

パソコンおよびCADによる機械設計について

瀧本 昭夫*・藤村 謙祐*・岩谷 健治*

藤井 敏男**・長谷 文雄***・原田 太祐****

On the Machine Designing by Use of a Personal Computer,
the M-Draf 16 with its 2-D CAD System

Akio TAKIMOTO, Kensuke FUJIMURA, Kenji IWATANI

Toshio FUJII, Fumio HASE and Taisuke HARADA

Abstract

A manual-control which (capacity ; 1.5 ton-2.5 ton and 10m-50m), a kind of lifting machine and a spherical tank for high-pressure use (capacity ; 500-3000 m³) were designed as a trial, employing a personal computer, a 2-D personal computer based CAD system; the M-Draf 16, the intelligent plotter ; iP-100A₂ and so on to get an economical and convenient personal computer design system. All data of commercial steels (JIS. TEKKO-BINRAN) are filed in the system from which various useful lists of design data can be derived as one's will in a few seconds. Detailed calculation programs for designing the which and the tank are programed in the system which can be applied to the machines of the capacities mentioned above, and their calculated results are printed out easily by giving necessary input data. The M-Draf 16 is operated with these data and the two-dimensional machine designs are drafted by the plotter. Their design examples are given. From the above, it is concluded that the personal computer CAD system, namely, a personal computer, M-Draf 16 and the 2-D plotter combined as this example are useful and economical tools in replace of the expensive 3-D system in such a practical machine designing.

1. 緒 言

今日の技術革新や産業の発展はFA (Factory Automation) やOA (Office Automation) に代表されるように、コンピュータの発達に負うところが多い。生

産活動の中で最も合理化が困難だとされていた機械設計の分野においてもCAD (Computer Aided Design) が盛んに導入されて合理化が進められ、成果があげられている。その背景としては需要の多様化、ライフサイクルの短期化、小品種大量生産から多品種少量生産への移行あるいは重厚長大から軽薄短小への転換などが考えられ、したがって大学教育においてもCAD教育はもはや避けて通れない情勢となっている。

一般にCADシステムには、3次元作図やシュミレーション用モデルの作製など広範囲の高い機能をもつ大型の本格的なものから利用範囲や性能に制限はあるも

*生産機械工学科

**大学院生産機械工学専攻

***生産機械工学科〔現・リョービ㈱〕

****生産機械工学科〔現・三陽機器㈱〕

の小さな投資で活用できるパソコン CAD などに至るまでその種類は様々である。そこで今回は CAD 教育の足がかりを得るために、設計現場で高い評価を得ている製図機能を主眼にした CAD システムと設計計算用としての 8 ビットパソコンを併用しての設計製図を卒業研究を兼ねて試行した。具体的にはまず JIS 鉄鋼便覧他をもとにした材料データファイルを作製し、さらに手巻きウインチと圧力容器（球形タンク）の設計製図を実施したのでその概要を報告する。

2. 使用機器の概要と実施内容

2.1 使用機器の概要

今回使用した主な機器は次のとおりである。

a) パーソナルコンピュータ

富士通製 Fujitsu Micro-11AD2

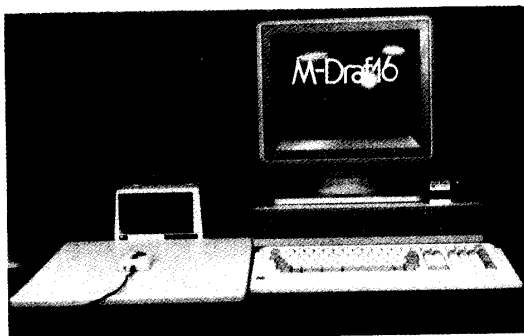
(言語: BASIC 09)

プリンタ

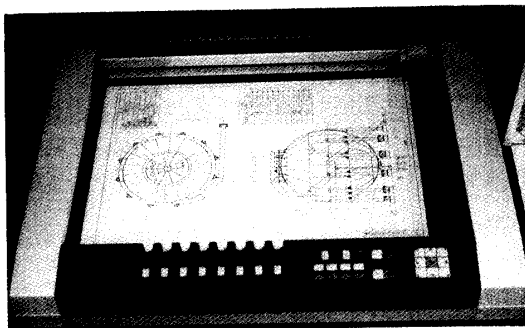
エプソン製 MP-80

b) 2次元パソコン CAD システム

武藤工業製 M-Draf16 (Photo.1)



(a)



(b)

Photo. 1 A 2-D CAD system based on a personal computer.

(a) Mutoh M-Draf 16

(b) Intelligent plotter ; iP-100A₂

プロッタ

武藤工業製 iP-100A₂ (Photo.1)

2.2 実施内容

今回は二例の設計、製図を行ったが、いずれも製図機能を主体とする 2 次元 CAD システムを設計計算の面でパソコンを使ってサポートさせるという形をとった。すなわち、

(1) 鉄鋼材料データファイルの作製

機械設計においては経済性などの問題も含めて適切な材料の選択が重要である。そこで、鉄鋼材料データ・ファイル・システムをパソコンによって製作することを考えた。今回は“JIS ハンドブック・鉄鋼”²⁾のデータを入力の基本とした。このハンドブック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は調べられても逆に必要な性質を満足する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 ハンドブックに限らず他の一般の資料でも同じである。このような不便を多少でも解消するために、まずコンピュータが必要な情報を判断でき、大掛かりなホストコンピュータや市販のソフトなどを使わずに一般に使用されているパソコンを用いて材料選定ができるようなデータファイル製作を試みた。そのためには 1 M バイトフロッピーディスク 3 枚計 9 つのファイルが必要とした。更に今後このデータファイルの情報を追加、変更あるいは削除のことも考えてエディット機能も付け加えた。

(2) 手巻きウインチの設計

この場合は自動設計に近づくことを最大の目的とし、したがって設計条件を入力することにより人間とコンピュータとの“対話”を全くはさまない形で各部の寸法を決定することを前提とした。一般に機械を設計するに当たっては、機能設計が完了すると力学的に各部の強度を計算しその安全性を確かめる必要がある。そのためこのデータ・ファイル・システムを併用して、市販文献^{3),4),5)}を参考にしながらパソコンによりウインチの設計計算⁶⁾を行った。ここでは巻き上げ荷重と揚程を入力することにより各部の寸法を計算し決定することができる。なお先に製作したデータ・ファイル・システムは一般的な機械の設計用としてまとめてあり、またその上設計の対象物をどこまで広く扱うかという問題もあり、非鉄材料などのデータまでインプットするには至っていない。そのためウインチ設計プログラムではそこに用いる材料を直接には自動選択することはできないが、データファイルを使用して材料名さえ決定すればその後は自動的に検索、計算できる構造に

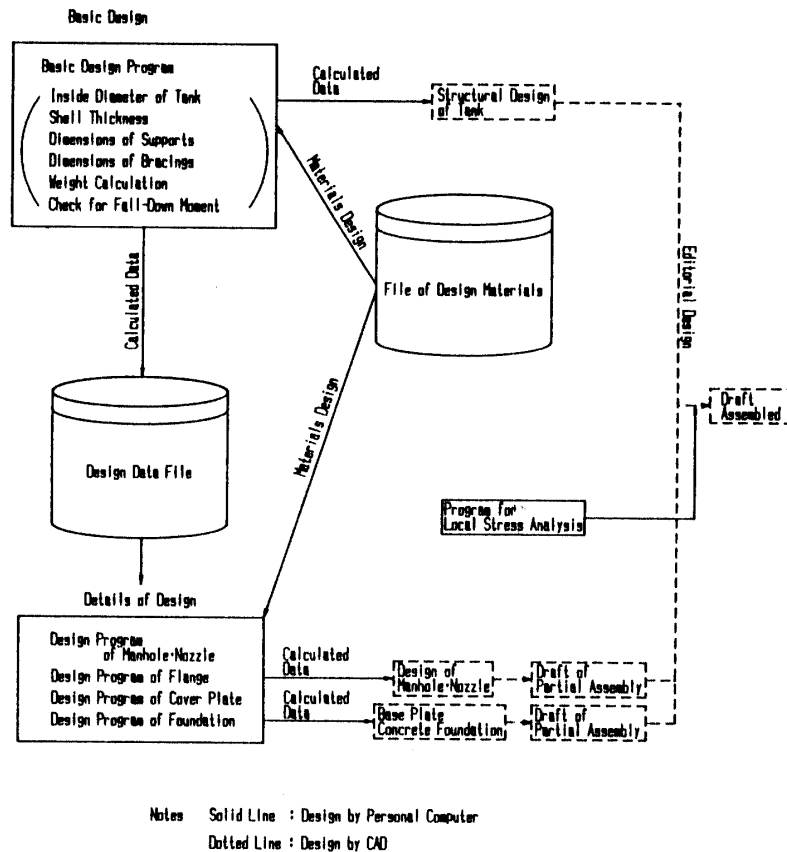


Fig. 1 Block diagram for designing a spherical pressure tank.

なっている。

ここで得られた計算結果は、それぞれの部品の各寸法を変数形で表しパソコンの出力結果としてプリントアウトされる。以上の結果を用いてCADシステムにより製図を行うが、設計手順そのものは従来の手書き^{7),8)}と大きくは変わらない。すなわち、タブレット・デジタイザを使ってスクリーン上に対話形式で作図しX-Yプロッタにより製図する。プロッタによる製図は手書きに比べて当然高精度かつ迅速に行われる。

(3) 圧力タンクの設計

ここでもパソコンはCADによる設計をサポートする役目にあるという考えに沿って設計を進めた。まず基本設計⁹⁾の段階では仕様を検討し、その概略構造をCADで決定後、基本設計プログラムによりタンクの形状を決定する数値を算出した。このプログラムでは設計条件を入力するとタンクの形状（内径、板厚、支柱長さ等）に関する寸法の出力と支柱、斜材に働く応力および強風、地震時における転倒条件に対する検討を行う事ができる。またこのプログラムは対話形式になっており、必要なところでJIS規格等^{10),11)}を参照しながら

設計計算を進めていく。なお、計算結果は設計データファイルに保管し、詳細設計^{12),13)}の段階で参照できるようにした。

詳細設計では基本設計をもとにマンホール、ノズル、蓋板、フランジあるいは支持部などの設計計算をパソコンで行い、その計算結果を用いて、CADの機能を使い作図を行った。Fig. 1にパソコン及びCADによる球形タンクの設計の手順を示す。

3. 検討および考察

この手巻きウインチ設計にあたって作製したデータファイル・システムは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っている。Fig. 2に材料名による検索結果を示すが、この機構は入力した材料名とデータファイル中の材料名（登録番号順）を照合することによって検索するもので短時間に出力できた。同様に数値による検索結果をFig. 3に示す。こちらは検索項目に対してデータファイル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

一般構造用圧延鋼材

NO.1	JIS G 3101(1976)	種類: 1種	記号: SS34	¥	LIST:1-1-1-1
★ 機械的性質 ★					
主成分 [%]	1. Fe 2. 0.050P d 3. 0.050S d		曲げ強さ 6 _b		[Kgf/cm ²]
縦弾性係数 E	[Kgf/mm ²]		内側半径	0.5 D 1,2号	
ポアソン比 ν			曲げ角度	190 1,2号	[°]
横弾性係数 G	["]		せん断強さ		
引張強さ 6 _u	33 ~ 44 [Kgf/mm ²]		せん断試験		
降伏点 6 _y	18 ~ 21以上 ["]		衝撃試験		[Kgf]
試験伸び 6 _{0.2}	21 ~ 30以上 [%]		硬さ試験		[°C]
試験絞り e	[%]				

★ 物理的性質 ★		★ 化学的性質 ★	
比重		腐食性	.....
比熱 [cal/g·c]		酸化を伴う腐食に強い.....(A)	
融点 [°c]		耐酸化性酸, 耐さび腐食.....(1)	
熱膨張係数 [1/°c]		耐酸化を主とした耐熱.....(2)	
熱伝導率 [cal/cm·s·°c]		耐さび腐食.....(3)	
電気比抵抗 [μΩ·cm]		酸化を伴わない腐食に強い.....(B)	
		耐塩酸, その他の非酸化性酸.....(1)	
		耐熱酸, その他の非酸化性酸.....(2)	
		耐アルカリ.....(3)	
		コスト	.....
		登録日	..... 87/08/21
摘要: 鋼板、鋼帯、平鋼及び棒鋼			

Fig. 2 An example of the reference to a material's name (ss34: mechanical, physical and chemical properties).

るもので多少時間を要したが、これはファイル内に入力したデータが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、それらすべてを一度数値に変換して検索を行うためである。Fig. 3に示す例は引張強さ、伸びなど3項目の検索を行った場合であるが最大4段階まで可能なためかなり有効な検索システムと思われる。またこれに入力されているデータは材料名で1500種類あり、それらのおおのについての項目が30余りで更に丸棒や板材などの形状条件も含まれ要

素の数は多大なものである。したがってそのデータをどのように応用するかは人間の判断を必要とするが、一定条件をみだすデータを捜し出すという事に限ればかなり広く応用できる。ただし、先の実施内容のところでも触れたように自動設計ということを第一条件に考え直してみると、広範囲な機械設計を目標としたために設計対象を絞り込むとその適応性に問題点もあり改良の余地を残している。

次にウインチの設計計算プログラムによる出力結果

No.	材 料 名	引張強さ	伸 び	降 伏 点	
1	SS34	33 ~ 44	21~30以上	.....	.....
2	SV34	34 ~ 41	27~34以上	.....	.....
3	SBC31	31 以上	25~33以上	.....	.....
4	SGDA	30 ~ 40	26~31以上	.....	.....
5	SRB34	34 ~ 41	21~30以上	.....	.....
6	SBR39	39 ~ 53	17~24以上	24 以上	.....
7	SR24	39 ~ 53	20~24以上	24 以上	.....
8	SD24	39 ~ 53	18~22以上	24 以上	.....
9	SAPH32	32 以上	26~40以上	.....	.....
10	SAPH38	38 以上	25~37以上	22~23以上	.....

No.	材 料 名	引張強さ	伸 び	降 伏 点	
11	SRR24	39 ~ 60	20 以上	24 以上	.....
12	SDR24	39 ~ 60	.....	.....	.....
13	SGD30-D	35 ~ 75	.....	.....	.....
14	SPHT2	35 以上	25~32以上	.....	.....
15	SPCC	28 ~ 60	10~39以上	.....	.....
16	SPCD	28 ~ 60	10~41以上	.....	.....
17	SPCE	28 ~ 60	10~43以上	.....	.....
18	SCMV1	39 ~ 56	18~22以上	23 以上	.....
19	SCMV2	39 ~ 56	19~22以上	23 以上	.....
20	.....	34 以上	27 以上	.....	.....

Fig. 3 An example of the reference to tensile strength (30~40kgf/mm²), elongation (20~30%) and yield strength (22~32kgf/mm²).

を Fig. 4 に示す。これは Fig. 5 の変数説明図を参照するとわかるように、部品の各寸法を変数に置き換えて表したものである。例えば出力結果の DR (8)=468 は巻胴に取り付けるエンドプレートの外形寸法を示している。これは先に製作したデータ・ファイル・システムを随時利用しながらウインチの機能設計を完了し、パソコンを使った設計計算プログラムによって得られたものである。ここで、自動設計を行うためには部品の各部の寸法すべてを知る必要があり、寸法の変数置換は出力結果を把握しやすくするためである。したがって自動設計は既にその設計法が確立されている装置でなければ活用できないと言える。

以上の結果をもとに CAD を使用して部品図を製図した。その図面の一例を Fig. 6 に示す。また Fig. 7 は

同様に描いた巻き上げ荷重 2.5ton、揚程 20m の手巻きウインチの組立図である。

ところで、CAD を利用した設計を繰り返しているとその手法として逐一入力設計、流用設計、編集設計およびパラメトリック設計の 4 つの場合に分類できくる。勿論このいずれかによって設計が進められるのではなくこれらの利点をその場その場でうまく利用することで設計の効率を上げることができるがその特徴を簡単にまとめてみると、逐一入力設計では CAD のもつ図形作製機能と図形操作機能を使いその都度入力することになるのであまり能率は上がらない。流用設計は既製の図面に修正を加え再利用する方法で多くの設計データが蓄積されているほど効果はあがる。登録した部品を組み合わせて図面を完成させる編集設計では、

ウインチ ノ セツクイ ケイザン プログラム ニヨル シュツリョウ ケツカ(1)

1. スウチ イガイ ノ ケンズウ

1-1. ローフ ノ ヨビ

ROFENAME: フツウゾリ、ハク カアシヨ、ローフ ケイ18. [mm]

1-2. シュウフ プ ノ サイヅ

DRUM_M: SM41

H_MATER(1)= S35C H_MATER(2)= SC42 H_MATER(3)= SC42
H_MATER(4)= SC42

MATER(1)= S45C

2. スウチ ケンズウ

2-1. ローフ カンクイ スウチ

RP(1)=18. RP(2)=15. RP(3)=17.8
RP(4)=1.18

2-2. マキトウ カンクイ スウチ

DR(1)=27. DR(2)=400. DR(3)=50.
DR(4)=360. DR(5)=11. DR(6)=16.
DR(7)=20. DR(8)=468. DR(9)=380.
DR(10)=510. DR(11)=4. DR(12)=450.
DR(13)=.0 DR(14)=73. DR(15)=75.
DR(16)=96. DR(17)=36. DR(18)=9.
DR(19)=23. DR(20)=46. DR(21)=115.
DR(22)=35. DR(23)=454. DR(24)=21.
DR(25)=20. DR(26)=1200.

2-3. リーモートル カンクイ スウチ

RB(1)=6. RB(2)=16. RB(3)=695.
RB(4)=271. RB(5)=60. RB(6)=29.
RB(7)=18. RB(8)=10. RB(9)=24.
RB(10)=27.7 RB(11)=14.

2-4. ケンソクヒ カンクイ スウチ

GS(1)=29.7 GS(2)=.02

2-5. ハク ルマ カンクイ スウチ

H_m(1)=5. H_m(2)=5. H_m(3)=8.
H_m(4)=8.
H_z(1)=12. H_z(2)=73. H_z(3)=14.
H_z(4)=97.

Fig. 4 A list of data computed for each part of the winch whose capacity of 2.5ton and 20m,

標準部品を多く登録しておくことで能率をあげられる。またパラメトリック設計は Fig. 8 に示すように図形を定義言語で記述し、使用するとき設計者が定義したパラメータ変数に定数を与えて、寸法の異なる類似形状の図形を作製していく方法である。図形定義が必要であるが類似形状には修正や追加がいらぬ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ことである。プログラムとして登録する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がある。Fig. 9 に示したのは溶接記号をシンボル登録したもので、同じ図形を何度も使う場合など入力省力化や製図ミスが防止できるきので利用技術の向上には欠かせない機能の一つである。

圧力容器の設計では、前に示した流れ図 (Fig. 1) における基本設計段階および詳細設計段階においてそれぞれ個別のプログラムを作製した。これは先のウインチ設計がコンピュータとの対話を全くはさまない形で考えたのに対して、圧力容器設計では対話形式で設

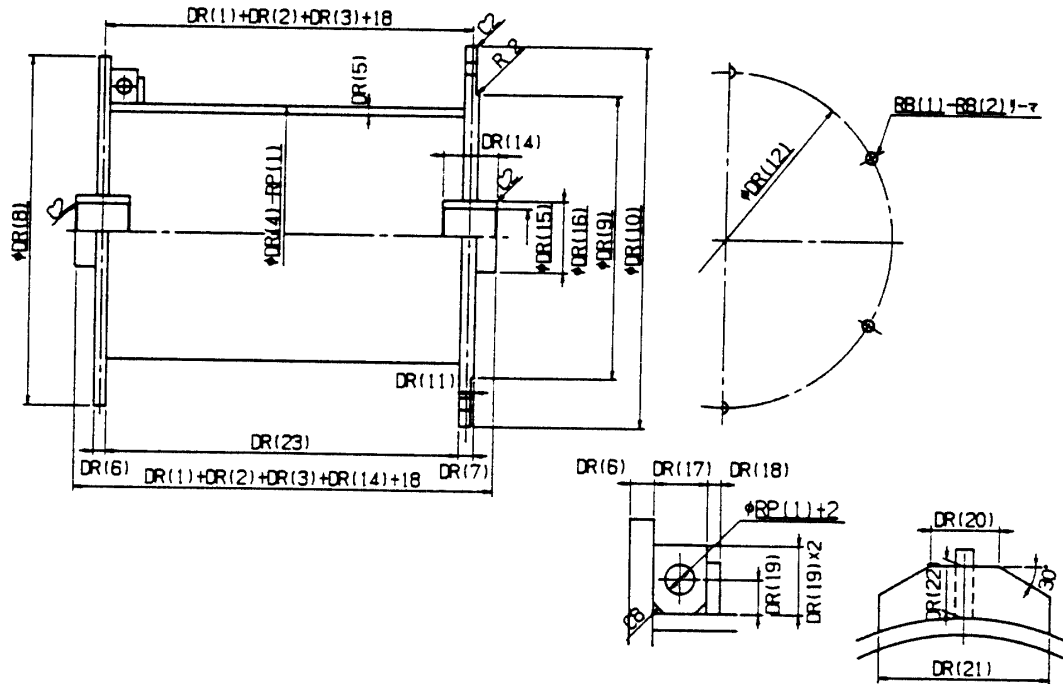


Fig. 5 Variables set for the drum in designing the winch.

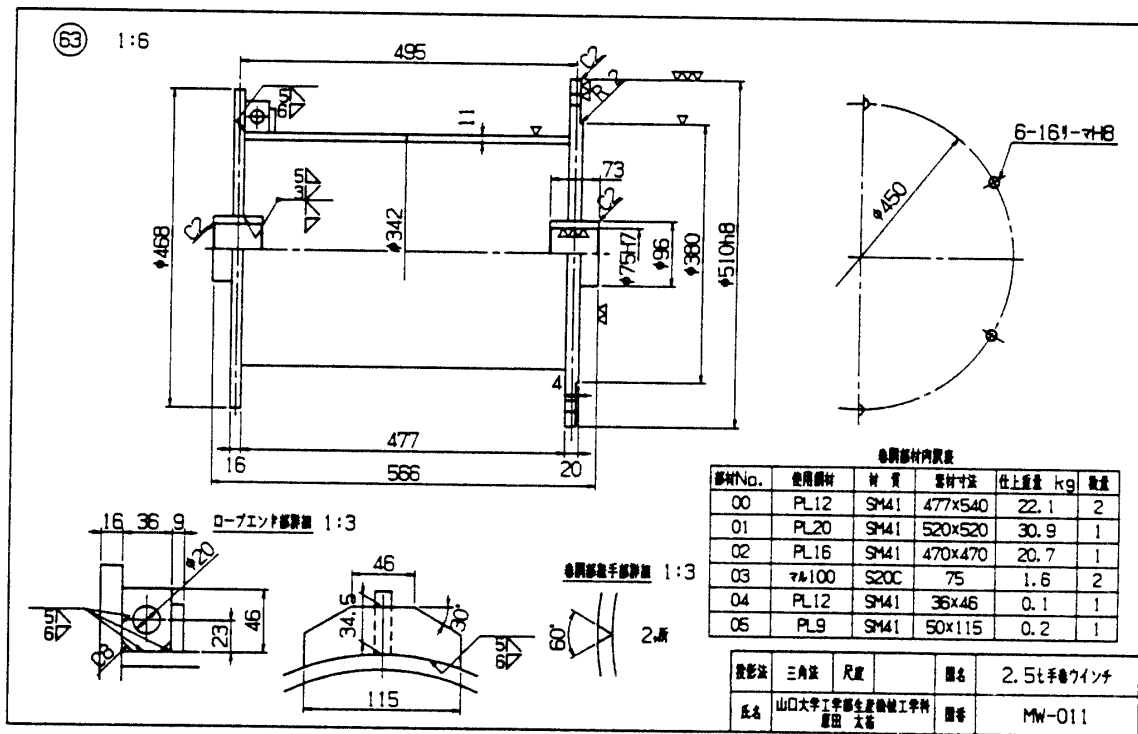


Fig. 6 Draft of the partial assembly for the winch.

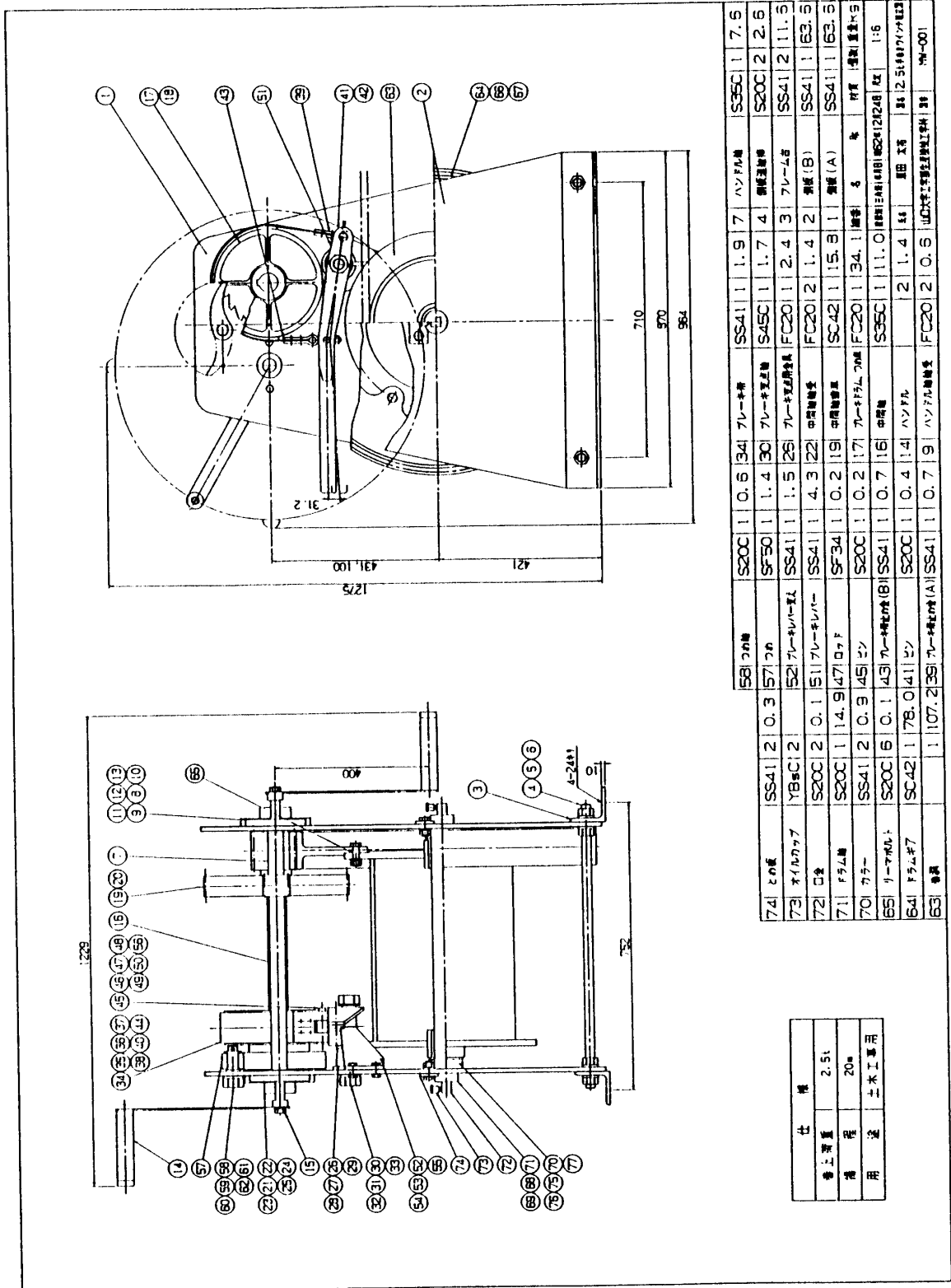


Fig. 7 Draft of the total assembly for the winch.

パラメトリック管理

No. _____

題名: フランジ
 ファイル名: FRANGE
 発注日: 87/12/10

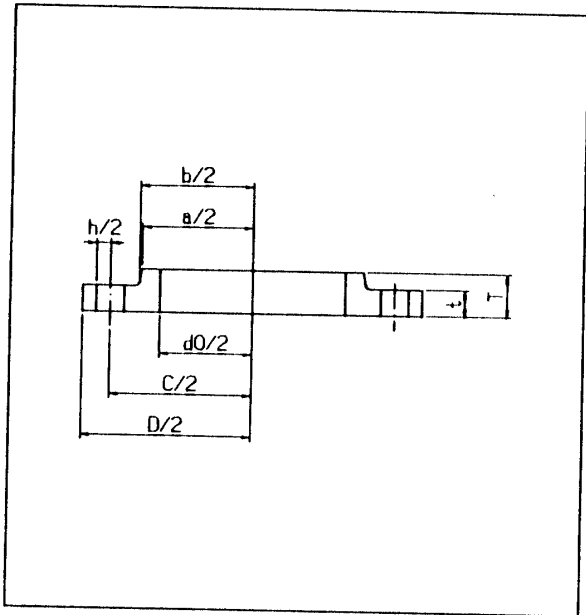


Fig. 8 An example of the parametric control of the dimensions of a flange.

計していくことにより設計の自由度を大きくする事に重点を置いたためである。

今回の二例はCADによる設計をいずれもパソコンがサポートしているが製図機能が主体の2次元CADシステムでは、あくまでも対話形式で設計していく事を重視するべきでありパソコンによる設計計算プログラム、設計資料ファイルなどもそれに合わせて作製するのが最善の方法と思われる。逆にすべての要求をサポートするためのデータシステムは一般のパソコンでは対応しきれず設計対象を絞り込み、それぞれの段階においてCADのCRT上で検討を行いながら設計を進めることが大切である。

このようにして作製した図面の中で Fig. 10は部品図の一例を、Fig. 11は公称容積1000m³の球形タンクの組立図を示す。

最後に今回2次元CADシステムM-Draf16を使用してみて若干気付いた点があるので列挙してみる。

シンボル管理

No. 001

題名: 溶接記号
 シンボル名: YK#R or YK#L
 日付: 87/11/11

01	02	03	04	05
06	07	08	09	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25

Fig. 9 The symbol control used for welding.

- (1) A 2サイズ用に仮想尺度を決定し、作図完了後にA 4などに変更すると、注記要素が仮想尺度の影響を受けるため図面のバランスがとれない。(注記要素の書き換えが必要となる)
 - (2) 注記の寸法線の矢印が狭い所では書けない。
 - (3) オフスクリーンコマンドの位置は探すのにとまどう。タブレット上に表示してあれば便利。
 - (4) ファイルの呼び出しがリストから直接インジケータ(赤色の星印)で出来るとよい。
 - (5) SAVEの時ファイル名が英数字8文字であるためファイル名で図面管理するのに不便。もっと多くの文字が使用でき、さらにはかな文字や漢字などがつかえると都合がよい。
 - (6) プロッタのバッファの中身が途中で消せない。リセットボタン、メインスイッチのどちら側を切ってもクリアできなかった。
- これらのことは当然メーカーでは熟知しておられ鋭意

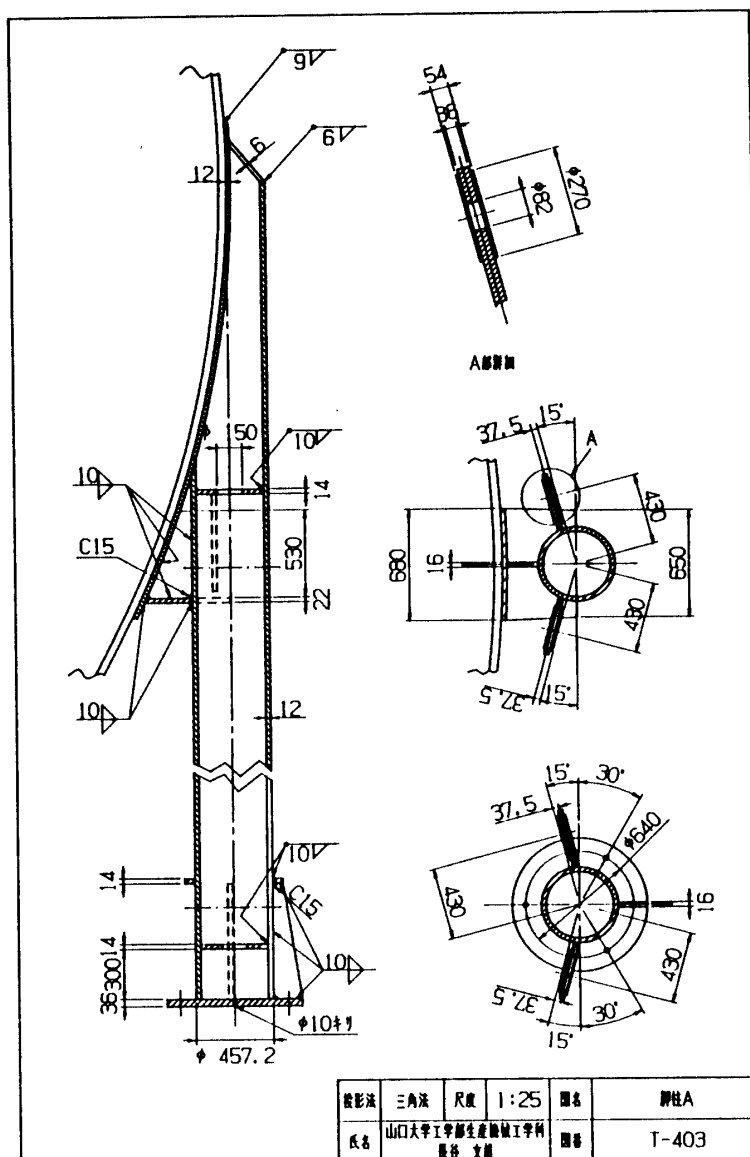


Fig. 10 Draft of the partial assembly for the spherical tank of 1000m³.

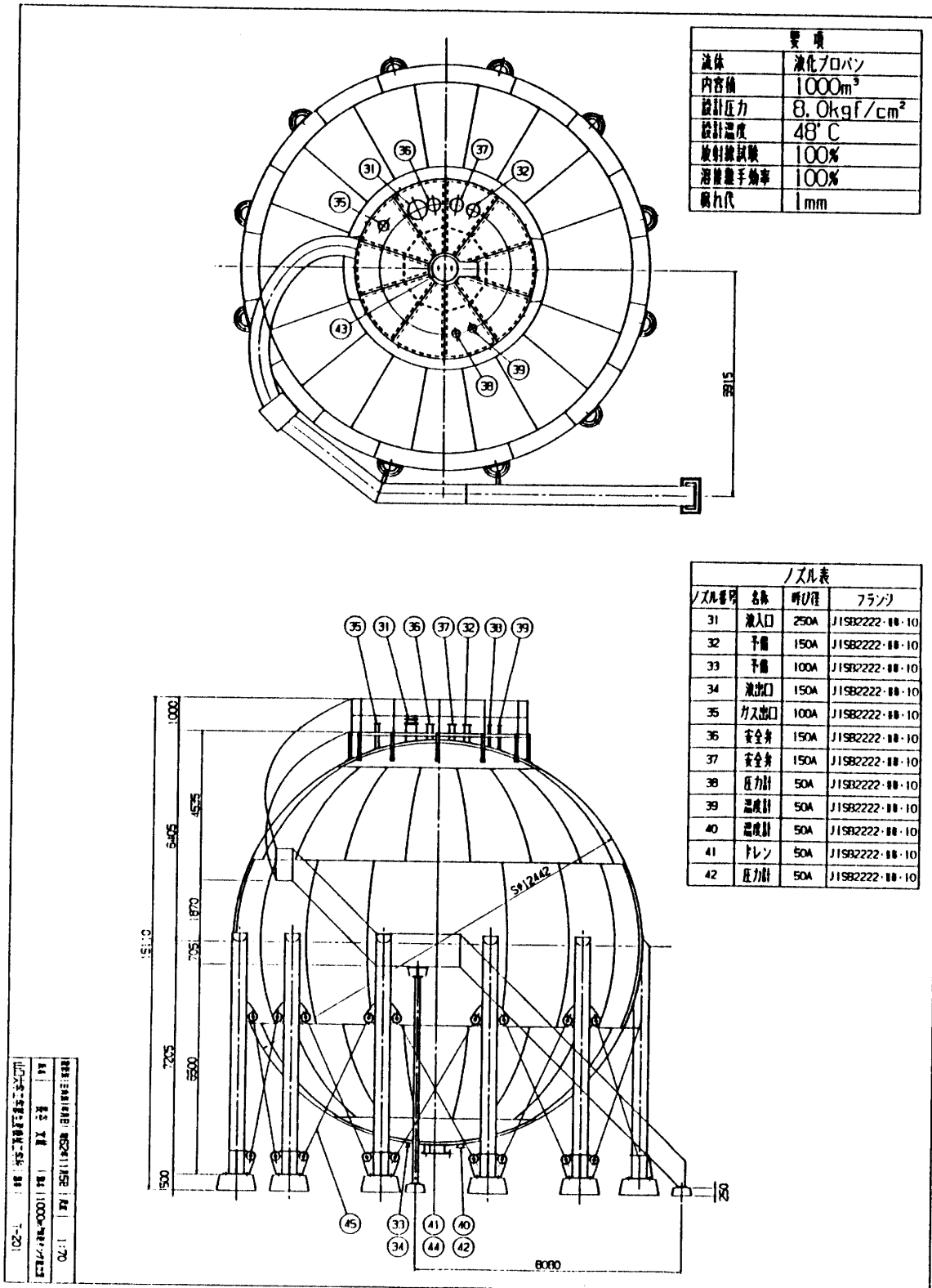


Fig. 11 Draft of the total assembly for the spherical tank.

改良を進めておられると考えられ、現にこの1年間でもこのシステムは Ver. 1.41から Ver. 1.43, Ver. 1.51, Ver. 1.61と4段階もバージョンアップされており使いやすくなった。コストとの関連もあるのでユーザの希望通り無制限の機能アップは難しいであろうが一層の改善が望まれる次第である。

また反面ユーザとしては現有の装置の機能をよく理解して創意工夫により十分に活用することがいかに重要であるかも痛感した次第である。

4. 結 言

製図機能を主眼にした2次元CADシステムと設計計算を受けもつパソコンを併用することにより実際の設計、製図業務をどのように有効に行えるかを2つの設計事例で検討し、つぎの様な結果を得た。

- (1) この方法を用いることによりコンピュータが最も得意とする繰り返し計算の機能が設計作業の中で活用でき、従来の様な手計算、手書きに比べて能率アップする。
- (2) 図面データの蓄積により流用設計、編集、変更が容易にでき設計の能率をあげる事ができる。
- (3) 会話形式で設計を進めて行く方が設計の自由度が大きい。
- (4) 自動設計は設計技法が確立している設計対象でなければ活用できない。したがってCADによる設計に向くものとそうでないものがある。
- (5) コンピュータによる設計技法を確立するためには材料の諸性質、設計計算式および計算結果の規格化という3要素の広範囲にわたる包括的データ・ベースの作製が必要である。

緒言でも述べたように本研究は昭和62年度の卒業研究^{14),15)}を兼ねて実施したものであるが、以上の点からみ

て設計対象をよく選定すれば今回使用したクラスのCADシステムでもその機能をよく理解して活用することにより設計、製図を従来の手計算、手書きに比べかなり能率よく実施でき、かつ出来上がった図面も正確なものになることが明らかとなった。

参 考 文 献

- 1) 機械設計10月別冊, パソコンCADの導入事例, 日刊工業新聞社 (昭62)
- 2) JISハンドブック鉄鋼'84, 日本規格協会
- 3) 上野 誠, 手巻きウインチ, パワー社, (昭60)
- 4) 機械設計研究会, 手巻きウインチの設計, 理工学社, (昭和45)
- 5) 新井康司, 手巻きウインチの設計, パワー社, (昭和46)
- 6) 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, (昭和59)
- 7) 大西 清, JISに基づく標準製図法, 理工学社, (昭60)
- 8) 茨木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)
- 9) 松居國夫, タンクの設計, パワー社, (昭55)
- 10) JIS B 8243, 圧力容器の構造, 日本規格協会, (昭58)
- 11) JIS B 8250, 圧力容器の構造 (特定規格), 日本規格協会, (昭58)
- 12) JIS 圧力容器編集委員会, JIS 圧力容器一解釈と計算例一, 日本規格協会, (昭54)
- 13) 化学工業会編, 貯槽, 丸善, (昭54)
- 14) 原田太祐, 卒業論文, (昭63)
- 15) 長谷文雄, 卒業論文, (昭63)

(昭和63年4月15日受理)