

論文内容の要旨

論文題目 Geodynamo simulations: Effects of the inner core boundary on dynamo action in the core

(地磁気ダイナモシミュレーション：内核境界のダイナモ作用への影響)

氏名 大石裕介

地球の歴史の初期において地球コアは完全に溶融しており、その後の冷却に伴って内核が形成したと考えられている。内核形成年代はよくわかっていないが多くのモデルが太古代または原生代であったことを示唆している(e.g. Stevenson et al., 1983)。一方で、古地磁気測定によると地球磁場は少なくとも35億年前には存在していた(McElhinny and Senanayake, 1980)。従って、もし内核の形成年代が太古代以後であったとすると、地磁気ダイナモは内核のない状態で10億年以上、磁場を生成していたことになる。われわれは内核の存在がダイナモ作用に及ぼす影響を明らかにするために、内核のある場合とない場合のMHDダイナモシミュレーションを実施した。

内核の有無は対流領域の形状のほか、対流の駆動源にも相違をもたらす。内核形成以前はコアの冷却と放射性元素による内部発熱が主に対流を駆動するが、内核形成に伴い軽元素や潜熱の放出が下部境界において新たに浮力を生み出す。そこで本研究では内核の有無・対流の駆動源を、(1) 内核なし・冷却のみ、(2) 内核あり・冷却のみ、(3) 内核あり・冷却と下部加熱、(4) 内核あり・下部加熱のみ、と設定した4つのケースのシミュレーションを行った。本発表ではこれらの結果に基づき、対流領域の形状と対流の駆動源のそれぞれがコアの対流および生成される磁場に及ぼす影響を明らかにし、地磁気ダイナモにおける内核の影響について議論した。

下部加熱の有無の対流への影響としては、(1) 下部加熱があるときに内核境界付近での流

れ場が発達し、(2) 下部加熱がないときには、コアマントル境界下部での流れのみが活発化した。また、レイリー数の増加に伴い、特に下部加熱がある場合に、タンジェントシリンダー（内核に沿った回転軸に平行な仮想的な円筒）内部での対流が活発化した。内核の有無の形状による影響としては、(1) 内核がある時にはタンジェントシリンダーに沿って、赤道面に向かう上昇・下降流が発生したのに対し、(2) 内核がないときには、回転軸付近で赤道面を貫くような流れが発達した。コア全体の平均運動エネルギーは、レイリー数とコアマントル境界の熱流量に対する下部加熱の寄与の割合の双方にほぼ比例し、内核の有無の形状による影響は見られなかった。

ダイナモ作用の影響として、下部加熱がある時のほうがない時よりも磁場生成の効率がよく、約 30%、下部加熱がない場合よりも磁気エネルギーが増加した。しかし、増加した磁気エネルギーは、高波数成分でかつ、トロイダル成分が卓越していたために、表面磁場強度においては影響がなかった。また、コア表面の磁場のパターンに関しては、内核の有無の影響がみられ、(1) 内核がある場合には、タンジェントシリンダーに沿う上昇・下降流に磁力線が集中したのに対し、(2) 内核がない場合には、回転軸に沿って赤道面を貫く流れに磁力線が集中した。その結果として、軸対称性は内核がない場合のほうがよく、ダイポールの傾きが小さくなる傾向が見られた。

内核形成以前の磁場に関して、今回の結果からいえることは、ダイポールの傾きが小さかったことである。また、内核の形成に伴う内核境界付近での組成対流および潜熱の開始に伴い、磁場強度が強くなり、それ以前は弱かったという可能性が指摘されていた (Hale, 1987)。しかし、本研究の結果では、表面磁場強度はコアマントル境界での熱流量でのみ決まり、下部からの浮力の効果は見られない結果が得られ、その可能性には疑問を呈するものとなった。実際、近年の信頼性の増した古地磁気強度測定法による磁場強度の測定では、太古代の磁場強度も現在とほぼ変わらないという結果がえられており (e.g. Smirnov et al., 2003)、本研究の結果と整合的である。