

GIS および数量化Ⅱ類を用いた斜面崩壊の危険度評価について

九州大学大学院 学生会員○藤浪 武志 フェロー会員 善 功企
正会員 陳 光斉 正会員 笠間 清伸

1. 目的

日本は国土の7割が山地・丘陵地であり、地質的にも脆弱であるため、毎年台風や集中豪雨に伴う斜面災害が多発し、多くの人命と貴重な財産が奪われてきた。多発する斜面災害から人命や財産を守るため、平成17年7月に「土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律」が施行され、全国の市町村に斜面災害ハザードマップの作成が規定された。しかし、ハザードマップの作成手法は経験則に頼るところが多く、技術者不足からハザードマップの整備が追いついていないのが現状である。

そこで本文では、平成15年7月に大規模な土石流災害により15名の尊い人命を失った水俣市¹⁾を対象地域とし、GISおよび数量化Ⅱ類²⁾を用いた広域的な斜面崩壊の危険度評価を行った。

2. 数量化Ⅱ類を用いた解析手法

数量化Ⅱ類は、質的な要因によって質的な外的基準を判別する統計解析法である。数量化Ⅱ類は、説明変数の各カテゴリーに数量を付与し(以下カテゴリースコアと呼ぶ)、各個体のカテゴリースコアの合計値により崩壊・非崩壊を判別する。本文では、崩壊側に高いカテゴリースコアを付与するため、カテゴリースコアの大きさが各個体の危険度を表す。

また、本文ではGISを利用するため、対象地域をメッシュに分割して解析を行う。GISを用いる利点として、それぞれの斜面に詳細な地質調査を行わなくても、比較的容易に多くの情報を得ることができ、経済的に広範囲の解析が可能である点がある。

図-1に示す数量化Ⅱ類を用いたメッシュ分割によるハザードマップ作成手法を提案した。以下、提案した解析手法フローに従ってハザードマップの作成を説明する。

3. ハザードマップの作成

3.1. 対象地域

対象地域として2003年7月梅雨前線に伴う局所的な豪雨により甚大な被害を受けた水俣市のデータを用いた。なお、斜面崩壊データの観測は、梅雨前線通過直後に行われた。

3.2. 説明変数

表層崩壊モデルを仮定した場合、安全率は式1で表される。

$$F_s = \frac{[c_m + \{(1-m)\gamma + m\gamma'\}H \cos \theta \tan \phi_m]}{\{(1-m)\gamma + m\gamma_{sat}\}H \sin \theta} \dots (式1)$$

ただし、 F_s :安全率、 c_m :粘着力、 ϕ_m :内部摩擦角、 H :層厚、 θ :傾斜角度、 m :層厚に占める地下水位の割合、 γ :単位体積重量、 γ_{sat} :土の飽和単位体積重量、 γ' :水中単位体積重量である。

そこで、それぞれのパラメータに関連する説明変数として、表-1に示す説明変数を選んだ。外的基準は、斜面崩壊の有無を使用した。

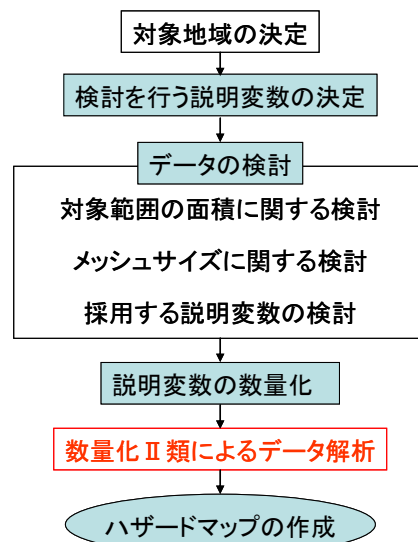


図-1 解析フロー

表-1 検討を行う説明変数

表層崩壊モデルのパラメータ	説明変数
C_m, ϕ_m, γ	地質 土地利用
m	降水量 集水面積 横断形状
θ	傾斜角 起伏量

表-2 メッシュサイズの検討

Pa 値による検討

Pa値	集水面積	横断形状	傾斜角度	起伏量
10mメッシュ	0.805	0.325	0.107	0.103
20mメッシュ	0.967	0.211	0.097	0.103
40mメッシュ	0.192	-0.226	0.069	0.099

分散分析結果

F値	集水面積	横断形状	傾斜角度	起伏量
10mメッシュ	9.503	12.615	79.769	52.578
20mメッシュ	9.424	2.383	26.211	22.343
40mメッシュ	0.347	-	6.776	13.209
F値	F _{0.05}	F _{0.01}		
10mメッシュ	3.842	6.635		
20mメッシュ	3.842	6.636		
40mメッシュ	3.843	6.64		

3.3. 対象地域の面積とメッシュサイズの検討

対象地域の面積とメッシュサイズを検討するにあたり、式-2 で示される Pa 値を導入した。Pa 値は、量的な説明変数を用いて、

$$Pa = \frac{|\text{崩壊データの平均値} - \text{非崩壊データの平均値}|}{|\text{全体の平均値}|} \dots (式 2)$$

で定義される。Pa 値が大きなデータを用いることで、各個体の崩壊と非崩壊をはっきり判別できると考えられる。

また、崩壊データと非崩壊データの差が優位なものかを判断するため、分散分析³⁾も行った。

検討の結果、約 8km² の対象地域で 10 m² のメッシュを用いたときのデータが最も有効だと判断した。Pa 値と分散分析によるメッシュサイズの検討結果を表-2 に示す。

3.4. 数量化Ⅱ類によるデータ解析

数量化Ⅱ類を行った結果を表-3 に示す。数量化Ⅱ類の結果、斜面崩壊の的中率は 75% であった。表-3 中のレンジは、各説明変数の最大値と最小値の差を示し、レンジが大きな説明変数ほど斜面崩壊への影響度が大きな説明変数といえることができる。

表-3 から、集水面積や土地利用のレンジが大きく、傾斜の幾何学形状だけでなく、集水面積や土地利用なども考慮して危険斜面の評価を行う必要があると考えられる。

3.5. ハザードマップの作成

表-3 で得られたカテゴリースコアをもとに、式 3 で各豪雨レベルでのハザード得点を算出した。

$$\text{ハザード得点} = \frac{(\text{カテゴリースコア}) - (\text{カテゴリースコアの最小値})}{(\text{カテゴリースコアの最大値}) - (\text{カテゴリースコアの最小値})} \times 100 \dots (式 3)$$

ハザード得点とは、崩壊危険度を 0～100 点で表す指標である。図-2 に降雨量少の場合と降雨量多の場合のハザードマップを示す。図-2 から、緩勾配の地域でも高いハザードが記録された。また、降水量の違いによりハザード得点が大きく異なるため、各豪雨レベルでのハザードマップの作成が必要だと考えられる。

4. まとめ

- ・ 数量化Ⅱ類を用いたハザードマップ作成手法の解析方法を提案した。
- ・ 数量化Ⅱ類に用いるデータの評価指標として Pa 値を提案した。
- ・ 水俣市における各豪雨レベルでのハザードマップを作成した結果、緩勾配の地域でも高いハザードが記録された。

参考文献

- 1)九州地方豪雨災害合同調査団, 2003 年 7 月梅雨前線による九州地方の豪雨災害調査報告書,(社)土木学会・(社)地盤工学会 2)田中豊,多変量解析法,現代数学社 3)大村平, 実験計画と分散分析のはなし, 日科技連

表-3 数量化Ⅱ類の結果

アイテム	カテゴリー	カテゴリースコア	レンジ
地質	礫・砂・泥	0.637	0.960
	安山岩質岩石	-0.323	
	砂岩泥岩互層	0.457	
土地利用	田畑	-0.245	1.912
	針葉樹	0.115	
	果樹園	-0.608	
	広葉樹	-0.845	
	竹林	1.067	
	人口物地	-0.511	
集水面積 (m ²)	0～3999999	-0.008	2.002
	4000000～	1.995	
横断形状	凸	-0.352	0.917
	凹	0.565	
傾斜角度 (度)	0～9	-0.465	0.785
	10～19	-0.161	
	20～29	0.037	
	30～	0.320	
起伏量 (m)	0～1	-0.228	0.319
	2～3	-0.139	
	4～5	0.036	
	6～7	0.091	
降水量	1	-0.932	3.021
	2	0.018	
	3	2.090	
カットポイント		0.500	
的中率		75.20%	

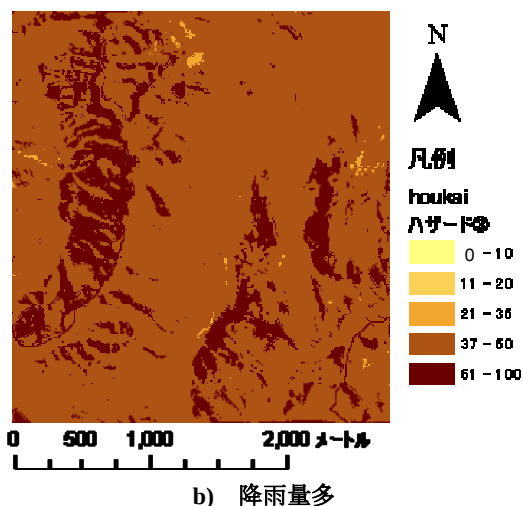
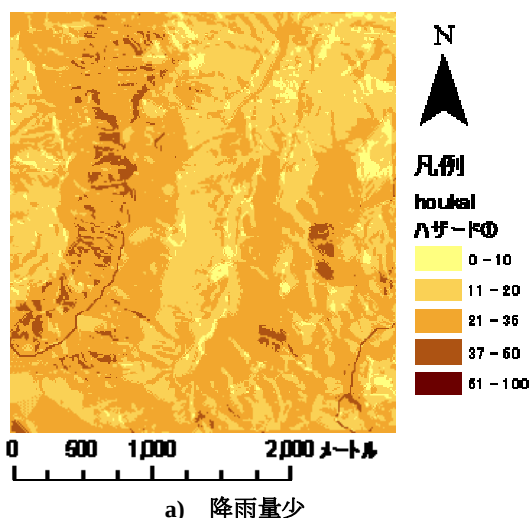


図-2 斜面災害ハザードマップ