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

# 上部構造のプロビジョナルレストレーションを最終補綴物に置き換えるためのデジタル技術の応用

樋口鎮央

# Digital technique application to replace provisional restoration of superstructure with final restoration

Shizuo Higuchi

キーワード：CAD/CAM，Additive Manufacturing，フルアナトミカルジルコニア，メタルフリー

## Ⅰ．要　　旨

近年，インプラント治療においては CT データからシミュレーションソフトを使用して診査診断を行なった上で上部構造の設計も行ない，サージカルテンプレートを作製し，インプラント埋入を行なう事が必要不可欠になって来ている[1]．そのような中，上部構造製作においては国内においても急速に普及して広まっている CAD/CAM システムや最新の 3D 造形装置である Additive Manufacturing（AM）システムを使用してのクラウンやインプラント上部構造更には，全部床を製作する試みや臨床報告が増えてきている[2-7]．従来，技工士は WAX，埋没材，金属，ロー着，陶材等，絶えず膨張・収縮する不安定な材料を駆使しながら精度を追求される補綴物を作成している．また，診断用 WAX アップから始まり，プロビジョナルクラウン作製，フレーム作製，最終修復材料築盛と同じ形態であるが材料を変えて繰り返し製作しているのが現状である．

そして，プロビジョナルレストレーション製作においては個々の患者における審美的要求と機能的形態を再現する為のチェアーサイドでの調整が非常に重要である．

特に可徹性義歯と違い，インプラント周囲への清掃性を十分加味した粘膜面形態が必要であり，人工歯の排列位置や咬合の与え方，床縁形態等についてチェアーサイドにおいて一定期間を要して細かく何度も調整を繰り返し，最終形態を決定している．ラボサイドにおいてはその最終的な調整が終了したプロビジョナルレストレーションの印象模型や様々な情報を提供して頂き，最終審美修復材料に置き換えて可能な限り忠実に模倣して再現しているのが現状である．しかし，それらの内容を忠実に再現することは非常に難しいが昨今のデジタル技術を用いればどこまで再現が可能かを試みる機会を得たので報告する[8]．

## Ⅱ．症例 1　上下ボーンアンカードブリッジ症例

まず，アバットメントレベルの印象採得を行い，上下顎の作業用模型を作製し，プロビジョナルレストレーションを用いて作業用模型の咬合器装着を行った．次に，3D スキャナー（3Shape 社，D-710）を用いてプロビジョナルレストレーションが作業用模型に装着された状態ならびに技工用アナログにロングピンを装着した作業用模型単体の計２パターン（上下顎で計４パターン）のスキャニングを模型上にて行った．続いて，スキャニングした STL データを用いて，従来品より透過性の高い ZENO ジルコニアトランスルーセントディスク（大信貿易社）から最終補綴物の削り出しを行った．削り出しには，大型の５軸加工機（Röders 社，RXP500 DSC）を用いた．削り出した後でカラーリングリキッドに浸析し，最終焼成を行なった．その後，作業用模型に最終補綴物を復位させ適合状態や咬合の確認，各部の調整を行った後で歯冠部，歯肉部共に表面ステインを施して仕上げた．プロビジョナルビジョナルレストレーションと完成した最終補綴物をスキャニングし，

和田精密歯研株式会社
Wada Precision Dental Laboratories co.,ltd

図 1　調整済みのプロビジョナルレストレーション

図 2　プロビジョナルレストレーションの計測

図 3　プロビジョナルレストレーションの計測

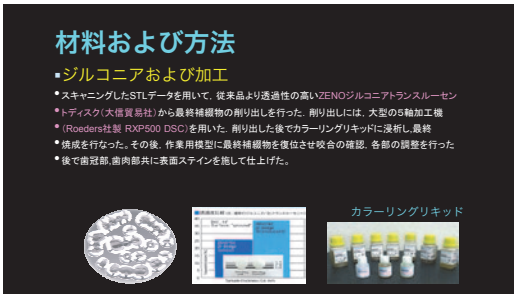

図 4　ジルコニアの加工

図 5　5 軸加工機（Röders 社　RXP500 DSC）

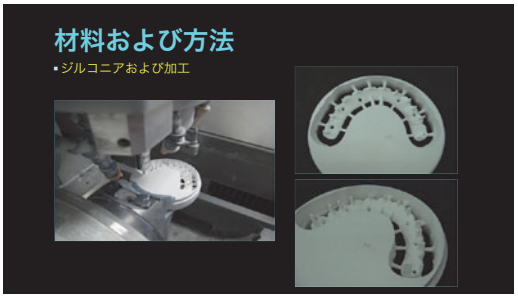

図 6　ジルコニアの加工

画像ソフト（EZ Scan および，FreeForm（Geomagic 社））を用いて両者のスキャニング画像の重ね合わせを行い，計測と形態の違いを検討した．

1．材料

最終補綴物材料として使用するジルコニアは従来の金属に変わる高強度のフレーム材として用いられ，その上にはポーセレンを築盛して審美補綴物として広く使用されるようになっている．

それが昨今では，従来のものより透過性の高いジルコニアが販売されるようになり，欧米を中心にフルアナトミカルクラウンとして使用されるようになってきている．そのような中，今回は ZENO ジルコニアトランスルーセントディスク(大信貿易社)を使用し，カラーリングリキッド（ZENOSTAR Color Zr）とステイニングテクニックのみにより最終補綴物を完成させた．

2．製作方法

1）プロビジョナルレストレーションを用いてプロビジョナルレストレーション作製に用いた作業模型の咬合器装着を行った．その後，プロビジョナルレストレーション上顎前歯部歯冠および歯肉部が左右非対称であったため，ワックスを用いて一部修正を行った（図 1）．

2）3D スキャナー（3Shape 社，D-710）を用いて，プロビジョナルレストレーション，作業用模型に装着された状態ならびに技工用アナログにロングピンを装着した作業用模型および，プロビジョナルのみの計 3 パターン（上下で計 6 パターン）のスキャニングを口腔外にて行い，CAD ソフト（3Shape 社，Dental Designer）を用いてプロビジョナルレストレーションのスキャニングデータを作製した（図 2，3）．

3）スキャニングデータに合わせて，ZENO ジルコニアトランスルーセントディスク®（大信貿易社）から最終補綴装置の削り出しを行った．そして，最終補綴装置をカラーリングリキッド（ZENOSTAR Color Zr）（図 4）に浸析し，焼成を行なった．削り出しには大型の 5 軸加工機（Röders 社，RXP500 DSC）を用

図7　カラーリング最終焼成とステイニング

図8　完成した最終補綴装置

図9　最終補綴物を口腔内へ試適した状態

図10　プロビジョナルと最終補綴物の計測

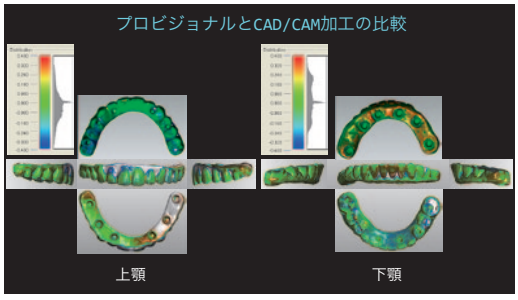


図11　スキャニングデータの重ね合わせ比較

いた（図5, 6）.

4）作業模型に最終補綴装置を復位させ，適合状態と咬合の確認を行った．その後，歯冠部および歯肉部に表面ステインを施し，艶出し焼成を行った（図7）．患者が口腔内をクリーニングする際，主に使用する歯ブラシでの清掃が行いやすい形状になっているのかについては特に注意している．同様にプロフェッショナルクリーニングの配慮も必要である．

5）咬合器上で最終補綴装置へ接着性のレジンセメントを用いてアバットメントシリンダーを装着した．そして，ジルコニア単一材料から成る最終補綴装置を完成した（図8）．

### 3．プロビジョナルレストレーションと最終補綴物の形態評価

プロビジョナルレストレーションと最終補綴物（図9）を三次元計測器（SOLUTIONIX社，Rexcan ARX）（図10）を用いてスキャニングし，画像ソフト（SOLUTIONIX社，EZ Scan）にてプロビジョナルレストレーションのスキャニングデータとの重ね合わせを行った（図11）．そして，プロビジョナルレストレーションに対する最終補綴装物の表面形態のずれの量を色調の変化として表現し，評価した．

### 4．結果

プロビジョナルレストレーションとフルジルコニアの最終補綴装置を重ねて比較した結果，

①上顎は審美的な部分を部分的に追加修正したところは顕著にジルコニアが突出していた．

②咬合面部においては正中を中心として全体的に反った形でジルコニアが突出していた．

③下顎についても上顎同様に咬合面部は全体的にジルコニアが突出していた．また，歯頸部の再現性が低かった．

および③の現象の要因としては今回のプロビジョナルレストレーションについては強度が弱く，模型より外した際にひずみが開放され，特に上下顎共反りが大きく，その状態でスキャニングしているため起こった現象と思われる．

## Ⅲ．症例2　上下インプラントオーバーデンチャー症例

口腔内組織の保全と咀嚼機能回復は歯科補綴治療の重要課題であるが，治療に於いては咬み合わせや顎関節機能などを正確に診断することが必須である．近年急速に発展しているデジタル技術，特にCTや口腔内スキャナーなどはそのために有用なデバイスと考えられるが，診断および治療を進めるにはCTから3次元

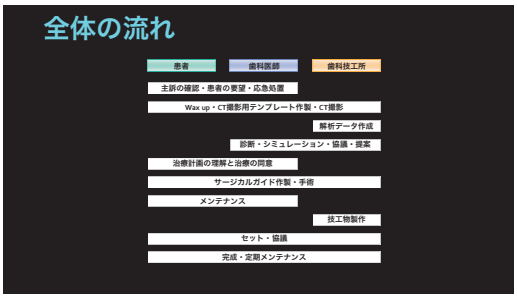


図 12　全体の治療の流れ

図 13　患者術前状態

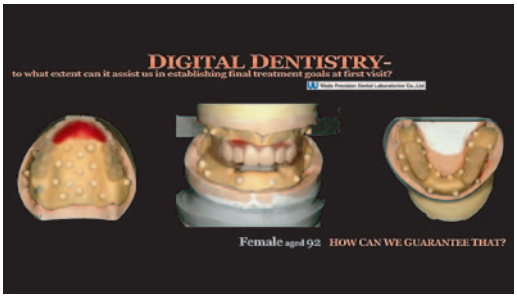


図 14　CT 撮影用テンプレート

図 15　ゴシックアーチトレーサーの描記

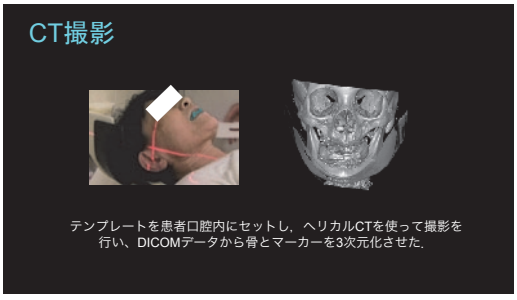


図 16　CT 撮影

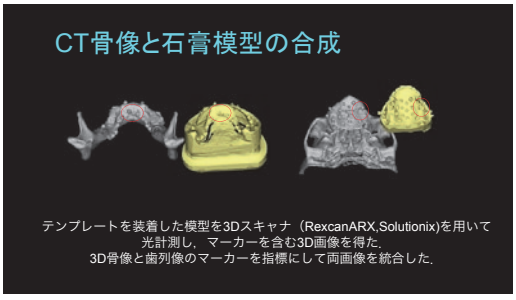


図 17　CT 骨像と石膏模型の合成

化した顎関節を含む骨像と歯列石膏模型を高精度光計測して得た歯列 3D 像が精度高く統合されたモデルを基に議論する必要がある.

ここではこの統合画像の構築とシミュレーションによるデジタル診断および治療法の開発に取り組んでいるので報告する（図 12）.

患者は 94 歳の女性で上下にボーンアンカードブリッジを装着して 20 年間使用してきたが咬合機能異常により来院（図 13）.

印象採得した上下石膏歯列模型に，口蓋・舌・頬側部分に位置合わせ用マーカーを取り付けた CT 撮影用テンプレートを作製する（図 14）.

事前診断として上下規格模型を作製し，適正な顎間距離を求めた上でゴシックアーチトレーサーを作製し，口腔内にて描記した．下顎は左側への側方運動が全くできていなかった（図 15）.

CT 撮影用テンプレートを患者口腔内にセットし，ヘリカル CT を使って撮影を行ない，DICOM データから骨とマーカーを三次元化させる（図 16）.

CT 撮影用のテンプレートを装着した石膏模型を 3D スキャナー（SOLUTIONIX 社，RexcanARX）を用いて光計測し，マーカーを含む 3D 画像を得た．3D 骨像と歯列像のマーカーを指標にして両画像の統合を行なう（図 17）.

統合したデータを CAD ソフト（Geomagic 社，FreeForm）を用いて表皮・フィクスチャーなどのデータの抽出を行なう（図 18）.

統合データをシミュレーションソフト（和田精密歯研株式会社，BioNa® ）に取り込み，顎関節・骨形態・模型のランドマークを確認しながら顎変位の診断・歯冠排列シミュレーションを行なう．CT 画像から左右の顎関節空隙を測定し，下顎頭のズレを計測し，適切な位置と方向の距離を求める．その位置を基に各種基準平面の設定を画像上で行なう（図 19）.

BioNa® では様々な基準平面を作り出すことが可能となっている．CT データからの表皮・骨・光計測し

図 18　シミュレーションデータの作製

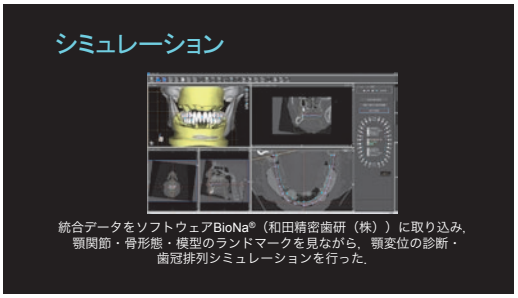


図 19　シミュレーション

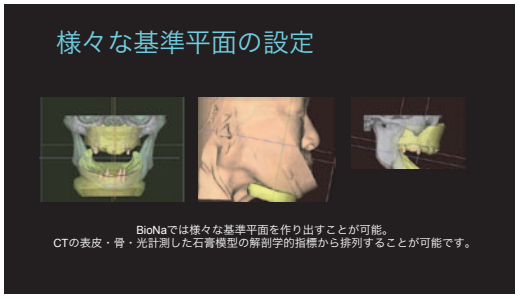


図 20　様々な基準平面の設定

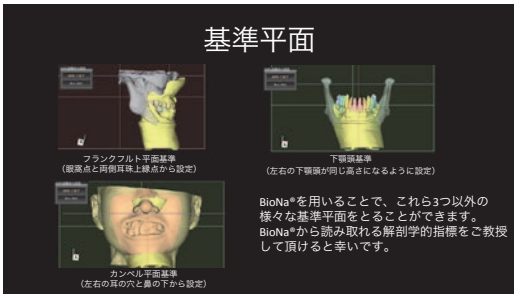


図 21　基準平面

図 22　デンチャーの設計

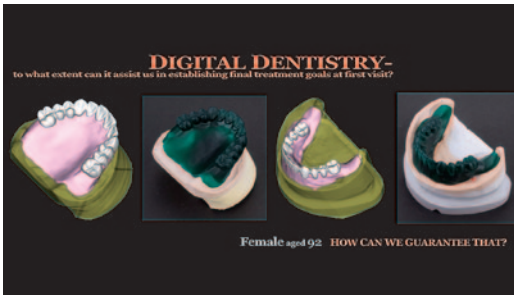


図 23　3D プリンターにて試作した義歯

た石膏模型の解剖学的指標から従来のアナログ手法で行なうのと同様に排列することが可能である（図 20）．

フランクフルと平面基準，下顎頭基準，カンペル平面基準など，BioNa® を用いることでこれら 3 つ以外の様々な基準平面を任意に設定することが可能である．今後も BioNa® から読み取れる解剖学的指標をご享受頂きたい（図 21）．

適正な下顎位にシミュレーションしたのちにインプラントシミュレーションソフト BioNa® を用いて CT の骨形態・表皮や石膏模型のランドマークを参考に歯冠排列を行なう（図 22）．

CAD ソフト（Geomagic 社，FreeForm）を用いて義歯を設計し，口腔内にて試適確認のため，義歯全体を 3D プリンター（豊通マシナリー，Projet DP3000）にて積層造形を行なった（図 23）．

試適では殆ど問題なく，製作出来ていたため，設計データをもとに更に歯冠部と義歯床部をソフトにて分離した設計を行なった（図 24）．

歯冠相当部は大型の 5 軸加工機（Röders 社，RXP500 DSC）で 10 層構造のグラデーションタイプの PMMA で削り出した．義歯床部はメーカーに依頼し，通常の義歯用粉液タイプの樹脂をディスクタイプに成形して頂いた物を使用し，同 5 軸切削加工機を用いて加工を行なった（図 25, 26）．

加工後，歯冠部と義歯部を調整後，義歯床部を石膏模型との内面適合状態を確認，調整を行ない，接着を行なう．

そして，咬合器上にて咬合関係の調整を行なう（図 27）．

CAD/CAM デンチャーを削り出した後，咬合調整をした状態で適合状態等の確認を行なうために口腔内試適を行ったが口腔内での適合状態は良好であり，下顎もスムースに左側方運動ができることを確認した（図 28）．

各部の詳細部分のディテール等を付与調整した後に研磨をして仕上げた CAD/CAM デンチャー（図 29）．

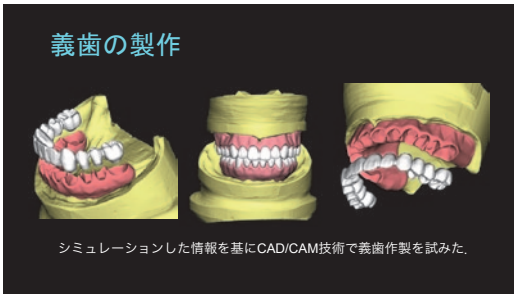

図 24　義歯の製作

図 25　CAD/CAM で削り出した義歯

図 26　CAD/CAM で削り出した義歯

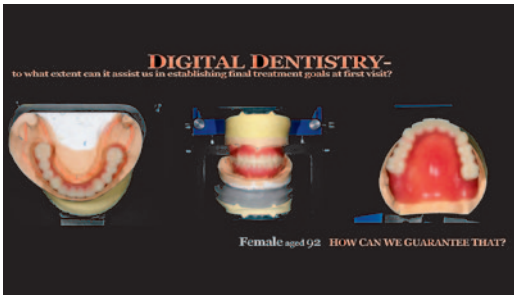

図 27　咬合器上で調整を行った義歯

図 28　術前状態と CAD/CAM デンチャー試適

図 29　完成した CAD/CAM デンチャー

## 1. 結果

今回の CAD/CAM デンチャーは患者満足度の高い結果で終えられた．作製した CAD/CAM デンチャーで側方運動もできるようになった．

## 2. まとめ

今回製作した CAD/CAM デンチャーはまだまだ，研究段階での試みであるが CAD データからの再現性も高く，今後の期待が持てる製作方法であることが分った．次回，最終の削り出し義歯の口腔内での確認を行ない，最終補綴物のセットが終わり，機会があれば結果を報告したい．

## 文　献

1) 荘村泰治．歯科用 CT によるインプラント手術支援．日本歯科理工学会誌 2013；32(6)：453-456.
2) 西山貴浩, 横江千絵, 山口　哲, 熊澤洋一, 荘村泰治．CAD/RP-CAM 法による歯科技工．第 1 報．有床義歯の製作（基礎床，個人トレー，人工歯排列），第 20 回日本歯科技工学会学術大会 2008.
3) 荘村泰治．CAD/CAM 開発の変遷と現在．QDT 2000；25(11)：28-33.
4) 宮崎　隆．Digital Dentistry の現状と将来展望．日本歯科 CAD/CAM 学会誌 2011；1(1)：2-8.
5) 金澤　学．CAD/CAM 技術を応用した全部床義歯製作．日補綴誌 2013；5：126-129.
6) 金澤　学, 山本信太, 岩城麻衣子, 水口俊介．コンピュータ支援・製造による全部床義歯．日本歯科理工学会誌 2014；33：519-522.
7) 荘村泰治．歯科用スキャナーと 3D プリンターの現状．日本デジタル歯科学会誌 2014；4(1)：2-10.
8) 窪木拓男．インプラント義歯の咬合と臨床．平成 23 年度（社）日本歯科補綴学会中国・四国支部学術大会プログラム抄録集 2011：14.

著者連絡先：樋口　鎮央
〒 533-0031　大阪市東淀川区西淡路 5-7-16
和田精密歯研株式会社
Tel: 06-6321-8550
Fax: 06−6321−8551
E-mail: shizuo-higuchi@labowada.co.jp