

## 報 文

機械系における CAD/CAM 教育  
・訓練に関する一考察北海道職業訓練短期大学校 中原博史、福地正明  
成田忠雄、園田 隆

## A Study on the Education and Training for CAD/CAM

Hiroschi Nakahara, Masaaki Fukuchi, Tadao Narita, Takashi Sonoda

要 約 来年度からの CAD/CAM 教育・訓練を実施するにあたり、関係する教官の間でその内容や実施の方法等について検討した。その議論の焦点は以下のように集約された。① CAD/CAM は今後どのように変貌するか。② CAD/CAM を用いた物作りと従来の方法では何が異なるか。③ 地域企業から見た CAD/CAM 教育・訓練に対するニーズは何か。④ どんな学生の仕上がり像を想定すべきか。

これらの問題に検討を加え、以下の手順で具体的な CAD/CAM 教育・訓練内容の主たる項目を抽出した。まず CAD/CAM を構成していると考えられる知識や技術を列挙した後、上記の検討に基づきこれらを①社会の変化、②地域企業ニーズ、③ CAD/CAM の発展、④ 2年間の制約という4つの基準で選別し、重点的に取り組むべき CAD/CAM 教育・訓練の内容を抽出した。その結果得られた項目は①設計とは、②製図の基本、③ CAD/CAM に必要な機能とその構成、④自由曲面の創生、⑤形状モデリング、⑥解析・シミュレーション、⑦ NC 技術を中心とした加工技術、⑧生産システムに関する基本的知識、⑨必要最小限の機器操作の体得の9項目になった。さらにこれらを理解するための実習課題の一つとしてタービンプレード設計製作を提示した。またこれらの9項目を修得する前提には計算機教育や情報教育が必要不可欠であることも明確になった。

## I はじめに

近年 CAD/CAM システムの普及はめざましく、規模の大小や目的の差異はあるにせよ既に多くの企業で活用されており、その技術は生産に携わる人々にとって必要不可欠な技術となってきた。そして企業や教育訓練機関ではその技術の修得や教育の必要性が論じられ、一方では CAD の資格認定試験も実施されようとしている<sup>1)</sup>。しかし、その教育・訓練の方法やあり方については議論の多いところである。北海道短大でも来年度からのカリキュラムに CAD/CAM が組み込まれており、関係する教官の間でその内容や実施の方法等について検討する機会を得た。ここでは機械系の CAD/CAM 教育・訓練のあり方や考え方をその検討の中から得たので報告する。

本報告では先ず CAD/CAM という言葉自体その意味するところが人によって大きく異なるので、CAD/CAM 技術の発展経緯等からその位置付けを明らかにし

た後、CAD/CAM に対する地域ニーズと CAD/CAM を構成する知識や技術を分析し、そして最後に2年間という限られた時間の中で何を修得させれば CAD/CAM 教育・訓練として適当かを検討する。

## II CAD/CAM の位置付け

CAD/CAM はコンピュータの発展と共に成長してきた。すなわち図1にその様子を示すように、1950年代に NC 工作機械が開発され、その制御用テープをコンピュータに作成させたところから CAM の歴史が始まった。また、ほぼ同時期に CAM とは無関係に会話形式でコンピュータに図形処理をさせようとした試みから CAD の歴史が始まったといわれている。これらの2つの技術は製品のコストダウン、高品質化、納期の短縮化等生産性向上に貢献してきたが、現在では別々に成長してきたこの二つの技術が、設計と加工を別個に取り扱う個々の技術としてではなく設計から加工までの一連の過

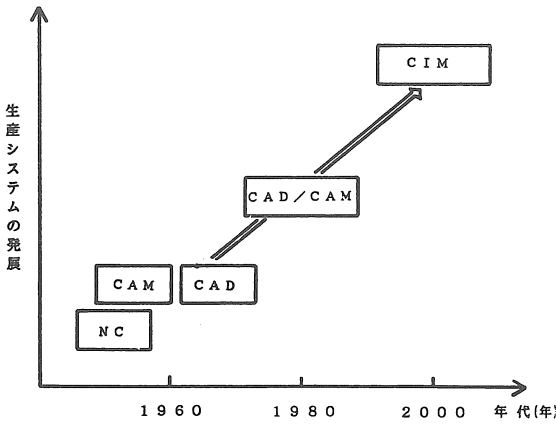


図1 CAD/CAMの位置付け

程を取り扱う一つの技術としてCAD/CAMと呼ばれるようになった。このCAD/CAM技術は、さらに設計・加工分野のみならず営業・経理等の製造業に必要なすべての業務をもコンピュータシステムによって統合しようとするCIM(コンピュータ統合生産)へ発展しようとしている。そして、CAD/CAM技術はそのキーテクノロジーとしての役割を果たすと考えられている。

このような生産システムの発展の流れの中にCAD/CAMは位置しており、CAD/CAMは単なる図形処理システムやNCテープ作成システムではなく、設計から製造に至る多様な技術活動とその技術情報の流れをコンピュータを用いて総合的に処理するシステム化技術である。我々はこの様な認識に立ってCAD/CAM教育・訓練の内容や方法を考える必要があろう。

### Ⅲ CAD/CAMによる情報の流れ

原材料から製品が作られるまでの情報の流れを図2から図4に模式的に示した。図2はCAD/CAMが導入されない場合の情報の流れである。この場合、製品は原材料から製造装置で加工されるが、設計部門から製造部門まで必要な各情報は各々の部門を担当する人によって試行錯誤しながら創られ、その伝達は人を介して行われる。これに対してCAD/CAMによる製造の場合を図3に示した。この場合、設計から加工に至る各部門でこれまで人が試行錯誤していた過程にCAD/CAMシステムの一部が取り込まれ、この過程は主に人とCAD/CAMシステムとの会話になる。そして必要な情報はCAD/CAMシステム内に創られ、情報の伝達もCAD/CAMシステムを介して行われる。しかしこの形態は理想に近い場合であって、現実的にはCAD/CAMの一部を使う形態が多い。例えば図4のように、設計の一部に

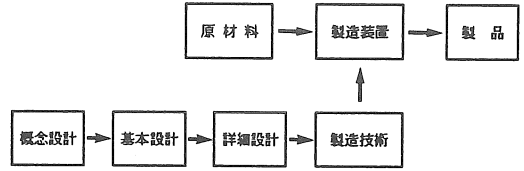


図2 CAD/CAMのない場合の情報の流れ

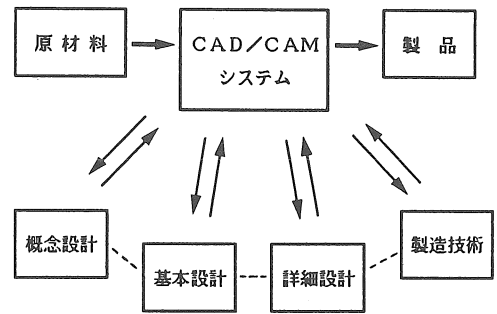


図3 CAD/CAMのある場合の情報の流れ

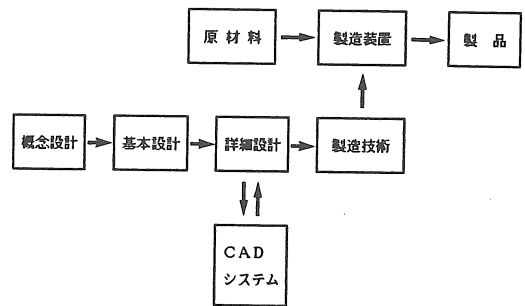


図4 一部にCAD/CAMを利用した場合の情報の流れ

CAD/CAMシステムを導入することにより企業規模や業種によっては十分に効果を発揮する場合もあろう。いずれにしてもCAD/CAMシステムを利用することにより生産性の向上が期待されるが、重要な点はCAD/CAMを用いた物作りが図3に示したように人間の思考過程の一部を取り込むのであるから、CAD/CAM技術がもの作りの方法を根底から変える可能性を持っている点であり、我々はこのことを強く認識すべきである。

### Ⅳ 地域企業のCAD/CAMに対する現状

北海道の企業に於けるCAD/CAMシステムの導入状況を表1に示した。システムの導入は極めて低いのが現状であるが、しかしながら多くの企業ではCAD/CAMが多品種少量生産に極めて有効であることを認識してお

CAD/CAM	CAM	CAD
5	7	20

表1 北海道のCAD/CAMシステムの導入状況  
(北海道商工労働観光部昭和62年度資料)

り、CAD/CAMの導入を強く望んでいる。CAD/CAMに対する認識を集約すると以下のようにまとめられた。

- (1) CAD/CAMの実態をほとんど知らない。
- (2) CAD/CAMシステムに興味がある。
- (3) 具体的にCAD/CAMの導入を検討している。
- (4) CAD/CAMシステムを早急に導入したい。

CAD/CAMを導入したいが、

- (5) 設備投資の余裕がない。
- (6) 経営者側の技術的理解が不十分である。
- (7) 理解できる技術者が少なく、外部からの指導に期待している。

これらの現状を見ると企業規模や業種あるいは技術レベル等により導入目的やCAD/CAMに対する考え方に幅があることがわかり、地域企業の現状のみからCAD/CAM教育・訓練の目標を特定することは出来ない。しかし(6)や(7)から読み取れるように、多くの企業はCAD/CAMを理解している人を必要としていることにはまちがいない。このような地域企業の事情も十分考慮してCAD/CAM教育・訓練の方法やあり方を考える必要がある。

## V 目指すべき教育・訓練

最近のCAD/CAM技術の発展は著しい。これはコンピュータのハードウェア技術およびソフトウェア技術の急速な発展とCAD/CAM固有の技術の発展の相乗効果により今後益々加速されることが予想される。その反面、既存のCAD/CAMシステムの急速な陳腐化やそのシステム固有の利用技術が短命であること等危惧する側面も指摘されている。このような状況がCAD/CAM教育・訓練をより難しくしている一因でもあるが、教育・訓練の場においてもこのような状況を十分考慮しなければ、ややもすると既存システム固有の技術に振り回されCAD/CAM教育・訓練の方向を誤ることになる。CAD/CAM教育・訓練を受けた学生が今後大きく変貌することが予想されるCAD/CAMに対して、将来に渡り柔軟に対応できるようになるためには、教育・訓練内容から既存システム固有の技術を除き、出来る限り一般性のある内容にするよう心がけるべきであろう。

一方園田らの報告<sup>2)</sup>で明らかのように、道内中小企業

の企業活動は1)多品種小量生産と、2)企業独自の製品開発への取り組みを2本柱としているが、それに従事する技術者には生産システム全体の把握と的確な製品ニーズの把握のための情報分析能力が強く求められている。このような産業環境とCAD/CAMの発展状況を考慮するならば、我々の目指さなければならないCAD/CAM教育・訓練は単なる即戦力的オペレータの養成のためではなく、より長期的見通しに立った柔軟性に富む実践技術者の養成のために行うべきであろう。

## VI CAD/CAMを理解するために必要な知識の抽出

図5の概念図で示すようにCAD/CAMはコンピュータ技術や数学あるいは機械工学や電気・電子工学、各種加工技術等複雑多岐に渡る知識や技術にまたがって成り立っており、これらを全てしかも2年間という短期間で理解することは極めて困難である。そこでこれらの知識や技術からCAD/CAMを理解するのにどうしても必要であると考えられるもの、あるいはこの項目が無ければCAD/CAMを理解したことにならないと言ったCAD/CAMのエッセンスとでも言うべきものを選別しようと試みた。

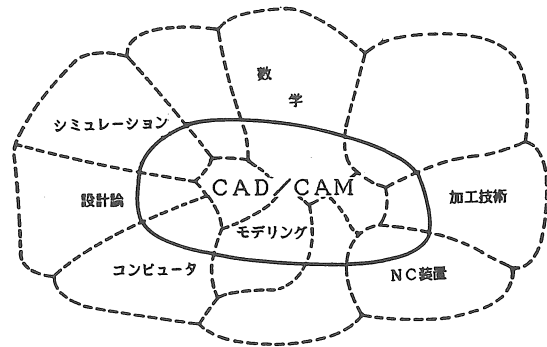


図5 CAD/CAMを構成する学問・技術分野

エッセンスの抽出は以下のように行った。まずCAD/CAMを構成する知識や技術を列挙し、その後いくつかの知識選別のための基準を設け、これらの基準を満足した技術あるいは知識がCAD/CAMのエッセンスであるとした。

この過程を概念的に図6に示す。ここでは選別のための基準をフィルターとして描いた。またCAD/CAMを構成すると考えられる知識や技術は表2に示した。フィルターの選定に当たっては前述の第II節から第V節の議論を基に、

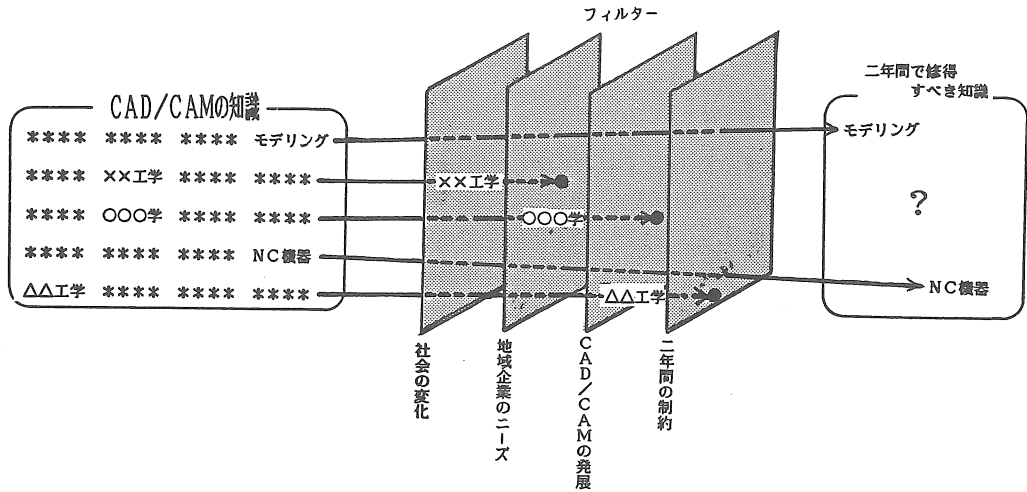


図6 CAD/CAM知識の抽出

(イ) 2年間という時間制約の中で修得可能なもの  
 (ロ) 地域企業のニーズに合致しているもの  
 (ハ) CAD/CAMの技術が発展、変貌しても必要性の失われないもの  
 (ニ) できるだけ社会変化に依存しないもの

の4つを設定した。(イ)は短大であるので当然であり、学生が就職したのち企業で修得出来ると思われる項目は極力除外することになる。(ロ)も地域社会に貢献する立場から当然ではあるが、企業ニーズが全てでないことにも注意した。(ハ)は修得した知識や技術が将来に渡って生かされ、柔軟な対応力をもった実践技術者となるための源である。(ニ)は我々を取り巻く産業構造、経済状況、労働市場などが変化しても出来るだけ必要性が無くならないと思われるものを抽出するための基準である。しか

し何れの基準も概念的であり、基準の優先度や重みによって抽出される知識の領域や深さが変化するため、実際に知識や技術を抽出する過程は多分に感覚的にならざるを得なかった。そのため抽出結果は表3に示すように大まかな9項目になった。表中の(1)はCAD/CAMによる設計も含めて設計そのものの考え方を修得する。(2)は設計したものを図面化する基本を理解する。図面の役割や製図の基礎が中心になる。(3)は従来、人が行っていた作業をコンピュータで処理するにはどんな機能が必要であるか、またそれを実現するためのハードとソフトをどのように構成するか等を学ぶ。(4)ではコンピュータによって如何に自由曲面や自由曲線を作るかが中心となる。(5)はコンピュータ内で現実の3次元物体を如何に表現するかを問題とする。(6)ではコンピュータ内に出来上がったモデルを利用して設計どおりに機能するか、強度は十分か等の解析・検証を行う。(7)は設計完了したものを具現化するCAMの部分であり当然NC技術が主である。(8)は生産システム全般に関する知識の修得であり、CAD/CAMをより深く理解するのに必要であろう。最後の(9)は(1)から(8)の知識や技術を生きたものにするためのものであり、最小限の機器操作も体得しておく必要がある。

表3 CAD/CAM教育・訓練のエッセンス

CAD/CAM教育・訓練の9項目
(1) 設計とは
(2) 製図の基本(図面の役割、製図の規則)
(3) CAD/CAMに必要な機能とその構成
(4) 自由曲面の創生
(5) 形状モデリング
(6) 解析、シミュレーション
(7) NC技術を中心とした加工技術
(8) 生産システムに関する基本的知識
(9) 必要最小限の機器操作の体験

以上の修得すべき項目の内(3)から(9)の項目はコンピュータや情報処理の知識がその背景になっているのでその知識がCAD/CAM教育・訓練に先だって必要なことは言うまでもない。

表 2 CAD/CAM を構成する知識や技術

設計仕様、設計作業、設計対象、機能仕様、目標仕様、制約仕様、  
 製図の規則、図面の役割、設計プロセス、バリエーションアプローチ、  
 ジェネラティブアプローチ、人間とのインタラクティブコミュニケーション、  
 図を介する対話、計算機シミュレーション、対話形図形処理技術（ハード、ソフト）、  
 図形のデータベース化技術（Plex-structure）、3次元図形処理技術、  
 Coonsパッチ、ブレンディング曲面（Bezier曲線、B-Spline曲線）、  
 コンピュータシステム、グラフィックデバイス、データデバイス、  
 接続グラフによる構造の定義法、力の流れによる構造の定義法、  
 動作の順序による構造の定義法、モデロンの結合による構造の定義法、  
 形状情報の完備性と共通性、形状定義ワイヤフレームによる形状定義、  
 サーフェースによる形状定義、ソリッドモデルによる形状定義、CSG、B-Rep s、  
 スイープによる自由曲面の創生、ブレンディングによる自由曲面の創生、  
 形状モデルの線図表現（境界抽出、拡大縮小、回転、平面図化、隠線処理、投影変換、  
 自動製図プロセッサ、ハード、ソフト）、形状モデルの画面表現（積層斜視図、  
 B-Rep s. の利用、CSGの利用、ハード、ソフト）、メッシュ法、ベナルティ法、  
 モンテカルロ法、有限要素法、メタデータ概念によるCAD用データベース、  
 メタ言語概念によるCAD用データベース、可変データによるCAD用データベース、  
 シミュレーション、計算機の利用技術（ハード、ソフト）、計算機のハード、周辺機器、  
 計算機のソフト（OS、言語、プログラミング技術）、生産管理、スケジューリング、  
 工程設計、物の流れ、情報の流れ、生産システム、FMS、CIM、ロボット、CNC、  
 DNC、ロボットシミュレータ、干渉チェック法、NCテープジェネレーション、  
 NCテープバリフィケーション、工具干渉チェック、NCデータへの変換プロセス、  
 APT、NC装置、NC言語、NC工作機械、NCプログラム、自動プロ、加工条件、  
 ツーリング、切削理論、機械工作法、放電加工、ワイヤーカット、レーザ加工、  
 3次元測定機、・・・

Ⅶ CAD/CAM に関するカリキュラム

CAD/CAM の関係する学問・技術領域は広範にわたるためその教育・訓練はそれぞれ専門領域の教官が分担協力して担当することになる。64年からのカリキュラムでは表4に示すようにCAD/CAMに関する講義は7科目20単位、また実習・演習は4科目16単位を用意している。これらの単位数が表3の項目を消化するうえで妥

表4 CAD/CAM の教育・訓練科目

( ) 中の数字は単位数	
講 義	実 習 ・ 演 習
機械設計論 (4)	CAD基礎実習 (4)
CAD/CAM基礎論 (2)	コンピュータ図形処理演習 (4)
コンピュータ図形処理 (4)	CAD/CAM実習 (4)
CAD/CAM論 (4)	数値制御機器実習 (4)
加工技術原論 (2)	
数値制御機器論 (2)	
生産システム工学 (2)	

当かどうかは各項目の深さと関係するであろう。またCAD/CAM教育・訓練では表3の各項目の個々の理解の他、設計から製造までの一連の流れを体験し理解を深めることが重要である。そのための実習や演習の課題は設計から製造までの過程を一つの課題で修得できるものが望ましい。その一例を図7に示す。この課題例はCAD/CAMにふさわしいものとして、手書きで図面作成が困難で、かつ従来の加工法では製作が困難な自由曲面を含んだタービンプレードの設計製作である。まずブレードの形状を決定する代表的な座標データの提示に始まり図5に示される手順に従って進められる。最後に出来上がった製品は3次元測定機により形状検査を行い問題なければ提出する。もし問題点があれば修正させる。この課題では流体力学や熱力学あるいは材料力学を担当する教官の協力を得てタービンプレードそのものの設計が可能であればより効果的であろう。いずれにしてもCAD/CAM教育・訓練を成功させるには一担当教官のみならず多くの教官の協力が必要である。

Ⅷ おわりに

本報告ではCAD/CAMの位置付けやCAD/CAMが持っている特質などの検討を基に、これを理解するために必要な知識を4つの基準を設けて選別し、CAD/CAMのエッセンスとして抽出した。そしてこのエッセンスを修得した学生が将来、柔軟な対応力を持った実践技術者として成長し、社会で活躍することを期待してい

《課 題》 タービンプレード断面形状の設計・製作

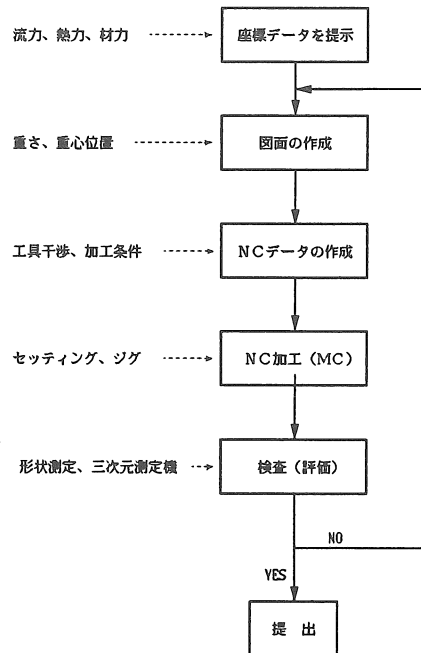


図7 CAD/CAM 実習課題例

る。

また設定した4つの基準の妥当性や抽出した9つのエッセンスの細部の検討などまだ多くの検討課題が残されているが、日々進展する新しい技術分野を対象とする限りこのような検討を加えることは十分意義のあることと思う。今後さらに検討を重ねCAD/CAM教育・訓練の内容をより充実したものになりたい。

参考文献

- 1) 日本工業新聞、第13347号 (1988年8月22付)
- 2) 園田 隆、小林一介、江戸昇市、印南信男、加島 正；実践教育研究発表会予稿集(1988)、11。