

数値シミュレーションによる有明・八代海域の流動場特性に関する研究

熊本大学自然科学研究科	学生会員	和田	彩美
熊本大学沿岸域環境科学教育センター	フェロー	滝川	清
熊本大学工学部環境システム工学科	正会員	田中	健路
熊本大学沿岸域環境科学教育センター	正会員	森本	剣太郎
熊本市経済振興局農林水産振興部	正会員	渡辺	枢

1. はじめに

座標系数値モデルは、複雑地形を伴う3次元流動解析を行う上で有効性の高いモデルとして注目されている。ところが、演算に水深の逆数が関与するため、水平方向の移動境界処理など、干潟域のプロセスを再現するための重大な課題が残っていた。

渡邊(2005)は、座標系3次元流動モデルの一つであるPOM (Princeton Ocean Model)を改良し、等温・等密度場での干出・冠水域の計算を行えるようにした。

一級河川が多く流入する有明海は、特に有明海湾中・奥部の浅海域において密度成層が夏季に発達することが、現地観測データの解析から明らかになってきている。一方、干潟域を含む浅海域では、大気や底面からの加熱に対する温度変化を過大評価する可能性があり、密度変動に伴う浮力効果が過大に増大することで、計算不安定を引き起こすとされる。したがって、浅海域での熱力学過程を精度よく計算するための手法を開発することが重要である。

本研究は、渡邊(2005)が開発した干潟域の計算過程を用いて、浅海域の大気・底面からの加熱過程を計算する手法を改良し、有明・八代海域への適用を試みた。

2. 密度場を考慮した干潟域の数値計算

2.1 プログラム概略

基本となる数値モデルは、Princeton 大学で開発された、座標系モデル(POM2k; Mellor, 2004)である。渡邊(2005)は、閾値水深の設定や、底面摩擦係数の臨界値を設定することにより、干潟域の冠水・干出域を計算出来るように改良した。POM では、大気・底面との熱・物質交換を含め、水温・塩分濃度の計算を行えるように組込まれている。ところが、極浅海域を含めた計算では、熱交換に関する問題が生じ、改良する必要がある。

2.2 熱力学過程の計算と問題点

POM を構成する基礎方程式のうち、熱力学に関するもののみを取り上げる。

熱力学方程式(熱力学第一法則)

$$\frac{\partial TD}{\partial t} + \frac{\partial TUD}{\partial x} + \frac{\partial TVD}{\partial y} + \frac{\partial T\omega}{\partial \sigma} = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{K_H}{D} \frac{\partial T}{\partial \sigma} \right] + F_T - \frac{\partial R}{\partial z} \quad (1)$$

塩分濃度の拡散方程式

$$\frac{\partial SD}{\partial t} + \frac{\partial SUD}{\partial x} + \frac{\partial SVD}{\partial y} + \frac{\partial S\omega}{\partial \sigma} = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{K_H}{D} \frac{\partial S}{\partial \sigma} \right] + F_S \quad (2)$$

海水中の放射伝達方程式

$$R = Sw(\alpha \exp(\sigma D / \beta_1) + (1 - \alpha) \exp(\sigma D / \beta_2)) \quad (3)$$

ここで、 U, V : x, y 方向の流速、 $D (=H+)$: 水深、 H : 初期水深、 η : 変位、 K_H : 鉛直渦拡散係数、 F_S : 水表面での温度と塩分濃度の流束(フラックス)、 R は放射エネルギーフラックスである。密度は状態方程式を用いて水温 T と塩分濃度 S の関数として算出している(Mellor, 2004)。

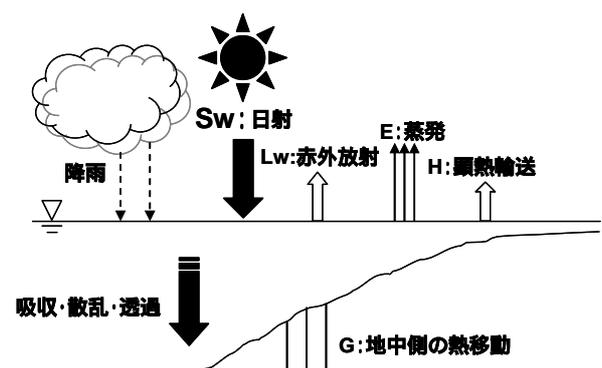


図1 温度・塩分濃度の計算に用いる外的作用

大気や底面との熱交換などを計算する際に生じる問題点として、干潟干出域でのごく薄い層内に移流・拡散項と比べて非常に大きな外的加熱などの項が入ることである(図1)。座標系上で、水深100m前後の区域と水深1m未満の浅海域では、温度・塩分濃度に与え

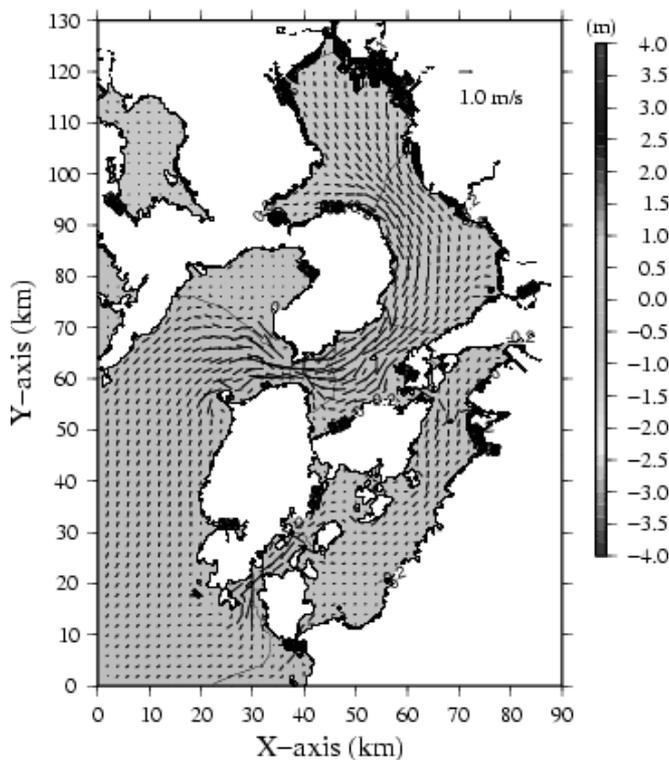


図2 水位・表層流速分布例(8日目19時間後)

る影響が100倍以上異なる。したがって、式(1),(2)のFsおよびRを一定水深未満で緩和係数を与えることで、数値的なインパクトを抑制する方法を開発した。

3 有明・八代海域への適用

3.1 計算条件

解析領域は図2に示す有明・八代海域で、東西方向90km、南北方向130kmである。水平方向の格子点間隔は400mとし、鉛直方向は6層に分割した。潮位に関する境界条件は南西端から振幅1.0m、周期12時間の波を与えた。

熱力学過程に関しては、大気・底面での熱・塩分交換をゼロとして、河川や外海の温度・塩分濃度を変化させ、移流拡散過程の計算の妥当性を検証し、その後、日射などの外的な加熱などを加えて、日射と蒸発を考慮して計算した。

3.2 計算結果

水温の初期値を20として外海からの表層海水温を一定の割合(0.1/日)で上昇させ、河川の水温を初期値で一定にした場合の10日間の計算結果例を示す。図2は、計算開始後18潮汐目の下げ潮最大時の流速および水位分布である。湾口側方向に1m/sを超える流速が有明海湾口部付近から島原半島沿岸域にかけて現れている。満越瀬戸では、有明海から八代海側に向けて流れている結果となった。

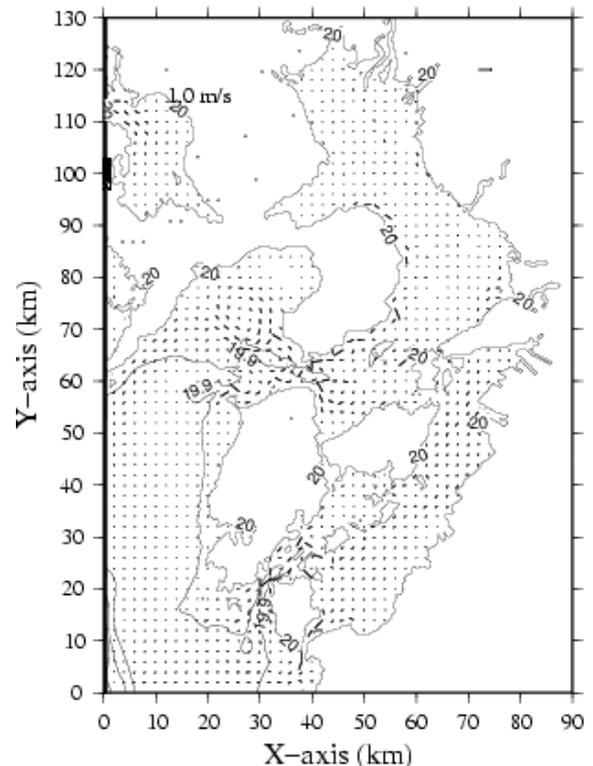


図3 表層水温と流速分(8日目5時間後)

図3は8日目5時間後の表層の水温分布を示す。湾内の北東側から湾外の南西側にかけて水温が高くなっている傾向が表れている。また、口之津沖の有明海湾口部では、流速の大きい領域で水温が周囲よりも低い領域が見られ、海底地形によって局所的に励起された鉛直循環により、深層の低温の海水がパンピングしている効果が表れている。以上の計算結果から、熱・塩分などスカラー量の拡散については、渡邊(2005)の干潟域の計算方法を用いて安定した計算ができることが分かった。

4. まとめ

本研究では、干潟域の干出過程を取り入れた座標系モデルで、水温・塩分の移流拡散過程を取り入れて、3次元流動構造に伴う、水温・塩分濃度・密度場の計算を行うことを可能とした。

日射加熱を含めた大気・土壌との相互作用の影響については、講演時に紹介・議論する。

<参考文献>

George L. Mellor (2004) : Users Guide for a three-dimensional, primitive equation, numerical ocean model, Princeton University.

渡邊枢(2005) : 干潟を有する閉鎖性海域における座標系3次元流動解析, 熊本大学大学院自然科学研究科修士論文, 20p