



デジタル機器を用いた複製義歯製作の考察と可能性

光宗 浩 Mitsumune Hiroshi
株式会社シケン
愛媛県歯科技工士会所属



1. はじめに (目的)

日本の総人口が減少に転じていくなか、高齢者の占める割合は年々増加しており、2025年には団塊の世代がすべて75歳以上の後期高齢者となる。

移動手段のない高齢者や要介護者等、通院困難な患者は増加の一途をたどる事が予想され、義歯完成までの度々の通院は患者の負担となると考えられる。

通院困難な患者には寝たきりの方も多く印象採得や顎位設定において患者術者共に、新たな義歯製作は障壁が高いと言える。

しかし、患者が以前に使用していた義歯があれば、それは非常に多くの情報を有しており旧義歯の問題点を修正して新義歯を製作する方が両者の負担は少なく有益であると思われる。

但し、従来法での複製義歯製作はレジンの硬化収縮による変形や歯冠と歯肉の境界をコントロールできない事等の材料的制約もあって旧義歯の改善はもとより、その完全再現も難しいと思われる。

一方、デジタル化が進んだ冠橋義歯分野に比べて遅れている有床義歯分野のデジタル化であるが、全部床義歯においては比較的単純な材料構成という事もあり、デジタル技法を用いる事で審美的且つ、精度の高い複製義歯を再現する事が可能となっている。

数年前より海外を中心に多くのシステムが存在するに至っているが、国内でも薬事申請を取得したシステムが増えてきており、代表的なものとして挙げられるのはIvotion Denture System (Ivoclar Vivadent AG社) と cara Print system (Kulzer Japan社)、CA-DK1 デジタルデンチャーソリューション (DGShape社) のシステムになる (fig.1 上より)。

同時にデジタルデンチャー向けの歯科材料の国内

fig.1



fig.1 デジタルデンチャー用システム

薬事申請が進んだ事もこれらのシステムが普及する追い風になったと言える。

一言でデジタルデンチャーと称しても、その材料の選択と製作手法は多く存在するが、義歯床を製作する工程において切削法と積層法に大別する事ができ、人工歯の考え方で選択肢は更に分かれる事となる。

本稿では従来技法と比べたデジタル技法の優位点

を説明すると共にデジタル技術を用いた複製義歯の可能性を探る。

2. 従来技法とデジタル技法の比較

従来技法

従来技法は規定に従い専用フラスコを用いてアルジネート印象材で旧義歯の印象採得を行い、その凹形に複製義歯用常温重合レジンを入れ複製義歯を製作するのだが、審美的な要件から歯冠部色と義歯床部色のレジンを使い分ける事となる (fig.2参照)。

歯冠部色レジンの填入では人工歯部と義歯床部の境界部付近を筆盛りでコントロールする必要があり、技術が問われる部分と思われる。

アルジネート印象材や常温重合レジンの操作次第では気泡が混入する事で形状を損なう原因にもなる。

筆盛りではモノマーとポリマーの比率が均等でない事も危惧され、印象時とレジン填入時での材料置換に纏わる変形を避ける事ができない可能性がある。

総じて従来法では術者の技量に左右される要素が

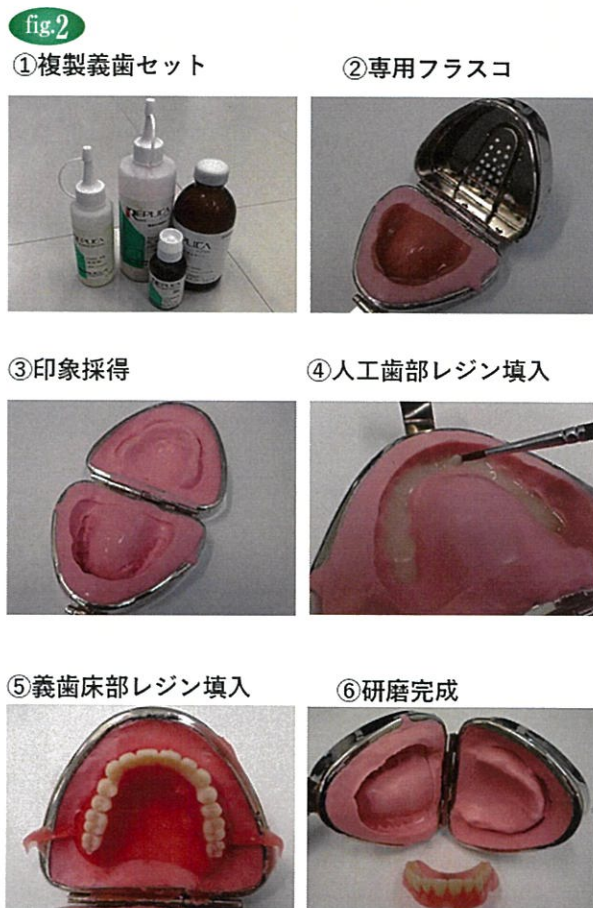


fig.2 従来法操作フロー

大きく、品質を確保するのは容易な事ではない。

デジタル技法

デジタル技法では旧義歯のスキャンを行い、義歯全体のデータ化する必要がある。歯科技工用デスクトップスキャナーでスキャンを行う方法が一般的であるが、昨今ではイントラオーラルスキャナー (Intra Oral Scanner) の進化により、チェアサイドでデータ取得が可能となる機種も存在し、日本市場での正式な認可取得が待ち望まれる。

チェアサイドで完結するのであれば、患者が使用中の義歯をお借りすることなく、義歯のデジタルデータ化が可能であるので患者術者共に有用性は高いと思われる。

お預かりした旧義歯は歯科用CADソフトウェア (3Shape Dental Designer) にてプロジェクト製作してデスクトップスキャナーにてスキャン、もしくは外部で製作したスキャンデータをCADにインポートしてデザイン作業に移行する。

人工歯部の指定を行った後、任意の位置で境界線を設定する事で人工歯部データと義歯床部データに



fig.3 デジタル技法フロー

分離をする事ができる (fig.3参照).

人工歯部では目的に応じて連結構成 (人工歯部グループ化) が選択可能となっており, 単独人工歯の選択や連結歯 (前歯部のみ連結, 臼歯部のみ連結, 人工歯全連結) は用途に合わせた選択が可能となっている.

人工歯の連結 (人工歯のグループ化) は義歯全体の強度に関係する要素と思われる, 単独人工歯に比べて破折に対しての優位性があると思われる (fig.4).

今検証では人工歯部分は全人工歯連結 (全体をグループ化) してデータ出力した.

デジタル技法によって得られた人工歯部データ及び, 義歯床部データは歯科用CADソフトウェア (3Shape Dental Designer) にて切削加工用と積層加工用にそれぞれを適正な出力を行った.

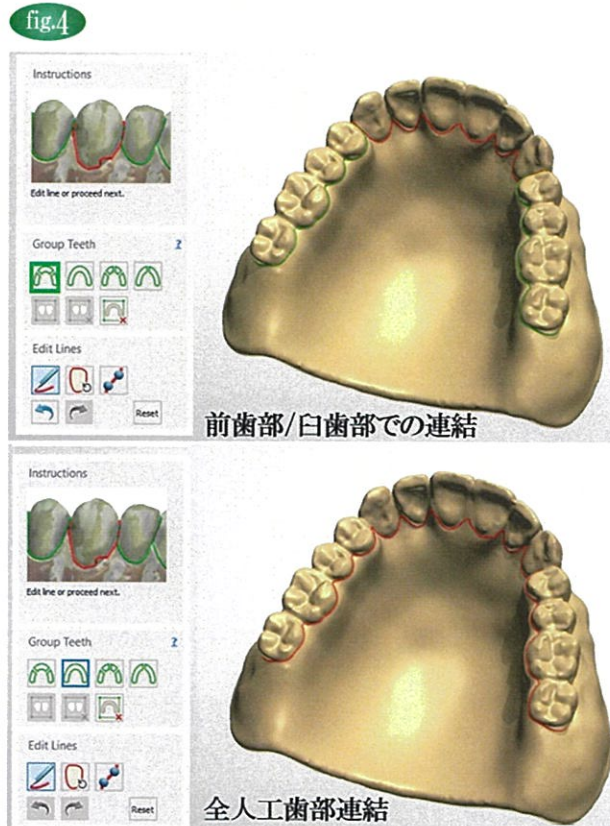


fig.4 人工歯部の連結 (グループ化)

切削加工法

切削加工法ではCAD/CAMシステム (Ivotion Denture System, Ivoclar Vivadent株式会社) を使用して複製義歯を再現した.

CAM5 出力形式により, ソフトウェア (PrograMill CAM) にてNC計算を行い, 義歯床部分はCAD/CAM切削加工義歯床用ディスク (Ivotion ベースpink, Ivoclar Vivadent株式会社) を人工歯部はCAD/CAM 切削加工歯冠用ディスク (Ivotion デント A2, Ivoclar Vivadent株式会社) を使用してミリングマシン (プログラミル PM7, Ivoclar Vivadent株式会社) (fig.5) にてミリング加工した.

人工歯部と床部分の接合に関してはラフミリングされた各部を義歯床用専用接着材料 (Ivotion ボンドキット, Ivoclar Vivadent株式会社) (fig.6参照) を使用した.

既定の手順に準じて切削した人工歯部と義歯床を接着してからプレッシャーポット2~5気圧中に50℃で15分間加圧重合する事で強固な結合が得られる.

その後, 人工歯が接着されたディスクをファインミリングする事で十分な強度と滑沢な表面を持つ複製義歯を得る事ができる.



fig.5 ミリングマシン (プログラミル PM7)



fig.6 一連工程 (Ivotion Denture System, Ivoclar Vivadent 株式会社)

積層加工法

積層加工法ではクルツァージャパン株式会社のカーラプリントシステム (fig.7) を用いた。

STL形式で出力した3次元データを専用のプログラムにてスライシングして積層用データに変換, 義歯床部にはディーマプリントデンチャーベースライトピンク, 人工歯部はディーマデンチャーティースA2の各マテリアルを用いて歯科用3Dプリンター (Cara Print 4.0, クルツァージャパン株式会社) で積層した。

得られた造形物の未硬化部分をイソプロパノールにて洗浄除去した後, プラットフォームより取り外した。義歯床部と人工歯部の接着は少量のディーマプリントデンチャーベースを義歯床歯槽部に塗布して人工歯を接合して仮重合を行い, 65℃のグリセリンが満たされたガラス製シャーレ内で既定の時間で二次重合を行った (fig.8)。



fig.7 歯科用3Dプリンター Cara Print 4.0



fig.8 一連工程 (cara Print system, クルツァージャパン株式会社)

二方法とも通常の技工作業に従って研磨を行った。従来技法, 積層加工法, 切削加工法の3種をデスクトップスキャナーにて再度データ化して旧義歯データと比較検証を行った。

3. 従来技法とデジタル技法比較検証

検証Ⅰ 誤差の視覚化

従来技法の複製義歯とデジタル技法で製作した複製義歯二方法（積層加工，切削加工）のデータと旧義歯のデータと最大値で重ね合わせた時の誤差をカラーチャートによって視覚的に表現した(fig.9参照).

カラーチャートの最大値は0.4mmで設定，寒色は一致面を表し，暖色になるほど誤差が生じている事になる。従来法では床外形周辺部や歯槽頂部及び，咬合面に大きな差異が認められ，これは重合収縮やバリの処理などによるものと考えられる。

旧義歯との誤差は従来法が最も大きい（0.5mm以上），デジタル法で製作した複製義歯二方法（積層加工，切削加工）では0.2mmの誤差内に留まっています。中でも切削加工が積層加工より良好（0.15mm以内）な結果を示しており，デジタル二方法でも若干の差が生じている。

fig.9

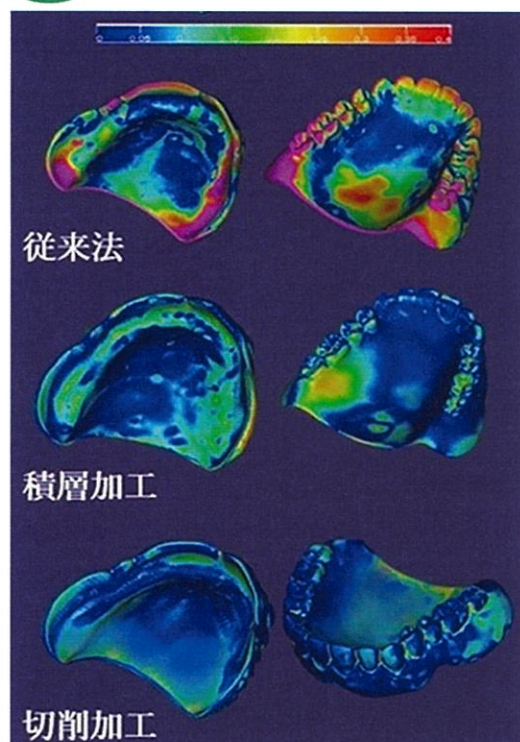


fig.9 カラーチャートによる精度検証

検証Ⅱ 誤差の数値化

検証Ⅰで得られた各データを元に旧義歯との差異を従来法，積層法，切削法でブーリアン演算を用いて誤差容積を数値化して比較検証した。

旧義歯と一致した面から超過した領域と不足した領域からなる容積が差分となる。

その総和が誤差合計となり，fig.9のカラーチャートによる精度検証の結果の数値化が可能となる(fig.10参照).

fig.10



fig.10 ブーリアン演算

ブーリアン演算からみた合計誤差値では従来法に比べてデジタル法が優れ，中でも切削法の誤差値合計が小さく，旧義歯に最も近い形状と言える(fig.11).

同じデジタルデータを元にした切削法と積層法の値の差については，プリントアウト後に二次重合する事で生じたのではないかと考えられ，切削法で重合済みの材料を精密加工する事で精度の高い複製義歯が得られる事を示している。

fig.11

	体積 mm^3	ブーリアン演算結果 mm^3		誤差合計 mm^3
		不足部	超過部	
旧義歯	11912.4			
複製義歯	従来法	12193.8	610.5 / 892.0	1502.5
	積層法	12209.8	268.7 / 566.1	834.8
	切削法	12076.6	165.1 / 529.4	694.5

fig.11 誤差値結果

検証Ⅲ 審美的再現

完成した義歯の審美的再現性に於いては人工歯部と義歯床部の移行部分で従来技法に対してデジタル技法が優れており、旧義歯の再現性が高い事が示されている (fig.12参照)。

fig.12

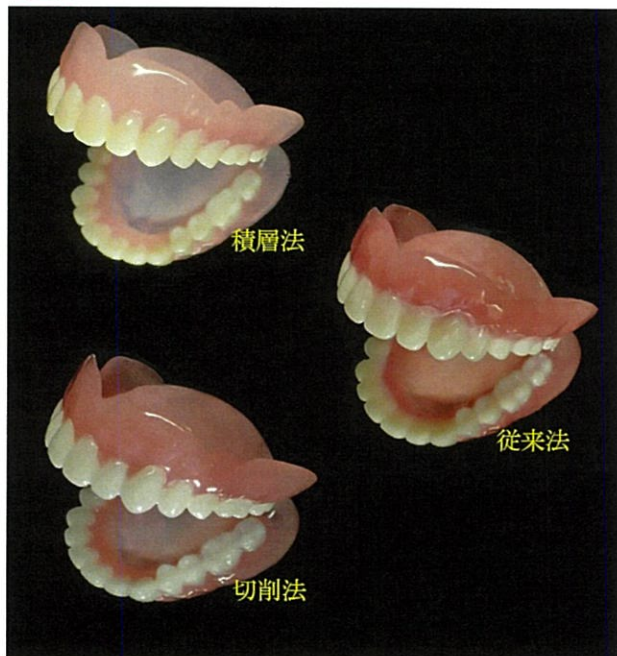


fig.12 審美的再現性

但し、人工歯自体の再現性では従来法、積層法及び、切削法の全てに於いて、単一色であるので濃淡・明暗しか表現できず、既存の人工歯が持つ審美的要件（天然歯牙を模した立体的な色調構成や内部指状構造体等）には遠く及ばないので、どの手法に於いても不十分と思われる。

切削法に於いてはCAD/CAM切削加工歯冠用グラデーションディスク (Ivotion デントマルチ, Ivoclar Vivadent株式会社) 等のマルチカラーディスクを使用する事で単一色の改善は可能ではある。

4. 旧義歯の情報更新とデジタル法

義歯を装着してから時間経過に比例して顎堤粘膜の吸収や人工歯の摩耗による咬合高径の変化などが起こる。

それらを改善する為に従来法ではリライニングやリベース及び、リマウントする事で対処してきたが、デジタル技法ではそれら変化した事柄をデータとして複製義歯に反映する事が容易となっている。

手法としては旧義歯を用いた咬座印象を行う事で

新しい粘膜面情報と咬合採得でリマウントの為の情報取得してデジタルデータとして取り込む事で修正したい情報を複製義歯に反映させる事が可能となっている。

咬座印象で得られた印象材表面のスキャンデータはCAD内でデータ処理して新しい上顎無歯顎模型に変換する事で粘膜面情報の更新が可能である。

次に咬合採得したデータに上下顎をマッチングする事で新しい顎間関係もCAD上で再現が可能である。

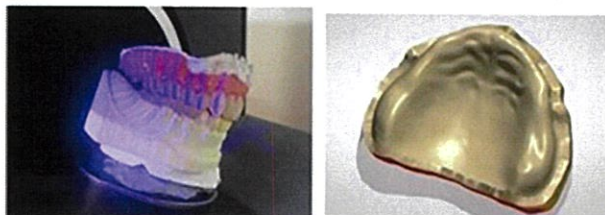
旧義歯の摩耗した人工歯データを参考にして、新たな人工歯をライブラリーから選択する事で咬合関係の再構築や患者の主訴に応じて義歯床辺縁部の追加やリップサポートもCAD上で容易に変更可能となっているCADソフトウェアの利便性は非常に高い (fig.13)。

fig.13

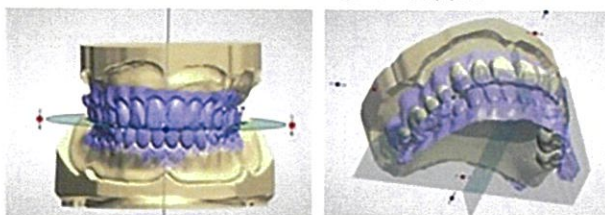
- ①旧義歯での咬座印象 ②粘膜面のスキャン



- ③顎間関係をスキャン ④粘膜面情報の更新



- ⑤リマウント情報を反映 ⑥人工歯排列



- ⑦歯肉形成 ⑧加工用データの生成



fig.13 デジタル法での旧義歯の情報更新

5. 既存人工歯を併用する デジタル技法

デジタルデンチャーで既存の人工歯を使用するには義歯床に嵌合部を形成して、そこに人工歯を後嵌めする方法が挙げられる。

前述した切削法、積層法の両システムに於いて可能であるが、咬合高径に起因する人工歯選択の制約や人工歯と義歯床の接着強度等に留意しなければならない等、自由度は決して高くない。

その様な問題を解決してデジタルミリングデンチャーで既存人工歯を使用できるのがDGShape社のCA-DK1-TRシステムになる (fig.14)。

fig.14

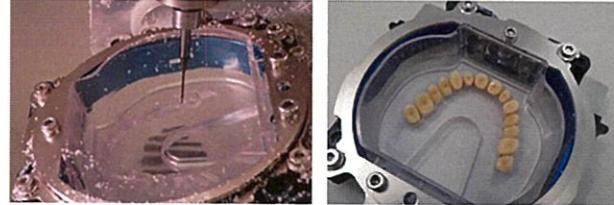


fig.14 デジタルミリングデンチャー (CA-DK1-TRシステム, DGShape社)

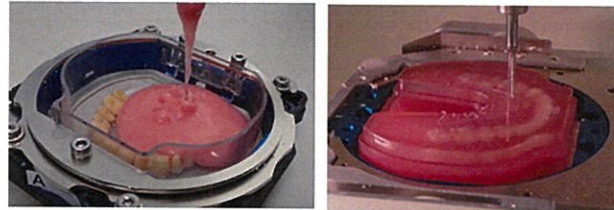
これは床用レジンを注入する前にあらかじめトレーに人工歯のポジション溝を加工する事でセメント接着によらない強固な機械的結合が得られ、CADソフトウェア上で排列された人工歯の位置を既存の人工歯に置き換える事が可能なシステムになる (fig.15参照)。

fig.15

①人工歯ポジション溝切削 ②該当の人工歯を装着



③義歯床用レジンを流し込み ④加圧重合レジンプロック



⑤ミリング機にて加工

⑥ミリング完了

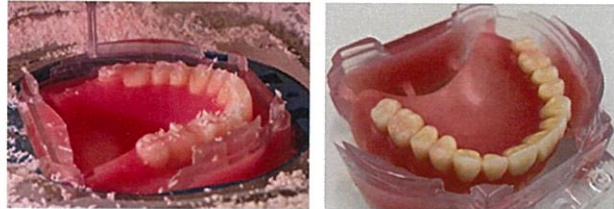


fig.15 CA-DK1-TRの作業フロー

6. 考察および展望

旧義歯の再現性ではデジタル法は従来法に比べて良好な値を示しており、人工歯部と義歯床部の境界域の再現性もデジタル法が優れていて歯科用CAD/CAM機器が従来の印象法の精度を上回るレベルに達していると言える。

経時変化した顎堤粘膜の再現や咬合関係を再構築できる事もデジタル化のメリットと言え、更に破折や紛失に際してもデータさえあれば複製が容易な事から患者への恩恵は大きいと予想される。

今後も有床義歯分野のデジタル化は進むと思われる、冠橋義歯分野では主に新素材を加工する為のデジタル化であったと思われるが、有床義歯分野におけるデジタル化がもたらすものは従来の重合法を基本とした複雑な義歯製作工程からの脱却とチェアサイドでの負担軽減を意味しているものと思われる。