

8 ハザードマップの作成

8-1 地震

(1) 地震ハザードの考え方

自然現象としての地震ハザードには、地表面地震動、表層破壊、斜面崩壊、液化化などの種々の現象がある。これらの現象のポテンシャルを表現することがハザードマップの主題であるが、これらの現象のうち地表面地震動は他の現象の要因となる最も基本的な物理量に位置づけられる。地表面地震動は地震震源、伝播経路、表層増幅特性などのファクターによって影響を受ける。すなわち地表面地震動は

- a) その地域の地震発生特性
- b) 地震動の距離減衰性
- c) 地域的な表層増幅特性

の影響を受ける。図 8-1 は地表面地震動の基本的なフローと、各段階に必要な種々のパラメータを示す。

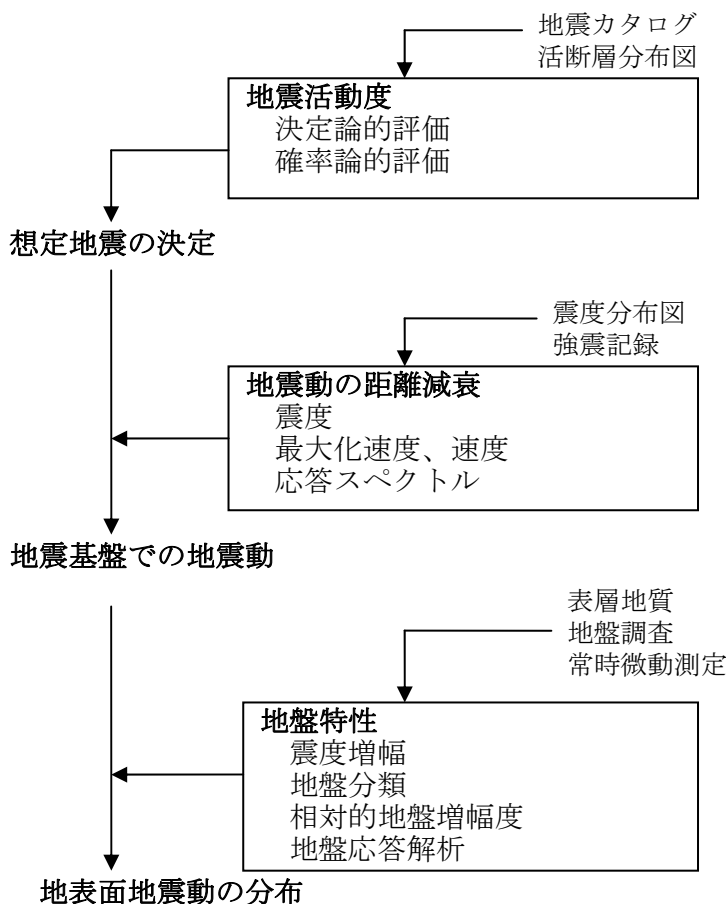


図 8-1 地表面地震動計算のフローチャート

出典: TC4 Manual

(2) 地震活動度の調査

シナリオ地震決定のために、次の項目についてデータを収集し評価・解析した。

- 過去の地震の被害履歴
- 対象地域周辺の構造地質
- マナグア地区の活断層
- 地震カタログ

収集した地震カタログは次の2つの主要カタログを基本に改良を加え、より実用的カタログを作成した。

- a) INETER による歴史地震カタログ(1505 - 1992)
- b) INETER による観測地震カタログ(1993 - 2001)

(3) シナリオ地震の決定

上記の解析と、カウンターパート専門家との協議により、活断層及び火山性の地震については決定論的に評価し、加えて再来周期 100 年の地震について確率論的に評価することを決定した。すなわち活断層地震、火山性地震、確率論的の地震の3タイプについて、下記の5つのシナリオ地震を決定した。

a) 活断層地震

マナグア周辺のたくさんの活断層のうち **Estadio** 断層と **Tiscapa** 断層は最近活動しているので除外し、次の2つの主要な断層をモデル化してシナリオ地震とした。

- **Aeropuerto** (アエロプエルト) 断層
- **Cofradia** (コフラディア) 断層

b) 火山性地震

マナグア周辺の活火山のうち次の主要な活火山について、最大規模の火山性地震モデル化した。調査では、新規に火山性地震カタログを開発したが、片山氏の分析後、火山性地震震度 5.5 以上の地震は、0.5 から 1.0 ポイント減少した。

- **Apoyeque** (アポヨケ) 火山 **M=6.0** (1852 年)
- **Masaya** (マサヤ) 火山 **M=6.0** (1772 年)

表 8-1 シナリオ地震のパラメータ

名称	活断層					火山性		
	アエロプエルト		コフラディア		アボヨケ	マサヤ		
	北部分	南部分	北部分	南部分				
北端	緯度		12.300	12.156	12.332	12.152	12.242	11.984
	経度		-86.175	-86.183	-86.107	-86.111	-86.342	-86.161
	UTM Zone16, WGS84	N	1359877	1343917	1363451	1343494	1353401	1324923
E		589675	588856	597041	596734	571566	591341	
南端	緯度		12	12	12	12	/	/
	経度		-86	-86	-86	-86		
	UTM Zone16, WGS84	N	1343917	1334844	1343494	1333711		
E		588856	584720	596734	594564			
長さ	(km)	16.0	10.0	20.0	10.0	0	0	
Total Length	(km)	26.0		30.0		0	0	
幅	(km)	8.0	5.0	10.0	5.0	0	0	
傾斜角	(deg.)	90		90		0	0	
深さ	(km)	8.0	5.0	10.0	5.0	0	0	
震源タイプ		oblique-normal(複合型正断層)			正断層		点震源	点震源
マグニチュード	Mw	6.7		6.8		6.0	6.0	

c) 確率論的な基盤地震動

確率論的な地震期待値を求めるために、新たに改良した地震カタログを用いて解析した。B 値解析及びハザードカーブ作成を行い、マナグア市域の再来周期 100 年の基盤地震動の期待値は 110 gal であり、標準偏差は 28 gal であることがわかった。

(4) 減衰式の選択

経験値による地震動の距離減衰式は、多くのものが提唱されている。これらのうち、過去にニカラグアやマナグア周辺の地震ハザードの検討に用いられた距離減衰式や、シナリオ地震のメカニズムに適していると思われるものをいくつか選択し、過去のマナグア周辺の地震記録を適切に表現できるかどうかを検討した。その結果、Joyner-Boore (1981)の式と Young(1997)の式を組み合わせた減衰式が、非火山性地震及び火山性地震に適用できることがわかった。

(5) 表層増幅度計算のための地盤モデル作成

表層増幅度計算のための地盤モデルを作成するため、次に示す各種データを収集し、評価・解析を行った。

- 地形データ
- 地質データ
- 各種地盤調査データ

既存の 170 本のボーリングデータをコンパイルして、東西方向に 4 断面、南北方向に 3 断面の地質断面図を作成した。これを基に、米国で提唱されている表層 30m の平均 S 波速度 (AVS30) を用いる方法を適用した。この方法は NEHRP (National Earthquake Hazards Reduction Program) で作成されたもので

“Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures,” (1997 edition, FEMA-302, 303; BSSC, 1997)によっており、地盤データの質と量が充分でない場合の方法として一般的なものである。

地盤のタイプは地形から、低地、丘陵地、その中間帯、山岳地、火山の旧火口の5種類に分類した。地盤分類図を図 8-2 に示す。

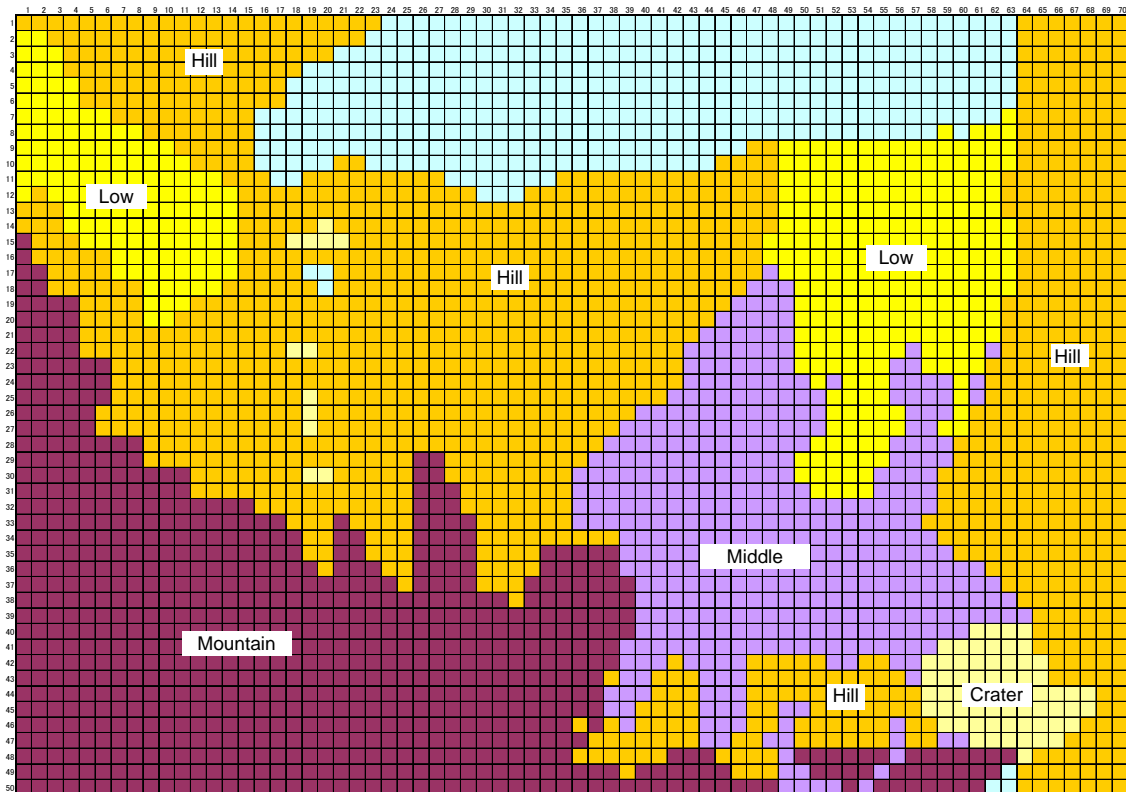


図 8-2 調査地の地盤分類図

(6) ハザードマップの作成

地震ハザードマップのエンドユーザーは、耐震設計、建設工事、都市計画、地震防災に従事する学術研究者、科学者、技術者であると想定でき、これらの人々に配布されると考えられる。しかし、今回作成した地震ハザードマップが直接的に建築コードの策定や、都市計画、地震防災計画に使えるわけではない。これらを実際に行うためには、当該建築物の位置、現状の都市計画図、各種防災資源の位置など、さらに詳しい情報をこのハザードマップに重ねることが必要になる。従って、この地震ハザードマップを配布する主な目的は、主要な断層や火山が活動した時の地表面最大加速度（PGA）の分布が、GIS 上のデータとして INETER で入手できることを広く宣伝するためと位置づけられる。このため、マップの大きさとしてカウンターパート機関と協議の上、17x22 インチとした。また地図上に次の情報を掲載することにした。

- 地表面最大加速度（PGA）の分布
- 地震パラメータ
- 距離減衰式
- 震度と PGA の対比

(7) 地震ハザードマップの例

図 8-3 にコフラディア断層によるハザードマップの例を示す。

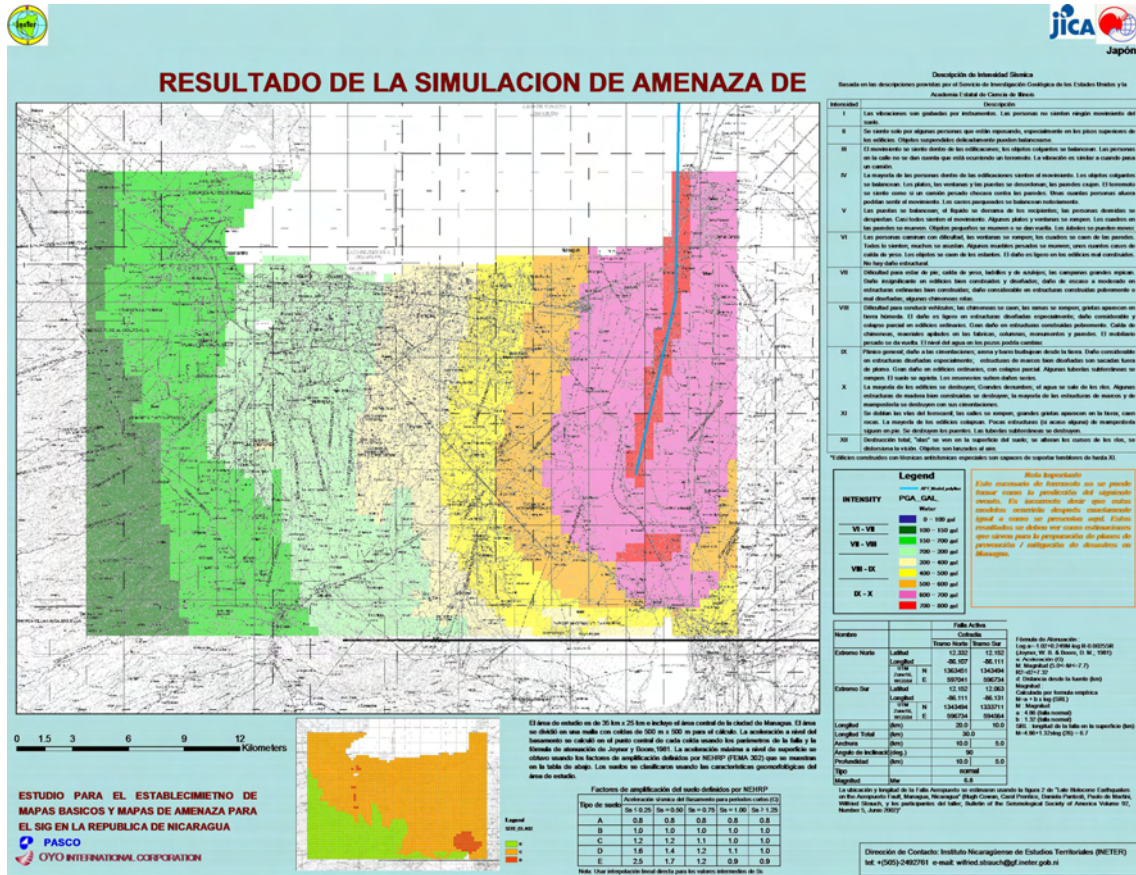


図 8-3 地震ハザードマップの例（コフラディア断層）

この図に示すマップを含み、5種類のシナリオ地震について各500部、総計2,500部のマップを印刷した。

8-2 火山

8-2-1 対象とする地域

火山ハザードの検討対象地域は、Telica-El Hoyo volcanic complex の約1300km²の地域である。

8-2-2 対象とする現象

火山ハザードにおいて対象とするのは Lava flow、Pyroclastic flow、Bomb(ejecta)、Tephra fall(ash fall)、Lahar の5種類の現象である。

8-2-3 火山地質資料収集解析

(1) 概要

対象地域における火山ハザードマップ作成に参照可能な基礎的な文献は以下のとおりである。

- 1) Martha Navarro(2002) Fichas de los Volcanes de Nicaragua, INETER
- 2) Martha Navarro(1994) Peligro Volcanico "Volcán Telica", INETER
- 3) Gardner, C. A., et al.(2004) Hazard Assessment for Volcán Telica, Nicaragua., USGS, Open File Report 2004-1046
- 4) Havlicek, P., et al.(2000) Estudio geológico y reconocimiento de la amenaza Geológica en el area de Leon, La Paz Centro y Malpaisillo, Nicaragua, Servicio Geológico Checo(CGU) en cooperacion con INETER.
- 5) Brittain, E. H. et al.(1998) 1995 eruptions of Cerro Negro volcano, Nicaragua, and risk assessment for future eruptions., Geol. Sc. Am. Bull, v.110, no.10, p.1231-1241

(2) 資料分析

収集した関連資料を分析した結果、次のような状況にあることが判明した。

- a. 火山体を構成する地層の層序が未確立である。
- b. Dating data が皆無である。従って、編年資料も皆無である。
- c. 火山活動データは概ね 1850 年以降のものに限られる。
- d. 個々の火山現象（岩相、地層）に関する記載データが皆無に近い。
- e. 個々の地層の基本的記載データが皆無である。
- f. ハザードマップが既に作成されている火山もあるが全ての工程を国土調査院内で処理することができない。

(3) ハザードマップ基礎資料分析

ハザードマップ作成のための基礎資料を得る為に、以下の資料分析を行った。

- 1) 降下火砕物（火山灰）
- 2) 高層気象データ

8-2-4 火山空中写真判読

調査団が撮影した縮尺約 1/20,000 でカラーの空中写真を用いて火山地域の地形判読を実施した。

8-2-5 火山地形地質調査(現地調査)

空中写真判読結果及び既存資料の整理・解析に基づきハザードマップ作成のため

の現地調査を実施した。図 8-4 に作成された調査対象地域地質図を示す。

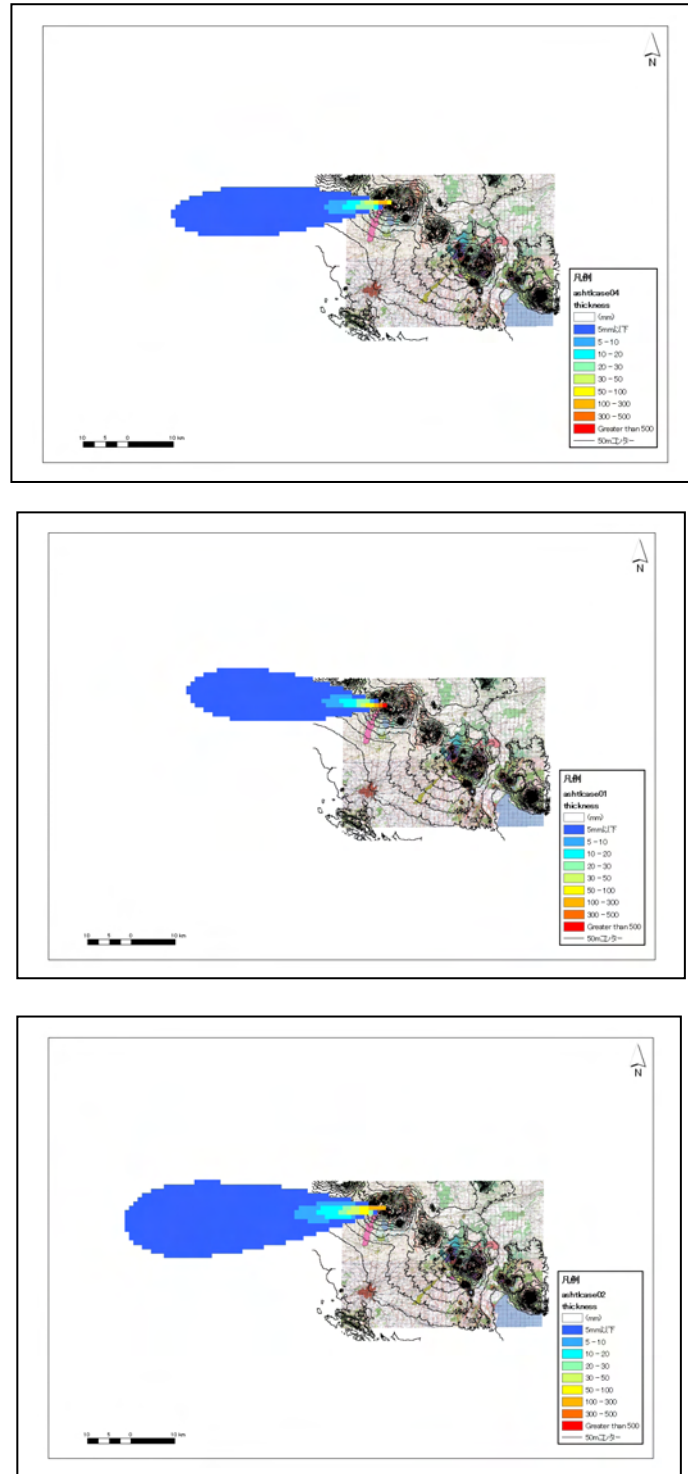


図 8-5 テリカ火山山頂からの降下火砕物計算例

(上図: Cerro Negro 1995 eruption と同条件、中図: Cerro Negro 1995 eruption の 2 倍の噴煙柱高さ、他は同条件、下図: Cerro Negro 1995 eruption の 2 倍の火砕物噴出量、他は同条件)

8-2-7 ハザードマッピング

(1) マップのユーザー

ハザードマップのユーザーは市または CIVIL DEFENSE クラスとする。

(2) 対象とする火山現象の規模(再現期間)の考え方

Telica-El Hoyo volcanic complex における噴火規模の検討では、既存資料及び現地調査等に基づき次に示す噴火規模を設定した。

溶岩流 : Volcán Telica 及び Volcán El Hoyo それぞれで現在地表に分布を確認できる溶岩流のうち、最大規模(見かけの体積)のもの。

降下火砕物 : Cerro Negro 1995 年噴火の実績規模(噴煙柱高さ、見かけの降下堆積量)を基本とする。

火砕流 : 現地調査に基づく。

火山弾 : 経験的に推定される火山爆発時の最大クラスの初速度で設定。

(3) ハザードマップ案

作成されたハザードマップ案を図 8-6 に記す。

