

非構造格子モデルによる周防灘海域の高潮シミュレーション

九州大学 学生会員 ○園田彩乃
九州大学 井手喜彦
九州大学 正会員 山城 賢
九州大学 フェロー 橋本典明

1. はじめに

九州沿岸においては、有明海および八代海で高潮の危険性が高く、過去に甚大な被害が生じていることから、これらの海域については、これまでに高潮に関する多くの検討例がある。一方、周防灘も1999年18号台風や2004年16, 18号台風などで高潮災害が生じており高潮の危険性が高い海域であるが、有明海や八代海に比べ検討例は少ないと思われる。周防灘は陸域に囲まれ、豊後水道や瀬戸内海、関門海峡に接続しており地形的に非常に複雑な海域である。的場ら¹⁾は2004年16号台風について Super Gradient Wind を考慮して風を推算し高潮推算を行ったが、宇部において過小評価となったと報告している。このように周防灘は高潮を精度よく計算することが難しい海域といえる。しかし、地球温暖化に伴う海面上昇や台風の強大化により、将来的に高潮災害の危険性は高まると考えられるため、周防灘海域についても高潮シミュレーションの高精度化は強く望まれる。以上のことから、本研究では、非構造格子海洋流動モデルを用いて、周防灘の高潮を精度よく計算することを試みた。

2. 高潮シミュレーション

2.1 シミュレーションモデル

高潮シミュレーションは海洋流動モデル FVCOM (Finite Volume Coastal Ocean Model)²⁾を用いた。FVCOM は、水平方向に非構造格子を、鉛直方向に σ 座標系を採用し、三次元有限体積法を用いた海洋流動モデルである。非構造格子により、従来の構造格子では表現が難しい複雑な海岸線をより詳細に表現でき、高精度な計算が期待できる。

2.2 計算領域および計算条件

図-1 に計算領域および水深図を示す。最適な計算領域について検討するため、海域の大きさや豊後水道の範囲、紀伊水道の有無など条件を変えた5種類を作成した。格子間隔はそれぞれの領域において開境界で最大とし、周防灘に近づくにつれ徐々に小さくなるように設定した。また、過去に周防灘を含む瀬戸内海に甚大な被害をもたらした台風のうち、2004年16号台風を外力として選定し、海上風と気圧はGPVデータを用いて高潮推算を行った。その他の計算条件は表-1に示す。

3. 高潮シミュレーションの高精度化に関する検討

3.1 計算領域の大きさ

図-2 に徳山と宇部における高潮偏差の計算値と観測値の比較を示す。全体的に計算値は観測値に比べて小さいことがわかる。計算領域が最も大きい Case 1 では他のケースに比べて細かい振動が含まれており、計算が安定していないことがみてとれる。また、Case 4, 5 は他と比べて著しく高潮偏差が小さい。これは計算領域の大きさが不十分

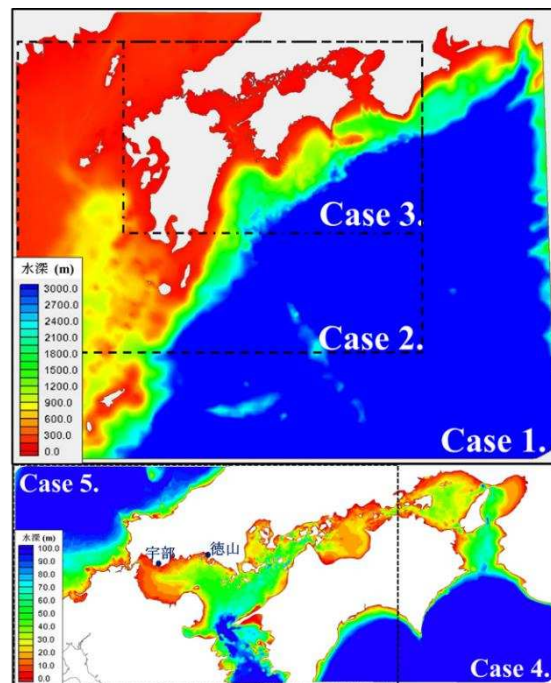


図-1 計算領域および水深図

表-1 計算条件

水平格子間隔	Case 1. 300 ~ 20000 m Case 2. 200 ~ 10000 m Case 3, 4, 5. 200 ~ 7000 m
鉛直方向層数	3
開境界条件	潮汐および気圧低下による海面上昇量の有無
気象条件	2004年16号台風 GPV
計算時間間隔	0.08 秒
計算時間	Case 1. 2004/08/27 ~ 2004/08/31 Case 2. 2004/08/26 ~ 2004/08/31 Case 3, 4, 5. 2004/08/28 ~ 2004/08/31

で、海水が外海から十分に周防灘に供給されなかったものと考えられる。Case 2 と Case 3 は同程度の精度であるが、計算負荷を考えると、領域が小さい Case 3 が最適な計算領域といえる。

3.2 海面抵抗係数

風による海面せん断応力の計算に必要な海面抵抗係数については幾つかの算定式が提案されており、算定式の選択が高潮の計算結果に影響する。図-2 の結果は Large and Pond の式を用いて計算したものである。Large and Pond に比べて、Decon and Webb と Amorocho and DeVries の式は、より大きな海面抵抗係数を与える。図-3 にこれらの式による海面抵抗係数の変化を示す。Decon and Webb の式は風速に比例して海面抵抗係数が大きくなるが、Amorocho and DeVries は非線形的に増加し、風速 20 m/s 以上で一定となる。図-4 に徳山におけるこれらの式を用いた結果を示す。なお、計算には Case 3 の領域を使用し、他の条件は全て同じとした。図より、Decon and Webb を使用した際に、最も良い結果となることがわかった。また、宇部についても同様の結果となった。

3.3 開境界での潮位変動

これまでの計算では潮位を平均水位とし、潮汐を考慮していない。そこで、より実現象に近づけるため、開境界に潮汐および開境界上の気圧低下による海面上昇量を与えて計算した。図-5 に徳山における計算結果を示す。なお、潮汐を考慮した計算では、別途計算した潮汐のみの計算結果を差し引いて高潮偏差を求めた。図より、海面上昇量を加えると高潮偏差が増加することがわかる。さらに、開境界で潮汐と気圧低下による海面上昇量の両方を考慮することで、計算値が観測値により近づくことがわかった。以上の検討より、海面抵抗係数を Decon and Webb の式とし、開境界で気圧低下による海面上昇量と潮汐を与えて高潮偏差を算出した際に、最も観測値に近い計算値を得られることが分かった。

4. おわりに

周防灘における将来の高潮リスクの検討に資するため、非構造格子モデル FVCOM を用いた高潮シミュレーションを実施した。その結果、最適な計算領域や海面抵抗係数の与え方、開境界条件など周防灘において高精度な高潮シミュレーションを行うための幾つかの知見を得た。

参考文献

- 1) 的場萌美・村上和男・柴木秀之(2006): Super Gradient Wind (SGW) を考慮した台風の風の推算と高潮数値計算, 海岸工学論文集, pp.206-210.
- 2) 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

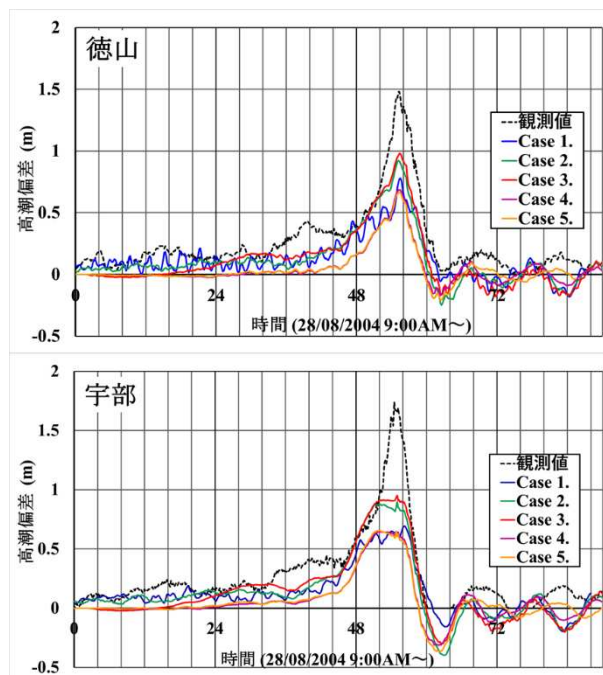


図-2 徳山と宇部における高潮偏差の時系列の比較

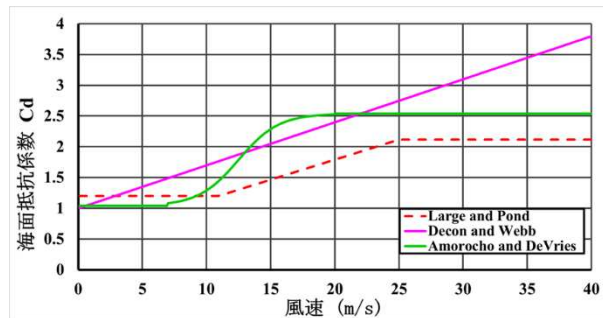


図-3 海面抵抗係数の比較

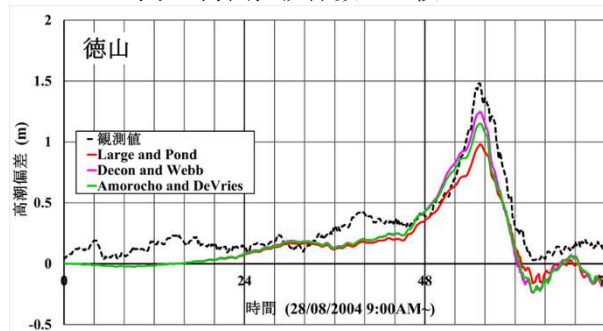


図-4 海面抵抗係数による比較

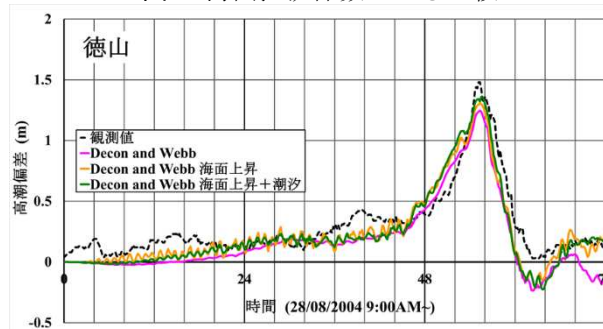


図-5 開境界条件による比較