

二等分面法およびパノラマ画像三次元表法  
による歯の長さの計測精度

あずま  
東

むねひろ  
宗弘

本論文の要旨は，第 185 回朝日大学歯学研究発表会  
（2016 年 9 月 20 日，岐阜）において発表した．

本論文の一部は，国際歯科研究学会（2016 年 6 月 23  
日，Seoul，韓国）において発表した．

## 緒 言

顎顔面領域の外科診療においては，上下の顎骨に発生する腫瘍，嚢胞，埋伏過剰歯あるいは顎骨骨折などの様々な疾患や傷病を治療する機会が多い．それら疾患や傷病の生じる顎骨の歯列の状態は個々複雑で，形態と大きさやその配列には差が大きく，さらには鼻腔や上顎洞との位置関係にも違いがあり，また複雑である．たとえば，埋伏歯の抜歯やインプラント治療を行う場合でも，上顎と下顎，前歯部と臼歯部では歯根の形態や長さ，顎骨の高径や幅径，および切歯管，鼻腔，上顎洞，下顎管などの解剖学的構造と歯の位置関係は症例ごとにすべて異なり，一症例として同じものはない．すなわち，症例ごとに X 線検査を行い，画像から解剖学的構造の形態を把握することが重要となる<sup>1,2)</sup>．

歯の形態や大きさを把握する目的で最も古くから用いられているのが口内法 X 線撮影である<sup>3)</sup>．口内法 X 線撮影の特徴は，被写体である歯とフィルム等の画像検出器（検出器）を接近させることにより，拡大や半影の影響を受けない歯の精密な X 線像が得られる事にある．しかし，下顎大臼歯部を除き，口腔内に位置付けられた検出器の面と歯軸とが平行にならないため，中心垂直投影で歯を撮影すると，歯の長さが実物より短く描出される．そこで多くの成書においては，理論上，歯の実長と等しい画像が得られる二等分面法を標準的な口内法撮影としている<sup>1-3)</sup>．

口内法の次に歯科臨床で普及したのはパノラマ X 線撮影である。パノラマ X 線撮影では、上下顎骨、歯列、鼻腔、上顎洞、顎関節が展開像として総覧的に描出される。しかし、画像の拡大率が部位により変化するため、画像は歪みを内包したものとなり、距離や角度の計測には不適當であるとされてきた<sup>4,5)</sup>。

近年では歯科用コーンビーム CT (CBCT) が普及しはじめ、簡便に歯列や顎骨の三次元画像が得られる様になった<sup>6-11)</sup>。また、CBCT は高い空間分解能を持ち、歯や顎骨の長さや角度の計測に関する精度が高いことも報告されている<sup>12-17)</sup>。しかし、歯科用 CBCT 装置のコスト、被曝線量、および検査料金が高いことから、すべての症例に応用することはできず、口内法あるいはパノラマ X 線撮影から歯や顎骨の病変を診断して治療のために画像上で計測をおこなう有用性はまったく衰えていない。

歯科 X 線検査における最近の潮流は画像のデジタル化である<sup>18)</sup>。デジタル X 線撮影システムでは、ソフトウェア上で口内法やパノラマ X 線画像を拡大表示したうえ、長さや角度の計測を簡単に行えるようになった<sup>19-21)</sup>。またデジタル X 線画像技術のひとつとして近年実用化された、トモシンセシス法を応用したパノラマ画像三次元表示法 (3D-pano 法) は、撮影空間の三次元位置座標を基に距離計測を行うため、歯の長さを誤差を少なく計測することが期待される<sup>22,23)</sup>。

しかし，これまで，二等分面法 X 線画像（Dental）と 3D-pano 画像の距離計測精度を生体の撮影により検討した報告はない．そこで本研究は，CBCT 画像による計測値を基準として，生体上顎前歯の Dental および 3D-pano 法による歯の長さの計測値がどの程度の誤差を生じるかを検討することを目的とした．

## 材料と方法

### 1 Dental 撮影と計測

上顎前歯に欠損のない成人 29 人（男性 17 名，女性 12 名，22 歳～36 歳，平均 24.7 歳）を対象とした。（朝日大学歯学部倫理委員会の承認番号：第 25149 号）撮影部位は上顎右側中切歯（右上 1），上顎右側側切歯（右上 2），上顎左側中切歯（左上 1），および上顎左側側切歯（左上 2）の 4 歯である。

二等分面法撮影に使用する口内法 X 線撮影装置はショートコーンタイプ口内法撮影装置（ALULA，朝日レントゲン工業，京都）を用いた。撮影条件は，管電圧 60kV，電流 10mA とし，照射時間は部位により調節した。検出器として，標準型（ナンバー 2 サイズ）のイメージングプレート（Imaging Plate，IP）を使用して，デジタル口内法撮影システム（VISTASCAN，DURRDENTAL，Bietigheim-Bissingen，Germany）により画像を取得した。図 1 に口内法撮影装置と IP 読み取り装置の外観を示す。

IP 読み取り装置で取得した Dental 画像は，デジタル口内法撮影システム付属のソフトウェア（TROPHY Windows，Trophy Radiologie，Chester，NY，USA）で表示し，長さ計測ツールで歯冠近遠心の最大豊隆部の中点と根尖を結んだ線の長さを 3 回計測して平均値を求め，歯の長さとした。

A



B



図 1 デジタル口内法撮影システム

ショートコーンタイプの撮影装置 (A) および IP 読み取り装置 (B)

## 2 3D-pano 法および CBCT 撮影と計測

3D-pano 法および CBCT 撮影にはパノラマ CBCT 複合型撮影装置 (QR-master H/REVO, Takara Telesystems, 大阪) を用いた。上顎前歯の CBCT 撮影においては直径 50mm, 高さ 45mm の FOV (Field of view) を用い, スライス画像データのボクセルサイズは 0.125mm とした。なお管電圧, 管電流は標準条件で撮影した。

3D-pano 画像はパノラマ CBCT 複合型撮影装置のソフトウェアで再構築し, 長さ計測ツールで歯冠最大豊隆部近遠心の midpoint と根尖を結んだ線の長さを 3 回計測して平均値を求め, 歯の長さとした。図 2 には 3D-pano 画像上の歯に三次元的な計測点を設定して長さを計測している様子を示す。

CBCT 画像では, 撮影装置から取得した DICOM 形式画像データをコンピュータ (MacBookPro, アップルコンピュータ, Cupertino, CA, USA) に読み込み, 画像解析ソフトウェア (OsiriX, The OsiriX Foundation, Geneva, Switzerland) にて表示した。多断面再構築

(Multi Planner Reconstruction, MPR) 画像モードで歯の長軸に沿った矢状断面像を作成して歯の長さを 3 回計測し, 計測値の平均を採用した。図 3 に被験者上顎前歯の MPR 画像, および矢状断面における歯の長さ計測部を示す。



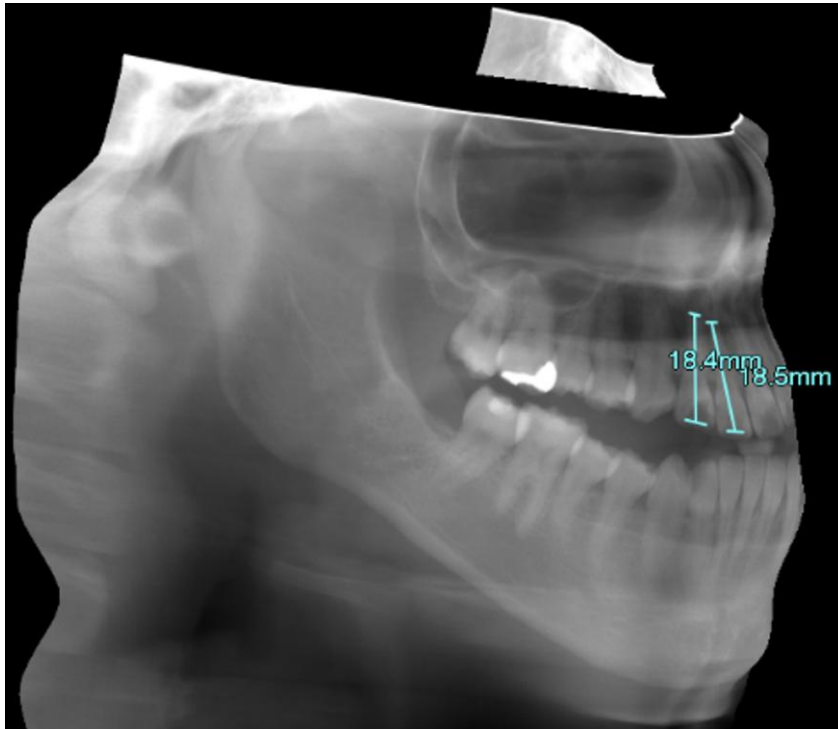


図 2 3D-pano 画像による歯の長さの計測

解剖構造の三次元位置座標を基に，距離を計測する．

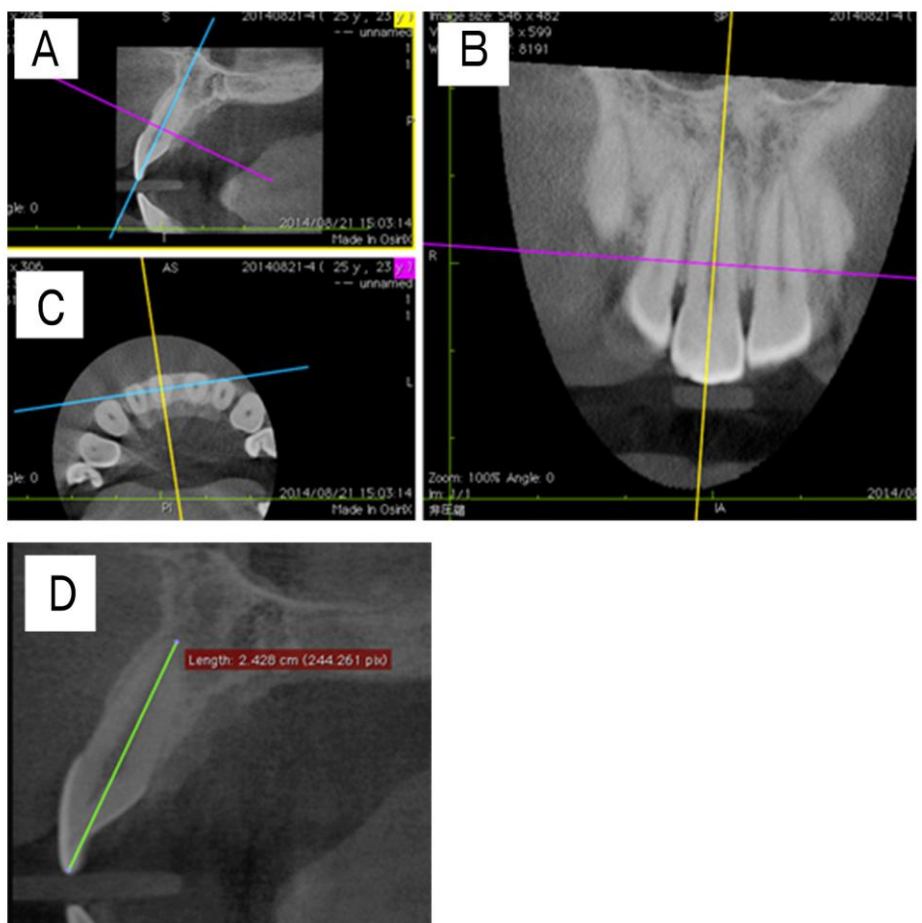


図 3 被験者上顎前歯 CBCT 及び MPR 画像計測  
矢状断面 (A), 冠状断面 (B) および軸位断面 (C) の CBCT  
画像から, 目的歯の長軸に沿った矢状断面像 (D) を構築し  
て歯の長さを計測した。

### 3 データ解析

はじめに，Dental および 3D-pano 法における歯の長さの計測した平均を検討した．続いて，CBCT 画像より計測した歯の長さを基準値として，以下の式により各撮影法で撮影した X 線像計測値の誤差率を求めた．

$$\cdot \text{誤差率} = (\text{X 線像計測値} - \text{CBCT 計測値}) / \text{CBCT 計測値}$$

注：X 線像は，Dental あるいは 3D-pano 画像を示す．

計測値の平均および誤差率は以下の方法により統計的解析を行った．まず，各カテゴリーにおける計測値および誤差率の正規性を Shapiro-Wilk 検定で確認し，データが正規分布に従わないものとして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．

## 結 果

図 4 に Dental, 3D-pano 法, および CBCT にて計測した歯の長さを, 各歯の平均として示す. Dental では, 最大が右上 1 の 25.53mm, 最小は左上 2 の 23.74mm であった. 3D-pano 法では最大が右上 2 の 23.38mm, 最小は左上 1 の 21.86mm であった. CBCT では, 最大が右上 1 の 22.23mm, 最小はやはり右上 2 の 20.90mm であった. 計測した歯の長さの平均は, 右上 2 以外は Dental 画像が最長となり, 二等分面法では画像上の歯の長さが CBCT より長くなる傾向が認められた.

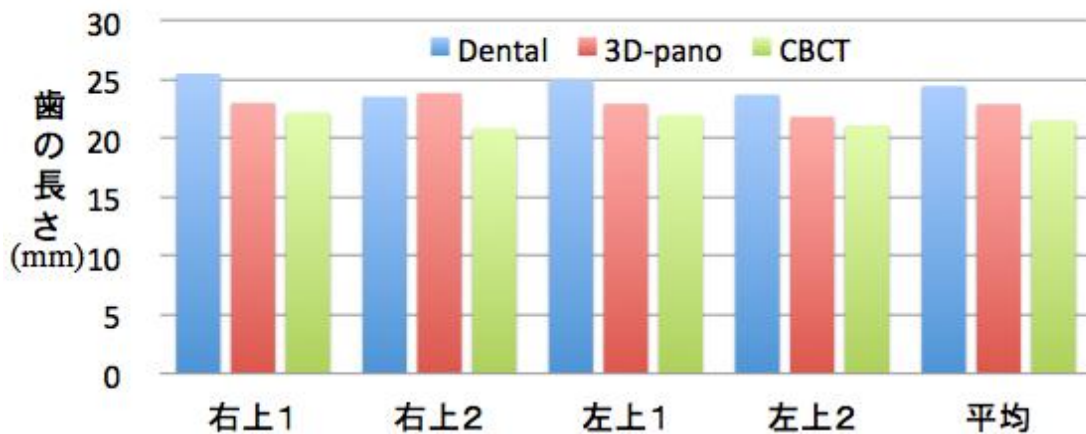
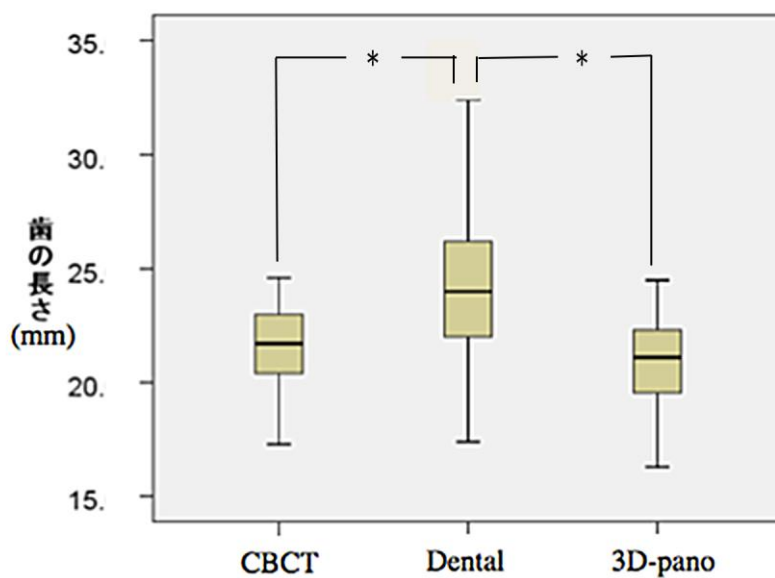


図 4 各歯の長さの平均 (mm)

図 5 には，画像上の計測した全歯の長さの平均値を示す．歯の長さの平均値は CBCT が 21.49mm，Dental が 24.35mm，3D-pano 法が 22.93mm であった．CBCT と 3D-pano 法の計測値に有意差はなかったが，Dental の計測値は CBCT および 3D-pano 法と比較して有意に大きかった．



\* :  $p < 0.05$

図 5 各撮影法における計測値の平均 (mm)

図 6 および 7 に CBCT を基準とした各歯の誤差率と口内法 X 線計測線を示す。右上 1 の誤差率は Dental で最小 0.86% , 最大 39.19% , 3D-pano 法では最小 2.00% , 最大 22.22% であった。右上 2 では Dental で最小 0.14% , 最大 62.49% , 3D-pano 法では最小 0.18% , 最大 15.97% であった。左上 1 では Dental で最小 0.68% , 最大 39.23% , 3D-pano 法では , 最小 0.88% , 最大 18.57% であった。左上 2 では Dental で最小 0.33% , 最大 38.00% , 3D-pano 法では最小 0.15% , 最大が 15.93% であった。

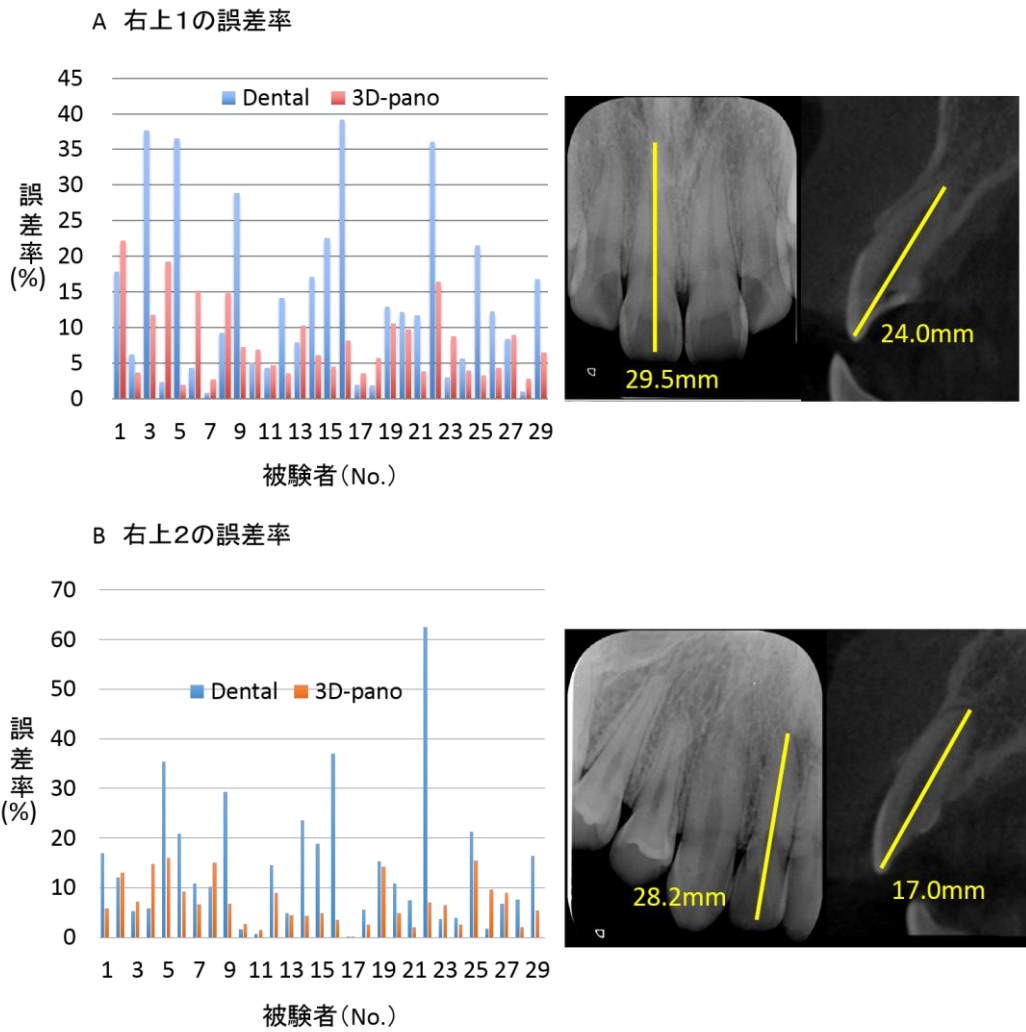


図 6 上顎右側の歯の長さの誤差率および歯の X 線像  
 右上 1 (A) および 右上 2 (B)

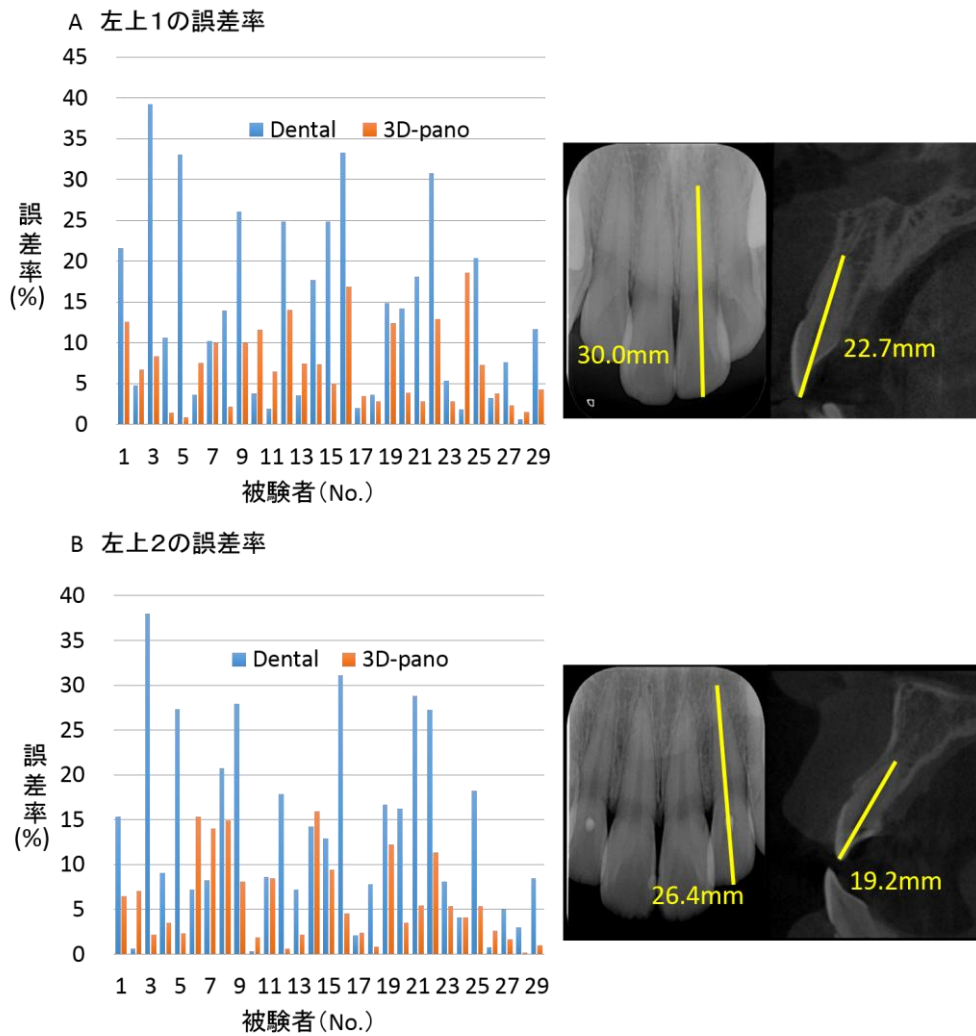


図 7 上顎左側の歯の長さの誤差率および歯の X 線像  
 左上 1 (A) および左上 2 (B)



図 8 には，歯種別にまとめた Dental および 3D-pano 法の誤差率の平均を示す．Dental で最も大きかった誤差率は，右上 2 の 14.20% であった．3D-pano 法で最も大きかった誤差率は，右上 1 の 7.99% であった．Dental で最も小さかった誤差率は，左上 2 の 13.57%，3D-pano 法で最も小さかったのは左上 2 の 5.97% であった．

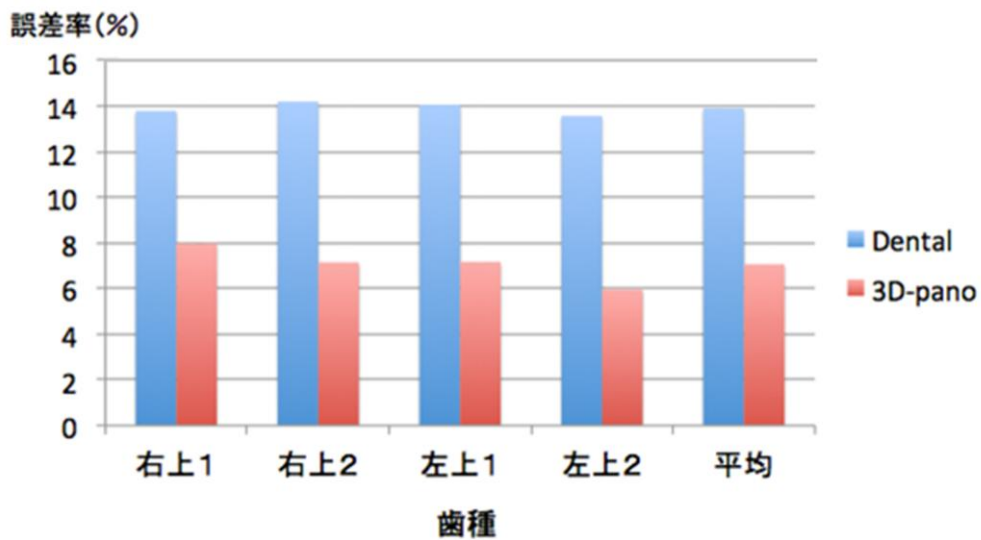
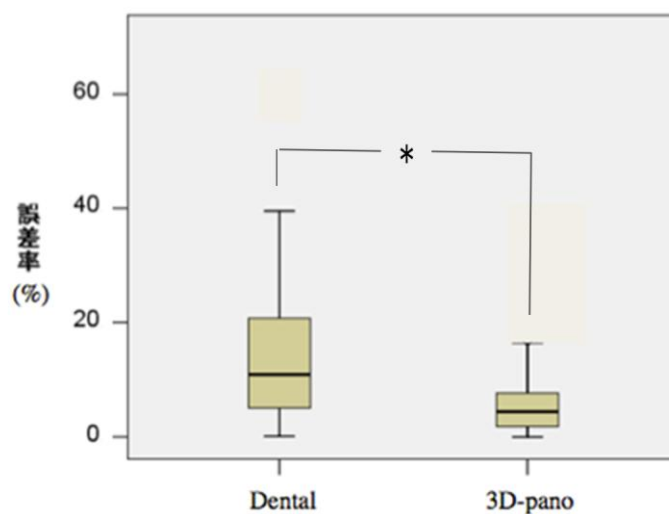


図 8 Dental および 3D-pano 法における歯種別誤差率 (%)

図 9 には全ての歯種を平均した誤差率を示す。誤差率の総平均は Dental で約 14%、3D-pano 法で約 7% であり、3D-pano 法の誤差率は Dental よりも有意に小さかった。上顎前歯の長さ計測精度に関し 3D-pano 法の誤差が少ないことがわかった。



\* :  $p < 0.05$

図 9 Dental および 3D-pano 法における全歯の誤差率平均 (%)

## 考 察

歯科の X 線画像は，形態や長さ，角度の計測を目的に撮影されることが多い．なかでも，口内法 X 線像における歯の長さの正確な描出は歯内治療の根管長測定のために重要とされている．しかし，これまで二等分面法における歯の長さの再現性はあまり検討されなかった．その理由のひとつに，被写体となる歯の実長が把握困難であった事が挙げられる<sup>10,11)</sup>．本研究では，被写体の CBCT 画像から求めた歯の長さを基準として，Dental および 3D-pano 法の誤差を検討する事ができた．CT および CBCT 画像による三次元計測が高い精度を持つことは原理的に間違いなく，口腔外科処置やインプラント治療の術前検査のみならず歯の長さの計測や歯槽骨形態の精査においても有用性が高いことが報告されている<sup>12-17)</sup>．また，近年普及しつつある CBCT は患者の被曝線量が小さいことを特徴としており，撮影コストを除けば，歯の長さを求めるために CBCT を撮影することも現実的な選択であると思われる．

本研究の結果，生体の口内法撮影における二等分面法の誤差率は平均約 14% であった．これは，標準的な長さの歯の計測において 2～3mm の誤差が生じることを意味しており，治療成績に影響する誤差であると考えられる．口内法 X 撮影の精度に影響する撮影法技術的な要素として，検出器の位置付けと水平および垂直的 X 線入射方向が挙げられる．また患者の歯列形態や歯軸

の傾斜も画像に影響を及ぼすと思われる。誉田ら<sup>24)</sup>は、二等分面法で撮影された X 線フィルムを Wuehrmann<sup>25)</sup>の評価基準により検討し、部分的なコーンカットや根尖がフィルムに収まらなかった X 線写真を「失敗」と判定すると、10 枚法全顎撮影において患者一人あたり 4 枚の失敗が生じると報告している。本研究の結果も含め、二等分面法において再現性を担保することの難しさを示すものと思われる。なお口内法撮影に関しては、撮影者に適切な X 線入射方向を指示するインジケータと呼ばれる撮影補助具を用いることもできる<sup>26,27)</sup>。生体においてインジケータを用いた撮影の距離計測精度に関する報告はなく、今後の検討課題のひとつである。また欧米では、口内法撮影の精度は二等分面法よりも平行法が高いとする認識がある<sup>3)</sup>。しかし、口腔の大きな欧米人では検出器を歯軸と平行に位置づける事も難しくないが、口腔の小さな東洋人の前歯部において平行法撮影を実施する事は現実的でないと考えられる。

3D-pano 法による歯の長さの計測精度に関して、Kitai ら<sup>28)</sup>をはじめとした報告<sup>29)</sup>では、人工骨ファントムを被写体として様々な状況で 3D-pano 画像を撮影し、CBCT による計測値を基準とした長さおよび角度計測の誤差を報告している。また Katsumata ら<sup>23)</sup>は、乾燥骨表面に貼り付けた金属メッシュを撮影して 3D-pano 法の距離計測精度を評価している。これらの

先行研究における 3D-pano 法の距離計測の誤差率は、標準的な頭部位置付で撮影されている限り 5%以内に収まっており、生体を被写体とした本研究の誤差（7%）よりも小さくなっている。3D-pano 法において距離計測精度に影響する撮影技術的な要素は患者頭部の位置付けであるが、3D-pano 法の撮影装置（QR-master REVO）には、画像の歪みを自動的に補正するオートフォーカスと呼ばれる機構が搭載されているため、画像を「位置付け不良」と分かるようなケースでなければ寸法精度が低下しない。そもそも、従来型のパノラマ X線装置では断層域が狭くて良好な描出が得にくいとされる上顎前歯で本研究のような歯の計測が可能となったのは、このオートフォーカス機構の効果である。このため本研究において、頭部位置付けの不良により誤差率が高くなったとは考え難いことから、生体の歯列に特有な歯軸傾斜のバリエーションが誤差を増幅したものと思われる。3D-pano 法の画像構築では、顎骨歯列の三次元形態を滑らかな曲線で表示するためにスプライン曲線による補間が行われている。ファントムの人工歯のように歯軸の傾斜が比較的揃った歯列であれば実長に近い 3D-pano 画像が得られるのに対して、生体の歯列で隣り合う歯の歯軸傾斜が大きく異なるケースでは 3D-pano 画像上の歯が実長より引き延ばされたり縮んだりして誤差が大きくなったものと思われる。同様に、歯が頬舌的に互い違いに配列し

ているような歯列でも，スプライン補間による滑らかな 3D-pano 表示のために誤差が大きくなる可能性が考えられる．3D-pano 法の距離計測誤差を減らす今後の方策として，スプライン補間のパラメータの再検討が必要かもしれないので今後の検討課題としたい．

画像による距離計測の誤差がどの程度臨床に影響するのかは，画像検査の目的により異なるものと考えられる．たとえば，歯内治療の根管長計測<sup>30)</sup>では，外科手術のために顎骨の大きさを計測する場合<sup>31)</sup>よりも高い精度が求められて当然である．本研究の結果，外科的治療において顎骨内病変の位置を確認して大きさを計測したり，抜歯予定の歯の大きさを計測したり，インプラント体の埋入予定部位の近遠心的幅や顎骨高さやを概略的に計測する目的の X 線検査には 3D-pano 法が最適であると考えられる．骨の欠損や変位の状態など病変部を従来パノラマ画像より立体的に観察することができるので，症例検討時に被験者による解釈の差の少ない資料を用いることができる．口腔外科領域においては複雑な顎顔面骨骨折や骨破壊像を有する悪性腫瘍等の疾患の精査および術式の検討のために CT を撮影する前に 3D-pano 法撮影を適用すべきだと考える．これにより，術前診断や手術計画の立案に有用な情報を初期段階で得ることが可能になるため，治療の手技や方法の決定に寄与することが示唆される．

3D-pano 法の被曝線量は従来型パノラマ撮影と同等

であり，Dentalのように撮影時に患者口腔内に検出器を入れる苦痛を与えない．本研究の結果，3D-pano法による生体の上顎前歯の長さの計測はDentalより誤差が少ないことも示された．しかし，スリット状のX線束で顎骨をスキャンする撮影原理から，パノラマX線画像の拡大率は撮影部位ならびに垂直方向と水平方向で異なるため<sup>4)</sup>，前歯の長さ以外の計測精度についても今後検討する必要がある．また，目的とする1～3歯の観察に適した小さな範囲のみのX線照射が可能な3D-pano法撮影機構が実用化されれば，口内法X線撮影全般を3D-pano法と同じ撮影方法で置き換えることも可能であると考えられる．

## 結 論

ヒトの上顎前歯において，二等分面法およびパノラマ画像三次元表示法による歯の長さの計測精度を，歯科用コーンビーム CT における計測値を基準として比較した結果，以下のことがわかった．

- 1 ) 二等分面法では画像上の歯の長さが CBCT より長くなる傾向が大きい．
- 2 ) 上顎前歯の長さ計測の誤差率は，二等分面法で約 14 % ，パノラマ画像三次元表示法で約 7 % であった．



## 引用文献

- 1) 岡野友宏, 小林 馨, 有地榮一郎編. 歯科放射線学. 第5版. 東京. 医歯薬出版株式会社, 2013: 97-120.
- 2) 佐野 司編. 歯科放射線学マニュアル. 東京. 南山堂. 2006: 26-30.
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) 犬飼啓介, 飯田幸弘, 勝又明敏, 永原國央. デジタルパノラマ X線画像の拡大率を評価できる特殊ファントムの開発. 歯科放射線. 2012; 52: 47-60.
- 6) Arai Y, Tammissalo E, Iwai K, Hashimoto K and Shinoda K. Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use. *Dentomaxillofac Radiol.* 1999; 28: 245-248.
- 7) 寺門正昭, 橋本光二, 上原 任, 新井嘉則, 上原浩之, 瀧川富之, 本田雅彦, 関和忠信, 佐藤 廣. 新しく開発された歯科用小型 CT (Ortho-CT) の口腔外科領域への応用 —上顎部に生じた病変—. 日口外誌. 2000; 46: 196-204.
- 8) 小原 仁, 角 保徳, 上田 実, 水谷英樹, 金田

- 敏郎，早川紀和，大野晶子．口腔外科領域への三次元 CT の応用に関する臨床的研究．日口外誌．1990；39：107-114．
- 9) 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.
- 10) 新井嘉則，橋本光二，江島堅一郎，本田和也，岩井一男，篠田宏司．歯科用小型 X 線 CT (Ortho-CT) の臨床例 1,000 例の統計的分析．日歯医学会誌．2000；19：1-10．
- 11) 勝又明敏．歯科 CT の過去，現在，未来．日口外誌．2013；58：706-717．
- 12) 中村信一郎，横江義彦，中尾晶子，川村紀子，青井陽子，飯塚忠彦．歯科用コーンビーム CT 画像を用いた顎変形症患者の下顎枝の厚さの検討．日口外誌．2006；52：574-577．
- 13) Bagis N, Kolsuz ME, Kursun S and Orhan K. Comparison of intraoral radiography and cone-beam computed tomography for the detection of periodontal defects : an *in vitro* study. *BMC Oral Health*. 2015 ; 15 : 64-65.
- 14) 吉田有里，盛田康彦，本多栄一，友竹偉則，市川哲雄．小照射野歯科用 CT 撮影における画像測定精度の検討．小児歯科学．2002；40：790-796．

- 15) 内藤宗孝, 泉 雅浩, 大崎千秋, 天野優一郎, 竹内一夫, 塚本信隆, 栗田賢一, 有地榮一郎. CTを用いたインプラント術前計画の評価: 下顎前歯部におけるCT検査の意義について. 日口腔インプラント誌. 1999; 15: 360-366.
- 16) 内藤宗孝, 竹内克豊, 鬼頭政勝, 疋田久登, 長谷川龍貴, 原 正幸, 鈴木純二, 栗田賢一, 有地榮一郎. CT再構築画像を用いた上顎骨歯槽突起部の骨形態計測. 日口腔インプラント誌. 1999; 12: 246-254.
- 17) Sherrard JF, Rossouw PE, Benson BW, Carrillo R and Buschang PH. Accuracy and reliability of tooth and root lengths measured on cone-beam computed tomographs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010; 137: 100-108.
- 18) 有地榮一郎, 勝又明敏, 小林 馨, 櫻井 孝, 藤田廣志, 本田和也編. デジタルデンティストリー. 医療情報とデジタル画像 超入門. 東京. 永末書店. 2015.
- 19) Woolhiser GA, Brand JW, Hoen MM, Geist JR, Pikula AA and Pink FE. Accuracy of film-based, digital, and enhanced digital images for endodontic length determination. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2005; 99: 499-504.
- 20) Athar A, Angelopoulos C, Katz JO, Williams KB and

- Spencer P. Radiographic endodontic working length estimation : comparison of three digital image receptors. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008 ; 106 : 604-608.
- 21) Kal BI, Baksi BG, Dündar N and Sen BH. Effect of various digital processing algorithms on the measurement accuracy of endodontic file length. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007 ; 103 : 280-284.
- 22) Ogawa K, Langlais RP, McDavid WD, Noujeim M, Seki K, Okano T, Yamakawa T and Sue T. Development of a new dental panoramic radiographic system based on a tomosynthesis method. *Dentomaxillofac Radiol.* 2010; 39: 47-53.
- 23) Katsumata A, Ogawa K, Inukai K, Matsuoka M, Nagano T, Nagaoka H and Yamakawa T. Initial evaluation of linear and spatially oriented planar images from a new dental panoramic system based on tomosynthesis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011 ; 112 : 375-382.
- 24) 誉田 栄一, 芝崎 初江, 佐々木 武仁. 二等分法撮影による全顎口内法 X線写真 (10枚法) の失敗頻度の客観的評価. 歯科放射線. 1990; 30: 145-151.
- 25) Wuehrmann AH. Evaluation criteria for intraoral radiographic film quality. *J Am Dent Assoc.* 1974 ;

- 89 : 345-352.
- 26) Rudolph DJ and White SC. Film-holding instruments for intraoral subtraction radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1988 ; 65 : 767-772.
- 27) 岩野 孝, 丹羽 克味, 金井 良維, 赤間 力. 主放線方向指示を兼ねたフィルムホルダーの試作. 歯科放射線. 1977 ; 17 : 32-35.
- 28) Kitai N, Mukai Y, Murabayashi M, Kawabata A, Washino K, Matsuoka M, Shimizu I and Katsumata A. Measurement accuracy with a new dental panoramic radiographic technique based on tomosynthesis. *Angle Orthod.* 2013 ; 83 : 117-126.
- 29) 近藤 純子, 村林 学, 黒柳 ふみ, 川端 淳司, 勝又 明敏, 北井 則行. 三次元パノラマ X線装置による上顎前歯歯軸傾斜の評価. 岐歯学誌. 2013 ; 40 : 32-38.
- 30) Sheaffer JC, Eleazer PD, Scheetz JP, Clark SJ, and Farman AG. Endodontic measurement accuracy and perceived radiograph quality : Effects of film speed and density. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003 ; 96 : 441-448.
- 31) Wakoh M, Harada T, Otonari T, Otonari-Yamamoto M, Ohkubo M, Kousuge Y, Kobayashi N, Mizuta S, Kitagawa H and Sano T. Reliability of linear distance measurement for dental implant length

with standardized periapical radiograph. *Bull Tokyo Dent Coll.* 2006 ; 47 : 105-115.