

散発的な土砂災害の発生要因の検討に関する研究

山口大学工学部大学院 学生会員○岡部裕三

西日本技術開発株式会社（研究当時山口大学工学部） 正会員 大石博之

山口大学工学部 正会員 古川浩平

1. 本研究の背景と目的

土石流やがけ崩れ等に代表される土砂災害は未だに後を絶たず、甚大な被害を与えることも少なくない。近年では警戒避難基準雨量線(以下, CL)の設定技術の向上により、「集中的に発生するがけ崩れ」は発生前にある程度予測可能となったが, CL 内の安全領域で発生するがけ崩れ(以下, 散発発生)も少なからず存在している。それらの災害は現行の CL 技術では予測できないものと考えられており, これまで有効な警戒・避難情報が出せなかったことから, 防災対策上の重要課題とされていた。

そこで, 本研究では山口県内で散発発生が最も多く発生している旧下関市を解析地域とし, その災害の発生する条件を, 地形・地質等の素因的要因から特定することに取り組んだ。

2. 散発発生の定義

本研究では, 現行の CL で有効な警戒・避難情報が出せないがけ崩れに共通する発生要因を選定することを目的としている。よって現在山口県が試行的に運用している非線形 CL(閾値 0.8)の安全領域内で発生したがけ崩れを散発発生と定義することとした。

3. 散発発生位置と地質の関係

図-1 に下関の地質図と散発発生位置を示す。図-1 から散発発生位置は下関市街中心部から彦島にかけての非常に限定された地域で発生していることがわかる。さらに, その情報と地質情報を重ねると, これらの散発発生履歴と下関亜層群の分布が非常によく整合していることが判明した。これより, 下関亜層群の分布と散発発生には重要な相関があると考え, 彦島地域を中心とした下関亜層群分布域(以下, 彦島地区)を対象とした解析を行うこととした。

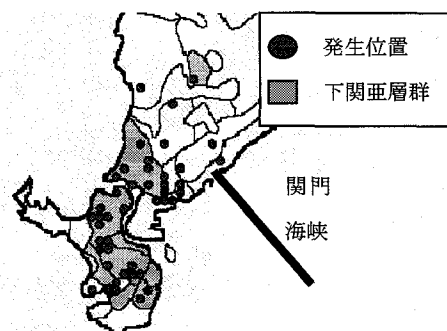


図-1 下関の散発発生位置と地質の関係

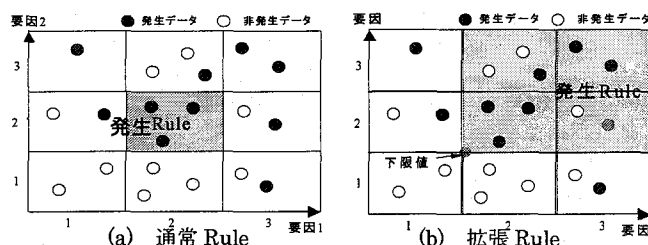
4. 解析データの概要

学習データとして彦島地区の急傾斜地崩壊危険箇所 145 箇所（内散発発生箇所 19 箇所）を用いた。またその解析結果を, 彦島地区以外の散発発生が記録された下関亜層群分布域である北緯 33° 58' 以南の急傾斜地崩壊危険箇所 200 箇所（内散発発生箇所 22 箇所）で検証した。

5. ラフ集合の概要

彦島地区の急傾斜地崩壊危険箇所のデータをラフ集合にかけ, 簡潔かつ有効な知識 (Rule) を得ることとした。要因の組合せを評価する指標として次式に定義する整合度を用いた。また Rule の有効性を示す為, 次式で定義される評価指標を算出した。

$$\begin{aligned} \text{整合度} &= \frac{\text{整合データ数}}{\text{全データ数}} \\ \text{確信度} &= \frac{\text{Ruleに適合する整合データの箇所数}}{\text{Ruleに適合する箇所数}} \\ (\text{Ruleの精度}) \\ \text{サポート} &= \frac{\text{Ruleに適合する箇所数}}{\text{全箇所数}} \\ (\text{Ruleの汎用性}) \end{aligned}$$



Rule 領域内 3 箇所

Rule 領域内 10 箇所

図-2 拡張の概念図

ここで汎用性の高い Rule の設定を目的として, 適応領域の拡張を行った。図-2 (a) に示す網掛領域が発生 Rule である場合, より危険と考えられる部分集合を含む領域を発生 Rule とすることで, Rule に含まれる箇

所数が増加し、より有効な Rule となる (図-2 (b)).

また植生の種類のような離散的要因は、物理的な順位を持たない為、拡張の対象とならない。しかし、図-3 (a) のように各カテゴリの発生率 (発生箇所/全箇所) を算出することで、危険もしくは安全のカテゴリランクを判断することができる。したがって、離散的要因は発生率の順に並び替えることで、拡張が可能となる。図-3 (b) のように植生の種類を発生率の順に並び替えると裸地が最も危険となる。本研究では、有効な Rule の特定のためにこの離散的要因の拡張も取り入れた。

6. 重要要因の選定

全要因の中から、Rule を構成する上で最適な要因の選定を行った。これは前章の Rule 領域の拡張を考えた場合、カテゴリ値の増加に伴い発生率が上昇する要因 (図-3) は、発生と非発生の分離性が良く、拡張後、サポートの向上に役立つだけでなく、確信度の低下を抑制できるからである。本研究では、カテゴリと発生率に正の相関が見られる要因を抽出した。ラフ集合にかけ、整合度 (90%) の要求水準を満たす組合せの中から最も整合度が高かったもの (96.6%) を最適な要因の組合せとした。

7. がけ崩れの散発発生・非発生 Rule の抽出

最適な要因を用いて、Rule 抽出を行った結果、43 個の Rule が得られた。表-1 は Rule 領域の拡張前後の発生、非発生 Rule にお

ける確信度とサポートの平均値を比較したものである。なお、この比較には発生 0.6 以上、非発生 0.9 以上の確信度でサポートの高い上位 3 Rule を対象とした。拡張により確信度は低下するものの、サポートは大きく向上している。さらにサポートを向上させるため、非発生の確信度 0.9 以上、発生の確信度 0.6 以上の Rule をサポートの高い順に上位 3 つを組合せて散発発生 Rule を設定した。表-2 にその結果を示す。

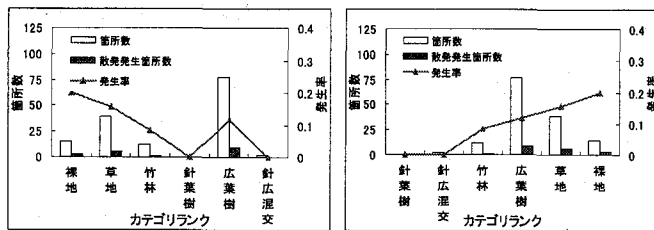
表-2 が示すように、本研究で抽出した散発発生 Rule により、確信度 9 割以上で、全 145 箇所のうち 129 箇所 (サポート約 9 割) を特定できた。

発生 Rule のうち最もサポートの高い Rule16 から推定される散発発生の起こりやすい斜面の姿は、「隣接斜面の崩壊に伴い、集水地形を呈する軟岩あるいは崩積土の斜面」といったものになる。彦島地区で得られたこれらの Rule を下関市街地が分布している北緯 33° 58' 以南の彦島を除いた地域 (以下、下関市街地) でテスト検証した結果を表-3 に示す。

表-3 が示すように、発生確信度約 6 割、サポート 8.5 割という結果になった。確信度の低下原因としては、下関市街地は彦島地区に比べ整備率が高く、散発発生が起こる可能性が低いと考えられる。また、非発生の確信度は 9 割以上と非常に高い結果が得られた。よって下関市街地にも適合できたと判断した。

8. 結論

旧下関市地域における散発発生は、下関市街地の分布する地域で多発していることがわかった。この地質地域における散発発生の非発生・発生 Rule はラフ集合を用いて抽出することができ、彦島地区で学習した Rule を下関市街地にあてはめることで、同じ地質の地域であれば適応可能な Rule であることがわかった。今後は、他の地質地域でも同様にして散発発生の Rule 選定が可能かを検証していく。



(a) 災害カルテのランク

(b) 発生率の順

図-3 植生の種類のカテゴリ分布

表-1 拡張前後の確信度とサポート

		確信度	サポート
発生	拡張前	1.000	0.014
	拡張後	0.756	0.023
非発生	拡張前	1.000	0.176
	拡張後	0.946	0.425

表-2 抽出した散発発生 Rule

要因											
斜面形状	連急傾斜の位置	地盤の状況	傾斜関係	植生の種類	(隣接斜面)	判定	適合データ数	整合データ数	矛盾データ数	残り箇所数	サポート
Rule40	*	3以下	*	*	4以下	非発生	76	71	5	145	0.934
Rule36	*	*	4以下	4以下	*	非発生	104	97	7	41	0.933
Rule42	2以下	*	*	5以下	*	非発生	115	107	8	30	0.930
Rule16	2以上	3以上	5以上	*	*	発生	125	113	12	20	0.904
Rule10	*	2以上	4以上	6以上	*	発生	128	115	13	17	0.898
Rule6	*	*	6	*	*	発生	129	116	13	16	0.899

表-3 下関市街地での検証結果

要因											
斜面形状	連急傾斜の位置	地盤の状況	傾斜関係	植生の種類	(隣接斜面)	判定	適合データ数	整合データ数	矛盾データ数	残り箇所数	サポート
Rule40	*	3以下	*	*	4以下	非発生	86	80	6	114	0.930
Rule36	*	*	4以下	4以下	*	非発生	89	82	7	111	0.921
Rule42	2以下	*	*	5以下	*	非発生	89	82	7	111	0.921
Rule16	2以上	3以上	5以上	*	*	発生	168	95	73	32	0.565
Rule10	*	2以上	4以上	6以上	*	発生	170	96	74	30	0.565
Rule6	*	*	6	*	*	発生	170	96	74	30	0.565