

## —原著—

## アーム型X線診断装置 AUGE SOLIO の適正使用条件の検討

池真樹子, 田中 礼, 曾我麻里恵, 西山秀昌, 林 孝文

新潟大学大学院医歯学総合研究科顎顔面放射線学分野 (主任: 林 孝文教授)

## A study on the appropriate scanning exposure condition for the AUGE SOLIO

Makiko Ike, Ray Tanaka, Marie Soga, Hideyoshi Nishiyama, Takafumi Hayashi

*Division of Oral and Maxillofacial Radiology, Niigata University Graduate School of Medical and Dental Sciences (Chief: Prof. Takafumi Hayashi)*

平成 25 年 10 月 4 日受付 平成 25 年 10 月 11 日受理

キーワード: 歯科用コーンビーム CT, 雑音, 撮影条件

Key words: cone beam CT, noise, scanning condition

## Abstract:

The purpose of this study was to examine the appropriate scanning condition for the AUGE SOLIO on the occasion of the clinical use. The left maxillary premolar region of a head phantom was scanned at combinations of tube voltage (85 kV), tube current (4, 6 and 8 mA) and scanning time (17 and 8.5 s) in two field of view sizes (I mode and D mode). The para-sagittal images of the same position were obtained by using multiplanar reconstruction function. We used the image acquired in best quality condition (8 mA/17 s), as the reference. Six dental radiologists observed each image and compared them with the reference image. They subjectively evaluated the quality of sharpness, noise and artifact using a 10 cm visual analog scale. The Steel method was used to determine significant differences. The image at 8 mA/8.5 s showed significantly lower evaluation scores on noise and artifact.

In conclusion, the image quality, at 6 mA/17 s, was comparable to the reference image. These results may help in deciding which scanning condition should be adapted for clinical cases.

## 抄録:

## 【目的】

本研究は、アーム型X線診断装置 AUGE SOLIO の導入・臨床使用にあたり、装置の適正撮影条件について検討することを目的とした。

## 【対象と方法】

頭部ファントムを管電圧 85 kV, 管電流 4 mA, 6 mA, 8 mA, の組み合わせと 8 mA の短時間モードで撮影し、再構成処理により、上顎左側小臼歯部の矢状段面を作成した。撮影領域の異なる I モード, D モードそれぞれにおいて、装置の最高条件である 8 mA で撮影した画像を基準画像とし、他の 3 条件で得た画像と比較させた。評価項目は鮮鋭度, 雑音, アーチファクトの 3 項目で、10 cm のビジュアルアナログスケールを用いて放射線歯科医師 6 名により評価を行った。評価点をもとに撮影条件をどの程度低減できるか検討した。

## 【結果】

I モードの雑音とアーチファクトにおいて、通常の撮影時間で撮影した画像では、撮影条件が高いほど評価点が基準画像と同等の 5 点に近づく傾向がみられた。短時間モードの撮影では評価点が低く、特にアーチファクトの評価は有意に低い値を示した。D モードでは 4 mA の条件はどの項目も評価点が低い傾向がみられ、特に鮮鋭度において有意に低い評価点を示した。

## 【結論】

I モードにおいて、撮影条件を 6 mA まで低下させても基準画像とおおむね同等の画像が得られると考えられた。

## 【緒 言】

顎顔面骨内への高度な外科的処置は多様化し頻度が増している中で術前の画像評価の重要性も高まっている。安全で確実な処置には顎骨の3次元的情報は必要不可欠であり、画像データによる治療計画立案や手術シミュレーションなどが多くの施設で行われているのが現状である。

歯科用コーンビームCTは歯や顎骨などの硬組織の描出に優れており、通常の医科用CTよりも空間分解能が高いため歯根膜腔、歯槽硬線、骨梁、根管などの微細な構造の画像化が可能である<sup>1-3)</sup>。また小照射野で撮影を行うため患者の被曝線量が少ないことも歯科用コーンビームCTの特徴であり<sup>4-6)</sup>、歯科医療において広く普及しつつある。

新潟大学医歯学総合病院では2008年に歯科用コーンビームCTが設置され、導入後から撮影件数も増加し、最近3年間で最も多い年では300件を超える撮影が行われた(図1)。しかしこれまで当院で使用していた歯科用コーンビームCTでは、撮影領域(以下、FOV)が約19 cm, 約15 cm, 約10 cm, ボクセルサイズがそれぞれ0.4 mm, 0.3 mm, 0.2 mmのため、歯周組織や根管といった微細な構造の観察にはやや不向きであり、埋伏歯の精査や顎変形症の術前術後の撮影が主であった(図2)。

このたび2012年11月の外来移転に伴いAUGE SOLIO(朝日レントゲン, 京都)が導入された(図3)。AUGE SOLIOは最小FOVが51 × 55 mm, ボクセルサイズ0.1 mmであり、高解像度画像の提供が可能である。これまで使用していたコーンビームCT装置では困難であった歯内療法や歯周治療の診断に有用と考えられ、治療効果の向上につながることを期待される。今回我々は、AUGE SOLIOの臨床使用にあたり、適正撮影条件について検討をおこなったので報告する。

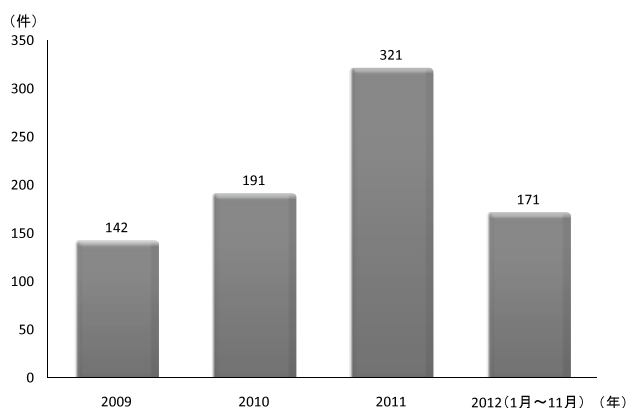


図1 本院における歯科用コーンビームCT撮影件数の年次推移

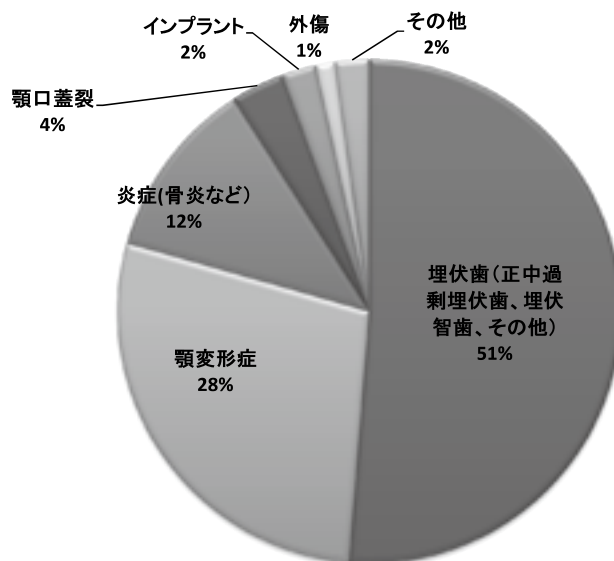


図2 2011年における歯科用コーンビームCT撮影症例の内訳



図3 アーム型X線診断装置 AUGE SOLIO

## 【対象と方法】

アーム型X線診断装置であるAUGE SOLIOは、パノラマ撮影との併用装置であり、エックス線検出器にはFlat Panel Detectorが搭載されている。FOVの大きさ

は直径 51 mm から 161 mm の領域が 3 段階に切り替えられ、撮影範囲によって使い分けることができる。FOV の大きい順から、A モード (直径 161 mm × 100 mm (H))、I モード (直径 97 mm × 100 mm (H))、D モード (直径 51 mm × 55 mm (H)) であり、それぞれのボクセルサイズは、0.315 mm, 0.19 mm, 0.1 mm である。また CT 撮影エリアを上下移動できるため、これまで使用していたコーンビーム CT 装置のように患者を動かすことなく、位置づけが可能となっている。

今回我々は、当院で使用頻度が高くなると予想される I モード、D モードを用いて頭部ファントムの撮影を行った。頭部ファントムの上顎左側小臼歯部を通常の撮影時間モードで管電圧 85 kV、管電流 4 mA、6 mA、8 mA、短時間モードで管電圧 85 kV、管電流 8 mA、計 4 通りの条件で撮影を行った。次に、DICOM ビューソフト Image J (National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA)、Osirix (Pixmeo Sarl, Bernex, Switzerland) にて同じ位置の矢状断を作成した。

次いで撮影時の条件をどれだけ低減可能か検討するために、最高の条件である管電流と管電圧、撮影時間の組

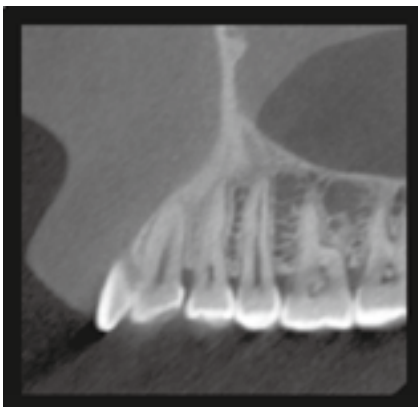
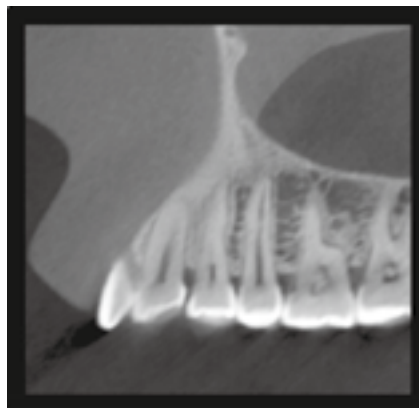
み合わせの画像を基準画像、他の 3 通りの条件で得た画像を対象画像として両者の画質を比較した。基準画像と比較対象画像を図 4、5 に示す。基準画像とともに比較対象画像を並べて観察者に提示し、対象画像の画質が基準画像に比べてどの程度かを 10 cm のビジュアルアナログスケール上で評価させた。評価点は田辺ら<sup>7)</sup>の報告を参考に、基準画像の評価点を 5 点として、対象画像が基準画像よりも劣る場合は 5 点以下、優れる場合には 5 点以上を与えた。観察者は歯科放射線科の歯科医師 6 名 (日本歯科放射線学会専門医 3 名、認定医 2 名、他 1 名) とした。評価項目は鮮鋭度、雑音、アーチファクトの 3 つとし、I モード、D モードそれぞれについて評価を行った。統計処理には Steel 法を用い、 $p < 0.05$  を統計学的有意差ありと判定した。

## 【結 果】

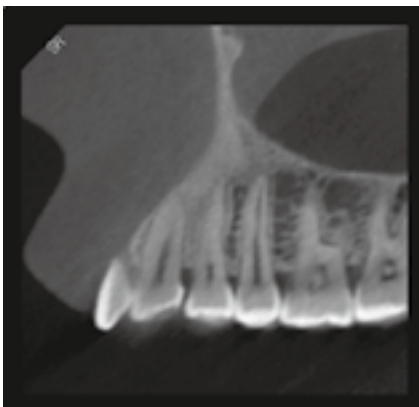
I モード、D モードにおける鮮鋭度、雑音、アーチファクトについての評価結果を図 6、7 に示す。

I モードにおいて、鮮鋭度は、8 mA で撮影された基

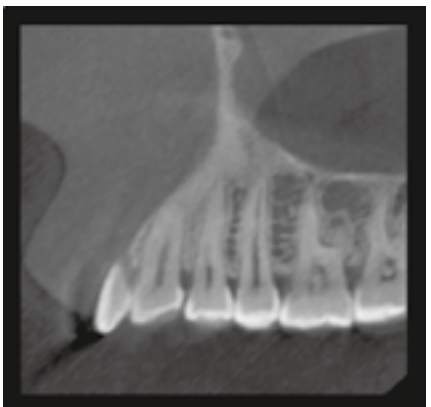
標準画像



85kV/4mA



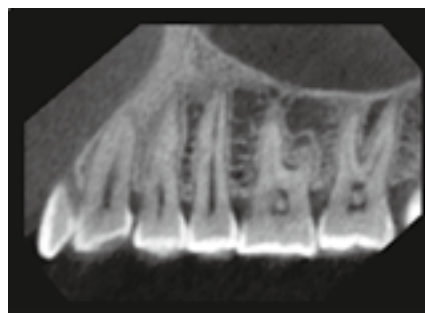
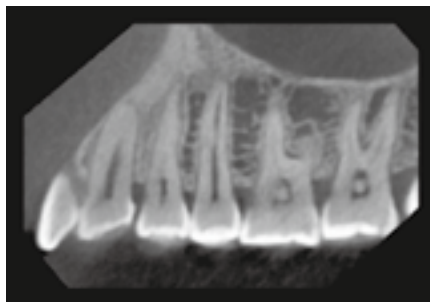
85kV/6mA



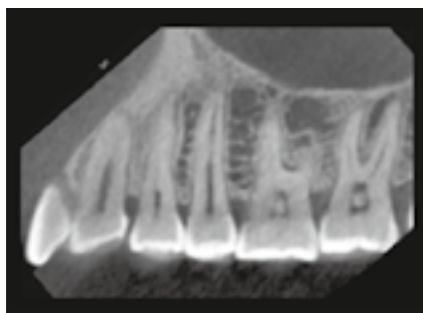
85kV/8mA  
短時間

図 4 視覚的評価に用いた I モード画像  
(上段 基準画像：8 mA, 下段 比較対象画像：左 4 mA, 中央 6 mA, 右 8 mA 短時間モード)

標準画像



85kV/4mA



85kV/6mA

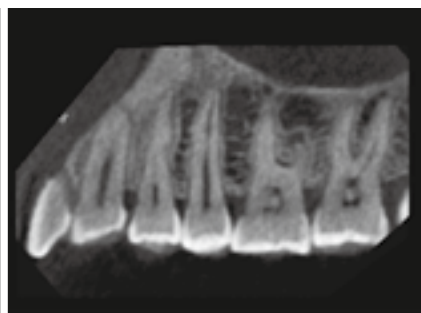
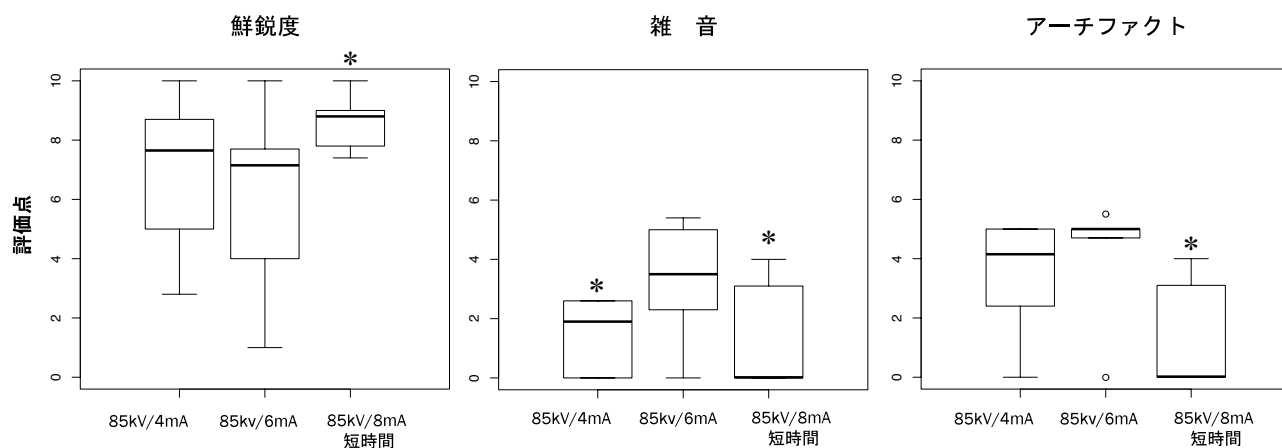
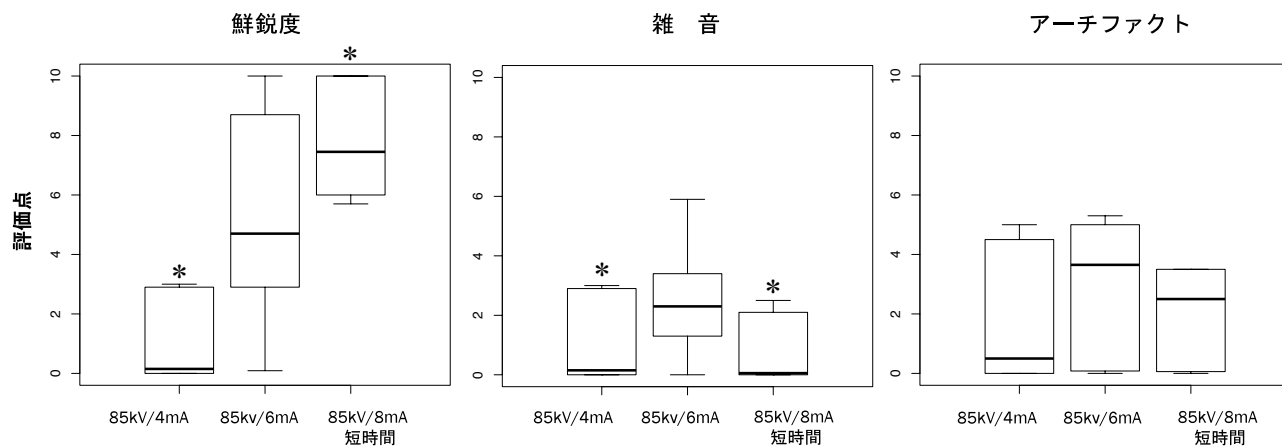
85kV/8mA  
短時間

図5 視覚的評価に用いたDモード画像

(上段 基準画像 : 8 mA, 下段 比較対象画像 : 左 4 mA, 中央 6 mA, 右 8 mA 短時間モード)

図6 Iモードについての評価結果(左:鮮鋭度, 中央:雑音, 右:アーチファクト) \*  $p < 0.05$ 図7 Dモードについての評価結果(左:鮮鋭度, 中央:雑音, 右:アーチファクト) \*  $p < 0.05$

準画像と同等またはそれ以上の評価が得られた。一方、雑音およびアーチファクトについては基準画像よりも低い評価点を示し、特に短時間モードでは有意に低い値であった。Dモードの鮮鋭度は電流が高い画像の方が5点を越える傾向がみられ、4 mAでは有意に低い値を示した。雑音およびアーチファクトの評価では、どの撮影条件も基準画像と同等の5点よりも低い評価点であった。

## 【考 察】

従来のアナログ系と同様、デジタル系の画像においてもその良否を決定する画質は、コントラスト、鮮鋭度、粒状性の3要素から成り立っている<sup>8)</sup>。歯科用コンビームCTでは歯周組織や根管といった微細な構造の観察のために解像力向上の必要性から、解像度に関する報告や照射線量と画質の関係についての報告が多くみられる。しかし、画質に影響を与える雑音の評価や適正撮影条件を示す報告は数少ない<sup>2, 7, 9)</sup>。歯科用コンビームCTは小さなボクセルサイズ、検出器の構造から散乱線の影響が大きく、医用CTよりも雑音の多い画像となる<sup>2, 10-12)</sup>。しかし雑音による画像の劣化を防ぐために、安易に線量を増やすことは患者の被曝線量に影響するため目的や対象に適切な条件を把握することが必要と考えられる。そこで、本研究では、AUGE SOLIOの導入にあたり、雑音やアーチファクトの影響の少ない適正条件を検討することを目的にIモード、Dモードそれぞれについて、視覚的評価を行った。

AUGE SOLIOは通常の患者撮影モードにおいて管電圧が85kVに固定されているため、基準画像は装置の最大管電流8 mA、撮影時間17秒(360°回転)の組み合わせの画像とした。観察の対象は、今後臨床において撮影対象に歯内療法や歯周治療を考えているため、歯(根管)、歯周組織、骨梁構造を含む上顎左側小臼歯部とした。下顎骨部の撮影も試みたが、装置の構造上ファントムの固定が困難であったため撮影を行うことが不可能であった。しかし、上下顎骨で顎骨の厚みや解剖学的構造が異なるため、今後下顎部の撮影を行うための固定法の検討が必要と考えられる。

画像評価において、鮮鋭度はDモードの4 mA、雑音では4 mAと短時間モード、アーチファクトではIモードの短時間モードで有意に低い評価点を示し、基準画像よりも劣ると考えられた。Iモードの6 mAは基準画像の画質に近い画像を得られ、患者の被曝線量を低減できる可能性が示唆された。以下、それぞれの項目の評価結果について考察する。

鮮鋭度はDモードの4 mA以外の画像は、どの条件においても評価点が高い傾向がみられた。デジタル画像の鮮鋭度は装置固有の特性で決定される場合が多いが、

撮影後の画像処理によってコントラストを自由に調整し、鮮鋭度を改善することが可能である。今回ディスプレイ上に表示する際に歯の構造のエナメル質、象牙質、歯髄のコントラストを可及的に基準画像に近づけるために調整を行っており、この影響により鮮鋭度が改善され評価点が高くなった可能性が考えられた。しかし、6 mAの画像では評価点の開きが大きい結果となった。これについては、コントラストの調整に伴い雑音成分が強調され、逆に視覚的に鮮鋭度の低下と感じた観察者がいた可能性が考えられた。また今回観察に用いた画像の中に複数の解剖構造が存在したため観察者によって被写体の重点の置き方に差が生じた可能性も考えられた。

雑音とアーチファクトでは、IモードDモードともに通常の撮影時間で撮影した場合、管電流が高いほど評価点が高い傾向がみられた。デジタル画像はエックス線検出器の固有の特性で決まる場合が多いが、ダイナミックレンジの範囲を逸脱しなければ、線量が多いほど雑音が低下し、高画質が得られる。本研究では基準画像が本装置の最大の管電流の値で撮影されているため、デジタル系の特徴が反映された結果となった。6 mAのアーチファクトの評価点に観察者間で差がみられたが、これもコントラスト調整によって強調された雑音部分をアーチファクトとして判断した可能性が考えられた。

一方、短時間モードでは雑音、アーチファクトの評価点が低い傾向を示した。今回撮影時間の違いが画質にどのような影響を与えるかを評価するため、短時間モードの撮影は管電圧および管電流を基準画像と同様の最高値で行うこととした。Iモードの画像では上顎洞に縦走する白線、口唇部分に歯の外形を呈するアーチファクトの出現が認められ、Dモード画像では唇側皮質骨、中切歯の唇側面に沿って低濃度の領域が認められた。いずれも通常の撮影モードでは指摘できないアーチファクトであった。これらの出現により評価点が低下したと考えられた。短時間モードの撮影は、通常撮影の時間(17秒)の半分である8.5秒間で行われ、アームの回転も半分の180°となっている。アームの回転量による投影データ間隔・量の変化がアーチファクトに影響している可能性が考えられた。実際の臨床では撮影時間が長いと体動の可能性や被曝の増加が増えるため、短時間撮影モードの使用が期待されたが、これらの結果より読影に支障をきたす恐れがあることが示唆された。安定した顎位がとれ、嚥下等我慢が可能な場合は360°での撮影が望ましく、やむを得ず短時間モードを使用する際は、観察時に十分な注意が必要であると考えられた。

今回画質を評価するにあたり、鮮鋭度・雑音・アーチファクトの3項目としたが、雑音そのものが鮮鋭度・アーチファクトの評価に大きく影響した結果となった。今後、物理的な定量評価を加えて画質の検討を行う必要があると考える。

## 【結 論】

アーム型 X 線診断装置 AUGЕ SOLIO の導入に際し、適正な撮影条件について検討した結果、I モードでは 6 mA に管電流を低下させても最高条件である 8 mA と同等の画像が得られると考えられた。

## 【謝 辞】

稿を終えるにあたり、撮影にご協力くださいました新潟大学医歯学総合病院診療支援部放射線部門の井浦敏彦技師、堀之内隆也技師に深く感謝致します。

## 【参 考 文 献】

- 1) Ludlow JB, Ivanovic M : Comparative dosimetry of dental CBCT devices and 64-slice CT for oral and maxillofacial radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 106 : 106-114, 2008.
- 2) Liang X, Jacobs R, Hassan B, Li L, Pauwels R, Corpas L, Souza PC, 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*, 75:265-269, 2010.
- 3) Watanabe H, Honda E, Tetsumura A, Kurabayashi T. : A comparative study for spatial resolution and subjective image characteristics of a multi-slice CT and a cone-beam CT for dental use. *Eur J Radiol*, 77 : 397-402, 2011.
- 4) Arai Y, Tammisalo E, Iwai K, Hashimoto K, Shinoda K : Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use. *Dentomaxillofac Radiol*, 28 : 245-248, 1999.
- 5) Schulze D, Heiland M, Thurmman H, Adam G : Radiation exposure during midfacial imaging using 4- and 16-slice computed tomography, cone beam computed tomography systems and conventional radiography. *Dentomaxillofac Radiol*, 33:83-86, 2004.
- 6) siklakis K, Donta C, Gavala S, Karayianni K, Kamenopoulou V, Hourdakakis CJ : Dose reduction in maxillofacial imaging using low dose Cone Beam CT. *Eur J Radiol*, 56 : 413-417, 2005.
- 7) 田辺耕士, 西川慶一, 矢島あや, 水田 茂, 佐野司, 光菅祐治, 矢島安朝, 中川寛一 : 歯科用コーンビーム CT 装置 CB Throne<sup>®</sup> の適正撮影条件. *歯科学報*, 108 : 104-109, 2008.
- 8) 藤田広志 : 画像のデジタル化と評価 : デジタル放射線画像, 内田勝 (監), 89-115 頁, オーム社, 東京, 1998.
- 9) 西川慶一, 水田 茂, 光菅裕治, 和光 衛, 佐野司 : 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. *歯科学報*, 110 : 110-114, 2008.
- 10) 吉田 豊, 徳森謙二, 岡村和俊, 吉浦一紀 : 実効線量と画像の物理特性による歯科用コーンビーム CT と multi detector row CT の比較. *日放線技会誌*, 67 : 25-31, 2011.
- 11) Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IA : A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol*, 8 : 1558-1164, 1998.
- 12) 中森伸幸, 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.