

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月21日現在

機関番号：14401

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21791822

研究課題名（和文）歯科用コーンビーム X 線 CT (CBCT) における CT 値付与アルゴリズムの開発

研究課題名（英文）Development of algorithms to grant CT values in a cone-beam computed tomography

研究代表者

島本 博彰 (SHIMAMOTO HIROAKI)

大阪大学・歯学部附属病院・助教

研究者番号：30448112

研究成果の概要（和文）：本研究により、同一撮影条件では CBCT のピクセル値は MDCT の CT 値よりも低いことがわかった。また、CBCT では撮影時の管電圧、管電流、FOV、さらには FOV 内での被写体の撮影位置によってもピクセル値が大きく変化することがわかった。これらは CBCT ではキャリブレーションを行わないこと、CBCT 装置特有の散乱 X 線補正、FOV 外への被写体のはみだし、大きなコーン角、ビームハードニング効果や画像構成アルゴリズム等に起因すると考えられた。

研究成果の概要（英文）：In this study, pixel values obtained from CBCT were lower than CT values from MDCT in the same imaging conditions. In addition, pixel values obtained from CBCT made significant differences by various tube voltages, tube currents, FOVs and positions of the subject in the FOV. These were thought to be due to a lack of calibration and to be due to the device-specific correction of X-ray scattering, the protrusion of the subject outside the FOV, the large cone angle, the beam hardening effects and the image construction algorithm in CBCT.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,300,000	690,000	2,990,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・病態科学系歯学・歯科放射線学

キーワード：MDCT、CBCT、CT 値

1. 研究開始当初の背景

近年、歯科領域ではインプラント手術や歯列矯正など治療の高度化が進んでおり、治療計画や術前診断に CT (Computed Tomography) 装置による 3 次元画像が用いられるようになってきた。特に、歯科用に装置設置面積が小さく低被曝の CT としてコーンビーム CT (Cone-beam Computed Tomography: CBCT) 装

置が開発され、徐々に普及してきている。

CBCT 装置では、X 線源と 2 次元検出器を被写体の周りで回転させながらコーンビーム状の X 線を照射し、得られたデータを再構成演算処理することにより 3 次元データを得る。最近になって、従来用いられていたイメージ・インテンシファイアに替わり、フラットパネル検出器 (Flat Panel Detector: FPD) を

搭載したシステムが開発されてきた。CBCT の利点は医科用の MDCT (Multi-row Detector CT) と比較して装置がコンパクトで安価であること、被曝量が少ないこと、空間分解能が高いこと、座ったまま撮影できるため閉塞感がないことなどが挙げられる。

一方、MDCT と比較すると CT 値が計測できない、軟部組織分解能が低い、撮影範囲が狭いなどの欠点がある。特に、CBCT 装置は再構成画像のピクセル値を CT 値に対応させることが困難であると言われており、CBCT 画像における診断的な定量性が現状では確保されていない。そのため、医科用の MDCT 装置や異機種 of CBCT 装置で撮影された CT 画像を比較、解析することができず、臨床上大きな問題となっている。しかし、これまでに CBCT 画像の定量性確保を試みたという学会報告は見られるものの、論文化された報告は国内・国外共になく、残念ながら実現に至っていない。

2. 研究の目的

本研究期間内に歯科用 CBCT 画像に CT 値を付与するアルゴリズムを開発し、CBCT 画像の定量化を実現することを研究目的とした。

3. 研究の方法

(1) 基礎実験として、MDCT 装置 (Light Speed QX/I (GE Healthcare, Milwaukee, WI, USA)) および CBCT 装置 (Alphard Vega 3030 (Asahi Roentogen, Kyoto, Japan)) にて各濃度 (8, 4, 2, 1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 0%) に希釈したヨード系造影剤 (iohexol, Iopamiron® 300, Bayer Health Care, Osaka, Japan) 入りのテストチューブを直径 17 cm、高さ 5 cm の水ファントムの中央に固定して撮影し、再構成画像におけるテストチューブ内容液の輝度値 (CBCT ではピクセル値、MDCT では CT 値) を ImageJ (National Institutes of Health, Bethesda, Md, USA) を使用して ROI 計測した。MDCT、CBCT 各装置で図 1 のように様々な撮影範囲、管電圧、管電流を設定して撮影した。

(2) さらに、CBCT 装置における FOV 内での被写体の体軸方向の撮影位置の違い、および被写体の同一 axial スライス内での撮影位置の違いによって、被写体のピクセル値が変化するかについて検討した。CBCT 装置を用い、CATPHAN500 (米国/IRIS 社) を同一の管電圧、管電流、FOV にて撮影した。CATPHAN500 のうち、CTP401 (空気、ポリエチレン、テフロン、アクリルの 4 種の CT 値が既知である CT 値測定用ファントム) と CTP486 (均質性評価用ファントム) を用いた。ファントムの中心と照射野の中心の位置が一致する高さを 0 とし、照射野を体軸方向に上下 2cm ごとに移動させ

て撮影し、得られた CBCT 画像に ROI を置いてピクセル値を計測した。計測は Catphan ファントム用 PC/Auto QA CT ソフトウェア (The institute for Radiological Image, Inc, USA) にて行い、ピクセルの平均値、標準偏差を求めた。

	MDCT	CBCT
機種	Light Speed QX/i	Alphard Vega 3030
撮影モード	Axial	C-, P-, I-, D-mode
撮影範囲 (mm)	φ 200, 250	C-mode φ 200 x 179 (H) P-mode φ 154 x 154 I-mode φ 102 x 102 D-mode φ 51 x 51
ボクセルサイズ (mm)	0.39 x 0.39 x 2.5 (H) 0.49 x 0.49 x 2.5 (H)	C-mode 0.39 x 0.39 x 0.39 (H) P-mode 0.30 x 0.30 x 0.30 (H) I-mode 0.20 x 0.20 x 0.20 (H) D-mode 0.10 x 0.10 x 0.10 (H)
管電圧 (kVp)	80, 100	80, 100
管電流 (mAs)	100, 120, 150, 170, 200	102, 119, 153, 170, 204

図 1 MDCT および CBCT の各撮影条件

4. 研究成果

(1) 基礎実験の結果から、MDCT では撮影時の管電圧が高いほうが CT 値は低くなったが、管電流を変化させても CT 値は変化しなかった。また、CBCT では撮影時の管電圧が高いほど、管電流が大きいほど、ピクセル値は低くなった。同一の管電圧、管電流における比較では、CBCT のピクセル値は MDCT の CT 値よりも低いことがわかった。また、MDCT では撮影範囲を変化させても CT 値はほぼ変化しなかったが、CBCT では撮影範囲の大きさを変化させるとピクセル値が大きく変化することがわかった。同一の撮影範囲、管電圧、管電流においてはピクセル値を CT 値に変換する方程式が求められた。

(2) FOV 内での被写体の撮影位置に関する

実験では、CTP401 内部の各リファレンス・マテリアルのうち、空気を除く 3 種のマテリアルの CBCT におけるピクセル値は、被写体の体軸方向の撮影位置の違いによって大きく変化した。また、CTP486 内部においた ROI の CBCT におけるピクセル値は、同一 axial スライスの辺縁部の ROI と比較して中心部においた ROI のピクセル値が有意に低くなった。つまり、同一 axial スライス内においても撮影位置の違いによってピクセル値が変化することが示された。以上の結果より、MDCT 画像の CT 値に CBCT 画像のピクセル値を線形的に補正することは困難であった。

CBCT 画像のこのような傾向は、CBCT では空気や水を用いてのキャリブレーションを行わないこと、CBCT 装置特有の散乱 X 線補正や、FOV 外への被写体のはみだし等が影響していると考えられる。FOV 内での被写体の撮影位置によるピクセル値の変化に関しては、被写体の体軸方向の位置づけの違いと同一平面内での位置づけの違いで原因が異なると思われる。まず、被写体の体軸方向の位置づけの違いによるピクセル値の変化についてはコーン角による影響が考えられる。CBCT 装置の大きなコーン角により、照射野の辺縁部と中心部とは焦点被写体間距離が大きく異なるため、その結果 X 線の強度が両者で異なり、被写体の体軸方向の位置づけの違いによってピクセル値が変化したと考えられた。加えて大きなコーン角は照射体積が増加することにつながり、結果として散乱線が増加するためピクセル値をさらに不正確にすると考えられる。FPD 前面にグリッドを挿入すれば散乱線が除去できる可能性があるが、現時点では実現に至っていない。また、X 線管球が縦置きであるならば、体軸方向に対するヒール効果の影響も考える必要があるが、今回研究に使用した機種では X 線管球は横置きであり、ヒール効果の影響はないと考える。被写体の同一平面内での位置づけの違いによるピクセル値の変化についてはビームハードニング効果や装置の画像構成アルゴリズムに起因すると考えられた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

① Shimamoto H, Chindasombatjaroen J, Kakimoto N, Kishino M, Murakami S, Furukawa S. Perineural spread of adenoid cystic carcinoma in the oral and maxillofacial regions: evaluation with contrast-enhanced computed tomography and magnetic resonance imaging. Dentomaxillofacial Radiology.

2012;41(2):143-51.

DOI:10.1259/dmfr/21825064 査読あり

② Shimamoto H, Kishino M, Okura M, Chindasombatjaroen J, Kakimoto N, Murakami S, Furukawa S. Radiographic features of a patient with both cemento-ossifying fibroma and keratocystic odontogenic tumor in the mandible: a case report and review of literature. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2011;112(6):798-802. DOI:10.1016/j.tripleo.2011.06.025 査読あり

③ Chindasombatjaroen J, Kakimoto N, Shimamoto H, Murakami S, Furukawa S. Correlation between pixel values in a cone-beam computed tomographic scanner and the computed tomographic values in a multidetector row computed tomographic scanner. J Comput Assist Tomogr. 2011;35(5):662-5.

DOI:10.1097/RCT.0b013e31822d9725 査読あり

[学会発表] (計 4 件)

① Nishino K, Kakimoto N, Shimamoto H, Chindasombatjaroen J, Murakami S, Furukawa S. Influence of object's z-axis location on the pixel values in CBCT. The 8th Asian Congress of Oral and Maxillofacial Radiology, Nov 16, 2010, Seoul, Korea

② Shimamoto H, Chindasombatjaroen J, Kataoka M, Nishino K, Kakimoto N, Murakami S, Furukawa S. Comparison of CT values on MDCT images with pixel values on CBCT images: Does the size of the imaging volume in CBCT influence the pixel value? The 12th European Congress of Dento-Maxillo Facial Radiology, Jun 2, 2010, Istanbul, Turkey

③ 西野加奈子、柿本直也、島本博彰、Jira Chindasombatjaroen、村上秀明、古川惣平 CBCT における被写体の上下の位置付けがピクセル輝度に及ぼす影響 日本歯科放射線学会第 14 回臨床画像大会、2009 年 10 月 25 日、札幌

④ Jira Chindasombatjaroen、柿本直也、島本博彰、西野加奈子、村上秀明、古川惣平 CBCT におけるピクセル値:MDCT の Hounsfield units から変換係数の決定 日本歯科放射線学会第 14 回臨床画像大会、2009 年 10 月 25 日、札幌

6. 研究組織

(1) 研究代表者

島本 博彰 (SHIMAMOTO HIROAKI)
大阪大学・歯学部附属病院・助教

研究者番号 : 30448112