

関西大学環境都市工学部 学生員 ○大西望央
 関西大学大学院理工学研究科 学生員 平川将寛
 関西大学環境都市工学部 正会員 尹 禮分
 関西大学環境都市工学部 フェロー 楠見晴重

1. はじめに

京都盆地は地下水が豊富で、様々な用途に利用されている。その中でも、城陽市では上水道水源の85%を地下水に依存し、多くの水源揚水井を有している。これらの揚水井を継続して安定的に活用するためには、適切な維持管理が必要とされる。

本研究は機械学習を用いて、これらの地域の水源揚水井の運転水位の将来予測を行うことを検討した。

2. 研究対象地域

本研究の研究対象地域である城陽市は京都府南山城地方に位置しており、良質な地下水が豊富に蓄えられている。この地域では、古くから上水道水としてだけでなく工業、農業用水としても地下水を利用していることから、地下水障害などを防ぐために地下水位の将来予測が必要となってくる。

本研究では地下水位データを用いて機械学習を行い、地下水位予測モデルを作成、地下水位の将来予測を行うことを目的とする。城陽市の第1浄水場の2本、第2浄水場の4本、第3浄水場の7本、計13本の水源揚水井で予測を行った。

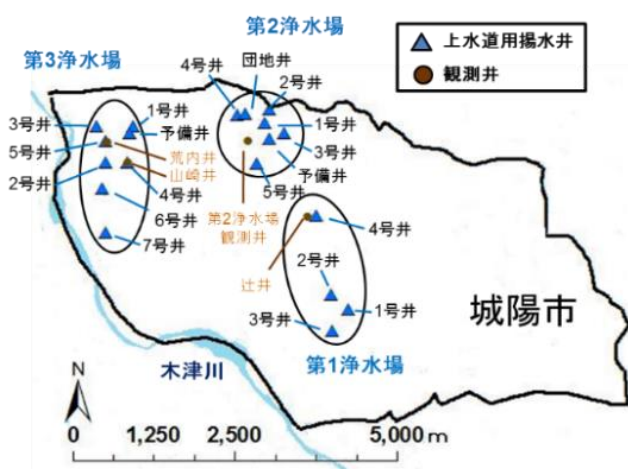


図.1 城陽市の揚水井と観測井の位置

3. SVR (Support Vector Regression)

SVRはSVMを回帰分析に適用したアルゴリズムであり、誤差の不感帯(ϵ チューブ)を設定することで、ノイズの影響を受けにくくするため、地下水位などの計測誤差の多いものの予測モデル構築に適した機械学習アルゴリズムである。また、カーネル関数を用いることで、非線形回帰分析にも応用が可能である¹⁾。式(1)はSVRの回帰式である。カーネル関数はRBFカーネルを用いた。

$$f(x^{(j)}) = \sum_{i=1}^n (\alpha_i - \alpha_i^*) K(x^{(i)}, x^{(j)}) + b \quad (1)$$

x : 実測値 α : ラグランジュ関数

b : パラメータ

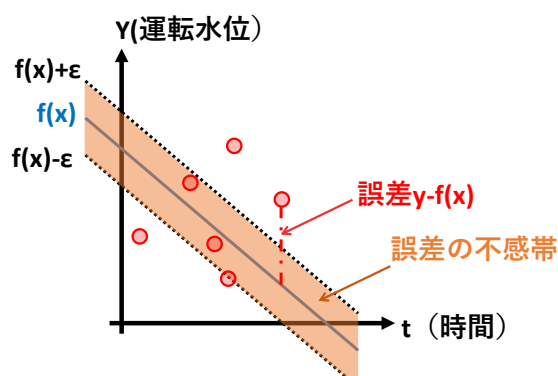


図.2 SVRの概要図

4. 線形回帰・SVR 併用モデルの作成

線形回帰分析には最小二乗法を用いた。これは各データと直線までの距離(誤差)の2乗和が最小になるような直線を求める方法である。本研究では、線形回帰によってモデルの形状を予測し、SVRによって観測値と予測値の誤差を補正する。これによって、安定かつ精度の高いモデルの構築が期待される。

5. 水位予測結果

水位予測を行う際は、図.4に示すように、7日分の午前0時、午後0時の地下水位データを用いた。

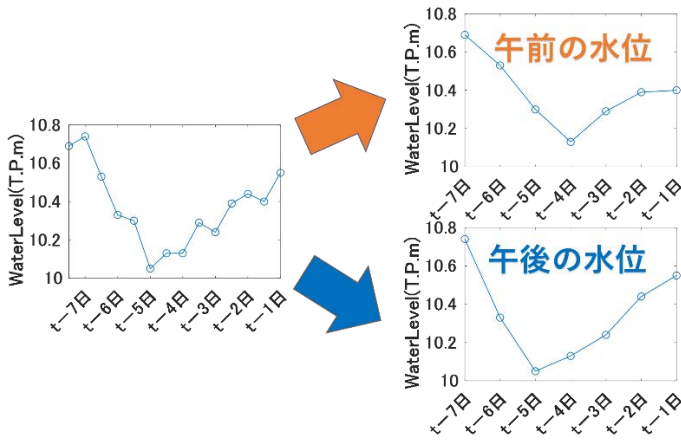


図.4 データ分類の概要図

図.5 は解析対象とした第1浄水場1号井の土質柱状図である。深度190m、適正揚水量は1500m³/dayである。図.6～図.8は第1浄水場1号井の各線形回帰、SVR、線形回帰・SVR併用モデルによって予測した運転水位の予測水位と実測水位を表している。1999年3月31日～2019年9月30日までの7489日間の学習期間、2019年10月1日～2020年3月31日までの138日間を予測期間とした。どの水源揚水井、どの予測モデルにおいても、予測値と観測値の間に1日分の時間的なずれが生じた。このずれの発生原因については現在調査中であるが、そのずれを修正したものを結果として示している。これらの図より、線形回帰のみ、SVRのみのモデルよりも、線形回帰・SVR併用モデルはより精度の高いモデルとなっている。

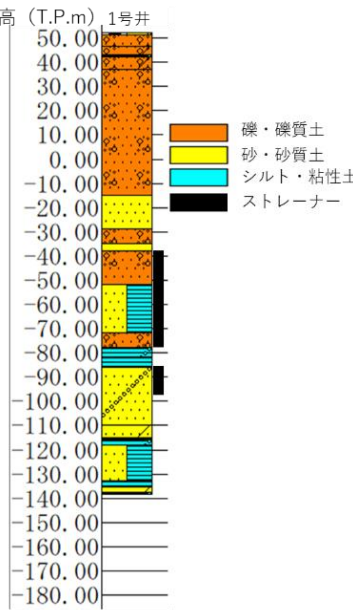


図.5 第1浄水場1号井の土質柱状図

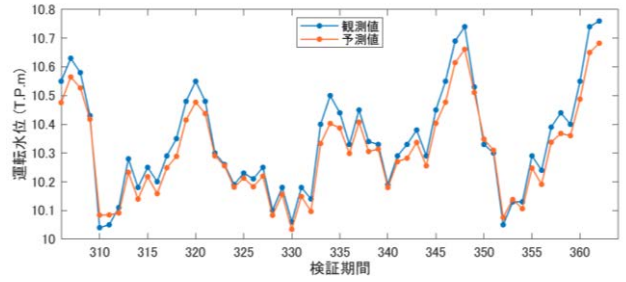


図.7 SVRによる第1浄水場1号井予測水位

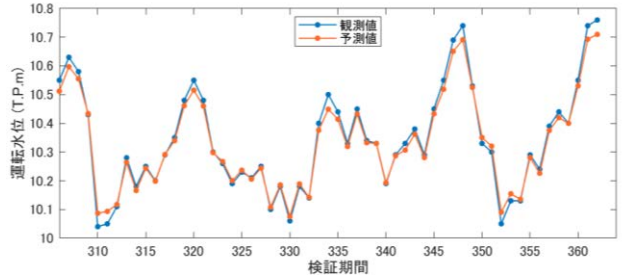


図.8 線形回帰・SVR併用モデルによる予測水位

精度比較をRMSE（二乗平均平方誤差）で行った。城陽市の各水源揚水井の精度を図.9に表す。RMSEは式(2)を用いて求めた。

$$RMSE = \sqrt{\frac{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2}{n}} \quad \dots (2)$$

x：誤差の絶対値

n：予測数

線形回帰・SVR併用モデルによる予測は城陽市の計13本の水源揚水井のうち、12本において、線形回帰、SVRモデルによる予測と比較して、精度が高いという結果が得られた。

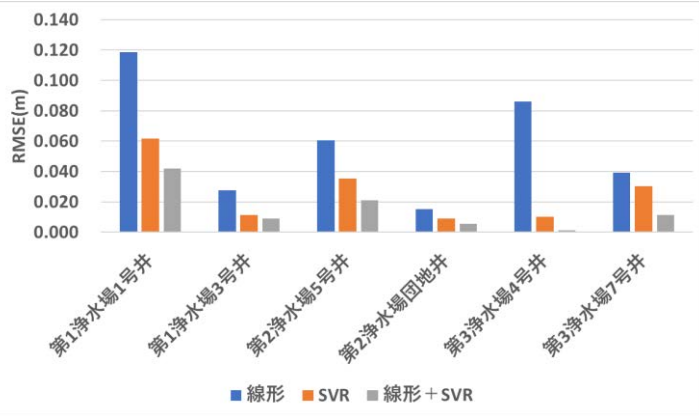


図.9 各水源揚水井の水位解析の精度

6. まとめ

線形回帰・SVR併用モデルを用いることで、水源揚水井の地下水位将来予測において、より安定かつ精度の高いモデルの構築が可能であることが認められた。

参考文献

竹内一郎、他：機械学習プロフェッショナルシリーズ サポートベクトルマシン、講談社、p42-61、2015。

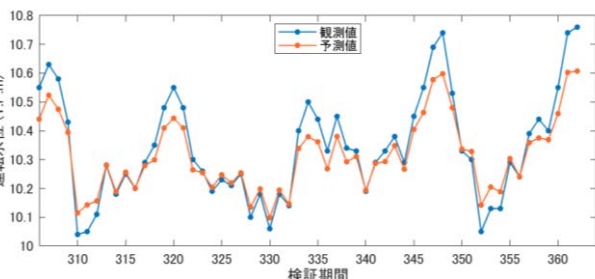


図.6 線形回帰による第1浄水場1号井予測水位