

## 沿岸浅海域における移流分散シミュレーションへのネスティング計算法の適用 Application of Nesting Techniques to Convective-Dispersion Simulation in Coastal Waters

○本田裕理\*・平松和昭\*\*・田畑俊範\*\*\*・原田昌佳\*\*・福田信二\*\*

Honda Yuri\*, Hiramatsu Kazuaki\*\*, Tabata Toshinori\*\*\*, Harada Masayoshi\*\*, Fukuda Shinji\*\*

1. はじめに 沿岸に大都市を抱える閉鎖性内湾では、都市からの汚濁負荷流入や湾内開発により、水環境の悪化が懸念されている。このような海域の環境保全に対し、数理モデルによるシミュレーションは必要であり、特に、地形の複雑な海域では、必要領域のみ高解像度計算を行うネスティング計算法が有効である。しかし、沿岸浅海域を想定し、干潟や構造物付近での再現性を比較検討した研究は少ない。本研究では、仮想海域でネスティング計算法の有効性を検討し、さらに博多湾に適用し、実海域での再現性について検討する。

2. シミュレーションモデル概要 解析には、2次元単層モデルを用いた。数値解法は有限差分法とし、潮流計算には時間項と空間項にそれぞれ Leap Frog 法と中心差分法を、移流分散の計算には移流項と分散項にそれぞれ 3 次精度の風上差分および ADI 法を用いる Split-Operator Approach を採用した。また、Land Mask 関数による干潟処理を導入した。

局所高解像度計算のため、流動に関してはエリアタイプ (二瓶ら, 2003), スポンジタイプ (Martinsen and Engedahl, 1987), エッジタイプ (平松ら, 1991) の 3 種類の、塩分の移流分散に関してはエッジタイプのみのネスティング計算法の導入を検討した。以下、低解像度領域を大領域, 高解像度領域を小領域と称する。エリアタイプとスポンジタイプでは、大領域を計算し、エリアタイプは小領域の全計算点に、スポンジタイプは小領域境界上の計算点に、計算結果をそれぞれ反映させる。なお、エリアタイプでは、小領域の境界条件に Sommerfeld の放射条件を適用し、スポンジタイプでは、小領域境界にスポンジ領域を設定し、境界による影響を抑制した。エッジタイプでは、大領域境界および小領域境界上で、他方の領域における計算結果を境界条件として使用し、計算を行った。

3. 仮想海域 中央に陸域を設定した仮想海域 (湾口幅 4.0km, 奥行 4.8km) で解析を行った。また、精度検証のため、大領域全体を詳細に計算する reference 計算を行った。湾口境界には、大潮満潮時から 2 潮汐間の計算潮位を与えた。

流動は 3 タイプで概ね良好な結果が得られたものの、エリアタイプで、陸域付近において流速が過小に評価された。さらに、Fig.1 に示すよ

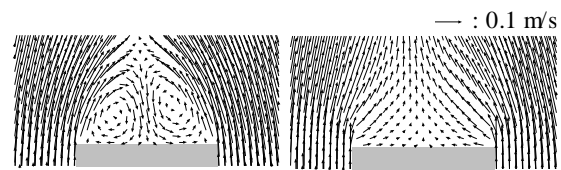


Fig.1 後流渦の再現性 (上げ潮時)  
reference (左)・エリアタイプ (右)

Trailing vortex generation  
Left: reference, Right: Area type

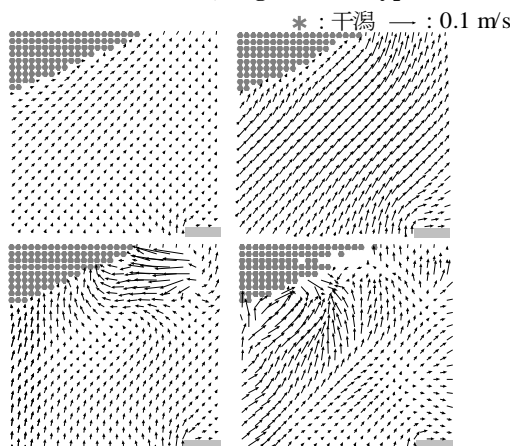


Fig.2 潮流ベクトル図, 仮想海域 (最干潮時)  
reference (左上)・エリアタイプ (右上)  
スポンジタイプ (左下)・エッジタイプ (右下)

Simulated result of tidal currents  
and tidal flat generation  
Upper left: reference, Upper right: Area type  
Lower left: Sponge type, Lower right: Edge type

\*一般財団法人九州環境管理協会/Kyushu Environmental Evaluation Association

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

\*\*\*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

キーワード: 2次元単層モデル, 博多湾, 干潟, スポンジ領域

うに、エリアタイプでは、陸域付近の後流渦が再現されなかった。なお、残る2つは渦を良好に再現した。最干潮時の潮流ベクトル図を Fig.2 に示す。エリアタイプは良好な結果が得られた一方、残る2つは、境界上に干潟が発生した際、潮流が不安定になり、小領域内に影響を与えた。

**4. 博多湾** 想定する小領域境界上に干潟域が存在しないため、スポンジタイプとエッジタイプの適用を検討した。計算領域と観測地点を Fig.3 に示す。湾口の境界条件に福岡県福津市津屋崎における計算潮位を与え、計算期間は2007年7月10日10時から8月2日0時までとした。

Fig.4 に7月30日16時(干潮時)のエッジタイプによる干潟域を示す。海底標高と計算潮位から判断される干潟域を良好に再現した。また、スポンジタイプも同様の結果であった。7月30日0時から23時(大潮時)における潮流速の実測値と計算結果を Fig.5 に示す。実測値の特徴をとらえた、概ね良好な結果が得られた。Fig.6 は、Fig.5 と同じ期間の塩分の実測値とエッジタイプによる計算値の時間変化である。すべての点において良好な結果が得られた。

**5. おわりに** 本研究では、ネスティング計算法を小規模海域に適用する際の特徴を比較した。流動は、スポンジタイプとエッジタイプで良好な結果が得られた一方で、この2つは領域境界と干潟域との位置関係が重要であることが判明した。エッジタイプでは、計算時間の長期化が問題となるため、さらなる効率化が今後の課題である。

**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** 平松和昭ら(1991):可変差分系による2次元平面不定流解析,平成3年度農業土木学会九州支部講演集,pp.191-194. Martinsen E.A. and 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. 二瓶泰雄ら(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.

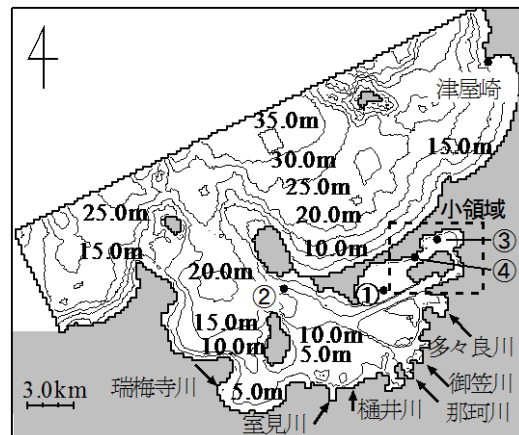


Fig.3 計算領域および海底地形、観測地点1~4  
Simulation area, its sea-bed topography and observed points



Fig.4 干潟の再現性(エッジタイプ)  
Simulated result of tidal flat generation, Edge type

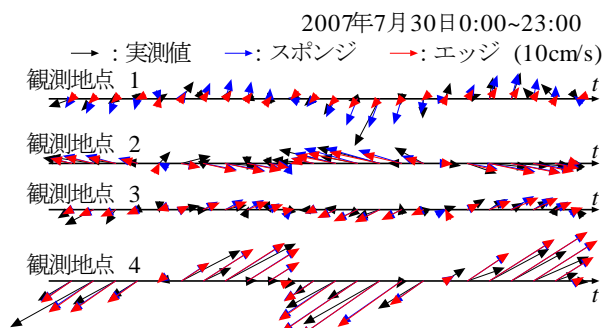


Fig.5 潮流速・流向の比較, 博多湾  
Comparison of the calculated and observed tidal currents in Hakata Bay



Fig.6 塩分の再現性, 博多湾(エッジタイプ)  
Comparison of calculated and observed salinity in Hakata Bay, Edge type