原 著

マルチスライスCTにおける
スライス感度プロフィール形状の再現性について

橘 昌幸

九州大学医学部附属病院放射線部

論文受付
2002年7月15日論文受理
2003年2月26日

Code No. 251

1. 目 的

マルチスライスヘリカルCTでは、スライス厚方向にフィルタをかけて再構成が行われるため、複数回スキャンを行った場合のスライス感度プロフィール(section sensitivity profile on Z-axis: 以下, SSPz)形状の再現性は優れていると思われる。そこで、複数回スキャンを行った場合の半値幅(full width half maximum: 以下, FWHMと略す), FWHMの中心位置および形状の非対称性, 裾広がり度の再現性について検討を行った。

2. 方 法

2-1 スキャンフィールド中心と辺縁部でのSSPzの比較

スキャンフィールド中心と辺縁部でのSSPz形状の再

現性を比較するため, CT装置: 東芝社製Aquilion with V detectorを使用し, スキャンフィールド中心および上方15cmに0.5mm ϕ 微小球体ファントムを配置し¹⁻³⁾, スキャンスライス厚2mm, ピッチ3.0にて10回のGo & Goスキャンを行った。得られた生データから, 再構成スライス厚2mm, 0.1mm間隔で再構成を行った画像のSSPz形状を比較した。

2-2 SSPz測定

0.5mm ϕ 微小球体ファントムをスキャンフィールド中心に配置し, スキャンスライス厚2mm, ピッチ3.0, 5.0, 6.0にて10回のGo & Goスキャンを行った。得られた生データより, 再構成スライス厚2, 3, 4, 5mm, 0.1mm間隔で再構成を行った。

Form Reappearance of the Section Sensitivity Profile on Z-axis in Multi-detector Spiral Computed Tomography

MASAYUKI TACHIBANA

Department of Radiological Technology, Kyushu University Hospital

Received July 15, 2002; Revision accepted Feb. 26, 2003; Code No. 251

Summary

The filter is hung in the direction of slice thickness (Z-axis) in the reconstruction of multi-detector spiral CT. Because of this, performing several time scans is considered useful from the standpoint of reappearance of the section sensitivity profile curves. However, when examination is done at full width half maximum (FWHM) and the position of the center of FWHM, there is non-symmetry and the level of hem extent of the section sensitivity profile curves. Change in FWHM and the position of the center of FWHM increases as pitch increases. Although the change in FWHM was less when the reconstruction slice thickness was increased, the change became larger in the center of FWHM as well. As for the non-symmetry of the section sensitivity profile curves and the level of hem extent, the change decreased when the reconstruction slice thickness was increased, although it increased when pitch was enlarged. It is considered that the cause of these changes is change in table movement speed during scanning.

Key words: X-ray computed tomography, Section sensitivity profile on Z-axis

別刷資料請求先: 〒812-8582 福岡市東区馬出 3-1-1
九州大学医学部附属病院放射線部 橘 昌幸 宛

2-2-1 FWHMの再現性

各再構成スライス厚のSSPzより、FWHMおよびその変動係数($n=10$)を求めた。

2-2-2 FWHM中心位置の再現性

各再構成スライス厚のSSPzから、FWHMの中心位置およびその変動係数($n=10$)を求めた。

2-2-3 SSPz形状の非対称性の再現性

統計処理で用いられる正規分布の非対称性を求める手法として、歪度がある⁴⁾。歪度 b_1 は

$$b_1 = \sqrt{n} \frac{\sum (x_i - \bar{x})^3}{[\sum (x_i - \bar{x})^2]^{3/2}}$$

で表される。 $b_1 < 0$ のときは左裾広がりの分布、 $b_1 = 0$ のときは正規分布、 $b_1 > 0$ のときは右裾広がりの分布となる。そこで、各再構成スライス厚のSSPzより歪度およびその変動係数($n=10$)を求めた。

2-2-4 SSPz形状の裾広がり度の再現性

統計処理で用いられる正規分布の裾広がり度を求める手法として、尖度がある⁴⁾。尖度 b_2 は

$$b_2 = n \frac{\sum (x_i - \bar{x})^4}{[\sum (x_i - \bar{x})^2]^2}$$

で表される。 $b_2 < 3$ のとき裾が途切れた状態、 $b_2 = 3$ のとき正規分布、 $b_2 > 3$ のとき裾広がりの強い分布となる。そこで、各再構成スライス厚のSSPzより尖度およびその変動係数($n=10$)を求めた。

2-3 スキャン中のテーブル移動速度の変動

15mm間隔のアクリルエッジファントム(Fig. 1)を、スキャンスライス厚 2mm, ピッチ 3.0, 5.0, 6.0にて15回のGo & Goスキャンを行い、再構成スライス厚 2mm, 0.1mm間隔で再構成を行った。得られた画像より、MPR画像(sagittal)を再構成し、MPR画像上でエッジ間隔を測定することによりスキャン中のテーブル移動速度の変動係数($n=15$)を求めた。

3. 結果

3-1 スキャンフィールド中心と辺縁部でのSSPzの比較

スキャンフィールド中心と上方15cmでのピッチ 3.0, 再構成スライス厚 2mmのSSPzをFig. 2(a), (b)に示す。上方15cmでは形状にかなりのばらつきがあり、再現性が悪いのが分かる。

3-2 SSPz測定

3-2-1 FWHMの再現性

Fig. 3(a), (b)に再構成スライス厚 2mmにおける各ピッチでのFWHMおよび各再構成スライス厚での変

Fig. 1 Edge phantom with 15 mm interval.

動係数を示す。ピッチが大きくなるほど変動係数は大きくなり、再構成スライス厚を厚くすると変動係数は小さくなった。

3-2-2 FWHM中心位置の再現性

Fig. 4(a), (b)に再構成スライス厚 2mmにおける各ピッチでのFWHMの中心位置および各再構成スライス厚での半値幅中心位置の変動係数を示す。ピッチが大きくなるほど変動係数は大きく、また再構成スライス厚を厚くすることにより変動係数は小さくなった。

3-2-3 SSPz形状の非対称性の再現性

Fig. 5(a), (b)に再構成スライス厚 2mmにおける各ピッチでの形状の非対称性(歪度)および各再構成スライス厚での変動係数を示す。ピッチが大きくなるほど変動係数は大きく、再構成スライス厚を厚くすることにより変動係数は小さくなった。

3-2-4 SSPz形状の裾広がり度の再現性

Fig. 6(a), (b)に再構成スライス厚 2mmにおける各ピッチでの形状の裾広がり度(尖度)および各再構成スライス厚での変動係数を示す。ピッチが大きくなるほど変動係数は大きく、再構成スライス厚を厚くすることにより変動係数は小さくなった。

3-3 スキャン中のテーブル移動速度の変動

Fig. 7にスキャン中のテーブル移動速度の変動係数を示す。ピッチが大きくなるほど変動係数は大きくなった。

4. 考察

スキャンフィールド中心より上方15cmでは、X線管の軌道同期が行われていないため、勝田らの報告²⁾にもあるようにX線管の軌道による影響を受け、中心と比較し変動が大きくなった。スキャンフィールド中心でもSSPz形状はピッチが大きくなるほど変動は大きくなった。再構成スライス厚を厚くすることにより、FWHM, 形状の非対称性(歪度), 形状の裾広がり度(尖度)の変動は小さくなったが、FWHM中心位置の

Fig. 2 Slice profile curves (scan slice thickness: 2 mm, pitch: 3.0, reconstruction slice thickness: 2 mm)

(a) Measurement is in the center of the scanning field.

(b) Measurement is 15 cm upward from the center of the scanning field.

a | b

Fig. 3 FWHM.

(a) Change in FWHM when the reconstruction slice thickness is 2 mm.

(b) Coefficient of variation (n=10) for each reconstruction slice thickness.

a | b

Fig. 4 Center of FWHM.

(a) Change in the center of FWHM when the reconstruction slice thickness is 2 mm.

(b) Coefficient of variation (n=10) for each reconstruction slice thickness.

a | b

Fig. 5 Coefficient of skewedness.

(a) Change in the coefficient of skewedness when the reconstruction slice thickness is 2 mm.

(b) Coefficient of variation (n=10) for each reconstruction slice thickness.

a | b

Fig. 6 Coefficient of excess.

(a) Change in the coefficient of excess when the reconstruction slice thickness is 2 mm.

(b) Coefficient of variation (n=10) in each reconstruction slice thickness.

a | b

変動は大きくなった。中心位置の変動が大きくなった原因は、再構成スライス厚を厚くすることにより、中心位置のずれも厚くした分だけ大きくなるためと考えられる。

これらの変動は、複数回行ったスキンの順番との相関はなく、ランダムに起こる現象であった。スキンの順番との相関がある場合は、スキンによるX線管陽極の膨張^{5~7)}によるSSPz形状への影響も考えられるが、これは除外される。また、FWHM中心位置のみが変動するのであれば、Go & Goスキンによるテーブル戻り位置の変動が考えられるが、FWHMおよび形状も変動しており、原因の一つと考えられるが、主な原因ではない。主な原因として考えられるものとして、スキニング中のテーブル移動速度に変動があった場合、スキニング時間とテーブル位置との関係にずれが生じる。このずれが微小球体の投影テーブル位置のずれとなり、FWHMおよびFWHM中心位置、SSPz形状

Fig. 7 Coefficient of variation (n=15) in table movement speed during scanning.

の変動に関係すると考えられる。スキニング中のテーブル移動速度は、Fig. 7に示すように、ピッチが大きくなるほど変動係数が大きくなる。この結果は、

FWHMおよびFWHM中心位置, SSPz形状の変動が, ピッチが大きくなるほど変動係数が大きくなることと一致しており, 主な原因はスキャン中のテーブル移動速度の変動であると考えられる. また, テーブル移動速度の変動係数とFWHM, 形状の裾広がり度(尖度)の変動係数は, 近い値であることから, テーブル移動速度の変動のため, 形状の裾広がり度に影響し, その結果, FWHMに影響したと思われる.

5. まとめ

SSPz形状はピッチが大きくなるほど変動が大きくなった. 再構成スライス厚を厚くすることにより, FWHM, 形状の非対称性(歪度), 形状の裾広がり度(尖度)の変動は小さくなったが, FWHM中心位置の変動は大きくなった. これらの変動の主な原因は, スキャン中のテーブル移動速度が変動するためであると考えられる.

参考文献

- 1) 木村春樹, 渡辺裕美, 勝田昭一, 他: 微小球体を用いた螺旋状スキャンCTにおけるスライス感度プロファイル測定の実験. 日放技学誌, 53(1), 75, (1997).
- 2) 勝田昭一, 花井耕造, 国井岳夫, 他: ヘリカルCTにおけるスライス感度プロファイルの撮影領域内位置依存性. 日放技学誌, 55(11), 1109-1114, (1999).
- 3) 原 孝則, 加藤秀記, 青木 力, 他: 不均等型検出器を有するmulti-slice CTのSSPzと画像ノイズの基礎的検討. 日放技学誌, 56(12), 1454-1460, (2000).
- 4) 稲富和夫: 2 記述的解析. ヘルスサイエンスのための基本統計学. pp.23-24, 南山堂, 東京, (1998).
- 5) 前越 久, 津坂昌利, 西沢邦秀, 他: エックス線管陽極の熱膨張による焦点移動の解析. 日放技学誌, 45(1), 18-19, (1989).
- 6) 橘 昌幸, 馬場 仁, 吉中正則: X線管陽極熱量によるCT値の変動. 日放技学誌, 54(7), 857-864, (1998).
- 7) 渡邊恵美, 船田智也, 斉藤 肇, 他: 陽極熱膨張時における自動焦点追従機構搭載X線CT装置の有効性. 日放技学誌, 58(5), 679-685, (2002).

図表の説明

- Fig. 1 15mm間隔のエッジファントム
Fig. 2 スライスプロファイルカーブ
スキャンスライス厚: 2mm, ピッチ: 3.0, 再構成スライス厚: 2mm
(a) 測定箇所はスキャンフィールド中心
(b) 測定箇所はスキャンフィールド中心から15cm上方
Fig. 3 FWHM
(a) 再構成スライス厚 2mmにおけるFWHM
(b) 各再構成スライス厚での変動係数(n=10)
Fig. 4 FWHM中心位置
(a) 再構成スライス厚 2mmにおけるFWHM中心位置の変化
(b) 各再構成スライス厚での変動係数(n=10)
Fig. 5 歪度
(a) 再構成スライス厚 2mmにおける歪度の変化
(b) 各再構成スライス厚での変動係数(n=10)
Fig. 6 尖度
(a) 再構成スライス厚 2mmにおける尖度の変化
(b) 各再構成スライス厚での変動係数(n=10)
Fig. 7 スキャン中のテーブル移動速度の変動係数(n=15)