頭部領域におけるDeep Learningを用いた再構成法によるCT撮影の有用性の検討

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

【目的】

近年、Deep Learningを用いた再構成法の有効性が示され、当院CT装置でもCanon社製のAdvanced Intelligent Clear-IQ Engine(AiCE)が搭載されている。そこに新たに頭部領域に最適化されたパラメータである「BRAIN LCD」および「BRAIN CTA」が追加されたため、当院での頭部撮影の最適化を目的として画質特性及び視覚評価を従来法と比較し検討をする。

【方法】

CT装置はAquilionONE GENESIS (Canon社製)、ファントムはCatphan700(Phantom Laboratory社製)及び水ファントムを用いた。

従来法としてFBPを用いたノンヘリカルスキャンとAiCEを用いたヘリカルスキャンで撮影を行った。撮影条件は、管電圧は120 kVp、回転時間は1.0 s/rot、管電流はCTDIvolが同等となるようにノンヘリカルスキャンで250 mA(68.1 mGy)、ヘリカルスキャンで340 mA(68.5 mGy)とした。

画像再構成法はFBPで頭部用関数、AiCEでBRAIN CTAおよびBRAIN LCDを用いて処理強度を3段階(Mild/Standard/Strong)に変化させた。

客観的評価として、Noise Power Spectrum(NPS)、Standard Deviation(SD)、Task Transfer Function (TTF)、Low contrast object specific Contrast to noise ratio(CNR_{Lo})を評価した。また、主観的評価として、10例の臨床画像にてシェッフェの一対比較法(中屋の変法)を用いた視覚評価を行った。

(1) NPS、SD

NPSは、水ファントムから得られた画像よりRadial Frequency法にて測定した。また、SDは水ファントム中心に関心領域を設定して計測した。

(2) TTF

TTFはCatphan700のCTP515モジュール内のコントラスト差10 HU、15 mm径のロッドを対象にCircular edge法にて測定した。

(3) CNR_{Lo}[1)]

CNR_{Lo}はCatphan700のCTP515モジュール内のコントラスト差10 HU、5 mm・8 mm径のロッドを対象に式(1)を用いて取得した。

$$CNR_{LO}(\bar{u}) = \frac{ROI_M - ROI_B}{\sqrt{NPS(\bar{u})}} \qquad \cdots\cdots\cdots(1)$$

ここで、ロッドのCT値をROI_M、バックグラウンドのCT値をROI_B、$\bar{u}$は標的ロッド径の検出能に最も寄与する空間周波数として定義される。統計解析には有意水準1%のt検定を行った。

(4) 視覚評価

試料はノンヘリカルスキャンのFBP、ヘリカルスキャンのCTA Standard、LCD Mild、LCD Standardの4種類とし、日ごろCT業務に携わる診療放射線技師6名と放射線科医師1名を被験者とした。また、評価ポイントとして「白質・灰白質のコントラスト」、「脳溝の描出」、「画像ノイズ」、「処理の違和感」の4点を設け評価を行った。なお、評価における優位性は95%信頼区間にて行った。

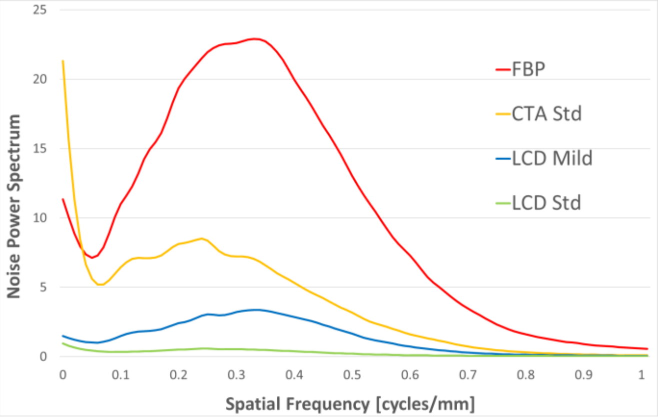

Fig.1　Noise Power Spectrum

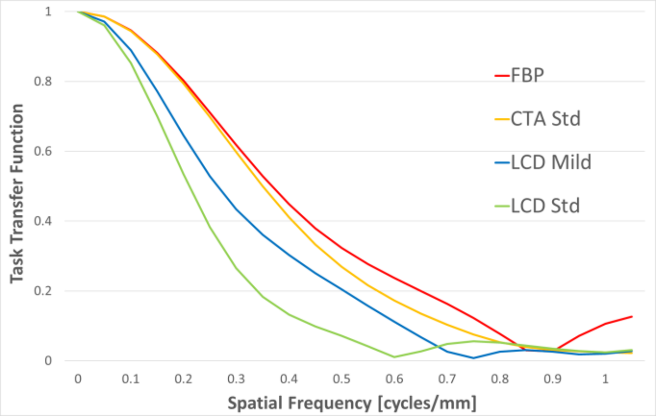

Fig.2 Task Transfer Function

Table 1 Low contrast object specific Contrast to noise ratio

	5 mm CNR_{Lo}	p value	8 mm CNR_{Lo}	p value
FBP	3.314	–	4.025	–
CTA Std	3.716	0.141	3.995	0.044
LCD Mild	9.017	＊	11.339	＊
LCD Std	16.911	＊	16.931	＊

＊: p ＜0.01

【結果】

(1) NPS、SD

NPSはAiCEでノイズの低減が得られ、特にBRAIN LCDではすべての周波数域で大幅なノイズ低減を示した(Fig.1)。SDの値はFBPで5.11、CTA Stdで2.72、LCD Stdで0.76であった。

(2) TTF

TTFはFBPよりAiCEが低値を示し、処理強度が上がるほど値が低下した(Fig.2)。10%TTFの値はFBPで0.76、CTA Stdで0.68、LCD Stdで0.42であった。

(3) CNR_{Lo}

CNR_{Lo}は5 mm・8 mm径の両ロッドともに、従来法と比べCTAとに有意差はなく、LCDは有意に高い値を示した(Table 1)。

(4) 視覚評価

視覚評価ポイントごとの結果を示す。「白質・灰白質のコントラスト」では、FBPとCTAに比べLCDが最も優れた評価を得た。「脳溝の描出」ではCTAとLCD Mildが優れ、「画像ノイズ」では、LCDが優れた評価を得た。しかし、「処理の違和感」では従来法とCTAに有意差がなく最も優れ、LCDは劣る結果となった(Fig.3)。

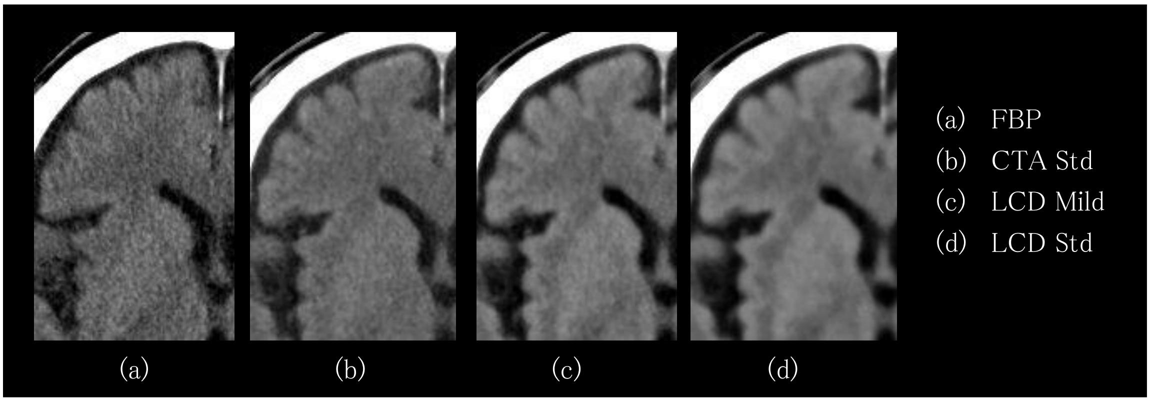

Fig.3 視覚評価使用臨床画像例

【考察】

客観的評価においては、AiCEを用いることでノイズリダクションを得ることができ、LCDではすべての周波数で大幅な低減が行われる。その結果は視覚的に、LCDでコントラスト・ノイズが優れるという評価としてあらわされた。一方で、LCDは処理の違和感が最も強い評価となった。それに対し、CTAでは従来法よりノイズ除去は行われつつも、TTF・ CNR_{Lo}も従来法に近い結果を得たことから、視覚的にも最も違和感の少ないとの評価を得た。

従って、LCDよりも従来法に近い性質で処理を行うCTAが、違和感を抑えて画質改善が可能であると考える。

【まとめ】

AiCEを用いることで高いノイズリダクションによる画質改善の有用性が示された。一方で、再構成処理方法や処理強度の違いで視覚的な違和感につながることから、撮影最適化のためには目的に応じた種類の選択が必要と考える。その中でも従来法に近しい形での処理を行うCTAのほうが、視覚的にも違和感の少ない結果を得ることができた。

【参考文献】

1) Urikura A, et al. Objective assessment of low-contrast computed tomography images with iterative reconstruction. Physica Medica 2016;32(8):992-998.