

平成 29 年 6 月 24 日現在

機関番号：32710

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26462942

研究課題名(和文)部分床義歯設計に関する遠隔支援システムの開発

研究課題名(英文)Development of remote support system for designing of removable partial denture

研究代表者

栗原 大介 (KURIHARA, DAISUKE)

鶴見大学・歯学部・臨床教授

研究者番号：70535773

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：部分床義歯設計の遠隔支援システムを開発するために、欠損顎模型を用いたシミュレーション実験を行った。

その結果、顎模型を口腔内と想定して直接的に3次元デジタル模型を製作し、義歯設計を行う事は困難であった。その後、従来の印象採得を行った研究用模型を使用して、スキャン解像度の高いデンタルスキャナーを用いた場合は、3次元デジタル模型上で義歯の設計が行える事を確認した。しかし、スキャン解像度の低いスキャナーを用いた場合は、不明瞭な3次元デジタル模型しか構築できないため、詳細な義歯設計は行えない事が確認できた。結論として、遠隔支援可能な汎用システムの開発にはスキャナーの解像度が重要である事が示唆された。

研究成果の概要(英文)：Using missing teeth model, simulation trial was carried out to develop a new remote support system for the design of removable partial denture (RPD).

As a result, the denture design of RPD could not be performed on the 3 dimensional digital model fabricated from the missing teeth model as a real oral cavity. After the study cast was made with conventional impression technique, the 3D digital model was fabricated using two types scanners (high and low resolution). We confirmed that the denture design could be done on the 3D digital model if higher resolution scanner was used. Contrary, it was confirmed that the design could not be done if lower resolution scanner was used. Overall, the resolution of digital scanner is much important to be become wide spread the remote support system can design easily for RPD.

研究分野：歯科補綴学

キーワード：コンピュータアシスト CAD/CAM 可撤性義歯 義歯設計 サバイヤー 3Dスキャナー 3次元デジタルモデル 遠隔支援

1. 研究開始当初の背景

近年の歯科臨床においてはコンピュータを応用した治療技術の開発が行われている。特に、インプラント治療に関してはインプラント埋入手術の安全性と精度を向上させるため、CT画像を元に骨の3次元モデルを構築し、診断から埋入までを支援するガイドドサージェリーが開発、応用されている。当講座においても、約8年前よりガイドドサージェリーを導入し、埋入精度の検証を行ってきた。加えて、光学式モーションキャプチャーを利用して埋入用ハンドピースとドリリング運動を追尾することによるインプラントナビゲーションシステムを開発し、モニター上での高精度なインプラント埋入の可能性を確認している。

また、歯冠修復に関しては口腔内光学スキャナーにより取得した患者さんの口腔内の3次元画像データを、CAD/CAMなど一連のデジタル機器を利用したシステムを活用し、高精度の補綴物を製作することが可能になってきた。現在ではリアルタイムに3次元画像データの取得ができ、フルアーチの画像が構築できる製品も開発され、上下の歯列を計測した後、咬み合わせた状態で側面(頬側)からのデータも得ると咬合させた上下の歯列すべてを取り込むことが可能である。

近年では、全部床義歯製作において印象採得、咬合採得を一回で行い、コンピュータアシストにより義歯を完成するシステムが開発されているが、可撤性部分床義歯補綴の分野においては、コンピュータを応用した診断、治療技術の開発はフレームワークの製作にのみ散見される。

そこで、医科領域においては遠隔操作が可能なマスタ・スレーブ型手術支援ロボットシステムが開発され、臨床応用が試みられている。そこで、義歯の製作に重要な設計に関しても、口腔内光学スキャナーにより取得した患者の口腔内3次元画像データをコンピュータ上で構築した上下歯列模型上で設計する技術を開発する。加えて、歯科領域において、難症例の患者に対して十分な知識と経験のある補綴専門医が、十分な知識と経験を必要とする歯科医師へ診断、設計を遠隔支援することを目的とする。

また、口腔内光学スキャナーにより取得した患者の口腔内の3次元画像データを用いて3次元プリンターで模型を製作することにより、蓄積されたデータから多岐にわたる症例を学生教育に役立てることが可能となる。

2. 研究の目的

歯科臨床においてコンピュータアシストの技術応用が現在目覚ましい進歩を遂げており、インプラント治療においては埋入から上部構造の製作に至るまでデジタル化した一貫治療が行えるようになってきている。しかし、可撤性義歯治療に関しては十分ではな

い。特に、義歯の製作に重要な設計に関しては、術者の個人差が著しく、難症例の患者に対しては十分な知識と経験が必要とされる。

本研究では可撤性義歯の診断から設計までを経験の浅い歯科医師や術者以外の歯科医師が共有でき、義歯製作に関する技能教育が可能なシステム構築を企図した。

3. 研究の方法

(1) 義歯の設計

本学部分床義歯学基礎実習で用いられる顎模型(D15FE-TU.P.35, NISSIN社製)(図1, 2)と上顎欠損石膏模型(E3-533, NISSIN社製)(図3)を用いて、石膏模型上で、補綴専門医によりサベイヤーを用いて義歯の設計概念に則った義歯設計を行った。



図1 顎模型(正面観)



図2 顎模型(咬合面観)



図3 上顎模研究用模型(咬合面観)

(2) 3次元デジタルモデルの製作

オープン対応デンタルスキャナ&CADシステム(dental wings 7series, DentalWings社製)(図4)を用いて、設計に使用した上顎石膏模型と対合歯の下顎石膏模型(E3-500AL, NISSIN社製)の各々スキャンを行った。また、顎模型の咬合関係の記録のために、咬合採得用シリコン印象材(エグザバイトII, ジーシー社製)にて咬合採得を行い、得られた咬合関係でプラスターレス咬合器(YDM社製)に咬合器装着を行った(図5)。その後、技工用縮合型シリコンパテ(Zhermack社

製)を用いて固定後,上下顎の石膏模型が咬合した状態でスキャンを行い,上下の咬合関係が明らかになる3次元デジタルモデルを製作した.



図4 デンタルスキャナ



図5 咬合器装着(正面観)

(3) 3次元デジタルモデル上における義歯設計

製作された3次元デジタルモデル上で石膏模型上に印記された設計ラインを元にオープン対応デンタルスキャナ&CADシステム(dental wings 7series, DentalWings社製)専用の設計ソフトであるDWOS-PFWモジュールを用いて義歯の設計を行った.

(4) 口腔内歯列の3次元デジタルモデル化

遠隔支援のためには口腔内状態を3次元デジタルモデル化することが必須となる. 3次元デジタルモデルを構築する際にはCT画像データより得られたDigital Imaging and Communication in Medicine(DICOM)データをStandard Template Library(STL)に変換して構築するのが一般的ではあるが,被曝の問題は無視できない.そこで,CT画像データから構築する方法に代えて,新たに3次元デジタルモデルを構築することを模索した.

口腔内スキャナーの開発は著しいが普及が芳しくない現状の中,口腔内スキャナーを用いずに口腔内の状態を3次元デジタルモデル化しなければならない.そこで,次のステップとして口腔内の印象採得により得られた石膏模型を各歯科医院にて3次元デジタルモデル化することを想定した実験を企図した.各歯科医院では多種多様のスキャナーが使用されるであろうことから,技工用の3Dスキャナと歯科技工用の3Dスキャナーではなく,市販の安価な3Dスキャナー(ハンドヘルド3Dスキャナー1.0A,XYZプリンティングジャパン社製)(図6)の2つの解像度の異なる3Dスキャナーを用いて3次元デジタルモデルに変換し,比較を行った.



図6 3Dスキャナー

4. 研究成果

(1) 図7, 8, 9に上顎欠損石膏模型(E3-533,NISSIN社製)上で,通法に従い補綴専門医によりサベイヤーを用いて行われた義歯の設計概念に則った義歯設計を示す.



図7 義歯の設計(咬合面観)



図8 義歯の設計(右側面観)



図9 義歯の設計(左側面観)

(2) 図10, 11, 12にオープン対応デンタルスキャナ&CADシステム(dental wings 7series, DentalWings社製)を用いて,構築した上下顎石膏模型の3次元デジタルモデルと咬合状態の3次元デジタルモデルを示す.



図10 上顎3次元デジタルモデル



図 11 下顎 3 次元デジタルモデル

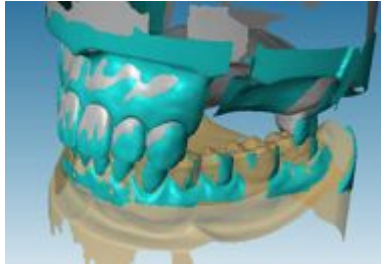


図 12 上下顎咬合状態の 3 次元デジタルモデル

デンタルスキャナーはスキャンの測定精度が $15\mu\text{m}$ と高いため、石膏模型の 3 次元デジタルモデルへの再現性は優れている。また、測定範囲が $140 \times 140 \times 140\text{mm}$ のため研究用模型に十分対応できるスキャン範囲を有していた。

また、スキャン対象物である模型表面の性状や光沢感などの干渉を受けることはなく特に表面処理を行わなくても構築できた。

(3) 設計ソフトを用いて 3 次元デジタルモデル上に石膏模型上の設計ラインを元に描記した義歯を示す (図 13, 14)。

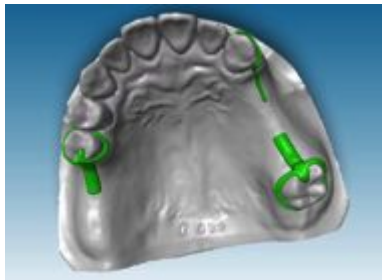


図 13 デジタル設計 (咬合面観)

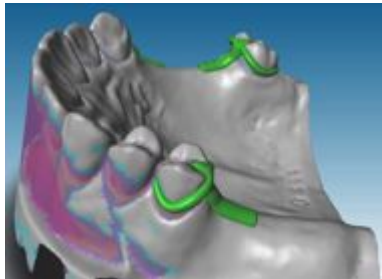


図 14 デジタル設計 (側面観)

デンタルスキャナ & CAD システム (dental wings 7series, DentalWings 社製) 専用の設計ソフトである DWOS-PFW モジュールを用いてパーソナルコンピュータ上で義歯設計を

行ったがほぼ同様の描記が行えた。

(4) 図 15, 16 に歯科技工用 3D スキャナー (dental wings 7series, DentalWings 社製) と市販の安価な 3D スキャナー (ハンドヘルド 3D スキャナー 1.0A, XYZ プリンティングジャパン社製) を用いて、上顎石膏模型をスキャン後 3 次元デジタルモデルに構築した画像を示す。



図 15 歯科技工用 3D スキャナーによる上顎 3 次元デジタルモデル

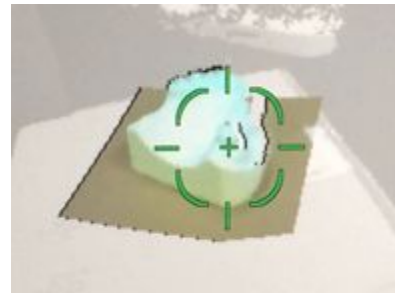


図 16 安価な 3D スキャナーによる上顎 3 次元デジタルモデル

歯科技工用 3D スキャナーは模型に表面処理を施さなくてもモデルの構築ができた。しかし、安価な 3D スキャナーにおいては模型に表面処理を行わずにスキャンを行なったところ、模型表面の性状や光沢感などの干渉を受けたため模型を認識できなかった。そのため、歯科用光学印象採得補助材料 (ピタパウダースキャンスプレー, VITA 社製) を模型表面に塗布し、スキャンしたところ模型を認識しスキャンを行うことが可能であった。しかし、スキャン解像度が $1.0\text{--}2.5\text{mm}$ と低いことから模型が不明瞭に構築された。スキャン解像度の低いスキャナーを用いた場合は不明瞭な 3 次元デジタルモデルしか構築できないため、歯科技工用 3D スキャナーで構築した 3 次元デジタルモデルに比較してデジタル義歯設計が行えないことが確認できた。

一般の 3D スキャナーを用いた石膏模型のスキャンは、スキャン解像度が低いことから義歯設計のための 3D デジタルモデルは構築できない。そのため、廉価でもスキャン解像度の高い 3D スキャナーを使用し 3D デジタルモデルの構築を図らなければならない。一方で、石膏模型をデジタルカメラで撮影し、3D デジタルモデル化を模索する必要がある。

今後は、インターネットディスカッションが十分に行えるようコンピュータ環境の整備が急務である。すなわち、3D スキャナーによるスキャニングデータやデジタルカメラで撮影した画像データをインターネット経由で送受信し、コンピュータ画面上において簡便にディスカッションをするためには、受信側の解析するコンピュータの機能と送信側のコンピュータの機能が同じでなくても構わないことを前提にシステム構築を企図しなければならない。送信側はスキャンあるいは写真画像が確認できるだけの設定でよいが、受信側は3次元デジタルモデルを設計するソフトが必要となる。その後、設計を行ったデータを返信し設計の確認ができるか検証しなければならない。

また、術前の支台歯と粘膜に関しての臨床的観察（動揺度、歯槽骨吸収、顎堤吸収、発赤、腫脹の有無等）の統一した評価シートを作成し、診査、診断、設計の一助にする。その後、実際に遠隔での応用を試み、臨床的有効性を検証し、遠隔支援を行うためのシステム構築を目指す。

ただし、データの送受信に関しては現在個人情報保護法の改正が行われたことや本学歯学部倫理審査委員会への申請の必要性があり、十分な研究以前の準備が必要となる。

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）

〔雑誌論文〕(計 0件)

〔学会発表〕(計 0件)

6. 研究組織

(1)研究代表者

栗原 大介 (KURIHARA DAISUKE)

鶴見大学・歯学部・臨床教授

研究者番号：70535773

(2)研究分担者

大久保 力廣 (OHKUBO CHIKAHIRO)

鶴見大学・歯学部・教授

研究者番号：10223760

鈴木 恭典 (SUZUKI YASUNORI)

鶴見大学・歯学部・講師

研究者番号：70257335

(3)連携研究者

なし

(4)研究協力者

清水 賢 (SHIMIZU SATOSHI)

高橋 和也 (TAKAHASHI KAZUYA)