

ニューラルネットを用いた豪雨・斜面崩壊の予知

岐阜大学工学部 正会員 小尻 利治

岐阜大学大学院 学生員 榊間 繁樹

岐阜大学工学部 学生員○西村 聡

1. はじめに

近年、日本各地で集中豪雨・斜面崩壊の被害が多発している。これは、都市化の影響によるスプロールの宅地開発が要因であるが、気候変動によって集中豪雨の発生割合が増加しているということも挙げられる。そこで、豪雨・斜面崩壊の予知が重要な問題となってきた。そこで、本研究では、気象・水文観測網の発達に伴い、入手し易くなった気象・水文情報を利用しニューラルネットワークを用いたレーダー雨量による降雨の予測と知識ベース型の斜面崩壊モデルを結合させて崩壊の予知システム作成するものである。

2. 降雨量の予測

レーダー雨量から得られる雨域の時系列変化より雨域の移動速度ベクトルを推定し、オプティカルフローとニューラルネットワークにより数時間後の雨量を予測する。

2. 1. オプティカルフローによる移動速度ベクトルの算定

ある時間 t において位置 (x, y) の降雨強度を $f(x, y, t)$ とするとオプティカルフローは(1)式のようになる。

$$\frac{\partial f}{\partial x} v_x + \frac{\partial f}{\partial y} v_y + \frac{\partial f}{\partial t} = 0 \quad (1)$$

$\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y}$ は降雨強度の x, y 方向の変化量、 $\frac{\partial f}{\partial t}$ は降雨強度の時間変化量、 v_x, v_y は雨域の x, y 方向の速度である。ここで、 v_x, v_y を確定するために、両速度のラプラシアン和が最小という条件を用いる。

$$\left\{ \frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} \right\} + \left\{ \frac{\partial^2 v_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_y}{\partial y^2} \right\} \rightarrow \min \quad (2)$$

すなわち、「雨域内での各点における速度の違いはなるべく滑らかにである」という拘束がとられる。

(1), (2)式より移動速度ベクトルを得ることができる。

2. 2. ニューラルネットワークによる雨量予測

オプティカルフローにより算定された移動速度ベクトル等を利用し、各メッシュ毎にニューラルネットワークを構成して雨量の予測を行う。入力には2つの移動速度ベクトル、当該のメッシュと隣接する8つのメッシュの現在の降雨強度、当該のメッシュと隣接する8つのメッシュの前期の降雨強度を用い来期の降雨強度を出力とする。ニューラルネットワークの構造は図1のように入力層、中間層、出力層から構成されている階層型のニューラルネットワークである。過去の雨量データーにより代表的ないくつかのパターンを選び出し、それによりネットワークの学習を行う。これらにより予測されたメッシュ毎の雨量により対象流域の平均流域雨量を得ることができる。

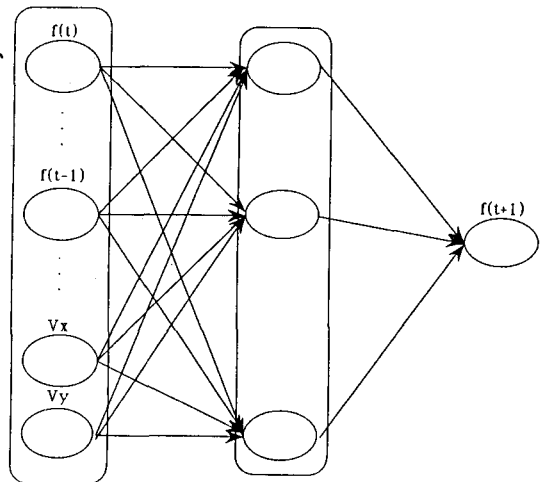


図1. 雨量予測

3. 斜面安定の知識ベース

斜面崩壊に対する斜面内の不確実性を考慮するため、斜面内の飽和・不飽和流の流れを考慮した流出モデルを定式化し、シミュレーションによる各地形・地質条件下での斜面崩壊の知識ベースを作成する。斜面崩壊のモデルを無限長の直線斜面とし、無限長斜面法による安定解析より安全率 F を(3)式を用いて解析を行う。

$$F = \frac{c/\cos\alpha + \sigma' \cos\alpha \tan\phi}{\sigma_0 \sin\alpha} \quad (3)$$

c は土の粘着力、 α は斜面の傾き、 ϕ は土の内部摩擦角、 σ' 、 σ_0 はスライス土塊全体に作用する有効応力、垂直応力である。

4. 斜面崩壊の予知・流出予測

予測雨量、累積雨量、斜面の勾配、土壌係数、前時刻の崩壊の危険度を入力とし、流出量、崩壊の危険度を出力とする連想記憶ニューラルネットワークにより推論を行う。ニューラルネットワークの構造は図2のように入力部、隠れ部、出力部から構成されており、各ユニット間は相互結合されているボルツマン・マシン型のネットワークを採用した。このようなネットワークでは、表1のような状態発展規則によりある平衡状態へ収束して出力を決定する。また、予測した雨量等のいくつかの入力パターンに対し斜面安定の知識ベースより出力である崩壊の危険度を設定し、ネットワークの学習を行う。

5. おわりに

本研究はニューラルネットワークを用いて気象、水文、土質の情報により斜面崩壊の予知を行おうとしたものである。時間、及び、紙面の都合上、適用は講演時に述べる。

表1. ネットワークの状態発展規則

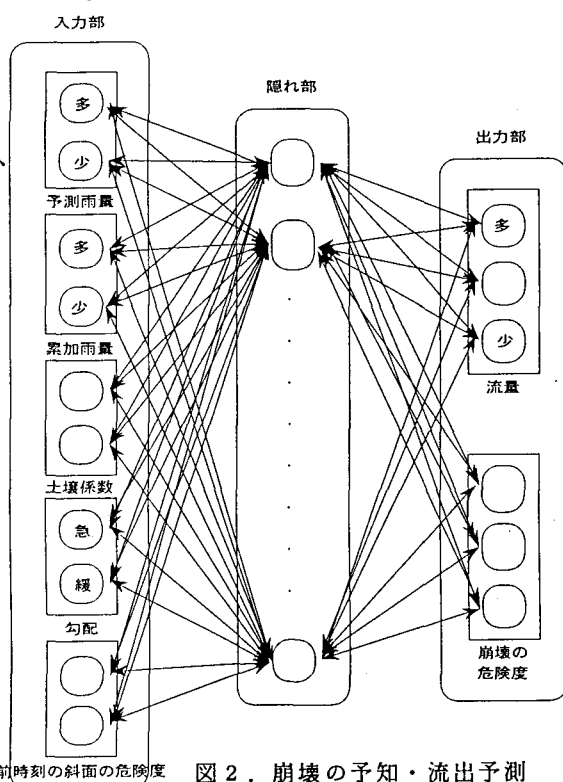
- step.1 ネットワークの中からランダムに1つのユニットを選び出す。
- step.2 選ばれたユニット i への入力 $u_i(k)$ を求める。

$$u_i = \sum w_{ij} v_j(k) + s_i - \theta_i$$
 w_{ij} : ユニット i, j 間の重み
 s_i : 外部からの入力
 θ_i : ユニット i の閾値
- step.3 次の確率 P でユニット i の出力 $v_i(k+1)$ を1に設定する。

$$P[v_i(k+1)=1] = f\left(\frac{u_i(k)}{T}\right)$$

$$f(x) = \frac{1}{1 + \exp(-x)}$$
 T : ネットワークの温度
- step.4 i 以外のユニット j の出力は変化させない。

$$v_j(k+1) = v_j(k)$$
- step.5 step.1へ戻る。



参考文献

- 1) 中野 馨・飯沼 一元・ニューロンネットグループ・桐谷 滋：入門と実習 ニューロコンピュータ、pp109-127