

依頼論文

◆企画論文：補綴臨床における CAD/CAM ワークフローの現状と未来

補綴臨床における CAD/CAM ワークフローの現状と未来 —プロビジョナルレストレーションを活用した CAD モデリングの実際と考察—

高橋 健

Future and current state of the CAD/CAM workflow in clinical prosthesis

Ken Takahashi

I. はじめに

CAD/CAM 技術が歯科臨床に活用されるようになった今日であるが、これまでアルミナやジルコニア、チタンを代表する様々な材料が応用できるようになっており、これらは最終補綴物の材料として我々の臨床や患者に多くの恩恵をもたらしている。

これまで CAD/CAM の進歩は適応できる材料の増加に目が行きがちであり、従来の手作業による方法では加工が難しかった新材料の活用であり、図 1 に見られるように最終補綴物の材料とそれによる適用範囲の拡大が主で横軸方向にあったと言える。

しかしながら近年、CAD/CAM の活用範囲は図 2 のように診査診断から印象採得、審美性の再評価やプロビジョナルレストレーション、またそのコミュニケーションなど臨床における縦軸に拡まってきている。

そこで本稿ではその中から主にプロビジョナルレストレーションや CAD 設計によるワックスアップに変わるモデリングなど、現在臨床での活用法やワークフローを紹介したい。

II. CAD 設計によるモデリング法

筆者が日常使用している CAM ソフトウェア (Dental Designer, 3Shape A/S, Copenhagen, Denmark) をもとに紹介する。

本ソフトウェアでは、歯の解剖学的、機能的な設計を行う、また临床上参考となるスタディモデルやワックスアップの情報を活用し設計に生かすため主に三つの方法が用いられる。他に従来法にて形態回復されたワックスアップをダブルスキャンにて CAD データに反映する方法があるが、アナログ併用でデジタル移行への過渡的な手法のためここでは割愛する。

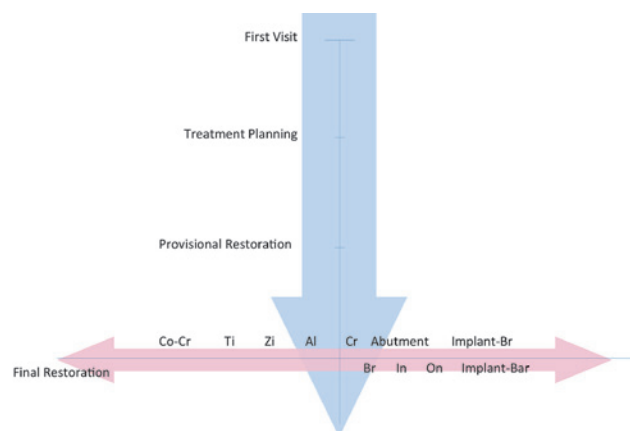


図 1 歯科臨床の流れとこれまでの CAD/CAM 適応材料の拡大イメージ。



図 2 今後期待される CAD/CAM の応用範囲イメージ。

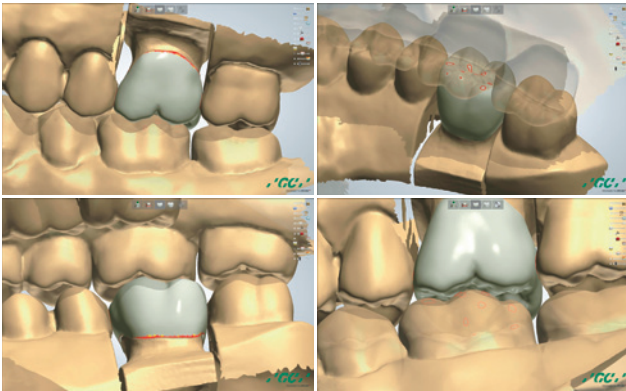


図3 CAD 上でのフリーデザイン。

歯冠形態はもちろん、咬合接触点の付与も明示しながら作業できる。

1. フリーデザイン

分割作業模型のスキニングを行い CAD 上で設計を行う。

マージンやスペーサーの設計後、スマイルコンポーザーという歯牙のライブラリから任意のモデルを選択し補綴スペースに大まかな形として配置し、スカルプトのステップで従来のワックスインストルメントのようなワックスナイフや引っ張りツールを用いて形態修正を行いモデリングする。

対合歯の透過やバーチャル咬合器、咬合接触点の強さの表示など従来のアナログ法に比べ情報が明示化されデジタル設計の基礎とも言える (図3)。

2. ミラーリング

临床上、反対側同名歯の審美的、解剖学的また機能的な形態を参考にすることは従来のアナログ法においても重要であったが、デジタルではスキャンしたデータの切り取り反転が容易であるため先に紹介したライブラリーからの参照の代わり反対側同名歯の形態をミラーリングし活用することができる。

ミラーリング後、人工歯配列のように形態データを回転、移動し、スカルプトにより形態修正を行う (図4)。

本症例のように叢生歯列にて審美的調和を試行錯誤しなければならない場合、従来のワックスアップより格段に視覚的で微細な試行錯誤を繰り返すことができる。外形から正確にカットバックされたコーピングを製作することができ、またセラミック築盛にあたりイメージのシミュレーションがあらかじめできるので臨床的にも非常に有効である (図5)。

3. モーフィング

スタディモデルやワックスアップを作業模型データ

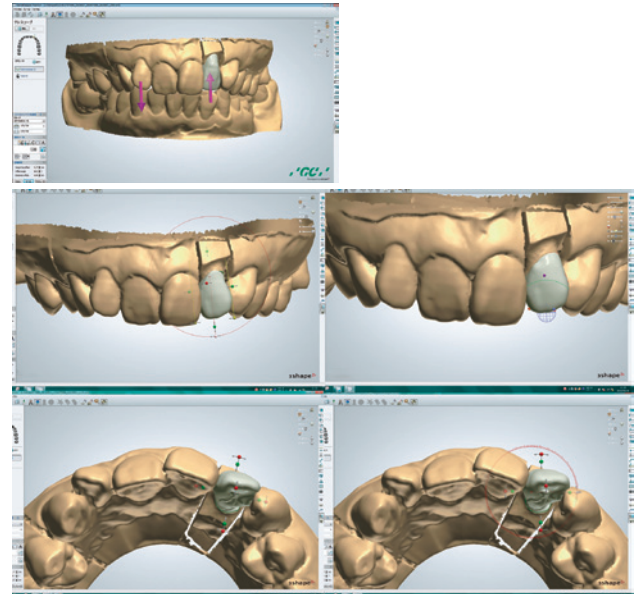


図4 ミラーリングによる反対側同名歯のコピー反転と配列の模索。



図5 配列された歯冠から均一にカットバックされたジルコニアフレームと、装着された PFZ-Cr.

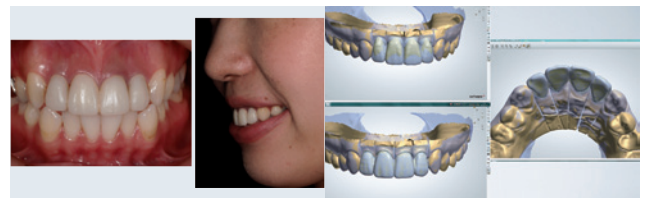


図6 プロビジョナルレストレーションの外形を正確に模すモーフィング、審美的・機能的形態を最終補綴物に移行する。

上に合成し、さきに意図された形態をコピーしてモデリングを行う。合成された歯冠データは CAD 上で形態修正可能なデータに変換されプロビジョナルレストレーションなどの審美的、機能的な形態に追加修正することができる。

これは臨床において患者からの審美的要望や機能的再評価の結果を適切に最終補綴物に反映しながら設計ができる。従来のシリコンコアによるワックスモデルの複製などに比べ視覚的であるため、テクニカルエラーによる参考情報複製のズレを防ぎやすく、また「仮

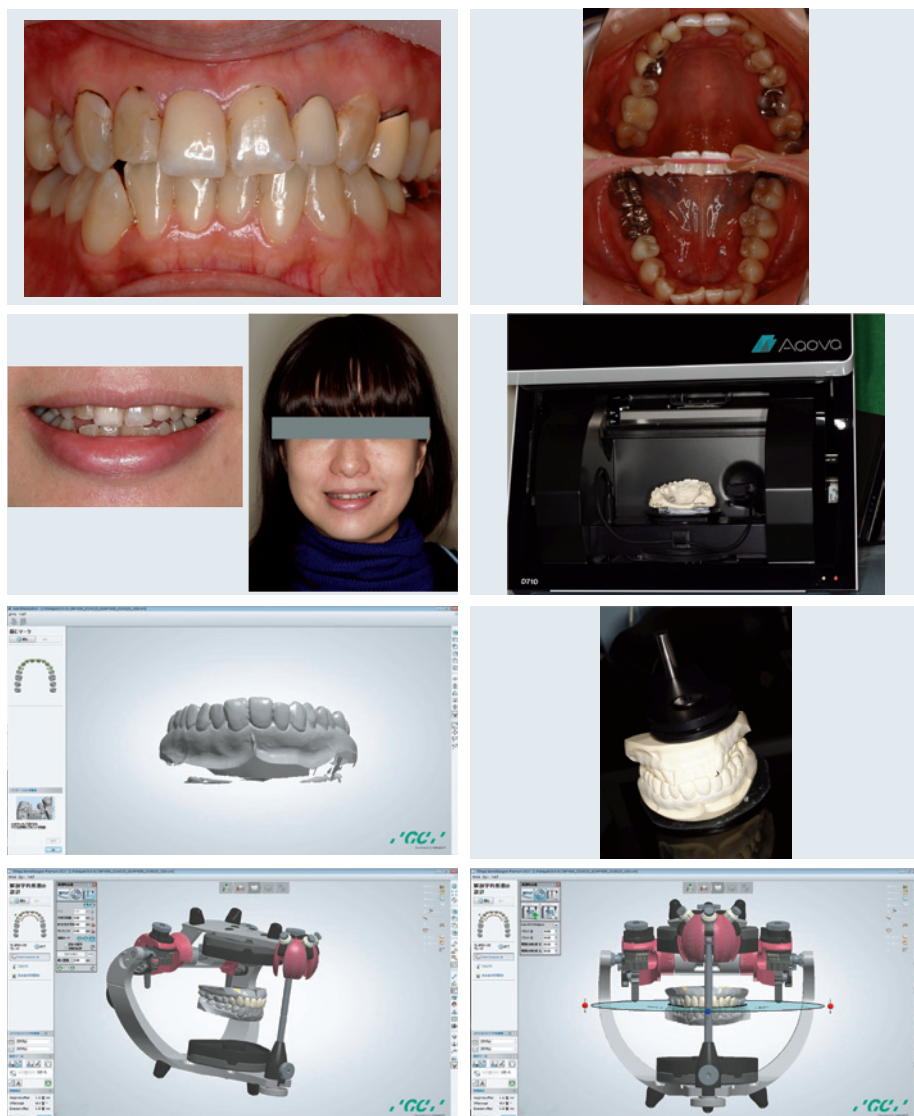


図 7 初診時の口腔内，口唇，顔貌とスタディモデル。

スキャンしたスタディモデルはバーチャル咬合器に自動で平均値装着される。
症例提供：西山デンタルオフィス，東京都港区，西山英史先生

歯よりももう少し内に入れたい」，「少し長くしてほしい」，「ガイドを少し強めに」といった具体的な改善案を最終補綴物に反映しやすい（図 6）。

Ⅲ. CAD モデリングの応用

前述したデジタルならではの手法によりワックスアップは 3D データ上のモデリングに移行し我々歯科技工士のワークフローに大きな変革をもたらしている。さらにアナログの手法では出来得なかったことが CAD ソフトの機能強化によって実現し，単なるアナログからの代替えではない進化のデジタル歯学の幕があげられようとしている。

一つの例として 3D 作業模型データに顔貌写真を合

成することにより，あたかも患者の前で歯冠形態を設計することができる。またバーチャル咬合器との位置合成によりこれまで頭で理解しつづもなかなかイメージしにくかった状況が視覚化され審美的にも機能的にもその精度と効率が向上するに違いない（図 7-15）。

患者は審美障害とその改善を主訴に来院され既存の補綴物の撤去と再補綴のコンサルテーションがなされた。患者は提案に同意し，担当医より口腔内，顔貌写真，術前スタディモデルにて診断用ワックスアップとプロビジョナルレストレーションの製作の依頼を受けた。

担当医との打ち合わせの結果，デジタル的なアプローチにより製作を進めることとした。

まずスタディモデルをスキャンし，バイト情報



図 8 2D 写真と 3D モデルの合成ステップ。

口唇内のカットラインを設定し 4 点以上のポイントを合成点としてアラインする。合成後は口唇、顔貌上でモデリングを行うことができ、またバーチャル咬合器ともイメージ的な重ね合わせが可能である。

も ICP にて嵌合した模型をスキャンする。CAD 上では歯列の位置から自動的に平均値の咬合器付着が行われる。

スキャンされた術前模型に口元、顔貌写真の位置合成を行い、また口唇内の切り取り個所の指定パスを設定することにより、口元、顔貌から作業模型を観察することができる。

この時、それらの情報と咬合器の情報を明示することによって、これまでのアナログ技法においては頭の中で漠然と合成して想像していた顎顔面領域の相関関係が明確に視覚化される。

口元、顔貌や咬合器の偏心運動によって審美的、機能的な考察とともに形態回復を行う。出来上がった形態データは術前スタディモデルとの比較もでき、またこの時点で担当医、患者とのコミュニケーション資料としても活用できる。完成された歯冠データからカットバック量を指定することにより自動で予想支台歯形成が行われる。本症例では 0.4 mm の厚みのプロビジョナルレストレーションとし経験上ではあるが従来の流し込み法により製作した場合と比べより薄く物性は良好に製作できる。同一データから歯冠色と透明の二つのプロビジョナル用の歯冠色 PMMA ディスク (Aadva

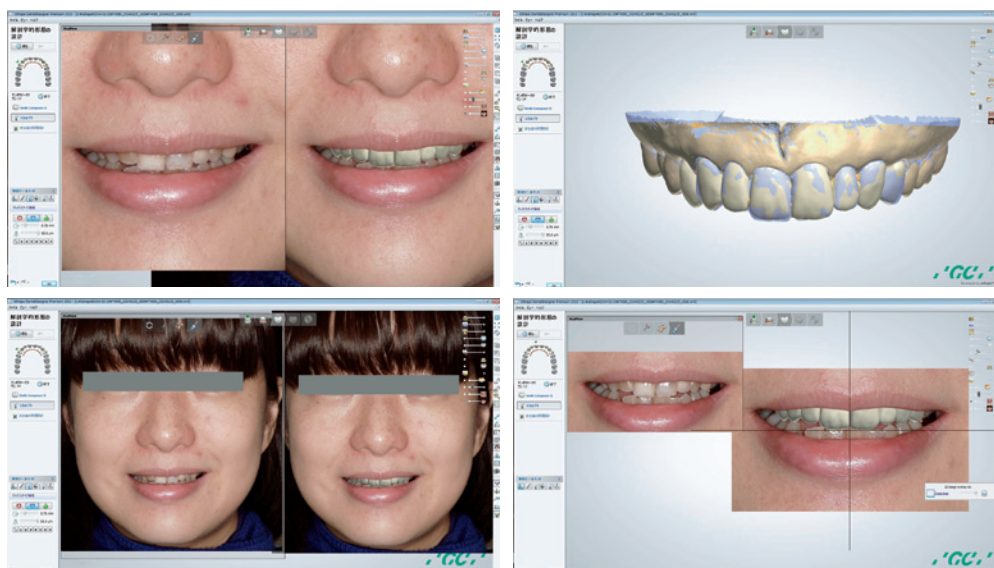


図 9 術前写真とモデリング完了後の比較。
患者に提示することでコミュニケーションにも活用できる。

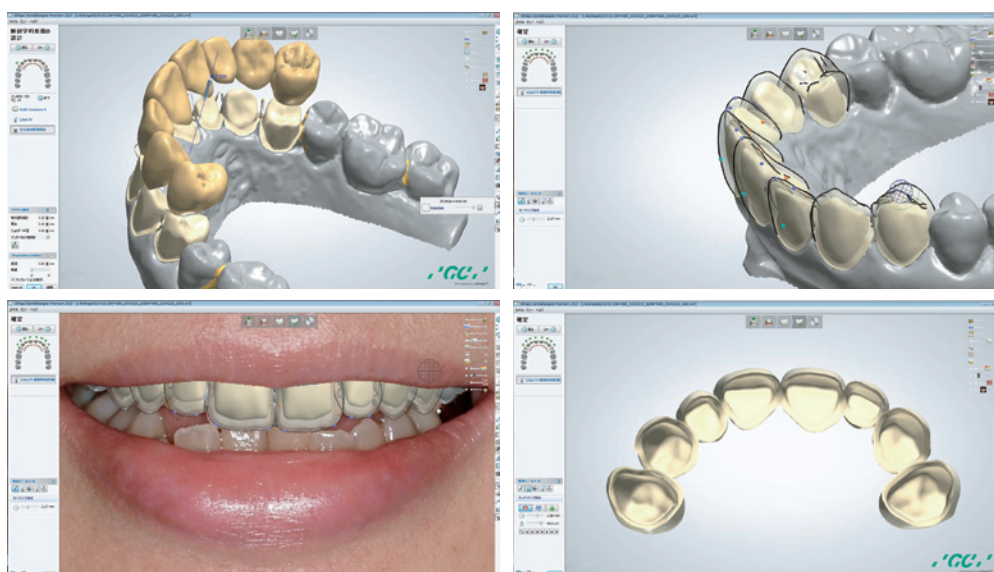


図 10 完成した外形から予測支台歯のカットバック。
ソフトウェアによって自動的に設計される。

PMMA ディスク、ジーシー、東京「透明の PMMA ディスクは試作品」よりミリング加工を行った。

歯冠色 PMMA ではプロビジョナルレストレーション、透明 PMMA では既存の補綴物を撤去して直ぐの形成ガイドとするために唇、口蓋側に数カ所確認用のホールを設けた。

治療開始当日、担当医より CAD 画像を参照し患者への治療説明を行い、既存補綴物を撤去し形成ガイドを用いて概形成を行った。プロビジョナルレストレーションを試適し顔貌から、また咬合させて見て適正な位置へ配置可能であること、また患者自身に確認の

とプロビジョナルレストレーションのウォッシュを行い完成した。

切縁など若干の調整を行ったが、ほぼ CAD 上での設計が反映され患者の満足が得られた。

本症例において初診時カウンセリング後、治療開始 1 日目にして患者の要望に対し大きな改善が得られたことは作業や設計のほとんどをデジタルによって行った成果だと感じている。

当然従来のアナログ手法によっても可能であることはあるが、視覚化、一元化されていない情報を歯科技工士のセンスに頼ることはそれ相応の熟練を要し、

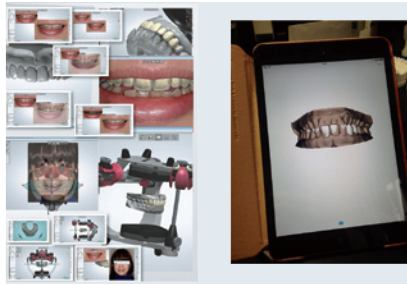


図 11 スクリーンショットやコミュニケーションソフト (3Shape Communicate)による歯科医師、患者とのコミュニケーション。

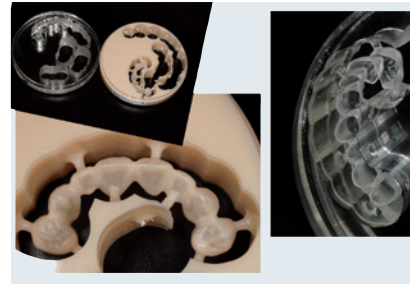


図 12 CAM により削り出された PMMA ディスク。透明タイプは未発売 (ジーシー協力)。



図 13 完成したプロビジョナルレストレーションとプレパレーションガイド。



図 14 口腔内に試適されたプレパレーションガイド。
最終外形を意識した正確な支台歯形成が可能となる。



図 15 プロビジョナルレストレーション装着後の顔貌, 口元の評価。
治療開始初日から計画された審美性・機能を与えられる。

また患者とのコミュニケーションに於いても円滑化されることからデジタルによるワークフローの変革は歯科臨床にとって非常に有効であると感じている。

IV. まとめ

本稿ではデジタルに置き換わるワークフローと、その手技、活用法を紹介したが、これらは今始まったデジタルデンティストリーのほんの一步目にすぎず、昨今機械化が進むであろう本業界において効率化と低価格化だけではなくデジタル歯学を模索したものである。

これまで我々が学び探求し研鑽してきた学術的な手法や技術はデジタル化により不要になることはなく、その扱い方や考え次第ではこれまで成し得なかった歯科治療の可能性の扉となることが展望できる。我々が製

作また治療すべき顎口腔の最終像はこれからも探求し研究され、その手段としてデジタル技術を活用すべきであり機械化かハンドメイドかという選択ではなくその融合により飛躍を遂げるべきであると考えている。

今後の機器、材料、ソフトウェアの進化を待つばかりであるが、正しく進化して行くそれらを用いてのこれからの歯科医療に大きな期待を寄せずにはいられない。

著者連絡先: 高橋 健

〒 213-0001 川崎市高津区溝口 1-8-11

エストレリータⅢ 502

Tel&Fax: 044-712-3060

E-mail: info@smile-exchange.com