

2次元CAMと3次元CAM課題の提案

Suggestion of processing theme for 2D CAM and 3D CAM

浦 辺 義 明 *1

URABE Yoshiaki

要約 現在、大学等において授業のカリキュラムとシラバスを学生に対して内容を明確に提示することが一般的となっている。同様に、全国の職業能力開発大学校専門課程及び職業能力開発短期大学校（以下、「短大校」という。）においてもこのようになって久しく、授業科目のカリキュラムは統一されている状況にある。一方、教科書、実技教材については、多くの短大校の教員がこれらの選択に困っている現状がある。そこで、同じテーマと同じレベルで技術向上を目指せる生産技術科CAD/CAM実習で行う実習課題を提案する。

1 はじめに

パソコン上で色々な形状（家電製品、建物、乗り物など）を立体や図面に描くことができるソフトをCADと呼び、それらを実際の形状に機械で加工するためのシミュレーションやプログラムを作成するソフトをCAMと呼ぶ。一般にはCADソフトとCAMソフトは別々であるが、CADとCAMが一体になったものもあり、それをCAD/CAMソフトと呼ぶ。

CADは図1にあるように製品などの立体形状をパソコン上に作成し、CAMは図2のようにパソコン上に工具先端の動く線（カッターパスという）を作成し、最終的にプログラムにする。そのプログラムを使ってマシニングセンタにて加工して部品を削って完成する。

CAD/CAM実習カリキュラムにおける実習教材は使

用するCADソフト、CAMソフト、CAD/CAMソフトが短大校によって異なることがあるので、そのソフトに合わせてできる加工が異なることで違いがある。しかし、最近では各CAMソフトメーカーでも基本的な機能がほぼ同じように使えるようになっているので実習課題の共通化が可能だと考えた。

2 問題点

授業でCAMソフトを使ったCAMテキストと練習課題、機械を使つてのマシニングセンタ加工課題の選定は教員の悩むところであり、短大校によって行う内容が異なる。

その理由の1つ目は、CAMソフトの導入機種によってCAM操作マニュアルと実技練習内容に違いがあるので、導入時に動作確認も含め教材データでの提供をもらうので、そのまま教材と課題として加工を行っている場合がある。

2つ目は、外部で技術向上の研修で学ぶ機会があり、そこで開催される技能・技術実践研修、セミナー、講習会で授業を受けることができ、そこで実習教材と練習課題の提供を受けることができれば、それらを各短大校で使う場合がある。

3つ目は、独自に作成してするか、地域性を考慮して新たに切削課題を提案する場合がある。この場合、企業向けの講習への活用を主とするとレベルが少し高いということと、できるだけ学生1人1人の理解を深めるために多くの課題を作成することが困難であり、短大校によっては授業でCAMのシミュレーションまで

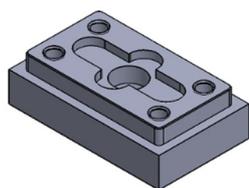


図1 CAD立体例^[1]

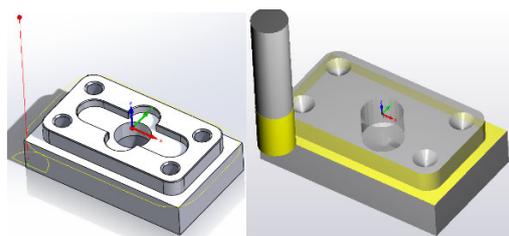


図2 CAMカッターパス例^[2]

で、加工時間が不足することで加工が実施できない、できても2次元のみの加工又は3次元のみの加工という場合もある。

このように短大校により教材と製作課題が異なるので、提案としては共有化の2次元CAMと3次元CAMの両方の加工を実施することを前提に提案したい。

3 重要な2つの要素

カリキュラムは、4単位36時間内なのでこの中に切削課題を収めることを考慮した。また、使用する工具と材料の費用についてはできるだけ安く、少ない本数になるように考えた。詳細を以下に示す。

3.1 加工時間

CAD/CAM 実習では全体36時間なので、CAMの使用法の勉強で24時間、実機による加工の時間は、2次元CAMを1つの段取りを含む加工1時間程度の6回分(6班)の6時間と3次元CAMを同じく加工2時間の3回分(3班)の6時間で、基本の習得ができる全体時間の1/3を占める12時間とした。

3.2 材料と工具の費用

材料について鋼材よりもアルミ材(A5052)が2倍から4倍程度高速に加工できるのでこちらを選んだ。工具はハイス工具よりも超硬工具が3倍程度高速に加工できるのでこちらを選んでいる。工具の太さはボールとスクエアエンドミル共に直径10mmが最も多く販売と使用されていてさらに費用も安く、切削速度と切込みを多くできて効率が良いのでこれを基準にして、そのほかの工具は形状に合わせて徐々に小さい工具を選んでいる。工具径が小さすぎると購入費用と工具寿命が短くなることより直径4mm以上なるようにCAD形状を考えた。工具の大きさと加工時間も考えサイコロ加工用の材料の大きさは80mmの立方体とし、曲面加工用は加工時間がサイコロよりもかかるのでサイコロの1/4程度の80*40*30mmとした。どちらも材料と工具費用は安価な鋼材とハイス工具鋼に比べて値段が1.5倍となるが、加工時間を見ると1/3となるので効率が良いことが判る。

4 提案

2次元CAM課題としてサイコロ課題と3次元CAM課題として曲面課題を提案する。開始時は基礎の勉強といくつかの練習(課題製作)を実施し、その後マシンングセンタが1台のみなのでその製作課題と待ち時間に行う課題作成又はレポートが必要である。加工時間のみでサイコロ加工時間は1面の加工20分程度×6面

＝3時間、曲面加工1個50分程度×3個(コアとキャビティ)＝3時間となる。段取りを含めると2倍のそれぞれ6時間程度となる。

2次元CAMでは、完成時の寸法が図面と合っているか、削り残しがないこと、シミュレーション通りの動きができていないかを確認する。また確認表を使って加工順番、工具番号、工具長、ワーク座標、切削条件(回転数と送り)、アプローチとリトラクト、加工時間を確認しながら行う。

4.1 評価

授業は共通で使えるように、加工評価として2次元、3次元それぞれ30点×2の60点(図3)、試験・レポート・課題製作評価として同じくそれぞれ15点×2の30点(図4)、出席と授業態度で10点の100点で考えた。

図3は一例の一部として2次元CAMの加工時の評価で、上の表に評価として作業16点、下の表にCAM設定評価14点の合計30点としている。同じように3次元CAMも同じような評価の30点とした。

図4のように2つの練習課題(練習1、練習2)を学生と一緒に実施し、その後の復習課題として練習課題、レポート、試験として3つの提出課題(課題1、課題2、課題3)を各自で行う。時間配分はそれぞれ5～8時間×2(2次元、3次元CAM)で実施する。また、加工の待ち時間は各自5時間×2程度あるのでここもこの時間にプラスし、最大で26時間課題製作の自主学習ができる。

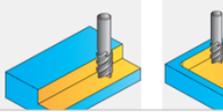
1.加工評価		
2次元CAM加工 人数20人としてのグループ 3-4名*6面		
		
	2次元CAM加工モデル形状	完、仕上げ加工(輪郭加工、ポケット)
作業	作業時間	ワーク座標基準確認
	60分(段取り30分)*6=360分	確認した/しない
配点	5分超えるごと1減点	ワーク座標G54とXYZの数値確認
	2	間違いで1点減点
シミュレーションとプログラム上の確認	加工方法	輪郭加工
	加工範囲	76*76輪郭外側/Z-2
	工具	超硬スクエアエンドミルD10
	工具番号/工具長/工具径	T10/H10/-
	切込み(mm)	輪郭4mm仕上げ切0
	送り(mm/min)	F420
	回転数(min-1)	S4940
加工時間(分:秒)	60	
配点	アプローチ/リトラクト	円弧6mm 5mm上/円弧6mm
		上記1か所につき間違い減点1点
14		2

図3 加工評価の一部(2次元CAM)

2.練習課題、試験、レポート、課題製作評価
3次元CAM課題 1名ずつ

練習課題	課題名	提出期限
練習1	練習1、練習2	-
試験、レポート、課題	課題1、課題2、課題3	-
配点	-	平日外減点2×課題3つ
6	-	6

シミュレーション上の確認	加工方法	荒加工/輪郭	中仕上げ/サーキュ
	工具	超硬ボールエンドミルR5	超硬ボールエン
アプローチ/リトラクト	工具番号/工具長/工具径	T14/H14/-	T15/H15
	切込み (mm)	XY3mm/Z2mm	XY1mm
	送り (mm/min)	F430	F600
	回転数 (min-1)	S4800	S6000
	加工時間 (分:秒)		
配点		ジグザグ5mm上/なし 角度10度間5mm 上記1か所につき間違い減点1点x3つ	なし (垂直) 5 上記1か所につき間違い減点1点x3つ
9		3	3

図4 課題製作用の製作課題の一部 (3次元CAM)

1.加工確認
2次元CAM加工 人数20人としてのグループ 3-4名*6面

作業	作業時間	ワーク座標基準確認	工具長確認
	60分 (投取り30分) *6=360分	確認した/しない	確認した/しない
本人確認	50分	ワーク座標G54とXYZの値確認	スケールで材料と工具の長さZ50又は100mmを確認
指導員確認	50分	○	○
指導員確認		○	材料の測定位置が間違っている

シミュレーションとプログラム上の確認	加工方法	輪郭加工	島残し加工D10
	加工範囲	76*76輪郭外側/Z-2	56*56輪郭内側/Z-2
	工具	超硬スクエアエンドミルD10	超硬スクエアエンドミルD10
	工具番号/工具長/工具径	T10/H10/-	T10/H10/-
	切込み (mm)	輪郭4mm仕上げ代0	輪郭2mm
	送り (mm/min)	F420	F420
	回転数 (min-1)	S4940	S4940
	加工時間 (分:秒)	60	2:40
	アプローチ/リトラクト	円弧6mm 5mm上/円弧6mm	ジグザグ5mm上/なし (垂直) 角度10度長さ1.5mm
	本人確認		○
指導員確認		アプローチ2mmとした間違いない	○

図6 加工確認表の一部

4.2 2次元CAM課題

図5にサイコロ寸法図を示し、図6に加工確認表の一部を示す。学生は、別にある加工工程表に情報を入力しながら作業をする。加工工程表は使用工具、切削条件を空白にして自分で記入して最終的にプログラム作成し、加工を行う。加工時には、再確認として自己確認と教員の確認で切削前の確認を行う。また、加工後に実際にかかった作業時間も記入する。教員は加工時間を確認することである程度のミスが判断でき、また加工評価にて詳細に評価できる。基本的なCAMの加工方法はポケット加工、輪郭加工、穴あけ加工である。

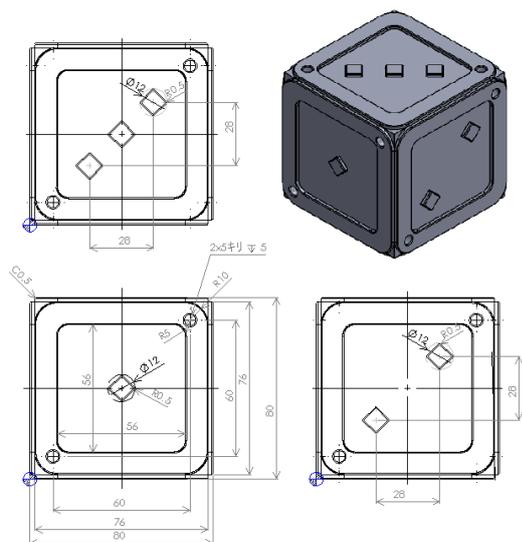


図5 サイコロ寸法図

4.3 3次元CAM製作課題

同様に図7に曲面寸法図を示す。サイコロと同じく加工工程表があるが省略する。基本的なCAM加工方法は等高線加工と走査線加工であり、この機能だけでも加工ができるので採用している。

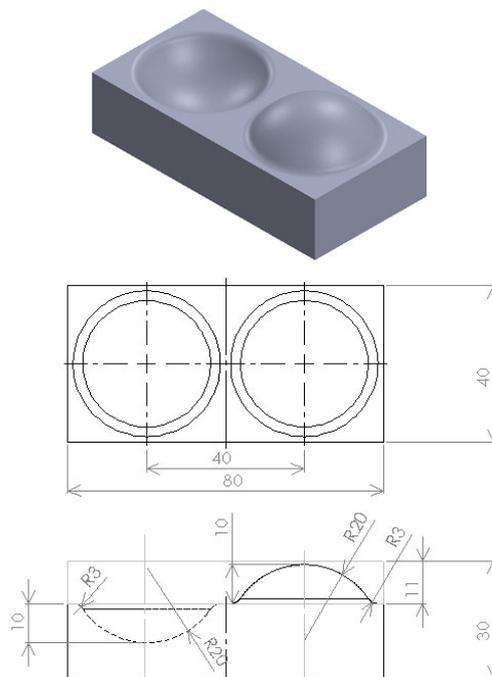


図7 曲面寸法図

4.4 CAM加工

以下に実習で加工したサイコロと曲面の製品の写真を示す(図8)。

サイコロ形状は、6グループで製作して各1面ずつ6面加工している。島残し部の模様は仕上げ時に直径4mmのスクウェアエンドミルでXY切込み2mm輪郭加工で加工した。加工時間は全体の時間6時間に対し、1面ごとに20分程度なので段取りを含め1時間以内で可能であった。

曲面コア・キャビティ形状は実習で3個加工している。仕上げ加工は、サーキュラーポケット、走査線、等高線の3種類より加工条件を変えて行った。写真はそのうち1つ(走査線)を載せている。XY切込みは0.2mmで加工している。加工時間は段取り30分、加工60分の全90分程度になる。曲面加工では仕上げ加工に占める時間が最も長いので、仕上げのXY切込みを0.3mmとすると段取り30分加工50分の80分程度に短くできる。切込み量を半分の0.1mmとすると加工時間は約2倍の100分となり段取りを含めて130分となり、計画時間の6時間(360分)で2個程度の完成が限界となる。XY0.1以下の切込みは、仕上げ面の見栄えが良くなるので時間があれば実習時間ではなく実施したものを用意しておくとうい。



図8 完成品

5 まとめ

このサイコロの課題は、現在、当短大校のCAD/CAM実習の授業で実施しており、当短大校のみならず、実施したいと希望があった他の短大校でも授業で実施しているところである。このサイコロ製品は、授業の最初に形状を提示すると多くの学生に解りやすく興味を持ってもらえる。中には、熱心に自ら進んで切削条件を調整し、見栄えをきれいになるように条件を変えて取り組む意欲的な学生もいた。学生にとって作ってみたいものを題材として取り上げることが大事なことであることが判る。

曲面製品に関しては仕上げ時にXY0.1mm以下の製品

を展示していると曲面のきれいさに興味を持ってもらうことができる。ただ、この作品の加工時間は十分であるが大きさが小さいことと、形状に特徴が少ないためサイコロほど興味を持ってもらうには今後も課題の選択の改良が必要である。

作成したサイコロと曲面製品は、展示コーナーで展示しており、企業からの来客者とオープンキャンパス時に高校生の目につき興味を持ってもらえている状況である。

加工の準備に関しては2次元、3次元CAMの両方とも30分の段取り時間としているが、学生が実施する作業はバイスに材料取り付けと基準位置の確認のみとなる。準備に時間がかかるので、スムーズに行うために工具と機械の設定はあらかじめ事前に準備しておく必要がある。機械で使用する工具はそれぞれ最大8本なので8本以上のマシニングセンタのATCマガジン、工具に合うホルダとコレットが必要である。

安全面では切込みが小さく、加工時間も短いので油断しがちであるが、シミュレーションでZ方向の削りすぎによる、工具と材料の破損が最も危険なので普通の加工と同じように十分気を付けて行う必要がある。

加工時間としては、サイコロ、曲面加工ともに全体の60分以下が丁度よい時間と思える。今までの経験上60分すぎると学生も見ていることが飽きてしまうので、丁度よい時間と思える。もう少し難しい加工をやりたい学生は応用の課題として別の授業として実施する必要がある。

授業の展開として作成したのものを使った教材としてこの課題の3次元CAMの曲面形状は、球面と平坦面で表面粗さの測定が可能である。また、2次元と3次元CAM形状で3次元測定機による形状測定が可能である。

最後に費用、時間を考えたうえでこの課題は十分共通化ができるものと考えられるので可能なら使ってほしいと願う。

参考文献

- [1] CADソフトSolidworks Dassault Systems社
<https://www.solidworks.com/ja>
- [2] CAMソフトSolidCAM SolidCAM社
<https://www.solidcam.com/ja/>