

関門航路におけるサンドウェーブの発達に関する数値シミュレーション

九州大学工学部 学生会員 ○首藤 祐樹

九州大学大学院工学府 学生会員 山縣 史朗

九州大学大学院工学研究院 フェロー 橋本 典明

九州大学大学院工学研究院 正会員 山城 賢 中川 康之

国土交通省九州地方整備局 釘田 裕樹 井方 弘正

1. はじめに

関門航路は響灘と周防灘を結ぶ全長約 50km、航路幅 500～2,200m の狭く細長い国際基幹航路で、年間約 5 万隻の船舶が通航する。国土交通省関門航路事務所では、今後の船舶の大型化に対応するため将来的に最小水深 14m への増深を進めている。しかし、航路内では複雑な潮流によってサンドウェーブが発生し、船舶の通航への影響が問題となっている。

山城ら¹⁾は、関門航路でのサンドウェーブによる水深変化は潮位偏差の長期変動（潮位偏差を一年移動平均した長期変動成分）と明確な相関が認められ、図-1 に示すように、潮位偏差の長期変動の大きさは空間的に異なることを示した。これらのことから潮位偏差の長期変動に伴う潮流の変化がサンドウェーブに影響を与えていると推測され、山縣ら²⁾は数値シミュレーションにより検討した。本研究では、山縣ら²⁾と同様の計算を行い、関門海峡における潮位偏差の長期変動、すなわち、平均水位の変動のサンドウェーブへの影響について、より詳細に検討した。

2. 潮位偏差を考慮した地形変化シミュレーション

本研究では、海洋流動モデル FVCOM(Finite Volume Community Ocean Model)³⁾を使用した。FVCOM は非構造格子と σ 座標系を採用した数値モデルで多くのオプションがあり、本研究では、浮遊砂と掃流砂による底質移動を計算する Sediment Module を用いた。

計算領域を図-2 に示す。計算格子は、国土交通省の国土数値情報データと NOAA(National Oceanic And Atmospheric Administration)の海岸線データをもとに作成し、水深データは日本水路協会の海底地形データに平均海面高さの補正を施したデータと日本海洋データセンター(JODC)の 500m メッシュ水深データを組み合わせ、笠瀬、山底の鼻、門司港、田野浦地区においては関門航路事務所による 10 数年間の深浅測量データの平均値を使用した。格子のサイズは開境界で 3,000m、航路内で最小 30m である。基本的な計算条件を表-1 に示す。開境界で与える潮位は NAO99.Jb⁴⁾で計算した。山縣ら²⁾は潮位偏差の長期変動を考慮するため、西側の境界は日明と南風泊、東側は青浜と長府の潮位偏差の長期変動をそれぞれ平均し設定した。具体的

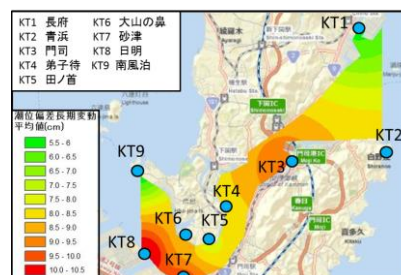


図-1 潮位偏差の長期変動の大きさの分布

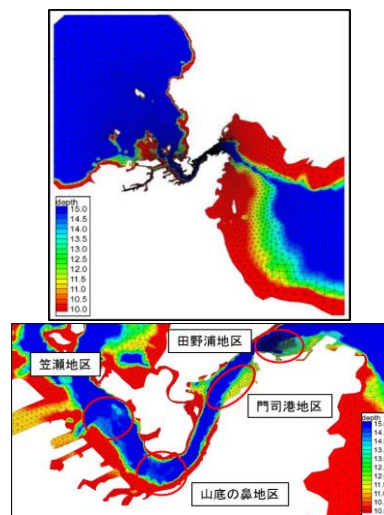


図-2 上図:計算領域, 下図:海峡部の拡大

表-1 計算条件

水平格子間隔		30～3,000m
鉛直方向層数		5
計算時間	外部モード	0.05s
	内部モード	0.5s
計算期間		30日間
		2010年11月2日0時～ 2010年11月16日23時

表-2 検討ケース

検討 ケース	潮位偏差(cm)		差 (cm)
	西側	東側	
CASE-00	0.000	0.000	0.000
CASE-01	-1.127	-2.276	1.149
CASE-02	-1.784	-3.647	1.863
CASE-03	-3.178	-5.519	2.341
CASE-04	-2.490	-4.582	2.092
CASE-05	-1.666	-2.100	0.434
CASE-06	-0.769	-0.027	-0.742
CASE-07	-0.438	0.932	-1.370
CASE-08	1.323	2.240	-0.917
CASE-09	0.933	1.257	-0.324
CASE-10	0.196	-0.556	0.753
CASE-11	0.139	-0.979	1.119

には、測量データから田野浦のサンドウェーブが2005年3月頃から発生し始めたと推測されるため、そこから約1年6ヶ月間を対象とし、3ヶ月ごとに潮位偏差の平均値を算定して6ケース（表-2, CASE-01~06）を設定した。各ケースの計算期間は1ヶ月で、表-1に示した15日間の計算を2回繰り返すことで1ヶ月間とし、CASE-01からCASE-06までの境界条件を順に与えて計6ヶ月の地形変化を計算した。本研究では、同様にして5ケース（表-2, CASE-07~11）を追加し、計11ヶ月後までの地形変化を計算した。また、潮位偏差を加えたことによる変化を調べるため、潮位偏差を加えない場合をCASE-00として11ヶ月間の計算を行った。

3. 潮位偏差の長期変動の地形変化への影響

図-3に田野浦における潮位偏差を与えた場合と与えなかった場合の水深分布およびその差を示す。水深差をみると、地形変化に差が生じていることが分かる。水深差の図の赤線で示す範囲はサンドウェーブが発生発達する範囲を示しており、潮位偏差を与えた場合の方が浅い部分が広がっていることから、潮位偏差の長期変動がサンドウェーブの発生発達箇所で地形変化に影響しているといえる。

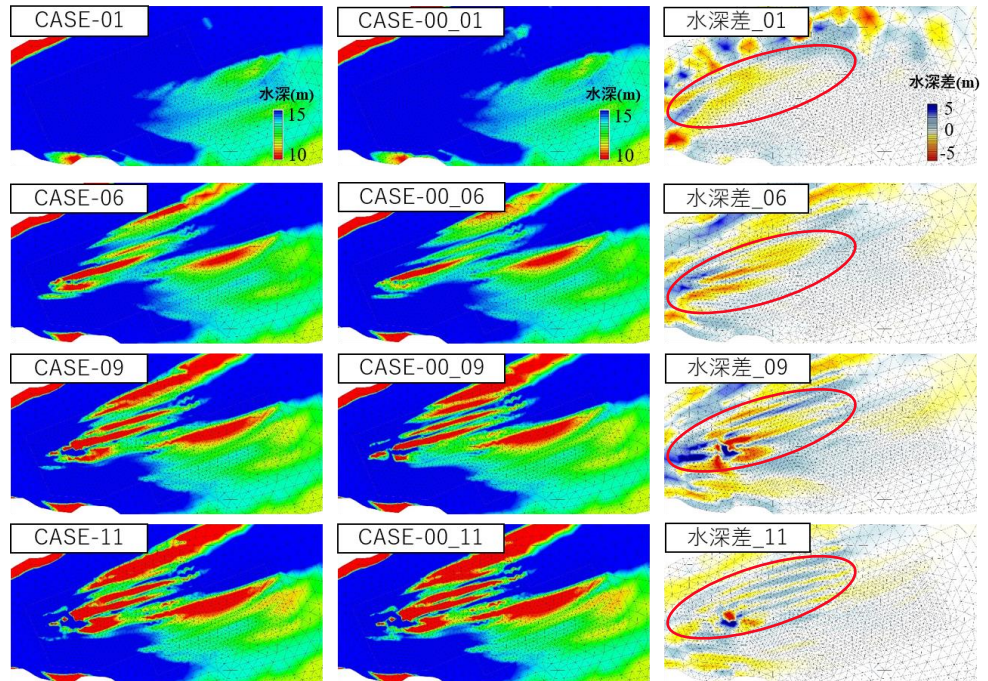


図-3 水深分布図 (左:潮位偏差あり 中:潮位偏差なし 右:水深差)

図-4に水深差の1ヶ月間の変化を示す。これは概ねある1ヶ月の潮位偏差の影響を表している。図より10ヶ月目の変化が大きく、表-2をみると、東西の潮位偏差の大小が逆転するとき大きな変化が生じることが考えられる。

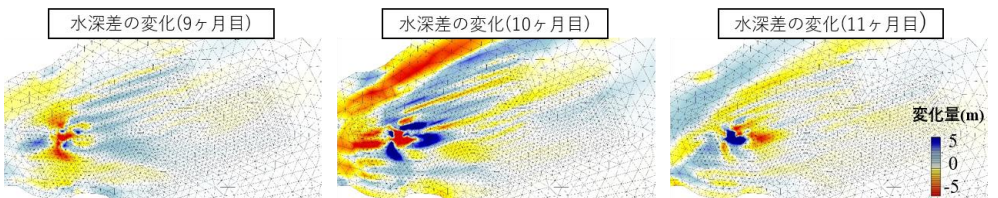


図-4 水深差の1ヶ月間の変化

4. おわりに

関門航路のサンドウェーブに潮位偏差の長期変動に伴う潮流の変化が影響すると推測し、潮位偏差を考慮した数値シミュレーションを実施した。その結果、対象とした田野浦地区のサンドウェーブ発達箇所において、潮位偏差の空間的な差が地形変化に影響していることが分かった。しかし、本研究では潮位偏差の変動によって浅所がより発達することはわかったものの、現実のサンドウェーブとは地形が異なりサンドウェーブを再現するには至っていない。今後はサンドウェーブの再現性を高めるためにシミュレーションの改善が必要である。

参考文献

- 山城ら(2017): 関門海峡における潮位偏差の長期変動に関する研究, 日本流体力学会年会 2017 論文集
- 山縣ら(2019): 関門航路のサンドウェーブに及ぼす潮位偏差の長期変動の影響に関する数値シミュレーション, 土木学会論文集B3 (海洋開発), 75巻, 2号, p.I_665-I_670
- Chen, C. 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
- Tsumoto, K., T. Takanezawa, and M. Ooe(2000): Ocean Tide Models Developed by Assimilating TOPEX/POSEIDON Altimeter Data into hydrodynamical Model: A Global Model and a Regional Model Around Japan, *Journal of Oceanography*, Vol.56, pp567-