

Helical scan ,Conventional scan 再考

新潟大学歯学総合病院 診療支援部 放射線部門 ○能登 義幸 (Noto Yoshiyuki)

【座長集約】

今回の東北放射線医療技術学会学術大会テクニカルミーティングCT分野は「再考」をテーマとし、Helical scanとConventional scanに着目することとしました。DSCTにおいてはPitch 3.0を超えるようなHigh pitch Helical scanが可能となり、ADCTにおいてもvolume scanと呼ばれる最大検出器幅を利用したConventional scanを用いることで広範囲を短時間に、また心臓においても1心拍で撮影可能となっております。どちらも広範囲を短時間で撮影することは可能ですが、そのスキャン方式はHelical scan、Conventional scanと異なっております。

そこで今回のテクニカルミーティングではスキャン方式による物理特性の違いに注目し、お二人の演者の方に検討していただきました。岩手医科大学附属病院の阿部さんにはvolume scanを中心に検討していただき、volume scanにおいて中心部ではSDが高いものの実効スライス厚が薄い傾向があること、ヒール効果の影響によりCT値、SD、NPSに位置依存性が見られることを報告いただきました。山形大学医学部附属病院の菊地さんにはDSCTでのHigh pitch helical scanを

中心に検討していただきました。通常のHelical scanにおいてpitchをあげてもスライス面内の空間分解能および体軸方向のSSPIは低下しないが、2管球を利用したHigh pitch helical scanではpitchをあげるとスライス面内の空間分解能および体軸方向のSSPIは低下する傾向があることを報告いただきました。

同じ高速撮影が可能な装置であってもその特性というのは異なっています。物理評価を行うことで特性を理解し、臨床にどう役立てていくかを考えるプロセスは大変かもしれませんが重要なことと考えます。お二人の検討結果はお二人の装置の特性を知る上で大変有効な情報でありました。この検討結果を生かし、臨床場においても患者様にフィードバックできるようお願いしたいと思います。

最後になりますが、まったくの初歩からスタートしたにもかかわらず、多くのデータを取得しまとめていただいた演者のお二人、その実験にご協力いただいた施設の方々に感謝いたします。また当日お忙しい中会場に足を運び、活発な討論をいただきましたご参加者の皆様、実行委員の皆様にご場を借りて感謝の意を申し上げます。

Helicalとnon-Helicalの再考

岩手医科大学附属病院 中央放射線部 阿部 俊 (Abe Shun)

【はじめに】

近年、320列Area Detector CT(ADCT)の登場により寝台の移動が無く、1回転で頭部や心臓などがVolumeとして撮影可能となった。ADCTに使用されているVolume scanは従来から使用されているConventional scanやHelical scanに追加された新しい撮影方法である。

そこで今回、撮影方法の違いと物理特性の関係を把握するため検討を行った。

【使用機器・解析ソフト】

CT装置:Aquilion One Vision Edition(東芝社製)

画像解析:Image J ver.1.42、Excel2010、標準X線CT画像計測(オーム社)

ファントム:水ファントム(φ 240mm)、Cuワイヤ(φ 0.14mm)、微小球体(φ 0.2mm)、楯

【方法・検討項目】

CT値・ノイズ測定およびMTF、実効スライス厚(微小球体法)の測定方法は市川らが報告している方法¹⁾に準じて行った。再構成関数はFC13とし、スライス厚および列数はHelical scanで0.5mm×64列(以下、Helical)、Conventional scanで0.5mm×4列(以下、Conventional)、Volume scanで0.5mm×320列(以下、Volume)とした。

1.CT値・SD

- φ 240mmの水ファントムを撮影した。得られた画像の中心部とその周辺部の上下左右にROIを5点設定して計算した。
- 撮影条件は管電圧120kV、管電流(Helical:220, Conventional:90, Volume:250mA)、回転速度1.0sec/rot、D-FOV200mmとした。SDとCTDI_{vol}の関係を求める際には、管電流と回転速度を変化させて実験を行った。
- CT値とスライス位置の関係、SDとCTDI_{vol}の関係、SDとスライス位置の関係について検討した。

2.NPS

- φ 240mmの水ファントムを撮影した。得られた画像にROIを設定して仮想スリットでデータを取得した。1次元ノイズプロファイルを作成してトレンドを除去し、フーリエ変換することにより算出した。
- 撮影条件(SD固定)は管電圧120kV、管電流(Helical:200, Conventional:500, Volume:300mA)、回転速度1.0sec/rot、D-FOV200mmとした。撮影条件(CTDI_{vol}固定)は、管電流(Helical:220, Conventional:90, Volume:250mA)とした。
- 撮影方法の違いとNPSの関係、Volumeのスライス位置とNPSの関係について検討した。

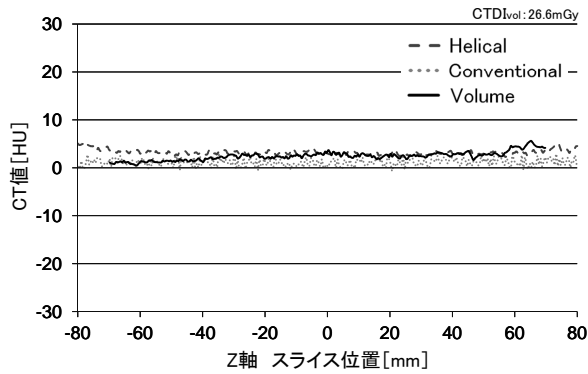


Fig.1 CT値とスライス位置の関係

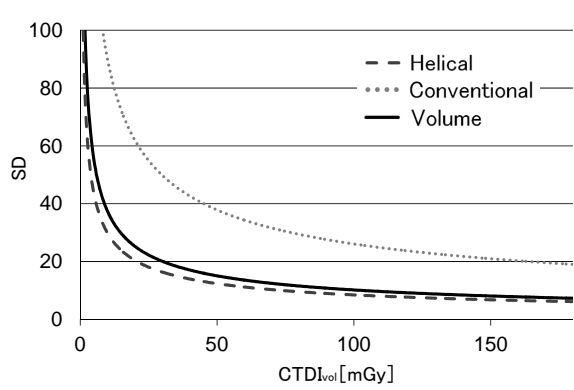


Fig.2 SDとCTDI_{vol}の関係

3.MTF(XY平面)

- ・ ϕ 0.14mmのワイヤ (Cu) をシリンジ内に固定し、水を充填して撮影した。仮想スリットにてデータを取得し、得られたLSFをフーリエ変換することによりMTFを求めた。
- ・ 撮影条件は管電圧120kV、管電流 (Helical : 100, Conventional : 200, Volume : 100mA)、回転速度 1.0sec/rot、D-FOV50mmとした。
- ・ 撮影方法の違いとMTFの関係、Volumeのスライス位置とMTFの関係について検討した。

4.実効スライス厚(Z軸)

- ・ 撮影条件は管電圧120kV、管電流360mA、回転速度 1.0sec/rot、D-FOV50mmとした。
- ・ 微小球体法では、 ϕ 0.2mmの微小球体をZ軸方向に移動させながら撮影し、得られた画像にROIを設定しSSPを取得した。また、SSPのFWHMより実効スライス厚を求めた。
- ・ 傾斜ワイヤ法では ϕ 0.14mmのワイヤ (Cu) をZ軸方向に傾斜させて撮影し、プロファイルカーブを取得した。得られたデータからFWHMを求め、角度補正することにより実効スライス厚を求めた。
- ・ 微小球体法により撮影方法と実効スライス厚の関係を、ワイヤ法によりVolumeのスライス位置と実効スライス厚の関係について検討した。

5.楕ファントム(Z軸)

- ・ 楕を撮影し、MPR画像を取得した。楕の中心および両端にROIを設定してプロファイルカーブを作成した。

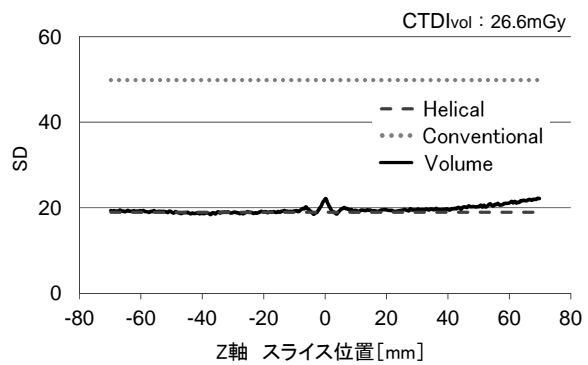


Fig.3 SDとスライス位置の関係

- ・ 撮影条件は管電圧120kV、管電流20mA、回転速度 1.0sec/rot、D-FOV100mmとした。
- ・ 撮影方法およびスキャン位置の違いとプロファイルカーブの形状について検討した。

【結果・考察】

1-1. CT値

Helicalは 3.23 ± 0.51 HU、Conventionalは 1.15 ± 0.76 HU、Volumeは 2.45 ± 0.90 HUとなった。撮影方法によらずおおよそ一定のCT値を示し、位置依存性は少なかった。(Fig.1)

1-2. SD

同等のCTDI_{vol}で比較した場合、ConventionalはHelicalとVolumeに比べるとSDが大きく、線量効率が悪かった。(Fig.2)

また、スライス位置で比較した場合はVolumeのみ位置依存性があり、Z軸の中心付近とプラス方向でSD値が上昇した。(Fig.3)

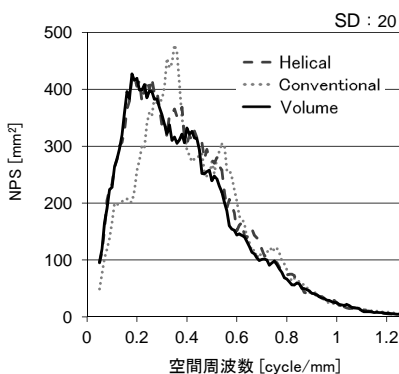


Fig.4 撮影方法の違いとNPSの関係(SD固定)

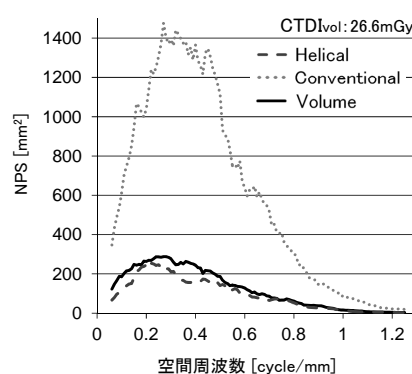


Fig.5 撮影方法の違いとNPSの関係(CTDI_{vol}固定)

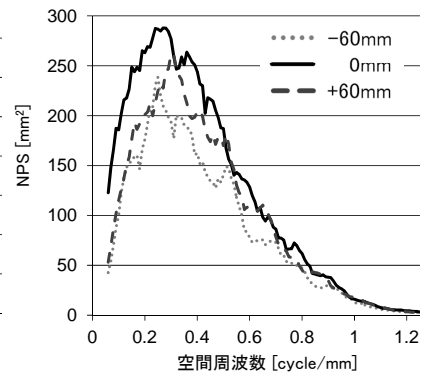


Fig.6 Volumeのスライス位置とNPSの関係

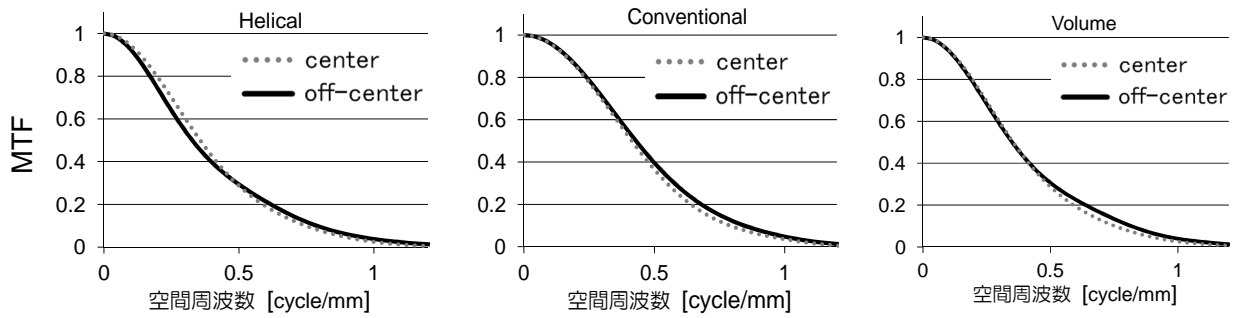


Fig.7 X-Y 位置での違いとMTFの関係

2.NPS

SD固定では撮影方法による差は見られなかったが、CTDI_{vol}固定ではConventionalのみNPSが高くなった。(Fig.4,5)また、VolumeはZ軸の中心が最も高くなり、マイナス方向で最も低くなるという位置依存性があった。(Fig.6)

3.MTF(XY平面)

全ての撮影方法で、centerに比べてoff-centerの10%MTFが僅かに高かった。(Fig.7)撮影方法の違いによる比較では10%MTFは差が少なく、Conventionalの50%MTFが一番高かった。(Fig.8)また、Volumeのスライス位置による違いは見られなかった。(Fig.9)

4.実効スライス厚(Z軸)

SSPのFWHMより実効スライス厚はHelicalが0.92mm、Conventionalが0.77mm、Volumeが0.83mmであった。(Fig.10)

Z軸の値が小さくなるほど実効スライス厚が厚くなり、最大で1.16mmとなった。Z軸の値が0mm付近では0.78mmと

薄くなるものの、±10mm付近は1.00mmと厚くなり特異的なグラフとなった。(Fig.11)

5.楕円ファントム

Volumeに位置依存性があり、Z軸の中心付近ではプロファイルカーブが大きくなった。Z軸の値がマイナスとなるとプロファイルカーブが小さくなった。(Fig.12)

以上のことは瓜倉らの報告²⁾と一致しており、今回設定したZ軸のプラス方向が陽極側であることが示唆された。そのため、位置によるヒール効果や実効焦点のサイズ変化が各結果に影響を与えたと考えられた。

【まとめ】

撮影方法により、それぞれの物理的特性が異なっていることが分かった。今回の撮影方法を再考することをきっかけに、今まで以上に臨床に有用な画像が撮影出来るように役立てたい。

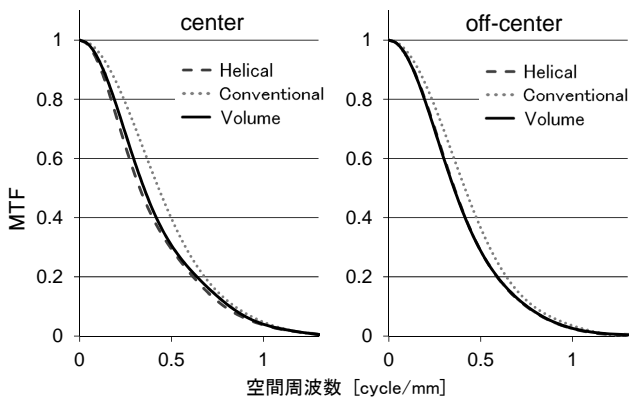


Fig.8 撮影方法の違いとMTFの関係

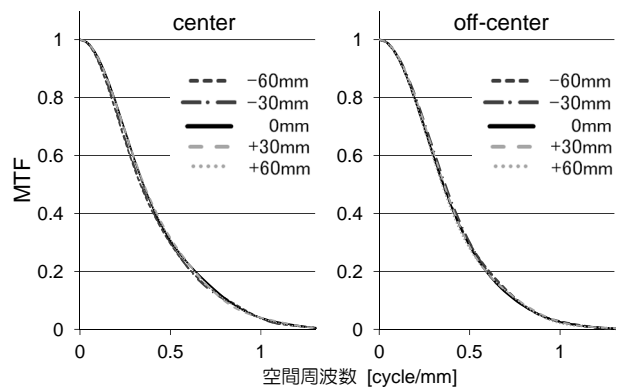


Fig.9 Volumeのスライス位置とMTFの関係

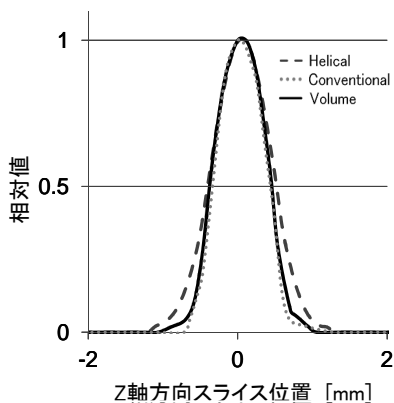


Fig.10 撮影方法の違いとSSPの関係

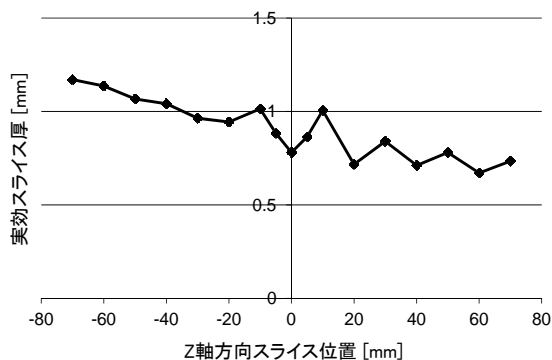


Fig.11 Volumeのスライス位置と実効スライス厚の関係

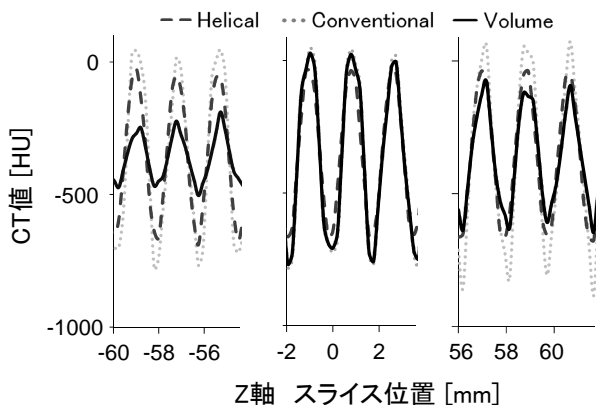


Fig.12 櫛のプロファイルカーブ

High pitch撮影におけるヘリカルスキャンの再考

山形大学医学部附属病院 放射線部 菊地 雄歩 (Kikuchi Yuho)

【はじめに】

近年CTメーカーから高速撮影技術を搭載したCTが登場し、臨床に普及している。しかし高速撮影することにより、画質への影響が懸念される。そこで、Beam pitch(以下BP)を変化させた時のModulation Transfer Function(MTF), Slice Sensitivity Profile(SSP), アーチファクト量の物理特性を評価した。

【使用機器】

X線CT装置は、Siemens SOMATOM Definition Flash を使用した。この機器にはFlash spiral scan という撮影機構がある。この機構は、独立した2対のX線管と検出器が各々螺旋軌道を描きながらデータ収集を行うことにより3.4の高いBPを選択できることから高速撮影が可能である。そのため優れた時間分解能を有し、心臓領域などで多く用いられている。今回Helical scan(以下Helical)及びFlash spiral scan(以下Flash)において物理評価し、解析にはImage J, Excel¹⁾, FO-BS(MTF解析ソフト)を使用した。

【方法】

1.スライス面内(x-y方向)MTF

ワイヤーファントムを用いてワイヤー法によるMTFを測定した。150ml造影剤シリンジに直径0.2mmの真鍮(亜鉛と銅の合金)ワイヤーを固定し、蒸留水を封入させたものをファントムとした。そのファントムを寝台に設置した発泡スチロールの支持台の上に固定した。

ファントムのワイヤー部分をアイソセンターからオフセンター20mmに離れた空中にポジショニングし、撮影を行った。BP(Helical 0.5,1.0,1.5:Flash 2.0,2.5,3.0)と管球回転速度(Helical 0.28,0.33,0.5,1.0:Flash 0.28)を変化させて撮影を行った。撮影条件はX線CT装置に表示されるCTDIが同一になるように設定した。解析にはFO-BS, Excelを使用した。

2.体軸方向(x-y方向)SSP, MTF

微小球体を用いてビーズ法によるMTF・SSPを測定した。直径0.2mmの微小球体を寝台に設置した発泡スチロール

【参考文献】

- 1) 市川勝弘, 村松禎久:標準X線CT画像計測 オーム社
- 2) 瓜倉厚志 他: 320-row Multi Detector Computed Tomographyにおけるノンヘリカルスキャンの物理特性. 日放技会誌2012;68(4):432-442.

の支持台の上に固定し、アイソセンターからオフセンター20mmに離れた空中にポジショニングし、撮影を行った。BP(Helical 0.5,1.0,1.5:Flash 2.0,2.5,3.0)と管球回転速度(Helical 0.28,0.33,0.5,1.0:Flash 0.28)を変化させて撮影を行った。撮影条件はX線CT装置に表示されるCTDIが同一になるように設定した。解析にはExcelを使用した

3.アーチファクト(アーチファクト量)

脊椎を模して造影剤を800HU均一に封入した20mlシリンジをファントムとした。ファントムを寝台に設置した発泡スチロールの支持台の上に固定した。

アイソセンターからオフセンター20mmに離れた空中にポジショニングしBP(Helical 0.5,0.75,1.0,1.25,1.5:Flash 1.55,2.0,2.5,3.0,3.2)と回転速度(Helical0.28:Flash0.28)変化させて撮影を行った。撮影条件はX線CT装置に表示されるCTDIが同一になるように設定した。

HelicalからNon helical scanの画像を引き算し、残った全ピクセルのCT値の絶対値を合算してアーチファクト量と定義した。(Fig.1)解析にはImage Jを使用した。

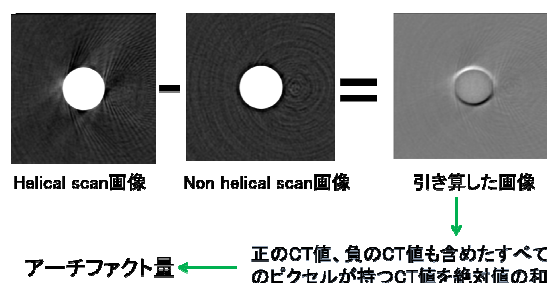


Fig.1 アーチファクト量の定義

【結果】

1.スライス面内(x-y方向) MTF (Fig.2)

HelicalにおいてBPを上げてもMTFは変化しなかった。FlashにおいてBPを上げるとMTFが低下する傾向が見られた。管球回転速度を下げてもMTFは変化しなかつ

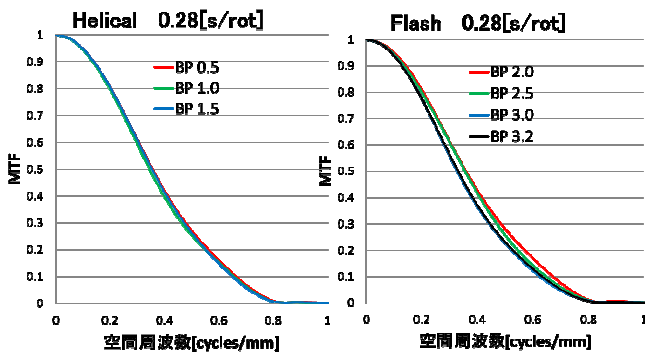


Fig.2 Helical,FlashによるMTFの変化(スライス面内)

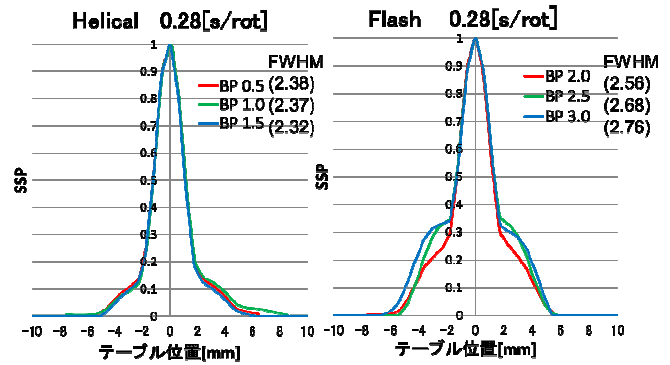


Fig.3 Helical,FlashによるSSPの変化

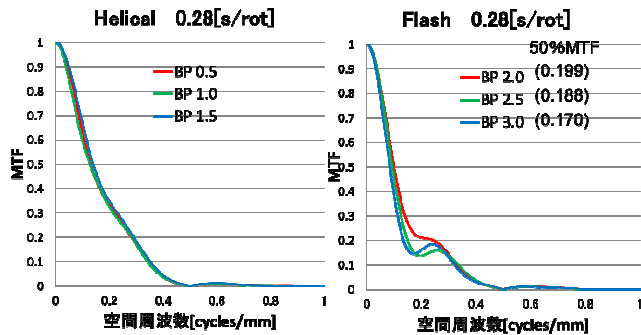


Fig.4 Helical,FlashによるMTFの変化(体軸方向)

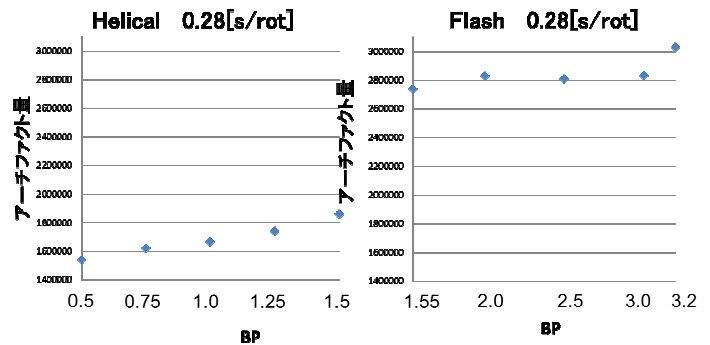


Fig.5 BPにおけるアーチファクト量の変化

た.1.0[rot/s] のとき 50%MTFの値は向上した. Flash においてBPを上げると低下する傾向を示した.

2.体軸方向(x-y方向) SSP, MTF (Fig.3,4)

HelicalにおいてBPを上げてもSSPの形状は変化せずFWHMの値も変化しなかった. 管球回転速度を変化させてもSSPの形状は変化しなかった. FlashにおいてBPを上げるとSSPの裾野部分にSSPの形状の変化が見られ.FWHMも増加する傾向を示した.

HelicalにおいてBPを上げてもMTFの形状は変化しなかった. 管球回転速度を変化させてもMTFの形状は変化しなかった. FlashにおいてBPを上げると低い空間周波数のMTFが低下する傾向を示し,中間空間周波数領域にMTFの形状の変化が見られた.

3.アーチファクトアーチファクト量(Fig.5)

管球回転速度においてHelicalでBPを上げるとアーチファクト量は増加した. FlashにおいてもBPを上げるとアーチファクトは増加した. HelicalとFlashを比較するとFlashの方がアーチファクト量は増加した.

【考察】

スライス面内において管球回転速度が1.0[rot/s]のとき空間分解能が向上したのはFFS(Flying Focus Spot)が働いたためだと考える. FFSとはSiemens SOMATOM Definition Flashにも搭載された機能で管球の焦点位置をスライス面(x-y)方向に超高速で振幅させるとサンプリング密度を2倍にする.

体軸方向においてはBP, 管球回転速度の変化でSSP, MTFは変化しなかったのはz-sharpが働いたためだと考える. z-sharpはSiemens SOMATOM Definition Flashにも搭載された機能で管球の焦点位置を体軸方向(z)方向に超高速で振幅させるとサンプリング密度を2倍にする.つまり,サンプリング密度が増加したことによりBPを上げた空間分解能の低下を防いだということが考えられた.

【まとめ】

BPを上げるとSiemens Dinition SOMATOM FlashにおいてHelicalではスライス面内,体軸方向の空間分解能は変化しないが,管球回転速度が1.0[rot/s]のときはスライス面内の空間分解能は向上する.Flashではスライス面内,体軸方向の空間分解能は低下する.

アーチファクトはBPを上げるとHelical,Flash共に増加する. HelicalよりFlashの方がアーチファクトは多い。

【参考文献】

- 1) 市川勝弘, 村松禎久 . 標準X線CT画像計測