

氏名（本籍）	田子谷 佳加（福島県）
学位の種類	博士（保健医療科学）
学位記番号	博甲第45号
学位授与年月日	令和5年3月14日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	保健医療科学研究科
学位論文題目	デジタルブレストトモシンセシス(Digital Breast Tomosynthesis((DBT))における臨床的有効性の検討 - 再構成間隔 0.5mm, 再構成 2D 画像の有用性 -

学位審査委員

主査	茨城県立医療大学教授	博士（理学）	阿部 慎司
副査	茨城県立医療大学教授	看護学修士	吉良 淳子
副査	茨城県立医療大学准教授	博士（医学）	石森 佳幸
審査員	東京都立大学准教授	博士（工学）	関根 紀夫

論文の内容の要旨

日本人女性における乳がんの死亡数・罹患数は増加傾向を示しているが、一方で、乳がんは早期に発見できれば5年生存率90%以上という疾患である。このため、乳がんの早期発見は重要な課題となっており、日本においては、40歳以上の女性に対して、2年に1回のマンモグラフィ検診が推奨されている。乳腺疾患の画像診断において標準的な検査手法であるマンモグラフィは、乳がんの死亡を減少させる効果が証明されている唯一の検査方法であるが、その患部検出能は乳腺量に大きく依存し、乳腺濃度が高くなるに従って著しく低下していくと言われている。この問題を解決する手段として、デジタルブレストトモシンセシス（DBT）やDBT撮影で得られたProjection画像から作成される2次元再構成画像(synthesized 2D mammography: s2D)が注目されている。現在、DBT撮影は従来の2D撮影に追加する形で行われているため、DBT追加による被ばく線量の増加が懸念される。これを解決する方法として、DBT撮影で得られたデータから従来の2D画像同様のs2Dを作成する技術も進んでいる。s2Dが従来の2D画像の代用となれば、2D撮影を省略することができ、被ばく線量低減につながる。しかし、このDBTやs2D画像は、振角やX線照射回数(データ収集枚数)、画像再構成アルゴリズムが画質を左右する重要な要素となり、各メーカーによって方式が異なるため、それぞれに有用性の検証が必要となる。たとえば、GE社製乳房用X線診断装置 Senographe Pristina に搭載されているDBTは特徴である再構成間隔0.5mm Plane画像を作成することができる点において、他メーカーに比べ特徴的なモダリティではあるが、ファントム等を用いた物理的

有用性に関する検証も臨床的有効性における検証もなされていない。また s2D 画像の有用性についても、ファントム等を用いた物理的指標に基づく検証が十分には行われていない。

本研究では、再構成間隔 0.5 mm Plane 画像を作成することができる Senographe Pristina に搭載されている DBT について、物理的画質特性であるコントラスト、解像度、粒状性、分解能(高さ方向)、信号検出像と s2D 画像における有用性について検証を行ったものである。幾つかの画質指標については、DBT 画像が優れている結果が得られたことから、従来の 2D マンモグラフィに比べ、DBT は臨床的有効性の高いシステムであると言える。

本論文の要旨は以下の通りである。

研究の目的は、再構成間隔 0.5 mm Plane 画像が再構成可能な GE 社製乳房用 X 線診断装置 Senographe Pristina の DBT について、画質特性に関する物理的評価と視覚的評価により、従来の 2D マンモグラフィに比べその有用性を検討し、その臨床的有効性を検討することである。

この課題を解決するための具体的な研究方法は、European Organization for Quality-Assured Breast Screening and Diagnostic Services (EUREF)、International Electrotechnical Commission (IEC)、American College of Radiology (ACR) の品質管理プロトコル、デジタルマンモグラフィ品質管理マニュアルを用いて、2D と DBT 撮影における線量の比較、再構成間隔 0.5 mm 画像と再構成間隔 1.0 mm 画像との画質特性に関する比較、s2D 画像と従来の 2D 画像との画質特性に関する比較を行っている。

結果および考察として、本システムの DBT 撮影は、2D と同等の管電流時間積 (mAs)、平均乳腺線量(AGD)で行うことができ、また、AGD は、2D、DBT とともに各圧迫乳房厚で EUREF の基準値を下回っており、PMMA 厚 40 mm では DRLs に対して約 50%低い値を達成できることを報告している。再構成間隔 0.5 mm 画像においては、再構成間隔 1.0 mm 画像と比較して、平面(X-Y)に関しては、SDNR、MTF、NNPS、IQFinv すべてにおいて優位な差はみられないが、高さ方向(Z 軸方向)に関しては、再構成間隔 0.5 mm 画像において石灰化試料では優位にボケが少なく真の大きさに近い値を示したことから、再構成間隔 0.5 mm 画像は再構成間隔 1.0 mm に比べて有用性が高いことを報告している。さらに、DBT 撮影で得られた Projection 画像を基にワークステーションで作成した s2D 画像においては、SDNR は 2D より高く、コントラストや粒状性を含む総合画質を定量化した指標である IQFinv では 2D と同等を示したことから、s2D を 2D の代替として使用することの可能性も報告している。

本研究では、GE 社製乳房用 X 線診断装置 Senographe Pristina に搭載されている DBT で得られる再構成間隔 0.5 mm 画像において、一般的な再構成間隔 1.0 mm 画像と比較した場合の有用性について検証を行い、DBT の特徴である高さ方向(Z 軸)に関しては、再構成間隔 0.5 mm 画像における優位性を報告している。さらに、DBT 撮影で得られた Projection 画像を基に作成した s2D 画像の有用性についても検討を行い、SDNR、IQFinv では 2D と同等であり、s2D を 2D の代替として使用することにより、現行のマンモグラフィ検査と同様の線量で、より感度の高い検査が可能になることも報告している。

審査の結果の要旨

令和5年2月1日、主査ならびに副査2名、外部審査員1名の計4名の審査委員全員出席のもと、提出された論文に対し公開で研究発表と質疑応答を行い審査した。審査は本研究科の指針に従い、創造性・新規性、論理性、信頼性・妥当性、専門領域の関連性、論文の表現力、倫理的配慮の観点から協議された。以下にその内容を示す。

本研究は、高濃度乳腺の乳がん検出精度向上が期待されているデジタルブレストトモシンセシス(DBT)について、その装置性能評価に取り組んだ点に新規性が認められる。

本研究で用いた解像力特性に関する物理的画質評価法は、線形な画像システムで適用できる手法ではあるが、幾つかの物理的画質指標はDBTの有効性を示しており専門領域において価値ある知見である。したがって、本研究で対象としたDTBは、非線形な逐次近似法に基づく再構成画像ではあるが、貢献度やインパクトは認められる。

論理性については、研究のデザイン、研究手法などは適切に設定され、論理的に研究が進められている。また、先行研究の知見を踏まえて、研究結果に対する論理的な説明と考察がなされている。

信頼性・妥当性については、非線形なシステムにおいては、必ずしも画質評価法は確立されていないことを踏まえれば、本研究のリミテーションを踏まえた上で、従来の方法を用いており、研究の客観性、妥当性は概ね担保されている。

論文の表現力については、文章表現や図表は適切で、得られた結果の制限等を含め概ね説明できている。

倫理的配慮については、本研究はファントムによる実験であり、倫理的配慮は必要ない。

以上により、本研究は、DBT撮影における撮影条件・被ばく線量に関する検討と画質特性に基づく再構成間隔0.5 mm Plane画像の有用性に関する検討を行い、DBTの特徴である高さ方向(Z軸)に関しては、再構成間隔0.5 mm画像における有用性を示したものである。さらに、DBT撮影で得られたProjection画像を基にワークステーションで作成したs2D画像の有用性についても検討を行、2Dの代替として使用することにより、現行のマンモグラフィ検査と同様の線量で、より感度が高い検査が可能となることから、s2Dの臨床的有効性を示したものであり、高く評価できる。今後の発展性も期待できる研究であると評価され、審査員全員の合意のもとに、博士論文として十分な内容であり、合格に相当すると判断した。