

論 文

仁淀川下流域の台風災害における山腹小崩壊地点と
非崩壊地点の判別

塚 本 次 郎*

塚本次郎：仁淀川下流域の台風災害における山腹小崩壊地点と非崩壊地点の判別 日林誌 73 : 161~171, 1991 台風の豪雨で崩壊が多発した 814 ha の地域を対象とし、1/5,000 地形図上で計測した地形データのみを要因として、数量化Ⅱ類の手法により面積 0.1 ha 以下の山腹小崩壊地点と非崩壊地点の判別を試みた。判別に用いた四つの地形要因は偏相関係数の大きい順に斜面横断面形>方位>傾斜>斜面縦断面形、レンジの大きい順に斜面横断面形>傾斜>方位>斜面縦断面形となった。崩壊危険度は斜面横断面形が凹、方位が南で傾斜が急なほど高く、斜面横断面形が凸、方位が北で傾斜が緩やかなほど低いと判定された。斜面縦断面形のスコアへの影響は小さかった。崩壊発生との関係が深い林況を要因としなかったにもかかわらず、これを要因に用いた従来の 1 ha 方眼内の崩壊の有無の判別事例の多くのもとと比べて、判別精度は明らかに高かった。判別の対象を面積 0.1 ha 以下の山腹小崩壊に限定したこと、および判別の単位を面から点に狭めたことにより、判別精度が高められたものと考えられた。また林況を要因としなかったことにより、保安林配備計画の立案等への利用が容易になったものと考えられた。

TSUKAMOTO, Jiro : Distinguishing between points with and without small landslides on mountainsides in a typhoon damaged area on the lower Niyodo River J. Jpn. For. Soc. 73 : 161~171, 1991 In a disaster area of 814 ha affected by two typhoons, distinctions between points with and without small landslides of less than 0.1 ha, were made by using the "Quantification II" method. Only four geomorphic factors, easily measurable on a topographic map of 1/5,000 scale, were used as "Items" in this method. The partial correlation coefficients of the "Items" in reverse order were longitudinal-slope form < inclination < exposure < lateral-slope form. The ranges in reverse order were longitudinal-slope form < exposure < inclination < lateral-slope form. The susceptibility to small-sized landslides was found to be great at points that were on laterally concave, steep south slopes. Longitudinal-slope form was not a significant factor. The stand condition, which had been proved to be a large contributor to distinguishment between the presence or absence of landslides on areas of one hectare, was not used as an "Item" in this analysis. Nevertheless, the correlation ratio indicating the accuracy of the distinguishment clearly was larger in this analysis than in most of the usual analyses using stand condition as an "Item." This improvement in the accuracy of distinguishment was thought to have been brought about partly by limiting the distinguishment to landslide of less than 0.1 ha and partly by reducing the unit of examination from an area to a point. The availability of the results for the planning of the disposition of protection forests was thought to be enhanced by excluding the stand condition from the analysis.

I. はじめに

予防治山の効率的実施には崩壊危険箇所の予測が前提となる。従来、航空写真判読と多変量解析による崩壊危険度予測の試みが数多くなされてきた。1960年代から1970年代前半にかけては、研究の視点の違いに応じて危険度判定の単位とする広がりや、判定の基準

を異にする種々の方法が提案された(7, 9, 11, 13, 15, 18, 25)。このうち、難波(15)が提案した縮尺1/5,000の地形図にかぶせた1haメッシュ内の崩壊の有無を数量化分析Ⅱ類によって判別する方法は、林野関係の治山の分野での標準的な方法の一つとなった。1970年代後半以降この方法による調査事例が蓄積されつつあるが、なお判別精度の向上が課題とし

* 高知県林業試験場 Kochi Pref. Forest Exp. Stn., Kochi 782

て残されている(2, 6, 21, 23, 24, 26)。また、この方法を用いた従来の調査・研究では判別結果の利用目的が明確でないために、発生機構を異にすると考えられる崩壊のタイプを区別せず、すべての崩壊について、その発生の有無を判別対象とし、判別に用いる要因に林況を取り上げるなど、後に述べるように個々の予防治山計画立案の際に困難を生むと考えられる問題を含んでいる。

一方、これまでに行われた数多くの研究により、一定の林齢(2, 4~6, 13, 16, 21, 22)あるいは蓄積(14)を越えた林地では、それより若い、あるいは蓄積の小さい林地と比べて、山腹崩壊の発生危険度が低いことが統計的に明らかにされている。これは、非皆伐施業により崩壊危険箇所の森林の蓄積を常時一定以上に維持する等の森林整備が崩壊予防の一手段となりうることを意味する。

本研究では森林整備による崩壊発生予防を念頭において、山腹小崩壊発生危険箇所を地形要因のみから予測する方法を、仁淀川下流域の台風による災害事例について検討した。

II. 方 法

1. 考 え 方

1) 対象崩壊地の大きさ

本研究の目的は、森林の存在が発生防止に有効に働くような崩壊について、その発生危険箇所を予測することである。森林の崩壊防止機能は、主として樹木の根系による土層のせん断抵抗力の増加に基づくものであるから、本研究で対象とすべき崩壊地の大きさはこの面からの制約を受ける。樹木根系の最大到達深を越えた深さに迂り面をもつ崩壊では、根系によるいわゆる“杭効果”は期待できず、森林の崩壊防止機能は、もっぱら崩れる土塊を周囲の山体につなぎ止める水平根の作用によるものとなる。水平根の引き抜き抵抗力あるいはせん断抵抗力の、単位崩壊土量当たりの大きさは、崩壊面積の増加にともなって急激に減少する。根系の最大到達深は土層の深さや基岩の割れ目の有無に左右され、水平根の緊縛力は土壌の理学的な構造に左右されるから、森林の崩壊防止機能が及ぶ深さや面積は個々の崩壊地によって異なる。しかし数多くの崩壊地を扱う本研究では、個々の崩壊地について森林の影響を検討することは不可能である。そこで対象とすべき崩壊の大きさの範囲設定は次のような考え方で行った。

表-1. 崩壊地の面積階級別平均深さ
Relationships between areas and mean depths of landslides in the studied area

Areas (ha)	Numbers of samples	Mean depths (m)	
		Averages	Standard deviations
0.01	25	1.016	0.176
0.02	43	1.140	0.253
0.03	73	1.193	0.230
0.04	42	1.324	0.342
0.05	29	1.414	0.424
0.06	23	1.391	0.312
0.07~0.08	29	1.528	0.410
0.09~0.10	24	1.454	0.497
0.11~0.15	35	1.754	0.516
0.16~0.25	31	1.829	0.660
0.26~0.35	14	2.014	0.743
0.36~1.80	16	3.059	0.947

表-1は、本研究の調査地を含む伊野町勝賀瀬川上流の2,070 haの区域内に発生した全崩壊地のうち、道路の開設や宅地造成等、人為の影響を直接受けたとみられるものを除く山腹崩壊地について、仁淀川下流山地災害実態調査報告書(17)のデータから求めた崩壊地面積と崩壊地平均深さの関係である。面積が大きくなるほど平均深さも深くなる傾向が認められ、面積0.11 ha以上の崩壊地では平均深さの平均値は1.5 mを超えた。本研究では、面積0.10 ha以下のクラスには、森林の崩壊防止機能の及ぶ崩壊が相対的に数多く含まれるものと考え、調査対象をこのクラスの崩壊地に限定した。また、このようにして設定された研究対象は、発生原因別の崩壊地分類における、いわゆる“浸透水型”の表層崩壊を相対的に数多く含むこととなり、地表面に表れた地形情報による崩壊危険箇所の予測という、本研究で用いた方法に適した対象となったものと考えられる。

2) 調査項目

一定面積の区域ごとの崩壊地面積率や崩壊地の有無をその区域の崩壊危険度の指標として、これらを複数の要因から推定あるいは判別することを目的とした研究では、基岩の種類、地形、林況、土層の厚さが、取り上げられる頻度の高い要因となっている。これらのうち林況は、崩壊危険度の予測に対する寄与率において、取り上げられた要因中で上位を占めることが多い(2, 6, 14, 20~22, 26)。しかし本研究の目的は、

森林整備を実施すべき崩壊危険箇所の予測である。ここで林況を要因として取り上げることは、方法に目的を取り込むことである。実際、ある場所に、現在、蓄積の大きい優良林分が成立しているからという理由で、その場所の崩壊危険度が低いと判定されたのでは、結果の利用において判断に苦しむこととなる。本研究には、林齢が増すにつれて、あるいは施業法に応じて危険度が変化する林況要因を除いた、当該箇所に固有の属性から崩壊危険度を予測する必要があるとする、難波(14)や秋谷・梁瀬(3)の指摘が妥当する。

本研究の調査地の基岩は、破碎作用を受けた古生層堆積岩として概括される。空中写真利用研究グループ(8)は、地質要因には強い地域特性があるため、斜面の安全度判別においては調査地域の大部分が同一区分に含まれてしまうような大まかな分類の意義は小さいとし、より細分化された地質分類を用いる必要性を指摘した。しかし、これには専門家による詳細な調査を要するため、実用上重視すべき簡便さが失われる。

土層の厚さの絶対値を得るためには現地調査が必要であり、大面積の区域全体に高い精度を求めるのは困難である。一方、同一地質の地域内での土層の相対的な厚さは、地形と密接な関係にあると考えられる。

以上を根拠として、本研究では地形要因のみを調査項目とした。

3) 危険度予測の単位区域の面積

林野関係の治山の分野で行われた多変量解析による崩壊危険度の予測は、面積数百 ha (1, 10, 11) あるいは数十~100 ha (12, 13) の区域内の崩壊地面積率を目的変数とした重回帰分析に始まり、最近では 1 ha 方眼単位の崩壊地面積率あるいは崩壊地の有無を外的基準とした数量化分析により行われることが多い(2, 6, 21, 23, 24, 26)。

予防治山の計画にあたって要求されるのは、第1段階としての、ある地域内での崩壊危険地区の予測と、第2段階としての、崩壊危険地区内での個々の崩壊危険箇所の予測である。数百 ha あるいは数十~100 ha の区域を単位とする崩壊危険度予測は、第1段階の予測として実用上の意義が大きいと考えられる。一方 1 ha 方眼単位の危険度予測は、第2段階の予測として十分でない場合が多い。一般に山腹崩壊は、面積 0.1 ha 以下の小崩壊が数のうえでは圧倒的に多く、予防治山の主たる対象はこのような小崩壊であり、1 ha の区域の平均的な地形特性の計測データとこれら小崩壊発生箇所の地形特性とが必ずしも密な対応関係にはないからである。

難波(11)は、数百 ha の区域を単位として崩壊危険度の予測を行った際に、最小の単位としての地点ごとの崩壊危険度判定法の検討を、将来の課題として指摘した。しかし、その後このような検討はあまり行われ

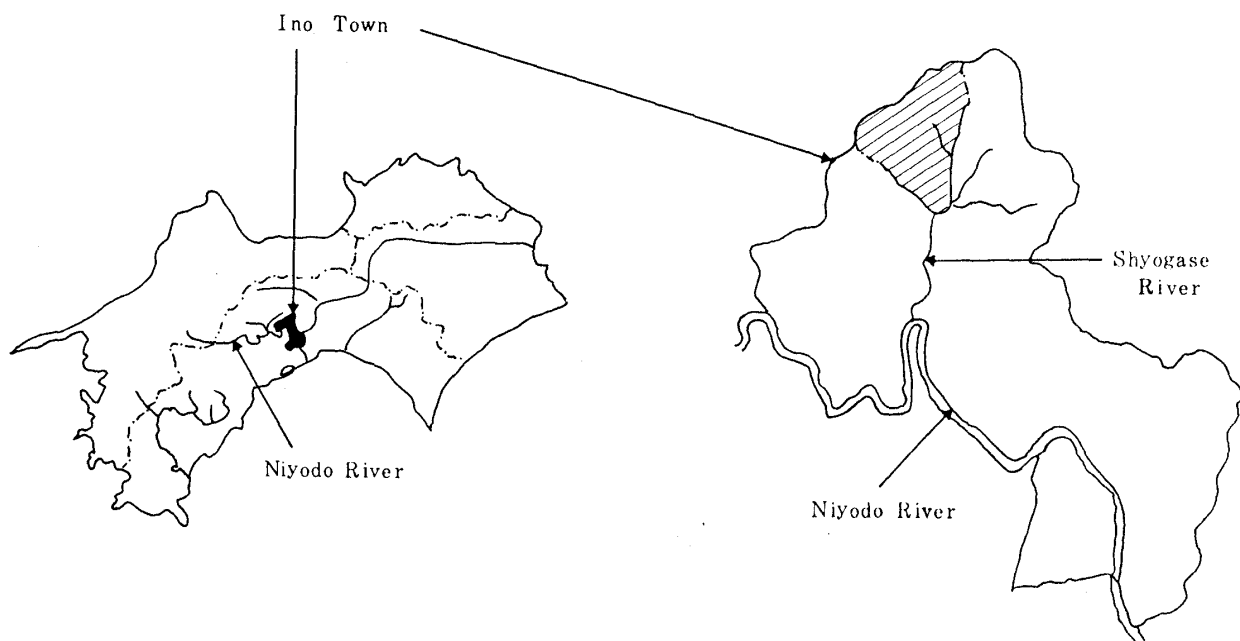


図-1. 調査地の位置
Location of studied site
Cross-hatched part, Studied site.

ていない。そこで、本研究では地点ごとの崩壊危険度の予測を試みた。

2. 調査地の概要

調査地は高知県伊野町の仁淀川下流部に北から注ぐ

表-2. 調査地の林種・林齢別占有面積割合(%)
Forest types in the studied area in relation to ages based on the percentage of the areas covered (%)

Ages of forests (years old)		1~10	11~20	21~30	31~	Total
Types of forest	Japanese cedar forests	3.70	16.97	4.13	0.92	25.72
	Japanese cypress forests	8.93	7.40	1.68	0.25	18.26
	Japanese red pine forests	0.35	1.06	1.85	0.75	4.03
	Sum of coniferous forests	12.98	25.43	7.68	1.92	48.01
	Broadleaved forests	1.91	21.33	22.24	4.51	49.99
	Bamboo forest	—	—	—	—	0.63
	Harvested or non-forested area	—	—	—	—	1.37
	Totals	14.89	46.76	29.92	6.43	100.00

表-3. アイテム・カテゴリー反応パターン

Reaction patterns of samples to applied categorization

Items	Categories	Notes	Points with landslides (A)	Points without landslides (B)	A/(A+B) (%)
Inclinations	1	~19°	0	20	0.0
	2	20~24	3	22	12.0
	3	25~29	8	38	17.4
	4	30~34	27	75	26.5
	5	35~39	57	106	35.0
	6	40~	28	65	30.1
Longitudinal-slope forms	1	~-16°	8	38	17.4
	2	-15~ -6	17	88	16.2
	3	-5~ 5	70	144	32.7
	4	6~	28	56	33.3
Lateral-slope forms	1	~-26 m	9	8	52.9
	2	-25~-16	17	18	48.6
	3	-15~ -6	40	46	46.5
	4	-5~ 5	43	136	24.0
	5	6~ 15	10	79	11.2
	6	16~	Convex	4	39
Exposures	1	N	3	27	10.0
	2	NE	6	47	11.3
	3	E	10	55	15.4
	4	SE	30	50	37.5
	5	S	36	67	35.0
	6	SW	33	49	40.2
	7	W	4	18	18.2
	8	NW	1	13	7.1

勝賀瀬川上流の814 haの区域(図-1斜線部)で、災害発生当時の区域全体の林野率は94.9%、林種・林齢別の占有面積割合は表-2のとおりであった。

表層地質は秩父古生層の泥質岩・混在岩で、山腹崩壊危険地区調査実施要領(19)の分類法に従えば、第2類(古第三紀層および中生代の破碎帯または流れ盤)に属する。

本研究で対象とした山腹小崩壊地の大部分は、昭和50年5号台風と昭和51年17号台風による豪雨で発生したものである。

3. 地形計測の方法

1) 計測地点

814 haの調査区を1/5,000地形図上で1 ha方眼に区切り、一つおきにとった方眼の中心点を計測地点とした。これらの点が面積0.1 ha以下の山腹崩壊地(以下、山腹小崩壊)内に落ちることはなかった。しかし、これらの点が面積0.1 haを超える崩壊地(以下、大崩壊)、溪岸崩壊、川、道路、耕作地、宅地内に落ちた場合は、計測対象から除いたので、計測地点数は340となった。以下これを「非崩壊地」とよぶ。

またこれとは別に災害後の航空写真から災害前の1/5,000地形図上の調査区域内に移写された、120カ所の山腹小崩壊のすべてについて、その頭の部分を計測地点とした。以下これを「崩壊地」とよぶ。したがって、本報告で「崩壊地」の地形といえ、山腹小崩壊頭部の崩壊発生前の地形を意味する。

2) 計測項目

上述の計460の計測地点について、1/5,000地形図上で傾斜、斜面縦断面形、斜面横断面形、方位の4項目を計測した。

傾斜は、 $\tan^{-1}\{(Y_1 - Y_2)/100\}$ により1°単位で算出した。

斜面縦断面形は、 $\tan^{-1}\{(Y_1 - O)/50\} - \tan^{-1}\{(O - Y_2)/50\}$ により1°単位で算出した。この値が+のときは凹、0のときは平衡、-のときは凸を意味する。

斜面横断面形は、 $(O - X_1) + (O - X_2)$ によりm単位で算出した。この値が+のときは凸、0のときは平滑、-のときは凹を意味する。ただし、

O: 計測地点の標高、

Y_1 : 計測地点を通る最大傾斜線上で、計測地点から水平距離で50m上方地点の標高、

Y_2 : 同じく50m下方地点の標高、

X_1 : 計測地点を通る最大傾斜線に直交する直線上で、計測地点から水平距離で25m右方地点の標高、

X_2 : 同じく25m左方地点の標高。

なお測線が測定範囲内で尾根または谷にぶつかり、所定の距離が取れない場合は、測線と稜線または谷線の交点の標高で代用した。

方位は、計測地点を通る最大傾斜線により、全円分度器で5°単位で測定した。

4. 地形データの解析法

上のようにして測定した地形4項目についての、「非崩壊地」と「崩壊地」のおのおのの標本分布に基づき、傾斜を6、斜面縦断面形を4、斜面横断面形を6の階級に区分し、方位は通常の8方位に区分した。

次に、「非崩壊地」の340の標本のうち、水平距離で50m以内に大崩壊がある11標本と10m以内に山腹小崩壊がある3標本を除く326の標本を「崩壊なし」グループ、「崩壊地」の120の標本に「非崩壊地」から除いた山腹小崩壊地に近い3標本を加えた123の標本を「崩壊あり」グループとした。表-3に上記の各項目・各区分に反応した標本数をグループ別に示した。

両グループ合わせて449の標本について、崩壊の有

無を外的基準、地形4項目をアイテム、各項目に設けた4~8の区分をカテゴリーとして、数量化II類による判別分析を行った。

III. 結 果

1. 山腹小崩壊地の地形特性

図-2に地形4項目についての百分率階級頻度分布を、「崩壊あり」グループと「崩壊なし」グループについて対比して示した。

傾斜(図-2A)は、35~39°で「崩壊あり」グループの頻度が「崩壊なし」グループのそれと比べて明らかに高く、29°以下ではその逆であった。30~34°と40°以上では、両者の頻度の差は小さかった。

斜面縦断面形(図-2B)は、-6°以下の凸型斜面で「崩壊なし」グループの頻度のほうが高く、-5°以上の平衡~凹型斜面では「崩壊あり」グループの頻度が高かった。

斜面横断面形(図-2C)は、-6m以下の凹地形で「崩壊あり」グループの頻度が高く、-5m以上の平滑~凸地形では「崩壊なし」グループの頻度が高かった。

方位(図-2D)は、南東、南、南西で「崩壊あり」グループの頻度が高く、それ以外では「崩壊なし」グループの頻度が高かった。

このように、「崩壊あり」グループの地形は「崩壊なし」グループの地形とは明らかに異なっていた。

2. 山腹小崩壊発生の有無の判別

数量化後の四つのアイテム相互間の相関係数を表-4に、「崩壊あり」グループと「崩壊なし」グループの判別精度を示す相関比、および、各アイテムの判別への寄与の度合を示す偏相関係数とレンジを表-5にそれぞれ示した。本研究で取り上げた四つのアイテムは、相互間の独立性が高く、崩壊発生の有無との関係が深い順(偏相関係数が大きい順)に、斜面横断面形 > 方位 > 傾斜 > 斜面縦断面形 であり、危険度予測のスコアの大小に影響する度合いの大きい順(レンジが大きい順)に、斜面横断面形 > 傾斜 > 方位 > 斜面縦断面形であった。

図-3にカテゴリーウェイトを示した。負のウェイトは崩壊あり側に作用し、正のウェイトは崩壊なし側に作用する。最も崩壊危険度の高いカテゴリーの組合せは、傾斜: 35~39°, 斜面縦断面形: -5~5°(平衡), 斜面横断面形: -25~-16m(凹), 方位: 南西で、スコアは-2.30, 最も崩壊危険度の低いカテゴリーの

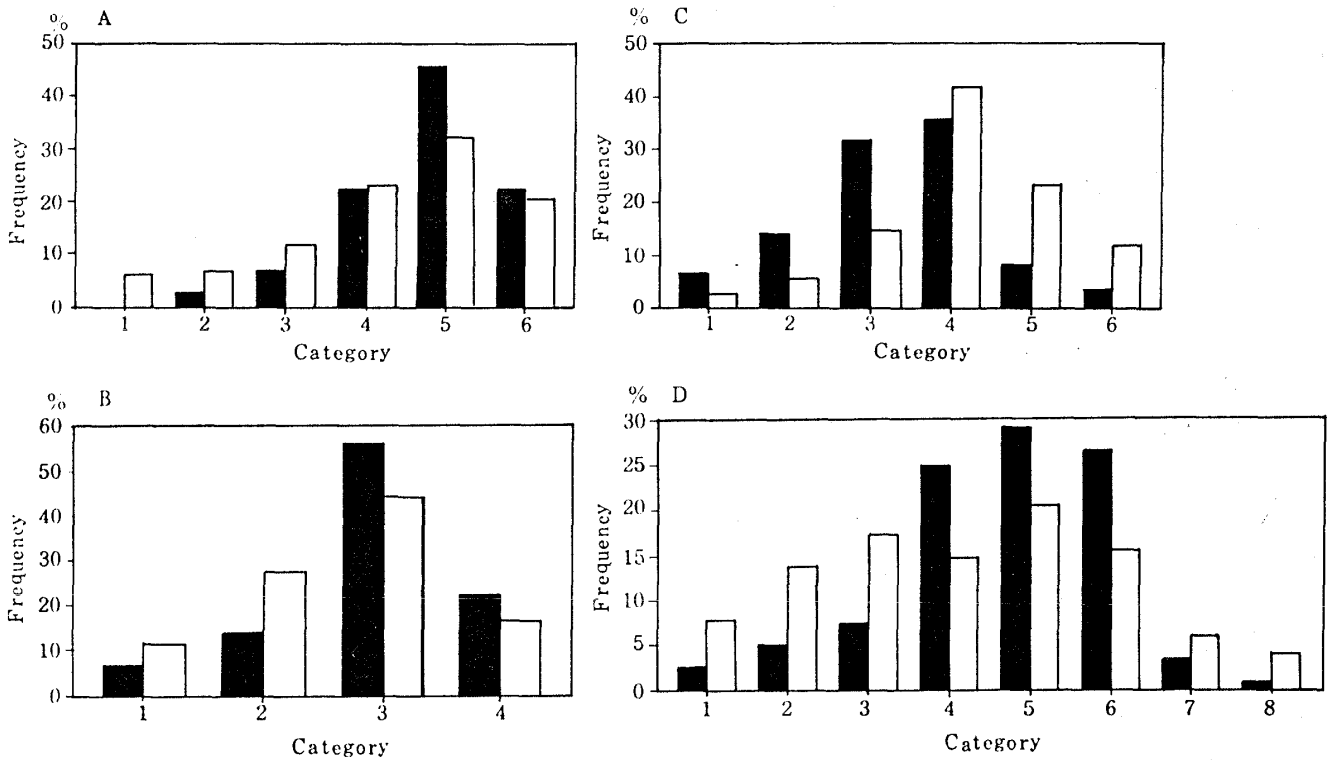


図-2. 「崩壊あり」グループと「崩壊なし」グループの地形
 Differences in landforms between "point with landslide" and "point without landslide"
 Black, Point with landslide (n=123). White, Point without landslide (n=326).

A: Inclination

- 1. ~19°; 2. 20~24°; 3. 25~29°; 4. 30~34°;
- 5. 35~39°; 6. 40°~.

B: Longitudinal-slope form

- 1. ~-16° convex
- 2. -15 ~ -6° ↑
- 3. -5 ~ 5° straight
- 4. 6°~ concave

C: Lateral-slope form

- 1. ~-26 m concave
- 2. -25 ~ -16 m ↑
- 3. -15 ~ -6 m ↑
- 4. -5 ~ 5 m level
- 5. 6 ~ 15 m ↓
- 6. 16 m~ convex

D: Exposure

- 1, N; 2, NE; 3, E; 4, SE; 5, S; 6, SW; 7, W; 8, NW.

表-4. 要因相互間の相関係数

Correlation coefficients between items

	Inclinations	Longitudinal-slope forms	Lateral-slope forms	Exposures
Inclinations	1	0.0376	-0.0086	-0.0624
Longitudinal-slope forms		1	0.0944	0.0222
Lateral-slope forms			1	-0.0311
Exposures				1

表-5. 判別の精度とアイテムの重み

Accuracies of distinctions between points with and without landslides and contributions of items

Items	Partial correlation coefficients	Ranges	Correlation ratio
Inclination	0.237	1.615	0.238
Longitudinal-slope form	0.088	0.371	
Lateral-slope form	0.352	1.978	
Exposure	0.317	1.587	

組合せは、傾斜：~19°、斜面縦断面形：-15~-6° (凸)、斜面横断面形：6~15 m (凸)、方位：北で、スコアは 3.25 であった。

図-4 にスコア別の頻度分布を「崩壊あり」グループ

と「崩壊なし」グループについて対比して示した。「崩壊あり」グループのスコアの平均値は、-0.795、「崩壊なし」グループのそれは 0.300 であった。判別境界値に -0.345 をとると、「崩壊あり」グループの標本の

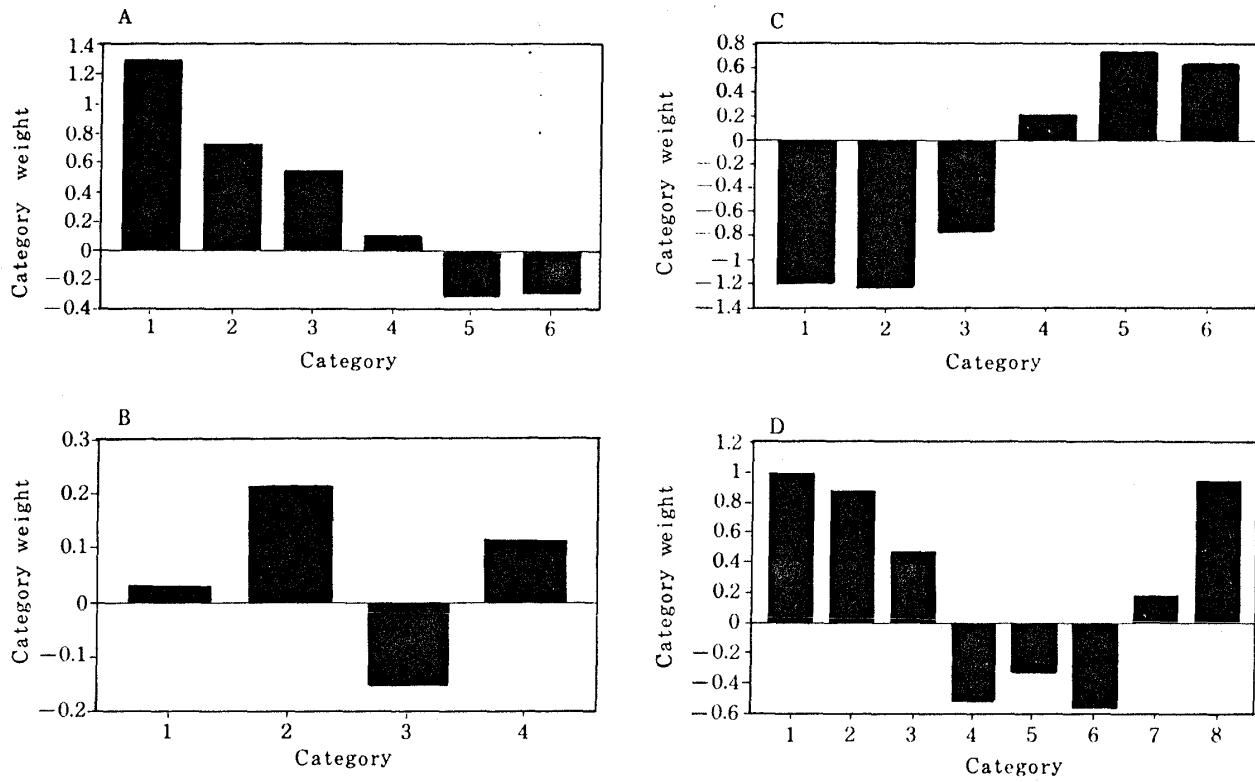


図-3. カテゴリーウェイト

Category weights

A~D, Same as in Fig. 2. Category numbers : Same as in Fig. 2.

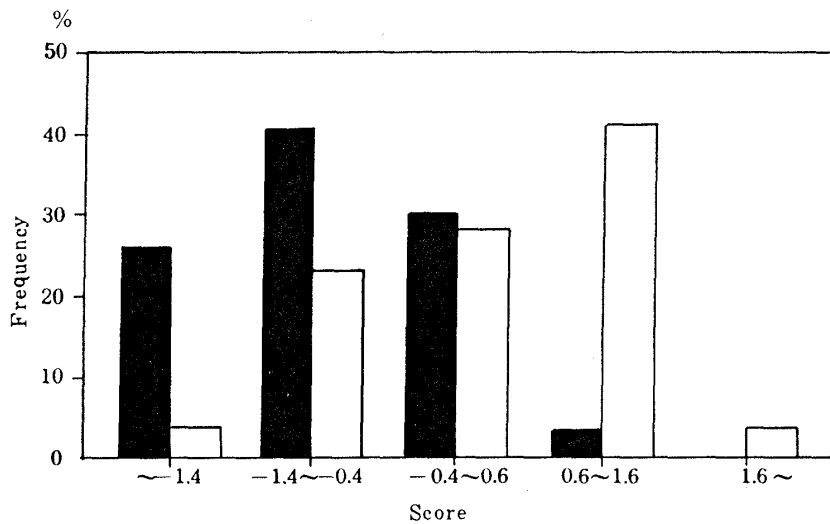


図-4. 「崩壊あり」グループと「崩壊なし」グループのスコアの頻度分布
 Frequency distribution of score of points with and without landslides
 Black, Point with landslide (n=123). White, Point without landslide (n=326).

72.4%は境界値より値の低い範囲に、「崩壊なし」グループの標本の72.1%は境界値より値の高い範囲にそれぞれ分布した。

IV. 考 察

1. 分析結果の妥当性

林野関係の治山の分野では、ほぼ同一の方法により実施された1ha方眼単位の崩壊の有無の判別事例が報告されている(2, 6, 14, 21, 23, 24, 26)。これらの事例では、崩壊発生誘因となった雨の降り方はそれぞれに異なっていたものと考えられる。また表-6に示したように対象地域の地質・林況条件もまちまちである。それにもかかわらず数量化の結果はまったくばらばらというわけではなく、いくつかの共通点も認められる。そこで、ここではこれらの事例にみられるいくつかの傾向と比較しながら、本研究で得られた数量化の結果の妥当性を検討してみる。

比較の資料には、難波(14)の4事例、秋谷(2)の2

事例、北田(6)、陶山ら(23)、田中(26)の各1事例、および高村(24)が5事例の結果を一つにまとめた1事例の計10事例を用いる。志水(21)の事例では林況要因のみがとび抜けて判別への寄与の度合(レンジ)が大きく、地形要因を含む他の要因のレンジが著しく小さかったため、地形要因内のカテゴリーウェイトを論じるには適当でないと判断し、比較の対象から外した。

1) 傾 斜 (図-3A)

傾斜の緩急区分と崩壊危険度の関係を、

- ① 傾斜が急な区分ほど危険度が高くなる。
- ② ある区分までは①と同様であるが、それを越えて急になると危険度が低下に転ずる。
- ③ 一定の傾向が認められない。

の3タイプに区分すると、上述の10事例の頻度分布は①に3、②に5、③に2となった。傾斜が急になるほど土層は不安定となること、および、あまり急傾斜になると、崩壊すべき土層が発達しないことを考える

表-6. 数量化分析II類による1ha方眼単位の崩壊の有無の判別事例

Examples of the study on distinguishing between slopes of one-hactare area with and without landslides using the method of "Quantification II"

Authors	Geology	Forest conditions*	Number of items applied					Correlation ratios	
			Kinds of bed rocks	Reliefs	Stand conditions	Depths of soils	Others		Totals
Akiya (2)	Granite	—	0	3	2	1	1	7	0.191
Akiya (2)	Granite	—	0	4	2	1	2	9	0.151
Kitada (6)	Tertiary	—	1	4	1	1	1	8	0.44
Nanba (14)	Andesite	0.0	0	3	1	0	1	5	—
Nanba (14)	Granite	60.3	1	4	2	1	0	8	—
Nanba (14)	Palaeogene	74.5	0	4	2	0	0	6	—
Nanba (14)	Granite	70.7	0	4	2	1	0	7	—
Shimizu (21)	Granite	44.6	0	5	1	0	0	6	—
Suyama <i>et al.</i> (23)	Palaeozoic ~Mesozoic	65.0	1	4	2	1	2	10	0.152
Takamura (24)	Palaeozoic ~Mesozoic	—	0	4	1	1	1	7	0.090
Takamura (24)	Palaeozoic ~Mesozoic	—	0	4	2	1	1	8	0.109
Takamura (24)	Palaeozoic ~Mesozoic	—	0	3	2	1	1	7	0.152
Takamura (24)	Palaeozoic ~Mesozoic	—	0	4	2	1	1	8	0.084
Takamura (24)	Palaeozoic ~Mesozoic	—	0	4	2	1	1	8	0.078
Tanaka (26)	Rhyolite	—	0	4	4	0	0	8	0.146

* Percentages of the areas covered with forests of stand volumes of less than 100 m³/ha or forests younger than 20 years old to the total area studied.

と、理論的には②のタイプが予想される。①となるか②となるかは、傾斜の区分の仕方によって大きく左右されるであろうから、区分の仕方によっては、上述の①の3事例の中に②へ移るものがでてくる可能性もある。

本研究でのカテゴリーウェイトは①または②に属しており、従来の研究と比較しても、理論的にみても、概ね妥当な結果であるといえる。

2) 斜面縦断面形 (図-3 B)

斜面縦断面形は、上述の10事例のうち難波(14)の4事例と秋谷(2)の2事例中1事例では、要因として取り上げられていない。また高村(24)は、この要因と崩壊危険度について、五つの事例に共通する傾向は認められなかったと述べている。さらに、残り4事例のいずれにおいてもこの要因のレンジはごく小さく、カテゴリーウェイトの大小を論じるには無理があると考えられた。

本研究でも斜面縦断面形と、山腹小崩壊発生の有無との関係は弱く、レンジも小さく、従来の研究と同様の結果となった。しかし、このような結果が妥当であるかどうかには検討の余地がある。秋谷(2)は、浸透水による表層崩壊は、土層が水で飽和されやすい、土層の薄いところで起こりやすく、地形的には山頂緩斜面から少し降りた緩から急への傾斜変換点付近の急斜部に発生することが多いと述べている。本研究の方法

では、このような箇所の斜面縦断面形は、凸として計測されるはずである。しかし従来の研究同様、本研究においても、凸形斜面で危険度が高くなるという結果は得られなかった。

また、斜面縦断面形のカテゴリー区分を変えて、カテゴリー4(6m~)を4a(6~15m)と4b(16m~)とし、計五つのカテゴリー区分により分析すると、カテゴリー4bに落ちる標本数は全体の2%と、ごく少なくなかったが、斜面縦断面形の要因としての重みと、分析全体の判別精度がやや増し、図-5に示すカテゴリーウェイトが得られた。ここでは、著しい凹形斜面にあたるカテゴリー4bのウェイトの絶対値が突出して大きい点で、図-3Bとも、上述の4事例の結果とも明らかに異なっている。計測地点が山脚部の急から緩への傾斜変換点に落ちた場合に、このような斜面形として計測され、このような箇所は一般に土層が深く、かつ土層が緩傾斜部分によって支えられるために、小面積の表層崩壊は起こりにくい、との解釈も考えられる。この点については、調査区域を広げ、標本数を増やしたうえで、再検討する必要があると考えられる。

3) 斜面横断面形 (図-3 C)

斜面横断面形の凹凸区分と崩壊危険度の関係を、

- ① 凹地形で危険度が最大となる。
- ② 凹地形と平滑地形で危険度が高く、両者の危険

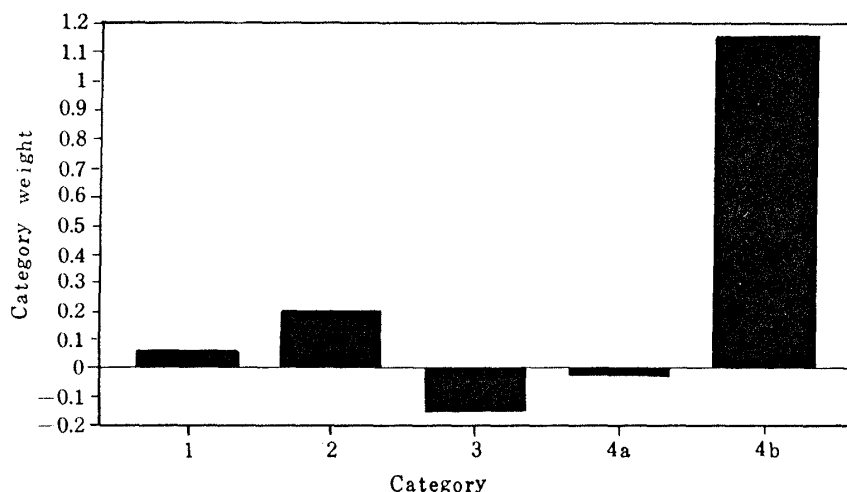


図-5. 斜面縦断面形のカテゴリー区分変更後のカテゴリーウェイト
Category weights of longitudinal-slope forms when categorization was modified
1~3, Same as in Fig. 2 B. 4 a, 6~15°, Concave ; 4 b, 16°~, Extremely concave.

度がほぼ等しい。

③ 凸地形で危険度が最大となる。

の3タイプに区分すると、横断面形の区分が明示されていない秋谷(2)の1事例を除く9事例の頻度分布は、①に6、②に1、③に2となった。ただし、②の1事例と③の2事例中1事例では、斜面横断面形のレンジはごく小さく、崩壊の有無の判別に対するこの要因の寄与率は小さかった。また①に含めた高村(24)の1事例について高村は、検討した5事例中4事例で、凹地形での危険度が高くなる傾向が認められたと述べている。浸透水による表層崩壊は水の集まりやすい凹地形に発生しやすいと考えられ、理論的には①のタイプが予想される。

本研究でのカテゴリーウェイトは①に属し、従来の研究の大勢と比較しても、理論的にみても、概ね妥当な結果であるといえる。

4) 方位 (図-3D)

比較の資料に用いた10事例のうち、難波(14)の4事例では、方位は要因として取り上げられていない。また残り6事例中5事例では方位のレンジが小さく、カテゴリーウェイトの大小を論じるには無理があると考えられた。しかし高村(24)は5事例を通覧して、東または南斜面に崩壊が多発する傾向があったと述べている。

本研究では南東、南、南西斜面での崩壊危険度が高いと判定された。

本調査地での災害は台風による豪雨で生じたものであり、台風での雨量は一般に東～南斜面で多くなるので、台風時の崩壊危険度の判定としては、本研究でのカテゴリーウェイトは概ね妥当であると考えられる。

2. 判別の精度

数量化分析II類の手法による、1ha方眼を単位とした崩壊発生の有無の判別事例のうち、相関比または重相関係数が与えられているものを、表-6にリストアップした。判別の精度が重相関係数で与えられているものについては、これを2乗して相関比を求めた。

これらの事例では、崩壊発生の有無の判別に対する寄与率の高い林況が例外なく要因に取り上げられている。また大部分の事例が土層の厚さや、渓流の有無をも要因としている。それにもかかわらず相関比は、北田(6)の事例を除いて、本研究の相関比(表-5)と比べて明らかに小さい。

従来の研究は、調査区域内のすべての崩壊を対象としている。たとえば小面積の表層崩壊と大面積の深層

崩壊とでは、発生にかかわる要因は異なるはずであり、これらをひっくめて要因との関係を求めれば、精度が落ちるのはむしろ当然であると考えられる。また小面積の崩壊については、1haの広がりについての平均的な性質を要因としたのでは、精度の高い発生予測を行うことは困難ではないかと考えられる。

本研究では、“森林整備による崩壊発生の予防”として目的を明確化し、これに即して対象とする崩壊の規模を限定し、これに合わせて予測の単位を点にまで狭めた結果、崩壊危険箇所の予測精度を、従来の手法と比べて若干高めることができたのではないかと考えられる。また、本研究の手法では、予測に用いる要因として林況を取り入れていないので、保安林整備計画の立案等における適用が、より容易であると考えられる。

最後に本研究は、国庫補助の地域重要新技術開発課題“災害多発地帯における降雨強度の変化に伴う林地崩壊の計量的評価”を実施して得た成果の一部を詳細に検討し直したものである。実施にあたり、ご指導、ご援助いただいた森林総合研究所企画部連絡科長牧勉氏、地質研究室長丸山明雄博士、前山地防災研究室長岩元賢博士に厚くお礼申し上げます。

引用文献

- (1) 秋谷孝一：治山調査報告書X. 荒廃危険地帯調査報告書. 福井県西谷地区、岐阜県根尾地区、兵庫県朝来地区. 151 pp, 林野庁治山課, 東京, 1966
- (2) ————：山地崩壊及び洪水発生危険地区判定法の確立. 152 pp, 農林水産技術会議事務局, 東京, 1984
- (3) ————・梁瀬秀雄：崩壊に関する斜面横断面形の量的表現法. 89回日林論：389～390, 1978
- (4) 藤江 誠：昭和58年7月豪雨による山地崩壊に関する研究(I). 島根県林業技術センター研究報告40：1～20, 1989
- (5) 川口武雄・難波宣士・滝口喜代志・河野良治・片岡孝：昭和33年伊豆水害の山地の崩壊、土石流とその防止対策. 林試研報 117：83～120, 1959
- (6) 北田憲一：山地崩壊及び洪水発生危険地区判定法の確立. 152 pp, 農林水産技術会議事務局, 東京, 1984
- (7) 小橋澄治・今井篤雄・久保村圭助・中山政一・真砂祥之助：航空写真判読による斜面の安全度解析(1)高山線での実施例. 新砂防 84：14～23, 1972
- (8) 空中写真利用研究グループ：「空中写真判読による斜面の安全度判別法について」の研究会の報告. 新砂防 89：29～33, 1973
- (9) 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 116:37~55, 1965
- (10) 難波宣士: 治山調査報告書X. 荒廃危険地帯調査報告書. 福井県西谷地区, 岐阜県根尾地区, 兵庫県朝来地区. 151 pp, 林野庁治山課, 東京, 1966
- (11) ———: 治山事業調査報告XI. 荒廃危険地域の判定法—荒廃危険地域対策調査第1部—. 31 pp, 林野庁治山課, 東京, 1968
- (12) ———: 同上X. 羽越水害における山地災害の実態と治山対策に関する調査報告書. 53 pp, 林野庁治山課, 東京, 1969
- (13) ———: 同上XI. 山地荒廃危険地の予測—荒廃危険地域対策調査第2部—. 55 pp, 林野庁治山課, 東京, 1971
- (14) ———: 数量化理論による崩壊危険地の判定. 64 pp, 林野庁治山課, 東京, 1972
- (15) ———: 判別解析による崩壊危険斜面の判定法と問題点(その1). 治山 18(3):7~11, 1973
- (16) ———・滝口喜代志・河野良治・片岡 孝: 昭和34年7号台風による山梨水害の山地荒廃とその治山対策. 林試研報 132:69~97, 1961
- (17) 仁淀川下流山地災害実態調査報告書. 148 pp, 林業土木コンサルタント高知支所, 高知, 1983
- (18) 大森博雄: 山地斜面の安全性に対する地形, 地質, 植生の関与の度合. 地理評 47:633~652, 1974
- (19) 山腹崩壊危険地区調査実施要領. 73 pp, 林野庁, 東京, 1985
- (20) 山腹崩壊危険地区調査実施要領検討報告書. 94 pp, 鳥取県林業試験場, 鳥取, 1988
- (21) 志水俊夫: 花崗岩地帯の斜面の安定性に関する統計的解析. 日林誌 59:186~190, 1977
- (22) 陶山正憲・竹下 幸: 山腹斜面の崩壊危険度判定法に関する研究(II)屋久島の斜面崩壊に影響をおよぼす2,3の要因. 92 回日林論:433~434, 1981
- (23) ———・—————・大谷義一: 同上(III)数量化理論I・II類による崩壊危険度判定結果の比較検討. 日林九支研論 35:289~290, 1982
- (24) 高村舜介: 山腹崩壊危険箇所判定の経緯と課題. フォレストコンサル 40:9~17, 1989
- (25) 竹下敬司: 北九州市門司・小倉地区における山地崩壊の予知とその立地解析. 治山調査報告書I. 85 pp, 福岡県林業試験場, 福岡, 1971
- (26) 田中義則: 空中写真を利用した山地崩壊危険地の判定に関する研究(I)西播磨の流紋岩地帯での一例. 兵庫林試研報 34:1~20, 1988

(1990年3月12日受理)