30pC17P LHD における重イオンビームプローブによるポテンシャル分布計測

Potential measurement by Heavy Ion Beam Probe in LHD 井戸毅、清水昭博、西浦正樹、加藤真治、西澤章光、中野治久、浜田泰司, LHD 実験グループ 核融合研

T. Ido, A. Shimizu, M. Nishiura, S. Kato, A, Nishizawa, H, Nakano, Y. Hamada, LHD experimental group National Institute for Fusion Science

磁場閉じ込めプラズマ中に形成される電場分布はプラズマの輸送現象と密接に関係しており、その理解は極めて重要である。重イオンピームプローブ(HBP)は磁場閉じ込めプラズマ中の静電ポテンシャルをプラズマに擾乱を与えることなく直接測定できる計測手法であり、これまで中小型装置に導入され、プラズマ閉じ込め物理の進展に大きく寄与してきた。

核融合研における大型へリカル装置(LHD)実験においても電場の役割が重要と考えられ、その計測を行うために HIBP 開発を行ってきた。現在、LHD 本体への計測装置の設置は完了し、LHD 本体を含めた全システムの較正実験を進めている。

HIBP ではプローブビームのエネルギー分析を行うことにより、ポテンシャル計測を行う。 そのためエネルギー分析性能の評価が重要である。これまでの較正実験結果から、200V 以下のポテンシャル変動を観測できることが分かり、プラズマ中のポテンシャル分布の変 化を計測するのに必要な精度でプローブビームのエネルギー分析が可能であることが確 認できた。

この結果を基にプラズマ中のポテンシャル分布の計測を行った結果を右図に示す。ターゲットプラズマは平均電子密度約 0.5×10¹⁸(m³)の低密度プラズマである。計測結果は正のポテンシャル分布が形成されることを示しており、電子ルートに起因する電場がプラズマ中に形成されていることを示している。この結果は荷電交換分光による周辺での電場計測の結果を定性的に一致している。

現在、計測精度の向上と計測可能パラメーター領域の拡大のための調整を行っており、 その結果を含め LHD プラズマ中のポテンシャル分布計測結果について報告する。

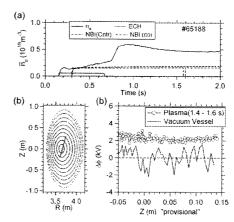


図 (a)放電波形(線平均電子密度、NBIとECHのタイミング)。(b)磁気面とHBPの計測位置(中心を通る黒い線の領域を掃引する)。(c)計測されたポテンシャル分布の変動。横軸は図(b)の観測位置の Z 座標、縦軸がポテンシャルの変化量。

30pC18P CHS における重イオンビームプローブによる密度分布計測

Density profile measurement with Heavy Ion Beam Probe in CHS

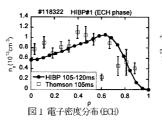
清水 昭博,藤澤 彰英,中野 治久,大島 慎介 ¹,井口 春和,秋山 毅志,磯部 光孝,鈴木 千尋,永岡 賢一,西村 伸, 南 貴司、吉村 泰夫、 岡村 昇一、 松岡 啓介、 CHSグループ

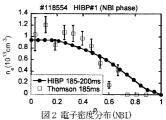
核融合科学研究所、名古屋大学10

A. Shimizu, A. Fujisawa, H. Nakano, S. Oshima^D, H. Iguchi, T. Akiyama, M. Isobe, C. Suzuki, K. Nagaoka, S. Nishimura, T. Minami, Y. Yoshimura, S. Okamura, K. Matsuoka National Institute for Fusion Science, Nagoya University^D

重イオンビームプローブによる二次ビーム強度は、主にプラズマ中の観測点での電子密度と入射ビーム強度、そしてビームと電子の衝突断面積によって決まる。衝突断面積は電子密度と電子温度に依存するため、どちらか一方を仮定すれば他方の計測が可能である。断面積の電子温度依存性は 100eV 程度以上で弱くなるため、電子温度をある程度の確かさで仮定すれば、重イオンビームプローブの二次ビーム強度から電子密度を決定することができる。重イオンビームを高速にスキャンすることによって、密度分布の時間変化の計測が可能となる。

しかしながら、ビーム強度はビーム経路上で減衰し、観測される二次ビーム強度が減少する。この効果を経路積分の効果と呼ぶ。精度良く電子密度を得るためには、経路積分の効果を考慮する必要がある。経路積分効果を考慮するために、積分方程式を解いて密度を決定する。コンパクトヘリカルシステム(CHS)において、ビームをスキャンし計測される二次ビーム強度から実際に密度分布を評価した。積分方程式は、数値的に繰り返し計算を行い収束させることによって解いた。図1、図2に得られた密度分布の結果を示す。図1、図2はそれぞれ電子サイクロトロン加熱(ECH)、中性粒子ビーム加熱(NBI)によって維持されたプラズマの電子密度分布である。参照のためトムソン散乱による密度分布の計測結果も示してある。重イオンビームブローブによって計測された密度分布の時間変化を示す。図3に、重イオンビームプローブによって計測された密度分布の時間変化を示す。ビームの高速スキャンにより4msの時間分解能で密度分布の計測が可能である。図中100ms以前がECH、100ms以後はNBIによって維持されたプラズマである。これらの計測の詳細について、ポスターにて発表を行う。





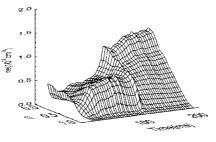


図3 重イオンビームプ ローブによって計 測された電子密度 分布の時間変化