

# 修士論文概要書

Summary of Master's Thesis

Date of submission: 01 / 10 /2017

専攻名 (専門分野) Department	物理学及 応用物理学	氏名 Name	多屋 隆紀	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	5315A046-7 CD		
研究題目 Title	粒子線治療オンラインモニタに向けた コンプトンカメラ画像再構成の最適化と実機検証				

## 1. 研究背景

粒子線治療は、粒子線が飛程の終端付近でエネルギーを急激に失う特徴(ブラッグ・ピーク)を利用し、腫瘍のみに効率的にダメージを与える先進医療である。精度良い治療を行うためには、治療中(オンライン)に粒子線照射領域の正確かつ定量的な画像化を行うことが理想的であるが、現状は陽電子断層撮影 (PET) を用いた対消滅ガンマ線のオフラインによる確認が主流である。一方で、治療中は511keVに限らず、様々な即発ガンマ線が発生するため、これをリアルタイムで画像化するコンプトンカメラが注目されている。

粒子線治療の中で最も一般的な陽子線治療に使われる治療ビームのエネルギーは約 200 MeV であり、水中で約 25 cm という飛程をもつ。ガンマ線も陽子線の経路に沿って放出されるため、広がった線源に対する再構成画像の定量性が重要となるが、とくにコンプトンカメラを用いた系統的な研究が大きく不足していた。

本研究では粒子線治療中のオンラインモニタ実現にむけ、一次元、二次元方向に広がった一様線源に対する再構成画像の一様性評価を行った。また、評価した定量性をもとに実際の治療現場において人体を模擬したファントムに陽子線を照射した際のガンマ線を画像化できるか実機検証した。

## 2. 再構成画像の一様性の定量評価

コンプトンカメラによる再構成画像の一様性を、一次元・二次元方向に一様な線源を用いて評価した。高崎量子応用研究所において、一次元の評価には約 19 cm の範囲に  $^{137}\text{Cs}$  溶液を入れた線源を、二次元の評価には 100 mm × 100 mm の領域に  $^{137}\text{Cs}$ ・ $^{22}\text{Na}$  溶液を入れた線源を用意し、当研究室のコンプトンカメラを用いて測定した。図 1, 2, 3 にそれぞれの線源に対する再構成画像を示す。得られた画像から、コンプトンカメラ固有の空間分解能の影響によるエッジ部分を差し引いた領域における一様性を表す指標  $\sigma$  を求めた結果、一次元線源では~3%、二次元線源では  $^{137}\text{Cs}$  で~5%、 $^{22}\text{Na}$  でも~5%という結果が得られた。

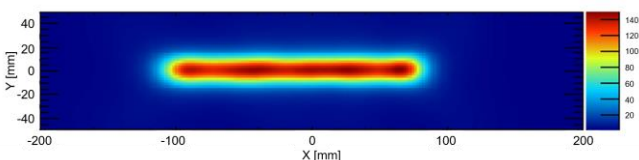


図 1. 一次元線源( $^{137}\text{Cs}$ )の再構成画像

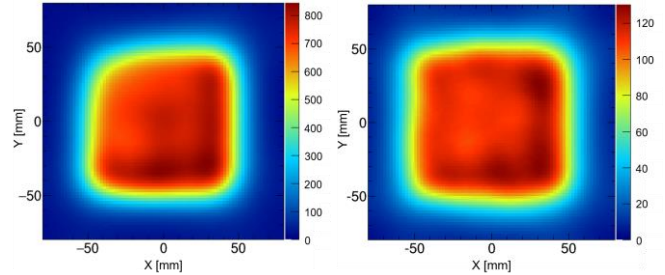


図 2. (左) 二次元線源( $^{137}\text{Cs}$ )の再構成画像  
図 3. (右) 二次元線源( $^{22}\text{Na}$ )の再構成画像

## 3. 陽子線照射中ガンマ線イメージングの実機検証

再構成画像の一様性評価の結果を基に、名古屋陽子線治療センターの治療施設において 200.5 MeV の陽子線をアクリルファントムに照射した際の 511 keV ガンマ線の画像再構成を行った。図 4 に再構成画像の一次元射影とシミュレーションから求めた 511 keV ガンマ線発生分布及び Bragg 曲線と比較したものを示す。この結果から 511 keV ガンマ線が陽子線の経路に沿って放射される分布を良く再現していることがわかり、陽子線照射中のガンマ線イメージングに成功した。

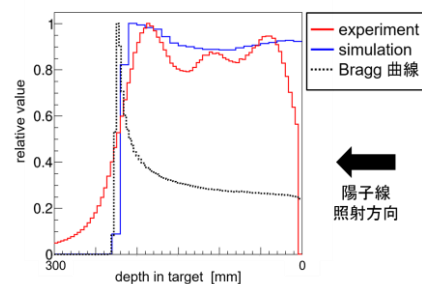


図 4. 511 keV ガンマ線再構成画像の一次元射影

## 4. まとめ

本研究では、広がった線源に対する再構成画像の定量評価を行い、一様性が保証されていることを確認した。また、陽子線照射中のガンマ線イメージングを行い、粒子線治療オンラインモニタへのコンプトンカメラの有用性を示すことが出来た。

### 【研究業績リスト】

- (1) 【講演】 多屋隆紀 他, 「粒子線治療オンラインモニター実現に向けた携帯型コンプトンカメラによるガンマ線イメージング検証」, 第110回日本医学物理学学会学術大会, 0-024.
- (2) 【国際会議(oral)】 T. Taya et al. First demonstration of real-time gamma imaging by using a handheld Compton camera for particle therapy, HSTD10, 45.
- (3) 【論文】 T. Taya et al. (同上), NIM-A, 831 (2016) 355-361.