

# 卒業論文概要書

CD

2017年 1月提出

学籍番号 1Y13B046-2

所属学科	応用物理学科	氏名	田川 怜央	指導員	片岡 淳 印
研究 題目	粒子線治療中の2次被ばく低減に向けた中性子カメラの検討				

## 【研究背景】

近年、身体を切らずに癌を治せる治療法として粒子線治療が注目を集めている。粒子線治療を効果的に用いることで**Quality of Life**を保ちながら治療が行える反面、治療中に発生する中性子やガンマ線による患者の二次被ばくが大きな問題になっている。特に中性子の計測は困難を極め、その影響を可視画像等で直接評価することができない。このことから、治療現場では中性子を定量的に測定する装置が切望されている。そこで、本研究ではコンプトンカメラの技術を応用し、全く新しい中性子検出器の検討を行った。

## 【中性子カメラの原理】

本研究で提案する中性子カメラは散乱中性子の**TOF (Time of Flight)**と反跳陽子のエネルギーを測定する。これらの情報をもとに中性子の散乱角を求め、中性子の軌跡となるコーンを描く。このコーンが複数重なることで線源方向を特定することができる。原理の模式図を図1に示した。本研究では**PMT(photomultiplier tube)**と時間応答に優れたプラスチックシンチレータを用いた「中性子カメラ」の実証検討を行った。実験装置の概略図を図2に示す。

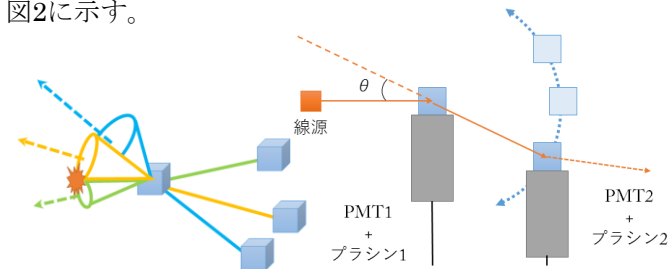
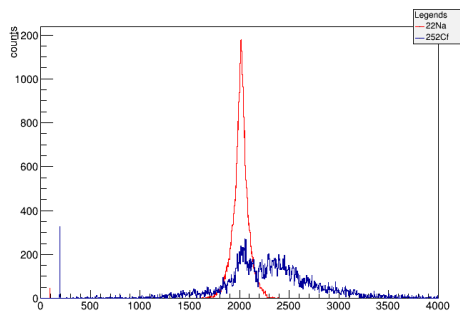


図 1. 原理の模式図

図 2. 実験装置概略図

## 【プラスチックシンチレータを用いた n/γ 弁別】

中性子を測定する際、随伴するガンマ線の弁別が課題となる。本実験では中性子(<sup>252</sup>Cf)とγ線(<sup>22</sup>Na)の TOF の違いのみを用いて両者がどの程度弁別可能か検証した。図3に実験結果を示す。

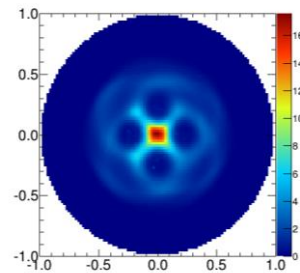


『図 3. ガンマ線と中性子線の TOF の比較』

図 3 よりガンマ線と中性子の TOF の分布は明確な違いを持ち、十分に弁別可能であることがわかる。

## 【<sup>252</sup>Cf を用いたイメージング】

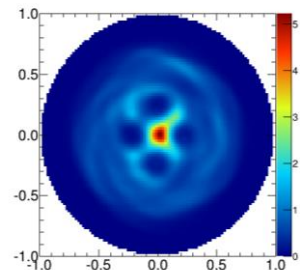
本研究での中性子イメージング手法の原理検証のため、<sup>252</sup>Cf を用いて撮像実験を行った。線源を 0° 方向に置き、一方のシンチレータを動かすことで計 6 点の測定を行った。各点のコーンを重ねた結果が図 4 である。



この図より線源方向は  $0.0^\circ \pm 15.4^\circ$  となり、中性子カメラが十分な撮像能力を有していることを実証した。

## 【二次中性子のイメージング】

治療現場に即した環境で本検出器が機能するかを検証するため、放射線医学総合研究所で実験を行った。本実験では 70MeV の陽子線を治療コリメータで一般的に用いられる真鍮素材に打ち込み、そこから発生する二次中性子を撮像した。二次中性子は陽子線の Bragg ピーク付近から集中的に発生するため、点線源とみなしてよい。今回、Bragg ピークが視野中心になるようにした。なお、測定手法は <sup>252</sup>Cf と同様である。撮像結果を図 5 に示した。



この図より中性子線到来方向は  $0.0^\circ \pm 20.0^\circ$  となり、治療現場に近い高ガンマ線量下でも正しく中性子イメージング機能が発揮されていることがわかった。

## 【まとめと今後の展望】

本研究で新たに提案した中性子カメラが、十分な撮像能力を有していることを実証した。今後は PMT を MPPC で置き換え、時間分解能の向上を図る。さらに検出器をアレイ化することでカメラとしての機能性を向上し、より正確なイメージの取得を目指す。