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

大成建設(株)　　正会員　○大野剛　永野雄一　高山百合子
フェロー会員　伊藤一教

１．背景と目的

河川工事において，河川水位を事前に予測し関係者に周知することは安全管理や工程管理の上で重要である．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事前に予測し，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た[1)]（**図１**）．本システムは３つのモデル（回帰モデル，数値モデル，累積雨量モデル）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．本システムは，いずれかのモデルがトラブル等で停止しても出水予測は稼動するため「ロバスト性」を有しており，各モデルの予測結果を補完しあうことで「信頼性」も高めている．しかし複数のモデルを用いるが故に，各モデルの予測水位の違いから出水の有無の判断に迷う場合がある．そこでニューラルネットワーク（NN）を用いて出水の有無のみを判断するモデル（以下，超過判断モデルとする）を構築した．本稿では石狩川頭首工撤去工事を事例に 2015 年, 2016 年における出水有無の判断を行ったので報告する．

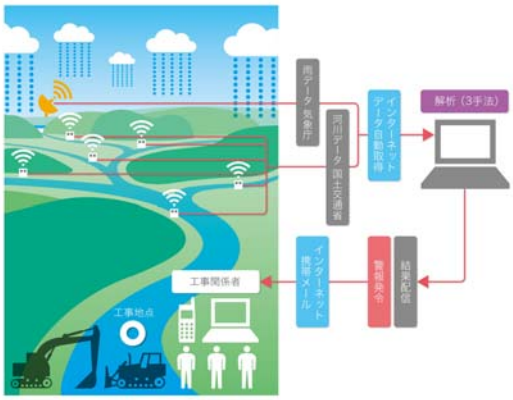
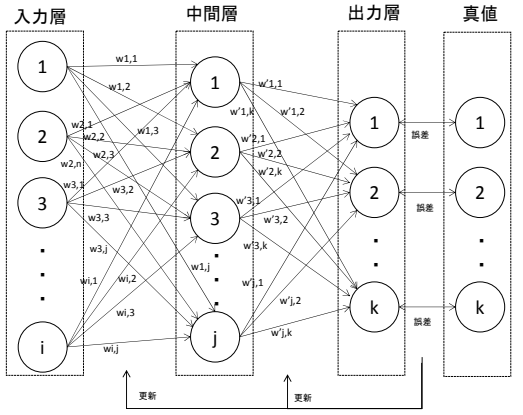


図１　出水警報システムの概要



○:ニューロン，Wx,y:重み

図２　ニューラルネットワークの概要

２．超過判断モデルを用いた予測方法

超過判断モデルは，工事地点の上流にある水位観測所の水位データを入力値として，工事地点の出水の有無のみを判断するものであり，NN を用いて構築している（**図２**）．頭首工工事期間中の水位変動を**図３**に示す．頭首工工事の出水基準である危険水位（E.L.+7.5m）を超過した出水は 2 回（**図３ a,b**）発生し，危険水位に近づいた出水も発生した（**図３ c**）．**図４**に回帰モデルと超過判断モデルで用いた観測所と回帰モデルのリードタイムを示す．回帰モデルのリードタイムは 3～11 時間となる観測所を採用している．超過判断モデルは，11 時間以上前の 7 箇所の河川観測所水位（国土交通省が公開）を入力値とし，危険水位の超過の有無を出力するものであり，11 時間のリードタイムを設定した．学習データには，11 年分（1998 年 1 月 1 日～2017 年 12 月 31 日）の河川観測所水位と頭首工工事の超過実績から予測対象の 2015 年と 2016 年を除いて使用した．なお，11 年間に危険水位を超える出水は 70 回発生している．その他の設定項目として，中間層のノード数は 5，学習回数は 200 回とした．

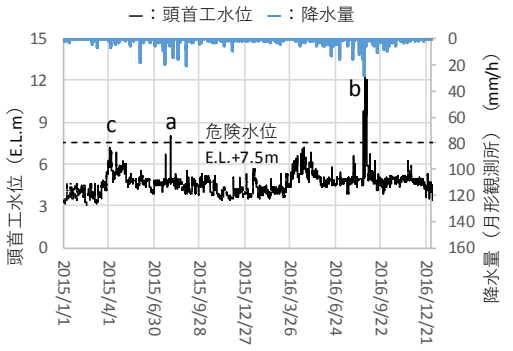


図３　石狩川頭首工の水位変化

キーワード　河川工事，出水警報システム，リードタイム，ニューラルネットワーク，出水判断
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５に超過判断モデルの予測結果を示す．超過判断モデルは頭首工水位が危険水位を超えた時のみ「出水有り」（図5のa，b），その他の期間は「出水無し」と判断しており，超過モデルは正確に判断したことがわかる．

図６に予測結果の詳細を示す．図５aの2015年８月（図６(a)）では各モデルともリードタイム以前に頭首工水位が危険水位を超えると予測した．超過判断モデルはリードタイムより２時間前の13時間前に「出水有り」と判断した．図５bの2016年８月（図６(b)）は各モデルとも危険水位を超えると予測した時間が２時間以上遅くなり，リードタイムが短くなったが，頭首工水位が危険水位を超える前には危険水位を超えると予測した．超過判断モデルも５時間リードタイムが短くなったが，頭首工水位が危険水位を超える６時間前に「出水有り」と予測した．

ここで，出水警報システムの予測のみでは出水の有無判断に悩む事例として，図５cの2015年７月の結果を示す（図６(c)）．回帰モデルの２つ（妹背牛橋，伊納）と数値モデルが危険水位を超える予測であったが，その他３つの回帰モデルは超えない予測であり，出水の有無判断に迷う状況である．このとき超過判断モデルは11時間前に「出水無し」と予測でき，実際も危険水位を超える出水が無かった．超過判断モデルは危険水位を超える出水時のみ「出水有り」と判断できた（図５）ため，出水警報システムと併用することで，迷いなく早期に出水対策を講じることが可能になると考えらえる．

4. まとめ

河川工事現場が設定した危険水位の超過の有無のみを事前に判断する河川水位の超過判断モデルをニューラルネットワークで構築し，石狩川頭首工工事中の出水を事例に予測精度を確認した．その結果，超過判断モデルは予測時間の誤差が生じる場合があるものの，出水の有無を正確に判断でき，判断の迷いを低減するモデルと考えらえる．

参考文献

1) 本田ら（2017）：石狩川頭首工工事における出水警報システム T-iAlertR River の適用性，第35回 土木学会関東支部新潟会研究調査発表会．

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.

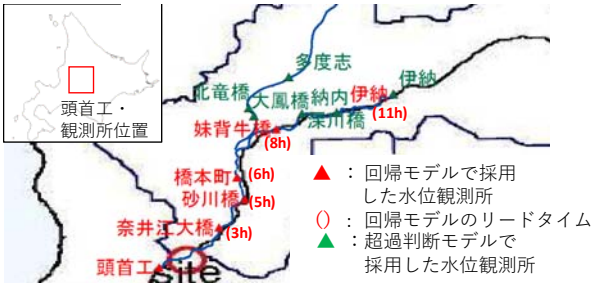


図４　観測所位置

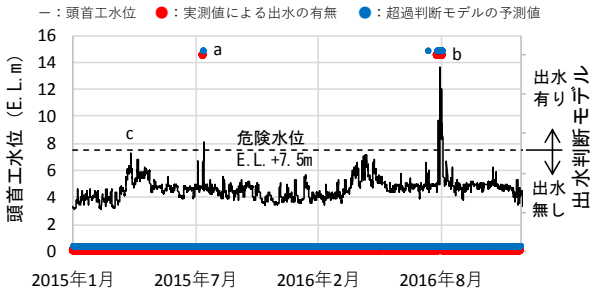
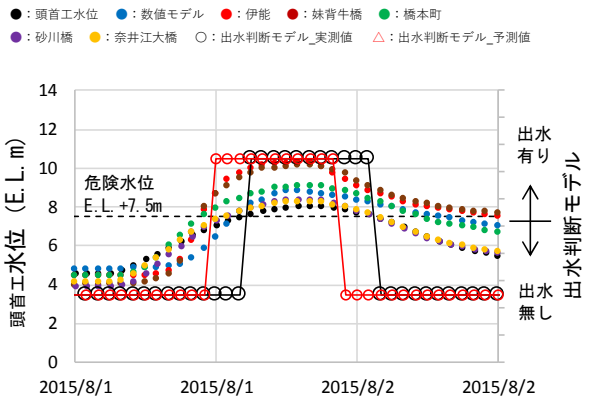
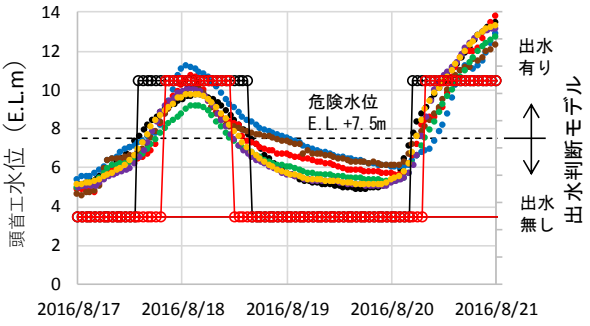


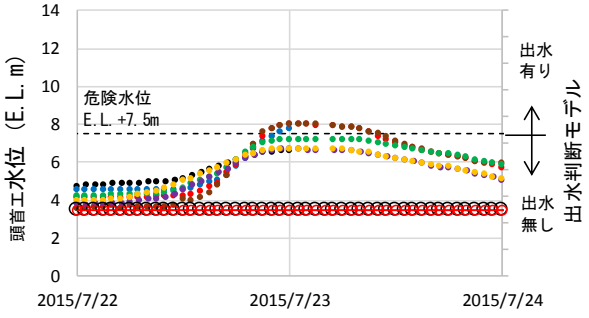
図５　2015/1～2016/12 の予測結果



(a) 2015 年 8 月（出水有りのケース）



(b) 2016 年 8 月（出水有りのケース）



(c) 2015 年 7 月（出水無しのケース）

図６　出水予測結果