

平成 29 年 5 月 16 日現在

機関番号：33703

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26463105

研究課題名(和文) 三次元パノラマX線装置を応用した歯根を含む口腔模型の開発

研究課題名(英文) Development of digital dental model with tooth root using three-dimensional panoramic radiography

研究代表者

北井 則行 (KITAI, Noriyuki)

朝日大学・歯学部・教授

研究者番号：20271025

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、三次元パノラマ画像と歯列模型三次元画像を用いて、歯根を含むデジタル口腔模型を作製して、歯冠および歯根の形態的特徴を評価することを目的とした。歯科レントゲン撮影用頭部ファントムを被写体として、歯列模型三次元画像、CT画像および三次元パノラマ画像を取得し、歯列模型三次元画像とCT画像とが、高精度に統合できることを明らかにした。CT画像と三次元パノラマ画像の上顎前歯歯根尖の位置を比較した結果から、三次元パノラマ画像を応用したデジタル口腔模型では、上顎前歯歯根尖について、前後的な位置では誤差が大きいものの、側方的・垂直的位置は精度よく評価できることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to obtain a digital dental model with tooth root obtained from fusion between three-dimensional panoramic radiography and dental cast images. The subject was a phantom composed from the parts of the ready-made phantom for radiographic examination training. Three-dimensional dental model images, CT and 3D panoramic images were obtained from the phantom. The CT and dental model digital data were integrated with high accuracy. Comparing the position of the root apex between the CT and 3D panoramic images, the position of the root apex was accurately evaluated in the lateral and vertical directions but inaccurately in the anteroposterior direction using the 3D panoramic radiographic images.

研究分野：歯科矯正学

キーワード：パノラマX線写真 三次元

### 1. 研究開始当初の背景

Tomosynthesis 法 (1 回の断層撮影で得られた画像を任意の裁断面を用いて再構成する技術) および三次元画像マッピングを応用した三次元パノラマ画像<sup>1,2)</sup>と歯列表面形状の三次元形態データとを統合して、歯根の形態情報を含んだ口腔模型を作製すれば、歯軸傾斜角度などを評価することができると考えられたため、本研究を着想した。パノラマ X 線写真は、矯正歯科治療前後あるいは経過観察中に日常的に撮影される検査法であり、被曝線量は比較的少なく、撮影料金が安価であるという利点があり、本方法を確立することは、矯正歯科臨床において、診断、治療計画の立案、治療の手技、予後の評価などに役立つと考えられる。すなわち、このシステムによって、患者の被曝線量を低く抑えた診断システムの発展につながる事が予想される。本研究によって、これまでパノラマ X 線装置では分析できなかった口腔顎顔面の三次元形態が把握でき、矯正歯科治療の診断および治療計画の立案がより簡便に安全に行えるようになり、患者への身体的、精神的負担の軽減に役立つと考えられた。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、(1)上下顎歯列模型から得られた三次元デジタルデータと Computed Tomography (CT) 画像から得られた三次元デジタルデータを統合して、歯根を含むデジタル口腔模型を作製すること、および(2)上顎前歯歯根の位置について、三次元パノラマ X 線画像と CT 画像とを比較し、三次元パノラマ X 線画像が上顎前歯の位置を評価するのに適しているのかどうかを明らかにすることである。

### 3. 研究の方法

人体と同等の X 線吸収率をもった軟組織等価材および硬組織等価材で構成された、市販の人工骨ファントム (歯科用 X 線頭部ファントム、京都科学、京都) を元に、歯列の印象を採得できるファントムを作製した (図 1)。



図 1 作製した人工骨ファントム

本ファントムを対象として、CT スキャナー (Somatom Emotion6, Siemens AG, Germany) を用いて、頭蓋顔面形態の三次元データ (以下、CT 画像) を取得した。撮影条件は、管電圧 130 kV、管電流 120 mA、スライス厚さ 0.63 mm、スライス間隔 0.4 mm、ピクセルサイズ 0.47 mm × 0.47 mm とした。また、同ファントムの上下顎歯列の印象を採得して口腔模型を作製し、表面形状計測装置 (3Shape R700 Scanner, 3shape, Denmark) を用いて、上下顎歯列の三次元デジタルデータ (以下、口腔模型三次元画像) を取得した。撮影誤差は 20 μm であった。さらに、同ファントムの上下顎歯列について、三次元パノラマ X 線撮影装置 (QRmaster-P, テレシステムズ、大阪) を用いて、三次元デジタルデータ (以下、三次元パノラマ画像) を取得した<sup>1,2)</sup>。人工骨ファントムの位置付けは、頭部を台座にのせ、フランクフルト平面を床面と平行に、正中矢状面を床面と垂直になるように、さらに、前歯部の位置を決定する基準線が上顎左側犬歯の尖頭を通るように頭部を固定して撮影を行った。撮影条件は、三次元パノラマ X 線撮影装置の X 線管-検出器間距離は 965 mm で、撮影条件は管電圧 80 kV、管電流 4 mA であった。

これらの 3 種類の画像データをパーソナルコンピュータ (HP Z210 SFF Workstation, Hewlett-Packard Company, San Francisco, USA) に転送した上、画像解析ソフトウェア (Body-Rugle, Medic Engineering, Japan) にて、CT 画像と口腔模型三次元画像とを統合した。統合方法は、上顎左右中切歯間中点、犬歯尖頭、第二小臼歯頬側咬頭頂および第一大臼歯近心頬側咬頭頂を基準とした (図 2)。統合方法の精度を確認するために、口蓋部に三角形の銅板を 3 枚貼付し、その頂点について、CT 画像と口腔模型三次元画像間の距離を求め、有意差があるかどうかを paired t 検定により調べた (図 3)。

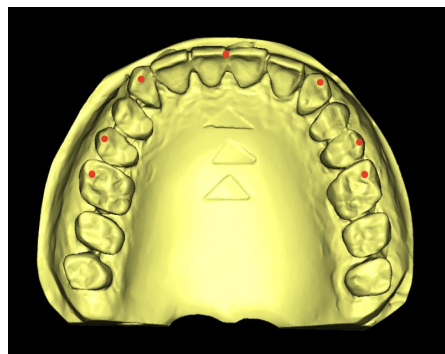


図 2 CT 画像と口腔模型三次元画像との統合に用いた点

(・(赤点)): 上顎左右中切歯間中点, 犬歯尖頭, 第二小臼歯頬側咬頭頂および第一大臼歯近心頬側咬頭頂)

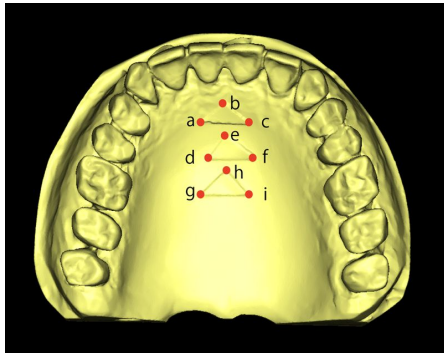


図3 統合方法の精度の確認に用いた三角形銅板の頂点

(a点, b点, c点, d点, e点, f点, g点, h点, i点: 三角形の銅板の頂点)

また、CT画像と三次元パノラマ画像を用いて、同画像解析ソフトウェアにて、以下の解析を行った。上顎左右側第一大臼歯および上顎中切歯間中点を通る平面を咬合平面、上顎中切歯間中点と正中口蓋縫合上の最深点を通り咬合平面に垂直な平面を正中矢状平面、咬合平面と正中矢状平面に垂直な平面を前頭平面とし、上顎左右側第一大臼歯間中点を原点として、X軸は左右方向、Y軸は上下方向、Z軸は前後方向として、歯列模型の左方向、上方向、前方向をプラスとした。最初に、三次元パノラマ画像とCT画像の統合を、上顎6前歯切縁の座標を基準として行った。次に、両画像の上顎6前歯歯根尖の側方的、垂直的および前後的座標について、比較検討した。なお、すべての計測について、計測は、それぞれ5回行って平均値を求めて計測値とした。

#### 4. 研究成果

CT画像と口腔模型三次元画像を高精度に統合することができた(図4)。CT画像と口腔模型三次元画像における9点間の誤差は、0.07から0.68であり、いずれの点についても有意の差が認められなかった(表1)。

これらのことから、歯根の画像情報をCTから、歯冠の画像情報を口腔模型から取得した歯根付きの歯列模型を作製できると考えられた(図5)。

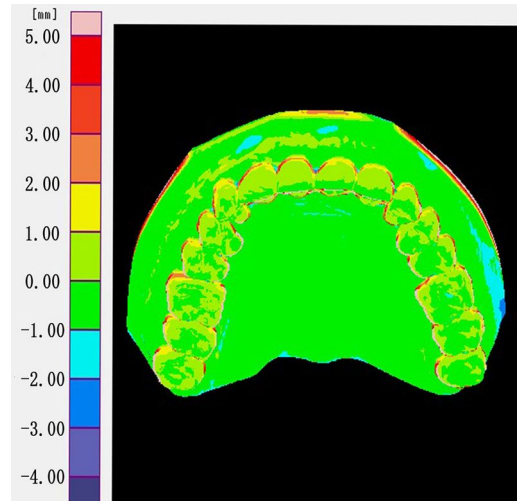


図4 CT画像と口腔模型三次元画像の一致度

(CT画像と口腔模型三次元画像を統合した後の両画像間の距離を示す)

赤色: 4.00mm ~ 5.00mm  
 朱色: 3.00mm ~ 4.00mm  
 橙色: 2.00mm ~ 3.00mm  
 黄色: 1.00mm ~ 2.00mm  
 黄緑色: 0.00mm ~ 1.00mm  
 緑色: -1.00mm ~ 0.00mm  
 水色: -2.00mm ~ -1.00mm  
 青色: -3.00mm ~ -2.00mm  
 紫色: -4.00mm ~ -3.00mm)

表1 三角形の銅板の頂点におけるCT画像と口腔模型三次元画像間距離

	CT画像と口腔模型 三次元画像間距離	p
a	0.20	0.010
b	0.24	0.010
c	0.28	0.030
d	0.25	0.010
e	0.07	0.350
f	0.68	<0.001
g	0.37	<0.001
h	0.26	0.030
i	0.31	<0.001

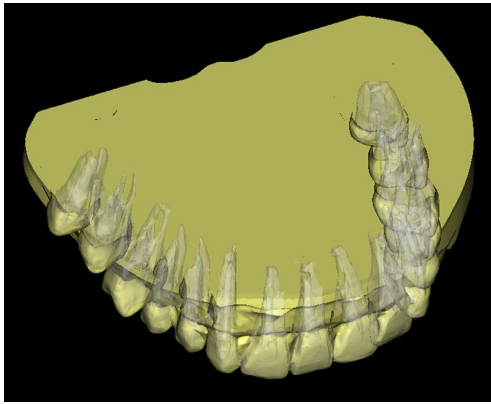


図5 CT画像と口腔模型三次元画像を統合した歯根付きのデジタル歯列模型

三次元パノラマ画像とCT画像の統合に伴う座標値の誤差は、上顎前歯切縁の側方的座標では、中切歯で左右平均0.2mm、側切歯で左右平均0.4mm、犬歯で左右平均0.2mmを示した。垂直的座標では、中切歯で左右平均0.7mm、側切歯で左右平均0.4mm、犬歯で左右平均0.1mmを示した。前後的座標では、中切歯で左右平均0.5mm、側切歯で左右平均0.1mm、犬歯で左右平均0.3mmを示した。

一方、上顎前歯歯根尖の垂直的および側方的座標について、三次元パノラマ画像とCT画像との間で、垂直的および側方的座標に大きな差は認められなかったが、前後的座標では、大きな差が認められた。すなわち、その差は、側方的座標では、中切歯で左右平均1.0mm、側切歯で左右平均1.2mm、犬歯で左右平均1.0mm、垂直的座標では、中切歯で左右平均0.9mm、側切歯で左右平均1.3mm、犬歯で左右平均1.4mmを、前後的座標では、中切歯で左右平均13.3mm、側切歯で左右平均13.9mm、犬歯で左右平均14.5mmを示した。

これらのことから、三次元パノラマ画像を応用した、歯根を含むデジタル口腔模型では、上顎前歯歯根尖について、前後的な位置では誤差が大きいものの、側方的・垂直的位置は精度よく評価できることが示唆された。

以上の結果より、CT画像と口腔模型三次元画像を高精度に統合することができ、CT画像と三次元パノラマ画像との重ね合わせから、三次元パノラマ画像で、側方的・垂直的位置は精度よく評価できることが示された。そのため、口腔模型三次元画像と三次元パノラマ画像も高精度に統合できることが示唆された。

#### <引用文献>

1. 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(1):117-26.

2. Kitai N, Murabayashi M, Sugimoto H, Fujiwara A, Tome W and Katsumata A. Accuracy and head positioning effects on measurements of anterior tooth length using 3-dimensional and conventional dental panoramic radiography. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2017, 51(3):607-615.

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔学会発表〕(計 1 件)

Kitai N, Murabayashi M, Shimizu T, Kuroyanagi F, and Katsumata A: Development of a phantom human head for the digital data acquisition of computed tomography and dental model, 92nd Congress of the European Orthodontic Society, June 11-16, 2016, Stockholm, Sweden.

#### 6. 研究組織

##### (1)研究代表者

北井 則行 (KITAI, Noriyuki)  
朝日大学・歯学部・教授  
研究者番号：20271025

##### (2)研究分担者

勝又 明敏 (KATSUMATA, Akitoshi)  
朝日大学・歯学部・教授  
研究者番号：30195143

黒柳 ふみ (KUROYANAGI, Fumi)  
朝日大学・歯学部・講師  
研究者番号：10618672

村林 学 (MURABAYASHI, Manabu)  
朝日大学・歯学部・講師  
研究者番号：50723011