DTM 及び衛星データを用いた地すべり危険地域の抽出

Landslide Risk Mapping with use of DTM (Digital Terrain Model) and Remote Sensing Data

高木方隆* 村井俊治**
Masataka TAKAGI Shunji MURAI

Abstract

In this study, characteristics of landslide is considered from Remote Sensing data and DTM (Digital Terrain Model). A hill shading map, a summit level map and a drainage pattern map were generated from DTM. A vegetation map and a landcover map were generated from LANDSAT TM as remote sensing data. From these maps, almost landslides were near an abundance of water resource which is stream or rice field. And landslide might be related with water erosion in topographical level.

We suggest to use slope stability analysis for prediction of landslide. Generally, slope stability analysis has been applied to only the area where landslide had been occurred. However, we attempt to apply it to all areas regardless of landslide occurrence. A method of landslide risk mapping has been developed with use of Remote sensing data, DTM and ground survey data of geology and soil mechanics. The proposed method will be useful for preparedness of landslide prevention in the wide and steep terrain such as SHIKOKU Island, JAPAN where landslides occurred very often.

キーワード: リモートセンシング, DTM, 地形, 安定解析

1. はじめに

様々な地球観測衛星は膨大なデータを送り続けており、環境・海洋・資源等の各分野で解析が進められ良い成果を修めている。地すべりの分野においても衛星データを利用した解析が行われているが、地すべりは地形・地質・土質・水文など様々な要素が複雑に絡み合って発生するため、地表の状態しか反映されていない衛星データのみから解析することは非常に困難である。

一方、DTM (Digital Terrain Model) を用いた解析が、コンピュータの性能向上に伴って容易に行なえるようになった。DTM とは、対象地域を任意の大きさの格子で区切り、各格子点における標高値をデータセットとしたものであり、この DTM を使用することにより、地形解析や流出解析を簡単に行うことが出来る。

衛星データ・DTM は、ともにグリッド (格子) データであることから両者を重ね合わせて考察すれば、今まで以上に衛星データを有効に利用できると考えられる。そこで本研究は四国のいわゆる破碎帯地すべりを対象に、DTM 及び衛星データを用いて地すべり地の分布状況を考察し、地すべり危険度の判定を試みる。つまり DTM より傾斜図・切峰面図・水系図を、衛星データより植生

図・土地被覆分類図を作成し、地すべり地の分布状況を検討する。さらにこれらデータを用いて斜面安定解析手法に基づいた地すべり危険地域の抽出を試みる。

地すべり危険地域の抽出は、航空写真による地すべり形状の目視判読、現地調査による統計的な解析など様々な試みがなされているが、前者の方法は熟練が必要であり、後者の方法は多大な労力が必要である。そこで、斜面安定解析手法に基づき、衛星データと DTM を用いた危険度判定図の作成法を提案する。斜面安定解析は通常地すべりや斜面崩壊などの発生した箇所を対象に、その安定工法の考察のために行われてきた。本研究は地すべりのあるなしに関わらず、対象地域全ての斜面について斜面安定解析を行い、地すべり危険度判定図を作成するものである。

2. DTM・衛星データを用いた地すべり地域の分布

徳島県と高知県の県境付近を対象地域 (13 km×14 km) として考察を行う (図-1)。本対象地域における地質は三波川変成帯・御荷鉾帯・秩父古生層で構成されており、破碎帯地すべりが非常に多く発生している地域である。

本研究で用いた衛星データの地上分解能は 30 m で、この画像上における地すべり発生箇所は、僅か数画素の

* 東京大学生産技術研究所

** アジア工科大学

図-1 対象地域位置図

大きさでしか表現されない。そこで地すべりの分布状態についての考察は、行政機関である建設省及び農林省が地すべり防止区域として指定した地域を対象に行う。地すべり防止区域は各機関が行政的に定めた区域であるため、その範囲はすべて地すべり発生危険地域という訳ではないが、その範囲内には地すべりが発生したブロックが必ず含まれている。したがって過去に発生した地すべりの分布状況を見るには都合がよいことから、本研究で解析した結果を評価するために地すべり防止区域を用いた。つまり、対象地域内の全地すべり防止区域を本章で作成される画像上に矩形でプロットし、地すべり発生の分布について考察した。

2.1 DTM を用いた地形解析

DTM の作成はステレオ航空写真やステレオ衛星画像を用いてイメージマッチングによって作成する方法と、既存の地形図を用いて等高線を内挿することによって作成する方法とがある。本研究における対象地域は地形図が整備されていることから後者の方法でDTMを作成した。具体的には国土地理院発行の1/50,000地形図4葉(川口、剣山、大板、北川)を用い、次に示す手順にしたがって作成した。

- 使用地形図4葉をイメージスキャナによりデジタル化。
- それぞれの画像を一枚の画像に合成。
- 文字・記号認識によって等高線だけの画像を作成。
- 等高線を内挿することによってDTMを作成。

作成されたDTMを基に本節では地形解析・流出解析を行い地すべり地域の分布を考察する。

なお、DTMの格子幅は、後に使用する衛星データの分解能と同じくするため30mとした。

2.1.1 地すべりと地形

図-2にDTMのシェーディング画像を示す。シェーディング画像とはDTMを使って陰影表現を施した画

図-2 地質とシェーディング画像の合成図

像のことで、各画素における反射光の強さは、地表面の法線ベクトル、光源の方向ベクトル、視線の方向ベクトルからランペルトの地表反射則により計算することが出来る⁹⁾。

$$I_k = \pi F_k \frac{A_k}{\pi} \cos i \cdot \exp\left(-1 + \frac{1}{\cos \theta}\right)^{\tau_k} \dots \dots \dots (1)$$

s : 光源方向を示す単位ベクトル

n : 斜面に垂直な単位ベクトル

d : 視線方向を示す単位ベクトル

θ : 光源の入射角

$$\cos i = n \cdot s$$

I_k : 分光放射輝度

A_k : 分光反射率

F_k, τ_k : 光学的パラメータ

通常、航空写真や衛星データの画像は光源(太陽)が南にあるときに撮られており、東西方向の地形形状を見るには都合がよいが、南北方向についてははっきりしない場合がある。しかしシェーディング画像は光源の位置を任意に選ぶことにより、自由に陰影を表現できるため、傾斜だけでなくリニアメントなどの特殊な地形を認識するのに都合がよい¹⁾。図-2の場合、光源の位置を左上30度に設定した。さらに地形と地質とを同時に考察するため地質図をベースに地形の陰影を表現している。

この図より、対象地域中央部に位置する御荷鉾緑色岩類の山岳地はなだらかな形状をしており、そのまわりに位置する三波川帯・秩父古生層の地帯は急峻な地形形状であることが判る。そして、ほとんどの地すべり地域は三波川帯の急峻な地形(標高100~200m)に位置していた。また、数は少ないものの御荷鉾帯にも地すべり地域

が分布している。これは地質が地形形状を規制し、地すべり発生に深く関わっていることを意味する。

2.1.2 地すべりと切峰面

切峰面とは山地の主要な峰にちょうど接するような仮想的な面のことである。この図は地形侵食前の旧地形と考えることが出来る。切峰面図作成法には方眼法と谷埋め法とがあるが、計算機によってDTMから作図するには前者の方法がアルゴリズムも簡単で適している。したがって切峰面のDTMを方眼法によって作成した。この方法はある一定の方眼の中から最高点の標高を読みとり、その標高を方眼中心の標高として代表させることによって得られる。本方法で問題となる方眼の大きさは、代表的な山の成長曲線（山頂からの半径と起伏量との関係をあらわしたものを）を描くことによって決定した。一般に成長曲線において、起伏量の増加割合が小さくなるとこ

図-3 対象地域内の主な山の成長曲線

ろの半径を方眼の大きさとするのが良いとされているので本研究でもそれに従った²⁾。今回は対象区域内の主な山（剣山、雲早山、三峰）の成長曲線（図-3）から方眼の大きさを600m（20画素）とした。この方眼幅で作成した切峰面図のシェーディング画像を図-4に示す。

切峰面図の地形を旧地形と見れば、現地形との標高差をとることによって、侵食量の分布図が作成できる（図-5）。この図より地すべり地域は侵食量50～150mの範囲に多く分布している。つまり侵食量のあまり大きくない地域に地すべりが発生する傾向にあると言える。

2.1.3 地すべりと水系

水系は地形図上でも線記号で表されているが、平時時の川幅が1.5m以上のものという既定があるため細かいものは記載されていない。そこでDTMを用いて水系図の作成を試みた。作成には雨水の流れを上流から下流方向へ追跡する方法で、いわゆるキネマティック法の基礎式を基にしている³⁾。

$$h = kq^p \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = r_e \dots \dots \dots (2)$$

q : 斜面単位幅流量 h : 水深
 r_e : 有効降雨強度 x : 距離
 k, p : 斜面流定数 t : 時間

この基礎式をDTMの各画素に適用し、河川の合流点における水深が一定（定常状態）になるまで降水をDTMに与えて繰り返し計算を行い、各画素の水深を輝度値として画像化した（図-6）。

この図より地すべり地域は水系の近傍に位置し、しか

図-4 切峰面図のシェーディング画像

図-5 侵食量図

もストレーラの河道次数3以上の本流沿い或は合流点付近に位置するものがほとんどであった。

以上のようにDTMより考察した結果、地すべり地域の位置は水系沿いで、地形的にみて新しい地形浸食圏で発生していることが判った。岡林ら(1978)⁴⁾⁵⁾は高知県中央部の地すべりについて、四国山地の隆起と河川侵食との面から考察し、過去に形成された谷底低地や谷壁末端部の緩斜面が、段丘面や山腹緩斜面となって残されている侵食前線と呼ばれる地域に地すべりが多いと指摘している。ほぼ同一標高に地すべり地域が分布していたことは、四国の地すべりが地殻上昇・地形侵食など地形形成と密接な関係にあることを暗示している。しかし四国では、第四紀の地質学が未発達なので言明は出来ない。むしろ四国では、地すべりの研究が第四紀の地質学を明らかにするかも知れない。

2.2 衛星データを用いた土地被覆分類

土地被覆状態を人工衛星データを用いて分類する。今回人工衛星データとして、LANDSAT TM データを用いた(図-7)。この衛星は地上分解能30mで、7バンドの波長域を持つセンサを搭載しており、土地被覆状態を見るには適している。そこで本節では、LANDSAT TM データより植生図・土地被覆分類図を作成し、地すべり地域の分布を考察する。

2.2.1 地すべりと植生

本研究で用いたLANDSAT TMなどのマルチスペクトル画像は、植生指標を算出することが出来る。つまり植生の反射率の高い近赤外バンドの観測値と、逆に植物の反射率の低い可視の赤バンドの観測値とをバンド間演算することによって、植生の情報を強調することが出来

る。特に正規化植生指標(NVI)として次式は広く使われている⁶⁾。

$$NVI = \frac{IR - R}{IR + R} \dots\dots\dots(3)$$

IR: 近赤外バンド

R: 赤バンド

LANDSAT TM データにおいては、赤バンドはバンド3、近赤外バンドはバンド4に対応している。したがってこの式を用いてNVI画像を作成した(図-8)。この図より地すべり地域は植生の比較的多いところに位置していることが判る。植生の少ないところにも地すべり地域が位置しているものもあるが、これらの地域は水田地帯である。本研究で用いたLANDSAT TM データは5月に取得されたものであり、この時期水田は湛水状態にあるため低いNVI値として現われた。NVIで水域と無植生地域とを区別するのは困難であるため、次項で別の分類法を試み土地被覆状態について詳しく考察する。

2.2.2 地すべりと土地被覆状況

衛星データを用いた土地被覆分類法には教師付分類と教師なし分類とに大別できる。教師付分類の場合トレーニングデータは現地調査結果などに基づいて人為的に作りだされ、教師なし分類の場合トレーニングデータは統計量に基づいて自動的に作り出される。一般に現地調査結果がある場合、教師付分類の方が正確に分類できる⁶⁾。今回は対象地域において既に現地調査を行っているの、その結果に基づいてトレーニングデータを作成し最尤法分類を7バンド全てを用いて行った。最尤法分類とは、各階級に対する画素データの尤度を求め、尤度最大の階級にその画素を分類する方法である。今回、分類階級は

図-6 水系図

図-7 LANDSAT TM 画像

図-8 NVI画像

水田・針葉樹・広葉樹・裸地の4階級とした。分類結果を図-9に示す。この図より対象区域内全地すべり防止区域のうち、32%是水田地域・43%は針葉樹林地域に分布していた。対象地域における針葉樹林地域のほとんどは植林によるものであるから、水田地帯とあわせれば地すべり地域の75%は農地・林地として積極的に利用されていることになる。特に水田地域は水の豊富な地域であるため地すべりと密接な関係にあると言える。

3. DTM・衛星データを用いた地すべりの危険度判定

本節では地すべりの危険度判定を試みる。対象地域を含む四国の破碎帯地すべりを対象に、筆者らは既に現地調査・室内実験を終えている¹⁰⁾¹¹⁾。調査・実験内容は地すべり規模の測定、地すべり地域における土の土質実験などである。これらデータと前節で作成した画像とを用いて危険度の判定を試みる。

3.1 危険度判定手法

斜面安定解析は現在までに様々な方法が考案されている。近年では有限斜面における安定計算法において、円弧すべり計算はFellenius (1927), Bishop (1955) らの方法が、非円弧すべり計算はJanbu (1957), Morgenstern (1965), Spencer (1968) らの方法が一般に用いられている。そして安定計算法に浸透水を考慮するために、計算に用いられる強度常数に有効応力と間隙水圧の概念を取り入れて計算する場合もある。つまり、厳密に斜面の安

図-9 土地被覆分類図

定性を解析するには、すべり面の形状・土質条件などの正確な情報を必要とする。本研究は対象区域内全域における斜面の安定性の傾向を求めるのが目的であり、しかも斜面安定解析で用いるパラメータは衛星データやDTMから推定するため厳密なものとは言い難い。得られるパラメータの数も少ない。したがって、円弧すべりを対象とし、最もパラメータの少ない簡便法(Fellenius法)を用い、しかも土質条件は全応力表示で解析を行った。

この方法において斜面の安定性は、次式のように地すべり土塊の抵抗モーメントと滑動モーメントの比(安全率)で表される。

$$F_s = \frac{\sum N}{\sum T} \quad T = R \cdot W \cdot \sin \alpha \quad N = R(C + L + \tan \phi \cdot W \cdot \cos \alpha) \quad \dots\dots\dots(4)$$

R : すべり円弧の半径 (m)

α : スライス底辺の角度 (Degree)

L : スライス底辺の長さ (m)

A : スライスの面積 (m^2)

W : スライスの重量 (tf/m)

$W = \gamma_i A$ γ_i : 土の湿潤密度 (tf/ m^3)

ϕ : 内部摩擦角 (Degree)

C : 粘着力 (tf/ m^2)

この式をDTM上の各画素に適用し、地すべり危険度判定図を作成する。つまりDTMはグリッドデータであるため、それぞれのグリッドを斜面安定解析における土塊のスライスとして取り扱うことができる(図-10)。判

図-10 本研究で用いた斜面安定解析の概念図

図-11 地すべり危険度判定流れ図

定図作成の流れは次のとおり（図-11）。

- 斜面方向を決定（最も急勾配の方向を斜面方向とする）
- 想定地すべり断面をDTMより作成
- 各スライスの土質条件を地質データ・衛星データより推定
- 斜面安定解析により安全率を算出
- マッピング

このとき予測する地すべりの規模（ R ）は現地調査によって得られた結果を基に決定し、また土質条件（ γ , C , ϕ ）は室内実験によって得られた結果を基に推定する。

3.1.1 想定地すべりの規模

本研究では、水平長さ 240 m、スベリ深さ 30 m の比較的大きな規模の地すべりを対象として危険度の予測を行う。図-12 に四国における地すべりの水平長ささとスベリ深さのヒストグラムを示す¹⁰⁾。この図より四国の地すべりは通常水平長さ 60~100 m、スベリ深さも 10 m 程度の小さいもので多いが、240 m を越えるような大規模な地すべりも発生しており、大きな被害を与えたという例がいくつかある。地すべりの被害を考えたとき、大規模地すべりを想定した危険度判定図の方が有効であろう。

a) Histogram of Landslide Length

b) Histogram of Landslide Depth

図-12 四国における地すべりの規模

また、LANDSAT TM 及び DTM の格子幅が 30 m と大きいので、小規模の地すべりを想定するには無理がある。本来想定されるべき地すべりの規模は実態に即すべきであるが、それについては細かい DTM を作成した上で改めて報告したい。したがって今回は前出の大規模地すべりを想定し解析を進めた。なお、想定した規模における地すべり円弧の半径（ R ）は、約 700 m であった。

3.1.2 土質条件

土の単位体積重量: 対象地域およびその周辺における土の単位体積重量を室内実験により求めたところ、単位体積重量のほとんどが $1.8 \sim 2.0 \text{ tf/m}^3$ であった。したがって、本解析では 1.9 tf/m^3 を代表値として計算する。

セン断強さ: 対象地域およびその周辺における土の内部摩擦角と粘着力を一面セン断試験によって求めた（図-13）。その結果、自然状態（不飽和状態）における内部摩擦角は $7 \sim 40^\circ$ 、粘着力は $2.0 \sim 8.0 \text{ tf/m}^2$ の範囲にあった。ところで、セン断強さは地質帯によって異なる。今回我々は地質帯ごとに土質を調査することはできなかったが、特に三波川帯の結晶片岩を母岩とした土は風化の進行が速いため粘土化され易く、セン断強さは非常に弱いと言われており¹²⁾、実際地すべり発生頻度も高い。したがって、表-1 に示すように地質帯毎にセン断強さを仮定した。

土地被覆状態の影響: セン断強さは土の水分状態によって全く異なる。つまり飽和状態の土の粘着力は、自然状態のその約 $1/2$ にすぎない（図-13）。したがって、その効果を土地被覆状態から推定する。なお、土地被覆状態は 2.2.2 で求めたものを用いる（図-9）。教師

図-13 粘着力Cと内部摩擦角 ϕ との関係

表-1 地質帯とせん断力との関係

地 質	C (tf/m ²)	ϕ (°)
三 波 川 帯	2.0	15
御 荷 鉾 帯	3.0	20
秩 父 古 生 層	4.0	25

表-2 土地被覆状態とせん断力低下割合との関係

土地被覆状態	粘着力低下割合
水 域	0.5
針 葉 樹	0.7
広 葉 樹	1.0
裸 地	1.0

付最尤法分類によって4階級、水域(水田を含む)・針葉樹林帯・広葉樹林帯・裸地に分類したが、これら階級のうち、土壤水分が多いと予想される土地被覆状態は、水田地帯である。また、対象地域において針葉樹林帯は谷筋に分布しているため、ある程度の土壤水分が予想される。したがって、表-2に示すように土地被覆状態と粘着力の低下割合を仮定した。

3.2 危険度判定結果

以上のように仮定した土質条件のもと、大規模地すべりを想定した斜面安定解析を全対象地域内DTMの各画素毎に行う。つまり全画素について、それぞれの画素を中心に240mの範囲ごとに斜面安定解析を行うことになる(図-10参照)。これによって得られる安全率を各画素の地すべり危険度とし、危険度判定図を作成した。そして、この危険度判定図上に行政機関が指定した地すべり防止区域を矩形でプロットした。図-14に危険度判定結果を示す。この図より90%の地すべり防止区域は、安全率がほぼ1.0、あるいはそれ以下と判定された地域に位置していた。一方、安全率ほぼ1.0以上と見られる地域にも地すべり防止区域となっている地域は、御荷鉾

図-14 地すべり危険度判定結果図

帯に位置していた2地区であった。これは御荷鉾帯における地形はなだらかであることが影響していると見られる。つまり、三波川帯と御荷鉾帯とは地中内部の構造の相違から地すべりの発生機構が異なるためと考えられる。

今回、斜面安定解析における土質条件は大まかに仮定したが、危険度判定図として非常に精度の高いものと言えるであろう。四国のように地質帯ごとに土質の特徴が異なる場合、本研究で試みた危険度評価法は有効な手段と考えられる。

4. おわりに

地すべり地域の分布状態について、DTM及びLANDSAT TM画像から考察を行った。その結果DTMより地すべり地域は地形と地質・地形侵食・水系と密接な関係にあることが、LANDSAT TM画像より地すべり地域は水系に近いことから水が豊富で、地すべり活動によって土層も深い。したがって、四国は平野が少ないため、地すべり地域であろうと農林地として積極的に利用されているのであろう。

今回さらに斜面の釣合状態だけに着目してDTM・衛星データより危険度判定図を作成し良好な結果を得た。しかし、DTMの格子幅の点や土質パラメータ決定法の点でまだ十分な危険度判定図とはいえない。今後、DTMの精度向上、航空写真の利用、的確な土質試験法とその利用法を考えなければならない。またこの危険度判定図からは、いつ地すべりが発生するかを予測することは出

来ない。それは地すべりは地中内部ですべり面が形成されて発生する現象であるため、地中内部の状態（特に地下水状態）を完全に把握しない限り、その発生予測は困難をきわめるであろう。1992年に運用が開始されたJ-ERS 1衛星のデータは合成開口レーダにより土壌水分の予測が可能と見られている。さらに今後マイクロ波放射計を搭載した衛星も打ち上げられる。これらのデータを地すべり解析に反映させる手法も確立せねばならない。

参考文献

- 1) 根本正美・村井俊治: Landsat TM および DTM を用いた活断層地形の特徴抽出, 日本写真測量学会, 平成3年度年次学術講演会発表論文集, pp. 33-36, 1991
- 2) 姜健華・村井俊治ほか: DEM からの接嶺面図の作成についての研究, 日本写真測量学会, 平成4年度年次学術講演会発表論文集, pp. 145-148, 1992
- 3) 村井俊二・越智士郎: リモートセンシングと地理情報システムの結合に関する研究(1), 生産研究 41 巻 8 号, pp. 37-40, 1989
- 4) 岡林直英・栃木省二・鈴木 士・中村三郎・井上公夫: 高知県中央部の地形, 地質条件と土砂の災害との関係(1), 地すべり, Vol. 15, No. 2 (54) pp. 3-10, 1978
- 5) 岡林直英・栃木省二・鈴木 士・中村三郎・井上公夫: 高知県中央部の地形, 地質条件と土砂の災害との関係(2), 地すべり, Vol. 15, No. 3 (55) pp. 30-37, 1978
- 6) 高木幹雄・下田陽久 監修: 画像解析ハンドブック, 1991, 東京大学出版会, pp. 643-688
- 7) 吉松弘行・清水清文・坂元靖秀: 地すべり斜面の地形解析による地すべり判読と危険度判定, 地すべり, Vol. 15, No. 4 (56) pp. 12-19, 1979
- 8) 古谷尊彦: 破碎帯地すべりの予察的研究, 地すべり, Vol. 4, No. 2 (11) pp. 21-31, 1967
- 9) 藤田 崇・平野昌繁・波田重起: 徳島県川井近傍の地すべりの地質構造規制, 地すべり, Vol. 13, No. 1 (45) pp. 25-36, 1976
- 10) 高木方隆・中村忠春・宮内定基: 四国における地すべりの分布, 地すべり学会誌, Vol. 26, No. 3, pp. 21-26, 1989
- 11) 高木方隆・中村忠春・宮内定基: 愛媛県における地すべり地域の地表勾配, 地すべり学会誌, Vol. 26, No. 4, pp. 29-36, 1989
- 12) 高橋治郎・谷田部龍一・稲田善紀・横田公忠: 面河川(仁淀川) 沿いの地すべり地の地形と地質的特徴, シンポジウム地すべり地形に関する諸問題論文集, pp. 107-113, 1992
- 13) Masataka TAKAGI, Shunji MURAI and Takasi AKIYAMA: "Generation of Land Disaster Risk Map from LANDSAT TM and DTM Data", International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXIX Part B 7, pp. 754-758, 1992

(原稿受理日 平成5年1月20日)

平成6年度 砂防・地すべり技術センター 研究開発助成募集の御案内

財団法人 砂防・地すべり技術センター 理事長 矢野勝太郎

当財団では毎年度研究開発助成事業を実施しています。助成は砂防ならびに地すべりおよびがけ崩れ対策に関する技術の向上を図るため、これらに関する技術開発および調査研究を対象として、特に問題意識が鮮明で達成目標が具体的であるテーマで、優れた人材を結集し十分な遂行能力を有する大学、高等専門学校等の研究者に対して実施しております。

平成6年度も研究開発助成を実施するため募集を行うものです(募集受け期間は平成6年4月1日～30日)。

募集内容は「平成6年度 砂防・地すべり技術センター研究開発助成募集要領」に示されておりますので、必要な方は下記へ請求して下さい。

(請求先)

財団法人 砂防・地すべり技術センター 企画研究部
(担当: 加藤)

〒162 東京都新宿区砂土原町3-4 (生泉市ヶ谷ビル)

TEL 03-3267-8014, FAX 03-3267-8040 (FAX 申込可)

有限要素法による地すべり斜面の浸透流解析とそれに基づいた斜面安定解析

「地すべり」Vol. 30, No. 4 (通巻第 116 号) pp. 1~11, 1994 年 (平成 6 年) 3 月

稲葉 一茂, 吉田 昭治, 竹内 伸一, 中野 俊郎, 佐藤 修

有限要素法による新簡易解析法によって、浸水性の異なる土層区分とすべり面を難透水層と仮定した 2 次元水理モデルを、地下水圧の 2 次元観測データと同程度の精度でもって同定した。このモデルによって、すべり面に沿った 2 次元の間隙水圧分布を求めて安定解析を行った結果、例えば、東虫亀地すべり地では、すべり面の間隙水圧を自由地下水面から静水圧として求める従来の方法によるものと比較して、安全率で約 10% 大きくなった。

再滑動型地すべりの移動機構

「地すべり」Vol. 30, No. 4 (通巻第 116 号) pp. 12~19, 1994 年 (平成 6 年) 3 月

丸山 清輝, 吉田 克美

本報告では、再滑動型地すべりの移動機構についてリングせん断試験を行い、すべり面粘土のせん断特性、再滑動型地すべりの移動機構を検討した。その結果、滑動力が残留強さより小さい場合、変位を生じることなく残留強さまで滑動力に抵抗できることが分かった。また、リングせん断試験結果を用いて ϕ_r' と W_L , W_F , I_p , 粘土含有量との関係を多変量解析により検討した結果、 W_L と W_F から ϕ_r' が推定できることが分かった。

マスマーブメントの性質と物質構成・水・応力場

「地すべり」Vol. 30, No. 4 (通巻第 116 号) pp. 20~27, 1994 年 (平成 6 年) 3 月

中山 康

マスマーブメントは、物質構成とどのような応力場に置かれているかで性質が規定される。とくに土の場合には粒度組成が大きな意味を持つてくる。近年発表された数多くの研究成果を基にして、これを検討した。

DTM 及び衛星データを用いた地すべり危険地域の抽出

「地すべり」Vol. 30, No. 4 (通巻第 116 号) pp. 28~35, 1994 年 (平成 6 年) 3 月

高木 方隆, 村井 俊治

数値地形モデル (DTM) 及び人工衛星データ (LANDSAT TM) を用いて四国の中央部 13×14 km を対象に地すべり解析を試みた。DTM からシェーディング画像・切峰面図・水系図を作成し、人工衛星データから植生図・土地被覆分類図を作成し、地すべり地の分布状態を考察した。その結果地すべり地は地表水や地中水の集中する地域に分布しており、地形浸食と密接な関係にあることが判った。

さらに、これらのデータと現地調査および室内実験結果を用いて対象地域内全域の地すべり危険度マップを斜面安定解析により作成した。その結果、90% の地すべり防止区域は危険とみられる地域に位置し、良好な結果を得ることが出来た。

ニューラルネットワークの地すべり対策杭の設計手法選定への応用

「地すべり」Vol. 30, No. 4 (通巻第 116 号) pp. 36~40, 1994 年 (平成 6 年) 3 月

吉松 弘行, 藤田 壽雄

地すべり対策杭は、従来は地すべり地のすべり面形態などの特性要因によりその設計手法が選択されていたが、これまでの既設杭工データをニューラルネットワークを用いて学習させることによって、杭工のたわみ量が予測でき、ニューラルネットワークが地すべり対策杭設計手法の支援システムになることを示した。

日南海岸 (国道 220 号線) の斜面崩壊

「地すべり」Vol. 30, No. 4 (通巻第 116 号) pp. 41~45, 1994 年 (平成 6 年) 3 月

高谷 精二

国道 220 号線の宮崎市堀切峠と日南市風田 29.9 km 間は、日向灘に面する急な斜面を切りとった道路のため、しばしば崩壊する。ここで発生する崩壊は次の四つに分類することができた。(1) 層厚 5~15 m の砂岩のブロック状崩壊、(2) モルタル剝離崩壊、(3) 泥岩上にある砂岩の岩盤すべり、(4) 表層土の崩壊。

感圧式すべり面検知器

「地すべり」Vol. 30, No. 4 (通巻第 116 号) pp. 46~51, 1994 年 (平成 6 年) 3 月

丸山 清輝, 山崎 宣悦

既存の計測器によるすべり面判定法の問題点を解消するために、感圧式すべり面検知器の開発を行った。そして、その精度を確認するために室内及び現地において試験を実施した。その結果、室内試験では、設計通りの性能を得ることができた。また、現地試験では、累積移動量約 20 mm ですべり面深度を求めることができた。