

実践報告・資料

CAD/CAM教材作成の試み

宮城職業訓練短期大学校 遊佐雅博・岩井 渉・近江正彦
奈須野裕・鈴木孝雄

A trial to make textbook for CAD/CAM

Masahiro Yusa, Wataru Iwai, Masahiko Omi
Hiroshi Nasuno, Takao Suzuki

要 約 コンピュータ機器の利用が進むにつれ我々のもつ第一の悩みのタネは、いろいろなシステムについてくる分厚いマニュアルの克服である。我々の仕事は、まず機器の操作を覚え、アプリケーション・ソフト（以下、ソフト）にどんな可能性があるか探ることとテキストを作成することである。当初、機械系、電子・情報系、居住系のそれぞれの分野での利用の仕方を探っていく中で、一般的な部分、共通の部分を集約したテキストは作成できないものかと考えた。⁽¹⁾ いろいろ検討した結果、ソリッド・モデリング・システム（以下、ソリッド）の可能性について調べてみようということから始まった。調べていく中で、現在機械系で利用している三次元CADは、二次元製図機能は理解し易いにしても、三次元形状を作るまでにはかなりの習熟度を要することが分かった。それに比べ、ソリッドは意外に慣れ易いソフトであることが分かった。それにしても、当初は不明の点が多くなかなか概要がつかめなかった。しかし操作方法を覚えるにつれ、いろいろな問題点も明らかになった。以上の経験をもとに、今後CAD/CAMシステム（以下、CAD/CAM）において三次元処理は必要不可欠になるであろうという観点から、ソリッドをベースにしたテキストの作成を試みることにした。⁽²⁾ 本報告では、ソリッドから三次元NC処理による実体形状作成までの一貫した処理の実現に向けての試行および三次元グラフィックスの応用についての全体の流れを紹介する。

I はじめに

企業におけるCAD/CAMの導入は、昭和40年頃から始まり昭和50年代後半には機械・電気・電子分野で導入が活発化した。昭和60年代になると建築・土木分野でもCADを導入する企業が増え始め、CAD/CAMやCADを利用する分野は、さらに広がりつつある。これまで企業がCAD/CAMを導入した主な目的は、設計期間の短縮、図面の均一化、設計品質の向上などが大きな比率を占めていた。最近の機器環境をみるとEWSの高性能化、低価格化により、CAD/CAMの利用が促進される一方で、大量図面のデータベース化、三次元機能、シミュレーション機能などが強化されつつある。企業がCAD/CAM利用の目指す方向は、従来の機能に加えて解析、CGシミュレーション、積算の自動化、論文受け付日 1989.12.21

品質管理などを含んだシステムの有機的な統合化（CIM）へと進みつつある。⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾

また、教育機関等では、業界のニーズに応えるため、それぞれに教育目標を定めCAD/CAMの導入を進めている。しかし最近、特にハードウェア、ソフトウェアの技術的進歩が加速化し旧来のシステムの陳腐化を一層速めている。そのため、これらのシステムを教育訓練にどう取り入れようか苦慮しているところが多いのも事実である。⁽³⁾

当短大では昭和63年3月にCAD/CAMを導入し、各系における実習及び卒業研究・製作で利用しているが、授業での利用が進むにつれ、学生が理解し易い教材の必要性を感じるようになった。そこで、現在校内に整備されている機器を利用したCAD/CAM教材の作成を行うことにした。

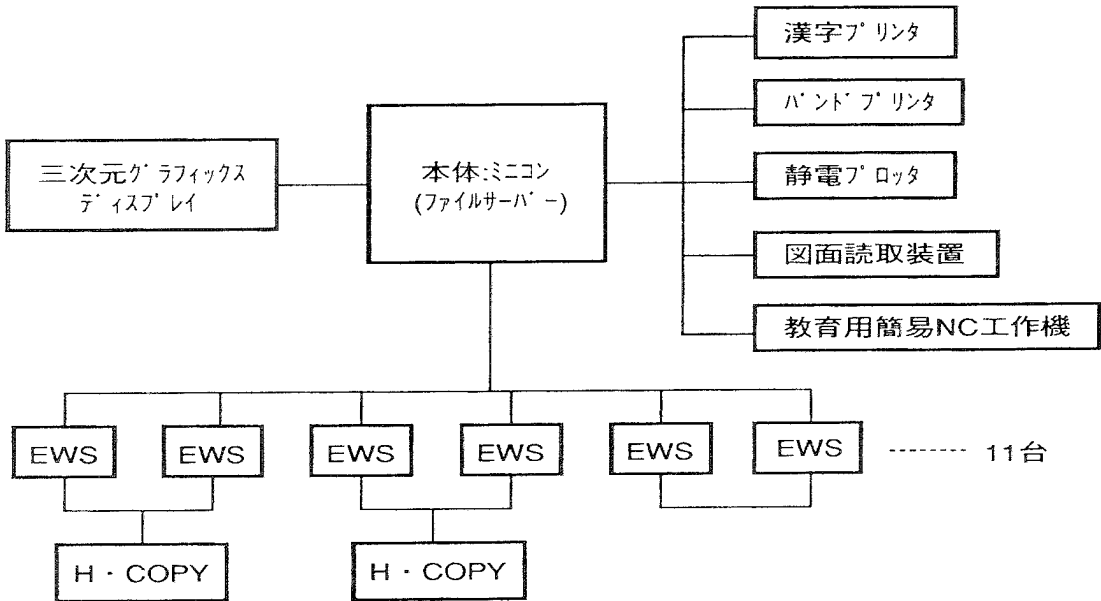


図1 CAD/CAMの機器構成図

II 当短大のシステムとその利用

CAD/CAMの機器構成は、図1に示す通りで、本体のミニコンに11台のEWSがネットワークされている。各EWSには漢字ディスプレイ、キーボード、20インチカラーディスプレイ、タブレットが装備され、本体には5インチFDDとカートリッジテープ読取装置が内蔵され、EWS 2台に1台の割合でカラーハードコピー装置が接続されている。また、ミニコンの周辺機器には、漢字プリンタ、静電プロッタ、図面読取装置、三次元グラフィックディスプレイなどが接続されている。

これらの機器で利用できる主なソフトは以下の通りである。

- ・汎用三次元図形処理システム (GRADE/G)
- ・ソリッドモデリングシステム (〃/SOLID)
- ・三次元NC処理システム (〃/NC)
- ・メカニカルモーション解析システム(〃/MMS)
- ・三次元グラフィックシステム (〃/V3D)
- ・電気回路設計支援システム (〃/ECD)
- ・プリント基盤設計支援システム (〃/PCB)
- ・企画設計支援システム (〃/CAPLER-V)
- ・意匠計画検討システム (〃/CAPLER-P)

(以下、ソフト名はシステムを除いて引用する。)次に各系におけるCAD/CAMの利用について述べる。

1. 機械系におけるCAD/CAMの利用⁽⁶⁾⁽⁷⁾

これまで訓練を進めてくる中で、学生の仕上がり像が少しずつ変化してきた。それに伴いCAD/CAMの活用も流動的なものとなっていた。CAD/CAM教育訓練の必要性は当然のこととしながらも「何を、どのくらい」という具体的な部分で、確立されたものとはなっていなかった。しかし、これまでの試行錯誤の中から進むべき方向が固まりつつある。そこで、考え方を含めて平成元年度の計画に基づいてその利用状況を説明する。

内容の基本的な考え方として、次のようなものがある。

- (1) 一般的には設計者は三面図を中心としたこれまでの製図技法に慣れている。また、三次元モデリング技術はますます発展変化していくものと予想され、性急な取り組みは避けたい。したがって二次元CADを十分に理解したうえで、その経験をもとに三次元CADに移行するのが現実的である。
- (2) 現在では、それぞれの技術領域に適した専門のシステムが進出している。また、システムが複雑になっ

てきてCADのオペレーションとCAMのオペレーションを分けて対応している企業が増えている現状である。したがって一般性のある演習内容とし柔軟に対応できるものとした。

上記の二点について具体的に述べると、まず2年前期(Ⅲ期)で、二次元基本操作と製図及びNC処理、そして教育用機器を用いての簡易DNC基本操作を行う。さらにⅣ期では、三次元基本操作及びNC処理と同上の簡易DNC基本操作、そしてサテライトコンピュータを介しての実機によるDNC基本操作を行う。

(3) 付属のソフトの有効活用を図る。

具体的には、現在、卒業研究・製作で7名の学生が、ソリッド、三次元グラフィックス、メカニカルモーション解析(軌跡)シミュレーション、図形処理言語を使用した拡張コマンドの作成など、多面的に取り組んでいる。

以上の内容を含んだ計画単位数は表1の通りである。

表 1

期 科名\科目	Ⅲ期	Ⅳ期	(Ⅲ・Ⅳ期)
	実習	実習	卒業研究・製作
生産技術科	4単位 (80h)	4単位 (80h)	18単位 (360h)
制御技術科	4単位 (80h)		18単位 (360h)

最終的には、地域ニーズとの関連から特定の教育訓練目標を設定することは困難と思われ、幅広く、経験豊かな実践技術者の育成に努めるのが得策と思われる。

2. 電子・情報系におけるCAD/CAMの利用

電子技術科におけるCAD/CAMの利用としては、「目的」としてよりも電子回路を設計する上での「手段」としての利用が主であると考えられ、多くの時間をCAD/CAMの授業に費やすことはできない。そのため学生の仕上がり像から、目的を考えた必要最少低限のカリキュラムを決めておく必要がある。また、CAD/CAMはコンピュータとの対話形式をとるため、コンピュータの基本的な操作と電子回路の全般的な設計の流れを初めに理解させておくことが必要である。

以上のことより、当短大における電子回路設計のためのCAD/CAMを利用したカリキュラムの内容、単位

数を考えた。以下に、電子技術科におけるCAD/CAMの授業の主な内容を記す。

- (1) CADの基本操作と電子回路設計・PCB設計まで全体の内容を通しての学習
- (2) 目的の電子回路・PCB設計のための部品作成、登録の操作
- (3) CADによる具体的な電子回路の設計
- (4) PCB基板のためのレイアウト、版下作成
- (5) CAMによる自動穴明けのための操作
- (6) 具体的なPCB基板作成
- (7) 製作した電子回路の測定実験

以上の内容を1年の後期(Ⅱ期)に4単位程度の時間を充たして行っている。

現段階では電子系でのCAD/CAMを利用した実習は1年の後期ということもあり、複雑かつ大規模な電子回路までは必要ないと考えている。最終的には2年における各種実験、実習さらに卒業研究などで目的に応じた電子回路が組めるように教育訓練することが目標である。

電子関係の分野ではCAD/CAMは、すでに多くの企業が導入し活用していることから、学生にとってもこれらの知識は必要不可欠であると考ええる。

3. 居住系におけるCAD/CAMの利用

居住系における設計やデザインでは、目的を満たす形状等を追求するために、いくつかのプロセスを経て具体化される。その具体的なプロセスや手法は、設計・デザインの領域によって、多少は異なるものの、スケッチあるいはエスキースから始まり図面、完成予想図、モデル製作までの段階があり、その中で幾度となく検討・確認が加えられる。設計やデザインにおいて重要なことは、意図した形状等が、目的に対して合致しているか否かである。このような手法で具体化をする分野において、合理的かつ効率的な手段が求められるが、その手段としてCAD/CAMに期待するところは大きい。

現段階での利用の状況は、必ずしも授業時間数の多くをさけないこともあり、CAD/CAMの実体験、即ち、触れる・理解する・慣れるという初歩の段階の教育訓練を行っている。その内容は、二次元CADでの製作図の作成、ソリッドでの形状作成の訓練である。訓練は、昭和63年度より、工業・工芸デザイン科の学生に対して、2年次の後期(Ⅳ期)に4単位の時間を充たして行って

いる。

今後の利用の方向性としては、製品デザイン分野の他に、建築設計、そして図学・製図教育分野への応用利用が考えられる。

製品デザインの分野においては、三次元CADでの形状作成からアイソメ表示やシェーディング処理、あるいは三次元グラフィックスによる形状・色彩の検討・確認、そして、CAMでのモデリングは、実体としての立体による形状の検討・確認やモデル製作の上から必要かつ有効である。

建築設計の分野においては、建築CADを利用した建築設計があるが、その他にもソリッドを利用した簡単な建築物や室内空間の設計、簡易な都市計画のシミュレーションが可能として浮かんでいる。

また、図学・製図教育の分野への応用利用では、製作図の作成の他に、正投影図法・等角投影図法の理解や図面と形状の相互関係の理解、即ち、図面を読む力を養う目的でソリッドの利用が可能と思われる。

III 教材作成への取り組み

CAD/CAM教材の作成と応用を考えるに当たり現状での各系で行われているCAD/CAMの内容を探ってみた。それぞれの系で取り入れている教材にはその系なりの目的や考え方があり個々に適したソフトが利用されている。しかし、居住系にとってはその内容が必ずしも利用できるものとはなっていない。

このシステムは、ようやく導入されたことでもあり、教育訓練の広い範囲での有効活用を計らねばならない。今回の取り組みは、現状以上にCAD/CAMの利用を図る意味で、何か有効な使い方のできるものを工夫し作成しようとの意図によるものである。

1. CAD/CAM教材の選択

まず初めに現在保有しているソフトの内容について検討し、そこから可能性のあるものを取り上げ、各系あるいは複数の系なり科で利用可能なものについて検討を加えてみた。また、ソフトの可能性を見きわめつつ、さらにその機能を高めた上で各系での利用の幅を広げることも含めて有効な教材を考えることとした。その上での総合的な判断から居住系と機械系で利用可能な内容を想定

し試みることにした。

本教材作成の目的は上記のことを前提として、第一に、ソリッドから三次元NC処理加工までの一貫した処理の実現。第二に、通常の実習を初め、卒業研究・製作など学生がある目的でCAD/CAMを利用する場合に使用するテキストとして、分かりやすく、効率よく、さらに効果的に学べるものを作成することである。

今回教材作成のために利用するソフトはソリッドである。これを選択した大きな理由は、まず初心者でも簡単な形状を作成する場合にそれほど熟練を要しないこと。次に作成された形状に対し、簡易シェーディングを行うことにより色彩・陰影の付いた立体を表示し確認することができること。さらに、形状データをミニコン経由で三次元グラフィックスに転送し、リアルな質感表現や様々なシミュレーションを行うことができること。そして、作成された形状はNC処理によってデータの加工を行いNC工作機械によるモデル作成が期待できることなどである。これらは作業プロセスを通してCAD/CAMの概要を容易に理解し得るものであり、居住系のみならず機械系でも利用可能な要素を多分に含んでおり教育訓練に有効なものである。

以下にデータの受け渡し構成図を載せた。

図中、太線は今回実現したデータの流れを示し
細線は従来のデータの流れである。

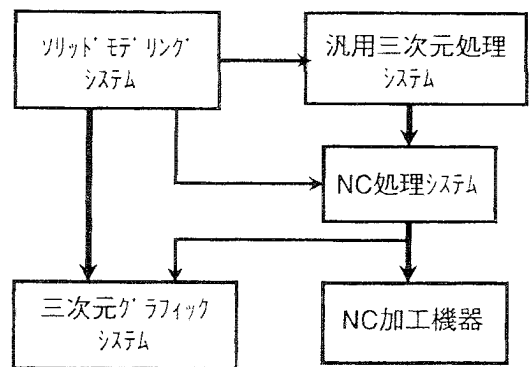


図2 データの受け渡し構成図

2. ソリッド(GRADE/SOLID)について

ソリッドを説明する前に三次元CAD(GRADE/G)について説明する。三次元CADでは作図すると同時に

ワイヤーフレームモデルができ、それに「面張り」をすることによりサーフェスモデルができる。つまり、ワイヤーフレームモデルは「頂点」と「稜線」の情報しかデータとして提供されないが、サーフェスモデルを作成することによって初めて「面」としての情報が提供される。このサーフェスモデルは、NC処理で Cutterパスを生成するために必要なデータである。

ソリッドは、ワイヤーフレームモデルやサーフェスモデルと違い、中身の詰まった塊としてソリッドモデルを作成する。このことにより、「頂点」、「稜線」、「面」、「体積」等のデータが得られる。またソリッドにはプリミティブ（基本形状）があり、これらを繋ぎ合わせるような感覚で目的の形に作成していく。繋ぎ合わせるためには集合演算の「和」、「差」、「積」の概念を使って行う。また面をスイープ（平行移動、回転）させると同時に塊としての立体を生成することができる。さらに面取りやカットによる切断などができる。目的の形ができあがると多面体データとして定義し、隠線消去や簡易シェーディングを行う。簡易シェーディングでは視点や光源の設定、パート（部品）ごとの配色を R・G・B の各比率で設定することができる。

3. NC処理(GRADE/NC)について

NC加工データの生成は本来的にはサーフェスモデルで行われる。ソリッドモデルはその機能を利用して各時点でのワークの形状変化の状況を視覚化できるというメリットがある。また、ソリッドモデルからサーフェスモデルへのデータ変換を行うことにより三次元CADの知識が充分でなくともNCデータ処理が行える。それによりソリッドでイメージした形状をNC工作機械で加工し実体として表せる。

4. 三次元グラフィックス(GRADE/V3D)について

3次元グラフィックス、各EWSで作成した三次元データのモデルを本体に読み込み、三次元ディスプレイにより表示する目的で使用する。

作成したソリッドモデルに対し隠面/隠線消去処理、シェーディング処理をし、これを自由に回転・拡大/縮

小してみることは、デザイナーのイメージした形とエンジニアの仕事を確かめる上で非常に有効な手段となる。

5. ソリッドから実体加工までの作成例

この例はソリッドからNC処理による実体加工までの試行例である。以下に操作の手順を示す。

◆ソリッドによる形状作成

(1) 画面領域の設定

- ・画面の分割（平面、立面、側面、アイソメ）
- ・領域設定（作業領域の広さ）
- ・グリッド設定（グリッドの粗さ）

(2) 基本形状の作成（図3参照）

- ・灰皿の基本形になる円錐台を作成する。
（上面、底面の半径及び高さを入力する。）

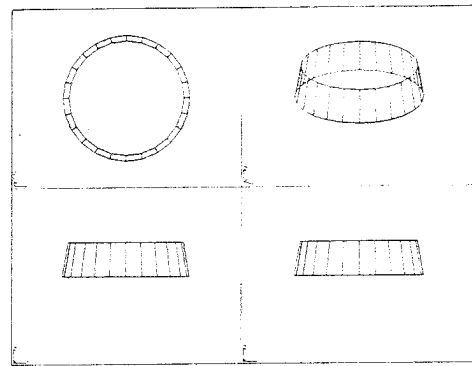


図3

(3) 灰皿の作成（図4参照）

- ・円柱を作成する。
- ・(2)で作った形状との「論理差」を求める。

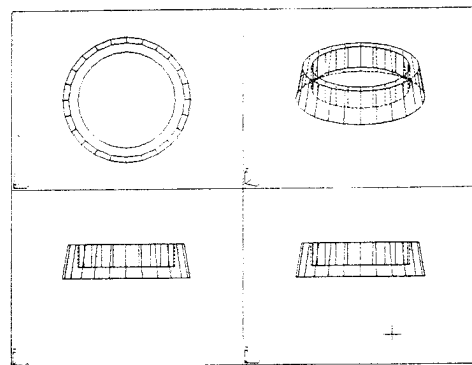


図4

(4) たばこを載せる凹部分の作成 (図5 参照)

- 凹柱を作成する。
- 2カ所に回転複写を行う。
- (3)で作った形状との「論理差」を求める。

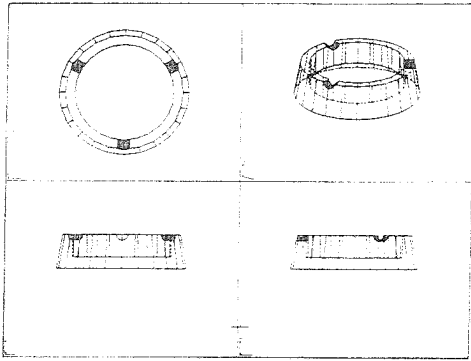


図5

(5) 中心凹部の作成 (図6 参照)

- 凹錐台を作成する。
- (4)で作った形状との「論理和」を求める。
これで形状作成は終了する。

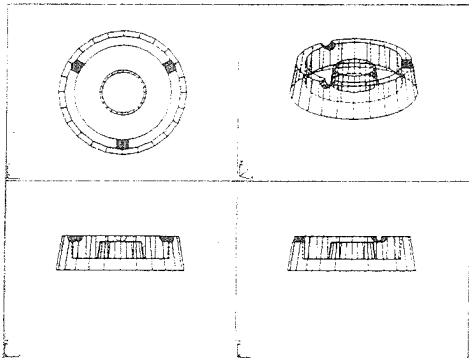


図6

(6) シェーディング処理 (写真1 参照)

- 形状全体を「多面体データ」として定義する。
- シェーディングする図形を指示する。
形状及び背景の色を変更する場合は、それぞれに
対し R・G・Bの各比率を変える。

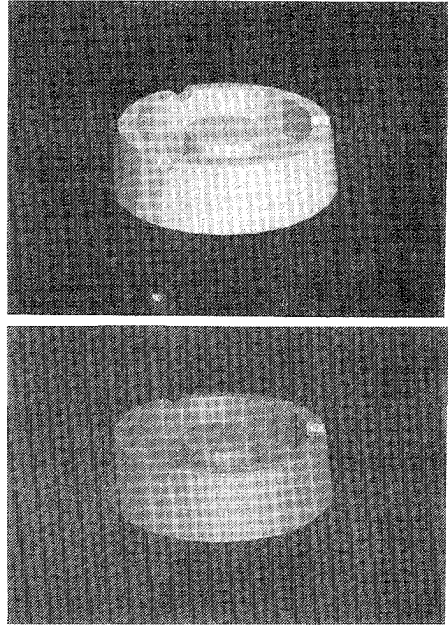


写真1 EWSによる簡易シェーディング表示例

(7) 形状データの保存

- シェーディング状態から作図状態に戻す。
- ソリッドモデルとしてデータを保存する。
- 次に、以後の利用目的に応じデータ変換を行い、
別ファイルとして保存する。
(GRADE/NCやV3Dへ転送する場合など)

◆形状データのNC処理及び加工

(8) NC加工用形状データの作成 (図7 参照)

- NC処理システムを起動し形状データを読み込む。
- カッターパスを作成する。
(荒削り用と仕上げ用を作成する)
- カッターパスのデータを保存する。

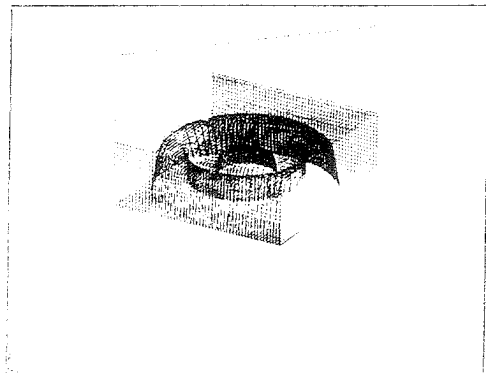


図7

(9) NC処理及び加工（写真2、3参照）

- カッターパス作成後NC処理をする。
（加工のための各パラメータを設定する）
- 本体（ミニコン）へデータ転送する。
- ミニコンを介しDNC加工を行う。

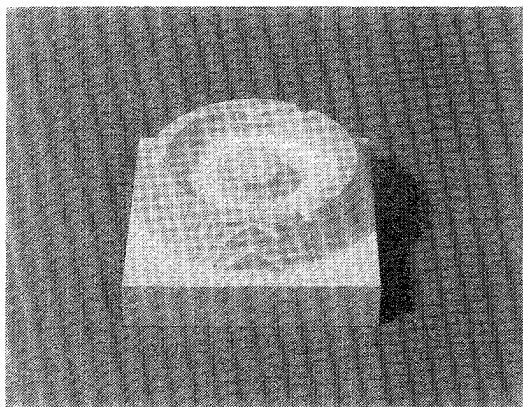


写真2 簡易DNCによる荒加工

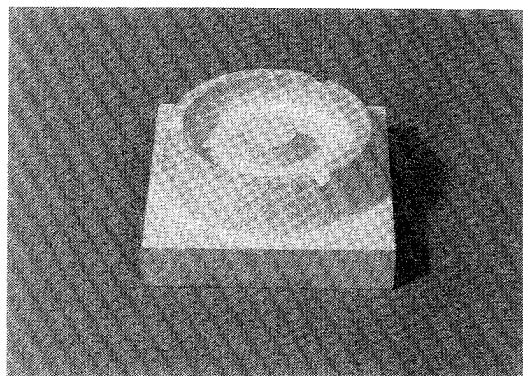


写真3 簡易DNCによる仕上げ加工

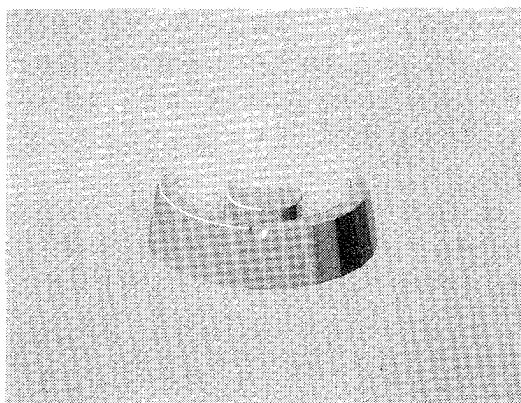
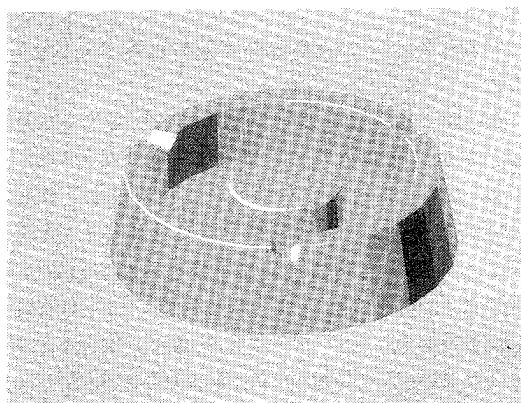


写真4 三次元グラフィックディスプレイによる
シェーディング表示例

◆ 三次元グラフィックスによるシミュレーション

⑩ V 3 Dによる三次元シミュレーション（写真4参照）

- ミニコンを介しデータを読み込む。
- 目的の各種シミュレーションを行う。
視点位置、光源、質感、カラーなどを設定し、シェーディング処理を行う。
- シェーディングされた形状をダイヤル操作で回転、拡大／縮小などリアルタイムで任意に行うことができる。

IV おわりに

今回、モデルを試作して分かったことは、ソリッドを利用して角張った形状を作ることは、容易である。しかし、自由曲面を伴った形状やフィレット処理（R処理）を多用する形状を作成するには限界がある。工業製品には乗用車のように自由曲面によって形づくられているモデルや、最近の家電製品のように曲面処理やフィレット処理が多用されているモデルが多い。そのため、最近の製品そのものの形状をモデルとして作成するには専用三次元CADに頼らざるを得ない。

また、NC処理については、イメージした形状を即、実加工できるものの、現有の簡易三次元NC工作機ではその加工形状に能力的限界がある。工作機が小さいため、形の大きいものや、硬い被切削材は使えない。しかも、

イメージした形状に少しでも近づけるために仕上げ面をより滑らかにする時、加工の送りピッチを細かくすればするほどカッターパスの生成に時間がかかることも分かった。

したがって、今回選択したソフトはあくまでも基礎的な、あるいは初歩的な部分で活用をすれば良いと考えている。また、将来ホストミニコンと3軸NC加工機を光ファイバーによってネットワークしデータを転送することが可能になれば、モデルの形状にずっと自由度が増すはずである。もっとも、我々もソフトの一部改良の必要性を検討し、メーカーに協力を願い、もっと使い易いシステムにしていかなければならないと考えている。

第2の目的である教材テキストの作成については、モデルのサンプルがいくつかできあがり、今後の課題として残っているのは、習熟度のレベルに応じた「課題としてのモデル」と応用分野での利用を考えた「参考例としてのモデル」を検討し、テキストとしてまとめることである。

尚、昭和63年度指定研究制度に基づき、CAD/CAM教材の作成と応用について研究を進めているところであることを付記する。

参考文献

- (1) 加藤克彦、坂本和人：日刊工業新聞社「実践3次元CAD/CAM（基礎編）、（応用編）」1989年
- (2) 遊佐雅博、岩井渉、近江正彦、奈須野裕、鈴木孝雄：宮城職訓短期大学校内発表会予稿「デザイン系におけるCAD利用への一考察」、1989年
- (3) CG&CAD/CAM研究会：「COMPUTER GRAPHICS CURRICULUM」、1988年
- (4) 日経BP社：「日経CG」1989年5月～12月
- (5) 中原、福地、成田、園田：職業能力開発報文誌第1号「機械系におけるCAD/CAM教育・訓練に関する一考察」、1988年
- (6) 山田守：第一回機械系実践報告研究会予稿「CAD/CAM教育の現状と当校生産機械科のCAD/CAM教育」、1988年
- (7) 白石良一：第一回機械系実践報告研究会予稿「CAD教育に関する一考察」、1988年