Japan Geoscience Union Meeting 2010
(May 23-28 2010 at Makuhari, Chiba, Japan)

PEM032-08　　会場:展示ホール7別室1　　時間: 5月24日15:47-16:04

抵抗性ＭＨＤ安定性解析のための新しい数値接続法の開発

Development of a new numerical matching technique for resistive MHD stability analysis

古川 勝[1*], 徳田伸二[2]

Masaru Furukawa[1*], Shinji Tokuda[2]

[1]東大新領域, [2]高度情報科学技術研究機構

[1]Grad. Sch. Frontier Sci., Univ. Tokyo, [2]RIST

磁化されたプラズマ中では，Alfven波の波数ベクトルが磁力線と垂直方向を向く場所（特異点）近傍で磁力線張力が非常に小さくなるため，相対的にプラズマ慣性や電気抵抗が有意に効き，テアリングモード等のような抵抗性ＭＨＤモードが不安定になり得る．これを解析する代表的な研究手法の１つは漸近接続法（境界層理論）[1]である．特異点近傍（内部層）では，プラズマ慣性や電気抵抗を取り入れるが，非常に薄い領域を考えることによって支配方程式を簡約化する．一方で，内部層以外の場所（外部領域）では，慣性や電気抵抗を無視した方程式（Newcomb方程式）を解く．外部領域での解から内部層方程式に対する境界条件が得られ，内部層方程式を解くと分散関係が得られる．

しかし，この方法には，以下に挙げるような問題点がある：
(1)外部領域と内部層の解を接続する際に用いるFrobenius級数解は，Newcomb方程式が不確定特異点をもつ場合には求められないので，漸近接続法が適用できない．このような状況は，磁場閉じ込め核融合プラズマの性能を改善する方法の１つでも起こり得るので，重要な問題である．
(2)理論的には漸近接続法が適用可能な状況であっても，実際に数値計算で解の漸近接続を行うと，その結果は特異点近傍での解の精度やグリッド点の配置に敏感である[2].
(3)電気抵抗が無限に小さい極限では，内部層の厚さも無限小となるが，電気抵抗を用いたスケール変換により無限に広い領域に引き延ばされる．このため，内部層方程式の解が自乗非可積分となり，数値計算で扱う際には工夫を要する[2].

我々は，これらの問題点を本質的に解決する方法として，有限幅をもつ内部層を用いた数値接続法を開発した[3]．内部層を有限幅にするアイデア自体は，電気抵抗を無視したAlfven波について[4]で開発されている．[4]との本質的な違いは，電気抵抗を含めた場合，内部層で解く方程式の階数（４階）が外部領域（２階）に対して高くなる点である．そのため，内部層方程式の線形独立解のうち，外部領域の線形独立解につながるものを適切に選ばなくてはならない．外部領域では電気抵抗が効かないので，磁場に平行方向の電場がゼロでなければならない．我々は，平行電場がスムーズにゼロになっていくという条件を課して内部層での方程式を解けば解が接続できることを明らかにした．具体的には，摂動流れ場に関する流れ関数に第３種境界条件を課すことで実現される．講演では，数値接続法の定式化の詳細と，核融合プラズマを模擬した円柱プラズマの安定性解析に適用した例を示す[3].

[1] H. P. Furth, J. Killeen and M. N. Rosenbluth, Phys. Fluids vol.6, 459 (1963).
[2] S. Tokuda and T. Watanabe, Phys. Plasmas vol.6, 2012 (1999); S. Tokuda, Nucl. Fusion vol.41, 1037 (2001).

[3] M. Furukawa, S. Tokuda and L. -J. Zheng, submitted to Phys. Plasmas (2009).
[4] Y. Kagei and S. Tokuda, Plasma Fusion Res. vol.3, 039 (2008).

キーワード:数値接続法,漸近接続法,抵抗性ＭＨＤ

Keywords: numerical matching technique, asymptotic matching method, resistive MHD