Ak-001　　　　　　会場：C513　　　　　　　　　　時間：6 月 8 日　13:30-14:00

成層回転乱流における拡散問題

Diffusion problems in rotating stratified turbulence

木村　芳文[1]
Yoshifumi Kimura[1]

[1] 名大・多元数理
[1] Grad. School of Math., Nagoya Univ.

成層および回転は地球流体における基本的な力学的要素であり、その影響下において 流体がどのように運動するのかを研究することは地球流体力学の基礎的中心課題であるといっても過言ではない。この講演では成層、回転が流れに与える影響を特に流体内における粒子拡散という観点から考えてみたい。
数値計算の方法としては成層と回転の効果をとりいれた流体の無次元化された基礎方程式（Navier-Stokes 方程式）を Boussinesq 近似のもとで解き、また同時に Lagrangian 粒子の軌跡を求め分散その他の統計量を計算するという方法を用いる。Lagrange 的な粒子追跡は分子拡散が無視できるような状況に対応しているといえる。

成層および回転は地球流体における基本的な力学的要素であり、その影響下において 流体がどのように運動するのかを研究することは地球流体力学の基礎的中心課題であるといっても過言ではない。成層も回転もどちらも流体を２次元元化（正確には２成分 化）するということでは共通であるが個々の特徴はいくつかの点において大きな違い を示す。この講演では成層、回転が流れに与える影響を流体内における粒子拡散という観点から考えてみたい。目標とすることは成層や回転の影響下における流体運動の 記述とそれから予測される現象を理解することであると言える。数値計算の方法とし ては成層と回転の効果をとりいれた流体の無次元化された基礎方程式（Navier-Stokes 方程式）を Boussinesq 近似のもとで解き、また同時に Lagrangian 粒子の軌跡を求め分散その他の統計量を計算する。Lagrange 的な粒子追跡は分子拡散が無視できるような状況に対応しているといえる。

粒子の拡散には初期位置からのずれの２乗平均をみる絶対拡散と初期に近接している２粒子の距離の２乗 平均をとる相対拡散があるがここでは前者の結果を考察することにする。まず、鉛直方向の拡散については成層のみで回転が無いの特徴としてはいずれの場合も十分短い時間領域では弾道モードと呼ばれる時間の２乗に比例する時間領域が存在し、その後成層の強さに応じたレベルでほとんど一定値をとることが観察される。成層方向の拡散の抑制現象は Csanady (1964)によって説明されているが彼は Navier-Stokes 方程式において圧力勾配項を white noise で置き換えるというモデルを使用した。Kimura & Herring (1996)はこのモデルの発展として Langevin 方程式を導入し数値計算より渦粘性を計算することにより特に成層の強い場合の拡散の時間発展を説明した。成層とともに回転を加えると次のようなことが全体を通して観察される。[1] 回転の強さに応じて拡散の抑制が助長される。[2] 回転の効果として振動現象が観察される。水平方向の粒子拡散については鉛直方向の場合のような劇的な異方性を見せはしないが以下のような興味深い特徴を示している。[1] 成層、回転が強くなるにつれ時間についての２乗の時間依存性が初期の弾道モードのみならず後の時間領域にも現れる。[2] 特に成層が弱い場合には２種類の時間２乗モードの間にそれらをつなぐ遷移時間帯がある。[3]成層の強さを固定すると回転が強い程遷移時間帯は初期時間に現れる。[4] 成層が強い場合には遷移時間帯は消失する。

絶対拡散における時間２乗依存性は各種の物理系においても観察されている。例えば変調された進行波（Weiss & Knobloch 1989）や内部慣性重力波（Joseph 1997）などにおけるカオスに伴う粒子拡散について数値実験で報告されている。このある意味での普遍性をもとに Mezic & Wiggins (1994)は漸近的な時間２乗領域の存在は粒子運動における非エルゴード性によるものであることを証明した。彼等の定理は流れ場におけるカオス領域と非カオス領域の共存が漸近的時間２乗依存性の存在の本質であることを示している。これは我々が成層、回転乱流中における構造と拡散の問題を理解する上で重要な示唆を与えているといえる。