

# 北海道の常呂川，釧路川を事例とした LSTM による 台風出水と融雪出水に対する水位予測精度の比較・検証

山田 恒輝<sup>†</sup> 小林 洋介<sup>†</sup> 中津川 誠<sup>†</sup> 岸上 順一<sup>†</sup>  
室蘭工業大学<sup>†</sup>

## 1 背景

全国各地で降水量が増加し、治水安全度が著しく低下すると予測されており、特に北日本・北海道では年最大降水量が大きく増加する傾向にある [1]。実際に、2016 年 8 月の北海道豪雨災害では 4 つの台風の上陸・接近により北海道東部を中心に記録的な大雨となり、甚大な被害が発生した。常呂川の下流部では計画高水位を超過し、釧路川の標茶地点では 1961 年以降最高水位、下流部では観測史上最高水位を記録した [2]。また、北海道では降雨と融雪が重なって生じる rain-on-snow (ROS) event [3] による融雪出水の被害もある。2018 年 3 月に前線を伴った低気圧による激しい雨で、釧路川では氾濫危険水位に達し、道路の冠水・床下浸水といった被害に見舞われた [4]。

災害のソフト対策として防災行動に必要な時間である LT (Lead Time) を十分に確保した、水位予測システムが求められている [5]。これまでに、著者らは時系列を考慮した学習が可能な LSTM (Long Short-term Memory) [6] を用いた水位予測を提案した [7]。これまでに北海道豪雨災害を事例に常呂川の 5 地点・釧路川の 3 地点の水位予測を行い、LT 6 時間としたときの RMSE (Root Mean Squared Error; 平均二乗誤差平方根) は全地点平均 0.224m であった [8]。しかし、これらの結果は大規模な融雪出水の事例が予測対象に含まれておらず、入力についても水位データしか検討を行えていないという課題があった。

そこで本稿では、文献 [8] と同様に水位を予測する直接水位予測モデルと水位の変化量を予測する水位変化量予測モデルを河川ごとに構築した。その構築したモデルにより常呂川と釧路川について、台風出水のみでなく、融雪出水についても予測精度を検証する。また、データセットを複数パターン作成して予測精度を比較する。

## 2 LSTM を用いた水位予測モデル

本稿では LSTM を用いた水位予測モデルを、対象となる河川ごとに構築した。図 1 にモデルの概略図を示す。このモデルは観測地点・観測項目ごとに LSTM ブロックにより時系列を考慮した特徴抽出を行い、それぞれの結果を結合したあと 2 層の全結合層を重ねて出力値を得る。

LSTM ブロックは、入力ゲート、メモリーセル、忘却

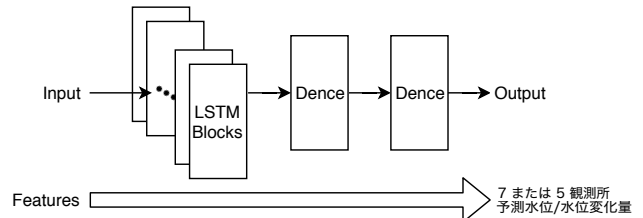


図 1: モデルの概略図

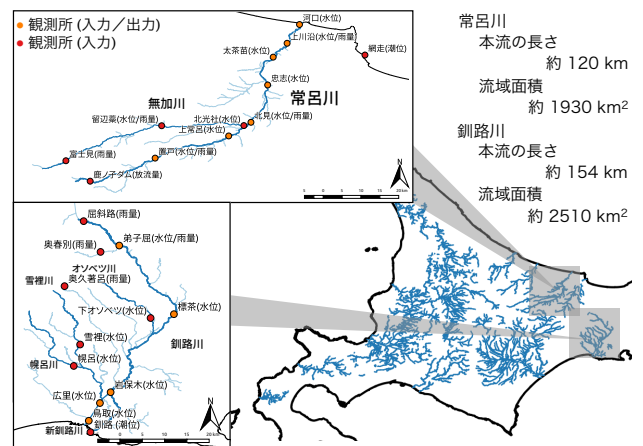


図 2: 常呂川水系・釧路川水系の概略図 (出展: 国土数値情報, 水文水質データベース)

ゲートおよび出力ゲートで構成される [6]。全結合層の活性化関数は ReLU を用いた。

## 3 予測対象とデータの概要

図 2 に常呂川水系・釧路川水系の概略図と本稿で扱う観測所を示す。表 1 に本稿で利用するデータセットを示す。直接水位予測モデルは水位を予測するモデルで、水位変化量予測モデルは水位の変化量を予測するモデルである。LT を 6 時間とし、目的変数は直接水位予測モデルでは 6 時間後の水位、水位変化量予測モデルでは 6 時間後までの変化量とした。説明変数は表 1 に示す通りで、順に増やしていく。説明変数中での変化量とは 1 時間前と比較したときの増減である。ただし、釧路川はダムが存在しないためダム放流量は使用しない。

表 2 にモデルの学習期間と評価期間を示す。ただし、常呂川は 2016 年 11 月・12 月と 2018 年 3 月融雪出水期間のデータが揃っていないため、これらの期間の評価は省略する。

Flood prediction method using LSTM  
for typhoon and snowmelt conditions

Koki Yamada<sup>†</sup> Yosuke Kobayashi<sup>†</sup>  
Makoto Nakatsugawa<sup>†</sup> Jay Kishigami<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Muroran Institute of Technology

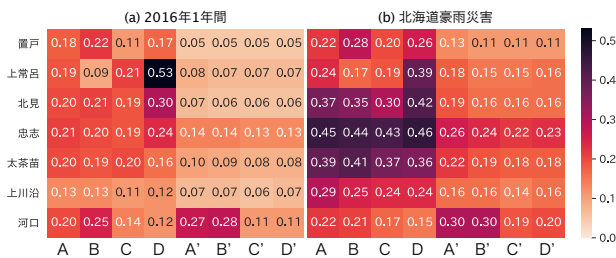
表 1: モデルと説明変数の組み合わせ

モデル	説明変数
A	直接水位予測モデル 観測水位
B	直接水位予測モデル 観測水位・降水量
C	直接水位予測モデル 観測水位・降水量・観測潮位
D	直接水位予測モデル 観測水位・降水量・観測潮位・ダム放流量
A'	水位変化量予測モデル 水位変化量
B'	水位変化量予測モデル 水位変化量・降水量
C'	水位変化量予測モデル 水位変化量・降水量・潮位変化量
D'	水位変化量予測モデル 水位変化量・降水量・潮位変化量・ダム放流量

表 2: データの期間

学習	2002年5月31日~2015年12月31日
2016年1年間	2016年1月~12月
評価	2016年8月3日~2016年9月14日
2018年3月融雪出水	2018年3月9日~2018年3月13日

表 3: 常呂川の予測結果の RMSE(m)

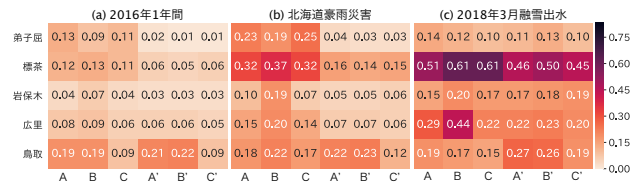


#### 4 予測結果

表 3 に常呂川, 表 4 に釧路川のそれぞれの事例に対する RMSE をヒートマップで示す。縦軸が観測所, 横軸がモデルと説明変数の組み合わせを示し, 観測所は上から順に上流から下流とした。表 3(a) は 2016 年 1 年間予測, 表 3(b) は北海道豪雨災害の予測結果で, 表 4(a) は 2016 年 1 年間, 表 4(b) は北海道豪雨災害, 表 4(c) は 2018 年 3 月融雪出水の予測結果である。表 3(a)–表 4(b) より, 直接水位予測である A–D に比べ水位変化量予測である A'–D' の方が RMSE は全地点平均で 0.091 m 小さく, 水位変化量予測は直接水位予測よりも高精度であった。また, 下流部については潮位や潮位変化量が含まれている C, D, C', D' が他のパターンに比べ, RMSE の平均が常呂川河口地点では 0.103 m, 釧路川鳥取地点では 0.078 m 小さく, 潮位のデータを加えることで下流部の精度が改善することがわかった。一方, ダム放流量の情報を加えた D, D' は C, C' と比べ, RMSE は全地点平均で 0.03 m 大きく, やや精度が悪化した。

さらに, 表 3 の常呂川忠志地点, 表 4 の釧路川標茶地点は前後の地点に比べ色が濃く, 精度が悪化する傾向にある。標茶地点は直前に支川の鑑別川が合流するが, 鑑別川には観測所がない影響と考えられる。しかし, 忠志地点は不明であり詳細な調査が必要である。また, 表 4(c) の 2018 年 3 月融雪出水は表 4(b) の北海道豪雨災害と比べても全体的に色が濃く, 実際に RMSE は平均 0.105 m 大きくなっており, 精度が悪化していることがわかる。

表 4: 釧路川の予測結果の RMSE(m)



#### 5 まとめ

本稿では常呂川と釧路川について LSTM を用いた直接水位予測モデルと水位変化量予測モデルにより, 2016 年 1 年間, 北海道豪雨災害, 2018 年 3 月融雪出水の水位予測を行い, 1 年通した予測と台風出水, 融雪出水に対する予測精度を, データセットを入れ替えて検証した。その結果, 2016 年 1 年間と北海道豪雨災害では, 直接水位予測モデルに比べ水位変化量予測モデルの方が全地点平均で RMSE が 0.091 m 小さく, 高精度であった。また, 潮位のデータを加えることで常呂川河口地点, 釧路川鳥取地点の RMSE が平均 0.091 m 小さくなり, 下流部の精度が改善することがわかった。

一方で, 常呂川忠志地点と釧路川標茶地点は上流や下流に比べ, 精度が悪化する傾向にあり, 要因を分析する必要がある。また, 融雪出水については北海道豪雨災害の結果に対し RMSE は平均 0.105 m 大きく, 今回用いたデータでは融雪出水の予測には説明変数が十分でないと考えられる。今後は気温や積雪量などを入力した場合での予測精度の検証が必要である。

#### 参考文献

- [1] 国土交通省社会資本整備審議会, “水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について(答申),” [http://www.mlit.go.jp/river/basic\\_info/jigyo\\_keikaku/gaiyou/kikouhendou/pdf/toshin.pdf](http://www.mlit.go.jp/river/basic_info/jigyo_keikaku/gaiyou/kikouhendou/pdf/toshin.pdf), 2008.
- [2] 土木学会・2016年8月北海道豪雨災害調査団, “2016年8月北海道豪雨災害調査団報告書,” <http://committees.jsce.or.jp/report/node/144>, 2017.
- [3] 石井吉之, “降雨と融雪が重なって生じる融雪出水,” 日本水文学会誌, vol.42, no.3, pp.101–107, 2012.
- [4] 国土交通省北海道開発局, “平成30年3月8~9日の低気圧に伴う降雨による釧路川の出水概要【速報版】,” [https://www.hkd.mlit.go.jp/ks/release/qgmend00000061v6-att/180312\\_2.pdf](https://www.hkd.mlit.go.jp/ks/release/qgmend00000061v6-att/180312_2.pdf), 2018.
- [5] 平成28年8月北海道大雨激甚災害を踏まえた水防災対策検討委員会, “平成28年8月北海道大雨激甚災害を踏まえた今後の水防災対策のあり方~気候変動への適応により, 命を守り国土の保全と発展へ~,” [https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/kn/kawa\\_kei/ud49g7000000f010.html](https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/kn/kawa_kei/ud49g7000000f010.html), 2017.
- [6] F.A. Gers, et al., “Learning to forget: Continual prediction with LSTM,” *Neural Computation*, vol.12, no.10, pp.2451–2471, Oct. 2000.
- [7] 山田恒輝他, “リカレントニューラルネットワークを用いた2016年常呂川の洪水事例の水位予測,” 土木学会論文集 B1(水工学), vol.74, no.5, pp.I-1369–I-1374, 2018.
- [8] 山田恒輝他, “2016年北海道釧路川・常呂川を事例としたRNNを用いた水位予測モデルと水位変化量予測モデルの性能比較,” 情報処理学会北海道シンポジウム, 2018. No.29.