

卒業論文概要書

Graduation Thesis Summary

Date of submission: 01 / 27 / 2025

所属学科 Department	応用物理学科	氏名 Name	宇野 翔太	学籍番号 Student ID number	1Y21B009-1
研究題目 Title	標的アイソトープ治療における線量評価 へ向けた α 線の3次元飛跡解析			指導教員 Advisor	片岡 淳

【研究背景・目的】

放射線がん治療のうち、標的アイソトープ治療では、近年、 ^{211}At などの α 線放出核種を用いた方法が注目されている。 α 線の飛程は細胞の大きさと同程度と短く、正常細胞の損傷が小さいため、副作用を抑えながら、標的がん細胞への高線量付与が期待されている。

しかし、薬剤が実際にがん細胞に与えた線量を見積もれないという課題点がある。以上の理由から、 α 線放出核種を用いた標的アイソトープ治療に特化した新しい線量評価手法の確立が必要とされている。

標的アイソトープ治療に特化した線量評価手法の1つに放射線の飛跡を可視化する蛍光飛跡検出器(FNTD)を用いた方法がある。FNTD内に記録された α 線の飛跡と細胞を同時に撮像し、可視化することで、薬剤から放出された α 線が個々の細胞に与えたエネルギーを評価することができる。

本研究では、その前段階として、FNTDに ^{241}Am 、 ^{211}At からの α 線や高エネルギーの炭素線を照射したのに関して、飛跡を三次元再構成し、飛程を算出した。また、FNTD内の飛跡に関して、深さごとに蛍光強度や入射方向との角度誤差を算出することにより、検出器としての応答を確認した。

【飛跡の三次元再構成】

^{241}Am からの α 線、290 MeV/uのエネルギーを持つ炭素線をFNTDに対して垂直に照射したのに関して、共焦点レーザー走査型顕微鏡を用いて飛跡を三次元再構成した結果を図1に示す。z軸はFNTD表面からの深さである。どちらもFNTD表面から垂直に伸びる飛跡を再構成することができた。

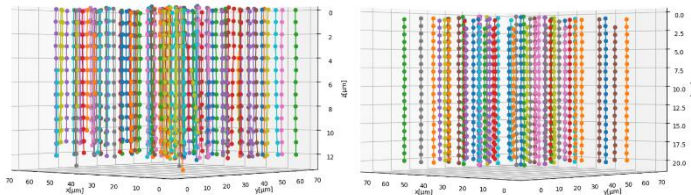


図1 三次元飛跡再構成結果
 ^{241}Am からの α 線(左)、炭素線(右)

次に、 ^{211}At からの α 線をFNTDに対して様々な角度で照射したのに関して、飛跡を三次元再構成した結

果を図2に示す。入射角が垂直でない領域に関しても、飛跡の重なりが少ない深い層から、部分的に再構成することができた。

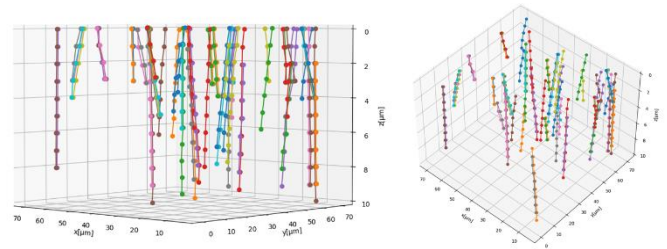


図2 三次元飛跡再構成結果
 ^{211}At からの α 線(左:横から)、炭素線(右:上から)

【蛍光強度の算出】

再構成した飛跡をもとにして、深さごとにスポットの蛍光強度を算出した結果を図3に示す。横軸はFNTD表面からの深さ、縦軸はスポットの蛍光強度である。 ^{241}Am からの α 線に関して、エネルギー損失に対して蛍光強度が非線形になることを確認した。また、単位距離当たりのエネルギー損失が概ね一定となる高エネルギーの炭素線に関しては、粒子が通過した位置ごとに若干のばらつきが生じることを確認した。

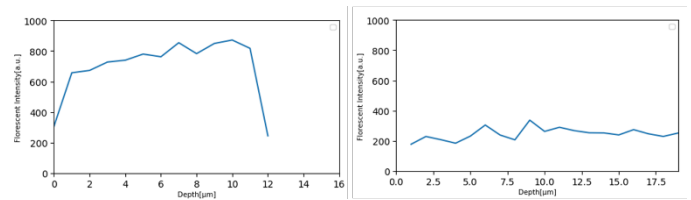


図3 蛍光強度算出結果
 ^{241}Am からの α 線(左)、炭素線(右)

【まとめ・今後の展望】

α 線放出核種を用いた標的アイソトープ治療に特化した新しい線量評価手法確立の前段階として、FNTDに照射した α 線、炭素線飛跡の三次元再構成を行った。また、再構成した各飛跡に関して、蛍光強度の推移を算出することによって、FNTDの応答性能を確認した。

将来的には、FNTD上に α 線薬剤を取り込ませた細胞を培養し、免疫蛍光染色を施す。その後、薬剤から放出される α 線と細胞を同時に可視化することにより、細胞に与えられた線量を見積もることを目指す。