

小型トカマクを用いたディスラプション時の プラズマ内部構造ダイナミクスの観測

岡本 征晃（名古屋大学大学院工学研究科）

1. 背景・目的

トカマク型核融合炉の実現においてディスラプションは重要な問題の一つである。ディスラプションとはプラズマの閉じ込めが急に破壊される現象であり、問題点として、第一壁やダイバータ板に大きな熱流が局所的に流れ込むことや、ハロー電流や渦電流による電磁力で装置に機械的負荷が加わること等が挙げられる。トカマク型核融合炉の実現のためには、ディスラプションの発生に伴う熱的・機械的負荷を極力回避する必要があるため、ディスラプション発生の物理ならびにその回避法の確立に向けた研究が行われている。

これまでの研究からディスラプションの発生はプラズマ電流密度分布や圧力分布等の内部構造に依存していることが報告されている。小型トカマク装置はプラズマ内部のプロープによる直接計測が可能であるため、ディスラプション物理の解明を目的として、磁気・静電プロープを用いたプラズマ内部計測実験を行った。

2. 実験装置・方法

小型トカマクHYBTOK-IIは、大半径が 40 cm、小半径が 12.8 cmの真空容器からなり、トロイダル方向の2箇所半径が 11 cmのリミタを設置することで円形断面のプラズマを生成することができる。ディスラプション実験は次の方法で行った。オーミックによる電流駆動でプラズマ電流を増加させ、それに伴い円環プラズマ表面の安全係数 $q_a (= rB_t / RB_\theta)$ が減少し、プラズマが不安定になることでディスラプションを発生させている。プラズマ電流消滅は q_a が3を下回る程度で発生しており、プラズマ電流消滅開始直前にはプラズマ中心の q 値が1を下回るような分布になっていることが確認された。本実験では、磁気・静電プロープを r/a 0.5の範囲で掃引し、プラズマ内部の磁場、電子密度、電子温度などの時間変化の計測を行った。

3. 実験結果

図1に電流クエンチ時のプラズマ電流波形と

内部のポロイダル磁場の時間発展を示す。HYBTOK-IIの典型的な電流クエンチのプラズマ電流波形は図1のような遅い減衰と速い減衰の2段階になることが確認されている。電流クエンチ発生時には内部ポロイダル磁場の急激な減少が観測されており、 $m/n = 3/2$ のテアリングモードと $m/n = 1$ の内部キंकモードの相互作用により磁気面が破壊され、図2(a)に示すように内部のプラズマ電流が吹き出されたと考えている。また、内部のプラズマ粒子の吹き出しも観測されている(図2(b))。

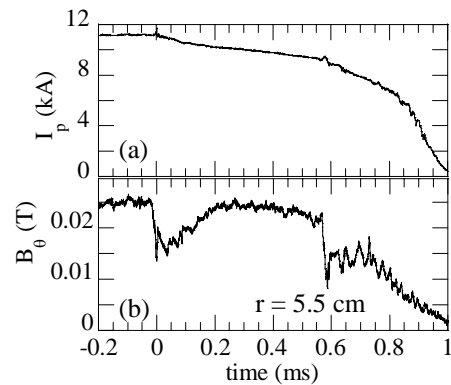


図1(a) プラズマ電流 I_p 、(b) $r = 5.5$ cm での内部ポロイダル磁場 B_θ 。

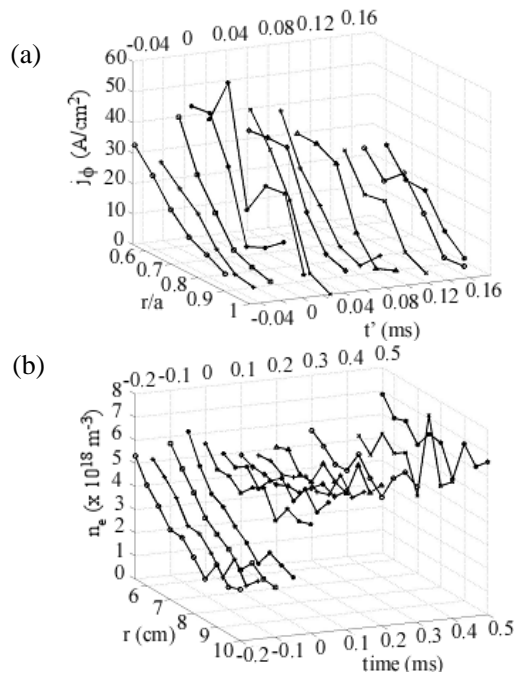


図2: 電流クエンチ開始前後における(a) 電流密度分布、(b) 電子密度分布。