

# 修士論文概要書

Master's Thesis Summary

Date of submission: 01/10/2023

専攻名 (専門分野) Department	物理学及 応用物理学専攻	氏名 Name	横川 広歩	指導 教員 Advisor	片岡 淳教授 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	5321A074-4 CD		
研究題目 Title	散乱成分を用いた陽子線治療「その場」可視化システムの構築				

## 【研究背景】

陽子線治療は、迅速かつQOL (Quality of Life) が高いがんの治療法として注目を集めている。その高い線量集中性から正常細胞へのダメージを最小限にすることが期待されるが、その反面照射には高い精度が要求される。照射確認として、PETを用いた511keVガンマ線分布のモニタリングが提案されているが、陽電子放出核種の発生分布と実際の線量分布に乖離が大きい点や、装置のサイズ・コストが課題となる。そのほか即発ガンマ線や制動放射を可視化するシステムも提案されているが、治療環境ではパイルアップが発生するなどの課題があり実用には至っていない。

本研究では、照射中の散乱陽子を用いた、全く新しい線量分布推定法を提案する。本システムではコルセット型胴衣に小型シンチレーション検出器を多数配列し、散乱陽子で生ずる電流値をリアルタイムでモニターする(図1)。電流値読出しを採用することで、高レート条件下でのモニタリングが可能になり、同時にシステムの簡易化も実現される。

本研究では原理検証として、はじめにビームに沿った一次元電流値分布の測定を行い、次のステップとして臨床強度ビームでの人型ファントムを用いた電流値分布の取得に挑戦した。

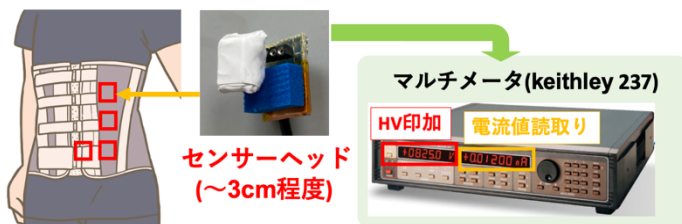


図1 線量可視化システムの概要

## 【一次元電流値分布の測定】

量子科学技術研究開発機構のサイクロトロン棟において70MeV陽子線による照射実験を行った(図2左)。ペンスル形状の陽子線を、スポンジファントムに照射し、ファントム横に一次元的に配置したCsI(Tl)シンチレータと小型MPPCからなるシンチレーション検出器で電流読み出しを行った。

図2(右)に一次元電流値特性の実測結果とGeant4によるシミュレーション結果及びシミュレーションで得られた線量分布を示す。ビーム軸とセンサーまでの距離が6cmの条件での結果を示しており、縦軸は各系列のピーク値をもとに規格化している。実測で得られた特性が高い精度でシミュレーションに類似していることが確認できた。

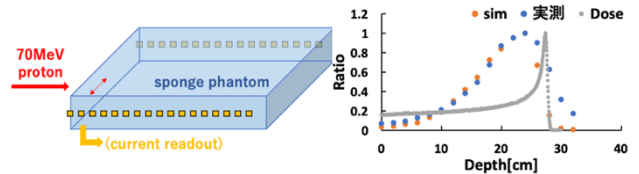


図2 一次元電流値分布測定条件(左)と測定結果(右)

## 【人型ファントムを用いた電流値分布測定】

より臨床に近い条件での検証を行うため、神戸陽子線センターにおいて治療ビームによる人型ファントムを用いた陽子線照射実験を行った。179.5MeVのペンスルビームを照射し、センサーはCsI(Tl)シンチレータを用いた検出器を7個使用した。検出器の位置をずらして複数回データ取得することで、腹側と背側それぞれで体表面上において4cm間隔に配置した計70地点の電流値データを取得した。

図3に得られた腹側の電流値分布(左)とCT画像に基づいた治療計画での線量分布を示す。赤い矢印は陽子線の入射位置を示しており、上が足側となっている。ビーム軸から足側の領域にピークが見られるが、ファントムの下腹部の凹みの影響でセンサーとビームの距離が近いことを反映していると考えられる。

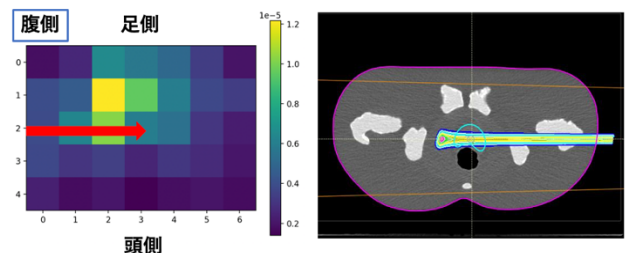


図3 電流値分布測定結果(左)と線量分布(右)

## 【まとめ・今後の展望】

本研究では、全く新しい陽子線治療オンラインモニタのシステムを構築し、一次元配置での実証及び臨床環境における人型ファントムを用いた実証を行なった。今後の展望として、CT値を反映した機械学習モデルを用いて、電流値分布から線量分布推定を行ないたい。

## 【研究業績】

- (1) [講演]横川 広歩 他、「散乱陽子線を用いた「その場」線量可視化システムの提案」第69回応用物理学学会春期学術講演会2022、
- (2) [講演]横川 広歩 他、「散乱陽子線を用いた「その場」線量可視化システムの提案」第124回日本医学物理学学会学術大会、長崎