OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	京都大学における教育用コンピュータシステムの構成：平成18年度導入のシステムの構築について
Author(s)	喜多, 一; 上原, 哲太郎; 森, 幹彦 他
Citation	サイバーメディア・フォーラム. 2007, 8, p. 1-6
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/70243
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

京都大学における教育用コンピュータシステムの構成
— 平成 18 年度導入のシステムの構築について —

京都大学 学術情報メディアセンター　喜多 一, 上原哲太郎, 森 幹彦, 池田 心
京都大学 情報環境部　小澤義明, 竹尾賢一, 石橋由子, 坂井田紀恵

1　はじめに

大学における教育基盤として，情報教育の実習などに用いる情報端末系は分散情報システムとして特有の性格を有し，各大学で種々の工夫がなされてきた [1]．総合大学などでは 1000 台を越える端末数のシステムとなり，数十台規模の初中等教育用のシステムとは規模の点で大きく異なる．一方，事業所用の端末系にはより大規模なものも少なくないが，利用形態上の相違が大きく，システム構築上も運用管理上も大学固有の課題を伴っている．

またパーソナルコンピュータ端末 (以下 PC 端末と呼ぶ）のハードウェアは近年，急速に高性能化・低廉化しているが，大学固有の要求を持つ大規模システムを限られたスタッフと運用経費で対応することは厳しく，システム構築上も，運用管理や利用者対応のためのコストを含めた総合的な費用，いわゆる TCO 削減の視点でのシステム構築が重要となってきている．

とりわけ，国立大学は，平成 16 年度に法人化されたが，教育用の情報基盤への投資は IT 化の推進に積極的な私学に比べ，法人化以前から必ずしも十分とは言えず，人材面でも情報システムを扱う非教員系の専門職の配置に問題を抱えている．法人化に伴い大学自身の裁量権が増したが，一方で，経費の「効率化」義務や，法人化に伴う種々の制度的変更への対応コストなどから経費面での厳しさが増しているのが実状である．

本報告では，このような背景の中で平成 19 年 2 月に更新を行った京都大学の教育用コンピュータシステムについて，その構成等について報告する．

2　大学における教育用端末系の課題

2.1　教育用端末系の利用上の特徴

教育用の情報端末系の主たる利用者は学生と授業担当教員，TA であるが，このことから利用形態に以下のような特徴的を持っている：

- 時間割沿った利用のためログオン・ログオフが頻繁に生じる．
- 学生は多くの教室や自習室を移動して利用するため，利用者と端末との対応関係が固定されない．
- 授業時間の有効活用，休憩時間中での情報へのアクセスのため短時間でのログオンが求められる．
- 入学・卒業時に大量の利用者が入れ替わる．

また，利用内容における要求も多様である：

- カリキュラム上， OS レベルから複数の要求に対処することがしばしば求められる．
- オフィスソフトなど一般的なアプリケーションのほか，専門教育との関連で種々のアプリケーションを必要とする[1]．

さらに，近年の運用管理面や情報システム構築上の要求として以下の事項についても配慮しなければならない．

- 情報セキュリティや個人情報の保護など，運用管理面での要求が厳しくなっていること，
- 大学設置基準に従った授業運営の厳格化に伴い，学務日程が窮屈になっており，維持管理やアカウント発行のための時間的余裕が減少していること，
- 同じく自習支援の要求が高まっていること，
- 学務管理システム，電子図書館，e-Learning など Web を利用するサービスの増加により，情報端末の必要性が高まっていること，
- またこれらのサービスとの連携のため認証系の統合が求められていること．

2.2　教育用端末系の設置形態

教育用 PC 端末の導入には多様な形態があり [1]，端末の形態からは

- 演習室などに据置型端末を設置する形態．ハードウェアの構成から以下のような選択肢がある：
  - HDD を内蔵し，OS やアプリケーションを各端末側に置く方式，
  - ディスクレスクライアント方式，
  - 主たる処理を遠隔ホスト側で行う方式
- 学生に PC 端末を購入させ，あるいは貸与する形態．

また OS の視点からも選択肢は多様である：

- Windows, MacOS, unix 系 OS など単一 OS の導入
- デュアルブートや仮想 PC による複数 OS の導入

[1] プログラミング，統計処理，数値計算，CAD，シミュレーション，可視化，地理情報処理など

3　システム調達の概要

京都大学における教育用コンピュータシステムはこれまで語学学習 (CALL) システムと一体として設計し調達を行ってきた．さらに平成 19 年 2 月導入の現システムは，試みとして調達年度が一致していた附属図書館のシステムと一括調達した．経費面では法人化に伴う調達経費の圧縮要求があり，10%の調達経費の削減を行った．調達期間は前システム同様 5 年間である．情報システムの調達期間としては長めであるが，調達・更新に要する手間，安定稼動期間の確保，教育用途での PC 端末の性能の飽和感などから 5 年とした．以下では，このうち教育用コンピュータシステムの部分について紹介する．

京都大学における教育用コンピュータシステムが提供するサービスは以下の通りである：

- 授業用・自習用 PC 端末の提供．利用者は主として学部生であるが，文科系の研究科を中心に大学院生レベルまで利用されている．端末は学内 27 箇所に分散配置されるため，サーバへの接続のためのネットワークの構築も必要とする．端末からの印刷サービスやアカウントの発行・管理も含まれている．
- 学生用電子メールサービスの提供．京都大学では全学規模の教員用メールサービスは展開されていないため，学生のみならず，かなり多くの教員が本サービスを利用している．旧システムから Web メール方式を採用したため，新システムでも Web メール型のサービスを継続した．
- 学内ネットワークけのアクセスの提供．ネットワークの運用は京都大学学術情報ネットワークサービス (KUINS) の所掌であるが，学生などが自身の PC を LAN に接続するための認証サービスを本システムが KUINS に提供するとともに，演習室などでの情報コンセントサービスを自ら提供している．

また，本システムは全学規模で学生にアカウントを発行しており，附属図書館との連携調達を行ったことから

- 学生を対象とする全学的認証基盤の提供[2]

も視野に入れてシステムを構築した．

4　新システムの設計方針

4.1　旧システムの特色と問題点

平成 19 年度 1 月まで稼動させていた旧システムでは以下のような独自の工夫がなされていた [2, 3].

仮想 PC 技術を利用した複数 OS 環境の提供 ：旧システムではオフィスソフトや CAD などのアプリケーションを利用するための Windows 環境と，プログラミング教育などで使用される Linux 環境を仮想 PC 技術 (VMware を使用) により各端末内で共存させた．Windows 2000 をホスト OS，Linux をゲスト OS という構成を採り，ログイン時に Linux を選択した場合は Windows を意識させないように工夫していた．

仮想 PC 技術を利用したファイルサービスの提供 ：上述の複数 OS 環境をファイルサービスの一元化にも使用した．大規模システムでのスケーラビリティに実績のあった NFS を選択し，各端末はゲスト OS の Linux が NFS クライアントとなるとともにホスト OS の Windows にファイルサービス samba で中継する方式をとった．

独自の認証系の構成 ：アカウント発行などの利用者管理と端末からのログイン，Web メールシステムへのログインに関して，独自の認証系を構成して運用した．PC 端末については独自のログイン用モジュールを利用した．

商用システムと OSS を組合せた電子メール環境 ：電子メールサービスは Web メールのユーザインターフェイスと SMTP, POP, IMAP などの配送サービスを，商用の Web メールインターフェイスと sendmail などの OSS との組み合わせにより実現していた．

上述の構成は，限られた調達経費の中で教育ニーズに合うシステムを効果的に実現した点では評価できるが，運用経験から以下のような点が問題となっていた：

- 仮想 PC 技術を利用者への OS 環境の提供とファイルサービスの両面から利用したため，ゲスト OS のバージョンアップ作業の困難さが高く，アプリケーション導入・更新要求とファイルサービスの機能維持が相反する場面がしばしば生じた．
- アプリケーションのメモリ要求が次第に大きくなる中で仮想 PC 技術の利用が端末のメモリ利用を圧迫した．一方，CPU の能力は大学での授業利用を考えた場合，導入後 5 年を経てもその不足が顕著に問題となることはなかった．
- 独自に構築した利用者管理と認証系は柔軟な運用を可能にする一方で，設計思想，実装上の問題から，障害等の発見が困難なこともあった．
- HDD 内蔵方式の端末を採用したが，HDD の故障への対応，ディスクイメージの再配信などの業務負荷が高かった．
- 各種ソフトウェアを組み合わせて実現されていた電子メールシステムは運用管理者に高い知識レベルを

[2]教職員に関しては別途，認証基盤の整備が進められている．

要求するとともに，バージョンアップなどの管理業務が高負荷となっていた．

4.2 新システムの設計

先に述べた旧システムでの運用経験に加え，PC 端末の運用に関して以下のような状況の変化も加味して新システムの設計に当たった．

- 普通科高校での教科「情報」の必履修化等により，多くの学生が PC 端末の操作経験を持つようになった．新入生に対するアンケート調査でも概ね自宅で PC が利用できる環境にある [4, 5].
- フラッシュメモリの大容量化，低廉化により PC 端末へのファイルサービスの重要度が低下した．

システムの設計に当たっては管理運用上のコストや利用者対応上のコストも考慮した．利用者対応のコスト削減方策として以下を検討した：

- システムを簡素化し利用者からの問合せを減らす，
- 留学生に配慮した英語でのガイド，
- 利用者対応業務を極力，非技術系職員でできるようにする．

その結果，全体の構成は旧システムに比べ，単純なものとなっているが，管理運用上の工数が多くなる箇所についてはいくつか工夫を行っている．設計したシステムの概要は以下の通りである：

- 端末の OS は学部等で購入したアプリケーションの継続稼動の必要性から Windows XP を選択した．
- ディスクレス端末の導入による運用負荷の軽減も検討したが，経費面での制約が厳しいことから，ハードウェアとしては HDD 内蔵方式をとった．
- 旧システムでは Linux 環境を端末上で実現していたが，Linux を利用する授業数，自習用環境での利用状況などから利用者がそれほど多くないこと，高校教育などで学生が Windows 系の PC の操作にある程度慣れていることから，Windows 端末で X Server (ASTEC-X を採用）を介して遠隔ホスト上で Linux を利用する方式とした．
- サーバに関してはブレードサーバを導入し，一元的な管理を可能にするとともに設置面積の低減を行った．
- フローティングライセンスのソフトウェアを稼動させるためにライセンスサーバを導入した．
- ファイルサービスについてはディスクアレイを接続した Linux サーバから PC 端末には samba により smb 方式で，Linux 環境用サーバについては NFS で提供することとした．
- メールサービスについては，前システムと同じく Web メールシステムとしたが，smtp, imap, pop, web メール等のサービスを単一のソフトウェアで実現している All-in-one 型の製品 (DEEPSoft 社製 DEEPMail) を導入した．
- 認証，ディレクトリサービスに関しては標準的な方式として LDAP を中心に据え，管理用のミドルウェアを導入した．一部のサーバなどが要求する Active Directory への連携をこのソフトにより実現している．利用者管理のワークフローを支える検索，登録などの GUI についてはミドルウェアを活用し新規に作成した．
- PC 端末とサーバを接続するネットワークについては，コアスイッチ，中継スイッチ，エッジスイッチ間をギガイーサ（光接続）で接続し，エッジスイッチと PC 間は 100BaseTX で接続した．エッジスイッチには情報コンセントとしての運用が可能な認証機能を有するものを用いている．学内 LAN 用の光ファイバに余裕があったため，極力中継点を少なくする構成を取り，中継建屋の停電の影響やスイッチ故障の影響を受けにくくする構成を取った．
- Web メールサーバなど負荷が集中するサーバについては，複数台構成を取るとともに，SSL の取り扱いと負荷分散のための専用の機器を導入した．
- 印刷に関しては端末から直接印刷できる非課金プリンタ (A4, モノクロ）と，USB フラッシュメモリに格納された PDF ファイルのみが印刷できる課金プリンタ（A3 まで，カラー可）の 2 系統とした．前者に関しては制限枚数を利用実績を踏まえつつ大幅に削減し，大量の印刷を含めた多様な利用者ニーズへの対応は課金プリンタで行うこととした．後者はスタンドアロン運用することでシステム管理負荷を軽減している．

5 新システム設計上の工夫

新システムは全体としては，特徴の少ないものであるが以下のような点で種々の工夫を行っている．

5.1 PC 端末運用の効率化

経費の制約からディスクレス端末の導入を見送らざるを得なかったが，運用管理の負荷軽減のため以下の工夫を行っている．

- 利用者の使用によって端末のディスクイメージが変化することを避けるため，マイクロソフト社が提供

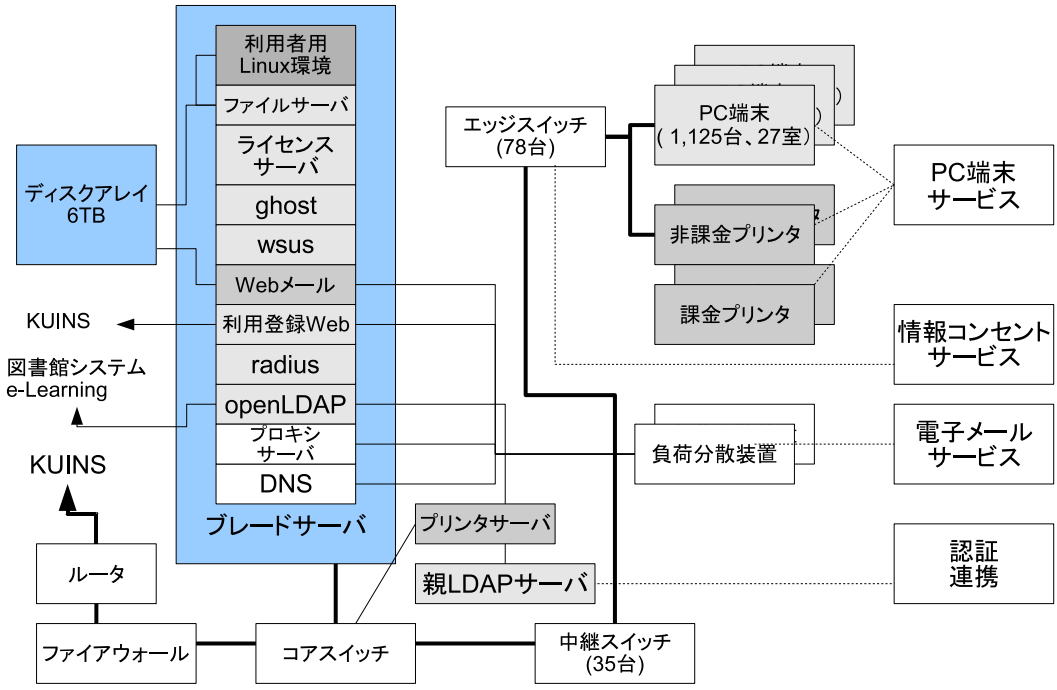

図 1: 京都大学教育用コンピュータシステムの概要

している Shared Computer Toolkit for Windows を一部利用し，ログアウトの度にディスクイメージをログイン前の状態に戻している．

- ログイン時に各種の設定を行うスクリプトを実行するが，演習室あるいは端末ごとの実行の内容の調整を容易に実現するため，実行内容をサーバ側のデータベースで管理するようにした．端末はスクリプト実行時にこれをサーバから取得して実行内容を調整する．これにより，配信作業なしにスクリプトの細かな調整を実施することが容易になり維持管理業務を大幅に軽減している．
- 端末へのログインのモジュールとして CO-CONV 社製のモジュール CO-GINA を利用している．これにより LDAP によるログイン認証が可能となっている．また，表示するメッセージ等については和英併記とし，留学生等の利用に配慮した．さらに，端末の稼働状況把握のため同社製の CO-Server も導入しており，利用度の把握や故障の早期発見に役立てる予定である．

5.2 サーバ・ネットワーク系運用の効率化

サーバ系の構成はシステム設計上のポイントの一つであるが，新システムでは日立製作所製のブレードサーバ BS320 を導入した．これによりサーバの設置面積等が大幅に減少した．多くのサーバをこれに収容し，一元的な管理ができること，業者による遠隔保守を受けられることから維持管理の効率化を期待している．またサーバ上で稼動させる OS の種類がしばしば多岐に渡ることもシステム管理上の問題の一つであるが，今回のシステムはブレードサーバの導入とも関連して，極力，Linux で統一し，一部，製品・サービスの制約上，止むを得ない箇所に Solaris と Windows Server を使用した．

Web メールなど負荷の高いサービスにはサーバを複数用意するとともに負荷分散装置を導入した．負荷分散装置は高価な機器であるが，その効用は負荷分散のみならず，サーバの調整，バージョンアップ，テスト，サービス休止時の代理サーバの接続など，多様な運用管理業務にあたって，サーバの接続等の作業が負荷分散装置側で一元的に行えることも大きい．

またシステム稼働状況を的確に把握することは大規模なシステムの運用管理上，不可欠である．前システムでは障害等の発生を監視するツールを内作したが，新システムでは商用の監視ソフト「Ipswitch WhatsUp」および警告灯を利用してシステムの監視に当たっている．

5.3 利用者管理と認証系の構成

教育用端末系ではアカウントの発行，停止は年度末・年度当初に負荷の集中する業務であり，システム設計上も利用者管理系は重要な項目である．また，本システムで発行するアカウントを他のシステムでも利用できる基盤としたいという意図もあり，システム連携を考えて構成した．具体的なポイントは以下の通りである：

- ディレクトリサービスには他システムとの連携などを考慮して LDAP を用いた．
- LDAP サーバは利用者の登録業務等に用いる親サーバと，実際のシステムからの認証要求に答える子サーバの 2 段構成とし，運用の柔軟性を確保した．
- LDAP への登録業務を支援するためのミドルウェアとしてエクスジェン・ネットワークス社製の LDAP Manager を導入した．
- 本システムでは利用登録時に ID，パスワード，メールアドレスなどを利用者自身に確定させているが，そのための Web ベースの GUI を同ソフトウェアの API を利用して開発した．また，登録変更や検索業務を事務系職員等で担当可能とするため Web ベースの GUI も内作した．なお，利用登録のワークフローも見直し，利用者が登録に要する時間を圧縮するとともに，質問等の抑制にも配慮した．
- 一部には認証に RADIUS を必要とするサービスもあるため，LDAP-RADIUS 連携機能を導入し，RADIUS による利用者認証も可能にした．

新システムの構成図と提供するサービスの対応関係を図 1 に，旧システムと新システムの概要を表 1 に示す．

6 稼動実績

6.1 導入当初の障害等

システム構築時にテスト等を行いつつ導入を進めたが，本格的な負荷がかかった本稼動後に問題がいくつか発生した．一つはファイルサーバに起因するもので，NFS サーバ上でメールサーバ間のファイルロックに問題を生じたり，PC 端末や Linux 環境サーバへのファイルサービスが障害を起したりした．NFS の実装は Linux の弱点の一つとされているが，カーネルのバージョン更新など，一般的なレベルの対応で安定稼動に至っている．

また，専用の負荷分散装置を当初は学習用の Linux サーバへの接続にも利用したが X Window のトラフィックについて負荷分散装置が能力不足となり現在は ASTEC-X が有する機能である動的ホスト選択により負荷分散している．

また，障害ではないが Web メールシステムのソフトウェア変更はユーザインターフェイスの大幅な変更を伴った．このため更新当初は様々な質問等が寄せられた．特に大学に特徴的な問題として，多言語の取り扱いの必要性が高いことが挙げられる．特に中国語は学生数等も多く，日本の大学では望まれる言語環境の一つであるが，その対応は不十分なままとなっている．さらに，利用者が使うブラウザは多様であり，Web ベースのシステムではその相性は利用者サポートの重要事項である．主要な利用環境でのブラウザの選択等についての情報提供を積極的に行うことで利用者のご理解をお願いした．

6.2 端末のログイン時性能

2 章で述べたように大学の情報端末の性能評価指標の一つはログインに要する時間である．認証サーバやファイルサーバなどへの接続があるため負荷状況により若干，変化するが，2007 年 7 月現在（システム運用開始から 5ヶ月経過後）で以下の性能が出ている．

1. 電源投入後ログイン画面が表示されるまで…約 60 秒
2. アカウントとパスワードを入力し，ログインボタンをクリックしてから実際に利用できるようになるまで…約 100 秒
3. ログアウトを実行してからログアウトできるまで…約 15 秒

代表的な指標として，2. の項目を約 100 秒で実現していることは一応，満足できる仕様である．しかしながら，ログイン時の処理の増加，起動するソフトウェアの大型化により，今後，この時間が徐々に長くなることも予想され，運用管理上の要注意点である．

6.3 Linux 遠隔サーバの導入

旧システムでは仮想 PC 技術により PC 端末上で 2 つの OS を利用可能とした．このためインストールできないソフトがあったり，Linux のバージョンアップや雛形作成が煩雑になる等の問題も発生していた．新システムでは遠隔にある Linux サーバにログインする形態を取った．これにより，端末の起動の高速化，Linux 環境の維持管理の弾力化，端末ディスクイメージ作成工数の低減などの効果が出ている．

一方，遠隔ホスト方式の Linux 環境はプログラミングなどの演習ではあまり問題は生じないが，レンダリングを多用するアプリケーションなどは通信等の負荷が高い．Web ブラウザもこのような性格をもち，Windows 上でのブラウザの利用などをお願いしている．また Linux 環境上のファイルシステムへのアップロード，ダウンロードも自習支援という意味では重要である．現在は Linux 環境に Windows 環境用のネットワークドライブもマウントして，手元の Windows 端末でのファイルとのやり取りを経由したファイル移動を可能にしている[3]．

[3] このような方式は便利であるが Windows と Linux での文字コード体系，特にファイル名の取り扱いに注意が必要である．

表 1: 京都大学教育用コンピュータシステムの概要

項 目	旧システム (2002 年 2 月導入)	新システム (2007 年 2 月導入)
PC 端末		
端末数/展開室数	1,178 台/27 室	1,125 台/27 室
仕様：CPU/メモリ/HDD	PentiumIII 1GHz/256MB/20GB	Celeron 2.8GHz/1GB/40GB
モニタ	17 型 CRT/XGA 878 台 15 型 LCD/XGA 300 台	17 型 LCD/SXGA 1125 台
OS	Windows 2000	Windows XP
Linux 環境	端末上で VMWare/Vine Linux	遠隔ホストにログイン
Linux 遠隔サーバ	—	dc Xeon 3GHzx1/4GB/RHEL4 5 台
ファイルサーバ容量		
メール／端末用／予備	1TB/1TB/1TB	4TB/2TB/—
電子メールサーバ構成	SMTP server 3 台, POP/IMAP server 4 台, Web mail server 1 台	(SMTP/POP/IMAP/Web mail) 4 台
サーバ群	総数 68 台	総数 46 台
	ファイルサーバ	ブレードサーバ
CPU/メモリ/OS 台数	PA8600 550MHz x 3/2GB/HP-UX 1 台	dc Xeon 3GHz x 1/2GB/RHEL4 18 台
略号は以下の通り	ラックマウントサーバ	dc Xeon 3GHz x 1/4GB/RHEL4 5 台
RHEL:	PenIII 1GHz x 1/2GB/FreeBSD 10 台	dc Xeon 3GHz x 1/2GB/Win 7 台
RedHat Enterprise Linux	PenIII 1GHz x 1/2GB/RH 3 台	dc Xeon 3GHz x 2/4GB/RHEL4 8 台
RH: RedHat Linux	PenIII 1GHz x 1/512MB/FreeBSD 14 台	ラックマウントサーバ
Win: Windows Server	U. SparcII 500MHz/1GB/Solaris8 1 台	dc Xeon 3GHz x 1/2GB/RHEL4 1 台
dc Xeon: dual core Xeon	U. SparcII 450MHz/512MB/Solaris8 2 台	dc Xeon 3GHz x 1/2GB/Win 1 台
U. Sparc: Ultra Sparc	U. SparcII 400MHz/512MB/Solaris8 7 台	PenD 3.0GHz x 1/2GB/Win 4 台
	据え置き型サーバ	U. Sparc 1.5GHz/2GB/Solaris10 2 台
	PenIII 1GHzx1/768MB/Win 30 台	
ネットワーク機器		
コア／中継／エッジ SW	2/21/52 台	1/35/78 台
負荷分散装置	—	2 台
ファイアウォール	—	1 台

7 まとめと課題

本報告では厳しい調達条件の中で，大学での利用者にとっての利便性と運用管理面の負荷の軽減をポイントに設計・構築した京都大学の教育用コンピュータシステムを紹介した．今後，運用経験上を積み，利用者からのフィードバックも得て，システムの安定稼動を目指したい．

最後に今回のシステム更新では十分な対応が取れなかった点をいくつか挙げておきたい．一つは，ソフトウェアの調達の問題である．大学レベルの教育では専門的なソフトウェアの利用が求められるが，総合大学ではアプリケーションのニーズが幅広い一方で，高価なものも多い．学内情報端末のみならず学生の自宅での自習などにも配慮したサイトライセンスの取得など，全学的な対応が求められる．

また，留学生などに配慮した多国語環境も重要である．近年，国際交流のメニューが多様化しており，日本語の苦手な留学生なども存在している．このため大学の情報サービスは少なくとも日本語・英語での提供が求められている．今回のシステムは日本語版 Windows を導入したが可能な限り和英併記に心がけている．

さらに，学内外でサービスの Web 化が進んでいることから，低コストで安全性の高い Web ブラウザ利用中心の端末を開発し，従来の PC 端末と併用することも有用であろう．

参考文献

[1] 特集：大規模分散ネットワーク環境における教育用計算機システム，情報処理，Vol.45 No.3 (2003)

[2] 丸山伸:教育用計算機環境の事例 Windows 編，情報処理，Vol.45 No.3 (2003)

[3] 丸山伸, 最田健一, 小塚真啓, 石橋由子, 池田心, 森幹彦, 喜多一: Virtual Machine を活用した大規模教育用計算機システムの構築技術と考察, 情報処理学会論文誌,Vol.46, No.4 pp. 949-964(2005)

[4] 上原哲太郎, 喜多一, 池田心, 森 幹彦: 教科「情報」の履修状況および情報リテラシに関する 新入生アンケートの結果について, 情報処理学会 分散システム/インターネット運用技術シンポジウム (2006).

[5] 上原哲太郎，喜多一，森幹彦，池田心: 教科「情報」の履修状況と情報リテラシに関する平成 19 年度新入生アンケートの結果について, 第 46 回分散システム／インターネット運用技術研究会 (2007)