

マンモグラフィーでの乳腺量測定機能の精度評価について

Accuracy evaluation of the fibroglandular volume measurement function in mammography

金井 一能, 皆川 梓

独立行政法人国立病院機構埼玉病院 放射線科

Key words: mammography, breast density, automated volumetric breast density measurement

【Abstract】

We compared the categorization of the fibroglandular volume measurement function with the categorization of the fibroglandular concentration by interpretation by doctors for 681 patients who underwent mammography. In addition, in order to evaluate the calculation accuracy of this function, a breast phantom was created and verified. The concordance rate with the correct category was 41.4% when the region of interest was the breast region and 60.5% when the region of interest was the fibroglandular region, and the concordance rate calculated for the fibroglandular region was good. From the phantom verification, it was found that this function tends to be calculated with a smaller proportion of fibroglandular as the amount of fat surrounding the fibroglandular increases. On the contrary, the smaller the fat surrounding the fibroglandular, the larger the proportion of the fibroglandular tended to be calculated. From these results, it was suggested that the agreement rate between the doctor and this function calculation category was improved by setting the region of interest to the fibroglandular region.

【要旨】

乳房撮影施行の681人を対象に、乳腺量測定機能のカテゴリ分類と医師の読影による乳腺濃度ごとのカテゴリ分類とを比較した。また本機能の計算精度を評価するため、乳房ファントムを作成し検証を行った。正解カテゴリとの一致率は、関心領域が乳房領域の場合で41.4%、乳腺領域の場合で60.5%となり、乳腺領域で算出された一致率が良好であった。ファントム検証により、本機能には乳腺を取り囲む脂肪が多くなるほど、乳腺の割合は少なく算出され、逆に乳腺を取り囲む脂肪が少なくなるほど、乳腺の割合は大きく算出される傾向が得られた。これらから、関心領域を乳腺領域にすることで、医師と本機能算出カテゴリの一致率は向上する結果が示唆された。

緒 言

米国では、乳がん発症リスクの観点から乳腺濃度の通知を義務化する法制度が進められ、乳腺量評価を重要事項としている。これを背景に、ACR (American College of Radiology) BI-RADS (Breast Imaging Reporting and Data System) により乳腺構造分類の定義¹⁾がされた。わが国でも乳腺構造の評価は、米国の乳腺濃度に関わる判断基準の動向と、従来の読影者間でのバラツキ発生に対する問題を受け、日本乳がん検診精度管理中央機構(以下、精中機構)からこれに基づいた乳腺構造(乳腺濃度ごとのカテゴリ: 脂肪性、乳腺散在、不均一高濃度、極めて高濃度)の分類が公表されて基準²⁾が示された。

一般的に、乳腺構造は年齢や個人による差が大きい。乳腺濃度ごとのカテゴリ分類は、精中機構により示

された基準に沿いながら、医師の読影により判断されている。しかし、再現性や客観性が一定にならず、同一の読影者でも乳腺濃度ごとのカテゴリ分類の結果が異なり、2人の読影者では異なる結果が生じる確率は増加したと報告³⁾したものや、医師間においても評価が一致しないという問題⁴⁾、一致率の低い症例があることが報告⁵⁾されている。このような状況を背景に、医師の読影による乳腺濃度ごとのカテゴリ分類の判断を補助する客観的な評価方法が求められている。

乳腺構造を客観的に判断する評価方法として、さまざまな研究が行われている。深層学習を用いた乳腺濃度の自動分類法^{6~8)}や、物理特性を利用したもの^{9~10)}、画像解析により乳腺割合を自動で算出する手法などが研究されている^{11~14)}。現在、乳房撮影装置メーカーから提供されている乳腺濃度の自動分類法の多くは画像解析による方法で、各画素の画素値から乳房の体積を推定する方法¹⁵⁾や、撮影装置を限定せずに画素値を基に体積評価を行う方法¹⁶⁾などである。

乳房撮影装置AMULET Innovality(富士フィルムメディカル社)では、乳腺構造を客観的に判断する

KANAI Kazuyoshi, MINAGAWA Azusa

National Hospital Organization Saitama Hospital

Received June 29, 2021; accepted November 4, 2021

評価方法として乳腺量測定機能がある。この乳腺量測定機能は、胸筋部分を除いた乳房領域での体積、精中機構の乳房構成の判定基準に対応した乳腺領域での体積、これらから計算された乳腺脂肪比率により分類される乳房カテゴリー(カテゴリー)を自動算出する¹⁷⁾。しかし、この乳腺量測定機能に関して、その計算アルゴリズムや性能評価についてほとんど公開されておらず、乳腺量測定機能の計算精度に関して明らかにされていない。

そこで本研究では、本機能が計算により決定したカテゴリー分類と医師の判断したカテゴリー(正解カテゴリー)との差を評価するとともに、乳腺量測定機能の算出値の傾向を明らかにすることを目的とした。また本機能が医師のカテゴリー判断の補助となり得るかについても検討した。

1. 方法

1-1 撮影条件

撮影でのターゲットおよびフィルターは、W(タンダステン)ターゲットとRh(ロジウム)フィルターを用い、撮影には全てグリッドが用いられていた。

1-2 乳腺量測定機能でのカテゴリー分類と関心領域の設定

撮影画像ごとに、関心領域内の乳腺体積(Fibroglandular[cm³])、関心領域全体の体積(Area[cm³])、関心領域内の乳腺脂肪比率(Fibroglandular[%])が

算出され、各算出値の閾値に応じて自動的に4つのカテゴリーに分類されて乳腺量情報として提示される。なお、乳腺体積は、あらかじめ定義した減弱係数(乳腺と脂肪)に基づいて、画素ごとに乳腺の割合を推定して算出されると報告¹⁸⁾されている。関心領域はFig.1に示すように、乳房領域と乳腺領域の2種類の設定がある。乳房領域は、胸筋部分を除いた乳房全体での体積、乳腺領域は、乳房領域内において乳腺が既定量以上含まれる領域であると説明¹⁹⁾されている。関心領域内の乳腺脂肪比率は、それぞれの領域について(1)式により算出される。ビューワー上には、乳房領域での計算値と乳腺領域での計算値が表示される。関心領域を乳腺領域とすることで、精中機構の乳房構成の判定基準に対応した測定が可能¹⁷⁾であるとされている。しかし、この乳腺領域の設定に関する詳細は公開されていない。また乳腺量測定機能により定義される関心領域を画像上で確認することも技術的に不可能になっている。

$$\text{関心領域内の乳腺脂肪比率(\%)} = \frac{100 \times \text{関心領域内の乳腺体積 (cm}^3\text{)}}{\text{関心領域の体積 (cm}^3\text{)}} \quad \dots (1)$$

富士フイルム社の研究開発の過程を経て¹⁷⁾、乳腺脂肪比率に応じたカテゴリーの閾値が設定されている¹⁹⁾。乳腺脂肪比率が0%から15%未満はカテゴリー1(Cat.1:脂肪性)、15%から35%未満はカテゴリー2(Cat.2:乳腺散在)、35%から60%未満はカテゴリー3(Cat.3:不均一高濃度)、60%以上はカテゴリー4

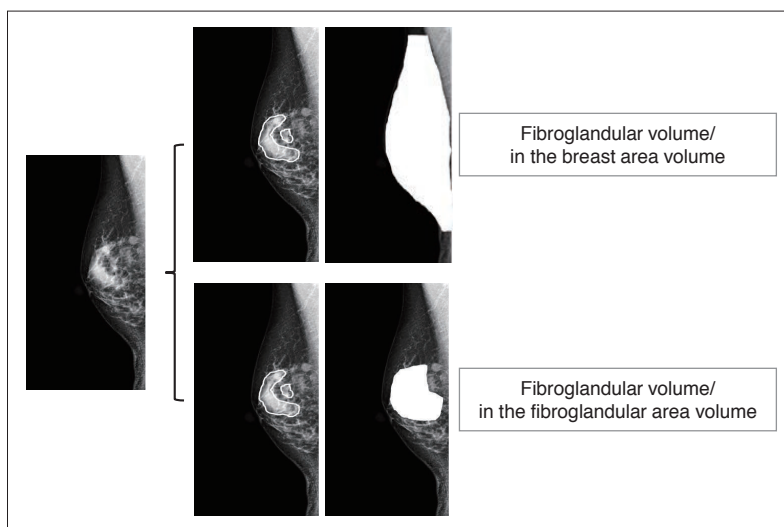


Fig.1 Schematic diagram of area determination of the fibroglandular volume measurement function

The fibroglandular volume is calculated by estimating the proportion of the fibroglandular for each pixel based on the attenuation coefficient of the fibroglandular and fat.

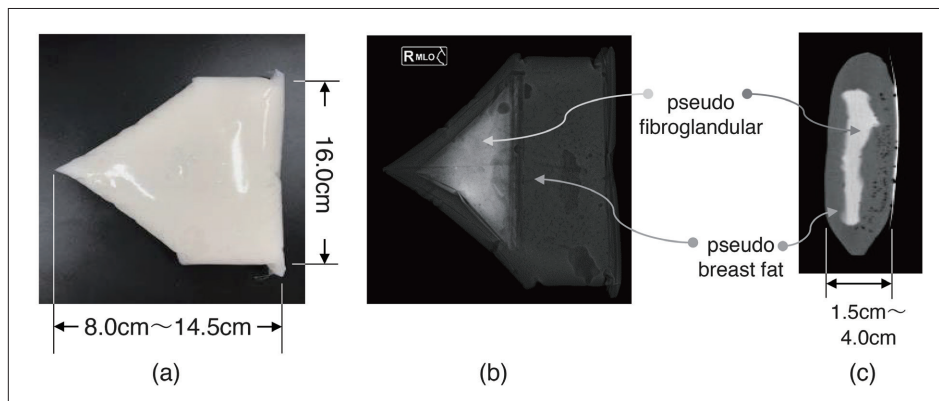


Fig.2 The breast phantom was created by placing the pseudo-fibroglandular in the pseudo-breast fat
 (a) The appearance of the self-made the breast phantom is about 16 cm from the head to the tail. The distance from the chest wall to the nipple changes from about 8 cm to 14.5 cm, and the thickness changes from 1.5 cm to 4 cm
 (b) Mammography of the breast phantom (c) CT image of the breast phantom

(Cat.4：極めて高濃度)にそれぞれ分類される。

1-3 対象症例と正解カテゴリ

本研究の対象症例は、マンモグラフィーを施行した681人（最低年齢23歳，最高年齢101歳，平均年齢58.2歳）で，対象画像は全て散乱線の影響を受けにくい2D画像（Mediolateral oblique方向）とした。正解カテゴリは，主に医師の1次読影と2次読影の判定が一致するものを用い，カテゴリが一致しない場合は，1次読影の判断を2次読影医が参照して最終決定したものを用いた。この正解カテゴリと乳腺量測定機能により算出されたカテゴリとを比較した。また計算精度をさらに調べるため，正解カテゴリを基準として，乳房領域での乳腺脂肪比率（乳房内乳腺脂肪率）と乳腺領域での乳腺脂肪比率（乳腺内乳腺脂肪率）の一致率をそれぞれ比較した。

1-4 乳腺量測定機能の計算精度検証に用いる乳房ファントムの作成

乳腺量測定機能の乳腺と乳房領域それぞれの体積算出の精度を定量的に検証するため，乳房ファントムを作成し検証を行った。本研究で対象とした症例のうち，任意に選択した39人（最低年齢23歳，最高年齢69歳，平均年齢45.7歳）の胸部CT画像から乳腺および乳房を取り囲む乳房脂肪のCT値を調べた。乳腺のCT値は 32.4 ± 6.2 HU，乳房脂肪は -109.9 ± 6.2 HUであった。この値を参考にして，乳房ファントムを作成した。疑似乳腺は，水溶性造影剤（アミドトリゾ酸ナトリウムメグルミン液）を 32.4 ± 6.2 HUに近づくように希釈し，この水溶液をメスシリンダーで定量して

ポリエチレン製の袋（疑似乳腺用：横12×縦17cm，厚さ0.06cm）に封入したものとした。疑似乳房脂肪には純正ラード（豚脂：以下，ラード）を使用した。メスシリンダーで定量したラードをポリエチレン製の袋（疑似乳房用：横18×縦20cm，厚さ0.06cm）に投入し，さらにこの中に作成した疑似乳腺を入れ込んで一体化させ，Fig.2に示すような疑似乳腺のCT値は 35.1 ± 3.5 HU，疑似乳房脂肪は -115.7 ± 4.3 HUである乳房ファントムを作成した。

1-5 研究倫理について

本研究は，「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠し，独立行政法人国立病院機構埼玉病院における倫理委員会での承認「R2021-05」の下に行った。

2. 結果

2-1 乳腺量測定機能算出カテゴリと正解カテゴリの比較

正解カテゴリ（カテゴリ1：42人，カテゴリ2：356人，カテゴリ3：273人，カテゴリ4：10人）を基準として，乳腺量測定機能が算出したカテゴリとの一致率を調べた。関心領域が乳房領域および乳腺領域で，正解カテゴリに対する一致率はそれぞれ41.4，60.5%で，乳腺領域で算出された結果が乳房領域で算出されたものより一致率が上回った。乳腺量測定機能が算出したカテゴリと正解カテゴリの一致率を，関心領域が乳房領域の場合をTable 1に，乳腺領域の場合をTable 2に示す。乳房領域での一致率は，

Table 1 Comparison of “correct category” and “the fibroglandular volume measurement function” in the area of interest in the breast area

		Correct category			
		Cat.1	Cat.2	Cat.3	Cat.4
Calculated category (In the breast area volume)	Cat.1	83.3 (%)	46.1 (%)	9.2 (%)	—
	Cat.2	16.7 (%)	37.1 (%)	36.2 (%)	—
	Cat.3	—	14.8 (%)	39.9 (%)	40.0 (%)
	Cat.4	—	2.0 (%)	14.7 (%)	60.0 (%)

Table 2 Comparison of “correct category” and “the fibroglandular volume measurement function” in the area of interest in the fibroglandular area

		Correct category			
		Cat.1	Cat.2	Cat.3	Cat.4
Calculated category (In the fibroglandular area volume)	Cat.1	73.8 (%)	10.9 (%)	1.1 (%)	—
	Cat.2	26.2 (%)	65.2 (%)	24.2 (%)	—
	Cat.3	—	21.6 (%)	51.6 (%)	20.0 (%)
	Cat.4	—	2.3 (%)	23.1 (%)	80.0 (%)

Table 3 The pseudo-fibroglandular volume and the pseudo-breast volume of breast phantom

Pseudo-fibroglandular volume (cm ³)	Pseudo-breast volume (cm ³)	Vertical (cm)	Width (cm)	Thickness (cm)
40.0	100.0	16.0	8.0	1.5
	140.0	16.0	9.0	2.0
	300.0	16.0	10.5	2.5
	340.0	16.0	12.0	3.0
	500.0	16.0	14.0	3.5
	540.0	16.0	14.5	4.0
100.0	300.0	16.0	10.5	2.5

カテゴリー1で83.3%, カテゴリー2で37.1%, カテゴリー3で39.9%, カテゴリー4で60.0%となり, カテゴリー2と3で正解カテゴリーに対して乳腺量計測機能が算出したカテゴリーの一致率が低い結果となった. 一方, 乳腺領域での一致率は, カテゴリー1で73.8%, カテゴリー2で65.2%, カテゴリー3で51.6%, カテゴリー4で80.0%となり, 関心領域が乳房領域での結果と比較してカテゴリー1は減少したが, 他のカテゴリーでは増加した.

また関心領域が乳腺領域での一致率は増加したが, 乳房領域での場合と同様に, カテゴリー2, 3はカテゴリー1, 4と比較して低い一致率となった. 乳房領域におけるカテゴリー2での不一致率は, カテゴリー2に分類される閾値15%未満に46.1%, カテゴリー3に分類される閾値35%以上に16.8%が占めていた. またカ

テゴリー3での不一致率は, カテゴリー3に分類される閾値35%未満に45.4%, カテゴリー4に分類される閾値60%以上に14.7%が占めていた. 一方, 乳腺領域でカテゴリー2での不一致率は, カテゴリー2に分類される閾値15%未満に10.9%, カテゴリー3に分類される閾値35%以上に23.9%が占めていた. またカテゴリー3での不一致率は, カテゴリー3に分類される閾値35%未満に25.3%, カテゴリー4に分類される閾値60%以上に23.1%が占めていた.

2-2 乳房ファントムによる乳腺量測定機能の計算精度の検証

2-2-1 疑似乳腺体積を一定にした場合での検証

2-1の結果を踏まえ, 乳腺量計測機能が算出する乳腺体積, 関心領域の体積, これらから算出される乳

腺脂肪比率に関する定量的な計算精度について検証を行った。なお、関心領域について乳房領域の定義は明示されているが、乳腺領域の定義に関する説明は「乳房領域内において乳腺が既定量以上含まれる領域」のみで、既定量以上などの詳細については公開されていない。よってここでの関心領域は乳房領域として行った。検証は、2-1で正解カテゴリとの一致率が低かったカテゴリ2に着目して、乳房ファントムの条件を以下のようにして行った。カテゴリ2において、乳腺量計測機能が算出した乳腺体積の平均値と標準偏差は $46.7 \pm 22.7 \text{ cm}^3$ で、中央値は 42.0 cm^3 であった。また乳房領域の体積は、 100 cm^3 から 500 cm^3 の間に全体の約70%を占めていた。以上の臨床データとファントム作成のたやすさから、Table 3に示すように乳房ファントムの疑似乳腺体積を 40 cm^3 で一定とし、疑似乳房領域の体積を 100 cm^3 から 540 cm^3 とした乳房ファントムをそれぞれ作成した。この条件においてそれぞれ撮影を行い、乳腺量計測機能が算出した乳腺体積、関心領域の体積、これらから算出される乳腺脂肪比率を調べた。

なお撮影条件は、臨床と同様に自動露出機構により決定された管電圧(27kVから28kV)で、圧迫圧力は55Nで一定として3回撮影を行った。疑似乳房領域の体積を 100 cm^3 から 540 cm^3 にしたときの、乳腺量測定機能が算出した疑似乳腺体積の平均値と標準偏差は、それぞれ $40.0 \pm 1.7 \text{ cm}^3$ 、 $34.7 \pm 2.3 \text{ cm}^3$ となり、疑似乳腺の体積 40 cm^3 に対して徐々に減少傾向

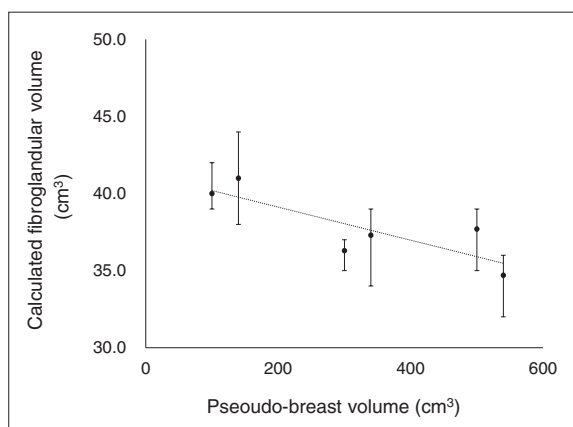


Fig.3 Relationship between the known pseudo-fibroglandular volume and the pseudo-fibroglandular volume calculated by the fibroglandular volume measurement function

Against the known pseudo-fibroglandular volume of 40 cm^3 , the calculated values gradually decreased with increasing the pseudo-breast area volume of breast phantom.

を示す値となった。疑似乳房領域の体積が変化したときの乳腺量計測機能が算出した疑似乳腺体積の関係をFig.3に示す。

一方、疑似乳房領域の体積は既知体積量の100, 140, 300, 340, 500, 540 cm^3 に対して算出された値はそれぞれ 84.3 ± 2.1 , 130.0 ± 3.6 , 307.3 ± 1.5 , 352.7 ± 5.5 , 520.7 ± 5.5 , $572.7 \pm 6.4 \text{ cm}^3$ となり、疑似乳房領域の体積が 300 cm^3 程度を境に算出される体積値は減少から増加傾向を示した。

2-2-2 疑似乳房領域の体積を一定にした場合での検証

2-2-1での結果が示した傾向をさらに調べるため、疑似乳房領域の体積を一定にして疑似乳腺の体積が増加した場合、疑似乳腺および疑似乳房領域の体積に関する定量的な計算精度について検証を行った。2-2-1で、疑似乳房領域の体積は 300 cm^3 程度を境に算出される体積値は減少から増加傾向を示した。このことから、Table 3に示すように、疑似乳房領域の体積を既知量に対して近い計算値を示すと考えられる 300 cm^3 とし、疑似乳腺の体積を 100 cm^3 として同様に追加検証を行った。疑似乳腺の体積を 100 cm^3 としたのは、臨床でのカテゴリ2において大きな値が存在した体積範囲が 90 cm^3 から 120 cm^3 であったこと、乳腺量が多くなったカテゴリ3と4での平均値と標準偏差がそれぞれ $91.4 \pm 53.6 \text{ cm}^3$ 、 $114.5 \pm 63.7 \text{ cm}^3$ であったこと、作成が容易なことより決定した。乳腺量測定機能が算出した疑似乳腺および疑似乳房領域の体積との関係を調べた。疑似乳房領域の体積を 300 cm^3 、疑似乳腺の体積を 100 cm^3 とした場合、算出された疑似乳房領域の体積は $268.0 \pm 0.0 \text{ cm}^3$ となり、2-2-1での疑似乳腺の体積が 40 cm^3 の場合と比較し減少傾向を示した。また疑似乳腺体積 100 cm^3 に対して算出された値は $107.3 \pm 0.6 \text{ cm}^3$ となり、疑似乳腺量の増加とともに算出される疑似乳腺の体積はわずかに増加傾向を示した。

3. 考察

正解カテゴリを基準とした乳腺量測定機能算出のカテゴリとの一致率は、関心領域が乳房領域でのカテゴリ2と3で低かった。正解カテゴリに対しての不一致率は、カテゴリ2で46.1%、カテゴリ3で45.4%がそれぞれ低いカテゴリに分類されていた。この要因を調べるため、乳房ファントムを用い

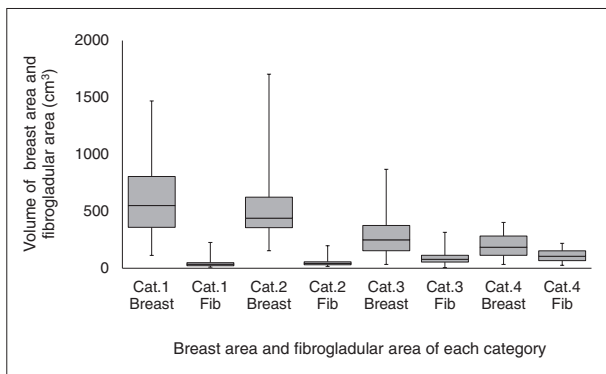


Fig.4 Volume of distribution of the fibroglandular and breast area in each category as judged by the doctor

In category 2, the volume value of the breast region is distributed in the widest range, suggesting that there were many cases with a small amount of fibroglandular and a large amount of fat surrounding the fibroglandular.

た乳腺量測定機能のカテゴリー分類に関する特性について検証した。乳房ファントムの疑似乳腺体積を 40cm^3 で一定とし、疑似乳房領域の体積を 100cm^3 から 540cm^3 にした場合での疑似乳腺体積の算出値は、 $40.0 \pm 1.7\text{cm}^3$ から $34.7 \pm 2.3\text{cm}^3$ となり、疑似乳腺の体積 40cm^3 に対して徐々に減少傾向を示した。一方、疑似乳房領域の体積は既知体積量に対して、疑似乳房領域の体積が 300cm^3 程度を境に算出される体積値は減少から増加傾向を示した。逆に疑似乳房領域の体積を 300cm^3 一定とし、疑似乳腺の体積を 40cm^3 から 100cm^3 に変化させた場合、疑似乳房領域の体積はそれぞれ $307.3 \pm 1.5\text{cm}^3$ 、 $268.0 \pm 0.0\text{cm}^3$ と算出されて減少傾向を示した。また既知の疑似乳腺体積 40cm^3 、 100cm^3 に対してそれぞれ $36.3 \pm 1.2\text{cm}^3$ 、 $107.3 \pm 0.6\text{cm}^3$ となり、疑似乳腺量の増加とともに算出された体積値はわずかに増加した。

この結果より、乳腺を取り囲む脂肪が多くなるほど、乳腺の割合は少なく算出され、逆に、乳腺を取り囲む脂肪が少なくなるほど、乳腺の割合は大きく算出される傾向にあった。乳腺体積は、乳腺と脂肪の減弱係数に基づいて、画素ごとに乳腺割合が推定される。このことから、乳房内に占める乳腺と脂肪の体積差が大きい場合、画素ごとに算出される乳腺割合が変化し、関心領域内の乳腺量に影響を与える可能性があると考えられる。つまり、2-1の結果で、乳房領域でのカテゴリー2, 3に対する一致率が低かった要因は、乳腺量測定機能がこのような算出過程により乳腺量を過小評価し、カテゴリーを低く分類していた可能性がある。Fig.4に、臨床での各カテゴリーにおける乳腺および乳房領

域の体積分布を表すグラフを示す。

カテゴリー2では、乳房領域の体積値は最も幅広い範囲に分布し、乳腺量が少なく乳腺を取り囲む脂肪が多い症例が多数あったことを示唆している。以上の乳腺量計測機能の計算に関する特性とこれらの乳房構造から、特に関心領域が乳房領域でのカテゴリー2では、正解カテゴリーと乳腺量測定機能が算出したカテゴリーとの一致率が低くなったと考える。また関心領域が乳腺領域での一致率は、2-1で示したように乳房領域での場合と同様に、カテゴリー2, 3はカテゴリー1, 4と比較して低い一致率であった。ファントムでの検証は乳房領域での結果だが、乳腺体積は定義された乳腺および脂肪の減弱係数に基づいて、画素ごとに乳腺の割合を推定して算出されることから、乳腺領域においても同様の傾向が示されていると考える。一方で、乳腺領域で一致率が上がっていたのは、関心領域の設定が乳房領域より狭くなることにより、算出される乳腺脂肪比率の値が上がったためと考える。カテゴリー1の一致率が低下し、カテゴリー2の不一致率が高い側のカテゴリーに分類されているが、関心領域縮小による乳腺脂肪比率値の増加が乳腺割合の推定時に生じる過小評価を上回り、その結果、わずかに過大評価している可能性があると考えられる。

本研究により、乳腺量測定機能が関心領域を乳房領域および乳腺領域に定義した場合でのカテゴリーの一致率と、乳腺量測定機能の算出値の傾向が明らかになった。これまでに行われた読影者間におけるカテゴリーの一致率に関係した研究で、宮城ら²⁰⁾は「2人の放射線科医、3人の診療放射線技師による100症例でのカテゴリーの一致率は、73.5%だった」と報告し、Waalら²¹⁾は「経験豊富な3人の放射線科医による992症例でのカテゴリーが合致した人数は570症例で、一致率は57.5%だった」と述べた。またSchillingら²²⁾は「経験豊富な8人の放射線科医による88症例でのカテゴリーの一致率は、75.41%だった」とし、また田中ら²³⁾は「経験豊富な2人の放射線科医による1,456症例でのカテゴリーの一致率は、79%だった」と報告している。これら報告と、本研究で得た関心領域が乳腺領域での一致率に関しての結果はほぼ近い結果を示した。これらのことから、関心領域を乳腺領域とした乳腺量測定機能は、医師のカテゴリー判断において客観的な判定要素に寄与するとともに、医師による2次読影でカテゴリー判断が困難な施設において、1次読影のカテゴリー判断の補助を担える可能性があると考えられる。

4. 結語

乳腺量測定機能の算出に関する傾向が明らかになった。乳腺量測定機能が算出する値に関してこれらの情報提供を医師に行うことは、医師のカテゴリ判断において客観性を補助し、再現性の安定に寄与する可能性があると考えられる。

利益相反

本研究に関する利益相反はない。

表の説明

Table 1	乳房領域における正解カテゴリに対する乳腺量測定機能結果の一致率
Table 2	乳腺領域における正解カテゴリに対する乳腺量測定機能結果の一致率
Table 3	乳房ファントムの疑似乳腺体積と疑似乳房体積

図の説明

- Fig.1 乳腺量測定機能の領域決定の概略図
乳腺体積は、乳腺と脂肪の減弱係数に基づいて、画素ごとに乳腺の割合を推定して算出される。
- Fig.2 疑似乳房脂肪の中に疑似乳腺を入れて作成した乳房ファントム
(a) 胸壁から乳首まで(幅)が約8cmから14.5cm, 頭尾方向(長さ)が約16cm, 厚さが1.5cmから4cmの自作乳房ファントムの外観
(b) 乳房ファントムのマンモグラフィ
(c) 乳房ファントムのCT画像
- Fig.3 既知の疑似乳腺体積と乳腺量測定機能によって計算された疑似乳腺体積との関係
既知の疑似乳腺体積40cm³に対して、計算値は、乳房ファントムの疑似乳房領域の体積が増加するにつれて徐々に減少した。
- Fig.4 医師が判断した各カテゴリにおける乳腺および乳房領域の体積分布
カテゴリ2では、乳房領域の体積値は最も幅広い範囲に分布し、乳腺量が少なく乳腺を取り囲む脂肪が多い症例が多数あったことを示唆している。

参考文献

- 1) ACR BI-RADS Atlas® 5th Edition. American College of Radiology, 2013.
- 2) <http://www.qabcs.or.jp/news/20200206.html>
- 3) Sprague BL, et al.: Variation in Mammographic Breast Density Assessments Among Radiologists in Clinical Practice: A Multicenter Observational Study. *Ann Intern Med*, 165(7), 457-464, 2016.

- 4) 八木下和代, 他: マンモグラフィにおける乳房構成の具体的判定方法の検討—乳癌検出感度について. *日本乳癌検診学会誌*, 30(1), 75-80, 2021.
- 5) 篠原範充: 乳腺濃度を客観的に提示する手法への期待と課題. *日本乳癌検診学会誌*, 28(1), 13-16, 2019.
- 6) 大島あみ, 他: AlexNetを用いたマンモグラフィ画像における乳腺濃度の自動分類. *医画情誌*, 36(2), 59-63, 2019.
- 7) Subashini TS, et al.: Automated assessment of breast tissue density in digital mammograms. *Computer Vision and Image*, 114(1), 33-43, 2010.
- 8) Muštra M, et al.: Breast density classification using multiple feature selection. *Automatika*, 53(4), 362-372, 2012.
- 9) Aslund M, et al.: Physical characterization of a scanning photon counting digital mammography system based on Si-strip detectors. *Med Phys*, 34(6), 1918-1925, 2007.
- 10) Aslund M, et al.: Scatter rejection in multislit digital mammography. *Med Phys*, 33(4): 933-940, 2006.
- 11) 松原友子, 他: 乳腺実質濃度の評価に基づくマンモグラムの自動分類法. *医用電子と生体工学*, 38(2), 93-101, 2000.
- 12) Zhou C, et al.: Computerized image analysis: Estimation of breast density on mammograms. *Med Phys*, 28(6), 1056-1069, 2001.
- 13) 寺本篤司, 他: 乳房X線画像を用いた乳腺割合の自動測定に関する基礎的検討—ガボールフィルタによる乳腺構造の自動抽出—. *医画情誌*, 32(3), 63-67, 2015.
- 14) Proulx AO, et al.: Reliability of automated breast density measurements. *Radiology*, 275(2), 366-376, 2015.
- 15) Ekpo EU, et al.: Quantra™ should be considered a tool for two-grade scale mammographic breast density classification. *Br J Radiol*, 89(1060), 20151057, 2016.
- 16) Lee HN, et al.: Comparison of mammographic density estimation by Volpara software with radiologists' visual assessment: analysis of clinical-radiologic factors affecting discrepancy between them. *Acta Radiol*, 56, 1061-1068, 2015.
- 17) 森田順也: 「AMULET Innovality™」における乳腺量測定機能の開発. *JIRAテクニカルレポート*, 28(2), 16-17, 2018.
- 18) 「AMULET Innovality」による乳腺計測機能: https://www.innervation.co.jp/sp/ad/suite/fujifilm/technical_notes/1708106
- 19) 乳腺量測定ソフトウェア: ワークステーションFDR-3000 AWS オプション編 リファレンスガイド. 897N102564J.
- 20) 宮城由美, 他: マンモグラフィにおける乳腺実質量評価の一致率に関する検討. *日本乳癌検診学会誌*, 10(2), 179-184, 2001.
- 21) Danielle W, et al.: Comparing Visually Assessed BI-RADS Breast Density and Automated Volumetric Breast Density Software; A Cross-Sectional Study in a Breast Cancer Screening Setting. *PLoS ONE*, 10(9), e0136667, 2015.
- 22) Schilling K, et al.: Impact of quantitative breast density on experienced radiologists' assessment of mammographic breast density. *European Society of Radiology*, c-1281, 1-11, 2015.
- 23) M Tanaka, et al.: Mammographic breast density: Comparison of fully automated quantitative assessment (Volpara™) with visual qualitative classification in a Japanese population and investigation of factors influencing disagreement. *Ningen Dock International*, 6(1), 37-43, 2019.