

内96-39

早稲田大学大学院理工学研究科

博 士 論 文 概 要

論 文 題 目

地理情報システムによる衛星データ及び
数値地形モデルを用いた地すべり危険度解析

申 請 者

小田島 高之

TAKAYUKI ODAJIMA

資源及び材料工学専攻
古生物学研究

1996 年 12 月

地すべりは自然災害の代表的なものの一つであり毎年多くの人命を奪っている。

自然災害で奪われる人命の25パーセントは地すべりに起因する

(Hansen, 1984)。このように毎年多くの人命を奪う地すべりに関する研究は、多方面からおこなわれている。しかし、地すべり現象が斜面の構成物質や状態などの斜面本来の不安定性(素因)のみならず、気象条件、地震、大規模な建設事業などの誘因が複雑に重なった結果起こる(Greenbaum et al., 1996)ということから、そのメカニズムを解明するまでにはいたっていない。

地すべりの危険度解析やその結果としての危険度図作成は、従来、地質調査や土質や岩石強度などの実験を中心とした解析や空中写真の判読による地形分類を中心におこなわれてきた。しかし、このような方法による解析には、莫大な時間やコストがかかるという欠点がある。

世界の爆発的な人口の増加に伴い、人間の居住する場所は拡大の一途をたどっている。その結果、人間の居住地と地すべりなどの潜在的な斜面災害地域とがオーバーラップする可能性は増大する一方である。このような状況において、従来の莫大な時間とコストを必要とする方法に代わる、迅速かつ低コストな地すべりの調査方法への必要性が高まっている。

空中写真は、先にも述べたとおり、従来より地すべりの解析に用いられてきた。

しかし、空中写真には、写真一枚の対象範囲が狭い、更新サイクルが長い、場所によっては入手不可能な場合がある、などの欠点がある。とくに写真一枚の対象範囲が狭いということは、ある範囲をカバーするために多くの写真枚数を必要とし、その判読にも時間がかかることを意味する。また、解析対象となる物体が、一枚の写真の範囲よりも大きな場合、その物体を見落とす恐れもある。

衛星画像は、デジタル記録方式であることからコンピュータによる高速な計算に適しており、空中写真に比較して解像度が低い反面、一画像の撮像範囲が広く、低コストでデータ取得サイクルが短いという利点を持っている。また、衛星の解像度はセンサー開発技術の進歩により、より高解像度化に向かっている。現在の代表的な高解像度衛星であるSPOTでは10mであるのに対し、つい最近打ち上げに成功した日本のADEOSという衛星には8mの地上分解能のセンサが搭載されている。また、1997年第一四半期に米国のEarth Watch社は、3mという高地上分解能センサを持つ衛星"Early Bird"を打ち上げる予定である。このほかにも高解像度センサをもった衛星の打ち上げは多数計画されており、このような高地上分解能な衛星画像の利用が可能になるにつれ解像度の欠点も解消されるであろう。

本研究では、以上のような背景をふまえ、衛星画像を効果的に利用することにより、地すべりの解析をおこなった。まず、衛星画像の空間的(Spatial)な利用として、SPOT画像の立体視による地すべり判読の可能性を検証した。つぎに、衛星画像の分光的(Spectral)な利用として、衛星画像の土地被覆解析を

おこない、地すべりの各部位によって異なる土地被覆や土地利用を捉えることにより、地すべり解析をおこなった。最後に、衛星画像及び既存の地図より作成されたDEM(Digital Elevation Model: 数値地形モデル)をはじめとするデジタルデータを用い、地すべり危険度の解析をおこない、地すべり危険度図を作成した。

本論文は、7章より構成される。以下に各章についてその概要を述べる。

第1章「はじめに」では、本研究の意義と背景そして目的について述べた。また、地すべりの基本的な用語の定義および発生のプロセスについても言及した。

第2章「調査地域について」では、本研究の調査対象地域であるインドネシア共和国西ジャワ州チアンジュール地域について、その位置や地質を述べ、現地調査の際の写真により地すべりの状況を示した。本調査地域を選択した理由は、日本の地すべり地域のように大規模な対策工事がおこなわれていないため、地すべり地形が良く保存されており、また、地すべりの規模が大きなことから衛星データによる解析に適していると考えられたためである。

第3章「GISデータベース作成」では、GIS(Geographic Information System: 地理情報システム)の基本的な概念を示し、本研究で用いた地形図、地質図、降雨図および衛星画像データを説明し、それらのデータよりGISデータベースを作成する手順について述べた。データベースの作成は、手作業によるところが多いため、研究全体に占める時間の多くをこの作業のために割かなければならなかった。しかし、このデータベースを作成することにより、その後のデータ解析が効率的におこなわれた。

第4章「SPOT画像の立体視による地すべり判読」では、従来、主に空中写真でおこなわれてきた地すべり地形判読を2枚の異なるSPOT画像の立体視によっておこなった。滑落崖、圧縮リッジ、縦断亀裂、副次地すべりの境界等の地すべり地形は良好に判読することができ、その結果、調査地域付近の地すべり体の分布を明らかにすることができた。さらに、地すべり体内における構成物質の移動形態により異なる地形特徴を判読することにより、調査地域を地すべりの“移動・堆積域”、“発生域”そして地すべり分布の見られない“安定域”の3地域に判別することができた。このような結果は、地すべり解析に対するSPOT画像の立体視という方法の有効性を示すために十分なものであった。

第5章「地すべり地域の土地被覆解析」では、衛星画像を分類することにより地すべりの各部位によって異なる土地被覆及び土地利用を捉えた。分類手法は、野外調査や土地利用図を参考としたトレーニングエリア(森林、水田、かん木地、混作地、茶畑)を用いた教師付き分類(最尤法)によっておこなわれた。解析の結果、第4章の地すべり判読結果のように個々の地すべり地形を判別するまでには至らなかったが、地すべりの“移動・堆積域”、“発生域”そして“安定域”という第4章の地すべり部位の判読結果に近いものを得ることができた。また、

本章では最尤法分類による解析の比較として、より簡便な植生指標やクラスター分析による解析を試み、最尤法分類とほぼ一致する地すべり解析結果を得た。

第6章「地すべり危険度図作成」では、衛星画像及び既存の地図より作成されたDEMをはじめとするデジタルデータを用い、迅速で低コストな地すべり危険度図作成のためのアルゴリズムを提案し、実際に地すべり危険度図の作成をおこなった。迅速な地すべり分布図作成のために、SPOT画像の立体視（第4章の結果）を用いた。この地すべり分布図より地すべりブロックの分布を示すマスク画像を作成した。地すべりに対する素因カテゴリーとしては、“斜面方向”、“地質”、“降雨量”、“地形指数”及び“土地利用”の5つを抽出した。斜面方向及び地形指数はDEMより算出された。地質及び降雨量は既存の地図を用いた。土地利用はSPOT画像の教師付き分類（第5章の結果）によって得た。

各々の素因カテゴリーは、アルゴリズムの客観性のため、人の判断によらずいくつかのクラスに分けた。本研究は、地すべり危険度に対する基本的な考え方は、“現在地すべりの存在する地域は地すべりの起こりやすい条件にあり、同じような条件を持った地域は今後地すべりの起こる可能性（地すべり危険度）が高い”ということである。そのため、地すべり危険度の算出には、各素因内の地すべりの存在確率を基にした手法（van Westen, 1993）をとった。つまり、各素因カテゴリー内の各クラスを地すべり発生のための条件とみなし、‘各素因クラスの分布域内の地すべり密度’の‘各素因カテゴリー内の地すべり密度’からの差を各素因クラスの地すべり危険度に対する重み付け（ウェイト値）とする、という方法である。このようにして求められた各クラスの地すべり危険度に対するウェイト値の各ピクセル毎の総和を求めることにより、地すべり危険度に対する全素因カテゴリーのウェイト値を算出し、それを地すべり危険度画像とした。

“地すべり危険度画像”では、画像の輝度値によって危険度が表現される。しかし“地すべり危険度図”としては、画像の輝度値を段階的に分け、その意味付けをする必要がある。本研究においては、“ウェイト値の正-負”、“ウェイト値の最大値と最小値の2等分”、“ウェイト値の最大値と最小値の3等分”、“ウェイト値の最大値と最小値の4等分”、“ウェイト値の最大値と最小値の5等分”という5つのゾーン分けを試みた。そしてそれぞれのゾーン分けを、立体視判読の結果及び現地調査によって得られた情報との比較により評価した結果、“ウェイト値の最大値と最小値の5等分”による分け方が最適なものとなった。

最後に、こうして分けられた“Very low”、“Low”、“Moderate”、“High”、“Very High”の5つの危険度ゾーンをもつ地すべり危険度図の各ゾーンの特徴を、各素因カテゴリー、各クラスの分布を基に解析し、その意味付けをおこなった。

第7章「おわりに」では、本研究で得られた主な研究成果を要約し、今後の課題について述べた。