

P-52 ニューラルネットワークによる実績崩壊再現性の検討

パシフィックコンサルタンツ(株) 千葉 淳・青柳 泰夫
〇河合 孝治・吉野 秀夫
高知大学農学部 平松 晋也
建設省湯沢砂防工事事務所 大野 宏之・白井 正巳
佐藤 俊英・浅野 広樹

1. はじめに

山腹斜面における崩壊は、その発生誘因となる降雨と、地形、地質、植生その他の素因が複雑に絡み合っ
て発生する物理現象である。山腹斜面の崩壊発生の予測は、流域内の崩壊発生危険度を把握し、土砂災害による
被害を軽減できる他、砂防基本計画における基本土砂量の算定にも有効な基礎資料となる。

本検討においては、パターン認識に優れ、より詳細な情報を付加することで学習し精度の向上が望まれるニ
ューラルネットワークを用いた崩壊発生のシミュレーションモデルを構築し、既往災害の再現計算を実施しモ
デルの精度を検証するとともに計画降雨時の崩壊発生予測をも行った。

2. 検討方法

2.1 ニューラルネットワークによる崩壊危険度予測

崩壊発生の予測に関しては、これまで物理モデル、統計手法、ファジィ理論等、様々な手法が試みられている。
物理モデルは、小流域に対しては精度の良い結果が得られるが、土質強度や表土層厚、透水係数等のデータが
必要であり、大流域に対しては、データの収集に膨大な労力を要するため、実用的とは言えない。また、ファ
ジィ理論はモデルの構築に非常に時間と労力を要し、熟練技術者の定性的な判断が必要となる。数量化等の統
計解析は、他手法に比べ理論的に確立されており、様々な事象に対して適用度が高いが、要因の組み合わせや
階級区分によって結果が異なるため、経験的な判断が必要となる。一方、ニューラルネットワークは、パター
ン認識に優れており、データの蓄積により、より精度の高い結果が得られるという特徴がある。本検討では、
ニューラルネットワークモデルを用いて解析を行い、斜面崩壊へのモデルの適用性について検証を行った。ニ
ューラルネットワークは、脳の中で行われている情報処理を模擬したものであり、従来のコンピュータでは論
理的な情報処理しか出来なかったのに対し、学習・記憶・判断といった直感的な処理が可能なシステムである。
ニューラルネットワークの代表的な構造として、パターン認識に有効なフィードフォワード型ネットワークと、
制御や最適化問題に利用されるリカレント型ネットワークがある。本検討においては、実績降雨等の入
力データが多いほど、モデルの精度が向上するフィードフォワード型ネットワークを用いることとした。
解析には3層階層型ニューラルネットワークで、バックプロパゲーションによる学習モデルを用いた。

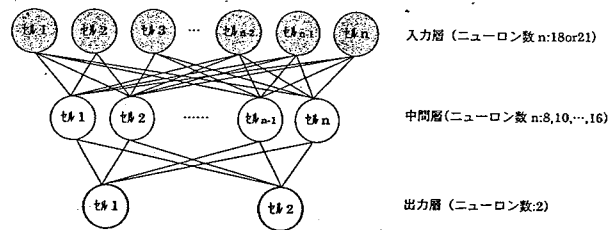


図-1 ニューラルネットワークによる階層モデル

図-1に模式化したモデルを示す。

2.2 対象流域

対象流域は、建設省湯沢砂防工事事務所管内の信濃川水系中津川流域の上流域(流域面積約110km²)とした。
流域は比較的急峻な地形を呈しており第4紀火山噴出物で覆われている。

2.3 検討ケース

解析で対象とするケースは、①実績崩壊の検証、②計画降雨時の崩壊予測の2ケースである。

2.4 入力データ

崩壊モデルに入力するデータの内素因としては、種々の崩壊影響要因より比較的影響度の高い、標高、斜面
勾配、地質、植生をはじめとする地形条件等とした。また、崩壊の誘因となる降雨データとして、崩壊との相
関の良い24時間雨量を用いた。なお、データを入力するメッシュサイズは流域情報の判読の精度及び崩壊規模
を考慮し50m×50mとした。

2.5 解析対象降雨

昭和51年及び昭和57年の2時期の空中写真(他に空中写真が存在しない)により崩壊地を判読している。
したがって実績崩壊の解析対象降雨は昭和51年～昭和57年から抽出を行い、累加雨量、24時間雨量、1時間
雨量の最も大きい昭和56年8月22日～8月23日降雨を崩壊実績の検証に用いる降雨とした。ここで昭和51
年～昭和57年に発生した実績の崩壊地は全て昭和56年降雨によるものとし、24時間雨量を用いて等雨量線図
を描き各メッシュに降雨データを与えた。一方、計画降雨としては、昭和56年降雨の流域平均値(235.5mm)

と計画降雨の流域平均値 (251.2mm) との比率 (1.07 倍) を昭和 56 年降雨に乘じ各メッシュ毎に降雨データを与えた。

3. 検討結果及び考察

3.1 昭和56年災害の検証

昭和 51 年と昭和 57 年の 2 時期より判読した崩壊実績(崩壊面積率 4.7%)の分布を図-2に示し、ニューラルネットワークモデルを用いたシミュレーションによる昭和 56 年災害の再現結果を図-3に示す。実績崩壊地との比較による再現計算的的中率は約 73%で、その崩壊面積率は 3.4%である。崩壊実績の分布図は昭和 51 年から昭和 57 年までの 6 年間のデータであり、実際にはこの間に比較的規模の大なる降雨も生じ 56 年災害による崩壊であるか特定できていないこと、また昭和 56 年は豪雪の年であり融雪崩壊による可能性 (検証データが無い) も否定できないことから、本検討で構築したモデルでは再現結果を十分に表現できていないものの約 73% 的中率を得た。

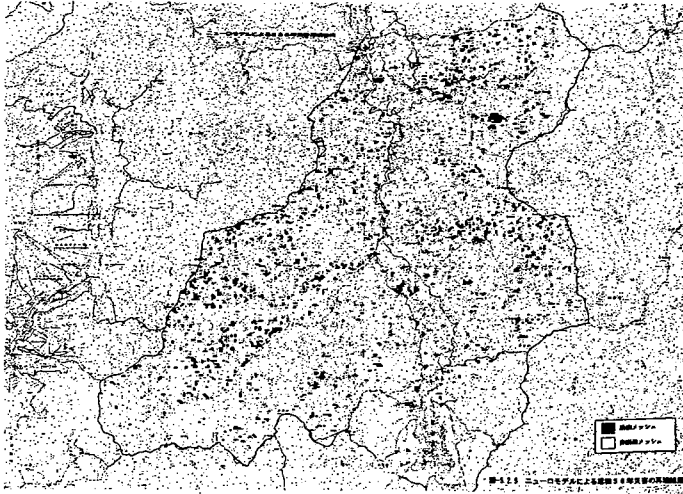


図-2 昭和 51~57 の崩壊実績

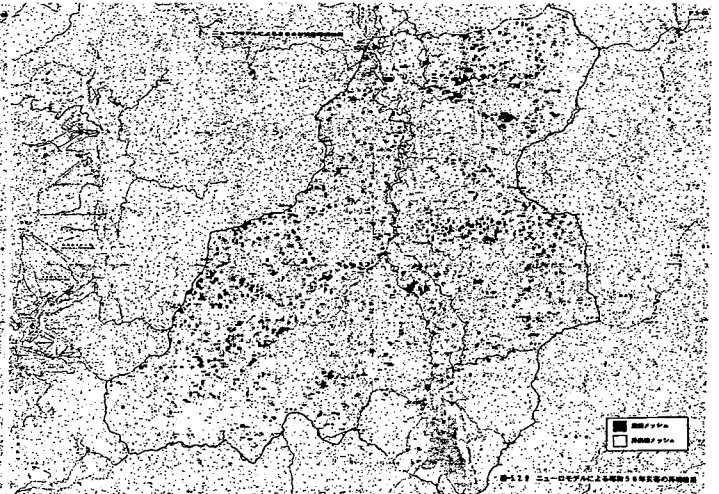


図-3 シミュレーションによる再現結果

3.2 計画降雨発生時の崩壊予測

再現計算には幾つかの課題を残しているが、このモデルを用いて計画降雨(100年)時のシミュレーションを実施した。(図-4参照)。崩壊と判定されたメッシュは 17,367 メッシュとなりこれは全メッシュ数の 39(%)を占める。しかしメッシュ全体が崩壊するのではなく、流域内の崩壊地における平均的崩壊面積を考慮すると概ね 1 メッシュの約 28%が崩壊面積と考えられるため、全流域面積 (110km²) に対する崩壊面積率は約 11%となる。

4. 結論

本検討では、ニューラルネットワークモデルを用いて、実績崩壊の再現と予測を行った。その結果検証データが十分に揃っていないものの的中率は約

73%となった。再現計算では幾つかの課題を残したもののニューラルネットワークは、現象を理論的に解明できない事象に対して優れており、また、モデルの再構築が比較的容易であるという特徴がある。さらに、パターン認識にも優れていることから、精度の高い検証データが得られる場合には、再現精度をより向上させることが可能であり、また斜面崩壊の危険度の予測に対して有効な手法となるものと考えられる。

5. 今後の課題

ニューラルネットワークモデルの特徴として学習データが多すぎると学習が収束しない可能性があり複雑なモデルを構築すると精度が劣る事がある。しかしながら今後精度の高いデータを逐次追加することで再現精度の向上を図ることは可能である。また、本検討で対象とした中津川流域は豪雪地帯であるが、ここでは、豪雨による崩壊のみ考慮し積雪地特有の融雪型の崩壊を考慮していない。今後は融雪崩壊型のモデルを構築し豪雨型モデルとリンクさせ再現精度を向上させるとともに、1時間雨量を入力値として取り扱うことによりリアルタイムでの崩壊危険度予測を可能とするモデルへの改良が望まれる。

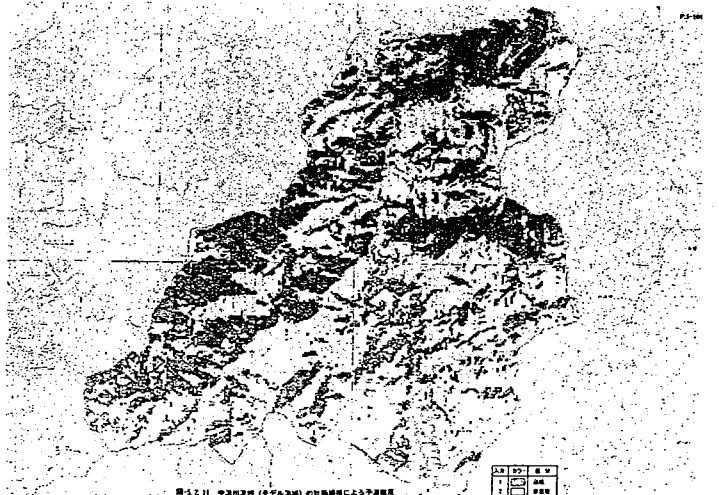


図-4 計画降雨発生時のシミュレーション結果