

NCフライス盤技能検定課題

ものづくり実践いろは

近畿ポリテクカレッジ 生産技術科 亀山 寛司
 (近畿職業能力開発大学校)

1. はじめに

卒業製作・研究では、ものはどうやって作るんだろう、どういう仕組みになっているんだろうと問いかけじっくり考え、創造性豊かな作品、世の中に役立つ製品を作り上げていく。そして、学生1人ひとりが、ものづくりの重要性というメッセージに気づき、世の中に役立つ製品を送り出す技能・技術と心を学び、産業界で活躍している。今回指導した学生は就職してマシニングセンター加工に従事することが決まっている。一人は、家庭が部品加工メーカでありマシニングセンターの加工技術を習得するために当大学校を選んでいる。

そこで、ものづくり工程の実践いろはとしての、仕様期・設計期・製作期・組立調整期・成果の流れにおける製作期について、就職しすぐに役立つ実践的技能と、技術を身につけるためNCフライス盤技能検定課題の製作技術とした。近年、高速切削に対応した工作機械が普及するのに伴って、等高線加工を中心とした高速切削の需要が高まっている。CAD/CAMシステムにおいては、高効率な機械加工実現に向けさまざまなカッターパスが考案され、高速切削用CAMソフトが提供されている。より現実的な課題として、既存設備を有効活用する技術も大切な一歩である。そこで、本研究では技術の継承として マニュアルNCプログラムでの加工、既存技術の利用技術として CAD/CAMシステム、先

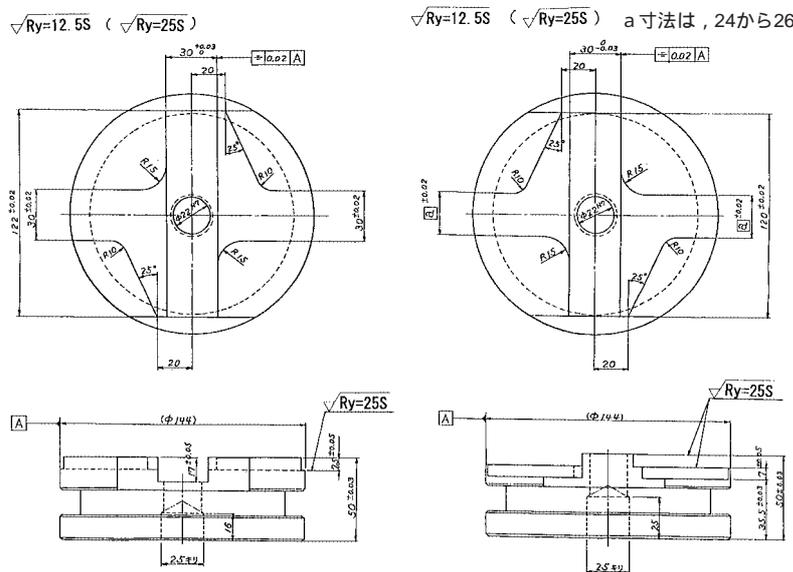


図1 課題図面



部品 部品

図2 完成品

端技術への対応として 高速切削加工技術を活用して汎用的なマシニングセンターにより、課題を製作した。課題は、組み合わせ寸法精度として図1に示す部品とを組み合わせピンを通したとき、コウパイ部を突き当てたときにそれぞれ、

- ・両端面の段差は 1 ± 0.05 以内
- ・端面の段差は 0 ± 0.05 以内

であり、180°反転し同様に条件を満たす必要がある。図2に完成品の一例を示す。

2. 製作方法

2.1 マニュアルプログラムによる加工

使用機器は共通で、マシニングセンター（森精機 MV-40m）S8000・G01F5000（max）、主軸テーパ 7/24、NT40である。NC描画チェックは、NC TRACE32（フレックスシステム）を使用した。課題の材質はFC250である。加工には、工具径補正機能、G68回転機能、ポーリングサイクルG76などを利用し、下向き削りを用いた。凹凸の仕上げは、側面、底面を0.1mm残し、同時仕上げ工程にした。表1に使用工具、加工条件を示す。エンドミル軸方向の最大切り込みは、0.5D（Dは直径）である。

2.2 CAD/CAMによる加工

マニュアルプログラムと同一刃物、加工条件で加工を行った。CAD/CAMシステムは、メカニカル

表1 標準加工条件

使用工具	回転数 〔min〕	テーブル送り 〔mm/min〕
フェイスミル 80 k種超硬合金	(荒) 400 (仕) 600	320 192
超硬エンドミル 22 微粒子超硬合金k	550	99
センタードリル 3 高速度工具鋼	2000	200
ドリル 21 窒化チタンコーティング	455	182
超硬エンドミル 21.5 微粒子超硬合金k	750	133
ポーリング 22 k種超硬合金	1736	173
超硬エンドミル 18 微粒子超硬合金k	(荒) 672(2枚) (仕) 880(4枚)	135 180

表2 CAM加工条件

使用工具	回転数	テーブル送り
超硬エンドミル 10 微粒子超硬合金	(荒) 3200 (仕) 2200	2100 600
ボールエンドミルS 16 微粒子超硬合金	1100	210

デスクトップ・ハイパーミルである。CAMでのトレランス量は0.01とした。

2.3 小径エンドミルによる加工（CAM使用）

表2に加工条件を示す。工具メーカー（日立ツール）の推奨条件により、下向き削りでエアブローにより、加工を行った。最大切り込みは、側面切削で軸方向1.5D・半径方向0.1Dである。底刃切削では軸方向0.2D・半径方向Dである。穴部は、ボールエンドミルにて、らせん切り込み（2度）により、一工程で仕上げる。

2.4 小径エンドミルによる加工（高速加工）

使用工具、加工条件は表3に示す。浅切り込みで、工具メーカー（日立ツール）の高速切削推奨条件を用いて、DNC運転により加工を行った。

表3 高速加工条件

使用工具	回転数	テーブル送り
超硬エンドミル 10 微粒子超硬合金	6000	1000
ボールエンドミル S 16 微粒子超硬合金	3100	1000



トロコイド軌跡による荒加工
(マクロプログラムによる作成)

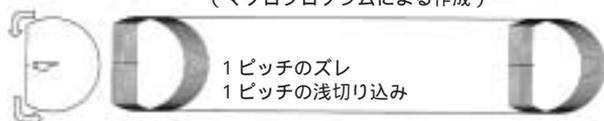


図3 トロコイド軌跡

さらに、部品 の直線溝部にトロコイド切削による荒加工を行い、仕上げには通常の直線軌跡により加工を行った。トロコイド切削の軌跡を図3に示す。

3 . 結果・考察と指導のポイント

3.1 マニュアルプログラムによる加工

1回目の加工では、工具にかかる負荷が予測できなかったため、途中で負荷がかかりすぎ、Z方向の切り込み量を減らして再加工した。ボーリングの要求精度を出すため、試し削りをし栓ゲージにて確認を行った。取り付け治具との干渉を考慮したNCプログラム作成が必要である。

指導ポイントは、

図面から交点計算をして座標値を求め、CADにて座標値情報を確認する。

使用工具を提示し、工具メーカーのカタログから



図4 使用工具

加工条件を計算する。図4のように使用工具のみ提示する。

各自でNCプログラムを作成しプログラムを説明させ、加工の基礎知識を復習させる。指導側のプログラムを提示し、プログラムの質を高めさせる。

簡単な形状を加工させ、機械の操作・段取り・寸法精度の出し方を重点的に習得させる。基本は、学生の自己努力・個人では身につかないのでやってみせることが必要である。これが、レベルアップするために重要な役割を果たす。5S活動を実行する。

シングルブロックで空運転をするときは、次の動きを想定し、違う動きをすればすぐに一時停止を押させる。

ボーリングバーの取り付け方向をオリエンテーション機能でチェックする。はめあい記号の箇所は、特に精度を重視させる。

1個目の加工は、指導者がやって見せて、ツーリングシートに気がついた箇所を記入させ、加工後一緒にチームミーティングを行う。2個目以降は自分たちで相談・確認しながら加工をさせる。一步退いて見、アドバイスは求められたときのみみる。これをきっちりと習得させれば、CAD/CAM利用が非常にスピーディになる。

何が難しいのか、何に時間がかかるのか、見つけたことをまとめる。必要な品質を満たすため情報収集の大切さを理解させる。

他の卒研グループの部品を請け負い加工し、自信を持たせる。

3.2 CAD/CAMによる加工

この加工でわかったことは、加工範囲を計算して指定しないと、むだな動きをしたり、逆に必要なところまで削ってしまった。よって二度目の加工ではそのことを考慮に入れて加工した。加工パスを可能な限り一筆でできるようにし、切り込み・逃げの回数をなるべく少なくする必要がある。

部品の加工で工具の逃げる方向（XY平面）によっては、端面に欠けた箇所が生じた。部分的にカッターパスの修正が必要である。

指導ポイントは、

加工領域・素材面をCADで描き指示しなければならないことを知る。このとき、レイヤー、形状の色変更のオペレーションの有効な活用を知る。カッターパスは、XY面のほかZX面・YZ面をチェックし、Z方向のパスに注意を向けさせる。

マニュアルプログラムと同じカッターパスを作ることにより同じ加工工程をCAMに反映させる。プログラマーとオペレータの指示事項に必要なことがらを理解させる。

CAMにより作成されたNCデータとマニュアルプログラムとの加工時間の差をシミュレーションにより比較し原因を探求する。

形状によっては、工具径補正機能を使用するほうが寸法精度を出しやすいことを知る。Z方向の寸法精度を考えたオペレーションをする。マニュアルプログラムによる加工の際、作成したツーリングシートを活用し、作業の標準化の大切さを知る。

信頼のできる加工データである自信をもたせ、加工センスの向上を図る。

3.3 小径エンドミルによる加工（CAM使用）

小径エンドミルを用いるときは、特に工具の突き出し量、切れ刃長さのチェック、治具干渉チェックを加工前に確認する必要がある。

指導ポイントは、

技術の幅を広げる必要性を理解させる。技術資料、カタログ、インターネットなどで技術情報を調査する。特にカタログの見方にポイントをおく。

図面は、基準寸法で描いているのでCADデータを寸法公差を考えた形状に修正する。工具径を測定し、寸法精度を出すためにCAMオペレーションで径入力をするか、仕上げしろに入力させる。

切削負荷変動の大きいカッターパスは、部分的修正が必要なことを説明する。例を図5に示す。

機械で加工前の空運転を行っても、次の動きの予想が困難であることを知り、シミュレーションで加工の良し悪しができるように加工センスを伸ばす。

CAM設定によっては削り残しが生じる例を加工する。図6に削り残し例を説明する。削り残しの判定機能の必要性を理解させる。

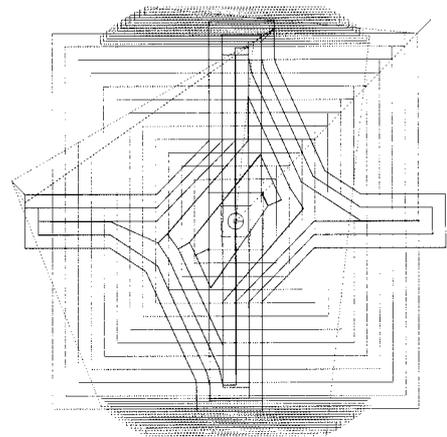


図5 負荷変動の大きいカッターパス



図6 削り残し例

Z軸方向の干渉要素に注意する。ツールホルダー・工具突き出し量・切れ刃長さに目を向けさせる。

穴部にらせん切り込みを用いることにより、3次元加工への応用をねらう。

3.4 高速加工

高速加工とは、主軸を高速に回転させ、切り込みを浅く抑えながら工具の送り速度を高めることにより、加工時間を大幅に短縮することができる。また従来では加工することのできない50HRC前後の硬い材料も切削でき、ピックフィード（カッターパスの間隔）を小さくしても時間がかからないため高精度な仕上げが可能であるといわれている。

平面加工は、エンドミル底刃での浅切り込みを用い、できる限り直線部が長くなるようにX方向の直線切削とY方向の直線切削を利用した。形状加工は外周切れ刃での浅切り込みで加工を行った。図7にカッターパスを示す。カッターパスは、CAM機能に準じるので、負荷変動を考慮したパス修正の必要性が生じている。エアブローを用いることにより、切粉を切削点からすばやく遠ざけるので切粉のかみ込みは観察されなかった。

従来の加工と高速切削では、今回の課題において加工時間の単純な比較はできない。実施した工程が必ずしも最適な工程であるとはいえない。工程の設計・加工能率はオペレータに影響されることがわか

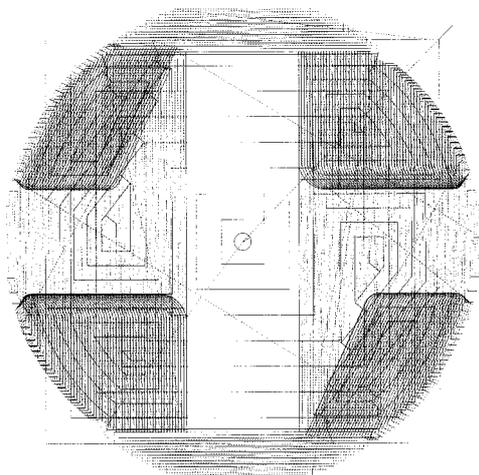


図7 カッターパス例

表4 加工時間

	部品	部品
マニュアルプログラム	38分20秒	35分58秒
CAD/CAM	47分38秒	40分 8秒
小径エンドミル	53分12秒	56分46秒
高速加工	29分29秒	58分12秒

った。表4に加工時間をまとめる。

また、ボーリング加工と、らせん切り込みによる一発穴あけ加工での真円度測定結果を図8に示す。象限突起現象が観察され位相がずれて生じている。これは、らせん切り込みに起因する刃物のたわみ・ツーリングの剛性・主軸の精度・送り駆動機構・速度制御系などが影響していると考えているが、今後の検討事項となった。

指導ポイントは、

高速加工の技術情報を調査する。

工具メーカーの推奨条件で、簡単な形状をDNC運転で削ってみせる。フラットエンドミル側面での浅切り込み、底面での浅切り込みの加工をみせる。

高速加工においても、荒工程と仕上げ工程があり、仕上げ加工の工程は直溝のはめ合わせ加工工程と同じであることを知る。精度により、側面と底面の同時仕上げにするか、別加工にするかを決めさせる。

加工時間をシミュレーションで比較する。これまで学んだ知識をもとにNCデータを作成し、全員で意見を出し合い、誰が作成したプログラムで加工するか決める。

フラフープで、トロコイド切削をイメージさせる。既存のCAMシステムでは対応していないが、サブプログラムで取り組ませることにより工夫させる。その後カスタムマクロを説明し加工する。

底刃のツールマークによる面粗さを測定し、要求されている面粗さであるか確認させる。図9に粗さ曲線を示す。

卒研を始めたころと比較し、加工センスのレベルアップが図れているか確認する。なぜ、こう展

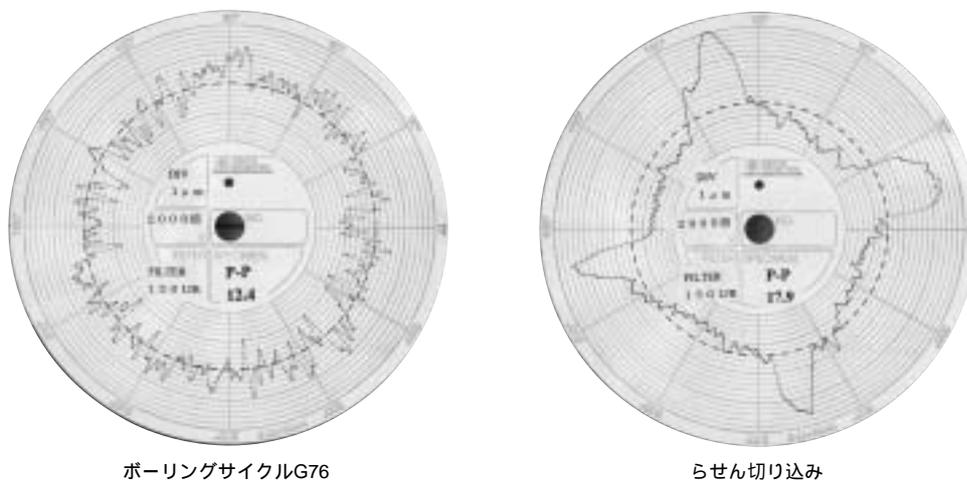


図8 真円度測定結果

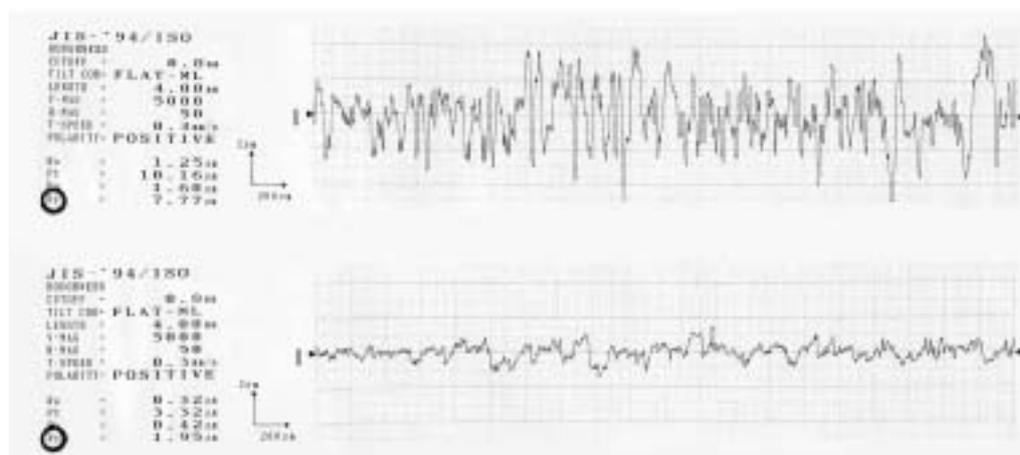


図9 粗さ曲線(底刃切削の面)

開するのか、抱えていた疑問の答えが見つかったか話し合う。専門用語で話しているか確認する。

4.まとめ

CAM加工において、CADで加工領域の設定と寸法公差を考慮した図面のミスは、はじめからのやり直しとなるので厳しく反省した。加工領域の設定のときは、治具干渉を考えなければならない。仕上げ加工は通常加工も高速加工も結果的に同一のパスを使用した。切削品質として、切削効率・面粗さ・寸

法精度・面の滑らかさのいずれを重視するかによって、さまざまな加工工程があることがわかった。応用として、3次元形状にS 6のボールエンドミルにて高速加工を試みた。図10に発泡スチロールとアクリル樹脂への加工を示す。位置によっては、加工速度・カッターパスの種類に起因する精度劣化が生じていることが、透明なアクリル樹脂を使用することによりわかりやすい。また、浅切り込みにより、柔らかい発泡スチロールのような材料にも適用できることがわかった。技術調査から、NURBS補間を利用すれば滑らかな加工が可能であるようなので、

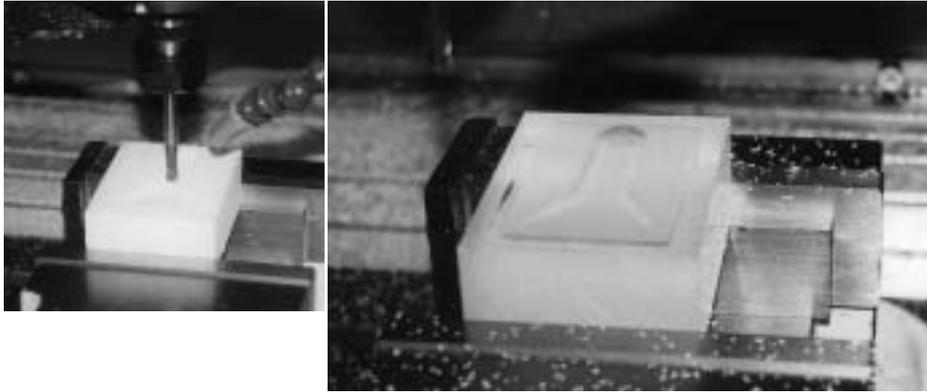


図10 3次元形状の高速加工例

NURBS対応のCAD/CAM・工作機械の環境が整備されれば検証が可能である。今回の課題をとおして、切削加工・測定・材料・制御といった基本的な技術を幅広くきっちりと理解していないとNC・CAD/CAMなどのコンピュータ利用技術は身につかないと実感した。

本報告は、生産技術科第9期生の上田朋尚，土佐和稔，中辻宏友君が卒業研究として取り組んだ成果に指導ポイントを加味してまとめたものである。

5. おわりに

今年度、本校では7科そろって同日に卒業研究発表会を開催した。産業デザイン科においては、最後の制作展が府内で開催された。ものづくりが、雇用・能力開発機構のキャッチフレーズ的になっているが、卒業研究・製作の発表テーマはさまざまである。どのテーマも目的を決め、成果を発表し批評を受けてよりよい論文にまとめている。機械システム系では、生産技術科，制御技術科，産業機械科の3科で卒業研究を行っている。専門性の異なる学生がグループで組むテーマもあり，うまくまとまるケース，グループが別れてしまうケースとさまざまである。すべてのテーマが何らかの形でものづくり工程の一部に関わっている。

私はものづくりとは，何かに使う目的・対象の形（製品）が決まればそれを実現するための工程が生

じ，それに関わる活動の要素1つひとつがものづくりと考えている。特に専門課程では1つの考えのもとに役に立つ人づくりと，1つの考えのもとに人間に役に立つものづくりとのバランスの必要性を実感する。単にものを作るのではなく，1つの考えや思想を持って作るという使命感のようなものを含んでいると考えている。学生には，ものづくり工程を説明し自分たちの活動が目的に対してどの位置を占めているのか意識を持つように指導している。また，テーマはさまざまな分野になるため，ものづくり工程に頻繁に出てくる要素・少ない要素があり，お互いにそれぞれの分野の必要性を理解させることが大切と考える。運営上，教室によっては，アビリティコース・専門課程の学生が混在せざるを得ない状況も生じている。職員・アビリティ受講生・学生の理解のうえ，今日に至っている。

卒業研究発表会は，発表者はもちろんのこと，学外・1年生・アビリティコースなど関係者全員・職員全員の協力のもと「ものづくりの重要性というメッセージ」を発信する場と考える。学生にとっては，これまでにない緊張感を味わう場となる。成果を公表し，批評を受け，論文・資料としてまとめることにより，2年間の成果と方向性を自ら見だし，本来「ものづくりは，まじめで地味で単調なものであった」と気がつく。そして産業界または応用課程で，よりものづくりに積極的に取り組み，活躍を期待する。