地すべり Fractal 特性の危険度調査指標への適用について

A Study of Fractal Dimension of Landslides

—The Feasibility for Susceptibility Index—

久保田 哲也*
Tetsuya KUBOTA

Abstract

It is desirable to know the location of landslide susceptible areas in order to avoid landslide disasters. However it is very difficult to find such places especially if they are concerning to primarily landslides. For this reason, topographical and geological features over the areas to investigate have been using to find out that kind of areas. In this paper, topographical "fractal" characteristics of landslides are discussed on the view of the tool for investigation of landslide susceptible areas. The "Fractal" is a mathematical theory that has developed by B. Mandelbrot in order to describe the quality of complex shapes or images in the nature. And, it is suitable to measure landslides complex topography. Here in this paper, Fractal Dimension of landslides "D" are discussed as a index factor for landslide susceptibility, and some example of D are also given. Finally, it has come to be clear that "D" can be an index for landslide susceptibility.

キーワード: 地すべり地形, 地形要素, 危険度*, フラクタル*

1. はじめに

近年, 物理学者 Mandelbrot (B. B. Mandelbrot 1977) により提唱された Fractal の概念が“自然らしさ”つまり自然の造形の複雑さを計量するための代表的な手法として注目されているが, これは, 地すべりの分野でも応用されるようになった(釜井俊孝ら 1986)。本研究では地すべり平面形状の複雑さ, つまり発生形態の複雑さをこの Fractal の視点より理解し, かつ地すべり危険度判定の基礎となる危険要因調査への応用可能性を検討した。地すべり, 特に地すべり跡地のような地すべり地形を呈しない場所に発生する初生地すべりの危険箇所と危険度を知ることが土砂災害を防ぐ意味で, 極めて重要である。しかし, 地すべりの危険箇所や危険度を既知とするための地質・地形など危険要因に関する調査においては, 時としてその要因の特定に困難を伴う。すなわち, 隣接する多くの移動ブロックから成る, あるいは, 一度発生した地すべり上に別の地すべりが重複して発生するなど, 入り組んだ発生形態では被災危険度が増すと考えられることから, 地すべり発生危険度の判定が難しく, 危険度と各要因の因果関係が明確とならないこともある。そのため, 危険箇所を特定することも困難となる。従来は, 地すべり発生面積(地すべり占有面積)や発生個数(地すべりを含む正方形格子数など)と発生に関連する要因

を比較し, 危険要因の調査を行っている(例えば, 中村ら 1987)。しかしながら, この方法では地すべりの発生形態の複雑さ, すなわち重複・入り組みによる被災危険性の評価は難しいと思われる。故に, 本論文ではこの発生要因調査の精度を少しでも改善するため, 新しい幾何学の概念で, 自然の幾何学と呼ばれる「Fractal 幾何学」を応用し, 地すべりの発生形態の複雑さと多さを含めた地すべり発生の危険度を「Fractal 次元」という指標を用いて分かり易く表現することによる地すべり発生危険度とそれに関連する危険要因の比較手法を検討したので報告する。

2. 地すべりの定義と事例地域

2.1 対象とする地すべり

本研究で対象とする地すべりとは, 後述するコンピューター生成地すべり群モデル及び, 関係自治体などにより実行された既存の調査において「航空写真から判読され, 国土地理院発行 1/25,000 縮尺の地形図に記載された地すべり跡地の輪郭(滑落崖, 側方亀裂)」とするが, 滑落崖については, その上部縁の輪郭(平面形状)を対象に考えた。地すべり跡地かどうか明確でないものについては対象外とした。

対象の地形を記載する地形図に関しては, 独自の測量による大縮尺地形図が望ましいが, 調査対象地すべてに作成されておらず, 全対象地に対する調査精度の均一性

* 鳥取大学農学部生存環境科学講座

が保てない。故に、同一の精度で全国的に発行されている国土地理院の1/25,000縮尺地形図に記載された地すべり跡地の輪郭を本研究の対象事例とする。

また、以下で用いる地すべり群とは、上記の地すべりのうちお互いに1km以内の直線距離で隣接し、群状で存在する地すべりの一群を指す。

既往の地すべり規模の統計的調査(中村ら 1985)によれば、最大規模の地すべり面積は百万m²である。従って、地すべりの幅や長さはその平方根である1,000mすなわち1km程度以内の値を取るから、それ以上離れた地すべりは別の群に属するものと考えた。

2.2 地すべり群モデル

冒頭で述べたように、地すべり発生個数や占有面積とFractal次元 D の関係を見る目的で、地すべりを放物線で近似したFractal性を有する計算機グラフィックスモデルも作成し、その D も検討した。このモデルは複素平面上の縮小・対称・回転・平行移動を用いた4つの合成写像によるAffine変換で生成した。その基礎式は、次式で表される。

fMを合成写像関数、 f_1 を写像1(原点中心縮小率 λ の縮小写像)、 f_2 を写像2(実軸に対する対称移動)、 f_3 を写像3(原点中心の回転角 α ラジアン)の回転移動)、 f_4 を写像4(実軸方向に対する R だけの平行移動)、 f_5 を写像5(虚軸方向に対する r だけの平行移動)、 z を複素数とし、かつ、地すべりを放物線で近似すれば、

$$z = x + yi \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$y = 5 - (x - 5)^2 / 5 \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$f_1 = \lambda \cdot z \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$f_2 = \bar{z} = x - yi \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$f_3 = z \cdot e^{i\alpha} = z(\cos \alpha + i \cdot \sin \alpha) \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$f_4 = z + R \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$f_5 = z + ri \quad \dots\dots\dots(7)$$

ここに、 x は横座標、 y は縦座標、 i は虚数($\sqrt{-1}$)、 λ は図形(地形)の縮小率。

まず、第1の合成写像fM1は上記写像の内、 $f_1 \sim f_3$ の添字番号昇順の合成写像で、次式で表される。

$$fM1 = X1 + Y1 \cdot i \quad \dots\dots\dots(8)$$

$$X1 = \lambda(x \cos \alpha + y \sin \alpha) \quad \dots\dots\dots(9)$$

$$Y1 = \lambda(x \sin \alpha - y \cos \alpha) \quad \dots\dots\dots(10)$$

第2の合成写像fM2は f_1, f_2, f_4, f_5 の添字番号昇順の合成写像で、次式で表される。ただしfM2では、 $R = 5, r = -5/2$ とする。

$$fM2 = X2 + Y2 \cdot i \quad \dots\dots\dots(11)$$

$$X2 = \lambda x + R = \lambda x + 5 \quad \dots\dots\dots(12)$$

$$Y2 = -\lambda y + r = -\lambda y - 5/2 \quad \dots\dots\dots(13)$$

第3の合成写像fM3は f_1, f_4 の添字番号昇順の合成写像で、次式で表される。ただし、fM3では、 $R = 10$ とする。

$$fM3 = X3 + Y3 \cdot i \quad \dots\dots\dots(14)$$

$$X3 = \lambda x + R = \lambda x + 10 \quad \dots\dots\dots(15)$$

$$Y3 = \lambda y \quad \dots\dots\dots(16)$$

第4の合成写像fM4は f_1, f_3, f_4 の昇順の合成写像で、次式で表される。fM4では、後で述べる溪流に沿った地すべり発生イメージを考え、図形の回転後の方向に平行移動させるため、 $R = 5 \cos \alpha$ とした。

$$fM4 = X4 + Y4 \cdot i \quad \dots\dots\dots(17)$$

$$\begin{aligned} X4 &= \lambda(x \cos \alpha - y \sin \alpha) + R \\ &= \lambda(x \cos \alpha - y \sin \alpha) + 5 \cos \alpha \quad \dots\dots\dots(18) \end{aligned}$$

$$Y4 = \lambda(x \sin \alpha + y \cos \alpha) \quad \dots\dots\dots(19)$$

このモデルでは地すべりの個数・面積が計測し易く、かつ、より地すべりらしい図形を得るため一組の写像が終わる毎に直前に生成されたグラフィックスを消去している。ここでは、これを逐次消去モデル(SCM)と呼ぶ。この操作をしない場合は、図-1の入れ子状に二次すべりをもつ地すべりに似た原モデル(OM)が生成される。このOMは、図-2のように複数の地すべり移動ブロックを入れ子状に持つ地すべり群を表現できると思われるが、一般的な地すべり群を想定すると上記SCMの

図-1 Affine変換モデルの原モデル(OM)
Original Model of Affine Transformation

図-2 複数の移動ブロックを入れ子状に持つ地すべりの模式図
An Explanation of Landslide with Small Secondary Landslides in it.

方が適すると考えられる。

ここで、式中の縮小率 λ は、前述 OM の Fractal 次元 D が λ と写像関数の数より決まることから、適当に与えられた OM の D から逆算している。また、図形の回転角 α は、地すべりが谷又は溪流に沿った斜面に発生しているイメージ (図-3) より、溪流の分岐角と考えると、 0.1667π ラジアン (30°) とした。この値は、次で述べる事例地域での代表的 5 溪流の分岐角実測値平均 33° や“合流角が鋭角になり易い”という研究結果 (高山 1974) を勘案して採用した。また、上記合成写像の種類とその組み合わせ、及び上式中の R や r などの係数は、生成されたグラフィックスイメージが後述する地すべりの事例 (表-1) により近いイメージの図形となるように、結果を見ながら、試算法的に与えたものである。SCM による地すべりのグラフィックスイメージは後述図-7 に示されている。

図-3 地すべりモデルイメージ
An Model Image for Landslides

2.3 事例地域

ここで対象とした事例地域は、航空写真判読などにより地すべりとその分布が十分に詳しく調査されており、かつ、地質的に地すべりが多い(「近畿地方」編集委員会 1987, 「中国地方」編集委員会 1987) 第三系凝灰岩・泥岩の分布する兵庫県北部、鳥取県東部、兵庫県神戸北部・三田盆地地域と中央構造線破砕帯に属する砂岩泥岩互層から成る兵庫県淡路島南東部各地域からそれぞれ一か所づつとした。これらの事例においては、地すべり発生状況や平面形状を理解する目的で、代表例に対する現地調査も行った。

3. 地すべりの Fractal 次元

3.1 地すべりの自己相似性と Fractal 次元

複雑な現象、特に地形など幾何形状の解析に Fractal 次元 (Hausdorff 次元) が用いられるようになったが、数学的には地形の Hausdorff 次元が位相次元より大きくないと Fractal な地形と言えず Fractal 次元は意味を持たない。しかし、地形が自己相似性を持つ場合、つまり地形群が自己相似集合を形成する場合はその地形群は Fractal 性を持つことが証明されている (石村ら 1990)。また、地形の Fractal 次元を計測する場合に一般的に良く用いられるボックスカウント法は後述するように自己相似が成立しているという仮定の下で取り得る方法と考えられ、地形群が自己相似性を持たない場合、例えば、河川網では流れの次数が上がると流域は流れの方向に引き伸ばされて、支流と形状が異なるため、自己相似性がなく Fractal な地形ですらないと言う議論もあり (J. Feder 1991)、このような場合、Fractal 次元の測定は次節で述べるボックスカウント法ではなく、「計測する図形を、より効率的な被覆の方法で被覆する円の直径又は正方形の一辺の合計が 0 になるか無限大となるかの測度 D の境界値を求める」と言った極めて数学的なものとなり、事実上実用とするには難しい。従って、まずボックスカウント法などの計測法が適用できるかどうかを考察する意味で、地すべりの自己相似性の有無を検討する。

今、地すべり群が自己相似であれば、その長さとの比 ρ は一定になると思われるので、地すべり平面形状の地すべり中央での長さ l と最大幅 b を用いて、この $\rho = l/b$ のばらつきを検討して見た結果、次のようになった。

1) 全国的な地すべりの実態調査 (中村ら 1985) による地すべり個数 $N_L = 265$ 箇所のデータを使用すれば、 ρ の平均値 ρ_m は 1.80 となり、この時の標準偏差 σ は 1.54、変動係数 $V_r = \sigma / \rho_m$ は 0.856 となる。 V_r が大きい程 ρ のばらつきは大きく、自己相似性は薄くなると考えられる。この場合、 $V_r = 0.856$ は統計的には大きな値と思われる。

2) 一方、本研究で対象としているのは 1 km 以内で隣接し合っている地すべり群の自己相似性であるから、これらの地すべりは、上記全国調査のデータのように種々の素因からなる地すべりより素因的に共通性があると考えられる。つまり、発生形態もより類似したものとなるであろうから、 V_r は上記の全国調査の値より小さくなると予想される。そこで、本研究で対象とした後述の事例地すべり群及びその周辺地すべり群から数個の群を、地すべり総数 50 以上となるように無作為抽出し、 ρ について調べて見る。すると、①兵庫県村岡町の 1 群では地すべり個数 $N_L = 21$, $\rho_m = 0.850$, $\sigma = 0.339$, $V_r = 0.399$,

②兵庫県竹野町の1群で $N_L = 16$, $\rho_m = 1.17$, $\sigma = 0.522$, $V_r = 0.630$, 鳥取市の1群では $N_L = 17$, $\rho_m = 1.47$, $\sigma = 0.646$, $V_r = 0.438$ となった。これら地すべり群の V_r は予想どおり全国調査の V_r 値 0.856 よりかなり小さなものである。

故に、相対的な視点で、各地すべり群においては自己相似性があると仮定し得るものとし、ここでは地すべり群の自己相似性が、上記の $V_r = 0.339 \sim 0.630$ 程度のばらつきを有する精度において成立しているものと考えて議論を進める。

このような精度において、地すべり群の平面形状は大小の相似した形状から成ると仮定できる(図-4 参照)。つまり、最大の地形を L_0 とすれば、これを縮小写像 f_i ($i = 1, 2, \dots, N$) した地形 $f_i(L)$ の集合 L が地すべりの分布と考える。すると、

$$L = f_1(L) \cup f_2(L) \cup \dots \cup f_N(L) = \bigcup_{i=1}^N f_i(L) \quad \dots\dots(20)$$

地すべりは平面上の線の集合と考えられるから、縮小写像された地形集合 $f_i(L)$ と $f_j(L)$ の積集合は点または空集合 ϕ 。 $i \neq j$ とし、

$$\dim H\{f_i(L) \cap f_j(L)\} = 0 \quad \text{or} \quad \phi \quad \dots\dots(21)$$

$\dim H$ は Hausdorff 次元で点のような簡単な図形では位相次元と一致する(石村ら, 1990)。一方、 L は線の集合であるから、 $\dim H(L) \geq 1$ 。故に、

$$\dim H(L) > \dim H(f_i(L) \cap f_j(L)) \quad (i \neq j, i, j = 1, 2, \dots, N) \quad \dots\dots(22)$$

となり、(21)式(22)式からこの集合は完全自己相似集合となることが分かる。もし、ある集合 L_I に関して、

$$L_I = L \cup L_0 \quad \dots\dots(23)$$

であれば、集合 L_I は完全内部自己相似集合と呼ばれる。

図-4 写像の説明図
Definition Sketch for Mappings

この完全自己相似集合と完全内部自己相似集合は両者とも Fractal 性があるとされる。そして、 L , L_I どちらの場合も $\dim H(L) = D$ と置いて、次式が成立する(石村ら 1990)。

$$\sum_{i=1}^N \lambda_i^D = 1 \quad (N \geq 2) \quad \dots\dots(24)$$

ここで、 λ_i : 縮小率, N : 写像関数の数。

今、すべての縮小写像において、その λ_i が等しい、つまり、 $\lambda_i = \lambda$ と近似すれば、

$$D = -\ln N / \ln \lambda \quad \dots\dots(25)$$

となる。

このことから、前述の自己相似性の仮定の基では、地すべり群は完全自己相似集合であり、Fractal 性を持ち、かつ(25)式を用いて D が理論的に計算できる集合であることが分かる。しかし、前に述べたグラフィックスモデルでは、少ない写像関数数 N で滑落崖・側方亀裂より成る地すべりの平面形状を表現させるために、(25)式から直接 D を計算できる OM ではなく SCM を用いている。当然、SCM も上記の議論から明確なように完全自己相似集合で Fractal 性を持つ図形群を生成する。また、自己相似性は地すべりのどのスケールでも保たれているとは思われないので、 D の計測時には後述するように対象スケールの範囲に注意を要する。

3.2 Fractal 次元の計測法

Fractal 次元 D を実際に計測する方法には、対象の図形を覆うのに必要な円の数とその直径との関係から求める方法と、図形を覆うのに必要な正方形数とその辺長との関係から求める方法(ボックスカウント法、図-5)とがある。前者は、海岸線のような線状の計測に適し、後

図-5 ボックスカウント法の説明図
Definition Sketch for Box Counting Method

(1) Affine 変換モデル(SCM)の η と $N(\eta)$ の関係
Relation between η and $N(\eta)$ of Affine Transformation Model (SCM)

(2) 事例地すべりの η と $N(\eta)$ の関係
Relation between η and $N(\eta)$ of Landslide Samples

図-6 η と $N(\eta)$ の関係
Relation between η and $N(\eta)$

者は平面的な広がりのある幾何形状の計測に適すとされている。地すべりは平面的に広く分布し、かつ、海岸線のような連続なものではないので、後者のボックスカウント法を採用する。また、地すべりの滑落崖や側方亀裂を構成する細かな平面形状のように小さな地形スケールは本研究の対象としておらず、自己相似性の保たれている、つまり Fractal 性があると思われる単一の地すべりから地すべり群までの地形スケールを計測の対象とする。ボックスカウント法による計測手順は次の通りである。

1) 航空写真判読図(1/25,000 地形図)より地域毎に先に定義した一群の地すべり(地すべり群)をトレースする。

2) 正方形格子の辺長 η を変化させ、地すべりを覆う格子数 $N(\eta)$ を数える(図-5 参照)。

3) (5)式と $N = N(\eta)/N(\eta + \Delta\eta)$, $\lambda = \eta/(\eta + \Delta\eta)$ より、 η の増分を $\Delta\eta$ とし、 $\Delta\eta \rightarrow 0$ の極限を取ると、

$$D = -d(\ln N(\eta))/d(\ln \eta) \dots \dots \dots (26)$$

となる。ここで、 d は微分記号を表す。

実際には $\ln N(\eta)$ と $\ln \eta$ の関係を回帰分析(直線回帰)し、求めた回帰直線の傾きが D となる(図-6)。

3.3 地すべりのFractal次元 D

上記のボックスカウント法を用いて、Affine 変換モデル(SCM, 図-7)及び対象事例(図-8)の次元 D を測定した。その結果を表-1にまとめた。また、結果を $N(\eta) \sim \eta$ 関係図にまとめると図-6のようになる。

表-1からAffine 変換モデル(SCM)では、地すべり個数・面積が同一でも D は異なることが分かる。また、事例地すべりの D はおおよそ1.1~1.5にあるものと思われるが、地形図全般に亘って地すべりが周密に分布するような事例では、 D がさらに大きくなる場合も考えられる。ちなみに、河川網の D は実測で1.1~1.3程度であり、地すべりのそれより少し小さい。故に、この場合、 D についてはその定義より二次元より小さく $2 \geq D \geq 1$ であることに留意すれば、事例の D の値に有意な差異が見受けられる事が分かる。この D の値と地質など他の要因を比較研究することにより、より定量的で的確な危険要因の特定ができるのではないかと考える。

(1) AFFINE 1

(2) AFFINE 2

(3) AFFINE 3

(4) AFFINE 4

(1) 兵庫県村岡町 6

(2) 兵庫県美方町 1

(4) 鳥取県河原町 2

(3) 宝塚市 1

(5) 兵庫県南淡町 1

図-7 Affine 変換モデル (SCM)
Successive Screen Clearing Model of Affine Trans-
formation

図-8 事例地すべり地形
Landslide Topography of Landslide Samples

表-1 事例の地すべり及びモデルの Fractal 次元と相関係数
Fractal Dimension and Correlation coefficient of the Landslide Samples and Models

対象番号	地域名称又はモデル名	Fractal 次元 D	相関係数 r	地すべり個数	地すべり発生 形状・形態
1	兵庫県美方郡村岡町 6	1.46	-0.999	53	集中型, 二次すべりあり
2	〃 〃 美方町 1	1.13	-0.997	8	分散型
3	〃 宝塚市 1	1.35	-0.999	17	集中型, 並列分布, 二次すべりあり
4	兵庫県三原郡南淡町 1	1.18	-0.999	26	分散型, 二次すべりあり
5	鳥取県八頭郡河原町 2	1.37	-0.996	7	集中型, 二次すべりあり
6	Affine 変換モデル 地すべり個数同一 (λ : 写像縮小率) 写像回数 $m=5$				
6-1	AFFINE 1 ($\lambda=0.397$)	1.21	-0.991	64	集中型
6-2	AFFINE 2 ($\lambda=0.344$)	1.12	-0.994	64	〃
7	Affine 変換モデル 地すべり面積同一 (5.12 cm ²) 写像回数 $m=4$ と 2				
7-1	AFFINE 3 ($\lambda=0.397$)	1.10	-0.9995	32	集中型, 枝状分布
7-2	AFFINE 4 ($\lambda=0.358$)	1.00	-0.997	8	分散型, $m=2$

4. 考 察

一般に地形が複雑になるほど D は大きくなるが、地すべりの場合、一塊の地すべり群すべての D を計測すれば、それは地すべり群の特定の地域に対する被覆の割合(平面充填率)すなわち発生の多少、ならびに、発生形態の複雑さを同時に表現する。つまり、図-8と表-1からも分かるように D の大きなものは地すべりが多いだけでなく、その内部に二次すべり地形を入れ子のように含む複雑な形態のものである傾向がある。

Affine 変換モデル (SCM) から分かるように、地すべり形状や個数が同じでも地形群が大きく平面充填率が高い場合や、地すべり面積が等しくても地すべり形状が複雑な場合は D は高くなる。つまり、一群の地すべりの D が高いことは、地すべりがその地域に広く、かつ複雑な形態で発生していることを意味し、地質・地質構造等の要因により、地すべりが入り組んで発生する危険な地域であることを示唆すると思われる。上述のように実際の事例に関する D についても有意な差が認められることから、発生個数や面積で表現できない発生形態の複雑さを平面充填率(分布の広さ)とともに表現する Fractal 次元 D は、地すべりが重複して入り組んで発生する危険度の高い地質などの判定要因を調査する際の指標となり得ると考える。

5. 結 語

本研究では、次のような結論が得られた。

1) 地すべりが近接して平面的に重複・入り組んだ群として発生すると、被災危険度は増すと考え、地すべり群平面形状の複雑さを表現する Fractal 次元 D をまず Affine 変換モデルについて調べた結果、地すべり群の占

有面積や地すべり個数が同一でも平面的発生形態の複雑さが増すと D が増すことが示された。

2) 実際の事例地すべりの D についても調べ、地すべり発生危険要因調査への応用可能性を検討したが、 D は地質などの素因ごとに異なった値を示すと考え得る。

3) 従って、 D は地すべりの発生危険度を発生個数などの量と発生平面形状の両面から把握できる指標であると考えられ、素因等と比較することにより、危険度要因の調査をより進んだ形で行い得るものと思われる。

今後は、実際の D の値を地質など要因別に研究し、 D の地すべり発生危険要因調査への応用可能性がさらに検討されねばならない。

最後に、本研究を進めるに当たり、貴重な資料を提供いただいた兵庫県土木部砂防課、鳥取県土木部砂防水利課、ならびにアジア航測(株)関西コンサルタント部の方々に深く感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) B. B. Mandelbrot: Fractals form, chance, and dimension, W. H. Freeman and Company, 1-4, 1977.
- 2) 石村貞夫ら: フラクタル数学, 東京図書, 148-184, 1990.
- 3) J. Feder 著, 松下 貢訳: フラクタル, 220-223, 啓学出版, 1991.
- 4) 釜井俊孝ら: 地盤傾斜計変動の定量的解釈に関する基礎的検討, 地すべり, vol. 22 No. 4, 17-25, 1986.
- 5) 中村浩之ら: 既往地すべり災害実態調査, 建設省土木研究所資料第 2241 号, 12, 47-53, 1985.
- 6) 中村浩之, 久保田哲也: 地すべり危険箇所について-勾配と地質から見た地すべり危険度-, 地すべり, vol. 23 No. 4, 6-12, 1987.
- 7) 日本の地質『近畿地方』編集委員会: 日本の地質 6 近畿地方, 共立出版, 203-206, 1987.
- 8) 日本の地質『中国地方』編集委員会: 日本の地質 7 中国地方, 共立出版, 211-213, 1987.
- 9) 高山茂美: 河川地形, 共立出版, 28-29, 1974.

(原稿受理日 平成 6 年 1 月 17 日)

ファジ理論によるすべり面の判定手法

「地すべり」Vol. 31, No. 3 (通巻第 119 号) pp. 1~8, 1994 年 (平成 6 年) 12 月

佐渡耕一郎, 吉松 弘行, 藤田 壽雄

コア観察からすべり面位置を決定することは、地すべりの調査においてきわめて重要であるが、その判定は一般に技術者の経験や主観に基づいて実施されており、見解の相違や根拠のあいまいさを伴うものである。本研究では、ファジ理論を用いた客観的な手法により、判定結果を定量的に表し、その“確信度”や“根拠”に対する議論を可能にした。

地すべり Fractal 特性の危険度調査指標への適用について

「地すべり」Vol. 31, No. 3 (通巻第 119 号) pp. 9~15, 1994 年 (平成 6 年) 12 月

久保田哲也

本研究では、地すべり被災危険度の高さがその発生形態の複雑さに比例すると考え、幾何学の比較的新しい概念であるフラクタル (Fractal) の考え方を導入し、地すべり面積率や箇所数では表現できず、これまで定性的にのみ表現されて来たこの地すべり発生形態の複雑さをフラクタル次元 D により定量的に表現することを試みた。このため、複素平面上の合成写像 Affine 変換により生成した放物線近似地すべりモデルと実際の地すべり事例の D を検討した。その結果、地すべり面積や箇所数が同一でも D は異なること、及び、実際の地すべりでも D に有意な差があり、危険度調査指標となり得ることなどが明らかとなった。

東野名地すべりの現在の活動と初生的地すべり移動地塊

「地すべり」Vol. 31, No. 3 (通巻第 119 号) pp. 16~23, 1994 年 (平成 6 年) 12 月

高浜 信行, 早川 嘉一

東野名地すべりは、約 5 万年前頃に発生した初生的地すべり地塊の一部が再活動している。現在の活動は、慢性的な浅層クリープ活動と数年おきの断続的な深層地すべり活動が重なったもので、推定最大土量 10^7 m^3 規模に達する。

残留強度測定のためのリングせん断試験装置とその測定精度

「地すべり」Vol. 31, No. 3 (通巻第 119 号) pp. 24~30, 1994 年 (平成 6 年) 12 月

宜保 清一

本報告はリングせん断試験における測定精度と新試験装置に関するものである。リングせん断試験装置においては、せん断中の試料漏出、せん断応力~大変位関係における応力の周期的変動、せん断面に作用する垂直応力の検出等の問題が指摘されている。新試験装置ではこれらの問題の解決が図られ、測定精度が良い。特に、上下拘束リング間ギャップについては $5\sim 10 \mu\text{m}$ まで小さくでき、実荷重測定によって垂直応力が求められる。また、装置の有する定体積せん断機能によって試験時間が大幅に短縮される。本装置で測定される残留強度パラメータの妥当性については、繰り返し一面せん断試験の結果との比較、実際事例の逆解析現場強度との関連によって確認された。

芸予諸島伯方島における領家花崗岩地すべりについて

「地すべり」Vol. 31, No. 3 (通巻第 119 号) pp. 31~36, 1994 年 (平成 6 年) 12 月

守随 治雄, 加藤 嘉朗, 石丸 伸治

本論文は、愛媛県伯方島における領家花崗岩地すべりの地質的特異性についてとりまとめ、対策工の検討を行ったものである。斜面に分布する花崗岩が風化し、その風化層の境界が面的に連続する場合は、地質が花崗岩であっても大規模地すべり (幅約 100 m, 奥行約 100 m, 層厚約 20 m) が発生する場合がある。風化状況を把握するには、コア形状を理解することが大切である。そして、それを数値的に把握する試みとして、強熱減量試験を行った。

水素イオン濃度指数の違いがベントナイトのせん断特性に及ぼす影響

「地すべり」Vol. 31, No. 3 (通巻第 119 号) pp. 37~42, 1994 年 (平成 6 年) 12 月

亀井 健史, 佐野 博昭

本研究では、粘土の圧密・せん断特性に及ぼす水素イオン濃度指数 (pH) の影響を解明するために、5 種類の異なる水素イオン濃度指数を有するベントナイト試料に対して、圧密定体積一面せん断試験を行い、その結果を取りまとめている。

その結果、土のせん断強さ、圧密係数、透水係数は、pH の減少に伴い大きくなることを定量的に明らかにしている。また、工学的な観点から安定解析を行うことにより、水素イオン濃度指数が斜面の安定性を検討する際の重要な要素のひとつであることを示唆している。

長野県王滝村の天然水の水質について

「地すべり」Vol. 31, No. 3 (通巻第 119 号) pp. 43~46, 1994 年 (平成 6 年) 12 月

戸松 修, 竹中 千里, 若松 純子