

平成 22 年 5 月 17 日現在

研究種目：若手研究 (B)
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19791570
 研究課題名 (和文) 統一モデリング言語による顎顔面非対称症例の客観的表記方法の開発とその臨床応用
 研究課題名 (英文) Definition and clinical application of craniofacial asymmetry cases using Unified Modeling Language (UML)
 研究代表者
 越知 佳奈子 (OCHI KANAKO)
 新潟大学・医歯学総合病院・医員
 研究者番号：60397122

研究成果の概要 (和文) : 画像認知工学の手法を応用し、解剖学的指標点の変位に影響されない歯列模型分析システムを開発した。これにより頭蓋と独立した座標系において、上下顎骨の客観的形態評価が可能になった。また、得られたパラメータを用いて顎顔面形態を表現するために、UML に準じた顎顔面形態の表記法を試作した。開発したシステムと客観的パラメータに配慮した UML モデリングを協調させることにより、臨床的なデータベースが構築できる可能性が示唆された。

研究成果の概要 (英文) : A new system for analyzing dentoalveolar morphology of skeletal asymmetry cases was developed. Defining the 3D coordinate system properly and objectively, this system made possible a practical evaluation of the dentoalveolar compensations on facial asymmetry cases. Furthermore, Unified Modeling Language (UML) based craniofacial modeling was defined preliminarily using the parameters from this system. Our new 3D measurement system and the UML modeling provide clinical efficiency for accurate diagnoses.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	2,000,000	0	2,000,000
2008 年度	600,000	180,000	780,000
2009 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	360,000	3,560,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・矯正・小児系歯学

キーワード：歯学, 臨床, 歯科矯正学, 顎顔面非対称, 統一モデリング言語

1. 研究開始当初の背景

顎顔面非対称症例は、顎顔面の構成要素である頭蓋、顎骨、歯槽部、歯列の相対的な三

次元的位置関係のずれ、あるいは構成要素単独の三次元的変形によって生じている。したがって、顔面非対称症例において良好な治療

結果を得るためには、診断時における顎顔面形態の正確な三次元的評価が必要不可欠となり、近年、外科的矯正治療を施行する大学病院等では CT や MRI などの断層撮影だけでなく、非接触型の三次元形状計測装置を併用し、より詳細な診査を行うようになってきている。

しかしながら、これら高性能な計測機器を用いた三次元的形態計測が可能になっている一方で、個々の症例の形態的多様性に加えて、三次元的な診査結果を客観的に表記する分類法や診断名が確立されていないため、臨床の間では旧来からの診断名や分類法が用いられている場合が多い。特に、従来から存在する頭部 X 線規格写真をベースとした分類法や分析法は、臨床医のコンセンサスが得られやすい一方で、二次元的分析法の限界により断層撮影や 3D スキャナーで明確化される形態的特徴の立体的表現が不可能であるため、分類名や診断名が治療方法に直結しておらず、収集された三次元情報が有効に活用されているとは言い難い状況にある。

一方、工学的分野には事象の各構成要素をオブジェクトとして捉え、オブジェクトの特徴を属性 (Property) として設定し、オブジェクト群の構造や関連をパターンとしてまとめ、そのパターンに適切な名称 (Signature) を与えるデザインパターンという手法が存在する。代表者はこれまで臨床に従事するとともに、歯の移動のメカニズムの組織学的な検索や、下顎骨偏位を伴う症例の三次元的分析を行い、また、顎顔面形態の解析に前述のデザインパターンを応用するため、歯列模型から歯列・歯槽部の特徴点を客観的に抽出する歯列・歯槽部形態の三次元的解析システムを開発してきた。しかしながら、工学的分野と異なり顎顔面形態には治療方針の決定において無視できないようなバリエーションが非常に多く、デザインパターンの応用によっても治療法と直結した signature を適切に設定することが困難であることが次第に明らかになってきた。

そこで、パラメータ化された顎顔面の形態的特徴の表記においてデザインパターンの signature を直接用いるのではなく、デザインパターンの表記方法の 1 つである統一モデリング言語 (Unified Modeling Language, 以下 UML) を応用することで、バリエーションの多い顎顔面形態の客観的表現が可能になるのではないかと考え、本研究の着想に至った。

2. 研究の目的

(1) 歯列弓の形態的特徴のパラメータ化を進展させ、上位構造である上下顎歯槽部の位置関係、あるいは顎骨の形態的特徴のパラメータ化を行っていくこと

(2) 顎顔面領域におけるオブジェクトを適切に抽出し、形態的特徴のパラメータ化が終了したオブジェクトを順次 UML にて表記し、実際の症例との整合性を検証していくこと

上記を行うことにより、顎顔面形態の 3 次元的特徴をパラメータ化して客観的に評価すること、および、UML を応用した形態的特徴の表記方法を提言することを本研究の目的とする。

3. 研究の方法

(1) 上顎歯槽部の形態学的特徴のパラメータ化

新潟大学医歯学総合病院において外科的矯正治療を行った顎顔面非対称症例のうち、歯列・歯槽部の補償的変形が著しかった症例の初診時上顎歯列模型を資料として用いた。三次元スキャナーを用いて歯列模型をコンピュータに入力し、開発した模型データ解析システムにより、データの座標変換を行い、正常咬合者の歯列弓を表現した四次多項式を利用して歯槽部の断面形状を算出後、断面形状から特徴点を抽出した。断面形状の左右側の重ね合わせを行うとともに、抽出したデータを三次元データ上に再変換し、同名特徴点を通る曲線を表示し、歯列・歯槽部全体としての対称性、連続性等を検討した。

(2) 解剖学的指標点に依存しない座標系を用いた上下顎歯列・歯槽部の新しい三次元形態分析システムの開発

三次元レーザースキャナーを用いて歯列模型の表面形状を三次元座標データとして取得し、歯列・歯槽骨形態分析システムの客観的基準として必要な座標系の算出アルゴリズムを確立するために、数学的あるいは画像認知工学的な手法を応用し、歯の位置異常や歯槽部の変形に影響されない座標系の設定方法を検討した。

採用した座標系を使用して歯列模型データの座標系を補正した後、有用と思われるさまざまな形態分析を具現化するための演算機能をシステムに実装した。

(3) 顎顔面非対称症例への応用

外科的矯正治療を行った顎顔面非対称症例のうち、歯列・歯槽部の補償的変形が著しい症例の初診時における上下顎歯列模型を資料として、本システムの整合性について検討した。

(4) 顎顔面非対称症例の UML 表記

UML を応用し、顎顔面領域の形態表記法について検討した。表記法の試作においては、開発した歯列-歯槽部の解析システムで得られるパラメータが形態表記に有効利用できる

るように配慮した。

4. 研究成果

(1) 上顎歯槽部の形態学的特徴のパラメータ化

開発したシステムによって上顎の歯列歯槽部形態についても全体的な解析が可能となった。また、特徴点の展開図だけでなく左右側の断面形状の重ね合わせを可視化することで歯列の補償的変形の細部が捉えやすくなった。

これまで座標系の設定に用いてきた歯頸点のみを用いた座標系の設定を行った場合、歯列・歯槽部の補償的変形の影響により臨床的な感覚と異なる位置に模型が位置付けられる可能性が示唆された。このため、本研究では歯列・歯槽部の補償的変形の影響を受けにくい口蓋縫線を座標軸の要素に加え、さらに解剖学的指標点だけでなく、口蓋縫線周囲の法線ベクトルを平均化して座標系の補正を行い良好な結果が得られた。しかしながら、提示した症例の解析結果において、上顎における歯槽部の補償的変形が口蓋の正中付近にも認められたことから、座標系の補正方法にはさらなる検討が必要であると考えられた。

上顎歯列は下顎歯列と比較して歯列・歯槽部の変形が視覚的にとらえにくく、また歯槽部においては解剖学的指標点が乏しいうえに、歯槽基底部分は印象採得の成否にも影響されるため、多くの特徴点を歯列模型から明確に抽出することは困難である。本システムでは歯頸点から一定間隔の座標データを算出して歯槽部のパラメータを補足することにより、歯列および歯槽部の形態的特徴の表現が可能となった。

解析結果から、下顎歯列では歯頸部から2mm 以上下方において歯槽部の形態は歯の位置の影響をほとんど受けていなかったのに対し、上顎では部位によっては歯頸部から5mm 以上上方においてもその影響が認められることが明らかとなった。

(2) 解剖学的指標点に依存しない座標系を用いた上下顎歯列・歯槽部の新しい三次元形態分析システムの開発(図1、2)

(1) で得られた結果から、歯列・歯槽部に著しい変形が生じた症例においては歯頸部より離れた歯槽部においてもその影響が認められたため、解剖学的指標点に依存しない座標系の設定を検討した。様々なアルゴリズムを検証した結果、歯の位置異常の影響を受けにくい歯槽基底部分近の表面形状データを用いて基準座標系を設定する方法を開発した。すなわち、歯列模型上の解剖学的指標点による座標系を仮設定した後に、歯槽骨水平断の輪郭線を画像認知工学的手法を用

いて4次曲線として抽出し、曲線の対称軸と仮座標系の軸の角度差を yaw 角の補正值に用いた。また、歯槽部を構成する表面データ(ポリゴン)の法線ベクトルの総和の左右差を roll 角の補正值に用いた。

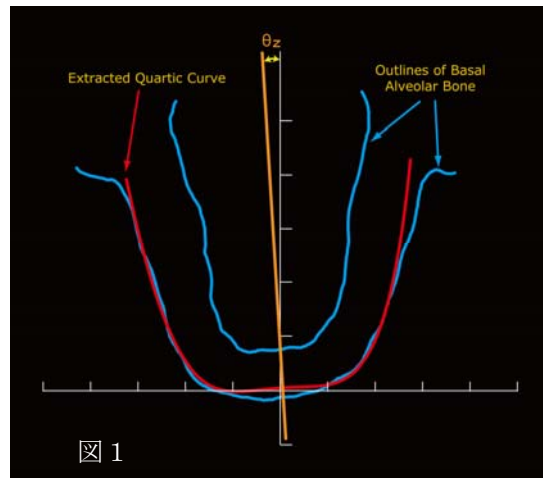


図1

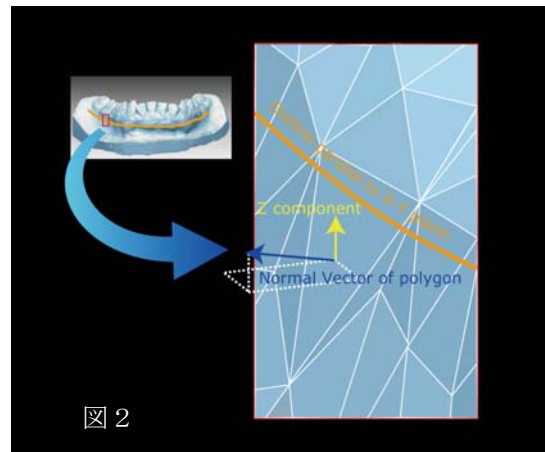
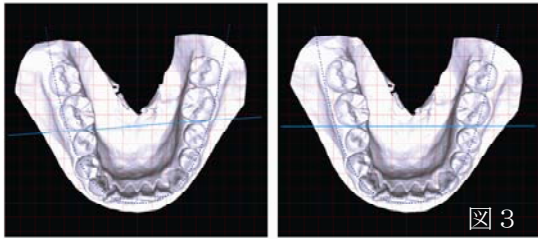


図2

上記の座標系の補正值の算出機能に加え、歯列・歯槽部における任意点での断面形状の算出、左右の断面形状の重ね合わせ、断面形状上における咬頭頂、歯頸部、歯槽基底部分等の特徴点抽出、等高線あるいは同名の特徴点を通る曲線の抽出を可能とする形態分析システムを開発した。

(3) 顎顔面非対称症例への応用(図3、4)

歯列・歯槽部の補償的変形が著しい症例の初診時における上下顎歯列模型を資料として本システムの整合性について検討を行ったところ、従来までの解剖学的指標点を用いた座標設定方法と比較して、歯列・歯槽部の補償的変形に影響されない、よりの確な歯列・歯槽部の位置づけが可能となった。



補正前

補正後



補正前

補正後

(4) 顎顔面非対称症例の UML表記(図5-8)

顎顔面非対称症例のUML表記の試作を以下に示す。顎顔面構造はすべてクラス図で表されており、実際の症例から得られたパラメータを代入してインスタンスを作成することにより、個々のオブジェクトが生成される。

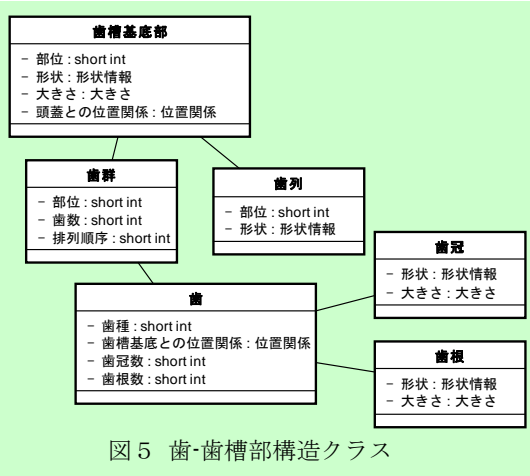


図5 歯-歯槽部構造クラス

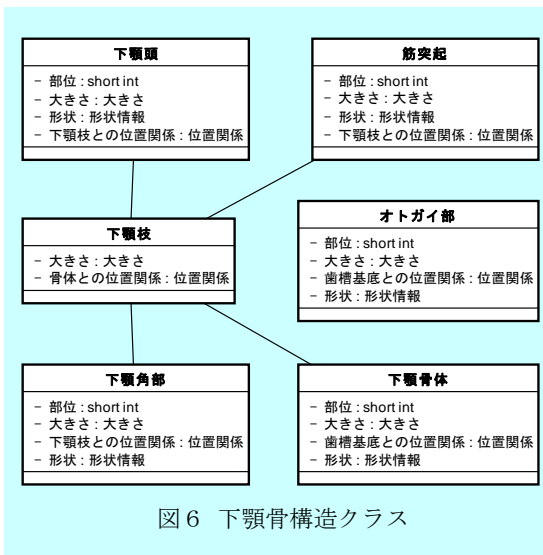


図6 下顎骨構造クラス

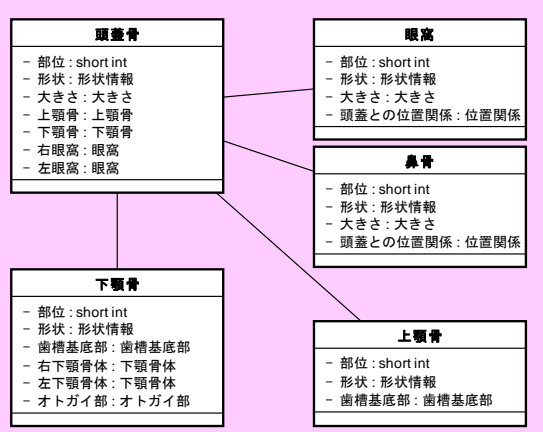


図7 顎顔面構造クラス

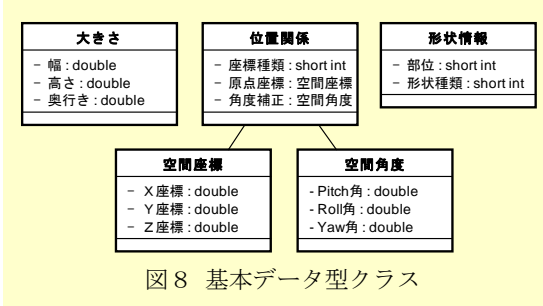


図8 基本データ型クラス

本研究ではモデルの冗長性を排除し、可視性を高めるために歯科矯正治療（外科的矯正治療を含む）の診断に有用と思われる領域のみをモデリングの対象とした。また、軟組織については治療に関連する硬組織に追従することを前提とし、硬組織同様にデータの可視性を高めるためモデリングの対象としなかったが、今後検討が必要と考えられる。

上記(1)から(4)の研究を行った結果、

- ・開発した模型分析システムにより、歯列・歯槽部形態についての全体的な解析が可能となった。特に、左右側の断面形状の重ね合わせや同名の特徴点を通る曲線を可視化することで、歯列の補償の変形の細部を視覚的かつ客観的に捉えることが可能となった。
- ・画像認知工学的手法を応用することにより、歯列・歯槽部の解剖学的指標点によらない座標系の設定が可能になった。その結果、顎変形症患者に特徴的な歯列・歯槽部の補償の変形に影響されることなく、症例の形態を客観的に分析できる可能性が示唆された。
- ・通常の模型分析においては、座標系を設定するために平行模型や咬合器に装着した顎態模型を用いる場合が多く、分析を行うにはフェイスボウ等を用いて、顎態の三次元的位置関係の計測が必要であった。一方、

本システムでは三次元座標系を設定するパラメータを模型上で算出しているため、日常臨床で用いている研究用模型をそのまま資料として使用することが可能となっている。このことは、顎顔面の様々な部位で変形を生じている非対称症例の歯列・歯槽部形態をその上位構造である頭蓋や顎骨と独立させて評価できるだけでなく、フェイスボウの採得を行っていない蓄積された研究用模型を有効活用できることが示唆された。

- ・試作した顎顔面構造のUML表記法は、開発した歯列・歯槽部解析システムの特徴に則しており、頭蓋と上顎歯槽基底部および頭蓋と下顎歯槽基底部の位置関係を中心にモデリングされている。このことは解析したデータの将来的なデータベース化を踏まえたものであり、今後表記方法を改良していくことにより、類似症例の検索や治療方法の客観的評価など、さらなる臨床的有用性が期待できると考えられる。

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 小原彰浩，寺田員人，松原大樹，越知佳奈子，齋藤 力，齋藤 功：顔面軟組織形状と歯列石膏模型の三次元データ統合制度の検討，日顎変形誌，19(4)：193-198，2009，査読あり

② 越知佳奈子，山添清文，森田修一，齋藤功：歯列模型の三次元解析システムの開発，新潟歯学会誌，38(1)，23-24，2008，査読なし

[学会発表] (計3件)

① Ochi-Yamazoe K.，Yamazoe K.，Morita S.，Saito I.：A new system for analyzing the dentoalveolar morphology of skeletal asymmetry，85th Congress of the European Orthodontic Society，2009年6月12日，Finlandia Hall，Helsinki，Finland.

② 小原彰浩，寺田員人，松原大樹，越知佳奈子，齋藤 力，齋藤 功：顔面軟組織と歯列模型の三次元データ統合データを応用した顔面口腔周囲軟組織形態の三次元分析法の開発，第19回日本顎変形症学会総会，2009年6月4日，仙台国際センター，仙台

③ 越知佳奈子，山添清文，松原大樹，森田修一，齋藤 功：歯列 - 歯槽部の三次元解析システムの開発—第2報上顎歯列への応用—，第66回日本矯正歯科学会大会，2007年9月20日，大阪国際会議場，大阪

6. 研究組織

(1) 研究代表者

越知 佳奈子 (OCHI KANAKO)
新潟大学・医歯学総合病院・医員
研究者番号：60397122

(2) 研究分担者

なし ()

(3) 連携研究者

なし ()

(4) 研究協力者

山添 清文 (YAMAZOE KIYOFUMI)
山添歯科医院・歯科医師