

[II-207] 河川水位情報と雨量情報からの深層学習によるダム流入量の予測 Prediction of dam inflow using deep learning from river water level and precipitation information

○中野 裕之¹、宮本 崇²、三浦 奈都²、天方 匡純¹、安野 貴人¹、石井 明¹（1.八千代エンジニアリング株式会社、2.山梨大学）

○Hiroyuki Nakano¹, Takashi Miyamoto², Natsu Miura², Masazumi Amakata¹, Takato Yasuno¹, Akira Ishii¹
(1.Yachiyo Engineering CO.Ltd, 2.Yamanashi University)

キーワード：ダム流入量、深層学習、時空間データ、Conv-LSTM

dam inflow, deep learning, spatio-temporal data, Conv-LSTM

ダム流入量の予測は一般に、予測開始時点でのダム流入量と実績・予測雨量などを元に、物理モデルを用いた流域の浸透・流出シミュレーションによって行われる他、近年では深層学習などのデータ駆動モデルの利用が試みられている。著者らは現在、宮ヶ瀬ダム上流域を対象として、ダム流入量予測のための情報量の増加を目的とした河川水位センサーの設置とリアルタイムでの情報取得の体制を整えており、これらの情報を深層学習モデルに反映させることによってダム流入量予測の精度向上が期待される。本稿では、いくつかの深層学習モデルによるダム流入量予測の精度を比較しながら、著者らによるダム流入量予測モデルの構築の取り組みを紹介する。

The prediction of dam inflow is generally based on simulations of infiltration and runoff in the basin using physical models with the actual and predicted rainfall, and more recently, deep learning has been used. Authors have constructed a river water level sensor and built a real-time information acquisition system for the purpose of increasing the amount of information for predicting dam inflows, and used this information as input data for deep learning model in the upstream area of Miyagase Dam. In this paper, we introduce our efforts to design the dam inflow prediction model by comparing the accuracy between several deep learning models.

河川水位情報と雨量情報からの深層学習によるダム流入量の予測

山梨大学	正会員	宮本 崇
山梨大学	非会員	三浦 奈都
八千代エンジニアリング株式会社	正会員	天方 匡純
八千代エンジニアリング株式会社	正会員	中野 裕之
八千代エンジニアリング株式会社	非会員	安野 貴人
八千代エンジニアリング株式会社	正会員	石井 明

1. はじめに

豪雨時におけるダムの防水操作の効果が有効に発揮されるためには、将来のダム流入量が適切に予測されることは重要である。ダム流入量の予測は一般に、予測開始時点でのダム流入量と実績・予測雨量などを元に、物理モデルを用いた流域の浸透・流出シミュレーションによって行われる他、近年では深層学習に代表されるデータ駆動モデルの利用が試みられている¹⁾。

特に近年の深層学習モデルは、入力データの時系列性や空間分布特性、物理的知見など、様々なデータ特性や事前知識に対応した柔軟な構造を設計することによってタスク処理性能が向上し得ることが知られている。著者らは現在、宮ヶ瀬ダム上流域を対象として、ダム流入量予測のための情報量の増加を目的とした河川水位センサーの設置とリアルタイムでの情報取得の体制を整えており、これらの情報を深層学習モデルに反映させることによってダム流入量予測の精度向上が期待される。

そこで本稿では、いくつかの深層学習モデルによるダム流入量予測の精度を比較しながら、著者らによるダム流入量予測モデルの構築の取り組みを紹介する。

2. 問題設定

本稿では、現況のダム流入量と宮ヶ瀬ダム上流域の3時間前からの解析雨量に、中津川水位計観測所の現況の水位情報を加えて、深層学習モデルにより3時間後の流入量を予測する問題を設定した(図-1)。事前解析から、現況までの実測解析雨量のみでは数時間先の流入量の予測に十分な情報を有していないことが確認されたため、既往研究¹⁾を参考に将来の予測雨量が100%の精度で得られているという仮定の下で、3時間先までの実測解析雨量を予測雨量とみなして入力データに用いることとした。実際にはそのような精度で予測雨量は得られないが、ここでは予測モデル間の精度を比較する目的でこのような仮定の下で解析を行った。

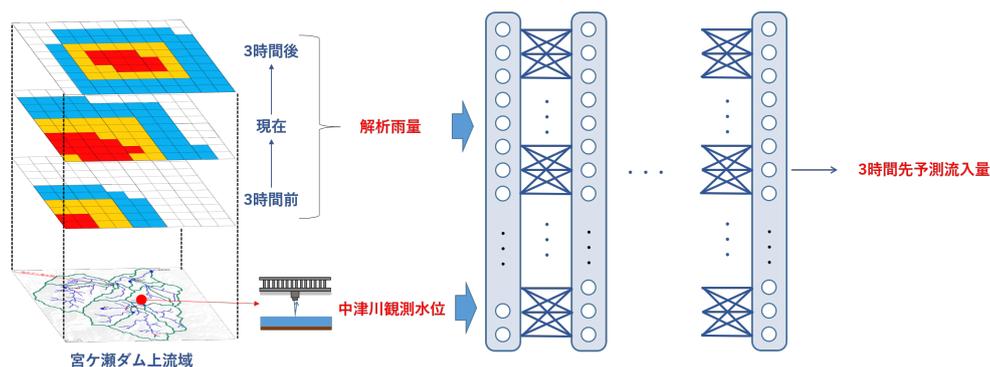


図-1 流入量予測の問題設定

3. 深層学習モデル

ダム流入量の予測に用いる深層学習モデルとして、入力情報の1つである解析雨量の有する時系列データや空間分布データとしての特性を考慮し、Conv-LSTM²⁾を利用した図-2に示す構造の深層学習モデルを設計した。Conv-LSTMは、時系列的な空間分布データを、因果的な関係性を保持した時系列の特徴マップへと変換する役割を有した層である。

Key Words: ダム流入量予測, 深層学習, 時空間データ, Conv-LSTM

〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11

ここでは、特徴マップが各空間メッシュ毎の特性に応じた表面流出量や浸透量に相当する量となるように、pointwise convolution³⁾とCoord-Conv⁴⁾を併用しながら3層の特徴マップへと変換を行った。モデルの学習には2007年から2017年までの1時間毎の入出力関係の教師データ約100,000件を利用して100epochの学習を行った後、2018年の1年間の流入量のデータをテストデータとして予測精度を評価した。

上記のモデルの予測精度を、単純な全結合型深層ニューラルネットワークモデルの精度と比較した。両モデルにおいてパラメータ数は約700万程度と同程度に揃えている。

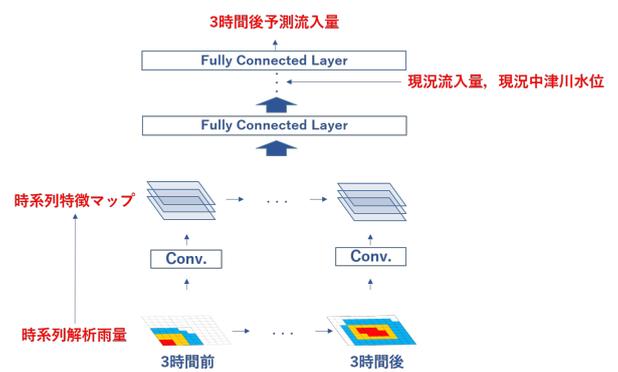
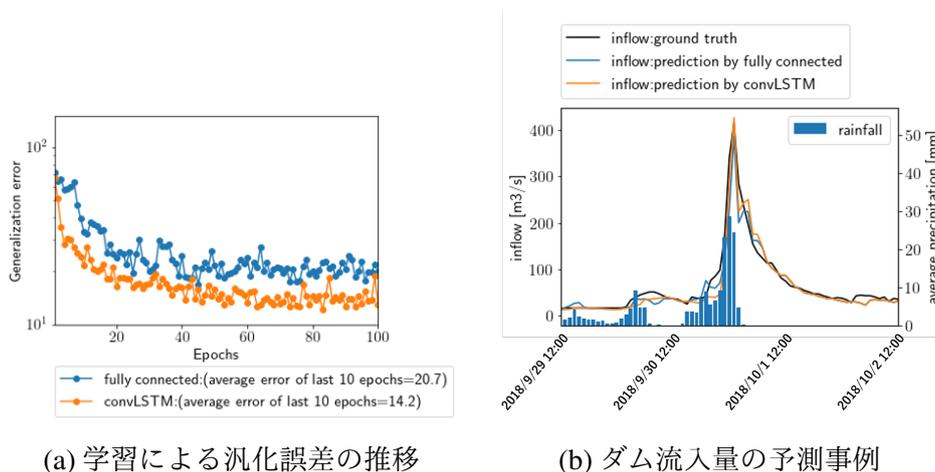


図-2 Conv-LSTM 構造を利用した流入量予測モデル

図-3(a)は、平均二乗誤差によって評価したテストデータに対する汎化誤差の推移を、モデルごとに示したものである。同図には、最終10epochでの誤差の平均値を併せて示している、学習の全epochを通じてconv-LSTMを利用したモデルの方が誤差が低い結果が得られており、最終的には全結合ネットワークと比較して30%弱ほど誤差が低下していることが分かる。モデル構造を適切に設計することにより、同程度の自由度を有するモデルであっても誤差を改善できると言える。図-3(b)は、2018年で最もダム流入量が大きかった2018年9月30日の前後を含む4日間の流入量と深層学習モデルによる予測結果を比較したものである。深層学習モデルは、降雨に伴う流入量の立ち上がりやそのピーク量を再現していることが確認できる。



(a) 学習による汎化誤差の推移

(b) ダム流入量の予測事例

図-3 深層学習モデルによる予測結果

4. おわりに

宮ヶ瀬ダム上流域を対象とした、リアルタイムの水位観測データと解析雨量を利用したダム流入量予測のための深層学習モデルの構築の取り組みを紹介した。本稿では予測雨量を完全な精度で得られていると仮定した解析を行ったが、実応用に向けては、降水短時間予報などの実際の予報値を、その予報誤差を考慮しながら予測モデルに取り入れていくことを考えている。

謝辞: 本研究の実施に当たり、国土交通省関東地方整備局相模川水系広域ダム管理事務所から多くの協力を賜りました。記してここに深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 田村和則, 加納茂紀, 三浦心, 山脇正嗣, 金子拓史: ダム流入量長時間予測への深層学習の適用-ダム防災操作の効率化を目指して-, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.74, No.5, pp.1.1327-1.1332, 2018.
- 2) X. Shi et al: Convolutional LSTM Network: A Machine Learning Approach for Precipitation Nowcasting, NIPS'15 Proceedings of NIPS '15, Vol.1, pp.802-810., 2015.
- 3) F. Chollet: Xception: Deep Learning with Depthwise Separable Convolutions, arXiv:1610.02357, 2016.
- 4) R. Liu et al.: An intriguing failing of convolutional neural networks and the coordconv solution, arXiv:1807.03247, 2018.