

〔原著〕

本学ヘリカルCT (ProSpeed F II) における距離計測の精度評価

田中 力延, 細川洋一郎, 大西 隆, 佐野 友昭, 飯沼 英人, 藤原 秀光, 金子 昌幸

北海道医療大学歯学部歯科放射線学講座

Evaluation of the distance measurement in helical CT (ProSpeed F II)

Likinobu TANAKA, Yoichiro HOSOKAWA, Takashi OHNISHI, Tomoaki SANŌ
Hideto IINUMA, Hidemitsu FUJIWARA, Masayuki KANEKO

Department of Dental Radiology, School of Dentistry, Health Sciences University of Hokkaido

Abstract

In order to evaluate image precision of a computed tomography (CT), acrylic and glass cubes soaked in the water were scanned and length was measured on a constructed image. The following conclusions were obtained from the above-mentioned results :

- 1.Length is different from that of the actual size according to software used for measurement in some cases.
- 2.Length of glass cubes with a high CT number tends to be measured longer than the actual one in comparison with acrylic cubes.
- 3.An error is apt to occur in the peripheral part due to the partial volume effect.
- 4.Difference in precision in the Z axis direction caused by the scan method is not observed.
- 5.Increase of errors towards the Z axis direction accompanying movement of the table is within the allowable range but should be considered clinically.

Key words : Computed tomography, Non Helical Scan, Helical Scan

緒 言

現在, エックス線CT画像を用いた硬組織形態の把握や寸法計測が広く普及しており, 画像上での計測値の信頼性についても多くの研究がなされている。その多くは肯定的な結果と更なる進歩を促すもので, 事実, 画像診断の研究と開発は日々進歩している。以前, 我々も本学CTにおける寸法精度をビーズ法を用いて評価し(田中他, 2005), 歯科臨床的立場から求められる空間分解能を有することを検証した。

しかしながら, 我々が日々行なっているCT画像を利用した臨床的な軟・硬組織形態の把握や寸法計測では, 単一な情報提供チャートを辿っている訳ではなく, 最適

条件を設定し, 様々な解析ソフトを利用している。生体内の測定では, 多様なCT値を有する軟・硬組織をエックス線が通過し, 正確な情報を検知器に伝え, 構築される画像に反映される必要がある。例えば従来の1断層撮影ごとに寝台をずらして間欠的に撮像する方式と, 現在主流となっているヘリカルスキャン方式(エックス線管の連続回転照射と寝台の連続スライドの組み合わせで, 体軸方向に沿ってらせん状に撮像データを連続収集する方式)では, 得られたデータから画像を構築するシステムが異なるであろうし, 画像構築するソフトの性能によっても再現性に差が出るものと推察される。従って, これら一連の過程で大きな誤差が生じていれば, 誤診を招き, 引いては患者の予後に影響を与える可能性も考えら

受付:平成17年10月

れる。

そこで今回我々は、規格模型を使用し、より臨床的に行なわれる計測に近い環境で、本学CTの計測精度を検討した。

材料および方法

1. 実験材料と撮像条件

用いた撮像装置は本学付属病院CT装置ProSpeed FII (GE横河メディカルシステム社)である。一辺2.0cm大の立方体 (素材:アクリル及びガラス) を水中に浸した状態にて撮像し、構築された画像上で一辺の長さを計測した。撮像条件は本学CT撮像で一般的に用いている130kV, 150mAs, スライス厚0.6mm, ヘリカルピッチ1.0で一定とし、本学付属病院においてインプラント用画像作成の際に臨床的に用いている多断面再構成 (multi-planar reconstruction: MPR) 及び3D再構成を行った。

2. 方法

1) 被写体の実長測定

被写体の真の値を測定するため、CT撮像に先立ち、アクリル立方体及びガラス立方体の実長をノギス (ミットヨ製ABSデジマチックキャリパ) で計測した。測定は本学歯科放射線学講座に所属する経験年数5年以上の歯科放射線医4人が行った。任意に決定した一辺を、4人の測定者が10回計測した。この際、測定環境による影響がでないように、室温および反復手技による慣れを考慮して、計測は複数日に分けておこなった。

2) XY画像上での計測値と実長の比較

測定者がノギスによる測定値を覚えていないことを確認した時点で、アクリル立方体及びガラス立方体をCTで撮像した。その後、画像解析ソフトImage Works (GE横河メディカルシステム社) 及びCentricity TM RA600 (GE横河メディカルシステム社) で構築された任意のスライス一面 (XY平面) をモニタ上再現し、X軸方向に平行に立方体中央部の厚みを、上記4人が同一辺を10回計測した。また、得られた立方体の画像情報を画像解析ソフトImage Works及びCentricity TM RA600を用いて同一辺を計測し、利用ソフトによる差を比較検討した。

3) 測定部位による精度の比較

CT画像は様々な組織を通過して得られた情報を基に構築されている為、周囲の異なる組織から影響を受け易い。そこで、上記のスライス一面 (XY平面) で、外部と接するX軸方向の境界領域辺縁、すなわち立方体のX軸方向の一辺の測定を行い、中央部の値と比較した。

4) Z軸方向の精度評価とスキャン方式による比較

従来の1断層撮影ごとに寝台をずらして間欠的に撮像する方式 (以後Non Helical Scan) と、現在主流となっているヘリカルスキャン方式 (以後Helical Scan) で立方体を撮像し、Z軸方向への再現性を評価した。

これらの撮像方法はテーブルの移動形式が異なる為、撮像後MPR及び3D画像上で画像の再構成を行い、Z軸方向に平行に立方体中央部の厚みを計測した。

結 果

1) 被写体の実長測定

被写体のノギス計測の結果を表1に示す。アクリル立方体の一辺の測定値の平均は20.03mm, ガラス立方体の一辺の測定値20.01mm, また測定者の平均値の差は0.01mmでほとんど差はみられなかった。以上より使用したモデルの精度は高いと考えられた。

表1 立方体の実長計測

	アクリル	ガラス
術者A	20.03±0.02	20.00±0.02
術者B	20.02±0.01	20.00±0.02
術者C	20.02±0.01	20.01±0.01
術者D	20.02±0.01	20.01±0.01
平均	20.03±0.01	20.01±0.01

単位: mm n=10
平均±標準偏差

2) XY画像上での計測値と実長の比較

XY画像上での計測値では、CT値の高いガラス立方体で実長より長く測定される傾向があった。しかし、実長との差は平均0.08mm (最大1.04mm) で、臨床的に許容できる範囲に留まった (表2,3)。一方、アクリル立方体の測定値はCentricity TM RA600による画像計測がほぼ実長と同じ値を示した。

表2 XY画像上における計測①
使用ソフト: Image Works

	アクリル	ガラス
術者A	19.97±0.05	20.07±0.05
術者B	19.98±0.08	20.06±0.05
術者C	19.97±0.07	20.10±0.05
術者D	19.98±0.06	20.08±0.04
平均	19.98±0.07	20.08±0.05

単位: mm n=10
平均±標準偏差

表3 XY画像上における計測②

使用ソフト: Centricity TM RA600.

	アクリル	ガラス
術者A	20.06±0.02	20.11±0.02
術者B	20.06±0.02	20.12±0.04
術者C	20.03±0.04	20.12±0.03
術者D	20.02±0.04	20.10±0.04
平均	20.04±0.03	20.11±0.03

単位: mm n=10
平均±標準偏差

3) 測定部位による精度の比較

水に多く接している辺縁部ではパーシャルボリューム効果によって平均0.3~0.5mmの誤差が生じていた. 特に水とCT値の差が大きいガラスにおいて誤差が大きくなる傾向を示した.(表4)

表4 測定部位による計測

使用ソフト: Centricity TM RA600.

	アクリル		ガラス	
	中央部	辺縁部	中央部	辺縁部
術者A	20.06±0.02	20.34±0.10	20.11±0.02	20.49±0.13
術者B	20.06±0.02	20.26±0.12	20.12±0.04	20.50±0.13
術者C	20.03±0.04	20.33±0.09	20.12±0.03	20.51±0.12
術者D	20.02±0.04	20.31±0.09	20.10±0.04	20.48±0.13
平均	20.04±0.03	20.31±0.10	20.11±0.03	20.49±0.12

単位: mm n=10
平均±標準偏差

4) Z軸方向の精度評価とスキャン方式による比較

Z軸方向の測定値においても, ガラス立方体で長く測定される傾向があり, 実長との比較では平均で0.1mm以上の差がみられた. アクリル立方体は実長とほぼ同じ値を示した. これらの結果はスキャン方式による差は認められず, テーブルの移動に伴うZ軸方向への誤差拡大も認められなかった.(表5,6)

表5 Z軸方向の計測①

素材: アクリル. 使用ソフト: Centricity TM RA600.

	Helical Scan	Non Helical Scan
術者A	20.05±0.01	20.06±0.02
術者B	20.06±0.01	20.06±0.01
術者C	20.04±0.01	20.06±0.01
術者D	20.06±0.02	20.05±0.02
平均	20.05±0.01	20.06±0.02

単位: mm n=10
平均±標準偏差

表6 Z軸方向の計測②

素材: ガラス. 使用ソフト: Centricity TM RA600.

	Helical Scan	Non Helical Scan
術者A	20.13±0.02	20.14±0.02
術者B	20.13±0.01	20.14±0.02
術者C	20.14±0.01	20.13±0.02
術者D	20.14±0.01	20.13±0.02
平均	20.13±0.01	20.13±0.02

単位: mm n=10
平均±標準偏差

考 察

CT撮像を利用した臨床検査には, 術者の読影能力向上と操作の熟練が必用不可欠である. エックス線CT画像を用いた距離計測は広く普及しているが, 計測する術者の熟練度や計測ソフトの性能が精度に関連していることは容易に推測される. 模型を利用した画像情報に関する研究は, 多数報告されている(白石, 津田, 1990)

(Polacin et al., 1992)(Polacin et al., 1994)(Kalender et al., 1994)(辻岡, 1996)(馬場他, 1997). また, より臨床に近い研究として川原らは, 系統解剖実習献体から摘出した下顎骨模型を用いて計測している(川原他, 2000). 今回の研究では, 軟組織にCT値に近いアクリルと, 硬組織にCT値に近いガラスという2つの素材を用いて, 臨床に近い状態を再現しつつ本学CTの計測値の精度評価を行った.

その結果, XY画像上での計測値は, CT値の高いガラス立方体で実長より長く測定される傾向があった. しかし, 実長との差は平均0.08mm(最大1.04mm)で, 臨床的に許容できる範囲に留まった. 従って歯科領域の診断で測定されることの多い硬組織の計測でも, 問題ない程度の誤差と考えられる. 現在普及しているエックス線CT装置のほとんどが医科との兼用であり, 硬組織の撮像に特化した厳密な意味での歯科用CT装置が存在しない現状では臨床的に十分な情報を提供できるものと考えられた.

計測用ソフトの性能は報告されてはいるが, 各メーカーによって評価方法にばらつきがあるので, 統一した見解は存在しない. 本研究で計測に用いたソフトは本学で現在臨床に用いている2種類のソフトであり, 厳密な意味での専門的な画像計測解析ツールではなく, あくまでビューワーに付属した計測ツールである. 従って計測に特化した性能を有する訳ではないが, Centricity RA600は世界基準であるDICOM保存形式のビューワーとして

広く利用されているおり (奥田他, 2005), 汎用的な計測に適している。しかしながら, 多様化するCTの需要を考慮すると, より専門的な分野に特化したソフトの導入が求められている。

本研究ではXY画像上でも計測部位によって誤差が増減することが示された。これは, 吸収値がスライス幅における組織の重なり割合に応じた値になることから生じる, パーシャルボリューム効果によるものである。このため水と吸収値の異なるガラス立方体の辺縁部で, 精度が著しく低下したと考えられる。パーシャルボリュームはスライス幅が厚いほど効果は大であるため, 薄いスライスにしてスキャンすることにより防ぐことが出来るが, 硬組織や金属のような周囲とCT値が極端に異なる組成の場合, どうしても画像に影響が出現する。従って吸収値が比較的差の少ない部位を選んで計測する事が望ましい。

Non Helical ScanとHelical Scanの比較の研究は比較的多く行なわれている (竹中, 1982) (速水, 1991) (花井, 1997) (辻岡他, 2000)。Helical Scanで収集したデータは, 従来のCT撮像方式と比べて体軸方向に高性能な空間分解能を持つため, 高精細な3D画像を作製することが可能と言われている。本学CTでもHelical Scanによって撮像した画像を用いて診療に活用しているが, 今回の研究ではスキャン方式によるZ軸方向への影響は認められなかった。

Z軸方向の計測においてNon Helical ScanとHelical Scanともに, ガラス立方体で長く測定される傾向があり, 実長との比較では平均で0.1mm程度の差がみられた。今回の研究では0.6mmのスライス厚で撮像されたことを考えると使用したシステムの精度上の大きな問題とはいえないが, この程度の誤差があることを念頭に使用することが必要であろう。従ってCT撮像後MPR及び3D画像上で構成された画像から, 硬組織のZ軸方向の距離を測定する時は注意を要するといえる。またテーブルの移動には, 回転するベルトによる動力でテーブルがスライドする距離を制御しているので, 患者の撮像の場合, ベルトの弛みや負荷が増加すれば誤差も増大すると思われる。誤差がさらに拡大する可能性も否定できない。しかし, 今回の結果は水中のガラス辺を測定していることから, 硬組織内部の長さ測定することの多い歯科臨床と根本的に条件設定がやや異なっており, この点について今後も検討したいと考えている。

結 論

本学CTの歯科臨床的立場から求められる計測値の精度を評価するため, 一辺2.0cm大の亚克力及びガラス

立方体を水中に浸した状態で撮像し, 構築された画像上で長さを計測した。その結果, 次の結論を得た。

1. 計測に用いたソフトによっては, 実物の大きさより上下することがある。
2. CT値の高いガラスは亚克力に比べ, 実長より長く計測される傾向がある。
3. パーシャルボリューム効果によって, 辺縁部では誤差が生じやすい傾向がある。
4. スキャン方式によるZ軸方向の精度の差は本研究では認められなかった。
5. テーブルの移動に伴うZ軸方向への誤差拡大は許容出来る範囲内であるが, 臨床上考慮すべきである。

文 献

- Kalender WA, Polacin A, and Suss C: A comparison of conventional and spiral CT: an experimental study on the detection of spherical lesions. *J Comput Assist Tomogr*18: 167-176, 1994.
- 川原英明, 下田信治, 小林馨, 他: スパイラルX線CTによる3Dイメージの距離測定精度に関する研究. *日口腔インプラント誌* 13: 321-327, 2000.
- 馬場仁, 広渡諭, 西村弘幸, 他: X線CTにおけるスライス感度分布の測定—エアギャップを用いた方法—. *日放技学誌*53: 437-442, 1997.
- 花井耕蔵, 石田智広, 井田義宏, 他: ラセンCTの物理的な画像特性の評価と測定法に関する報告. *日放技学誌*53: 1714-1732, 1997.
- 奥田茂男, 栗林幸夫, 日比紀文, 他: 商用光ファイバー専用線と非圧縮DICOM formatを利用した遠隔画像診断の試み. *日本医放会誌*65: 41-43, 2005.
- Polacin A, Kalender WA, Marchal G: Evaluation of section sensitivity profiles and image noise in spiral CT. *Radiology*185: 29-35, 1992.
- Polacin A, Kalender WA, and Brink J, et al: Measurement of slice sensitivity profiles in spiral CT. *Med Phys*21: 133-140, 1994.
- 佐藤尚志, 川上俊光, 久保田徹, 曾根可南子: MultiDetector-row CTにおけるZ軸の特性評価. *日放技学誌東北部会雑誌*13: 178-181, 2004.
- 速水昭雄: X線CT装置性能評価に関する基準 (案). *日放技学誌* 47: 56-63, 1991.
- 白石順二, 津田和良: CTにおけるスライス厚の測定: partial volume effectを用いた測定法. *日放技学誌*46: 29-34, 1990.
- 高根ユミ, 一色泰成, 西川慶一: 顔面非対称のX線CT 3次元画像診断における距離計測の信頼性. *歯科学報*101: 1195-1206, 2001.
- 竹中栄一: X線コンピュータ断層撮影装置の性能評価に関する基準 (第二次勧告). *日本医師会雑誌*88: 759-771, 1982.
- 田中力延, 細川洋一郎, 大西 隆, 他: 本学CT (ProSpeed FII) における空間分解能の評価. *北医療大歯誌*24: 47-50, 2005.
- 辻岡勝美: ヘリカルCTシステムの技術的問題点～性能評価と実際の運用～. *日放技学誌*52: 389-396, 1996.
- 辻岡勝美, 井田義宏, 大坪寛知, 他: X線CTにおけるtime sensitivity profile (TSP) の考案と測定法の開発—non helical scan, single slice helical scan, multi slice helical scanの比較—. *日放技学誌* 56: 1461-1469, 2000.