

デジタル時代のオールセラミックレストレーション

中村 隆志

All Ceramic Restoration in the Digital Age

Takashi Nakamura, DDS, PhD

抄録

オールセラミックレストレーションが臨床で数多く用いられるようになった。以前は、セラミックスの加工には煩雑な技工操作が必要であったが、CAD/CAM システムの導入後は、セラミックスの技工が大幅に機械化された。ジルコニアをはじめとする高強度のセラミック材料が開発されたこともオールセラミックレストレーションの普及を促進している。また、最近では歯科でもデジタル化が進み、セラミックスを加工する CAD/CAM システムだけでなく、口腔内の印象採得にも CCD カメラを使用するデジタル印象が導入された。そこで本稿では、デジタル化が進んだオールセラミックレストレーションの概要と支台歯形成、さらに口腔内スキャナーを用いて行うデジタル印象について解説する。

和文キーワード

セラミックス, デジタル, CAD/CAM, ジルコニア, 口腔内スキャナー

I. はじめに

1990年代にセラミックスを加圧成形により加工するシステムが登場し、審美性や生体親和性に優れたオールセラミックレストレーションが臨床で普及するようになった。ところが、このような材料は基本的にガラスセラミックであり、天然歯に近い色調や透過性を再現できる半面、煩雑で長時間を要する技工操作に加え、強度不足で臼歯部ブリッジには使用できないといった問題点があった。

21世紀になり、セラミックスの加工に CAD/CAM システムが応用されるようになると煩雑なセラミックスの技工が大幅に省力化された。セラミックとしてはきわめて高い強度と靱性をもち、臼歯部クラウン・ブリッジのフレームに応用できるジルコニアが登場したのも、CAD/CAM システムのおかげである。CAD/CAM システムでジルコニアを加工すれば、単冠やブリッジを同じ材料で製作できるため、適用範囲や生産性が大幅に向上した (図 1)。

歯科用 CAD/CAM システムでは、作業用の模型を

レーザ計測して、CAD により修復装置の設計を行い CAM によりセラミックスの加工を行う方法が一般的である。従来は、各メーカーがそれぞれ独自のスキャナーと CAD ソフトを使用していた。ところが、最近では種々のシステムに使用することができる CAD ソフトを備えた汎用のスキャナーが一般になってきた。さらに、シリコンなどの印象材を使用して行う印象採得にかわり、口腔内に CCD カメラを備えたスキャナーを挿入して行う新しいデジタル印象法が開発された。

本稿では、デジタル化が進んだオールセラミックレストレーションについて解説し、あわせて、口腔内スキャナーを用いたデジタル印象についても述べていきたい。

II. 臨床ステップと支台歯形成

CAD/CAM セラミックレストレーションでは、チェアサイドで歯科医が支台歯形成および印象採得を行ったのち、ラボサイドで作業用模型製作、スキャナーによる模型計測、CAD によるデザイン決定、CAM によるセラミックスの切削加工の順に作業が進められるのが一般的である (図 2)。最終的な色調再現は歯科技工士が行



図1 All-ceramic crowns and fixed-partial dentures with zirconia frames

By using zirconia frames, it became possible to fabricate the molar fixed partial dentures without the metal.

ジルコニアフレームを使用したクラウンとブリッジ金属なしでも臼歯部ブリッジが製作できるようになった。

い、完成した補綴装置の調整や装着は口腔内で歯科医が行う。このようにデジタル化が進んでも、すべてが機械化されるわけではなく、歯科医や歯科技工士による作業が不可欠であり、重要な意味もっている。

臨床における最初のステップは支台歯形成である。形成そのものは、手作業で補綴装置を作っていた時代と本質的に変わらない。しかしながら、CAD/CAM システムでは、スキャナーにより支台歯形態をスキャンしなければならないことや、ミリングマシンでセラミックスを切削加工しなければならないことを考慮に入れて、支台歯形成を行わなければならない。現在の主流であるジルコニアコーピングであっても、CAD/CAM により製作された製品がそのまま使えるわけではなく、多くの場合は歯科技工士によるコーピング内面の調整が必要である。このような調整を最小限にするためにも、支台歯形成は重要である。

クラウンの標準的な支台歯形態は、従来のオールセラミッククラウンと同様である (図3)。ただしこの支台歯形態は失活歯を対象としたものであり、生活歯では露髄を避けるように形成を行わなければならない。若年者の前歯では、歯の表面から歯髄までの距離が 1.5 mm 以下になることがあり¹⁾、特に注意が必要である。また、現在使用されているスキャナーは、ほとんどが非接触式のレーザ計測を行うものであり、計測のエラーを減少させるために、できるだけ滑らかな面に仕上げ、辺縁に遊離エナメルが残らないようにしなければならない。レーザ計測が困難な維持溝やピンホールは付与できない。辺

縁の形態は、良好な適合が得られるラウンデッドショルダーあるいはシャンファーが使用される。支台歯のテーパーは、あまり小さくなると浮き上がりや適合不良につながるため、12°程度が望ましい²⁾。セラミックスはミリングマシンにより切削加工されるので、使用する工具の直径よりも細い部分は加工できない。工具の直径は約 1 mm のものが一般的であるので、前歯の切縁や臼歯の咬頭などに鋭縁が残らないように形成を行う必要がある (図4)。最近では、オールセラミックレストレーション専用のバーセットも市販されているので、このようなバーを使用すると、支台歯形成が容易に行える。

III. セラミックス材料の分類と適応

CAD/CAM セラミックレストレーションに使用する材料は、ガラスセラミックス、ガラス浸潤セラミックス、酸化物セラミックスの3種に大別される (表1)。ガラスセラミックスは透過性に優れるが、強度や靱性はそれほど大きくない。そのため、インレーやベニア、前歯クラウンには適した材料であるが、臼歯部のクラウン・ブリッジのフレームには使用できない。ガラスセラミックスだけでクラウンやベニアを製作する場合は、修復装置が支台歯の色調に影響を受けることを忘れてはならない。また、ガラスセラミックスは、メタルや酸化物セラミックスフレームの前装材料としても用いられる。ガラス浸潤セラミックスは結晶間隙をガラスで埋めることにより物性を向上させた材料であるが、酸化物セラミックスほど強度が高くないので現在ではあまり使用されていない。一方、ジルコニアに代表される酸化物セラミックスは、きわめて高い強度や靱性ももち、臼歯部ブリッジのフレームにも使用できる。

実際の臨床では、このようなセラミックス材料の特徴を理解して使い分けをすることが重要となる (図5)。すなわち、生活歯やレジンコアなど支台歯に変色がない前歯や小臼歯ではガラスセラミックスが使用可能であり、支台歯に変色がある場合や大臼歯のクラウン・ブリッジにはジルコニアが適している。また、臼歯部では従来の陶材焼付鑄造冠も有効である。

ジルコニアは前歯の単冠から臼歯のブリッジまで、幅広く適応できるが、すべてのジルコニアが全く同じ性質をもつわけではない。現在、国産のジルコニアシステムとして、Aadva™ (株式会社ジーシー、東京、日本)、Katana (株式会社ノリタケデンタルサプライ、愛知、日本)、NanoZR (パナソニックデンタル株式会社、大阪、日本) の3種が主に使用されているが、やはり各々のシステムは異なる特徴をもつ (表2)。Aadva™ と

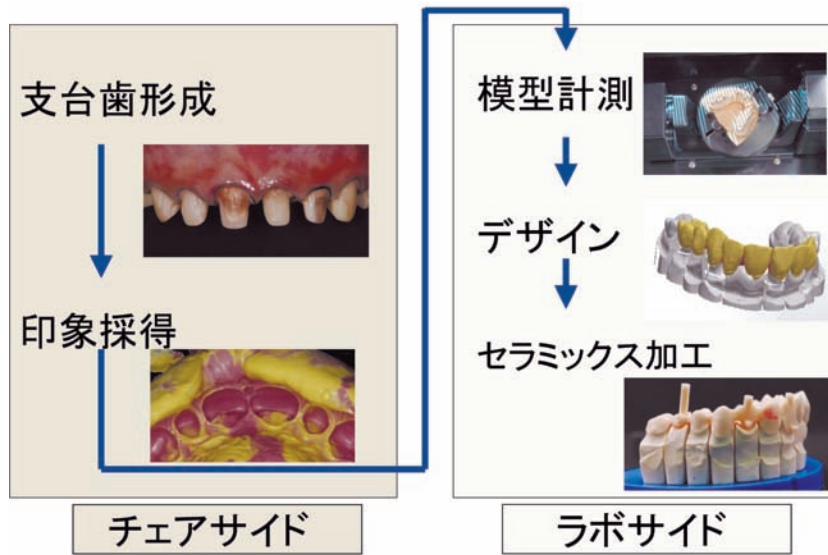


図2 Clinical steps of CAD/CAM all-ceramic restorations
 Productivity on the lab side has been greatly improved by CAD/CAM technology.
 オールセラミックレストレーションの臨床ステップ
 CAD/CAMの導入によりラボサイドの生産性が大幅に向上した。

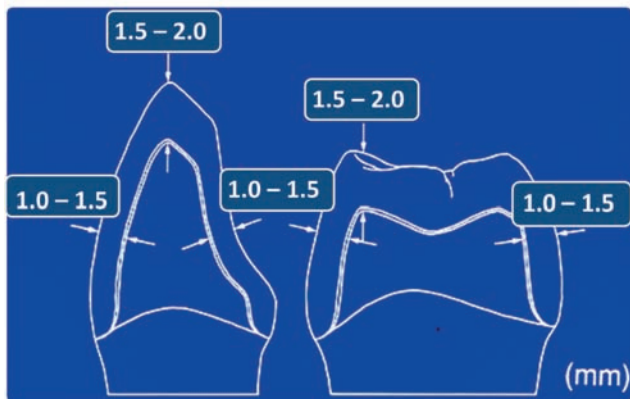


図3 The standard abutment tooth form of an all-ceramic crown
 The amount of reduction decreases in the vital tooth to prevent pulp exposure.
 オールセラミッククラウンの標準的な支台歯形態
 生活歯では露髄を防ぐため形成量が少なくなる。

Katana は、ジルコニアとしては最も一般的なイトットリア系の材料であり、わずかに透過性をもっている。NanoZR は、他の材料とは異なり純粋なジルコニアではなく、セリア系ジルコニアとアルミナのコンポジット材料である。NanoZR は、一般的なイトットリア系のジルコニアよりも強度や靱性が高く、低温劣化しにくい性質をもっているが、光の透過性はほとんどない。3種のシステムともにオープンタイプのスキャナーとCAD (3 Shape, コペンハーゲン, デンマーク) を採用している(図6)。3 Shape 社製のスキャナーは、各メーカー

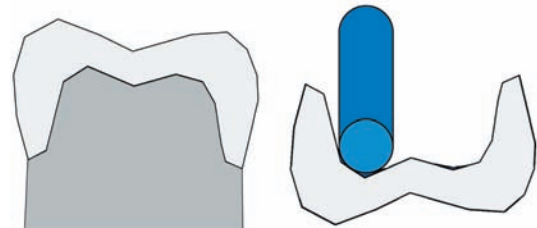


図4 When the sharpness remains in the cutting edge of the incisor or in the cusp tip of the molar, it is not possible to process it with the milling machine
 前歯の切縁や白歯の咬頭頂などに鋭縁が残るとミリングマシンによる加工ができない

に OEM で供給されており、基本的に同じ CAD と考えて良い。最近では、スキャナーやCADが淘汰され、3 Shape や Dental Wings (モントリオール, カナダ) のようなオープンタイプのものが数多く用いられている。CAD によりジルコニアフレームの設計が終わると(図7)、データを各メーカーのCAMに送り、ミリングマシンによりフレームを切削する。Aadva™ や Katana では、半焼結あるいは未焼結の柔らかいブロックを切削加工した後に、1,400~1,600°C で最終焼結してジルコニアフレームが完成する。焼結の際に約20%収縮するので、これをCADにより補正したデータに基づいてCAMによる加工が行われる。NanoZR は、完全焼結したきわめて固いブロックを切削加工するので、切削は困難であるが、加工後の寸法変化はない。いずれのジルコニアシステムでもフレームが完成した後で、歯科技工

表 1 Characteristics of ceramic materials for CAD/CAM restorations
Generally, as the materials with relatively high strength and fracture toughness have not good translucency, these materials are used as frames.

CAD/CAM に使用するセラミックス材料の特徴
一般に強度や靱性の高い材料は透過性が低く、主にコーピングに使用される。

	ガラス セラミックス	ガラス浸潤 セラミックス	酸化物 セラミックス
成形法	築盛, プレス CAD/CAM	耐火模型 CAD/CAM	CAD/CAM
強度 (MPa)	100~200	200~500	500 (アルミナ) 1,000 (ジルコニア)
透過性	高い	低い	低い
適 応	前装材料, インレー, ベ ニア, 単冠 (前歯・小白 歯)	コーピング (単冠) (前歯ブリッジ)	コーピング (単冠) (前臼歯ブリッジ)
製 品	Empress 2 e.max Dicor etc	In-Ceram Alumina Spinell Zirconia	アルミナ Procera AllCeram ジルコニア Lava, Everest, Cercon, Katana etc

修復の選択基準

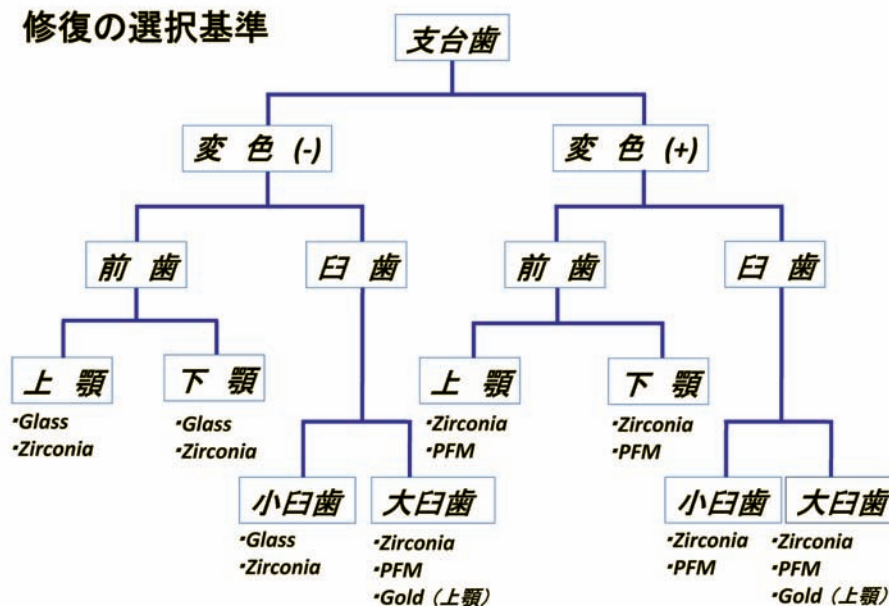


図 5 Selection criterion of ceramic restoration
The presence of the discoloration of the abutment tooth becomes a standard. In the molar region, PFM (porcelain fused to metal) crown or Gold crown (only for the upper molar) also becomes one of the choices.
セラミック修復の選択基準
支台歯の変色の有無が基準となる。臼歯部では、PFM (陶材焼付铸造冠) や Gold (ゴールドクラウン、上顎のみ) も選択肢の一つとなる。

表2 Characteristics of domestic zirconia systems
 The same type of scanner (3 Shape) is used for these systems.
 国産のジルコニアシステムの特徴
 いずれも 3 Shape のスキャナーを使用する。

	スキャナー・CAD	組成	切削用ブロック	強度・靱性	透過性
Aadva™ (ジーシー)	3 Shape/自社	イットリア系 ジルコニア	半焼結	○	△
Katana (ノリタケ)	3 Shape	イットリア系 ジルコニア	未焼結	○	△
NanoZR (パナソニック)	3 Shape	セリア系ジル コニア/アル ミナ複合体	完全焼結	◎	×



図6 A typical open-type scanner by 3 Shape
 All of three domestic zirconia systems use this type of scanner (quotation from the information material of GC).
 代表的なオープンタイプのスキャナー (3 Shape)
 国産の3社はいずれもこのスキャナーを採用している (ジーシー社資料より引用)。

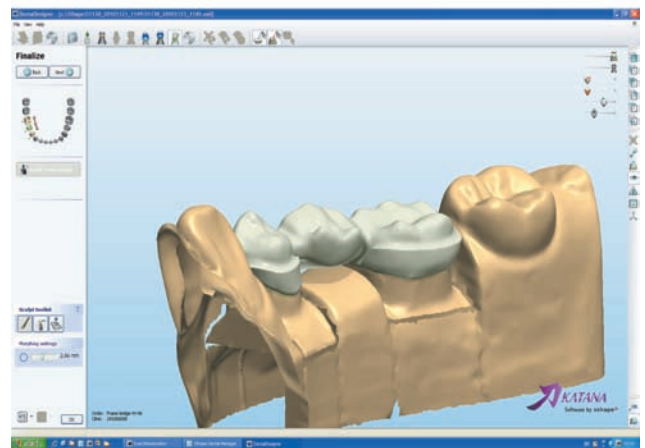


図7 In case of the open-type scanner, it is quite easy to design the zirconia frames (quotation from the information material of Noritake Dental Supply)
 オープンタイプのスキャナーでは、フレームの設計が容易である (ノリタケデンタルサプライ社資料より引用)。

士が歯冠色陶材を用いて色調と形態の再現を行う。ワックスアップをしてから、ガラスセラミックスをプレスにより加工する方法もあるが、日本では粉末の陶材を築盛、焼成する方法が一般的である。

IV. 新しい口腔内スキャナーの登場

1987年に世界で最初に歯科に導入されたCAD/CAM(Cerec I, Siemens, ベンスハイム, ドイツ)は、口腔内に CCD カメラを挿入して、支台歯および隣在歯の形態を光学的にスキャンするシステムであった。しかしながら、このシステム以降に登場したCAD/CAMはほとんどが作業用模型を対象とするものであり、口腔内で光学的にデジタル印象する方法はCerecに限られたものであった。ところが、数年前に歯列全体をデジタル印象できる口腔内スキャナーが登場して状況は大きく変わりつつある (図8)。

最近の口腔内スキャナーは、CCD カメラを備えた部分を口腔内に挿入し、静止画あるいは動画を撮影して歯列の形態をデジタル化してとらえる構造となっている。適応は、単冠あるいはブリッジで、セラミックスだけでなく鑄造のメタルや陶材焼付にも対応できる³⁾。作業用模型が必要な場合は、光造形あるいはミリングにより模型を製作する (図9)。

印象材を使う従来の印象と比較すると、所要時間が片顎2~3分と短く、患者の負担が小さいこと、印象材が不要であること、画面上で印象を確認しながら作業を行えること、ラボへのデータ転送が瞬時に行え、模型ではなくデジタルデータで保存が可能であることなどが利点である (表3)。その反面、歯列の上方からカメラで撮影するので、歯肉縁下の印象は行いにくいことや、信頼性や精度は従来の印象ほど高くないことが現時点では問



図8 An intra-oral scanner and a milling machine (Cerec AC, Sirona, Bensheim, Germany)
To take a digital impression, a hand-piece with CCD cameras is put into the mouth.
口腔内スキャナーとミリングマシン (Cerec AC, Sirona, ベンスハイム, ドイツ)
CCD カメラを備えたハンドピースを口腔内に入れて歯列のデジタル印象を行う。



図9 Working model produced by light forming
In case of the digital impression, working models made by an optical forming or by milling are used instead of gypsum models.
光造形により製作した作業用模型
口腔内スキャナーでは石膏模型は使用せず光造形やミリングにより模型を製作する。

題であろう。欧米ではすでに数多くの口腔内スキャナーが発表され、日本でも 2011 年に正式導入されたので、今後はこのような口腔内スキャナーが普及することが予想される。

V. おわりに

診断から治療まで、歯科のさまざまな分野でデジタル化が進んでいる。なかでもオールセラミックレストレーションはデジタル化の恩恵を大きく受けた修復であると

表3 Comparison between conventional and digital impression
従来型印象法と光学印象の比較

	従来型印象	デジタル印象
所用時間	片顎 10 分	片顎 2~3 分
印象の確認	やや困難	容易 (画面上)
技工指示書	手書き	画面上で設定
ラボへの輸送	1~2 日	即時
作業用模型	石膏	SLA/ミリング
模型保存	石膏模型	デジタルデータ
歯肉縁下印象	やや困難	困難
信頼性	高い	まだ高くない

いえる。今では、セラミックスのクラウン・ブリッジは大多数がその製作ステップに CAD/CAM システムを応用している。患者にとって負担となる印象採得にも、口腔内スキャナーが登場したことで、大きな変化が訪れようとしている。さらに、CAD/CAM システムや口腔内スキャナー以外に、コンピュータを応用した測色システムもオールセラミックレストレーションにおける色調再現に大きく貢献している。

このようなデジタル化は歯科臨床にとって非常に有効なものであり、生産性の向上や負担の減少は、結果として患者の利益にもつながる。しかしながら、デジタル化は、歯科医や歯科技工士の技術を向上させるものではない。正確な診断のもとで行われる補綴装置の選択や支台

歯形成, 審美性だけでなく機能を考慮した色調や形態再現, 適切な咬合調整など, 歯科医や歯科技工士のテクニックが重要であることを忘れてはならない.

謝 辞

本稿の執筆にあたり宮前守寛先生 (大阪府開業) および, ジーシー, スリーエムヘルスケア, ノリタケデンタルサプライ, パナソニックデンタルの各社に協力をいただきました. 深く感謝いたします.

文 献

- 1) 大橋康良. 架工義歯の前歯支台装置に関する研究: 第2編 各支台装置の検討. 歯科学報 1968; 68: 726-766.
- 2) Beuer F, Aggstaller H, Richter J, Edelhoff D, Gernet W.

Influence of preparation angle on marginal and internal fit of CAD/CAM-fabricated zirconia crown copings. Quintessence Int 2009; 40: 243-250.

- 3) Syrec A, Reich G, Ranftl D, Klein C, Cerny B, Brodeser J. 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.

著者連絡先: 中村 隆志

〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 1-8

Tel: 06-6879-2946

Fax: 06-6879-2947

E-mail: tnakamur@dent.osaka-u.ac.jp

All Ceramic Restoration in the Digital Age

Takashi Nakamura, DDS, PhD

Department of Fixed Prosthodontics, Osaka University Graduate School of Dentistry

Ann Jpn Prosthodont Soc 4: 132-139, 2012

ABSTRACT

A lot of all-ceramic restorations are now being used in clinical situations. After the dental CAD/CAM system was introduced, the laboratory procedures for ceramic forming became greatly mechanized. The development of high-strength ceramic materials, including zirconia, also promotes the spread of all-ceramic restorations. In these days, digital technology became popular in the field of dentistry, and a digital impression technique using CCD cameras was introduced as a substitute of a mechanical impression. The purpose of this paper is to explain the basics of all-ceramic restorations by using CAD/CAM and digital technology, and to introduce a digital impression technique using the intra-oral scanner.

Key words

ceramics, digital dentistry, CAD/CAM, zirconia, intra-oral scanner