

大型トカマク装置JT-60Uにおける 電流クエンチ時のL/Rモデルの実験的検証

柴田欣秀¹、岡本征晃²、渡邊清政³、大野哲靖⁴、河野康則⁴、諫山明彦⁴、仲野友英⁴
 大山直幸⁴、栗原研一⁴、後藤基志³
 名大院¹、石川高専²、核融合研³、原研機構⁴

トカマク装置で発生するディスラプションでは真空容器に大きな熱負荷、電磁力を与えるため問題となっている。そのため次世代のトカマク型核融合装置にとって、ディスラプションの制御は重要な課題となっている。真空容器に発生する電磁力を見積もるためにはプラズマ電流減衰時間の正確な予測が必要であり、現在大型トカマク装置ではプラズマ抵抗 R と環状電流分布から決まるインダクタンス L を用いて電流減衰時間を評価する L/R モデルが用いられている。このモデルでは L と R が時間変化しないという仮定のもとで回路方程式が解かれている。強電離プラズマではプラズマ抵抗率は電子温度 T_e の $3/2$ 乗に反比例するため、 L/R モデルではプラズマ電流減衰時間は電子温度 T_e の $3/2$ 乗に比例する。しかし、電流減衰時の電子温度をHe原子線強度比法より電子温度を求め、電子温度と電流減衰時間の関係を調べた結果では、理論的に予測される電流減衰時間の電子温度の依存性は得られていない[1]。

そこで電流減衰の初期段階に着目し、電子温度計測としてECE計測とHe原子線強度比法を併用することで、中心から周辺までの電子温度分布を評価し、それにより電流クエンチ中のプラズマ抵抗 R を求めた。さらにCCS法によりプラズマ平衡量を評価し、ディスラプション中のプラズマインダクタンスの時間変化を評価した。図1は電流減衰時のECE計測とHe原子線強度比法により計測された電子温度の時間変化を示している。電流減衰時間が比較的長い放電では、図1のようにプラズマ電流が減衰し始める段階においてもプラズマ中心で電子温度がピークする分布を持つ（図1ではプラズマ中心は400eV程度）ことが分かった。さらに、CCS法により評価した結果から電流減衰初期段階ではプラズマインダクタンス L が大きく変化していることがわかった。そこで、評価した値を用いて L の時間変化を考慮した電流減衰時間の理論値(τ_{model2})と実験値($\tau_{100-90\%}$)を比較したところ、良い一致が見られた。これは電流減衰初期の減衰時間の評価ではプラズマ抵抗だけでなく、プラズマインダクタンスの時間変化も考慮しなければならないことを示している。

また、電流クエンチ中は真空容器に多くの渦電流が発生することが予想されるが、渦電流がプラズマ平衡量、言い換えればプラズマインダクタンスの評価に与える影響についても発表する。

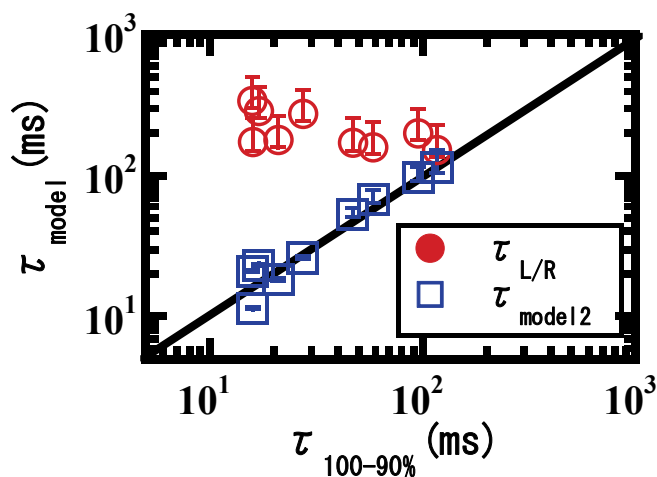
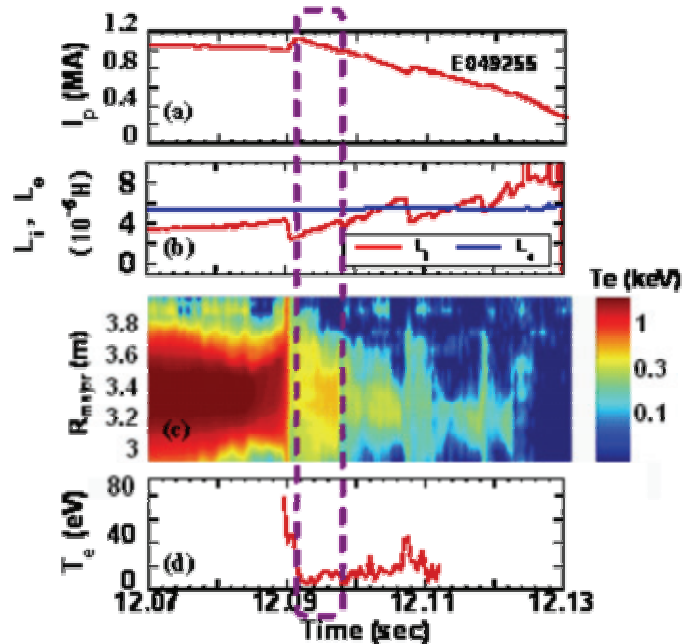


図2：電流減衰時間の理論値と実験値の比較

図1:(a)プラズマ電流、(b)プラズマインダクタンス、(c)ECE計測による電子温度分布、(d)ヘリウム原子線により評価した電子温度の時間変化

[1]M. Okamoto *et al.*, Proc. of 34th EPS Conf. on Plasma Phys., Warszawa, 2-6 July, 2007, P5.087.