

原著論文

マルチスライスCTにおける最適パラメータと
被曝線量の検討片倉 俊彦 鈴木 憲二 村上 克彦 高野 基信 高橋 克広
赤間 清子 後藤 孝 佐藤 孝則 穴戸 文男

福島県立医科大学医学部附属病院放射線科

Examination of the optimum parameter in multi-slice computed tomography,
and an exposure doseToshihiko Katakura, Kenzi Suzuki, Katsuhiko Murakami, Motonobu Takano, Katsuhiko Takahashi
Kiyoko Akama, Takashi Gotou, Takanori Satou, Humio Shishido

Department of Radiology, Fukushima Medical University

緒言

最近のコンピュータ技術の進歩に伴う医用画像装置の進歩は著しく、X線CT装置もシングルスライスからマルチスライスへと大きく変化している。このCT装置の検出器の多列化は更に薄いスライス画像を広範囲に撮像することを可能とし、診断のみならず治療時のナビゲーション画像としての役割も大きくなってきている。しかしながら、このCT装置の進歩は画像生成過程の複雑化も伴っており、撮影パラメータや被曝によるリスクの検討は急務と思われる。

目的

マルチスライスCTによるヘリカルスキャンにおいてはシングルスライスCTに比して3次元的数据分布が密であることから体軸方向への寝台移動速度の高速化が可能となった。このため、ヘリカルスキャン時には寝台移動速度(以下ヘリカルピッチ)というパラメータが新たに加わった。しかしながら、マルチスライスCTにおける検出器の多列化は未だ進化の過程にあり十分なデータ量が得られるに至っていないことからその画像も全ての条件において満足できるものではない。今回、私どもは現状の装置における適正な撮影パラメータの模索を目的として3次元画像の画質を左右するスライス厚特性およびアーティファクトとヘリカルピッチの関係ならびに被曝線量について検討した。

方法

マルチスライスCTでは4列、8列、と多列化が進む中で画像再構成法もコーン角補正などがより矛盾の少ない状態で行えるものに変化しつつある。従って、画像特性も装置によって異なるものと思われる。そこで私どもは、東芝製マルチスライスCT装置Aquilionの4チャンネル

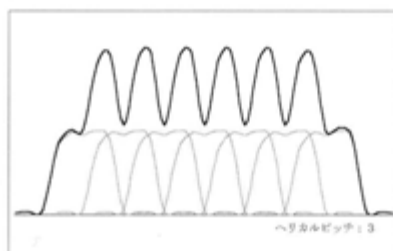
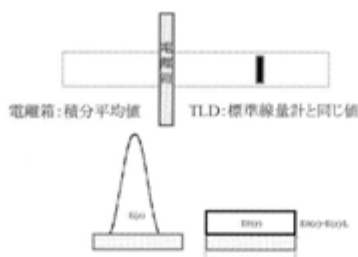
図1 4チャンネルマルチスライスCTによる
体軸方向の線量プロフィール図2 X線の曝射範囲が検出器開口幅を
超えないときの線量計表示値

図3 スライス厚測定ファントム

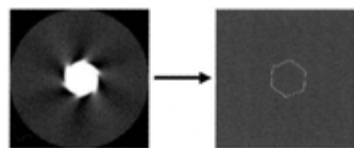


図4 画像複雑度の求め方

アーティファクトの数値指標として球体辺縁部断面画像を撮影し、本来の円形に対する、歪みの程度を複雑度として求める。

ル、8チャンネル装置について評価を試みた。

3-1 被曝線量

X線CTにおける線量測定はCTDIに代表される装置性能評価を目的とした測定が主である。図1は4チャンネルマルチスライスCTによる体軸方向の線量プロフィールを示す。図のように薄層多数回曝射による線量の不均一が一つの問題である。図2はCT装置の線量測定時にみられるX線の曝射範囲が検出器開口幅を超えないときの線量計に表示される値を示す。図のように検出器開口幅より狭い範囲の分布 $E(z)$ がある場合線量計は $E_0(z)$ の値を示す。ある物理量の計測を行う上で正しく校正された2種類の測定器が異なる値を示すことは測定法または測定値の評価に何らかの問題点があることを意味するものと考えられる。この問題を解決し、撮影範囲内平均照射線量を一般的値として求めるため、鉛スリーブの装着や撮影範囲の拡大により、図1に示す不均一をカバーし、検出器校正時の照射野と検出器開口幅の関係を維持できる条件にて測定する方法を試みた。この測定法により他のモダリティ検査による線量評価との整合性が保たれ、患者被曝データの有効利用が期待できる。

3-2 スライス特性

臨床現場におけるマルチスライスCTへの期待は、正確な3次元画像の具現化である。このためには3次元に存在する個々のアキシャル画像が精度の良いスライス特性を持つ必要がある。私どもは直径40マイクロmmの金線をスライスに対して斜めにセットし撮影する方法でスライスプ

ロファイルを得た。図3は、自作の測定ファントムと装置へのセット状況を示す。セットが非常に簡単であり、スライスと金線の角度はMPRにて容易に求めることが出来る。

3-3 アーティファクト

被写体構造を正確に表現する上でアーティファクトは大きな障害である。マルチスライスCTにおいてはコーン角の補正、回転速度の高速化によるサンプリングレートの制限などによりアーティファクトの生じやすい装置となっている。アーティファクトの定量的評価は困難とされ、一定被写体周辺部の標準偏差を求める方法などが試みられているが私どもはパラフィン球の辺縁画像からパラフィン球画像の複雑度を求めアーティファクトの程度の指標とした。

図4はその手順であるが、図の左側オリジナル画像において球の辺縁画像であるため本来は正確な円形画像となるはずである。しかしながら、アーティファクトによって円はゆがんでいる。この画像の輪郭を抽出し、下に記した式を用いて数値化した。

結果および考察

4-1 被曝線量

図5abは4chマルチスライスCTにおける線量とヘリカルピッチの関係を示す。図5aは横軸がヘリカルピッチすなわち1回転あたりの寝台移動距離(距離/時間)となっているが、図5bのように時間/距離の単位すなわちヘリカルピッチの逆数にすれば単位時間あたりに照射さ

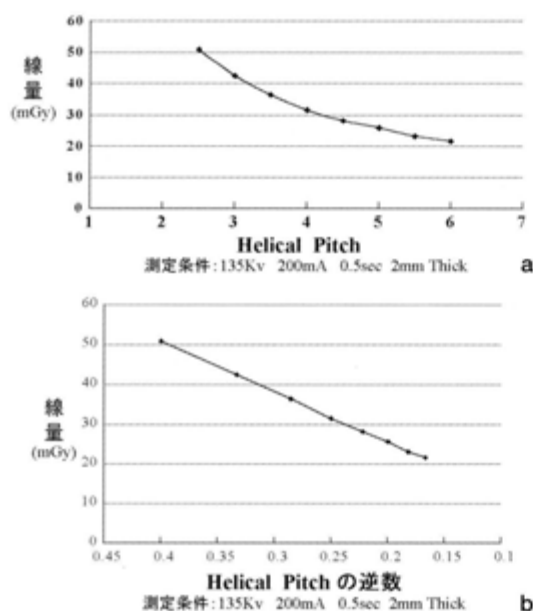


図5a,b 4チャンネルマルチスライスCTにおける線量とヘリカルピッチの関係

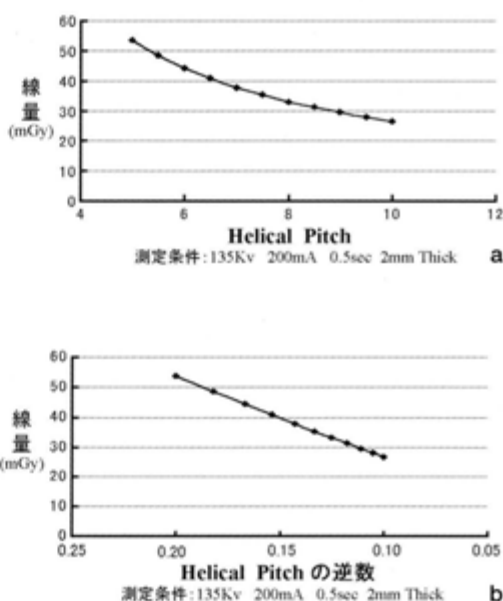


図6a,b 8チャンネルマルチスライスCTにおける線量とヘリカルピッチの関係

特集: マルチスライスCTの有用性

Phantom	CT以外のX線撮影			ヘリカルCT撮影		
	撮影部位	撮影条件	線量(mGy)	撮影部位	撮影条件	線量(mGy)
アクリル 150mm (FDA)	頭部正面 単純撮影	60Kv, 100mA, 100cm	1.72	頭部Helical (Vigor 1列)	135Kv, 200mA, 1S 1mm Slice, pitch 1	97.30
	側頭骨正面 断層撮影	73Kv, 50mA, 3s, 120cm スライラル10~40度	1.28	頭部Helical (Aqilion 4列)	135Kv, 250mA, 0.5S 0.5mm Slice, pitch 3	106.50
	頭部正面 血管撮影(DSA)	70Kv, 500mA, 20s, 100cm pw25, SPI, 7inch	8.45	頭部Helical (Aqilion 4列)	135Kv, 250mA, 0.5S 0.5mm Slice, pitch 5	65.00
				頭部Helical (Aqilion 8列)	135Kv, 250mA, 0.5S 0.5mm Slice, pitch 7	72.55
アクリル 350mm (FDA)	腹部正面 単純写真	62Kv, 100mA, 100cm	0.44	腹部Helical (Vigor 1列)	135Kv, 200mA, 1S 2mm Slice, pitch 1	19.80
	胆のう 断層写真	76Kv, 60mA, 12s, 120cm 円軌道 10度	2.55	腹部Helical (Aqilion 4列)	135Kv, 250mA, 0.5S 2mm Slice, pitch 3	15.80
	腹部正面 血管撮影(DSA)	70Kv, 250mA, 25s, 100cm pw25, SPI, 9inch	4.84	腹部Helical (Aqilion 4列)	135Kv, 250mA, 0.5S 2mm Slice, pitch 5	9.90
				腹部Helical (Aqilion 8列)	135Kv, 250mA, 0.5S 2mm Slice, pitch 7	23.92
				腹部Helical (Aqilion 8列)	135Kv, 250mA, 0.5S 2mm Slice, pitch 10	16.94

表1 通常撮影条件時のCT用撮影線量

れている線量は一定なので図に示すように直線の関係になる。このことから、平均的的被曝線量については代表値の測定を行えばよいということがわかる。

図6abは図5と同様に8チャンネルマルチスライスCTにおける線量とヘリカルピッチの関係である。装置固有の差があり4チャンネルマルチスライスCTよりわずかに高い値となっているが寝台移動ファクターとの関係は変わらない。

表1は、私どもの施設における通常の撮影条件にてCT用アクリルファントムを撮影したときの線量である。比較のためにCT以外の撮影による被曝線量も示している。表から頭部ヘリカルCTにおいては既に最小スライス厚での撮影が多く、多列化によって被曝は減少傾向であるが、腹部では多列化により更に薄いスライスを求めるため被曝は増加傾向である。また、他のX線検査の値は鉛スレーブの使用により検出器開口幅と照射野の関係を測定器校正時と同様に保ったため、相対的な比較は十分可能な値と思われる。これらの値から、目的情報による撮影条件の変更や、検査手順の変更がより客観的に行い得るものと思われる。

しかしながら、この測定法においては、水晶体等小さい範囲の局所被曝やダイナミック撮影時の被曝等においては過小評価される恐れがあり、検出器の開口幅とX線ビーム幅に関係については常に意識する必要があるものと思われる。

4-2 スライス特性

スライスプロファイルを求めるファントムはマイクロコイル、ビーズなどが一般的であるが私どもは細線を用いた。図7は150ミクロン鉄線をスライスに斜めにセットし4チャンネルヘリカルにて1回のスキャンで求めたスライス厚の変化である図からスライス厚は周期的に変化し、位置によって位相のズレがあることがわかる。このような結果を他の測定ファントムで得ることは非常に困難である。

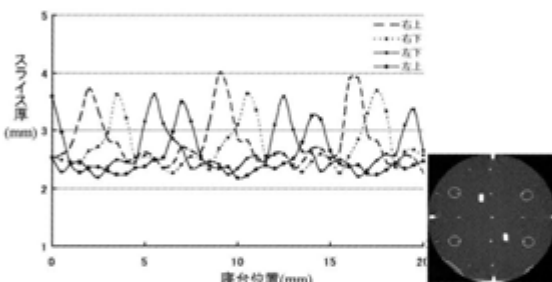


図7 ヘリカルスキャン時のスライスポジションによるスライス厚の変化

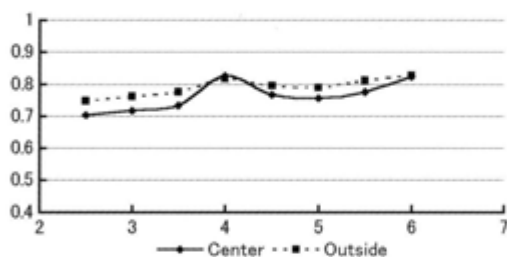


図8 4チャンネルマルチスライスCTにおけるスライス厚とヘリカルピッチの関係

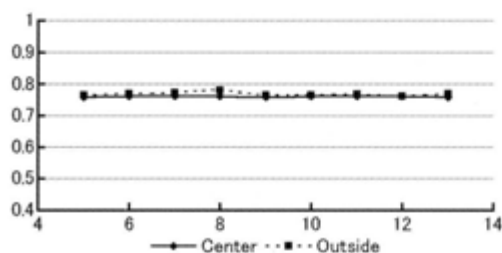


図9 8チャンネルマルチスライスCTにおけるスライス厚とヘリカルピッチの関係

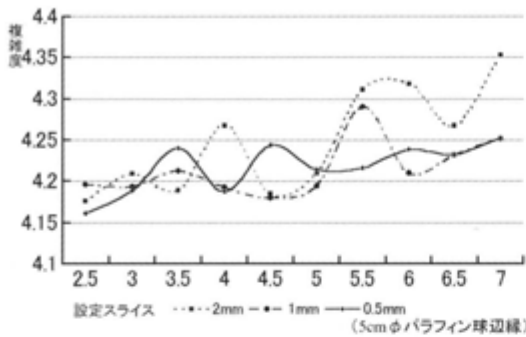


図10 4チャンネルマルチスライスCTにおける複雑度とヘリカルピッチの関係

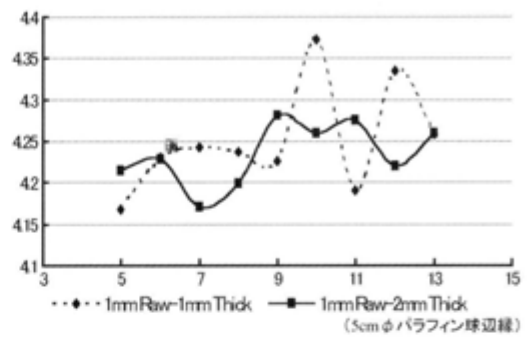


図11 8チャンネルマルチスライスCTによる複雑度とヘリカルピッチの関係

図8に4チャンネルマルチスライスCTの設定厚0.5mm時のスライス厚とヘリカルピッチの関係を示す。図のように画像中心付近でピッチ4に特異点が見られるが、他は全般的にヘリカルピッチに応じて厚みが増す傾向にある。また、画像中央付近に比して周辺部が厚いことがわかる。図9に8チャンネルマルチスライスCTの設定厚0.5mm時のスライス厚とヘリカルピッチの関係を示す。図のようにヘリカルピッチによる差は見られず、画像の中央部と周辺部の差も見られない。このことは4チャンネルと8チャンネルの画像再構成法や補間法が明確に異なることを示すものと思われる。

この測定結果から4チャンネルマルチスライスCTでのヘリカルピッチは3.4および5.0付近が妥当と思われる。8チャンネルマルチスライスCTではスライス厚へのヘリカルピッチの影響は少ないものと思われる。しかしながら、極薄スライスを必要とする撮影では4チャンネル低速度のヘリカルピッチを選択する必要があるものと思われた。

4-3 アーティファクト

図10は、4チャンネルマルチスライスCTによる複雑度とヘリカルピッチの関係を示す。ピッチ5付近よりピッチが大きくなるとアーティファクトは多くなっていることがわかる。

図11は、8チャンネルマルチスライスCTによる複雑度とヘリカルピッチの関係を示す。

アーティファクトは4チャンネルマルチに比して全般的に多いように思われる。また、図の実線は破線と同じrawデータから倍の厚さの画像を作製したときの複雑度を示す。薄いrawデータから厚い画像を作製することによってアーティファクトは軽減されることがわかる。この測定結果から4チャンネルマルチスライスCTではピッチ5.0付近より以下の速度を選択すること、8チャンネルマルチスライスCTではピッチ9から10付近以下の範囲での選択をすることが妥当と思われる。

結論

これらのデータから、マルチスライスCT撮影のための適切な撮影パラメータを選択するための装置性能評価を行い、他のX線検査との相対的比較の可能な線量計測を行った。このことにより、目的情報による最適撮影条件設定と被曝低減処置がより客観的に実行可能と思われる。今回の評価により、マルチスライスCTのスライス厚特性の評価、アーティファクトの定量評価により8チャンネルと4チャンネルの特徴が明確となり、客観的根拠に基づく撮影条件パラメータの設定が可能となった。

参考文献

片倉俊彦、村松禎久、小山修司、他：X線CTの撮像線量コニカXレイ写真研究,51,2-22,(2000)

ダウンロードされた論文は私的利用のみが許諾されています。公衆への再配布については下記をご覧ください。

複写をご希望の方へ

断層映像研究会は、本誌掲載著作物の複写に関する権利を一般社団法人学術著作権協会に委託しております。

本誌に掲載された著作物の複写をご希望の方は、(社)学術著作権協会より許諾を受けて下さい。但し、企業等法人による社内利用目的の複写については、当該企業等法人が社団法人日本複写権センター（(社)学術著作権協会が社内利用目的複写に関する権利を再委託している団体）と包括複写許諾契約を締結している場合にあっては、その必要はございません（社外頒布目的の複写については、許諾が必要です）。

権利委託先 一般社団法人学術著作権協会

〒107-0052 東京都港区赤坂 9-6-41 乃木坂ビル 3F FAX：03-3475-5619 E-mail：info@jaacc.jp

複写以外の許諾（著作物の引用、転載、翻訳等）に関しては、(社)学術著作権協会に委託致しておりません。

直接、断層映像研究会へお問い合わせください

Reprographic Reproduction outside Japan

One of the following procedures is required to copy this work.

1. If you apply for license for copying in a country or region in which JAACC has concluded a bilateral agreement with an RRO (Reproduction Rights Organisation), please apply for the license to the RRO.

Please visit the following URL for the countries and regions in which JAACC has concluded bilateral agreements.

<http://www.jaacc.org/>

2. If you apply for license for copying in a country or region in which JAACC has no bilateral agreement, please apply for the license to JAACC.

For the license for citation, reprint, and/or translation, etc., please contact the right holder directly.

JAACC (Japan Academic Association for Copyright Clearance) is an official member RRO of the IFRRO (International Federation of Reproduction Rights Organisations).

Japan Academic Association for Copyright Clearance (JAACC)

Address 9-6-41 Akasaka, Minato-ku, Tokyo 107-0052 Japan

E-mail info@jaacc.jp Fax: +81-33475-5619