

(西暦) 2022年度 博士前期課程学位論文要旨

学位論文題名

デジタルブレストトモシンセシス性能評価用シミュレーション
ファントムを用いた画像再構成法の比較

学位の種類：修士 (放射線学)

東京都立大学大学院

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： 21897701

氏名： 飯田 なな海

(指導教員名： 乳井 嘉之)

近年、デジタルブレストトモシンセシス (Digital Breast Tomosynthesis : DBT) は、乳腺の重なりを軽減し、従来の2D撮影では抽出が困難であった高濃度乳房にも対応できる利点から診療における有用性が示され、乳房検査の一手法として不可欠なものとなっている。DBTに対応した装置は各医療機器メーカーによって独自のシステムを有し、X線管の振り角、投影方向数、SID等システムの構成が多岐にわたる。また、画像再構成法においても各メーカー独自の手法が採用されており、実際にどのような画像再構成法が適用されているか明らかにされていない。そこで本研究では、画質の視覚的評価および物理的評価を行うことができるTomophan TSP004ファントムの数値ファントムを作成して、異なるジオメトリからDBTの画像再構成に関する理解および各画像再構成法の特徴を把握し最適な画像再構成法を見出すことが目的である。

EUREF (European Reference Organization for Quality Assured Breast Screening and Diagnosis Services) が公開している“Protocol for the Quality Control of the Physical and Technical Aspects of Digital Breast Tomosynthesis Systems.”をもとに、装置のジオメトリを設定して各画像再構成法の比較を行った。画像再構成法は一般的に論文として公開されている代数的手法や統計的手法を用いて画像再構成法の比較検討を行った。また本研究では品質管理用ファントムとして米国等で検討されている Tomophan TSP004ファントムを評価用ファントムとした。

Tomophan TSP004 Phantom Product Guideを参考に数値ファントムを作成してシミュレーションを行った。作成した数値ファントムはデータサイズが1024×615×128 voxelsで、半円柱型のファントム内に低コントラスト評価用の直径の異なる9個の球 (0.8, 1, 1.5, 2, 3, 4, 6, 8, 10 mm)、スライス幅を評価するために、等間隔 (2 mm間隔) でランプ状に直径0.18 mmの小球を82個設置し、さらに胸壁欠損を評価するために幅が2 mmの12段のステップをファントム内に配置した。

シミュレーションは2種類のモデルで行った。Model A は、SID が 656 mm、検出器表面から回転中心までの距離が 45.8 mm、そして、投影角が 50 度 (-25 度~+25 度) で 2 度毎に収集を行い、25 方向の投影データを収集した。Model B は、SID が 650 mm、検出器表面から回転中心までの距離が 46.0 mm、そして、投影角が 15 度 (-7.5 度~+7.5 度) で 1 度毎に収集を行い、15 方向の投影データを収集した。画像再構成法は FBP 法、ML-EM 法、MAP-EM 法、SART 法、そして SIRT 法の 5 種類を適用した。また、投影データにポアソンノイズを付加し、雑音成分の影響について検討した。各再構成画像の NMSE、PSNR、SSIM を算出し比較評価も行った。

結果より、SART 法は反復計算回数を早い段階で打ち切るのであれば NMSE が一番早い収束傾向を示すが、雑音成分のある系では急激な発散傾向を示した。また、MAP-EM 法は雑音成分の影響には強い再構成アルゴリズムであるが、注目画素近傍に対して事前確率を適用することにより、急激な画素値の変化を雑音成分と誤認識して打ち消してしまう危険性がある。このためマンモグラフィのように微細構造を有する石灰化病変を検出しなければならない場合には、パラメータ（事前確率の項）の見直しが必要であることが分かった。

今回適用した画像再構成法の中では、ML-EM 法および SIRT 法が雑音成分がある系であっても比較的安定な収束傾向を示した。また、投影角度については、振り角が小さい場合には反復計算回数を早い段階（10 回程度）で打ち切る必要があることが分かった。

第 6 章および第 7 章の結果より、均一性、CNR そして Z 軸方向の位置精度の結果から DBT の画像再構成法として、ML-EM 法および SIRT 法が適していることを明らかにした。