

平成 22 年 4 月 21 日現在

研究種目： 若手研究 ( B )  
 研究期間： 2007 ~ 2010  
 課題番号： 19760595  
 研究課題名 ( 和文 ) 流れをもつ核融合プラズマ中の磁気流体波に関する過渡現象と漸近挙動の解析

研究課題名 ( 英文 ) Transient and asymptotic behavior of magnetohydrodynamic waves in flowing fusion plasmas

## 研究代表者

古川 勝 ( FURUKAWA MASARU )  
 東京大学・大学院新領域創成科学研究科・准教授  
 研究者番号： 80360428

研究分野： プラズマ物理学

科研費の分科・細目： 総合工学・核融合学

キーワード： プラズマ閉込め・安定性, 磁気流体力学, プラズマ流

## 1. 研究計画の概要

本研究では, 磁場閉じ込めトラス型核融合プラズマ中に存在する流れが引き起こす諸現象, 特に磁気流体波 ( アルフベン波 ) の線形安定性に関連した過渡現象および漸近挙動について理論・シミュレーション研究を行う. 近年核融合分野で注目を集めている抵抗性壁不安定性の解析を具体例とし, 漸近接続理論を応用して過渡現象などを解析する統一的な手法を確立することを目的とする. また, 確立した手法をトロイダルプラズマに適用し, 既存の実験や ITER プラズマの定量的評価・予測を可能とする.

## 2. 研究の進捗状況

2007 年度は, 円柱プラズマを用いた抵抗性壁モードの簡約化モデルおよび不整磁場による磁気島生成のモデルを開発し, 漸近挙動 ( 定常状態 ) の解析を行った. 2008 年度は, この簡約化モデルが扱えないパラメータ領域まで含めて研究を行うため, 数値シミュレーションコードを開発し, 定常状態における不整磁場の浸透および電磁トルクのプラズマ回転依存性を研究した. プラズマ流は Alfvén 波の周波数を Doppler シフトさせ結果として特異点は有理面から外れた位置に現れる. この特異点位置にシート電流が流れ, 不整磁場の浸透が著しく抑えられることを明らかにした. また, 浸透した不整磁場により生じる電磁トルクはプラズマ流を減速させるが, 流れが速いときには電磁トルクがプラズマ電気抵抗に依らず, 流速に比例することが明らかになった.

これらの研究を通じ, 従来から定番とされてきた漸近接続理論には, プラズマ流や電気抵抗 ( 特異摂動 ) が存在する場合に, 本質的かつ現実的な困難が内在することが明らかになった. 2009 年度は, これらの困難を解決するため, 新しい数値接続法を開発することに重点を置いた. この新しい方法では, 漸近接続理論のように無限に薄い境界層を用いるのではなく, 有限幅の " 境界層 " を用いる. また, 境界層内外の解は, 漸近的ではなく直接接続する. この接続に必要な境界条件を導くことに成功した. さらに, この新しい方法を用い, 古典的によく知られたシングル・ダブルテアリング, 内部キック, 交換型モードの線形安定性を計算し, その性能の良さを示した. また, この数値接続法は初期値問題としても容易に定式化できることが特徴であり, 過渡現象や漸近挙動の計算に適した統一的な方法論となっている. これらの成果は国際・国内学会で発表するとともに, 著名論文誌に掲載済および掲載決定となっている.

## 3. 現在までの達成度

おおむね順調に進展している.  
 ( 理由 ) 研究目的である「漸近接続理論を応用して過渡現象などを解析する統一的な手法を確立すること」に関して順調に成果を挙げ, シミュレーション結果と合わせて国際・国内学会で発表するとともに, 論文誌に掲載済および掲載決定となっているため.

## 4. 今後の研究の推進方策

当該研究課題において, トロイダルプラズマ

への適用を今年度行う予定である。それと並行して、上記の数値接続法の解を反復的に改良する方法を確立する予定である。

#### 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7件)

M. Furukawa, S. Tokuda and L. -J. Zheng, "A numerical matching technique for linear resistive magnetohydrodynamics modes", Physics of Plasmas (掲載決定, 2010). 査読有.

M. Furukawa and L. -J. Zheng, "Suppression of error-field-induced magnetic islands by Alfvén resonance effect in rotating plasmas", Nuclear Fusion **49**, 075018-1-6 (2009). 査読有.

[学会発表](計40件)

M. Furukawa and T. Nakatsu, "Effects of continuous spectra due to plasma rotation on numerical computation of tearing mode stability", 51th Annual Meeting of Division of Plasma Physics, American Physical Society (November 5, 2009, Atlanta, Georgia, USA).

M. Furukawa, S. Tokuda and L. -J. Zheng, "Tearing mode stability analysis via a new numerical matching technique for resistive MHD", 50th Annual Meeting of Division of Plasma Physics, American Physical Society (November 17, 2008, Dallas, Texas, USA).

M. Furukawa and L. -J. Zheng, "Stability analysis of resistive wall mode including effects of plasma rotation and error field", 49th Annual Meeting of Division of Plasma Physics, American Physical Society (November 13, 2007, Orlando, Florida, USA).