

離心率の変化が地球磁場変動を引き起こす可能性について

横山 由紀子 [1]; 加藤 浩文 [2]; 畠山 唯達 [3]

[1] 岡山理大・総情; [2] 東北生活文化大; [3] 岡山理大・情報処理センター

A model of geomagnetic field variation induced by a change of the Earth's eccentricity

Yukiko Yokoyama[1]; Hirofumi Kato[2]; Tadahiro Hatakeyama[3]

[1] OUS; [2] Tohoku Seikatsu Bunka College; [3] IPC, Okayama University of Science

We propose a model of geomagnetic 100-kyr variation induced by a change of the Earth's eccentricity. When the eccentricity changes, the Earth is accelerated/decelerated and a core flow is generated. The flow induces a shear under the core-mantle boundary and then MHD turbulence. Energy of the turbulence inversely cascades to Long wavelength magnetic fields when the shear is steep and cascades to short wavelength when the shear is gentle. Thus, geomagnetic field varies according to a change of the eccentricity.

地球磁場には約4万年や10万年スケールの変動がある(e.g., Yamazaki, 1999; Yokoyama and Yamazaki, 2000). これらの時間スケールが地球軌道要素のものに近いことは以前より指摘されており, 10万年変動については地球磁場強度が離心率の変化率とほぼ同期していることも指摘されている(Yokoyama et al., 本学会発表). しかし, これまで, 磁場変動の原因は地球内部にあると考えられてきたため(e.g., Jacobs, 1987), 離心率と地球磁場の関係を理論的に説明する試みは未だ行われていない. そこで本研究では, 離心率がいかにして地球磁場を変化させるかを考え, そのモデルを提案する.

はじめに, 離心率のエネルギーが地球磁場を変化させるのに充分かについて検討する. 地球の平均的な軌道運動の速度は離心率の二乗に比例するので, 離心率が変化すると地球の運動速度も変化する. 離心率が1000年で1/1000変化すると, 運動エネルギーは1000年で 3×10^{28} J変化する. これは 8×10^{17} Wに相当する.

一方, 地球磁場のエネルギーはおおよそ 4×10^{21} Jと見積もられており, 1000年でこれだけ変化するには 1×10^{11} Wが必要である. 地磁気ダイナモのエネルギーはおおよそ $10^8 - 5 \times 10^{12}$ W (Jacobs, 1987) と見積もられており, 地熱による制限を考慮するとこの量は 10^{13} Wを越えないと考えられる. 従って, 離心率の変化による運動エネルギーの変化は地球磁場のエネルギーよりも圧倒的に大きく, このエネルギーの一部が核に運ばれば容易に磁場変動を起こすことができる.

次に離心率のエネルギーを核に運ぶメカニズムについて考える. 離心率が変化すると地球は加速/減速をする. この時, 核は流体であるため剛体近似された地球の運動からずれる. この結果, 核内に圧力勾配が生まれ, 核-マントル境界に沿った流れを生じる. つまり, エネルギーは核の流体運動へと渡される.

最後に磁場変動を生成するメカニズムについて考える. 核-マントル境界に沿った流れは境界付近に動径方向の速度勾配をつくり, 乱流を発達させる. MHD方程式下では, このような場合エネルギーのインバースカスケードが起こり, 波長の長い磁場が発達する. また, 速度勾配が緩くなればカスケードにより磁場のエネルギーは短い波長へと流れ, やがてジュール熱に変わる. このカスケード/インバースカスケードが流入するエネルギーの変化よりも十分速く起これば, 生成される磁場は流入するエネルギーの増減とほぼ同期して変化する.

以上のように考えると, 離心率と磁場に共通する10万年スケールの変動を説明することができる. 提案モデルは非常にラフなものであるが, 今後, 古地磁気研究が進めば両者の関係が詳しく解り, 理論的な研究も進むと期待される.