

(西暦) 2017 年度 博士前期課程学位論文要旨

学位論文題名

治療用陽子線の線量分布測定に向けた $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}$ セラミック熱蛍光スラブの
基礎特性に関する研究

学位の種類： 修士 (放射線学)

首都大学東京大学院

人間健康科学研究科 博士前期課程 人間健康科学専攻 放射線科学域

学修番号 16897610

氏名： 佐々木 大地

(指導教員名：眞正 浄光)

陽子線は急峻な線量分布を形成するため治療計画の検証には、高い精度と高い空間分解能が求められる。しかし、現在使用されている電離箱線量計では有感体積が大きく 2 次元線量分布検証には適していない。ラジオクロミックフィルムによる測定では線量変換の手間やコストの面で課題が挙げられる。また、電離箱線量計を除く全ての線量検証ツールは線エネルギー付与 (linear energy transfer ; LET) 依存性を有すると報告されており、現段階では陽子線の 2 次元線量分布検証に適した線量計は開発されていない。また、これまでに熱蛍光特性を利用した陽子線の 2 次元線量分布測定についての報告はない。本研究では、 $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}$ セラミック熱蛍光 (thermoluminescence ; TL) スラブを用いた治療用陽子線の 2 次元線量分布測定に向けて、陽子線に対する基礎特性を調査した。さらに有用性を検討するため、ラジオクロミックフィルムとの比較を行った。

本研究で使用した Al_2O_3 を主成分とする $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}$ セラミック熱蛍光スラブは、80 mm × 80 mm の板状になっており、本研究室で開発した TL 読み取り装置によって、数 μm 単位の TL 分布が取得できる。X 線に対してダイナミックレンジや感度、空間分解能に優れており、X 線イメージングデバイスとして適していることが明らかになっている。また、一度の照射で投与線量とビームプロファイルを同時に取得することが可能であり、熱による劣化はほとんどなく、耐久性に優れ、繰り返し利用可能でありランニングコストが低いなどの利点が挙げられる。

実際に 160 MeV/u の治療用陽子線を照射し、2 次元線量分布測定を行った。その結果、モノエネルギービームにおいては、 $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}$ セラミック TL スラブの測定値と電離箱線量計の測定値がブラッグピークにおいて 4% 以内で一致し、ラジオクロミックフィルムでは約 15% の測定値の低下が見られたことから、 $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}$ セラミック TL スラブはフィルムよりも LET 依存性が小さいことが明らかになった。SOBP ビームではビーム深さ 130 mm 付近までは電離箱線量計と 5% 以内で一致したが、それより深い領域においては過応答を示した。

次に SOBP ビームにおける過応答の原因を明らかにするため、ビーム深さを変化させてグロー曲線の測定を行った。グロー曲線と 2 次元 TL 分布測定の結果は一致し、いずれにも SOBP のピーク終端の過応答が見られたことから、2 次元 TL 測定時に CMOS カメラに入射する TL の角度が場所によって変わる光学的な影響はないと考えられた。また、先行研究で波長 693 nm の TL は LET 依存性が小さく、バンドパスフィルタを用いた測定法が有用であることが報告されているため、バンドパスフィルタを用いて 2 次元線量分布測定を行った。その結果、バンドパスフィルタ未装着時の測定値と比較して電離箱線量計により近

い値を示し、5%以内で一致した。この結果から、バンドパスフィルタを用いた測定法は2次元線量分布測定にも有効であり、LET依存性の小さいTLを用いた2次元線量測定ができる可能性を示した。

今後は、LETとTL効率の関係性を詳しく調査し、治療用陽子線の治療計画検証ツールとして利用できるような開発を進めていきたい。