

大阪大学大学院 学生員 ○海江田 洋平

大阪大学大学院 正会員 西田 修三

1. はじめに

有明海は九州西部に位置する閉鎖性内湾で、湾奥では大潮時に潮差が6mにも達する。干潮時には、日本の現存干潟の約40%にあたる広大な干潟が湾奥を中心に出現する。近年有明海では、1979年に着工された熊本新港、1985年に建設された筑後大堰、1990年に着工された諫早湾干拓事業等の大規模事業が実施されている。それに伴い、有明海では種々の環境異変が起きている。1980年代より二枚貝を中心に漁獲量が激減し、赤潮や貧酸素水塊の発生の増加と大規模化も報告されている。さらに、2000年にはノリ不作問題が発生し、大きな社会問題となった。この有明海のノリ不作は、諫早湾干拓事業が影響を及ぼしているとの指摘もある。しかし、有明海の流動・水質構造の詳細については未だ明らかになっていない。そこで、本研究では3次元流動モデル(POM)を干潟域でも計算できるように拡張し、そのモデルを用いて有明海の流動を再現し、諫早湾潮受け堤防の影響を解析することを目的とする。

2. 干潟域の計算手法

流動モデル POM(Princeton Ocean Model)は、そのままでは水際境界の移動を伴う計算はできない。しかし、本研究で対象とする有明海は広大な干潟が存在するため、有明海へ適用する際には干潟域でも計算可能なモデルへと拡張する必要がある。

まず、潮位が低下し干上がっていく場合を考える。全水深がある基準値 ε より小さくなった時点で、陸域部になったと判断する。本研究では ε を0.1mに設定した。その時のメッシュの流速は0m/sとした。逆に、潮位の上昇により陸域部が水域部に戻る時は、周囲4つのメッシュにおける潮位の最低値をそのメッシュの潮位とし、その潮位とそのメッシュの基準位置からの水深の和が ε より大きくなった時、水域部であると判断する。水域部になったステップでの流速は0m/sとする。

しかし、このままでは連続式を満たさなくなる。例として、(I-1,J)の格子がn+1ステップに水域部から陸域部になる場合を考える(図-1)。(I-1,J)の格子が水域部のままである場合は、連続式(1)を満たしている。しかし、(I-1,J)の格子が水域部から陸域部になる場合は、速度 $U(I,J)$ が0m/sになるために連続式は(2)になり、n+1ステップの潮位ELが急激に変化してしまい、連続式を満たさなくなり計算が発散する。そこで式(3)を導入した。その結果、連続式が満たされ、発散することなく潮位ELもなめらかに変動するようになる。陸域部から水域部になる場合も同様に考える。

テスト計算の一例として、矩形傾斜水路における水際線の移動計算の結果を図-2に示す。着色領域が干潮時の水域部で、実線は満潮時の水際線である。

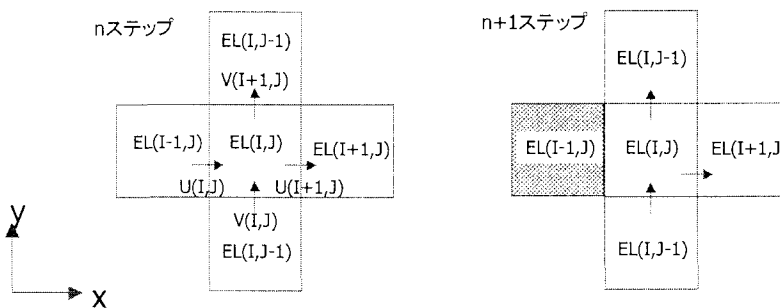


図-1 水域部が陸域部になる場合の例

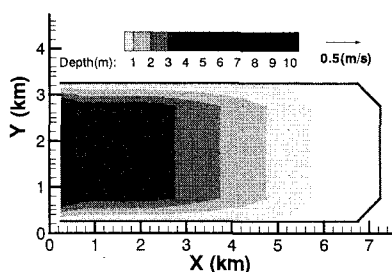


図-2 干潮時の水深(実線は満潮時の水際線)

$$\frac{EL_i^{n+1} - EL_i^n}{\Delta t} + \frac{D \times U_{i+1}^n - D \times U_i^n}{\Delta x} + \frac{D \times V_{j+1}^n - D \times V_j^n}{\Delta y} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{EL_i^{n+1} - EL_i^n}{\Delta t} + \frac{D \times U_{i+1}^n}{\Delta x} + \frac{D \times V_{j+1}^n - D \times V_j^n}{\Delta y} = 0 \quad (2)$$

$$\begin{aligned} EL_i^{n+1} &= EL_i^{n+1} - \frac{\Delta t}{\Delta x} \times D \times U_i^n \\ &= EL_i^{n+1} - \sqrt{\frac{D}{g}} \times U_i^n \end{aligned} \quad (3)$$

3. 有明海への適用と流況解析

有明海の流動計算をするにあたり、潮汐調和定数が得られている網場、富岡を結ぶ直線を開境界とした。計算領域は 59.5km×73km で、水平方向格子間隔は有明海の湾内では 500m×500m とし、湾外では 1km×500m とし、鉛直方向には 10 層に分割した。計算期間は堤ら(2003)により水質調査が行われた 2001 年 9 月 20 日から有明プロジェクトによる一斉観測が行われた 10 月 16 日までの 27 日間とした。計算結果は観測結果と比較して良好に再現できていることが確認された。諫早湾潮受け堤防締め切りの影響をみるために、潮受け堤防締め切り以前の地形で計算を行い、締め切り前後の流況変化の解析を行った。解析結果の一例として、大潮下げ潮最強時、大潮上げ潮最強時における潮受け堤防建設後と建設前の流速の比を示す(図-3,4)。1 以下は堤防設置により流速が低下した地点を表している。

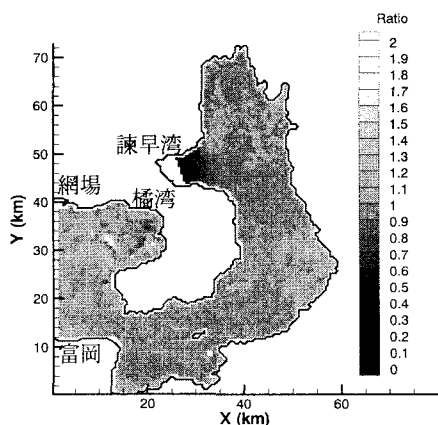


図-3 流速比(大潮下げ潮最強時)

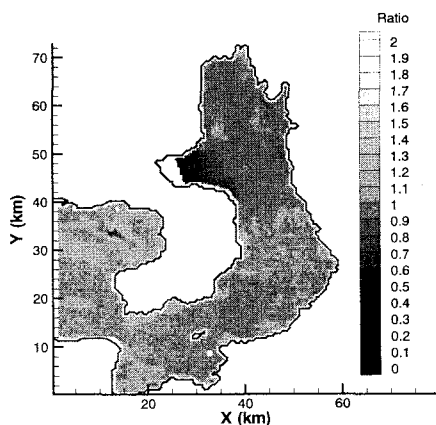


図-4 流速比(大潮上げ潮最強時)

潮受け堤防建設後、下げ潮最強時、上げ潮最強時ともに諫早湾内で大きな流速低下が見られる。上げ潮最強時には諫早湾湾口部でも 20%近い減少となっており、流速減少の影響が及ぶ範囲が諫早湾の湾外にまで及んでいる。有明海での流速変化はそれほど大きくないが、10%程度流速が増減している地点も見られる。なお、有明海湾外の橘湾で流速比が大きく変化しているが、この海域では流速が極めて小さく少しの流速の増減により、変化の割合が現われたためである。有明海を特徴づける強い潮流の減少により、海水の鉛直混音が弱まり、赤潮や貧酸素水塊が発生しやすい状況になっていることが示唆された。

参考文献：1)有明プロジェクト研究チーム(2002)：有明プロジェクト中間報告書(その 1)，161p.

2)堤裕昭，他(2003)：有明海奥部海域における近年の貧酸素水塊および赤潮発生と海洋構造の関係，海の研究，12(3)，pp291-305.