

2次モーメント量による地球核内の乱流熱流束

の表現

*松島 政貴 [1], Paul H. Roberts [2]

東京工業大学[1], IGPP, UCLA[2]

An expression of turbulent heat flux in the Earth's core in terms of a second moment closure model

*Masaki Matsushima[1], Paul H. Roberts [2]

Tokyo Institute of Technology[1], IGPP, UCLA[2]

We have been examining anisotropic turbulence in the Earth's core by direct numerical simulation to understand the effect of small-scale motions on the geodynamo. We have found that the turbulent transport has a preferred direction, determined by the directions of the rotation axis, the strong magnetic field, and the gravitational force. We here derive an equation for turbulent heat flux using a second moment closure model. We then compute the turbulent flux using the equation. It turns out that the turbulent flux thus estimated well approximates the one computed through direct numerical simulation.

地球外核内における対流を駆動する熱や組成の拡散は、分子拡散よりも渦拡散（乱流拡散）が支配的である。なぜなら、地球流体核の分子拡散率が非常に小さいため、核内の流体運動は乱流状態にあるからである。また、地球核内の乱流は、地球の回転及びダイナモ作用によって生成されている強い磁場によって影響を受けており、非等方的になっている。したがって、大規模な場が非等方的な小規模な流体運動によって輸送されていることになる。このような非等方性が、地球ダイナモに対してどのような影響を与えているかはまだ明らかにされておらず、それを理解することは非常に重要なことである。

我々は、地球核内の小規模な流れの非等方性の影響を理解するために、また、現実的な地球ダイナモのシミュレーションに向けて、直接数値計算を行うことにより核内乱流の非等方性を調べてきた。長さのスケールが非常に小さいので、グローバル・シミュレーションにおいては十分な分解能を得ることができない。そこで、核内の小さな領域を周期境界条件をもつ直方体で表現し、回転軸を z 方向に、そして方位角方向を y 方向に取った。対流を駆動するために、重力方向（ $-r$ 方向）に一樣な温度勾配を与え、回転系における磁気対流の計算を行った。その結果、乱流熱輸送は、回転軸の方向、

磁場の強さと方向、そして計算領域の位置（つまり重力の方向）により、ある選択的な方向を取り、その大きさが時間的に変化することがわかった。次に行うべきことは、これをモデル化し、渦拡散テンソルの表現を得ることである。

モデル化をするために、運動方程式及びエネルギー方程式から乱流熱流束に対する輸送方程式を求めることができる。しかし、新たな相関項が現れるので式は閉じない。ここでは、2次以下の平均化された乱流諸量を用いて乱流熱流束のモデルを完結させる (second moment closure model)。そして、モデル化された乱流熱流束と直接数値計算によって得られる乱流熱流束とを比較した。その結果、乱流熱流束がうまくモデル化されていることがわかった。現在までのところ、レイノルズ・ストレスについては直接数値計算によって得られた量を使用している。これも同様にモデル化し、簡単な表現が得られれば、これをグローバルな地球ダイナモの数値計算に取り入れることができる。