

レーダ雨量を用いた深層ニューラルネットワークによるダム流入予測の精度向上

長岡技術科学大学 学生会員 ○遠藤 優斗

日本工営株式会社 中央研究所 正会員 一言 正之

1. はじめに

洪水時のダム運用のために、ダム流入量予測の高精度化は重要である。流入量予測手法の一つにニューラルネットワーク (Artificial Neural Network : ANN) を用いた手法がある¹⁾。近年では、ANN の発展型として、深層学習と呼ばれる学習手法が開発されている²⁾。河川水位予測においては深層学習による予測精度の向上が報告されている³⁾が、降雨流出に基づくダム流入予測に深層学習を適用した例はない。本研究では、深層学習によるダム流入量予測モデルを構築した。

また、深層学習は多量の入力データに対しても高い学習効果が期待できる。過去の深層 ANN 水位予測モデルの報告では、入力に地上雨量を用いている例はあるものの、レーダ雨量を用いた例はない。そこで、ケーススタディとして、入力データに 1)地上雨量を用いた場合と 2)レーダ雨量を用いた場合の 2 つのケースでモデルを構築した。深層 ANN モデルにおけるレーダ雨量の活用による精度向上の可能性を検討した。

2. 学習データの作成

(1) 対象流域・対象洪水の概要

対象流域は、筑後川水系の下笠ダム (図 1) とした。流域面積は 185 km²、検討に用いた実績流入量は九州技術事務所より提供を受けた。地上雨量は水文・水質データベースより取得した。レーダ雨量は C バンドレーダ (同時刻合成) を使用した。

対象洪水は C バンドレーダ雨量データを取得できた 2005 年以上を対象とする上位 22 洪水を選定した (表 1)。

(2) 雨量データ

地上雨量とレーダ雨量の 2 つのケースでモデルの入力データを作成した。地上雨量については 4 か所の観測データを用いた。なお、2014 年以前は雨量の 10 分データが得られなかったため、60 分データを内挿して 10 分データを作成した。レーダ雨量については、5 分データを元に 10 分データを作成した後、下笠ダム流域内



図 1 下笠ダム流域と観測所位置図

表 1 下笠ダムのダム流入量予測に用いた出水データ

出水 ID	流量順位 (2002年～)	ピーク時刻 (下笠ダム流入量)	下笠ダム 流入量 (m ³ /s)	レーダ雨量の データビッチ	地上雨量の データビッチ
1	1	2012/7/14 8:20	1464.94	5分	60分
2	3	2006/7/5 0:30	1287.38	5分	60分
3	4	2009/6/30 1:00	1156.18	5分	60分
4	5	2016/6/22 11:10	1116.77	5分	10分
5	6	2007/7/7 2:10	1098.16	5分	60分
6	8	2016/6/23 0:30	848.58	5分	10分
7	10	2006/7/23 21:40	816.09	5分	60分
8	11	2015/7/1 5:40	797.86	5分	10分
9	12	2007/7/4 11:30	791.48	5分	60分
10	14	2012/7/13 16:30	693.49	5分	60分
11	15	2011/6/11 8:50	674.52	5分	60分
12	16	2010/5/23 16:40	667.80	5分	60分
13	19	2013/8/25 10:40	595.83	5分	60分
14	20	2011/7/6 19:10	591.79	5分	60分
15	22	2015/6/11 13:30	543.99	5分	60分
16	23	2009/7/20 13:30	537.69	5分	60分
17	24	2011/6/20 5:00	535.93	5分	60分
18	25	2006/7/20 19:20	534.73	5分	60分
19	26	2017/7/6 4:30	532.43	5分	(未入手)
20	27	2006/7/20 4:20	527.00	5分	60分
21	28	2006/6/26 7:00	524.95	5分	60分
22	30	2012/6/24 20:10	513.31	5分	60分

の 11 の小流域ごとに平均雨量を作成し、モデルの入力データとした。

(3) 相関分析による洪水到達時間の算出

ダム流入量と雨量データとの相関分析を行い、ダム流入と相関の高い雨量の時刻を抽出した。地上雨量では、雫谷で現時刻から 40 分前雨量、それ以外の 3 か所は 20 分から 60 分前雨量を抽出した。また、レーダ雨量は 20 分から 70 分前雨量の期間を抽出した。

キーワード 深層学習, Artificial Neural Network, レーダ雨量, ダム流入量予測

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-12304 長岡技術科学大学 E-mail : s163319@stn.nagaoka.ac.jp

3. 深層 ANN ダム流入量予測モデル

本研究のダム流入量予測手法は既往文献³⁾に示されている深層学習を用いた水位予測と同様の手法とした。本稿では、本検討で行った設定のみを記載する。

(1)入出力データの設定

入力データには、相関分析により求めた期間の雨量を使用した。また、雨量データのほかに、現時刻から10分前におけるダム流入量、現時刻から20分前における流入量変化を加えた。以上より、1)地上雨量を用いた場合は、雨量データが4地点×5データ=20、流入量データが2、流量変化が3となり、合計25個の入力データとなった。2)レーダ雨量を用いた場合は、雨量データが11流域×6データ=66、流量データが2、流量変化が3となり、合計71個の入力データとなった。

出力データは、現時刻からの流入量変化とし、10分～60分の予測時間に合わせて6つのモデルを作成した。
なお、上記の入力データの設定は1例であり、最適な設定方法とは限らない。

(2)パラメータの最適化

モデル構築にあたり、パラメータを最適化する必要がある。本検討では、学習計算の反復回数、中間素子数、dropoutと呼ばれる学習パラメータについてケーススタディを行い、最適な設定を行った。検証対象洪水のうち、上位6洪水についてleave-one-subject-out交差検証を行い、最適なパラメータを設定した(表2)。

表 2 深層 ANN モデルの設定値

ケース名	学習回数	中間素子数 (第2層-第3層)	dropout率
地上雨量 を用いた場合	10000	40-20	0.02
レーダ雨量 を用いた場合	10000	10-5	0.04

4. 計算結果と精度評価

期間最大洪水における地上雨量を用いた場合とレーダ雨量を用いた場合の深層 ANN モデルの結果を図2に示す。また、検証21洪水における予測流入量と実績流入量とのRMSEによる精度評価の結果を図3に示す。

結果を比較すると、レーダ雨量を用いたモデルの方が、波形の立ち上がりやピークの最大値を良く再現できている。また、60分予測の精度を比較すると、レーダ雨量を用いた場合はRMSEが70 m³/s、地上雨量を用いた場合は90 m³/sとなり、レーダ雨量を用いた場合の方が精度が高いことを示した。

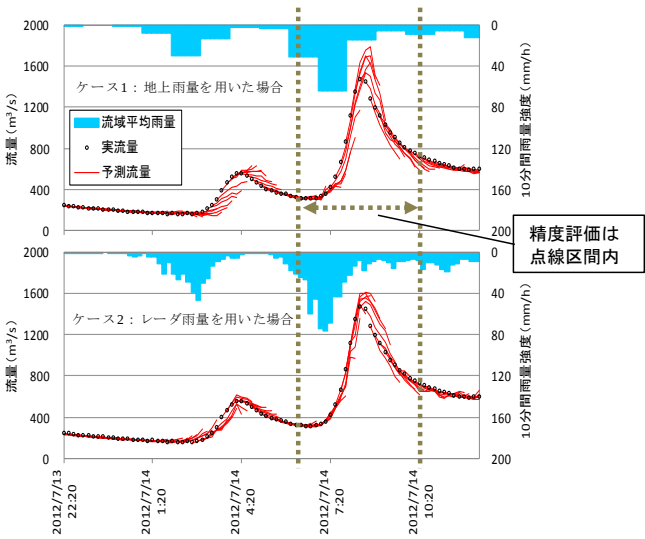


図 2 各ケースの予測流入量比較 (2012 年洪水)

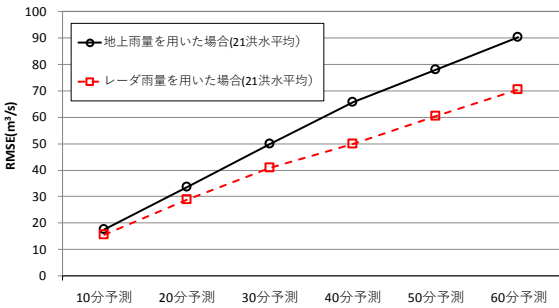


図 3 予測流入量と実績流入量との RMSE

5. おわりに

従来の深層 ANNによる洪水予測では地上雨量が使われていたが、本検証により、レーダ雨量の有効性が示されたと考える。一方で、入力データには研究の余地がある。本検証では11の小流域から入力データを作成したが、最適な学習データであるとは限らない。更なる精度向上のために、最適な学習データの作成方法を模索することが課題としてあげられる。

謝辞

本稿の作成にあたり、国土交通省九州地方整備局九州技術事務所の皆様には貴重な情報提供をして頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

1) 松井哲郎, 飯坂達也, 植木芳照: ニューラルネットワーク応用のダム流入量予測システム, 富士時報, vol.71, No.3, pp.157-160, 1998
2) 岡谷貴之: 深層学習, 講談社サイエンティフィック, 2015.
3) 一言正之, 桜庭雅明: 多地点観測情報を活用した深層ニューラルネットワークによる河川水位予測の精度向上, 河川技術論文集, vol.23, pp.287-292, 2017.