

非構造格子モデルを用いた高潮シミュレーション

九州大学工学部 学生会員 ○姫野慎太郎

正 会 員 木梨行宏 山城 賢

フェロー 橋本典明

1. はじめに

近年では、局地気象モデルで計算される詳細な風場と気圧場を外力として、本来内湾の潮流や水温・塩分を詳細に計算するための海洋流動モデルを高潮推算に利用する例が多数報告されている。流動モデルとしては Princeton Ocean Model(POM)や、Regional Ocean Modeling System(ROMS)などに代表される、各国の研究機関で開発されたモデルがよく利用されている。それらの海洋流動モデルのうち、FVCOM(Finite Volume Coastal Ocean Model)は、非構造格子を採用しており複雑に入り組んだ内湾での高潮計算においても、従来の構造格子を用いた流動モデルに比べて優位であると考えられる。

本研究では高潮推算における FVCOM の優位性を確認するため、オリジナルのモデルでは考慮されていない気圧場を外力として取り込めるよう改良し、有明海・八代海を対象に高潮推算を実施して、観測値および POM による計算結果との比較を行った。

2. FVCOM の概要

非構造格子モデル FVCOM¹⁾とは、Massachusetts Dartmouth 大学の C.Chen と H.Liu により開発された三次元有限体積法を用いた海洋流動モデルである。POM や従来の高潮モデルが水平座標に構造格子を用いているのに対し、FVCOM では非構造格子を採用している点が大きな特徴である。したがって FVCOM では、複雑な海岸線をより正確に表現できる。その他、鉛直座標には海底地形の再現性に有利な σ 座標を採用している点や、水面波の伝播を計算する外部モードと、密度差に起因する内部波の伝播を計算する内部モードを分離した mode-splitting 法により、流速・水温・塩分濃度・密度の変化を計算している点などは、代表的な海洋流動モデルである POM と同様である。

3. 高潮推算のための FVCOM の改良

オリジナルの FVCOM は、基本的に潮汐による海水流動を対象としており、高潮の重要な外力の一つである気圧場については、一定値（大気圧）として計算される。本研究では、FVCOM で気圧変化を考慮するため以下の改良を行なった。まず、静力学平衡を仮定し、(1)式により大気圧からの低下量を水位上昇量に換算する。

$$\Delta\eta = 0.991(1013 - P) \cdots (1)$$

ここで、 P は気圧、 $\Delta\eta$ は水位上昇量を示す。ついで、この水位上昇量を、水位変化を計算する外部モードの計算時に運動量方程式の水位の項に加える。また、開境界においても、同様に気圧低下による水位上昇量を境界条件に加える。

比較のための高潮推算を行う POM についても、外部モード計算時に気圧・風の空間分布の変化を(1)式およびバルク式によりそれぞれ考慮できるよう改良した²⁾。

表-1 主な計算条件

4. 高潮推算

台風 9918 号を対象に高潮推算を実施した。外力である風場と気圧場は中野ら³⁾による局地気象モデル WRF の計算結果を利用した。高潮の計算期間は 1999/9/23 0:00 から 1999/9/24 12:00 の 36 時間である。図-1 に計算領域を示す。計算領域の大きさについては検討の余地があるが、本研究では図に示す範囲で一定と

計算時間 ステップ	外部モード	1 秒
	内部モード	10 秒
計算期間		36 時間
塩分濃度		30
水温		20℃

し、図-2 に示すように 800m および 400m の計算メッシュを作成した（図-2 は図-1 中の赤い□の部分を示している）。また、開境界は放射条件であり、気圧低下による水位上昇は考慮しているが、潮汐は考慮しておらず、したがって高潮偏差のみを計算している。POM については、同程度の範囲を 0.004 度（約 400m）間隔の計算格子で分割し、同じ外力で計算を行った。その他の基本的な計算条件については表-1 に示す。

5. 推算結果の比較

図-3 に八代および三角における高潮偏差の推算結果を示す。図中には POM による推算結果と観測値を併せて示している。八代については、各推算結果とも全体的に観測値に近くなっている。

FVCOM のメッシュサイズが異なるケースを比較するとほぼ同じ結果であり、八代では 800m 程度で解像度は十分であると思われる。FVCOM と POM の結果を比較すると、ピークの起時に若干の差が認められる。また高潮が減衰した後最大で 50cm 程度の差が生じているが、両者ともに観測値との差が大きく、この時間帯についてはいずれの推算結果も精度が低下している。一方、三角についてみると、観測値には 2 つのピークがあるが、推算結果はいずれもピークが 1 つであり、ピークの大きさと起時にも大きな差がある。これは、モデルの計算精度以外に外力である気象場の推算精度が大きく影響していることが考えられる。FVCOM と POM では 6:00 から 7:00 にかけて多少の差が生じている。また、FVCOM のメッシュサイズによる差は八代に比べれば大きく、三角の周辺地形が複雑であることが影響していると思われる。

6. おわりに

本研究では、非構造格子モデル FVCOM による高潮推算の妥当性について検討した。その結果、代表的な流動モデルである POM と同程度の推算精度が得られることが確認された。今後は、可変メッシュ等を用いた検討を行い、複雑な内湾における高潮推算への適用性についてさらに検討する予定である。

謝辞：本研究は環境省環境研究総合推進費（S-8-2(2)亜熱帯化先進地九州における水・土砂災害適応策の研究）の助成を受けて行われたものです。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Chen, C. et al.(2003): An Unstructured Grid, Finite-Volume, Three-Dimensional, Primitive Equations Ocean Model: Application to Coastal Ocean and Estuaries, JOURNAL OF ATMOSPHERIC AND OCEANIC TECHNOLOGY Vol.20, pp159-186
- 2) 木梨ら(2011): 高潮推算における気象外力の入力時間間隔に関する検討～台風 9918 号を例として～
- 3) 中野ら(2010): 4DVARを用いた台風9918号の追算, 海岸工学論文集, vol.66, pp.381-385 (2010)

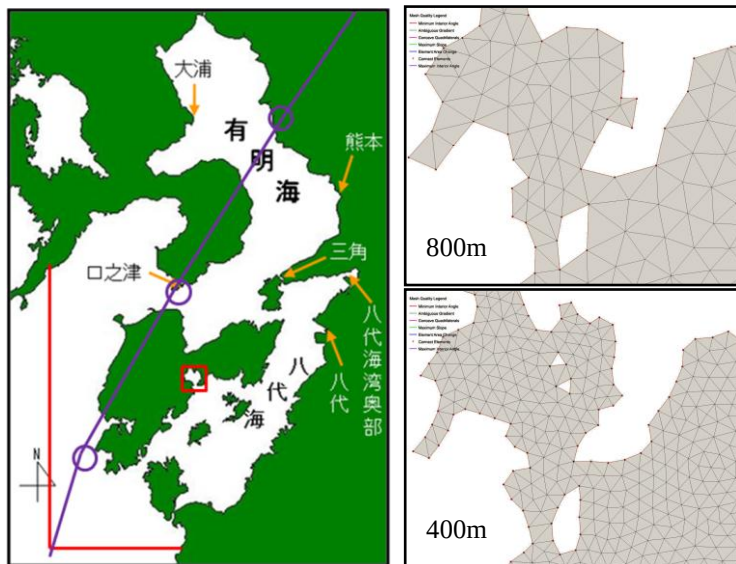


図-1 計算領域

図-2 計算領域のメッシュ分割

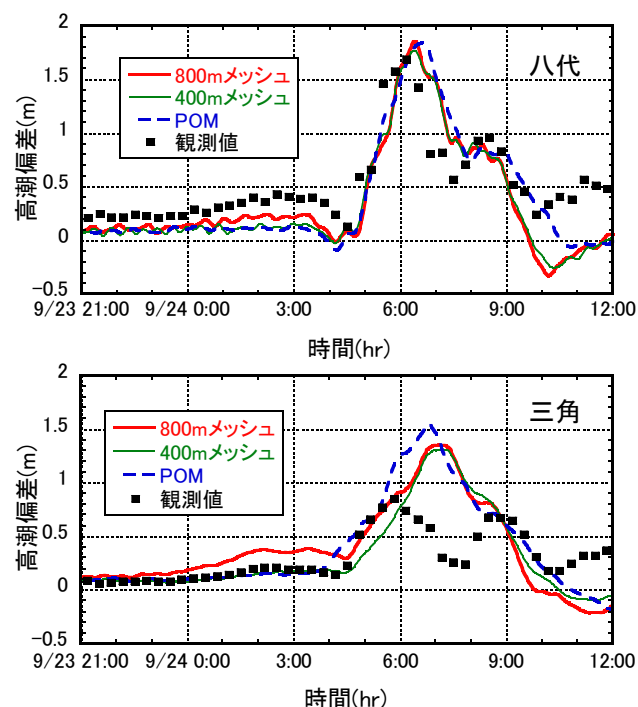


図-3 八代・三角における潮位偏差