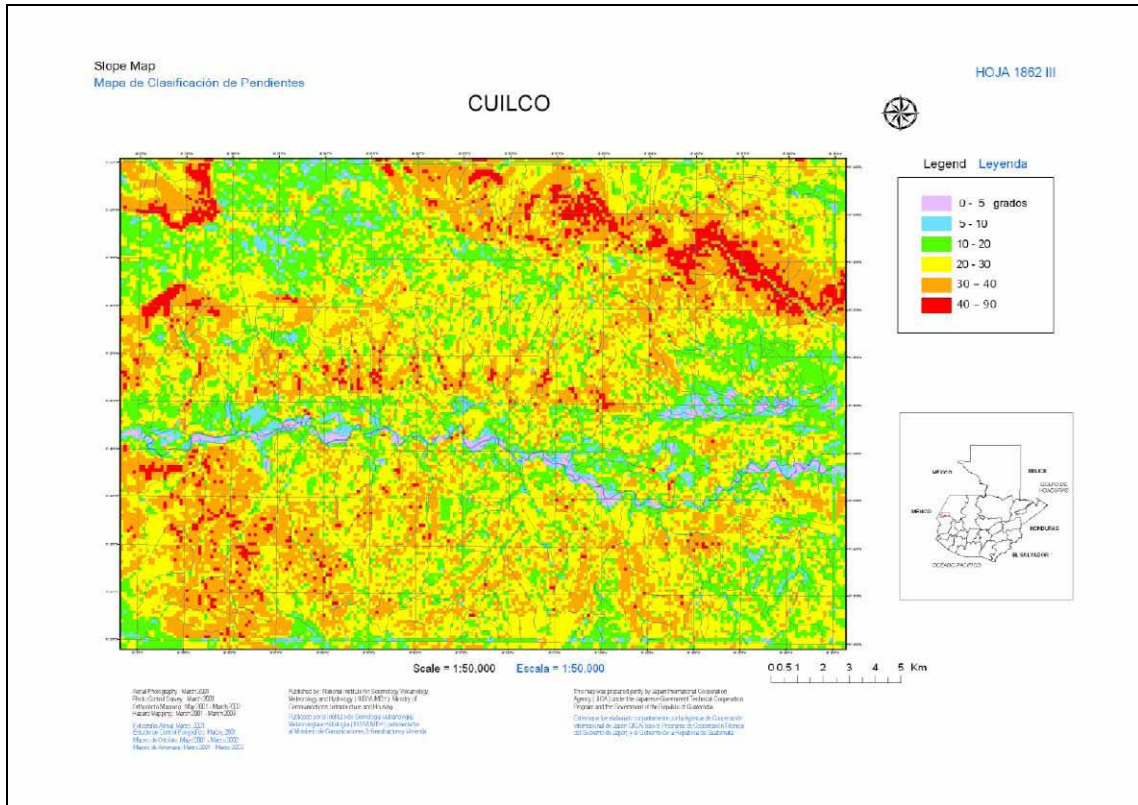


図 4.3-5 傾斜分類図の事例

(6) 社会的脆弱性

社会条件から見ると、貧困、災害文化の欠如、土地政策ビジョンの欠落など社会的な面での脆弱性が災害の発生と大きく関連している。貧困は土地の選択を不可能にし、急傾斜地や川沿いの低地など住むことの適さない土地へ住まざるを得なくなっている。しかも、そうした土地に住む人々やコミュニティーには情報伝達機材や避難路など十分な防災施設がなく、災害情報をテレビ・ラジオから得て、個人の判断で避難するケースが多い。斜面を駆け上がって、安全な台地までの避難経路や避難所などの整備は遅れている。

また、人口移動も激しく、新住民が多いことから過去の災害がきちんと伝承されていない。

さらに、行政においては、災害を受けない、災害に強い町づくりを進めるために、危険地域への居住や土地利用に制限を加えるに至っていない。ハリケーンミッチのあと、政府機関が積極的に防災に取り組んできているが、災害危険地域に多くの人々が居住しているという、防災上の最大の問題は解決されていない。

現地調査で見える限りは、道路や河川構造物については応急段階の工法のまま、あるいは外見からはほとんど工事が行われていないといってよい。山岳道路については、

主要道路であっても切ったままのり面で、落石や小規模の斜面崩壊が頻発している。一部の橋梁は洗掘の危険にさらされている。

洪水管理、水質管理の面からみても、流域管理が重要である。グアテマラは優れた農業国であり、斜面のかなりの部分が農地として利用されている。傾斜 15 度以上になると、土壌の流失が著しくなり、土石流や洪水の原因となる。2002 年 6 月の Ciudad Vieja 土石流災害等は Agua 火山山腹の開発がひとつの原因と考えられる。上流域での植林支援、河川沿いの土地利用評価にもとづく土地利用制限、計画洪水流量の設定と護岸・堤防整備計画など大きな課題が残っている。

4.3.3 ハザードマップ作成

(1) 概要

ハザードマップは大きく分けて次の二つの方法で作成した。外力の規模を変えたり、物理量として計算が可能なものはシミュレーションによって危険区域を予測したが、不確定要素の多いものや物理的モデルで計算する方法が確立していないものについては、統計的手法や地形分類をベースにした経験的手法で危険区域を予測した。

表 4.3-5 災害の項目と危険区域予測の方法

災害種	主な予測項目	経験的手法	シミュレーション
地震災害	地震動		
	液状化		
火山災害	降下火砕物		
	火砕流		
	溶岩流		
	ラハール(泥流)		
	山体崩壊		
地すべり	地すべり		
洪水	浸水区域		
	浸水深		

(2) 地震ハザードマップの作成

グアテマラでは、国全体の地震ハザードマップ（地震動の予測値に基づくゾーニング）が作成されているが、市単位で詳細な地震動予測図や液状化危険度マップは作られていない。本調査では、INSIVUMEH と協議を重ね、各調査地域に影響を及ぼす可能性の高いターゲット(想定)地震を選定し、以下のような流れで、地震ハザードマップを作成した。