

平成 21 年 5 月 15 日現在

研究種目：若手研究 (B)  
 研究期間：2007～2008  
 課題番号：19791431  
 研究課題名 (和文) ハプティックデバイスを用いたバーチャル咬合構築システムの開発  
 研究課題名 (英文) Application of haptic device  
 - development of virtual occlusal diagnosis system -  
 研究代表者 楠本 直樹 (KUSUMOTO NAOKI)  
 大阪大学・歯学部附属病院・助教  
 研究者番号：10397656

研究成果の概要：Haptic Device によるオブジェクト間触力覚感知ソフトウェアの開発を行い、コンピュータ上で咬合関係を考慮したインプラント上部構造を作製し、臨床応用を行った。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	2,100,000	0	2,100,000
2008 年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,000,000	270,000	3,270,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学 歯科医用工学・再生歯学

キーワード：歯科補綴学，バーチャルリアリティー，咬合器

## 1. 研究開始当初の背景

歯科治療や歯科修復物の調整などにおいて手作業の重要性は論を待たない。触覚で得た経験を元に患部の状態を判断し、自分が行った施術の進行状況や成否を判断する。しかし、経験の浅い歯科医師にとって触覚を通じ正確に状況を把握し処置を進めることは容易ではなく、教育の面からもそのトレーニング支援システムの構築が待たれている。

我々はコンピュータによる Virtual Reality (仮想現実感)，とりわけ力を感じることができる触力覚デバイス (Haptic Device) がその実現のための適切なツールと考え、すでにインプラント手術や顎切り手術支援など、歯科への応用に取り組んできた。本研究でさらにこれを発展させ、オブジェクト間の力覚が感知できるようにすることで、インプラント上部構造製作や咬合調整のためのバーチャルシステムの製作を目指した。

現在までに我々は、図1のハプティックデバイス PHANTOM を用いたインプラント手術支援システムを開発し、臨床応用を進めてきた。図2に示したようにハンドピースを PHANTOM で操作することで顎骨にインプラント埋入窩を形成する際の力覚をリアルに感じることができるシステムを作成し、これを未熟練者のトレーニング用として使えるようにした。

一方、PHANTOM 操作用のソフトウェア FreeForm の豊富な CAD 機能を応用して、インプラント体の埋入シミュレーションとサージカルガイドの CAD 設計、および RP (迅速成形) 装置による骨模型とサージカルガイドの CAM 作製を行い、それらを手術に応用する支援システムを開発した。現在その臨床応用も進めているが、最近のインプラント治療においては、即時負荷が主流となりつつある。そこで、我々は上部構造の CAD/CAM 製作も視野

において開発を進めているがこの際に対合歯との接触関係を確認・調整することが重要で、これをハプティックデバイスで行うことができればCAD効率の飛躍的な向上が期待できる。

しかし、現在使用している PHANToM 操作作用のソフトウェア Free Form では、

① ツールを用いてオブジェクトを触知できるが、オブジェクト間、例えば上下の対合歯間の接触は感知できないため、機能的なインプラント上部構造の設計は不可能である。

また、一方で我々は PHANToM を用い顎変形症の手術シミュレーションと骨切りした顎位の正しい位置を決定するためのバイトスプリントのCAM製作も行っているが、これを

② CADで設計する時も上下顎が正しく咬合する位置を力覚で感知して決定できれば非常に効率よくシミュレーションと設計が進められる。

そこで、上記の問題点を改善することでより有効なバーチャルトレーニングシステムを構築することを目指した。



図 1 PHANToM

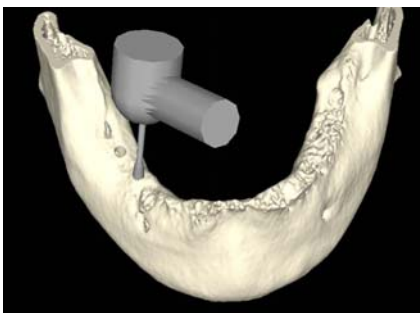


図 2 顎骨穿孔

## 2. 研究の目的

### i) Haptic Device によるオブジェクト間触力覚感知ソフトウェアの開発

研究開始当初、PHANToM を用いてオブジェクト間の触力覚が感じられるソフトウェアが開発できていたが、実用化に向けて下記

の問題点の解決を図った。

① コンピュータのメモリーと処理速度の関係で歯列データの形状の精密さに制限があった。より演算および描画処理の早いボードや大メモリーのコンピュータの導入で処理容量と速度の増加を図り対応した。

② 感じる力の現実性および安定性にまだ不十分さがある。現在のソフトウェアに力覚の大きさの調整ができる機能をつけ、より現実的な力が感じられるように試みた。

③ PHANToM 操作作用のソフトウェア FreeForm と同じ STL 形式でデータを読み込むことは可能であるが、出力はできなかった。データ出力形式のアルゴリズムを検討した。上記対応により、より実用的なシステムの構築を目指した。

### ii) インプラント即時負荷用上部構造製作 CAD/CAM システムへの応用

我々が開発中で一部臨床応用を行っている Haptic Device によるインプラント手術支援システムに、本オブジェクト間触力覚感知ソフトウェアを組み込み、咬合を考慮した理想的インプラント上部構造を設計、作製ができる CAD/CAM システムの作製を試みた。

### iii) 顎変形症または歯列矯正患者の上下顎の咬合調整

この研究は、矯正歯科および口腔外科との共同で進めているので、手術時の顎位決定のためのバイトスプリントの CAD 設計の際に本システムの応用を試みた。

### iv) 咬合診断およびバーチャル咬合器製作

顎運動、咀嚼運動解析するために本システムを応用する。Haptic Device によるオブジェクト間触力覚感知できるバーチャル咬合器をコンピュータ上で製作し、臨床応用を試みた。

## 3. 研究の方法

### (1) Haptic Device によるオブジェクト間触力覚感知ソフトウェアの開発

本研究にて開発を試みたソフトウェアは、FreeForm とは別の独立した、PHANToM で操作するオブジェクト間触力覚の感知が可能なソフトウェアである。しかし、FreeForm とのデータ互換性は持たせて、たとえばインプラントのシミュレーションを FreeForm で行った段階で、それらのデータをこのソフトウェアに転送し、対合歯との咬合調整を行った後にそのデータを FreeForm に戻し、歯冠修復物の設計を行うという処理が行えることを想定した。

図 3 に、ソフトウェアによる CG を示した。上下歯列スタディモデルを取り込み、下顎を

PHANToM で操作し上顎に接触させると力が感じられ、動かすと上顎歯列の咬合面の凹凸が感じられる。また接触点はCGで描画され、視覚的にも判断できる。

このようにひとまず、PHANToM を用いてオブジェクト間の触力覚が感じられるソフトウェアが開発できた。しかし、研究開始段階では実用化に向けて、

- ① コンピュータのメモリと処理速度の関係で歯列データの形状の精密さに制限がある。
- ② 感じる力の現実性および安定性にまだ不十分さがある。
- ③ FreeForm と同じ STL 形式でデータを読み込むことは可能であるが、出力はできない。

などの問題点が残されていた。

そこで、

①については、より演算および描画処理の早いボードや大メモリのコンピュータの導入で処理容量と速度の増加を図り対応した。④については、力覚の大きさの調整ができる機能をつけ、より現実的な力が感じられるようにした。

③については、データ出力形式のアルゴリズムを検討した。

上記対応により、より実用的なシステムの構築を行った。

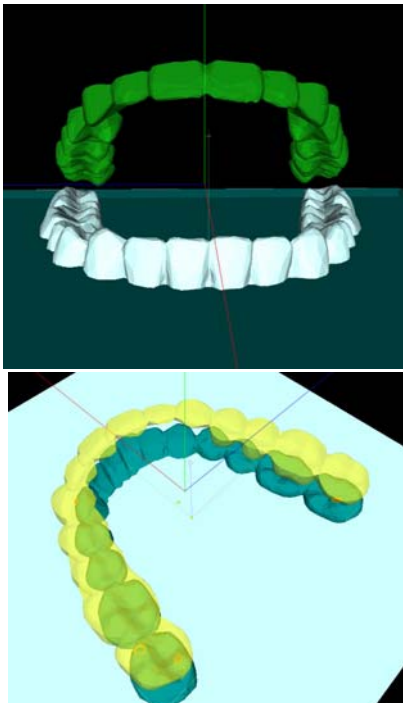


図3 オブジェクト間触力覚感知ソフトウェアによる上下歯列の咬合調整のシミュレーション

## (2)インプラント即時負荷用上部構造製作用CAD/CAMシステムへの応用とその臨床応用

我々が開発中で一部臨床応用を行っている Haptic Device によるインプラント手術シミュレーションおよびサージカルガイドによる手術支援システムに、本オブジェクト間触力覚感知ソフトウェアを組み込み、咬合を考慮した理想的インプラント上部構造を設計、作製ができるCAD/CAMシステムの作製を試みた。実際の臨床例に対して術前の手術シミュレーションを行い、シミュレーションされたインプラント体の位置関係に対応する上部構造の作製を行った。

上部構造の作製には、5軸のミリングマシンを使用する予定であったが、製作時間や製作コストの問題等から、現在も検討中である。本実験では、上記インプラント手術支援システムの開発を共同で実施している協力企業が所有しているものを利用した。

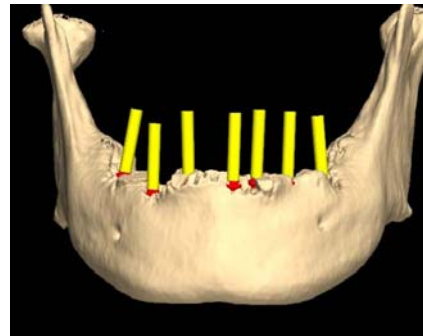


図4 インプラント植立シミュレーション



図5 サージカルガイドと骨模型

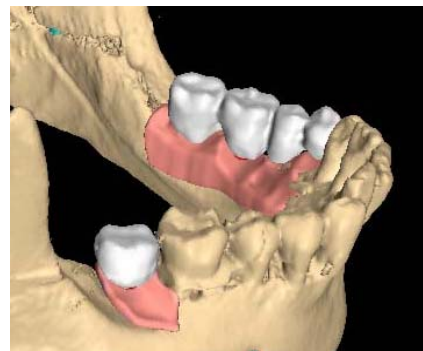


図6 修復物のCAD

## 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1件)

Application of Haptic Device to Implant Dentistry -Accuracy Verification of Drilling into a Pig Bone  
Dental Material Journal, 2009;  
28(1):75-81

Takafumi OHTANI, Naoki KUSUMOTO,  
Kazumichi WAKABAYASHI, Shinichi YAMADA,  
Takashi NAKAMURA, Youichi KUMAZAWA,  
Hirofumi YATANI, Taiji SOHMURA

[学会発表] (計2件)

①2008

AAO 4<sup>th</sup> Meeting (広島)

Application of haptic device to the implant dentistry

②2007

International Dental Material Congress  
(Thailand)

Dental Implant Surgery Support System  
using CAD/CAM Method

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

楠本直樹 (KUSUMOTO NAOKI)

大阪大学・歯学部附属病院・助教

研究者番号: 10397656