

CAD/CAMシステムにより異なる材料を用いて製作した コーピングの適合精度

五月女 稔¹ 石田 喜紀² 岡田 英俊²

Adaptation of Coping Manufactured by
CAD/CAM Systems with Two Materials

Minoru SOUTOME¹, Yoshinori ISHIDA² and Hidetosi OKADA²

A CAD/CAM system has recently begun to be applied in producing dental crowns. However, there are few researches which investigate the influence of the difference of processed materials on the fitting accuracy of crown restoration.

The purpose of this study is to evaluate the fitting accuracy of copings produced by CAD/CAM systems using two different kinds of materials. We examined two CAD/CAM systems : DECSY (MEDIA) and GN-1 (GC), and titanium blocks and ceramic blocks were used as experimental materials. A conical metal die which simulated a molar abutment tooth was prepared, and then combined impressions of the die were taken using silicone impression materials. Polyester model materials were poured into the impressions and experimental dies were fabricated. Impressions of these epoxy dies were taken again in the same way and the exclusive gypsum for each CAD/CAM systems was poured into the impressions to fabricate measurement models.

After these models were measured, copings were produced from the two kinds of blocks by the CAD/CAM systems. The cement spaces of the copings were set to 35 and 55 μm for DECSY, and 30 and 50 μm for GN-1. The finished copings were put on the polyester dies, embedded in cold resin, and then cut vertically in the center of the copings. Their fitting accuracy was measured in the cross section using a measuring scope.

The results were as follows :

1. The fitting accuracy in the axial surface of the ceramic coping was higher than the titanium copings when DECSY was used. On the other hand, the opposite results were obtained when GN-1 was used.
2. The fitting accuracy in the margin was clinically satisfactory, that is, approximately 100 μm at maximum all the design conditions.
3. The fitting accuracy of the copings processed by DECSY showed a maximum

受付：平成24年12月20日，受理：平成25年2月5日
奥羽大学歯学部歯科補綴学講座¹
奥羽大学歯学部生体材料学講座²
(指導：鎌田政善教授)

Department of Prosthetic Dentistry, Ohu University
School of Dentistry¹
Department of Dental Materials Science, Ohu
University School of Dentistry²
(Director : Prof. Masayoshi KAMATA)

value in the occlusal surface, while that processed by GN-1 showed a maximum value in the corner of the occlusal surface and the axial surface.

Key words : CAD/CAM system, titanium, ceramics

緒 言

近年開発された歯科用 CAD/CAM システムは、一定レベル以上の品質の保持を可能にし、技工作業の効率化に有効であるとされている¹⁻³⁾。現在応用されている CAD/CAM システムでは、チタン (以下 Ti とする)、セラミックスおよびコンポジットレジンなどが加工材料として用いられており、簡便に歯冠修復物や補綴装置に加工することが可能である⁴⁾。歯科用 CAD/CAM システムを応用して補綴装置を製作する場合、加工材料にかかわらず、まず歯型を計測し、取り込んだデータをキャリブレーションして、クラウン形態の構築を行った後、切削加工を行う工程となっている。

この CAD/CAM システムが歯科に導入されてから、歯冠補綴装置の適合精度について多くの検討がなされてきた。これまで、支台歯形態に対しては、軸面のテーパー⁵⁻⁷⁾や支台歯の高径⁸⁾に関連した適合精度が報告されている。加工材料に関しては、Ti⁹⁻¹³⁾、セラミックス^{6-8,14-21)}およびコンポジットレジン²²⁾を用いた場合の適合精度が報告されている。そのほか、歯型の計測方法¹⁶⁾の違いやセメントスペース^{9,20)}による適合精度が報告されている。

しかしながら、同一の条件で異なる加工材料を用いた補綴装置の適合精度を比較した報告や加工材料の違いによる適合精度の差異を CAD/CAM システム間で比較した報告は見当たらない。異なる加工材料を用いて同じ形態の補綴装置を製作する場合、計測と設計は同様であることから、適合精度には一定の傾向があることが予測される。

そこで本研究では、非接触型のレーザーで計測する 2 種の CAD/CAM システムを用い、Ti とセラミックスを切削加工して製作したコーピングの適合精度をセメントスペース (以下スペーサーとする) との関連で検討した。

材料および方法

1. 実験機器および材料

CAD/CAM システムとして DECSY (MEDIA) および GN-1 (ジーシー) の 2 機種を使用した。また、加工用ブロックとして、各システムに対応した Ti とセラミックスを使用した (表 1)。模型材は硬質石膏とし、DECSY 用にはミレニアム (下村石膏) を、GN-1 用には GN-1 CAD STONE (ジーシー) を用いた。また、コーピングを製作するための支台歯には外径 11.0mm、基底部の直径 9.0mm、高さ 5.0mm、片側テーパー 4°、咬合面隅角相当部位を曲率半径約 1 mm とし、マージン形態がショルダータイプのステンレス鋼製の円錐台状金型を用いた (図 1)。

2. 実験方法

1) 支台歯原型の製作

支台歯金型に対し、パラフィンワックスにて厚さ 1 mm のスペーサーを付与した後、付加型シリコンゴム印象材 (エグザファインパテタイプ、ジーシー) を用いて一次印象を採得した。さらにスペーサーを除去した後、同じく付加型シリコンゴム印象材 (エグザファインインジェクションタイプ、ジーシー) にて精密印象を採得した。この印象面にポリエステル系樹脂 No.105 (丸本ストルアス) を注入し、0.2MPa で 60 分間加圧 (プレステクニック、ヨシダ) し、硬化させたものを支台歯原型とした。支台歯原型は各条件 5 個、合計 40 個製作した。完成した支台歯原型を、適合精度測定用として実験に供した。

2) 支台歯模型の製作

製作した支台歯原型すべてに対して、支台歯原型の製作と同様の方法で印象採得を行い、それぞれの CAD/CAM システムに対応した硬質石膏で支台歯模型を製作した。

3) コーピングの製作

各 CAD/CAM システム指定の方法で計測装置

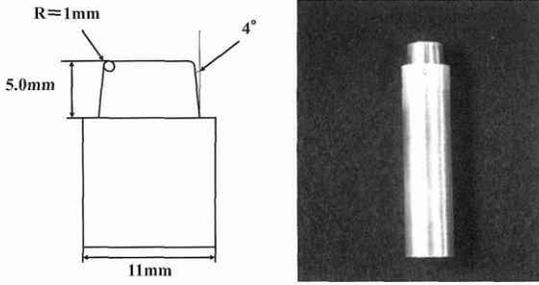


図1 支台歯金型

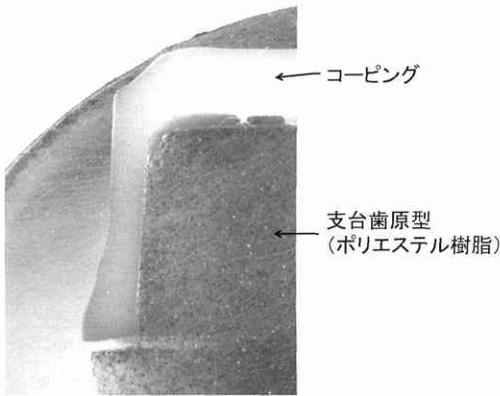


図2 切断後の包埋された試料

に支台歯模型を設置し、計測を行った。得られたデータから、モニター上に三次元モデルを表示した。

設計にあたり、加工形態をコーピング形態とした。また、コーピングを製作する条件として、コーピング内面のスペーサーについては、DECSYでは35 μ mと55 μ m、GN-1では30 μ mおよび50 μ mとした(表2)。以下、表中のcodeにて呼称する。

なお、切削工具はTiブロックには専用のタングステンカーバイドバーを、セラミックブロックには専用のダイヤモンドポイントを使用し、切削方法は各装置の指示に従った。

4) 適合精度の測定

完成したコーピングはそれぞれに対応した支台歯原型へ適合させ、後藤ら⁷⁾、渡辺ら²⁰⁾の方法に従いシアノアクリレートを用いて、咬合面から垂直方向に10Nの荷重を加え、10秒間保持し接着させた。接着した試料は冷間埋入樹脂(丸本ストルアス)にて包埋を行い、咬合面の中央部を歯軸方向に縦に低速ダイヤモンドカッター (ISOMET,

表1 実験材料

CAD/CAM システム	加工用ブロック	
	Ti	セラミックス
DECSY (MEDIA)	デクシーソフトチタンL (MEDIA)	ProCAD Blocks Refill 200/T14 (Ivoclar vivadent)
GN-1 (ジーシー)	GN-1チタンブロック (ジーシー)	セラミックブロック A3M (ジーシー)

表2 実験に用いた試料

CAD/CAM システム	スペーサーの厚さ (μ m)	ブロック (Code)	
		Ti	セラミックス
DECSY		DT	DC
	35	DT3	DC3
	55	DT5	DC5
GN-1		GT	GC
	30	GT3	GC3
	50	GT5	GC5

BUEHLER LTD.) で切断した(図2)。この試料の断面を読み取り顕微鏡(メジャースコープ、ニコン)を用いて観察し、適合精度の測定を行った。

測定点は7点とし、コーピング辺縁部をA1, A2, 軸面部をB1, B2, 軸面と咬合面の隅角部をC1, C2, および咬合面中央部をDとした(図3)。このとき、A1とA2は支台歯原型の最外周部をマージン部から垂直方向に、B1とB2はマージンと軸面の交わる部位から1.0mm上の部位を軸面に対して垂直方向に、C1とC2については各円弧の中心から伸ばした直線方向に、さらにDは咬合面に対して垂直方向に測定した。なお、AからCに関しては左右側の同一部位の値を合算し平均値を算出した。得られた結果は、使用したCAD/CAMシステムおよび部位ごとに一元配置分散分析およびTukey's HSD Testにて検定を行った。

結 果

DECSYを用いて製作したコーピングの適合精度を図4に示す。また、各測定部位における材料間の検定結果を表3から表6に示す。

スペーサー35 μ mの条件では、軸側部BにおいてDT3が24.4 \pm 7.7 μ m(平均値 \pm 標準偏差)と、DC3の100.7 \pm 53.0 μ mと比較して有意に小さな値を示した。その他の測定部位であるマージン部A, 隅角部Cおよび咬合面部DではTiとセラミックスとの適合精度に有意な差は認められなかった。

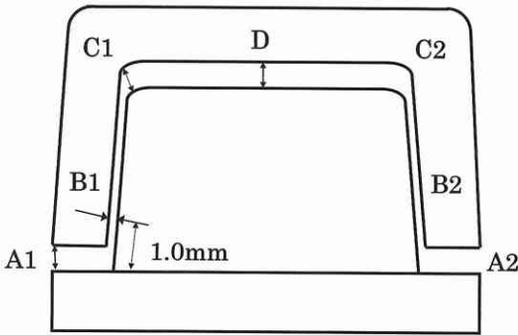


図3 測定部位

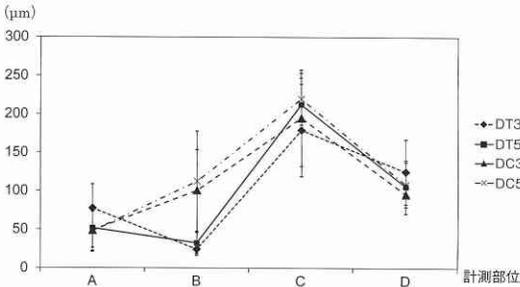


図4 各計測部位におけるコーピングの適合精度 (DECSY)

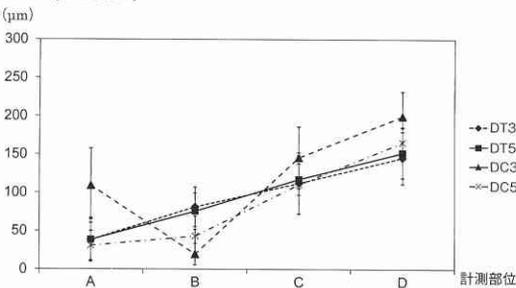


図5 各計測部位におけるコーピングの適合精度 (GN-1)

スペーサー55 μm の条件では、スペーサー35 μm と同様に軸側部CにおいてDT5が $32.6 \pm 13.5 \mu\text{m}$ と、DC5の $112.5 \pm 65.3 \mu\text{m}$ よりも有意に小さな値を示した。その他の計測部位においては有意差が認められなかった。また、DT3とDT5の間には有意差が認められず、DC3とDC5も同様に有意差が認められなかった。

測定部位ごとに見ると、いずれの条件でも隅角部Cで最も大きな間隙の値を示した。一方、マージン部ではDT3が $77.3 \pm 31.3 \mu\text{m}$ 、DT5が $51.8 \pm 25.3 \mu\text{m}$ 、DC3が $48.8 \pm 27.6 \mu\text{m}$ 、DC5が $47.9 \pm$

表3 DECSYを用いて製作したコーピングのマージン部Aにおける検定結果

	DT3	DT5	DC3
DT5	—	—	—
DC3	—	—	—
DC5	—	—	—

—: 有意差無し, *: $p < 0.05$ で有意差有り, **: $p < 0.01$ で有意差有り

表4 DECSYを用いて製作したコーピングの軸側部Bにおける検定結果

	DT3	DT5	DC3
DT5	—	—	—
DC3	**	**	—
DC5	**	**	—

—: 有意差無し, *: $p < 0.05$ で有意差有り, **: $p < 0.01$ で有意差有り

表5 DECSYを用いて製作したコーピングの隅角部Bにおける検定結果

	DT3	DT5	DC3
DT5	—	—	—
DC3	—	—	—
DC5	—	—	—

—: 有意差無し, *: $p < 0.05$ で有意差有り, **: $p < 0.01$ で有意差有り

表6 DECSYを用いて製作したコーピングの咬合面部Dにおける検定結果

	DT3	DT5	DC3
DT5	—	—	—
DC3	—	—	—
DC5	—	—	—

—: 有意差無し, *: $p < 0.05$ で有意差有り, **: $p < 0.01$ で有意差有り

25.4 μm と適合精度の値が小さく、すべて100 μm 以下であった。

GN-1を用いて製作したコーピングの適合精度を図5に示す。また、各測定部位における材料間の検定結果を表7から表10に示す。

スペーサー30 μm の条件では、マージン部AにおいてGT3で $38.2 \pm 27.2 \mu\text{m}$ 、GC3で $109.0 \pm 48.5 \mu\text{m}$ 、咬合面部DにおいてGT3で $145.4 \pm 34.0 \mu\text{m}$ 、GC3で $199.5 \pm 32.2 \mu\text{m}$ とGC3の方が有意に大きな値を示した。一方、測定点BにおいてはGT3が $81.2 \pm 25.9 \mu\text{m}$ とGC3の $19.7 \pm 13.9 \mu\text{m}$ よりも有意に大きな値を示した。なお、測定点Cでは有意差は認められなかった。スペーサー50 μm の条件では、軸側部BにおいてGT5で $75.5 \pm 23.8 \mu\text{m}$ 、GC5で $43.1 \pm 25.9 \mu\text{m}$ とスペー

表7 GN-1を用いて製作したコーピングのマージン部Aにおける検定結果

	GT3	GT5	GC3
GT5	—		
GC3	**	**	
GC5	—	—	**

—：有意差無し，*： $p<0.05$ で有意差有り，**： $p<0.01$ で有意差有り

表8 GN-1を用いて製作したコーピングの軸側部Bにおける検定結果

	GT3	GT5	GC3
GT5	—		
GC3	**	**	
GC5	**	*	—

—：有意差無し，*： $p<0.05$ で有意差有り，**： $p<0.01$ で有意差有り

表9 GN-1を用いて製作したコーピングの隅角部Cにおける検定結果

	GT3	GT5	GC3
GT5	—		
GC3	—	—	
GC5	—	—	—

—：有意差無し，*： $p<0.05$ で有意差有り，**： $p<0.01$ で有意差有り

表10 GN-1を用いて製作したコーピングの咬合面部Dにおける検定結果

	GT3	GT5	GC3
GT5	—		
GC3	*	*	
GC5	—	—	—

—：有意差無し，*： $p<0.05$ で有意差有り，**： $p<0.01$ で有意差有り

サー 30 μm の条件と同様に GC5は有意に小さな値を示した。その他の測定部位であるマージン部A、隅角部Cおよび咬合面部DではGT5とGC5との間に有意な差は認められなかった。

また、セラミックスコーピングにおけるスぺーサーの条件間で比較した場合、GC3の適合精度はマージン部AにおいてGC5より有意に大きな値を示した。一方、Tiコーピングではすべての測定部位において、スぺーサーの違いによる条件間での有意差は認められなかった。

測定部位ごとに見ると、咬合面部Dで適合精度の値が最も大きく、次いで隅角部Cが大きな値を示した。一方、マージン部AではGT3が $38.2 \pm 27.2 \mu\text{m}$ 、GT5が $38.4 \pm 28.4 \mu\text{m}$ 、GC3が $109.0 \pm 48.5 \mu\text{m}$ 、GC5が $30.7 \pm 19.2 \mu\text{m}$ と、GC3

で最も大きな値を示した。

考 察

1. 実験方法について

今回の実験では、加工材料としてTiとセラミックスブロックを用いた。Tiは安価で比重が小さく、耐蝕性や生体親和性に優れるが、高温で活性であるため铸造性に難がある²³⁾。したがってTiを加工する場合はCAD/CAMによる切削が適しているといえよう。また、セラミックスの加工においても、CAD/CAMシステムでブロックから削り出す方法は従来の粉末築盛から焼成による方法と比較して、効率が良く、内部欠陥を含まない¹⁾という利点がある。また、2種のCAD/CAMシステムを選択した理由としては、GN-1はレーザーで計測を行い、DECSYはレーザーにCCD計測を組み合わせた非接触式の計測法であることから、これらの比較的類似したレーザー計測タイプの2機種を用いることにより、システムの違いが、加工材料の異なる補綴装置の適合精度に及ぼす影響がより明確になるとかんがえたからである。なお、スぺーサーの値は、DECSYでは35 μm と55 μm に設定したが、このシステムは標準値が55 μm 、最小値が35 μm で、変更可能な最小単位は5 μm である。後藤ら⁷⁾、石田ら⁹⁾、渡辺ら²⁰⁾は20 μm 間隔で設定していることから、これらの報告を参考として条件設定を行った。GN-1のスぺーサーは最大1000 μm まで無段階で設定可能であるが、DECSYとの比較を行うため、同様に20 μm 間隔で類似したスぺーサーの値を設定した。これらスぺーサーの厚さを変更することにより、製作されたコーピングの適合精度にスぺーサーの厚さがいかなる影響を及ぼし、どのような傾向が見られるかを検討することで、日常臨床でCAD/CAMを用いる場合の指標を与えることができるであろうと考えた。さらに、適合精度の測定部位については、石田ら⁹⁾のチタンコーピングや風間ら⁸⁾や村尾¹⁶⁾のセラミックスコーピングの適合精度の測定部位を参考にして、マージン部、軸側部、軸面と咬合面の隅角部、および咬合面部とした。なお軸側部の測定部位は、マージン側より約1.5mm付近から咬合面部までスぺーサーが

設定されるため^{7,20)}、マージンから咬合面方向に1 mmのスペーサーを設定しない部位とした。

2. 適合精度について

DECSYを用いたセラミックコーピングであるDCは、同じスペーサーの値で設定したTiコーピングのDTと比較して、軸側部でのみ適合精度が有意に大きかった。このことは、DECSYはセラミックスコーピング製作時に軸側部の切削量が大きくなることを示している。GN-1を用いたセラミックスコーピングは、DECSYとは逆に軸側部での適合精度がTiコーピングより有意に小さな値を示した。セラミックスとTiの設計時の変更点は材料の選択のみである。すなわちCAD/CAMシステムを用いて異なる材料を加工すると、同一機種であっても材料により適合精度が異なることが明らかとなった。この要因としては、工具と被削材^{12,24)}や加工機自体の駆動誤差¹⁰⁾など、CAD/CAMの加工誤差が挙げられている。一方で、マージン部での加工精度はTiで $3.9\mu\text{m}$ 、セラミックスで $7.8\mu\text{m}$ ²⁴⁾と、小さな誤差であることが報告されている。またマージン部でのTiの加工精度は $3\mu\text{m}$ であるとの報告¹⁰⁾があり、工具と被削材や加工誤差の影響は小さいと考えられている。今回、Tiとセラミックスで適合精度に異なる傾向が認められたことは、加工誤差や工具の影響のほか、設計段階で加工材料を選択する際に、CAD/CAM装置が材料ごとに加工体のサイズを変更していることが考えられる。本研究と近い形状の円錐台状試料で適合精度を研究した村尾¹⁶⁾は、軸側面と咬合面の隅角部や軸面からマージンへの移行部では測定誤差が起りやすく、その傾向は非接触型で顕著であると報告している。これらのことから、クラウンの適合精度に影響を及ぼす隅角部等の部位では、予め補綴装置と支台歯が接触しないように余裕を持って設計されているものと推察される。今回の結果からも、咬合面と軸面の隅角部では、他の測定部位と比較して大きな値を示す傾向にあった。したがって、設計段階でのコーピング内面のサイズ変更は、加工材料だけでなく、機種の違いによっても異なっているものとする。以上のことより、CAD/CAMを用いて補綴装置を作製する場合には、システムと加工材料により

最適な設定を選択することが必要であることが示唆された。

また、DECSYを用いたコーピングでは、材料を問わず隅角部での間隙が最も大きかったが、GN-1では咬合面部で最も大きかった。このことからGN-1では内面の形状が、隅角から咬合面を経て反対側の隅角まで緩やかな円弧を描いているが、DECSYでは隅角部で最も深く切削されていることが推察される。このように内面形状が機種により異なる原因としては、2機種の模型に対する計測方法の違いが挙げられる。DECSYはラインレーザーにCCDカメラを組み合わせて、歯軸を中心に 60° 回転させて計6回の計測を行うが、GN-1はポイントレーザーで歯軸を中心に模型を回転させながら側面から咬合面を通り反対側へ 180° 計測を行う。この計測方法の違いが、咬合面隅角部の計測精度に影響を及ぼしている可能性が考えられる。そのほか、咬合面を厚くすることで補綴装置の強度を向上させること、もしくは内面をなだらかな円弧状にすることでセメントの排出を妨げないよう設計時に配慮されていることなどが考えられる。

DECSYを用いたコーピングはTi、セラミックスともにスペーサーの条件によって適合精度の違いが認められなかった。しかしGN-1を用いたセラミックスコーピングは、スペーサーの値が $30\mu\text{m}$ では $50\mu\text{m}$ の条件よりマージン部で適合精度が有意に大きな値を示した。マージン部の適合精度は、GN-1でスペーサーを $30\mu\text{m}$ に設定したセラミックスコーピングだけが $109\pm 48.5\mu\text{m}$ と大きな値で、その他の条件ではすべて $100\mu\text{m}$ 以下であり、良好な適合状態¹⁶⁾といえる。このことから、加工する材料により適合精度の違いがあらわれるため、スペーサーの設定の際には注意が必要であることが示唆された。

結 論

CAD/CAMシステムのDECSYとGN-1を用いて製作したTiおよびセラミックス製コーピングの適合精度についてスペーサー値の異なる条件で比較検討した結果、以下の結論が得られた。

1. 軸側部におけるセラミックコーピングの適

合精度は、Ti コーピングと比較して DECSY では、大きな値を示し、GN-1では小さな値を示した。

2. DECSY と GN-1のすべての条件におけるマージン部の値は最大でも100 μm 程度と適合精度は良好であった。

3. DECSY は咬合面部で最も値が大きく、GN-1では軸面と咬合面の隅角部で最も大きな値を示した。

以上のことから、CAD/CAM を応用して補綴装置を製作する場合はシステムと加工材料の選択のほかにスパーサーの設定に留意する必要があることが示された。

謝 辞

稿を終えるに臨み、本研究にあたり終始御懇篤なる御指導と御校閲を賜りました本学歯科補綴学講座鎌田政善教授、ならびに専門の立場から御指導と御協力を賜りました奥羽大学生体材料学講座川島功教授に謹んで感謝の意を表します。また、本研究の遂行に当たり御協力いただきました生体材料学講座各位に深く感謝申し上げます。

本論文の要旨は、第52回奥羽大学歯学会（平成23年11月 郡山市）において発表した。

文 献

- 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. 補綴誌 **3**; 1-11 2011.
- 蛭原善則：CAD/CAM 機器の現状. 日歯理工誌 **30**; 223-226 2011.
- 内山洋一：歯科医療にとって必須の CAD/CAM システム. 補綴誌 **45**; 381-396 2001.
- 宮崎 隆, 堀田康弘：CAD/CAM を中心とした歯科医療の現状と将来展望. 日歯理工誌 **30**; 219-222 2011.
- 宇野光乗, 古谷昌義, 石神 元, 倉知正和：CAD/CAM システムによって作製した純チタンクラウンの適合精度. 補綴誌 **46**; 34-43 2002.
- Uno, M., Akitsuki, Y., Matsui, K. and Yokoyama, T. : Fitting precision of ceramic crown fabricated by CAD/CAM system. J. Gifu Dent. **32**; 74-79 2005.
- 後藤治彦, 渡辺 官, 竹林千賀子, 若見昌信, 増田美樹子, 村守樹理, 會田雅啓：CAD/CAM システムにおけるテーパ角の違いによるコーピングの適合精度. 日大口腔科学誌 **31**; 43-46 2005.
- 風間龍之輔, 福島正義, 坂入正彦, 竹中彰治, 興地隆史, 岩久正明：CAD/CAM システムによるオールセラミックコーピングの適合性. 審美歯科誌 **18**; 29-35 2005.
- 石田喜紀, 岡田英俊, 野口博志, 龍方一朗, 覚本嘉美, 福井和徳, 影山勝保, 長山克也：CAD/CAM による歯科修復物の製作 その1 チタンコーピングの適合性とセラミックスステイン陶材の接合面観察. 奥羽大歯学誌 **33**; 215-226 2006.
- 白井将樹, 新谷明喜, 横塚繁雄：CAD/CAM によるチタンクラウン内面の加工精度. 補綴誌 **43**; 160-170 1999.
- 竹内洋司, 新谷明喜, 松田哲治, 富田祥子：CAD/CAM チタンクラウンの加工精度に及ぼす繰り返し切削の影響. 歯機器誌 **9**; 26-35 2003.
- 大田 亮, 丸谷善彦, 芝 輝彦, 鈴木 潔：CAD/CAM システムを用いて製作した純チタンクラウンの内面適合性について. 昭歯誌 **24**; 72-178 2004.
- 大野孝文, 黒岩昭弘：純チタン製歯科補綴物の作製方法の違いが適合性に及ぼす影響. 歯材器誌 **20**; 287-299 2001.
- 新谷明喜, 横山大一郎, 岸田幸恵：CAD/CAM クラウンに対する適合精度の評価. 日歯理工誌 **30**; 227-230 2011.
- 岸田幸恵, 新谷明喜：CAD/CAM クラウンに対する適合精度の三次元座標測定法と μCT とを用いた非破壊検査による評価. 日歯理工誌 **29**; 347-355 2010.
- 村尾宏文：CAD/CAM 装置の計測方法の違いがクラウンの適合精度に及ぼす影響. 奥羽大歯学誌 **37**; 1-11 2010.
- Lee, K. B., Park, C. W., Kim, K. H. and Kwon, T. Y. : Marginal and internal fit of all-ceramic crowns fabricated with two different CAD/CAM system. Dent. Mater. J. **27**; 422-426 2008.
- Bindel, A. and Mormann, W. H. : Marginal and internal fit of all-ceramic CAD/CAM crown copings on chamfer preparations. J. Oral Rehabil. **32**; 441-447 2005.
- Nakamura, T., Dei, N., Kojima, T. and Wakabayashi, K. : Marginal and internal fit of Cerec 3 CAD/CAM all-ceramic crowns. Int. J. Prosthodont. **16**; 244-248 2003.
- 渡辺 官, 後藤治彦, 増田美樹子, 若見昌信, 桜田俊彦, 豊島朗子, 村守樹理, 會田雅啓：CAD/CAM システムにおけるセメントスペースの違いによるコーピングの適合精度. 日大口腔科学誌 **29**; 142-149 2003.
- 堀田康弘, 宮崎 隆, 李 元植, 小林幸隆：試作 CAD/CAM 装置で製作したセラミック製クラウンの適合精度. 昭歯誌 **16**; 230-234 1996.

- 22) 疋田一洋, 舞田健夫, 小林国彦, 田仲 収, 藤井健男, 大野弘機, 内山洋一: CAD/CAM システムによって作製したコンポジットレジンクラウンの辺縁適合性. 歯材器誌 21; 294-301 2002.
- 23) 三浦維四: チタンと歯科. チタンの歯科利用 (三浦維四, 井田一夫編) 第1版:9-15 クインテッセンス出版 東京 1988.
- 24) 伊藤道博, 新谷明喜, 横塚繁雄: 各種歯冠修復

用被削物を用いた CAD/CAM の加工精度. 補綴誌 43; 614-625 1999.

著者への連絡先: 五月女 稔, (〒963-8611)郡山市富田町字三角堂31-1 奥羽大学歯学部附属病院

Reprint requests: Minoru SOUTOME, Ohu University Hospital

31-1 Misumido, Tomita, Koriyama, 963-8611, japan