

## 研究課題名：海洋中の熱塩循環の渦拡散係数の乱流シミュレーションによる予測とモデル化

課題代表者：京都大学大学院工学研究科 花崎秀史  
 共同研究者：京都大学大学院工学研究科 岡村 徹  
 実施年度：平成 21 年度～平成 21 年度

### 1. 研究目的

熱塩循環を計算する多くの海洋モデルにおいて、熱と塩分に等しい渦拡散係数が用いられてきた。しかし、熱と塩分の分子拡散係数には 100 倍の差があるため、乱流拡散係数とその影響が指摘されている。本研究では、熱と塩分の分子拡散に起因する渦拡散係数の違いを、数値計算に室内実験と理論を併用して解明する。同時に、熱塩二重拡散系における乱流モデルの改良を行う。

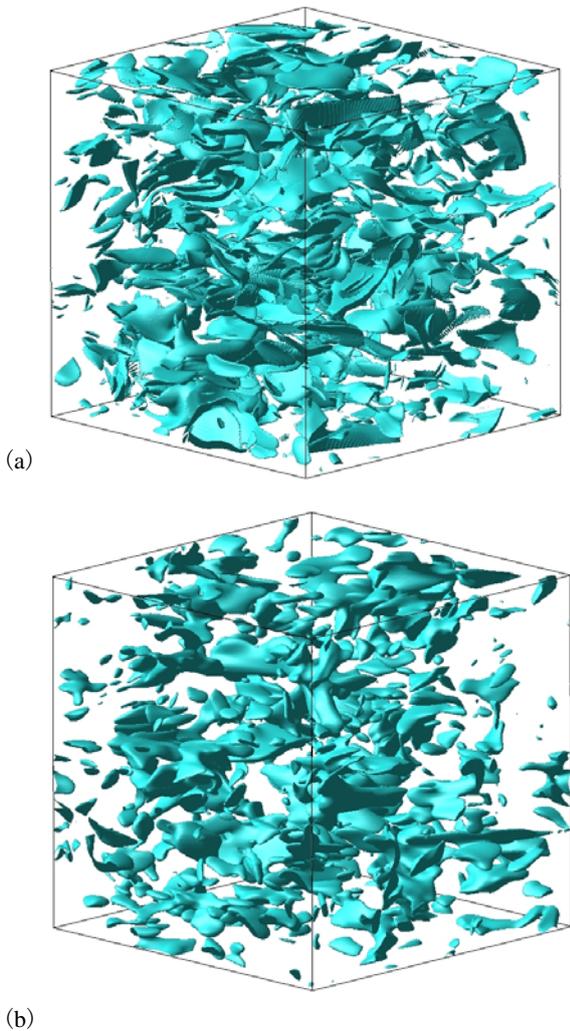


図 1 高プラントル数  $Pr=6$  のスカラー（塩分に相当）の拡散率の空間分布の成層強度依存性。(a)  $Fr=2.0$ （弱成層）、(b)  $Fr=0.1$ （強成層）。

### 2. 研究計画

今年度は、熱塩拡散構造やフラックスの

- (1) 成層強度(フルード数)依存性、
- (2) プラントル数依存性
- (3) 乱流強度(レイノルズ数)依存性
- (4) 初期条件依存性

などのパラメータ依存性の解析を行う。

### 3. 進捗状況

研究計画の (1) について、まず、成層強度（フルード数）依存性の解析を行った。図 1 に、 $Fr=2.0$ （弱成層）と  $Fr=0.1$ （強成層）の時の高プラントル数スカラー（塩分）の拡散率の空間分布を示す。強成層の場合、弱成層の場合に比べ、構造のスケールが大きい（分厚い）。

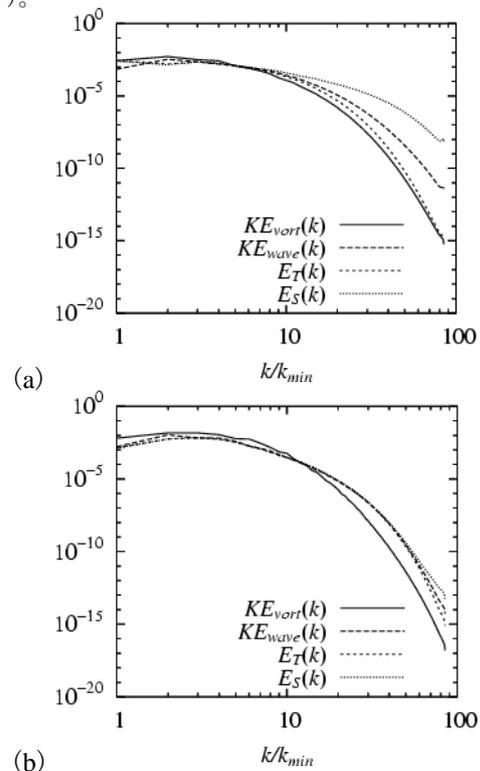


図 2 スペクトルの成層強度依存性。(a)  $Fr=2.0$ （弱成層）、(b)  $Fr=0.1$ （強成層）。 $KE_{vort}$ : 運動エネルギーの渦成分、 $KE_{wave}$ : 運動エネルギーの波動成分、 $E_T$ :  $Pr=1$  のスカラー、 $E_S$ :  $Pr=6$  のスカラー（位置エネルギー）のスペクトル。

図 2 に、対応するエネルギースペクトルを示す。強成層の場合、弱成層の場合に比べ、 $E_S$  及び  $KE_{wave}$  の高波数成分が小さい。これは、強成層時には、高波数領域にまで成層効果が働いて非線形効果が弱まり、エネルギーカスケードが抑制されるためと考えられる。なお、高波数領域において、位置エネルギー  $E_S$  ~ 運動エネルギーの波動成分  $KE_{wave}$  が成立しているのは、両者の間にエネルギー等分配が成立しているためと考えられる。

#### 4. 今後の計画

今後、物質フラックス（渦拡散係数）の成層強度、プラントル数、乱流強度、初期条件依存性を進め、渦拡散モデルの改良につなげていく。

#### 5. 計算機資源の利用状況（2009 年 4 月～9 月）

実行ユーザ数: 2 CPU 時間 1 ノード未満: 0 hour,  
1 ノード: 452 hours, 2 ノード: 0 hour, 計: 452 hours

#### 6. 昨年度研究課題のまとめ

##### 6.1. 昨年度研究課題名

海洋中の熱塩循環の渦拡散係数の乱流シミュレーションによる予測とモデル化

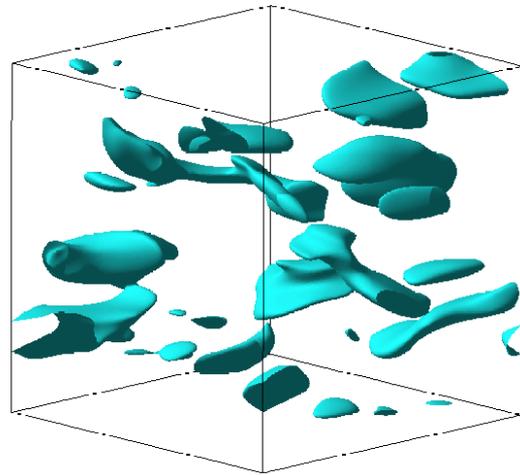
##### 6.2. 昨年度研究課題の目的

渦拡散係数の挙動を決定する要素を解析する。特に、前年度に開発した「波動-渦分解」プログラムを用いて、運動エネルギーの「波動-渦分解」による解析を行う。

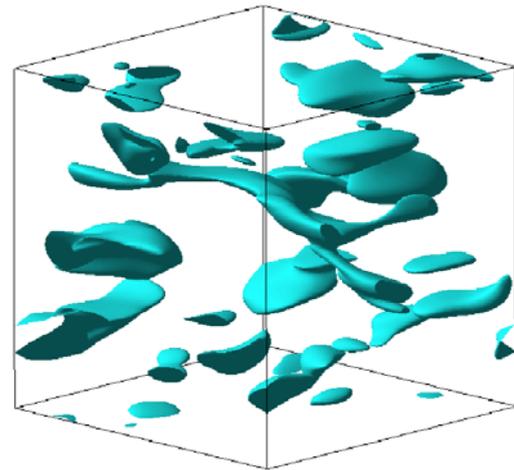
##### 6.3. 昨年度研究課題の成果概要

Batchelor スケールと呼ばれる、熱や塩分などの物質が拡散する小スケールに至る熱・塩分の分布構造を解析した。その結果、波動成分はエネルギーの順カスケードを行うのに対し、渦成分は逆カスケードを行うため、小スケールでは波動成分が支配的となり、大スケールでは渦成分が支配的となることがわかった。

また、共存する 2 種類のスカラーの密度成層への寄与の比率が流れ場に与える影響を調べた結果、図 3 に示すように、塩分のような高プラントル数物質の成層への寄与率が 50% 程度以上になると、物質分布構造は、寄与率が 100% の時と類似してくることがわかった。実際の海洋では、寄与率は概ね 50% 程度であり、分布構造の場所依存性は弱いことを示している。スカラー組成比が散逸構造にあまり影響しないことは、モデル化において緯度等の地域性をあまり考慮する必要がないことを示唆している。



(a)



(b)

図 3 高プラントル数物質の散逸率の空間分布。高プラントル数物質の密度成層への寄与の比率がそれぞれ、(a) 50%、(b) 100% の時。両者の構造に大きな差は見られない。

##### 6.4. 昨年度計算機資源の利用状況

実行ユーザ数: 2 CPU 時間 1 ノード未満: 122 hours,  
1 ノード: 10,669 hours, 2 ノード: 0 hour,  
計: 10,792 hours