研究課題名:地球流体中の秩序渦構造と3次元スカラー輸送現象

研究課題代表者:電気通信大学大学院電気通信学研究科 宮嵜 武参加研究者:電気通信大学大学院電気通信学研究科 李 英太 実施年度:平成 19 年度~平成 19 年度

1. 研究目的

大気や海洋等の地球流体現象では秩序渦構造が長く安定を保ち、その相互作用が乱流動力学やスカラー輸送を支配する。大規模な地球流体運動は地球の自転と密度成層効果のために準二次元的なものと見なすことができ、鉛直高さの異なる層毎の二次元運動の相互作用を考慮した準地衡風近似で記述される。前年度までに秩序渦構造に着目した乱流渦モデル(Li et al., 2006)を完成した。本研究では、慣性重力波の影響を考慮した「最適バランス近似」のもとでの秩序渦構造の性質を調べ、乱流渦・波動モデルを構築する。

2. 研究計画

最適バランス法によるコードを開発し、SXへの最適化を行う。最適バランス近似のもとでの渦・波動相互作用を理論的に調べ、乱流渦モデルへの取り込み方を健闘する。

3. 進捗状況

最適バランス法について、計算コードの動作確認のため、基本サブルーチン(FFT など)の調整を行い、国立環境研究所のスーパーコンピュータへの移植を行っている。今後は引き続き移植作業を行うとともに、高解像計算の為の並列化を準備中である。

一方、準地衡風乱流渦モデルが完成したので、それ を用いて多自由度系での模擬乱流数値シミュレーショ ンを行い、統計的性質を調べる。まず、自由度の一番 少ない準地衡風点渦モデルを用いて大規模の数値計算 を行い、統計的性質を調べた。無限領域中の立方体 (2.4323) 領域に、点渦(渦数 N=2000、循環 $\hat{\Gamma}_{i}=1,i=1,2,...,N$)をランダムに一様分布させ、その平 衡状態を求めた。保存量はエネルギー(E)、渦重心、 角運動量であるが、角運動量を用いて長さのスケール は規格化した。また、ミクロカノニカル統計的にサン プル数 10^6 個の系を用意し、エネルギー最頻度 $(E=E_c)$ となる場合で数値計算した。平衡渦分布 (Miyazaki et al., 2006) は渦重心に対してほぼ軸対称であったため、 周方向は一様であるとみなして平均を取り、対称軸か らの距離をr、鉛直方向の座標zとした平衡分布F(r,z) を調べた。 $t = 10 \sim 20$ で平衡状態となるため、結果 はt=20 以降を時間平均している。図1のように、渦 度分布に'end-effect'が現れ、最大エントロピー理論に よる理論解は数値計算結果とよく一致する。

また、準地衡風楕円体渦周辺のカオス混合について

調べた。傾斜回転楕円体渦からアスペクト比をわずかに変化させて楕円体渦にした時、その周辺でのカオス混合を調べる手段としてポアンカレ断面図を用いる。図2で、z=0.5, 1.0 のポアンカレ断面図では、サドルポイント付近だけでなく、セパラトリックスに沿ってカオス領域が存在することがわかる。また、渦頭よりもはるかに上の層である z=1.5 の断面でもサドルポイントが存在し、混合が起きているのが確認できる。大きく傾斜した渦の場合には、ポテンシャル渦度が存在しない上層水平面内での流線トポロジーも複雑となり、それに対応してカオス混合が生じることは興味深い。

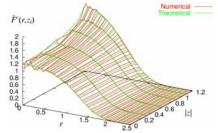


図1 準地衡風点渦系での平衡渦度分布

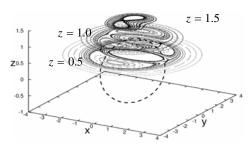


図2 ポアンカレ断面図

4. 今後の計画

最適バランス法による数値計算準備は整いつつあるので、試行的な計算を実行する。また、渦・波動相互作用に関する理論的考察を進めるとともに、渦構造の安定性に関する検討を行う。最終目標として、エネルギー・運動量輸送の物理過程を正しく反映するサブグリッドスケールの乱流渦・波動モデルを構築する。

(参考文献)

Li,Y., Taira, H., Takahashi, N., Miyazaki, T. (2006) Refinements on the quasi-geostrophic ellipsoidal vortex model. Phys. Fluids, 076604.

Miyazaki, T., Li, Y., Taira, H., Hoshi, S., Takahashi, N. (2006) Statistics of Quasi-geostrophic Vortex Patches. IUTAM, Nagoya.

5. 計算機資源の利用状況 (2007 年 4 月から 10 月まで)

実行ユーザ数:0