

最新の画像処理を理解しよう —高コントラストと低ノイズの両立—

山形大学医学部附属病院 放射線部 ○佐藤 凌太(Sato Ryota)

【はじめに】

デジタルX線撮影において、X線吸収差が大きい大柄体型の被写体の場合、被写体全体の可視化は困難であった。従来の画像処理技術では、画像のヒストグラムを解析し、その体厚に応じた出力の濃度とコントラストが決定されるため、体厚の差が大きいほどコントラストは低下した。一方でコントラストを高めようとするともノイズは強調されるため、高コントラスト・低ノイズの両立は困難であった。この問題を解決するダイナミック処理が登場し、高コントラストで低ノイズの画像の提供が可能となった。そこで従来処理とダイナミック処理における被写体厚の違いによるコントラストとノイズの関係について基礎的な検討を行った。



Fig.1 胸部X線画像のヒストグラム

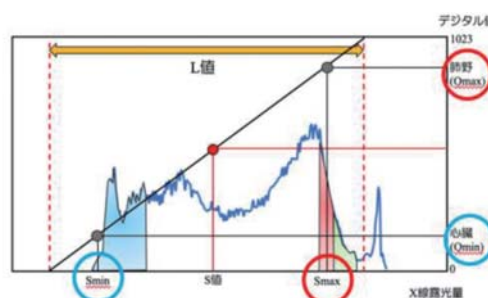


Fig.2 ヒストグラム解析とL値、S値

【自動感度調節処理】

ダイナミック処理を考えるにあたり、デジタルX線画像の濃度・コントラストに関わる従来の自動感度調節処理 (EDR:Exposure Data Recognizer) について確認する。EDRではヒストグラム解析によって、撮影部位毎に管電圧や線量が変化しても一定の画像濃度とコントラストに調節している。胸部画像を例に挙げて解説していく。

胸部画像でヒストグラムを作成するとFig.1のような形となり、それぞれの山や谷の領域が肺野などの被写体情報を表している。これら被写体情報を持った山をメインヒストグラムと言う。ヒストグラム上の組織を表す領域は撮影条件や体格で大きく変化しない。そのため、ヒストグラムから画像安定化に必要なポイントを特定することで、撮影部位ごとに決められたデジタル値を振り分け、安定した画像生成を可能としている。

胸部画像においては心臓と肺野に相当する露光量をそれぞれ S_{min} 、 S_{max} とする。次に撮影メニューで決められた濃度となるようそれぞれにデジタル値を振り分け、それを Q_{min} 、 Q_{max} とする。この2点を結ぶ直線ができ、これに従って他の領域に対してもデジタル値が振り分けられていく。この時、直線の範囲に相当するX線量の幅の対数値をL値と言い、コントラストに関わっている。また、デジタル値の中央値に対応するのがS値であり、感度の

指標とされている (Fig.2)。

ヒストグラムは様々な要因で変化するが、その一つに被写体厚が考えられる。大柄な人を撮影した際は皮膚周辺の軟部と、被写体中央部などの最も厚い部分のX線先吸収量の差が広がるため、ヒストグラムの幅も広がる。EDRでは S_{min} 、 S_{max} の差に応じてL値が決まるため、被写体が大柄であるほどL値が大きくなり、コントラストの低下へつながる。また、コントラストを向上するためにL値を下げると、ヒストグラムのL値の範囲から外れた領域が最小デジタル値にまとめられるため、被写体情報の欠損とノイズ成分が強調されるデメリットが存在する。

【ダイナミック処理】

EDRのデメリットを解決するために登場したものがダイナミック処理である。この処理の大きな特徴はL値を固定して、被写体厚に応じてダイナミックレンジ圧縮量を調節することである。撮影メニューごとにL値を固定することで体型によらず常に一定のコントラストを得ることができる。一方、L値を固定するだけでは被写体情報を含むヒストグラムの領域がL値の範囲から外れ、黒つぶれや白つぶれが生じる恐れがある。そこで、体厚に応じてダイナミックレンジ圧縮量を自動調節することで、メインヒスト

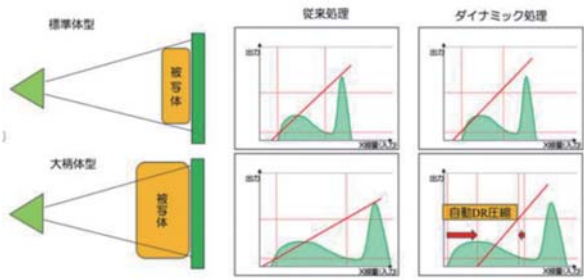


Fig.3 従来処理とダイナミック処理

グラムをL値の範囲へ収め、被写体情報全体の描出を可能としている (Fig.3)。

この他に空間周波数処理や粒状改善処理についても改良が施された。従来の空間周波数処理では中高周波数成分に限定的であったが、ダイナミック処理では超低周波数成分まで強調することができ、臓器や骨などの大きな構造物でも視認性の向上を可能とした。また、粒状改善処理もより複雑な構造パターンを認識できるようになったことで、ノイズと被写体の分離性能を向上することができた。これによりダイナミック処理によるコントラスト強調によって増幅されるノイズ成分の効果的な低減も期待できる。

ダイナミック処理では画質を保ちつつ高いコントラストを実現できることが分かった。そこで従来処理と比較してどれだけ改善効果があるか、コントラストとノイズについてファントム実験で確認した。

【方法】

厚さ4 mmの亚克力円盤の上に頸椎と胸腰椎移行部を想定し、それぞれ厚さを変えた亚克力ファントムを重ねて撮影を行った。撮影条件は管電圧が70、80 kV、亚克力透過後の検出器到達線量が0.25、0.5、0.75、1.0 mRになるようmAs値を調節し、撮影距離は150 cmで各2回撮影した (Fig.4)。

撮影メニューは頸椎、胸腰椎移行部のものを使用し、画像はダイナミックレンジ圧縮なし (DRC-)、ダイナミックレンジ圧縮あり (DRC+)、ダイナミック処理あり (Dy+) をS値200、L値2.0で出力した。得られた画像をImageJ上でROIを設定して測定し、DRC-に対するコントラスト改善率、相対的なSD、

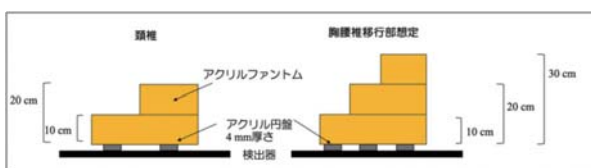


Fig.4 実験体系

CNR改善率を算出した (Fig.5)。

【結果】

頸椎想定時の結果を示す。コントラスト改善率は厚さや条件によらずDRCありなし

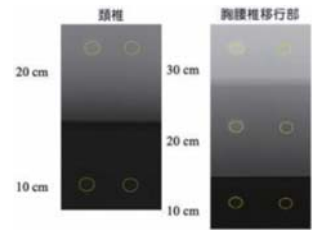


Fig.5 ROIの配置

の差は見られず、Dy+では改善した (Fig.6)。相対的なSDの結果については、亚克力厚さ10 cmの時のほとんどの場合はDRC- が最も低く、0.25 mRの時のみDy+が最も低い結果となった。亚克力厚さ20 cmの時はDRCありなしで差はなく、Dy+の時が最も低いSDを示した (Fig.7)。CNR改善率は亚克力厚さ、撮影条件によらずDy+が最も高い (Fig.8)。

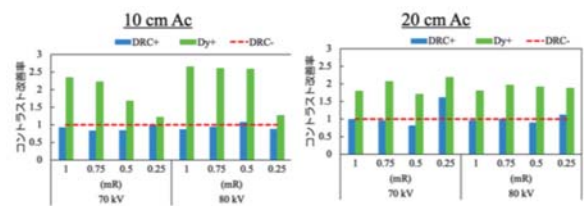


Fig.6 コントラスト改善率 (頸椎)

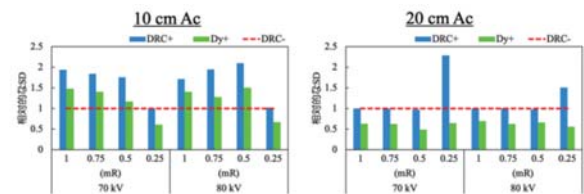


Fig.7 相対的なSD (頸椎)

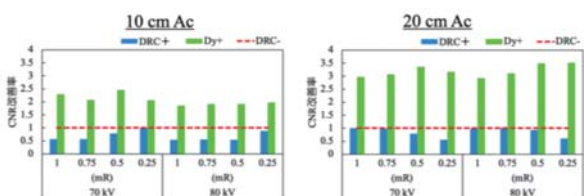


Fig.8 CNR改善率 (頸椎)

次に胸腰椎移行部想定時の結果を示す。コントラスト改善率については亚克力厚さ20 cmの時は大きな差はなかったが、それ以外の厚さではDy+が高い結果となった (Fig.9)。相対的なSDはコントラストの改善が著しかったDy+で亚克力厚さ10 cmの時にSDが高くなった (Fig.10)。CNR改善率については頸椎想定時と同様に亚克力厚さ、撮影条件によらずDy+使用時が最も高い値を示した (Fig.11)。

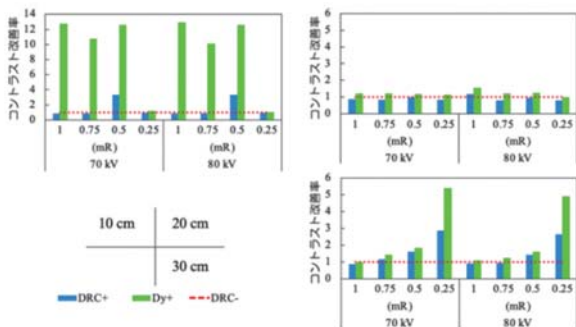


Fig.9 コントラスト改善率 (胸腰椎移行部)

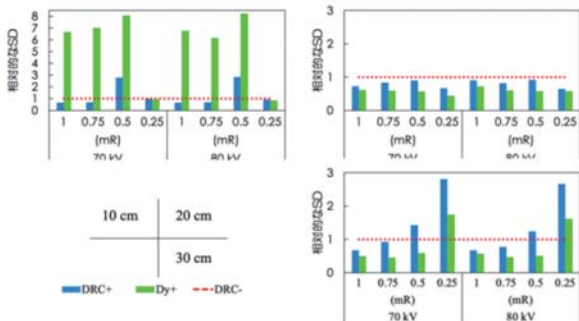


Fig.10 相対的なSD (胸腰椎移行部)

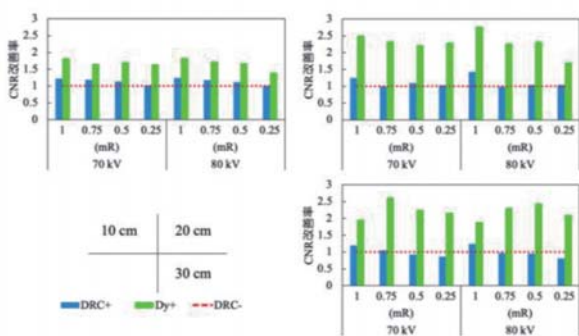


Fig.11 CNR改善率 (胸腰椎移行部)

【考察】

全体の結果よりDRCありなしとDy+を比較した時、胸腰椎移行部想定時のアクリル厚さ10 cmを除いてコントラストが高くなり、ノイズ量は少なくなった事、CNRは部位によらずDy+使用時が最も高く、厚さが厚い方の改善度合いが高いことが分かった。

厚さが薄い側ではDRCが強く働きコントラストが向上する一方、その分ノイズも強調されたと推測される。また、ノイズの強調以上にダイナミック処理のコントラスト向上効果が高いため、CNRの観点では撮影部位や被写体厚、撮影条件によらず高コントラスト低ノイズを達成し、画質の向上が期待できると考える。

【まとめ】

最新の画像処理のダイナミック処理について従来処理と比較した解説、および検証を行った。ダイナミック処理の登場により、従来では困難であった高コントラストと低ノイズを両立した画像が得られるようになった事は、撮影に携わる診療放射線技師にとっても読影に携わる医師にとっても大きな恩恵をもたらしたと言える。今回の内容を通してダイナミック処理について知っていただき、日常の撮影業務に活用していただければ幸いである。

【参考文献・図書】

- 1) 船橋正夫 CR超基礎講座 医療科学社
- 2) 古川克治 他 放射線写真学 アナログからデジタルへ 富士フイルムメディカル株式会社
- 3) 高橋知幸 他 人体の立体構造推定に基づくX線画像の診断画質向上技術 FUJIFILM RESEARCH & DEVELOPMENT 2017;No.62:28