

機械工学科の CAD 教育 (第一報)

岩田 満*・鳴海 明**・中根 一朗**

CAD education at Department of Mechanical Engineering (No. 1)

Mitsuru IWATA, Akira NARUMI and Ichirou NAKANE

Abstract

This report describes some valuable experience on CAD education at Department of Mechanical Engineering of KANAGAWA Institute of Technology.

We have been teaching CAD at above-mentioned Department for five years.

The main purpose of CAD education are as in the following.

- (1) To recognize CAD system is an available tool in design activity.
- (2) To develop student ability to solve the design problem.

K. Kanda, professor at Department of Mechanical Systems Engineering, trained the students on the design of viscous damper for diesel engine crank shaft from 1986 to 1988.

A. Narumi, associate professor at Department of Mechanical Engineering, has been training on the programming for an analysis and post processor of steady heat conduction since 1988.

Through a varied experience, now we have two important items to accomplish as in the following.

- (1) To clear the necessity and the relevancy in a curriculum of computer education, FORTRAN77 programming, numerical analysis, computer graphics and computer aided design.
- (2) To develop an interactive computer graphics system.

1. 緒 言

今日、神奈川工科大学機械工学科のコンピュータ教育は、1年前期で電算機プログラミング I、後期で電算機プログラミング II、2年前期で数値解析、後期で図形処理演習、3年前期で電算機設計製図をそれぞれ選択科目として行っている。

図 1 に、機械工学科のコンピュータ教育のカリキュラム¹⁾を示す。

機械工学科の CAD 教育は、1986 年度の 3 年後期の機械設計製図 III (必修科目) から開始された。この機械設計製図 III は、神田教授(現在、機械システム工学科)によって、高速ディーゼルエンジンのクランク軸系ねじり振動を抑制するビスカスダンパの設計製図を演習課題に実施された。そして、翌年には、2 年後期の

図形処理演習(選択科目)が、高速ディーゼルエンジンのシリンダ内ガス圧力のグラフ表示やコネクティングロッドの運動軌跡を演習課題に実施された。1988 年度、3 年後期の機械設計製図 III が 3 年前期の電算機設計製図に変更され、翌年には、この電算機設計製図が必修科目から選択科目に、担当教員が神田教授から鳴海助教授に、演習課題がビスカスダンパの設計製図から 2 次元定常熱伝導問題の解析およびそのポストプロセッサプログラムの開発にそれぞれ変更された。

1986 年度から 1989 年度まで実施された機械工学科の CAD 教育は、コンピュータ環境(ハードウェア及びソフトウェア)が整わないため教員と学生が苦勞した時代であった。

本報告書は、「CAD 教育とは何か」、CAD 教育として実施している「図形処理演習」と「電算機設計製図」の現況、そして、現在抱えている「検討事項」について順を追って所見を述べたものである。

平成 2 年 9 月 28 日受理

* 三菱重工業(株)

** 機械工学科

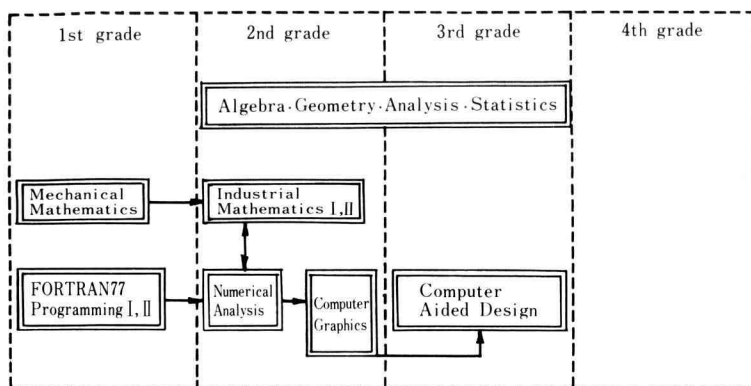


Fig. 1. Curriculum of computer education

2. CAD 教育とは何か

近年、全国の機械工学科系のある大学において、約半数の大学が何等かの形で CAD 教育を実施しているといわれている。では、何故、CAD 教育が必要なのか。

そこで、「CAD 教育とは何か」について、企業の CAD 導入事例と大学の CAD 教育事例を参考に考えてみる。

(1) 企業の CAD 導入事例

著者等の一人が勤務する三菱重工業株式会社相模原製作所では、15 年前、CAD システム導入プロジェクト（呼称：QRS プロジェクト）を 5 年計画で推進した。この QRS プロジェクトの発想の目的は、TSS 端末機が利用できる新しいコンピュータシステムの導入によって、それまで、頭打ちになっていた「設計活動へのコンピュータ有効利用」を再び活性化しようとするものであった。

当時、ディーゼルエンジンの設計者は、ねじり振動解析、動弁系解析や性能解析などの設計計算を、コンピュータ利用の専門家集団に計算依頼していたがその専門家集団の処理能力の限界と短期間で行わなければならない新機種開発の増加とによって、多様化しはじめた設計活動に対応できなくなっていた。また、リモートパッチシステムによるターンアラウンドタイムが長いことや、JCL (Job Control Language) を理解しなければならぬなど、コンピュータの使い勝手の悪さも指摘されていた。

そこで、新しく導入する TSS 端末機をどのような設計作業に有効利用すればよいかについて、ワークサ

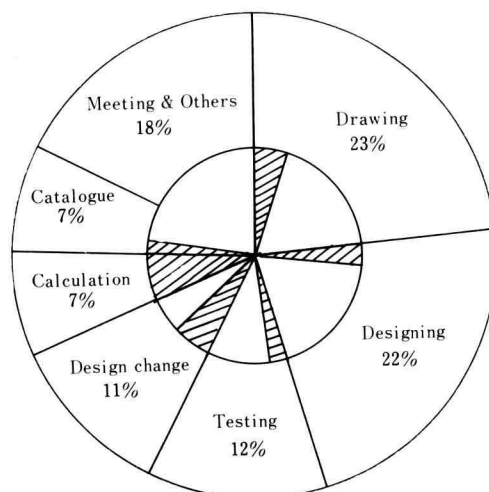


Fig. 2. Design work by worksampling

ンプリングによる設計業務の実体調査を行った結果、図 2 の斜線部分で示すように、設計作業全体の約 25% にコンピュータ有効利用が可能であることが判明した。

その後、第一に、「設計者は CAD システムを設計ツールと考えていない」第二に、「設計者は CAD システムを用いた問題解決能力を十分に生かしていない。」などの問題点が、QRS プロジェクトの推進上の障害となったため、新入社員教育の一環として、一週間の CAD 教育を行うようになった。

(2) 大学のCAD教育事例

現在,多くの大学でCAD教育は行われているが,1985年から,東京大学がCAD教育として実施している「東京大学機械科パートナーシップ・プログラム」²⁾を同大学の中島尚正教授より提供していただいたので,この資料を参考として同プログラムの内容を概観する。

このプログラムは,コースウェアと名付けられたCAD/CAM教育のためのカリキュラム及びソフトウェアが特徴である。ここに,CAD/CAM教育の内容は,どのようなカリキュラムをどのようなソフトウェアのもとで進めていくかが重要であり,機械工学のカリキュラム全体にたいして大きな役割を果たしている。

そこで,有限要素法(以下,FEMと称す)のカリキュラムを抜き書きして,コースウェアを具体的に概観する。

「まず,2年前期までに線形代数の基礎を終了する。2年後期で,数学及び力学演習にて,変分原理の基礎と簡単な骨組み構造についてFEMのさわりまで教えている。ただし,コンピュータは使わない。そして,3年前期で,教育用のFEMプログラムを使いこなす練習をする。ここでは,詳細な原理の学習以前にブラックボックス的な使い方を体験する。一方,機械設計製図で,簡単な部品の応力集中解析など設計計算の一部にFEMが使用され,FEMの基礎知識の修得を行う。最後に,3年後期で,連続体解析学を,講義と実習を通して,学生一人一人にFEMプログラムを完成させる。」²⁾

以上のように,東京大学のCAD教育の特徴は,一連の学科カリキュラムに取り込まれた,系統だった教育方針のもとで,CADシステムは設計活動に有用な設計ツールとして理解させている。

以上,「CAD教育とは何か」について,次のようにまとめることができる。

大学におけるCAD教育とは,「第一にCADシステムは設計ツールであること,第二にCADシステムを用いた問題解決能力を養成すること」を学生に理解させることである。そして,このCAD教育を実施して行くためには,費用,時間,人材に加えて,どのような教育方法で学生を指導していくか,カリキュラムをどのように組むか,CAD教育に必要なハードウェア及びソフトウェアをどのように準備するか,などを検討しなければならない。

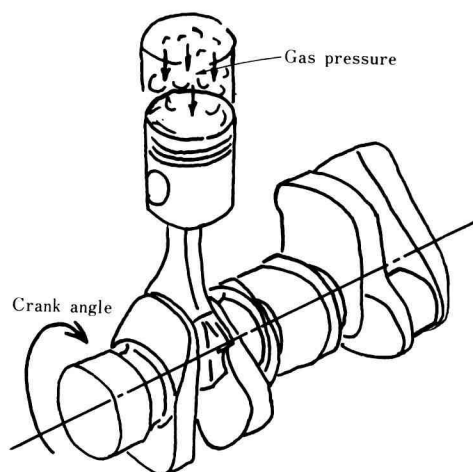


Fig. 3. Crank angle and Gas pressure

3. 図形処理演習

図形処理演習は,グラフ処理,形状処理,製図処理の3分野での演習課題を考えている。

(1) グラフ処理(Graphing)

グラフ処理は実験や計算で得られた関数関係をグラフ表示するものである。この処理の特徴は,グラフ処理される対象が関数関係という抽象的な概念であって,本来の図形とは関係ないことである。つまり,グラフ処理には何等かの基準となる座標軸が必要である。

演習課題として,図3に示すような,クランク軸の回転角度 -180 度から $+179$ 度の間のガス圧力の値を1度ごとに計測した実験データをもとにディーゼルエンジンのクランク軸回転角度とシリンダ内ガス圧力の関数関係のグラフ処理を取り上げた。

表1に,シリンダ内ガス圧力の実験データを示す。

図4に,シリンダ内ガス圧力のグラフ表示の結果を示す。

このグラフ処理は,クランク軸の回転角度とシリンダ内ガス圧力の関係を基準座標軸に置き換えた時の変換方法の習得であり,シリンダ内ガス圧力の特性を読み取ることである。従って,この関数関係は正しく表示されなければならない。

このようなグラフ処理に際して,学生実験などで経験しているにもかかわらず,コンピュータを使って処理するというだけで,戸惑ってしまう学生が多い。そ

Table 1. Gas pressure

deg	kg/cm ²				
	0	2	4	6	8
-180	0.92	0.92	0.98	0.96	1.03
-170	1.02	1.01	1.02	1.01	1.03
-160	1.01	1.10	1.07	1.14	1.15
-150	1.19	1.25	1.16	1.24	1.23
-140	1.28	1.27	1.30	1.27	1.35
-130	1.32	1.32	1.41	1.41	1.43
-120	1.43	1.45	1.48	1.53	1.57
-110	1.63	1.65	1.74	1.83	1.85
-100	1.91	1.92	1.98	1.96	2.04
-90	2.16	2.24	2.29	2.40	2.53
-80	2.64	2.73	2.83	2.92	3.16
-70	3.28	3.45	3.61	3.78	4.03
-60	4.29	4.57	4.89	5.24	5.61
-50	5.99	6.51	7.00	7.67	8.31
-40	9.04	9.84	10.84	11.86	13.05
-30	14.40	15.92	17.66	19.52	21.64
-20	23.98	26.51	29.19	32.11	34.99
-10	37.86	40.56	43.31	50.26	64.30
0	73.73	78.36	83.23	86.14	87.86
10	88.04	86.28	83.10	78.97	74.20
20	69.11	63.99	58.90	54.04	49.44
30	45.24	41.48	38.08	34.97	32.13
40	29.61	27.35	25.25	23.35	21.71
50	20.24	18.89	17.61	16.47	15.45
60	14.50	13.62	12.85	12.20	11.60
70	11.01	10.43	9.98	9.53	9.12
80	8.70	8.35	8.03	7.77	7.41
90	7.11	6.87	6.72	6.51	6.26
100	6.08	5.95	5.78	5.64	5.46
110	5.31	5.21	5.07	4.91	4.83
120	4.71	4.65	4.52	4.39	4.32
130	4.28	4.16	4.08	4.06	4.01
140	3.91	3.86	3.85	3.81	3.81
150	3.68	3.65	3.66	3.61	3.55
160	3.54	3.51	3.56	3.47	3.43
170	3.39	3.37	3.41	3.29	3.26

の結果、ガス圧力データの入力ミス、横軸や縦軸の目盛値の設定ミス、座標軸の名称や単位が明記されていないなど、プログラミング作業の不慣れからくる単純なミスを犯している。

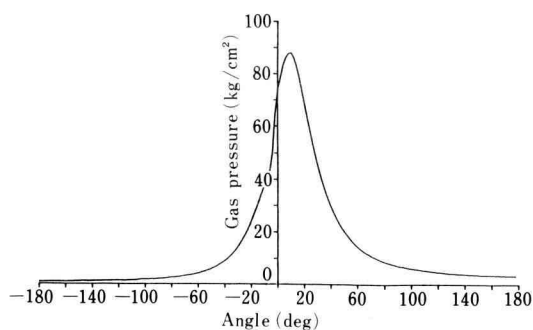


Fig. 4. Example of graphing

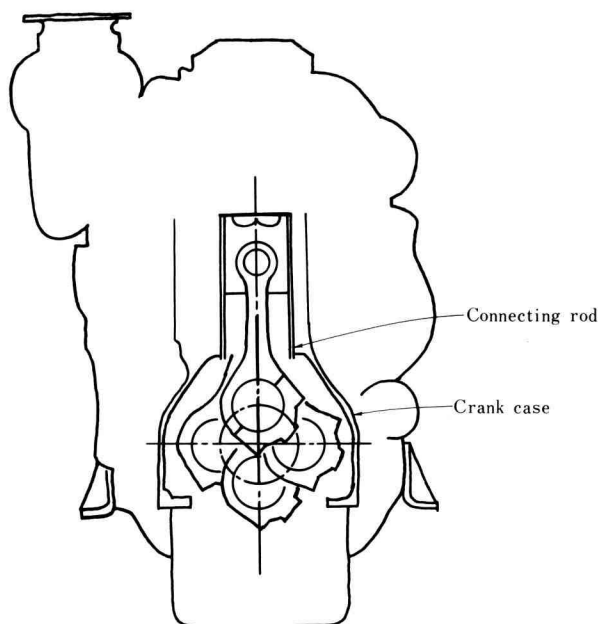


Fig. 5. Connecting rod and Crankcase

(2) 形状処理 (Graphics)

形状処理は幾何学形状をもった作図対象物の形状表現である。対象物が幾何学形状をもった物体であることを、それらが座標系から独立した存在であることを示す。形状処理では、図形自体が独立性をもっているために、回転や拡大縮小、他の図形との組み合わせ操作が要求される。

演習課題として、図5に示すような、高速ディーゼルエンジンのコネクティングロッド（以下、コンロッドと略す）とクランクケースとの干渉問題であるところ

[cm]

No	X	Y	No	X	Y
1	+0.0	+29.1	11	+1.8	-7.2
2	+2.7	+27.7	12	+0.0	-8.9
3	+3.6	+25.5	13	-6.7	-3.1
4	+3.1	+23.3	14	-6.5	+2.2
5	+1.8	+21.5	15	-2.7	+8.5
6	+2.7	+8.5	16	-1.8	+21.5
7	+8.5	+1.8	17	-3.1	+23.3
8	+7.2	-0.5	18	-3.6	+25.5
9	+7.2	-4.0	19	-2.7	+27.7
10	+4.9	-6.7	20	-0.0	+29.1

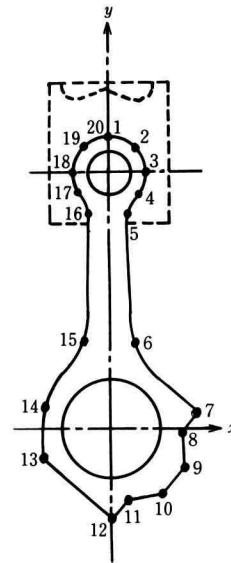


Fig. 6. Connecting rod shape

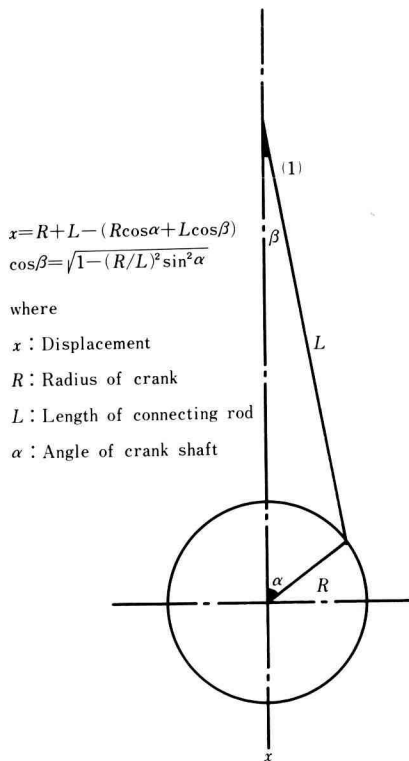


Fig. 7. Expression of displacement

の、コンロッドの運動軌跡の形状処理を取り上げた。

図 6 に、コンロッドの形状データを示す。

図 7 に、コンロッドの運動解析式 (1) を示す。

この運動解析式を用いて、クランク軸の回転角度(0 度から 360 度の間で)を 5 度毎にコンロッド形状の座標値を座標変換しながら、コンロッドの運動軌跡を作図すればよい。すなわち、コンロッドは幾何学形状をもった物体であり、それらは座標系から独立した存在であることを認識した上で、クランク軸の回転角度毎にコンロッドの位置を運動解析式によって計算し、コンロッドの形状を座標値変換しながら作図していけばよい。

図 8 に、コンロッドの運動軌跡を示す。

この演習課題において、「第一に、多くの学生が図形自体の独立性を理解していない。第二に、図形と運動解析式の間を十分に理解していない」など、問題解決処理能力の必要性やプログラミング作業の不慣れなど、今後の CAD 教育の検討事項が多く得られた。

(3) 製図処理 (Drawing)

製図処理は対象物の幾何学形状を作図しただけでなく、寸法線や仕上げ記号など、形状以外の表現が多く見られる。つまり、文字と図形が混在している。このように、図面はいろいろな約束によって成立した言語であって、幾何学的対象物の形を写したものではない。

1988 年度まで、製図処理はビスカスタンバの設計製

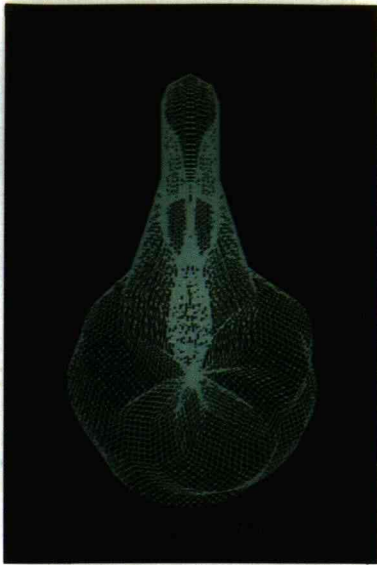


Fig. 8. Example of graphics

図で具体的実施していたため、図形処理演習では演習課題に取り上げていなかった。しかし、機械工学科のCAD教育の中で製図処理を実施することはそれなりの意義を見出せることから、今後、図形処理演習の演習課題として、製図処理を組み込む必要があるものと思われる。

そこで、1990年度の電算機設計製図にて、対話型製図処理システムを学生に試行的に体験させることを目的にして、NEC9801 パーソナルコンピュータを用いて市販のソフトウェアを実行し、学生二人一組で合計20人にフランジの製図処理を行わせてみた。

そして、今後の製図処理演習に備えるべく、その感想をアンケート調査した結果、多くの学生がこのような対話型製図処理システムをCADシステムと位置づけていた。これはよく見られる誤解である。確かに、対話型製図処理システムはCADシステムを構成する一つのシステムではあるが、CADシステムの全てではない。

この誤解を取り除いて、CADシステムを学生に正しく理解させるためにも、「対話型製図処理システムを単に製図ツールとして体験させることがCAD教育として必要不可欠である」ことを強く感じた。

この演習課題を実施していくための大きな問題点は、市販の対話型製図処理システムを購入するか、独自の対話型製図処理システムを開発するか、いずれに

しても教育側でソフトウェアを準備しなければならないことである。

4. 電算機設計製図

1988年度から始まった電算機設計製図は、CAD教育の最後のカリキュラムとして位置づけられており、2次元定常熱伝導解析プログラムの開発を演習課題として、解析モデルの作成、差分法による数値解析、ポストプロセッサとして数値計算結果の等温線グラフ表示など問題解決能力や高度な図形処理を要求している。

(1) 解析モデル

2次元定常熱伝導問題は、式(2)に示す楕円型偏微分方程式の最も簡単な場合であるラプラス(Laplace)の方程式で取り扱うことができ、式中の変数 ϕ を温度 T と考えれば良い。

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} = \Delta^2 \phi = 0 \quad (2)$$

この方程式は、一様な導体中の熱や電気の定常流、非圧縮性流体の無渦流、電荷、磁極、重力物質の存在しない電磁場、重力場におけるポテンシャル問題など機械工学問題に幅広く適用できる。

また、解析対象場は、最も取扱い易い幾何学的形状である正方形として、数値計算法は熱流体問題で最も一般的に利用されている有限差分法を用いる。

有限差分法としての差分式は、ヒートバランスから求める方法とテイラー展開中央差分による方法がある。

以下に、一例として、ヒートバランスから求める方法を示す。

図9において、AB面に流入する単位時間当りの熱移動量を式(3)に示す。

$$-\lambda \Delta y (T_{i-1,j} - T_{i,j}) / \Delta x \quad (3)$$

ここで、 λ は熱伝導率である。

CD面から流出する単位時間当りの熱移動量を式(4)に示す。

$$-\lambda \Delta y (T_{i,j} - T_{i+1,j}) / \Delta x \quad (4)$$

BC面に流入する単位時間当りの熱移動量を式(5)に示す。

$$-\lambda \Delta x (T_{i,j-1} - T_{i,j}) / \Delta y \quad (5)$$

AD面から流出する単位時間当りの熱移動量を式

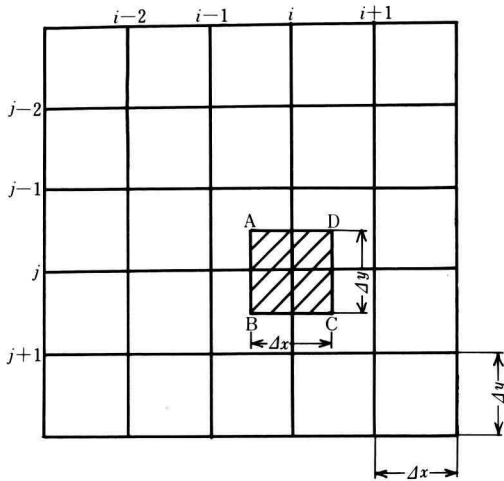


Fig. 9. Analysis model

(6)に示す。

$$-\lambda \Delta x (T_{i,j} - T_{i,j+1}) / \Delta y \quad (6)$$

そして、ヒートバランスから式(7)を得る。

$$\text{式(3)} + \text{式(5)} = \text{式(4)} + \text{式(6)} \quad (7)$$

ここで、 $\Delta x = \Delta y$ とした正方形格子では式(8)となる。

$$T_{i,j} = (T_{i-1,j} + T_{i+1,j} + T_{i,j-1} + T_{i,j+1}) / 4 \quad (8)$$

(2) 数値解析

境界条件としては、温度を指定することとする。

それゆえ、境界を除く内部の温度を数値解析により求めればよい。すなわち、式(8)を境界を除く内部の格子点に適用し、各格子点についての連立方程式を求め、この連立方程式を解くことによって、偏微分方程式の解が求められる。しかし、一般に格子点の数は多く、簡単に解を求めることができない。ここでは、反復法の一つである逐次過緩和法 (S.O.R.=Successive Over-Relaxation Method) を取り扱う。この方法は、単なる反復法 (Jacobi法) と比べて解の収束性を速めるための二つの工夫が加えられている。

その1つは、反復計算においてすでに最新の反復値が得られたところは、この値を使う。図10のような繰り返し計算を行う場合には、式(8)は式(9)となる。

$$T_{i,j}^{(n+1)} = \{ T_{i,j}^{(n+1)} + T_{i,j}^{(n)} + T_{i,j}^{(n+1)} + T_{i,j}^{(n)} \} / 4 \quad (9)$$

ここで、上添字の(n)は反復回数を示す。

2つめの工夫は、反復一回当りの $T_{i,j}$ の変化量を求

め、それより大きい変化を $T_{i,j}^{(n)}$ に与え収束を速める方法である。

$$T_{i,j}^{(n+1)} = T_{i,j}^{(n)} + R_{i,j} / 4 \quad (10)$$

ここに、 $R_{i,j} / 4$ は反復一回当りの $T_{i,j}$ の変化量を示す。

$$R_{i,j} = T_{i-1,j}^{(n+1)} + T_{i+1,j}^{(n)} + T_{i,j-1}^{(n+1)} + T_{i,j+1}^{(n)} - 4T_{i,j}^{(n)} \quad (11)$$

この $R_{i,j}$ に収束を速めるための加速係数を乗じ、改めて最新の反復値とする。

$$T_{i,j}^{(n+1)} = T_{i,j}^{(n)} + \omega \cdot R_{i,j} / 4 \quad (12)$$

ここに、 ω は加速係数である。

反復値が解であるかどうかを判定するために、次の方法を用いる。収束判定値 ϵ をあらかじめ決定しておき、最新の反復値 $T_{i,j}^{(n+1)}$ とその一回前の反復値 $T_{i,j}^{(n)}$ との差をとり、その差の絶対値が判定値より小さいか否かを検討して、小さい場合には収束とみなし、最新の反復値 $T_{i,j}^{(n+1)}$ を解とする。

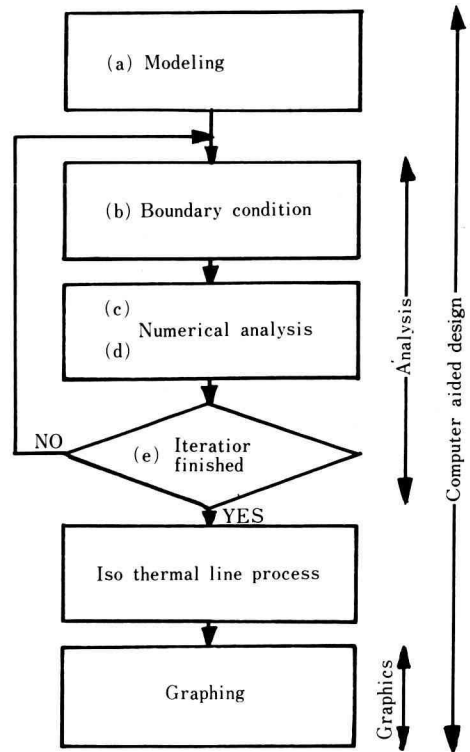


Fig. 10. Flow chart

$$|T_i^{(n+1)} - T_i^{(n)}| \leq \epsilon \quad (13)$$

次に数値計算手順を示す。(図 10 に参照)

- 計算対象場の分割を行う。
- 境界条件, 加速係数, 収束判定値の値を与える。
- 第一回目の反復計算に際して, 適当な推定値を与える。
- 各格子点について, 式 (12) を計算する。
- 各格子点について収束判定 ($|T_i^{(n+1)} - T_i^{(n)}| \leq \epsilon$) を行う。
- 最新の反復値を用いて, d, e を繰返し, 収束解を得る。

(3) 等温線グラフ

得られた解は, 各格子点の単なる数値データに過ぎないので, この結果を理解させ, 工学的判断を行わせるためには, 結果をグラフィック処理して可視化する必要がある。ここでは, 結果を等温線グラフとして表示させる。すなわち, 適切な温度ステップで等温線を引き, その温度範囲に対して色つけを行う。その際, 温

度と色の関係を表示させる。また, 等温線は各格子間の直線近似により求めることとする。

以上, 2次元定常熱伝導解析プログラムの開発を演習課題として実施した結果, 多くの学生が数値解析と等温線グラフのプログラム開発で苦勞していた。中でも, 等温線グラフについては, 多くのアルゴリズムが考えられるので自由にアルゴリズムを考えさせた結果, 等温線を各格子点からなる四角形内で処理するもの, グラフィックディスプレイのドット単位で処理するもの, など多くのアルゴリズムが苦勞して考え出された。また, 等温線グラフのカラー表示では, 低温度から高温までの変化を青色から赤色まで巧みに使い分け, 見事な等温線グラフを作図する学生も見られた。

この経験から, 一つの大きなテーマで, 十分な時間を与え, 演習課題に取り組ませることは, 問題解決能力の養成に極めて有効であることが分かった。

図 11 に, いくつか等温線グラフの例を示す。

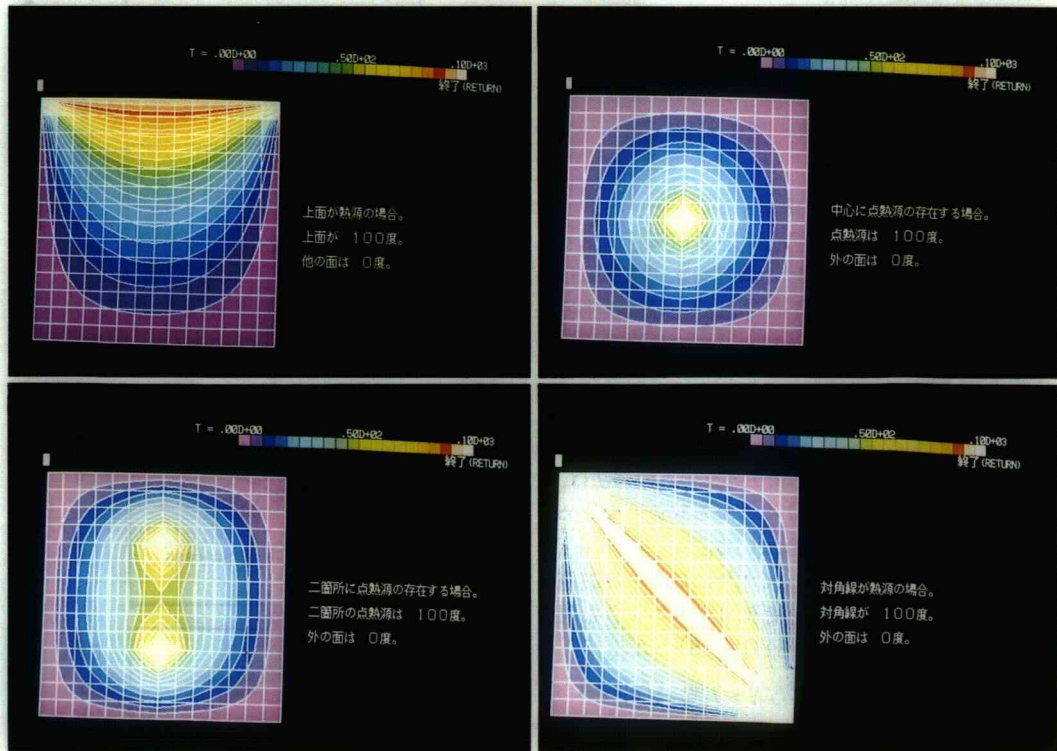


Fig. 11. Isothermal line graph

5. 検討事項

ここでは、今日まで実施してきたCAD教育の中で、コンピュータ環境のソフトウェアについて気づいた点を列記し、今後への検討事項としてまとめてみる。

(1) PEDIT機能の利用

図形処理演習の授業で利用したREPORT機能は、汎用中型コンピュータ（FACOM M-170F）に対する負荷が大きく、同時に多数のTSS端末機で利用した場合、コンピュータの応答速度を低下させた。

そこで、負荷の小さいPEDIT機能を利用したいが、一貫したコンピュータ教育の中で、図形処理演習だけPEDIT機能を利用することは適切でなく、調整する必要がある。その後、パソコンの導入で、この問題は表面化していない。

(2) プログラムファイルの説明

プログラムファイルがオーバーフローした場合、学生は、「CONDENSE コマンド」によるファイル整理作業を理解していないため、それまでに作成したプログラムを消滅させてしまうなどの事態を起こした。

従って、ファイルのリカバリが適切に行えるように、ファイルについて、関連してコンパイル、リンク、実行についても、学生に十分説明する必要がある。

(3) プログラムリストの添削

学生のプログラムリストを添削しながら授業を進めると、各学生の進捗状況を的確に判断でき、効率良く授業を進行できる。

そのためには、学生IDの一覧表やプログラムネームの統一を計り、学生が作成するプログラムの管理を上手に行うことである。例えば、東大のパートナーシップ・プログラムは、プログラム添削機能として自動採点システムや質疑応答システムを開発しており、今後参考すべき点でもある。

(4) BASIC言語の使用

図形処理演習をパソコンで実施するにあたって、FORTRAN言語で使用できる図形処理ソフトウェアが整備されていないので、どのような言語で演習するかが問題となった。

そこで、高解像度のグラフィックディスプレイの有効利用を考え、我々はBASIC言語の使用を決定した。しかしながら、1年前期から始まるコンピュータ教育が、一貫してFORTRAN言語で実施されている状況を考えると、新たにBASIC言語を教えることは、学生にとって負担であること、系統だった教育から外れる、

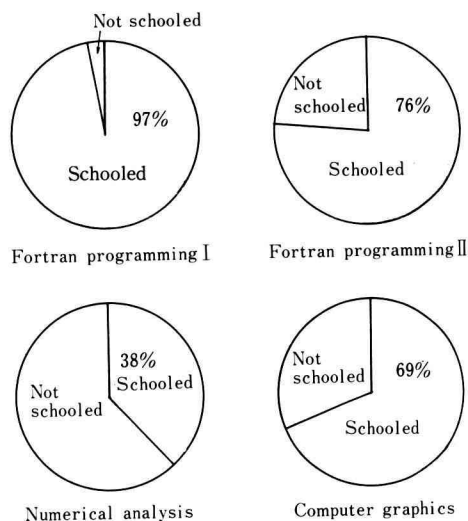


Fig. 12. Schooling conditions

などマイナス面が大きい。また、図形処理演習の中で、BASIC言語を新たに言語教育する余裕はない。

しかしながら、FORTRAN言語とBASIC言語の相違点を説明し、説明不足な点はタイムリーに補講することによって、先の問題点は十分カバーできた。その結果、FORTRAN言語を用いた図形処理演習の授業と比較して試行錯誤の連続であったが、カラーグラフィックディスプレイの利用は、学生の創造性を引きだすに有効であった。

(5) カリキュラムに見るCAD教育

一年前期及び後期の電算機プログラミングI, II, 2年前期の数値解析, 後期の図形処理演習, 3年前期の電算機設計製図は、いずれも選択科目であり、適切なカリキュラムであると考えられる³⁾。

それにしても、図12に示すコンピュータ教育の履修状況（これは、1990年度の電算機設計製図の第一日に、学生にアンケート調査した結果である。）から判断すると、これらの授業を一貫して履修する学生は約35%と少なく、特に、数値解析を履修しない学生が目立つ。

従って、限られた時間内で効率良くCAD教育を行うために、このコンピュータ教育のカリキュラムにそって履修してくることを、学生に指導しなければならないだろう。

6. 結 言

本報告書は、神奈川工科大学機械工学科のCAD教育の現況と検討事項について思いつくままに所見を述べてきたものである。

CAD教育は、コンピュータ環境(ハードウェア及びソフトウェア)の整備、カリキュラムの構成、演習課題の選定などの教育内容を変化させる必要がある。その一方、プログラミング言語の統一、図形処理用ソフトウェアの充実、対話型製図処理プログラムの開発など、最小限の負担で学生にCAD教育を効率よく履修させるための環境作りに取り組む必要がある。

そこで、今後の課題を以下に示す。

(1) 新入生のオリエンテーションの時に、コンピュータ教育の一貫性の重要性を理解させる。

(2) CADシステムを正しく理解させるために、図形処理演習の中に、製図処理の演習課題を取り上げ、コンピュータを利用した製図処理を体験させる必要がある。そのためには、対話型製図処理システムを準備しなければならない。

最後に、本報告書作成に際し協力して頂きました関係者の方々にお礼を申し上げます。

参 考 文 献

- 1) オリエンテーション資料, 神奈川工科大学, 1990.
- 2) 東京大学機械科パートナーシップ・プログラム, 東京大学ほか, 1989.
- 3) 履修要綱, 神奈川工科大学, 1990.