

芸術と科学の融合を目指した 新しい統合化教育システムの構築

Issam A. Hamid, 前川道博
東北芸術工科大学

川上佳樹、西牧智彦
富士ゼロックス

東北芸術工科大学では、情報科学と関連する新しい情報デザイン教育のための統合化された教育システムを構築し、平成5年度から稼働を開始した。本論では、このシステムの構築へ向けたアプローチを紹介する。カリキュラムはコンピュータ科学教育とマルチメディア情報教育で編成する。システムの目的は、環境と人間のインタフェースとしてコンピュータを活用できる方法と技術を学生が習得できる環境を提供することにある。システム設計に当たっては、マルチメディア伝送手段としてのネットワーク構築、エンドステーションへの多様な機能の提供に主眼を置いた。

Construction of a New Integrated Educational System which Aims at Unifying Art and Science

Issam A. Hamid, Michihiro Maekawa Yoshiki Kawakami, Tomohiko Nishimaki
Tohoku University of Art and Design Fuji Xerox

In this paper we have presented an approach for complete educational system for teaching courses in computer science related fields. This integrated information system has been established at Tohoku University of Art and Design. The motivation behind this system is to give educational courses to teach students methods and techniques on how to efficiently use computing facilities to interface and automate between processes which adapting the environment represented as logical world and environment represented as physical world. This process is believed to be important role to have a complete understanding about the environment in complicated real world.

We conclude through this case study, that general courses in programming languages, graphical user interfaces, and multimedia systems are major subjects which may have a complete labor to achieve a new generation information society.

1. はじめに

平成4年度に開学した東北芸術工科大学では、芸術と科学の融合を目指した情報デザイン教育を試みようとしている。デザイン工学部情報デザイン学科の情報環境コースでは、情報科学と関連する新しい情報デザイン教育のための統合化された教育システムを構築し、平成5年度から稼働を開始した。

本論では、システム化要件(当システムの教育上の位置づけと目的)、システム設計と評価について述べる。

なお、教育カリキュラムは現在、編成中の段階にある。以下に述べるカリキュラムは、今後の教育展開を想定した筆者らの提案カリキュラムであることをお断りしておく。

2. 芸術と科学の融合を目指した教育システム

2.1 新しい情報教育システムの位置づけ

2.1.1 新しい情報教育の目的と概念

現代社会は急速に多様化・流動化している。そのため、文化・経済・政治等の活動の環境を、従来の考え方で捉えようとする、理解しにくい、見えにくいものにならざるを得ない。このような状況の中では、「新しい視点」に立って、問題解決を図り、「人にやさしい新たな環境」を創造していける能力が必要である。

情報環境コースは、環境と人間をつなぐメディア(情報とメソッド)について学ぶための新しい情報教育を目指した専門コースとして設けられた。コンピュータを環境と人間のインタフェースとして活用し、幅広くかつ奥深く情報について洞察できる人材を養成していくことが、このコースの目的である。

新しい情報環境を創造していくためには、情報メディアについて幅広く考えていけるような新しい学の構築が必要である。情報環境コースでは、コンピュータ科学、メディア科学、認知科学などの既存の専門分野を基盤として、その上に新しい情報環境学の創造を目指している。

2.1.2 コンピュータ科学教育の枠組

(1) コンピュータ科学教育のカリキュラム

情報環境の概念と技術に関わる学問的基盤となるのは、コンピュータ科学である。こ

では、そうした基盤にふさわしい以下のコンピュータ科学教育カリキュラムを提案する。

● コンピュータ科学I

(問題解決法、アルゴリズム設計、高級プログラミング言語、プログラム設計・ドキュメンテーション・デバッグの技術)

● コンピュータ科学II

(大規模プログラム設計、アルゴリズム分析)

● 高級プログラミング言語

(プログラミング言語の構成、データ構造とアルゴリズム分析)

● アプリケーションとインプリケーション

(コンピュータシステムの基本概念、コンピュータアーキテクチャの紹介、アプリケーションの紹介)

コンピュータ科学の教官にとって、コンピュータ科学はこれよりずっと深いものであるとの議論があるであろう。しかしながら、情報デザイン教育におけるコンピュータ科学の役割は、情報科学の他分野や周辺分野(都市学、デザイン、芸術など)との協同的な関係の中で、その基礎となる考え方や技術を示すことにある。上記のコンピュータ科学教育カリキュラムは、そのためのミニマムな構成である。

(2) コンピュータ科学教育から見た要件

いずれの科目も、それぞれの受講生に対して、十分な設備の数(1人1台)を要求する。

高級プログラミング言語では、プログラムを記述するプロセスを全般的に紹介する。そのためには、プログラムの実行に十分なコンピュータの能力が必要である。

アプリケーションとインプリケーションでは、ハードウェアに広範なソフトウェアを追加できることが必要である。ある種のアプリケーションプログラムは教官がデモし、学生もそれらを実行できなければならない。

これらの科目に必要なコンピュータの能力は、広範なものである。それぞれの科目で、学生は課外時間にコンピュータを利用できなければならない。そのために1人1台の設備と柔軟なアクセスビリティが提供できなければならない。

2.1.3 マルチメディア情報教育の枠組

コンピュータを基盤とした今日の情報環境は、従来のコンピュータ科学の枠組だけでは

十分に包括できない新たな広がりを持ってきている。その主要な方向性を示すものがマルチメディアである。マルチメディアは、これからの時代にふさわしい「人にやさしい環境」を創造していくための新しい技術を提供する。情報のマルチメディア化の状況に対応できる知識、技術、表現力を養成することが、マルチメディア情報教育の目的である。

学問分野としては、コンピュータ科学と密接に関連するだけでなく、メディア科学、認知科学を包括した学際的な分野となる。ここではマルチメディア教育に必要なミニマムなカリキュラムを提案する。

●マルチメディア情報基礎

(マルチメディアの概念、マルチメディア技術、マルチメディアの社会的役割、マルチメディアオーサリング事例の紹介)

●マルチメディアインタフェース設計

(HCI(ヒューマンコンピュータインタラクション)の概念、メンタルモデル、ビジュアライゼーション技術)

●マルチメディアオーサリング

(ハイパーメディアの基本概念、メタ認知等のモデル化の概念、マルチメディア情報を取り扱うための各種ツールとその組合せによる利用技術、スクリプティング技術)

(2) マルチメディア情報教育の要件

マルチメディア情報基礎では、学生が数多くのマルチメディアアプリケーションを利用し、その特性を分析的に考察できることが必要である。

マルチメディアインタフェース設計、マルチメディアオーサリングでは、既存データをコンピュータに入力するため、ビデオキャプチャボード、音声入力装置、イメージスキャナなど各種の情報メディアに対応した入力装置、オーサリングツール(ユーザインタフェース構築ツール、ハイパーメディアソフト、入力機器対応の各種ソフト)が必要となる。

2.1.4 プログラミング教育の必要性

以上に示した科目のいくつかはプログラミング教育を要請する。プログラミングの技術がコンピュータ利用に際して広範に応用されるものであることを示すために、教官はC言語、そしてPHIGS、MATLAB等のアプリ

ケーション指向言語にも精通すべきである。教育では、トップダウン技術に加え、繰り返しと分岐による形式的な制御構造を利用することによって、プログラム論理の中で全ての問題が取り扱えることを示す必要がある。

C言語は、こうした教育を保証するために必要なプログラミング言語である。

C言語はコンピュータ科学Iで導入され、コンピュータ科学IIに統合化される。コンピュータ科学IIでは、構造化プログラミングに力点を置く。マルチメディアインタフェース設計、マルチメディアオーサリングはプログラミングの具体的な応用となる。

2.2 教育システムの設計思想

新しい情報科学教育においては、ネットワークや既存のアプリケーションをいかに合目的に活用していけばよいかを考えさせ、それが実践できるコンピュータシステムの提供が必要となる。同時に、学生が芸術的な表現・感性を情報環境の設計の中で発揮できるような配慮も必要となる。つまり、本システムは、近未来の情報環境のミニマムモデルにふさわしい教育環境でなければならない。そのために以下の設計思想を掲げた。

(1) プラットフォームとしてのシステム

我々は、このシステムが多目的な科目に適合できる汎用的な機能を提供し、学内の他のシステムに対してもサービス機能を提供できるプラットフォームとして構築することを目指した。

この目的から、以下の機能が求められる。

●大容量NFSサーバ

教材の配布、課題物の提出/回収、ファイルバックアップ、ファイルシェアリングなどの用途が考えられることから、NFSサーバは必須のサービス機能である。特に、今後マルチメディアデータを取り扱う場合、従来の運用では考えられなかったファイルの大容量化といった状況が予想されることから、将来的な用途の拡大を見越した大容量のディスクが確保されなければならない。

●統合化されたネットワーク

教室と研究室、ネットワークと教官や学生の自宅のコンピュータとの接続を考えると、特定の機種にのみ依存したシステムを構成するのは現実的な選択ではない。また、教育の

目的によって、パーソナルコンピュータとワークステーションの使い分けが必要となる。そのことから、ネットワークの統合化に当たっては、以下の指針を設けることとした。

1) 業界標準プロトコルの採用(TCP/IP)

TCP/IPを標準とし、必要に応じて他のプロトコル(AppleTalkなど)との併用を可能とする。

2) UNIXワークステーションの採用

分散処理環境を実現するために、UNIXワークステーションを採用する。

3) パーソナルコンピュータの採用

パーソナルコンピュータは、使いやすいユーザインタフェースを持ち、多様なアプリケーション、周辺装置を利用できることから、十分な数のマシンを配備することにより、システム全体の使いやすさを向上させる。

(2) 1人1台の環境

学生は自分自身のコンピュータを使って、学習の目標を設定し、目標実現が可能な情報環境のパラメータについて正確な視点を持つことができなければならない。さらに、学生はさまざまな世界から成る実世界に住んでいる。実世界に影響を与えるパラメータは、他の不可視的なパラメータと相互に関係し、実世界の環境は複雑に表現される。学生はそうした周囲の環境について分析的に考えることができなければならない。

そのためにはネットワークによって統合化された環境の中で、1人1台のコンピュータ利用環境が提供できなければならない。

(3) 将来の状況変化に対応できるシステム

一度導入したコンピュータシステムを技術の進歩に応じて更新していくのはコスト的に折り合わない。そのためには、将来的な状況変化にも対応できる十分なスペックを確保しつつ、将来に渡って発展的に成長が可能なシステムであることが要求される。より具体的には、以下の観点からのスペック確保が必要である。

- 接続台数の増加に対応できる性能の確保/ネットワークの負荷分散
- NFSサーバの容量確保と性能維持
- EthernetからFDDIまたはATMへの移行

2.3 システム運用管理

システム運用上、システムの信頼性の確保、システム管理作業の負荷軽減は重要な問題である。計算機センターを持たない本学にとって、この問題は特に切実である。

さらに、本システムでは、マルチメディアデータを取り扱うことから、ファイルの大容量化、大容量データ転送によるネットワークへの過重負荷など、従来のコンピュータ科学教育からは予想できない状況への対策も考慮されなければならない。以下はそのための要件である。

- NFSサーバの信頼性強化とファイルバックアップ作業の負荷軽減
- ネットワークの負荷分散
- 障害時のリカバリ対策

3. システム設計

3.1 マルチメディア伝送手段としてのネットワーク

マルチメディア情報にはテキスト、図形など既にデジタル化して取り扱われてきた情報以外に、静止画、動画等の画像情報と音声情報がある。これらの新たな情報は、ネットワークに新たな機能要求をもたらした。

メディアタイプがネットワークに要求する項目は主に以下の通りである。

- **正確性**
伝送時におけるパケットやセルの喪失
- **遅延**
エンドステーション間でのデータの遅延
- **スループット**
情報のレート、バーストサイズ
メディアタイプ別の上記項目に対する要求品質は表3-1の通りである。

表3-1 メディアタイプ別要求品質

	遅延	正確性	スループット
テキスト (ファイル 転送)	寛容	厳格 データロス時 は再転送	持続的なバースト性 長いアイドルタイム
画像	非常に厳格	多少のロス は耐えられる	高いバースト性 持続的な転送 レート要
音声	非常に厳格	多少のロス は耐えられる	適度な転送 レートで可能

一方、スループットの向上を目的とした場合は、各メディアの情報量にも着目する必要がある。テキスト情報は1文字が8~16bitで表現されるのに対し、画像情報と音声情報の表にはより多くの情報量が必要とされるためである。画像情報と音声情報が持つ情報量は概ね表3-2のようにとらえることができる。

表3-2 メディアタイプ別情報量

	遅延
画像	100Mbps~1.2Gbps程度 (NTSC品質) (HDTV品質)
音声	64Kbps~768Kbps程度 (電話品質) (DAT品質)

これらのことから、マルチメディア情報を伝送するネットワークでは、膨大な情報量を通信するための帯域の保証と連続的なリアルタイム性の保証がポイントとなる。

3.2 現状のネットワーク環境

2.2章で述べた通り、本学では学生に使いやすいユーザインタフェースを提供するため、エンドステーションにパーソナルコンピュータの採用が求められていた。また、一般教育課程においてMacintoshを利用した幾つかのカリキュラムが導入されていたため、エンドステーション変更による転換教育の問題や、マルチメディア対応アプリケーションの種類、周辺装置の品ぞろえを考慮すると、エンドステーションにMacintoshを利用することが前提となっていたことをお断りしておく。

Macintoshの現在商業ベースで入手可能なネットワーク環境は、LocalTalkとEthernetの2つである。LocalTalkの伝送速度は230.4Kbps、Ethernetは10Mbpsでどちらもパケット交換型のシアードメディアネットワークである。

パケット交換は、可変長のパケットを送受信するため、ソフトウェアによる処理時間の関係から、データが間欠的に発生する場合には適しているが、画像情報のように持続的な転送レートが必要となるマルチメディアネットワークには基本的に適していない。また、230.4Kbps、10Mbpsの帯域も絶対的に不足していると思われるが、1人1台の環境で、エンドステーションの台数が多い場合、コンテンツの発生を効果的に抑制する手段が限られていることも問題である。

3.3 次世代高速ネットワークへの対応

マルチメディア対応ネットワークとして、様々なネットワーク方式が提案され、標準化作業が行われている。代表的と思われるネットワーク方式を表3-3に示す。

表3-3 次世代高速ネットワーク

	100 Mbps Ethernet(仮称)	CDDI (TPDDI)	ATM
標準化 組織	IEEE 802.3 (審議中)	ANSI X.3T9.5 (審議中)	TSS (IBCCITT)
伝送速度	100 Mbps	100 Mbps	45 Mbps ~155 Mbps
ネットボロジ	スター型	スター型	スター型
伝送媒体	審議中 (UTPカテゴリ 3,4,5、STP)	UTPカテゴリ 3,4,5	審議中 (Fiber,UTP, STP)

- 1) CDDI : Copper Distributed Data Interface
- 2) TPDDI : Twisted Pair Distributed Data Interface
- 3) ATM : Asynchronous Transfer Mode
- 4) UTP : Unshielded Twisted Pair Cable
- 5) STP : Shielded Twisted Pair Cable

ATM (Asynchronous Transfer Mode: 非同期通信モード)は、マルチメディアネットワークとして大きな注目を集めているが、標準化作業が完了していないため、Macintoshなどのパーソナルコンピュータ用NIC (Network Interface Card)が入手出来ないことなどから、現時点での対応は不可能である。

このため本システムの設計にあたり、上記の次世代高速ネットワークへの将来的な移行を前提に、現時点で実現可能なネットワーク (Ethernet)を採用した。ここで留意した点は先行配線である。すなわち、

●スター型トポロジの採用

●UTPカテゴリ5による支線系配線、である。

ネットワーク基盤に関わる部分とネットワーク機材を別個の要素として捉え、ネットワーク基盤はUTPカテゴリ5ケーブルをスター型に配線することで、恒久的な配線を考慮した。これにより、次世代高速ネットワークへの移行は、ハブ等ネットワーク機材の変更とNIC (Network Interface Card)の追加設置で対応が可能となる。

3.4 エンドステーションへの多様機能提供

Macintoshがマルチメディア情報教育を行う上で、有効な機材であることをここでは言及しないが、前述のコンピュータ科学教育を実践する上でMacintoshが唯一のエントリーポ

イントである場合、幾つかの不具合がある。このため、不足する機能をネットワークを利用し補完することが重要となる。この機能補完は大きく以下の2つの側面から考慮した。

- プログラミング教育環境の強化
- マルチメディア情報教育の支援

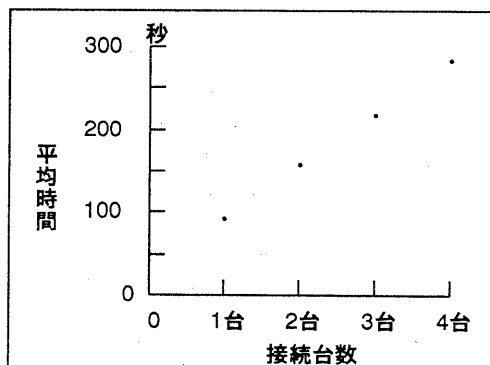
3.4.1 プログラミング教育環境の強化

PHIGS、MATLAB等を利用したC言語教育の必要性は2.1.4のとおりである。しかしながら、PHIGS等のグラフィックスライブラリは、Macintosh用としては入手できないこと、デバッグ環境やアルゴリズム分析のための環境が整備されていないことなどが、カリキュラム決定の上で大きな障害となった。

上記環境をエントリポイントであるMacintoshに提供する手段として、ネットワーク上にCPUサーバとなるUNIXマシン(Argoss5232<SPARCStation IPX>)を配置した。これにより、PHIGS等グラフィックスライブラリの利用環境が整うとともに、満足のいくデバッグ環境、アルゴリズム分析のためのソフトウェア入手が可能となった。このためにはMacintosh上にUNIXマシンをエミュレートできる環境が必要であるが、利用しやすいユーザインタフェースを同時に提供するため、X-Windowサーバ用ソフトウェアeXodusを実装し、OpenWindowsの利用環境をMacintosh上に整えることとした。

この場合、1CPUサーバに対し何台のクライアントマシンを割り振るのが適切かといった論議が出てくる。これに対してはサンプルプログラムを使用し、事前にテストを実施することで決定した。図3-1に実測結果の一部を示す。

クライアントの台数が4台まででは台数と処理時間は、ほぼ比例関係にある。実験環境の都合で、4台以上は測定できなかったが、vmstatのモニタリングでCPU負荷が高かった点、実際の授業での絶対時間の許容範囲の問題、CPUサーバがダウンした場合の他マシンへの振り分けによる負荷を考慮し、1CPUサーバに4台のクライアントを割り振ることとした。



＜実験条件＞
Xホスト : Argoss5250 (32MB, 500MB HDD)
Xクライアント : Macintosh II ci (8MB, 230MB HDD)
ネットワーク : Ethernet
ソースファイル : spider.c (Sun OS 付属のデモソフト)
測定方法 : Time コマンドによる (3回の平均値)

図3-1 クライアント接続台数による
コンパイル時間の差異

3.4.2 マルチメディア情報教育の支援

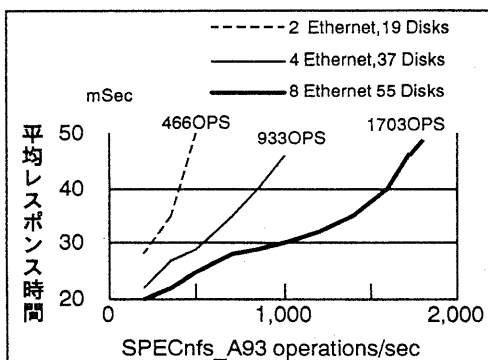
マルチメディア情報教育を円滑に授業に取り入れるためには、膨大な情報量をどのように処理するかが大きな課題となる。

バックアップの問題や、教材の配布、課題物の提出/回収方法を考慮すると、ネットワーク上のNFSサーバ(ファイルサーバ)に一元管理されるのが望ましい。ただし、この場合サーバのディスク入出力やネットワークがシステム全体のボトルネックとならないよう考慮する必要がある。このために以下の2点に留意した。

- SPECnfs性能の向上
- ディスク入出力の高速化

NFSサーバは、基本アーキテクチャの違いや、コンフィグレーションの違いによりSPECnfs性能は大幅に変動する。特にOPS(Operations Per Second)性能を大きく左右するものにネットワーク・インタフェースの数がある。以下に本システムで採用したArgoss9450(富士ゼロックス社)のEthernetインタフェースの数の違いによるSPECnfs性能の差異を図3-2に示す。

図3-2から明らかなように、Ethernetインタフェースの数を増やすことで、SPECnfsの性能を向上させることが可能である。



＜LADDISオペレーションMIX内容＞

Read/22%, Write/15%, Lookup/34%, GetAttr/13%
Readlink/8%, Readdir/3%, Create/2%, Remove/1%
Setattr/1% Statfs/1%

図3-2 Ethernet数別SPECnfs性能の差異

ただし、当該ハードウェアは、Ethernetインタフェースを別個のプロセッサとして独立させたアーキテクチャを採用し平行にNFS処理を行っている。従って他のアーキテクチャを採用しているハードウェアの場合、変動比率等は大きく異なると思われるので注意が必要である。

ディスク入出力の高速化に関してはストライピングパーティションを採用することで対応した。容量は合計21GBとし、5本のストライピングパーティションを採用し、データの

安全性を保证するため10GBのミラーリングとした。なお、ストライピングパーティションによる入出力の高速化についてはここでは言及しない。

3.5 システムの構成概要

3.5.1 ネットワークの概要

システム構成図を、図3-3に示す。

情報環境コースでは、授業を行う教室を3部屋有している(コンピュータ室B、情報環境演習室A、情報環境演習室B)。

インハウスネットワークは、すべてEthernet (10BaseT)を採用している。

コンピュータ室Bをインハウスネットワークのセンターとして位置づけ、この教室から、他の教室へスター型に配線し、教室内においても10BaseTハブを用いてスター型に配線した。ケーブルはすべてのUTPにカテゴリ5を使用しているため、次世代高速ネットワーク移行時にも、配線工事はほとんど不要である。

インハウスネットワークは、ネットワークトラフィックの負荷分散を図るため、ルータ装置を用いて合計8つのサブネット(セグメント)に分割した。

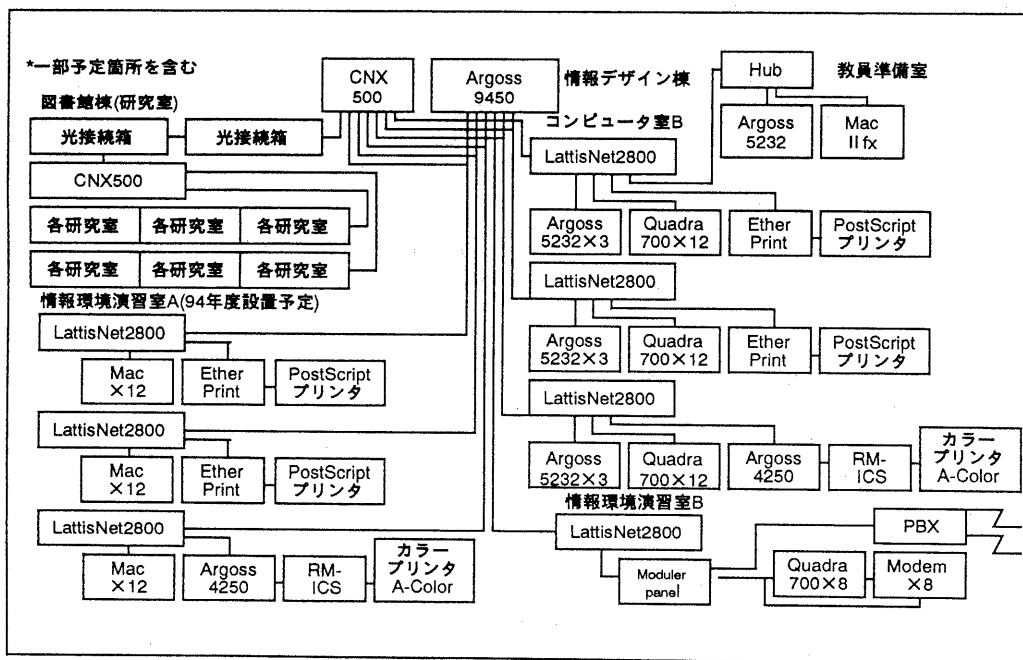


図3-3 ネットワーク構成図

教室がある情報デザイン棟と教員研究室が配置されている図書館棟は、光ファイバケーブル(10BaseFL)を用いてルータ装置により接続した。将来的にキャンパスLANが計画された段階で、FDDI (Fiber Distributed Data Interface)や ATM (Asynchronous Transfer Mode)などの基幹バックボーンとして移行可能なように考慮している。

3.5.2 エンドステーションの概要

学生用エンドステーションにはすべてMacintosh Quadra700を選択した。X-Windowサーバソフトウェアの動作が前提で、より高速な処理が必要だったためである。なお、XホストにはArgoss5232を採用しCPUサーバとして利用している。

3.5.3 NFSサーバの概要

本システムでは、NFSサーバ、Xホスト、プリントサーバの3種類を導入した。

NFSサーバは、すべてのMacintoshからNFSマウントし、教材の配布、課題物の提出/回収を行うとともに、学生をバックアップ作業から完全に解放している。

Xホストは、Macintoshに対してX-Windowクライアント機能を提供しているが、各々のhome directoryもすべてNFSサーバにNFSマウントしている。これにより、MacintoshをエントリポイントとしてX-Windowを使用する授業環境においてもバックアップ環境は前述と同様である。

3.5.4 プリントサーバの概要

プリントサーバは、MacintoshおよびArgoss5232からの出力を担っている。このためCPUサーバの1台をプリントサーバに割当てた。

プリントサーバは、EtherTalkで通信を行うためのインタフェースとしての機能と、スプーリング機能を提供している。インタフェース機能により、Macintoshからの出力を可能とし、スプーリング機能を提供することにより、Macintoshで生成されたEPSF (Encapsulated PostScript File)をプリントサーバ上にキューイングさせることが可能である。このため、Macintoshでは、プリント処

理の終了を待たずに他の処理を並行して実行することができ、作業効率を上げている。

3.5.5 カラープリントサーバの概要

カラープリントサーバは、3.5.4と基本的に同様である。ただし、出力対象となるファイルの情報量が圧倒的に多くなるため、高速化のための方策はより重要な要素となる。MacintoshおよびArgossからのプリントアウトに際してはPostScriptが一般的であるが、イメージをデコンポーズするために長時間を必要とする。このためPostscriptのコード系処理とラスタファイルを処理するラスタ系処理の2方式を採用した。

コード系処理の場合は、カラープリントサーバがインタフェース機能、スプーリング機能を提供し処理する。

ラスタ系処理の場合は、MacintoshからNFSサーバの特定directoryにラスタファイルを収納することで、カラープリントサーバが一定時間ごとに(1回/5秒)directoryを監視し、自動的にprint daemonに受け渡している。処理可能なラスタファイル形式は、TIFF (Tagged Image Format)、SunRaster、GIFなど8種類である。

4. システム評価

4.1 評価の目的

エンドステーションに対する多様機能提供を実現する場合の重要な評価ポイントは、NFS利用時のサブネット化による負荷分散、クライアントからの要求に対応するサーバの処理能力の2点になる。

評価に用いたNFSユーザ環境を以下に示す。

<ユーザ環境>	
ネットワーク	: Ethernet×3セグメント構成 (a,b,c-Segment)
NFSサーバ	: Argoss9450 16MBメモリ 3Ethernet
NFSクライアント (36クライアント)	: Macintosh Quadra700 20MBメモリ NFSクライアントソフトウェア NFS/Share

4.2 NFS性能の評価

4.2.1 ネットワーク評価

ネットワーク上の負荷がNFS処理過程でのボトルネックとなっていないかを検証するた

めに、エンドステーションからNFSサーバ上のデータに対してRead処理を実行した。単位時間当たりのデータ処理量とネットワーク利用率を図4-1に示す。

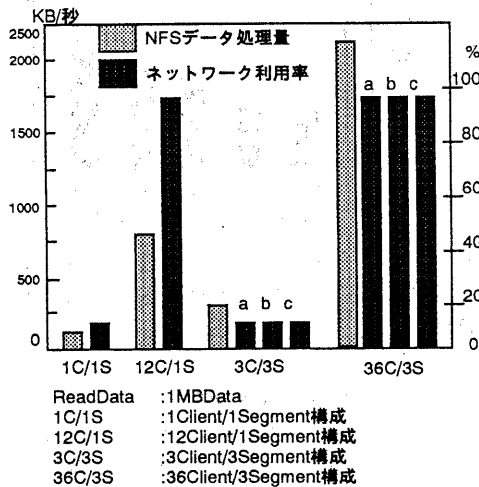


図4-1 NFS処理能力比較

ネットワークに負荷をかけた12C/1S (12Client/1Segment)では、NFSデータ処理量およびネットワーク利用率がクライアント数に比例して上がり、ネットワークトラフィックが限界値(100%)近くに達している。これはサーバ側のパケット転送能力がEthernetの伝送能力を上回っていることを示している。このため、Read処理に限っては、1セグメント内の台数が12台以上になった場合、コリジョンの増加によりネットワーク全体のスループットを落とす結果となることが十分予測される。

4.2.2 サーバ能力評価

NFSクライアントからリクエスト要求に対して、サーバ側での処理可能な理論値に対して、クライアントから要求されるNFSデータ処理量が超過し、サーバ側の処理能力がボトルネックとなっていないかを検証するためにエンドステーションからNFSサーバ上のデータに対してWrite処理を実行した。評価の前提条件を表4-1に示す。検証したデータを図4-2に示す。

表4-1 前提条件(サーバ理論値・NFS処理量)

サーバ側 処理可能理論値	処理能力 : 10Kbyte/秒 パケットサイズ : 128byte/パケット =1280Kbyte/秒
NFSデータ処理量	1MBサイズのDataをNFSクライアントから、まとめてリクエストを行い、サーバにて1秒間に処理できるデータ量(単位Kbyte/秒)

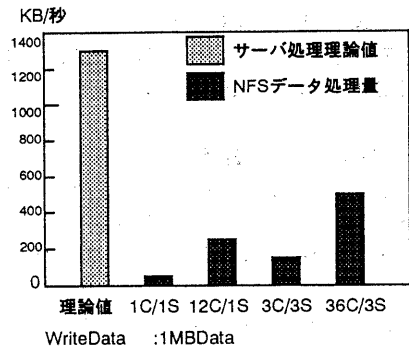


図4-2 NFSサーバ処理能力比較

図4-2からは、1セグメント12台×3セグメント36台同時のWrite処理に対し、サーバの処理能力は余裕があることがわかる。

4.2.3 NFS性能の総合評価

1セグメントに対して12クライアントの設定は、データ遅延を起こさないセグメント内台数構成である。加えて、サーバ能力に余裕をもたせた構成であることが検証できた。

しかし、エンドステーションにおけるパケットの最大オクテット長は256オクテットとEthernetの最大値1500オクテットを大幅に下回る。またパケット生成能力も前出のArgoss5232等と比較すると大きく下回るため、クライアントからネットワークおよびサーバ側に負荷をかけられない状況である。このため、NFS処理について最初のボトルネックは、前述のRead処理時のEthernetとなる。NFS性能エンハンスに対して、サーバ側は、メモリ拡張、WriteCash追加、Ethernetプロセッサのアップグレード、ディスク拡張によるI/O性能向上などにより対応可能であるが、一方、Ethernetのトラフィック分散はより細かなサブネット化が唯一の対応手段となる。

4.3 CPUサーバの評価

プログラミング教育では、X-Windowを用いてCPUサーバを利用する。この演習内容を考慮したCPUサーバ評価のユーザ環境を以下に示す。

<ユーザ環境>

CPUサーバ	: Argoss5232 32 MBメモリ
Xサーバ	: Macintosh Quadra 700 20MBメモリ
Testプログラム	: unit_test1.c (12Kbyte 465step)

X-Window利用下でのポイントは、ネットワーク利用率、Xサーバからの要求に対応するCPUサーバ能力の2点になる。

4.3.1 ネットワーク評価

ネットワーク評価を行うため、複数のXサーバからコンパイル処理を実行し、ネットワーク上の負荷がボトルネックとなっていないかを検証した。コンパイル処理時間、ネットワーク利用率を図4-3に示す。

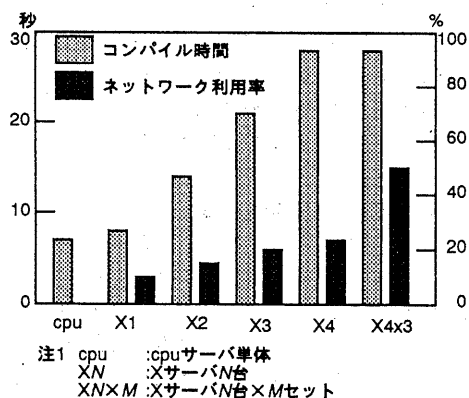


図4-3 コンパイル処理能力比較

Xサーバの台数に比例してコンパイル処理時間、ネットワーク利用率は上がるが、ネットワーク利用率は最大でも50%程度であることから、ネットワークがボトルネックとなつてコンパイル時間がかかっているとは言い難い。実際、プログラムの大きさにより、処理時間は変動するが、ネットワーク利用率に関して大幅な増加はない。

4.3.2 CPUサーバ能力評価

CPUサーバの能力を評価する指針の一つとしてプロセス実行可能数がある。CPUサーバ上でユーザ(Xサーバ上から実行)プロセス実行数がボトルネックになっていないかを検証した。4.3.1と同じ条件でコンパイル処理を実行した時のCPUサーバ側のプロセス実行数を図4-4に示す。

プロセス実行数は、Xサーバの台数に比例して増えている。このプロセス実行数は、最大値に比べ余裕がある。しかし、実際の授業環境では、この他に"コマンドツール"、"デバッグツール"、"パフォーマンスモニタ"等を使用することを考慮すると、実運用ではテスト環境のプロセス数の1.5~2倍の値が見込ま

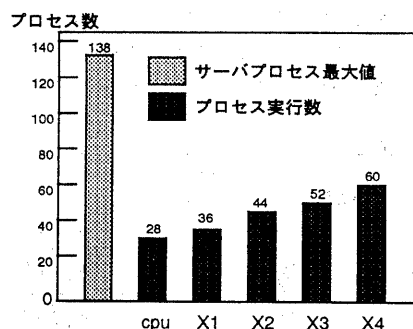


図4-4 CPUサーバプロセス実行数

れる。それでも、プロセス数は最大値に収まる値であり、この設定が最適であることが裏付けられる。

4.3.3 CPUサーバの総合評価

ネットワーク評価・CPUサーバ評価からみて4クライアントおよび他CPUサーバ障害時に1CPUサーバ当たりのクライアント設定数が増えた場合の環境設定は、安全性を持たせた実用的な設定であることがいえる。

5. 最後に

我々は、新設大学における前例のない情報デザイン教育を支援するためのシステムを構築した。運用を始めて、まだ1年にも満たない。何も基盤がない状態からスタートし、担当教官、富士ゼロックスとの度重なる綿密な検討の結果、構築したシステムである。そのため改善すべき点も多いと考えている。今後の課題としては、システムの機能を充実させていくための詳細な検討、システムを活用していくための文化の醸成、技術的進歩に対応したシステムの継続的な更新の実施などがある。我々はその第一歩をともかくも踏み出したのである。

今後とも、継続してシステムの改善を図り、その成果を改めて報告する機会を持ちたいと考えている。

謝辞 本システムは、多くの方々の協力によって構築されたものです。とりわけ、情報デザイン学科情報環境コース担当教官の皆様に深く感謝します。