

ニューラルネットを用いた雲仙水無川における土石流発生予測

九州大学工学部 正 員 平野 宗夫
 九州大学工学部 正 員 森山 聡之
 九州大学大学院 学生員 川原恵一郎
 九州大学工学部 学生員○戸嶋 真人

1. はじめに

雲仙水無川においては、1991年から92年に入っても頻繁に土石流が発生し、水無川流域に被害をもたらしている。本研究は、雲仙普賢岳及び水無川流域の92年雨量データにより累加雨量と到達時間の概念を用いて土石流の発生限界を検討する。また、土石流の発生予測に関してニューラルネットワークの導入を試みる。

2. 土石流発生限界理論

斜面における土石流の発生条件は、従来の実験¹⁾によると、表面流の発生と同時に土石流が発生すると考えられる。図-1のように模式した斜面では、土石流の発生限界は(1)式で表される。ある斜面において到達時間内の降雨強度がある値を超えると土石流が発生することになる。つまり土石流の発生を予測するには、到達時間とその間の限界雨量を見出す必要がある。

$$\frac{L}{T} \int_0^T R(t - \tau) \cos \theta dt \geq \frac{Dk \tan \theta}{L} \dots (1)$$

L : 斜面長, k : 透水係数, θ : 斜面の傾斜角, R : 降雨強度
 T : 到達時間

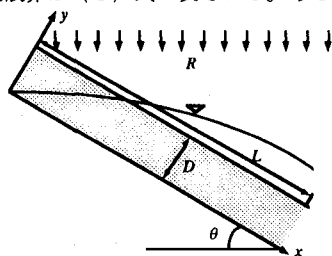


図-1 斜面模式図

3. 資料

雨量データは気象庁の雲仙岳測候所の地上雨量計による1991年5月1日から92年10月31日までの10分間雨量と1時間雨量の記録を用い、また1つの降雨波形は2時間以上降雨記録のないものを区切りとした。土石流発生判定には、九州大学島原地震火山観測所の地震計の振動波形を用いた。

4. 土石流発生限界の考察

92年の資料を使用して、種々の到達時間について累加雨量の最大値を求めてプロットすると図-2及び3のようになり、また土石流の不発生上限と発生下限を示すと図-4となる。土石流不発生の上限と土石流発生下限が一致したところを到達時間とするが、実際は降灰と流出により場は非定常であるので、両者の差が最小のところを到達時間とする。これより到達時間は70分と考えられる。従って、70分間の降雨量が10mm未満では、土石流は発生せず、10mmに達すると発生の可能性が生じ、14.5mmを越えると必ず発生するということができる。

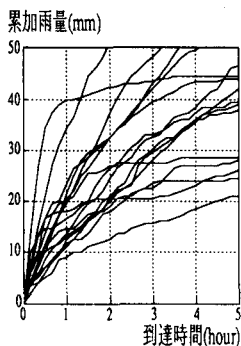


図-2 発生時の累加雨量図

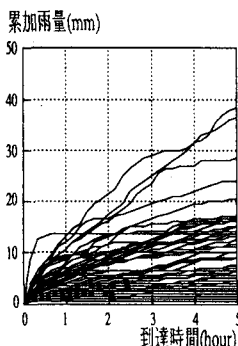


図-3 不発生時の累加雨量図

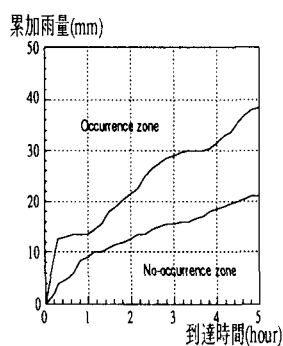


図-4 不発生の上限と発生下限

5. ニューラルネットワーク理論

入力層、中間層及び出力層からなる階層型構造をしたニューラルネットワークを使用し、教師付き学習法であるバックプロパゲーション（誤差逆伝播法）を利用する。バックプロパゲーションは出力層の各ユニットが実際に出力した値と教師信号との誤差を規則にしたがって入力層へ向って伝播させるものである。応答関数には（2）式で表されるシグモイド関数を使用する。ここに、 r はシグモイド関数の傾き、 x は入力、 θ はしきい値である。各ユニットからの出力は、0～1の値をとるように設定されている。階層型ネットワークではユニットからの出力は1方向のみに伝わり、入力層の各ユニットに出力された値 x は応答関数 f により変換されてすべての中間層に向って出力される。これに各々のユニット間に付けられている重み w を乗じたものが中間層への入力値として入力される。中間層と出力層の間においても同様の処理が行われ、最終的に出力層から出力されたものに教師信号を与え、ネットワーク間の重みを変えていく。これらを繰り返し学習することにより、重みを決定し理想的なネットワークを形成する。計算手法としては最急降下法を採用し、学習を行う。

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-(rx - \theta)}} \quad \dots(2)$$

6. 予測結果

1～5時間の累加雨量データに土石流発生するとき0.99を、不発生とき0.01を教師信号として与えて学習を繰り返し、最適となったネットワークで予測を行う。91年5月の学習により、同年6・7・8月の予測が可能であることは、これまでの研究²⁾で明らかにされている。今回は予測結果の検証をするために91年5月を学習させ、92年の6・7・8月をそれぞれ出力させた。結果を図-5～7に示す。これによると、見逃しが11%、空振りが0.4%と91年の予測と同様のかなり良好な結果が得られた。また、91年と92年では出力傾向にさほど差がみられず、このネットワークは雲仙水無川での土石流の発生状況が、91年5月発生時から92年を通じて変化していないと判断している。

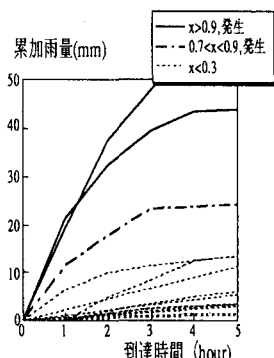


図-5 92年6月の出力

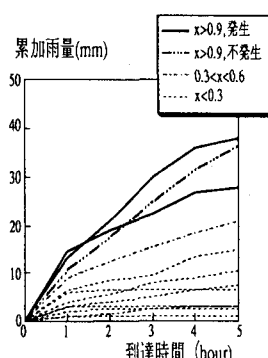


図-6 92年7月の出力

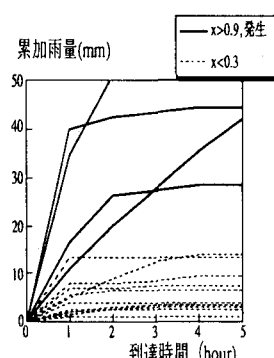


図-7 92年8月の出力

7. 終わりに

土石流の発生限界が10分間の累加雨量から推定することができた。70分間の雨量が10mm以上になると発生の可能性が生じるので、この数字は水無川において防災上の一つの目安になると考えられる。

また、ニューラルネットワークによる土石流の予測は、累加雨量データだけを用いた場合でも発生をかなり良い結果で予測している。今後は、土石流の発生規模等の履歴を用いることにより、一層充実した予測が期待できる。

参考文献

- 1) 平野宗夫・正田誠・森山聡之、活火山流域における土石流の発生限界と流出規模の予測、第30回水理講演会論文集、181-186 (1986)
- 2) 平野宗夫・森山聡之・川原恵一郎、雲仙普賢岳における土石流の発生限界と予測について、第47回年次学術講演会論文集第2部、58-59 (1992)
- 3) 森山聡之・平野宗夫、ニューラルネットワークを用いた土石流発生予測について、水工学論文集、第36巻、705-708 (1992)