

関門航路の航路埋没に関する潮流の数値シミュレーション

九州大学大学院工学府 学生会員 ○姫野慎太郎

正 会 員 山城賢 横田雅紀 田辺智子

フェロー 橋本典明 春日井康夫

下関港湾空港技術調査事務所 技術開発課 上原幸生

関門航路事務所 企画調整課 有吉直明

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 の狭く細長い航路であるが、年間約 5 万隻もの船舶が通航する国際基幹航路であり、将来の大型船舶の通航を目指して最小水深を現在の 12m から 13m へ増深を進めている。しかし、関門海峡は、響灘海域と周防灘海域で生じる潮位差により、潮流の向きが 1 日 4 回変化するなど流況が複雑であり、局所的にサンドウェーブによる浅瀬が発生している。また、周防灘海域においてはシルテーションによる航路埋没の問題がある。今後、関門航路を増深し効率的に維持していくには、航路埋没のメカニズムを十分に解明することが重要であり、そのためには、関門航路とその周辺海域を含む広い範囲を対象とした詳細な流況・底質移動特性を把握する必要がある。

本研究では、今後の関門航路の維持管理および埋没対策の検討に資するべく、詳細な流況・底質移動特性を把握することを目的に、海洋流動モデル FVCOM(Finite Volume Coastal Ocean Model)を用いて、潮流の高精度な数値シミュレーションを行い、深淺測量結果に基づく航路埋没の状況と流況との対応について考察した。

2. FVCOM の特徴

FVCOM¹⁾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、(1)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より精度よく表現でき、(2)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などの点が挙げられる。

3. 計算結果の検証

(1) 計算領域と計算条件

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。計算領域は図-1 に示す範囲であり、図-2 に示すように、計算格子は一边の長さを開境界で約 1000m とし、海峡に向かって徐々に小さくなり、最小で約 50m となるよう設定した。表-1 に FVCOM における主な計算条件を示す。本計算では、対象海域における定性的な流況・底質移動特性を把握するため、海峡内に位置する下関の観測潮位を調



図-1 計算領域

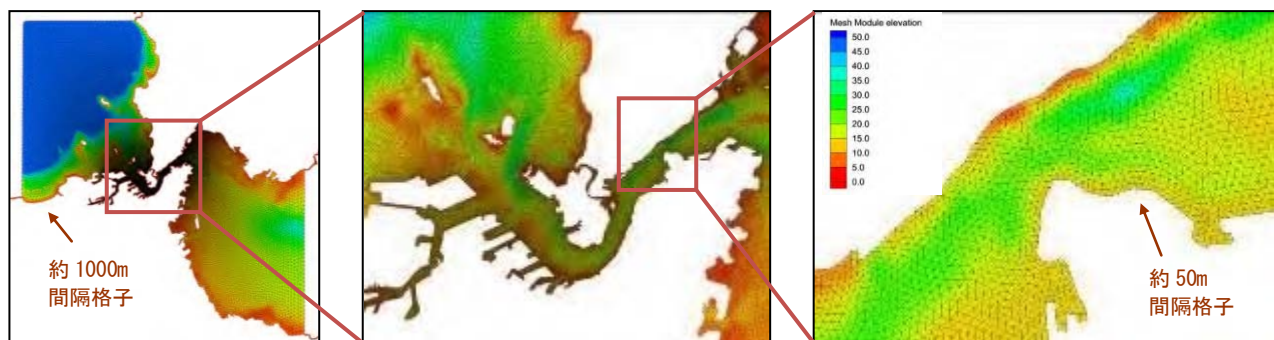


図-2 計算格子

べ、観測潮位と天文潮位の差である潮位偏差が小さかった 2010 年 8 月 15～29 日の 15 日間における再現計算を行った。なお、響灘側の開境界には下関の、周防灘側の開境界には宇部の天文潮位をそれぞれ与えた。

(2) 流況の計算結果

門司における天文潮位と計算結果の比較を図-3 に示す。谷の部分で若干の差がみられるが、概ね精度よく再現出来ていることが分かる。

(3) 航路の埋没状況と流況の比較

関門航路における底質移動の外力としては、潮流が支配的と考えられるため、潮流のシミュレーション結果と過去の深浅測量結果より求めた水深変化速度との対応について調べた。図-4 に水深変化速度の分布図²⁾を示す。一方、流況については、掃流漂砂が底面流速の 3 乗に比例することから、流速の 3 乗平均で評価することとした。図-5 に 8 月 15 日 0:00 からの 12 時間で求めた底面流速の 3 乗平均ベクトルを示す。

図-4 より海峡部においては、門司付近では侵食、その南西の地点では堆積傾向にあることが分かる。図-5 より同じ範囲の 3 乗平均流速をみると、非常に強い流れが生じていることから、この強い流れが航路内の堆積および侵食の一つの要因と考えられる。一方、南東水道地区は全域に渡って堆積傾向にあることが分かるが、底面流速との関係は特に見られなかった。南東水道地区は底泥のシルテーションによって航路埋没が生じており、平均流よりも流向流速が時々刻々変化する潮流そのものの影響が大きいものと思われる。

表-1 FVCOM の主な計算条件

水平格子間隔		50～1000m
鉛直方向層数		10 層
計算時間 間隔	外部モード	0.5 秒
	内部モード	1 秒
計算期間		15 日間
気圧		大気圧
開境界条件		天文潮位

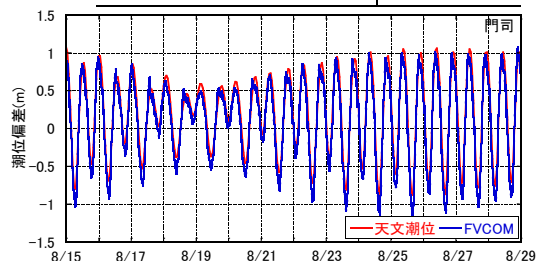


図-3 天文潮位と計算結果の比較

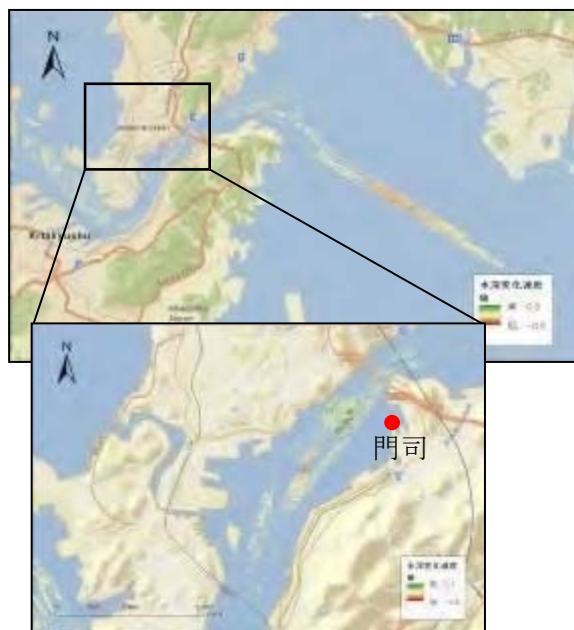


図-4 水深変化速度の分布（山城ら、2013 年の図を編集）

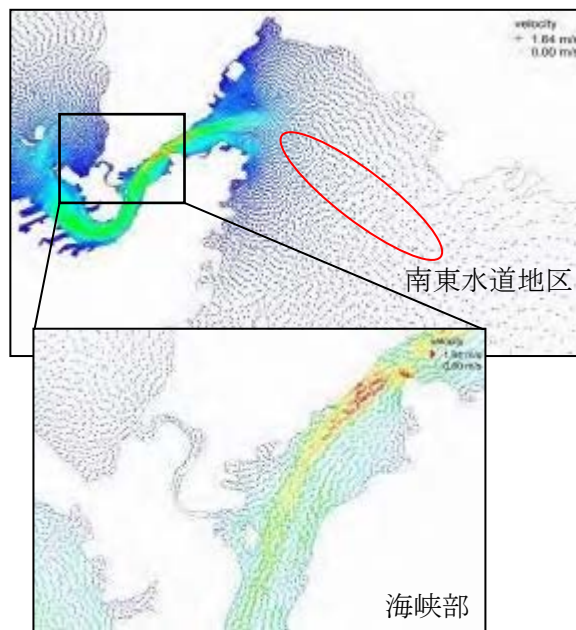


図-5 3 乗平均流速のベクトル

4. おわりに

本研究では、関門海峡における潮流の数値シミュレーションを行い、深浅測量結果から得られた航路内の堆積状況と潮流の平均流との対応について考察した。その結果、海峡部においては平均流の強い箇所では堆積・侵食が顕著であることが確認された。一方、南東水道地区においては航路埋没と平均流の明確な対応は認められなかった。今後は時々刻々の潮流の影響など、より詳細な検討を行う予定である。

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, pp159-186
- 2) 山城ら(2013):深浅測量データに基づく関門航路の水深変化特性に関する検討, 海洋開発論文集, vol169, p.1_634-1_639