

機械学習による揚水に伴う水源揚水井水位の将来予測に関する研究

関西大学大学院

学生会員 ○平川 将寛

関西大学環境都市工学部

フェロー会員 楠見 晴重

近畿建設協会

藤井 拓弥

1. はじめに

本研究の対象地域は、京都府八幡市と城陽市である。現在、八幡市では上水道水源のうち約40%を地下水に依存しており、城陽市では上水道水源のうち約85%を地下水に依存している。そのため、八幡市と城陽市では今後も地下水利用は続き、将来的に地下水位の低下による地盤沈下等の地下水障害の発生が懸念されている。

本研究は、機械学習の1種であるサポートベクター回帰（SVR）を用いて水源揚水井水位の将来予測を試み、その適用性について検討した。

2. SVR (Support Vector Regression)

学習方法として、本研究ではSVR（Support Vector Regression）を用いる。図1はSVRの概念を示したものである。この図より、関数 $f(x)$ の±に ϵ チューブを設け $-\epsilon \leq \text{誤差} \leq \epsilon$ の場合、その誤差を0とする¹⁾。これによりノイズに強いモデルを構築することができる。本研究では式(1)のカーネル関数を線形とした回帰式を用いて予測を行った。

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

ここで α_i 、 α_i^* はラグランジュ関数、 $x^{(i)}$ 、 $x^{(j)T}$ は入力値、 $f(x)$ は予測値、 b は重みである。

本研究では、入力要因の違う3通りの予測モデルの構築を行う。t月の平均運転水位を予測する場合は、一例として図2に示すように(t-1)月から(t-3)月の平均運転水位と平均揚水量のデータを用いて(t')月を求め、(t)月との比較を行う。これをパターンAとする。パターンBは、t月の平均運転水位を予測する場合、(t-1)月から(t-6)月の平均運転水位と平均揚水量のデータを用いた。パターンCはt月の平均運転水位を予測する場合、(t-1)月から(t-12)月の平均運転水位と平均揚水量のデータを用いた。

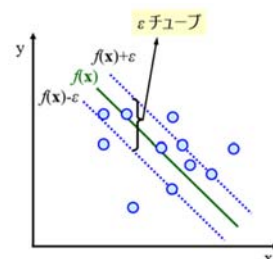


図1 SVR

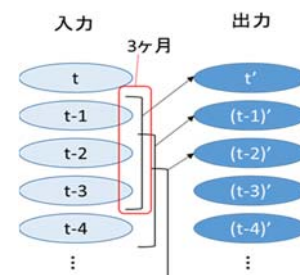


図2 パターンA概要図

3. 城陽市第1浄水場1号井の水位の将来予測

第1浄水場は1997年3月に標高40mの地点に設置された。図3は、その柱状図を示している。深度は190mでストレーナー長は50mとなっている。図4に第1浄水場1号井の1997年から2019年までの水位変動と揚水量の関係を示している。図4より2012年ごろまでは、約1000m³/dayで揚水を行っており、運転水位は低下していたが、2015年に揚水量を500m³/day以下に減少させたところ運転水位は、上昇している。このことから、運転水位は揚水量の影響を大きく受けていることが分かる。城陽市第1浄水場1号井（以下(1-1)号井）の予測結果を以下に示す。

(1) パターンA

学習期間は1997年8月から2017年12月までの245個であり、検証期間は2018年1月から2019年12月までの24個である。図5は(1-1)号井パターンAの検証期間の予測結果を示している。図5より実測値と予測値の誤差が大きくなっている場合が多く存在している。水位変動が激しくなっている場合に誤差が大きくなっている。また、水位

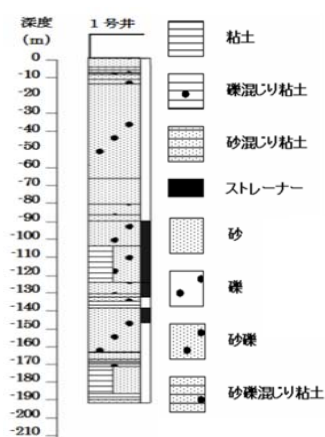


図3 第1浄水場1号井柱状図

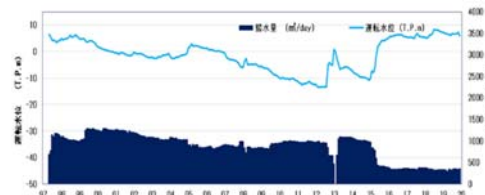


図4 第1浄水場1号井水位変動

キーワード 地下水, 機械学習, サポートベクター回帰, 将来予測

連絡先 〒564-8680 大阪府吹田市山手町3丁目3番35号 関西大学 TEL 06-6368-0837

変動がなだらかな場合に生じている一定の誤差は、SVR が幅を持たせた学習を行っているためと考えられる。

(2) パターン B

学習期間は1997年11月から2017年12月までの242個であり、検証期間は2018年1月から2019年12月までの24個である。図6は(1-1)号井パターンBの検証期間の予測結果を示しており、水位の上昇や低下などの大きな傾向は予測することができている。しかし個々の値を見ると、予測値の水位変動が激しくなっており、誤差が生じている。

(3) パターン C

学習期間は1998年5月から2017年12月までの236個であり、検証期間は2018年1月から2019年12月までの24個である。図7は(1-1)号井パターンCの検証期間の予測結果を示しており、大きな傾向を予測できているが、個々の値を見ると、実測値と予測値が一致している場合としていない場合とが存在している。一致している場合は水位変動がなだらかなであり、一致していない場合は、水位変動が急激である。

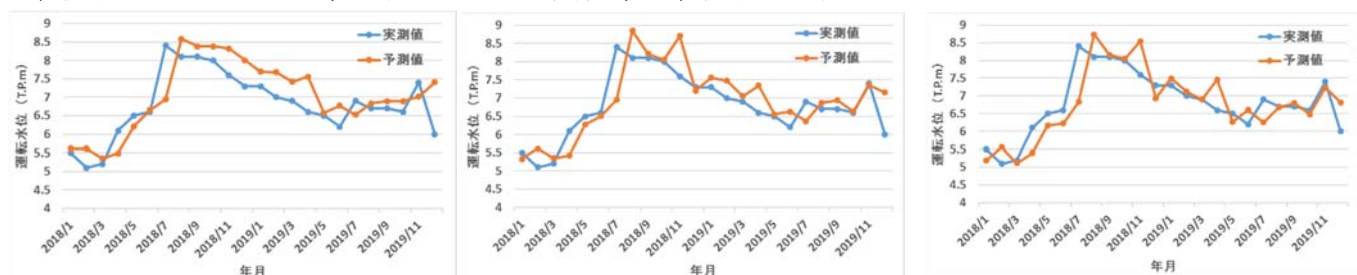


図5 検証期間予測結果(パターンA) 図6 検証期間予測結果(パターンB) 図7 検証期間予測結果(パターンC)

4. 精度比較

城陽市第1浄水場3本、第2浄水場4本、第3浄水場7本と八幡市美濃山浄水場7本の合計21本の揚水井水位の予測を行い精度の比較を行う。式(2)によってRMSE(二乗平均平方根誤差)を算出し、精度比較を行った。

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

ここでxは誤差の絶対値とし、nはデータ数とする。

城陽市の結果を図8に示す。RMSEは1mを下回る結果となった。パターン別にみるとパターンCがパターンA、Bに比べて精度が低くなる揚水井が多く存在した。八幡市の結果を図9に示す。RMSEは1mを超える揚水井が多い結果となった。パターンCがパターンA、Cに比べて精度が若干良い揚水井が多く存在した。また、揚水井ごとに精度は大きく異なっている。

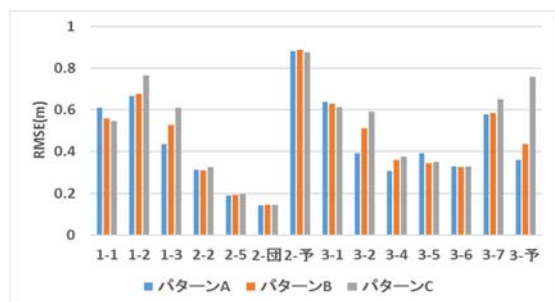


図8 RMSE(城陽市)

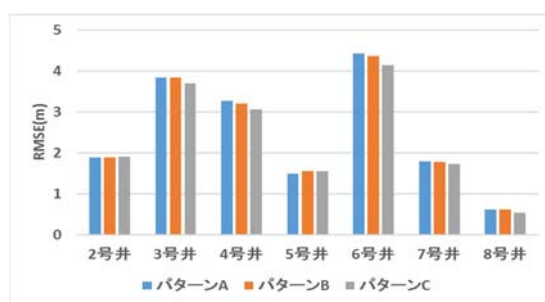


図9 RMSE(八幡市)

5. おわりに

本研究では、3パターンの予測モデルの構築を行った。全てのモデルで、個々の値では誤差が生じているが、大まかな傾向を予測することは可能であった。また揚水井によって精度が異なっているため、入力要因を揚水井ごとに変えることにより、個々の値の精度は向上すると考えられる。

参考文献

- 1)小野田崇：知の科学 サポートベクターマシン，オーム社，pp59-65，2007