

ライフサイクルモデルに基づく教育用計算機システムの構築と運用

大西 淑 雅[†] 中山 仁[†] 甲 斐 郷 子[†]

本論文では、システムのライフサイクルモデルに基づいた教育用計算機システムの構築および運用を管理する手法を提案し、九州工業大学情報科学センターのシステム構築における適用事例を紹介する。このシステムの構築ではまず、システムのライフサイクルを計画、導入、運用といったフェーズに分割した。各フェーズでは達成すべき要求要件の設定、設計、実現、さらに実現結果を検証するためのテストおよび評価を行った。フェーズごとの目標を明確にし、また同じフェーズの中でその達成状況をチェックすることで、問題点を早期に発見し、改善することが容易になった。その結果今回のシステム構築では、以前とは大幅に異なるシステム構成を採用したにもかかわらず、運用開始直後からほぼ目標どおりの安定した環境を提供することができた。各フェーズでのテストで得られたデータは、運用開始後のシステムにおいても、新たな教材への対応などを検討する際の資料となっており、さらには将来のシステムの新たなライフサイクルにも貢献することが期待できる。

Construction and Operation of Educational Computer System Based on the Life-cycle Model

YOSHIMASA OHNISHI,[†] HITOSHI NAKAYAMA[†] and KYOKO KAI[†]

We have introduced an educational computer system for users of Information Science Center, Kyushu Institute of Technology in April, 2000, using a system management method based on the life-cycle model of educational computer systems. The life-cycle for the model are divided into 3 phases; planning, installation, and operation. Each phase includes 4 activities; requirements analysis, design, testing, and evaluation. Requirements analysis and evaluation of each phase make us easily to find problems in early stages and improve conditions. In spite of adopting the drastically different system architecture from the former system, we have provided the stable educational computer environment since the time when users started to use. The data collected by tests of every phase can be used to examine new requirements/trials, and can be expected to contribute to the newer life-cycle of the future system.

1. はじめに

日本の大学における情報処理教育の現場において、数百台以上からなる大規模分散型計算機システムの利用が試みられるようになったのは今から10年近く前であるが^{1)~3)}、最近では一般的に教育現場で分散型計算機システムが使われるようになってきた。また、情報処理教育では以前から見られたプログラミング教育や科学計算ツールの利用だけでなく、電子メールやWebなどのコミュニケーションツールの日常的な利用が不可欠となり、利用する授業も情報科目だけでなく多くの科目で計算機ネットワークが利用されるようになるなど、大学における教育用計算機システムの重要度は高くなっている。

そのため現在では、利用形態の高度化・多様化および常時稼動にともなう管理・運用コストの増大や、技術革新にともなう情報機器の早期陳腐化に対処することに注目した研究報告が目立つようになってきた^{4)~7)}。これらの研究報告はシステム設計が主眼であり、構築したシステムのテスト・評価までに行っているものは少ない。これは、高度にインテグレートしたシステムをテスト・評価するための適切な項目の選定そのものが困難であること、限られた人員や機材、時間で実地テストやそれに基づくシステム評価までは手がまわらないこと、いったん安定稼動まで持ち込めば次期システムのためのテストや評価を行わなくても日常の業務に支障はないことなどが原因であると考えられる。

しかし、システム設計が妥当であるかどうかは、実際にシステム構築したうえで実地テストやそれに基づく評価を行わなければ分からないことも多い。また、実地テストによる数量データは、構築したシステムの

[†]九州工業大学情報科学センター
Information Science Center, Kyushu Institute of Technology

設計上の妥当性確認だけでなく、安定運用や次期システム設計のための判断材料としても有用である。

本論文では、システムを管理運営する立場から、システム設計だけでなく実地テスト・評価も重視した、教育用計算機システムのライフサイクル全般にかかわるシステム管理運営の手法を提案する。特に、具体的にどのような実地テスト・評価をどのタイミングで行えばよいかについて、九州工業大学情報科学センターのシステムの構築・運用を例に説明する。最後に実際の構築運用を通して、教育用計算機システムにおけるライフサイクルモデルが有効であったことを示した後、まとめと今後の課題について述べる。

2. ライフサイクルモデルの適用

ソフトウェアライフサイクルとは通常、要求仕様、設計、実装、テスト・デバッグ、運用、廃棄に至るまでの過程をいう。もともとはソフトウェア開発工程に着目するものであったが、ソフトウェアライフサイクル管理について解説した記事⁸⁾によると、国際標準である SLCP (Software Life Cycle Process) 規格は、たとえば開発者の視点だけでなく購入者の視点から見た作業について言及するなど、ソフトウェアにかかわる役割に即してライフサイクル全体の作業を網羅している。このうち、契約の視点からなる購入プロセスや運用の視点からなる運用プロセスが、大学における教育用計算機システムの管理運営に関連が深いといえる。

しかし、多くの情報システムの利用環境である一般職場と大学の利用環境が大きく異なるため、システム構成、設定、環境構築などに特別なノウハウが必要となった結果、大学の教育用計算機センター管理者が、購入者や運用者だけでなく、企画者、開発者としての立場も兼ね備える可能性は高い。そのため、視点ごとにプロセスを分類した SLCP 規格を直接的に利用することはできない。

そこで、大学における教育用計算機システム運用に着目した独自のライフサイクルモデルを考える。

まず、教育用計算機システムのライフサイクルを図1に示すように、a. 計画フェーズ、b. 導入フェーズ、c. 運用フェーズという3つのフェーズに分割する。計画フェーズでは計算機システムの仕様策定・機種選定を行い、導入フェーズでは安定システムの供給と最低でも前システム並の性能を確保するための設定やシステム構成の調整を行う。また、運用フェーズでは、安定システムの供給、計画時に将来的に必要なとした機能の実現、新しく発生した要求の実現などを行う。ただし、予算の執行手続きの問題、授業の開始・終了

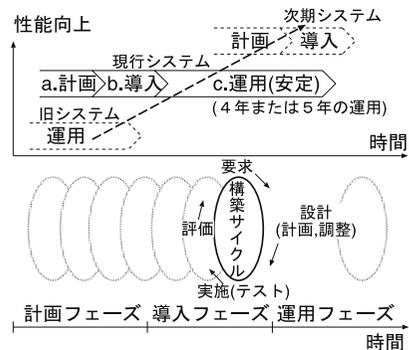


図1 教育用計算機システムにおけるライフサイクルモデル
Fig. 1 Life cycle model on educational computer system.

にあわせる必要から、各フェーズの開始終了については時間が大きな制約となる。

各フェーズは、要求、設計、テスト、評価という一連の行為を繰り返すことで作業を行う。要求については、管理者だけでなく授業担当者などの一般ユーザからの要求も明確にする必要がある。設計については、要求をどのように実現するかだけでなく、要求間の調整を行ったり実現するかしないかを判断したりすることも重要である。また、教育用計算機システム向けにカスタマイズ(調整)する行為も含む。テストでは、要求を達成できるかを簡潔にしかも客観的に調査するだけでなく、設計や調整に不備はないかを明確にする。また、テストの項目自身のチェックも同時に行わなければならない。評価では、テストの結果を受けて次のフェーズに移行するか、あらたな要求を提示しもう一度同じフェーズを繰り返すかを見極める。

これ以降、1998年初頭から行った九州工業大学情報科学センターの計算機システムの構築事例^{9),10)}について、本ライフサイクルモデルに従って説明する。計画フェーズは、市場調査を開始した1998年初頭から仕様書を完成し業者に説明した1999年7月まで、導入フェーズは、納入業者との会議を開始した1999年10月から納入諸作業が終了した2000年3月まで、運用フェーズは、このシステムを利用した授業を開始した2000年4月から2005年3月まで(予定)である。

3. 計画フェーズ

3.1 旧システムの概要

我々は1992年4月から2000年3月まで、UNIXサーバとX-Window端末(X端末)とを組み合わせた教育用計算機システムを2世代提供してきた²⁾。6,000名を超える全学生と教職員のユーザ名をシステムに登録したうえで、1992年から電子メールの利用を推奨

し、1994年8月からはWebサービスも提供してきた。

1996年に導入した計算機システムでは、220台のX端末を有し、1台のUNIXサーバ(WS)がX端末18台分の処理を受け持っていた。WSは100Base-TXを2系統用いることで負荷分散を行い、合計15台のWSで、すべてのX端末を分散管理していた。

現在でも、計算機を用いた問題処理能力の育成を中心とする従来の一般情報処理教育や、基本的な計算機リテラシー教育などの目的に必要な能力は備えている。しかし、たとえば音声、動画などのマルチメディアデータを扱うための処理能力や、それらを入出力するための機能の面では十分とはいえなくなった。

3.2 要 求

1999年3月に利用者アンケートを行った結果、利用者(教師/学生)からの要求としては、次の(1)~(7)のような要望が明らかになった。

- (1) 利用者の環境としてUNIXの継続
- (2) プログラミングの講義演習を行える環境
- (3) 音声、動画などのメディア情報の提示が可能
- (4) 電子メール環境の拡充
- (5) Webブラウザ環境の高機能化
- (6) 100台のいっせい起動に対応
- (7) ウィンドウ環境の高解像度化

たとえば要求(7)は、CADの演習に必要な解像度の提供を望むものであり、要求(5)は、当時のX端末の能力では、表示できないWebページが増えたためである。一方、管理者からの主な要求としては、(8)~(14)などがあげられた。要求(10)は実質的な運用スタッフである技術職員2名で、計算機システムの運用ができることを目指したものである。また、旧システムでは15台のWSを維持管理することで、利用者がどの端末を利用しても同一環境を提供することができた。この利便性を維持するために要求(12)を掲げた。特に要求(9)、(13)、(14)は旧システムに対して2割の予算削減に対応するためである。

- (8) システムの安定性
- (9) ソフトウェア保守コストの低減
- (10) 計算機システムの管理運営コストの低減
- (11) 高機能・高性能・高拡張性
- (12) 分散環境の特徴を活かした「同一環境」の提供
- (13) 5年間陳腐化しない
- (14) 省電力化(TFTディスプレイの採用など)

3.3 設 計

以上の要求から、利用者が望む計算機システムでは、高機能な利用者インタフェースを提供することが必須の条件となった。よって、利用者には計算機資源をで

きる限り占有できる仕組みを提供する必要があり、X端末やSun Ray¹¹⁾のような受動的な端末装置とホスト計算機の組合せでは、計算機資源を独占的に提供することは難しい。また、アプリケーションのインストールやバージョンアップ作業などを管理者自身で行う必要性があっても、ソフトウェアの更新費用を低く抑えるために、フリーソフトウェアを中心とする必要がある。さらに、利用者端末のハードウェア故障率や消費電力を低く抑える工夫が必要である。

なお、利用者環境のOSについては、将来性やメカサポートなどを考慮した結果、Linuxを採用した。OSをLinuxとすることで、利用者の好みにあった様々なメールクライアントを、利用者自身が選択することが可能となり、要求(4)を満足する。また、Linuxに対応したWebブラウザも種類が豊富であり、プラグインなどの対応も比較的整っている。要求(1)、(5)への対応を考慮するとLinuxがよく、その他、OS自体の安定性、堅牢性や本学における利用者管理の容易さ、などの利点もあった。

3.3.1 ディスクレス端末

そこで我々は、PCアーキテクチャをベースとして、ネットワーク起動が可能な端末を提案し、柔軟性の高い計算機システムを設計した⁹⁾。端末にハードディスク装置(HDD)やCD-ROM装置などを装備せず、必要なシステムファイルへのアクセスをすべてネットワークファイルシステムを用いて行うディスクレス構成を採用することで、要求(10)を満足させることを目指した。

PCアーキテクチャに基づくことで、端末自身が持つCPUやメモリといった計算機資源を利用者が優先的に利用できるだけでなく、オーディオ入出力やPCIスロット、USB、IEEE1394といったPCアーキテクチャが持つ多彩な入出力装置を利用できるため、要求(11)を満足することが可能である。また、要求(3)の達成に不可欠なグラフィック性能を高めることができ、要求(13)のための増強や拡張を柔軟に行える。

ディスクレス端末の起動をサポートするデバイスとしては、要求(10)の端末故障率を考慮し、可動部を持つデバイス(CD-ROMなど)は設計には採り入れなかった。可動部がなく低価格な起動デバイスとして、

- フラッシュメモリ
- ネットワークカード

がある。組み込みシステム分野では、フラッシュメモ

CD-ROMを使用したい場合はUSB接続で対応すればよいし、端末サイズをコンパクトにし消費電力を削減する効果もある。

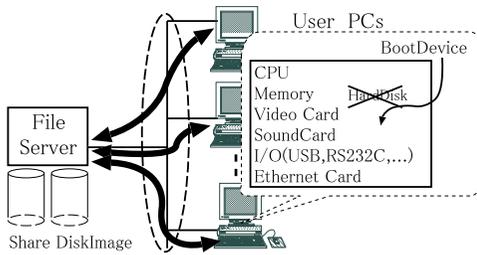


図 2 教育用計算機システムのモデル構成

Fig. 2 Educational computer system model.

リ (Compact Flash や DiskOnChip¹²⁾) がよく利用されており, Linux との相性もよい. 一方, ネットワークカード (PXE 規格¹³⁾ や ROM 搭載) の利用は, 一般的な PC 分野でのサポートが増えていたため, このデバイスを搭載した端末でもかまわない設計とした.

なお, 要求 (7) と要求 (14) は相反する条件であるが, 調整の結果, 導入コストが高くて消費電力の削減効果が期待できる, TFT 方式のディスプレイを基本とした. ただし, CAD 演習が実施される教室には CRT 方式のディスプレイとした.

3.3.2 教育用計算機システム

図 2 に教育用計算機システムのモデル構成を示す. OS は, ファイルサーバ上のディスクイメージをネットワーク経由で共有することで, 利用者端末の CPU とメモリを利用して動作する. 高性能なギガビットスイッチが低価格化しつつあったので, 要求 (6), (8) を考慮し, 通信速度と帯域に余裕のあるギガビットネットワークを設計に採り入れた. また, 京都産業大学の計算機システム¹⁴⁾ は, 700 台以上の Linux PC 端末 (HDD 付き) から構成され, すでにサービスを開始していた. この事例と要求 (6), (8), (13) などをもふまえて, ファイルサーバの能力や構成に関する要求条件を決定した. たとえば, 性能については SPECsfs97 値 5,000 以上, ネットワークインタフェースとしてギガビットイーサネットを 2 基以上, などである.

要求 (4) における利用者の利便性を考慮して, 電子メールサービスを標準の SMTP/POP3 方式に対応させた. これにより, 端末以外にもネットワーク経由で個人の PC などからメールを利用することが可能になった. また, 要求 (5) に関連して, WWW サーバを 4 台用意して負荷分散を行うことで, 演習時のいっせい利用に対応する環境も用意することにした. メールサーバも同様に 4 台構成で処理能力の充実を図った.

要求 (7) と要求 (14) はそれぞれ異なるキャンパスからの要望である.

表 1 テスト項目
Table 1 Evaluation item.

テスト A	内容 (利用者端末)
起動	ファイルサーバとディスクレス端末との組合せて正常に起動するか
ログイン	ログインが正常にできるか (指定したアプリケーションの自動起動を含む)
一般利用	利用頻度の高いアプリケーションを追加起動できるか
メディア利用	動画再生 (640 × 400, 30 fs) が正常に利用できるか. さらに繰り返して 90 分以上動作するか
NFS 耐久 1	15 Kbyte のデータファイルを 100 個別名で 6 秒以内にコピーできるか. さらに繰り返して 90 分以上動作するか
NFS 耐久 2	1 Mbyte のデータファイルを別名で 3 秒以内にコピーできるか. さらに繰り返して 90 分以上動作するか
連続稼働	ls cp cat rm からなるスクリプトが 180 分連続稼働できるか
テスト B	内容 (評価用ファイルサーバ)
同時 mount	10 台同時に実行する
同時起動	10 台同時に mule を実行する
NFS 読み込み	10 台同時に 100 個の異なる 15 Kbyte のデータファイルを読み込む
NFS 読書き 1	10 台同時に 100 個の異なる 15 Kbyte のデータファイルを読み書きする
NFS 読書き 2	10 台同時に 1 Mbyte のデータファイルを読み書きする
コンパイル	10 台同時に gcc でサンプルプログラムをコンパイルする
連続稼働	10 台の端末がランダムに 1 分間隔で 15 Kbyte か 1 Mbyte のデータファイルを読み書きする. これを 180 分連続稼働できるか

なお, 実際に使用された仕様書の抜粋を付録 A.1 に示す.

3.4 導入前テスト

図 2 の構成において, 要求 (6), (8), (12) を達成するためには, ネットワークとファイルサーバの両方が高い性能を発揮できる必要がある. そこで, ベースとなる機種を選定と市場製品の製品能力を検査する目的で, 評価用端末 1 台と評価用ファイルサーバ 1 台からなるシステムを全部で 4 種類借用し, それらに対して表 1 に示す導入前テストを行った. なお, 評価用端末はいずれもプロトタイプ製品であり, また, 評価用ファイルサーバは実際のシステム用に想定される製品の低位モデルを使用した.

実際の講義を想定した評価を行うために, テストの方法は通常のベンチマークではなく, 教育用計算機システム特有の負荷を考慮した方法を採用した. テスト A は主にディスクレス端末の性能を確認するためのものであり, テスト B はファイルサーバの能力を評価することが主眼である. なお, テストでは, ファイ

表 2 評価結果
Table 2 Evaluation result.

評価 A	SYS1	SYS2	SYS3	SYS4
起動	30 秒	25 秒	21 秒	—
ログイン	8 秒	11 秒	10 秒	—
一般利用				
メディア利用				×
NFS 耐久 1	1.24 秒	3.77 秒	1.24 秒	—
NFS 耐久 2	0.26 秒	1.11 秒	0.26 秒	—
連続稼働				—
評価 B	SYS1	SYS2	SYS3	SYS4
同時 mount				—
同時 mule 起動				—
NFS 読み込み	5.98 秒	4.61 秒	4.09 秒	—
NFS 読書き 1	5.67 秒	24.82 秒	6.60 秒	—
NFS 読書き 2	2.24 秒	9.43 秒	2.40 秒	—
コンパイル	5.66 秒	15.68 秒	3.99 秒	—
連続稼働				—

ルサーバやディスクドライブ内におけるキャッシュがテスト結果に影響しないように、ファイルサーバおよびテスト用 LinuxPC を測定直前に再起動したうえで行った。テスト A は評価用端末と評価用ファイルサーバとを 100 Mbps Ethernet スイッチを介して 1 対 1 で接続して行った。また、テスト B は評価用ファイルサーバに情報科学センターで用意したテスト用 Linux PC 10 台を接続して行った。

3.4.1 評価結果

テストの結果を表 2 に示す。テストは項目ごとに複数実施し、最も良い結果を採用した。評価システム 1 (SYS1)、2 (SYS2) および 4 (SYS4) のプロトタイプ端末は同一の機種であり、評価システム 3 (SYS3) のプロトタイプ端末のみが異なる機種であった。いずれのプロトタイプ端末も PXE 規格ではなくフラッシュメモリを利用したものであった。また、SYS3 と SYS1 のファイルサーバもブランドは異なるものの同一機種であった。なお、SYS4 はメディア利用に関して評価不能となったため、他項目はとりやめた。

評価 A の結果から同じプロトタイプ端末を使用しても、ファイルの読み書きには性能差が発生している。たとえば、SYS1 と SYS2 のファイルサーバを比較した場合、カタログ上の SPECsfs97 値では SYS2 が 2,000 以上高い値を示しているが、表 2 の NFS 耐久 1、NFS 耐久 2 の結果を見ると SYS1 の方が好成績である。

一方、評価 B の結果から、ファイルサーバが同じでも、SYS1 と SYS3 では得意項目と不得意項目が異なり 1 秒以上の差が発生した。また、SYS2 と比較すると、SYS1 と SYS3 は NFS 読み込み項目を除いて非常に良い結果となった。これは、ファイルサーバ、

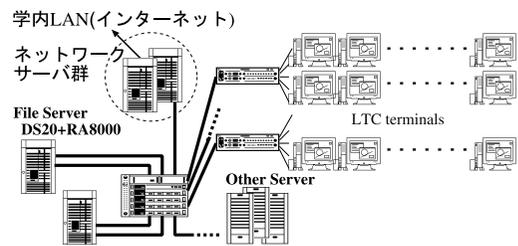


図 3 システム構成概要

Fig. 3 Overview of the system.

ネットワーク機器、端末の組合せが重要であり、各機器の調整いかんによってはファイルサーバが持つ本来の性能を發揮できないことを示している。

3.5 結果

利用頻度の高い kterm 端末エミュレータ、mule エディタ、メーラやブラウザなどのアプリケーションを追加起動するテスト結果から、プログラミングに必要な対話的環境を提供できることが明らかになった。また、メディア利用/NFS 耐久 1/NFS 耐久 2 の結果から、要求 (3) にも対応できることが分かる。この結果はプログラミング演習時のコンパイルや実行といった処理を行うにあたって十分な性能を示していると考えられる。さらに、ファイルサーバとネットワーク機器の調整を十分に行うことができれば、ディスクレス端末も正常に動作し、計算機システムの安定といった要求 (8) を達成できる見通しを立てることができた。同時に要求 (9)、(11) に関しても問題は発生しそうにない。なお、要求 (6)、(10) に関しては、計画フェーズで明らかにすることはできなかった。

我々は、ネットワーク起動し計算機資源を占有可能な利用者端末を Linux Thin Client (以下 LTC 端末とする) と呼び、LTC 端末群を中心とする計算機システムの導入を決定した。

4. 導入フェーズ

総合評価落札方式¹⁵⁾による競争入札を行った結果、表 2 に示す SYS2 の企業が落札した。以下、SYS2 の企業による計算機システムの提案の概要について説明し、導入フェーズにおける構築サイクルについて述べる。

4.1 落札した計算機システム

図 3 に計算機システムの構成を示す。システムは講義室やオープン端末室などに設置した LTC 端末群 (合計で 222 台) と、それらのファイルシステムを管理するファイルサーバ、利用者のアカウント管理や各種の統計情報の収集を行う管理サーバなどから構成さ

表 3 LTC 端末とファイルサーバ
Table 3 LTC terminal and fileserver specifications.

MiNT400C	スペック
プロセッサ	Intel Celeron 400 MHz
メモリ/ネットワーク	256 MB/100base-TX
起動デバイス	DiskOnChip 8 MB
ディスプレイ	15 インチ TFT 液晶 17 インチ CRT (CAD 演習)
インタフェース	PCI スロット USB1.1, サウンド入出力
外形寸法 (W, H, D)	72 × 240 × 224 (mm)
ファイルサーバ	スペック
プロセッサ (DS20)	Alpha21264 (500 MHz)
メモリ (DS20)	4 GB
ローカルディスク (DS20)	9.1 GB
ネットワーク (DS20)	1000Base-SX (2 系統)
OS (DS20)	Tru64 UNIX (V5.0 R910)
RAID ディスク (RA8000)	324 GB (実効容量)
SPECsfs97.v2	7,612 (12 msec)

(AlphaServer DS20 + RA8000)

れる。また、ネットワークサーバ群は、利用者に、電子メールや WWW などの主要なサービスを提供する。

LTC 端末は各教室ごとにそれぞれ 100 Mbps のネットワーク (100Base-TX) で 1 台から数台のイーサネットスイッチ (教室スイッチ) に収容する。教室スイッチはギガビットイーサネット (1000Base-SX) のリンクによりすべて主スイッチ (Foundry 社 Bigiron4000) であるレイヤ 3 イーサネットスイッチに接続する。一方、ファイルサーバも 1 台あたり 2 系統のギガビットイーサネットのリンクで主スイッチに接続されている。

4.1.1 LTC 端末の詳細

仕様書に基づき高岳製作所が開発提供した LTC 端末 (MiNT PC 400C) の主な諸元を表 3 に示す。ディスク装置に代わって起動用のローダとカーネルを格納するファイルシステムとして、DiskOnChip (M-system 製) を内蔵している。FD や CD-ROM などの装置も装備せず、機械的な部品は冷却ファンのみとなっている。

メモリ容量は 256 MB (当時の最大) であり、NFS を使った swap 動作を使用せず、実メモリだけで動作させることを意図している。また、メモリの一部をメモリファイルシステムとして設定し、そこに /dev (125 K) や /var (15,863 K) のようなアクセス頻度の高いファイルシステムを展開する。このように、NFS のアクセス頻度を減少させることで、端末の応答性を悪化させる要因を減らす工夫をした。

4.1.2 ファイルサーバ

ファイルサーバは、LTC 端末の動作に必要な共有

システムファイル (ディスクイメージ)、全利用者ファイル (ホームディレクトリ)、教材ファイルなど、ほぼすべてのファイルシステムを集中管理する。そのため、計画フェーズの要求 (3), (6), (8), (13) を考慮して、表 3 に示すコンパック (現日本ヒューレッド・パッカー) 社製ファイルサーバの 2 セット構成となっている。2 セットに分けることにより 1 台あたりの負荷を低減し、「1 教室あたり 111 台の端末確保と 2 教室の同時利用に対応」といった仕様に余裕を持って対応できる。また、障害時の影響を多少とも軽減することも可能となる。なお、ディスクアレイ装置 (RA8000) は内部的に 2 つのディスクグループを構成しており、それぞれが独立した入出力チャネルを有する。そのため、論理的には独立動作する 4 台のディスク装置と見なすことができる。

4.2 要 求

表 3 に示すファイルサーバは汎用の UNIX サーバであるため、サーバ自身の NFS 性能を十分発揮させるための調整が重要である。UNIX サーバの出荷時のシステム設定は、必ずしも LTC 端末に対する NFS サービスのために最適化されていない可能性が高い。また、表 2 では、NFS 読書き 1 あるいは 2 の値が他と比較として 4 倍程度悪く、納入業者が大学の利用環境にあった調整を熟知していないことも考えられる。

そこで我々は導入フェーズの要求を提示し、ファイルサーバの調整と LTC 端末のカスタマイズを依頼した。なお、計画フェーズにおける仕様には、本学におけるソフトウェア・ハードウェアの開発および管理に関して、十分な技術情報を提供し支援すること、という条件を明示している。この仕様条件に基づき、要求 (3), (4) の具体的な構築作業を本学スタッフと共同で開始した。

- (1) ファイルサーバの NFS 性能について調査し調整を行うこと
- (2) 利用者からみて前システムが提供する性能を運用開始時に上回ること
- (3) 端末ごとの設定情報に関して、起動時に生成する仕組みを共同で構築すること
- (4) ログや一時ファイル用の仕組みを共同で作成すること

4.3 実地テストと業者調整

要求 (1), (2) に基づき実地テストを行った。実施時期が納入期限の約 2 カ月前で、本格的な機器の納入が始まる前であったことから、被験システムはファイルサーバ 1 台と端末 10 台を、100 Mbps のネットワークスイッチで接続することで構成した。テストは、1~

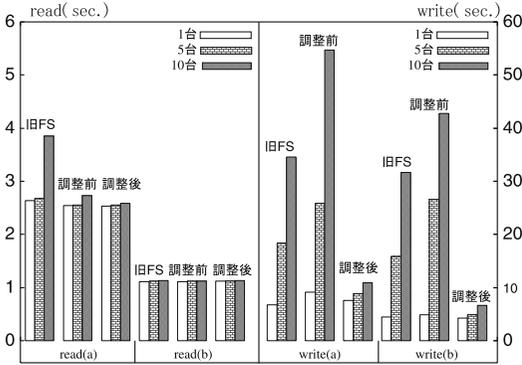


図 4 10 端末での NFS 性能測定結果
Fig. 4 NFS performance result in 10 terminals.

10 端末で同時にファイル入出力（端末あたり、(a) 16KB × 256 個および、(b) 4MB × 1 個の 2 パターン）を行い、その時間を測定した。NFS 調整前（メーカー推奨設定）と NFS 調整後の測定値を図 4 に示す。また参考値として、旧システム（1996 年導入）で使用したファイルサーバ（旧 FS）の測定結果もあわせて示す。

NFS 調整の効果は、特に書き込み動作において顕著である。推奨設定では旧サーバにも劣る成績であったが、実地テストによる調整でおよそ 5～6 倍の向上がみられた。実際の調整項目はかなりの数にのぼるが、

- 端末側の NFS read/write バッファサイズを 1,024 から 8,192 に増加、
- nfsd のプロセス数（スレッド数）を UDP 側を 8 から 128 に増加し、TCP 側を 8 から 0 に減少。
- サーバのファイルシステム形式を AdvFS¹⁶⁾ から UFS へ変更、
- メモリ上の UFS キャッシュを 2,048 から 16,384 へ、メモリ上に保持できる inode 数を 8,192 から 32,768 へ、メモリ上に vnode を保持する秒数を 120 から 600 へ、などのファイルアクセスパラメータの修正、

のような、設定の変更が大きな性能の変化に反映した。

4.4 実地テスト結果

実地テストにより、「標準設定では旧サーバにも劣る」といった、計算機システムの不具合を未然に発見することができた。一方、サーバ単体では高い性能を示すファイルシステム（AdvFS）が、LTC 向けの NFS サービスにおいて性能を發揮せず、UFS を使用した方が良い結果を得られたことなどから、高性能な汎用 UNIX サーバといえども、LTC 用のファイルサーバとして性能を發揮させるためには、単体性能の向上とは方向性の異なる調整が必要であることが分かった。

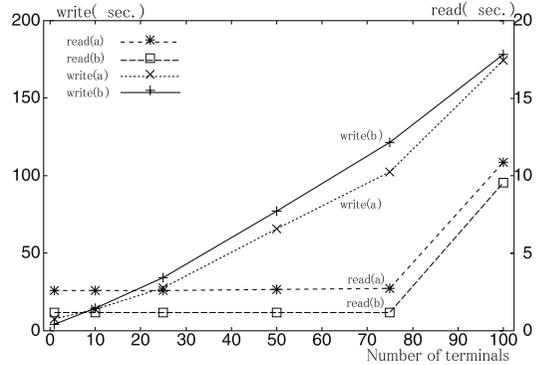


図 5 100 端末での NFS 性能測定結果
Fig. 5 NFS performance result in 100 terminals.

4.5 直前テスト

実地テストの結果をふまえて、導入フェーズの構築サイクルを再度実施した。ほぼすべての機器の導入と設置が終わった時点で、総合的な追加の調整を実施してもらった。そこで、調整の最終確認をかねて、3.2 節の要求 (6)、(8) と 4.2 節の要求 (1)、(2)、(3) に対して、4.3 節で述べたテストと同様な測定を、納入期限の直前に、講義の 1 クラスに相当する 100 端末規模に拡大して行った。さらに、実使用を想定したいくつかの操作（アプリケーションの起動や操作など表 4 に示すテスト項目）をいっせいにを行い、NFS サーバを含むシステムの挙動をチェックした。

100 端末での測定結果を図 5 に示す。なお、この評価では、実使用状態よりもやや負荷が大きい状態として、アクセスは 1 台のファイルサーバの一方のディスクグループに集中させた。しかし端末台数と実行時間とはおよそ比例関係にあり、アクセス集中による輻輳などの兆候はみられなかった。

また実際に 108 台の端末をいっせいに操作して、その応答時間（最悪値）を測定した結果が表 4 である。なお、X 端末 a の項目は旧システムにおいて、66 台の同時操作時における最悪値であり、X 端末 b の項目は 2 世代前のシステムにおいて、90 台の同時操作時における 10 台の平均値²⁾であるため、単純な比較はできない。しかし、演習などで想定される代表的な操作に関しては、およそ問題のない時間で応答できています。

4.6 結果

実地テストと直前テストを行うことで、要求 (1)～(3) を達成することができた。また、要求 (4) に

2000 年 3 月 24 日実施時における最大数。
要求 (3) の具体的な手法については参考文献 (10) を参照のこと。

表 4 108 端末操作テスト結果 (単位 秒)

Table 4 Operation result in 108 terminals (sec).

端末種類 は測定対象が異なる テスト項目	cc 108 台最悪 2000 年	LTC X 端末 a 66 台最悪 1996 年	X 端末 b 10 台平均 1992 年
電源投入, 起動	76	40	—
login	16	40	37.3
Netscape 起動	22	120	—
cp 4 MBfile	76	240	—
mule 起動	6	30	7.1
mule 4 MBfile 保存	100	300	—
cc lisp.c	4.63	—	(22.6)
LaTeX 30 KB	7.15	30	—
logout	1 以下	—	33.0

関しても, 端末ログ/一時ファイルの最適容量の検討を除いて達成できた. 特に要求 (2) を講義開始時に達成できたことは, 導入フェーズの有用性を示している. さらに, 計算機システムが想定した性能を発揮し, 3.2 節の要求 (6) を達成できたことを確認した.

5. 運用フェーズ

5.1 要 求

3.2 節および 4.2 節に述べた要求を, 計算機システムの運用時においてクリアすることが, 運用フェーズでも重要である. その中でも, 計算機システムの全体に影響する要求としては, 次の要求 (1)~(4) が特に重要である.

- (1) 1 教室あたり 111 台の端末を使ってプログラミングの演習を行えること
- (2) 2 教室の同時利用時においても安定したシステムであること
- (3) 計算機システムの管理運営コストが低いこと
- (4) 音声, 動画などのメディア情報が提示できること

また, 要求 (3) と関連して, 運用時においても, ソフトウェア保守 (バージョンアップ) が容易に行えること求められる. さらに, 運用開始時には具体化しなかった要求も, ある時期から実際に利用されるようになり, はじめてその評価を行うことができる. また, 次期システムに向けての作業を開始するフェーズでもあるため, 運用フェーズにおける評価は大切である.

以下, これらの要求を達成するための運用計画と運用時のテスト結果とその評価について述べる.

5.2 計 画

要求 (1) に対して, 利用者 (LTC 端末のソフトウェア) 環境は, フリーソフトウェアを中心に構築する. プログラミング演習やレポート作成に必要な主なソフトウェアとしては, 表 5 に示すようなものを用意する. ここで, Web ブラウザと動画再生ソフトは計算機

表 5 ソフトウェア環境

Table 5 Software environment on LTC terminal.

項目	名称
エディタ	Emacs
デスクトップ	GNOME
ターミナルなど	kterm, xterm, tcsh, csh, perl など
コンパイラなど	gcc, g++, gpc, g77, javac, gdb など
Web ブラウザ	Netscape (4.7 系)
動画再生ソフト	Realplayer
電子メール	Mew, sylpheed
その他	latex, gimp, tgif, acroread など

表 6 LTC 端末の OS

Table 6 Operating system on LTC terminal.

	年度	ディストリビューション名	カーネル (Ver.)
1	2000	Turbolinux 4.5 (ftp 版)	2.2.14
2	2001	Turbolinux 6.0 (ftp 版)	2.2.14
3	2002	Turbolinux 7.0 (ftp 版)	2.4.5
4	2002	Turbolinux 7.0 (ftp 版)	2.4.17
5	2002	Turbolinux 7.0 (ftp 版)	2.4.18
6	2003	Turbolinux 8.0 (ftp 版)	2.4.18

システムの使い方を説明した, オンラインガイドの閲覧で利用される. なお, 各ソフトウェアは原則として最新のものを提供し, 利用者の利便性を向上させる.

LTC 端末の OS については, Turbolinux 社が提供する Linux ディストリビューション (ftp 版) をベースに, 年に 1 度の更新を実施する. 参考までに現在までの LTC 端末の OS の更新状況を表 6 に示す. なお, 2002 年度はディストリビューションは変更せずに, カーネルの更新を年内に 2 回行っている. これにより, 計画フェーズでは要求がなかった LTC 端末の USB 接続について, 2003 年度から利用できるようになった. USB 接続は講義での利用はまだ少ないが, 次期システムにおいて有力なアイテムとなりうる「携帯可能な USB メモリ」の利便性を調査する目的もある.

5.3 テ ス ト

以上の運用計画を実施し, 計算機システムを実際に運用している状態における評価を行うために, LTC 端末およびファイルサーバのパフォーマンスについて調査した. なお, 4.5 節のテストと異なり, LTC 端末の共有システムファイル (ディスクイメージ) の配置を, ファイルサーバの 4 つのディスクグループのそれぞれに同一のコピーを置き, 端末ごとに異なるディスクグループのコピーを参照するように設定している. さらに, 利用者のホームディレクトリも 4 つのディスクグループに分散配置することで, いっせい利用時の利用者ファイルへのアクセスが平均化されるようになっている.

以下, その結果についていくつか述べる. 調査は,

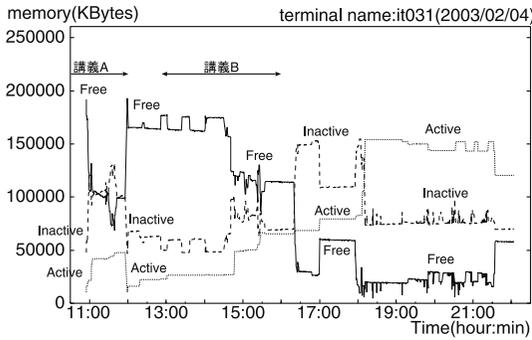


図 6 メモリ資源の推移 (LTC)

Fig. 6 The amount of free and used memory (LTC).

講義 A「14 人程度の E ラーニング学習」と講義 B「100 人程度のプログラミング演習」を含む講義期間中に行った。

すべての LTC 端末 (利用者が電源を ON にした端末が対象) と 2 台のファイルサーバ (asagao , yugao) で , vmstat , netstat , uptime などの UNIX コマンドを用いて , LTC 端末のシステム状態とファイルサーバのシステム状態をモニタした . 10 秒ごとの測定を 6 回繰り返し (およそ 1 分で終了) , これを 1 セットとして 2 分間隔で行った . なお , LTC 端末が突然電源断されるなどして情報収集に失敗した場合は , 評価から除いている .

5.3.1 LTC 端末の性能

モデル端末を選定し , /proc/meminfo ファイルシステムをモニタすることで , メモリ資源の推移を調査した . 図 6 にモデル端末 (it031) の測定結果を示す . なお , モデル端末の環境は , 表 5 のソフトウェアと表 6 の 2002 年度版 OS (kernel2.4.18) を使用しており , LTC 端末の時刻は ntp プロトコルを使って同期をとっている .

モデル端末の起動時における Free memory (Free) は 192,164 Kbyte , Active memory (Active) は 10,404 Kbyte , Inactive memory (Inactive) は 47,712 Kbyte であった . 全体サイズ (254,936 Kbyte) のおよそ 25 パーセントが , LTC 端末を起動するために使用されたことが分かる . 起動直後から , 講義 A によって Netscape や RealPlayer が実行され , Free が減少し Active が 47,660 Kbyte 付近まで上昇した . 講義 A が終了する 12:00 ごろには , Free が 192,456 Kbyte , Active が 10,316 Kbyte と起動時の状態に戻っている .

講義 B では , 演習時間 (14:30 -) になると , emacs や kterm といった演習に必要なアプリケーションが起動され , LTC 端末を使って演習を行っている . この場合においても , Free が減少し Active が増加した

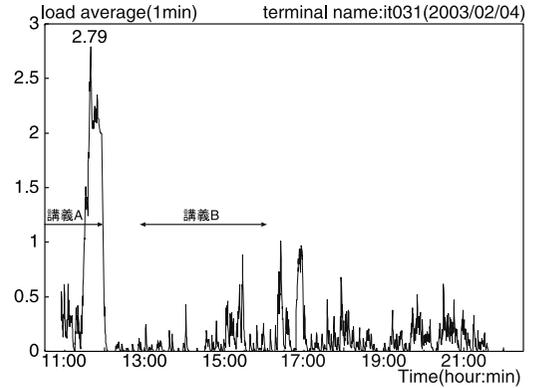


図 7 ロードアベレージ (LTC)

Fig. 7 Load average (LTC).

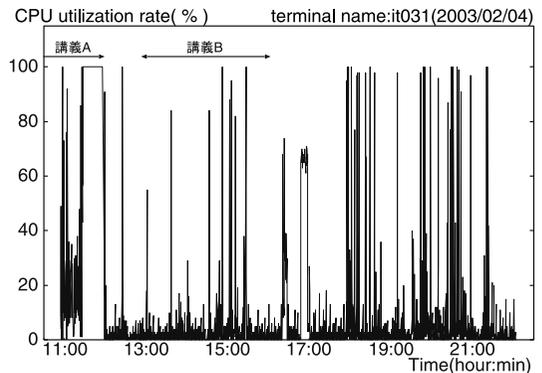


図 8 CPU の利用率 (LTC)

Fig. 8 CPU utilization rate (LTC).

が , メモリには余裕があることが確認できる .

以上のことから , ビデオ再生をとまなう講義 A や一般的なプログラミングの講義 B といった演習時においても , メモリは不足しておらず , LTC 端末が安定して動作していることが確認できた .

次にモデル端末のロードアベレージを測定した . 図 7 にその結果を示す . 講義 A では , 生徒が E ラーニング用の Web ページで学習し , その後ビデオ学習を始めている . ビデオ学習では , ロードアベレージが最大で 2.79 となった . 一方 , 講義 B では , ロードアベレージは最大でも 1 程度であった .

さらに , モデル端末の CPU 利用率を測定した . 図 8 に vmstat による結果を示す . CPU の利用率を見ると , 講義 A によるビデオ学習では , 11:27 ~ 11:56 の間において , CPU 利用率が 100% を維持する状態となる . 以上の結果から , 講義 A では , LTC 端末が停止する状況までにはいたっていないが , ビデオ学習時における CPU パワーの不足を確認することができた . また , 講義 B では , CPU 利用率が一時的に高くなる

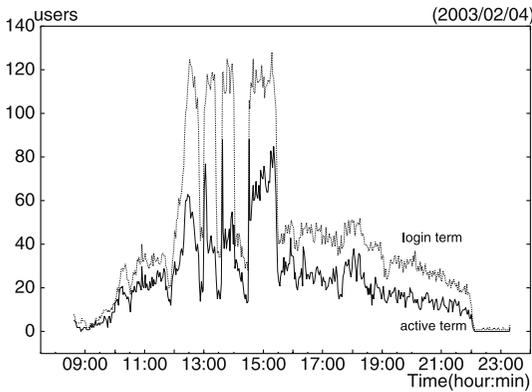


図 9 実使用端末とログイン端末の推移

Fig. 9 Number of active LTC and inactive LTC.

がすぐに低い状態になるため、プログラミング演習においての CPU は余裕があるといえる。

5.3.2 ファイルサーバの性能

LTC 端末群が図 9 に示すような稼働状況において、2 台のファイルサーバの状況を vmstat および netstat を使ったモニタした。なお、login term は利用者がログインしている LTC 端末の総数を示し、active term は利用者が実際に使用 (load average 値が変化) している端末数である。

図 10 では、メモリ量 (active memory) とロードアベレージ (load average) をプロットした。講義 A におけるビデオ学習が開始された時間において、asagao と yugao の active memory がそれぞれ 178,176 page (10:05) と 188,416 page (10:07) まで減少した。この時間帯は、Netscape や RealPlayer が端末で動作している。そのため、大きめの作業領域が利用者のホームディレクトリに確保され、ファイルサーバが NFS パケットの処理を連続的に行っていると考えられる。なお、同時刻のロードアベレージについては、asagao が 3.39 で yugao が 0.75 であった。このことからファイルサーバは瞬間的な処理に対して、高いレスポンス性能を発揮していることが確認できた。

一方、図 10 の 2 つサーバのグラフ形状から、5.3 節述べた負荷分散設定の効果が確認できた。また、利用者数が多い講義 B においてもロードアベレージが一瞬高くなるが、すぐに低い値に減少している。この結果、100 人程度の演習においても、ファイルサーバのチューニングがうまくいっていることを示している。

5.4 結 果

要求 (1), (3), (4) においては運用の評価から、満足のいく結果となった。要求 (2) については具体的な評価を示していないが、3 年間に及ぶ運営において半

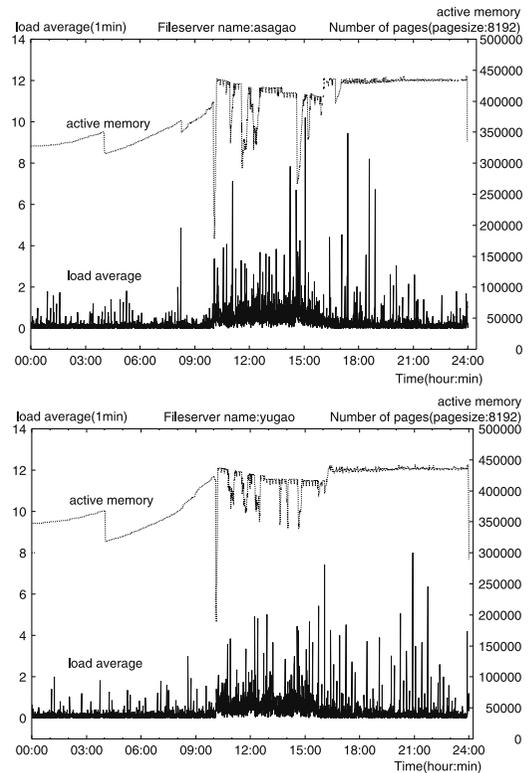


図 10 ロードアベレージとメモリ量 (ページ数)

Fig. 10 Load average and amount of active memory.

数以上の端末が正常に動作しないといった、講義や演習に重大な影響を与えるような状況は 1 度も発生していない。旧システムの運用フェーズ当初に発生した上記のような不具合は、最終的には OS のバグによるものであった。旧システムにおいても、計画フェーズの導入前テストを行っていれば、不具合の早期発見とその対策を講じることができたと考えられる。本システムが良い結果を出している理由としては、計画フェーズや導入フェーズにおける評価や調整を十分にを行い、不具合の発見や修正が効率良く行われた結果と分析している。

要求 (3) に関して、計算機システムの設定変更やバージョンアップのコストの評価は行っていない。しかし、旧システムではバージョンアップなどに際して、15 台の WS それぞれのセットアップ作業が必要だったのに対し、本システムでは、共有システムファイル (ディスクイメージ) を 1 つだけ作成しそれをファイルサーバ上に単純にコピーするだけで 全 222 端末

ファイルサーバのハードウェアトラブル (メモリ不具合) による短時間のシステム停止は 1 度あった。

実際には負荷分散の都合上 4 セットのコピーを作成する。

分の作業が完了する。この共有ディスクイメージは標準的な Linux インストールに基づいて、共有に必要な特定のいくつかの修正を加えることで作成することができるが、そのための作業は技術職員 2 人が 1 日程度で行っている。こうしたことから、Linux のインストールや管理の経験を持つ技術者であれば、本システム程度の規模のシステムを維持管理することは比較的容易なのではないかと考えられる。

ただ、カーネルの大きな更新に際しては、Linux カーネルのパラメータやブートメカニズムに関連した調整が必要となる場面もあった。このような作業においては Linux に関する高い技能が必要とされるが、導入業者と密接に連携をとることにより解決することができた。

一方、ビデオ学習時には LTC 端末の CPU が 100% の稼働状態となり、ロードアベレージも高い値となるため、CPU 資源が不足していると考えるのが妥当である。しかし、CPU が高負荷状態であっても、コマ落ちなどの不具合が発生しなければ、要求 (4) をクリアしていることになる。今回の講義 A では、コマ落ちの発生による映像の乱れは確認できなかったため、十数人程度の E ラーニング学習には対応できていると考えられる。

また、講義演習での利用においては CPU 資源は十分であり、CPU を利用者が占有できるため、動作 (レスポンス) に与える影響は少ないと考えられる。

しかし、次期システムに対して 100 人規模の E ラーニング学習といった要求が計上される場合は、LTC 端末の CPU やビデオカードおよびネットワーク性能を含めた設計が必要であろう。なお、要求 (1) に関連して、プログラミングの演習時における Java の利用に関して LTC 端末の応答性能が悪いという報告を受けている。これについては現在調査中である。

6. ま と め

利用形態の高度化・多様化、常時稼働の必要性、技術革新にともなう情報機器の早期陳腐化に対応しなければならない大学の教育用計算機システムにとって、価格性能比の高い設計、安定稼働への早期立ち上げ、時間経過にともなう要求の変化への追従は重要な課題である。本論文では教育用計算機システムにおけるライフサイクルモデルを提案し、計画・導入・運用の各フェーズで適宜実地テスト・評価を行うことにより、上記課題を克服できることを示した。

実際の教育用計算機システム構築においては、ネットワーク起動を行う新方式の LTC 端末を採用したた

め、ファイルサーバやネットワークを含むシステム全体の安定性と性能について、導入前には予測できない点が多く存在した。にもかかわらず、計画フェーズにおける導入前テストや導入フェーズにおける実地テスト・直前テストを行い、その結果をフィードバックすることで、満足いく性能の教育用計算機システムを実現することができた。

運用フェーズにおけるテストでは、LTC 端末の CPU 稼働率が高い状況となっているが、従来スタイルのプログラミング演習はもちろんのこと、E ラーニングといったメディア学習にも対応できることが判明した。同時に、現行の計算機システムにおける問題点についても明らかになった。

一方、計画フェーズにおける導入前テストは、入札前の段階で応札業者にテスト機材を用意させる必要があるため、必ずしも実施できるとは限らない。しかし、5.4 節で述べたように、計画フェーズにおいてテストを実施しなかった過去の導入例においては、OS の不具合の発見が遅れ、その原因を特定するまでに 3 カ月程度を要した。不具合の修正にはさらに数カ月が必要であった。このような運用フェーズにおける不具合の修正は、通常より時間が必要であったという経験から、たとえ導入前テストの実施費用が発生しても実施すべきであると判断している。

7. 今後の課題

提案したライフサイクルモデルは、計算機システムの性能面 (安定性能や計算能力) を中心とした適用事例である。教育用計算機システムの安定運用には、このほかにセキュリティを保つ運用技術や管理・保守コストの削減手法などに代表される、運用面における検討も重要である。また、本論文ではネットワークに関する議論は行っていないが、教育用計算機システムにおけるネットワークの構築に関して、ライフサイクルモデルが有効な手段であると考えている。これについては、モデル化とシミュレーションを用いた検討¹⁷⁾をふまえて研究を進めていく予定である。

なお、各構築サイクルにおける実施 (テスト) と評価については、「評価の項目」によって結果が大きく影響する。よって、本論文で示した「評価の項目」の正当性についての評価、つまり「評価の項目」の評価が必要であると考えている。

謝辞 本論文を作成するにあたって、多くの助言をいただいた山之上卓助教授に感謝いたします。また、本学で採用された計算機システムに関しては、(株) ミントウェブ、(株) 理経、日本ヒューレッド・パツ

カード(株)の積極的な協力により実現したことにあためて感謝いたします。なお、本研究の一部は、文部科学省科学研究費補助金(若手研究(B):課題番号14780231)によるものである。

参考文献

- 1) 萩原剛志, 山口 英, 西尾章治郎: 新時代を迎えた情報処理教育環境—大阪大学における NeXT コンピュータによる教育システム, *bit*, No.24, pp.22-34 (1992).
- 2) 中山 仁, 大西淑雅, 末永 正, 有田五次郎: 工学系学生のための情報処理集合教育環境の設計と構築, *情報処理学会論文誌*, Vol.35, No.11, pp.2225-2238 (1994).
- 3) 岡田 稔, 櫻井桂一, 岩田 晃: 教育用大規模分散型 WS システムの一構成方法, *情報処理学会論文誌*, Vol.37, No.12, pp.2447-2456 (1996).
- 4) 吉岡 顕, 田中哲朗, 安東孝二: 低 TCO を目指した大規模教育用システムの設計, 分散システム/インターネット運用技術シンポジウム 2000 論文集, Vol.2000, No.2, pp.1-6 (2000).
- 5) 丸山 伸, 北村俊明, 藤井康雄, 中村順一: 5 年間使えるシステム作り, 分散システム/インターネット運用技術シンポジウム 2002 論文集, Vol.2002, No.5, pp.60-74 (2002).
- 6) 安倍広多, 石橋勇人, 藤川和利, 松浦敏雄: 仮想計算機を用いた Windows/Linux を同時に利用できる教育用計算機システムとその管理コスト削減, *情報処理学会論文誌*, Vol.43, No.11, pp.3468-3477 (2002).
- 7) 江藤博文, 田中芳雄, 松原義継, 只木進一, 渡部健次, 渡部義明: ディスクレス Windows 端末による演習端末群の安定運用, *情報処理学会研究報告* (2003-DSM-29), Vol.2003, No.38, pp.19-24 (2003).
- 8) 村上憲稔: ソフトウェアライフサイクルプロセス, *情報処理*, Vol.36, No.5, pp.412-430 (1995).
- 9) 大西淑雅, 中山 仁, 望月雅光, 山之上卓, 甲斐郷子: ディスクレス Linux 端末を中心とする教育用計算機システムの設計, 平成 11 年度情報処理教育研究会講演論文集, pp.118-121 (1999).
- 10) 中山 仁, 大西淑雅, 望月雅光, 山之上卓, 甲斐郷子: Linux thin client を端末とする集合教育用計算機環境の構築, *情報処理学会研究報告* (2000-DSM-18), Vol.2000, No.62, pp.31-36 (2000).
- 11) Sun Microsystems: Sun Ray Integrated Solutions. <http://jp.sun.com/products/desktop/infoappliances/>
- 12) <http://www.m-sys.com/>
- 13) Intel Corporation: Preboot Execution Environment Version 2.1. <ftp://download.intel.com/labs/manage/wfm/download/pxespec.pdf>
- 14) Turbolinux Corporation: ユーザ事例, 京都産業大学. <http://www.turbolinux.co.jp/solutions/successes/pdfs/case01.pdf>
- 15) 総理府外政審議室: 平成 11 年度版政府調達における我が国の施策と実績 (2000). <http://www8.cao.go.jp/whitepaper/gaisei/chotatsu/h11/index.html>
- 16) hp: Tru64 UNIX ドキュメント (V5.0) (2003). <http://tru64unix.compaq.co.jp/document/>
- 17) 石原 進, 小島英樹, 岡田 稔: ユーザ拳動モデルに基づく教育用システムに適したネットワーク構成の検討, *情報処理学会論文誌*, Vol.41, No.6, pp.1820-1827 (2000).

付 録

A.1 仕様書の抜粋

A.1.1 システム構成の概要

本システムは、工学部教育用計算機サブシステム、情報工学部教育用計算機サブシステム、から構成される(表7)。

表 7 教育用計算機サブシステム
Table 7 Educational computer sub system.

	工学部	情報工学部
TFT 付き LTC 端末	—	222 台
CRT 付き LTC 端末	169 台	—
ファイルサーバ	2 台	2 台
プリンタ	4 台	4 台
メールサーバ	4 台	4 台
WWW サーバ	4 台	4 台
CGI サーバ	1 台	1 台
Web キャッシュサーバ	2 台	2 台
ユーティリティサーバ	1 台	1 台
利用者管理サーバ	1 台	1 台
CPU サーバ	1 台	1 台

表 8 LTC 端末本体
Table 8 LTC terminal.

項目	仕様条件
CPU	Intel Celeron 400 MHz と同等以上の性能、機能を有すること
メモリ	256 MB 以上
ネットワーク	100base-TX のイーサネットインタフェースを有すること
ディスプレイ出力	1,024×768 ドットおよび 1,280×1,024 ドットの解像度で表示可能なこと。 1,024×768 ドット時に 1,600 万色以上、1,280×1,024 ドット時に 65,000 色以上の表示が可能であること
電源制御	ネットワークを介して、リモート制御で電源を投入できること。また、ソフトウェアにより電源を切断する機構を備えること
外形寸法 (mm)	100 (W) × 380 (H) × 380 (D) 以内であること (縦置時)
本体消費電力	最大 100 W 以下であること

表 9 ファイルサーバ
Table 9 File server.

項目	仕様条件
ファイル容量	実効的なファイル容量として 300 GB 以上を提供できること
ディスク構成	RAID 4 または RAID 5 の冗長構成をとること
ネットワーク	1000base-sx と同等以上の性能のイーサネットインタフェースを 2 基有すること
プロトコル	NFS Version2, Version3 および CIFS プロトコルをサポートすること
NFS 性能 quota 機能	SPECsfs97 値 5000 以上であること quota の設定により、ユーザ ID ごとにファイル容量の使用制限ができること

表 10 ネットワークスイッチ
Table 10 Network switch.

主スイッチ項目	仕様条件
ルーティング対象 プロトコル	IP のルーティングが可能であること RIP, RIP2, OSPF を使用できること
フィルタリング	source, destination 両アドレス, ポート番号, プロトコルの組合せ条件によるパケットフィルタリング機能を有すること
レイヤ 3 交換性能	装備されたポート種別とポート数の条件のもとで, ルーティングおよびパケットフィルタリングとともに, ワイヤスピードでの処理が行えること
MAC アドレス バックプレーン	4000 以上学習可能なこと スイッチング容量が 20 Gbps 以上であること
教室スイッチ項目	仕様条件
MAC アドレス 通信帯域幅	2000 以上学習可能なこと 全ポートを使用したと仮定した場合にも, 1 ポートあたり平均 12 Mbps 以上の帯域を使用できるスイッチ構成とすること
端末用ポート数	工学部: 175 以上有すること
端末用ポート数	情報工学部: 教室 1 用に 120 以上, 教室 2 用に 160 以上有すること

A.1.2 システムの仕様条件

システムは, 表 1 に示す導入前テストをクリアする必要がある。なお, LTC 端末本体, ファイルサーバ, ネットワークスイッチに関する仕様条件の一部を, 表 8, 表 9, 表 10 にそれぞれ示す。

(平成 15 年 5 月 7 日受付)

(平成 15 年 10 月 16 日採録)



大西 淑雅 (正会員)

1989 年九州工業大学工学部情報工学科卒業。1989 年九州工業大学情報科学センター助手。2003 年九州工業大学情報科学センター講師。電子情報通信学会会員。



中山 仁 (正会員)

1986 年九州大学工学部情報工学科卒業。1988 年同大学大学院修士課程修了。同年九州工業大学情報科学センター助手。ソフトウェア科学学会会員。



甲斐 郷子 (正会員)

1984 年九州大学工学部情報工学科卒業。1986 年同大学大学院工学研究修士課程修了。1995 年九州工業大学情報科学センター講師。電子情報通信学会, 人工知能学会会員。