

有明海島原半島沖の強い流れの生成要因の数値実験的検討

九州大学大学院 学生員 ○田井 明 正員 矢野 真一郎 フェロー 小松 利光

1 はじめに

有明海では多くの調査研究が行なわれ流動や水質について様々な知見が得られている．有明海の特徴的な流動構造として，上げ潮時と下げ潮時に島原半島に沿って強い流れが生じることが小田巻ら^[1]の観測などで明らかにされている．特に狭窄部である長崎県有明町と熊本県長洲町を結ぶライン（以下，有明-長洲ライン）では，有明側での流速の突出が顕著で非一様な流速分布が存在することが小松ら^[2]により観測されている．有明海の奥部から移動してきた水塊は，島原半島に沿う強い流れによる南方への輸送と，流速水平分布の非一様性に起因する移流分散効果により湾口から流入する外海水との希釈混合が強いことが想定され，これらの物質輸送構造が有明海の水環境に与える影響はかなり大きいと考えられる．しかし，現在までにこれらの流動構造が生じる要因についての詳細な検討は行なわれていない．

有明-長洲ライン付近は，**Fig.1**に示すように島原半島に沿うように海底谷が存在し熊本側では相対的に浅く緩やかな地形となっていること，北西に諫早湾が存在していることなど特徴的な地形を有している．したがって，流動構造もこれらの地形の影響を強く受けていることが考えられる．そこで，本研究では前述した流動構造の要因として，①コリオリ力の影響，②諫早湾の影響，③海底地形の影響，について潮流の平面2次元数値シミュレーションにより検討を行なった．

2 数値シミュレーションの概要

潮流シミュレーションは千葉ら^[3]によって開発された平面2次元モデルを用いて行った．支配方程式は以下に示す平面2次元の浅水方程式である．

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} = -\nabla_h \cdot \mathbf{q} \quad (1)$$

$$\frac{\partial \mathbf{q}}{\partial t} + (\mathbf{u}_h \cdot \nabla_h) \mathbf{q} - \mathbf{u}_h u_z = -g(\eta + h) \nabla_h \eta + \nu_e (\eta + h) \nabla_h^2 \mathbf{u}_h - 2\Omega \sin \Phi (\mathbf{n}_z \times \mathbf{q}) - c_f \mathbf{u}_h |\mathbf{u}_h| \quad (2)$$

ここで， t は時間， $\mathbf{q}$ は線流量ベクトル， $\mathbf{u}_h$ は水平方向速度ベクトル， u_z は水面上昇速度， g は重力加速度， η は水位， h は水深， ∇_h は水平面内の勾配演算子， ν_e は渦動粘性係数， Ω は地球の自転角速度， Φ は緯度， $\mathbf{n}_z$ は z 方向の単位ベクトル， c_f は海底摩擦係数である．これを一般曲線座標系を用いた有限差分法により離散化し，移流項の差分には河村桑原スキームを用いている．計算領域は有明海と八代海を含み，総格子数は 200×104 で有明海奥部での格子幅は300m程度である．水深は，日本海洋データセンター^[4]の500m水深メッシュデータに，海図から読み取った浅海域のデータを加えて補間することにより作成した．その際，計算領域に9つある潮位基準面の補正を行っている．解析は，有明海湾口から150km離れた東シナ海上にある開境界に，有明海で最も支配的な分潮である M_2 潮を与えて行なった．

3 結果および考察

まず**Fig.2,3**に現況の上げ潮最強時と下げ潮最強時の流速ベクトル図を示す．上げ潮最強時には有明-長洲ラインの有明側で突出した流速が生じており流速の非一様性が顕著であること，下げ潮最強時には島原半島に沿って強い流れの領域が帯のように存在していることが分かる．これらは小松ら^[2]による観測で得られた結果とよく一致しており，本研究で対象としている現象はこのモデルにより良好に再現されている．

次に，コリオリ力の影響を検討するためにコリオリ力を考慮しない計算を行った．コリオリ力は主に上げ潮時には潮流に対して東向き，下げ潮時には西向きに作用する．よって下げ潮時の島原半島に沿う強い流れの生成要因として考えられる．上げ潮最強時の流速ベクトル図を**Fig.4**に示す．**Fig.4**より，上げ潮時における有明-長洲ラインの流速分布やその他の流動構造は現況の場合と大きな差異は無いことが分かる．図示はしないが下げ潮時でも現況で生じた帯状の強流域は同様に生じたことから，本研究で対象としている流動構造に対するコリオリ力の影響は大きくないと考えられる．

諫早湾口の南側で強い潮流が生じる原理は，松野ら^[5]により説明されている．本研究で対象としている有明-長洲ラインにおける流動構造の生成メカニズムも，この原理により説明されているとする見解がある（たとえば，日本海洋学会^[6]）．そこで，島原半島沿岸の流動に対する諫早湾の影響を検討するために，諫早湾が全く無い場合の計算を行なった．上げ潮最強時の流速ベクトル図を**Fig.5**に示す．下げ潮時の結果と



Fig. 1 対象海域付近の水深 (m)

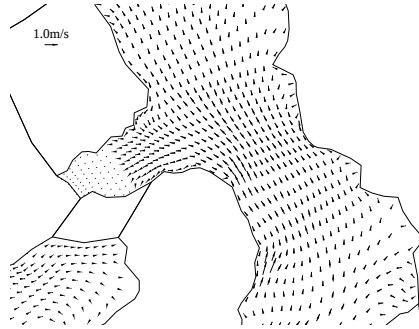


Fig. 2 現況 (上げ潮最強)

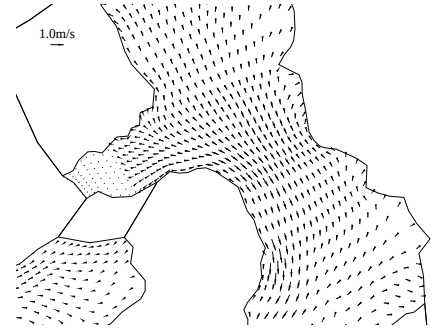


Fig. 3 現況 (下げ潮最強)

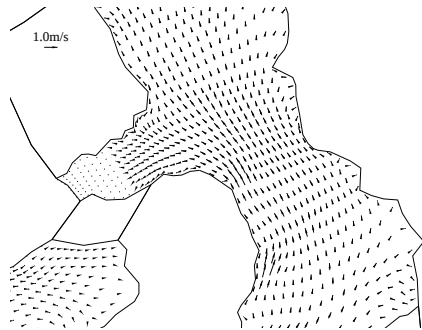


Fig. 4 コリオリ無し (上げ潮最強)

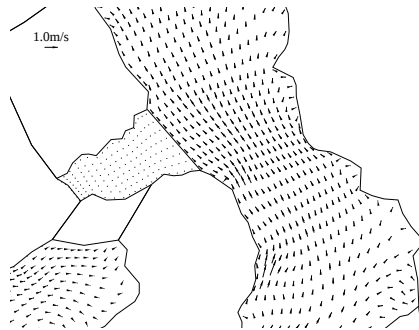


Fig. 5 諫早湾無し (上げ潮最強)

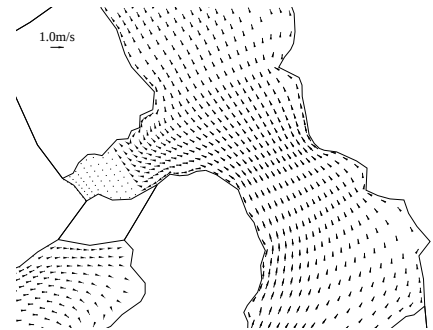


Fig. 6 水深 20m で一定 (上げ潮最強)

併せて、上げ潮時における流速分布の突出や下げ潮時における帯状の強流域は諫早湾の有無に関わらず現況と同様に生じることが分かった。しかしながら、強流域の流速は減少していることから、諫早湾の存在が主要因ではないが寄与は認められた。

最後に、海底地形の影響を検討するために全計算領域で水深を 20m で一定にした場合の計算を行なった。上げ潮最強時の流速ベクトル図を Fig.6 に示す。島原半島に沿う強い流れは同様に生じているが現況とは流向がかなり異なり現況に見られる複雑な分布は見られなくなった。また有明-長洲ラインでの流速分布はかなり一様化していた。下げ潮時における帯状の強流域は生じていたが、分布は上げ潮時と同様にかなり異なり、現況に比べて整然と流れていた。よって海底地形は本研究で対象とした流動構造の生成に大きい寄与が有ることが分かった。

4 まとめ

本研究により、有明-長洲ラインに生じる非一様な流速分布はコリオリ力や諫早湾の有無よりも海底地形の影響が大きいことが示唆された。また島原半島に沿う帯状の強流域は、早崎瀬戸から有明海湾中央部までの海岸地形により生じている可能性が高いと思われる。

今後、より詳しく流動構造を解明するために 3 次元シミュレーションを行なっていく予定である。その際、解像度を上げて海底地形の再現性を高めることが重要な課題となると予想される。

参考文献

- [1] 小田巻実・大庭幸弘・柴田宣昭 : 有明海の潮流新旧比較観測結果について, 海洋情報部研究報告, 第 39 号, pp.33-61, 2003.
- [2] 小松利光・安達貴浩・金納 聡・矢野真一郎・小橋乃子・藤田和夫: 有明海における流れと物質輸送に関する現地観測, 海岸工学論文集, 第 50 巻, pp.936-940, 2003.
- [3] 千葉 賢・武本行正: 諫早湾潮浮け堤防設置に伴う有明海の流況変化に関する研究, 海岸工学論文集, 第 50 巻, pp.376-380, 2003.
- [4] 日本海洋データセンター: <http://www.jodc.go.jp>
- [5] 松野 健・中田英昭: 有明海の流れ場を支配する物理過程, 沿岸海洋研究, 第 42 巻, pp.11-17, 2004.
- [6] 日本海洋学会編: 有明海の生態系再生をめざして, 恒星社厚生閣, 2005, p211.