

Numerical Study on MHD Dynamos with Special Reference to the Dynamo Benchmark

高橋 太[1], 松島 政貴[2], 本蔵 義守[3]

Futoshi Takahashi[1], Masaki Matsushima[2], Yoshimori Honkura[3]

[1] 東工大・理・地球惑星, [2] 東工大・地球惑星, [3] 東工大・理工・地球惑星

[1] Earth and Planetary Sci, Tokyo Institute of Technology, [2] Dept. Earth Planet. Sci., Tokyo Inst. Tech., [3] Earth and Planetary Sci., Tokyo Institute of Technology

ダイナモベンチマークに関する数値計算を行った。回転球殻内における熱対流(ケース 0)、内核を絶縁体とした MHD ダイナモ(ケース 1)、内核を導体とした MHD ダイナモ(ケース 2) の三つの場合を想定し、無次元パラメータは、エクマン数(E)、レイリー数(Ra)、プラントル数(Pr)、磁気プラントル数(Pm)、内核の大きさ(ri/ro) の 5 つを考え、値は全ケースにおいて、 $Pr = 1$ 、 $E = 0.001$ 、 $ri/ro = 0.35$ とし、レイリー数はケース 0 と 1 で $Ra = 100$ 、ケース 2 で $Ra = 110$ 、磁気プラントル数はケース 0 で、 $Pm = 0$ 、ケース 1 と 2 では $Pm = 5$ を与える。数値計算を行った結果ベンチマークと非常に良い一致が見られ、数値計算コードの信頼性が確認された。

現在、地球流対核深部のダイナミクスとダイナモ作用に対しては数値シミュレーションによるモデリングが殆んど唯一の研究手段であると言っても過言ではない。そのため、数値計算コードの信頼性を確認することは非常に重要な問題である。そのような状況下において、Christensen et al. (2001) によって MHD ダイナモモデルに関する数値的なベンチマークが提供されたことにより、地球流対核、地球ダイナモに対する数値シミュレーションが今後ますます活発に行われることが期待されている。本研究ではダイナモベンチマークに関する数値計算を行い、本研究で用いた数値計算コードの信頼性の確認と MHD ダイナモの基本的な物理過程を調べることを目的としている。ベンチマークは回転球殻内における熱対流(ケース 0)、内核を絶縁体とした MHD ダイナモ(ケース 1)、内核を導体とした MHD ダイナモ(ケース 2) の三つの場合を想定している。無次元パラメータとしては、エクマン数(E)、レイリー数(Ra)、プラントル数(Pr)、磁気プラントル数(Pm)、内核の大きさ(ri/ro) の 5 つを考え、値として全ケースにおいて、 $Pr = 1$ 、 $E = 0.001$ 、 $ri/ro = 0.35$ とし、レイリー数に関してはケース 0 と 1 で $Ra = 100$ 、ケース 2 で $Ra = 110$ 、磁気プラントル数に関してはケース 0 で、 $Pm = 0$ 、ケース 1 と 2 では $Pm = 5$ を与える。数値計算を行った結果ベンチマークと非常に良い一致が見られた。このことから本研究で用いた数値計算コードの信頼性を確認することができた。

次に各ケースの構造の比較を行った。ケース 0 と 1 の構造における最大の違いは発達する柱状対流セルのタイプの違いである。ケース 1 においては、高気圧型対流セルが発達するのに対し、ケース 0 では高気圧、低気圧どちらも同程度に発達する。高気圧型対流セルの発達には柱状の対流が磁場を高気圧型対流セルに集めることで生じる。磁場が集中することで、より強いローレンツ力が対流セルの中心に対して外向きに生じ、外向きの圧力勾配力とローレンツ力が内向きのコリオリ力と釣り合うことで高気圧型対流セルの発達が実現される。

ケース 1 と 2 においては、ICB における磁場の拡散効果に顕著な違いが見られた。ケース 1 では強い水平方向の拡散が磁力線が内核に浸み込むことを妨害しており、ケース 2 ではケース 1 程水平方向の拡散は強くないため、磁力線は内核に浸み込み易い。この違いは内核が持っている磁場の極性の安定性に対する効果を反映していると考えられる。