

## 2019 年台風 19 号時の荒川水位縦断分布に関する現況再現シミュレーション

東京理科大学大学院 学生会員 ○伊藤 毅彦  
 パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 柏田 仁  
 京都大学防災研究所 正会員 佐山 敬洋  
 東京理科大学 正会員 片岡 智哉, 小野村 史穂, 二瓶 泰雄

## 1. 序論

2019 年台風 19 号（東日本台風）が東日本を縦断した記録的な豪雨により，日本全国各地で河川洪水が引き起こされ，71 河川 140 箇所において堤防決壊が生じた．この豪雨は，死者・行方不明者 96 名という甚大な人的被害を及ぼす大規模災害を引き起こすこととなった．首都圏を縦貫する荒川水系に着目すると，支川である越辺川，都幾川，新江川の計 5 箇所で堤防決壊が生じ，広範囲にわたり浸水被害が生じた．荒川本川では，上流ダム群や荒川第一調節池の治水効果により洪水氾濫は生じなかったものの，場所によっては堤防天端の近くまで水位痕跡が確認された．このような大洪水時における水位の時空間変動特性を把握することは，今後の治水対策を考える上で有効であると考えられる．著者らは，多地点水位をデータ同化することで高精度な水位縦断分布を算出可能な河川流計算モデル DIEX-Flood を開発し，江戸川や鬼怒川を対象とした解析を行い，本手法の洪水予測手法としての基本的な有効性を示唆した<sup>1),2)</sup>．本研究では，DIEX-Flood を用いて台風 19 号による洪水時の荒川における水位縦断分布の現況再現計算を行うことを目的とする．

## 2. 研究手法

## (1) DIEX-Flood の概要

DIEX-Flood の計算アルゴリズムは，非データ同化ステップとデータ同化ステップで基礎方程式を分離することで計算の安定化を実現し，時々刻々の水位縦断分布を容易に算出可能としていることが特徴である．まず，非データ同化ステップでは，以下の連続式(式(1a))及び運動方程式(式(1b))を連立する 1 次元不定流計算を行う．

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad (1a)$$

$$\frac{1}{gA} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{2Q}{gA^2} \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{Q^2}{gA^3} \frac{\partial A}{\partial x} + \frac{\partial \eta_1}{\partial x} + \frac{n^2 Q |Q|}{A^2 R^{4/3}} = 0 \quad (1b)$$

ここで  $x$  は主流方向， $Q$  は流量， $A$  は断面積， $R$  は径深， $g$  は重力加速度， $q$  は横流入出量， $n$  は粗度係数 ( $=0.035\text{m}^{-1/3}\text{s}$ ) である．また， $\eta_1$  は不定流計算で得られる水位であり，データ同化計算を行う際の初期値として用いる．これらの連立式を離散化して収束計算を行うことで， $Q$  及び  $\eta_1$  の縦断分布を得る．次に，データ同化ステップでは，運動方程式のみを用いて，以下の式を連立する．

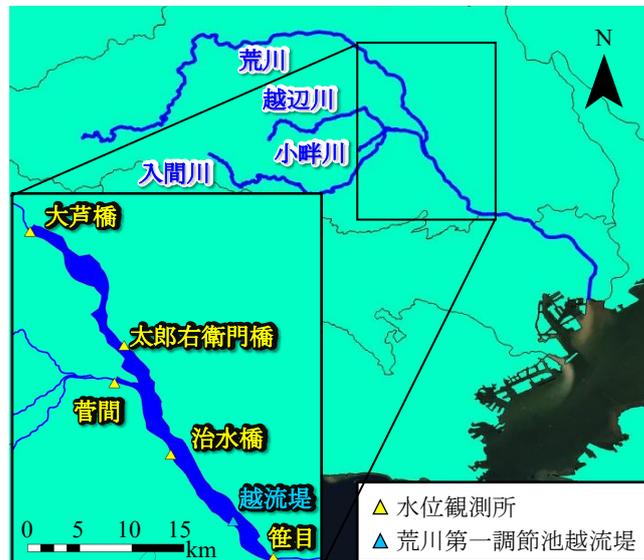


図-1 計算対象河道域の位置

$$\frac{\partial \eta_2}{\partial x} + \frac{(n^2 + n_{fa}) Q |Q|}{A^2 R^{4/3}} = 0 \quad (2a)$$

$$n_{fa} = -\frac{A^2 R^{4/3}}{Q |Q|} \frac{\partial \eta_2}{\partial x} - n^2 \quad (2b)$$

ここで， $\eta_2$  は同化後水位， $n_{fa}$  は水位観測値をデータ同化するために新たに導入したパラメータである．この  $n_{fa}$  は  $n$  を補填する役割を担い，非同化ステップの不定流計算水位を水位観測値に近づける効果を発揮する．データ同化ステップでは  $\eta_2$  及び  $n_{fa}$  の収束計算を行う．なお，式(2a)は式(1b)の支配的な項のみを考慮しており，非常項と移流項は省略している．また，式(2b)により得られる  $n_{fa}$  は観測点間で下流側に一様に付与することで内挿した．

## (2) 計算条件

計算対象となる河道域を図-1に示す．対象区間は荒川本川の大芦橋（河口から 68.30km）から笹目（同 28.45km），及び入間川の菅間（合流点から 5.83km）から荒川への合流点までの区間とする．入間川の合流点は河口から 44.3km に位置する．この区間内に位置する大芦橋，太郎右衛門橋（同 53.63km），治水橋（同 41.89km），笹目，菅間の 5 地点における水位のデータ同化を行った．また，計算対象区間には荒川第一調節池の越流堤（河口から 36.4km）が存在しており，この越流量も計算に反映した．境界条件としては，上流端

キーワード：2019 年台風 19 号，DIEX-Flood，データ同化，水位縦断分布，荒川

連絡先：〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 東京理科大学 5 号館 3 階水理研究室 TEL：04-7124-1501（内線 4069）

(荒川：大芦橋，入間川：菅間橋)の流量はそれぞれRRIモデル<sup>3)</sup>から算出した値とH-Q式から算出した値を与え，下流端(荒川：笹目橋)の水位は実測値を与えた。

3. 結果と考察

(1) 荒川中・下流域における水位の時間変動特性

荒川中・下流域の水位変動の基本特性を把握するために，各水位観測所のハイドログラフを図-2に示す。ここでは，荒川における本研究の計算区間及びその下流側に位置する観測所における洪水時の水位変動を示している。これより，水位が最大値をとる時刻は各縦断距離によって異なる。すなわち，大芦橋(68.30km)，太郎右衛門橋(53.63km)，治水橋(41.89km)，笹目(28.45km)におけるピーク時刻はそれぞれ10月12日20:30，13日2:20，同4:40，同9:10となった。このように下流域ほど水位ピークの出現時間は遅れるが，地点間の時間差は大芦橋と太郎右衛門橋(約14.7km)の間で最大となっている。同区間内では，川幅が2kmを超える地点があり，河道内の貯留効果が有意に作用したものと推察される。

(2) ピーク水位の縦断分布特性

今次豪雨時の荒川中流部における水位縦断分布特性を把握するために，荒川本川におけるピーク水位の縦断分布を図-3に示す。ここでは，区間内の4地点の観測値に加えて，計算水位としてデータ同化有(DIEX-Flood使用)とデータ同化無(一般的な一次元不定流解析法を使用)3ケース( $n=0.020, 0.035, 0.050 [m^{-1/3}s]$ )を図示する。また，左右岸の堤防天端高も表示している。これより，データ同化無の場合，3つの $n$ の設定により計算結果が異なり， $n$ に計算結果が大きく依存することが分かる。一方，データ同化有りの計算結果は，観測値と一致する分布となり，データ同化の有効性が示唆される。また，堤防高と同化有りのピーク水位を比べると，複数箇所ピーク水位と堤防高が接近しており(右岸：44,57kp，左岸：37,51kp)，入間川合流点の上・下流において越水の危険性が高かった箇所が存在していたことが伺える。

(3) 洪水中における $n_{fa}$ の挙動

DIEX-Floodにおけるデータ同化の肝となる，式(2b)で算出される $n_{fa}$ の挙動を確認するために，太郎右衛門橋地点における $n_{fa}$ と水位差時間変化を図-4に示す。ここでの水位差とは，データ同化無の計算水位と観測水位の差である。これより，水位差が正(計算水位>観測水位)となれば $n_{fa}$ は負となり，水位差が負では $n_{fa}$ は正となり，両者は逆相関関係となっている。また， $n_{fa}$ の絶対値は $n^2 (=1.225 \times 10^{-3})$ より大きく，前者の方が支配的であることが分かる。以上のことから， $n_{fa}$ の変動及びその作用効果が確認された。

4. 結論

本研究では，DIEX-Floodを用いて2019年台風19号時の荒川における水位縦断分布の現況再現を行った。これより，複数箇所，ピーク水位が堤防天端に接近していたことが確認された。

謝辞：本解析に用いた荒川・入間川における横断面デ

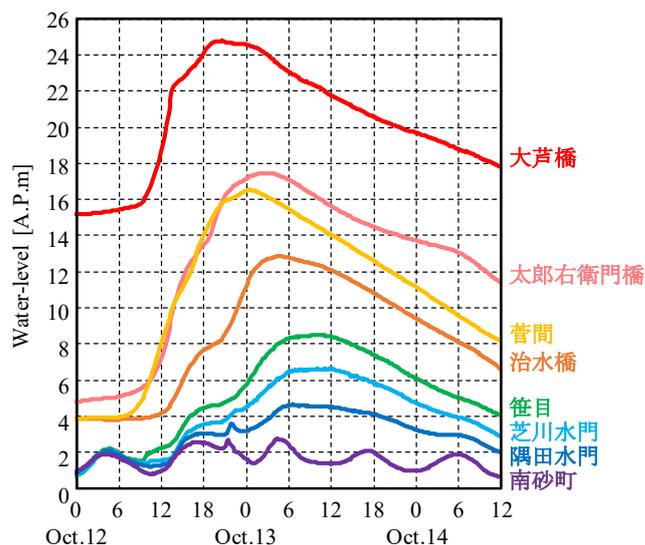


図-2 荒川中・下流域の水位時間変動特性(観測値)

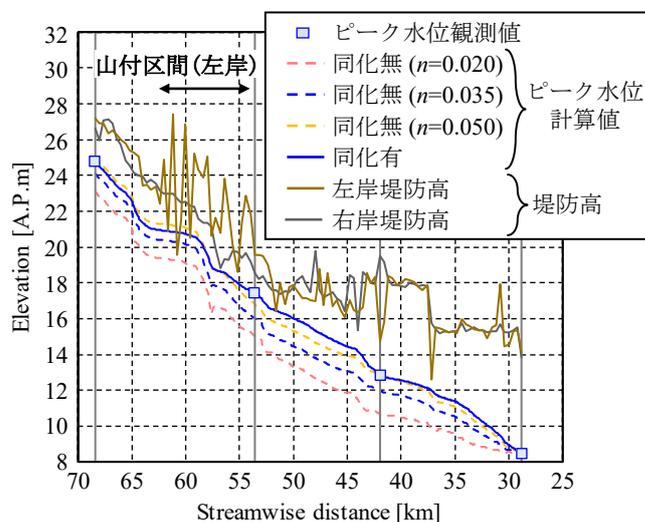


図-3 ピーク水位の観測値・計算値及び左右岸の堤防高の縦断分布

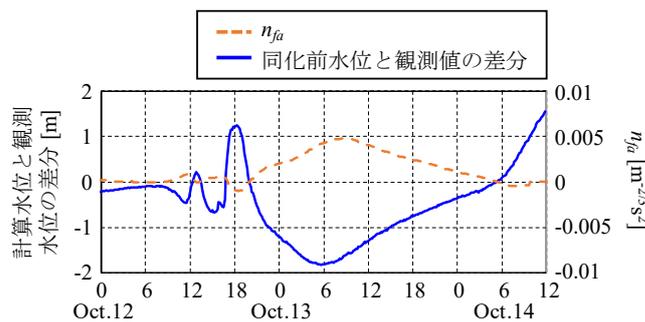


図-4  $n_{fa}$ と水位差(=データ同化無の計算水位-観測水位)の時間変化(太郎右衛門橋)

ータは国交省・関東地整よりご提供いただいた。ここに謝意を表します。

参考文献

1) 柏田・二瓶，土木学会論文集B1(水工学)，Vol.74，2018。  
 2) 伊藤ら，土木学会論文集B1(水工学)，Vol.75，2019。  
 3) 佐山・岩見，土木技術資料，Vol.56，No.6，pp.18-21，2014。