

改良型 POM による干潟域を含む三次元流動モデルの検討

沿岸域環境科学教育研究センター 教授 滝川 清
熊本大学大学院 自然科学研究科 末益 潤
熊本大学技術部 矢北 孝一
株式会社独立総合研究所 青山 千春
国土交通省国土技術政策総合研究所 森本剣太郎

研究の目的：

近年、有明海を含めた各地の沿岸域において、底質の泥化、貧酸素水塊や赤潮発生の増加・大規模化等の環境変動に関する諸問題が顕在化し、現地調査に基づく底生生物、水質、潮流、物質循環等の研究や水質及び底質改善対策等が進められている。これらの環境変化は、物理的・生物化学的要因などが指摘されているが、干潟域を含めた沿岸域は複雑な場であることから、諸問題の要因と干潟環境との明確な因果関係が十分に解明されていない現状にある。流動場の特性は海域の物理環境を支配する大きな要因であり、特に、干潟域が発達した有明海・八代海等での流動場の 3 次元流動特性を検討する場合、複雑な海底地形の変化、潮汐に伴う干潟の干出・冠水、さらに河川流入等に起因する密度成層の形成等、多くの変動要因が複雑に影響しており高精度の計算が要求される。このような干潟域で計算精度を上げるための一手法として、 σ 座標系 3 次元流動モデルである POM (Princeton Ocean Model) を改良し、干出・冠水域の計算を可能とした事例が報告されている。 σ 座標系は、海底地形を滑らかに表現可能で、沿岸に近づくほど鉛直分解能が高まるという利点がある反面、座標変換によって運動方程式中の水平圧力勾配項で誤差の蓄積が生じるという問題が指摘されている。この数値誤差は、海底勾配の大きさ、密度成層の強さ、計算格子の粗さ等が原因で増幅される。そのため誤差軽減手法として、細かい格子を用いる、表層と海底付近の格子間隔を対数分布とする、圧力項に高精度差分を用いる等の提案が示されている。

そこで本研究では POM に、表層及び底層付近で格子間隔を密にし、鉛直方向の格子配置を不等間隔とした手法を組み込み、干潟の干出・冠水を再現可能とした 3 次元流動解析を行った。この解析結果を検証するために、潮流・潮位の実測値との比較検討を実施した後、干潟域を有する有明海へ適用し、3 次元の流動特性について検討を行った。

研究の内容：

本研究では、双曲型関数を用いて表層及び底層付近で格子配置が密となる不等間隔格子へ座標変換を行った。双曲型関数中では y_j : 変換後の格子点, η_j : 変換前の格子点, N : 層数を示す。 α を調整することで、境界付近での格子を密に配置することができる。本研究では、表層及び底層に総格子数の約 1/4 が集まるように $\alpha = 2.5$ を採用した。

双曲型関数を用い表層と底層付近で、格子間隔を密に配置し、境界付近で急激に変化する速度等に対応可能とした。上記の不等間隔格子への座標変換は、中心差分を用いて近似すると、変数変換は、格子点における y_j の値が与えられていれば良いことが知られている。計算条件は、格子幅 400m, 格子数 ($x=225, y=350, z=14$), 干潟閾値 0.3m, 計算時間は 15 日間とした。境界条件は、大浦における潮位変動を参考に、西側の海境界より富岡における主要 4 分潮を与え、助走期間の 24 時間までに振幅を徐々に増加させた。

なお解析は、流速の実測データが確認されている 2001 年を対象とし、塩分、海水温、河川水の流入、風向・風速等は考慮していない。

主要な結論：

(1) 大浦検潮所の実測潮位 (2001 年冬季) と計算潮位の M_2 潮の計時変化結果より、有明海の湾奥における潮位変動を代表する大浦と比較した場合、計算結果の振幅が若干低い値を示すが、周期は、実測値と同じように変化することが確認できた。

(2) 湾央 2 カ所 (A, B 点) での潮流の M_2 潮の実測値 (2001 年 5 月: 水深 3m) と計算値の潮流楕円を検討した。その結果、A 点では短軸長は、ほぼ同じ値となったが、計算値の長軸が短く、南北成分が過大・過小に評価されたことが分かった。一方、B 点では、計算値の短軸長が等しく、長軸長は若干短い、実測値と計算値の流向の一致は良好となった。

(3) 満潮と干潮における計算結果の水深分布を検討した。水深 5m に注目すると、満潮と干潮での水平方向の移動距離が約 8km となり、干潟の干出・冠水の再現が可能となっている。