

RBFネットワークを用いた斜面毎の非線形がけ崩れ発生限界雨量線の設定について

中電技術コンサルタント(株) ○倉本和正 国土交通省 守川 倫
 山口県土木建築部 鉄賀博己 香川大学工学部 荒川雅生
 甲南大学理工学部 中山弘隆 山口大学工学部 古川浩平

1.はじめに

がけ崩れの発生予測手法として提案されている発生限界雨量線（Critical Line：以下，CL）は，従来から降雨要因のみで設定されており，斜面毎に異なる斜面要因は考慮されていない．そのため，降雨時にはすべての斜面が同一の危険性を有することとなり，「いつ」，「どこで」発生するかを精度よく予測することは困難である．本研究ではそれらの問題点の解消を目的に，RBF ネットワーク（以下，RBFN）を用いて斜面要因を考慮した個別斜面のがけ崩れ CL（以下，個別斜面 CL）の設定を試みた．

2.RBF ネットワークの概要

RBFN は中間層素子の出力関数にガウス関数を用いた人工ニューラルネットワークであり，非線形のパターン分類に優れた手法である．

RBFN を用いた CL の設定方法については，まずがけ崩れの発生降雨，非発生降雨をそれぞれ 0，1 として学習させ，がけ崩れ発生・非発生の判別境界面（図-1 参照）を構築する．図-1 のような判別境界面が構築できれば，発生・非発生の境界線，すなわち，CL は，判別境界面の等高線を用いることで容易に設定できる．なお，本研究で設定する CL は，これまでの研究¹⁾を参考に，出力値 0.8 の等高線とした．

3.対象データの抽出

対象地域は下関市南部とし，対象とする斜面は対象地域内で危険箇所指定された自然斜面（239 斜面）とした．対象斜面のうち，発生斜面は 1975～1998 年までに発生した斜面（59 斜面）とし，それ以外は非発生斜面（180 斜面）とした．また，対象降雨データには対象期間中に下関気象台で観測されたアメダスデータを用いた．発生降雨はがけ崩れ発生時刻を含む一連降雨とし，解析に用いる発生降雨要因は，発生推定時刻から 3 時間以内の最大時間雨量及びその時刻における実効雨量（半減期 72hr）とした．一方，非発生降雨要因については，対象降雨から発生降雨を除いた全ての降雨要因とした．

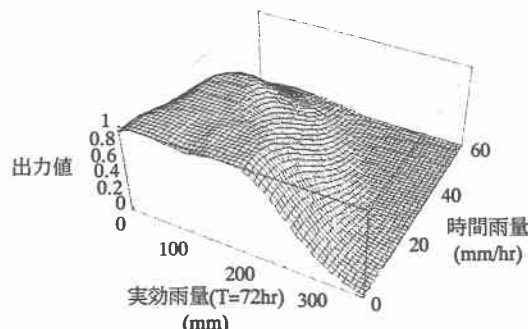


図-1 発生・非発生判別境界面の概念図

4.個別斜面 CL の設定方法

個別斜面 CL は図-2 に示すフローに従って設定する．以下，個別斜面 CL の設定方法について説明する．

4.1 斜面の崩壊危険度の算出および崩壊危険度毎のグループ化

個別斜面 CL では，まず各斜面の斜面要因を用いて崩壊危険度を算出し，類似した崩壊危険度の斜面をまとめて幾つかのグループを構成する．本研究では，点数制を用いて斜面の崩壊危険度を算出し，それを基に 5 グループに分類した．図-3 に崩壊危険度と斜面数の関係を示す．図中の折れ線は，各カテゴリーの発生率を示している．図より，発生率は算出した崩壊危険度の増加に伴い実際の現象と矛盾なく上昇する傾向を示している．したがって，本研究で算出した崩壊危険度はほぼ妥当であると判断し，このグループ分類を以後の解析に用いることとした．

4.2 RBFN を用いた各グループの発生・非発生判別境界面の構築

ここでは，前節で分類した各グループ内の発生，非発生降雨要因を用いて，グループ毎に発生・非発生判別境界面の構築を行う．

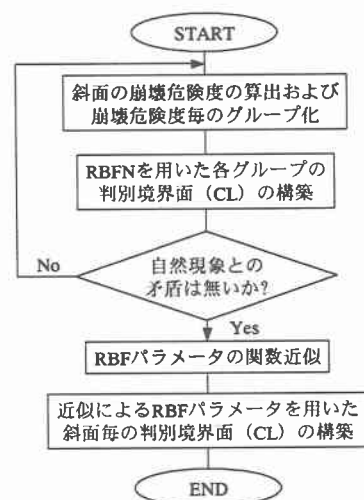


図-2 個別斜面 CL の設定フロー

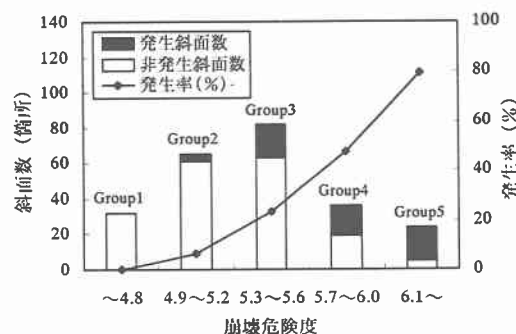


図-3 各グループの発生頻度および発生率

構築した各グループの判別境界面の代表例を図-4 に示す。図中の白色、灰色の領域はそれぞれ安全、危険領域を示しており、白から灰色領域に近づくにつれ、徐々に危険度が増すことを示している。図より、がけ崩れ発生の危険性が低い安全領域（出力値 0.8 以上の領域）は崩壊危険度の増加に伴い減少する傾向にあることが確認できる。図-4 に各グループの判別境界面に基づく CL（出力値 0.8 の等高線）を示す。図より、グループ毎の安全領域は、概ね崩壊危険度の増加に伴い減少する傾向が確認でき、実際の現象が矛盾なく再現されている。したがって、次節ではこの判別境界面を基に個別斜面 CL の設定する。

4.3 RBF パラメータの関数近似および個別斜面 CL の設定

本節では、構築したグループ毎の判別境界面を斜面毎の判別境界面へ拡張するために、RBF パラメータ（判別境界面を構成するパラメータ）を崩壊危険度の関数として近似する。これにより、任意の斜面における RBF パラメータは、得られた関数式にその斜面の崩壊危険度を代入することで容易に算出できる。したがって、任意の斜面における判別境界面や CL についても容易に設定することが可能となる。

図-6 には、近似関数から得られる RBF パラメータを用いて設定した CL の代表例を示す。ここでは、図-5 との比較を行うために、Group1 ～Group5 の平均崩壊危険度をそれぞれ近似関数に代入して算出したものを示している。図-6 と図-5 を比較すると、両者はほぼ同様な形状を示しており、RBF パラメータの近似がほぼ妥当であったことを示している。しかも、図-5 では一部のデータに過剰に反応し、局所的な形状変化がみられているが、図-6 ではその傾向はかなり弱まり、ある程度平均化された汎化性の高い形状を示している。以上のことから、本研究で提案した手法を用いることにより、汎化能力の高い個別斜面 CL を設定できることが明らかとなった。

5.予測精度の検証

本研究で提案した個別斜面 CL の有効性を検証するために、著者らがこれまでに提案した CL¹⁾（対象地域について設定した CL：以下、地域 CL）との予測精度の比較を行った。予測の対象として用いた発生データについてはいずれの CL においても同様の正判別率を示す結果となったため、ここでは非発生データの正判別率に着目とした。表-1 に各 CL における正判別率の結果を示す。表より、個別斜面 CL は地域 CL に比べ 7% 以上高い正判別率を示し、空振り頻度は 2,000 件程度も低減させることが可能となった。

6.おわりに

本研究では、従来の CL における問題点を解消することを目的に、RBFN を用いて個別斜面 CL の設定を試みた。その結果、個別斜面 CL は斜面の崩壊危険度を用いるだけで簡易に設定することができた。また、これまでに提案した地域 CL に比べ、7% 以上高い精度で予測することが可能となった。

謝辞

本研究の一部は、平成 13 年度（財）砂防・地すべり技術センター研究開発助成を受けて行った。ここに、記して謝意を表する。

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.

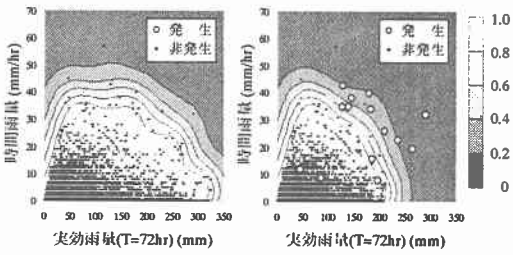


図-4 各グループの判別境界面（代表例）

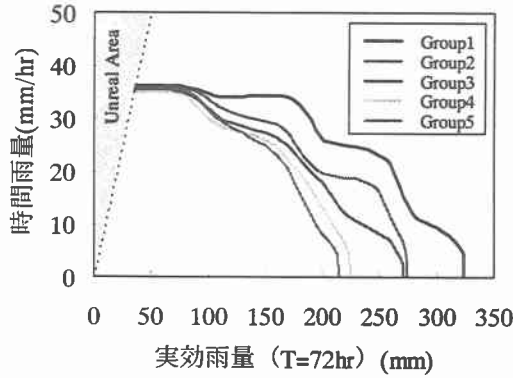


図-5 各グループの CL

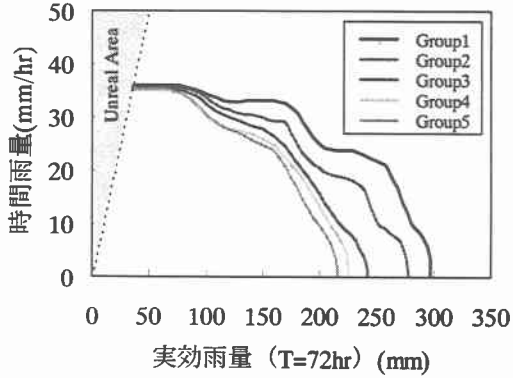


図-6 個別斜面 CL の代表例

表-1 各 CL における非発生データの正判別率

	正判別率(非発生)
個別斜面CL	20,956/24,651
	85.0%
地域CL	19,153/24,651
	77.6%