

1. はじめに

近年、人口の都市集中化により、生活の場を宅地造成地（谷埋め盛土）へ求める傾向が強くなってきている。しかし、1978 年宮城県沖地震、1993 年釧路沖地震、1995 年兵庫県南部地震など、宅地造成地における被害は後を絶たない。そのため被害を予測する方法として、盛土の形状等の素因を要因とした数量化 類による手法が提案されている¹⁾が、多変量解析による手法では誘因（地震）を評価することが難しく、カテゴリー区分を分ける必要があり解析を恣意的なものにする可能性がある。そこで簡便性を保持しながら高い精度の予測を行う手法として、新たにニューラルネットワークを用いた手法が提案されている²⁾。本研究では、盛土の幅、厚さなどの素因と断層面からの距離などの地震による誘因を加えてニューラルネットワークによる過去の地震データを基にした予測システムの構築を行い、鳥取県内の谷埋め盛土に適用して、検討を行う。

2. ニューラルネットワークについて

ニューラルネットワークは脳の中の神経細胞（ニューロン）とその繋がりを人工的に模したモデルで、学習機能と自己組織化能力を持っている。ニューロン間の結合の仕方により階層型と非階層型の大きく二つに分けることができる。本研究では階層型ネットワークの代表的なものであるバックプロパゲーション法（BP 法）を取り扱う。図-1 は階層型ネットワークの構造図で、左から入力層、中間層、出力層と呼ぶ。入力層に展開された学習パターンは中間層、出力層へと伝わり、出力層からの出力値と過去の地震による教師値を比較し、その誤差が最小になるように各層間の結合重みを調整することで学習が行われる³⁾。

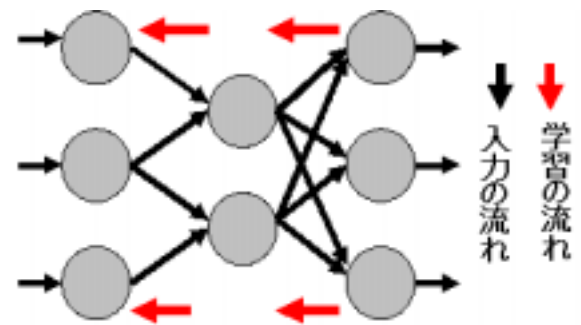


図-1 ネットワークの構造

3. 変動・非変動の寄与率

本研究では、誘因に関するパラメータとして「断層面からの最短距離」、「モーメントマグニチュード」、「断層面に対する方向」、素因に関するパラメータとして、「盛土の厚さ」、「盛土の幅」、「盛土の厚さ比」、「盛土の底面傾斜」、「造成年代」、「地下水の量」の9つの要因を入力パラメータとし、教師値として兵庫県南部地震、宮城県沖地震、釧路沖地震の事例（314 事例、うち変動事例 129）を使用して解析を行った。

過去の地震による変動・非変動事例全てを学習データとして解析した。解析結果よりネットワークの各層間の結合重みを求め、その値より導いた寄与率

（各要因の結合重みの二乗和 / 結合重みの二乗和の合計）を表す。図-2 は兵庫県南部地震、釧路沖地震、宮城県沖地震の過去の地震の事例を合わせて求めた寄与率と鳥取西部地震より求めた寄与率と誘因、素因のパラメータの関係である。これによりどの要因が変動・非変動に影響を及ぼしているのか判断することができる。過去の地震の寄与率は「盛土の厚さ」、「盛土の底

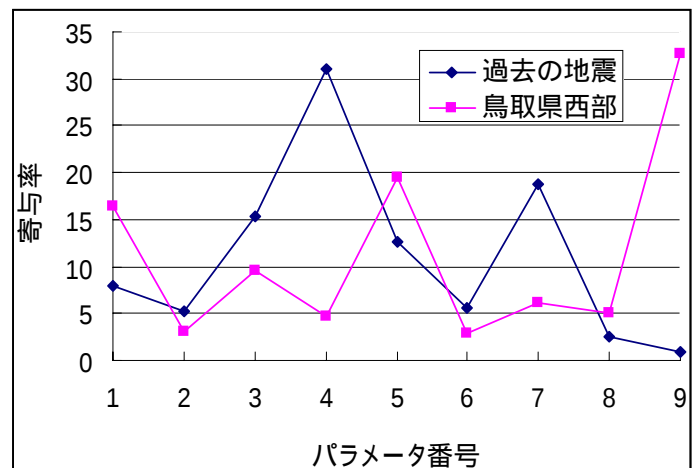


図-2 各要因の寄与率

（各要因の結合重みの二乗和 / 結合重みの二乗和の合計）を表す。図-2 は兵庫県南部地震、釧路沖地震、宮城県沖地震の過去の地震の事例を合わせて求めた寄与率と鳥取西部地震より求めた寄与率と誘因、素因のパラメータの関係である。これによりどの要因が変動・非変動に影響を及ぼしているのか判断することができる。過去の地震の寄与率は「盛土の厚さ」、「盛土の底

面傾斜」、「断層面に対する方向」、「盛土の幅」、「断層面からの最短距離」、「盛土の幅／厚さ比」、「モーメントマグニチュード」、「造成年代」、「地下水の量」の順に低下していった。上位5位までの寄与率の合計は約86%であり、これらの誘因に関連する要因（断層面に対する方向、最短距離）と盛土の規模と形状に関する要因（厚さ、傾斜、幅）が支配的要因と考えられる。314 地点全ての事例を学習データとした解析結果は、307 事例で正解率が得られ、正解率（適合率）は約98%であった。

4. 鳥取の盛土への適用

予測の対象には鳥取県米子市～南部町までの鳥取県西部に分布する谷埋め盛土（25箇所）とし、対象地震を鳥取県西部地震（2000）（Mw6.6）とする。図-3は鳥取県南部町に位置する推定断層を示している。過去の地震の事例による学習結果は正解率97.8%（307／314）であり十分な学習が行えていた。鳥取での予測（認識）結果は84%（21／25）で表-1に示す。



図-3 推定断層の位置

表-1 解析による正解率（適合率）

	正解率(適合率) (%)
学習結果（過去の地震）	97.8 (307/314)
予測（認識）結果	84 (21/25)

5. 結果の考察

数量化 類による予測とニューラルネットワークによる予測結果では正解率（適合率）は約12%（5箇所）の差があった。これは予測に断層面からの距離などの誘因に関する要因が取り入れられたため、数量化 類よりもニューラルネットワークの方が変動・非変動についての良い判定結果が得られた。鳥取県西部の盛土を全て学習データとした場合について、正解率は96%（24／25）であった。モデルの各層間の結合重みから求めた寄与率を図-2に示す。寄与率は「地下水の量」、「盛土の幅」、「最短距離」、「断層面に対する方向」、「底面傾斜」、「造成年代」、「盛土の厚さ」、「モーメントマグニチュード」、「盛土の幅／厚さ比」の順に低くなっている。3の結果と比べると、盛土の幅や厚さなどの盛土の形状に関する要因が上位であるのに対し、鳥取の場合では地下水の量、断層面に対する方向などの要因が上位に占めている。また、盛土の厚さや底面傾斜などの要因が下位にある。

6. まとめ

ニューラルネットワークによる過去の地震事例を用いて盛土の変動・非変動の予測を行い、全体の学習で約98%の正解率を持つ予測モデルを構築した。そのシステムを用いて鳥取県西部地区の盛土に適用したところ約84%の正解率を得た。学習に用いる教師データの事例数で精度の向上を図る予定である。

最後にこの研究を進めるにあたり、数多くのデータを提供して頂いた京都大学防災研究所釜井俊孝先生に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 釜井俊孝・守隋治雄（2002）：斜面防災都市、理工図書
- 2) 釜井俊孝・守隋治雄・笠原亮一・小林鷹之（2004）：地震時における大規模宅地盛土斜面の不安定化予測、地すべり学会誌、Vol.40,No.5(157)
- 3) 伊藤則夫（1999）：自己組織化ニューラルネットワークを用いた地盤特性値の空間分布推定手法に関する研究、金沢大学大学院自然研究科博士論文