非構造格子モデル FVCOM による高潮シミュレーション

九州大学大学院　学生会員　○月足健太郎
正 会 員　木梨行宏　横田雅紀　山城　賢
フェロー　橋本典明

1. はじめに

従来, 高潮推算には, 線形あるいは非線形長波理論に基づく単層・多層モデルが利用されてきた. 近年では, 各国の研究機関で開発された海洋流動モデルが高潮のシミュレーションにも適用されている. 海洋流動モデルの一つである FVCOM 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潮流や水質変動の計算に優れている．したがって，非構造格子モデルである FVCOM は，地形が複雑な内湾での高潮推算においても，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．そこで，本研究では FVCOM を高潮推算に適用するため，気圧分布を考慮できるよう改良し，単純なモデル湾を対象に代表的な流動モデルである POM と推算結果を比較しつつ，非構造格子モデルの利点および欠点を明らかにすることを目的とする．

2. モデルの概要

非構造格子モデル FVCOM(Finite Volume Coastal Ocean Model) [1]とは, Massachusetts Dartmouth 大学の Chen and Liu により開発された三次元有限体積法を用いた数値モデルである. 座標系として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，POM(Princeton Ocean Model)と同様の特徴を持つ．しかし，**図-1** に示すように POM や従来の高潮モデルでは構造格子を用いているのに対し, FVCOM は複雑な海岸線をより正確に表現できる非構造格子を採用しており，格子の違いが数値計算上の大きな相違点といえる．

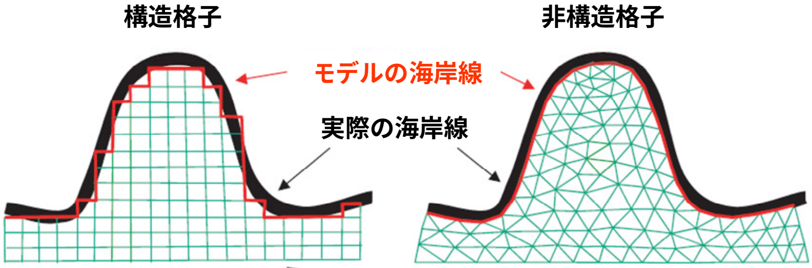

図-1　構造格子と非構造格子の違い

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，風については時空間的に変化する風速場を入力することができるが，高潮の重要な外力の一つである気圧については，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 2 種類の改良を行った．1 つは，Aoki et al. [2]に倣い，気圧傾度の空間分布の時間変化を，外部モードの計算をする際に運動量方程式の圧力項に考慮できるよう改良した(FVCOM(**a**))．もう 1 つは，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．

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

ここで，P は気圧，$\Delta\eta$ は水位上昇量を示す．この水位の変化量を，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(FVCOM(b))．

また，比較のための 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モデルを利用した．

4. 検討内容

FVCOM と POM との高潮推算の比較を行うため，**図-2** に示すような単純な形状の湾を想定し計算を行った．図中の破線は等水深線を示す．比較には前述した FVCOM(a)，FVCOM(b)および POM の 3 つのモデルを用いた．各モデルにおける基本的な計算条件と入力値を**表-1** に示す．なお，計算時間は 48 時間であるが，その前の 12 時間を前駆計算として，気圧低下量と風速を徐々に増加させた．

5. 検討結果

図-3 は各計算モデルによる高潮偏差の推算結果を示したものである．3 つのモデルの結果を比較すると，POM の結果は，湾奥に向かって一様に偏差が増加しており，3 つのモデルで最も妥当な結果であると考えられる．FVCOM(a)，FVCOM(b)についても，湾奥では最大偏差が 0.4m 以上となっておりオーダーはほぼ等しい．しかし，FVCOM による推算結果では，湾奥部の左側で最大偏差が発生し，湾口部左側で偏差が最小となっており，偏りがみられる．さらに，POM による推算結果では，湾口での偏差が 0.3m 以上となっているのに対し，FVCOM(a)および FVCOM(b)による推算結果では 0m に近い値となっている．これは，FVCOM の計算では，開境界における海水の流出入などの境界処理に不具合があったためと思われる．なお，FVCOM(a)，FVCOM(b)はほぼ同様の高潮偏差の分布を示しており，気圧の取り込みの方法による差はないことがわかった．

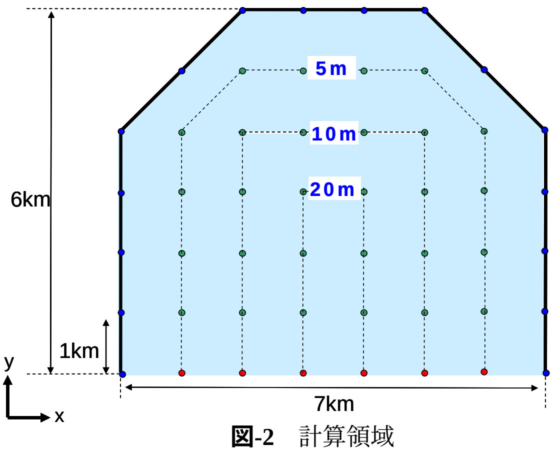

図-2　計算領域

表-1　計算条件・入力値

モデル		FVCOM	POM
計算時間ステップ	外部モード	1秒	1秒
	内部モード	20秒	20秒
計算期間		48時間(前駆計算12時間)	
水平格子サイズ		1km	約1km
塩分濃度		33	
水温		26 ℃	
風		x方向:　0m/s　(一定) y方向:　20m/s　(一定)	
気圧		980 hPa　(一定)	

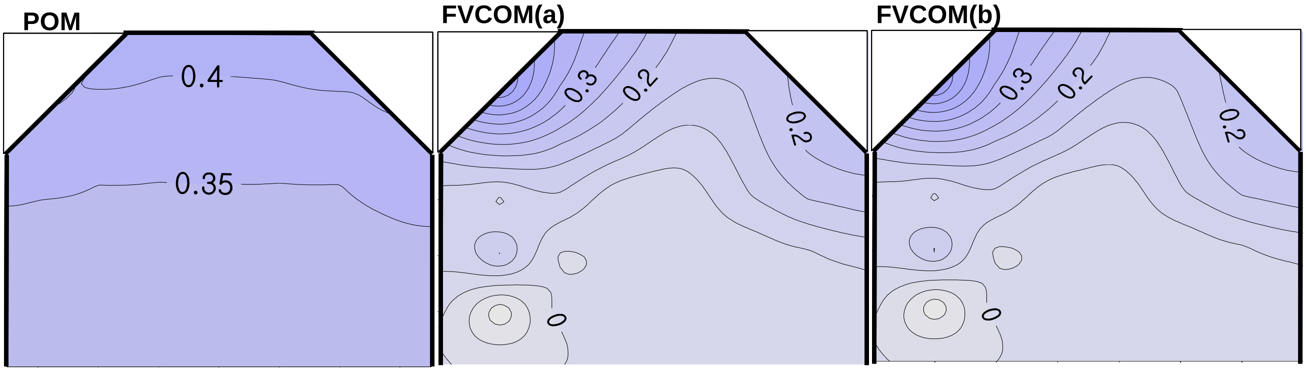

図-3　高潮偏差の推算結果

6. おわりに

本研究では，非構造格子モデル FVCOM を高潮推算に適用できるよう改良し，単純な湾を想定して計算を行い，代表的な流動モデルである POM と推算結果を比較した．これまでのところ，FVCOM による高潮推算に問題があり十分な精度を確保できていないため，非構造格子の利点等について十分な検討ができていないが，現在，開境界の取り扱い等について検討中であり，講演時にはより詳細な検討結果を示す予定である．

参考文献

1)　Chen 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)　K. Aoki and A. Isobe(2007):　http://fvcom.smast.umassd.edu/FVCOM/password_required/ (16.Jan.2007)