

ISSN 0386—5878
土研資料 第1541号

土木研究所資料

第1541号

地形解析における地すべり斜面の判読

昭和55年 3 月

建設省土木研究所
砂防部地すべり研究室

Copyright © 1980 by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行なってはならない。

目

次

1. まえがき	1
2. 解析手法の概要	2
3. 地すべり斜面の地形要因の選定	3
4. 地すべりの型分類	5
5. 地すべり斜面の乱れの解析 (スペクトル解析)	9
5-1 解析手法	9
5-2 周波数特性による乱れ	13
5-3 波形特徴による乱れ	14
6. 判別関数法による地すべり判読	18
6-1 判別関数法による地すべり型分類の判別	18
6-2 型分類における地すべり型の密度分布の重なり	20
6-3 地形図による地すべり型分類	22
7. 地すべり地形の判読	29
8. 地質と地すべり	31
9. 地すべり型分類と相対的危険度	33
10. あとがき	34

1. ま え が き

近年ダム、道路、都市近郊における住宅地建設等の国土開発の促進に伴ない地すべり災害が急増する傾向にある。このことから未然に地すべり災害を防止し、避難体制を確立する目的から地すべり斜面の危険度判定法に関する研究が強く望まれている。現在地すべり斜面の判読に関する手法は、航空写真、地形図等からその地すべり斜面の地形的要因の特徴を判読し、地すべり分布、地質、運動形態等の知識を加えて、地すべり危険度について検討しているのが通常である。しかしながら航空写真、地形図等の判読には、地すべり斜面に関するかなりの知識が要求され、またこの手法はその判読成果の定量的表現において困難性を判ない、広く現場技術者に利用されにくい一面を有している。したがって地すべり斜面に関して経験を有していない者でも簡単に地すべり斜面の地形的特徴を客観的に把握する手法の確立が強く望まれている。この資料は、これらの目的に従い地すべり斜面の判読手法及び地すべり斜面の地形的要因の特徴について取りまとめた結果と調査資料の散逸を防ぎ、後日の調査解析に資するように報告するものである。なお調査資料の解析に際し地すべり研究室の方々の御協力を得た。ここに感謝の意を表します。

昭和 55 年 3 月

地すべり研究室 室 長 藤 田 寿 雄
主任研究員 吉 松 弘 行

2. 解析手法の概要

現在地すべり斜面の判読手法は、(1)数量化解析による地すべり斜面の判読と、(2)航空写真等の判読による地すべり斜面の判読に大別される。

前者は地すべり斜面とそうでない斜面での地形、地質、水理条件、土地利用等の各要因を数量化し、これらの要因の相互関係を判別解析、分散分析等の統計的手法を適用し、地すべり発生に關与する各地形要因の度合及びその地形要因の違いを定量的に把握する手法である。^{1), 2), 3), 4), 5)} 後者は主として航空写真等を判読して地すべり斜面とそうでない斜面との地形的要因の特徴の違いを地すべり分布、運動形態、地質等の面から得て地すべり斜面を判読しようとするものである。^{6), 7)} また後者は航空写真等の判読にはかなりの地すべり斜面についての知識を必要とする。

当判読手法においては客観的に地すべり斜面の判読が可能な数量化解析理論及び地すべり斜面の地形的特徴を表現できる波形解析理論を適用することとした。しかしながら現在までに斜面崩壊についての数量化理論による判読手法は広く実施されているが、地すべり斜面のみについて解析した事例は非常に少なく、いかなる斜面の地すべりが最も危険なのか、いかなる地形形状の斜面が地すべり斜面なのかその地形的要因の特徴について定量的に把握されていない。その解析手法についても具体的に示された事例は非常に少ないのが実情である。さらに地すべりはその構成土塊の性状により異なった運動形態を示し、そのため地すべり斜面地形にも違いが表われ、地形的に発生箇所も異なる事が良く知られている。⁸⁾ したがって地すべり斜面の危険度もおのずから違いがあると考えられ、単に地すべり斜面とそうでない斜面の地形的要因についてのみ解析することは、解析結果の精度が低下することとなり非常に問題が残ることとなる。よって地すべり運動形態の違いを基礎に地すべり斜面の型分類を実施し、そのうえで数量化解析を実施することが必要である。また一方地すべり斜面の判読法及びその危険度判定においては、地すべりと深い関係のある要因について分析を行ない総合的に判断しなければならないが、総合的判断手法には「理論的に各要因を解析し、これらを積上げていく方法」と「多量の要因を統計的に解析し、目的の法則を見つける方法」が考えられる。前者は地すべり発生機構の解明も可能で理論的であるが、地すべりはいろいろの要因が相互的複雑に關連し合って発生するものでその解析には非常な困難が伴うとともに各要因の地すべり発生に關与する度合が定量的に把握しにくい。後者は容易に各要因についての調査が可能であり、種々の統計的手法を利用することによりそれぞれの要因の相互関連度合を定量的に知ることが可能である。したがって今回は地すべり運動過程における地すべり型間の地形的特徴を調べる目的からも後者の解析手法を採用した。

3. 地すべり斜面の地形要因の選定

地すべり発生については、地形、地質等の素因的要因と降雨等の誘因的要因が考えられるので、これら両要因について考察しなければならないが、過去に発生した地すべりの誘因については、調査が非常に困難なこと及びその観測がなされていないことが多いことから、今回は素因的要因（特に地形的要因）について選定することにした。要因のデータとしては、なるべく主観がはいらずに客観的に選定される方が地すべり斜面に未経験な技術者でも容易に本手法を汎用しやすいことからできるだけ定量的に一義的に選定する手法を採用した。なお今回使用図面は、前述のように主観がはいらない地形要因の選定として1/1,000の地すべり調査平面図を使用した。多変量解析に用いた各要因の選定手法について図-1、表-1に示す。

なお、波形解析においては1/1,000地形図を使用する場合、建設省国土地理院の測量関係法令集（昭和49年度）によると測定精度は等高線間隔の $\frac{1}{2}$ 以内とあり、計曲線の場合2.5m以内の誤差を有することとなる。一方波形解析ではエイアリングの問題から $2.5\text{ m}/2 = 1.25\text{ m}$ となり最低1.25m以内のサンプリング間隔を使用すれば解析精度は地形図の精度のみ影響を受けるだけである。

したがってサンプリング間隔は、サンプリング難易を考えて地形図（1/1,000の地形図）で1mm間隔として波形読取器によりデータを得ることにした。また地すべり斜面の判読のため地すべりの発生していない斜面との地形要因の対比を実施する必要があるが、地すべりの発生しない斜面の定義はなく将来絶対に地すべりが発生しないという保障確信もないことから、その地形要因としては今回使用した地すべり平面図の地すべりブロック外で得ることにした。

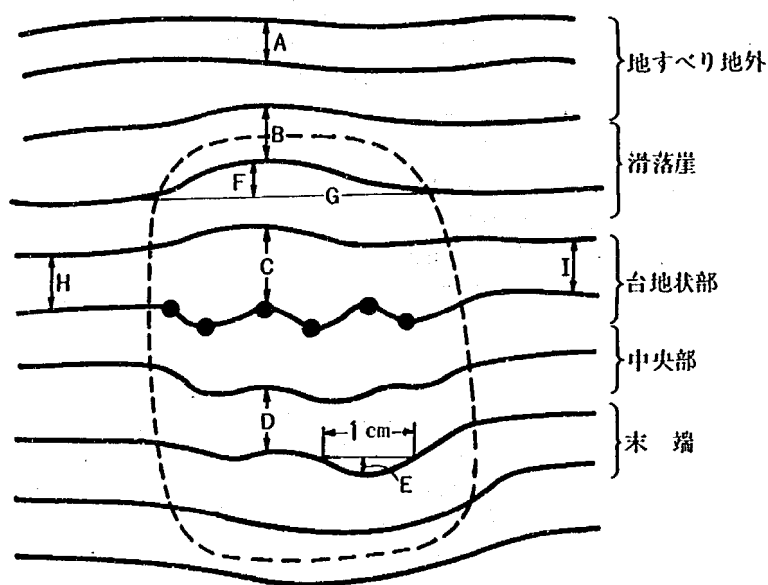


図-1 地すべり地形模式図

表-1 要因選定手法

＜選定方法＞

- 1) 地すべり長さ
地すべりの地形図上での最大長さ
- 2) 地すべり幅
地すべりの地形図上での最大幅
- 3) 勾配
地すべり地外
A地点の勾配(角度)
地すべり平均勾配
地すべりの平均勾配(角度)
- 4) 変化点(地すべり地外, 滑落崖, 台地状部, 末端の各部について)
 - (イ) 変化点数
・印の数
 - (ロ) 0.2 cm以上の変化点の数
1 cmの波長(地形図上で)で振幅が0.2 cm以上(E点の長さ)の
・印の数
 - (ハ) 0.4 cm以上の変化点の数
1 cmの波長(地形図上で)で振幅が0.4 cm以上(E点の長さ)の
・印の数
さらにそれぞれの数を・印の有していた長さで除し10倍に統一する
- 5) 縦断間隔比(滑落崖, 台地状部, 末端の各部について)
(B・C・Dの長さ)/(Aの長さ)
ただしA・B・C・Dは地すべり各部の地形等高線の最大間隔長さ
- 6) 地形(地すべり地外, 台地状部, 末端の各部について)
(Fの長さ)/(Gの長さ)
ただし凸地形の場合Fの値を+, 凹地形の場合を-とする。またG点の両端は地形変換点とする。
- 7) 地形高低(地すべり地外, 台地状部, 末端の各部について) G点の長さのうちで最も高い及び低いところを通る点での標高差
- 8) 振幅(地すべり地外, 滑落崖, 台地状部, 末端の各部について) 1 cmの波長(地形図上で)で振幅が最大な長さ
- 9) 地すべり台地状部勾配(角度)
 - (イ) 地すべり地外勾配
H点とI地点での平均値
 - (ロ) 地すべり台地状勾配
台地状部で最も緩い勾配

4. 地すべりの型分類

地すべり運動は、風化した岩石碎石の重力作用によって斜面下方へ向うというマス・ウェスティング (Mass Wasting) の一形態と変えられており、いろいろの観点からこのマス・ウェスティングの形態の分類が行なわれている。

表-2 ザルバ・メンツルの分類(1966)

(地すべりの実態とその対策より)

以下代表的なものを例記

してみると、

1) ザルバ、メンツルの分類(1966)⁹⁾

表-2

当分類は、斜面構成材の固結度を基に地質構造の観点から分類を実施したものであり、特に地すべり発生箇所の地質区分による地体区分も若干考慮した点に特徴がある。

2) バーンズによる分類(1958)⁹⁾ 表-3

表の横方向に斜面材料の違い、縦方向に運動形式を採用したものでシャ

- | | |
|-----|--|
| A | 主に大気的作用による表層堆積物(ローム, 斜面崖錐)の斜面移動 |
| (a) | 地層の褶曲をもたらす岩錐のクリープ(Creep) |
| (b) | 層状地すべり(Sheet slide) |
| (c) | 土石流(Earth flows) |
| (d) | 岩錐流動(Debris flows - muren) |
| B | 泥質で固結していないか、あるいは幾分固結している岩(粘土, 泥灰岩, 粘土岩, 泥質頁岩)に発達する地すべり |
| (a) | セン断抵抗を上まわるときに同筒形面に起こる地すべり |
| (b) | 昔の分離面のような、要因を持ったすべり面に起こる地すべり |
| (c) | 軟岩の抜け出しによる地すべり(同じ様な過程によってひき起こされる盛土の地すべりを含む) |
| C | 硬岩の斜面移動 |
| (a) | 岩自身の有する欠陥面に沿う地すべり(基盤面, 片理面, 節理, 岩石偏位面) |
| (b) | 山腹斜面の長期間の変形 |
| (c) | 落石, 岩石崩れ |
| D | チェコスロバキアの現在の気候条件では起こらないが、他国では重要な地質的過程である特殊な型の地すべり運動 |
| (a) | ソリフラクション(Solifluction) |
| (b) | 鋭敏な粘土(Quick lays)の地すべり |
| (c) | 水中の地すべり |

プの分類と同じ分類型に属するものである。当分類は斜面材料として踏査や予備ボーリングから容易に判断可能な地質構造特性項目に分類し、さらに運動特性についても我々が容易に判定し得る程度の区分の内容にとどめ、運動形式については、それぞれ運動形式の主判定要因になると思われる要因について細分類を実施している。したがって我々が容易に踏査等の予備的な調査から地すべり型分類が実施できる分類表になっている。したがってこの分類表は、運動特性、発生機構等の観点から分類を実施する手法とは趣を異にする。この分類の特徴は、同一斜面材料でも規模、乾湿の違いによっていろいろな運動特性をとり得ることとした点にあると言えよう。しかしながら地質特性による分類の考え方は導入されていない。

3) 渡による分類(1971)⁸⁾ 表-4

当分類は、地すべりを発達史的観点から分類したものであり、それぞれの地すべり型における種々の特性について考察しており、特に対策工法、主な地質と地質構造の点にまで言及しており、地すべり防止対策工法との結びつきを考慮している点に特徴がある。さらに予知の難易についても検討しており、地すべり型分類と地すべり斜面の判読の難易の関係に言及した唯一の分類表かと思われる。

表-3 パーンズによる型分類
(地すべりの実態とその対策より引用)

移動形式 Type of Movement		斜面材料 Type of Materials			
		岩盤 bedrock		土壌類 soils	
落下 fall		岩崩落 rockfall		表土崩落 soil fall	
滑動 slides	規模	回転型 rotational	平板型 planar	平板型 planar	回転型 rotational
	小 few units	スランプ slump	岩塊滑り block glide	土塊滑り block glide	土塊スランプ block slump
	大 many units		岩体なり rock slide	岩屑なり debris slide	側方向拡がりによる 破壊 failure by lateral spreading
流動 flows	乾	固結度の低いもの all unconsolidated			
	湿	岩片 rock fragments	砂かシルト sand or silt	混り合ったもの mixed	至って塑性的なもの mostly plastic
	乾 ↑ ↓ 湿	岩片流動 rock fragment flow	砂走り sand run レス流動 loess flow		
			急激な土石流動 rapid earth flow	岩屑ナダレ debris avalanche	緩慢な土石流量 slow earth flow
			砂またはシルト流動 sand or silt flow	岩屑流動 debris flow	泥流 mud flow
複合型 complex		斜面構成材料および移動形式の親々の組み合わせによるもの			

(訳注) glide には滑り, slide にはなりを当てたが、前者は“滑らかな”動きを表わし、後者は面へのより“密着した”動きを意味する。

4) 植村による分類 (1974 年)¹⁰⁾ 表-5

当分類は、山地斜面におけるマス・ムーブメントの形式は移動物質のレオロジカルな性質（物性）と斜面の状態（場の性質）で決定され、前者は岩質～土質と内部構造の諸因子のロックファクターに直接関係し、後者は一般的には造構力などの内的営力と侵蝕力などの外的営力の総和によって決まる。しかし特殊な構成地形などの場合以外は、地すべりが関与する程度の斜面は、それに先立つ崩壊や地すべりなど削剥によって形作られたものであって、結局その斜面を構成している地殻表層物質の性状に大きく支配され、大局的には地すべりの運動形式は地すべり材料のレオロジカルな性質に対応しているとしてこの観点から地すべり分類を行なったものである。

また植村は、地すべりの幾何学的概念及び物理的概念に基づく分類と地質学的概念のそれとは、背景をそれぞれ異なるけれども材料の性質においては統一的にとらえることができると述べ、進化系列の細分としての材料の性質に運動形式を包含させて考えれば一貫性があるとしている。この観点から考えれば渡の分類の基本概念に属するものと考えられるが、当分類はその型分類において以下に述べる指標で工学的意味を与えたことに特徴がある。一般的に材料の力学的性質を表現するのに Ductility (延性度、展延度) を用いているが、地すべりでは層状構造などの異方性から各層ごとに延性度が異なったりするので岩石変形論の分野で用いられている Mean ductility (平均延性度) と ductility contrast (延性度較差)

表-4 渡による型分類

特徴 \ 分類	岩盤地すべり	風化岩地すべり	崩積土地すべり	粘質土地すべり
平面形	馬蹄形, 角形	馬蹄形, 角形	馬蹄形, 角形, 沢形 ボトルネック形	沢形, ボトルネック形
微地形	凸状尾根地形	凸状台地形 単丘状凹状台地形	多丘状凹状台地形	凹状緩地形
すべり面積	椅子型, 舟型	椅子型, 舟型	階段状, 層状	階段状, 層状
旧分類面	幼年型	青年型	壮年型	老年型
主な土塊の性質 (頭部)	岩盤または弱風化岩	風化岩(キレツが多い)	レキ混じり土砂	巨レキまたはレキ混じり土砂
主な土塊の性質 (末端部)	風化岩	巨レキ混り土砂	レキ混じり土砂, 一部 粘土化	粘土またはレキ混り粘土
運動速度	2 cm/day 以上	1.0~2.0 cm/day 程度	0.5~1.0 cm/day	0.5 cm/day 以下
運動の継続性	短時間突発的	ある程度断続的(数十 ~数百年に一度)	断続的(5~20年に1 回程度)	継続的(1~5年に1 回程度)
すべり面の形状	平面すべり(椅子型)	平面すべり(頭部と末 端がやや円弧状)	円弧と直線状, 末端が 流動化	頭部が円弧状だが大部 分は流動状
ブロック化	大低1ブロック	末端, 側面に2次的地 すべり発生	頭部がいくつか分割 され2~3ブロックに なる。	全体が多くのブロック に分かれ, 相互に関連 し合って運動
予知の難易	非常に困難, 綿密な 踏査と精査を必要と する。	1/3,000~1/5,000 地 形図で予知できるし, 空中写真の利用も可能	1/5,000~1/10,000 地形図でも確認できる。 地元での聞き取りも有用	地元での聞き取りによ って予知できるし, 非常 に容易に確認できる。
一般的な安全率	一般に台地部がある が不明瞭である。凸 型斜面に多く, 鞍部 から発生する。	明瞭な段落ち, 帯状の 陥没地と台地を有す。 大きくみれば凹型だが, 主要部は凸型	滑落崖を形成し, その 下に沼, 湿地等の凹地 あり, 頭部に幾つかの 残丘あり, 凹形斜面に 多い。	頭部に不明瞭な台地を 残し大部分は一般的な 緩斜面, 沢状の斜面であ る。
平均的な安全率	大低の場合 $F_s > 1.10$, 一時的にある 程度の切土, 盛土も 可能	$F_s = 1.05 \sim 1.10$, 一時 的に5%程度の安全率 を低下させる事は可能	$F_s = 1.03 \sim 1.05$, 一時 的には3%程度安定率 を悪化させても安定し ている。	切土, 盛土は不可能, 小量の土工でも運動を 再発する。
主要な対策工	深層地下水排除, 土 塊除去, 抑止工	深層地下水排除, 土塊除 去, 地表水排除, 抑止 工	頭部での深層地下水排 除, 地表水排除, 渓流 工	頭部での集水井工, 末 端での浅層地下水, 地 表水排除, 渓流工
対策工の効果	即効的で完全安定化 可能	即効的であるが, 異常 天然現象時に再発の恐 れがある。	対策工施工後1~3年 を要す, 末端部の安定 化が困難	遅効性で対策工施工後 数年を要し, 完全な安 定化は困難
主な原因	大規模な土工, 斜面 の一部の水没, 地震, 強雨	集中豪雨, 異常な融雪 や河岸欠潰, 地震, 中 規模の土工その他	異常な霧雨, 融雪, 台 風, 集中豪雨, 土工, 等	霖雨, 融雪, 河川浸食, 積雪, 小規模な土工
主な地質と構造	断層, 破碎帯の影響 を受けるものが多い。	結晶片岩地帯, 新第三 紀層に広く分布する。 断層, 破碎帯の影響あ り。	結晶片岩地帯, 新第三 紀層に広く分布	新第三紀層に最も多く, 御荷鉾破碎帯等の構造 線沿いにも一部見られ る。

という2つの指標が効果的であるとし、原理的には厚さ $t_1, t_2, \dots, t_n$, 延性度 $d_1, d_2, \dots, d_n$ の各層からなる n 層系の場合、平均延性度 D_m は

$$D_m = \frac{\sum_{i=1}^n (t_i d_i)}{\sum_{i=1}^n t_i}$$

また延性度較差 D_c は相接する2層間の延性度の差としてその全体の平均値は

$$\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - d_{i+1})}{n}$$

で表現できるとしている。

この D_m, D_c の指標を用い次のような地すべりの分類を行なっている。

Fall型 → $D_m \cdot D_c$ ともに低い場合で、比較的一様な硬くて脆い物質に多い。マサ化した花崗岩の崩落などはこの例である。

Slide型 → D_m は比較的低く、 D_c は中程度以上の場合で、硬くて脆い物質中に粘性物質を混えるものに多い。第三紀層の砂岩、泥岩互層やその風化物などはこれに当たる。

Creep型 → D_m が高い場合で、粘性物質の優性は物質に特徴的である。第三紀層の黒色頁岩地帯などではこの型の地すべりが多い。

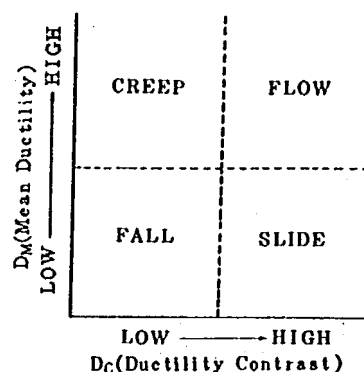
Flow型 → D_m が非常に高い場合で、水など多量の低粘性物質を混えるものに生じる。泥流～土石流などがこれに相当する。

今回本解析における型分類は、渡、植村の提唱するように、地すべりはかって崩壊、地すべりの発生した箇所が再活動したものが多く、現在の地すべり斜面は、構成土塊の性状に応じた地形形態を示していると考えて地すべり構成土塊の性状を基に地すべり型分類を実施することにした。さらに地すべりは、バーンズの模式図に示すように斜面地表面下のいわゆるすべり面と称される面での力学的非平衡現象によって発生するもので、単に斜面地表面部の材料物性のみでなく、ある地表面下の深さまでの材料特性を察察した上での型分類の指標としなければならない。したがって比較的良く調査されているボーリング柱状図から地すべり構成土塊の物質特性を得ることにした。また渡が提唱するように地すべりは、縦断方向において均一な土塊内で滑動することではなく、地すべり頭部では風化岩、末端部ではレキ混り粘土といった複雑な土塊内で滑動することが多いことと、地すべり地形の判読の主要因である地すべり台地形は、地すべり頭部に存在し最も地すべり構成土塊の性状を表わしていると考えられることから、移動土塊の性状は、地すべり推力部と考えられる地すべり頭部付近の土塊によるものとした。以上の事から今回は地すべり型分類は、比較的簡潔でしかも客観的判断が可能な工学的特性の意味を持つ延展性の概念を採用することとし、さらに地すべり判読の難易を考慮した渡の地すべり型分類を対応させ、次の3種の地すべり型分類を実施した。

I型 → 基盤岩・風化岩型地すべり

II型 → 風化岩と崩積土の混った地すべり

III型 → 粘性土が優性な地すべり



5. 地すべり斜面の乱れの解析 (スペクトル解析)

地すべりの発生していない斜面では斜面勾配は上から下に向って緩くなり、地形等高線は一定間隔の波動量の少ない波形群を生ずるが、地すべり斜面では土塊の移動のため一定間隔の波形群は乱れを生ずる。この乱れの波形群を定量的に解析して地すべり斜面の特徴及び判読を行なうとするものである。

5-1 解析手法¹¹⁾

いま曲数 $x(t)$ が区間 $(-T/2, T/2)$ を基本とする周期 T の周期関数であると考えて、 $x(t)$ がこの区間内でちょうど整数個の波を含む正弦関数の荷重和の形で表わされるとすれば、 $x(t)$ は寄関数であるから余弦関数の項はいまの場合考えなくてよく次の式で表わされる。

$$x(t) = b_1 \sin \frac{2\pi t}{T} + b_2 \sin \frac{4\pi t}{T} + b_3 \sin \frac{6\pi t}{T} + \dots \\ + b_n \sin \frac{2n\pi t}{T} \dots \dots \dots (1)$$

上式の両辺に $\sin(2n\pi t/T)$ をかけ $-T/2$ から $T/2$ の区間で t について積分すれば、

$$\int_{-T/2}^{T/2} x(t) \sin \frac{2n\pi t}{T} dt = b_1 \int_{-T/2}^{T/2} \sin \frac{2\pi t}{T} \cdot \sin \frac{2n\pi t}{T} dt \\ + b_2 \int_{-T/2}^{T/2} \sin \frac{4\pi t}{T} \cdot \sin \frac{2n\pi t}{T} dt + \dots \dots \dots \\ + b_n \int_{-T/2}^{T/2} \left(\sin \frac{2n\pi t}{T} \right)^2 dt \dots \dots \dots (2)$$

上式の右辺の積分は

$$\int_{-T/2}^{T/2} \sin \frac{2m\pi t}{T} \sin \frac{2n\pi t}{T} dt \begin{cases} = 0 & (m \neq n) \\ = T/2 & (m = n) \end{cases} \dots \dots \dots (3)$$

一方式(2)の左辺は

$$\int_{-T/2}^{T/2} x(t) \sin \frac{2n\pi t}{T} dt = \begin{cases} = \frac{4\pi}{(n\pi)^2} (-1)^{n+1} & (n = 1, 3, 5, \dots) \\ = 0 & (n = 2, 4, 6, \dots) \end{cases} \dots \dots \dots (4)$$

したがって式(2), (3), (4)から $x(t)$ のフーリエ級数の係数は

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x(t) \sin \frac{2n\pi t}{T} dt \begin{cases} = \frac{8}{(n\pi)^2} (-1)^{n+1} & (n = 1, 3, 5, \dots) \\ = 0 & (n = 2, 4, 6, \dots) \end{cases} \dots \dots \dots (5)$$

したがって一般的に区間 $(-T/2, T/2)$ を一周期とする周期関数のフーリエ級数は次式で表現できる。

$$x(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cos \frac{2n\pi t}{T} + b_n \sin \frac{2n\pi t}{T} \right) \quad \dots\dots\dots (6)$$

ここで a_n, b_n は次式より求めることができる。

$$\begin{aligned} a_n &= \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x(t) \cos \frac{2n\pi t}{T} dt \\ b_n &= \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x(t) \sin \frac{2n\pi t}{T} dt \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (7)$$

(6)式は、実用上わずかの側外を除いて複合周期の波動方程式としてのフーリエ級数で表わすことができる。

$$x(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos 2\pi n f t + b_n \sin 2\pi n f t) \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$\text{ただし } f = 1/T$$

(8)式は

$$\left. \begin{aligned} \cos \theta &= \frac{e^{i\theta} + e^{-i\theta}}{2} \\ \sin \theta &= \frac{-i(e^{i\theta} - e^{-i\theta})}{2} \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (9)$$

の關係を用いることにより

$$x(t) = \sum_{n=0}^{\infty} A_n e^{i2\pi n f t} + \sum_{n=0}^{\infty} B_n e^{-i2\pi n f t} \quad \dots\dots\dots (10)$$

を得る。

ただし、

$$\left. \begin{aligned} A_n &= \frac{a_n - i b_n}{2} = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x(t) e^{-i2\pi n f t} dt \\ B_n &= \frac{a_n + i b_n}{2} = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x(t) e^{i2\pi n f t} dt \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (11)$$

又 n を $-\infty$ から ∞ として

$$x(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n e^{i2\pi n f t} \quad \dots\dots\dots (12)$$

として得られる。ここに

$$C_n = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x(t) e^{-i2\pi n f t} dt \quad \dots\dots\dots (13)$$

(12), (13)の式の意味は、区間 $(-T/2, T/2)$ で定義される任意の周期関数は、周期が T/n ($n=0, 1, 2, \dots$) の無数の harmonic wave ($e^{i2\pi n f t} = \cos(2\pi n f t) + i \sin(2\pi n f t)$) の和から成立っており、各成分波の強さは(13)式の C_n で与えられるということである。したがって複合周期の波動方程式は、(8), (12)式で表現されることになる。

さて時間に関する不規則変量を $x(t)$ とするとき、 τ 時間たった二つの変動の積の平均値は、

$$C(t, \tau) = E[x(t) x(t+\tau)]$$

で表わされ、定常確率過程ではこれを時間平均でおきかえて、

$$C(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x(t) x(t+\tau) dt \quad \dots\dots\dots (14)$$

で表わす。この式は自己相関関数と呼ばれる。これは時々刻々の波動とそれを一度遅延回路に入れ、 τ 時間だけずらした波動との積の平均値を表わす。

さて、 $x(t)$ を $-T/2 \leq t \leq T/2$ での区間での不規則変動量でそれ以外は 0 であるとすれば、 $x(t)$ は複素フーリエ成分 $X(w)$ に関して、

$$x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} X(w) e^{i w t} dw \quad \dots\dots\dots (15)$$

で表わされる。

また、

$$X(w) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-i w t} dt \quad \dots\dots\dots (16)$$

である。

一方自己相関関数は(14)式で得られ、それを上式に代入すれば、

$$\begin{aligned} C(\tau) &= \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x(t) \left[\int_{-\infty}^{\infty} X(w) e^{i w (t+\tau)} dw \right] dt \\ &= \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-\infty}^{\infty} X(w) e^{i w \tau} \left[\int_{-T/2}^{T/2} x(t) e^{i w t} dt \right] dw \end{aligned}$$

となり、 $x(t)$ の $(-T/2, T/2)$ の以外では0と(16)式の関係から、

$$C(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} \left[\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{2\pi X(\omega) X^*(\omega)}{T} e^{i\omega\tau} \right] d\omega \quad \dots\dots\dots (17)$$

となり、 $\tau=0$ とすれば $C(0) = \overline{x^2}$ より

$$\overline{x^2} = \int_{-\infty}^{\infty} \left[\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{2\pi X(\omega) X^*(\omega)}{T} \right] d\omega \quad \dots\dots\dots (18)$$

が得られる。一方パワースペクトルは、 $x(t)$ のフーリエ成分 $X(f)$ が周期 f の波動の振幅で、 $|X(f)|^2$ がその強さ・エネルギーを表わすことから、 $|X(f)|^2$ の単位時間当たりの平均エネルギーをとって、

$$S(f) = \lim_{T \rightarrow \infty} \left[\frac{1}{T} |X(f)|^2 \right] = \lim_{T \rightarrow \infty} \left[\frac{1}{T} X(f) X^*(f) \right] \quad \dots\dots\dots (19)$$

で表わされる。

したがってスペクトル $S(\omega)$ は、(19)式の関係から

$$S(\omega) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{2\pi |X(\omega)|^2}{T} \quad \dots\dots\dots (20)$$

で表わされる。さらに式(17)、(20)式から自己相関関数 $C(t)$ とパワースペクトル $S(\omega)$ の関係は、

$$C(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} S(\omega) e^{i\omega\tau} d\omega \quad \dots\dots\dots (21)$$

で表わされ、そのフーリエ変換から

$$S(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} C(\tau) e^{-i\omega\tau} d\tau \quad \dots\dots\dots (22)$$

のパワースペクトルが得られる。

さて二つの不規則変動 $x(t)$ 、 $y(t)$ との相互関係を調べるためには、次式で与えられる相互相関係数 $R_{xy}(\tau)$ を調べればよい。

$$C_{xy}(\tau) = x(t) \cdot y(t+\tau) \quad \dots\dots\dots (23)$$

$$R_{xy}(\tau) = \frac{C_{xy}(\tau)}{\sqrt{C_x(0) \cdot C_y(0)}} \quad \dots\dots\dots (24)$$

また(23)式は一般的には、

$$C_{xy}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} S_{xy}(\omega) e^{i\omega\tau} d\omega \quad \dots\dots\dots (25)$$

で表わされ。 $S_{xy}(w)$ はクロススペクトルである。さらに2変量の各周波数領域における線形性の程度を調べるためには次式で定義されるコヒーレンス,

$$Coh^2(w) = \frac{|S_{xy}(w)|^2}{S_{xx}(w) S_{yy}(w)} \dots\dots\dots (26)$$

ただし。 $S_{xx}(w)$, $S_{yy}(w)$ はそれぞれ $x(t)$, $y(t)$ のパワースペクトルについて計算すればよい。 $Coh = 1$ の場合2変量間には線形関係が存在し, $Coh = 0$ の場合非線形関係にあることになる。式(22), (24), (26)を用いて地すべり地の斜面の乱れを計算するわけであるが,実際にはFFT法と呼ばれる電子計算プログラムによって計算を実施した。

5-2 周波数特性による乱れ

複合波動の周波数と振動数の関係は(22)式で表わされ,ある領域で周波数が高ければその領域で地形等高線が強く波動しており,地形としては凹凸の激しい微地形で地すべり活動があったが激しい侵食を受けた地形と考えられる。また地すべり地形等高線で卓越した周波数領域があればその領域の波長の大きさと地すべりがブロック化して移動しているものと考えられる。これについて

それぞれ型分類した地すべりについて波長33.3m, 5mでの(22)式を使用した解析結果を図-2, 図-3に示す。図-2の長期周波数成分領域についてI型, II型, III型ともパワースペクトルに明瞭な違いは見られない。また地すべり地外, 地内の地形等高線の波形群にも違いは見られない。図-3の短期周波数成分領域では比較的I型地すべりほどパワースペクトルが小さく, III型地すべりほど大きくなり小さな乱れが地形に強く反映されている。これはI型地すべりほど椅子型地すべり面形状で1ブロックで滑動しやすく, そのため地すべり地表面の乱れが少なく, III型地すべりほど平面すべり面形状で緩斜面を多数のブロックに分

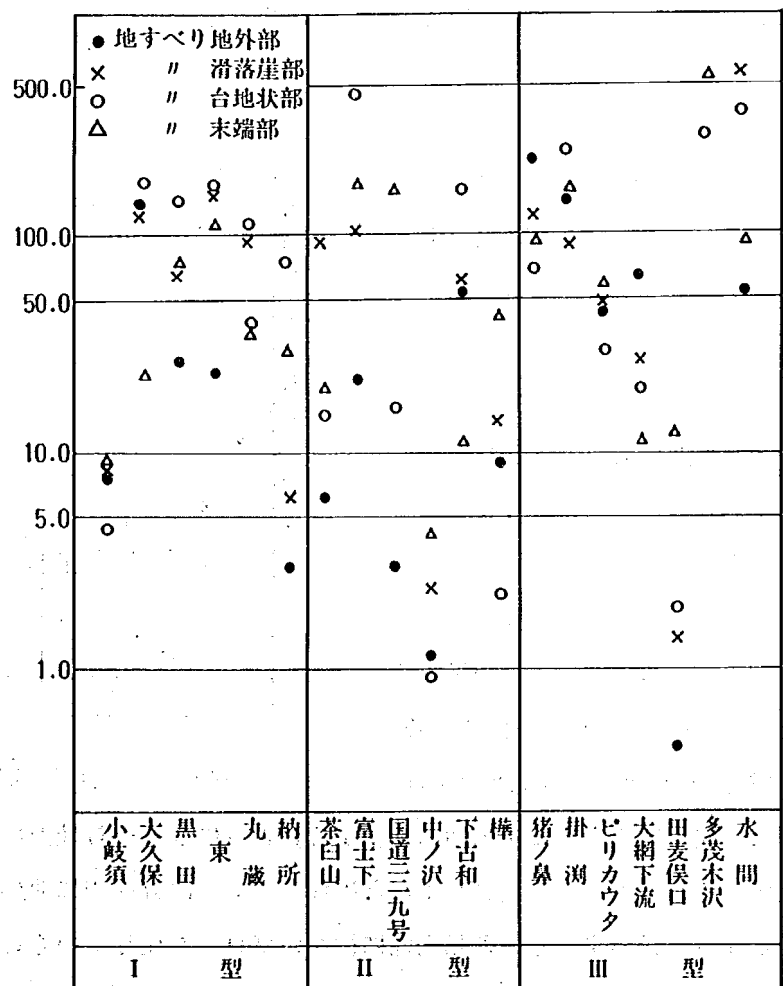


図-2 地形等高線パワースペクトル (0.03 cycle/m)

割し滑動するためと思われる。これについて地すべり地外と地すべり台地状部の地形等高線の長期周波数成分における短期周波数成分の占める割合について調べたのが図-4である。明らかにⅢ型地すべりほど短期周波数成分の波長の占める割合が多くなっておりⅢ型地すべりほど小さなブロックに分かれ滑動しやすいことが理解される。また図-2ではⅠ型、Ⅱ型、Ⅲ型地すべりとも地すべり地外、台地状部ともパワースペクトルに明瞭な違いは見られないが図-3の短期周波数成分領域では、Ⅰ型地すべりの場合、地すべり地外部の波動は地すべり台地状部のそれに比べて小さな値を示している。したがってⅠ型地すべりの地すべり領域の判定においては地形等高線の小さな乱れを調査することも重要なことと思われる。

5-3 波形特徴による乱れ

地すべりは、バーンズの模式図に示すようにすべり面に沿う回転運動のため滑落崖下部に周囲の斜面と比して緩やかな台地状地形を呈することと急崖のため地形等高間隔の密な馬蹄形状の地すべり地外等高線

と著しく波形特徴を異にする地形を呈する。さらに地すべり地内に断層、褶曲された箇所があれば地すべり活動はそれによって規制されることになり、その部分を境に地形等高線波形の指向性が著しく異なる。また地すべりは地すべりの運動過程に従がいブロック化していくことがよく知られており、もし地すべり上部、下部での地形等高線の波形の指向性が同一であれば地すべりは1ブロックで滑動し、逆に指向性が同一でなければ多数のブロックで滑動しているものと考えられる。さらに地すべり上部と地すべり下部の

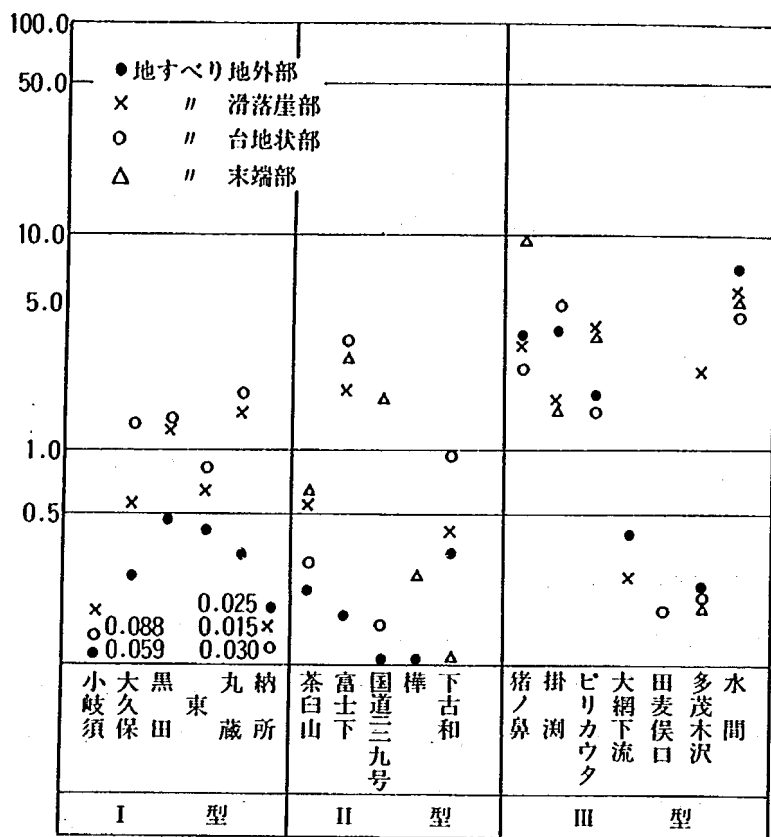


図-3 地形等高線パワースペクトル (0.2 cycle/m)

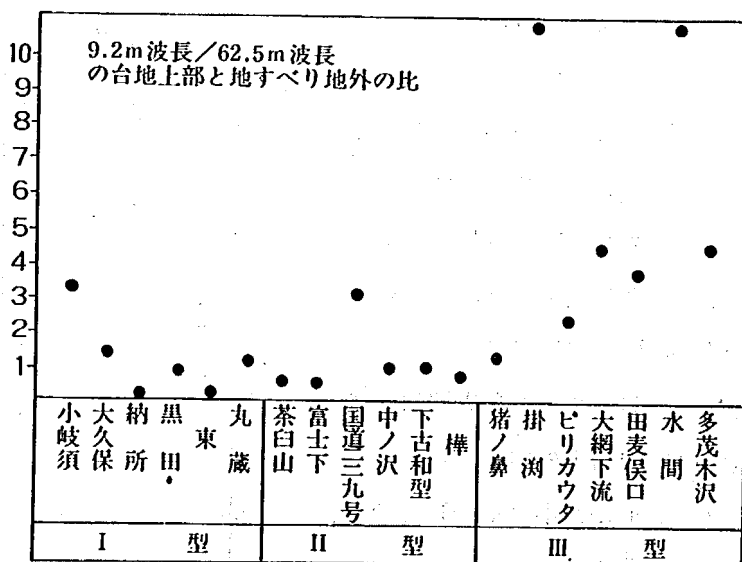


図-4 長期周波数に占める短期周波数の比

運動方向の違いがあっても波形の指向性に違いが表われる。これについて1組の波形の他の組の波形への依存性を表わす④式の相互相関係数を、またどの周波数で指向性の違いがあるか調べるためには⑤式で示される関連度曲数について解析すれば前述の地すべり斜面の波形特徴を知ることが可能となる。地すべり地外と台地状部の地形等高線について④式で調べたのが図-5である。I型地すべりの場合相互相関係数は1に近い値を示している。したがって地すべり地外と台地状部の波形の指向性は同一であり1ブロックで滑動していることが理解される。Ⅲ型地すべりの場合は相互相関係数はほとんど0に近い値を示しており同一の指向性が見られず多数のブロックに分割し滑動し、地すべり面の形状に影響された滑動現象が強く地形に表われていることが理解される。また図-6に地すべり滑落崖と台地状部の相互相関を示すが図-5と同様な傾向を示している。特に地すべり地形判読においては、指向性が同一でない場合、地形等高線の波形群の凹凸が反対方向に出現するわけであるから容易に地すべり地を判読できる。さらに地すべり運動によって地形等高線の波

動量が強くなるかどうか検討するため入力波に対する出力の振幅の比を名周波数に対して調べたのが図-7である。この結果からI型、II型地すべりでは、地すべり運動によって地形等高線が乱され、Ⅲ型地すべりでは地すべり地外の等高線の乱れがあることを意味する。

これはⅢ型地すべりでは、かって崩壊した残土や地すべり活動があった箇所が、再活動しているためであって現在の活動ブロック以外の地点にも地形等高線の乱れがでているためであると考えられる。

また⑤式の関連度曲数について調べたのが図-8、図-9、図-10である。I型地すべりはほぼ20m程度の波長で指向性が乱れるが比較的10m前後の波長での乱れが著しく、II型地すべりではその中間的な傾向を示す。これらの傾向は、滑落崖～台地状部、地すべり地外～末端部の関

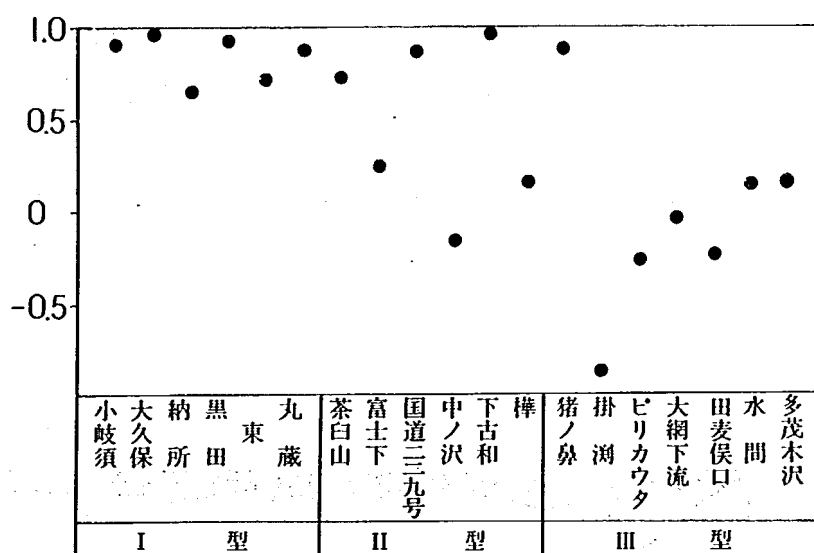


図-5 地すべり地外～台地状部相互相関係数

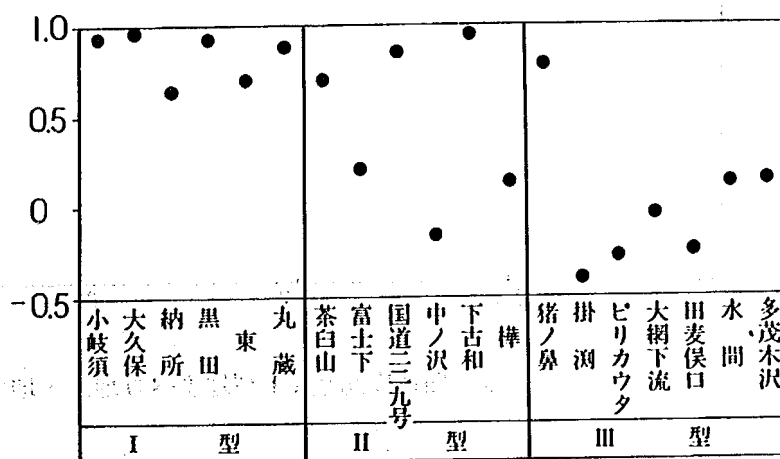


図-6 滑落崖～台地状部相互相関

速度曲数の計算結果にも見られた。
したがって地形等高線、航空写真による地すべり判読においては、10～20m前後の波長の乱れ、指向性を検討し地すべり判読を行えばより精度の高い判読が行なえよう。

したがって10m以上の間隔の地表変動量測定では、Ⅲ型地すべりでの最小活動ブロックの判定が困難となるため、地表変動量測量等による地すべり移動量の測定間隔はすくなく

ともⅡ型地すべりでは10m以内でなければ地すべり全体の正確な変動量は得られないものと考えられる。
すべり移動量の測定間隔はすくなくもⅢ型地すべりでは10m以内でなければ地すべり全体の正確な変動量は得られないものと考えられる。

以上の波形解析（スペクトル解析）結果から、地すべり斜面の乱れの程度を知るためには、関連度関数が地すべり型間での差異が一番明瞭なので地形等高線の指向性を検討するのが得策かと考えられる。

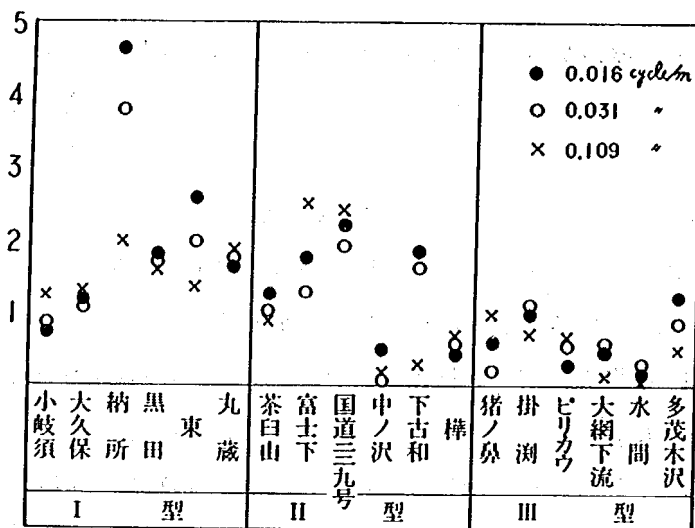


図-7 地すべり地外～台地状部の振幅比

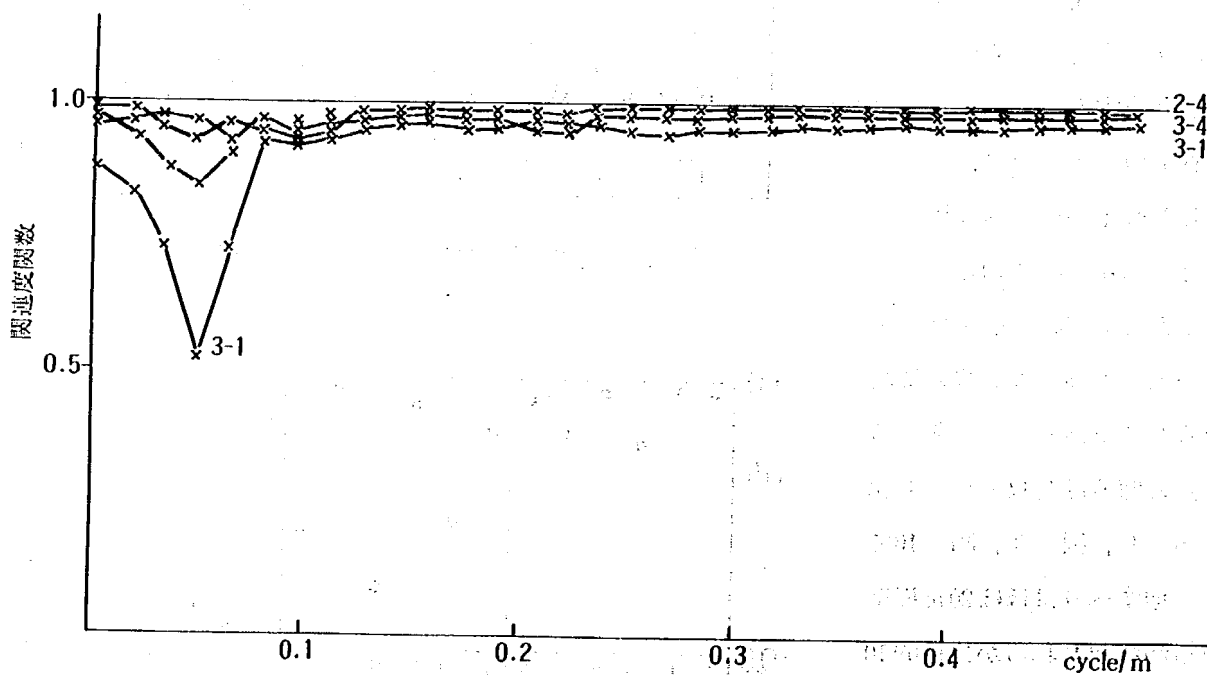


図-8 関連度関数（Ⅰ型地すべり地外～地すべり台地状部）

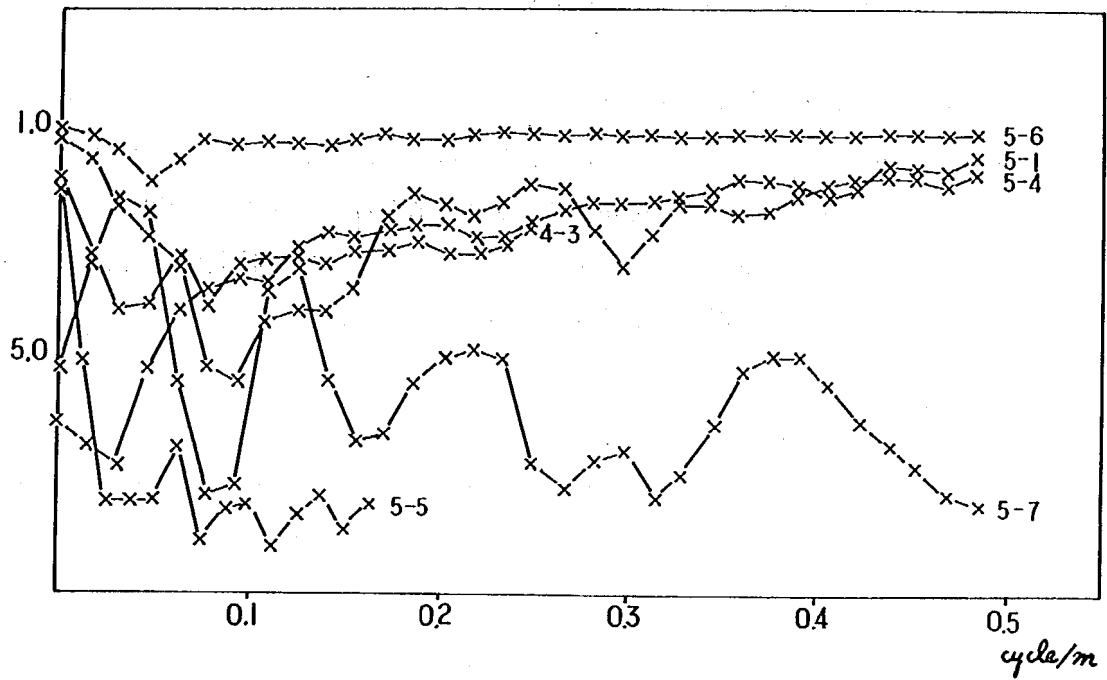


図-9 関連度関数(Ⅱ型地すべり地外～地すべり台地状部)

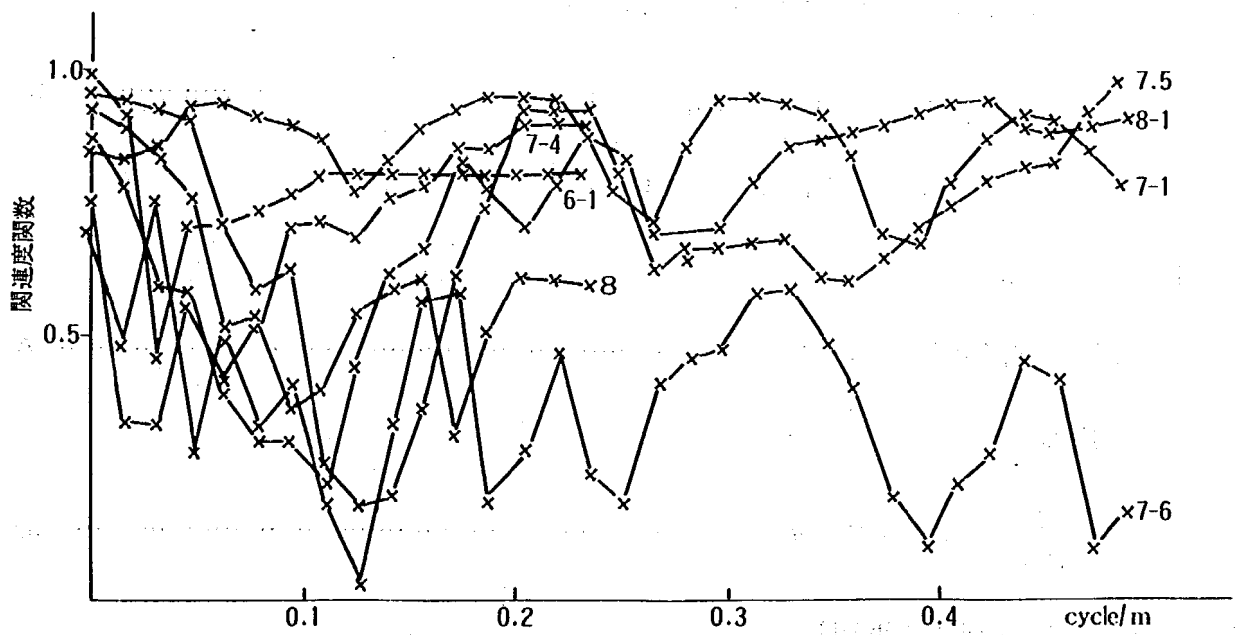


図-10 関連度関数(Ⅲ型地すべり地外～地すべり台地状部)

6. 判別関数法による地すべり判読

6-1 判別関数法による地すべり型分類の判別

それぞれの地すべり型でどの地形的要因に違いが表われるか解析するためには、他の要因の影響を除いた要因独自の単位当たりの判別関与の度合を知ることが必要である。よって各要因グループの平均値から推定するよりも各要因グループの重心間の距離を求めこの大小でもって地形要因を検討する方が優れている。この方法について概説すれば2群間の統計量についての平均値は、

$$\begin{aligned}\bar{x}_i^{(1)} &= \sum_{\alpha=1}^{n_1} x_{\alpha i}^{(1)} / n_1 \\ \bar{x}_i^{(2)} &= \sum_{\beta=1}^{n_2} x_{\beta i}^{(2)} / n_2\end{aligned}\quad \dots\dots\dots (27)$$

その差を

$$a_i = \bar{x}^{(1)} - \bar{x}_i^{(2)} \quad \dots\dots\dots (28)$$

とすれば群内平方和、積和は

$$\begin{aligned}S_{ii'} &= \sum_{\alpha=1}^{n_1} (x_{\alpha i}^{(1)} - \bar{x}_i^{(1)}) (x_{\alpha i'}^{(1)} - \bar{x}_{i'}^{(1)}) \\ &+ \sum_{\beta=1}^{n_2} (x_{\beta i}^{(2)} - \bar{x}_i^{(2)}) (x_{\beta i'}^{(2)} - \bar{x}_{i'}^{(2)})\end{aligned}\quad \dots\dots\dots (29)$$

($i, i' = 1, 2, \dots\dots p$)

群内分散、共分散は、

$$V_{ii'} = S_{ii'} / (n_1 + n_2 - 2) \quad \dots\dots\dots (30)$$

ここで判別係数は、

$$a_i = \sum_{i'=1}^p V_{ii'} d_{i'} = V^{-1} d \quad \dots\dots\dots (31)$$

で与えられ、2群間の重心の距離は、

$$D^2 = \sum_{i=1}^p a_i d_i \quad \dots\dots\dots (32)$$

で得られる。32式の a_i は群間の変動の群内の変動に対する比を最大にするという基準から求められたものである。各要因及び地すべり地外と地内の要因の差に関しての分散分析でF検定が 0.01 で有意があっ

である。

しかしながらどの要因の組合せが最も効率的な判別ができるかについては、それぞれの要因間に相関関係が存在し、他の要因を一定にして要因自身が動きえなくなるため単純に選定することはできず、(32)式に従がい各要因について試行を行ない決定しなければならない。今回は、簡便的に表-6で判別に有意なものだけについて取扱うことにした。なお巻末に2群の判別計算プログラムを記載しておく。

6-2 型分類における地すべり型の密度分布の重なり

地形図から判読された地形要因の重みを計算し判読の適中率を算出することは、地すべり型分類が妥当なものかどうかの指針を与えるものである。

さらに適中率を考察する際にどの地すべり型にどのくらいの確率で属するか知りえれば地すべり型の判別において相対的な考察が可能となる。いま n 群の判別を行なうとした場合、その統計量において平均値は、

$$x_j = \frac{\sum_{k=1}^g n_k \bar{X}_{jk}}{\sum_{k=1}^g n_k} \quad \dots\dots\dots (33)$$

ただし g : グループ数

j : 1, 2, 3, ... M

n_k : グループ番号 k に属するサンプル数

各要因の重心間の距離は、

$$D^2 = \sum_{i=1}^M d_{ij} \sum_{k=1}^g n_k (\bar{X}_{ik} - \bar{X}_i) (\bar{X}_{ik} - x_j) \quad \dots\dots\dots (34)$$

で与えられ、また判別関数ごとの g 個の係数と常数は次式で与えられる。

$$C_{ik} = \sum_{j=1}^M d_{ij} X_{jk} \quad \dots\dots\dots (35)$$

$$C_{0k} = -\frac{1}{2} \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^M d_{ij} \bar{X}_{jk} \bar{X}_{ik}$$

ただし $i = 1, 2, \dots\dots\dots M$

$k = 1, 2, \dots\dots\dots M$

これにより k 番目のグループの第 i 番目の変数に対しての判別関数 F_k が次式により計算される。

$$F_k = \sum_{j=1}^M C_{jk} X_{jk} + C_{0k} \quad \dots\dots\dots (36)$$

したがって地すべりのそれぞれの型に属する確率は、

$$Z^{(i)} = \sum_{k=1}^n F_k \cdot F_{(n)}$$

ただし $F_{(n)}$ は各地形要因を表わす。

とすれば次式によって計算できる。

$$P_{(n)} = \frac{\exp [Z^{(n)}]}{\sum_{i=1}^n \exp [Z^{(i)}]} \quad \dots\dots\dots (37)$$

巻末に3群の判別関数電子計算プログラムとその計算結果リストを記載しておくので計算においては参照されたい。

一般に判別解析においては要因数が多ければ多い程適中率は上昇するのが普通である。しかしながら計算過程においては電子計算機を使用する場合問題にはならないが、他の地すべり地判読の適用に際し、型分類に有意でない要因も含めて考察することは、要因判読数が多くなることといたずらに判別計算が煩雑になるだけであることから、今回は要

因選定に際し利用した分散分析の結果有意であると判定された22要因のみ使用し判別関数の計算を実施した。(37)式を使用しそれぞれの地すべりのI, II, III型地すべりに属する確率を求め三角座標に示したのが図-11である。この結果からI型地すべりでの適中率は90%, II型地すべりでは59%, III型地すべりでは69%となり, I, II, III型地すべり全体では69%の適中率を得た。図-11によれば渡が指摘するようにI型地すべりから急激にIII型地すべりへ移行せず, I型→II型→III型地すべりへと移行することが地形的に確認されるこ

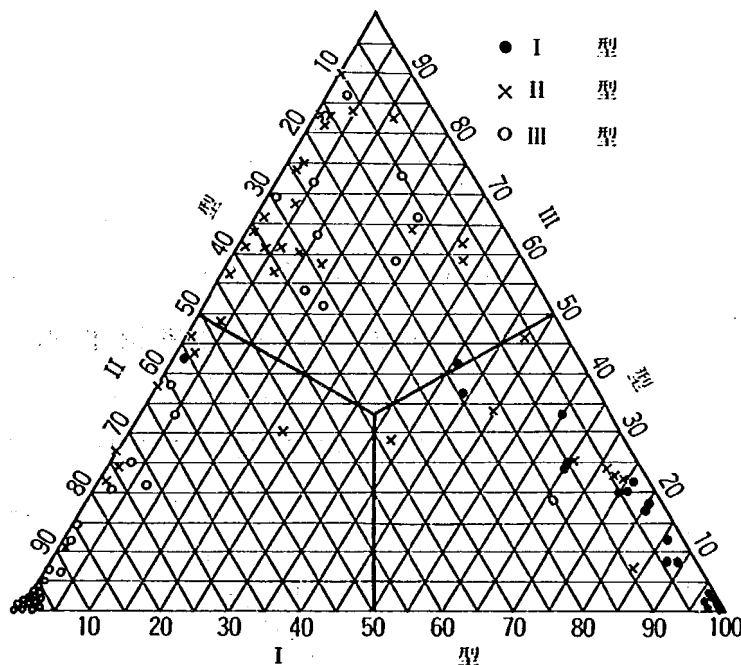


図-11 判別関数法による各地すべり型に属する確率

とが理解され、地すべり型分類は地すべり構成土塊の性状を基に型分類が可能な理由の1つになるであろう。さらに渡の提唱する地すべり発達史論の定量的裏付けになるであろう。さらにII, III型地すべり間の判別に有意があると思われる表-6の10要因について(37)式で解析した結果全体で65%の適中率を得た。したがって簡便的に地形図から地すべり型分類を行なうに10要因でも十分であろうと思われる。

6-3 地形図による地すべり型分類

各要因による地すべり密度分布のⅠ，Ⅱ，Ⅲ型に属する確率は87式によって容易に求めることができる。

前述の10要因についてのそれぞれの型に属する境界値の計算例を図-12～図-21に示す。これの10要因の判別境界値を表-7に示す。ただしこの表-7で0.4 cm変化点でⅠ型，Ⅱ型地すべりの境界の零であるので0.2 cm変化点が0.16より小さい場合をⅠ型地すべり，大きい場合をⅡ型地すべりに属するとする。表-7に従ってそれぞれの要因がⅠ型地すべりに属している場合を1点，Ⅱ型地すべりの場合を2点，Ⅲ型地すべりの場合を3点の得点を与え前述の10要因の合計得点を算出し，表-8に従って実際の地すべり地に適用した結果を表-9～表-11に示す。これによればⅠ型地すべりで90%，Ⅱ型地すべりで66%，Ⅲ型地すべりでは53%の適中率を得た。Ⅱ型，Ⅲ型地すべりの適中率が低かったのはⅡ型，Ⅲ型地すべり

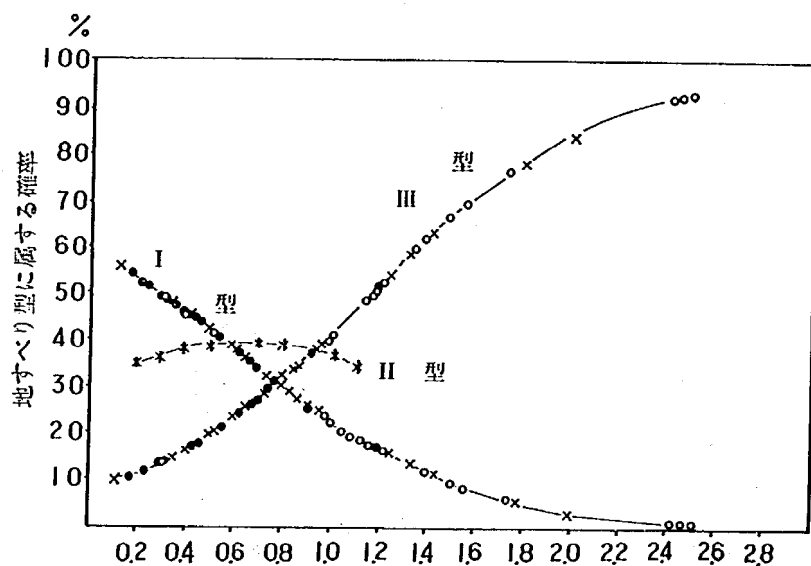


図-12 台地状部変化点

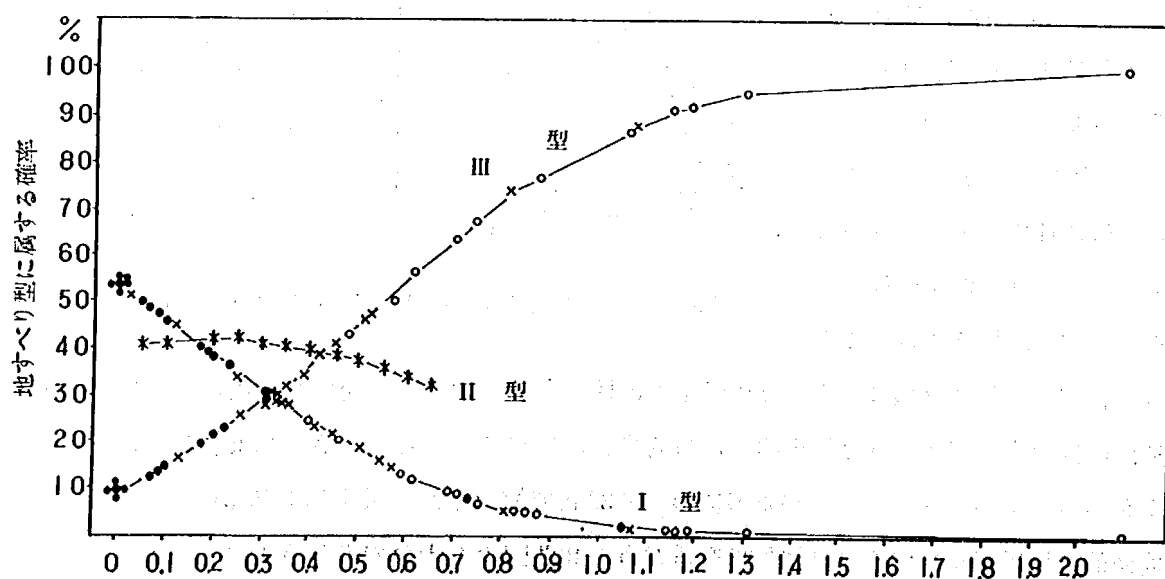


図-13 0.2 cm台地状部変化点

の判別が困難なためである。しかしⅠ型地すべりとⅡ、Ⅲ型地すべりの判別では84%と比較的良好な適中率を得た。Ⅲ式によるⅠ型地すべりの適中率と表-8による適中率は同じ値を示している。Ⅲ型地すべりの場合Ⅲ式使用の適中率は69%で表-8による適中率は53%と差異を生ずるが、表-8によるⅢ型地すべりで得点が22のⅢ型地すべりに近いⅡ型地すべりが6ヶ所もあり、仮にこれをⅢ型地すべりとするとⅢ型地すべりの適中率は72%となり、Ⅲ式による適中率とほぼ一致する値を示す。したがってⅢ式の判別式の計算をすることなしに表-8によりそれぞれの地すべり型の判別が可能となり、要因の合計得点を考察することによりそれぞれの型に属する確率も容易に検討することができると思われる。

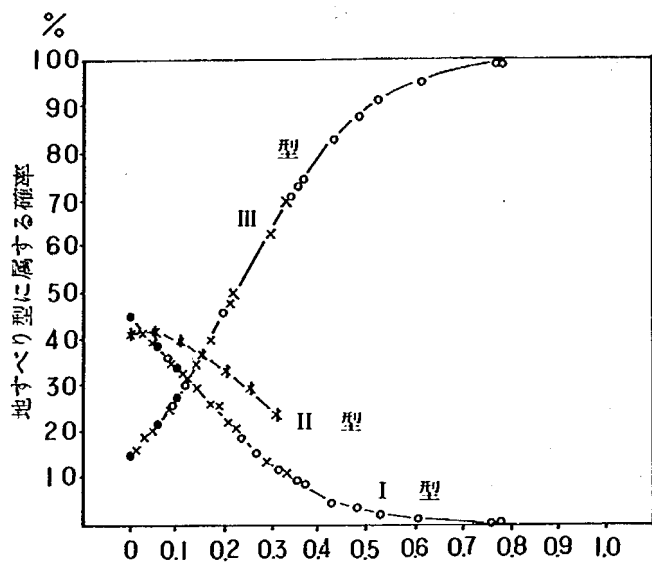


図-14 0.4 cm 台地状部変化点

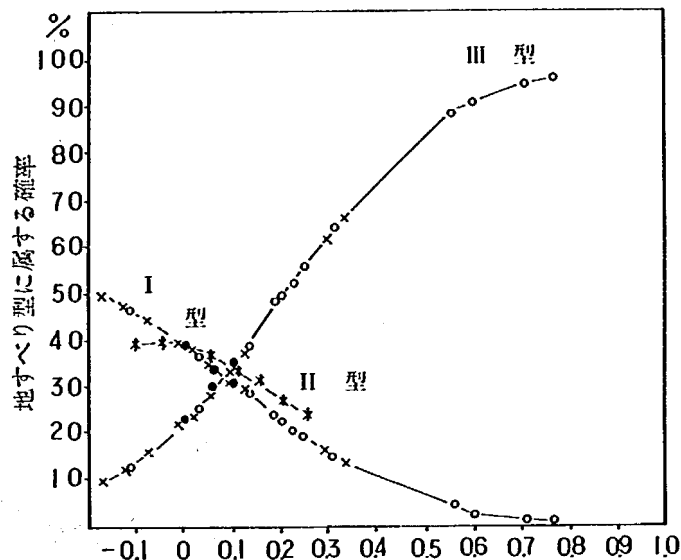


図-15 0.4 cm 変化点 (台地状部 - 地外)

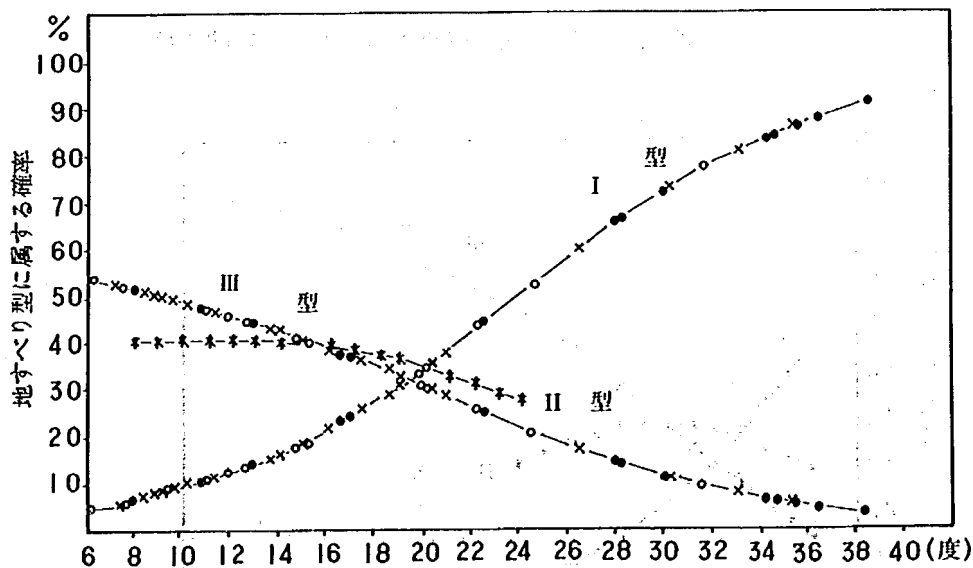


図-16 地すべり平均勾配

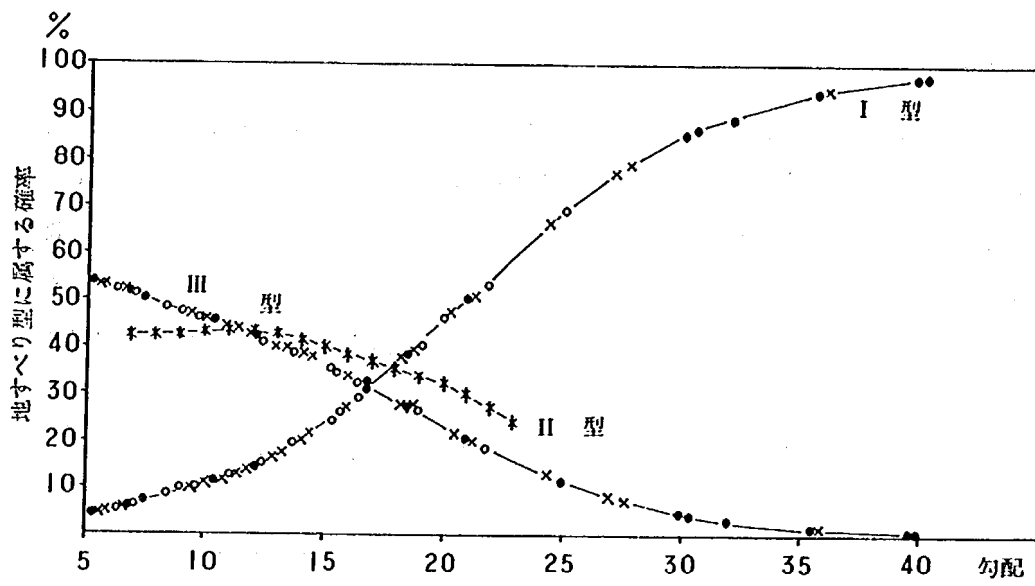


図-17 地すべり台地状部勾配

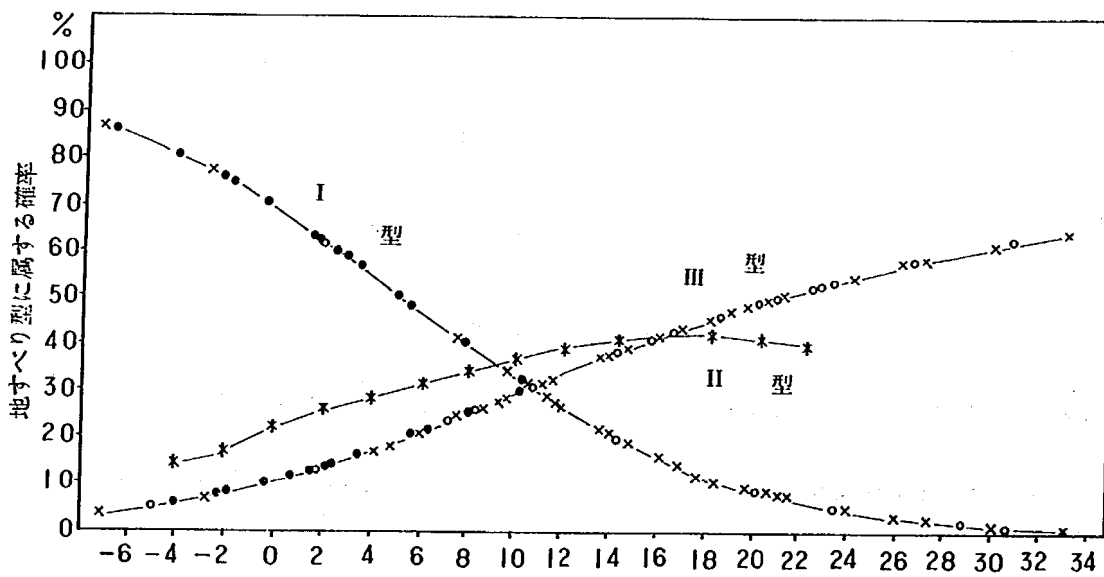


図-18 台地状部勾配 (地すべり地外-地すべり地内)

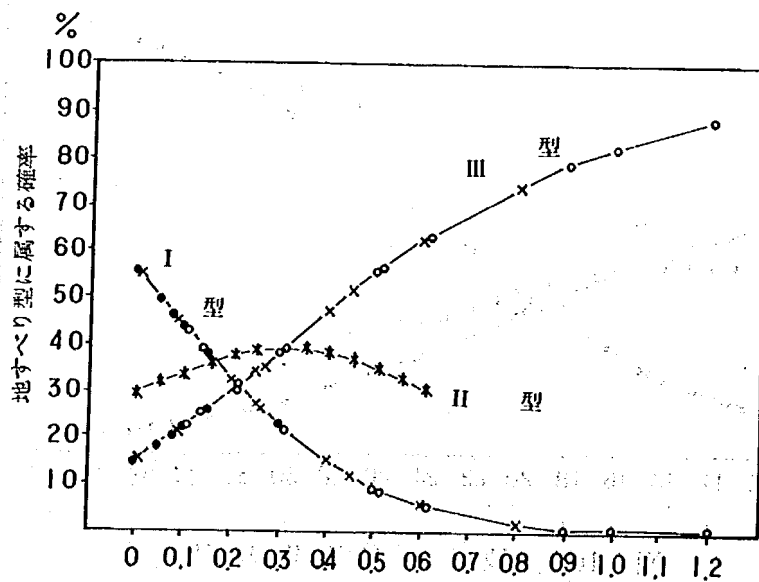


図-19 地すべり地外振幅

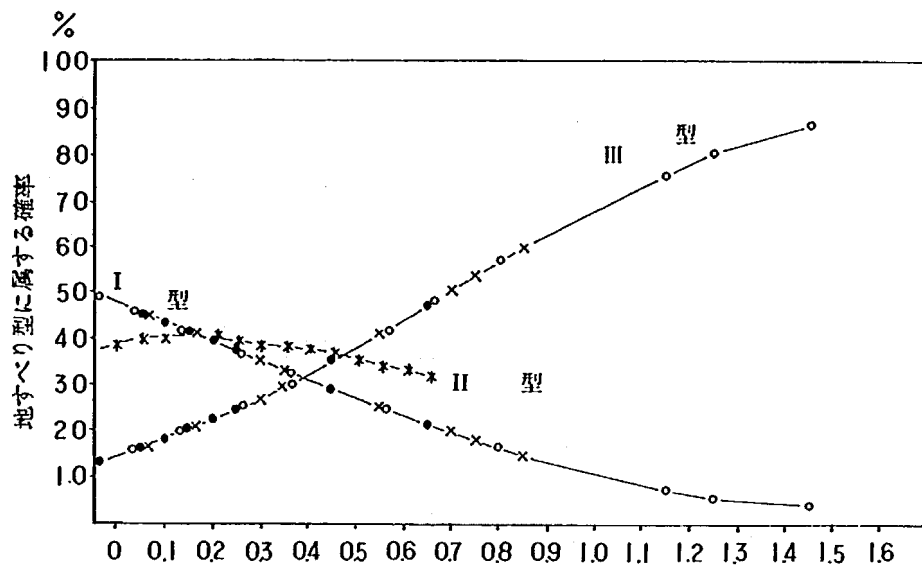


図-20 地すべり中央部振幅

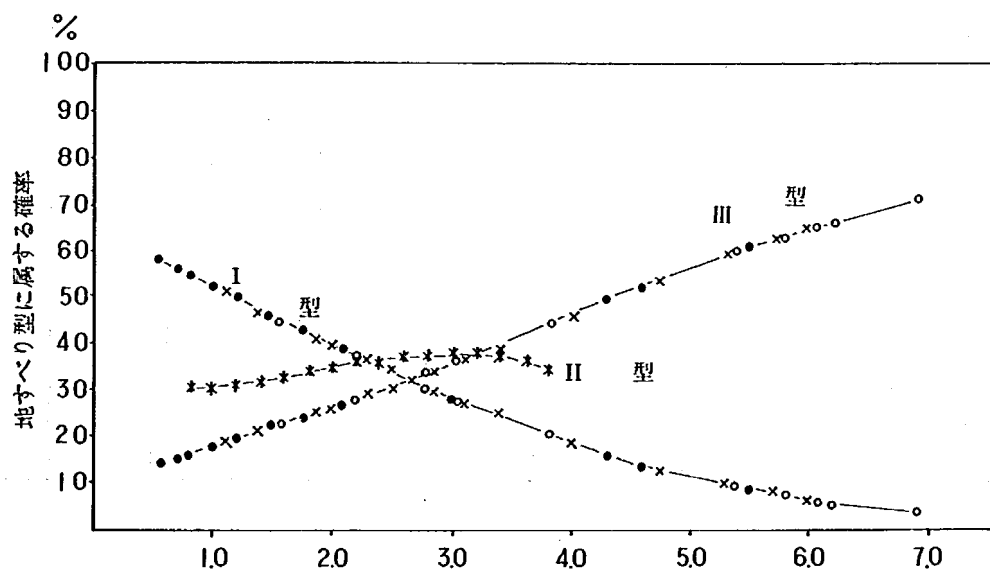


図-21 地すべり台地状部縦断比

表-7 判別境界値

要 因		I 型	II 型	III 型
変 化 点	台地状部変化点	0.57	~	0.92
	0.2 cm台地状部変化点	0.16	~	0.43
	0.4 cm台地状部変化点	0.0	~	0.15
	0.4 cm (台地状部~地外)	0.0	~	0.10
勾 配	地すべり平均勾配 (角度)	20.4	~	14.0
	地すべり台地状部勾配	18.0	~	11.0
	台地状部 (地外~地内)	9.0	~	15.4
振 幅	台地状部振幅	0.19	~	0.53
	地外振幅	0.14	~	0.32
台地状部縦断間隔比		2.19	~	3.25

表-8 地すべり型分類

地すべり型	得 点
I 型	10 ~ 16
II 型	17 ~ 22
III 型	23 ~ 30

表-9 地すべり型判別及び相対的な危険度判定

要因	地すべり番号	台地状部変化点	0.2 cm 台地状部変化点	0.4 cm 台地状部変化点	0.4 cm 台地(地外 状部変化点内)	地すべり平均勾配	地すべり台地状部勾配	台地状部(地外 勾配内)	台地状部振幅	地すべり地外振幅	台地状部縦断比	合計 得点	型 判 別	危 険 度 判 別
I 型 地 す べ り	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1	D
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1	D
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1	D
	4	1	2	2	2	3	3	2	2	1	3	21	2	B
	5	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	1	D
	6	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	1	D
	7	1	1	1	1	2	2	1	2	1	1	13	1	D
	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1	D
	9	2	2	2	2	1	1	1	2	1	2	16	1	C
	10	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	11	1	D
	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1	D
	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1	D
	13	2	1	1	1	3	2	1	1	1	1	14	1	D
	14	1	1	1	1	3	3	1	2	1	1	15	1	C
	15	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	1	D
	16	2	2	2	2	1	1	1	2	1	1	15	1	C
	17	1	1	1	1	2	3	1	1	1	3	15	1	C
	18	1	2	2	2	2	1	1	2	1	1	15	1	C
	19	2	2	2	2	2	3	3	3	1	3	24	3	B
	20	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	11	1	D

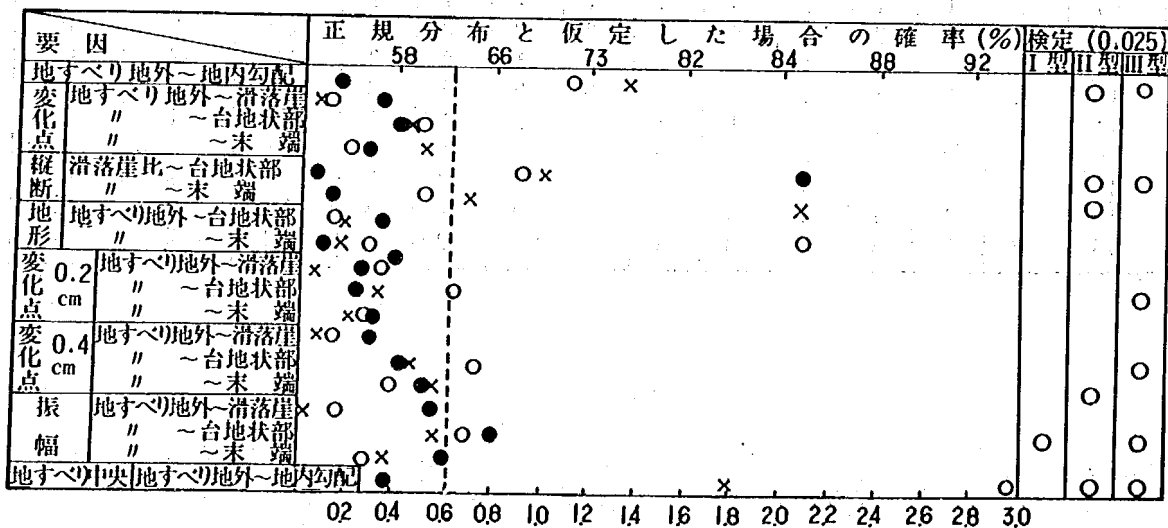
表-10 地すべり型判別及び相対的な危険度判定

要 因	地 す べ り 番 号	台 地 状 部 変 化 面	0.2 cm 台 地 状 部 変 化 点	0.4 cm 台 地 状 部 変 化 点	0.4 cm 台 地 状 部 変 化 点 (地 外 変 化 点 内)	地 す べ り 平 均 勾 配	地 す べ り 台 地 状 部 勾 配	台 地 状 部 勾 配 (地 外 勾 配 内)	台 地 状 部 振 幅	地 す べ り 地 外 振 幅	台 地 状 部 振 幅	合 計 得 点	型 判 別	危 険 度 判 別
Ⅱ 型 地 す べ り	1	1	1	1	1	3	3	2	2	1	1	16	1	C
	2	2	2	2	2	2	3	3	1	3	2	22	2	B
	3	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	12	1	D
	4	1	2	2	2	2	2	2	3	3	1	20	2	B
	5	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	13	1	D
	6	1	2	3	3	1	2	3	2	2	2	21	2	B
	7	3	3	2	2	1	2	3	2	3	1	22	2	B
	8	3	1	1	1	1	2	3	2	1	2	17	2	C
	9	2	2	2	2	2	3	2	2	3	2	22	2	B
	10	3	3	2	2	2	3	3	2	2	3	25	3	A
	11	2	2	3	3	3	3	2	2	3	2	25	3	A
	12	2	1	1	1	3	1	2	2	1	1	15	1	C
	13	3	3	3	3	2	2	3	2	3	1	25	3	C
	14	3	1	1	1	2	1	3	2	2	2	18	2	C
	15	2	2	2	2	3	3	3	2	3	3	25	3	A
	16	2	2	2	3	2	2	2	2	1	3	21	2	B
	17	2	1	1	1	3	3	1	1	1	2	16	1	C
	18	3	3	2	2	1	1	1	2	2	1	18	2	C
	19	2	2	2	2	3	3	2	2	1	1	20	2	C
	20	1	2	2	3	3	3	2	2	1	2	20	2	B
	21	2	3	2	2	2	2	2	2	2	3	22	2	B
	22	2	2	2	3	3	3	1	2	2	1	21	2	B
	23	2	1	1	1	3	3	2	2	3	3	21	2	B
	24	3	3	3	2	3	3	3	2	3	1	26	3	A
	25	1	1	1	1	2	2	1	2	2	2	15	1	C
	26	1	2	2	2	1	2	2	2	2	1	17	2	C
	27	2	2	3	3	2	2	1	2	2	2	21	2	B
	28	1	2	3	2	2	1	1	3	3	3	21	2	B
	29	2	2	2	2	3	1	1	2	1	1	17	2	C
	30	1	1	1	1	3	3	1	1	1	1	14	1	D
	31	2	2	2	2	2	3	3	2	3	1	22	2	B
	32	1	1	1	1	3	2	3	1	2	2	17	2	C
	33	2	1	1	1	3	3	3	2	2	3	21	2	C
	34	2	2	2	2	1	1	1	2	1	1	15	1	C
	35	1	2	2	2	3	3	3	3	1	2	22	2	C
	36	1	1	1	1	2	3	3	2	2	3	19	2	C
	37	1	1	1	1	3	3	3	1	1	3	18	2	C
	38	2	2	2	2	3	1	2	3	2	3	22	2	B

表-11 地すべり型判別及び相対的な危険度判定

要因	地すべり番号	台地状部変化点	0.2 cm 台地状部変化点	0.4 cm 台地状部変化点	0.4 cm 台地(地外・地内)変化点	地すべり平均勾配	地すべり台地状部勾配	台地状部(地外・地内)勾配	台地状部振幅	地すべり地外振幅	台地状部縦断面図	合計得点	型判別	危険度判別
Ⅲ型地すべり	1	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	23	3	B
	2	3	3	3	3	3	3	1	3	3	2	27	3	A
	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	29	3	A
	4	3	3	2	3	2	1	1	2	1	1	19	2	C
	5	3	3	3	3	1	1	3	3	1	2	23	3	B
	6	3	2	3	3	3	3	3	3	2	3	28	3	A
	7	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	22	2	A
	8	3	3	3	3	2	3	3	3	2	3	28	3	A
	9	3	3	3	3	2	3	1	3	3	1	25	3	A
	10	1	1	1	1	2	2	3	2	1	2	16	1	C
	11	3	2	2	2	3	2	2	2	3	1	22	2	B
	12	3	1	1	1	1	2	2	2	1	1	15	1	C
	13	2	2	2	3	2	2	3	2	2	2	22	2	B
	14	3	3	2	2	2	3	2	2	2	3	24	3	B
	15	1	2	2	2	3	3	3	2	2	2	22	2	B
	16	1	1	2	2	3	3	2	2	1	2	19	2	C
	17	2	2	2	2	3	3	3	2	2	3	24	3	B
	18	3	3	3	3	3	2	3	2	3	1	26	3	A
	19	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	29	3	A
	20	2	2	2	2	3	2	2	2	2	1	20	2	B
	21	1	1	2	2	3	2	3	3	2	3	22	2	B
	22	2	3	3	3	2	3	3	3	2	1	25	3	A
	23	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	3	A
	24	1	3	3	2	3	2	2	3	3	1	23	3	A
	25	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	3	A
	26	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	3	A
	27	2	2	2	2	2	2	3	2	1	1	19	2	C
	28	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	29	3	A
	29	1	1	1	1	1	2	3	1	2	3	16	1	C
	30	1	2	2	2	1	3	3	2	2	3	21	2	B
	31	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	13	1	D
	32	1	3	3	2	2	3	2	2	3	1	22	2	B

表-12 地すべり地外～地内各要因の判別検定



7. 地すべり地形の判読

地すべり地形を容易にかつ簡単に判読することができれば各種の地すべり調査がすみやかにでき、地すべり危険度の判定、各種の地すべり防止対策工法の樹立が可能となり、これが地すべり地形の判読手法の確立の必要性和強く望まれる所以である。一般的に地すべり地形の判読には地すべり斜面の地形要因と地すべりでない斜面の地形要因についての地形的特徴の違いを把握しなければならない。今回は前述のように地すべり地外の要因と地すべり地内の各要因についてⅠ、Ⅱ、Ⅲ型のそれぞれについて数量化を行ない分散及び判別関数法を実施し、その結果を表-12に示す。これによれば地すべり中央部の地すべり地外～地内勾配の差による要因での判別が最も有意で、次いで地すべり地外～地内の勾配、縦断比、振幅の順になっている。特にⅢ型地すべりの場合地すべり中央部の地外～地内勾配差の要因では92%以上の確率をもって地すべり斜面を判読することができる。しかしながらⅠ型地すべりにおいては勾配の要因はⅡ、Ⅲ型と違ってほとんど有意がない。これはⅠ型地すべりほど椅子型地すべり運動形態で1ブロックで滑動するため、地すべり地外、地内勾配に有意がないものと思われる。Ⅱ型地すべりでは縦断間隔に有意性が見られるが、これはⅡ型地すべりでは回転運動による土塊の移動が発生しやすく、このため地すべり中央部に緩傾斜の台地状地形を形成し、また台地状部は回転運動の中心軸となるため変化点に有意がなく縦断間隔比及び勾配のみ有意がでたものと考えられる。Ⅲ型地すべりでは地すべり運動の繰返しにより土塊が粘土化し、台地状部もブロック化による滑動が開始されるため変化点に有意がでたものと思われる。さらに構成土塊が粘土化し粘性流体のような平面運動形態をなすことと構成土塊のせん断抵抗力が減少し急斜面を形成することが不可能となり、平坦な緩斜面を形成するためこれらの地形的特徴がでたものと思われる。したがって地すべり判読においては次のような点に注意しておこなう必要があろう。

1) 大面積の地形図及び航空写真を大局的に観察し、地形等高線の間隔が極端に広がっている箇所、また等高線間隔の密になった馬蹄形の斜面といった周囲の斜面に比して性状の異なる斜面を把握する。特にこの地形等高線の間隔は縦断間隔比として容易に定量的に計算可能である。したがって地すべり台地状部と地外の縦断間隔比の実際の斜面の計算は、地すべり長さが実態統計(三)¹²⁾によれば300mであることから150m以上離れた地点での縦断間隔比を採用する。今回解析した例では、Ⅰ型地すべり1.20、Ⅱ型地すべり2.80、Ⅲ型地すべりで4.40という平均値を示している。また地すべり地外～地内の台地状部の勾配差はⅠ型地すべりで4度、Ⅱ型で10度、Ⅲ型地すべりで20度という平均値を示した。したがって実際の斜面で縦断間隔比が1.2以上の値及び勾配差が4度以上の場合注意する必要があり、特に末端部付近つまり台北状部の下端部の地形等高線が上部の地形等高線と異なった波形指向性を示している場合、地すべり斜面の可能性が大である。

2) 次に斜面の凹凸について考察する。まず表-12に見られたように振幅の要因が最も有意であることから、地すべり地外と台地状部と思われる振幅比を計算する。

事例解析ではⅠ型地すべりで0.1cm、Ⅱ型地すべりで0.3cm、Ⅲ型地すべりで0.45cmであった。したがって振幅で0.2cm以上の値が観測された場合注意を要する。

3) 次に変化点について考察する。この場合、台地状部の要因が最も有意であり、特に 0.4 cm の変化点が有意である。この場合Ⅱ型地すべりで地すべり地外～台地状部の 0.4 cm 変化点の平均値は 0.2 の値を示した。したがってこの値より大きな計算値が得られた場合、過去に地すべり活動の形跡があり、しかも地すべり土塊が残余している可能性が非常に強い。

4) 次に表-7と表-8に従って地すべり型判別の試算を行なう。この結果総合得点がⅢ型地すべりに近い場合地すべり地であると判定し、Ⅰ型でもⅡ型の地すべりに近い得点の場合は崩積土型地すべりである可能性が非常に強い。また総合得点が10点の時は、斜面の形態、地質特性、断層の位置、斜面の傾向、頻度分布、斜面水平断面形の曲率頻度分布等を総合的に観察して判定する。

その他に一般に地すべりは、移動過程で台地状地形を呈することから段丘地形と混同されやすい。特に地すべり土塊が礫層からなる第三紀層での場合段丘と誤判別されやすい。したがって斜面の形成年代、背後の斜面の解析状況等を検討する必要がある。一般に段丘が長く保存される箇所は、河道における非水衝部で解析が進みにくい箇所が多く、地すべりの場合、河道の水衝部の洗掘による地すべり運動による押し出しが見られることが多い。

一般的にⅠ型地すべりの場合、地形から地すべりを判読することは困難であり、Ⅲ型地すべりほど判読しやすいと言える。また地すべりは、地質的にある特殊な条件のもとで発生することが多いため地すべり発生箇所も限定されることが多く、第三紀型の地すべりであるとか、破碎帯型地すべりであるとか呼称されることがある。したがって地すべり斜面は、それぞれの地域での発生条件、斜面形態の特徴を有しているので調査区域の地すべりの形態及び特徴を恒日頃から把握しておくことも重要なことであろう。

8. 地質と地すべり

地すべりは、ある特殊な地質条件のもとで発生しやすいと前述したが、建設省所轄の地すべり指定地 2,300 箇所余の地質について実態を調査した結果を図-22, 23に示す。これによれば砂礫系統、粘土系統、片岩系統で75%の地すべりが発生し、そのうち砂岩、砂質泥岩、結晶片岩によるものが53%を占めている。この砂岩というのを詳細に再検討してみると単独に砂岩岩体中の地すべりではなく、むしろ第三紀層中の砂岩、礫岩と泥岩の境界部のすべり面に沿う地すべりを砂岩とした事例が多く、大まかには砂岩と泥岩の互層、泥岩、結晶片岩の3種に大別できる。その他に白山甚之助谷地すべりに見られるような中生層の手取層の頁岩の地すべり、鳴子ダム付近に見られる緑色凝灰岩の地すべり、又姫川沿いに見られる蛇紋岩の地すべり等といった頁岩、凝灰岩、蛇紋岩の地すべりも多い。これらの岩質は温泉変質を受けたり、構造変質を受けた粘土化している場合に地すべりが発生している場合が非常に多い。また砂質泥岩を基盤岩とする地すべりは第三紀層に多く見られ、砂質成分が多くなるほど崩壊性地すべり型の傾向を示す。結晶片岩の地すべりは四国の吉野川流域に多く見られ、本州の下久保ダム付近にも見られる。この種の地すべりは第三紀地帯の地すべりに比べて急斜面に多い。この関係を調べるために前述の建設省所轄の地すべり地について斜面勾配と地質の関係を図-24に示す。これによれば明らかに片岩系統は30~35度にピークが表われ、粘土系統は20~25度にピークが表われ明らかに片岩系統の斜面が急であることが理解される。また他の岩質の系統は、粘土系統と同じ斜面勾配の傾向を示すが、片岩系統のみそれと違った傾向を示す。こ

れは片岩以外の岩は熱変質、構造変質を受け粘土化した場合に地すべりが発生するためであろうと考えられる。

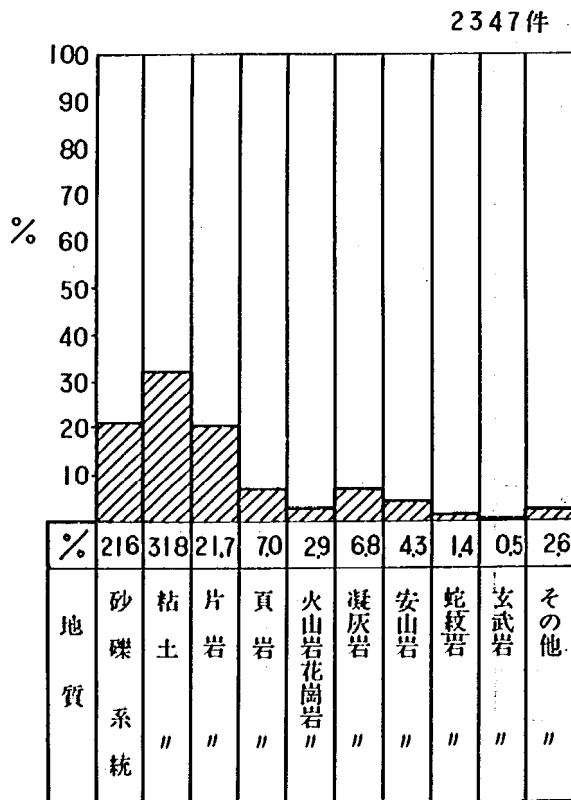


図-22 地すべりと地質

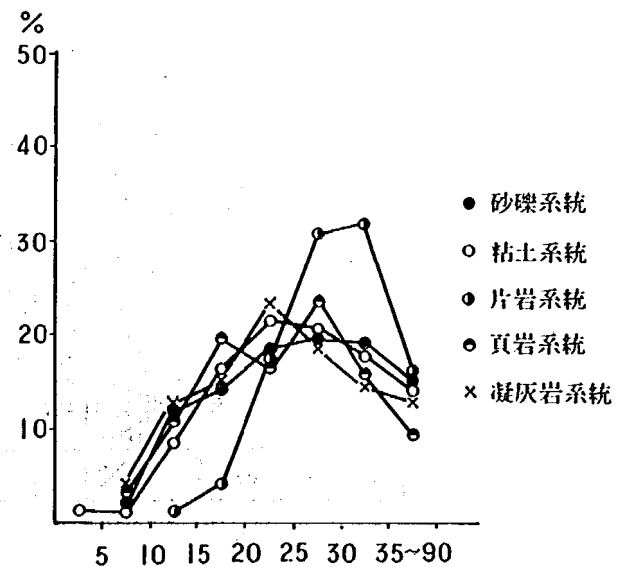


図-24 地すべり地質と斜面勾配

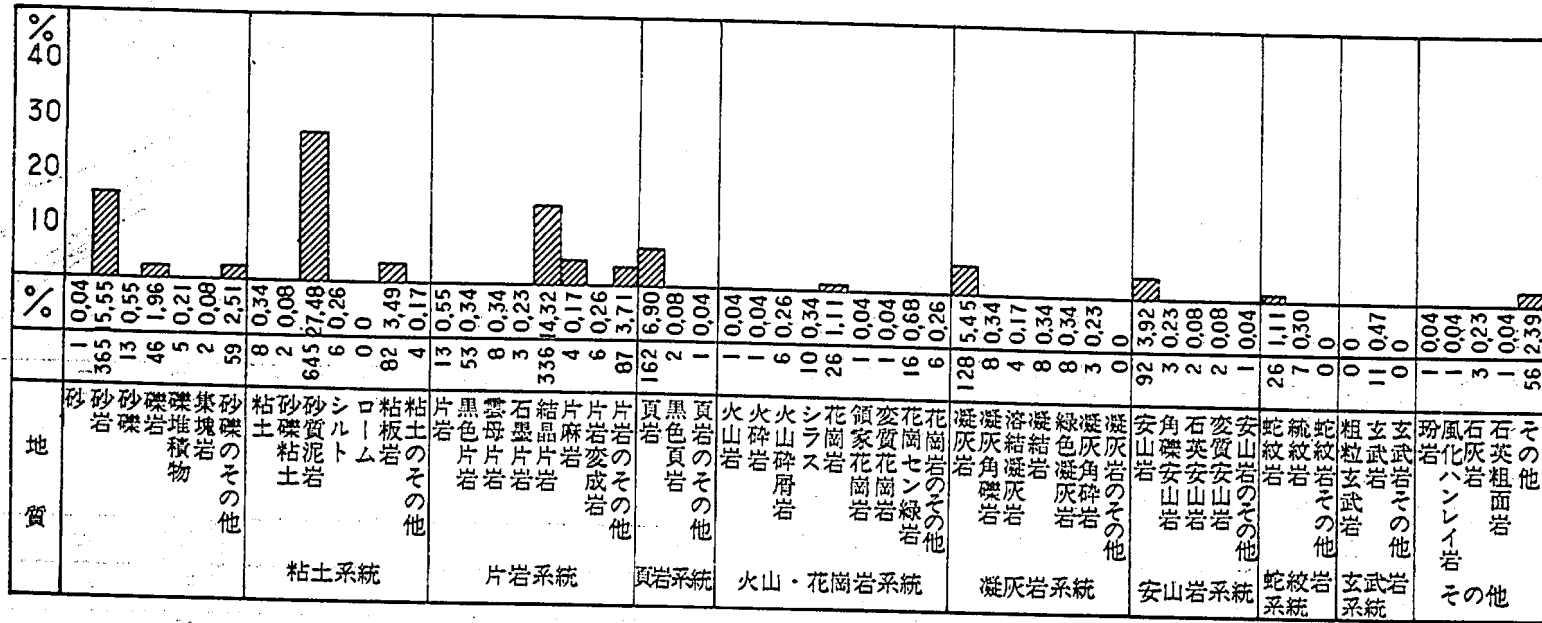


図 - 23 地 す べ り と 地 質

9. 地すべり型分類と相対的危険度

地すべり地の危険度を容易に推定することができれば、調査箇所及び防止対策工法の施工順位等容易に検討することができる。しかしながら地すべりの危険度は、斜面の安全率の逆数で表わされなければならない。したがって単に素因的な地質特性、地質構造等の要因のみで判定することは困難と思われるが、しかし地すべりの安全率は地すべり構成土塊の性状の影響を受けることもよく知られている。このことについて渡は⁸⁾、地すべり型を4つの型に分類し次のような平均的な安全率を有していると述べている（表-4参照）

岩盤地すべり → 大低の場合 $F_s > 1.10$ 、一時的にある程度の切土、盛土も可能

風化岩地すべり → $F_s = 1.05 \sim 1.10$ 、一時的に5%程度の安全率を低下させることが可能

崩積土すべり → $F_s = 1.03 \sim 1.05$ 、一時的に3%程度の安全率を悪化させても安定

粘質土地すべり → 切土盛土は不可能、小量の土工でも運動を再発する。

今回は地すべりを三種の型に分類したが、それぞれの地すべり型の境界付近に属する地すべりの各要因の合計得点値は、それぞれの型に属する地すべりの各要因の合計得点値の平均的な値を示し、Ⅰ型、Ⅱ型、Ⅲ型地すべりの中間的土塊の性質を有する地すべりであると考えられることから、渡の提唱する地すべり型と対応させ、表-13に従がい地すべり斜面の相対的な危険度判定を行なった。その結果を表-9, 10, 11の右側の欄に示す。したがって自然斜面で危険度がA～Cに属している場合は、明らかに地すべりであり、早急な対策が必要である。またDであってもCに近い危険度有する場合は、道路路線選定等の作業の際十分に注意をする必要がある。また実態統計(三)¹²⁾で述べているように地すべり土塊の性状により適切妥当な防止工法、調査方法が区分されており、この判別調査結果と対比することにより一層適切妥当な調査計画の方針が樹立でき、地すべり防止工法の選定に際し重要な指針を与えることであろう。

表-13 地すべり相対危険度

危険度	得点
A	25～30
B	20～24
C	15～19
D	10～14

10. あ と が き

地すべり斜面は、その構成土塊に規制された運動形態が強く地形に表われ、地すべり斜面の地形要因を判読することにより地すべり型分類が可能である。さらに地形要因を数量化し判別関数法を適用することにより、一律に個人差なく地すべり斜面の判読が可能である。さらに精度よい危険度判定を行なうためには、地すべり斜面の実態に関する基礎資料の収集と地すべり発生機構を考察して誘因等の要因を組込んだ解析が必要である。

これらの解析結果の収集により一層精度の高い地すべり判読が可能になると考えられる。

参 考 資 料

- 1) 丸安隆和, 写真判読による地すべり, 崩壊の統計的研究, 土木学会論文集116号, 昭和40. 4
- 2) 久保村圭助外, 数量化法による切取り面の安全度解析, 土木学会論文報告集第194号, 1971年10月
- 3) 小橋澄治外, 航空写真判読による斜面の安全度解析, 新砂防84, 昭和47. 5
- 4) 大森博雄, 山地斜面の安定性に対する地形, 地質, 植生の関与の度合, 地理学評論47-10, 1974
- 5) 小橋澄治外, 空中写真利用による斜面安定度の検討, 鉄道技術研究所報告№885, 昭和49年
- 6) 芥川真知他, 空中写真による地すべり地形の判読, 土木研究所報告, 127号の6, 昭和40年12月
- 7) 高谷精二, 航空写真による地すべり地形の研究(I), (II), (III), 地すべりVol 7, №3, 昭和45年
- 8) 渡正亮他, 地すべり地の概踏と調査の考え方, 土木研究使資料, 1003号, 昭和50年3月
- 9) 地すべりの実態とその対策, 林野庁地すべり対策協議会編, 第1部総論, 昭和51年7月
- 10) 植村武, 第三紀層の地すべりに関する発生原因, 機械構と予測
- 11) 日野幹雄, スペクトル解析, 昭和52年10月, 朝倉
- 12) 藤田寿雄他, 地すべり実態統計(三), 土木研究所資料1204号

多変量解析プログラム三群の判別

(M 群の拡張可能)

```

SHUMB      C0200
IDENT      DISCRIMANT
OPTION      FORTRAN
FORTY
EXECUTE
LIMITS     50,50K,,20000
ENDJOB

```

• ACTY-01 YCARD #0004 FORTY 12/12/78 SW=210212000000
• NORMAL TERMINATION AT 005147 1:4060 SW=210212000000

LIST 247 MC-07 AT STA. 08

* ACTY-02 XCARD #0005 GELOAD 12/12/78 SW=000000000000
* NORMAL TERMINATION AT 034373 I=5020 SW=000000000000

LIST 19 LINES AT STA. 08
RC-06 32 LINES AT STA. 08

LABEL PAGE 1

7 MEMORY EXPANDED. USE VLIMITS OR CORE= OPTION FOR NEXT RUN

```

1 SUBROUTINE HEINO(NJ,XM,S,X,AND,F,T,XYX,IG)
2 DIMENSION XM(100),S(50,50),X(100),F(50),T(50),Y(100),XYX(3,50,50)
3 N=3
4 AND=0.0
5 DO 20 I=1,N
6 XM(I)=0.0
7 F(I)=0.0
8 DO 20 J=1,N
9 S(I,J)=0.0
10 ND=0
11 30 READ(5,40) (Y(I),I=1,NJ),SW
12 40 FORMAT(4F5.1)
13 DO 10 IQ=1,N
14 10 X(IQ)=Y(IQ)
15 ND=ND+1
16 DO 90 I=1,N
17 90 XYX(IG,ND,I)=X(I)
18 DO 50 I=1,N
19 XM(I)=XM(I)+X(I)
20 F(I)=F(I)+X(I)**2
21 DO 50 J=1,N
22 50 S(I,J)=S(I,J)+X(I)*X(J)
23 IF(SW) 30,60,30
24 60 AND=ND
25 DO 80 I=1,N
26 DO 70 J=1,N
27 70 S(I,J)=S(I,J)-XM(I)*XM(J)/AND
28 T(I)=XM(I)
29 80 XM(I)=XM(I)/AND
30 NJ=N
31 RETURN
32 END

```

```

1 SUBROUTINE VARI (N,VCA,VCB,VCC,TTA,TTB,TT,FFA,FFB,FFC)
2 DIMENSION FFA(50),FFB(50),TTA(50),TTB(50),FFC(50),TTC(50)
3 VT=VCA+VCB+VCC
4 VK=2
5 VC=(VT-1)-VK
6 DO 10 I=1,N
7 GOK=FFA(I)+FFB(I)+FFC(I)
8 GOK=TTA(I)**2/VCA+TTB(I)**2/VCB+TTC(I)**2/VCC
9 CF=TTA(I)+TTB(I)+TTC(I)
10 CF=CF**2/VT
11 SS=GOK-CF
12 SSA=GOK-SS
13 SSE=SS-SSA
14 VA=SSA/VK
15 VE=SSE/VC
16 FO=VA/VE
17 WRITE(6,20) VT,VK,VC,FO
18 20 FORMAT (F5.0,"JA",F5.0,5X,"JE",F5.0,5X,"FO",F10.5)
19 10 CONTINUE
20 RETURN
21 END

```

```

1      SUBROUTINE KAI(N,GU,Z,CL,IO)
2      DIMENSION GU(50,50),Z(100),CL(10,50)
3      DO 10 I=1,M
4      S=0.0
5      DO 20 J=1,M
6      S=S+GU(I,J)+Z(J)
7      IJ=I
8      CL(IQ,IJ)=S
9      10 CONTINUE
10     SS=0.0
11     DO 30 I=1,M
12     DO 30 J=1,M
13     SS=SS+GU(I,J)+Z(I)+Z(J)
14     SS=-0.5*SS
15     NJ=N+1
16     CL(IQ,NJ)=SS
17     WRITE(6,50) (CL(IQ,I),I=1,4)
18     50 FORMAT(4F10,5)
19     RETURN
20     END

```

```

1      SUBROUTINE GUSS (AA,IX,AG)
2      DIMENSION AA(50,100),AG(50,50)
3      ES=10+(-10)
4      N=IX
5      N1=N+IX
6      DO 200 I=1,M
7      DO 200 J=N+1,M1
8      200 AA(I,J)=0.0
9      DO 210 J=1,M
10     I=J+M
11     210 AA(J,I)=1.0
12     DO 10 K=1,M
13     M9=ABS(AA(K,K))
14     I9=K
15     K1=K+1
16     IF (K1.GT.M) GOTO 30
17     DO 20 I=K1,M
18     IF (ABS(AA(I,K)).LE.M9) GOTO 20
19     M9=ABS(AA(I,K))
20     I9=I
21     20 CONTINUE
22     30 CONTINUE
23     IF (M9.GE.ES) GOTO 40
24     WRITE(6,50)
25     50 FORMAT (1H0,"ILL CONDITION")
26     GOTO 60
27     40 IF (I9.EQ.K) GOTO 70
28     DO 80 J=1,M1
29     R=AA(K,J)
30     AA(K,J)=AA(I9,J)
31     80 AA(I9,J)=R
32     70 W=AA(K,K)
33     DO 90 J=K1,M1
34     90 AA(K,J)=AA(K,J)/W
35     DO 100 I=1,M
36     IF (I.EQ.K) GOTO 100
37     W=AA(I,K)
38     DO 110 J=K1,M1
39     110 AA(I,J)=AA(I,J)-W*AA(K,J)
40     100 CONTINUE
41     10 CONTINUE
42     WRITE (6,120)
43     120 FORMAT (1H0,30X,"GUSS JORDAN")
44     WRITE(6,145) ((AA(I,J),J=N+1,M1),I=1,M)
45     145 FORMAT(3F10,5)
46     DO 140 I=1,M
47     DO 140 J=N+1,M1
48     JJ=J-M
49     AG(I,JJ)=AA(I,J)
50     140 CONTINUE
51     60 CONTINUE
52     RETURN
53     END

```

```

1      SUBROUTINE DIMS(NNS,GA,GB,DA,DB,DXA,DXB)
2      DIMENSION DA(50,50),DB(50,50),D(50,50),DX(100),DY(50,50),DP(100),
3      1DXA(100),DXB(100)
4      DO 10 I=1,NNS
5      DO 10 J=1,NNS
6      D(I,J)=DA(I,J)+DB(I,J)
7      10 D(I,J)=D(I,J)/(GA+GB-2.0)
8      DO 20 I=1,NNS
9      DO 20 J=1,NNS
10     D(J,I)=D(I,J)
11     DO 30 I=1,NNS
12     30 DX(I)=SQRT(D(I,I))
13     DO 40 I=1,NNS
14     DO 40 J=1,NNS
15     40 DY(I,J)=D(I,J)/(DX(I)+DX(J))
16     DO 50 I=1,NNS
17     50 DP(I)=DXA(I)-DXB(I)
18     WRITE(6,70)
19     70 FORMAT (1H1,"G1 MEAN",5X,"G2 MEAN",5X,"G1-G2",5X,"HYOJNNHNSA",5X,
20     1"HNSA/(G1-G2)")
21     DO 80 I=1,NNS
22     WRITE(6,90) DXA(I),DXB(I),DP(I),DX(I),DP(I)/DX(I)
23     90 FORMAT(5F15.5)
24     80 CONTINUE
25     WRITE(6,100)
26     100 FORMAT(1H0,"SOKANKEISU")
27     WRITE(6,110) ((DY(I,J),J=1,16),I=1,NNS)
28     110 FORMAT (16F8.4)
29     WRITE(6,120) ((DY(I,J),J=17,NNS),I=1,NNS)
30     120 FORMAT(6F8.4)
31     RETURN
32     END

```

```

1      SUBROUTINE HAMB(N1,C,CO,XDX,IA)
2      DIMENSION CO(10,50),XOX(3,50,50),R(10),F(10)
3      WRITE(6,5) IA
4      5 FORMAT(1H0,10X,"GROUP=",15)
5      WRITE(6,6)
6      6 FORMAT(10X,"P1",15X,"P2",15X,"P3")
7      IE=IFIX(C)
8      DO 10 I=1,IE
9      DO 20 L=1,3
10     20 R(L)=0.0
11     DO 30 K=1,3
12     DO 40 J=1,N1
13     40 R(K)=R(K)+CO(K,J)+XDX(IA,I,J)
14     NN=N1+1
15     30 R(K)=R(K)+CO(K,NN)
16     SSS=0.0
17     DO 50 M=1,3
18     50 SSS=SSS+EXP(R(M))
19     DO 60 L=1,3
20     60 F(L)=EXP(R(L))/SSS
21     WRITE(6,70) (F(IL),IL=1,3)
22     70 FORMAT(3F15.5)
23     10 CONTINUE
24     RETURN
25     END

```

DATE MODULE ENTRY LOCATION ENTRY LOCATION ENTRY LOCATION ENTRY LOCATION ENTRY LOCATION

SUBPROGRAMS INCLUDED IN DECK.

Y OPTION FORTRAN

SUBPROGRAMS OBTAINED FROM SYSTEM LIBRARY

	RANGE	SIZE
ALLOCATED CORE	000000 THRU 143777	144000
RELOCATABLE	021574 THRU 143777	122204

FCB AND BUFFER SPACE		
AVAILABLE	000101 THRU 021573	021473
FILE CTRL BLKS	021444 THRU 021574	000131
MAXIMUM BUFFER SPACE REQUIRED		001202

42K, IS THE MINIMUM MEMORY NEEDED TO LOAD THIS ACTIVITY WITH ALL FILES OPEN 740503 G.1
001246 LOCATIONS REQUIRED FOR LOAD TABLE
EXECUTION PROGRAM ENTERED AT 143374 THROUGH .FSETU

12.JA	2.	JE	9.	FO	6.79196
12.JA	2.	JE	9.	FO	12.55449
12.JA	2.	JE	9.	FO	3.56975

GUSS JORDAN

33.84789	-22.08598	2.63753	
-22.08598	43.42542	-9.97642	
2.63754	-9.97642	27.41632	
-9.64525	12.20863	3.78087	-2.75412
-5.76279	31.12334	-3.26231	-13.89079
-6.02745	12.82155	10.42666	-5.52306

GROUP= 1		
P1	P2	P3
0.92156	0.00001	0.07843
0.78818	0.00019	0.21163
0.84896	0.05310	0.09794
0.40763	0.00002	0.59235

GROUP= 2		
P1	P2	P3
0.00073	0.99663	0.00264
0.00080	0.99816	0.00104
0.00004	0.99986	0.00011

GROUP= 3		
P1	P2	P3
0.35033	0.00000	0.64966
0.14597	0.00002	0.85401
0.28168	0.01029	0.70803
0.76530	0.00349	0.23121
0.00771	0.01043	0.98186

```

SUBROUTINE HEINO (NJ,XM,S,X,AND,F,T)
DIMENSION XM(100),S(50,50),X(100),F(50),T(50),Y(100)
N=22
AND=0.0
DO 20 I=1,N
  XM(I)=0.0
  F(I)=0.0
DO 20 J=1,N
  S(I,J)=0.0
ND=0
30 READ(5,40) (Y(I),I=1,NJ),SW
40 FORMAT (4F6.1,9F6.2/F6.2,3F6.1,8F6.2/4F6.2,4F6.1)
ND=ND+1
WRITE(6,240) ND,Y(3),Y(9),Y(31)
240 FORMAT(15,3F15.5)
DO 50 I=1,N
  XM(I)=XM(I)+X(I)
  F(I)=F(I)+X(I)*2
DO 50 J=1,N
  S(I,J)=S(I,J)+X(I)*X(J)
  IF(SW) 30,60,30
60 AND=ND
DO 80 I=1,N
DO 70 J=1,N
70 S(I,J)=S(I,J)-XM(I)*XM(J)/AND
T(I)=XM(I)
80 XM(I)=XM(I)/AND
NJ=N
RETURN
END

```

```

C DIMENSIONAL FUNCTION METHOD
C MAIN
DIMENSION XAM(100),XBM(100),SA(50,50),SB(50,50),XA(100),XB(100),
1FA(50),FB(50),TA(50),TB(50),
1XX(100),YY(50,50),P(50),AB(50,50),AGU(50),A(50,50)
READ (5,10) NV,NDV
10 FORMAT (2I10)
NS=NV+NDV
DO 20 I=1,NS
DO 20 J=1,NS
20 A(I,J)=0.0
CALL HEIHO (NS,XAM,SA,XA,CA,FA,TA)
NS=NV+NDV
CALL HEIHO (NS,XBM,SB,XB,CB,FB,TB)
CALL VARI (NS,CA,CB,TA,TB,FA,FB)
DO 30 I=1,NS
DO 30 J=1,NS,1
A(I,J)=SA(I,J)+SB(I,J)
30 A(I,J)=A(I,J)/(CA+CB-2.0)
31 CONTINUE
DO 35 I=1,NS
DO 35 J=1,NS
35 A(J,I)=A(I,J)
DO 40 I=1,NS
40 XX(I)=SORT(A(I,I))
DO 50 I=1,NS
DO 50 J=1,NS
50 YY(I,J)=A(I,J)/(XX(I)+XX(J))
DO 60 I=1,NS
60 P(I)=XAM(I)-XBM(I)
WRITE (6,70)
70 FORMAT (1H1,'G1 MEAN',5X,'G2 MEAN',5X,'G1-G2',5X,'HYOJNNHNSA',5X,
1'HENSA/(G1-G2)')
DO 80 I=1,NS
WRITE (6,90) XAM(I),XBM(I),P(I),XX(I),P(I)/XX(I)
90 FORMAT (5F15.5)
80 CONTINUE
WRITE (6,100)
100 FORMAT (1H0,30X,'GUNNAI SOKANKEISU')
WRITE (6,110) ((YY(I,J),J=1,16),I=1,NS)
110 FORMAT (16F8.4)
WRITE (6,150)
150 FORMAT (1H0,/)
WRITE (6,155) ((YY(I,J),J=17,NS),I=1,NS)
155 FORMAT (6F8.4)
NSS=NS+1
DO 120 I=1,NSS
120 A(I,NSS)=P(I)
CALL GUSS (A,NS,AGU)
SUM=0
DO 130 I=1,NS
130 SUM=SUM+AGU(I)*P(I)
WRITE (6,140) SUM
140 FORMAT (1H0,'D**2=',F10.5)
STOP
END

```

```

SUBROUTINE VARI (N,VCA,VCB,TTA,TTB,FFA,FFB)
DIMENSION FFA(50),FFB(50),TTA(50),TTB(50)
VT=VCA+VCB
VK=1
VC=(VT-1)-VK
DO 10 I=1,N
GOK=FFA(I)+FFB(I)
GOKE=TTA(I)**2/VCA+TTB(I)**2/VCB
CF=TTA(I)+TTB(I)
CF=CF**2/VT
SS=GOK-CF
SSA=GOKE-CF
SSE=SS-SSA
VA=SSA/VK
VE=SSE/VC
FO=VA/VE
WRITE(6,20) VT,VK,VC,FO
20 FORMAT (F5.0,'JA',F5.0,5X,'JE',F5.0,5X,'FO',F10.5)
10 CONTINUE
RETURN
END

```

```

SURPOUTINE GUSS (AA,IX,AG)
DIMENSION AA(50,50),AG(50)
ES=10**(-10)
N=IX
N1=N+1
DO 10 K=1,N
M9=ABS(AA(K,K))
I9=K
K1=K+1
IF (K1.GT.N)      GOTO 30
DO 20 I=K1,N
IF (ABS(AA(I,K)).LE.M9)      GOTO 20
M9=ABS(AA(I,K))
I9=I
20 CONTINUE
30 CONTINUE
IF (M9.GE.E5)      GOTO 40
WRITE(6,50)
50 FORMAT (1H0,'ILL CONDITION')
GOTO 60
40 IF (I9.EQ.K)      GOTO 70
DO 80 J=1,N1
R=AA(K,J)
AA(K,J)=AA(I9,J)
80 AA(I9,J)=R
70 W=AA(K,K)
DO 90 J=K1,N1
AA(K,J)=AA(K,J)/W
DO 100 I=1,N
IF (I.EQ.K)      GOTO 100
W=AA(I,K)
DO 110 J=K1,N1
110 AA(I,J)=AA(I,J)-W*AA(K,J)
100 CONTINUE
10 CONTINUE
WRITE (6,120)
120 FORMAT (1H0,30X,'GUSS JORDAN')
WRITE (6,140) (1,AA(I,N1),I=1,N)
140 FORMAT(15,5X,F15.5)
DO 130 I=1,N
130 AG(I)=AA(I,N1)
60 CONTINUE
RETURN
END

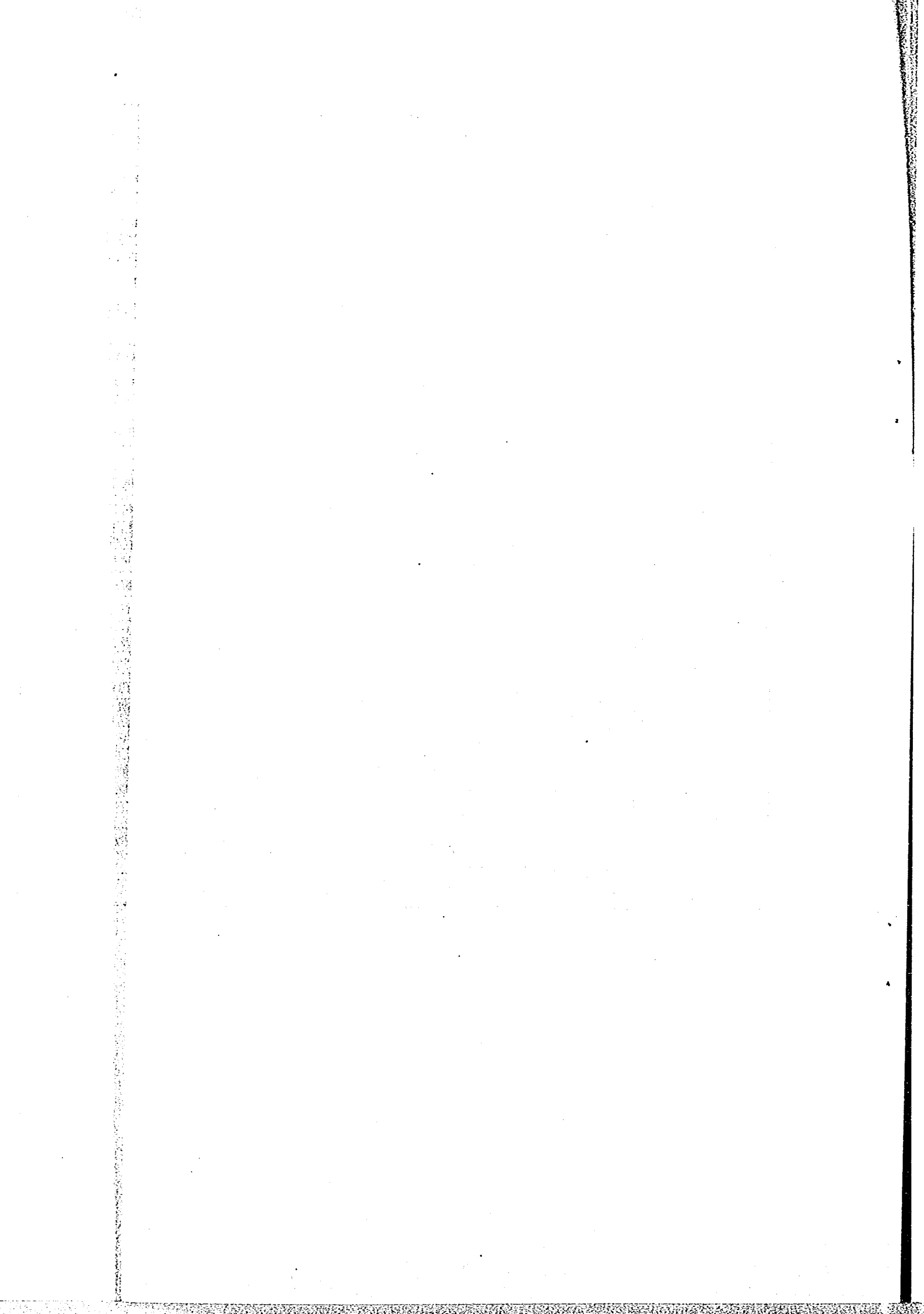
```


岩盤・風化岩型地すべり

地すべり 名 称	地すべり 長さ	地すべり 幅	地すべり 地外勾配	地すべり 平均勾配	変 化 点 10m当たり				0.2cm変化点10m当たり				0.4cm変化点10m当たり				縦断間隔比				地 形 の 形 態				地 形 の 形 態				最 大 振 幅				台地状部勾配			地すべり 深度	地すべり 型	備 考
					地すべり 地外	滑落崖	台 状	地 部	末端部	地すべり 地外	滑落崖	台 状	地 部	末端部	地すべり 地外	滑落崖	台 状	地 部	末端部	滑落崖	台 状	地 部	末端	滑落崖	台 状	地 部	末端	滑落崖	台 状	地 部	末端	地すべり 地外	滑落崖	台 状	地 部			
安 居 山	160	200	320	34.2	0.40	0.39	0.33	0.39	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7	0.8	0.7	凸	凸	凸	4.63	208	1.46	0	0	0.1	0.1	34.2	368	35.5	25	イス型	新第三紀，堆積岩			
若 竹	70	35	34.0	30.0	0	0.57	0.43	0.57	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6	1.0	1.0	□	□	〰	0	0	-1.50	0	0	0.15	0	266	336	30.1	5	イス型	安山岩質凝灰岩			
高楊山トンネル	120	130	368	35.5	0.2	0.5	0.33	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	1.2	1.1	〰	〰	□	1.75	0.91	0	0	0.1	0.1	0	33.7	39.0	31.4	25	円 孤	風化質岩			
小 林 山	500	300	270	10.8	0.13	0.23	0.30	0.20	0	0.1	0.2	0.13	0	0.07	0.1	0.03	10.5	5.5	1.9	凹	凹	〰	-5.63	-3.13	0	0.1	0.5	0.5	0.5	21.8	14.0	17.9	35	イス型	新第三紀，礫及び泥岩			
大 谷 第 三 山	120	80	30.0	30.0	0	3.0	1.2	0.89	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0.5	0.7	0.4	□	□	□	0	0	0	0.1	0.3	0.1	0.1	35	30	32.5	14	円 孤	古生層，粘板岩			
浅 虫	80	70	35.0	38.4	0	0.5	0.63	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	1.3	1.75	0.7	凸	〰	凸	1.00	1.00	1.20	0.08	0.1	0.1	0.1	44.4	39.8	42.1	30	イス型	石英粗面岩			
南 垣	340	100	15.0	17.0	0.22	0.22	0.44	0.44	0	0	0.11	0.11	0	0	0	0	1.23	2.07	1.88	〰	〰	□	-0.67	-1.05	0	0.05	0.05	0.3	0.2	16.4	13.7	15.0	25	円 孤	浮石質凝灰岩			
中 九	85	45	32.0	28.0	0.63	0.36	0.25	0.38	0.44	0	0	0.22	0	0	0	0.22	0.86	1.50	0.93	□	□	□	0	0	0	0.15	0.01	0.01	0.01	36.5	26.5	31.5	8	平 板	新第三紀，堆積岩			
大 久 保	180	100	27.8	22.6	0.5	0.5	0.92	0.95	0	0	0.31	0.38	0	0	0	0	0.9	3.0	2.9	凹	凹	〰	-1.70	-1.90	0	0	0.1	0.2	0.2	20.32	12.5	16.4	13	舟 底	中生代安山岩			
九 蔵	100	100	14.9	28.1	0.57	0.56	0.55	0.45	0	0	0.09	0	0	0	0	0	1.7	1.8	2.2	〰	〰	〰	-1.50	-1.60	0	0.1	0.15	0.2	0.1	29.0	43.6	36.3	14	舟 底	古第三紀安山岩			
小 岐 須	100	60	11.3	21.8	0.5	0.25	0.18	0.36	0	0.25	0	0	0	0	0	0	1.0	0.55	0.27	凸	凸	□	3.11	2.41	0	0.15	0.2	0.1	0.05	26.7	27.8	27.3	10	舟 底	変成岩			
黒 田	60	60	30.0	28.0	0.21	0.36	0.36	0.36	0	0	0.07	0.07	0	0	0	0.07	1.5	1.2	0.9	凸	凸	凸	1.42	2.0	2.67	0.1	0.06	0.2	0.3	20.32	22.6	21.5	13	舟 底				
東	70	22	17.0	13.0	1.6	1.0	0.67	0.81	0	0.5	0	0.27	0	0	0	0	0.71	1.07	1.0	〰	〰	〰	0	0	0	0.1	0.2	0.15	0.3	13.2	14.9	14.1	5	舟 底	強風化泥岩			
納 所	170	60	8.0	8.0	0.05	0.19	0.14	0.09	0	0	0.05	0	0	0	0	0	0.36	0.64	0.36	〰	〰	〰	0	0	0	0.1	0.1	0.2	0.1	8.6	14.0	11.3	12	円 孤	風化砂岩			
51 国 補	35	80	21.0	34.5	0.5	0.8	0.67	1.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0.45	0.64	0.55	凸	凸	凸	5.0	1.67	2.0	0	0.1	0.1	0.1	32.0	34.0	33.0	7	舟 底				
寺 内 ダ ム	96	54	30.0	36.3	0	0	0.77	0.38	0	0	0.19	0	0	0	0	0	1.0	1.14	0.79	□	□	□	0	0	0	0	0.1	0.25	0.1	35.5	40.0	37.8	25	円 孤				
老 沢	140	80	5.8	16.7	0.5	0.4	0.57	0.25	0	0	0.23	0	0	0	0	0	0.55	0.75	0.38	凸	凹	〰	3.45	3.07	0	0.15	0.15	0.25	0.1	19.7	22.6	21.2	13.5	円 孤	強風化泥岩，凝灰岩			
夜 沢	180	120	45.0	15.5	0.24	0.24	0.24	0.47	0	0	0	0.16	0	0	0	0	1.0	4.6	3.6	凹	凹	〰	-1.19	-2.70	0	0.05	0.10	0.05	0.25	14.9	9.6	12.3	12	平 板	風化緑色泥岩			
田 ノ 入	240	162	21.0	17.6	0.36	0.32	0.38	0.44	0	0	0	0.15	0	0	0	0	0.8	0.71	0.9	凸	□	□	1.79	0	0	0.1	0.05	0.1	0.25	23.5	24.4	24.0	10	円 孤				

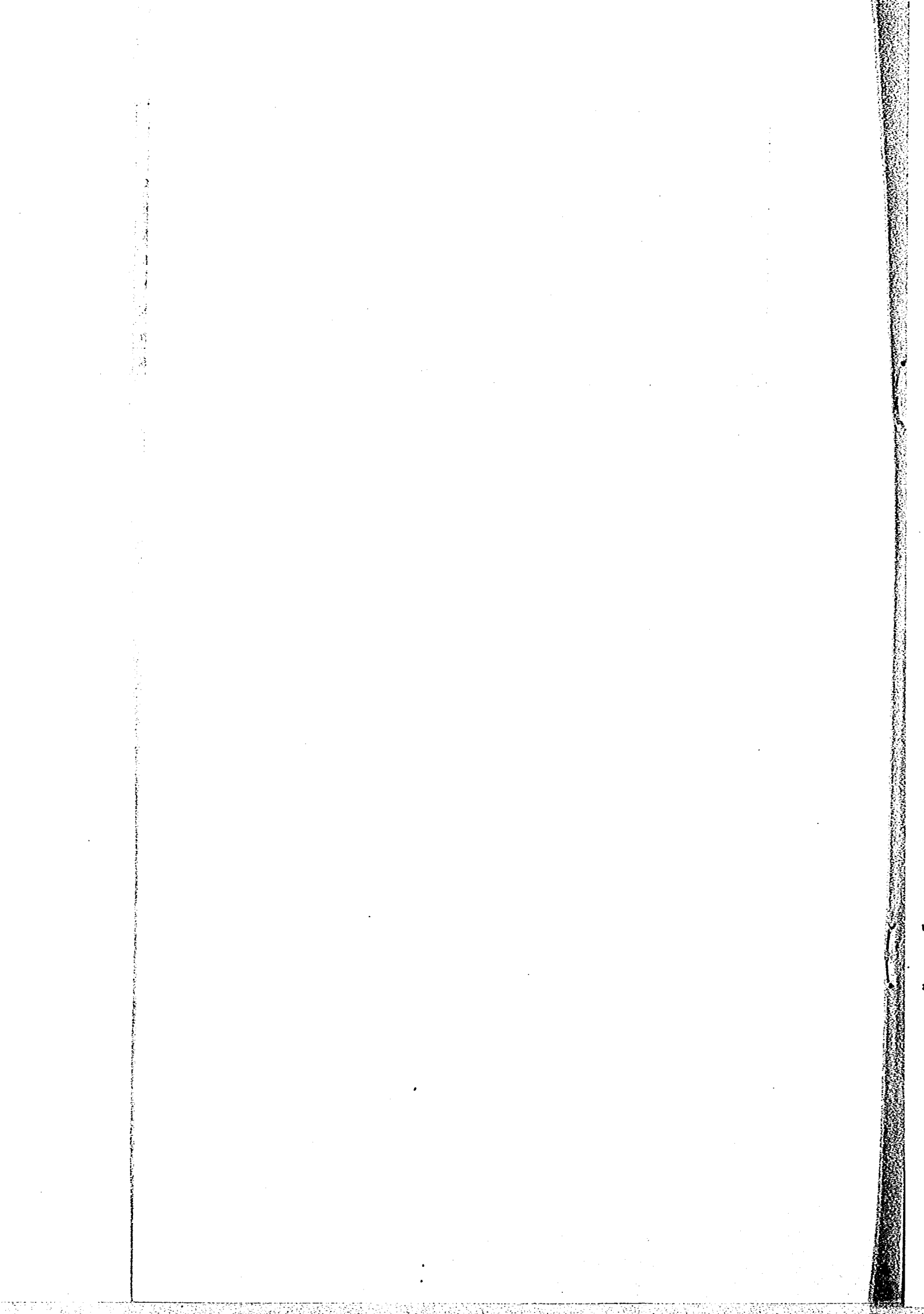
風化岩と崩積土の混合地すべり

地すべり 名 称	地すべ り長さ	地すべ り 幅	地すべり 地外勾 配	地すべり 平均勾 配	変 化 点 10m当たり				0.2cm変化点10m当たり				0.4cm変化点10m当たり				縦断間隔比				地形の形態				地形の形態				最 大 振 幅				台地状部勾配			地すべ り深度	地すべ り 型	備 考
					地すべ り地外	滑落崖	台 状	地 部	末端部	地すべ り地外	滑落崖	台 状	地 部	末端部	地すべ り地外	滑落崖	台 状	地 部	末端部	滑落崖	台 状	地 部	末端	滑落崖	台 状	地 部	末端	地すべ り地外	滑落崖	台 状	地 部	末端	右 側	左 側	平均			
江 島	250	160	14.0	9.2	0.15	0.15	0.13	0.42	0	0	0.03	0	0	0	0	0	0.75	1.13	1.6	□	凹	□	0	-1.5	0	0.1	0.1	0.2	0.1	14.9	15.9	15.4	12	円 孤	風化泥質片岩			
富 士 下	170	100	36.0	17.0	0.42	0.50	0.83	1.33	0.33	0.17	0.33	0.75	0.17	0	0	0.17	1.0	3.08	2.08	凹	凹	凹	-0.88	-2.96	-2.56	0.4	0.35	0.15	0.4	29.0	31.0	30.0	20	円 孤				
樺	120	70	25.0	30.0	0.50	0.38	0.50	0.63	0.13	0.25	0	0.13	0	0	0	0.13	1.0	1.25	1.43	凹	凹	凹	-1.60	0	0	0.2	0.2	0.1	0.4	45.0	32.0	38.5	10	平 板	黒色片岩, レキ混り粘土			
中 ノ 沢	600	300	25.0	15.0	1.40	0.71	0.34	0.31	0.17	0.17	0.18	0.06	0.07	0.11	0.08	0.04	1.8	1.5	1.9	凹	凹	凹	0	0	-1.06	0.6	0.6	0.8	0.6	29.1	23.5	26.3	22	平 板	古生代, 緑色片岩			
下 右 和	85	40	33.7	35.5	0.33	1.33	0.50	0.67	0.33	0	0.11	0.11	0	0	0	0	0.94	1.38	1.0	凸	凸	凸	1.80	2.56	0.60	0.2	0.15	0.2	0.2	34.6	35.3	35.0	8	平 板	レキ混り粘土			
惣 領	120	70	38.6	26.5	0.31	0.62	0.43	1.00	0.15	0.31	0.42	0	0	0	0.33	0	1.42	3.07	2.71	凹	凸	凹	-3.10	1.18	-4.62	0.2	0.2	0.4	0.1	32.0	28.4	30.2	18	イス型	レキ混り粘土			
明 峯	160	80	35.0	21.0	0.83	0.75	0.95	0.79	0.25	0.30	0.51	0.38	0.13	0	0	0.25	0.71	2.0	2.64	□	凹	凹	0	-2.19	0	0.4	0.2	0.2	0.4	41.2	35.5	38.4	20	舟 底				
新 羽	110	75	54.0	33.0	0.22	0.33	0.93	0.71	0	0	0.13	0.13	0	0	0	0	1.42	2.85	2.28	□	凸	凸	0	1.82	2.05	0	0.1	0.2	0.25	32.0	42.3	37.2	12	イス型	レキ混りローム工			
西 法 寺	120	150	33.6	18.4	0.60	0.70	0.80	0.40	0.57	0.08	0.31	0	0.14	0	0.14	0	1.33	2.81	2.75	凹	凹	凹	-0.78	0	-1.85	0.4	0.2	0.4	0.15	16.8	14.0	15.4	8	円 孤	レキ混り粘土			
技 堂	140	240	31.2	18.4	0.52	0.82	1.33	1.00	0.06	0.29	0.55	0.29	0	0.14	0.05	0.06	0.76	5.70	1.18	□	凸	凸	0	6.89	2.67	0.2	0.4	0.4	0.4	33.6	49.6	41.6	10	平 板				
坪 池	360	360	15.0	8.4	0.33	0.42	0.59	0.85	0.27	0.16	0.29	0.67	0.05	0.08	0.17	0.37	0.93	2.67	2.67	凹	凹	凹	0	-2.67	-14.75	0.4	0.4	0.4	0.6	18.43	19.7	19.1	10	平 板	風化頁岩			
越 地	280	250	26.5	13.5	0.07	0.15	0.58	0.20	0	0.09	0.15	0.08	0	0	0	0	0.83	1.83	2.53	凹	凹	凹	-0.9	-1.07	0	0	0.2	0.35	0.2	32.0	28.4	30.2	15	平 板				
茶 白 山	2,000	150	20.5	14.0	0.60	0.83	1.24	1.13	0.40	0.18	0.81	0.92	0.10	0.06	0.22	0.50	0.15	0.80	5.30	凹	凹	凹	0	-4.83	0	0.4	0.4	0.4	0.7	45.0	35.5	40.3	7	平 板	風化泥岩			
長 者	610	70	36.9	19.1	1.60	1.22	2.00	1.11	0.7	0.56	0.08	0.11	0	0.11	0	0	0.7	2.7	2.47	凹	凹	凸	-1.15	-4.24	3.89	0.25	0.4	0.2	0.2	39.8	40.6	40.2	15	平 板	転石混り粘土			
水 沢 新 田	150	100	26.6	10.3	0.70	1.33	0.78	0.89	0.40	0.17	0.32	0.44	0.01	0	0.11	0	1.2	4.0	1.6	凹	凸	凹	-1.30	2.70	-1.0	0.4	0.3	0.5	0.3	35.5	26.6	31.1	10	平 板	粘土, 砂, 砂礫の互層			
柳 原	360	100	26.5	16.1	0.13	0.27	0.71	0.50	0	0.13	0.35	0	0	0	0.12	0	0.8	3.4	4.8	凸	凹	凹	1.70	-2.13	-1.82	0.1	0.4	0.4	0.1	20.0	26.5	23.3	10	平 板	レキ混り粘土			
入 山	350	170	27.8	8.9	0.50	0.44	0.71	1.25	0	0	0	0.5	0	0	0	0.25	1.27	3.11	5.3	□	凹	凹	0	-1.67	-4.38	0	0.15	0.15	0.4	15.9	16.0	15.9	20	円 孤	凝灰質砂岩			
大 滝	100	24	35.5	26.6	1.43	1.43	1.79	1.79	0.36	1.07	1.07	1.07	0	0	0	0	0.83	1.33	1.83	凹	凹	凹	-4.0	-4.0	0	0.2	0.3	0.2	0.2	38.0	30.7	34.4	5	平 板	レキ混り粘土			
西 谷	650	218	10.0	9.6	0.24	0.52	0.62	0.81	0	0.34	0.38	0.47	0	0.17	0	0.47	1.11	1.32	1.40	凹	凹	凹	0	0	-4.26	0.1	0.4	0.3	0.6	24.4	12.8	18.6	7	平 板	レキ混り粘土 及び強風化泥岩			
久 々 野	700	290	18.4	7.3	0.14	0.41	0.42	0.55	0	0.15	0.15	0.1	0	0	0.12	0	2.0	3.07	1.71	凹	凹	凸	-1.39	0	1.85	0.1	0.25	0.50	0.20	21.8	18.4	20.1	18.9	平 板	シルト質風化頁岩			
ル 塩	280	100	33.6	16.9	0.8	0.05	0.82	0.7	0.2	0.1	0.45	0.4	0	0	0.09	0.2	0.94	3.47	3.18	凸	凹	凹	4.31	0	0	0.25	0.2	0.50	0.40	32.0	19.7	25.9	9	平 板	黒色片岩			
滝 ノ 脇	380	220	21.2	8.9	0.46	0.5	0.58	0.43	0.08	0.19	0.26	0.29	0	0	0.11	0	1.83	2.26	0.97	凹	凹	凸	0	-4.52	2.38	0.2	0.2	0.4	0.15	11.8	11.8	11.8	13.5	円 孤	凝灰質粘土, 風化泥岩			
奥 平	410	210	33.1	8.3	0.38	0.73	0.67	0.67	0.23	0.47	0.07	0.30	0.08	0.27	0	0.07	2.86	5.29	1.2	凹	凹	凹	-4.15	-1.36	0	0.4	0.4	0.2	0.4	31.0	18.4	24.7	10	平 板	レキ賦り粘土			
巽	170	157	19.0	10.0	2.0	1.0	1.43	0.77	0.77	0.36	0.57	0.15	0.15	0	0.17	0	1.76	2.32	2.4	凹	凹	凹	-0.26	-3.4	0	0.6	0.3	0.4	0.3	29.0	33.6	31.3	19	平 板	レキ混り粘土 砂質泥岩			
湯 ノ 岡	216	232	32.0	12.5	0.43	0.69	0.65	0.67	0.09	0.09	0.17	0.04	0	0	0.09	0.04	2.42	5.31	3.23	凹	凹	凹	-5.08	-6.75	0	0.3	0.2	0.6	0.4	32.0	32.0	32.0	10	平 板	風化泥岩			
上 平 丸	222	189	25.5	17.5	0.37	0.23	0.48	0.42	0.26	0	0.26	0.26	0.11	0	0.21	0.11	0.44	3.42	1.91	凹	凹	凹	-2.61	-4.70	-5.0	0.45	0.10	0.7	0.5	35.5	21.0	28.3	20	平 板				
下 漆 原	232	132	16.4	12.2	0.08	0.08	0.59	0.36	0	0	0.30	0	0	0	0.1	0	0.98	1.55	2.88	凹	凹	□	-2.42	-5.92	0	0.1	0.1	0.4	0.1	19.0	17.9	18.5	24	平 板	強風化凝灰岩			
霧 ケ 原	610	70	26.6	17.4	0.15	0.62	0.54	0.38	0.15	0.15	0.15	0	0	0	0	0	1.26	2.52	2.10	凹	凹	凹	0	0	0	0.25	0.15	0.2	0.15	19.6	22.6	21.1	20	円 孤				
森 遠	900	400	26.6	20.5	0.32	0.25	0.43	0.26	0.2	0.05	0.23	0.15	0.04	0	0.13	0.06	0.80	1.9	0.78	凹	凹	凹	0	-1.36	0	0.25	0.20	0.4	0.25	23.4	33.7	28.6	40	平 板				



風化岩と崩積土の混合地すべり

地すべり 名 称	地すべり 長さ	地すべり 幅	地すべり 地外勾配	地すべり 平均勾配	変 化 点 10 m 当たり				0.2 cm 変化点 10 m 当たり				0.4 cm 変化点 10 m 当たり				縦断間隔比			地形の形態			地形の形態			最 大 振 幅				台地状部勾配			地すべり 深度	地すべり 型	備 考
					地すべり 地外	滑落崖 台状	地部 末端部	地すべり 地外	滑落崖 台状	地部 末端部	地すべり 地外	滑落崖 台状	地部 末端部	地すべり 地外	滑落崖 台状	地部 末端部	滑落崖 台状	地部 末端部	滑落崖 台状	地部 末端部	滑落崖 台状	地部 末端部	滑落崖 台状	地部 末端部	地すべり 地外	滑落崖 台状	地部 末端部	地すべり 地外	滑落崖 台状	地部 末端部	右側	左側	平均		
熊 の 子	110	90	29.7	14.0	0.71	1.50	0.85	1.32	0.29	1.00	0.43	0.66	0	0	0.29	0.28	1.29	3.00	1.71	凹	凹	□	-1.67	-1.57	0	0.3	0.3	0.4	0.4	15.5	26.5	21.0	12	円 孤	
銀 山	300	262	24.4	20.1	0.70	0.37	0.34	0.57	0.20	0.15	0.15	0.19	0	0.07	0	0.04	1.33	4.67	1.33	□	□	□	0	-3.04	0	0.2	0.4	0.3	0.4	22.6	26.6	24.6	10	平 板	礫混り砂質ローム
市 之 野	300	227	21.0	9.5	0	0.21	0.42	0.87	0	0	0.25	-0.11	0	0	0.04	0	3.23	2.85	2.58	□	□	凹	0	-5.96	-3.11	0	0.1	0.9	0.2	27.8	22.6	25.2	8	平 板	礫混り粘土
多 古 鼻	70	36	27.7	30.0	0.83	0.11	0.83	1.18	0	0	0.28	0	0	0	0	0	1.03	1.56	0.69	凹	□	凹	-1.94	0	-1.76	0.1	0.1	0.2	0.1	24.9	21.4	23.2	13	平 板	礫混り粘土, 風化泥岩
所 司 原	160	100	45.0	11.3	0.57	0.25	0.69	0.5	0.29	0.25	0.14	0	0	0	0	0	8.10	6.20	3.50	凹	凸	凹	-3.02	1.64	-2.67	0.2	0.3	0.2	0.1	42.3	33.7	38.0	8	平 板	礫混り砂質シルト
逆 川	330	88	32.0	12.0	0.77	0.26	0.23	0.34	0.46	0	0	0.11	0	0	0	0.11	2.38	3.18	2.19	凸	凸	凹	2.86	2.13	-4.50	0.3	0.1	0.1	0.9	42.3	42.3	42.3	14	平 板	礫混り粘土
大 平	370	224	19.2	15.1	0.27	0.37	0.75	0.91	0.07	0	0.25	0.27	0.07	0	0.06	0.18	1.11	1.88	2.51	凹	凹	凹	-1.51	-3.86	-4.53	0.8	0.1	0.3	0.5	32.0	26.6	29.3	13	平 板	?
新 宮	113	85	11.3	8.1	0.12	0.35	0.47	0.52	0	0.24	0	0	0	0	0	0	1.50	2.10	1.70	凸	□	凹	0.19	0	-1.45	0.1	0.2	0.1	0.1	7.1	8.1	7.6	21	平 板	礫混りシルト



粘性土と粘質土の地すべり

地すべり 名 称	地すべ り長さ	地すべ り 幅	地すべ り地外 勾 配	地すべ り平均 勾 配	変 化 点 10m当たり				0.2m変化点10m当たり				0.4m変化点10m当たり				縦断間隔比			地形の形態			地形の形態			最 大 振 幅				台地状部勾配			地すべ り深度	地すべ り 型	備 考
					地すべ り地外	滑落崖	台 地 状 部	末端部	地すべ り地外	滑落崖	台 地 状 部	末端部	地すべ り地外	滑落崖	台 地 状 部	末端部	急建遺	台 地 状 部	末 端	滑落崖	台 地 状 部	末 端	滑落崖	台 地 状 部	末 端	地すべ り地外	滑落崖	台 地 状 部	末 端	右側	左側	平均			
二 島	70	80	12	15	1.0	1.17	1.13	0.63	0.48	0	0.48	0.30	0	0	0.24	0	0.60	2.0	2.0	凸	凹	凹	5.0	-3.0	-2.0	0.20	0.1	0.4	0.1	25.2	31.0	28.4	7	円 孤	
沼 の 沢	380	150	336	6	2.22	2.0	2.46	0.9	0.78	1.0	1.18	0.90	0.22	0.75	0.53	0.40	1.0	3.0	1.5	凹	〇	凸	-2.0	0	4.25	0.5	0.5	0.75	0.65	14.0	14.7	14.4	20	平 板	礫混り粘土
ピリヤウタ	150	240	380	11.86	2.20	1.50	2.44	2.0	0.44	0.89	2.08	0.63	0	0.11	0.61	0.21	2.93	6.0	2.72	〇	〇	凸	0	0	1.88	0.35	0.40	0.90	0.5	35.5	35.5	35.5	10	平 板	〃 シルト
田 麦 俣 口	160	50	226	19.9	0.67	0.67	1.17	1.43	0	0.25	0.53	0.47	0	0	0.13	0.24	1.34	1.5	1.33	〇	〇	〇	0	-1.19	0	0.1	0.20	0.5	0.4	27.8	19.3	23.6	10	平 板	〃 粘土
水 間	180	50	32	24.7	0.67	0.67	2.5	1.67	0	0	1.14	1.0	0	0	0.76	0.55	1.0	2.8	2.4	凹	〇	凹	-0.83	-3.65	-2.17	0.15	0.15	0.75	0.45	20.32	53.1	36.7	15	平 板	〃 シルト
猪 ノ 鼻	100	300	130	7.3	0.50	0.55	0.95	0.85	0.21	0.20	0.40	0.25	0	0	0.20	0.01	1.5	6.9	7.6	凹	凹	凹	-3.5	-6.4	-4.2	0.3	0.2	0.85	0.5	29.05	25.1	27.1	9	平 板	風化岩、粘質土
大 綱 下 流	120	93	72	15.0	0.83	0.83	1.2	0.75	0.55	0.87	0.48	0.13	0	0.11	0	0	1.33	3.0	3.0	凸	〇	凸	14.6	0	1.6	0.2	0.3	0.3	0.2	21.8	21.8	21.8	15	イス型	ローム混り礫
多 茂 木 沢	115	80	386	15.2	0.40	0.90	1.2	0.5	0.18	0.78	0.61	1.0	0	0.13	0.24	0.60	2.3	5.7	3.0	凹	凸	凸	-5.0	3.3	2.1	0.2	0.45	1.2	0.6	33.3	30.9	32.1	10	平 板	礫混りローム
掛 淵	170	70	20	15.0	1.33	1.17	1.5	1.0	0.20	1.0	1.06	0.77	0.20	0.50	0.76	0.36	1.0	1.16	1.9	〇	凹	凸	0	-5.4	3.7	0.6	0.4	0.6	0.4	16.7	15.25	16.0	10	平 板	
神 戸	190	120	386	15.42	0.30	0.50	0.5	0.5	0	0	0.13	0	0	0	0	0	1.86	2.66	1.67	凹	凹	凹	-1.2	-1.0	-1.4	0.1	0.1	0.3	0.1	37.6	39.8	38.7	10	平 板	礫混りローム
元 屋 敷	430	245	3865	12.86	1.0	0.67	1.0	1.0	0.38	0.19	0.38	0.13	0.25	0	0.13	0	1.0	2.2	4.0	凹	凹	凹	-4.1	-2.3	0	0.5	0.35	0.4	0.35	33.7	29.1	31.4	18	平 板	粘質土、凝灰岩
馬 休 め	220	105	21.8	21.8	0.8	0.6	1.0	1.29	0	0.20	0.14	0	0	0	0	0	2.0	2.0	1.63	凹	凹	凹	-0.89	-1.67	-1.94	0.1	0.2	0.3	0.1	19.7	32.0	25.9	14	平 板	風化粘土
深見地すべり	400	230	295	14.9	0.6	0.8	0.83	1.1	0.13	0.33	0.33	0.45	0	0	0.13	0.18	1.14	2.57	5.14	凹	凹	〇	-1.7	-0.9	0	0.2	0.35	0.4	2.6	39.8	33.7	36.8	16	平 板	凝灰角礫岩の 風化と粘土
久 江 の 峰	90	140	406	17.52	0.4	0.75	1.56	1.81	0.20	0.50	0.74	1.05	0	0.13	0	0.29	1.71	3.85	4.28	〇	凹	凹	0	-3.13	-2.17	0.2	0.4	0.3	1.1	26.6	20.3	21.5	15	平 板	砂質粘土風化泥岩
胡 桃 国 見	1,200	450	265	10.38	0.32	0.40	0.32	0.27	0.12	0.33	0.19	0.24	0.04	0.20	0.08	0.07	1.0	2.80	2.2	〇	凸	凸	0	3.90	2.22	0.2	0.2	0.4	1.1	26.5	29.7	28.1	20	平 板	礫混り粘土
筒方地すべり	500	150	19.98	9.1	0.27	0.33	0.47	0.33	0	0	0.07	0.13	0	0	0.07	0.0	1.0	2.51	2.14	凹	〇	凸	-2.80	-1.33	4.00	0.15	0.15	0.4	0.1	9.1	21.8	15.5	17	平 板	崩粘土(泥岩粘土)
蓬平地すべり	500	250	38.7	6.8	0.62	0.62	0.79	0.83	0.31	0.31	0.24	0.25	0	0	0.06	0.08	1.68	4.4	4.0	〇	凹	凸	0	-2.38	4.56	0.2	0.2	0.4	0.40	28.6	27.7	28.2	25	平 板	砂質泥岩
田 麦 俣 下 流	195	45	11.3	11.6	1.05	1.78	1.19	0.67	0.63	1.33	0.71	0.67	0.31	0	0.48	0.44	0.85	0.91	0.91	凹	凹	〇	-5.37	-5.00	0	0.9	0.3	0.4	0.4	20.0	45.0	32.5	25	平 板	
南部地すべり	160	140	24.4	10.6	0.44	0.54	1.77	1.00	0.25	0.15	1.31	0.43	0.06	0	0.77	0	0.82	5.36	2.36	凹	凹	凹	-1.38	-6.08	-2.56	0.2	0.2	3.50	0.2	33.7	13.4	23.6	2.1	円 孤	泥岩、礫混り粘土 シルト(礫20μ内)
池田地すべり	280	300	12.5	13.5	0.67	0.9	0.76	0.58	0.33	0.40	0.35	0.17	0	0	0.06	0	1.89	2.2	0.73	凹	凹	〇	-1.44	-1.58	0	0.2	0.4	0.4	0.3	26.6	30.5	28.6	14.5	平 板	凝灰岩礫粘土
真末地すべり	380	266	19.6	13.3	0.38	0.34	0.5	0.25	0.04	0.11	0.15	0	0	0	0.01	0	1.73	3.9	1.82	〇	凹	〇	0	-4.62	0	0.2	0.3	0.6	0.1	26.6	30.0	28.3	26	平 板	レキ混りローム
小倉地すべり	350	250	6.3	14.3	0.53	0.84	0.81	0.59	0.2	0.42	0.48	0.18	0	0.14	0.19	0.06	1.13	1.38	1.13	凹	〇	凹	-2.59	0	-2.53	0.2	0.6	1.2	0.4	32.0	23.4	27.7	14.0	平 板	礫混り粘性土
白川ダムサイト	340	200	24.9	13.2	1.18	1.29	1.40	1.63	0.49	0.50	0.84	0.38	0.20	0.14	0.35	0.13	0.87	3.48	1.30	凹	〇	凸	-4.32	0	4.00	0.5	0.4	1.2	0.2	30.5	29.7	30.1	20.0	平 板	シルト質粘土
久 津	89	56	18.4	21.5	0.69	0.54	0.89	0.71	0	0.18	0	0	0	0	0	0	1.60	4.73	3.10	〇	凹	凹	0	-1.05	-1.32	0.1	0.2	0.1	0.1	16.4	14.0	15.2	10	平 板	
横 地	580	298	43.2	22.5	0.39	0.23	0.47	0.37	0.26	0	0.17	0.10	0	0	0	0	1.58	8.83	2.17	凸	凹	凸	0.71	-1.19	1.09	0.3	0.1	0.2	0.2	35.5	29.1	32.3	26	平 板	
大 滝 ダ ム	248	187	51.3	31.7	0.24	0.77	0.25	0.48	0.12	0	0	0	0	0	0	0	1.25	4.50	3.88	〇	凹	凹	0	-1.15	-1.89	0.2	0	0.1	0.1	55.0	15.5	35.3	24	円 孤	
田 麦 俣 口 左	190	192	49.6	17.0	0.62	1.04	1.04	0.89	0.16	0.47	0.57	0.26	0.10	0.16	0.36	0.05	4.12	6.12	6.71	凹	凸	凹	-1.65	2.49	-2.12	0.6	0.6	0.9	0.5	33.7	29.1	31.4	24	円 孤	
〃 右	167	74	21.8	19.8	0.27	0.27	0.68	1.0	0	0	0.41	0.54	0	0	0	0	1.4	1.64	1.76	凹	凹	凹	-0.81	-2.35	-2.22	0.1	0.1	0.2	0.3	42.3	30.5	36.4	13	平 板	
抜 堂 下 流	520	74	30.5	7.1	2.62	2.00	1.08	1.11	0.92	1.33	0.81	0.67	0.15	0.33	0.27	0.44	9.47	6.18	3.00	凹	凹	凹	-11.49	-5.12	-4.62	1.2	1.9	1.3	0.6	13.4	55.0	34.2	20	平 板	
桂 欠	600	420	27.8	9.5	0.34	0.64	1.34	0.73	0.14	0.22	0.69	0.36	0.10	0.10	0.33	0.09	1.95	5.37	4.11	凸	凹	凸	2.55	-2.43	2.26	0.5	1.4	1.5	0.7	29.1	26.6	27.9	16	平 板	
大 綱 川	610	443	5.6	7.5	0.38	0.44	0.39	0.49	1.48	0.98	1.15	2.79	0.33	0.49	0.33	1.15	0.25	1.22	1.73	凹	凹	凹	-4.67	-2.93	-3.67	1.0	1.4	0.7	0.6	27.8	21.04	24.4	30	平 板	
栃 ノ 木	406	232	29.1	15.9	0.5	0.36	0.84	0.65	1.42	2.86	0.86	0.54	0.71	0	0.43	0	1.67	1.28	0.61	〇	凸	凸	0	3.55	2.02	0.5	0.3	0.4	0.2	13.4	35.5	24.5	18.5	平 板	