

## 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：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2014

課題番号：24592941

研究課題名(和文) 支台歯形成イメージガイドドシステムの開発

研究課題名(英文) Image-Guided System as a Training Tool for Tooth Abutment Preparation

研究代表者

小川 匠 (OGAWA, TAKUMI)

鶴見大学・歯学部・教授

研究者番号：20267537

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：歯科臨床における支台歯形成の技術を効率良く習得するため、支台歯形成支援システムの開発を試みた。三次元力覚デバイスによる接触感覚を有した支台歯形成シミュレーションおよび位置測定装置を応用して形成をリアルタイムで視覚的に支援するシステムである。シミュレータおよび三次元データ(支台歯、タービン、形成用ポイント)と支台歯形成練習用ファントム、顎模型、位置測定装置により構成され、測定した顎模型と形成用タービンの位置情報をモニタ上の歯列とタービンにレジストレーションすることで、リアルタイムに形成時の支台歯、タービン位置、および削合による変形をモニタ上で確認できた。

研究成果の概要(英文)：The ideal abutment form is required to achieve proper function and good aesthetics for fixed prosthetic dentures. However, tooth preparation is a technical process and it takes time to acquire proficiency. The aim of this study was to facilitate the efficiency of technical acquisition and developed an image-guided tooth abutment preparation system. The image-guided system consists of a tooth preparation simulator and a navigation system. A modifiable tooth model, a turbine model, and point model were required to perform navigation and tooth preparation.

The image guided system for tooth abutment preparation was able to precisely indicate the relation of the position between the device and the teeth on the 3D model in the monitor, and the quantitative modified state was displayed by the image guided system. We believe that our image-guided system will be a useful tool for the train students to prepare teeth in the oral cavity.

研究分野：クラウンブリッジ補綴学

キーワード：支台歯形成 教育支援 イメージガイドドシステム

### 1. 研究開始当初の背景

歯科臨床において支台歯形態を適切に形成することは審美・機能に優れ、かつ精度の高い補綴装置の製作に重要なプロセスである。しかし、支台歯形成は口腔内で行う歯科処置の中でも比較的難しく、その技術の修得に時間を要する。本学では支台歯形成の学生教育として、展開図による理想的な支台歯形態の把握や、マネキンに装着したメラミン歯を形成させ、形成後の支台歯形態を定性的、定量的な評価によりフィードバックを行うことで技術習得の促進を目指している。しかし、これらの方法では支台歯形態の理解は得られても、形成技術の向上には繰り返しの練習をせざるを得ない。

現在、高次元医用画像技術の発展により三次元手術シミュレーションシステムの臨床応用が可能となってきた。これは、手術などの一連の作業過程において現実に近い仮想空間上で事前に手術シミュレーションを行うことにより、手術の正確性や効率に大きく寄与する。このことは、東京女子医大の“インテリジェント手術室”などの実用例を見ても明らかである。これらの時代の潮流は、歯科界にも大きな波紋を投げかけている。

現在までに我々は、支台歯形成実習の教育について様々な検討を加えており、支台歯形成教育において支台歯形態の定量的な評価基準を設けて、学生個々の問題点を抽出し、その個々の問題点に供応した解決策を模索するといった、PBL (Problem based Learning) を応用した新しいスキル訓練法について検討を加えてきたものである。しかし、これらの検討の過程において、スキルの評価向上には、支台歯形成時にその形成過程をモニターリングし、その問題点を抽出し、評価しなくてはならない事を痛切に実感している。

このシミュレーションシステムは、歯科教育の臨床実学として欠くことのできない支台歯形成のスキルアップにつながる検討として、歯科学学生のスキル上達や評価としても最適であり、その使用法に、多面的な活用が考えられることも利点である。

### 2. 研究の目的

技術習得の効率化を図るため、医用工学技術に応用した支台歯形成支援システムの開発を試みた。本システムは三次元力覚デバイスによる接触感覚を有した教育用支台歯形成シミュレーションおよび形成を視覚的に支援するナビゲーションからなるシステムである(図1)。

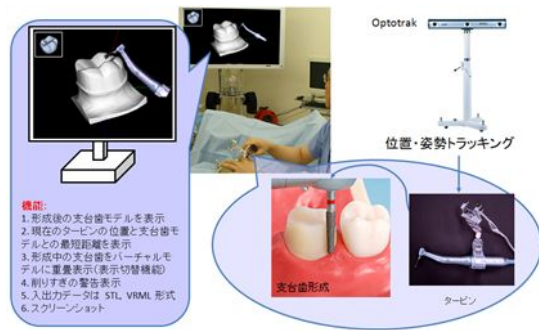


図1. システム構成

### 3. 研究の方法

まず、支台歯形成に最適となる硬組織変形モデルを構築し、同時に本モデルを搭載したシミュレータを試作することによって、ナビゲーションシステムへの応用を検討する。

さらに、シミュレータをイメージガイドド(IGS)システムに搭載し、支台歯形成をリアルタイムに表示可能なIGSシステムを構築する。

支台歯形成ナビゲーションを行うにあたり、リアルタイムかつ定量的な研削変形を行うことが可能な硬組織変形モデル、およびタービンの動きを忠実にコンピュータ上で表現するシミュレータの開発を行う。本シミュレータは、パーソナルコンピュータ(Intel Core i7-2700K 3.5GHz, 8.0GB RAM, Windows7 64bit, GPU: GeForce GTX 560), 力覚提示デバイス Geomagic Phantom Omni (3D Systems Inc.)を用いた。

ソフトウェアの描画エンジンには Visualization Toolkitを用い、力覚エンジンには Phantom デバイス用開発ツールである Open Haptics Toolkit (OHT) を用いて行った。

まず、歯の解剖学的特性を考慮し研削時の衝突圧や摩擦状態などに応じた変形能を有する変形モデルが必要となる。そこで、三次元スキャナを用いて研削する歯のモデルをコンピュータに取り込みポリゴン形状の三次元VRモデルとした(図2)。

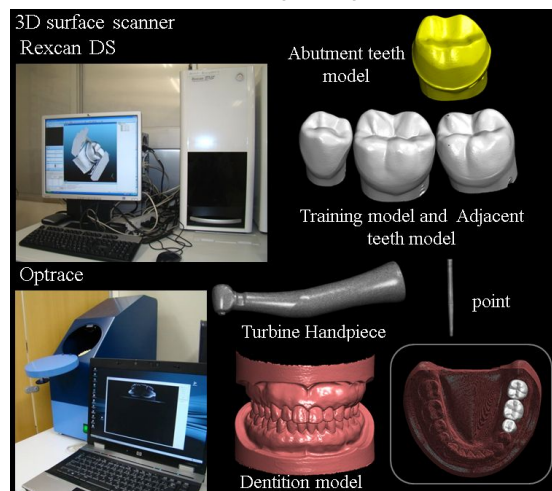


図2. 各スキャナおよび三次元VRモデル

次に、ポリゴン形状の内部をボクセルで充填し、境界球判定処理を用いてタービンモデルとの衝突計算を行う。このときタービンモデルは力覚提示デバイスを用いることで、研削時の衝突圧を力覚として変換して制御を行った。衝突判定が演算された場合、octreeアルゴリズムを用いて衝突ボクセルを研削していく。最終的に、ボクセルデータをポリゴン形状に再変換することによって研削処理を実現した(図3)。

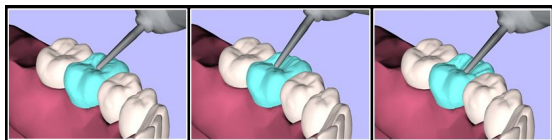


図3．モデル研削シミュレーション画面

また、メイン画面に操作パネルを設置しており、モデルの表示(ワイヤフレーム表示、透明度、カラー選択)、作業ウインドウの設定(モデルの位置、大きさの変更、視点の移動、視点の固定)、研削ポイントの選択、などの設定を可能とした(図4)。



図4．表示画面および設定の一例

形成時は力覚提示デバイスにてバー先端が形成歯の接触感覚を有しているが、バーが隣在歯に接触した際には色調を変化させ、視覚的に理解可能とした(図5)。

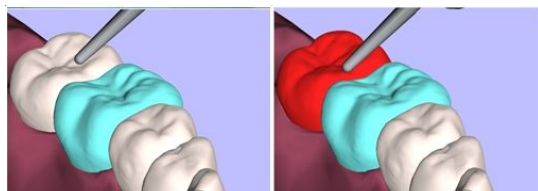


図5．隣在歯の衝突判定(左:接触なし,右:接触あり)

さらに、シミュレータをIGSシステムに搭載することで支台歯形成をリアルタイムに表示可能なシステムを構築した。シミュレー

タおよび三次元データ(支台歯、タービン、形成用ポイント)と支台歯形成練習用ファントム、顎模型、位置測定装置により構成される。位置測定装置の光学式マーカを下顎歯列およびタービンにジグを介して装着し、位置情報を得た。次に、シミュレータソフトの指示ツールを用いて個々のモデルの形態の特徴点をポイントし、VRデータとの座標系を一致させた。

#### 4. 研究成果

測定した顎模型と形成用タービンの位置情報をモニタ上の歯列とタービンにレジストレーションすることで、リアルタイムに形成時の支台歯、タービン位置、および割合による変形をモニタ上で確認できた。ナビゲーションの様子を図1、モニタを図2に示す。

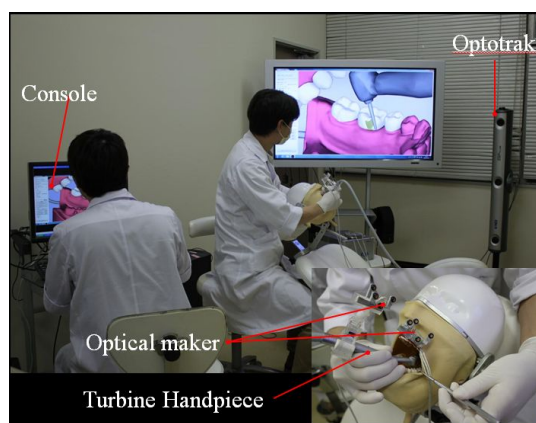


図1．支台歯形成のIGSシステム動作の様子

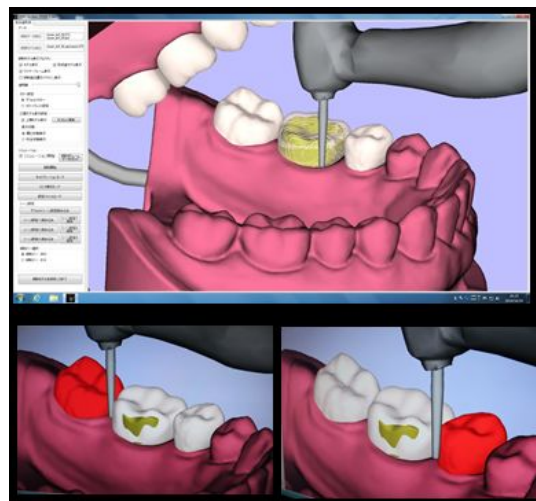


図2．IGSシステムのモニタ画面

#### <引用文献>

Tyman SD, Malone WFP. Tylman' theory and practice of fixed prosthodontics 7th ed. St. Louis: Mosby, 1978, p96-134.

重田優子,小川 匠,岩並恵一,松山喜昭,今井敬晴,福島俊士. 問題解決型教育法の支台歯形成実習への応用. 日歯教誌 19(1): 67-73,2003.

今井敬晴,小川 匠,重田優子,岩並恵一,松山喜昭,福島俊士. 学生教育における支台歯形成の形態評価に関する研究. 第1回 DSE 研究会 1:85-89,2003.

小川 匠,重田優子,岩並恵一,松山喜昭,今井敬晴,福島俊士. 学生教育における支台歯形成の形態評価に関する研究,第2報 ロジスティック解析を用いた検討. 第2回 DSE 1:29-34,2004.

岩並恵一,小川 匠,重田優子,安藤栄里子,福島俊士. 支台歯形態の採点基準に関するアンケート調査. 日歯教誌,22(2):150-154,2006.

重田優子,小川 匠,岩並恵一,松山喜昭,今井敬晴,福島俊士. 問題解決型教育法の支台歯形成実習への応用. 日歯教誌 19(1):67-73,2003.

#### 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 3件)

平井真也,平井健太郎,井川知子,安藤栄里子,重田優子,小川 匠. 鶴見大学歯学部附属病院における医用工学技術を用いた症例の臨床的検討. 第5回日本デジタル歯科学会学術大会,大阪歯科大学創立100周年会館(大阪府大阪市)2014年4月19日.

Ikawa Tomoko, Shigeta Yuko, Ando Eriko, Hirai Shinya, Hirai Kentaro, Suzuki Shigeyuki, Baba Kazuyoshi, Ogawa Takumi. Development Of The Tooth Abutment Preparation Image-Guided System 15th Biennial Meeting of the International College of Prosthodontists, Lingotto Congress Center Turin, Italy, 2013年9月18-21日.

井川知子,平林里大,平井真也,重田優子,安藤栄里子,平井健太郎,小久保裕司,中村善治,小川 匠,鈴木薫之. 支台歯形成イメージガイドドシステムの開発~硬組織変形モデルの構築~. 公益社団法人日本補綴歯科学会創立80周年記念第122回学術大会.福岡国際会議場(福岡県福岡市). 2013年5月18-19

#### 6. 研究組織

##### (1)研究代表者

小川 匠(OGAWA, TAKUMI)  
鶴見大学・歯学部・教授  
研究者番号:20267537

##### (2)研究分担者

重田 優子(SHIGETA, YUKO)  
鶴見大学・歯学部・講師  
研究者番号:40367298

井川 知子(IKAWA, TOMOKO)  
鶴見大学・歯学部・助教  
研究者番号:70552389