

学位論文の要旨

Abstract of Thesis

研究科 School	ヘルスシステム統合科学研究科 Graduate School of Interdisciplinary Science and Engineering in Health Systems
専攻 Division	ヘルスシステム統合科学専攻 Division of Interdisciplinary Science and Engineering in Health Systems
学生番号 Student No.	78D21302
氏名 Name	谷本 祐樹

学位論文題目 Title of Thesis（学位論文題目が英語の場合は和訳を付記）

放射線治療品質管理の重要性と標準化に向けた実践に関する研究

学位論文の要旨 Abstract of Thesis

ターゲットから発生した X 線は中心強度が尖った形状を呈した強度分布となる。そのため、放射線治療領域で使用する放射線は、ビームを平坦にするためにフラットニングフィルタが用いられている。しかし、近年フラットニングフィルタを用いないビーム(flattening filter-free beam、FFF beam)を照射するリニアックが普及している。

FFF beam はフラットニングフィルタを用いたビーム（WFF beam）と比較して高線量率での照射が可能であり、また線質の変化により様々な違いが報告されている。その中でも、イオン収集効率が低下するためイオン再結合補正係数（ k_s ）が WFF beam と異なる挙動を示すと言われている。

それらの照射技術の高精度化は、品質管理項目の増加をもたらし品質管理担当者への負担を増加させ、放射線治療関連の事故が複数発生している。当院が所属しているグループでは、有資格者の人数や実施している照射技術などの違いから放射線治療機器の品質管理体制に差が生じている。そこで、グループ内の品質管理体制の均てん化を目的として、自施設の品質管理のデータ解析を他施設で解析し、自施設の結果と照合する相互品質管理体制の構築が必要であると考えた。相互品質管理では通常業務に加えて、他施設のデータの解析を行う必要性が発生するため時間外勤務手当が生じることが想定される。そこで本研究では、様々な条件下での中心軸外における k_s の変化と、それらがビームプロファイルの形状にもたらす影響について明らかにする。また Failure Mode and Effects Analysis（FMEA）を行うことで当グループの潜在的なリスクに最適な相互品質管理方法の決定と有用性を検証する。さらに $FMEA_{cost-eff}$ を算出し、費用対効果を加味した相互品質管理の有用性も検討することである。

まず、中心軸外における k_s は、フラットニングフィルタの有無、エネルギー、照射野サイズ、測定方向、検出器の種類を変化させ、算出された。さらに相対イオン再結合軸外補正係数である $k_{s,rel,off-ax}$ を算出し、測定したビームプロファイルに加算し加算前後をガンマ解析し、影響が検討された。

その結果 FFF と比較し、WFF では k_s の変化が見られなかったことについて、FFF では DPP が大きく変化したことが要因と考えられた。また測定深の変化は k_s の結果に影響を及ぼし、測定深 d_{max} で高値を示すが、中心と辺縁で同様に変化しない。これは深さの変化で DPP は変化し、 d_{max} では高値を示す。しかし、軸外方向において中心部ほど辺縁部では DPP の変化がなかったためと考えられた。この結果は、 k_s の補正を行う際深さごとに k_s を測定する必要があることが示唆された。

ビームプロファイルは、照射野サイズが大きく、さらに d_{max} でガンマ値が悪化した。30×30 cm² 以上の

氏名 Name	谷本 祐樹
------------	-------

照射野サイズでガンマパス率が悪化したため、 $30 \times 30 \text{ cm}^2$ 以上の照射野を測定する際に行う必要があると考えられた。またビームデータ取得の際は、 $k_{s,rel,off-ax}$ を考慮したビームデータを登録する必要があると考えられた。

次に FMEA により潜在的なリスクに対し相互品質管理を行い、相互品質管理実施後再度 FMEA を実施し、前後のリスク分析結果を比較することで相互品質管理のリスク低減における有用性を検証する。また費用対効果を加味した $FMEA_{cost-eff}$ を算出し、費用を考慮した相互品質管理の有用性を検討した。

放射線治療専門放射線技師、医学物理士のいずれかの認定資格を取得した 5 施設、6 人の代表者により、放射線治療機器の品質管理に関する FMEA を行う際に必要なパラメータが定義され、代表者を含む 12 施設 13 名によって FMEA が行われた。その後、FMEA の結果から算出された RPN (Risk Priority Number) の値から相互品質管理項目が決定され、相互品質管理の実施時間から $FMEA_{cost-eff}$ を算出された。

その結果、相互品質管理方法としてモニタ線量計の校正結果の検証シートを作成し、無料解析ソフトである Pylinac と Pymedphys を用いた品質管理、線量プロファイルのガンマ解析について、他施設の有資格者が自施設の分析結果を隠した上で、相互の品質管理を行うこと。さらに、結果をデータベース上に出力し、複数の施設の結果を検証し、自施設の結果と比較することがリスク低減に有用であると明らかになった。それらは、相互品質管理を行うことで有資格者によるダブルチェックが可能になり、人的ミスに対する対策が効果的にとることができたためだと考えられた。またリニアック 1 台当たりの有資格者数が少ないほど、相互品質管理前後の RPN の減少が大きく見られた。これらの結果は、有資格者が少ないほど相互品質管理の導入がリスク低減に効果的であることが示唆された。

相互品質管理に要した時間は、平均 46.6 分 (SD4.4) であった。令和 3 年賃金構造基本統計調査より、ひと月あたり一回実施した場合の費用は 2,053.4 円となった。 $FMEA_{cost-eff}$ は 31.9 円/RPN となった。これらは費用、人材不足の面から実施が困難である施設に対しても、相互品質管理を行うことで安価に良好な効果が得られることが明らかになり、 $FMEA_{cost-eff}$ を用いることでリスク低減に必要な費用が明らかになった。