

原 著

三次元 CT 画像による下顎前歯歯髓腔面積の評価

喜 多 奏 福 井 達 真 吉 田 洋 康 西 山 航
亀 本 博 雅 飯 田 幸 弘 勝 又 明 敏

Evaluation of the cross sectional pulp cavity area in the mandibular anterior teeth using three dimensional CT imaging.

KITA KANADE, FUKUI TATSUMASA, YOSHIDA HIROYASU, NISHIYAMA WATARU,
KAMEMOTO HIROMASA, IIDA YUKIHIRO and KATSUMATA AKITOSHI

歯科医療情報が身元確認に有用であることが報告されている。なかでも歯髓腔の大きさは、身元不明者に関する年齢推定の鍵となる可能性のある情報である。歯髓腔の大きさの評価に用いる画像として、解像力の高い歯科用 CBCT が期待されている。しかし、どのような三次元画像が歯髓腔の観察に適しているかは検討されていない。本研究の目的は、歯髓腔の大きさの評価に最適な三次元画像構築法を確立することである。

マイクロ CT 装置を用いて15例の抜去下顎切歯または犬歯のボリューム CT データを取得した。画素サイズは0.04mm である。抜去歯の三次元断面画像を、平均値画像、最小値投影法、最大値投影法、およびボリュームレンダリング法により作製した。歯髓腔は、軸位断面、近遠心的断面、および唇舌的断面で観察した。画像スラブの厚さは0.4mm から2.0mm の間で変化させた。歯の断面積に対する歯髓腔面積の割合を表す歯髓腔面積率を求めて検討した。

下顎切歯と犬歯では、軸位および近遠心断面と比較して唇舌断面が高い歯髓腔面積率を示した。三次元画像構築法のうち、平均値および最小値投影法が最大値投影法およびボリュームレンダリング法よりも良好な歯髓腔の描出を示した。平均値および最小値投影法では、スラブ厚さが大きいほど歯髓腔面積率が大きくなった。

キーワード：歯科用 CBCT, マイクロ CT, 三次元画像, 歯髓腔, 身元確認

It has been reported that the dental treatment information is useful to identify a person. The size of pulp cavity may be a key to find one's age out of unidentified person. Dental CBCT was expected to be a suitable modality to evaluate the size of pulp cavity due to high image resolution. However it was not studied that which three dimensional imaging technique should be used to observe pulp cavity. The aim of this study is to determine a standard three dimensional imaging parameters to evaluate the size to pulp cavity.

Using micro-focus CT system, volumetric CT image data of fifteen extracted human mandible incisor or canine was acquired. The size of a voxel was 0.04mm. Cross-sectional three dimensional (3D) images of extracted teeth were rendered using ray-sum (Average) image, minimum intensity projection (MinIP), maximum intensity projection (MIP) and volume rendering (VR) technique. The cross sectional planes to observe axial, labio-lingual and distal-medial view of pulp cavity were set. The thickness of stacking image layer changed from 0.4 to 2.0mm. The pulp cavity ratio that is an occupancy ratio of pulp cavity in the cross sectional area of a tooth was studied.

In the mandible incisor and canine, the labio-lingual cross sectional images revealed higher pulp cavity ratio than axial and distal-medial plane. Among 3D images techniques, the average and MinIP rendering technique provided better depiction of pulp cavity the MIP and VR images. In the average and MinIP

image, the pulp cavity ratio was increased in thicker stacking image layer.

Key words: dental CBCT, micro CT, three dimensional imaging, pulp cavity, identify a person

緒 言

大規模な自然災害、航空機事故や犯罪の被害者における身元確認の手段として、歯科治療のカルテ記録、口腔内写真、X線画像などの歯科的な情報の活用が注目されている^{1,2)}。2011年に発生した東日本大震災においては、多くの歯科医師がボランティアとして犠牲者の身元確認に協力し、歯科的な身元確認の有用性を実証している^{3,4)}。

身元はもとより、年齢から性別まで不明な遺体においては、歯科的な情報が識別の決め手となることも稀ではない。数ある歯科的な情報の中で、被写体の年齢推定に利用できる可能性が有望とされているのが歯髄腔の大きさである⁵⁻¹³⁾。歯髄腔は経年齢的に縮小することが知られており、中高年齢者の口内法あるいはパノラマX線画像（以後、パノラマと略す）で、しばしば歯髄腔狭窄の所見が認められる⁵⁾。歯科臨床で常用されるX線検査はパノラマと口内法X線撮影である^{14,15)}。しかし、パノラマ撮影には部位により拡大率が変化したり、頸椎の重複や断層域から外れることによる前歯部の画像が不明瞭となる欠点がある¹⁵⁾。また口内法X線撮影でも、口腔の大きさ、歯列弓の形状、歯の配列、あるいは術者の手技により、画像の拡大や歪みが増える欠点があるため¹⁶⁾、どちらも歯髄腔の大きさを定量的に計測するには適していない。さらに、生体のパノラマおよび口内法X線画像では歯髄腔の近遠心的な二次元画像しか観察することができないため、とくに下顎前歯や上顎小臼歯のように近遠心的に圧扁された歯根形態を持つ歯では、歯髄腔を詳細に観察することが困難になる。

20世紀末にAraiら¹⁷⁾、あるいはMozzoら¹⁸⁾によって示された撮影システムにはじまり、近年、普及が著しい歯科用コーンビームCT (CBCT) は、高い画像解像度を持ち、歯の精密な三次元的断面を観察できるため、歯髄腔の大きさを定量的に評価する目的に適していると思われる¹⁹⁾。しかし、観察に用いる三次元CT画像構築法の種類、断面像を構築する位置や断面の傾き、断面の厚さ、および三次元画像の材料となるボリュームデータの画素の大きさなどの要因により、歯髄腔の画像が影響を受けることになる²⁰⁻²⁶⁾。そこで本研究では、歯科用CBCTと同じコーンビーム方式で画像を取得する実験用マイクロCT装置を用い抜去下顎前歯を撮影した。取得したボリューム画像データ

を基に、画像表示アルゴリズムの種類、歯髄腔を観察する断面の方向、再構成画像の断面厚さ、および画素の大きさ（画像解像度）のパラメータを変化させた三次元CT画像を再構築して評価することにより、歯髄腔面積の計測に適した三次元CT画像構築法を確立することを目的とした。

材料と方法

1. マイクロCT撮影

朝日大学歯科放射線分野にて保存されている抜去歯標本より、臨床経験10年以上の歯科医師が20例の根管治療を受けていない下顎切歯あるいは犬歯を選別した。歯を抜去された患者の年齢、性別等は不明である。抜去歯は内径8mm、高さ35mmのプラスチック製円柱容器に入れて固定し、マイクロCTはScanXmate-RB090SS（図1）を用いた。表1の撮影条件によりマイクロCT撮影をおこない、歯軸に垂直な断面（以後、軸位断面と呼ぶ）の画像データをTIFF形式で保存して以後の研究に供した。

2. 三次元CT画像構築

抜去歯の三次元CT画像構築には医用画像ソフトウェア（OSIRIX, The OsiriX Foundation, Geneva, Switzerland）を用いた。マイクロCT装置から出力されたTIFF形式の軸位断面像約600スライスから成るボリューム画像データをOSIRIXで読み込み、自由な三次元的断面を表示可能な多断面再構築（multiplanar reconstruction: MPR）法を用いて、歯の長軸に平行または垂直な軸位断面、近遠心的断面、および唇舌の断面の画像を作製した。

画像構築の条件として、三次元画像構築のアルゴリズムを平均値画像、最小値投影法（minimum intensity projection: MinIP）、最大値投影法（maximum intensity projection: MIP）、およびボリュームレンダリング法（volume rendering: VR）の4種類を用いた。また、表示する厚さ一画素（0.04mm）のMPRスライス断面像を、それぞれ10、30、50画素分積み重ねて、断面厚さ（以後スラブ厚さと呼ぶ）を、0.40mm、1.20mm、2.00mmに変化させて画像を作製した。図2に歯の断面位置を設定されたMPR断面像を示す。

平均値画像はレイサム画像とも呼ばれ、画像の積み重ねで構成されるスラブに対して、仮想光源から観察したい方向に投影された画素値の平均で表示されるコンピュータグラフィックである。理論上、スラブ厚さ

表1 マイクロ CT 撮影条件

撮影装置	ScanXmate-RB090SS
管電圧	90 kV
管電流	85 μ A
画素サイズ	0.04 mm (40 μ m)
画像マトリックス	610 \times 610
焦点 / 被写体間距離	85 mm
焦点 / 検出器間距離	550 mm
撮影 (回転) 角度	360 度
撮影時間	約 3 分
CT 画像構築アルゴリズム	フィルター補正逆投影法

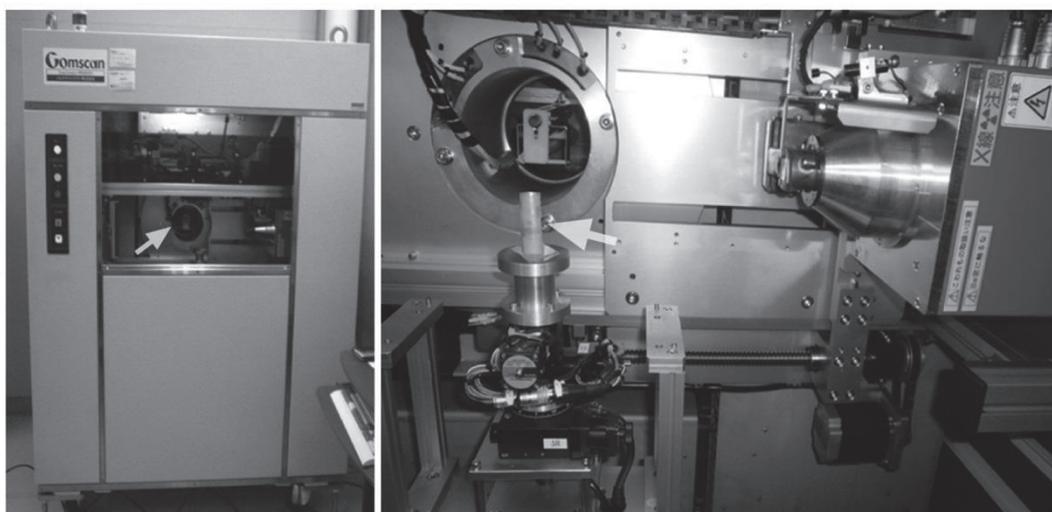


図1 歯のマイクロ CT 撮影
装置全景 (左) および撮影用ターンテーブルに被写体をセットした状態 (右) を示す. 矢印は円筒容器に入った抜去歯を示す.

が大きい平均値画像は単純 X 線画像に近似したものとなる.

最小値投影法 (以後 MinIP と呼ぶ) は, 上記のスラブに対して仮想光源から観察したい方向に投影された径路上の画素値のうち, 最小値を代表として表示するものである. 気管支など, 周囲構造よりも X 線透過性の大きい臓器組織を強調して描出するのに適して

いる.

最大値投影法 (以後 MIP と呼ぶ) は, 仮想光源から投影された径路上の画素値のうち, 最大値を代表として表示するものである. 血管造影などで対象の X 線不透過性を強調したい場合に用いられる.

ボリュームレンダリング法 (以後 VR と呼ぶ) は, 投影径路上の画素値により透明度や反射度を変化させ

ることにより多彩な表現が可能な三次元画像表示法である。本研究では、観察方向から見た歯質と歯髓腔の切断面が描出される設定を用いた。

図3には、上記の三次元画像再構築法により歯髓腔がどのように描出されるかの模式図を示す。

3. 画像解析

作製した三次元画像にて、歯髓腔の画素値と周囲象牙質の画素値の平均を閾値として歯髓腔の領域を抽出した二値化像を作製して面積を求めた(図4)。続いて、画像上で歯全体の断面積を計測し、歯の断面積に対する歯髓腔面積の割合(以後、歯髓腔面積率と呼ぶ)を求め、歯髓腔面積と共に再構築パラメータの異なる画像の間で比較検討した。歯髓腔面積および歯髓腔面積率の比較には統計解析システム(SPSS, Ver19, IBM, Armonk, USA)を用いた。まず、各カテゴリーにおける計測値の正規性をShapiro-Wilk検定で確認し、データが正規分布に従わない時にノンパラメトリックな手法であるKruskal-Wallis検定で有意差の有無を調べた。有意差が認められる群間の多重比較にはTukeyの方法を用いた。有意水準はすべての検定で5%とした。続いて、マイクロCT装置から出力されたTIFF形式の軸位断面において、オリジナル画像は0.04mmであった画素サイズを、0.10mm, 0.20mm,

0.40mmに変換して、平均値画像の唇舌的断面像を作成した。画像上で歯と歯髓腔の面積を計測して歯髓腔面積率を求め、各画素サイズの画像の間で比較した。なお、三次元画像構築のスラブ厚さは、変換された画素サイズに応じて被写体(歯)上のスケールで2.00mmに相当するように調節した。

結 果

1. 三次元画像構築法と歯髓腔断面積(率)

図5には、軸位断面、近遠心的断面、唇舌的断面におけるスラブ厚さと歯髓腔面積の平均をグラフで示す。同様に、歯髓腔面積率の平均のグラフを図6に示す。なお、マイクロCT装置で撮影した抜去歯のうち、歯科治療の痕跡や乾燥による破損により歯髓腔の計測に適していないと判断されたものを除外し、15本を計測の対象とした。

歯髓腔断面積、歯髓腔面積率ともに、唇舌的断面で歯髓腔が最も大きく描出された。次いで歯髓腔面積が大きかったのは近遠心断面であった。歯軸断面に描出される歯髓腔は、歯髓腔断面積、歯髓腔面積率ともに小さくなることがわかった。歯髓腔が最も大きく描出されたスラブ厚さ1.20mmの唇舌断面において、MinIPおよび平均値画像の歯髓腔断面積はMIP

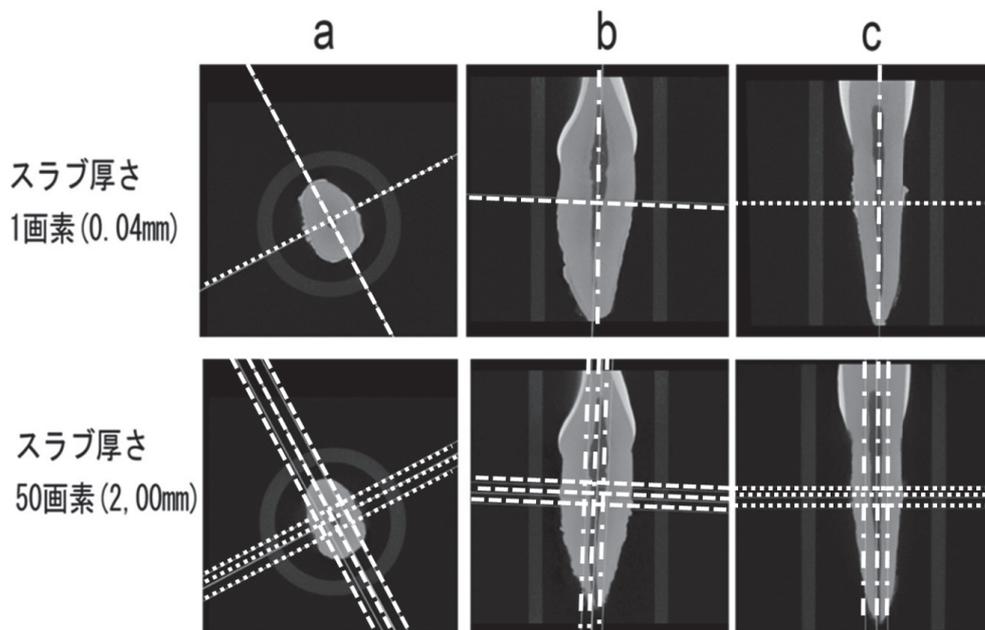


図2 抜去歯のMPR断面設定

- (a) 歯の長軸に垂直な軸位断面
- (b) 歯の唇舌的断面
- (c) 歯の近遠心的断面を示す。

上段はスラブ厚さ1画素(0.04mm)、下段は50画素(2.00mm)の設定

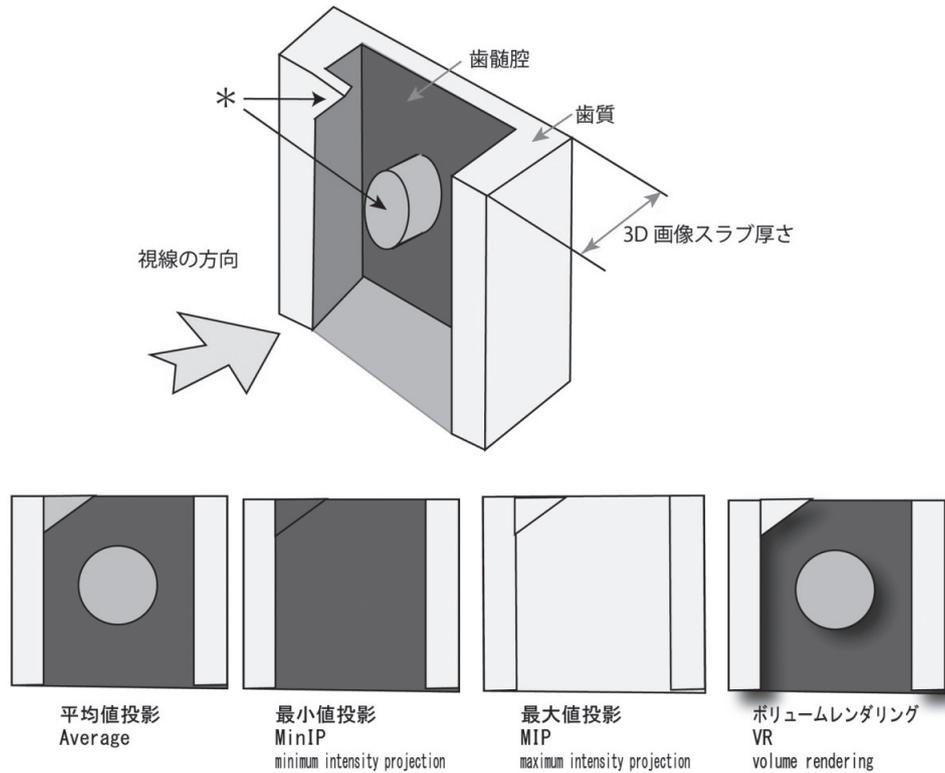


図3 三次元画像構築アルゴリズム

歯の CT 画像を、厚みのある平均値画像，最小値投映法（MinIP），最大値投映法（MIP）およびポリウムレンダリング法（VR）で再構築した時，歯髓腔がどのような見え方をするのかを概念的に示す。*で示した三角形は歯髓腔の狭窄形態を，突起状の構造は髓腔壁の凹凸を表現したものである。

および VR 画像の歯髓腔断面積と比較して有意に大きくなっていった。MinIP と平均値画像の間，および MIP と VR 画像の間には歯髓腔面積に有意差を認めなかった。MIP および VR 画像上の歯髓腔は，スラブ厚 0.40mm では平均値画像の約 50～70% の面積で描出されていたが，1.20mm あるいは 2.00mm の厚いスラブでは，歯髓腔がほとんど観察できない（描出されない）ことがわかった。図 7～9 には，被写体（下顎前歯 No.14）における各画像再構築法，各種断面，および各スラブ厚の画像を示す。

2. 画像解像度の影響

歯のポリウム画像データを構成するオリジナル画像（歯軸位断面）の解像度（画素サイズ）を変更した例（抜去歯 No.3）を図10に示す。各解像度の歯髓腔を示す平均値画像の唇舌的断面像を図11に示す。スラブ厚さは解像度に応じて被写体（歯）上の長さで 2.00mm に相当するように調節した。この様にして求めた各解像度の唇舌的断面像における歯髓腔面積率を

表 2 に示す。歯の唇舌的断面を表す再構築画像（平均値画像）において，解像度 0.04mm, 0.10mm, 0.20mm, 0.40mm のポリウム画像データから求めた歯髓腔面積率に有意差を認めなかった。

考 察

歯髓腔を観察する方法には，歯の研磨や切断により直接観察する方法の他に，歯髓腔に墨汁を注入した歯を脱灰して透明標本とする技術がある。この歯髓腔内墨汁浸潤歯牙透明標本²⁷⁾は，20世紀初頭から作製が報告されており，歯髓腔を詳細かつ立体的に観察できる優れたものであるが，生体に適応することは不可能である^{28,29)}。歯髓腔を非破壊的に観察するためには X 線画像が必要である。Kvaal ら⁵⁾は，生体の上下顎側切歯，犬歯および第一小白歯を撮影した口内法 X 線写真から，歯の長さに対する歯髓腔の長さ，および歯の近遠心的幅径に対する歯髓の幅径を求め，これらの値が年齢と高い相関を示すことを報告している。Cameriere

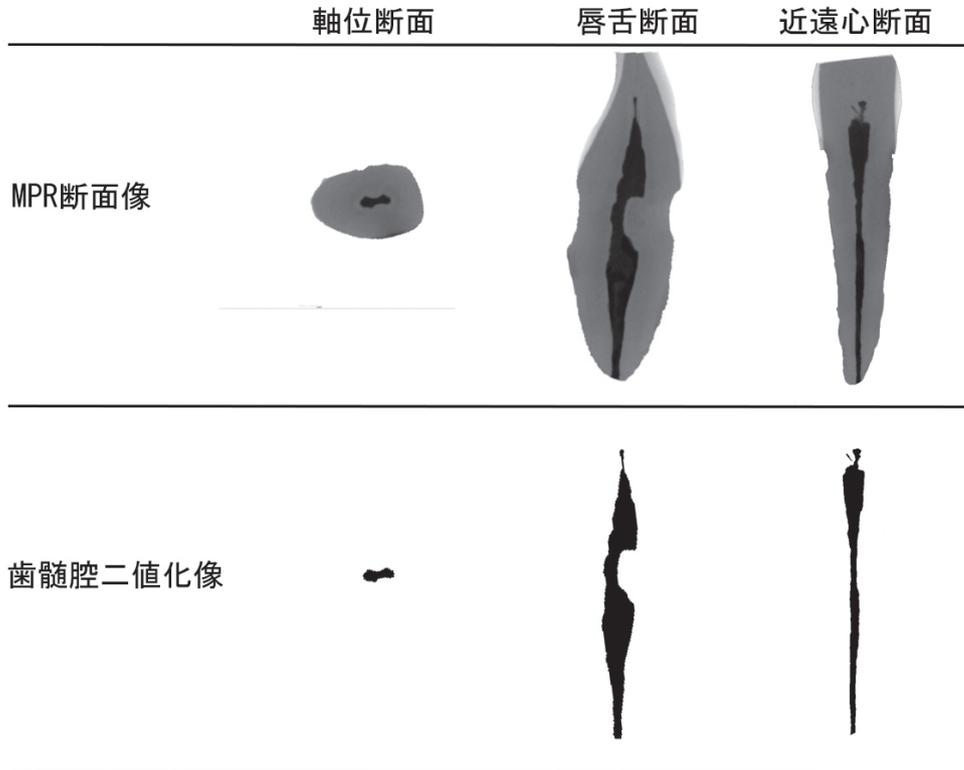


図4 スラブ厚さ1.20mmの平均値 MPR 断面像
 上段が原画像, 下段は二値化画像として歯髓腔を抽出したもの. それぞれ, 軸位断面, 唇舌的断面および近遠心的断面を示す.

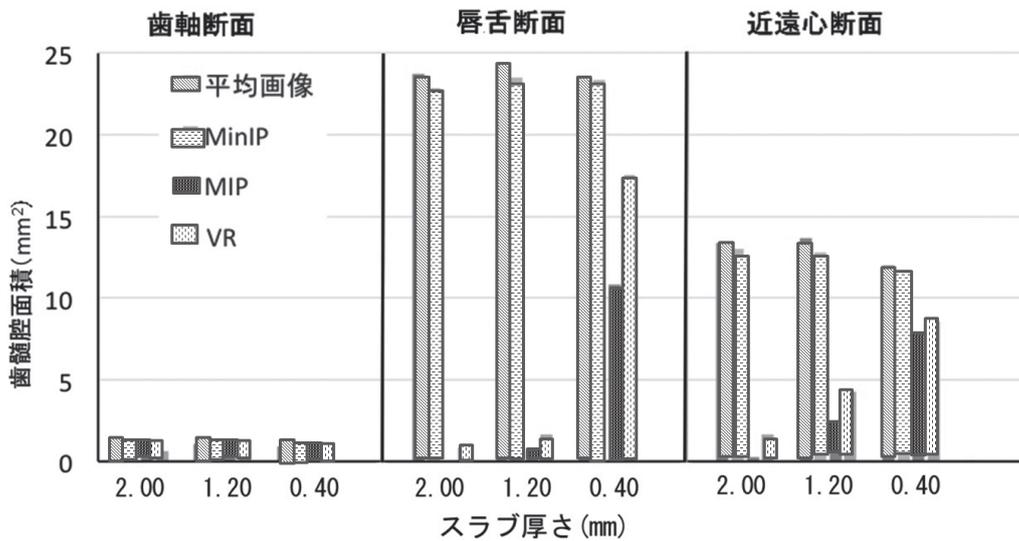


図5 歯髓腔断面積 (n=15)
 平均値および MinIP 画像の頬舌的断面が大きな歯髓腔断面積を示した.

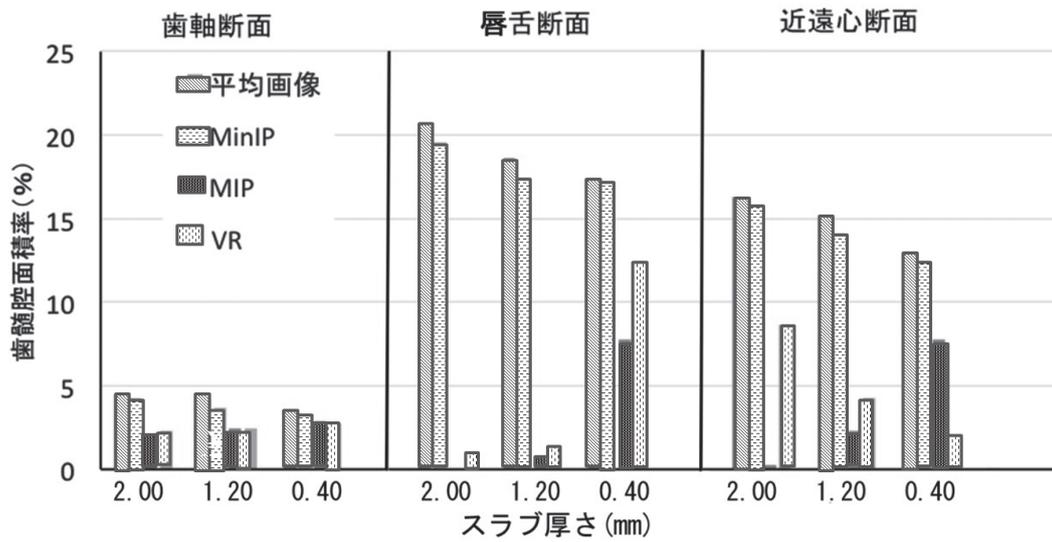


図6 歯髓腔面積率 (n=15)
 平均値および MinIP 画像の頬舌的断面が大きな歯髓腔断面面積率を示した。

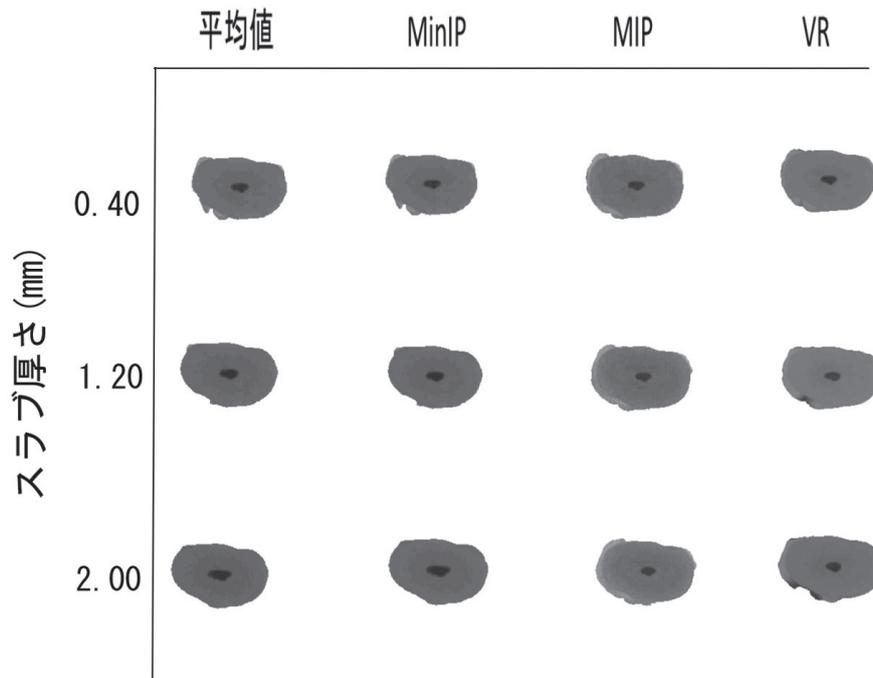


図7 抜去歯 (No.14) の歯軸位断面像
 歯軸位断面の歯髓腔断面は、画像再構築法とスラブ厚により変化しない。

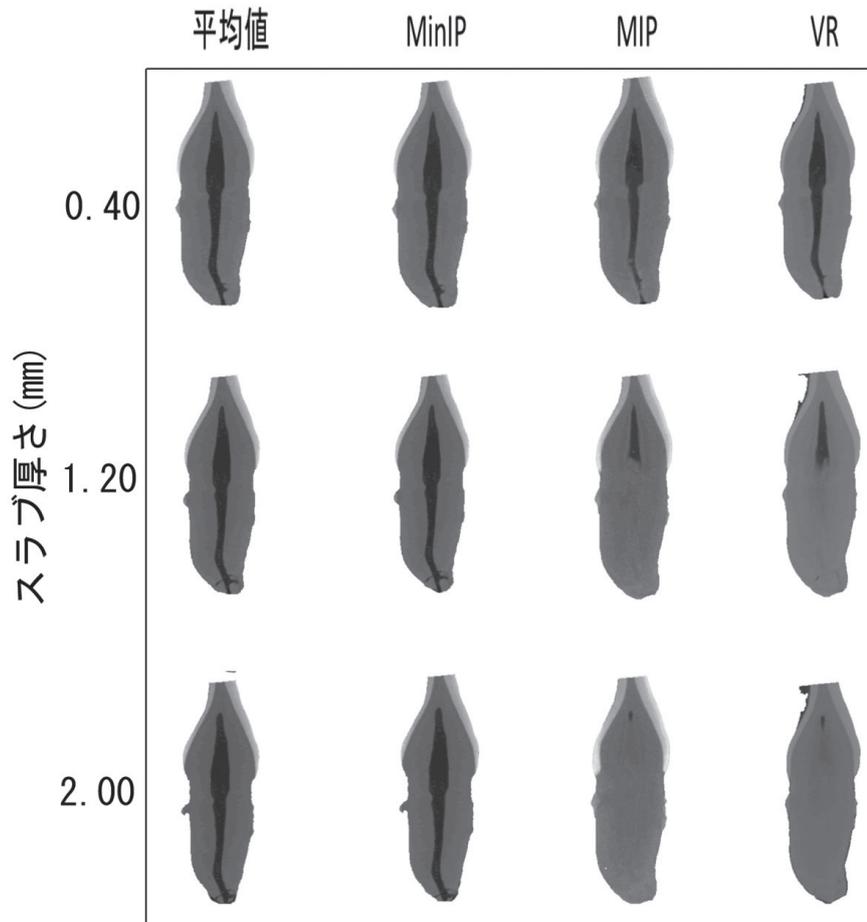


図8 抜去歯 (No.14) の唇舌的断面像
唇舌的断面における歯髓腔の見え方は、画像再構築法による変化が大きい。

ら⁷⁾は、パノラマ画像の下顎小白歯で歯の長さに対する歯髓腔の割合を求めて年齢推定を試みている。歯髓腔の年齢による変化は人間に限ったものではなく、Park ら⁸⁾は、猫の歯の X 線写真から歯の幅径に対する歯髓腔の割合を計測し、歯髓腔の計測が猫の年齢推定に利用可能なことを示している。

1980年代に X 線 CT 装置が発明され³⁰⁾、2000年前後からコーンビーム CT 撮影技術を応用したマイクロ CT 装置および歯科用 CBCT 装置が登場すると^{17,18)}、これらの CT を用いた歯髓腔の観察が盛んにおこなわれるようになった。Aboshi ら⁹⁾は、年齢が既知の抜去小白歯をマイクロ CT で撮影して歯髓の体積を計測し、年齢と歯髓腔体積が高い相関を持つことを示している。同様に、Vandevoort ら¹⁰⁾は単根歯をマイクロ CT で撮影して歯髓の体積を計測し、歯に対する歯髓腔体積の割合が年齢と高い相関を持つことを示した。Yang ら¹¹⁾、および Star ら¹²⁾は、生体の CBCT 画像

から体積を求めても同様の年齢推定が可能であると述べている。Sakuma ら¹³⁾は、遺体の全身用 CT の画像から歯と歯髓の体積比を求めて、年齢と高い相関が認められたことを報告している。また、歯髓腔の体積を求めるためには、閾値となる CT 値 (ハンスフィールド値) を決めて、画像上で周囲の歯質から歯髓を分離 (セグメンテーション) する必要があるが、その閾値として1400HU が適切であったとしている。

CT を年齢推定に用いた既存の報告は、いずれも歯髓腔の体積を計測して年齢推定に用いている。体積を年齢推定に用いる方法は高い精度が期待できるが、歯髓腔の体積を一歯ずつ計測する作業は繁雑となり、コンピューターによる自動計測も難しくなると思われる。また、マイクロ CT および歯科用 CBCT では、全身用 CT のように水の X 線吸収を基準としたハンスフィールド値³⁰⁾を「CT 値」として採用していないため、同一解剖構造の CT 値が撮影の度に変化してし

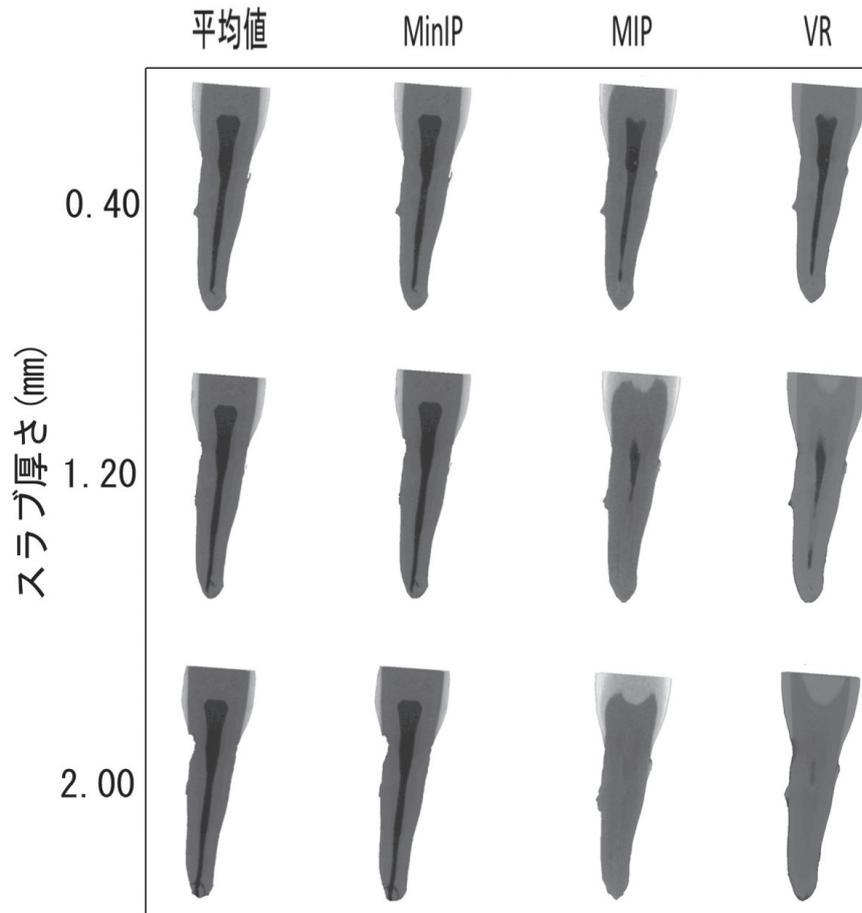


図9 抜去歯 (No.14) の近遠心的断面像
近遠心的断面における歯髓腔の見え方は、画像再構築法による変化が大きい。

まう。さらに歯科用 CBCT では撮影される領域 (Field of View, FOV) の外に位置する解剖構造の影響や線質硬化 (ビームハードニング) 現象により、FOV の大きさや FOV 内の被写体の位置により CT 値が変化する特性を持っている²⁰⁻²⁶⁾。CT 値が変化すると、画像上で歯髓腔をセグメンテーションする閾値を統一することができなくなり、撮影の度に歯髓腔体積を求める閾値の調節が必要になる。

そこで本研究では、歯の長軸に平行または垂直な断面を作製して歯髓腔の断面積を計測することを着想した。また、先行研究では歯全体の長さ、幅、体積に対する歯髓腔の長さ、幅、体積の割合を求めて年齢推定に用いた例が多いことを参考に⁵⁻¹³⁾、歯の断面積に対する歯髓腔面積率を求めた。羽柴ら³¹⁾は、全身用 CT と歯科用 CBCT のボリューム画像データから自動的に歯を抽出して歯種を識別するアルゴリズムを報告している。同アルゴリズムで識別された対象となる歯の

位置情報を基に、歯の断面像を作成して歯髓腔の面積を計測するアルゴリズムを開発すれば、顎骨の CT 画像データから自動的に年齢推定をおこなうソフトウェアが実現可能であると考ええる。

先行研究の大部分は下顎の犬歯あるいは小臼歯の歯髓腔を年齢推定に用いている⁵⁻¹³⁾。単根歯で比較的単純な外形を持つことが理由と思われるが、本研究では下顎前歯と犬歯を対象に選択した。これは、下顎前歯は高齢者であっても有髓 (生活) 歯のまま残存する例が多いことから³²⁾、身元不明者の年齢推定に適していると考えたためである。本研究の結果、下顎前歯では唇舌的な断面像の歯髓腔断面積と歯髓腔面積率が最大となり、年齢推定に適していると考えられた。この原因のひとつは、下顎前歯の歯根が近遠心的に圧扁された形態を持つことにあると思われる。形態的特徴が異なる上顎の歯や大臼歯などの複根歯を年齢推定に用いる場合は、それぞれの歯種に応じて歯髓腔の観察と計

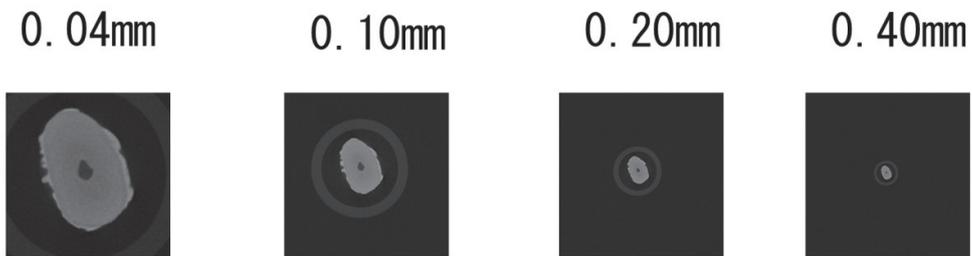


図10 解像度の異なる抜去歯 (No.3) の歯軸位断面像
 解像度 (画素サイズ) を0.04mm, 0.10mm, 0.20mm, 0.40 mm に調節し、
 画像マトリックスのサイズを共通 (256×256) とした画像。

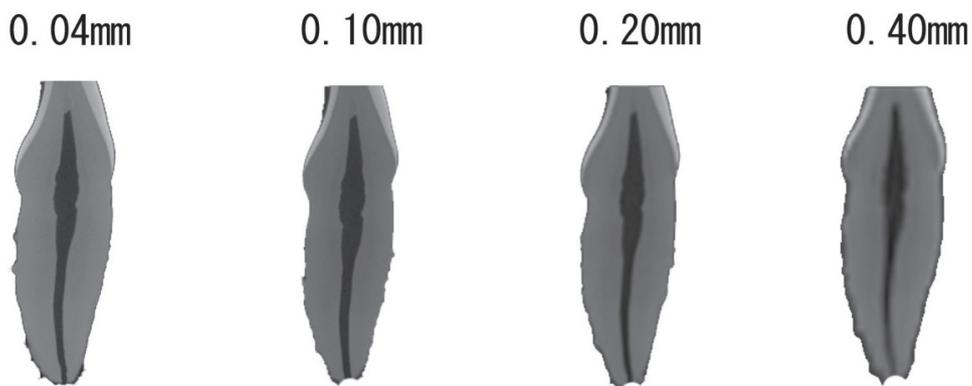


図11 解像度の異なる抜去歯 (No.3) の唇舌的断面像
 解像度 (画素サイズ) を0.04mm, 0.10mm, 0.20mm, 0.40mm に調節した元
 データ (歯軸位断面像) から再構築した歯髓腔の唇舌的断面像。

表2 解像度と唇舌的断面の歯髓腔面積率 (n=15)

画 素 サ イ ズ (m m)	0 . 0 4	0 . 1 0	0 . 2 0	0 . 4 0
平 均 歯 髓 腔 面 積 率 (%)	1 9 . 1 7	1 8 . 8 1	1 8 . 3 0	1 8 . 8 8
標 準 偏 差	4 . 6 2	3 . 6 1	3 . 5 0	4 . 0 6

測に最適な断面の検討が必要になると考える。

三次元画像再構築アルゴリズムに関して、平均値および MinIP 画像が歯髓腔の描出に適していることがわかった。歯髓腔は、周囲の歯質と比較して X 線透過性であり、単純 X 線画像（写真）でコントラストが高く描出される。平均値画像は原理的に単純 X 線投影と類似しており、X 線コントラストの大きい解剖構造の境界を明瞭に描出する。本研究では、これが平均値画像における歯髓腔の良好な描出をもたらしたものと考える。MinIP 画像は X 線吸収の低い構造を選択的に描出するレンダリング法で、肺の気管支の選択的描出などに用いられるが、歯科領域ではあまり利用されていない²¹⁾。MinIP 画像で歯髓腔を良好に描出したのは歯髓腔が低い CT 値を持つためと考える。反対に MIP 画像では、歯髓腔が CT 値の高い歯質に覆い隠されるため、スラブ厚さが大きくなるほど画像上の歯髓腔が縮小する結果となった。本研究においては、ボリュームレンダリング法でもスラブ厚さが大きくなるほど歯髓腔が縮小した。ただし、その原因のひとつは、三次元的断面構造の表面を表示する初期設定の画像を検討に用いたためと思われる。ボリュームレンダリング法は三次元画像表現の自由度がきわめて高く、画像の透明度を細かく設定することによって軟組織と硬組織を同時に観察する画像表現も可能となる^{21,33)}。透明度の設定によりスラブ厚さが大きなボリュームレンダリング画像でも歯髓腔が見えてくるが、歯髓の画像濃度が場所により変化する面積の計測に適さない画像となるため、本研究では三次元画像に透明度を与えなかった。

歯髓腔の描出と断面厚さに関して、スラブ厚さが大きいほど歯髓腔面積率が大きくなった。歯の唇舌の断面像で歯髓腔面積を計測する場合、あまりスラブ厚さが大きくなると歯根の幅径を超えるために描出不良となる。本研究で試みたスラブ厚さ 2.00mm の画像は、近遠心的に下顎前歯の歯髓腔全体を包含するため、歯髓腔の最大断面面積を観察するために適切であると考えられる。

最後に、三次元 CT 画像上の歯髓腔の面積と画像解像度に関して考察する。歯科用 CBCT 画像の解像度は、機種や撮影モードによる違いもあるが、標準的な装置で最も小さな直径 50mm クラスの FOV で撮影した場合に 0.10mm、歯科臨床で汎用されるスタディモデルと同程度の直径 100mm の範囲の撮影では約 0.20mm、全身用 CT による顔全体が含まれる撮影では画素サイズが約 0.40mm となる³⁴⁾。本研究では、解像度が異なる CT 画像データ作った三次元画像の歯髓腔面積を、人為的に解像度を変更した画像データによ

り調べたが、撮影された CT 画像の解像度は歯髓腔面積計測の精度に影響しないことがわかった。亀本³⁵⁾は、抜去された上顎切歯を全身用 CT で撮影して歯冠エナメル質の陥凹により生じる歯内歯を観察している。画素サイズの大きな CT 画像でも小さな歯内歯が明瞭に描出されることから、歯髓腔断面面積による年齢推定は、全身用 CT 画像であっても応用可能と考える。

今後の研究課題としては、多数の生体 CT 画像から下顎前歯の唇舌断面像を作成して歯髓腔面積率を求め、歯髓腔断面面積率から被写体の年齢を推定する回帰式を求めることが挙げられる。将来的には、身元不明となったご遺体の CT 画像から自動的に歯の領域を抽出して歯髓腔断面面積率を求めて年齢を推定するコンピュータ支援検出／診断 (Computer Assisted Detection/Diagnosis, CAD) システム³⁶⁾ も実現可能と考える。

結 論

加齢にともなう歯髓腔狭窄の程度から被写体の年齢を推定する基礎的研究として三次元 CT 画像による下顎前歯歯髓腔面積測定法について検討した。下顎前歯のマイクロ CT 画像を撮影して歯髓腔の断面を示す各種の三次元 CT 画像を作成し、三次元画像構築パラメータの影響を検討した結果、以下の知見が得られた。

- 1) 下顎前歯の歯髓腔は、平均値および MinIP 画像による歯の唇舌の断面でもっとも大きく良好に描出された。
- 2) 下顎前歯唇舌および近遠心的断面の平均値および MinIP 画像では、スラブ厚さが大きいほど歯髓腔面積率が大きくなった。
- 3) 三次元 CT 画像を再構築する元データの画像解像度を変化させても、歯髓腔面積率に変化はなかった。

参考文献

- 1) 小菅栄子, 青木孝文. 歯科的個人識別における X 線画像活用の最前線 東日本大震災における身元確認の実際と課題. *INNERVISION*. 2012; 27: 52-54.
- 2) 小菅栄子, 青木孝文, 松崎正樹, 五十嵐治. 情報技術を活用した身元確認に関する将来への提言 ~ 歯科医師による新しい時代の社会貢献へ向けて. *日歯医師会誌*. 2010; 63: 261-271.
- 3) 鈴木敏彦. 歯科情報に基づく大規模災害時の個人識別. *補綴誌*. 2015; 7: 129-134.
- 4) 社団法人宮城県歯科医師会編. 東日本大震災報告書—東日本大震災への対応と提言—. 2012. 3-246.
- 5) Kvaal SI, Kolltveit KM, Thomsen IO and Solheim T. Age estimation of adults from dental radiographs.

- Forensic Sci Int.* 1995 ; 74 : 175-185.
- 6) 中村有良, 清水英之. 上顎前歯歯髓腔の歯年齢による変化. *明海歯学誌.* 2007 ; 36 : 22-29.
 - 7) Cameriere R, De Luca S, Alemán I, Ferrante L and Cingolani M. Age estimation by pulp/tooth ratio in lower premolars by orthopantomography. *Forensic Sci Int.* 2012 ; 214 : 105-112.
 - 8) Park K, Ahn J, Kang S, Lee E, Kim S, Park S, Park S, Noh H and Seo K. Determining the age of cats by pulp cavity/tooth width ratio using dental radiography. *J Vet Sci.* 2014 ; 15 : 557-561.
 - 9) Aboshi H, Takahashi T and Komuro T. Age estimation using microfocus X-ray computed tomography of lower premolars. *Forensic Sci Int.* 2010 ; 200 : 35-40.
 - 10) Vandevort FM, Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Bielen DJ, Lambrechts P, Wevers M, Peirs A and Willems G. Age calculation using X-ray microfocus computed tomographical scanning of teeth: a pilot study. *J Forensic Sci.* 2004 ; 49 : 787-790.
 - 11) Yang F, Jacobs R and Willems G. Dental age estimation through volume matching of teeth imaged by cone-beam CT. *Forensic Sci Int.* 2006 ; 159 : 78-83.
 - 12) Star H, Thevissen P, Jacobs R, Fieuws S, Solheim T and Willems G. Human dental age estimation by calculation of pulp-tooth volume ratios yielded on clinically acquired cone-beam computed tomography images of monoradicular teeth. *J Forensic Sci.* 2011 ; 56 : 77-82.
 - 13) Sakuma A, Saitoh H, Suzuki Y, Makino Y, Inokuchi G, Hayakawa M, Yajima D and Iwase H. Age estimation based on pulp cavity to tooth volume ratio using postmortem computed tomography images. *J Forensic Sci.* 2013 ; 58 : 1531-1535.
 - 14) 勝又明敏. 歯科画像診断の最新事情. *医用画像情報会誌,* 2014 ; 31 : 65-69.
 - 15) 勝又明敏. パノラマ X 線撮影のルネサンスをめざして. *岐歯学誌.* 2012 ; 38 : 117-128.
 - 16) Bhakdinaronk A and Manson-Hing LR. Effect of radiographic technique upon prediction of tooth length in intraoral radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1981 ; 51 : 100-107.
 - 17) Arai Y, Tammisalo E, Iwai K, Hashimoto K and Shinoda K. Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use. *Dentomaxillofac Radiol.* 1999 ; 28 : 245-248.
 - 18) Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT and Andreis IA. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol.* 1998 ; 8 : 1558-1564.
 - 19) 勝又明敏. 歯科 CT の過去, 現在, 未来. *日口外誌.* 2013 ; 58 : 706-717.
 - 20) Kawamata A, Arijji Y and Langlais RP. Three-Dimensional Imaging for Orthognathic Surgery and Orthodontic Treatment. *Oral Maxillofacial Surg Clin N Am.* 2001 ; 13 : 713-725.
 - 21) Kawamata A, Arijji Y and Langlais RP. Three-dimensional computed tomography imaging in dentistry. *Dent Clin North Am.* 2000 ; 44 : 395-410.
 - 22) Naitoh M, Hirukawa A, Katsumata A, Saburi K, Okumura S and Arijji E. Imaging artifact and exposure conditions in limited-volume cone-beam computed tomography: comparison between an image intensifier system and a flat panel detector. *Oral Radiology.* 2006 ; 22 : 69-74.
 - 23) Katsumata A, Hirukawa A, Okumura S, Naitoh M, Fujishita M, Arijji E and Langlais RP. Effects of image artifacts on gray-value density in limited-volume cone-beam computerized tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007 ; 104 : 829-836.
 - 24) Katsumata A, Hirukawa A, Okumura S, Naitoh M, Fujishita M, Arijji E and Langlais RP. Relationship between density variability and imaging volume size in cone-beam computerized tomographic scanning of the maxillofacial region: an in vitro study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009 ; 107 : 420-425.
 - 25) Katsumata A, Hirukawa A, Noujeim M, Okumura S, Naitoh M, Fujishita M, Arijji E and Langlais RP. Image artifact in dental cone-beam CT. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006 ; 101 : 652-657.
 - 26) 蛭川亜紀子, 勝又明敏, 奥村信次, 松尾綾江, 横井みどり, 後藤賢一, 内藤宗孝, 有地榮一郎. 歯科用小照射野コーンビーム CT における II. 系ハレーションアーチファクトの影響領域. *歯科放射線.* 2006 ; 46 : 170-176.
 - 27) 平野慕男, 長砂忠男, 内海川貢夫. 歯髓腔内墨汁浸潤歯牙透明標本の合成樹脂包埋法とシリコン油の応用. *歯科医学.* 1959 ; 21 : 913-923.
 - 28) 黒須一夫, 村田格一, 阿知波達仁, 鳥居克行, 荻田修二. 透明標本による乳歯歯髓腔の形態学的研究. *小児歯誌.* 1977 ; 15 : 133-141.
 - 29) 田尻 滋. 顎顔面の形態学アトラス(付, 歯髓腔(根管)解剖図. ソウル: アートプロマン; 1999 : 63-200.
 - 30) Hounsfield GN. Nobel lecture, 8 December 1979. Computed medical imaging. *J Radiol.* 1980 ; 61 : 459-468.
 - 31) 羽柴元裕, 福井達真, 勝又明敏, 藤原 周. 全身用 CT および歯科用 CT の画像濃度特性のコンピューター支援検出システムによる歯の自動抽出への影響. *岐歯学誌.* 2014 ; 41 : 8-17.
 - 32) 正村一人, 吉田英世, 小野桂子, 井奈波良一, 岩田弘敏. 高齢者の主観的満足度と残存歯数および健康観との関連性. *日公衛誌.* 1996 ; 43 : 835-843.

- 33) Katsumata A, Fujishita M, Maeda M, Ariji Y, Ariji E and Langlais RP. 3D-CT evaluation of facial asymmetry. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2005 ; 99 : 212-220.
- 34) 勝又明敏. CT 画像の基礎 (原理). 補綴臨床別冊 - 基本臨床画像診断 -. 東京 : 医歯薬出版 ; 2013 : 41-47.
- 35) 亀本博雅. エナメル陥入歯の臨床出現頻度と画像診断. 岐歯学誌. 2000 ; 27 : 12-27.
- 36) Katsumata A, Fujita H. Progress of computer-aided detection/diagnosis (CAD) in dentistry. *Japanese Dental Science Review.* 2014 ; 50 : 63-68.
-

