

福井工業大学における CADシステムと CAD教育

加 藤 芳 信 ・ 平 野 忠 男

CAD System and CAD Education in Fukui Institute of Technology

Yoshinobu KATO and Tadao HIRANO

A CAD system in Fukui Institute of Technology is introduced. It is composed of both the personal-computer-based CAD system for the introductory education, and the host-computer-based CAD system for the professional education. The former includes 53 personal computers with a CAD software FCAD-R. The latter includes 33 2.5-dimensional CAD terminals and 6 three-dimensional CAD terminals, which are controlled by a large host computer Fujitsu M760/20 with CAD softwares ICAD/SDS4, ICAD/SOLID, ICAD/PCB4, ICAD/BLD, ICAD/CVL-ROAD, ANCHOR and ICAD/FORM. A plan of the CAD education in Department of Electrical Engineering, which will be performed after 1992, is presented.

1. まえがき

近年、製造業メーカーを中心に、設計の効率化や生産性向上を目的として、CAD (Computer Aided Design: 計算機支援設計) システムの導入が盛んに行われている。これに呼応して、工科系大学においてもCAD教育の必要性が認識され、一部の先進的な大学ではCAD教育が行われている。

福井工業大学・電子計算機センター（以下、本学・電算センターと言う）では、各学科・専攻でのCAD教育を目的として、1988年3月および1989年3月に、パソコンCADシステム（パソコン53台）および汎用計算機CADシステム（2.5次元CAD端末33台、3次元CAD端末6台）を導入した【注1参照】。本論文では、CADシステム導入の狙い、システムの特徴、CAD教育の現状と将来（特に電気工学科における教育）、等について紹介し、参考に供したい【1】。

2. CADシステム導入の狙い

本学では、CADを工科系大学におけるコンピュータ・リテラシーの一種と考えたい。従って、将来的には各学科・専攻において、実情に応じたレベルでCAD教育を行える様にする。即ち、初級レベルでは、CADの製図 (Drawing) 機能を用いるだけでもよいから学生にCADを体験させ、CADに対する違和感を無くしたい。中級レベルでは、CAD本来の目的である設計 (Design) を、学生の専門分野に応じて学ばせる。上級レベルでは、CAE (Computer Aided Engineering: 計算機支援解析・シミュレーション) およびCAM (Computer Aided Manufacturing: 計算機支援製造) も学生に体験させたい。

これにより、本学・電算センターでは、入門的なCAD教育を行うためのパソコンCADシステムと、専門的なCAD教育を行うための汎用計算機CADシステムを導入した【図1参照】。ハードウェア、ソフトウェア共に全て富士通株式会社製である【注2参照】。

3. パソコンCADシステム

パソコンCADの教育は、6号館6階第1計算機室（4スパン）にあるパソコンFMR-60HD/FD計49台を用いて行う。内蔵または外付の20MByteハードディスクに、パソコンCADソフト“FCAD-R”をインストールしてある。なお、電算センター側の管理運用上、学生が作成するCADデータはフロッピー（5インチ2HD）で保存する様になっている。

4. 汎用計算機CADシステムとその特徴

汎用計算機CADの教育は、6号館1階CAD室（5スパン）にある2.5次元CAD端末F6242A計31台と3次元CAD端末DS371計4台を用いて行う〔図1、写真1～6参照〕。以下、本システムの選定理由（従って特徴）等について述べる。

パソコンCADよりも高機能なCADシステムとして、①汎用計算機を用いたホストベースの集中処理形CADシステム、②EWS（Engineering Workstation）をスタンドアロンで用いるCADシステム、③EWSをネットワーク化した分散処理形CADシステム、がある〔2〕。企業においては、今後③が主流になることは明らかであるが〔3〕、本学では次の理由・要望事項により、①を採用した。

- (1) CAD教育を目的とするので、端末1台当たり1又は2名の学生実習としたい。従って、CAD端末は1教室30台以上用意したい。
- (2) 各学科・専攻毎に、専用のCADソフトを用意する。
- (3) 操作指示メッセージやメニューは出来るだけ日本語表示になっていること。又、日本語マニュアルが揃っていること。

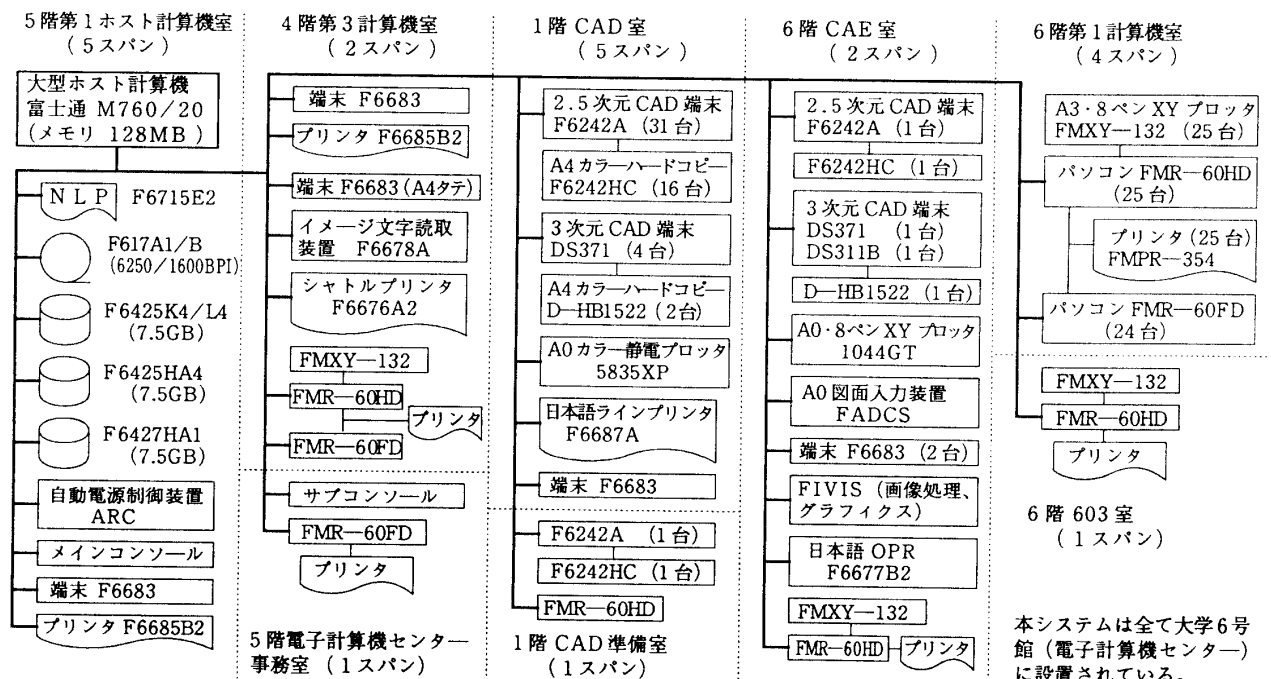


図1. CADシステムのハードウェア構成の概念図 (1991年12月現在、学内LANシステムの部分は省略、FMR-60HD/FD 計55台は内蔵または外付20MByteハードディスク付き、その内53台はパソコンCAD可能)

- (4) 現時点では、EWS 用 CAD ソフトの種類が少ない。
- (5) EWS で (2) を満足するためには、各 EWS 毎に 1 GByte 以上のハードディスクと各種 CAD ソフトを用意しなければならない、物理的・金銭的に無理である。
- (6) 汎用計算機 CAD の場合、電算センター側から見たシステム運用（利用者管理、ソフト修正など）が容易である。
- (7) 汎用計算機 CAD の場合、磁気ディスクでの CAD 図面データの統一的管理が可能である。
- (8) CAD 教育の現場を予想すると、各学生が CAD 図面を出図するのは大体同時期であろう。従って、高速出図が可能なカラー静電プロッタ 1 台を教室に置く〔注 3 参照〕。汎用計算機 CAD の場合、プロッタへの出図命令が簡単である。
- (9) CAE（計算機支援解析・シミュレーション）との連携が可能であること。
- (10) 将来の CAM（計算機支援製造）への発展性があること。
- (11) パソコン CAD システムと矛盾しないこと。
- (12) (2) を満足する各 CAD ソフト間で矛盾がないこと。
- (13) CAD 端末は、CAD 以外の利用も可能であること。

以上を考慮して、図 1 の CAD システムを選定した。上記 (2) の実現のために、次の CAD ソフトを用意した。

- ① ICAD/SDS4（汎用機械製図 2.5 次元 CAD） … 機械、電気工学科など〔4〕
- ② ICAD/SOLID（3 次元 CAD） … 機械、電気工学科など
- ③ ICAD/PCB4（アナログ・デジタル電子回路設計） … 電気工学科〔5〕
- ④ ICAD/BLD（建築 CAD） … 建設工学科建築学専攻
- ⑤ ICAD/CVL-ROAD（土木 CAD） … 建設工学科土木工学専攻
- ⑥ ANCHOR（3 次元分子設計） … 応用理化学科
- ⑦ ICAD/FORM（帳票設計） … 経営工学科

なお、(11)、(12) に関して、CAD データの変換インターフェース “FCAD-R \leftrightarrow ICAD/SDS4 \leftrightarrow ICAD/SOLID” が用意されている。(13) に関して、2.5 次元 CAD 端末 F6242A は、TSS 端末機能による言語教育やグラフィック端末機能による図形処理教育に利用できる〔注 4 参照〕。

一般に、汎用計算機 CAD システムの弱点は、端末が増えた場合のレスポンスの低下、及び、磁気ディスクとの通信時間の増大である。これらを防ぐために、ハードウェア的には、1988 年 3 月に導入したホスト計算機 M760/8（メモリ＝48MByte、計算能力＝1 CPU で 8 MIPS、磁気ディスク F6425K4/L4＝7.5GByte）を、1989 年 3 月に M760/20（メモリ＝128MByte、計算能力＝2 CPU で 18 MIPS）にモデルアップし、更に、4 バスクロスコール機構付の磁気ディスク F6425HA4（7.5GByte）を増設した。更に、1991 年 3 月には、平成 2 年度文部省補助「学内 LAN システム」により磁気ディスク F6427HA1（7.5GByte）を増設した。

5. CAD 教育の現状と将来

本学では、CAD システムの教育への利用を、第 1 段階：教職員対象の講習会開催ならびに卒業研究での

利用の段階、第2段階：設計製図や実験実習等の科目での一部利用の段階、第3段階：正規科目としてのCAD実習（CAE、CAMの内容も含む）の段階、に分け、各学科・専攻の実情に応じて順次進めていく予定である。一部の学科では既に1989年度よりパソコンCAD実習を行っている（工学専修科機械工学専攻2年前期科目「自動設計」）。

今年（1991年）度の汎用計算機CADの教育利用としては、電気工学科3年後期「電子計算機システムⅢ」、機械工学科4年前・後期「機械工学実験Ⅲ・Ⅳ」、工学専修科機械工学専攻2年通年「機械工学実験実習Ⅱ」、工学専修科全専攻2年通年「情報工学」、のそれぞれ一部において、ICAD/SDS4-CAL（ICAD/SDS4の使い方を計算機支援で学習するためのソフトウェア、CAL=Computer Assisted Instructionの略）〔4〕及びICAD/SDS4を用いて、主に機械製図の実習を行っている。また、大学院機械工学専攻では、ICAD/SOLIDを用いて3次元機械設計を行っている。来年（1992年）度からは、更にCAD実習科目が増える予定である。

6. 電気工学科におけるCAD教育と実施案

電気系学科（即ち、電気工学科、電子工学科、情報工学科など）におけるCAD教育は、全国的に見ても殆ど実施されておらず、教育の手本がない現状である〔注5、注6参照〕。筆者の一人（加藤）は、1988年度より卒業研究でCADを取り上げ、将来の電気工学科におけるCAD教育実施のための準備・試行を行っている。そこで得た知見を基に、CAD教育のあり方や実施案を紹介し、参考に供したい。

1988～1991年度の卒業研究では、次の様なものを行っている。

- ①ICAD/SDS4を用いた2.5次元設計 … フランジ継手（2次元および3次元座標変換の数値確認実験を含む）
- ②ICAD/SDS4 及びICAD/SOLIDを用いた3次元設計 … VHSビデオカセット、小型ICラジオ、小型DCモータ、換気扇、懐中電灯、オーディオカセットテープ（干渉チェック、表面積・体積・重量計算等を含む）
- ③ICAD/PCB4 を用いたアナログ電子回路設計 … トランジスタ式RIAAイコライザアンプ、定電圧電源回路、広帯域バッファアンプ、低電圧動作パワーアンプ〔6〕
- ④ICAD/PCB4 を用いたデジタル電子回路設計 … 順序回路、2進10進加減算回路、乗算回路、Up・Downカウンタ回路、パラレル・シリアル変換回路〔7、8〕

特に③、④では、CADで得たパターン図を基に、実際に基板を製作し、動作確認実験までを行っている。

電気工学科におけるCAD関係の正規科目は、平成4年（1992年）度から開講の3年前期「コンピュータ製図」（週1.5コマ）および4年前・後期「計算機応用Ⅰ・Ⅱ（含演習）」（週2コマ）である。

前者では、ICAD/SDS4-CAL〔4〕およびICAD/SDS4を用いて、電気・電子機器の製図の実習を行う予定である。なお、上記卒業研究①、②はこのための準備である。

後者のⅠ（Ⅱ）では、アナログ（デジタル）電子回路のCADについて、講義と実習を行う予定である。なお、上記卒業研究③、④はこのための準備である。講義では、CADの歴史、理論・手法の解説〔9～11〕、CADソフトの実例としてのICAD/PCB4〔5〕の説明、等を行う。

アナログ回路のCAD理論としては、例えば、SPICE〔12〕によるアナログシミュレーションの場合、素子モデル（トランジスタのGummel-Poonモデル、他）、回路方程式の導出法（修正節点解析法とコンパニオンモデル）、常微分方程式の解法（後退オイラー法とGear法）、等を取り上げる。又、デジタル回路のCAD

理論としては、例えば、配線設計の場合、迷路法や線分探索法などの自動配線アルゴリズムを取り上げる。

実習に用いる CADソフト ICAD/PCB4 は、アナログまたはデジタル電子回路の多層プリント基板設計支援のためのソフトであり、回路設計（回路図の入力、アナログまたは論理シミュレーション）から実装設計（配置・配線設計）までの工程を支援対象とする。従って、ICAD/PCB4 は上記工程の前工程（所与の仕様書からの回路図の生成）や後工程（製造工程）を支援するソフトではない。

I（II）の実習課題としては、RIAAイコライザアンプや定電圧電源（TTLを用いたカウンタやパラレル・シリアル変換回路）等を取り上げる。なお、希望者には基板製作と動作確認実験も予定しているので、I（II）では片面基板仕様（両面基板のピン間0又は1本配線仕様）とする。

基板製作は次の様になると簡単である。① ICAD/PCB4 で設計したパターン図を NLP（レーザ式日本語ラインプリンタ F6715E2）に出力する。②それをコピー機で OHPシートに等倍または縮小コピーする。③必要に応じて、OHPシートのパターン図をレジストペンまたはレタリングテープ等で補修する。④ OHPシートを感光基板に貼り付け、紫外線で焼付け、現像する。⑤必要に応じて、基板のパターンをレジストペンやナイフで補修する。⑥エッチングし、ランドにドリルで穴あけする。⑦部品を実装し、半田付けすれば、基板は完成する。

なお、学生に CADシステムで回路を設計させる場合、電子回路の実際的なノウハウ（例えば、どの部分の配線を短くすべきか、バスコンをどこに入れるべきか、アースの処理方法など）も教えた方が良い。

7. むすび

本学の CADシステムの概要と特徴、電気工学科における CAD教育の実施案、等について述べた。

CAD教育を行う場合、単なる CAD実習だけに留まらず（但し、これだけでもコンピュータ・リテラシーの観点からすれば、目的の半分は達成されたことになる）、大学における教育である以上、CADの実際的な側面、理論的な側面、歴史的側面〔注7参照〕を理解した上で、バランスよく教育すべきである。又、実習で用いる CADソフトはどの分野のどの用途に用いるものかを明確にして、教育すべきである。

謝辞 CADシステム導入に当り、多大なる御理解、御支援を賜った金井学園理事の方々に感謝する。

参考文献

- [1] 加藤、平野：“福井工業大学における CADシステムと CAD教育”、平成元年度電気関係学会北陸支部連合大会講演論文集、B-77（1989-10）
- [2] 岩田一明（監修）：“基礎教育 コンピュータ設計・製図 I・II・III”、共立出版（1987-10・1987-11・1988-04）
- [3] 木崎健太郎：“CIMへの扉を開くネットワーク CAD”、日経 CG、1989年5月号、pp.8-22
- [4] 富士通（補助テキスト）：“OS IV/F4 MSP ICAD/SDS4-CAL”、UEA89A1N*1（1987-09）
- [5] 富士通（講習会テキスト）：“ICAD/PCB4 の導入”、UEA72LIN*1（1987-06）
- [6] 青木英彦：“アナログ回路の設計・製作”、CQ出版（1989-07）

- [7] 磯田修一：“デジタル回路のシステム設計”、CQ出版(1984-03)
- [8] 湯山俊夫：“デジタルIC回路の設計”、CQ出版(1986-03)
- [9] 山田、上原、白石、鹿毛：“VLSIコンピュータのCAD”、産業図書(1983-10)
- [10] 可児、川西、船津：“超LSI CADの基礎”、オーム社(1983-12)
- [11] 森末道忠(監修)：“VLSI設計・製造シミュレーション”、シーエムシー(1987-01)
- [12] L. W. Nagel：“SPICE2: A Computer Program to Simulate Semiconductor Circuits”, Memorandum No.ERL-M520, Electronics Research Laboratory, University of California, Berkeley (May 1975)
- [13] 江刺正喜：“大学でのLSI製作と教育”、電子通信学会誌、vol.68、no.1、pp.50-52 (1985-01)
- [14] 清水和男：“アートワークの技法”、CQ出版(1973-07)
- [15] 伊藤謙司：“プリント配線技術読本(第2版)”、日刊工業新聞社(1989-05)
- [16] 電子技術1991年6月別冊：“実装技術シリーズNo.21 '91年版プリント配線板のすべて”、日刊工業新聞社(1991-06)

補足説明

本文中で参照する[注1]～[注7]について記し、更に、CADシステムの写真を示す。

[注1] 2次元CADとは、図面が描けるCADのことである。2.5次元CADとは、3次元モードの場合に、視点が無限遠である、隠線処理できない、ワイヤフレームモデルである、という制限があるCADのことである。3次元CADとは、任意の視点から物体を眺めることができ、隠線・隠面処理でき、又、ワイヤフレームモデル、サーフェスモデル、ソリッドモデルの何れも可能なCADのことである。

[注2] 他に、平成2年度文部省補助「CG教育システム」で導入したPC-9801RA21(内蔵100MBハードディスク付、55台)上で動作するパソコン木造建築CAD(福井コンピュータ(株)製・アーキトレンド)もある。

[注3] 一般に、静電プロッタ(例えば写真3)は、ペンプロッタ(例えば写真8)に比べ、作図時間が1/10～1/30に短縮できる[2のIのp.38]。

[注4] CAD室でのTSS言語教育のために、高速ドット式日本語ラインプリンタ F6687A を設置した。

[注5] 現在、電気・電子系の製造業メーカーの殆どにCADシステムが導入されており、産業界ではCADの重要性・有用性が認識されている。それにもかかわらず、日本の大学の電気系学科では、CAD教育の必要性を感じてはいるものの、CAD教育は殆ど実施されていない。その第1の理由は、CAD教育に必要なCADシステムの導入に多大のお金を投資しなければならない点にある。第2の理由は、教員側の問題であるが、CAD実習に用いようとするCADソフトウェアの操作法の習得に多大の時間を要する点にある。第3の理由は、電子回路CADの場合特にそうであるが、CAD実習に必要な部品の登録や、シミュレーションのためのデータの登録などは教員側で行わねばならず、これに多大の時間を要する点にある(∵メーカーは、企業秘密ということで、メーカーで使っている部品データ等は提供してくれない)。

[注6] 文献[1]を書くために、1989年8月21日にJICSTで“CAD*学校教育*大学*JPN(日本)”という条件で文献検索を行った。その結果、1975年4月～1981年3月は0件、1981年4月～1984年3月は1件(そのうち電気系学科関係は0件)、1984年4月～1989年8月は13件(そのうち電気系学科関係は1件)

[13])であった。文献[13]は、大学でLSI教育を如何に行うべきかについて述べ、又、LSI教育の実施案について述べている。従って、本論文で考える電子回路CADの教育とは異なる。

〔注7〕CADの歴史的発展を理解していれば、将来のCADが現在のCADの形態とかけ離れたものになっても、基本的な考え方は同じはずだから、習得した知識は無駄にならず、将来のCADに十分対応できる。



写真1 CAD室での授業風景 (2.5次元CAD
端末31台と3次元CAD端末4台設置されている)

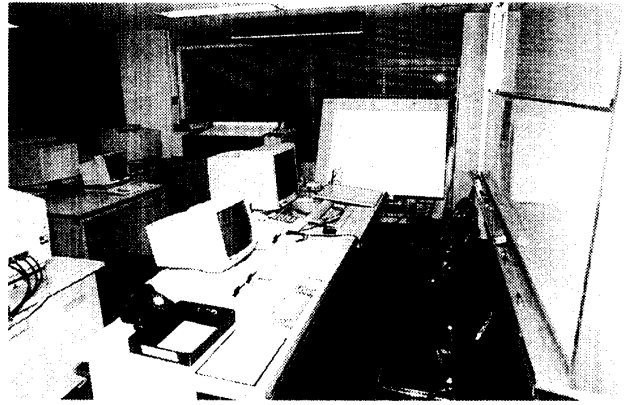


写真2 教卓の様子 (前方は監視用端末 F6683、中程
は2.5次元CAD端末、後方はA0タブレットである)

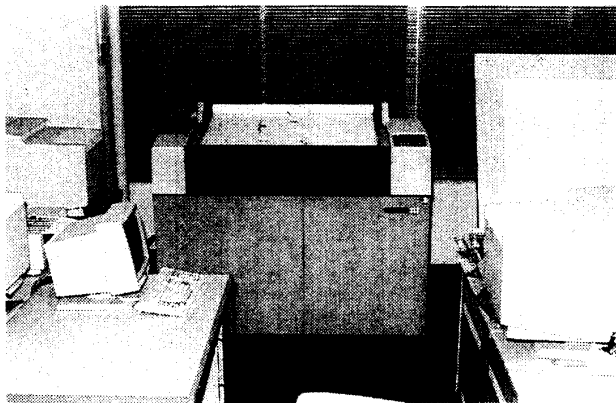


写真3 A0対応カラー静電プロッタ 5835XP
(前方はその制御用端末である)

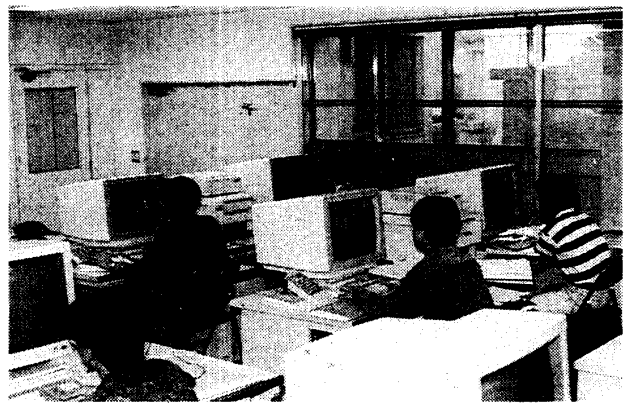


写真4 3次元CAD端末を用いた卒業研究風景
(ICAD/SOLIDを用いた電気・電子機器の3次元設計)

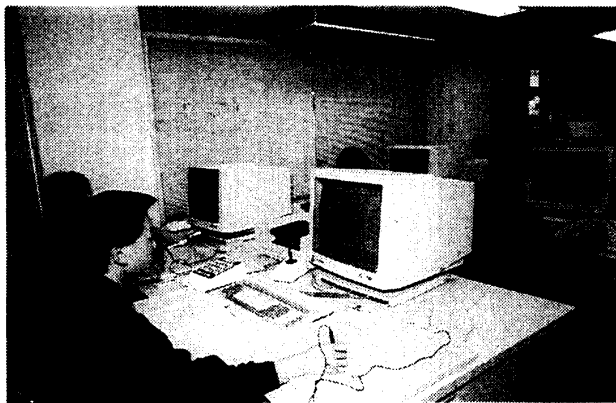


写真5 2.5次元CAD端末 F6242A の操作
(タブレットとスタイラスペンによる図形入力)



写真6 3次元CAD端末 DS371 の操作
(ジョイスティックによる3次元物体の回転)

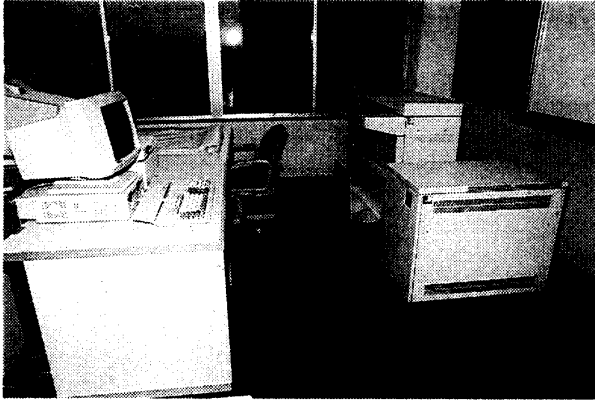


写真7 A0対応図面入力装置 FADCS
(6階CAE室に設置、右後方がスキャナ装置、
右前方が図形認識装置、左側が制御用端末F6683、
5万分の1の地図の細かさまで読取れるとのこと)

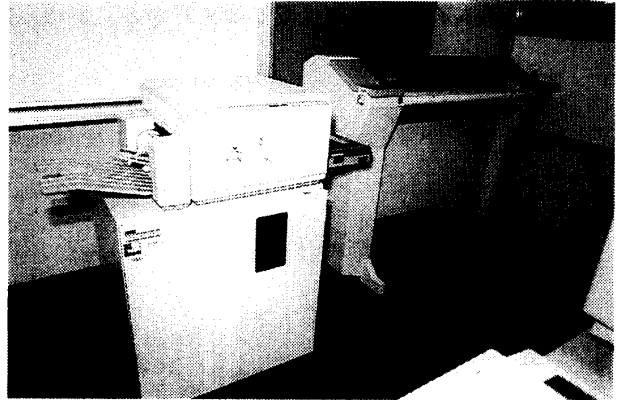


写真8 A0対応8ペンXYプロッタ 1044GT (右) と
A4・B4カット紙対応日本語OPR F6677B2 (左)
(6階CAE室に設置)

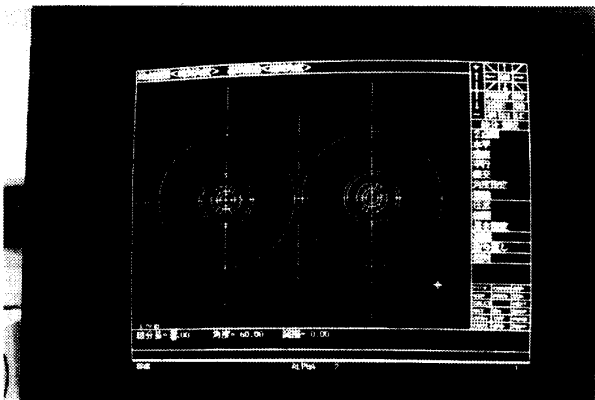


写真9 ICAD/SDS4 の画面
(8ミリビデオカセットテープのリール部分)



写真10 ICAD/SOLID の画面
(小型DCモーターの内部)

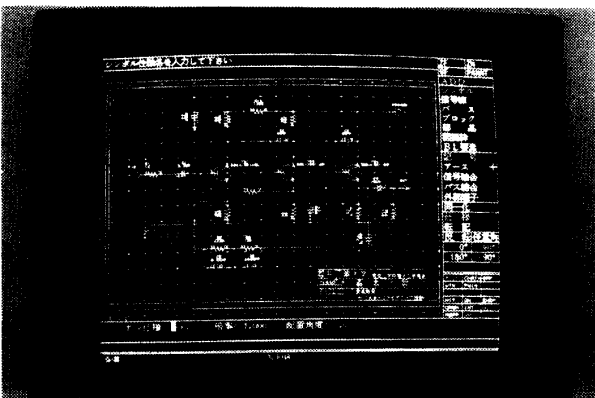


写真11 ICAD/PCB4 のアナログ回路図入力画面
(トランジスタ式RIAAイコライザンプ)

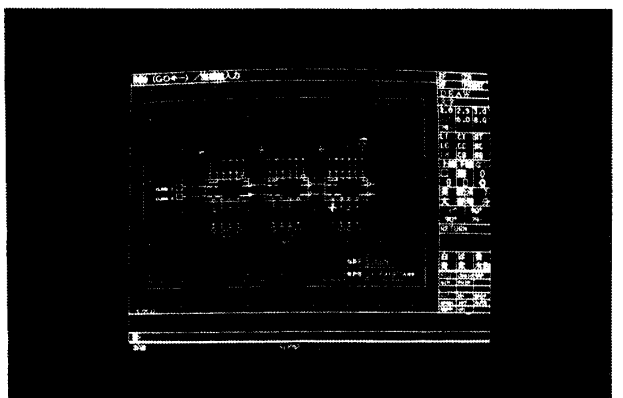


写真12 ICAD/PCB4 のデジタル回路図入力画面
(TTLを用いたUp・Downカウンタ回路)

(平成3年12月20日受理)