

・ デジタルマンモグラフィで用いられる画像処理技術

一般撮影の領域がデジタル化され、多くの施設でフィルムレスシステムを検討する時代が訪れた。それに伴いマンモグラフィのデジタル化に取り組む施設も増加しつつある。しかし、デジタルマンモグラフィには2つの重要課題がある。第1は、アナログシステム（フィルム/スクリーン）で描出され診断可能であった被写体は、デジタルシステムでも描出されなければならないということ。第2は、デジタル画像の特徴である二次的な付加価値を有効に利用することである。二次的な付加価値には、画像処理を用いてアナログシステムでは描出困難な領域を容易に観察可能とする処理や、特徴を抽出して画像診断をサポートするCAD（computer aided diagnosis）などがある。これらの課題ははまだ解決されていないため、デジタルマンモグラフィは発展途上というのが現状である。これらの課題を解決するためには、被写体である乳房そのものの解剖やその疾患のX線画像上の特徴を見極めるとともにデジタル画像の能力についての理解が必要である。

現在使用されているデジタルマンモグラフィにはCR（computed radiography）とFPD（flat panel detector）の2系統のシステムがあるが、これらは信号検出方式が異なるだけで信号として得られた後は同様のデジタル画像として扱うことができる。そのため、本章では画像処理機能の充実しているFCR（Fuji CR）を主に用いて基本的な画像処理の特徴と使用上のポイントについて解説する。

デジタルマンモグラフィの画像処理として理解すべき重要な処理には、階調処理、周波数処理、ダイナミックレンジ（DR）圧縮処理、PEM処理などがある。

1 . 階調処理（gradation processing）

乳房画像で描出しなければいけないものは、乳腺および乳腺内の疾患（腫瘍・微細石灰化・炎症など）、クーパー靭帯などの皮下組織、乳腺外の脂肪組織、および大胸筋とされている。最も重要なものは、乳腺と腫瘍等のコントラストであり、微細石灰化の存在とその詳細である。アナログシステムはこの腫瘍と微細石灰化を描出するために進化してきたといっても過言ではない。このため、本来低濃度領域に存在する乳腺組織をコントラスト特性の良い中間濃度に描出する必要が生じ、皮下組織や乳腺外脂肪組織の描出は困難になった。これを解消し、乳房全体をバランスよく読影するために高輝度シャークアステンが導入されるに至った。現在デジタルマンモグラフィもこの高輝度シャークアステンでの観察を前提として画像処理が行われているが、本来のデジタルシステムの特徴は、特別な観察系を用いることなくバランスのよい乳房画像を提供できることである。フィルムレスの時代になると、このことの意味はより重要になると考えられる。

1) 階調処理の概要

受光システムに到達したX線量（X線強度）をデジタル化（量子化、標本化）して画素値に変換後、濃度特性を付加して出力画像を得ることを一般的に階調処理という。

アナログシステムとデジタルシステムの相違は、デジタル画像では被写体や診断目的に応じて階調の特性を変化させることができるということにある。基本的な濃度シフト、コントラスト強調などのパラメータとその効果について解説する。

2) 階調処理の特性と効果

デジタル画像の入力データを適切な濃度やコントラストの出力データに変化させるには、

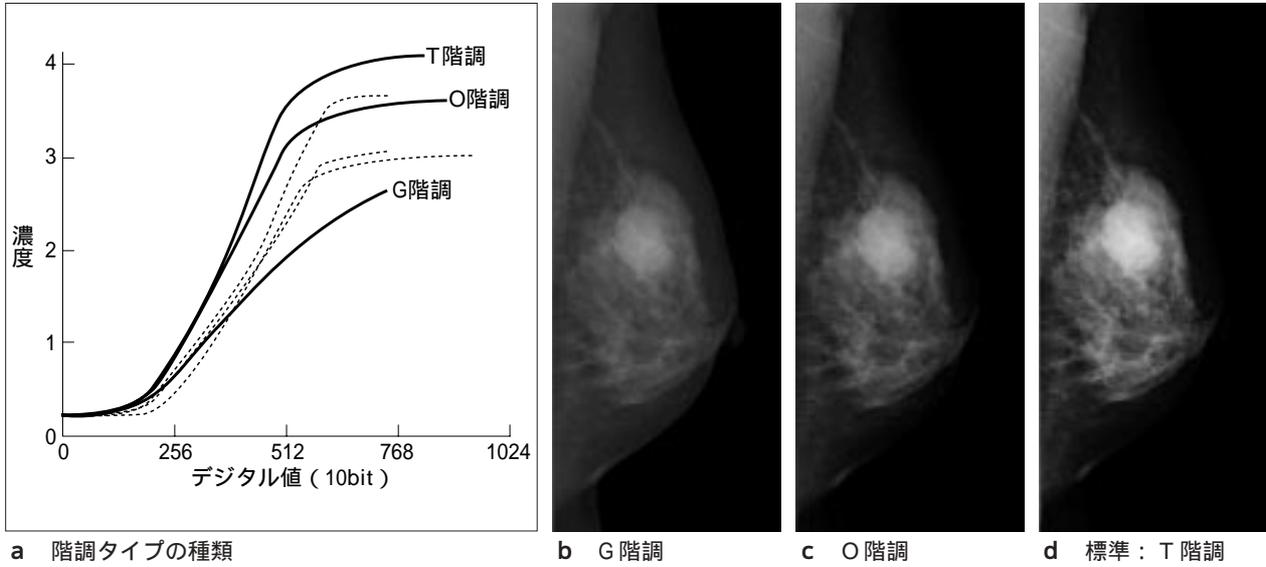


図1 GT (階調タイプ) による画像の違い

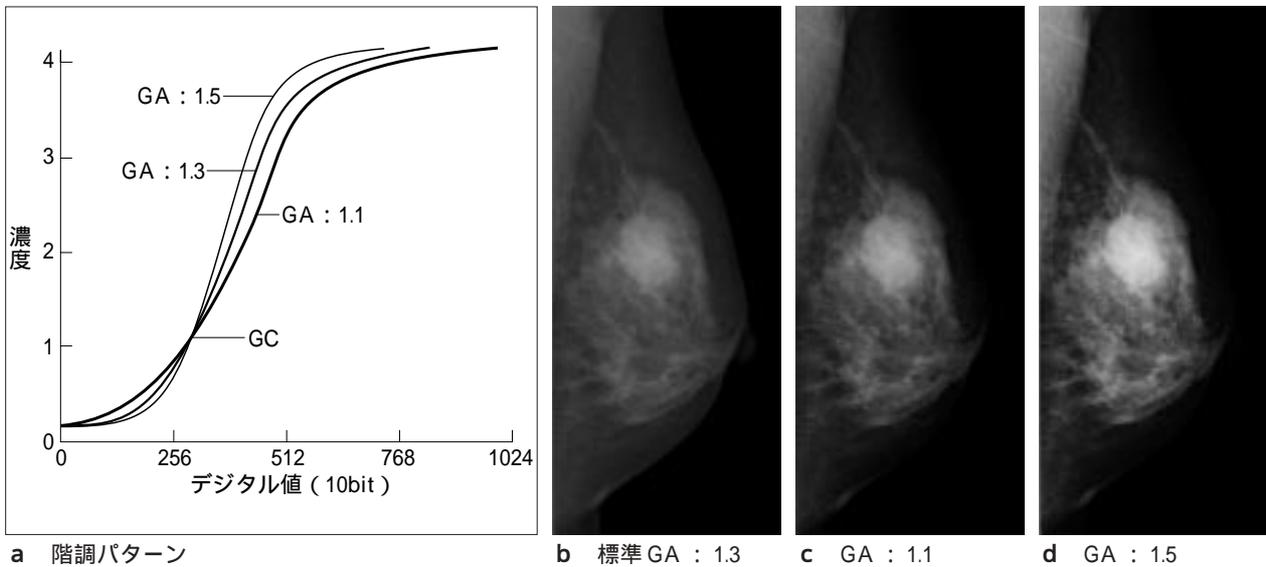


図2 GA による画像の変化 (GT : T)

FCRでは通常以下の4種のパラメータ (GT, GA, GC, GS) が用いられている。各パラメータの動作と画像の例を項目別に示す。

(1) GT (階調タイプ, gradation curve)

デジタルマンモグラフィに用いられる非線形な階調パターンを示す (図1a)。階調タイプの考え方は、広いラチチュードを重視したため乳腺内のコントラストが低いG階調から、近年ラチチュードよりもコントラストと最大描出濃度に重点を置いたT階調へと変化している。乳房画像をハードコピーで観察する場合は、高濃度部分の階調特性がダイナミックレンジ圧縮などと関係して重要な要素となる (b ~ d)。さらに最近はW階調が推奨されている (後述)。

(2) GA (回転量, rotation amount)

S字状の階調パターンを回転させ、コントラストを変えるパラメータ (図2a)。コントラストは画像の3要素の一つであり、視覚的な効果が最も期待できるパラメータである。乳腺およ

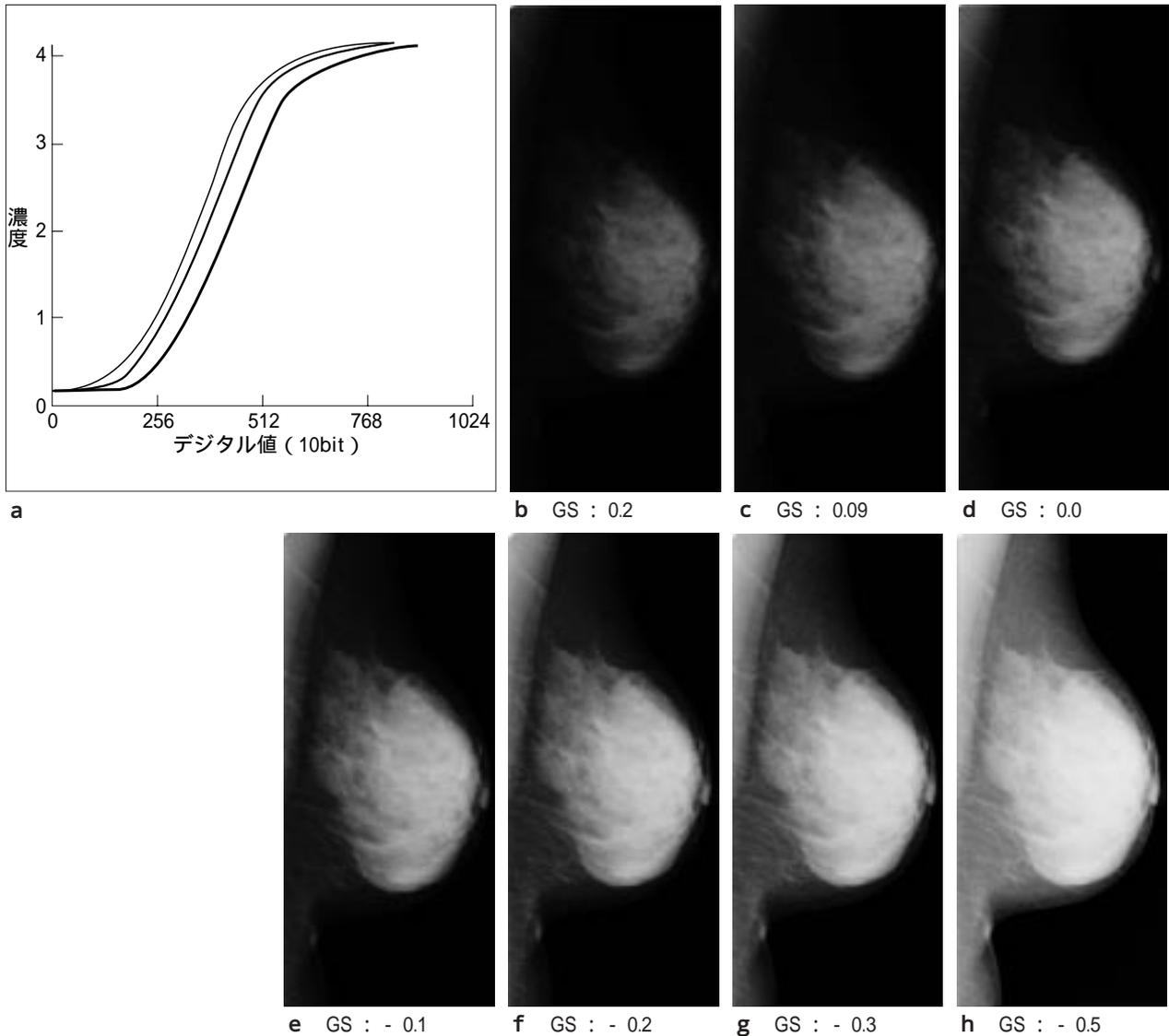


図3 GS (濃度シフト) による画像の変化

び微細石灰化のコントラストを重視しすぎると皮膚や脂肪組織などの軟部組織は高濃度化しその領域の読影が困難になる (図 2b ~ d)。

(3) GC (回転中心, rotation center)

回転させるときの濃度中心。通常は安定させたい被写体組織の濃度を回転中心とする場合が多いが、乳房画像では高濃度側に設定されることが多い。階調処理を使いこなすポイントでもある (図 2a)。

(4) GS (濃度シフト, gradation shift)

濃度のみをシフトさせるパラメータ (図 3a)。最もわかりやすく、使用頻度も高いパラメータである。コントラストを変化させることなく可視領域を変化させることができ、有用性は高い (図 3b ~ d)。

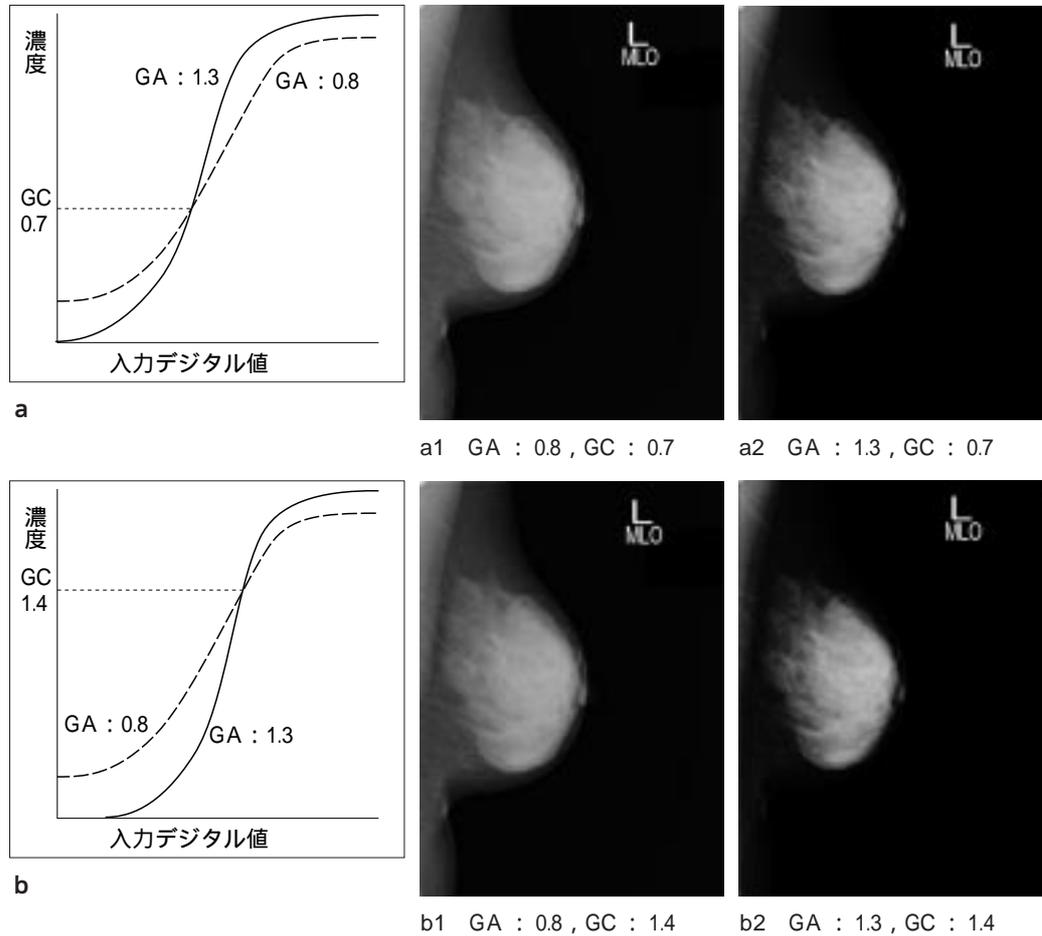


図4 階調処理の複合的使用例

3) 階調処理の複合的パターン

回転中心の概念図(図4)を用いてGCとGAの組み合わせで行う階調処理の複合的使用法を解説する。図4aは回転中心(GC)を低濃度側の0.7に設定し、回転量を変化させた場合の階調特性である。中心が低濃度であるため高濃度側の濃度とコントラストが大きく変化している。a1に見られるようにGC0.7, GA0.8では低濃度領域に分布する乳腺の濃度やコントラストはあまり上昇することなく軟部組織が広いダイナミックレンジで描出されるが、全体のコントラストは低くなる。一方、a2ではGAが1.3となるため乳腺領域が高濃度/高コントラストになり脂肪組織の観察は困難になる。逆にb1のようにGA0.8, GC1.4では乳腺領域が中間濃度になりコントラストは低くなっている。b2のようにGA1.3, GC1.4では高濃度側の変化量は少なく高コントラストになりながら乳腺組織を描出できているが、脂肪組織は描出困難なままである。GCの位置によって、わずかなGAの変化でもコントラストや濃度はダイナミックに変化する。このことから低濃度領域を全体に濃度を上げながら描出したい場合は、GCを高濃度側にシフトさせながらわずかにGAを低くすればよい。乳腺内のコントラストを重視する場合はGAを上げて対応するが、階調特性の足部の形状に注意が必要である。

4) ダイナミックレンジとシステム感度

デジタルシステムの感度表示にはいくつかの方法があるが、間接型FPDやCRの場合は受光系に到達したX線量を蛍光量(アナログ量)に変換し、その後さらにデジタル値に変換して

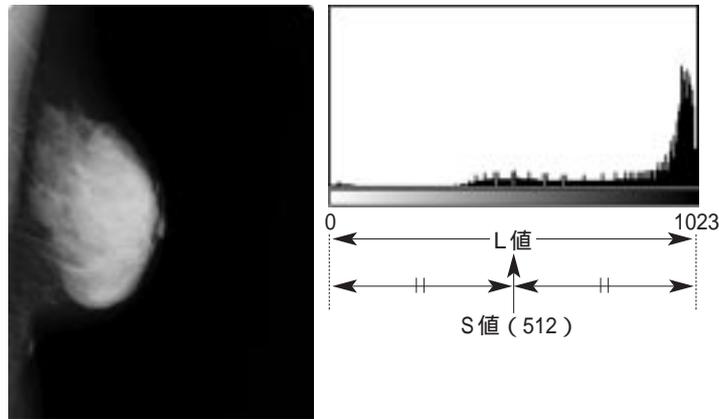


図 5 EDR における L 値と S 値の概要

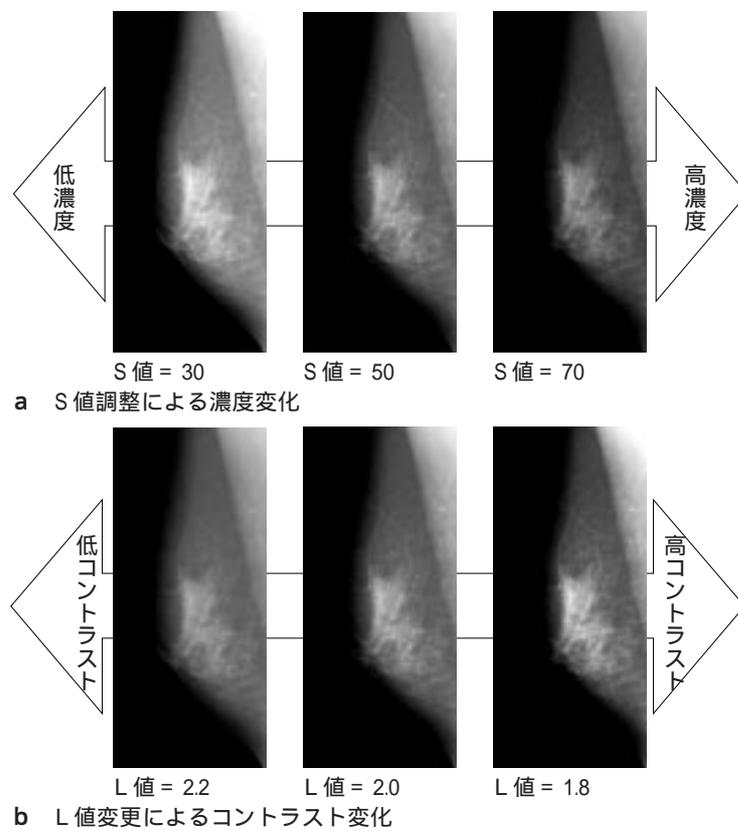


図 6 濃度とコントラストの調整

システム感度値を算出する。直接方装置では蛍光量への変換は行われず，X 線量は直接電離量として計測されデジタル化される。デジタル値に変換後に画像内の関心領域（ROI）感度値を換算して表示する場合や，画像全体のデジタル値のヒストグラムから画像のダイナミックレンジを算出し，そのダイナミックレンジの中点を感度値として表示する場合がある。FCR では画像データの収集時に EDR（exposure data recognizer）機構によって画像をヒストグラム解析しそのダイナミックレンジが決定される（図 5）。EDR 機構で決定された画像のダイナミックレンジを L 値，その L 値の中心となる線量値を感度値として換算したものを S 値という。データ収集後に S 値を大きくすると感度が高いということになるため，濃度は高くなる（図 6a）。またダイナミックレンジが小さな値になると，X 線強度差の小さなものを大きな濃度差に広げることになるため，コントラストは大きく（高く）なる（図 6b）。