

1620 軟部組織における仮想単色 X 線 CT の画質評価

本田 梨沙子

(指導教員：市川 勝弘 教授, 川嶋 広貴 助教)

要旨

SIEMENS 社の CT 装置の dual energy 撮影によって得られる仮想単色 X 線画像(Monoenergetic image, 以下, mono) と, そのノイズを低減させた Monoenergetic Plus (mono+)による低エネルギー画像の軟部組織コントラスト増強効果を, コントラスト情報を含んだ画質評価指標 SDNR (signal-difference-to-noise ratio)を用いて評価した. 直径 3 cm の軟部組織等価ロッドを水ファントム内に固定したものを, single energy の 120 kV と dual energy にて撮像し, dual energy 撮像より mono の 40–70 keV, mono+の 40–120 keV で再構成した. それぞれの画像でコントラスト, modulation transfer function(MTF), noise power spectrum(NPS)を測定し, その値から SDNR を算出した. 軟部組織コントラストにおいて, mono+の低エネルギー画像を用いると SDNR は 120 kV と比較して顕著に低下した. これより, mono+の低エネルギー画像では, 低コントラスト検出能の改善は期待できないことが示唆された.

I. 緒言

SIEMENS 社の dual energy 撮像により任意のエネルギーの Monoenergetic image (mono)が再構成可能であり, 近年では mono のノイズをさらに低減させた Monoenergetic Plus (mono+)が開発された. mono および mono+の低エネルギー画像はコントラスト上昇効果により造影 CT において有用であるといわれている[1]. しかし, mono や mono+は軟部組織においてその有用性を報告した例はない. mono から mono+になりノイズが低減したことにより, そのコントラスト上昇効果が, 造影 CT だけでなく, 急性期脳梗塞などの低コントラスト検出能の向上に有用である可能性が考えられる. そこで, 本研究では軟部組織における mono と mono+の画質を, コントラスト情報を含んだ画質評価指標 SDNR(signal-difference-to-noise ratio)を用いて評価する.

II. 方法

(1) CT 装置及びファントム撮像

Dual source CT 装置である SOMATOM Force (SIEMENS)を使用し, 直径 20 cm の水ファントム内に直径 3 cm の軟部組織等価ロッドを固定し, スキャンした. 撮影条件は, single energy では 120 kV, 10 mGy, dual energy では 80 kV–150 kV(Sn フィルタ), 10 mGy とした.

(2) 解像特性の測定

解像特性である modulation transfer function (MTF)は, 軟部組織等価ロッドの境界部分から円形エッジ法により測定した. データ解析においては, 日本 CT 技術学会より提供される, CT 画像計測ソフトウェアである CTmeasure 0.97b を使用した.

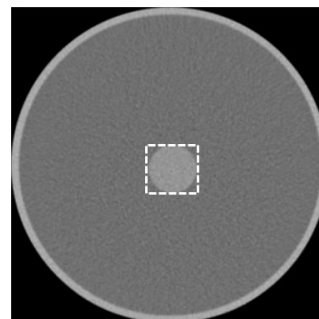


Fig. 1 解像特性の測定画像

(2) 粒状性の測定

粒状性の指標である noise power spectrum (NPS)は、ファントムの水部分に 256×256 の ROI を設定した。データ解析においては、日本 CT 技術学会より提供される、CT 画像計測ソフトウェアである CTmeasure 0.97b を使用した。

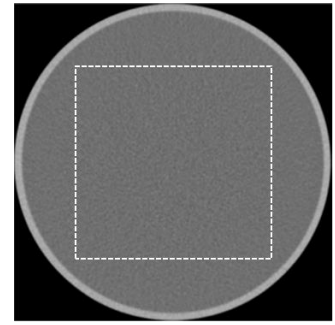


Fig. 2 粒状性の測定画像

(3) コントラストの測定

コントラスト C は、軟部組織円柱ファントム、バックグラウンドにそれぞれ ROI を設定して CT 値を測定し、以下の式(1)より算出した。

$$C = CT_M - CT_B \dots (1)$$

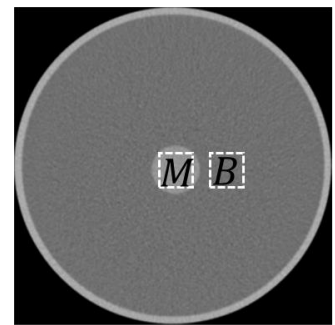


Fig. 3 コントラストの測定画像

(4) SDNR の算出

上記(1)~(3)で得られた MTF, NPS, コントラストを用いて以下の式(2)よりコントラスト情報を含んだ画質指標である SDNR を算出した。

$$SDNR(u) = \sqrt{C^2 MTF^2(u) / NPS(u)} \dots (2)$$

III. 結果

(1) コントラスト

Fig. 4 に 40~70 keV におけるコントラストの結果を示す。mono, mono+のどちらにおいても、70 keV に比べて 40 keV ではコントラストは約 41 % 増加した。また、mono+においては mono よりもノイズが低減するが、コントラストは保たれていた。

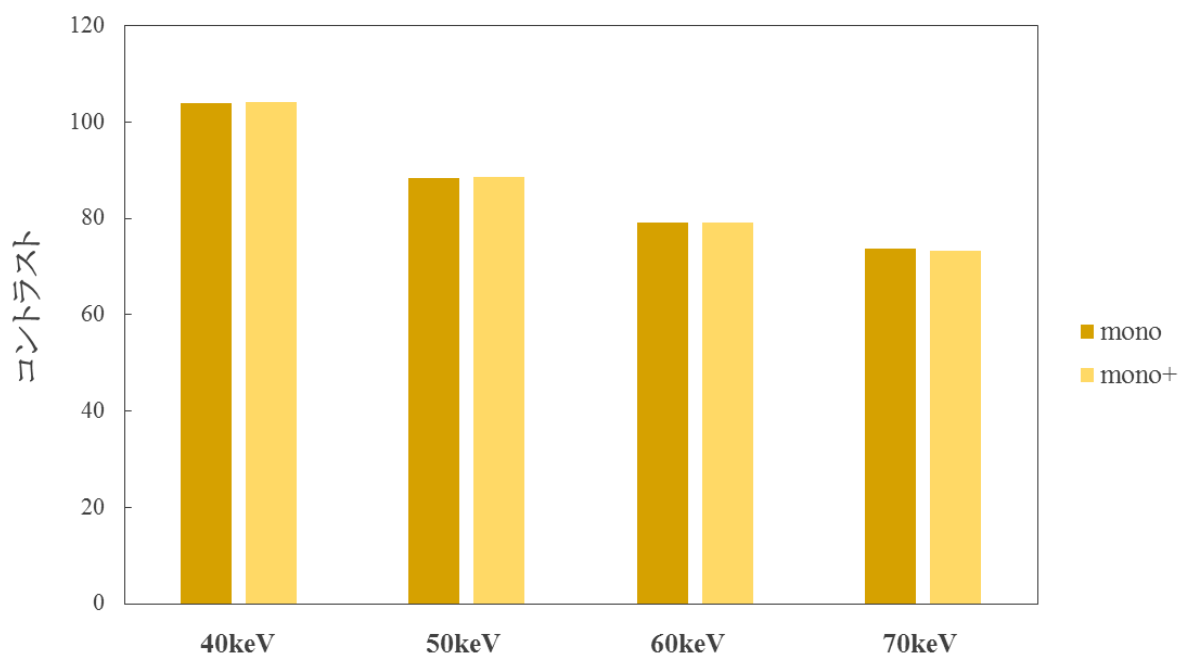


Fig. 4 mono と mono+の 40～70 keV エネルギーにおけるコントラスト

(2) SDNR

Single energy 120 kV および mono+の各エネルギーの SDNR の結果を Fig. 5 に, single energy 120 kV, mono, mono+の, 空間周波数 0.2 (cycles/mm)における SDNR を抜き出した結果を Fig. 6 に示す. mono+の SDNR は 40 keV からエネルギーをあげるごとに上昇し, 70keV をピークとして, その後はエネルギーを上げるごとに低下していた. Mono+ 70 keV の SDNR と single energy 120 kV の SDNR は同程度であり, mono+の低エネルギー画像, 高エネルギー画像の SDNR はどちらも single energy 120 kV と比較し顕著に劣っていた. また, mono の SDNR はいずれのエネルギーにおいても mono+に劣っていた.

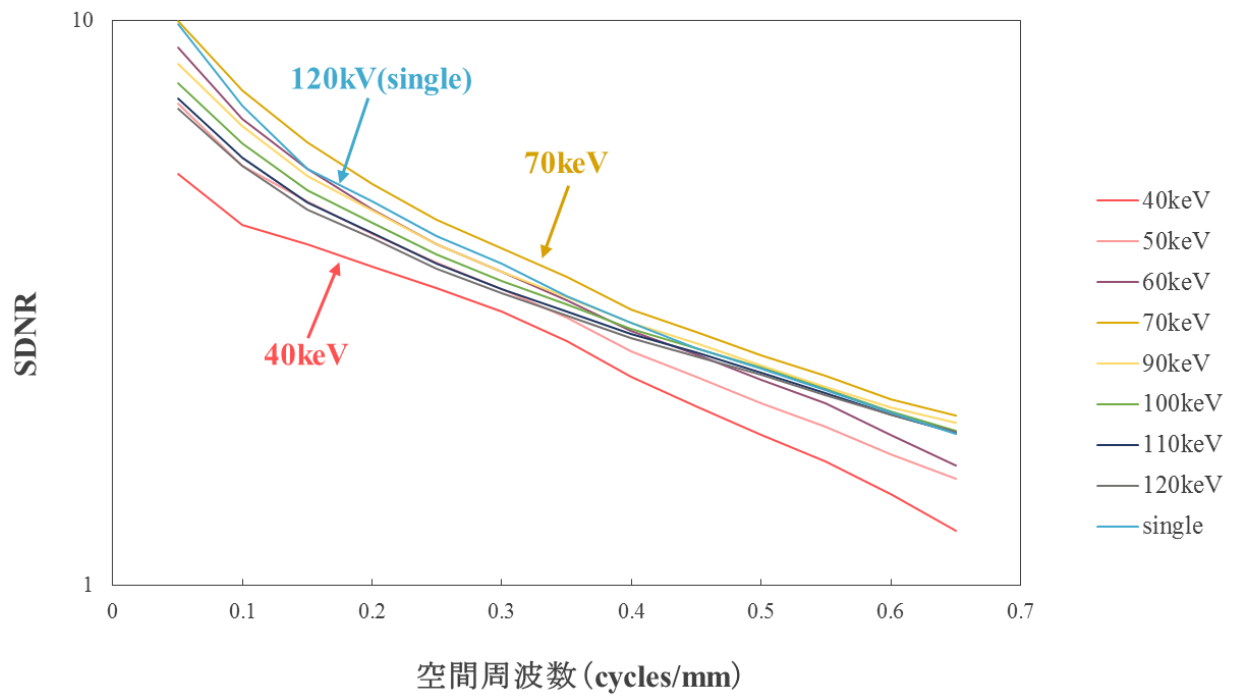


Fig. 5 mono+における SDNR の測定結果

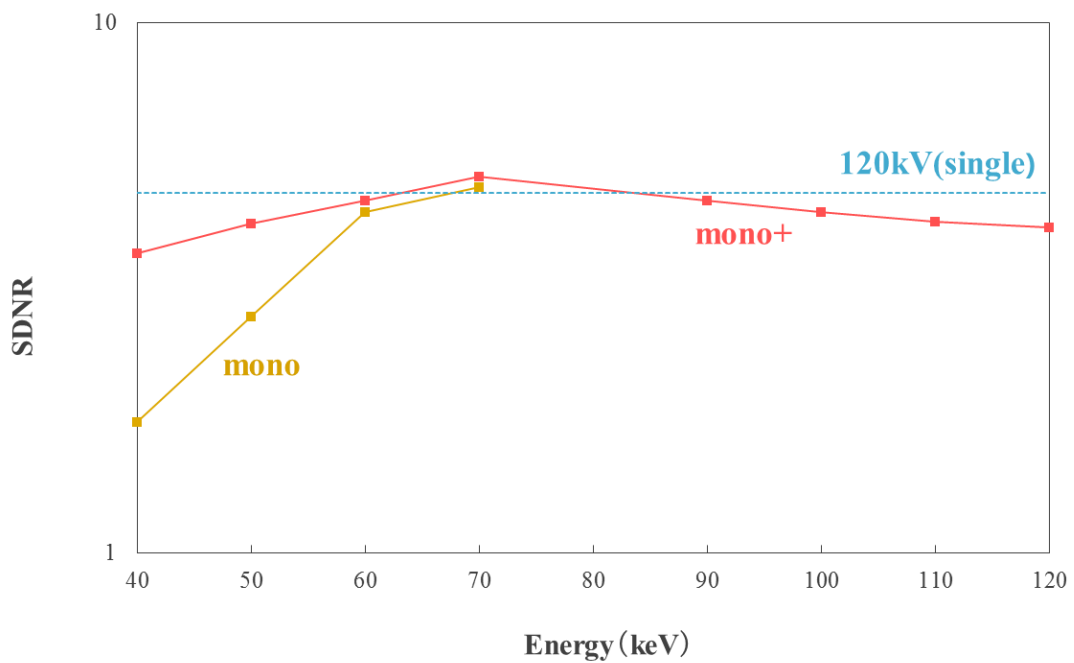


Fig. 6 0.2 cycles/mm における SDNR の測定結果

(3) CT 画像

Figure. 7 に single energy 120kV, mono の 40 keV, 及び mono+ の 40 keV の画像を示す. mono+ は mono と比較してノイズが低減されていた. Single energy 120 kV に対して mono+ 40 keV は, コントラストは向上しているがノイズが目立っていた.

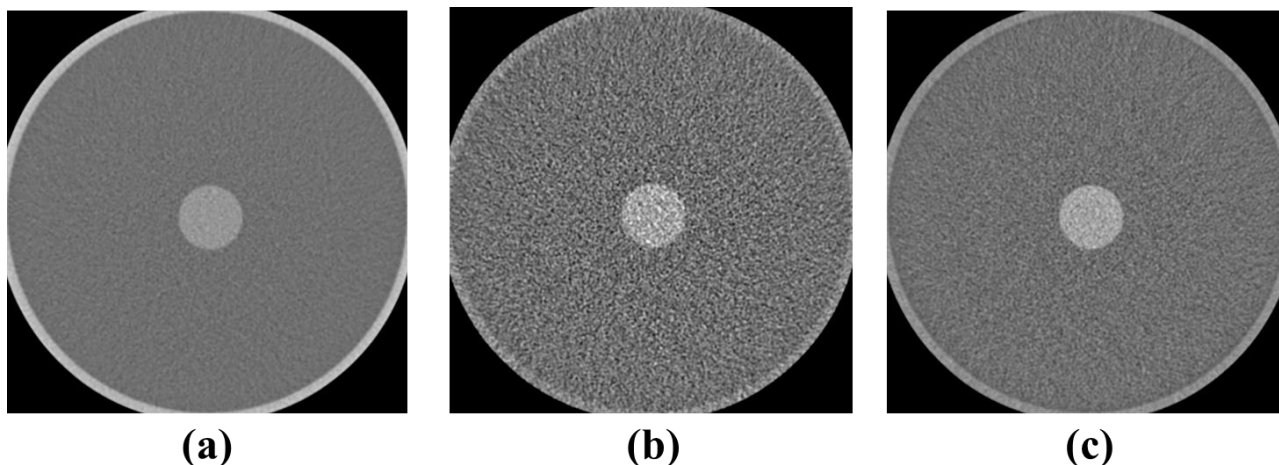


Fig. 7 (a) Single energy 120 kV の画像, (b) mono 40 keV の画像, (c) mono+ 40 keV の画像

IV. 考察

SDNR の結果より, mono+ の低エネルギー画像の画質は single energy 120kV の画質と比較して顕著に劣っていた. mono+ 40 keV と single energy 120 kV の画質を式(2)から考えると, mono+ 40 keV のコントラストは single energy 120 kV と比較し 1.4 倍 (C^2 にて約 2 倍) になっていたのに対し, NPS は 4 倍であり, 結果として SDNR は大きく下回っていた. mono+ は mono と比較して優れたノイズ特性をもっているが, その優れたノイズ特性を用いても, コントラスト増強効果が画質にあたる影響をノイズの影響が上回り, SDNR を single energy 120 kV に対して改善することが出来なかった. これより, 軟部組織において mono+ の低エネルギー画像は, ヨードを用いた造影 CT のような有用性はなく, 急性期脳梗塞などの低コントラスト検出能の改善は期待できないと考えられる.

V. 結語

ノイズ特性が改善された仮想単色 CT 画像である mono+ について, 軟部組織を対象として, コントラストを含んだ画質指標である SDNR を用いて評価した. その結果, 軟部組織においては mono+ の低エネルギー画像を用いると SDNR は 120 kV 画像より顕著に低下し, mono+ の低エネルギー画像は軟部組織の描出能改善に有効でないことが示唆された.

VI. 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, 並びに実験にご協力いただいた金沢医科大学病院 医療技術部 診療放射線技術部門の方々, 市川研究室の方々に深く感謝申し上げます.

VIII. 参考文献

[1] Albrecht MH et al. Eur Radiol. 2016, 26