九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

情報系大学院でのVCL活用

伊東，栄典
九州大学情報基盤研究開発センター | 九州大学大学院システム情報科学研究院

堀，良彰
九州大学情報基盤研究開発センター | 九州大学大学院システム情報科学研究院

笠原，義晃
九州大学情報基盤研究開発センター | 九州大学大学院システム情報科学研究院

井上，弘士
九州大学情報基盤研究開発センター | 九州大学大学院システム情報科学研究院

https://hdl.handle.net/2324/25909

出版情報：情報処理学会研究報告. 2013-CLE-9 (9), pp.1-6, 2013-01. 情報処理学会
バージョン：
権利関係：(C) 2012 Information Processing Society of Japan

情報系大学院での VCL 活用

伊東栄典† 堀良彰† 笠原義晃† 井上弘士‡

近年，大学における情報機器を援用する教育活動や，情報科学技術の教育で，仮想化システムやクラウドシステムの利用が進んでいる．筆者らが所属する九州大学では， 2010 年度末に九州大学システム情報科学研究院が同院内の教育用に VCL をベースとするシステムを導入した．また，2011 年度末，九州大学情報基盤研究開発センターでは，主に大学院での教育に用いるための情報システムとして VCL システムを導入した．本稿では，導入した VCL システムの構成と講義での利用事例を述べる．また VCL システムの運用で得た様々な問題点について考察する．

A Study of VCL in Graduate School of ICT

EISUKE ITO† YOSHIAKI HORI‡
YOSHIAKI KASAHARA† KOJI INOUE‡

Virtualization and cloud technologies are spreading in the educational activity of information science and technology in recent years. The Graduate school of ISEE in Kyushu University installed the VCL system as an education system at the end of the 2010 fiscal year. Moreover, the research institute of IT, the computer center, of Kyushu University was also installed the VCL system as a part of the campus cloud system at the end of the 2011 fiscal year. In this paper, we introduce the two VCL systems in Kyushu University, and describe three use cases of VCL in the school. We consider some problems of VCL system.

1. はじめに

近年，情報機器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，仮想化システムやクラウドシステムの利用が進んでいる．その中で， 2010 年度末，九州大学大学院システム情報科学研究府では，同院の教育用に VCL をベースとするシステムを導入した．また，2011 年度末，九州大学情報基盤研究開発センターでは，学内の大学院向けに VCL システムを導入した．

VCL（Virtual Computing Lab）は，ノースカロライナ州立大学（NCSU, North Carolina State University）で開発された仮想マシン環境の運用システムである[1,2,3]．VCL は大学現場での利用を目的として，NCSU の工学部（College of Engineering）と情報技術室（Office of Information Technology）が共同で 2004 年から開発を行った．その後，NCSU は Apache Software Foundation（ASF）に VCL のソースコードを寄附し，オープンソースとなっている[4].

VCL は DaaS（Desktop as a Service）と呼ばれる形態のシステムである．管理者（あるいは授業担当者）はアプリケーションを導入した仮想マシン（VM）のイメージを VCL 内に保存する．利用者は，Web インターフェイスを介して使いたい VM の起動を要求する．要求に応じて VCL は VM イメージを物理マシンに配信し，かつ VM を起動する．その後，利用者は起動した VM に RDP（Remote Desktop Protocol）や SSH を用いて接続し，計算機を利用する．

日本国内でも 2009 年頃から VCL が普及しつつある．名古屋大学では 2010 年度から 2012 年度に実証プロジェクトを行なっている[5]．明治大学は VCL を用いたキャンパスクラウドを日本で初めて構築し，2010 年度から学内に提供している[6,7,8]．名城大学も VCL システムを導入・提供している[9]．我々の所属する九州大学では 2010 年度に情報系の大学院である科学研究府で[10]，2011 年度に情報基盤研究開発センターで導入している[11,12].

本稿では，九州大学で導入した VCL システムについて，システム設計の理念，システム構成を紹介する．また，講義での VCL 活用事例も紹介する．次に，今までの運用で分かった VCL の利点や，VCL に関連する仮想化情報基盤の運用に関する様々な課題を述べる．

2. 九州大学における２つの VCL システム

九州大学では，大学院システム情報科学研究府と情報基盤研究開発センターとに，２つの VCL システムが導入されている．本節では２つの VCL システムについて説明する．なお，区別のため，前者を VCL1，後者を VCL2 とする．

2.1 情報系大学院の VCL システム（VCL1）

九州大学大学院システム情報科学府（以下，本学府）には，情報学，情報知能工学，および電気電子工学の３つの専攻がある．本学府では，情報・通信・電気・電子の分野に関連した先端科学技術を担う高度の研究者・技術者を養成するための教育を行っている．修士課程は約 330 人，博士（後期）課程は約 130 名である．教職員は約 170 名が所属している．他に連携組織の所属者もいる．

2.1.1 教育用電子計算機システム

本学府では，従来から高度情報教育基盤と名付けた計算機システムを整備してきた．このシステムの整備目的は，

† 九州大学　情報基盤研究開発センター
Research Institute for Information Technology, Kyushu University
‡ 九州大学　システム情報科学研究院
Department of ISEE, Kyushu University

ⓒ2012 Information Processing Society of Japan

以下の二つである．

- 計算機を活用して，本学府の学生に対して，高度で専門的な情報教育の実施．
- 本学府の学生に対して，計算機を使った自発的な学習の場を提供．

本学府で実施する授業は多数あり，それぞれの授業ごとに用いるソフトウェアや教材が異なっている．特に大学院教育では専門性が高まるため，専用のソフトウェアを導入した個別の演習環境を作成するのが望ましい．更に，授業での実習内容は毎年見直されている．そのため，多様な環境を利用できる事が望ましいものの，従来のマルチブート環境で効率よくこれを実現するのは困難であった．

2010 年度の更新にあたり，仮想化技術を用いたシステムの導入を検討した．仮想化技術の利用により，省電力化も実現しつつ，多様な計算機環境を必要に応じてハードウェア資源に割り当てることが可能である．これにより，高度かつ専門的な情報教育への活用が実現できる．

導入前の段階で，周辺の情報環境は充分に整備されていた．本学府の情報系専攻の大学院生はほぼ全員がノート型の PC を保有している．保有しない学生のためには，貸出し PC を約 100 台用意している．主要な講義室には，机に有線 LAN の接続口と電源ソケットが用意されている．無線 LAN は全館および全キャンパスで整備されている．

2.1.2 新システムへの要求要件

概念的な要件概要として，以下の 4 つを定めた．

- 高性能なサーバおよびネットワーク機器
- 計算機資源を柔軟に割当て可能な管理システム
- 最新のアプリケーションプログラムの利用
- 新規のアプリケーションプログラムの追加

約半年間の検討を経た後，高性能のラックマウント型あるいはブレード型のサーバを導入し，そのサーバで各授業用の仮想マシンを稼働させることにした．受講者は最大 400 名程度であるため，400 台の仮想マシンが同時実行できればよい．また，授業・演習数は当初数科目で開始し，必要に応じて増やしていくこととした．

これらの条件を満たすシステムとして，VCL を利用した VM 実行環境を整備した．VCL により，各授業の特性に応じた VM が容易かつ即時に準備･提供できるようになった．また，VM におけるソフトウェアのバージョンアップや，教材の改善作業も容易になった．各 VM は各学生が占有使用できるため，柔軟かつ安全･安心に利用できることになった．また，遠隔地からでも授業時と同じ VM が利用できるため，自宅からの復習・予習も可能になった．

2.1.3 導入システムの性能諸元

図 1 に，導入した VCL システムである教育用電子計算機システムの構成図を示す．

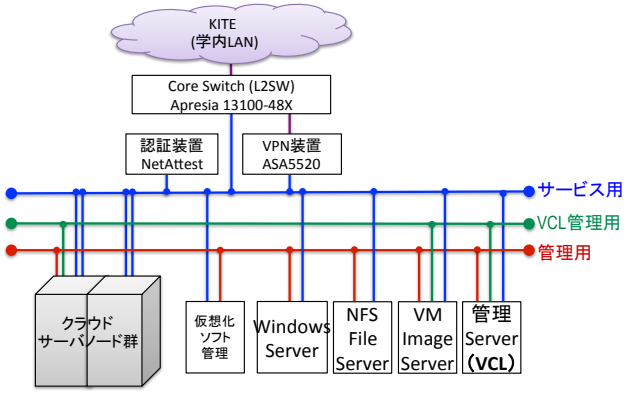

図 1 教育用電子計算機システムの構成図

表 1 に導入した VCL システム性能諸元を示す．サーバノードのブレードは全体で 34 枚あり，その総コア数は 408 個である．1 つの VM に 1 コアを割り当てた場合，408 台の VM が利用可能となり，想定した同時利用数（400 人）に対応可能である．

表 1　教育用電子計算機システムの性能諸元

	サーバノード（1ブレード）	VCL Web UI ノード	VCL DB サーバ
CPU	Xeon X5670 ＊2CPU	Xeon E5503 2.0GHz	Xeon E5503 2.0GHz
コア数	12 コア		
メモリ	48GB	4GB	4GB
HDD	300GB*2 個	300GBx2 個	300GBx2 個
OS	ESXi4.0	RHEL 5.5	RHEL 5.5

表 2 に，VM 毎に割り当てられる仮想ハードウェアの資源量を示す．必要な性能に応じて 3 種類から選べるようにした．なお，コア数は論理コア数である．Hyper Threading を適用すると，1 つのコアを 2 個に見せて使うことができる．全グループの最大同時稼働数 VM を実際にうごかすと，使うコア数は 8*12+4*120+2*120=816 個になる．これは実コア数 408 個の 2 倍になる．

表 2　利用可能 VM に割り当てた資源量

グループ名	8core	4core	2core
CPU コア数(論理)	8	4	2
CPU 周波数(GHz)	2.93	2.93	2.93
メモリ(GB)	12	6	3
ネットワーク速度(bps)	1G	1G	1G
最大同時稼働 VM 数	12	120	120

2.2 情報基盤研究開発センターの VCL システム（VCL2）

九州大学情報基盤研究開発センターでは，2011 年度に「キャンパスクラウド」と名付けたクラウドシステムを導

ⓒ2012 Information Processing Society of Japan

入した．このキャンパスクラウドの一部が VCL を用いた教育用システムである．

2.2.1 経緯

導入の経緯は，前節のシステム情報科学府と関係がある．システム情報科学府は，2.1 節で述べた教育用電子計算機システム以外に，大学院の研究用計算機システムを保有している．2.1 節の教育用電子計算機システムと同様に，研究用の環境もクラウド技術を用いて整備する方針を定めていた．具体的には，学内の情報基盤研究開発センターが構築するクラウドと，外部の商用クラウドの２つのクラウドを利用する方針であった．

この要望に応じて，情報基盤研究開発センターでは情報系の大学院の要求に適したプライベートクラウドシステムを導入することにした．システム情報科学府と情報基盤研究開発センターの教員による約半年間の検討を経た後，表 3 に示すような４つの部分システムから構成される九州大学キャンパスクラウドシステムを導入することとした．

表 3 キャンパスクラウドの部分クラウドシステム

名称	内容
サーバ用	常時利用するサーバのための IaaS 型クラウド
開発用	情報サービスやソフトウェア開発に使う IaaS 型クラウド
データ処理用	データ処理に使う計算機システム
教育用（VCL2）	大学院の演習・教育の際に用いる計算機のための IaaS 型クラウド

2.2.2 システム構成

図 2 に，導入した九州大学キャンパスクラウドシステムの構成図を示す．

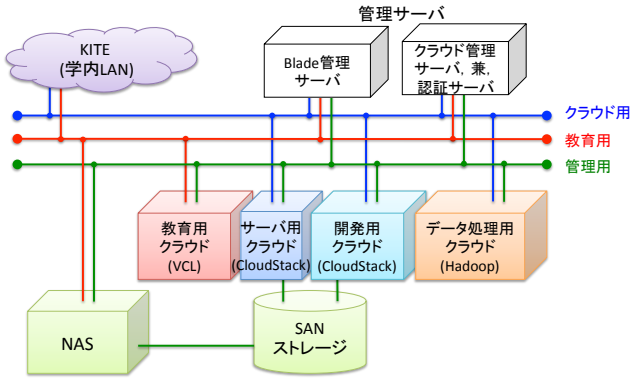

図 2　キャンパスクラウドシステムの構成図

表 4 にキャンパスクラウドシステムの性能諸元を，表 5 に利用形態を示す．

表 4　キャンパスクラウドシステムの性能諸元

システム	管理システム	Hypervisor	実コア数	メモリ量
教育用（VCL2）	VCL	VMware	108 (12*9 枚)	432GB (4GB*108)
サーバ用	CloudStack (ver.2)	VMware (ESXi 5)	60 (12*5 枚)	240GB (4GB*60)
開発用	CloudStack (ver.2)	Xen	108 (12*9 枚)	432GB (4GB*108)
データ処理用	CloudStack (ver.2)	なし (Bare metal)	160 (2*80 台)	160GB (2GB*80)

表 5　利用形態

システム	VM Template	利用者	ログイン・アカウント	通信制限
教育用（VCL2）	Win7, WinXP (+Office) CentOS 5.7	教員 学生	全学共通 ID（学生 ID, SSO-KID）	なし
サーバ用	〃	教員		学内のみ（変更可）
開発用	〃	教員 学生		学内のみ（変更可）
データ処理用	CentOS 6 Hadoop 0.20	申請者	指定 ID/PW	なし

九州大学情報基盤研究開発センターで導入したキャンパスクラウドシステムは，2012 年 10 月に試行運用を開始した．提供先は 2012 年 12 月現在，学内のシステム情報科学研究府のみである．キャンパスクラウドシステム全体は，システム情報科学研究府での利用を想定して設計した．しかし，既に同学府は VCL システムを導入しているため，同学府での教育用クラウド（VCL システム）の利用需要は少ないであろう．このため，今後は他の学部や学府（大学院）にも提供予定である．また，学外への提供についても検討している．図 3 に VCL2 の利用方法，VM，アカウント管理，およびファイルサーバの構成を示す．

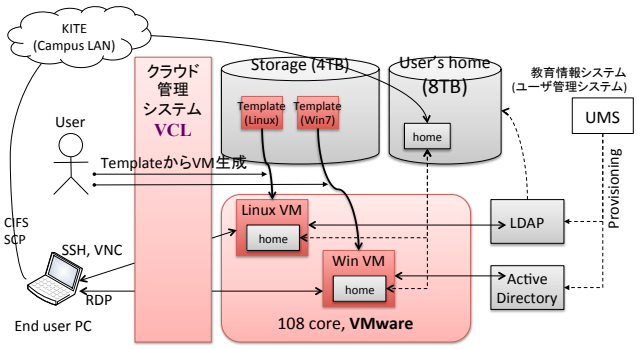

図 3　キャンパスクラウド・教育用クラウド（VCL2）の構成図

ⓒ2012 Information Processing Society of Japan

2.2.3 VCL1 と VCL2 の違い

2010 年度に導入したシステム情報の VCL システム（VCL1）では，二つの問題があった．一つは VM でのアカウント連携で，もう一つはファイル保存である．

VCL1 では, VCL の Web インターフェイスへのログインには全学共通 ID を使うものの，作成された VM にログインする場合のパスワードは全学共通 ID のパスワードとは異なる，一時的に発行されるパスワードにしている．情報系の大学院生が使う場合は混乱が少ないものの，情報系でない学生が使う場合は，全学共通の ID・パスワードの方が良い. そこで, VCL2 においては VM のアカウントも LDAP や AD で連携するようにした．

もう一つの問題はファイル保存の問題である．VCL1 で作成した VM では，VM 上に置いたファイルは VM 消去時に一緒に削除されてしまう構成になっている．このため，講義で使うプログラムやデータは，講義開始時に手元のノート PC から, 生成された VM へコピーする必要がある．また講義終了時には，それまでに VM 上で作成・編集したファイルを手元のノート PC にコピーして保存しなければならない．Windows VM に RDP 接続する場合は，手元 PC のドライブをマウントする機能があるためファイルのコピーや保存は容易である．しかし Linux VM の場合，SSH のファイル転送機能を使う必要がある．これらの操作は情報系の大学院生であれば充分に可能であろう. 一方, VCL2 の利用者は情報系に限らないため，より簡単なファイル保存機能が必要である．そこで VCL2 では，各学生にファイル保存領域を割り当てたファイルサーバを用意した. VCL2 で生成される VM は，ファイルサーバ上の領域をホーム領域としてマウントする様に設定した．これにより，VM が削除されても利用者の作業領域は保存される構成にできた.

2.2.4 Shibboleth・学認対応

九州大学情報基盤研究開発センターで導入したキャンパスクラウドシステムは，学外への提供を想定しているため，利用者認証方式を Shibboleth にも対応させている．この仕組は，日立製作所が開発した uCosminexus Secure Unify-SSO により実現されている[11]. キャンパスクラウドシステムの一部である VCL2 についても同様である．

Shibboleth は米国の Internet2 プロジェクトで開発された SAML ベースの分散 SSO 機構である．Shibboleth は，日本の学術認証フェデレーション（学認）[13]を含む，世界各国での学術機関の認証連携・認証フェデレーションで利用されている．Shibboleth に対応することにより，学認に参加する大学へのサービス提供が容易になると考えている．

3. 講義での利用例

ここでは，VCL の利用事例を３つ示す．全て，九州大学システム情報科学府の情報学専攻および情報知能工学専攻における，2011 年度および 2012 年度の事例である．

3.1 暗号プログラム作成および OpenSSL 演習

「暗号と情報セキュリティ特論」では，暗号の数学的基礎や，暗号プロトコルを座学で教えている．また，情報セキュリティの専門的な知識を座学で教えている．講義を聞くだけでは専門知識が身につきにくいため，紙の試験を積極的に実施していた．しかしながら，座学ではどうしても机上の知識になりがちで，実用的な技術を身につけるのは困難であった．

2010 年に VCL システムが導入されたため，2011 年度から講義の中で暗号化プログラム作成演習を開始した．受講生は教科書[14]を参考にしながら Java 言語による RSA 暗号プログラムを作成する．受講生が所有する PC には Java の実行環境が入っているとは限らないため，Java 実行環境を入れた Windows 7 および CentOS の VM を準備した．

2012 年度からは OpenSSL による電子証明書作成の演習も開始した. 受講生が持ち込む PC は Windows PC が多く，殆どの場合 OpenSSL はインストールされていない. そこで VCL で起動した CentOS VM にログインし，VM 内で OpenSSL コマンドを実行させた．

VCL を利用すると演習環境が受講生の持つ計算機に依存しないため，気軽に新たな演習を追加できた．ターミナルソフトによるコマンド操作を出来ない受講生が少数いたため，ターミナルソフトのインストールと，CentOS VM への SSH 接続，その後の操作方法について説明した．

3.2 WebCGI および検索エンジン作成

「分散システム特論」では，Web に代表される広域ネットワーク環境を前提とした様々なアプリケーションについて論じている. また, 広域に分散したデータを収集, 分析, 統合，活用するための処理原理と方法を講義している．具体的には，Web の基本技術である HTML，URI，HTTP の仕様書を読み学んでいる．これらの技術の上で実用的に広く使われているアプリケーションとして，HTTP サーバ，クライアント，Web クローラー，検索エンジンについて講義している．

2012 年度から, Web 検索エンジンの構築演習を開始した. Web 検索エンジンの作成には，検索対象のファイル収集，各ファイルからの単語抽出とインデックス作成，および Web インターフェイスを介したインデックスを用いる検索システム構築である．データ収集は演習せず，教員が予め準備したデータを受講生に与えている．

この演習を行うに当たり, Apache Web サーバと汎用連想検索エンジン GETA を導入した VM を用意した．Apache や GETA のインストールおよび設定を各学生が準備しなくて良く，最初から出来上がった環境を提供できるため，講義では本質部分だけの演習に専念できた．

演習では root 権限での iptables および Apache の httpd.conf の設定変更をさせている．VM であるため，安心して root での作業を演習できる．実マシンで OS の設定を

ⓒ2012 Information Processing Society of Japan

間違うと，OS 自体を再導入しなければならなくなる場合がある．しかし仮想マシンであれば，大きな失敗をしても VM ごと消して再度 VM を作れば良い．

3.3 プロセッサアーキテクチャ設計の演習

「コンピュータアーキテクチャ特論」では，コンピュータアーキテクチャに関して，より高度なシステム構成法，設計技術，検証法，性能評価法などについて講義している．また演習として，Linux 環境で動作するソフトウェア・シミュレータを用いたマイクロプロセッサ・アーキテクチャの設計演習を行っている．具体的には，4～5 名の学生がチームを構成し（全体で 15 チーム程度），与えられたチップ面積制約の下で，マルチコアプロセッサ･アーキテクチャを決定する．そして，指定したベンチマークプログラムの実効性能を競う，コンテスト形式の演習である．

以前は演習で必要となるソフトウェア・シミュレーションに要する時間が膨大となり，十分な設計空間探索ができなかった．以前は，非力な古いノート PC に，Linux と専用のソフトウェア・シミュレータをインストールして提供していた．数台しか提供できなかったため，1 チームを構成する学生数が 8～10 名程度に多くなり，教育効果を高めることが困難であった．2011 年度からはソフトウェア・シミュレータをインストールした Linux マシンを VM として準備した．シミュレーションの実行は負荷が高いため，この VM には CPU に 8 コア，メモリに 12GB を割り当てている．受講生は，各自のノート PC において VCL で予約・稼働された VM にログインし，チームで手分けしてアーキテクチャ探索を行う．シミュレーションから得る実験結果は普段使い慣れた Windows や Mac OS 環境下で整理できる．そのため，効率良く実験演習を行うことが可能となる．

4. VCL 活用の考察

4.1 BYOD

現在の所，受講生が所有するノート PC のほとんどは Windows OS が入った PC か Mac Book である．まれに Linux を自分で入れた受講者もいる．受講環境として VCL を経由して VM を提供することにより，受講生の PC 環境の差異を吸収できる．

近年ノート PC の価格は低下しており，BYOD（Bring Your Own Device）と呼ぶように，個人所有機器を業務に使う動向が出ている．以前から，学生に PC 所有を課す大学は多く，今後は学生が端末を所有している事を前提とするようになるであろう．実マシンで講義を行う場合，所有 PC 内の環境を講義向けに統一する必要があった．講義用環境を VM で提供する場合，受講生の所有端末の自由度が上がる．学生が利用する端末は画面表示能力，ネットワーク速度，キー入力が充分であれば，機種を問わない．

Windows VM を RDP 接続して利用する場合，受講生の端末が Windows PC であれば問題無く RDP 接続できる．Mac OS 端末であっても，Microsoft Office for Mac を導入すれば Microsoft Remote Desktop も同時に導入されるため RDP での接続が可能になる（九州大学は Microsoft Campus Agreement 契約をしているため，全学生が MS Office をインストールできる）．iPad などのタブレット端末でも RDP の接続は可能である．

なお，Windows7 以前の Windows VM を RDP 接続で操作する場合，iPad などのタブレット端末では操作が難しい．Windows7 以前の Windows はマウス操作を前提としているため，タブレット経由ではクリックやダブルクリックが簡単にできない．また，タブレットは文字入力を素早く出来ないため，Windows 上での文書作成やプログラミングには，今のところ適していない．

4.2 root 権限

情報系大学院の修了者はシステム管理者になる場合もあるため，root 権限での作業も習得した方がよい．root 権限の作業は計算機環境破壊の危険を伴うため，従来の授業で行うことは無かった．一方，VCL で作成した CentOS VM 上では，root 権限での作業が気軽にできる．そのため，root 権限の作業も演習できるようなった．

先の 3.2 節の利用事例で述べたように，root 権限での iptables および Apache の httpd.conf の設定変更をさせている．実マシンで iptables を書き間違えると遠隔接続出来なくなることもあるため，慎重に作業しなければならない．VCL から作成した VM であれば，失敗しても VCL から VM を消して，再度 VM を作れば良い．

4.3 講義用イメージの作成と更新

VCL では VM を使うため様々な計算機環境を利用出来る．物理的な計算機を置いた PC 教室では，充分に準備して作成した環境を使っていた．一旦 PC 教室に設置された計算機の内部環境を変更することは困難であった．一方 VCL では，権限のある教員は既存 VM にソフトを追加することで新たな VM 環境を作成できる．このため，講義に応じた計算機環境の用意が可能になる．

しかしながら，一つの組織で多様な計算機環境（VM イメージ）を整備するのは大変である．多様な VM イメージを用意するには，多数の作業者が必要である．VM イメージには，定期的なセキュリティ対応も必要である．

VM イメージの種類を増やすには[15]，国内あるいは世界中で協力する体制が有ると良い．ライセンスの問題が無ければ，VM イメージの共有が可能であろう．あるいは，機械的な VM イメージ作成も望ましい．

4.4 クラスタ

九州大学の保有する VCL1 および VCL2 では，クラスタ構成の VM 群を設定できていない．MPI を用いた並列計算の演習についての要望があるもの，VCL ではクラスタ構成 VM 群の作成方法が明確ではないため，実現していない．

クラスタ構成を実現するには，動的に与えられる IP アド

ⓒ2012 Information Processing Society of Japan

レス情報の管理が問題になる．VCL での VM 生成では，VM には動的に IP アドレスが割り当てられる．クラスタを構成するには，連携するマシンを特定し，その情報を設定ファイルに記述する仕組みが必要となる．

一方， 2.2.2 節で示したキャンパスクラウドの「開発用クラウド」の管理システムはクラスタ構成を実現する仕組みを持つ．このため，現在の所 MPI の演習には，開発用クラウドで生成したクラスタ VM を用いている．開発用クラウドは VM の稼働時間を細かく設定できない．講義時間だけに使う VM 群を演習期間のあいだ稼働させているため，ハードウェア資源の利用効率が悪い．

4.5 RDP 接続と無線 LAN

デスクトップ仮想化で実現されているように，有線接続端末から遠隔の Windows VM を RDP 接続で利用する場合，帯域の問題はほとんど無い. 問題は無線 LAN 経由での RDP 接続である．全ての教室の机に有線 LAN 接続口を整備することは費用的に現実的ではない．多くの大学では無線 LAN 環境を整備している．

演習形式の講義で，受講生全員が一つの教室から Windows VM 群へ RDP 接続する場合，無線 LAN では帯域不足となる可能性がある．RDP では画面書換えの差分情報を送信する．文書作成や表計算を行う場合，画面変更が少ないため RDP の通信量も少ない. 動画再生などの画面変更が多い場合には RDP の通信量が増える. 情報系の大学院では動画を講義に使うことは少ないけれども，看護系のように画像や動画を多用する講義では無線通信では通信不足となるかもしれない．

4.6 最大同時稼働 VM

VCL1 には約 400 コア, VCL2 には約 100 コアを準備している．1 つのコアに 1 つの VM を割り当てた場合，500 台が同時稼働できる．設計上のボトルネックは無いため，受講生の端末がネットワークへ有線接続されているならば，全台の同時稼働でも実用可能であろう．今後，多数 VM の同時稼働時の挙動を検証したい．

4.7 ライセンス

九州大学では，マイクロソフト社との包括ライセンス契約に基づいて Windows OS を利用できるので仮想マシンが利用する Windows OS のライセンスについては大きな問題なかった．しかしながら， Windows および Mac OS 以外の OS から Windows 仮想マシンに接続するための VDA ライセンスを購入している．

VM で Windows を使う場合，ライセンス上の問題が２つある． １つ目の問題は，VM 利用時に毎回ライセンス認証手続きが発生することである．Windows OS や MS Office を使う場合，毎回ライセンス認証手続きが発生する．利用者が講義で一度認証しても，次回の講義ではまた新規に VM が起動されるため，毎回認証要求が出てしまう．

２つ目の問題は，他組織への提供時のライセンスある．VCL2 は学外提供も想定している．Windows VM を学外組織へ提供する場合，Windows OS や Office のライセンスの条項を充分に協議する必要がある．また，オンラインのライセンス認証手順を仮想化サービスに適したものにする必要がある．

5. おわりに

本稿では, 九州大学における２つの VCL システムについて，導入の経緯とシステム構成を述べた．また，情報系大学院での活用事例を説明した．仮想化技術により，多様な計算機環境の実現や，root 権限での操作，ハードウェアの効率的利用などが実現できた. 今後は, クラスタの実現や, さらなる実証を行う予定である．

参考文献

1) NCSU VCL, http://vcl.ncsu.edu/ .
2) Henry E. Schaffer, Samuel F. Averitt, Marc I. Hoit, Aaron Peeler, Eric D. Sills, and Mladen A. Vouk: NCSU's Virtual Computing Lab: A Cloud Computing Solution, Computer, vol.42, issue 7, pp.94-97, 2009.
3) Sarah R. Stein and Henry E. Schaffer: Cloud with a Long Tail: The VCL in Support of Pedagogy, EDUCAUSE Review, vol. 45, no. 3 (May/June 2010), pp.10-11, 2010.
4) Apache VCL, http://vcl.apache.org/ .
5) 梶田将司: 仮想コンピューティング実験室によるクラウド型教育学習支援環境の構築,信学技報, AI-110(172), pp.59-64, 2010.
6) 日立広報: 明治大学と日立，米国のアプリケーションソフト提供システム「VCL」によるキャンパスクラウドを日本で初構築, July, 2010. http://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2010/07/0715a.html
7) 齋藤孝道: 明治大学版 VCL システムの導入とその利用について, FIT2011 学習環境のクラウド化とパーソナル化-講演 2, 2011.
8) 川口謙太郎, 森皓生, 齋藤孝道: 仮想化リモートデスクトップ環境 VCL に関するパフォーマンスの計測, 情報処理学会 第 73 回全国大会講演論文集 2011(1), pp.405-407, 2011.
9) 名城大学 VCL, http://wwwit.meijo-u.ac.jp/service/vcl.html .
10) 日立広報: 九州大学大学院が授業・演習環境に「大学向けクラウド型仮想デスクトップソリューション」を導入, 2011. http://www.hitachi.co.jp/Div/jkk/kyoiku/casestudy/kyushu/casestudy1.html
11) 日立ニュースリリース: 九州大学が「キャンパスクラウド」基盤を構築し研究者・学生向けにクラウドサービスの提供を開始, Oct.1, 2012. http://www.hitachi.co.jp/Div/jkk/kyoiku/casestudy/kyushu2/casestudy1.html
12) 益田健, 上田将嗣, 伊東栄典: キャンパスクラウドの導入とベンチマークによる評価, 第 34 回 全国共同利用情報基盤センター 研究開発連合発表講演会 研究開発論文集, pp.91-97, Nov.21, 2012. (ISSN 0910-8769)
13) 学認, https://www.gakunin.jp/docs/fed
14) 神永正博・他著: Java で作って学ぶ暗号技術，森北出版, 2008. (ISBN:4627847610)
15) 笠原義晃, 伊東栄典: 大学向けクラウド基盤における VM テンプレートの多様化, 第 1 回地域間インタークラウドワークショップ, ITRC, pp.65-76, Nov.2, 2012.

ⓒ2012 Information Processing Society of Japan