

機関番号：14401

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2010

課題番号：21791937

研究課題名（和文）網膜投影型HMDを用いた直感的歯科インプラント  
手術ナビゲーションシステムの構築研究課題名（英文）Development of Intuitive Surgical Navigation System  
for Dental Implant Surgery by using Retinal Imaging Display

研究代表者

山口 哲 (YAMAGUCHI SATOSHI)

大阪大学・大学院歯学研究科・助教

研究者番号：30397773

研究成果の概要（和文）：

近年、歯科医療において歯科インプラントは欠損歯の補綴治療においてきわめて有効な方法の一つとして確立され、それとともに骨量・骨質の不十分な症例や、審美的な要求の高い難症例が増加している。そのような症例に対して正確かつ安全な手術を実現するため、これまでに世界中で、術前シミュレーションソフトウェアにより、最適な埋入位置や角度、方向、適応サイズを検証し、サージカルガイドをCAD/CAM法で作製するシステムが開発されている。従来の歯科インプラント手術ナビゲーションシステムは、術部ではなくモニターを見ながら口腔内という狭い環境の中で器具の操作を行わなければならない、術者の不安が生じるという問題点があった。そこで、本研究では次世代ヘッドマウントディスプレイとして近年注目されている網膜投影型ヘッドマウントディスプレイと、AR技術を応用し、術前シミュレーション結果を術部に直接的にオーバーレイすることで、術部と術前シミュレーション像を同時に重ねて見ながら安心して手術が行えるナビゲーションシステムの開発を行った。

研究成果の概要（英文）：

As dental implants have become an established treatment, their application to aggressive cases with insufficient quantity and quality of bone has increased. To perform safe and precise surgery, overcoming these difficulties, computer-assisted navigation systems have been developed. With conventional systems, surgeons feel anxious during operation because they have to manipulate instruments in the oral cavity while watching a surgical monitor. Thus, we have developed a novel surgical navigation system by combining the retinal imaging display (RID) and the augmented reality (AR) techniques that can directly overlay pre-operative simulation images onto the real view of the surgeon.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

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：網膜投影型ヘッドマウントディスプレイ、拡張現実感表示、歯科インプラント手術、画像合成、透視投影行列、手術ナビゲーション、CAD/CAM、ロバスト性

## 1. 研究開始当初の背景

近年、歯科医療において歯科インプラントは欠損歯の補綴治療においてきわめて有効な方法の一つとして確立され、それとともに骨量・骨質の不十分な症例や、審美的な要求の高い難症例が増加している。そのような症例に対して正確かつ安全な手術を実現するため、これまでに世界中で Simplant(Simplant software and SurgiGuide, Materialize, Leuven, Belgium), NobelGuide(NobelGuide, Nobel Biocare, Goteborg, Sweden), 10DR(10DR Japan, Kobe, Japan)などの術前シミュレーションソフトウェアにより、最適な埋入位置や角度、方向、適応サイズを検証し、サージカルガイドを CAD/CAM 法で作製するシステムが開発されている。

また、IGI(IGI system, DenX, Jerusalem, Israel)では、赤外線で術中にリアルタイムでコントラハンドピースの位置をトラッキングし、埋入窩形成やインプラント埋入の状況をコンピュータのモニター上で把握することのできるナビゲーションシステムも開発され、臨床応用されている。

しかしながら、従来の歯科インプラント手術ナビゲーションシステムは、術部ではなくモニターを見ながら口腔内という狭い環境の中で器具の操作を行わなければならない、術者の不安が生じるという問題点があった。

## 2. 研究の目的

本研究では次世代ヘッドマウントディスプレイとして近年注目されている網膜投影型ヘッドマウントディスプレイと、拡張現実感表示技術を応用し、術前シミュレーション結果を術部に直接的にオーバーレイすることで、術部と術前シミュレーション像を同時に重ねて見ながら安心して手術が行えるナビゲーションシステムの開発を目的とした。

## 3. 研究の方法

システム構成図を図1に示す。本システムでは、術前に撮影したCT像より作製した3D骨像に対してインプラント体の埋入位置をシミュレーションし、得られたシミュレーションイメージ(以下、SI)を術中に術者視野へ呈示する装置として網膜投影型ヘッドマウントディスプレイ(以下、RID)を使用する。

次に、術中のRID、診断用ステントにマーカ1、マーカ2を取り付けて、光学式3次元位置計測装置である MicronTracker2 Sx60 (Claron Technology Inc., USA)により位置姿勢をリアルタイムで計測する。

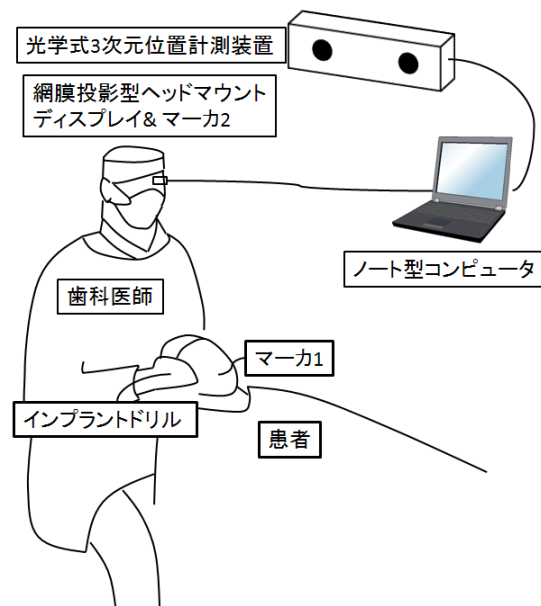


図1. システム構成図

実環境で利用するために、通常利用される紙製の位置姿勢計測用マーカを、Rapid Prototyping 装置の2色刷り機能を利用して紫外線硬化型の樹脂で製作した。また、マーカは1面だけでなく3面を立体的に配置した。これらを部分的無歯顎模型に取り付け、歯科用マネキン上にて画像合成精度検証実験を行った。歯科医師の視野の代わりとして市販のUSBカメラを利用した。

## 4. 研究成果



図2. 画像合成の様子

RIDはヘッドマウントディスプレイやハーフミラーなどと異なり、直接術者の網膜に像を投影するため、覗き込む違和感がなく実視野で術前にシミュレーションした理想的なインプラントの埋入位置を直感的に確

認できた。さらに、装着時でも術者の視野を遮らず、歯科医師にストレスを感じさせなかった(図2)。

また、マーカをCAD/CAMにて製作することにより、システム全体の系統誤差を低減できた。そして、マーカを立体的に製作することにより、計測範囲の拡張、隠れの問題を解決した(図3)。

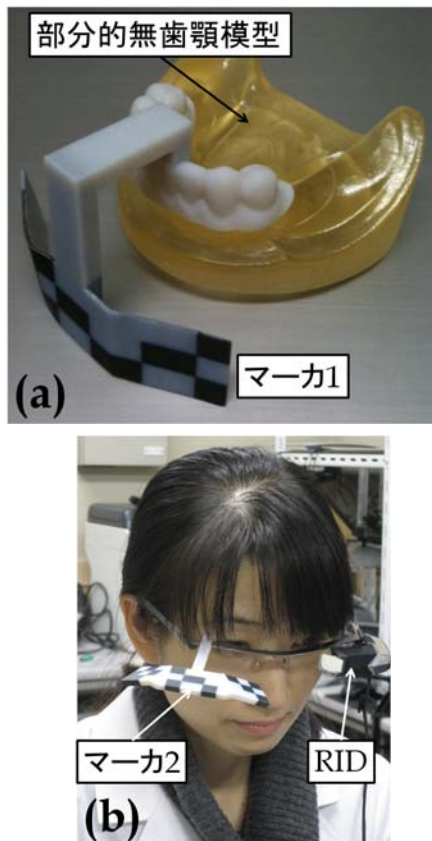


図3. CAD/CAMで製作したマーカ。  
(a)マーカ1, (b)マーカ2

さらに、通常、白と黒の組み合わせで製作するマーカを灰色と黒の組み合わせにすることでコントラスト比を改善し、无影灯による頭部と患部の明度差が存在する環境における安定したマーカのトラッキングを実現した。最後に、画像合成に必要な透視投影行列の算出法を古典的なDLT(Direct Linear Transformation)法からLMedS(Least Median Square)法に拡張することにより、サンプリング精度の低い例外値が含まれていた場合にこれらを効率的に除外し、ロバスト性の高い画像合成を実現した(図4)。

拡張現実感表示技術は、肉眼では見えない部分を見えるようにする、あるいはこれまでにない情報(医療分野では患部のCT画像、拡大画像、心拍の状態など)を視野中に付加的に呈示することによりユーザを支援する技

術である。本成果を歯科分野へ展開していくことで今後も多くの課題を解決できる可能性がある。

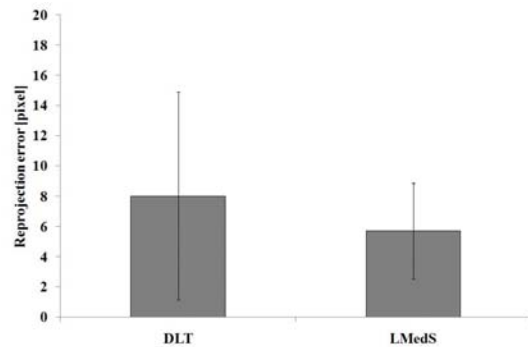


図4. 再投影誤差の比較

### 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)

- ① Yamaguchi S, Ohtani T, Yatani H, Sohmura T (2009). Augmented Reality System for Dental Implant Surgery. Virtual and Mixed Reality, Lecture Notes in Computer Science 5622: 633-638.

[学会発表] (計4件)

- ① Yamaguchi S, Yamanishi Y, Ono S, Yatani H, Imazato S. Dental Implant Surgical Navigation System by Retinal Imaging Display, International Dental Materials Congress 2011 (IDMC2011), May 27-29, 2011, Seoul, Korea. (accepted).
- ② 山口 哲, 大谷恭史, 矢谷博文, 荘村泰治. 網膜投影型ヘッドマウントディスプレイを用いた歯科インプラント手術ナビゲーションシステム(第1報)ーリアルタイムオーバーレイシステムの開発ー, 第54回日本歯科理工学会学術講演会, 2009年10月1日, 2日, 鹿児島..
- ③ Yamaguchi S, Ohtani T, Yatani H, Sohmura T. Dental Implant Navigation System using Retinal Projection System Head-mounted Display. International Association Dental Research (IADR) 87<sup>th</sup> General Session & Exhibition, April 1-4, 2009, Miami, Florida, USA.

[図書] (計1件)

1. Yamaguchi S, Ohtani T, Ono S, Yamanishi Y, Sohmura T, Yatani H (2011). Intuitive Surgical Navigation System

for Dental Implantology by using Retinal Imaging Display. Dental Implants / Book 1 (Chapter Number 未定), *IN-TECH Open Access Publisher*. ISBN 978-953-307-658-4, University of Texas Health Science Center, USA, edited by Ilser Turkeyilmaz (accepted).

〔産業財産権〕

○出願状況 (計1件)

名称：網膜投影型ヘッドマウントディスプレイ装置を用いた手術ナビゲーションシステムおよびシミュレーションイメージの重ね合わせ方法

発明者：山口 哲，大谷恭史，荘村泰治

権利者：国立大学法人大阪大学，Bionic 株式会社

種類：公開特許公報 (A)

番号：特許公開 2010-259497

出願年月日：2009 年 4 月 30 日

国内外の別：国内

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

山口 哲 (YAMAGUCHI SATOSHI)

大阪大学・大学院歯学研究科・助教

研究者番号：30397773