



歯科医院での CAD/CAM活用のポイント

第1回 IOSの使用法



きたみち 歯科医院院長

北道 敏行

きたみち としゆき

日本臨床歯科CAD/CAM学会副会長、日本臨床歯科CAD/CAM学会コースインストラクター、ISCD公認国際CERECトレーナー、株式会社モリタCAD/CAMインストラクター、白水貿易株式会社CAD/CAMインストラクター、VITA社CAD/CAMインストラクター、イボクラビバデントジャパンCAD/CAMインストラクター、アマンギルパッハ社CAD/CAM β テスター、ウルトラデントジャパン プロダクトアドバイザー

印象採得という医療行為が今世界規模で変化しようとしている。背景にはCOVID-19による感染防止策の一環にIOS（口腔内スキャナー）が使用されるようにも変化してきている。タービンが普及し鑄造歯冠補綴が当たり前になったように、IOSによるデジタルインプレッションも普及すると思われる。ただしIOSは「機械」であり、扱うのは人間である。印象採得という医療行為がデジタル化しただけで大切なのは従来のアナログの技術であることは言うまでもない。

はじめに

歯科診療の歴史において鑄造技術が登場し、時間の経過とともに現在の補綴分野において当たり前のものになった。近年「デジタルデンティストリー」といった文言が広く歯科界に浸透してきている。「デジタルデンティストリー」の入口としてIOS（口腔内スキャナー）が挙げられる。いわゆる口腔内直接光学印象である。CERECに代表される院内完結型のCAD/CAMシステムを使用したオールセラミック修復物は既存の製作方法で製作されたものと比較して優劣付け難い完成度まで進化している（写真1～4）。また、保険診療においても現時点では石膏模型を光学印象しCAD/CAM冠が製作されている（写真5）。



写真1 上顎正中の審美的改善、#12・#13の審美的改善を主訴に来院



写真2 CEREC Omnicamにてチェアサイド修復を行った



写真3 #14～#24の審美的改善を主訴に来院



写真4 CEREC Omnicamにてチェアサイド修復を行った

いわゆる間接光学印象である。光学印象を歯科診療に取り入れるにあたり、そのコンセプトを理解することは重要である。コンセプトを理解しないと「物事を真似る」ことすら困難であるからである。

世界を見ても歯科診療においてデジタル技術が患者や歯科医師・歯科技工士・歯科医療

スタッフにもたらす恩恵は大きく、時代の流れに伴いデジタル技術を主流とした体系が確立されていくと思われる。

今回はIOSを使用した光学印象のポイント、トラブル解決法、歯科医院でのCAD/CAM活用の現状について3回に分けて解説する。

CERECシステムにおける IOS開発コンセプト

コンポジットレジン充填修復において重合収縮のコントロールが重要であるのは言うまでもない。重合収縮のコントロールミスは今日のボンディング剤の優れた接着性能によりエナメルクラックを生じさせ二次カリエスの原因となったりもすることは周知の事実である。W.H.Mormann¹⁾らはCERECシステムを考案し、臨床的に非常にステップ数が多い段階的重合積層法とは異なり、辺縁封鎖性に影響を及ぼす「辺縁材料の材質の低下」は歯質との弾性および熱特性の差に求められるとした。また、コンポジットレジンに比べポーセレンは物理的、科学的特性は天然歯エナメル質にはるかに近いところに着目し、ポーセレンをコンポジットレジンで

接着することにより非常に優れた辺縁材質を達成できるとした¹⁾。日本では窩洞に浮くセラミックと称された時期もあったが、原理的にはあえて窩洞より150～200 μ 小さく切削したセラミックブロック(インレー)をコンポジットレジンの接着材料として使用することにより、重合収縮や辺縁閉鎖性を向上させることに成

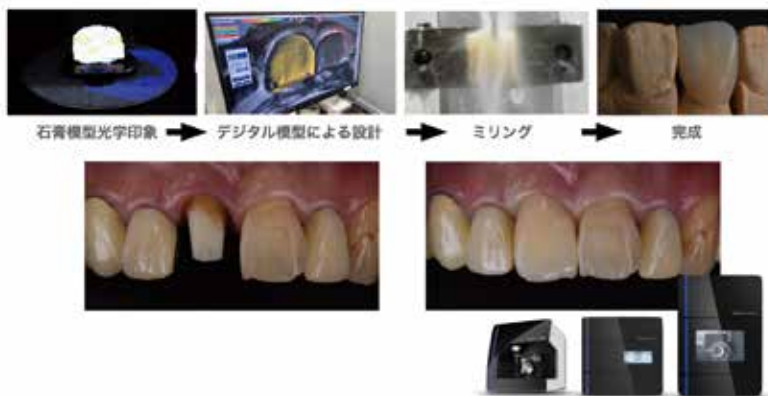


写真5 保険診療における前歯部CAD/CAM冠の製作。石膏模型を光学式スキャナーで読み取りコンピューター上で修復物を設計し製作する

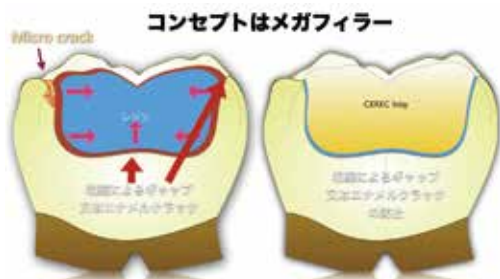


写真6 セラミックインレーを製作するためではなく、C R充填における重合収縮のコントロールを主眼に開発された。すなわちメガフィラー併用型コンポジットレジン修復であった

功。後に起こるコンポジットレジンの熱膨張に関しても抑制することができたとされている。これを「メガフィラーの原理」と言う。すなわち、C R充填の欠点を克服するために開発された CEREC システムであった(写真6)。

IOSのタイプ別使用法

IOSには一社のメーカーのみで全てが完結する「クローズドシステム」と、他社製品でデータの受け渡しが可能な「オープンシステム」の2タイプに大別される。クローズドシステムとして世界的に有名な CEREC システムが挙げられるが、近年極めて高解像度の STL データが排出可能となっておりオープンシステムとしても十分に信頼して使用できるシステムでもある。クローズドシステムは一連の操作工程が非常に単純化されており、初心者でも非常に扱いやすい。すなわち歯科医院内での完結システムとして世界的に普及している。

一方 Trios システムに代表されるオープンシステムは光学印象データを STL 方式などで排出し、他社メーカーの加工機を使用して修復物製作が可能である。歯科医院での使用法は、歯科医

師は口腔内光学印象で採得したデータを歯科技工所に送信する。歯科技工所はデータから修復物製作を行い歯科医院に納品する。従来の石膏模型がデータに変わるだけと思っていたのであれば良い。利点は幅広いシステム構成が可能であること。欠点は運用に関して高度な専門知識が要求されることである。さらに機械同士の相性問題などが存在し、初心者には扱いづらい。しかし、近年 Trios システムなどにおいても、国外ではミリングパートナーと提携したメーカー間で加工パス(カットパス)の相互検証が行われており、院内完結型のチェアサイド CAD/CAM として使用可能な機種も増えてきている(写真7)。

どのカメラを選択すればいいのか？ 精度は？

現在国内で薬事承認取得済み機種のカメラにおける精度差は数 μm 程度である。私は、術者の経験値や習熟度により精度差はほとんどないと考えており、カタログ値にこだわるより確実な使用手技を習得することが成功への最も近道である。私はほぼ全ての IOS を臨床で使用しているが、口腔内の湿度コントロー



写真7 理論上はオープンシステムの組み合わせは無限大。しかし、相性問題、加工パスの問題など高度で専門的な知識を要求される



ルなどでも機種間で精度の差が出てくる。また、全ての機種で最新のソフトウェアと最新のハードを使用することが望ましい。IOSの精度に関する論文は多数報告されており、単冠修復や3ユニットブリッジであれば従来のシリコン印象と同等かより優れた精度が得られるとされている^{2,3)}。クロスアーチやフルマ

ウスにおいては今後さらなる検証が必要とされている⁴⁾。IOSを使用した臨床におけるトラブルは、IOSの精度より術者のエラーに起因することが多い(写真8、9)。

スキャンパス

スキャンパスとは、多数の画像を重ね合わ

A. Ender, M. Zimmermann, A. Mehl

Accuracy of complete- and partial-arch impressions of actual intraoral scanning systems in vitro

Group	Precision (μm) 精度 Median [IQR] and mean ± SD of percentile (90–10)/2		・測定値のバラツキを表す用語					
	Complete-arch フルアーチ		Anterior segment 1/3顎前歯			Posterior segment 1/3顎臼歯		
CO	10.6 [3.8]	12.0 ± 4.2	A B C D E F G H	7.8 [1.4]	8.4 ± 1.8	A B C D E F G	6.6 [1.4]	7.0 ± 1.4
TRn	45.6 [38.3]	51.3 ± 22.1	A J	25.2 [16.1]	28.6 ± 8.7	A H I	15.1 [1.9]	15.5 ± 1.7
TRi	53.7 [28.3]	57.4 ± 23.5	B K	27.3 [8.8]	29.2 ± 7.4	B K L	18.2 [3.2]	18.4 ± 2.0
CS	55.2 [41.7]	63.2 ± 26.1	C J A H I	32.1 [11.5]	34.3 ± 8.5	C M N	21.5 [8.6]	23.3 ± 6.5
MD	56.1 [35.6]	66.3 ± 26.2	D O P Q	39.0 [18.3]	40.9 ± 11.8	D H K O P Q	20.5 [4.9]	21.0 ± 2.9
IT	58.6 [38.4]	66.0 ± 31.0	E R S T	28.5 [16.7]	33.2 ± 10.8	E R	18.4 [15.1]	21.7 ± 7.6
OC4	40.0 [14.1]	41.2 ± 12.0	F L O R	25.3 [4.3]	26.2 ± 4.4	F M O S	17.7 [4.8]	18.8 ± 4.1
OC5	40.1 [22.0]	43.7 ± 15.7	G M P S	27.0 [7.8]	28.8 ± 7.1	G P T	20.1 [1.6]	20.1 ± 1.0
PS	30.1 [15.8]	31.3 ± 10.3	H K K N Q T	15.1 [4.4]	16.5 ± 4.0	L N Q R S T	12.3 [2.6]	12.9 ± 2.2

Values indicated as median [IQR] and mean ± SD; all values in μm; values with the same uppercase letter within the same column indicate statistically significant differences (Kruskal-Wallis test for non-normal distributed data, and one-way ANOVA with post hoc Dunnett T3 test for normal distributed data (*), p < 0.05.

International Journal of Computerized Dentistry 2019;22(1):11–19

写真8 IOS別精度比較(上記参考文献より引用)

A. Ender, M. Zimmermann, A. Mehl

Accuracy of complete- and partial-arch impressions of actual intraoral scanning systems in vitro

Group	Trueness (μm) 真度 Median [IQR] and mean ± SD of percentile (90–10)/2		・測定値のカタヨリを表す用語					
	Complete-arch* フルアーチ		Anterior segment* 1/3顎前歯			Posterior segment 1/3顎臼歯		
CO	16.3 [2.8]	16.2 ± 1.6	A B C D E F G H	14.3 [2.3]	13.8 ± 1.7	A B C D E F G H	9.7 [1.2]	9.8 ± 0.9
TRn	49.2 [17.1]	50.5 ± 9.6	A I K L	39.3 [10.1]	37.9 ± 5.1	A I K L	27.3 [2.4]	27.5 ± 1.8
TRi	47.8 [20.5]	51.1 ± 16.1	R M N	34.1 [8.1]	36.5 ± 6.7	R M N O	27.1 [1.4]	27.2 ± 1.1
CS	57.5 [31.4]	61.4 ± 17.3	C O P	40.2 [5.5]	41.1 ± 5.2	C P Q	35.3 [5.4]	35.5 ± 2.9
MD	88.9 [28.2]	93.1 ± 20.2	D I M O Q R S	68.4 [10.9]	68.7 ± 9.3	D I M P R S T U	46.8 [4.9]	46.8 ± 2.6
IT	63.3 [24.8]	60.7 ± 11.5	E Q T U	39.0 [2.9]	39.4 ± 3.1	E R V W	34.4 [1.8]	34.9 ± 1.6
OC4	89.8 [26.1]	87.3 ± 18.5	F K A L T V	47.2 [7.9]	47.7 ± 5.6	F K A S V X	28.5 [4.4]	28.9 ± 3.2
OC5	48.0 [12.8]	49.7 ± 8.8	G R V W	40.3 [2.9]	40.1 ± 2.8	G T Y	36.2 [1.8]	36.4 ± 1.5
PS	32.4 [9.8]	33.9 ± 7.8	H L P S U V W	23.7 [3.4]	23.3 ± 2.0	H L O Q U W X Y	21.9 [1.5]	22.2 ± 1.1

今現時点での口腔内スキャナーの真度と精度比較(最新ソフトウェア)

International Journal of Computerized Dentistry 2019;22(1):11–19

写真9 IOS別真度比較(上記参考文献より引用)



せ合成してCAD変換画像を構築する。重ね合わせる枚数が多いほど誤差が蓄積され精度が低下するため少ない枚数でスキャンを終える。そこでIOSが最も合成を得意とする撮影経路、すなわちスキャンパスが存在する(写真10)。

一般的には最も可動領域の影響を受けにくい口蓋側からスキャンを始める。次に咬合面をスキャンする。最後に頬粘膜など可動領域の影響を受けやすい部位を撮影する。最後に目的とする歯の隣接面など詳細部位を撮影する。修復対象でない部位の隣接面の細かなデータ欠落はあえて追わない。以上の手順で撮影することにより非可動領域のスティッチング(重ね合わせ)で合成された三次元情報を元に、可動部位の情報を張り合わせるによりスティッチングの誤差を最小限に抑える。スキャンパスは機種により異なるため

PrimeScan&CEREC Omnicam – Scanning the Quadrant and Jaw



①近遠心的距離を確定後→②細部情報取得

写真10 左：プライムスキャンのスキャンパス。右：オムニカムのスキャンパス。機種別に存在する。詳細は各メーカーの資料を参照されたい(デンツプライシロナ社資料)

確認が必要である。

カメラワーク

CEREC OMNICAM、CS3600、MEDITI500などアクティブ三角計測法を採用するIOSは計測光と反射光の角度の角差から三角関数の演算により空間識別と深度計算を行う。計測時に「影」が存在し、特に隣接面などの狭いところの撮影は苦手である。「影」ができないように様々な角度から連続的に撮影する必要がある(写真11)。

トリオス、アイテロなどに代表される共焦点法を採用するIOSはその被写界深度(ピントの合う範囲)の理解が必要であ

光学印象の撮り方はこれで合っているのか？

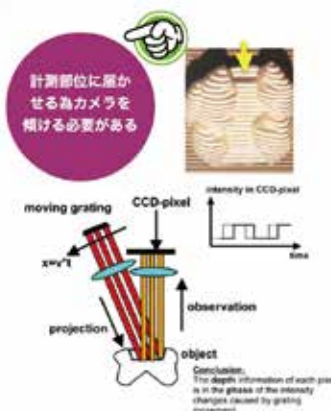
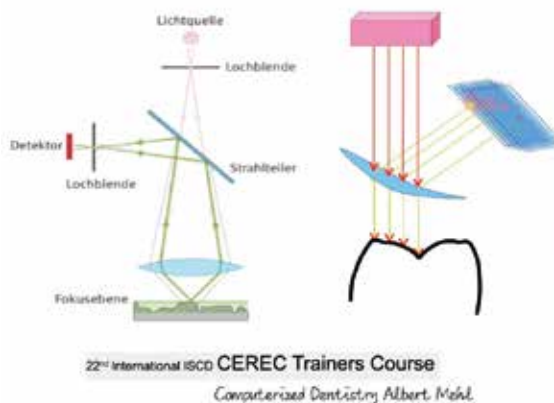


写真11 三角計測法の弱点は撮影時に影が発生する(国際コンピュータ歯科学会資料より引用改編)



・ Confocal Microscopy (共焦点法)



焦点があっている部位がクリアー



写真12 共焦点法は細部の撮影を得意とする。撮影のコツはカメラを速く動かさず、対象歯との距離を一定にゆっくり動かすことである(国際コンピューター歯科学会資料より引用改編)

る。計測光と反射光はプリズム上で同じ方向で焦点を結像し距離を計測。センサーへと屈折されたデータが画像を結像する。すなわちピントの合う範囲はコントラストが上がるので、そのコントラストの上がっている範囲を結像していく(写真12)。よって重要なのは歯列と一定の距離を保ちながらIOSの操作が必要なことだ。水分を特に嫌い、歯列不正や、骨隆起の存在、前歯部の撮影にコツを要する。共焦点法は術者の熟練度に結果が左右される。

プライムスキャンが採用する高頻度コントラストアナライシシステムは計測光の明滅から得られるコントラスト情報とステレオ照度差を用いて立体を定義する。「影の存在」もなく $-5^{\circ} \sim 85^{\circ}$ に至る非常に広い範囲の撮影を容易にし、隣接面などの狭い部位の撮影も容易に行える。また反射、メタルの著しい高コントラスト、エナメル質の光透過などの影響を受けない。その他の精度に影響する要素として術野の乾燥状態、出血の有無、特に水分は計

測光の屈折を引き起こしマージンの正しい計測を妨げる。また0.5mmを超える歯肉縁下マージンに関しては歯肉圧排とスキャンに特化した処置が必要となってくる。今回は実臨床におけるポイントに関して記述する。

(つづく)

参考文献

- 1) Das Cerec-system : Computergestutzte Herstellung direkter Keramikinlays in einer Sitzung
W.H.Mormann,Priv-Dos.,Dr.med.dent./ M.Brandestini,Dr.sc.techn.F.Lutz,Prof.Dr.med
Quoted from:Die Quintessenz 3/1987
- 2) Current status and future prospective of digital based prosthetic dentistry Shinpei Tanaka, DDS, PhD and Kazuyoshi Baba, DDS, PhD. Ann Jpn Prosthodont Soc 9 : 38-45, 2017
- 3) Evaluation of fitness of anterior zirconia ceramic bridge frame fabricated from intraoral digital impression Mamoru YOTSUYA¹⁾, Yusuke TAKUMA¹⁾, Toru SATO¹⁾, Hiromitsu YASUDA¹⁾, Akinori SINYA²⁾, Toshiyuki SASE²⁾
¹⁾Department of Crown and Bridge Prosthodontics, Tokyo Dental College ²⁾Chiba
- 4) Optical Impression in Implant Treatment: Current Status and Future Possibilities.
Shinpei Tanaka, DDS, PhD, Masayuki Takaba, DDS, PhD, Shota Fukazawa, DDS, PhD, Rihei Watanabe, DDSc, Reiji Natsubori, DDSc, Hisatomo Kondo, DDS, PhD and Kazuyoshi Baba, DDS, PhD