

軸対称ミラーの交換型不安定性の安定化

Stabilization of the interchange instability in an axisymmetric mirror

片沼 伊佐夫

KATANUMA Isao

筑波大プラズマ

Univ. Tsukuba

軸対称ミラー実験装置は良く知られているように、そのままでは交換型モードに対して不安定である。この安定化のためには単純には line tying¹⁾, 有限ラモア半径効果²⁾ が考えられる。またミラーズロート付近の良い磁力線曲率をプラズマの流れを用いて利用する方法 (GDT)³⁾ も考えられている。

現在の世界の軸対称ミラー実験では、プラズマの周辺領域にプラズマの $E \times B$ 流を発生して特に $m = 1$ も含めた交換型不安定性の安定化 (vortex confinement) の研究が進んでいる。筑波大学プラズマ研究センターでは軸対称ミラーを、このプラズマの周辺に $E \times B$ 流を発生させて交換型不安定性の安定化を行おうとしている。

本講演では、筑波大学プラズマ研究センターに設置されている軸対称ミラー磁場配位で、簡約MHDコード⁴⁾ を用いた vortex confinement による安定化の計算結果を紹介する。このコードは渦度 $w = \nabla \times (\rho_M v_E)$ [$E \times B$ ドリフト速度 v_E], 質量密度 ρ_M , 温度 $T = T_i + T_e$ を磁力線に垂直な断面での時間発展を解いている。各時刻での静電ポテンシャル ϕ は渦度 w からポアソンタイプの方程式を解いて求めている。尚、基礎方程式は磁力線方向には単位磁力管内で積分することで、磁力線曲率等の磁場形状の効果を取り入れている。

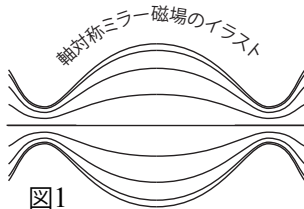


図1 に示されるような、センター設置の軸対称ミラー磁場分布に対して初期条件として、図2(a)の渦度の径方向分布を初期条件として与えた。

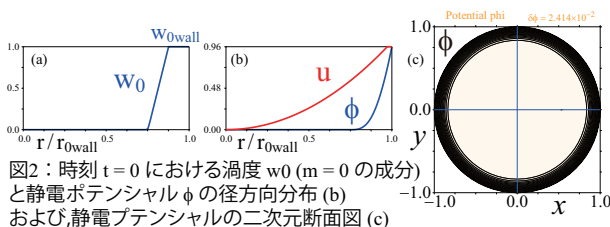


図2(b)の静電ポテンシャル ϕ は、図2(a)の渦度 w_0 からポアソン方程式を解いて求めた。また図2(b)の u は磁力線の特性体積の径方向分布 ($u \equiv \int \frac{dx}{B}$, $B \equiv \nabla \chi$) である。図2(c)の等高線図は図2(b)の静電ポテンシャル ϕ の二次元分布図である。

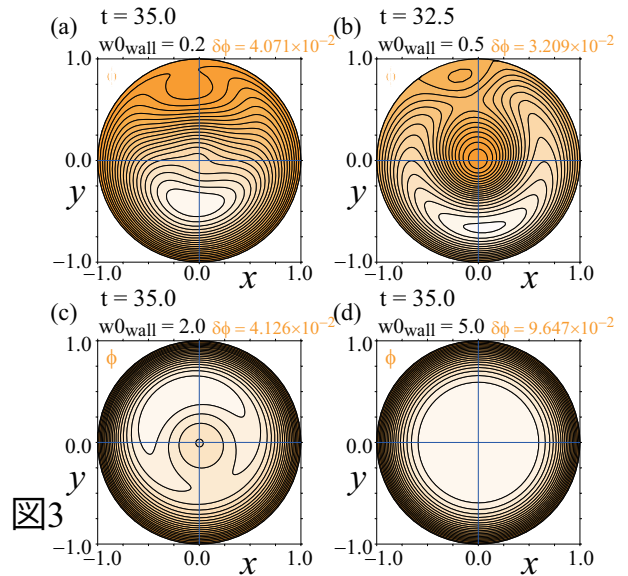


図2の初期条件から出発して時間発展を解いて、非線形飽和状態になった時刻の図が、図3の静電ポテンシャル ϕ の等高線図である。 $r \simeq r_{0wall}$ での渦度の $m = 0$ 成分が $w_{0wall} = 0.2$ のように小さい (つまり vortex が小さい) ときは $m = 1$ の交換型不安定性が発生している [図3(a)] が、 $w_{0wall} = 0.5, 2.0$ と大きくなるにつれて、図3(b), 図3(c) から分かるように $r \sim 0$ の中心近傍で安定領域が成長して、図3(d)の $w_{0wall} = 5.0$ のときでは系全体に渡って交換型不安定性が安定化されている事が分かる。

参考文献

- [1] I.Katanuma, et.al. Nucl. Fusion **53** (2013) 043002.
- [2] I.Katanuma, et.al. Phys. Plasmas **20** (2013) 112107.
- [3] D.D.Ryutov, et.al. Phys. Plasmas **18** (2011) 092301. A.A.Ivanov and V.V. Prikhodko, Plasma Phys. Control. Fusion **55** (2013) 063001.
- [4] I.Katanuma, et.al. Phys. Plasmas **17** (2010) 032303. P.V.Pastukhov, Plasma Physics Report, **31** (2005) 577.