

## 関門海峡における潮流予測シミュレーションモデルの開発

九州大学 学生会員 ○大道日向子

九州大学 正会員 井手喜彦 山城 賢

### 1. はじめに

関門海峡は九州北端と本州西端の間に位置し、日本海の響灘と瀬戸内海の周防灘を結ぶ全長約 50km の細長い航路を有している。海峡内では潮流の速さと向きが約 6 時間ごとに 1 日 4 回変化し、約 10knot の速い流れが存在するだけでなく、様々なサイズの渦が複雑に発生する。このため、海上交通の難所とされている。関門航路は、東アジア（主に韓国・中国）、日本、北米等の主要港湾間を結ぶ国際基幹航路であると同時に、国内の各港湾を結ぶ国内幹線航路としても重要な役割を果たしており、日本の産業・経済を支えている。そのため、関門海峡の潮流を正確に予測することは関門航路の効率的な通行や維持管理のための工事を行う上で非常に重要である。潮流の予測には海洋流動数値シミュレーションが有用であるが、複雑な地形を有し、かつ流れが速い関門海峡において精度の高い予測計算を実施することは簡単ではない。現在、ウェブ上で海峡内の大まかな流れの予測は公開されているが、空間・時間解像度ともに粗く海峡内での詳細な流れを把握するには不十分である。そこで本研究は、複雑な地形の再現性が高い非構造格子モデルを用いて、関門海峡の詳細な流れの構造を再現・予測可能な潮流予測シミュレーションモデルの開発を行った。

### 2. 使用モデル

#### 2-1. 潮流予測シミュレーション

数値モデルには、海洋流動モデル FVCOM (Finite Volume Community Ocean Model ver.3.2)<sup>1)</sup>を用いた。本モデルは非構造格子を用いており、複雑な海岸線を詳細に表現できるため、高精度な計算が期待できる。図-1 に計算メッシュを示す。計算対象は関門海峡周辺の海域とし、海底地形データには日本海洋データセンターの 500m メッシュを、関門航路内はより空間解像度の高い日本水路協会のデータを用いた。海岸線データには国土交通省の国土数値情報データを用いた。格子幅は、開境界で最大の 1,000m、海峡内で最小の約 20m とした。開境界では、NAO.99Jb<sup>2)</sup>によって算定した潮位を与えた。水深方向の  $\sigma$  層は 10 層に分割した。

#### 2-2. 天文潮位

開境界で与える潮位変動の推算には NAO.99Jb を用いた。NAO.99Jb は、Matsumoto et al<sup>2)</sup>によって開発され、日本周辺海域を 1/12 度の解像度で分割し、TOPEX/POSEIDON による海面高度計データや日本沿岸域の験潮所データをデータ同化することで精度の高い天文潮位を推算するモデルである。本モデルを用いることで、潮汐の情報が乏しい外洋域の任意の地点で潮位変動の情報を得ることができるため、流動モデルなどの開境界として現在の日本で広く使用されている。

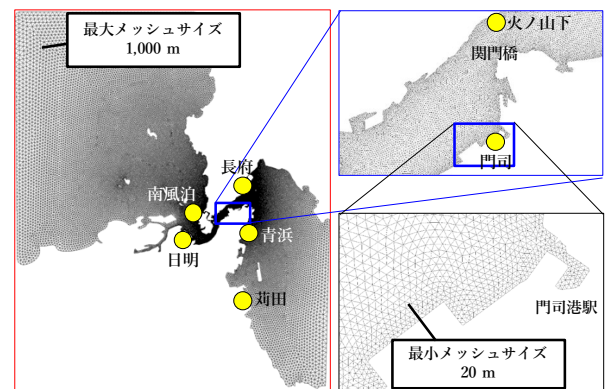


図-1 計算メッシュと各験潮所の位置

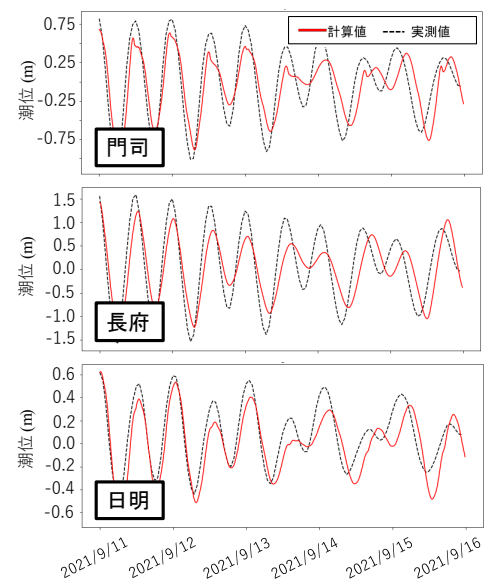


図-2 潮位変化の天文潮位との比較

### 3. 再現計算

#### 3-1. 潮位

験潮所（南風泊，門司，日明，長府，青浜，苅田）の6地点（図-1）において，潮位のシミュレーション結果と天文潮位（気象庁）の比較を行った．図-2は，2021年9月11日から2021年9月16日までの門司，長府，日明における潮位比較を示す．いずれの地点でも，計算期間のほとんどの時間帯において，潮汐振幅は概ね一致している．一方，潮汐の位相については，シミュレーションが天文潮位に対して数十分から数時間程度遅れる現象が確認された．特に，9月12日から数日間の小潮に当たる期間では，シミュレーション結果は実測値から大きく外れていた．加えて，門司など境界の西側では満潮時の潮位が2山形になる現象が見られた．

#### 3-2. 流速

火ノ山下における流速の比較を図-3に示す．上図は大潮期，下図は小潮期である．潮位と同様に，赤線で示すシミュレーション結果の位相が実測値に80分程度遅れた．また，小潮時にあたる期間の再現精度が低いという傾向も潮位の場合と同様であった．図-4の上段に流速の東西成分，下段は南北成分を示す．また，各成分の上層（左），中層（中央），下層（右）について示している．すべての層において，位相のずれと小潮時の再現精度の低下は共通していた．また，東西成分に比べて南北成分の再現精度が低いという特徴が確認できた．

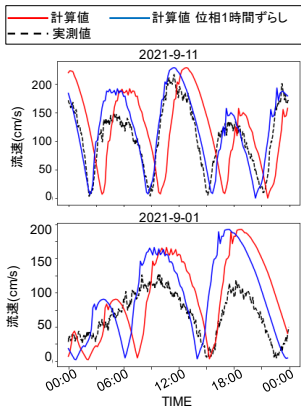


図-3 火ノ山下における流速比較

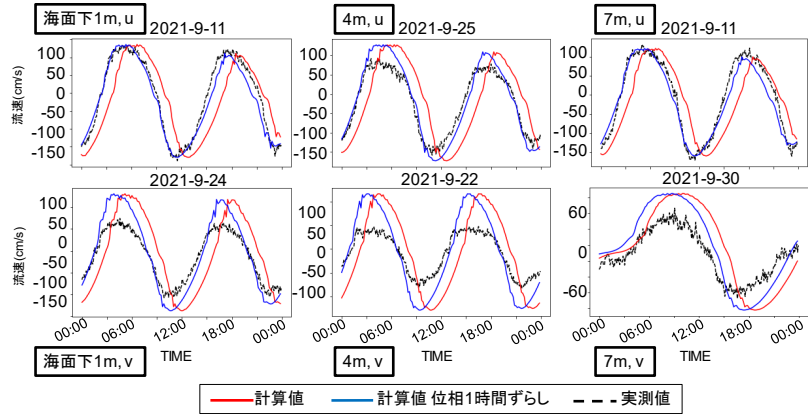


図-4 火ノ山下における流速ベクトル比較（上段：東西成分，下段：南北成分）

### 4. モデルの改良

前章で確認されたシミュレーション結果と実測値の位相差を解消するため，開境界で与える潮位を80分早めて計算を行った．結果を図-3,4の青線で示す．大潮期においては位相差が解消されたことで，高い精度で予測を行っている．一方，小潮期においても位相差はおおむね解消されたものの実測値との差は未だ大きく，これを解決するには開境界で与える潮位の改善やモデルの計算領域の変更などを行う必要があると考えられる．

### 5. おわりに

複雑な地形においても高精度な計算を行える FVCOM を用いて，関門海峡の流れを詳細かつ高精度に再現できる潮流予測シミュレーションモデルの開発に取り組んだ．位相や小潮時のずれなど課題も多いが，モデルは潮流や潮位の特徴を捉えていることを確認できた．また，モデルの開境界で与える潮位の位相をずらすことで，再現性を向上できることが分かった．今後は計算領域や開境界で与える潮位を変更することでモデルの改善を試みる．

#### 参考文献

- 1) Chen 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) Matsumoto et al.(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, 56, 567-581