

ニューラルネットワークを用いた地下水位および間隙水圧の 予測手法に関する研究

山口大学大学院 学生員○本庄勉 八千代エンジニアリング（株）正会員 菊池英明
九州産業大学工学部 正会員 奥園誠之 山口大学工学部 正会員 倉本和正
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。それゆえ、地すべり災害発生時の地下水位の変動や、地盤の力学的性質を知ることは、今後の地すべり災害による被害を最小限に留めるために重要である。そこで本研究では、地すべりなどの斜面崩壊に大きく関与している地下水位の日変動および間隙水圧の時間変動を予測するシステムを構築する。システムの基本モデルとして図-1 に示す3層構造の階層型ニューラルネットワークモデルを提案する。そして馬庭が行った地下水位の予測に関する研究¹⁾と同一のデータを用いてシステムの構築を行い、馬庭の研究と精度を比較することで3層モデルの有用性を検討する。さらに、3層モデルを用いてモデル地区の時間雨量データから間隙水圧の時間変動予測システムを構築する。

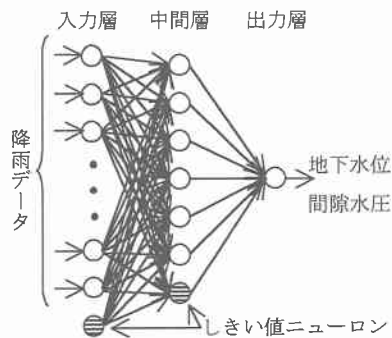


図-1 階層型ニューラルネットワークモデル

2. 地下水位の日変動予測

(1) モデル単純化に関する検討

地下水位の日変動予測については、馬庭によってシステムが提案され、その有用性が示されている。馬庭は5層構造の階層型ニューラルネットワークモデルを用い、入力日雨量として21日が最適であることを示している。ニューラルネットワークモデルは構造の明瞭さや学習に要する時間を考慮すれば、できるだけ単純なモデルであることが望ましい。そこで、馬庭と全く同一のデータを用い、3層モデルで地下水位の日変動予測システムを構築し、5層構造モデルと比較することで、モデル構造の単純化が可能であるか検討を行った。その結果、図-2 に示すように、5層モデルと3層モデルは、ほぼ同一の結果が得られ、5層モデルと3層モデルの類似性が確認された。さらに実測水位の再現性も高いことから3層モデル構造の有効性が示された。

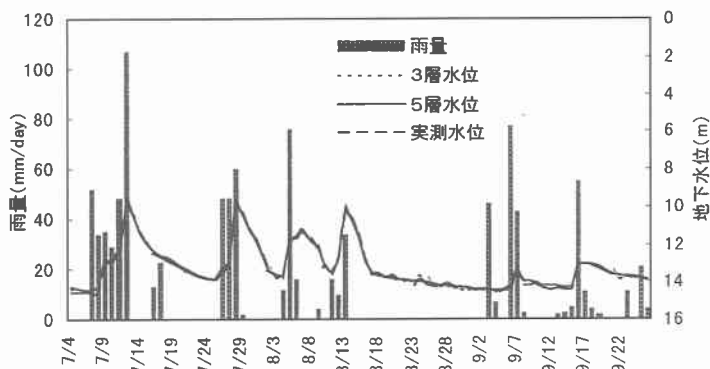


図-2 5層モデルと3層モデルの水位予測の比較

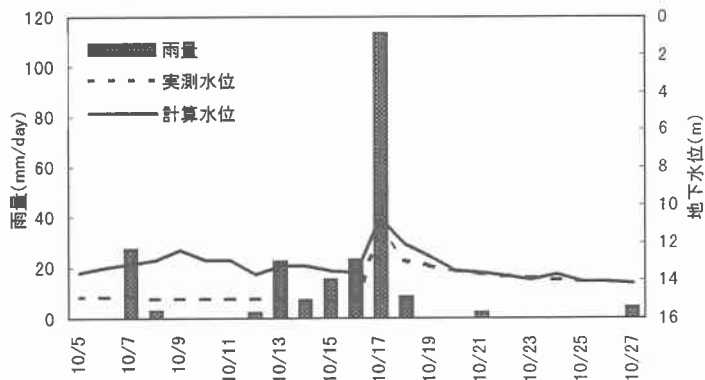


図-3 3層モデルを用いたシステムの地下水位予測結果

(2) 地下水位の予測

3層モデルを用いた地下水位予測システムを用い、モデル地区における地下水位の日変動を予測する。使用データは1998年9月15日～1998年10月27日までのデータである。予測結果を図-3に示す。予測対象地点では1998年から水平ボーリングが実施されている。水平ボーリング後、予測対象地点の水位ピークが低くなったとの報告がある。そのため、構築したシステムで1998年の地下水位を予測した場合、実測水位と予測水位には差が見られるはずである。予測の結果、10月17日の水位ピーク以前において、実測水位と明らかな差が確認された。水位ピーク後、その差は縮まったが、計算水位が実測水位を上回ることにはなかった。このことから、予測結果はほぼ正しいといえる。また、実測水位にはボーリングによる排水効果が表れていると考えられる。

3. 間隙水圧の時間変動予測 地下水位の日変動予測システムで有用性が確認された3層モデルを、間隙水圧の時間変動予測システムに適用する。使用データは1998年9月5日～1998年10月27日にモデル地区で観測された時間雨量データと、同地区の3地点（Br-1～Br-3）で観測された間隙水圧データである。なお、間隙水圧データは地下水位の予測と同様のアプローチで行えるよう、あらかじめ水位表示されている。最適システムの選定は、降雨の時間変動の平滑化と連続性、及び間隙水圧変化に影響を及ぼす入力降雨期間に着目し、入力降雨要因の組み合わせ方を変化させて教師データに対する予測精度を比較することにより行った。入力降雨要因は、①N時間幅雨量 ②時間平均雨量 ③移動時間平均雨量 の3つを

柱として、入力降雨期間などを変化させ、

合計15ケースを想定した。このうち最適システムは、間隙水圧を予測する対象時刻よりさかのぼって240時間前まで、5時間平均雨量を1時間ごとに入力していくシステム（移動5時間平均雨量を240時間適用したシステム）であった。最適システムでは、全ての観測地点において観測水位と実測水位の相関係数は0.996以上を示し、間隙水圧のなだらかな減少傾向が再現された。その中で相関係数が最も高かったBr-3地点のシステムの実測水位と予測水位を比較したグラフを図-4に示す。図-4より最適システムは観測水位の再現性がよく、非常に良好なシステムであることがわかる。さらに、最適システムを用いて1964年の地すべり災害発生時の間隙水圧変化を予測した結果を図-5に示す。図-5より、対象期間の後半で予測深度が0mを示し、非常に危険な状態であったことが推測される。

4. まとめ 本研究により、3層モデルを用いて地下水位の日変動および間隙水圧の時間変動予測システムの構築が可能であることが示された。地下水位の日変動予測においては21日分の日雨量を入力することでシステムの構築が可能である。時間変動予測システムについては、時間雨量の激しい増減をいかに平滑化するかが重要であり、移動時間平均雨量を用いれば時間雨量が平滑化され、最適システムの構築が可能である。これにより、地すべり発生時期の予測やその他の斜面災害予測に必要な地下水位の日変動及び時間変動予測が可能となり、防災上非常に有益なシステムであると考えられる。

¹⁾馬庭貴彦「ニューラルネットワークを用いた流出解析手法に関する研究」1998 山口大学卒業論文

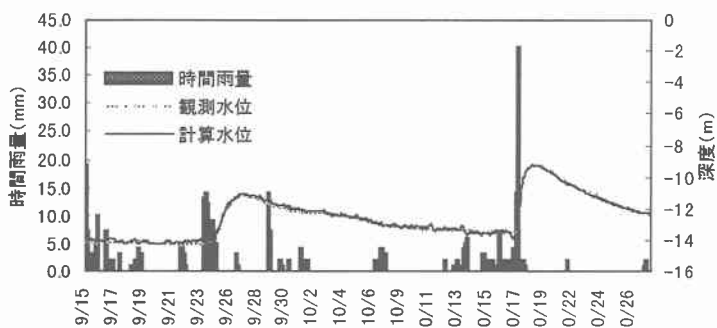


図-4 最適システムの教師データに対する間隙水圧予測結果

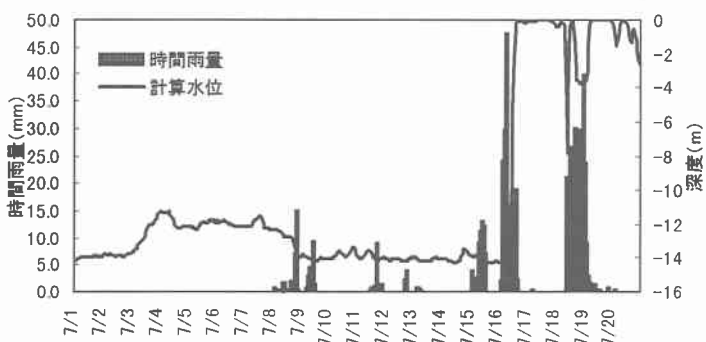


図-5 災害発生時の間隙水圧予測結果