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　宮尾武寛
実施年度：平成 20 年度～平成 20 年度

1. 研究目的

海洋循環は塩分と熱の浮力効果によって生じる循環であり、熱塩循環とも呼ばれる。通常、海洋モデルにおいては、乱流のモデル化に際し、熱と塩分に等しい乱流拡散係数（渦拡散係数とも呼ばれる）を用いてきた。しかし、熱と塩分の分子拡散係数（プラントル数）には100倍の差があるため、乱れがそれほど強くない場合には、乱流拡散係数が分子拡散の違いの影響を受ける。本研究では、熱と塩分の分子拡散係数の違いによって生じるdifferential diffusionによる渦拡散係数の違いを乱流の数値シミュレーションにより調べ、その発生メカニズムを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。

2. 研究計画

本研究では、物質拡散の小スケール（速度場の最小スケール）での挙動が渦拡散係数に与える影響を解明すると同時に、渦拡散係数とその時間平均値を決定する支配パラメータを明らかにし、現行の海洋渦拡散モデルの改良すべきポイントを明らかにする。また、海洋分野では従来、成層乱流に関しては内部重力波間の相互作用のみが議論されてきたが、こうした「波動成分」と同等のエネルギーを持つ「渦成分」の挙動についての解析を行い、波動成分と同等の寄与をすると推測される渦成分の挙動とその重要性を明らかにする。

3. 進捗状況

昨年度開発したプログラムを用いて、「波動−渦分解」を用いた解析を行っている。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ことがわかった。同時に、小スケールでは波動成分が支配的となる一方、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、熱と塩分のように、密度成層を構成する物質が 2 種類ある場合、その成層への寄与の比率（浮力比：buoyancy ratio）が問題となる。それが流れ場に与える影響を調べた。高プラントル数物質の比率が 50%程度になると、高プラントル数物質の分布構造は、その比率が 100%の時とほぼ同じになることがわかった。実際の海洋では、高緯度では、塩分成層＞温度成層のため、50%以上、低緯度では逆に 50%以下であるが、50%程度のことが多い。このことは、高プラントル数物質（塩分）の散逸構造は、場所にあまり依存しないことを示している。

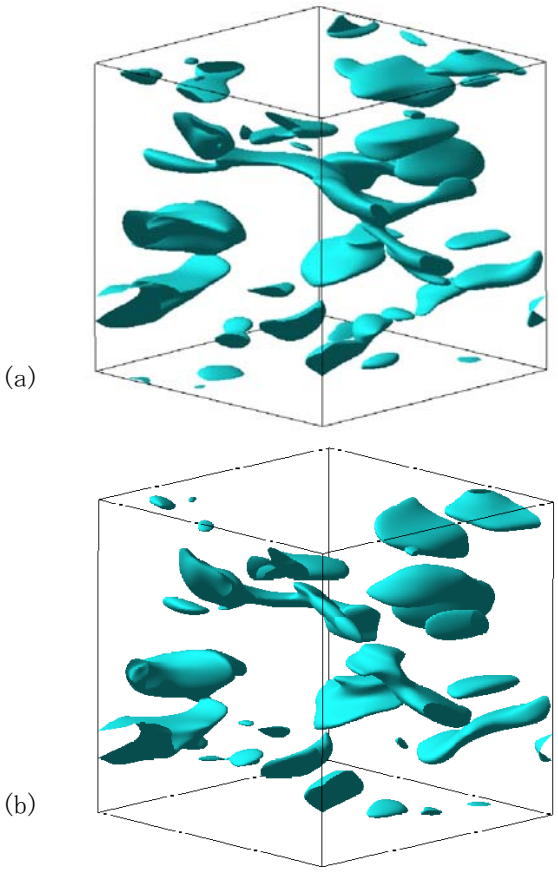

図 1　高プラントル数物質の散逸率の空間分布。高プラントル数物質の密度成層への比率が、それぞれ、(a) 50%、(b) 100%、の時。両者の構造に大きな差は見られない。

したがって、鉛直フラックス（渦拡散係数）も、浮力比が場所によって変化しても大きくは変化せず、その値は、高プラントル数である塩分による浮力比が100%の状態に常に近いと予測される。しかし、その散逸構造は、小スケール成分が大きい通常の高プラント

係数の差異が、ある程度の時間が経過すると、実は小さくなることを示唆している。

4. 今後の計画

今後、その他の重要なパラメータである、成層の強さ（フルード数）、プラントル数依存性などの解析を、物質フラックス（渦拡散係数）の解析と同時に進めて行く。

5. 計算機資源の利用状況（2008 年 4 月から 10 月まで）

実行ユーザ数：1　CPU時間 1 ノード未満：0 hour,
1 ノード : 2,206 hours, 2 ノード : 0 hour, 計 2,206 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

熱と塩分の分子拡散係数の違いによって生じる differential diffusionによる渦拡散係数の違いを乱流の数値シミュレーションにより調べ、その発生メカニズムを室内実験及び理論的な考察を併用して解明すると同時に、こうした熱塩二重拡散系における乱流モデル改良の指針を立てる。

6.3. 昨年度研究課題の成果概要

速度成分を、内部重力波的な波動線分と渦運動的な渦成分に分ける「波動−渦分解」を行うプログラムを開発し、「波動成分」と同時に「渦成分」の挙動の解析を行った。その結果、波動成分は、小スケールにおいて、高プラントル数の成層物質（温度、塩分）の位置エネルギーから変換された運動エネルギーを供給されるため、高プラントル数物質が成層している場合には、波動成分のエネルギーが大きくなることがわかった。

6.4. 昨年度計算機資源の利用状況

実行ユーザ数：1　CPU時間 1 ノード未満：8 hours,
1 ノード : 6,535 hours, 2 ノード : 0 hour, 計 6,543 hours