

令和8年3月12日

報道機関 各位

国立大学法人電気通信大学

「高密度乳房」に潜むがんを見逃さない！ 痛くない・安全なマイクロ波で乳がん診断を劇的に進化させる新技術を 開発

【ポイント】

* デンスブレスト（高密度乳房）への挑戦

：日本人女性に多い、従来の手法ではがんが見つげにくいとされる乳腺密度が高い「高密度乳房」でも、正確に腫瘍を特定できる新アルゴリズムを開発。

* 高精度な「デジタル化」に成功

：「背景更新型コントラストソースインバージョン法（BU-CSI）」により、がん組織と乳腺組織のわずかな電氣的性質の違い（複素誘電率）を高精度に識別します。

* 安全性と利便性の両立

：被ばくや痛みがなく、装置の小型化・低価格化も期待できるマイクロ波イメージングの社会実装を大きく手繰り寄せました。

【概要】

電気通信大学大学院情報理工学研究科情報・ネットワーク工学専攻博士前期課程2年（2024年度修了）の中嶋睦月氏、同専攻朱沛賢助教、同専攻木寺正平教授の研究グループは、マイクロ波を用いて乳がんを正確に診断するための新しい画像再構成アルゴリズムを開発しました。現在の主流であるマンモグラフィ（X線）は痛みを伴い、特に「デンスブレスト」と呼ばれる乳腺密度が高い高密度乳房を持つ女性では、がんと乳腺の識別が難しいという課題があります。木寺教授らは、マイクロ波散乱の非線形性に起因する問題（内部の多重散乱等）を、「背景情報を逐次更新する」という独自の手法で解析。これにより、これまで計算が非常に困難だった「正常な乳腺組織」と「がん組織」のわずかな電氣的特性（複素誘電率）の違いを、高精度かつ定量的に可視化することに成功しました。

【背景】

乳がんは世界中の女性で最も多いがんであり、早期発見が生存率を左右します。しかし、従来のマンモグラフィは放射線被ばくや検査時の強い痛みがある上、日本人女性の約8割が該当する「高密度乳房」ではがんの検出率が低下するという弱点があります。これに代わる手法として、非電離放射線で安全な「マイクロ波イメージング」が注目されていますが、乳腺組織とがん組織の電波に対する性質が似ているため、これまでは画像が不鮮明になりやすいという数学的な壁（非線形性の問題）がありました。

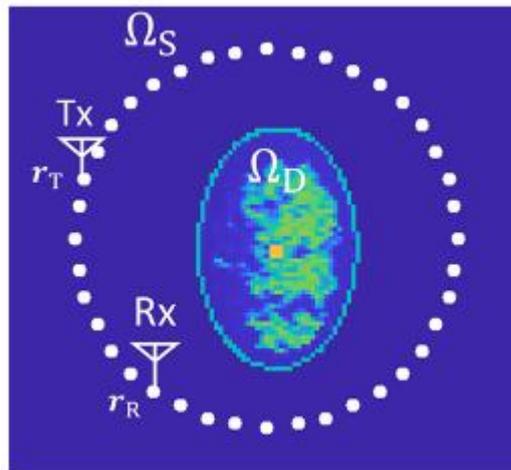


図1：乳がん検出におけるマイクロ波イメージングの概念図

Tx は送信素子、Rx は受信素子を示す。内部のオレンジ部分が癌組織、周囲の緑色部分が乳腺組織を示す。従来の手法では、乳腺組織からの反射が強く、内部の癌の応答との識別が困難だった。

【手法】

研究グループは、「背景更新型コントラスト源反転法 (BU-CSI : Background Updating Contrast Source Inversion)」という画像化法を新たに提案しました。従来の画像化法では、乳房の中を「均一な媒質」として扱って計算を開始するため、複雑な乳腺構造の場合では計算が整合せず、画像化精度が劣化してしまいます。今回の新手法では、従来の画像化で得られる画像化結果を「背景情報」として次の計算にフィードバックして更新し続ける仕組みを取り入れました。これにより、複雑な乳房内部の状態を正確に反映した状態で、がん組織特有の「複素誘電率 (電気の蓄えやすさと通りにくさ)」を抽出することが可能になりました。

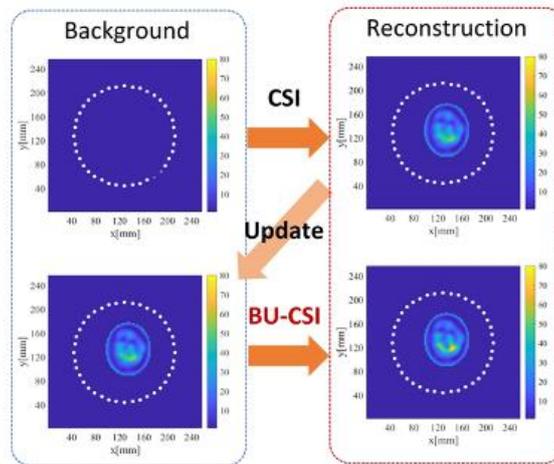


図2：提案手法 (BU-CSI) のアルゴリズム処理フロー

従来法による初期推定値を元に、背景となる乳腺組織の情報を段階的に更新していく。このステップを踏むことで、数学的な「非線形性」の影響を抑え、癌組織の画像化精度を高める。

【成果】

シミュレーションの結果、提案手法は特に高密度乳腺モデルにおいて、従来の標準的な手法 (MF-CSI 等) と比較して、がん組織の特定精度が飛躍的に向上することが確認されました。特に、各組織の電氣的性質を示す「誘電率」の実部 (電気の蓄えやすさ) において、乳腺と識別できるレベルで正確に再現できています。また癌が存在しない場合では、乳腺と同程度の誘電率を推定しており、いわゆる偽陽性を抑えることもできることがわかります。また、膨大な計算時間を要する「順解法 (FDTD 法など)」を繰り返す必要がないため、計算コストを低く抑えつつ高精度化を実現した点が画期的です。

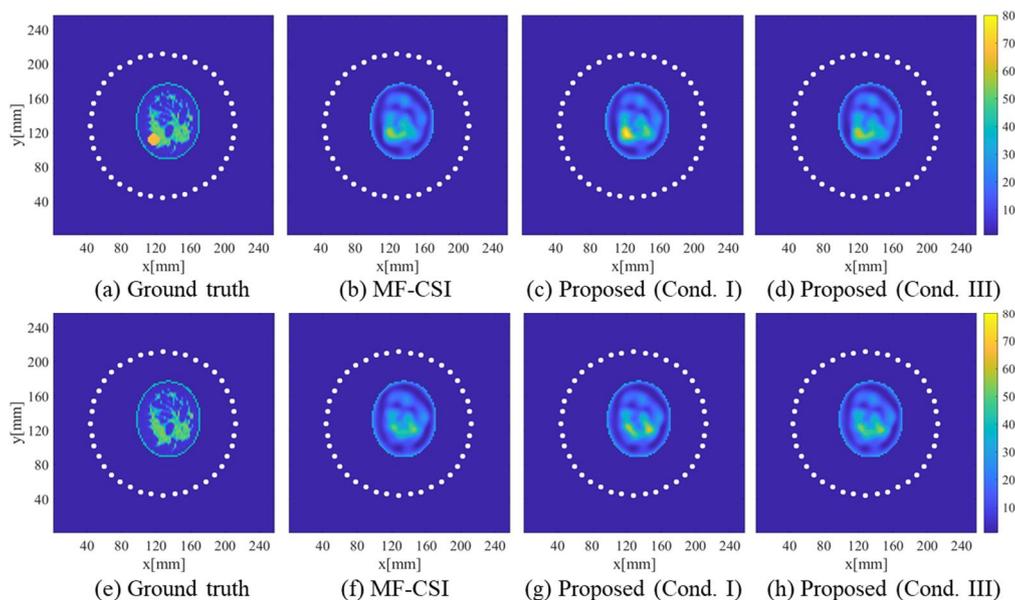


図 3：高密度乳腺モデルにおける再構成結果の比較

上段：癌がある場合、下段：癌がない場合

(a) 真値、(b) 従来手法、(c) 提案法（条件 1）、(d) 提案法（条件 2）。

癌有において、提案手法（右側）では、従来手法で再現できなかった左下のがん組織が乳腺組織（緑）より、高いオレンジ色（高誘電率）として描出されていることがわかる。

【今後の期待】

本技術は、将来的に病院のベッドサイドや検診車、さらには家庭でのセルフチェックを可能にするポータブルな乳がん検診装置のコア技術になることが期待されます。また高頻度計測を可能とするため、観測データの時間差分を用いることで、より高精度な診断が可能になると考えられます。

【具体的な活用シーン】

デンスブレスト検診の標準化

：X 線では判断が難しい高密度乳腺の女性に対し、マイクロ波による二次検査を行うことで、見逃しを最小限に抑えます。

治療のモニタリング

：被ばくがないため、化学療法中の腫瘍の縮小具合を、毎日あるいは毎週といった高い頻度で安全に観察することができます。

乳幼児・妊婦への適用

：放射線を使わないため、妊娠中の方や若い世代でも安心して定期的なチェックが可能になります。

（論文情報）

タイトル：High-Contrast Complex Permittivity Reconstruction With Background Updating
Contrast Source Inversion for Microwave Breast Cancer Diagnosis

著者：Mutsuki Nakajima, Peixian Zhu, and Shouhei Kidera

掲載誌：IEEE Transactions on Antennas and Propagation

DOI：10.1109/TAP.2025.3636185

（外部資金情報）

日本学術振興会（JSPS）科学研究費助成事業 基盤研究（B）「マイクロ波乳癌診断及び治療のためのレーダとトモグラフィの双方向画像解析法」（23H01418）

公益財団法人 旭硝子財団 若手研究継続助成

【連絡先】

<研究内容に関すること>

電気通信大学大学院情報理工学研究科情報・ネットワーク工学専攻

【職名】教授

【氏名】木寺 正平

Tel : 042-443-5186 E-Mail : kidera@uec.ac.jp

<報道に関すること>

電気通信大学総務部総務企画課広報係

Tel : 042-443-5019 Fax : 042-443-5887

E-Mail : kouhou-k@office.uec.ac.jp