

## 機械学習を用いた地下ダムの貯水量予測

## Prediction of reservoir capacity of subsurface dams using machine learning

○井上峻\*・鈴木麻里子\*・井上一哉\*  
Shun Inoue, Mariko Suzuki and Kazuya Inoue

## 1. 緒論

地下ダムの受益地域において、農業用水の安定供給の実現や適切な営農計画の策定に資するには地下ダム貯水量の予測は不可欠である。地下ダムを供用する過程では、地下ダムの地下水位を定期的に実測しているものの、効率的かつ低コストで地下ダムの貯水量を予測する手法は確立されていない。そこで本研究では、機械学習を用いて地下水位を予測し、貯水量へ変換する貯水量予測モデルの開発を目指す。

## 2. 機械学習の学習手順と予測手法

総貯水容量180万 $m^3$ を有する喜界地下ダムは、図1に示すようにダム軸沿いの観測孔と8箇所の集水井にて、2000年4月1日から1か月間隔で地下水位が観測されている。例として、図2に観測孔1A、30Aおよび8号集水井の地下水位の経時変化を示す。本研究にて対象とする予測日は2023年1月1日(以下、3か月後予測日と記す)、2023年4月1日(以下、6か月後予測日と記す)とする。機械学習の入力変数には、地下水位を含め、喜界島にて観測されている降水量と平均気温、最高気温、平均風速、最大風速を設定した。例として、降水量と平均気温の経時変化を図3に示す。貯水量予測モデルの軸となる学習アルゴリズムは、Extremely Randomized Trees (ERT)<sup>1)</sup>、Gradient Boosting Decision Trees (GBDT)<sup>2)</sup>、Support Vector Regression (SVR)<sup>3)</sup>を採用した。

本モデルによる予測対象項目は3か月後、6か月後の地下ダム貯水量である。そのためまず、予測日直前までの観測データ群を学習して地下水位を観測点ごとに予測した。次に、予め求めておいた観測水位と貯水量の関係式( $H-V$ 式と記す)に基づいて貯水量を予測した。具体的には、

$$\bar{V} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N V_i \quad (1)$$

を用いた。ここに、 $\bar{V}$ は予測貯水量、 $V_i$ は各観測孔にて $H-V$ 式より得られる値、 $N$ は観測孔の総

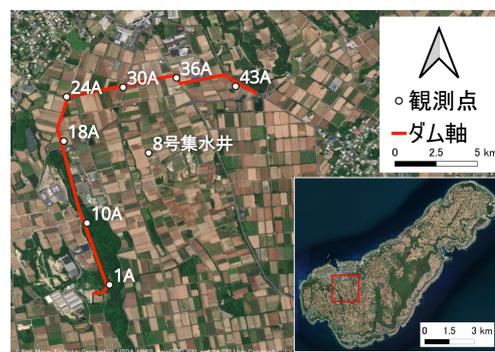


図1：喜界島の対象流域および観測点

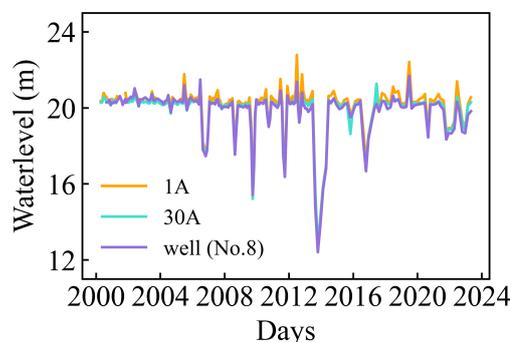


図2：観測孔1Aと30A、8号集水井の水位変化

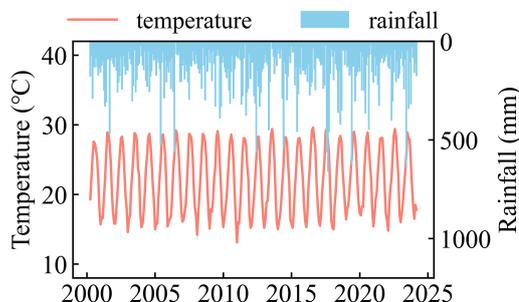


図3：気温と降水量の経時変化

\* 神戸大学大学院農学研究科：Graduate School of Agricultural Science, Kobe University.

キーワード：地下ダム、機械学習、貯水量

数であり、本研究では  $N = 10$  である。

### 3. 貯水量予測モデル

#### 3.1 アルゴリズムの比較と貯水量予測

学習アルゴリズムを選定するため、3つのアルゴリズムに対して代表的な観測孔と集水井にて予測した水位の結果を図4に示す。図中、予測日の実測データを併記しており、ERTの精度の良さがわかる。これはERTの学習過程では分岐選択にランダム性を取り入れていることが要因と推量される。ERTにより予測した予測日の貯水量について、3か月後予測、6か月後予測の結果を図5に示す。図中、100回の予測計算に基づく予測の分散を示す。本モデルでは、6か月後までの貯水量を良好に予測する一方で、予測期間が長くなるにつれて予測の分散は増大している。

#### 3.2 貯水量予測モデルの性能評価

式(1)に示す観測孔単独で貯水量を予測した結果  $V_i$ 、ならびに  $V_i$  の平均をとった予測貯水量  $\bar{V}$  を明示するため、図6に3か月後と6か月後の予測結果を描く。図中、 $V_i$  や  $\bar{V}$  を総貯水容量で除した貯水率として、実測の貯水率とともに数値を記している。単一の観測孔より予測される値は実測値の前後でばらつく結果になる。これは図2に示すように、観測孔ごとに固有の水位変動幅を有していることから、観測孔単独で貯水量を予測すると数値にばらつきが生じるためである。開発した貯水量予測モデルは各観測孔の水位変動特性を平滑化するモデルであり、良好な予測値を導くことができる。

### 4. 結論

本研究では、喜界地下ダムを対象に機械学習を用いた貯水量予測モデルを開発した。学習アルゴリズムとしてERTの性能の高さが示された。また、貯水量予測モデルは6か月後まで良好に予測する能力を有していた。

参考文献：1) Geurts, P., Ernst, D. and Wehenkel, L.: Extremely randomized trees, *Machine Learning*, 63, pp.3-42, 2006. 2) Friedman, J. H.: Stochastic gradient boosting, *Computational Statistics & Data Analysis*, 38(4), pp.367-378, 2002. 3) Gunn, S.: Support Vector Machines for classification and regression, *ISIS technical report*, pp.31-39, 1998.

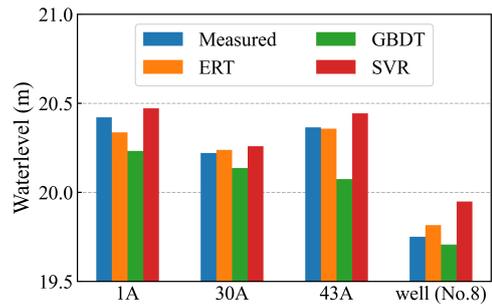


図4：学習アルゴリズムの精度の比較

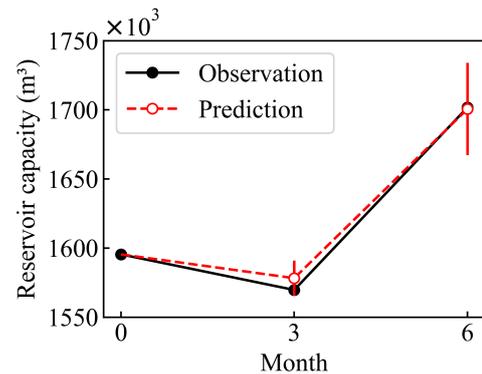


図5：貯水量予測結果と予測の分散

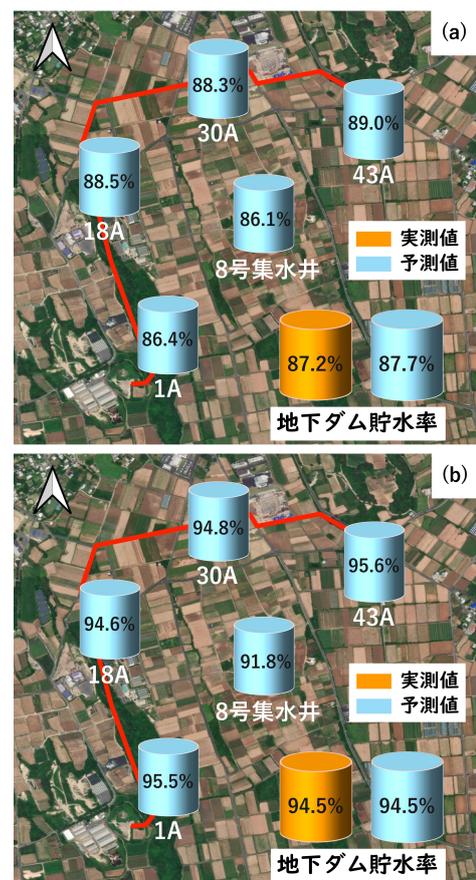


図6：地下ダム貯水率の予測：(a) 3か月後、(b) 6か月後