

干潟域，密度場を考慮した三次元流動モデルの検討

熊本大学大学院自然科学研究科

学生会員 ○末益 潤

熊本大学沿岸域環境科学教育研究センター

フェロー 滝川 清

熊本大学工学部技術職員

正会員 矢北 孝一

1. はじめに

広大な干潟を有し，また河川流量が多いために沿岸域で密度成層の強さの変化が起こりやすい有明・八代海の流動解析を行う際には，干潟域，密度場を考慮した解析を行う必要がある．これまでに，例えば西田ら¹⁾が干潟を考慮した流動モデルを構築し，有明海へ適用することで流動特性について検討しているが，干潟域，密度場を十分に再現した流動モデルはまだ確立しておらず，有明・八代海の流動特性，密度構造は十分に議論されていない．

そこで本研究では，干潟域，密度場を考慮した流動モデルを構築し，有明・八代海に適用するとともに，湾内の流動特性，密度構造を検討することを最終目標としており，流動モデルの構築のために必要な干潟の冠水・干出過程に伴う陸海境界移動，境界付近の密度値（水温，塩分）の扱いを検討し，モデルに組み込むことを試みた．

2. 干潟域を考慮したプログラムへの改良

2.1 基本数値モデルの概要

本研究で使用する基本数値モデルは，Princeton 大学が開発した σ 座標系三次元モデル POM(Princeton Ocean Model)である．オリジナルの POM には，干潟の冠水・干出にともなう陸海境界の移動を再現するアルゴリズムが含まれていない．そこで，境界移動（干潟の冠水・干出）の再現と境界が移動する際の境界セルの水温値，塩分値の扱いについてプログラムの改良を行った．

2.2 陸海境界移動の再現

境界移動の再現手法はこれまで様々な提案がなされているが，本研究では加藤ら²⁾の手法を参考にした．水深に閾値を設け，下げ潮時の水位低下とともに，水深が閾値以下となった場合は干出セルと仮定し，

流入する流速をゼロとする．その際，水位変動値をゼロクリアせずに干出する直前の計算ステップ

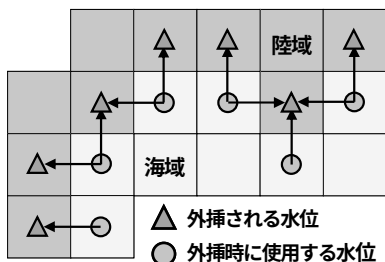


図-1 水位の外挿イメージ

の値を保持させ，次の冠水時にその値を参照するようにしている．一方で上げ潮時は，周囲四方の冠水セルの水位の平均値を干出セルに外挿して（図-1）水深を計算し，閾値以上であれば冠水セルとして計算領域に戻す．

2.3 境界セルの水温値，塩分値の扱い

図-2に本プログラムのフローチャートを示す．陸海の判断材料となる水位変動値は外部モード（平面二次元計算）で計算される一方で，水温値・塩分値などは内部モード（三次元計算）で計算される．そこで，内部モードにおいても境界移動に伴う計算処理を検討した．ここで検討したのは水温値，塩分値である．セルが干出した場合，干出セルは移流・拡散計算が起こらないように，一方で冠水が起こる場合，境界移動の再現手法と同様に，周囲四方の冠水セルの水温値，塩分値の平均を干出セルに与えるように設定した．冠水過程において上記のような設定を行

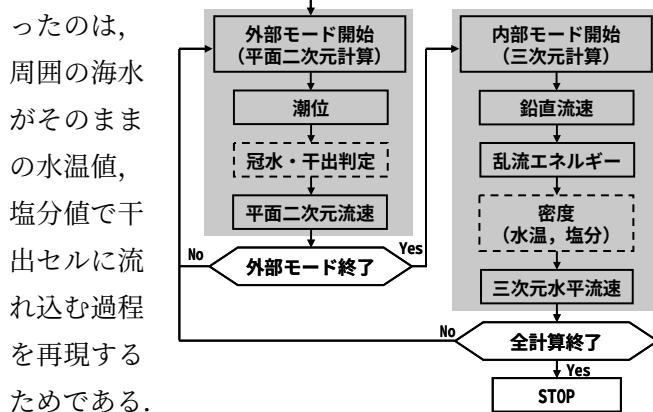


図-2 プログラムフローチャート

3. 矩形湾での計算・検討

3.1 計算条件・領域

改良したプログラムの検証のために，矩形湾を設定し，計算を行った．図-3，図-4に計算領域を示す．格子幅は400[m]×400[m]で鉛直方向を6分割している．計算条件は，西境界から振幅2[m]のM₂分潮(周期12.42[hr])を与え，北・南境界は放射条件とした．水深閾値は0.1[m]としている．ここでの計算は干潟を含む領域において境界移動，水温値，塩分値の処理が可能かどうかを検証するものであるため，水温，塩分の初期値は空間一様（水温：

28[°C], 塩分: 32[PSU]) とし, 淡水流入, 日射等の外部からの密度フラックスは与えていない。

3.2 計算結果

図-5 に, 図-3 の湾奥 (四角で囲む領域) における, (a) 上げ潮時, (b) 満潮時, (c) 下げ潮時, (d) 干潮時の水深分布および流速ベクトル (平面二次元) を示す。無着色領域は陸域である。図より, 初期状態で $X=108[\text{km}]$ であった汀線位置が, 満潮時には $X=110[\text{km}]$ (初期水深-2.5[m]) 付近まで, 干潮時には $x=106[\text{km}]$ (初期水深 2.5[m]) 付近まで移動していることが確認できる。また, 上げ潮時, 下げ潮時の流速ベクトルについて, 水深が比較的浅い汀線付近においても異常な流速は見られず, 境界移動を再現できていると判断される。

図-6 に, 図-3 の地点 A における計算開始 684 時間後 (29 日 13 時間後) から 732 時間後 (31 日 12 時間後) の水温および水位変動の時系列グラフを示す。地点 A の初期水深は 0[m] であるため, 水位変動値が 0.1[m] のときは干出しているとみなせる。図より, 境界が移動する際 (特に冠水する時) に水温が増減していることが分かる。塩分についても同様の結果を示した。この理由として, 冠水時の水位の外挿により, 水温計算に誤差が生じたこと, そして冠水時に周囲の水温値を参照するために冠水する瞬間に値が増減することが考えられる。本計算では初期条件で水温を空間一様に与えているために, 主要な要因は前者であり, 前者が生じたのちに後者も生じていると考えられる。しかし, 増減値は 10^{-2} のオーダーであり, 30 日たった値も初期値 28[°C] から大きく変化していないため, 境界移動にともなう水温値, 塩分値の処理が適切に実施されていると判断している。

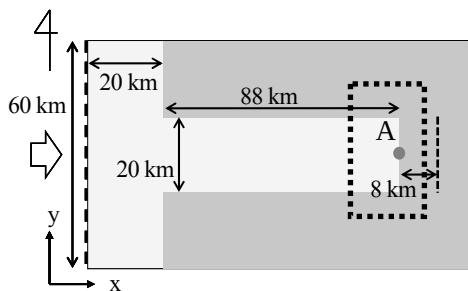


図-3 計算領域 (水平断面図)

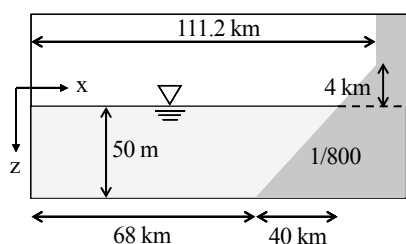


図-4 計算領域 (鉛直断面図)

4. まとめ

本研究では, 干潟域, 密度場を考慮した流動モデル構築のために, 移動境界手法と境界移動場における水温値, 塩分値の扱いについてプログラムの改良, 検討を行い, 境界の移動と水温値, 塩分値が安定していることを確認した。今後は, 有明・八代海に適用し, 外力 (淡水流入, 日射, 風) を考慮した計算を進めていくことで, 海域の流動特性, 密度構造を検討していく。

《参考文献》

- 1) 西田修三, 入江政安, 橋本基, 海江田洋平(2006): 干潟を考慮した流動モデルの構築と有明海への適用, 水工学論文集, 第 50 巻, pp1441-1446
- 2) 加藤一正, 田中則男, 灘岡和夫(1985): 干潟上の潮流計算および干潟変形予測の手法, 港湾技術研究所報告, Vol.18, No.4, pp3-75

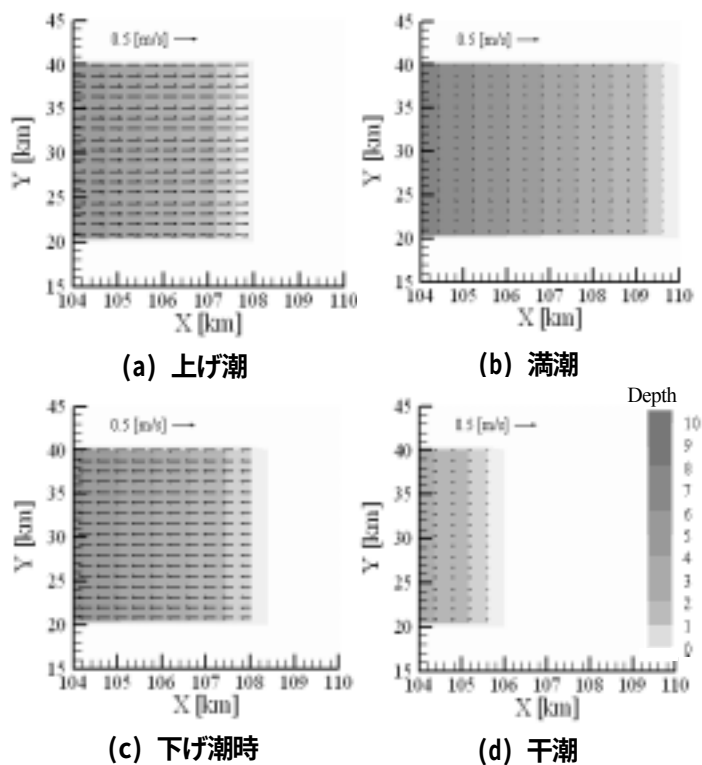


図-5 水深分布および流速ベクトル

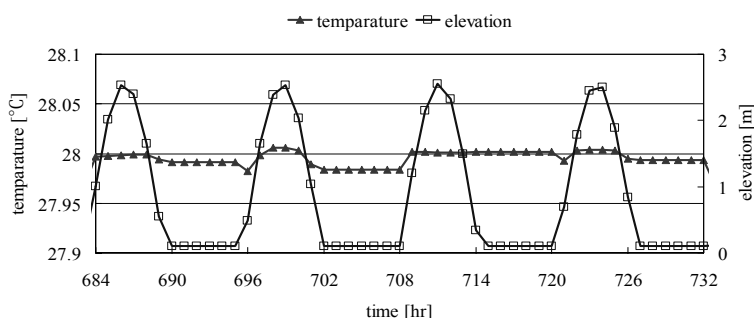


図-6 水温および水位変動の時系列グラフ