

G-005

乳腺超音波装置用精度管理ファントムの自動解析ツールの開発 Development of Automated Analysis Tool of Accuracy Control Phantom for Breast Ultrasound System

山根 祐輔[†], 神谷 直希[†], 篠原 範充[‡]
Yusuke Yamane Naoki Kamiya Norimitsu Shinohara

1. はじめに

乳がんは日本人女性にとって最も罹患率の高いがんであるが、早期発見による治療効果も高いため、乳がん検診などによる早期発見が求められる。乳がん検診には大きく分けて、マンモグラフィによるものと超音波による検査方法が主流である。マンモグラフィ検診では、石灰化病変や微小な腫瘍の発見に向いているが、日本人女性に多いデンスブレストに対する感度が低い特性がある。一方、超音波検診では、マンモグラフィ検診と比較し、微小な病変の発見には弱い、腫瘍性病変やデンスブレストに強く、リアルタイム診断が可能という特性がある。そのため、マンモグラフィと超音波を検診に併用することにより、検診の質の向上が可能と考えられる。しかし、マンモグラフィ検診では、その有用性が示されており、装置の精度管理法が確立されているが、超音波検診の有用性は検証が進められている最中である。加えて、超音波装置の定量的な精度管理法は現時点でスタンダードな手法が定められていない。現状では、精度管理用のファントムを超音波診断装置で撮影し、得られた画像を目視により評価を行っている。そのため、精度管理の定量化を実現するために、撮影されたファントム画像を解析し、超音波診断装置の撮影能を数値化し、理想値との誤差を客観的に評価することが求められる。

本研究では、精度管理ファントムのうち cyst と呼ばれる模擬のう胞および、mass を対象とする。cyst は 4 種類の直径の異なる無エコーターゲットであり、空間分解能と形状の定量的な評価の実現を目的とする。また、mass は 10 段階のグレースケールターゲットであるため、濃度分解能と形状の評価を実現するために用いる。

2. 解析対象

本研究では、京都科学社により製品化された乳腺超音波診断装置の精度管理用ファントムを用いる。ファントムには異なる 4 種類のターゲットである、mass, cyst, dot, line があり、それぞれ 10mm と 20mm の深さに埋め込まれている。今回は、Cyst と Mass を対象として開発を行う。

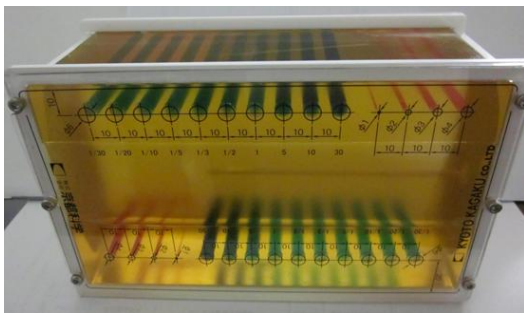


図 1. 乳腺超音波診断装置の精度管理用ファントム

2.1 Cyst ターゲット

Cyst ターゲットは直径が 1mm, 2mm, 3mm, 4mm と異なる 4 種類の無エコーターゲットで構成されており、それぞれが 10mm 間隔で配置されている。また、各ターゲットはほぼ円形になるよう設計されている。これにより、空間分解能と形状の評価が可能である。

現在の評価は、この Cyst ターゲットを用いて、深さが 10mm と 20mm の条件に対して、各ターゲットの”形状がほぼ円形であるか否か”、また、”1mm のターゲットが明確に描出できているか否か”を目視により判断している。そのため、Cyst ターゲットを用いて、ファントム画像の撮影能の評価を定量的に実現するためには、超音波診断装置がいずれの大きさのターゲットに対しても、実際に埋められているターゲットの位置や形状を正確に撮影できているか否かの解析が求められる。



図 2. Cyst ターゲット

2.2 Mass ターゲット

Mass ターゲットは 10 段階のグレースケールターゲットで構成されており、理想的には、各ターゲットの平均画素値が線形に変化するはずである。よって、Mass ターゲットを用いることで、濃度分解能の評価が実現できる。Cyst ターゲット同様、深さが 10mm と 20mm の条件に対して、各ターゲットの形状がほぼ円形であるかどうか、内部輝度が順に変化しているか否かを目視により判断している。そのため、Mass を用いたファントム画像の撮影能の定量的な評価の実現には、超音波診断装置が各ターゲットに対し、実際のターゲットの形状や濃度を正確に撮影できているか否かの解析を行う必要がある。

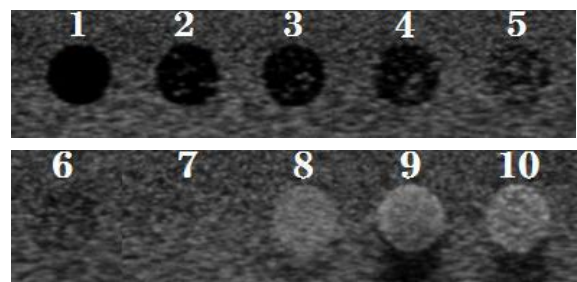


図 3. Cyst ターゲット

3. 各ターゲットの解析システム

それぞれのターゲットの解析を行う前に、撮影画像上の画素サイズと実際のターゲットのサイズを対応させる必要がある。そこで、本システムでは、ユーザによる 1cm 当たりの画素サイズの手動入力、もしくは、画像上からサイズ指定により、画素サイズと実サイズの変換を実現する。

3.1 Cyst ターゲット解析

ここでは、位置・形状、濃淡パラメータの自動解析を実現する。まず、原画像上の最大円に補助初期点を入力することで画像解析範囲と理想円の取得を行う。次に、画像を二値化およびノイズ除去により、解析範囲の中から Cyst 領域を取得する。そして、各ターゲット領域の重心座標と理想円の重心座標のユークリッド距離を求め、重心位置のズレの評価を行う。また、理想円と各ターゲットとの面積の過不足により形状の評価を行う。最後に、Cyst ターゲットは濃淡が一定に保たれているため、ファントム画像のベース濃度に対する撮影領域の濃淡値を比較し、超音波装置の撮影パラメータが適切であるか判断可能な数値データを取得する。

3.2 Mass ターゲット解析

ここでは、濃淡パラメータの自動的解析を実現する。まず、最右の円に入力された補助初期点に対し、画像解析範囲と理想円を取得する。次に、二値化およびノイズ除去を行い、mass 領域を取得する。そして、最右の円内の平均濃度を基準とし、他の各領域における濃淡差を比較し、値の線形性を評価する。ここでは、超音波画像は潜在的に多くのノイズを含むため、辺縁近傍の境界が不明瞭であるため、先行研究[3]と同様に実際のターゲットの半径に対する 80% の領域内における画素値を濃度の計測に用いた。

4. 結果

Cyst ターゲットでは、二値化により得られた画像領域に対応する原画像上の領域で解析を行った。現在の目視評価基準である、“各ターゲットの存在の把握”はすべてのデータにおいて自動的に実現できた。まず、理想円の面積に対し、認識できた領域の評価には、理想円の面積に対する過不足により求めた。深さ 10mm のターゲットでは、直径の小さい対象から 49%、74%、82%、87%、同様に、深さ 20mm のターゲットでは、45%、74%、92%、97%であった。また、ユークリッド距離を算出した結果、深さ 10mm のターゲットでは、2.4dot、1.8dot、1.6 dot、0.4 dot、同様に、深さ 20mm のターゲットでは 5.1dot、3.5dot、2.6dot、0.5dot であった。さらに、濃淡差は、それぞれの深さに対し、最大が 6dot、13dot であった。

Mass ターゲットでは、各ターゲットの濃淡を解析し、深さごとに計測を行った。表 1 に結果を示す。表 1 より、6 と 10 のターゲット以外では、値の増加傾向が示されており、線形線の判断基準の一つとして利用可能と考える。

また、鮮明にターゲットの描出される Mass1 に対し、理想面積に対する過不足により評価を行い、理想面積に対し 90% の面積割合の自動検出が実現できた。

表 1. Mass 濃淡値

Mass 番号	1	2	3	4	5
濃淡値	1.25	18.38	24.63	37.88	42.63
Mass 番号	6	7	8	9	10
濃淡値	39.38	54.88	88.38	93.63	91.13

5. 考察

Cyst 画像では、深さを問わず直径が最小のターゲットでは面積の割合が 50% に満たなかった。これは二値化において、境界が不明瞭な部分が除去され、面積の小さいターゲットへの影響が大きいためと考えられる。ユークリッド距離では、いずれのターゲットからも大きな特徴的变化は見られなかった。このことから、各ターゲットが適切に認識できたと考えられる。また、濃淡差は最大で 13 の差がみられたが、理想円内には潜在的にノイズが含まれるため、面積の小さいターゲットに対する影響が発生するためと考える。いずれにしても、本手法により、現在目視評価が行われている円形性、および最小ターゲットの存在について自動的な評価が実現できた。

Mass 画像では、表 1 から 6 番、10 番のターゲットで期待される増加傾向が得られなかった。しかし、図 3 の原画像からも、6 番のターゲットはノイズの発生状況により、目視により 5 番と濃淡差を見分けることは困難である。また、10 番のターゲットは、ターゲット内の後方陰影の影響により、濃淡値が 9 番より低くなったと考えられる。また、Mass1 を対象とした面積の割合は、どの画像に対しても高い値が取得され円形度が保たれているため、良好に対象の自動認識ができたと考えられる。Cyst 同様、本手法により、現在、目視評価に用いられている円形度および濃度値変化の取得が全自動で実現できたと考えられる。

6. 結論

本研究では、超音波測定装置の精度管理用ファントムに対し、客観性と再現性を備えた精度管理ツールの開発を行った。これにより、ユーザに依存せず、同一基準で装置の性能評価が実現可能となった。また、本プログラムは、短時間かつ少ない操作負担で作業が実現できるため、機器の精度管理に対する少ない負担増で、定量的かつ再現性の高い精度管理が実現できると考えられる。

参考文献

- [1] 日本乳腺甲状腺超音波診断会議(編), “乳房超音波診断ガイドライン”, 改訂第 2 版, 東京, 南江堂, (2008).
- [2] 桜井正児, 福田 護, 今村恵子, 辻本文雄, “ファントムによる乳房超音波診断装置の精度管理”, 日本乳癌検診学会誌, Vol.14, No.2 (2005).
- [3] 池戸祐司, 福岡大輔, 森田孝子, 遠藤登喜子, 原 武史, 藤田広志, “ファントム画像による乳房超音波診断装置の精度管理”, 日本超音波医学界, (2006).

† 豊田工業高等専門学校

Toyota National College of Technology

‡ 岐阜医療科学大学

Gifu University of Medical Science