

雨雲画像を用いたニューラルネットワークによる河川の出水判断モデル

大成建設(株) 正会員 ○大野剛
フェロー会員 伊藤一教

1. 背景と目的

河川工事において、河川水位を早い段階で予測して関係者に周知することは安全管理や工程管理、コスト管理の面で重要となる。例えば出水対策で複数重機の移動や大量の資材養生などが必要な場合、十数時間前に出水対策を開始できることが望ましい。著者らは工事地点の河川水位を予測し、現場で設定した危険水位を超える水位を予測した場合に関係者にメールやWEBで配信する出水警報システムを開発し運用している¹⁾。本システムは回帰モデル、数値モデル、累積雨量モデルの3つの予測モデルにより工事地点の水位を数時間～十数時間前に予測(リードタイム)するものである。本システムの特徴は、いずれかのモデルがトラブルにより停止してもほかのモデルが稼働しており出水予測が継続する「ロバスト性」を有している。本モデルの課題は、予測モデルごとに予測水位が異なり、出水の有無判断に迷う場合があることである。この場合、河川工事の担当者は過去の経験を踏まえて退避行動の準備や出水時の対策を進めている。また、予測地点より上流に水位観測所がなく回帰モデルや数値モデルを構築できない場合がある。そこで雨雲画像のみで出水の有無のみをニューラルネットワーク(NN)で判断するモデル(以下、出水判断モデル)を構築した²⁾。本稿では北海道の石狩川の月形観測所(図1)を予測地点として2008～2016年における出水の有無の判断を行ったので報告する。

2. 出水判断モデルを用いた予測方法

出水判断モデルは、雨雲画像から流域内における雨雲の重心座標(X, Y)と原点から重心座標までの距離(L)、流域内の雨量(R)を求め、NNにより対象地点の出水の有無のみを予測するものである。予測対象地点は石狩川の月形観測所とし、2008～2016年の各年における出水の有無を予測した。出水とは、月形観測所の水位がE.L.+7.0mを超え、過去1時間および2時間前よりも水位が上昇している場合とした。出水イベントを調べてたところ全16回(図3 ①～⑯)であった。学習データには過去10年分の水位の出水判断結果と上記X, Y, L, Rの組み合わせ(ただし予測する年のデータは除く)を用いた(図2)。その他の設定項目として、中間層のノード数は40、学習回数は100回、500回、1000回、2000回とした。



図1 石狩川の位置

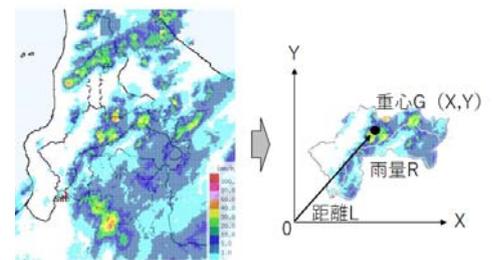


図2 雨雲画像の重心と雨量の例

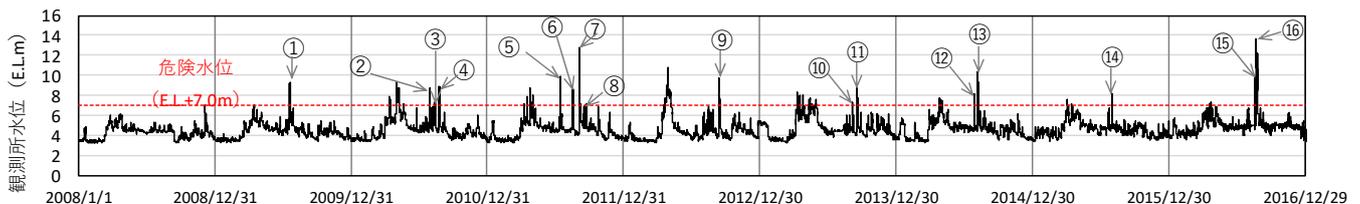


図3 2008～2016年の月形観測所における水位変化

キーワード 河川工事, 出水警報システム, ニューラルネットワーク, 雨雲画像, 出水超過判断

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町344-1 大成建設(株)技術センター TEL045-814-7234

3. 予測結果

図4に出水判断モデルの予測結果を学習回数ごとに示す。学習回数が増加すると事前（1時間以上前）に出水を予測できたイベントは増加し（青、緑）、例えば学習回数が100回では4イベント、学習回数が2,000回では10イベントとなった。また実際は出水したものの予測結果が出水無しと判断した「見逃し」は学習回数の増加とともに減少し、学習回数100回で10イベントだったが学習回数2,000回で5回となった。

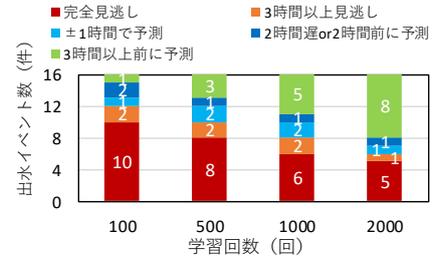
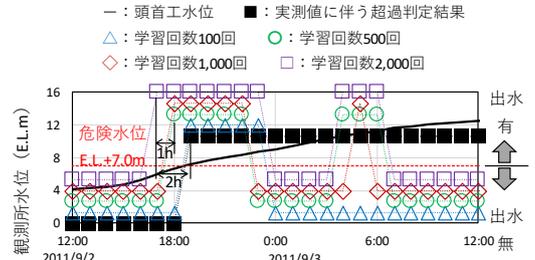


図4 予測結果 (①~⑯の予測結果を集計)

「見逃し」は学習回数の増加とともに減少し、学習回数100回で10イベントだったが学習回数2,000回で5回となった。

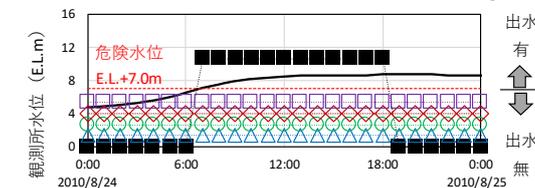
図5は予測結果の一例であり、図5(a)は実際に出水したときに予測結果も出水していた事例を示している。図5(b)は「見逃し」と判断した事例であり、各学習回数とも出水を予測できなかった。また図5(c)では実際に出水しなかったが、予測では出水有と判断した「空振り」の事例である。



(a) 事前予測ができた出水イベント (⑦)

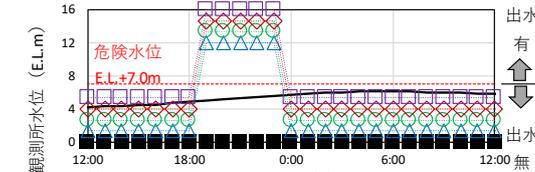
3. 見逃し・空振りの発生要因と学習データの関係について

出水予測において「見逃し」を減らすことは安全上重要であるため、「見逃し」が発生した要因を学習データから考察した。学習回数が2,000回の際に完全に見逃した5出水イベント（図3の④⑤⑥⑪⑭）と事前に出水を予測した4出水イベント（図3の①②⑦⑬）の学習データのうちLとGを実際に出水する20時間前から出水後5時間後まで比較した（図6）。



(b) 見逃しが発生した出水イベント (④)

図6の破線は出水を予測したときと見逃した時の平均値である。見逃した時と出水を予測できた時のL, Rの比率を調べたところ、見逃した時に対してLは最大で1.05倍、Rは最大で1.73倍であり、重心からの距離に大差はなく、降雨量が少ないため見逃しが発生したことが推察された。図5(a)(b)の出水イベントにおける降雨分布を比較したところ、出水を予測した図5(a)の降雨分布は集水域全域での強雨（図7(a)）に対して、見逃した時（図5(b)）は局所豪雨であった。本手法で見逃しを低減させるためには降雨分布を考慮した学習データを用いることが必要と考える。



(c) 空振り

図5 出水予測結果

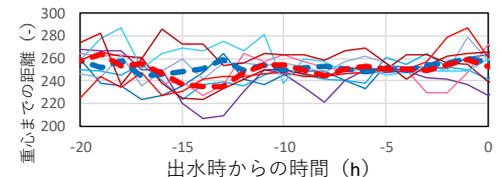


4. まとめ

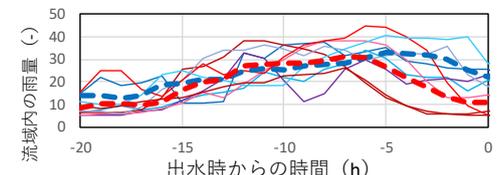
ニューラルネットワークを用いて河川工事現場で設定した危険水位の超過の有無のみを判断する出水判断モデルを構築し、石狩川を事例に予測結果を確認した。その結果、予測時間に誤差はあるが事前に出水を予測できた。また見逃しを低減するには降雨分布パターンを考慮した学習データを用いることが必要であることが示唆された。

参考文献

- 1) 大野ら (2018) : ニューラルネットワークを用いた河川水位の超過判断モデル, 土木学会第73回年次学術講演会講演概要集, II-007.
- 2) 斎藤 康毅 (2016) : ゼロから作る Deep Learning——Python で学ぶディープラーニングの理論と実装, O'Reilly Japan.

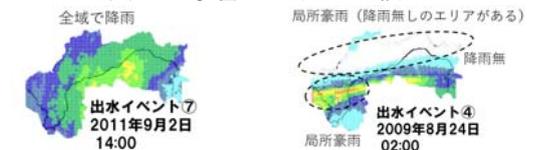


(a) 重心までの距離



(b) 流域内の雨量

図6 学習データの比較



(a) 出水を予測した時 (b) 見逃した時
図7 雨雲画像の比較