

## 53 斜面崩壊の危険度評価における ランドサットデータの適用

長崎大学工学部 ○棚橋 由彦  
同 上 後藤 恵之輔

### 1. まえがき

本報告は、昭和57年7月長崎豪雨により山崩れや土石流が多発した地区について、数量化理論のアイテムに人工衛星ランドサットから得られたりモートセンシングデータを採り入れ、斜面崩壊の危険度評価を行うものである。

従来の数量化理論を用いた危険度評価法は、素因として、地形、地質、土質、植生など時間に無関係な、いわば「時間的に死んだ」データを解析に用いてている<sup>1)2)</sup>。これに対して、本報告で採り入れるランドサットデータは、長崎豪雨災害の直前と同時期に観測されたデータであり、長崎豪雨災害に関して地形、地質などよりずっと「時間的に生きた」データといえる。このように、同じ数量化理論によるといつても、斜面崩壊の内在因子の経時変化を反映し得るランドサットデータを組み合わせ用いるところに、本報告の特色がある。

さらに、過去に被災歴のある地域には、数量化理論II類が適用できることに着目し、II類より得られた各要因の危険度評価に占める重みを評価し得る重み付き危険度評価法を提案し、その適用例を示した。

### 2. 角界析の概要

#### (1) 解析の方法

斜面崩壊危険度評価のフローチャートを図-1に示す。対象地域の設定、サンプルの抽出、危険度評価に必要なバラメータ、アイテム・カテゴリーに関するデータの収集の後、数量化理論III類の適用結果より群別分類を行ない、各アイテム・カテゴリーに危険度評点を設定、サンプルが反応したアイテム・カテゴリーに付与された危険度評点の総和 $d_{i^*N}$ が計算される(A)。A法は土砂崩壊の被災歴のない地域にも適用可能である。しかし、土砂崩壊の被災歴のある地域では、質的外的基準(斜面崩壊発生、非発生区分)の設定が可能であり、数量化理論II類が適用できる。各要因(アイテム)のレンジまたは偏相関係数から、各要因の斜面崩壊発生・非発生区分への判別寄与度、言い換えれば各要因の危険度評価に占める重みが求まる。この貴重な情報を利用しないのは得策とはいえない。

上記の理由から、II類適用の結果得られたレンジを重みとしてA法により各アイテム・カテゴリーに設定された危険度評点に乗じて、危険度評価点 $d_{i^*N}$ も計算した(B)。ここでは前者(A)を重みなし危険度評価法、後者(B)を重み付き危険度評価法と呼称する。提案するB法は、各要因の危険度評価への寄与度を考慮しているため、A法に較べて危険度評価の精度向上が期待される。

#### (2) 適用地域及び使用データ

東長崎地区のうち八郎川上流にある船石・中里地区を対象として以下の解析を行う。解析に用いたデータは、ランドサットデータ、地形図、植生図(いずれも1:2500)および表層地質図(1:5000、昭和48年調査)である。ランドサットデータは、長崎豪雨災害のちょうど1年前、昭和56年6月3日

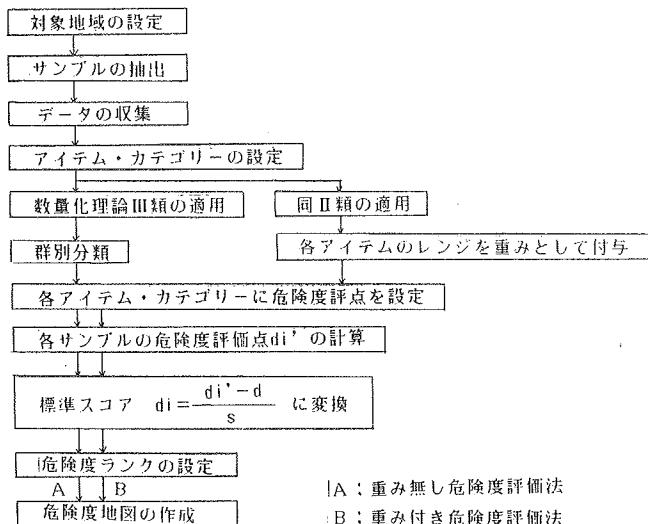


図-1 斜面崩壊危険度評価法のフローチャート

にランドサット2号により観測されたもので、解析にはその計算機用磁気テープ（CCT）を用いている。補正モードは精密補正、地図投影法はUTM、リサンプリングはキューピック。コンボリューションによっており、フォーマットおよび記録密度はそれぞれBIL, 1600 bpiである。

### (3) メッシュ図の作成

ランドサットデータを数量化理論のアイテムに採り入れる場合、通常の数量化理論適用のようにメッシュを任意に組むわけにはいかず、ランドサットデータに応じて行わなければならない。

まず、CCTから切り出した長崎市東部全域のランドサットデータをマイクロコンピュータのCRT上に出力したのち、この画像上で対象領域のライン、カラムを調べた。これを用いて当該地区のバンド7の画像を出力し、スライスレベルにより土地被覆分類を行った。結果は図-2のとおりである。

次いで、ランドサットデータは57m単位のメッシュデータとなっているため、図-2と地形図とが一致するポイントをいくつか選び出し、そのポイントを基準として地形図を57m単位のメッシュで切っていった（総サンプル数310）。このようにしてでき上がるメッシュ図（図-4参照）は、ランドサットの飛行軌跡の関係上、南北方向に対していくぶん傾いたものとなる。

## 3. 数量化理論II類の適用

### (1) アイテム・カテゴリー

数量化理論II類においては、各アイテム間の独立性が重要である。各アイテム間の相関係数行列を基に、アイテム・カテゴリーの統廃合を行ない、最終的に決定した採用アイテム及びカテゴリー区分を表-1に示す。

### (2) アイテムの危険度評価法への寄与度

偏相關係数およびレンジの順位を表-2に示す。適切なアイテム・カテゴリーの設定がなされていれば、偏相關係数とレンジの順位が等しくならなければならぬ。表-2によれば谷と横断形状が逆転しているものの、その差は小さく順位的には影響はない。表から明らかなように、危険度の評価に寄与する要因は方位、バンド4, 6, 7のランドサットデータ、標高差の順となっており、地質、縦断形状の寄与度は小さい。すなわち、ランドサットデータが崩壊危険度の評価に大きく寄与していることがわかる。

### (3) アイテム・カテゴリーの判別寄与度

各アイテム・カテゴリーのサンプルスコアのヒストグラム（図省略）から次のことがいえる。

- ① 方位；南東→南→南西→西までが崩壊区分の判別に寄与している。
- ② 標高差；45m以上が極めて崩壊しやすい。
- ③ 植生；広葉樹のみでは崩壊しにくいが、針葉樹またはその他（果樹園、畑など）の場合には崩壊しやすくなっている。
- ④ ランドサットデータ；バンド4は30以上のとき明らかに安全である。バンド6は



図-2 バンド7による土地被覆分類

表-1 採用したアイテム、カテゴリー

アイテム	カテゴリー
植 生	(1) 公葉樹のみ (2) 公葉樹及びその他の植生を含んだもの (3) 針葉樹及びその他の植生を含んだもの (4) その他の植生
地 質	(1) 砂岩及び砂質泥岩 (2) 黒雲母角閃石安山岩（霧仙、井戸ノ尾型）
バンド4	(1) 22, 23 (2) 24 (3) 25 (4) 26 (5) 27 (6) 28, 29 (7) 30~
バンド6	(1) 48~57 (2) 58~60 (3) 61~64 (4) 65~68 (5) 69~73 (6) 74~77 (7) 78~
バンド7	(1) 35~53 (2) 54~58 (3) 59~61 (4) 62~67 (5) 68~72 (6) 73~78 (7) 79~
方 位	(1) 北 (2) 北東 (3) 東 (4) 南東 (5) 南 (6) 南西 (7) 西 (8) 北西
標高差(m)	(1) 1~19 (2) 20~27 (3) 28~32 (4) 33~36 (5) 37~44 (6) 45~
横断形状	(1) / (2) \ or (3) ↗ (4) ↘ 平衡型 下降上昇 or 上昇下降型 下降型
横断形状	(1) — (2) V (3) \ (4) / 平衡型 凹型 凸型 凹凸型
谷の有無	(1) 谷無し (2) 谷有り

61~73で崩壊に寄与し、バンド7は62~72では安全であるが、73~78になるとかなり崩壊しやすい。

ちなみに、ミニマックス法による的中率は、74.1%であった。

#### 4. 余斗面崩壊の危険度評価

数量化理論II類適用と同一のアイテム・カテゴリー、データに、III類を適用した。

##### (1) 各軸の固有値

I軸、II軸、III軸の固有値は0.336, 0.267, 0.237であり、I軸においてカテゴリー数量が正で大きいとき危険度が大きく、負で大なるほど危険度が小さくなる傾向がある。

##### (2) アイテム・カテゴリーの危険度評点

群別分類は第I軸を優先させるとともに、この分類を立体的に捉えるためII軸、III軸のカテゴリー数量も考慮し行なった。その結果から、表-3のように各アイテム・カテゴリーに0~4の危険度評点を付与した。反応カテゴリーに付与された危険度評点の総和から各サンプルの危険度di',Nが計算される。(A:重みなし危険度評価法)。重み付き危険度評価法の場合は、II類適用の結果、各アイテムに与えられたレンジ値(表-2参照)を対応するカテゴリーの危険度評価点に乗じて、その総和からdi',Wが計算される(B)。

##### (3) 危険度評価法の適用結果

重みなし危険度評価法と重みつき危険度評価法を比較するため、標準スコアに変換したのち各危険度クラスごとに反応サンプル数、昭和57年の発生サンプル数および出現率を表-4のように求めた。ただし、出現率は次式によっている。

$$\text{出現率} = \frac{(X - Y) \times 129 / 181 + Y}{Y}$$

ここに、Xは各クラス毎の反応サンプル数、Yは反応サンプル中の昭和57年発生サンプル数である。なお、危険度ランクは表-4に示すようにA~Fの6クラスに分けた。

表-4から出現率の分布を描けば図-3となる。いずれの方法も、危険度が大になるほど、明かに出現率が高くなり、本危険度評価法の有効性を示唆している。しかし、両者とも似た分布状況で本ケースでは重みつき危険度評価法が、期待した程その精度向上につながっていないのが認められる。

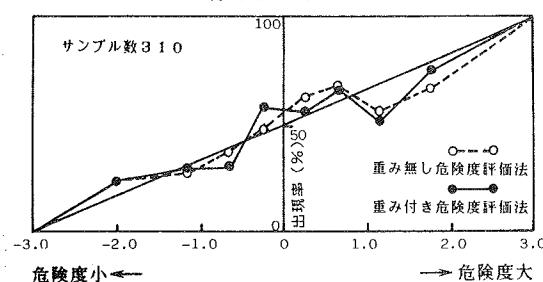


図-3 重みなし危険度評価法と重みつき危険度評価法の出現率の比較

表-2 各アイテムの偏相關係数とレンジにおける順位

順位	アイテム	偏相關係数	レンジ
1	方位	1.8898	0.3438
2	バンド4	1.6448	2.2835
3	バンド6	1.5513	0.2638
4	バンド7	1.4206	0.2244
5	標高差	1.1451	0.2178
6	植生	0.7911	0.1823
7	横断	0.6236	0.1611
8	谷	0.5774	0.1257
9	地質	0.4620	0.0925
10	縦断	0.2063	0.0565

表-3 アイテム・カテゴリーに付した危険度評点

アイテム	危険度評点				
	0	1	2	3	4
植生		その他の植生	公葉樹及びその他の植生	公葉樹	針葉樹及びその他の植生
地質			砂岩及び砂質泥岩		黒雲母角閃石安山岩
バンド4		2.8~		2.2~2.6	2.7
バンド6	7.4~	4.8~6.0	6.9~7.3	6.5~6.8	6.1~6.4
バンド7	7.3~	3.5~5.8		6.2~7.2	5.9~6.1
方位	北東 東	北 北西	南東	南	南西 西
標高差(m)		1~2.7	2.8~3.2	3.3~	
縦断	下降型	下降上昇 or 上昇下降	平衡型		
横断	凹凸型	凸型	平衡型 凹型		
谷型		谷無し	谷有り		

表-4 反応サンプル数、昭和57年発生サンプル数および出現率の計算

標準スコアによる 危険度評価点	重み無し			重み付き			重み付きによる最終危険度ランク			
	X 計算	Y 発生	(%) 出現率	X 計算	Y 発生	(%) 出現率	危険度ランク	X 計算	Y S 57 発生	(%) 出現率
-3.5~-2.5	0	0		0	0					
-2.5~-1.5	26	5	25.0	21	4	24.8	F	21	4	24.8
-1.5~-0.8	34	7	26.7	57	13	29.3	E	57	13	29.3
-0.8~-0.5	47	14	37.3	25	6	30.7	D	25	6	30.7
-0.5~0.0	49	19	47.1	44	22	58.4				
0.0~0.5	55	30	62.7	62	29	55.2	C	106	51	56.5
0.5~0.8	23	14	68.6	29	17	66.5				
0.8~1.5	55	26	55.7	46	20	51.9	B	75	37	57.7
1.5~2.0	17	10	66.7	25	17	74.9				
2.0~3.5	4	4	100	1	1	100	A	26	18	75.9
	310	129		310	129		6段階	310	129	

## (4) 危険度ランク地図

表-4から、危険度ランクA~Fのそれぞれに区分されるサンプル（一辺57mの正方形メッシュ）を色塗りすることにより、直ちに危険度ランク地図を作成できる。ここでは、一例として、重み付き危険度評価点di',Wが1.5以上の反応サンプルを黒塗りしたハザードマップ（図-4）のみ示しておく。

## 5. あとがき

数量化理論による斜面崩壊の危険度評価に、アイテムとしての内在因子の経時変化を反映し得るランドサットデータを取り入れることを試みた。数量化理論II類適用の結果から、ランドサットデータは、斜面崩壊の危険度評価にかなり大きなウエイトを占めるファクターであることが認められた。また、III類適用の危険度評価の出現率による検証の結果、本評価法の有効性が確認された。ただし、重み付き危険度評価法の優位性は、本適用例の結果からは、認められなかった。

なお、本計算には長崎大学情報処理センター FACOM M360を使用したこと、および本研究は、昭和59年度文部省自然災害科学特別研究（代表者・伊勢田哲也）の科研費の助成をうけたことを附記する。

未筆ながら、本計算に協力載いた元本学学生、福島晃二郎（現世紀東急工業）、古野徹（現スリーエヌ技術コンサルタント）の両君に、深謝の意を表したい。

## 参考文献

- (1) 春山・北村：斜面の危険度分析の一方法と桜島火山におけるその応用、応用地質、第24巻、第4号、pp. 18-27, 1983
- (2) 棚橋・伊勢田・川内：土石流発生予測法の一試案について、第19回土質工学研究発表会講演概要、pp. 25-28, 1984

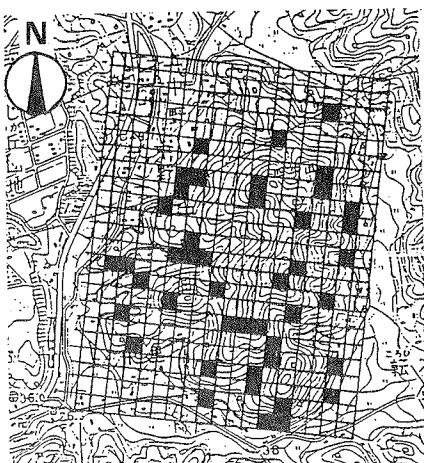


図-4 斜面崩壊のハザードマップ  
(黒く塗った部分)