

修士論文概要書

Summary of Master's Thesis

Date of submission: 01/10/2018

専攻名 (専門分野) Department	物理学及応用物理学専攻	氏名 Name	田川 怜央	指導教員 Advisor	片岡 淳 印 Seal
研究指導名 Research guidance	放射線応用物理学研究	学籍番号 Student ID number	5317A043-1		
研究題目 Title	陽子線治療における二次中性子イメージングカメラの開発				

【研究背景】

陽子線治療は正常細胞への被ばくを最小限に抑えつつ、腫瘍にダメージを与える有効な治療法として注目を集めている。一方で、陽子線を絞る過程で用いられる真鍮製コリメータから発生する二次的な中性子線や、体内原子と入射粒子が起こす核反応で生ずるガンマ線の寄与は、現状の治療システムでは正しく評価されていない。そこで、本研究では陽子線照射下で発生する、数 MeV 程度までの高速中性子の線源方向をイメージングすることに挑戦した。

【中性子カメラの原理と構成】

開発したセンサーは前後二層のレイヤからなり、 n/γ (中性子/ガンマ線) 波形弁別型プラスチックシンチレータ(EJ-299-34)と小型 PMT(R9880-210U)を組み合わせた構成とした。具体的には、中性子が一層目で反跳した陽子のエネルギーと、両層間の TOF (Time of Flight) から散乱中性子のエネルギーを同時に測定する。散乱位置とエネルギーから運動学を解くと $\tan \theta = E_p/E_n$ となるから中性子の到来方向を求められる。(図 1 参照)

なお、本研究では 1)TOF、2)波形弁別の 2 つを利用して n/γ 弁別を行っている。2 つの方法を組み合わせると n/γ 弁別を行うことでノイズ除去率が上昇し再構成画像の向上につながる。(図 2 参照)

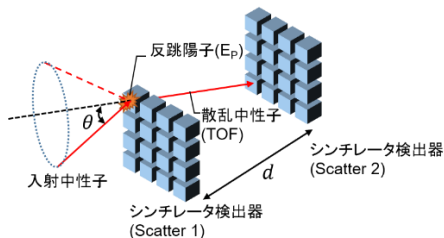


図 1 中性子カメラの原理と構成

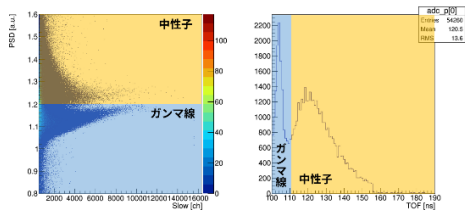


図 2 波形弁別と TOF を用いた n/γ 弁別

【 ^{252}Cf 中性子線源を用いたイメージング】

まず、 0° 方向に設置した ^{252}Cf 中性子線源の線源方向をイメージングできるか確認した。結果は図 3(左)となり中心位置を $0^\circ \pm 0.6^\circ$ の精度で決定できた。 n/γ 弁別を行わない場合は図 3(右)となることから中性子をイメージングできていることがわかる。

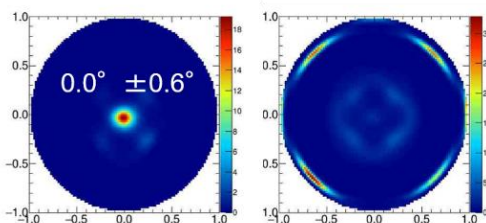


図 3 ^{252}Cf 中性子線源方向のイメージング結果

【陽子線治療環境を模擬したイメージング】

続いて陽子線治療環境を模擬し、真鍮に陽子線を照射した際に発生する二次中性子をイメージングした。真鍮を 0° 方向、あるいは 15° 方向に設置し、そこに 70MeV の陽子線を照射することで二次中性子を発生させている。

この実験の撮像結果が図 3 である。 0° 方向に置いた場合(図 3 左)は中心位置を $0.3 \pm 0.5^\circ$ 、 15° 方向に置いた場合(図 3 右)は $13 \pm 0.2^\circ$ の精度で位置決定をできた。また、全線量としては 250pGy 相当であった。

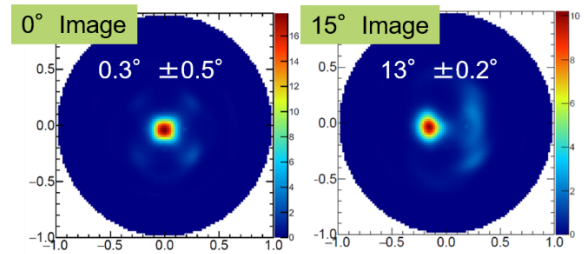


図 4 二次中性子線源発生方向のイメージング結果

【まとめと今後の展望】

本研究ではプラスチックシンチレータと小型 PMT を組み合わせた中性子カメラの開発に成功した。そして、この中性子カメラを用いることで中性子線源の線源方向のみならず、陽子線治療を模擬した環境でも中性子の発生方向を特定できることを実証した。

今後は開発した中性子カメラを改良し、実際の陽子線治療環境で使用できるようにしていく。そのために、高線量下でのイベントレート耐性を上げる必要がある。また、イメージに線量情報を付与することも今後の課題である。

【研究業績】

【国内学会】

1. 田川怜央他「粒子線治療下でのイメージングに向けた中性子カメラの開発」応用物理学会, 2018.03.20

【国際学会】

2. L. Tagawa et al.: "Development of New Compact Neutron Camera for Safe Proton Therapy" 14th Pisa Meeting on Advanced Detector, 2018.05.30 (Isola d'Elba, Italy)
3. L. Tagawa et al.: "Development of Novel Neutron Camera to Estimate Secondary Particle Dose for Safe Proton Therapy" IEEE 2018 NSS, 2018.11.14 (Sydney, Australia)

【査読付論文】

4. L.Tagawa et al.(2018) "Development of novel neutron camera to estimate secondary particle dose for safe proton therapy" Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, in Press