

デジタルデンチャーの現状と今後の展望

金 澤 学

東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科口腔デジタルプロセス学分野

近年、有床義歯補綴のデジタル化が進み、海外ではさまざまな商用ベースのシステムが運用されており、国内においても2020年に3Dプリンタ用義歯用レジンの薬事承認が得られた。本稿では、チェアサイドでは口腔内スキャナを用いた印象採得・咬合採得に関して、ラボサイドに関しては、CADを用いた義歯のデザイン、ミリングマシンを用いた切削加工によるMilled dentureと3Dプリンタを用いた積層造形による3D printed dentureに分けて現状のソリューションを解説する。これらに加えて、今年新たに開発された部分床義歯製作のデジタル化について紹介する。

1. 顎堤と顎間関係のスキャン

図1に、口腔内スキャナ（TRIOS3, 3shape）を用いてスキャンした無歯顎顎堤を示す。このように義歯床縁部を含む粘膜のスキャンが可能である。新世代口腔内スキャナを用いた無歯顎顎堤のスキャン精度は高く経験値に左右されないことや、しかし経験があるほうがよりスキャンにかかる時間は短縮されることなどが報告されている¹⁾。有歯顎と比べると無歯顎の光学スキャンを行うケースはまだ多いとは言えないが、顎堤のスキャン方法におけるコツ²⁾も紹介されており、今後は無歯顎顎堤をスキャンする機会も増加すると考えられる。スキャンした顎堤データはSTL (Standard Triangled Language) データとして上顎と下顎を個別に保存する。

顎間関係記録は、従来法ではろう堤を付与した咬合床が用いられるため、印象と同日の咬合採得はできない。しかし、口腔内スキャナを用いることにより印象と同日に簡易的な咬合採得が可能である。まず、解剖学的決定法や生理学的決定法によりおおよその顎間距離の数値を決定する。その際、患者の鼻とオトガイ部にマークを付しておき、そのマーク間の距離をノギスで計測して顎間距離とする。前歯部顎堤にパテタイプのシリコーン印象材を挿入し、決められた顎間距離を

目指して下顎を誘導しながら閉口させ、上下の顎間距離を保ったまま顎堤間でシリコーン印象材を硬化させる。硬化した印象材は厚さ約15mmにトリミングして、これを咬合採得用のジグとする。製作したシリコーンジグを顎堤で咬合させ、上下の顎間関係を固定した状態で、上下顎堤とシリコーンジグを同時に口腔内スキャナにてスキャンしSTLデータとして保存する³⁾ (図2)。

2. 印象体のスキャン

上記の方法で得られた印象体は、技工用スキャナを用いてデジタル化を行う (図3)。5軸スキャナを用いることにより、上下の印象体を同時にスキャンすることが可能で、三次元データ化された印象体はSTLデータに変換し出力を行う。

3. 義歯の設計

上記の過程で得られた上顎顎堤、下顎顎堤、咬合採得ジグのSTLデータをCADソフトウェア (Freeform, Geomagic) にインポートする。インポートした上下顎堤データと咬合採得ジグデータをソフトウェア上で重ね合わせを行うことにより、上下顎顎間関係をCADソフト上に再現することが可能になる (図4)。そして、対向関係が調整された顎堤データ上にて試適用義歯の設計を行い、3Dプリンタを用いて試適用義歯を製作する。顎位が不安定なケースなど、ゴシックアーチ描記を行いたい場合は、試適用義歯ではなくゴシックアーチ装置を付与した個人トレー (CAD/CAM カスタムトレー) の製作も可能である³⁾。

4. Milled dentures (ソケット法) (図5)

デザインした全部床義歯に対して、デジタル技術を用いて製作するデジタルデンチャーには、大きく分けて2種類ある。その一つがミリングマシンを用いて切削加工するMilled dentureである。ミリングマシンを用いる方法は、すでに重合が完了しているレジンディスクから義歯を削り出すことにより、従来法と比

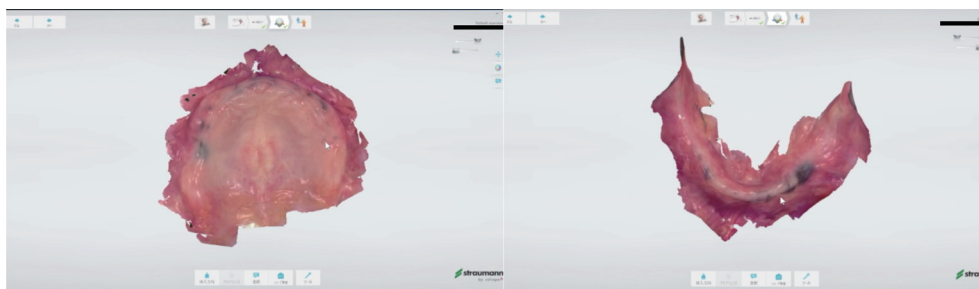


図1 口腔内スキャナにてスキャンした無歯顎顎堤



図2 口腔内スキャナを用いた顎間関係記録

Kanazawa et al. Digital impression and jaw relation record for the fabrication of CAD/CAM custom tray. J Prosthodont Res. 2018.

較してレジンの重合収縮の影響を受けることがなく、義歯床の適合精度が高く、機械的物性も高い⁴⁾。これまでの Milled denture は、義歯床のみを床用レジブロックから切削加工し、人工歯を後から接着する方法が主流であったため、接着操作における人工歯の位置ずれと接着界面の脆弱性が問題点として指摘されてきた。

5. カスタムディスクを用いた Milled denture (図 6)

近年ソケット法における問題を解決すべく、義歯床と人工歯が一塊となったレジンドискから義歯を切削加工する方法が開発されている。その一つとして、患者ごとに人工歯が埋入されたカスタムディスクを製作し、義歯をミリングする方法⁵⁾を紹介する。

義歯のデザインを設計後、あらかじめミリングマシンに装着できるように設計された外枠データの中にデザインした義歯を配置する。その後、ブーリアン演算を行い、義歯データを削除して人工歯の位置情報を外

枠の基底面に印記する。この外枠はミリングマシン上で三次元的な位置情報を再現するためのジグを装着できるように設計されている。また、必要のないレジンの消費を防ぐために、義歯の配置されていない部分に関しては空洞になっている。この外枠の形態は、使用するミリングマシンにより変更することが可能である。

デザインが完了したカスタムディスクの外枠は 3D プリンタを用いてプリントし、プリントされた外枠の基底面に既製人工歯を排列する。義歯デザイン時に実際の義歯に使用したい既製人工歯のデータさえあれば、どのような人工歯も使用可能である。この人工歯をシアノアクリレート系の接着剤で外枠に固定し、流し込み用の義歯床用レジンを外枠の中に流し込み、加熱重合させるとカスタムディスクが完成する。上述では外枠の製作に 3D プリンタを用いているが、外枠自体もミリングマシンを用いて製作する方法もあり、そ

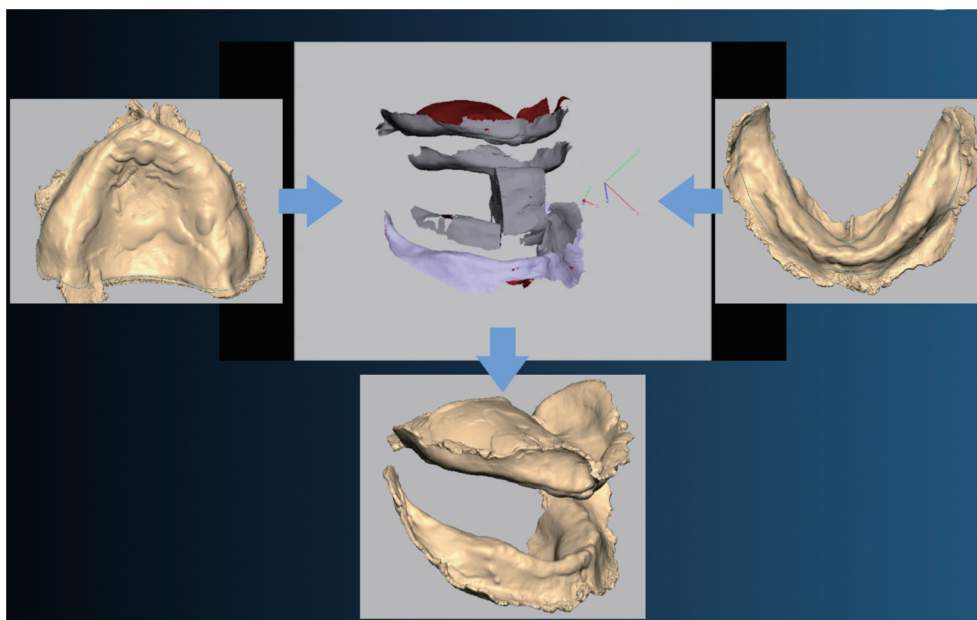


図3 デンチャースペースのデジタル化

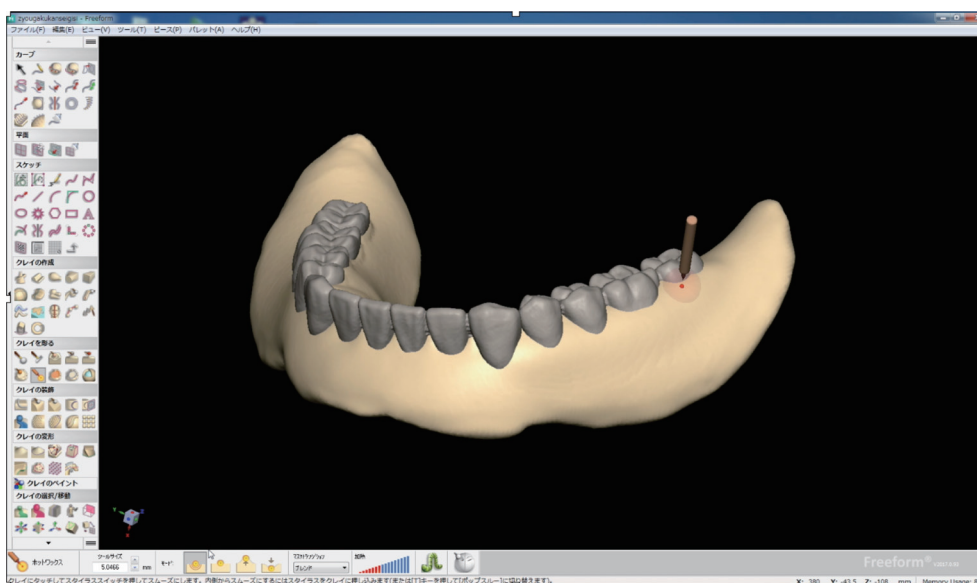


図4 CADソフト上での義歯の設計 (Freeform)

のためのキットがすでに販売されているため購入することも可能である。

上記のように製作したカスタムディスクは、対応するミリングマシンに装着し加工を行う。加工時は義歯床部のみでなく人工歯部も同時に加工を行い、現在1床約4時間程度での加工が可能となっている。最後にサポートを切断し、従来通りに最終研磨を行い全部床義歯の完成である。この方法で製作された義歯の人工歯位置精度が良好であることが証明されている⁶⁾。

6. 3D printed denture (図7)

3Dプリンタを用いる方法では、作成した義歯データから3Dプリンタを用いて床と人工歯を別々にプリントし、人工歯を同じ紫外線硬化樹脂で床に接着し、仮重合して固定したあと、重合機に入れて後重合（ポストキュア）を行い研磨仕上げを行う。3Dプリンタを用いる方法では、一度に複数の義歯床を造形することが可能であり、製作効率は良いが、義歯床、人工歯ともに紫外線硬化樹脂を用いるため義歯床の重

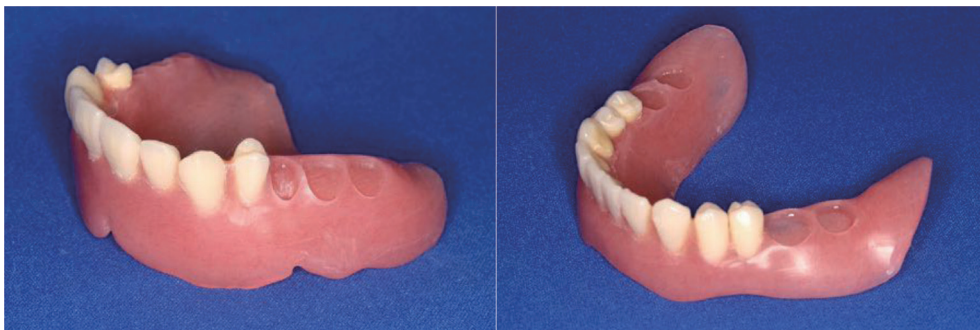


図5 Milled dentures (ソケット法)

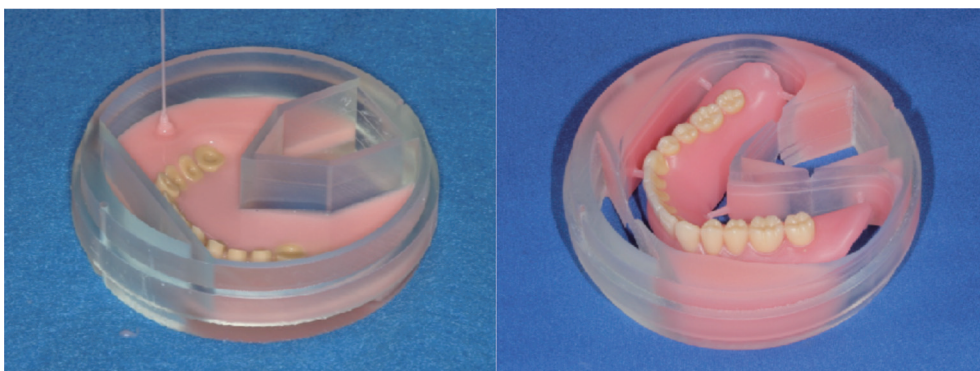


図6 カスタムディスクを用いたMilled denture

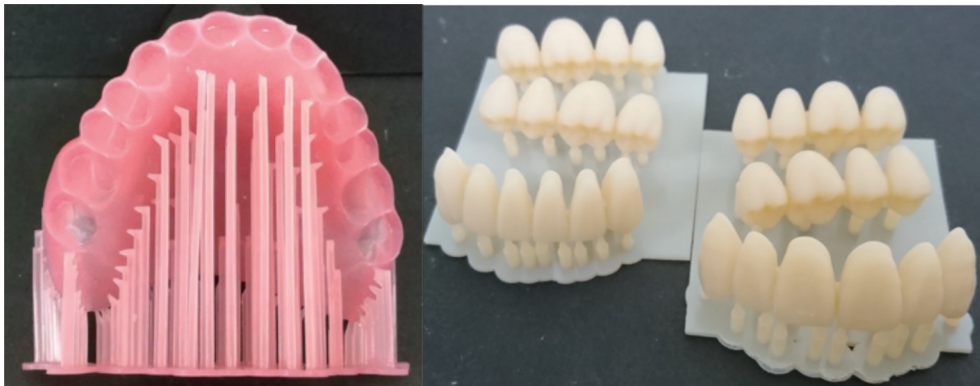


図7 3D printed denture



図8 フルデジタルミリングにより完成した部分床義歯

合収縮，人工歯の機械的物性や耐摩耗性の点で milled denture よりも精度や長期的安定性に劣る可能性があった。しかし，近年の研究成果によると，精度や機械的物性が大きく劣る訳ではないことが示されてきている⁷⁾。また，これまで日本では 3D プリント材料の薬事承認がなかったため，海外よりも導入が遅れていたが，2021 年日本でもついに薬事承認が通ったため，今後は日本でも 3D printed denture の需要は増加するものと考えられる。

7. 今後の展望

部分床義歯のデジタル化に関しては，メタルフレームのみをレーザー粉末焼結積層造形法（SLM）で製作した方法が数多くあるものの，フルデジタルミリングで報告した方法はまだない。われわれは，カスタムディスクを用いた Milled denture にて開発した方法を部分床義歯製作にも応用し，メタルフレーム，義歯床，人工歯が一塊となったブロック（カスタムプレート）から 1 歯欠損の部分床義歯製作に成功した（図 8）。今後は，さまざまな欠損形態における部分床義歯製作にも本法を応用する予定である。また，このような方法に適した材料の検討や開発が必要であると考えている。

参 考 文 献

1. Schimmel M, Akino N, Srinivasan M, Wittneben

- JG, Yilmaz B, Abou-Ayash S: Accuracy of intraoral scanning in completely and partially edentulous maxillary and mandibular jaws: an in vitro analysis. *Clin Oral Investig.* Apr; **25**(4): 1839–1847, 2021.
2. <https://www.3shape.com/en/news/2020/get-your-edentulous-intraoral-scanning-protocol>
3. Kanazawa M, Iwaki M, Arakida T, Minakuchi S: Digital impression and jaw relation record for the fabrication of CAD/CAM custom tray. *J Prosthodont Res.* Oct; **62**(4): 509–513, 2018.
4. Iwaki M, Kanazawa M, Arakida T, Minakuchi S: Mechanical properties of a polymethyl methacrylate block for CAD/CAM dentures. *J Oral Sci.* Sep 26; **62**(4): 420–422, 2020.
5. Soeda Y, Kanazawa M, Arakida T, Iwaki M, Minakuchi S: CAD-CAM milled complete dentures with custom disks and prefabricated artificial teeth: A dental technique. *J Prosthet Dent.* Jan; **127**(1): 55–58, 2022.
6. Soeda Y, Kanazawa M, Hada T, Arakida T, Iwaki M, Minakuchi S: Trueness and precision of artificial teeth in CAD-CAM milled complete dentures with custom disks. *J Prosthet Dent.* Mar 24; S0022-3913(21)00060-3, 2021.
7. Cha HS, Park JM, Kim TH, Lee JH: Wear resistance of 3D-printed denture tooth resin opposing zirconia and metal antagonists. *J Prosthet Dent.* Sep; **124**(3): 387–394, 2020.