

マスターCAMによる自動加工技術の習得

○山本浩治，中木村雅史，後藤伸太郎，磯谷俊史，白木尚康

工学系技術支援室 装置開発技術系

1 はじめに

平成 26 年度技術研鑽プログラムにおいて「マスターCAMによる自動加工技術の習得」の採択を受け，年間を通して，プログラムを行った．本発表では，このプログラム一連の内容を報告する．現在，工作機械の分野では，NC データを用いて単純なものから複雑なものまでを自動的かつ迅速に加工を行う NC 加工機が主流である．名古屋大学全学技術センター（工）装置開発技術系では，平成 13 年度より CAD/CAM システムおよびマシニングセンタが導入され，実験装置の製作および授業などに使用している．現在，赤崎記念研究館装置開発ファクトリーにおいて 2 台のオークマ製マシニングセンタが稼働中である．主な加工依頼業務として，航空の風洞用模型など複雑な形状を持つ 3 次元加工を有するものがある．また，授業では，CAD/CAM システムを用いてマシニングセンタで加工を行う授業を行っている．この CAD/CAM システムは 10 年以上前のものでシステムの老朽化（コンピューターの OS が対応しない）が問題となっていた．このため，CAM の更新を検討した結果，工学部で多く使用されている CAD（ソリッドワークス）にアドオンでリンク可能なマスターCAM for Solidworks を候補に挙げ導入した．そのため，マスターCAM の操作技術の習得について現担当職員や将来この CAD/CAM システム，マシニングセンタを担当する職員の育成も重要となっている．

2 プログラムの目的

本プログラムは次のような目的を持っている．

- 2.1 CAD/CAM システムの移行にあたり，10 年余り業務に従事対応してきた技術職員と共に採用間もない技術職員の育成や，図面上の知識だけでなく実際加工する上での陥りやすい注意点や加工のノウハウ，技術的経験を伝え，実際業務を単独，あるいは複数で行っていただける技術の継承．
- 2.2 メーカー関連企業が行う CAM 講習会を受講することで，最新の加工技術（CAM 技術）を習得する．
- 2.3 講習会では経験できない加工現場を視察・技術交流を行うことで加工のノウハウを習得する．
- 2.4 サンプルを設計製作することにより，高度な加工技術を習得する．

3 プログラムの概要

本プログラムの概要を表 1 に示す．経験上，CAD/CAM システムの習得には，付属のマニュアルによる自己研鑽では困難であることから大学機関及び民間企業では，メーカーが主催する講習会の受講が必要である．

表 1 プログラムの概要

期間	平成 26 年 5 月～平成 27 年 3 月
参加者構成	熟練技術職員 2 名，若手技術職員 3 名
進行方式	毎週木曜日 3 時間程度を基本とし，随時でも可能
講習会等の受講	メーカー関連企業主催の CAM トレーニング（3 名）
技術収集	東京大学生産技術研究所試作工場（5 名）
情報収集	JIMTOF2014（5 名）
CAM 技術の習得状況把握手段	マニュアルの作成，サンプルの製作
報告の場	第 10 回名古屋大学技術研修会（ポスター）

また、実際にマスターCAMを使用して加工を行っている現場へ出向きCAM技術を収集することも重要と考えた。さらに本プログラムの完結としてマニュアルの作成および加工サンプルの製作を行った。

4 プログラムの実施

4.1 講習会の受講

平成26年7月24～25日にマスターCAMの基本的な操作方法を習得するため、メーカー関連企業が開催している講習会に参加した。講習会を受講するにあたり、旧CAD/CAMシステムでよく使われる機能の中でマスターCAMでは、わからない操作方法がいくつかあり、それらをノートにまとめて当日に臨んだ。講習会は講師1名・受講者3名という構成で2日間にわたり開催された。内容は2次元加工（穴あけ加工・輪郭加工・オフセット加工等）と3次元形状加工（曲面加工等）について、与えられた課題図面をもとに加工範囲・加工条件を設定して、それぞれのツールパスを出力させるという形式で行われた。講習会の最後には事前にこちらから用意していた質問事項に対する回答を頂き、マスターCAMの機能についての知識を深めることができた。今後、不明な点が生じた場合は、サポートサービスなどを利用して操作技術を高めていく予定である。

4.2 技術収集（東京大学生産技術研究所試作工場）

技術研鑽プログラムを遂行するにあたり、実際にマスターCAMを使用して加工を行っている現場へ出向き情報の収集を行うためと技術交流を目的として、平成26年10月30日東京大学生産技術研究所試作工場（駒場キャンパスII）を訪問した（図1）。マスターCAM使用時の不具合である、加工シミュレーション時の対処について、教えて頂いた方法で解決に至った。また、不明な点があればサポートを活用したほうが良い事と、マスターCAMの上達には、とにかく数をこなす事および時間的に集中して行う事の助言を頂いた。この他に試作工場内の見学と工作機械および業務体制について情報交換をした。試作工場には12名の職員が在籍されていて、内1名が定年者の再雇用であった。NC工作機械が充実していて、個々に担当する機械が決まっていた。基本的に一人で1つの業務を完了する。新人の教育は、メーカーの講習会を活用して職員の負担を軽減している。貸し出し用工作機械が充実していて、研究者や学生に対して開放している（図2）。さらに新規職員採用、課金制度と予算についても意見交換をした。



図1. 東大・駒場キャンパスII正門



図2. 貸し出し用工作室（汎用機械）

4.3 情報収集（JIMTOF2014）

装置開発技術系の今後を見据えた工作機器の情報収集のために平成26年10月31日JIMTOF2014第27回日本国際工作機械見本市（東京ビックサイト）を視察した（図3）。この見本市は、工作機械およびその関連機器等の内外商取引の促進ならびに国際間の技術の交流をはかり、産業の発展と貿易の振興に寄与することを目的として開催されている。測定機器を視察した感想として、各社レーザーによる非接触の測定機に力を入



図 3. JIMTOF2014 会場

れていて、CAD に直接形状を取り込んでいる展示ブースが数社あった。工作機器については、各社最新の工作機械を展示していたが、特に 3 次元プリンター（金属）に人気が集まっていた。職場にあったら良いものとして、クーラントの交換が容易にできるものがあった。クーラントは定期的な交換が必要（腐敗、作動油の混合）で、クーラントを大量に使用する工作機械が複数あり交換が簡単にできない現状がある。また、一部の工作機械で使用しているクーラント（カストロール）の腐敗臭の原因と交換時期および使用に関するアドバイ

スを受けるため、メーカーアドバイザーの派遣を依頼した。

4.4 マニュアルの作成

CAD/CAM システムを円滑に使用可能にするため初めてシステムを使用する職員もしくは、操作方法を失念した場合を想定してマニュアルを作成した。ソフトの初期設定・起動方法から具体的な CAM 操作、メーカーのサポートまでシステム一連の操作内容が記載されている。さらに、CAM を行う上で重要と思われる点が発生した場合は、その都度、マニュアルに追記し、進化するマニュアルを目指している。また、製作効率を向上させるため実際に加工した CAM データの特徴をマニュアルに記載し閲覧可能にする予定である。

4.5 加工サンプルの製作

マスターCAM の習得状況を把握する手段として加工サンプルの製作を行った。サンプルの選定は、実験装置製作時に多く利用される加工方法を有するものを選んだ。CAM は、マスターCAM for Solidworks X7 を使用した。

(1) 穴加工

CAD 図の穴部をもとに穴あけを短時間、高精度で切削する加工方法である。CAD データ（図 4）をもとに直径の違う複数のドリル加工を一連のツールパス（図 5）として出力し、マシニングセンタによる加工状態を検証した。表 2 に加工条件を示し、図 6 は完成した多孔穴である。

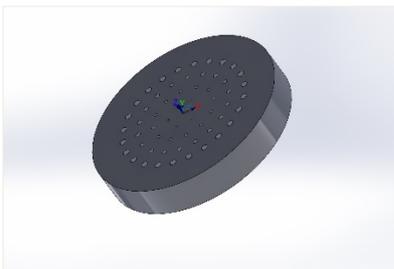


図 4. CAD 図

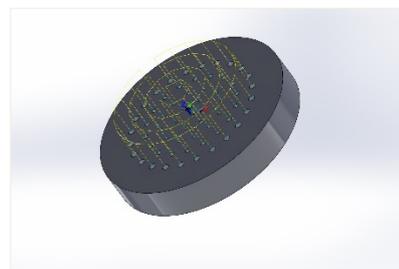


図 5. ツールパス

表 2. 加工条件

出力パス名	ドリル
回転数	3000~8000min ⁻¹
送り速度	50~100mm/min
使用工具	φ0.3、0.5、0.7、1.0ドリル
加工時間	20分27秒
材質	A2017



図 6. 多孔穴

(2) 輪郭加工

CAD 図の輪郭をもとに切削する加工であり、実験装置製作時に多く使用する加工方法である。直径 21mm の円柱に溝深さ 0.5mm の複雑な輪郭線をもつ CAD データ (図 7) をもとにツールパス (図 8) を出力し、マシニングセンタによる加工状態を検証した。特にツールパス間を移動する時の誤動作による切削不良に注意した。また、小径のエンドミルを使用することにより、微細加工の検証も含んでいる。このサンプルでは、ワーク材料として Polycarbonate と A2017 の 2 種類で製作を行った。表 3 に Polycarbonate の加工条件を示す。図 9 は加工を終えた印鑑であり、CAD 図と同様な加工が確認できた。



図 7. CAD 図

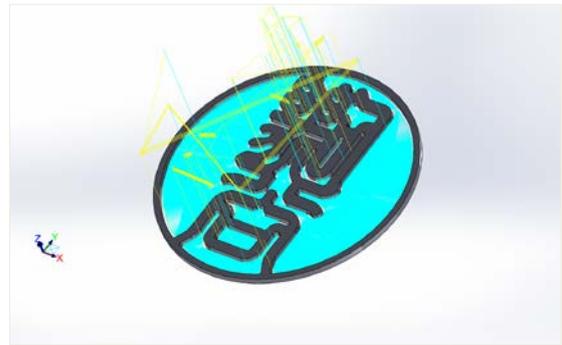


図 8. ツールパス

表 3. 加工条件

出力パス名	ポケット
回転数	8000min ⁻¹
送り速度	300mm/min(荒加工) 150mm/min(仕上げ)
X,Y軸送りピッチ	0.1mm
Z軸送りピッチ	0.2mm (最大高0.5mm)
使用工具	φ0.4フラットエンドミル
加工時間	39分48秒
材質	Polycarbonate

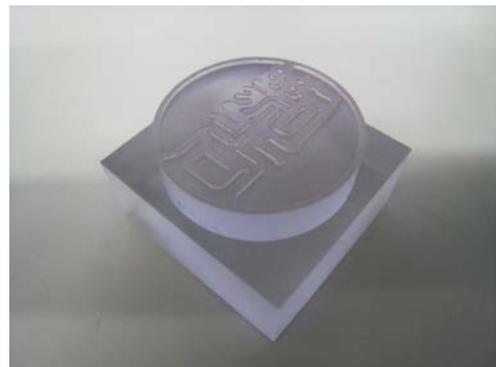


図 9. 印鑑 (Polycarbonate)

材質の違いから A2017 の加工条件 (表 4) に示すように、Polycarbonate 加工時と比べ X, Y, Z の送り速度および、送りピッチを変更している。図 10 は加工を終えた印鑑であり、CAD 図と同様な加工が確認できた。

表 4. 加工条件

出力パス名	ポケット
回転数	8000min ⁻¹
送り速度	150mm/min(荒加工) 100mm/min(仕上げ)
X,Y軸送りピッチ	0.1mm
Z軸送りピッチ	0.05mm (最大高0.5mm)
使用工具	φ0.4フラットエンドミル
加工時間	2時間38分8秒
材質	A2017



図 10. 印鑑 (A2017)

(3) 曲面加工 1 (3次元加工)

CAD図の3次元形状をもとに切削する加工であり,仕上げ加工には,主にボールエンドミルを使用する。直径60mmの円柱に高さの違う複数枚の羽根(最大高20mm)をもつCADデータ(図11)をもとにツールパス(図12)を出力し,マシニングセンタによる加工状態を検証した。この加工データは範囲を分割して加工を行う4つの出力パスから構成されている。本稿では,表5のように荒加工としてハイスピードコア荒取り,羽根側面の仕上げ加工としてハイスピード荒取追い込み2つの出力パスの加工条件を掲載した。図13は加工を終えた水車であり,羽根部拡大図(図14)に示すようにCAD図と同様な加工が確認できた。

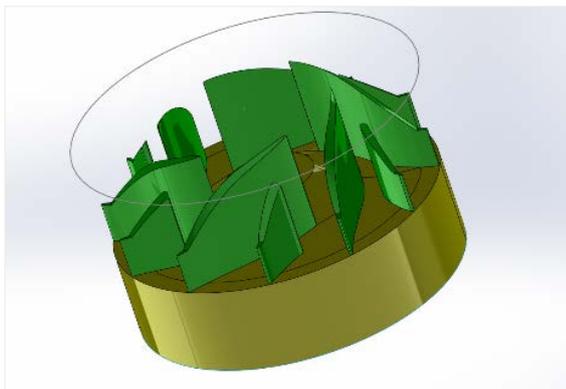


図 11. CAD 図

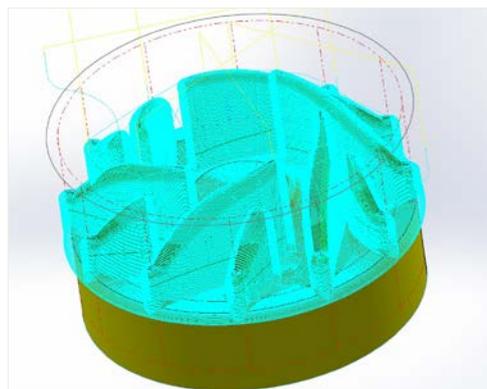


図 12. ツールパス (仕上げ)

表 5. 加工条件

加工範囲	全体	加工範囲	羽根側面のみ
出力パス名	ハイスピード コア荒取り	出力パス名	ハイスピード荒取追い込み
回転数	3500min ⁻¹	回転数	4500min ⁻¹
送り速度	500mm/min	送り速度	1000mm/min
X,Y軸送りピッチ	0.5~0.9mm	X,Y軸送りピッチ	0.7~1.4mm
Z軸送りピッチ	0.7mm (最大高20.0mm)	Z軸送りピッチ	0.1mm (最大高20.0mm)
使用工具	φ3.0ボールエンドミル	使用工具	φ3.0ボールエンドミル
加工時間	5時間36分11秒	加工時間	12時間31分39秒
材質	A2017	材質	A2017



図 13. 水車



図 14. 羽根部拡大図

(4) 曲面加工 2 (3次元加工)

CAD図の3次元形状をもとに切削する加工であり、仕上げ加工には、主にボールエンドミルを使用する。直径48mmの円柱に最大高2.4mmの曲面を持つ航空模型のCADデータ(図15)をもとにツールパス(図16)を出力し、マシニングセンタによる加工状態を検証した。この加工データは、3つの出力パスから構成され、工具の負荷を軽減する最新の3Dハイスピードパスを使用した。本稿では、表6のように荒加工としてコア荒取り、仕上げ加工としてハイブリッドの2つの出力パスの加工条件を掲載した。図17は加工を終えた航空模型であり、CAD図と同様な加工が確認できた。

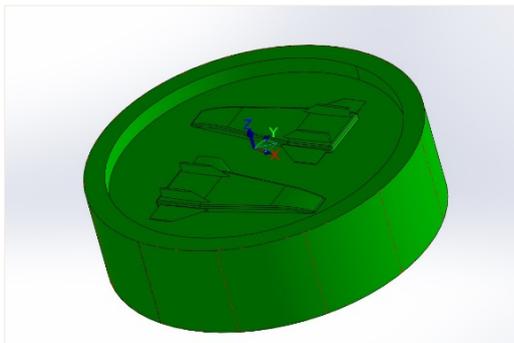


図 15. CAD 図

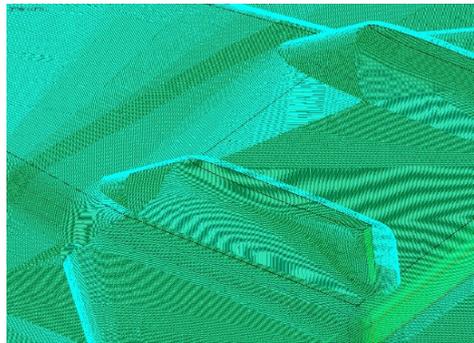


図 16. ツールパス (ハイブリッド)

表 6. 加工条件

出力パス名	3Dハイスピードコア荒取り
回転数	5000min ⁻¹
送り速度	500mm/min
X,Y軸送りピッチ	0.5~0.9mm
Z軸送りピッチ	0.2mm(最大高2.4mm)
使用工具	φ2.0ボールエンドミル
加工時間	55分30秒
材質	A2017
出力パス名	3Dハイスピードハイブリッド
回転数	8000min ⁻¹
送り速度	1000mm/min
X,Y軸送りピッチ	0.02mm
Z軸送りピッチ	0.02mm(最大高2.4mm)
使用工具	φ1.0ボールエンドミル
加工時間	1時間45分44秒
材質	A2017



図 17. 航空模型

5 まとめ及び謝辞

マスターCAM講習会を受講し、基本的な操作方法の習得ができた。これにより、依頼業務の一部でマスターCAMを用いて作成したNCデータによる加工が可能となった。技術収集では、直接、加工現場から有益なアドバイスを受けることができ、技術交流とメーカーによるサポートを合わせて行う必要性を感じた。また、マニュアルの作成、サンプルの製作を通して本プログラムの達成度が上々であることを確認できた。

CAM技術の向上方法として複数のNC加工を行うことが重要であることを認識し、できる限りCAD/CAMシステムを用いた加工に専念することが必要である。

この度、本プログラムの採択を頂いた松村全学技術センター技術部長ならびに、プログラムを遂行するにあたり、ご協力いただいた東京大学生産技術研究所技術職員の皆様に厚くお礼申し上げます。