

部分床義歯製作におけるフルデジタル・ワークフロー

西山弘崇，馬場一美

Fully digital workflow for removable partial denture fabrication

Hiroataka Nishiyama, DDS, PhD and Kazuyoshi Baba, DDS, PhD

抄 録

近年のデジタル・テクノロジーの進歩により歯科においても CAD/CAM 技術を応用した，いわゆるデジタル・デンティストリーの基盤が整った。さらに，口腔内スキャナーによる光学印象が普及したことで補綴治療におけるワークフローは大きく変化した。

部分床義歯製作においても，印象採得や咬合採得，各構成要素の製作にデジタル技術を応用した報告はされているが，製作ワークフローを部分的にデジタル化しているものがほとんどである。

本稿では，口腔内スキャナーを用いた光学印象，3D プリンターといった CAD/CAM 技術を応用した部分床義歯製作におけるフルデジタル・ワークフローを紹介する。

キーワード

部分床義歯，CAD/CAM，フルデジタル・ワークフロー

ABSTRACT

Over the last decade, digital dentistry, based on computer-aided design (CAD) and computer-aided manufacturing (CAM), has become increasingly popular. The introduction of digital impressions made by intraoral scanners (IOSs) has dramatically changed the entire prosthodontic treatment workflow.

Recently several studies have reported successful applications of a variety of digital techniques for impression making, jaw registration, the arrangement of artificial teeth, the design of denture bases, and the manufacturing of artificial teeth and denture bases to removable partial denture (RPD) fabrication; however, these studies have mainly focused on the digitization of certain parts of the laboratory procedures.

This study aimed to introduce a fully digitalized workflow for RPD fabrication with various digital technologies, including IOS, three-dimensional (3D) printers, and CAD/CAM systems.

Key words:

RPD, CAD/CAM, Fully Digitalized Workflow

I. はじめに

近年のデジタル・テクノロジーの進歩により，歯科においても CAD/CAM を応用した，いわゆるデジタル・デンティストリーの基盤が整った。今や CAD/CAM は歯冠補綴装置製作ワークフローの主流になり

つつある。さらに，口腔内スキャナー (Intra Oral Scanner; IOS) による光学印象の普及とモノリシック・ジルコニアなどの新たな歯科材料の開発により，症例選択に留意する必要があるものの，クラウン・ブリッジならびにインプラント分野においてはフルデジタルでの治療・技工ワークフローが標準化されつつある。

一方，有床義歯分野においても，全部床義歯製作を

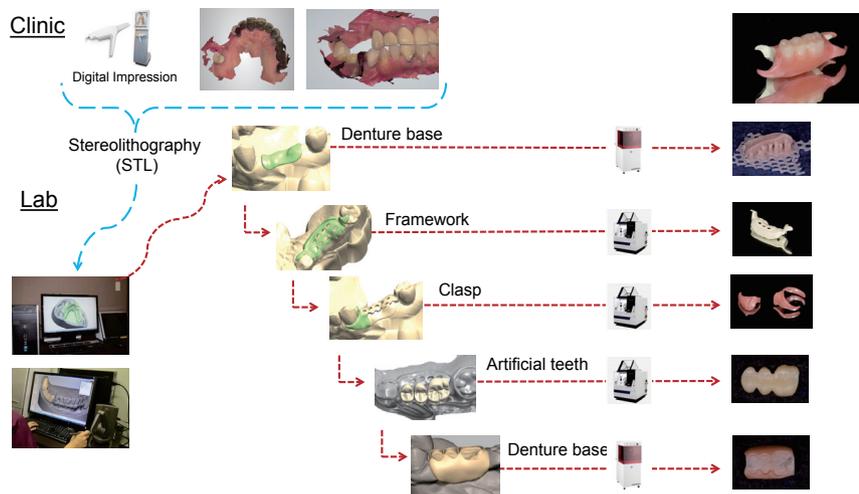


図1 当講座で実践している部分床義歯製作におけるフルデジタル・ワークフロー. IOSにて光学印象を行い STL データを CAD ソフトウェアにインポートする. 義歯床粘膜面部, フレームワーク部, クラスプ部, 人工歯部, 義歯床研磨面部の各構成要素を CAD/CAM により製作し接着することで部分床義歯を完成とする.



図2 IOS (TRIOS3, 3Shape) を用いて初診時に上下顎の印象・咬合採得を行った。

中心にデジタル技術を応用した多くの研究が報告されており, そうした研究成果を基盤としたシステムのいくつかは上市されている. しかし, いずれの研究においても, 義歯製作ワークフローの一部をデジタル化しているにとどまっている.

当講座では, セリア安定化ジルコニアとアルミナの複合体であるナノジルコニア (KZR-CAD ナノジルコニア, YAMAKIN) の優れた機械的特性に着目し, これをフレームワークに用いた有床義歯の開発を進めてきた^{1,2)}. さらにフレームワークだけでなく, クラスプ維持部, 人工歯部, 義歯床部等の各構成要素を CAD/CAM 製作するワークフローを確立し³⁾, 次の段階として, 残存歯列ならびに欠損部顎堤粘膜の印象採得に IOS を用いることで, 部分床義歯製作ワークフローのフルデジタル化に取り組んでいる.

本稿では, 当講座で開発した部分床義歯製作のフルデジタル・ワークフロー化の取り組みについて臨床症例を供覧しながら解説する.

II. フルデジタル・ワークフローによる部分床義歯製作

当講座で開発したフルデジタル・ワークフローによる部分床義歯の製作過程を図に示す (図1).

1. 症例1

患者: 68 歳, 女性.

主訴: #13 部クラスプに起因する審美不良.

2. 治療経過

#14-17 ブリッジの支台である #14 が歯根破折と診断され, 抜歯および即時義歯を装着したが #13 部のクラスプによる審美不良を訴えていたため, 樹脂クラスプを併用した部分床義歯を製作することとなった. IOS (TRIOS3, 3Shape) を用いて上下顎の印象・咬合採得を行った (図2). 欠損部の印象は口角鉤にて頬粘膜を排除し, 歯肉頬移行部まで採得した. STL データを CAD ソフトウェア (Dental System D810, 3shape) にインポートし, このソフトウェア上で義歯の各構成要素をデザイン・製作した. まず, 維持鉤腕以外のフレームワークのデザインを行い, ミリング加工にてジルコニアフレーム (KZR-CAD ナノジルコニア, YAMAKIN) を製作した (図3-a). 義歯床については粘膜面部と研磨面部とを別に製作し, 粘膜面部については厚み 1.0 mm, 口蓋側はフレームの内側フィニッシュラインに一致するようにデザインし, 3D プリンターを用いて PMMA (Base, NextDent) を積層造形した (図3-b). 次に, この義歯床粘膜面の CAD デー

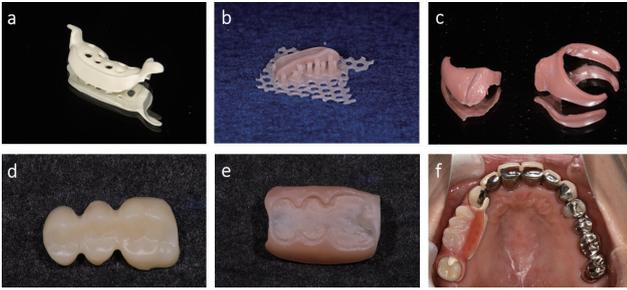


図3

- a: ミリング加工にて製作したフレームワーク部, ジルコニア (KZR-CAD ナノジルコニア, YAMAKIN) を使用している。
 b: 3D プリンターを用いて製作した義歯床粘膜面部。
 c: ミリング加工にて製作した樹脂クラスプ部。本症例では鉤尖部での厚みが0.5 mm, アンダーカット量を0.5 mm に設定したものを使用した。
 d: 人工歯部は硬質レジンブロックを用いてミリング加工にて製作した (KZR-CAD HR A3, YAMAKIN)。
 e: 義歯床研磨面部は人工歯部が嵌合するようにデザインしたものを粘膜面部と同様に3D プリンターにて積層造形した。
 f: 部分床義歯装着後の口腔内写真。装着感および適合は良好であった。

タを統合した STL データ上でフレームワークのデザインを行った。次にジルコニアフレームと義歯床粘膜面部までの CAD データを統合した STL データ上でクラスプ部のデザインを行った。材料にはポリエーテルエーテルケトン (poly ether ether ketone; PEEK) を用いた。PEEK はスーパーエンジニアプラスチックといわれており、耐熱性や機械的強度、耐薬品性などに優れた熱可塑性高機能プラスチックである。近年、歯科においてもクラウンやインプラント上部構造への応用が期待されており、すでに部分床義歯のフレームワークに応用した報告もされている⁴⁾。樹脂クラスプに関しては明確な設計基準がないため、アンダーカット量・幅・厚みのパターンを変えたデザインをいくつか製作し、3D プリンターで出力した模型上での維持力や適合がよかったものを術者感覚で選択した。本症例では鉤尖部での厚みが0.5 mm, アンダーカット量を0.5 mm の設計でミリング加工したものを選択した (PEEK, EVONIK) (図3-c)。人工歯部は、IOS による顎間関係記録を参考に CAD ソフトウェア上でデザインし、硬質レジンブロックを用いてミリング加工にて製作した (KZR-CAD HR A3, YAMAKIN) (図3-d)。義歯床研磨面のデザインは、CAD ソフトウェア (Freeform, 3D SYSTEMS) にさきほどの人工歯部のデザインデータを統合し、2つのデータの重なりをカットバックした後、人工歯部が嵌合するようにデザインしたものを粘膜面部と同様に3D プリンターにて積層造形した (図3-e)。被着面処理後に接着性レジ

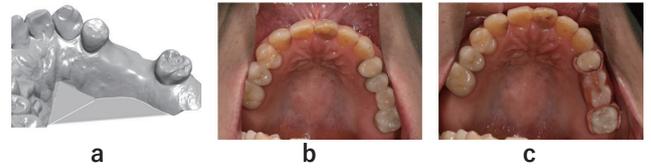


図4

- a: CAD ソフトウェア上で抜歯予定の #25 部およびポンティック部の #26 部をトリミング加工した。
 b: 抜歯前の口腔内写真。
 c: 即時義歯装着時の口腔内写真。

セメント (スーパーボンド, サンメディカル) を用いて各構成要素を接着することで部分床義歯を完成・装着した (図3-f)。装着感および適合は良好であり、全体的な患者評価も高いものであった。

本症例においては、フルデジタル・ワークフローで部分床義歯の印象採得から完成・装着まで行うことが可能であったが、部分床義歯は構成要素が多いため、従来の製作過程よりも煩雑感があることは否めない。しかしながら、従来のラボサイドでのワークフローと比較すると明らかにシンプルである。

さらに、フルデジタル・ワークフローの利点として、義歯製作に用いられたデータを時間的・空間的制限なく保存・利用可能であることがあげられる。仮に経年的に構成要素のどこかに破損を生じたり、あるいは義歯自体を紛失してしまった際にも、デジタルデータを保持していれば複雑な手続きを踏まなくても、修理や義歯の再製作を簡便に行うことが可能である。

III. データベース基盤型補綴治療

疾患に罹患した際に初めて口腔内検査や印象採得を行うといった従来のワークフローから一歩進み、予め正常な口腔内の3次元形態データを測定しデジタル化、データベース化し経年的に保持することで、補綴介入が必要になった場合に参照して補綴装置をデザインできれば治療効率は飛躍的に向上する。また、補綴治療後においても、前述のように補綴装置の形態データを保存しておけばこれらのデータを後に活用することが可能である。このような治療のワークフローを著者らはデータベース基盤型補綴治療とよび、今後の一つのデジタル・デンティストリーの大きな方向性として考えている⁵⁾。

1. 症例2

患者: 62歳, 女性。

主訴: #25 疼痛による咀嚼困難。



図 5

- a: 初診時に IOS で採得した STL データ。
 b: 抜歯により形態データに変化が生じる部位のみをトリミング加工した。
 c: トリミングにより欠落した部位 (赤色点線) のみ追加スキャンし元データと統合した。

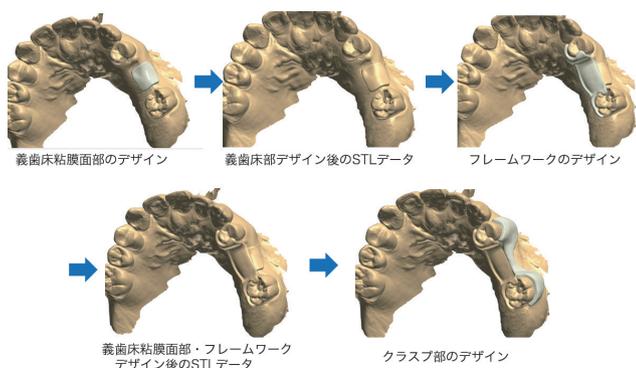
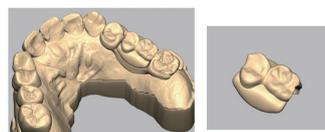


図 6 義歯床粘膜面、フレームワーク部、クラスプ部のデザイン。各構成要素が嵌合するように STL データを統合しながらデザインする。

2. 治療経過

#25-27 ブリッジの咀嚼時の疼痛を主訴に来院した。診査の結果、#25 歯根破折のため同部位を抜歯、抜歯後は部分床義歯で欠損補綴することとなった。初診時に IOS を用いて上下顎の印象・咬合採得を行い、CAD ソフトウェア上で抜歯予定部位の歯牙を選択的にトリミングした STL データを用い即時義歯のデザインを行った (図 4-a)。即時義歯はノンメタルクラスプデンチャーに準じた設計とし、症例 1 同様に、義歯床部・クラスプ部・人工歯部を PMMA (Base, NextDent), PEEK (PEEK, EVONIK), 硬質レジン (KZR-CAD HR A3, YAMAKIN) を用いてそれぞれデジタル加工により製作した。各構成要素を接着し部分床義歯を完成した後、#26#27 間でブリッジを切断し、#25 を抜歯、即時義歯を装着した (図 4-b, c)。

抜歯窩の治癒後に、初診時の上顎 STL データから抜歯により形態データに変化を生じる部位のみトリミングし、支台歯の前処置後にトリミングにより欠落した部位のみ追加スキャンし、元のデータと統合した (図 5a-c)。次に、この STL データを基に、義歯床粘膜面・フレームワーク部・クラスプ部をデザインした (図



義歯床研磨面・人工歯部のデザイン

図 7 義歯床研磨面および人工歯部のデザイン。抜歯前の STL データを形態データに変化が生じない部位をリファレンスポイントに重ね合わせることで、人工歯部は抜歯前の形態データを参照することができる。



図 8 完成した部分床義歯装着時の口腔内写真

6)。クラスプ部までのデザインが完了した STL データと抜歯前の STL データを、形態データに変化が生じない部位をリファレンスポイントに重ね合わせ、義歯床研磨面および人工歯部のデザインを行った (図 7)。なお、人工歯部は抜歯前の形態データをそのまま参照している。各構成要素をそれぞれデジタル加工にて製作し、即時義歯同様、各構成要素を接着し最終義歯を完成、装着した (図 8)。義歯装着後のトラブルはなく良好に経過している。

本症例では、即時義歯の装着時において相当量の調整が必要であった。その原因としては、嵌合部に設定した公差や接着時の浮き上がりなどの影響が考えられる。これらについては、特に各構成要素の嵌合部のデザインについては今後さらに検討し最適化する予定である。

IV. まとめ

本論文では部分床義歯製作のためのフルデジタルワークフローを紹介した。ただし、現状では個人トレーを用いて行われる筋圧形成を IOS で行うことは

難しく、前歯部欠損やすれ違い咬合のような、従来法で咬合床を必要とする欠損症例への適応は不可能である。これらは今後の大きな課題であり、われわれは、前者については現在、IOSを用いたデジタル筋圧形成法の開発に取り組んでいる⁶⁾。また、後者については先述のデータベース基盤型補綴治療によって対応可能であると考えている。つまり、予め正常な状態にある上下顎歯列データと顎間関係をデータベースに保存しておけば、欠損が生じた場合に欠損部位のみを追加スキャンングで更新することで、咬合床を用いた咬合採得を行うことなく、顎間関係をソフトウェア上に再現できる。前歯部欠損症例でも欠損前のデジタルデータを参照してソフトウェア上で前歯部排列位置を決定することが可能である。もちろん、経時的に生じる欠損の拡大に伴い残存歯の位置や咬合関係が変化する可能性や、データの上書き・統合を繰り返した場合のSTLデータの精度について、さらには、正常歯列のデータがない患者への対応も含めて、データベース基盤型補綴治療を推進するうえで解決すべき問題は残されている。

CAD/CAM, IOS に代表されるデジタル技術の普及、新たな歯科材料の開発により、クラウン・ブリッジの分野におけるデジタル・デンティストリーが急速に普及し、有床義歯分野においてもデジタル・ワークフローの活用が進んできた。今後、歯科医師にはデジタル機器を活用するだけでなく、合理的にデジタルデータを活用する知識・技能が求められる。データベース基盤型補綴治療はその中で中心的な役割を担い、治療の省

力化・合理化を通して超高齢社会に大きく寄与すると期待される。

なお、本稿執筆にあたり開示すべき利益相反状態はない。

文 献

- 1) Urano S et al. Bending properties of Ce-TZP/A nanocomposite clasps for removable partial dentures. *Int J Prosthodont* 2015; 28: 191-197.
- 2) Nishiyama H et al. Zirconia-reinforced framework for maxillary complete denture. *Int J Prosthodont* 2018; 31: 114-116.
- 3) Nishiyama H et al. Novel fully digital workflow for removable partial denture fabrication. *J Prosthodont Res* 2020; 64: 98-103.
- 4) Zoidis P et al. The use of a modified Poly-Ether-Ether-Ketone (PEEK) as an alternative framework material for removable dental prostheses. A clinical report. *J Prosthodont* 2016; 25: 580-584.
- 5) 西山弘崇, 馬場一美. デジタル・デンティストリーの近未来-超高齢社会における新たな補綴歯科治療の枠組み-. *日本デジタル歯科学会誌* 2020 ; 9 : 151-157.
- 6) 中澤飛鳥, 西山弘崇, 田中晋平, 三好敬太, 馬場一美. 粘膜の印象採得における口腔内スキャナーの検証. *日本デジタル歯科学会誌* 2020 ; 10 : 42.

著者連絡先：西山 弘崇

〒145-8515 東京都大田区北千束2-1-1

昭和大学歯科補綴学講座

Tel: 03-3787-1151 (内線 234)

Fax: 03-3784-7603

E-mail: nishi2480@dent.showa-u.ac.jp