

山口大学大学院理工学研究科 ○松本幸太郎
 西日本技術開発株式会社 大石 博之
 山口大学大学院理工学研究科 古川 浩平

1. はじめに

土砂災害の発生を予測することは、警戒避難体制を整備する上で重要である。現状では短期および長期降雨指標を組み合わせた土砂災害発生危険基準線（以下、CL）¹⁾を設定し、集中的に発生するがけ崩れ（以下、集中発生）を予測し、その精度の向上が年々図られている。しかしながら、CL内の安全領域で散発的に発生するがけ崩れ（以下、散発発生）に対しては、現行のCL設定手法では予測が困難な災害とされており、これまで有効な警戒・避難情報を発することができず今後の検討課題とされていた。

本研究では、下関市の特定地域において、この散発発生が発生する条件の特定を試みた。また、同地域を対象に、集中発生に対してだけでなく散発発生に対しても予測が可能となるようなCL設定の検討を行った。

2. 散発発生の定義について

集中発生についての定義は、「定性的に実効雨量が一定以上となった場合に、一連の降雨のピーク付近で面的に限られた範囲で発生するがけ崩れ」¹⁾とされている。これに対し、散発発生の定義は、「集中発生以外のタイミングで発生する災害」といったあいまいな表現に留まっている。本研究では、対象を明確にする必要があるため、CL設定条件を半減期72時間及び半減期1.5時間の実効雨量を用いた非線形CL（閾値0.8）とした（以下、現行CL）上で、CLを超過することなく、安全領域内で発生した全てのがけ崩れを散発発生と定義することとした。

3. 検討対象地域

検討対象地域は、散発発生履歴が集中し、下関亜層群（火山岩優勢層）が広域的に分布する旧下関市内の北端（北緯33°58'）以南の範囲とした（図-1）。

このうち、特に散発発生が多い彦島地区の自然斜面の急傾斜地崩壊危険箇所（以下、危険箇所）の145箇所（散発発生19箇所）で条件を特定し、その結果を彦島地区を除く200箇所の危険箇所（散発発生22箇所）に適用させることで、汎用性についての検討も行った。なお分析には、点検要領²⁾に示されている災害危険箇所カルテ記載の26要因を対象とした。

4. 散発発生のルール特定

散発発生の発生・非発生条件を特定する手法にはラフ集合を用いた。以下にその結果を示す。

4.1. 重要要因の抽出

災害カルテ記載の26要因について、カテゴリ毎に

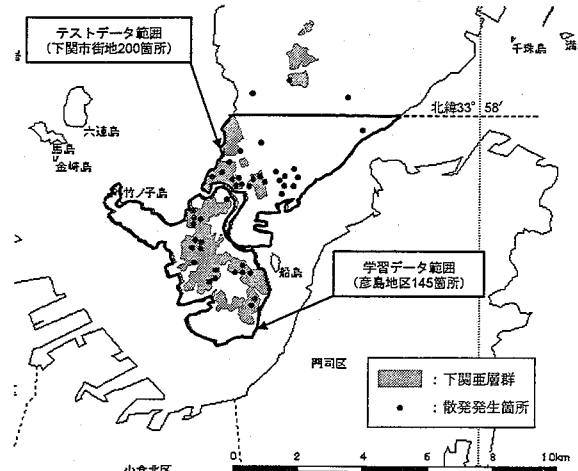


図-1 対象地域の地質と散発発生箇所

表-1 高い整合度を得られた6要因とカテゴリ区分

要因区分	並び替えた後のカテゴリ区分*						
	1	2	3	4	5	6	7
斜面形状	尾根	直線	谷				
遷急線の位置	下部	上部	無	中部			
地盤の状況	火山砕屑物	段丘堆積物	硬岩	強風化岩	軟岩	崩積土	
斜面と不連続面の傾斜関係	C	E	A	D	F	B	G
植生の種類	針葉樹	針広混交	竹林	広葉樹	草地	裸地	
隣接斜面(状況)	斜面全部の崩壊	斜面上部の崩壊	斜面中部の崩壊	崩壊なし	斜面下部の崩壊		

*発生率との相関が得られるように並び替えた後のカテゴリ区分

発生率を算出し、カテゴリと発生率に相関が見られた11要因を検討対象とした。さらにラフ集合を用いて、この11要因を整合度90%の要求水準を満たす組合せの中から要因数を絞り込んだ結果、最小要因数は6となった。その中で最も整合度が高くなる組合せ（96.6%）は斜面形状、地盤の状況、植生の種類、遷急線の位置、斜面と不連続面の傾斜関係、隣接斜面状況の6要因であり、これらを重要要因とした（表-1）。

4.2. ルールの特定

上記の6要因を用いた分析の結果、散発発生Ruleとして16個（非発生Ruleは27個）の条件が抽出された。しかしながら、その散発発生Ruleのサポートは最大でも1.4%と低いものであったため、既往研究³⁾に従いRule領域の拡張を行った上で、特にサポートの高い発生・非発生Ruleのそれぞれ上位3Ruleを組み合わせて適合させることとした（表-2）。この結果、サポートは全体の89%と非常に高い値でありつつ、確信度も89.9%とかなり高い値となった。これにより、得られたRuleが散発発生・非発生の条件として妥当であると判断できた。

表-2に示した発生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、傾斜度や高さといった数値データに捉われず「斜面形状は直線から谷といった集水地形を呈し、軟岩あるいは崩積土の地盤で、隣接斜面の一部が崩壊している斜面」といったものになる。また逆に非発生 Rule (Rule40) に着目すると、「遷急線の位置」と「植生の種類」の2要因で半数以上の非発生箇所が特定でき、斜面の植生が草地や裸地に該当しなければ、散発的には発生しにくいといったことが示され、一般的にも想定される妥当な条件が抽出できた。

以上を踏まえて、この条件が適合する地域の警戒・避難を発するのためのCL再設定について述べていく。

5. 散発発生を想定したCLの設定

CLを設定するための降雨データは、下関気象台の過去25年間(1975年~1999年)のアメダスデータを用いた。同期間中に発生した散発発生履歴41件で検証を行うと共に、2000年から2003年までの散発発生履歴6件で、その汎用性の検証も併せて行った。なお本研究における非線形CLの設定にはRBFNを用いた。

5.1. 散発発生がみられる場合の降雨の特徴

散発発生となる場合の降雨状況は、災害発生があった一連降雨の範囲を超えた長期間の降雨にまで目を向けて検証を行った結果、以下に示す2ケースに代表されることがわかった。1つは一連降雨がCLを超過して、数日後に少量の一連降雨で災害が発生するケースである。もう1つは当地質区分に対して最適な半減期が設定されていないと考えられるケースである。このような降雨での災害発生をCLで捉えるためには、降雨指標の設定の見直しが有効になるものと考えられ、一連降雨のリセット時間、実効雨量の半減期、CLの閾値についてそれぞれ検討を行うこととした。

5.2. CLの精度検証

検討の結果、重要要因の条件に合致する地域のCLは、リセット96時間・半減期120時間・閾値0.9の条件で設定すること(以下、設定CL)が最適となった。

表-3に現行CLと設定CLの的中率・空振り周期・災害見逃し周期の結果を示す。この表に示すように、設定CLは現行CLに比べ非発生の的中率がやや低下するものの、92.6%の精度を維持し、また集中発生の的中率については93%と現行CLよりも13%も精度が向上し、さらに散発発生の的中率については現行CLでは全く予測できなかったのに対し85%と、非常に高い的中率を示している。また空振り周期については、設定CLが1.25年周期となり現行CLよりもやや劣るが、災害見逃し周期については、設定CLでは8.33年となった。上述のように、全体として現行CLに比べて大幅な精度向上がみられた。さらに図-2に示すように、経験降雨でない災害に対しても、散発発生降雨を捕捉できており、設定CLの有効性が検証できた。以上のことから、設定CLは現行CLに比べ大幅に精度が向上したといえる。

表-2 拡張後の発生・非発生 Rule を組合せて適合させた結果
(対象:彦島地区145箇所)

	要因						判定	確信度 (累積)	サポート (累積)
	斜面形状	遷急線の位置	地盤の状況	斜面と不連続の傾斜関係	植生の種類	(隣接斜面)状況			
Rule40	*	3以下	*	*	4以下	*	非発生	93.4%	52.4%
Rule36	*	*	4以下	4以下	*	4以下	非発生	93.3%	71.7%
Rule42	2以下	*	*	5以下	*	3以下	非発生	93.0%	79.3%
Rule16	2以上	3以上	5以上	*	*	2以上	発生	90.4%	86.2%
Rule10	*	2以上	4以上	6以上	*	*	発生	89.8%	88.3%
Rule6	*	*	6以上	*	*	5以上	発生	89.9%	89.0%

(各要因の数値はカテゴリー区分を表し、*はカテゴリー区分に依存しないことを表す)

表-3 現行CLと設定CLの精度比較結果

		現行CL	設定CL
的中率 (%)	非発生	95.06	92.63
	集中発生	80.00	93.00
	散発発生	0.00	85.00
空振り周期 (年)		1.47	1.25
災害見逃し周期 (年)		1.25	8.33

(数値はテストデータも含んで算出している)

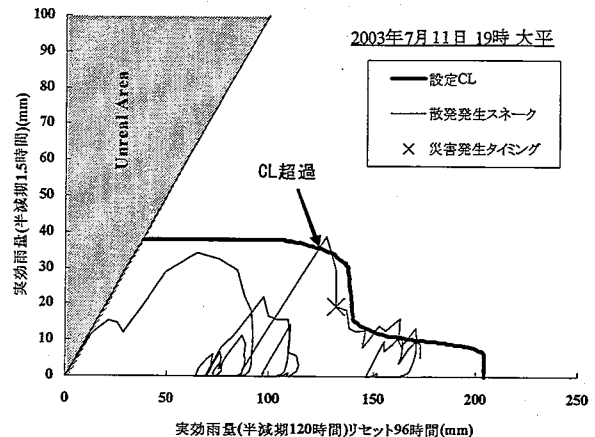


図-2 経験降雨以外の散発発生に対する設定CLの有効性検証

6. まとめ

集中発生に対して的中率の精度を向上させながら、散発発生に対して高い的中率を有したCLを作成することができた。この結果は、土砂災害防災活動の一層の高精度化に向けて、ひとつの方向性を示すものであると考えられる。本研究は下関市南部の散発発生多発箇所、下関匝層群が広く分布しているといった地質情報を重ねたごく限られた地域を対象としたものであったが、今後は別の地域についても検討を行い、本例のような非常に地域性の高い警戒・避難基準を設定することの可能性を追求していきたい。

《参考文献》

- 国土交通省河川局砂防部・気象庁予報部・国土交通省国土技術政策総合研究所: 国土交通省と気象庁の連携による土砂災害警戒避難基準雨量の設定手法(案), 2005.2
- 建設省河川局砂防部傾斜地保全課: 急傾斜地崩壊危険箇所点検要領, 1995.11
- 竹本ら: ラフ集合を用いた土石流発生・非発生 Rule の抽出と危険度の設定手法に関する研究, 砂防学会誌, Vol.57, No.2, p.4-15, 2004