

# ネットブートとデスクトップ仮想化を採用した 京都大学の教育用端末系の構築：TCO 削減を目指して

上田 浩<sup>1</sup> 喜多 一<sup>1</sup> 森 幹彦<sup>1</sup> 石井 良和<sup>2</sup> 外村 孝一郎<sup>2</sup> 植木 徹<sup>2</sup> 上原 哲太郎<sup>3</sup> 梶田 将司<sup>4</sup>

**概要：**教育用端末系は大学の教育研究を支える基幹設備である。京都大学の新しい教育用端末系では、ネットブートの採用に加え、ローカル HDD をキャッシュとして用いることにより、管理コストの削減とパフォーマンスを追求した。旧システムでは、端末の更新のため数日を要していたのが、新システムでは 15 分で完了するなど、劇的な管理コストの削減を果たした。加えて、サーバホスト型デスクトップ仮想化技術を採用した、様々な端末から教育用端末と同様の環境を利用できるサービスを導入した。本稿では、平成 24 年 3 月に更新した教育用端末系の構築について、その背景、設計および導入効果について報告する。

## Kyoto University Educational Computer System with Network Boot and Desktop Virtualization for Reduction in Total Cost of Ownership

HIROSHI UEDA<sup>1</sup> HAJIME KITA<sup>1</sup> MIKIHICO MORI<sup>1</sup> YOSHIKAZU ISHII<sup>2</sup> KOICHIRO TONOMURA<sup>2</sup>  
TOHRU UEKI<sup>2</sup> TETSUTARO UEHARA<sup>3</sup> SHOJI KAJITA<sup>4</sup>

**Abstract:** Educational computer system serve as key components for university activity such as lecture, education and research. We pursue management cost reduction and PC client performance with network boot architecture, utilizing local HDD as cache in new educational computer system of Kyoto University. As a result of the replacement of the educational computer system, we have achieved a large reduction of management cost that take only fifteen minutes, although previously a few days to complete the update procedure of the PC boot image. Additionally, new system introduces remote desktop service which permits off-campus PCs and tablet terminals to use the thin client environment of the computer classrooms. In this report, we describe the background, the architecture and the effect of the educational computer system which have replaced in March 2012.

### 1. はじめに

大学の教育用端末系は、情報リテラシー、プログラミングなどの講義、学生の自学自習を支える基幹設備である。このような教育用端末を含む情報システムには、講義での一

斉利用に伴うシステム負荷をはじめとする、企業や SOHO の端末群とは全く異なる要件があることに加え、多様な利用形態への柔軟な対応が求められるため、運用を担当する各大学の情報系センターではこれまで様々な特色ある取り組みを行ってきた [1].

京都大学 (以下、「本学」と記述する) では教育用端末系を 5 年ごとに更新しており、平成 14 年には仮想化技術の採用による Windows, UNIX の環境の同一端末での提供 [2], [3], 平成 19 年の LDAP による利用者管理の統合 [4], [5] など、全学で 1,400 台以上の端末群を含む大規模システムの構築と運用を行ってきた。本稿では、平成 24 年 3 月に更新を行った教育用端末系の構築について、その背景、設計および導入効果について報告する。

<sup>1</sup> 京都大学 学術情報メディアセンター  
Academic Center for Computing and Media Studies, Kyoto University  
<sup>2</sup> 京都大学 情報部  
Information Management Department, Kyoto University  
<sup>3</sup> NPO 情報セキュリティ研究所  
Non Profit Organization The Research Institute of Information Security  
<sup>4</sup> 京都大学 情報環境機構  
Institute for Information Management and Communication, Kyoto University

以下、2節で導入の背景をまとめ、3節で新システムの概要を、続く4節で新システムの特徴を、ネットブートにローカル HDD キャッシュを組み合わせた教育用端末と仮想デスクトップサービスを中心に述べることにする。第5節では新システム導入の効果、とりわけ TCO 削減について議論する。

## 2. 導入の背景

### 2.1 システム利用者

教育用端末系は、主用途である教育に限っても、全学共通教育として展開されている情報教育と学部、大学院の専門教育との両方に利用されるため、講義担当教員約 200 名と学部生約 12,000 人、大学院生約 8,000 人が利用者となる。本学では極めて多様な講義が行われているため、本システムは講義で利用される様々なソフトウェアの動作を検証しつつ、個人のファイル領域を提供する必要がある。

加えて、本システムは今回の更新で本学統合認証システムとの連携を実現し、本学全構成員が統合認証システムによる認証で本システムを利用できるようになった。これらの利用者が、学術情報メディアセンターの講義用演習室や自習室のほか学内 20 箇所以上に配置されている約 1,400 台の教育用端末を利用することになる。

### 2.2 運用体制

国立大学は法人化以前から定員削減などが行われ、法人化以降は継続的に運営費交付金が削減されている。このため、情報基盤の運用を所掌する技術職員などの人員とシステムの調達、運用経費の両面において、限られた資源を有効に利用することが求められている。

運用に携わる組織については、情報センター系の教員がシステムの運用までを担うのではなく、事務系、技術系の職員による定常運用業務の確立が望ましい。従って、このような職員が無理なく運用業務を担えるシステム・サービス作りが求められる。

### 2.3 教育用端末系をとりまく環境の変化

近年、大学教育の質の保証の一環として、学習のアウトカム評価、教育情報の公開などが求められている。そのため、学生情報システムやコース管理システムの導入など教育の情報化が進んでいる。

また従来からの情報セキュリティ対策の必要性に加え、地球温暖化対策や福島原発事故以後の電力事情の逼迫も加わり、情報システムの省電力化も喫緊の課題となっている。

このように、教育用端末系は講義のみならず大学の教育研究を支える基幹設備と位置付けられ、重要性がこれまで以上に増してきているため、更新にあたり、講義以外の教育研究活動への十分な配慮が必要である。

### 2.4 新技術への対応

近年、PC 必携化や個人のスマートフォンやタブレット型の端末を大学として利用するといういわゆる BYOD (Bring Your Own Device) 的な試みも見られ、多様化が急速に進んでいる [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13]。このような端末環境の変化に対して、大学として端末の利用をどのように位置づけ、IT 投資を考えるのか判断が難しくなっている。

端末の多様化に対し、物理的な端末ではなく、教育用の「環境」を提供するという考え方に適するのはデスクトップ仮想化技術である。デスクトップ仮想化には表 1 に示す通り、ターミナルサービス、サーバーホスト型、ブレード PC、アプリケーション仮想化、OS イメージ・ストリーミングなど様々な方式がある [14]。

本学では更新にあたり、教育用端末には OS イメージ・ストリーミングに分類されるネットブートを採用した。加えて、サーバホスト型デスクトップ仮想化技術を用い、様々な端末から教育用端末と同様の環境を利用できるサービスを導入した。

サーバーホスト型は、1 デスクトップに 1 つの仮想マシンを割り当てるもので、サーバベースによる運用管理の一元化とユーザごとに仮想マシンをカスタマイズ可能であるという柔軟性を併せ持っている。サーバホスト型デスクトップ仮想化を大学の教育用端末サービスに特化した形で実装しているのが、OSS を基盤とする Apache VCL (Virtual Computin Lab.) であり、わが国においても、東海地域の国立大学情報系センターが次世代の教育用端末サービスを目指し、Apache VCL を採用した「東海アカデミッククラウド」の構築を進めている [15], [16]。

OS イメージ・ストリーミングは、端末の一元管理とローカルリソースの利用による高いパフォーマンスの両立を目指したもので、クライアントは基本的には HDD を搭載しない PC である。クライアント起動時に OS イメージが最適化され (すなわち良く使う領域を先に、使わない領域は後にロードする) 配信 (ストリーミング) されることにより OS のブートを行い、起動後はクライアントのハードウェアにより処理を行うため、一般の PC と同様に利用できる。

### 2.5 旧システムの課題

旧システムでは、端末はローカルの HDD から起動する方式を取っており、部局の要望や講義に利用する他種多様なソフトウェアの導入に対応するための HDD のイメージ管理とその配信が大きな業務負担となってきた。旧システムでは HDD イメージを、Ghost AI Snapshot を用いて、ベースイメージと差分イメージによる管理手法を取るなどの工夫を行ってきた [5]。しかしながら、教育用端末系は 1,400 台の端末を全学 20 ヶ所に分散配置している大規模なシステムであるため、HDD イメージの配信を半年に一度しか行うことができず、ソフトウェアアップデートを

表 1 デスクトップ仮想化技術の比較 ([14] から抜粋)

	ターミナル サービス	サーバー ホスト型	ブレード PC	OS イメージ・ ストリーミング	リモート OS ブート	アプリケーション 仮想化	仮想コンテナ
アプリケーションの 実行	サーバー	サーバー	サーバー	クライアント	クライアント	クライアント	クライアント
ストレージ	サーバー	サーバー	サーバー	サーバー	サーバー	クライアント / サーバー	クライアント / サーバー
オフラインでの利用 ソリューション例	不可 Microsoft RDP	不可 VMware PCoIP, Apache VCL	不可 ClearCube, HP Consoli- dated Client Infrastructure	不可 Citrix Pro- visioning Server, Dell OnDemand Desktop Streaming	不可 Lenovo Secure Managed Client	可 Citrix XenApp, VMware ThinApp	可 XenClient Type1, Microsoft MED-V お よび VPC7

迅速に行うことができないという問題を抱えていた。加えて、HDD イメージの破損時の再配信などの管理業務負荷が高く、セキュリティパッチの適用や耐震改修にともなう教室の振り替えなど、サービスの品質面でも問題が多かった。我々は新システムへの更新にあたり、ネットブートを採用することにより、これらの課題の解決を目指した。

### 3. 新システムの概要

#### 3.1 システム構成

新システムは平成 24 年 3 月～平成 29 年 2 月の 5 ヶ年間の賃貸借であり、主な構成は以下の通りである。旧システムとの比較を表 2 に、概要図を図 1 に示す。

**情報教育用端末 (図 2)** NEC 製 Express5800/51Mb-S (CPU Celeron P4505 1.86GHz, 主記憶 4GB) 1234 台、うち、307 台は自習専用。OS は Windows 7, Citrix Provisioning Server によるネットブート。

**CALL 用端末** ハードウェアやソフトウェアの基本構成は情報教育用端末と同じである、教師用 3 台と、学生用 132 台を 3 演習室に展開。

**CALL システム** Calabo EX 2 式を CALL 用教室 3 教室のうち 2 室に導入。

**管理システム等サーバ群 (図 3)** NEC 製 ECO CENTER 20 ノード。

**ファイルサーバ (図 4)** NEC 製 iStorage NV7500/Ne3-20/M100 の 3 系統で構成、総容量 92TB。このうちユーザ用領域は 1 ユーザ 300MB で運用している。

**プリンタ** 教室用に Xerox 製 DocuPrint3100 を 25 台、自習室用に DocuPrint 5060 を 3 台導入し ApeosWare で管理している。自習室用プリンタでは Felica FCF 方式の学生証で認証して印刷している。

**ネットワーク** サーバ室と学内 20 以上に分散する演習室を専用の光ファイバを介してスイッチ群で相互接続。ネットブートに対応できるよう、主要部分は 10G の帯



図 2 情報教育用端末 NEC Express5800/51Mb-s

域を確保。学内 LAN (KUINS\*1) とは 1 箇所でも常時接続するとともに、スイッチ等故障時の予備経路としても利用できる構成としている。

**有償ソフトウェア** 調達では Microsoft Office 2010 Professional Plus, ウイルスバスターコーポレートエディションを導入、メディアセンターがライセンスを保有する Maple, Adobe Acrobat/Illustrator/Photoshop\*2, SPSS\*3, 部局購入ソフトウェアを併せて導入している。

#### 3.2 調達における TCO 削減

これまでは調達にシステムに関係するさまざまなものを含めていたが、更新にあたり、調達そのものの TCO 削減に取り組んだ。詳細には次の通りである。

**附属図書館との合同調達の解消** 旧システムでは学内の情報システム調達改善の試みとして附属図書館のシステムとの合同調達を行った。このことにより認証系が統合され、利便性の向上を実現した。しかしながら、更新時期を両方の部局の繁忙期と重ならないように設定することが困難であること、合同調達が競争的調達を行

\*1 Kyoto University Integrated information Network System

\*2 ライセンスサーバを用いたフローティング運用

\*3 同上

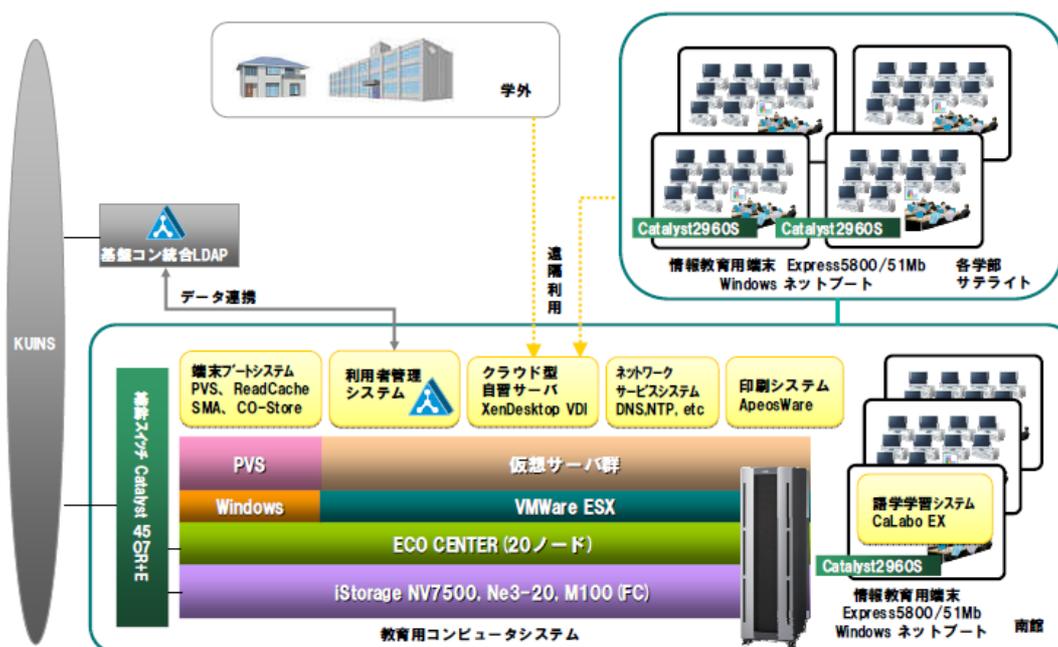


図 1 新システムの概要図

表 2 京都大学新旧教育用端末系システムの比較

	旧システム	新システム
端末 OS	Celeron 2.8GHz, 1GB, 40GB, SXGA WindowsXP + 遠隔ログインによる Linux	Celeron P4505 1.86GHz, 4GB, 160GB, SXGA Windows7 + VirtualBox による Linux
端末起動	ローカル HDD からのブート	Citrix Provisioning Server によるネットブート
端末更新	単一の HDD ファイル + 自動差分処理	CO-Store による端末イメージのリビジョン管理
印刷	無料 200 枚 / 年 + 課金	無料 200 枚, 課金プリンタ廃止
認証	LDAP で管理・認証, LDAP Manager で連携	統合認証システムによる管理, 連携
利用登録	申請の直後に利用可能	入学時に配布し個人でのアクティベーション
メール	DEEPMail パッケージ	アウトソーシング
メールアドレス	氏名@英数字から選択	lastname.firstname.12w@st.kyoto-u.ac.jp (学籍データから自動生成)



図 3 NEC Eco Center 20 ノード



図 4 NEC iStorage NV7500

う点ではデメリットとなる\*4ことから、新システムでは合同調達を解消することとした。

**学生用メールサービスのアウトソーシング** 旧システムでは学生用の Web メールシステムを調達に含め、学内

でサーバを運用していたが、学生用メール環境をアウトソーシングすることで調達の対象から外した [17]。

**ネットワーク利用の統合** 旧システムでは情報コンセントサービスを行っていたが、全学認証基盤の構築とともに、教室やオープンスペースでの無線 LAN のアクセスポイントの設置と VPN サービスの展開が KUINS

\*4 教育用端末系がハードウェアと汎用のソフトウェアが中心であるのに対し、図書館システムは業務用ソフトウェアが中心である。

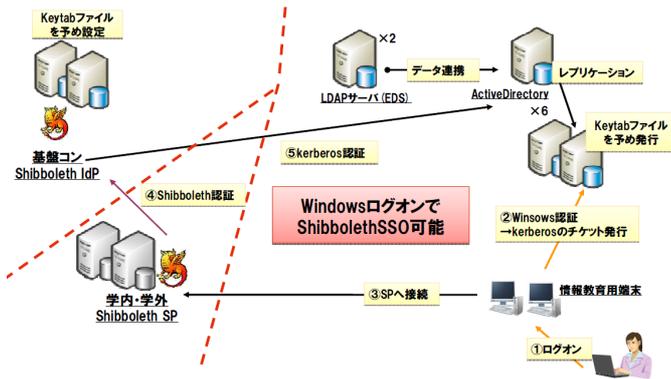


図 5 端末ログインと Shibboleth 認証の連携

のサービスの一環として進められたため、更新にあたり情報コンセントサービスを廃止した。また、教育用端末系独自の HTTP Proxy サーバを廃止し、KUINS がサービスしている HTTP Proxy サーバを利用することとなった。

**課金プリンタの廃止** 旧システムでは非課金プリンタの印刷枚数を年間 200 枚に制限し、制限枚数以上の印刷、カラー印刷、A3 判への印刷などのためにプリペイドカード方式の課金プリンタを設置していた。

新システムでは課金プリンタを廃止し、京都大学生協が行っている、USB メモリの PDF ファイルを印刷できるコピーサービスを利用してもらうこととした。

**統合認証との連携** 旧システムまで独自に発行、管理してきた、教育用コンピュータシステムの利用アカウント ECS-ID が 2010 年より、統合認証システムの一部と位置付けられた。

新システムでは引き続き ECS-ID の管理そのものは行うよう設計する一方で、SPS-ID、ECS-ID 両方での利用を可能とした。これにより、教職員への ECS-ID の発行が不要となった\*5。

加えて、教育用端末への Windows ログオンを行えば Shibboleth IdP への SSO が完了する環境を構築し、Web を越えた SSO を実現可能となった (図 5)。2012 年後期からサービス内容とそのリスクを含む利用者へのアナウンスを行った後、2012 年 11 月 19 日からサービスを開始した。

## 4. 新システムの特徴

### 4.1 ローカル HDD をキャッシュとして利用するネットブートの採用

新システムへの更新に先立って、平成 21 年度に約 160 台の端末の増強を行った。この増強は新システムのパイロ

\*5 2012 年 8 月に教職員が保持している ECS-ID を原則停止した。また、教育用端末系を利用する教職員は限られているため、運用管理コストを軽減する目的から、SPS-ID で認証する利用者のホームディレクトリはデフォルトでは作成せず、オンライン申請により作成するシステムを構築した。

ト版と位置付け、Citrix Provisioning Server を用いてネットブートのシンクライアントとしての運用を導入するとともに、CO-CONV 社製の ReadCache を活用して端末側の HDD をキャッシュとして運用した。これにより、ネットブートの利点を活かしつつ、起動の高速化とブート用サーバの台数の削減を目指した。加えて、端末ブートイメージの管理に CO-CONV 社製の CO-Store を採用し、ブートイメージの管理コストを削減した。

HDD キャッシュ併用型のネットブートではディスクイメージが更新された際の一斉起動時の性能が懸念され、実運用のシステムにおいても、起動時間が安定せず、ボトルネックの原因を明らかにすることが困難な場合があることが報告されている [18]。本学では、5 分以内の起動を要求仕様として、サーバ台数やネットワーク構成を設計した。ブートサーバは Eco Center 物理 6 ノードを占有している。

### 4.2 仮想 OS 運用のユーザ向け Linux 環境

本システムでは、教育用端末の OS に Windows 7 を採用しているため、理工系学部で要望のある Linux 環境を別途提供する必要があった。旧システムでは端末側で X Server を稼働させた上で Linux はリモートサーバ上にログインして利用する方式を取っていた。しかしながら、サーバの過負荷や描画性能に問題があった。新システムでは VirtualBox 上で Linux を稼働させ、ユーザのホームディレクトリは SMB でゲスト OS 側に提供しているファイルシステムを利用することとした。

### 4.3 多国語対応、講義以外の端末利用への対応

教育用の情報環境の整備に当たっては留学生への配慮も重要である。新システムでは、Windows 7 からユーザーごとに OS レベルで言語選択できる機能を活かし、個々のユーザーが言語 (現在は日本語と英語) を選択できるようにした (図 6)。選択した言語は、統合認証システムにもフィードバックし、他のシステムと統一的に言語選択が行えるような展開も予定している。

本年度より ECS-ID が入学時に配布され、その利用にはアカウントのアクティベーションが必要となった。また履修登録などが Web 化されているので、できるだけ早く学生情報システムにアクセスできるようにすることも求められている。一方で、教育用端末へのログインは年度初めに行う講習会の受講を条件としている。講習会未受講の利用者に対し、以下の 3 種類の目的で端末を利用できるようにログイン UI をカスタマイズした (図 6)。

- 学生アカウントのアクティベーション
- 履修登録システムの利用
- 通常の PC としてのログイン

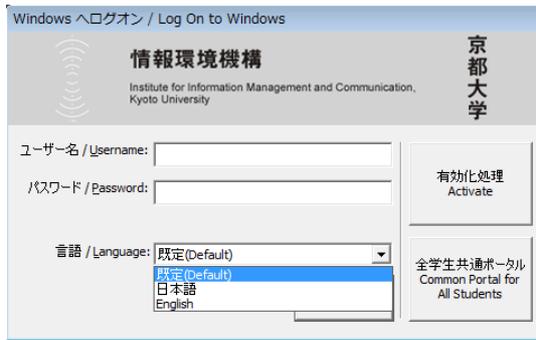


図 6 アカウント有効化, 学生ポータルアクセスを備えた日英ログイン UI.



図 7 IC カード認証式オンデマンド印刷用プリンタ

#### 4.4 IC カード認証式オンデマンド印刷

新システムでは, 印刷枚数が少ない講義用演習室には通常のモノクロレーザービームプリンタを配置したが, 印刷頻度の高い自習用演習室には耐久性の高いプリンタを導入するとともに, 出力の取り間違いや出し忘れなどを防止するため, プリントジョブを IC カード学生証・職員証で認証後出力するオンデマンド方式のプリンタを採用した(図 7).

ただし, この手法では非正規学生など, 学生証が IC カード化されていない場合全く印刷できないことになってしまう。このため, 複数のプリンタドライバを設定し, IC カードを持たない利用者については, 認証なしの出力サービスを平行して運用することとした。

#### 4.5 省電力化

新システムではサーバ, 端末とも省電力性に優れた機種を選定し, 旧システムに比べ約 40%の消費電力の削減を行った。また, 教育用の端末系は稼働時間がかなり短く, 主に学期期間中の週日, 朝～夕方が大半の端末の稼働時間帯である。このことを考慮して, 学休期間, 週末, 夜間などに待機電力を削減するために教室単位の電源管理を目的に遠隔制御できる電源制御ユニット AP7900 を各教室に導入した。

#### 4.6 デスクトップ仮想化による新たなサービス

大学の実際の講義では, 単に PC を利用しているのではなく, さまざまなソフトウェアを活用している。講義と予

習復習をシームレスに支援するためには講義での環境に近い端末環境を提供することが望まれる。学内に設置されている自習用端末は設置可能な台数とサービス時間に制限があるため, 別のサービス形態を検討する必要がある。

また, 本学は吉田・桂・宇治の 3 キャンパスで構成され, 主に吉田キャンパスで行われる情報教育を桂や宇治に勤務する教員が担当することも少なくない。これらの教員に講義用の環境で講義を準備していただくには物理端末が設置されている吉田キャンパスに来ていただく必要があり, 担当教員からも改善要求が寄せられていた。

これらの潜在的な需要に応えるため, 新システムでは部分的ではあるがデスクトップ仮想化技術を基盤とする, リモートデスクトップ型のサービスを行えるようにした。導入したシステムは Citrix Xen Desktop と VMware ESX Server で同時利用最大 50 人として仮想マシンを割り当てている。このようなサービスの利用には, 本来はユーザごとの Windows ライセンスが必要であり, 最もリーズナブルな購入方法は全学的な包括契約である。しかしながら本学は未契約のため, 本サービス開始にあたり, 100 人分のライセンスを追加購入し, これらのライセンスを一定期間同一のユーザが使うということを条件にライセンス上の問題が発生しないよう Microsoft との交渉を行った。

同様の, サーバーホスト型に分類される, 画面転送型の技術を教育用端末に導入した教育機関の実例が多く報告されている。画面転送型の端末は動画再生などリアルタイム性が要求されるアプリケーションには不向きであるという報告 [19] や, 動画再生のための支援機能を搭載した端末を採用した実例もある [20]。本学の場合教育用端末はネットブートを採用したため, 本サービスは前述の通り, 教育用端末の補完という位置付けにとどまっている。現在, Citrix Xen Desktop の試用と評価を行っており, 今年度中を目処にユーザへの告知とサービスの開始を行う予定である。

## 5. システム導入の効果

### 5.1 教育用端末の稼働状況

平成 24 年 1 月 27 日～2 月 25 日の期間中に, 全ての端末設置演習室で次の手順で起動時間の計測を行った。

- (1) 端末を一斉起動し, ネットブート開始時からログインダイアログ表示までの時間を目視にて計測する。計測対象は, サンプリング抽出した数台および, 最も遅くブート開始した端末とする。
- (2) ログオンダイアログに ID/Password (5 アカウントをランダムに使用) を入力しておき, 合図とともに数名で一斉に Enter キーを入力, ログインを行う。Enter キー押下後デスクトップ画面が表示するまでの時間を目視にて計測する。計測対象は各自が最初に Enter キーを押下してから最遅端末のデスクトップ画面表示までの時間とする。

表 4 端末更新作業比較

	イメージ数	イメージ更新時間	端末更新時間
旧	1 イメージ + 差分	2 時間以上	28 時間以上
新	13	1 分以上	15 分



図 8 ネットブートイメージ管理ツール CO-Store

(3) 3 回計測した平均値を算出する。

全ての演習室の計測値の最遅値を平均すると、ログオンダイアログ表示まで 3:02、デスクトップ表示まで合計 4:25 となった。従って、新システムの教育用端末は要求要件である「5 分以内での起動」を満足している。

このように本システムは導入以降、順調に稼働しているがいくつか問題も発生している。まず、Provisioning Server がダウンすると多くの端末が影響を受けて利用不能となることである。現在のところ数回発生したのみであるが、影響範囲が大きいので、対策を検討している。

もう一つは、イメージ更新後など、ReadCache のない状態では、仮想 Linux をはじめとする大容量のプログラムの起動にかなり時間がかかる。学期の開始期にはこれに起因する性能低下も問題となった。今後は運用上の工夫で問題を解消してゆく予定である。

ネットブートの端末イメージの管理に採用した CO-Store (図 8) の効果を表 4 に示す。更新作業にかかる時間が最も手順が少ない場合で比較すると 2 時間から 1 分となり、絶大な業務軽減となっていることが分かる。加えて、ネットブートの採用により、端末そのものの更新時間も大幅に削減されている。

### 5.2 省エネルギー効果

サーバ及び一部の端末群を対象に消費電力を計測したところ、同時期の旧システムと比較して概ね 40% の消費電力減となっており当初期待された効果は得られている (図 9)。現在、電源制御ユニットの運用方針を検討中であり、端末系の待機電力の削減にも取り組む予定である。

### 5.3 IC カード認証方式プリンタ

IC カード認証方式のプリンタを導入したことにより、印刷出力の取り忘れ、無駄な印刷などがほとんど発生しなく

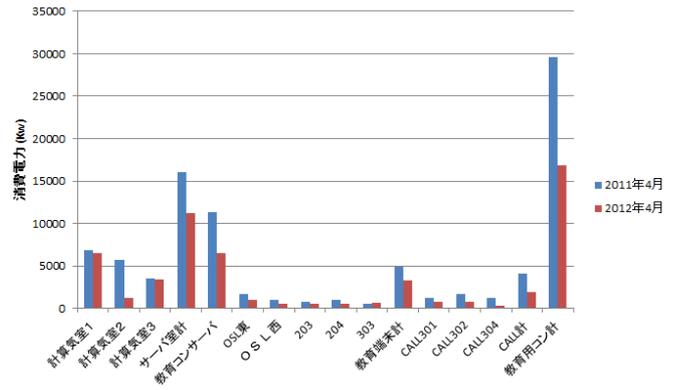


図 9 新旧システム消費電力比較

なったため、紙資源の節約とプリンタ管理コストが削減された。プリンタの利用実績においても前年度に比べ印刷枚数が 4 ~ 6 月の平均で 68% となっている。

## 6. おわりに

本稿では、京都大学の教育用端末系の更新について報告した。ローカル HDD をキャッシュとして利用するネットブート型の端末の採用により、管理コストの削減とパフォーマンスを追求した。端末の更新にかかる時間が数日がかかりであったのが、新システムでは 15 分で完了するなど、劇的な管理コストの削減を果たした。加えて、サーバホスト仮想化技術を適用した、リモートデスクトップ型のサービスを構築した。これらの取り組みを含め、省電力化を進めた結果、旧システムと比べ 40% の電力を削減することができた。今後も運用レベルでの工夫を続け、教育研究の基盤として利用いただけるよう努めていきたい。

**謝辞** 本システムの設計と構築に多大なるご尽力を賜わった日本電気株式会社各位に厚く御礼申し上げます。

### 参考文献

- [1] 梶田 秀夫編. 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, pp. 225-281, 2004.
- [2] 池田心, 森幹彦, 喜多一, 石橋由子, 竹尾賢一, 隈元榮子. 京都大学における大規模教育用情報基盤の運用. 平成 16 年度情報処理教育研究集会講演論文集, pp. 547-550, 2004.
- [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] 喜多一, 上原哲太郎, 森幹彦, 池田心, 小澤義明, 竹尾賢一, 石橋由子, 坂井田紀恵. 京都大学教育用コンピュータシステムの構成—平成 19 年 2 月導入のシステムの構築について—. 大阪大学 Cybermedia Forum, No. 8, pp. 9-14. 大阪大学サイバーメディアセンター, 2007.
- [5] 池田心, 森幹彦, 上原哲太郎, 喜多一, 石橋由子, 石井良和, 竹尾賢一, 小澤義明. 京都大学における情報教育基盤の整備と運用. 平成 19 年度情報教育研究集会講演論文集, 2007.
- [6] 金沢大学. 平成 18 年度入学者からの携帯型パソコンの必携について, <http://www.kanazawa-u.ac.jp/news/06/>

表 3 ローカル HDD キャッシュ併用ネットブート端末の起動時間計測結果

演習室	端末数		ログオンダイアログ表示まで		デスクトップ表示まで		合計	
		最速		最遅		最遅	最速	最遅
医学部 人間健康科学科端末室	41	02:36	03:06	01:02	01:33	03:39	04:39	
医学部 解剖センター	129	02:26	03:07	00:52	01:36	03:18	04:43	
総合人間学部 総人学部棟 1206	41	02:34	03:08	00:48	01:16	03:22	04:24	
総合人間学部 人環・総人図書館閲覧室	28	02:31	02:43	00:42	01:07	03:13	03:50	
教育学部 226 号室	10	02:30	02:45	00:50	01:07	03:20	03:52	
教育学部 420 号室	9	02:30	02:46	00:49	01:09	03:20	03:55	
経済学部 法経済学部東棟地階情報演習室 1	41	02:34	02:55	00:50	01:31	03:25	04:26	
経済学部 法経済学部東棟地階情報演習室 2	17	02:38	03:03	00:49	01:14	03:27	04:17	
工学部 物理系校舎 124	56	02:37	03:17	01:02	01:32	03:39	04:49	
工学部 物理系校舎 230	56	02:34	03:04	00:55	01:29	03:29	04:33	
工学部 3 号館端末室 1	51	02:44	03:03	01:04	01:43	03:48	04:47	
工学部 3 号館端末室 2	51	02:40	02:57	01:04	01:43	03:45	04:40	
工学部 桂・船井交流センター	15	02:48	03:04	00:54	01:16	03:43	04:19	
農学部 W222	30	02:32	03:11	00:36	01:18	03:08	04:29	
農学部 W228	27	02:33	03:13	00:54	01:15	03:27	04:28	
附属図書館 情報端末コーナー	106	02:35	03:11	00:49	01:31	03:24	04:41	
文学部 L312	46	02:26	02:55	00:49	01:21	03:15	04:16	
法学部 サテライトルーム	30	02:48	02:59	00:57	01:34	03:45	04:33	
薬学部 B101 演習室	39	02:37	02:58	00:50	01:26	03:27	04:24	
理学部 6 号館 208	36	02:26	02:44	01:00	01:34	03:26	04:18	
理学部 6 号館 210	61	02:12	02:57	00:44	01:14	02:56	04:11	
情報メディアセンター北館 OSL	52	02:40	03:25	00:45	01:17	03:25	04:42	
情報メディアセンター北館 CSL	8	02:33	02:44	00:45	00:53	03:18	03:37	
情報メディアセンター南館 OSL 西	78	02:39	03:16	00:44	01:20	03:23	04:37	
情報メディアセンター南館 OSL 東	48	02:31	02:56	00:39	01:29	03:10	04:26	
情報メディアセンター南館 203 演習室	71	02:36	03:18	00:37	01:18	03:13	04:36	
情報メディアセンター南館 204 演習室	71	02:35	03:03	00:43	01:11	03:18	04:15	
情報メディアセンター南館 301CALL 教室	57	02:40	03:10	00:47	01:34	03:27	04:44	
情報メディアセンター南館 302CALL 教室	57	02:36	03:10	00:53	01:27	03:29	04:37	
情報メディアセンター南館 303 演習室	31	02:25	02:45	00:28	01:38	02:54	04:23	
情報メディアセンター南館 304CALL 教室	21	02:58	03:19	00:54	01:18	03:52	04:37	
全体	1414	02:35	03:02	00:50	01:23	03:25	04:25	

0104.html, 2006.

[7] 高知大学. ノート型パソコンの必携について, [http://www.kochi-u.ac.jp/nyugaku\\_annnai/note\\_pc.html](http://www.kochi-u.ac.jp/nyugaku_annnai/note_pc.html), 2012.

[8] 埼玉大学. 埼玉大学学部新入学予定の皆様へ ノート型パソコン持参のお願いとお知らせ, <http://www.saitama-u.ac.jp/ceed/pchikkei.htm>, 2012.

[9] 東京学芸大学. 平成 24 年度学生募集要項, <http://www.u-gakugei.ac.jp/~nyushika/univ/24youkouhen.pdf>, 2012.

[10] 竹田尚彦. 情報教育入門の 8 年間と今後. 教養と教育, No. 8, pp. 6-13, 2008.

[11] 伊藤一成. 大学におけるスマートフォンの活用事例. 情報処理, Vol. 52, No. 8, pp. 1026-1029, 2011.

[12] 兼宗進, 阿部和広, 原田康徳. プログラミングが好きになる言語環境. 情報処理, Vol. 50, No. 10, pp. 986-995, 2009.

[13] 大谷大学. 2011 年度 人文情報学科 正課授業における取り組み, [http://web.otani.ac.jp/file/ipad2010/iPadxEducation\\_2011class.pdf](http://web.otani.ac.jp/file/ipad2010/iPadxEducation_2011class.pdf), 2011.

[14] インテル. ホワイトペーパー デスクトップ仮想化の理解, [download.intel.com/jp/business/japan/pdf/319175-005JA.pdf](http://download.intel.com/jp/business/japan/pdf/319175-005JA.pdf), 2011.

[15] 梶田将司. クラウド環境における次世代教育学習用端末サービスの検討. 情報教育シンポジウム講演論文集, Vol. 2012. No. 4, 2012.

[16] The apache VCL incubator project, <http://cwiki.apache.org/VCL/>

[17] 上田浩, 上原哲太郎, 植木徹, 外村孝一郎, 石井良和, 森信介, 古村隆明, 針木剛, 岡部寿男. 京都大学におけるクラウドメールサービスの運用. 大学 ICT 推進協議会 2011 年度年次大会論文集, 2011.

[18] 浜元信州, 三河賢治, 青山茂義. 教育用パソコンのネットワークブート起動時間に影響を与える要因の評価. 学術情報処理研究, No. 15, pp. 46-52, 2011.

[19] 只木進一, 田中芳雄, 松原義継, 日永田泰啓, 江藤博文, 渡辺健次. 仮想デスクトップ・画面転送型シンクライアントによる演習室端末システム (佐賀大学の新しいシステム紹介). 情報処理学会研究報告, Vol. 2010-IOT-11, No. 3, pp. 1-5, 2010.

[20] 瀬川大勝, 辻澤隆彦, 辰己丈夫. 仮想化技術を用いたサーバ集約と演習室端末の構築. 学術情報処理研究, No. 15, pp. 134-144, 2011.