

永久歯列および混合歯列における
CBCT 再構成パノラミック画像の有用性

Usefulness of reconstructed panoramic image
using cone beam CT in the permanent and mixed dentition

日本大学大学院松戸歯学研究科

原 慶宜

(指導 金田 隆 教授)

本稿は、主となる参考論文 歯科用コーンビーム CT 再構成パノラミック画像と従来のパノラマエックス線画像との比較検討：混合歯列期の評価（日本デジタル歯科学会誌 第9巻3号 掲載予定）および副となる参考論文 歯科用コーンビーム CT 再構成パノラミック画像の有用性（歯科放射線 第57巻1号）をまとめたものである。

要 旨

パノラマエックス線検査は顎骨および周囲組織を観察できる検査法であり、世界中で診断、治療に活用されている。一方歯科用コーンビーム CT（以下 CBCT とする）検査は、歯や顎骨および周囲組織の状態を 3 次元的に評価することが可能な検査法であり、現在広く臨床にて活用されている。本検査法は取得したボリューム情報を再構成することで、多様な画像を作成し、臨床応用することが可能であるが、CBCT 再構成により作成されたパノラマエックス線類似画像（以下パノラミック画像とする）の有用性の報告はほとんどみられない。また CBCT は、主に混合歯列期患者を対象とした過剰歯を含む埋伏歯の 3 次元的な位置の把握や矯正前検査等にも利用されており、その有用性も報告されているが、混合歯列の CBCT 再構成パノラミック画像の有用性は明らかではない。本研究の目的は、永久歯列および混合歯列について、歯および歯周組織を対象に CBCT 再構成パノラミック画像と従来のパノラマエックス線写真との比較を行い、CBCT 再構成パノラミック画像の有用性を検討することである。

本研究は本大学倫理委員会の承認を得ている後ろ向き研究である。(EC-15-12-009)。永久歯列の CBCT 再構成パノラミック画像の検討には、本院にて脳ドック検診を行った 20 名の CBCT 画像より作成されたパノラミック画像およびパノラマエックス線写真を用いた。画像の評価は、上下顎左右第一大臼歯および上下顎右側中切歯の 6 歯およびその周囲組織についてそれぞれ歯冠、歯槽頂、根尖部、歯髓腔、歯根膜腔の 5 項目の解剖学的構造物を評価

した。計 30 項目の解剖学的構造物それぞれについて、高精細モニター上で肉眼的に 5 段階評価を行い、数値化した。評価は 3 名の歯科放射線科認定医が個別に行い、評価が異なる場合は合意をもって 1 つの評価とした。統計には Mann-Whitney の U 検定を用い、有意水準は 0.05 とした。次に混合歯列の CBCT 再構成パノラミック画像の検討には、本院にて矯正前 CBCT 検査を実施した、混合歯列期小児患者 91 名のパノラミック画像およびパノラマエックス線写真を用いた。画像の評価は、上下顎左右第一大臼歯および上下顎右側中切歯の 6 歯およびその周囲組織についてそれぞれ歯冠、歯槽頂、根尖部、歯髓腔、歯根膜腔の 5 項目の解剖学的構造物を、また上下左右第二小臼歯について歯冠、歯根の 2 項目の解剖学的構造物をそれぞれ評価した。計 38 項目の解剖学的構造物それぞれについて、高精細モニター上で肉眼的に 5 段階評価を行い、数値化した。評価は 2 名の歯科放射線科専門医が個別に行い、評価が異なる場合は合意をもって 1 つの評価とした。統計には Mann-Whitney の U 検定を用い、有意水準は 0.05 とした。

永久歯列の CBCT 再構成パノラミック画像は、上顎では歯槽頂、根尖部、歯髓腔、中切歯の歯根膜腔の項目で有意に高い評価となり、歯冠は CBCT 再構成パノラミック画像が有意に低い評価となった。また下顎は、前歯の歯冠部、歯槽頂、根尖部、右側大白歯根尖部の項目で CBCT 再構成パノラミック画像の方が有意に高い評価となり、左右大白歯歯冠は CBCT 再構成パノラミック画像の方が有意に低いという評価となった。混合歯列の CBCT 再構成パノラミック画像は、上顎では左右第一大臼歯の歯槽頂、根尖部、歯髓腔、歯根膜腔、

第二小臼歯歯胚の歯冠部, 根尖部, 上顎右側中切歯の根尖部, 歯髓腔の部位で有意に高い評価となった。また下顎は下顎右側中切歯の歯冠部, 歯槽頂, 根尖部, 歯髓腔の部位でパノラミック画像が有意に高い評価となった。永久歯列, 混合歯列ともに, パノラミック画像は上顎臼歯部および下顎前歯部において有意に高い評価となったが, これはパノラミック画像が障害陰影の影響を受けないためであると考えられる。一方で永久歯列の歯冠部においてパノラミック画像は有意に低い評価となったが, これはパノラミック画像が金属アーチファクトの影響を強く受けるためと考えられる。本検討により, CBCT 再構成パノラミック画像は永久歯列, 混合歯列において従来のパノラマ写真と同等以上に有用な画像検査であるが, 金属アーチファクトの影響を受けやすいことが示唆された。

Keywords Cone beam CT, Panoramic radiograph, Image reconstruction

コーンビーム CT, パノラマエックス線写真, 画像再構成

Abstract

Panoramic radiography is a diagnostic method that allows observation of the jaw and surrounding tissue and is used for diagnosis and treatment. On the other hand, cone beam computed tomography (CBCT) is an imaging modality that is widely used in clinical practice, including implant treatment and impacted tooth examination. CBCT can obtain similar images to panoramic radiographs by performing reconstruction. However, there is a few studies about reconstructed panoramic radiographs in the permanent and mixed dentition CBCT (CBCT panoramic images). The purpose of this study was to evaluate the comparing with CBCT panoramic images and conventional panoramic radiographs in the permanent and mixed dentition.

The university ethics committee approved this study (EC15-12-009-1). Panoramic images in the permanent dentition were reconstructed from CBCT images and compared with conventional panoramic radiographs of 20 patients who underwent brain dock imaging examination. All images were evaluated by examining six teeth: the first molars and the right upper and lower middle incisors. These were evaluated for visibility of the crown, alveolar crest, root apex, pulp cavity, and periodontal ligament space. All these were awarded a score of 5-point scale. Three oral and maxillofacial radiologists independently reviewed the images, and any discrepancies were resolved by reaching a consensus. The Mann-Whitney U test was used to determine the significance of differences between the imaging modalities, with p-values of < 0.05 were considered statistically significant. Panoramic images in the mixed dentition were

reconstructed from CBCT images and compared with conventional panoramic radiographs of 91 patients who underwent CBCT study for orthodontics treatment. All images were evaluated by six teeth such as the first molars and the right upper and lower middle incisors, and four tooth germs: the second premolars. Six teeth were evaluated for visibility of the crown, alveolar crest, root apex, pulp cavity, and periodontal ligament space. Four tooth germs were evaluated for visibility of the crown and root. All these were awarded a score of 5-point scale. Two oral and maxillofacial radiologists independently reviewed the images, and any discrepancies were resolved by reaching a consensus. The Mann-Whitney U test was used to determine the significance of differences between the imaging modalities, with p-values of <0.05 were considered statistically significant.

The maxillary alveolar crest, root apex, pulp cavity, and periodontal ligament space of the middle incisor; the mandibular crown of the middle incisor; and the alveolar crest, root apex, and apical region of the right molar were significantly more visible on the CBCT panoramic images in the permanent dentition than on the panoramic radiographs. Conversely, the crown regions of all of the examined teeth except the lower middle incisor were significantly less visible on the CBCT panoramic images in the permanent dentition than on the panoramic radiographs. The maxillary all root apex, and pulp cavity; alveolar crest and periodontal ligament space of left and right maxillary first molars; crown, alveolar crest, root apex and pulp cavity of lower middle incisor were significantly more visible on the CBCT panoramic images in the mixed dentition than those of conventional panoramic radiographs. Panoramic images of both

permanent and mixed teeth had a significantly higher point for upper molars and lower anterior teeth. I consider that panoramic images are not affected by ghost shadows. On the other hand, the crown of the permanent dentition had a significantly lower point. I consider that the panoramic image was strongly affected by metal artifacts.

In conclusion, the present study suggested that CBCT reconstructed panoramic images are more useful than permanent panoramic pictures of permanent and mixed dentitions but are more susceptible to metal artifacts.

緒 言

パノラマエックス線検査は顎骨および周囲組織を1枚のフィルムにて撮影する検査法として1950年代にフィンランドのPaateroが開発し、以来多くの改良がなされてきたり。同検査は歯の疾患を中心に周囲組織を含め様々な部位の疾患を総覧的に診断可能であり、現在世界中の歯科診療で用いられている。本邦では毎年約1200万枚が撮影され、診断、治療に活用されている。

一方で歯科用コーンビームCT（以下CBCTとする）検査は2000年代にAraiらやMozzoらによって開発された比較的新しい検査法であり、顎骨領域の情報を取得し歯や周囲組織の状態を3次元的に評価することが可能である^{2,3)}。従来の検査法と比較し、インプラント治療や智歯の抜歯、根管治療、顎関節の検査などに有用であることが知られており、現在広く臨床にて活用されている^{4,7)}。

本検査法は取得したボリューム情報を再構成することで、多様な画像を作成し、臨床応用することが可能である。同臨床応用はセファロ画像に類似した画像やパノラマエックス線写真に類似した画像も含まれる⁸⁾。CBCT再構成により作成されたセファロ類似画像についての有用性の報告は散見されるが^{9,10)}、CBCT再構成により作成されたパノラマエックス線類似画像(以下パノラミック画像とする)の有用性の報告はほとんどみられず、得られたパノラミック画像を用いた歯や歯周組織の診断の有用性は明らかではない。

またCBCTは、主に混合歯列期患者を対象とした過剰歯を含む埋伏歯の3次元的位置

の把握や矯正前検査等にも利用されており、その有用性も報告されている¹¹⁻¹⁴⁾。しかしながら混合歯列のCBCT再構成パノラミック画像の有用性も明らかではない。

本研究の目的は、1) 永久歯列について、歯および歯周組織を対象にCBCT再構成パノラミック画像と従来のパノラマエックス線写真との比較と、2) 混合歯列について歯および歯周組織、歯胚を対象にCBCT再構成パノラミック画像と従来のパノラマエックス線写真との比較を行い、CBCT再構成パノラミック画像の有用性を検討することである。

対象および方法

本研究は本大学倫理委員会の承認を得ている後ろ向き研究である。(EC-15-12-009)

1) 対象

(1) 永久歯列のCBCT再構成パノラミック画像の有用性

2015年3月19日から12月12日までの間に本院にて脳ドック検診を行った20名(男性11名、女性9名、39～74歳、平均年齢61.8歳)のCBCT画像より作成されたパノラミック画像およびパノラマエックス線写真(以下パノラマ写真とする)を用いた。対象の残存歯数は平均25.2本で、そのうち金属を用いた治療歯の割合は47%であった。

(2) 混合歯列のCBCT再構成パノラミック画像の有用性

2018年4月1日から2019年3月31日までの間に本院にて矯正前CBCT検査を行った者のうち、混合歯列であった91名(男性53名、女性38名、6～12歳、平均年齢8.8歳)のCBCT

画像より作成されたパノラミック画像およびパノラマ写真を用いた。

2) 撮像方法および撮像条件

CBCT 装置は、3Dexam+ (カボデンタルシステムズ株式会社, 東京)を用いた。撮像条件は管電圧 120kV, 管電流 5mA, FOV 16×13cm あるいは 23×17 cm, WL:600 WW:3200, 検査時の実効線量 45-164 μ Sv であり, 患者位置付けはメーカーの推奨する方法に準じ, 通法どおり行った。また CBCT 再構成パノラミック画像の作成には Invivo 5 (カボデンタルシステムズジャパン株式会社, 大阪)を用いた。パノラミック画像作成は, 本院で通常使用されている, メーカーの推奨する方法に準じた。

パノラマエックス線撮影装置は Veraview epocs (モリタ製作所, 京都) を, イメージングプレートは PlateST-VI (富士フイルムメディカル株式会社, 東京) を用いた。撮影条件はオート (自動) とし, 患者位置付けはメーカーの推奨する方法に準じ通法どおり行った。イメージングプレートの読取装置は FCR Speedia CS (富士フイルムメディカル株式会社, 東京) を用いた。

3) 評価項目および評価方法

(1) 永久歯列のCBCT再構成パノラミック画像の有用性

上下顎左右第一大臼歯および上下顎右側中切歯の計 6 歯を評価対象とした。第一大臼歯が欠損している場合には第二大臼歯を, 右側中切歯が欠損している場合には左側中切歯を各々用いて評価を行い, 共に欠損している場合にはその歯の評価を行わなか

った。対象歯それぞれにつき、歯冠、歯槽頂、根尖部、歯髓腔、歯根膜腔の5部位の解剖学的構造物について評価を行った。

計30項目の解剖学的構造物の各々に、高精細モニター上で肉眼的に5段階評価を行い、数値化した。評価基準は、5.構造全てがはっきりとわかる 4.構造がはっきりとわかる 3.画像診断を行うのに許容できる程度構造がわかる 2.構造があることは把握できるが不鮮明である 1.構造の存在が把握できないとした。評価は臨床経験5年以上の3名の歯科放射線科認定医が個別に行い、評価が異なる場合は合意をもって1つの評価とした。統計解析はMann-WhitneyのU検定を用い、有意水準は0.05とした。解析にはIBM SPSS Statistics ver. 20を用いた。

(2) 混合歯列のCBCT再構成パノラミック画像の有用性

上下顎左右第一大臼歯、上下顎右側中切歯および上下顎左右第二小臼歯歯胚の計10歯を評価対象とした。上下顎左右第一大臼歯、上下顎右側中切歯対象歯について、対象歯が未萌出、あるいは欠如している場合にはその歯の評価を行わなかった。対象歯それぞれにつき、歯冠、歯槽頂、根尖部、歯髓腔、歯根膜腔の5部位の解剖学的構造物について評価を行った。上下顎左右第二小臼歯歯胚について、対象歯が萌出、あるいは欠如している場合にはその歯の評価を行わなかった。歯根については歯根長が画像上で歯冠長と同程度以上石灰化していない場合は評価を行わなかった。対象歯それぞれにつき、歯冠および歯根の2部位の解剖学的構造物について評価を行った。

計 38 項目の解剖学的構造の各々に、高精細モニター上で肉眼的に 5 段階評価を行い、数値化した。評価基準は、5.構造全てがはっきりとわかる 4.構造がはっきりとわかる 3.画像診断を行うのに許容できる程度構造がわかる 2.構造があることは把握できるが不鮮明である 1.構造の存在が把握できない とした。評価は 2 名の歯科放射線科専門医が個別に行い、評価が異なる場合は合意をもって 1 つの評価とした。統計解析は Mann-Whitney の U 検定を用い、有意水準は 0.05 とした。解析には IBM SPSS Statistics ver. 20 を用いた。

結 果

1) 永久歯列のCBCT再構成パノラミック画像の有用性

結果を Table 1, Figure 1 に、得られたCBCT再構成パノラミック画像の一例および同患者のパノラマ写真を Figure 2, 3 に示す。上顎は全ての部位において、歯槽頂、根尖部、歯髓腔の項目でCBCT再構成パノラミック画像が有意に高い評価となり、歯冠はCBCT再構成パノラミック画像が有意に低い評価となった。歯根膜腔については中切歯ではパノラミック画像が有意に高い評価となったが、左右臼歯部は有意差がみられなかった。

また下顎は、下顎前歯部の歯冠部、歯槽頂、根尖部の項目はCBCT再構成パノラミック画像の方が有意に高い評価となったが、歯根膜腔、歯髓腔は有意差がみられなかった。一方で左右大白歯について、右側根尖部はCBCT再構成パノラミック画像のほうが有意に高い評価となったが、歯冠は左右ともCBCT再構成パノラミック画像の方が有意に低

いという評価となりその他の部位では有意差はみられなかった。

2) 混合歯列の CBCT 再構成パノラミック画像の有用性

結果を Table 2, Figure 4 に、得られた CBCT 再構成パノラミック画像および同一患者のパノラマ写真の一例を Figure 5, 6 に示す。

上顎左右第一大臼歯はすべての部位で CBCT 再構成パノラミック画像のほうが高い評価となり、中でも歯槽頂、根尖部、歯髓腔、歯根膜腔については有意に高い評価となった。

また上顎右側中切歯は根尖部、歯髓腔、歯根膜腔について CBCT 再構成パノラミック画像のほうが高い評価となり、根尖部、歯髓腔は有意に高い評価となった。歯冠部、歯槽頂の評価は差がみられなかった。

下顎左右第一大臼歯は右側の歯髓腔について CBCT 再構成パノラミック画像のほうがやや高い評価となったが、有意差はみられなかった。歯冠部、歯槽頂、根尖部および左の歯髓腔については従来のパノラマ写真と CBCT 再構成パノラミック画像の間に差はみられなかった。歯根膜腔は従来のパノラマ写真の方がやや高い評価となったが有意差はみられなかった。

下顎右側中切歯は歯冠部、歯槽頂、根尖部、歯髓腔について CBCT 再構成パノラミック画像が有意に高い評価となった。歯根膜腔はパノラマ写真とパノラミック画像の間に差はみられなかった。

上顎第二小臼歯歯胚はすべての部位で CBCT 再構成パノラミック画像が有意に高い評価

となった。一方で下顎第二小臼歯歯胚は左側の歯根部は CBCT 再構成パノラミック画像が、右側の歯冠部はパノラマ写真がそれぞれやや高い評価となったが、有意差はみられなかった。左側の歯冠部および右側の歯根部はパノラマ写真と CBCT 再構成パノラミック画像の評価に差はみられなかった。

考 察

CBCT 再構成パノラミック画像は障害陰影の影響を受けず、永久歯列、混合歯列どちらの時期においてもパノラマ写真と同等以上の有用な画像が得られた。

1) 永久歯列の歯と歯周組織の評価

歯根および周囲組織の構造について、上顎臼歯部および下顎前歯部において CBCT 再構成パノラミック画像は従来のパノラマ写真と同程度から有意に高い評価となったが、下顎臼歯においては右側根尖部以外には有意差がみられなかった。これは CBCT 再構成パノラミック画像では歯列弓に沿って画像を再構成しパノラマ写真様の画像を作成するため、従来のパノラマ写真で描画される含気空洞や頸椎等の障害陰影は描画されない。このため頸椎の障害陰影の影響を受ける上下顎前歯部や、硬口蓋や含気空洞の障害陰影の影響を受ける上顎臼歯部においては同程度から有意に高い評価となったと考えられる。一方下顎臼歯においては従来のパノラマ写真においても障害陰影の影響を受けにくい部位のため有意に高い評価とはならなかったが、同程度の評価となったと考えられる。根尖部に左右差がみ

られた点についてはパノラマ写真の値に左右差はほぼなく CBCT 再構成パノラミック画像の値が影響したと考えられるが、これは、CBCT 再構成パノラミック画像は上下の歯列をまとめて再構成するが、上顎骨よりも下顎骨の左右差の方が大きいため、下顎の根先部に小さな左右差が生じた結果である可能性があるが^{15,16)}、症例数が少ないため、ばらつきによるものとも考えられる。しかしながらいずれにせよ従来のパノラマ写真と同程度以上である。

また歯冠部については下顎前歯部以外の部位で有意に低い評価となったが、これは金属アーチファクトの影響を受けたためと考えられる。パノラミック画像は CBCT 画像を再構成したものであり、CBCT 画像上で強いアーチファクトが発生している場合にはこの影響を受けやすいことが推測される。CBCT の金属アーチファクトは水平方向に発生するため¹⁷⁾、口腔内金属が多くみられる歯冠部周囲に横方向に発生したと考えられる。特に今回は脳ドック検診を受けられた方を対象としたため平均年齢は 60 歳代という日本の平均年齢よりやや高い値となった¹⁸⁾。平成 23 年歯科疾患実態調査によると日本人の処置歯を持つ割合は 60 歳代をピークにいわゆる山型分布となっており¹⁹⁾、また日本の保険治療で金属を用いて処置を行っていることを考慮すると、今回の対象患者は日本人の平均より多くの口腔内金属を有しており、パノラミック画像が金属アーチファクトの影響を強く受けた可能性がある。

また下顎前歯部においては歯冠部も有意に高い評価となったが、これは前述の頸椎の障

害陰影の影響に加え、前歯部の断層域が狭いことが影響していると考えられる。当科で使用しているパノラマエックス線装置は上顎の犬歯で断層域を設定するため下顎前歯部は断層域からやや外れてしまう場合もある。しかしながら CBCT 再構成パノラミック画像は再構成により作成されるため、範囲内に歯が入るよう確認をしながら再構成することが可能であり、従来のパノラマ写真より有意に評価の高い歯冠の画像が得られたと推測される。

本院で使用している CBCT は撮影時に咬合平面を床と平行に撮影しており、その画像を再構成したパノラミック画像も従来のパノラマ写真と異なり歯列が床と平行な画像となっている。しかしながら今回の結果からはこれら撮影方法の違いによる歯および歯周組織の画像への影響は示唆されなかった。

2) 混合歯列の歯と歯周組織の評価

上顎左右第一大臼歯部は歯槽頂、根尖部、歯髓腔、歯根膜腔について CBCT 再構成パノラミック画像が有意に高い評価となった。これは従来のパノラマ写真は上顎歯根と重複する形で硬口蓋等の障害陰影が発生するが、パノラミック画像は歯列弓に沿って再構成するため障害陰影は発生せず同部位の解剖構造を明瞭に観察することが出来るため、有意に高い結果となったと考えられた。また上顎前歯部の根尖部、歯髓腔においても CBCT 再構成パノラミック画像が有意に高い評価となった点も同様パノラマ写真特有の障害陰影がないためと考えられた。前歯で歯槽骨や歯根膜腔に有意差がみられなかった点については、本検査は矯正前の検査であるため、上顎前突等歯列不正の影響によりパノラマ写真、CBCT 再構成

パノラミック画像ともに不明瞭になったためとも考えられた。しかしながら有意差はなく、同程度には評価可能と考えられる。

下顎右側中切歯は歯冠部、歯槽頂、根尖部、歯髓腔について CBCT 再構成パノラミック画像が有意に高い評価となった。これは従来のパノラマ写真では頸椎の障害陰影が発生するがパノラミック画像では発生しないため、同部位の解剖構造を明瞭に観察することが出来るためと考えられた。一方下顎左右第一大臼歯は有意差がみられなかったが、下顎臼歯相当部と重複する障害陰影がなく、従来のパノラマ写真でも解剖構造が明瞭に観察できたことによると考えられた。右側の歯髓腔はやや高い評価となったが有意差はなく、誤差の範囲と考える。下顎の歯根膜腔は、中切歯、大臼歯ともに従来のパノラマ写真では接線効果によってより明瞭に描出されるため、パノラマ写真と同等かパノラマ写真の方が高い評価となったと推測されるが、明らかな有意差はみられず CBCT 再構成パノラミック画像、パノラマ写真とも同等程度には評価可能であると推測された。

これらの結果は永久歯列の結果と同様であるが、今回の報告により成人とは顎骨形態が異なり、また成長時期によりさまざまな形態を呈する混合歯列においても²⁰⁾、従来のパノラマ写真より CBCT 再構成パノラミック画像は有用であることが示された。

また永久歯列の結果では上下とも歯冠部において CBCT 再構成パノラミック画像が有意に低い結果となっていたが、今回の結果では歯冠部に有意差はみられなかった。これは混合歯列を対象としたことで歯冠部に補綴装置等の金属が少なかったことが影響していると

考えられた。しかしながら矯正装置等を使用中の症例においては、アーチファクトにより歯冠部が不鮮明となっていた。このことから、矯正治療中など口腔内に多くの金属が存在する症例においては、従来のパノラマエックス線検査の併用も検討する必要があると推奨された。

3) 歯胚の評価

今回歯胚の評価に第二小臼歯歯胚を用いた。これは第二小臼歯歯胚の萌出時期が最も遅く、混合歯列期において最も観察できる可能性が高い歯胚であるためである。

上顎左右第二小臼歯歯胚は歯冠部、歯根部ともに CBCT 再構成パノラミック画像が有意に高い結果となった。これは上顎大臼歯歯根に近い位置にある歯胚のため、同歯根に有意差がみられた理由と同様、硬口蓋の障害陰影の影響により有意差が生じたと考えられた。

下顎左右第二小臼歯歯胚は有意差がみられなかったが、これも下顎大臼歯と同様の理由によるものと考えられた。今回の結果は、CBCT 再構成パノラミック画像は歯胚についても従来のパノラマ写真と同等からより明瞭に観察出来るため、有用であることが示唆された。

歯胚の有無や位置は矯正治療を含めた治療計画に影響を与えるため²¹⁾、より明瞭に観察できることは有益であると考えられた。

4) CBCT 再構成パノラミック画像の活用

これらのことより CBCT 再構成パノラミック画像は永久歯列、混合歯列どちらの時期においても、前歯部、臼歯部、歯胚ともにパノラマ写真と同等以上の有用な画像であり、1)

パノラマ写真でみられる障害陰影（頸椎の陰影，含気空洞等）がみられない，2）やや強い金属のアーチファクトが横方向にみられる，3）咬合平面を床に平行にした位置で撮影されている，という特徴があることがわかった．

また，今回作成したパノラミック画像は，再構成の曲線の中心を歯の中心を結んだ線とし，断層幅はパノラマ写真の臼歯部と同等である 1.5 cm 程度で作成している．このためパノラミック画像は従来のパノラマ写真と比較してより歯列に沿った画像の作成を行うことが出来，また作成された画像をみながら画像を修正する事が可能である．このためパノラミック画像は，パノラマ写真と比較して歯列不正の患者でもより歯列に沿った画像を作成出来ると推測される．

CBCT 再構成パノラミック画像は従来のパノラマ写真と同等以上の有用な画像を持つが，金属の影響を受けやすいことが示唆された．このため，口腔内に多数の金属がない場合には CBCT 再構成パノラミック画像はパノラマ写真の代わりになりえることが推測される．特に口腔内金属が少なく，且つ被曝感受性の高い小児や若年者では積極的に CBCT 再構成パノラミック画像を用いる必要があると考える．CBCT 再構成のセファログラム画像が従来のセファログラム画像と同等以上の有用な画像である事は既に報告されており^{9,10}，今回の結果も加味すると，矯正前の検査として従来の複数枚の単純撮影と CBCT 検査を併用するより，CBCT 検査のみを行い再構成により各種画像を作成するほうが被曝の低減につながるため，パノラミック画像を含めた再構成画像の使用が重要であることが示唆された．

一方で多数の口腔内金属がみられる場合、金属アーチファクトにより歯冠部の観察は困難となる。このような場合は現時点では従来のパノラマエックス線検査の併用も検討する必要がある。しかしながら近年 CT における金属アーチファクトの低減の報告は散見され²²⁻²³⁾、この技術を CBCT に応用することで金属冠の影響を低減することは可能であり、金属アーチファクトの低減された CBCT で作成されたパノラミック画像は、従来のパノラマ写真と同程度以上の画像となることが期待できる。

また今回の報告では主に歯および歯周組織に着目をして評価を行ったが、画像全体の評価は Kusnoto らによるとパノラミック画像の方がより高い評価であると報告されている²⁴⁾。今回の画像も主観的に観察するとパノラミック画像の方が鮮明であると考えられるため、例えば顎関節等今回評価を行わなかった構造物についても評価を行うことで、パノラミック画像がより高い評価を得ることも期待できる。

CBCT 装置の進歩により被曝量は著しく低減しており、CBCT 検査 1 回の被曝量が 2 方向のセファログラム検査とパノラマエックス線検査を合計した被曝量の報告と同等以下の装置や、パノラマ 1 枚分程度の実効線量で撮影できる装置も開発された²⁵⁻²⁷⁾。今後 CBCT の進歩によって、パノラマエックス線検査に代えて CBCT 検査のみを用いる可能性も期待される。

結 語

CBCT 再構成パノラミック画像は永久歯列、混合歯列において従来のパノラマ写真と同
等以上に有用な画像検査であるが、金属アーチファクトの影響を受けやすいことが示唆さ
れた。

謝 辞

稿を終えるにあたり、本研究において終始懇切な御指導と御校閲の労を賜りました本学
放射線学教室 金田 隆教授に深甚な感謝の意を捧げます。

また、本研究にご協力頂きました本学放射線教室各位に厚く御礼申し上げます。

文 献

1. Paatero, YV. A new tomographical method for radiographing curved outersurfaces. *Acta radiol.* 1949, 32.2-3: 177-184.
2. Arai Y, Tammissalo E, Iwai K, Hashimoto K, Shinoda K. Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use. *Dentomaxillofac Radiol.* 1999, 28.4: 245.
3. 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.* 1998;8.9 1558-1564.
4. Benavides E, Rios HF, Ganz SD, An CH, Resnik R, Reardon GT, Feldman SJ, Mah JK, Hatcher D, Kim MJ, Sohn DS, Palti A, Perel ML, Judy KW, Misch CE, Wang HL. Use of cone beam computed tomography in implant dentistry: the International Congress of Oral Implantologists consensus report. *Implant Dent.* 2012;21.2:78-86.
5. Flygare L, Ohman A. Preoperative imaging procedures for lower wisdom teeth removal. *Clin Oral Investig.* 2008;12.4:291-302
6. Garcia de Paula-Silva FW, Hassan B, Bezerra da Silva LA, Leonardo MR, Wu MK..Outcome of root canal treatment in dogs determined by periapical radiography and cone-beam computed tomography scans. *J Endod.* 2009;35.5:723-726.

7. Honey OB, Scarfe WC, Hilgers MJ, Klueber K, Silveira AM, Haskell BS, Farman AG. Accuracy of cone-beam computed tomography imaging of the temporomandibular joint: comparisons with panoramic radiology and linear tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;132.4:429-438.
8. 川俣明敏, 藤下昌巳. 三次元 CT 画像パノラマ展開法. *歯科放射線.* 1998; 38 (3): 193-198.
9. Kumar V, Ludlow JB, Mol A, Cevidanes L. Comparison of conventional and cone beam CT synthesized cephalograms. *Dentomaxillofac Radiol.* 2007, 36.5: 263-269.
10. Navarro Rde L, Oltramari-Navarro PV, Fernandes TM, Oliveira GF, Conti AC, Almeida MR, Almeida RR. Comparison of manual, digital and lateral CBCT cephalometric analyses. *J Appl Oral Sci.* 2013;21.2:167-176
11. Liu DG, Zhang WL, Zhang ZY, Wu YT, Ma XC. Three-dimensional evaluations of supernumerary teeth using cone-beam computed tomography for 487 cases. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007, 103.3: 403-411.
12. Katheria BC, Kau CH, Tate R, Chen JW, English J, Bouquot J. Effectiveness of impacted and supernumerary tooth diagnosis from traditional radiography versus cone beam computed tomography. *Pediatr Dent.* 2010, 32.4: 304-309
13. Agrawal JM, Agrawal MS, Nanjannawar LG, Parushetti AD. CBCT in orthodontics: the wave of future. *J Contemp Dent Pract.* 2013, 14.1: 153-7

14. Machado GL. CBCT imaging - A boon to orthodontics. *Saudi Dent J.* 2015, 27.1: 12-21.
15. 谷 政澄, 池谷 正昭, 渡辺 正敏, 須田 聡, 藤村 長久, 宮沢 正純, 名倉 英明, 榎本 昭二. 正貌 X 線規格写真による顔面非対称の分析. *日口外誌* 1989; 35:1749-1759.
16. Kawashima Y, Sakai O, Shosho D, Kaneda T, Gohel A. Proximity of the Mandibular Canal to Teeth and Cortical Bone. *J Endod.* 2016;42.2: 221-224.
17. Schulze R, Heil U, Gross D, Bruellmann DD, Dranischnikow E, Schwanecke U, Schoemer E. Artefacts in CBCT: a review. *Dentomaxillofac Radiol.* 2011, 40: 265-273.
18. 総務省統計局. 平成 22 年国勢調査. 総務省. <http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2010/>, 2011.
19. 厚生労働省. 平成 23 年歯科疾患実態調査. <http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/62-23.html>, 2011.
20. 坂本敏彦, 三浦不二夫, 飯塚哲夫. (1963). 頭部エックス線規格写真法による日本人顔面頭蓋の成長に関する研究—実測長分析, 成長率分析, 実測長百分率分析成績—. *口腔病学会雑誌*, 1963, 30.3: 169-182.
21. Cral WG, Silveira MQ., Rubira-Bullen IRF., Capelozza ALA. Incidental Findings in Pretreatment and Post-Treatment Orthodontic Panoramic Radiographs. *Int J Radiol Radiat Ther.* 2018, 5.2: 00132.

22. Subhas N, Polster JM, Obuchowski NA, Primak AN, Dong FF, Herts BR, Iannotti JP. Imaging of Arthroplasties: Improved Image Quality and Lesion Detection With Iterative Metal Artifact Reduction, a New CT Metal Artifact Reduction Technique. *AJR Am J Roentgenol.* 2016, 207.2: 378-385.
23. Kotsenas AL, Michalak GJ, DeLone DR, Diehn FE, Grant K, Halaweish AF, Krauss A, Raupach R, Schmidt B, McCollough CH, Fletcher JG. CT Metal Artifact Reduction in the Spine: Can an Iterative Reconstruction Technique Improve Visualization? *AJNR Am J Neuroradiol.* 2015, 36.11: 2184-2190.
24. Kusnoto B, Kaur P, Salem A, Zhang Z, Galang-Boquiren MT, Viana G, Evans CA, Manasse R, Monahan R, BeGole E, Abood A, Han X, Sidky E, Pan X. Implementation of ultra-low-dose CBCT for routine 2D orthodontic diagnostic radiographs: Cephalometric landmark identification and image quality assessment. In: *Seminars in Orthodontics.* WB Saunders, 2015. p. 233-247.
25. Signorelli, L., Patcas, R., Peltomäki, T., Schätzle, M. Radiation dose of cone-beam computed tomography compared to conventional radiograms in orthodontics. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie*, 2016, 77.1: 9-15.
26. Feragalli B, Rampado O, Abate C, Macrì M, Festa F, Stromei F, Caputi S, Guglielmi G. Cone beam computed tomography for dental and maxillofacial imaging: technique improvement and low-dose protocols. *Radiol Med.*, 2017, 122.8: 581-588.

27. Ludlow JB, Walker C. Assessment of phantom dosimetry and image quality of i-CAT FLX cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013, 144.6: 802-817.

Table 1 : 永久歯列におけるパノラマ写真と CBCT 再構成パノラミック画像の比較

上顎右側第一大臼歯 (n=16)		上顎右側中切歯 (n=19)		上顎左側第一大臼歯 (n=15)	
	パノラマ CBCT		パノラマ CBCT		パノラマ CBCT
歯冠部	<i>3.6±1.0</i> 3.1±0.5	3.2±1.0 2.8±0.7	3.6±0.9 3.2±0.6		
歯槽頂	3.0±1.1 <i>3.8±1.0</i>	2.4±0.9 2.8±0.9	2.8±0.9 3.7±0.9		
根尖部	2.9±0.8 <i>3.5±0.7</i>	2.4±0.8 3.4±0.7	2.8±0.9 3.5±0.7		
歯髓腔	2.2±1.0 2.5±0.7	2.0±0.8 2.5±0.9	1.8±0.7 2.4±0.8		
歯根膜腔	2.5±1.0 2.5±1.0	1.9±0.9 2.4±0.9	2.3±1.2 2.4±1.0		
下顎右側第一大臼歯 (n=14)		下顎右側中切歯 (n=19)		下顎左側第一大臼歯 (n=15)	
	パノラマ CBCT		パノラマ CBCT		パノラマ CBCT
歯冠部	4.1±0.8 <i>3.5±0.8</i>	2.6±1.0 3.4±0.7	3.9±0.9 3.1±0.8		
歯槽頂	4.4±0.7 4.2±1.0	2.2±0.9 3.1±0.8	4.2±0.9 4.2±0.9		
根尖部	3.7±0.8 <i>4.1±0.7</i>	2.5±0.9 3.6±0.7	3.6±1.1 3.7±0.7		
歯髓腔	3.1±1.0 3.0±0.6	2.1±1.0 2.2±0.8	3.2±1.0 3.2±0.9		
歯根膜腔	3.2±1.0 3.0±0.9	2.1±0.9 2.4±0.8	3.2±1.2 3.1±0.9		

** Mann-Whitney U test : P<0.01 * Mann-Whitney U test : P<0.05

高い評価は斜体で示している. 永久歯列の CBCT 再構成パノラミック画像は, 従来のパノラマ写真と比較して上顎の歯根および歯周組織, 下顎前歯部において CBCT 再構成パノラミック画像の方が有意に高い評価となり, 下顎前歯部以外の歯冠部において CBCT 再構成パノラミック画像の方が有意に低い評価となった.

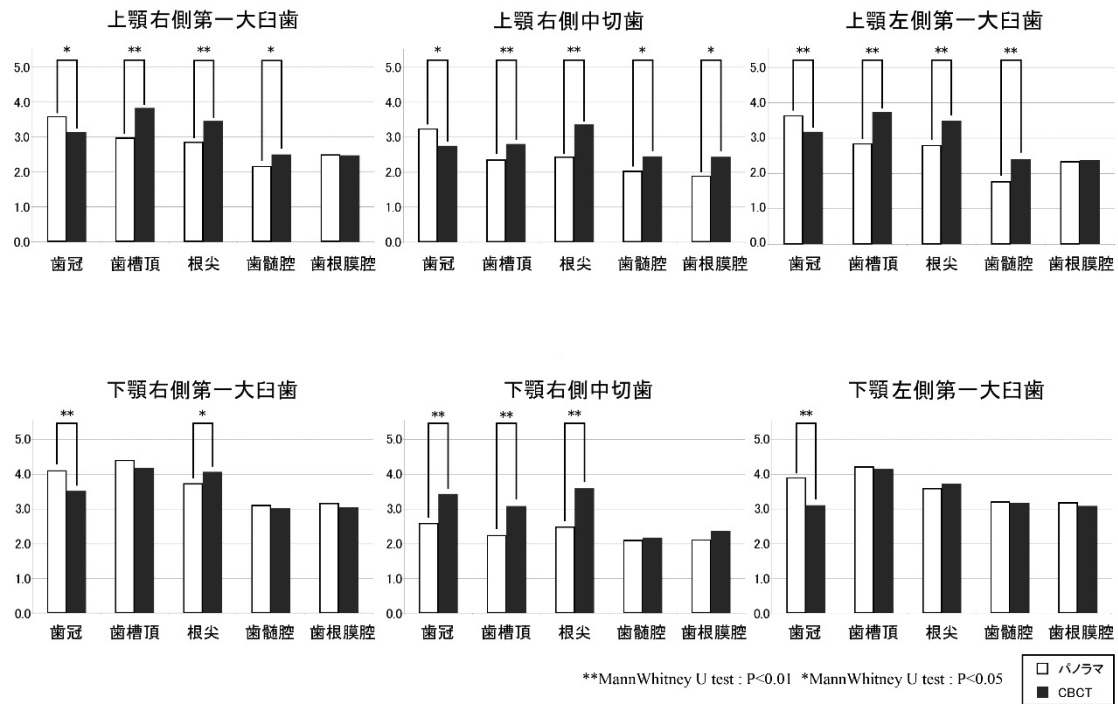
Table 2 : 混合歯列におけるパノラマ写真と CBCT 再構成パノラミック画像の比較

上顎右側第一大臼歯 (n=86)		上顎右側第二小臼歯歯胚		上顎右側中切歯 (n=86)		上顎左側第二小臼歯歯胚		上顎左側第一大臼歯 (n=87)		
パノラマ	CBCT	パノラマ	CBCT	パノラマ	CBCT	パノラマ	CBCT	パノラマ	CBCT	
歯冠部	4.8±0.6	4.9±0.5	4.3±0.7	4.7±0.5	4.0±0.8	4.0±0.8	4.3±0.8	4.7±0.5	4.8±0.6	4.9±0.5
歯槽頂	3.8±0.7	4.3±0.6	3.4±1.0	4.5±0.8	3.1±0.9	3.1±1.0	3.6±1.0	4.6±0.9	3.7±0.7	4.3±0.7
根尖部	2.8±0.7	3.6±0.9			3.0±0.8	3.2±0.9			2.7±0.8	3.7±0.9
歯髓腔	2.9±0.7	3.9±0.8			3.0±0.8	3.3±0.8			2.8±0.8	4.0±0.8
歯根膜腔	2.3±0.8	2.9±1.2			2.6±0.9	2.5±1.0			2.3±0.7	2.9±1.2
上顎右側第一大臼歯 (n=90)		上顎右側第二小臼歯歯胚		上顎右側中切歯 (n=90)		上顎左側第二小臼歯歯胚		上顎左側第一大臼歯 (n=90)		
パノラマ	CBCT	パノラマ	CBCT	パノラマ	CBCT	パノラマ	CBCT	パノラマ	CBCT	
歯冠部	4.9±0.5	4.9±0.4	5.0±0.2	4.9±0.2	3.9±0.9	4.3±0.7	5.0±0.2	5.0±0.1	4.9±0.5	4.9±0.5
歯槽頂	4.7±0.6	4.7±0.6	4.9±0.3	4.9±0.4	3.3±0.9	3.5±1.0	4.8±0.5	4.9±0.3	4.8±0.5	4.8±0.5
根尖部	4.6±0.7	4.6±0.7			3.2±1.0	3.5±0.9			4.6±0.6	4.6±0.7
歯髓腔	4.6±0.8	4.7±0.5			3.4±0.9	3.6±0.8			4.7±0.6	4.7±0.6
歯根膜腔	4.4±0.9	4.2±1.1			2.8±1.1	2.8±1.2			4.5±0.9	4.2±1.2

* Mann-Whitney U test : P<0.05

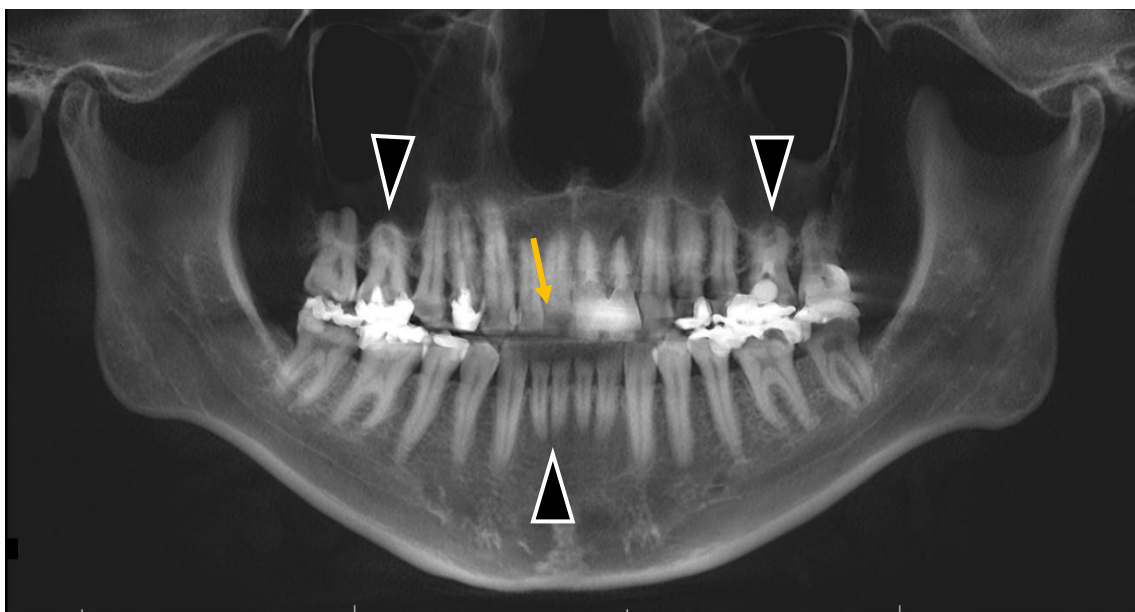
高い評価は斜体で示している. CBCT 再構成パノラミック画像は, 従来のパノラマ写真と比較して上顎の歯および歯胚, 下顎前歯部において CBCT 再構成パノラミック画像の方が有意に高い評価となり, またその他の部位においても同程度の評価となった.

Figure 1 : 永久歯列におけるパノラマ写真と CBCT 再構成パノラミック画像の比較



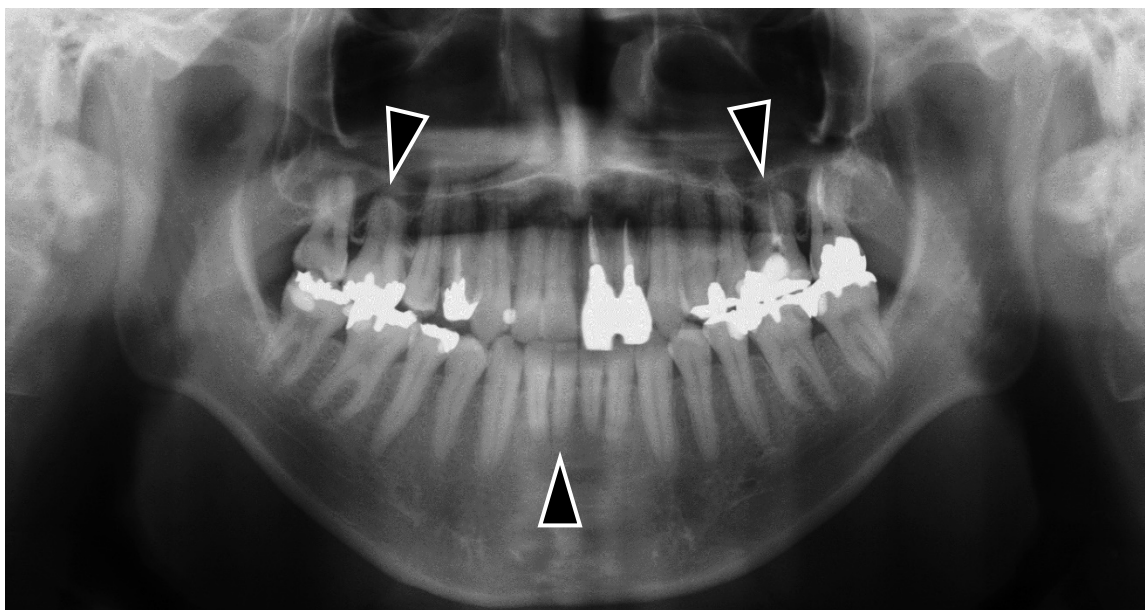
永久歯列の CBCT 再構成パノラミック画像は、従来のパノラマ写真と比較して上顎の歯根および歯周組織、下顎前歯部において CBCT 再構成パノラミック画像の方が有意に高い評価となり、下顎前歯部以外の歯冠部において CBCT 再構成パノラミック画像の方が有意に低い評価となった。

Figure 2 : 30歳代男性のCBCT再構成パノラミック画像



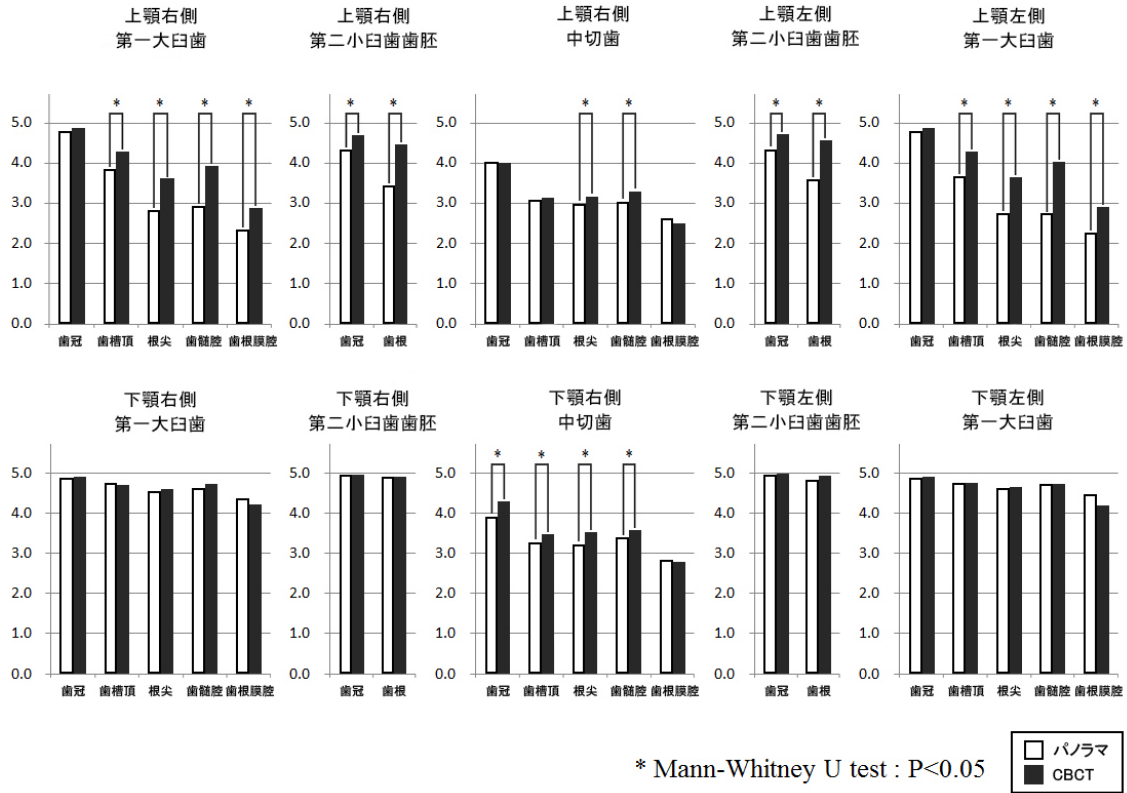
CBCT 再構成パノラミック画像は、従来のパノラマ写真ではみられる硬口蓋や頸椎等の障害陰影がみられないため、特に上顎大白歯や下顎前歯部で画像が明瞭に観察できるが、金属アーチファクトのため歯冠部はやや不明瞭である（矢印）。

Figure 3 : Figure 2 症例のパノラマ写真



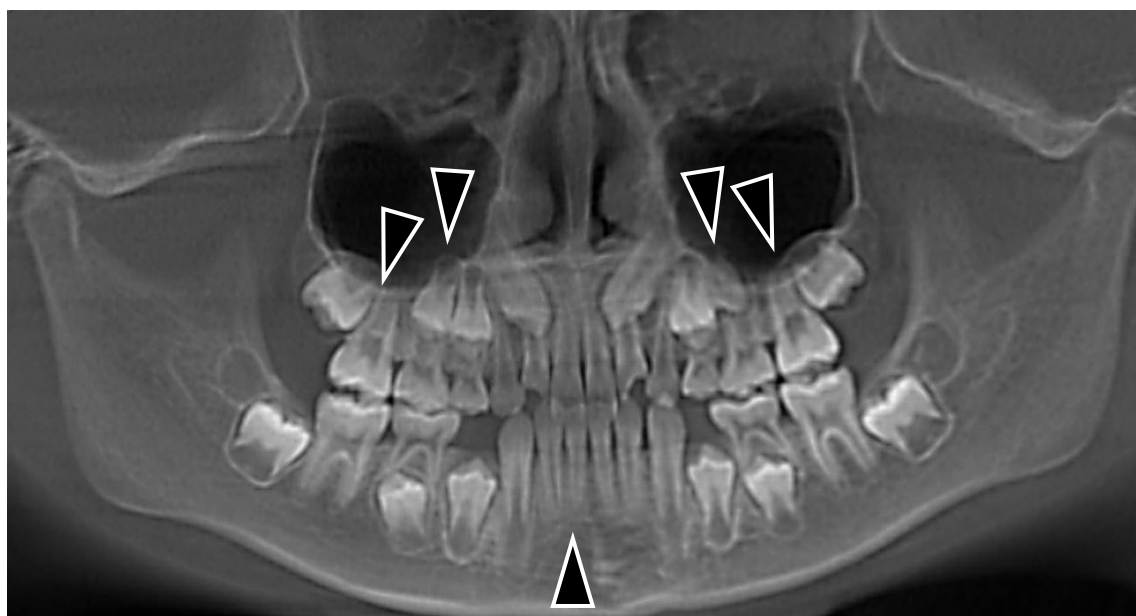
従来のパノラマ写真では硬口蓋や頸椎の障害陰影がみられるため、上顎大臼歯歯根や、下顎前歯部が不鮮明である（矢頭）

Figure 4 : 混合歯列におけるパノラマ写真と CBCT 再構成パノラミック画像の比較



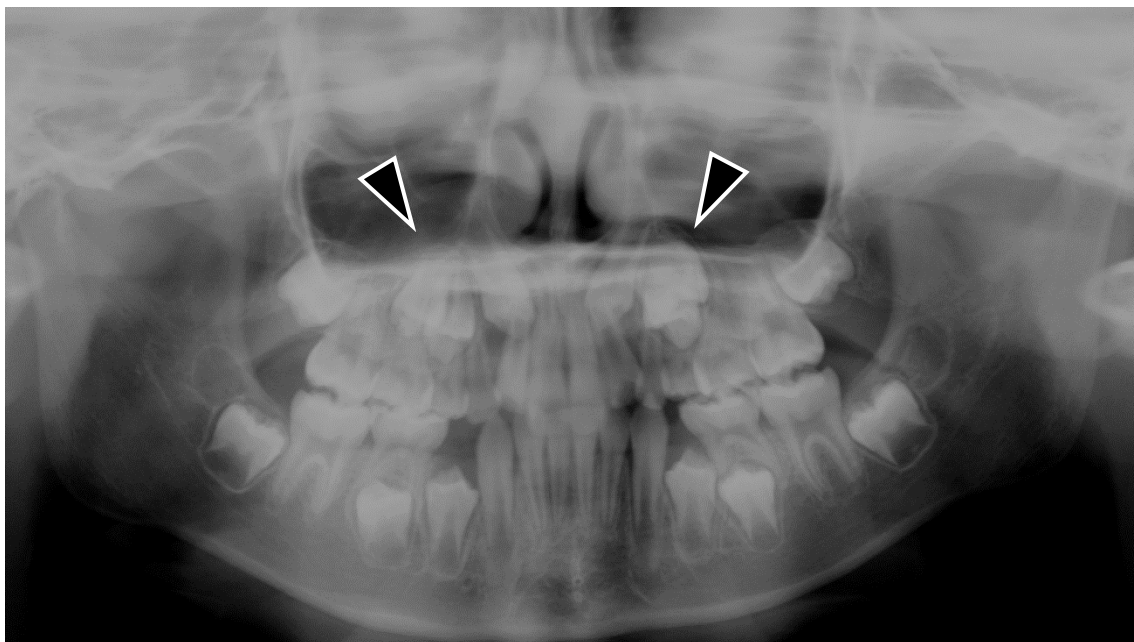
CBCT 再構成パノラミック画像は、従来のパノラマ写真と比較して上顎の歯および歯胚、下顎前歯部において CBCT 再構成パノラミック画像の方が有意に高い評価となり、またその他の部位においても同程度の評価となった。

Figure 5 : 9 歳女児の CBCT 再構成パノラミック画像



CBCT 再構成パノラミック画像は、従来のパノラマ写真ではみられる硬口蓋や頸椎等の障害陰影がみられないため、特に上顎大白歯や小白歯歯胚、下顎前歯部で画像が明瞭に観察できる（矢頭）。

Figure 6 : Figure 5 症例のパノラマ写真



従来のパノラマ写真では硬口蓋や頸椎の障害陰影がみられるため、上顎大白歯歯根や、上顎小白歯歯胚、下顎前歯部が不明瞭になる場合がある。特に本症例においては上顎左右第二小白歯歯胚が不鮮明である（矢頭）。