

日本近海域における潮流エネルギー分布の特徴化

Characterization of Tidal Energy Distribution in Japan

北海道大学工学部

○学生会員

田島 悠

(Yu Tajima)

北海道大学大学院工学研究院

正員

猿渡 亜由未

(Ayumi Saruwatari)

1, はじめに

世界で環境負荷の小さな再生可能エネルギーへの機運が高まっている。日本は海に囲まれているので潮力、波力等の海洋エネルギーを容易に利用できる。国土は狭いが排他的経済水域は広大で、海を持つポテンシャルは極めて大きい。1980～90年代、日本で海洋エネルギー発電利用の為の研究が活発に行われたが、日本では世界に比べて波力潮力エネルギーが弱く、欧州に比べ海洋エネルギーの利用技術の普及は遅れた。しかし、近年の再生可能エネルギーへの注目が集まる中で、日本における海洋エネルギー利用の為の研究が再び活発になってきている。本研究は日本近海における潮流エネルギーの分布の特徴を調べるものである。

海洋エネルギー発電に分類される潮力発電は、海洋の潮汐・海流のエネルギーを利用して発電を行うものである。大きく2種類に分類でき、(1)沖合の海中に設置したプロペラを潮流により回転させることにより発電を行うもの。(図-1)2m/s程度の潮流流速があれば、実用に供する程度の電力が得られる可能性がある。また(2)潮汐による海面変動をせき止め、落差で水力発電を行うもの。(図-2)日本ではこの方式での発電はされたことがない。

本研究では(1)を想定。プロペラ付近の局所的な潮流流速が分かれば取得し得るエネルギーや発電量を見積もることが可能である。日本は世界で比較的潮位差が小さく、潮流発電に不利だと予想されてきた。しかし、特に沿岸域の地形変化が大きい場所では地形によっては大きな潮流流速が得られる可能性がある。そこで本研究では海洋流れモデルである MITgcm により日本近海における潮流場を計算し、潮流エネルギーの分布を特徴化することを目的とする。

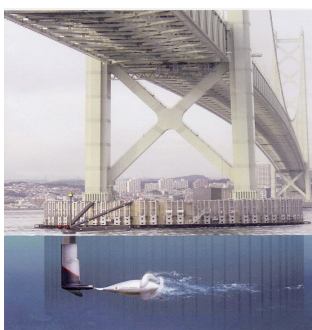


図-1：潮流発電の例

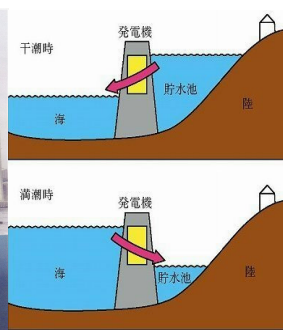


図-2：潮汐発電例

2 計算方法

2-1, MITgcm(MIT General Circulation Model)

海洋流れモデルとして、大気・海洋の流れを計算するために開発された数値モデル、MITgcm(MIT General Circulation Model)を用いる。海洋の流れを求める際、しばしば静水圧・Boussinesq 近似した方程式系が基礎式として用いられてきたが、この場合動圧の効果が含まれない為、特に沿岸域において発生する鉛直運動を伴う流れ場については正しく再現することができない。一方、MITgcm では非静力学過程を近似することなく流れを計算することができるため、鉛直流速を含む沿岸域の地形変化に応じた流れ場を適切に再現することが可能である。

本研究では、東方向を x 、北方向を y 、水深方向を z と軸を設定し、 z 方向は、水面を $z=0$ とし海底方向を正とする。次式を基礎方程式として流速場及び圧力場を求める。

$$\frac{Du}{Dt} + (2\bar{\Omega} \times u) + \frac{\partial \phi}{\partial x} = F_u \dots (1)$$

$$\frac{Dv}{Dt} + (2\bar{\Omega} \times v) + \frac{\partial \phi}{\partial y} = F_v \dots (2)$$

$$\frac{Dw}{Dt} + (2\bar{\Omega} \times w) + \frac{\partial \phi}{\partial z} + b = F_w \dots (3)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \dots (4)$$

(1)(2)(3)式はそれぞれ x 方向・ y 方向・ z 方向の運動方程式であり、(4)式は連続式である。(1)～(3)式の各右辺は forcing/dissipation 項、 u , v , w は、 x , y , z 方向流速。 ϕ は圧力、 $\bar{\Omega}$ は地球の自転速度、 b は浮力である。また、本研究では、デカルト座標系を用いて計算を行った。

2-2, 計算条件・計算領域

表-1, 表-2 に計算条件、図3に計算領域内における海底地形を示す。日本近海における潮流エネルギー分布を求める為に、本研究では沖縄周辺、三陸沖、北海道周辺における潮流計算を行った。また、日本周辺における潮流の全体的な特徴を見る為に、日本全域をカバーする程度の領域でも潮流を計算した。図-3には本論文の結果を示す沖縄、北海道、日本周辺の計算を行う際の計算領域と海底地形を示す。これらの地形は NOAA(米国立海洋大気局)が提供する 1min×1min 解像度のデータ ETOPO1 をもとに与えた。

でも沿岸域において流速の増加が見られた。

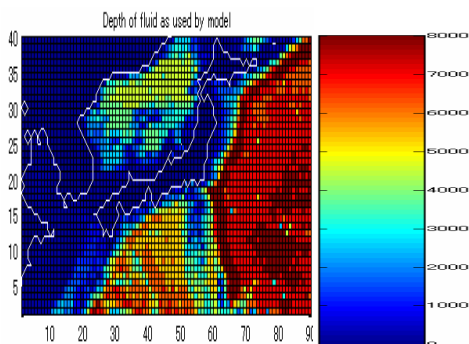
case	計算領域 (緯度[北緯])	計算領域 (経度[東経])	グリッド幅 (x×y)
A	26.0° ～45.5°	122.0° ～151.67°	360km×75km
B	26.05° ～32.0°	127.05° ～133.0°	10km×10km
C	41.05° ～47.0°	139.05° ～151.0°	50km×50km

表-1：計算領域・計算条件

case	グリッド数 (x×y)	タイム ステップ	計算時間
A	90×40	7分	72時間
B	120×120	7分	48時間
C	120×120	7分	48時間

表-2：計算領域・計算条件

A：日本近海の地形データ



B：沖縄近海の地形データ C：北海道近海の地形データ

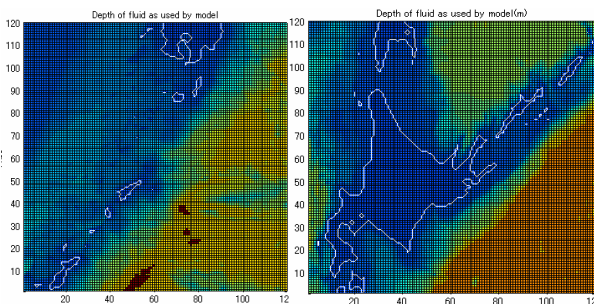


図-3：計算領域

全てのケースで m2 成分の潮汐エネルギーの分布の特徴を調べる為に、実際の潮流条件ではなく、周期 12 時間、潮位差 1m の潮流を東側境界条件として与えている。

3. 計算結果

3-1. 流速の遷移

図-4～6はcaseA～Cにおける、流速分布を表している。計算開始、すなわち潮流を与えてから、約4周期分程度の2800分後まで700分おきの流速分布を表している。各領域で、半島や諸島周辺など入り組んだ地形付近で大きな流速が見られることから、地形と潮流流速が大きく関係していると考えられる。またいずれの結果

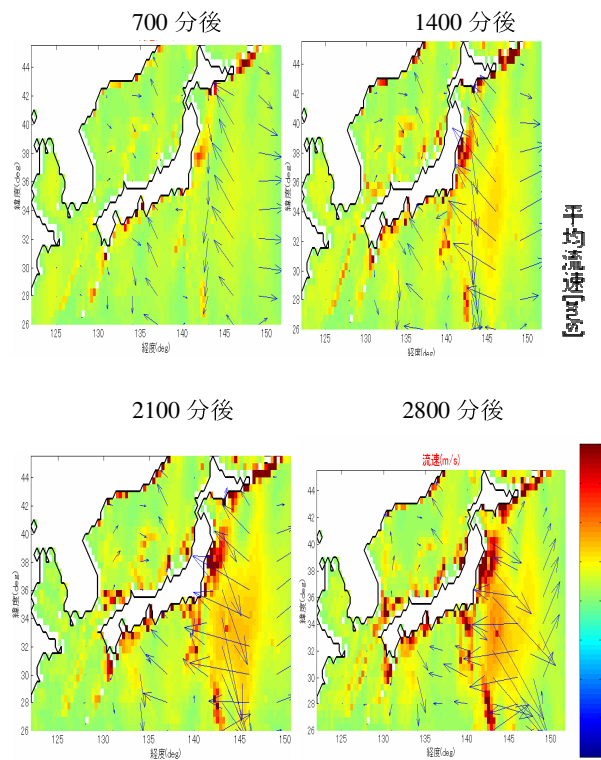


図-4 caseA：(日本周辺)の水平方向平均潮流流速の計算結果(カラー)と平均水平流速ベクトル(矢印)の時間変化

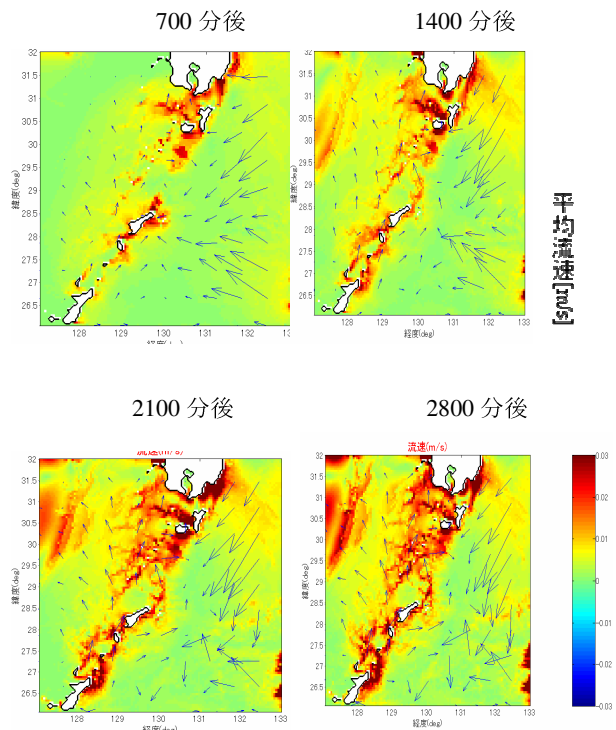


図-5 caseB：(沖縄周辺)の水平方向平均潮流流速の計算結果(カラー)と平均水平流速ベクトル(矢印)の時間変化

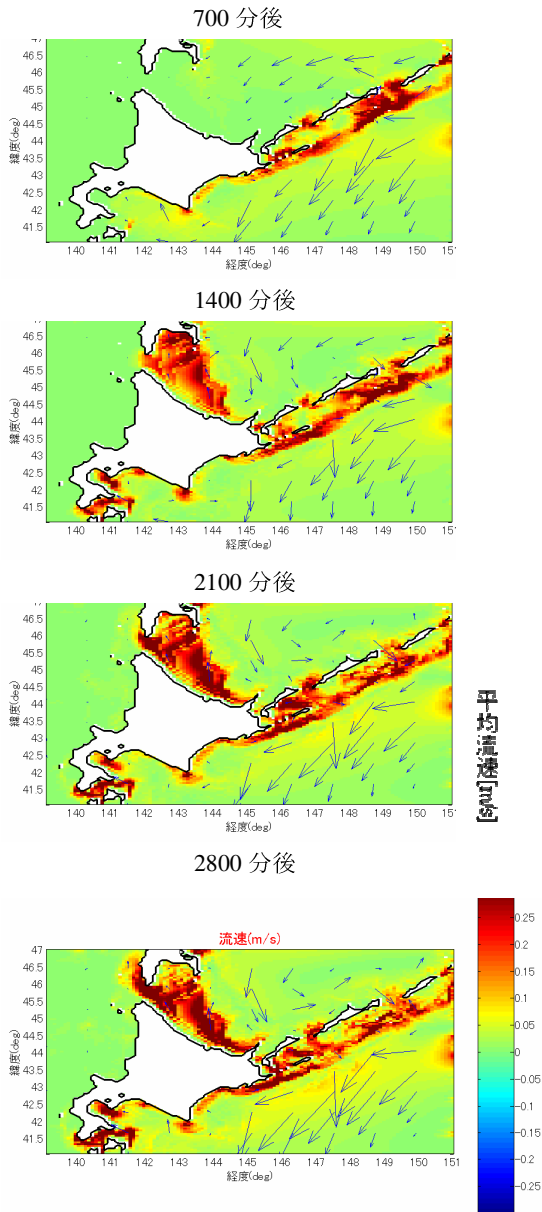


図-6 caseC：(北海道周辺)の水平方向平均潮流流速の計算結果(カラー)と平均水平流速ベクトル(矢印)の時間変化

3-2, 潮流エネルギーの分布

MITgcmにより求めた流速から、単位面積の断面を通過する潮流エネルギーを式(Bedard, 2007)により算出することができる。

$$(P / A) = 0.5 \times \rho \times V^3$$

ここで P は単位面積を通過する潮流力[W/m²]、 ρ は海水の密度[kg/m³]、 V は潮流流速[m/s]である。上式を水深方向、時間方向に積分することにより、1年当たりの潮流エネルギーの分布を求めた。(図-7 から図-9)流速同様、地形変化に応じた潮流エネルギー分布を確認できる。

図-7 の深さ約 8000m の日本海溝周辺や、深さ約 6000m の釧路沖などでは、相対的に潮流エネルギーは小さいことが確認できる。図-8 では、島が連なっている入り組んだ地形で、局所的に強い潮流を持つという特徴が確認できる。図-9 では、東の境界から与えた潮流が、千島列島の入り組んだ地形で大きな潮流エネルギー、オホーツク海側の沿岸域で回りこんできた流れによって、強い潮流エネルギーを持つことを確認できる。また、流れの通り道が狭まる津軽海峡で、強い潮流エネルギーが観測できる。

本研究では潮流エネルギー分布の特徴を調べる為に計算領域境界から 12 時間周期の潮流変動を与えたものであり、本計算結果は実際の潮流エネルギー分布を再現するものではないが、湾内や流露の狭小部など沿岸域におけるローカルな地形変化に応じて局所的に高い潮流エネルギーが得られる可能性が明らかになった。

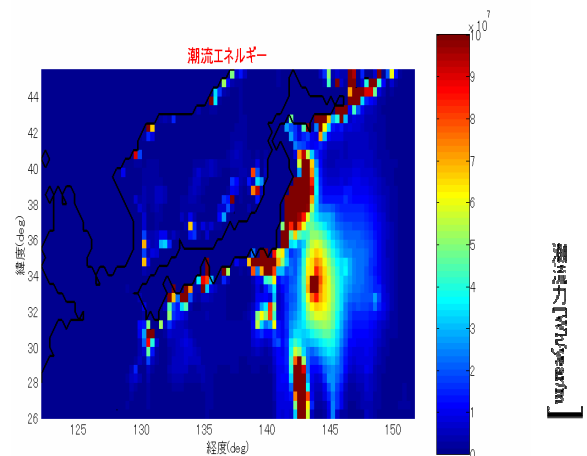


図-7 A：日本近海の潮流エネルギー分布

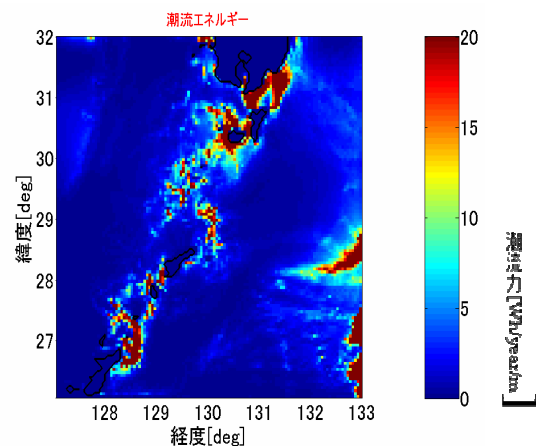


図-8 B：沖縄近海の潮流エネルギー分布

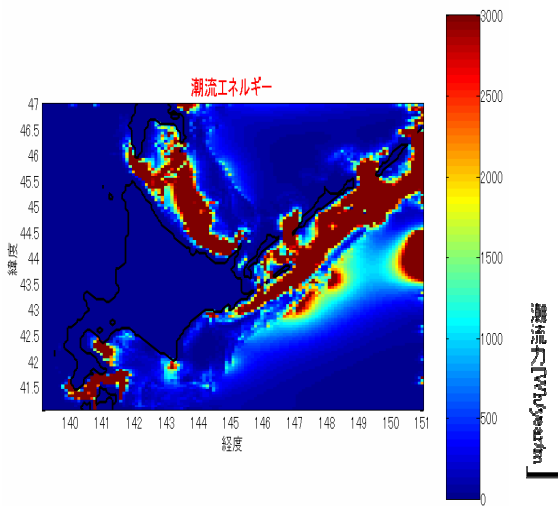


図-9 C：北海道近海の潮流エネルギー分布

4, 結論

本研究では以下のような潮流エネルギーの特徴を確認した.

- 実際の潮流を計算し境界条件として与え計算することで本研究とは計算結果は変わることが予想されるが、潮流エネルギーの大小は地形に大きく依存している.
- 沖縄近海の種子島・屋久島周辺や、北海道近海のオホーツク海側のように、流れが回りこむような特徴を持った地形の周辺で局所的に強い潮流エネルギーを持つ.
- 諸島周辺や津軽海峡のような地形が入り組んだ領域において局所的に潮流エネルギーが大きくなる場合がある.
- 日本海溝のような水深の大きい領域では、大きな潮流エネルギーは得られない.

本研究ではモデルケースとして日本沿岸に仮想的な潮汐を与えたときの潮流エネルギー分布を求めた. 今後は日本近海における潮汐発電の為に潮汐エネルギー分布の見積もりを行う為に、既存のグローバルスケールの潮汐モデルにより実沿岸域の潮汐条件を元に潮汐計算を行う予定である.

参考文献

- 1) Roger Bedard (2007) : Power and Energy Waves and Tides:A Primer ,1-7