

第2世代 Fast kV Switching Dual Energy CT における 至適仮想単色 X 線画像の基礎的検討

山形県立中央病院 放射線部 ○荒木 隆博(Araki Takahiro)
今野 雅彦 武田 幸司

【はじめに】

Dual Energy(DE)撮影を用いた低エネルギー画像は、造影コントラスト向上が可能と言われており、腎機能低下患者に対するヨード投与量低減の可能性はある。臨床において、Single Energy(SE)画像に比べ、質感に違和感を覚えることがある(Fig.1)。

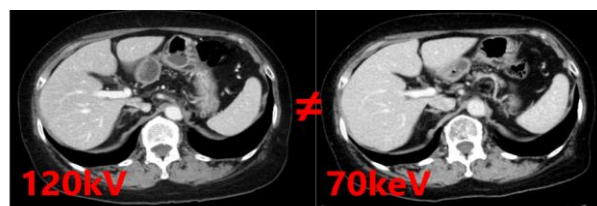


Fig.1 120kVp 画像と 70keV 画像の違和感

【目的】

第2世代Fast kV Switching Dual Energy CTを用いた、フォローアップCT検査における胸部骨盤部造影1相撮影において、ヨード投与量を低減した仮想単色X線画像(Virtual Monochromatic X-ray Image:VMI)が、既存のSE120kVp画像と同等の画質となる、エネルギー設定とヨード投与量低減率を検討する。

【使用機器・撮影条件】

- ・CT:GE社製 Revolution Frontier ・CTDI測定用32cm径アクリル円柱ファントム ・水均一ファントム
- ・解析ソフト:CT measure & Image-J ・管電圧:SE120kV & DE(80&140kV) ・CTDIvol:10・13・16・19mGy
- ・再構成関数:Std ・逐次近似応用再構成(H-IR):Non & AiSR-V(AR)20% ・Pitch:1.375(DE) & 1.575(SE)
- ・スライス厚:5mm

【方法】

希釈したヨード造影剤を封入した異なる濃度のシリンジを、それぞれCTDI測定用32cm径アクリル円柱ファントムの中心に設置した。そのファントムを、当院の胸部骨盤部造影1相撮影の線量であるCTDIvol16mGyに固定、SE120kVpとDEでそれぞれ5回撮影し、仮想単色X線エネルギーに対するCT値の変動を測定した(Fig.2)。

水均一ファントムを、SE120kVpとDEで各線量群(10・13・16・19mGy)にて撮影し、それぞれのNPSを5回平均・Radial Frequency法で測定した(Fig.3)。

また標的病変(シリンジ)直径(7mm)に対応する空間周波数成分(u)におけるNPS値を用いて、周波数特性を考慮したCNR_{Lo}を求めた(Fig.4)。

180・240・300HU

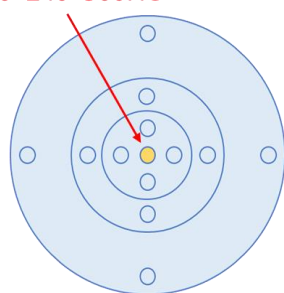


Fig.2 CT 値測定ファントム

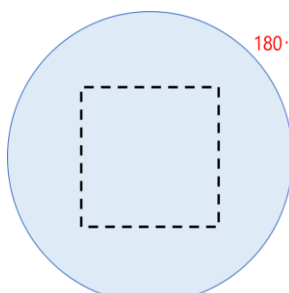
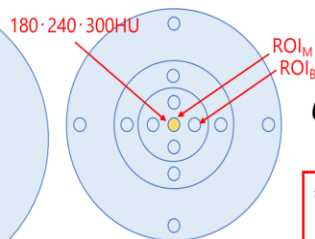


Fig.3NPS 測定ファントム



$$CNR_{Lo}(u) = \frac{ROI_M - ROI_B}{\sqrt{NPS(u)}}$$

* NPS(u)は標的病変(シリンジ)直径(7mm)に対応する空間周波数成分 (u)におけるNPS値

引用文献： 瓜倉厚志(2016) 逐次近似再構成を用いた低コントラストCT画像の客観的評価

Fig.4 CNR_{Lo} 計算式

【結果】

仮想単色X線エネルギーを変化させた際のCT値の変動を測定すると、希釈造影剤の濃度によらず、CT値は低エネルギーになるほど上昇した。120kVpと同等のCT値となったエネルギーは65keVとなり、60keVではCT値が約25%上昇した。120kVp相当のエネルギー画像になると言われていた70keVでは、濃度によらずCT値が低下した(Fig.5)。

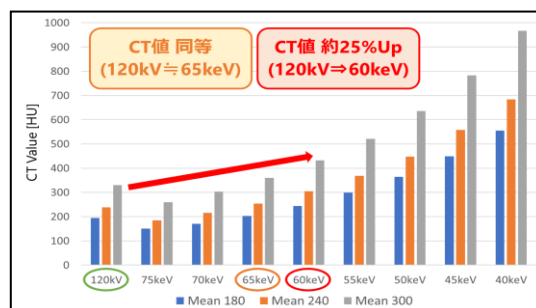


Fig.5 keV による CT 値の変動

線量毎にNPSを求めると、どの線量でも60keVと65keVで120kVpと同じようなカーブを描いた。だがそれ以外のエネルギーでは、低線量になるにつれてカーブが大きく変化した(Fig.6)。

エネルギー毎にNPSを求めると、60keVと65keV以外のエネルギーでは、120kVpと同等のカーブを描けなかった。また65keVでは同等の線量で同等のカーブを描けるが、60keVにおいては約1.2倍の線量を必要とした(Fig.7)。

同線量(16mGy)でエネルギー毎にNPSを求めると、60keVと65keVにおいて120kVpと同等のカーブを描く、H-IR強度(60keV-AR10% 65keV-AR20%)が把握出来た。その他のエネルギーでは、H-IRの強度を変えても同等のカーブを描くことは出来なかった(Fig.8)。

CNR_{LO}は60keV・65keVで120kVpよりも高値を示し、120kVp相当のエネルギー画像になると言われていた70keVでは低値を示した。また、65keVでヨード量を5%低減・60keVで25%低減しても、120kVpと同等のCNR_{LO}が得られることが分かった。

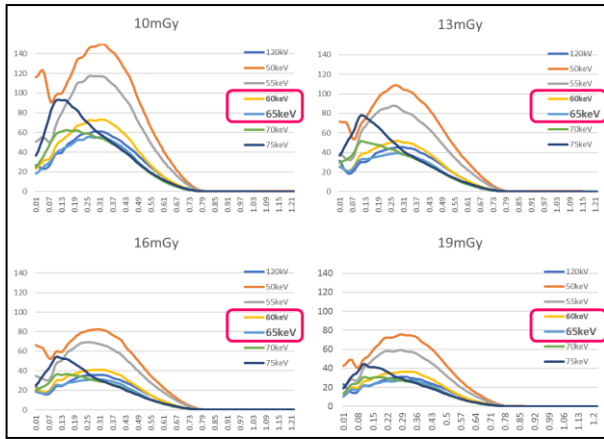


Fig.6 各線量におけるkeVによるNPSの変化

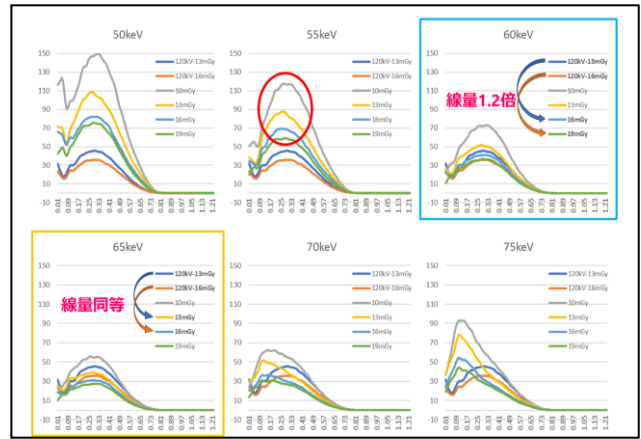


Fig.7 各keVにおける線量によるNPSの変化



Fig.8 各keVにおける線量・ARによるNPSの変化(16mGy)

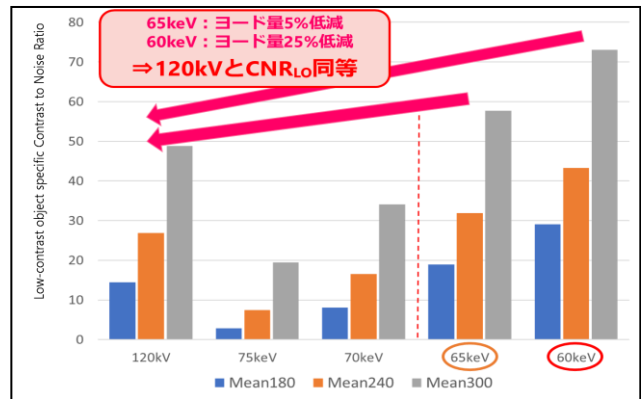


Fig.9 keVによるCNR_{LO}の変化(16mGy)

【考察】

70keV以上や55keV以下のエネルギー領域では、エネルギーセパレーションの影響が大きくなり、NPSの形状に大きな変化をもたらしていると考えられる。また、人体をDE撮影する際に低keVを用いる場合は、より多くの線量を必要とする可能性があるため、条件設定に注意する必要がある。造影コントラスト向上やヨード投与量低減などの検査目的に合わせて、DE撮影のエネルギー選択が肝要となる。自施設のDE撮影の物理特性を把握し、撮影条件や逐次近似応用再構成強度を、適切に設定することが望まれる。

【結語】

第2世代Fast kV Switching Dual Energy CT胸部骨盤部造影1相撮影において当院従来のSingle Energy120kVp-16mGy-AR20%相当になるVMIの条件は、

65keV-16mGy-AR10%-ヨード量5%低減

60keV-16mGy-AR20%-ヨード量25%低減

となる可能性が示唆された。

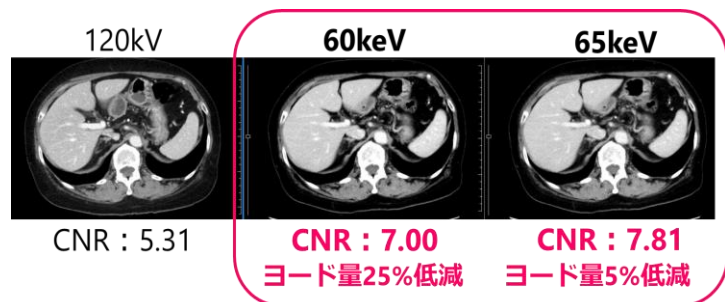


Fig.10 臨床画像