

平均成分加速法の加速係数が 水位・流速の平面分布に与える影響

ANALYSIS OF THE EFFECTS OF ACCELERATION COEFFICIENTS
ON WATER LEVEL AND VELOCITY DISTRIBUTIONS
USING THE AVERAGE COMPONENT ACCELERATION METHOD

パシフィックコンサルタンツ(株)

森川裕基、廣次義崇、吉武央気、住谷喜信、原田大輔

広島大学大学院

内田龍彦、松尾大地

PRODUCING THE FUTURE

目次

1. はじめに
2. ACA法を用いた洪水流解析の条件設定
3. ACA法を用いた洪水の再現計算
4. ACA法を用いた解析結果の詳細分析
5. おわりに

PRODUCING
THE FUTURE
PRODUCING
THE FUTURE
PRODUCING
THE FUTURE
PRODUCING
THE FUTURE

はじめに

研究の背景

- 出水後の緊急現場対応が収束すると、再度災害防止に向けて、被災要因の把握・分析や改修計画の検討等を目的に出水の再現計算が実施される。（準二次元不等流計算が主流）
- しかし、湾曲流れによる水理現象や、護岸や橋脚等の河川構造物周辺における河床洗掘に起因する場合は、局所的な流況の把握が必要になる。
- そのため、平面二次元不定流計算手法が用いられるが、準二次元不等流計算に比べて、解析負荷が高く、解析に要する時間が長くなる。
- こういった状況を踏まえて、数値解析を簡易的に高速化する手法として、松尾ら¹⁾は洪水流解析の空間解像度に求められる時間間隔と結果出力に求められる時間間隔のギャップに着目して「平均成分加速法」（以降、ACA 法）を開発し、解析時間の短縮に関する研究を実施している。
- ACA 法の加速係数の設定が水位や流速の平面分布に与える影響、誤差の傾向や特性に関する評価に関して検討の余地がある。

研究の目的

- 本研究では、河道計画や河道設計、災害復旧等の実務において、ACA 法を様々な用途で活用するための基礎的知見を得ることを目的とした。
- そのために、加速係数の違いが水位や流速の解析結果に与える影響を詳細把握し、加速しない計算との誤差傾向を分析した。

ACA法を用いた洪水流解析の条件設定

(1) ACA法の概要

- ACA 法は、洪水流解析における計算時間の短縮を目的として、時間変動成分の性質の違いに着目した手法である。
- 洪水流解析では、CFL 条件により極めて小さな時間ステップで計算を行う必要があるが、解析結果では小さな時間幅の変化に着目しない。
- この時間スケールの違いに対して、水深の時間変化に分けて計算する。
平均成分：流量ハイドログラフに対応して緩やかに変化する成分
局所成分：局所的な流れによる短時間での変化する成分
- 計算では入力する流量ハイドログラフの継続時間を $1 / \alpha$ に短縮する。
- 結果の時間を引き延ばしても原型と同じ計算結果となるよう、平均成分の時間スケールを α 倍し、局所成分の時間スケールはそのままとすることで、数値解析を安定して高速できる。
- これにより、計算精度を維持しつつ、洪水流解析の大幅な高速化を図っている。
- 局所的な流況は連続式から求まる水面形によって即座に決定するとして平均成分の加速は連続式のみに施すことで、準三次元解析における加速を容易にしている。

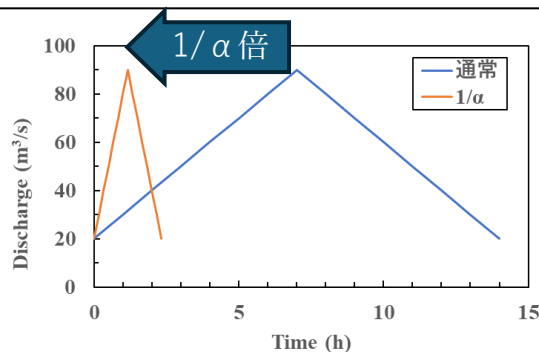


図1 流量ハイドログラフの短縮イメージ

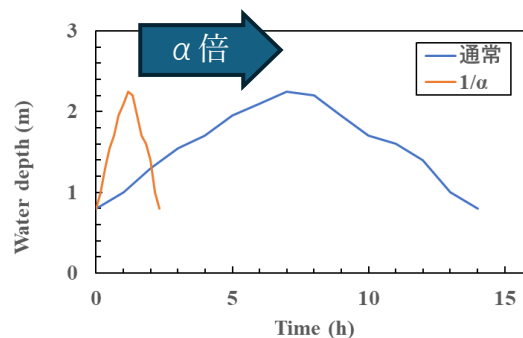
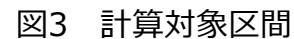
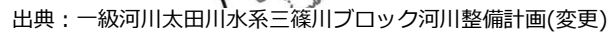
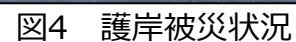
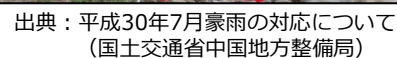


図2 解析結果の引き伸ばしイメージ

(2) 計算条件



出典：国土地理院航空写真に距離標等を追記



ACA法を用いた洪水流解析の条件設定

(2) 計算条件

表1 計算条件表

項目		条件
洪水流解析モデル		SBVC法
対象河川		一級水系太田川水系三篠川
河川概要	平均川幅	約100m
	河床勾配	約1/400
	代表粒径	約4cm
対象区間		1.8k～7.4k
対象洪水		平成30年7月洪水
メッシュ	サイズ	横断方向約2m、縦断約5m
	橋脚	不透過
境界条件	下流端(水位)	上庄水位観測所の観測水位
	上流端(流量)	中深川水位観測所の観測水位をHQ換算した流量
粗度係数		低水路・高水敷ともに0.033
加速係数		加速なし、5倍、10倍、20倍、50倍、100倍、200倍

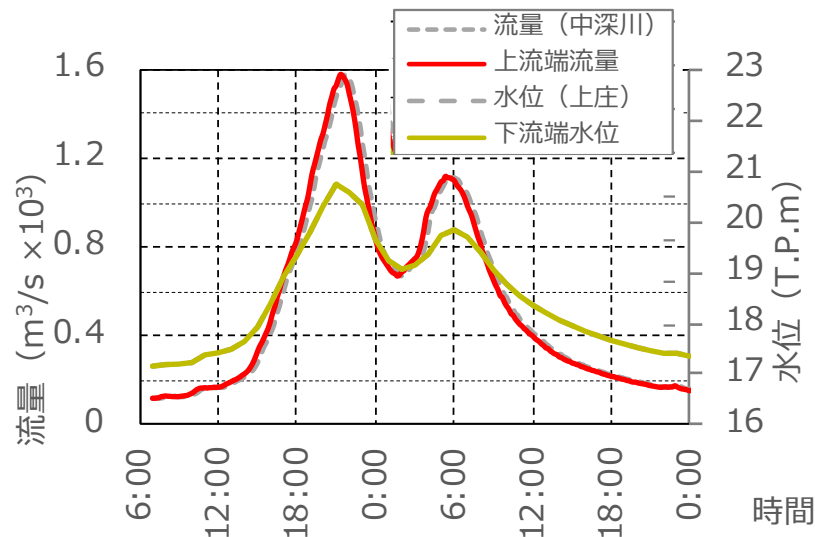
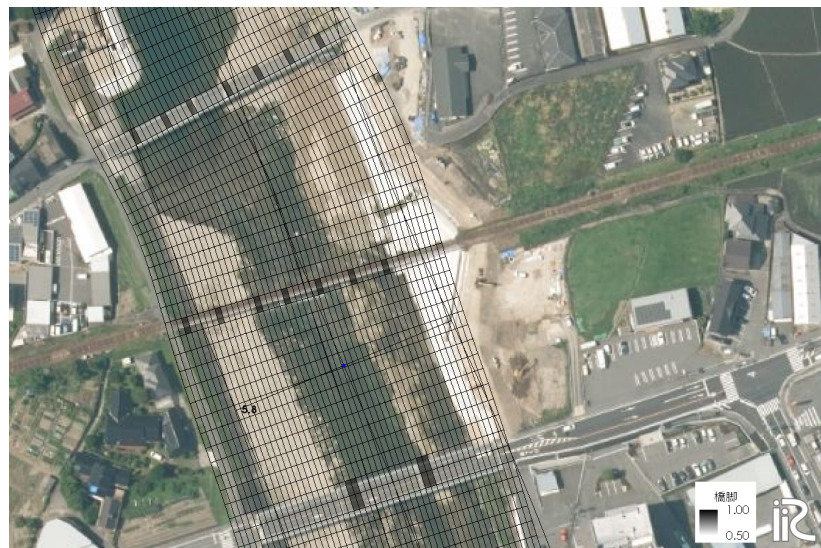


図5 境界条件



出典：国土地理院航空写真にメッシュ等を追記

図6 メッシュ分割（護岸被災箇所周辺）

ACA法を用いた洪水の再現

(1) ACA法を用いた平成30年7月洪水の再現

- H30.7月洪水を対象として、**SBVCモデルの加速なしと加速ありの再現計算を実施**した。
- **計算結果と痕跡水位を比較**し、モデルやACA法で設定する加速係数の**妥当性を確認**した。
- 加速係数200倍の加速計算では、**水位の振動が確認**された。
- そのため、誤差はあるものの、**加速係数100倍が適用の限界**であった。

縦断水位の差分

- MSE に関して、加速なし計算で約 0.48 m, 加速あり計算の加速係数 100 倍で約 0.50 m, 加速係数 200 倍で約 0.51 m であった。
- RMSE は、加速なし計算で約 0.69 m, 加速あり計算の加速係数 100 倍で約 0.71 m, 加速係数 200 倍で約 0.71 m であった。
- 加速係数 100 倍と加速係数 200 倍では、各断面における計算水位と痕跡水位の差の乖離が拡大した。

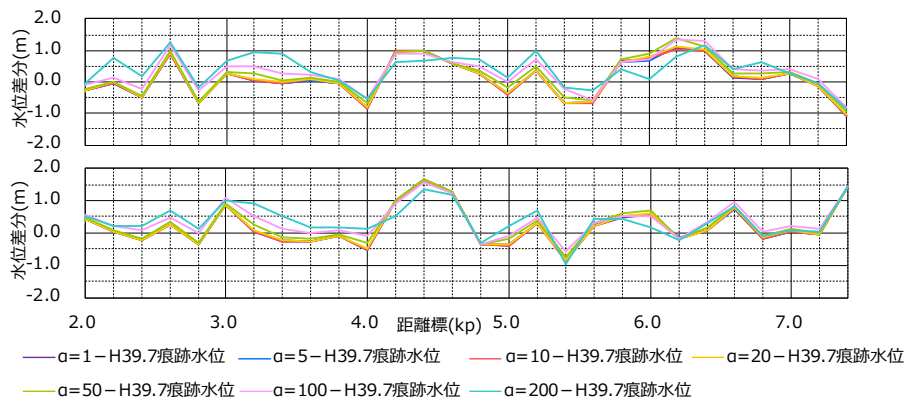


図7 加速なし計算と加速あり計算の計算水位と痕跡水位の差分

観測所地点の水位の差分

- ピーク時点の再現性は良好であった。
- ただし、上昇期や減水期において、実測との乖離が比較的大きくなる傾向であった。
- 加速係数の増加に応じて、計算の水位の差が増加している。
- 200倍の加速計算は、約9～22時の時間帯で時間振動が確認された。

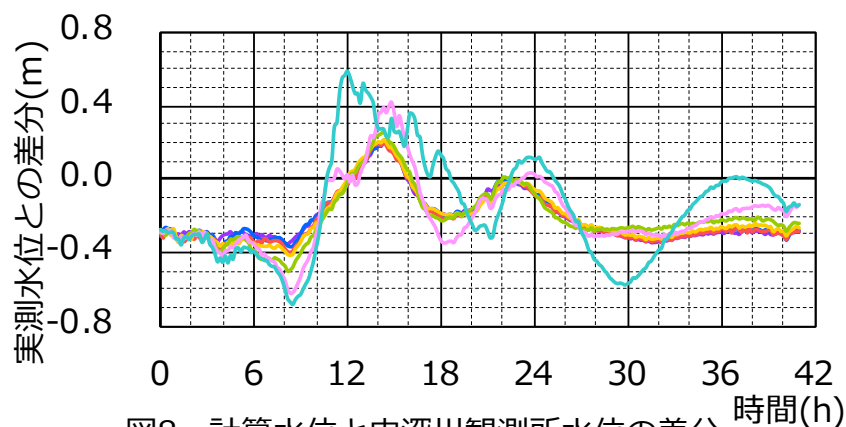


図8 計算水位と中深川観測所水位の差分

ACA法を用いた洪水の再現

(2) ACA法を用いた計算の整理

- ACA法を実河川に適用した場合の短縮効果を確認するため、**加速係数に応じた各計算のサブルーチンに要する時間を整理**。
- 計算ケースは、**2D とSBVCの2ケースの計算を実施**。
- 結果として、**2DもSBVCも、加速係数に応じた加速効果は同様に傾向が見られた**。
- なお、計算結果の出力は、加速係数の設定に依存しないため、加速係数の増加に伴い、**出力に要する時間割合が増加**している。

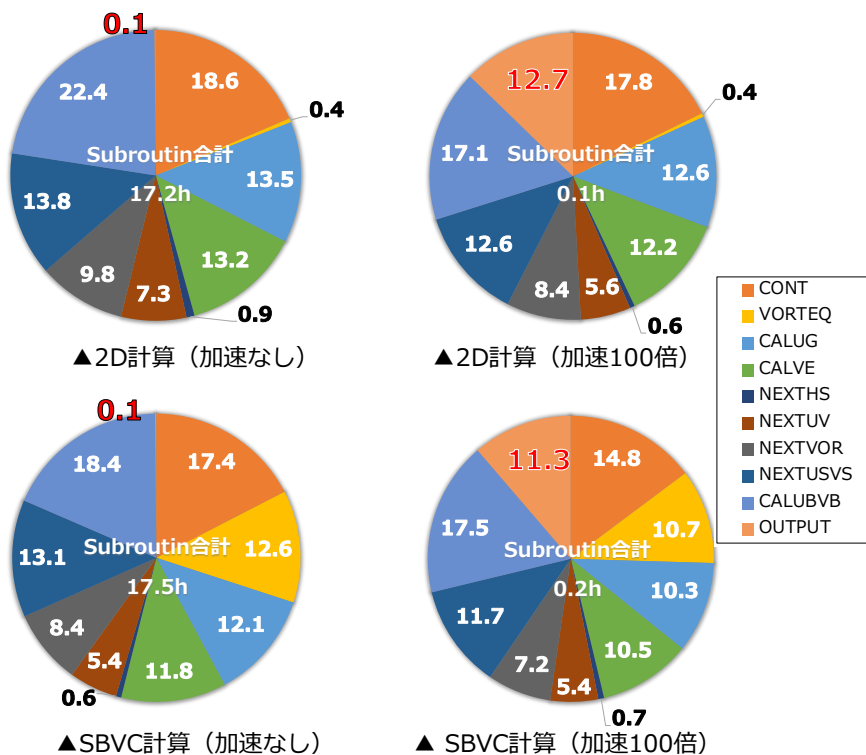


図9 計算時間 (加速なし・加速100倍)

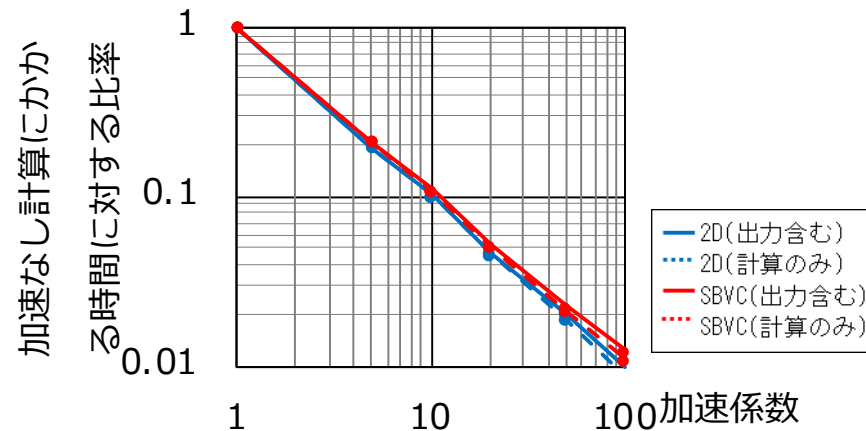


図10 計算時間の比較結果

ACA法を用いた解析結果の詳細分析

(1) 加速係数が水深や流速等の縦断分布に与える影響

- 水深や流速等の縦断分布に与える影響を確認し、誤差傾向を把握した。
- 加速係数の増加に応じて、加速なし計算結果からの乖離が大きくなり、100倍の加速計算では下記の誤差となった。
 - 流量：約10%
 - 断面平均水深：約21%
 - 断面平均流速：約26%
- 平均比率において、水深は増加傾向である一方、流速は減少傾向であった。
- 平均水深 3.8 m や平均流速 3.7 m/s に対して**比率 約20 % は、河道設計や災害復旧では無視できない程度の有意な変化**と考えられる。
- そのため、検討目的に応じた解析必要精度を十分吟味した上で採用する加速係数を決定する必要があり、粗度係数調整で設定した加速係数を汎用的に使うべきでないことが示唆された。

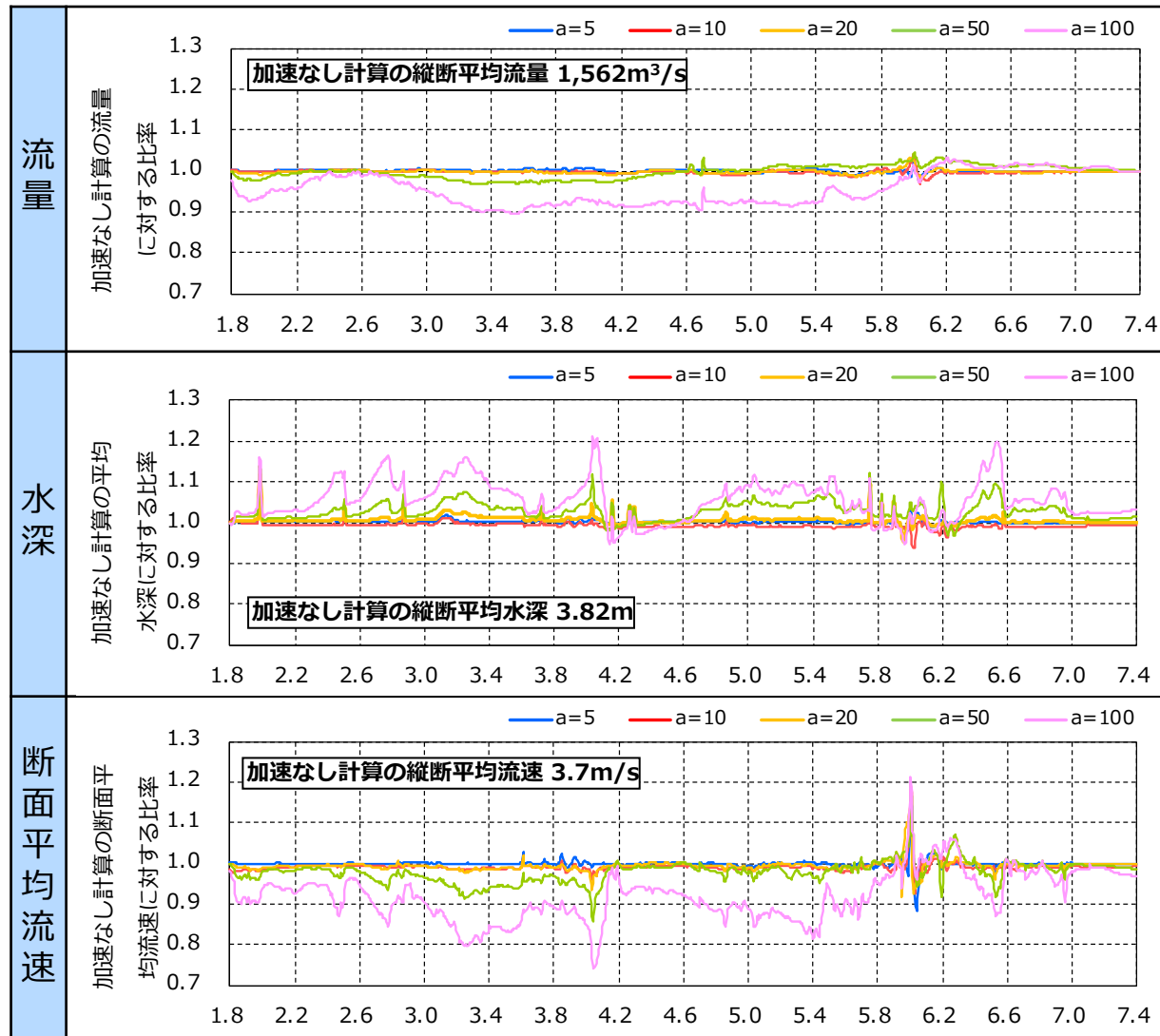


図11 上流端で流量がピークとなる時の各水理量の縦断分布図

ACA法を用いた解析結果の詳細分析

(2) 加速係数が水深や流速等の平面分布に与える影響

- 加速係数の違いが水位や流速の平面分布に与える影響を把握するため、**上流端で流量がピークとなる時の流速、水深の平面分布を整理**した。
- 流量や水深に関して、**加速係数20倍程度であれば加速なし計算と同程度**であるが、**河岸沿いで差が拡大する傾向**がある。
- 特に、**洪水流が横断方向に分布を持つ湾曲区間、橋脚区間において、加速係数に応じて水深や流速が変化しやすい**。
- 解析精度と加速効率の関係より、**各水理量の誤差傾向は類似**しており、小さい加速係数ではRMSEは大きな差は無い。

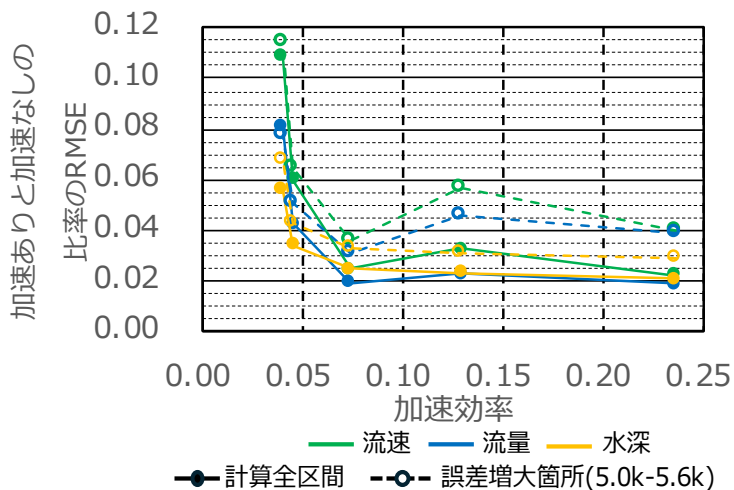


図12 解析精度と加速効率の関係

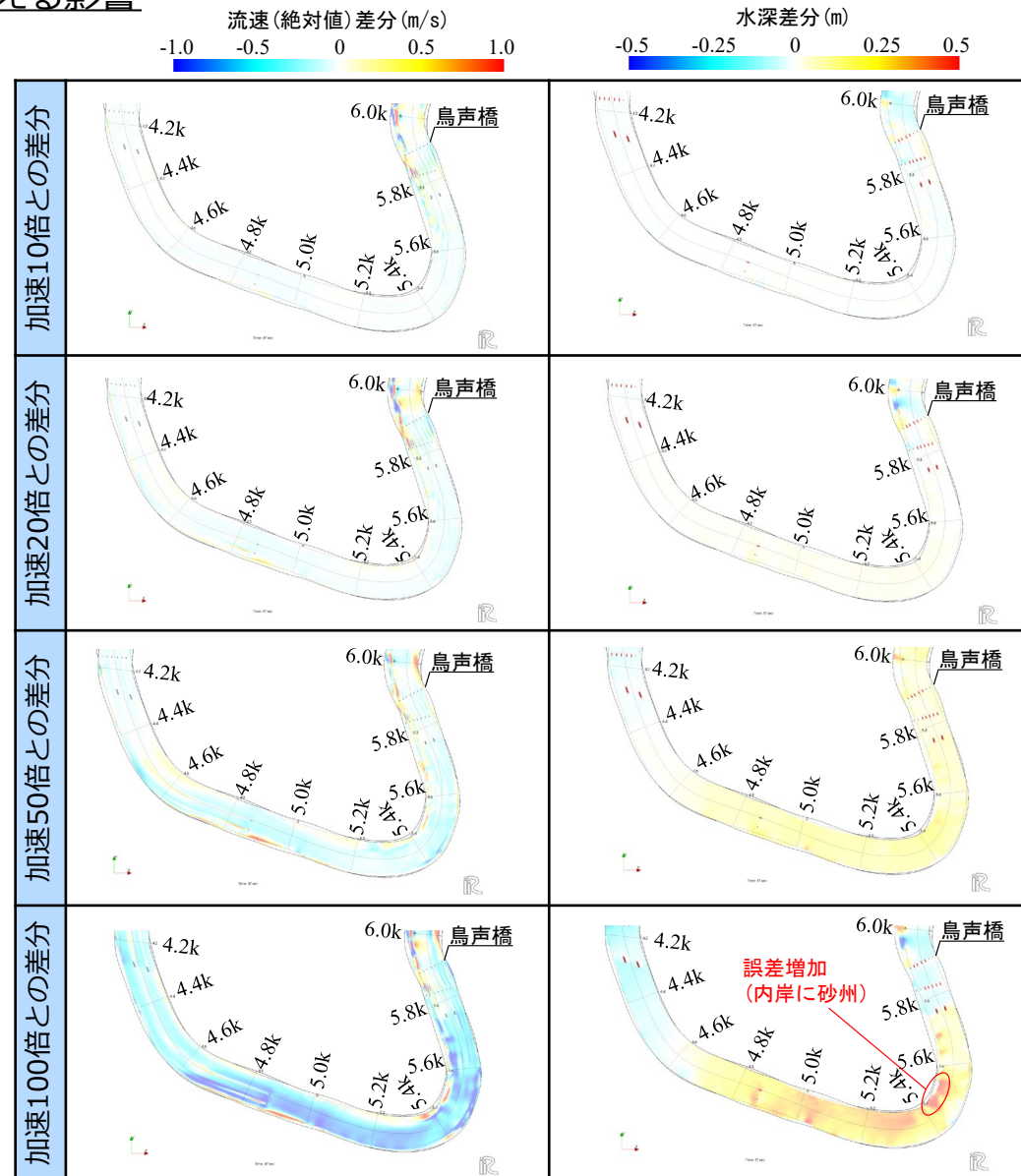


図13 流速差分図(左図)、水深差分図(右図)

おわりに

- 本研究では、ACA 法を河道計画や河道設計，災害復旧等の実務で活用するための基礎的知見を得ることを目的に，加速係数の違いが水位や流速の解析結果に与える影響を詳細把握し，その傾向を分析した．以下に主要な成果を述べる．
 - 加速係数 100 倍を設定したとしても，**痕跡水位を目標とした再現計算では加速なし計算と同等の再現結果を得た。**
 - 一方，流量や断面平均水深，断面平均流速等の縦断分布を分析した結果，**各水量各断面で誤差率は異なり**，加速なし計算と加速ありの 100 倍計算で水深や流速は**最大 20 % 程度の乖離**が生じた．
 - **検討目的に応じた解析必要精度を十分吟味**した上で採用する加速係数を決定する必要がある，現時点では，粗度係数調整で設定した**加速係数を汎用的に使うには注意が必要**であることを把握した．

