

平成22年5月21日現在

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2007～2009

課題番号：19390502

研究課題名（和文） 機能咬合面形態を考慮した補綴装置の製作

研究課題名（英文） Novel Approaches to Functional Occlusal Surfaces through Computer-Aided Design

研究代表者

福島 俊士 (FUKUSHIMA SHUNJI)

鶴見大学・歯学部・教授

研究者番号：60014205

研究成果の概要（和文）：

機能咬合面形態を考慮した補綴装置の製作を可能とするシステムの構築を行った。本システムを用いて製作したクラウンの CAD データから三次元ワックス造形装置を用いてワックスパターンを製作することで機能咬合面形態を考慮した CAD/CAM クラウンを製作できた。そのマージンの適合性、咬合接触の再現性は従来法による金属冠と比較し、ほぼ同程度の適合性が得られた。また VR 上で設定した咬合接触部位に対し本システムで製作した CAD/CAM クラウンの咬合接触は、同部位での接触を認めた。

研究成果の概要（英文）：

The purpose of this present study was to provide a virtual articulator, and to design a functional occlusal surface via a virtual articulator in VR space, with added insight provided by a haptic device.

Our CAD/CAM system procedures composed of the 4 following steps: Step 1: A virtual dentition model (VDM) was reconstructed through laser surface scanning data of dental casts, scanned with a 3D scanner via 3D mesh modeling software. Step2: Scanned VDMs have an independent coordinate value. The relative position between upper and lower VDMs was decided via labial-buccal surface data from upper and lower casts placed at the intercuspal position. Step3: The Virtual Reality crown (VR crown) was designed via Freeform and Phantom Omni. VDM data from functional occlusal surface was removed from crown data, and occlusal contact points were set and masked. The occlusal surface was shaped without modifying the occlusal contact. Abatement teeth data was removed from crown data. Step4: The dental crown wax pattern was modeled from VR crown data via 3D printer. Occlusal contacts were assessed at the whole dentition, with/without CAD/CAM crown via an articulator, using silicone. The vertical gap between the finish line on the abutment teeth and the margin on the dental crown was $28 \pm 5 \mu\text{m}$ in the conventional crown, $35 \pm 13 \mu\text{m}$ in the CAD/CAM crown. The real crown's occlusal contacts almost corresponded with its VR crown. Conclusion: We developed a novel CAD/CAM system which can design functional occlusal surfaces via a modified FGP technique. The marginal fit in our CAD/CAM crown was sufficient for clinical application.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	11,600,000	3,480,000	15,080,000
2008年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	13,700,000	4,110,000	17,810,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・補綴理工系歯学

キーワード：冠橋義歯学，4次元下顎運動，3次元造形，顎機能，CAD/CAM

1. 研究開始当初の背景

画像工学の発展により，人体の構造と機能を同時に表現する4次元解析が可能となってきた。この解析は体内構造である歯，歯列の動態を時間変化の中で観察し，定量的に評価することが可能となっている。これらの技術の応用から本学では新ハイテクリサーチセンターの目標である「ひとりひとりの顎と体にやさしい歯科治療」に近づきつつある。具体的には「個人の顎口腔領域の運動を再現するオーダーメイドの多次元シミュレーションロボットの開発」という命題で「ひとりひとりの咀嚼運動に合わせた歯の補綴と噛み合わせ」を目指している。患者固有の咬合，いわゆる顎機能の解析に，運動生理学的な情報は不可欠でありこれらの情報を効率よく適切に臨床に応用しなければならない。特に顎関節の骨変形によるポステリアルサポートの欠如は，オープンバイトや多態咬合などの咬合異常を引き起こす。変形した顎関節の機能は多様で，一般には考えられない動きを伴うことがあり，一連の補綴術式では対応が困難である。これは，現存の咬合器，いわゆる半調節性や平均値の咬合器では再現しきれないことに起因するため，我々はこのような症例に対する補綴処置として Functionally Generated Path (FGP) 法を応用して対応し，多くの患者に満足を得ている。

2. 研究の目的

そこで今回，我々は前述した工学的技術とFGP法テクニックを応用し，患者個々の咀嚼機能に適応した補綴物の製作が可能システムの開発を行った。また，これにより技工操作の単純化，補綴装置の質の均一化を目指した。

3. 研究の方法

まず模型およびFGPテクニックにより採得した機能面を光学式表面形状認識装置オプトレース(松風)で表面形状を採得し，各データをICPアルゴリズムにて統合することで，作業模型のデジタル化を行った(Fig.1)。

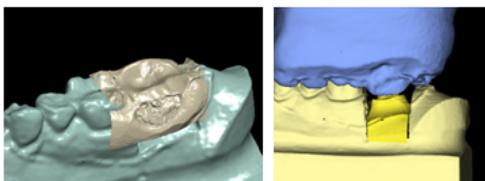


Fig.1 Virtual dentition model and functional occlusal surface

さらに3D Modeling ソフト，ハプティックデバイスを用いて，機能面を考慮したクラウンの設計を行った。内面形態はセメントスペーサーとしてマージン部 1 mm，咬合面部のストッパーを残し，70 μ のスペーサーを付与した(Fig.2)。



Fig.2 Design of Virtual reality crown.

製作した3D データはワックス積層型3次元造形装置にてパターン製作を行った。ワックス積層型3次元造形装置は，高精度であり，コストパフォーマンスにも優れている。また，補綴装置は個々の患者に応用するカスタムメイドであるため，ワックスの造形法を選択し応用することから即時的な補綴臨床応用の可能性にも考慮した。完成したワックスパターンは通法にて，鋳造・研磨を行いCAD/CAMクラウンを製作した(Fig.3)。



Fig. 3 Wax pattern of CAD/CAM crown

マージンの適合度はクラウンのマージンと支台歯のフィニッシュラインの距離とし，デジタルマイクロスコープを用いて近心，頬側，遠心，舌側各3点，計12点を計測した。咬合接触の再現については，シリコーン印象材で咬合採得し，規格デジタル写真から咬合接触部位の比較を行った。

4. 研究成果

その結果，従来法のクラウンではマージンギャップが $28 \pm 5 \mu\text{m}$ に対し，CAD/CAMクラウンでも $35 \pm 13 \mu\text{m}$ と临床上問題のない範囲であった(Fig. 3)。

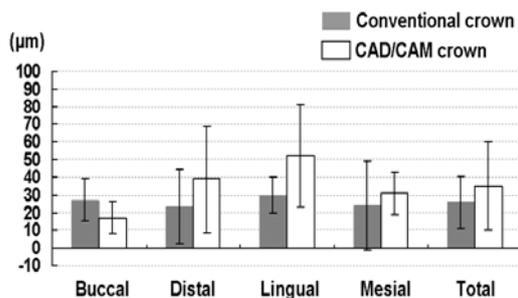


Fig.3 The gap between the finish line on the abutment teeth and the margin on the dental crown

また VR 上で設定した咬合接触部位に対し本システムで製作した CAD/CAM クラウンの咬合接触部位は、同部位での接触を認めた (Fig. 4).

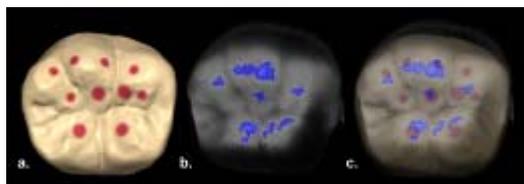


Fig. 4 Comparison of the occlusal contacts
a: Designed occlusal contacts on the CAD crown in VR space (VR crown), b: Occlusal contacts on the CAD/CAM crown in real space (real crown), c: The VR crown image overlaid on the real crown image.

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2件)

①Tomoko IKAWA, Takumi OGAWA, Yuko SHIGETA, Rio HIRABAYASHI, Shunji FUKUSHIMA, Yoshito OTAKE, Asaki HATTORI, Naoki SUZUKI. Evaluation of the simulation robot for mandibular movements with the patient-specific 3-dimensional plaster model and mandibular movement data — Clinical application of the physical simulation robot —. Stud Health Technol Inform132: 183-188, 2008. 査読有.

②Eriko Ando, Yuko Shigeta, Takumi Ogawa, Tomoko Ikawa, Rio Hirabayashi, Shinya Hirai, Shunji Fukushima Kinematic Analysis of Limitation of Mouth Opening of TMD by Rotation and Translation of Condyle. Dentistry in Japan43: 53-60, 2007. 査読有.

[学会発表] (計 14 件)

①重田優子. 歯科における医用画像工学技術の発展と応用. 第22回一般社団法人 日本顎関節学会総会・学術大会, タワーホール船堀.

2009/7/25.

②笠間慎太郎, 井川知子, 小川 匠, 河村 昇, 伊原啓祐, 重田優子, 平林里大, 平井真也, 岩並恵一, 積田光由, 小久保裕司, 水野行博, 福島俊土. VR(Virtual Reality)咬合器における上下顎咬合接触再現性の検討. 第69回鶴見大学歯学会, 鶴見大学会館. 2009/7/18.

③河村 昇, 伊原啓祐, 水野行博, 小川 匠, 重田優子, 井川知子, 平林里大, 平井真也, 岩並恵一, 積田光由, 笠間慎太郎, 福島俊土. 冠・橋義歯 CAD/CAM system の開発. 第68回鶴見大学歯学会, 鶴見大学会館. 2008/12/20.

④小川 匠, 重田優子, 井川知子, 安藤栄里子, 平井里大, 平井真也, 笠間慎太郎, 三島 章, 小林 馨, 福島俊土. 医用画像工学の歯科領域の応用について. 第68回鶴見大学歯学会, 鶴見大学会館. 2008/12/20.

⑤井川知子, 小川 匠, 重田優子, 笠間慎太郎, 福島俊土, 服部麻木. CT3D像に歯列モデル形状を統合した高精度な3次元頭蓋モデルにおける咬合接触の再現性の検討. 第17回日本コンピュータ外科学会, 東京女子医科大学 弥生記念講堂. 2008/10/31.

⑥小川 匠, 井川知子, 重田優子, 笠間慎太郎, 福島俊土, 濱田良樹, 瀬戸皖一, 服部麻木, 鈴木直樹. 顎口腔機能異常に対する4次元下顎運動解析システムの臨床応用の現状. 第17回日本コンピュータ外科学会. 東京女子医科大学, 弥生記念講堂. 2008/10/31.

⑦Tomoko Ikawa, Takumi Ogawa, Yuko Shigeta, Rio Hirabayashi, Shunji Fukushima, Yoshito Otake, Asaki Hattori, Naoki Suzuki. Evaluation of the simulation robot for mandibular movements with the patient-specific 3-dimensional plaster model and mandibular movement data — Clinical application of the physical simulation robot —. The 16th Annual Medicine Meets Virtual Reality Conference. The Hyatt Regency Long Beach, Long Beach, CA. 2008/1/30.

⑧Ogawa Takumi, Ikawa Tomoko, Shigeta Yuko, Ando Eriko, Hirabayashi Rio, Hirai Shinya, Hosoda Yutaka, Kamei Shu, Araki Jiro, Ito Kousuke, Fukushima Shunji. Using the Digital Gothic Arch Tracer for Occlusal Diagnosis and Management of Malocclusion with Osteoarthritis. 2nd Joint Meeting of the Japan Prosthodontic Society and the Greater New York Academy of Prosthodontics, 東京TFTホール(東京ビッグサ

イト). 2007/10/20.

⑨Ogawa Takumi, Ikawa Tomoko, Shigeta Yuko, Ando Eriko, Hirabayashi Rio, Hirai Shinya, Hosoda Yutaka, Kamei Shu, Araki Jiro, Ito Kousuke, Fukushima Shunji. Using the Digital Gothic Arch Tracer for Occlusal Diagnosis and Management of Malocclusion with Osteoarthritis. 2nd Joint Meeting of the Japan Prosthodontic Society and the Greater New York Academy of Prosthodontics, 東京TFTホール(東京ビッグサイト). 2007/10/20.

⑩小川 匠, 濱田良樹, 重田優子, 井川知子, 福島俊士, 園山智生, 斉藤知之, 中岡一敏, 中島敏文, 鈴木麻美, 瀬戸暁一, 大竹義人, 服部麻木, 鈴木直樹. バーチャルリアリティーと実体モデルを用いた顎矯正手術(Two-Way Simulation System)の開発. 第17回顎変形症学会, 朱鷺メッセ新潟コンベンションセンター. 2007/6/21.

⑪小川 匠, 濱田良樹, 重田優子, 井川知子, 福島俊士, 園山智生, 斉藤知之, 中岡一敏, 中島敏文, 鈴木麻美, 瀬戸暁一, 大竹義人, 服部麻木, 鈴木直樹. 手術シミュレーションおよび実体モデルを用いた顎矯正手術支援システムの開発. 第17回顎変形症学会, 朱鷺メッセ新潟コンベンションセンター. 2007/6/21.

⑫井川知子, 小川 匠, 平林里大, 重田優子, 福島俊士, 永田勝久, 福田 誠, 山田真穂, 大竹義人, 服部麻木, 鈴木直樹. 術前シミュレーションに応用する石膏実体モデルの硬化処理について. 第46回日本生体医工学会大会(旧日本エム・イー学会), 仙台国際センター. 2007/4/26.

⑬Tomoko Ikawa, Takumi Ogawa, Rio Hirabayashi, Yuko Shigeta, Shunji Fukushima, Katsuhisa Nagata, Makoto Fukuda, Maho Yamada, Yoshito Otake, Asaki Hattori, Naoki Suzuki. Improvement of Plaster Models made with a 3D Printer for Craniofacial Surgery. 85th General Session & Exhibition of the International Association for Dental Research, New Orleans, Louisiana, USA. 2007/3/23.

⑭Takumi Ogawa, Yuko Shigeta, Tomoko Ikawa, Rio Hirabayashi, Shunji Fukushima, Yoshito Otake, Asaki Hattori, Naoki Suzuki, Yoshiki Hamada, Kanichi Seto. Developments of a Craniofacial Surgical Simulation System with Jaw Deformities. 85th General Session & Exhibition of the International Association for Dental Research, New Orleans, Louisiana, USA. 2007/3/23.

6. 研究組織

(1)研究代表者

福島 俊士 (FUKUSHIMA SHUNJI)
鶴見大学・歯学部・教授
研究者番号:60014205

(2)研究分担者

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

重田 優子 (SHIGETA YUKO)
鶴見大学・歯学部・助教
研究者番号:40367298

(3)連携研究者

()

研究者番号: