愛媛県における地すべり地域の地表勾配

Gradient of Ground Surface of Landslide Area in Ehime Prefecture

高木方隆* 中村忠春** 宮内定基**
Masataka TAKAGI Tadaharu NAKAMURA Sadaki MIYAUCHI

Abstract

Landslide phenomena are caused by many factors such as of the land, geological features, properties of soil, water balance and others.

We collected many data over more than 20 years, in order to analyzed on mechanism of the landslides called HASAITAI JISUBERI occurred in SHIKOKU ISLAND.

In this paper, we studied statistically on the distribution of gradient of ground surface between the normal area and the landsliding area, and the following conclusions were obtained.

1. Both distribution of gradient of ground surface are different in half of cases, and be same in rate of tenth.
2. Slopes having landsliding are grouped into 4 types, and each type is appeared with defined protortion.
3. Landslides occur in all lay of the land.
4. Landslides area makes good use for farmland.

1. はじめに

四国の地すべりは、高知県の長者・怒田、徳島県の山城、愛媛県の沢渡などを除くと規模が小さく、多発崩壊型あるいは連発崩壊型のものが多く、渡の言ういわゆる青年型・壮年型の地すべりである²⁾。現に動いている箇所は案外局限されており、愛媛県での農地地すべり防止区域内では3%程度の面積に過ぎなかった。例えば1200mmにおよぶ連続集中豪雨のあった昭和51年10月災害の際でも、地すべり地域の被害は他地域に比べむしろ少なかった。しかし初めて動いた国領川左岸の渡瀬地すべりなどは広範囲な動きがみられたが、もちろん対処工の効果もあるが、54年度災害には山腹中斜面がやや動いた程度に過ぎなかった⁴⁾。すなわち四国の地すべりは大規模な現状変更や集中豪雨が引金となる初発型の動きの際は広範囲大規模に動くが、その後の動きは案外穏やかである。前述の長者・怒田・山城・沢渡などの大規模地すべり地も、動きについて許容度のある水田をはじめとする農地や林地としてはほぼ全面的に利用されているほどである。

したがって地すべり防止区域内に散在している小規模な地すべり箇所と、すべっていない部分との地表勾配は如何なる関係にあるものかを考察し、四国の地すべり地

域における地表勾配の実態を考察しようとするものである。それには現地を調査確認し、しかも一貫して2千分の1地形図が整備され、統計的考察を耐え得る愛媛県の構造改善指定87地区と、それに含まれる460の地すべり発生箇所とを考察の対象とした。

2. 20m勾配からの考察

2万分の1地形図(等高線間隔2m)上で可能な限りミクロな地表勾配を求めた。具体的には図上に直径1cmの円を描き、この円内の等高線数を円中心における勾配と見なした。したがって最もミクロな地表勾配といっても、実際には20m径円内の平均地表勾配ということになる。地表勾配 i は円内の等高線数を n とすると次式で表され、勾配は等高線数 n で代表できることになる。

$$i = \tan^{-1}(2n/20) \dots\dots\dots (1)$$

2-1 縦断方向における地表勾配の起伏

地表はどの様に起伏しているかを考察してみよう。それには2万分の1地形図上で、斜面の縦断線上に連続する直径1cm円内の等高線数、つまり20m勾配を(1)式を用いて求めてみた。

まず地すべり防止地域ごとに、(図-1)に例示するA測線のように、地すべりが発生していない任意の一般斜面の縦断線上において、屋根から谷まで、20m勾配が増加傾向から減少傾向、減少傾向から増加傾向に移行する点【勾配変化点と仮称(図-2参照)】間の水平距離 l を

* 愛媛大学大学院
** 愛媛大学農学部

○内の数字は等高線数
 □内が地すべり発生箇所

図-1 20 m 縦断勾配の測定例 (福住地区)

求めてみた。約45%の防止区域が20mで勾配傾向が変わっており100mを越えて変わるものは5%に過ぎなかった

(図-3)。

ついで同じ防止区域内で、(図-1)に例示するB・C測線上の図示範囲内のように、地すべり発生箇所での縦断線上における勾配変化点間距離 l を求めてみると、全体の64%がやはり20mで傾向が変わっており、100mを越えて変わるものは僅か1%に過ぎなかった(図-4)。

勾配変化点間距離 l とその出現割合 p との関係は、一般斜面・地すべり箇所ともに非い相関があり次のようだった。

一般斜面：相関係数 $r = -0.97$

$$\text{Log } p = -0.016l + 2.1 \quad \dots\dots\dots (2)$$

地すべり箇所：相関係数 $r = -0.99$

図-2 勾配変化点の概念図

図-3 周辺斜面における勾配変化点間の距離 l の出現頻度

図-4 地すべり発生箇所における勾配変化点間距離 l の出現頻度

$$\text{Log } p = -0.020l + 2.2 \quad (3)$$

すなわち地すべり地域の地表勾配は、勾配変化距離の短いものの割合が多い。つまり地形は小刻みに起伏しているが、地すべり発生箇所ではこの傾向がより強い。

2-2 地表勾配の出現頻度

対象地域全域における地表勾配の実状を考察してみよう。それには地すべり防止区域の2千分の1地当図上に東西・南北方向を座標とした1cm方眼をかけ、その方眼交点を中心とする直径1cmの円を描き、防止区域ごとに全域全ての20m勾配と地すべり発生箇所全ての20m勾配とを求めた。

2-2-1 地すべり発生箇所における出現頻度

各地すべり防止区域内全域での20m勾配は、87地区中83地区(95.4%)が χ^2 検定により危険率5%で正規分布していた。正規分布していない4地区は、平坦地や棚田が極端に卓越し勾配分布に偏りがあるためなので、考察から除外した。

正規分布している83地区における20m勾配の平均値をみると(図-5)、 $2 \leq n < 8 (11.3^\circ \sim 38.7^\circ)$ と広範囲にあるが、約8割の64地区は特に $4 \leq n < 6 (21.8^\circ \sim 31.0^\circ)$ に集中しており、防止区域は急傾斜地であるといえよう。

さらに、各防止区域における20m勾配の平均値と変動係数との関係を見ると(図-6)、相関係数-0.73をもって平均値が大きい地区ほど変動係数は小さくなり、しかも変動係数の分布幅もそれに連れて狭くなっている。

すなわち防止区域はほとんど急傾斜地にあるといえるが、勾配平均の急な地区ほど、勾配のばらつきが少なく単調な地形であり、平均値が同じ地区同士のばらつき程度もその程度が少なくなることが解った。

2-2-2 地すべり発生箇所における出現頻度

各防止区域内における地すべり発生箇所全ての20m勾配は、83地区中58地区(69.9%)だけが χ^2 検定により危険率5%で正規分布していた。なお正規分布していない25地区を見ると、ピークが2つ有ったり、急あるいは緩勾配が多かったり、ある特定勾配に集中したりして偏っていた。

図-5 各地すべり防止区域における地表勾配平均値の出現頻度

正規分布している58地区における地すべり発生箇所での、20m勾配の各地区ごとの平均値をみると(図-7)、 $2 \leq n < 8 (11.3^\circ \sim 38.7^\circ)$ と防止区域全域での分布範囲と同じである。しかし約8割の45地区は $3 \leq n < 6 (16.7^\circ \sim 31.0^\circ)$ に集中し、集中範囲は防止区域全域の場合よりも緩勾配にまで及んでいる。

さらに、各防止地区域での発生箇所の20m勾配平均値と変動係数との関係を見てみよう(図-8)。地すべり防

図-6 各地すべり防止区域における地表勾配平均値と変動係数との関係

図-7 各地すべり防止区域での地すべり発生箇所における地表勾配平均値の出現頻度

図-8 各地すべり防止区域での地すべり発生箇所における地表勾配平均値と変動係数との関係

止区域での傾向と同様に、平均値が大きい地区ほど変動係数は小さくなっている。しかし相関係数は -0.57 と低く、何れの平均値での変動係数の値自体は常に小さく、変動係数の分布幅は常にほぼ同程度でしかも広い。

すなわち発生箇所での地表勾配は、防止区域全域に比べやや平均勾配が緩やかであり、勾配のばらつきは、やはり平均値が急なほどばらつきが少なく単調な地形である。しかしばらつきの程度自体はより少なく、平均値が同じ地区同士でのばらつき程度もその程度がより大きいつまり地すべりの発生は、平均勾配をやや和らげ勾配変化を単調にするが、地区によってそのばらつき程度に差があることが解った。

2-2-3 地すべり防止区域と発生箇所との地表勾配の差異

地すべり発生箇所とそれの属する防止区域と両者の地表勾配は、同じ母集団に属するか否か、各防止区域ごとに平均値と分散とについて危険率 5% でF分布検定を行った。なお統計処理は正規分布しているものにしか行えないことから、防止区域・発生箇所ともに正規分布している約7割の58地区を対象とした。その結果は、

- ① 勾配の平均値、分散ともに適合していない地区27地区 (47%)
- ② 勾配の平均値に関してのみ適合している地区13地区 (22%)
- ③ 勾配の分散に関してのみ適合している地区12地区 (21%)
- ④ 勾配の平均値、分散ともに適合している地区6地区 (10%)

つまり、それぞれが正規分布している防止地域と地すべり発生箇所との地表勾配をみると、全く異なる地区がほぼ半分で、全く同じ地区は約1割であった。また平均勾配なり、ばらつき程度なり、どちらかが同じである場合が残る半分ずつ、つまり約2割ずつだった。

すなわち、地すべりの発生によって地表勾配は当然変化するが、地すべり防止区域の地表勾配出現頻度を統計的に考察してみると、地すべり発生箇所の地表勾配は約3割が特定勾配に偏っており正規分布していなかった。正規分布している約7割のうち半ばは全く別集団と見なされたから、約6.5割つまり約2/3の地区は確かに地すべりにより地表勾配の出現頻度が異なっている。しかし正規分布するもののうち、他の半ば約3.5割つまり残り約1/3の地すべり地区では、地表勾配が全く別集団とは言いきれなかった。すなわちその約1/5は全く同集団と見なされ、その2/5ずつは平均値なりばらつきなりが母集団と同じであった。つまり四国の地すべり地域における防止区域と地すべり発生箇所との地表勾配は、極端な変化の違いは案外ないようにみられる。

3. 区間勾配からの考察

地すべりの発生斜面ごとに、地すべり箇所区間とそれに続く上・下段両間との勾配関係はいかなるものか、各区間の平均勾配によってややマクロに考察してみたい。

3-1 各区間勾配

地すべり箇所ではその全水平距離 L 間の平均勾配をその区間勾配としたが、それに続く上・下段斜面では縦断勾配が急変する尾根、谷、海岸までの間の平均勾配を区間勾配とした。しかしそれらに至る距離が長くなる場合は $2L$ で打ち切った。ただし L 長がごく短くて $2L$ では十分に勾配を代表し得ないと判断された場合には、より長くなっても妥当とみられる距離で平均した。

まず地すべり箇所とそれに続く上・下段との各区間勾配の出現頻度(図-9)を求めてみた。なお各区間勾配の平均は、地すべり箇所で $25.4 \pm 9.4^\circ$ 、上段で $24.8 \pm 8.6^\circ$ 、下段で $24.7 \pm 10.7^\circ$ 、全区間で $25.0 \pm 9.6^\circ$ とほぼ同じだった。

また区間勾配全部(母集団)と各区間勾配(標本集団)とのマハラノビス距離を求めてみた。つまり母集団を $N(\mu, \sigma^2)$ とし、比べる標本集団の平均値を $(\bar{X})$ とすれば、

$$\text{マハラノビスの距離} = (X - \mu) / \text{SQRT}(\sigma^2/n)$$

母集団が T 分布に従うとすれば、この場合、距離の絶対値が1.98以下ならばそれぞれ同集団とみなすことができる。マハラノビス距離は上段区間とは -0.29 、地すべり箇所とは 0.52 、下段とは -0.35 でいずれも同集団とみられ、その出現箇所(図-9)もお互いに良く似ている。

すなわち地すべり箇所区間とそれに続く上・下段両区間の勾配を、各区間ごとの平均勾配でマクロに見てみると、いずれの区間勾配も統計的には同じものであった。

3-2 斜面タイプ

3-2-1 区間勾配変化と斜面タイプ

地すべり箇所の区間勾配が、それに続く上・下段各区間勾配よりも急か緩かによって、次の5つの斜面タイプ

図-9 地すべり区間とそれに続く上・下段区間における各区間勾配の出現頻度

図-10 地すべり斜面における各タイプの概念図

に分類できる(図-10)。なお各タイプごとに上段→地すべり箇所→下段の順に各区間勾配の平均値を示す。

斜面タイプⅠ：上・下段より緩なもの。

(26.3°→20.3°→27.9°)の137箇所(29.8%)

斜面タイプⅡ：上段よりは緩か下段よりも急なもの。

(30.2°→24.4°→17.5°)の73箇所(15.9%)

斜面タイプⅢ：上段よりは急で下段よりは緩なもの。

(19.7°→25.8°→32.0°)の74箇所(16.1%)

斜面タイプⅣ：上・下段よりも急なもの。

(23.3°→30.5°→20.7°)の143箇所(31.1%)

斜面タイプⅤ：上段或は下段と同じもの。

(23.7°→24.2°→25.6°)の33箇所(7.1%)

なおタイプⅤは、Ⅰ～Ⅳ各タイプの特殊例と見なされ出現率も少ないので、考察より除外した。なおこのタイプⅤの地すべり箇所は水平距離 L が20m円にして2個以下と小さいものがほとんどであった。

次に上段・地すべり箇所・下段を通じての各区間勾配の変化という面から考えてみよう。タイプⅡは上段から下段にかけて区間勾配が次第に緩になり、全体的に凹形の単調な斜面勾配を示している。逆にタイプⅢは区間勾配が次第に急になって、全体的に凸形の単調な斜面勾配を示している。いっぽうタイプⅠとタイプⅣは急な区間勾配(25°程度以上)と緩な区間勾配(25°程度以下)とが交互に現われるもので、地すべり箇所の区間勾配が、タイプⅠでは緩くタイプⅣでは急なだけの違いである。

表-1 全斜面タイプにおける各区間での区間勾配(母集団)と、各斜面における各区間での区間勾配(標本集団)とのマハラノビス距離

斜面タイプ 区間	タイプⅠ	タイプⅡ	タイプⅢ	タイプⅣ
全区間	-0.13	-0.95	1.28	-0.06
上段区間	2.25	9.43	-9.20	-2.38
地すべり区間	-8.01	-1.55	0.65	7.67
下段区間	4.70	-10.61	10.11	-4.84

3-2-2 斜面タイプと区間勾配

まず全斜面タイプの全区間つまり全ての区間勾配(母集団)と各斜面タイプごとの全区間の区間勾配(標本集団)とのマハラノビス距離(表-1)を求めてみた。やはり絶対値1.98以下で同集団と見なし得るが、緩急交互する斜面タイプⅠ・Ⅳは0.1前後で非常に近く、単調斜面タイプⅡ・Ⅲは1.0前後で非常に近いとは言えないが、いずれにしる同集団と見なし得る。

次いで全斜面タイプの各区間での区間勾配(母集団)と、各斜面タイプごとの同じ区間での区間勾配(標本集団)とのマハラノビス距離を求めてみたが(表-1)、やはり絶対値が1.98以下の場合に同集団と見なし得る。地すべり箇所の区間勾配については、単調な斜面勾配タイプⅡ・Ⅲは絶対値0.6～1.5程度で母

集団と同じとみられるが、緩急交互斜面タイプⅠ・Ⅳは絶対値8前後で別集団とみられた。上・下段の両区間勾配については、いずれのタイプも絶対値が1.98以上で別集団とみられた。なお緩急交互斜面タイプⅠ・Ⅳは上段で絶対値2.3程度、下段で絶対値4.8前後とやや母集団に近く離れているが、単調斜面タイプⅡ・Ⅲは上段で絶対値9.3程度、下段で絶対値10.4前後と大きく離れている。

すなわち、地すべり箇所区間とそれに続く上・下各区間とを全てひっくるめて区間勾配を見ると、いずれの斜面タイプも同集団に属し、あえて各タイプを区別するほどではなかった。しかし地すべり箇所区間とそれに続く上・下段各区間とは別々に分けて各区間勾配を見ると、地すべり箇所では単調斜面タイプだけが同集団と見なされ、交互斜面は別集団であった。上・下段各区間では全て別集団であったが、交互斜面タイプが単調斜面タイプよりも母集団に近かった。つまり、斜面全区間に着目するといずれの斜面タイプも同集団と見なされたが、地すべりの箇所区間だけに着目すると単調斜面タイプが、発生していない上・下段区間だけに着目するとどちらかといえば単調斜面タイプよりも交互斜面タイプの方が地すべり斜面の性格を代表しているといえよう。地すべりは地形を単調にしようとしているのかも知れない。

なお各区間受に各タイプの区間勾配出現パターン(図-11～13)を示すが、区間勾配全ての出現パターン(図-9)と比較すると、各区間別の区間勾配出現パターンは斜面タイプによって差があることがよく解る。

3-2-3 斜面タイプの出現割合

斜面タイプの出現割合について考えてみよう。ただしタイプⅤは、各タイプの特殊例と見なされ出現割合も少ないので除外すると、タイプⅠは137箇所(32.1%)、タイプⅣは143箇所(33.5%)でそれぞれ約1/3、タイプⅡは73箇所(17.1%)、タイプⅢは74箇所(17.3%)でそれぞれ約1/6出現している。

上段の区間勾配が、地すべり箇所のそれより急な(タ

タイプⅠ・Ⅱ) 緩な(タイプⅢ・Ⅳ)と、あるいは下段の区間勾配が、地すべり箇所とそれより急な(タイプⅠ・Ⅲ) 緩な(タイプⅡ・Ⅳ)とに分けると、いずれもほぼ

1/2ずつを占めることになる。つまり地すべり箇所と上段あるいは下段の各区間とを比較した場合、急な場合と緩な場合はほぼ同率に出現していることになる。

また、緩急両勾配が交互する(タイプⅠ・Ⅳ)は全体の2/3を占めるが、上下段に比べ地すべり箇所が緩勾配の(タイプⅠ)と急勾配の(タイプⅣ)とではそれぞれ同率で1/3ずつを占めている。勾配が単調な(タイプⅡ・Ⅲ)は全体の1/3を占めるが、凹形斜面の(タイプⅡ)と凸形斜面の(タイプⅢ)とはそれぞれ同率なので1/6ずつを占めている。さらに地すべり箇所が緩勾配部分に相当する(タイプⅠ・Ⅱ)と、急勾配部分に相当する(タイプⅢ・Ⅳ)とは、それぞれ同率1/2ずつを占めている。

なお、斜面はいずれ緩急両勾配が交互するものだという立場にたつと、緩急両勾配が交互する(タイプⅠ・Ⅳ)と勾配が単調な(タイプⅡ・Ⅲ)との違いは単に勾配変化の波長の違いにすぎない。つまり(タイプⅡ・Ⅲ)は単調凹型斜面のタイプⅡと単調凸型斜面のタイプⅢとが連続して初めて交互することになる。すなわち単調な(タイプⅡ・Ⅲ)は、交互する(タイプⅠ・Ⅳ)に比べはるかに長波長だが、緩急交互するという立場からは半分の役割しか果たしていない。したがって単調な(タイプⅡ・Ⅲ)があわせて1/3、交互する(タイプⅠ・Ⅳ)がそれぞれ1/3、あわせて2/3を占めることになるのであろう。

さらに地すべり発生は水系と密接な関係にあるので¹⁾水系流域別に各斜面タイプの出現頻度を調べてみた(表-2)。発生箇所が約30箇所を越える流域になると、タイプⅠ・Ⅱ・Ⅲ・Ⅳが1/3:1/6:1/6:1/3に近い出現割合を示した。つまり斜面は緩急両勾配が交互しているものだという立場にたつと、如何なる斜面タイプも同様な比率で出現しているらしいことが、同条件の地すべり箇所を30箇所以上も大量観察をしてみると推定できよう。

すなわち、大量観察して得た各斜面タイプの出現割合を種々な勾配パターンに組み合わせて考察してみると、斜面は緩急両勾配が交互しているものだという立場に立つと常に同率平等な発生割合になっている。つまり地すべりは、いかなる斜面タイプを生ずるにしろ、全ての斜面で同率平等に発生しているらしい。

4. すべり箇所の利用状況

地すべり発生箇所全面積について、その利用状況を(表-3)に示す。林地が最も多く34.1%を占め、次いで樹園地26.8%, 水田22.6%, 畑地14.5%, 荒地1%, 宅地1%の順である。地すべり箇所と言っても荒地地として放棄したり、危険なのに宅地として利用しているのはごく少なく、非常に有効に利用されている

図-11 上段区間勾配の各斜面タイプ別出現頻度

図-12 地すべり区間の各斜面タイプ別出現頻度

図-13 下段区間勾配の各斜面タイプ別出現頻度

表-2 水系別にみた地すべり斜面タイプの出現頻度

(単位:箇所)

水系名	河川名	斜面 タイプⅠ	斜面 タイプⅡ	斜面 タイプⅢ	斜面 タイプⅣ	合計
肱川	肱川	10 (25.0%)	5 (12.5%)	8 (20.0%)	12 (30.0%)	40
	小田川	32 (37.2%)	17 (19.8%)	16 (18.6%)	19 (22.1%)	86
	河辺川	3 (50.0%)	1 (16.7%)	1 (16.7%)	1 (16.7%)	6
	田渡川	5 (20.8%)	6 (25.0%)	3 (12.5%)	5 (20.8%)	24
	中山川	15 (34.1%)	4 (8.8%)	4 (9.1%)	15 (34.1%)	44
	麓川	3 (15.8%)	2 (10.5%)	6 (31.3%)	6 (31.3%)	19
仁淀川	面河川	9 (21.4%)	4 (9.5%)	9 (21.4%)	15 (35.7%)	42
	黒川	3 (20.0%)	0 (0.0%)	4 (26.7%)	8 (53.3%)	15
	久万川	10 (30.3%)	7 (21.2%)	5 (15.2%)	11 (33.3%)	33
	直瀬川	10 (47.6%)	2 (9.5%)	2 (9.5%)	4 (19.0%)	21
加茂川 宮内川 上瀬川 五反田川 千丈川 喜木川 海岸沿い		1 (12.5%)	2 (25.0%)	0 (0.0%)	5 (62.5%)	8
		2 (22.2%)	2 (22.2%)	1 (11.1%)	4 (44.4%)	9
		5 (35.7%)	2 (14.3%)	6 (42.9%)	1 (7.1%)	14
		7 (53.8%)	1 (7.7%)	1 (7.7%)	4 (30.8%)	13
		1 (16.7%)	3 (50.0%)	1 (16.7%)	1 (16.7%)	6
		4 (30.8%)	5 (38.5%)	2 (15.4%)	2 (15.4%)	13
		13 (23.6%)	11 (20.0%)	5 (9.1%)	23 (41.8%)	55

表-3 地すべり箇所の利用状況別地表勾配出現頻度

利用状況	地表勾配	平均値n (角度)	標準偏差	変動係数
森林 : 87.36 ha (34.1%)		5.94 (31°)	2.20	37.0
果樹園 : 68.56 ha (26.8%)		4.70 (25°)	1.97	41.9
水田 : 57.92 ha (22.6%)		4.04 (22°)	1.90	47.0
畑地 : 37.16 ha (14.5%)		4.91 (26°)	1.65	37.7
荒地 : 5.04 ha (1.0%)		4.94 (26°)	1.96	39.7
宅地 : 5.88 ha (1.0%)		3.22 (18°)	1.52	47.2

といえよう。

これら地すべり発生箇所における土地利用地目別に地表勾配出現頻度を求めてみると、 χ^2 検定により危険率5%ですべて正規分布していた。したがって各地目別に勾配平均値と変動係数を求めた(表-3)。すなわち、勾配平均値は林地が3.1°と最も急で、果樹園・畑地は、2.5°~26°とやや緩勾配、水田は農地で最も緩勾配の22°であった。一方変動係数は、宅地・水田が最も大きく47%、ついで果樹園が42%と大きく、これらは石垣積み・棚田・段畑であることが大きく反映されている。なお地形をそのまま利用する畑や林地は37~38%に過ぎない。

地すべり発生箇所の地表勾配は、今まで述べてきたように統計的にみれば周辺部分との差は案外少なく、やや勾配も緩く利用し易い。また水系近傍に発生する¹⁾ことから水が豊富で、地すべり現象によって土層も深いため、農林地として積極的に利用されている。実際、地すべり災害として大きく取り沙汰され始めたのは戦後のことで、大型機械の導入にともない、大規模な農地造成、交通路整備が可能になり、地すべり地域は地盤の動きに対する許容量が大幅に狭いので災害として浮き彫りにされ始めたと考えられる。

5. まとめ

四国の地すべりは、小規模なものが散在多発し、地すべりそのものの面積は防止区域の一部を占めるに過ぎない¹⁾。

まず、この散在している局所的な地すべりの発生部分と発生していない一般的な周辺部分とでは地表勾配がどの様に違うか、2千分の1地形図上で最もミクロな20m勾配を(1)式で求め統計的に考察してみた。

① 地すべり地域の地表勾配は、勾配変化距離の短いものの割合が多い。つまり地形は小刻みに起伏しているが、地すべり発生箇所ではこの傾向がより強い。

② 防止区域はほとんど急傾斜地にあるといえるが、勾配平均の急な地区ほど、勾配のばらつきが少なく単調な地形であり、平均値が同じ地区同士のばらつき程度もその程度が少なくなる。

③ 発生箇所での地表勾配は、防止区域全域に比べやや平均勾配が緩であり、勾配のばらつきは、やはり平均値が急なほどばらつきが少なくて単調な地形である。しかしばらつきの程度自体はより少なく、平均値が同じ地区同士でのばらつき程度もその程度がより大きい。つまり地すべりの発生は、平均勾配をやや和らげ勾配変化を単調にするが、地区によってそのばらつき程度に差がある。

④ 地すべりの発生によって地表勾配は当然変化するが、地すべり発生箇所の地表勾配は約3割が特定勾配に偏っており正規分布していなかった。正規分布している約7割のうち半ばは全く別集団と見なされたから、計6.5割つまり約2/3の地区は確かに地すべりにより地表勾配の出現頻度が異なっている。残り約1/3の地すべり地区では、地表勾配が全く別集団とは言いきれなかった。すなわちその約1/5は全く同集団と見なされ、その2/5ずつは平均値なりばらつきなりが母集団と同じであった。つまり四国の地すべり地域における防止区域と地すべり発生箇所との地表勾配は、極端な変化の違いは案外ないようにみられる。

次いで、地すべり箇所区間とそれに続く上・下段の各区間とでは、斜面勾配がどのように関連しているか、ややマクロな各区間の平均勾配をもって統計的に考察してみた。

① いずれの区間勾配も統計的には同じものであった。

② 地すべり箇所区間の平均勾配が上・下段のそれよりも急か緩かによって4つの斜面タイプに分類した(図-10)。すなわち急緩急(タイプⅠ)、緩急緩(タイプⅣ)である緩急交互タイプと、次第に緩で凹型(タイプⅡ)、次第に急で凸型(タイプⅢ)を示す単調斜面タイプとである。

③ 斜面全区間に着目するといずれの斜面タイプも同

集団と見なされたが、地すべりの箇所区間だけに着目すると単調斜面タイプが、発生していない上・下段区間だけに着目するとどちらかといえば単調斜面タイプよりも交互斜面タイプの方が地すべり斜面の性格を代表しているといえよう。地すべりは地形を単調にしようとしているのかも知れない。

④ さらに地すべり発生箇所といえども、農林地として積極的に土地利用されている。

したがって起伏している急傾斜地域に発生し、やや偏りはあるが勾配を和らげる方向に生じているといえよう。しかしそれに続く一般斜面と一貫した斜面としてマクロにみると、地すべり部分もそれに続く上・下段部分も平均斜面両勾配としてすべてが同質であり、地すべりはいかなる斜面タイプであるにしろ同率平等に発生していることになる。

地すべりは、地形、地質、土質、水文など各面から様々な要素が複雑に絡み合っていて、研究面からみると学際的な存在である。さきに四国の地すべり分布を取り上げ、四国の地すべりは地形的に新しい侵食圏内に生じ、水系と密接に関連しながら小規模なものが多発・連発しているもので、現在の地形形成の問題でもあるらしいと述べた¹⁾。今回の地表勾配の考察からも地すべりは確かに現地形を崩してはいるが、やや巨視的にみると現地形の形成について平等に責任負担しているらしいといえよう。

なお農林地すべり地区のデータを用いたので土地利用が農林地に偏っているともみられるが、四国の地すべり

防止区域は山間部に位置し各機関指定のものが混在しているので、林野庁指定地域はもちろん、建設省指定地域も農林地の比率こそ少ないが、危険な地すべり箇所を宅地にしたりはせず、また放棄もせず生活の糧としてほとんど農林地に利用していることを付記したい。

最後になったが、この研究を進める上で地形図など提県、高知県の農林水産部、関係市町村には、この場をかりて厚くお礼申し上げる次第である。

参考文献

- 1) 高木方隆・中村忠春：「四国における地すべりの分布」地すべり
 - 2) 渡正 亮：「地すべりの型と対策」地すべり 8(1), 1971
 - 3) 奥村隆史：「計量地理学の基礎」大明堂, 1977.6.9, p 34~105
 - 4) 今西欽哉・広島孝也・原田敏雄：「中央構造線と地すべり」地すべり学会関西支部現地討論会, 1984.11, p 1~12
 - 5) 理論計量地理学研究会, 日本システム開発研究所：「計量地理学への招待」青学出版, 1979.4.20, p 1~29
 - 6) A.E.シャイデッガー, 奥田節夫訳：「理論地理学」古今書院, 1980.8.4, p 263~299
 - 7) 武居有恒：「地すべり, 崩壊, 土石流」鹿島出版会, 1982.4.20, p 206~210
 - 8) 中村浩之・久保田哲也：「地すべり 危険箇所について」一勾配と地質からみた危険度—地すべり Vol.123, No.4, 1987, p 6~12
 - 9) 永井浩三：「愛媛の地形」愛媛地学会, p 21~47, 1987.12.20
 - 10) 長谷川修一・大野裕紀・永峰良則「四国地域の2万5線分の1斜面崩壊地形分類図の作成について」土質工学会四国支部, 地すべり学会関西支部, 斜面崩壊及び地すべりの予知と対策に関するシンポジウム, 1988.10, p 103~110
- (原稿受理日 平成元年7月31日)

地学雑誌特別号「粉・粒体と地学」

(社)東京地学協会は、下鶴大輔東大名誉教授を特別号委員長として、標記の地学雑誌特別号を、第89巻第6号1989年として、平成元年12月に発刊したが、同誌の通号900の記念号である。その英文タイトルは、Particulate and Granular Materials and Earth Sciences である。

この特別号は、1. 細粒物質の成因、2. 細粒物質の堆積状態と環境、3. 細粒物質の堆積・運動のメカニズム、4. 細粒物質の運動力学、5. 生活に関係する実例という、全地球的及び国際的な背景を踏まえて論文を構成している。

この構成は、最近高まりつつある地球環境の問題及びICSU(国際学術連合)によって提唱されたIGBP(国際地圏・生物圏プログラム)と深い関係にあることを考えると、この特別号の発刊の意義は深い。

論文は、岩石の破壊による粒子のサイズ分布(水谷仁)、テフラとマグマの発泡・破碎・流動(寅丸敦志)、諸環境における堆積物の粒度測定法(遠藤邦彦)、花崗岩山地を供給源とする堆積物の異なる環境における粒度組成

(森山昭雄)、堆積物の粒度組成の分析と侵食環境の堆定(柏谷健二)、粒状体としてのしらすの諸特性(山内豊聡)、軟弱地盤・液状化現象(陶野郁雄)、砂粒の移動機構(河野恵昭)、粉粒液相としての堆積物重力流の運搬機構(徐垣・平朝彦)、高速煙り型雪崩(前野純一)、ダイレイタンシー(大中康誉)、液体中の微粒子の挙動(奥山喜久夫)、成層圏に注入される火山灰(下鶴大輔)、エアゾルと地球環境(河村公隆)、粒状体の力学(佐竹正雄)、粒状体の運動—数値シミュレーション(伯野元彦)、粉塵爆発(榎本兵治)、粉粒体輸送(山崎量工・吉田邦夫)から成っている。

1部の定価は送料込み1,100円で、下記に申し込みば送付される。

〒102 東京都千代田区二番町12-2 東京地学協会、
振替口座 東京 0-66278

(山内豊聡)