

ニューラルネットワークを用いた地下水位予測手法に関する研究

山口大学大学院 学生員○森田幸治

山口大学工学部

正会員 佐藤文晴

江津市都市建設課 正会員 本庄 勉

日本道路公団中国支社松江工事事務所

非会員 梶間厚邦

山口大学工学部 正会員 古川浩平

1. はじめに

土砂災害が発生するプロセスで、降雨の地下浸透や地下貯留の予測は困難を極めている。特に地すべり災害においては、地盤が持つ特有の性質に加え、地表水の浸透による地下水位の上昇が災害を引き起こす誘因となる。地下水位と降雨の相関関係をモデル化する方法としては、タンクモデルを改良した繰り返し計算によるパラメータ同定やニューラルネットワーク（以下 NN）を用いる方法などが考えられる。NN を用いる場合、降雨-地下水位という入出力関係を適切に再現できるような降雨形式を検討する必要がある。本研究では、ある地すべり地域の地下水位観測データにより NN を用いた地下水位日変動解析システムを構築する。そして NN モデルに入力する適切な降雨形式を検討し、構築したモデルが地下水位の予測問題に適用可能であることを示す。さらに、過去の地すべり発生時における地下水位の変動を予測する。

2. モデル構造と解析条件

解析に用いる NN モデルの構造は図-1 に示す 3 層階層型とする。学習アルゴリズムは、階層型 NN モデルを用いた解析に広く用いられる一般的なバックプロパゲーション法を使用し、学習回数 100000 回の条件でシステムを構築する。中間層のニューロン数はあらかじめ行った予備計算により 7 個とした。モデルに入力するデータは地下水位と間隙水圧の変動影響因子に着目し、降雨の入力日数や降雨要因、および降雨以外のパラメータについて、システムを構築して検討する。構築したシステムは、実測水位の再現性を表す残差平均、相関係数の指標を用いて信頼性の評価を行う。残差平均が小さいシステムは実測値との誤差が小さく、相関係数が大きい方が実測水位傾向を良く再現することを意味する。

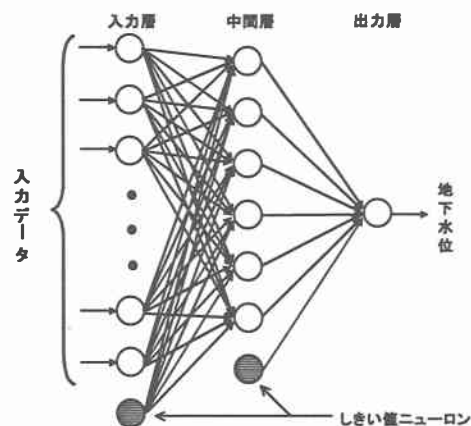


図-1 階層型ニューラルネットワークモデル

3. 地下水位変動予測システムの構築

1997年7月10日～1998年6月30日までの地下水位観測データを用いて、地下水位変動予測システムを構築する。システムの構築は、入力変数に着目し実測水位を再現する適切な降雨要因を考察する。まず、様々な降雨パターンを適切に分類し、良好なモデルの構築を行えるような入力層のユニット数を検討するため、日雨量を用いてシステムを構築した。入力要因を、① 14日幅雨量（入力ユニット数14個）② 21日幅雨量（同21個）③ 42日幅雨量（同42個）としてシステムを構築したところ、

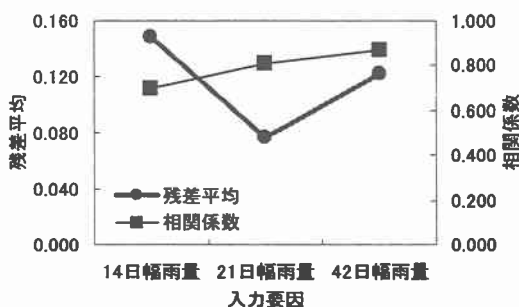


図-2 降雨要因の入力日数の検討

図-2に示すように21日幅雨量を入力したシステムが最も残差平均が小さくなった。構築した3ケースのうち、相関係数で最も高い値を示したのは42日幅雨量を入力したシステムである。しかしながら、このシステムの計算水位は、実測水位よりも高めに出力される。また、予測期間の前半、計算水位が急激に低下するノイズを含むなど、非常に不安定なシステムであった。したがって、入力層のユニット数を21個とすれば降雨パターンを適切に分類し、良好な学習を行える。次に地下水位を予測可能な入力降雨形式について検討する。

本研究で構築するシステムは水収支に着目したものである。したがって、システムに入力する降雨要因は先行雨量を考慮し、降雨を平滑化したものであることが望ましい。本研究では降雨要因として実効雨量について検討する。検討にあたっては、降雨が浸透し、貯留分が地下水となって流出するような期間に着目し、実効雨量の最適な半減期を検討した。その結果、21 日幅実効雨量（半減期 7 日）を用いたシステムは残差平均 0.054 と最小を示し、相関係数は 0.888 と最も高くなった。入力降雨要因に実効雨量を用いた場合、半減期は 7 日が最適である。図-3 (a) に入力降雨要因を日雨量とした場合

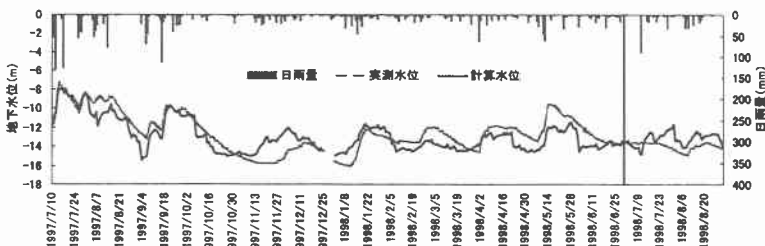


図-3 (a) 入力降雨を日雨量とした場合の水位変化

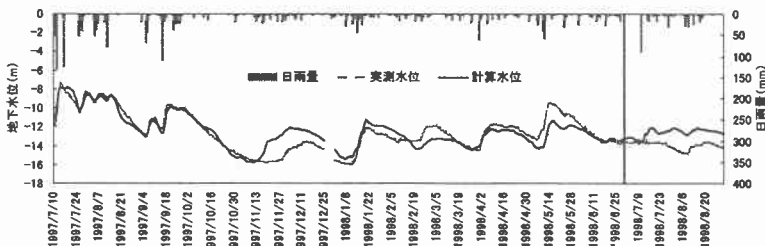


図-3 (b) 入力降雨を実効雨量とした場合の水位変化

の水位変化図を、図-3 (b) に入力降雨要因に実効雨量を用いた場合の水位変化図をそれぞれ示す。なお、図中の時系列を区切る黒縦線は、学習期間と予測期間の境界を表している。図-3 から明らかなように、実効雨量を用いることで水位変化が平滑化され、実測水位の変動傾向をほぼ忠実に再現できた。

4. 構築システムによる水位変動予測

モデル地域では 1964 年の豪雨時に大規模な地すべりが発生し、それ以降住民が他の地域に移住した経緯がある。本研究では構築した実効雨量を入力要因とする予測モデルを用いて地すべり発生時における地下水位の変動傾向を予測する。予測は地下水位の変動が緩やかな b2-1 地点、および水位変動が激しい b2-4 地点を選定して行う。さらに、1964 年以前に観測された日雨量上位 10 個を抽出し、同様の予測を行った。図-4 に災害発生時の地下水位の予測結果を示す。また、表-1 に災害発生年と災害発生以前の 10 大日雨量観測年における予測ピーク値を示す。その結果、1964 年の災害発生時のピーク値は、b2-1、b2-4 の両地点とも検討を行った年の中で最も高い値を示し、地すべりブロックが、かつて経験したことの無い不安定な状態にあったことが再現されている。

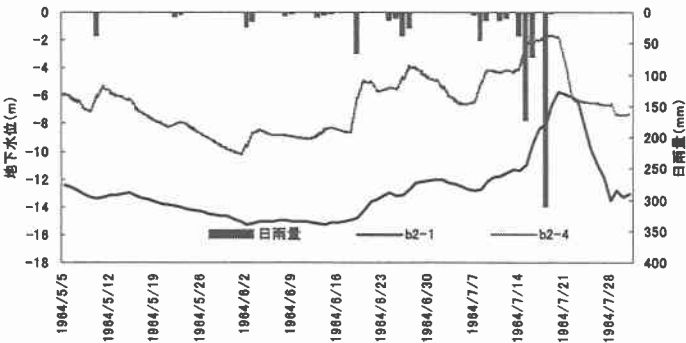


図-4 災害発生年の地下水位変動予測

表-1 災害発生年と発生前 10 大降雨観測年の予測結果（ピーク値）

観測年	日雨量の順位	地下水位 (m)	
		b2-1	b2-4
災害発生年		-5.72	-1.71
1942 年	5 位	-8.39	-2.25
1943 年	1 位	-7.51	-1.93
1944 年	3 位	-9.55	-2.45
1945 年	2・10 位	-6.80	-1.72
1951 年	7 位	-9.76	-2.62
1961 年	4・6・9 位	-9.11	-2.52
1963 年	8 位	-8.71	-2.26

6. まとめ

本研究では、NN を用いた地下水位予測システムについて、降雨要因として実効雨量を用いれば実測水位を概ね再現することを示した。そして、過去に発生した地すべり災害時における予測と災害発生以前における最大日雨量記録時の予測が可能であることを示した。これにより地すべり対策工に用いられる集水井の効果判定や、地すべり発生時期の予測などに応用でき、防災上非常に有益なシステムに成り得る。