

# 減速材とリチウム含有シンチレータを用いた中性子カメラの実現可能性

防衛大学校 本科 59 期 応用物理学科 川合 正記

## 1. 研究目的

核テロ防止のための核物質探索では、離れた地点から中性子源の位置を特定できる中性子カメラが有用であるが、そのようなカメラは未だ実用化されていない。本研究では、減速材とリチウム含有ガラスシンチレータ（以下 Li ガラス）を用いた中性子カメラを設計し、シミュレーションによって線源位置の特定に係る性能を評価した。

## 2. 中性子カメラの設計

本研究で提案する中性子カメラは、Li ガラスに含まれる  ${}^6\text{Li}$  と熱中性子の  ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$  反応によって生成された荷電粒子を検出することによって中性子を同定する。中性子源の方向の特定するため、図 1 のように 18 面の Li ガラスを斜方立方八面体状に配置し、中性子を効率よく熱化させるために減速材（ポリエチレン）で覆う。この設計により、中性子源の方向が変わることによって線源から見た Li ガラスの見かけ上の面積が変化し、各 Li ガラスの熱中性子検出率に差が表れると考えられる。

## 3. 減速材の厚さと検出効率

${}^{252}\text{Cf}$  中性子点線源を定義し、中性子カメラから 3 m 離れた場所で中性子を発生させた。Li ガラスのサイズと減速材の厚さを変え、中性子カメラの全検出効率の変化を調べた（図 2）。この図から、減速材の厚さがおよそ 7 cm のとき最も検出効率が高いことが分かった。これは、減速材が 7 cm よりも薄いと中性子の熱化が足りず、逆に厚過ぎると中性子捕獲反応および系外への漏れにより Li ガラスに到達する中性子の割合が減るためである。

## 4. 線源の方向特定と角度分解能

Li ガラスの大きさを 5 cm、減速材の厚さを 7 cm とし、18 枚の Li ガラスそれぞれの中性子検出数を図 3 に示す。この図より Li ガラス毎に中性子検出数が異なることが分かる。さらに線源の位置の変化に応じて中性子検出数分布が変化することも確認した。

RooUnfold ライブラリ [1] を用いて、図 3 の中性子検出数分布から角度を再構成した（図 4）。再構成された角度分布は線源方向 ( $0^\circ$ ) にピークを持ち、正しく再構成されていることが分かる。さらに線源との距離、減速材の厚さ、検出数を変えて角度分解能の変化を調べた。この結果、減速材が厚くなるほど検出効率は落ちるものの、角度分解能は向上することが分かった。

中性子カメラの実現可能性を考えるため、3 m 離れた核兵器級プルトニウム 5 kg がある場合を仮定したところ、83 秒の測定により約  $15^\circ$  の角度分解能で位置特定できることが分かった。

指導教官 講師 松村 徹

## 参考文献

[1] T.Adye, Unfolding algorithms and tests using RooUnfold,

arXiv 1105.1160

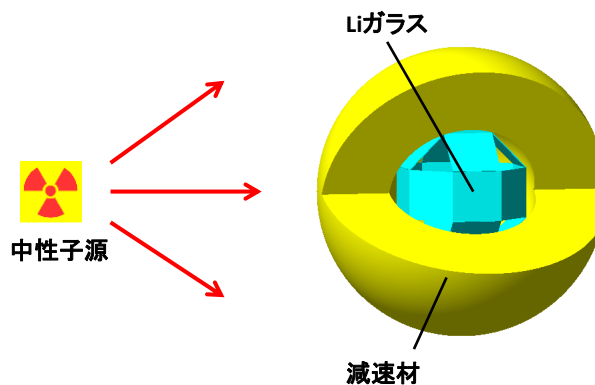


図 1 中性子カメラのデザイン

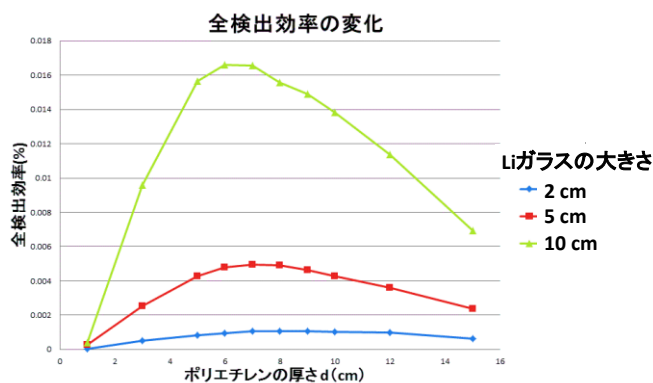


図 2 固有検出効率の変化

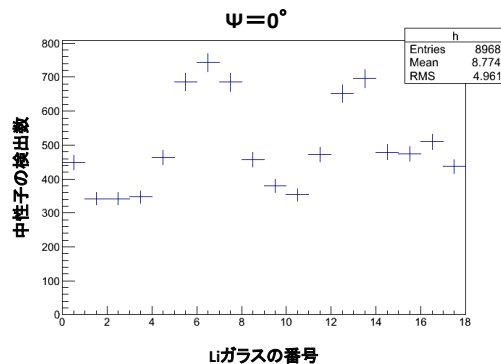


図 3 中性子検出数分布

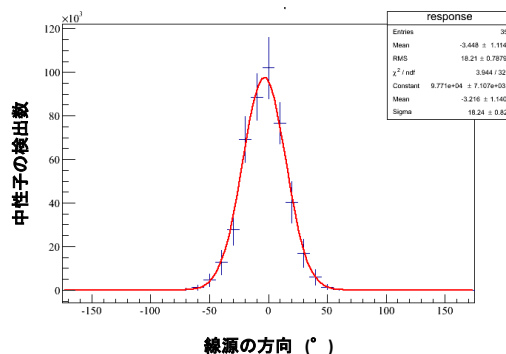


図 4 再構成された角度分布