

## 数量化理論を用いた土石流災害に関する統計学的考察

伊勢田 哲也\*・棚橋 由彦\*・川内 俊英\*\*

A Statistical Consideration on Debris Flow  
Disaster by Quantification Theory

by

Tetsuya ISEDA\*, Yoshihiko TANABASHI\*  
and Toshihide KAWACHI\*\*

On July 23th, 1982, many debris flows occurred in Nagasaki prefecture due to the localized heavy rainfall. They brought out a considerable damage to Nagasaki prefecture, particularly to East Nagasaki district.

In another paper, the authors estimate a risk due to debris flow by an evaluation method based on a mechanism of occurrence of debris flow.

In this paper, we try to predict a risk of occurrence of debris flow and evaluate the degrees of contribution of many factors to it statistically. we apply a quantification theory to the debris flows in East Nagasaki district, and report the results of the analysis with some considerations.

## 1. まえがき

昭和57年7月23日夕刻より長崎県南部を襲った集中豪雨は、死者・行方不明者299人という大惨事を引き起こしたが、その9割近くが山崩れ、崖崩れ、土石流等の土砂崩壊によるものであった。しかしながら、その土砂崩壊のメカニズムといったものは、未だにその全貌は完全に明らかにされていない。

本研究では、土砂崩壊の中でも最も突発性が高く、発生予測が困難であり、未知の部分が多いとされる土石流という現象に注目し、この現象を、統計学的手法の一つである数量化理論第Ⅱ類を用いて分析を行ったので、ここに、その結果と若干の考察を報告する。

## 2. 解析手法

本研究は、数量化理論第Ⅱ類を用いて、土石流という現象を予測しようというものである。ここでいう『予測』とは、どの溪流において、どの程度の確率

で、土石流が発生するかを判別できるかという意味での『予測』である。

数量化理論第Ⅱ類の内容については成書<sup>1)</sup>に詳しいのでここでは省略するが、Fig.1の流れ図に従い、分析を行ったので、以下説明を加える。

## 2-1 対象地域の設定

昭和57年7月23日における長崎豪雨に際し、最も土石流災害の多かった東長崎地区に注目し、以下の三つの対象地域を設定した。

- (1) 八郎川左岸地域
- (2) 八郎川右岸地域
- (3) 八郎川左岸及び右岸地域

## 2-2 サンプルの収集

サンプルの収集には、対象地域をメッシュに区切る方法等があるが、本研究においては、土石流発生メカニズムを考慮し、ある一定の定義を満足する溪流

昭和58年9月30日受理

\* 土木工学科 (Department of Civil Engineering)

\*\* 土木工学専攻修士課程 (Graduate Student, Department of Civil Engineering)

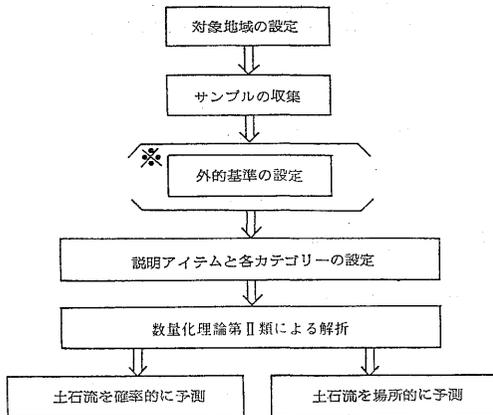


Fig. 1 Flow chart of application of quantification class-2

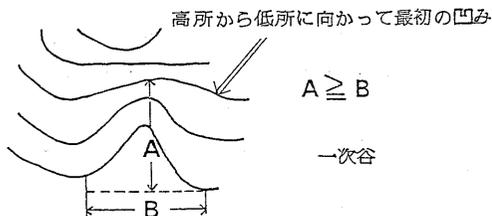


Fig. 2 (a) A sketch-diagram of determination of origin of a mountain stream

を、5,000分の1の地形図より、サンプリングする方法をとった。

即ち、芦田・高橋・澤井<sup>2)</sup>により、土石流発生は一般に15度以上の溪流勾配で発生することが明らかにされているので、勾配15度以上の溪流で、Fig.2(a)で定められた一次谷の起点までの長さが、80m以上の溪流を地形図よりサンプリングした。

### 2-3 外的基準の設定

外的基準として、土石流発生・未発生之二区分を設けた。二区分に分ける方法は、被災ヶ所の長さが、100m未満を未発生、100m以上を発生としたが、100m未満でも、带状をなして途中で止まっている様な被災ヶ所は、発生区分に入れ、逆に100m以上でも、带状をなしておらず、見た目に山崩れ・崖崩れと思われる被災ヶ所は、未発生区分に入れた。

なお、被災ヶ所を調べた地形図は、被災後の航空写真を基に、作図された被災地図<sup>3)</sup>を利用した。

### 2-4 説明アイテムと各カテゴリーの設定

#### 2-4-1 説明アイテムの設定

土石流が発生する要因としては、素因と誘因に大別される。素因は、その地域が持つ地理的・地形的な特

性要件のことであり、誘因とは、その地域に作用して土石流を引き起こさせる作用因子であり、降雨・地震・火山活動等が含まれる。ここに、降雨は、八郎川下流・中流・上流の三点で観測された降雨パターンが、ほぼ同一であったこと<sup>4)</sup>から、誘因は要因から除外され、要因を素因だけに限定して解析を行った。土石流発生の素因と考えられるものから、地図(地形図・植生分布図・表層地質図)のみからカテゴリー化の可能な説明アイテムとして、流域面積・溪流長・平均勾配・起伏量・縦断形状・横断形状・屈曲比・平均幅・植生・溪流密度・方位・地質の12アイテムを選び出し、相関係数を調べ、高い相関係数を持つ3アイテム(起伏量・横断形状・平均幅)を除いた9アイテムを設定した。以下、各アイテムの説明を行なう。

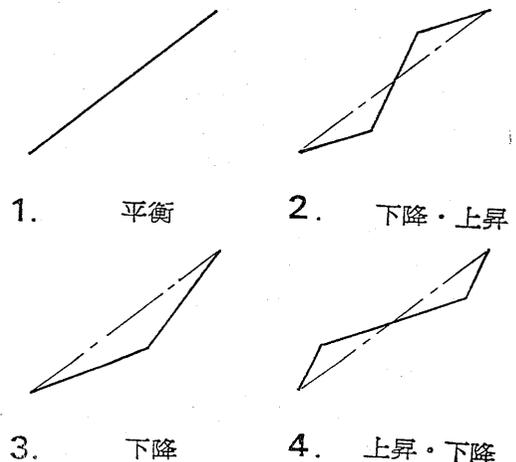


Fig. 2 (b) Categorization of valley bed profile

- (1)流域面積：2-2で定めた溪流に、雨が降った時に流れ込む集水面積を地形図より定め、プランメーターにより測定。
- (2)溪流長：2-2で定めた溪流に沿った長さをキルビメータにて測定。
- (3)平均勾配：溪流の始点と終点とを結んだ直線長と、その間の等高線数により算出。
- (4)縦断形状：地形図での等高線の間隔により、Fig.2(b)の様に設定。
- (5)屈曲比：溪流長を溪流直線長で除して算出。
- (6)植生：地形図と、植生図<sup>5)</sup>を見較らべながら溪流の上流部分を主として設定。
- (7)溪流密度：一溪流に含まれる全溪流長を流域面積で除して算出。

(8)方位 : 山頂より溪流の下流を見た方向. なお屈曲が激しい時は, 山頂より溪流の上流域を見た方向.

(9)地質 : 地形図と, 地質図<sup>2)</sup>を見較らべながら溪流の上流部分を主として設定.

2-4-2 各カテゴリーの設定

各アイテムに含まれるカテゴリーを設定するには, AICによる最適カテゴリーの設定法があるが, ここでは, 簡単な為, まず, 多くのカテゴリーにわけ, それをグラフに表わし, そこで, いくつかのカテゴリーを, 各カテゴリーに入るサンプル数が同じくらいになる様にまとめる. この際, 各カテゴリーに入るサンプル数が, 外的基準にわかれた時, 量的データにおいては, 極端にわかれる様なカテゴリー設定は, 意味のない場合避ける必要がある.

3. 解析結果及び考察

2-1で述べた様に, 対象地域の相違により, 以下の様に三段階にわけて行なう.

3-1 八郎川左岸地域

3-1-1 確率面からの土石流予測

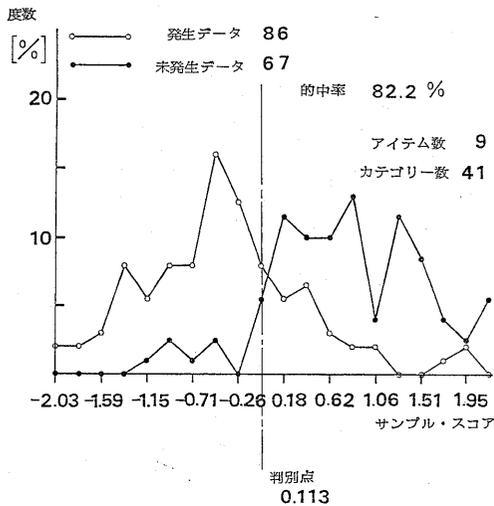


Fig. 3 Frequency distribution of sample-score (Hachiro left side basin)

解析結果を全体的にみると, 相関比が0.350と, それ程大きくない. 相関比とは, その値が大きい程 (1に近づく程) 分類項目 (外的基準) のそれぞれの区分 (ここでは発生区分・未発生区分) の特性量 (説明アイテム) に対する分布がよく分かれていることを意味する. 故に, カテゴリー数量の和として求められるサンプルスコアによって, 外的基準における発生か未発

生かの判別において, それを, それ程高い確率で言い当てるのが, ここでは難しいということである. 即ち, Fig.3 で分かる様にサンプルスコアの度数分布をみると, 外的基準における発生区分のサンプルスコアは小さく, 未発生区分のサンプルスコアは, 大きくなる. これは, 各々2つの区分の平均を見ると, 発生区分が-0.52, 未発生区分が0.67であることから確かめられる. ここで問題となるのは, Fig.3 でも分かる様に, サンプルスコアが, はっきり負の小さい値や正の大きな値をとるサンプルでは, 発生区分か未発生区分かをかなりの確率で判別できるが, サンプルスコアが, 0に極く近い値をとるサンプルにおいては, それらを判別することがかなり困難となってくる.

この問題に対して, 一つの目安となるのが, 判別点である. 即ち, 判別点を設け, サンプルスコアが判別点以下なら発生区分, 判別点以上なら未発生区分という様に分類する.

また, サンプルを誤って判別する確率が最小になる様, ミニマックス法によつて的中率を求める.

その結果, 判別点は, 0.113, 的中率は, 82.2%となる. 即ち, サンプルスコアによって, 5回に4回の割合で, サンプルが発生区分か未発生区分かを正しく判別することができることを意味する.

ここで, ちなみに昭和57年7月, 比較的大きな土石流災害のあった溪流のサンプル・スコアを計算すると山の神川 (死者15名) -0.632, 侍石川 (同3名) -0.964, 中尾川 (同2名) -0.654, 木場川 (同3名) -0.644であり, いずれも発生区分に判別できる. しかし, サンプル・スコアが発生判別域であるにもかかわらず発生しなかった溪流には, 城谷川 (-0.969) があり, サンプル・スコアが未発生判別域であるにもかかわらず発生した溪流には, 長龍寺川 (1.934) 等があった.

3-1-2 場所的側面からの土石流予測

どのようなアイテム・カテゴリー及び説明アイテムが発生区分・未発生区分の判別に寄与しているかを, 以下に述べる.

(1) アイテム・カテゴリー

分析結果を全体的にみると Fig.4 の様になる. これよりカテゴリー数量 (=Xij) の絶対値が大きいカテゴリー程, 二区分を判別するのに強く影響を及ぼしていると考えられる. 即ち, カテゴリー数量が負の時は, 発生区分への判別に, 正の時は, 未発生区分への判別に寄与している.

Fig.4 より, 八郎川左岸地区では, 流域面積が5ha以上の時, 方位が西向きの時, 地質が玄武岩及び砂

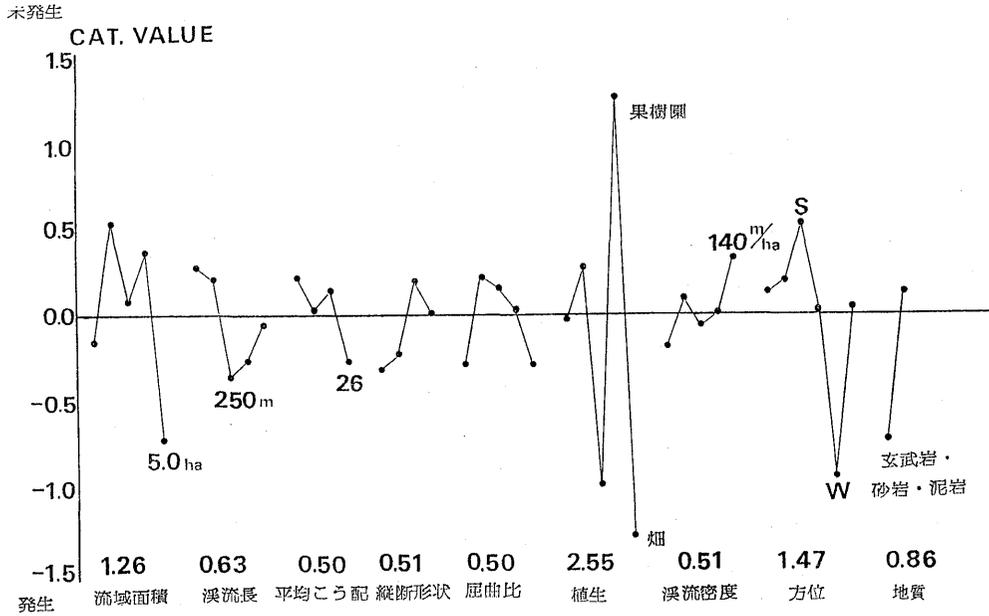


Fig. 4 Category-value for each item-category (Hachiro left side basin)

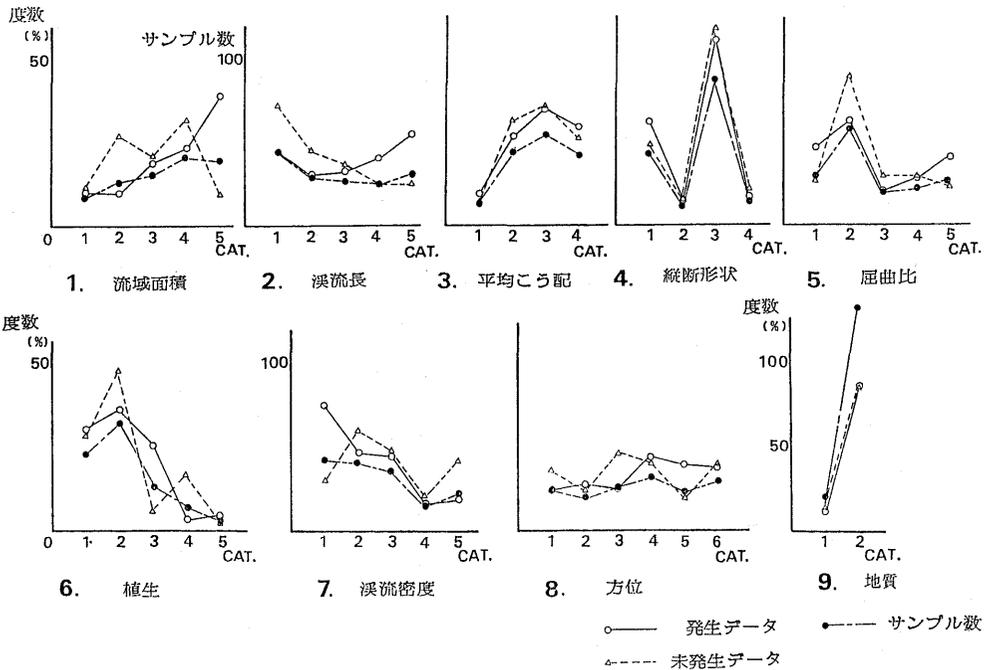


Fig. 5 Frequency distribution of each item-category (Hachiro left side basin)

岩・泥岩の時、植生が伐採後地及びアオモジ群落や畑地の時に、発生区分への判別に強く寄与している。

また、流域面積が1.00ha~1.50haの時や、方位が東から南向きにかけての時や、植生が果樹園の時や、溪流密度が140m/ha 以上の時には、未発生区分への

判別に強く寄与している。

即ち、流域面積が大きい所は、集水面積が広いということになるし、流域面積が小さい所や溪流密度が大きい所は、溪流の単位長さ当りの集水面積が小さいということになるので、土石流が発生するには、ある程

度(5ha以上)の流域面積が、必要になるのではないかと考えられる。

次に、植生について、2, 3考察を加える。伐採後地(アオモジ群落)や畑地においては、土石流が発生しやすいということは、それらが、裸地同様であり、流域の保水能力が低く、流域内に降った雨の大半が溪流に集水されることを考えれば、土石流の発生、機構を考えたとき、容易にうなずけよう。それらの溪流を更に追跡調査してみると、伐採後地においては、その半数以上が、流域面積が2.5ha以上と大きく、溪流密度も小さいことから、発生区分への判別が増幅されたと考えられる。また、畑地のカテゴリー数量の絶対値が、異常に大きくなった理由は、Fig.5からもわかる様に、そのカテゴリーへの適合溪流(5溪流)が、他のカテゴリーより極端に少なかったうえに、発生溪流が内4溪流であったためと考えられる。本来ならば、この様な場合、2-4-2において、他のカテゴリーに従属させるべきなのかもしれない。

次に、果樹園が、未発生区分への判別に強く寄与している理由は、Fig.5からわかる様に、適合溪流(14溪流)が少なく、しかも未発生溪流が、内11溪流と8割近くあったことによるものと考えられる。これを追跡調査すると、そのほとんどが、流域面積2.5ha以下と小さく、平均勾配が22度以下と緩やかであった。即ち、果樹園は、そのカテゴリーゆえに、未発生へ判別するのに寄与しているのではなく、その他のアイテムの影響が重なりあって、未発生へ判別するのに寄与していると考えた方が、妥当である。

## (2) 説明アイテム

Table-1及びFig.4から、八郎川左岸地域の場合流域面積・植生・方位等の説明アイテムが、土石流発生と未発生を判別するのに強い影響を与えており、平均勾配・縦断形状・屈曲比等の説明アイテムは、あまり影響を与えていない。

植生のレンジが、大きくなった理由は、レンジの値が、カテゴリー数量の最大値と最小値の差で表わされる事と、(1)で述べた事を考え合わせると容易に理解できる。

### 3-2 八郎川右岸地域

#### 3-2-1 確率面からの土石流予測

解析結果から、相関比が0.264、判別点及びミニマックス的中率は各々-0.353、78.6%となる。即ち、Fig.6でわかる様に、各溪流のサンプル・スコアにより、判別点を境に発生・未発生を、78.6%の割合で正しく判別することができる。

#### 3-2-2 場所的側面からの土石流予測

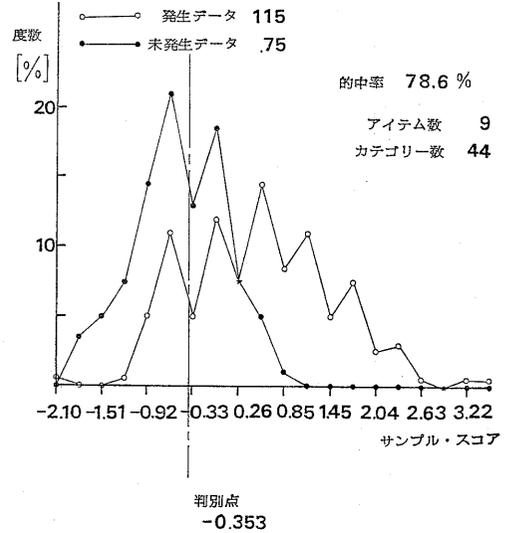


Fig. 6 Frequency distribution of sample-score (Hachiro right side basin)

#### (1) アイテム・カテゴリー

分析結果は、Fig.7の様になる。

即ち、流域面積が5ha以上の時、溪流長が350m以上の時、屈曲比が1.06~1.10の時、植生が果樹園の時、溪流密度が80m/ha以下の時、方位が西・北西の時、地質が玄武岩及び砂岩・泥岩の時に、発生区分へ判別するのに強く寄与している。

また、縦断形状が下降・上昇の時、屈曲比が1.06以下の時、植生が伐採後地及びアオモジ群落の時、方位が東の時に、未発生区分へ判別するのに強く寄与している。

ここで、溪流長が長い時に発生への判別に寄与しているのは、追跡調査すると流域面積が5ha以上が、ほとんどであり、さらに溪流密度も120m/ha以下の小さい値の時になる。即ち、集水面積が大きくなるためである。

次に果樹園が、左岸地域とは逆に発生への判別に寄与しているが、これを追跡調査すると、溪流密度が120m/ha以下の溪流が、ほとんどであり、上述と同じ理由により、果樹園というカテゴリー自体が、発生への判別に寄与しているとは考え難い。

伐採後地が、未発生への判別に寄与しているのは、適合溪流(13溪流)が少なく、未発生が内9溪流あった為である。これを、追跡調査すると、溪流密度が大きく、方位が東向きの溪流が多かった為未発生への判別に寄与する様になったと考えられる。そう考えると、このカテゴリーも、それ自体が、未発生区分への

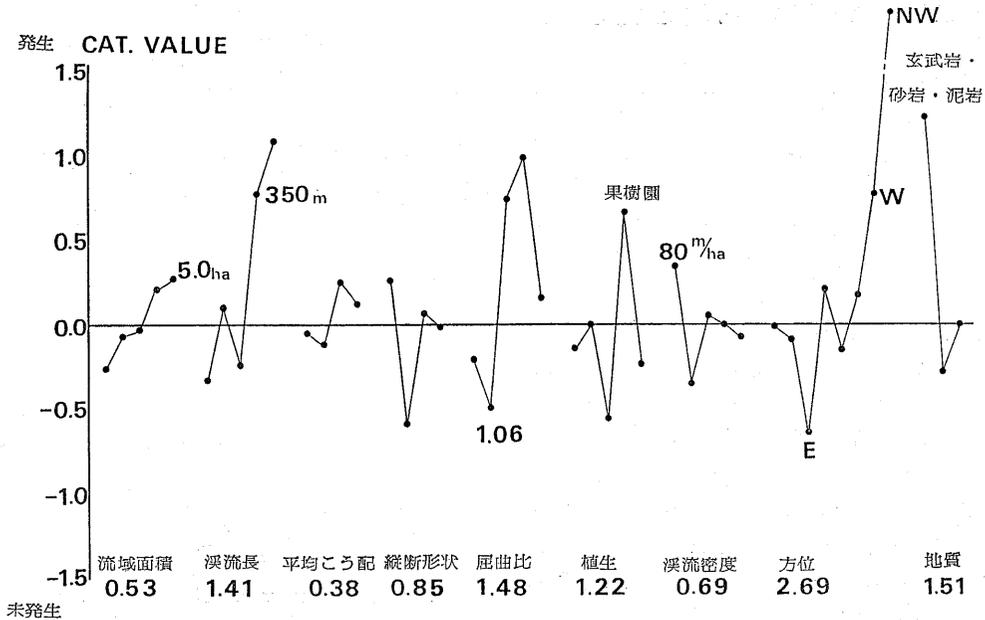


Fig. 7 Category-value for each item-category (Hachiro right side basin)

判別に寄与しているとは考え難い。

(2) 説明アイテム

Fig.7 より、溪流長・方位・地質等のアイテムが、発生区分・未発生区分への判別に強く影響を与え、平均勾配・流域面積が、あまり影響を与えていないという結果を得た。

ここで、流域面積と溪流長には、若干の相関関係が見られた為、どちらか一方のアイテムを除外する事で多少、アイテムのレンジが、変わったであろう事を付け加えておく。

3-3 八郎川左岸及び右岸地域

3-3-1 確率面からの土石流予測

解析結果から、相関比が0.155となり、サンプル・スコアによる発生・未発生を高い確率で判別するのが、かなり難しくなる。判別点及びミニマックス的中率は各々 0.200, 69.2%となる。ここで、Fig.8 をみても判別点により発生・未発生を判別するのが、かなり難しいのも明らかであろう。

3-3-2 場所的側面からの土石流予測

(1) アイテム・カテゴリ

分析結果は、Table-1 及び Fig.9 の様になる。

即ち、流域面積が5 ha 以上の時、植生が伐採地及びアオモジ群落や果樹園や畑地の時、溪流密度が80 m/ha 以下の時、方位が西の時には、発生区分への判別に強く寄与している。

また、流域面積が2.5ha 以下の時、屈曲比が1.03~1.06の時、溪流密度が140m/ha 以上の時、方位が東から南向きにかけての時、植生がスギ・ヒノキ植林の時には、未発生区分への判別に強く寄与している。

ここでは、植生について考える。植生が伐採地及びアオモジ群落や果樹園や畑地の時には、追跡調査をすると、そのほとんどが、溪流密度120m/ha 以下の所であり、伐採後地及びアオモジ群落や畑地においては、裸地同様であるということも重なって発生区分への判別を寄与する結果になったと考えられる。

また、畑地のカテゴリ数量の絶対値が大きいのは

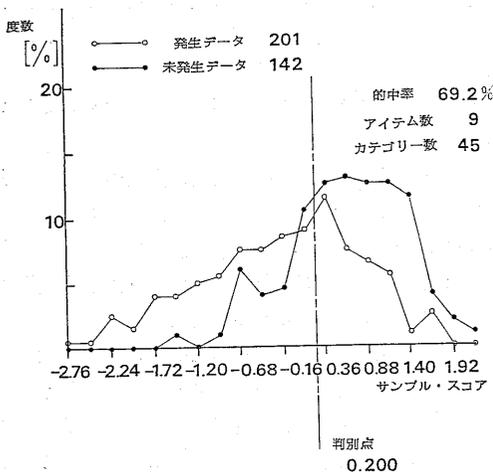


Fig. 8 Frequency distribution of sample-score (Hachiro basin)

Table-1 Tablation of item, category, category-value and range (Hachiro basin)

ITEM	CATEGORY	Xij	レンジ	ITEM	CATEGORY	Xij	レンジ
流域面積 (ha)	1. ~ 1.0 0	-0.30	1.78	植 生	1. シイ・アラカシ	-0.02	1.19
	2. ~ 1.5 0	0.46			2. スギ・ヒノキ植林	0.32	
	3. ~ 2.5 0	0.31			3. アオモジ群落	-0.52	
	4. ~ 5.0 0	0.13			4. 果 樹 園	-0.32	
	5. 5.0 0 ~	-1.32			5. 畑 地	-0.87	
溪 流 長 (m)	1. ~ 1 5 0	0.15	0.47	溪流密度 (m/ha)	1. ~ 8 0	-0.31	.64
	2. ~ 2 0 0	0.19			2. ~ 1 0 0	0.28	
	3. ~ 2 5 0	-0.04			3. ~ 1 2 0	-0.06	
	4. ~ 3 5 0	-0.31			4. ~ 1 4 0	-0.23	
	5. 3 5 0 ~	-0.11			5. ~ 1 4 0	0.33	
平均こう配 (度)	1. ~ 1 8.0	0.19	0.29	方 位	1. 北	0.14	1.24
	2. ~ 2 2.0	0.10			2. 北 東	0.06	
	3. ~ 2 6.0	0.04			3. 東	0.31	
	4. 2 6.0 ~	-0.07			4. 南 東	0.02	
縦断形状	1. 平 衡	-0.27	0.68		5. 南	0.33	
	2. 下降・上昇	0.32			6. 南 西	-0.01	
	3. 下 降	0.18			7. 西	-0.91	
	4. 上昇・下降	-0.36			8. 北 西	-0.35	
屈 曲 比	1. ~ 1.0	-0.17	0.87	地 質	1. 玄武岩・泥岩・砂岩	0.11	0.59
	2. ~ 1.0 6	0.57			2. 黒雲母角閃石 安山岩	0.14	
	3. ~ 1.0 8	-0.23			3. 複輝石安山岩	0.28	
	4. ~ 1.1 0	-0.22			4. 凝 灰 岩	-0.31	
	5. 1.1 0 ~	-0.30					

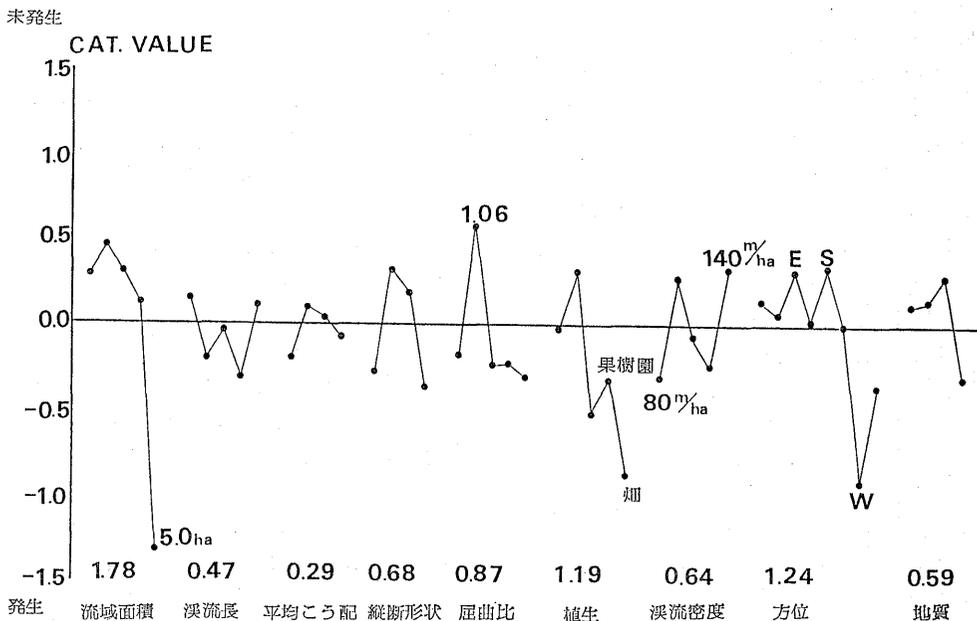


Fig. 9 Category-value for each item-category (Hachiro basin)

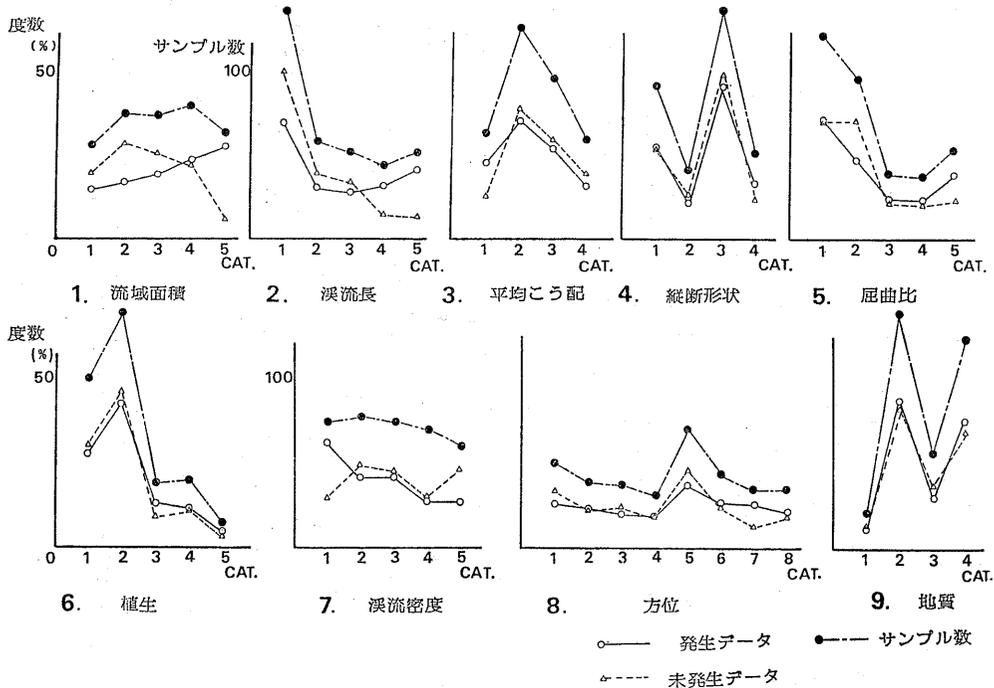


Fig.10 Frequency distribution of each item-category (Hachiro basin)

Fig.-10 からわかる様に、適合溪流 (15溪流) が、他のカテゴリーに比べて少ないうえに、発生溪流が内10溪流であった為に、その様な結果となったと考えられる。

#### (2) 説明アイテム

Table-1 及び Fig.-9 から、流域面積・植生・方位等の説明アイテムが、土石流発生と未発生を判別するのに強い影響を与えており、平均勾配・溪流長等の説明アイテムは、あまり影響を与えていないことがわかる。

#### 4. まとめ

対象地域の相異により三段階に分けたが、三段階を通して、以下にまとめる。

##### 4-1 確率面からの土石流予測

(1)相関比：左岸地域0.350,右岸地域0.264,左岸・右岸地域0.155となり、前の二地域に対し、対象地域を広げた後の地域は、相関比が小さくなる。この事は対象地域を広げると、サンプル・スコアによって、外的基準における発生か未発生かを高い確率で判別することが、難しくなってくることを意味している。このことは、Fig.3,6 と Fig.8 を見比べると明らかである。

(2)ミニマックス的中率：左岸地域、82.2%，右岸地域、78.6%，左岸・右岸地域、69.2%となり、(1)と

同様に、対象地域を広げると、的中率が下がる。即ち、サンプル (溪流) を誤って判別する確率が高くなる。

(1), (2)から、対象地域を広げることは、必ずしも、確率面から土石流を予測することにおいては、それ程意味はないと考えられる。しかしながら、土石流という現象の本質にせまろうとすれば、ある程度、対象地域を広げる必要があり、これが、本研究に対する数量化理論第Ⅱ類の適用の限界といえなくもない。

##### 4-2 場所的側面からの土石流予測

###### (1) アイテム・カテゴリー

3で述べた考察を三地域を通して考えると、流域面積が大きい時 (5ha 以上)、溪流密度が小さい時 (80 m/ha 以下)、方位が西向き時のカテゴリーは、発生への判別に寄与しており、溪流密度が大きい時 (140 m/ha 以上)、方位が東向き時のカテゴリーは、未発生への判別に寄与していると考えられる。ここで問題となるのは、植生の果樹園・伐採後地及びアオモジ群落・畑地の各カテゴリーである。これらのカテゴリーは、それ自身が、発生・未発生へ判別するのに寄与するのではなく、追跡調査した結果、それ以外のアイテム・カテゴリーが判別に寄与すると考え、植生の各カテゴリーは、それ程、判別に影響を与えないのではないかと考えられる。

## (2) 説明アイテム

説明アイテムの判別への影響度は、レンジで表わされ、レンジは、カテゴリー数量の最大値と最小値の差で表わされる。

発生・未発生を判別するのに強い影響を与えている説明アイテムは、流域面積・植生・方位であり、あまり影響を与えていないと考えられる説明アイテムは、平均勾配であった。

なお、右岸地域における流域面積と溪流長とが、強い相関関係を示したので除外して考えた。

## 5. あとがき

本研究において用いた数量化理論第Ⅱ類においては、データの質というものが、非常に重要な位置を占める。言い換えると、できる限り正確なデータの収集ということが、この研究自体の本質となる。同時に、Fig.1 で表わした流れ図のどれもが、重要になってくる。

なお、本研究においては、外的基準を発生・未発生に二分して分析を行ったが、発生区分には、崩壊部・流送部・堆積部をなしている溪流と、途中で止まっている溪流とがある。そこで、外的基準を三分して分析を行なうことを次回の課題とする。

また、質的データのとり扱いにおける二つの問題点をあげておく。まず、流域面積・溪流長等の量的データのカテゴリー設定は、機械的に容易にできるが、植生・地質等の質的データのカテゴリー設定は、注意を要し、無意味なカテゴリー設定では、正確な分析は期待できず、仮にできる限り意味のあるカテゴリー設定をしたとしても、新たな問題が生じる。

例えば、植生や地質において、あるカテゴリーへの適合溪流が少なく、外的基準における発生か未発生に極端にかたよっている時、カテゴリー数量の絶対値は極端に大きくなり、他のアイテム・カテゴリーと共にカテゴリー数量を比較するのに、問題が生じる。

次に、場所的側面からの土石流予測に対する質的データのとり扱いである。たとえば、量的データである流域面積や溪流密度においては、前者が5ha以上、後者が小さい時に土石流が発生しやすいということがある程度いえるが、質的データである植生に関しては左岸地域で発生に強く寄与していたカテゴリーが、右岸地域では逆に未発生に強く寄与している等の問題が生じ、単一のカテゴリーだけで、それが、どちらか一方の判別に寄与していると判断すると矛盾が生じたりする。即ち、質的データの場合は、単一なカテゴリー

で、判断することが、適当ではない状態が生じがちである事を念頭に置く必要がある。

しかしながら、確率面からの土石流予測においては各カテゴリー数量の和として求められたサンプルスコアによって、発生が未発生かを判別するのであるから上述の問題は取り除かれ、かなりの高い確率で正しく判別することが可能となる。この意味で、数量化理論という分析手法は、溪流の土石流発生危険度評価にはかなり有用な手法であるといえる。

最後に、アイテムの選択に関して、土石流発生の素因として他に、移動可能土砂量、粒径、堆積深さなどの要因が入っておらず図上測定のみで終始していることも問題である。また、渡辺<sup>7)</sup>も指摘している様に、地質要因を断层面密度・弾性波速度等の計測可能な量でおきかえていくことにより判別の精度向上が期待できるのではないかと考えられる。

なお本研究には昭和58年度文部省自然災害科学研究費の一部を使用し、計算には、本学情報処理センターFACOM・M-180ADⅡを利用したことを附記する。

## 謝 辞

末筆ながら、植生のカテゴリー化に関して、御教示載いた広島大学理学部・中西弘樹氏と、日頃、有益な助言を載いている本学・後藤恵之輔助教授、九州大学工学部・落合英俊氏、データ整理及び本論文作成にあたり、多大な御協力をいただいた、本学大学院生坂井秀一君、本学4年生鳥飼源久君・吉田敏純君・川原幸男君に深謝の意を表します。

## 参 考 文 献

- 1) 駒澤勉; 数量化理論とデータ処理, (1982), 朝倉書店
- 2) 芦田和男・高橋保・澤井健二; 土石流危険度の評価法に関する研究, 京大防災研年報, 第21号B-2, (1978), 423
- 3) 国際航業(株); S57年長崎地区集中豪雨災害状況図, 1/5000 (1982)
- 4) 古本・武政・薦田・一ノ瀬; 八郎川の河川災害, 文部省災害科学研究突発災害研究成果, No.B-57-3, (1982), 80
- 5) 長崎市; 長崎市の植生・附図植生分布図, 1/5000 (1978)
- 6) 長崎県; 土地分類基本調査・附図表層地質図, 1/5000 (1973)
- 7) 渡辺; 土石流(1)-土石流と災害一, 土木技術資料 23-6, (1981)