

PSO と NN のハイブリット同定システムにおける地下水位モニタリング

防衛大学校 ○小松喜治 堀口俊行 香月 智

(一財) 砂防・地すべり技術センター 道畑亮一 向井啓司 池田曉彦

1 緒言

近年、モニタリング情報を用いて構造物の劣化や異常を検知する手法が行われているが、その方法は、大きく二つに分けられる。まず、第一法は構造物の建設(正常自明)のモニタリングデータと劣化後のモニタリングデータの相違から、構造物の結果を判断するシステムである。第二法は、既設構造物の状態変化を検知するものである。可能ならば、建設当初からモニタリングを行い、データ変化と欠陥との物理的因果関係を同定したうえで第一法のシステムを用いる。しかし、既存の構造物において新設時のモニタリングデータが存在しないため実用化できないことが多い。このような背景から著者らは、第二法概念に基づき、構造物に何らかの状態変化が生じたことを検知する手法を提案し、そのモニタリングデータを複関数分類学習型ニューラルネットワーク(以後、NNと呼ぶ。)によって行う手法を行っている。

ところで、土砂災害防止を目的とした構造物(土砂災害防止施設)は地山や溪床堆積物上に建設されることが多く、中には基礎地盤の状態変化が構造物の安定性に大きく影響を及ぼすものもある。そのような構造物では、周辺に観測孔等を設けて孔内の各種モニタリングデータから基礎地盤の状態変化について検知を試みている。

そこで本研究は、複関数分類学習型 NN を用いた構造物のモニタリングシステムを、地すべり防止を目的に施工された盛土工に複数設置された観測孔の地下水位データによる構造物の基礎地盤のモニタリングに応用することを試みるものである。

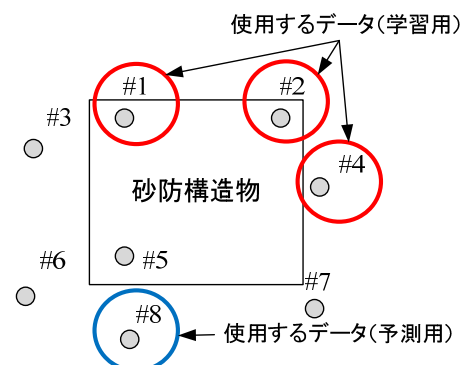


図-1 盛土工周辺の地下水位計測位置

2 提案手法

2.1 複関数分類学習型 NN

ここで、提案手法である複関数分類学習型 NN は文献 2) で提案したものであり、基本的な概念や、基本展開式は省略する。そのうえで、本研究は盛土工周辺における地下水位データへの適用性について検討を行う。

2.2 粒子群最適化 (PSO)

PSO とは、生物を模した粒子群がお互いの情報を共有しながら解空間を探索するという最適化手法である。定められた範囲が制約された空間において、独立した位置座標 p を有する n_s 個の粒子 ($i=1-n_s$) を与える。そのうえで、 n_s 個の粒子は群全体が過去において経験した最良の位置 (p_{Gbest}) 情報を共有している。また、個々は自身の経験した最良位置 (p_{Pbest}) 情報を共有しているものとする。

これに基づき、NN においてランダムに発生した初期値関数群と観測値に強く依存するという変位を改良するために



図-2 推定値と実測値の関係(BPNN)

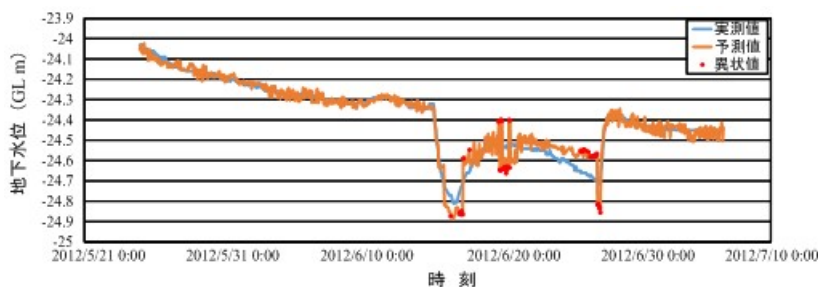


図-3 予測値と実測値の関係(BPNN)

キーワード 土砂災害防止施設、複関数分類学習型ニューラルネットワーク、地下水位、維持管理、モニタリング

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校 建設環境工学科 TEL:046-841-3810 FAX:046-844-5913

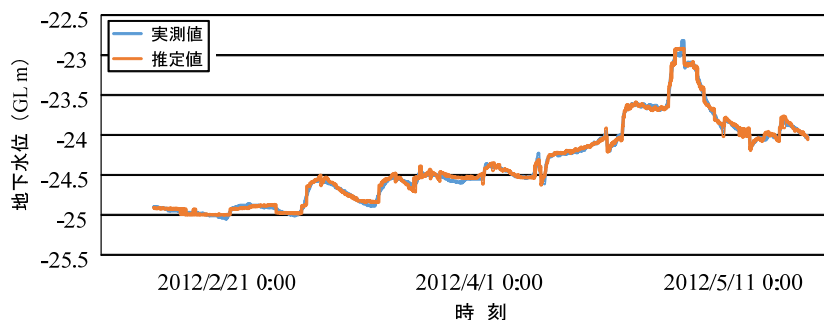


図-4 推定値と実測値の関係 (PSO・NN)

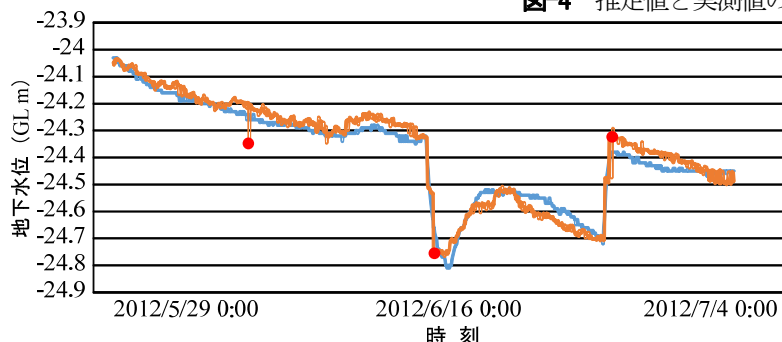


図-5 予測値と実測値の関係 (PSO・NN)

表-1 学習・予測結果における誤差と相関係数

	学 習		予 測	
	異常検知回数	相関係数	異常検知回数	相関係数
NN	0	0.99	49	0.97
PSO・NN	0	0.99	3	0.98

PSO と NN を用いるハイブリット型とした。

なお、確認解析として PSO から NN への引き渡しの試行回数は文献3)を参考に 1000 回とした。

3 地下水位モニタリングの適用性

3.1 バックプロパゲーション型 NN の適用性

BPNN (バックプロパゲーション型 NN) は、中間層ニューロンを 30 個、パターン数を 9 とし、学習回数を 50 万回とした。なお、9 つのパターンの中で実測値との誤差が最も小さいものを比較に用いている。

図-2 は、学習結果である。相関は、0.99 と極めて良好な近似であり、推定値と実測値の差が 10 cm を超えることはない。

図-3 に予測値と実測値の関係を示す。相関係数は 0.97 であり、予測値と実測値の差が 10 cm 以上になる回数は 49 回であった。

3.2 PSO・NN の適用性

PSO・NN は、パターン数を 6、試行回数を 1000 回、学習回数を 10 万回とした。

図-4 は、学習結果である。相関は、0.99 であり、推定値と実測値の差が 10 cm を超えることはない。

図-5 に予測値と実測値の関係を示す。相関係数は 0.98 であり、予測値と実測値の差が 10 cm 以上になる回数は 3 回であった。これより、異常検知を検討するには十分な結果を得ることができた。

3.3 BPNN と PSO・NN の比較

表-1 に、BPNN と PSO・NN の異常検知回数(実測値と推定値または予測値の差が 10 cm 以上の場合)と相関の比較を

示す。これより、どちらも高い相関であるが、PSO・NN の異常検知回数は 3 回と極めて低い数値であった。すなわち、異常と認知して警報を発する回数は NN が 43 日間で 49 回であるのに対して、PSO・NN では 3 回のみである。現状では欠陥は見受けられない構造物に対してモニタリングを実施しているので PSO・NN の方が実用に適している。

4 結 言

本研究は、提案手法である複関数分類学習型ニューラルネットワークを用いて盛土工に複数設置された観測孔の地下水位データによる構造物の基礎地盤のモニタリングデータの予測に適用することを試みたものである。

- (1) 上流側と下流側の水位変化の時間差を考慮して、相関性の高いデータを用いる。地下水位のモニタリングデータの変化は、BPNN と PSO・NN とともに近似が可能である。さらに、PSO・NN の方がより正確に予測できる。
- (2) PSO を用いることで無駄なパターン数を減らすことができ、効率的に予測することができる。
- (3) 提案手法による地下水位データモニタリングは、学習期間外のデータに対する異常検知についても期待できる。

参考文献

- 1) 内閣府:インフラ老朽化対策の推進に関する関係省庁連絡会議, 2013.11.
- 2) 長通伸幸, 香月智, 深和岳人: 複関数分類・学習ニューラルネットワークと構造モニタリングへの応用, 土木学会論文集, No.710/I-60, pp.321-335, 2002.
- 3) 作田健, 香月智, 坊原尚記: PSO と BP 学習則併用型複関数分類学習ニューラルネットワークによるコンクリート材料の損傷検知法, 土木学会論文集 F, Vol.62, No.4, pp.567-580, 2006.10.