

マルチユース可能な 教育用計算機システムの構築と運用*

堀内泰輔**・堀内征治***・岡田 学****

(平成6年9月30日 受理)

Construction and Application of Multi-usable Computer System for Educational Environment

By Taisuke HORIUCHI, Seiji HORIUCHI, Manabu OKADA

In the area of information processing education, there are so many problems when we select new computer system. Because there are many operating system, computer system including network architecture, program language to educate, etc.

We selected new computer system in this March by consideration with part of computer center in the new age. As a result, we chose complex system includes 2 work-stations, 48 personal computers and computer network. In this paper, we introduce construction and application of the new system.

1. はじめに

人的・経済的資源に乏しい高専にとって、時代の要請に合致した情報処理教育環境をいかに構築・整備していくかは、われわれ教育用計算機センターを管理する者にとって、ますます重大な課題となってきた。

本稿では、平成6年3月に導入した新規の情報処理教育用計算機システムについてその仕様決定などの過程を述べた後、本システムの他校にはない特長に言及する。また、導入後のシステム構築・運営状況ならびに今後の課題についても報告したい。

2. 新システム選定の経緯

2-1 現在までのセンターの歩み

本校の教育用計算機センター（以下、センター）は昭和49年3月に開設され、同時に第一代目の計算機（パンチカードによるバッチ処理型）が設置された。その後、昭和60年度に1回目の更新がなされた。これはUNIXシステムに45台のパソコンがRS-232C経由で接続されたもので、パソコンのスタンドアローンとUNIXの双方の教育ができるものである。し

* 平成6年8月高専情報処理教育研究委員会第14回研究発表会にて発表

** 機械工学科 助教授

*** 電子情報工学科 教授

**** 機械工学科 助手

かしその後8年余りを経て、システムの陳腐化が著しくなってきた。

そして、昨年、時期計算機システムに更新されることが決定し、新システムの仕様策定・入札を経て、本年3月に三代目のシステムに更新がなされた。5月からは新システムの授業での運用を開始し、約3ヶ月を経過した。新システムの概要は後述するが、「ネットワーク型分散システム」ということができる。

2-2 新システムの仕様概要

仕様策定に当たっては、計算機システムの構成を考えることが第一となる。センターの学内の位置付けは時代とともに変化してきており、センターにおける教育用計算機の目的を再考するところから始った。その結果、全学年を対象とする情報処理教育・CAD教育・公開講座を手段とする社会人教育・学内LANなど広い視野に立って、次のような基本的要件を策定した。

- (a) MS-DOSとUNIXのどちらでも45人が一斉に利用できること。
- (b) CAD教育が効率的に行えるような高性能パソコンを備えること。
- (c) UNIX教育にあってはキャラクター端末利用のみならず、Xウィンドウを利用できるシステムであること。これにはコストが安いパソコンUNIXを導入する。
- (d) 学内LANに接続して卒研学生や教員も有効利用できること。
- (e) システム管理が効率的に実施できるよう、ファイルサーバーを置くこと。
- (f) 購入費用を最低限に抑えるため、ソフトウェアにはフリーソフトを多用すること。

これに基づいて、パソコンとワークステーションを有機的にネットワーク接続して、多様な形態で有効活用がはかれるような計算機システムの仕様を策定した。

これによれば次のような他に類を見ない、さまざまなシステムの運用が可能となる。

- (a) スタンドアローンのパソコンの利用(DOSおよびMS-Windows環境)
- (b) パソコンをUNIXのキャラクター端末として利用
- (c) パソコン上でスタンドアローンのUNIXとして利用(Xウィンドウ環境)
- (d) パソコン上のUNIXとワークステーションによる、コンピュータネットワークとしての利用(電子メール、電子ニュース、リモートログイン、FTPなど)
- (e) パソコン上でCAD教育環境としての利用

3. 新システムのシステム概要

3-1 ハードウェア概要

図1に、上記の仕様に基づいて入札・導入されたシステムのハードウェア概要を示す。

本システムは2台のワークステーション(以下WSと略記)と1台のパソコンネットワークサーバ(以下PCサーバと略記)、それに49台のパソコン(以下PCと略記)がイーサネットによって接続されている。また、レーザプリンタ4台がマルチプロトコル対応のプリンタサーバを通じて接続されているので、使用するOSを問わずに共通のプリンタが利用可能である。

2台のワークステーションにはそれぞれ64MBのメモリが搭載されている。補助記憶装置は総計5.6GBの容量を持ち、周辺機器としてはCD-ROM、8mmストリーマ、ポストスク

リフト対応のレーザプリンタ各1台を擁している。

また、各PCにはCPUとしてIntel 486DX (33MHz) が搭載されており、高速動作・計算が期待できる。外部記憶には3モードの3.5インチフロッピーディスク装置のほか、340MBの大容量ハードディスク（以下HDDと略記）が搭載されている。さらにCRTディスプレイは17インチの大画面のものを選定したため、CADやDTPなどの教育やウィンドウ環境での利用に最適である。

また、本システムはゲートウェイマシンを介して学内LANにつながっているため、学内の他の計算機設備の利用、研究室からの利用、さらには、本校外部へのアクセスも可能になっている。

3-2 ソフトウェア概要

オペレーティングシステムとしては、PC用としてDOS（日本語DOS/V J5.0/V）・MS-Windows（3.1）・パソコンUNIXが、WS用としてはUNIX（Sun OS 4.1.3）がそれぞれ用意されているので、授業に最適なOS環境を選択できることが大きな特長である。

また、情報処理教育の根幹をなすプログラミング言語としては、C（WS：SPARCworks Professional C, PC：Turbo C++ for Windows）、FORTRAN（WS：Sun FORTRAN, PC：WAFOR77）、PASCAL（PC：Turbo PASCAL）等が用意されている。また、WSの端末としてパソコンを用いるためのソフトとしては、MS-Windows上で稼働するLAN Work-Place for DOSを導入した。

4. システム構築

以上のハードウェア・ソフトウェア環境を情報処理教育の上で効果的に利用するためには、様々なシステムの構築が必要となる。前述のように本システムは構成的に極めて複雑な形態を採っているため、メーカーお仕着せの環境設定のみでは最適なシステム環境の構築は不可能

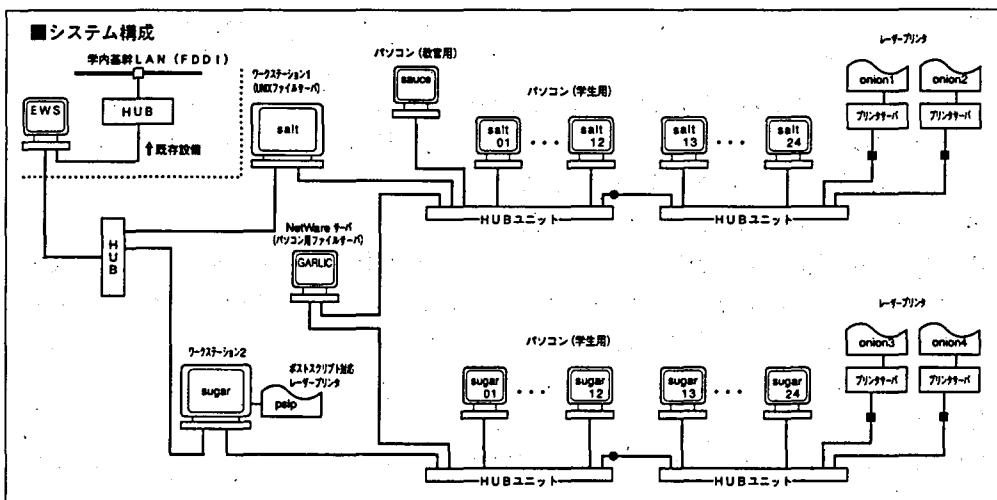


図1 本システムのハードウェア概要

である。以下には、我々がメーカーとの共同作業で構築してきたことについて述べたい。

4-1 パソコン環境の構築

4-1-1 学生固有ファイルの所在

学生がパソコン環境、つまり DOS や MS-Windows の環境で操作する場合にまず最初に考慮しなければならないのは、学生が作成したプログラムなどのファイル群をどこに格納するか、という点である。本システムでの可能性としては、

- (1) フロッピーディスク
- (2) 各パソコン内蔵の HDD 内
- (3) PC サーバ内
- (4) WS のファイルサーバ内

の4つが考えられる。このうち、(2)は容量の余裕がなく、システムを破壊する可能性が高いこと、(3)はシステム管理面で多大の労力が予想されること、(4)はパソコン側に NFS のためのソフトウェアがないこと、により結局(1)の個人持ちのフロッピーディスクに落ちついた。教育の場面ではそれほど大きなファイルを作成することはまれであり、学生にもファイル管理を教えるためにもこの選択は良いと思われる。

ただ、学生が作業ファイルを一時的にパソコン HDD 内に作成できることも考慮した。

4-1-2 起動 OS 選択メニューの設計

学生が本システムを用いるには当然パソコンへの電源入力とその起点となる。これまで述べたように、パソコンからは DOS とパソコン UNIX の両方を利用できるように設定されている必要がある。ところが通常はパソコン内 HDD の DOS 部分のみが起動されるため、パソコン UNIX の起動のためには、専用の起動プログラムが必要となる。幸い、フリーソフトには各種のこのような類のブートセレクトが存在しており、今回は OS-BS というプログラムを採用した。このプログラムは、

- (1) 画面に詳しいメニューが表示できる。
- (2) デフォルト設定により、何も操作しなければ、自動的に予め指定したどちらかの OS が起動できる。

などの特長を持っている。特に(2)は重要で、DOS ユーザが誤ってパソコン UNIX を起動してしまい、複雑なシャットダウン操作を行わずに電源を切って UNIX にダメージを与える、というような授業には大敵な状況から回避できる。

4-1-3 統計情報採取メニューの設計

本システムは使われ方が多岐にわたること、「誰が何時何をどのくらいの時間計算機をつかったか」という統計情報を採取する必要があること、などから、次のような事項に関するメニュー画面をシステム起動時に表示して、ユーザからの情報をキーインする方式を採った。

- (1) 使用開始時刻
- (2) ユーザ名
- (3) 使用する OS の種類 (DOS/V, MS-Windows, WS の UNIX, パソコン UNIX など)
- (4) 言語, アプリケーションの種類

(5) 目的（授業、研究、部活動、システム管理など）

(6) 使用終了時刻

このうち、(1)と(6)についてはパソコン内の時計を用いた。また、(2)のユーザ名は UNIXでのログイン名と同じものを要求するようにした。

なお、採取した情報は一時的に環境変数に蓄えられるが、終了操作時に PC サーバ内に記録するようにした。これは別に開発したプログラムまたは市販の表計算プログラムにより、集計が可能である。

4-1-4 PC サーバ関連の設定

本システムには、パソコン LAN として Netware が採用されている。このための PC サーバを如何に効果的に利用するかが DOS ユーザの利便性を高める鍵となる。

Netware のメリットは、PC サーバ上に次のようなファイル群を作成できることにある。

(1) 共有のアプリケーション

(2) 共有のデータファイル

(3) ユーザ個人のみがアクセス可能な各種ファイル

(4) ユーザのグループ員のみがアクセス可能な各種ファイル

このうち(1)は今回購入したソフトはすべてスタンドアロン型ソフトであったため、基本的にすべてのソフトは各パソコン HDD 内にインストールしておいて、ユーザはそれを使うこととした。ただ、フリーソフトについてはサーバからアップロードして使えるようにした。

(2)についても、現在のところ共有すべき巨大なファイルがないため、これも格納していない。ただ、パソコン内 HDD のバックアップや復元を行うためには PC サーバは必須である。これについては後述する。

(3)と(4)によれば、DOS ユーザはあたかも UNIX ユーザのごとく、専用のホームディレクトリを共有ディスク内に持つことができる。しかしながら、4-1-1で述べたように、学生固有のファイルはフロッピーを用いることにしたため、これについても PC サーバを利用しない。ただし、部活動などにおいてグループでプログラムを開発できる環境も必要であるため、申し出により、個人あるいはグループでのサーバ利用ができるようにした。

以上のように、本システムの PC サーバはいわゆる LAN としての活用はいまのところ本格的には実施しておらず、一般のユーザはそれを用いるのは、

(1) 起動時のメニュー採取データのサーバへの書き込み

(2) フリーソフトなどをサーバからのアップロード

(3) パソコン HDD が破壊されたときのサーバからの復元

などの場面である。したがって、ユーザは何らかの形で PC サーバを毎回利用することになる。よって、Netware に対するログイン操作が必要になる。これに、起動時に入力したユーザ名 (UNIX と共通) を用いると、PC サーバには全ユーザの利用登録を予め行わねばならない。しかしこれらはかなりの労力を要するため、今回はパソコンそれぞれに名前をつけ (パソコン名という)、これにより内部的にログインするようにした。

4-1-5 MS-Windows 関連の設定

本システムではこのところ急速に伸びている MS-Windows を教育に採り入れることを考

慮した。MS-WindowsはUNIXのXウィンドウと類似の機能であるが、個人ごとの環境設定ができないところが決定的な差異である。このため、ある学生が環境を変えてしまうと、別の学生が立ち往生することにもなり、一斉教育の立場では非常な支障となる。このため、MS-Windows起動時の画面は不変であるように設定した。しかし、この設定を変えることや、他の環境（画面の色、壁紙、各種モードなど）の変更もやり方を知っている学生には可能である。この点は教育利用という特殊事情を各学生に理解させるよう教育で補う以外にないであろう。

4-1-6 パソコン UNIX 関連

パソコン UNIXには、市販、フリーソフトを含めて多種のものが存在している。予算の面からはフリーソフトを採用することが好ましいが、その安定性、障害が起こったときの対応など考慮するとやはり市販品を用いることがシステム管理の面から有利となる。現状（本年度前期）では授業で積極的にパソコン UNIXを利用することはないため、後期からの利用開始に向けて複数のパソコン UNIXを対比しながらテスト中である。

なお、パソコンのHDD340MBのうち、200MBをパソコン UNIXの領域にあてている。

4-1-7 利用中のフリーソフト

今回購入したDOS用ソフトにはDOS版Cコンパイラとエディタが含まれていない。これは優れたフリーソフトを積極的に利用するためである。

現在利用しているフリーソフトは以下のものである。

- (1) se3 (エディタ)
- (2) LSI C86 試食版 (Cコンパイラ)
- (3) FD (ファイラー)

4-1-8 言語利用のためのユーティリティ

以上の各ソフトウェアのほか、授業での利用頻度の高い、各種言語によるプログラミングにおいて、学生に負担をかけないで効率的にプログラム作成を可能にするため、各言語別に、エディタ起動・コンパイル・リストの印字・実行・実行結果の印字などのバッチコマンドを作成した。

4-2 ワークステーション環境の構築

4-2-1 ネットワークの構造

図1に示したように、本システムでは、負荷の分散のため、2本のサブネットワークのそれぞれにWSを計算サーバとして配し、そこには24~5台のPCがイーサネット接続している。

したがって、ユーザは原則として自分のPCが接続しているサブネット上のWSにログインするように設定した。しかし、授業時間外などは授業中利用したWSとは別のWSにログインすることもありうる。この場合、問題になるのはパスワードファイルなどの利用者のアカウント情報と各自のホームディレクトリである。2台のWSが完全に分離していると、このようなファイル群が2カ所の重複して持たねばならない。そのため、ユーザの使い勝手は最悪のものとなる。

これを解決するため、2台のWSの一方がNFS及びNISのサーバに設定してどちらの

WS からでも同一領域をアクセスできるようにした。

以上の設定は複数の WS を持つ環境では普通に行われている手法であるが、本システムの場合には、ここにパソコン UNIX という新しい要素が入ってくる。ひとつのパソコン UNIX はそれ自体完全な WS 1 台に匹敵するから、これらに関しても、NFS や NIS の設定を行う必要がある。しかし、NFS についてはほとんどのパソコン UNIX でサポートしているものの、市販の製品でも NIS がサポートされていないものも存在する。かえって、フリーソフトの方が機能が充実している点も見逃せない。

4-2-2 ログイン名の決定

UNIX 環境では、学生ごとのログイン名が必要になるが、本校の従来のシステムでは毎年 4 月に新規に全ログイン名を登録し直す作業を行っていた。この方式のメリットはログイン名中に学科・組・番号が反映できるため、ログイン名からすぐに学生を特定しやすい点であった。しかし、管理の手間を考えると、入学時に登録したら卒業時まで同じログイン名で計算機を使える方が学生にとって便利であるし、管理上も楽である。これにより、本システムでは、後者の手法を採用し、ログイン名には学籍番号（入学年度、学科を反映）を用いることとした。この方法のデメリットは留年学生・留学生・編入生・転科生などの特殊学生の存在のためにログイン名から現在の学年・科が類推できないことである。

4-2-3 ユーザ登録

通常 UNIX でのユーザ登録は、会話式に行われるが、学校という多数のユーザを抱えたサイドでは、この作業は面倒以外の何者でもない。そのため従来は、専用のシェルスクリプトを作って対応していたが、今回のシステムにはメーカ作成の本格的なユーザ管理ツールが実装されていたため、ユーザ登録作業は比較的容易であった。しかし、1,000人以上という特殊な環境でのユーザ登録は過去にもあまり例がなかったらしく、一部、不具合を生じた。

4-3 オートインストールシステムの開発

以上のような各種設定を行うことにより、システム構築が一応完了したが、後に残るのは、障害時の対策である。ここでは、今回開発した復旧をほぼ自動的に行うオートインストールについて述べる。

4-3-1 パソコン環境 (DOS, MS-Windows) のオートインストール

学生が故意の有無に関わらず、パソコン HDD 内の一部を壊した場合、その原因を突き止め、もとに戻すための労力は相当のものがある。

そこで、PC サーバを有効利用して、どんな場合にも完全な初期の環境に復旧するシステムを構築した。これは破壊状況に応じて、次の 4 つの段階での利用が可能で、所定のフロッピーディスクからブートし、パソコン名 (4-1-4 参照) をキーインするだけであとはすべて自動でインストールを行う。なお、所要時間については後述する。

- (1) HDD 内のパーティショニングを含めた完全復旧
- (2) HDD のフォーマットを含めた復旧
- (3) 全ファイル消去後の全ファイルのコピー
- (4) 全ファイルの強制コピー

(1)は主に新規の HDD について行うもので、通常は必要ない。(2)も通常の利用ではハード

エラーを生じた時以外は不必要である。

これに対し、(3)は頻繁に利用するもので非常に重宝なツールである。(4)は(3)よりも高速であるが、ユーザが固有の巨大ファイルを作ってしまったときは(3)によるしかない。

4-3-2 パソコン UNIX のオートインストール

パソコン UNIX のインストールは比較的手順が複雑で、最初に専用フロッピー（ブートディスク）を挿入して、UNIX の基本システムを RAM ディスクに構築した後、CD-ROM やネットワーク（NFS）を用いてその他のファイルを転送する、という手順を採る。本システムでは49台という多数のパソコンがあるため、1台1台会話式にインストールしたのでは大変な労力になってしまう。加えて、CD-ROM 装置は教官機（1台）にしか搭載されていないため、残りの48台についてはネットワークを用いるのが現実的である。

以上のような事情により、教官機を完全にインストールしてあることを前提に、2枚のフロッピー挿入と2～3回のキーイン操作のみで、ネットワークを用いて完全な UNIX 環境をインストールするためのツールを開発した。これによれば前述のパソコン環境をインストールするとほぼ同じ手間と時間で、パソコン UNIX のインストールができることは特筆できよう。

4-4 起動時動作プログラムの開発

Netware の欠点として、クライアント側からサーバ側のファイルアクセスはできるが、その逆やクライアント間のコミュニケーションができないことが挙げられる。もし、サーバからクライアントの HDD を操作できるなら、管理がかなり自動化できることになるだろうが、残念ながら Netware では通常は不可能のようである。

この対策として、学生がパソコンを起動したときに、ある操作（たとえば、サーバの特定ファイルの学生機へのコピーなど）が実行できるよう、工夫を施した。これによれば、システムの若干の変更を用いることや、画面に注意事項を表示して伝言板としての役割を果たすことができる。ただ、全パソコンが同一の操作を行うのみであり、個々のパソコンへの特定操作の要求には対応できない。

5. システムの評価

本システムを評価するため、いくつかの測定を実施したので、その結果を報告する。

5-1 ベンチマークテストとその結果

パソコンをスタンドアロンで用いる環境においては、計算機の性能は単体のパソコンのそれで評価できるが、本システムのように、ネットワークで複合化されたシステムでは、全体の性能はシステムの性能として評価されねばならない。

したがって、今回のシステム仕様ではシステム構築部品単体の性能仕様（CPU の速度など）のほかに、ネットワークを用いたファイル転送の所要時間の制約を仕様の中に取り入れた。

なお、以下において、<>内は実測結果を示す。これに示すようにほぼ良好な結果が得られた。実際の運用においても遅いという感覚なしに利用できている。

5-1-1 ワークステーションの速度テスト仕様

ワークステーションを複数のパソコン端末から同時に利用したときの速度を評価するため、全パソコン中、任意の23台のパソコン端末から同時にCプログラム（素数を1000個、エラトステネスの篩い法を用いて求める。）をコンパイル・実行したとき、

- (1) コンパイル所要時間が最悪のケースで15秒<10.2秒>を越えないこと。
- (2) コンパイルされた実行プログラムの実行所要時間が、最悪のケースで75秒<81.3秒>を越えないこと。

5-1-2 ネットワークの転送速度テスト仕様

(1) MS-DOS 配下ファイルの転送時間

45台のパソコン中、任意の23台のパソコンが同時に、Netware ファイルサーバ上の1MBのファイルを送受信するとき、ダウンロードで90秒以内<75.7秒>、アップロードで120秒以内<82.3秒>に転送を終えること。

(2) UNIX 配下ファイルの転送時間

45台のパソコン中、任意の23台のパソコンが同時に、UNIX ファイルサーバ上の1MBのテキストファイルを送受信するとき、ダウンロードで120秒以内<53.3秒>、アップロードで160秒以内<26.7秒>に転送を終えること。

5-2 システム起動時間について

システム評価の一環として、各OSを起動し、利用できるまでの時間を測定した。結果を表1に示す。特にパソコンUNIX（ここではBSD/386を使用）ではWSと比較して非常に起動時間が短く、教育に最適といえよう。

5-3 インストール所要時間について

次に、ここでは4-3で述べた各オートインストールシステムについて、表2にその所要時間（1台のみで実施）を報告する。いずれも比較的短時間でインストール可能なことがわかる。

なお、複数台を同時にインストールする時のデータは未採取であるが、全パソコン49台にDOSとMS-Windowsを一斉にインストール（下記(3)の方法による）した場合、90分以内

表2 インストールの所要時間

種類	所要時間
DOS+MS-Windows	
(1) 完全復旧	23'11"
(2) フォーマット復旧	21'06"
(3) 全ファイル消去付	19'31"
(4) 強制コピー	18'54"
パソコン UNIX	約31分*1

*1キー入力時間を含む

表1 起動時間の測定結果

OS名	起動所要時間
DOS	43"
DOS+MS-Windows	1'08"
パソコン UNIX	1'16"

にすべてのインストールが完了した。このため、Netwareのファイル転送性能は非常に良好であることがわかった。

6. おわりに

本稿では、新しい情報処理教育用計算機システムについて、その仕様策定・導入・運用などを報告した。

人的資源および計算機資源の乏しい国立高専にあって、時代に合った計算機システムを導入し、それを最大限に活用し効率的に運用する方法を模索していくことはわれわれ当事者にとってますます必要なことと思われる。今後は、よりいっそうのセンター内各種システムの最適化を行うべく努力をしていきたい。

最後に、本システム導入に当たってお世話いただいた、(株)富士通長野営業所・(株)富士通長野システムエンジニアリングの担当の方々に御礼を申し上げる。

参考文献

- 1) 堀内泰輔, 岡田 学: 「教育用電子計算機の管理と運用について」, 長野工業高等専門学校報告第7号, pp. 23-29, 1994
- 2) 堀内泰輔, 堀内征治, 岡田 学: 「教育用パソコンLANの運用と分散処理への応用」, 平成4年度高専情報処理研究委員会研究発表会論文集, pp. 85-88, 1992