

JT-60U におけるデジタル信号処理を用いた

中性子プロファイル計測システムの自動解析化

石井啓一、岡本敦

東北大学大学院工学研究科

ITER(International Thermonuclear Experimental Reactor)などの DT 反応を用いた燃焼プラズマでは、3.5 MeV の α 粒子によって自己加熱を行うため、 α 粒子の発生分布を計測することはバルクプラズマへの加熱分布を知るために重要となる。また、 α 粒子がプラズマにエネルギーを十分に付与する前に損失すると、自己過熱源の低下につながるため、既存のプラズマ試験装置において α 粒子を模擬した高速イオンの輸送・閉じ込めに関する研究が精力的に行われている。JT-60U においては重水素実験が行われており、DD 反応によって 2.5 MeV 中性子(DD 中性子)が発生する。DD 反応では DD 中性子を発生する反応とほぼ等しい反応確立で 1 MeV のトリトンが発生する反応が存在する。発生したトリトンは主に電子とのクーロン衝突によって減速し、バルクのデューテロンとの DT 反応によって 14 MeV 中性子(DT 中性子)が発生する。このため、中性子発生率の空間分布計測を行うことによって、DD 中性子から 1 MeV トリトンの発生分布に関する情報、DT 中性子から 1 MeV トリトンの閉じ込め・輸送に関する情報を得ることができる。

JT-60U ではポロイダル断面に対して斜め方向から扇状に 6 視線、垂直方向に 1 視線の中性子計測用コリメータレイが設置されており、中性子発生量の積分値が計測されてきた。中性子検出器には有機シンチレータであるスチルベン結晶が用いられている。スチルベンは中性子だけでなくノイズとなる γ 線にも感度を有するため、中性子と γ 線とを弁別しなければならない。これまで中性子と γ 線の弁別(n- γ 弁別)にはアナログの弁別回路により行われていたが、 $\sim 1 \times 10^5$ cps を越えた高い計数率において計数が飽和する問題があった。計数率の飽和は中性子発生率が正しく計測できないばかりでなく、システムの時間分解能を制限することとなる。この問題を解決するために、2006 年より高計数率環境下での計測を目的としてデジタル信号処理(DSP)システムが適用された。DSP システムにおいては検出器からの出力信号を高速のアナログ-デジタルコンバータ(Flash-ADC)に取り込み、計測終了後に PC に転送した後にソフトウェアによってオフラインで解析を行う。DSP システムによる n- γ 弁別では個々のパルス信号に対して 3 つの領域で時間積分を実行し、各パルスの積分値を 2 次元プロットすることにより、中性子と γ 線を弁別することが可能である。図 1 に n- γ 弁別のための 2 次元プロットを示す。DSP システムを用いた n- γ 弁別では図 1 に示す 2 次元プロットを用いた弁別作業において解析の自動化がなされておらず、中性子パルス群および γ 線パルス群の境界を自動判別することが可能となれば、中性子プロファイルモニタの結果をフィードバック制御に用いることが期待される。本発表では n- γ 弁別の自動解析化に関する検討を行った結果について発表する。

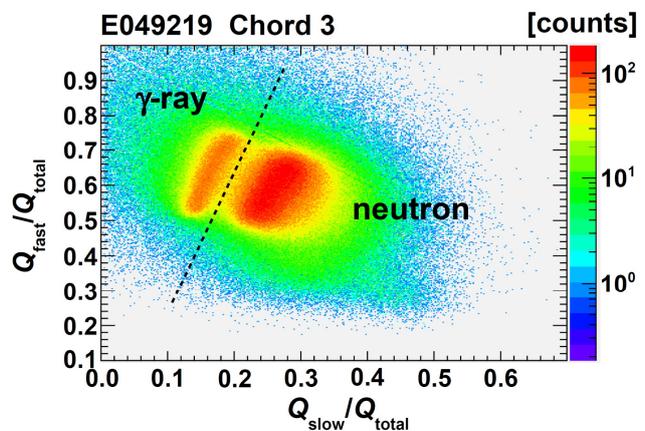


図 1 n- γ 弁別のための 2 次元プロット