

関門航路のサンドウェーブに関する数値シミュレーション

九州大学大学院工学府 学生会員 ○相原佑紀

正 会 員 山城賢 横田雅紀 平澤充成

フェロー 橋本典明

国土交通省 関門航路事務所 企画調整課 宮崎啓司

国土交通省 下関港湾空港技術調査事務所 環境課 的野一郎

1. はじめに

関門航路は、関門海峡を通じて日本海と瀬戸内海を結ぶ全長約 50km、幅約 500～2200m の国際基幹航路で、年間約 5 万隻もの船舶が通航する。現在、大型船舶の通航を目指して最小水深を 12m から 13m へ増深している。しかし、関門海峡では、響灘海域と周防灘海域との潮位差により生じる速く複雑な潮流によりサンドウェーブが発生し、それに伴う局所的浅所が船舶の航行に支障をきたす可能性がある。

本研究では、関門航路の効率的な維持管理に資するため、サンドウェーブの発生・発達について、海洋流動モデル FVCOM(Finite Volume Coastal Ocean Model)¹⁾を用いて検討した。

2. 検討内容

(1) FVCOM の概要

FVCOM とは、Massachusetts Dartmouth 大学の C.Chen と H.Liu により開発された三次元有限体積法を用いた海洋流動モデルである。大きな特徴としては、非構造格子と σ 座標系を用いることで複雑な海岸線や海底地形を精度よく表現できること、外部モードで水面波の伝播、内部モードで密度差に起因する内部波の伝播を分離して計算する mode-splitting 法により、計算時間を短縮し負荷を低減できること、波浪、底質移動、水質などを取り扱うモジュールをオプションで選択できることなどが挙げられる。

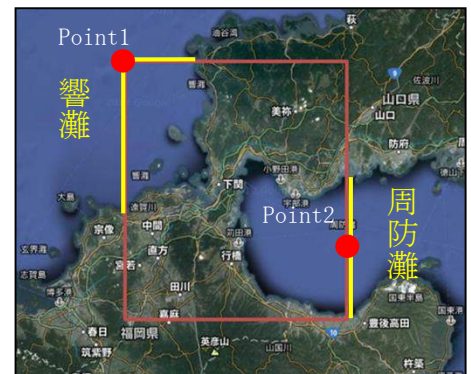


図-1 流況の計算領域

(2) 計算方法

本研究では FVCOM のオプションの 1 つである Sediment Module を用いてサンドウェーブの発生・発達について検討を行う。これまでの検討²⁾³⁾から、関門航路内で発生・発達するサンドウェーブは波長が約 100～300m 程度であることが分かっており、サンドウェーブを表現するためには数 10m 程度の空間分解能が必要である。しかし、潮流の計算については、周防灘と響灘を含んだ広域での計算が必要であり、広範囲を高解像で計算すると多大な計算時間を要することとなる。そこで、図-1 に示す周防灘、響灘を含む計算領域で潮流のみの計算を行った後、図-2 に示す関門海峡で、広領域の計算結果を外力として、潮流と底質移動の計算を行う。

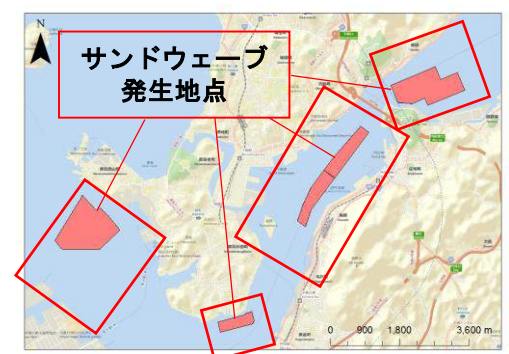


図-2 底質移動の計算領域

(3) 計算条件

計算格子は、港湾構造物を含む比較的新しい海岸線データである国土交通省の国土数値情報データと、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水深データをもとに作成した。図-1 に示す計算領域は、図-3 に示すように計算格子の一边の長さを開境界で約 1,000m とし、海峡に向かって徐々に小さくし、最小で約 50m となるよう設定した。表-1 に主な計算条件を示す。計算期間は過去の観測結果⁴⁾と比較できるよう 2010 年 11 月 2 日 0 時～2010 年 11 月 16 日 23 時までの 15 日間を対象とした。なお、開境界では、図-1

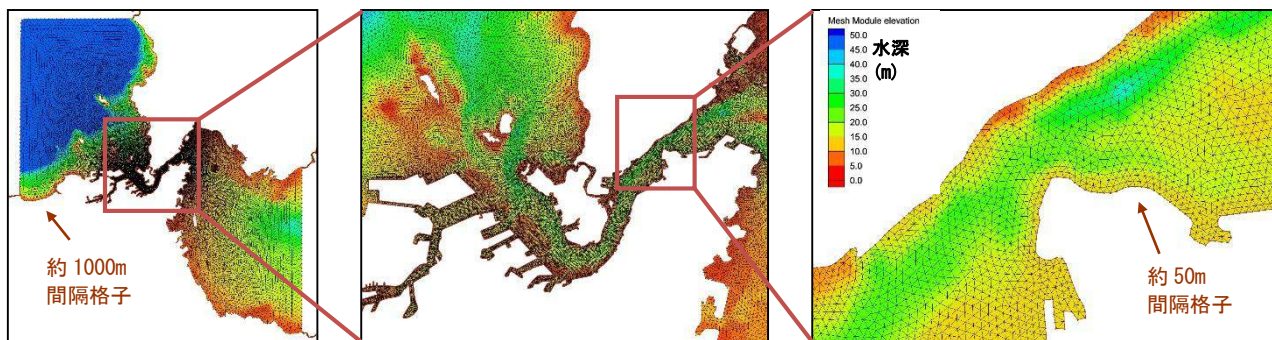


図-3 広領域の計算格子

に●で示す地点 (Point1: [E130.56 N33.89] Point2: [E131.32 N33.76]) において NAO.99⁵⁾により求めた潮位を響灘側, 周防灘側それぞれの境界 (図中の黄色のライン) で一律に与えた。

狭領域の計算格子は海峡全体を含む範囲で, 格子サイズを最大で約 50m とし, サンドウェーブが発生している箇所では最小の約 35m とした。また, 水深データについては, 前述のものに加え, 国土交通省九州地方整備局関門航路事務所による深浅測量結果を用いた。

図-4 に例としてサンドウェーブ発生箇所の一つである門司港地区を解析対象とした計算格子を示す。外力は開境界 (図中の桃色のライン) において広領域の潮位の計算結果を与えた。表-1 に主な計算条件を示す。

3. 流況の計算結果の検討

図-5 に門司の潮位変化について天文潮位と広領域の計算結果の比較を示す。山の部分で若干の差がみられるが, 概ね精度よく再現できていることが分かる。

図-6 に門司港地区の流速ベクトルについて広領域と狭領域での計算結果の比較を示す。概ね同様な流速分布を示しているが, 小格子での計算結果は流況を詳細に表している。

4. おわりに

関門海峡のサンドウェーブを検討するため, 詳細な潮流シミュレーションを実施した。現在, 底質移動の計算を行い, サンドウェーブの発生・発達について検討を進めており, 結果については講演時に示す予定である。

参考文献

- 1) 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, pp.159-186
- 2) 相原ら(2014): 関門航路におけるサンドウェーブの特性に関する研究, 土木学会西部支部研究発表会, B2(海岸工学), 58巻, II-87, pp.293-294
- 3) 八尋ら(2015): 門司港におけるサンドウェーブの発達特性の把握に関する研究, 土木学会西部支部研究発表会
- 4) 国土交通省九州地方整備局関門航路事務所(2011): 平成22年度関門航路 (早瀬瀬戸地区) 流況調査業務 報告書
- 5) 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, pp.567-581

表-1 主な計算条件

		広領域	狭領域
水平格子間隔		50～1000m	35～50m
鉛直方向層数		3層	3層
計算時間 間隔	外部モード	0.5 秒	0.08 秒
	内部モード	1.5 秒	0.8 秒
計算期間		15 日間	15 日間
気圧		大気圧	大気圧

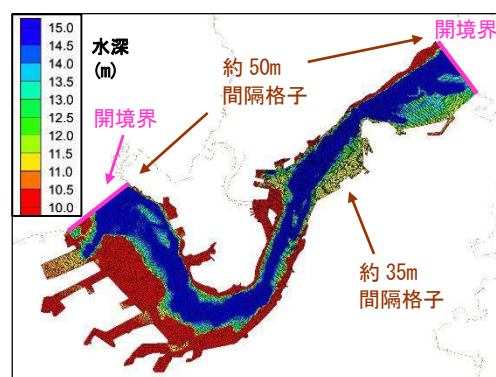


図-4 門司港地区の計算格子

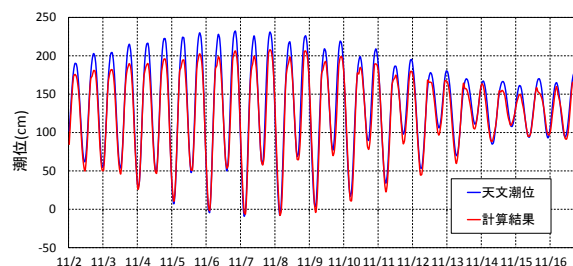


図-5 天文潮位と計算結果の比較 (門司)

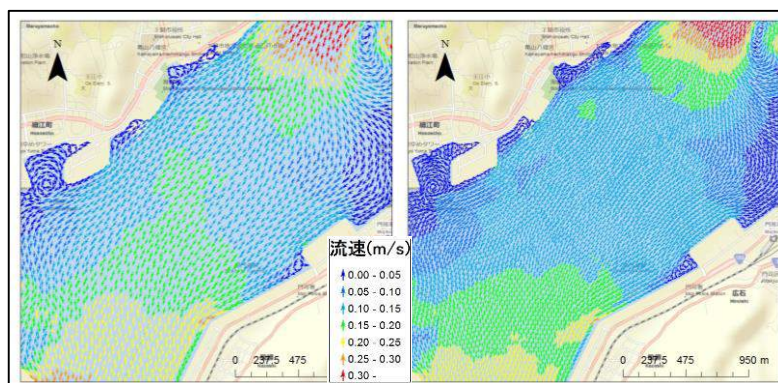


図-6 広領域と狭領域の計算結果の比較