

## 設備製図教育へのCAD導入とその教育効果の評価

### Evaluation of Educational Effectiveness in Building Equipment of Design Education Using CAD

坪井 常世†      神谷 清仁†      白倉 英一††      石川 正人†††  
Tsuneyo Tsuboi,      Kiyohito Kamiya,      Hidekazu Shirakura,      Masato Ishikawa

**Abstract** The use of CAD system is indispensable to design building equipment. It is requiring to be able to master CAD while the student is attending school, and to make the environment by which the ability that the building equipment design to make good use of CAD system can be done can be sent off to the giving society. In this report, authors examine an educational effect when it introduces the current state of the education of the equipment design and drafting, that is, be done in architecture engineering section as part of the education of the design and drafting, and CAD education is taken and the problem, and report on the finding obtained by present.

#### 1. まえがき

パソコンの普及により、手軽にCADが利用できるようになり、建築設備設計の分野でも、CAD化を推進させた。建築設計においてCADシステムの利用は不可欠になっている。学生が在学中にCADを使いこなせ、CADシステムを駆使した建築設計ができる能力を持たせ社会に送り出せるような環境を作ることは、設計・製図教育を行う立場からすれば重要なことの一つになっている。

建築系の学生にとって、設計・製図教育は大きなウエイトを占めている。限られた教育課程の中で、CADを身につけさせることは、本来の設計教育にCAD教育を加えることになり、それだけ学生の負担を増やすことになる。しかし、従来の製図道具に代わってCADシステムが使われることになれば、必ずしもそうとはならない。従って、ここでは設計（製図）手段を置き換えるといった発想で教育を考える必要がある。

パソコンが普及し、パーソナル化が進んだと言っても、アンケート調査の結果からは、過半数の学生はパソコンを個人所有していない。所有していても、ワープロ、インターネット、ゲーム機として使っているのが現状であり、CADシステム（製図のためのCAD）として利用しているのは極めてまれである。

本報告では、設計・製図教育の一環として、建築工学科で行っている設備設計・製図の教育の現状を紹介し、CAD教育を取り入れたときの教育効果及び問題点を検討し、現在までに得られた知見について報告する。

#### 2. 設備製図の概要

「設備製図Ⅰ」（3年前期、3単位）・「設備製図Ⅱ」（3年後期、3単位）の目的は、空気調和設備（「建築設備Ⅰ」・2年前期、2単位）と給排水設備（「建築設備Ⅱ」・2年後期、2単位）で修得した知識を基に建築設備の設計手法を図面作成を通して理解することである。

「設備製図Ⅰ」では、給排水設備の設計を行い設備図の作成を、「設備製図Ⅱ」では、空気調和設備の設計を行い設備図の作成を目標としている。

建築設備図面の種類と図面内容を理解させるために、事務所ビルの設備系統図・設備平面図・設備詳細図などの主要な図面をトレースし建築設備機器の表現と配管やダクトの接続と表現方法を理解させた後に、事務所ビルの設備設計を行っている。

「設備製図Ⅰ」のカリキュラム内容を以下に示す。

コピーとトレースの課題

- 1 設備機器一覧表の作成（コピー）
- 2 給排水系統図（トレース）
- 3 給排水平面図（トレース）

† 愛知工業大学 建築工学科（豊田市）

†† エアーサプライ, ††† A.P.S.

- 4 給排水ポンプ廻り詳細図 (トレース)
- 5 給排水便所平面詳細図 (トレース)
- 地上 7 階建事務所ビルの給排水衛生設備設計の課題

- 1 便所の配管計画
- 2 便所の管径計算
- 3 便所の図面作成
- 4 給排水設備の機器容量の算定
- 5 機器表の作成
- 6 消火設備の設計
- 7 系統図の作成
- 8 給排水設備図面の作成

「設備製図Ⅱ」のカリキュラム内容は、トレース課題

- 1 空調和設備系統図 (トレース)
- 2 ダクト平面図 (トレース)
- 3 空調機廻り詳細図 (トレース)

地上 7 階建事務所ビルの空調和設備設計の課題

- 1 熱負荷計算
- 2 熱負荷の集計と空調負荷の計算
- 3 空調システムの選定と機器選定
- 4 機器表の作成

- 5 ダクト・換気系統の設計
- 6 配管系統の設計
- 7 系統図の作成
- 8 空調和設備図面の作成

### 3. CADシステム

建築工学科で今回導入したした CAD 教育のための CAD システム、CAD 室について紹介する

#### 3.1 ハードウェアの構成

CAD システムのハードウェアの構成を図-1 に示す。CAD の取り扱いの説明をビジュアル的にするため、大型モニターおよびビデオデッキを 2 台設置し、CAD 操作の説明時の効率向上を図っている。また、課題に準じたビデオを作成し、学生のレベルに応じた解説が出来るように対応した。

#### 3.2 ソフトウェア

CAD のソフトウェア選択にあたっては、次の項目について検討した。

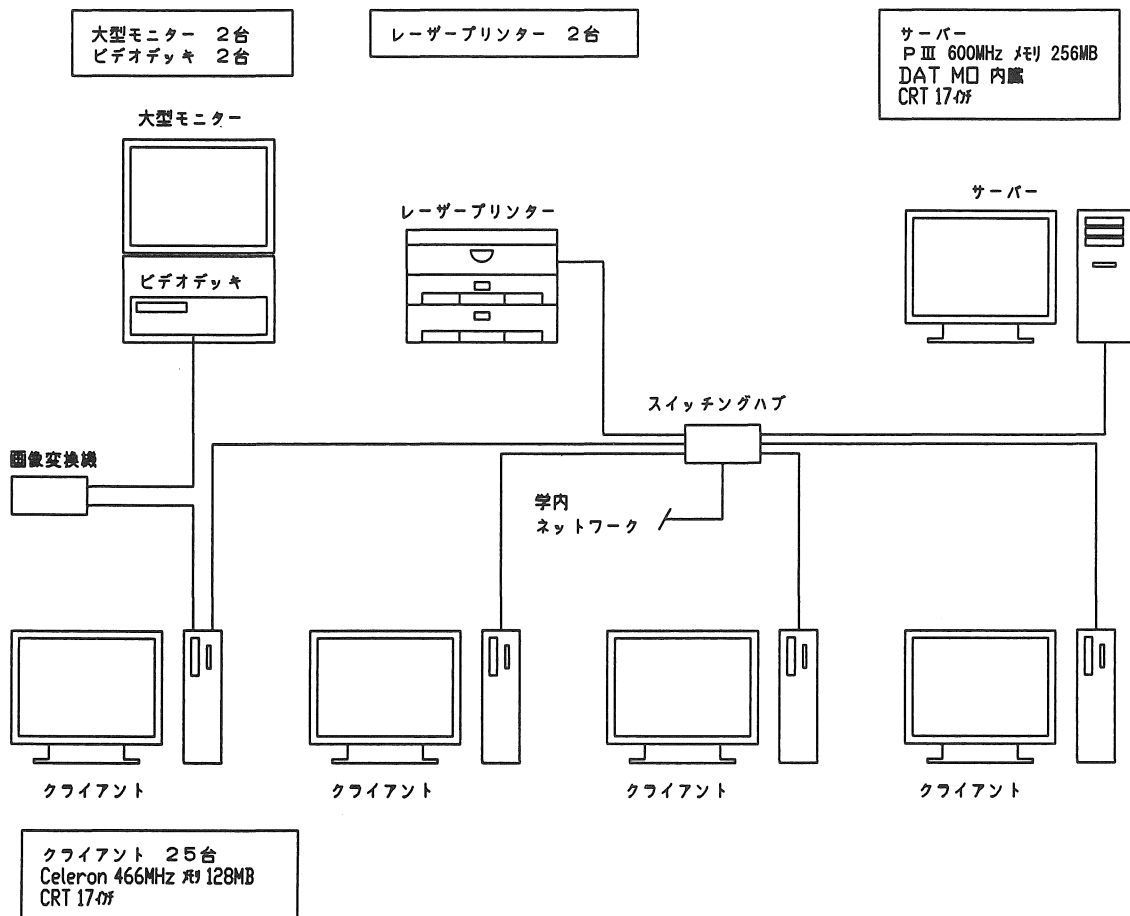


図-1 CAD システムの構成 (ハードウェア)

- ①学生が容易に入手出来ること。
- ②普及率の高いこと。
- ③操作性が良く、あまり自動製図機能がないこと。
- ④マニュアルがあること。

建築業界で普及度の高いことなどを考慮して、JW\_CAD を選定した。今回導入した JW\_CAD は MS-DOS 版であるため、最近公開された WINDOWS 版の JW\_CAD for windows への移行が必要である。



写真-1 建築工学科の CAD 室

#### 4. CAD 教育

##### 4.1 授業方法

初日は、CAD を初めて使う学生がほとんどであるため、CAD 機能と簡単な操作方法を試作したビデオ教材を使って説明し、1 時間程度 CAD を理解させるために自由な CAD 操作をさせる。

2 日目からは、手書きと CAD と併用するため、全体を 2 班に分け半数が CAD を使った課題図面の作成を行い、半数は手書きで図面の作成（トレース）を行う、ここでは CAD を使った授業方法について述べる。

全般的な課題の説明を教室で行った後、各自の作業に移るが、ノートパソコンを持参した者は、教室で CAD 作業を行うこともできる。学校の CAD を利用するものは CAD 室の CAD システムを利用する。教室での説明は、試作した CAD 操作の説明ビデオ、教材プリント、パソコン画面などにより図面の説明や CAD 操作のポイントの説明を行った。

CAD システムの基本部分はパソコンであるため、パソコンは熱負荷計算、機器表の作成は表計算、ワープロにも利用でき、CAD と併せてこれらの取り扱いも修得できると同時に、作業時間の短縮にもなる。

現段階では、教育効果を考慮して、データを入力すれ

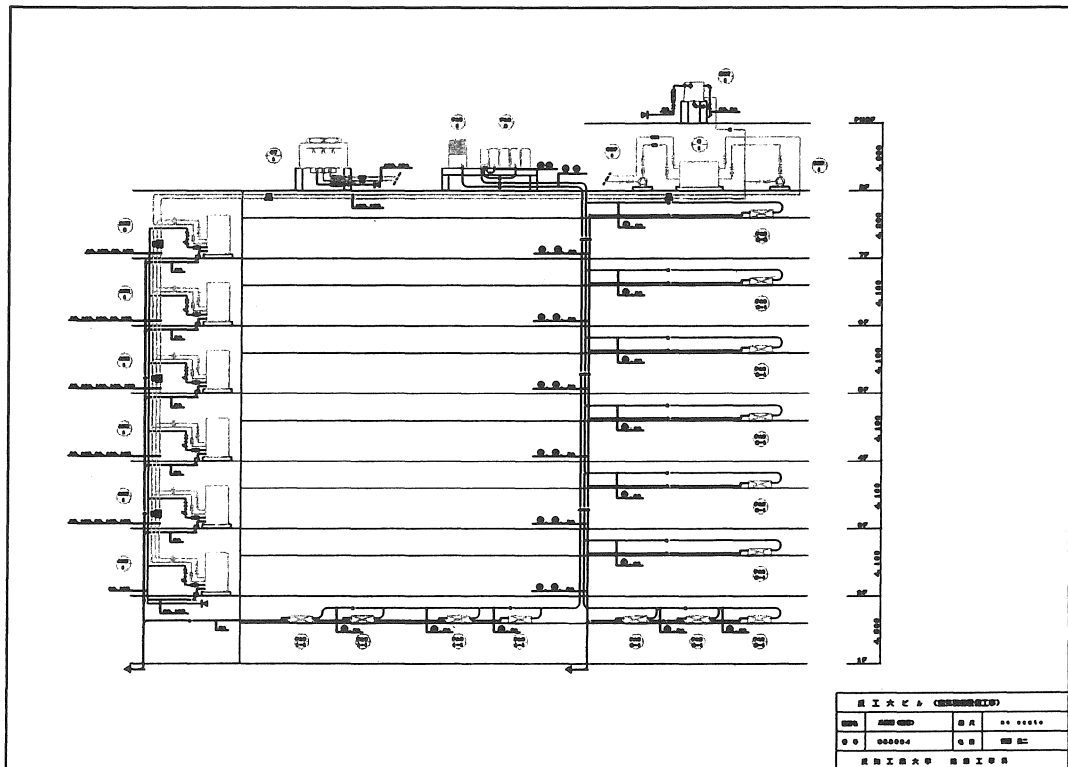


図-2 作品例 (系統図)

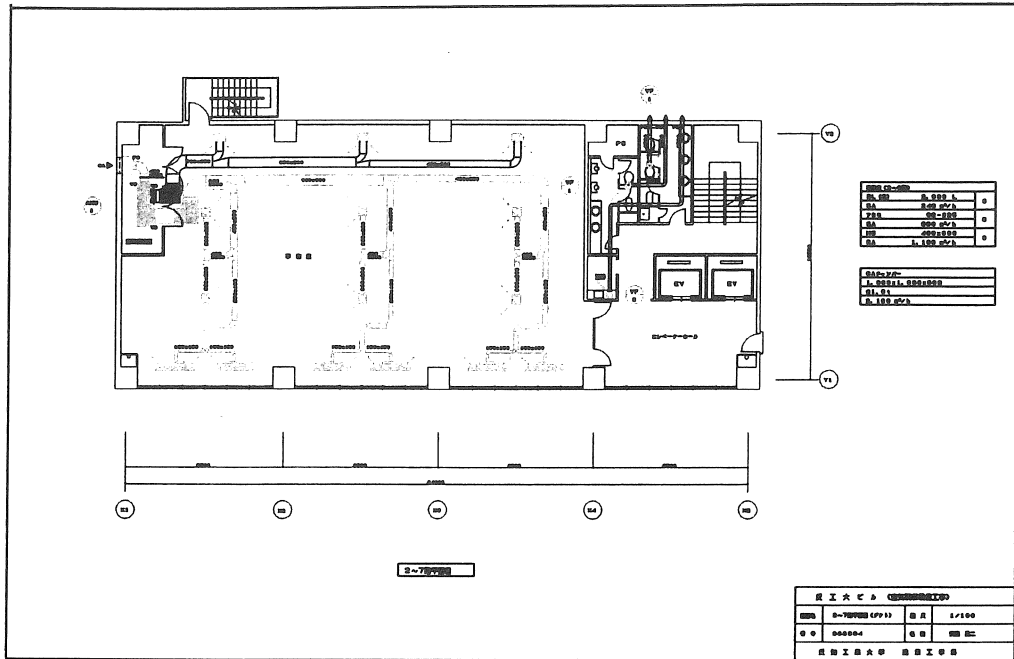


図-3 作品例 (ダクト平面図)

ば、自動的に作図する機能をもったソフトは使用せず、ドラフト機能のみを備えたソフトを使用している。基本的にはドラフターが CAD に置き換わったものである。配管記号については、あらかじめ作成した線記号変形データを与えている。

製図の授業の進め方は、2節で述べた順序に従って1項目づつ講義をしながら、図面を作成していく方法をとった。図面化する段階では、手書き、CAD どちらの方法を選んでもよい自由選択としたが、結果として、履修者全員が CAD による図面を提出したことからも、当初予想していたより、学生の CAD 化への志向が強かったといえる。

履修者は 40 ~50名であり、教員スタッフは、常勤教員 2名、非常勤講師 2名とパソコン、CAD の操作のためのティーチングアシスタント (TA) 1名の計 5名で対応している。

(1)設備製図 I の課題

基準階床面積 550 m<sup>2</sup> の 7 階建事務所ビルの給排水・衛生設備を下記の条件で設計し、指示した計算書・図面を作成して提出する。便所については詳細図を作成する。

◇給排水・衛生設備の設計条件

配管は管径を計算し、計算書を作成する。また図面にも管径を明記する。

給水 1 階に受水槽を設け、加圧給水方式とする。

各階にはバルブを設けて給水する。管は VLP。

容量の算定は事務所ビルで算定する。

流速 2.0m/s 以下で計算する。

雑排水 湯沸室、洗面器、掃除流し、空調用ドレインは雑排水系統とする。

汚水 大便器、小便器は汚水系統とし、雑排水系統とは排水枡で合流させる。

雑排水管・汚水管は CIP または VP。

通気 ループ通気、通気立管、伸頂通気管を設ける。管は SGP または VP。

ガス 各湯沸室には瞬間湯沸器と 1 ロガスコンロを設置する。

雨水 最大雨量 100mm/h として設計する。

消火 各階に屋内消火栓を、3 階以上には連結送水管放水口を設置し、消火ポンプは 1 階機器室に設置する。

構造 別紙の配置図、平面図、立面図に示した RC 造。基準階の階高 3.9 m、天井高 2.5 m。

(2)設備製図 II の課題

事務所ビル(設備製図 I の建物)の空気調和設計を行い図面を作成する。

◇空気調和設備の設計条件

夏季 室内 26.0℃ 50%, 外気 34.0℃ 60%

冬季 室内 22.0℃ 50%, 外気 0.0℃ 50%

人員 1.3 人/m<sup>2</sup> (1 F 店舗), 0.2 人/m<sup>2</sup> (2 F ~ 7 F 事務室)

照明 店舗は 40 W/m<sup>2</sup>, その他は 20 W/m<sup>2</sup>

ガラス 普通 6mm 厚

隙間風 0.5 回/h (1 F のみ)

外気取入量 30 m<sup>3</sup>/(h・人)

換気回数 湯沸室 (天井扇), 1 F ポンプ室 (有圧換気扇) …… 5 回/h

便所 (天井扇), E V 機械室 (有圧換気)

扇) ……10 回/h  
 RF 機械室 (火気使用・有圧換気扇)  
 ……20 回/h  
 空調方式 空調システム・空調計画については各自  
 決定する。

4.2 授業支援のための解説ビデオ

ビデオ作成に必要なハードウェアの構成を図-4 に示す。解説用ビデオは、今回 2 本作成をした。

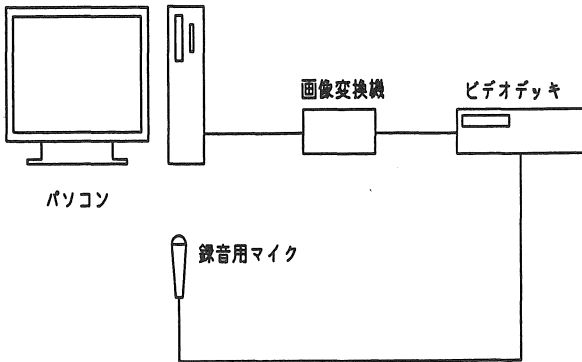


図-4 ビデオ収録システム図

①基本編

- パソコンの初歩的な操作
- Windows98 の画面の説明
- JW\_CAD の基本操作
- レイヤー (画層) の概念の説明

②応用編

- トレースの課題の作図手順の説明
- 設計への応用の説明

ビデオを作成することにより、学生が好きなき各レベルで反復学習が可能になり、学生の理解度の向上につながると考えた。また、今回作成したビデオは家庭用ビデオを使用したため、画面的にはやや劣るが、使用上は特に問題はなかった。

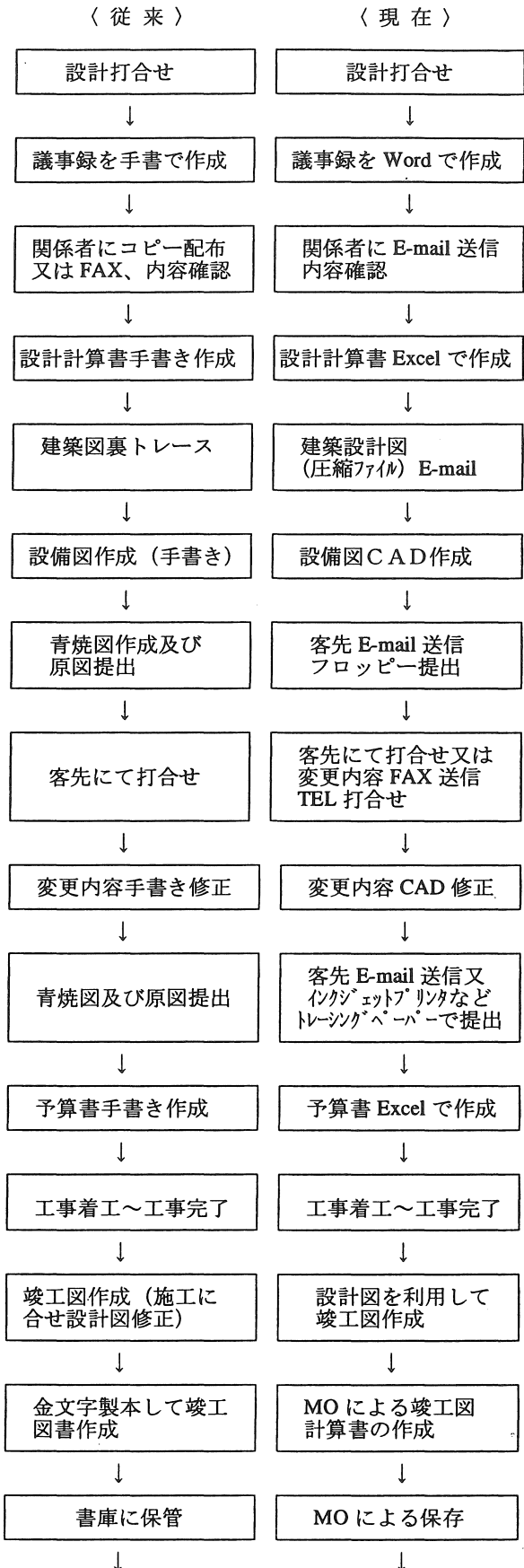
ビデオテープではなく CD-R 等に録画を行えば、任意のテーマを断片的に取り出すことができ、学生にとってより利用しやすくパソコンのディスプレイ画面で映像を見ることができる。

また、複製をしても画質の劣化が少ないので、今後 CD-R 等に移行すべきである。

5. 建設業界における CAD 利用と IT 活用の現状

建設業界 (建築設計事務所) においても、CAD の利用、IT の活用は急速に進んでいる。最近の設計の実務の現状について、従来の設計の手法と CAD システム、IT を活用した設計手法との比較をしてみると

次のようである。



更新などはこの厚い資料をみて計画

MO の保存データを修正

※現在は工事中の施工図作成にも CAD が多用されている。

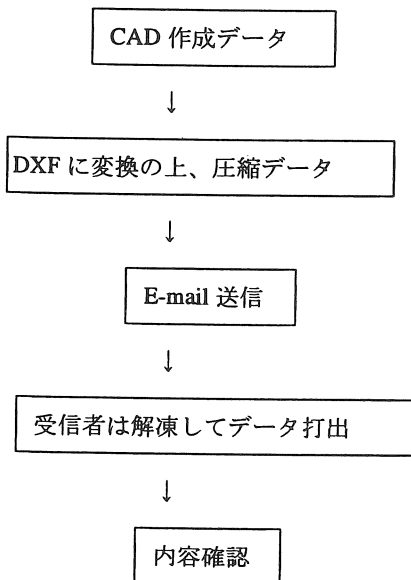
このような社会状況に対応出来るような教育をするため、建築工学科の設備製図の授業にも CAD システムを導入した。現状では次のことが理解できるまでに至っている。

- ①計算書を Excel 等で作成 (一部の学生)
- ②JW\_CAD による CAD 設計図作成
- ③フロッピーディスクによる保存
- ④プリンターによる図面の打ち出し

CAD を導入した授業を現在設計事務所で行われている手法と対比してみる。「設計打合せ」を「課題説明」と読み替えてみると、「設備図 CAD 作成」の段階まで来ている

社会の状況で要求されるもう一段の IT 化は、作成した図面 (データ) を DXF のような共通原語に置き換え、客先に送るということが通常化される状況まで進んでいる。

設計事務所等で、現在利用されている CAD データを共通言語 (DXF) に変換し、メディアを駆使し伝送するシステムは、次のような構成である。



### 6. 授業の評価

近年、パソコンの普及はめざましく、パーソナルな所有が一般的となった。しかし、建築工学科 (3 年生) で行ったアンケート調査結果では、製図の授業で CAD を使って図面を描くようになって、必要性を感じてパソコンを所有したものが 6 割近くあることが現状である。ま

た、パソコンを利用したことの無い学生も半数いる。パソコンを利用している学生であっても、そのほとんどがインターネットとして利用しており、そのうち半数がワープロ、ゲーム機として利用しているにすぎない。CAD としてのパソコンの利用経験ある学生は 1 割にすぎなかった。建築設備業界での CAD の普及状況を考えたとき、このアンケート結果は、在学中にパソコンを身近にし、CAD を使った設備設計を修得しておくことの必要性を痛感させられた。

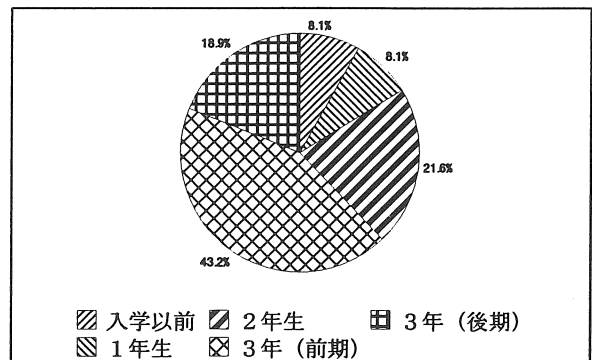


図-5 パソコンを所有した時期

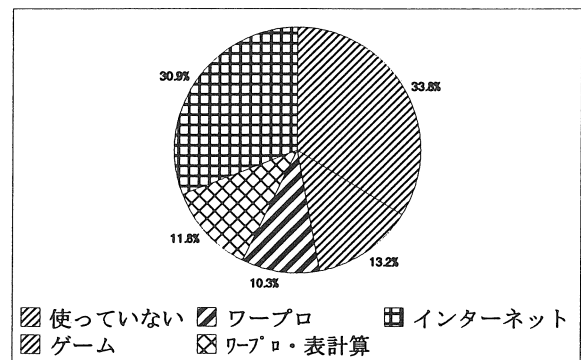


図-6 パソコンの利用状況

#### 6.1 学生から見た授業評価

設備製図に CAD を導入した結果、学生がどのような反応を示すかを調査するため、1 年間終わった時点でアンケートを行った。その結果から、次のことが分析できた。

- ① CAD を実際に使ってみて、ドラフターに比べて CAD の方が圧倒的に使いやすい。
- ②今後の製図の手段としては CAD を使いたい。
- ③使い方も当初予想していたより難しくなく、抵抗無く CAD の取り扱いが修得できた。
- ④ CAD で製図を描くことは大半の学生が修得できたと思っており、ある程度の自信をつけている。
- ⑤製図の完全な CAD 化には抵抗があるようで、ドラフターと CAD の併用、自由選択を望んでいる。しかし、後期の作品の提出状況を見てみると全員が CAD を使っ

た図面を提出している。これは、建築の設計製図は手書きであるといった固定概念が残っているため手書き図面をなくすることによる抵抗感ともとれる。

当初考えていたより、遙かに、抵抗なく CAD を受け入れられたようである。また、2次元の CAD では、そんなに難しくなく CAD が修得でき、使いやすく、身近なものとして受けとめられている。

理解できるような教材を作ったが、半数の学生がプリントの教材を求めている。ビデオ等によるディスプレイ画面より印刷物を望んでいる。これは、必要な箇所が随意に取り出せることを望んでいるためである。

②作品の提出形態についても、フロッピーディスクなどによるより、プリントアウトしたものを望んでいる。

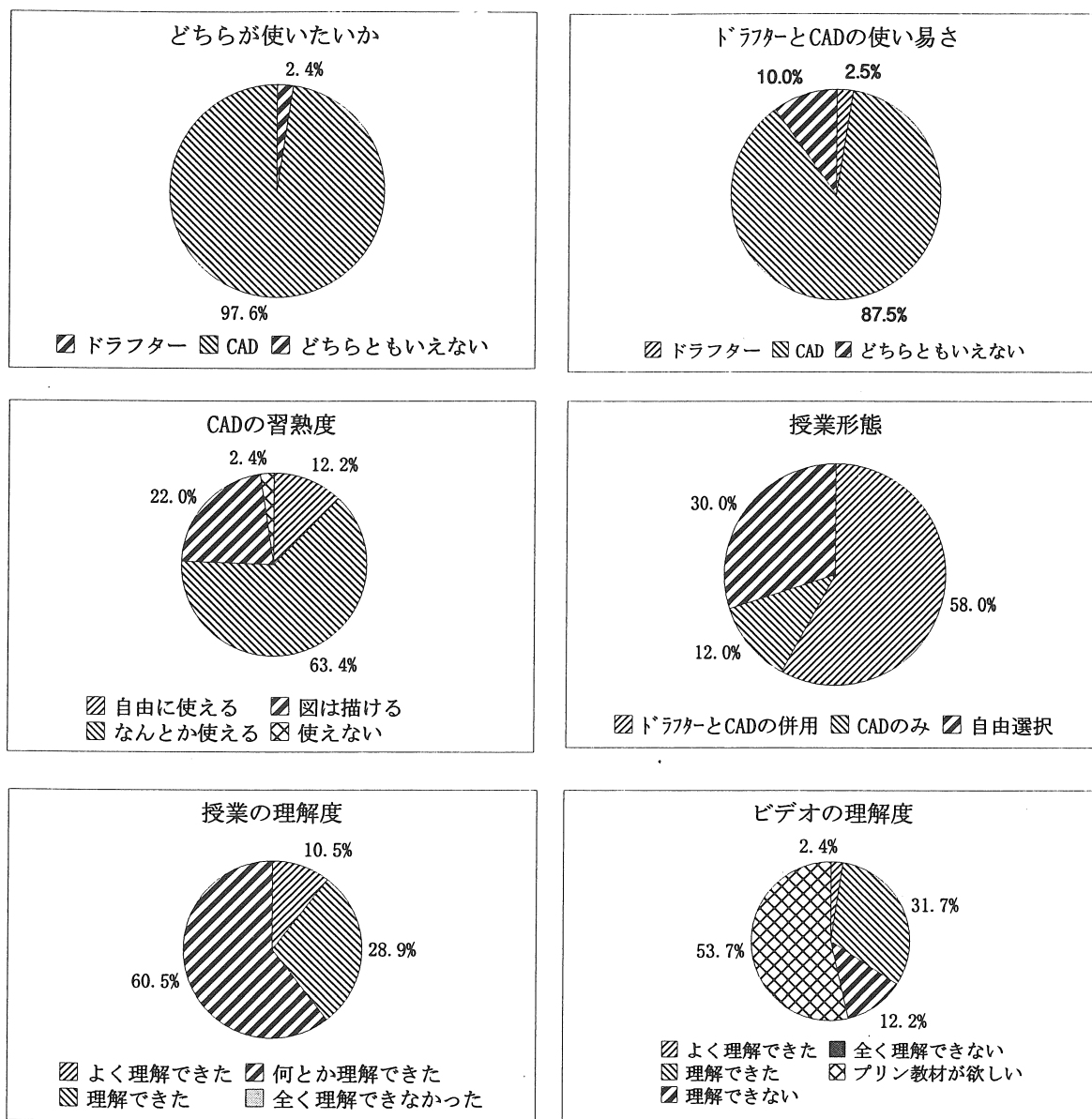


図-7 アンケート結果

次に、授業内容について、理解度、改善して欲しい点について調査してみた。その結果からは次のことが分析できた。

① CAD の取り扱い方について、ビデオ教材を使って

このことから、図面は印刷物にして残すことを望んでいることがいえる。CAD 導入をして経験が浅いことにもよるではあろうが、メール、フロッピーディスクによる媒体による完全なペーパーレスに移行するにはまだ時

間がかかるようである。

## 6.2 問題点と今後の対策

パソコン（特に CAD）の習熟度は個人差がかなりあり、与えられた課題が製図の授業時間中にこなせる者、こなせない者、その幅はかなり大きい。授業時間は課外（授業時間外）で自習してきた過程で発生する疑問点、問題点の解決する場となっている。CAD 教育の効果を上げるには、CAD システムがいつでも自由に使えるような環境作り、パーソナルな使用が可能にすることが望まれる。現状では、情報教育センター、個人所有のパソコンがその状態にあるが、必ずしも満足出来る状況ではない。CAD 室が常時解放されていて、学生がいつでも自由に使える CAD 室を建築工学科独自で備えることが望まれる。

3 年生の設備製図では、CAD システムを使った設備設計の基本をしっかり身につけさせ、さらに、上級を望む学生には、卒業研究等で個人レベルで学修する体制が考えられる。3 年生の設備製図の授業がそのアプローチとなれば、教育効果は得られたことになる。

JW\_CAD のようなフリーソフトを利用すれば、学生個人で CAD システムを所有する事は可能であるが、単に、ドラフターを使う代わりに CAD を使ったに過ぎない。設備設計の高度な機能を持った CAD ソフトを使用すれば、CAD システム構築のための経費的な問題、データを入力すれば、設計図ができあがるようなソフトもあり、教育的には問題が残る。

多人数教育する際に、課題を個々に変えることの困難さから、同一テーマとなった場合、データの授受が学生間で起こる可能性があり、授業時間中に、個々の学生の進捗状況を把握出来る体制を整えておくことも大切である。

## 7. まとめ

建築工学科での設備設計・製図教育の目的は、1, 2 年で学んできた建築設備について、実際の建物に建築設備計画をしたものを、図面として明確に表現する能力を教育することであり、CAD が使えるようにすることではない。あくまでも、表現するための道具でしかない。このように考えたとき、データを入力すれば自動的に図面化できればよいことになるが、企業では省力化といった観点から、この手法が望ましいが、教育といった立場から見たときこの手法が必ずしも適切とはいえない。図面化していく過程を理解することも大切である。従って、CAD ソフトがどの程度自動化したもを選択するかが今後の課題である。

## 参考資料

1. 坪井；「CAD を使った設備設計教育」,愛知工業大学研究報告,No30(1995),pp.101～104
2. 坪井；「CAD を使った設備設計教育(2)」,愛知工業大学研究報告,No32(1997),pp.189～192

(受理 平成 13 年 3 月 19 日)