

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 27 日現在

機関番号：32710

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24792121

研究課題名(和文) 歯冠・歯列形態のデータベースおよびCAD/CAMに应用する統計解剖モデルの構築

研究課題名(英文) Trial of a first molar model construction for computational anatomy applied to CAD / CAM system.

研究代表者

井川 知子 (IKAWA, TOMOKO)

鶴見大学・歯学部・助教

研究者番号：70552389

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：対象の患者データ(11症例)から一例を抽出し、第一大臼歯の欠損モデルを作成し、残りの症例の第一大臼歯のモデルから部分最小二乗回帰を用いることで、抽出した症例の欠損した第一大臼歯形状を推定した。推定形状と正解形状との誤差をAverage Symmetric Surface Distance (ASD)を用いて評価した。leave-one-out交差検証により、本手法の精度を評価したところASD誤差は $0.60 \pm 0.17$  (mean  $\pm$  std) mmであった。症例数を増加することにより、臨床応用可能であることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：This study was performed to predict three-dimensional model of normal lower first molar on partial least squares regression. The object data selected 11 cases without the metal arch fact of CT data. And, And, we reconstructed three tooth model (lower second pre molar, first molar, second molar) by CT data. It was evaluated by Average Symmetric Surface Distance (ASD) with the error of the estimated shape and correct answer shape. As a result, the ASD error of the leave-one-out intersection inspection was  $0.60 \pm 0.17$  (mean  $\pm$  std) mm.

研究分野：クラウンブリッジ補綴学

キーワード：CAD/CAM 部分最小二乗回帰 形状予測

1. 研究開始当初の背景

現在、歯科医療においては、患者の個人情報、診療情報、X線画像情報など情報のIT化が進み、中でも、歯科補綴の領域では、CAD/CAM技術の発展により、クラウンやインプラントなどの臨床に盛んに応用されている。歯科用CAD/CAMは、1971年Dr. Francois Duretによりその概念が導入され、1983年に初めて臨床に応用され約40年の歴史を持つ。しかし、CAD/CAMシステムの多くは研究ベースで進んでいたため普及しなかったが、近年ジルコニアの開発からその役割が大きくなり、現在、CAD/CAMの国内シェアは年間約30万個といわれている。前述のようにCAD/CAMシステムがジルコニアの登場まで、あまり普及しなかった原因は、一般に少品目大量生産を目的として開発された技術であり、個体差を有し、様々な形態に対応しなければならない歯科補綴装置の製作には向いていないことにある。そのため、現在市販されている歯科用CADソフトは補綴装置を設計する際に煩雑な操作を必要としている。つまり、製作する補綴装置は、支台歯の形態、隣在歯、歯列、対合歯に解剖学的に調和させなければならない。加えて、解剖学的な調和を示すパラメータは定性的で、技工士の経験と勘に委ねられている。そして、形態的調和は必ずしも機能的な形態を表現するものではなく、患者の口腔内で機能に合わせて調整しなくてはならないのが現状である。

これまでに、文部科学省ハイテクリサーチセンター整備事業(ハイテク)「ひとりひとりの顎と体にやさしい歯の補綴と噛み合わせ 顎口腔領域の運動を再現する多次元シミュレーションロボットの開発(平成17年度~平成21年度)」により新しく設置された「顎口腔機能高次元解析室」にて医用工学技術を応用し歯科臨床における様々な取り組みを行っていた。その中での成果として「Digital Dynamic Occlusal Reconstruction System」の開発を行った。このシステムは、口腔内で機能印象を行い、その機能印象をデジタル化し、機能に即した補綴装置を作成するためのCAD/CAMシステムである。この開発の中での大きな問題点は、対合との関係で機能面いわゆる咬合機能面の作成は一定のパラメータにより作成可能であったが、近遠心頬舌の、いわゆる、軸面形態、カンチヤーの程度などのデータが不足していることから一定のパラメータを作成できなかったことにある。

本研究課題の遂行に必須である歯冠形態のデジタルデータ取得には研究用模型をスキャンする方法やCTからセグメンテーションを行う方法がある。詳細な歯冠形態を取得するには研究用模型をスキャンする方法が一般的だが、研究用模型の歯列から一歯の歯冠形態を取り出すには連続したサーフェースデータからある範囲を切り出す必要があ

ったが、すべての症例で一定の範囲を指定するのが困難であった。そのため、まずは本研究において統計的な平均モデルの構築および歯冠形態の推定が可能であるかについて検討することとし、歯冠のデジタルデータはCTから抽出した歯のデジタルデータを用いた。

2. 研究の目的

歯科用CAD/CAMシステムでは、従来の補綴装置製作方法(ロストワックス法)とは異なり、補綴装置の歯冠形態を計算機上で設計する必要がある(図1, 2)。しかし、患者個々の解剖学的形態や機能に調和させるのは容易ではない。そこで、人体の解剖構造を統計数理的に表現し、コンピュータによる診断・治療支援を行える計算解剖学的手法を用い、隣在歯の歯冠形態から当該歯の歯冠形態を統計的に推定することを目的とした。本研究では、歯冠形態のデータ抽出が容易なCT画像から構築した歯のデータを対象とし、統計解剖モデルの構築を検討した。

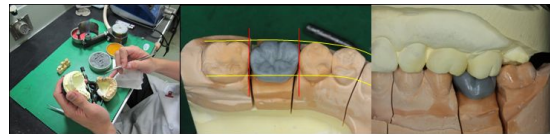


図1. ロストワックス法による歯冠形態の製作



図2. CAD/CAMによる歯冠形態の製作

3. 研究の方法

2005年から2014年までに補綴科へ来院した患者のうちCT撮影を行った258名のうち、口腔内に金属修復物を認めず、矯正治療の既往のない11症例を抽出し、その第一大臼歯を対象とした。対象CTデータから三次元解析ソフト(Amira4.1.2, Mercury Computer Systems)を用いて第二小臼歯、第一大臼歯、第二大臼歯を領域抽出した。Thresholdを用いて自動抽出した後、連続部(接触点部)を手動で修正した(図3)。

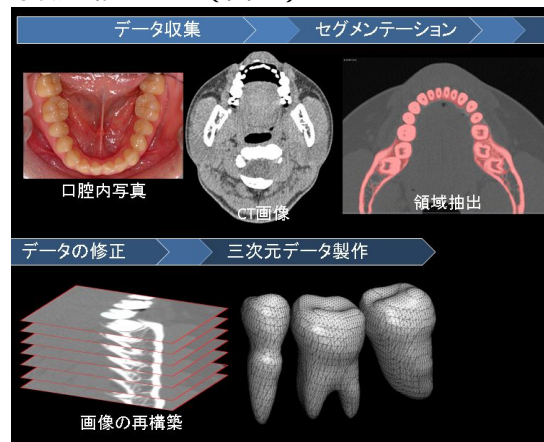


図3 . 三次元データの製作過程

対象の患者データから一例を抽出し，第一大臼歯の欠損モデルを作成し，残りの症例の第一大臼歯のモデルから部分最小二乗回帰 (PLSR; Partial Least Squares Regression) を用いることで，抽出した症例の欠損した第一大臼歯形状を推定した (図4, 5). 推定形状と正解形状との誤差を Average Symmetric Surface Distance (ASD)を用いて評価した. 以上の leave-one-out 交差検証により，本手法の精度を評価した (図6).

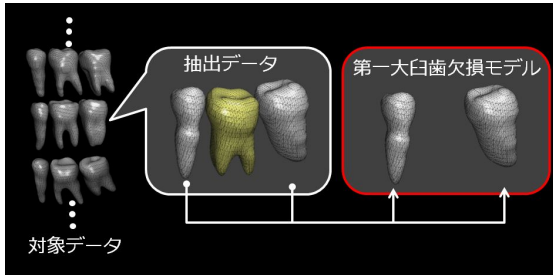


図4 . 第一大臼歯欠損モデル

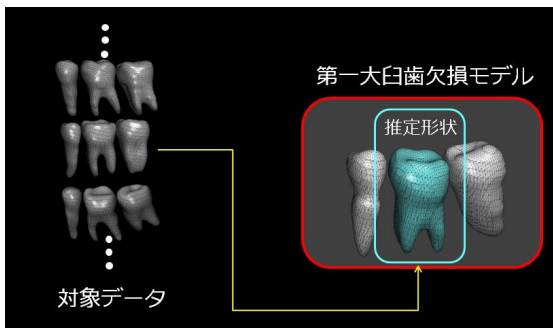


図5 . 第一大臼歯推定形状イメージ

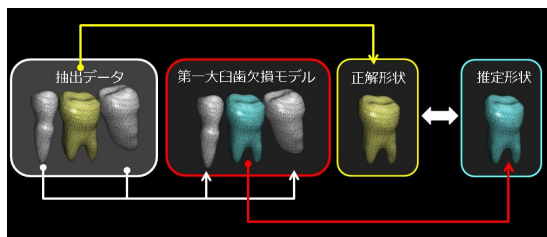


図6 . 精度検証方法

#### 4 . 研究成果

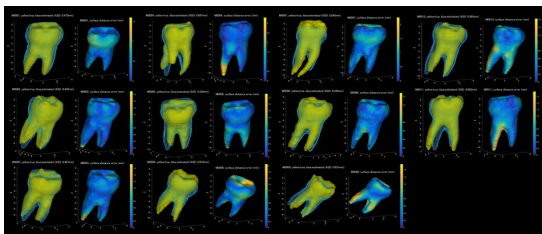


図7 . PLSR による推定形状と正解形状の比較

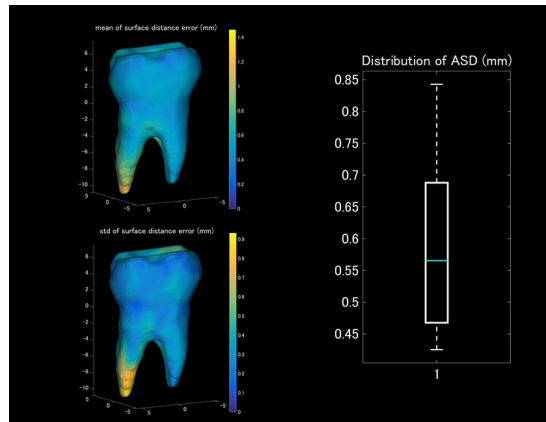


図8 . leave-one-out 交差検証による ASD 誤差

両隣在歯 (第二小臼歯、第二大臼歯) から当該歯 (第一大臼歯) の形状が推定された (図7, 8). 推定形状と正解形状との誤差は小さく，本法により隣在歯の形態から補綴装置の歯冠形態を推定する CAD/CAM システムへの応用の可能性が示唆された.

図9に示した症例4は三次元形態から，既往として近心頬側根の根尖病巣による歯根の吸収が生じた可能性が示唆される. 症例数が少ないことから ASD 誤差に大きな影響を及ぼしたと考えられ，今後，症例を追加し，新たな歯冠形態の製作法の検討が必要と思われる.

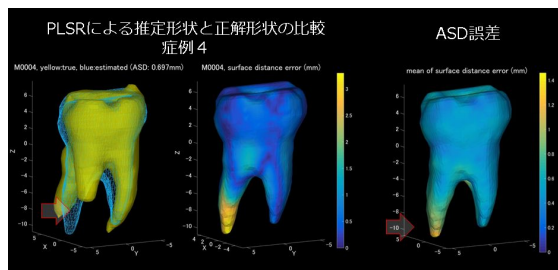


図9 . 症例4 と ASD 誤差との比較

11 症例に対し，部分最小二乗回帰による第一大臼歯の推定の試みを行った結果，以下の結論を得た.

- ・ ASD 誤差は  $0.60 \pm 0.17$  (mean  $\pm$  std) mm であった.
- ・ 症例数を増加することにより，臨床応用可能であることが示唆された.
- ・ 歯の既形態の外れ値が結果に大きく影響することから，症例の選択には注意を要する.

#### < 引用文献 >

Yang, Yuhui M., et. al. "Predicting the Shapes of Bones at a Joint: Application to the Shoulder." *Comput Methods Biomech Biomed Engin* 11, no. 1, pp. 19-30 (2008)

Kohavi, Ron. A study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection". *Proceedings of the Fourteenth International Joint Conference*

on Artificial Intelligence 2 (12):  
1137-1143, 1995.

#### 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)

井川知子, 大竹義人, 重田優子, 平井真也,  
平井健太郎, 佐藤嘉伸, 小川 匠. CAD/CAM  
に応用する第一大臼歯の統計解剖モデル構  
築の試み 部分最小二乗回帰による欠損歯形  
状の推定. 平成 26 年度(社)日本補綴歯科  
学会西関東支部総会・学術大会, 神奈川県歯  
科医師会館(神奈川県, 横浜). 2015 年 1 月  
25 日.

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

井川 知子 (IKAWA, TOMOKO)

鶴見大学・歯学部・助教

研究者番号: 70552389