

回転流体球内のマグネトコンベクションと地球磁場

Magnetoconvection in rotating fluid spheres and the Earth's magnetic field

桜庭 中[1]

Ataru Sakuraba[1]

[1] 東大・理・地球惑星科学

[1] Dept. of Earth and Planetary Sciences, Univ. of Tokyo

回転する流体球内のマグネトコンベクションについて、線形および非線形の数値計算をおこない、さらに地球コア内の対流運動とそこで生じる地球磁場の性質について考察した。流体球には自転軸に平行な一様磁場をかけ、自己重力場と一様分布した熱源のもとで熱対流を起こす。系を特徴づける無次元パラメータには、エクマン数、エルサッサ数、レイリー数などがある。これらはそれぞれコリオリ力に対する粘性力、ローレンツ力、および浮力の相対的な効果をあらわしている。

数値計算ではエクマン数は10のマイナス5乗から10のマイナス6乗程度の値に固定する。この程度のエクマン数をもちいると粘性の効果はほとんど無視できる。線形解析では、対流不安定をおこすような臨界レイリー数をエルサッサ数の関数として求める。非線形解析では、エルサッサ数を固定した上で、さらにレイリー数を臨界値の数倍以下に固定し、系の時間発展の様子を観察する。

線形解析の結果、(1)与えた磁場の強度によって5つの異なる対流モードが識別できること、(2)臨界レイリー数が磁場強度の関数として極小値をとること、(3)ある磁場強度では、回転軸に平行な対流セルで特徴づけられる二次元的なモード(Eモード)と、極域で活発な子午面環流で特徴づけられる三次元的なモード(Pモード)とが共存すること、(4)対流モードがコア・マントル境界における温度境界条件や内核の大きさに強く依存すること、などの新たな知見を得ることができた。この結果は本学会の「地磁気・古地磁気」セッションで発表する予定である。

線形解析の結果のうち、とくにEモードとPモードとが重要であると思われる。Eモードは回転軸に平行な2つないし6つの対流セルをもつ。このような対流運動にともなう非線形カップリングの結果、与えた磁場を強めるような軸双極子磁場が生成される。いっぽうPモードの対流パターンは軸対称であり、流体粒子が赤道面を貫くような大規模子午面環流で特徴づけられる。その結果として、四重極子磁場が生成される。実際の地球磁場は完全な双極子磁場ではなく、多くの高次成分をともなっている。線形解析の結果は、ある状況下では、双極子磁場と四重極子磁場とが共存するというを示唆しており、地球物理学的に興味深い。

この点に注目し、エルサッサ数を1から3のあいだに固定して非線形数値計算をおこなった。ただし結果についてはいまだ考察中である。このようなエルサッサ数の領域では、EモードおよびPモードの臨界レイリー数が、磁場強度の関数として極小値をとるので、比較的小さいレイリー数で対流を起こすことができる。そのような穏やかな流れ場のもとでの非線形カップリングを観察することで、地球磁場の空間的および時間的な特徴についての基礎的な理解を得ることができるものと思う。