

コア・ダイナミクスに対する非等方的乱流の影響

Effects of anisotropic turbulence on the core dynamics

松島 政貴[1]

Masaki Matsushima[1]

[1] 東工大・地球惑星

[1] Dept. Earth Planet. Sci., Tokyo Inst. Tech.

<http://www.geo.titech.ac.jp/~mmatsush/>

近年のコンピュータの発達に伴い、地球コア・ダイナミクスの数値シミュレーションが可能になってきた。しかしながら、まだ問題点が残っている。より現実的な地球ダイナモをコンピュータ上で再現するためには、非等方的乱流を考慮した数値計算を実施するべきである。我々は直接数値計算を行うことによって、地球コア内で生じている乱流輸送の非等方性を調べてきた。ここでは今までと同様に、MHD乱流の直接数値計算を行う。ただし、スカラーの拡散率ではなく、渦拡散テンソルを与える。両者の結果を比較し、乱流輸送の非等方性がコアのグローバル・ダイナミクスにどのような影響を与えるかについて議論する。

近年のコンピュータの発達に伴い、地球コア・ダイナミクスの数値シミュレーションが可能になってきた。回転球殻中の電磁流体に対する基礎方程式を解くことにより、地球ダイナモがコンピュータ上で再現されている。ここでは、地球磁場と同様な磁場の空間分布（双極子磁場の卓越）及び時間変化（双極子磁場の極性の逆転など）が示されている。

しかしながら、まだ問題点が残っている。地球流体コア内の分子拡散率は非常に小さいので、流体運動は乱流状態にあると考えられている。したがって、小さいスケールの流れの影響を取り入れるため（小さなスケールの現象そのものをグローバルな数値計算に取り入れることは不可能であるため）分子拡散率をより大きな渦拡散率に置き換えることによって数値計算が実施されている。それでもなお拡散率は非常に小さいため、人為的に超拡散率が導入されている場合がある。多くの場合、球面方向に小さなスケールの場ほど超拡散率が大きくなるようにパラメータ化されているが、これは物理的に考慮されたものではない。一方、大気の場合などでも知られているように、一般に渦拡散率は非等方的である。より現実的な地球ダイナモをコンピュータ上で再現するためには、非等方的乱流を考慮した数値計算を実施するべきである。

我々は直接数値計算を行うことによって、地球コア内で生じている乱流輸送の非等方性を調べてきた。これまでに乱流輸送は、地球の回転、重力、そして磁場の方向によって決められる選択的な方向を持つことがわかっている。我々は2次以下のモーメント量を用いて乱流輸送をモデル化し、局所的な渦拡散テンソルを見積もることも試みてきた。そのモデルはまだ不完全ではあるが、将来、地球ダイナモのグローバル数値計算に非等方的乱流の影響を取り入れるときには非常に有用である。

無闇に渦拡散テンソルをグローバル数値計算に導入すると、生じている現象を理解することが困難になる可能性がある。ここでは今までと同様に、回転軸方向をz方向、そして経度方向をy方向とする局所的なデカルト座標系を使用し、一様磁場のもとでのMHD乱流の直接数値計算を行う。ただし、スカラーの拡散率ではなく、渦拡散テンソルを与える。両者の結果を比較し、乱流輸送の非等方性がコアのグローバル・ダイナミクスにどのような影響を与えるかについて議論する。