

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月31日現在

機関番号：30110

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22792006

研究課題名（和文） 顎顔面の硬・軟両組織における三次元基準座標系設定法の確立

研究課題名（英文） Establishment of the method for reference coordinate systems in maxiofacial hard and soft tissue.

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

研究成果の概要（和文）：

本研究では、顎変形症患者に対し、硬組織および軟組織に対応する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。1、表面形状基準法を用いることで、硬組織と軟組織に近似した正中矢状平面の抽出を可能とした。2、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。これにより硬組織に対して高い再現性で基準座標系を設定することが可能となった。

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 corresponding to the hard and soft tissue, in patients with jaw deformity.

1, By using surface based method, that allows the extraction of the midsagittal planes was approximated to hard and soft tissue.

2, 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 for hard tissue with high reproducibility.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・外科系歯学

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，バーチャルリアリティ

1. 研究開始当初の背景

顎変形症患者に対する形態分析には、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患者モデル（以下、仮想患者モデル）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。顎変形症患者に対する診断、治療計画の立案および治療による解剖学的変化の観察を精緻に行うためには、より多くの生体情報を含む仮想患者モデルを用いて、客観的・定量的基準に基づいた顎顔面骨格の形態分析を行うことが望ましい。そのためには仮想患者モデルに対し高い再現性で三次元基準座標系を構築することが必要となる。しかし従来の座標系構築法では、仮想患者モデル上の解剖学的特徴点により算出する方法を用いられることが多い。これは三次元空間上で6自由度を制御しながら三次元位置を設定することが困難であることから、再現性の問題が指摘されている。また、これまで硬組織である顎骨形態および軟組織である顔面形態の両者に適用できる共通の基準系はなく、合理的な設定法が確立されていない。一方これまでにわれわれは、仮想患者モデルに対し、顎顔面骨格の表面形状から正中矢状平面を設定する方法（以下、表面形状基準法）が高い再現性を示すことを報告した。そこで本研究では表面形状基準法を用いることで、硬組織および軟組織に対応する三次元基準座標系の構築を高い再現性で行える手法が確立できると考えた。

2. 研究の目的

本研究では、三次元仮想患者モデルに対し、硬組織および軟組織に対応する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最終目標に、次の2つを目的とした。

(1)表面形状基準法を用いて顎変形症患者の顎顔面頭蓋骨格（硬組織）と顔面軟組織（軟組織）の正中矢状平面を抽出する方法を提案し、それら2つの平面間に差異が認められるかを調査した。

(2)硬組織に対する基準座標系の構築に重点を置き、表面形状基準法を応用して三次元基準座標系を構築する方法を提案し、その再現性を検者内誤差、検者間誤差で検証した。

3. 研究の方法

本研究では、顎変形症の診断を受けた患者において、術前診断でCT撮像したDICOMデータを研究対象にした。データの取得にはマルチスライスCT装置(ProSpeed FII®; GE Medical Systems)を用い、撮像条件をスライス幅1.0 mm、移動速度3.0 mm/sec、再構築間隔0.5 mm、Field of view 256×256 mmならびにmatrix 512×512と設定した。硬・軟両組織の三次元仮想患者モデルは、DICOM編集ソフトウェア(V-works4.0®, CyberMed)を用いてサーフェスレンダリングにより生成

した。

(1)本研究における表面形状基準法を以下に述べる(図1, 2)。(a)基準像の作成、(b)基準像の複製、(c)反転像の作成、(d)反転像の仮想患者モデルへの位置合わせ(Rough reg.)、(e)反転像の仮想患者モデルへの位置合わせ(Fine reg.)、(f)基準像と反転像の相対的位置関係から正中矢状平面の抽出、具体的には、基準像と左右反転像の重心点を求め、その2点を結ぶ線分 l を引く。ついで線分 l の中点 M を通り、線分 l を法線ベクトル N とする平面を算出し、これを正中矢状平面(以下、MSP)と規定した。

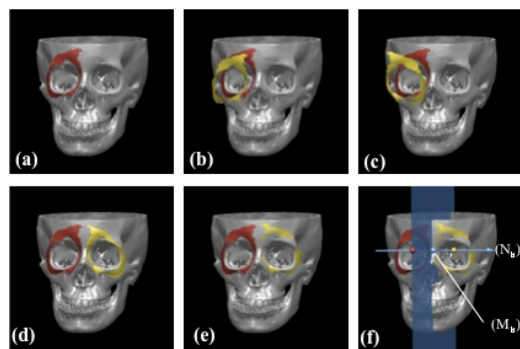


図1 表面形状基準法（硬組織モデル）

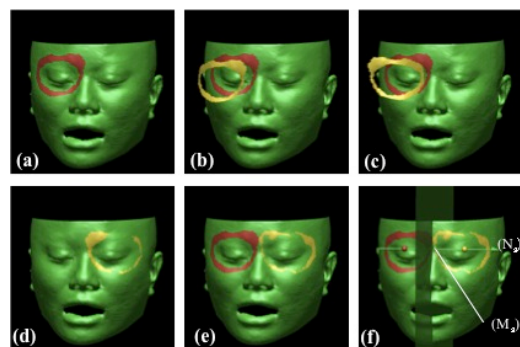


図2 表面形状基準法（軟組織モデル）

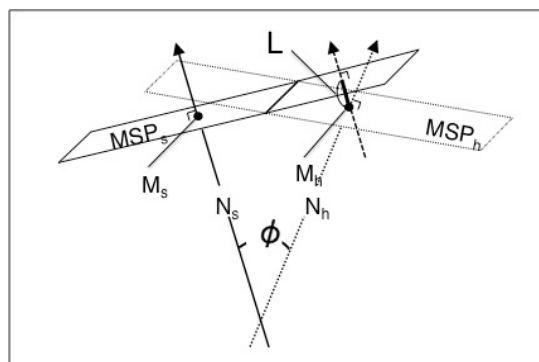


図3 二面角 ϕ と法線距離 L

対象に10の硬・軟仮想患者モデルを使用し、硬組織モデルに設定したMSPを MSP_h 、軟組織モデルに設定したMSPを MSP_s とした。

それぞれ同一仮想患者モデルごとに MSPs と MSPh を二面角 ϕ と法線距離 L の平均値と標準偏差を求めて比較した (図 3)。

(2)硬組織仮想患者モデルを使用し、表面形状基準法にて抽出した MSPh を作業平面とし、左側の外耳道上縁点(Po)と眼窩下縁点(Or)の 2 つの特徴点を二次元画像上で同定した。これにより三次元基準座標系を構築する方法を表面形状応用法として提案した (図 4)。

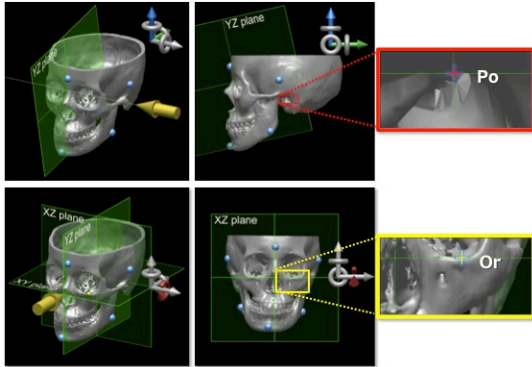


図 4 表面形状応用法

本研究では、三次元基準座標系の構築に先立ち、仮想患者モデルに参照点を 6 か所配置した (図 5-a)。その後、複製して得た計 10 の仮想患者モデルに対して表面形状応用法を用いて三次元基準座標系を設定した (図 5-b, c)。

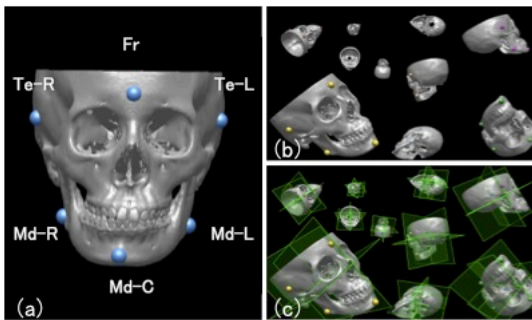


図 5 参照点と三次元基準座標系

参照点を、設定した各ローカル座標系における座標値として計測し、そのばらつきの程度から設定の再現性を評価した。以上の過程を 5 つの異なる仮想患者モデルを対象に同一検者が施行し、対象間誤差を含む検者内誤差を検証した。続いて 1 つの仮想患者モデルを対象に 10 人の検者が 1 回ずつ座標系を構築し、検者間誤差を検証した。

4. 研究成果

(1)平均値と標準偏差は、二面角 ϕ は、 $0.532 \pm 0.226^\circ$ 、法線距離 L は、 0.169 ± 0.139 mm

であった。

表 1 硬・軟組織の正中矢状平面の差異

Case	ϕ (deg.)	L (mm)
1	0.674	0.114
2	0.701	0.259
3	0.520	0.419
4	0.790	0.217
5	0.613	0.034
6	0.129	0.080
7	0.287	0.062
8	0.715	0.367
9	0.265	0.054
10	0.625	0.081
mean	0.532	0.169
SD	0.226	0.139

ϕ : Dihedral angle between MSP_h and MSP_s
L: Vertical distance from M_h to MSP_s
SD: standard deviation

本研究の二面角 0.532° を法線距離に換算すると、二平面の交線から約 54 mm の位置で 0.5 mm の法線距離となる。これは本研究における空間分解能 0.50 mm と比較しても決して大きな値ではない。一方、MSPh と MSPs の法線距離は 0.169 ± 0.139 mm であった。これは、本研究における X 線 CT 画像の空間分解能 0.50 mm よりもはるかに小さかった。

(2)表面形状応用法の対象間誤差を含む検者内誤差：仮想患者モデルに設定した各参照点における座標値の分散は、最小で 0.01 mm 以下、最大でも 0.20 mm であった (図 6)。

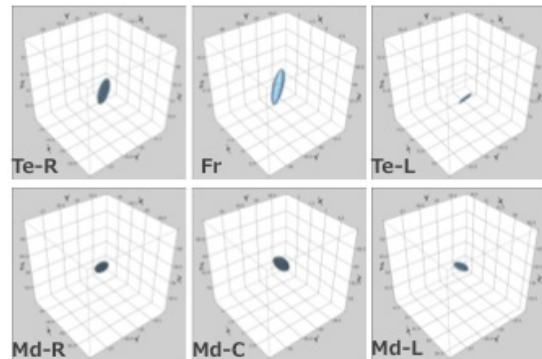


図 6 95%棄却楕円体 (検者内誤差)

表面形状応用法の検者間誤差：仮想骨格モデルに設定した各参照点における座標値の誤差は、95%信頼限界において平均 0.22 mm、左右(x)方向の最大幅は、Md-C の 0.33 mm、前後(y)方向の最大幅は Te-R で 0.48 mm、上下(z)方向の最大幅は Te-R で 0.35 mm であった (図 7)。

一般に三次元 6 自由度を制御しながら高い再現性で基準点を指定することは困難である。そのため基準点の設定操作を二次元に拘束する作業平面が必要であると考えた。本研究では表面形状基準法で YZ 平面を規定した後、これを作業平面として 2 つの特徴点を設定した。これにより特徴点の同定操作に用

いるパラメータが2または1自由度に限定され、高い再現性で基準座標系を設定することが可能となった。

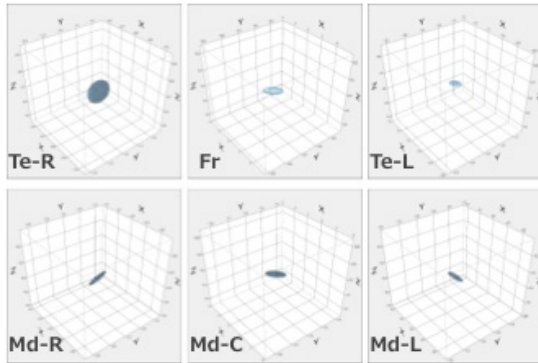


図7 95%棄却楕円体（検者間誤差）

今後の研究課題

本研究では硬組織に対する基準座標系の構築にとどまったが、硬組織と軟組織に共通の基準座標系を設定する必要がある。硬・軟組織に共通の正中矢状平面は抽出可能であることから、これを作業平面とする表面形状応用法が利用できると考える。今後は軟組織モデル上において、外耳道上縁点と眼窩下縁点から決定された基準座標系の再現性と、硬組織基準座標系との一致度を検討する必要がある。

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2件）

- ① 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巻、2012、in press
- ② 上地 潤、辻 祥之、水上和博、林 一夫、柴田考典、中山英二、溝口 到、コンピュータ支援診断・手術（CAD/CAS）のための仮想患者モデルの生成：-画像位置合わせの検証-、北医療大歯誌、査読有、29巻、2010、73-81

〔学会発表〕（計9件）

- ① 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、頭部三次元標準座標系の設定における検者間誤差について、第21回日本顎変形症学会総会、2011.6.16-17、東京
- ② 辻 祥之、上地 潤、武田成浩、北所弘行、柴田考典、有末 眞、顎顔面骨格の形態分析のための三次元標準座標系の

構築、第55回日本口腔外科学会総会、2010.10.16-18、幕張

- ③ 上地 潤、辻 祥之、今野正裕、柴田考典、溝口 到、顎顔面骨格の形態分析における新しい空間的基準座標系の構築、第69回日本矯正歯科学会大会、2010.9.27-29、横浜
- ④ 辻 祥之、上地 潤、武田成浩、北所弘行、溝口 到、柴田考典、顎顔面骨格の表面形状に基づく空間的基準座標系の設定、第20回日本顎変形症学会総会、2010.6.15-16、札幌

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

