

逐次近似応用再構成を用いた股関節動態撮影における被ばく線量を考慮した撮影許容回数の検討

○浜岡 晋吾¹⁾、横町 和志¹⁾、藤岡 知加子¹⁾、木口 雅夫¹⁾、西丸 英治¹⁾、門田 広樹¹⁾、石風呂 実¹⁾、藤村 良夫¹⁾、粟井 和夫²⁾

1) 広島大学病院 診療支援部、2) 同 放射線診断科

【背景】 変形性股関節症の患者において、脱臼機序及び臼蓋と大腿骨頭との位置関係を把握するための動態評価は、手術手技の決定に重要である。しかし、動態評価は複数回の撮影が必要となるため被検者の被ばく線量の増加が懸念される。一方、逐次近似法を応用した画像再構成法である adaptive iterative dose reduction (AIDR 3D) は、その特性から被検者の被ばく線量の低減が期待できる。

【目的】 本研究の目的は、AIDR 3D を使用し、股関節動態撮影における診断可能な最低限の撮影線量を検討し、自動露出機構 (auto exposure control : AEC) である Real-EC を用い、当院の股関節撮影と一回転のノンヘリカルスキャンで撮影した線量の比較により、許容撮影回数を求めることを目的とする。

【使用機器】 CT 装置 : Aquilion ONE (東芝メディカルシステムズ株式会社)、Phantom : RANDO phantom (The Phantom Laboratory)、ガラス線量計 : Dose Ace (旭テクノグラス株式会社)。

【方法】

- 1) 一回転のノンヘリカルスキャンで Phantom を撮影した。管電圧は 120 kV、管電流は、Real-EC を用い SD 設定を従来法である 10 から 40 まで 2 段階ごとに変化させた。なおその時のスライス厚は 5 mm で腹部用関数を用いた。
- 2) Real-EC の SD 設定を変化させて撮影した画像の骨盤内の CT 値の SD が得られた。
- 3) 4 種類の強度の AIDR 3D を使用した MPR 画像にて整形外科医と診療放射線技師で視覚評価を行い、診断可能な最低限の撮影条件を決定した。視覚評価は AIDR 3D 強度の違いによる画像の比較と、Real-EC の SD 設定の違いによる画像の比較を行った。
- 4) ガラス線量計を用い、生殖腺周囲 (卵巣周囲、子宮精嚢周囲、前立腺周囲、精巣周囲) (Fig.1) の吸収線量を従来法と診断可能な最低条件においてそれぞれ測定した。

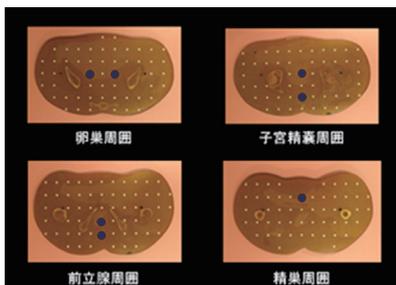


Fig.1 吸収線量測定箇所

【結果】 AIDR 3D の強度および Real-EC の SD 設定を変更させた時における SD の評価を (Fig.2) に示す。

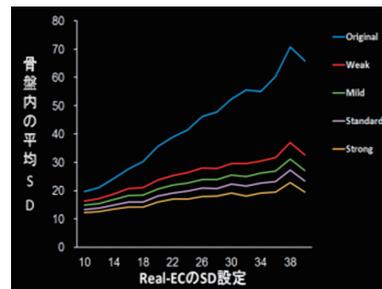


Fig.2 AIDR 3D の強度および Real-EC の SD 設定を変更させた時における SD の評価

従来法の撮影条件は 215 mAs (設定 SD : 10)、AIDR 3D 使用時 (Standard) の最低条件は 42 mAs (設定 SD : 28) であった。従来法の吸収線量は卵巣周囲で平均 18.2 ± 1.5 mGy、子宮精嚢周囲で平均 17.7 ± 1.6 mGy、前立腺周囲で平均 15.1 ± 1.9 mGy、精巣周囲で 14.9 ± 1.1 mGy であった。AIDR 3D 使用時の最低条件での吸収線量は卵巣周囲で平均 3.8 ± 0.3 mGy、子宮精嚢周囲で平均 3.7 ± 0.3 mGy、前立腺周囲で平均 3.2 ± 0.4 mGy、精巣周囲で 2.8 ± 0.2 mGy であった (Fig.3)。

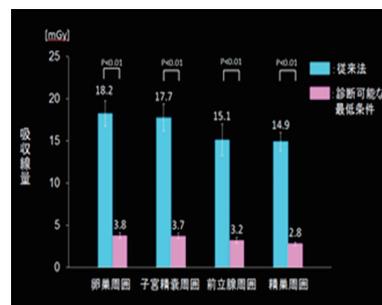


Fig.3 従来法と診断可能な最低条件における吸収線量の比較

【考察】 実際の臨床評価は再構成画像 (multiplanar reconstruction : MPR) を用いて行われ、動体時の臼蓋および大腿骨頭の位置関係を評価することが非常に重要である。辺縁の形状を維持する最低限の撮影線量を用い適切な画像再構成を用いる必要がある。

AIDR 3D 強度を高めることによって画像ノイズの低下は期待できるが、最も強度の高い Strong を使用することによって骨辺縁のエッジ成分が失われ評価困難になる。

【結論】 AIDR 3D を使用した股関節動態撮影は、AIDR 3D 強度 : Standard、Real-EC の SD 設定 : 28 の撮影条件で撮影することによって、撮影回数が 4 回までであれば従来法よりも少ない被ばく線量となり、手術支援となる動態情報が提供可能となる。

Discovery CT 750HD 装置における高分解能モードと逐次近似法を併用した画像の画質検討

○松浦 龍太郎、赤木 憲明、森光 祐介、村崎 晶洋、沖田 隆起、三村 誠一、稲村 啓司
岡山大学病院

【背景】2012年4月より新装置である GE 社製 X 線 CT 撮影装置 Discovery CT 750HD が導入され高分解能モードでの撮影が可能となった。しかし、view 数を増加させる撮影の為に被曝線量は増加してしまう。

【目的】撮影線量を低減し、逐次近似再構成によってノイズ低減をした画像の画質を評価する。特に胸部の撮影において高分解能モードを使用しているため、臨床で用いている胸部撮影条件で撮影し、HRCT (High Resolution CT) のように拡大再構成処理を行って得られる画像において比較検討を行うこととした。

【方法】物理評価用ファントムを通常の被曝線量と低線量の2回撮影を行う。低線量条件は高分解能モードを使用しない通常撮影モードの条件のCTDI_{vol}を基準とした。画質評価として物理評価を行い、評価項目としてMTF (Modulation Transfer Function)、CNR (Contrast-to-Noise Ratio)、NPS (Noise Power Spectrum) について測定を行った。

【使用機器】

- X 線 CT 撮影装置
Discovery CT 750HD (GE 社製)
- 物理評価用ファントム
Catphan 500 (Phantom Laboratory 社製)
- 画像解析ソフトウェア
Image J (NIH)

【撮影条件】

管電圧：120kVp
管電流：250 mA、230 mA
撮影スライス厚：0.625 mm
撮影ビーム幅：40 mm
ピッチファクター：0.984
管球回転速度：0.5rot/s
収集 FOV：medium Body
撮影線量：10.55mGy、9.70mGy
(後者は低線量撮影時の条件)

【画像再構成条件】

再構成スライス厚：1.25 mm
再構成スライス間隔：1.25 mm
FOV：50 mm (MTF)、200 mm (CNR、NPS)
関数：bone plus
逐次近似強度：30%、50%

(逐次近似再構成使用は低線量撮影のみ)

【結果】線量や逐次近似再構成の有無・強度の違いによる MTF の結果に大きな差は認められなかった。CNR は逐次近似の強度が上がると上昇する傾向となった。NPS は逐次近似再構成により特に高周波の成分においてノイズの低減が認められた。

表1 CNR の測定結果

	CNR			
	高吸収	→	低吸収	
通常線量	10.23	0.31	2.14	14.31
低線量	9.31	0.28	2.21	11.92
ASiR30	11.37	0.39	2.90	13.86
ASiR50	13.25	0.46	3.34	16.28

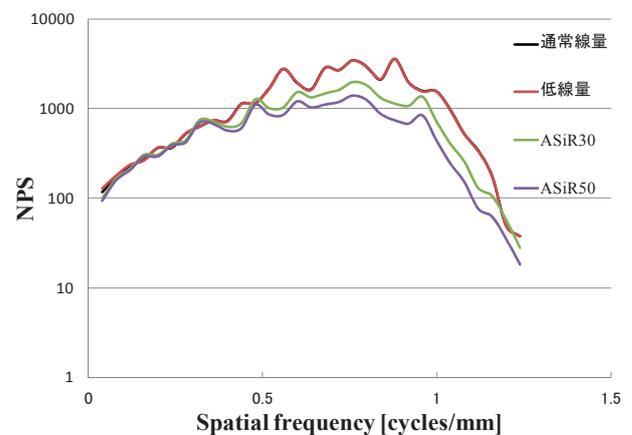


図1 NPS 測定結果

【考察】逐次近似再構成は画像の鮮鋭度を上げる為の再構成法ではなく主に高周波成分のノイズを低減させる作用がある。逐次近似の強度を強くしていくと高周波成分のノイズが減少し、見た目のコントラストが良くなる為視覚的に違和感を覚える画像になってしまうのではないかと考えられる。今後再構成関数による違いや、通常撮影と比較して何%被曝を低減することが可能か検討を行う必要がある。

【結論】逐次近似再構成を使用することで、画質を保しつつ被曝線量を低減させることが可能であった。

頭部 CT 撮影における逐次近似再構成法を用いた 高速ヘリカル撮影の検討

○中川 潤一¹⁾、西山 徳深¹⁾、摺河 健文¹⁾、高本 誠司¹⁾、長谷川 大輔¹⁾、村上 奈津紀¹⁾、
小林 有基¹⁾、竹田 芳弘²⁾

1) 岡山済生会総合病院 画像診断科、2) 岡山大学大学院 保健学研究科

【目的】 通常使用している頭部ヘリカル撮影と同等な画質を得るために、高速ヘリカルの撮影条件と逐次近似再構成(以下 ASIR)の強度について検討した。

【検討項目】

- 2つの撮影条件で noise index を 2.8 に設定しているが、実際に同等な結果が得られているか Standard deviation (以下 SD) を測定し比較した。
- 通常使用しているヘリカル画像 (ASIR30%) の Contrast-Noise Ratio (以下 CNR) と Noise Power Spectral (以下 NPS) の形状と同等となる高速ヘリカル画像の ASIR の強度を、raw data と volume data より再構成した axial 画像で検討した。

【使用機器】

- CT 装置 : Lightspeed Discovery CT750 HD (GE 社製)
- ファントム : Catphan[®] 600 (The Phantom Laboratory 社製)
- 画像解析ソフト : Image J (アメリカ国立衛生研究所)
- 標準 X 線 CT 画像計測 Excel フォーム (オーム社)

【撮影条件と再構成条件】

《ヘリカル撮影》

管電圧 : 120kV noiseindex : 2.8 (ASIR30%)
rotationspeed : 0.8s/rol pitchfactor : 0.512

《高速ヘリカル撮影》

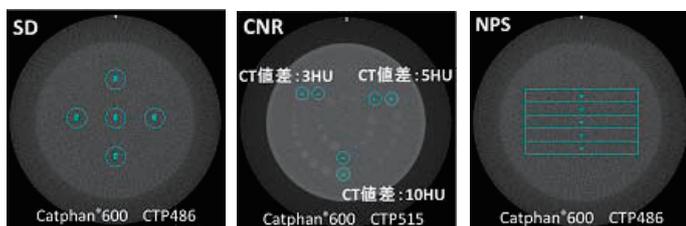
管電圧 : 120kV noiseindex : 2.8 (ASIR50%)
rotationspeed : 0.5s/rol pitchfactor : 0.938

《volume data の再構成》

再構成スライス厚 : 0.625 mm 再構成間隔 : 0.312 mm
FOV : 210 mm 関数 : STANDARD

高速ヘリカル撮影で得た raw data と volume data より、ASIR の強度を変化させてスライス厚 5 mm の axial 画像を作成した。

【測定方法】 ImageJ を使用して、標準 X 線 CT 画像計測に記載してある手順に順じて測定した。それぞれ 5 回ずつ撮影し、その平均値を算出した。



【結果および考察】

- 設定 noise index : 2.8 に対して、ヘリカル画像 (ASIR30%) は SD : 2.33、高速ヘリカル画像 (ASIR50%) は SD : 2.41 という値を示し、同等の SD を得られた。
- ヘリカル画像 (ASIR30%) の CNR と NPS に最も近い高速ヘリカル画像の ASIR の強度は、raw data と volume data とともに 50% であった (Fig.1, 2, 3)。しかし NPS に関しては、低周波成分付近で高速ヘリカル画像の NPS value が高くなった。そのため、視覚的な画質の見え方には違いが見られた。理由としては、撮影条件や ASIR の強度の違いが影響したと考えられる。

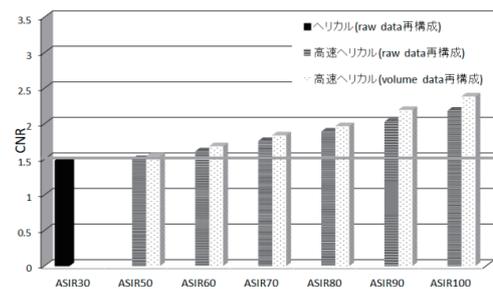


Fig.1

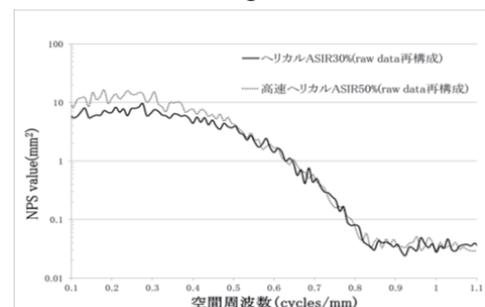


Fig.2

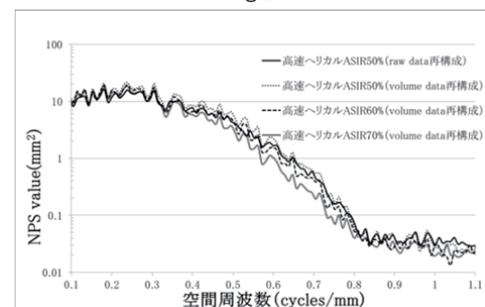


Fig.3

【結語】 高速ヘリカル撮影において、通常使用しているヘリカル撮影 (ASIR30%) と最も近い画質を得るためには、ASIR50% を使用する必要がある。

○山口 雄作¹⁾、藤本 憲市²⁾、吉永 哲哉²⁾

1) 徳島大学大学院保健科学教育部、2) 徳島大学大学院ヘルスバイオサイエンス研究部

【背景】医用 CT 画像診断装置に用いられる画像再構成法は、変換法であるフィルタ補正逆投影法(以下、逆投影法)、及び最尤推定期待値最大化(ML-EM)法に代表される逐次法が広く用いられている。筆者等は、CT 逆問題を非線形微分方程式系の求解問題に帰着させ、高品質画像が得られる再構成法(連続法と呼ぶ)を提案している。さらに、少数方向投影によるバイナリ・トモグラフィの逆問題解法として、連続法を拡張した微分方程式系(拡張連続法と呼ぶ)も考案し、平衡点の漸近安定性を理論的に証明している。

【目的】拡張連続法は、バイナリ・トモグラフィだけでなく最大画素値が既知である濃淡画像の再構成法としても有用であると予想される。本研究では、解に沿った評価関数の最小化と解の収束性に着目して逐次法と比較し、拡張連続法の性質を明らかにする。

【方法】濃度が2値の画像および最大濃度が既知の濃淡画像であるデジタル・ファントムを用いた再構成実験を行い、拡張連続法と ML-EM 法に対する各種評価関数の時間変化を比較した。次に、雑音を加えた場合における再構成画像を従来法である逆投影法も含めて品質評価を行った。

【結果】拡張連続法は連続時間系、ML-EM 法は離散時間系であるため、ここでは実際の演算時間は問題とせず、両者の収束性能を比較した。比較の方法として、まず、同じ初期値から出発した拡張連続法と ML-EM 法の各解に対して、投影と逆投影の Kullback-Leibler (KL) ダイバージェンスが共に単調減少し、同じ値になる時刻までの解軌道に着目する。次に、連続時間と離散時間の終了時刻を合わせて対応させ、解と真値との差の1ノルムで表される距離 D の収束特性を比較した。すなわち、実際に測定可能な投影領域における KL ダイバージェンスが同じ値を示したとき、内部状態として、再構成画像が真値に対して、どの程度漸近しているかを比較評価した。濃淡画像を対象としたときの収束特性の結果を図1に示す。図1より、測定可能な投影領域では同じ値を示しているが、ML-EM 法は、拡張連続法と比較して、内部状態である距離 D の減少への寄与が小さいことがわかった。すなわち、より真値に漸近しているのは拡張連続法であるといえる。再構成画像を図2に示す。再構成画像の品質の比較として、2値画像では再構成画像とファントム画像とのハミング距離 H により評価し、濃淡画像では、距離 D を用いて評価を行った。図2より、投影方向

数が少数であることに起因し、逆投影法ではスポーク状のアーチファクトが目立つが、拡張連続法および ML-EM 法ではアーチファクトはみられなかった。実際、2値画像および濃淡画像ともに拡張連続法に対する距離が最も小さく、品質が高いことがわかった。特に、2値画像では、投影方向数が6と少数にも係らず、ファントムとほぼ同じ画素値($H = 9$)の再構成画像が得られた。以上より、拡張連続法は、2値画像を対象としたバイナリ・トモグラフィにおいて有用であると同時に、濃淡画像においても ML-EM 法と同等以上の品質の高い再構成画像を与えることがわかった。

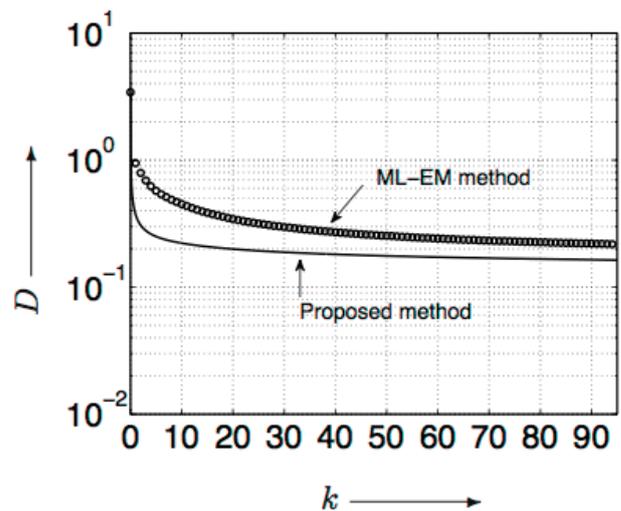


図1 収束特性



(a) Images reconstructed from 6 projections



(b) Images reconstructed from 18 projections

図2 再構成画像