

ハイブリッドのE処理は粒状の荒れを抑えながら縦隔などの低濃度部の情報量を増す。ハイブリッドE処理のパラメータはHE1とHE2があるが、胸部ではHE2が使用される。その強調度は $\beta=0.3$ を推奨する。 β_h と β_l があるが胸部では β_l のみ利用する。強調度を上げれば低濃度部の情報量が増すが、粒状性は劣化する。

g) ファントム実験の結果から以下の条件が推奨される。

DL=0.22, DH=1.90, HF=4, $\beta_1=0.0$, $\beta_2=0.3$, HE=2, $\beta_l=0.3$, $\beta_h=0$

h) 臨床画像での検討により以下のパラメータが推奨される。粒状性を許容範囲に保ちながら肺野コントラストを改善し、かつ低濃度部のコントラストを向上させることをねらった。

DL=0.22, DH=2.10, HF=4, $\beta_1=0.10$, $\beta_2=0.40$, HE=2, $\beta_l=0.40$, $\beta_h=0$

i) メーカー推奨のパラメータは以下のようである。

DL=0.22, DH=1.90, HF=4, $\beta_1=0.00$, $\beta_2=0.30$, HE=2, $\beta_l=0.30$, $\beta_h=0$

(3) コダック CR (当 CR 研究協力者班会議における発表用配付資料等による)

a 次のパラメータが使用される。

a) コントラスト：FCRのGAに相当するパラメータとして、細分したコントラスト（全濃度範囲にわたる特性曲線に相当）、アッパーコントラスト（高濃度部における特性曲線）、ローアコントラスト（低濃度部における特性曲線）、トウ（低濃度域における濃度をどこまで低くするか）、ショルダー（高濃度域における濃度をどこまで高めるか）というパラメーターがある。

b) LUTのカーブの形状。胸部撮影では撮影部位を「Chest/PA」と選択すると自動的にLUTが選択される。さらに、FCRにおける回転中心GC対応のパラメータはなく、撮影部位を「Chest/PA」の選択により自動的に設定される。

濃度の設定パラメーター：FCRのGS相当のものは、デンシティシフトである。

0.1の変更により、X線写真の濃度も0.1程度変更される。

c) マルチ周波数処理：M、マルチ周波数処理はコントラスト処理MFP-DRCと周波数処理MFPを含む。P-トーンによる周波数処理はボケマスク法により行われ、用いられるパラメータはカーネル（マスクサイズ：FCRのRNに相当）とブースト（強調係数：FCRのREに相当）である。

「カーネル」は35~45が推奨されFCRのRN 2~3に相当する。数値を大きく

すると、低周波が強調され肋骨など比較的大きい組織が強調される。数値を小さくすると、高周波が強調され細い血管が見やすくなるが、同時にノイズも強調される。肺野の中層より末梢に分布する細かい肺血管を明瞭に表現するために適したパラメータが推奨パラメータとなる。

d) 周波数処理における濃度域依存強調度：強調度を調節する「ブースト」は低濃度と高濃度を別々に指定できる。ローデンシティーlow density とハイデンシティーhigh density 側で任意の濃度値とその間での強調度を指定できる。強調度が大なら、強調効果も大である。

低濃度を強調すると、椎体や肋骨等の低濃度部が強調される。高濃度を強調すると、肺野に存在する血管などが強調される。低濃度部から高濃度部への強調の移行は指定された撮影部位（ボディパート）で自動的に設定され、胸部の場合はヒストグラムのデジタル値の分布を分析し、肺野に相当する値をピークにし、低濃度に非線形的に移行するように設定されている。強調度はFCRにおける0.4に対してコダックではLow D Boost0.05, High D Boost0.15が推奨されている。

e) EVP, enhanced visualization processing :

(a) 濃度圧縮処理：EVP, enhanced visualization processing のデンシティーを用いる。圧縮する濃度域を指定する。胸部X線撮影では、使用する必要は通常ないとのことである。

(b) 周波数強調度：EVP ゲインで行う。胸部写真の場合、濃度圧縮処理が強くなりすぎると肺野濃度が低下し、縦隔濃度が上昇するが、同時に肺血管などが強調されるため極めて不自然な画像になる。

コダックでは、視覚的に認識できる領域を拡大しながら画像のバランスを失わないもっとも低い強調度の1.1を推奨している

f) 撮影した画像情報のダイナミックレンジ：FCRのL相当のパラメータはない。

g) X線曝射量：

E.I. (exposure index、イックスポージャーインデックス) で表示される。ROI. (関心領域) のヒストグラムの平均値 (平均線量) に相当するデジタル値をE.I. としている。平均線量が1mRの場合にEI=2000 (FCRのS値200に相当) となる。E.I.値は線量を対数で表現しているため、線量が倍に増加した場合は2300となる。半減した場合は1700となる。Exposure Index = 2000 + (Log Ei x

1000)、

E_i =ヒストグラムの平均線量 mR

h) Direct View 800/900 における画像処理ソフトとして、P-Tone と EVP がある。

(a) P-tone は perceptual tone scale, EVP は enhanced visualization processing の略称である。P-Tone、perceptual tone scale は人の知覚機能に合わせた階調調整のうえで画像表示することを意図している。関心領域を自動認識して、領域に対して自動的に濃度とコントラストの調整を行いさらにエッジ強調を行う。ここでいう関心領域とは、画面上に撮影されている被検者の存在範囲である。(これより外、直接 X 線が入射する部分をバックグラウンドと称し、これよりさらに外の、絞りをを用いて照射野外になった部分をフォアグラウンドと称し、これらも自動的に検出して画像処理する)。関心領域の設定に続いて、P-Tone 処理ではクロッシング分析と LUT (look up table) の利用が行われる。前者は画面をクロススキャンして濃度変化をみることであり、金属などの存在をとらえてこれによる画像の劣化をふせぐことや、濃度のヒストグラムを作成し LUT を適用して画面の各点に适当濃度を与える機能を果す。さらにエッジ強調処理、USM (unsharp masking) を加える。強調は解剖学的構造に応じた非線形処理であり、低濃度、高濃度を区別して選択可能である。強調度の程度も選択可能である。

(b) EVP, enhanced visualization processing は最近加わった画像処理法である。画像の細部のコントラストを維持しながらラチチュードを改善する。低周波画像成分と高周波画像成分を分けて画像処理を加える。前者のコントラストを低減すると画像が軟調になり、いわゆるラティチュードが広がる。後者は画像の細部を表現する方向に働くものであり、これを強調する。骨組織の骨梁などの見え方をそこなうことなく、軟部組織の観察を容易にする。従来、補償フィルターを必要としていた撮影に有効である。

(c) 処理の手順は以下のごとし：

$$E' = \alpha \times (E \times K) + (1 - \alpha) \times E_{mid} + \beta (E - E \times K)$$

ただし、 $\alpha \times (E \times K) + (1 - \alpha) \times E_{mid}$ は低周波成分関係、

$\beta (E - E \times K)$ は高周波成分関係

E' : EVP 適応後

E : オリジナル

E_{mid} : オリジナル階調と **EVP** 階調が交差する点

α : 低周波ゲイン (<1)

β : 高周波ゲイン

k : 平滑化カーネル

EVP パラメータには、**EVP** カーネルと **EVP** ゲインおよび **EVP** デンシティー (**EVP_{mid}**) の 3 種がある。

(d) **EVP** カーネルは画像情報の周波数成分を低周波成分と高周波成分にわけ
る際のカーネルサイズを決定するものである。

(e) **EVP** ゲインは、低周波領域のコントラストを低減する時の適用量を決定
する。すなわちこの処理の結果拡大する露光ラティチュード比である。

(f) **EVP** デンシティーは低周波領域のコントラストを低減する時に、どの濃度
値を中心に低減処理を行うかを指定する。画像内で濃度変化を起こさせたくな
い値を指定できる。

以下に上記を表にまとめて示す。

| FCR | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|------|-------|---|-----|---|-----|----|---|-----|-----|
| 標準装置パラメータ | | | | | | | | | | | | | |
| | G | 1.0 | E | #1.6 | -0.15 | R | 4 | R | 0.2 | D | 2 | B | 0.4 |
| | L | 1.8 | S | 300 | C | * | 1.0 | * | 1.0 | PA | | | |
| G | 階調パラメータを意味している（画像の濃度とコントラストを調整するパラメータ） | | | | | | | | | | | | |
| | GA | コントラストを変える。数字が大きくなるとコントラストがつく | | | | | | | | | | | |
| | GT | 階調曲線の形を表す（フィルムでいう特性曲線）。階調曲線の種類は、A～Tまでである。 E階調は胸部専用。A階調は、直線的に変化する（直線階調）。 BからPは、シグモイド曲線（フィルムスクリーンに近い）。M階調は、 白黒反転で直線的な変化（A階調の反転階調）。T階調は、高コントラストタイプ（乳房用） | | | | | | | | | | | |
| | GC | GAを変えた時の回転中心（濃度変化しない中心） | | | | | | | | | | | |
| | GS | 濃度を変える。数字が大きくなると黒くなる | | | | | | | | | | | |
| R | 周波数処理パラメータを意味している。（画像の鮮鋭性を調整するパラメータ） | | | | | | | | | | | | |
| | RN | 強調させたい周波数の帯域を表す。 | | | | | | | | | | | |
| | RT | 特定の濃度域を強調させる曲線を表す。鮮鋭度を重視するタイプには F>P>Q>>T>R がある。 粒状性を重視するタイプには W>X>Z>Y>V>S>U がある | | | | | | | | | | | |
| | RE | 周波数強調の強さを変える。数が大きくなると強調が強くなる。 | | | | | | | | | | | |
| D | DR圧縮処理 | | | | | | | | | | | | |
| | DRN | DR圧縮処理のマスクサイズを決める | | | | | | | | | | | |
| | DRT | DR圧縮をかける濃度域を決めるパターン | | | | | | | | | | | |
| | DRE | DR圧縮の程度 | | | | | | | | | | | |
| L | L値 | ラチチュード | | | | | | | | | | | |
| S | S値 | 感度、S=200 1mR | | | | | | | | | | | |
| C | 補正 | | | | | | | | | | | | |
| | PA | 画像の表示方向を表す（PA、APの表示） | | | | | | | | | | | |
| マルチ周波数処理パラメータ | | | | | | | | | | | | | |
| | G | 1.0 | E | #1.6 | -0.15 | M | C | R | 0.2 | A | C | 0.3 | |
| | L | 1.8 | S | 300 | C | * | 1.0 | * | 1.0 | PA | | | |
| G | 階調パラメータを意味している（画像の濃度とコントラストを調整するパラメータ） | | | | | | | | | | | | |
| | GA | コントラストを変える。数字が大きくなるとコントラストがつく | | | | | | | | | | | |
| | GT | 階調曲線の形を表す（フィルムでいう特性曲線）。階調曲線の種類は、A～Tまでである。 E階調は胸部専用。A階調は、直線的に変化する（直線階調）。BからPは、 シグモイド曲線（フィルムスクリーンに近い）。M階調は、白黒反転で直線的な変化（A階調の反転階調）。 T階調は、高コントラストタイプ（乳房用）。 | | | | | | | | | | | |
| | GC | GAを変えた時の回転中心（濃度変化しない中心） | | | | | | | | | | | |
| | GS | 濃度を変える。数字が大きくなると黒くなる。 | | | | | | | | | | | |
| R | 周波数処理パラメータを意味している。（画像の鮮鋭性を調整するパラメータ） | | | | | | | | | | | | |
| | MRB | 強調させたい周波数の帯域を表す。周波数のランクはA～Gの7種類ある。 Aが低周波成分をFが高周波成分を強調する。 | | | | | | | | | | | |
| | MRT | 特定の濃度域を強調させる曲線を表す。鮮鋭度を重視するタイプには F>P>Q>T>R がある。 粒状性を重視するタイプには W>X>Z>Y>V>S>U がある。 | | | | | | | | | | | |
| | MRE | 周波数強調の強さを変える。数が大きくなると強調が強くなる。 | | | | | | | | | | | |
| M | DR圧縮処理 | | | | | | | | | | | | |
| | MDB | DR圧縮の周波数特性のタイプ（マスクサイズ）を決める | | | | | | | | | | | |
| | MDT | DR圧縮をかける濃度域のパターン | | | | | | | | | | | |
| | MDE | DR圧縮の程度 | | | | | | | | | | | |
| L | L値 | ラチチュード | | | | | | | | | | | |
| S | S値 | 感度、S=200 1mR | | | | | | | | | | | |
| C | 補正 | | | | | | | | | | | | |
| | PA | 画像の表示方向を表す（PA、APの表示） | | | | | | | | | | | |

| KODAK-CR | |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| P-Tone (Perceptual Tone) | 階調処理と周波数処理をするパラメータを意味している |
| | トーンスケール曲線の作成 |
| ボディーパート | LUTのカーブに関係する。撮影部位に対し、基本的な特性を割り当てる |
| デンシティシフト | 画像全体の濃度を変える。変化量 0.1 で、濃度 1.0 近辺が 0.1 程度変化する |
| コントラスト | 画像のコントラストを変える |
| アッパーコントラスト | トーンスケール曲線の暗い側のコントラストを変える。胸部は、肺野のコントラストを向上させるように、高くする |
| ローコントラスト | トーンスケール曲線の明るい側のコントラストを変える。胸部では、縦隔の描写を高めるため低くする |
| トゥ | トーンスケール曲線の Dmin(足部) のロールオフ量を変える |
| ショルダー | トーンスケール曲線の Dmax(肩部) のロールオフ量を変える |
| カーネル | 強調させたい周波数のマスクサイズ |
| ローデンシティブースト | 低濃度強調の程度。胸部ではほとんど強調なし |
| ハイデンシティブースト | 高濃度強調の程度、肺野にある血管を適正に描写させる |
| EVP | 濃度圧縮 (DR圧縮) を意味する |
| EVP Kernel | 圧縮する周波数のマスクサイズ |
| EVP Density | 圧縮を実施する際の中心の濃度。このより上は濃度圧縮で、下は持ち上げ |
| EVP Boost | 圧縮の程度 |
| E. I | 感度を表す。照射線量の平均値が 1 mR で、E I 値 2000 になる。(ECR の S 値 200 = E I 値 2000)。線量が増えると E I 値は増える。線量の対数に 100 を掛けて 2000 に加えた値 |

| REGIUS | | | | | | | | |
|---------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------|-------|-------------------|---------------|----|
| 標準パラメータ | | | | | | | | |
| | S : 157 | G : 2.03 | DL : 0.22 | DH : 1.90 | THX-1 | | | |
| | E : 1 | F : 1 | E : β_L 0.30 | β_h 0.00 | M63 | F : β 10.00 | β_2 0.3 | M7 |
| G処理 | 自動階調処理 | | | | | | | |
| | S値 | 感度 | | | | | | |
| | G値 | コントラストでありフィルムの γ 値に相当する | | | | | | |
| | DL | ROIの中の最低濃度 | | | | | | |
| | DH | ROIの中の最高濃度 | | | | | | |
| | LUT | フィルムの特性曲線と同様な曲線、胸部はTHX-1 | | | | | | |
| F処理 | 周波数処理 | | | | | | | |
| | F : 1 | 周波数処理のスイッチ (1 : ON) | | | | | | |
| | β_1 | 低濃度部の周波数強調の程度 | | | | | | |
| | β_2 | 高濃度部の周波数強調の程度 | | | | | | |
| | M7 | マスクサイズ (2N+1=15)、マスクサイズが大きいほど、低周波から強調する | | | | | | |
| E処理 | イコライゼーション処理 (DR圧縮) | | | | | | | |
| | E : 1 | イコライゼーション処理スイッチ (1 : ON) | | | | | | |
| | β_L | 低濃度部の処理の強さ | | | | | | |
| | β_H | 高濃度部の処理の強さ、肺野の場合は、0を入れる | | | | | | |
| | M63 | マスクサイズ | | | | | | |
| H処理 | ハイブリッド処理 (マルチ周波数処理) 画像を複数の周波数帯域に分散し、それぞれに最適な強調処理をおこなう | | | | | | | |
| | HF処理 | 周波数強調効果、1から6のパターンがある、HFの後の数字は、FCRのMRB, MRTに相当する。 β_2 は強調度で、FCRのMREに相当する | | | | | | |
| | HE処理 | ハイブリッド処理+イコライゼーション処理、FCRでいうマルチ周波数処理のDR圧縮で、HEの後の数字は、FCRのMDB, MDTに相当する。 β_i は強調度で、FCRのMDEに相当する。 | | | | | | |

CR を使用して胸部撮影を行う場合にその表示パラメータの選択が重要である。人体ファントムを用いて検討した結果とこれに基づく推奨パラメータを示す。なお参考のためにこれらの検討に用いた撮影条件などを最後に追加する。

実験結果

| 富士メディカルFCR | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------|------|------------|
| S値（管電圧130Kvpにおいて） S値は線量に依存する F=0.6mm、14:1（60本）、2m 実行エネルギー （表示の±3%以内） | S値の変化 | 粒状性 | 鮮鋭性 |
| | 100 | ◎ | |
| | 200 | ◎ | (1mR) |
| | 300 | ○ | |
| | 400 | △ | (0.5mR) |
| | 500 | × | |
| | Kvp | | |
| | 110 | ○ | ○ |
| | 120 | ○ | ○ |
| | 130 | ○ | ○ |
| 140 | △ | ○ | 散乱線の影響 |
| 管電圧が上がっても被写体コントラストに影響を与えない (肋骨の描出に変化がない) | | | |
| 階調処理 GAはコントラストに影響を与える | GAの変化 | | |
| | 0.7 | × | 軟調 |
| | 0.8 | ○ | やや軟調 |
| | 1.0 | ◎ | 適正 |
| | 1.1 | ○ | やや硬調 |
| | 1.3 | × | 硬調 |
| 肺野では1.0、縦隔では0.8が適正 | | | |
| GC、GAの回転中心 | GCの変化 | | |
| | 1.6 | ○ | |
| | 1.7 | ○ | (ファントム適正) |
| | 変化ない | | |
| GT（階調タイプ） フィルムの特性曲線に類似 | GT、E階調 | | |
| | E階調は胸部推奨 | | |
| GS 肺野の濃度に影響する | GSの変化 | | |
| | -0.2 | アンダー | (人体の標準) |
| | -0.1 | 適正 | (ファントムに適正) |
| | 0 | やや黒い | |
| | 0.1 | オーバー | |

| 周波数強調(マルチ) | | |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------|
| MRB (マルチ周波数バランス) コントラストと強調周波数に影響を与える | MRBの変化 | |
| | A | ○ 低周波数強調 |
| | B | ○ |
| | C | ○ バランスが中間 |
| | D | ○ |
| | F | △ 高周波数強調 |
| Aはコントラストが若干つく Fは軟調ぎみになる | | |
| MRT (マルチ周波数強調) 鮮鋭度と粒状性に影響する 鮮鋭度はF>P>T>U 粒状性は W>X>V>S>R>Q (理論値) | MRTの変化 P、Q、R、S、T Rが標準 | 大きな変化なし |
| MRE (マルチ周波数強調度) 周波数強調の度合い | MREの変化 | |
| | 0 | |
| | 0.2 | 標準 |
| | 0.3 | |
| | 0.4 | ザラつく |
| MRTがRの場合強いとノイズとなる | | |
| ダイナミックレンジ圧縮 | | |
| MDB (マルチDR圧縮バランス) コントラストに影響を与える | MDBの変化 | |
| | A | 推奨 |
| | B | |
| | C | 低濃度部ギラツク |
| Cはコントラストが落ちる | | |
| MDT (マルチDR圧縮強調) | MDTの変化 | |
| | A | 効果なし |
| | B | |
| | C | 軟調傾向、低濃度部強調 |
| Cは低濃度部でノイズが目立つ(ファントム) | | |
| MDE (マルチDR圧縮強調度) 圧縮の程度 | MDEの変化 | |
| | 0.2 | |
| | 0.4 | 推奨 |
| | 0.6 | 体の大きい人において推奨 |
| | 0.8 | ザラつく |
| GA | 1.0 | |
| GT | E | |
| GC | 1.6 | |
| GS | -0.2~-0.1 | |
| MRP処理有り | | |
| MRB | C | |
| MRT | R | |
| MRE | 0.2 | |
| DR圧縮有り | | |
| MDB | A | |
| MDT | C | |
| MDE | 0.4 | |

1. 実験に使用した装置(FCR5000)では、粒状性の面でS値は200~300が実用限度と判断、しかし2003年以降の最新のFCR装置に搭載されているFNC処理(ノイズ抑制処理)により、低線量による粒状性の悪化が抑えられる技術であり、普及が望まれる

2. 管電圧による変化は、F/Sのような高圧撮影による肋骨の吸収差の変化は見られないが、140Kvpでザラつくのは散乱線の影響と考えられる。

3. GAは、1.0が基準となるが縦隔部の描出には0.8が優れている

4. GTはE階調で胸部用として一定とした

5. GSは、-0.2が標準ではあるが、ファントムでは-0.1が適正であった

6. MRBの変化は、Aは若干ギラツクが、血管がシャープである、Fは高周波強調となり軟調となる。Cがバランス的によい

7. MREの変化では、数字が大きいほどザラつく傾向にある。

8. MDEの低濃度圧縮では、ファントム0.6が推奨されるが、生体では0.4~0.5太い人で0.5~0.6を推奨する

9. MDBでは、Cは血管が若干シャープ傾向を示すが、低濃度部がギラツク

10. MDTは、Cは低濃度部が強調される。

| コニカ REGIUS 150 | | | |
|---------------------------------|----------------|----------|--------|
| S 値 (管電圧 130Kvp の場合) | S 値の変化 | 粒状性 | 鮮鋭性 |
| | 100 | ◎ | (2mR) |
| | 150 | ○ | |
| | 167 | ○ | やや粗い |
| | 200 | △ | (1mR) |
| | 300 | × | |
| | 400 | × | |
| 管電圧の変化 | Kvp | 粒状性と画質全体 | |
| | 110 | ○ | ○ |
| | 120 | ○ | ○ |
| | 130 | ○ | ○やや粗い |
| | コントラストに大きな差はない | | |
| 階調処理 | | | |
| G 値 | G 値の変化 | 粒状性と画質全体 | |
| | 1.85 | やや軟調 | |
| | 1.95 | やや軟調 | |
| | 2.05 | 標準 | |
| | 2.15 | やや硬調 | 粗い |
| | 2.25 | やや硬調 | 粗い |
| 階調タイプ | | | |
| THX1 | THX1 が胸部用 | | |
| DL ROI の中心最低濃度 | 0.22 | | |
| DH ROI の中心最高濃度 | 1.9 | | |
| G 値に反映する (コントラストに影響を与える) | | | |
| 周波数強調 (F 処理) | F | | |
| F | 1 | ON | |
| β 1, 低濃度部の周波数強調度 | 0 | | |
| β 2, 高濃度部の周波数強調度 | 0.1 | | ソフト |
| | 0.2 | | |
| | 0.3 | 標準 | |
| | 0.4 | | |
| | 0.5 | | ザラつく |
| M | マスクサイズ | | |
| 強調周波数 | 3 | 高周波数 | 変化なし |
| (マスクサイズ) | 7 | 標準 | |
| 強調度一定 (0.3) | 11 | | |
| | 15 | | ブツブツ描写 |
| DR 圧縮 (E 処理) | E | | |
| E | 1 | ON | |
| BL, 低濃度部の処理の強さ (F 処理パラメーター定) | 0.1 | | |
| | 0.3 | 標準 | |
| | 0.5 | | 縦隔良い |
| | 0.5 はややザラつく | | |

| | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----|------------|
| BH, 高濃度部の処理の強さ | 0 | | |
| M, (強調周波数をきめるマスクサイズ) | マスクサイズ | | |
| | 63 | | |
| HF (ハイブリッド処理) | F | | |
| | 0 | | OFF |
| | HF | | |
| | HFのみでは縦隔部不足 | | |
| HE2, β 1 0.3一定でHFのパラメータ変化一定 | 4 | | 標準 |
| | β 2 | 0.1 | |
| | | 0.3 | 標準 |
| | | 0.5 | 肺野シャープ |
| | 5 | | |
| | β 2 | 0.1 | 軟調 |
| | | 0.3 | |
| | | 0.5 | ノイズ多い |
| | 6 | | |
| | β 2 | 0.1 | |
| | | 0.3 | |
| | | 0.5 | 高周波強調、ギラツキ |
| HE処理 | E | | |
| | 0 | | OFF |
| HF5一定 | | | |
| HE5一定、 β 2 0.3一定でHEのパラメータ変化 | HE | | |
| | 2 | | 標準 |
| | β L | 0.1 | ノイズ悪化 |
| | | 0.3 | コントラストアップ |
| | | 0.5 | 縦隔OK |
| <p>1. S値の変化については、wetと同線量のS値150付近が画質と線量の面でバランスがよい。</p> <p>2. 管電圧による変化は、F/Sのような高圧撮影による肋骨の吸収差の変化は見られないが、130Kvpで若干ザラつく。</p> <p>3. G値は、被写体コントラストで変化するので、ファントム実験では2.05がよいが被写体や管電圧により異なってくるであろう。</p> <p>4. 階調はTHX1をし、DL0.22、DH1.9と固定したが、これは関心領域(肺野+縦隔・横隔膜を含む)の最低濃度と最高濃度を決定するパラメータであり、DLとDHの差が大きいとコントラストは増す。</p> <p>5. 周波数の変化については、マスクサイズの標準は7であるが、11を用いると低周波から強調される。</p> <p>6. 周波数の強調度は、あまり強くすると肺血管が強調され過ぎ、粒状性も悪くなるので、0.3, 0.4が推奨。</p> <p>7. E処理(DR圧縮)は、縦隔の濃度を上げるが、強調し過ぎると低濃度部のコントラストが低下する。</p> <p>8. HF処理は数字の小さい方が、低周波から強調し肺血管のコントラストが付いて見えるが、肋骨も強調される。</p> <p>9. HE処理は、縦隔の濃度を上げるが、強調し過ぎると低濃度部のコントラストが低下する。</p> | | | |

| コダックKODAK-CR | | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------|--------------|-----|-------------------|--------------|-----|------|--------------|-----|------|--------|
| 管電圧 Kvp あるいは X線量の変化と粒状性 | | | | | | | | | | |
| FCRのS 値 | E1 110Kvp | 粒状性 | mAs | E1 120Kvp | 粒状性 | mAs | E1 130Kvp | 粒状性 | mAs | |
| 108 | 2280 | ◎ | 20.5 | 2280 | ◎ | 16.5 | 2270 | ◎ | 14.3 | 1.86mR |
| 140 | 2170 | ◎ | 15.9 | 2170 | ◎ | 13 | 2150 | ◎ | 10.5 | 1.4mR |
| 200 | 2010 | ◎ | 10.9 | 2000 | ○ | 8.8 | 2000 | ○ | 7.6 | 1mR |
| 260 | 1830 | ○ | 7.3 | 1850 | ○ | 5.2 | 1850 | △ | 5.2 | 0.7mR |
| 400 | 1680 | ○ | 5.9 | 1680 | △ | 4.2 | 1680 | × | 3.5 | 0.5mR |
| 管電圧 Kvp と粒状性あるいは画質 | | | | | | | | | | |
| 110Kvp | | ○ | | | | | | | | |
| 120 | | ○ | | | | | | | | |
| 130 | | ○ | やや軟調。コントラストに大差はない | | | | | | | |
| 130Kvp ではコントラストに大差はないがやや軟調になる | | | | | | | | | | |
| コントラスト, 1.8. カーネル, 75. ローデンシティブースト, 0.05. ハイデンシティブースト, 0.2 | | | | | | | | | | |
| 階調タイプ: ボディーパート, Chest/PA (胸部用) | | | | | | | | | | |
| ローコントラスト: 低濃度側のコントラスト, 0.7 | | | | | | | | | | |
| アップコントラスト: 高濃度側のコントラスト, 0.9 | | | | | | | | | | |
| トウ(足部)の濃度: 0.8 | | | | | | | | | | |
| ショルダー(肩部の濃度): 1.8 | | | | | | | | | | |
| デンシティシフト(濃度シフト): 0.1 | | | | | | | | | | |
| 1. 110Kvp の E1, 2010 (FCR の S 値 200 同等) を基準とした場合、1830 までは推奨できる | | | | | | | | | | |
| 2. 120Kvp の E1, 2000 を基準にした場合、1850 までが推奨値。 | | | | | | | | | | |
| 3. 130 Kvp の E1, 2000 を基準にした場合、1850 では粒状性が悪化してくる。散乱線の影響と考えられる | | | | | | | | | | |

| 推奨標準画像パラメーター | | | | | |
|-----------------------|--------|------------|-------|------|------|
| FCR標準装置パラメーター/フィルム印字例 | | | | | |
| G 1.0 | E #1.6 | -0.15R | 4R0.2 | D 2B | 0.4* |
| L 1.8 | S 300 | C *1.0*1.0 | | PA | |

| コントラスト | 階調 (特性曲線) | | | 周波数強調 | | | DR圧縮 | | |
|--------|-----------|-----|-------|-------|----|-----|------|-----|-----|
| | GT | GC | GS | RN | RE | RT | DRN | DRT | DRE |
| GA | E | 1.6 | -0.15 | 4 | R | 0.2 | 2 | B | 0.4 |

| | |
|--------|--------|
| ラチチュード | 感度 |
| L 値 | S 値 |
| 自動 | 300 以下 |

| | | | |
|------------------------------|--------|---------------|--------|
| FCRマルチ周波数処理パラメータ ... フィルム印字例 | | | |
| G 1.0 | E #1.6 | -0.15 M CR0.2 | AC0.3* |
| L 1.8 | S 300 | C *1.0*1.0 | PA |

| コントラスト | 階調 (特性曲線) | | | 周波数強調 | | | DR圧縮 | | |
|--------|-----------|-----|-------|-------|-----|-----|------|-----|-----|
| GA | GT | GC | GS | MRB | MRT | MRE | MDB | MDT | MDE |
| 1.0 | E | 1.6 | -0.15 | C | R | 0.2 | A | C | 0.3 |

| | |
|--------|--------|
| ラチチュード | 感度 |
| L 値 | S 値 |
| 自動 | 300 以下 |

REGIUS標準パラメータ

| | | | | |
|---------|----------|----------|----------|------------------|
| S : 157 | G : 2.03 | L : 0.22 | H : 1.90 | THX-1 |
| E : 1 | F : 1 | E : 0.30 | 0.00 M63 | F : 0.00 0.30 M7 |

| コントラスト | | | 階調曲線 | | 周波数強調 | | | DR圧縮 (イコライゼーション処理) | | |
|--------|------|-----|-------|----|---------------|---------------|-----|--------------------|---------------|--|
| G | DL | DH | LUT | M | F : $\beta 1$ | F : $\beta 2$ | M | E : βL | E : βH | |
| 2.0 | 0.22 | 1.9 | THX-1 | M7 | 0.00 | 0.30 | M63 | 0.30 | 0.00 | |

| | |
|--------|--------|
| ラチチュード | 感度 |
| L 値 | S 値 |
| 2.0 | 150 以下 |

REGIUSハイブリッド処理パラメータ

| | | | | |
|---------|----------|----------|----------|------------------|
| S : 157 | G : 2.03 | L : 0.22 | H : 1.90 | THX-1 |
| E : 0 | F : 0 | E : 0.30 | 0.00 M63 | F : 0.00 0.30 M7 |

| コントラスト | | | 階調曲線 | 周波数強調 | | | DR圧縮 (イコライゼーション処理) | | |
|--------|------|-----|-------|-------|---------------|---------------|--------------------|---------------|---------------|
| G | DL | DH | LUT | HF | F : $\beta 1$ | F : $\beta 2$ | HE | E : βL | E : βH |
| 2.0 | 0.22 | 1.9 | THX-1 | HF=5 | 0.00 | 0.30 | HE=2 | 0.30 | 0.00 |

| | |
|--------|--------|
| ラチチュード | 感度 |
| L値 | S値 |
| 2.0 | 150 以下 |

KODAK-CRパラメータ

表示なし

| コントラスト | | | 階調曲線 | 周波数強調 | | | DR圧縮 (EVP処理) | | |
|--------|--------------|----------------|-------------|-------|----------|----------|--------------|-----------|-------------|
| コントラスト | ロー コントラスト | アッパー コントラスト | ホールド パート | カーブ | ロー 感度 | ハイ 感度 | EVPカーブ | EVP 感度 | EVP ブースト |
| 1.8 | 0.7 | 0.9 | Chest/PA | 45 | 0.05 | 0.20 | 17000 | 2200 | 1.1 |
| | トウ | ショルダー | | | | | | | |
| | 0.8 | 1.8 | | | | | | | |

| |
|---------|
| 感度 |
| EI値 |
| 2000 以上 |

ファントム実験に使用した装置と条件を表で示す。

| | FCR | REGIUS | KODAK-CR |
|----------|-------------------------|---------------------|----------------------|
| X線発生装置 | 東芝 KX0-80G (3相インバータ) | 東芝 KX0-80F | 東芝 KX0-80F |
| 管球 | 東芝 DRX-372HD | 東芝 DRB-O 4 2 4 CS | 東芝 DRB-O 4 2 4 CS |
| 固有フィルタ | 1.1mmAL/75KV | 1.2mmAL/75KV | 1.2mmAL/75KV |
| 付加フィルタ | 2.0mmAL | | |
| 焦点 | 0.6mm | 0.6mm | 0.6mm |
| 読取装置 | FCR 5000 | REGIUS 150 | Direct view CR800 |
| 読取サンプリング | 100 μ m/pix | 175 μ m/pix | 175 μ m / pix |
| 読取グレーレベル | 10bit/pix | 12bit/pix | 12bit / pix |
| IP | ST-VN | RP-1S | GP25 |
| 画像記録装置 | Drypix 7000 | Drypro 752 | DV8700 |
| 露光分解能 | 14bit | 14 bit | 12bit |
| 記録画素サイズ | 100 μ m | 80 μ m | 89 μ m |
| 赤外半導体レーザ | 波長 660nm | 波長 810nm | 波長 660nm |
| フィルム | DI-HL | DR-P | DVB |
| 撮影条件 | S=300 | S=167 | EI=2000 |
| | 110Kvp 6.72mAs 200cm | 110Kvp 4.0mAs 200cm | 110Kvp 10.9mAs 200cm |
| | 120Kvp 5.44mAs 200cm | 120Kvp 2.8mAs 200cm | 120Kvp 8.8mAs 200cm |
| | 130Kvp 4.48mAs 200cm | 130Kvp 1.9mAs 200cm | 130Kvp 7.6mAs 200cm |
| | 140Kvp 3.52mAs 200cm | | |
| グリット | 14:1 60本 (Bucky) | 三田屋 14:1 60本 | 三田屋 14:1 60本 |

ファントム： 京都科学社製

資料 17

CR システムの概説

執筆編集者

安曇総合病院 病院長 曾根脩輔

主たる執筆者

コダック (株) ヘルスイメージング事業部

アナログビジネス本部営業技術グループ 伊知地宏志

執筆協力者

富士フイルムメディカル (株) 営業技術部長

材料グループ部長マネージャ 藤岡隆

全国労働衛生団体連合会エックス写真専門委員会前委員 古川克治

コニカ (株) メディカル&グラフィックカンパニー

MI 商品企画グループ課長代理 竹内浩美

コニカ (株) メディカル&グラフィックカンパニー

MI 商品企画グループ 山室紀人

信州大学病院中央放射線部副技師長 平野浩志

<目次>

第1章 デジタル画像処理とは

第1項 画像処理の歴史

第2項 画像を構成する諸因子

第1節 コントラスト

第2節 シャープネス

第3項 デジタル化で重要な因子

第1節 標本化と量子化

第2節 画像のサイズと情報量

第2章 CR 画像処理の特徴

第1項 CR の画像読み取り

第2項 濃度とコントラストの自動調整

第3項 ヒストグラム

第4項 ルックアップテーブル (LUT)

第5項 画像表示の処理ソフト

第3章 イメージングプレート (IP) と CR カセット

第1項 組成と発光の原理

第2項 X線吸収特性

第3項 発光特性

第4項 感度

第1節 感度表示と線量

第2節 通常増感紙に対する感度

第5項 フェーディング

第6項 消去

第7項 劣化とクリーニング

第8項 カセットの構造

第4章 CR システムの概要

第1項 IP のスキャン

第2項 IP の読み取り

第3項 IP の消去

第5章 画像処理

第1項 自動階調処理

第2項 自動階調処理の流れ

第3項 正規化处理

第4項 階調処理

第6章 周波数処理

第1項 ボケマスク処理

第2項 周波数処理のパラメータ

第7章 ダイナミックレンジ圧縮処理

第1項 ダイナミックレンジ圧縮処理の原理

第2項 ダイナミックレンジ圧縮処理の方式

第3項 ダイナミックレンジ圧縮処理のパラメータ

第8章 新タイプ画像処理

第1項 新タイプ画像処理の特徴

第2項 処理の概要

第3項 パラメータの概要

第1章 デジタル画像処理とは

昨今、CAD (computer aided diagnosis) 等が話題となり、放射線画像の読影診断者の負担の軽減や精度維持目的での利用が模索されているが、人命を左右する医療行為に係る内容であり、これを医師から独立した形で安易に利用することは許されない。従って、医師が人間の「目」をもって視覚的に医用画像を判定する時代はなお続くし、そのために「診断に適した画像」の提供は今後求められる。

ところで、従来からのX線写真、被写体を透過したオリジナルのX線情報では、「人間の目」にとってはコントラストが低いため正確な診断を困難にしていた。

そこで、この情報を「人間の目が感覚し易い」画像に「加工する」のがここで述べる「画像処理」である。人間の「目」が画像を判断するための基本的な次の三要素に大別できる。

- 画像の明るさ（または濃度）とコントラスト
- 画像のエッジ（輪郭）のシャープネス（鮮鋭さ）
- ノイズ（粒状性）

これらの要素を基本的要素として、それぞれの要求レベルを達成させるべくアナログシステムの開発も行われ、多角的に改善がはかられ進化してきた。デジタル画像もこの原則からはずれるものではない。

第1項 画像処理の歴史

1926年の暗室透視の機器を例にした場合、使用する画像デバイスは、透視板なのでコントラストは「傾き 1.0」の直線をそのまま反映した画像であり、コントラストに問題があり、シャープさと明るさは透視板の性能に依存した。

このように被写体を透過する X 線情報は、そのままではコントラストが低く、軽微な濃度差としてここに描出される体内の病変を肉眼的に発見することは困難なことが多い。これを改善するために従来は、フィルムの特性曲線を S 字状に変化させて、中間濃度から高濃度部部分の画像情報について、すなわちこの範囲に身体の関心領域を描出するよう X 線曝射量を設定しながら、コントラストを高め、医師による肉眼的診断を助けてきた。これは人間の視覚生理機能の特性を考慮した工夫であり、濃度差、すなわちコントラスト感知システムになっていた。

近年、X 線フィルムのコントラスト特性はユーザーの要求を満足させるべく、何種類かのパターンのもものが作られ販売されている。撮影の部位、内容により、その中から適したシステムが選択され日常の撮影が行われている。選択が適切でなければ診断に適した X 線写真は撮影困難である。とくに最近では、フィルム特性は用途別に絞り込まれており、特性が安定する写真乳剤技術により、現像でコントラストなどがあまり変化しないのでシステムの選択が適切に行われることは重要である。

第 2 項 画像を構成する諸因子

第 1 節 コントラスト

高コントラスト、中間コントラスト、低コントラストの 3 種類のシステムが販売されている。

第 2 節 シャープネス

シャープネスは、主に増感紙の感度と蛍光体の特性により決められる。設定された感度と量子モトルのバランスで高感度増感紙における鮮鋭度は一般に低めに設定される。

第 3 項 デジタル化で重要な因子

第 1 節 標本化¹と量子化²

従来のアナログ画像における空間的に連続的なデータ列の表現に対して、デジタル画像では連続的なデータを空間的に区切り（サンプリングあるいは標本

¹ 標本化 画像のオリジナルデータがある大きさで区切り、デジタル化の最少単位を定める作業。
最少単位が小さいほど、オリジナルに近い画像が得られるが

² 量子化 標本化されたデータの変化量（濃度値と置換えても良い）の設定作業。変化量を小さく取るほど微細な濃度変化を再現することができる。

化)、区切られた範囲(画素・ピクセル)でのデータ値を、数列値で表現する(量子化)ものである。デジタル化されたデータを再度アナログデータに変換して表示しこれを観察して診断などの医療が行われる。

ここでのデジタル化には工夫、種々の配慮が要求される。できるだけオリジナルに近い画像として再現する為には、標本化における画素を小さくし、かつ、その画素でのデータ値の変化量を細かくきざむ必要がある。しかし必要以上の過剰なサンプリングと量子化を行うことは画像データ量の膨大化、処理時間や保存容量の増加をきたし効率的でない。目的に応じた処理が必要になる。

第2節 画像のサイズと情報量

診断部位やその目的によって、デジタル画像のための適当な標本化と量子化の詳細さが異なってくるが一般的に胸部では200 μ mの画素サイズ、10bit以上の濃度分解能があれば読影に支障がないとされている。また、画像の情報量は、画素数と濃度分解レベルの積である。例えば、縦が2500画素、横が2048画素であり、濃度分解レベルを12bitとすると、その情報量(bit)は2500 \times 2048 \times 12となる。通常、情報量はMbyteで表され、1M=1024k(キロ)、1k=1024byteであり、2500(約2M) \times 2048(2M)、9-16bitの濃度分解能は2Mbyteに相当するので、概ね2 \times 2 \times 2=8Mbyte必要となる。DICOMフォーマットの場合、フォーマット上で、8の整数倍にデータ量が切り上げられるので、12bitの濃度分解能は2byteの扱いとなる。

各社CRの情報量 表1

| | コダック | 12bit | フジ | 10bit ³ | コニカ | 12bit ⁴ | |
|----|-------------|-------|-------------|--------------------|-------------|--------------------|-------|
| 半切 | 168 μ m | 10MB | 100 μ m | | 18MB | 175 μ m | 3.1MB |
| 大角 | 168 μ m | 8MB | 100 μ m | | 15MB | 175 μ m | 4.6MB |
| 四切 | 115 μ m | 10MB | 100 μ m | 9MB | 175 μ m | | 7.7MB |
| 六切 | 97 μ m | 8MB | 100 μ m | 6MB | 175 μ m | | 9.4MB |

第2章 CRの画像処理の特徴

従来のアナログ系X線撮影システム(Film/Screenシステム)の内容や進歩

³ フジシステムの場合HQシステムでは50 μ mのサンプリングピッチを使用することも可能

⁴ コニカシステムの場合、87.5 μ mのサンプリングピッチを使用することも可能。

この場合データ量は単純に二倍になると考えて良い。