

ニューラルネットワークを用いた地下水位予測モデルの構築と 対策工効果の評価に関する研究

日本道路公団中国支社 非会員 梶間厚邦 山口大学工学部 正会員 ○竹本大昭
中電技術コンサルタント株式会社 正会員 倉本和正 島根県江津市 正会員 本庄勉
山口大学工学部 正会員 古川浩平

1. 研究の背景と目的

我が国では毎年多くの地すべり災害が発生している。地すべり災害は、地形・地質などの素因に加え、降雨浸透などによる地下水位や間隙水圧の上昇などが誘因となって発生する。地下水位の変動は、災害発生予測の観点から常時把握することが望まれている。しかしながら、地すべり地域では雨量だけでなく、多く要因が地下水位変動に影響するため、地下水位は複雑な挙動を示し、地下水位の変動傾向の再現や予測は容易ではない。

そこで本研究では、ある地すべり地域で観測された地下水位データ（日単位）を基に、降雨による地下水位予測モデルをニューラルネットワーク（以下、NNと表記）により構築した。また、地下水排除工完成後の実測水位と本モデルによる計算水位との水位差から対策工効果を定量的に評価した。

2. NNを用いた地下水位予測モデルの構築

図-1 に、本研究で提案する地下水位予測モデルの構築フローを示す。本調査地のボーリング孔付近では、1999年10月以降に地下水排除工が施工されたため、未整備期間の内、1997年7月から1998年6月の1年間をNNの学習期間、1998年7月から1999年9月までの期間を予測期間とした。図-6に地下水予測モデルの学習期間と予測期間を示す。なお、予測期間では、構築したモデルによる計算水位と実測水位を比較し、モデルの評価を行った。なお、モデルの評価は、実測水位との相関係数、残差平均（ $| \text{実測水位} - \text{予測値} | / \text{実測水位}$ の検討）で評価した。

3. 入力要因および中間層ニューロン数の検討

3. 1 実効雨量の検討

本研究では、入力要因として実効雨量を採用した。本調査地の地下水位の波形は、降雨終了後数日間は低下しないことから、実効雨量は、当日だけでなく数日前の実効雨量（以下、n時間幅実効雨量）も入力要因に採用した。n日幅実効雨量は、最適な入力日数、前期実効雨量期間を変化させ、予測値を比較することで決定した。表-1の各ケースで検討した結果、Case1が最良となった（図-2参照）。また、Case1の半減期を変化させ、モデルの精度を比較したところ、最適な半減期は35日となった（図-3参照）。

3. 2 中間層ニューロン数の検討

中間層のニューロン数は一般的に必要最小限の数にすることが望ましい。そこで、本研究ではモデルの中間層ニューロン数を変化させた場合の精度を比較し、最適なニューロン数を決定した。図-4より相関係数、残差平均共にバランスの良いニューロン数7のモデルを最適とした。

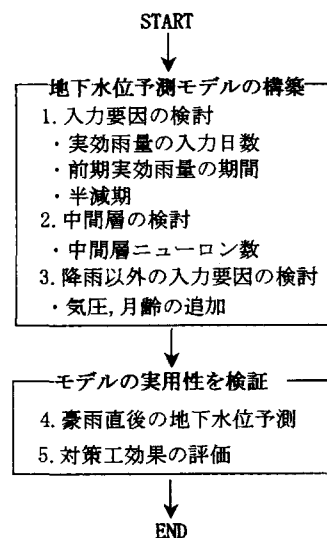


図-1 地下水予測モデルの構築

表-1 実効雨量の入力日数、前期実効雨量期間の検討

	入力日数	前期実効雨量の期間
Case 1	7日	35日
Case 2	14日	28日
Case 3	21日	21日
Case 4	28日	14日
Case 5	35日	7日

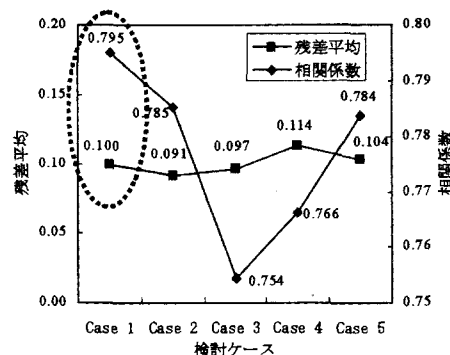


図-2 Case1～5モデルの精度比較

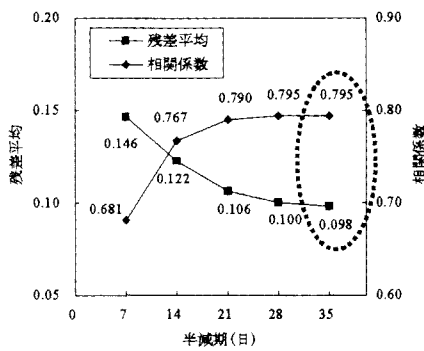


図-3 半減期を変化させたモデルの精度比較

3. 3 降雨以外の入力要因の検討

地下水位は様々な要因の影響を受けて変化する。特に本調査地は海岸線に近接しているため、降雨の他にも潮汐の干満の影響があると考えられる。そこで、本研究では潮汐の干満の代用として月齢、気圧の2要因を前節までの入力要因に追加し、精度の向上を試みた。図-5 示すように、実効雨量に気圧を加えたケースが最良となった。

4. 豪雨直後の予測精度

本調査地は予測期間中に 100mm/day 以上の豪雨を2度経験している(図-6 参照)。この豪雨後から30日間の予測精度が、本モデルでは相関係数0.90以上、残差平均0.05以下と高精度となった。したがって、本モデルは最も災害の危険性の高い豪雨後の地下水位の監視に役立つものと考えられる。

5. 地下水位排除工効果の評価

図-6 の予測期間中には、計算水位と実測水位が大きく異なる期間がある。これは、水平ボーリングの排水効果によるもので、排水効果は計算水位と実測水位の差で表現できる推察される。

本調査地では地下水排除工(集水井)が施工されているため、前述の結果と同様に集水井の施工後において、本モデルの計算水位と実測水位を比較し、水位差から対策工効果を評価した(図-7 参照)。図-7 より、集水井による地下水位低下の効果は10m 以上であり、また、2000年9月と2001年6月の豪雨時でも地下水位は上昇していないことから、集水井の効果は十分といえる。

本研究の結果を利用すれば、対策工効果を確認しながら、効率的な地すべり対策が実施できると考えられる。

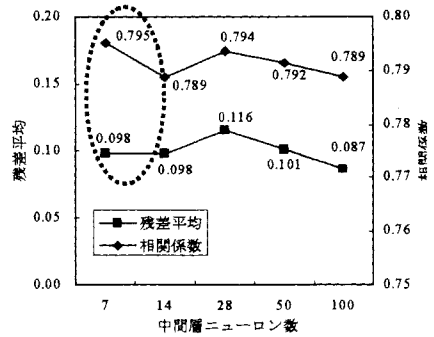


図-4 中間層ニューロン数を変化させたモデルの精度比較

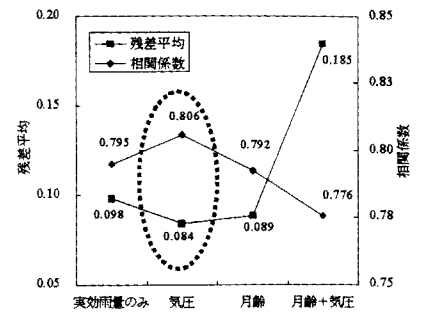


図-5 降雨以外の入力要因を追加したモデルの精度比較

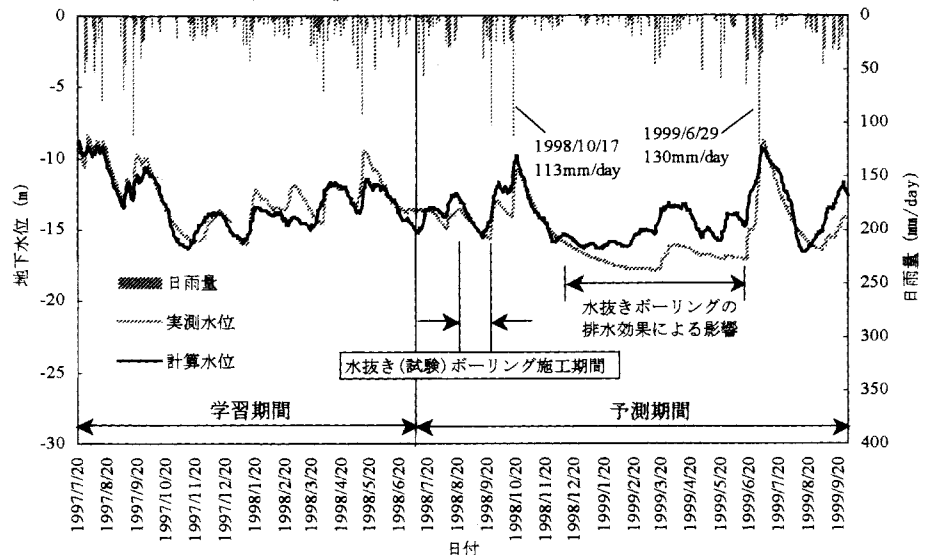


図-6 地下水位予測モデルによる計算水位と実測水位の比較

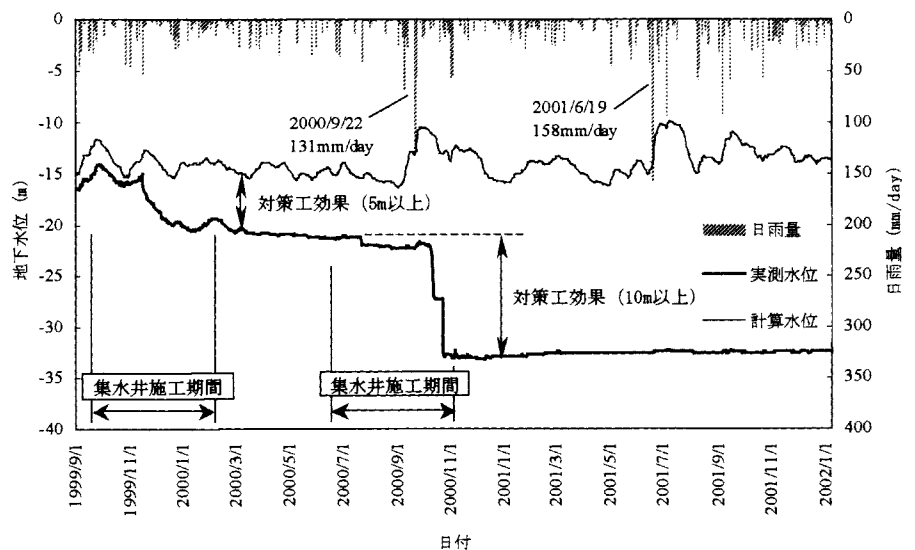


図-7 地下水排除工効果の評価