

# 歯科 3 次元 CAD システムのための機能的な咬合面の設計支援

丸 山 智 章\*

## Computer-Aided Design of Functional Occlusal Surface for Dental 3-D CAD system

by Tomoaki MARUYAMA

虫歯や歯周病などにより失われた歯の治療には、クラウンやブリッジなどの歯科補綴物が用いられる。現在、それら補綴物の製作には、おもに鋳造法（ロスト・ワックス法）が用いられている。しかし、この工程は補綴物の完成まで約1～2週間かかってしまう。そのため、患者は何回もの通院を強いられ、その間仮修復物を装着しなければならない。また、その製作工法の用いる材料、すなわち印象材、石膏、埋没材などは熱による膨張ないし収縮が不均一である。このため、補綴物の品質を保つには高度な技術が必要とされる。この問題を解決するため20世紀末から、補綴物の設計・製作にCAD/CAMを応用する研究が世界的に進められている。この方法は、中間材料を用いないため、補綴物の品質を一定に保つことができる。また、これまで加工に熟練を要したセラミックスなどの高強度かつ審美性の高い材料を、CAD/CAMの導入により容易に加工することができる。さらにこの方法は、鋳造法よりも工程数が少ないため、製作時間およびコストを大幅に削減することができる。現在、既にいくつかの歯科用CAD/CAMが市販化されており、臨床応用が進められている。代表的なものにCEREC3（Sirona社）、GN-1（GC社）、DECSY（Media社）、Cadim（Advance社）などがある。これらシステムは短時間でかつ美しい補綴物を設計・製作できる。しかし、これまで培われてきた設計技術やノウハウがすべてコンピュータ化されているわけではない。歯のかみ合わせ面（咬合面）は、

必ずしも詳細には設計できないという問題がある。そこで本研究は、患者に適した機能的な咬合面の設計を支援する機能の開発を目的とする。その実現のためには、次の2つの機能が必要である：1）患者固有の歯牙滑走運動の再現；2）患者の口腔機能に適した咬合面および咬合接触点の設計支援。本研究はこれら機能を実現するために、まず基本的な設計機能をもつ、独自の歯科3次元CADシステムを準備した。それを基に各機能を実装し、補綴物の設計実験を通してその有効性を検討した。本論文の構成を以下に示す。

本論文は、「歯科3次元CADシステムのための機能的な咬合面の設計支援」と題し、全5章より構成される。

第1章「序論」においては、まず歯科CADシステム開発の目的を述べ、これまでの同分野研究の概観を示した。次に、現在市販されている歯科CADシステムの機能や設計対象を比較し、各システムの特徴について説明した。その上で、患者に適した機能的な咬合面の設計を支援する機能の必要性について述べた。

第2章「歯科3次元CADシステム，“Vocs-2”」においては、提案した支援機能の有効性を確認するために開発した、歯科3次元CADシステム，“Vocs-2”の機能および特徴について述べた。本システムの歯列モデルには、サーフェス表現とソリッド表現の利点を合わせもつ融合モデルを用いた。これにより、

\*新潟大学大学院自然科学研究科

現在 茨城工業高等専門学校

〔新潟大学博士（工学）平成19年3月22日授与〕

歯の滑らかかつ自然な形状を保ったまま、上下歯列の接触点(咬合接触点)をつくるような、局所的な変形が可能となった。歯列形状の変形には、数値形態学の分野で用いられる Hit-or-Miss 変換を応用し、実際の補綴物設計と同じ、ワックスを少しずつ盛り上げるかのような操作性を実現した。

第3章「歯牙滑走運動シミュレーション」においては、患者固有の歯のすり合わせ運動(歯牙滑走運動)を再現する数値シミュレーション法を提案した。患者に適した機能的な咬合面を設計するためには、静的な歯のかみ合わせだけでなく、歯牙滑走運動も考慮しなければならない。そのために歯科臨床においては、歯牙滑走運動を器械的に再現する「咬合器」が用いられている。そこで、その咬合器を数値シミュレーションし、歯牙滑走運動を再現する機能を提案した。この運動経路は、実際の咬合器と同様に、顎関節の運動を再現する機構と、歯牙滑走運動経路を再現する機構があり、それらの傾斜角を設定することにより決定される。それらを患者固有の顎運動に合わせて設定するため、さらに咬合器シミュレータの自動設定機能を提案した。この機能は、患者の口腔内において記録・作成した歯牙滑走運動経路の3次元形状データと、咬合器シミュレーションにより算出した歯牙滑走運動経路の形状が、最も一致するような咬合器シミュレータの設定値を算出する。これにより、患者の歯牙滑走運動に合わせた咬合器設定ができる。シミュレーション実験を通して、提案法により患者に合わせて咬合器シミュレータを自動的に設定できることを示した。

第4章「咬合接触点の決定支援」においては、咬合面のどの位置に咬合接触点を決定すればよいかを表示することができる、咬合接触点の決定支援サブシステムを提案した。咬合接触点の設計は、かみ合わせの状態(咬頭嵌合位)だけでなく、前方や側方への歯牙滑走運動も考慮しなければならない。咬頭嵌合位における接触点は、滑走運動時では「離開」、「接触滑走」、「干渉」のいずれかが起こるが、干渉は絶対に避けなければならない。「離開」させるか「接触滑走」させるかは、他の条件を考慮して歯科医師が判断して決める必要がある。そこで、まず歯牙滑走運動時に上下歯列が離開する量を定量化し、その値を「離開量」と定義した。その離開量を基に、歯科医師が設計方針を入力することにより、咬合接触点に適した咬合面上の候補領域を算出し、それを可視化する機能を提案した。これにより、歯科医師はどこに咬合接触点を設計すればよいのか一目で判断することができる。下顎臼歯咬合面上に咬合接触点を付与する実験から、今回開発した支援サブシステムを用いれば、滑走運動時に歯科医の設計方針を満たす咬合接触点を設計できることを示した。以上より、提案した支援機能は、患者に適した機能的な咬合面の設計支援に有効であることを示した。

第5章「結論」においては、本研究において得られた結果を総括し、改めて提案法の有効性を示した。最後に、本研究の今後の展望について述べた。

おわりに、懇切なるご指導を賜りました林豊彦教授、中村康雄助手に心より感謝申し上げます。