

地球や惑星内部でのダイナモ作用

Dynamo process in the Earth and terrestrial planets

河野 長[1]

Masaru Kono[1]

[1] 岡山大固地研

[1] ISEI, Okayama University

www.misasa.okayama-u.ac.jp

陰山・佐藤 (1995) および Glatzmaier and Roberts (1995) にはじまり、多くの3次元・非線形ダイナモシミュレーションの結果が発表された。我々はこれらの出版された結果について広範囲に調べた (Kono and Roberts, Rev. Geophys., 40, (4) 4-1 -- 4-53, 2002)。その結果、我々は地球や惑星の磁場の観測から知られた性質のいくつかをダイナモ作用の物理的な見地から理解できると思われる。

まず、上にあげた研究からいくつかの重要な結論を述べることにする。

(1) これまでに研究されたエクマン数の範囲では、対流があればダイナモ作用は比較的簡単に励起される。つまり、ダイナモ作用に必要なレイリー数は、対流の臨界レイリー数と比較してそれほど大きくない。

(2) 地球型惑星では、対流とダイナモ作用に使えるエネルギー源はあまり多くない。地球では、コア内に多量の放射性熱源があるとは考えられず、対流は基本的には冷却によると考えられる(成分対流を含む)。例えば地球と金星のように、良く似た天体でありながら一方に磁場があり他方にはないのは、熱源が乏しいことから理解できる。

(3) 双極子の逆転は既にいくつかのモデルで実現されている。逆転の起こり方はコア・マントル境界での熱流量境界条件に強く影響される。

こうしたダイナモの性質は地球や惑星で観測されている磁場の性質を良く示している。特に地球の場合は、古地磁気学の結果との比較から以下の結論が導かれる。

(1) 地球のコアのレイリー数は臨界レイリー数に比べてそれほど大きくない。これはコア内にエネルギー源が少ないためである。温度勾配は断熱圧縮勾配に近く、エネルギーが低いために双極子の卓越したダイナモになる。Kutzner and Christensen (2002) によれば、非双極子と双極子の比はレイリー数とともに増加する。

(2) 逆転はまれな現象である。これはダイナモが基本的に双極子に都合の良いパラメータ範囲で動いているからである。エネルギーが増加すると非双極子の割合が増え、逆転は起こりやすくなる。地球の場合双極子的な状態からのずれは頻繁には起こらないので、双極子モーメントは二つの正規分布の重ね合わせとなる。

(3) したがって、よく古地磁気学でおこなわれているように、逆転期間は磁場の状態は普通の期間と異なるモードになっていると考えてよさそうである。

(4) g_{10} 以外のガウス係数は時間とともに無秩序に変化する。その結果、これらの係数はほぼ正規分布に従う。