

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 8 日現在

機関番号：30110

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24792248

研究課題名(和文) 経時的データの重ね合わせを可能とする顔面骨格表面形状に基づく空間基準座標系の構築

研究課題名(英文) Construction of reference coordinate system based on the facial skeleton surface shape that allows the superposition of chronological data

研究代表者

辻 祥之(Tsuji, Yoshiyuki)

北海道医療大学・歯学部・助教

研究者番号：70372878

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、顎変形症患者に対し、三次元基準座標系の構築を高い再現性で行える手法を確立することを目的とした。まず表面形状基準法により正中矢状平面の抽出を行い、これを作業平面と規定して2つの特徴点を同定した。これにより三次元基準座標系を設定することが可能となった。この三次元基準座標系はCT撮像間誤差において高い再現性を示すことから、顎変形症治療前後の形態分析に応用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 establish a novel method with high reproducibility allows the construction of reference coordinate systems, in patients with jaw deformity. First, make the extraction of the midsagittal plane by the surface based method. Then, this regulates the working plane, identified the two landmarks. It has become possible to set the reference coordinate system. The reference coordinate system is suggested to be applicable to the morphological analysis before and after the jaw deformity treatment, because it exhibits high reproducibility in intra CT imagines error.

研究分野：医歯薬学

キーワード：三次元画像診断 座標系 正中矢状面 外科シミュレーション

1. 研究開始当初の背景

顎顔面の形態分析には、従来から頭部X線規格写真(以下、セファログラム)が用いられてきた。しかしセファログラムを用いた分析では二次元投影図上での解析という限界がある。そこで最近ではX線CT画像などから三次元立体モデルを再構築し、三次元的に分析する試みが報告されるようになってきた。ここで重要となるのは、三次元空間における基準座標系である。しかし既報の大部分はこれまでセファログラムで用いられてきたランドマークを三次元モデル上に流用することでこの基準座標系を設定しており、再現性および客観性に劣っている。

これまで申請者らは、X線CT装置(以下CT)から得た顎顔面骨格情報と三次元形状計測装置(以下3Dスキャナ)から得た歯列咬合情報を融合したマルチモダリティ技術を用いた、客観的な顎矯正手術シミュレーション法を考案し、顎顔面骨格形態についての研究を行ってきた。また、三次元仮想患者モデルの顎骨形態を表す硬組織モデルと顔貌形態を表す軟組織モデルの両者に適用できる共通の「正中矢状平面設定法」を確立した。この方法が顔面非対称を含む顎変形症患者の診断と治療計画の立案に有効であることを示し、臨床応用を果たした。

そこで申請者らは、本法により設定された正中矢状平面を用いることで、高い再現性をもった空間的基準座標系を設定することが可能であると考え、三次元仮想モデルに空間的基準座標系を設定する方法を確立し、その精度検証と定量的評価を行う必要があるという考えに至った。

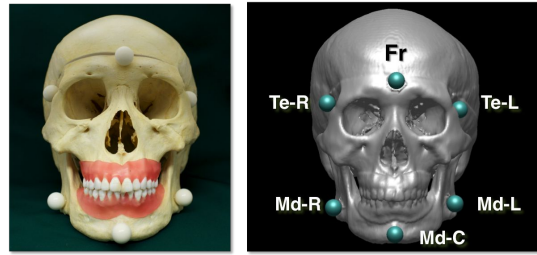
2. 研究の目的

CT画像による顎変形症患者モデル(以下、患者モデル)を用いて、定量的基準に基づいた顎顔面骨格の形態分析を行うには、高い再現性で三次元標準座標系(以下、座標系)を構築することが重要となる。これまで、われわれは患者モデルの表面形状に基づき正中矢状面(y-z平面)を設定し、これに幾何学的に解剖学的標点(以下、標点)を2点追加設定することで、座標系の構築を行ってきた(表面形状基準法)。この表面形状基準法による座標系が、治療による解剖学的変化の観察を三次元的に行う基準となり得ることを示すため、CT撮像間誤差を検討した。

3. 研究の方法

研究対象は、セラミックボールを用いた参照点を頭蓋骨に3か所、下顎骨に3か所配置した一つの乾燥頭蓋骨を使用した(図1-a)。

1) 対象をCT撮像し、骨格情報と参照点のDICOMデータを取得する。2) DICOMデータから患者モデルを生成する(図1-b)。3) 表面形状基準法により座標系を設定する。4) 標準座標系における患者モデルに配置した参照点を計測する。



a ファントムモデル b 患者モデル

図1 対象モデルと参照点

一人の検者が2)以降の操作を10回繰り返し行い、各参照点の95%棄却楕円体を求める。同一対象を再CT撮像し、上記操作を繰り返した。得られた各参照点の楕円体の体積を比較し、再現性を検討した。

以下、表面形状基準法を用いた座標系の構築方法を述べる。

(1) 正中矢状(YZ)平面の設定(図2)

骨格表面形状の片側眼窩周囲領域を任意に選択し、その複製から任意平面を基準としたミラー像を作製する。

ミラー像を反対側同領域へ位置合わせを行い、それぞれの三次元重心点を結ぶ線分を法線とし、中点を原点とする正中矢状平面を生成する。

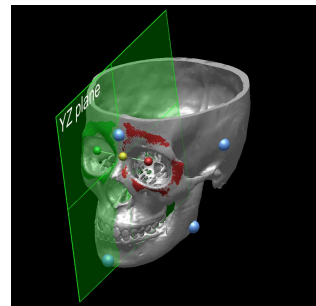


図2 正中矢状(YZ)平面の設定

(2) 標準座標系の設定(図3)

外耳道上縁点(Po)の設定

仮想空間における視点をYZ平面に対して垂直に拘束することで、この視点からの平行投影図をPoを設定するための作業平面と規定した。これにより外耳孔付近を拡大表示してPoの三次元位置を2自由度内で設定した。

XYZ直交座標系の設定

PoからYZ平面に下した垂線をX軸、X軸とYZ平面の交点を原点、X軸を通りYZ平面と直交する任意の平面をXY平面、これとYZ平面に直交する平面をXZ平面とした。XY平面上でX軸と直交する直線をY軸、X軸とY軸に直交する直線をZ軸とするローカルのXYZ直交座標系を設定した。

眼窩下縁点(Or)の設定

XZ平面に対して垂直に視点拘束し、この視点をOrを設定するための作業平面と規定した。XY平面が眼窩下縁の接面となるようにXYZ直交座標系を1自由度に制限した状態で回転させ、得られた接点をOrとした。

この位置での XY 平面をフランクフルト平面, YZ 平面を正中矢状平面, XZ 平面を前頭平面と各々規定した。

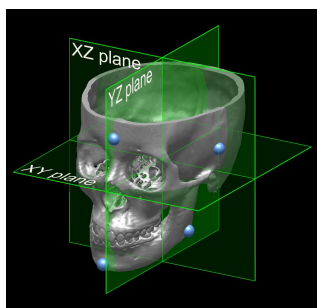


図3 標準座標系の設定

4. 研究成果

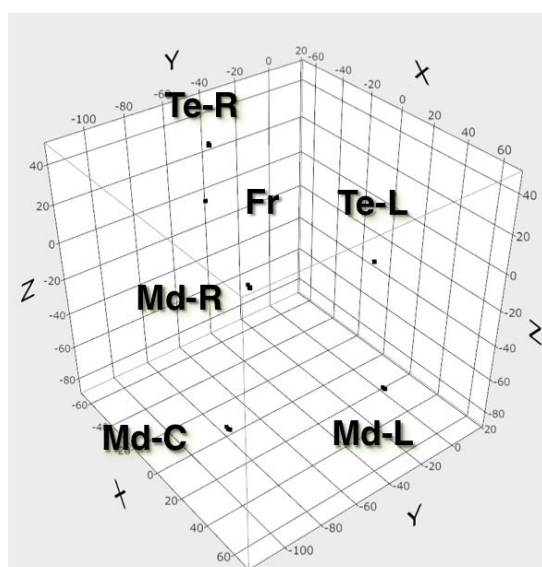
患者モデルにおける各参照点の散布図とその拡大図を示す。

本研究における CT 撮像間誤差を示す 95% 棄却楕円体の体積は, 各参照点の平均で $0.40 \text{ mm}^3 (\div 0.74^3 \text{ mm})$ であった(表 1)。

検者内誤差は, CT 撮像 1 回目 (CT1) は各参照点の平均で $0.02 \text{ mm}^3 (\div 0.27^3 \text{ mm})$, CT 撮像 2 回目 (CT2) は $0.03 \text{ mm}^3 (\div 0.31^3 \text{ mm})$ であった。CT 撮像間誤差には検者内誤差が含まれ, 本研究に用いた X 線 CT 画像の空間分解能 ($0.50 \times 0.50 \times 0.50 \text{ mm}$) を考慮すると, CT 撮像間誤差は高い再現性を示したと考えられた。

CT 撮像間誤差は, 検者内誤差に加え, CT 撮像条件, CT-DICOM データ二値化時の誤差, サーフェスモデル作成時の接点数などに依存すると考えられた。これらの問題は, 画像処理システムの向上によりさらなる精度向上が得られると考える。

本研究における表面形状基準法による座標系は, CT 撮像間誤差において高い再現性を示し, 顎変形症治療前後等の形態分析に応用できることが示唆された。



赤: CT 1 検者内誤差 (n=10)
 青: CT 2 検者内誤差 (n=10)
 水色: CT 撮像間誤差 (n=20)

図4 各参照点の散布図

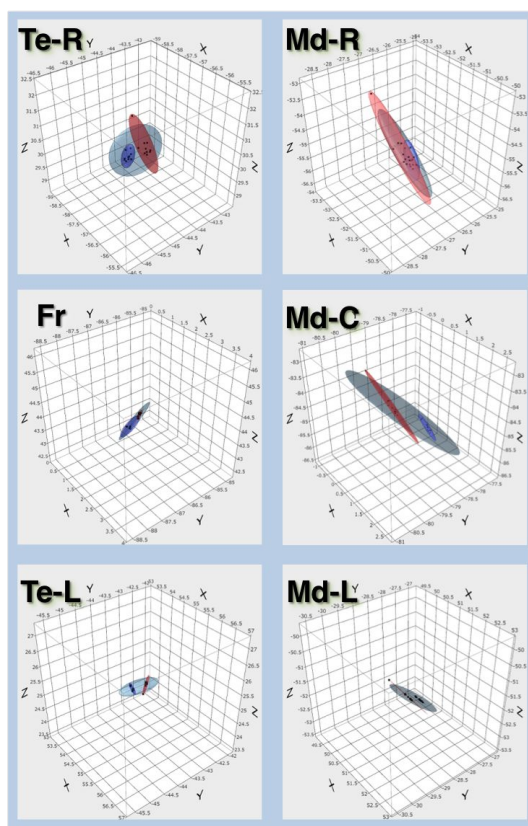


図5 各参照点の散布図 (拡大図)

表 1 95%棄却楕円体体積

参照点	1回目検者内誤差	2回目検者内誤差	CT撮像間誤差
Te-R	0.05	0.09	0.51
Fr	0.01	0.01	0.15
Te-L	0.00	0.00	0.07
Md-R	0.05	0.09	0.82
Md-C	0.01	0.01	0.78
Md-L	0.00	0.00	0.05
平均	0.02	0.03	0.40 (mm ³)

<引用文献>

I MIZOGUCHI, J UECHI, T SHIBATA, Y TSUJI, et al., THREE-DIMENSIONAL (3D) SIMULATION OF ORTHOGNATHIC SURGERY USING A MULTIMODAL IMAGE-FUSION TECHNIQUE, In silico Dentistry - the evolution of computational oral health science -, 2008, 125-128

J Uechi, et al., A novel method for the three-dimensional (3-D) simulation of orthognathic surgery using a multimodal image-fusion technique, AJODO, 130, 2006, 786-798

辻 祥之, 他: 表面形状基準法を用いた頭蓋顔面硬・軟組織の正中矢状平面の抽出とその一致度. 日顎変形誌, 22, 2012, 200-207

今野正裕, 他: 顔面非対称を伴う不正咬合症例におけるデンタルコンペーションの三次元形態分析. 日顎変形誌, 24, 2014, 37-45

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)

〔雑誌論文〕(計4件)

Uechi J, Tsuji Y, Konno M, Hayashi K, Shibata T, Nakayama E, Mizoguchi I, Generation of virtual models for planning orthognathic surgery using a modified multimodal image fusion technique ,Int J Oral Maxillofac Surg. , 査読有 , 44(4) , 2015 , 462-469 DOI:10.1016/j.ijom.2014.11.007.

今野正裕,上地 潤,辻 祥之,柴田考典,溝口 到,顔面非対称を伴う不正咬合症例におけるデンタルコンペンセーションの三次元形態分析,日顎変形誌, 査読有 , 24(1) 巻 , 2014 , 37-45 , https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjkd/24/1/24_37/_pdf

辻 祥之,上地 潤,武田成浩,今野正裕,北所弘行,溝口 到,柴田考典,表面形状基準法により抽出した顔面正中矢状平面の再現性と妥当性 CT DICOM データを用いた検討 ,北医療大歯誌, 査読有 , 31(2) 巻 , 2012 , 89-101

辻 祥之,上地 潤,北所弘行,溝口 到,柴田考典,表面形状基準法を用いた頭蓋顔面硬・軟組織の正中矢状平面の抽出と一致度,日顎変形誌, 査読有 ,22(3) 巻 , 2012 , 200-207 , https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjkd/22/3/22_200/_pdf

〔学会発表〕(計9件)

辻 祥之,上地 潤,武田成浩,今野正裕,北所弘行,溝口 到,柴田考典,CT撮像の相違による三次元標準座標系の再現性,第24回日本顎変形症学会総会,2014.6.10-11,アクロス福岡(福岡)

武田成浩,辻 祥之,北所弘行,上地 潤,今野正裕,溝口 到,柴田考典,顔面对称性に関する評価について-正面頭部 X線規格写真分析の信頼性-,第24回日本顎変形症学会総会,2014.6.10-11,アクロス福岡(福岡)

武田成浩,辻 祥之,北所弘行,上地 潤,今野正裕,溝口 到,柴田考典,下顎骨の対称性に関する三次元評価について,第23回日本顎変形症学会総会,2013.6.22-23,大阪国際会議場(大阪)

上地 潤,今野正裕,辻 祥之,柴田考典,溝口 到,顔面非対称症例における歯列と顎顔面骨格の空間的位置関係と形態学的特徴,第22回日本歯科医学会総会,2012.11.9-11,大阪国際会議場(大阪)

武田成浩,上地 潤,辻 祥之,北所弘行,今野正裕,溝口 到,柴田考典,顎変形症における下顎骨形態の対称性に関する三次元評価,第22回日本顎変形

症学会総会,2012.6.18-19,福岡国際会議場(福岡)

今野正裕,上地 潤,辻 祥之,柴田考典,溝口 到,CT撮像の相違による三次元標準座標系の再現性,第22回日本顎変形症学会総会,2012.6.18-19,福岡国際会議場(福岡)

〔図書〕(計1件)

辻 祥之,柴田考典 他,ヒョーロン・パブリッシャーズ,ベーシックテクニック顎変形症の術前歯科矯正治療のすすめ方,2012,144

6. 研究組織

(1) 研究代表者

辻 祥之(TSUJI YOSHIYUKI)
北海道医療大学・歯学部・助教
研究者番号:70372878

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし