

地球ダイナモの高解像度数値シミュレーション

High resolution simulations of Earth-like dynamos

桜庭 中[1]

Ataru Sakuraba[1]

[1] 東大・理・地球惑星科学

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

地球の固有磁場は地球深部のダイナミクスを反映する数少ない情報のひとつであり、その起源であるダイナモ作用について正確な知識をもつことは意義あることである。また磁極の逆転に代表されるような長い時間スケールの磁場変動は地球表層の環境におおきな影響を与えうるものとして興味ある現象であり、そのメカニズムを知ることがきわめて重要である。地球ダイナモの研究はおもに数値シミュレーションによるものであるが、そうした研究では地球のコアの状態とはまったくかけはなれたパラメーターをもちいて計算がおこなわれてきた。そのためこれまで得た知識が本当に地球のコアの現象に適用可能なかどうかは不明である。たとえばコアの粘性係数は非常に小さいが、多くのモデルでは推定される値よりも4桁以上大きい値をもちいている。わたくしは流体の粘性係数に比例する無次元数であるエクマン数を10のマイナス6乗まで下げ、粘性係数の値をこれまでよりも一桁小さくして計算をおこなうことをひとつの目標にかかげてきた。このような計算をおこなうためにはきわめて高分解能の数値モデルを構築しなければならない。これまでのプログラム開発の結果、超並列ベクトル計算機である地球シミュレーターシステムの64ノード分を使うことによって、球面調和関数の展開次数が256次、チェビシェフ多項式の展開次数が128次という高分解能モデルを計算機の理論性能の45%程度で実行できることを確認した。この程度の解像度をもってすれば、エクマン数を10のマイナス6乗のオーダーに下げ、またレイリー数を10の9乗程度まであげることはじゅうぶん可能であると考えられる。

これまでの予備的な計算の結果から、エクマン数が10のマイナス6乗のオーダーになると、磁気エネルギーが運動エネルギーの数百倍にもなり、モデルの時間積分が流速ではなくアルフベン速度によってより強い制約を受けるようになることがわかった。したがって計算の安定性のために時間ステップを小さくする必要が生じる。現在1時間ステップ計算を進めるのにかかる実行時間は0.17秒程度で、たとえば100万ステップ計算するのにおよそ丸二日近くかかる勘定である。実際地磁気の逆転などという長い時間スケールの現象をみるためには数100万ステップもの計算が必要と考えられるので、低エクマン数・高レイリー数領域での広範なパラメーター・スタディーはそれほど簡単なものではない。しかしエクマン数を10のマイナス6乗まで下げるという目標の達成は現実のものとなり、より実際のコアに近い数値モデルを解析することが可能となった。これによってエクマン数の低い極限での地球型ダイナモの挙動があきらかになることが期待される。