

○中電技術コンサルタント(株)	荒木義則	住友重機械工業(株)	植田誠司
広島県土木建築部	松永 悟	建設省土木研究所	石川芳治
京都大学農学部	水山高久	山口大学工学部	古川浩平

1. はじめに

国土の狭い我が国において、毎年全国各地で土石流等の土砂災害に見舞われている。特に、最近では山間溪流部の宅地開発に伴い、土砂災害の人的被害も顕著となってきた。土砂災害のうち土石流災害に対して建設省は、全国的に土石流危険溪流調査を行っており、平成4年の調査結果によると約7万9千もの危険溪流があることが報告されており、昭和61年の調査結果よりも増加傾向にあることが指摘されている¹⁾。これらの溪流に対し、ハード面では砂防ダムを中心とした溪流整備が行われ、ソフト面では警戒避難基準雨量の設定等により、防災対策や警戒避難体制が整備されている。これらソフト対策において必要なことは「ある地域にどれだけの雨が降ったらどの溪流がどのくらい危険となるか」を知ることである。現在の警戒避難基準雨量の設定は、降雨のみによる基準であり、一般的にして降雨観測エリア内のどの溪流から土石流が発生するかまでは特定できないといった問題点がある。

一方、土石流発生危険度に関する研究では、地形・地質要因を水準区分し、これら要因に加えて降雨要因を水準区分したものを考慮し土石流の判別が試みられているが降雨の影響を十分には反映できていない。また、水準区分の決め方に汎用性が表現されにくい面があることが指摘されている²⁾。

そこで、本研究では、過去に幾度も土石流災害に見舞われている広島県山県郡加計町及びその周辺で発生した土石流災害(昭和47年・昭和63年・平成5年)を対象とし、地形要因と降雨要因を加味した重判別分析による土砂害判別手法を構築した。ここで、地形要因は土石流危険溪流調査結果を利用し、各要因は水準区分を行わず計測・観測値をダイレクトに用いた。また実災害への適用に当たりシステムの組み立て方を検討し、その有効性を示した。

2. 土石流を伴う溪流の被災形態

一般に、豪雨による土石流の発生は、山腹崩壊が起因となるもの、溪床堆積物の移動によるもの、天然ダムの決壊によるもの等が考えられる。中でも山腹崩壊がそのまま土石流になる場合が非常に多く本研究で取り扱った溪流においてもその傾向が伺える。また、溪流の被災形態は降雨が同一条件にあっても地形条件によって安定・崩壊・土石流の3形態に大別される。そこで本研究では、溪流の被災形態として安定・崩壊・土石流の主要3形態を基に土砂災害の発生・非発生の判別についての検討を行う。

3. 分析データ

3.1 地形要因の設定

土石流発生の素因となる地形・地質要因のうちの地質は、表土層の土質特性により土石流の発生率や山腹崩壊及び土石流の流出土砂量に影響を与えられ³⁾ため、広島県加計町周辺に広く分布している風化花崗岩に限定した。次に、地形要因は表-1に示す要因を考えた。ここで、表中に○印が付いている項目は、土石流危険溪流調査の項目であり、その他の項目は著者らが考えた項目である。また、これら

の地形要因は、土石流や山腹崩壊に関係があると考えられ、著者らの考えた項目は全て地形図から読み取ることのできる項目である。

表－1 地形要因一覧表

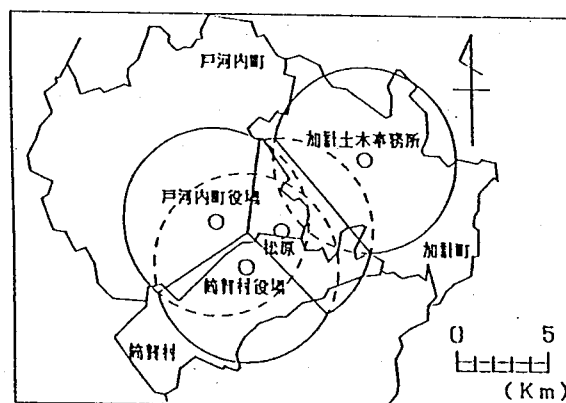
項 目		説 明
渓 流 要 因	1, 水系模様	最短渓流長を主渓流長で除した値。
	2, 流域平均勾配(°)	河道起伏量を主渓流長で除した $\tan \theta$ の θ の値。
	○3, 主渓流長(Km)	氾濫開始点(渓床勾配3°)より上流に依存する河道の長さ。
	○4, 流域面積(Km ²)	氾濫開始点より上流の流域面積をkm ² 単位で表示。
	○5, 渓流幅(m)	渓床勾配15°付近の渓流幅。
	○6, 最急渓床勾配(°)	主渓流の最大傾斜。
斜 面 要 因	7, 0次水系数	渓床勾配15°以上の流域面積にある沢の数。
	8, 流域最大傾斜(°)	流域内の最大傾斜。
	9, 上流面積(Km ²)	主渓流の源頭部の集水面積。
	10, 0次ランク	源頭部流域平均勾配と源頭部流域末端角による4段階評価。
流域 評価 要因	○11, 渓床堆積厚評価	建設省評価方式による3段階評価。
	12, 降雨集中度評価	流域形状と谷の発達状況から降雨の集中度を5段階で評価。
	○13, 渓床危険度評価	建設省方式による4段階評価。

表－2 降雨要因一覧表

項 目	説 明
14, 降雨継続時間(h)	連続した1降雨における降雨開始から終了迄の時間。
15, 1時間最大雨量(mm)	連続した1降雨における時間雨量の最大値。
16, ピーク迄の総雨量(mm)	連続した1降雨における最大時間雨量時迄の雨量の和。
17, 総雨量(mm)	連続した1降雨における全雨量の和。
18, 降雨強度勾配比	後期勾配を前期勾配で除した $\tan \theta$ の θ の値。
19, 実効雨量(mm ²)	総雨量と1時間最大雨量の積。
20, 降雨パターン	降雨の降り方により3段階に分類。

3. 2 降雨要因と降雨による地域区分

降雨は昭和47年以降において広島県戸河内町役場前・筒賀村役場・松原・加計町土木事務所の各雨量観測所で観測された降雨データのうち、累積雨量120mm以上あるいは時間雨量30mm以上のものを対象降雨データとして用いた⁴⁾。地域区分図は、図－1に示すようにこれらの観測所を中心に、半径5Kmのエリアに分割した。このエリア内において降雨は一定であると考えている。また、取り扱った降雨要因の諸元をまとめると表－2のようになる。



図－1 地域区分図

4. 重判別分析による予測モデルの構築

4. 1 分析方法

分析方法には地形要因の量的データを用いて土砂災害判別という質的な判別を行うため重判別分析を採用した。渓流での土砂災害には、被災形態区分で見ると安定・山腹崩壊・土石流の主要3形態に分類され

ることから、目的変数として表-3に示す土砂災害判別パターンを設定した。また、表-3には本研究で取り扱ったデータ数（渓流数×降雨数）も示した。特に2群や3群において、非発生である安定渓流のデータ数が発生渓流に比べて非常に多いことから、システムの組み立て方を考慮して全渓流を対象とした場合（ケース1）と対象降雨で土砂害を経験した渓流を対象とした場合（ケース2）の2ケースを考えた。

表-3 土砂災害判別パターン

	1 群	2 群	3 群
土石流判別	土石流発生（13渓流）	土石流非発生（413渓流→111渓流）	
土砂害判別	土砂害発生（36渓流）	土砂害非発生（390渓流→88渓流）	
被災形態判別	土石流発生（13渓流）	崩壊発生（23渓流）	安定（390渓流→88渓流）

重判別分析を行うにあたり、多重共線性の問題を避けるため、説明アイテム間の単相関係数から互いに相関の高いものはどちらかに代表させ、事前にアイテムの選択を行い、ケース1では主渓流長・降雨継続時間・ピーク迄の総雨量を削除し全17項目、ケース2では降雨継続時間・ピーク迄の総雨量を削除し全18項目となった。さらに、分析結果の判断は、正判別率で行う事とし、また入手情報量（要因数）の違いによる各予測モデルの特性を把握するため、重判別式に影響を与えた要因として上位9項目、5項目についても同様の分析を行った。

4. 2 分析結果及び考察

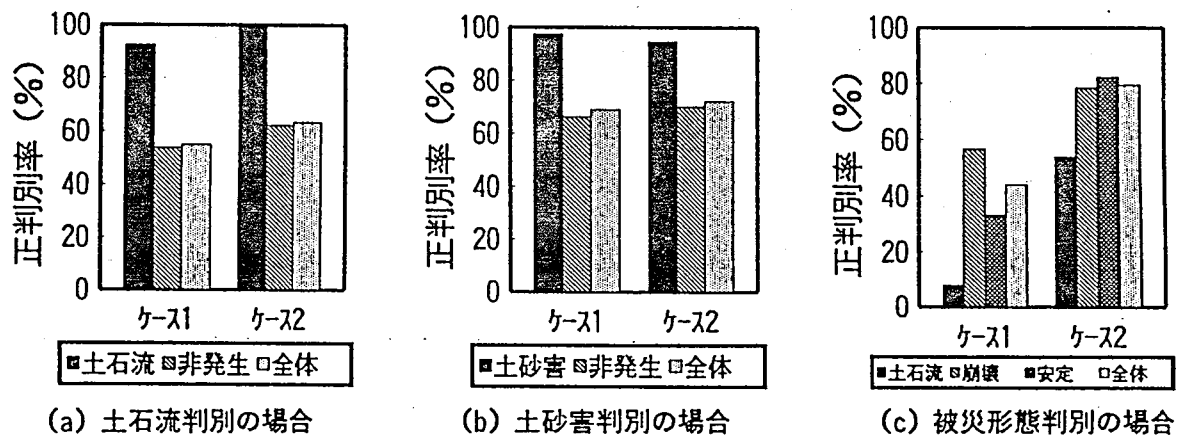


図-2 正判別率の比較

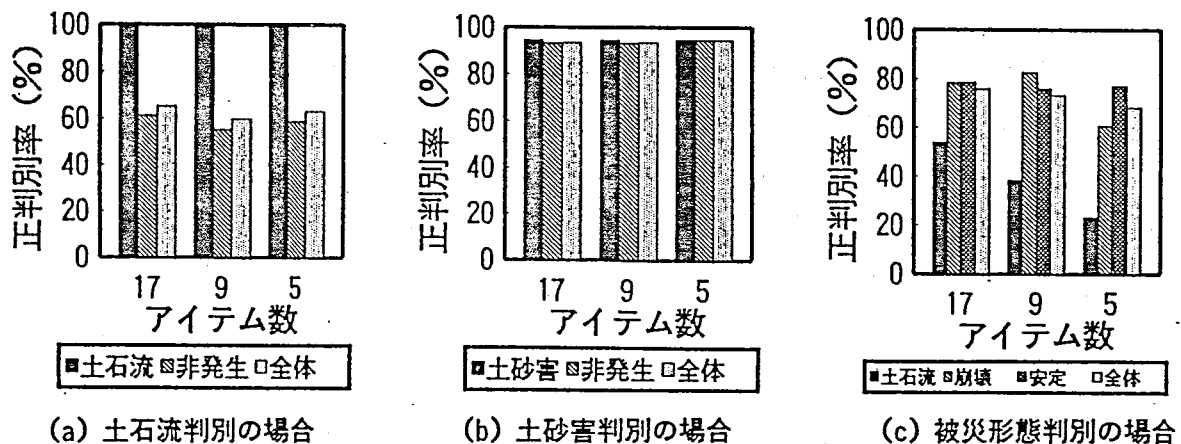


図-3 対象降雨で土砂害を経験した渓流の同定結果

システムの組み立て方の検討において表-3に示した土砂災害判別パターン毎にケース1の全溪流に対する同定結果とケース2のシステムを全溪流に適用した結果を図-2に示した。図-2よりどの土砂災害判別パターンともケース2の正判別率が高くなっており、特に(c)被災形態判別ではケース間の正判別率に顕著な差が見られる。これはケース2で対象とした過去に土砂害を経験した溪流には、土石流及び崩壊を誘発する要因が多数含まれており、それらをクローズアップして判別に取り込むことができたためと考えられる。よって、対象降雨で土砂害を経験した溪流で判別システムを構築することは、全溪流でシステムを構築するより、有用であるといえる。次に、使用アイテム数を変化させた入手情報量の違いによる予測モデルの特性の検討を、ケース2の対象降雨で土砂害を経験した溪流に対して行った結果を図-3に示す。図-3には、土砂災害判別パターン毎に使用アイテム数を全17項目、9項目、5項目と変化させたときの正判別率が示されている。(a)土石流判別及び(b)土砂害判別では、使用アイテム数が5項目と少なくなったにもかかわらず正判別率の変化は少ない事が分かる。(a)より、土石流判別の場合、同定した土石流発生溪流における正判別率が極めて高いことが分かる。このことから、本システムは安全側の立場で評価できるシステムであることが分かった。(b)より、土砂害判別の場合、同定した土砂害発生溪流・非発生溪流において両者とも正判別率が高いことが分かる。このことから、土砂害判別システムはバランスの良いシステムであるといえる。それに対して、(c)被災形態判別では、使用アイテム数が少なくなるにつれて、土石流の正判別率が低下しており、全体としても正判別率の低下が見られた。よって、被災形態判別システムは、危険側の判別が多いシステムであることが分かった。また、各判別パターンに共通する影響の大きい要因は、最大時間雨量、実効雨量、降雨パターンの降雨要因であった。最大時間雨量や実効雨量は降雨量に関する要因であるのに対して降雨パターンは降雨の降り方に関する要因であり、降雨量だけでなくこの降雨パターンも土砂災害発生の重要な要因であることが分かった。

5. あとがき

本研究では、重判別分析を用いて、土石流の判別、土砂害の判別、被災形態の判別を試みた。また、各分析の比較を通して豪雨による土石流被害を予測する上でのシステムの構築方法について検討を行った。以下に結論を列挙する。

- 1)対象降雨で土砂害を経験した溪流で重判別システムを構築し、そのシステムを全溪流に適用する方法は有用である。
- 2)土砂害判別システムは、安全側の立場で土砂害の発生・非発生を判別するバランス良いシステムである。
- 3)土石流判別システム・被災形態判別システムは、入手情報量により正判別率が異なり、入手情報量が多く揃う程適用力が向上することが確認された。

なお、本研究では、溪流内の地質として風化花崗岩のみを扱っているため、他の地質については再度システムを構築する必要があると考えられる。また、自然溪流を対象とした山腹崩壊を伴う砂礫型の土石流タイプを対象としているため、発生形態の異なる溪床移動や天然ダム決壊さらにタイプの異なる泥流タイプについては別途検討する必要がある。

参考文献

- 1) 森山祐二・星野和彦：土石流危険溪流及び地すべり危険個所の調査結果まとまる，砂防と治水，vol.26，no.2，1993.6
- 2) 足立勝治・徳山久仁夫・中筋章人・中山政一・二宮寿男・大八木俊治：土石流発生危険度の判定について，新砂防，vol 106，pp. 7-16，1977.12.
- 3) 山下祐一・石川芳治・草野慎一：土石流発生源の崩壊地の土質特性，新砂防，vol.44，no.5(178)，pp.19-25，1992.1.
- 4) 青木佑久：過去に土石流等の災害をもたらした降雨の特徴，土木技術資料22-2，pp.15-20，1980