

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	物理及応用物理学 専攻	氏名 Name	小出 絢子	指導 教員 Advisor	片岡 淳 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	5316A027-9 CD		
研究題目 Title	粒子線治療オンラインモニタにむけた即発ガンマ線イメージングの実証				

【研究背景・目的】

近年、陽子線や炭素線を腫瘍に照射することで、迅速かつ負担のない治癒を促す粒子線治療が注目されている。線量集中性の高い粒子線は正常組織へのダメージを最小限にすることが期待されるが、一方では精度の高い照射が不可欠である。照射の確認には PET(陽電子断層撮影)装置が広く用いられているが、リング構造のため治療ビームとの共存が難しく、照射中(オンライン)での照視野確認には不向きである。また、陽電子放出核種を生成する核反応と、クーロン相互作用による陽子線の線量分布には関連性が低く、得られる画像も正確性に欠ける。そこで、オンラインで治療ビームと共存し、かつ線量を正確に可視化する手法として即発ガンマ線が注目されている。先行研究によれば、 ^{12}C や ^{16}O 由来の 4.4MeV ガンマ線がブラッグピークを最も良くトレースすることが期待されるが、実機による検証は行われていない。そこで本研究では、粒子線治療オンラインモニタに向けたコンプトンカメラを新たに開発し、人体を模擬したファントムに 70MeV 陽子線を照射した際の 4.4MeV 即発ガンマ線の 2 次元画像化に挑戦した。

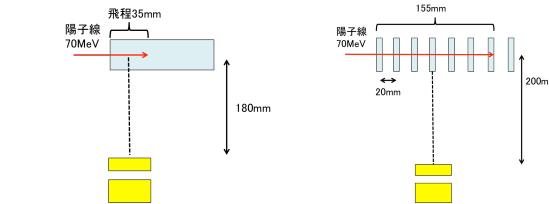


図 2(左) 飛程 35mm の実験概要図 (右) 擬似的に飛程を 155mm に長くした実験概要図

3-5MeV の即発ガンマ線で取得した 2 次元画像と、1 次元の射影プロファイルを図 3 に示す。白いボックスはファントムの存在領域を示し、点線はブラッグピーク的位置を表している。飛程が 3.5cm, 15.5cm どちらの場合もブラッグピーク周辺に正しく収束した画像を得ることができた。15.5cm の飛程ではブラッグピークより数ミリ手前に画像が収束しているが、これは 4.4MeV を生成する核反応と線量空間分布の微妙な差異、またより高いエネルギーからのエスケープガンマ線の混入等による影響と考えられる。

【2 次元画像取得に向けたコンプトンカメラの作成】

まずは 2 次元画像取得のため、新たにコンプトンカメラを製作した。構成を図 1 に示す。散乱体は 2mm 角の GAGG を $20 \times 20 \times 5$ 層、吸収体は $20 \times 20 \times 10$ 層の 3 次元シンチレータを製作した。光センサーは放射線耐性を考慮して MAPMT を使用した。分解能は 1332.5keV で 18.7° (FWHM)である。

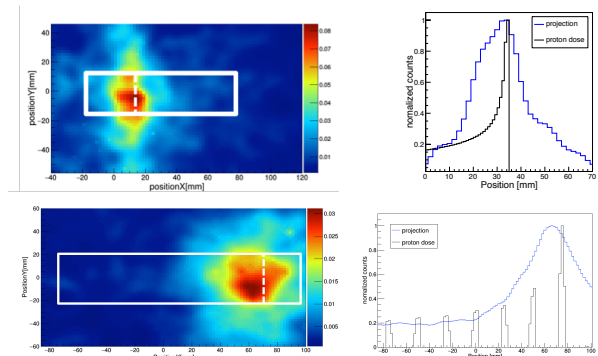


図 3(左上) 3.5cm 飛程での 2 次元画像、(右上) 3.5cm 飛程での 1 次元射影、(左下) 15.5cm 飛程での 2 次元画像、(右下) 15.5cm 飛程での 1 次元射影

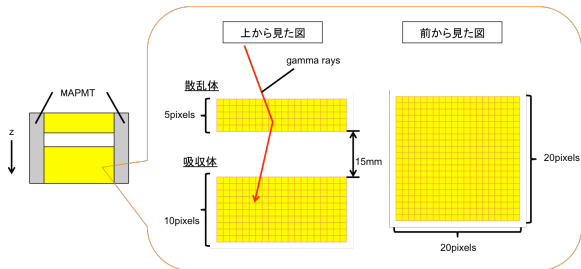


図 1 本論文で新規に製作したコンプトンカメラの構成

【70MeV 陽子線照射時の即発ガンマ線イメージング】

放医研サイクロトロンにおいて、図 2(左) のアクリルファントムに 70MeV, 3pA の陽子線(飛程 3.5cm)を照射し、上記コンプトンカメラを用いた画像の取得を行った。さらに、実際の治療現場で用いられる 200MeV 程度の陽子線を模擬するため、複数の板状アクリルファントム(各 5mm 厚)を図 2(右)のように並べ、擬似的に飛程を 15.5cm まで拡張して同様に画像を取得した。

【まとめ・今後の展望】

新規開発のコンプトンカメラを用いて、70MeV 陽子線照射でアクリルファントムから生ずる 4.4MeV 即発ガンマ線の画像化に成功した。実機でのイメージング成功は世界初の成果である。飛程が 3.5cm, 15.5cm のどちらにおいても画像はブラッグピーク付近に正しく収束されることが確認できた。今後は、実際の治療ビーム下での人体ファントムを用いた実証、また検出器を改良することで、1mm 程度までの高解像度画像取得を目指す。

【研究業績リスト】

- [国際会議(Oral)] A. Koide et al., "Spatially resolved measurement of wideband prompt gamma-ray emission toward on-line monitor for the future proton therapy," NDIP8th(2017), 07554
- [論文] A. Koide et al. (同上), Nucl. Instrum. Methods A, inpress