

デジタルマニュファクチャリングに関する 一実習例

北陸職業能力開発大学校 増川 一郎

Practice of Digital Manufacturing Technology

Ichiro MASUKAWA

要約 製品のライフサイクルは、時代の要求とともに短くなり、製品開発期間の短縮やコストダウンの要求が益々厳しさを増している。このような状況の中、製品のデザインの善し悪しは、消費者の購買意欲を大きく左右するとも言われヒット商品を生む重要な要素となる。

デジタルライジングシステムとCAD/CAMシステムは、デザイナーの意図する意匠（デザイン）をコンピュータ内に素早く取り込む効果的な手段として大企業を中心に導入され数多くのヒット商品を産み出す原動力になった。不況の嵐が激しく吹き荒れるなか、中小企業においても自社ブランド製品の開発や提案型製品の開発にむけての取り組みが急務となっている。しかし、その一方で中小企業では、人材不足などの問題によりそれに対応できる人材の確保と人材育成が課題となっている。

当校では、上記に対応できる人材育成を目指したカリキュラムを計画実施している。本報では、当校で保有する機器を使用して実施した、製品開発段階におけるデザイナーの意匠をコンピュータ内に取り込む意匠設計段階から試作段階に至るまでのデジタルライジングシステムとCAD/CAMシステムの操作法・作業手順を明らかにする事を目的に行った実習例と今後の課題について報告する。

はじめに

今日、製品のライフサイクルは、非常に短くなり短期間で製品開発が求められている。また製品に対するデザイン性・高機能化・高精度化・低価格化などの要求が益々厳しさを増し魅力的な製品を市場に投入しなければ競争力を維持することはできない。

製品のデザインの善し悪しは、消費者の購買意欲を大きく左右することになり、製品開発期間の短縮やコストダウンと同時に重要なファクターを持つ。このような状況を打破するための一手段としてデジタルライジングシステムとCAD/CAMシステムの導入が考えられる。意匠設計で使用したデータを構想設計・詳細設計に利用し、デザイナーの意図する意匠（デザイン）をコ

ンピュータ内に素早く取り込む効果的な手段として活用され、そこで作成されたデジタルデータは様々な解析、試作、製作、評価にまで一貫して行うことより大幅な工数の削減を可能にする。

三次元設計は、これまでは大手企業が中心となり導入されていたが、デジタルライジングシステムとCAD/CAMシステムの低価格化と高機能化により中小企業にまでその範囲を広げようとしている。しかし、中小企業では人材不足によりそれに対応できる人材育成が課題となっている。

当校では、デジタルライジングシステムとCAD/CAMシステムに対応できる人材育成を目指したカリキュラムを計画実施している。本報では、製品開発段階における意匠設計から試作段階でのデジタルライジングシステ

ムとCAD/CAMシステムの操作法・作業手順を明らかにする事を目的に行った一実習例を紹介するとともに今後の課題について報告する。

使用機器

1 CAD/CAM システム

当校の専門課程機械系で使用可能なCAD/CAMシステムは、平成10年度に導入した三次元CAD/CAMシステムがある。表1に、三次元CAD/CAMシステムの仕様を示す。

CAD室に整備されているハードウェアの台数は、合計で32台配備されている。その内三次元CAD/CAMシステムとして使用可能な台数は16台と二次元CADシステムとして使用可能な台数は32台となっている。

2 デジタイジングシステム

意匠モデルは、デザイナーの意図するデザインを粘土をこねる、木を削る、骨格に紙を貼るなどの方法で作成される。デジタイジングシステムは、作成された意匠モデルをコンピュータ上で扱えるように数値データとして形状を取り込む装置である。

当校には、デジタイジングシステムとして三次元測定機と3Dスキャナがある。図2および図3には三次元測定機と3Dスキャナの外観を、表2に仕様を示す。

3 DNC システム

DNCシステムは、作成した加工データをNC機械へと受け渡すための装置である。一昔前のNC加工では、複雑な加工を行うことは少なくデータの容量も少量ですんだためDNCシステムを使用するまでには至らなかった。しかし、今日のNC加工では、三次元CAD/CAMによる複雑な曲面加工用データも作成されるようになり、NC加工機自体の記憶容量不足より、NC加工データの一部のみを逐次NC加工機へと送り出しながら加工を進めるDNC運転加工に対応する方法がとられている。そのため、DNC運転加工では、NC加工機とCAD/CAMシステムの間でDNC運転を行うために不可欠となるDNCサーバとDNCクライアントを置く。

加工データは、CAD/CAMシステムからファイル転送プロトコルのftpによりLAN経由でDNCサーバへと転送する。その後、DNCサーバとDNCクラ

表1 CAD/CAMシステムの仕様

| | | 三次元CAD/CAMシステム |
|--------|---|--|
| ハードウェア | 本体 | HP9000/C200 SPEC int95 : 14.3 SPEC fp95 : 21.4 |
| | メモリ ハードディスク | 128MB 内蔵 SCSI 4GB 外付 SCSI 9GB |
| | モニター グラフィクス | 21インチ OpenGL |
| ソフトウェア | OS CAD CAM NCデータチェック用 エディタ データ転送用(LAN) | HP-UX10.20 Unigraphics Ver13.0 Unigraphics Ver13.0 Vericut Ver3.4 dtpad ftp |



図1 三次元測定機



図2 3Dスキャナ

表2 デジタイジングシステムの仕様

| | | FN503 [株]ミットヨ] |
|-------------|----------------------|------------------------|
| 三次元測定機 | 測定範囲 | 500 x 300 x 300mm |
| | 最小表示量 | 0.0005mm |
| | 測定精度(20) | (3 + 3 L / 1000) μm |
| | 測長方式 | 反射形リニアエンコーダ |
| | 駆動制御部 | CMMC 3S |
| | データ処理部(ハードウェア) | IBM5502 (OS/2) |
| | データ処理部(ソフトウェア) | Geopak2900/2 |
| 3Dスキャナ | " | Scanpak2900 |
| | " | Transpak |
| | 測定プローブ | 倣いプローブ MPP 4 |
| 3Dスキャナ | データ受渡し方法 | FD |
| | データ出力フォーマット | 点群 |
| | PIX 4 [ローランドディ・ジー・株] | |
| | 最大スキャン領域 | 152.4 x 101.6 x 60.5mm |
| | プローブ | 先端球形半径0.08mm |
| | スキャン方式 | 接触型 |
| | スキャンピッチ(X,Y) | 0.05 ~ 5.00mm |
| スキャンピッチ(Z) | 0.025mm | |
| 駆動制御装置 | PC9821V13 | |
| データ処理ソフトウェア | Dr. PICZA Ver2.6 | |
| データ受渡し方法 | LAN | |
| データ出力フォーマット | DXF, IGES, 点群 | |

表3 DNCシステム

| | | DNC サーバ | DNC クライアント |
|--------|-------------------------------|--|--|
| ハードウェア | 本体 | FMV6350TX CPU: Pentium 350MHZ | FMV5266DX CPU: AMD-K6266MHZ |
| | メモリ ハードディスク | 160MB 内蔵 IDE4GB | 64MB 内蔵 IDE3GB |
| ソフトウェア | OS ftp サーバ RS - 232C 通信 | Windows NT Ver4.0 Microsoft ftp Service Ver3.0 - | Windows NT Ver4.0 - DNC for WindowsNT Ver1.9 |



図3 簡易加工機

クライアント間では、MS-WINDOWS の標準ネットワーク機能の共有によりデータを転送し、DNC クライアントから NC 加工機へは、DNC 運転用ソフトウェアを使用し RS - 232C を介して加工データを転送する。

一方、最新の NC 装置を備えた NC 加工機では、大記憶容量であり DNC 運転機能はもちろんのこと、直接 LAN 接続が可能となっている NC 加工機も登場している。表3に DNC システムの仕様を示す。

4 NC 加工機

当校の専門課程機械系には、5種類の NC 加工機が整備されている。これらの NC 加工機の用途による使い分けは、本格的な3次元の立体形状を削り出す要求がある場合は簡易加工機もしくはマシニングセンタを使用する。製品の形状が回転体の場合や円筒形状の材料を加工する場合にはターニングセンタを使用する。また、断面形状の変化が少なく比較的厚みのある製品の場合には、ワイヤカット放電加工機を使用し、板材を任意の形状に切断する場合にはレーザー加工機を使用する。

今回製作する製品の形状は、複雑な自由曲面より立体形状が構成されているため簡易加工機を使用する。図3には、使用した NC 加工機の外観を、表4には仕様を示す。また、図4には、デジタイジングシステムと CAD/CAM システムの全体像を示す。

表4 NC 加工機

| Self-center V 9 [(株)スギノマシン] | |
|-------------------------------|-------------------|
| 加工範囲 | 200 × 200 × 250mm |
| 最大早送り速度 | 30000mm/min |
| 最大切削送り速度 | 10000mm/min |
| 最大主軸回転数 | 17000rpm |
| 工具数 | 9本 |
| 制御装置 | ヤスナック i80M |
| データ受渡し方法 | RS - 232C |

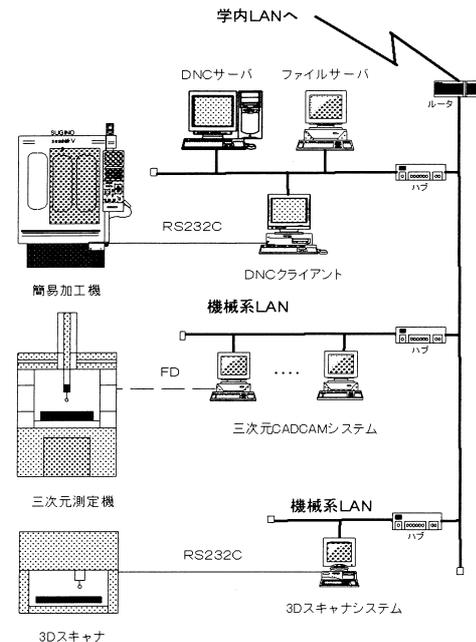


図4 システムの全体像

実習の流れ

当校では、学生がデザインそのものを学習する機会に恵まれていない。デザイナーの意図する意匠モデルを用意することができないため、おもちゃを擬似的に意匠モデルと見立て、その形状より数値データを取得することにする。意匠モデルから数値データを取得する工程から、NC 工作機械を使用しての試作モデルの製作工程にまで至る実習作業の流れを図5に示す。

作業の詳細

1 意匠モデルから形状数値データの取得

形状の数値データは、意匠モデルよりデジタイジングシステムを使用することにより取り込む。三次元測定機を利用したデジタイジングの形状データの取得は、測定プローブを直接意匠モデルに接触させ、その時の X、Y、Z の座標値をデータとして取得する。モデルにプローブを接触させデータを取得する方法とし

| |
|---|
| 意匠モデル形状の測定 |
| 三次元測定機による意匠モデルの座標測定 [FN503] <ul style="list-style-type: none"> ・モデルの座標測定 ・XYZ 座標データ出力 |
| 3D スキャナによる意匠モデルの座標測定 [PIX 4] <ul style="list-style-type: none"> ・座標測定 ・IGES データ出力 |
| 座標データから CAD データ変換作業 [I-DEAS] <ul style="list-style-type: none"> ・I-DEAS にて XYZ 座標データ読み込み ・IGES データ出力 |
| CAD 作業 [Unigraphics] <ul style="list-style-type: none"> ・IGES データの読み込み ・点群データの編集 ・スプライン曲線の作成 ・面データの作成 |
| CAM 作業 [Unigraphics] <ul style="list-style-type: none"> ・加工条件設定 ・CL データ生成 ・NC データ変換 |
| NC データチェック作業 [Vericut] <ul style="list-style-type: none"> ・NC データ読み込み ・材料モデル形状定義 ・使用工具設定 ・加工シミュレーション |
| NC データ転送作業 <ul style="list-style-type: none"> ・ftp コマンドにて DNC サーバにデータ転送 ・DNC サーバと DNC クライアントとのデータ共有 |
| マシニングセンタ加工作業 [Self-centerV 9] <ul style="list-style-type: none"> ・ワーク取り付け ・工具取り付け ・ワーク座標系設定、工具長 & 工具径オフセット設定 ・DNC クライアントと簡易加工機の RS - 232C 通信による DNC 運転加工 |

図5 作業の流れ

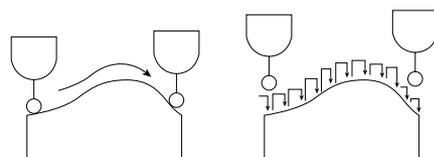
て、タッチプローブによる測定、 倣いプローブによる測定の2通りの方法がある。

タッチプローブによるデジタル化では、XYの2軸方向を等ピッチ等間隔に分割し位置決めした後、Z方向からプローブをモデルに接触させることにより座標値を取得する。倣いプローブによるデジタル化では、測定開始位置と終了位置を指示した後、プローブをモデルに接触した状態でモデル表面上を滑らせることにより、所定の指令位置での座標値を点列データとして収集する。

2つのプローブのイメージを図6に示す。2つの測定方法を比較すると、タッチプローブを使用した場合の方が、Z方向の移動が繰り返し行われるため測定時間が長くなること、また、測定圧が2gに達しなければ座標データを取り込めない条件により、プローブがモデル表面上でスリップしてしまう場合やモデル自体の変形により正確なデータを取得することができない場合がある。測定したデータは、アスキーファイル形式で出力でき、1行に1点分の座標値データが並び、X、Y、Zの値がスペースを区切り文字として記述される。

3Dスキャナによるデジタル化では、測定した座標値をもとに、点群を自動的に結び面データを生成できる。この作成された面データをCAD/CAMシステムで使用できるデータ形式のIGESフォーマット形式で出力することが可能である。

三次元測定機および3Dスキャナによりデジタル化



(a) 倣いプローブ (b) タッチプローブ
 図6 2つのプローブイメージ

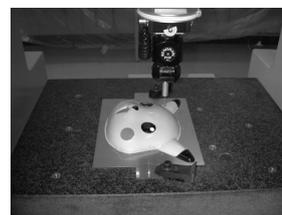


図7 三次元測定機によるデジタル化



図8 3Dスキャナによるデジタル化

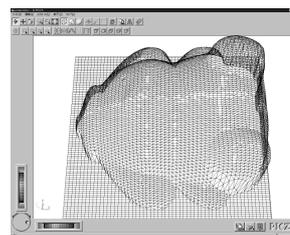


図9 3Dスキャナシステムで生成した面データ

ング作業の様子を、図7および図8に、3Dスキャナのデータ処理ソフトウェアにより生成した面データを図9に示す。

2 データ変換

CAD/CAMシステムは、システム自体が規定するデータファイル形式もしくは、中間ファイル形式によりCADデータを交換する。周辺機器とCADシステムのデータ交換では、システム固有のデータ形式よりも中間ファイル形式でデータ交換を行う場合が多い。現在CADの中間ファイルには、IGES、DXF、STEP、STLなどが一般的である。

3Dスキャナにより生成し出力されたデータは、中間ファイル形式のIGES形式で出力されているため、CAD/CAMシステムにより直接データを読み込むことが可能となる。一方、三次元測定機を使用して取得したアスキーファイル形式の座標データは、当校に配備されているCAD/CAMシステムのUnigraphicsでは、直接読み込みすることができない。そのため、三次元CAD/CAEソフトウェアのI-DEASにアスキーデータを一旦読み込ませ、その後I-DEASから中間ファイル形式のIGESでデータを出力する。その後、Unigraphicsにこのデータを読み込ませることによりデータ変換が終了する。

3 CAD作業

CAD作業の開始は、データ変換により作成されたIGESファイルをCADシステムに読み込むことから始める。三次元測定機で作成されたIGESデータは、点情報しか持っていない。このため、CAD作業では、点群データをもとにスプライン曲線を作成し、その後、作成したスプライン曲線をもとに面データを作成する手順により作業を進める。3Dスキャナで生成されたIGESデータは、面情報まで持っているためそのままCAM作業へと移行することが可能となる。

デジタル化システムで測定されたデータをCADデータとして扱う場合には、意匠モデル自体のゆがみ、プローブ接触時のスリップによる測定誤差、プローブ圧による意匠モデルの変形による誤差などが測定データ中に含まれていることを考慮する必要がある。

CADデータの作成では、上記の事項に配慮しつつ点群データを編集し、複数の点群からスプラインコマンドを使用して1本の曲線を作成する。この時選択する点列の方向は、デジタル化システムでデータを

取得するときにプローブを移動した方向に従う。この作業を繰り返すことにより、複数の曲線データを作成しワイヤフレームモデルを得る。スプラインコマンドは、3点を選択することにより、始めの2点間に曲線を作成する計算を行う。このため、点座標の凹凸により曲線の法線方向が狂ってしまう原因により滑らかな曲線を得ることができない場合がある。法線方向の狂っている曲線を使用して、面データを作成すると曲面が反転しねじれてしまうなどの不具合が発生する場合がある。この不具合を取り除くため、点群データの編集、曲線データの編集を行うことによりサーフェスモデルを得る。そしてこの作業が最も時間と人手を必要とする。

図10には、作成したワイヤフレームモデルを示す。図11には放線方向の狂ったワイヤフレームモデルより作成したサーフェスモデルを図12には、編集後のサーフェスモデルを示す。



図10 ワイヤフレームモデル

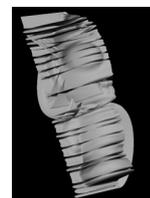


図11 歪んだサーフェスモデル

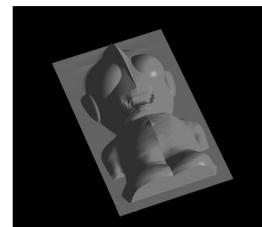


図12 修正後のサーフェスモデル

4 CAM作業

三次元CAD/CAMシステムは、CAD機能とともにCAM機能が統合されており、CAM作業への移行にはデータ変換を必要とせずCADと同一の操作環境で作業が可能となる。

CAM作業では、以下の手順で作業を進める。加工材料寸法の設定、加工原点設定、加工方法の設

定、 使用工具の設定、 加工境界の設定、 工具干渉回避の設定、 加工条件の設定、 工作機械制御の設定、 加工軌跡計算、 CL ファイル作成、 NC データ作成の手順で作業を進める。図13には Uni-graphics を使用して行う CAM 情報の設定の様子を示す。

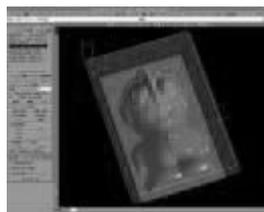


図13 CAM 情報の設定

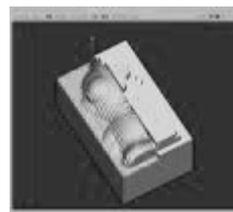


図14 加工シミュレーション

5 NC データのチェック

当校の CAD/CAM システムは、UNIX 環境で稼働するため、NC データチェック用ソフトウェアも同様の環境で動作するソフトウェアの Vericut を使用する。

Vericut は、NC データのチェックが可能であると共に CAD/CAM 用 CL データまでもチェック可能となっている。加工の様子を 3次元の立体形状で確認することが可能であり、材料の削り残しや材料と工具との衝突などの干渉をも含めて NC データをチェックすることが可能となる。

図14には、Vericut を使用し加工シミュレーションにより、NC データをチェックした様子を示す。図は、試作モデルの粗加工を行った後、中仕上げ加工を行う様子を表している。



図15 NC 加工



図16 試作品

6 試作加工

三次元 CAD/CAM システムにより作成された NC データは、製品形状が立体的であり加工形状が複雑な場合が多い。加工手順は、素材を大まかに削り出す荒削り加工から始め、中仕上げ加工、最終的な製品形状に仕上げる仕上げ加工の順番に作業を進める。行う加工毎に使用する工具が違う場合が多く、工具の長さや直径の違いによる影響をなくすため工具補正作業などがあり加工段取りを正確かつ迅速に行うためには熟練を必要とする。NC データをもとに加工を行った様子を図15に、完成した試作品を図16に示す。

おわりに

今回の実習では、デジタイジングシステムと CAD/CAM システムを使用して、意匠モデルの形状をコンピュータ内に取り込み試作に至るまでの各システムの操作法と作業手順を明らかにする事ができた。

当校のデジタイジングシステムの三次元測定機は、導入後十数年を経過している。測定機本体は、現在販売されているものに比較して遜色は感じられないものの、データ処理装置と制御装置はコンピュータシステムの進化の早さにより陳腐化が著しい。このため、測

定したデータはフロッピーディスクを介し CAD/CAM システムへと受け渡す必要があるなど現在市販されているデータ処理装置や制御装置と比較して能力が不足している。そのため、測定システムと制御装置のレトロフィットによりデジタイジングシステムとしての機能の強化が必要である。

デジタイジングシステムで取得したデータだけでは、CAD/CAM 用のデータとしては不十分で不足があり CAD 上で何らかの編集作業が必要となることが解った。そしてこの作業が最も厄介なものとなり、時間と人手を費やした。

CAD/CAM 教育は、当校の専門課程機械系におけるカリキュラムの柱の一つとなっている。CAD/CAM システムの操作法はもちろんのこと、CAD データに関する知識、ネットワークに関する知識、測定、NC 工作機械の段取りを含めた加工技術など総合的な課題を含んでいる。

現在、当校の専門課程機械系における CAD/CAM 教育では、学生が卒業時に身に付けている能力としては CAD/CAM システムの持つ加工支援機能を活かした各種 NC 加工機用プログラムの作成と NC 加工機の段取りを含めた加工作業に対応できる様になっている。

今後の CAD/CAM 教育の課題としては、CAD/CAM システムの持つ設計支援機能活かすことにより、設計や開発分野に対応できる能力を付加する教育訓練を強化していく必要がある。

[参考文献]

- (1) 増川一郎 北陸職業能力開発大学校紀要第3号、
「CAD/CAM 教育に関する一考察」、p25 - p34