

## 資料 2

11月12、13日開催 / 第1回 インプラント・CAD/CAM ミーティング

# 緊急座談会： 5名の識者が語る CAD/CAM 導入による インプラント治療の激変

## Part 2 : CAD/CAM の普及をいっそう推進するには？

宮崎 隆 (司会) / 山崎長郎 / 勝山英明 / 石川知弘 / 十河厚志

### 1) 価格高騰する金属の代替となり得るか？



**高崎:** さて、今後の歯科界によりいっそう CAD/CAM を普及させるためには、

① CAD/CAM によって、これまでの歯科技工士による手作業では行えなかったことが行えるようになった領域

② 従来でも手作業で行われてはいたが、CAD/CAM によって省力化やコストダウンが図られるようになった領域を整理すべきだと思います。そこでインプラント技工士について考えてみますと、①の要素がたいへん強いと思いますが、勝山先生、いかがでしょうか？



**勝山:** 今後の歯科界、とくにインプラント上部構造に絞って現実的なお話をしますと、金属材料の価格高騰という大きな課題を抱えています。そもそもインプラント補綴では広範囲にわたって組織が失われている場合が多いため、通常の補綴物よりはるかに多量の材料が必要とされますから、精度や予知性は大前提ですが、コストの面も大いに問題になります。たとえば、欧米の今年のデータをみますと、インプラント治療のコストが6~8%減少しているそうです。この2、3年で、われわれはインプラントの登場以来はじめて市場

### 企 画 趣 旨

小社では、2002年以来10年間にわたって「インプラントYEAR BOOK」を刊行、そして2011年には「CAD/CAM YEAR BOOK」を創刊し、歯科界の二大最新技術の潮流をお知らせする役割を果たしてまいりました。現在の歯科界において、すでにインプラントの重要性は疑いようがなく、近年ではこれにCAD/CAM技術を組み合わ

せることでよりいっそうの機能性が得られるようになったことは周知のとおりです。

そこで小社ではこの度、この2誌で培われていただいたノウハウと、「二大最新技術の潮流を講演でも聞いてみたい」という読者の皆様の声を受け、「第1回インプラント・CAD/CAMミーティング」を今秋、パシフィコ横浜で開催させていただく運

びとなりました。

そこで本企画では、本ミーティングにおける座談講演の座長・演者の先生方をお招きし、本ミーティング会場、そして「インプラント治療に歯科用CAD/CAM (+コンピュータ室機) が加わることで以前と何か変わったのか？」を論点にご対談いただきました。(編集部)

### 掲 載 ス ケ ジ ュ ー ル

- Part 1 : 「インプラント治療 + CAD/CAM」で何が変わった/変わるのか? (5、6月号)
- Part 2 : CAD/CAM の普及をいっそう推進するには? (7、8月号)
- Part 3 : 将来のCAD/CAMをめぐる環境を考える (9、10月号)



の縮小に遭遇しているわけです。そこを考えると、金属以外の有用な材料を積極的に使うことが第一条件でしょう。

CAD/CAMは、そこに貢献することができます。

**宮崎:** 私がいちばん言いたかったことを言っていたら、ありがとうございます(笑)。やはり、貴金属を使っているかぎり、コスト削減には限界がありますからね。

**勝山:** チタンやジルコニアといった高強度な材料を、ミリングによって素材本来の物性を生かしたまま加工できると

いう点で、これまでの歯科技工とはまったく別の次元に入ったといえます。



**山崎:** 本当に、貴金属の価格高騰は深刻です。最近では1gあたり5,000円を超えています。

**石川:** そこにおいて、CAD/CAMの利点は強く感じますね。

## 2) 欧米からの逆輸入に頼る現状から抜け出すために

**宮崎:** しかし、日本はどうもこの分野の研究・開発に弱いような気がしてなりません。先生方も実際、欧米のシステムをお使いだと思いますが、日本がリーダーシップをとる

ために、先生方から力強いメッセージをいただけるとありがたいです。

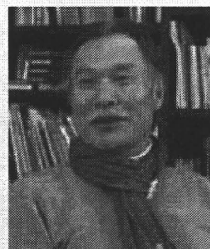
**山崎:** 私はつくづく思うのですが、CAD/CAMにかかわる素

### Profiles (順不同、敬称略)



**宮崎 隆**  
Miyazaki, Takashi

歯科医師。1978年、東京医科歯科大学卒業。1984年、昭和大学歯学部歯科理工学講座講師。1991年、同講座教授。2003年、昭和大学歯学部部長。現在に至る。日本歯学系学会協議会副理事長、日本歯科医学教育学会常任理事、日本歯科理工学会前会長、歯科チタン学会会長、昭和大学歯学部部長。



**山崎長郎**  
Yamazaki, Masao

歯科医師。1970年、東京歯科大学卒業。1974年、厚労省デンタルオフィス開業。現在に至る。東京SJCD最高顧問ならびにSJCD国際学会会長。つねに世界最先端の歯科医療に接し続け、斯界のオピニオンリーダーとして著名。国内・海外での講演・執筆多数。



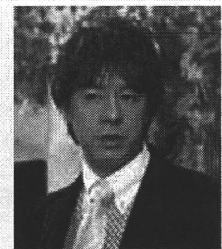
**勝山英明**  
Katsuyama, Hideaki

歯科医師。1991年、九州歯科大学大学院卒業。1991～1993年、ハーバード大学医学部研究員としてDepartment of Medicine, Beth Israel Hospitalに勤務。2000年、MMデンタルクリニック開業。Center of Implant Dentistry (CID) 主宰、International Team for Implantology (ITI) Section JAPAN 教育監事、ITI ボードメンバー。



**石川知弘**  
Ishikawa, Tomohiro

歯科医師。1988年、広島大学歯学部卒業。広島大学歯学部口腔外科第一講座入局。1990～1996年、静岡県浜松市内勤務。1996年、石川歯科開業。1998～2008年、JIADS 講師。2008年、5-D Japan フォウンダー。日本臨床歯周病学会指導医、日本歯周病学会会員、日本口腔インプラント学会会員、米田歯周病学会(AAP) 会長ほか。



**十河厚志**  
Sogo, Atsushi

歯科技工士。1985年、大阪歯科学院専門学校卒業。1989年、Dentech International, Inc. 入社。同年、UCLA Medical Center, USC Associate Faculty にてインプラント補綴学を習得。1992年、デンテックインターナショナル設立。2001年、日本歯科技工士会生涯研修認定講師。2009年、大阪大学招聘教員。

材にしても加工装置にしても、そのほとんどが日本製であるにもかかわらず、欧米からの「逆輸入」に頼らなければならぬ現状はどうにかならないかと思えます。日本の材料が海外で加工されて、何十倍もの価格になって戻ってくるわけですから……。

また、日本のメーカーさんを見てみると、ソフトウェアに対する人的資源の投入が足りないとも思えます。なぜなら、世界中のCAD/CAMシステムのCAMの精度はほとんど横並びで、最終的な性能を決定づけるのはCADの部分、

すなわちソフトウェアだからです。今後、日本がデジタルデンティストリーの分野で世界と渡り合っていくためには、この部分がたいへん重要だと思います。



**十河:** そうですね。歯科技工士としてCADを扱っていても、そのソフトウェアはすべて英語版ですからね。

**高崎:** そうしたことからも、日本の歯科医師・歯科技工士さんにはグローバルスタンダードを意識していただかないと、先行きに不安を感じます。

### 3) CAD/CAM は「どう使うか」が最重要

**高崎:** ところで、インプラント上部構造の設計を人間のみが行う場合とCADを併用する場合で、その構造が異なってくる可能性はあるでしょうか？ たとえば、人間では考えつかないような合理的な形態になるといったような……。

**勝山:** たしかに、外科手術の面ではコンピュータの力によって人間の発想を超えるような治療計画が導きだされる場合もあります。ただインプラント上部構造は、やはりまだ歯科技工士の技術なしに設計することは難しいと思います。

**高崎:** わかりました。そこで外科手術の話題に戻しますと、今までは外科手技を確実に行うにはかなりの修練が必要だったわけですが、そこでコンピュータ、あるいはCAD/CAMの力を借りることでどのような変化が生じてくると思われますか？



**石川:** 今のところ、CAD/CAMは「どう使うか」がとても重要です。たとえば、粘膜支持のサージカルテンプレートを製作するならばその前段階のラジオグラフィックガイドを確実に製作しておかなければなりませんし、骨・歯の模型を製作するにしてもCT撮影時のアーティファクトを避けるために金属製の

支台築造体を除去しておくなどの前処置をしっかりと行っておくといったことが重要になります。また、サージカルテンプレートが完成した後、実際に歯肉を切開してみると骨の鋭縁が残っているような場合もありますので、そこを見極めて調整できるスキルも必要です。ですから、CAD/CAMを使ったとしても外科手術には「慣れ」「習熟」がどうしても必要、という結論になります。

ただ、こうしたことを理解してCAD/CAMを使えば、いままではインプラント埋入自体が困難だった症例にも即時荷重が行える、といったようなことです。そうした適応症の拡大と、治療期間の短縮は患者さんにとっても大きな福音だと思います。

**高崎:** するとやはり、これからインプラント治療に取り組まれる若い先生にも導入していただきたいですね。

**石川:** はい。これから始められる先生方も、初心者の中にはCAD/CAMによる支援を受けながら、徐々に慣れていけばよいと思います。

(Part 2 : 完)



*The 1st Implant and  
CAD/CAM meeting  
in Yokohama*

### 資料 3

11月12、13日開催 / 第1回 インプラント・CAD/CAM ミーティング

# 緊急座談会： 5名の識者が語る CAD/CAM 導入による インプラント治療の激変

## Part 3：将来のCAD/CAMをめぐる環境を考える

宮崎 隆（司会）／山崎長郎／勝山英明／石川知弘／十河厚志

### 1) インプラントオーバーデンチャーの普及がCAD/CAMを推進する？



**高崎：**先日、私は日本口腔インプラント学会の第30回関東・甲信越支部でのインプラントオーバーデンチャー（以下、IOD）に関するセッションで、無歯顎の患者さんに対してIODが選択されている割合が日本ではまだ2%しかないというお話をうかがいました。ちなみに米国では15%程度になるとされており、この分野はこれから伸びるのではないかと感じました。インプラント治療に対する需要の増加はインプラント治療の初心者が増える、ということでもありますから、ますますCAD/CAMの重要性が際立ってくると思います。



**山崎：**IODならば、将来的な設計の自由度が高いですし、そこに用いるフレームワークもすべてCAD/CAMで設計できますからね。



**高崎：**また、破損が起きた場合にも同じ形態のものを再製作できる、あるいは事後に検証できることも利点ですね。



**十河：**たしかに、デジタルで加工するものはすべてデジタルで管理できますから、同じ形態の物を何度も製作することは可能です。ただ、現在のCAD/CAMシステムはほとんどの場合フ

#### 企 画 趣 旨

小社では、2002年以来10年間にわたって「インプラントYEAR BOOK」を刊行。そして2011年には「CAD/CAM YEAR BOOK」を創刊し、歯科界の二大最新技術の潮流をお知らせする役割を果たしてまいりました。現在の歯科界において、すでにインプラントの重要性は疑いようがなく、近年ではこれにCAD/CAM技術を組み合わせ

せることでよりいっそうの機能性が得られるようになったことは周知のとおりです。

そこで小社ではこの度、この2誌で扱わせていただいたノウハウと、「二大最新技術の潮流を講義でも聞いてみたい」という読者の皆様の声を受け、「第1回インプラント・CAD/CAMミーティング」を今秋、バンフィコ横浜で開催させていただく運

びとなりました。

そこで本企画では、本ミーティングにおける基調講演の座長・講師の先生方をお招きし、本ミーティング全般、そして「インプラント治療に歯科用CAD/CAM（+コンピュータ全般）が加わることで以前と何が変わったのか？」を論点にご対談いただきました。（編集部）

#### 掲 載 ス ケ ジ ュ ー ル

Part 1：「インプラント治療+CAD/CAM」で何が変わった/変わるのか？（6、6月号）

Part 2：CAD/CAMの普及をいっそう推進するには？（7、8月号）

Part 3：将来のCAD/CAMをめぐる環境を考える（9、10月号）



レームワークの製作が主で、陶材の築盛などは歯科技工士の手によるため、完全に同じものとはいきれない面もあります。

**宮崎:**工業製品であれば、形態をもとに構造解析を行い、「この構造ならば何回、あるいは何年使用できる」ということがいえるのですが、口腔内で機能する補綴物にその考え方をそのまま持ち込むことはできません。しかし、こうした考えを少しでも歯科のCAD/CAMに入れることができれば

臨床が変わるのではないかと思います。

**十河:**そうですね。そこには補綴物の強度だけでなく、インプラント体の埋入角度や患者さんの咬合力、そして習癖・嗜好などが関係しますので難しいですが、そもそもCAD/CAMによって铸造やろう着を経ずに加工されたフレームワークの強度は高いですから、信頼性は高まっているはずです。

## 2) CAD/CAM 時代の歯科医師 - 歯科技工士の関係性を考える

**宮崎:**それでは最後に、インプラント治療にCAD/CAMを導入するにあたって重要な歯科医師と歯科技工士との関係性についてお話してみたいと思います。十河先生、いかが

でしょうか。

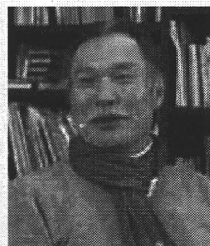
**十河:**一部では、「これから歯科技工士の仕事はなくなってしまわないか？」という意見も聞かれます。しかし

### Profiles (順不同、敬称略)



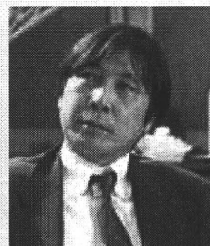
**宮崎 隆**  
*Miyazaki, Takashi*

歯科医師。1978年、東京医科歯科大学卒業。1984年、昭和大学歯学部歯科理工学講座講師。1991年、同講座教授。2003年、昭和大学歯学部長。現在に至る。日本歯学系学会協議会副理事長、日本歯科医学教育学会常任理事、日本歯科理工学会前会長、歯科CT学会会長、昭和大学歯学部長。



**山崎長郎**  
*Yamazaki, Masao*

歯科医師。1970年、東京歯科大学卒業。1974年、原宿デンタルオフィス開業。現在に至る。東京SJCD最高顧問ならびにSJCDインターナショナル会長。つねに世界最先端の歯科医療に接し続け、斯界のオピニオンリーダーとして著名。国内・海外での講演・執筆多数。



**勝山英明**  
*Katsuyama, Hideaki*

歯科医師。1991年、九州歯科大学大学院卒業。1991～1993年、ハーバード大学医学部研究員としてDepartment of Medicine, Beth Israel Hospitalに勤務。2000年、MMデンタルクリニック開業。Center of Implant Dentistry (CID) 主宰。International Team for Implantology (ITI) Section JAPAN 教育監事、ITI ボードメンバー。



**石川知弘**  
*Ishikawa, Tomohiro*

歯科医師。1988年、広島大学歯学部卒業。広島大学歯学部口腔外科第一講座入局。1990～1996年、静岡県浜松市肉助務。1996年、石川歯科開業。1998～2008年、JIADS 講師。2008年、5-D Japan ファウンダー。日本臨床歯周病学会指導医、日本歯周病学会会員、日本口腔インプラント学会会員、米国歯周病学会(AAP) 会員ほか。



**十河厚志**  
*Sogo, Atsushi*

歯科技工士。1985年、大阪歯科学院専門学校卒業。1989年、Den-Tech International, Inc. 入社。同年、UCLA Medical Center, USC Associate Faculty にてインプラント補綴学を習得。1992年、デンテックインターナショナル設立。2001年、日本歯科技工士会生涯研修認定講師。2009年、大阪大学招聘教員。

私はそうではなく、歯科技工士として仕事をする分野が増えていくのではないかと考えています。もちろん、そのためには必要な知識を備えなければなりません、とくにインプラントの分野では術前診査の部分から歯科技工士もどんどん診断に介入していくことによって、ゴールを明確にした、システムティックなインプラント治療が行えるようになると思っています。

**高崎:** 外科の立場からは、歯科技工士と今後どうコラボレーションが図れるとお考えですか？



**石川:** 私は以前、お付き合いのある歯科技工士さんから「インプラント埋入シミュレーションソフト『SimPlant』【マテリアライズデンタルジャパン】を購入したい」という相談をもちかけられたことがあります。その時は、「さすがに、そんな必要はないのでは!？」と思ったのですが、実際に使ってみますと歯科技工士さんとインプラントの埋入位置や角度を共有することがいかに有効か再認識しました。

**高崎:** その他、画像データなどのやりとりはどのように行われていますか？

**石川:** 口腔内写真などのデータはかなり以前からやりとりしています。容量が大きなファイルはFTPサーバーを使っています。

**高崎:** これからはそうした情報の共有が必須になりますね。また、歯科技工士さんサイドでも勉強しなければならない事柄が増えてくる、と。

**十河:** ですから、もう補綴物を製作しているだけの仕事ではなく、診断にも参画していかなければならないと思っています。

**高崎:** それを達成するために、現在不足しているものは何でしょうか？ 歯科医師側の教育ですか？

**十河:** もちろん、学校教育もあるでしょうし、もうひとつはモチベーションということもあるかと思います。

**高崎:** 勝山先生は、歯科技工士さんとの連携について思われることはありますか？



**勝山:** 私が確信しているのは、この分野が決定された路線であって、進まざるを得ないということですね。逆に歯科技工士さんも、従来は肉体的な要素がありましたが、今後は頭脳労働的な要素が求められてくるはずですよ。ある意味、その分野でのリーダーシップをとるような立場になれるのではないのでしょうか。

**高崎:** 実に、私がいつも言いたいお話をしていただきましたね(笑)。歯科技工士さんは、今後「医療用具のプロ」として、より地位が高くなっていくのではと思います。今までとは違って、一度むけた歯科技工士さんが活躍する時代が来ることでしょうか。

**十河:** それにはもちろん、現在の専門学校教育に加えてより充実した内容が必要でしょうし。

**山崎:** これは笑い話なのですが……私の歯科技工所(原宿補綴研究所)に、コンピュータには詳しいのですが、正直手先のあまり器用ではない歯科技工士さんがおまして……。そこで当院に設置されている6種類ほどのCAD/CAMシステムに精通してもらい、フレームワークやカスタムアバットメントの設計を彼に任せるようにしたのですが、非常によい結果が得られています。また、CERECシステム(Sirona Dental Systems GmbH, シロナデンタルシステムズ)による口腔内光学印象を行う際にも立ち会ってもらうのですが、彼が画面上で形態修正するととてもうまくいく。これからは歯科技工士でありながら、彼のようにCAD/CAMの操作に徹するようなスタイルもおおおいにありうると思います。決して、きれいなセラミックスを製作するだけが歯科技工士さんの仕事ではないと思いますから。これからの新しいジャンルになる可能性が高いと思います。

**高崎:** 「新しいジャンルになる」という点が、今回のキーワードになりそうですね。ぜひ、このデジタル化を進めて、患者さんはもちろん、われわれ業界のメリットにしていきたいものですね。本日はありがとうございました。会場でお会いできることを楽しみにしています。(完)





## 資料 4

11月12、13日開催 / 第1回 インプラント・CAD/CAM ミーティング

PR

## 緊急座談会： 5名の識者が語るCAD/CAM導入による インプラント治療の激変

小社では、2002年以来10年間にわたって「インプラントYEAR BOOK」を刊行、そして2011年には「CAD/CAM YEAR BOOK」を副刊し、歯科界の二大最新技術の潮流をお知らせする役割を果たしてまいりました。現在の歯科界において、すでにインプラントの重要性は衰えようがなく、近年ではこれにCAD/CAM技術を組み合わせることにより、いっそうの進歩性が得られるようになったことは周知のとおりです。

そこで小社ではこの度、この2誌を合わせていただいたノウハウと、二

大最新技術の潮流を講演でも聞いてみたい、という読者の懇切の声を受け、「第1回インプラント・CAD/CAMミーティング」を春秋、パシフィコ横浜で開催させていただき運びとなりました。

そこで本企画では、本ミーティングにおける基調講演の座長・演者の先生方をお招きし、本ミーティング全貌、そして「インプラント治療に歯科用CAD/CAM（+コンピュータ全般）が加わることで何が変ったのか？」を論点にご質疑いただきました。（QDI/QDT/新編Quint編集部）



「インプラント治療+CAD/CAM」で何が変わった/変わるのか？

1) 外科手術に携わるすべての歯科医師にとってメリットが

宮崎：今日は、来る11月12、13日（土、日）に神奈川県のパシフィコ横浜で開催されます「第1回インプラント・CAD/CAMミーティング」にちなみ、本ミーティングで基調講演を行われる先生方と話しあってみたくと思います。先生方はインプラント治療にCAD/CAM技術、あるいはコンピュータが加わることで何が変わったとお感じでしょうか？

石川：いかに外科手術に習熟している歯科医師でも、油断すれば弱地に思い込まれます。それを防ぐには的確な診査・診断に尽きますが、それをコンピュータ上で行い、三次元的にみられることが大きなメリットですね。

宮崎：歯科領域では、もともと応用されてきましたからね。また、口腔内に移行させるためのサージカルテンプレートの精度も非常に重要になってきますが、これについてはいかがでしょうか？

石川：そうですね。臨床で十分ですが、

今後進化の余地があるでしょう。海外文献をみますと1mm程度のズレはまだ普通にあるようですので……。

勝山：ですが、現在のところごく一部の有名なシステムについてしかコントロールされた研究が行われていませんので、全般的な精度を論じるには時期尚早かと思えます。しかし、システムティックレビューでは、十分臨床での使用に耐えるものとして評価されています。

2) インプラント上部構造はCAD/CAMなしに製作できない時代へ

宮崎：さて、山崎先生は補綴臨床家として、昨今の歯科用CAD/CAMについてどのように感じておられますか？

山崎：補綴・修復物製作からはじまった歯科用CAD/CAMではありますが、歯科治療全体に波及するのは当然の流れですね。大手メーカーも、治療計画からサージカルテンプレート製作、そしてインプラント上部構造製作までを一貫して行えるようにしています。

当院で装着している補綴物のほぼ9割が、何らかの形で歯科用CAD/CAMを経由して仕上げられています。しかし実際には、まだまだ普及率が低いことは残念です。私としてはこの9年ほどCAD/CAMに力を入れていますが、国内ではまだ土壌が成熟していないですね。このインプラント・CAD/CAMミーティングを機会に、多くの先生方に利点を知っていただきたいと思っています。

宮崎：こうした世代交代は、関心をもつ先生が増えてこなければ起きてこないですらね。

さて、CAD/CAMが導入されることでインプラント技工は大変革を迎えておりますが、十河先生はどうお感じですか？

十河：私も、まだ一部の先生の間でしか活用されていないということを実感しています。

その理由を考えてみますと、まず日本の歯科技工士が世界トップレベルの技術をもち、手技によって地位を確立してきたことがまず挙げられると思います。CAD/CAMが、その手作業と

は相反するために毛嫌いされる歯科技工士もおられると聞いています。また、導入のための投資を行うことができない場合も多いです。

しかし、今後は速いスピードで浸透していくでしょう。また、コンピュータを応用した診査・診断のお話がありましたが、デジタル化は今後われわれ歯科技工士が診査・診断のサポートを行っていくための足がかりになってくると思います。

宮崎：そうですね。私が山崎先生らと昨年「日本歯科CAD/CAM学会」を設立したときも、十河先生が今おっしゃったような方々に対してCAD/CAMの優位性を伝えたい、という思いからでした。

3) CAD/CAMは「第3の波」

宮崎：それでは、このパートのまともな勝山先生からお願いたします。

勝山：CAD/CAMはインプラント治療にとって、1960年代のオッセointegration、1980年代後半～1990年代前半の骨造成・審美治療の適応の拡大、という「2つの波」につづく「第3の波」だと考えます。インプラント治療のワークフローがコンピュータによって支援される、“Computer Enhanced Implant Dentistry”の時代が到来しているといえます。

宮崎：先生は世界の情報にも精通しておられますが、日本と欧米を比較して、インプラント治療へのコンピュータの導入度は違いますか？

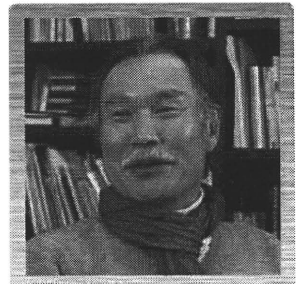
勝山：そうですね。OTの普及率でいえば日本は諸外国よりも非常に高いですが、欧米ではそうしたハードウェアと臨床の結びつきを科学的に捉えようとしています。この点が日本には少し不足しているのではないのでしょうか。科学としての歯科にハードウェアをどう取り込んでいくのかを、今後考えていかなければならないと思います。



CAD/CAMの普及をいっそう推進するには？

1) 価格高騰する金属の代替となり得るか？

宮崎：さて、今後の歯科界によりいっ



山崎長郎

Yamazaki, Masao

歯科医師。1970年、東京歯科大学卒業。1974年、原宿デンタルオフィス開業。現在に至る。東京SICD最高顧問ならびにSICDインターナショナル会長、つねに世界最先端の歯科医師に接し続け、新界のオピニオンリーダーとして著名。国内・海外での講演・執筆多数。

そうCAD/CAMを普及させるためには、①CAD/CAMによってはじめて可能になった領域、そして、②従来から行われてはいたが、CAD/CAMで省力化・コストダウンが図られるようになった領域、を整理すべきだと思います。インプラント技工は①の性格がたいへん強いと思いますが、勝山先生いかがでしょうか？

勝山：とくにインプラント上部構造に絞って現実的なお話をしますと、精度や予知性は当然金属材料の価格高騰が大きな課題です。インプラント補綴では広範囲にわたって組織が失われている場合が多いため、通常の補綴より多量の材料が必要とされますから。たとえば、欧米の今年のデータをみると、インプラント治療のコストが6～8%減少しているそうです。そこでは、金属以外の有用な材料を積極的に使うことが第一条件でしょう。CAD/CAMはそこに貢献することができません。

宮崎：やはり貴金属を使っているかぎり、コスト削減には限界がありますからね。

山崎：本当に、貴金属の価格高騰は深刻ですからね。最近では1gあたり5,000円を超えています。

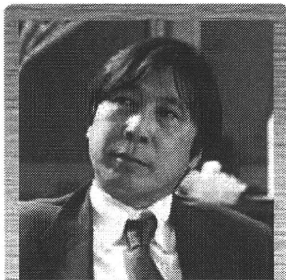
石川：そこにおいて、CAD/CAMの利点は強く感じますね。



宮崎 隆

Miyazaki, Takashi

歯科医師。1978年、東京医科歯科大学卒業。1984年、昭和大学歯学部歯科理工学講座講師、1991年、同講座教授。2003年、昭和大学歯学部長。現在に至る。日本歯学系学会協議会副理事長、日本歯科医学教育学会常任理事、日本歯科理工学会前会長、歯科子丹学会会長、昭和大学歯学部長。



勝山 英明

Katsiyama, Hideaki

歯科医師。1991年、九州歯科大学大学院卒業。1991～1993年、ハーバード大学医学部研究員として Department of Medicine, Beth Israel Hospital に勤務。2000年、MM デンタルクリニック開業。Center of Implant Dentistry (CID) 主宰、International Team for Implantology (ITI) Section JAPAN 教育監事、ITI ホードメンバ。

2) 欧米からの逆輸入に頼る現状から抜け出すために

宮崎: しかし、日本はこの分野の研究・開発に弱いような気がしてなりません。先生方も欧米のシステムをお使いだと思いますが……。

山崎: CAD/CAMにかかわる素材にしても加工装置にしても、そのほとんどが日本製であるにもかかわらず、「逆輸入」に頼らなければならない現状はどうかならないかと思えます。日本の材料が海外で加工されて、何十倍もの価格になって戻ってくるわけですから……。

また、日本のメーカーさんを見てみると、ソフトウェアに対する人的資源の投入が足りないとも思えます。なぜなら、世界中のCAD/CAMシステムのCAMの精度はほとんど横並びで、最終的な性能を決定するのはCADのソフトウェアだからです。今後、日本がこの分野で世界と渡り合うためには、ここがたいへん重要だと思います。

十河: そうですね。

3) CAD/CAMは「どう使うか」が最重要

宮崎: とところで、インプラント上部構造の設計を人間のみが行う場合とCADを併用する場合で、その構造が異なってくる可能性はあるでしょうか?

勝山: たしかに、外科手術の面では人間の発想を超えるような治療計画が導きだされる場合もあります。ですがまだ、歯科技工士の技術なしでは難しいと思います。

宮崎: わかりました。そこで外科手術の話題に戻しますと、今までは外科手術を確実に行うにはかなりの経験が必要だったわけですが、そこでコン

ピュータ、あるいはCAD/CAMの力を借りることでのような変化が生じてくると思われませんか?

石川: 今のところ、CAD/CAMは「どう使うか」がとても重要です。たとえば、サージカルテンプレートの製作ではラジオグラフィックガイドを確実に製作しなければなりませんし、骨・歯の模型を製作するにしてもCT撮影時のアーティファクトを避けるためにメタルコアを除去するなどの前処置を確実に行うことなどが重要になります。また、歯肉を切開してみると骨の鋭線が残っているような場合もありますので、そこを調整できるスキルも必要です。外科手術には「慣れ」「習熟」がどうしても必要、という結論になります。ただ、この点を理解してCAD/CAMを使えば、適応症の拡大と治療期間の短縮が図られ、患者さんにとっても大きな福音だと思います。

宮崎: これからインプラント治療に取り組まれる若い先生にも導入していただきたいですね。

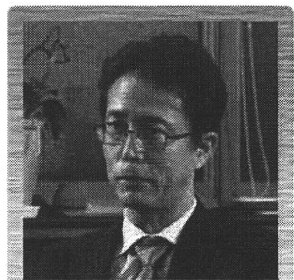
石川: はい。これから始められる先生方も、初心者の中にはCAD/CAMによる支援を受けながら、徐々に慣れたいけばよいと思います。



従来のCAD/CAMをめぐる環境を考える

1) インプラントオーバーデンチャーの普及がCAD/CAMを推進する?

宮崎: 先日、私は日本口腔インプラント学会の第30回関東・甲信越支部学術大会でのインプラントオーバーデンチャー(以下、IOD)に関するセッションで、日本では無歯顎の患者さんに対してIODがまだ2%しか応用されていないという話をうかがいまし



石川 知弘

Ishikawa, Tomohiro

歯科医師。1988年、広島大学歯学部卒業。広島大学歯学部口腔外科第一講座入局。1990～1996年、静岡県浜松市内勤務。1996年、石川 歯科開業。1998～2008年、JADS講師。2008年、6-D Japan ファウンダー、日本臨床歯周病学会指導医、日本歯周病学会委員、日本口腔インプラント学会委員、洋歯周病学会(AAP) 会長ほか。

た。米国では15%程度とされており、日本でも今後伸びるのではないかと感じました。ますますCAD/CAMの重要性が高くなっていくと思います。山崎: IODならば将来的な設計の自由度が高いですし、フレームワークもすべてCAD/CAMで設計できますからね。

宮崎: また、もし破損が起きた場合にもまったく同じ形態で再製作できる点もメリットですね。

十河: ただ、現在のCAD/CAMシステムでは陶材の築盛などは歯科技工士の手によるため、完全に同じものとはいきれない面もありますが……。

宮崎: 工業製品ならば、形態をもとに構造解析を行い、「この構造ならば何回、あるいは何年使用できる」ということがいえるのですが、口腔内で機能する補綴物にその考え方をそのまま持ち込むことはできません。しかし、こうした考えを少しでも歯科のCAD/CAMに入れることができれば、臨床が変わるのではないかと思います。

十河: そうですね。補綴物の強度だけでなく、インプラント体の埋入角度や患者さんの咬合力などが関係するため難しいですが、そもそもCAD/CAMでミリングされたフレームワークの強度は高いですから、信頼性は高まっているはずですね。

2) CAD/CAM時代の歯科医師- 歯科技工士の関係性を考える

宮崎: それでは最後に、インプラント治療にCAD/CAMを導入するにあたって重要な歯科医師と歯科技工士との関係性についてお話ししてみたいと思います。十河先生、いかがでしょうか?

十河: 一部では「これから歯科技工士の仕事はなくなってしまうのではないか?」という意見も聞かれます。しかし私は逆に、歯科技工士として仕事をする分野が広がっていくのではないかと考えています。当然、そのためには必要な知識を備えなければなりません。とくにインプラントの分野では術前診査の部分から歯科技工士もどんどん診査・診断に介入していくことによって、ゴールが明確な、システムティックな治療が行えるようになっていっています。

宮崎: 外科の立場からは、歯科技工士と今後どうコラボレーションできるとお考えですか?

石川: 私は以前、お付き合いのある歯科技工士さんから「インプラント埋入シミュレーションソフトを購入したい」という相談をされたことがあります。その時は、そんな必要はないのでは?と思ったのですが、実際に使ってみると歯科技工士さんとインプラントの埋入位置や角度を共有することがいかに有効か再認識しました。

宮崎: これからはそうした情報の共有が必須になりますね。また、歯科技工士さんサイドでも勉強しなければなら

ない事柄が増えてくる、と。十河: ですから、もう補綴物を製作しているだけの仕事ではなく、診断にも参画していかなければならないと思っています。

宮崎: 勝山先生は、歯科技工士さんとの連携について思われることはありますか?

勝山: 私が確信しているのは、歯科医師と歯科技工士の連携は決定された路線で、もう進まざるを得ないということですね。

宮崎: 歯科技工士さんは、今後「医療用具のプロ」として、より地位が高くなっていくのではと思います。

十河: それには当然、現在の専門学校教育に加えてより充実した内容が必要でしょう。

山崎: これは笑い話なのですが……私の歯科技工所(原宿補綴研究所)に、コンピュータには詳しいのですが、正直手先のあまり器用ではない歯科技工士さんがおまして……。そこで当院に設置されている6種類ほどのCAD/CAMシステムに精通してもらい、フレームワークやカスタムアバットメントの設計を彼に任せるようにしたのですが、非常によい結果が得られています。また、口腔内光学印象を行う際にも立ち会ってもらおうのですが、彼が画面上で形態修正するととてもまくいく。これからは、彼のようにCAD/CAMの操作に徹するような歯科技工士もおおいにありうると思います。

宮崎: 「新しいジャンルになる」というのが、今回のキーワードになりそうですね。ぜひ、このデジタル化を進めて、患者さんはもちろんわれわれ業界のメリットにしていきたいものですね。本日はありがとうございました。会場でお会いできることを楽しみにしています。



十河 厚志

Sogo, Atsushi

歯科技工士。1985年、大阪歯科学院専門学校卒業。1989年、Den-Tech International, Inc. 入社。同年、UCLA Medical Center, USC Associate Faculty にてインプラント補綴学を習得。1992年、デンテックインターナショナル設立。2001年、日本歯科技工士会生涯研修認定講師。2008年、大阪大学招聘教員。

第1回 インプラント・CAD/CAM ミーティングへの参加お申し込みは、

●●面の募集要項をごらんください。

## 資料 5

第24回 歯科チタン学会学術講演会

# 市民公開講座

歯科医療を取り巻く業務形態のあり方

今日の歯科医療を取り巻く環境の変化は、歯科医師の業務のみならず、歯科衛生士、歯科技工士の業務にまで大きな影響を及ぼしています。特に、歯科技工士が担っている役割においては、新材料・新素材の開発やCAD/CAMシステムの普及など、その製作技法においても変革期を迎えていることは想像に難くありません。これからの歯科技工に必要な新技術や新素材に対応できる知識を整理し、歯科技工教育の入口から転換を図ることで、より魅力ある仕事にしていきたいでしょう。

講演：

① 「デジタル化で歯科医療のあり方が変革する」

歯科技工業務の現状とCAD/CAM技術の導入による歯科技工の変革

大阪歯科大学歯科技工専門学校 校長 末瀬 一彦



② 「歯科技工士教育の新しい展望」

再生歯科を含めた新しい歯科医療における歯科技工士の活躍

広島大学歯科補綴学講座 教授 二川 浩樹



③ 「歯科医療へのチタンの普及と新技術」

貴金属の時代からチタンへ、そして歯科材料の未来

昭和大学歯学部歯科理工学教室 教授 宮崎 隆



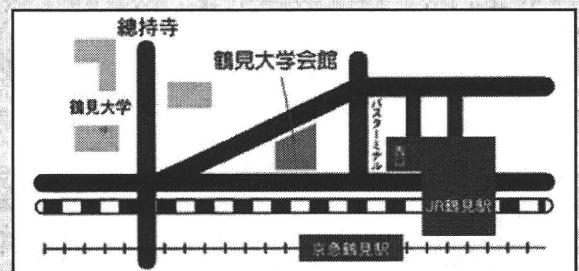
日 時：平成23年2月20日(日) 14:00～15:45 (第24回歯科チタン学会学術大会併催)

公開講座のみ参加無料

場 所：鶴見大学会館B1F メインホール (〒230-0062 神奈川県横浜市鶴見区豊岡町3-18)

お問合せ連絡先：昭和大学歯学部歯科理工学教室 堀田宛

TEL:03-3784-8178 FAX:03-3784-8179



# 市民公開講座

## 歯科医療を取り巻く業務形態のあり方

### デジタル化で歯科医療のあり方が変革する



末瀬一彦

大阪歯科大学附属歯科技工士学校

(〒573-1121 大阪府枚方市楠葉花園町 8-1)

患者のニーズの高度化や術者側の高い技術力の提供など歯科医療の変革に伴って、患者とのコミュニケーション、診査、手術・治療シミュレーション、補綴装置の製作、治療評価や経過管理など臨床現場においてデジタルテクノロジーの活用は必須である。とりわけ補綴装置の製作に導入されてきた CAD/CAM システムは、ソフト面の改善や切削加工技術の向上、などによって高精度な補綴装置を効率的に製作できるようになってきた。現在、世界の歯科医療において多数の CAD/CAM システムが利用されているが、すでに数の上では淘汰され、これからは口腔内情報の直接取り込み、CAD ソフトの充実、CAM との関わりさらに CAM による製作方法の多様性などがクローズアップされる。今後さらに CAD/CAM システムを歯科医療のなかで普及させるためには、シミュレーションによる治療支援、測色などのデジタル情報の活用、ネットワークの推進やシステムの互換性、規格の整備、加工材料の開発などが必要である。また、歯工連携という観点からも教育プログラムの充実も急務である。CAD/CAM システムによって歯科医療の新たな方向性を展開することは、国民に対して安心・安全・良質な歯科医療を提供することになり、歯科医師、歯科技工士、関連企業の大きなミッションである。

### 略歴

- 1976 年 大阪歯科大学卒業
- 1980 年 大阪歯科大学大学院歯学研究科修了
- 1990 年 大阪歯科大学 講師  
(歯科補綴学第 2 講座)
- 1997 年 大阪歯科大学 客員教授
- 1997 年 大阪歯科大学歯科技工士専門学校 校長
- 2006 年 広島大学非常勤講師
- 2008 年 大阪歯科大学歯科衛生士専門学校 校長  
(兼務)

### 歯科技工士教育の新しい展望



二川浩樹

広島大学大学院

医歯薬学総合研究科

口腔健康科学専攻口腔生物工学分野

(〒734-8553 広島県広島市南区霞 1-2-3)

広島大学歯学部口腔保健工学講座は、歯科技工士学校が全国で始めて 4 年制となったもので、4 月より博士課程（後期）がスタートします。本専攻が目指すものは、歯工連携および将来の歯科医療・歯科技工を切り開けるパイオニアの育成です。

近年、歯科医療では、いわゆる差し歯、入れ歯やブリッジという昔ながらの技工主体の治療に加えて、ここ数年の接着技法などのような材料の研究に基づく MI を中心とした歯科医療へと変化し、さらにインプラント治療も一般化し、生物学主体の歯科医療に変化しつつあります。現在、分子生物学を基盤とした再生医療の黎明

期であり、歯槽骨の再生はすでに臨床応用されています。研究室レベルでは歯の再生もあと数年で現実化されそうです。そのような中、将来、再生医療を担っていける歯科技工士の育成、あるいは工学的な知識を基に技工物や培養システムをデザインしていける企業人・研究者の育成をと考えています。例えば歯や骨になる幹細胞を歯科医師が採取し、細胞を歯科技工部門で培養・分化させ、その組織を用いて歯科医師が治療を行ようになればと思っています。

## 略歴

- 1986年 広島大学歯学部・歯学科卒業
- 1990年 広島大学大学院歯学研究科修了
- 2004年 広島大学歯学部口腔保健工学講座  
口腔機能修復学分野 教授
- 2009年 広島大学大学院医歯薬学総合研究科  
口腔生物工学分野 教授

## 歯科医療へのチタンの普及と新技術



宮崎 隆

昭和大学歯学部  
歯科理工学教室

(〒142-8555 東京都品川区旗の台1-5-8)

歯科医療では疾病の治療や機能回復のために、材料を活用してきた長い歴史がある。食事や嚙締めの際に、歯や義歯には大きな力が加わる。また、義歯を支えるために剛性や弾性のある装置が必要になる。金属は弾性と靱性に富み、構造材料としてふさわしい特性を有しているため、歯科材料としても有用性が高い。しかし、金属の欠点は腐食であり、口腔内環境で腐食しない材料が求められた。その代表が高カラット金合金とコバルトクロム合金であった。そして、我が国においては、高カラット金合金の代用とし

て金銀パラジウム合金が開発され、健康保険対象の治療に多用されている。しかし、本合金は貴金属であるパラジウムと金を大量に含有し、価格の変動や高騰が問題になっている。一方、顎骨内に埋入したインプラントを支持にするインプラント義歯が、近年急速に普及し、インプラントにはチタンが定着している。インプラントには上部構造と呼ばれる装置が連結され、これにも各種金属が使用される。さらに、歯科医療の特殊性として、患者の生涯に亘り治療を継続することが多いので、一人の口腔内に多様な金属が混在し、ガルバニ腐食が生じ、場合によっては金属アレルギーを誘発することが認められている。従って、歯科治療に必要な金属材料をインプラント義歯から通常の義歯や歯冠修復まで、同じ材料すなわちチタンに統一していくことは、安心・安全の歯科医療のためにも有益である。しかし、チタンは成形加工が難しい材料であり、歯科応用の障害になっていた。歯科チタン学会は創設以来、精密鋳造をはじめ、チタンの成形加工技術の開発と普及に貢献してきた。本講演では、今後のさらなるチタンの普及を目指して、新しい成形加工技術の展望を紹介したい。

## 略歴

- 1978年 東京医科歯科大学歯学部卒業
- 1984年 東京医科歯科大学大学院歯学研究科修了  
(歯学博士)
- 1984年 昭和大学歯学部歯科理工学講座 講師
- 1991年 昭和大学歯学部歯科理工学講座 教授
- 2003年 昭和大学歯学部長 現在に至る

## 資料 6



## 学術研究

平成20年度採択プロジェクト研究

A. 新生体材料・新加工法の歯科臨床導入に関する  
プロジェクト研究

生涯研修コード 31 99

CAD/CAM システムを用いた  
セラミック修復の利用ガイドライン宮崎 隆<sup>1)</sup>、小倉英夫<sup>2)</sup>、新谷明喜<sup>3)</sup>、中村隆志<sup>4)</sup>、  
伴 清治<sup>5)</sup>、三浦宏之<sup>6)</sup>、堀田康弘<sup>7)</sup>

**抄 録** ポーセレンは審美性や安全性に優れているものの脆性材料なため単独使用が難しく、金属焼付ポーセレン修復が長年日常臨床で用いられてきた。従来提案されたオールセラミック修復は成形加工法が複雑であり、しかも破折の危険性も残るため臨床利用が限定されてきた。一方、破壊靱性の大きいアルミナやジルコニアの高密度焼結体が、CAD/CAM技術の利用によりオールセラミック修復のフレームワークとして、近年世界中で急速に普及しつつある。本研究では、CAD/CAMシステムを利用したオールセラミック修復の期待される利点と現状の問題点、さらにそれに関連した支台歯形成や合着などの臨床操作について調査した。現状のシステムの改善点や長期の臨床経過の観察の必要性はあるが、本研究で提案された臨床ならびに技工のガイドラインを遵守すれば、CAD/CAMシステムを利用したオールセラミック修復は日常臨床に使用することができると提案する。

**キーワード** CAD/CAM、セラミックス、修復物、ジルコニア、計測

## 1. はじめに

ポーセレンは審美性や安全性に優れているものの脆性材料なため単独使用が難しく、金属焼付ポーセレン修復が長年日常臨床で用いられてきた。従来提案されたオールセラミック修復は成形加工法が複雑であり、しかも破折の危険性も残るため臨床利用が限定されてきた。一方、破壊靱性の大きいアルミナやジルコニアの高密度焼結体が、CAD/CAM技術の利用によりオールセラミック修復のフレームワークとして、近年世界中で急速に普及しつつある。本研究では、CAD/CAMシステムを利用したオールセラミック修復の期

待される利点と現状の問題点、さらにそれに関連した支台歯形成や合着などの臨床操作について調査し、臨床導入に向けてガイドラインの策定を行った。

## 2. 方法

CAD/CAMシステムを用いたセラミック修復の工程において、各システムの仕様書ならびにそれを用いた論文等を調査し、基準となる使用方法について検討し、ガイドラインとして示すことができる項目を示した。

## 3. 結果および考察

## 1) 支台歯形成方法

CAD/CAMシステムを用いたオールセラミック歯冠修復を行う場合は、工具による加工時の制約から尖った部分を極力抑えた形状に支台歯形成する必要がある。

たとえば図1に示すようなオールセラミックプレパレーションキットを用いて支台歯形成を行う。基本的

受付：2010年10月18日

<sup>1)</sup>研究代表者、昭和大学歯学部 歯科理工学教室

<sup>2)</sup>日本歯科大学新潟生命歯学部 歯科理工学講座

<sup>3)</sup>日本歯科大学生命歯学部 歯科補綴学第2講座

<sup>4)</sup>大阪大学歯学部 歯科補綴学第一教室

<sup>5)</sup>鹿児島大学大学院医歯学研究所 歯科生体材料学分野

<sup>6)</sup>東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科 口腔機能再構築学系専攻 摂食機能保存学講座

<sup>7)</sup>昭和大学歯学部 歯科理工学教室

にはポーセレンジャケットクラウンのプレパレーションに準ずる形成であるが、咬合面はセラミックスの厚径を均一に確保できるように逆屋根形状に形成し、機能咬頭外斜面には、ファンクショナルカスパベベルを形成する。

また、支台歯軸面は、歯軸に対し4度以上のテーパーを持たせ、マージン部は水平面に対し5度以上のスロープ角を持たせたシャンファー形状に仕上げる。

支台歯形成終了後の支台歯形状をまとめると以下のようなになる。

マージン部：ショルダー、ヘビーシャンファー、ベベルなし

必要な厚径

- ①マージン部： 1.0mm 以上
- ②軸面部： 1.5mm 以上
- ③咬合面部： 2.0mm 以上
- ④機能咬頭部： 2.0mm 以上
- ⑤非機能咬頭部：2.0mm 以上

最終形成面はファインカットのダイヤモンドポイントまたはホワイトポイントによって滑沢でシンプルな形状に仕上げ、特にマージンは遊離エナメル質が残らないようエンドカッティングバーやチゼルを用いて仕上げる。遊離エナメル質が存在すると試適時などにマージン部のチッピングを起こす事がある。

## 2) 計測用模型の準備方法

CAD/CAM システムを利用するためには、歯冠修復の設計をする前に支台歯や隣在歯・対合歯などの形状をデジタル化する必要がある。そのためにデジタイザーを用いた計測が行われる。

計測方法には、大きく分けて口腔内を直接計測する方法（光学印象）と、通常的印象採得後に準備された模型を計測する方法がある。一部システムでは印象を直接計測するものもあるが、アンダーカットの計測などができないため、その利用は義歯など特定の用途に

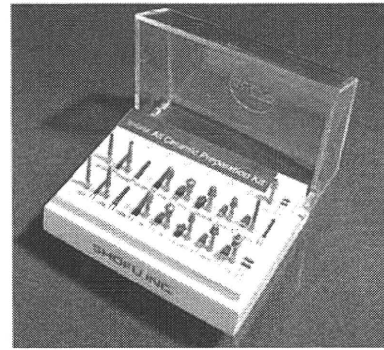


図1 支台形成用ポイント

限られる (NOBEL PROCERA™ GENION, Nobel Biocare Germany GmbH, Germany)。

このうち、口腔内を直接計測する方法は、ポーセレンインレーを作製するシステム (CEREC, SIRONA Dental Systems GmbH, Germany) では即日の修復治療を可能にし、世界中に普及している。さらに、口腔内から直接計測したデータを加工センター (歯科技工所) に送り、ジルコニアフレームを作製するシステムも登場している。

計測用模型の材質や色に関しては、メーカー毎にその対応は様々である。計測模型の表面に黒色の専用液を用いて着色するもの、白や緑のパウダーを噴霧して光の透過・吸収を抑える処理を行うもの、専用の石膏を用いるもの等さまざまな処理が推奨されている。現在ではこうした計測方法の違いが、完成修復物の適合状態に与える影響はほとんど見られない<sup>1)</sup>。

近年発表されている CAD/CAM システムでは、マージンラインの認識はどれも自動化が進んでいるため、計測用模型をトリミングする段階で図3に示すように、通常のリフトワックス法の技工作業と同様、マージンラインを明確にしておく必要がある。しかし、あまり尖った形態に調整してしまうと、計測点と計測点の間に、この尖った頂点が来てしまい本来の形態を再現できない場合が出る。そのため、完成した修

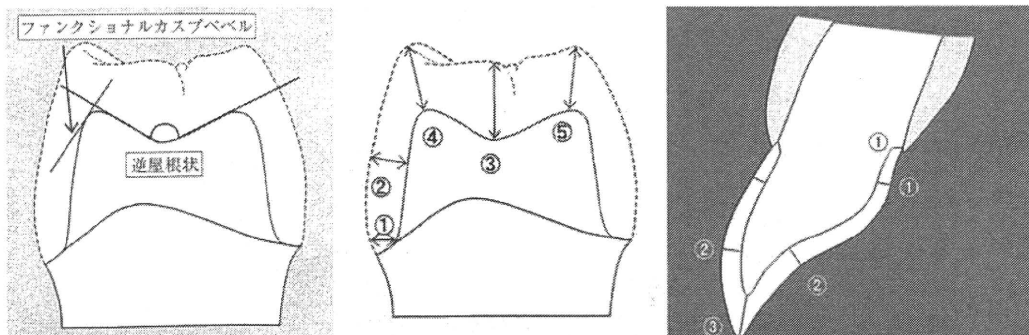


図2 支台歯形成終了後の支台歯形状

復物がアンダーマージンとなることを避けるために、設計時に少しオーバーとなるような形態をパラメーターとして与えることも実用上行われている。

計測に用いる模型は、チャンネルトレーと呼ばれる専用の分割式の簡易咬合器を用意するシステムもあるが、多くの場合、従来から作業模型として用いられているダウエルピン方式の分割模型を用意し、個々の歯を別々に計測する必要がある。また、光学印象を行うシステムでは、計測用模型を計測器にセットする際に、その高さ方向のサイズがCCDカメラやセンサーの焦点距離に適合しないと、計測データの精度に影響を与えてしまうため、利用するメーカー毎に最適なサイズの指定がある。さらに、対合歯の情報はほとんどの場合、この計測用模型に被せる形のシリコン系咬合採得材料が用意されているため、それに準ずる必要がある。

### 3) CAD/CAM 技工における使用材料・機器の選定基準

アルミナやジルコニアなどの新しい高強度セラミック材料は、曲げ強さや破壊靱性が従来のポーセレンと比較すると著しく向上している<sup>2)</sup>。

そこでCAD/CAMシステムを用いて、これらをフレーム材料として用いることで、その応用範囲が単冠やインレーだけでなくブリッジまで広がった。特に、ネットワークを利用して専用の加工センターでジルコニアフレームを作製するシステムが主流になってきたが、あくまでも金属に替わるフレーム材料として用いられる技工の一部であり、最終修復物作製にはその後のポーセレンワークなどに歯科技工士による従来の手作業が必要となる。

これに対し、マシナブルセラミックス等を用いることで、CAD/CAMシステム単独でインレー・クラウン修復物が作製できる。日本国内ではCEREC (SI-RONA, Germany), GN-1 (GC, Japan), DECSY (DIP-

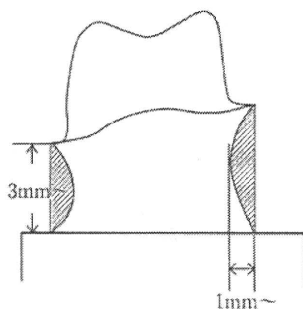


図3 計測用模型のトリミング

RO, Japan), Everest (Kavo, Germany), Cadim (Advance, Japan) が利用可能である。特に、インレー形状の修復を正式にサポートしているのはCEREC, Everest, Cadimだけである。また、マシナブルセラミックスを用いた修復の場合、その強度からブリッジに適応することはできないが、最近では加工材料として二ケイ酸リチウムの結晶化ガラスを用いて、3歯までのブリッジ対応ができるようになってきた。

通常こうしたマシナブルセラミックスによる修復物は、加工後にステインやグレイズなどの処理をすることで、審美性を持たせるが、臼歯部などの審美性が求められる部位に対しては、研磨だけで使用することも可能である。近年ではブロック自体にグラデーションを持たせて、ステイン処理をしなくても最小限の審美性を確保できるものも登場している。適用に制限はあるが、CAD/CAMシステムを利用することにより、大幅に省力化やコストダウンができる方法として注目を浴びている。しかし、これらの材料は破壊靱性が大きくないので、耐久性を保証するためには、支台歯に接着性レジンセメントを用いて強固に合着する必要がある。

### 4) CAD/CAM における修復物設計方法

従来の歯科技工士によるワックスアップに相当する作業を、CAD/CAMシステムではコンピューターのモニター上で行う。過去10年の間にCADソフトが大幅に改良され、現在ではCAD/CAMによる修復物の設計において、いずれのシステムも形成歯のマージンラインなどを自動的に認識し、設定された条件に従って基本的な形状の修復物が設計されるようになってきた。その上でオペレーターが、コンピューターが認識したマージンラインの不正箇所を微調整したり、外側形状の確認や修正を行ったり、連結部の位置や形状などを調整する。システムによってソフトの使い勝手やバージョンアップの対応が異なるので導入に当たっては注意されたい。

フレームの作製ソフトは初期の単純設計（支台歯を均等に覆う）から、歯科技工士が作製したワックスアップも利用するダブルスキャンに対応した設計、さらに現在では最終の歯冠形状からモニター上でカットバックできる解剖学的設計と変わってきた。専門の歯科技工士の使い勝手がよく、フレーム材質の特徴を活かした設計ができるようになっている。

特にジルコニアフレームでは、いずれのシステムにおいてもコーピングの厚みは0.5mm以上確保するよ

う指定されており、ブリッジ連結部のコネクターの断面積についても、9~12mm<sup>2</sup>以上の断面積となるよう推奨され、さらに、ブリッジ連結部の形状に鋭角な部分がないよう注意する必要がある<sup>3)</sup>。

### 5) 加工後の修復物の調整方法

CAD/CAM システムで作製されたセラミック修復物の適合性については、臨床的に許容されるレベルに達している。

先にも述べた計測時の誤差によりアンダーマージンとなる可能性があることから、設計の段階でこれらを見越したオーバーマージンの修復物を加工するよう設定されている場合が多い。そのため、特にジルコニアフレームを作製するシステムではポーセレンを築盛する前段階でこのマージン部分の調整を行う必要がある。こうした形態修正は、ダイヤモンドを砥粒として含む工具を用いて、削合時の局所過熱によるクラックの発生を防ぐために、水などでフレームを冷却しながら行う必要がある。しかし、ジルコニアはこうした負荷により、結晶構造が単斜晶へと変化してしまい、その後の変態強化の構造に影響が出る可能性がある<sup>4)</sup>。

### 6) セラミックスの前装方法 (ポーセレン築盛)

単独で使用されるセラミック材料 (ポーセレン、結晶化ガラス) においては、メーカーが指定するグレーズやステイン材料を用いて表面に特徴を付与するが、できるだけグレーズ処理まで行うのが望ましい<sup>5)</sup>。

一方、アルミナやジルコニアフレームには従来のポーセレンを粉末築盛・焼成や加熱加圧圧入で前装して最終修復物を完成する。アルミナやジルコニアの熱膨張係数にあわせた前装用ポーセレンが市販されている。ジルコニアフレームでは、機械的結合を求めするために、サンドブラスト処理が必要である。また、ジルコニアは結晶構造の違いにより、熱膨張係数が変化するため、表面の調節後に再度熱処理を行い、結晶構造を整える。また、通常のポーセレン築盛では化学的な結合がないとされているが、長時間焼成することにより元素の拡散が起こるとする報告もあり<sup>6)</sup>、また、金属に比べジルコニアの熱伝導率が低いことも合わせると、ポーセレン焼成の時間はできる限り長くした方が有利である。ジルコニアとポーセレンの接合に関しては多くの研究が報告されており、金属焼付ポーセレンで最低限必要とされる接合強さをクリアしているが、臨床的には経過を慎重に見極める必要がある。

### 7) 合着

オールセラミック修復物の耐久性を保障するためには、支台歯と修復物の強固な接着が必要であるので、合着には接着性レジンセメントを使用する。

ポーセレンクラウンにおいても、接着処理を適正にすると破壊抵抗性が非常に向上することが証明されている。ポーセレンに対する接着前処理、支台歯の材質 (天然歯、合金、コンポジットレジン) に応じた接着前処理、材料に対応した接着性モノマー、レジンセメントの選択が必要になる。

ジルコニアに対しても接着の研究は進められ、トライボケミカル処理によるシランカップリング剤の対応と、リン酸エステル系あるいはジルコニア専用の接着性モノマーの使用が推奨されている。

### 8) 生体適合性評価

金属は、審美性に劣るだけでなくアレルギーの原因となることが広く問題視されるようになってきた。その対策として CAD/CAM システムを用いたオールセラミック修復は実用的なものになりつつある<sup>7)</sup>。特に、ジルコニアには細胞毒性がないと報告されており、ジルコニアインプラントにおいてもオッセオインテグレーションが確認されたとの報告もある<sup>8)</sup>。

### 9) オールセラミックスの臨床予後

オールセラミック修復物の臨床予後に関する研究によると<sup>9,10)</sup>、いずれの CAD/CAM システムで製作される修復物においても90%以上の残存率を示しており、特にジルコニアにおいてはフレームそのものの破壊は一切なかったとされる報告が多数を占めている。また、失敗したケースでは、前装ポーセレンのチッピングやポーセレンの厚みが大きくなっている部分での破断が大部分であり、ジルコニアフレームとポーセレンの界面における脱離が起こったケースは稀であった。従って、フレームのサポート形状を重要な要素として考慮する必要があるが、CADでサポート形状を自由に設計できるシステムはまだ少ない。ジルコニアフレーム作製への CAD/CAM システムの応用は、日本ではまだ5年程の臨床経過しかない。そのため、材料の強度は従来の歯科用セラミックスに比べて著しく高いが、今後臨床経過を慎重に見ていく必要がある。

## 4. まとめ

CAD/CAM システムの登場により、歯科医療の業