Report

Clinical Report

CAD/CAMシステムを用いたCRインレー修復（CAD/CAMインレー）を行う際の要点について

京都府長岡京市 宮地歯科医院　宮地 秀彦

キーワード：CAD/CAMインレーの定義と適応／窩洞形成／接着操作

CAD/CAMインレーの定義と適応

臼歯部の複雑窩洞修復においてコンポジットレジン（以下、CR）を用いた直接法が選択されることは、近年急速に普及してきており、そのこと自体は「Minimal Intervention Dentistry」の観点からも歓迎されるべきことではあるが、もともと直接CR修復は口腔内における丁寧な接着処理や繊細な充填手技を必要とすべき修復法であり、術者の技量などによって、その予後は非常に大きく左右される。しかしながら実情は、近年高騰し続ける金属修復材料などに代表される治療コストの節約などを優先して、安易に行われていることが少なくない。

そもそも修復治療では、患者の要望や経済性だけでなく、修復範囲や処置の難易度に対して、① 安定した咬合関係が修復部位以外でも確立されているか、② 適切な接触点・接触圧・解剖学的形態の付与が術者の修復操作・手技で可能か、③ 口腔内で重合や硬化が十分に行え、収縮などの変化にも対応できるか、④ 咬合面・隣接面における咬耗・磨耗などに 修復材料は経時的に対応可能か、などといった点について、術者自身の技量・オプションなども併せて検討することで、最適な修復法を選択すべきである。安直にその場しのぎの修復を続けていれば、それらの予後は決して期待できず、場合によっては早期の再介入はおろか、歯の寿命を縮めてしまう恐れすらある。

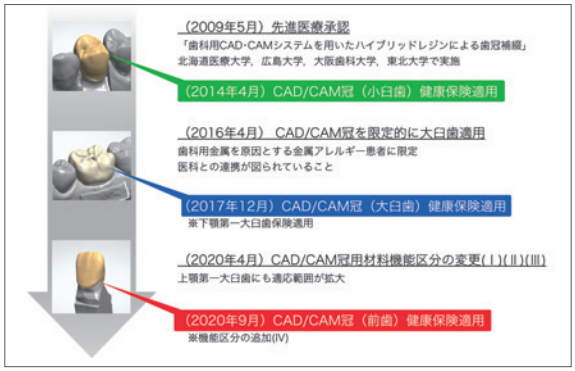

図1 「歯科用CAD/CAMシステムを用いたハイブリッドレジンによる歯冠補綴」の変遷。

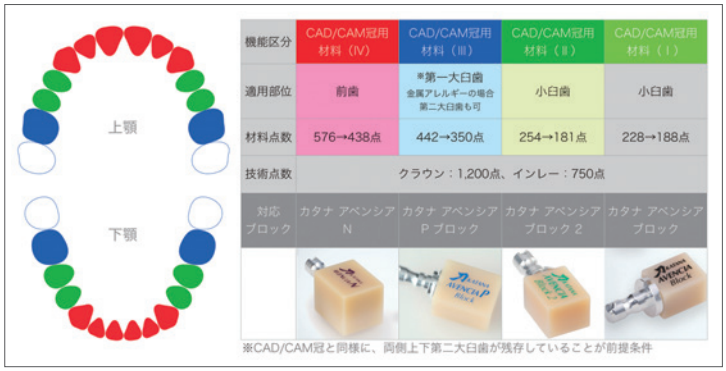

図2 CAD/CAMを用いた歯冠補綴の適応範囲と対応材料、点数の一覧（2022年4月時点）。

	CAD/CAMインレー			レジンインレー		メタルインレー							
	複雑			単純	複雑	単純	複雑	単純	複雑	単純	複雑	単純	複雑
使用材料	CAD/CAM用コンポジットレジンブロック			歯冠用硬質レジン		金銀パラジウム合金		銀合金		金銀パラジウム合金		銀合金	
適用部位	小臼歯		大臼歯	―		小臼歯・前歯		小臼歯・前歯・乳歯		大臼歯			
技術料	750	750	750	128	180	190	284	190	284	190	284	190	284
材料料	(ⅰ)188	(ⅱ)181	350	29	40	258	512	14	28	379	700	22	38
合計	938	931	1100	157	220	448	796	204	312	569	984	212	322

図3 健康保険適用治療におけるインレー修復の点数一覧（2022年4月時点）。

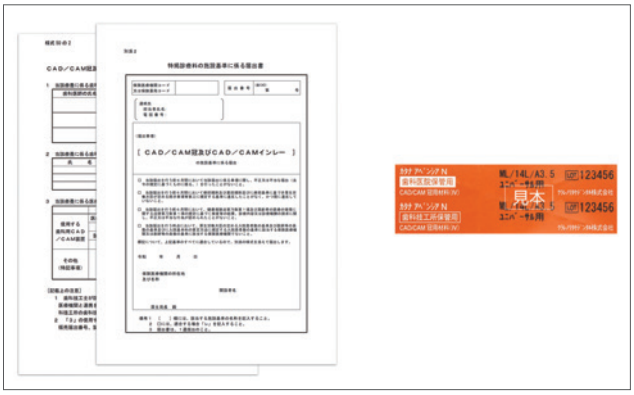

図4 保険医療機関としての施設基準届出書（図左）、CAD/CAM用ブロック添付の「トレーサビリティシール」（図右）。

一方、歯科医療におけるCAD/CAM技術の応用は急速に進み、健康保険適用治療においても例外ではない。

「歯科用CAD/CAMシステムを用いたハイブリッドレジンによる歯冠補綴」の先進医療承認（2009年）を嚆矢として、小臼歯（2014年）、大臼歯（2017年）、そして前歯（2020年）と、その適用範囲は拡大されてきた（図1）。

そして2022年4月、「CAD/CAMシステムを用いたCRインレー修復（以下、CAD/CAMインレー）」の健康保険適用が開始された。

その算定条件としては「歯科用CAD/CAM装置を用いて、小・大臼歯部における隣接歯との接触面を含む窩洞（複雑なもの）に対して歯冠修復物（全部被覆冠を除く）を設計・製作し、装着した場合」であるが、「窩洞形成後に従来通り印象採得及び咬合採得を行い、得られた作業模型ありきで間接法での製作に限る」とされており、大臼歯では（上下顎両側の第二大臼歯が全て残存して左右の咬合支持があり、過度な咬合圧が加わらない場合等において）第一大臼歯にのみ認められている（図2）（※金属アレルギーの診療情報提供を受けていれば、第一・第二大臼歯とも適用可能）。

従来のインレーに比べ、CAD/CAMインレーの技術料（750点）や材料料（931～1100点）は比較的高く設定されており（図3）、装着時に歯質接着性の向上を目的とした内面処理を行った場合は45点を加算できる。

ただしCAD/CAM冠と同様、保険医療機関としてあらかじめ施設基準を届け出た上で、部位に応じた規定のCAD/CAM用ブロックを用いて作製し、添付のトレーサビリティシールを装着後も保管･管理することが必要である（図4）。

このブロックはクラレノリタケデンタル製の場合、シランカップリングなどの表面処理を行った超微粒子フィラー（軽質無水ケイ酸/酸化アルミニウム混合フィラー、バリウムガラスなど）を超高圧下でのプレスによりブロック化した上で、UDMAなどのメタクリル酸系レジンモノマーを含浸させ、工業的に重合したものである。

いずれも成分的には従来の直接／間接修復用CRと同じような組成ではあるものの、口腔内や卓上での光照射で重合・硬化させたそれらと比べれば、遥かに重合率が高く、緻密な構造、優れた機械的強度、表面滑沢性、そして耐久性を有する（図5）。

CAD/CAMインレーの窩洞形成

CAD/CAMインレー修復を選択した場合、筆者は治療ステップにおいて窩洞形成（および可及的精密印象）と接着処理が特に重要であると考えている。

まず窩洞形成は、従来のメタルイン

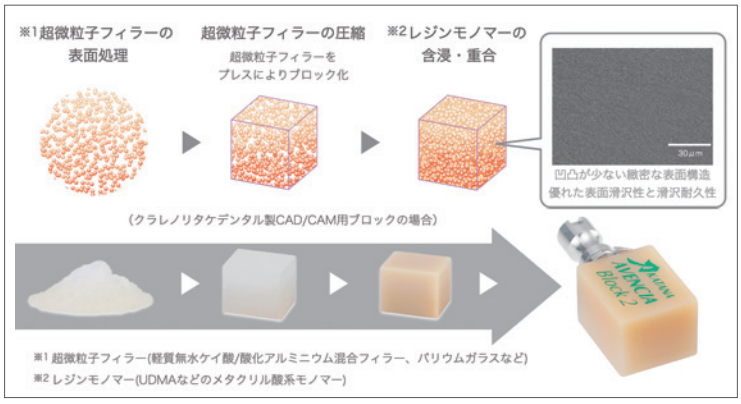

図5　CAD/CAM用のブロックは、直接修復用CRとほぼ同じ成分構成である。

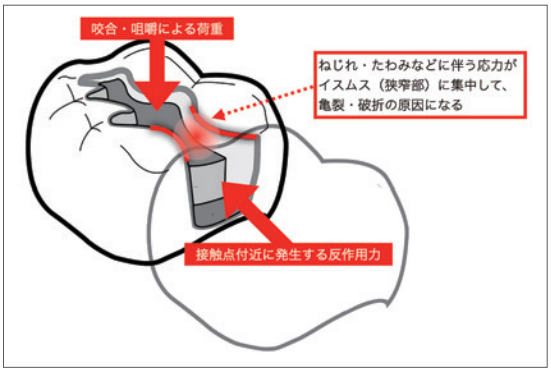

図6　咬合面への荷重と隣接面付近に生じる反作用力が拮抗することで、ねじれ・たわみがイスムスに集中する。

図7　形成の不備はスキャンや切削加工に悪影響をおよぼし、形態の不適合やギャップマージンの原因となる。

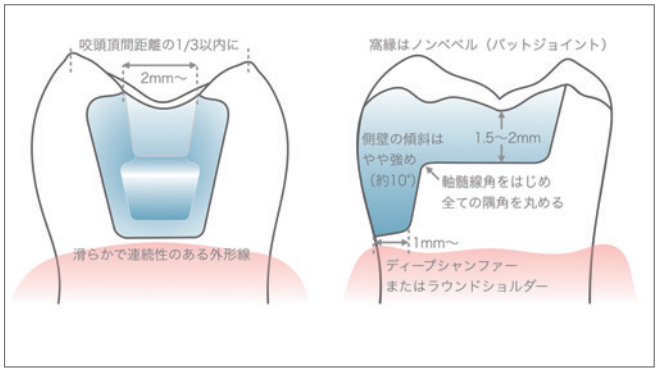

図8　CAD/CAMインレーに求められる窩洞形成のイメージ。

レーのような保持形態よりも、抵抗形態や便宜形態をより重視すべきである。CAD/CAM用ブロックの曲げ強さはCRや長石系セラミックスよりも高い（＝硬い）ものの、修復用合金やジルコニアよりも弾性率は低い（＝脆性を示す）ため、若干深めかつ広め（+0.5〜1.0mm）に設定しなければならない。特に複雑窩洞の場合は、主室（咬合面）から側室（隣接面）へ移行するイスムス（狭窄部）に十分な厚み・幅が必要である。

咀嚼などで咬合面に負荷される力と隣接面付近に生じる反作用力が拮抗することで、ねじれ・たわみがイスムスに発生し、さらに窩底の凸隅角（軸髄線角）付近に応力が集中しやすいため、歯質やインレー体の亀裂や破折、さらには脱離の原因となりやすい（図6）。

また、従来のワックスアップ〜埋没・鋳造とは全く異なり、模型スキャン〜デザイン〜ミリングという工程で行われるため、粗雑な表面や狭小な箇所、鋭縁などが残った窩洞だと、スキャンの精度低下ばかりか、ミリングにおける形態再現性、窩洞への適合精度にも悪影響をおよぼす（図7）。この傾向はクラウンの支台歯以上に複雑である複雑インレー窩洞において顕著であり、十分な幅と厚み、鋭縁のない外形線と丸みのある隅角（線角・点角）、そして滑らかな表面性状を付与するよう、窩洞を形成しなければならない（図8）。

筆者の場合、形態だけでなく、最大径や作業長、全長、そして粒度も考慮に入れた上でバー・ポイントを選択し、細心の注意を払った窩洞形成を行うよう心がけている（図9〜16）。

CAD/CAMインレーの接着

接着性レジンセメントを用いる間接修復法では、セメント層を介して支台歯・窩洞（エナメル質・象牙質・裏装材など）と修復装置（金属・レジン・セラミックなど）という2つの被着面それぞれに合わせた接着前処理が必要である。CAD/CAM用ブロックはマトリックスレジンがほぼ完全に重合しているので、主にフィラーを対象とした表面処理を行う（図17）。

まず試適・調整後、アルミナやガラスビーズ（直径25〜100μm）を圧縮空気で噴射する、サンドブラスト処理を行う。接着阻害因子となる唾液や血液などの汚染を除去し微細な凹凸状の表面構造を形成することで、接着強度を向上させる効果がある。

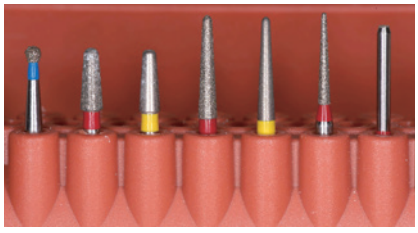

図9　筆者が使用するバーセットの一例。形態だけでなく、最大径や作業長、全長も把握した上で選択している。

図10　窩洞形成の一例。小窩裂溝の不潔域に追従するようガイドグルーブを形成、咬合面の幅・深さを設定する。

図11　テーパーシリンダー（ラウンドエンド）で咬合面（主室）の概形を形成する。

図12　隣接面（側室）部の形成。プレウェッジテクニックは、歯肉側縁の明示および歯間乳頭の保護に有効である。

図13　テーパーシリンダー（ナロー）でイスムスからのフレアを調整、エンドカッティングで歯肉側縁を整える。

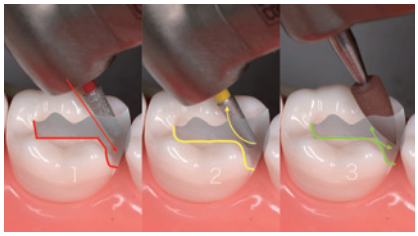

図14　凸隅角（軸髄線角）に対してベベルや丸みを付与する時は、慎重かつ段階的に行う。

図15　外形線および窩壁の仕上げ。粒度の非常に細かいダイヤモンドポイントを用いて、窩縁や壁面を整える。

図16　窩洞形成後の外観。十分な幅と厚み、滑らかな外形線と表面性状、丸みのある隅角が付与されている。

特に先日発売されたばかりの歯科用サンドブラスター「アドプレップ」なら、材質ごとに適した噴射圧へと調整可能な機構が内蔵されている（図18）。

再び何らかの汚染が付着した場合は、MDP塩配合の界面活性剤であるカタナクリーナーで清掃後、十分に水洗・乾燥させればよい。

次に、レジンセメントと化学的に結合（カップリング）するのに必要な機能性モノマーが配合されたプライマーを塗布する。元来は、材質ごとにプライマーを使い分けなければならないが、近年では金属やジルコニアなどでは10-MDPなどのリン酸エステル系モノマーを共通して用いることが一般的である（図19）。

これらは歯質に対してもセルフエッチング能を有し、接着性も高く、反応塩の耐水性も高いことから、様々な材質を対象としたマルチプライマーとしてだけではなく、多機能かつ簡略に使用可能なユニバーサルアドヒーシブ、そして修復装置・窩洞双方への前処理が簡略化され、効率的な接着操作が可能となっているセルフアドヒーシブ型レジンセメントの機能成分として配合されている（図20）。

ただしシリカ系フィラーが多く配合されたCAD/CAM用ブロックの場合には、γ-MPTSなどのシラン処理によってシロキサン結合を表面に形成し、レジンセメントのモノマーと共重合させ

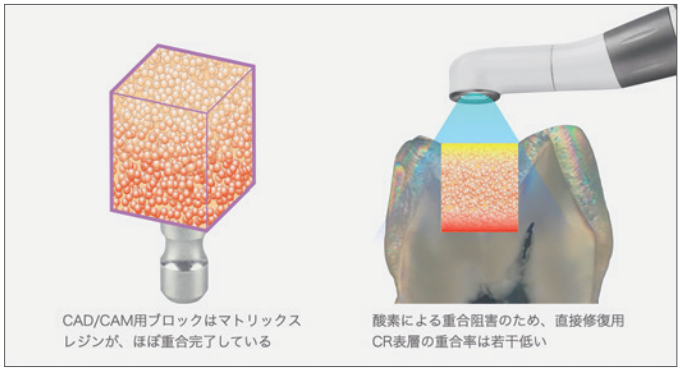

図17　直接修復用CRと異なりCAD/CAM用ブロックの場合、接着のためにはフィラーを対象とする表面処理が必要である。

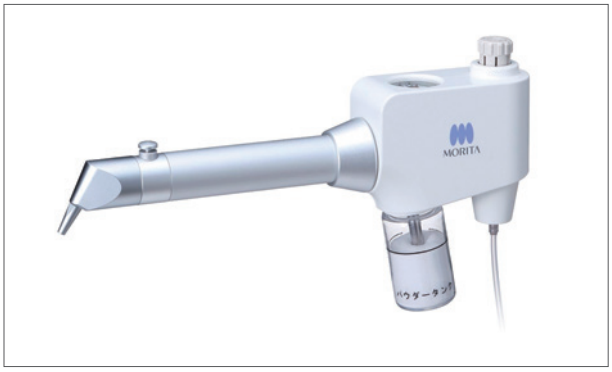

図18　新規歯科用サンドブラスター「アドプレップ」には、噴射圧の調整機構が内蔵されている。

図19　近年、金属やジルコニア用のプライマーには、10-MDPなどのリン酸エステル系モノマーが配合されている。

図20　前処理が簡略化され、効率的な接着が可能なセルフアドヒーシブ型レジンセメント「SA ルーティング® Multi」

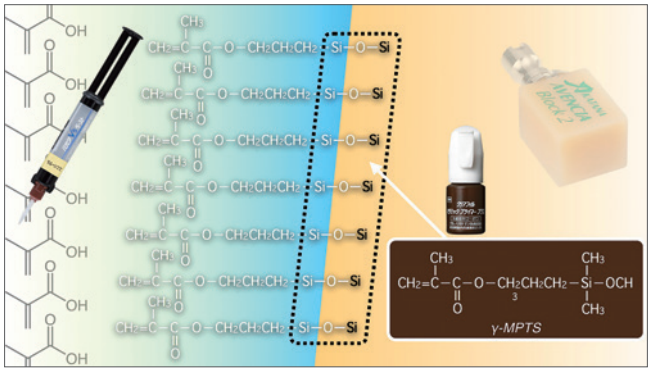

図21　シリカフィラーへのシラン処理で、セメントやボンディング材と化学的に結合（カップリング）する。

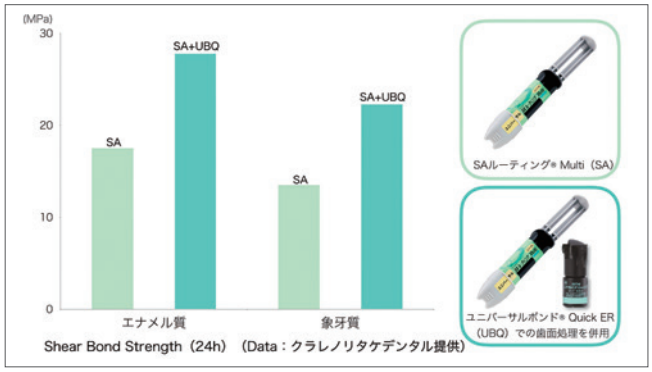

図22　「クリアフィル® ユニバーサルボンド Quick ER」と併用することで、歯質との接着強度やセメントの重合率が、さらに向上する。

る必要がある（図21）。

これらの点をふまえて、最近では、機能性モノマーやシラン処理剤がセメント内に配合されているだけでなく、セルフエッチングプライマー／アドヒーシブによる歯面処理と併用することで、接着強度のさらなる向上を図れるよう設計された「SA ルーティング® Multi」のようなセルフアドヒーシブ型レジンセメントも登場してきている（図22）。

いずれにせよ咬合面への繰り返し荷重にともなう応力分布を有限要素法で分析すると、インレー修復の場合は咬合面に歯質/修復物接合部（窩縁）が長く設定されることもあって、マージンラインに応力が集中し接着界面の破壊が起きやすい[1]という。

そのためかインレー修復はアンレー・クラウン修復と比べて接着信頼性おいて同等または有意に劣るという報告[2]もある。

だからこそCAD/CAMインレーでは、接着操作から仕上げに至るまでの各ステップをできるだけ丁寧に行う必要がある（図23〜28）。

今後の展望と課題

今回、CAD/CAMインレーが健康保険適用治療に導入されたことで、金属アレルギーを抱える患者の修復治療においてはもちろん、外力に対する抵抗強度への懸念や、接着処理や充填賦形などの口腔内操作に対する術者の技量不足などから、これまで直接CR修復を選択できなかった症例においても、審美性を過剰に損なうことなく適用できる選択肢が増えたのは間違いない。加えて、近年高騰し続けている歯科用貴金属合金の代替として期待も高い。

その反面、直接CRよりも便宜的歯質切削量が多い、保険適用外修復治療との差別化がしにくい、などとの声もなくはない。

幸いCAD/CAM冠の登場から既に10年以上が経って、術式に対する理解も深まりつつあり、往時に各地で問題となった破折や脱離などの初期トラブルは、CAD/CAMインレーでは比較的起きにくいのではないかと筆者自身は考えている。むろん、長期耐久性など今後の検証に不可欠な臨床データの蓄積もまだまだこれからであり、形成〜装着までの各ステップはもちろん、定期的なメインテナンスなどによって、術後の経過観察・フォローが必要なのは言うまでもない。

最後になるが、ここまで解説してきたCAD/CAMインレーに限らず、今後さまざまな修復治療法が新たに登場してきたとしても、様々な症例に対して新旧を問わず適切な修復法を選択するためには、窩洞形成手技などの熟練や修復材料・接着システムに対する理解をはじめとして、術者自身ができるだけアップデートを重ねた上で、検討・適用し続けていくことが必要ではないだろうか。

参考文献
1）Feitosa SA, Corazza PH, Cesar PF, Bottino MA, Valandro LF. Pressable feldspathic inlays in premolars: effect of cementation strategy and mechanical cycling on the adhesive bond between dentin and restoration. Journal of Adhesive Dentistry. 2014; 16: 147-54.
2）Koshida S, Maeno M, Nara Y. Effect of differences in the type of restoration and adhesive resin cement system on the bonding of CAD/CAM ceramic restorations. Dental Material Journal. 2020; 39: 1022-1032.

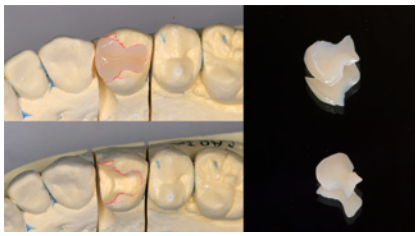
図23　実際の臨床例。左上第一小臼歯の近心隣接面複雑窩洞において、CAD/CAMインレー修復を適用した。

図24　口腔内での試適。窩洞に対するインレー体の適合性を確認、必要に応じて調整を行う。

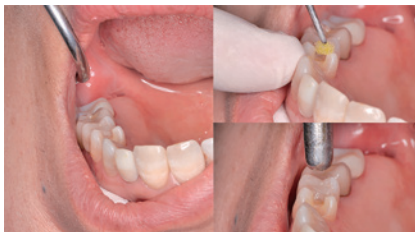
図25　試適・調整を経て、接着処理を行う。防湿下で窩洞に1ステップボンディング材を塗布後、エアブロー。

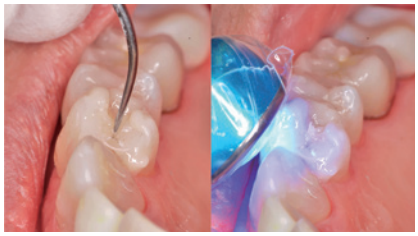
図26　練和したレジンセメントをインレー体内面に塗布してから窩洞内に挿入、様々な方向から光照射を行う。

図27　重合硬化後に余剰セメントを除去してから、直接CR修復と同じく咬合調整および辺縁部の仕上げ研磨を行う。

図28　術前・術後の咬合面観。