

# 037 土砂災害警戒避難支援のための個別斜面に対するがけ崩れ発生限界雨量線の設定手法

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  
 甲南大学理学部 中山弘隆 山口大学工学部 古川浩平

## 1.はじめに

土砂災害の警戒避難基準として用いられている発生限界雨量線は、従来から降雨要因のみで設定されており、危険箇所毎に異なる地形要因が考慮されていない。そのため、発生限界雨量線を超える雨量がある場合は、すべての危険箇所が同時に「発生」と予測されるため、その雨量で発生しない箇所では、実際上「空振り」となる。本研究では、こうした問題の解消を目的に、山口県下関市南部で発生したがけ崩れを対象に、RBF ネットワーク（以下、RBFN）を用いた斜面毎のがけ崩れ発生限界雨量線（以下、個別斜面 CL）の設定を行った。

## 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 の設定では、まずがけ崩れの発生降雨、非発生降雨をそれぞれ 0, 1 とし学習させ、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を構築することができれば、発生・非発生の境界線、すなわち、CL はその判別境界面における出力値の等高線を用いて容易に設定できる。なお、ここで設定する等高線の出力値は、これまでの研究<sup>2)</sup>を参考に 0.8 とする。

## 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。発生斜面、非発生斜面は、対象斜面の中から 1975～1998 年までに発生した斜面（59 斜面）、発生していない斜面（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およびその時刻における実効雨量（半減期 72hr）とした。一方、非発生降雨要因は、対象降雨から発生降雨を除いたすべての降雨要因を用いた。

## 4.個別斜面 CL の設定

個別斜面 CL は、図-2 に示す 4 段階により設定する。以下、図-2 の設定フローに従って段階毎に説明する。

### 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 の設定では、まず斜面毎の崩壊危険度を算出し、類似した崩壊危険度を有する斜面を集めて、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、各グループ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上昇する傾向を示しているため、ここで算出した崩壊危険度はほぼ妥当であると判断した。

### 4.2 RBFN を用いた各グループの判別境界面の構築

ここでは、前節で分類したそれぞれのグループ内の発生、非発生降雨要因を用いて、グループ毎に判別境界面を構築する。

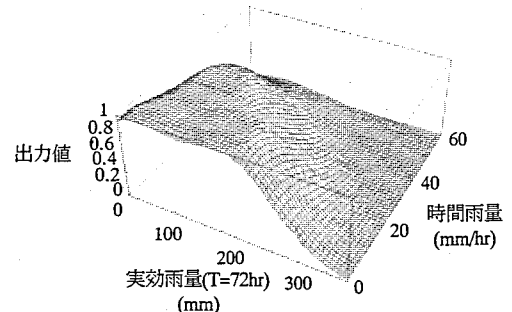


図-1 発生・非発生判別境界面の概念図

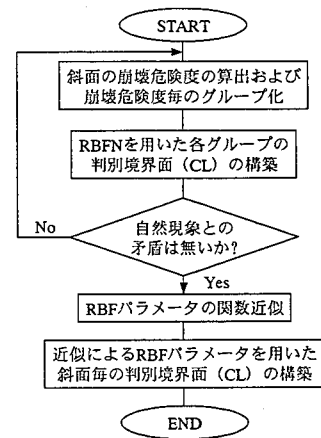


図-2 個別斜面 CL の設定フロー

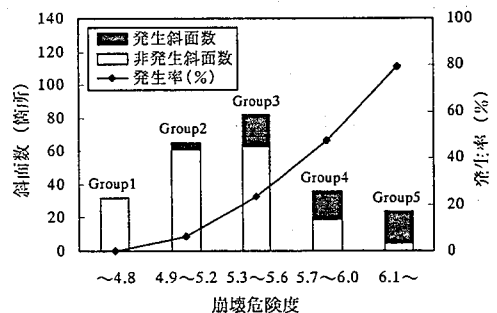


図-3 各グループの発生頻度および発生率

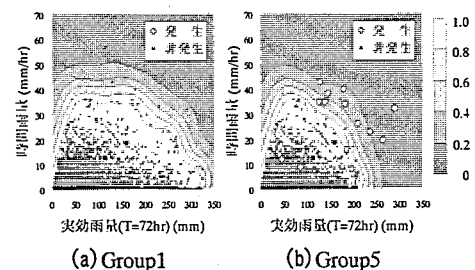


図-4 各グループの判別境界面（代表例）

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、白色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、(a)Group1 よりも(b)Group5 の方が明らかに小さくなっている。これは、図-5 に示す各グループの等高線（出力値 0.8）からも明らかなように、安全領域は崩壊危険度の増加に伴い減少しており、実際の現象に対して矛盾が生じていない。したがって、次節以降では構築したこの判別境界面に基づいて個別斜面 CL の設定を試みる。

### 4.3 基底関数の重みの関数近似

構築したグループ毎の判別境界面を用いて斜面毎の判別境界面を構築するには、まず、グループ毎に任意座標の基底関数の重みと崩壊危険度をそれぞれ抽出し、そのデータを用いて、当該座標における重みと崩壊危険度の回帰式を求める。その回帰式が求まれば、任意の崩壊危険度に対する基底関数の重みは、その回帰式を用いて算出することができる。図-6 は、その一例として、図-5 の(a)点における基底関数の重みと崩壊危険度の関係を示している。図中の直線は、上述した回帰式である。

すべての座標に対して、図-6 と同様な回帰式を求めれば、任意の崩壊危険度を有する斜面の判別境界面を構築することが可能である。そこで、本研究ではすべての座標について回帰式を算出し、任意の崩壊危険度を有する斜面の判別境界面の構築を試みた。図-7、8 は、算出した回帰式に各グループの崩壊危険度を代入して得られる重みを用いて構築した判別境界面と出力値 0.8 の等高線を示している。図-7、8 と図-4、5 と比較すると、図-7、8 では、図-4、5 に示した判別境界面を若干平均化する傾向があるものの、両者はほぼ同様な形状を示している。

以上のことから、本提案手法を用いることで、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、これまでに提案した CL<sup>1)</sup>（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となったため、ここでは非発生データの正判別率のみ比較する。表-1 に各 CL の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、実際の捕捉数では 2,000 件程度も多く捕捉できているため、個別斜面 CL の有効性が確認できた。

### 6. おわりに

本研究では、従来の CL における問題の解消を目的に、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可能となった。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.

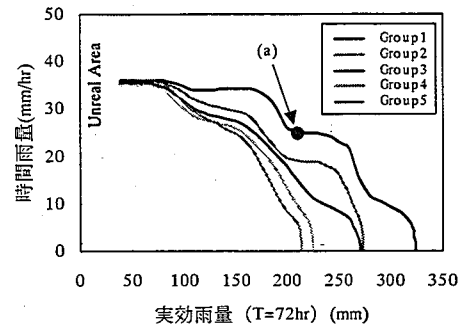


図-5 各グループのがけ崩れ発生限界雨量線

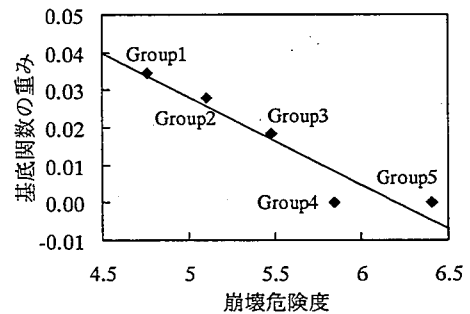


図-6 基底関数の重みと崩壊危険度の関係

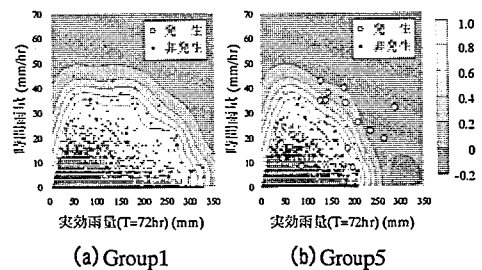


図-7 任意の斜面の判別境界面（代表例）

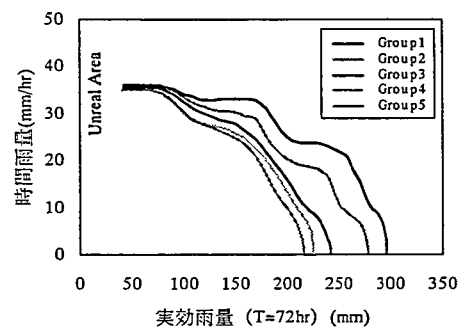


図-8 任意の斜面のがけ崩れ発生限界雨量線

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%