

令和 3 年 6 月 14 日現在

機関番号：32710

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K09692

研究課題名（和文）咬合データに基づく破折・摩耗を考慮した補綴装置デザイン手法の開発

研究課題名（英文）Design of dental prosthesis in consideration of fracture and wear based on individual occlusal function data

研究代表者

平井 健太郎（Hirai, Kentaro）

鶴見大学・歯学部・非常勤講師

研究者番号：10805394

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：生体で長期的に機能する補綴装置の設計・製作を目指して、本研究ではプロビジョナルレストレーションや補綴装置に使用される歯科材料の破折・摩耗特性を明らかにし、咬合データと3次元歯列形態データの統合による有限要素解析モデルの作成を行った。ブラキシズムによる患者の咬合接触・咬耗様相を定量評価できる診断用スプリントから補綴装置の摩耗量を推定することが可能となり、長期維持が可能な補綴装置の材料選択を行う手法の確立に寄与すると考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究成果の学術的意義は、咬合データと3次元歯列形態データの統合による有限要素解析モデルの作成手法の確立と、ブラキシズムによる患者の咬合接触・咬耗様相から補綴装置の摩耗量を推定することが可能となったことである。社会的意義としては、これまで歯科医師や歯科技工士の知識や技術、経験に委ねられていた補綴装置の設計や材料選択を、歯科材料の破折・摩耗特性や患者の咬合データを活用することで、客観的根拠に基づいた評価による補綴装置の設計の一助になる可能性がある。

研究成果の概要（英文）：In order to design and fabricate prostheses that can function for a long time, the fracture and wear characteristics of dental materials used in provisional restorations and prostheses were clarified, and a finite element model was created by integrating occlusal data and three-dimensional dentition data. It is possible to estimate the wear of prostheses from diagnostic splints that quantitatively evaluate the occlusal contacts and wear of patients due to bruxism. Moreover, the study could contribute to the establishment of a method for selecting materials for prostheses maintained for a long time.

研究分野：補綴歯科

キーワード：補綴装置 有限要素解析 咬合 下顎運動 摩耗

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 1. 研究開始当初の背景

補綴装置の長期的な機能維持には、患者の歯や歯列の形態、欠損様式などの歯列石膏模型から得られる情報だけでなく、咀嚼やパラファンクション等による咬合接触や歯槽骨の支持、歯の動揺や顎関節への負担などを総合的に評価し、設計する必要がある。しかしながら、現在臨床で行われている補綴装置の設計は、歯科医師や歯科技工士の知識や技術、経験に委ねられていることが多く、客観的評価を十分に行った上での設計はなされていない。

歯科領域における破折試験や摩耗試験は基本的に規格された評価であり、幾何学的形態に加工された試験材料を用いて実験を行っている。そのため、これらの試験は実験条件を一定にしやすい比較評価は行いやすいが、実際は歯の形態、歯槽骨の状態、口腔機能が患者により大きく異なるため、それらのデータが個々の患者に必ずしも適応するとは限らない。個々の患者の治療方針に役立つ情報をプロビジョナルレストレーションの段階で得て、最終補綴としてどのような選択をとるかを決めるため本研究が必要である。

## 2. 研究の目的

本研究では、生体で長期的に機能する補綴装置の設計・製作を目指し、プロビジョナルレストレーションや補綴装置に使用される歯科材料の破折・摩耗特性を明らかにし、3次元歯列データと咀嚼やパラファンクション時の咬合データを仮想空間上に再現し、個体別の破折・摩耗シミュレーションシステムを構築することを目的とした。

## 3. 研究の方法

### (1) 咬合データと3次元歯列形態データの統合による有限要素解析モデルの作成

咬合データと3次元歯列形態データの統合による有限要素解析モデルの作成を行うため、咬合接触画像と咬合力分布画像の統合、そして咬合接触画像と歯列3次元モデルの統合を行った。

T-Scanの咬合力分布は歯列形態が反映されていないため、咬合接触画像との統合方法としては、T-Scanの感圧シート上に咬合採得用材料を流し込み、歯列形態の印象を同時に採得することにより、咬合力・咬合接触と歯列形態との位置関係を合わせることにした(図1)。咬合接触を示す2次元画像と歯列形態の3次元モデルの統合には、仮想空間上で投射方向と水平的位置を参考にそれぞれの画像を位置づけて2次元画像を3次元画像に投射することで再現し、その統合精度を算出した。

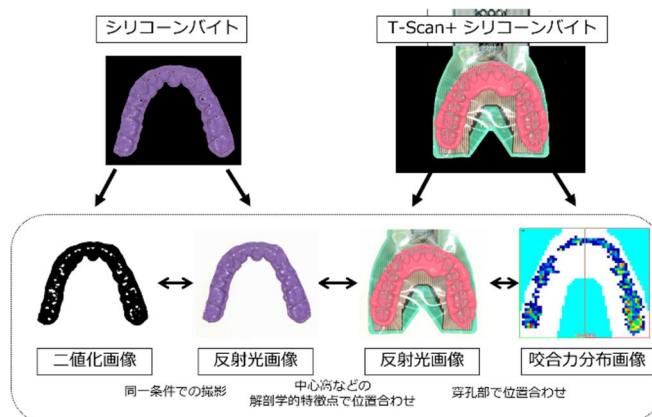


図1: 咬合接触画像と咬合力分布画像の統合

### (2) プロビジョナルレストレーションに使用する歯科材料の摩耗特性の定量化

歯冠形態を再現した摩耗試験の実施を行うため、摩耗試験機を用いた歯科材料の耐摩耗性について計測を行った。研究代表者はこれまでに易摩耗性スプリントを用いた咬耗の定量的評価法の開発とスプリントを用いた睡眠時ブラキシズムの評価を行ってきており(図2)、このスプリントに用いるソフトレジン(ファセットレジンとエアフローパウダー-PERIO(松風)を1:1で混和した材料)により短期間で患者の咬合接触・咬耗様相とその咬耗量について評価を可能としている(、)。対象とした材料はそのソフトレジン(以下、SR)を基準として、プロビジョナルレストレーションに用いるユニファスト(GC)(以下、UF)、プロビナイス(松風)(以下、PN)、プロビナイスフロー(松風)(以下、PNF)、プロキャストDSP(GC)(以下、PC)、ファセットレジン(GC)(以下、FR)、プロテンプTM4テンポラリーマテリアル(3M)(以下、PT)、レジンドISK(山八歯材工業)(以下、RD)、M-PMディスク(松風)(以下、MP)を使用した。摩耗試験は衝突摩耗試験

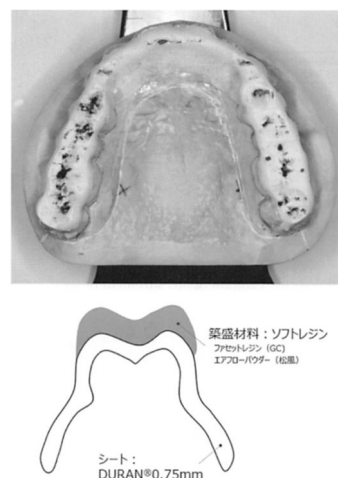


図2: 易摩耗性スプリント

機 (K655-05, 東京技研) を用い、半球状の上部試料と摩耗試験用試料である平面状の下部試料との二体摩耗試験とした。上部試料は曲率半径 1.5 mm のステンレス製スタイラス (SUS303, 東京技研) を用いた。試料に対して 37 °水中に浸漬し、上部試料を落下距離 5 mm、荷重 25 N、ストローク幅 4 mm、5000 サイクルの条件下で試験を行った。試験後、試料表面を観察するため、走査型共焦点レーザー顕微鏡 (LEXT, Olympus) を用いて、下部試料の摩耗痕の最深部の深さを測定し、下部試料の最大摩耗深さとした。

### (3) 補綴装置に使用する歯科材料の摩耗特性の定量化

プロビジョナルレストレーションの摩耗状態から最終補綴装置に使用する材料の選択の一助をするため、最終補綴装置で使用される材料 (金銀パラジウム合金、ジルコニア、ハイブリッド型コンポジットレジン) の摩耗量を測定した。

## 4. 研究成果

### (1) 咬合データと 3 次元歯列形態データの統合による有限要素解析モデルの作成

咬合力分布画像と咬合接触画像 (二値化画像) の統合は、シリコンバイトの反射光画像と T-Scan の感圧シートと咬合採得用材料を用いて歯列形態を同時採得した反射光画像を介することで行った。T-Scan と咬合採得用材料を併用することにより、咬合接触部位と咬合力分布の統合が可能となり、その統合精度は  $0.36 \pm 0.25$  mm であった。また、咬合接触を示す 2 次元画像を仮想空間上で歯列形態の 3 次元モデルに投射する方法を用いて、咬合接触を歯列 3 次元モデル上で再現した。その統合精度は咬合接触部の重心のずれで  $0.25 \pm 0.10$  mm であった。これらの統合手法を用いることによって咬合データを加味した有限要素解析が可能となった。

応力状態を解析可能なソフトウェアがあるにも関わらず、補綴装置の形態や材料選択などの臨床応用にまで至っていない理由は、有限要素解析のモデル作成、条件設定が困難であることに起因すると考えており、本年度の研究により荷重条件を満たす有限要素解析モデルが作成可能となった。

### (2) プロビジョナルレストレーションに使用する歯科材料の摩耗特性の定量化

レジン系材料も摩耗試験の結果、ソフトレジンが最も摩耗量が多く睡眠時ブラキシズムの診断用スプリントに使用する材料として適切であることが確認された (図 3)。本研究で使用した材料の中では、UF や FR の摩耗量が多く、PT が最も摩耗量が少ない結果となった。レジン系材料の摩耗量が明らかとなり、ソフトレジンに対する他のレジン系材料の摩耗量を数値化することが可能となった。本研究によって易摩耗性スプリントのソフトレジン咬耗様相とその咬耗量から、患者に適切なプロビジョナルレストレーションの材料を選択できる可能性が示唆された。

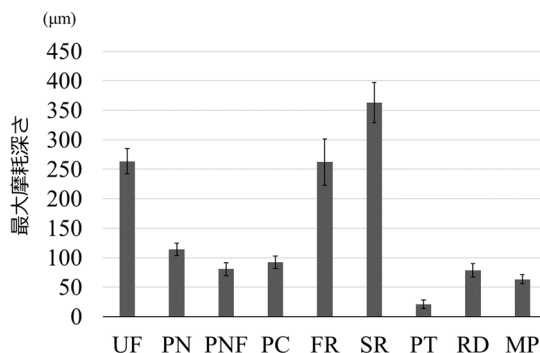


図 3: レジン系材料の最大摩耗深さ

### (3) 補綴装置に使用する歯科材料の摩耗特性の定量化

レジン系材料と同様の摩耗試験を行った結果、金銀パラジウム合金  $15 \pm 14$  μm、ジルコニア  $7 \pm 3$  μm、ハイブリッド型コンポジットレジン  $20 \pm 11$  μm であった。本研究によって易摩耗性スプリントおよびプロビジョナルレストレーションの咬耗様相とその咬耗量から、患者に適切な最終補綴装置の材料を選択できる可能性が示唆された。

本研究により咬合データと 3 次元歯列形態データの統合による有限要素解析モデルの作成手法の確立と、ブラキシズムによる患者の咬合接触・咬耗様相から補綴装置の摩耗量を推定することが可能となった。有限要素解析モデルに摩耗データを加えることにより長期維持が可能な補綴装置の材料選択を行う手法の確立に寄与すると考えられる。

### < 引用文献 >

Hirai K, Ikawa T, Shigeta Y, Shigemoto S, Ogawa T. Evaluation of sleep bruxism with a novel designed occlusal splint. J Prosthodont Res. 2017;61:333-43.

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. 顎機能誌 2017; 23: 107-116.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Tsumita M, Kihara T, Shigeta Y, Shigemoto S, Kokubo Y, Ikawa T, Ogawa T	4. 巻 9
2. 論文標題 Fracture strength of dual-structured CAD/CAM restoration with fiber-reinforced composite resin	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Journal of the Japan Academy of Digital Dentistry	6. 最初と最後の頁 158-164
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hayashi K, Shigeta Y, Tsumita M, Shigemoto S, Ikawa T, Ihara K, Kihara T, Ogawa T	4. 巻 9
2. 論文標題 Dual-structured CAD/CAM restoration with fiber-reinforced composite resin for posterior fixed partial dentures	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Journal of the Japan Academy of Digital Dentistry	6. 最初と最後の頁 183-186
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kihara T, Ikawa T, Shigeta Y, Shigemoto S, Nakaoka K, Hamada Y, Ogawa T	4. 巻 128
2. 論文標題 Mandibular three-dimensional finite element analysis for a patient with an aggressive form of craniofacial fibrous dysplasia	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology	6. 最初と最後の頁 e214-e222
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.oooo.2019.06.009	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Ikawa T, Shigeta Y, Kihara T, Ando E, Harada N, Hirai S, Shigemoto S, Nakaoka K, Hamada Y and Ogawa T	4. 巻 6
2. 論文標題 Spontaneous-regeneration of the reconstructed mandible in a segmental mandibulectomized young girl	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Austin Journal of Surgery	6. 最初と最後の頁 1164-1167
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Hirai S, Ando E, Shigeta Y, Ishikawa C, Ito T, Shigemoto S, Ogawa T, Clark GT and Enciso R	4. 巻 6
2. 論文標題 Is there Weakness Area in Airway?	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Austin Journal of Surgery	6. 最初と最後の頁 1106-1108
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ito M, Ikawa T, Shigeta Y, Shigemoto S, Ogawa T	4. 巻 25
2. 論文標題 Detectability and reproducibility of the edge including the micro step in laboratory and intraoral scanners	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japan Academy of Digital Dentistry	6. 最初と最後の頁 163-169
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計20件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 井川知子, 林 邦彦, 木原琢也, 伊藤崇弘, 佐々木圭太, 積田光由, 重田優子, 伊原啓祐, 重本修伺, 小川 匠
2. 発表標題 グラスファイバー強化型レジンを用いたCAD/CAM修復の装着後3年の臨床成績
3. 学会等名 日本補綴歯科学会第129回学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 木原琢也, 井川知子, 林 邦彦, 重田優子, 重本修伺, 河村 昇, 伊原啓祐, 渡邊健一, パク・ジユン, 伊藤崇弘, 小川 匠
2. 発表標題 ロストワックス法とCAD/CAMを用いた補綴装置の咬合高さの比較
3. 学会等名 令和2年度日本補綴歯科学会西関東支部学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ikawa T, Ito M, Park J, Ito T, Kihara T, Ando E, Shigeta Y, Shigemoto S, Ogawa T
2. 発表標題 Reproducibility of scanned 4 silicone impressions via a laboratory scanner
3. 学会等名 18th Biennial Meeting of the ICP (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kihara T, Ikawa T, Shigeta Y, Shigemoto S, Ito T, Hirai S, Harada N, Kawamura N, Ogawa T
2. 発表標題 Fabrication of muco-compressive splint via VR simulation technique in patients with mandibular reconstruction
3. 学会等名 The 5th Annual Meeting of the International Academy for Digital Dental Medicine, The 10th Annual Meeting of the Japan Academy of Digital Dentistry (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井川知子, 伊藤光彦, 伊藤崇弘, 木原琢也, 平井健太郎, 重田優子, 重本修伺, 小川 匠
2. 発表標題 各種印象材のスキャン精度への影響
3. 学会等名 日本顎口腔機能学会第63回学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井川知子, 重田優子, 重本修伺, 河村 昇, 伊原啓祐, 松本勝利, 杉元敬弘, 木原琢也, 林 邦彦, 伊藤崇弘, 小川 匠
2. 発表標題 補綴装置の高さを測定可能とした両側性マイクロメータ咬合器の開発
3. 学会等名 令和元年度日本補綴歯科学会西関東支部学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ito M, Ikawa T, Park J, Ito T, Kihara T, Shigemoto S, Ogawa T
2. 発表標題 Reproducibility of scanned 5 silicone impressions via a laboratory scanner
3. 学会等名 The 5th Annual Meeting of the International Academy for Digital Dental Medicine, The 10th Annual Meeting of the Japan Academy of Digital Dentistry (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木原琢也, 井川知子, 伊原啓祐, 佐々木圭太, 平井健太郎, 伊藤光彦, 伊藤崇弘, 重本修伺, 重田優子, 小川 匠
2. 発表標題 易摩耗性スプリントにおける耐摩耗性の検討 - 暫間修復用レジンとの比較 -
3. 学会等名 一般社団法人日本デジタル歯科学会第9回学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 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
2. 発表標題 各種スキャナにおける測定能および三次元画像構築の特性について
3. 学会等名 一般社団法人日本デジタル歯科学会第9回学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 重本修伺, 伊藤崇弘, 伊藤光彦, 木原琢也, 井川知子, 平林里大, 重田優子, 森山 毅, 坂東永一, 松香芳三, 小川 匠
2. 発表標題 顎運動機能情報を活用する次世代歯科用CAD/CAMシステムの構築 - 顎運動測定器の開発と応用 -
3. 学会等名 日本顎口腔機能学会第60回学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 平井真也, 木原琢也, 井川知子, 伊藤光彦, 伊藤崇弘, 重田優子, 重本修司, 小川 匠
2. 発表標題 変形性関節症における形態的特徴の検討 - 咬合器の選択に関する一考察 -
3. 学会等名 日本顎口腔機能学会第60回学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木原琢也, 井川知子, 伊原啓祐, 佐々木圭太, 田地 豪, 平井健太郎, 伊藤光彦, 伊藤崇弘, 重田優子, 重本修伺, 二川浩樹, 小川 匠
2. 発表標題 易摩耗性スプリントと歯冠修復に用いる材料の耐摩耗性
3. 学会等名 日本補綴歯科学会第127回学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊藤光彦, 井川知子, 伊藤崇弘, 平井健太郎, 木原琢也, 重田優子, 重本修伺, 小川 匠
2. 発表標題 各種スキャナを用いてマージン形態の再現性の検討
3. 学会等名 日本補綴歯科学会第127回学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 井川知子, 大竹義人, 横田 太, 森口和也, 伊藤光彦, 伊藤崇弘, 木原琢也, 平井真也, 重田優子, 重本修伺, 佐藤嘉信, 小川 匠
2. 発表標題 CAD/CAMシステムに応用可能な統計形状モデルの構築 第一大臼歯形状の推定
3. 学会等名 日本補綴歯科学会第127回学術大会
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 木原琢也, 井川知子, 伊藤光彦, 伊藤崇弘, 重本修伺, 重田優子, 小川 匠
2. 発表標題 変形性関節症における咬合器の選択基準に関する検討 - 顎顔面頭蓋の形態的特徴 -
3. 学会等名 一般社団法人日本歯科技工学会第40回学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊藤崇弘, 重本修伺, 伊藤光彦, 木原琢也, 井川知子, 平林里大, 重田優子, 平井真也, 小川 匠
2. 発表標題 顎機能異常者における運動論的基準軸の検討
3. 学会等名 日本顎口腔機能学会第61回学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小川 匠
2. 発表標題 デジタル技術を用いた審美補綴の実際 - 咬合機能と形態の融合 -
3. 学会等名 日本歯科審美学会第29回学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木原琢也, 井川知子, 重田優子, 重本修伺, 小川 匠
2. 発表標題 患者の個別情報を用いた有限要素解析の歯科臨床への応用
3. 学会等名 第27回日本コンピュータ外科学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐々木圭太, 積田光由, 木原琢也, 林 邦彦, 井川知子, 重田優子, 小久保裕司, 小川 匠
2. 発表標題 ファイバー強化型コンポジットレジンブリッジの破折強度に関する研究
3. 学会等名 平成30年度公益社団法人日本補綴歯科学会東関東・西関東支部合同学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊藤光彦, パク・ジユン, 井川知子, 伊藤崇弘, 平井健太郎, 木原琢也, 重本修伺, 小川 匠
2. 発表標題 各種3Dスキャナーによる支台歯の形態再現性に関する検討
3. 学会等名 第8回補綴若手研究会
4. 発表年 2018年

〔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
研究分担者	小川 匠  (Ogawa Takumi)  (20267537)	鶴見大学・歯学部・教授   (32710)	
研究分担者	井川 知子  (Ikawa Tomoko)  (70552389)	鶴見大学・歯学部・助教   (32710)	
研究分担者	木原 琢也  (Kihara Takuya)  (50796399)	鶴見大学・歯学部・学部助手   (32710)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究 分 担 者	佐々木 圭太  (Sasaki Keita)  (60582343)	鶴見大学・歯学部・助教     (32710)	

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