

心臓CT撮影における超解像画像再構成技術を用いた 低管電圧小焦点撮影の有用性に関する検討

いわき市医療センター 中央放射線室 ○松田 鷹介(Matsuda Takaaki)
今泉 虹輝 名城 敦 佐藤 龍一

【背景・目的】

当院ではディープラーニングを応用した超解像画像再構成技術のPIQEが2022年9月に導入された。PIQEでは空間分解能の向上のみならず、優れたノイズ低減効果や粒状性の改善効果が得られ、ADCTでの低侵襲な検査で、更なる高精細な画像の描出が可能となった。心臓CT撮影では静止像を取得するため、装置の持つ最高速度での撮影が一般的である。その結果、被ばく低減や造影剤低減を目的とした低管電圧撮影や空間分解能向上を目的とした小焦点撮影を実施した際に従来装置ではノイズが増加してしまい画質劣化が生じてしまうため実検査への採用が難しかった。今回PIQEが導入されたことで、高い画質改善効果を得ることが出来るため、低管電圧小焦点撮影による心臓CT撮影の有用性について実臨床への応用を目的として物理評価を行った。

【方法】

CT装置はAquilion ONE / NATURE Edition (キヤノンメディカルシステムズ社製)、ファントムはCatphan700 (Phantom Laboratory社製)、CT装置付属のTOSファントム及び水ファントムを用いた。撮影法はすべてVolume撮影で行い、撮影条件は、管電圧120 kV、100 kV、80 kVとし、管電流はそれぞれの管電圧において大焦点、小焦点の場合に出力可能な最大mAとなるように設定した。画像

再構成法は従来法との比較検討を含めFBP、AIDR 3D、AIDR 3D Enhanced、FIRST、AiCE、PIQEを用いて処理強度はそれぞれstandardとし、各種条件下で画像を取得した。取得した画像から、MTF、高コントラスト分解能、Noise SD、NPSを評価し、実際の臨床画像を用いて比較を行った。MTFは装置付属のTOSファントム内のデルリンモジュールを用い、Circular Edge法にて測定した。高コントラスト分解能はCatPhan700の7 lp/cmのスリットを用いて同一箇所にてプロファイルカーブを取得した。SDは240 mm径水ファントムを用いて撮影を行い、計測は取得画像のFOVの40%の大きさの円形ROIにて測定した。NPSは240 mm径水ファントムを対象としてRadial Frequency法を用いて計測した。

【結果】

・MTF&高コントラスト分解能

従来条件 (120 kV、大焦点、逐次近似応用再構成) と比較し、小焦点+PIQEを用いることでMTFが全周波数において高値となり、分解能が向上する結果となった (Fig.1)。また高コンファントムの画像を取得し、同一箇所のプロファイルカーブについて解析を行ったところ同様の結果となった (Fig. 2、Fig.3)。また小焦点のまま管電圧を変化させた場合においても、従来条件と比較して全ての管電圧で分解能が優れる結果となった。

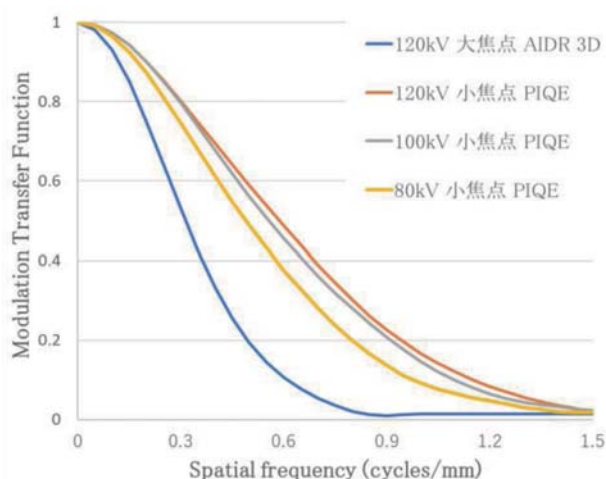


Fig.1 Modulation Transfer Function

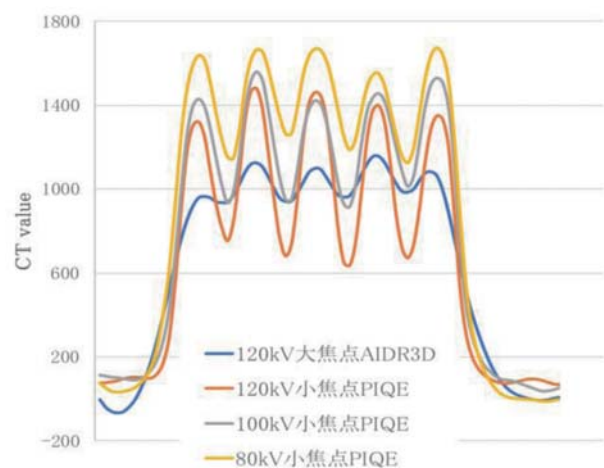


Fig.2 高コントラスト分解能 (プロファイルカーブ)

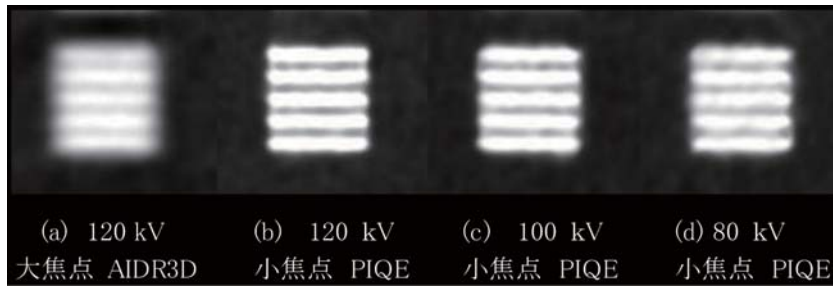


Fig.3 高コントラストファントム

•Noise SD

PIQEでは各管電圧、mAにおいて、従来条件のみならず他の全ての再構成方法よりも高いノイズ低減効果があることが示された (Table 1)。

Table 1 Noise SD

管電圧[kV]	焦点サイズ	再構成方法	SD
120	大	AIDR 3D	18.8
120	小	PIQE	12.1
100	小	PIQE	11.8
80	小	PIQE	14.6

•NPS

従来条件と比べてPIQEでは低周波ノイズが大幅に低減されている結果となった (Fig.4)。ただし80 kV使用時には他の管電圧と比べて、やや低周波ノイズが残存する傾向が見られた。

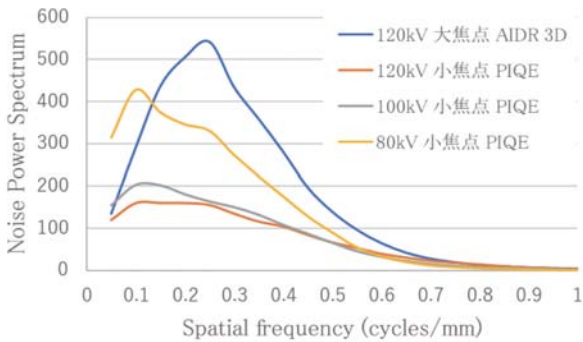


Fig.4 Noise Power Spectrum

•実臨床画像

当院にて低管電圧小焦点で撮影を行いPIQEで再構成を行った症例を1例掲示する (Fig.5)。過去に従来条件で撮影をした同一体型患者において、低管電圧小焦点撮影を行った場合でもPIQEの分解能向上、ノイズ低減による画質改善効果により違和感のない画像が得られている。CPR像を比較しても、心筋内のノイズもPIQEで大幅に低減されており、ステントのストラッド構造についても明瞭に描出されていることが確認出来る。クロスカット

画像においてもブルーミングアーチファクトが抑えられており内腔がより評価しやすい画像が得られている。

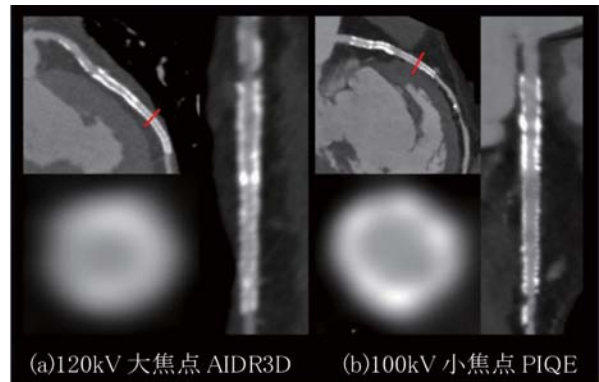


Fig.5 実臨床画像

【考察】

各管電圧において小焦点撮影を実施しPIQEで再構成した場合に、従来条件 (120 kV、大焦点、逐次近似応用再構成) とMTFを比較すると全周波数にて高値となっており、空間分解能の向上を認めた。これにより心臓CT検査において困難とされる末梢血管やステント内腔の視認性向上に繋がることが示唆される。Noise SDについて従来条件を基準とした場合に低管電圧、小焦点、PIQEではより低値となりNPSを比較した場合も粒状性の大幅な改善効果が見られた。以上のことから低管電圧と小焦点により、以前より被ばく線量を抑えたとしても、分解能が向上し、かつ粒状性の担保も出来ているため心臓CT撮影のルーチン条件として問題ないと考えられる。

【結語】

超解像画像再構成技術のPIQEを用いることで、これまで実臨床への応用が困難とされていた心臓CT撮影における低管電圧小焦点撮影が可能になることが示唆された。