

核融合中性子分布計測の高性能化のためのn- γ 弁別手法の研究 A study on fast digital discrimination of neutron and gamma-ray for improvement of neutron emission profile measurement

内田雄大¹⁾, 高田英治¹⁾, 磯部光孝²⁾, 小川国大²⁾,
篠原孝司³⁾, 富田英生⁴⁾, 河原林順⁴⁾, 井口哲夫⁴⁾

Yuuki UCHIDA¹⁾, Eiji TAKADA¹⁾, Mitsutaka ISOBE²⁾, Kunihiro OGAWA²⁾,
Kouji SHINOHARA³⁾, Hideki TOMITA⁴⁾, Jun KAWARABAYASHI⁴⁾, Tetsuo IGUCHI⁴⁾

富山高専¹⁾, 核融合研²⁾, 原子力機構³⁾, 名大工⁴⁾

Toyama National College of Technology¹⁾, NIFS²⁾, JAEA³⁾, Nagoya Univ.⁴⁾

1. 序論

磁場閉じ込め型核融合プラズマ実験装置において中性子発生分布を計測するため、ADCを介してシンチレーション検出器の出力波形を保存し、オフラインで電荷積分法を適用し、中性子(n)-ガンマ線(γ)弁別処理を施すことが行われている。しかし、測定時間を延ばすためにサンプリング周波数を低くすると、タイムジッタの影響で弁別精度が劣化する問題があった。そこで本研究では、電荷積分法において新たな積分領域を用いることで弁別精度向上を目指すとともに、統計的手法の採用による弁別の自動化を検討した。

2. タイムジッタの影響を低減する電荷積分法

従来、個々のパルス信号の減衰部に対して2つの領域で時間積分し、各パルスの積分値を2次元プロットすることで弁別がなされてきた。その際、取得した波形データの最大値をピークとして認識していたため、サンプリング数が少ない場合にはタイムジッタが発生し、プロットされる分布に広がりが発生していた。そこで本研究では、ピーク位置のタイムジッタの影響を低減するため、新たにパルスの立ち上がり領域も解析対象とした。また、積分領域の境界線の揺らぎの影響を抑えるため、パルスの減衰部に境界線を含む新たな領域を設けた。Fig. 1にn- γ 弁別のための2次元プロットを示す。従来方式に比べて計数ピークが狭い範囲に集中しており、タイムジッタの影響が低減できた。

3. 統計的手法を用いたn- γ 弁別の自動化

従来はFig. 1(a)に示す2次元プロット上でn- γ 自動弁別を行う際、線形判別関数が採用されていた。しかし、2次元プロット図には中性子と γ 線の区別が曖昧なデータが含まれており、このようなデータ点に対して最も近いクラスターへの割り当てが最適かどうかは明らかでない。本研究では、Fig. 1上の中性子及び γ 線のパルス群が正規分布に従うと仮定して確率的な重みづけを行い、EM法による最尤推定を行った。また、EM法の初期値をk-means法で決定することで、解析の自動化に成功した。

4. 弁別精度の比較評価

EM法により推定した混合正規分布のパラメータを用いて従来のパルス積分方式と新たな積分方式について弁別精度を評価した結果、Figure of Meritが0.51から0.56となり、弁別精度の向上が見られた。一方、JT-60Uのような高計数率環境下ではゲイン変動により、Fig. 2のように γ 線成分が湾曲するため、その混入の低減が求められている。そこでEM法の負担率によって γ 線混入率を評価した結果、新しいパルス積分方式を用いることで、 γ 線混入率が8%低減することが示された。

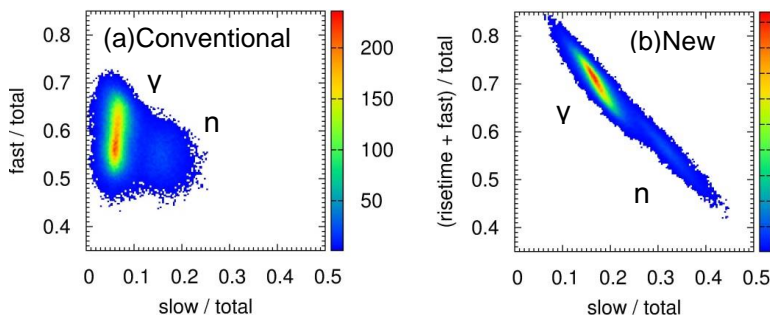


Fig. 1 電荷積分法による2次元プロットの例

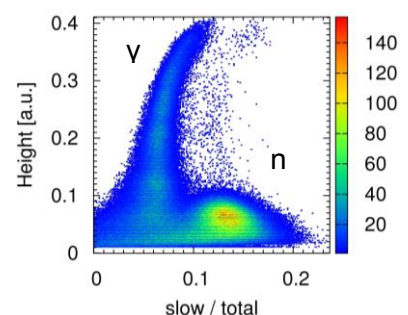


Fig. 2 γ 線成分の湾曲