

# 河川の相互作用に着目した 低平地河道網の水理特性の把握

新潟大学大学院自然科学研究科 学生員○岡部 裕馬  
新潟大学大学院自然科学研究科 学生員 星野 剛  
新潟大学大学院自然科学研究科 学生員 小関 博司  
新潟大学災害・復興科学研究所 正員 安田 浩保

## 1. はじめに

我が国では利根川、信濃川、太田川に代表されるように人口や資産の集中地に複数の分岐や合流を有す河道網が広がっている。その内の一つの信濃川下流域では2011年の新潟・福島豪雨時には支川の合流が信濃川の逆流を誘発する特徴的な水理現象が観測され、低平地河道網では河川間の相互作用の影響が極めて大きいことが露見した。逆流に代表される河川の相互作用は河道管理を難しくする要因となる。このように、複数の河川の相互作用の理解に対しては極めて高い工学的需要が存在するものの、その水理の簡便な把握手法は未だに確立されていない。

河道網を対象とした数値解析においては分岐部と合流部の扱いが不可避であり、少なくとも2次元以上の解析が望ましい。著者らは複雑な幾何形状の柔軟な表現が可能な矩形格子を適用した分岐・合流部の解析を行い、平常時から洪水時までの一連の水理量の良好な推算が可能であることを示した<sup>1)</sup>。

本研究では著者らの解析手法により2011年7月の新潟・福島豪雨における信濃川下流域の流況の再現計算を行い、河道網の一体的な扱いに対して有効な解析手法であることを示す。

## 2. 2011年新潟・福島豪雨における信濃川下流域の概要

### a) 流量に着目した考察

2011年の新潟・福島豪雨における信濃川下流域の各河川の流量を図-2に示す。五十嵐川と刈谷田川の流量は流出解析の結果を示している<sup>2)</sup>。河道網の上流端における流量の供給は洗堰により洪水開始時には0m<sup>3</sup>/sとなるため、五十嵐川と刈谷田川の流量が河道網全体の流量のほとんどを占めるようになる。流量ハイドログラフを見ると五十嵐川は2峰性を示し、洪水の第2波では刈谷田川と五十嵐川のハイドロのピークがほぼ同時刻に出現している。ただし、図-2中の刈谷田川の流量は合流点から17.7km地点のものであるため実際には流量ピークの本川への到達は五十嵐川のハイドロのピークよりさらに数時間遅れたと考えられる。このようなハイドログラフのピークの出現時刻のずれが複雑な水理を誘起すると想像できる。

### b) 水位に着目した考察

図-1に丸で示した各水位観測点の結果を時間ごとの縦断水位として図-3に示す。この図から水位の上昇期においては五十嵐川合流点より上流部において逆勾配が発生していることがわかる。実際にこの区間においては逆流現象が観測されている<sup>2)</sup>。このような顕著な逆勾配や逆流の発生は勾配の緩い低平地河道網ならではの河川の

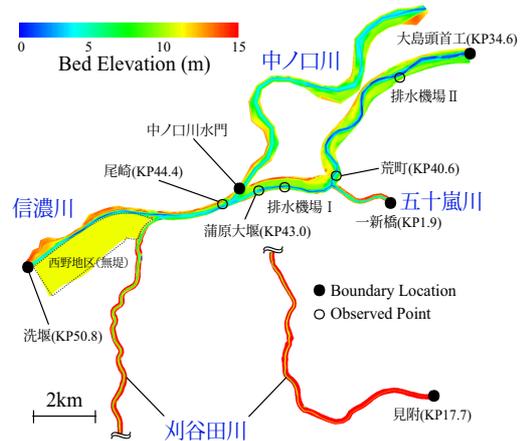


図-1 信濃川下流域の河道地形および水位観測点（紙面の都合上、刈谷田川は分割して掲載）

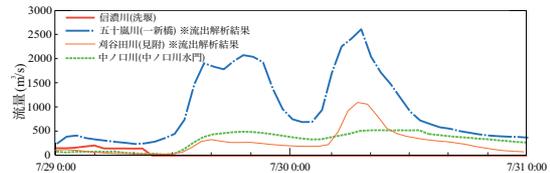


図-2 2011年新潟・福島豪雨時の流量（観測値，推定値）

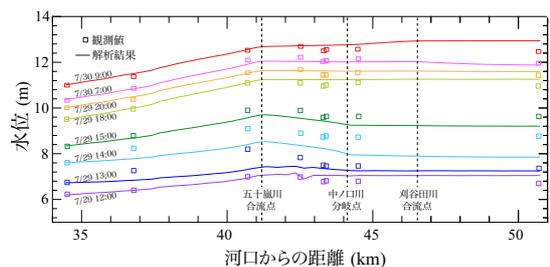


図-3 縦断水位の時間変化

相互作用といえ、水理量の把握には複数河川の一体的な水理解析によってのみ正確な水理量の把握が可能となる。

## 3. 2011年新潟・福島豪雨の再現計算

### (1) 解法の概説

著者らが提案する河道網解析手法は、計算格子に矩形格子を導入し、河道網を各河川ごとに分割せず、一体的な計算領域とする。

Key Words: 河道網, 分岐, 合流, 信濃川, 二次元解析  
〒950-2181 新潟市西区五十嵐2の町 8050 TEL 025-262-7053

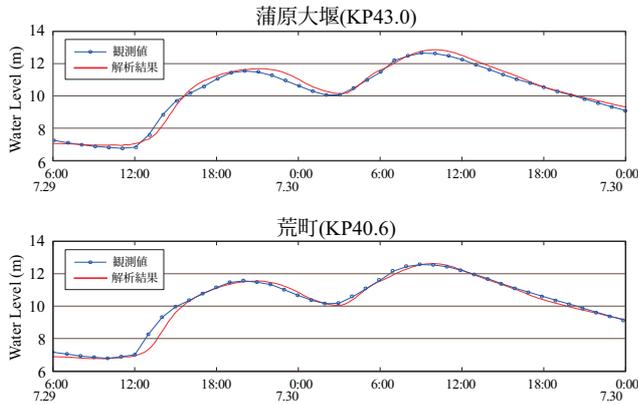


図-4 定点水位 (観測値, 解析結果)

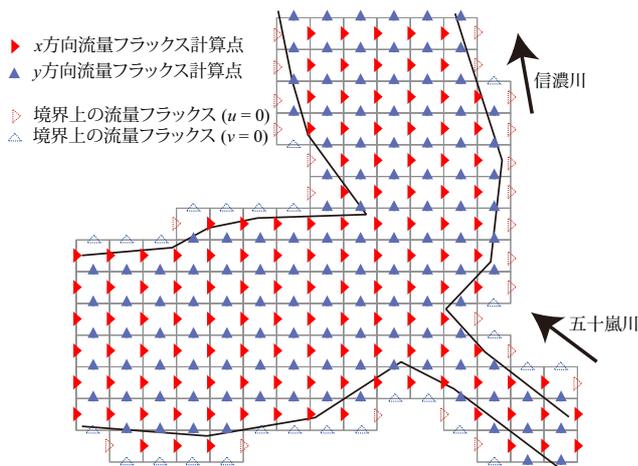


図-5 合流部の格子構成例

(2) 計算条件

a) 解析対象領域と期間

再現計算の対象は図-1 に示す領域とし、信濃川は水位観測値のある大島頭首工から KP50.8 の大河津分水洗堰までとした。刈谷田川は見附、五十嵐川は一新橋、中ノ口川は分岐点より 100m 下流の中ノ口川水門までを対象とした。また、刈谷田川合流点上流の西野地区は無堤箇所であり、溢水氾濫が生じたことから解析対象領域に加えた。解析対象期間の 7 月 29 日 6:00 から 31 日の 24:00 までとした。

b) 境界条件および計算条件

境界条件は図-1 に黒丸で示した五十嵐川、刈谷田川、洗堰それぞれに図-2 に示す流量を与え、信濃川の下流端には大島頭首工の観測水位を与えた。中ノ口川水門からの放流量は、解析対象期間の実測値を用い水門の上流の水位のみから水門通過流量が決定される H-Q 式を新たに作成して決定した。Manning の粗度係数は田端らの研究<sup>4)</sup>を参考に低水路で 0.023 から 0.030、高水敷で 0.025 から 0.060 となるように設定した。排水機場からの流入は図-1 に示す排水機場 1、2 で実績排水量をそれぞれ横流入として与えた。支配方程式は二次元の浅水方程式を用い、計算格子は一辺 10m の正方格子を用いた。図-5 に河川接続部の計算格子の例を示した。

(3) 計算結果の妥当性検証

水位観測点における水位の解析結果と観測値を図-4 に示した。多少の水位の相違があるものの、水位の最大

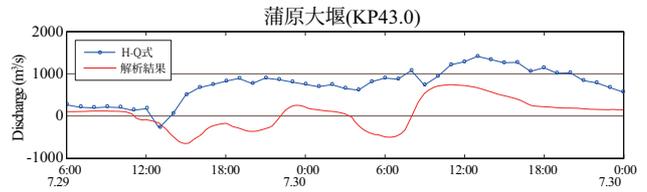


図-6 通過流量 (H-Q 式による推定値, 解析結果)

値とその出現時間は概ね一致しており、本解析手法は妥当であると判断できる。

図-3 には各時間の縦断的な水位の解析結果と観測結果を示している。7 月 29 日 13:00 前後は五十嵐川合流付近で水面形が凸型となることが再現され、河川の相互作用が解析結果に反映されていることがわかる。また、水位上昇期には時間的なずれが見られるものの、洪水期間で一貫して水位は良好に一致している。

(4) 低平地の河道網においては洪水時に水面勾配の正負が逆転

図-6 には尾崎と蒲原大堰の H-Q 式により算出した流量と解析結果から求めた流量を示した。この結果はいずれも通常時の流下方向を正とした値であり、解析結果は逆流が再現されている。

低平地の河道網においては洪水時に水面勾配が正負が逆転する規模で大きく変化する。このため、尾崎や蒲原大堰などの河床勾配が極めて緩いうえ、河川間の相互作用の影響を強く受けるような地点では H-Q 式だけによる流量の推定が得策ではないことが明らかとなった。

4. おわりに

信濃川下流河道網における 2011 年新潟・福島豪雨時の再現計算により、本研究で提案する解析法の河道網の水理解析における適用性を検討した。その結果、複雑な水理現象を良好に再現することが確認された。また、今回の解析を通し、低平地の河道網においては洪水時に水面勾配の正負が逆転する規模で大きく変化するため、河床勾配が極めて緩いうえ、河川間の相互作用の影響を強く受ける地点では流量の推定は極めて困難なことになった。

参考文献

- 1) 星野剛, 安田浩保, 永多朋紀: 四分木構造格子を導入した自然河川における分岐点と合流点の数値解法, 土木学会水工学論文集, 第 56 巻, 2012
- 2) 洪水の検証及び被害実態の把握、分析, 新潟県土木部 <http://www.pref.niigata.lg.jp/HTMLArticle/350/759/siryoushi-1.pdf>
- 3) 平成 23 年 7 月新潟・福島豪雨の検証を踏まえた治水方策に関する懇談会資料, 国土交通省北陸地方整備局河川部 <http://www.hrr.mlit.go.jp/river/gouusugai/kondankai/hyoushi.html>
- 4) 田端幸輔, 福岡捷二, 内藤和久: 平成 23 年 7 月豪雨による信濃川下流域の洪水流下特性とその解析法—五十嵐川・刈谷田川の合流と中ノ口川の分派を含む河道区間を対象として—, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.69, No.4, 787-792, 2013.