

# マニュアルおよびCADによる設計・ 製図教育の比較と検討

瀧本 昭夫\*・藤村 謙祐\*・岩谷 健治\*

## Comparison and Discussion of the Education of Designing and Drafting by Manual and CAD

Akio TAKIMOTO, Kensuke FUJIMURA and Kenji IWATANI

### Abstract

We have given the education of manual designing and drafting to the undergraduate students (sophomore, junior, senior) over the twenty years or so. The manual educational program composes of the basic drafting, mechanism-design, material-design, fundamental design-formulae, calculation of numerical design data and its drafting. The basic drafting based on JIS (Japanese Industrial Standard) and/or ISO (International organization for standardization) contains the draftings of lines, symbols, dimensional lines, a double-ended spanner, a worm gear, a plain bearing, a screw jack (with a sketch of it) and so on. The material design includes the choice of best fit materials for the design parts on which various kinds of force work using the JIS material handbooks or others. Students should be able to use the proper design-formulae for the spacial design parts out of the numerous fundamental formulae to calculate strength and deflection of various machine parts and the mechanical structures referring to design text books and JIS design manuals. The numerical design data based on the proper mechanism should be calculated for each machine part using the these material-design and design-formulas.

All of the above mentioned educational programs are also prepared using a personal computer and a 2-D Mutoh CAD system as a trial by filing the necessary informations in floppy disks. Some efforts are given to use them in the practical education. The comparison and discussion of the both educational programs are given in details in this report.

### 1. 緒 言

設計・製図は品物を製作する段階で必ず通らなければならない過程である。筆者らはこれまでに学部2および3年生を対象に機械製図の基礎段階としてJIS規格に基づいた製図法の習得から設計計算を含めた機械製図に至るまで教育してきた。これまでの教育内容では図面はすべて手書き(manual)を基本として製図板

上でT定規、三角定規あるいはドラフタ、コンパスなどの器具を使い作図させてきた。また、設計計算は既存の公式や特定機器用のJIS基準に基づいて行い、材料の選択や各部品の強度および変位などを計算するものである。これらの計算には当然卓上計算機が使用されている。

現在、大企業はもちろん中小企業でもいまだ上記旧来の設計・製図法に依存しているところが多い。これは長い間利用されてきた技法や図面などの蓄積とその便利さも手伝って急には製図手法を変え難いためと考えられる。

\*生産機械工学科

一方、コンピュータの発達は目覚しく、三次元大型CADをはじめ中・小型のCADも多種多様のものが市場に出まわり、そのアプリケーションソフトも豊富である。学校関係や社会の設計・製図教育も直接的(マニュアルによる基礎教育期間を取らずに直接コンピュータおよびCADにはいって行く)あるいは間接的(マニュアルによる基礎教育をしてからコンピュータおよびCADにはいって行く)にコンピュータ設計・製図を試みることも多く、コンピュータ設計・製図教育はその効果的な教育方法が模索されているのが現状である(日本設計製図学会秋季講演会、設計・製図教育のセッションでの発表内容から)。筆者らも旧来のマニュアルによる設計・製図教育にパソコンおよびパソコンCADをいかに取り入れて行くかを検討、試行している現状である。

## 2. 方法

これまでのマニュアルによる基本製図と模写<sup>1)2)</sup>、機械設計およびJIS公式の利用と設計計算書などの教育プログラムをすべてコンピュータにおきかえたものを用意した。個々のプログラムの活用法は目下検討中であるが、同一教育内容をマニュアルおよびCADで教えることを考え両プログラムによる図面や設計計算などのいくつかを紹介しその長所、欠点を比較・検討する。

なお、ここで利用しているパソコンおよびパソコンCADは、小規模の現場(企業や学校)でも利用できるものとして最も一般的なものを選んだ。パソコンは富士通 Micro-11AD2、二次元CADは武藤工業 M-Draf16 (CADのみならずCAMへの移行も考えて設計されている)でその周辺機器にエプソン製 MP-80 プリンタおよび武藤工業 iP-100A<sub>2</sub> プロッタを使用している。

## 3. 比較および検討

### 3.1 製図教育について

設計・製図教育では製図の基礎を理解させるための第一歩として図面の模写から始めている。そのテーマとして基本製図、ウォーム歯車、軸受、ネジジャッキなどを選択しているが、マニュアルとCADによる教育の比較を行う前に、製図の基本方針として心がけている点のいくつかを述べておく。

(1) ほとんどの学生が製図用のコンパスを初めてに手にする場合が多く、機械製図には全く経験をもっていない。したがって、まず基本的な線や文字を確実に描け

るように指導する。

(2) つぎに軸受などの部品図を手本にして製図させる。これは頭の中にある部品の構造を具体的に図面にして表す訓練である。したがって、単にサンプル図面どおりに書くのではなく、各部の実際の構造がどのようなになっているかを十分に理解した上で書くようにさせる必要がある。

(3) テーマの最後ではネジジャッキなどの実物を採寸してスケッチ図を書かせる。ここでは、実際の製作用の設計図がどのようなものかを具体的に経験させることになる。したがって、各部品図の寸法の整合などの矛盾がなく完全に組み立てて、一つの製品となるよう総合的な配慮をする訓練が主眼となる。

(4) 今後次第にCADが普及し、多くの図面はCADにより製図されるようになるとと思われる。CADによる製図はディスプレイ上に表れた図面を速く確実に読む(理解し判断する)ことができなければならないから、読図力が必要である。この読図力は他人の書いた図面やディスプレイ上の図面を単にながめるだけでは修得しにくく、自分で実際に図面を書くことにより、もっとも能率よく修得できるものと考えられる。

学部2年生対象の模写では、各テーマとも読図力を養うことを最大の目的としており、上記1, 2, 3の段階を手書きで行なうことは読図力をつけるのにも有効であると考えられる。また検図制度(学生が相互にできた図面をチェックし合い不備な点を修正させ、図面の表題欄に検図者にサインさせる)をとっているがこの方法も読図力の養成に役立つものと期待している。

### 3.2 基本製図と模写

現在おこなっている設計・製図教育ではマニュアルによる製図がその大部分をしめており、現段階でのCAD教育は、その概要や操作方法などを説明する程度である。また学生が、実際に自分たちの手でCADを操作して、図面を作成できる環境ではないため、実際にマニュアルとCADによる製図教育についての比較は難しい。そこで製図教育の基本方針を念頭において、いずれCAD教育が普及することを考え、手書きと同じテーマでCADを用いていくつかの作図を行ってみた。その結果に基づき各テーマごとに長所、欠点を検討してみる。なお、Fig. 1 ~ Fig. 5の各作図例はいずれの場合も(a)は手書き(b)はCADによって描いた図面である。

Fig. 1は基本製図の中で最も基礎的な線、文字、ナットを抽出した作図例である。この2枚の図ではその作図時間はほぼ同じで時間だけを考えるとどちらを使っても作図しても大差はないと思われる。しかし、一見同

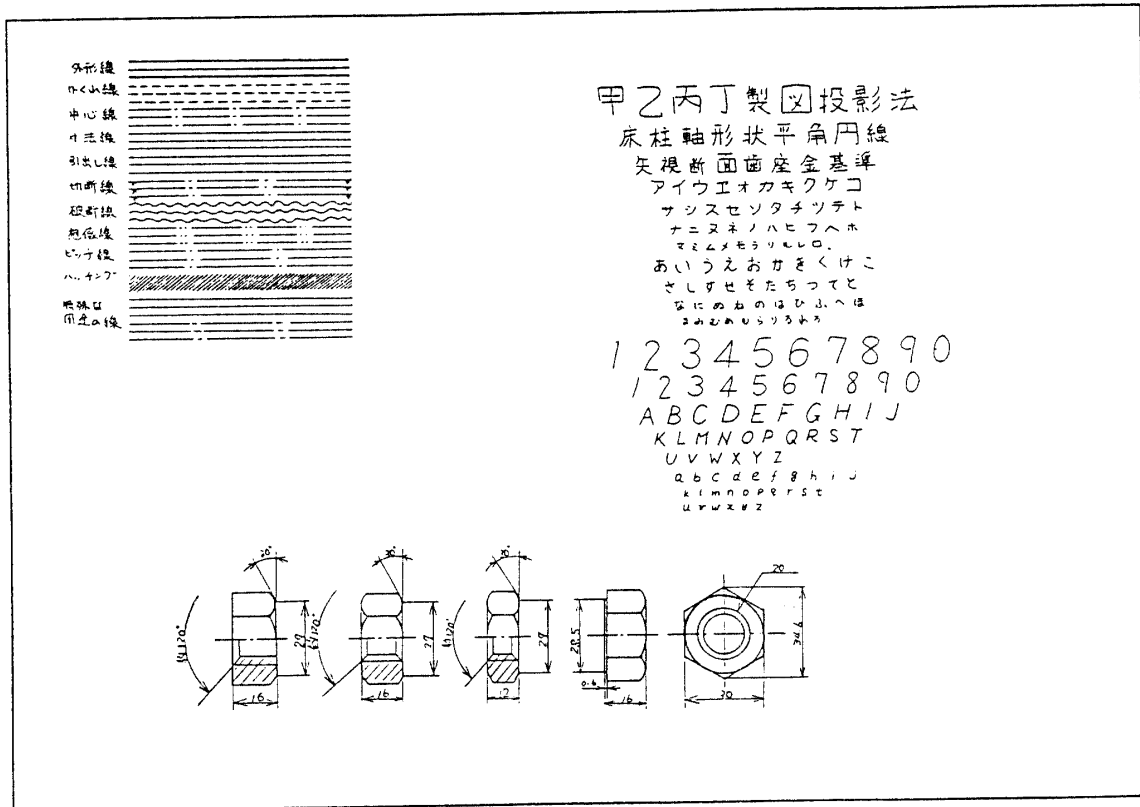


Fig. 1 (a) Manual training of lines, letters and dimensional lines.

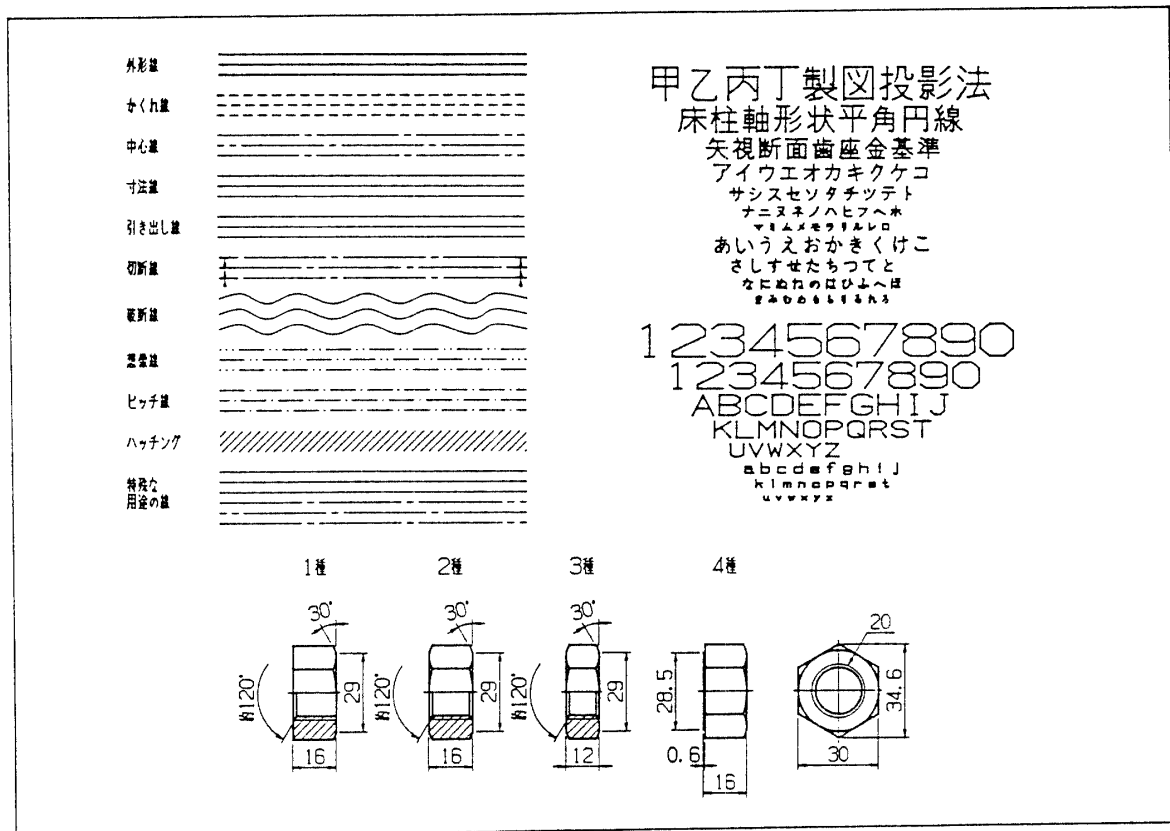


Fig. 1 (b) CAD presentation of lines, letters and dimensional lines.

じように見える図もこれを描くための道具はまったく異なる。まず (a) の場合、直線や角度を持った線を描くためには T 定規や三角定規を用い、さらに特定の角度 (15°, 30°, 45°, 60°, 75°) を得るためには三角定規をうまく組み合わせることが必要である。また、ナットの六角形を作図するのもその描き方を知っていなければならない。本来製図というものは、設計者の意図を言語や形象の代わりに線、文字、記号などを使って表現するもので、一定の規則を持たせる事により誰もが容易に理解できるものである。しかし CAD で描く場合、たしかに製図の規則は身につける必要があるが、作図するための基本的な図学の知識などはあまり必要としない。

また、2枚の図面の体裁を比較すると (b) の CAD で描いた図の方がはるかにきれいである。製図の基本要素ともいえる線は、その種類によってそれぞれに意味を持ち、外形や中心を表すための太さも定められている。これらの線を手書きにより作図する場合、線の太さの区別や破線のような線の種類などを正確にかつ一定に描くことは、かなりの熟練を要する。さらに図形の配置には図面全体のバランスなどを考える必要があり、ここでも製図者の経験が大きく影響する。しかもその技術の習得には多くの時間を必要とし、自分で体得しなければまったく身につかないものである。

しかし CAD では作図に関する技術や熟練さらに経験などはほとんど必要とせず、図形の配置なども後で移動が容易であり体裁のよい図面に仕上げることができる。また文字には書く人の個性や癖がしやすいが、CAD ではそれが無いので寸法の読み間違いなどを防ぐことができる。

Fig. 2 はスパナの図面例で (a) の場合、作図に3時間程度要している。またこの図面を描くのにドラフタスケール、コンパス、テンプレートを使用し数字はフリーハンドによる手書きで作図した。実際の製図では円と円のつながりが難しく円の中心の位置を求めるのに苦勞した。ここでも作図するための技術は必要で線のつながりをなめらかにするのにも、かなりのテクニックを必要とする。一方 CAD では、接する要素と半径を指定することにより円の中心は自動的に求められるので、なめらかな曲線のつながりを得ることができる。また作図するためのコンパスや定規などの道具は CAD では当然必要としない。

さらに (a), (b) の図面を比較するとよくわかるように、手書きでは鉛筆の筆圧により線の太さや濃さが変化するが、CAD の場合はそのようなことがなく、外形線、寸法線の区別も明確できれいに描かれる。しか

し一方では手書きの方が細かい部分での寸法記入にかなり融通がきき、寸法を確認しやすい。この点では形式にとられる CAD よりも手書きの方が誇張や曖昧表現が容易で自由度が大きいと思われる。

Fig. 3 はウォーム歯車である。ここでも作図時間に大差はみられなかった。しかしこの二つの図に CAD の特徴である図面の仕上がりのきれいさの違いがよく表れている。ウォームホイールを描くための大円はコンパスによる手書きではその直径が400mm近くあるため描きにくく、しかも太さや筆圧を一定にするのに苦勞した。通常我々が何気なく書いている円なども、製図として書き表そうとすると線の表現などに熟練を要することが多い。一方 CAD では直径の入力だけで円が描け円の大きさに関係なく常に一定の美しい円が描ける。

また、このような図面の作図ではかくれ線の使い方やはめ合い記号についてはよく理解しておく必要がある。

Fig. 4 は軸受の製図例である。ここでも (a) (b) 両図面の作図時間に大差はなく15時間程度で完成した。軸受のようにいくつもの部品が重なり合っているものを作図する場合、特に読図力が必要である。また断面で表した部分の表現の仕方や管用ネジ、メートルネジなどの使い分けなどもよく把握しておく必要がある。

左右対称図形を描く場合についてみると、CAD では中心線から片側の半分のみ作図し残りの半分を中心線について対称にコピーして図面を作製できるという利点がある。CAD にはこの他に図形移動などの機能などもあり、図面全体のバランスを整えるなどにはきわめて効果的である。また仕上げ記号などはシンボルとして登録してあるので、それを呼び出すだけでよくその都度いちいち描く必要はない。したがって、CAD は図面が複雑になればなるほど効果が発揮できるから、その機能を十分に使いこなすよう習熟する必要がある。

Fig. 5 はネジジャッキの例を示している。ここでは部品図を描くために実物のジャッキを分解して各寸法を実測している。この実物をスケッチするという作業は製品の構造を理解する上で大変役に立ち読図力を養うには最も効果的と思われる。

ところで (b) に示した CAD によって描かれた組立図は、各部品図を編集して作図したもので多少の修正は必要であったが、部品図をそのまま流用できたのでかなりの手間が省けた。さらに図形の拡大や縮小および移動などが簡単なことから、一枚の用紙に多くの部品を書く図面でもそのバランスや位置決めに悩まされることなく作図ができ、ここでも時間短縮に貢献して



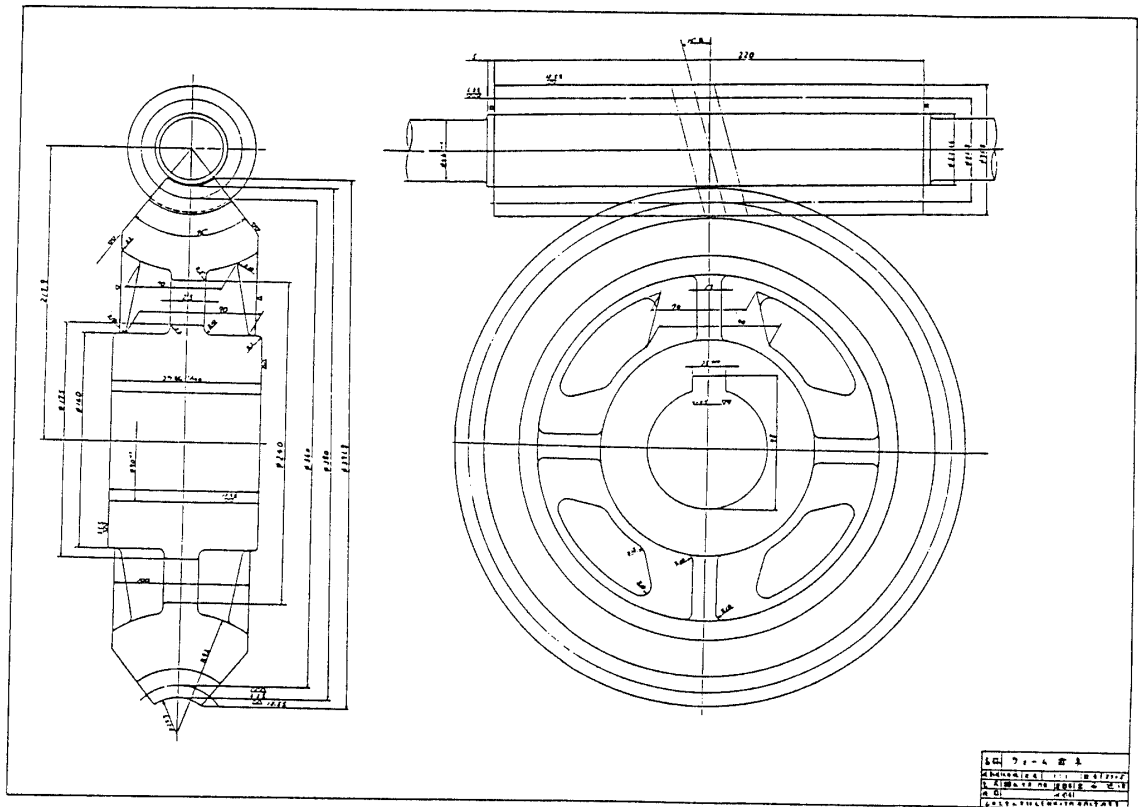


Fig. 3 (a) Manual drafting of a worm gear.

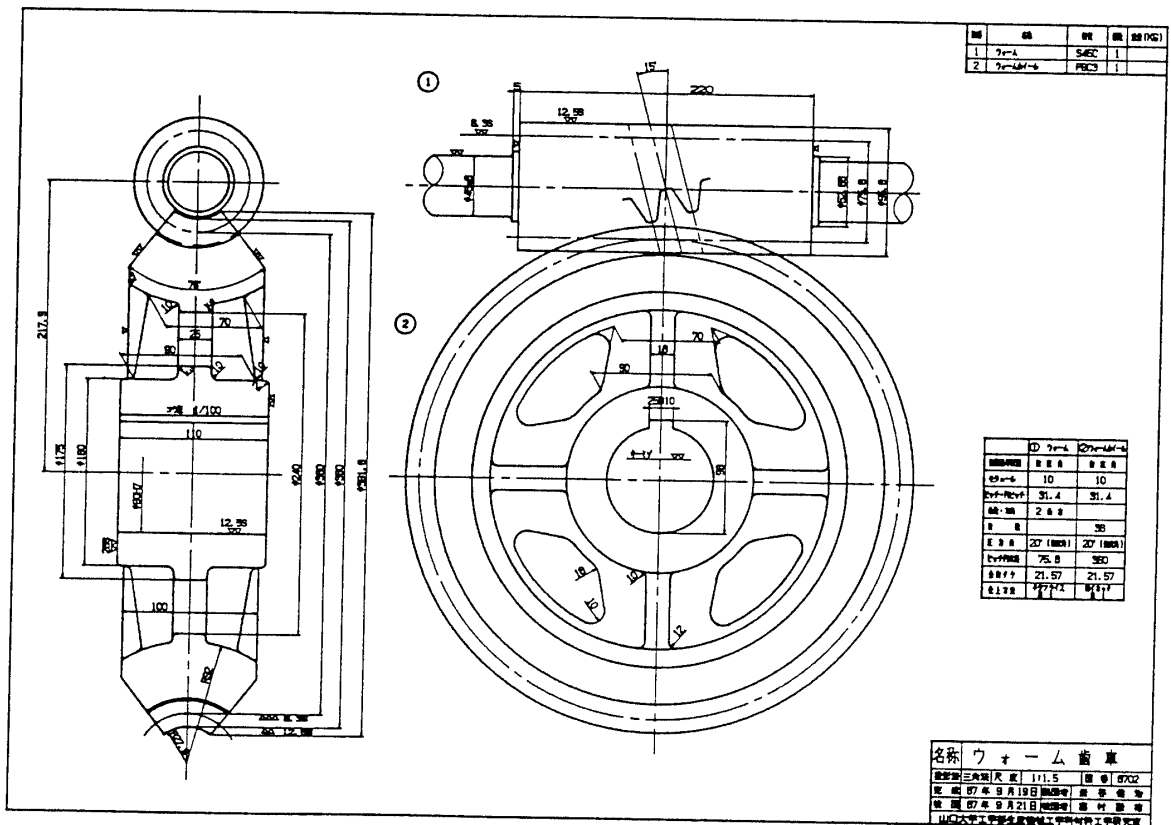


Fig. 3 (b) CAD drafting of a worm gear.

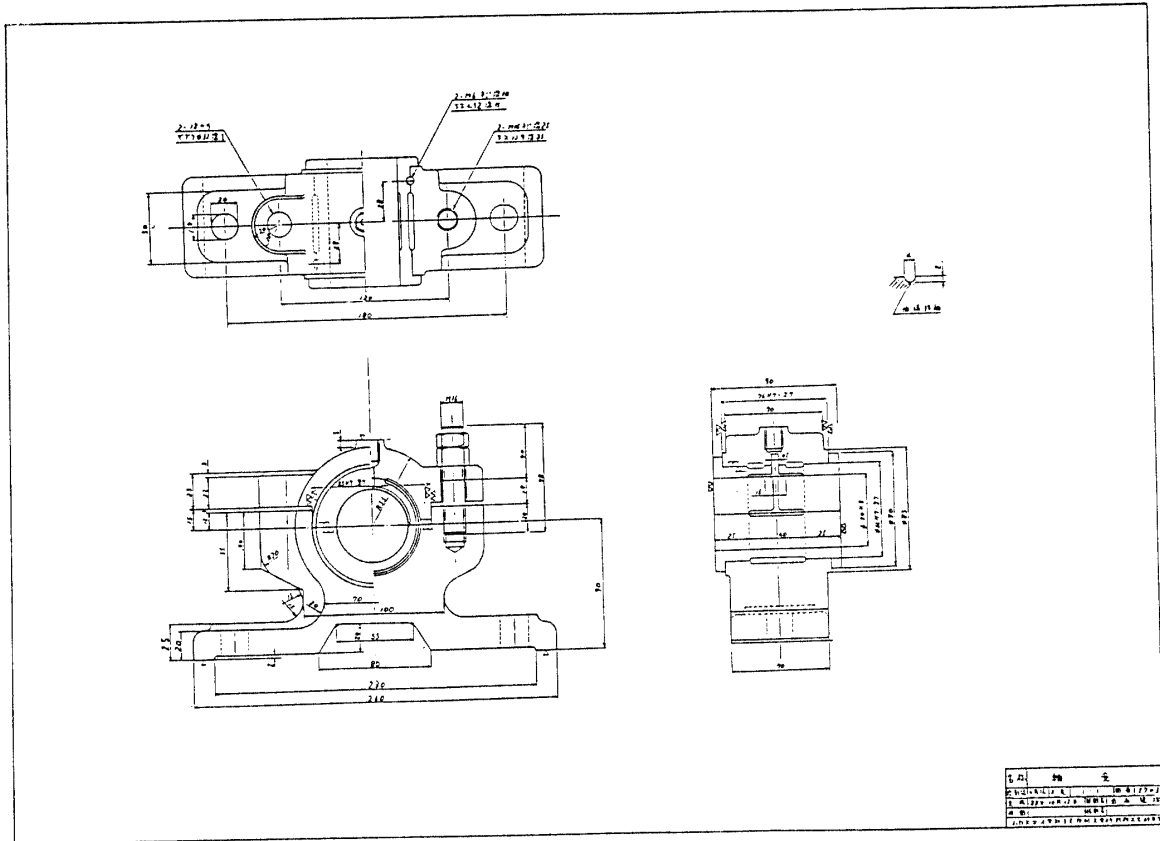


Fig. 4 (a) Manual drafting of a plain bearing.

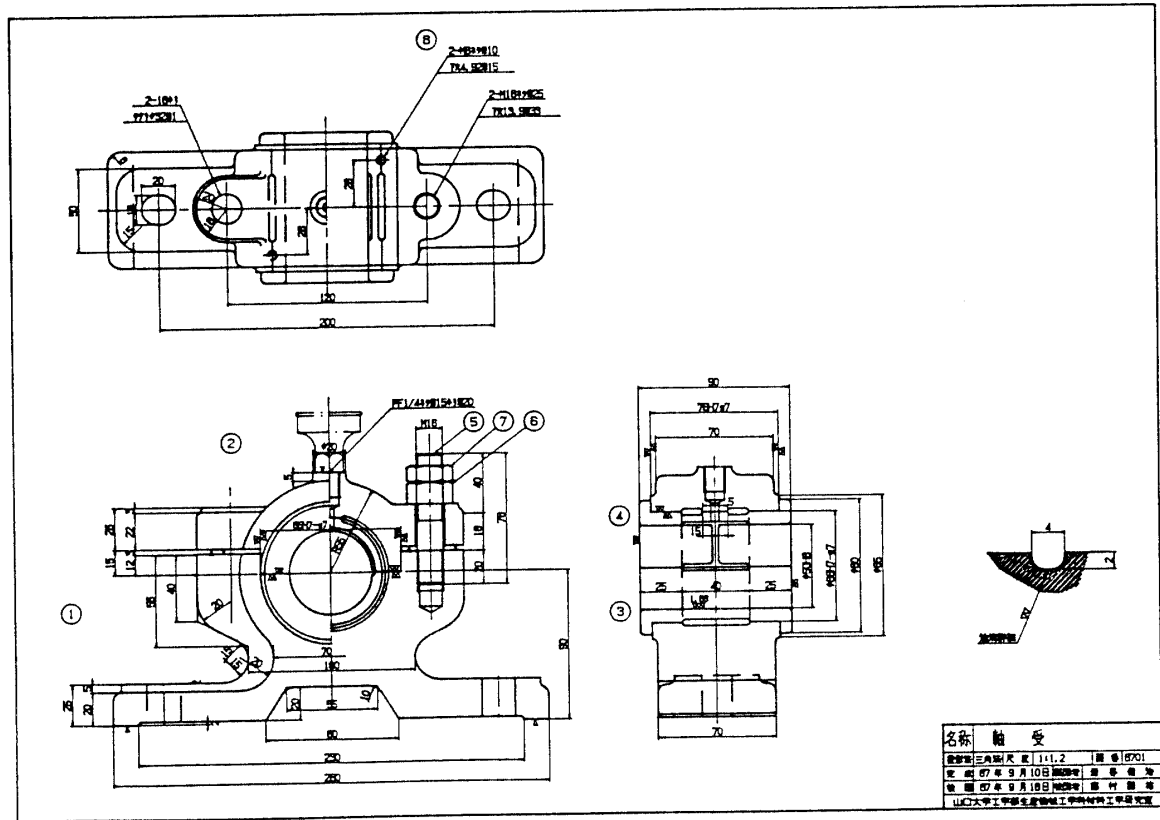


Fig. 4 (b) CAD drafting of a plain bearing.

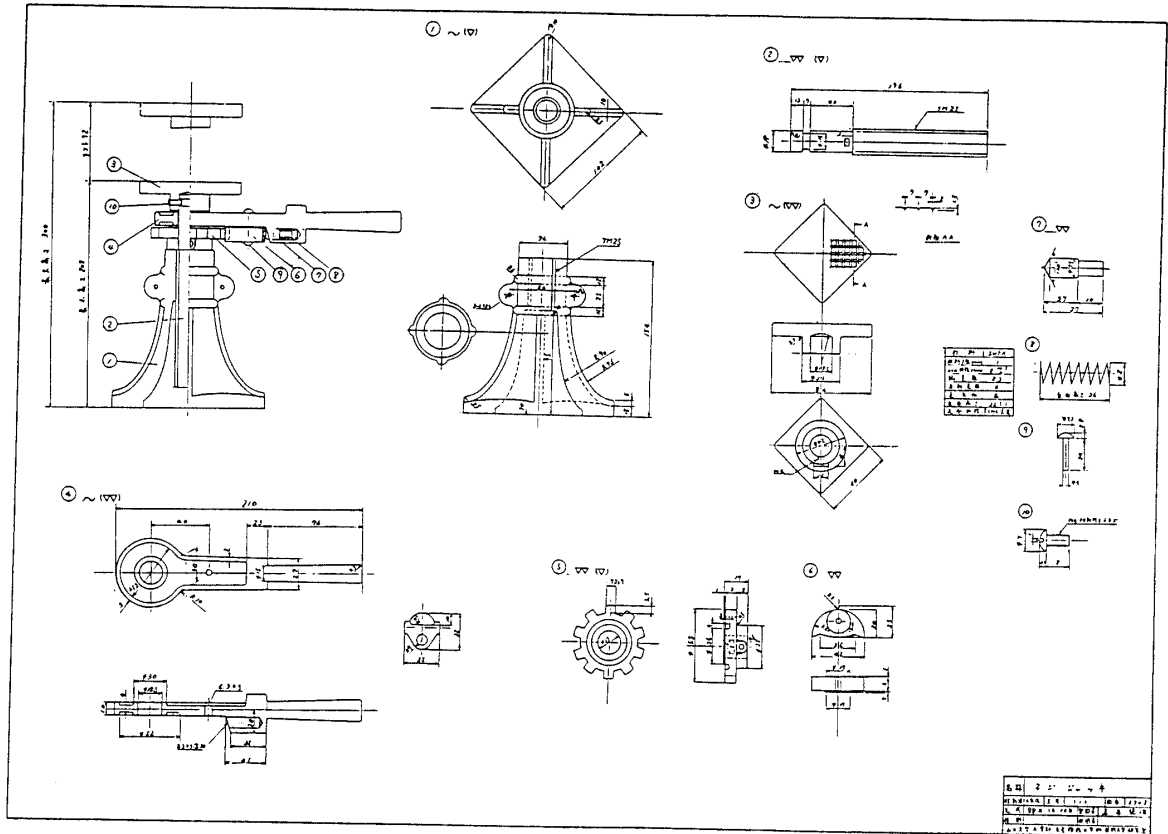


Fig. 5 (a) Manual drafting of a screw jack (from a sketch of it).

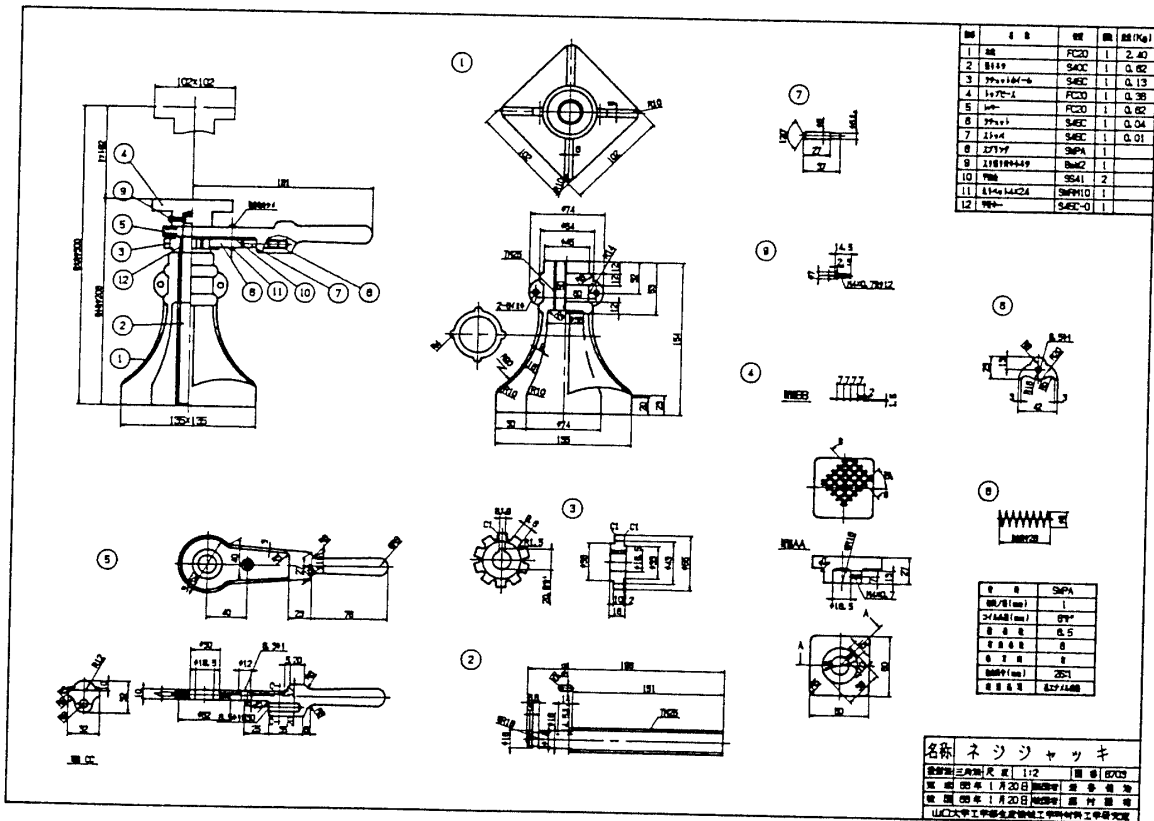


Fig. 5 (b) CAD drafting of a screw jack (from a sketch of it).



いる。

これまでに何枚かの作図例を示してきたが、手書きによる図面において、筆圧を一定に保ち線に濃淡の変化が少ないきれいな図面を書くことが、いかに難しいかが改めてよくわかった。ここに示した図面ではA1図面を縮小コピーしたもので、複写機の進歩により線の濃淡に修正が加えられているため、線などにかすれや乱れが少なく、CADで描いた図面との違いは一見あまりみられない、しかし実際に現場で用いる図面は青焼きを用いることが多く、この両者を青焼き図面にし比較するとその図面品位の差がはっきり出る。

今回の製図例は学部2年生が経験するものであるが、この5例から直ちにマニュアルとCADによる設計・製図教育に優劣を付けることは困難である。しかし製図作業に関してのみ言うならば、簡単な図面ではこれまでのなじみも手伝って手書きの方が有利であった。反対に複雑な図面ではCADの方が仕上がりの点では優れており、この他にも訂正が簡単にできること、正確に描けること、流用・編集が容易であるなどのメリットも多い。したがってCADの方がその機能を十分使いこなせれば、作図効果はかなり大きいと思われる。ただし手書き、CADどちらで作図する場合でも図面を描くための知識や読図力は当然必要である。

今、仮に一枚の図面を書く場合を考えマニュアルとCADによる作図の効率を比較してみる。この場合、読図力はこれを身につけるまでに同じ時間を費やすと考えると、手書きの方は作図のための技術を習得する必要があるが、CADではその操作方法を理解するだけで良いことになる。

これまでCADを使って来た経験から見て、使い始めてから約30時間位は手元に操作マニュアルが必要で、50時間程度で一通り使えるようになる。もちろん、CADの持つ機能すべてを完全に使いこなすにはやはり100時間以上は必要と思われる。しかし、専門のオペレータなどによる的確な指導が受けられればこの時間はもっと短縮が可能である。したがってこの機能を完全に習得することまでを考えても、作図技術を身につけるまでの時間よりCADの操作を身につけるほうの時間が短いと考えられる。

ただしCADによる製図では作図する時に融通がきかない面があり、製図教育を考えた場合このような問題にどう対応するかなども検討を要する。

したがって製図教育という観点から総合的に考えると、パソコンを自由に駆使できる程度の大学生を対象とすれば直接的なCAD教育よりは、マニュアルから入り最終的にCADに移る間接的なCAD教育の方が有効

であると考えられる。結果だけからみれば直接的な教育を取り入れる方が、早くCADを使いこなせるようになるであろう。しかし、大学が教育の場であることを考えると、単に図面が早く描ければよいというものではなく、CADの使い方だけは上達しても、製図の基本的なことが理解できていなければ無意味である。いずれにしてもまず読図力を身につける必要があり、標準となる製図法や表現するための製図規則を、習得させることが第一条件である。

### 3.2 材料設計

自分の考えている品物を図面として書き表わす製図も材料設計や強度計算が終了して初めておこなえるものである。特に材料の選択は、経済性などの問題も含めて設計上重要な作業である。そこでJISハンドブック鉄鋼<sup>9)</sup>のデータを入力の基本として鉄鋼材料の検索システムをパソコンによって製作した。これは、材料選択が設計・製図をおこなう場合に必ず解決しなければならない問題の一つであるため、その検索方法についてマニュアルによる教育と比較・検討する必要があったからである。つまり3年生の設計・製図教育の中で材料選択という点についてもコンピュータを導入することを考えてみた。

我々は材料の選択をするためにまず、その性質を調べることから始める。ところが、実際に調べ始めるとそのデータの多さに驚かされる。しかも一般の資料集では材料名を基準として編集してあるため、これを直接用いて材料名からその性質を調べることは容易でも、逆にその性質を満足するための材料を捜し出すことはかなり困難である。勿論このことはJISハンドブックでも同じである。

今回、3年生の教育テーマとして選んだ手巻きウインチの設計ではその設計方法が既に確立されており、参考資料<sup>4)5)6)</sup>も豊富であるため改めて材料選択する必要が無く、これらの一般的な資料集でも十分対応できた。しかし、まったく初めての設計を行う場合にはこれらの資料集では不自由な点が多く、材料選択にかなりの時間を消費するものと考えられる。

一方、以上の様な事柄を踏まえまずコンピュータが必要な情報を判断でき、材料名によるものと数値によるものの2種類の検索機能を持つ材料検索システムは、入力した材料名とこのシステム中の材料名(登録番号順)を照合することによって検索するもので、短期間にその性質を知ることができた。所要時間はその操作時間と待ち時間を合わせて40秒程度である。

同様に数値による検索では、検索項目に対して検索

システム内の個々の材料の値が、指定した範囲内に含まれるかどうかによって検索するもので多少時間を要した。しかし、これはシステム内に入力したデータがたとえば15~25あるいは25以上などのように範囲を持ったものがあるため、それらをすべてを一度数値に変換して検索を行う必要があったためである。例えば引張強さ、伸びなど3項目を満足する材料の検索を行った場合の所要時間は、その操作時間が5分30秒、待ち時間が2分30秒位である。

一般的な感覚としてデータ選択のための8分前後の時間は、待ち時間としては何十倍にも感じられ、ましてやコンピュータを前にして待つ応答時間は、必要以上に長く感じられることはよく経験することである。しかし、実際には単純な繰り返し作業を得意とするコンピュータの方が、マニュアルによる検索よりも明らかに迅速でしかも有効的である。

したがってコンピュータを教育に用いると、自分の用途に合ったプログラムを自分で作り出せるので、活用範囲が広がり、かなりのメリットを持つことはよくわかった。しかし、このシステムを作るのにはかなりの時間が必要でありさらに、データなどをプログラム中に組み込むのにもかなり時間がかかる。したがって、プログラムを作るための教育も設計・製図教育と並行して行う必要性がでてくるなど解決を要する問題も多い。

ただし、マニュアルとコンピュータのどちらの場合も最終的にどの材料を選択するかは、人間の判断を必要とする。したがって材料の性質などの基礎的な事柄はどちらの教育でも十分おこなう必要がある。

### 3.4 設計公式と設計計算書

製品を作製する上で設計計算は最も重要な過程である。特に設計公式は設計計算の中では不可欠であり、これを上手に使い切ることは設計時間の短縮に役立つものと考えられる。そこで、ここでも歯車や伝達軸などの一般的な設計に必要な公式の表示や強度計算<sup>7)8)</sup>などをコンピュータにより行わせる事を考えた。その中の平歯車の設計を例に取りマニュアルとの比較・検討をおこなった。

例えば伝達動力やピニオン側の回転数および歯数などを入力して平歯車の設計を行う場合、その一般的な手順としてまず、平歯車に関する諸公式を搜し出し設定条件を決定後設計計算を始める。しかしその設計過程にはピニオンの材料選定や荷重係数など多くの決定項目があり、かなりの時間を必要とする。特にモジュールの決定には接線力と許容接線力との比較をおこなう

関係上その値を何度も仮定し直す必要があり、最終決定までには多くの繰り返し計算を伴うことになる。

ここでFig. 6に平歯車の設計をおこなうのに必要な公式と材料特性を表示させた例を示し、Fig. 7ではその強度設計の一例を表示してみる。これらはコンピュータによる出力結果であるが、マニュアルによってもその設計過程は同じである。ただしここに示したものは設計計算の中の一部であり、歯車の構造の決定までにこの数倍の計算を繰り返す事を考えると、マニュアルではかなり手数を要することになる。

一般にマニュアルとコンピュータを比較した場合、コンピュータの最大のメリットは計算時間の短縮と言う形で現れ、その他にも計算ミスを防げる、不確実な設定条件でも計算の手間が省け結果の認識が容易、またFig. 8に示す計算結果のような様な体裁の良い計算書ができるなどの特徴がある。また、これらの事は平歯車に限らず一般の設計プログラムでも同様であるから、設計計算のみならずコンピュータを上手に使い切ることがいかに大切であるかが判断できる。

ここで教育という面から見た場合、コンピュータを取り入れた効果は大きい。しかしそれに費やす労力はそれ以上に大きい。たしかに公式などを搜し出す手間などはどちらも同じであるが、プログラムを実際に作るには公式などを十分に把握している必要があり、設計計算の方法やその設計手順が、自分で整理されていなければならない。逆にこれらをすべて理解した上でないと、当然プログラムそのものを作ることはできない。さらにコンピュータが使えるように教育することも容易ではない。

したがって、卓上計算機を使いこなすと同様にコンピュータが使えないと、今後の設計・製図教育においてもその効果は得られず、コンピュータを有効に使った教育内容について解決すべき問題も多い。しかし、積極的に検討を進めていく必要性は多分にあると思われる。

### 3.5 CADによる設計法について

今回は教育ということ念頭において設計・製図について検討してきたが、最後にCADを利用した設計法についての特徴<sup>9)</sup>を考察する。

一般にCADによる設計では、逐一入力設計、流用設計、編集設計、パラメトリック設計の4つの方法が報告<sup>10)</sup>されている。ここではこれらの特徴についての説明は前報<sup>11)</sup>でも述べたので省くが、これらのいずれかのみによって設計が進められるのではなく、それぞれの利点をその場その場でうまく活用することで設計の効率

\*\*\*\*\* ヒラギノールに加工される歯の寸法 \*\*\*\*\*

寸法	記号	式
モジュール	m	$m = d_0/z$
歯数	z	$z = d_0/m$
基準径(分度円)の寸法	$d_0$	$d_0 = z * m$
歯厚(分度円)の寸法	dk	$dk = d_0 + 2 * h_k$
歯槽幅(分度円)の寸法	dr	$dr = d_0 - 2 * h_f$
歯頂径の寸法	dq	$dq = d_0 * \cos A$
歯厚係数	t	$t = \pi * m$
歯槽係数	hk	$hk = m$
歯頂係数	hf	$hf = hk + ck >= 1.25 * m$
歯頂係数の差	ck	$ck = hf - hk >= 0.25 * m$
歯頂係数の和	h	$h = hk + hf >= 2.25 * m$
歯頂係数の差	a	$a = (d_0 + d_0) / 2 = m * ((z_1 + z_2) / 2)$

Hit return key !!

----- 材料の選定 -----

--- ヒョウ 1 ---

材料	硬度	引張強さ [kgf/mm <sup>2</sup> ]	伸び率 [%]	加工 Hb
-鉄鋼	(1)FC 15	7	>15	140-160
	(2)FC 20	9	>20	160-180
	(3)FC 25	11	>25	180-240
	(4)FC 30	13	>30	190-240
-鉄鋼	(5)SC 42	12	42-55	140
	(6)SC 46	19	46-57	160
	(7)SC 49	20	49-61	190
-合金 コウロウ鋼 クロム鋼	(8)S 25C	21	>45	123-183
	(9)S 35C	26	>52	149-207
	(10)S 45C	30	>58	167-229
-合金 鋼	(11)S15CK	30	>50	
	(12)SNC21	35-40	>80	
	(13)SNC22	40-55	>100	
-Ni-Cr鋼	(14)SNC1	35-40	>75	212-255
	(15)SNC2	40-60	>85	248-302
	(16)SNC3	40-60	>95	269-321
-Cr-Ni鋼	(17)SCM3	47	>95	300
	(18)SCM4	50	>100	320-340
	(19)SCM21	45	>85	500
	(20)SCM22	48	>95	500
-炭素鋼	(21) -	5-7	19-30	70-100

・ ヒョウ 1 には「引張強さ」の値 ..... (1)  
 ・ 材料の選定は「硬度」の値 ..... (2) による。

Fig. 6 Material design and design-formulae for a spur gear.

```

***** ヒラ ハク ルマ ノ キョウト セツケイ *****
(1) マゲ ツヨリ, スデアツヨリ ニヨル キョウセツセンリョク F ノ サシユウ
(a) マゲ ツヨリ ニヨル キョウセツセンカシ ユウ Fb
Fb = FI * y * Sb * m * b * fw * fv
(b) スデアツヨリ ニヨル キョウセツセンカシ ユウ Fc
Fc = fv * k * b * m * z1 * z2 / (z1 + z2)
y : ハカ タ ケイスウ
Sb : キョウマゲ セツリョク
m : モジ ュール
b : ハク
fw : カシ ユウ ケイスウ
fv : ソフト ケイスウ
k : セツリョク セツリョク ケイスウ
z : ハカシ
(2) テンタツ ト ウリョク ニヨル ヒョウキセツ ヲウ ニ ショウス ル セツセンリョク F1 ノ サシユウ
F1 = 102 * Lw * v
v = FI * d01 * n1 / (1000 * 60)
Lw : テンタツ ト ウリョク
v : ショウ ソフト
(3) セツセンリョク F1 ト キョウセツセンリョク F ト ノ ヒカク
・ F1 < F ノ ハク アイ OK !!
・ F1 > F ノ ハク アイ モジ ュール ノ ハクコウ
Hit return key !!

* カシ ユウ ケイスウ fw ノ クツチイ
(1) カシ ユウ カ シス カシ サヨウスル ハク アイ fw = 0.80
(2) カシ ユウ カ ハク ト ウ スル ハク アイ fw = 0.74
(3) ショウケ キカシ ユウ カ サヨウスル ハク アイ fw = 0.64
(1) ... (3) ト レ ? 1

* ソフト ケイスウ fv ノ クツチイ
シヨルイ
(1) チイソク フツウ ハク ルマ v <= 5 3.05 / (3.05 + v) キカイ シアケ
(2) チュウソク セイミツ ハク ルマ (A) v = 5 ~ 10 6.1 / (6.1 + v) セイミツ シアケ シェーヒ ソク
(3) チュウソク セイミツ ハク ルマ (B) v = 10 ~ 20 15 / (15 + v) セイミツ シアケ ケンマ
(4) コウソク コウセイミツ ハク ルマ v >= 20 5.5 / (5.5 + (v / 5) ^ 1.5) ケンマ ラッ プ シアケ
(1) ... (4) ト レ ? 1

***** キョウウト ケイサン ノ クツカ *****
・ ハカ タ ケイスウ y = .078
・ キョウマゲ セツリョク Sb = 9.
・ モジ ュール m = 12.
・ ハク b = 120.
・ カシ ユウ ケイスウ fw = .8
・ ソフト ケイスウ fv = .252112228

```

Fig. 7 Designed strength data for a spur gear (bending strength, tooth surface pressures and other various strengths).

\*\*\*\*\* ヒラバワールマ(ヒ°ニオン) ノ セツクイ ニ ヨクル ケイサンケツカ(ケツテイチ) \*\*\*\*\*

<<< セツクイ ショウケン >>>

- |                    |       |       |       |
|--------------------|-------|-------|-------|
| (1) サ°イシツ          | チュウテツ | FC 20 |       |
| (2) テ°ント°ウ ト°ウリョク  | Lw =  | 25.0  | [kw]  |
| (3) ヒ°ニオン ノ カイテンスウ | N1 =  | 1200  | [rpm] |

<<< ケイサン ケツカ >>>

		ヒ°ニオン	キ°ヤ
・ モシ°ヨール	m	12.0	12.0
・ ハカズ°	z	12	21
・ アツリョク カク	A	20	20
・ キシ°ユニヒ°ツチ円 チョツクイ	d0	144.00	252.00
・ ハサキ円 チョツクイ	dk	168.00	276.00
・ ハソ°コ円 チョツクイ	dr	114.00	222.00
・ キソ°円 チョツクイ	dg	135.32	236.80
・ 円°ツチ	t	37.70	37.70
・ ハマツ ノ タケ	hk	12.00	12.00
・ ハモト ノ タケ	hf	15.00	15.00
・ チョウケ°キ	ck	3.00	3.00
・ セ°ンバ° タケ	h	27.00	27.00
・ チュウシ°カシ°キヨリ	a	198.00	198.00
・ ハソ°	b	120.00	120.00

コノ ケイサン ケツカ テ° モシ°イ°ハ° アリマセン

Fig. 8 Calculated numerical design data for a spur gear.

が上がる事が、CADを利用してよく理解できる。またボルト、ナット等のように図面に多く出てくる図も手書きではその都度書いていたが、CADではシンボル機能、パラメトリック機能を活用すれば、その図を呼び出すだけでよいので設計の効率を上げることができる。特に、パラメトリック設計は図形定義は必要であるが、寸法の異なる類似形状の図形を作製していくには修正や追加の必要がないので非常に有効な手段である。

これらすべての設計で共通していえることは、標準となる図面をより多く蓄積し上手に管理する必要があるということである。また、プログラムとして登録したパラメトリック機能に対し、標準部品などの形状をパターンとして登録するシンボル機能も、同じ図形を何度も使う場合などにおいて、入力省力化や製図ミスの防止の上で欠かせない機能の一つである。

また、これまでCADを使って来て言えることは、本来CADによる設計では図面データの正確さが特徴であり、それゆえCAMへの展開もできる。したがってCADによる設計では、図面データを有効に利用するためにも誇張や曖昧な表現を行わず、詳細図などを多く用いて寸法を示すのが良いと思う。

新規の設計の場合は逐一入力設計が多くなるため製図の段階では手書きに比べて大きな効果が得られると

は言いがたく、またCADのシステムをあるがままに使用するだけでは手書きの場合と大きな差は見られないので、使う側が自分にあったソフトなどを積極的に付加しなければそのメリットが十分には生じないことも留意すべきである。しかし、今後同種類の機器の設計をする場合には図面の流用や変更が容易なことから設計期間の大幅な短縮が期待でき、また高品質の図面が得られるのでCADによる設計は設計機能の向上に十分効果があると考えられる。

#### 4. 結 言

設計・製図教育においていずれはCADが導入されることを考えて、今回マニュアルによる設計とCADを含んだコンピュータによる設計教育について両者の比較を行い次のような結果が得られた。

- (1) 完成した図面だけの比較ではCADの方がはるかに体裁が良い。
- (2) 図面を理解するための読図力はマニュアルとCADによるどちらの教育でも必要不可欠であり、自分で経験を重ねて習得しなければならない。
- (3) 図面をきれいに描くためのテクニックはCADでは必要としない。
- (4) 手書きにより体裁よく図面を仕上げる技術の習得

時間とCADを使いこなせるようになるための習得時間を比較すると、CADの方が短期間でよいのでこの点ではCADによる教育の方が効率が良い。

(5) 製品の設計・製図をする場合、設計における規則を人間が記憶するよりコンピュータのルールの方がはるかに便利で正しい場合が多い。ただし、逆にコンピュータではわずかな事でも融通がきかない面がある。

(6) 既に作られたプログラムやCADで描いた図面の流用は作業時間短縮などには有効的であるが、これに頼りすぎると要領だけがよくなり、基本的なことを理解しないままになる可能性もあるので注意を要する。

(7) 教育という面から考えると、基礎を理解させるためにも直接的なCAD教育よりは、マニュアルから入り最終的にCADに移る間接的なCAD教育の方がより有効ではないかと考えられる。

ただし、現段階ではどこまでをマニュアルで教育して基本を理解させれば良いのか、あるいはいつCADに移るのが良いのかなどの目安は明らかになっていない。この点についてはコンピュータおよびCADを教育にどのように生かすか、各プログラムの活用法、CADを取り入れるための準備などを検討中であり、今後の課題にしたい。

#### 考 参 文 献

- 1) 茨城大学工学部製図研究会編, JISによる実用的な設計製図法, 理工図書, (昭57).
- 2) 大西 清, JISに基づく標準製図法, 理工学社, (昭60).
- 3) JISハンドブック鉄鋼'84, 日本規格協会.
- 4) 上野 誠, 手巻きウインチ, パワー社, (昭60).
- 5) 機械設計研究会, 手巻きウインチの設計, 理工学社, (昭45).
- 6) 新井康司, 手巻きウインチの設計, パワー社, (昭46).
- 7) 櫻井恵三・ほか4名, パソコンを活用した機械要素設計, 日刊工業新聞社, (昭59).
- 8) 杉田 稔・杉田耕造共著, パソコンによる機械設計計算法, 日刊工業新聞社, (昭59).
- 9) 瀧本昭夫・ほか3名, 日本設計製図学会講演論文集, 88-秋季, (昭63), 15.
- 10) 機械設計12月別冊, CAD/CAM活用チェックポイント, 日刊工業新聞社, 31-19, (昭62).
- 11) 瀧本昭夫・ほか5名, 山口大学工学部研究報告, 39-1, (昭63), 55.

(昭和63年10月15日受理)