

自己評価報告書

平成23年 4 月 12 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2012

課題番号：20540436

研究課題名(和文) 非回転及び回転する磁気圏プラズマ中に於ける磁気流体不安定性の理論的研究

研究課題名(英文) A Theoretical Study of Magnetohydrodynamic Instabilities in Non-rotating and Rotating Magnetospheric Plasmas

研究代表者

三浦 彰 (MIURA AKIRA)

東京大学・大学院理学系研究科・助教

研究者番号：20126171

研究分野：磁気圏物理学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・超高層物理学

キーワード：磁気圏・電離圏、磁気流体不安定性、プラズマ・核融合

1. 研究計画の概要

(1) 地球・惑星磁気圏の動力学において重要な役割を果たす磁気流体(MHD)不安定性の線型の範囲での完全な理解を目標とする。具体的には非回転及び回転する磁気圏プラズマ中で、圧力駆動不安定性(交換型及びバルーン不安定性)と電離層駆動の交換型不安定性について、不安定のための条件を現実的な磁気圏プラズマの平衡モデルに対して明らかにする。この線型安定性解析においては研究代表者が開発した磁気圏のエネルギー原理(2007年発表)を基礎として行い、単に磁気圏プラズマのみにとどまらず、磁気圏が下部で接する絶縁層である中性大気存在まで考慮に入れて安定性を明らかにする。

(2) 高ベータプラズマ中では、以上の理想MHDの不安定と異なり、理想MHDより更に正確な2成分流体の近似によって現れる反磁性イオンドリフト速度のシアーのために非理想MHDの不安定が生ずる。この不安定についてプラズマの不均一性、速度と磁場のシアーのすべてを考慮に入れた一般的な線型固有値方程式を導き出す。それから、この非理想MHD不安定の安定のための十分条件を導き出し、実験室プラズマ及び磁気圏プラズマに応用する。

2. 研究の進捗状況

(1) 磁気圏の磁気流体不安定性については進捗状況は次の通りである。

① 非回転の磁気圏プラズマ中に於ける交換型不安定性について、磁気圏のエネルギー原理とアイコナル近似に基づいて、任意の磁気圏プラズマ平衡に対して適用しうる一般的な不安定のための条件を導き出した。圧力駆動の場合ダイポール磁場を仮定すると、

地球からの距離が十分に遠いという近似の元では以前 Gold(1959)によって物理的考察によって導き出された不安定のための条件と一致することが確かめられた。

② 球面の電離層上の磁力線の運動によって、電離層駆動の交換型不安定が起こりうることが発見され、低ベータの放射線帯やリングカレントの領域で起こりうることを示された。以上の成果は2009年に論文に発表された。

③ 磁気圏のエネルギー原理を拡張し、中性大気と完全導体の地面の存在まで考慮に入れた拡張された磁気圏のエネルギー原理の開発を行った。この原理によって、中性大気中の磁場の擾乱は電離層駆動の交換型不安定の安定化には全く働かないことがわかった。これらの成果は2011年に論文に発表された。

(2) 高ベータプラズマ中での非理想MHD方程式について、運動方程式とオームの法則のcurlの更にcurlを取るという数学的操作を行うことによって、4階の一般的線型固有値微分方程式を導き出すことに成功した。高周波のホイッスラー成分を無視するとこの固有値方程式は2階の微分方程式になり、過去に導き出された理想MHDの2階の固有値方程式において、速度の部分に反磁性ドリフト速度の項を付け加えるという形になっていることがわかり、理想MHDと非理想MHDの安定性の違いが物理的に明確になった。実験室プラズマについては、この一般的固有値方程式から安定のための十分条件が導き出され、これらの成果は2009年に論文に発表された。

3. 現在までの達成度

③やや遅れている。

研究計画(1)の非回転の磁気圏については中性大気の効果も考慮に入れて、一般的な安定性を議論しうる枠組みが確立されたが、最終目標である回転する磁気圏については、まだ十分な考察をしていないため。

また22年度はPCのハードディスクが壊れるという事故もあり、予算の半分以上を修理のために使わなければならない、PC環境の復元作業のために、論文投稿が2ヶ月近く遅れてしまった。

4. 今後の研究の推進方策

(1)回転する磁気圏プラズマの場合にはMHDの力の演算子が自己共役でなくなり、安定のための必要十分条件を与えるエネルギー原理は構築できないことが知られている。そこで安定条件を与えるための十分条件をエネルギー的考察によって導出する。必要十分条件にはならないが、今まで導出してきた磁気圏のエネルギー原理と拡張された磁気圏のエネルギー原理の導出における数学的操作と同様な手法で、回転座標系におけるMHD方程式からエネルギーに関する議論ができるはずである。しかし遠心力とコリオリ力がみかけ上の力であるために、必要十分条件を与えるエネルギー原理は成り立たなくなるはずだが、得られる安定化のための数学的な十分条件とそれらの力との関係を物理的に理解する。23年度と最終年度の24年度を使って、それらの点を明らかにし、論文にまとめる。

(2)非理想MHDの一般的な固有値方程式は既に得られているので、それを使って磁気圏プラズマの場合に非理想MHD不安定であるイオンの反磁性ドリフト速度のシアーによる不安定の安定化条件を導き出す。現実の地球磁気圏でどのようなパラメーターの元でその不安定が発生するかを明らかにする。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

① Miura, A., Pressure-driven and ionosphere-driven modes of magnetospheric interchange instability, J. Geophys. Res., 114, A02224, 2009, 査読有.

② Miura, A., Correction to pressure-driven and ionosphere-driven modes of magnetospheric interchange instability, J. Geophys. Res., 114, A04208, 2009, 査読有.

③ Miura, A., Single-fluid stability of stationary plasma equilibria with velocity shear and magnetic shear,

Physics of Plasmas, 16, 102107, 2009, 査読有.

④ Miura, A., A magnetospheric energy principle extended to include neutral atmosphere, Physics of Plasmas, 18, 032904, 2011, 査読有.

[学会発表] (計7件)

①三浦 彰、磁気圏における交換型不安定モードの圧縮性と安定性基準、2008年日本地球惑星科学連合大会、5月幕張メッセ.

②三浦 彰、非軸対称な磁気圏モデル中における圧力駆動と電離層駆動の交換型不安定、2008年秋地球電磁気地球惑星圏学会、9月仙台.

③三浦 彰、内部磁気圏における電離層駆動交換型不安定の圧力駆動交換型不安定に対する優位性、2009年日本地球惑星科学連合大会、5月幕張メッセ.

④三浦 彰、ダイポール磁場を仮定した磁気圏の交換型モードの空間的構造、2009年秋地球電磁気地球惑星圏学会、9月金沢.

⑤三浦 彰、中性大気までを含む拡張された磁気圏のエネルギー原理、2010年日本地球惑星科学連合大会、5月幕張メッセ.

⑥三浦 彰、電離層駆動の交換型不安定による磁気圏と電離層の間のエネルギーの等分配、2010年秋地球電磁気地球惑星圏学会、11月沖縄.

⑦三浦 彰、電離層駆動の磁気圏交換型不安定に伴う磁気圏から中性大気に至る磁力線形状、2011年日本地球惑星科学連合大会、5月幕張メッセ.

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

[その他]

雑誌論文の機関リポジトリアドレス

①<http://hdl.handle.net/2261/38138>

②<http://hdl.handle.net/2261/38139>

③<http://hdl.handle.net/2261/38142>

④<http://hdl.handle.net/2261/43516>