

有明海の島原半島沿岸に生じる非一様な流速分布の生成要因に関する検討

九州大学大学院 学生員 ○田井 明 Mukhsan Putra Hatta

正員 齋田 倫範 矢野 真一郎

フェロー 小松 利光

1 はじめに

有明海では2000年冬季の大規模なノリの色落ち以降、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きた。有明海の特徴的な流動構造の一つとして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）上では、島原半島沿岸の有明町側での潮流流速の突出が顕著であり非一様な流速分布となることが小松ら^[1]により観測されている。この流速分布の非一様性に起因する移流分散効果は、有明海の奥部から移動してくる水塊と湾口から流入する外海水との希釈混合を引き起こすため、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。

著者ら^[2]は、この流速の非一様性の生成要因について平面2次元数値シミュレーションにより検討を行ない、定性的ではあるが海底地形の寄与が最も高いことを示した。そこで、次の段階として、本研究では各種の生成要因が有明-長洲ラインの流動構造に与えている影響の詳細な検討や、島原半島沿岸の潮流流速の突出に対する寄与の定量的な評価を試みた。

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 は潮位、 h は平均水深、 ∇_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 は鉛直方向の単位ベクトル、 c_f は海底摩擦係数である。これらを一般曲線座標系を用いた有限差分法により離散化した。移流項の差分には河村桑原スキームを用いている。計算領域には有明海と八代海を含み、総格子数は 200×104 、有明海奥部での格子幅は300m程度とした。水深データは、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なっている。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

本研究では、検討ケースとして、①現況、②コリオリ力が無い場合、③諫早湾が無い場合、④計算領域の水深が一定(20m)、さらに諫早湾潮受け堤防の影響を評価するために、⑤諫早湾潮受け堤防が無い場合を考えた。

各要因が流動に与える影響を評価するために、有明-長洲ライン上で強い流速が生じる領域の代表地点における潮流楕円をFig.1に示す。まず、現況とコリオリ力無しのケースの比較より、コリオリ力により流れの主方向は時計回りに若干回転することが分かる。また、潮受け堤防が無い場合は潮流楕円の長軸長が大きくなり、諫早湾が無い場合は小さくなっていることから、諫早湾の容積が変化すれば有明-長洲ラインの流速も変化することが分かる。水深が一定の場合には、潮流楕円は他の場合と大きく異なり、海底地形が有明-長洲ラインの流動構造を最も強く規定していることが示唆された。

¹キーワード 有明海, 潮流, 諫早湾, 平面2次元潮流シミュレーション

²連絡先 〒812-8581 福岡市東区箱崎6-10-1 九州大学工学部4号館 環境流体力学研究室 TEL092-642-3282

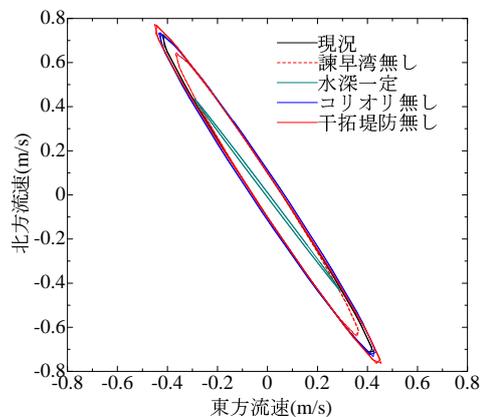


Fig. 1: 潮流楕円の比較

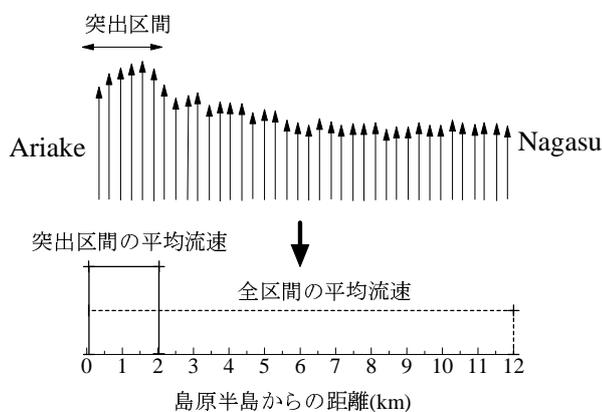


Fig. 2: 突出区間と突出度の概念図

Table 1: 各計算パターンにおける突出度

計算パターン	現況	コリオリ力無し	諫早湾無し	水深一定 (20m)	堤防無し
上げ潮最強時	1.58	1.56	1.54	1.24	1.59
下げ潮最強時	1.24	1.21	1.26	1.20	1.23

次に、有明-長洲ラインの流速分布の非一様性を定量的に評価するために以下に示す突出度を定義する。

$$\text{突出度} = \frac{\text{突出区間の平均流速}}{\text{全区間の平均流速}} \quad (3)$$

ここで、突出区間とは Fig.2 に示した、有明-長洲ライン上で流速の突出が顕著な島原半島側から 2km までの区間とした。有明-長洲ラインでは、齋田ら^[5]によっても観測されている振動流境界層の影響により、ライン上で潮流の位相が異なることが知られている。そのため、本研究ではライン上の平均流速が最大のときを潮流最強時（上げ潮最強、下げ潮最強）と考え、それらの時の突出度を Table 1 に示した。まず、全ケースで下げ潮に比べ上げ潮の値が大きくなっていることが分かる。また、水深が一定の場合の下げ潮時と上げ潮時の突出度は同等であり、下げ潮時の突出度はケースを変えてもほぼ同じであった。したがって、下げ潮時の非一様性については流軸が湾曲していることで生じる遠心力に起因して発生し、上げ潮時については海底地形が主要因であると考えられる。

4 まとめ

平面 2 次元潮流シミュレーションにより、有明海島原半島沖の非一様な流速分布の生成要因の検討を行なった。非一様性を表す指標として突出度を定義し、各要因の相対的な比較を行なった結果、上げ潮時と下げ潮時で生成要因が異なり、上げ潮時は海岸地形の湾曲が、下げ潮時は海底地形がそれぞれ主要因であることが示唆された。今後は、この流動構造による物質輸送能や海水交換を検討し、有明-長洲ラインにおける海水交換の詳細について評価していく予定である。また、3次元の潮流シミュレーションでも同様の検討を行ない、流れの 3次元性の影響についても評価したい。

参考文献

- [1] 小松ら, 海岸工学論文集, 第 50 巻, pp.936-940, 2003.
- [2] 田井ら, 平成 17 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp.185-186, CD-ROM, 2006.
- [3] 千葉・武本, 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] 齋田ら, 水工学論文集, 第 50 巻, pp.1447-1452, 2006.