

特集 歯科医療のパラダイムシフト “デジタル・デンティストリー”

デジタル・デンティストリーは補綴臨床を変革する

昭和大学歯科補綴学講座

田中 晋平 上村 江美 高場 雅之  
館 慶太 馬場 一美

はじめに

近年のデジタル制御工学・情報工学の加速度的な発展には目を見張るものがあり、さまざまな面で国民の生活にインパクトを与えてきた。今や大多数の国民にとってパーソナルコンピュータやスマートフォンは生活の必須アイテムとなっている。医療の進歩においてもデジタル技術は中核的な役割を担ってきたが、歯科においても例外ではなく、デジタル技術を用いたイノベーション、すなわちデジタル・デンティストリーは、歯科医療技術の向上だけでなく歯科医療のワークフローを根本的に変えつつある (Fig. 1)<sup>1)</sup>。

デジタル・デンティストリーの歴史は1980年代のスイス・チューリッヒ大学におけるCAD/CAM (Computer aided designing/Computer aided manufacturing) によるセラミック修復法の開発にまで遡ることができる<sup>2)</sup>。開発当初は一部の先駆的な臨床家が先陣を切って導入したものの、精度、製作工程の煩雑さ、コストなどの技術的な課題も多く、広く一般的に普及するには至らなかった。しかしながら、さまざまな技術革新を経て21世紀になると、上記の問題の大半は解決され、ここ10年のジルコニアを用いたメタルレス修復の普及、貴金属価格の高騰などが相まって、今日ではCAD/CAMを用いたクラウン・ブリッジ補綴歯科治療が広く普及し、ロストワックス法により貴金属を鋳造して補綴装置を製作する従来型の歯科技工のワークフローに取って代わろうとしている。さらに、光学印象装置の開発と商品化はこの流れを加速するものであり、クラウン・ブリッジやインプラント上部構造の製作については、歯科技工のみならず、印象採得、咬合採得

などの臨床手順もデジタルで行うことが可能となり、長らく補綴装置製作を支えてきた間接法による製作過程に取って代わる可能性が現実味を帯びてきた。

補綴臨床におけるデジタル・デンティストリー

今日までの補綴装置の進化の歴史は、とりまなおさず間接法の工程の確立と進化であったといえる。間接法は、口腔内の三次元形態情報を材料の表面で転写して、作業用模型を製作することから始まり、各工程における材料の寸法変化を考慮しつつ、完成補綴装置の寸法精度を獲得している。しかしながら、工程数が多く、手法が煩雑であるため材料間の誤差の蓄積や修復物の形状によっては適合性に限界があり、技工士や歯科医師の取り扱いや熟練度にその成否が左右される。それは、インプラント上部構造やロングスパンブリッジなどで顕著であり、たとえばGuichetらが1989年に発表した良く知られた図 (Fig. 2)<sup>3)</sup>では、3支台のインプラント上部構造の適合が骨に及ぼす影響をわかりやすく示している。このように、補綴装置製作過程における材料の誤差の蓄積は致命的であり、印象採得、模型製作、鋳造などにより生じる精度の誤差をキャンセルするために、2～3ピースに分割された構造をろう付けにより連結するなど、経験と熟練を基盤とした工夫を行わなければ満足できる品質を獲得できなかった (Fig. 3)。

しかし、CAD/CAMの進歩により、切削によりほぼ自動でフルアーチのフレームワークを削り出すことが可能となったばかりでなく、ロストワックス法を凌駕する寸法精度を実現できる可能性がもたらされた。また、間接法では困難であったアルミナやジルコニアなどのファインセラミックス高密度焼結

体の加工精度が口腔内で満足に機能させることが可能なほどに向上した (Fig. 4). ジルコニアの CAD/CAM では半焼結体を削りだし (CAM), その後, 完全焼結するため焼結時に生じるおよそ 25% の収縮<sup>4)</sup>を CAD の時点で補正したり, 焼結したフレームワークを調整して作業用模型に適合させたりする必要があるが, 金属の CAD/CAM ではブロックを最終的にデザインした形態をそのまま正確に削りだすことができるメリットがある. このように, CAD/CAM は従来の歯科医療の根幹を変えるポテンシャルを有しており, 技工技術のワークフローをも一新してしまう. そこで本稿では, 補綴装置製作ワークフローにおけるデジタル・デンティストリーの導入とその現状, 今後の可能性について, 最新情報を提供する.

#### 光学印象装置の運用による補綴臨床の新たな展開

##### 1) 光学印象装置の現状

デジタル・デンティストリーでは光学印象装置により印象を採得し, 作業用模型や対合歯列との咬合を仮想的に再現し補綴装置の設計 (CAD) と加工 (CAM) を行うことが可能となった. 審美領域におけるオールセラミッククラウンなど, すべてを CAM でまかなうことが難しい補綴装置の場合は従来の歯科技工の工程を併用するが, 臼歯部に用いるフルアナトミカルジルコニアクラウンなどの補綴装置ではすべて CAM で製作することが理論上は可能である.

従来型の印象材, たとえばシリコン印象材を用いた方法では作業用模型を製作するまでの段階で, 印象材の重合収縮, 石膏の硬化膨張という 2 段階のエラーが介在する. これに加えて現在, 広く普及しているジルコニアフレームによるオールセラミッククラウンでは, この作業用模型をさらに光学的にスキャンして製作されるため, スキャン時のエラーが加わるわけである. しかし, 口腔内を直接光学的にスキャンする光学印象では上記のエラーをキャンセルできるため適合の良好な補綴装置を製作できることになり, 印象材・模型材のコスト削減も可能となるメリットがある.

光学印象の製品化は先述の CEREC の出現から歴史があるが, 近年ではコンピューターの処理能力の飛躍的な向上に伴い次々に新方式が提案され, 印象

精度は著しく向上した. 光学印象の導入は, 安全性, チェアタイムの軽減, 精度の向上, 経済効果, 情報量の増大等のメリットを有し, 3D プリンターで製作された作業用模型には樹脂などの素材が利用できることもまた利点の一つといえよう.

##### 2) 光学印象装置 LAVA C.O.S の運用

光学印象装置は世界中でさまざまな機種が展開されているが (Fig. 5), 著者らは, 光学印象システム LAVA C.O.S (Fig. 6) を選択し導入を推進してきた. 光学印象における補綴装置製作のワークフローを Fig. 7a-f に示す. 機種の選考にあたり, 従来の印象法に匹敵する, あるいは凌駕する性能を持つことを優先事項とし, 従来の印象法をリプレースできるかどうかを検証することとした. LAVA C.O.S に関する精度検定の文献を渉漁したところ, いくつかの基礎的な精度検定の研究が認められた. Syrek らは従来の印象法と LAVA C.O.S で LAVA オールセラミッククラウンを製作したときのマージン精度を計測比較した基礎的研究の中で, LAVA C.O.S はシリコン印象材による印象採得を凌駕する支台歯への適合と隣接面接触点の精度を獲得し, 咬合においては同等であったと述べている<sup>5)</sup>. van der Meer らは, 模型全体の寸法精度において, 他社のスキャナーとの比較で良好な数値が得られたことを報告した<sup>6)</sup>.

##### 3) 今後の展開

先人たちの多大な努力により, 間接法による補綴装置の製作は優れたユーザビリティが提供されており, 印象採得から補綴装置の完成まで, 歯科医師が症例に応じた材料・システムをそれぞれの利点・欠点を熟知した上で選択することができる柔軟性がある. 光学印象や CAD/CAM でも STL データフォーマットを基盤としてオープン化が進んできているとはいえ, 各社のビジネス戦略や特許などの事情もあり Fig. 8<sup>7)</sup>に示すように, プロプライエタリで囲い込むビジネスモデルもまだ多く見られ, 選択肢の柔軟性では従来の間接法に一日の長がある.

一方で, 光学印象は, 間接法における材料の寸法精度の誤差をキャンセルし, 間接法を凌駕する寸法精度が得られるポテンシャルを秘めており, 著者らの試験的な運用においても良好な成績を収めた.

光学印象装置の発展における課題としては今後のデジタル・デンティストリーの発展のためにはオープン化によるシステムの選択性・柔軟性の担保は必

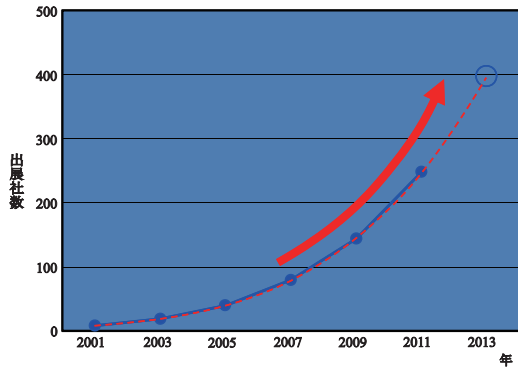


Fig. 1 International Dental Show (IDS) におけるデジタル・デンティストリー関連の出展数の経年変化：デジタル・デンティストリーの普及．（宮崎隆：Digital Prosthodonticsの変遷と展望．日補綴会誌 2012；4：123-131. より引用）



Fig. 4 CAD/CAM により製作された各種補綴装置（上段：ナノジルコニアによるオールセラミッククラウン，下段：CAD/CAM により製作されたフルマウスのインプラント上部構造）



Fig. 2 インプラント上部構造の適合の違いが骨に及ぼす影響．（Guichet DL, Yoshinobu D, Caputo AA. Effect of splinting and interproximal contact tightness on load transfer by implant restorations. J Prosthet Dent. 2002；87：528-535. より引用）



Fig. 5 光学印象採得に用いられる口腔内スキャナー



Fig. 3 鋳造および前ろう付けにより製作されたフルマウスのインプラントブリッジ（上段：フレームワーク，下段：完成時）



Fig. 6 LAVA C. O. S. (3M ヘルスケア社製)

須である．また，一定割合で従来の印象採得を光学印象にリプレースできる信頼性を担保するためには，臨床的な供用に耐えうる精度が必要であることは自明であるが，各社より公開されている仕様や公



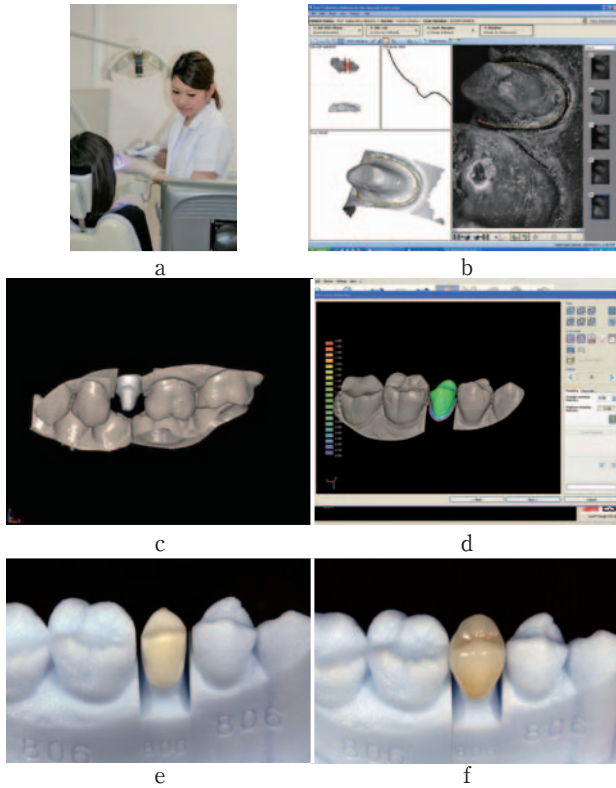


Fig. 7

- a : LAVA C. O. S. 口腔内スキャナーによる光学印象採得  
b : 光学印象採得した三次元モデルのトリミング  
c : CAD ソフトウェア上で再現された作業用模型  
d : CAD ソフトウェア上でデザインされるジルコニアコーピング  
e : CAD ソフトウェアを元に製作された SLA モデルとジルコニアコーピング  
f : 技工士がポーセレンを築盛して完成させたオールセラミッククラウン

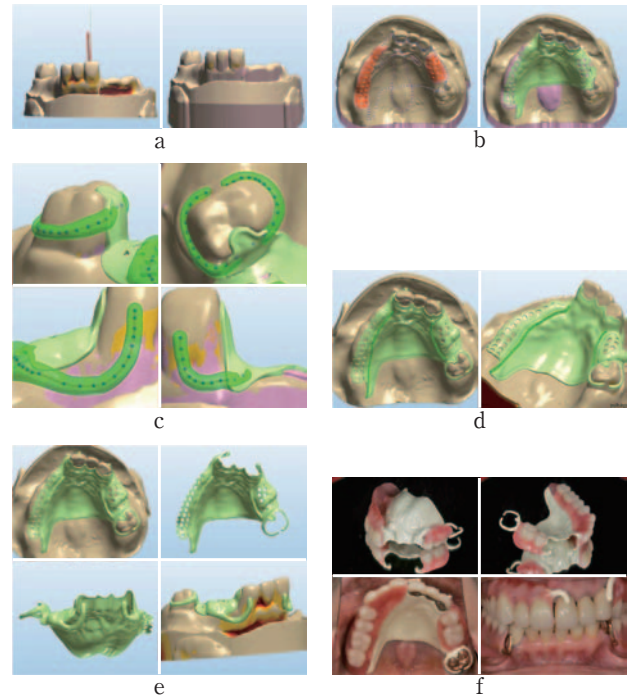


Fig. 9 フレームワークデザインのワークフロー

- a : 義歯の着脱方向を設定すると、自動的にアンダーカットとなる領域がその大きさによって異なる色で表示される。アンダーカット部は自動的にブロックアウトされるため、維持鉤腕を設定する部位のブロックアウトは選択的に解除する。  
b : 維持格子、大連結子、小連結子の設計は、それぞれのアイコンを選択しマウスにより外形線を設定すると自動的に形状ができあがる。  
c : クラスプもアイコンを選択しマウスによりクラスプの走行を設定すると自動的に標準的な形態のクラスプができあがる。太さや形状の変更は自由に行えるため、エーカースクラスプ以外にも I パーやフック、T パーなども設計可能である。  
d : フィニッシングラインも専用のツールにて幅や長さを設定できる。  
e, f : 厚みや形状の微修正を行い義歯の設計を完成とする。

Intraoral scanner	Company	Working principles	Light source	Imaging type	Necessity of coating	In-office milling	Output format
CEREC <sup>®</sup> AC – Bluecam	Sirona Dental System GmbH (DE)	Active triangulation and optical microscopy	Visible blue light	Multiple images	Yes	Yes	Proprietary
iTero	Cadent Inc (IL)	Parallel confocal microscopy	Red laser	Multiple	None	No	Proprietary or selective STL
E4D	D4D Technologies, LLC (US)	Optical coherence tomography and confocal microscopy	Laser	Multiple	Occasionally	Yes	Proprietary
Lava <sup>™</sup> C.O.S.	3M ESPE (US)	Active wavefront sampling	Pulsating visible blue light	Video	Yes	No	Proprietary
IOS FastScan	IOS Technologies, Inc (US)	Active triangulation and Schleimpflug principle	Laser	3 images	Yes	No	STL
MIA3d	Densys Ltd (IL)	Active stereophotogrammetry	Visible light	2 images	Yes	No	ASCII
DPI-3D	Dimensional Photonics International, Inc (US)	Accordion fringe interferometry (AFI)	Wavelength 350–500 nm	Multiple images	None	No	STL
3D Progress	MHT SpA (IT) – MHT Optic Research AG (CH)	Confocal microscopy and Moiré effect	Not disclosed	3 images	Occasionally	No	STL
directScan	Hint-Els GmbH (DE)	Stereoscopic vision	Not disclosed	Multiple images	Not disclosed	No	Not disclosed
Trios	3Shape A/S (DK)	Confocal microscopy	Not disclosed	Multiple images	None	No	Proprietary or STL

Fig. 8 市販されている口腔内スキャナーとその性能 (Scotti R et. al. Clinical fitting of CAD/CAM zirconia single crowns generated from digital intraoral impressions based on active wavefront sampling. J Dent. 2011. より引用)

正に検証されたデータが少ないため、臨床的な精度や再現性の検証は光学印象装置全般における今後の検討課題といえよう。

### ナノジルコニアによる可撤性有床義歯臨床の新たな展開

#### 1) 有床義歯の材料学的背景

有床義歯分野では、コバルトクロム合金がフレームワーク材料として長く標準的に用いられてきた。コバルトクロム合金には、金属色のクラスプによる審美性の問題、金属アレルギーの問題、製作過程が複雑かつ煩雑であり、鑄造収縮による寸法精度などの欠点があるにも関わらず、長期間にわたって決定的な代替技術は出現してこなかった。また、義歯床並びに人工歯部についても、ろう義歯を製作して埋没、流ろう後、アクリリックレジンを填入する従来型の方法が主流である。つまり、クラウン・ブリッジにおけるデジタル化と比較して明らかに後塵を拝しており、目に見える形で臨床家がデジタル化の利点を享受しているとはいいがたい。

クラウン・ブリッジと比較してデジタル化が立ち後れた感はあるが、有床義歯学分野においても、いくつかの新しいデジタル技術が実用化されている。まず、義歯製作過程で製作される、メタルフレームのワックスパターンをCAD/CAMにより製作するシステムがすでに上市されている。3shape社の「Dental System」、豊通マシナリー社の「Lab Tools Software」などのCADソフトウェアは可撤性有床義歯のフレームワークの形態をコンピューター上で3次元的にデザインするための専用CADソフトウェアである。いずれも3Dスキャナーにて欠損歯列の作業用模型の3次元形態データを計測し、ソフトウェアにインポートし3次元再構築を行い、ソフトウェア上で複雑な義歯フレームワークの設計を行うことができる。全部床義歯、部分床義歯のいずれのフレームワークも設計可能であるが、部分床義歯の場合、着脱方向の決定、ブロックアウト、アンダーカット量の測定、大連結子、小連結子、レストのデザイン、フィニッシングラインの設定、レジン保持部の設定、クラスプの設定など、それぞれモジュールが用意されており、慣れると比較的簡便にフレームデザインを完成できる (Fig. 9)。フレームワークのデザインは3Dプリンターへと出

力され、レジンパターンを造形し、このレジンパターンを埋没・鑄造することになる。従って、これらのシステムではクラウン・ブリッジのCAD/CAMのようにロストワックス法に変わるワークフローを提案できる程のインパクトはない。

#### 2) ナノジルコニアをフレーム材料とした義歯の開発

クラウン・ブリッジやインプラントの上部構造などの固定性補綴装置では、メタルフリー修復に対する需要から、イットリア系ジルコニアが広く臨床応用されており、優れた生物学的安定性、機械的特性が証明された。しかしながら、脆性材料で曲げ強さが低いために固定性補綴装置に応用するには十分な物性を有するものの、クラスプに加わる応力や形態的な制限から床義歯のフレームワーク材料には適さないと考えられてきた。

パナソニックヘルスケア株式会社が開発したジルコニア材料 (P-ナノZR, ナノジルコニア) はセリア安定化ジルコニアとアルミナの複合材料であり、現在、歯科において広く応用されているイットリア系ジルコニアに比べ、高い曲げ強さと破壊靱性値を示す (Fig. 10)<sup>8)</sup>。また、イットリア系ジルコニアにみられる「低温劣化」が起こらないため、口腔内における長期的な安定性が得られる (低温劣化: 200℃～300℃、もしくは高湿潤環境下において正方晶から単斜晶に相転移することにより物性が劣化する現象)<sup>9)</sup>。

そこで、著者らは、このナノジルコニアを部分床義歯のフレームワーク材料として用いるジルコニアフレーム義歯の開発をするべく、フレームワークに要求される物理的強度、屈曲特性の獲得の可能性および義歯床用アクリルレジンとの接着性について解析した。その結果、ナノジルコニアは①最適化された形態を付与することでクラスプに必要な屈曲特性を得ることができる (Fig. 11)、②大連結子に応用可能な性能を期待できる、③ジルコニアの表面処理方法を最適化することにより十分な床用レジンとの接着が得られる (Fig. 12)、という示唆を得た。

これらの成果を元に全部床義歯や、近年増加しているインプラント・オーバーデンチャー用のフレームワークが臨床応用され、すでにパナソニック・ヘルスケアより上市されている (Fig. 13)。現在、部分床義歯のフレームワーク、特にクラスプに適応す

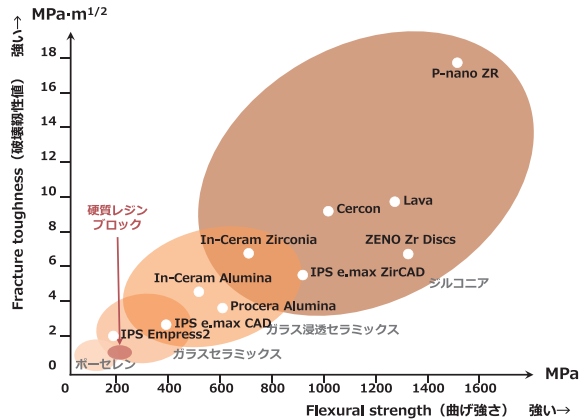


Fig. 10 高強度なセラミックスへの移行 曲げ強さと破壊靱性値

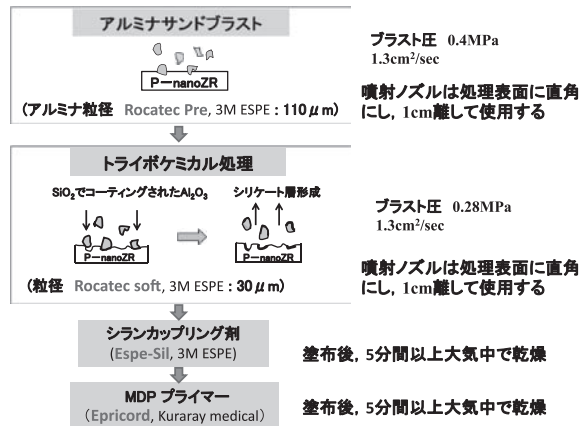


Fig. 12 ナノジルコニアとアクリルレジンの接着のための表面処理方法。サンドブラスト，トライボケミカル処理，シランカップリング剤塗布，MDP プライマー塗布，の4ステップの処理が必要である。

るための研究の最終段階にあり，可撤性有床義歯におけるデジタルティストリーの普及を目指している。

### 3) 今後の展開

近年，欠損補綴においてインプラント治療が普及する一方で，超高齢社会が進み，基礎疾患の存在や経済的理由により部分床義歯に対する高い需要は依然として存在し，今後も増加の一途をたどることが予想される。有床義歯学の歴史は古く，多くの問題が指摘されてきたにもかかわらず決定的な代替技術は出現しておらず，依然としてコバルトクロム合金が多用されている。医療において術後のQOLの向上への取り組みが取り上げられる今日，有床義歯学が停滞せず発展するためには，時代にキャッチアップ

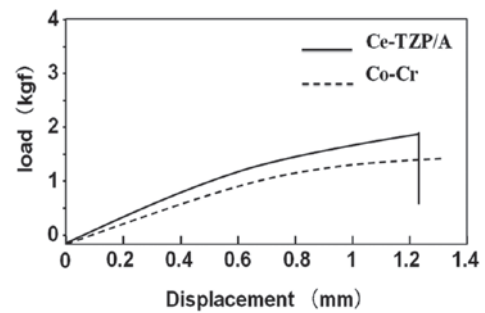


Fig. 11 荷重—変位曲線 (Ce-TZP/A：ナノジルコニア，Co-Cr：コバルトクロム)

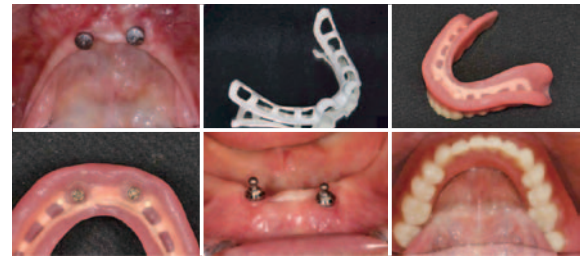


Fig. 13 ジルコニアフレームを用いたインプラントオーバーデンチャー

プした新技術の開発は必至である。

しかし，CAD/CAMを応用して，ジルコニアでフレームワークを製作することにより，ロストワックス法にて製作されるコバルトクロム合金フレームワークの前述の問題点を解決できる。現状では，技工操作の一部のステップがデジタル化されたに過ぎず，欠損歯列ならびに欠損部顎堤の光学印象，咬合採得ならびに人工歯排列基準設定のデジタル化，床用レジン部ならびに人工歯部製作におけるCAD/CAMの応用などが今後の課題として挙げられる。事実，レジン床部ならびに人工歯部をCAD/CAMで製作しようとする試みはすでに行われており<sup>10)</sup>，従来法の義歯製作法の大半がデジタル技術で置き換えられるまでにはさほど時間を要さないであろう。

### 最後に

従来法と比較した補綴臨床へのデジタル・デンティストリーの導入には以下のようなメリットが考えられる。



1) 従来の間接法では不可能であったデータの保存や再利用、画像や構造解析を基にした修復物の設計が可能となる。また、設計データはネットワークを介して転送することにより物流コストの抑制やオーダーの速達化が可能になる。

2) 従来の間接法では加工が困難であった安全性や強度、審美性に優れた新素材の利用が可能になり、しかも製造工場でロット管理され、トレーサビリティを有するモノリシックなインゴットを出発点にすることにより、内部欠陥のない品質の安定化が可能になる。

3) 術者の経験や勘に頼っていた修復物の適合性を安定的に再現することが可能になる。特に、介在する工程や材料が省かれることにより、材料の変形による誤差から解放され、間接法を凌駕する寸法精度を得られる可能性がある。

4) 治療や歯科技工の作業工程が省力化され、作業環境の改善が可能になる。

5) 得られたデータを三次元的に可視化することにより、患者へのインフォームド・コンセントや、学生教育における強力なツールとなる。

一方で、以下のような技術的課題が現時点においては挙げられる。

1) 従来の手作業に比較してCAD/CAMは柔軟性に難がある部分が多い。

2) 計測装置や加工装置の精度が最終修復物の適合性に影響し、現状では従来の間接法で得られる最高レベルの適合性には到達できていない。

3) 支台歯形成や筋形成など、現状では自動化が困難なテクニックも多く、CAD/CAMは手作業との協働にならざるを得ない。

4) 現状では顎口腔の機能時の情報をCAD/CAMに反映するのが困難である。

しかし、材料や技術、装置の進歩は加速度的であり、これらの課題が克服され、デジタル・デンティストリーが益々普及することは時間の問題であるといえよう。

CAD/CAMの導入は、近代歯科医療が確立した間接法による修復物の作製にとって替わるポテンシャルを有し、すべての歯科医師や歯科技工士に有用であるとともに、デジタル技術に親和性の高いと考えられる若い世代の歯科医師や技工士が能力を伸ばす場を提供できるという強みがある。しかしなが

ら、最終的には患者にとって、低侵襲治療、治療期間の短縮、治療効果の向上、適正な治療コストなどから医療サービスの向上、患者のQOLの向上に貢献できることが、導入を促進するもっとも大きな原動力となるであろう。

また、超高齢社会に突入した日本において、今後、補綴歯科治療の需要は益々増大すると予測されている。医療の目的が、延命から長くなった人生をより幸福に生きること、つまりQOL向上へと大きくシフトし、QOLと密接に関連した補綴歯科治療が高齢者医療の中で担う役割は大きい。近年、欠損補綴においてインプラント治療が普及する一方で、基礎疾患の存在や経済的理由により、低侵襲で患者負担の小さい有床義歯治療が選択される症例も多く、また、両者の利点を効果的に利用するインプラント・オーバーデンチャーやインプラントを用いた部分床義歯が選択される機会も今後増えるであろう<sup>11, 12)</sup>。有床義歯学の歴史は古く、前述の問題を抱えながら、すでに完成の域に達した感がある。しかし、クラウン・ブリッジ同様、デジタル技術により、そのワークフローが大きく変化し、従来指摘されていた問題点が解決される可能性がある。

補綴歯科臨床におけるデジタル・デンティストリーは今後、ますます進化し、デジタルデータの効果的な連携・活用が加速することが予想される。例えば、補綴歯科学領域において顎運動や色調をデジタルで測定する技術はすでに完成しており、これらのデータと形態データとの連携は近未来に実現されるであろう。患者の顎口腔の形態並びに機能をコンピューター上で可視化し、これらを患者、歯科医師、技工士、衛生士が共有し、規格化された工業技術をフルに活用して診療を進めて行くという補綴歯科診療のワークフローが確立されることもそう遠くはない。

## 文 献

- 1) 宮崎 隆. Digital Prosthodonticsの変遷と展望. 日補綴歯会誌. 2012;4:123-131.
- 2) Mormann WH, Brandestini M, Lutz F. Das Cerec-system: computergestutzte herstellung direkter kerami kinlays in einer sitzung. *Quintessenz*. 1987;38:457-470.
- 3) Denry I, Kelly JR. State of the art of zirconia for dental applications. *Dent Mater*. 2008;24: 299-307.

- 4) Guichet DL, Yoshinobu D, Caputo AA. Effect of splinting and interproximal contact tightness on load transfer by implant restorations. *J Prosthet Dent*. 2002;87:528-535.
- 5) Syrek A, Reich G, Ranftl D, *et al*. Clinical evaluation of all-ceramic crowns fabricated from intraoral digital impressions based on the principle of active wavefront sampling. *J Dent*. 2010;38:553-559.
- 6) van der Meer WJ, Andriessen FS, Wismeijer D, *et al*. Application of intra-oral dental scanners in the digital workflow of implantology. *PLoS ONE* (Internet). 2012;7:e43312. (accessed 2014 Nov 26)  
[http://journals.plos.org/plosone/article?id = 10.1371/journal.pone.0043312](http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0043312)
- 7) Scotti R, Cardelli P, Baldissara P, *et al*. Clinical fitting of CAD/CAM zirconia single crowns generated from digital intraoral impressions based on active wavefront sampling. *J Dent* (Internet) 2011. (accessed 2014 Nov 26)  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300571211002442>
- 8) Nawa M, Nakamoto S, Sekino T, *et al*. Tough and strong Ce-TZP/Alumina nanocomposites doped with titania. *Ceram Int*. 1998;24:497-506.
- 9) Ban S, Nawa M, Suehiro Y, *et al*. Mechanical properties of Zirconia/Alumina Nano-Composite after soaking in various water-based conditions. *Key Eng Mater*. 2006;309-311:1219-1222.
- 10) Kanazawa M, Inokoshi M, Minakuchi S, *et al*. Trial of a CAD/CAM system for fabricating complete dentures. *Dent Mater J*. 2011;30:93-96.
- 11) 馬場一美, 佐藤大輔, 田中晋平, ほか. 実戦歯学ライブラリー 超高齢社会における補綴歯科治療の新たな選択肢 床義歯臨床におけるインプラントの使い方. *DENT DIAMOND*. 2013;38(4):23-40.
- 12) 馬場一美, 福西美弥, 田中晋平, ほか. パーシャルデンチャーの新たな展開 インプラントとのコラボレーションからデジタル化まで. *Quintessence*. 2013;32:1923-1933.