

## IaaSクラウド型教育情報システムの実現可能性調査

笠原, 義晃  
九州大学情報基盤研究開発センター

伊東, 栄典  
九州大学情報基盤研究開発センター

<https://hdl.handle.net/2324/26708>

---

出版情報：研究報告インターネットと運用技術（IOT）．2013-IOT-22（14），pp.1-6，2013-07-25．情報  
処理学会  
バージョン：  
権利関係：(C) 2013 by the Information Processing Society of Japan

# IaaS クラウド型教育情報システムの実現可能性調査

笠原義晃<sup>†</sup> 伊東栄典<sup>†</sup>

仮想化技術の普及により、IaaS 型のクラウドサービスが普及している。IaaS クラウド基盤を使うことにより、大学での教育情報システムを外部へアウトソースすることが可能である。アウトソースできれば、維持コストの削減が可能である。我々は、現在の PC 教室型教育情報システムの、IaaS クラウド基盤上での実現について調査している。本稿では、仮想マシンを遠隔利用する場合の問題点と、実用する場合の通信帯域および RDP 性能について調査した結果を報告する。

## A feasibility study of educational system on IaaS cloud

YOSHIAKI KASAHARA<sup>†</sup> EISUKE ITO<sup>†</sup>

With advancement of virtualization technology, various kinds of cloud services are widely available such as Infrastructure-as-a-Service (IaaS) type services. By using IaaS cloud infrastructure, it is possible to outsource educational information system in a university to an external service provider and reduce operational and maintenance costs. We are investigating feasibility of implementing PC-equipped classroom in educational information system over IaaS cloud infrastructure. In this paper, we discuss problems when using virtual machines remotely, and report the results of experiments measuring RDP performance and bandwidth usage.

### 1. はじめに

仮想化システムやクラウドシステムが普及している。情報機器および情報技術を用いた大学の教育活動や情報科学技術の教育においても、クラウド技術の導入が検討されている。我々は、IaaS (Infrastructure as a Service) 型のクラウドにより、大学における情報機器を用いた教育環境において、教育に必要な OS およびソフトウェアの計算機環境提供、セキュリティ向上、コスト削減が可能であると考えている。

VDI (Virtual Desktop Infrastructure) では、端末 PC 上に構築していたデスクトップ環境を、サーバ室に設置したサーバ機器群の上に実装する。サーバ群では仮想マシンとしてデスクトップ環境を動作させる事が多い。利用者は PC やシンクライアント機からデスクトップ環境に遠隔接続してこれを利用する。VDI により、組織運営側は、仕事用の統一した環境を提供でき、利用者側の端末状況に関係なく、デスクトップ環境の OS およびソフトウェアの更新が可能になる。利用者側の端末は遠隔接続できる機能があれば良いため、端末のコスト削減も可能になる。何より利用者側の端末に業務データが残らないため、セキュリティを向上することが出来る。

BYOD (Bring Your Own Device) と称される動向もある。BYOD では企業の構成員が個人保有の携帯用端末を職場に持ち込み、それを業務に使用する。BYOD では端末の性能や環境にばらつきが出る。そこで、VDI との組合せを行う。VDI 側の環境を統一すれば、利用者側の端末は遠隔接続だ

けの機能を満たせばよい。BYOD と VDI を組み合わせること、業務に必要な機能を持つデスクトップ環境の提供と、セキュリティの向上、そしてなにより企業の情報環境整備コストが削減できると期待されている。大学における情報機器を用いた教育でも同様である。

我々は、IaaS クラウド型の教育情報システムの実現可能性を検討している。既に、我々が所属する九州大学では、キャンパスクラウドシステムと名付けた IaaS クラウド型システムを導入している[1,2]。九州大学のキャンパスクラウドには、CloudStack[3]と VCL(Virtual Computing Lab)[4]を導入している。CloudStack でも VCL でも、教育担当者や学生の操作に応じて仮想マシンを稼働できる。OS とソフトを入れた仮想マシンテンプレートを多数用意できるため、一つの実サーバ機の上で、多様な教育用計算機環境を提供できる。

我々は、現在の PC 教室型教育システムを、IaaS クラウド基盤内の仮想マシンで実現した場合に、大学での教育に十分な性能を持つかを検証している。教育用の環境が入ったデスクトップを提供するクラウドサーバ側と、学生の端末までの、ネットワーク帯域および遅延はどの程度まで許容できるのか、大学教育で用いるコンテンツおよびソフトウェアは、待ち遠しくない応答速度で利用できるか、等の調査が必要である。本稿では、Windows デスクトップ環境を RDP 接続する際の性能について調査した内容を報告する。

### 2. 教育情報システム

大学の教育で利用されている情報システムを、本稿では

<sup>†</sup>九州大学 情報基盤研究開発センター  
Research Institute for Information Technology, Kyushu University

教育情報システムと呼ぶ。IaaS 型教育情報システムの使われ方を検討するため、従来からの教育情報システムの使われ方を述べる。

## 2.1 教育情報システムで用いるコンテンツおよびソフトウェア

教育情報システムは最初、プログラミングを主とする情報処理技術の教育のために導入された。導入が始まった1980年頃から現在まで、プログラミングの教育は行われている。プログラミングを行うためには、エディタやコンパイラなどの開発環境が必要である。

1990年代から表計算、プレゼンテーションを含む Office 系文書作成ツール、Web ブラウザや電子メールソフトなどのインターネット情報利用ツールの教育が盛んになった。1990年代には、これらの情報ツールを使いこなせる学生は少なく、かつ企業や行政組織などからツール利用能力への要望が高かったため、ツールの利用方法を大学で教える意義があった。現在、これらのツールを学生が日常生活で使う機会も増えており、高校での教育も行われているため、大学で教育する意義は薄れている。

語学教育には、CALL (Computer Aided Language Learning) と呼ばれるシステムが用いられている。古くはオーディオ機器を CALL システムとして語学教育に用いていたが、近年では計算機を用いて CALL システムが構築されている。計算機の高性能化に伴い、画像・音声・動画を扱うことが可能になったことと、インターネット通信が普通に行われるようになったためであろう。語学教育では、テキスト・音声・映像の教材と使うだけでなく、テキスト・音声・動画での双方向通信が用いられている。

画像・音声・動画を編集するマルチメディアの再生および編集ソフトウェアも普及している。医療系の学部では、画像や映像が特に重要な教材として授業中や自習時間に再生されている。芸術系の学部では、マルチメディアの再生だけでなく、マルチメディアデータを編集することが多い。芸術系の学部では更に、3D データのモデリングを行うことも多い。

専門内容に関するソフトウェアや教材も使われている。多様な数値データを扱う統計は計算機との相性が良いためか、教育システムが導入された時期から統計用ソフトウェアは利用されてきた。ディスプレイが高精細表示可能になるにつれ、CAD (Computer Aided Design, コンピュータ援用設計)ソフトウェアも設計を行う講義で用いられている。CAD で設計したデータを、CAM (Computer Aided Manufacturing) システム用いて製造に繋げる場合もある。他にも、分子構造計算や流体計算のソフトウェアを使う場合もある。

まとめると、教育用のコンテンツおよびソフトウェアは、以下の4種類があると考えている。

- ・ 静的な教材 (テキスト・電子書籍・Web ページ)
- ・ マルチメディアデータ (画像・音声・動画) の再生
- ・ インタラクティブな操作を伴うソフトウェア
- ・ 双方向通信 (テキスト・画像・音声・動画)

## 2.2 教育情報システムの型

教育情報システムの実現方法として、現在主要なものには、以下の3つの方向がある。

- (a) インストール型
- (b) ウェブ型 (web based learning)
- (c) IaaS クラウド型・VDI 型システム

(a)では、教育用のコンテンツやソフトウェアを PC 等の端末にインストールする。多くの受講生が同じ内容の教育を受けるためには、端末の OS や性能を、ある程度統一する必要がある。PC 教室型の教育システムであれば、同じハードウェア性能を持つ端末を十分な数だけ整備し、それらに同一の環境をインストールすることで実現できる。また、最近では管理者の指示に応じてソフトウェアをインストールするものがある。

(b)では、学生が利用する端末内の Web ブラウザの性能を統一すればよく、端末側の容量や CPU 速度などの問題は少ない。WBT (Web based Training) システムは多数販売されており、多くの大学で導入が進んでいる。

SaaS 型のソフトウェア提供も進んでいる。グーグル社の Google Apps では、メールやカレンダーに加え、Google Document による Office 系の文書作成機能を提供できる。マイクロソフト社も、Office365 で同様の機能を提供している。プログラムの統合開発環境も開発提供されている。

現在の所、Web ベースの教育用システムでは、静的な教材の提供には適している。マルチメディアの再生には問題が無いため、マルチメディア教材を多く使う語学教育や、医療系の教育にも適している。一方、Office 系の文書作成や、プログラムの統合開発は、快適とは言いがたいと状況であろう。また、マルチメディアコンテンツの編集や、統計やCAD/CAMを含む専門用ソフトウェアの利用も困難であろう。

(c)では、端末側に用意するソフトウェアは、遠隔接続のためのクライアント機能だけで良い。近年の利用者用端末は、PC でもタブレットでも、画面描画速度およびネットワークデバイスの通信速度が十分に早い。クラウド側の端末の性能、中間ネットワークの帯域、およびクライアント側の性能が十分であれば、様々な用途に用いることができる。特に、Web ブラウザでの動作が困難なソフトウェアを利用する講義では、端末側にインストールする必要が無いため、便利に利用可能である。IaaS クラウド型・VDI 型の長所と短所については、次節で議論する。

### 3. IaaS クラウド型教育情報システムの長所と短所

#### 3.1 長所

本稿が対象とする IaaS クラウド型教育情報システムの、最も大きな利点はコスト削減である。IaaS クラウド型教育情報システムはネットワークを介して遠隔接続して利用する。十分な無線 LAN 接続環境があれば、PC 教室ではない、普通の教室で情報機器を用いた教育を実現可能である。PC 教室の整備および維持が不要になれば、そのために用いていた費用を、他の整備に転用できる。黒板やプロジェクトを用いての座学講義授業しかできなかった教室を、情報機器を用いる教育の場として活用できる。

IaaS クラウドであるため、教育情報システム自体をアウトソースすることも可能である。VDI 環境自体を学外のクラウドベンダー内に構築すれば、教育情報システムのハードウェア自体が不要となり、機器導入費やサーバ室の維持費も削減できる。講義時間だけ、デスクトップの仮想マシンを生成するようにすれば、夜間や休日の稼働費用を抑えることが可能である。ただし、ネットワークの帯域および遅延が問題となる。

学内にプライベートクラウドとして IaaS 型教育情報システムを構築する場合にも利点がある。従来からある PC 教室型の教育情報システムは、PC 端末群を教育にしか使えなかった。一方、プライベートクラウドであれば、平日の昼間に教育に用いていた計算機資源を、夜間及び休日に別の用途に用いることが可能となる。サーバ群の上で動かす仮想マシンの種類を変えれば研究利用も可能になる。夏休みの間は、大規模並列データ処理用の仮想マシンとして動かすことも可能であろう。

教育用に限定しても、プライベートクラウドの学外提供も考えられる。学外提供は、特に時差のある国への提供が有効であろう。PC 教室型の教育情報システムでは、講義終了後は単に電源を落として放置するだけであった。IaaS クラウド型の教育情報システムを、プライベートクラウドとして保有しておけば、日本での講義が終わる頃に、講義が始まる時間になる国へ提供すれば、計算資源の有効活用になる。ただし、学外提供の場合は、ネットワークの帯域および遅延が問題となる。

他にも多様な環境の提供が可能となる。仮想マシンであれば、多様な計算機環境を、同一のハードウェアサーバ上で稼働できる。プログラミング教育用、語学教育用、統計・建築設計・数値シミュレーション等の専門ソフトウェアによる演習など、様々な環境を実現できる。専用ソフトを動かすには高性能計算機はサーバ側で用意するので、学生の端末は低性能でも問題ない。

#### 3.2 短所

ネットワークと入力デバイスが短所となる。最も大きな問題はネットワークである。

IaaS クラウド型教育情報システムはネットワークを介して遠隔接続して利用するため、ネットワークは常に安定かつ高速（広帯域）で使えなければならない。現在の所、有線の基幹ネットワークは安定性しており、また広い通信帯域を持つ。サーバ室から基幹ネットワークへ接続も安定かつ広帯域である。

問題は、学生が使う端末との接続点である。IaaS クラウド型教育情報システムを実用するには、受講生が持つ端末までの十分な帯域を持つ通信環境が必要である。企業の VDI 環境では有線接続した端末で実現することが多く、各社員は席を動かすことが少ない。一方教室では、経費的な問題から有線 LAN 環境整備は難しく、かつ学生は講義毎に教室を移動する。そもそもタブレット端末には有線 LAN の口が付いていない。一つの教室には数十人から百人程度の学生が座るため、数十台から数百台の端末からの通信を処理できるかが問題になる。講義では受講生が一斉に同じ行動をする事が多いため、通信が渋滞しやすい。

入力デバイスも問題である。PC ならばキーボードおよびマウスが付随している。経費削減のためにタブレットを用いる場合、キーボードとマウスの入力が問題になる。現在の所、Office 系の文書作成ソフト、マルチメディア編集ソフト、他の専用ソフトのほとんどがキーボードとマウス入力を前提としている。これらのソフトを遠隔利用する場合、同じ入力デバイスがなければ快適な利用は出来ない。

### 4. IaaS クラウド型教育情報システムの実現可能性検証

前の 3.2 節で述べたように、IaaS クラウド型教育情報システムの問題は、ネットワークである。IaaS クラウド型教育情報システムの実現可能性を検証するために、遠隔接続利用時のネットワークの利用トラフィック量を測定することとした。

#### 4.1 実験環境

測定用の環境を述べる。教室で用いる利用者（学生）側の端末として、PC(Windows 8)、Mac 端末(MacOS X)、iPad (iOS6)の3つを用意した。仮想マシンとして、Windows7 と Ubuntu12.10 を用意し、Windows 7 には RDP (Remote Desktop Protocol)で、Ubuntu には VNC (Virtual Network Client)で接続した。

仮想マシンは、九州大学キャンパスクラウドシステムが持つ、CloudStack で構成した。なお、仮想マシンのハイパーバイザは Xen Server 5 である。図 1 に CloudStack を用いた IaaS クラウドの構成を示す。

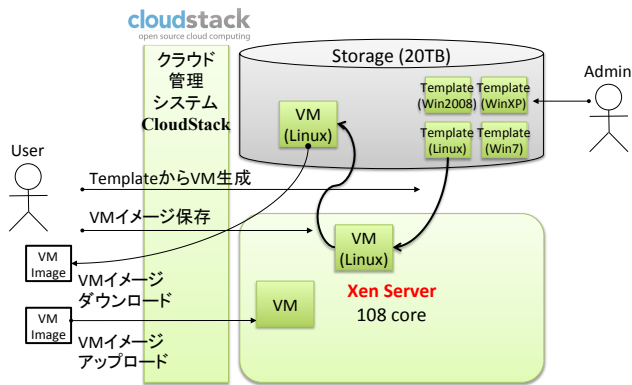


図 1 IaaS クラウドシステム (CloudStack)構成

## 4.2 RDP による Windows7 デスクトップ利用

表 1 に実験に用いた RDP 環境を示す。

表 1 実験に用いた RDP クライアント環境

Client Host OS	RDP Client	台数
Windows 8	mstsc.exe (リモート デスクトップ接続, ver. 6.2.92)	8
MacOS X	Microsoft Remote Desktop Connection Client for Mac (ver. 2.10)	1
iPad2 (iOS 6)	RDesktop 1.2.3	1

### 4.2.1 定性的調査

最初に、1 台の RDP クライアントによる接続で、定性的な調査を行った。

Windows8 PC から RDP で Windows 7 マシンに接続した場合、Office 系の文書作成は問題無く利用できた。Internet Explorer (ver.9)は、ローカル PC で使う場合と同様に、起動の遅さが気になった。起動後は、普通に利用できた。九州大学紹介の動画(WMV)を再生した所、320x240 ピクセルと小さいサイズであるためか、コマ落ちも無く音声も同期して再生されていた。しかし、YouTube の動画を Internet Explore (ver.9)上で再生した場合、動画にくらべて音声が遅れることが分かった。ローカル PC とリモートの仮想マシンとの間での、ファイルのやり取りも、エクスプローラ上で簡単に行うことができた。

続いて iMac 端末から RDP で Windows 7 マシンに接続した場合について述べる。リモートの Windows 7 マシン上での Office を用いた場合、軽い応答速度の遅延を感じた。九州大学紹介の WMV 動画を再生した場合、画像のコマ落ち

が激しく、また音声も途切れて聞き取れないことが分かった。現状の MacOS 用クライアントでは、教育情報システムとしての利用は困難であることが分かった。

iPad (iOS6) で使える無料 RDP クライアント「RDesktop」を用いて Windows7 デスクトップへの接続を行った。初歩的な Windows 利用は可能である。しかしながら、マウスのポイントや、クリック、ダブルクリックの際に特殊な操作が必要であり、講義で用いるには多くの問題があることが分かった。

### 4.2.2 通信量測定

Windows8 端末から Windows 7 デスクトップへ接続する場合について、通信量を測定した。これは、一つの教室で数十名が受講する場合の通信量を推定するための調査である。通信量測定の際にデスクトップ側で動作させたアプリケーションを表 2 に示す。

表 2 RDP 通信量測定に用いたアプリケーション

アプリ	説明	サイズ
PowerPoint 2011	画像を含むプレゼン資料を、オートプレゼンテーションとして実行。	9.1MB, (56 ページ)
Windows Media player	九州大学紹介動画 (WMV) を再生。	13MB, (320 ×240, 30fps, 6分 38 秒)

RDP では画面の差分を効率良く転送する機能があるため、Office 系ソフトのような画面変更の少ないものは通信量が少なくなる。また最近の RDP ver.7 以降では、描画コマンドを送信することで通信量を抑える機能を備えている [5][6]。これらの比較のために、Office 文書の表示と動画再生とを行わせることにした。なお、利用者側の操作の影響を無くすため、どちらも時間起動での自動再生で動作させた。

なお、RDP クライアントである Windows8 PC は、本学の教育用 LAN 環境と同じ、802.11n 無線 LAN で接続した。実験時に、この無線 LAN を使う端末は、実験用の 8 台のみであった。通信量の測定には無料の通信監視ソフトである「Wireshark」を用いた [7]。

測定した通信量を図 2~図 4 にグラフで示す。図 2 は 1 秒毎、図 3 は 5 秒毎、図 4 は 30 秒毎の平均通信量をプロットした物である。

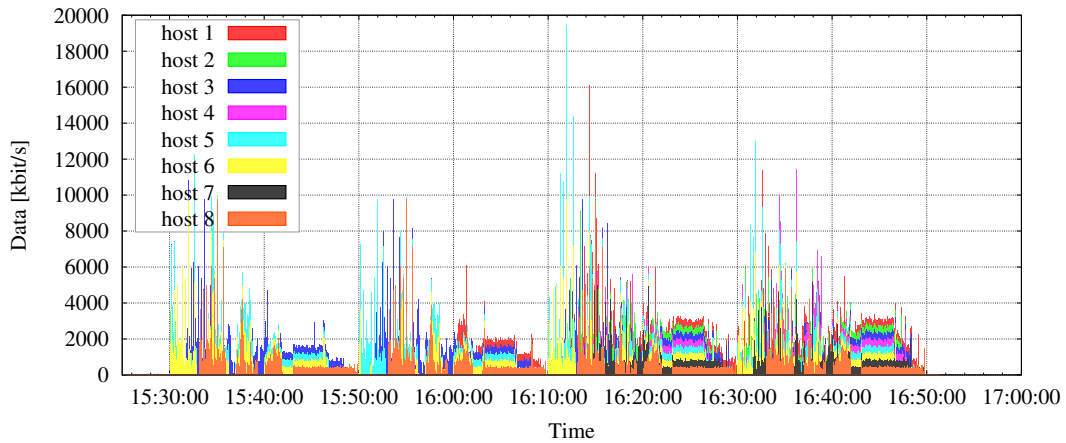


図 2 RDP 通信量 (1 秒毎)

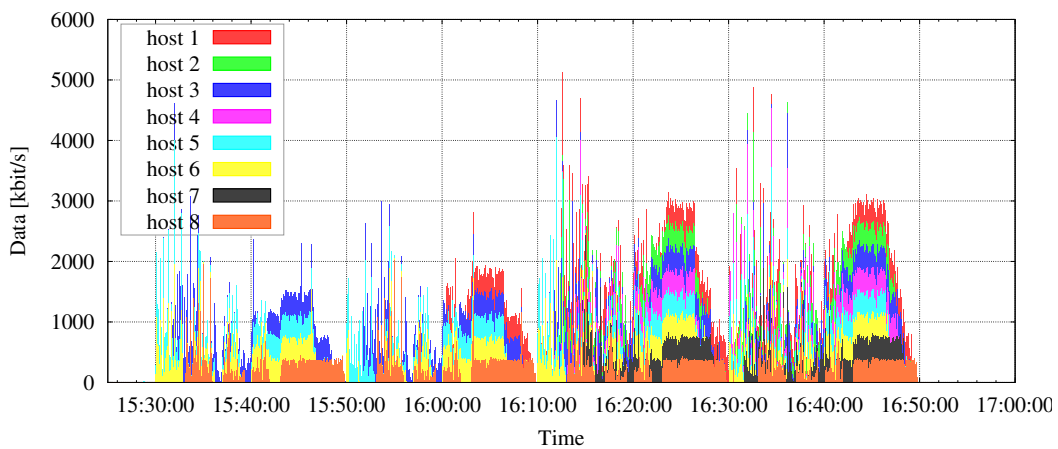


図 3 RDP 通信量 (5 秒毎)

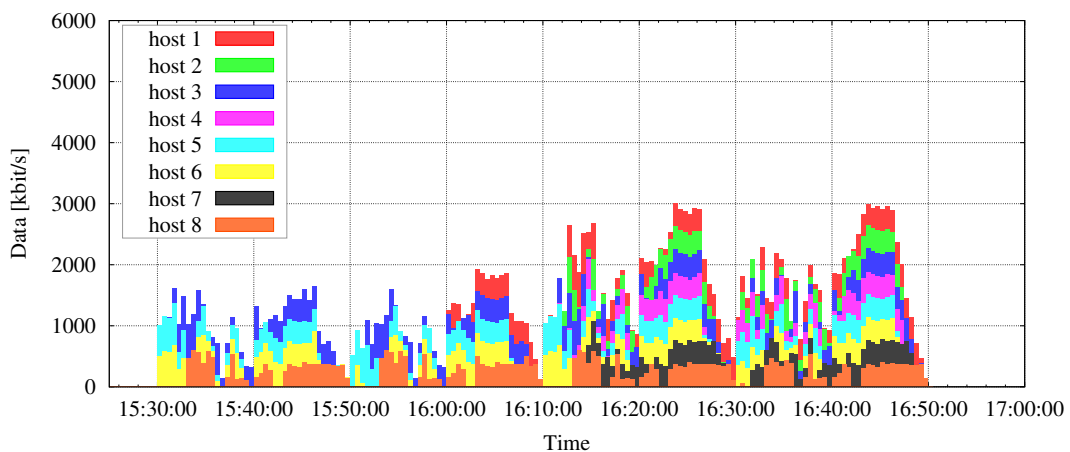


図 4 RDP 通信量 (30 秒毎)

これらの図では 16:10 から 16:50 の間に 8 台のマシンが RDP 接続している。16:10~16:20 および 16:30~16:40 の間はパワーポイント資料の自動プレゼン実行を行い、16:20-16:30 および 16:40-16:50 の間に九州大学紹介ビデオ (mpeg) を windows media player で再生している。

図 2 のグラフ (1 秒間毎の通信量) と、図 4 のグラフ (30

秒毎の通信量) を比較すると、興味深い結果がわかる。図 2 からは、パワーポイントのスライド切替時に大量通信が短い時間で発生していることがわかる。特に写真を入れたスライドページに切り替える際に、多くの通信が発生している。一方、30 秒毎に丸めたグラフを見ると、パワーポイントの自動再生の総通信量は多くない。

動画再生時の通信は、急に増加することは少ない。音声データは定常量流れており、かつ動画の切り替えが大きい場合に通信量が多くなっている。

図 2 を見ると、瞬間的に 8 台で 20Mbps 程度の通信が発生している。単純計算すると、1 台あたり 2.5Mbps である。もし実質的に 100Mbps の通信が可能な無線 LAN 基地局であれば、40 台の端末が同時に接続しても RDP トライフィックを処理できる計算になる。

本学の支線ネットワークはギガビットイーサネットを利用している。100Mbps で無線通信可能な教室を最大限に利用したとすると、一つの支線ネットワークで同時に 10 部屋までになる。

### 4.3 VNC による Ubuntu デスクトップ利用

理工系の学部では、Linux マシンを用いた演習も多い。Linux デスクトップとして Ubuntu を仮想マシンとして起動させ、VNC (Virtual Network Computing) で遠隔利用する実験も行った。

VNC はイギリスの Olivetti Research Laboratory が開発したソフトウェアで、フリーソフトウェアとして無償で配布されている。VNC 用のサーバおよびクライアントは複数存在する。表 3 に示す環境で遠隔接続を試した。

表 3 VNC 実験環境

	名称	色数
VNC サーバ	x11vnc	24bpp
VNC クライアント	RealVNC	

Ubuntu デスクトップで Web ブラウザおよび OpenOffice を VNC 経由で遠隔利用した。マウスやキーボード操作に対する遅延は体感できるものであった。これは VNC のサーバ・クライアントとも、古いソフトウェアを利用したためかもしれない。VNC による接続実験は充分に行えていないため、今後ソフトウェアを変えて様々な条件で詳細に調べる必要がある。

## 5. おわりに

本稿では、IaaS クラウド型教育情報システムの実現可能性について述べた。教育情報システムで使われるコンテンツとソフトウェアを分析し、次に教育情報システムの構成方法について議論した。また、IaaS 型情報系の長所と短所について議論した。IaaS クラウドの中に設置した仮想マシン上のデスクトップを遠隔利用する際の、応答速度と通信量を測定した。その結果、現状では学内ネットワークで Windows 端末から Windows デスクトップを RDP で利用する場合には、応答速度の問題が無いことが分かった。また無線 LAN での接続では、基地局の最大通信帯域から、同時接続数の上限を調べる必要があることが分かった。

IaaS クラウド型教育情報システムを実現するには、実際の講義規模である 100 台で遠隔利用できるかを調べる必要がある。また他大学との接続実験を行い、大学間での遠隔利用が可能であるかを調査していきたい。また無線 LAN の性能測定も行いたい。

## 謝辞

西日本地区情報関連センター長会議における「クラウド技術の利用可能性検討 WG」の皆さまの協力に感謝する。

## 参考文献

- 1) 伊東栄典, 堀良彰, 笠原義晃, 井上弘士: 情報系大学院での VCL 活用, 情処研報 Vol.2013-CLE-9 No.9, pp.1-6, Feb.1, 2013.
- 2) 伊東栄典, Brendan Flanagan, 殷成久, 中藤哲也, 廣川佐千男: クラウド型教育環境での検索エンジン構築演習, 電気学会研究会資料, IS-13-12, pp.1-5. May 2013.
- 3) Citrix Corporation: CloudStack, <http://www.citrix.com/products/cloudplatform/overview.html>
- 4) Apache VCL: <http://vcl.apache.org/>.
- 5) Microsoft Corporation: Remote Desktop Protocol Performance: Presentation and Hosted Desktop Virtualization, [http://download.microsoft.com/download/4/d/9/4d9ae28534314335a86e969e7a146d1b/RDP\\_Performance\\_WhitePaper.docx](http://download.microsoft.com/download/4/d/9/4d9ae28534314335a86e969e7a146d1b/RDP_Performance_WhitePaper.docx)
- 6) Microsoft Corporation: Remote Desktop Protocol Performance Improvements in Windows Server 2008 R2 and Windows 7, <http://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=23236>, Jan. 2010.
- 7) Wireshark: Wireshark, <http://www.wireshark.org/>