IRUCAA TDC
Institutional Resources for Unique Collection and Academic Archives at Tokyo Dental College

Title	歯科用コーンビームCT画像に対するスライス加算平均化処理の画質改善効果
Author(s)	西川，慶一; 水田，茂; 光菅，裕治; 和光，衛; 佐野，司
Journal	歯科学報，110(2): 110-114
URL	http://hdl.handle.net/10130/1462
Right	

Posted at the Institutional Resources for Unique Collection and Academic Archives at Tokyo Dental College,
Available from http://ir.tdc.ac.jp/

原　著

歯科用コーンビーム CT 画像に対する スライス加算平均化処理の画質改善効果

西川慶一[1)]　水田　茂[1)]　光菅裕治[2)]
和光　衛[1)]　佐野　司[1)]

抄録：一部の歯科用コーンビーム CT 装置では，雑音の低減を目的とするスライス加算平均化処理が利用されている。本研究では，この処理が雑音および空間分解能に与える影響を視覚的に検討した。まず，閉口型頭部ファントムの左側下顎大臼歯部を管電流１mA および４mA で撮影した。次に，加算枚数１〜16枚の処理画像を作成し，各画像の同一部位に128×128の関心領域を設定してその画像を切り出した。そして，４mA での原画像を基準画像とし，他の画像の雑音と空間分解能について経験年数６年以上の放射線科歯科医４名に10cm のスケール上で相対的に評価させた。それらの評価結果より各画像の評価点を求め，Steel 法で統計学的有意差検定を行い，画質の比較を行った。その結果，加算平均化処理によって雑音は有意に改善し，空間分解能の明らかな低下は認められなかった。したがって，スライス加算平均化処理は画質改善に有効と考えられた。

緒　言

撮影領域の小さな歯科用コーンビーム CT では，少ない被曝線量で高い空間分解能の画像が得られることが明らかにされている[1)〜5)]。空間分解能が高いのはボクセル（Voxel；体積素）が小さいことに起因するが，ボクセルが小さいとそれだけ雑音（ノイズ）が増加することになる[6),7)]。これに加えて，歯科用コーンビーム CT では２次元検出器を使用するため，散乱Ｘ線の影響が大きく，さらに雑音が増加することになる[3),4),8)]。

この雑音の増加に対応するため，一部の歯科用コーンビーム CT 装置では，得られたスライス画像を指定した枚数だけ観察方向に加算して平均化するスライス加算平均化処理が利用されている。原理的にこの処理によって雑音が低減するのは明らかであるが，その一方で観察方向のボクセルサイズが大きくなるため，空間分解能の低下が予想される。しかしながら，スライス加算平均化処理について詳細に検討した文献は見当たらない。そこで本研究では，スライス加算平均化処理が雑音および空間分解能に与える影響を視覚的に評価し，スライス加算平均化処理の画質改善効果について検討した。

材料と方法

歯科用コーンビーム CT 装置には３DX Multi-Image Micro CT（モリタ製作所；以降，３DX と略す）を使用した。３DX のＸ線検出器は Image Intensifier（I. I.；蛍光増倍管）と Charge-Coupled Device（CCD；電荷結合素子）カメラの組み合わせからなる。

まず，３DX を用いて図１に示す閉口型頭部ファントム PTU-２型（京都科学）の左側下顎大臼歯部を管電流１mA および４mA で撮影した。管電圧は80 kV に設定した。照射時間は17秒，撮影領域は直径40mm，高さ30mm の円柱形，ボクセルは一辺0.125mm の立方体である。得られたボリューム

キーワード：歯科用コーンビーム CT，加算平均，雑音，空間分解能
[1)]東京歯科大学歯科放射線学講座
[2)]東京歯科大学千葉病院放射線科
（2010年１月26日受付）
（2010年２月17日受理）
別刷請求先：〒261-8502　千葉市美浜区真砂1－2－2
東京歯科大学歯科放射線学講座　西川慶一

図１　撮影対象とした閉口型頭部ファントム

データより，３DX の専用ソフト i-VIEW-３DX V 1.61を使用して，口内法Ｘ線画像と同様の観察方向からのスライス加算平均化処理画像を作成した。加算して平均化するスライス画像の総数(以降，加算枚数と略す)は２～16枚と変化させた。これにより，観察方向のボクセルサイズ(スライス厚)は0.250～2.000mm と変化することになる。

次に，Photoshop V5.0(Adobe)を使用して各スライス加算平均化画像の同一部位に128×128の関心領域を設定し，その画像を切り出した。そして，管電流４mA で得た原画像を基準とし，基準画像と評価対象画像を並べて表示して，評価対象画像の雑音と空間分解能を10cm のスケール上で相対的に評価させた。評価に使用した画像を図２に，評価スケールを図３に示す。観察者は経験年数６年以上の放射線科歯科医４名(うち指導医１名，認定医２名)とし，１週間の間隔をあけて２回ずつ評価させた。画像の提示順は乱数に基づいてランダムとした。画像表示には液晶ディスプレイ LL-171AC(Sharp)を使用した。

続いて，各観察者による評価スケール上の評価結果をデジタルノギス(ミツトヨ)で測定し，基準画像の評価点を５点として，評価対象画像が基準画像より劣る場合には０～５点，優れる場合には５～10点の評価点を与えた。評価点は小数点以下第１位まで求めた。そして，各画像について得られた８個(観察者４名×観察回数２回)の評価点を対象に対照 -

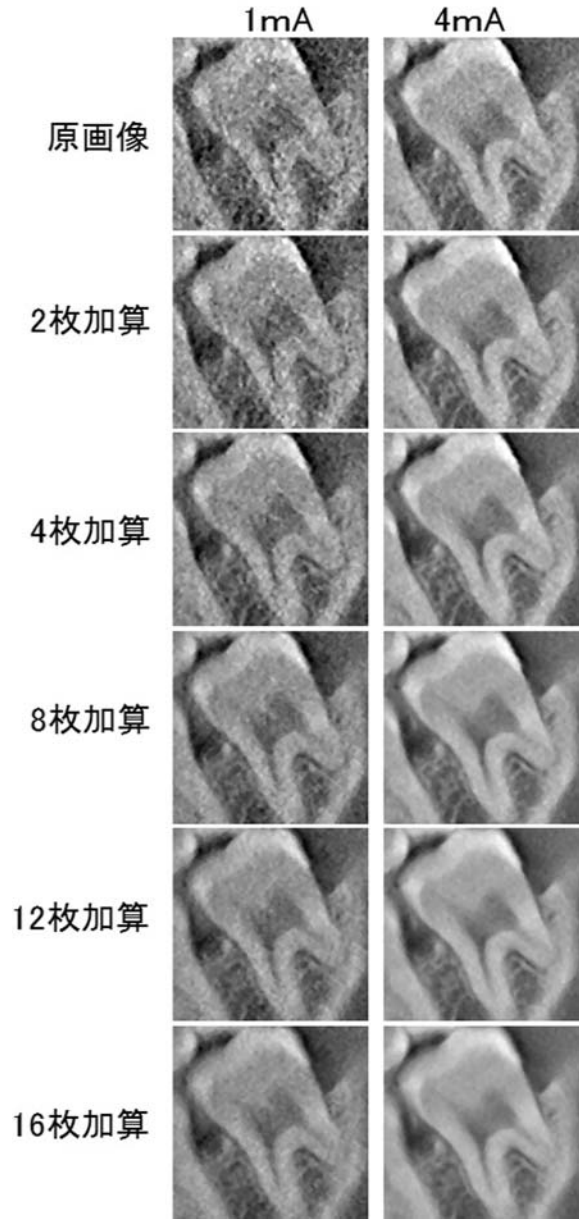

図２　視覚評価に使用した画像

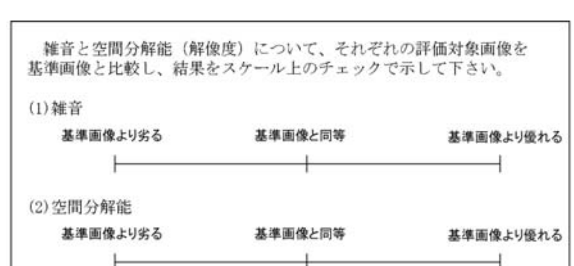

図３　視覚評価に使用したスケール

処理群間のノンパラメトリック多重比較法であるSteel 法で統計学的有意差検定を行い，画質の比較を行った。検定には EXCEL 統計 V5.0(エスミ)を使用した。

結　果

雑音についての視覚的評価結果を図４に示す。１mA 画像，４mA 画像の両者とも，加算枚数の増加に伴って評価点は高くなった。１mA 画像でも８枚加算で基準画像の４mA／原画像と同等の評価点が得られた。12枚加算と16枚加算の画像では基準画像以上の評価点が得られ，有意差が認められた。４mA 画像では，すべての加算画像で基準画像より高い評価点が得られ，有意差が認められた。

空間分解能についての結果を図５に示す。１mA 画像については，16枚加算を除いて加算枚数の増加とともに評価点が高くなる傾向がみられた。しかし，４枚加算までは基準画像に及ばず，有意差が認められた。16枚加算でも基準画像より低い評価点となり，有意差が認められた。４mA 画像については，加算枚数の増加とともに評価点は低くなった。２枚加算では基準画像より評価点が高く，有意差が認められた。12枚および16枚加算では基準画像より低い評価点となり，有意差が認められた。

考　察

図４に示したように，雑音についての評価点は加算枚数の増加に伴って高くなったことから，スライス加算平均化処理は雑音の低減効果が高いと考えられた。一方，図５に示したように，空間分解能についての評価点が１mA 画像では12枚加算まで高くなり，４mA 画像では８枚加算まで基準画像と同等以上であったことから，視覚的にはスライス加算平均化処理によって空間分解能はそれほど低下しないと考えられた。

Liang らは，３DX(国外販売名３D Accuitomo)を含む歯科用コーンビーム CT 装置５機種と医科用のマルチスライス CT 装置１機種を使用して同一の乾燥下顎骨を撮影し，それらの画像上の解剖学的構造物の視認性と画像雑音を比較した[9]。その結果，３DX は画像雑音についてはマルチスライス CT に及ばなかったものの，解剖学的構造物の視認性については最も高い評価が得られた。これは，検討対象とした３DX 画像のスライス厚が３DX のボクセルサイズより厚い1.0と0.5mm となっていることから，スライス加算平均化処理の画質改善効果に

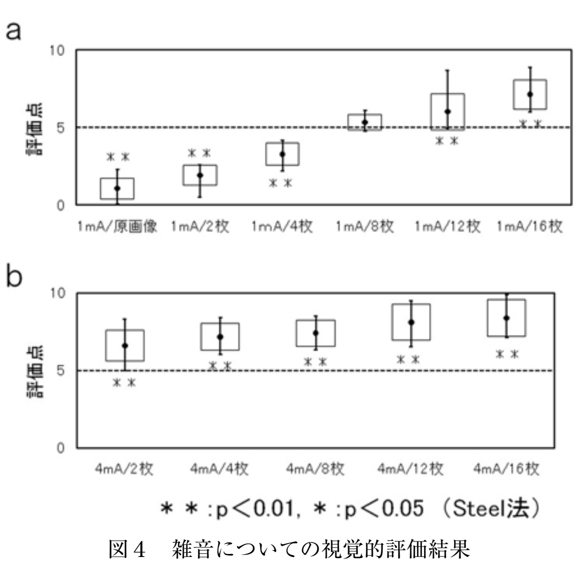

図４　雑音についての視覚的評価結果
ａ：４mA／原画像（５点）vs１mA 加算平均化処理画像
ｂ：４mA／原画像（５点）vs４mA 加算平均化処理画像
箱ひげ図の黒丸は平均値，高低線は最大値と最小値，陽線は標準偏差を表す。

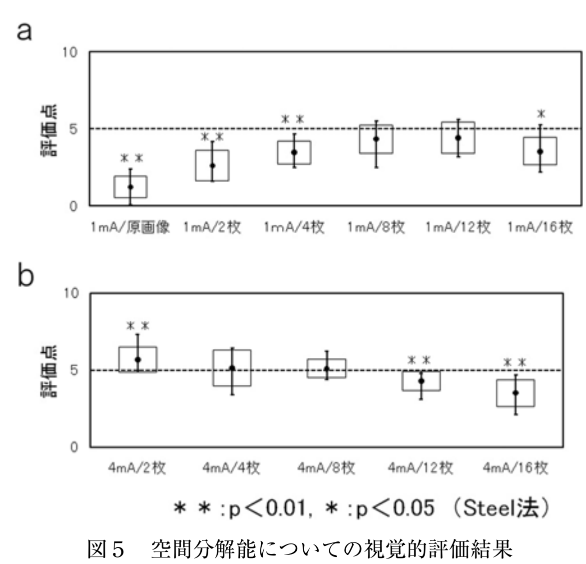

図５　空間分解能についての視覚的評価結果
ａ：４mA／原画像（５点）vs１mA 加算平均化処理画像
ｂ：４mA／原画像（５点）vs４mA 加算平均化処理画像
箱ひげ図の黒丸は平均値，高低線は最大値と最小値，陽線は標準偏差を表す。

よるものと考えられる。

雑音の発生原因には種々あるが，それらの中でＸ線量子雑音はＸ線光子数（Ｘ線量）に依存するものである。Ｘ線光子数はポアソン分布に従うことが知られており[10]，その結果，CT の場合にはボクセルに入射するＸ線光子数がＮ倍になると，Ｘ線量子雑音は$1/\sqrt{N}$になる。管電流とＸ線光子数は比例関係にあるため，管電流をＮ倍にすればＸ線量子雑音は$1/\sqrt{N}$になる。また，スライス加算平均化処理でＮ枚の画像を加算すれば，ボクセルの体積がＮ倍となり，１つのボクセルに入射するＸ線光子数がＮ倍となるため，Ｘ線量子雑音は$1/\sqrt{N}$になる。この理論に従えば，１mA／４枚の画像は４mA／原画像と同等の雑音レベルになるはずであるが，本研究結果では１mA／４枚の画像の方が有意に悪い雑音特性を示した。この原因としては，Ｘ線検出器の非線形性，すなわちＸ線検出器に入射するＸ線量とＸ線検出器からの出力値が正しく比例関係になっていないことが考えられる。しかし，１mA の画像であっても８枚以上の加算によって４mA／原画像以上の良好な雑音特性が得られたこと，４mA の画像では加算枚数を増やすほど雑音特性が改善したことから，スライス加算処理は雑音低減に有効と考えられた。

一方，空間分解能については加算枚数が増加するほど低下することになるが，この現象が明らかに認められたのは１mA／16枚，そして４mA／12枚と４mA／16枚の画像であった。これは，雑音レベルが高い状態では，空間分解能のみを視覚的に評価することが困難なためと考えられた。逆に言えば，雑音レベルが高い状態では，スライス加算平均化処理を行っても，物理的な空間分解能の低下は視覚的に認識できないことになる。したがって，スライス加算平均化処理は視覚的には空間分解能を低下させることなく雑音を大幅に低減できることになり，構造物の視認性を高めるための画質改善処理として極めて有効と考えられた。また，今回の結果では１mA／12枚の画像は４mA／原画像に比べて空間分解能で劣ることなく雑音特性で優れていたが，１mA での撮影による被曝は４mA での撮影の1/4である。すなわち，スライス加算平均化処理は被曝低減にも有効と考えられた。

結　論

一部の歯科用コーンビーム CT で用いられているスライス加算平均化処理の画質改善処理について視覚的に検討した結果，空間分解能の低下を認識させることなく雑音低減が可能であった。したがって，この処理は画質改善に有効と考えられた。

文　献

1) Arai, Y., Tammisalo, E., Iwai, K., Hashimoto, K., Shinoda, K.: Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use. Dentomaxillofac Radiol, 28：248～248, 1999.
2) 関　健次，岡野友宏：コーンビーム CT の歯科への応用　歯科用コーンビーム CT の特徴と臨床応用．歯科臨床研究，５：53～61，2008.
3) 西川慶一，佐野　司：歯科用コーンビーム CT の原理とインプラント応用，基礎から学ぶインプラントの画像診断（金田　隆偏），138～165，砂書房，東京，2008.
4) 佐野　司，西川慶一：安全と安心を提供するための CT による三次元画像の活用　第６回　医科用 CT と歯科用コーンビーム CT の特徴について．日本歯科評論，10：101～108，2008.
5) 岡野友宏，新井嘉則，関　健次，Sur, J.：放射線画像診断の最近の進歩 ―歯科用コーンビーム CT の有効性―. 日本歯科医師会雑誌，62：604～614，2009.
6) Araki, K., Maki, K., Seki, K., Sakamaki, K., Harata, Y., Sakaino, R., Okano, T., Seo, K.: Characteristics of a newly developed dentomaxillofacial X-ray cone beam CT scanner（CB MercuRay）: system configuration and physical properties. Dentomaxillofac Radiol, 33：51～59, 2004.
7) Momin, M. A., Okochi, K., Watanabe, H., Imaizumi, A., Omura, K., Amagasa, T., Okada, N., Ohbayashi, N., Kurabayashi, T.: Diagnostic accuracy of cone-beam CT in the assessment of mandibular invasion of lower gingival carcinoma : comparison with conventional panoramic radiography. Eur J Radiol, 72：75～81, 2008.
8) 中森伸行，須藤　透，金森仁志，遠藤真広，日下部正宏：コーンビーム型三次元 CT 装置の再構成画像への散乱線の影響．医用画像情報学会雑誌，12：91～99，1995.
9) Liang, X., Jacobs, R., Hassan, B., Li, L., Pauwels, R., Corpas, L., Souza, P. C., Martens, W., Shahbazian, M., Alonso, A., Lambrichts, I.: A comparative evaluation of Cone Beam Computed Tomography（CBCT）and Multi-Slice CT（MSCT）Part Ⅰ. On subjective image quality. Eur J Radiol, Epub ahead of print, 2009.
10) 柄川　順，竹中栄一共訳（Ter-Pogossian, M. M.）：放射線医学検査（Ｂ編：放射線像と情報の修正），放射線診断の物理（宮川　正監訳），The physical aspects of diagnostic radiology（Ter-Pogossian, M. M.著），177～185，朝倉書店，東京，1970.

Averaging processing method with summation of slice images for dental cone beam CT : Visual evaluation on improvement effect of image quality

Keiichi NISHIKAWA[1), Shigeru MIZUTA[1), Yuji KOUSUGE[2)
Mamoru WAKOH[1), Tsukasa SANO[1)

[1)Department of Oral & Maxillofacial Radiology, Tokyo Dental College
[2)Department of Radiology, Chiba Hospital, Tokyo Dental College

Key words *: cone beam CT, averaging, noise, spatial resolution*

Some dental cone beam CT systems use an averaging processing method with summation of slice images in order to reduce image noise. In this study, we performed visual evaluation to investigate the effects of this method on noise and spatial resolution. The left mandibular molar region of a jaw-closing head phantom was scanned at a tube current of 1 mA and 4 mA. Averaged images with summation of 2−16 slice images were reconstructed. Images with regions of interest of 128×128 were clipped at the same position from original and each averaged image. The original image obtained at 4 mA was used as the control image. The other images were compared to this for image quality in terms of noise and spatial resolution using a 10 cm visual analog scale. Images were observed by 6 oral radiologists with more than 6 years of experience. The rating of each image was obtained and compared statistically using the Steel test. The results showed that the method reduced noise significantly, with no significant degradation of spatial resolution. Therefore, it can be concluded that the averaging processing method with summation of slice images is effective in improving image quality in dental cone beam CT.

（*The Shikwa Gakuho*, 110：110〜114, 2010）