

津軽海峡周辺における風の流れ場への影響評価に向けた研究

Research for Evaluation of Wind in the Tsugaru Strait

北海道大学工学院 ○学生会員 広田知也(Tomoya Hirota)
 北海道大学工学研究院 正員 猿渡亜由未(Ayumi Saruwatari)
 函館工業高等専門学校 正員 宮武誠(Makoto Miyatake)

1. はじめに

現在世界各地で環境に優しいエネルギー源として潮流や海流、波浪等の海洋再生可能エネルギーを利用して発電を行う為の研究が進められている。中でも潮流発電はエネルギーポテンシャルの把握と将来予測が比較的容易な為、実用化に近い所まで研究が進んでいる装置やサイトが存在する。例えば北アイルランドの Sea Gen やフランスの Tidal Energy 社による潮流発電装置等が有名である。日本でも津軽海峡や関門海峡など各地で現地実験や調査が行われている。北海道函館沖においても津軽海峡を流れる潮流と海流を利用して発電を行う事が検討されている。

潮流タービンを設置すると流れのエネルギーがタービンの回転エネルギーへと変換されると共にその背後に後流が発生し、周囲の物理的環境が変化する。風車や水車の後流による流れ場の変化について調査した既往研究は数多くあるが、数値計算的手法を取るものの場合タービンブレードを十分に解像する計算条件で後流の構造を詳細に調べるものから、タービンの影響をマクロにモデル化して現地スケールの影響評価に利用するものまでである。

著者らはマクロモデル的手法を用いて発電デバイスを設置した場合の流れ場への物理的影響を調べる為の方法を提案し、津軽海峡に設置されたタービンに潮流と海流が作用した場合の影響を調べたが、本海峡内の流れは風による流れである吹送流も共存している為その影響を考慮する必要がある。そこで本研究では津軽海峡周辺での風の流れへの影響を調べる事を目的としている。

2. 計算方法

2-1 海洋流れモデル

本研究ではマサチューセッツ工科大学によって開発された非静力学三次元流れモデル、MIT General Circulation Model (MITgcm, e.g. Marshall et al., 1997a, 1997b) を用いて津軽海峡内の流れを計算した。本モデルは圧縮性流体の Navier-Stokes 式を有限体積法により解くものであり、外力として重力、粘性力、コリオリ力等が考慮される。本研究では3領域のネスティング計算を行った。

2-2 計算条件

表-1 と図-1 に計算領域と諸条件を示す。緯度経度方向の計算解像度は、鉛直方向のグリッドは水面に近づく程細かく水平に分割した。水深データは Gebco(解像度:30sec)によって与え、潮流速の境界条件は TPXO tidal solution 7.2(Egbert・Erofeeva, 2002) のオホーツク、日本

海上の局所解 (解像度 1/30°) の主要 8 分潮分 (M2, S2, N2, K2, K1, O1, P1, Q1) から得られる流速を補間して与えた。

また、潮流と同じく境界条件として海流流速を与えている。海流流速は独立行政法人海洋研究開発機構 (JAMSTEC) によって衛星データ及び現場水温塩分データを海洋循環モデルに同化することにより作成された水平 1/12 度格子の再解析データ (FRA-JCOPE2) (Miyazawa et al., 2009) を与えた。さらに、ERA-Interim (解像度 0.75° × 0.75°, 6 時間毎に公開) によって風の再解析データを与えた。

計算期間は 2013 年 10 月 14 日 0:00 (UTC) からの 51 日間であり、本間ら (2014) の行った函館市汐首岬沖の実測調査と同期間とした。また、境界条件には領域 2 には領域 1 の、領域 3 には領域 2 の計算結果を使用した。

表-1 計算領域と諸条件

| | 計算領域 | グリッド数 |
|---|---------------------------|---------|
| 1 | 北緯 10°50 度 東経 130°240 度 | 220×80 |
| 2 | 北緯 38°47 度 東経 135°155 度 | 200×90 |
| 3 | 北緯 40°42.5 度 東経 138°143 度 | 200×100 |

| | グリッド幅 | タイムステップ |
|---|---------------------------|---------|
| 1 | 30 分×30 分 (55.7km×44.8km) | 10 秒 |
| 2 | 6 分×6 分 (11.1km×8.8km) | 10 秒 |
| 3 | 1.5 分×1.5 分 (2.8km×2.2km) | 10 秒 |

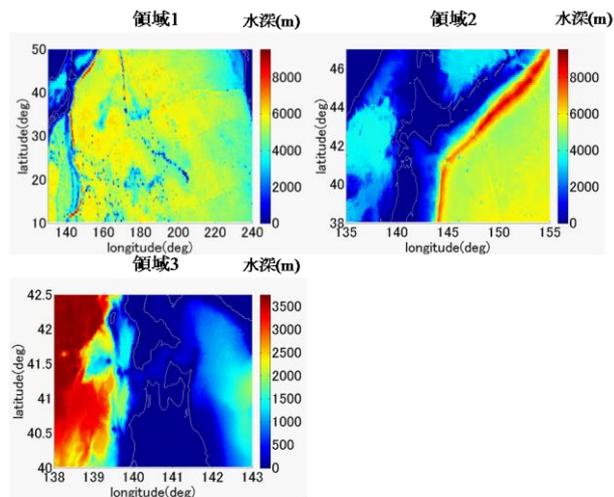


図-1 計算領域

3. 計算結果

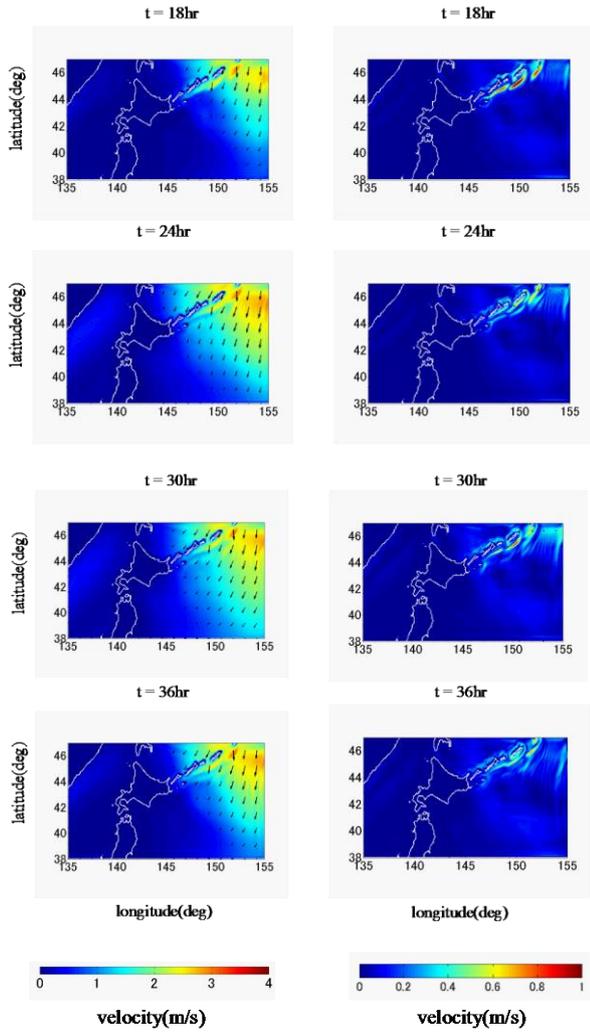


図-2 領域2での $z = -0.5\text{m}$ (左)及び $z = -1.5\text{m}$ (右) での吹送流流速分布。

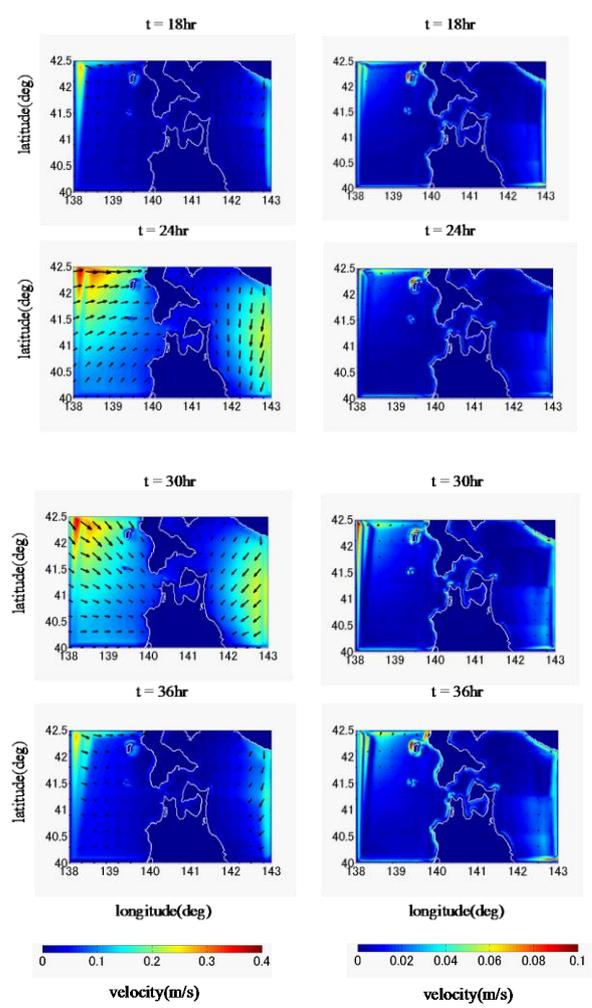


図-4 領域3での $z = -0.5\text{m}$ (左)及び $z = -1.5\text{m}$ (右) での吹送流流速分布。

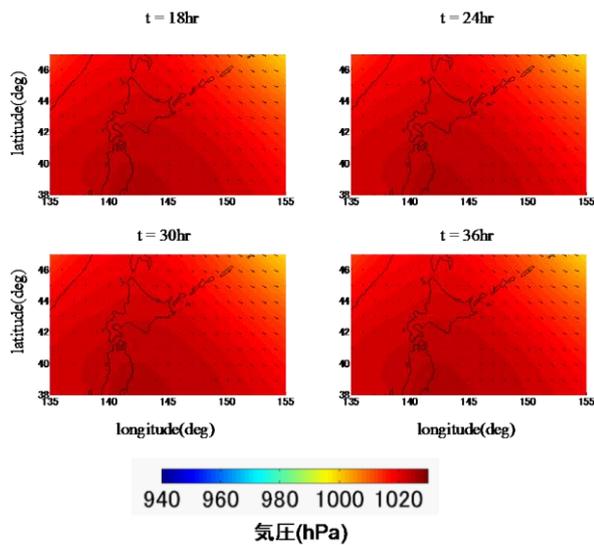


図-3 領域2での気圧分布と風向

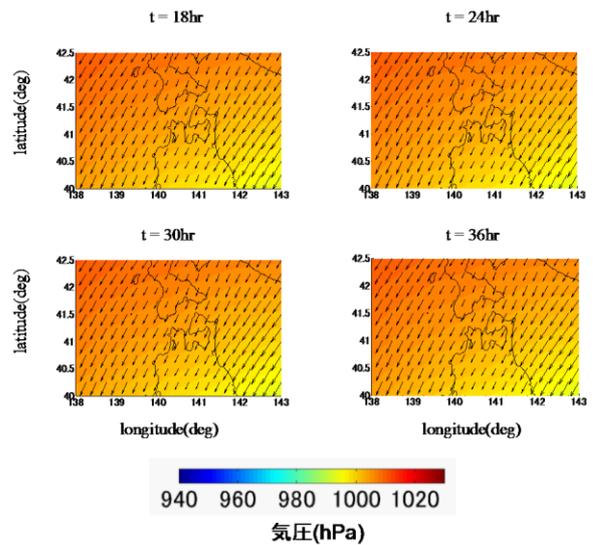


図-5 領域3での気圧分布と風向

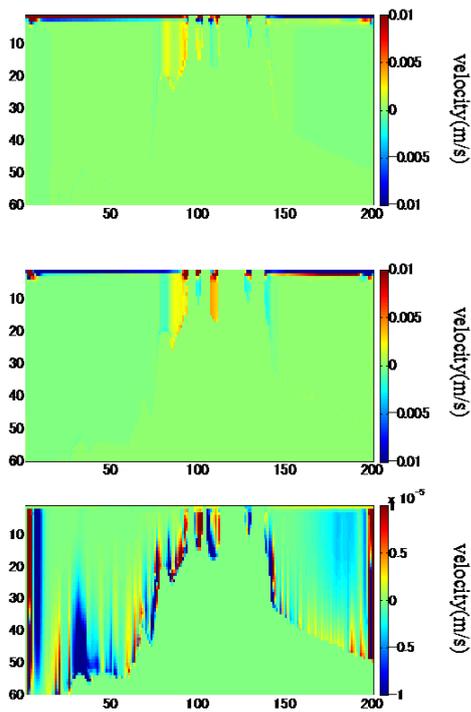


図-6 t = 18hr での領域3の津軽海峡周辺での断面流速
(上から x 成分, y 成分, z 成分の流速)

風による流れ場への特徴を調べる為に津軽海峡周辺の流れ場に風のみを作用させて計算を行った。(図-2, 図-4) 領域3では流れの表層である $z = -0.5\text{m}$ の地点では最大 0.5m/s 程度の流れが生じたが、鉛直方向の第2層である $z = -1.5\text{m}$ においては流速が極めて小さく、第3層以下についても同様の結果となった。吹送流れは風によって起きる流れであるが、一部流向と風向が一致しない地点も見られた。

また、図6では縦軸を z 軸、横軸を x 軸として津軽海峡周辺の断面流速を計算した。x 成分と y 成分の流速では表層で大きく変化した。それに対し、z 成分の流速は十分に小さく、また表層以外の地点でも流速の大きな変化が見られる。

4. おわりに

非静水力学流れモデルを用いて風による流れへの影響を評価することができた。津軽海峡周辺では、吹送流による流速は低気圧の接近に伴い増加し表層においては最大 0.5m/s 程度になった。また、第2層以下では吹送流による影響が殆ど見られなかった。今後はより細かいグリッドでのネスティング計算と潮流海流との合成流れに吹送流を作用させた流れ場を再現して計算を行う予定である。

参考文献

- 1) A. Adcroft, C. Hill, L. Perelman, and C. Heisey: A finite-volume, incompressible Navier Stokes model for studies of the ocean on parallel computers. *J. Geophys. Res.*, 102(C3), 5753-5766, 1997a
- 2) C. Hill, L. Perelman, and A. Adcroft, : Hydrostatic, quasi-hydrostatic, and nonhydrostatic ocean modeling. *J. Geophys. Res.*, 102 (C3), 5733-5752., 1997b
- 3) Egbert & Erofeeva: Efficient Inverse Modeling of Barotropic Ocean Tides. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 19, pp183-204. ,2002
- 4) Miyazawa, Y., R. Zhang, X. Guo, H. Tamura, D. Ambe, J.-S. Lee, A. Okuno, H. Yoshinari, T. Setou, and K. Komatsu: Water mass variability in the western North Pacific detected in a 15-year eddy resolving ocean reanalysis, *J. Oceanogr.*, 65, pp.737-756., 2009.
- 5) Marshall, J., C. Hill, L. Perelman and A. Adcroft : Hydrostatic, quasi-hydrostatic, and nonhydrostatic ocean modeling, *J. Geophys. Res. Oceans*, 102, C3, pp5733-5752., 1997a.
- 6) Marshall, J., A. Adcroft, C. Hill, L. Perelman and C. Heisey: A finite-volume, incompressible Navier Stokes model for studies of the ocean on parallel computers, *J. Geophys. Res. Oceans*, 102, C3, pp5753-5752., 1997b.
- 7) 本間翔希, 宮武誠, 猿渡亜由未: 潮流・海流発電に向けた津軽海峡の流況特性及びエネルギー賦存量に関する研究, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.70, pp1291-1295, 2014.
- 8) 広田知也, 猿渡亜由未, 宮武誠: 三次元モデル内における潮流タービンの評価, 土木学会論文集 B3(海洋開発), Vol70, pp67-72, 2014.