

第 II 部門

河口域の塩水挙動の解析に向けたデータ同化手法の適用

大阪大学工学部	学生会員	○石橋 春佳
大阪大学大学院工学研究科	学生会員	中 友太郎
大阪大学大学院工学研究科	正 会 員	中谷 祐介
大阪大学大学院工学研究科	正 会 員	西田 修三

1. はじめに

弱混合型河川における塩水の侵入は、河川環境や利水の面において悪影響を及ぼすため、河口域において塩水の挙動を把握することは重要である。しかし、これまで多くの研究により流動シミュレーションによる塩水挙動の再現が試みられてきたが、河口密度流には様々な外的要因が複雑に作用することに加えて、境界条件や数値モデルの内部パラメータに不確実性が含まれるため、高い精度を得ることは容易ではない。そこで、塩水挙動をより精確に再現する方法の一つとして、データ同化手法が挙げられる。データ同化手法では、観測値を取り入れながらシミュレーションを行うため、塩水挙動の再現性の向上が期待できる。本研究では流動シミュレーションにデータ同化手法を適用して、塩水挙動の再現性向上に対する効果を評価した。

2. 実験方法

流動計算には、3次元流動モデル FVCOM¹⁾を用いた。図-1 に計算地形を示す。この地形は左右対称であり、一般的な河口沿岸域を簡略化した形状としている。全長 15km、幅 0.2km の河川と海域から成り、水深は計算領域全域で 5m とし、河床高も一定とした。水平方向には三角形の非構造格子、鉛直方向には σ 座標系 (15 層分割) を用いた。今回は簡単のため、潮汐変動のない定常解析を行う。

データ同化手法としてはナッジング手法を適用した。ナッジング係数は、ナッジング係数を変化させた複数回のシミュレーションを実行することにより同化計算が発散しない値域を把握して、その最大値を設定した。

本研究では、データ同化による塩水挙動の再現性向上に対する効果を評価するために、2つの数値実験を行った。実験 1 では、上流端の流入条件に誤差が含まれる場合を想定し、データ同化を行うことによる塩分分布の修正効果を調べた。具体的には、淡水流入量を $150\text{m}^3/\text{s}$ とした場合 (Case.0) に得られる分布を真値と仮定し、 $175\text{m}^3/\text{s}$ (Case.1) とした場合に Case.0 で得られた流速・塩分の鉛直プロファイルと同化することによる塩分分布の応答性を調べた。同化位置は塩水楔の先端付近あるいは中央部とし、それぞれについて計算を行った。図-2 に Case.0 及び Case.1 における塩分の鉛直断面分布を示す。Case.1 では淡水流量が増加したことにより、塩水楔が後退していることが分かる。

実験 2 では、一般に塩水楔の再現を対象とした流動シミュレーションでは塩分の鉛直勾配が平滑化されてしまう問題に着目し、データ同化による修正効果を調べた。Case.0 で得られた分布に対して、塩水楔の先端付近において図-3 に示すような塩水と淡水を明瞭に分けた疑似観測プロファイルと同化することにより、周辺の塩分場に生じる変化に着目した。実験 2 の同化計算結果を Case.2 とする。

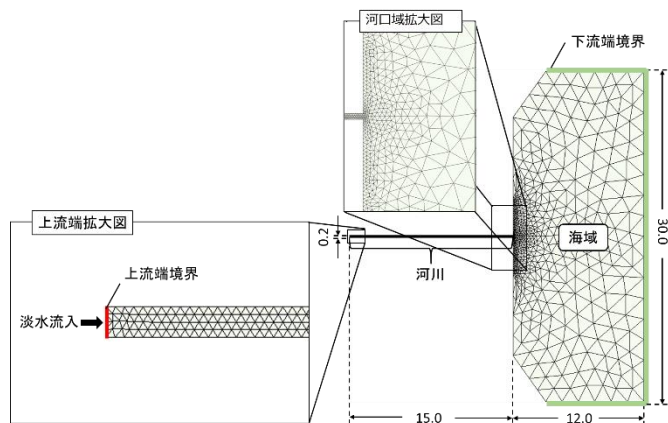


図-1 計算地形 (単位 km)

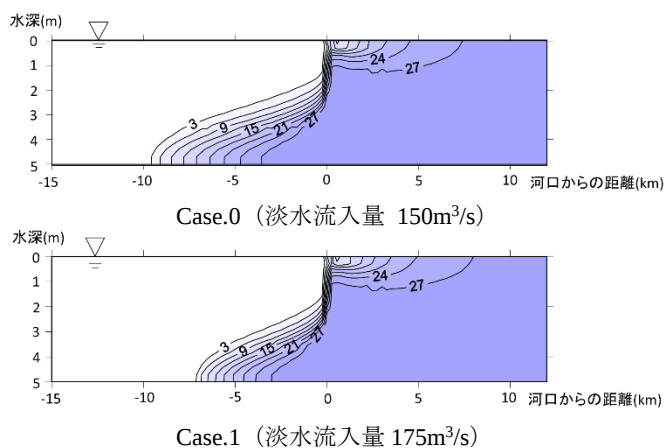


図-2 塩分の鉛直断面分布

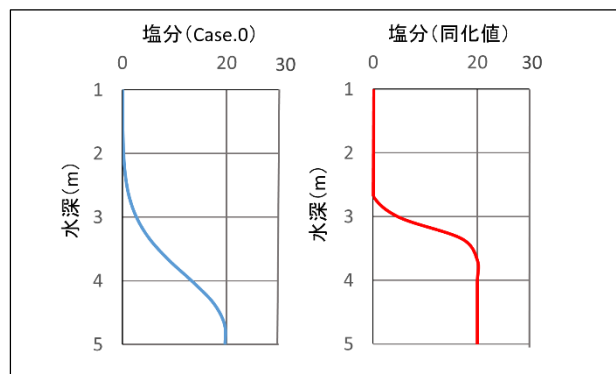


図-3 実験2で用いた塩分鉛直プロファイル

3. 実験結果及び考察

3.1. 実験1

図-4にCase.1の計算結果を示す. 上段は塩水楔の先端付近で同化を行った場合の結果である. 同化位置付近の水深4~5mで塩分の急激な増加が見られるが, 河川の全体的な塩分分布はCase.0の分布に大きく近づく結果となった.

下段は塩水楔の中央部で同化した結果である. Case.0の塩分分布に若干近付いたが, 上段と同様に同化位置付近の水深4~5mにおいて塩分の急激な増加が見られた. また塩分が急激に増加した場所で海域の下流端に与えた塩分よりも高くなっている所もあり, データ同化による数値誤差が発生したものと判断できる.

3.2. 実験2

図-5にCase.2の計算結果を示す. 同化位置付近では, 淡水と塩水の鉛直混合は小さくなっていることが確認できるが, 同化位置から少し離れた地点では, 鉛直混合が小さくなるような効果は見られない. また塩分が海域の下流端よりも高い塩水が, 水深4~5m付近の広い範囲で発生している. このことからデータ同化による無理な2層化により, 支配方程式を大きく崩していると判断できる.

4. まとめ

実験1による計算結果より, 流速と塩分を同化することによって境界条件の不確実性による影響を小さくし, 塩水挙動をより精確に再現することは可能であることが分かった. しかし同化計算を行った位置によって効果は大きく異なったことから, 今後効果的な同化位置についても解析する必要があると考えている. また, 実験2による計算結果より, 塩水と淡水の鉛直混合を抑えるための同化手法についてさらなる検討が必要であると言える.

【参考文献】

- 1) Changsheng Chen et al. : FVCOM User Manual, June, 2006