

有明海における非線形潮汐の数値モデルによる検討

九州大学大学院 正会員○矢野真一郎 Delft University of Technology Winterwerp, J.C.

九州大学大学院 正会員 齋田 倫範 九州大学大学院 学生員 田井 明

1. はじめに

有明海は我が国で最も大きな潮汐振幅をもつことで有名であり、その大きさゆえに広大な干潟域をもつ。その面積は 192km^2 といわれ、我が国の総干潟面積の 40% を占めるといわれている。有明海における近年の環境異変の認識後、膨大な研究が行われてきたが、それらのうち基本的な物理場である潮汐や潮流についても知見が集まってきている。それらの中で、諫早湾干拓事業の影響を評価した研究中に、“湾奥部の潮汐は減少したが湾口部付近は増加した” という言及がされたものがある [藤原ら(2004), 田井・矢野(2008)]。

このことは、有明海の潮汐は非線形性がある程度強いことを意味していると考えられる。前述の通り有明海は我が国では最も大きい潮汐を有していることから、非線形潮汐の評価において、我が国で最も適した海域ということがいえる。そこで、本研究では数値モデルを用いて有明海で発生していると考えられる非線形潮汐の基本特性を調べたので報告する。

2. 非線形潮汐について

非線形潮汐の理論的な研究は、Le Provost (1991) によるものがある。通常、非線形潮汐は倍潮 (overtide) と複合潮 (compound tide) に分類されるが、前者は主要分潮である M_2 潮 (角周波数: 28.984deg/hr) や S_2 潮 (30deg/hr) が単独で高周波数に分離し、整数倍の角周波数をもつ潮汐である。主な成分としては、 M_4 潮 (57.968deg/hr) や M_6 潮 (86.952deg/hr) などがある。一方、後者については、異なる分潮が合成した結果生じる潮汐であり、主要なものとして MS_4 潮 (58.984deg/hr , M_2+S_2) がある。例えば北海では、 M_4 潮の振幅が 22cm に達するなど無視できない大きさを持つ場合もある。

3. 解析方法

(1)数値モデルについて

本研究では、汎用沿岸域 3D 流動モデルである Delft3D を適用し、有明海と八代海を結合したモデルを作成した。図-1 に本モデルの計算領域を示す。本モデルの主な特徴は、水平解像度が 0.1° 間隔 ($\Delta x=250\text{m}$ 程度)の直交座標系、鉛直方向には σ 座標系 (今回のバロトロピックな計算では、5層を適用) を適用し、水平渦動粘性係数は SGS モデル、鉛直渦動粘性係数は $k-\epsilon$ モデルで評価し、干潟モデル (干出-水没モデル) の組み込み、開境界で 40 分潮成分を与える、などである。

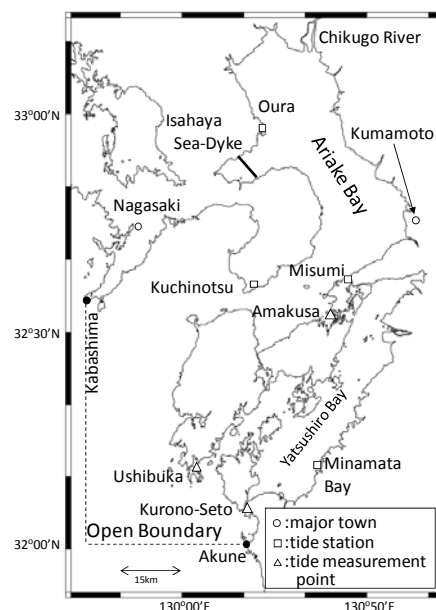


図-1 計算領域

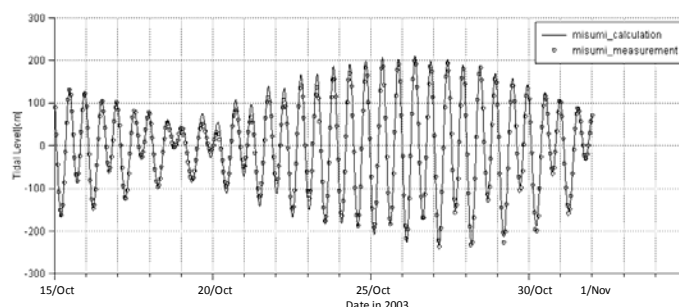


図-2 潮汐の計算結果 (三角)

(2)数値モデルの精度について

計算精度については、まず潮汐について、対象海域内の検潮所 4 地点の潮汐データ、または 2003 年に独自に実施した八代海灣口部 3 地点における潮汐観測のデータと比較した。その結果、RMS 誤差で 9~14cm 程度、Davies *et al.*(1997)により提唱されている統計測度 H_s 値で、 M_2 潮: 6.8cm, S_2 潮: 10.6cm, K_1 潮: 1.3cm, O_1 潮: 3.4cm という値を得た。潮汐の計算結果の一例として、三角における計算値 (実線) と観測値 (白抜き丸点) を図-2 に示す。また、潮流については、小田巻ら(2003)が実施した有明海内の潮流観測結果と潮流楕円で比較し、良好な結果を得た。

(3)非線形潮汐の計算について

次に、有明海の非線形潮汐の基本特性を調べるために、表-1 に示す 6 ケースについて計算を実施した。ケース 1a~3a は月の昇交点運動に起因する 18.6 年周期の起潮

表-1 計算ケース

Case	f 値	Chezy 係数	干潟
1a	1.0	50	有り
2a	$1.038(f_{\max})$	50	有り
3a	$0.963(f_{\min})$	50	有り
1b	1.0	60	有り
1c	1.0	40	有り
1a-noTF	1.0	50	無し

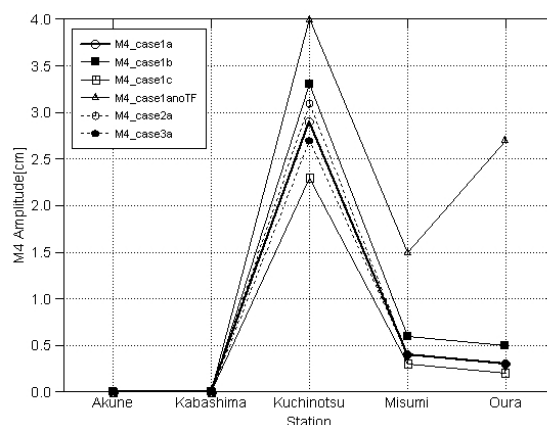
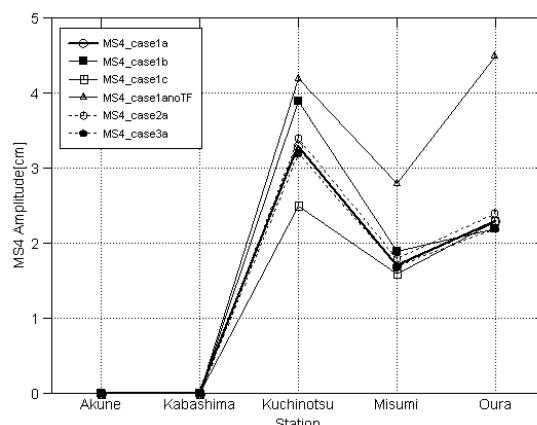
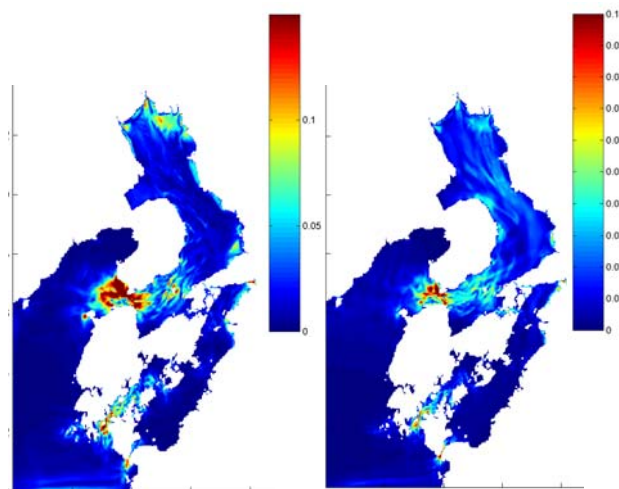
力変動を表す f 値を変化させた系列であり、 f 値の最大値と最小値による変化を見た。なお、この f 値の影響は M_2 潮にのみ作用するので、 S_2 潮は線形的であれば変化しないはずである。ケース 1a~1c は海底摩擦係数として与えられた Chezy 係数を変化させた系列である。なお、Chezy 係数は数値が大きいときに海底摩擦が小さくなることに注意が必要である。最後に、1a と 1a-noTF は、干潟の有無による違いを調べる系列である。干潟を無くしたケースでは、平均水深が 5m 以浅の海域を全て平均水深 5m に設定して計算を行っている。なお、この一連の計算では、外力としての潮汐は主要分潮である M_2 潮と S_2 潮のみを開境界条件として与えている。

4. 結果および考察

まず、図示しないが、ケース 1a~3a の比較、すなわち M_2 潮の振幅が大きい場合と小さい場合の比較を行うと、当然ながら湾内 3 地点では 2a, 1a, 3a の順で M_2 潮振幅が大きくなる。一方、 S_2 潮はそれとは逆に 3a, 1a, 2a の順で大きくなっており、藤原らや田井・矢野が行った実測潮汐データの解析結果と同様な傾向性が確認された。

次に、図-3, 4 に倍潮の M_4 潮と複合潮の MS_4 潮について振幅の計算結果を示す。有明海内の検潮所がある口之津、三角、ならびに大浦の値と開境界の両端に位置する阿久根と樺島の値を示している。なお、これらの振幅は、計算を開始して初期条件の影響が消え、安定した後 15 日間の計算結果からフーリエ変換して得られたものである。いずれも有明海湾口の口之津で大きな値が得られており、湾口の狭窄部における地形性渦が非線形潮汐を生み出していることが分かる。Le Provost によると、これらの潮汐は空間的な加速度が要因で発生すると理論的に示されており、この結果と一致する。図-5 に M_4 潮と M_6 潮の潮流楕円の長軸長の空間分布図を示すが、やはり湾口部で著しい発生が確認される。また、 M_4 潮は干潟周辺の浅海域でも強いことが確認でき、Le Provost による浅海域の存在が M_4 潮のもう一つの要因であるという理論と一致した結果を示した。

以上のように、有明海ではある程度の大きさで非線形潮汐が発生しうることが示された。今後はこれらが土砂

図-3 M_4 潮振幅の計算結果図-4 MS_4 潮振幅の計算結果図-5 ケース 1a における M_4 潮 (左図) と M_6 潮 (右図) の潮流楕円長軸長の空間分布 [単位 m/s]

や物質の輸送に与える影響を評価したい。

謝辞：本研究は (財) 鹿島学術振興財団による 2006 年度派遣研究者派遣援助により実施された。ここに記し、謝意を表す。

参考文献：1) 藤原ら(2004): 海の研究, 13(4), 403-411., 2) 田井・矢野(2008): 海の研究, 17(3), 205-211., 3) Le Provost(1991): *Tidal Hydrodynamics* (B.B. Parker, ed.), John Wiley&Sons, 269-295., 4) Davies et al. (1997): *Cont. Shelf Res.*, 17(2), 165-204., 5) 小田巻ら(2003): 海洋情報部研究報告, 39, 33-61.