

# 立正大学におけるICT教育環境に関する検討と地球環境科学部 ICT教育環境構築事例

青木和昭\* 山下倫範\* 菅野智文\*\*

キーワード：ICT教育環境、クラウド、コンピュータ教室、ネットブート、シンクライアント

## 1 はじめに

大学におけるコンピュータ教室や無線LANネットワーク、AV機器などの情報ネットワークシステムは教育・研究のみならず、教職員の事務処理や学生の大学生活支援など、あらゆる場面で不可欠なものとなっている<sup>[9]</sup>。近年では、大学内の計算機サーバールームなどにサーバ機器を置き自前で運用するオンプレミス型から、企業が運営するデータセンターにサーバを配置する、もしくはIaaS (Infrastructure as a Service) といったクラウド型サービスへの移行が進む傾向にある。

ネットワークシステムを利用するためのクライアントシステムについても、従来のクライアント側で全ての処理を実行するファットクライアントから、主にサーバ側で処理を行うシンクライアントへの移行も進みつつある。シンクライアントの中でも、全ての処理をサーバ側で実施してクライアント側には結果のみを転送する画面転送型と、サーバ側に保存されているイメージファイルをネットワークを通じてダウンロードしてクライアント側で起動するネットブート型に分かれている<sup>[1]</sup>。

大学の教育用端末環境は多岐に渡っており、たとえばクライアントのOSはWindowsの他にMacOS、UNIX系などが利用されており、それぞれのOSにも複数のバージョンやディストリビューションが混在している。また、学部や学科による環境の違いや、授業用コンピュータ教室と研究室用端末など利用用途による違いなど、利用者のニーズは多様化している。さらに、近年ではそれぞれの学生が所有するPCやスマートフォン、タブレットを学内ネットワークに接続して利用する、いわゆるBYOD (Bring Your Own Device) のニーズも高まっており、クライアント環境の多様化に対して大学としてどのような環境を整えていくべきかが大きな課題となっている<sup>[2, 3]</sup>。

こうしたクライアント環境やニーズの多様化に対して、従来の物理的な端末を提供するという方式から、それぞれの用途に適した「クライアント環境」を提供するために仮想化技術の適用が考えられる。仮想化技術にも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<sup>[2]</sup>。先に述べたネットブートは、OSイメージ・ストリーミングに分類される。大学の教育用端末にもネットブートを含む仮想化技術の導入が進んでおり、実際に大学の教育用端末やコンピュータを利用するための授業環境の構築事例が報告されている<sup>[6, 2, 4, 5]</sup>。

立正大学の教育系端末は、ファットクライアントではなくネットブート型シンクライアントを採用してきた。その理由として、端末の管理・メンテナンスがしやすいこと、流動的な教育環境をシームレスに提供できることが挙げられる。導入の変遷として、2007年はCitrix社製のArdenanceを選定し、2010年には富士通株式会社製のMAGICCLASS Z!BootOS (第1世代)、そして2014年には同MAGICCLASS Z!BootOS (第2世代)<sup>[12]</sup>を選定してきた。しかし、授業で一斉起動した際に立ち上がらない端末や、起動に時間がかかる端末がある等、課題が解決しないまま運用を続けている現状があった。特に、授業で利用するためのアプリケーション (例えばAdobeIllustratorやAdobePhotoshop、ArcGISなど) では起動速度や実行速度に関する問題があり、早急な解決が求められている。

2019年度に実施予定である教育系システムのリプレイスでは、ユーザーがストレスを感じることなく、安定した教育環境を提供することが要件として挙げられた<sup>[10]</sup>。リプレイス予算が限られている中で、必要最低限の製品構成で要件を実現すべく検討を重ねてきた。本稿では、教育系ネットブートシステムの現状と課題の報告と共に、

\* 立正大学地球環境科学部

\*\* 立正大学情報環境基盤センター

先行導入した地球環境科学部の事例紹介、および今回のリプレースについての全体概要とネットブートシステムにフォーカスした概要について報告する。

## 2 ICT教育環境の現状と課題

### 2.1 コンセプト

本学における教育研究システムは、45年ごとの周期でリプレースを行っている。現在は、

1. ユーザに優しい環境およびサービスの提供
2. 将来のICT教育を見据え学内全体を最適化
3. 学生が主体的に協働型・双方向型学習に取り組める環境の整備

の3点をコンセプトに、データセンターおよびクラウドサービスを極力利用した環境を構築し、2014年度より運用している。ネットブート方式を利用することにより、シームレスな教育環境の提供および簡易なメンテナンスが可能となった。

### 2.2 教育系端末利用状況

本学の教育系端末は、授業で使用する授業用端末と学生が自由に利用できるオープン端末に用途を分け、富士通社製のESPRIMO D753/KとK555/Kを提供している。立正大学学内ネットワークの構成図、および各端末の仕様を図1に示す。また、品川キャンパスと熊谷キャンパスの端末と周辺機器の設置状況を表1、2に示す。熊谷キャンパスでは学内の各所に点在して配置し、目的に合

表1 品川キャンパス端末台数

品川キャンパス		
端末種別	場所	台数
オープン端末 (貸出ノート端末78台)	11号館B1F	8
	11号館1F	10
	11号館2F	79
	11号館3F	30
	11号館5F	16
授業用端末	11号館1141	41
	11号館1142	63
	11号館1143	63
	11号館1144	41
	11号館114A	20
	11号館114E	21
	11号館313	61
	11号館314	61
11号館325	105	

わせた利用方法が可能であるのに対し、品川キャンパスは一つの建物に図書館機能と情報環境機能を集約させている。授業用端末とオープン端末は同一の仕様で構築されており、学生の自習用としても同じ環境で学習ができるようになっている。また、学部によってはAdobe系のアプリケーションやSPSS、ArcGISといった特殊で高価なソフトウェアを使用する場合もあり、リモートデスクトップ機能で特殊なソフトウェアの利用も可能な環境も整えた。

### 2.3 課題

2014年から運用する中で課題も明らかになってきた。先述のとおり、2014年の教育系ネットブート端末のリプレースにおいて、富士通株式会社製のMAGICLASS ZIBootOS（第1世代）からMAGICLASS ZIBootOS（第2世代）に変更した。導入当初から以下のような現象が発生し、エンドユーザーから改善を求める声が上がった。

- ログオンまでの端末起動時間が長い
- 授業開始時の一斉起動で起動しない端末がある
- 一部のソフトウェアの動作が重く、授業で有効に活用できていない。（注：原因については、イメージ作成時の問題か他に原因があるのか解明できていない。現時点では、別のイメージを用意できたとしても端末の変更に対してシームレスに切り替えが不可能であるため、アプリ配信システムを別途使用して対処している。）

2014年から改善のための調整を行い、システム運用は

表2 熊谷キャンパス端末台数

熊谷キャンパス（AC：アカデミックキューブ）		
端末種別	場所	台数
オープン端末 (貸出ノート端末31台)	AC-RILLFore	82
	ACグループPC	12
	ACカフェ	14
	AC 4F	10
	ゲートプラザ	2
	図書館B1F	20
授業用端末	図書館1F	5
	図書館3F	22
	ステラ	2
	ユニデンス	10
	AC-A102	31
	AC-A103	31
	AC-A104	77

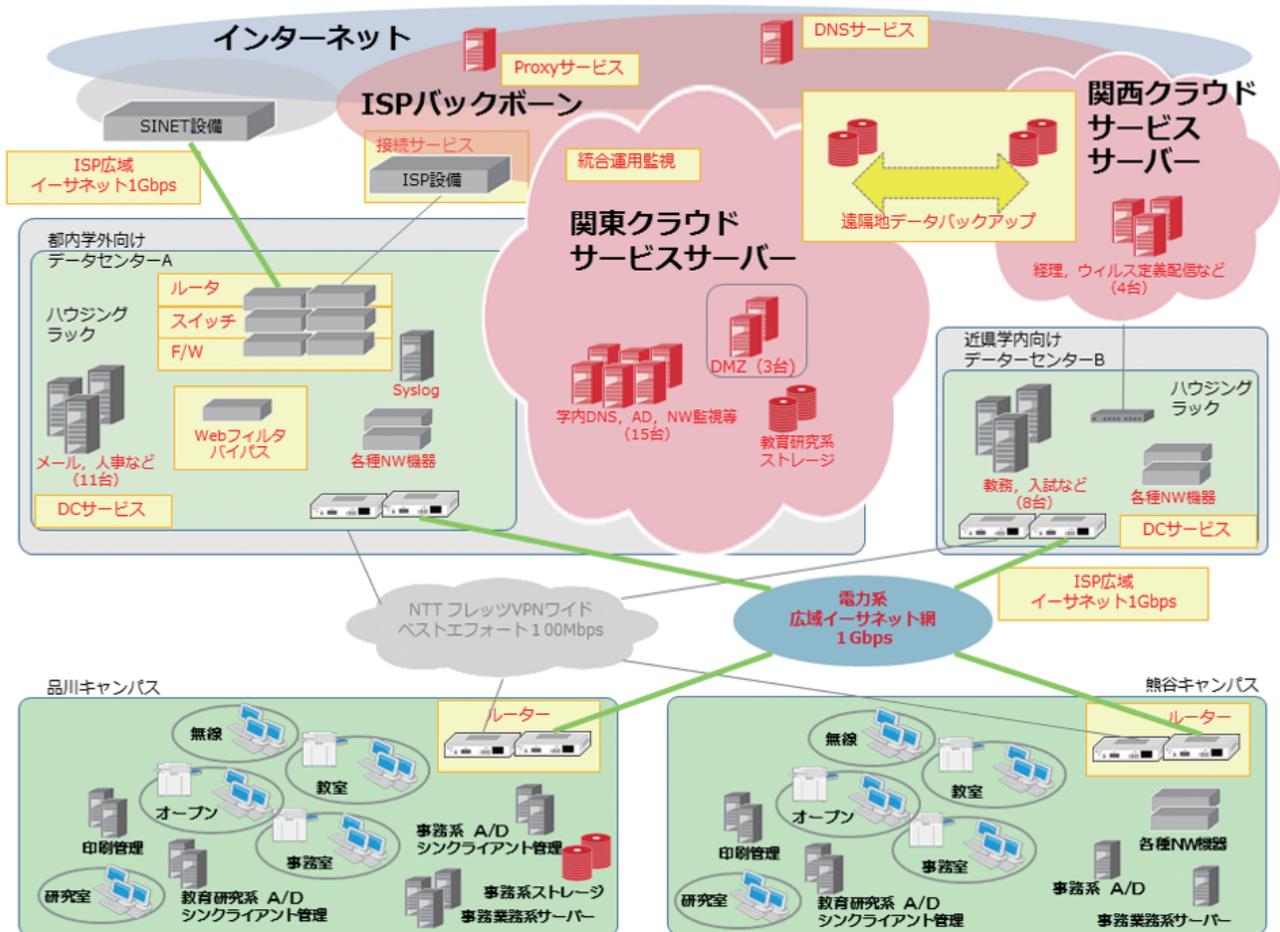


図1 立正大学ネットワーク構成図

端末種別	仕様
教室端末 (デスクトップ)	Windows8.1Pro/Corei5/RAM8GB/SSD128GB
教室端末 (ノート)	Windows8.1Pro/Corei5/RAM8GB/SSD128GB
オープン端末 (デスクトップ)	Windows8.1Pro/Corei5/RAM4GB/SSD128GB
オープン端末 (Mac)	iMac/21.5インチ/Corei5/RAM8GB
フリー端末 (デスクトッパー一体型)	Windows7Pro/Corei5/RAM8GB/SSD128GB
一般教室教卓、貸出端末 (ノート)	Windows7Pro/Corei5/RAM4GB/HDD160GB
学生貸出端末 (ノート)	Windows8.1Pro/Corei7/RAM4GB/HDD160GB

安定するようになったものの、アプリケーションの動作が重い点などは依然として課題となっている。

## 2.4 教育系端末リプレイス

前述の課題を解決すべく、2019年度のリプレイスでは既存製品であるMAGICCLASS ZiBootOS (第2世代) から株式会社シー・オー・コンヴ (以下、CO-CONV) の「CO-Colors」への切り替えを検討している。CO-Colorsは全国約100校で導入されており<sup>[11]</sup>、導入実績も十分である。

後述するが、既に本学地球環境科学部のコンピュータ教室では2019年4月にリプレイスを完了し、全学に先

行する形で独自に「CO-Colors いか」を導入している。「CO-Colors」の最大のメリットは、迅速性・安心安全性・容易性の3つだといえる。迅速性は、端末数に関わりなく平均1分程度で認証画面まで起動できることで確認されている。安心安全性は、全国の導入環境においてキャッシュデータの破壊などの不具合は3年間で0件という数値から見て取れる。容易性は、専門知識がなくてもイメージ展開が可能な仕様で確認されている。

そこで本学では、地球環境科学部が独自に導入したネットブート環境 (CO-Colors いか) も冗長化可能な形式で、今年度中に教育系ネットブート端末のリプレイスを行うことにした。

### 3 地球環境科学部の事例

教育系システムの更改に先立って、地球環境科学部では、2019年4月にコンピュータ教室のリプレイスを実施した。地球環境科学部のコンピュータシステムは、使用するソフトウェアなどの理由により、教育系システムとは別のシステムとなっており、独自の環境を構築している。リプレイス以前はネットブート方式を採用しておらず、富士通株式会社製パソコン運用支援ソフトである瞬快を利用していた。リプレイスの構成検討においては、継続して瞬快を利用する方式と、ネットブート方式を利用する方式で議論を進めた。本学情報システム課とも検討を重ね、将来的に全学で教育系システムにネットブートを採用する点を考慮し、地球環境科学部でもネットブート方式を採用することとなった。また、ネットブート方式と画面転送方式についても比較検討を実施した。本学事務系システムでは画面転送方式が採用されているが、地球環境科学部のコンピュータ教室では、ArcGISなどの計算処理負荷が高いソフトウェアを複数台で同時に利用するため、画面転送方式は適切でないと判断した。

リプレイス後の地球環境科学部コンピュータ教室のネットワーク構成を、図2に示す。コンピュータ教室はA教室（PC31台、プリンタ2台）、B教室（PC49台、プリンタ2台）、ICT教育研究Lab.（PC1台、プリンタ1台）の3教室からなり、管理用端末を含めてPC83台、

プリンタ5台が配置されている。ActiveDirectoryの認証用サーバ（Act/Sby）、ファイルサーバ、プリンタサーバはIIJ GIO P2上に配置し、ネットブートのイメージ配信用ミニサーバはサーバ室に2台配置した。ネットブート用ソフトウェアとしては、CO-CONV社の「CO-Colors いか」を利用している。ネットブート導入時の問題点として、ソフトウェアのライセンス認証が挙げられる。ArcGISやAdobe Creative Cloud（以下、AdobeCC）、Microsoft Office製品など、Web認証やフローティングライセンス対応の製品があるソフトウェアについて問題はなかったが、一部未対応のソフトウェアについては代替品を探す、フリーソフトで代用するなどの対応が必要となった。

ネットブートを採用することで、リプレイス以前と比較すると、OSやソフトウェアのアップデートや新規インストールが容易となり、管理コストが削減した。また、起動速度に関しても、キャッシュが端末に十分確保されている状態であれば、電源ONから2分弱で起動している。

2019年4月まで「CO-Colors」にてコンピュータ教室の運用を行ったが、安定性については大きなトラブルもなく、順調に稼働していたといえる。ソフトウェアのアップデート失敗等のトラブルは数回起きたものの、概ね順調に稼働しており、全学教育系システム導入への判断材料の一つとなった。

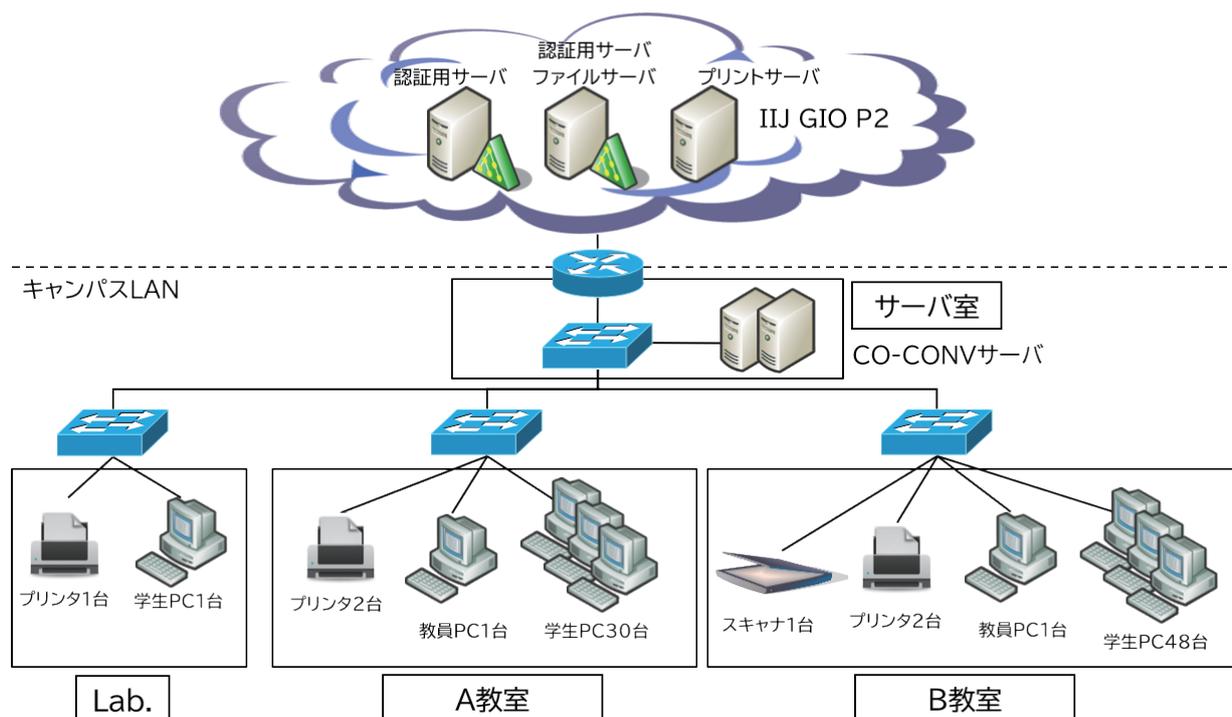


図2 立正大学地球環境科学部ネットワーク構成図

### 3.1 システム動作検証

2019年9月19日に教育系システム、および地球環境科学部コンピュータ教室での動作検証を実施した。検証対象は、授業で使用する「端末室」と学生が自由に利用できる「オープン端末」のPCである。検証内容は、PC 1台の単独起動および30台の同時起動時の、電源ONから認証画面が表示されるまでの起動時間（以下、電源ON）と、認証してからデスクトップ画面が表示されるまでの時間（以下、ログオン時間）を計測し、いずれの実験も2回行った。各端末のローカルキャッシュは十分に確保されている状態であることを確認済みである。

検証を実施した場所は、地球環境科学部コンピュータ教室は3号館A教室、全学教育系端末はA103教室およびRILLForeである。全学教育系端末の仕様は図1で述べたとおりである。地球環境科学部コンピュータ教室端末の仕様は、Windows10Pro/Corei5/RAM8GB/SSD256GBである。両システムともネットブートサーバと端末間のネットワークは1000base-Tで構成されている。

PC 1台の単独起動実験結果を表3に、PC30台同時起動実験結果を表4に示す。

表3および表4より、電源ONおよびログオンともに単独起動よりも同時起動の方が時間を要していることがわかる。ネットブート方式ではサーバとの通信が発生するため、複数台が同時に起動するとサーバおよびネットワーク輻輳により、端末によって起動時間にばらつきが生じる。

表3より、単独起動時と比較すると、CO-Colorsが約42秒で認証画面が表示されているのに対して、ZiBootOSは73-81秒かかっており、CO-Colorsの起動の速さが確認できた。しかし、ログオン時間を比較すると、CO-Colorsが約68秒、ZiBootOSが23-26秒と逆にZiBootOSの方が高速であるという結果となった。これは、全学教育

表3 PC 1台での起動時間の計測実験結果

ブート方式	対象教室	CO-Colors		ZiBootOS	
		3号館	A103	RILLFore	
電源ON	1回目	43	73	77	
	2回目	42	76	81	
ログオン	1回目	69	23	25	
	2回目	68	25	26	

3号館、A103は授業で使用する端末、RILLForeはオープン端末での実験である。起動時間の単位は秒である。

系端末と地球環境科学部端末ではインストールされているソフトウェアに違いがあり、地球環境科学部端末の方がArcGISやAdobe系アプリケーション、AndroidStudio、各種プログラミング開発環境などサイズの大きいソフトウェアがインストールされているためであると考えられる。また、OSの違い（Windows10ProとWindows8Pro）が影響している可能性もある。

同様の傾向が30台同時起動実験結果である表4でも見られる。CO-Colorsでは起動時間にばらつきが大きく、最初に起動した端末と最後に起動した端末では、起動時間に約46倍差が見られた。原因としては、前述のサーバ輻輳やネットワーク輻輳の他に、端末ごとのキャッシュヒット率も影響しているものと考えられる。ユーザの利便性向上のためには、起動時間の高速化と安定化が課題であると言える。

### 3.2 キャッシュヒット率と起動速度の関係

CO-Colorsは、サーバからイメージを転送して起動するという仕組みであるが、毎回イメージ全体を転送しているわけではなく、ローカルにキャッシュを保持しており、サーバイメージとの差分のみを転送することで、起動の高速化とネットワーク転送量の削減を実現している。そこで、地球環境科学部端末にて、キャッシュヒット率と起動速度の関係を検証した。

キャッシュヒット率とは、端末がローカルストレージに保存しているイメージキャッシュが、起動時にどれほど使用されたかという割合を示す数値であり、この数値が高いほどネットワーク転送より高速に起動可能である。ここではキャッシュヒット率が97.2%と40.9%の端末で、起動速度の比較を行った。

キャッシュヒット率97.2%の場合、電源ON時間が38秒、ログオン時間が80秒、ネットブートサーバからの転送量が0.13GBとなった。一方、キャッシュヒット率が

表4 PC30台同時起動での起動時間の計測実験結果

ブート方式	対象教室	CO-Colors		ZiBootOS	
		3号館	A103	RILLFore	
電源ON	1回目	38-45	75-110	96-120	
	2回目	40-43	87-113	81-118	
ログオン	1回目	80-480	30-50	41-47	
	2回目	78-300	41-123	35-41	

3号館、A103は授業で使用する端末、RILLForeはオープン端末での実験である。起動時間の単位は秒であり、(最初に起動したPC) - (最後に起動したPC) の秒数で表記している。

40.9%の場合、電源ON時間が45秒、ログオン時間が480秒、ネットブートサーバからの転送量が2.70GBとなった。実験結果から、キャッシュが十分に確保されている状態であれば起動速度、特にログオン時間が短縮され、ネットワーク転送量も減少するため、アプリケーションの追加や更新、WindowsUpdateなどでイメージを更新した場合には、ユーザが利用を開始する前に何度かログオンを繰り返し、キャッシュを確保しておくことが重要であることがわかった。

## 4 教育系システムリプレイスによる効果

### 4.1 起動速度の改善

CO-Colorsを先行導入した地球環境科学部の端末では、ドメイン参加し、AdobeCC・ArcGISなどの重いソフトウェアが導入されている。また、本学の教育系端末と同等以上の遅延要因を持っているが、平均2分程度で起動していた。地球環境科学部PCと端末室PCでは、導入時期・スペック・運用環境に違いがあるため正確な比較結果ではないものの、現行のMAGICCLASS ZIBootOS（第2世代）よりも高速で起動可能となることが期待される。

### 4.2 安定性向上

現行のMAGICCLASS ZIBootOS（第2世代）では、ローカルのキャッシュからの起動時、異常電源断時に仮想ディスクがローカルHDDに残ってしまうことでディスク容量を圧迫したり、授業で端末を一斉起動した際に何台かの端末が起動しない不具合が継続して発生していた。現在はOSが正常に起動した際、「異常な状態にある仮想ディスクを削除」することによりディスク容量の問題は解消している。また、端末一斉起動時に何台かの端末が起動しない不具合については、パケットロスが原因であることが判明しているが、ネットワークのパケットロスをゼロにすることは困難であるため、完全に安定しているとはいえない。先にも述べた通り、先行導入した地球環境科学部では、CO-Colorsでのキャッシュ不具合やパケットロス等による起動時の不具合は報告されていないため、MAGICCLASS ZIBootOS（第2世代）から「CO-Colors」に変更することで、起動時の安定性向上が期待できる。

### 4.3 運用コスト削減

先行導入した地球環境科学部のネットブートサーバと、リプレイスで導入予定のネットブートサーバをクラスタ

化することにより、サーバリソースの共有が可能になり、運用コストの削減が見込める。また、冗長化構成になることにより耐障害性の向上が期待される。なお、基盤を統一するための具体的な構成については、設計時に検討する。

### 4.4 管理性向上と障害復旧迅速化

CO-Colorsのイメージ管理画面は、直感的かつシンプルな操作で管理可能である。さらに、数百世代のイメージ管理が可能であり、過去のイメージに瞬時に、かつ何度でもロールバックできるため、管理性の向上が期待される。現行のMAGICCLASS ZIBootOS（第2世代）では、ネットブートシステムの運用を導入業者に全て委託しているため、障害発生時には業者への連絡、業者側の人員調整などに時間がかかり、対応が遅れる傾向にある。専門知識の要らないCO-Colorsであれば、職員による対応が可能となり、迅速な障害復旧が期待される。

## 5 おわりに

ネットブートシステムを含む全学教育系システムのリプレイスについては、詳細設計のフェーズに入ろうとしている。本リプレイスは2019年度中に完了し、2020年4月から本番稼働する予定となっており、リプレイス完了後は学生や教職員がより快適に、安心して利用できるICT教育環境が構築されることが期待される。一方で、地球環境科学部を含む全学でのサーバリソースなどの共有には課題も残されており、より詳細な検討が必要である。特に、クライアントの起動速度に関しては改善の余地が多いため、既存のネットブート起動速度に関する研究<sup>[7,8]</sup>を参考により快適な環境構築を継続していく必要がある。

## 参考文献

- [1] 安達和年, 2014: ネットブート型シンクライアントシステムについて, 国士舘大学紀要情報科学, Vol.35, pp.36-41.
- [2] 上田浩・喜多一・森幹彦・石井良和・外村孝一郎・植木徹・上原哲太郎・梶田将司, 2012: 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, インターネット運用技術とシンポジウム2012 論文集, pp.47-54.
- [3] 大山牧子・松田岳士, 2018: アクティブラーニングにおけるICT活用の動向と展望, 日本教育工学会論文誌42(3), pp.211-220.

- [4] 佐々木茂・盛拓生・荒井正之・鈴木崇, 2018: 大学の多様なコンピュータ環境におけるサーバサイド演習環境の構築と運用, 情報処理学会第80回全国大会講演論文集, pp.375-376.
- [5] 柴田啓司, 2019: 新情報システムの概要, 富山大学総合情報基盤センター広報, Vol.16, pp.2-5.
- [6] 中山貴夫・宮下健輔, 2016: 京都女子大学におけるサーバ仮想化基盤の構築, 情報処理学会研究報告, Vol.42, No.42, pp.1-5.
- [7] 八田直樹・丸山伸・松川正義・西村浩二・相原玲二, 2012: ネットブート環境における読み込みキャッシュ機能の改善による起動時間短縮の試み, 情報処理学会研究報告, Vol.16, No.13, pp.1-6.
- [8] 浜元信州・三河賢治・青山成義, 2011: 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, Vol.15, No.1, pp.46-52.
- [9] 前田香織・末松伸朗・北村俊明, 2015: 大学におけるクラウド前提の学術情報基盤への移行と分析, 情報処理学会論文誌, Vol.57, No.3, pp.948-957.
- [10] 立正大学情報基盤センター情報システム課, 2018: 2019年度教育研究システム提案依頼書, pp.2-4.
- [11] CO-Colors導入事例, <https://www.co-conv.jp/case/>, 2019年12月10日参照.
- [12] MAGICCLASS Z!BootOS, <https://www.fujitsu.com/jp/solutions/industry/education/campus/information/zbootos/>, 2019年12月10日参照.

## Study on ICT Education Environment at Rissho University and Example of System Updates at Faculty of Geo-Environmental Science.

AOKI Kazuaki\*, YAMASHITA Michinori\*, SUGANO Toshifumi\*\*

\* Faculty of Geo-Environmental Science, Rissho University

\*\* Center of Information Environment Infrastructure, Rissho University

### Abstract :

Computer classrooms and network systems are indispensable for supporting university life for students and paperwork for staffs in the university. To construct the ICT environment that meets the needs of users, such as the diversification of PC environments and the introduction of BYOD, is a serious issue. The construction and improvement of the ICT education environment systems is an ongoing issue at Rissho University, and the system update is scheduled for 2019. In this paper, we discuss the current status and issues of ICT education environments including netboot thin clients for the aim of improving convenience and manageability, and introduce the system update of the Faculty of Geo-Environmental Science, Rissho University.

**Key words :** ICT Education Environment, Cloud Computing, Computer Classroom, Netboot System, Thin Clients

