

沿岸浅海域潮流シミュレーションにおけるネスティング計算法の検討 Study on Nesting Techniques for Tidal Flow Simulations in Coastal Waters

○本田裕理*・平松和昭**・原田昌佳**
Honda Yuri*, Hiramatsu Kazuaki**, Harada Masayoshi**

1. はじめに 九州北部に位置する博多湾は閉鎖性の強い内湾である。湾内には干潟が存在し豊かな生態系を形成する一方、背後地となる福岡市からの汚濁負荷の流入や、湾内の大規模開発により、近年環境の悪化が問題となっている。このような海域の環境保全を考えるうえで、数値モデルを用いた流動シミュレーション手法は必要不可欠なツールである。ところが、実際の沿岸浅海域には構造物等により地形が急変している海域が存在することが多く、このような海域では、より高解像度の計算が求められる。しかし、対象領域全体を高解像度とすると計算量が膨大となり、多大な計算時間が必要となる。本研究では、沿岸浅海域を対象とした効率的な流動シミュレーションモデルの開発を目的として、必要海域のみ局所的に高解像度計算を行うネスティング計算法の導入を検討した。

2. 2次元単層モデル 検討対象は矩形の仮想海域（湾口幅 4.0km, 奥行 4.8km）および博多湾である。シミュレーション期間は仮想海域では大潮満潮時から2潮汐、博多湾では2007年7月18日0時から8月2日0時までとした。以下では、計算領域全体を大領域、ネスティング計算領域を小領域と呼ぶ。仮想海域における差分間隔は大領域100m, 小領域20m, 博多湾では100m, 25mとした。モデルには、連続の式および3次元 Reynolds 方程式を水深方向に積分した2次元単層モデルを用いた。数値解法として、水量をスタッガードメッシュ系に配置した有限差分法を採用し、潮流計算には Leap Frog 法を用いた。また、Land Mask 関数による干潟処理を導入した。湾口開放境界条件には福岡市東区西戸崎における潮汐調和定数から計算した潮位を使用した。Fig.1, Fig.2に博多湾の海底地形、および結果の検証に使用した潮流観測地点を示す。

3. ネスティング計算法 本研究では、エリアタイプのネスティング計算法（二瓶ら, 2003）および、スポンジ領域を用いたラインタイプのネスティング計算法（Martinsen and Engedahl, 1987）について検討した。

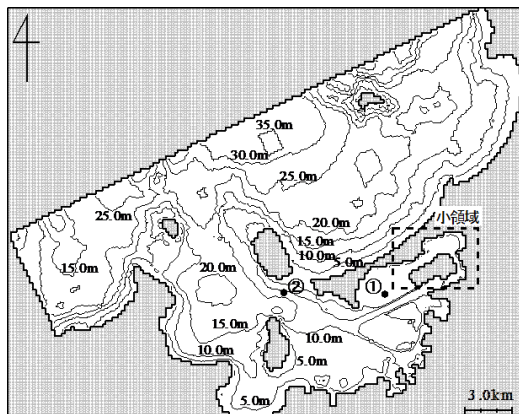


Fig.1 計算領域（大領域）
および海底地形、潮流観測地点
Simulation area, its sea-bed topography
and observed points of tidal current

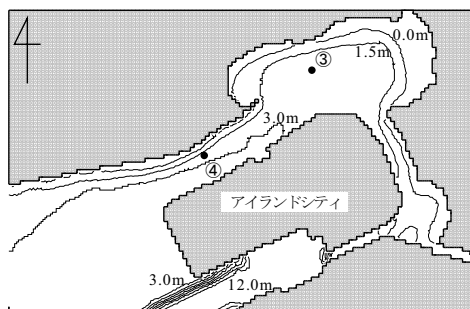


Fig.2 ネスティング計算領域（小領域）
および海底地形、潮流観測地点
Nesting calculation area, its sea-bed topography
and observed points of tidal current

*九州大学大学院生物資源環境科学府/Graduate School of Bioresource and Bioenvironmental Sciences, Kyushu University

**九州大学大学院農学研究院/Faculty of Agriculture, Kyushu University

キーワード：2次元単層モデル, 博多湾, スポンジ領域

エリアタイプは、まず2次元単層モデルにより大領域を計算し、その結果を同化成分として小領域計算に反映させ、小領域計算では、空間解像度の向上による偏差である変動成分の計算を行い、同化成分と変動成分を合計することで、小領域の計算結果を得た。小領域計算の境界条件には Sommerfeld の放射条件を適用した。ラインタイプに関しては、小領域の境界条件として大領域の計算結果を与え、境界による波の再反射に対しては、減衰効果を持つスポンジ領域を小領域境界部分に設定した。また、本研究ではどちらのタイプも、大領域での計算は独立して行っており、小領域での計算結果は大領域計算にフィードバックさせていない。

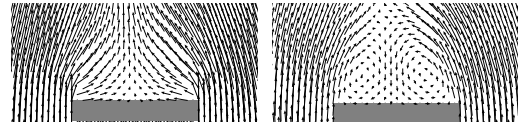


Fig.3 後流渦の再現性
エリアタイプ (左)・ラインタイプ (右)
Trailing vortex generation
Left: Area type, Right: Line type

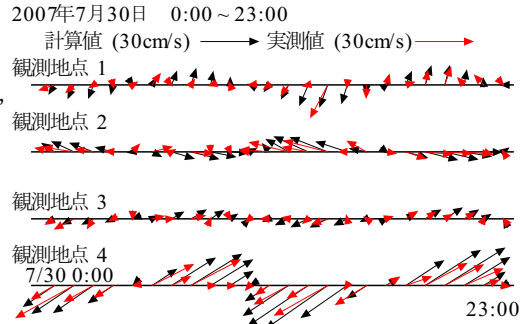


Fig.4 潮流速・流向の再現性
Calculated and observed tidal current vectors

4. 解析結果および考察 仮想海域の解析に関しては、比較のため全域を小領域と同じ差分間隔で計算する対照計算を行った。干潟の再現性についてはエリアタイプ・ラインタイプともに良好な再現結果であった。Fig.3に示すように、エリアタイプでは後流渦などの流れが再現されなかった一方、ラインタイプでは良好な再現性が得られた。計算時間に関しては、対照計算と比べ、両タイプともに大幅な短縮が確認された。次に、博多湾東部のアイランドシティ周辺をラインタイプのネスティング計算法により計算した。Fig.4に7月30日0時から23時までの潮流ベクトルの計算値と実測値の比較を示す。観測地点1, 2は大領域、観測地点3, 4は小領域に位置し、いずれも実測値を概ね良好に再現していることがわかる。アイランドシティ近辺の流況パターンに関しても、既往の調査と比べ良好な再現性が得られた。さらに、干潟の発生個所に関しても良好な再現性が確認された。また、河川流入を考慮することで、さらなる再現性の向上が予想される。

5. おわりに 本研究では、仮想海域と博多湾を対象に、潮流シミュレーションにおけるエリアタイプ・ラインタイプという2つのネスティング計算法に関して検討し、複雑な地形に対応した計算の効率化を図った。浅海域特有の干潟の再現性に関しては、ともに良好な再現性が得られた。ラインタイプに関しては、急変流に対しても良好な再現性が確認された。一方、ラインタイプの計算法であっても、大領域計算において、差分間隔の広さから実地形と計算点で地形が大きく異なる場合、それが小領域での計算へ影響することが確認されており、今後の改良が必要である。加えて、大領域と小領域において計算結果を相互に補完する双方向性のネスティング計算法への改良が、今後の研究課題である。

謝辞 本研究の一部は平成24~26年度日本学術振興会研究拠点形成事業(B.アジア・アフリカ学術基盤形成型)および平成23~27年度日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究B(課題番号:23380144)の補助を受けた。博多湾の潮流速観測データは福岡市港湾局から提供頂いた。記して謝意を表します。

参考文献 Martinsen E. A. and H. Engedahl (1987): Implementation and testing of a lateral boundary scheme as an open boundary condition in a barotropic ocean model, *Coastal Engineering*, **11**, pp.603-627

二瓶泰雄・佐藤慶太・灘岡和夫・熊野良子・西村司(2003):沿岸海水流動シミュレーションに対する新しい多重ネスティング計算法の開発, 土木学会論文集, **740**, pp.171-183