

今月の解説

CAD/CAM システムを用いた Dr. Duret のシステムについて

小島歯科クリニック院長

小島 靜二

緒言

歯科医療のなかで歯冠補綴とそれにともなう歯科技工操作は必要不可欠の分野とされてきたが、支台歯形成、印象にはじまり装着までの伝統的ともいえる一連の工程には今日まで大きな変化は生じなかった。それらはいつも歯科医師や歯科技工士の芸術的作品として絶賛を博したり、そのノウハウ、とくに寸法補正に関する諸問題や、新素材の改良、開発などが論議的となってきた。

なかでも印象、模型、ワックスパターン、埋没、鋳造、仕上げ、装着、この一連の過程中(図1、2)に生じる寸法変化をいかに減少させるか、そのための素材選択法および組み合わせ方にすべての熱意が注がれていたといっても過言ではない。しかも、この寸法変化量は、相対的累積値によって補正してきた。さらに最近になると、この過程の一部にロボティクスが導入されてきた。しかし、いずれにしても各段階での communication は無視され、あくまでも合理化の範囲に滞っていた。

このような旧来からの補綴術式の一連の工程に対し、最近きわめて革新的なアプローチが行なわれている。すなわち本稿で述べるフランスの歯科

医師 Dr. F. Duret が開発した歯科用 CAD/CAM のシステムは、各工程での communication を可能にするひとつの重要な試みであるように思えてならない。これらは過去に蓄積されたデータを無視することなく活用し、各ステップ間の communication を有効につなげる画期的な方法論だと感じ、筆を執った次第である。

I. F. Duret による CAD/CAM の背景

1. 方法の決定

補綴物製作における印象から装着(合着)までの間には、対象物を三次元的に捉える人間の目がある。これを機械に置きかえるために対象物を三次元的に測定する方法を用いなければならない。

この測定方法にはいくつかのものが考えられるが、それらをここで列記すると、まず第1に化学、手動的方法(図1、2)がある。これはパティによる従来の印象探得法で、これによって得られた情報は石膏模型材へと伝達される。材料のもつ寸法誤差がつぎつぎと埋蔵されていく結果となる。

つぎに機械、電子的方法がある。これは、複雑な表面形状用の Micro-Block-Gauge を用いる。こ

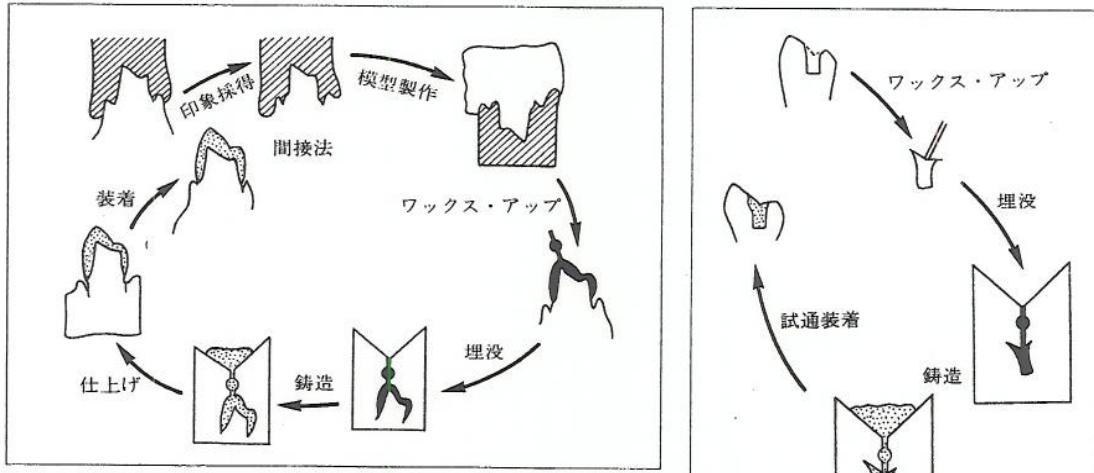


図1 間接法による補綴物製作過程。

図2 直接法による補綴物製作過程。

図1|図2

の研究に関して歯科医療分野では、さしたる成功は収めていない。

第3の方法は、Opto-electronicな方法である。これは光の波動性と粒子性をともに利用し、物質の電子、物理的性質を活用する方法である。歯科医療において成功を約束できる方法はこれだと研究者達は信じている。しかし、単に Opto-electronicな方法とはいえ、確実な成果を収めた文献は数少なく、それらを大きく分類した基本的原理は検討する価値があると思われる所以、その基本的原理を列記する。

1) Dennis Gabor が発見した Holography(図3、4)――

これは、ディズニーランドのホーテッドマンションというお化け屋敷でも使われており、ご覧になった方も多くいると思われる。1つの物体を照射するいくつかの波動と1つの基準波動との間の干渉に基づくものであり、lazer-beamを使用することにより可能であるが、測定のためには物体を数分間固定しておかなければならぬことと、再構成についても歯列上には決定的な基準システムが存在しないこと、また複雑すぎ、コストがか

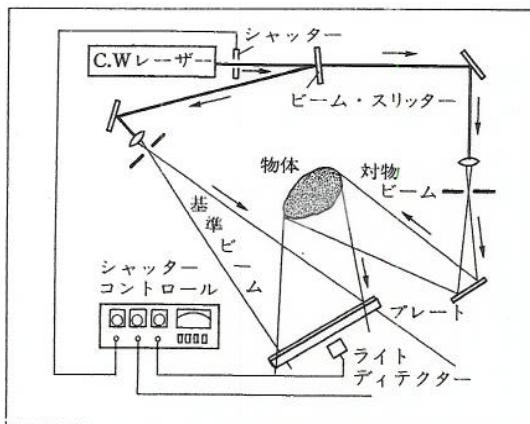


図3 Dr. Youngによるホログラフィー(1977)。

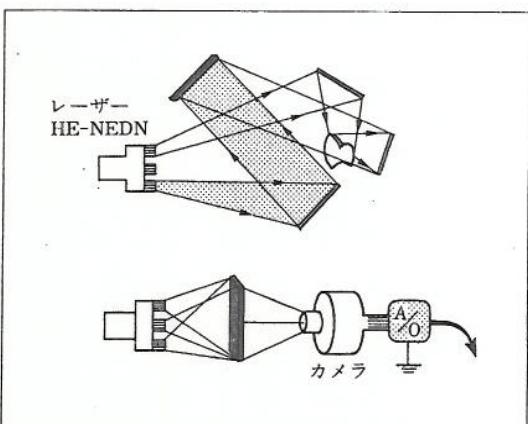


図4 Dr. Duretによるホログラフィー(1976)。

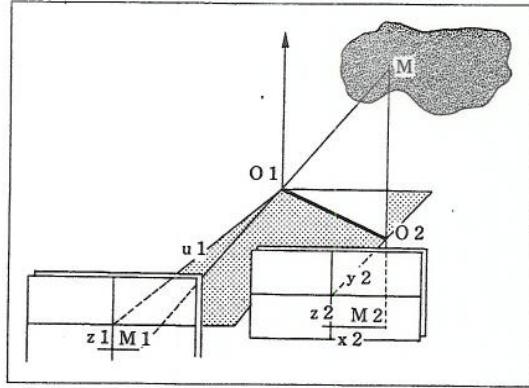


図5 写真計測の原理。

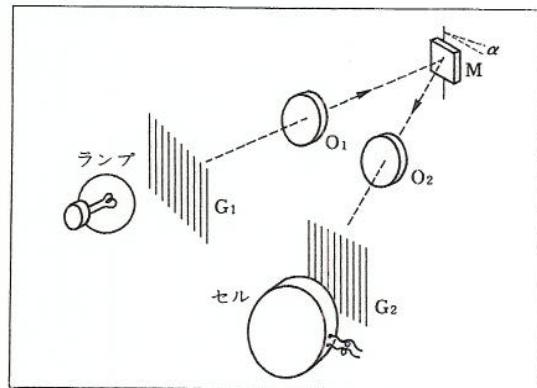


図6 モアレの原理。

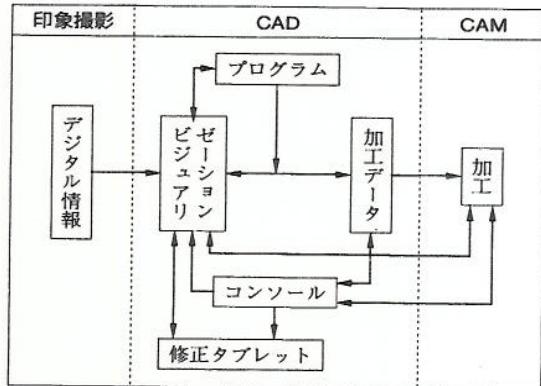
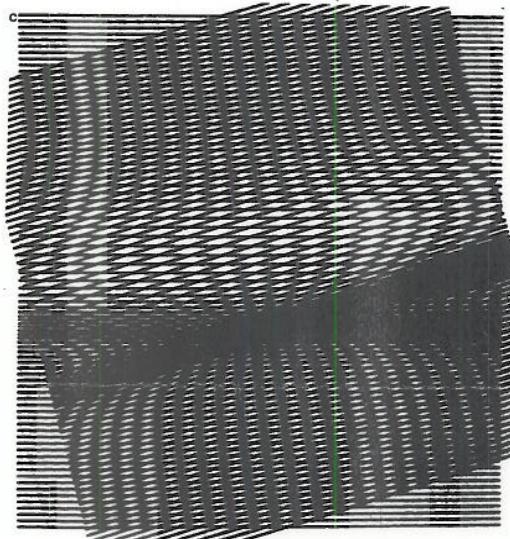


図7 モアレの実際。

図8 光学印象に基づく CAD/CAM 装置の機能原理のブロック図。

図7 | 図8

かりすぎるなどの欠点がある。

2) Stereo-Vision—写真計測(図5)

飛び出す絵で有名な方法である。2つのカメラで一物体を異なる角度から見るという方法である。人間の頭脳は形態と物体の記憶によって形を再構成できるが、Computerは物体に対する測定システムの正確な位置を示さなければ、それぞれの点とその座標の位置を自動的に決めることができない。その位置を定める方法として写真を使った計測を行なう。

3) Moire 法(図6)

2つの顕微鏡的な中性構造を重ね合わせることにより、1つの肉眼的な構造を得る方法である。目の間隔がわかっている2つのグリッドを重ね合わせることにより、間隔を数学的に決定できるレ

ベル曲線(図7)が得られる。物体の上に現われるこのレベル曲線は、二次元的に研究された物体の画像に第三の次元をもたらすという優れた特性をもつ。

Dr. Duretは物体の三次元分析方法として、このMoire法を用いた光学印象が十分に効率的で資金的にも手の届く唯一の手段であるという結論に達した。そしてそれを応用して実際の支台歯形態の測定に用いることを具体的に検討した。その結果 Duretは独自の光学印象による歯科用 CAD/CAM システム(図8)を完成させた。ここでいう CAD とは Computer aided design、CAM とは Computer aided manufacturing の略であり、その基本思想は、補綴物の製作をより科学的、かつ技術的なものとすることである。

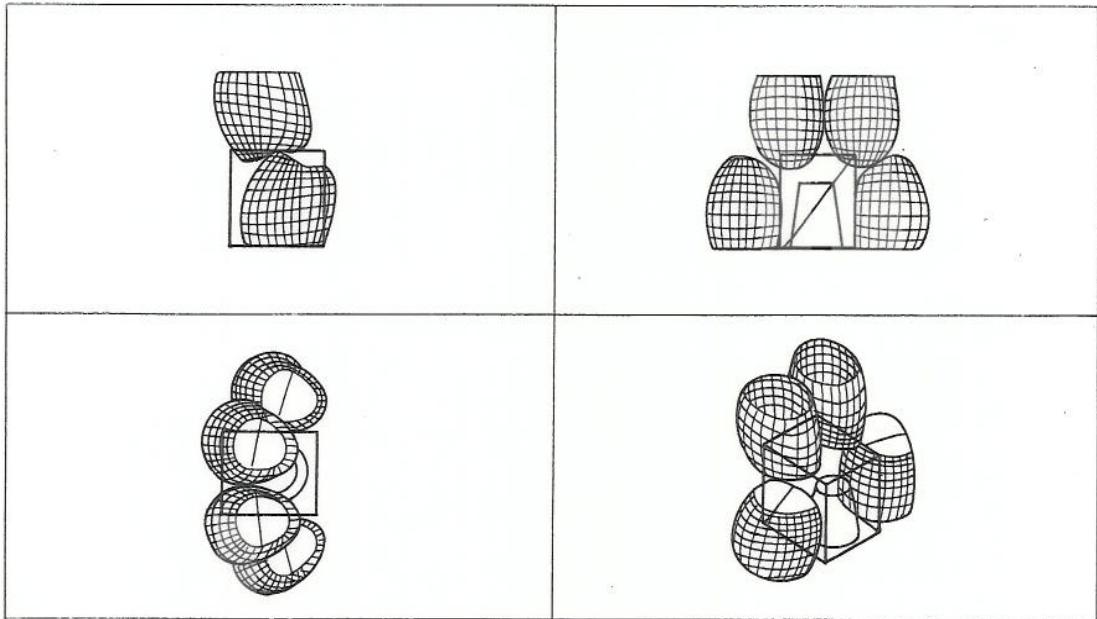


図9 エンベロープ。

II. Dr. Duretによる CAD/CAM 支援設計、 製造装置

Dr. Duretによる CAD/CAM システムは、いまだ不明なところが多い。文献的にも、補綴ノート No. 10に「私の CAD/CAM」と題した論文を掲載したのみで、システムの全体像、とくに実際の工程はほとんどが不明である。

しかし、ここでは、Dr. Duretの注目した方法が、歯科にとってきわめて革新的であること、またわれわれがそこから学ぶべきことが多いことなどから、その概要を紹介しておくことにした。

1. その構成

Dr. Duretのシステムは、以下のように構成されている。

- ①歯型と下顎の動きを変換、あるいは測定するシステム
 - ②補綴物の内形、外形をできるだけ迅速に設計するための情報処理 Computer および特殊ソフトウェア
 - ③補綴物を製作するデジタル制御工作機械
- 以上の3パートよりなっている。

2. 概略

1) Envelope すなわち Denture Space(図9)

補綴物が納まるべき限界空間のこと、これは

環境により規定される。この空間の有効ゾーンもコード化する必要がある。

2) 下顎運動

上下顎に3つずつの基準点を設け、上顎は固定、下顎は可動と生体と同じにする。この際、下顎前歯切端の軌跡や患者固有の顎運動などの記録が可能である。また Envelope には、Co、CR、前方、側方、Swallowing など、従来 articulator に transfer していた情報を articulator をまったく用いず限定することができる。さらに咬合様式もいくつかの平均 pattern を input しておき、その上に個人特有の情報を付加していくべき。

3) 好美性

美観上の補正を行なうのは、1人1人の医師個別のものであり、作業は必然的に個人化される。これが、唯一一人間の知能によって補強される芸術的仕事とみなすことができ、なお一層、歯科医師の審美眼が要求されることになる。

4) 加工

切削工具を加工すべき部品の正確な位置に移動させるために、デジタル制御という Computer の一種を使用している。このデジタル制御の原理は、移動しうる機械装置を指示された位置に移動させるための自動化 process である。プログラムが最

も困難な機能は、加工の監視と切削工具の検査(加工後の工具の消耗度の検査)である。

5) Material

鋳造可能な金属、複合樹脂、Ceramicsなどがある。将来的には、Amorphous Glassを鋳型成型し、つぎに熱処理によってセラミック化したものを用いるようになる。今日の素材科学は、航空宇宙技術や electronics、化学工業、bio-technologyなど、われわれが自分達にとって必要なものを明確にさえすれば、ほとんど無限の手段を利用することができる時代なのである。

6) 歯科用素材

① 義歯素材

物理的、機械的、化学的、光学的、生物学的、技術的という、6種類の性質を別個に検討しなければならない。生物学的には、4つの性質(物理的、機械的、化学的、光学的)を制約し、修正する。そして、最後に技術的に可能な best なものを選択する。

② 接着材

最良の方法は、受け入れ器官の組織と同種の素材で補綴物をつくり、真の意味での化学的付着が得られたら望ましいといえる。CADにより、つねに一定の精度を得ることができるのだから、たとえば界面間隔をいつでも $50\mu\text{m}$ に保ったとすれば、2つの要素間には化学的とはいえないまでも、優れた接着効果が望めると思う。

③ 受け入れ(受容)器官

器官を傷つけないための最良の形態をもった補綴物を設計するため、器官と周囲の組織との関係

も検討する必要性が生じてくるはずである。この点に関しては今後の課題といえよう。

結論

今日、もしくは近い将来、補綴物の製作は、芸術的な仕事ではなく、科学的な作業と考えられるようになるはずである。従来使われていた芸術的なという言葉に含まれる曖昧さを除去し、科学の力を借りて標準偏差を小さくした結果を出し、その上で本来の芸術的な領域に高めることが、これから歯科医学の目指す点であると思われる。

光学印象法を用いた Computer による補綴物設計製作の出現により、製作各工程での寸法変化量の補正、咬合器への transfer、technician の技術差などを考慮しなくとも、精度の高い均一な補綴物が望めることになるであろう。さらに、現在用いられている素材にとらわれず、生物学的、審美的、かつ精度的により高度な新素材に巡り合えるチャンスも訪れるであろう。

歯冠色金属、組織との化学的接着材、常温でのセラミックスの焼付などなど、まだ夢のふくらむ思いである。しかしその裏方にはたゆまぬ基礎実験の繰り返しや、基礎情報との密な communication、生体との親和性など多くの困難を無視するわけにはいかない。

しかし、CAD/CAM の出現により、われわれ歯科医師にとり、方法の正確さ、時間の短縮、素材選択の自由が与えられ、むしろ本来の治療に専念できる結果となることに対し、心から感概を覚える者の1人である。