

地球の金属コアの乱流について

Turbulence in the Earth's metallic core

櫻庭 中^{1*}, 浜野 洋三²

Ataru Sakuraba^{1*}, Yozo Hamano²

¹東京大学大学院理学系研究科, ²海洋研究開発機構地球内部ダイナミクス領域

¹School of Science, University of Tokyo, ²JAMSTEC, IFREE

地球の固有磁場は、中心部に位置する液体金属コアに流れる電流を反映しており、対流運動によって引き起こされるダイナモ作用が原因である。地磁気は空間的にも時間的にも広いスペクトルを示しており、コアの対流は強い乱流状態にあると推測される。ダイナモの理論やこれまでの地球ダイナモ数値シミュレーションによれば、コアの乱流は（１）大規模な空間スケールでは磁気エネルギーが対流の運動エネルギーの数倍以上と強く、粘性項や移流項が重要でない磁気地衡流状態にあること、いっぽう（２）高波数領域では移流項が重要になり磁気エネルギーと運動エネルギーがと等分配的になること、が示唆されている。コア内部の磁場分布には空間的な偏りがあり、磁場の強いところと弱いところではダイナミクスが大きく異なることも大きな特徴のひとつと考えられる。地球の固有磁場は、地球深部が発する数少ないシグナルのひとつであり、その生成メカニズムの実態を明らかにすることは、地球深部の活動のようすを知る上できわめて重要である。地球コア内の磁場や流れのスペクトルを知るという意味で、コア乱流の解明は地球ダイナモ研究の核心といってもよい。

一般に乱流を計測する際、物理量の時間スペクトルから系の空間スペクトルを推定するという手法がとられる。地球のコアの流れや内部磁場は直接観測することができないし、また表面磁場の細かい空間構造も観測的に制約がある。いっぽう古地磁気記録の存在により、時間軸方向には数千万年から億年スケールまでの地磁気変動のあらましを知ることが可能である。われわれは、古地磁気記録から得られるもっともロバストな物理量と考えられる軸双極子モーメントの強度の時間変動が、コア表面の電流密度の空間スペクトルと直接的に結びついており、コア表面直下の流れのスペクトルとも結びつく可能性があることを示した(Sakuraba and Hamano, 2007)。発表ではまずこの原理について説明する。

近年計算機が飛躍的に進歩し、これまでおこなうことが難しかった、より地球に近い、低い粘性パラメータをもちいた地球ダイナモシミュレーションが可能になりつつある。そこでつぎに、著者のひとりがおこなった、これまででもっとも低い粘性パラメータをもちいた地球ダイナモシミュレーションの結果(Sakuraba and Roberts, 2009)を示し、そこで生じている乱流構造について説明する。とくにこのシミュレーションでは磁気プラントル数（磁気拡散率に対する動粘性率の比）を0.2と、これまで多くの計算例よりも1桁程度小さくとっている。このような状況下では、磁気エネルギーが強くて大規模な構造があらわれる領域と、磁場が弱くて高波数のモードの流れが卓越する領域とが強いコントラストをもって共存している。またこの系は熱対流が駆動する対流系であり、コア表面の温度境界条件に敏感である。とくに表面温度を固定した場合と、そうでないフラックス一様の場合とで、乱流構造にどのような違いがみられるか、そこでの物理

過程の違いはなにかについて発表する。