

磁気圏界面のケルビン・ヘルムホルツ不安定における自己組織化の逆問題としての定量的検証

A quantitative test of the self-organization in the magnetopause Kelvin-Helmholtz instability as an inverse problem

三浦 彰 [1]

Akira Miura [1]

[1] 東大・理・地球惑星

[1] Earth and Planetary Physics, Tokyo Univ

昼間側の磁気圏界面でケルビン・ヘルムホルツ不安定によって励起された小規模な渦は自己組織化によりテイル方向に流れて行く過程で合体して行きテイルの磁気圏ではグローバルな規模の渦に発達する。この仮説の正否を、異なる二つの初期擾乱に対して行った不安定のMHDシミュレーションの結果と磁気圏界面の振動の観測結果とを比べ、定量的に検証する。比較により得られるサブソーラーポイント付近での速度シア層の幅とマグネトシースの流れの平均速度は非常にもともらしい値となり、磁気圏界面における不安定の自己組織化が本当に起こり、不安定によってできた渦は磁気圏界面に沿って合体しながら流れて行くことを示す。

前回までの講演でケルビン・ヘルムホルツ不安定の非線型段階で起こる渦の連続する合体は、全運動エネルギーがほぼ保存されエンストロフィーが数値粘性によって大きく減衰する自己組織化の過程であることを2次元のMHDシミュレーションによって示してきた。この結果は昼間側の磁気圏界面でケルビン・ヘルムホルツ不安定によって励起された小規模な渦がテイル方向に流れて行く過程で合体して行きテイルの磁気圏ではグローバルな規模の渦に発達することを示唆する。

本講演では上記の磁気圏界面でのケルビン・ヘルムホルツ不安定における自己組織化の仮説の正否を、異なる二つの初期擾乱に対して行った不安定のMHDシミュレーションの結果と磁気圏界面の振動の観測結果とを比べることによって、定量的に検証する。磁気圏界面に沿って不安定によってできた渦はマグネトシースの流れの速度の半分の速度でテイル方向に流れて行くことを使うと、シミュレーションから得られる時間と最も卓越する渦の波長の関係を、サブソーラーポイントからのマグネトポーズに沿っての距離と振動の周期の係数に直せる。この関係はほぼ線形の関係になり、横軸に距離をとり縦軸に界面の振動の周期をとると、直線の傾きと縦軸の切片がサブソーラーポイント付近での速度シア層の幅とマグネトシースの平均の流れの速度によって表わされる。一方、観測から得られる距離と界面振動の周期の関係を回帰直線で表し、この回帰直線の傾きと切片をシミュレーションから得られる直線の傾きと切片に等しいとおくことによってサブソーラーポイント付近での速度シア層の幅とマグネトシースの平均の流れの速度が得られる。初期擾乱が全くランダムな場合とコヒーレントな場合のシミュレーション結果を使って上記のシミュレーションと観測の比較をすると、サブソーラーポイント付近での速度シア層の幅は1570 km - 3010 kmで、マグネトシースの流れの平均速度は399 km/sec - 766 km/secであることが導出された。これらの値は非常にもともらしい値であり、この事は磁気圏界面におけるケルビン・ヘルムホルツ不安定の自己組織化が本当に起こり、不安定によってできた渦は磁気圏界面に沿って合体しながら流れて行くことを示す。今回の結果は磁気圏界面の振動周期とサブソーラーポイントからの距離を測定し、ケルビン・ヘルムホルツ不安定のシミュレーション結果と比較することにより、一種の非線型の逆問題として、磁気圏界面の内部構造を理解する上で重要なサブソーラーポイント付近での速度シア層の幅が求められることを意味する。

今回のシミュレーション結果と観測結果の比較では、今までに報告されたサブソーラーポイントからの距離が40 Re以内の磁気圏界面の振動の観測結果との比較をし、40 Reの距離までは確かに渦の合体が起こっていることが検証されたが、更に遠い所の比較も可能となれば、本当に昼間側磁気圏界面でケルビン・ヘルムホルツ不安定によって励起された小規模な渦が、テイルでグローバルスケールの渦に成長していくかどうか検証されるだろう。今回得られた結果はテイルではケルビン・ヘルムホルツ不安定による磁気圏界面を通しての運動量とエネルギーの輸送がグローバルスケールで起こっていることを示唆し、テイルに行けば行くほどケルビン・ヘルムホルツ不安定による運動量とエネルギーの輸送が重要となって行くことを示唆する。