

土砂災害警戒情報のための降雨指標の統計的検討

国土技術政策総合研究所 砂防研究室 ○倉本和正 國友 優
内田太郎 寺田秀樹

1. はじめに

従来から、土砂災害による人的被害の軽減に対しては、土砂災害警戒避難基準雨量を用いた早期避難への取り組みが行われている。特に、平成14年度からは、砂防部局、気象庁、消防防災部局が連携し、モデル県において土砂災害警戒情報の作成・伝達が試行運用されている。現在、土砂災害警戒避難基準雨量と気象庁の土壤雨量指数の履歴順位が並行して用いられているが、今後の土砂災害警戒情報には、より精度の高い統一基準の策定が必要と考えられる。

本研究では、統一基準の降雨指標を検討するために、現在砂防部局、気象庁で用いられている降雨指標を基に、RBFネットワーク（以下、RBFN）¹⁾を用いて非発生降雨に基づく複数の土砂災害発生危険基準線（以下、CL）を設定し、各CLの災害発生・非発生降雨に対する精度を比較した。

2. 対象地域および対象データの概要

CL設定の対象地域は、鹿児島県北部、山口県下関市南部とし、対象の降雨データは阿久根観測所および下関観測所で観測されたアメダス10分値降水データ（1994年4月～2002年12月）とした。解析に用いる降雨データのうち、発生降雨データは発生時刻を含む一連降雨（降雨の前後に24hr以上の無降雨があるもの）、非発生降雨データは発生の一連降雨を除くすべての降雨とした。また、災害データは、各観測所を中心とする半径5kmの円内で発生したものを対象とした。

3. 発生危険基準線の設定

RBFNを用いてCLを設定するには、まず対象とする地域の非発生降雨を教師値1として学習させ、非発生降雨に対する応答曲面（以下、応答曲面）を構築する。CLは構築された応答曲面の等高線を利用して設定することができる。

表-1に示す検討ケースについて、RBFNにより応答曲面を構築した（図-1参照）。図中の直線は、応答曲面の出力値0.8の等高線を基に設定したCLである。なお、既往の降雨に基づいてCLを設定する場合、従来のような線形のCLでは、非発生降雨の分布を正確に再現することが困難であるため、本研究では図-1のような形状とした。

4. 降雨指標の検討

本節では、設定した各CLについて、発生降雨・非発生降雨に対する正判別・誤判別について比較を行い、その結果から統一基準に用いる降雨指標を検討した。ここで、発生降雨については、一連の降雨中のスネークラインが発生時刻以前にCLを超過している場合を正判別（的中）、それ以外を誤判別（見逃し）とした。また、非発生降雨では、一連の降雨中のスネークラインがCLを超過している場合を誤判別（空振り）、それ以外を正判別（的中）とした。なお、非発生降雨については、ほとんどの降雨が正判別となることから、各CLの精度比較・検討に対しては、誤判別（空振り）のみを対象とした。

表-2には、発生降雨に対する正判別率の比較結果を示す。表より、正判別率は、CASE-3が最も高く、CASE-2が最も低くなっており、単一指標では発生降雨に対して十分な正判別率を確保することが困難であった。また、短期、長期降雨指標を組み合わせたCL（以下、2軸CL）の中では、短期降雨指標に用いる雨量の時間間隔が短いほど高い正判別率を示す結果となった。これは土砂災害が短期的に強い雨量で数多く発生していることを示している。なお、表-2において見逃しとなるケースが多いのは、すべての災害データを用いているためであり、この中には通常のCL設定時に対象外とする「散発的ながけ崩れ」も多く含まれている。

図-2には、非発生降雨に対する誤判別数の比較結果を示す。図より、誤判別数が最も少ないケースはCASE-2であ

表-1 検討ケース一覧

検討ケース	短期降雨指標	長期降雨指標
CASE-1 (提言案CL)	実効雨量(T=1.5hr)	実効雨量(T=72hr)
CASE-2 (土壤雨量指数CL)	-	土壤雨量指数
CASE-3 (検討CL-10)	10分間雨量	土壤雨量指数
CASE-4 (検討CL-30)	30分間雨量	土壤雨量指数
CASE-5 (検討CL-60)	60分間雨量	土壤雨量指数

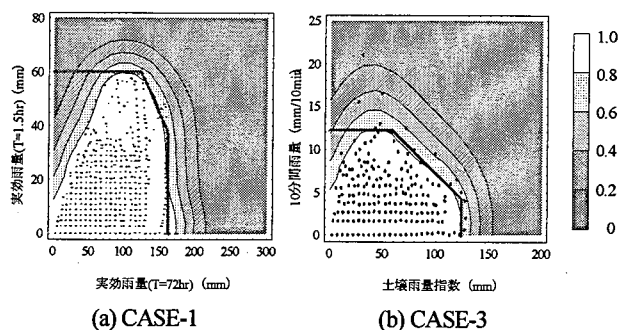


図-1 応答曲面および発生危険基準線の一例

り、2軸CLよりも高い精度を示している。また、2軸CLでは、短期降雨指標に用いる雨量の時間間隔が短いほど当該降雨数が増加傾向にあることがわかる。この結果は、上述した発生降雨に対する評価とまったく逆の傾向であり、発生降雨と非発生降雨の精度に関してはトレードオフの関係であることを示している。しかしながら、各CLで誤判別となった降雨に着目すると、誤判別になる降雨のほとんどは、図-3に示すように短期的な雨量が大きい場合であり、しかも、その多くは長期的な雨量が非常に小さい場合であった。一方、発生降雨をみると、長期的な雨量が小さい時間帯で発生した例はほとんど見られなかった。

RBFNでは、既往の非発生降雨に基づいて安全領域を特定しているため、過去にあまり降雨を経験していない領域では、見掛け上、危険領域となる。しかしながら、あまり降雨を経験していない領域であっても、実際に災害が発生していない領域に対しては、空振りを抑制するために、安全領域を拡大するなどの処理を行うことが必要である。そこで、本研究では、上記の点を勘案し、各2軸CLに短期降雨指標の上限を設けず(図-4参照)、再度正判別・誤判別数の算出を行った。また、統一基準の降雨指標を検討するために、それらの結果からスレットスコアを算出し、各CLの評価を行った。表-3に検討結果を示す。表-3より、CLの修正に伴いCASE-3~CASE-5では、それぞれ1件の見逃しがあるものの、2軸CLすべてのケースで約40%の空振りを軽減することができた。なお、CLの修正に伴って見逃しとなった災害による人的被害はなかった。安全領域の特定については、今後、より詳細な検討を行うことが必要であるが、この結果からはCLの修正が概ね妥当であったと判断できる。

表-3のスレットスコアをみると、単一指標よりも2軸CLの方が高い値を示しており、2軸CLの中ではCASE-3(短期降雨指標:10分間雨量, 長期降雨指標:土壌雨量指数)が最も高い値を示している。上記の結果より、精度面では、CASE-3の指標が有効であると推察されるが、現状ではケース数が十分でないことから、今後さらに検討ケースを追加していく必要がある。また、降雨指標の統一基準への適用に関しては、予測雨量自体の精度や運用面の課題等も勘案し、総合的に判断することが重要である。

5. おわりに

本研究で得られた主要な結論を以下に示す。

- 1) 発生降雨に対しては、単一指標よりも2軸CLの方が高い正判別率を示した。また、2軸CLの中では、短期降雨指標に用いる雨量の時間間隔が短いほど高い正判別率を示した。
- 2) 2軸CLにおいて、短期降雨指標の上限を設けなければ、誤判別数を40%程度減少させることが可能である。
- 3) スレットスコアは、単一指標よりも2軸CLの方が高い値を示した。また、2軸CLの中ではCASE-3(短期降雨指標:10分間雨量, 長期降雨指標:土壌雨量指数)が最も高い値を示した。

参考文献

- 1) 倉本和正, 鉄賀博己, 東 寛和, 荒川雅生, 中山弘隆, 古川浩平: RBF ネットワークを用いた非線形がけ崩れ発生限界雨量線の設定に関する研究, 土木学会論文集, No.672/VI-50, pp.117-132, 2001.3.

表-2 正判別率の比較結果

		CASE-1 (提案案CL)	CASE-2 (土壌雨量指数CL)	CASE-3 (検討CL-10)	CASE-4 (検討CL-30)	CASE-5 (検討CL-60)
阿久根	正判別数	5/14	6/14	9/14	9/14	7/14
	正判別率	35.7	42.9	64.3	64.3	50.0
下関	正判別数	36/46	34/46	39/46	36/46	35/46
	正判別率	78.3	73.9	84.8	78.3	76.1
平均	正判別数	41/60	40/60	48/60	45/60	42/60
	正判別率	68.3	66.7	80.0	75.0	70.0

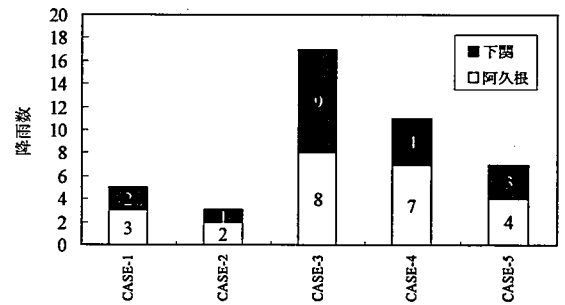


図-2 非発生降雨に対する誤判別数の比較

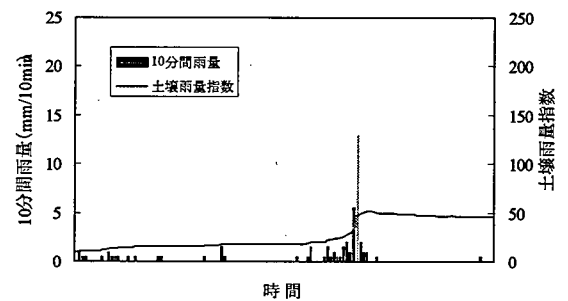


図-3 CASE-3における非発生降雨の誤判別の一例

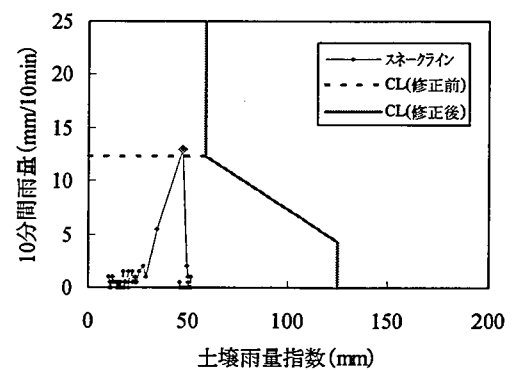


図-4 CLの修正方法概念図

表-3 スレットスコアによる降雨指標の評価

		CASE-1 (提案案CL)	CASE-2 (土壌雨量指数CL)	CASE-3 (検討CL-10)	CASE-4 (検討CL-30)	CASE-5 (検討CL-60)
平均	的中	41	40	47	44	41
	見逃し	19	20	13	16	19
	空振り	3	3	9	7	4
スレットスコア		0.651	0.635	0.681	0.657	0.641