

将来の井戸能力変化を予測するプログラムの開発

株式会社日さく ○澤井 清人, ヴォー フィーソン

1. はじめに

井戸は使用し続けると、スクリーン部やその周辺の充填砂利に地層の微細粒子や地下水のスケール成分による目詰まりが発生することで、揚水能力が低下する。揚水能力が低下すると、水中モータポンプが揚水水位より上に出ないように揚水量を減らして対応するか、何処かのタイミングで、揚水量が減りすぎないように、改修工事を行う必要がある（図-1 参照）。

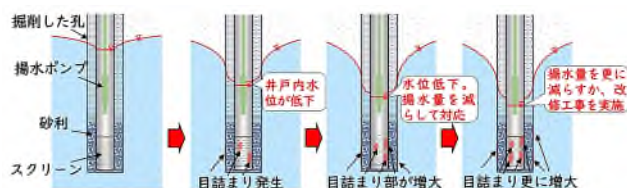


図-1 井戸の目詰りと井戸内水位の変化の概念図

改修工事の時期や頻度の設定は、現在は技術者の経験則に基づいており、最適な維持管理計画を立案することが重要な課題であった。一方、提案をしても改修工事が実施されず、揚水障害などの異常が発生して初めて改修が行われるケースや、不適切な改修間隔による井戸の損傷事例も発生している。以上のことから、事後対応ではなく（適切な）予防保全型の改修を実現するため、将来の揚水能力を予測するツールが必要であると考えた。

本レポートでは、水位等の将来予測ツール（Python によるプログラミング）開発の試みを報告する。

2. 井戸の将来予測ツールの開発

水位等の将来予測には、PyCaret と Prophet の2つの機械学習用の外部ライブラリを用いた。PyCaret は、20 種類以上の予測モデルから最適な予測モデルを選定して将来予測ができる特徴を持つ。一方、Prophet は周期的な変化予測が得意であり、特異日を考慮した将来予測ができる特徴を持つ。今回使用したデータでは、Prophet の方が良好な結果であったため、本レポートでは『Prophet による水位の将来予測』に限定して報告する。

開発のために使用したサンプルデータは、温泉井戸の毎時計測データである（図-2 参照）。揚湯量は概ね一定に設定されており、温泉水位の変動は安定しているが、所々極端な上下動が発生している。また、2016 年 10 月上旬に水中ポンプが揚湯水位より上に出そうになったため、揚湯量を減らしており、揚湯量を減らしたことで水位が一気に上昇した。その後水位は徐々に低下傾向にある。

このデータから、揚湯水位が一定の閾値を下回りそうになる時期を改修時期として将来予測を行った。

将来予測を行うための重要事項は、①計測データを将

来予測に使えるように加工すること（前処理）、②使用する外部ライブラリのパラメータを設定することである。



図-2 サンプルデータ(温泉揚湯水位の経時変化)

(1) データの前処理

前処理では、データの日変動の緩和または除去する方法を行った。候補の手法は、『①日最大値』、『②日最小値』、『③日中央値』である（図-3 参照）。これらを比較すると、『③日中央値』は大きな突出が発生しないことが分かる。したがって、サンプルデータでは『③日中央値』を使って将来予測を行うこととした。

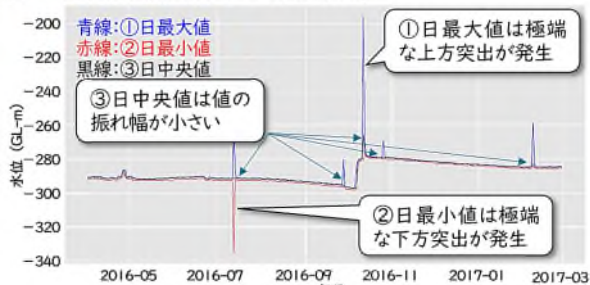


図-3 前処理のトライアル

(2) 将来予測ツール本体の作成

前処理によりデータが平滑化されたため、パラメータ設定は最低限の①機械学習期間は全期間、②トレーニングデータは全データの 80%、③検証用データは 20%、④年・週・日単位の周期性は考慮しない、という設定でプログラミングした。

水位予測結果は、細かく振動している右下がりの直線状となった（図-4 参照）。同じ揚湯量で汲み上げ続けると、2018 年 2 月 15 日付近で最低水位となり、この日を目安に改修工事を計画するという結果である。

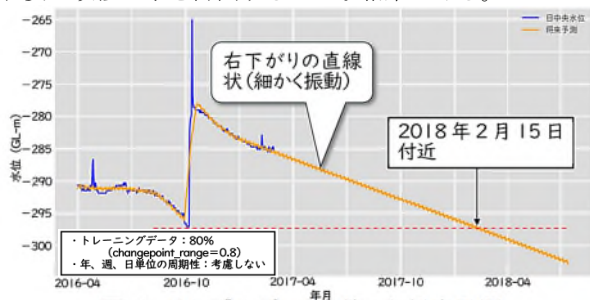


図-4 サンプルデータを使った将来予測

3. 将来予測ツールの検証及び改良

次に、変動の複雑なデータを使って将来予測ツールの検証と改良を試みた。試用したサンプルデータは、熊本市内の地中熱用井戸の地下水位と地下水温度のデータ（毎時計測、稼働期間5年分）である（図-5 参照）。

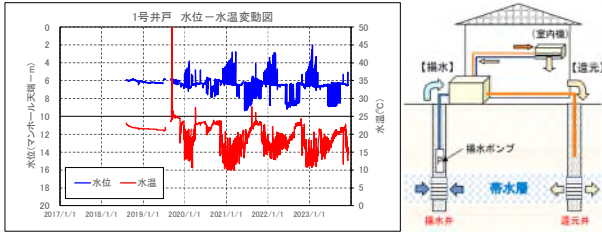


図-5 今回対象とした地下水位・地下水温度の原データ

データは、①冬は冷水を地下注入するために水位は上昇し、水温は低下する、②夏は地下水を揚水するために水位は低下する、③井戸は数十分ごとに頻繁に稼働・停止を繰り返している、といった特徴を有している。

予測ツールの改良は、データの前処理手法の設定と外部ライブラリのパラメータ設定に重点を置いた。パラメータの最適値の探索方法は、5年分のデータのうち4年分で予測を行い、直近1年分の前処理データと予測結果を比較して残差二乗和が最小となるパラメータを探索する方法を採用した。将来予測は、水温と水位について実施したが、ここでは水位予測のみ発表する。

(1) データの前処理

今回の前処理方法は、データ変動を滑らかにするため移動平均を採用した。移動平均の変数は窓値（平均を行う期間）であり、1～720日の間で変化させた。窓値の最適値とパラメータの最適値は関係することから、全てを変化させトライアル比較した結果、残差二乗和が最小値となった移動平均は、窓値=30日であった。

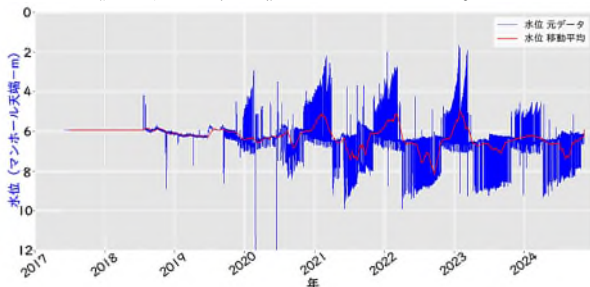


図-6 平滑化された地下水位データ(窓値=30日)

(2) Prophet のパラメータ設定

考慮したパラメータは、①予測データに対するトレーニングデータの割合(changepoint_range)、②変化傾向に対する敏感度(changepoint_prior_scale)である。

ほぼ総当たりで検討した結果、将来予測と残差二乗和最小となったのは、①トレーニングデータの割合は80% (0.8)、②変化傾向に対する敏感度はかなり鈍感(0.001)であった(図-7 参照)。

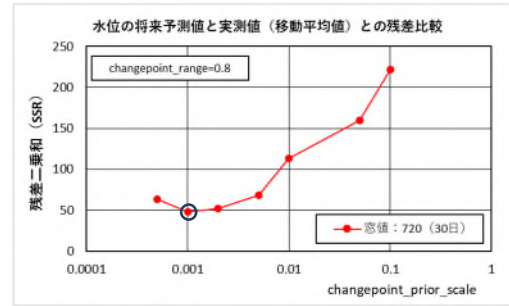


図-7 残差二乗和最小の検討結果

(3) 将来予測ツールの検証結果

以上、決定した前処理及び、外部ライブラリのパラメータ結果を適用して将来予測を行った結果を図-8に示す。その結果、水位が徐々に低下する傾向となった。

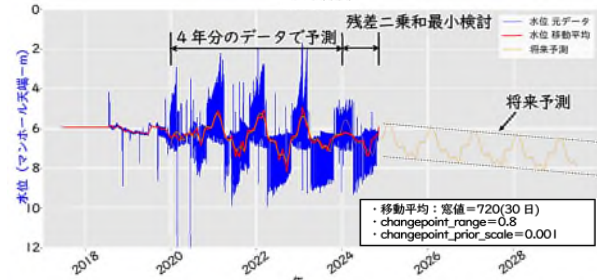


図-8 水位の将来予測(最適値)

4. 今後の課題と将来の目標

将来予測ツールを開発していて、支障となるのは、ポンプ稼働が一定ではないことや揚水・還元等の複雑な運用していることで、計測データの変化が複雑になっていることである。こういった運用をしている井戸に対して、『適切なデータ前処理方法と外部ライブラリのパラメータ設定方法』を構築することが重要であると考えている。なるべく早い時期に将来予測ツールを完成させ、適切な井戸メンテナンス間隔を提案できるシステムを構築できるようにしていく所存である（図-9 参照）。

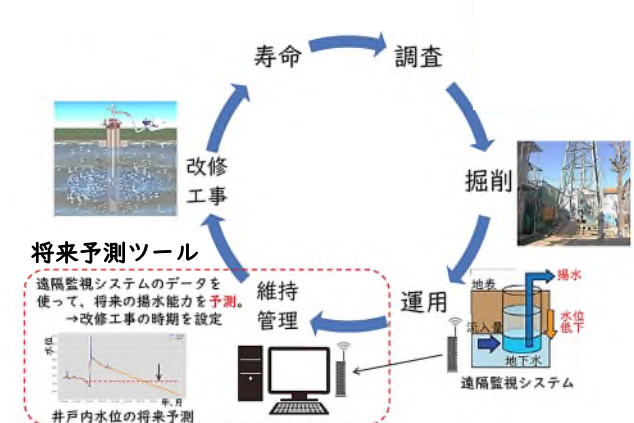


図-9 井戸維持管理システムの概要

5. 謝辞

将来予測ツールを開発するにあたり、さいたま市産業創造財団及び、平松 薫氏(埼玉大学 理工学研究科 教授)に多くの助言をいただきました。ここに謝意を表します。