

氏 名	たかね ゆみ 高根 侑美
学 位 の 種 類	博士 (保健学)
学位授与年月日	平成 27 年 3 月 25 日
学位授与の条件	学位規則第 4 条第 1 項
研 究 科 専 攻	東北大学大学院医学系研究科 (博士課程) 保健学 専攻
学位論文題目	デジタルマンモグラフィのソフトコピー診断に関する研究 ー位相コントラスト技術を用いた視覚評価ー
論文審査委員	主査 教授 石橋 忠司 教授 武田 賢 教授 千田 浩一

論 文 内 容 要 旨

〔背 景〕

近年、医用画像のデジタル化およびネットワーク化の普及に伴い、マンモグラフィの読影方式も従来の増感紙フィルムによるハードコピー診断から画像情報をモニタに表示して読影するソフトコピー診断へと移行している。また、本邦の乳癌検診は、各施設で撮影した画像をセンターに集めて集中読影する方式がとられていることが多い。しかし、デジタルマンモグラフィは装置により画素サイズや解像度、奥行きデータが異なるため、ソフトコピー診断での拡大表示法などの標準化ができていない。そのため、乳癌検診でのソフトコピー診断は普及しつつあるが、十分ではない現状がある。特に、X線の屈折を利用した位相コントラストマンモグラフィ (phase contrast mammography; PCM) システムは、他の画像に比べてデータサイズが大きく、標準化を妨げる一つの要因となっている。そこで、PCM画像の利点を生かしつつ、ソフトコピー診断への移行をより推進するには、1) 画像の圧縮や縮小による表示方法の統一、2) 5メガピクセル (mega-pixel; MP)より高精細な液晶モニタの普及、の2点が必要と考えるが、どちらも十分な検討はなされていない。

〔目 的〕

本研究は、補間縮小処理がデジタルマンモグラフィの診断能に与える影響と、近年開発された15メガサブピクセル (mega-sub-pixel; MsP) 液晶モニタの有用性を観察者実験により明らかにすることを目的とした。

〔方 法〕

今回用いた症例は PCM システムで撮影したマンモグラフィ 97 症例で、正常乳腺のコントロール群 50 例、片側乳房に単数病変を認める有所見群 47 例であった。これらの元画像を sinc 法 (sinc 関数に基づいた補間方法) により画素サイズ 50 μ m に補間縮小し、元画像と補間縮小画像とを 5 名の認定医師に読影してもらい、乳癌病変の有無について判定させた。確信度は 7 段階の評定確信度法と 0～1 の連続確信度法の 2 種類で記録させ、同時に病変の部位も記録させた。受信者動作特性 (receiver operating characteristic; ROC) 解析を用いて、所見を腫瘍と微細石灰化の 2 つのサブグループに分けて解析した。ROC 曲線下面積を示す area under the curve (AUC) を求めて平均し、両画像間の診断能に関して有意差の有無を検討した。

また、ポリメタクリル酸メチル (polymethylmethacrylate; PMMA) 厚を 30mm～40mm に変化させ、Contrast-Detail MAMmography (CDMAM) ファントムを PCM システムにて拡大撮影

した。5MP (解像度 2048×2560) と 15MsP (解像度 2048×7680) を用いて、4 名の観察者により CDMAM ファントム画像を 4 種類の表示拡大率 (24%, 49%, 69%, 100%) にて視覚評価した。Contrast-Detail 曲線から画質指数 (Image Quality Figure; IQF) を求めて平均し、両モニタ間の信号検出能に関して有意差の有無を検討した。

[結 果]

評定確信度法における腫瘍の検出では、元画像の平均 AUC 0.867 ± 0.028 、補間縮小画像の平均 AUC 0.844 ± 0.034 であった。連続確信度法では、元画像の平均 AUC 0.853 ± 0.032 、補間縮小画像の平均 AUC 0.845 ± 0.035 であった。どちらの評価方法でも元画像の平均 AUC が高い値を示したが、統計的な有意差は認めなかった。また、評定確信度法における微細石灰化の検出では、元画像の平均 AUC 0.937 ± 0.024 、補間縮小画像の平均 AUC 0.959 ± 0.019 であった。連続確信度法では、元画像の平均 AUC 0.924 ± 0.027 、補間縮小画像の平均 AUC 0.946 ± 0.023 であった。腫瘍とは反対に、どちらの評価方法でも補間縮小画像の平均 AUC が高い値を示したが、統計的な有意差は認めなかった。

さらに、PMMA 30mm 厚における信号検出能は、どの表示拡大率においても 5MP より 15MsP 液晶モニタの平均 IQF が高い値を示し、画像の表示拡大率 49%において統計的な有意差を認めた。PMMA 40mm 厚においても、15MsP 液晶モニタの平均 IQF が 5MP に比べて高い値を示し、画像の表示拡大率 49%と 100%において統計的な有意差を認めた。

[結 論]

位相コントラスト技術を用いた PCM 画像に関して、元画像と補間縮小画像との間に、腫瘍と微細石灰化どちらの診断能にも統計的な有意差は認めなかった。元画像を用いずとも、sinc 法により補間縮小処理した画像での診断が可能であることを示した。また、15MsP 液晶モニタは 5MP より高い信号検出能を示し、微細石灰化のような乳癌病変の検出率向上に寄与する可能性が示唆された。画像縮小による解像度変更や 15MsP 液晶モニタの普及は、乳癌検診におけるソフトコピー診断の標準化の一助になりうると考える。

審 査 結 果 の 要 旨

博士論文題目 デジタルマンモグラフィのソフトコピー診断に関する研究

..... 一位相コントラスト技術を用いた視覚評価

所属専攻・領域名 保健学専攻 生体応用技術科学領域

氏名 高根 侑美

本研究は、X 線の屈折を利用した位相コントラストマンモグラフィ（phase contrast mammography; PCM）において、補間縮小処理が乳癌病変の診断能に与える影響と、サブピクセル独立駆動技術を搭載した 15 メガサブピクセル（mega-sub-pixel; MsP）液晶モニタの有用性を視覚的に検討したものである。

PCM システムで撮影したマンモグラフィ 97 症例を用いて検証を行っている。97 症例のうち 50 例は正常乳腺の症例、47 例は乳癌病変を片側乳房に 1 病変有している症例であった。sinc 法（sinc 関数に基づいた補間方法）で補間縮小した画像を作成し、認定医師 5 名により乳癌病変の有無を判定した。確信度は、7 段階の評定確信度法と 0～1 の連続確信度法の 2 種類で記録し、所見を腫瘍と微細石灰化の 2 つのサブグループに分けて評価した。解析には受信者動作特性（receiver operating characteristic; ROC）解析を用い、元画像と補間縮小画像の診断能について ROC 曲線下面積を示す AUC を比較した。その結果、腫瘍検出における元画像の AUC は 0.792～0.928、補間縮小画像の AUC は 0.799～0.957 であった。また、微細石灰化検出における元画像の AUC は 0.863～0.981、補間縮小画像の AUC は 0.879～0.992 であった。いずれの評価方法でも、腫瘍と微細石灰化の平均 AUC 値に有意差はなかった。したがって、位相コントラスト技術を用いた PCM 画像に関しては、元画像と補間縮小画像いずれを用いても、診断能に有意な差はないことが示された。

また、アクリル板（PMMA）の厚さを 30～40mm に変化させて、画像評価用の CDMAM ファントムを PCM にて拡大撮影したデータを使用し、5MP（解像度 2048×2560）と 15MsP（解像度 2048×2560）液晶モニタを用い、観察者 4 名により CDMAM ファントム画像の視覚評価を行った。ウィンドウ幅／ウィンドウレベルを固定した状態で、4 種類の表示拡大率（24%, 49%, 69%, 100%）にて画像を表示し、観察させた。Contrast-Detail 曲線から画質指数（Image Quality Figure; IQF）を求め、両液晶モニタの信号検出能に関して有意差の有無を検討した。その結果、PMMA 30mm 厚における信号検出能は、いずれの表示拡大率においても 5MP より

15MsP 液晶モニタの平均 IQF が高い値を示し、画像の表示拡大率 49%において統計的な有意差を認めた。また、PMMA 40mm 厚においても、15MsP 液晶モニタの平均 IQF が 5MP に比して高い値を示し、画像の表示拡大率 49%と 100%において有意な差を示した。

本研究の結果から、PCM 画像はデータ容量が大きい元画像を用いずとも、sinc 法により補間縮小した画像で十分に読影診断が可能であることが示唆された。また、15MsP 液晶モニタは、マンモグラフィ読影で標準的に用いられている 5MP より高い信号検出能を示し、微細石灰化のような乳癌病変の検出率向上に寄与する可能性が示された。乳癌検診において、ソフトコピー診断をより普及させるためには、異なる複数装置で撮影したマンモグラフィを特定のビューアシステムで画像表示できることが必須であり、ソフトコピー診断の標準化を確立するための可能性を示したことは非常に重要であり、本研究は意義のある内容であると考ええる。

よって、本論文は博士（保健学）の学位論文として合格と認める。