

令和 4 年 6 月 3 日現在

機関番号：16101

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K22720

研究課題名(和文) AI技術と加圧的造形粘膜面デジタル印象法による自動床縁設定法の開発

研究課題名(英文) Automatic border modeling of denture using artificial intelligence and air-assisted intraoral scanner

研究代表者

市川 哲雄 (ICHIKAWA, Tetsuo)

徳島大学・大学院医歯薬学研究部(歯学域)・教授

研究者番号：90193432

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,900,000円

研究成果の概要(和文)：口腔内スキャナの先端に空気圧を噴出するノズルをつけ、その孔から噴出される空気圧によって、デンチャースペースが形成されることを期待する顎堤のデジタル印象する方法(Air-assisted IOS)を考案し、その条件設定と有効性を検討した。空気圧はデンタルチェアから取り出し、減圧弁を通し、エアフィルタで濾過したものをを用いた。空気圧噴出孔は2種類を用意した。AIOSは患者自身の印象感覚は悪くなく、かつ歯面、歯列の採得および粘膜面の採得にも有効であることが示唆された。ただ当初の目的である床縁形態の採得までの効果を有効に判定するまで研究が進まず、その期待の可能性だけが確認された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、全く手つかずだった義歯床縁形態のデジタル記録法に挑戦したことであり、この床縁形成、筋圧形成の自動化が成し遂げなければ、有床義歯のデジタル化を進めることができず、まさしくブレイクスルーをしなければならないところである。しかし、動かない不動粘膜面の印象自体も、日本で市販されている口腔内スキャナでは容易ではなく、工夫が必要であることが判明した。また考案した空気圧をかけての印象が有用であること、疑似カラーのきれいさが判明しただけでも挑戦的萌芽研究として非常に意義が高かったと考える。

研究成果の概要(英文)：We developed a method of making a digital impression of the edentulous region of jaw (Air-assisted Intra-Oral Scanner: AIOS), in which an air pressure nozzle is attached to the tip of the intra-oral scanner and the air pressure emitted through the nozzle is expected to form a denture space. The condition of air pressure and effectiveness of the AIOS were investigated. Air was extracted from a dental chair and filtered through a decompression valve and a sterilized air filter. Two types of air pressure nozzles were prepared. The AIOS was found to be effective in taking impressions of the tooth surface, dentition, and mucosa without poor patient's own impression feeling. However, the study did not proceed to the initial goal of obtaining the appropriate denture border, and only the possibility of this expectation was confirmed.

研究分野：歯科補綴学

キーワード：デジタル印象 口腔内スキャナ AI 空気圧 床縁

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

補綴装置のデジタル技術を応用した治療法の開発が急速に進んでおり、クラウン・ブリッジ、インプラント上部構造などの固定性補綴装置についてはチェアサイドおよびラボサイドのいずれの過程においてもほぼ実用化に至っている。補綴治療のデジタル化は、最終補綴装置の製作の段に排出される材料を最小限にし、同時に印象採得、咬合採得、試適の際の中間媒体材料を省略でき、カーボンニュートラルを求める世界の趨勢に一致する。しかし有床義歯治療のチェアサイドでの治療ステップのデジタル化はあまり進んでおらず、とくに義歯床縁形態のデジタル記録法は全く示されていない。

一般的に有床義歯の製作過程においては、概形印象、精密印象、咬合採得、人工歯排列と蠟義歯形成、支台装置と義歯床の製作がある。粘膜面のデジタル化においては、咬座(あるいは咬合圧)印象された印象-咬合採得体あるいは現在の装着義歯をスキャンし、粘膜面形態、咬合位、排列位置の情報を得ている。これまでに我々はこのプロセスの中で、咬座印象用トレーの製作のパートデジタイジング法を提案している。

全部床義歯のフルデジタル化において2つのブレイクスルーすべきバリアがある。一つは、咬合採得である。咬合位が定まらない場合には、現在のところ咬合床あるいは現在の装着義歯という中間媒体を使わざるを得ない状況である。もう一つは床縁形態、研磨面形態のデジタル採得である。不動粘膜のデジタル印象採得については口腔内スキャナ、トレーシング法、フォトグラメトリ法などによって可能と考えられ、精密印象レベルでの精度も最終的には得られると考えられる。問題は床縁形態、粘膜面から研磨面形態に翻転する部分の形態をどう採得するかである。この部分の客観的な形態決定は補綴歯科領域では古典的な問題であるにもかかわらず、全く解決されておらず、極めて重要な課題である。

この床縁形態は、動かない粘膜部分(不動粘膜)と機能時に可動する粘膜部分を決定する作業と認識されているが、必ずしもそのような考え方は正しくない。もしそのような考え方に立つならば、現在の口腔内スキャナで顎堤を撮像しながら、唇や頬を動かせばその床縁は可能となる。しかし実際は、不動粘膜から唇・頬を最大に動かしたときに動かない位置に床縁があるのではなく、それより外側に延長された通常の発語や開口時には義歯を浮きあがらせることなくコルベン状の形態を作る部分に床縁位置と形状設定にあることがその本質と考える。ただし、その部分は不動粘膜と外側粘膜が接しており従来型の口腔内スキャナやCBCTでは撮像できない。

本研究では、有床義歯の診療におけるデジタル化について、各治療プロセスについて検討する。とくに義歯粘膜面および床縁形態の記録法については、独創的なアイデア「空気圧負荷によるデンチャースペース造形後の顎堤・歯肉頬移行部のデジタル形態記録」とAI技術を用いての義歯床縁部の自動形態設定法の開発を目的とした。

### 2. 研究の目的

有床義歯診療におけるデジタル化について、各治療プロセスで検討した。とくに、床下粘膜面および床縁形態の記録法について検討した。一定の空気圧で歯肉頬移行部を圧迫しデンチャースペースを造形する方法を考案し、その方法の可能性について検討した。

### 3. 研究の方法

(1) 空気圧によるデンチャースペース形成に基づく口腔内スキャナによる無歯顎デジタル印象採得

空気圧負荷によるデンチャースペース造形後の顎堤・歯肉頬移行部のデジタル形態記録とAI技術を用いての義歯床縁部の自動形態設定法の開発を目的とした。図1に今回考案した方法の原理を示す。空気圧は、デンタルチェア(モリタ)の圧縮空気孔(内径3mm:0.39~0.78MPa)から取り出し、減圧弁(0.2MPa)を通しあとエアフィルタで濾過した空気圧を用いた。空気圧の微調整は点滴用のローラーランプで行った。歯科用口腔内スキャナ(IOSと略す)のスキャナチップからの空気の噴出方法には2つを用意した。

スキャナチップ周囲に内径1.4mmのチューブをコの字型に設置し、そのチューブに直径1mm

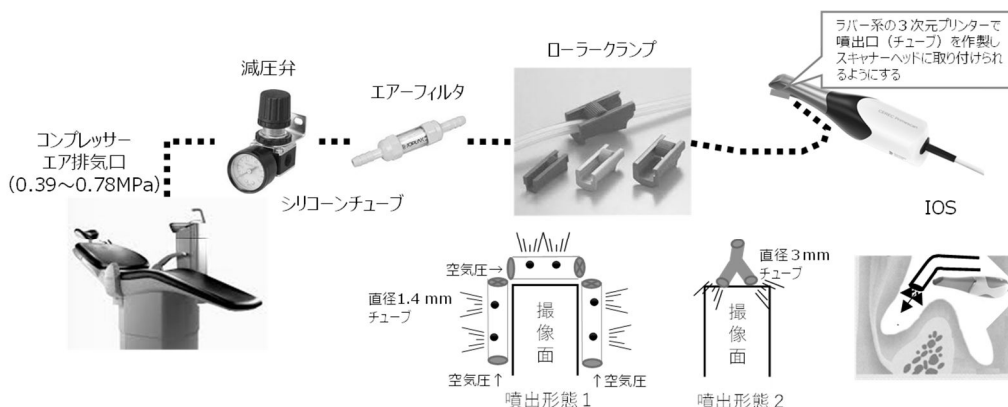


図1 考案した装置(Air-assisted Intra-Oral Scanner: AIOS)の概要

の孔を撮像面に対して 90°弱の方向に 5 mm 間隔で形成した。

スキャナチップ先端に内径 3 mm のチューブの吹き出し孔 2 つを外側に 45 度に広がるように設置した。

撮像時に、その孔から噴出される空気圧によって、デンチャースペースが形成されることを期待し、その状態での顎堤粘膜から歯肉頬移行部の形態を IOS で撮像するものである（以下本方法を Air-assisted Intra Oral Scanner : AIOS と呼ぶ）。

なお本研究は徳島大学病院臨床研究倫理審査委員会の承認を得て行った（承認番号 3588）。

被験者は徳島大学病院にメンテナンスで定期的に来院している上下顎に全部床義歯を装着している無歯顎患者とした。

考案した AIOS を用いて、撮像される画像をモニター上で観察しながら、全部床義歯製作のために必要な概形印象を採得した。

コントロールとしての概形印象は、装着している全部床義歯をシリコン印象材（エザフィン、GC）でウオッシュ印象したものをを用いた。その印象体に硬石膏を注入し無歯顎模型を製作し、それ形状を 3D スキャナ（Dental Wings 7Series, Dental Wings 社製）を用いて印象面が十分に映るようにスキャンした。本装置は、5 軸でテーブルが回転し、公称 15 μm の分解能をもつ。すべてのスキャンは、気温 25°湿度 60%、気圧 765hPa の同一条件で行った。最終的に必要な印象面以外の部分を PC 上でトリミング、編集した。

両者の画像を比べ、AIOS の有効性をまず定性的に評価し、その後 AIOS で撮像した印象画像と通常の印象面の画像同士を 3D データ検査ソフトウェア（Gom Inspect, GOM 社製）にて最小二乗法によるベストフィットアルゴリズムを用いて重ね合わせを行った。

#### （2）咬合面再形成法への応用。

これまで咬合面再形成は、術者が築盛することによって行っていたが、AIOS を含めたデジタル技術を用いた図 2 に示す咬合面再形成法を考案した。

下顎臼歯部 4 歯の咬合面再形成をプラスチック模型上でその有効性について検証した。

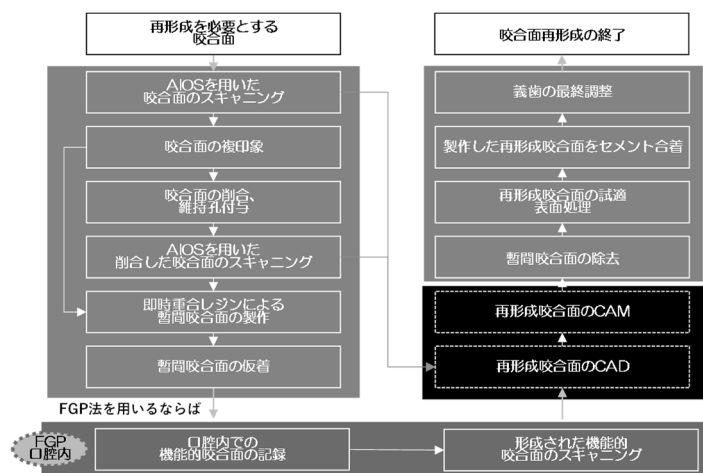


図 2 AIOSを使った咬合面再形成法

## 4. 研究成果

### （1）空気圧によるデンチャースペース形成に基づく口腔内スキャナによる無歯顎デジタル印象採得

空気圧によるデンチャースペース形成であるが、今回考案した空気放出孔であると、デンチャースペースが形成できないことが明らかになった。（問題点 1）。その他の噴出形態も試行錯誤の上試みたが、適切なデンチャースペースの形成ができなかった。

もう一つの問題点として、顎堤粘膜はその形状形態が歯型、歯列の形状と比べて、なだらかで変化に乏しく、画像を連続的に重ねて広いエリアの形状構築には非常に不利な形態をしている。そのため、IOS で形態を再構築できない、あるいは非常に撮像に時間がかかることが明らかになった。IOS の機種の違いでの影響を調べたが（2 社 2 機種：P 社、T 社）P 社の機器では下顎が、T 社の機器は上顎の印象がより困難であった（問題点 2）。

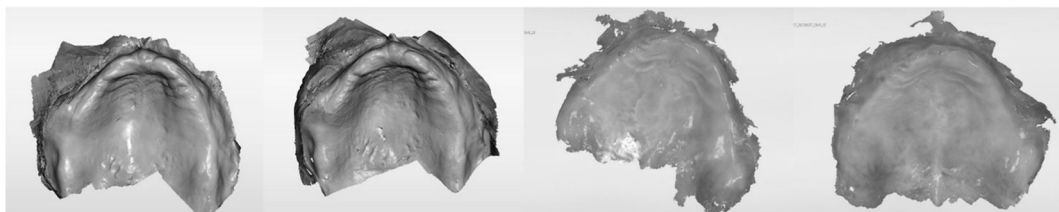


図 3 左からP社の機器で空気圧あり、なし、T社の機器で空気圧あり、なし

上顎のデジタル印象採得において、装着している義歯と採得した顎堤形状との差は AIOS が  $0.26 \text{ mm} \pm 0.057 \text{ mm}$ 、従来の IOS が  $0.30 \text{ mm} \pm 0.037 \text{ mm}$  であった。わずかに、AIOS の方が偏差が小さい傾向にあった。我々の以前の研究では、研究用模型と作業用模型の三次元形状の差は上顎で 0.26 mm であり、下顎で 0.46 mm であった。このことを踏まえると、AIOS の方がより正確な印象の取れる可能性が示された。一方、下顎のデジタル印象は安定して印象が取られる状態ではなく、得られたものを比較しても、AIOS で 0.46 ~ 0.60 mm、IOS で 0.37 ~ 0.42 mm で必

ずしも AIOS の方がよい値にはならなかった。

一方、一般に IOS で採得される顎堤（歯列、歯型も同様であるが）の 3 次元データは STL フォーマットのデータであるが、我々が使用した IOS では擬似カラーも取得できる。空気圧の有無で採得した上顎無歯顎画像を以下に示す。定性的ではあるが、空気圧を噴出しながらの撮像の方が鮮明なデータが得られていることが分かる（図 3）。これは、空気圧が撮像時のくもり止めの役割を果たすと同時に、顎堤粘膜の唾液の影響を排除している可能性があることが考えられた。

さらに患者に空気圧をかけながら IOS で印象採得をする際に、患者の主観的な評価について聞き取り調査をしたところ以下の通りで、臨床応用する際の患者側の受け入れには問題がないことが分かった。ただし今回は、十分な印象（床縁形態）が得られず、拘束時間が長期間と言うことが前提条件であった。

空気を入れると不快か？ ほとんど変わらない 5 / 5 少し不快 0 / 5 不快 0 / 5	通常的印象採得よりもよいか？ よい 0 / 5 よいと思う 5 / 5 よいと思わない 0 / 5 よくない 0 / 5
--	--

## （ 2 ）咬合面再形成法への応用

もともとの咬合面を従来型の方法で即時重合レジンで再形成した場合と AIOS で印象したデータを元にジルコニアで咬合面を再形成した場合の、咬合面再形成部の適合度と咬合面形状の一致度を下記に示す。適合度はキーエンスのマイクロSCOPEによる評価で、咬合面の一致度は 3D データ検査ソフトウェア(Gom Inspect, GOM 社製)にて最小二乗法によるベストフィットアルゴリズムを用いて重ね合わせを行った。いずれの方法も 100 $\mu$ m 程度の Gap で、臨床的には問題ないことが示された。

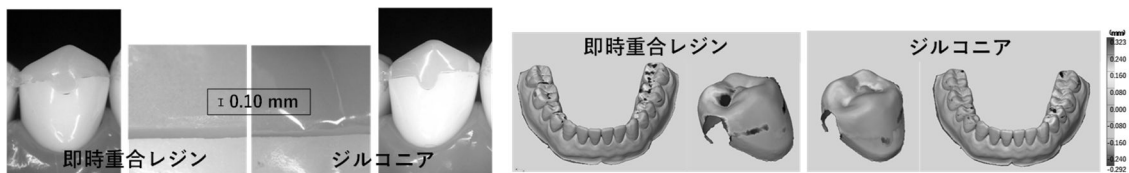


図 4 AIOSを使った咬合面再形成の精度

以上のことから、今回考案した Air-assisted Intra Oral Scanner ( AIOS ) は、通常の患者自身の印象感覚は悪くなく、かつ歯面、歯列の採得および粘膜面の採得にも有効であることが示唆された。ただ当初の目的である床縁形態の採得までの効果を有効に判定するまで研究が進まず、そのためその期待の可能性だけが確認された。デンチャースペースの採得が安定的に得られなかったため、AI による形態予測まで至らなかった。

今回の研究で明らかになった問題点 については、口腔内スキャナのスキャニング性能と重ね合わせのソフトウェアの改良を行うことと、なだらかな顎堤採得の撮像のために顎堤に対して何らかの考慮を考えることが必要であろう。問題 については、スキャナヘッドの改良によって AIOS が有効になることが期待される。さらには、AIOS によって十分な床縁形態が得られなくとも AI によって推測することは可能であろうことが期待された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------