

報 文

電子CAD/CAMシステム教育用テキストの開発

宮城職業訓練短期大学校、茨城職業訓練短期大学校*、浜松職業訓練短期大学校**

奈須野 裕・東 隆夫*・八久保 重治**

Texts Designed for Electronic CAD/CAM System Education in Polytechnic Colleges

Hiroshi Nasuno・Takao Azuma・Shigeharu Hachikubo

要 約 近年のコンピュータの発達、電子技術改革の波の中で、教育訓練に使用される機器等も大幅に変化している。短大へのCAD/CAMシステムの導入もこの流れの一つといえる。しかし、CAD/CAMシステムを十分に使用するためには、コンピュータの知識をはじめとして多くの関連分野の知識が必要である。このため2年間のカリキュラムの中で効果的なCAD/CAM教育訓練を行うには、その目的に適した教材特にテキストを準備することが必要である。

本報文では、以上のような認識の下に開発された新しいテキストについて述べる。この新しいテキストは、職業訓練短大において電子CAD/CAMシステムを運用して教育訓練に当たっている教官が、システム使用における操作の習得ならびに電子CAD/CAMシステムによる電子回路設計に必要な基礎知識を取り入れ編集したもので編から成っている。「標準ライブラリ編」には、電子回路図から、プリント基板を短時間で製作できるようにするために準備した、アナログ・デジタル回路の標準部品などを記述した。また、電子CAD/CAMシステムの概要、操作、回路設計等については、「プリント基板の設計・製作編」に記述した。さらに、本報文では、新テキストを使用した教育訓練に対するアンケート調査の結果を整理報告すると共に、それらのデータに基づき職業訓練短大での電子CAD/CAMシステムの教育訓練法と利用法について考察した。

1 はじめに

現在、私たちの身の回りのいたるところに、エレクトロニクス技術が浸透し利用されている。たとえば人工衛星からの電波を受信し、美しい画像を再現する衛星放送や、コンパクトな外見にも拘らず膨大な情報が記録されている光ディスクなども、身近なエレクトロニクス技術の成果である。

これらエレクトロニクス産業は、製品の設計・製作にコンピュータを使用するようになってから、いちじるしく進歩した。特に集積回路の設計では、高速で集積度の高いチップを得るため、コンピュータの利用が欠かせないものとなっている⁽¹⁾。また一般のアナログ、デジタル回路においても、その規模が大きくなるにしたがい電子回路は複雑になり電子部品数も膨大になる。このため回路設計、自動配線、穴明け等の作業においてコンピュー

タの助けが必要となっている。

以上のような状況を考慮すると、電子技術者の養成にあたり電子CAD/CAMシステムに関する教育訓練は不可欠であり、この目的に適したテキストが必要となる。しかしながら、そのような教育訓練期間2年用のテキストは、著者らの調査した限り見当たらなかった。このような理由から、著者らは自ら電子CAD/CAMシステム教育訓練用テキスト開発を行った。

著者らが開発したのは、2年間の教育訓練期間を有する短期大学校での養成に適した電子CAD/CAMシステムテキストである。本テキストでは基板の設計から製作までの手順及び操作法を、実際の電子回路に関する例題を通して、できるだけわかりやすく解説した。なお、本テキストを使用して教育訓練を実施しているCAD/CAMシステムが、機械系的要素の多いものであっても必ずしも電子系向きではない場合（現在職業訓練短大に導入されてい

るCAD/CAMシステムには、この種のものが多い)においても、2年間の電子技術科の教育訓練に十分活用できるように考慮した。

II 方法

1. 電子回路設計過程の分析と問題提起

電子回路の設計にあたる技術者は、まず回路の基本設計からその大量生産にいたるまでに、どのような工程が踏まれるかを理解している必要がある。したがって、テキストはこのことを十分に考慮して作成されなければならない。このように考えテキスト開発にあたり、著者らは現行の設計工程を分析・整理した。図1にその結果を示す。

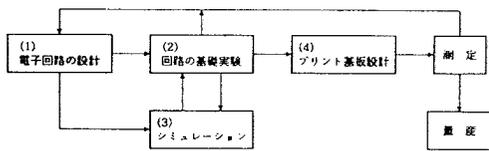


図1 電子回路設計手順

(1)電子回路の設計；回路の詳細な設計を行う設計者には、電子回路の基本的な性能・機能に関する十分な理解が要求される。また、あらかじめ電子回路の理論的計算を行い、数値的な判断基準を持つことが必要である。さらに、他の設計者からのアドバイスを受けることも重要である。
 (2)回路の基礎実験；設計した回路の諸性能について、十分な基礎実験を行い、回路の適否を判断する。この場合、量産現場の作業条件などを考慮して実験条件を設定することが肝要である。

(3)シミュレーション；回路性能の検証をコンピュータを使用して行う。(2)の基礎実験に依存していた判断の一部を代行できる。特に実験が困難な半導体設計や大規模な回路の設計には非常に有効な手段といえる。

(4)プリント基板の設計；回路使用部品のアートワークやレイアウトを定め、素子間の配線経路を決定する。このプリント基板設計は、電子回路設計技術者にとって時間と手間のかかる面倒な作業である。

さて、上記4項目のいずれもが、電子技術者の教育訓練に必要なことは言うまでもない。しかし、そのすべてを1教科目を含め、1編のテキストに盛り込むこと

は合理的でない。たとえば(1)に関しては、電子回路の基本的性質や機能を中心に教えるための教科目とテキストにより、また(2)に関しては実験科目と実験指導書により対応すべきであろう。

ところで、著者らの目的はIに述べたように、電子CAD/CAMシステムに関するテキストの開発である。この目的を達成するにあたり、著者らは本システムが最も有効性を発揮する電子回路設計過程は(4)であることに着目した。(4)のプリント基板設計は、電子回路設計にあたり、もっとも時間と手間を必要とする煩雑な作業であるからである。そして、煩雑なプリント基板設計を効率化することは、教育年限の短い場合には特に大きな意義をもつと考えた。

2. 機器およびソフト

今回著者らが開発作成した教材は、上記のように電子回路設計の工程におけるプリント基板設計のためのCAD/CAMシステム教育用テキストであるが、それは図2に揚げたような機器構成のCAD/CAMシステム*1向けのものである。本システムでは、ミニコン11台のEWSがインサートネットにより接続されており、各EWSで作成されたプリント基板作成図、穴明け情報などを、静電プロッタやNC機器に出力できる。

また、本システムで使用しているソフトウェアはGRADE/PCB (以下PCB) **2である。これによれば、レイアウト設計、アートワーク設計、接続配線などは設計者によって画面上で行われ、結果はコンピュータによりチェックされる。このPCBソフトは操作が簡単であり、修得に要する時間は短く済む。さらに、設計者自身がプリント基板の回路を結線するため、測定時における回路動作の間

*1**2 宮城職業訓練短期高等学校設備

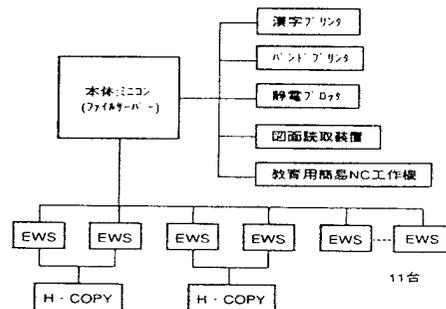


図2 電子CAD/CAMシステム機器構成図

題点に対しても対処しやすいなどの特徴がある。しかし、

回路図入力ができないとか、回路シミュレーションが不可能であるなどの問題もある。

3. テキスト開発の必要性調査

電子CAD/CAMシステム用テキストの開発が必要とされた第一の理由は次のとおりである。すなわち、既存のPCBソフトには全般的なシステム操作に関する説明書は付されているが、電子回路図からプリント基板を作成するまでの具体的な操作マニュアル、および電子部品の標準ライブラリは全く付されていない。このため既設CAD/CAMシステムを使用したプリント基板設計に関する教育訓練を行うには、そのための操作テキストの作成が不可欠となる。

次に、本テキスト教材の開発にあたり、若干の職訓短大における電子系CAD/CAMシステムの教育訓練にあてられている単位数と実施単位数を調査した。

職業訓練短大名	科目	科目名	単位数	実施単位数
宮城	電子技術科	電子回路実験実習	4	4
小山	電子技術科	電気製図	4.25	4.25
茨城	電子技術科	CAD実習	4	2
東京	電気科	製図	6	4
富山	電子技術科	電気製図	4	2
浜松	電気科	電子CAD実習	6.25	4.25

表1 各職訓短大での電子CAD実施単位数

表1はこの結果である。表の調査結果によれば、電子CAD/CAMシステム教育訓練平均実施の単位数は約4単位であり、テキスト開発は有意義と判断された。さらに、表1の結果から、上記の平均単位数での利用を基準とするテキスト作成が必要であるという有用な知見が得られた。

4. テキスト基本構成の策定

最後に、1-3のような検討結果と著者らの教育訓練担当経験を総合し、開発すべきテキストは電子CAD/CAMシステムの知識、具体的な電子回路設計法、および自学自習を可能とするような簡単で理解しやすい操作手順を含むことが必要であると考えた。これらのことは、テキスト作成の基本概念として以下のようにまとめられる。

- (1)CAD/CAMシステムの操作手順を明確にすると同時に、操作に対する結果の表示を記入する。
- (2)操作での説明、注意事項を視覚的に捉えられるようにする。

- (3)テキストは自学自習に適した内容とし、回路作成に関する例題を入れて説明する。
- (4)電子回路の設計から基板作成までの一連した内容にする。
- (5)CAD/CAMシステムに関する一般的な知識も付与できるようにする。
- (6)電子回路基板の作成を容易にするため、基板作成に必要なランドやライブラリを用意する。

なお、本テキストは、その内容ならびに使用上の便利を考慮し、2編分冊とした。すなわち、電子CAD/CAMシステムを活用するための「プリント基板の設計・製作」編とシステムを利用して短時間でプリント基板の製作ができるように準備した「標準ライブラリ」編の2冊とした。

もちろん、本テキストによる授業においても、はじめにその使用法と電子CAD/CAMシステムの操作手順について、教官の十分な説明が効果的であろう。

以上のほか、テキストの補助として、電子CAD/CAMシステムを利用するプリント基板の設計・製造・検査を示す一連の作業工程全体を、視覚的に理解できるようにするため、図3のような基板製作作業工程パネルも準備した。

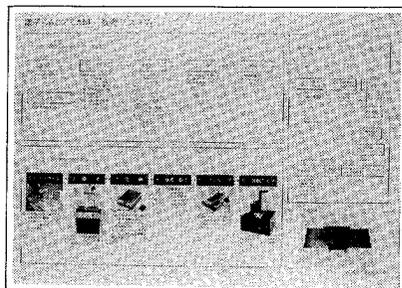


図3 基板製作の作業工程パネル

III テキスト開発結果

前述のように、著者らが開発したテキストは、「プリント基板設計・製作」編と「標準ライブラリ」編の2冊からなるが、以下便宜上後者から概要を説明する。

1. 「標準ライブラリ」編

前述のとおり、本テキストは2編から成り、その1つは標準ライブラリ編である。これは先にも述べたように、既存のこのPCBソフトには、ランド作成のためのコマンドは準備されているが、プリント基板の作成に必要な電

子部品のランドが皆無であることを補うためである。

この編においては、前項の表1に示した結果に基づき、レベルを想定し、プリント基板の設計に必要な標準ランドの仕様、ならびに形式をとりまとめて、標準ライブラリとする事にした。すなわち、標準ライブラリとして各種電子部品をプリント基板に実装するための「標準ランド」とアナログ回路、デジタル回路に使用する電子部品を実装するための、いくつかのランドを組み合わせた「標準部品」の各ライブラリを準備した。さらに、「標準部品」以外の電子部品を使用する場合もあることを考慮し、ユーザが簡単にその部品を作成し、これを登録できるように説明を入れてある。

表2は、本電子CAD/CAMシステムを用いてプリント基板を製作するための各電子部品の分類項目である。本分類はプリント基板作成用のものであるため、必ずしも日本工業規格で規定されている電子部品の用途ごとの分類にしたがっていないところもある。標準ライブラリには、この表2の基準に従って分類された登録部品名が「PCB用電子部品のコード大系」としてとりまとめられ、電子部品の形状図と共に示してある。各ユーザが新しく部品を追加登録する場合は、部品名をこの基準にしたがって分類登録すればよい。この場合、他の部品との関連性もわかりやすい。

PCB用電子部品分類	抵抗	金属皮膜抵抗、炭素皮膜抵抗 (1/8w - 5w) 可変抵抗 集積抵抗 (DIP,SIP)
	コンデンサ	フィルムコンデンサ (0.001~0.47 μF) セラミックコンデンサ (2.0~330.0pF) タンタルコンデンサ (3.3~33.0 μF) 電解コンデンサ (0.47~10000 μF)
	集積回路	デジタル・リニアIC (8~40ピンDIP) OPアンプ 光電子 スイッチ類 (デジタル・デブスイッチ関係)
	半導体	ダイオード (ツェナー・ブリッジダイオード含む) トランジスタ
	インダクタンス	コイル トランス (小型変成器) リレー
	コネクタ	フラット (リボン) ケーブル エッジコネクタ (基板スロット接続用)
	その他	端子 (接続端子用ランド) 水晶発振器 ジャンパー線 (10~40mmまで)

表2 PCB用電子部品分類一覧表

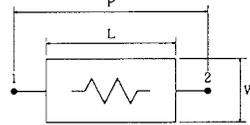
図4は上記した標準ライブラリにおける登録部品名と

形状図の一例である。プリント基板製作のための登録名やランド形状には規格化されたものが見あらず、文献(2)を基にして本テキストの標準ライブラリを構成した。

1. 抵抗

(1) 金属皮膜抵抗・炭素皮膜抵抗

(A) 横型



登録名	寸法1	寸法2	寸法3	使用ランド	備考
LRHE	P = 7.62	L = 4.0	D = 2.5	LAD20	1/8W
LRHQ	10.16	6.4	2.5	LAD20	1/4W
LRHH	15.24	9.5	4.0	LAD20	1/2W
LRH1	20.32	13.0	4.0	LAD20	1W
LRH2	25.4	16.0	5.5	LAD20	2W
LRH3	30.48	25.0	8.0	LAD20	3W
LRH4	38.1	38.0	10.0	LAD20	4W
LRH5	45.72	40.0	10.0	LAD20	5W
LRHS	12.7	9.0	2.5	LAD15	小型ランド

図4 登録電子部品の一例

以上でテキスト用標準ライブラリとしてはほぼ十分といえるが、いっそう完全なものとするために検討すべき今後の問題としては、上記規格化に関するものがあるほか、電子回路基板組立ロボットを使用した電子部品の基板への自動挿入に関するものもあることを指摘しておく。

2. 「プリント基板設計・製作」編

本テキストの構成は次のとおりである。先述の基本概念にしたがい、まず電子CAD/CAMシステムに関する基本的事項の解説から始めた。また各章において、自学自習するのに便利な具体的な操作例を取り入れた。

第1章	CAD/CAMシステムの概要
第2章	電子CAD/CAMシステムの構成と基本コマンドの使用法
第3章	電子CAD/CAMシステムの具体的な操作法についての例題による説明
第4章	プリント基板加工における露光からエッチングまでの製造工程の流れ、および作成基板のNC加工法

第2章の電子CAD/CAMシステムの構成と基本コマンドには、図5に示すように電子CAD/CAMシステムの処理手順を示した。図中(1)の「ライブラリの作成」では、前述の標準ライブラリとユーザライブラリの関係、さらにライブラリ作成に使用する4種類のデータ(ランドデー

タ、部品データ、VIAデータ、アパチャデータ)について、(2)の「部品配置情報の作成」では、プリント基板作成で使用され電子部品の回路記号と配置角度設定について、(3)の「ネットリストの作成」では、部品ピン間の接続関係をあらかじめ計算機に記憶させておくためのデータ作成上の考え方について、(7)の「パターン作成」では、パターンの作成、削除、変更など、パターンを作成に伴う諸々の作業事項と、両面パターン作成コマンドについて、それぞれ解説した。また、(8)の「作図出力」では、プリント基板のパターン図と、実装図の出力方法について解説した。

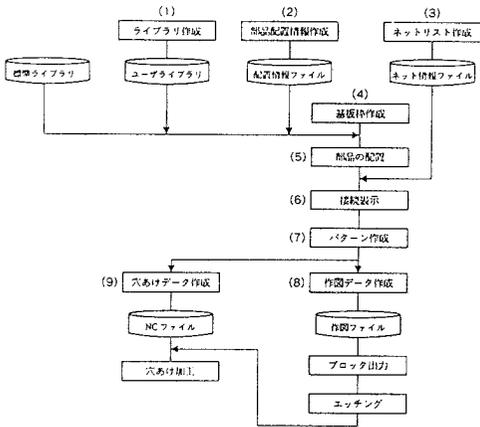


図5 電子CAD/CAMシステムの処理手順

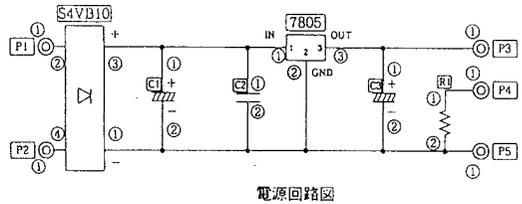
第3章では、電子CAD/CAMシステムの具体的な操作法を電源回路、インターフェース回路などに関する例題(3)～(5)を通して説明した。図6は、テキストに使用した電源回路のネットリストファイル作成用の回路図と、電子部品間の接続情報の例である。この接続情報については、エディタによって作成する方法をわかり易く図の下に記載してある。なお、図6の場合には、S4VB10(整流器)の3番ピンとC1(コンデンサ)の1番ピン、C2の1番ピン、7805(三端子レギュレータ)の1番ピンが接続関係にある。

次に例として揚げた図7は、パソコンと周辺装置の入出力を並列に行うためのパラレル・インターフェース回路の表面、裏面のパターン図である。説明は本文中にあるが、本テキストによれば、図のように両面にパターンの走るものも製作することが可能である。しかし、実際の基板製作における、スルーホール部の処理については、配線作業者の工夫が必要である。

第4章では、テキストの中で取りあげた電子回路のプ

リント基板を対象に、穴明けNC加工法を解説した。テキストでは簡易工作機(F1-CNC)を使用する場合について説明したが、3次元プロッタでも同様に行えることを確認している。基板が大きく、多量の穴明け加工データを扱う場合は、3次元プロッタのほうが便利で、かつ取り扱いも容易である。

ネットリストファイル



電源回路図

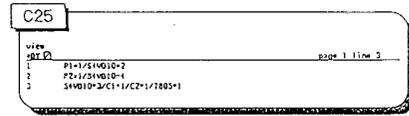
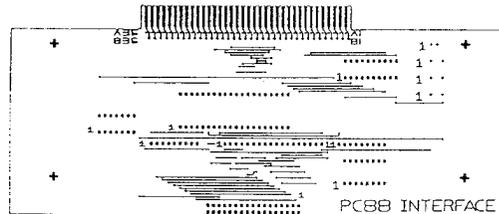
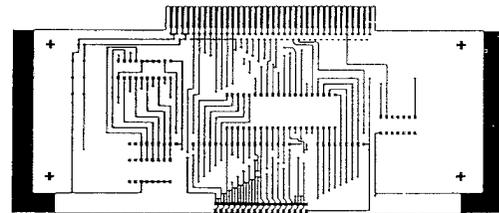


図6 電源回路のネットリスト作成



(a) 表面パターン図



(b) 裏面パターン図

図7 インターフェース回路のパターン図

IV 考察

1. アンケート調査

今回作成したテキストによって、電子CAD/CAMシステムに関する教育訓練を展開した。そして、システムの運用方法ならびに開発したテキストの内容についての問題点を探るため、学生を対象に以下のようなアンケート調査を行った。

- (1)CAD/CAMという術語を知っていたか。
- (2)電子CAD/CAMを経験して、どのように思ったか。
また、手作業によるパターン配線との比較についてはどうか
- (3)電子CAD/CAMに関する実習単位(4単位)は適当か。
- (4)テキストの全般的な内容かどうか。
- (5)テキストで取りあげた電子回路に関する例題はどうか。

結果は次のとおりであった。(1)多くの学生は授業、情報雑誌等を通じてCAD/CAMという術語は知っていた。しかし、実際に使用した経験のある学生は少ない。(2)この設問に対する回答結果は、図8のように整理され、「手作業に比べ非常に便利である」、「今後広く普及するであろう」などの回答が多数を占めた。(3)実習時間が「足りない」という回答もわずかにあったが、「適当であった」とした回答が多かった。この結果は、電子CAD/CAMシステムの使用目的・用途によって変わることもあろうが、今回4単位程度を基準としてテキスト作成の基本概念を定めたことが、教育訓練目的と一致したことを示している。(4)テキストの内容は、「適当である」とするものが大部分であった。ただし、この結果については、回答者の心理を考慮すると客観性を保証しにくいところがある。(5)テキストで取りあげた例題の電子回路については、基本モデル1の電源回路に関しては「適当である」との意見が多かったが、基本モデル2のインターフェース回路については、「もう少し丁寧に解説してほしい」との意見が多かった。基本モデル2に関する部分では、基本モデル1での説明と重複した部分を省略したり、テキストの紙数の制約から簡略化した部分が少なくなかったことによる。今後テキスト改訂の課題としたい。

以上のほか、図9に揚げたようなテキストへの要望があった。これからわかるように、「電子部品の実装方法」や「複数の練習問題」の追加掲載が強く望まれている。

今後さらに多くの電子回路実習装置に関する例題(たとえば電子機器組立の技能検定課題など)を追加すると共に、電子部品の規格・実装方法についての解説も掲載を検討したい。そのほか、テキストの内容全体に対しては「具体的な電子回路例題での説明があり、簡単で学習しやすい」との回答もあり、自学自習に適したテキストにするという目標を達成できた。

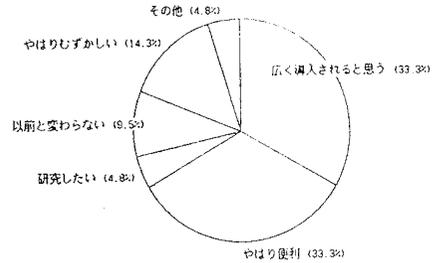


図8 CAD/CAMを経験しての感想

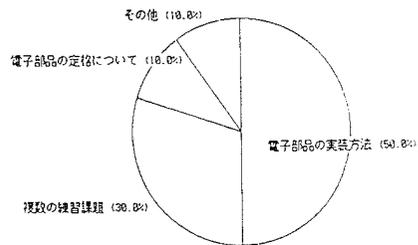


図9 テキストに追加して欲しい項目

次に、電子CAD/CAMシステム使用経験に対する感想をとりまとめたが、「非常に良かった、良かった」というものが多数を占めた。その理由を整理すると図10(a)に示すようになり:「コンピュータを使用して電子回路の基板設計することに興味をもてた」、「自分で設計した回路の製作、測定までを行え興味をもてた」などとなっている。また、「つまらなかった」とする理由は、図10(b)にとりまとめられるが、「電子CAD/CAMシステムが2人に1台であり、待ち時間が長い」、「部品の配置図からパターンを作成するのが煩わしい」などである。以上のように、電子CAD/CAMを使用した電子回路設計の実習は、若干の例外はあるが、十分学生の興味をひくものであり、理論的な回路解析と共に、回路設計に関する教育訓練を行う上で欠かせないと言える。

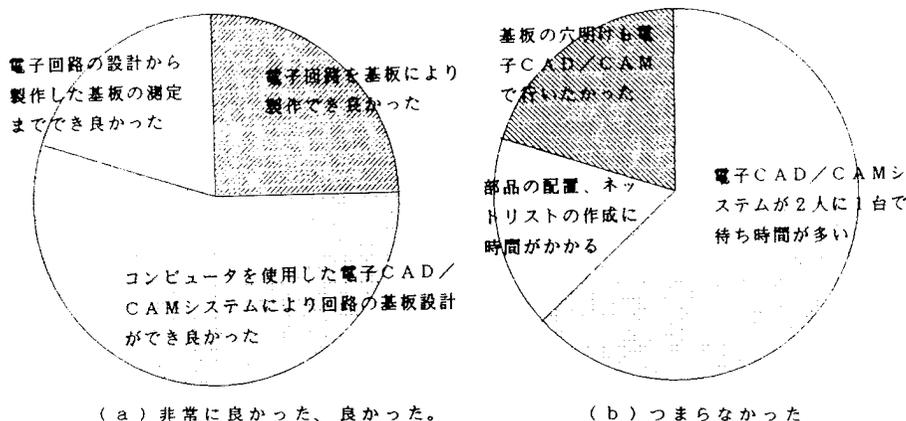


図10 電子CAD/CAMシステムを使用しての回路の設計から基板作成までの感想

2. 電子CAD/CAMシステムの教育訓練

これまで述べてきた結果からみて、電子CAD/CAMシステムの教育訓練用に著者らが今回作成したテキストは、電子技術系における電子回路設計実習の目標である「電子回路設計からプリント基板作成までの作業全体の把握」に十分役立つものであると言える。現段階では、電子CAD/CAMシステムを利用する実習は1年次の後期（宮城職業訓練短期大学校の場合）に行われているので、規模の大きな電子回路は組むことに適用できない。今後は2年次における各種の電子回路実験、卒業研究の目的にそった電子回路の作成などへの適用を目標にしたい。

次に、電子CAD/CAMシステムを取り入れた、電子技術系での教育訓練と教材・装置の利用法について考察する。

電子CAD/CAMシステムを使用した電子回路設計は、アンケート結果からもわかるように非常に興味を与える題材である。さらに、多くの企業がすでに電子CAD/CAMシステムを導入していることから考え、その使用法を習熟していることは、今後の電子技術者にとって必要不可欠となろう。しかし、電子関係分野の設計技術者にとっては、電子CAD/CAMシステムは、生産の「目的」としてよりもその「手段」としての存在であると言える。したがって、電子技術者の養成にあたり、多くの時間を電子CAD/CAMシステム操作の習得に費やすことは出来ない。このため、教育訓練用電子CAD/CAMシステムにおいては、その操作の容易性が重要である。さらに、電子CAD/CAMシステムでは、コンピュータとの対話形式をとるので、作業担当者は、基本的なコンピュータの知識や、周辺機器等の環境設定についての知識も習得して

おかなければならない。これに加えて、電子回路の設計を行うには、回路に関する全般的な知識も必要とする。したがって、電子技術者養成における電子CAD/CAMシステム教育においては、他の電子技術関係の教科目との関係も考慮に入れることが必要不可欠である。

また、短大における2年間の教育訓練の中に電子CAD/CAMシステムを取り込むためには、少ない授業時間でシステムに関する理解が得られるような優れた器材とテキストが必要である。さらに、学習には常に個人差があることを考慮すると、電子CAD/CAMシステム実習装置の台数が十分でない場合には教育訓練の効果を上げたい。適当なコストはかけても作業性を考慮しながら、学習者1人に1台の装置を準備し、電子CAD/CAMに関する指導・訓練の充実と促進を図る必要があると思われる。

V まとめ

電子系のCAD/CAMテキストを開発するとともに、これを実際に使用し、アンケートにより調査して、電子CAD/CAMシステムの教育訓練について考察した。

電子CAD/CAMシステムを十分使いこなすためには、電子回路設計、電子部品、およびコンピュータに関する総合的な知識と、多くの関連知識を習得する必要がある。この目的を、短大2年間の授業により達成するには、一つの教科目によってではなく、関連した教科目、たとえば製図、コンピュータ工学、電子工学、電子回路の授業内容にも、電子CAD/CAMシステムの理解・習得に必要な事項を組みこむことが肝要と思われる。このようなこ

とを可能にするためには、カリキュラムやテキストの内容を充実するにとどまらず、CAD/CAM訓練教材機器の整備が望まれる⁽⁶⁾。

今回の著者らの試みは、上記の要望事項の一つであるテキスト内容の充実を意図してのものである。本テキスト中に使用した用語、操作手順は必ずしも他の電子CAD/CAMシステムと共通するものではないが、一つのシステムを通して習得した基本的な技術や技法は、新しいシステムの操作・運用においても十分活用できると考え得られる。

謝辞

本研究に関して、御指導をいただきました宮城職業訓練短期大学校萩野義定校長に深く感謝致します。また、本テキスト作成にあたり、電子CAD/CAMシステムの導入メーカーである日立造船情報システム(株)の板谷部長、井村部長、大畑課長に大変御協力頂いたことに感謝致します。

なお、本研究は、一部昭和63年度宮城職業訓練短期大学校指定研究における「CAD/CAM教材開発」にもよって研究を進めたことを付記する。

参考文献

- (1)可児、他：「超LSICADの基礎」、オーム社、1983
- (2)大石：「プロセッサ プリント基板の設計技法」、技術評論社、Apr. 1988-Mar. 1989
- (3)清水：「アートの技法」、CQ出版、1988
- (4)白土：「IC利用工作のノウハウ」、日本放送出版協会、
- (5)戸蒔、津坂：「パソコン計測制御とインタフェース」、技術評論社、1985
- (6)中原、福地、他：「機械系におけるCAD/CAM教育・訓練に関する一考察」、報文誌第1号、1988