

下端に粘着条件・上端に応力無し条件を課した回転球殻 MHD ダイナモ計算

Numerical experiments of MHD dynamo in a rotating spherical shell with a free-slip top boundary and a no-slip bottom boundary

佐々木 洋平 [1]; 竹広 真一 [2]; 林 祥介 [3]; 倉本 圭 [1]

Youhei SASAKI[1]; Shin-ichi Takehiro[2]; Yoshi-Yuki Hayashi[3]; Kiyoshi Kuramoto[1]

[1] 北大・理・宇宙; [2] 京大・数理研; [3] 神戸大・理・地球惑星

[1] Cosmosci., Hokkaido Univ.; [2] Research Inst. for Mathematical Sci., Kyoto Univ.; [3] Department of Earth and Planetary Sciences, Kobe Univ.

<http://www.gfd-dennou.org/arch/dynamo>

近年の計算機の発達によって、太陽および惑星固有磁場の生成維持メカニズムを調べることを目指した3次元球殻内の力学的ダイナモ計算が行われるようになった。その計算設定の多くは両端で粘着条件あるいは両端で自由すべり条件を力学的条件として用いている。しかしながらこれらの条件は太陽の対流層に対する条件としては適切でないかもしれない。近年の日震学の結果から、太陽対流層の底部にはタコクラインと呼ばれる、対流層と放射層との間をつなぐ強い成層安定度を持った遷移層が存在することが知られるようになった (Gough et.al,1996)。観測によれば、放射層は剛体回転しておりタコクラインに強いシアが集中している。したがって、太陽対流層下端の力学的境界条件としては、放射層上端を境界として想定した粘着条件を用いるのが受け入れやすい。一方で対流層上端は剛体壁ではないので自由すべり条件を用いるのがよさそうである。

そこで本研究では、下端を粘着条件、上端を自由滑り条件にした回転球殻 MHD ダイナモの数値計算を行なった。このような力学的境界条件を用いることで、上層に形成される強い帯状流による効果を通過して、これまでの研究によって得られている²タイプのダイナモ解とは異なる磁場生成維持機構を持つダイナモ解が得られることが期待される。

球殻の内径外径比を 0.35、修正レイリー数を 100、エクマン数を 10^{-3} 、プランドル数を 1 に固定し、磁気プランドル数を 5, 10, 20, 50 と変えて計算を行なった。計算初期は磁場を与えずに熱対流計算を行ない、準定常状態を求めた。その状態に、ランダム磁場もしくは双極子磁場を加えてダイナモ計算を行なった。

磁場の無い熱対流計算では、回転軸に沿った方向に伸びた規則正しい螺旋状の渦柱が東向きに伝播する準定常状態が得られた。両端を粘着条件にした場合に比べて強い東向きの流れが球殻上層で生成された。この流れは赤道で極大となり、その南北幅はほぼ内核接円筒と球殻上端の接する位置で定まっている。一方、両端を自由滑り条件とした場合に生成される、高緯度領域の西向きの流れは形成されなかった。

初期磁場としてランダム磁場を与えたダイナモ計算では、全ての磁気プランドル数において磁場が減衰した。一方、双極子磁場を与えたダイナモ計算では、磁気プランドル数が 5, 10 の場合は磁場が減衰するものの、磁気プランドル数が 20, 50 の場合に磁気エネルギーが減衰せず周期的に振動する解が得られた。

周期的に振動するダイナモ解においては、磁場無しの熱対流計算で生じていた強い東向きの流れが弱められ、球殻上層に弱い西向きの流れが形成される。したがって、期待していたような強い帯状流の存在による効果は働いていないと考えられる。磁場は、内核付近に形成される境界層の渦度負の領域、もしくは渦度負の渦柱に集中している。流れ場が東側に伝播するのに対して、磁場の集中している領域は、境界層と渦柱を通して西側に伝播しており、磁場の集中している領域が境界層に存在するときにエネルギーが最大、渦柱に存在するときにエネルギーが最小となり、磁気エネルギーの周期的振動が生じている。