

201031013B

別添1

厚生労働科学研究費補助金

地域医療基盤開発推進研究事業

歯科医療を取り巻く業務形態のあり方に関する研究

平成21年度～22年度 総合研究報告書

研究代表者 宮崎 隆

平成23(2011)年 5月

目 次

I. 総合研究報告

歯科技工業務の効率化に関する研究 ----- 1

宮崎 隆

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

(資料2) CAD/CAM の普及をいっそう推進するには?

(資料3) 将来のCAD/CAM をめぐる環境を考える

(資料4) 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

(資料5) 市民公開シンポジウム抄録

(資料6) 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

分担研究報告

I-1. 歯科技工士教育の現状と問題点・補綴治療の今後の動向

----- 41

二川浩樹・三浦宏之

(資料1) Titanium ion induces necrosis and sensitivity to lipopolysaccharide in gingival epithelial-like cells

(資料2) Impact of titanium ions on osteoblast-, osteoclast- and gingival epithelial-like cells

(資料3) Titanium Immobilized with an Antimicrobial Peptide Derived from Histatin Accelerates the Differentiation of Osteoblastic Cell Line, MC3T3-E1

(資料4) Immobilized-OPG-Fc on a titanium surface inhibits RANKL-dependent osteoclast differentiation in vitro

(資料5) 歯科技工士教育の高度化 その先にあるもの

I-2. 歯科技工業界の現状	97
末瀬一彦	
(資料1) 歯科CAD/CAMシステムの基礎と応用 講習会資料	
(資料2) 歯科技工士の難易度調査に関する報告とその評価 第1報社会保険診療報酬収載補綴装置の製作について	
I-3. 他業種の事例調査	145
堀田康弘	
II. 研究成果の刊行に関する一覧表	149
III. 研究成果の刊行物・別刷り	150

厚生労働科学研究費補助金（地域医療基盤開発推進研究事業）
（総括）研究報告書

歯科医療を取り巻く業務形態のあり方に関する研究

研究代表者 宮崎 隆 昭和大学歯学部教授

研究要旨

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る。特に、歯科技工士が担っている補綴物などの製作においては、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ない。しかし、日本における歯科技工の業務形態は旧態依然とした状況にあるだけでなく、急速な超高齢社会への移行のなかで、技工作業そのものを行う若い労働人口の減少も顕在化している。平成21年度の本研究において、現在の歯科技工業務における問題点を調査し、他業種における改善例などと照らし合わせた対応策を検討した。続く平成22年度では、これからの技工作業に必要な新技術や新素材に対応できる知識の整理を行い、歯科技工教育の入口の部分から転換を図り、より魅力ある業務となるようなモデルケースを提示する。

三浦宏之 東京医科歯科大学 教授
二川浩樹 広島大学 教授
末瀬一彦 大阪歯科大学付属歯科技工士
専門学校 校長
堀田康弘 昭和大学 講師

と少人数ですべての仕事をこなしている技工所が全体の36%もあり、日々の作業に追われてしまう現状を考えると容易ではない。また、技工作業の効率化を目指して開発された歯科用CAD/CAMシステムにしても、本来の効率面での優位性を示したものはまだ少なく、新しい業務形態への変革を遂げようにも、そのモデルケースとなるものが十分に模索されていない。そこで本研究では、歯科だけにとらわれず、他業種で同様の課題を抱えつつも改善が図れたケースや、諸外国の先進的な事例等を参考としつつ、今後の歯科保健医療の変化、さらには社会の変化に対応した、将来における歯科技工業務形態のあり方を提言したい。

A. 研究目的

今日の歯科保険医療の中で、その治療技術の一端を担っている歯科技工士を取り巻く環境の変化はあまりにも大きい。従来ハンドメイドによって作製されてきた修復物や補綴装置が、歯科用CAD/CAMシステムによる省力化、充填材料や接着材料の進歩による技工士の手を介さない直接修復の増加、さらには、予防中心の診療形態への移行など、これまでの歯科技工における業務形態から変化することが求められている。また、厚生労働省発表の平成18年保健・衛生行政業務報告（衛生行政報告例）結果（就業医療関係者）の概況をみても、歯科技工士における20代の就業人数は20年前に比べ半分以下となっており、超高齢社会を迎えた現在では、歯科技工士の世界においても労働者の高齢化が進んでいる。一方で、こうした旧態依然の業務形態からの脱却を計ろうにも、2006年歯科技工士実態調査報告（日本歯技）にもあるように、勤務者の総人数が1～5人

B. 研究方法

本研究では、今後の歯科保健医療の変化、さらには社会の変化に対応した、将来における歯科技工業務形態のあり方に関してモデル的ケースを提示することを目的としている。

そのため前年度には、歯科技工業務の効率化に期待される歯科用CAD/CAMシステムの現状と課題（宮崎）、歯科技工士教育の現状と問題点（三浦）、補綴治療の今後の動向（二川）、歯科技工業界の現状（末

瀬)、他業種の事例(堀田)について聞き取り調査、文献調査等を行ってきた。その結果、歯科医療の業態の変化に応じて今後の技工業務も変化が求められ、従来の保険診療をベースにした修復物や補綴装置の作製に加えて、高度な審美補綴装置やインプラント関連の技工業務の増加が見込まれるようになってきた。その分野には従来の歯科技工の現場では操作が困難であった新素材が導入され、新しい成形加工法の導入が必要になる。従って、これらに対応できる技工業務と技工士教育が必要になる。さらに、今後の歯科技工士は、補綴装置の作製だけでなく、手術支援、リハビリメイク、再生医療等に関する知識を有することが必要となることが示唆された。また、技工業界における若年層の急激な減少についても、技工所の作業環境や生産性を含めて早急な対応が求められていることも明確となった。

そこで本年度研究では、これら調査の結果を集計・検討し、現在行われている歯科技工業務の最適化に向けた作業工程をデザインするために、最適化されるべき技工業務のリストアップと、最適化された作業工程を整理する。(宮崎・堀田) また、新しい歯科技工業務に携わる歯科技工士を教育するために、各技工士学校での取り組みを集計し、最適化された作業工程とともに、これからの歯科技工士が知らなければならない項目を盛り込んだ、教育カリキュラムのベースを作成する。(末瀬・三浦・二川)

C. 結果

1. 歯科用 CAD/CAM の歴史

1946年にペンシルバニア大学ムーア校で世界最初の電子計算機「ENIAC」が開発され、1950年代後半にはマサチューセッツ工科大学(MTI)でコンピュータを用いた図形処理システム(CAD)のプロジェクトが始まった。1960年代には自動車や飛行機の業界でCADシステムが開発され、1970年代には製作まで含めたCAD/CAMシステムが導入され、一般産業界にも順次普及が進められた。自動車業界では、従来手書きの線図で設計をして倣い加工により直彫りで試作品を作製していたが、1990年代には本格的なバーチャル開発が行われ、開発期間の短縮と開発コストの低減が実現された。自動車以外の製造業

においても、CAD/CAMシステムを導入することにより、生産性を向上して、コストを削減して生存競争を続けてきた。

このような一般産業界で実用化されたCAD/CAMシステムの導入は歯科補綴装置の作製にも期待されたが、実用化への道は平坦ではなかった。一般産業界の製品は図面を製作のスタートとしたのに対し、歯科補綴装置は口腔内の支台歯や顎堤に適合させることが必須であるので、CAD

(設計)の前提として対象の生体組織の形態情報の入手、すなわち計測が必要になる。また、一般産業界が少品種大量生産であったのに対して、歯科医療では従来から個別の患者の症例に究極のテーラーメイドの医療(補綴装置)を提供してきたし、専門職の歯科技工士が高品質の装置を作製してきた歴史がある。そこで、この領域にCAD/CAMを導入するにあたっては、現状のシステムではできない付加価値が必要になる。それらは新素材の適用や補綴装置の品質の向上、生産性の向上と患者医療サービスの向上などであり、現在の歯科医療ではこれらが求められている。

歯科界では一般産業界でCAD/CAMが注目された1970年代に、二人のパイオニアが歯冠修復物作製にCAD/CAMを検討した(図1)。Duretはクラウン・ブリッジの作製に、光学印象(カメラ)とバーチャルワークスアップ(CAD)で設計を終了し、金属ブロックから削りだす(CAM)ことを提案したが、カメラの精度やコンピュータソフトの限界で実用化に時間がかかった。一方、Mormannはセラミックインレーに特化し、窩洞形成後に光学印象し、モニター上で窩洞に適合するインレーの設計とチェアサイドでのブロックからの削りだしを行い、ただちに口腔内に合着して、咬合面形態は術者がバーで成形するシステムを開発した。対象が限られているし、咬合面形態のCADができないという制約はあったが、CAD/CAM化のメリットである早期の機能回復や新材料の導入が臨床家に受け入れられ、歯科界にCAD/CAMの用語が普及する契機となった。

その後咬合面をコンピュータで設計してクラウン・ブリッジを作製することが、世界中の研究者や企業の目標になり、1980年代以降我が国を含めて研究が進んだ。

口腔内でクラウン支台歯のマーヅンを精度良く光学印象するのは難しかったため、精密に再現された石膏模型を CAD/CAM のスタートとして、主に技工作業の効率化を目的に実用的な歯科用 CAD/CAM システムが開発された(図2)。このシステムは形態情報の入手のためのデジタイザー、CAD のコンピュータ、数値制御加工機 (CAM) から構成される。当初は3点の装置が分離しているものが開発され、小型の一体型装置も開発された。当初は大型のワークステーションが用いられたが、パソコンの性能が向上して普及した。加工効率を向上するために、デジタイザー(および CAD コンピューター)が加工装置と分離し、ローカルネットワークで接続されるものが登場した。デジタイザーには触診式、レーザ変位計、CCD イメージセンサーほか、いろいろな機構のものが提案された。

1990年代には日本の大学や企業の研究開発のレベルは高く、国産の実用機も開発されたが、残念ながら、我が国では歯科技工の現場に CAD/CAM 装置の普及は進まなかった。これは、歯科技工用 CAD/CAM 装置の価格が高額であること、我が国では保険診療用に金銀パラジウム合金の使用頻度が高く、簡単な鋳造装置で製作ができること、オールセラミックス用材料の強度に対する信頼性が低く、従来の金属焼付ポーセレン修復の需要が高いことなどにより、CAD/CAM 装置を利用する材料の臨床需要が少なかったことにもよる。インプラント治療においても、当時は上部構造に金合金を利用して従来の歯科技工技術の適用で品質を担保していた。

一方、世界は2000年代にはいり、大きく動いた。インターネットが普及したことにより、デジタイザーと加工センター間で国境を越えたネットワークを利用した新しい加工システムが登場した(図3)。最初に実用化したのはプロセラシステムで、スウェーデン本国の加工センターで、送信された模型のデータからフレームの設計をして、大規模設備を利用して高密度焼結体アルミナのフレームを作製し、注文した歯科技工所に配送する。技工の分業化ではあるが、これまでの歯科技工設備では利用が出来なかったファインセラミックスを応用したことで世界に普及した。その後、ファインセラミックスの

中で高強度の高密度焼結体ジルコニアがオールセラミックスのフレームに注目され、ネットワークと加工センター方式が適用されて、歯科技工の確固たる分野になり、CAD/CAM が世界中で急速に実用化された。

この流れは5年ほど前から我が国にも入ってきた。特にインプラント治療においては、コーンビーム CT の普及とともに、デジタル技術が検査、診断から、さらに埋入手術の支援に利用されるようになった。そして、自家製のアバットメント作製や上部構造のフレーム作製に CAD/CAM が利用されるようになってきた。しかし、その利用は大規模な歯科器材メーカーが設立した加工センターや、大手歯科技工所が中心であり、一般の歯科技工所で CAD/CAM を利用した補綴装置作製の工程に関わっているのはまだ少数である。

近年の技術革新は、コンピュータ、キャドソフト、加工機、ネットワーク技術だけでなく、カメラ(光学技術)にも及んでいる。かねての夢であった口腔内カメラの性状が向上し、CAD/CAM のデジタイザーとして利用されるようになった。口腔内カメラを使用した情報収集を光学印象と呼ぶ。従って、歯科医院での直接形態情報の収集がスタートになって、院内の CAD/CAM とネットワークの CAD/CAM が、さらに効率よく利用できる時代がくると期待される(図4)。これが完成すると、いわゆる検査、診断、患者説明、処置、歯科技工、診療録まで一連の Digital dentistry が完成する。この流れの中で、医療チームの一員としての歯科技工士の役割と、歯科技工所の業務形態の見直しが必要になるであろう。

2. Digital Prosthodontics の現状

現状の一般的な補綴治療では、印象採得をして模型を作製し、これを出発点として歯科技工作業で補綴装置を作製する。一方、今後期待される Digital Prosthodontics では Digital impression (光学印象)をとって必要があれば Digital model と Digital articulator を利用して補綴装置の設計(CAD)をして、数値制御の加工機を利用して実際の加工(CAM)をする(図5)。全てを CAM でまかなうことは難しいので、従来の歯科技工の工程を併用することもある。

光学印象そのもののアイデアは歴史が古い、近年、ブルーレーザ方式、このすこびく・ホログラフ方式、パラレル共焦点方式などの新しい方式が提案され、印象精度が向上した。光学印象の導入は、安全性の向上、チェアタイムの軽減、印象精度の向上、経済効果、情報量の増大等のメリットを有する。同様に、Digital model は石膏以外の樹脂や紙などの素材が利用できること、感染防止、情報の保存や再利用、精度の向上などの利点を有する。歯科技工士の立場からも、支台歯形成や印象採得の不備による技工物再製のリスク低減や、データの転送による利便性の向上など利点が多い。

2年ごとにケルン（ドイツ）で開催される世界最大のデンタルショーIDSにおいては、2011年のトピックスは新しい光学印象用スキャナーの開発である。従来よりも装置の小型化がはかられ、カメラのヘッドも小さくなった。さらに、スキャナーがオープン化され、USBでパソコンに接続してオープンのCADソフトを利用できる環境になってきた。一部歯科用ユニットに組み込むものも登場し、今後価格次第では急速な普及が期待される。

現状の歯科技工の工程は、模型を出発点として、金合金で確立したロストワックス精密鑄造法が中心になっている。保険診療では金銀パラジウム合金を用い、患者の高度な審美的要求にはポーセレン焼付金合金を用いて作製したフレームにポーセレンを前装して完成する。安全性や審美的性の点からは患者の好む歯冠修復は金属よりはセラミックスである。しかし、我が国の歯科界で金属を多用しているのは、金属が韌性に富むので耐久性が高いこと、ロストワックス精密鑄造法が確立したので全国のどこの歯科技工所においても一定の適合性と品質保証ができること、金属は仮にトラブルが生じても修理が容易であることなどの理由による。とりわけ、我が国で金合金の代用合金として金銀パラジウム合金が開発され、保険に適用されていることが大きい。しかし、先進国で銀色系の金属修復物を見える部位に使用しているのは我が国だけである。さらに、金銀パラジウム合金には価格が変動して高価な貴金属である金を12wt%、パラジウムを20wt%含有しており、保険診療用材料としてコストパフォーマンス

が低く、見直しが求められている。

患者の希望する修復物は金属よりもセラミックスであるが、残念なことに従来のポーセレンやその改良品は素材の耐久性が十分ではなく、製作工程が煩雑で術者の経験と力量の依存し、生産能率が低く、それが患者のチャージにも反映せざるを得なかった。そこで、オールセラミック修復を安心して国民に普及させるためには、新素材と新成形加工法が必要になる。

金属焼付ポーセレン修復をオールセラミック修復に移行するためには、現在のポーセレンよりも強度が大きくかつ同等の審美的性を有する材料を利用する方法と、金属の変わりに高強度セラミックスのフレームを作製して従来のポーセレンを前装する方法の二通りがある(図6)。前者には強化ガラス(結晶分散ガラス)が利用されるが単冠に限定される。後者には近年ジルコニアの高密度焼結体が利用され、ブリッジやインプラント上部構造のフレームに利用されている。これらの新しいセラミックスを歯科補綴用装置に利用するためには、従来の技工技術では対応できず、新しい成形加工法が模索され、CAD/CAMが利用されている。

特に、CAD/CAM装置でブロックから削り出す結晶分散ガラス(ポーセレン)クラウンは、従来の粉末築成・焼成による形態再現に比べて非常に効率が良い(図7)。ブロックは粉末築成・焼成体に比べると内部欠陥を含まず、適合性も安定する。しかも従来のポーセレンに使用できるアドオンやステイニングが併用できるので、歯科技工士が簡便に修正や仕上げをすることができる。さらに臨床家が接着処理と接着性レジメンメントを利用して合着すると、臼歯部単冠に十分な耐久性を有する。

現在歯冠修復用に、タイプ別金合金や陶材焼付金合金だけでなく、我が国では価格の変動する貴金属元素を大量に配合する金銀パラジウム合金を保険採用して多用している。貴金属は資源に限られ、戦略物質として、また世界の経済状態により価格が変動し、歯科の現場でパラジウムあるいは金・白金の高騰に悩まされたのは記憶に新しい。さらに、価格が安定したとしても、一般工業品と異なり、使用量(流通量)が増えれば価格が下が

るという経済原則が通用しない。従って、高価な貴金属を医療用に使用することは限界がある。CAD/CAM の利用は、ガラスブロックのように従来の成形加工法では使用できなかった工業製品の使用が可能になり、歯科材料の価格に流通化による価格競争の恩恵をもたらすことが可能になる。従って、CAD/CAM のガラス（ポーセレン）クラウンは、品質の保証のみならず医療コストの点からもきわめて実用性が高く、今後の臨床普及が期待される。

一般的にジルコニアという名称が使われるが、正式にはイットリアを混ぜたジルコニアと、セリアを混ぜたジルコニアとアルミナの複合材料が利用されている。図8に代表的な歯科用セラミックスの曲げ強さと破壊靱性値を示す。従来のポーセレンは曲げ強さが100MPa、破壊靱性値が $1\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 前後であるが、分散強化、ガラス浸透強化、高密度焼結体化により、新素材の曲げ強さと破壊靱性値が向上した。特にジルコニア系材料の強度が非常に大きい。イットリアを固溶して正方晶に安定化したジルコニアの高密度焼結体（イットリア安定化正方晶ジルコニア）が、現在世界中で、ブリッジやインプラント上部構造体のフレームとして応用されている。最終的には高密度焼結体から削りだすのは効率的でないので、チョーク状の半焼成体や未焼成体から削りだし、二次的に高温焼成して高密度焼結体の構造にする方式が利用される。しかし、二次焼成で修復物が収縮するので、あらかじめCADの段階で収縮分を膨張させて調整する。現状ではブリッジにおいてもセメント合着に十分は適合性が得られる(図9)。

一方、セリアを固溶して正方晶に安定化したジルコニアとアルミナの複合材料でジルコニアとアルミナ結晶内にナノサイズのアルミナとジルコニアを配合して強化した材料がわが国で開発され、臨床応用が始まった。この材料は現在利用できる歯科用セラミックスの中でもっとも強度の大きい材料であり、口腔内環境下での劣化が少ない。インプラント上部構造やロングスパンブリッジのフレームだけでなく、従来の金属装置の代用が期待される。

CAD/CAM の歯科利用で問題になるのは、CAD が現在の歯科技工士のルーティ

ンの技能と同等以上になるかである。当初、フレームの作製にCADが実用化されたときは、支台歯形状に対して単純にフレームを厚さが一定になるように設計していた。これでは、前装するポーセレンの厚さや形態にも制限があるので、歯科技工士が一度フレームのワックスアップをして、支台歯模型とワックスアップの両方をデジタイザーでスキャンする方式（ダブルスキャン）が普及した。しかし、これでは省力化にならない。現状では画面上でポーセレンのサポート形状を含めて多様な設計ができるCADソフトが開発されている(図10)。また、咬合面形状についても、デジタルならではの膨大なデータベースの蓄積が行われており、全自動で個別の症例に最適の歯冠形状の設計ができるシステムの開発が行われている。このようにCAD/CAMは急速なスピードで進化している。

D. 考察

歯科医療へのCAD/CAM導入のメリットをあげると以下ようになる。

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、データの転送による歯科技工のネットワーク化が可能になる。

2) 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、しかも工場で管理されたブロックを出発点にすることにより、内部欠陥の無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のが可能になる。

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。

一方、課題もある。

1) 従来の手作業に比較してCAD/CAMは融通が利かない。

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する。(必ずしも従来の最高レベルには到達しない。)

3) 支台歯形成の自動化は現状で難しいので、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に反映するのが難しい。

しかし、材料や技術、装置の進歩が急

速に進められているので、これらの課題が克服されて、CAD/CAM が益々普及することは時間の問題である。図 1 1 は、前述の IDS における CAD/CAM 関係機器の出展ブース数の推移を示す。2009 年から 2011 年にかけて急速に増大していることが認められる。図 1 2 は産業界における新製品の普及に関するマーケティング理論である。今まさしく歯科用 CAD/CAM は普及離陸期にあると言える。

歯科医療への 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、歯科医師や歯科技工士に有用であることは勿論であるが、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に貢献すると期待される。

CAD/CAM の普及や加工センターの利用により、歯科技工士の職業が奪われるのではないかとの意見が聞かれる。しかし、歯科医療の現場で使用される補綴装置は、産業界の製品と異なり、ヒトの体の中で使われ、生体組織の一部として生体機能を代行する装置である。従って、歯科医師が検査・診断をして治療計画を立てて、その流れで補綴装置を個々の患者にテーラーメイドで供給することは変わらない。CAD/CAM を導入しても、補綴装置の設計、すなわち CAD の操作は歯科医療と補綴装置の作製方法を熟知した専門職である歯科技工士が担当することになる。そして、品質の安定した補綴装置（実際は半製品）が加工センターで作製されても、その仕上がり状態を検査し、必要に応じて調整し、機械化が難しい工程に関してはポーセレンの前装のように、歯科技工士の手作業が必要になる。このようにして後処理とチェックをすることにより、歯科医師の前に医療用具としての補綴装置が供給される。従って、CAD/CAM の導入は歯科技工士にとっては、医療チームの一員としてより専門性の高い業務に従事することになる。

ネットワークが普及すれば、スキャナーと CAD ソフトがあれば、個別の歯科技工所から加工センターに設計データを送って補綴装置の発注ができる。現在は、先行している各 CAD/CAM システムがクラウドでシステム間に互換性がない。し

かし、IDS の新しい機器開発の流れをみると、歯科用 CAD/CAM に関連する機器やソフトはオープン化が進められ、歯科以外の業界からの参入が増えている。大掛かりな加工用装置の導入にはそれなりの資本が必要であるが、我が国には金型産業をはじめ、NC 加工機を設備している熟練の工場が多数ある。医療用具の製作には国の規制があるが、政策で歯科補綴物作製の産業を育成する方針が認められれば、日本の歯科技工業界は活性化すると考えられる。我が国は歯科技工士学校のカリキュラムが整備され、歯科技工士のレベルは国際的にも非常に高い。ジルコニアをはじめとする歯科用の新素材も日本企業がリードしている。日本の歯科技工が高度専門化に対応できれば、むしろ、日本が歯科補綴装置の国際ブランドとして世界からネットワークにより注文を集めることも夢ではないと考えられる。

そのためには、歯科医師と歯科技工士が、患者を中心に患者のデジタル情報を共有することが重要である(図 1 3)。今後、CAD/CAM をはじめとする Digital dentistry の幅広い導入のためには、医療制度や歯学部教育・歯科技工士教育の改革が必要であり、さらに卒後の継続学習のプログラムの整備も必要になる。

E. 結論

超高齢社会の国民の長寿健康に歯科材料の重要性が高まっている。そして、そのためには資質の高い歯科医師と歯科技工士がチームを組んで、良質な補綴装置を患者に提供することが必要である。しかし、患者が求める新しい歯科医療に対応するためには、従来の歯科技工技術では限界があり、デジタル技術の活用、とりわけ CAD/CAM の導入が必須である。技工業界を若い世代に魅力のあるものにするためには、CAD/CAM を導入して、歯科技工の高度専門化に対応することが必要である。このことが、歯科医療全体の質を向上し、最終的には患者への医療サービスの向上につながる。そのためには、歯科技工士教育の改善とともに、国民への歯科技工の実態のアピール、さらに行政からの支援も必要である。

本研究の成果については、平成 23 年 2 月 20 日に開催の第 24 回歯科チタン学会学術講演会において、市民公開講座を開催

しました(資料 5)。大会長の鶴見大学歯学部歯科補綴学講座大久保力廣教授に感謝申し上げます。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

- 1) 堀田康弘, 宮崎隆. 歯冠修復物作製に利用されるキャドキャムシステムの現状と将来. 日補綴会誌 2011; 3: 1-11
- 2) 宮崎隆, 小倉英夫, 新谷明喜, 中村隆志, 伴清治, 三浦宏之, 堀田康弘. 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. 日本歯科医学会誌 2011; 30: 50-54

2. 学会発表

- 1) 宮崎隆. 市民公開シンポジウム 歯科医療を取り巻く業務形態のあり方ー歯科医療へのチタンの普及と新技術ー. 第 24 回歯科チタン学会学術講演会, 2011 年 2 月 20 日, 鶴見大学

H. 知的財産権の出願・登録状況

(予定を含む。)

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

本文中
図 1-13

歯科用CAD/CAM研究開発の歴史

- 1971年 Dr. Duret
- 1979年 Dr. Moermann (Zurich Univ)
- 1983年 Dr. Duret (USC)
- 1985年 Sophasystem (Dr. Duret)
- 1987年 Dr. Rekow (Univ Minnesota)
- 1988年 Siemens Dental Co.
- 1989年 Dr. Anderson (Univ Michigan)
- Nobel Biocare Germany GmbH
- 1990年 DCS Dental AG
- 1993年 Procera system
- 1998年 DCM system

CAD/CAMシステムの考えを歯科に持ち込む
CEREC systemの元になるプロジェクトの立ち上げ
 最初のプロトタイプを発表(口腔内・外で光学印象)
 実際に30以上の歯科医院で使用される
 Denti CAD system発表ーBEGO(タッチプローブ計測)
CEREC systemの発表(口腔内で光学印象)
 放電加工を使ったデジタルのCAD/CAMシステム開発
 (タッチプローブ計測)ー**Procera system**
 DCS Titan systemの発表(最初はタッチプローブ計測)
 焼結アルミナを用いたコーピング製作法の発表
 ネットワークセンター化
 Dr. Schärerらによるジルコニアの臨床応用が始まる

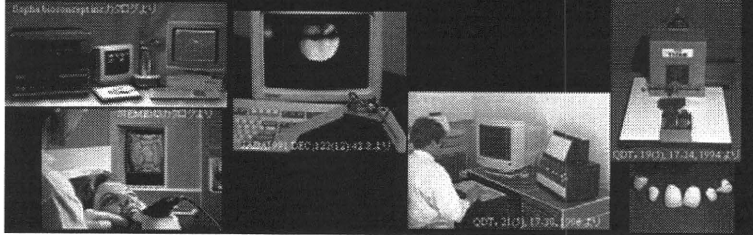


図 1

歯科用 CAD/CAMの応用 (第二世代)

(1990年~2000年)

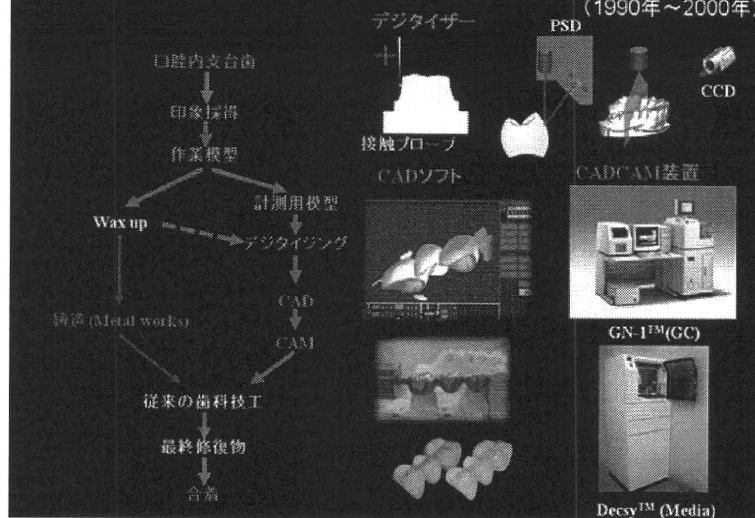


図 2

歯科用 CAD/CAMの応用 (第三世代)

Dr. Anderson (1989) (2000年~2010年)

Procera system: titanium (1989)

Procera system: alumina (1993)

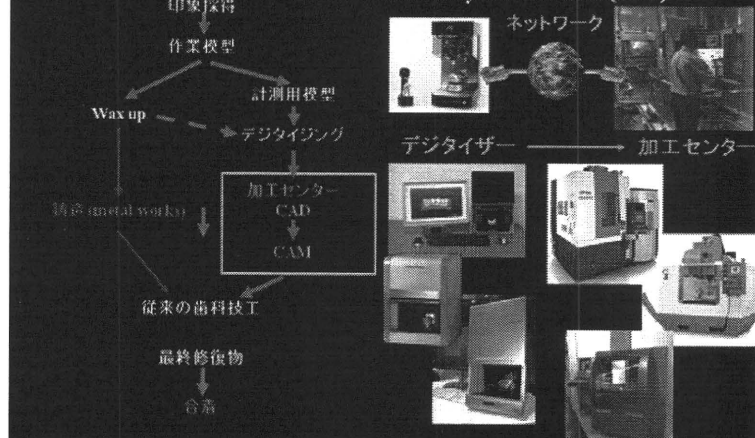


図 3

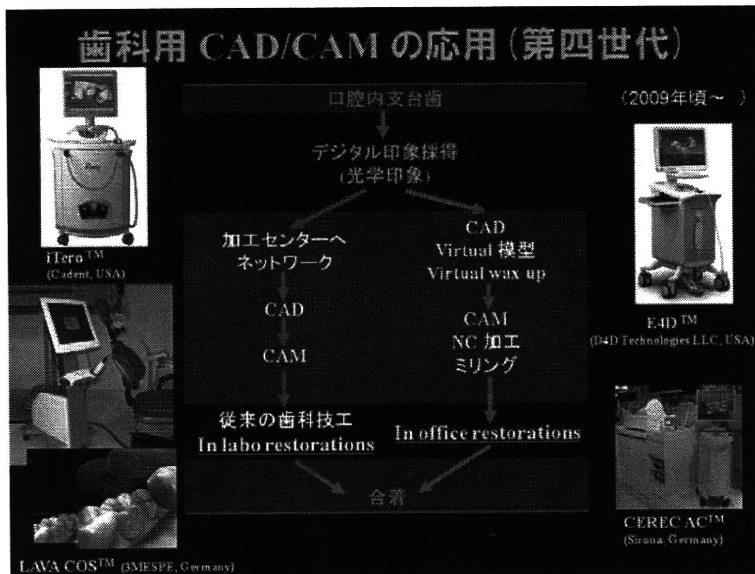


図 4

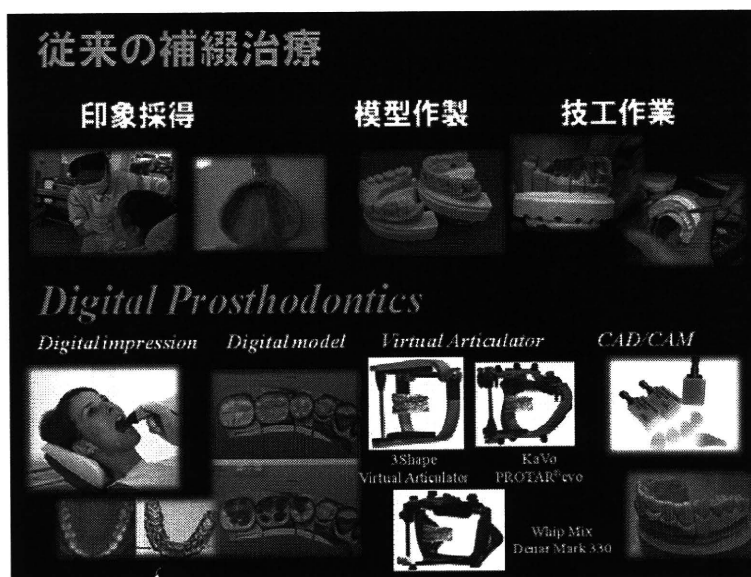


図 5

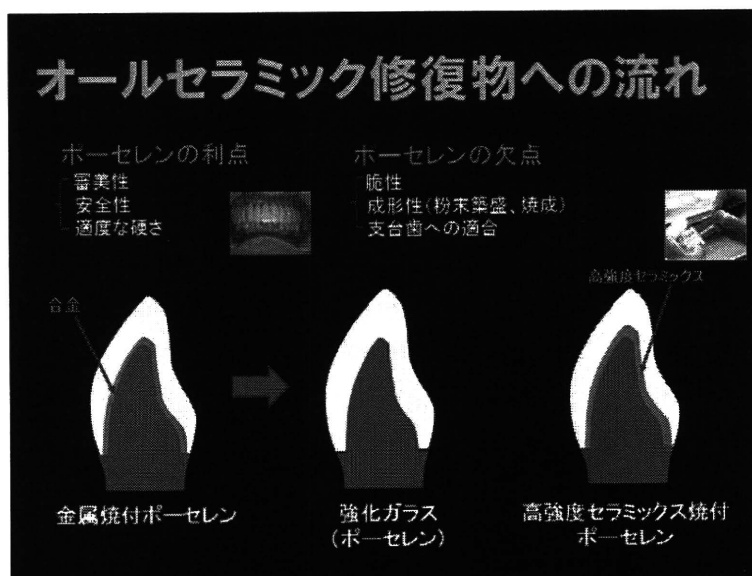


図 6

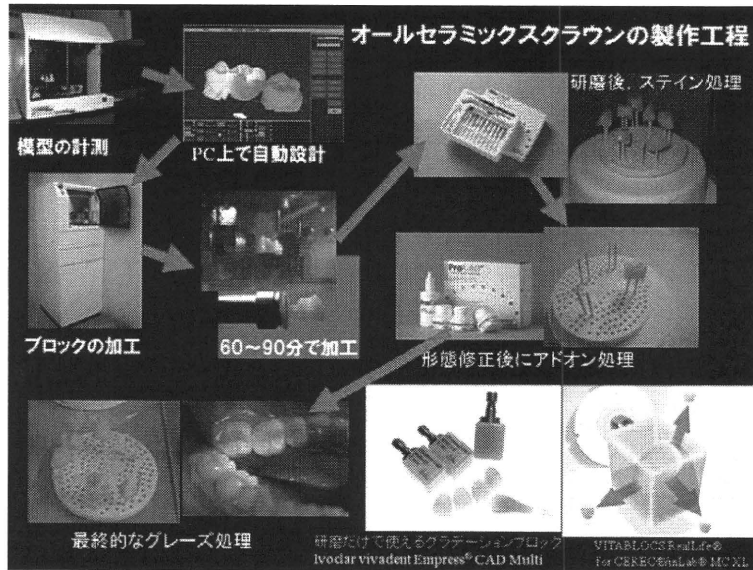


図 7

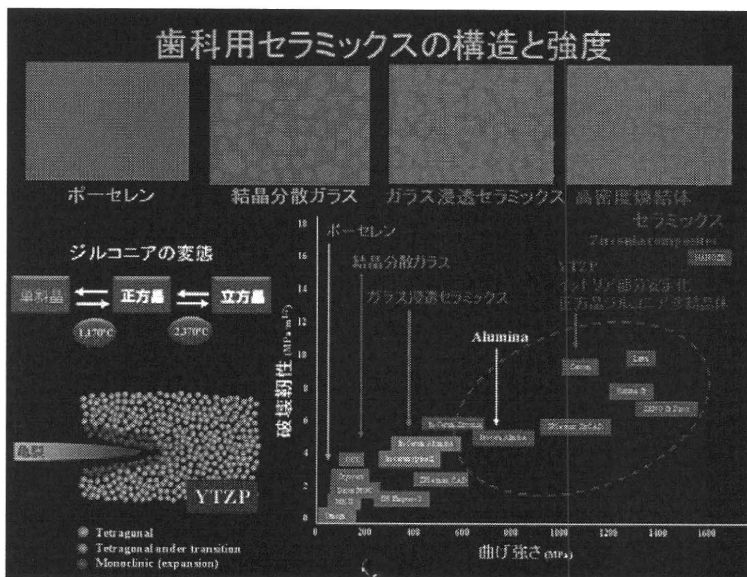


図 8

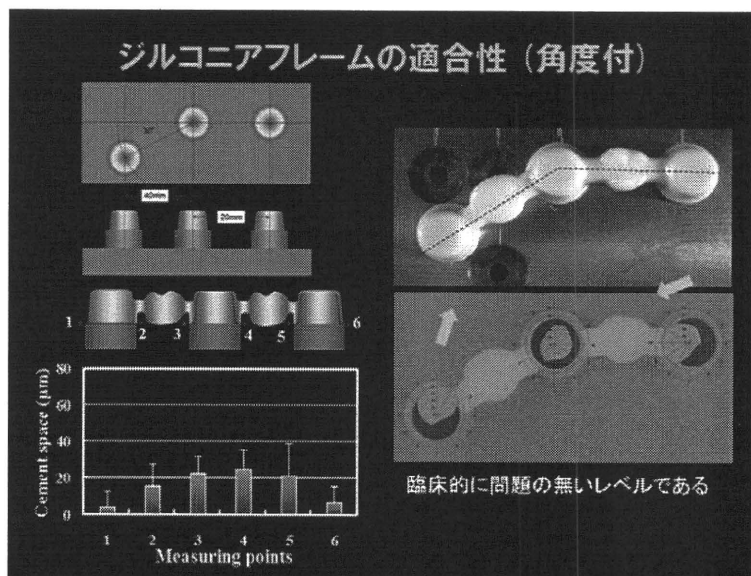


図 9

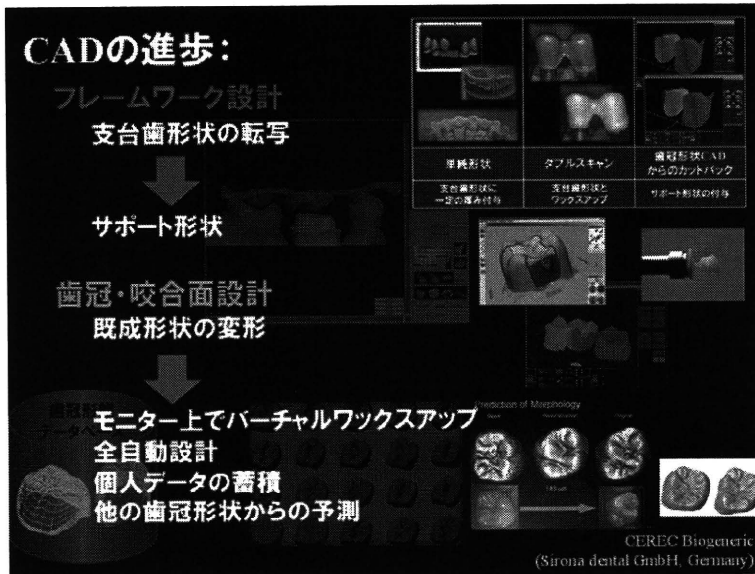


図 1 0

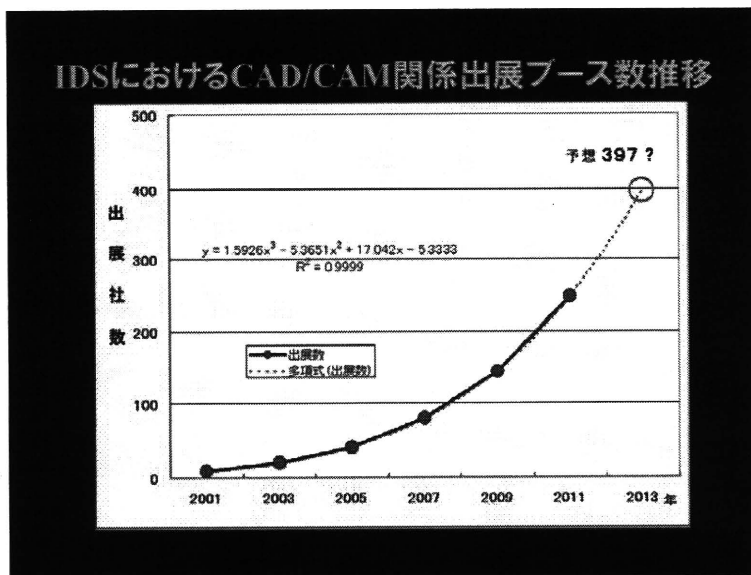


図 1 1

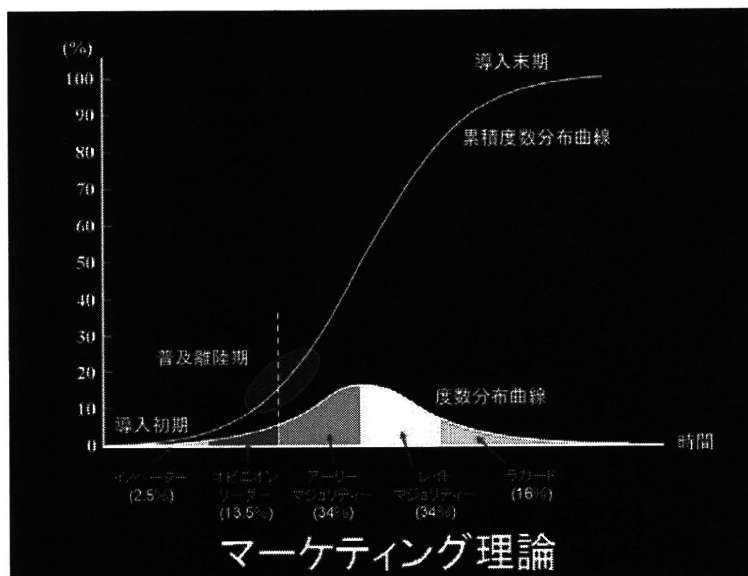


図 1 2

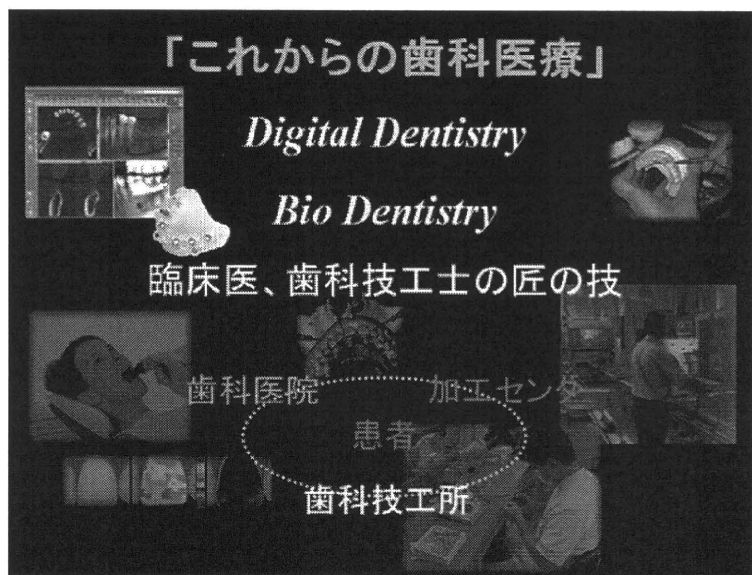


図 1 3

資料 1

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 1：「インプラント治療+ CAD/CAM」で何が変わった/変わるのか？

宮崎 隆（司会） / 山崎長郎 / 勝山英明 / 石川知弘 / 十河厚志

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：本日は、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「インプラント治療とCAD/CAMの接点」を大きなテーマとして話しあってみようと思います。

近年、インプラントとCAD/CAMが同じ文脈で語られる機会が非常に多くなっていますが、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：それではまず、私から各論として外科処置におけるCAD/CAMについてお話してみたいと思います。

いかに外科手術に習熟している歯科医師でも、油断すれば窮地に追い込まれます。それを防ぐには的確な診査・診断を行うに尽きますが、それをコンピュータ上でを行い、三次元的にみられることが大きなメリットですね。さらにはサージカルテンプレートや顎骨模型まで製作できますから。

宮崎：医科における外科領域では、もともとCAD/CAMや

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述でも聴いてみたい」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基調講演の座長・漆野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）



コンピュータが多く応用されていましてからね。骨モデルは脳外科の分野ではかなり以前から製作されていましたが、どうしても精度が低かったです。ですが今では、設計・加工のいずれの精度もかなり進歩しています。

また、治療計画立案をコンピュータで行えることはもはや当然として、それを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。臨床上十分ではありますが、今後とも進化の余地があるでしょう。インプラント手術では、血管の太さやインプラント間の距離を考えますと1mm以下の精度コントロールが必要になります。しかし、海外の文献

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……。ですから、治療計画立案の際に安全域をより大きくとっておくことも重要だと思います。



勝山：実際、インプラント埋入用のサージカルテンプレートの精度は、有歯顎/無歯顎、そしてCT撮影時のメタルアーティファクトの有無などによって大きく変化します。また、現在のところごく一部の著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います。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うるものとして評価されています。

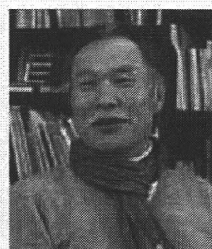
Profiles (順不同、敬称略)



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、歯科データ学会会長、昭和大学歯学部長。



山崎長郎

Yamazaki, Masao

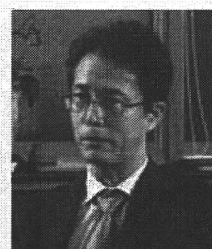
歯科医師。1970年、東京歯科大学卒業。1974年、原宿デンタルオフィス開業、現在に至る。東京SICD最高顧問ならびにSICDインターナショナル会長。つねに世界最先端の歯科医療に携り続け、新界のオピニオンリーダーとして著名。国内・海外での講演・執筆多数。



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、6-D Japan フォウンダー。日本臨床歯周病学会指導医、日本歯周病学会委員、日本口腔インプラント学会委員、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。

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

高崎: それでは、ここからはインプラント上部構造、あるいは一般の補綴物の話題に移りましょう。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: 今、お二人の先生方から歯科用 CAD/CAM とインプラント外科手術との関係についてお話いただきましたが、このように補綴・修復物製作からはじまった歯科用 CAD/CAM にもかかわらず、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、治療計画立案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システムを構築しています。

現在、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。メタルセラミックスの場合にもフレームワークは CAD/CAM によるものですし、これは歯科界の大きな変革といわざるを得ません。しかし、まだまだ普及率が低いのは残念です。私個人としてはこの 9 年ほど CAD/CAM に力を入れているのですが、日本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、多くの先生方に歯科用 CAD/CAM の利点について知っていただきたいと思っています。

高崎: そうですね。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からね。

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、CAD/CAM は多くのメリットをもつにもかかわらず、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、手技の鍛錬によって地位を確立してきたという点がまず挙げられると思います。CAD/CAM のメリットとして、品質の均質化、作業時間の明確化といったメリットが当然ありますが、その手作業とは相反する部分ゆえに CAD/CAM を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、CAD/CAM を導入したくても、それに見合う投資を行うことができない場合も多いです。

しかし、他の業界でも同様に、デジタルの進化はすばらしく、他の産業にくらべて導入が遅れた歯科界ではその反動として、今後も速いスピードで進化していくでしょう。また勝山先生、石川先生がコンピュータを応用した診査・診断のお話をされていましたが、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。講演などでもよくお話ししますが、今後は歯科技工士にも最低限のエックス線・CT の読影能力をもち、補綴設計や診断を歯科医師とともに行うことのできるスキルが求められてくるはずですから。

3) CAD/CAM は「第3の波」

高崎: それでは、このパートのまとめを勝山先生からお願いしたいと思います。

勝山: CAD/CAM はインプラント治療にとって、1960 年代のオッセオインテグレーション、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。歯科用 CAD/CAM は、もはや単純なインプラント上部構造の製作装置のみならず、インプラント治療における診断から実際の埋入、そして上部構造の製作にまで生かせる時代です。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。

高崎: 勝山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。単に CT スキャンの普及率でいえば日本は諸外国にくらべて非常に高いのですが、欧米、とくにヨーロッパ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。科学としての歯科治療にハードウェアをどのように取り込んでいくのか、日本はこれから考えていかなければならないと思います。

高崎: ありがとうございます。

(Part 1 : 完)