

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年4月22日現在

機関番号：16101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23659901

研究課題名（和文）：無歯顎のデジタル印象・咬合採得システムの開発

研究課題名（英文）：Development of digital impression and bite registration system for totally edentulous

研究代表者：市川 哲雄（ICHIKAWA TETSUO）

徳島大学・大学院ヘルスバイオサイエンス研究部・教授

研究者番号：90193432

## 研究成果の概要（和文）：

全部床義歯の製作過程におけるデジタル技術の導入を目指し、無歯顎顎堤を3次元デジタルライザーで顎堤形状を推定し、その上で咬合圧印象用トレーを設計、ラピッドプロトタイピングし、それを用いて印象、咬合採得するシステムを開発した。精度的には、平均誤差0.5mm、最大誤差1mmで無歯顎の印象精度としてはほぼ許容できる範囲になった。デジタル写真計測技術を用いたインプラントオーバーデンチャーのアバットメントの位置決めは困難であることが推定された。

## 研究成果の概要（英文）：

An innovative fabrication system of complete denture has been developed using digital technology: tracing and surface modeling of edentulous using an arm-type three-dimensional digitizer, computer-aided designing of special occlusal impression trays, rapid prototyping using a three-dimensional digital printer, and impression and bite registration using the special trays. The resolution is about 0.6 mm in average error and about 1.0 mm in maxim error for the digital impression. It will be considered within an allowance for preliminarily impressions of total edentulous. It is suggested that a digital impression for abutment positioning in implant overdentures using digital photogeometry will be a hard target

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・補綴系歯学

キーワード：デジタル印象，ラピッドプロトタイピング，無歯顎，インプラント，3次元デジタルライザー

## 1. 研究開始当初の背景

補綴治療は、印象、石膏注入、ワックスアップ、埋没というように、陰型、陽型の繰り返しによって成り立っており、非常に人的、物的資源を必要とする。近い将来、歯科技工士の不足も危惧されている。これを解決するために、現在、光学印象法、CAM/CAMなどのデジタル技術を応用することが取り入れられている。総合科学技術会議でも、グリー

ンイノベーションとライフイノベーションの2つが重点課題となっており、またこの分野の製品のほとんどが外国製であり、以上の点を含め、補綴装置製作におけるデジタル技術の導入は、喫緊の課題である。

一方、国内外においてデジタル技術の応用は装置製作そのものであり、口腔内の操作である印象採得、咬合採得についてはほとんど手をつけられていない。装置についても、イ

ンレー、クラウン・ブリッジ、インプラントなどの固定性装置を対象とし、粘膜を対象とする義歯についてもほとんど手がつけられていない。粘膜は被圧変位が大きく、印象は取るのではなく、作るもので、床縁設定は非常に難しい。

その中で、我々は義歯製作過程におけるデジタル技術導入を目指し研究を開始し、模型の光学印象→金属フレームの CAD→3次元プリンターによるメタルフレームのプラスチックパターン製作→プラスチックパターンのキャストといった方法で一部デジタル化を行った。

## 2. 研究の目的

本研究は、義歯製作過程におけるデジタル技術の導入を目指したもので、3次元デジタルタイザーを用いた方法とデジタル写真計測技術を用いた方法による新しい無歯顎およびインプラントオーバーデンチャーの印象法を開発し、無歯顎の印象採得、咬合採得を部分的にデジタル化し、グリーンイノベーションとライフイノベーションに挑戦しようとするものである。

## 3. 研究の方法

### (1) 無歯顎のデジタル印象・咬合採得システム

無歯顎顎堤を3次元接触デジタルタイザーで顎堤形状をトレースすることによって形状推定し、その上で咬合圧印象用トレーをコンピュータ設計、ラピッドプロトタイプングし、それを用いて印象、咬合採得するシステムを開発した。以下の方法によってその有用性を検討した。

#### ①アーム型接触式3次元デジタルタイザーによる方法

無歯顎顎堤のデジタル印象法として、顎堤面を3次元デジタルタイザーでトレースすることで形状を推定する。3次元デジタルタイザーにはアーム型接触式3次元デジタルタイザー(G2X, Microscribe社、公称精度:0.23mm)を用いた。

##### 1. 真球による精度検討

直径10.00mmの真球を3次元デジタルタイザーを用いてフリーハンドでトレースした。各計測点と真球の中心座標間の距離と実半径との誤差の和、あるいは最大誤差が極小となるように真球の中心座標をコンピュータ上で探索し、中心座標と各座標間の距離と実半径(5.0mm)との平均誤差・最大誤差を求めた。検者は臨床経験5年未満の歯科医師:5名とした。

##### 2. 無歯顎模型による精度検討

上下顎無歯顎模型(G-2 402, ニッシン社)の顎堤形状を以下の条件でトレースした。トレースする検者は徳島大学に所属・臨床経験5年未満の歯科医師:5名(平均年齢30.4歳

±5.1歳)とした。

#### 上顎

- a 10mm 間隔:最深部, 歯槽頂, 口蓋2回
- b 5mm 間隔:最深部, 歯槽頂, 口蓋3回, 最深部と歯槽頂の間1回
- c 3mm 間隔:最深部, 歯槽頂, 口蓋4回, 最深部と歯槽頂の間2回
- d 30秒以内にトレースを終了

#### 下顎

- a 10mm 間隔:最深部, 歯槽頂
- b 5mm 間隔:最深部, 歯槽頂, 最深部と歯槽頂の間1回
- c 3mm 間隔:最深部, 歯槽頂, 最深部と歯槽頂の間2回
- d 30秒以内にトレースを終了

トレースしたデータは3D-CADによるデータ作成CADソフト(Rhinoceros3.0, Appli Craft社)を用いて、スプライン補間, スムージングを行い, PC上に顎堤形状を再現した。印象精度の検討には, 上下顎無歯顎模型を3Dスキャナー(DentalWings 7Series, DentalWings社)でスキャニングし, 三次元データ検査ソフトウェアでデジタル印象によって得られた顎堤形状とマッチングさせ, トレース間隔による誤差(偏差・適合度)を算出した。

さらに, デジタル印象した情報を元にコンピュータ制御旋盤で顎堤模型を削りだし, その上で個人トレー製作, 適合試験材にてマスター模型との適合を確認した。徳島大学に所属し, 臨床経験10年以上の歯科医師:5名(平均年齢49.2歳±9.9歳)に, この適合試験結果と質問票にて本デジタル印象の有効性・適合度の評価を依頼した。その印象が以下の条件下での印象として有効かどうかをVAS法で評価させた。

- a 訪問診療における概形印象(個人トレー作製のため)として
- b 訪問診療における概形印象(咬合圧印象用トレー作製のため)として
- c チェアーサイドの概形印象(個人トレー作製のため)として
- d チェアーサイドの概形印象(咬合圧印象用トレー作製のため)として

#### ②磁気式接触式3次元デジタルタイザーによる方法

3次元デジタルタイザーとしてPatriot system(Polhemus社)を使用し, アーム型デジタルタイザーと同様な方法で検討した。

#### (2) フォトグラメトリ(デジタル写真計測技術)による方法

フォトグラメトリとは, キャリブレーション済みのカメラを用いて撮影した3次元対象物の複数枚の写真を組み合わせることにより, 3次元対象物の3次元形状の復元やそ

のモデルを用いた3次元計測を行うことができる手法である。キャリブレーションとは、カメラ固有のパラメータである焦点距離、分解能などを求めることである。エッジのある対象物では可能であるが、自由曲面では不明である。

自由曲面にマーカを貼付し、デジタルカメラで何方向から撮影しその精度を検討した。最終的に、インプラントオーバーデンチャーのアバットメントの位置決めをこのフォトグラメトリ法を用いて可能かどうかを検討した。

(3) 従来法と本法の材料費、操作時間、廃棄物排出量の比較を行った。

#### 4. 研究成果

アーム型接触式3次元デジタルライザーにおける真球による精度検討結果を下記に示す

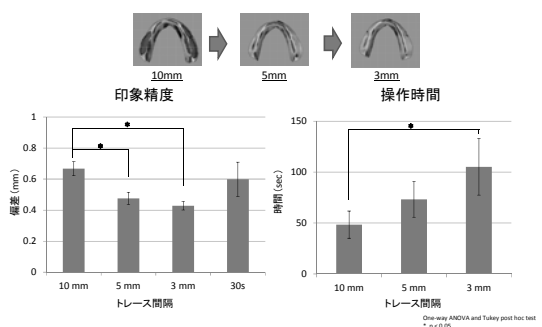
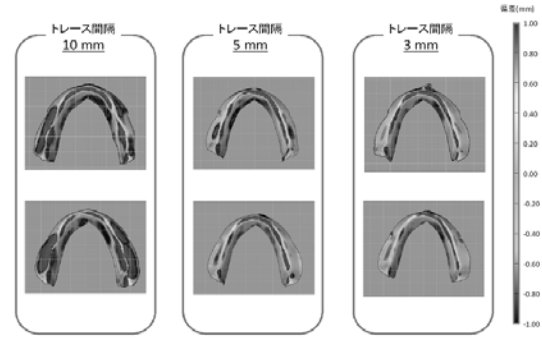
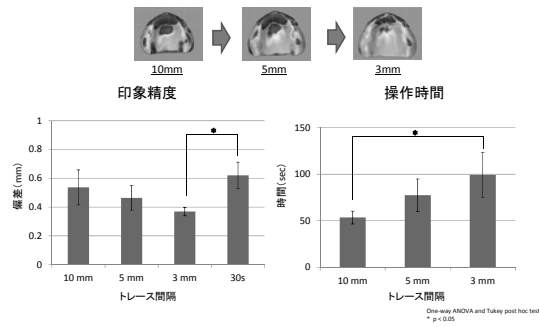
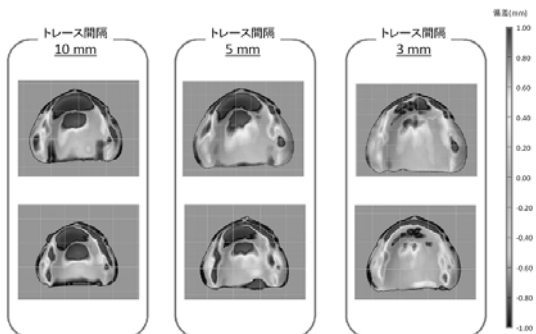
#### トレース精度の結果

被験者5人×3回

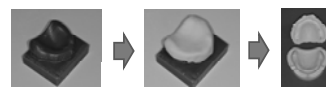
被験者	平均誤差 (mm)	最大誤差 (mm)
A	0.67 ± 0.10	1.22 ± 0.12
B	0.27 ± 0.04	0.63 ± 0.07
C	0.21 ± 0.04	0.45 ± 0.04
D	0.79 ± 0.04	1.66 ± 0.08
E	0.54 ± 0.15	1.18 ± 0.30

一方、磁気式接触式3次元デジタルライザー Patriot system による方法においては、アームがなくトレースしやすいものの、真球による精度検定ではアーム型デジタルライザーの数倍の誤差が認められた。これは測定原理が磁気であるため、ノイズの影響を大きく受けるためと考えられる。

次に、上下顎顎堤模型を使った印象精度の測定結果を以下に示す。



印象精度の主観的VAS評価は以下の通りであった。



- A. 訪問診療における概形印象(個人トレー作製のため)として  
使用不可能 |-----| ✓ |-----| 使用可能
- B. 訪問診療における概形印象(咬合圧印象用トレー作製のため)として  
使用不可能 |-----| ✓ |-----| 使用可能
- C. チェアサイドの概形印象(個人トレー作製のため)として  
使用不可能 |-----| ✓ |-----| 使用可能
- D. チェアサイドの概形印象(咬合圧印象用トレー作製のため)として  
使用不可能 |-----| ✓ |-----| 使用可能

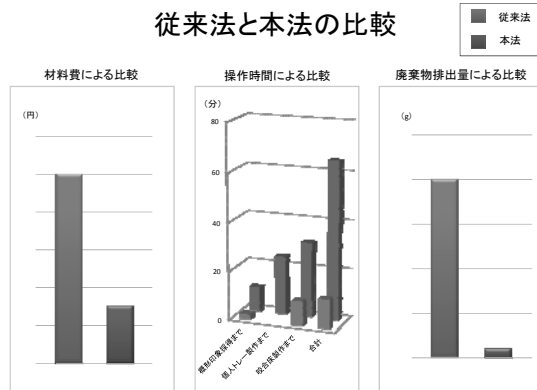
本デジタル印象によって得られた顎堤形状と3Dスキャナーでスキャンされた顎堤形状間の平均誤差は、平均0.6mm以内であって、临床上問題となる大きな誤差は認められなかった。また、トレース間隔を短くするほど操作時間は長くなるものの、誤差は小さくなった。主観的評価も合わせて、実用化が

可能なことが示唆された。

フォトグラメトリ法による形状測定についてはある程度の形状測定は可能なもののインプラントオーバーデンチャーのアバットメントの位置決めは困難であることが推定された。

従来法と本法の材料費、操作時間、廃棄物排出量のシミュレーション結果を以下に示す。操作時間と廃棄物排出量は本方法が優れているが、材料費については、従来法が優れていた。ただし、これには最初の器材購入費があり、長期に使用することによってこの比較は逆転すると考えられる。

### 従来法と本法の比較



義歯製作過程におけるデジタル技術、とくに口腔内の処置に対する導入は、極めて新規性があり、ほとんど取り組まれていない。歯の欠損の減少、インプラントの普及により義歯の重要性は低下しているように見えるが、インプラント治療における暫間、あるいは治療用補綴装置として、さらには、超高齢化と要介護高齢者の増加に伴って、義歯の有用性は低下していない。

デジタル化を進めることにより、その義歯製作の考え方の論理性が高められ、教育的にも非常に意義あるものとする。臨床においては、治療時間の短縮、治療コストの削減、印象時の誤飲、誤嚥防止につながり、臨床の場に多大な貢献をするものと考えられる。

全部床義歯の製作過程におけるデジタル技術の導入を目指し、無歯顎顎堤を3次元デジタルタイザで顎堤形状を推定し、その上で咬合圧印象用トレーを設計、ラピッドプロトタイプングし、それを用いて印象、咬合採得するシステムを開発した。精度的には、平均誤差 0.6 mm、最大誤差 1 mm で無歯顎の概形印象精度としてはほぼ許容できる範囲になった。フォトグラメトリ法による形状測定は、さらなる検討が必要であることが推察された。

### 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)

[学会発表] (計4件)

1. Matsuda T, Goto T, Ishida Y, Kashiwabara T, Nagao K, Ichikawa T. A Trial of Complete Denture Fabrication Using Digital Technology: *In vitro* Evaluation of Digital Impression. ASEAN plus and TOKUSHIMA JOINT INTERNATIONAL CONFERENCE “Strategic Achievement of Oral Sciences and Promotion of Quality of Life and Professional Education for Oral Hygienists by Using Information and Communication Technology”. 2012.12.7-8 Ambarukmo Royal Hotel (Indonesia)
2. 松田 岳, 後藤崇晴, 石田雄一, 柏原稔也, 永尾 寛, 市川哲雄, 薦田淳司. デジタル技術を用いた全部床義歯治療の効率化—無歯顎模型に対するデジタル印象の印象精度の検討. 平成24年度日本補綴歯科学会, 中国・四国支部学術大会. 2012.9.1 (広島県)
3. Goto T, Matsuda T, Ishida Y, Kashiwabara T, Nagao K, Ichikawa T. Digital dentistry in complete denture fabrication Feasibility study. International Symposium on Oral Health Education and Research. Balikpapan. 2011.12.11 The Blue Sky Hotel (Indonesia)
4. 松田 岳, 後藤崇晴, 石田雄一, 柏原稔也, 市川哲雄, 佐藤修斎, 井上三四郎. デジタル技術を用いた全部床義歯治療の効率化: デジタル印象・咬合採得のシステム化の試み. 平成23年度社団法人日本補綴歯科学会中国・四国支部学術大会. 2011.9.4 (岡山県)

[図書] (計1件)

1. Ito T, Taniguchi M, Ichikawa T. Regeneration of 3D Profile Line Using a Combination of Photo Images and Target Markers. Improving Complex Systems Today. Advanced Concurrent Engineering Springer, 2011, pp 293-300.
6. 研究組織
- (1)研究代表者  
市川 哲雄 (ICHIKAWA TETSUO)  
徳島大学・大学院ヘルスバイオサイエンス研究部・教授  
研究者番号: 90193432
- (2)研究分担者  
本釜 聖子 (HONGAMA SEIKO)  
徳島大学・大学院ヘルスバイオサイエンス研究部・助教  
研究者番号: 60380078
- 石田 雄一 (ISHIDA YUICHI)  
徳島大学・大学院ヘルスバイオサイエンス

研究部・助教  
研究者番号：90403708

(3)連携研究者  
( )

研究者番号：