

RBFN による非線形 CL の設定と 10 分間更新雨量の適応検討

山口大学工学部社会建設工学科 一般会員 古川 浩平
 株式会社エイトコンサルタント 一般会員 竹本 大昭
 山口大学大学院理工学研究科 学生会員○本久 博士

1. はじめに

わが国は、国土の約 7 割が山岳地・丘陵地に占められており、雨の多い気候条件とも相まって、多くの土砂災害が毎年のように発生している。しかしながら、現在広く利用されている土砂災害発生危険基準線（Critical Line, 以下 CL）は、技術者の経験則に基づいて設定された線形 CL がほとんどであり、いくつかの問題を有している。

本研究では、台風等による被災履歴を多く有する東海地方を対象とし、これまで線形の CL として設定されていた警戒避難基準を、より客観性が高く、かつ降雨特性の反映度が高い RBF ネットワーク（以下 RBFN）を用いた非線形の CL により再設定することを試みた。また、10 分間更新雨量を組み合わせる手法の有効性を検証した。

2. 使用データの概要

降雨データは、東海地方のアメダス観測所より 10 分間更新雨量の入手できた 30 観測所の 1994 年 4 月から 2002 年 6 月までの 1 時間更新雨量と 10 分間更新雨量を収集し、それに基づいて連続雨量を算出した。連続雨量は、前後に 1 時間更新雨量 0mm が 11 時間続く無降雨期間がひとまとまりの降雨（以下、一連降雨）を対象とした累積雨量である。

災害データは上記降雨データ入手期間内の災害記録をインターネット等により調査し、災害 13 件（アメダス観測所 12 地点）を抽出した。

3. RBF ネットワーク

RBFN は、入力層(素子数 n 個)、中間層(素子数 m 個)、出力層(素子数 1 個)の 3 層からなり、 j 番目の中間素子の出力関数（基底関数）としてガウス関数 $h_j(\mathbf{x}) = \exp(-\|\mathbf{x} - \mathbf{c}_j\|^2/r^2)$ を用いる。出力素子の出力は、中間層素子と結合係数（以下、重み） $w_j (j=1, \dots, m)$ との積の総和 $O(\mathbf{x}) = \sum_{j=1}^m w_j h_j(\mathbf{x})$ として表され、結果として図-1 に示す判別境界面が構築される。

4. 非線形 CL についての検討

表-1 のパラメータを用い、災害の発生したアメダス観測所 12 地点について 1 時間更新雨量を用いた RBFN による非線形 CL の設定をした（図-2 参照）。図-2 の等高線は閾値を意味しており、原点側の 0.9 から 0 までを 0.1 刻みで示している。非線形 CL は、設定した判別境界面の閾値の中から、土砂災害の警戒避難基準として最適値を選択することで設定できる。

図-3 に非線形 CL の閾値と平均空振り頻度および災害発生数の関係を示す。警戒避難基準は、災害の発生を的確に捕捉すると共に警戒避難の空振りを出来る限り少なくすることが設定の条件となる。

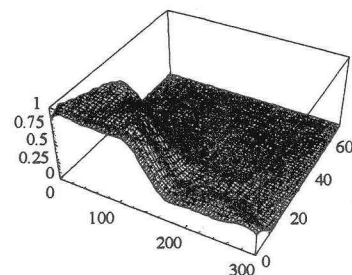


図-1 判別境界面

表-1 解析に用いるパラメータ一覧

項目	数値
$\lambda_{\max}$	100
$\lambda_{\min}$	1
ΔR_x	連続雨量の最大値/60
ΔR_y	時間雨量の最大値/60
r_x	ΔR_x の 7 倍
r_y	ΔR_y の 7 倍

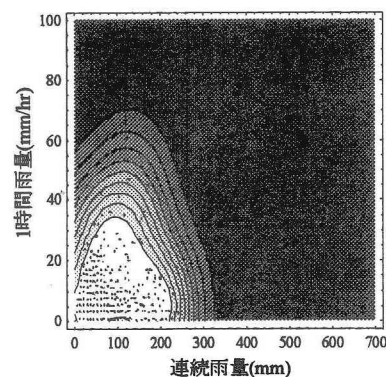


図-2 1 時間更新雨量の非線形 CL

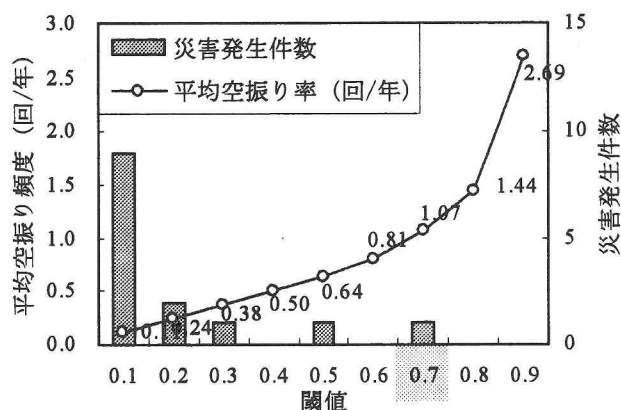


図-3 非線形 CL と平均空振り頻度および災害発生数の関係

本研究では、図-3 から災害 13 件を全て捕捉できる閾値として 0.7 を選択した。なお、この閾値での平均空振り頻度は 1.07 回/年を示した。

5. 10 分間更新雨量の検討

図-4 は、災害 13 件に対して 1 時間更新雨量と 10 分間更新雨量の雨量値の差を示したものである。全般に 10 分間更新雨量が大きな値を示し、b,g,w 地点では 15mm/hr 以上 10 分更新雨量の方が大きくなる結果を示した。図-5 は、特に雨量差の大きい b 地点における 1 時間更新雨量と 10 分間更新雨量のスネーク曲線を作図したものである。b 地点では 10 分間更新雨量が 1 時間更新雨量よりも約 42mm/hr も大きいことが分かる。これらの結果は 10 分間雨量が短時間に発生した集中豪雨を捉えたことに起因する雨量差と考えられる。

以上より 10 分間更新雨量は、突発的な豪雨を捕捉できる点で従来の 1 時間更新雨量よりも土砂災害警戒避難に対して有用と考えられる。そこで本研究では、1 時間更新雨量で設定した非線形 CL に対して 10 分間更新雨量による警戒避難の実施を検討することとした。

表-2 に図-4 で 1 時間更新雨量と 10 分間更新雨量の雨量差が特に大きかった地点の非線形 CL に対する的中率を示す。表-2 より、1 時間更新雨量で設定された非線形 CL に 10 分間更新雨量を適用すると、非発生降雨の的中率は低下することが判明した。これは 10 分間更新雨量の性質として、発生・非発生降雨にかかわらず全ての降雨が 1 時間更新雨量に比べて大きくなることに原因があり、発生降雨を捕捉する一方で非発生降雨の空振りが増加するものとみられる。この問題を解消するためには、基準となる非線形 CL を 10 分間更新雨量に基づいて再設定することが必要であると考えられる。そこで、10 分間更新雨量を用いて非線形 CL を再設定することとした。

表-1 のパラメータを用いて 10 分間更新雨量を短期指標とする非線形 CL の設定を試みたところ図-6 の結果となった。10 分間更新雨量の特徴として、1 時間更新雨量に比べて同じようなデータを多くカウントしてしまうなどの影響で非線形 CL が再現性の低い形状を示す。そのため、10 分間更新雨量による非線形 CL のパラメータの検討が必要である。

6. 結論

本研究では、RBFN を用いた非線形 CL の閾値を 0.7 と設定し、発生・非発生降雨ともに高い的中率であることが確認できた。また、10 分更新雨量を用いることで、これまで捕捉することが難しかった突発的な降雨を検知し、災害の発生を予測できる可能性があることも判明した。ただし、非発生降雨の的中率の問題から、10 分更新雨量の利用にあたっては非線形 CL の再設定が必要であることも明確となった。この場合、従来のパラメータにより設定した非線形 CL では再現性の低い形状となることから、今後の課題として CL のパラメータ検討が必要であるものと考えられる。

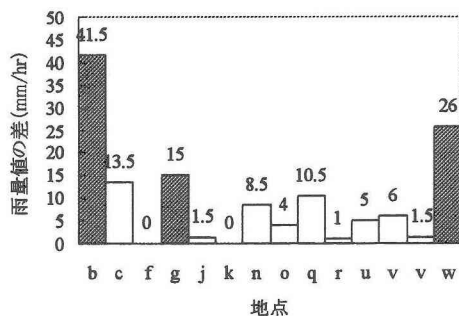


図-4 発生降雨での 1 時間更新雨量と 10 分更新雨量の比較

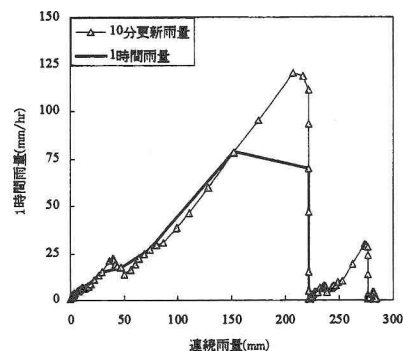


図-5 1 時間更新雨量と 10 分間更新雨量の比較(b 地点)

表-2 10 分間更新雨量で非線形 CL を運用する問題点

		観測所		
		b	g	w
1時間更新雨量	空振降雨数(回)	3	15	3
	空振頻度 (回/年)	0.3	1.7	0.3
	的中降雨数(回)	568/571	551/566	334/337
	的中率(%)	99.47	97.35	99.11
10分間更新雨量	空振降雨数(回)	5	21	5
	空振頻度 (回/年)	0.6	2.3	0.6
	的中降雨数(回)	566/571	545/566	332/337
	的中率(%)	99.12	96.29	98.52

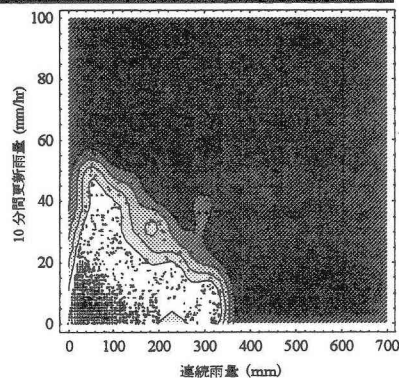


図-6 既往のパラメータを用いた CL