

教育用CADシステムの導入と運用*

岡田 学** 風間悦夫***

Introduction and Practical Use of Educational CAD System

Manabu OKADA, Etsuo KAZAMA

キーワード：CAD, 設計, 製図

1. はじめに

従来、機械工学科では製図の授業ではドラフターを使った手書きの製図の教育を行ってきた。しかし、企業の設計製図の現場ではすでにCADによる製図が主流であり、学生にもCADによる製図を経験させることが必要であると思われる。

CADの概念は1960年頃にMITの研究グループが提案したものである¹⁾。しかし、それが実用化され、設計の現場に導入されたのは20年以上も後のことであり、しかも初期のCADは専用のハードウェアを必要とした。CADが汎用のハードウェアで動作するようになってからも、その対象はワークステーション等の高性能なコンピュータが中心であった。近年、パソコンの処理速度、記憶容量、ハードディスク容量等の性能が大幅に向上し、大型高解像度ディスプレイ、マウス、ネットワークインターフェイス等の装備も普及した。これにより、従来、ワークステーション等の高価なコンピュータでしか動作しなかった本格的な業務用CADがパソコンで利用できるようになり、普及が進むとともに価格も低下した。

このような背景から、一斉授業によるCAD教育が必要であると考え、従来の機械設計製図の一部を置き換え、CADを使った設計製図の教育を行うことにした。

2. CADの効果

製図におけるCADの働きは、文書作成におけるワードプロセッサのそれと似ている。当初、文書

の清書等の目的で使用されていたワードプロセッサが、次第に文書の作成過程を変化させていったのと同様、CADも図面の作成過程を変化させている。一般的に製図におけるCAD導入の効果とは

- (1) 各種作業が自動化されており、作業量の軽減、作業速度の向上、誤りの減少等が期待できる。
- (2) 図面の修正・変更が容易で、何度でも行える。また、過去に遡って作業の誤りを訂正することができる。
- (3) 入力された図面データには再利用性がある。既存の図面を修正・変更して再利用することにより、類似品の製図が省力化できる。
- (4) 作成した図面を他のシステム(CAE, CAM等)のデータとして利用することが可能である。
- (5) 図面はデータファイルとして保存されるので、保管、複製、輸送(転送)が容易である。
- (6) ネットワークを利用して図面を共有することが可能である。
- (7) マルチレイヤー機能により、図面上の各要素を分類整理して管理することができる。
- (8) 図面に更新履歴等の付加情報を加えて管理することができる。
- (9) 仕上がりの個人差が少ない。また、高品位な出力装置で印刷することにより美しい図面が得られる。
- (10) よく使われる基本的な部品の図面情報がライブラリとして用意されている。
- (11) ドラフターと比較して、空間利用効率が良い。等である。これらの効果により、企業の生産活動

* 平成7年度一般設備費により購入

** 機械工学科 助手

*** 機械工学科 教授

原稿受付 1997年10月31日

においては自動化・再利用性等が作業者の負荷を軽減するので人件費を削減することができ、それはコストダウンにつながる。また、負荷軽減を作業速度の向上とすれば納期短縮につながる。また、図面データを各種解析に利用するなどして、従来無かった付加価値を得ることもできる。

社内ネットやインターネットを利用して、互いに離れた場所にいる技術者が共通の CAD データにアクセスすることで、密接に関係付けられた設計・開発体制を作ることもできる。これによって、アメリカが夜の間に、昼の日本で対策を練るなど、時差を逆用した 24 時間体制を作り、開発の速度を上げた例もある²⁾。

3. CAD の仕様

CAD システムはどれを使っても同じというわけにはいかないで、仕様の作成には多くの時間と作業を伴った。仕様とはそれを導入しようとする者の要求を具体化したものであるが、初期の我々の要求は「使いやすく、本格的な CAD」という、まことに漠然としたものであった。

ソフトウェアの仕様は、ハードウェアの仕様のように性能を数値で指定できる部分がほとんど無い。数値を使わずに、なるべく曖昧にならないように表現を工夫しなければならないので、仕様は機能によって指定する部分が多くなった。機能による仕様は表現が難しく、仕様書の作成は非常に困難だった。しかも入札のための仕様は複数の製品が対象になるように工夫しなければならない。複数の CAD が共通に備えている機能だけで仕様を定めると、あまり使いやすとはいえないものまで仕様の範囲に入ってしまう。ところが、各社とも「使いやすさ」の部分には独自の工夫が施されており、それは仕様を含めることが難しいものが多い。

3-1 ハードウェアとの関連

ハードウェアに関して最も懸念された項目は、必要なメモリとハードディスクの容量及び CPU の処理速度であった。

当時、情報教育センターの教育用パソコンの主記憶容量は 8MB であった。しかし、市販されている CAD の動作環境を検討した結果、8MB では不足することが予測されるので、購入品に増設メモリ 8MB を加え、メモリを 8MB から 16MB に増設した。メモリを増設したことによって、情報教育センターでも Windows 95 を使用することが可能になった。

CAD が使用するハードディスクの容量については、当時の教育用パソコンのハードディスクの空き容量を参考にして仕様を決めた。

コンピュータの CPU は激しい技術競争が行われており、驚くべき早さで処理速度が向上している。新しく発表されるソフトウェアは、能力が向上したその時代のコンピュータ処理速度を期待して、動作速度よりも機能を優先させていく傾向にある。特に CAD ソフトは、その時代における高性能コンピュータを対象に開発されるものが多い。導入時点ですでに高性能機とは言えなかった教育用コンピュータの処理速度の不足が懸念された。それに関しては取扱い業者へ詳細に問い合わせるとともに、実機によるデモンストレーションを行って実用的な処理速度が得られるかどうかを検討した。

また、情報教育センターの教育用パソコンは IBM PC-AT 互換機であるので、PC-AT 互換機に対応したソフトウェアならば問題なく動作するはずであるが、希に特定の機種で正常に動作しないソフトウェアもあるようなので、実機によるデモンストレーションで確認した。パソコン市場における PC-AT 互換機の優位は今後しばらく続く様子なので、ハードウェア面の将来に関しては今のところ不安材料は見あたらない。

・ハードウェアに関連した仕様

- (1) 情報教育センターの教育用パソコン（富士通 FMV-433D）で、安定して動作すること。
- (2) 16MB のメモリで動作すること。本システムの予算内で 16MB より多くなるようにメモリを増設する場合は、この限りではない。
- (3) キーボードとマウスだけで、全ての操作が行えること。特別な操作機器を付加してはならない。
- (4) 情報教育センターの教育用パソコン（富士通 FMV-433D）で、1 万要素の図面を 10 秒以内に描画できること。
- (5) インストール及び動作に必要なハードディスクの使用量は 1 台あたり 25MB 以内であること。本システムの予算内でハードディスクを増設する場合は、この限りではない。

・増設メモリの追加

- (1) 数量は 48 セット。
- (2) 情報教育センターの教育用パソコン（富士通 FMV-433D）で使用可能なこと。
- (3) 1 枚で 8MB 以上の容量であること。

3-2 OS との関連

CAD はコンピュータのアプリケーションソフト

ウェアの一つである。一部の例外を除いて、アプリケーションソフトウェアは、コンピュータを動作させる基本ソフトウェアである OS(Operating System)を基盤として動作している。従って、OS は CAD の動作環境を決定する最重要項目の一つである。

パソコン用の場合、OS としては高性能なパソコン上で高機能かつ安定的な環境を提供する Windows NT に対応するものが多い。

ワークステーションの場合、OS は各社専用の UNIX である。ユーザーインターフェイスとしては、UNIX の標準的な Window System である X Window System に対応しているものが多い。本格的に CAD の導入を検討し始めた平成 5 年頃は、業務用に使われている CAD はワークステーション用が多かった。その理由としては、当時のワークステーションがパソコンに無い以下の特徴を備えていたことによる。

- (1) 高速な CPU、大容量のメモリ等を備えており、処理能力が高い。
- (2) 高解像度のディスプレイを備えており、図面の表示に適している。
- (3) ネットワークインターフェイス(Ethernet)を備えており、ネットワークを利用してデータの共有等を行うことができる。

平成 5 年度末に情報教育センターに導入された教育用のパソコンは当初、OS として MS-DOS、MS-Windows 3.1、UNIX(Linux)がインストールされていた。当時、パソコン用の CAD は Windows NT 用と MS-DOS 用が主流であったので、我々は MS-DOS 用に重点を置いて検討していた。しかし、平成 7 年度中に Windows 95 が発売されることが発表され、MS-DOS 用は将来性が不安であった。さらに、CAD の導入によってメモリが増設された場合、情報教育センターが Windows 95 を導入することを検討しはじめたので、OS に関する仕様には「日本語 Windows 3.1 で安定的に動作すること。」「本校からの求めに応じて Windows 95 版へのバージョンアップを無償で行うこと。」の 2 項が盛り込まれた。

また、将来の OS の世代交代に CAD ソフトが対応できるかどうかは、CAD を運用する上での最大の不安材料である。

・ OS に関連した仕様

- (1) 日本語 MS-Windows 3.1 で安定して動作すること。本システムの予算内で、ハードディスクを増設し、かつ必要な OS をインストール

する場合は、日本語 Windows 95、または日本語 Windows NT でもよい。

- (2) 本校からの求めに応じて、日本語 Windows 95 版へのバージョンアップを無償で行うこと。
- (3) Windows API は 32 ビットであること。

3-3 機能に関する仕様

修正・変更が容易で何度でも行えることや、過去に遡って誤りを訂正することができることは CAD を使った製図の利点の一つである。特に学生の場合は経験が浅く未熟なので、undo 機能によって多く遡ることができることが望ましい。

CAD 特有の機能として、マルチレイヤーがある。製図板で製図する場合、1 枚の製図は 1 枚の製図用紙にすべて製図される。マルチレイヤーとは、1 枚の製図用紙に代わって透明なシートを何枚も重ね合わせたような構造を持つ作図画面のことである。レイヤーを上手に使用すると、編集作業や図面の管理がしやすくなる。例えば、複数の部品で構成される機械を製図する場合、各々の部品を別々のレイヤーに分けて描く。出来上がりの見かけはマルチレイヤー機能を使わなかったものと変わらないが、各々の部品が区別されているので、大いに思考の助けになる。また、それぞれの部品図を描く時に、各レイヤーの図形を流用できる。

CAD ソフトの中には、アメリカで開発されたものも多い。それらは日本語化されても図面の様式が ANSI (アメリカ企画協会) の様式を採用しているものが多く、JIS (日本工業規格) の様式とは異なる部分があって不都合であるので、図面の様式は JIS に従うことを仕様に含めた。

この他、授業で学生が書いた図面のデータがフロッピーディスクに収まる大きさであることも運用上重要な条件だが、調査の結果、授業で描く図面程度ならばいずれの CAD でも大丈夫のようなので、あえて仕様には含めなかった。

・ 機能に関連した仕様

- (1) 直前に図面の保存を行った時点まで、undo 機能によって遡ることができること。undo の回数に制限があってはならない。
- (2) レイヤー数は、256 層以上であること。
- (3) 保存した図面を呼び出す際、図面イメージの一覧表示機能によって、図面の概形を確認できること。図面の概形は、同時に 8 個以上表示できること。
- (4) 市販の C 言語によってカスタマイズが可能なこと。
- (5) 図面に文字を記入する際、日本語 True Type

Font を使用できること。

- (6) 寸法線、仕上げ記号等の様式は、JIS に従っていること。
- (7) 部品ライブラリ（ボルト、ナット、歯車、ころがり軸受、機械製図記号）を備えること。

3-4 互換性に関する仕様

先に述べたように、図面データの再利用性も、CAD 導入の重要な効果である。図面データを他のシステムと互換性がある形式で入出力することができれば、他のシステムと相互にデータを利用することができる。よって、他のシステムに対するデータの互換性も重要な要素である。

・他のシステムとのデータ交換に関する仕様

- (1) ファイルの出力形式として、DXF、BMI に対応していること。
- (2) ファイルの入力形式として、DXF、BMI に対応していること。
- (3) OLE サーバー機能、または DDE サーバー機能を持つこと。
- (4) 図面のプロッター出力用データを、HP-GL 形式のファイルとして保存できること。

4. 設計製図教育における CAD 導入の効果

冒頭で述べたように、CAD を導入した主な目的は、学生に CAD による製図を経験させることである。その他にも、CAD の利点を生かして様々な教育効果を得ることができると思われる。

機械設計製図の代表的な図面として、個々の部品の形状・寸法・加工方法等を示す「部品図」と、部品を組み立てた全体の様子を示す「組立図」がある。設計作業の手順としては、まず、部品が互いに組み合わせられる制約条件を決定するために組立図を先に書き、それを分解して部品図を描くという手順が一般的である。一方、それとは逆に、まず個々の部品図を書き、それを組み合わせて組立図を描くべきという考え方もある³⁾。この場合は、部品図に先立って設計対象についてのすべての情報を盛り込んだ「計画図」を描くことが必要になる。CAD を使うと、このどちらもが容易になる。組立図をマルチレイヤー機能を使って部品ごとにレイヤーを分けて書けば、組立図を部品ごとに分解して部品図を描くことも、また部品図を集めて組立図を作ることも簡単にできる。図面の修正・変更が容易なので、計画図のように試行錯誤が多い図面も CAD で描けばそれほど面倒ではない。

授業で学生が作成した図面は、すべてフロッピーディスクで提出させている。情報教育センター

の演習室に備え付けのネットワークプリンターは、印刷速度が遅い、トラブルが多発する、大量の紙を消費する、等の理由で利用していない。提出方法については、例えば Windows 用の電子メールツールを使えば、電子メールの添付ファイルとして授業の担当教官へ送ることも可能なので、今後検討してゆきたい。

図 1 に平成 9 年度の機械工学科 5 年生に対して行った「CAD と手書き製図の比較」のアンケートの結果を示す。39 人の学生に対してアンケートを行い、35 人から回答を得た。質問は「どちらが楽に書けるか」、「図面の出来上がりはどちらがよいか」、「作業の速度はどうか」、「今後、どちらで書きたいと思うか」の 4 つである。いずれの質問でも 60% 以上の学生が CAD を支持しており、CAD の導入は学生からも概ね好評であると言える。しかし、同時に CAD に対して戸惑いを感じている学生がいることも伺える。これについては今後の課題としたい。

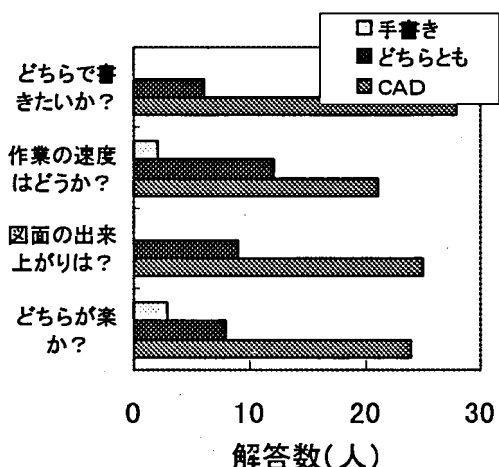


図 1 CAD と手書き製図の比較のアンケート結果

5. おわりに

本システムが導入されてから 1 年半が経過したが、未だに CAD 教育については手探りの部分が多い。来年度以降は授業だけでなく、公開講座等にも本システムを活用してゆきたい。

参考文献

- 1) 吉川弘之・富山哲男：インテリジェント CAD (上)，朝倉書店(1989)
- 2) 山中俊治・赤池学・佐藤千春：航空機を作る，太平社(1997)
- 3) 畑村洋太郎：実際の設計，日刊工業新聞社(1988)