

平成 26 年 5 月 15 日現在

機関番号：32622

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23592901

研究課題名(和文) 口腔内形態情報の一元管理システムの開発

研究課題名(英文) Development of the uniform management system for the digital dental data

研究代表者

堀田 康弘 (HOTTA, Yasuhiro)

昭和大学・歯学部・講師

研究者番号：00245804

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円、(間接経費) 1,230,000円

研究成果の概要(和文)：平成26年4月より一般保険診療における修復物の一部にCAD/CAMシステムが取り入れられ、本研究の目的でもあるデジタルデータの一元管理が急務となってきた。そこで計測ヘッドが日本人の小さな口腔内でも容易に取り回しのできる口腔内計測器の試作を行い、その精度と課題について検討した。また、こうした口腔内から直接入手するデータの場合、従来からある石膏模型が無いことになる。そこで、様々なRP(Rapid Prototyping)の模型を製作し、その精度や実用性について検討を行った。さらに、市販の口腔内計測器を用いて、術者の熟練度が完成する修復物の精度に影響するポイントについての検討も行った。

研究成果の概要(英文)：CAD / CAM system has been adopted in the general insurance practice from April 2014. Uniform management of digital data, purpose of this study, has become an urgent task. At the first year, we prototyped small size intra oral scanner and investigated the accuracy. These digitizing devices is required the reproduction method of the model to explain the flow of treatment or laboratory work. Then, we investigate the reproducibility of the various rapid prototyping systems used in the industry field. Furthermore, we examined the effect of the skill level to the reproducibility of the restoration products using intra oral scanner commercially available.

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：歯学 三次元計測 CAD/CAM 矯正 電子カルテ

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

### 1. 研究開始当初の背景

2006年1月厚生労働省IT戦略本部で策定された「IT新改革戦略」により、レセプトオンライン化が平成23年度より義務化される。これにより、現在、各診療施設における電子カルテシステムの導入が急ピッチで進められている状況にある。一方で、現在発売されている電子カルテシステムは、年々増加する各種診療情報のデジタル化に対し、十分な対応ができていない。特に、近年目覚ましい発展を遂げているCAD/CAMシステムにおけるデジタルデータに関しては、従来行われてきた技工指示書のように、カルテとは独立した全く別の書式がとられている。また、診療情報として術前や術後の模型情報が非常に重要であることが分かっているにもかかわらず、保管場所の確保が困難であることから、次々と捨てられてしまうのが現状である。矯正科や小児歯科、口腔外科など補綴物の作製用途以外にも、顎模型を用いた様々な評価を行う必要があるが、ひとたび採取されたスタディーモデルは、長期にわたって保管義務が発生するだけでなく、期間が経過した後も、治療経過観察のためにオリジナルの模型を保管する場合はほとんどで、この保管場所の問題はさらに切実である。そのため、こうしたCAD/CAMシステムにおける計測データを蓄積しておき、そのまま患者固有のデータとして電子カルテシステムに統合させることができれば、単に指示書としての役目だけではなく、治療経過の観察や治療計画立案の役に立つと考えられる。

### 2. 研究の目的

レセプトオンライン化が平成23年度より義務化され、各診療施設における電子カルテシステムの導入が急ピッチで進められている中、現在利用されているシステムは、年々増加する診療情報の各種デジタルデータに十分対応ができていない。特に、CAD/CAMにおけるデジタルデータに関しては、従来の技工指示書のようにカルテとは独立しており、患者固有のデータとして統合されていない。本研究では、これまでに当教室で開発してきたCAD/CAMシステムのデータを汎用性のあるデータ形式に統合し、さらに、口腔内計測が可能な計測装置を開発して、修復物製作のみでなく口腔内のすべての形態情報を統合できるシステムを目指す。

### 3. 研究の方法

本研究では、CAD/CAMにより得られる患者口腔内の形態情報を汎用性のあるデータ形式に変換し、患者固有の診療情報とすることを目標とする。そのために、平成23年度には、現在までに培ってきた計測技術をさらに

発展させた自由度の高い口腔内計測装置の開発を行う。さらに矯正における診断や予後シミュレーションが可能なソフトウェアの開発を行っていくと共に、既存の電子カルテシステムにおける各種診療情報の導入状況を調査し、CAD/CAMシステムから得られるデータフォーマットの融合方法について検討する。続く平成24年度以降は、これまでに開発してきた全顎模型計測器と顔貌計測器のデータフォーマットの見直しを行い、既存の電子カルテシステムに導入しやすいオープンなフォーマットでの出力ならびに操作ができるようソフトウェアの改良を行っていく。

### 4. 研究成果

本研究では構造化光測定法を用いて得られる画像を基に、行列演算により直接三次元座標への変換を行うことで高速に口腔内の三次元形状を測定できる小型口腔内カメラの開発を行い、現状では1枚の画像取り込みに限られるが、高速に三次元形状を入手できる装置を試作した。さらに、市販の口腔内計測器を用いて、術者の熟練度が完成する修復物の精度に影響するポイントについての検討も行った。

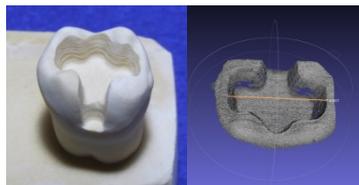
#### [材料および方法]

#### 1. 構造化光測定法原理を用いた装置の試作

本システムで採用した三次元データの収集システムは、可視光線の位相をシフトさせて作り出される構造化光パターンを計測対象物に投影し、カメラでそのひずみを撮影して三次元データを計算により導き出している。今回、画像データの収集を高速に行うため、カメラのフレームレートを120fpsのものを採用した。

#### 2. インレー窩洞を用いた再現精度

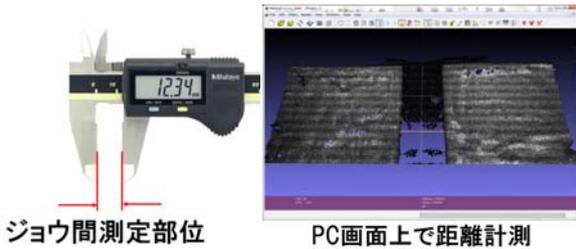
下顎右側第一大臼歯の一级複雑インレー窩洞の石膏模型を対象に、本試作装置を用いた三次元計測を行い(n=5)、MeshLab ver1.3.0 (Visual Computer Lab-ISTI-CNR, Pisa, Italy)を用いてコンピュータ上で窩洞内部の特徴点の寸法をポイント計測した。それと共に、これまでに当教室で開発してきた三次元歯列模型計測器を用いた測定データ、ならびに、マイクロメータを用いた模型上での実寸測定の数値とを比較した。



計測に用いたインレー窩洞模型と寸法計測時の画面

#### 3. マイクロメータを用いた精度の評価

デジタルマイクロメータ（CD-15CX, Mitsutoyo, Japan）を用い、ジョウ間の距離を1.0mmから7.0mmの間で0.5mm刻みで設定し、これを本試作装置で先端部の三次元形状を測定し（ $n=10$ ）、PC上でジョウ間距離を計測した（ランダムに10か所）。ただし、マイクロメータ・ジョウ部の金属光沢による反射を抑えるため、測定時にコントラストスプレー（IPS Contrast Spray chairside, ivoclar vivadent, Liechtenstein）を噴霧した。得られたデータと本来設定したノギスの数値との比較を行った。

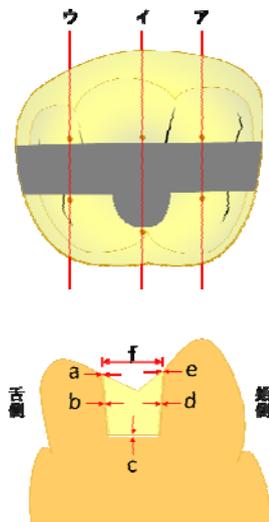


ジョウ間測定部位

PC画面上で距離計測

#### 4. 光学印象時の角度変化による影響

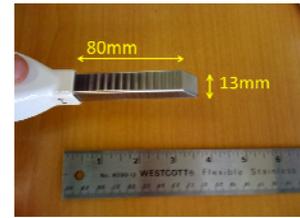
市販の口腔内計測器（CEREC AC, Sirona）を用いて、疑似的なMODインレー窩洞を形成した下顎左側第一大臼歯のメラミン人工歯を基準模型とし、これを複製した石膏模型を計測用模型とした。基準模型には、近心、中央、遠心部頬舌側窩縁の咬合面上6か所に測定位置指示のための直径0.3mmの基準点を形成した。この計測用模型を雲台に固定し、CEREC ACのスキヤナで光学印象しセラミックインレーを製作した。計測時にカメラレンズが窩底と水平な状態（ $0^\circ$ ）と、頬・舌側に各々 $15^\circ$ （ $15^\circ$ 、 $-15^\circ$ ）傾けた状態で固定する3条件で、画像を10回ずつ撮影した。設計はインレー/アンレータイプ、バイオジェネリックモードを選択し、マージンは手動で調整した。また、メーカー指示に従いフリーハンドで10枚撮影し設計した修復物をコントロールとした。製作したセラミックインレーは、各計測用模型にセメント合着後、エポキシレジンを包埋した試料を自動精密資料切断機（Isomet, Buehler）にて図中ア～ウの部位で切断し、デジタル実体顕微鏡を用いてa～fに示す計測部位でセメントスペースを計測した。



#### [結果]

##### 1. 構造化光測定法原理を用いた装置の試作

図に今回試作した、口腔内三次元測定カメラを示す。

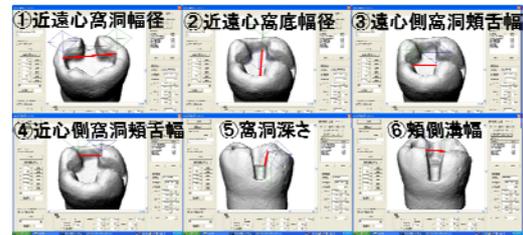


このカメラで得られる光パターンの変位は、

FireWireケーブルを通してPCに取り込まれる。今回、転送速度の面で有利なApple社製MAC Book Proを用いることで、800 Mbpsの理論実行転送速度が得られるため、1撮影でのデータ量が20MBであったにもかかわらず、0.3秒未満でデータの転送が終了する。また、カメラ自体の小型化のために、投影側と撮影側の光軸を干渉しない範囲で同一に設計できたことで、口腔内挿入部のサイズを $15 \times 13\text{mm}$ と小型化することができた。また、一度に撮影できるエリアは約 $10 \times 7.5\text{mm}$ で、被写界深度は約5mmとなった。

##### 2. インレー窩洞を用いた再現精度

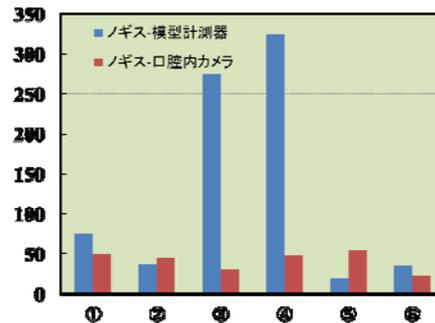
今回、同じ模型を用いて5回計測を行ったが、同一計測ポイントにおけるデータのバラツキが $100\mu\text{m}$ 程度あったが、マイクロメータを用いた測定との誤差は、一部形状計測エリアから外れてしまう部分を除き約 $50\mu\text{m}$ 以下であった。



寸法計測部位

| (mm) | 模型計測器 | ノギス計測 | 口腔内カメラ |
|------|-------|-------|--------|
| ①    | 7.330 | 7.405 | 7.455  |
| ②    | 6.380 | 6.343 | 6.298  |
| ③    | 3.300 | 3.575 | 3.545  |
| ④    | 3.190 | 3.515 | 3.563  |
| ⑤    | 2.300 | 2.320 | 2.265  |
| ⑥    | 2.520 | 2.485 | 2.463  |

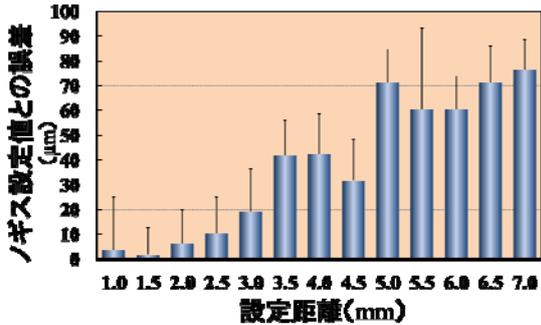
各計測部位における計測値（単位 mm）



計測方法間での誤差

### 3. マイクロメータを用いた精度の評価

デジタルマイクロメータを用いた測定では、画面中央部での計測となるジョウ間距離1.0~2.5 mmの範囲において、誤差は10 $\mu$ m以下と非常に高精度な再現結果が得られたが、3.0mm以降はノギス設定値との誤差が大きくなってしまっていた。これは、カメラ内部におけるレンズの収差が、十分に補正できていなかったためと考えられ、今後補正は可能である。



### 4. 光学印象時の角度変化による影響

断面の観察より、コントロールを含むすべての修復物でcの部位(窩底)において大きな浮き上がりが観察された。特に0°のものでは肉眼で判定できるほど修復物全体の浮き上がりが観察された。これは、頬舌側窩壁の形状が再現できたにもかかわらず、深さ方向のデータが不正確なままインレーが製作されたため、窩底の幅が大きめに製作されていると考えられる。それに比べ、15°、-15°では、窩壁の一方が正確に計測できないため窩底に向かってインレー体が小さく製作された分、浮き上がりは小さくなった。

| ノギス計測による窩縁の幅       |          | 近心     | 中央     | 遠心     |
|--------------------|----------|--------|--------|--------|
|                    | 窩洞       | 2730.0 | 4450.0 | 2850.0 |
| CEREC AC設計画面上での計測値 | A.コントロール | 2893.3 | 4413.3 | 2866.7 |
|                    | B.0°     | 2900.0 | 4406.7 | 2820.0 |
|                    | C.15°    | 2866.7 | 4406.7 | 2900.0 |
|                    | D.-15°   | 2940.0 | 4406.7 | 2846.7 |
| デジタル実体顕微鏡でのインレー断面f | A.コントロール | 2687.5 | 4106.6 | 2711.2 |
|                    | B.0°     | 2620.1 | 4095.4 | 2746.6 |
|                    | C.15°    | 2645.9 | 4153.6 | 2739.1 |
|                    | D.-15°   | 2531.3 | 4066.4 | 2596.9 |

#### [考察]

今回試作した口腔内三次元測定装置は、光軸の工夫により、非常にコンパクトな形状となった。石膏模型の計測において再現性の高い計測ができていたが、光パターン投影面の状況によっては、データの連続性に不具合(空間位相のつながり合わせ不全)が生じ、再現される三次元形状の一部がくずれている場合があった。今後、こうした空間位相のつながり合わせにおける改良と共に、複数のデー

タをつなぎ合わせるソフトウェアを開発し、歯列全体が計測できるように改良していく必要があった。

また、術者による熟練の度合いが、作製される補綴物の適合に与える影響を検討した実験では、すべてにおいてセメントスペースが大きく、インレー体が浮き上がる傾向にあったが、これは、舌側の裂溝への窩洞追加部の形態が影響していると考えられた。今回水平断面での評価を行っていないが、この部分での軸面の形態再現についても検討する必要があると考えられる。さらに、CEREC AC設計画面上での計測値とデジタル実体顕微鏡でのインレー断面fの差が生じることにに関して、CEREC ACの設定を微調整をすることにより解消出来る可能性が示唆された。

### 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 6件)

- ① Terui Y, Sato K, Goto D, Hotta Y, Miyazaki T. Compatibility of Ce-TZP/Al2O3 nanocomposite frameworks and veneering porcelains. Dent Mater J, 査読有, 2013; 32(5): 839-846
- ② 宮崎 隆, 堀田康弘. CAD/CAM技術の現状と将来性について. Journal of Bio-Integration, 査読無, 2012; 2: 39-46
- ③ Oguri T, Tamaki Y, Hotta Y, Miyazaki T. Effects of a convenient silica-coating treatment on shear bond strengths of porcelain veneers on zirconia-based ceramics. Dent Mater J, 査読有, 2012; 31: 788-796
- ④ 宮崎隆, 堀田康弘. CAD/CAMを中心とした歯科医療の現状と将来展望, 日本歯科理工学会誌, 査読無, 2011, 30, 219-222
- ⑤ Kuriyama S, Terui Y, Higuchi D, Goto D, Hotta Y, Manabe A, Miyazaki T. Novel fabrication method for zirconia restorations: bonding strength of machinable ceramic to zirconia with resin cements. Dent Mater J, 査読有, 2011, 30, 419-424
- ⑥ 宮崎隆, 小倉英夫, 新谷明喜, 中村隆志, 伴清治, 三浦宏之, 堀田康弘. CAD/CAMシステムを用いたセラミック修復の利用ガイドライン, 日本歯科医学会誌, 査読無, 2011, 30, 50-54

[学会発表] (計 7件)

- ① 佐藤康太郎, 藤島昭宏, 堀田康弘, 宮崎隆. CAD/CAM セラミックスに対する表面改質処理法の検討. 昭和歯学会, 2013年12月07日, 東京.

- ②佐藤康太郎, 藤島昭宏, 堀田康弘, 宮崎隆.  
高靱性ジルコニアに対するレジンセメント  
のせん断接着強さ. 第 62 回日本歯科理工学  
会, 2013 年 10 月 19 日~20 日, 新潟.
- ③佐藤康太郎, 堀田康弘, 藤島昭宏, 小林茉  
莉, 田中晋平, 馬場一美, 宮崎隆. CAD/CAM  
を用いたナノジルコニアブリッジの製作法.  
第 4 回日本歯科 CAD/CAM 学会, 2013 年 04  
月 20 日~21 日, 東京
- ④守田宏子, 堀田康弘, 小林幹宏, 小安正洋,  
真鍋厚史, 宮崎隆. CAD/CAM システムを用  
いたセラミックスインレーの適合性の検討  
—光学印象時の角度変化による影響—. 第 4  
回日本歯科 CAD/CAM 学会, 2013 年 04 月 20  
日~21 日, 東京
- ⑤中納治久, 浅間雄介, 吉田美智, 堀田康弘,  
梅川克己, 藤原稔久, 宮崎隆, 榎宏太郎,  
3D デジタル模型における歯冠自動分割法の  
開発, 日本矯正歯科学会, 平成 23 年 10 月  
18 日, 愛知
- ⑥佐藤康太郎, 照井優一, 栗山壮一, 堀田康  
弘, ナノジルコニアに対する CAD/CAM を用  
いた陶材前装体の検討—CAD/CAM 用セラミ  
ックスとナノジルコニアとの接合強度—,  
日本歯科理工学会, 平成 23 年 10 月 22 日,  
福島
- ⑦照井優一, 佐藤康太郎, 栗山壮一, 国井 淳,  
堀田康弘, 宮崎 隆, ナノジルコニアを用い  
た陶材前装方法の検討—ジルコニアにおけ  
る低温劣化が陶材焼付強さに与える影響—,  
日本歯科理工学会, 平成 23 年 10 月 22 日,  
福島

[図書] (計 1 件)

- ①末瀬一彦・宮崎隆 編. 医歯薬出版,  
CAD/CAM デンタルテクノロジー, 2012, 144

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称 :  
発明者 :  
権利者 :  
種類 :  
番号 :  
出願年月日 :  
国内外の別 :

○取得状況 (計 0 件)

名称 :  
発明者 :  
権利者 :  
種類 :  
番号 :  
取得年月日 :  
国内外の別 :

[その他]  
ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

堀田 康弘 (HOTTA Yasuhiro)  
昭和大学・歯学部・歯科保存学講座・歯科  
理工学部門・講師  
研究者番号 : 0 0 2 4 5 8 0 4

### (2) 研究分担者

中納 治久 (NAKANO Haruhisa)  
昭和大学・歯学部・歯科矯正学講座・准教  
授  
研究者番号 : 8 0 2 9 7 0 3 5

宮崎 隆 (MIYAZAKI Takashi)  
昭和大学・歯学部・歯科保存学講座・歯科  
理工学部門・教授  
研究者番号 : 4 0 1 7 5 6 1 7

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号 :