

卒業論文概要書

CD

2015年 1月提出

学籍番号 1Y11B050-1

所属学科	応用物理学科	氏名	多屋 隆紀	指導員	片岡 淳 印
研究題目	粒子線治療オンラインモニター実現に向けた新規コンプトンカメラの最適化				

1. はじめに

粒子線治療とは、光速の約7割に加速した粒子線の Bragg Peak を利用した癌(ガン)の治療法で、他の治療法よりも患者へのダメージが少なく、癌細胞に局所的かつ大きな線量を与えることができるため非常に注目されている。一方で、精度良く照射をしなければ正常細胞にまでダメージを与える危険性があり、画像化により粒子線照射領域の正確かつ定量的なモニタを行うことが今後の治療に求められる課題である。

粒子線治療中には、入射粒子と細胞を構成する原子が衝突する核破砕反応によって陽電子放出核が生成されることで発生する 511keV の対消滅ガンマ線と、核反応によって励起された原子核や粒子線の非弾性散乱由来の即発ガンマ線が発生する。照射領域の確認として、現在は対消滅ガンマ線を対象とした PET (陽電子断層撮影) によるイメージングが主流である。しかしながら PET はリング状の構造のため、一般に粒子線ビームとは共存できない。そこで、治療中にリアルタイムで照射状況のイメージングが可能な「粒子線治療オンラインモニター」の開発が期待されている。中でもコンプトンカメラは、撮像可能なエネルギーレンジが広く、511keV だけでなく様々な核ガンマ線(たとえば 718keV)や連続ガンマ線も併せてイメージングできることで有望視されている。

本研究では、当研究室で環境計測のために開発した現状のコンプトンカメラ(角度分解能 $\sim 8^\circ @ 662\text{keV}$) の粒子線治療オンラインモニター実現に向けた画像評価と新規コンプトンカメラの最適化シミュレーションを行った。

2. 現在のコンプトンカメラの画像評価

現在のコンプトンカメラの画像評価を行うために、国立がん研究センターに於いて陽子線治療後の陽子線治療室の撮影を行った。図1は 511keV のガンマ線を対象とした再構成画像となっている。図より陽子線照射口からガンマ線が発生していることがわかり、陽子線治療室のエリアモニターとして 511keV のガンマ線発生位置を特定することができた。

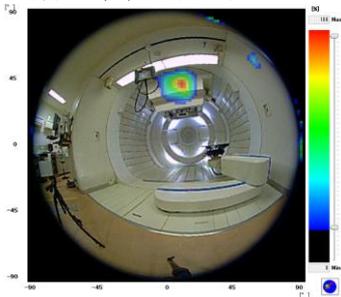


図1. 陽子線治療室の再構成画像(511keV)

また、geant4 シミュレーションを用いて人体を模擬した PMMA ファントムに 200MeV の陽子線を照射し、発生する 511keV と 718keV のガンマ線イメージングを現状のコンプトンカメラの構成で行った。画像再構成には粒子線照射領域のイメージングを見据えた平面射影を採用した。図2、図3にガンマ線の発生位置1次元分布を示し、図4、図5に平面射影による再構成画像を示す。

図より、コンプトンカメラによって 511keV・718keV の2つのガンマ線において、発生位置を反映した粒子線照射領域のイメージングが可能であることがわかった。

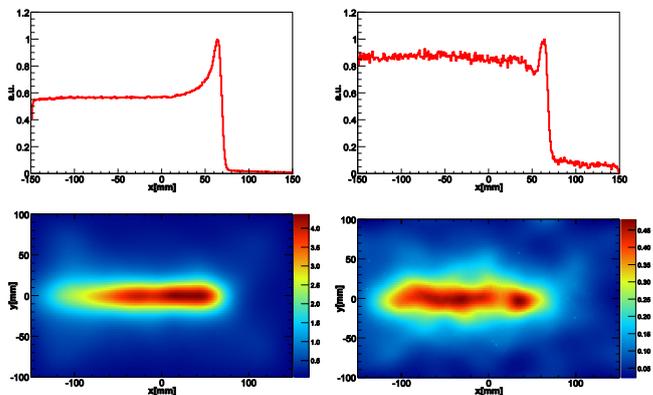


図2.(左上) 陽子線照射時の 511keV 発生位置 1次元分布

図3.(右上) 陽子線照射時の 718keV 発生位置 1次元分布

図4.(左下) 陽子線照射領域の再構成画像(511keV)

図5.(右下) 陽子線照射領域の再構成画像(718keV)

3. 新規コンプトンカメラの最適化

粒子線治療オンラインモニターへの応用を考え、現状のコンプトンカメラから更なる解像度の向上を図るために、511keV・718keV をイメージング対象とした2つの場合において、散乱体のシンチレータのピクセルサイズ、散乱体・吸収体間距離を変化させて新規コンプトンカメラの最適化を行った。図6に 718keV、散乱体ピクセルサイズ 0.5mm の場合の散乱体・吸収体間距離に対する角度分解能を示す。その結果、718keV、散乱体ピクセルサイズ 0.5mm、散乱体・吸収体間距離 50mm のとき、角度分解能は 5.1° となった。

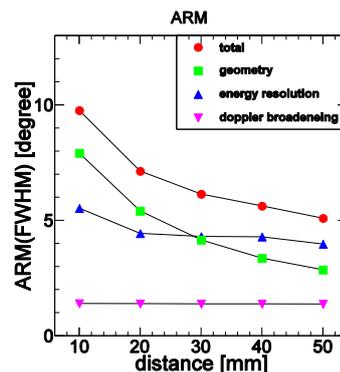


図6. 散乱体・吸収体間距離に対する角度分解能 (718keV、散乱体ピクセルサイズ 0.5mm)

4. まとめと今後

粒子線治療オンラインモニター実現に向けた現状のコンプトンカメラの画像評価と新規コンプトンカメラの最適化シミュレーションを行った。その結果、現状のコンプトンカメラよりも良い角度分解能 ($5.1^\circ @ 718\text{keV}$ ・散乱体ピクセルサイズ 0.5mm・散乱体・吸収体間距離 50mm) が得られた。

今後は、3月に放医研にて現状のコンプトンカメラでの陽子線照射中のイメージング実験を予定している。

5. 参考文献

[1] J. Kataoka et al. "Recent progress of MPPC-based scintillation detectors in high precision X-ray and gamma-ray imaging" (NIM-A, 2015, in press)