

陽子線治療オンラインモニタに向けた二次中性子ドシメトリカメラの開発

Development of the dosimetry camera for online monitor

of secondary neutron in proton therapy

早大理工¹ ○(M2)田中 稜¹, 片岡 淳¹, (M2)佐藤 将吾¹, (M2)西 郁也¹Waseda Univ.¹ ○Ryo Tanaka¹, Jun Kataoka¹, Shogo Sato¹, Fumiya Nishi¹

E-mail: ryo-t.2997@fuji.waseda.jp

陽子線治療は、正常細胞への影響を最小限に抑制しつつ腫瘍へダメージを与える有効な治療法として近年注目を集めている。しかし一方で、陽子線ビームを絞る過程で用いられる真鍮製コリメータおよび人体そのものに陽子線が照射されることで発生する二次中性子線の影響は、現状の治療システムでは正確に評価・反映されていない。そこで本研究では、陽子線照射下で発生する 20MeV 程度までの高速中性子の線源方向イメージングおよび、それらによる人体の被曝線量の推定に挑戦した。

今回開発したカメラは前後の2層に分かれ、1つのセンサーユニットはn/γ（中性子/γ線）波形弁別型プラスチックシンチレータと小型PMTからなる。これを前層に8、後層に8ユニット並べることで、計16ch読み出しのイメージング装置とした。具体的な動作原理としては、中性子が1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。これらより運動学的に求まる散乱角と、両層での反応位置についての情報を統合し、描かれた散乱コーンを重ねることで中性子の到来方向を特定する（図1参照）。さらに本研究ではTOFと波形弁別(PSD)を併用することでn/γ弁別を行い、さらなる画像のS/N向上を狙う。まず、陽子線治療環境を模擬するため、放射線医学総合研究所において、70MeV陽子線ビームを真鍮ファントムに照射した際に発生する二次中性子をイメージングした。真鍮をカメラ視野の0°、15°、あるいは30°方向に設置した際の結果を図2に示す。0°方向の場合は線源方向を $0.5^\circ \pm 1.3^\circ$ 、15°方向では $15.2^\circ \pm 0.6^\circ$ 、30°方向では $28.5^\circ \pm 0.8^\circ$ の精度で特定することができた。しかしながら、各再構成画像にはアーチファクトがみられる。これは散乱コーン軸の空間的分布が限定されているためであり、センサーの配置変更により改善できると考えられる。そこで、センサーの配置を改良したカメラを用いて²⁵²Cf中性子線源をイメージングし、画質の向上を確認した。さらに、二次中性子線による被曝線量の定量評価を行うため、G関数法による周辺線量当量の推定に取り組んだ。本講演では、開発したカメラによる実際の陽子線治療環境での二次中性子線イメージング・線量推定に向けた今後の課題についても広く議論したい。

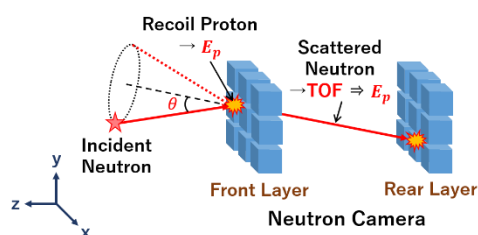


Fig.1 Imaging concept of our Neutron Camera

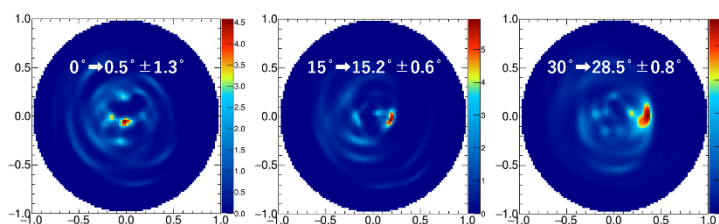


Fig.2 Imaging results of secondary neutron from proton-irradiated brass (left: source 0° direction, center: 15°, right: 30°)