

6. マイクロ波マンモグラフィの機器開発と臨床研究の現状

高尾信太郎*¹ / 木村建次郎*^{2, 3} / 稲垣 明里*³ / 木村 憲明*³
 國久 智成*⁴ / 谷野 裕一*⁴ / 山神 和彦*⁵

*1 兵庫県立がんセンター乳癌外科 *2 神戸大学数理・データサイエンスセンター

*3 株式会社 Integral Geometry Science *4 神戸大学医学部附属病院乳腺内分泌外科 *5 神鋼記念病院乳腺科

マイクロ波マンモグラフィ 開発の背景

国立がん研究センターがん対策情報センターの「がん統計予測」によれば、2020年の本邦乳がん罹患数は9万2300人、乳がん死亡数は1万5500人となっており、がん種別女性がん罹患数、死亡数のそれぞれ1位、4位を占め、いずれも増加の一途をたどっている¹⁾。すなわち、日本人女性9人に1人が乳がんになる時代となり、乳がん検診のあり方が見直される必要性が出てきた。現行の乳がん検診では、主にX線マンモグラフィが推奨機器として世界的に使用され、乳がんの定期検診と早期発見による治療が、乳がん死亡率を著しく低減させることが、すでに明らかとなっている。マンモグラフィの欠点としては、検査時に乳房を挟み込むことで受診者が痛みを自覚すること、そして、放射線を用いるため被ばくのリスクがあることである。また、アジア人に多い乳腺濃度の高い高濃度乳房では、非高濃度乳房に比べ乳がん検出が困難となる問題を抱えている。

これらの課題を解決する機器として、現在、マイクロ波を用いたマンモグラフィの実現に向けて、世界的な開発競争が過熱化している。マイクロ波の場合、X線の遮断要因となる乳腺濃度の高低によらず乳房深部に伝搬し、マイクロ波ががん組織にて大きく反射する。その波紋が表面に伝搬することが、マイクロ波と乳房

の電磁物性論的特徴によって原理的に説明されるが、これまで世界の数多くのグループがマイクロ波マンモグラフィの実現に失敗した2つの原因が、「波動散乱の逆問題」と言われる再構成の問題と、高分解能=超広帯域(UWB)アンテナの性能の問題である。前者は、著しいマイクロ波の散乱からいかに散乱体であるがん組織の構造を明瞭に可視化するかで、これは応用数学史上の未解決問題と言われていた。後者は、ミリスケール以下の空間分解能を達成するための超広帯域アンテナの実現で、世界のレーダー技術者の数多くはほぼ実現不可能とみなしていた。

われわれ神戸大学研究グループでは、数十年の取り組みの結果、「波動散乱の逆問題」を解決することに世界で初めて成功したことに加え、欧米・アジアの超最先端半導体関連メーカーの支援を得て、本研究グループが約20GHzの世界最高性能の超広帯域レーダーを実現した。これにより、革新的な非破壊イメージング技術が実現され、マイクロ波マンモグラフィ実用機が完成し、本報告における臨床研究成果の礎となっている。

マイクロ波マンモグラフィの原理と特長

1. マイクロ波マンモグラフィの原理

神戸大学研究グループ代表である神

戸大学数理・データサイエンスセンター木村建次郎教授が、マイクロ波マンモグラフィの技術と研究・開発の動向について、本誌で詳細な発表をされている²⁾ので、詳細はそちらを参考にさせていただきたい。以下に、簡単に解説する。

組織ごとのH₂O分子含有量によって比誘電率が異なるため、その界面によってマイクロ波の反射が発生する。マイクロ波マンモグラフィは、複雑に四方八方に散乱したマイクロ波の波紋を計測し、この波紋から“複雑に絡まったひもをほどこように”数学的に解析し、一度の計測で乳房全体の比誘電率(水分子密度勾配分布)に関する三次元画像を計測する機器である^{3), 4)}。乳がんと正常乳腺組織の比誘電率の差が大きいと、乳房全体の三次元画像では、異常部位と正常部位における画像のコントラストが、ほかのモダリティに比べて原理的に鮮明に描出可能となることが説明される(図1)。これにより読影が容易となり、また、近年では統計的データ処理、俗的にはAI画像判定技術においても非常に質の良い教師データとなる。

2. マイクロ波マンモグラフィの特長

マイクロ波マンモグラフィの特長および利点は、次の2点である。

(1) 高い安全性と生体への影響の小ささ
 1つ目は、患者および術者への影響がきわめて小さいことである。本機器では、放射線を使用しないため、被ばくの恐れ