

土石流発生危険度判定法の考察と適用

九州大学 工学部 正 員 梶木 武
九州大学 工学部 正 員 平田 登基男
九州大学 工学部 学生員 ○藤本 繁雄

はじめに 筆者らは、文献1)において昭和57年7月長崎水害で発生した土石流について数量化工類を適用し、土石流の発生・未発生の判別を行ない、その結果をふまえて土石流発生危険度の判定を試みた。しかし、そこまでの過程においては、例えばアイテム数を減らし簡略化をはかるとき、レンジの小さいアイテムから機械的に除くという方法を試みたに過ぎず、このことは他の同様の手法による研究との比較検討や、精度の上では問題ないものの土質力学的側面から見て妥当なアイテムの選択やそのカテゴリー化で、たか否かの検討に十分さを欠くものであり、たといわざるをえない。そこで本研究は、筆者らが提案した土石流発生危険度判定法を他の研究成果(力学的解析手法を用いたものと統計的手法を用いたもの)と比較検討しながら再吟味し、本法が十分有用であるということを明らかにせんとするものであり、また本法の移転性について検討するものである。

表-1 アイテム・カテゴリー表

アイテム	カテゴリー	レンジ
渓流面積	1. ~0.005	1.384
	2. ~0.010	
	3. ~0.020	
	4. ~0.030	
	5. ~0.040	
	6. ~0.050	
	7. ~0.100	
	8. ~0.200	
	9. ~0.500	
	10. 0.501~	
勾配	1. ~2.0	1.921
	2. ~3.0	
	3. ~4.0	
	4. ~5.0	
	5. 5.1~	
地質	1. 片岩類	1.580
	2. セン緑岩・ハンレイ岩	
	3. 安山岩・玄武岩・流紋岩	
	4. 角閃石・菱角安山岩	
	5. 第三紀層群	
	6. 凝灰岩	
	7. 凝灰角レキ岩	
	8. その他	
植生	1. 広葉樹	1.376
	2. 針葉樹	
	3. 果樹・畑・竹林・裸地	
	4. 広葉樹・針葉樹混在	
	5. 広・果混在, 針・果混在	
	6. 広葉樹・裸地混在	
	7. 広・畑混在, 針・畑混在	
	8. その他	
横断形状	1. 谷	1.217
	2. 平 行	
	3. 複 合	

2. 土石流発生危険度判定法 文献1)では、最低点・勾配・地質・植生・横断形状の5アイテムを用いて判別関数と誘導し土石流発生危険度を評価した。しかし、最低点(土石流が堆積を開始するかあるいはそう予想される地点の標高)についての説明が必ずしも十分納得を得るまでに至らなかった。そこで種々の検討を重ね最低点に代わるものとして渓流面積を用い、改めてカテゴリー化をしなおし判別分析を行った。表-1にアイテム・カテゴリーとカテゴリーレンジを示す。表より、判別に寄与するアイテムは、その程度の大きい順に勾配・地質・渓流面積・植生・横断形状であることがわかる。この判別分析の結果、判別関数の精度が前報告の82.4%から83.0%へとわずかではあるが上昇した。少ないアイテムでより精度の高い判別式を得ることが目的であるが、この意味では本判別式は十分有用であるとみなしうる。すなわち、判別のためのアイテムとしては、渓流面積・勾配・地質・植生・横断形状の5つを用いるものである。次に図-1について説明する。

この図はケース得点と危険度との関係を示したものである。危険度とは、先ずが検定により崩壊グループと健全グループのケース得点度数分布曲線が正規分布と仮定できることを確かめたのち、あるケース得点に対応する各グループの確率密度関数の値の比を百分率で表したものである。よって判別点では危険度は50%である。図には理論値と実測値とを合せて記しているが両者がほぼ一致することが確認できる。

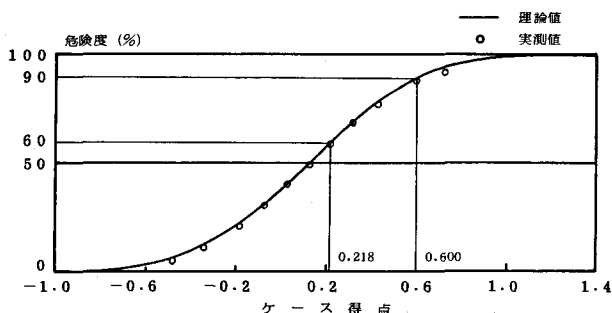


図-1 ケース得点と危険度

危険度60%のケース得点は0.218で

あり、危険度90%のそれは0.600である。この解析に用いたデータによれば、健全グループでありながら危険度70%以上と判定されたものはわずか33個($33/537 \times 100 = 6.1\%$)であった。本手法はケース得点により危険度を求めようというものであり、単に崩壊・健全の判別を行なうだけでなく、危険の度合を求め危険度マップを作成する時にも有用である。

表-2 数量化II類を用いた解析結果例

順位	文献 3)	文献 4)	同左	同左	文献 5)	筆者提案
1	水系長さ	植生	方位	流域面積	流域面積	勾配
2	斜面形状	方位	地質	方位	粒径	地質
3	露出岩の風化状態	流域面積	屈曲比	植生	河幅	流域面積
4	集水面積	地質	溪流長	屈曲比	最急溪床勾配	植生
5	法面方向	溪流長	植生	縦断形状	堆積土砂厚	横断形状
6	植生	縦断形状	縦断形状	溪流密度	山腹勾配	
7	起伏量	溪流密度	溪流密度	地質	地質	
8	地下水浸出の有無	平均勾配	流域面積	溪流長	地被状況	
9	土質	屈曲比	平均勾配	平均勾配	溪床勾配	
10	傾斜角度					
	長崎市全体の 中率 70%	八郎川左岸 の中率 82.2%	八郎川右岸 の中率 78.6%	八郎川 の中率 69.2%	東長崎 の中率 82%	長崎市全体の 中率 83%

3. 力学的解析手法の面からの考察 理論的な土石流発生の条件式として次の式が知られている。²⁾

$$A \geq \frac{3.6}{r_e} \left\{ \frac{0.8 \sin \theta}{f} \right\} \cdot \left\{ C_t \cdot \left(\frac{\rho}{\rho_0} - 1 \right) \cdot \frac{\tan \phi}{\tan \theta} - 1 \right\} \cdot d \cdot B$$

この式より土石流発生に関係していると思われる要因は、A: 渓流面積(km²)、B: 河幅(m)、C_t: 堆積物の溶積濃度、d: 砂礫の平均粒径、θ: 河床勾配、r_e: 到達時間内の雨量強度(mm/hr)である。土石流発生を予知するためには、誘因である雨量強度以外に他の5つの要因(素因)のデータを求めなければならない。筆者らの提案した判別関数による5アイテムは、渓流面積・勾配・地質・植生・横断形状である。このうち渓流面積と勾配は、上式と筆者らの判別関数の両方に共通して含まれ、横断形状は河幅に関係するものと考えられ、砂礫の平均粒径と堆積物の溶積濃度は地質や植生と関係性があると判断されるので、筆者らが用いた5アイテムは力学的解析手法の面から見ても、特に問題となるものはないと妥当であると判断される。

4. 統計的手法を用いた他の研究との比較 表-2に長崎水害で発生した土石流について数量化II類を用いて判別分析を行なった例を示す。アイテムは判別に寄与する程度の大きいものから順に並んでいる。表より同じ長崎水害を例にしてもその対象地域やアイテムの種類は異なり、同じアイテムを用いても対象地域によりの中率や判別への寄与の度合が異なることがわかる。この表からも、前述の5アイテムによる判別は、他の研究成果にも極く普通にみられるアイテムを選んでいることが明らかであり、むしろ少ないアイテムで精度の良い判別関数を得たことは、本手法が他の研究と比較しても何ら遜色がなく十分に満足いくものであると言える。

5. 他地域への適用 従来の統計的手法による土石流の発生・未発生の判別分析は、その適用範囲が限定されたり、新しく提案した手法を他の地域に適用することはあまりなされなかった。そこで、昭和58年7月山陰豪雨災害で発生した土石流について島根県20ヶ所、山口県8ヶ所のデータを入力し、長崎水害データによる筆者らの判別関数をこれらに適用することを試みた。その結果、島根県の例では $19/20 = 70\%$ 、山口県の例では $5/8 = 62.5\%$ の的中率で崩壊と判別することができた。また危険度というならば、山口の例では5ヶ所とも70%以上であり、島根の例では60%以上が12ヶ所でそのうち70%以上が8ヶ所であった。これらの結果は表-2に示すように長崎水害を直接対象とした他の研究成果に匹敵する精度であり、本研究成果の場所的移転性も十分であるということが明らかである。

6. あとがき 今後は、誘因である雨量についての研究や、危険度と土石流発生内容との関係についての研究を進めていきたい。

参考文献: 1) 藤本 修 平田「土石流発生危険度の一判定法」第40回年次学術講演会。2) 高橋保「土石流の発生と流動に関する研究」京大防災研年報 第20号B-2, p.405~435, 1977。3) 望月 花井 松田「昭和57年7月23日の長崎豪雨災害における土石流・斜面崩壊の発生に関する判別分析」第21回自然災害科学シンポジウム講演要録集, p.417~420, 1984。4) 伊勢田 棚橋 川内「数量化理論を用いた土石流発生に関する統計学的考察」長崎大学工学部研究報告 第19巻第22号, 1984。5) 棚橋・伊勢田他「土石流発生の危険度評価と雨量基準について」土木学会計測計画発表要集, p.346~p.347, 1985。