

## 回転球殻 MHD ダイナモにおける熱境界条件の影響

佐々木洋平 (京都大学理学研究科数学教室)

利用カテゴリ XT4B

天体固有磁場の生成維持機構を調べることを目的とした三次元回転球殻内の対流計算および MHD ダイナモ計算を、熱的境界条件を変えて行なった。系の設定として

1. 球殻流体において境界での熱フラックスが一定の場合
2. 球殻流体において内側境界での熱フラックスの緯度分布が変わる場合

の計算を行なった。それぞれの場合において念頭に置いている系は以下の通りである:

1. 惑星中心核とその上層のマントルを想定した、対流層上端において熱伝導率の低い物質に接している場合.
2. 惑星中心核において、中心の固体核の成長に異方性が存在する場合.

1. 熱境界条件としてフラックス固定条件を課した回転対流については、上下境界面の傾きを伴う円筒モデルを用いた研究はあるものの、完全な球殻の場合は調べられていない。そこで熱フラックス固定境界条件下での回転球殻熱対流の線形安定性解析を系統的に行なった。図 1 はエクマン数を  $E = 10^{-3}$  に固定し、内部熱源の有無および力学的境界条件を変えて求めた中立曲線である。力学的境界条件が応力無し条件の場合には、球殻の厚さによ

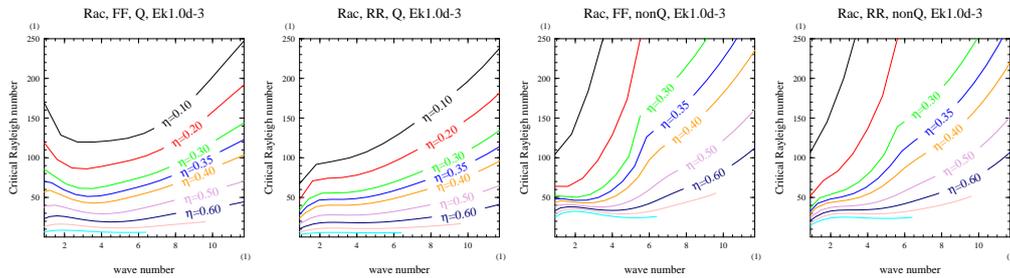


図 1:  $E = 10^{-3}$  での中立曲線。縦軸は臨界レイリー数、横軸は水平全波数。左から順に、両端応力無し条件熱源有、両端滑り無し条件熱源有、両端応力無し条件熱源無、両端滑り無し条件熱源無の場合。

て臨界モードが変わり、球殻が厚い場合には東西波数 3-4 が臨界モードとなるのに対して、球殻が薄い場合には東西波数 1 のモードが臨界モードとなる。中立曲線は単調ではなく高波数側に極小点を伴っているのが特徴的であり、回転軸に沿った円筒モデルを用いた記述と整合的である。一方で球殻両端が滑り無し条件の場合には、球殻の厚さによらず東西波数 1 のモードが臨界モードとなり、中立曲線は東西波数とともに単調に増加している。内部熱源が無い場合には、力学的境界条件によらず東西波数 1 のモードが臨界モードとなる。両端が応力無し条件の場合には、球殻が厚い場合は中立曲線は波数とともに単調増加するものの、球殻が薄い場合は高波数側に極小点が出現するようになる。一方で両端が滑り無し条件の場合には、球殻の厚さによらず中立曲線が単調増加している図 2 に  $\eta = 0.4$  および  $\eta = 0.6$  の場合の中立曲線を異なるエクマン数毎に示す。エクマン数が小さくなる

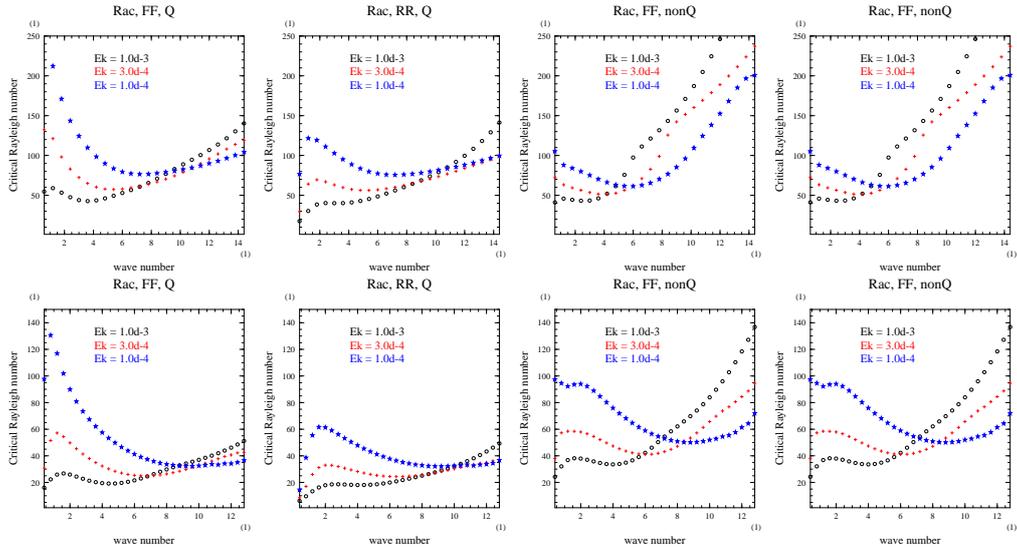


図 2: 中立曲線のエクマン数依存性. 上段が球殻の内径外径比 0.4 の場合, 下段が 0.6 の場合. 左から順に, 両端応力無し条件熱源有, 両端滑り無し条件熱源有, 両端応力無し条件熱源無, 両端滑り無し条件熱源無の場合.

につれて高波数側に極小点が表われる傾向が見られる. また, 東西波数 1 でのレイリー数よりも高波数側のレイリー数の方が小さくなっており, 極小点におけるモードが臨界モードとなっている. これらの特徴は力学的境界条件および球殻の厚さによらない.

2. 内核の異方成長を念頭に緯度方向に不均一な内側軽成分フラックス (浮力フラックス) が内核-外核境界で与えられた場合に, 外核中でのダイナモ過程がどのような影響を受けるかを, 三次元回転球殻磁気流体モデルを用いた数値実験を通して調べた. 磁場の影響のない発達した対流の流れ場には平均帯状流の分布を除いて大きな違いは見られなかったものの, しかしながら, その後に磁場を付与した MHD ダイナモ計算では磁場の生成維持の状態に大きな差があらわれた. 図 3 には, 各パラメータにおいて磁場が自励的に発達維持されたか否かを表わすダイアグラムを示している. 赤道域で強い内側浮力フラックスを与えた場合および一様内側浮力フラックスの場合には自励的に磁場が発達維持される解 (ダイナモ解) が得られたものの, 極域で強い内側浮力フラックスを与えた場合には計算したパラメータ範囲ではダイナモ解が得られなかった.

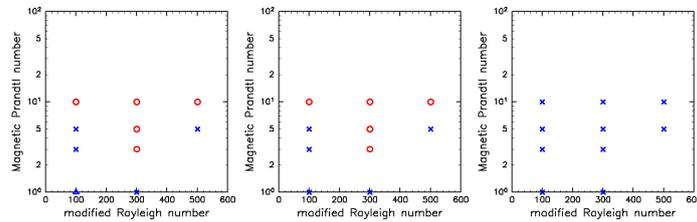


図 3: ダイナモの成立するパラメータ範囲. 縦軸は磁気プラントル数, 横軸はレイリー数. ○は磁場が生成維持された場合, ×は磁場が減衰した場合. 左から順に, 赤道でフラックスが強い場合, 均一なフラックスを与えた場合, 極でフラックスが強い場合.