

有明海における非線形潮汐の特性に関する数値実験

九州大学 学生員 ○丸山慎太郎 フェロー 矢野真一郎

1. はじめに

有明海は我が国において最も大きい潮汐振幅と干潟域をもち、それらを一因として豊かな水環境を形成してきた。しかし、近年養殖ノリの色落ちや漁獲量の減少といった水環境の悪化が発生し、潮汐の減少が主な原因であるとして物理環境変化に関する多くの研究が行われてきた。それらの中で潮汐の非線形性の影響が指摘され、矢野ら(2010)は主要4分潮のうち M_2 潮、 S_2 潮を開境界条件とした三次元数値モデルを用いた数値実験を行い、数cm程度の非線形潮汐と最大20cm/s程度の非線形潮汐の潮流成分を確認した。しかし、他の主要4分潮の K_1 潮、 O_1 潮を含めていないことや、18.6年周期の月の昇降点運動の影響を表すファクター f が K_1 潮、 O_1 潮にも関係することから、現実的な解析となっていない可能性があった。そこで、本研究では主要4分潮を対象にした同様の解析を行った。

2. 非線形潮汐について

非線形潮汐は、倍潮と複合潮に分類される。主要な倍潮は M_4 潮、 M_6 潮があり、これらは M_2 潮の整数倍の角周波数となっている。主要な複合潮には MS_4 潮があり、 M_2 潮と S_2 潮の角周波数を足したものである。Le Provost(1991)によると、これらの発生要因は、 M_4 潮と MS_4 潮については浅海域の存在と空間的加速度により、 M_6 潮は海底摩擦の影響であるとされている。

3. 解析方法

本研究では沿岸域三次元流動モデルのDelft3Dを用いた。計算領域は有明海と八代海を結合した範囲(Fig.1)とした。水平解像度は 0.1° 間隔($\Delta x=250m$)の直交座標系、鉛直方向 σ 座標系(5層)を適用し、水平動粘性係数はSGSモデル、鉛直渦動粘性係数は $k-\epsilon$ モデルで評価している。開境界は鹿児島県の阿久根と長崎県の樺島水道を結んだ線とし、開境界条件として前述の主要4分潮(M_2 潮、 S_2 潮、 K_1 潮、 O_1 潮)を与えた。計算ケースは、矢野ら(2010)と同様の条件で、18.6年周期の月の昇降点運動の影響を表すファクター f において往來の M_2 潮に加えて、 K_1 潮、 O_1 潮の f 値を追加して変化させたケースとして $1a' \sim 3a'$ 、海底摩擦の影響(Chezy係数)の値を変化させたケースとして $1a' \sim 1c'$ 、干潟の有無を考慮したケースとして $1a'$ 、 $1a'$ -noTFの系列を設定した(Table-1)。ここで、 f 値は取りうる最大値と最小値を用い、 M_2 潮に対して K_1 潮と O_1 潮は逆位相となる。Chezy係数が大きいときには海底摩擦が小さくなることに注意が必要である。干潟を無くした $1a'$ -noTFでは平均水深が5m以下の海域を全て平均水深5mに設定した。

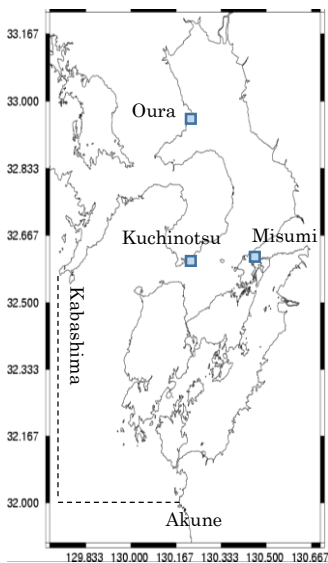


Fig.1 計算領域

ケース	f 値	Chezy 係数	干潟の有無
$1a'$	1.0	50	有り
$2a'$	1.038(M_2) 0.882(K_1) 0.806(O_1)	50	有り
$3a'$	0.963(M_2) 1.113(K_1) 1.183(O_1)	50	有り
$1b'$	1.0	60	有り
$1c'$	1.0	40	有り
$1a'$ -noTF	1.0	50	無し

Table-1 計算ケース

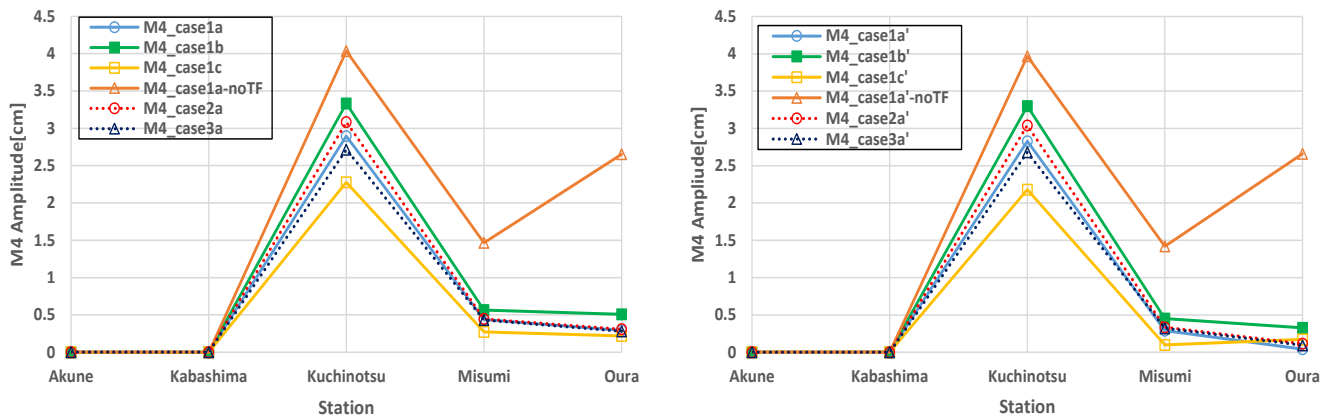


Fig.2 M₄ 潮振幅の計算結果 [矢野ら(2010)のケース(左)と今回のケース(右)]

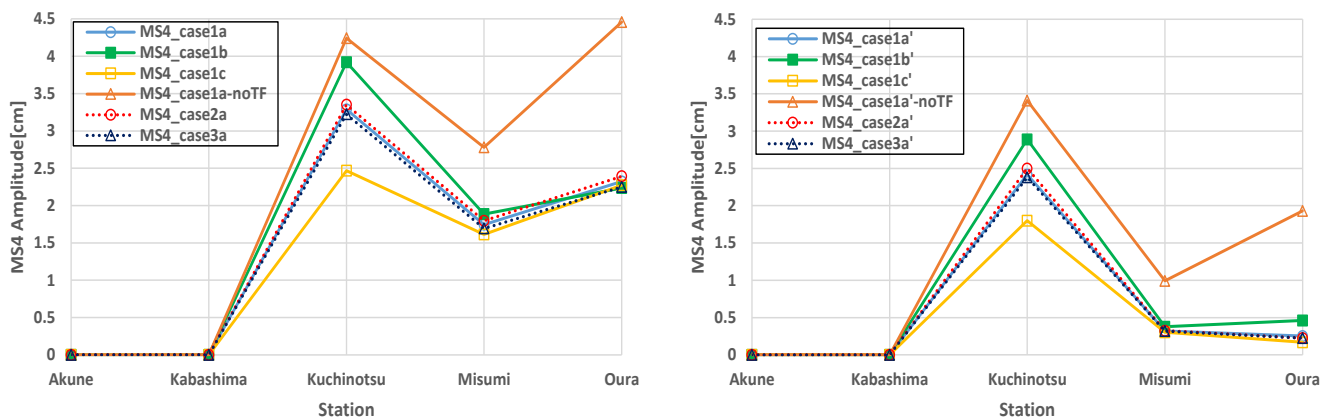


Fig.3 MS₄ 潮振幅の計算結果 [矢野ら(2010)のケース(左)と今回のケース(右)]

4. 解析結果及び考察

非線形潮汐の中で比較的大きい振幅をもつ M₄ 潮(Fig.2)と MS₄ 潮(Fig.3)について、矢野ら(2010)における 6 ケースと今回の 6 ケースを比較し検討した。比較は有明海内の検潮所がある 3 地点（口之津，三角，大浦）で行ったが，図中には開境界地点も併せて示した。各分潮の振幅は 1 ヶ月間の計算結果を元に，フーリエ級数展開して求めた。

M₄ 潮については，ほぼ同じであることが分かる。MS₄ 潮については，今回のケースにおいては以前のケースに比べて全体的に 1cm オーダーの減少が見られる。M₄ 潮は変化がほとんどないのに対して，MS₄ 潮の変化が大きかったことから，S₂ 潮に変化があった可能性を考え，その振幅を確認してみた。しかしながら，大きな変化を見ることができなかった。

したがって，非線形潮汐のソースである M₂ 潮，S₂ 潮の変化ではなく，K₁ 潮，O₁ 潮と M₂ 潮，S₂ 潮との位相から生じた相互作用の結果として，非線形性が弱まり減少したのではないかと考えられる。加えて，K₁ 潮，O₁ 潮の f 値は非線形性へ与える影響が小さいことから，M₂ 潮に比べて潮汐全体への影響が小さいことが考えられる。

5. まとめ

本研究では有明海における非線形潮汐の特性を数値実験的に調べた。主要 4 分潮を考慮した場合でも，2 分潮の結果と同様の非線形潮汐を確認できた。18.6 年周期で変化する f 値については，K₁ 潮，O₁ 潮は M₂ 潮に比べて影響が小さいことが分かった。今後は，開境界条件を調和定数が既知の 40 分潮にまで増やした計算を行うことで，実際の非線形潮汐の特性についての検討を行い，講演時に発表する予定である。

[謝辞]

本研究は科研費基盤研究(B)「諫早湾と北部有明海におけるバロクリニック構造の動的変化」(24360200)により実施された。

[参考文献]

- 1) 矢野ら(2010): 土木学会論文集 B2, 66(1), 341-345.
- 2) Le Provost(1991): Generation of overtides and compound tides, in *Tidal Hydrodynamics* (Parker, B.B ed.), 269-295.