30pC29P

負イオンプラズマ中の負バイアスされたプローブ周りのシース構造

Sheath structure arround negatively biased probe in electronegative plasma

松浦 寛人, 富田幸博
大阪府大工, 核融合科学研究所
H.Matsuura,Y.Tomita
Osaka Pref.Univ., NIFS

ラングミュアプローブ法は簡便なプラズマ計測法として広く使われており、プローブ周りのシースを通過する電流をプローブバイアス電位の関数として測定する。最近では、シース運動量束や熱流束の測定に基づく新しいプローブ法も提案されている。(強制マッハプローブ [1]、サーマルプローブ [2] 等。) プローブ周りのシースへのイオンや電子が持ち込むこれらの粒子束、運動量束、熱流束は全てシース構造によって規定される。したがってプローブを用いてプラズマパラメータを正しく推定するためには、シース構造のバイアス電圧依存性についての正確な知識が必要である。

シース構造の研究のためにはプラズマ側及び固体側の境界条件を正しく取り扱う必要があるが、この領域のポアソン方程式は数学的に「硬い」ため、数値計算を用いてもシース構造を広いパラーメーター空間にわたって調べるのは困難である。ある境界条件の元で解いたシースポテンシャル構造が現実的がどうかを判断するのは一般的に困難である。しかし、粒子シミュレーションの 1 種である PIC コードはこれらの数学的困難とは無縁で、シース研究の有力なツールとして国内外で広く用いられている。

最近、XOOPIC[3] を用いたシミュレーションで一定割合の負イオンが含まれている場合に、負バイアスされたプローブ周りのシース構造が不安定化することがによって示された。シミュレーションで電子を水素負イオンに交換すると計算領域内の正負のイオン数が時間的に振動し定常状態に達しなくなることが見いだされた。

我々は正イオンのみで安定な条件での XOOPIC の結果を 1 次元無衝突ボルツマン方程式の定常解 [4] と比較し、シミュレーション及び用いた境界条件の妥当性を吟味した。図 1 は電子温度で規格化されたシース電位深さ (ϕ) とプラズマ密度 (n_e 及び n_i) の関係を現している。両者の関係はよく一致していることがわかる。

次いで、不安定な条件下でのイオンの速度分布関数に注目した。負極性プラズマでは速度分布に近接したピークが存在することから、一種の二流体不安定性が起こっているのではないかと考えている。詳細な議論は講演にて行う。

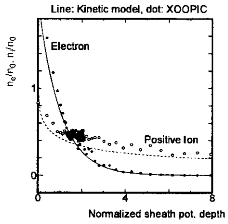

図 1: $n-\phi$ relation

[1]T.Lunt *et al.*, 32th EPS Conference on Plasma Phys., P1-005,Tarragona, Spain, 27 June-1 July, 2005
[2]H.Matsuura *et al.*,Contrib. Plasma Phys., 46(2006)406.
[3]J.P.Verboncoeur *et al.*,Comp. Phys. Comm., 87(1995)199.
[4]R.D.Smirnov, Dr.Thesis, School of Physical Science, The graduate University for Advanced Studies, Toki, Gifu, 2005.

30pC30P

未知関数の違いによる磁気面内部補間解析の収束特性の検討

Convergence properties of magnetic surface interpolation analysis due to test functions

前山 光明、岩崎 正浩, 元橋 智
埼玉大学 理工学研究科
M.Maeyama, M.Iwasaki and S.Motohashi
Saitama University, Graduate School of Science & Engineering

はじめに 磁気閉じ込めプラズマ閉じ込め装置において、測定される各種の測定値と非線形最小二乗法を基に平衡磁気面関数を求める計算コードの開発を行っている。解析で得られる結果は、仮定する未知パラメータを含む関数形に強く依存する可能性があるため、異なる関数形による比較を行い、解の妥当性、および収束特性の検討を行った。

磁気面内部補間解析 軸対称プラズマであるトカマクや RFP の平衡配位は、2 つの自由な磁気面関数($I(\psi), p(\psi)$)を持つ Grad-Shafranov 方程式と、幾何学的境界条件(導体シェルや外部制御コイル電流も含む)で記述される。本磁気面内部補間解析は、実験で得られる測定値と一致するように 2 つの自由な磁気面関数の関数形を求め、結果として実験で得られたプラズマの磁気面の情報を求める解析である。図1に、代表的な解析例を示す。

テスト関数の検討 RFP プラズマを特徴づけるため、本解析では、磁気面関数$I(\psi)$ に以下の関数形を利用している。

$$I(\psi)=1+\lambda\left(\psi-1+\frac{(1-\psi)^{\alpha+1}}{\alpha+1}\right) \qquad (1)$$

ここで、変数は全て規格化されており、磁気軸で$\psi=1$、プラズマ表面で$\psi=0$、λ は RFPのトロイダル磁界の逆転の深さを与える未知パラメータ、α は、プラズマ表面近傍でのトロイダル電流密度の傾きに関係したパラメータである。図2に、$\lambda=1.2$、$\alpha=10$および$\alpha=\infty$の場合の関数形を示す。$\alpha=\infty$は、RFPのベッセル関数モデルに対応する。

式(1)の関数形は、$(\psi-1)$に関して、α の値に依存しとびとびのべき級数となる。このため、高次のべき級数を追加して、近似の精度を高めるする方法が適用できず、モデルの妥当性の評価が困難である。また、利用する測定値により、特に、この関数のλとα の間に強い相関がある場合があり、これまでの研究では、この相関を弱める測定値の組について主に検討してきた。本研究では、特に、高次の次数をパラメータ間の直交性を考慮して追加する方法を用い、1)モデル検定、2)収束性への影響を検討した。

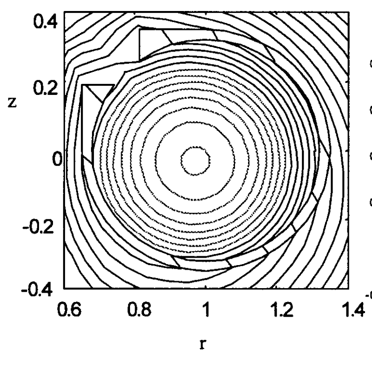

図１　代表的な解析例

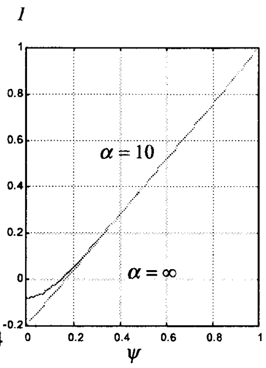

図２$I(\psi)$の関数