

96 RBF ネットワークを用いたがけ崩れ警戒避難基準雨量の設定について

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

1. はじめに

がけ崩れに対するソフト対策は従来から様々な施策が行われているが、それらを有効に機能させるためには警戒避難基準雨量を明確に示すことが重要である。そこで、本研究ではがけ崩れの警戒避難基準雨量を明確にするため、山口県下関市南部を対象に、RBF ネットワーク(以下、RBFN)を用いたがけ崩れ発生限界雨量線(以下、CL)の設定を試みた。

2. 従来のがけ崩れ CL の問題点

従来から、土砂災害の警戒避難基準雨量に対しては、CL の設定が一般的であるが、がけ崩れに関しては小雨で発生する場合も少なくないことから、その設定手法を示すことは困難である。その中で、総合土砂災害対策検討会では、「集中的に発生するがけ崩れ」に対する CL の設定手法を提案している。しかしながら、「集中的」の定義(実効雨量(半減期 72 時間)が一定値以上で、一連降雨のピーク付近で発生するもの(図-1 参照))は不明確であり、実際上 CL を設定することは困難である。また、設定に不可欠である発生降雨には、発生時刻の曖昧なものが多く含まれ、しかもそのデータ量は非発生降雨に比べ非常に少ない。したがって、それに重点を置いて CL を設定することは、予測精度の低下を招く危険性も考えられる。

そこで、本研究では従来の基本概念から脱却した CL の設定を試みるため、発生降雨の分類を行わず、すべての発生降雨を用いる。また、上述した問題を抱える発生降雨から危険領域を特定するのではなく、大量にある非発生降雨から安全領域を特定し、それ以外の領域を危険領域と考えることとした。なお、CL の設定に用いる手法には、非線形判別に優れた RBFN を用いた。

3. RBFN の概要

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として図-1 に示すガウス関数 $h_j(\mathbf{x}) = \exp(-\|\mathbf{x} - \mathbf{c}_j\|^2 / r^2)$ を用いる。出力素子の出力は、中間層素子と結合係数 $w_j (j=1, \dots, m)$ との積の総和 $O(\mathbf{x}) = \sum_{j=1}^m w_j h_j(\mathbf{x})$ として表される。

RBFN の学習は、 p 個の学習データ $\mathbf{x}_i (i=1, \dots, p)$ と教師データ $y_i (i=1, \dots, p)$ 、ならびに m 個の基底関数を用いて教師値と出力値の差の 2 乗和を考え、それに結合係数の抑制項を加えた式(1)が最小となるような w_j を求めることである。

$$E = \sum_{i=1}^p (y_i - O(\mathbf{x}_i))^2 + \sum_{j=1}^m \lambda_j w_j^2 \rightarrow \text{Min} \quad (1)$$

4. 対象地域および対象データの抽出

対象地域は下関市南部とし、対象とする降雨は下関気象台において 1976~1998 年までに観測されたアメダスデータとした。発生降雨はその中からがけ崩れ発生推定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

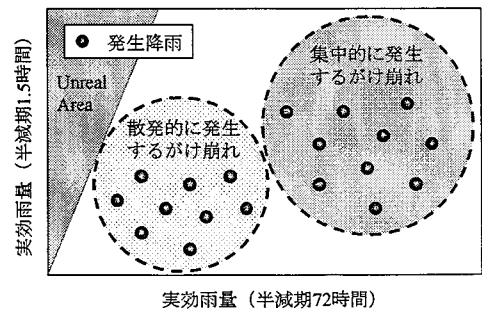


図-1 発生降雨の分類の概念図

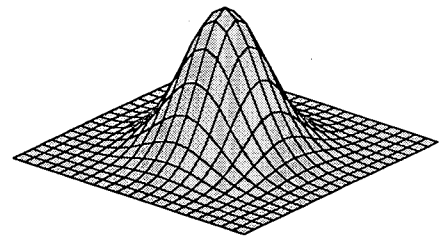


図-2 ガウス関数の形状

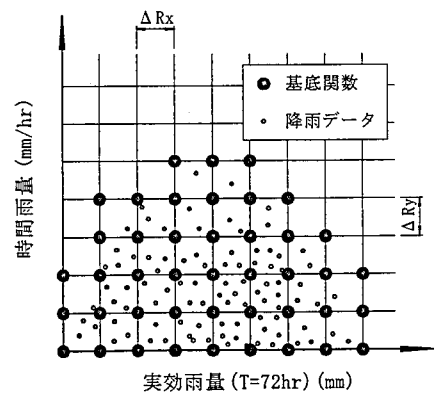


図-3 格子及び基底関数の設定

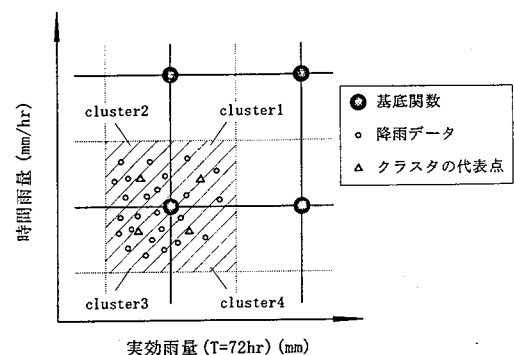


図-4 クラスタリングの概念図

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72時間)とした。一方、非発生降雨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(約20万個)とした。なお、RBFN に対する入力データは、抽出した時間雨量、実効雨量の2要因とし、発生、非発生の教師値はそれぞれ0, 1とした。

5. がけ崩れ発生限界雨量線の設定

CLについては、まずRBFNを用いて発生・非発生の判別境界面を構築し、その判別境界面の等高線を利用して設定する。その際、設定する判別境界面は実際の現象を再現できるような形状を呈することが要求されるが、効率的に再現性の高い判別境界面を設定するには、できる限り基底関数の数の軽減を図ることが重要である。それらを考慮し、本研究で用いるRBFNは図-3に示すように降雨データの存在する範囲内に一定間隔の格子を設定し、設定した格子の中に降雨データが存在する場合に限り、その格子点上に基底関数を設定する。ここで、格子間隔 ΔR_x 、 ΔR_y は各降雨指標の原点から上限値(実効雨量350mm, 時間雨量70mm/hr)までを60等分して算出した。また、基底関数はその周辺に含まれるデータ数によって信頼度が異なるが、それについては図-4の斜線で示す4領域に含まれるデータ数に応じて、式(1)中の λ を変化させることとした。このようにして構築したシステムを用いてRBFNによる判別境界面の設定を行うが、その際必要となる基底関数の半径 r_x 、 r_y については ΔR_x 、 ΔR_y に対して7倍となるように与えた。

設定したパラメータを用いて下関市南部周辺地域について判別境界面の構築を行った。構築した判別境界面を図-5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、安全領域内においては局所的な出力低下等も見られず、再現性の高い形状を示していると考えられるため、この判別境界面における出力値0.8の等高線をCLとした。また、安全領域内で幾つかのがけ崩れが確認されるが、これらについては非常に多くの非発生降雨が存在する領域で発生しているため、判別境界面の出力値を低下させることができない。つまり、これらの降雨では確率的にはがけ崩れの発生を予測することが困難であることを示している。したがって、本手法を用いることにより、小雨で発生するがけ崩れに対しては比較的客観的に排除することができ、ある程度の降雨以上で発生するがけ崩れのみを対象としたCLを設定することができる。

設定したCLを図-6に示す。図中のスネーク曲線は実際にはがけ崩れが確認されたときのものである。提案したCLでは、図に示すように一連降雨中で複数件発生する降雨に対して高い精度で的中させることができた。また、対象とした発生、非発生降雨を用いて算出した発生・非発生の正判別率を表-1に示す。表より、非発生降雨の的中率は83.7%となっており、非発生の誤判別(空振り)が非常に少ないことがわかる。一方、発生については、小雨で発生した予測困難ながけ崩れが幾つか含まれているにも拘らず、発生推定時刻までにCLを越えるものが79.3%となり、かなり高い精度で予測ができると考えられる。

6. おわりに

本研究では、従来のがけ崩れCLの問題点を軽減するために、RBFNを用いたがけ崩れCLの設定手法を提案した。その結果、設定したCLでは発生・非発生降雨ともに高い精度の予測が可能であり、警戒避難基準雨量として十分適用できるものと考えられる。

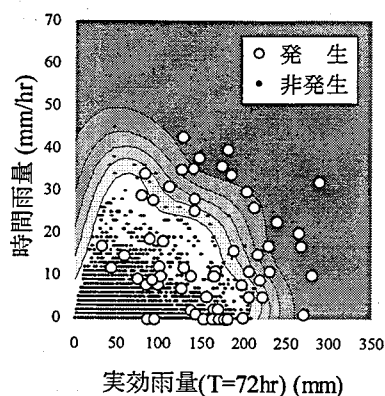


図-5 がけ崩れ発生・非発生判別境界面

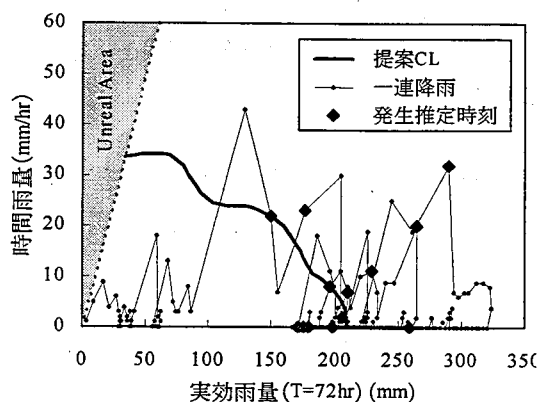


図-6 がけ崩れCLにおける予測例

表-1 提案したCLを用いた予測精度

発生	データ数	116
	正判別数	92
	正判別率(%)	79.3
非発生	データ数	104
	正判別数	87
	正判別率(%)	83.6