

平成 26 年 6 月 3 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2013

課題番号：22592282

研究課題名(和文) 画像認知とオントロジーを融合した顎変形症診断支援システムの開発とその臨床応用

研究課題名(英文) Development and clinical application of a supportive system for the diagnoses of jaw deformities using a cognitive engineering approach and ontological theory

研究代表者

越知 佳奈子(Ochi, Kanako)

新潟大学・医歯学系・助教

研究者番号：60397122

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円、(間接経費) 1,050,000円

研究成果の概要(和文)：画像認識工学的手法の一つであるフーリエ記述子を応用し、解剖学的指標点に乏しい歯列-歯槽部形態全体を、客観的かつ定量的に評価する手法を開発した。この手法を応用することにより、顎顔面を構成する他の構造物形態のパラメータ化とその定量的評価も可能となることが示唆された。さらに、オントロジー工学を基盤とした、顎変形症の形態的概念モデルを提案した。本研究で開発した手法により得られる歯列-歯槽部のパラメータとオントロジーを融合させたデータベースシステムの構築は、過去の類似症例の効率的な検索を提供するため、臨床的有用性の高い診断支援ツールとして利用できる可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：A cognitive engineering method for analyzing dentoalveolar morphology using Fourier descriptors was developed. This method attained quantitative evaluations of the dentoalveolar morphology and enabled to apply to evaluation of other craniofacial structures. Furthermore, morphological ontology of jaw deformities was built preliminarily. The construction of a new database system implemented jaw deformities ontology using Fourier descriptors will be able to provide clinical efficiency for accurate diagnoses of facially asymmetric patients.

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：診断 顎変形症 オントロジー 画像認知工学

1. 研究開始当初の背景

顎変形症に認められる顎顔面の形態異常は、構成要素である頭蓋、顎骨、歯槽部、歯列などの相対的な位置関係の変位と要素自体の変形が複雑に組み合わさることにより生じている。したがって、良好な治療結果を得るためには、診断時の正確な形態的評価だけでなく、治療結果を適切に評価し、診断にフィードバックしていく必要がある。

われわれはこのような観点から、ソフトウェア工学の手法である統一モデリング言語 (Unified Modeling Language, 以下 UML) を用いて顎顔面形態の客観的記述を試み、診断に有用なデータベース開発を行ってきたが、臨床応用に際し以下の問題が生じてきた。

1つは、形態的な評価基準の設定において、重度の顔面非対称症例では解剖学的指標点の変形の影響を受けている場合が多く認められるにもかかわらず、従来の研究の多くが左右一対の解剖学的指標点から評価基準としての三次元座標系を設定している点である。

もう1つは、UML を応用した顎顔面構造モデルの単なるデータベース化だけでは診断と治療結果の因果関係を明確にすることができず、蓄積した症例データが新たな診断に有用なフィードバックとして帰結しないという点である。

そこで、前者の問題については画像認知工学を、後者についてはオントロジー工学を応用することで解決でき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

顎変形症においては、顎顔面構造の変形に影響されない評価基準を用いた診断が重要である。また、症例の多様性により診断名が治療方法に直結しない場合も多く、良好な結果を得るためには、過去の症例を共有化し、効率よく再利用するための適切な診断支援ツールが必要である。

本研究の目的は、画像認知工学の応用により、診断に必要な三次元座標系を客観的に設定する方法を確立するとともに、オントロジ

ー工学に基づいた顎変形症モデルを提案し、矯正歯科医および口腔外科医の双方にとって有用な顎変形症診断支援ツールを開発することである。

3. 研究の方法

(1) 認識工学的手法を用いた歯槽部形態の客観的評価

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い症例の初診時下顎歯列模型を資料として用いた。また、比較的対称な模型データとして実習用石膏模型 (500AU, ニッシン) を使用した。

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、両側第一大臼歯歯頸部と中切歯歯頸部で決定される基準平面に平行な断面データを 1.0mm 間隔で作成し、各断面の内外側輪郭線における P 型フーリエ記述子を算出した。

最適な記述子数 (次数 k) を検討するために、種々の次数で逆フーリエ変換による輪郭線の復元 (再生曲線の算出) を行った。

次数を決定した後、対称および非対称モデルにおいて同次数によるフーリエ記述子を算出し、これらをパラメータとして各断面間の類似度を算出した。さらに完全対称な 4 次曲線 (評価基準アーチ) と各モデルの断面との類似度を算出した。

(2) オントロジー工学に基づいた顎変形症モデルの構築

顎顔面部は解剖学的にも、空間幾何学的にも非常に複雑な構造を持ち合わせているため、オントロジー工学の概念に基づいた詳細な顎変形症モデルを研究当初から構築することは困難であると予測されたため、新潟大学医歯学総合病院で不正咬合の診断時に使用している「矯正臨床における咬合分類」を基に顎顔面形態モデルに関するオントロジーの構築を行った。

4. 研究成果

(1) 認識工学的手法を用いた歯槽部形態の客観的評価

フーリエ記述子の次数(k)と再生曲線の間を関係を図1に示す。15次(k=15)以上のフーリエ記述子を用いることで、複雑な歯列-歯槽部形態がほぼ復元できることが示された。

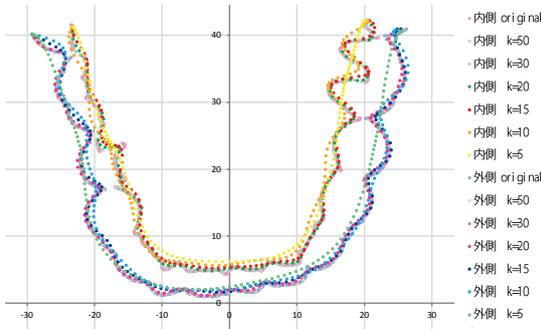


図1. フーリエ記述子の次数と再生曲線の関係

また、非対称症例の各断面間のフーリエ記述子の類似度を表1に示した。

Z値	+3.0	+2.0	+1.0	+0.0	-1.0	-2.0	-3.0	-4.0	
+3.0		0.579	0.411	0.394	0.642	0.573	0.543	0.513	外側輪廓線
+2.0	0.379		0.806	0.647	0.548	0.522	0.481	0.423	
+1.0	0.062	0.125		0.863	0.674	0.679	0.633	0.585	
+0.0	0.138	0.202	0.057		0.750	0.742	0.699	0.665	
-1.0	0.161	-0.009	0.532	0.251		0.955	0.928	0.900	
-2.0	0.452	0.059	0.395	0.194	0.789		0.984	0.954	
-3.0	0.472	0.155	0.345	0.229	0.693	0.955		0.985	
-4.0	0.520	0.191	0.309	0.232	0.616	0.906	0.972		
	内側輪廓線								

表1. 非対称症例データにおける各断面間の類似度

以上の結果から、歯列-歯槽部に著しい変形を認める症例においても、歯頸部を基準とした平面より2mm以上下方では歯列の変位の影響が少なく、歯槽部形態が安定する傾向が示された。これは、われわれのこれまでの研究結果と同様であり、フーリエ記述子を用いたパラメータ化を適応することにより、解剖学的指標点に乏しい歯列-歯槽部形態を客観的かつ定量的に評価できる可能性が示唆された。

(2) オントロジー工学に基づいた顎顔面形態診断モデルの提案

オントロジーエディタ「法造」を使用して、顎顔面形態診断モデルを構築した。本来であれば、顎顔面は3次元形状であるため、立体的特徴の記述が望ましいと考えられるが、オ

ントロジーは視覚的理解に主眼を置いたものではなく、知識の記述および理解支援を目的としているため、3次元形状を臨床的にイメージしやすい側面および正面の2方向に分解してモデリングを行った。また、前述の2つのモデルは解剖学的モデルとの混同を避けるため、頭部コンポジションモデルと命名した(図2)。

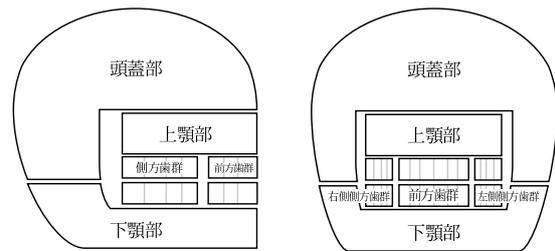


図2 頭部側面観および正面観コンポジションモデルの模式図

図3に、モデルの主概念ツリーを示す。本研究で着目する頭部コンポジションモデルを顎顔面モデルの最上位概念として定義し、その下に各種オブジェクト、概念、ロール概念等を配置した。

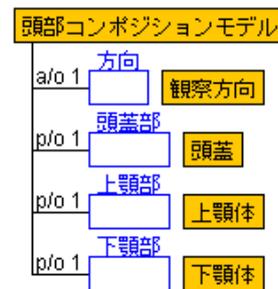


図3 オントロジーの主概念ツリー

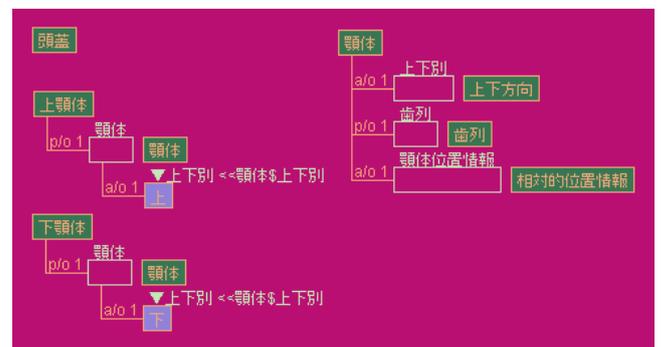


図4 頭部コンポジションモデルに関連したオントロジー

また、図4～6に各種オブジェクトおよび主なロール概念の構造を示す。さらに詳細な基本概念も必要となるが、ここでは省略している。



図5 歯列クラスオントロジー

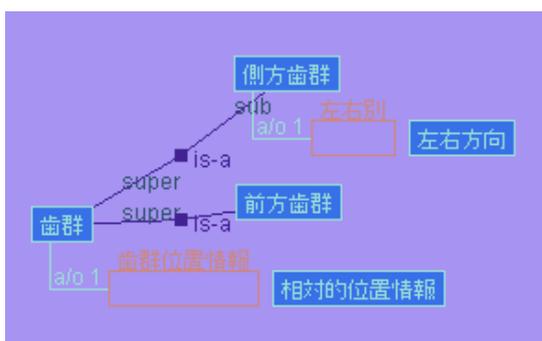


図6 歯群クラスオントロジー

オントロジーは、コンピュータ上での知識処理を前提とした技術基盤である。すなわち、ある事象や対象の概念体系を明確に定義することで、知識の共有・再利用を可能にすることを目的としている。とりわけ医療分野においては、診断情報の記述と治療結果の統計処理および情報分析への利用が期待されている。実際、電子化された検査診断機器の普及に伴い、大量の資料がデータベース化されている。しかしながら、その背景にあるデータスキーマや記述用語の標準化、さらには、オントロジーに代表される意味的関連性が明示されていないため、蓄積された個々の症例情報が新たな症例に対する臨床上有用なフィードバックとして帰結しておらず、これらのことがデ

ータベース構築時におけるオントロジーの必要性として挙げられる。

例として図7に前歯部反対咬合の模式図を提示する。

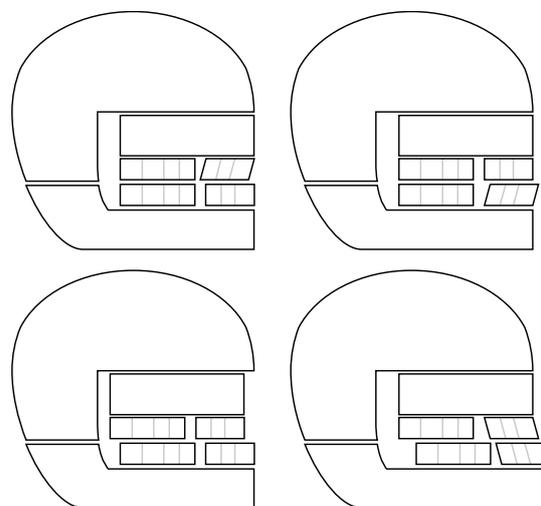


図7 前歯部反対咬合の模式化

これらはどれも文字通り前歯部反対咬合であり、データベースに「前歯部反対咬合」の病名で入力されていても誤りとは言えないが、臨床における治療システムはそれぞれ異なるため、「前歯部反対咬合」の病名で類似症例の検索を行っても、臨床的には非常に効率の悪い結果となることが容易に予測される。

このことは前述したオントロジーを含めたデータスキーマの標準化が開発時に欠落していることに起因するものであり、コンピュータは、「反対咬合」という概念さえ持ち得ないため、たとえ数万人分のデータが蓄積されていても、臨床上有用なフィードバックを得ることはできない。

われわれが日々直面している歯科矯正治療や顎変形症治療は、医科における疾患と異なり、その主病態が形態異常であるものの、治療目標の決定に際しては、機能異常や審美障害の程度、精神・心理面への影響、患者や術者の主観までが含まれる場合も少なくない。それ故、その診断プロセスにおける意味的背景は多岐にわたり、そのオントロジーの構築には本研究を一部として包含する膨大な概念モデルのネットワークが必要と考えられる。

本研究は、画像認識工学とオントロジー工学を融合させた先駆的な試みであるが、今後、

顎変形症治療に関するオントロジーを多角的視点から構築するとともに、他の診断用資料から各種オブジェクトのプロパティ値を客観的に抽出可能とすることにより、臨床的有用性の高い診断支援ツールが開発できると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3 件)

- ① 小原彰浩, 寺田員人, 焼田裕里, 越知佳奈子, 齋藤 力, 齋藤 功: 下顎骨後方移動術前後における口腔周囲軟組織形態の三次元変化様相の解析 ~顔面・歯列模型統合三次元データの応用~, 日顎変形誌, 22(3): 208-215, 2012, 査読有り.
- ② 焼田裕里, 寺田員人, 小原彰浩, 越知佳奈子, 高木律男, 齋藤 力, 齋藤 功: 下顎後方移動術後の三次元口腔周囲軟組織形態変化解析における重回帰分析の有効性, 日顎変形誌, 22(4): 244-254, 2012, 査読有り.
- ③ 焼田裕里, 寺田員人, 小原彰浩, 越知佳奈子, 高木律男, 齋藤 力, 齋藤 功: 顎矯正手術時の硬組織変化に伴う顔面口腔周囲軟組織の三次元変化様相. 日顎変形誌 21(2): 86, 2011, 査読有り.

〔学会発表〕(計 5 件)

- ① Ochi-Yamazoe K., Yamazoe, K., Kohara, A., Yakita-Kohara Y. and Saito, I.: A cognitive engineering approach to analysis of the dentoalveolar morphology, 89th Congress of the European orthodontics Society, 27 June, 2013, Harpa Concert and Conference Centre, Reykjavik, Iceland.
- ② 越知 佳奈子, 山添 清文, 小原 彰浩, 焼田 裕里, 森田 修一, 齋藤 功: 認識工学的手法を用いた歯槽部形態の評価, 第 71 回日本矯正歯科学会大会, 2012 年 9 月 27 日, 盛岡市アイスアリーナ, 盛岡市.
- ③ 小原彰浩, 寺田員人, 西野和臣, 焼田裕里, 越知佳奈子, 齋藤 力, 谷尻豊寿, 齋藤 功: CBCT 頭蓋顔面硬・軟組織三次元データと歯列模型三次元データ統合モデルの開発. 第 71 回日本矯正歯科

学会大会, 2012 年 9 月 27 日, 盛岡市アイスアリーナ, 盛岡市.

- ④ Yakita Y, Terada K, Kohara A, Ochi K, and Saito I: Perioral soft tissue changes following hard tissue alteration in Class III patients with mandibular deviation. 88th European orthodontics Society, 18 June, 2012, Palacio de Congresos y Exposiciones de Galicia, Santiago de Compostela. Spain.
- ⑤ 焼田裕里, 寺田員人, 小原彰浩, 越知佳奈子, 高木律男, 齋藤 力, 齋藤 功: 顎矯正手術時の硬組織変化に伴う顔面口腔周囲組織軟組織の三次元変化様相. 第 21 回特定非営利活動法人日本顎変形症学会総会・30 周年記念国際シンポジウム, 2011 年 6 月 16 日, 学術総合センター, 東京.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

越知 佳奈子 (OCHI KANAKO)
新潟大学・医歯学系・助教
研究者番号: 60397122

(2) 研究分担者

齋藤 功 (SAITO ISAO)
新潟大学・医歯学系・教授
研究者番号: 90205633

齋藤 力 (SAITO CHIKARA)
東京歯科大学・歯学部・客員教授
研究者番号: 90205633

(3) 研究者協力者

山添 清文 (YAMAZOE KIYOFUMI)
山添歯科医院・歯科医師