

地磁気短周期変動の数値シミュレーション

櫻庭中 [1]

[1] 東大・理・地球惑星科学

Numerical simulations of short-period geomagnetic field variations

Ataru Sakuraba[1]

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

I made an attempt to numerically simulate low-viscosity Earth-type dynamos, reducing the magnetic Prandtl number to 0.2 and the Ekman number less than 10^{-6} . I reported in the last JGU meeting that the boundary condition for the core surface temperature had a strikingly important effect on the numerical solution and that large-scale vortices emerged only by permitting horizontal variations of the temperature perturbation at the core surface. In such low-viscosity dynamos, we need high-resolution large-scale computations, so it is difficult to take long enough integration time to discuss long-term geomagnetic field variations like polarity reversals. Here I focus on relatively short-timescale field variations and discuss how my model simulates geomagnetic field data. I will discuss the origins of the westward drift and its locality, and detection of torsional oscillations in the numerical solutions.

地球のコアが発する磁場は、数年から数千万年(あるいはそれ以上)のきわめて広い時間スケールで、さまざまな変動を示している。地磁気の研究とは、これらの変動現象の特徴を記述し、その物理メカニズムを地球システム全体の枠組みの中であきらかにすることであるといつてよい。地磁気の発生原因を、液体金属コア内に生じる熱(または組成)対流が駆動するダイナモ作用であると考え、それをモデル化する研究は、これまでおもに計算機シミュレーションによっておこなわれてきた。たとえばもっともドラマチックな地磁気変動である磁極の反転は、いくつかの数値モデルによって再現され、そのメカニズムが議論されている。近年の研究によれば、流体の粘性が高いダイナモモデルでは、双極子の向きが安定な期間が比較的長くつづいたのち、短期間に磁極が反転するという時系列の繰り返しが、古地磁気学的に明らかにされている地磁気反転の特徴のいくつかと整合的に再現されるようである(たとえば Olson, Driscoll and Amit, 2009)。しかしながら、現実の地球のコアで期待されるような、もっと粘性の低い系(すなわちより乱流的な流れが支配するような系)で同じことが起こるかどうかは、まだあきらかになっていない。

わたくしは、モデルを現実の液体金属コアにできるだけ近づけるべく、流体の粘性を下げた地球型ダイナモの数値計算をおこなっている。具体的には、動粘性率と磁気拡散率の比である磁気プラントル数を 0.2 程度に、また自転周期と粘性散逸時間の比であるエクマン数を 10^{-6} 以下に定めて、いくつかの数値シミュレーションをおこなった。このような系では、コア表面の温度境界条件が数値解の性質を強くコントロールすること、コア表面での水平方向の温度擾乱を許すような境界条件では、コアの深さ程度の空間スケールをもつ大規模な渦が卓越することをあきらかにし、本年5月の連合大会で結果の一部を公表した。このような低粘性のダイナモモデルでは、必然的に高解像度の大規模計算が必要とされ、磁極の反転およびその頻度といった、長い時間スケールの現象を議論するのにじゅうぶんな数値積分時間をとることは難しい。しかし現実の地球のコアの磁気プラントル数やエクマン数はもっと小さいのであるから、少なくともより低粘性のダイナモを研究するというにはあるべき方向性である。そこでまず比較可能な、短周期の地磁気変動に焦点をあて、モデルが現実の磁場変動を再現するかどうかを議論する。より長周期の変動については、短周期側の磁場変動メカニズムを明らかにした上で、徐々に考察の対象にしていく。本講演では、地磁気西方移動のメカニズムとその地域性の発現、コアのねじれ振動(torsional oscillations)の検出について、現在おこなっている解析の結果を報告するつもりである。