

デジタル乳腺トモシンセシスにおける 薄層化処理の検討

平野 凧彩

(指導教員：市川 勝弘 教授, 川嶋 広貴 助教)

要旨

デジタル乳腺トモシンセシス(DBT)は断層撮影であるので、スライス厚のパーシャルボリューム効果に起因して画像のシャープネスが影響を受ける。そこで、本研究ではDBTのボリュームデータに対して3次元画像処理を行うことによって、スライス厚の薄層化を試みた。鉛ビーズファントムを使用し、鉛ビーズのピクセル値プロファイルからスライス感度分布(SSP)を測定し、そのMTF(modulation transfer function)を強調する2種の空間周波数処理係数(FP1, FP2)を算出した。DBTのボリュームデータに対して、この空間周波数処理係数にてスライス方向を強調し薄層化した。スライス厚はSSPの半値幅によって評価した。またスピキュラ影と石灰化を含む臨床画像についても同様に処理し、視覚的比較評価も行った。半値幅は7.95mmからFP1で6.48mm, FP2で6.94mmに減少した。臨床画像では乳腺とスピキュラ影が鮮鋭化されたが、石灰化影の障害陰影も強調される問題が生じた。FP1は過度な処理であり、FP2がやや粒状性に欠けるが鮮鋭度や石灰化の見え方から優れていた。石灰化の分離現象やノイズがやや増加する特性は見られたが、スライス厚は約15%の薄層化が可能であり、鮮鋭度が向上した。

I. 緒言

乳腺の検査において、2Dのマンモグラフィと比較してデジタル乳腺トモシンセシス、以下DBT(digital breast tomosynthesis)は、断層画像の利点により診断に有効であるが、再構成画像であることからシャープネスに劣る傾向にある。DBT画像の画質は、FBP(filter back projection)の再構成フィルタ関数などの処理パラメータにより変化し、さらに、スライス厚のパーシャルボリューム効果によって画像のシャープネスが影響される。またスライス厚は、より薄層であるほうが画像の鮮鋭化が図れるが、振り角範囲によってスライス厚は決まり、それを調節することは困難である。そこで、DBTのボリュームデータに対して、空間周波数処理を行うことによって、スライス厚の薄層化を試みた。

II. DBT 装置

DBT装置として、日立メディコ社製 Selenia Dimensions を使用した。仕様は以下である。

- 振り角 ±7.5度
- トモシンセシス撮影 約10秒
- 2D撮影 約5秒

III. 方法

1. トモシンセシスボリュームデータの空間周波数処理
yz面画像をフーリエ変換すると、投影切断定理に従い細長いリボン状の分布になる。これにz方向強調の空間周波数処理係数(図1)をかけてフーリエ逆変換した。このとき処理の制限上、y方向も若干強調された。

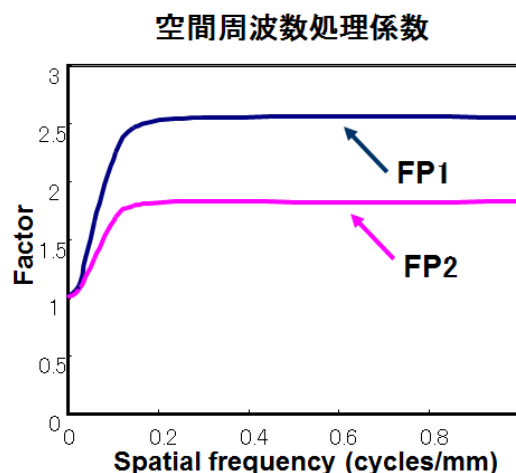


図1 z方向の空間周波数処理係数

これをすべての yz 面において処理し、強調度合の違う空間周波数処理係数の 2 種の関数を強いほうからそれぞれ FP1, FP2 とした。

得られた DBT の画像について yz 面を抽出し、z 方向に空間周波数強調を施し、スライス厚を薄くすることで空間分解能の向上を試みた。

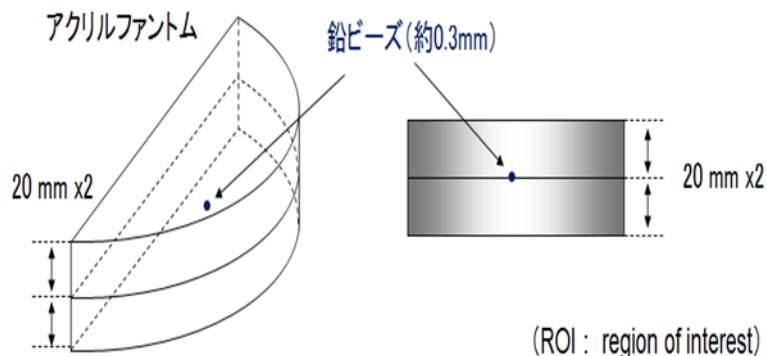


図 2 アクリルファントム

2. スライス厚の測定

(1) 図 2 のように 20mm 厚のアクリルファントムの中に約 0.3mm の鉛ビーズを挟んだファントムを用い、1mm 間隔で 50 スライス再構成した。ROI を設定し、そのビーズ部のピクセル値をプロットし、スライス感度分布 (slice sensitivity profile: SSP) を得た。このとき、管電圧 29kV、平均乳腺線量 0.9mGy、再構成間隔は 1.0mm 間隔で 50 スライスとした。それを処理前、FP1、および FP2 について SSP とその半値幅を比較した。

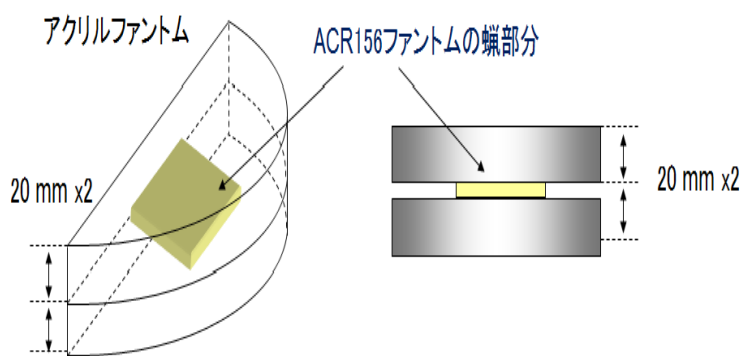


図 3 ACR156 ファントム

(2) ACR156 ファントムを図 3 のようにアクリルファントムの中に挟み撮影した。同様に 1mm 間隔で 50 スライス再構成した。管電圧は 30kV、平均乳腺線量は 1.1mGy とした。

また、使用した試料画像および臨床画像を図 4 に示す。左はスライス厚測定用のビーズファントムで、右の 2 つは空間周波数処理を施した際の画像比較用に用いた。

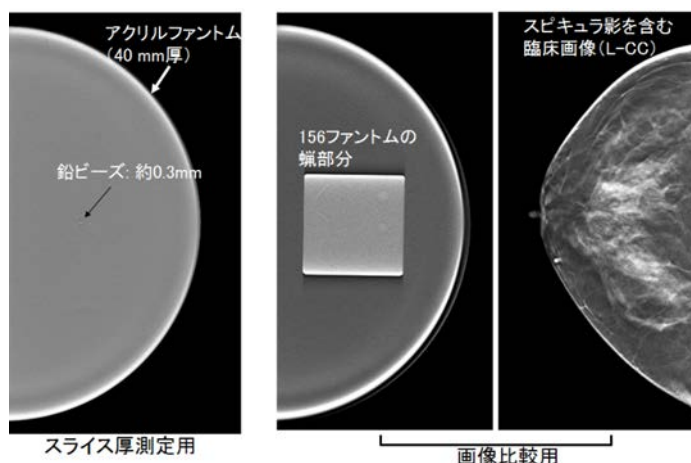


図 4 試料画像および臨床画像

3. 臨床例

(1) 今回使用した臨床例は 55 歳女性、検診で、超音波では異常ありと診断されたが、検診マンモグラフィでは異常なしとされた方である。トモシンセシス撮影条件は乳房厚 64mm、管電圧 33kV、平均乳腺線量 1.6mGy とした。

(2) 図 5 のように得られた画像それぞれに対し視覚的比較評価を行った。処理前に対する処理後の評価を ACR156 ファントム、臨床例に対してそれぞれ 5 段階評価 (-2, -1, 0, +1, +2) でスコアリングした。このスコアリングは、検診マンモグラフィ認定資格 A の診療放射線技師 3 名が行った。

図 5 において、上の ACR156 ファントムの評価項目は、粒状性、鮮鋭度、線維組織の見え方、石灰化の見え方、模擬腫瘍の見え方とした。下の臨床例における評価項目は、粒状性、鮮鋭度、スピキュラの見え方、石灰化の見え方、乳腺の見え方(全体の印象)とした。

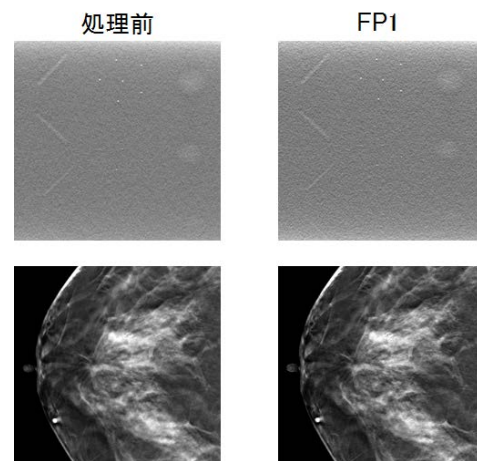


図 5 視覚的比較評価

IV. 結果

(1) SSP

SSP の結果を図 6 に示す。処理前と比較して、半値幅が FP1、FP2 それぞれ 1.47mm, 1.01mm 減少した。減少割合としては、処理前と比較して 18.5%, FP2 では 12.7%であった。強調係数の高い FP1 の方が FP2 と比較して、より薄層化された。

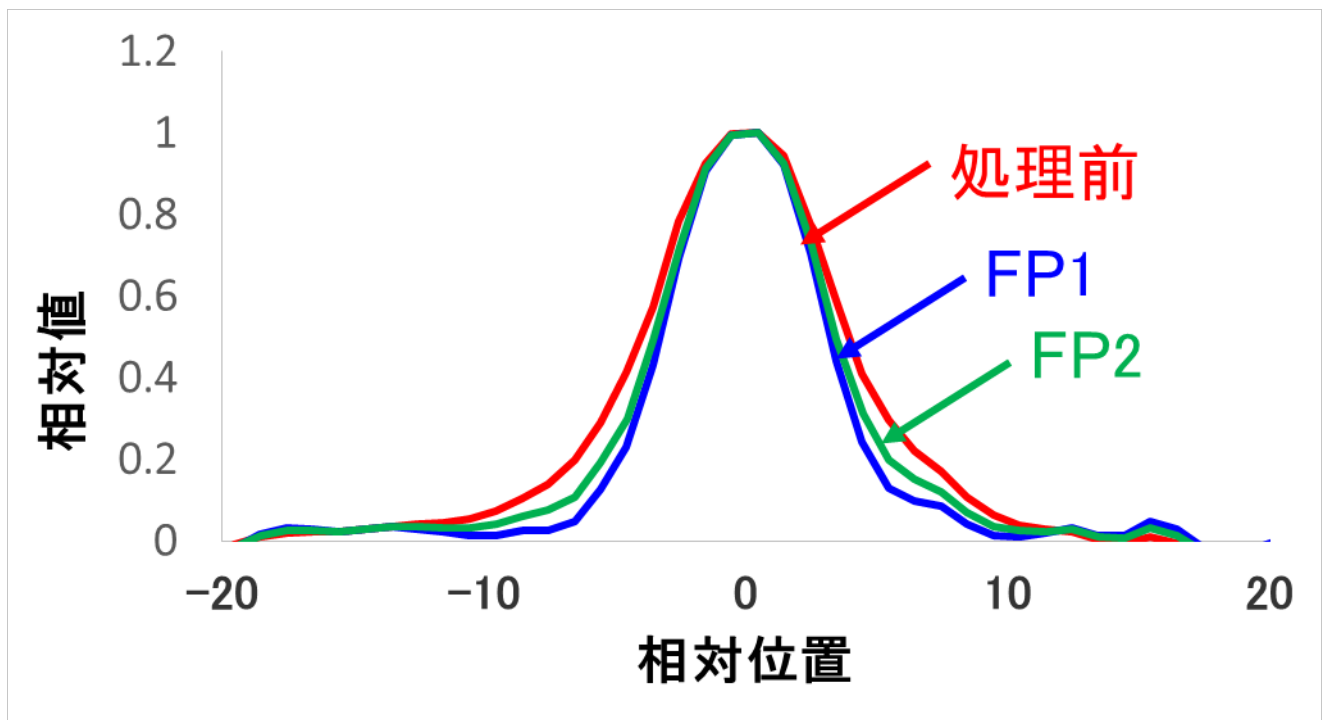


図 6 SSP の測定結果

(2) ACR156 ファントム

ACR156 ファントムの結果画像を図 7 に示す。処理前と比較して、FP1、FP2 とともに処理前と比較して上部にある模擬石灰化を鮮鋭化させることができたが、特に FP1 で粒状性に欠ける画像となった。

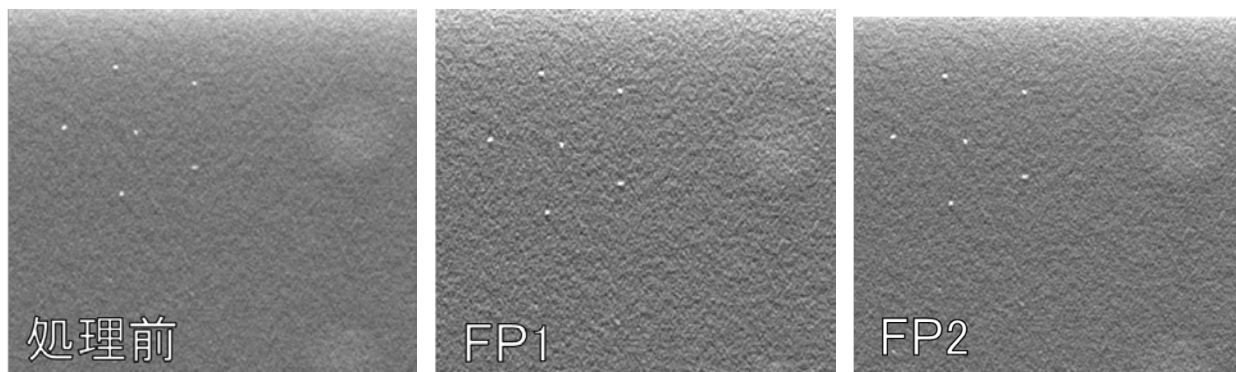


図7 ACR156 ファントムの結果画像

(3) 臨床画像

臨床画像の結果画像を同様に図8に示す。スピキュラ影および石灰化が鮮鋭化されたが、特にACR156ファントムと同様にFP1で粒状性に欠ける画像となった。さらに問題点として石灰化の分離現象を図9に示す。処理前と比較して、FP1は石灰化から離れた位置で2つに分離して見えるという問題点が生じた。

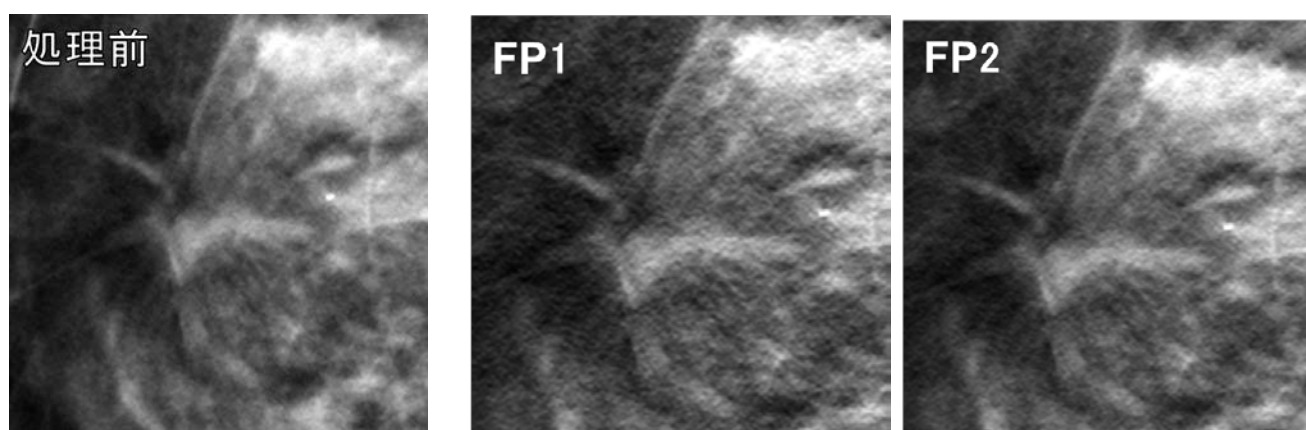


図8 臨床画像の結果画像

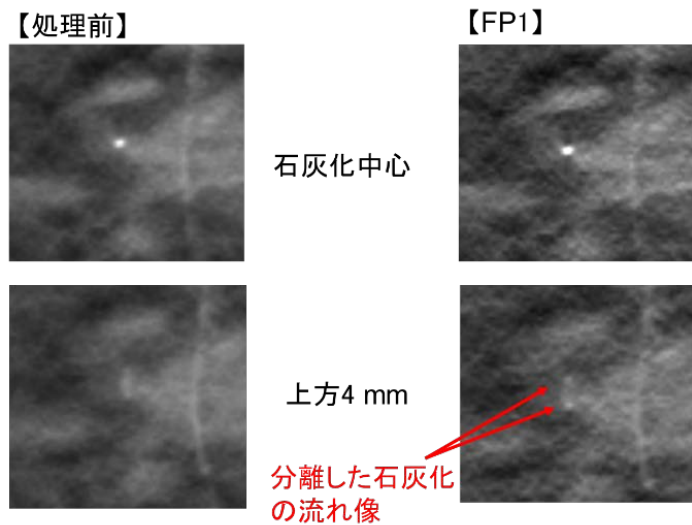


図9 石灰化の分離現象

(4) 視覚的比較評価

観察者3名の平均を評価値とした。結果を表1, 2にそれぞれ示す。

表より, FP1, 2とも鮮鋭度は良いが粒状性に欠けるという評価であった。よって, 処理をすることで石灰化や繊維は見えやすくなったが, 粒状性の影響で腫瘤が見つらなくなった。

表1 ACR156 ファントムの視覚的比較評価結果

	FP1	FP2
粒状性	-2.00	-1.00
鮮鋭度	+1.00	+1.00
繊維組織の見え方	+0.67	+1.00
石灰化の見え方	+1.67	+1.00
模擬腫瘍の見え方	-1.00	-0.67

表2 臨床例の視覚的比較評価結果

	FP1	FP2
粒状性	-2.00	-1.00
鮮鋭度	+1.00	+1.00
スピキュラの見え方	+0.67	+1.00
石灰化の見え方	+1.67	+1.00
乳腺の見え方 (全体の印象)	-1.00	-0.67

V. 考察

yz 方向の空間周波数処理によって、スライス厚を 12.7～18.5%薄層化できるという結果が得られた。しかし、得られた画像の石灰化の流れ像が分離するという問題点が生じた。今回使用した処理関数 FP1 は過度な処理であり、FP2 がやや粒状性に欠けるものの鮮鋭度や石灰化の見え方が優れていた。

また、空間周波数処理の影響で、副次的に生じた y 方向の強調によって、処理関数の強調度が高いほど画像のシャープネスが高くなった。

これらを踏まえて単なる 2 次元画像処理（エッジ強調）との比較を今後検討していく必要がある。

VI. 結語

トモシンセシスのボリュームデータに空間周波数処理を適用することによって、約 15%の薄層化が可能であり、鮮鋭度が向上した。石灰化の分離現象やノイズ増加が問題であったが、視覚的比較評価は概ね良好であった。

VII. 謝辞

本研究にあたり、ご指導くださいました市川勝弘教授、川嶋広貴助教ならびに実験にご協力いただいた石川県立中央病院医療技術部放射線室の皆様深く感謝申し上げます。