

深層学習を用いた補助ダム運用のための気象レーダーの補正手法の開発

長岡工業高等専門学校 学生会員 ○武樋 力, 正会員 込山晃市, 正会員 山本隆広
 長岡技術科学大学 正会員 陸 旻皎
 日本工営株式会社 正会員 中村 茂

1. 目的

補助ダム近傍では地上降水量計が少ないため適切な降水の空間分布情報を把握することが困難である。気象レーダーは広範囲で降水量の分布を知ることができるためレーダー降水量をダム運用に使用することができれば補助ダムの運用能力向上に資すると考えられる。気象庁の解析雨量はその都度、地上降水量計を用いてレーダーを補正しているために比較的降水量の精度が高いと考えられている。一方で、新潟県の補助ダムの流域面積は4.0から305.7 km² (58.9±70.0 km²)までであり、流域面積が小さいために洪水到達時間が短くなる。そのため、洪水防御の観点からピーク付近のダム流入量を適切にとらえるためには配信時間間隔が30分間隔の解析雨量よりも高頻度なレーダー降水量が求められる。国土交通省のCバンドレーダーの降水量(以下、Cバンドレーダーと言う)は配信時間間隔が5分であるため、小さい流域を持つ補助ダムでは有益であるとも考えられるが、先行研究¹⁾で指摘されているように解析雨量と比較すると精度が低下している可能性がある。そこで本研究では、高頻度かつ高精度な降水量データを生成するためにCバンドレーダーを学習データ、解析雨量を正解データとする深層学習モデルを構築し、Cバンドレーダーを高精度に補正することを目的とした。

2. 対象流域と使用データ

本研究の対象流域は三国川ダム上流域(76.2 km²)であり、使用データはCバンドレーダー、解析雨量ともに2010年1月から2017年12月までの降水量データの1時間値である。それらの降水量データを深層学習に利用する際、2010年1月から2016年12月までを学習用データセット(データ数15145個)、2017年1月から2017年12月までを検証用データセット(データ数2751個)として分割し使用した。しかし、11月から3月末の降雪期はレーダー自体の精度が良くないため除外したとともに流域内に降水の分布がない時刻のデータはデータセットに偏りを生む可能性があるため除外した。

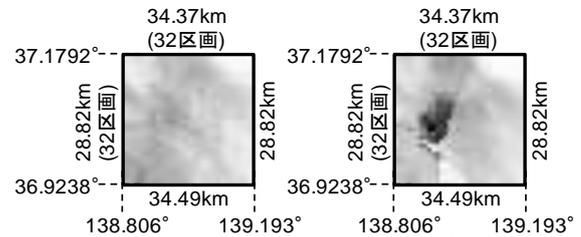


図-1 画像形式のデータの一例

解析雨量(左), Cバンドレーダー(右)

3. 解析手法

本研究では対象流域を含む領域の座標値と降水量データを図-1に示す画像形式のデータに変換し取り扱い、SONYのNeural Network Consoleを用いた深層学習によりCバンドレーダーを補正した画像を生成する。また、座標値と降水量データを画像に変換する際、カラーバーの設定は最大値を197 mm/h、レンジを0.773 mm/hとし、256色で色分けを行った。利用する深層学習モデルは先行研究を参考に構築した畳み込みニューラルネットワーク(Convolutional Neural Network, 以下、CNNと言う)モデルとU字型の畳み込みニューラルネットワーク(以下、U-netと言う)の2種類である。CNNモデルは主に画像認識に応用される順伝播型ネットワークである。U-netは主に物体検知に用いられるモデルであり、CNNモデルの構造をU字型としているため画像の局所の特徴を保持したまま全体的位置情報を復元可能なモデルである。本研究では各深層学習モデルの学習回数を500回、1000回、3000回の3ケースで深層学習を実施した。また、各深層学習モデルにより生成された画像は数値データに変換し、補正後の降水量として正解データとする解析雨量を基準にCバンドレーダーと比較することで精度評価を行う。この際、精度評価には平均絶対誤差を用いてそれぞれの降水量と解析雨量との一致率を画像ごとに算出するとともに分布型水文モデル²⁾を用いてダム流入量を計算し、その計算結果からNash効率係数を算出することでダム流入量の波形の再現性の評価を行った。ここで、平均絶対誤差は解析雨量と一致するほど小さく、Nash効率係数は一般的に0.7以上であればダム流入量の波形の再現性が良好だとされる。

キーワード 補助ダム, 気象レーダー, 国土交通省Cバンドレーダー, 解析雨量, 深層学習

連絡先 〒940-8532 新潟県長岡市西片貝町888番地 長岡工業高等専門学校環境都市工学科 TEL0258-34-9265

4. 結果と考察

4.1 平均絶対誤差の比較

Cバンドレーダーと解析雨量の平均絶対誤差は0.470 mm/h だったのに対し、補正結果と解析雨量の平均絶対誤差は殆どのケースで0.7 mm/h 以上であり、降水量の一致率が低下していた。一方で、学習回数を3000回とした際のU-netと解析雨量の平均絶対誤差は0.463 mm/h であり、Cバンドレーダーと解析雨量の平均絶対誤差と比較するとわずかに精度の向上が確認された。本稿ではこれ以降、この補正結果を補正Cバンドレーダーとし解析した結果を記載する。

4.2 ダム流入量の波形の再現性の比較

表-1 に検証期間の全期間と検証期間中の5つの洪水イベントのNash効率係数の算出結果を示した。結果を比較すると補正Cバンドレーダーでは表-1の②の洪水イベントを除く4つの洪水イベントでNash効率係数の向上が確認された。そこで図-2、図-3にはダム流入量の波形の再現性が最も向上した表-2の③の洪水イベント期間中のハイトグラフ、ハイドログラフを示した。図-2より洪水イベント期間中の累積降水量を比較するとCバンドレーダーのほうが解析雨量に近い値を示した。しかし、これは三国川ダムのような流域面積が小さいダムでダム流入量のピークに起因する1時間前の流域平均降水量をCバンドレーダーが解析雨量に比べ11.0 mm/hも過大評価していたからだと考えられる。一方、補正Cバンドレーダーは解析雨量に比べ洪水低減時の流域平均降水量を過小評価したものの、深層学習を用いた補正によりダム流入量のピークに起因する1時間前の流域平均降水量の差を3.78 mm/hにまで近づけた。その結果、図-3に示すようにピーク付近のダム流入量の波形を精度よく再現することができたと考えられる。しかし、図-4に示したように検証期間全体の流域平均降水量を比較すると、もともとCバンドレーダーが解析雨量よりも過大に降水を評価した部分を深層学習による補正によって小さく評価することで解析雨量に近づける傾向にあった。そのため、解析雨量よりもCバンドレーダーが過小に評価していた降水量はより小さく評価されてしまう。この点については検証期間を変更し検証を行う必要がある。

5. まとめと今後の課題

本研究ではCバンドレーダーを学習データ、解析雨量を正解データとする深層学習モデルを構築し、Cバンドレーダーの補正を行った。その結果、U-netを用いる

表-1 Nash効率係数の算出結果

各イベントの期間 (2017年)	Nash効率係数	
	Cバンドレーダー	補正Cバンドレーダー
全期間	0.826	0.878
① 7/2 14:00 ~ 7/6 10:00	0.714	0.878
② 7/18 12:00 ~ 7/18 20:00	0.426	-0.142
③ 8/8 19:00 ~ 8/10 3:00	-0.038	0.951
④ 10/22 22:00 ~ 10/24 10:00	0.626	0.756
⑤ 10/29 12:00 ~ 10/30 17:00	0.626	0.743

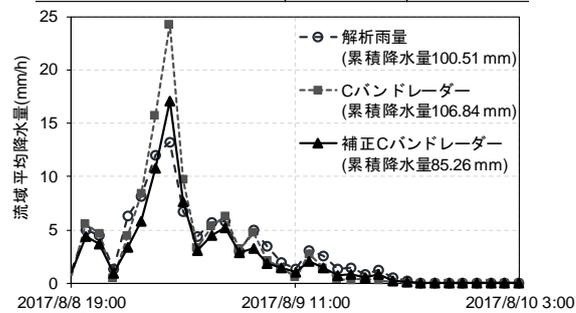


図-2 ③(表-2)の洪水イベント期間中のハイトグラフ

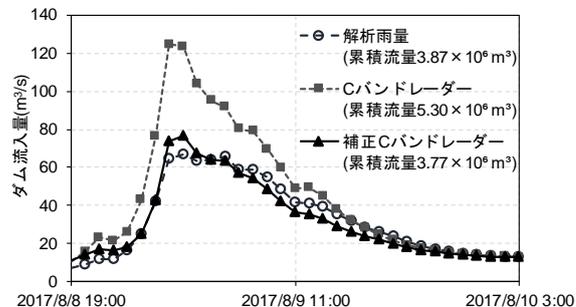


図-3 ③(表-2)の洪水イベント期間中のハイドログラフ

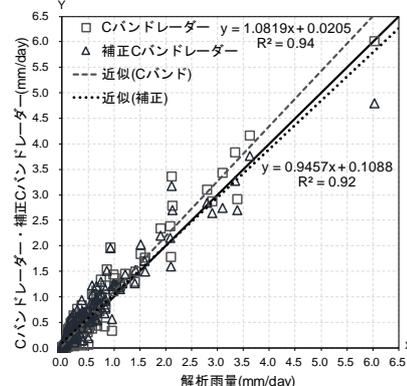


図-4 Cバンドレーダー・補正Cバンドレーダーと解析雨量の比較

ことでCバンドレーダーを高精度に補正することが可能だと示唆された。今後は、Cバンドレーダーの配信時間間隔と同様に5分間隔と高頻度に降水量データの補正を行うため降水強度の5分間値と1時間値の時間スケールの違いについて分析していく必要がある。

参考文献

- 1) NEDO : IoT を活用した新産業モデル創出基盤整備事業に関する調査, 平成30年度調査報告書, pp.41-55, 2019.
- 2) 陸ら : 分布型水文情報に対応した流出モデルの開発, 土木学会論文集, 411/II-12, pp.135-142, 1989.