

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 29 日現在

機関番号：32710

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K11179

研究課題名(和文) 歯列データと下顎運動データを統合するバーチャル咬合器の開発

研究課題名(英文) Development of the virtual articulator combining dentition data and jaw movement data

研究代表者

小川 匠(Ogawa, Takumi)

鶴見大学・歯学部・教授

研究者番号：20267537

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：歯列データと下顎運動データを統合するバーチャル咬合器の開発を行い、バーチャル咬合器で表現される機能運動路(デジタルFGP)を製作した。また、従来法(FGP, FBI)と比較することで臨床応用の可能性について検討した。その結果、デジタルFGPは従来法に比較して機能運動時の情報が含まれ、より機能に即した補綴装置の製作が可能であることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：We developed the virtual articulator which combined dentition data and jaw movement data. And compared the the functional guided path (digital FGP) of the virtual articulator with the traditional approach (FGP, FBI) and examined the possibility of the clinical application. As a result, digital FGP includes a lot of information of the functional movement than a traditional approach. That is it was suggested that fabrication of the prosthesis according to a function was possible.

研究分野：歯科補綴学

キーワード：CAD/CAMシステム 顎運動検査 3次元スキャナ -

1. 研究開始当初の背景

歯科補綴学における顎口腔機能研究の目的は口腔機能に調和した補綴装置の設計、製作である。そのために、これまでも歯科補綴学分野、運動生理学分野において下顎運動や咬合などの研究が盛んに行われている。また近年、欠損補綴に対するインプラントを用いた補綴装置の普及、機械的な強度・審美性に優れた材料ジルコニアの開発、CAD/CAM加工技術の向上、顎骨再生治療、主に歯、歯槽骨の形態的、病態の診断を行うコーンビームCT装置が普及している。また、口腔内の三次元形態を非接触で採得できる口腔内スキャナーが開発されるまでに至っている。デジタルデンティストリと言われる歯科医療のデジタル化である。ここ数年の勢いからみて、遠からず顎機能・咬合のすべてをデジタル情報で表現できる時代が到来するといっても過言ではない。実際に、現在でも下顎運動情報、歯冠形態、顎顔面情報、口腔内情報などは有効に歯科医療の現場で活用されている。

しかし、その可能性が深まる一方で、情報が個々に存在し、情報の洪水の中、それらの情報が一元化され、合理的、かつ有効に活用されているとは言い難い。また、その情報フォーマットが多種多様であり、ビッグデータ、オープンデータに対応し、その処理、分析、合理的、有効な活用法やシステム構築について再考が必要となる。データを集積して分析するだけでは、現在の歯科医療に合致したデジタルデンティストリの実現は望むべくもない。

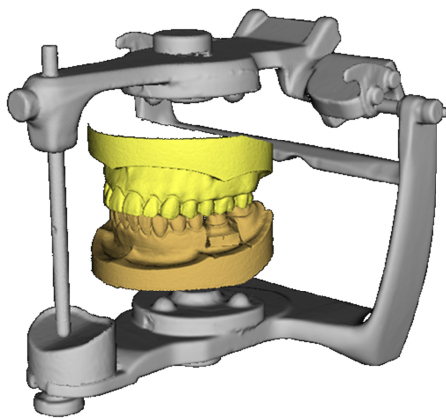


図1. パーチャル咬合器のイメージ

(下顎運動は患者の運動データが元となる)

つまり、分野・領域を超えた情報資源の収集・蓄積・融合・解析・活用により、新たな付加価値を創造するとともに、歯科診療における新たなイノベーションの構築、ならびに必要課題解決にもつなげるシステム構築は必須であり、さらに、歯科臨床、教育に確実にフィードバックされなければならない。本取り組みは、歯科CAD/CAMシステムの特徴を発揮し、地域の発展を重層的に支える大学づくりを目指す取り組みで、文科省による

ハイテク・リサーチ・センター整備事業に端緒を發する国内外で注目されつつある先端歯科治療システムにあり、「一人ひとりの歯と顎の噛み合わせにゆえ得る生体適合性に優れた補綴物を装着する」の実現が可能となる。

また、これらの設備・施設を一体として本学に整備充実を図り、関連技術教育の推進と地域産業の活性化を期する。

2. 研究の目的

歯科の臨床で用いられている各種デジタルデータ、CT画像装置による顎顔面3次元再構築データ、6自由度顎運動測定データ、顎顔面デジタルデータ、口腔内スキャナー等の歯列データを、歯科の必須アイテムである咬合器の用途を仮想空間上に再現したバーチャル咬合器により、検査、診断、補綴装置のCAD/CAMによる製作が可能なシステムの構築を図る。

具体的には、歯列モデルを3次元形態計測装置にて計測し、この歯列モデルを顎運動データで駆動させ、上下顎の相対的な時系列データ(4次元下顎運動データ)から咬合面形状を設計し(デジタルFGP)Computer Aided Design(CAD)データを設計、製作する。

3. 研究の方法

上顎右側臼歯部の3ユニットブリッジにて16の欠損補綴治療を行う健常有歯顎者(62歳、男性)の形態計測、運動計測を行い、バーチャル咬合器の製作を行い、VR上で再現される機能運動路(デジタルFGP)を従来法のFGPおよびFBIと比較することにより、バーチャル咬合器で再現される運動の特徴および臨床的有用性について検討を行った。



図2. 口腔内写真

(1)形態情報の採得

FGPでは個歯トレー、個人トレーを用いた付加型シリコン印象材による精密印象を行い、同日にFGPトレーにて機能運動路をパターンレジンにて記録した。

FBIでは通法どおりFBIトレーを用いて機能運動路の記録後、付加型シリコン印象材により咬合圧印象の採得を行った(図3)。

対合歯列は個人トレーにて付加型シリコン印象材による精密印象を行った。それぞれの作業模型を模型スキャナー(D900)にてSTLデータとした(図4)。

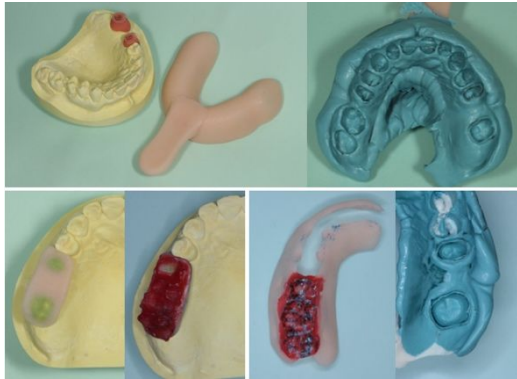


図3．形態情報の採得
（上：個歯・個人トレー，左下：FGP トレー，
右下：FBI トレーおよび印象体）

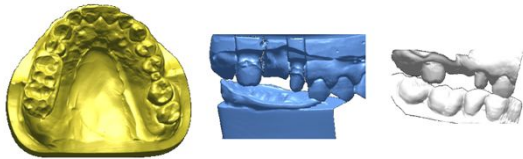


図4．作業用模型の STL データ
（左：FGP，中：FBI，右：デジタル FGP）

(2)運動情報の採得

顎運動測定器は磁気ベクトル方式顎運動測定器を使用し，左右側方運動を記録した（図5）。



図5．下顎運動測定器

(3)得られた口腔内情報と顎顔面情報，下顎運動情報の統合

上顎中切歯の midpoint，左右上顎大白歯咬合面窩の3点をリファレンスとして形態情報と運動情報の統合を行った。対合歯となる下顎臼歯部の咬合面形態を咬頭嵌合位から一定毎の顎位を抽出し，重ね合わせることで運動路とした。また，これらの STL データは上顎歯列模型をリファレンスとしてレジストレーションし，3次元座標を統一することにより，機能運動路の比較を行った。

4．研究成果

(1)機能運動路

得られたデジタル FGP の機能運動路を図6に示す。連続した下顎位を統合することで機能運動路として表現可能であった。また，咬頭嵌合位の歯列データと側方位の歯列データの色を別に表示することで補綴装置の設計時に，側方ガイドとならないような咬頭嵌合位

の咬合接触点の設定が可能であることを示唆していると思われる（図7）。

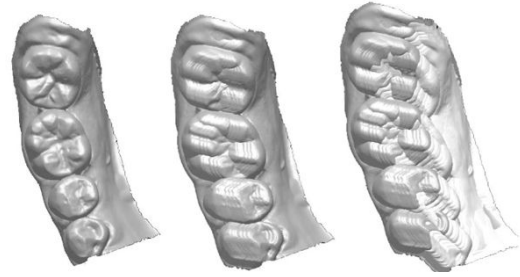


図6．下顎運動データによる咬合面の機能運動路（デジタル FGP）（左：咬頭嵌合位，中：右側方運動路，右：左側方運動路）

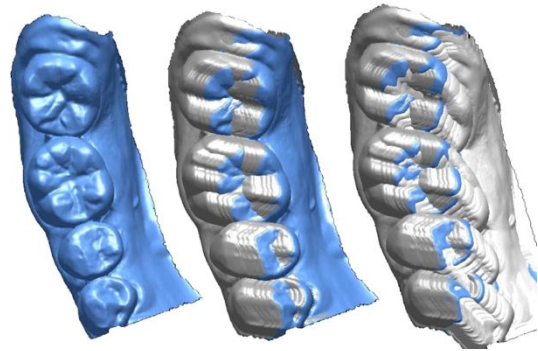


図7．咬頭嵌合位と側方位の色分け
（左：咬頭嵌合位，中：右側方運動路，右：左側方運動路）

FGP，FBI，デジタル FGP の機能咬合面形態を図8に示す。対合歯列の運動による軌跡が描記され，運動路として表現されているのが確認できた。座標系の統一後，それぞれの機能運動を重ね合わせ，その差をカラーマッピングで表示すると，図8の様に FGP は FBI に比較し，咬合面が約 200～600 μ m 高く，デジタル FGP は FBI に比較し，約 150～600 μ m 低かった。

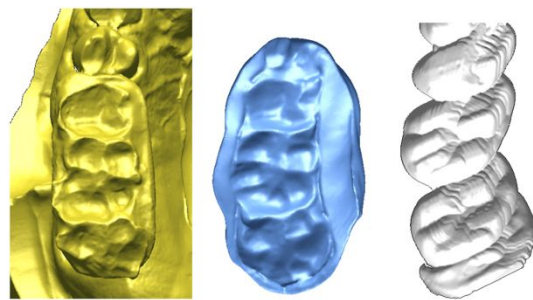
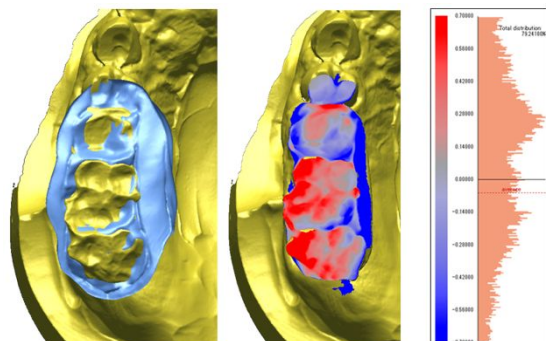


図8．機能咬合面形態
（左：FGP，中：FBI，右：デジタル FGP）



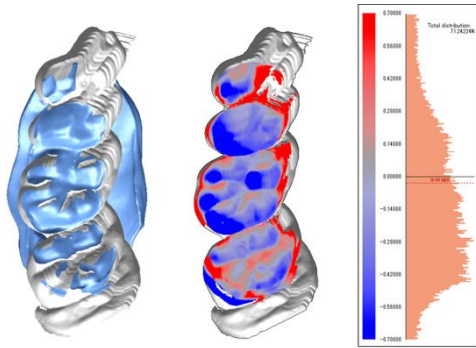


図 9 . 機能咬合面の比較
(上 : FGP と FBI , 下 : FBI とデジタル FGP)

さらに、3 つの機能運動 (FGP , FBI , デジタル FGP) 路を重ね、咬合面中央の横断面を確認すると、15、16、17 のすべてにおいて機能咬合面の高さは FGP , FBI , デジタル FGP の順であった (図 9) .

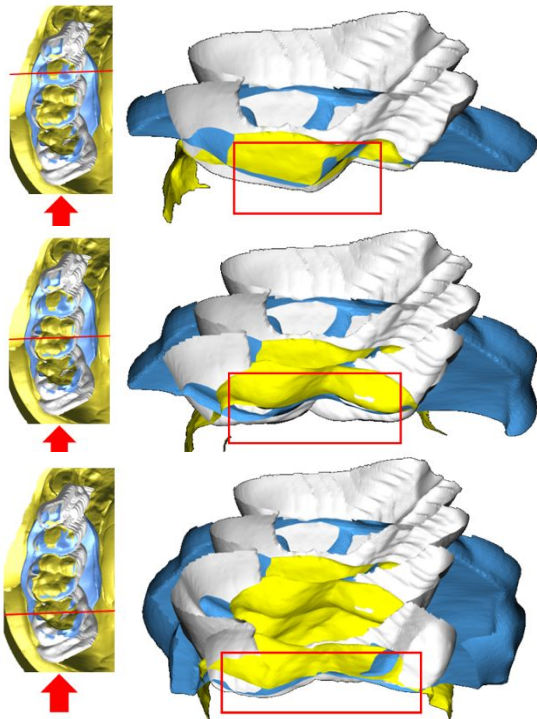


図 10 . 機能運動路の横断面

(2)ブリッジの製作

作業模型上にジルコニアフレームのワックスアップを行い、これをスキャンすることでフレーム形態の STL データを得た。フレームは咬合面をジルコニアで被覆し、頬側面のみ前装するよう設計し (図 11) , その後、デジタル FGP の機能面に対して咬合接触点を調整した (図 12) .

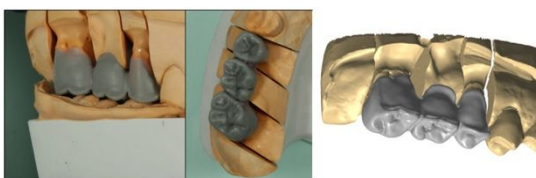


図 11 . ブリッジのフレーム形態

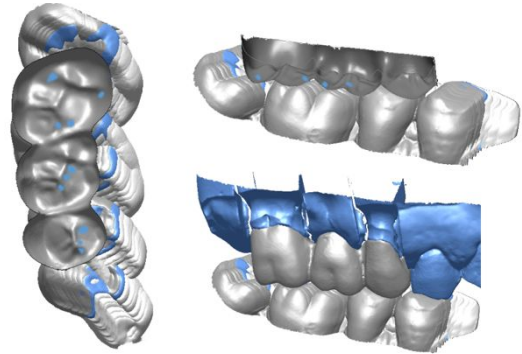


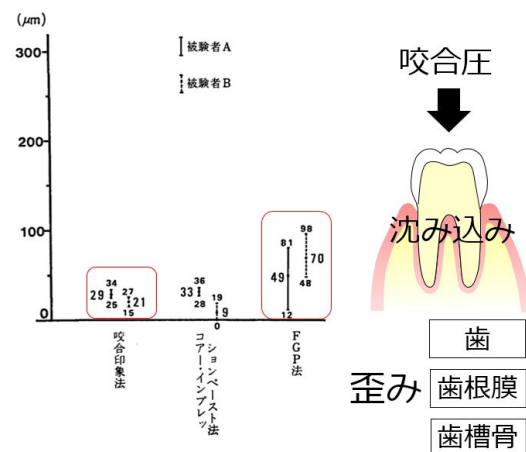
図 12 . ブリッジの設計

設計した STL データを切削加工機 (DWX-50) にてジルコニアディスクを加工し、通法に従ってシンタリング、フレームの調整後、頬側前表面にセラミックを築成し、完成させた (図 13) .



図 13 . 完成したブリッジ

一般に機能に即した補綴装置の製作には、機能運動路を採得する方法として FGP、咬合圧を加えて印象する咬合圧印象法等がある。また、機能運動路の描記と咬合圧印象が同時に行える方法として FBI という方法が用いられている。とくに咬合圧印象法や FBI は支台歯に咬合圧が加わり、歯根膜や歯槽骨の歪みを含むことで、支台歯が沈み込んだ状態で印象される。そのため、口腔内での調整が少ない、機能に即した補綴装置の製作が可能な方法である (図 14) .



松下和夫.補綴歯29(5),1985.

図 14 . 各種模型の咬合の高さ

また、近年 CAD/CAM システムの臨床応用が増加し、様々な補綴装置への応用が試みられている。その一つは顎運動データを利用して補綴装置咬合面を設計し、機能に即した補綴

装置を製作する方法である。CAD/CAM システムは補綴装置製作の工程（形態情報の採得，補綴装置の設計（CAD），加工（CAM））により製作される補綴装置の精度に大きく影響を与える事が知られ，さまざまな精度検証が報告されている。しかし，各メーカーの CAD/CAM システムにはデータの処理方法などブラックボックスとなっており部分が多く，従来法のように各工程での検証がしづらいのが現状である。

そこで，本研究課題では模型スキャナーおよび口腔内スキャナーの精度検証を行った後，顎運動データを加えたバーチャル咬合器上で製作した機能咬合面を従来法と比較することで，最終的に製作される補綴装置の咬合面形態に与える影響について検討を行った。表 1 に従来法の FGP，FBI およびデジタル FGP において印象時にかかる咬合圧の有無と機能面の沈み込みの大きさをまとめて示す。

		従来法 FGP	FBI	デジタル FGP
印象	支台歯	-	+	-
	対合歯	-	+	-
機能運動		+ 形成後	+ 形成後	+ 形成前
機能面の沈み込み		小	中	大

表 1．各機能運動路における支台歯および対合歯に対する影響

機能面の沈み込みが大きいほど，機能時の歯の動きを含んでいるため，デジタル FGP は FGP，FBI に比較して最も優れた機能面が採得できていることになる。印象時に咬合圧を加える FBI より沈み込みが大きい理由として，印象時よりも機能運動時にかかる力が大きい可能性が考えられる。つまり，顎運動データの取得時には対象となる歯が形成されておらず，対合歯と直接咬合面が接触したこと，咬頭嵌合位だけでなく側方圧がかかったことで，より大きな力がかかったと思われる。顎運動測定による機能運動は従来法に比較して，情報量が多く取得できることから，より機能に即した補綴装置の製作が可能であることが示唆された。

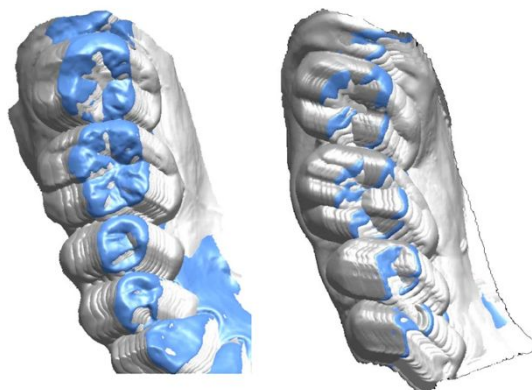


図 15．側方運動が咬合面に及ぼす影響（左：犬歯誘導咬合，右：症例）

また，今回の症例の機能運動路と犬歯誘導咬合の機能運動路を比較してみると，図 15 のように犬歯誘導咬合では咬頭嵌合位の咬合面が側方位の咬合面とあまり重ならないが，症例のようにフルバランスオクルージョンに近い場合はほとんど咬合面が重なる。つまり側方ガイドなく咬頭嵌合位で咬合できる範囲が狭いため，咬合接触部位の設定に注意する必要があることを示している。バーチャル咬合器によるデジタル FGP は従来法の FGP や FBI に比較して，咬合状態をより明確に表示することが可能であり，臨床的有用性が高いと思われる。

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 11 件)

伊藤崇弘，重本修伺，平井真也，伊藤光彦，平井健太郎，木原琢也，佐々木圭太，井川知子，小川 匠．顎運動情報を用いた下顎位の妥当性と顎機能の評価．第 7 回補綴若手研究会，2017 年

平井健太郎，井川知子，重田優子，小川 匠．易摩耗性スプリントを用いた摩耗の定量的評価法の開発．日本顎口腔機能学会第 58 回学術大会，2017 年．

井川知子．クラウンブリッジ補綴における医用画像工学技術と CAD/CAM 技術の融合．日本補綴歯科学会第 3 回補綴歯科臨床研鑽会プロソ'17，2017 年

林 邦彦，井川知子，伊藤崇弘，伊藤光彦，佐々木圭太，積田光由，重本修伺，小川 匠．CAD/CAM 技術を用いたグラスファイバー強化型コンポジットレジンブリッジの臨床的検討．平成 29 年度日本補綴歯科学会西関東支部学術大会，2017 年．

伊藤光彦，井川知子，伊藤崇弘，木原琢也，平井健太郎，重田優子，重本修伺，小川 匠．各種スキャナにおける測定能の検証．日本顎口腔機能学会第 59 回学術大会 2017 年．

伊藤崇弘，重本修伺，平井真也，平林里大，井川知子，重田優子，小川 匠．咬合挙上により顎運動機能の改善を認めた症例．第 30 回一般社団法人日本顎関節学会総会・学術大会，2017 年．

小川 匠．「デジタル技術を用いた歯冠修復の現状と未来」 下顎運動情報を活用した

バーチャルリアリティー咬合器 . 日本補綴歯科学会第 126 回学術大会 . 2017 年 .

平井健太郎, 伊藤光彦, 木原琢也, 井川知子, 重田優子, 安藤栄里子, 平林里大, 平井真也, 小久保裕司, 河村 昇, 小川 匠. デジタル情報を用いた咬合の再現-口腔内スキャナーと模型スキャナーの精度について . 日本補綴歯科学会平成 27 年度西関東・東関東合同支部学術大会, 2016 年 .

伊藤光彦, 井川知子, 平井健太郎, 木原琢也, 重本修尙, 伊藤崇弘, 二川浩樹, 小川 匠. 各種 3D スキャナーを用いた歯列模型の計測-顎間距離の検討-. 日本顎口腔機能学会第 57 回学術大会, 2016 年 .

伊藤光彦, 井川知子, 平井健太郎, 木原琢也, 田地 豪, 二川浩樹, 小川 匠. 各種スキャナーを用いた計測用石膏模型の計測 . 第 7 回日本デジタル歯科学会学術大会 2016 年 .

勝村聖子, 井川知子, 山村恵子, 小川 匠, 佐藤慶太. 顔貌データと口腔データの融合画像ソフト ウェアの開発 . 日本法歯科学会第 9 回学術大会, 2015 年 .

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

小川 匠 (OGAWA, TAKUMI)
鶴見大学・歯学部・教授
研究者番号 : 20267537

(2) 研究分担者

井川 知子 (IKAWA, TOMOKO)
鶴見大学・歯学部・助教
研究者番号 : 70552389