

報 文

地域におけるCAD/CAMシステム導入状況と
CAD/CAM教育・訓練

青森職業訓練短期大学校 小林 崇・伊藤 祐規・成田 敏明

Construction of Training Program for CAD/CAM System Based on
an Investigation on the Use of CAD/CAM System in Aomori Prefecture

Takashi Kobayashi・Yuuki Itou・Toshiaki Narita

要 約 本報告は、地域におけるCAD/CAMシステムの導入状況を、独自のアンケート調査により把握し、その結果にもとづいて、当短大における機械系のCAD/CAM教育・訓練の計画を立てて実施し、その中間的な評価を取りまとめたものである。

アンケート調査は、青森県におけるCAD/CAMシステム導入状況ならびに導入計画等を把握する目的で、県内の従業員100人以上の事業所を主な対象として行った。

その結果、本県のCAD/CAMシステムの導入が全国と比較して遅れていることや、導入されたシステムが多種にわたり、そのオペレーション方法も数種におよぶなどの知見を得た。

以上の地域における導入状況にもとづいて、当短大制御システム科のCAD/CAM教育・訓練の指針を作成したが、その中で、CAD/CAM教育・訓練ではオペレータ教育よりも、問題解決能力の付与に重点を置くべきであるなどの指針が示された。

さらに、この指針にもとづいて、当短大制御システム科のCAD/CAM教育・訓練のカリキュラムを作成し、CAD/CAM教育・訓練を実施したが、その中で、学生に製図から製造に至る情報の流れを認識させ、実際に「物」を作った結果を反省するという体験を実践させたところ、学生の反応も良好で、一定の評価が得られた。

I まえがき

コンピュータの著しい進展により、従来の設計・製図や生産の方法は大きく変わりつつある。かつては製図板やドラフターによる製図や、人手による加工・組立作業が中心であったが、今日ではコンピュータのディスプレイに向かって設計・製図を行い、NC機械や産業用ロボットが加工や組立作業をするようになった。

このようにコンピュータの支援により、設計から生産にいたる作業を高効率化し、自動化しようとする設計・生産の方法をCAD/CAMというが、この技術は機械工学から電気・電子および情報工学までの幅広い領域にわたる総合技術である。

従来、このようなCAD/CAMシステムは高価なるがゆえに、大企業中心に導入が図られてきたが、近年、

低価格化およびパーソナルコンピュータをベースにしたパソコン型のCAD/CAMシステムが登場して、中小企業にも広く普及しつつある。したがって、当短大の立地する青森県の各事業所においても、CAD/CAMシステム導入の動きはあると推測できるが、いまだ詳細な調査は行われていない。

CAD/CAMシステムの幅広い普及とともに、大学工学部や工科系短大においてCAD/CAM教育・訓練の必要性が高まりつつあり、わが国の約30%程度の大学でCAD教育を開始したといわれている⁽²⁾。当短大でも昭和63年に3次元汎用CAD/CAMシステムが導入され、昭和63年度後期より、短大全科にわたる教官の支援のもと、制御システム科と機械システム科においてCAD/CAM教育・訓練を開始した。

一方、CAD教育またはCAD/CAM教育・訓練に関する報告はまだ少なく、CADの活用による従来の設

計教育の変化を示した中島⁽³⁾の報告や、CAD/CAM教育・訓練での重点的に取り組むべき内容を示唆した中原⁽⁴⁾の報告、および教育現場におけるCAD/CAM教育とその利用状況について示した渡辺⁽⁵⁾の報告などがある。しかしながら、地域のCAD/CAMの導入状況を詳細に調査して把握し、地域のニーズを反映させたCAD/CAM教育・訓練を実施し、評価した報告は少ない。

以上の観点から、本稿では、青森県内の主たる事業所のCAD/CAM導入状況について独自のアンケート調査を行い、地域におけるCAD/CAMの導入状況を把握するとともに、CAD/CAM教育・訓練に対する一定の指針を検討した。さらに、その指針にもとづいて実施したCAD/CAM教育・訓練の結果について、中間的な評価を与えた。

II 地域におけるCAD/CAM導入状況

1 アンケート調査の概要

本調査は名称を「青森県内におけるCAD/CAMシステム導入に関する調査」とし、県内事業所のCAD/CAMシステム導入状況ならびに、導入計画等を把握することを目的としたアンケート調査で、平成元年7月から8月にかけて行われた。

調査対象として、県内事業所⁽⁶⁾の中で、製造業では従業員100人以上の全事業所(63事業所)と3年以内に従業員が100人を越す予定の誘致企業(3事業所)を対象とし、建築・土木業では一級建築士事務所設計・施工を行っている事業所(34事業所)⁽⁷⁾を対象とし、合計100事業所を本調査の対象とした。

調査項目として、

- ①県内事業所におけるCAD/CAMシステム導入率
- ②導入されたCAD/CAMシステムの種類と機能
- ③CAD/CAMシステム導入時期
- ④CAD/CAMシステム導入の目的と効果
- ⑤CAD/CAMシステム導入後の問題点

などがあげられる。

その結果、64事業所から返答があり、回収率は64%であった。

2 アンケート調査の結果

2.1 CAD/CAMシステム導入率

図1に県内事業所のCAD/CAMシステム導入率を示す。導入率は約3割で、図2に示す全国の導入率⁽⁸⁾約4割に比較して低く、本県のCAD/CAMシステム導入が全国的に遅れていることを示す。本県の産業構造の特

色は、米とリンゴという特化した農業生産に支えられ、製造業が長い間たち遅れのままで推移してきており、その状況の一つを示すものと思われる。しかしながら、県内の事業所でCAD/CAMシステムの導入予定、あるいは検討中とした事業所を含めれば過半数を超え、また、本県はテクノポリス等の指定を受け、第二次産業の早急な充実を図っていることから、将来的には、全国水準に近づくものと推定される。

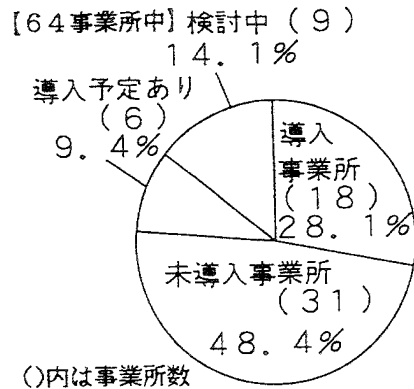


図1 県内事業所のCAD/CAMシステム導入率

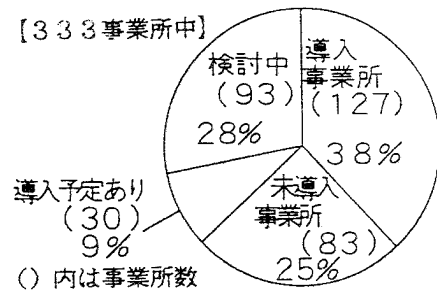


図2 全国のCAD/CAMシステム導入率⁽⁸⁾

図3、図4、図5にそれぞれ電気機器製造業、精密機器製造業、繊維製品製造業のCAD/CAM導入率を示す。導入率は電気機器製造業と精密機器製造業において高く、繊維製品製造業において低い。他の業種も繊維製品製造業の導入率にほぼ等しいことから、本県ではCAD/CAMシステムが、一般あるいは精密機械の設計・製造や電気回路の設計に多用されていることを示している。

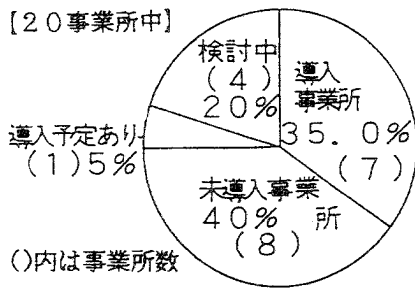


図3 電気機器製造業のCAD/CAMシステム導入率

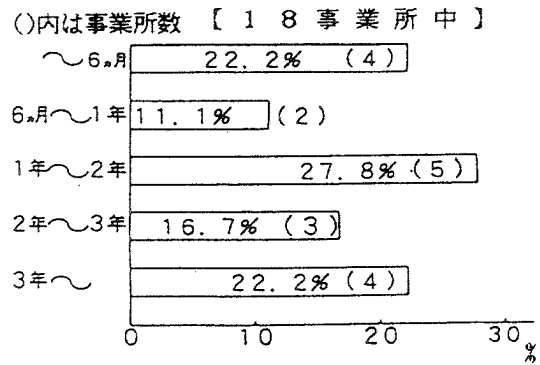


図6 CAD/CAMシステム導入後の期間

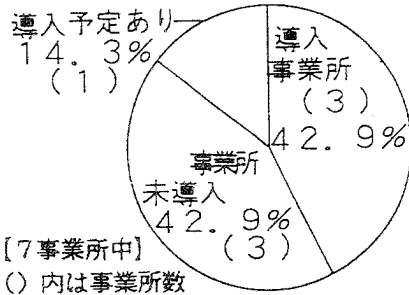


図4 精密機器製造業のCAD/CAMシステム導入率

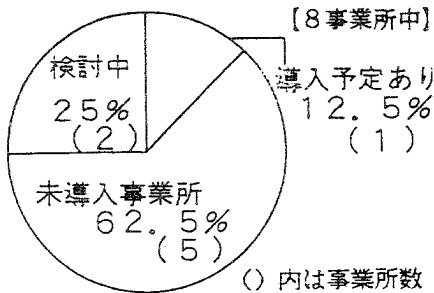


図5 繊維製品製造業のCAD/CAMシステム導入率

2.2 導入されたCAD/CAMシステムの状況

図6にCAD/CAMシステムを導入してからの期間を示す。全事業所の約8割で、システムを導入してからの期間が3年以内と回答しており、本県でのCAD/CAMシステムの導入が、2~3年以内に急速に始まったことを示している。

図7に導入されたCAD/CAMシステムの種類を示す。パーソナルコンピュータをベースにしたパソコンCADが半数を占めており、本県においても、全国的な傾向¹⁰⁾と同様にパソコンCADが普及していることを示す。

表1に導入されたCAD/CAMシステムで公表可能なシステム名とその機能を示す。CAM機能を持ち合わせたシステムは少なく、システム名ひいてはメーカー名

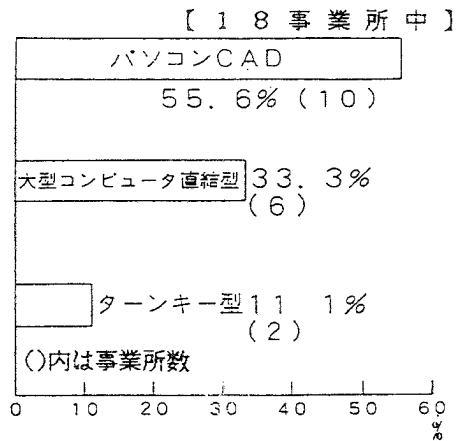


図7 導入されたCAD/CAMシステムの分類

も非常に多種にわたっている。メーカーによってはオペレーション方法が大幅に異なる場合があるから、本県のオペレーションが多種にわたっていると推測できる。

図8にCAD/CAMシステムを導入した目的を示す。多品種少量生産に対応するためとした事業所と、製図の自動化を図るためとした事業所がそれぞれ約3割を占めており、それに見合う効果も、18事業所中11事業所で効果が見られると回答してきている。

図9にCAD/CAMシステム導入後の問題点を示す。約半数の事業所で問題点があると回答してきており、今後のCAD/CAMシステムが普及する際の課題となっている。

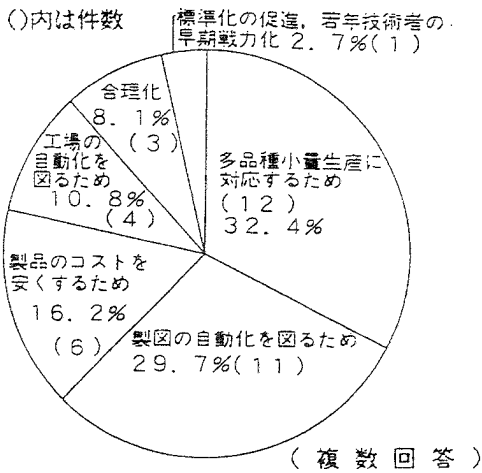


図 8 CAD/CAMシステム導入の目的

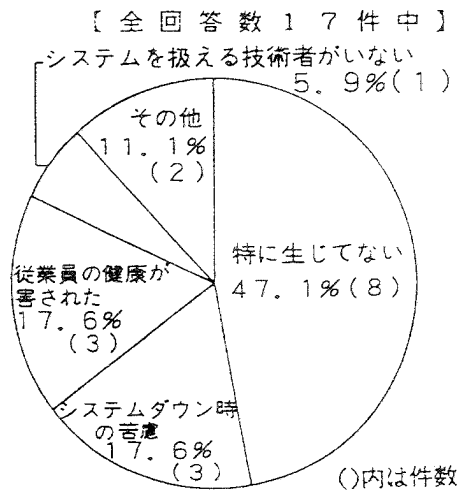


図 9 CAD/CAMシステム導入後の問題点

表 1 導入されたCAD/CAMのシステムの名称と機能

ホスト別のCAD/CAMの分類	システムの名称	機能	事業所数
ターンキー型	ME10	CAD	1
	Easy Draft	CAD/CAM	1
メインフレーム型	ICAD	CAD	1
	ICAD	CAD/CAM	1
	CAE2D	CAD	1
パソコン型	MICRO CADAM	CAD	2
	CADPAC	CAD	1
	AUTOCAD	CAD	1
	CADSUPER	CAD	1
	PCCAD	CAD	1
	CADBASE	CAD	1
	CAD-G	CAD/CAM	1

III CAD/CAM教育・訓練と評価

1 当短大CAD/CAMシステム概要

昭和63年9月に当短大へ導入・設置されたCAD/CAMシステムは、3次元機能を有し、有限要素法FEMによる各種解析からNC機械による切削まで可能な汎用システムである。

図10にシステムの構成を示す。ホストコンピュータは業界標準のスーパー・ミニコンピュータVAXで、OSにはVMSを採用している。端末として、5Mipsの高速処理機能を有するミニコンピュータを搭載した12台のク

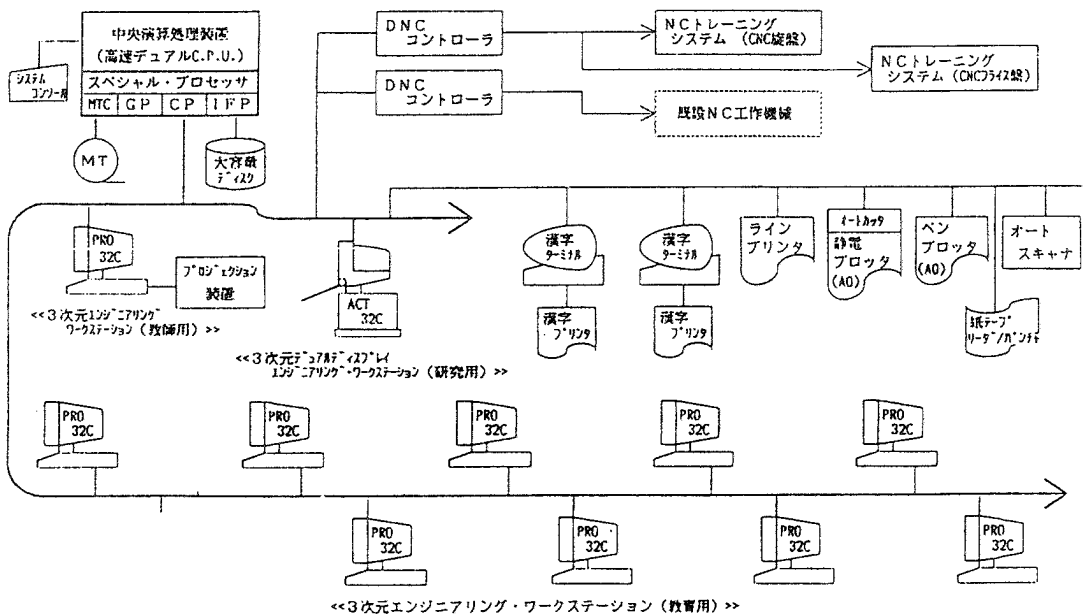


図10 当短大CAD/CAMシステムの構成図

ラフィックワークステーションを結合させ、ローカルエリアネットワークLANを形成している。また、周辺機器として、ペンプロッタ、静電プロッタ、カラーハードコピー装置を備え、設計図面の出力に柔軟性を持たせている。CAM用のハードウェアとして、3台のトレーニング用CNC(Computerized Numerical Control)旋盤と3台のトレーニング用CNCフライス盤を有し、コントローラを介してネットワーク化されている。一方、既設のNC工作機へのデータ転送は、コントローラを介し、光ファイバケーブルを使用して行われている。

表2に本システムのソフトウェアを示す。CAD/CAM用アプリケーションソフトウェアとしては、機械設計用と電気設計用に分類できる。機械設計用ソフトウェアとして、CAE(Computer Aided Engineering)用の有限要素解析用ソフトウェアと機構解析用ソフトウェア、CAD用の機械設計・製図用ソフトウェア、およびCAM用のNC機械加工用ソフトウェアからなり、同一データベース上で基本設計から製図、製造が可能となっている。

表2 当短大CAD/CAMシステムソフトウェアの分類と機能

ソフトウェアの分類	ソフトウェアの機能
機械設計用ソフトウェア	機械設計・製図用基本ソフトウェア
	有限要素解析用ソフトウェア
	機構解析用ソフトウェア
	NC機械加工用ソフトウェア
	生産管理用ソフトウェア
電気設計用ソフトウェア	論理回路設計用ソフトウェア
	デジタル回路シミュレーション用ソフトウェア
	アナログ回路シミュレーション用ソフトウェア
	プリント基盤設計用ソフトウェア
	自動パッケージ配置用ソフトウェア
言語	C FORTRAN BASIC の各コンパイラ
基本ソフトウェア	OS: VMS, UNIX System V 日本語処理ソフトウェア

2 CAD/CAM教育・訓練の評価

2.1 CAD/CAM教育・訓練の指針

前述の地域のCAD/CAMシステム導入状況、当短大に導入されたCAD/CAMシステムの機能、当短大生の学力、CAD/CAM関連科目の単位数の限度等の現実問題を考慮して、以下に示す機械系CAD/CAM教育・訓練の指針を作成した。

(1)CAD/CAM教育・訓練は情報処理教育の一貫とし

て行う。

- (2)CAD教育ではコンピュータを設計・製図のツールとして認識させる。
- (3)CAD/CAM教育・訓練では問題解決能力の付与に重点を置く。

本来、CAD/CAM技術は総合技術であり、情報処理技術の支援がなければ機能しない。CAD/CAM教育も同様に、情報処理教育の支援を必要とすることから、CAD/CAM教育と情報処理教育を関連付け、一貫した理念のもとに行おうとする指針が項目(1)である。項目(2)についての指針は、オペレーション教育に偏りがちなCAD教育を改善しようとする指針である。前述の地域のCAD/CAMシステムの導入状況によれば、地域に導入されたCAD/CAMシステムは多種にわたり、そのオペレーションも多様である。そのため、オペレーションにあまりに重点を置くと、他のシステムに対応できない恐れがある。したがって、オペレーションに重点を置くよりは、CAD/CAMシステムの利点や欠点を理解させ、どのようなCAD/CAMシステムにも対応できるような幅広い力を養うことが重要であると考えらる。

設計教育においては、解がいくつも存在するような問題を解く能力、すなわち問題解決能力が要求される。この能力は、創造性豊かな実践技術者の養成に必要不可欠であり、実際に設計・製図から「物」を作り、結果を知って反省するという一連のプロセスを繰返し体験することによって、身につくと言われている。従来、設計教育は、この方面に対して、人的あるいは費用の面から、困難さをもっていたが、CAD/CAMシステムの導入によって、この困難さの克服が可能になったと言われている。このような観点からCAD/CAM教育において、問題解決能力を重視するということが項目(3)の指針である。

2.2 CAD/CAM教育・訓練の実施と評価

前述の指針にもとづいた当短大制御システム科におけるCAD/CAM教育・訓練関係のカリキュラムを表3に示す。表中にはないが、一年前期には情報処理実習があり、CAD/CAM教育と一貫した内容を持っている。一年後期には4.5単位の集中授業の中で、機械製図(講義)、製図実習、CAD/CAM概論(講義)、CAD基本実習の4科目を行う。機械製図では、従来の製図教育のように、図面による表現方法の基本文法について講義し、製図実習でドラフターにより実践させている。CAD/

CAM概論では、CAD/CAMシステム全般にわたって講義を行っているが、とくにCADの基礎理論であるコンピュータグラフィックスと形状モデリングの説明に重点を置き、CAD/CAMシステムの完全ブラックボックス化を避けようとしている。

表3 制御システム化のCAD/CAM関連カリキュラム

期	科目名称	単位数	内 容	詳 細
1年次 後期	集中授業	4.5	機械製図	機械製図の基礎
			製図実習	機械部品の製図
			CAD/CAM概論	CAD/CAMの歴史と概要 Computer Graphicsの基礎 入出力機器概要 他
			CAD基本実習	2次元機械製図
2年次 前期	F A実習Ⅰ	2	CAD実習	2次元機械製図 3次元機械製図
2年次 後期	F A実習Ⅱ	4	CAD/CAM実習	3次元機械製図・加工 データベース構築
			機械設計演習	機械部品の設計と製図

CAD基本実習は、CADにより2次元の機械製図を行う実習で、数時限数は16時限(1時限:100分)である。実習の初期段階では、2次元図形作成用コマンドの修得が中心となるが、あらかじめ、次に続く課題図面の作成に必要なコマンドの頻度をまえもって調べておき、頻度の高いコマンドの修得に重点を置いた必要最小限のオペレーション教育を行っている。次に、機械部品の製図課題を4種類出題し、実習させている。図11はこの製図課題の一例で継手フランジを示す。この図面に寸法入れと注記作業を加え、図面を完成させているが、学生の完成に要する時限は約2時限である。

集中授業の最後に、上記の結果を踏まえ、レポートを課しているが、このレポートはドラフターによる製図とCADによる製図の欠点と利点を比較させ、CADが製図の主流になりつつある根拠を推論させようとするものである。レポートとして、教科書どおりの報告をする学生もいるが、CADとドラフター双方による製図作業の実体験を基礎に、CADの利点を指摘し、CADの有効

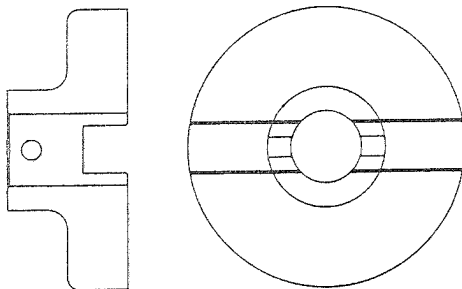


図11 2次元CAD機械製図課題(継手フランジ)

性を論理的に報告した学生もいて、このレポートは有効であったと考える。

2年次前期におけるFA実習Ⅰでは、CADにより、主に3次元の機械製図を行っている。初期段階では、3次元図形作成用コマンドの修得が必要となるが、これも前述のように必要最小限にとどめている。課題は4種類出題するが、図12に課題例の一つとしてフレームガイドを、図13に3次元機械製図の実習模様を示す。図12は面情報を持ったサーフェスマデルであり、学生の完成に要する時限は約4時限である。これらの課題作成で重要視していることは、あらかじめ図形作成用のファイル(デザインファイル)のメモリの上限を定めておき、図形要素を何回も繰返し消去させることなく、3次元図形を頭の中で描き、しかもその作成手順を熟考させた上で、作図させている点である。

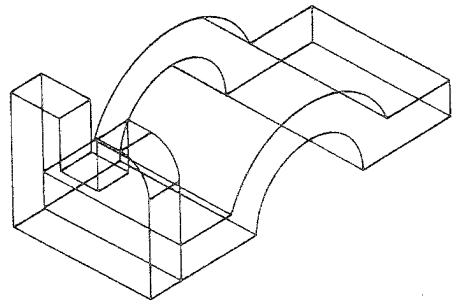


図12 3次元CAD機械製図課題(フレームガイド)



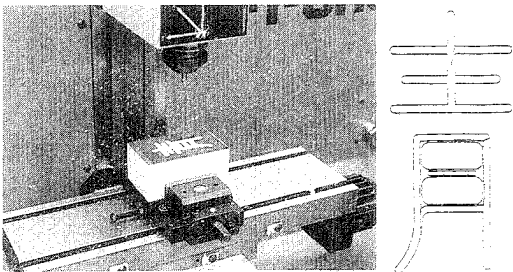
図13 3次元機械製図実施模様

2年次後期に入り、CAD/CAM教育・訓練の最終科目としてFA実習IIがある。FA実習IIは前半のCAD/CAM実習と後半の機械設計演習とからなり、CAD/CAM実習では、初期段階において、CAMのオペレーションの修得が中心となっている。このCAMのオペレーションは工程設計などを含み、学生には難解となっているが、個別的に指導を行い修得させている。また、次の段階では、CAD/CAMの課題を出題し、作図から製造に至る情報の流れを認識させ、実際に「物」を作り、結果を知って反省するという体験を実践させている。図14にこのような実習模様を、図15に課題の一例として、文字の「青」を切削加工したもの(a)とベンフロッタによるカッターパス(b)を示す。なお、被切削物はワックスで、各自が一つづつ切削し、意図した「物」が実現されたか確認させ、その結果をレポートとして提出させているが、学生の反応は良好である。

最後に、機械設計演習において継手フランジを設計・製図させている。これは設計計算から製図までを同一のワークステーション上で行うことを目的とした実習であるが、CAMによる製造は達成できていない。これは、CNC工作機械のメモリの制限によるもので、課題の内容も含めて早急に改善しなければならない課題であると考えている。



図14 CAD/CAM実習模様



(a) 被切削物 (b)カッターパス

図15 CAD/CAM実習課題

IV あとがき

地域におけるCAD/CAMシステムの導入状況を調査し、その結果を考慮したCAD/CAMシステム教育・訓練の指針を作成した。さらに、指針によるCAD/CAM教育・訓練を実施し、一定の評価が得られた。以下その結果を示す。

- (1)青森県のCAD/CAM導入率は全国のそれと比較して低く、CAD/CAM化が遅れていることを示すが、将来的には全国水準に近づくものと推定される。
- (2)導入されたCAD/CAMシステムは、パーソナルコンピュータをベースにしたパソコンCADが半数を占め、機種も多種にわたる。
- (3)したがって、CAD/CAM教育・訓練の指針としてはオペレータ教育を重視するよりも、問題解決能力の付与に重点を置くべきである。
- (4)以上の指針にもとづいて、CAD/CAM教育・訓練を実施した結果、学生の反応は良好で、一定の評価が得られた。

今後の課題として、得られたCAD/CAM教育・訓練の結果を、常に原因側に照らしあわせ、よりよい方法を探りたいと考えている。

おわりにのぞみ、本アンケート調査に協力して頂いた事業所の方々、本稿をまとめるにあたりご支援を頂いた本校 戸澤 光校長、高度技能開発センター 辻 茂所長、本校 千田康視教務課長、本校卒業生 久保太史君、須藤潤君、奥田保君に感謝の意を表す。

参考文献

- (1) 安田, CAD/CAM/CAE入門, (1986), 1, オーム社.
- (2) 中島, 日本設計製図学会誌, 22-138 (1987), 64.
- (3) 中島, 日本機械学会誌, 91-833 (1988), 308.
- (4) 中原・ほか 3 名, 職業能力開発報文誌, 1-1 (1988), 75.
- (5) 渡辺・ほか 2 名, インターグラフィユーザー機関誌, 2 (1989), 10.
- (6) 青森県商工労働部, 青森県事業所名鑑, (1987).
- (7) 青森県建築士事務所協会, 会員名簿, (1989).
- (8) 岡田, フレス技術, 23-2, (1985), 64.