

別記様式第2号

博士論文概要

2022年 2月 8日

診療放射線学研究科診療放射線学専攻 2018年度入学

氏名 丸山 星 印

研究課題名 X線画像検査における撮影条件の最適化に関する研究

概要

画像診断技術の発展は疾患の早期発見や精度の高い鑑別診断などに貢献し、診療を受ける患者に大きな利益をもたらす。一方、放射線を用いた様々な検査が画像診断に幅広く適用されて検査数が増加したことによって、医療被ばくによる集団線量は増加している。そのため、安全で有効な放射線診療を受けることができるような放射線防護に関する取り組みの重要性が認識され、わが国においても、最適化に向けた様々な取り組みが行われている。

X線画像検査における撮影条件の最適化は、病変が無い症例では正常であると判断でき、病変を含む症例ではその病変を検出できる画質が得られる撮影条件を、最低限の被ばく線量という条件の下で探索することであると考えられる。物理的な画質の良さ

(概要続き)

と病変検出能は必ずしも相関するわけではないが、最適化のプロセスにおいては、特定の診断タスクごとに求められる画質に対して、使用するシステムの性能が合致しているかを物理的な画質特性をもとに評価することが重要である。つまり、イメージングシステムの物理的な特性を定量的に把握することが最適化の基本となる。しかし、様々な要因が画質に影響するだけでなく、どのような撮影でどのような被写体を対象とするかによっても必要な画質は変化するため、多くの研究者が線量あるいは撮影条件と画質の関係に着目して様々な方法で検討を行っている。そして、X線画像検査に関連するものだけでもその取り組みは非常に多岐にわたる。

このように、最適化のプロセスは単純ではないが、様々な選択肢の中から取捨選択して目的に応じた必要な方法を実行し、その取り組みの結果として、より少ない線量で求められる診断的画質を取得することができれば最適化は推進される。また、最適化に積極的に取り組むことは、放射線診療に携わる医療従事者である診療放射線技師が担う役割であり、果たすべき責務であると考えられる。

本研究では、撮影条件を検討する段階や撮影対象が異なる二つの主題に焦点を絞って、最適化のための新しい手法・評価指標を提案し、それらの妥当性や有用性について検証を行った上で、最適化の取り組みにどのように組み込むことができるかを検討した。

まず、マンモグラフィにおける被ばく線量の最適化という観点から、ノイズ因子解析に基づく線量指標を提案し、この指標を適切な定量的基準として使用できるかについて

(概要続き)

検証を行った。その結果、画像に含まれるポアソン性ノイズの含有割合が大きく変化する撮影線量を特定することが重要であり、この含有割合の変曲点が線量決定における一指標になりうることが示唆された。これは、撮影線量がこの基準を下回ると量子ノイズ以外のノイズ因子の影響が強くなり、有効な線量低減を実現できないことを意味している。最終的な撮影条件を決定するためには、臨床条件下での視覚的な評価に基づいた客観的な根拠が必要になるが、撮影線量の下限の目安を提供するという考えは線量最適化にとって有益であると考えられる。以上から、提案指標は簡便に測定することができ、さらに、その他の一般撮影等の X 線画像検査にも適用が可能であることから、線量決定のための定量的な指標として撮影線量の最適化に貢献することが期待できる。

次に、グリッド使用に関する最適化という観点から、グリッドがもつ散乱線除去の特性を表現するための新しい評価指標として、空間周波数の関数である modulation transfer function (MTF) improvement factor ($MIF_G(u)$)を提案し、異なる幾何学的特性をもつグリッドの $MIF_G(u)$ を測定することで、提案指標の妥当性と有用性について検証を行った。その結果、 $MIF_G(u)$ が表現するグリッドの画質改善効果は撮影条件やグリッドの種類によって異なり、低空間周波数領域で急激に増加した後、最大値となり、その後、一定値へと変化するものであった。X 線画像形成に対する散乱線の影響とグリッドの役割を踏まえると、 $MIF_G(u)$ はグリッドの性能評価指標として有用であることが示唆された。さらに、 $MIF_G(u)$ の最大値に着目したグリッドの選択や撮影条件の決定ができる可能性があることを示した。また、グリッド使用の有無によるノイズ特性の変化の

(概要続き)

情報を $MIF_G(u)$ に付加することで、より包括的な指標として使用できることが明らかとなった。以上から、 $MIF_G(u)$ によって特徴づけられるグリッドの性能の空間周波数特性を活用することで、グリッド使用時の撮影条件最適化に貢献できる可能性が示された。今後、画質特性の測定方法についての検証をさらに進めることで、信頼性と利便性の高い指標となることが期待できる。

以上より、提案した二つの方法は最適化のための取り組みに適用できることが示唆され、本研究で得られた知見によって、最適化がより推進される可能性があることを示した。

最終試験の結果の要旨

令和4年2月18日

研究審査委員会

審査委員長 小倉 敏裕

審査委員 上原 真澄

審査委員 長島 宏幸

審査委員 川下 郁生 (外部審査委員)

研究課題名 「X線画像検査における撮影条件の最適化に関する研究」

所属・氏名 診療放射線学研究科診療放射線学専攻 博士後期課程 丸山 星

令和3年11月19日(金)に提出された博士論文に関し、令和4年12月15日(水)の第1回審査委員会において博士論文審査の要旨で記した点を修正するよう指導した。その結果、令和4年1月13日(木)に提出された修正版の博士論文において、指摘事項が適切に修正されていることが令和4年1月28日(金)までに確認された。

提出された博士論文は、研究背景をはじめ、目的、考案手法およびその評価方法、結果、考察、結論、本論文の利点について詳細に記述されている。また、研究内容に関する信頼性が担保され、信頼性、新規性、臨床に対する有用性が記されている。

公聴会終了後に実施した審査委員会(最終試験)において、審査委員による質疑応答の結果、今まで長きにわたって議論され続けてきたX線画像検査における撮影条件の最適化に関する研究に新たな一歩を踏み出したことが確認できた。

本論文の研究内容は画像診断を行う上において、高い精度でX線画像検査における撮影条件の最適化を行うことができ、患者に最適な画質でかつ被曝を可能な限り抑えるという利益をもたらすと考えられる。

今後はさらに研究を進め、学会活動、論文発表によって、得られた知見を多くの診療放射線技師に知らせ、高い精度でX線画像検査における撮影条件の最適化知識、技術を広めるよう努力していただきたい。本論文の研究成果は、合理的な最適化プロセスを体系的に構築するための取り組みの一助となることが期待できる。

以上、本論文は信頼性、新規性、有用性を有するものと評価し、本博士論文を審査委員4名の合意を持って、最終試験を合格と判定した。