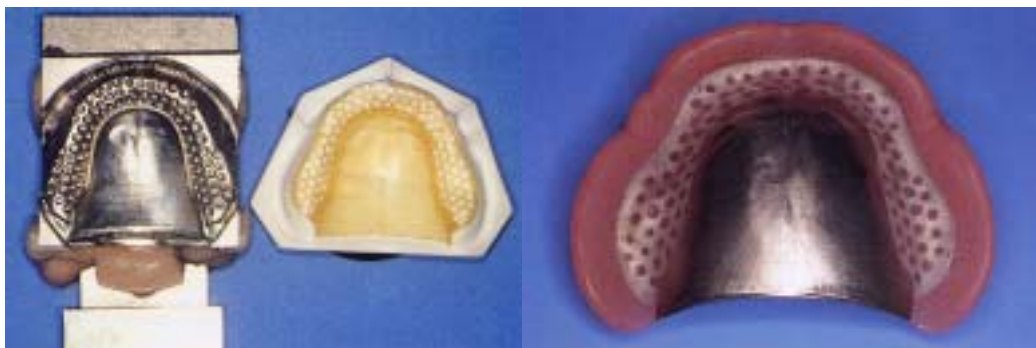


## 歯科技工における コンピュータ NC 機械加工

省力化と高品質均一化による新しき技工

世界初の CAD/CAM 義歯



仁科匡生(歯科技工士)/町田宏夫(歯科技工士)/原田宏造(歯科技工士)  
臼田雅彦\*(歯科技工士)/大田 学\*/勝田眞弘\*(歯科技工士)

神奈川歯科大学付属歯科技工専門学校  
\*(株)アドバンス

## 歯科技工におけるコンピュータ NC 機械加工

Oct. 1997, QDT Vol.22-10 (Quintessence of Dental Technology)

歯科技工における

コンピュータ NC 機械加工

省力化と高品質均一化による新しき技工

仁科匡生(歯科技工士)/町田宏夫(歯科技工士)/原田宏造(歯科技工士)  
臼田雅彦\*(歯科技工士)/大田 学\*/勝田眞弘\*(歯科技工士)

神奈川歯科大学附属歯科技工専門学校

住所:神奈川県横須賀市稲岡町82

\* (株)アドバンス

住所:東京都中央区日本橋大伝馬町7-6

Machining by Computer Numerical Control in Dental Technology

Tadao Nisina (DT)/Hiroo Machida(DT)/Kouzo Harada(DT)

**Kanagawa Dental College, School of Dental Technology**

Address: 82, Inaoka-cho, Yokosuka-shi, Kanagawa

Masahiko Usuda(DT)\* /Manabu Ota\* /Masahiro Katsuta(DT)\*

Advance Co., Ltd.

Address:7-6, Nihonbashi-ohdenma-cho, Chuo-ku, Tokyo

It is proven how to be a convenient object by

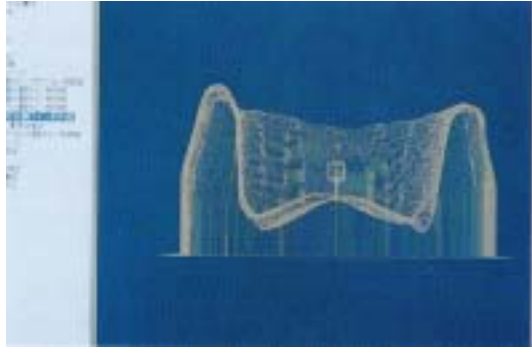
the development of Personal Computer. Exclusively, it is using CAD/CAM with EWS (Engineering Work Station) Computer System on the industry field. or business world. However, Personal Computer is approaching to WS, and is widely used as a home computer. Because the CPU is speedy developing and changing by competition of RISC processor for WS and x86 processors for Personal Computer.

It is changing greatly the Dental Technology to be supported by such personal computer. It is also new era to start NC machining of mechanical dental technology by which CAD/CAM machine have been marked in the dental field.

Especially, CNC (Computer Numerical Control) Machining for Dental Technology has began.

These machines which loaded highly efficient automatic scanning machines which could be converting the technics of veteran or skilful dental technician to numerical data for CAD/CAM.

I will introduce Titanium CAD/CAM Crown Bridge and Denture with the new machine. And, what is the new Dental Technical Engineering? What should we be with it?. We thank about with you that new technology era is coming by digitization of dental technics and Computer Aided Dental Technology (CADT).



数値データは、あらゆるCADのシミュレーション・イメージが可能。



NC加工冠は、鑄造冠とは異なる補綴装置である。

---

## はじめに

---

歯科技工の第三の波“コンピュータ歯科技工の新しい世界”と称して、数値制御の幕開けが起こってから十年余になる<sup>1,2</sup>。今、歯科技工における加工は、咬合面圧印金冠、咬合面鑄造金冠、全部鑄造冠から、NC加工冠へと、鑄造技術から機械加工技術に展開しはじめている<sup>3</sup>。数値制御の技術、まさにそのCNC時代の到来である。

---

### ・手作業による“NC加工”

---

金属焼付ポーセレンのメタルフレームの形態修整では、鑄造体の粗削りから最終仕上げまで、エンジンの使い方によって、その表面の形相は異なってくる。

たとえば、アルミナプラストをかける焼付面の仕上げでは、ハンドピース(切削機器)にアルミナポイント(ツール)をコレットチャックに装着し、回転数(回転速度)をゆっくりと、かつ削る度合(切込探さ)を配慮して圧力(切込量)を小さく、一方向(送り方向)に一行ずつ(ピッチ)切削していく。最終的には表面を撫でるようにして表面加工(ならい削り)を行なっている。

時には、エンジンを正回転(up-milling)から逆回転(down-milling)にして、金属ケバの中に巻き込んだ微細な切削層などを「櫛を入れるよう」にして取り出している。

そうした表面の凹凸やその仕上げ度(ラップ仕上げ)を、光の反射の仕方などによって観察しながら形態修正を施しているのである。

また、ペンシルグリップによる手首を使った繊細な作業動作や垂直ドリルカットなど、また、ハンドグリップ方式によるバーの軸との平行グリップ作業や、カッティングディスクの接点切削など、握り方によって切削の工夫がなされている。

このように歯科技工士は、これら一連の作業を、みずからの頭の中で“NC加工”を行なっているのである。

---

### ・NC加工とは

---

NC(Numerical Control)とは数値制御の意味で、NC加工とは、紙テープなどを媒体として、数値や符号を使った数値情報で機械を自動制御し、おもに工作機械を制御し、金属やプラスチックなどを加工製作することである。

これらの機器はNC装置とも呼ばれ、工業界でも盛んに行なわれている<sup>4</sup>。当初は、大型コンピュータしかなく高価であったため、NCのテープを製作しNC装置を作動させていたが、1975年頃からマイクロコンピュータの普及により、NC装置にコンピュータが組み込まれた<sup>5,7</sup>。

ちなみに歯科技工機器では、ユニテック社のポーセレンファーンエスが、いち早くマイコンチップを搭載し、温度計測制御、すなわちヒー



1 | 2

トレートを制御したのである。

現在では、そうしたNC装置にはコンピュータが使用され、CAD/CAMばかりではなくそれらを統合するCIMなどにも使用されているが、こうしたCAD/CAMなどに用いられるコンピュータは、EWS(Engineering Work Station)がもっぱらである。

一方、パーソナルコンピュータ(パソコン)は、驚異的な発展を遂げ、いかに便利なものであるかを証明した。とりわけCPUはトランジスタの製造数が年率約40%増、2年で約2倍に成長することを提唱した、Mooreの法則6に従って確実に伸びてきた。

現在では、そのWS用RISCプロセッサとX86プロセッサの高速化競争のおかげで、パソコンがそうしたワークステーションに近づく一方、ギガ単位のハードディスクなどとともにホームコンピュータとして一般家庭でも手が届くほどの価格となった。

こうした高性能のパソコンが、技工料伝票などの管理面やホームページ、TCP/IP通信などに活用されているが、パソコンによる機械加工が、歯科技工所に現れ活躍している。

現在、歯科技工分野におけるCAD/CAMマシンとしては、セレックシステム(シーメンス社)、CAMM(マッコイ社)、「Cadim」(アドバンス社)などが市販されている。

こうした機器は、世界でも市販されつつあり、まさに歯科技工におけるパーソナルコンピュータと機械加工の時代の到来でもある。

図1 CAD/CAMマシン「Cadim」(アドバンス社)の全容<sup>10</sup>。機構部、スピンドル、測定部、コントローラー部、およびパーソナルコンピュータである(仕様については表1に記す)。図2 ワークエリア。a:計測プローブ(スタイラス)。b:治具。c:保持具。d:冷却水器。e:切削コレット。f:切削用のレファレンス・ポイント(基準ボール)、g:四角柱は測定用のレファレンス・ポイント。

今回、紹介するCAD/CAMマシン「Cadim」はNC加工によって行なわれるが、コンピュータ支援によるCNC機械加工機である。

このCNC(Computer Numerical Control)とは「コンピュータ数値制御」と訳され、前述したように、CPU競争のおかげで、記憶、演算機能が飛躍的に高まり、小型のコンピュータを内蔵したNC装置、つまりCNC化となり、現在ではほとんどCNC装置となっている<sup>8・9</sup>。

またこのCNC装置には、入力したプログラムの内容は変更できない「ソフト固定型」とユーザーが仕様に合わせてソフトを変更することができる「ソフト可変型」の2種類がある。前者はROM(Read Only Memory)素子を用いたもので、後者はRAM(Random Access Memory)素子を使用した装置で、現在Cadimは後者にあたる。

### ・ CAD/CAMマシン「Cadim」

「Cadim」の構成は、機構部、スピンドル、測定部、コントローラー部、パーソナルコンピュータの各部である。また、実際の移動エリアには、軸150mm、Y、Z軸は、100mmで、計測プローブ(スタイラス)、治具、保持具、冷却水器、切削コレット、切削用のレファレンスポイント、また、四角柱の測定用のレファレンスポイントなどがある(図1、2)

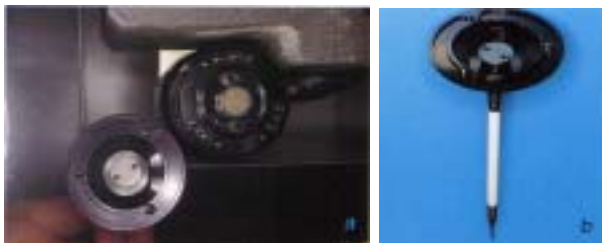
## 1. 計測

Cadim の三次元形状計測 10 は、スキャニン  
表 1 CAD / CAM システム “ Cadim ” の構成 10

機構部仕様		コントローラ部仕様	
移動範囲	軸 150mm Y 軸 100mm Z 軸 100mm	モータ	AC サーボモータ 軸 100W Y 軸 100W Z 軸 100W + ブレーキ
ガイドウェイ	精密リニアガイド	エンコーダ分解能	機械的分解 2.5 μm 電氣的分解 0.625 μm
送りネジ	精密研磨ボールネジ	早送速度	10,000mm/分 max
機体本体	高剛性肉厚アルミ鋳造物構造体	切削速度	8,000mm/分 max
リミットスイッチ	センサー方式非接触	電源・消費電力	AC100V, 50 ~ 60Hz 10 ± % 600W
カップリング	ノンバックラッシュ		
スピンドル仕様		PC 仕様	
モータ	120W AC	機種	DOS/V 仕様 ISA バス 2 スロット必要
コントローラ	インバータ方式	メモリ	32MB 以上
回転速度	最大 20,000rpm	HDD	500MB 以上
コレット	1 ~ 10 までの工具を装着可能	CD	インストール用
		ディスプレイ	1024 × 768 カラー仕様
		OS	Windows95
測定部の仕様			
測定プローブの精度	1 μm		
スタイラスの種類	0.3 ~ 30mm ボールタイプ/シリンダータイプ		
測定スピード	最大 1,000mm/分 可変		
測定方法	接触式アナログ測定		
測定方法	一方向計測向 双方向計測		
計測方法	等高線計測 放射計測 平行計測		

図 3 a スキャニング・プローブ(Renishaw 社)。  
倣いプローブとも呼ばれ、スタイラスが測定面に  
常時接触し、力を受けた方向に力の大きさに比例  
した量だけ変位して、その変位量を正確に読み取  
る。

図 3 b スタイラスにはシリンダータイプやボールタイ  
プなどがあり、標準ではその径も 3 ~ 0.5mm などで、  
測定精度は 1 μm である。



グ・プローブ(Renishaw 社)で、倣いプローブと  
も呼ばれ、測定子(スタイラス)は測定面に常時  
接触し、一定の変位置を保つように移動しながら、  
その変位置を正確に読み取ることができる  
(図 3 a, b)。

またスタイラスには、シリンダータイプやボ  
ールタイプなどがあり、その径も 0.3 ~  
30mm、測定スピード 100 ポイント/秒と、非常に

高速かつ可変式で、測定精度は 1 μm と高精度の  
接触計測方式である。

三次元計測範囲の設定のため 2 D プロファイル、  
すなわち一定の高さで 2 点間のモデルの周囲  
である Y 輪郭を複数スキャン測定することが  
できる。このプロファイルを取得することによ  
りその計測領域を確定し、その計測範囲に基づ  
いて三次元計測を行なうこととなる。

また、この測定の諸条件(パラメーター)で構成されるスキャン・パスは、方向、Y方向、放射状



および任意の角度など、ダイアログの対話形式で設定することができる。したがって、

図4 a エロワの治具は4つの爪をもち、それを支点として保持具の正しい位置精度を保っている。90°ごとに回転固定させることができる。

図4 b エロワの保持具で、治具の爪に対して受け口がある。誤差2 μm以内で工作物を正しい位置に戻して、加工精度を高めている。

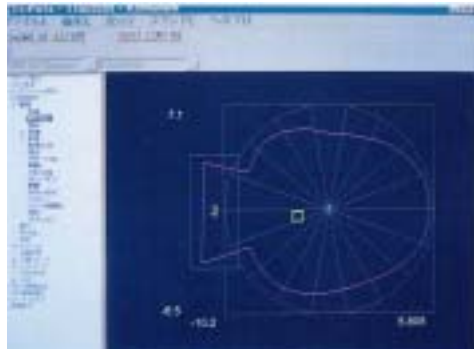


図5 a メタルコーピングの最大輪郭をプロファイルした後、データ・キャプチャーがその周りをステップできるように、円形が一連の「パイ・セグメント」に分割され、それぞれセグメントは平行ラインを使用してスキャンされる。またリブの測定は、詳細なデータは要らないので平行グリッドとしてある。

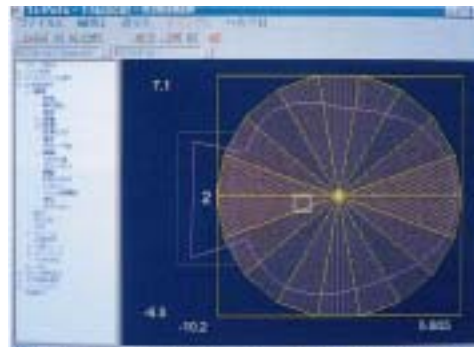


図5 b グリッド指定で、グリッド・タイプ「放射状」に設定したときの表示。キャプチャーされたすべてのデータとセグメントの境界で制限されたグリッドは、モデルに構築される。



図5 c 実際に測定を開始すると、パソコン上にその計測点がキャプチャーに逐次表示され、コピー機械加工機能を使ってこのキャプチャーされた通りに機械加工できる。このとき測定精度も測定時間もこのパスの設定によって変化する。

そのプログラムに従って入力することにより測定は開始し、データが自動的に取得されていくため、プログラム言語を知らなくても、アプリケーションをマスターすれば誰でも簡単に指定することができる。

こうしてスキャンして得たデータは、つぎのような多角形領域指定を行なうこともできる。

3Dサーフェス・ポイント・データの取得  
データのオフセット

モデル加工用データの作成  
測定パスのグラフィック表示  
ソリッドのグラフィック表示  
各種データのモデファイ  
計測モデルの重ね合わせ処理  
データ変換(拡張子 IGES, ASCII, DXF, VDA, DUCT5 などの file)などである。  
このように Cadim は、Measuring(計測)、Modeling(模型)、Manufacturing(機械加工)、の



図 6 a 咬合面側のイメージ。ここから分割面をメニューによって指示する。

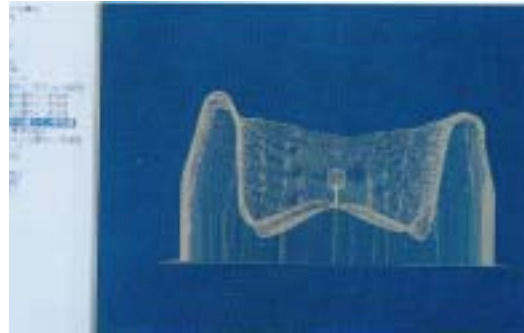


図 6 b クラウンのマージンから最大輪郭と内面を測定した分割ラインのイメージ。対話方式によりみずから読み込んだデータを基に、各セクションのイメージを取り出すことも可能である。

3つの大きな仕事をやりこなし、歯科技工士のマイ・テクニックをCNC加工することができるパーソナルなCAD/CAMツールでもある。

また、高精度のスキャン・データのDXFなどへのデータ変換では、AUTOCAD、XCADなど市販のCADに読み出して作図や動画を作成することもでき、正確なイメージによる教育画像としてもおおいに役に立つものである。

## 2. 切削加工

Cadimの切削加工工程には、粗加工と中間加工、仕上げ加工があり、パラメーター設定の諸条件によって術者が選択できるが、おおよそツールに依存するところも大きい。

しかし実際の場合、たとえば粗加工においては、ブロックから近似形状までの工程としては平行加工が用いられるが、次ステップの中間、仕上げのためのワーキングしろ、すなわちオフセット(真の値から残す厚み量)を追加しておくテクニックも必要である。

また仕上げ加工では、粗加工から最終形状までの工程で、もっとも緻密なポイントを加工走行するように設定するラジアル加工が適している。

そうした加工プログラムの設定ツール・パスは、X方向、Y方向、螺旋状、放射状および同心円状などに設定することができ、また2Dプロファイルにて加工領域を変更、追加などを行

なうことにより、部分的な切削加工や多数歯の連続・追加加工も可能である。

こうしてNC加工用のシーケンシャル・プログラミング(G、M Codeプログラムなど)がコンピュータによって作成される。それゆえ、NC加工のプログラム言語を知らなくても、自動的に構築されていくわけで、簡単で誰でも指定することができる。

しかし、実際に加工方法については、あらかじめアルゴリズムやフローチャート、またマージン部の切削条件や稜線・稜角・頂点などの補いの形態など、切削ツールやパラメーターに依存し、工夫を与えることによって能率的な加工がなされる。

アルゴリズムやフローチャートは模型を得た段階で作成し、最終仕上げも視野に入れた模型のリリーフからパターンモデルを製作し、もっとも良い方法で計測されなければならない。

これら加工に関してまとめると、つぎのようなジョブを行なうことができる。

- 加工素材・工具のデータベース
- 加工データの最適化
- 細加工・仕上げ加工用データの作成
- ツール・パスのグラフィック表示
- 加工時間の自動計算
- 拡大・縮小・ネステイング処理
- オス・メス変換、ミラー変換(図7 a、b)
- 各種専用の機器の作製

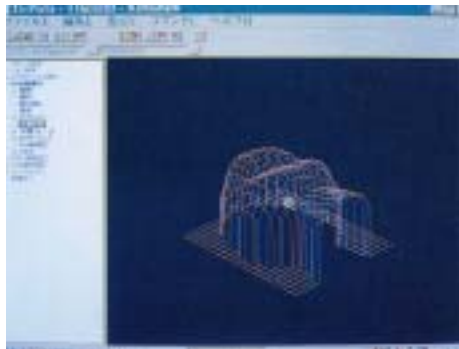


図7 a メタルコーピングのメールタイプ(雄型)。

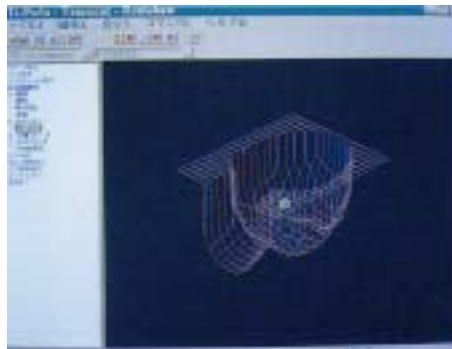


図7 b メールからフィメールに(雄雌)変換された図。



図8 a タブレットとアイコンによる対話方式で情報入力ができ、とくに三次元座標はカーソルから入力できる。ディスプレイ画面を見ながらタブレット上のメニューを操作するだけで、図形の作成・登録・追加・編集ができる二次元図形処理システムである。



図8 b `基準オプション`を選択したときのダイアログの一例。このダイアログは、システムでの計測または位置付けを行なうときに使用される。XYZ軸のスライド・バー自体をポイント・マウスの左ボタンで移動を行なうと、術者の手作業の感覚で適切な方向にマシンを移動することができる。

などを行なうことができる。

このことは、これらのジョブによって、歯科技工士が任意の機械加工が可能であり、この機種目的である少量多品種の製造は、ただ単に歯科技工物だけではなく、オリジナルの技工機器や部品なども製作することができることを意味する。

Cadim が作業に要する時間は、最高で 1,000mm

/分、また精度を求めるならば、ピッチ 1 $\mu$ m 計測で行なった場合、計測面積が大きいものほど時間を要する。計測のスキャン速度とスキャン偏向のパラメータがあるが、相互に関係をもっている。また、マージン部のような弧が複

雑な形態では、トリガーがかかると、その弦を求めてスピードを落として再計測に走るプローブのスキャンの偏向などの機能もあり、それらも計測時間に関係する。

こうした、コンピュータ制御による計測は、計測物の大きさや形態などによって異なり、また、NC加工プログラミングの設定の仕方によっても異なる。しかし、その表面積の大きい計測物によっては、数十時間に及ぶこともある。

---

### 歯科技工の基本操作とNC加工化

---

歯科技工では、厚みや長さ、幅、量、形、温



度、距離、時間といった 計るや、削る、盛る、熱する、加減圧、鑄込む、磨くなど、歯科技工の基本的作業を基に行なわれており、その中でも、計測と切削は、主たる作業であって、計測機器やハンドピースなどは手放すことはできない。

また冒頭にも述べたように術者は、もっとも効率的なバーなどのツールの使い方に工夫を凝らしており、それぞれのケースに応じた切削工具と切削条件を選んでいる。

すべての技工作業は、こうした道具と手技を組み合わせた技術であり、切磋琢磨かつ熟練された歯科技工士によって行なわれているが、ほとんどは、その熟達者たちの骨法的要素が先行している。こうした熟練者のコツや経験など、歯科技工技術を数値化するためには、データの収集として、熟練者の完成物の精密計測が欠かすことはできない。

そして、計測されたクラウン・ブリッジや有床義歯の数値データは、CAD ヘシミュレーション化して、コンスタントな高品質の歯科技工設計

を可能とするのである。

CAD/CAM マシンでは、コンピュータ制御の自動計測・切削を忠実に行なうことにより、歯科技工士の作業時間の短縮や省力化を図ることが可能となり、それによって歯科技工士の両手は、さらに人の手でしかできない作業に集中できることになる。

換言すれば、NC 加工のための設定時間のみだけで、人間の作業のあいまいさに比較して、精密、確実、正確な仕事の結果を生み出すことにある。作業の一部を、CAD/CAM にさせることによって、よりわれわれの芸術的センスを發揮することができるのである。

以下に、Cadim による

・数値制御・歯科技工の実際

・金属焼付ポーセレン・ブリッジのメタルフ

レームの製作ステップ

・上顎金属床のチタンプレート製作ステップ  
について図によって供覧する。

### ・数値制御・歯科技工の実際(図9～15)

図9a ボールエンドミル 3mm(左)と 1mm(右)の超硬タングステンカーバイド材。ツールにはボールエンドミルやドリルなどがあり、どのようなツールと切削条件がもっとも適しているか、すなわちツールの選択と最適切削条件を探し出すことが、加工効率につながる。

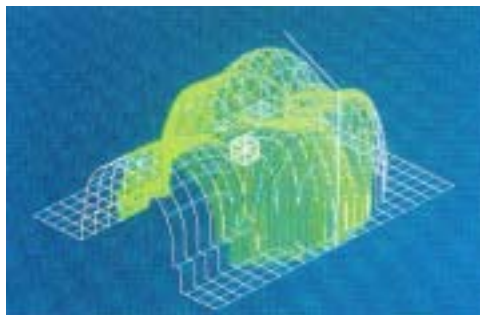


図9b 切削パスによってツールの切り込み口(白

い線上)からスタートする。

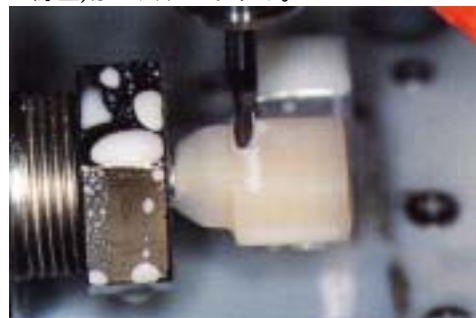


図9 c その座標値のスタート位置にツールは走行



図10 この CNC 加工を行なうには、パターンモデルを製作しなければならない。自動計測には接触圧力がかかるため、軟らかいものや撓るものではたわみを生じて、そのままNC加工されると変形した加工物となるので注意が必要である。

する(図中の材料は硬質レジン)。

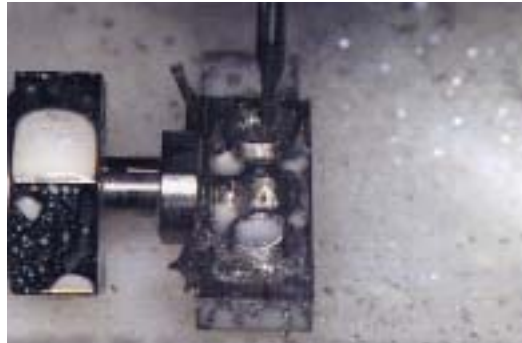


図11 チタンのCNC機械による加工中。



図12ブリッジの完成。



図13ブリッジの模型試適。



図14 10歯連続の加工物。こうしたカーブした歯列弓でも、加工のフローチャートによって切削が正確に行なえる。ただしこのケースは、切削しやすいアルミニウム試材である。



図15 CAD/CAMによる完成。

・ 金属焼付ポーセレン・ブリッジのメタルフレームの製作ステップ



図16 ……のブリッジ。採得したモデルの支台装置内面を計測する際に、1mmのスタイラスが行き届き未計測部分が生じないように、支台歯のすべての隅角を0.5 R以上になるようにワックス(リペア材でも可)で修整した。



図17 パターンモデルの製作。光重合型コンポジットレジンを使用した。とくに連結部やマージン部には、モデルの強度とマージン調整のためのワーキングしるをとる。

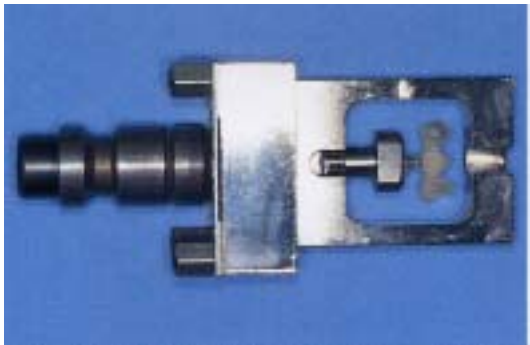
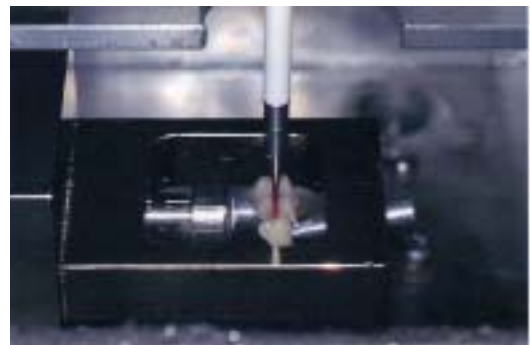


図18 保持治具(両持ちタイプ)にモデルを固定する。両支台装置の内面壁が、垂直方向に対しオーバーハングしないよう固定方向を注意する。



図19 計測圧によるモデルのたわみを軽減させるため、2方向から固定する。

図20 咬合面および支台歯側の両支台装置は、放射計測で基礎ピッチ0.05、ステップオーバー0.1で、また、ポンティツクの平計測では基準ピッチ0.05、ステップオーバー0.1、リブ部分の平行計測では基準ピッチ0.1、ステップオーバー0.2である。このブリッジでは、ポンティツク、両支台装置の順に計測を行なった。所要時間は、咬合面3時間44分、支台歯両側3時間39分である。



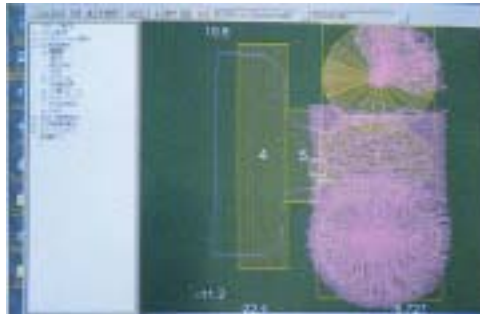


図 2 1 計測状態と経過時間の表示。ポンティツク部は平行、支台歯部は放射測定である。表示番号は測定順を表わすが、取得するデータが重なる部分は新しいデータが優先される。



図 2 2 実際には、取得した咬合面側および支台歯面側のデータを工具の逃げの補填分として0.3%の拡大変換と加工位置までの座標変換を行なった。

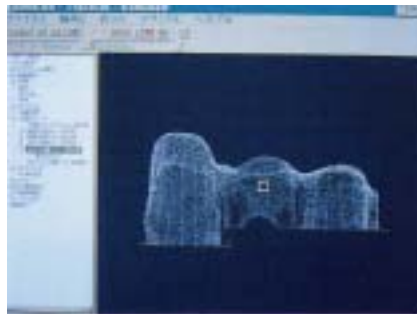


図 2 3 唇側イメージ。これらのイメージはプロファイルされた輪郭を限度に表示される。

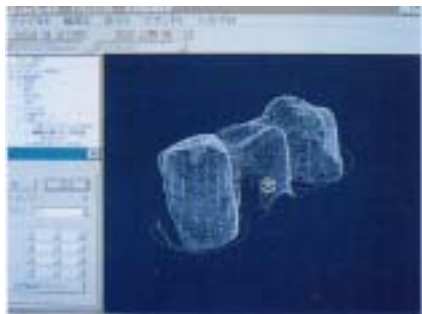


図 2 4 鳥瞰図イメージ。



図 2 5 咬合面イメージ。

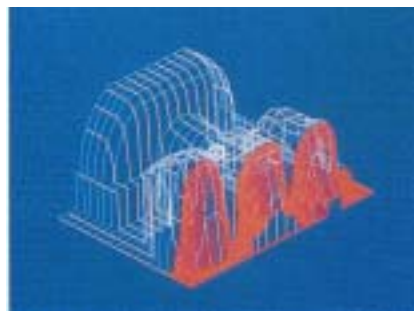


図 2 6 DXF変換の表示。



図 2 7 CADによるサーフェスの実像面。



図 2 8 チタンの角柱から粗加工の切削を開始している状態。注切削水は錆止めタイプで循環式である。

図 2 9 粗・中間・仕上げ加工の両側面切削が修了した状態(所要時間：計 9 時間 3 6 分)。この場合の歯科技工士の作業時間は、CAD/CAM など設定時間のみである。工程は埋没・ベンチセット(120 分)、リング温度 8 0 0 °C、ヒートレート 6 °C/min(133 分)、係留 1 時間、徐冷 4 時間以上(リングファーンネスの熱容量による)、鑄造、埋没材除去、反応層・硬化層除去となり、実際のチタン鑄造と比較してみても、同程度の所要時間である。

図 3 0 咬合面側の粗・仕上げ加工は、注切削水下で超硬工具/回転 2 0, 0 0 0 rpm で行なった(粗加工：工具 3 mm、所要時間 2 時間 1 3 分。仕上げ加工：工具 1 mm、所要時間 5 3 分。いずれもコンピュータ計算)。 28 | 29 | 30



図 3 1 支台歯側の粗・中間・仕上げ加工は、注切削水下で超硬工具/回転 2 0, 0 0 0 rpm で行なった(粗加工:工具 3 mm、所要時間 1 時間 4 2 分。中間加工:工具 1 mm、所要時間 4 時間 5 分。仕上げ加工:工具 1 mm 所要時間 4 6 分)。



図 3 2 適合させたときの状態。支台歯の加工はラジアルで、ポンティックは時間短縮のため平行加工とし、その後は手作業とした。NC 加工設定時の切り込み、深さ、送りなどや切削時のバーの直径などによって適合の度合が異なる。



図 3 3 CNC 加工終了のブリッジの基底面。適合やコーピングの薄い部分などは、加工ひずみを考慮した切削方法とした。こうした歯科技工の加工設計によっても異なる。



図 3 4 タングステン・カーバイド・バーによる形態修正。



図35 CNC加工後の形態修整の仕上げ。こうした微妙な焼付の技術は、ベテランの歯科技工士の作業となる。



図36 250 $\mu$ m アルミナ・サンドプラスト処理ののち洗淨し、チタン専用のボンディング材を塗布、780で焼成する。



図37 オペークの築盛。以後は、チタン焼付ポーセレンのテクニックにて行なった。



図38,39 チタン焼付ポーセレンのCAD/CAMブリッジの完成。



38 | 39



図40,41 同、口腔内。



40 | 41

・上顎金属床のチタンプレート製作ステップ



図4 2 原型。金属床設計後、スケルトン部のリリースとブロックアウトを行ってから精密複印象を行ない、複模型を製作する。

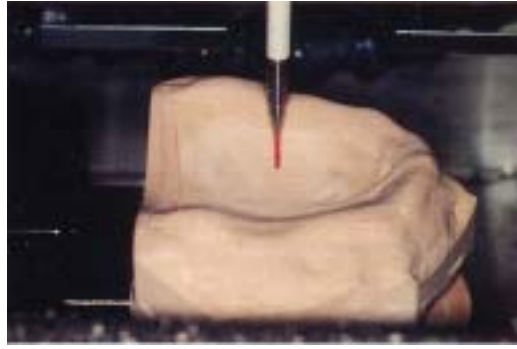


図4 3 その複模型を治具に取り付け粘膜面の計測を行なう。計測にはプロファイル測定後、必要部分を最小限カバーする範囲を放射計測する。基準ピッチ0.1、ステップオーバー0.1。所要時間10時間50分。

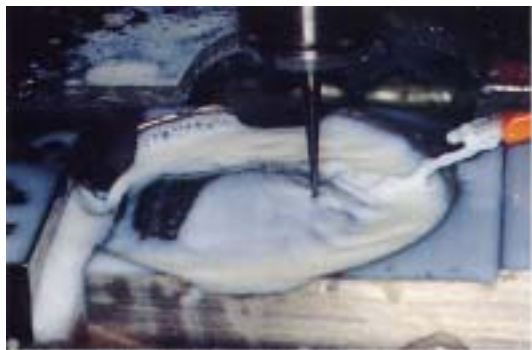


図4 4 別の保持治具へチタンブロックを固定。計測データの変換には、金属床内面を模型粘膜面データより再現し、取得データのオス・メス変換とミラー変換を行なった。このとき複模型の膨張とエンドミルの逃げの補填分として、0.5%の縮小と加工位置までの座標変換も行って加工した。

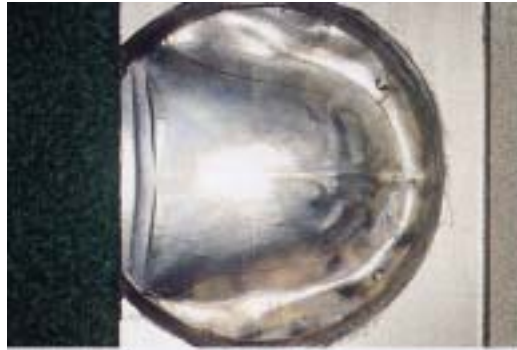


図4 5 チタンブロックの大きさによっても所要時間は異なるが、この条件では、注切削水下で超硬工具による回転数が20,000rpmで、粗加工は3mmツールで所要時間16時間40分、仕上げ加工は1mmツールで所要時間5時間00分であった。

図4 6 金属床表面モデルの計測。ライトパターンR(モルテン社)を用い口蓋部の厚みを0.45mmとし、複模型上に表面パターンモデルを製作後、保持治具に模型ごと固定・計測した。必要部分を最小限カバーする範囲で放射計測を行なった。基準ピッチ0.1、ステップオーバー0.1で所要時間は17時間2分であった。

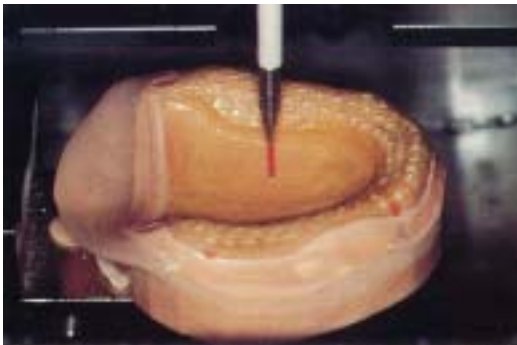




図 4 7 パターンモデルを複模型から撤去する。複模型をチタン床内面に適合できるように、邪魔な部分を調整する。



図 4 8 複模型へチタンブロックを接着。フィットチェッカーなどで適合状態を確認後、瞬間接着剤で接着する。

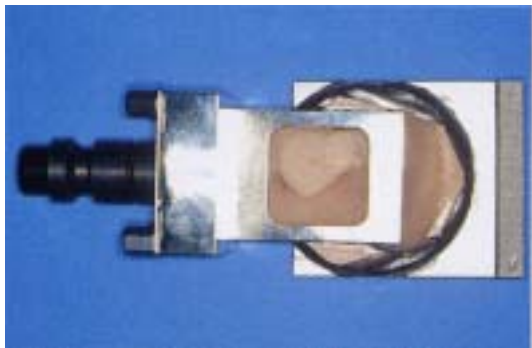


図 4 9 保持治具へチタンブロックを固定。トレー用レジンでチタンブロックを模型ごと保持治具に固定補強した。



図 5 0 粗加工は、注切削水下で超硬工具 3mm で回転数 20,000rpm で行なった。このとき、維持部のスケルトンから切削を行なった。



図 5 1 粗加工の終了した状態。所要時間 17 時間 55 分。



図 5 2 仕上げ加工の終了した状態とパターンモデルと模型。仕上げは、注切削水下で超硬工具 1mm で回転数 20,000rpm で行なった。所要時間 5 時間 10 分。



図5 3 治具および模型から加工物を変形させないよう慎重に取り除いた粘膜面状態。この後、手作業による余剰部切断などをして調整した。



図5 4 チタン金属床の完成。CAD/CAM 後は、適法に従って義歯製作を行なった。



図5 5 口蓋のステップ模様もCAMによって再現されている。



図5 6 義歯粘膜面。完成物口蓋部の厚さは0.45mmであった。



図5 7 粘膜面は、NCラジアル加工による美しい仕上げ面をしている。CAD/CAM 金属床の完成。

## まとめ

歯科鑄造に主流を置いていた歯科技工の加工技術が、歯科技工の機械化によって、新しい加工法の補綴物製作の時代が着実に始まっているのである。それがコンピュータによる数値制御の機械加工`CNC加工法`である。

今回は、CNC プログラム を搭載し CAD/CAMマシン`Cadim`の概要と、それを用いたチタンのブリッジおよび金属床の CNC 加工の工程について紹介した。この機械の特徴は、計測・モデリング・加工の3つの大きな仕事を自動で、ミクロン単位の高精度で正確に行なうことができることである。

こうした精密加工の機械出現で、歯科技工の数値化が促進され、CNC 加工の歯科技工が増大することは確実である。

これからの歯科技工は、マウスやキーボードを操作したり、製作する技工物のパラメータをパソコンに指示するなど、コンピュータのハードやソフト、また機械加工の基礎的知識が求められる。そして、コンピュータを介して機械と会話し、みずからの技術を CNC 加工にさせなければならない。

また教育の場では、歯科技工情報処理学の充実と、新たに CNC 機械加工学の基礎と応用の実技も含めた教育が必須かつ急務である。

そして、この CNC 加工のできる歯科技工士と、CNC 機械加工歯科技工学の確立を目指すための学術的議論の構築を行なう一方、CAD/CAM による歯科技工の自動化を推進し、

省力化と高品質の均一化を目指さなければならない。

さらには、C I M (Computer Integrated Manufacturing)、すなわちコンピュータとネットワークで統合化した歯科技工所情報システム、インテリジェント・ラボを確立することができるのである。

今後、歯科技工を NC 化するためには、みずからがつくった歯科技工物を計測し、numerical Data の蓄積と技術の分析、さらにはシミュレーション技術の開発、そしてその結果どのような方法が最適な加工であるかを追求していきたいと思っている。

最後に、本稿執筆にあたり NC 加工についてご指導いただきました神奈川歯科大学歯科補綴学教室第三講座の藤田忠寛助教授に深く感謝します。

### 参考文献

1. 青木英夫, 藤田忠寛, 仁科匡生: CAD システムおよび NC 加工による歯科技工のオートメーション化~コンピュータ歯科技工の世界~. 歯科技工, 14(12), 1491~1498, 1986.
2. Fujita, T., Aoki, H., et al: Preliminary report on construction of prosthetic restorations by means of computer aided design (CAD) and numerically controlled (NC) machine tools, Kanagawa Dental Coll, 12(1,2), 75~77, 1984.
3. 青木英夫(研究代表者):補綴物作製過程の自動化への試み,昭和 59 年,60 年度科学研究費(一般研究 B)研究成果報告書,サガラ印刷,1986.
4. 江沢正:電子機械制御,オーム社,東京,1995.
5. 山岸正兼:NC 工作機械,東京電機大学出版,東京,1995.
6. 白石紘一:最新のパソコン大系'97,日経 B P 社,東京,1996.
7. 臼井太一, 栄留信起:金属加工,コロナ社,東京,1961.
8. 東本暁美:金型製作に必要な計測技術-金属金型設計と加工技術-,大河出版,東京,1986.
9. 飯塚幸三, 光岡豊一ほか:機械加工計測技術,日本機械学会,朝倉書店,東京,1986.
10. Renishaw 社編:ユーザーマニュアル"Trace Cut", H-2000-5175-19, Renishaw plc, 1996.