

博士論文

仮想化方式情報サーバを活用した 集約型教育支援システムの構築と評価

香川大学大学院 工学研究科
信頼性情報システム工学専攻

森藤 義雄

目次

第1章	はじめに	1
1.1	研究背景	1
1.1.1	教育用システムのバックアップの問題	2
1.1.2	コンピュータ実習室を使用する授業等における問題	2
1.2	クラウド基盤ソフトウェアの問題	4
1.3	小規模組織の情報システムの問題	8
第2章	システム設計の関連技術	10
2.1	本研究に関連する先行研究	10
2.1.1	仮想マシンを用いた管理者教育	11
2.1.2	クラウド基盤ソフトウェアの教育への応用	11
2.2	仮想化	12
2.3	クラウドコンピューティング	13
2.4	仮想化ソフトウェア	17
2.4.1	XenServer	18
2.4.2	VMware vSphere Hypervisor	18
2.4.3	Hyper-V	19
2.4.4	仮想化ソフトウェアの比較	19
2.5	クラウド基盤ソフトウェア	20
2.5.1	CloudStack	20
2.5.2	OpenStack	23
2.5.3	Amazon Web Services	24
2.5.4	クラウド基盤ソフトウェアの比較	26
2.6	ネットワークストレージ	27
2.6.1	NexentaStor	28
第3章	集約型教育支援システムの提案	32
3.1	情報処理教育環境について	32
3.2	集約型教育支援システム	35
3.2.1	集約型教育支援システム（第1段階）	35

3. 2. 2	集約型教育支援システム (第2段階)	37
3. 3	地域 SNS	39
3. 3. 1	宇多津プラットフォーム	40
3. 3. 1. 1	open-gorotto	41
3. 3. 1. 2	OpenPNE	42
3. 3. 1. 3	WordPress μ	42
3. 3. 2	宇多津プラットフォームの利用例	43
3. 4	遠隔監視システム	47
3. 5	協調学習支援システム	50
3. 5. 1	可視化シミュレータの特徴	51
3. 5. 2	協調学習環境での利用効果	52
3. 5. 3	可視化シミュレータの仮想環境での利用	53
3. 6	Web デザイン教育支援	55
第4章	具体的な開発事例	61
4. 1	集約型教育支援システム	61
4. 1. 1	集約型教育支援システム (第1段階)	61
4. 1. 2	集約型教育支援システム (第2段階)	62
4. 2	協調学習支援	64
4. 3	医療事務教育支援	67
4. 4	Web デザイン教育支援	69
第5章	集約型教育支援システムの評価	78
5. 1	協調学習支援	78
5. 1. 1	可視化シミュレータ	78
5. 1. 2	遠隔監視制御システム	80
5. 1. 3	協調学習支援における利用効果	80
5. 2	Web デザイン教育支援	84
5. 3	集約型教育支援システム	88
5. 4	分散情報サーバでのライブマイグレーション	93

第6章 おわりに	100
6.1 本研究のまとめ	100
6.2 今後の課題	100

謝辞

本研究に関する論文及び研究発表一覧

第 1 章

はじめに

はじめに、仮想化方式情報サーバを活用した集約型教育支援システムの構築に至った研究背景を述べる。本研究の背景には、香川短期大学（以下、本学と略す）と近隣地域における次の 3 つの問題の解決がある。最初に、地方の地域コミュニティにおける教育機関での教育環境の問題がある。次に、クラウドファーストという情勢におけるクラウド基盤ソフトウェアの問題がある。最後に、クラウド化に対応せざるを得ない状況にある組織が内部でクラウドに移行できないという小規模組織の情報システムの問題がある。

1. 1 研究背景

最初に、地方の地域コミュニティにおける教育機関での教育環境の問題を述べる。本学は、香川県内の入学生が 87% と近隣の地域からの入学生が多く、卒業生が地元企業に就職している割合が高く、従来から地域に密着した課題解決のための事業が行われている。例えば、情報処理教育については、日本医師会の ORCA 研究事業プロジェクトで開発された診療報酬請求ソフトウェア「日医標準レセプトソフト ORCA(Online Receipt Computer Advantage)」の授業での利用を、2003 年に坂出市医師会と連携して全国で初めて実施した。[1]その後、この取り組みは、医療事務系授業を開講している複数の短期大学と専門学校でも採用されることになった。

また、2008 年には、熊本県八代市情報推進課で作成され財団法人地方自治情報センター (LASDEC:Local Authorities System Development Center) e コミュニティ形成支援事業によって開発された地域 SNS(Social Networking Site) である Open-gorotto を本学に導入して、宇多津町を中心とした地域ポータルサイトとして運用を開始した。この取り組みは、宇多津町まちづくり委員会が運営し、宇多津町町南部の歴史ある古街と北部の新都市の住民間の新たな情報共有手段となった。[2]

このように地域を志向した教育・研究・地域貢献を情報システムで実施してきた経緯から、学内の情報システムには多様なハードウェアである物理サーバ

と経年の事業で必要とされたソフトウェアが複雑に積層されてしまい、情報システム群を維持管理するための作業も増加していた。具体的な例を次に示す。

1. 1. 1 教育用システムのバックアップの問題

本学の情報システムでは、2006年以前のIA(Intel Architecture)サーバのバックアップの問題があった。

具体的には2006年より前のPCで稼働している教育用情報システムをディスクイメージとしてバックアップしても、2006年以降のPC上には正常にリカバリできても動作しないというトラブルである。この理由は、PCのハードウェアの仕様が変わったからであり、具体的には、その時期にチップセット Motherboard のI/Oコントローラー・ハブの仕様が、ICH7(Intel I/O Controller Hub 7)からICH8に切り替わってSATA(Serial Advanced Technology Attachment)のみになってPATA(Parallel Advanced Technology Attachment)インタフェースをサポートしなくなったからである。そのため、2006年以前のPCで稼働している教育用情報システムは、ディスクイメージでバックアップしても、その当時のハードウェアでないと稼働しなくなり、その当時のPCを保管しておく必要があった。

さらに、学内で運用しているほとんどのサーバはRISC(Reduced Instruction Set Computer)サーバからIAサーバに移行している。そしてベンダの内臓ハードディスクのSCSI(Small Computer System Interface)インタフェースはPATAやSATAのハードディスクを変換基盤で稼働するため、この時期のIAサーバではPCと同じ問題が発生する。その結果、教育用情報システムを稼働している2006年以前のサーバを長期的に運用するには、暫定的なバックアップでは、ディスクイメージによるリカバリ作業を行うだけでなく、その当時のIAサーバを保管しておく必要があった。この問題はハードウェアの更新以外にもOSの更新でも発生し、長期的に教育システムを運用していることで対応する必要となる問題である。

1. 1. 2 コンピュータ実習室を使用する授業等における問題

情報教育環境を利用する本学の授業において、次の問題があった。

- (1) 本学では、コンピュータのハードウェアの内容を学習するための授業として「電子計算機概論」を開講している。学生にとってソフトウェアは身近でも、コンピュータのハードウェアは身近ではないため、2進数の計算、加算器の考え方からなる2の補数表現、現在のCPUがCISC(Complex Instruction Set Computer)であるためクロック数と命令数が一致しないなどのコンピュータアーキテクチャの学習項目において理解度が低いという問題があった。
- (2) 本学のコンピュータ実習室では、2003年から日本医師会のレセプトソフトウェアであるORCAを運用している。このORCAは、以前はGNU/DebianLinuxで稼働していたが、現在はUbuntuのため、通常の実習環境とは違うため、学生が使いやすい医療事務の実習環境が必要であった。
- (3) 本学は、財務会計ソフトウェア「弥生会計」を使用して会計実務を学習する教育機関である弥生スクール認定校であり、VectorWorks技能取得基礎課程修了認定証を発行しているOASYS加盟校であり、コンピュータ会計能力検定試験・日本商工会議所PC検定・マイクロソフト認定アプリケーションスペシャリストなどの検定会場でもある。これらの検定環境は、例えばマイクロソフト認定アプリケーションスペシャリストの検定環境ソフトウェアはOffice以外のソフトウェアを入れているPCでは動作しないなど、通常の授業とは別の環境を用意する必要がある。これらの環境に短時間に切り替える必要がある。現在は、シンクライアント環境で対応する実習室と、授業用のPCとは別に検定用のPCを設置する実習室を用意しているが、維持管理が容易な実習環境が必要であった。
- (4) 本学では、ホームページ制作を学習するための授業として「Web制作演習Ⅰ」と「Web制作演習Ⅱ」を開講している。この授業では、オーサリングソフトウェアであるDreamweaverとCMS(Content Management System)であるWordPressを使用している。Dreamweaverはアプリケーションソフトウェアであるので基本的な操作にはPCのみで演習が可能であるが、WordPressは

CMS のためサーバへの導入が必要であり， 1 人 1 台のサーバが必要となる．
 そこで，従来は WordPress μ を運用するとか Apache と MYSQL のシミュレータである XAMPP を使用していたが， 実習できない学習項目が増加している．
 また，最近の Web サイトで多用されるスケールアウトの実習が行えないという問題があった．

1. 2 クラウド基盤ソフトウェアの問題

次に，クラウド基盤ソフトウェアの問題を述べる． 2009 年以前には一部の企業が特殊な用途で利用していたパブリッククラウド基盤が，最近では一般企業の基幹となる情報システム用途で利用する存在になりつつある [3] そして，企業の情報システム基盤としてのパブリッククラウド基盤が第一の選択肢となるいわゆるクラウドファーストが現実になっている．ここで，国内で利用できるパブリッククラウド基盤サービスを表 1 に示す．

表 1. 1 パブリッククラウド基盤サービスの一部

企業名	サービス名	提供時期	特徴
Amazon	AWS (AmazonWebServices)	2002 年	Xen を採用 Facebook, Twitter, Dropbox の基盤
SalesForce.com	Force.com	2007 年 9 月	日本郵政グループで採用 エコポイントの Web サイト
IDC フロンティア	IDCF クラウド	2009 年	CloudStack を採用
IIJ	GIO	2009 年 12 月	
Microsoft	Windows Azure	2010 年 1 月	
IBM	SCE(Smart Business Development and test on the IBM Cloud)	2009 年 11 月	
ニフティ	ニフティクラウド	2010 年 1 月	
NEC ビッグロープ	BIGLOBE クラウド ホスティング	2011 年 1 月	
NTT コミュニケーションズ	Cloud ⁿ	2012 年 3 月	CloudStack と OpenStack を 採用

米調査会社の Synergy Research Group は，パブリッククラウド基盤マーケットについて第 3 四半期の調査結果を発表した．この資料によると，AWS(Amazon Web Services) が 27%．Microsoft Windows Azure が 10%，IBM が 7%，Google, Salesforce.com, Rackspace となっている． [4]

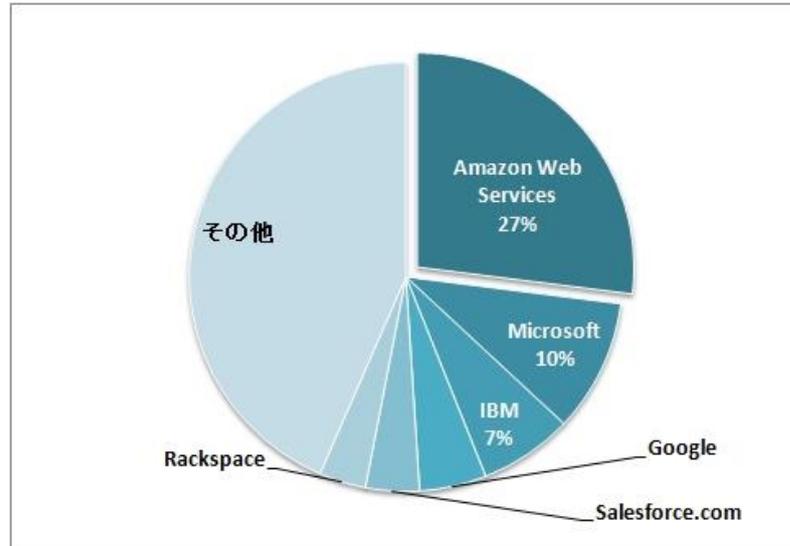


図 1. 1 2014 年第 3 四半期 米国パブリッククラウド基盤 シェア [4]

次に，組織内に物理サーバを設置して情報システムを運用するオンプレミスに対して，パブリッククラウド基盤環境の優位点を述べる．

- ・ パブリッククラウド基盤環境の利用については，短時間で利用可能となり，短時間で使用中止が可能である．
- ・ オンプレミスでのサーバ運用に係る人件費を削減できる．
- ・ パブリッククラウド基盤上で稼働する仮想サーバであるインスタンスの複製が容易である．
- ・ 一時的で急激な負荷上昇に対して，仮想サーバのスペックアップ（スケールアップ）と仮想サーバ数（ノード数）の自動調整（オートスケールアウト）が可能である．

しかし，パブリッククラウド基盤には次の問題がある．

- ・ パブリッククラウド基盤のメリットであるスケールアウトを実現するためには，自動生成されたインスタンスが並列処理に対応している必要がある．
- ・ 一般的に企業の基幹業務システムなど情報システムの多くは，従来の逐

次処理環境を前提に設計されているので、並列処理に変換するのが難しい。

- ・ 一般的に企業の基幹業務システムなど情報システムの多くはオンプレミスを前提としているので、パブリッククラウド基盤に移行するとレイテンシーの問題が発生する。

そして、中小企業の情報システムをパブリッククラウド基盤に移設させる施策もある。例えば、2014年3月6日に、経済産業省は、中小企業等省エネルギー型クラウド利用実証支援の補助事業の公募を行った。この補助事業では、次の3つの事業を行っている。[5]

(1) データセンターを利用したクラウド化支援

中小企業において、オンプレミスやデータセンターのハウジングサービスで情報システムを使用している公的機関を含む事業者が、省エネルギー性に優れたクラウドサービスに移行する場合に、1) 現行システムの改修・移行作業に要する費用、2) クラウドサービスの初期費用、3) 移行作業中のクラウドサービスの費用について、補助する。

(2) クラウド基盤ソフトウェア導入実証

クラウド基盤ソフトウェアはオープンソースを含め、数多く存在するが、導入するだけでクラウド事業を営めるレベルには到達していない。そこで、次に示す既存のクラウド基盤ソフトウェアの持つ未解決の課題を解決する実証を補助する。

- ・ クラウド基盤ソフトウェア及び周辺ソフトウェアの開発若しくは改変
- ・ 課題を回避するベストプラクティスの確立

(3) 省エネ型データセンター構築実証

データセンターで使われている省エネルギー指数である PUE (Power Usage Effectiveness) に代えて、DPPE (Datacenter Performance Per Energy)

を用いるための、仕組みづくりや実測事業に対する補助を行う。

この政策から、現時点では、企業競争力を高める方策として社内の情報システムをクラウドへ移設することは有用であるが、移設先のクラウドとそのクラウド基盤ソフトウェアには未解決の課題が多数あることが判る。ここで、(2)のクラウド基盤ソフトウェア導入実証では、採択企業として次の6社が選ばれた。[6]

- ・ 東京システムハウス株式会社
- ・ ミラクルリナックス株式会社
- ・ TIS 株式会社
- ・ 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社
- ・ 株式会社インターネットイニシアティブ
- ・ 京セラコミュニケーションシステム株式会社

ここで、東京システムハウス株式会社は、「OSS(Open-source software)とクラウドによるCOBOLマイグレーションの取り組み」という提案であり、中小企業で使用されているCOBOLで構築された既存の基幹システムをopensourceCOBOLに移行してパブリッククラウド環境に移設するという事業である。ここで、パブリッククラウド環境におけるDBMS(DataBase Management System)は、従来のRDBMS(Relational Database Management Systems)ではなくKVS(Key-Value Store)などのNoSQLを使用する場合が多い。また、C/S(client-server model)環境でのスケールアウト対応という問題もあり、旧来の環境で構築された業務システムを、クラウド環境に集約して継続利用したいという要望を実現するにはこれらの問題を解決する必要がある。[7]

このように、現時点ではパブリッククラウド基盤への移行に問題があることが判る。

1. 3 小規模組織の情報システムの問題

地方の小規模教育機関の情報システムにおいても、企業の情報システムと同じく、情報システムの整備要求などバックログが増大し、サーバと PC およびタブレット端末の増加により管理業務も増えているにも関わらず、情報システムの維持管理費や人員の削減要求が強い。このことから、仮想化ソフトウェアによる物理サーバの仮想化による集約と物理サーバの台数削減が必要であり、管理業務のアウトソーシングであるオンプレミスからパブリッククラウド基盤への移行を行わざるを得ない状況にある。

ここで、中小企業の情報システムをパブリッククラウド基盤に移行する場合には、価格性能比に優れた AWS や既存の情報システムとの親和性のある Windows Azure を移行先とすることが現実的である。しかし、本学のように地方の小規模教育機関においては、自作の教育支援環境を長期間に渡って利用する要件や、地域コミュニティの中核となる情報サーバを長期間運用するためのロバストなクラウド化という制約がある。また多様な教育プログラムを含む PC を仮想化して特定の物理サーバに集約する仮想化環境と、同一の仕様の数十台規模の Web 提出課題用サイト群を簡易に生成できるようなスケールアウトを実現するための環境も必要である。

しかし、現時点では、小規模組織がこのようなクラウド化に対応した情報システムを『自前で用意すること』が巧くできていないという問題がある。

参考文献

- [1] 森藤 義雄, 堀 幸雄, 今井 慈郎: 地域医師会との連携を目指す医療事務教育システムの提案, 情報処理学会研究報告. 情報システムと社会環境研究報告 2009-IS-108(4), pp. 1-6, 2009-05-29.
- [2] 森藤 義雄, 堀 幸雄, 今井 慈郎: 「まちづくり」 を目指す地域プラットフォームの設計と課題, 情報処理学会研究報告. 情報システムと社会環境研究報告 2009-IS-108(3), pp. 1-6, 2009-05-29.
- [3] 中田 敦, パブリッククラウドが第一の選択肢に, 日経コンピュータ, 2013年1月24日号, pp. 26-27.
- [4] Amazonクラウドのシェアは27%, 2位マイクロソフトは10%だが136%の急成長, 3位はIBM. Synergy Research 調べ, http://www.publickey1.jp/blog/14/amazon272101363ibmsynergy_research.html, (2014年11月20日アクセス).
- [5] 中小企業等省エネルギー型クラウド利用実証支援事業費 (中小企業等のクラウド利用による革新的省エネ化実証支援事業), http://www.meti.go.jp/policy/it_policy/green-cloud/toppage.html, (2014年11月10日アクセス).
- [6] [平成26年度中小企業等のクラウド利用による革新的省エネ化実証支援事業クラウド基盤ソフトウェア導入実証 に係る交付先の採択結果について, <http://www.meti.go.jp/information/publicoffer/saitaku/s140515001.html>, (2014年11月10日アクセス).
- [7] 東京システムハウスのCOBOLマイグレーションに対する取り組みが経済産業省の「中小企業等省エネルギー型クラウド利用実証支援事業 (クラウド基盤ソフトウェア導入実証)」に係る補助事業者として採択されました, <http://www.tsh-world.co.jp/mms/press/20141014.html>, (2014年11月10日アクセス).

第2章 システム設計の関連技術

先に示した研究背景の問題において，仮想化ソフトウェアによる物理サーバの仮想サーバ化と，仮想サーバ群とネットワーク資源のクラウド基盤ソフトウェアによる一元管理を適用することは有用であった．本研究では，XenServerによる仮想化方式での分散情報サーバを使い，CloudStackであるクラウド基盤ソフトウェアで一元管理したパブリッククラウドにも対応可能な集約型教育支援システムというパッケージングを示すことで，仮想化によるサーバ集約の事例を示し，プライベートクラウド化を促し，地域の小規模教育機関での情報処理環境の改善の一助としたい．

ここで，企業の情報システムにプライベートクラウドの特徴であるスケーラビリティを持ち込むべきでないという意見がある．自社の情報システムにプライベートクラウド基盤ソフトウェアを導入することは，十分な事前の負荷予測を行わずに，オートスケールに頼り，オーバスペックの機器を導入してコストがかさむという意見である．[1]企業の情報システムではそのような場合が無いとはいえないが，本研究で提案するパッケージングの方策では，授業の受講者数の変化に柔軟に対応でき，地域貢献にも柔軟に対応できる．このことから，プライベートクラウドは教育機関での情報処理環境にはプライベートクラウドの適用分野の一つであると考えられる．

本学のような地方の小規模教育機関での情報処理教育環境のクラウド基盤への移行問題は，中小企業でも検討すべき問題である．そこで，この問題についての先行研究と，この対策となる情報技術について次に述べる．

2. 1 本研究に関連する先行研究

このような仮想環境を使用した教育支援にはいくつかの先行研究があり，仮想マシンを用いた管理者教育の研究と北海道大学アカデミッククラウドの事例を述べる．

2. 1. 1 仮想マシンを用いた管理者教育[2]

仮想マシンを用いた教育については、中川・須田・三井田、浮貝の「VMwareを利用した学習用 LAN 構築支援システムの開発」がある。ここでは、LAN 管理者に必要とされる実践的スキルの習得を可能とする教育方法の実現を目的に、VMwareWorkStatoin4.5 を仮想化ソフトウェアとして使用して LAN 管理者教育環境の再構築作業を軽減するものである。仮想マシンの仕様は、ディスクサイズが 500Mbyte, OS が Debian/GNU Linux3.0, サーバソフトとして BIND・Postfix・Apache という環境である。そして、1 ドメインに 7 台の仮想マシンを構築している。この学習環境で、OS のインストール操作、DNS サーバの構築、メールサーバの構築、ネットワーク設定を 15 週の演習授業で行っている。

そして、1 人の学習者に物理サーバとネットワーク機器を用意し、実習環境を準備し、実習終了後に環境を初期化する作業を、仮想マシンの運用で軽減する実践論文である。最近では、クラウド基盤ソフトウェアによる仮想マシンを含めたネットワークと共通ストレージという関連するインフラストラクチャを含めた統合管理に移行しているため、状況が大きく変化してしまっただが、仮想マシンが実務環境であり、その実践的な環境が学習環境とする取り組みは参考とする点である。

2. 1. 2 クラウド基盤ソフトウェアの教育への応用[3] [4]

クラウド基盤ソフトウェアの利用については、棟朝・高井の「北海道大学アカデミッククラウドにおけるコンテンツマネジメントシステムの展開」がある。ここでは、学術分野では国内最大級のクラウドシステム「北海道大学アカデミッククラウド」の提供サービスの説明がある。また福田・植田・庄子・依藤の「社会インフラを支えるオープンソースのクラウド基盤ソフトウェア」がある。ここでは、「北海道大学アカデミッククラウド」を構築した日立製作所による紹介があり、ClouStack を選定した理由や VM 作成時間で XenServer が最も高速であった等の情報がある。

本研究では、ClouStack と XenServer を採用しているが、地域コミュニティの小規模教育機関の情報システムを対象にしていること、ロードバランサーを使わずに地域 SNS と遠隔監視システムと協調学習支援システムと Web デザイン

教育支援システムという利用時間の異なるインスタンスを1つの物理サーバに仮想化して集約していること、ハイブリッドクラウド環境という違いがある。

次に、本研究の集約型教育支援システムの設計における関連技術について述べる。基本となる仮想化とクラウドコンピューティングについて述べ、本システムで導入する際に検討した仮想化ソフトウェアとクラウド基盤ソフトウェアについて述べる。

2. 2 仮想化[5]

仮想化 (Virtualization) とは、1台のコンピュータハードウェア上に複数の論理的に独立したコンピュータである仮想コンピュータを作り、それぞれ別の OS やアプリケーションを動作させることである。そして、1台の物理サーバ上で複数の仮想サーバを稼働させる技術をサーバ仮想化といい、現在のクラウドを構成する基盤技術でもある。

仮想化ソフトウェアのサーバ機への導入のメリットとデメリットを表 2. 1 に示す。なお、ここで、物理サーバを仮想化したものを仮想マシンやゲスト OS ともいう。

現在の CPU には、Intel VT-x (Intel Virtualization Technology) のようなハードウェア仮想化拡張機能が装備されているため、仮想マシンを提供することができる仮想化ソフトウェアを用いれば、ハードウェア・リソースを制御して、必要に応じてゲスト OS に制御を移すといった処理をハードウェアレベルで行うことが可能になっている。そのため、表 2. 1 に示すデメリットでの「性能面でオーバヘッドがある」という項目が改善されたこともあり、仮想化が普及しつつある。なお、仮想化ソフトウェアのことを VMM (Virtual Machine Manager) やハイパーバイザともいう。

表 2. 1 仮想化ソフトウェアのサーバ機への導入のメリットとデメリット

	項目	詳細な内容
メリット	リソースの有効活用	物理サーバを仮想サーバ（ゲスト OS）に変換し、1 台の物理サーバに集約することでコストメリットがある
	システムのポータビリティの向上	ゲスト OS として稼働させておくことで、他のサーバへのライブマイグレーションが容易である
	障害対策のやりやすさ	ゲスト OS の一時停止・移動・保存が簡単に行える
デメリット	性能面でオーバヘッドがある	オーバヘッドが、CPU やネットワークや I/O に影響がある
	物理サーバの故障がシステムに及ぼす影響が大きい	物理サーバが 1 台しか影響がでないトラブルで、全てのゲスト OS に影響する
	仮想化ソフトウェアがゲスト OS を掌握している	仮想化ソフトウェアのトラブルが、すべてのゲスト OS に影響する

次に、仮想化ソフトウェアによるコンピュータ資源の集約とスケール化はクラウドという技術に表せる。次にクラウドについて述べる。

2. 3 クラウドコンピューティング

コンピュータシステムの構成図においてネットワークを雲で描いてきた経緯や、Eric Schmidt が 2006 年 8 月 9 日の検索エンジン戦略コンファレンスで cloud computing と発言したスピーチ [6] や、ネットワーク上のコンピュータ群を「クラウド」と表現していることかが判るように、クラウドという言葉はクラウドコンピューティングを示している。

このクラウドコンピューティングについては、NIST (National Institute of Standards and Technology) の定義があり、ここで示されたサービスモデルと実装モデルがクラウドの特徴を示している。[7]NIST の定義を次に示す。

クラウドコンピューティングは、共用の構成可能なコンピューティングリソース（ネットワーク、サーバ、ストレージ、アプリケーション、サービス）の集積に、どこからでも、簡便に、必要に応じて、ネットワーク経由でアクセスすることを可能とするモデルであり、最小限の利用手続きまたはサービスプロバイダとのやりとりで速やかに割当てられ提供されるものである。このクラウドモデルは 5 つの基本的な特徴と 3 つのサービスモデル、および 4 つの実装モデルによって構成される。

(1) 基本的な特徴：

- ・ オンデマンド・セルフサービス (On-demand self-service)
ユーザは、各サービスの提供者と直接やりとりすることなく、必要に応じ、自動的に、サーバの稼働時間やネットワークストレージのようなコンピューティング能力を一方向的に設定できる。
- ・ 幅広いネットワークアクセス (Broad network access)
コンピューティング能力は、ネットワークを通じて利用可能で、標準的な仕組みで接続可能であり、そのことにより、様々なシンおよびシッククライアントプラットフォーム(例えばモバイルフォン、タブレット、ラップトップコンピュータ、ワークステーション)からの利用を可能とする。
- ・ リソースの共用 (Resource pooling)
サービスの提供者のコンピューティングリソースは集積され、複数のユーザにマルチテナントモデルを利用して提供される。様々な物理的・仮想的リソースは、ユーザの需要に応じてダイナミックに割り当てられたり再割り当てされたりする。物理的な所在場所に制約されないという考え方で、ユーザは一般的に、提供されるリソースの正確な所在地を知ったりコントロールしたりできないが、場合によってはより抽象的なレベル(例：国、州、データセンタ)で特定可能である。リソースの例としては、ストレージ、処理能力、メモリ、およびネットワーク帯域が挙げられる。
- ・ スピーディな拡張性 (Rapid elasticity)
コンピューティング能力は、伸縮自在に、場合によっては自動で割当ておよび提供が可能で、需要に応じて即座にスケールアウト／スケールインできる。ユーザにとっては、多くの場合、割当てのために利用可能な能力は無尽蔵で、いつでもどんな量でも調達可能のように見える。
- ・ サービスが計測可能であること (Measured Service)
クラウドシステムは、計測能力を利用して、サービスの種類(ストレージ、処理能力、帯域、実利用中のユーザアカウント数)に適した管理レベルでリソースの利用をコントロールし最適化する。リソースの利用状況はモニタされ、コントロールされ、報告される。それにより、サービスの利用結果がユーザにもサービス

提供者にも明示できる。

(2) サービスモデル：

- ・ SaaS (Software as a Service) (サービスの形で提供されるソフトウェア)
利用者に提供される機能は、クラウドのインフラストラクチャ上で稼動しているプロバイダ由来のアプリケーションである。アプリケーションには、クライアントの様々な装置から、ウェブブラウザのようなシンクライアント型インタフェース（例えばウェブメール）、またはプログラムインタフェースのいずれかを通じてアクセスする。ユーザは基盤にあるインフラストラクチャを、ネットワークであれ、サーバであれ、オペレーティングシステムであれ、ストレージであれ、各アプリケーション機能ですら、管理したりコントロールしたりすることはない。ただし、ユーザに固有のアプリケーションの構成の設定はその例外となろう。
- ・ PaaS (Platform as a Service) (サービスの形で提供されるプラットフォーム)
利用者に提供される機能は、クラウドのインフラストラクチャ上にユーザが開発したまたは購入したアプリケーションを実装することであり、そのアプリケーションはプロバイダがサポートするプログラミング言語、ライブラリ、サービス、およびツールを用いて生み出されたものである。3. ユーザは基盤にあるインフラストラクチャを、ネットワークであれ、サーバであれ、オペレーティングシステムであれ、ストレージであれ、管理したりコントロールしたりすることはない。一方ユーザは自分が実装したアプリケーションと、場合によってはそのアプリケーションをホストする環境の設定についてコントロール権を持つ。
- ・ IaaS (Infrastructure as a Service) (サービスの形で提供されるインフラストラクチャ)
利用者に提供される機能は、演算機能、ストレージ、ネットワークその他の基礎的コンピューティングリソースを配置することであり、そこで、ユーザはオペレーティングシステムやアプリケーションを含む任意のソフトウェアを実装し走らせることができる。ユーザは基盤にあるインフラストラクチャを管理したりコントロールしたりすることはないが、オペレーティングシステム、ストレージ、実装されたアプリケーションに対するコントロール権を持ち、場合によっては特定のネットワークコンポーネント機器（例えばホストファイアウォール）につい

ての限定的なコントロール権を持つ。

(3) 実装モデル：

- ・ プライベートクラウド (Private cloud)
クラウドのインフラストラクチャは、複数の利用者（例：事業組織）から成る単一の組織の専用使用のために提供される。その所有、管理、および運用は、その組織、第三者、もしくはそれらの組み合わせにより行われ、存在場所としてはその組織の施設内または外部となる。
- ・ コミュニティクラウド (Community cloud)
クラウドのインフラストラクチャは共通の関心事（例えば任務、セキュリティの必要、ポリシー、法令順守に関わる考慮事項）を持つ、複数の組織からなる成る特定の利用者の共同体の専用使用のために提供される。その所有、管理、および運用は、共同体内の1つまたは複数の組織、第三者、もしくはそれらの組み合わせにより行われ、存在場所としてはその組織の施設内または外部となる。
- ・ パブリッククラウド (Public cloud)
クラウドのインフラストラクチャは広く一般の自由な利用に向けて提供される。その所有、管理、および運用は、企業組織、学術機関、または政府機関、もしくはそれらの組み合わせにより行われ、存在場所としてはそのクラウドプロバイダの施設内となる。
- ・ ハイブリッドクラウド (Hybrid cloud)
クラウドのインフラストラクチャは二つ以上の異なるクラウドインフラストラクチャ（プライベート、コミュニティまたはパブリック）の組み合わせである。各クラウドは独立の存在であるが、標準化された、あるいは固有の技術で結合され、データとアプリケーションの移動可能性を実現している（例えばクラウド間のロードバランスのためのクラウドバースト）

次に、本システムで使用している仮想化ソフトウェアとクラウド基盤ソフトウェアについて述べる。

2. 4 仮想化ソフトウェア

ここで、サーバ仮想化には、表 2. 2 に示す 3 つの方式がある。

表 2. 2 サーバ仮想化の方式

サーバ仮想化の方式	ソフトウェア名
ハードウェアパーティショニング方式	IBM LPAR(Logical PARTitioning)
仮想マシン方式	Microsoft VirtualPC VMware vSphere Hypervisor CITRIX XenServer
OS 仮想化方式	OpenVZ Docker

表 2. 2 に示す 3 つのサーバ仮想化方式では仮想マシン方式が一般的である。さらに、この仮想マシン方式には、表 2. 3 のように 3 つのタイプがある。

表 2. 3 仮想マシン方式の型

種類	ソフトウェア名	特徴	
ホスト OS 型	Microsoft VirtualPC ORACLE VM VirtualBox	通常の OS にアプリケーションとして仮想マシンモニタが起動され、その上で仮想マシンが動作するので、オーバヘッドが大きくなる。	
ハイパーバイザ型	マイクロカーネル・ハイパーバイザ型	Citrix XenServer	管理 OS のドライバを使用するため、多くのハードウェアに対応できる。 オープンソースソフトウェア。
		Microsoft Hyper-V	管理 OS のドライバを使用するため、多くのハードウェアに対応できる。
	モノリシック・ハイパーバイザ型	VMware vSphere Hypervisor	ハイパーバイザ自身がドライバを持つため、動作可能なハードウェアが限られる。

ここで、それぞれの仮想化ソフトウェアの特徴として、ホスト OS 型よりもマイクロカーネル・ハイパーバイザ型の方が、オーバヘッドが少ないのでより高速である。そして、マイクロカーネル・ハイパーバイザ型よりもモノリシック・ハイパーバイザ型の方が、ハードウェアのドライバをハイパーバイザに内蔵するため、さらに高速である。ただ、モノリシック・ハイパーバイザ型はベンダ自身がメーカーのハードウェアドライバを開発する必要があるため、3 つの方式の中で、動作可能な機種が最も少ない。なお、これらのソフトウェアを一般的

に仮想化ソフトウェアという。

2. 4. 1 XenServer [8][9][10][11]

XenServer は Xen を基にした仮想化ソフトウェアである。ここで Xen は、ケンブリッジ大学 Computer Laboratory から 2003 年 1 月に公開された公的に利用できるグローバルな分散型コンピューティング環境を提供するために開発された Xenoserver の研究成果であるオープンソースのハイパーバイザである。Xen は、32bit の x86 系アーキテクチャ、64bit の x86_64 系 (EMT64T) アーキテクチャ、Intel Itanium の IA64 系アーキテクチャで動作する。Xen は、表 2. 4 のような 2 種類の仮想化技術を提供している。Xen は、2013 年 6 月に The Linux Foundation の Collaborative Project の The Xen Project になり、現在は The Xen Project 4.5 が公開されている。

表 2. 4 Xen の仮想化技術

種類	特徴
準仮想化： Para-Virtualization	ゲスト OS のソースコードの一部を入手して、Xen の API が利用できるように改編する。full-Virtualization よりもオーバーヘッドが低減できるため、高速化される。
完全仮想化： full-Virtualization	完全な論理コンピュータを再現する。バイナリトランスレーションによる実行を行う。

Xen の chief architect である Ian Pratt が XenSource を設立し、2007 年 8 月に Citrix Systems が XenSource を買収し、その仮想化ソフトウェアを XenServer として発売した。その後、Citrix Systems は、2009 年 2 月に XenServer を無償化し、2013 年 6 月には XenServer スタック全体をオープンソース化している。

2. 4. 2 VMware vSphere Hypervisor [12]

VMware vSphere Hypervisor は、VMware 社の製品である VMware vSphere のハイパーバイザのみを取り出した仮想化ソフトウェアである。そして、この仮想化ソフトウェアは、2000 年に発売された VMware ESX の無償版としてリリースされた VMware ESXi Server の後継のハイパーバイザである。VMware ESX はコン

コンピュータのハードウェアに対応するデバイスドライバをハイパーバイザ自身に組み込むモノリシック・ハイパーバイザ型のため、I/O 処理が高速に実行できることからサーバ用途に適している。そして、VMware は、仮想化ソフトウェアの中で最も歴史が長く高速であるため、仮想化ソフトウェア市場で最大のシェアを持っている。

本学で運用しているグループウェア Cybozu も、VMware ESXi Server 内の仮想サーバである Red Hat Enterprise Linux5 上で運用しており、レプリケーション作業の軽減と安定稼働を実感している。ただ、使用できるネットワークカードや RAID カードについての制限があり、VMware で動作確認が取れているもの以外はドライバが無いためインストールそのものがないという欠点がある。また、ベンダ製品のため、サポートはあるが、ソースコードは関連企業間での共有はあるが非公開である。

2. 4. 3 Hyper-V[13]

Hyper-V は、2008 年 6 月 30 日に、Microsoft 社の製品である Windows Server 2008 の追加機能として提供された仮想化ソフトウェアである。Xenserver と同じくマイクロカーネル・ハイパーバイザ型の仮想化ソフトウェアである。そして、Xen を有効にした Linux ゲストは Hyper-V によって準仮想化が可能であり、Hyper-V の仮想環境で稼働している仮想サーバイメージは XenServer でも稼働できる。そして、管理操作には従来の Windows Server と親和性がある。また、ベンダ製品のため、サポートはあるが、ソースコードは非公開である。

2. 4. 4 仮想化ソフトウェアの比較

本研究の教育支援システムの構成要素である分散型情報サーバの目的は、既存の複数の教育用ソフトウェア環境を仮想化して物理サーバに集約することであり、その結果、複数の教育用ソフトウェア環境をそのままの状態ですばやく運用することが可能になっている。

例えば、コンピュータシステムの学習で最初に学ぶ「コンピュータの 5 大装置」とその後の「レジスタと処理装置の仕組み」を学習するために有用な可視化シミュレータ VisuSim は、Windows VISTA での状態をそのまま仮想化している

ため、学習者の PC が Windows7 の環境であってもブラウザや Java のバージョンが違っていても正常に動作して学習を進めることができている。

このように、仮想環境での処理速度や親和性の面よりも、長期利用のためにはオープンソースソフトウェアであることが最重要である。そのため、3つのハイパーバイザ型仮想化ソフトウェアの中で XenServer を採用した。

2. 5 クラウド基盤ソフトウェア

IT インフラストラクチャの仮想化が進むと、組織内の仮想化ソフトウェアが稼働するサーバが増加して、用途に応じた複数種類の仮想化ソフトウェアが稼働するサーバ群が混在してしまい、組織の IT インフラストラクチャ全体の仮想環境を掌握するのが難しくなり、効率的な管理ができなくなってしまう。このような状況では、仮想サーバの一元的な管理以外に、組織内で使用可能な IP アドレスを仮想サーバに割り当てる管理作業や仮想サーバで使用可能なネットワークストレージを割り当てる管理作業が増加する。そこで、仮想サーバの管理に加えて、そのような関連するインフラストラクチャを含めた統合管理システムが必要となる。これらをクラウド基盤ソフトウェアやクラウドプラットフォームと呼び、クラウド化の重要な技術となっている。この統合管理ソフトウェアには、CloudStack や OpenStack や Microsoft Azure を統合管理する System Center Virtual Machine Manager などがあり、AWS も含まれる。

クラウド基盤ソフトウェアには、Eucalyptus, OpenStack, CloudStack, Wakame-vdc など多くのものが公開されており、仮想サーバを運用する IaaS として浸透している。なお、IaaS のサービスでは、パブリッククラウドサービスではあるが AWS がデファクトスタンダードである。教育支援システムとしてのクラウド基盤ソフトウェアを選定するにあたり、それらのクラウド基盤ソフトウェアについて次に述べる。

2. 5. 1 CloudStack [14] [15] [16]

CloudStack は、SUN Microsystems で Java Virtual Machine (JVM) の lead developer だった Sheng Liang が、2008 年に設立した会社 VM0ps の製品である VM Instance Manager が基になっているクラウド基盤ソフトウェアである。

VMOps は、2010 年 5 月 4 日に、社名を cloud.com に変更し、バージョン 2.0 を CloudStack の Community Edition としてオープンソース化した。

2011 年 7 月 12 日に Citrix Systems が cloud.com を買収して、CloudStack Service Provider Edition と CloudStack 2.0 for Enterprises と CloudStack Community Edition を統合してオープンソースとして The Apache Software Foundation に寄贈した。Citrix Systems は、2012 年 5 月 9 日に、Apache CloudStack をベースに製品である Citrix Cloud Platform をリリースした。Apache CloudStack は、XenServer や VMware vSphere および KVM などのハイパーバイザを管理するためのクラウド基盤ソフトウェアであり、AWS のクラウドサービスを意識して開発されたソフトウェアでもある。

CloudStack は、北海道大学アカデミッククラウドでも導入されており、大学間のプライベートクラウドシステムの遠隔連携において多くの大学で利用されている。[17]

本学でも Xenserver を稼働させている仮想サーバ群とネットワークと共通ストレージの統合管理に、複数の CloudStack を運用している。図 2. 1 に CloudStack のホーム画面を示す。

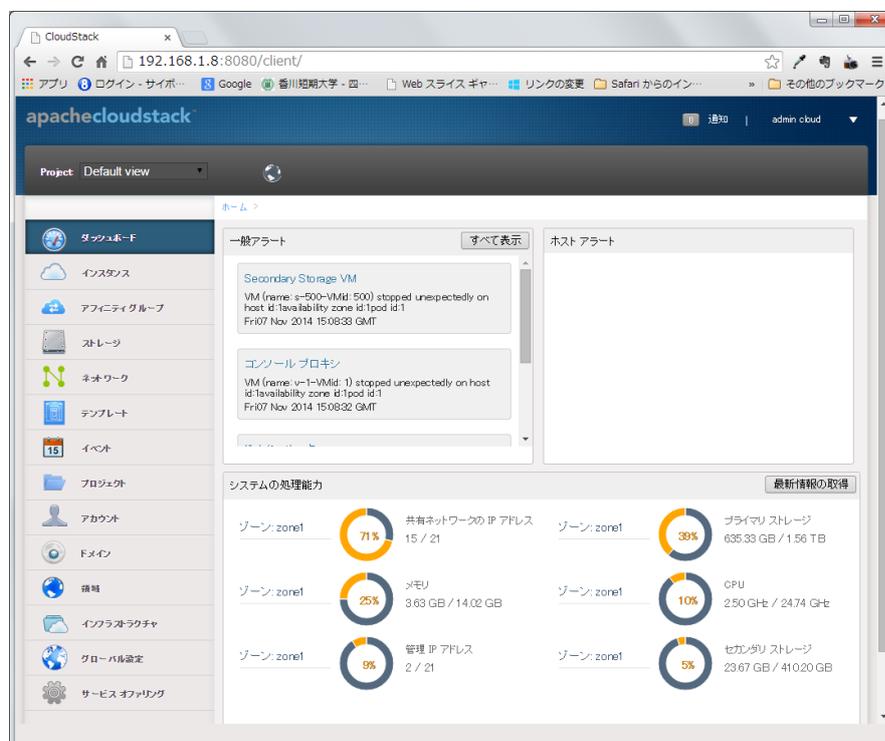


図 2. 1 Cloudstack ホーム画面

現時点でのインフラストラクチャを図 2. 2 に示す。

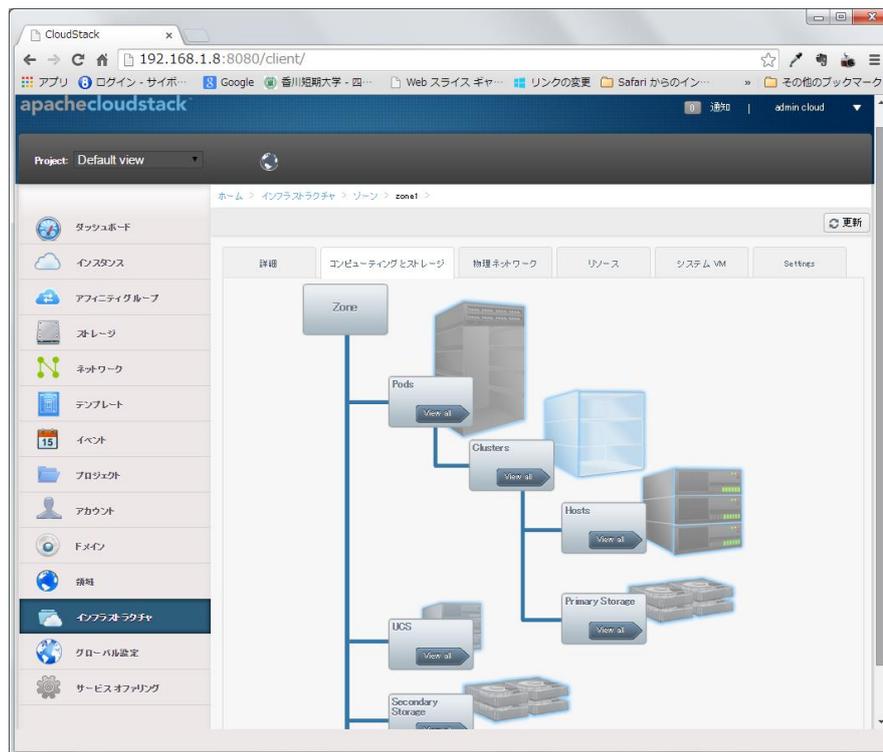


図 2. 2 クラウドインフラストラクチャ

現時点でのリソースの使用状況を図 2. 3 に示す。

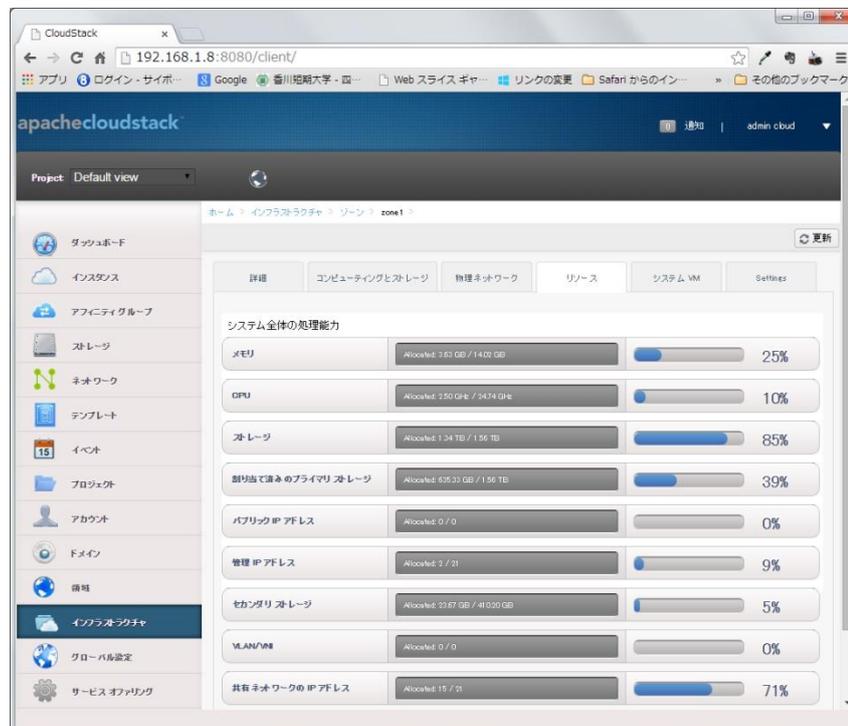


図 2. 3 クラウドのリソース

既存の教育環境のイメージを ISO ファイル形式で保存し、そのイメージをテンプレートに読み込ませている。現時点でのイメージファイルの状況を図 2.4 に示す。

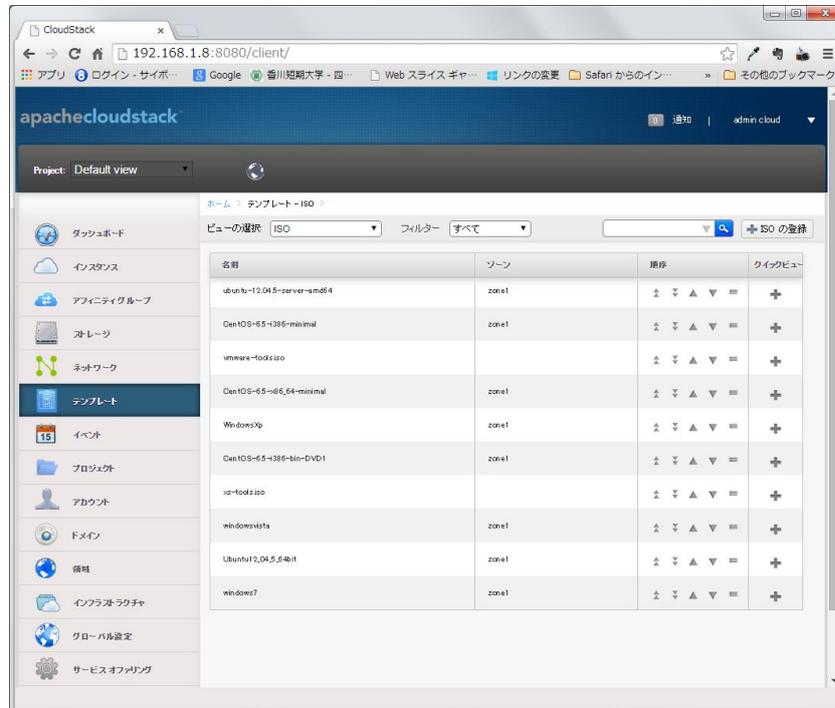


図 2. 4 登録しているテンプレート

2. 5. 2 OpenStack [18] [19]

OpenStack は、2010 年 7 月 1 日に、Rackspace Hosting と NASA によって始められた IaaS クラウドコンピューティングプロジェクトの成果物である。OpenStack も CloudStack と同じくオープンソースベースのクラウド基盤ソフトウェアであり、XenServer と VMware vSphere および KVM のハイパーバイザをサポートしている。OpenStack の API は Amazon EC2 と Amazon S3 と互換性があり、Amazon Web Services のために書かれたクライアントアプリケーションを最小限の移植作業で OpenStack にて使用することができる。

OpenStack は、Rackspace が 2010 年 3 月にクラウドストレージサービスとして提供している Cloud Files のコードを公開した Swift と、NASA が 2010 年 5 月に IaaS を備える Nebula をベースに仮想マシンの管理システムとして公開した Nova の共同プロジェクトがベースになっている。2012 年 4 月 12 日に、RackSpace ・ AT&T ・ HP ・ RedHat ・ IBM などの企業や団体の参加による OpenStack

Foundation が設立された。

現在、OpenStack を採用してサービスを提供している業者を表 2. 5 に示す。

表 2. 5 OpenStack を採用したサービスの一例

組織名	用途
HP	2012 年 5 月に、OpenStack を採用したパブリッククラウドである HP Cloud Services の Public Beta を開始した。
RackSpace	2012 年 8 月に、OpenStack を採用したパブリッククラウドである RackSpaceOpen Cloud を開始した。
RedHat	2013 年 7 月に、レッドハット株式会社は、日本市場向けに Enterprise Linux OpenStack Platform の提供を開始した。Foreman, OpenStack Orchestration (Heat), OpenStack Networking (Neutron) OpenStack Telemetry (Ceilometer) のフルサポートを行い、Red Hat CloudForms , Red Hat Storage Server との統合を行う。 [20]

2. 5. 3 Amazon Web Services [21][22]

Amazon Web Services (AWS) は、Amazon.com が 2002 年に立ち上げたパブリッククラウドサービスであり、IaaS と PaaS と SaaS および DaaS など広範囲なサービスを行っている。現在、世界の 9 か所にリージョンと呼ばれるデータセンター群を設置しており、EC2 (Elastic Compute Cloud) や S3 (Simple Storage Service) や RDS (Relational Database Service) など 34 のオンラインサービスを提供している。

AWS は、仮想化ソフトウェア Xen を用いているためスケールアップとスケールアウトが容易であることが特徴であり、費用についても実際の使用量に応じて連動して決定される。東京リージョン (ap-northeast-1c) で稼働させ、内臓メモリが 1GB・1CPU(64bit)・内臓 SSD が 8GB・グローバル IP アドレスを 1 つ使用・Amazon Linux AMI を設定済という仕様である t2.micro の場合、1 時間当たり 0.02 ドルである。

AWS は、2006 年 3 月に EC2 を開始し、12 月に S3 のサービスを開始した。AWS の導入実績は世界 190 か国で数十万を超えるユーザに利用され、Facebook や Twitter や Dropbox のインフラストラクチャとして利用されている。日本では表 2. 6 に示すように、企業の情報システムでの利用やソーシャルゲーム等のコンシューマ向けのサービスとして活用されている。

表 2. 6 AWS の導入の一例

組織名	用途
任天堂株式会社	ニンテンドー3DS や Wii U で提供するネットワークサービスのインフラとして AWS を採用した。
日本経済新聞株式会社	「日本経済新聞 電子版」のモバイル版提供において、予測できないトラフィックへ対応できる柔軟なシステム拡張を実現するため AWS を採用した。
HOYA 株式会社	セキュリティと可用性が求められる SAP システムのクラウドマイグレーション先として AWS を採用した。
株式会社コーセー	タブレットや PC 等のマルチデバイスで利用できる社内情報システムに AWS を採用した。専用線や VPN 接続による社内環境とのシームレスな統合を実現している。
日本テレビ放送網株式会社	テレビと SNS を組み合わせた全く新しいテレビ視聴感覚を体験できる、日テレオリジナル・世界初のソーシャルエンターテインメントサービスである「JoinTV」を支えるインフラとして AWS のクラウドサービスを活用し、「02020 (On Air to Online to Offline)」戦略を実現している。
ミサワホーム株式会社	人事情報システム、会計システム、BI システム等といった基幹系システムの更新タイミングでインフラ環境を AWS へ移行した。Amazon VPC で社内ネットワークと AWS を仮想プライベートクラウドで接続し、高いセキュリティレベルの環境を実現している。
株式会社あきんどスシロー	業務システム (DWH, 分析ツール, 予算管理等), テイクアウトシステム, ウェブサイト等の幅広い用途で AWS を採用した。セキュアでスケールに対応した環境を実現している。
九州大学	「クラウド型教育用計算機システム」のハイブリッド型クラウド環境の構築に Amazon EC2, Amazon S3, Amazon VPC を採用した。大幅なコスト削減に加え、学府内の IP アドレス体系を利用でき、学府内に設定されているサーバ等との連携を容易に実現している。

ここで、AWS などのパブリッククラウドに移行するとレイテンシーの問題が発生する。なお、最近ではこのレイテンシーの問題が一部改善されており、そのことを次に述べる。

従来は、主要なパブリッククラウド基盤を構成するデータセンターが国外であったので、例えば AWS の Asia-Pacific region (Singapore) ではレイテンシーが 75m 秒であり、US West Region (Oregon) ではレイテンシーが 122m 秒であり、国内ベンダが提供するパブリッククラウド基盤の利用が現実的であった。しかし、AWS は、2011 年 3 月 2 日に東京にデータセンターを開設し、東京を拠点とする領域である「東京リージョン」を運用した。また、Microsoft が運営するクラウドサービス Windows Azure は、2014 年 2 月 26 日から、埼玉県に「東日

本リージョン」と大阪府に「西日本リージョン」を開設している。このため、主要なパブリッククラウド基盤ではネットワークのレイテンシー問題が回避できるようになっている。[23]

2. 5. 4 クラウド基盤ソフトウェアの比較

企業の基幹情報処理システムは、オンプレミスによる処理や個別契約に基づくデータセンター利用が大多数であって、パブリッククラウドでの情報処理は、負荷変動の激しいイベント用途やあらかじめ個人情報を取り除いた大量データ処理用途に限っており、基幹業務の情報処理システムをパブリッククラウドに置くということは一般的ではないと考えられていた。しかし、2013年にクラウドファーストと呼ばれるコンセプトが現れ、最初にパブリッククラウド環境での運用を前提に検討し、もしもパブリッククラウドで問題があればオンプレミスで行うという状況に変わりつつある。身近な環境でも、企業の営業職で使われていたノートPCがtabletに変わっており、Force.comのPaaSの普及などからも、パブリッククラウドへ移行していることが判る。

この状況において、企業でパブリッククラウドへの移行は適切であるが、企業内でクラウド基盤ソフトウェアを導入することには否定的な意見がある。オンプレミスで物理サーバを仮想化ソフトウェアで集積するメリットはあるが、さらにプライベートクラウドを運用するためにクラウド基盤ソフトウェアを導入して過剰な情報資産を準備して仮想サーバなどの情報資源を自動発行するような自動化は無駄であるという意見である。[24]企業の情報システムにおいてはそのような方針も理解できるが、教育機関でのコンピュータ実習環境は特殊な情報システムであり、「Web制作演習Ⅰ・Ⅱ」のように受講者の増減があって大量の仮想サーバを必要とする授業や、検定会場としての運用や自習時間の運用など、スケールアップとスケールアウトというクラウド基盤ソフトウェアの機能が有用な環境でもある。

これらのことから、教育機関では、仮想化ソフトウェアのみの導入よりも、クラウド基盤ソフトウェアの導入が望ましく、プライベートクラウドでの利用を前提とし、導入実績が多くて教育機関でも導入されているCloudStackを選定した。

2. 6 ネットワークストレージ

本研究の集約型教育支援システムでは、仮想化プログラムとして XenServer を採用している。この XenServer では、稼働中の仮想マシン環境をそれと同機能の他の環境にユーザストレスを感じさせることなくリアルタイムに移設するサービスであるライブマイグレーションが可能である。このライブマイグレーションの概念図を図 2. 5 に示す。

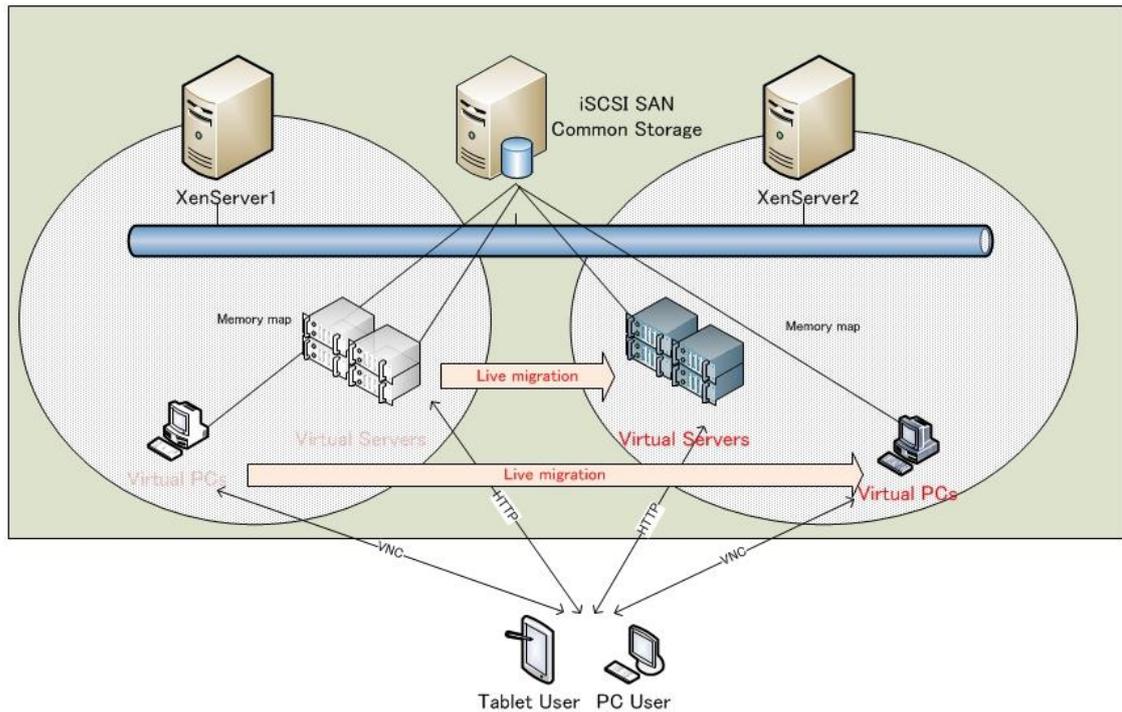


図 2. 5 仮想マシンのライブマイグレーション

ここで、仮想サーバや仮想 PC は、実体のほとんどがネットワーク上にある共通記憶装置内に保存されており、物理サーバの内蔵メモリと一部の内蔵ディスク上に展開されて稼働している。そのため、ライブマイグレーションでは、特定の物理サーバから別の物理サーバに内蔵メモリと一部の内蔵ディスク上に展開されているデータを移動させることであり、共通記憶装置が必須となる。また、Linux 環境でのファイルをネットワーク上で管理するには、NFS (Network File System) が一般的であり、LAN の共通記憶装置としても NAS (Network Attached Storage) が普及している。より高速で大容量な LAN の共通記憶装置では SAN (Storage Area Network) があり、iSCSI (Internet Small Computer System

Interface)プロトコルでの利用が一般的である。このように XenServer でライブマイグレーションを行うには SAN が必要であり，今回のシステムでは NexentaStor を使用した。

2. 6. 1 NexentaStor [25]

分散情報サーバの共通の記憶装置は，分散情報サーバ間でライブマイグレーションを行うために SAN が必要である。そして安定運用のために iSCSI プロトコルを使用することにし，NexentaStor Project で公開している NexentaStor 4.0 Community を使用した。

NexentaStor は，OpenSolaris ベースのディストリビューションである Nexenta をベースにストレージ用の OS に特化させたプロダクトであり ZFS (Zettabyte File System) を使っていることが特徴である。NexentaStor には Community Edition と Enterprise Edition の 2 つのエディションがあり，このシステムでは Community Edition を使用している（現在のバージョンは NexentaStor4.0.2 である）。基本操作は GUI である NMV (Nexenta Management View) で運用管理でき，コマンドラインである NMC (Nexenta Management Console) からも管理できる。NexentaStor では，内蔵ディスクとしてシステム用とデータ用の 2 台の内臓ディスクが必要である。現在使用している共通ストレージのホームページを図 2. 6 に示す。

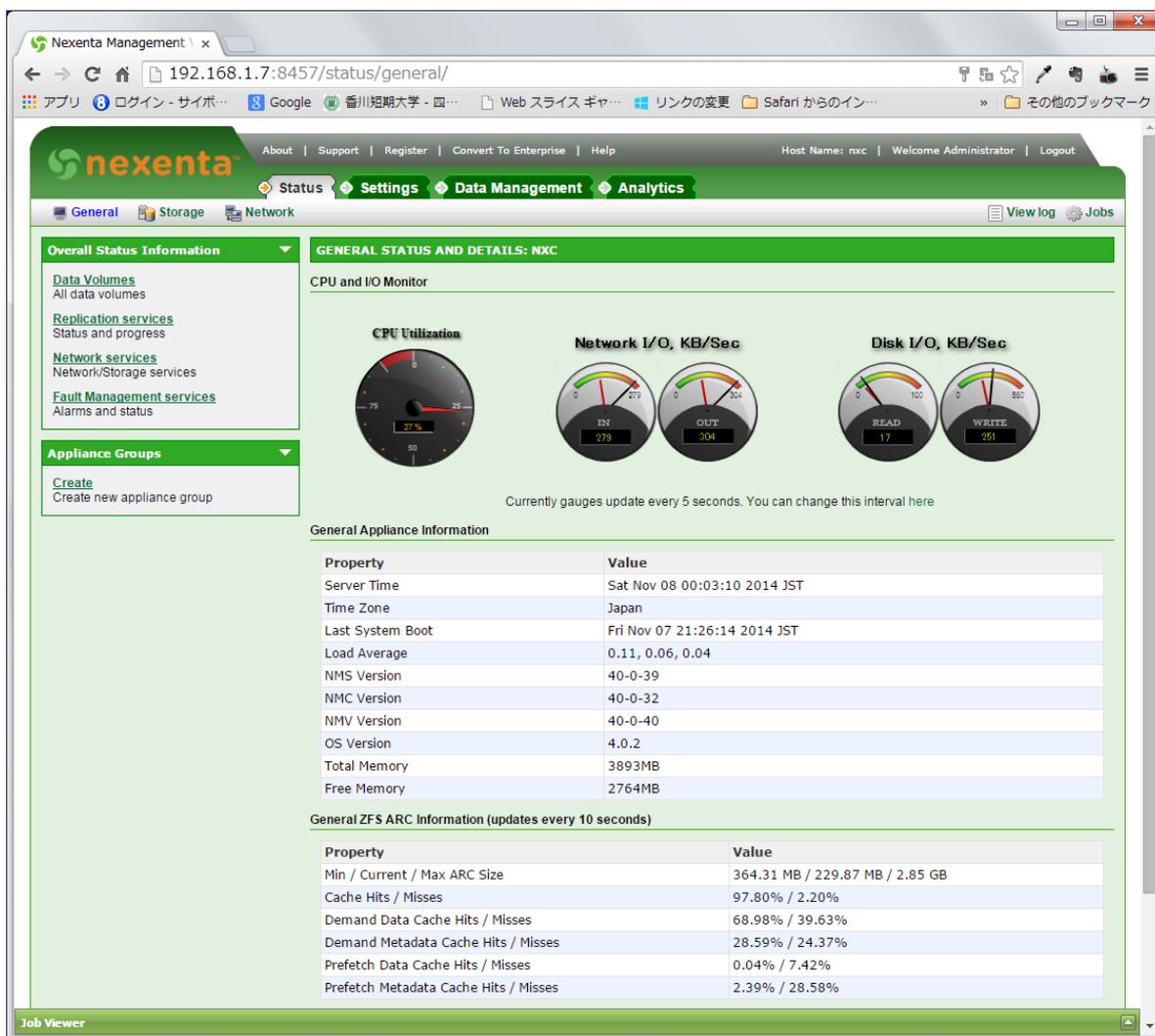


図 2. 6 共通ストレージのホーム画面

参考文献

- [1] 加藤章:Amazon Web Services 入門 企業システムへの導入障壁を徹底解消, 株式会社インプレス, pp. 76-77(2014).
- [2] 中川泰宏, 須田宇宙, 三井田惇郎, 浮貝雅裕:VMware を利用した学習用 LAN 構築支援システムの開発, 教育システム情報学会誌, Vol. 24, No2, pp. 126-136(2007).
- [3] 棟朝 雅晴, 高井昌彰:北海道大学アカデミッククラウドにおけるコンテンツマネジメントシステムの展開, FIT2011, Vol. 4, pp. 14-18(2011).
- [4] 福田安宏, 植田良一, 庄子智誉, 依藤慈孝:社会インフラを支えるオープンソースのクラウド基盤ソフトウェア, 日立評論, Vlo. 94, pp. 34-39(2012).
- [5] 島崎聡史, 吉田佳宏:仮想化技術徹底活用, 秀和システム, pp. 11-18(2008).
- [6] Eric Schmidt,
<http://www.google.com/press/podium/ses2006.html>, (2015 年 1 月 5 日アクセス).
- [7] クラウドコンピューティング,
<https://www.ipa.go.jp/files/000025366.pdf>, (2015 年 1 月 5 日アクセス).
- [8] XenServer, <http://xenserver.org/>, (2015 年 1 月 5 日アクセス).
- [9] Keir A. Fraser, Steven M. Hand, Timothy L. Harris, Ian M. Leslie, Ian A. Pratt: The Xenoserver computing infrastructure,
<http://www.cl.cam.ac.uk/techreports/UCAM-CL-TR-552.pdf> , (2015 年 1 月 5 日アクセス).
- [10] Xen, <http://en.wikipedia.org/wiki/Xen>, (2015 年 1 月 5 日アクセス).
- [11] 宮本久仁男, 平初, 長谷川猛, 津村彰: X e n 徹底入門, 翔泳社(2009).
- [12] VMware vSphere, <http://www.vmware.com/jp/products/vsphere>, (2015 年 1 月 5 日アクセス).
- [13] Hyper-V,
<http://www.microsoft.com/ja-jp/server-cloud/windows-server/hyper-v.aspx>, (2015 年 1 月 5 日アクセス).
- [14] cloudstack, <http://cloudstack.apache.org/>, (2015 年 1 月 5 日アクセス).
- [15] 日本 CloudStack ユーザ会:CloudStack 徹底入門, 翔泳社, (2013).
- [16] 林雅之:オープンクラウド入門, インプレス, pp. 78-87(2014).
- [17] 棟朝雅晴:分散クラウドシステムにおける遠隔連携技術, 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 平成 24 年度共同研究 中間報告書,
http://jhpcn-kyoten.itc.u-tokyo.ac.jp/sympo/6th/proc/JHPCN13-IS05_FinalRep.pdf, (2015 年 1 月 5 日アクセス).
- [18] openstack, <http://www.openstack.org/>, (2015 年 1 月 5 日アクセス).
- [19] 林雅之:オープンクラウド入門, インプレス, pp. 69-78(2014).

- [20] レッドハット, OpenStack 関連の新製品を発表 Red Hat Enterprise Linux 製品の拡充と新ソリューションにより, データセンターの仮想化から IaaS への移行を支援,
<http://www.redhat.com/ja/about/press-releases/red-hat-japan-openstack-powered-product-offerings-to-deliver-on-open-hybrid-cloud-vision>, (2015 年 1 月 5 日アクセス).
- [21] Amazon Web Services, <http://aws.amazon.com/jp/>, (2015 年 1 月 5 日アクセス).
- [22] 加藤章: 企業システムのためのパブリッククラウド入門, インプレス, pp. 12-30 (2013).
- [23] Windows Azure の日本データセンターがオープン, 遅延を改善, <http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20140225/539065/>, (2014 年 11 月 10 日アクセス).
- [24] 加藤章: Amazon Web Service 入門, インプレス, pp. 76-77 (2014).
- [25] nexentastor, <http://www.nexentastor.org/>, (2015 年 1 月 5 日アクセス).

第3章 集約型教育支援システムの提案

最初に、今回提案する教育支援システムの導入以前の状況を示すために、本学の情報処理教育環境について述べる。次に、本システムの初期の構成である第1段階の集約型教育支援システムを示し[1][2][3]、本システムの現在の構成である第2段階の集約型教育支援システムである本システムについて述べる。そして、本システムの概要について事例を使って述べる。

3. 1 情報処理教育環境について

本学の情報処理教育環境は、次に示す4つのコンピュータ実習室とコンピュータ実習室のPCを管理するサーバ群と教育支援用サーバ群から構成されている。例えば、コンピュータ実習室Ⅰはシンクライアントシステムのため、ノートブック用に3台のサーバで運用している。そして、コンピュータ実習室ⅡではActiveDirectory用サーバとSymantec Ghost用サーバの2台が連携している。教育支援用には、eラーニングシステムとしてのMoodle用サーバとInternetNavigware用サーバがある。[4]また、「Web制作演習Ⅰ・Ⅱ」等の課題提出用ファイルサーバ、認証サーバ、VMwareサーバ、CloudStackサーバ、XenServer群から構成されている。イントラネットとしては、学内教職員用グループウェアのcybozu用サーバ、学務システム、図書館システムなどの事務局用サーバ群と、学内向けホームページサーバが稼働している。[5]また、対外的には、本学公式ホームページ用サーバとバックアップ用サーバ、blog用サーバが稼働しており、地域コミュニティとしては、地域SNSであるOpen-gorotto用サーバとOpen-PNE用サーバ、地域コミュニティ用グループウェアのcybozu用サーバを運用していた。[6]システム構成を図3.1に示す。

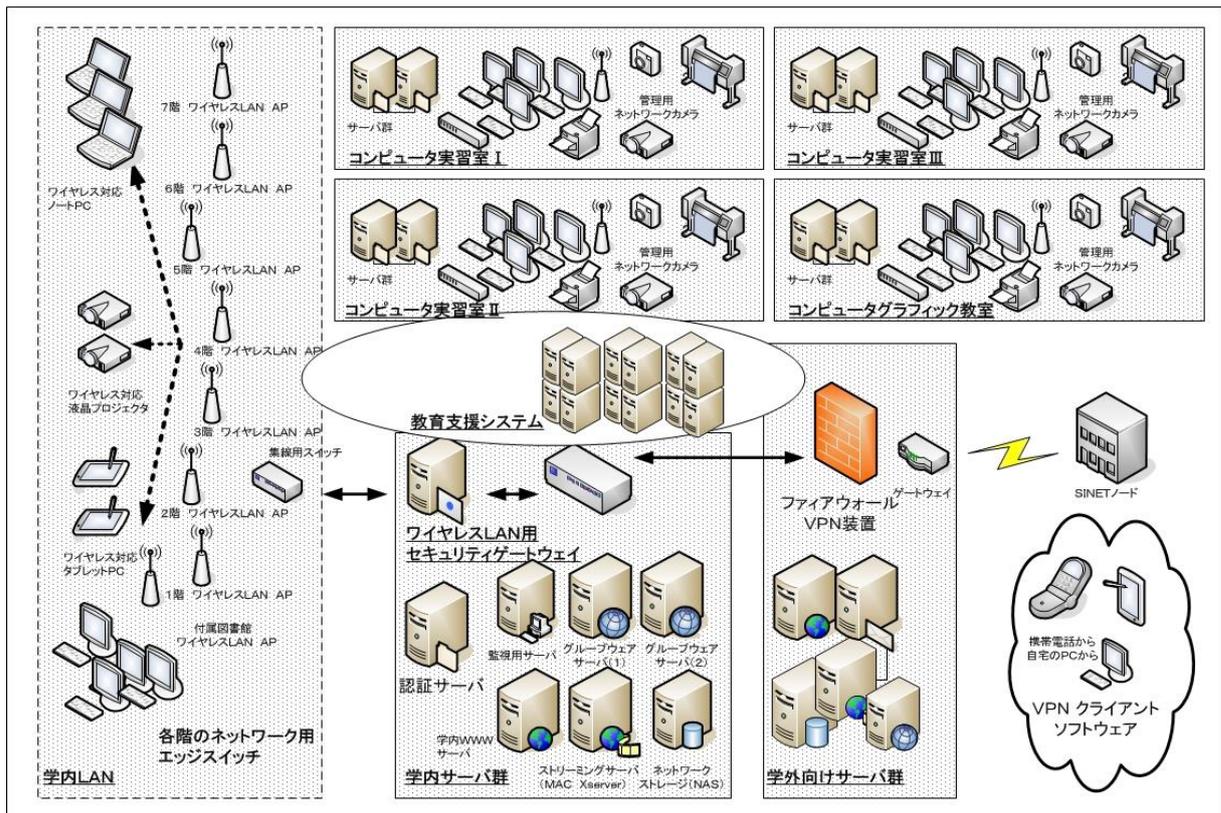


図 3. 1 本学の情報処理教育環境

(1) コンピュータ実習室 I

コンピュータ実習室 I は、ハードウェア構成としては、56 台の DELL 社の PC と 3 台の DELL 社のネットブート用サーバからなる。この実習室に導入している PC の基本ソフトウェアは Windows VISTA Business であり、ソフトウェアは、ビジネスソフトウェアとして Microsoft 社の Office2010 と、DreamweaverCS3, PhotoshopCS, Flash CS6, Premire Elements などの Web デザイン系ソフトウェアおよび業務用ソフトウェアの操作を習得するために、日本医師会が開発した日医標準レセプトソフトウェア ORCA[7]とコンピュータ会計用ソフトウェアである弥生会計を導入している。なお、この ORCA は、Debian GNU/Linux 上で動作するアプリケーションソフトウェアのため、マイクロソフト社が提供している仮想化ソフトウェアである Windows Virtual PC 上で稼働させている。この実習室では、マイクロソフト認定アプリケーションスペシャリストと日商 PC 検定試験（文書作成）及び日商 PC 検定試験（データ活用）の試験会場として利用している。そのため、56 台の PC 環境を瞬時に授業環境と検定環境に切り換えること

ができるように、シンクライアントシステムである DynamicBoot[8]を導入している。[9]

(2) コンピュータ実習室Ⅱ

コンピュータ実習室Ⅱは、ハードウェア構成としては62台のDELL社のPCからなる。この実習室のPCの基本ソフトウェアはWindows7であり、ビジネスソフトウェアとしてMicrosoft社のOffice2010と、業務用ソフトウェアの操作を修得するために、建築CAD用ソフトウェアであるVectorWorks10.5、3DCG作成用ソフトウェアであるShade, DreamweaverCS6, PhotoshopCS4, Excel 栄養君, を導入している。Androidアプリケーション開発のためのEclipsについては、物理PC上でOracle VM VirtualBox[10]を稼働させ、その仮想環境上でCentOSを構築してEclipsを運用している。この教室も、マイクロソフト認定アプリケーションスペシャリストと日商PC検定試験(文書作成・データ活用)の情報検定の試験会場として利用しており、10台の専用PCを併設している。

(3) コンピュータ実習室Ⅲ

コンピュータ実習室Ⅲは、ハードウェア構成としては51台のDELL社のPCと3台のDELL社のeラーニング用サーバからなる。この実習室のPCは、基本ソフトウェアとしてWindowsXP ProfessionalとFedora Coreのデュアルブートの環境であり、ビジネスソフトウェアとしてMicrosoft社のOffice2007 Professionalと、業務用ソフトウェアの操作を修得するために、服飾CAD用ソフトウェアであるEG Desin・I-D FITと栄養管理関係ソフトウェアである食物摂取頻度調査及びeラーニングソフトウェアであるInternetNavigwareを導入している。

(4) コンピュータグラフィック教室

コンピュータグラフィック教室は、ハードウェア構成としては35台のアップル社のiMacからなる。この実習室のPCは、基本ソフトウェアとしてMac OS X v10.10 Yosemiteを導入しており、基本的なデザインソフトウェアとしてAdobe CS6 Design Standard等を導入している。

これらのコンピュータ実習室のシステム構成からわかるように、ハードウェアとソフトウェアのセットでの3世代のWindowsPC環境が混在しており、その環境の上にVirtual PCとVirtualBoxという2種類の仮想化支援環境があり、インターネット接続して運用する必要のある日本商工会議所が主催するPC検定試験会場とマイクロソフト認定アプリケーションスペシャリスト試験会場を運営するためにPC環境を数分で切り替えるシンクライアント環境を併用し、Mac環境もあるため、情報システムとしては管理運用が複雑になっている。この環境については、仮想化技術を使って物理PCを仮想化して分散された物理サーバに集約することで、老朽化しているPCが故障しても仮想化されたPCを起動することで継続して授業を行うことが可能となる。

3. 2 集約型教育支援システム

本システムは初期の構成である第1段階の集約型教育支援システムから開発を行い、現在では第2段階のシステム構成となっておいる。そこで、最初に、この集約型教育支援システムの目的を示す。次に、2つの段階を経て現在のシステム構成に至った過程を述べる。

3. 2. 1 集約型教育支援システム（第1段階）

この問題を解決するために、図3. 2に示すように、2006年より前のPCやサーバで運用している教育情報システムを、仮想化ソフトウェアであるXenServerに移設することにした。そして、XenConverter[11]とClonezilla[12]およびMondo Rescue[13]を使って、アプリケーションソフトウェアが稼働しているハードウェアとソフトウェアからなる物理マシンのイメージを、ISOイメージファイル形式または仮想マシンファイルフォーマット形式で保存し、仮想マシン化することにした。なお、仮想マシンファイルフォーマット形式には、OVA (Open Virtualization Format Archive) ファイル形式やOVF (Open Virtualization Format) ファイル形式およびXVA (Citrix Xen Virtual Appliance Forma) ファイル形式があり、LinuxについてはISOイメージファイル形式で保存し、WindowsPCについてはXVAファイル形式で保存して仮想マシン化した。このように仮想化することで、ハードウェア環境の違いを吸収でき

るため、長期的な利用が可能となり、ロバストな教育支援環境となりうると思われる。

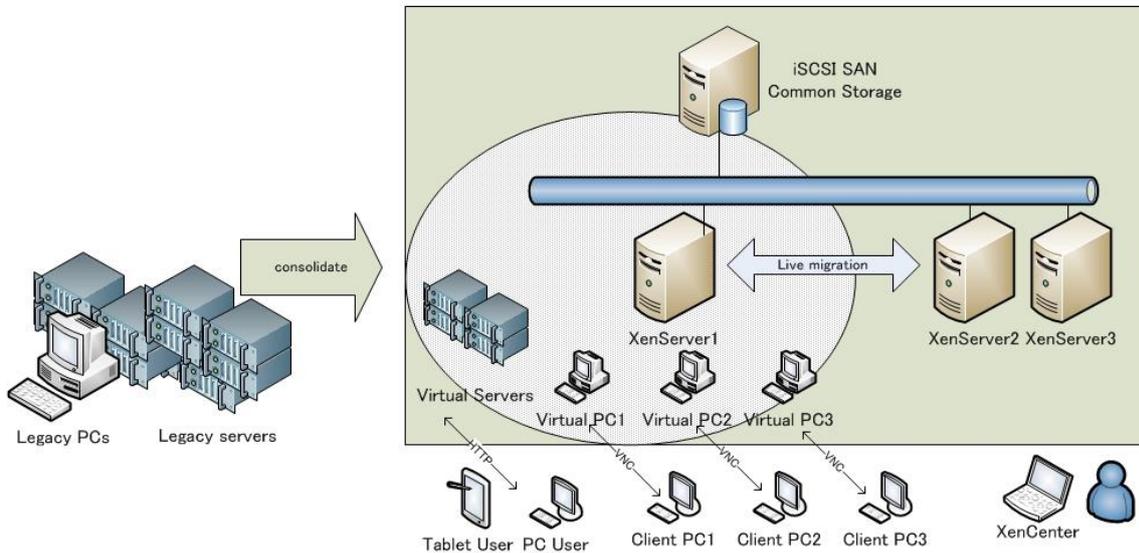


図 3. 2 集約型教育支援システム (第 1 段階)

第一段階としては、既存の教育情報システムから仮想イメージを作成し、仮想化ソフトウェア基盤上で仮想イメージを稼働させた。その際、利用時間の違いや用途の異なる物理サーバを仮想サーバ化して、仮想化ソフトウェアを稼働している物理サーバに集約させる。具体的には、1つの物理サーバである Host の中に、表 3. 1 のような仮想マシンを集約させることにした。

表 3. 1 仮想化ソフトウェア XenServer での集約の例

仮想サーバでのアプリケーション	主な運用時間	稼動 OS + プログラム : 接続方式
地域 SNS (1)	夜間・休日	CentOS4.5 + open-gorotto : http
地域 SNS (2)	夜間・休日	CentOS4.5 + open-PNE : http
地域 SNS (3)	夜間・休日	CentOS4.5 + WordPress μ : http
遠隔監視カメラ	夜間・休日	Windows7 + netcam-watcher : VNC, http
計算機可視化シミュレータ	授業時間中	WindowsVISTA + VisuSim : VNC
日医標準レセプトソフト	授業時間中	Ubuntu + ORCA : VNC
ホームページ制作ソフト	授業時間中	CentOS6.5+WordPress : VNC, http

ここで、1台の物理サーバは、4コアとし、内臓メモリを 16Gbyte とし、内臓

ハードディスクを1Tbyte, ギガビット Ethernet の LAN ポートが2ポートとしている。そして, 仮想サーバは, 内臓メモリを.15Gbyte とし, 内臓ハードディスクを70Gbyte としている。次に, ネットワーク帯域の面から集約する仮想サーバ数の上限を考えた場合, ギガビット Ethernet はオーバヘッド時間を除くと300Mbps 程度の実質通信速度と言われている。仮想サーバとクライアント間をSXGA(1280×1024pixel)の画面解像度でVNC(Virtual Network Computing)接続する場合, 仮想サーバとクライアント間で2Mbps 以上のネットワーク帯域を確保する必要がある。この状況において, 150セッション以上を確保できるため, 物理サーバに集約する仮想サーバ数の制限にはならない。

そして, ライブマイグレーションを行うには, 共通ストレージとして iSCSI インタフェイスのネットワークストレージが必須である。しかし, 物理サーバには LAN ポートが2個あるため, 1ポートをネットワークストレージに割り当てることで十分なネットワーク帯域を確保できるため, 物理サーバに集約する仮想サーバ数の制限事項とはならない。

しかし, 内臓メモリの面から集約する仮想サーバ数の上限を考えた場合, 内臓メモリが16Gbyte の物理サーバであるので, 1.5Gbyte の内臓メモリを搭載する仮想マシンは10台配置できることになる。XenServer はVMWare と違ってマイクロカーネル・ハイパーバイザ型の仮想化ソフトウェアのため, 仮想サーバにデバイスドライバを貸し出す管理用プログラムとしてのインスタンスを実行させる必要がある。そのため, 管理用プログラムを1台分の仮想サーバとして除外するので, 集約する仮想サーバ数の上限は9台という制限となる。そこで, 表3.1のような集約パターンとした。

なお, 地域 SNS と監視カメラのアプリケーションを運用する仮想サーバは, 授業時間で使用する仮想サーバとは運用時間が違うので, 物理サーバの CPU 負荷による制限には影響しないと考える。

3. 2. 2 集約型教育支援システム (第2段階)

第1段階の仮想化環境の集約方法では, XenServer 上で稼働している個々の仮想マシンについて, 個別に仮想イメージの設定を行う必要があった。しかし, パブリッククラウド基盤ソフトウェアである CloudStack を運用すれば, 単一の

テンプレートで数十個の仮想マシンを自動生成することができる。このことは、簡易に大量の Web サイトを生成することができるため、1人が1台の仮想マシンを占有する「Web制作演習Ⅱ」の授業においては有用である。

また、エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社がサービスを提供している Cloudⁿ[14]や株式会社 IDC フロンティアがサービスを提供している IDC F クラウド[15]のように CloudStack を利用したパブリッククラウドサービスを提供しているベンダがあるため、今後は一部の仮想サーバをそのようなサービスへ移行することも可能である。

このように、学内に設置するオンプレミスの仮想化ソフトウェアとクラウド基盤ソフトウェアを併用し、学外のパブリッククラウドベンダとも連携することが望ましいと考え、図 3. 3 に示す「仮想化に対応した分散情報サーバ環境を活用した教育支援システム」を、次の手順で構築することを提案する。

手順 1 : 仮想化

最初に、既存の物理サーバと物理 PC を仮想化する。

手順 2 : 集約化

次に、仮想化されたサーバイメージと PC イメージを運用時間で分類し、仮想化ソフトウェアである Xenserver が稼働している複数の物理サーバに集約する。

手順 3 : プライベートクラウドへの移設

そして、Xenserver で稼働しているものでスケールアウト可能なインスタンスを、クラウド OS である CloudStack が稼働している物理サーバに移設する。

手順 4 : パブリッククラウドへの移設

最後に、CloudStack で稼働しているインスタンスで、学外で利用することが望ましいものを、学外のパブリッククラウドサービスである Cloudⁿまたは AWS に移設する。

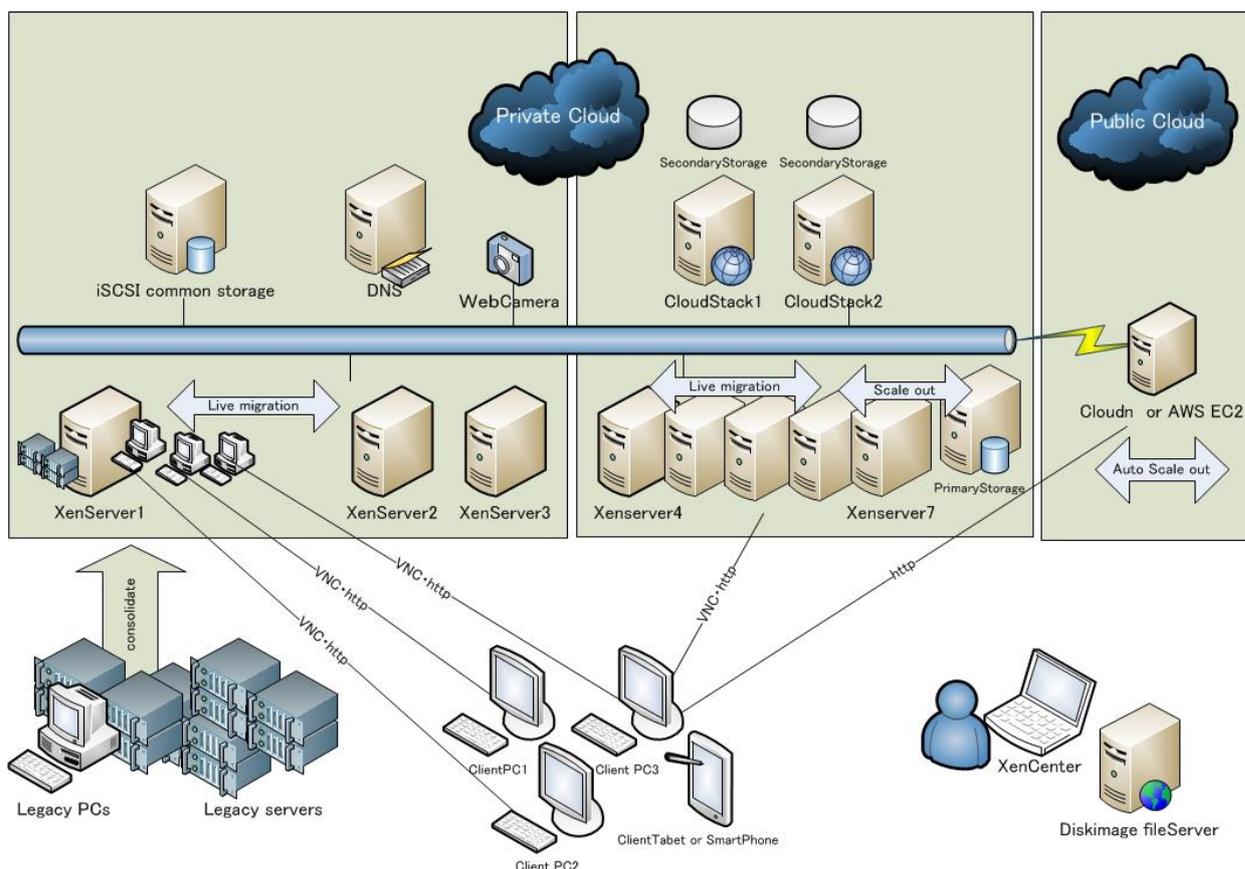


図 3. 3 集約型教育支援システム（第 2 段階）

本システムは、段階的に、既存の教育情報システムや地域に情報発信するための情報システムを仮想イメージに変換して仮想化ソフトウェア基盤上で仮想イメージを稼働させるということを行ってきた。その際、利用時間の違いや用途の異なる物理サーバを仮想サーバ化して、仮想化ソフトウェアを稼働している物理サーバに集約させるような手順でシステム化してきた。そこで、システム全体を明示するために、このシステムで稼働するコンテンツを次に示す。

3. 3 地域 SNS

分散情報サーバのコンテンツとして、2007 年から本学での地域 SNS の運用を行っており、維持管理の面で一部の物理サーバを分散情報サーバへ仮想化して移設している。次に、この地域 SNS について述べる。

地域 SNS については、総務省が、2007 年 11 月 6 日から「ICT 地域活性化の総合的な支援体制の整備（地方再生への構造改革に向けて）」として、ICT による

地域活性化に意欲的に取り組む地域に対して支援体制の整備が始まった。この地域情報化のツールとして各地で地域 SNS の導入が始まった。[16]

ここで、当時の地域情報化には、自治体内部の情報化に関連させて自治体が主体として実施する地域情報化と、住民グループや教育機関および商工会のように自治体以外が主体として、地域プラットフォームや地域メディアという形態で行う地域情報化があった。[17]例えば、高松市では、LASDEC の「e-コミュニティ形成支援事業：住民参画モデルシステムを活用した地域活性化に関する実証実験」として、地域住民の参加による地域振興と地域情報化のために「たかまつ市民ブログ」を開設している。このブログは、市民団体の持つノウハウを行政サービスに活用する市協働企画提案事業として開設されたものであった。[18]

企業でも、広告媒体や SEO (Search Engine Optimization) 対策および SEM (Search Engine Marketing) 手法としてのビジネスブログが浸透した時期であり、地域社会における地域コミュニティ再生と同時期でもあり、社内コミュニティの活性化と部門間の情報共有のために、社内グループウェアを補完する形で社内ブログが導入された時期であった。

そこで、本学では、地域社会と連携した地域情報化の実現に向けて、プライベートを含むゆるやかな情報共有ツールとして、ブログツールおよび連動する地域 SNS システムからなる地域プラットフォームを構築し、宇多津町を中心に運用することになった。

3. 3. 1 宇多津プラットフォーム

宇多津町としては、2006 年 12 月からグループウェアと個人 SNS および個人ブログからなる「宇多津プラットフォーム」[19]を試作して宇多津まちづくり委員会を中心に試験運用し、2007 年から「宇多津町と連携して災害情報を提供できること」や「地域プラットフォームを本学の情報教育に活用できること」などの実証実験を行った。この「宇多津プラットフォーム」は、次に示すように登録制 SNS である open-gorotto と招待制 SNS である OpenPNE を併用し、連動するブログツールとして WordPress μ を使ったシステムである。

3. 3. 1. 1 open-gorotto [20] [21]

open-gorotto は、LASDEC が提供している地域 SNS システムであり、PHP プログラムで構築され、PostgreSQL データベースを使用した GPL ライセンスのオープンソースソフトウェアである。open-gorotto は、登録制 SNS であり、操作を mixi に似せているため操作が憶えやすいこと、商用利用ができないこと、地方自治体および関係する組織のみでの利用に制限されているという特徴がある。

open-gorotto は、mixi と同程度の手軽な SNS システムであり、身近な携帯電話からの利用を前提としているために「コミュニティ内のメンバーと連動したスケジュール機能」や「コミュニティ内に登録されている共有ファイルの更新履歴保存機能」および「メンバーへの柔軟なファイル添付を含むメール機能」が無い。そのため、情報基盤として活用する場合には CybozuOffice のようなグループウェアを併用する必要がある、デジタルアーカイブとして活用する場合にも、別にデジタル・コンテンツ・リポジトリが必要となる。

なお、open-gorotto は、メンバーの日記に外部ブログをフィードさせることができ、行政・運営者・地域情報のニュースフィードに外部 RSS (Rich Site Summary) を登録することができる。

open-gorotto を導入している LAPP サーバの基本仕様を表 3. 2 に示す。

表 3. 2 LAPP サーバの基本仕様

製品名	DELL PowerEdge 860
CPU	Intel Xeon3050 2.13GHz (1066MHz FSB)
Main memory	2 G byte DDR2/667MHz SDRAM
Hard Disk	300 G byte 10000 回転 SAS RAD11
NIC	1000 BASE-TX
OS	Red Hat Enterprise Linux Version 4
Web サーバ	Apache 2.0.52
データベース	PostgreSQL8.2 (open-gorotto の場合)
データベース	MYSQL 4.1.2
スクリプト	PHP 4.3.9
登録制地域 SNS	open-gorotto 3.9.3.1
招待制汎用 SNS	OpenPNE 2.10
blog	WordPress μ 1.3

open-gorotto の LAPP サーバへのインストール操作は、「H19 年地域 SNS プロジェクト—インストールマニュアル 第 1 版」および「H19 年地域 SNS プロジェ

クトー管理者向けカスタマイズマニュアル第2版」に従って行う。

3. 3. 1. 2 OpenPNE [22]

OpenPNE は、株式会社手嶋屋が中心となって開発している汎用 SNS システムであり、PHP プログラムで構築され、MYSQL データベースを使用し、PHP ライセンスのオープンソースソフトウェアである。OpenPNE は、操作を mixi に似せている点は open-gorotto と同じであるが、商用利用が可能である点と、紹介制か登録制を選択することができるという特徴がある。また、OpenPNE プログラムに、グループ機能・スケジュール管理機能・ToDo 機能・施設予約機能からなる PNEBIZ モジュールを追加することで簡易グループウェアとして利用できる。

OpenPNE は、open-gorotto や mixi と同程度の手軽な SNS システムであるが、PNEBIZ モジュールを搭載しているため「スケジュール機能」が利用できる。しかし、「コミュニティ内に登録されている共有ファイルの更新履歴保存機能」や「メンバーへの柔軟なファイル添付を含むメール機能」は無いため、open-gorotto と同様にグループウェアを併用する必要がある。

OpenPNE の LAMP サーバへのインストール操作については、OpenPNE のダウンロードパッケージに同梱されている「OpenPNE セットアップガイド」に従って行う。

3. 3. 1. 3 WordPress μ [23]

WordPress μ (Multi-User) は、複数ブログを複数ユーザで管理できるブログツールであり、PHP で構成され、MYSQL データベースを使用し、GPL ライセンスのオープンソースソフトウェアである。WordPress μ は、単一ブログ用ツールである WordPressMe (Multilingual Edition) のマルチユーザ版であるため、WordPressMe 用のほとんどのプラグインを利用することができる。

WordPress μ は、YouTube サイトに登録した動画を呼び出すためのプラグインや、画像データを共有するコミュニティサイトである Frlickr の機能を利用するためのプラグインをインストールすることで、YouTube や Frlickr の連携が可能となる。なお、地域プラットフォームでも、open-gorotto と OpenPNE の外部ブログに WordPress μ 内のユーザブログを登録することができる。なお WordPress

μ を導入した LAMP サーバは表 2. 1 の LAPP サーバと同等機種である。

3. 3. 2 宇多津プラットフォームの利用例

宇多津プラットフォームは、図 3. 4 に示すように、グループウェアを連絡用情報基盤として、マルチユーザブログツール WordPress μ と招待制汎用 SNS システム OpenPNE および登録制地域 SNS システム open-gorotto から構成されている。これらのシステムは全て、インターネットに接続している PC からのアクセス以外に携帯電話からのアクセスが可能である。

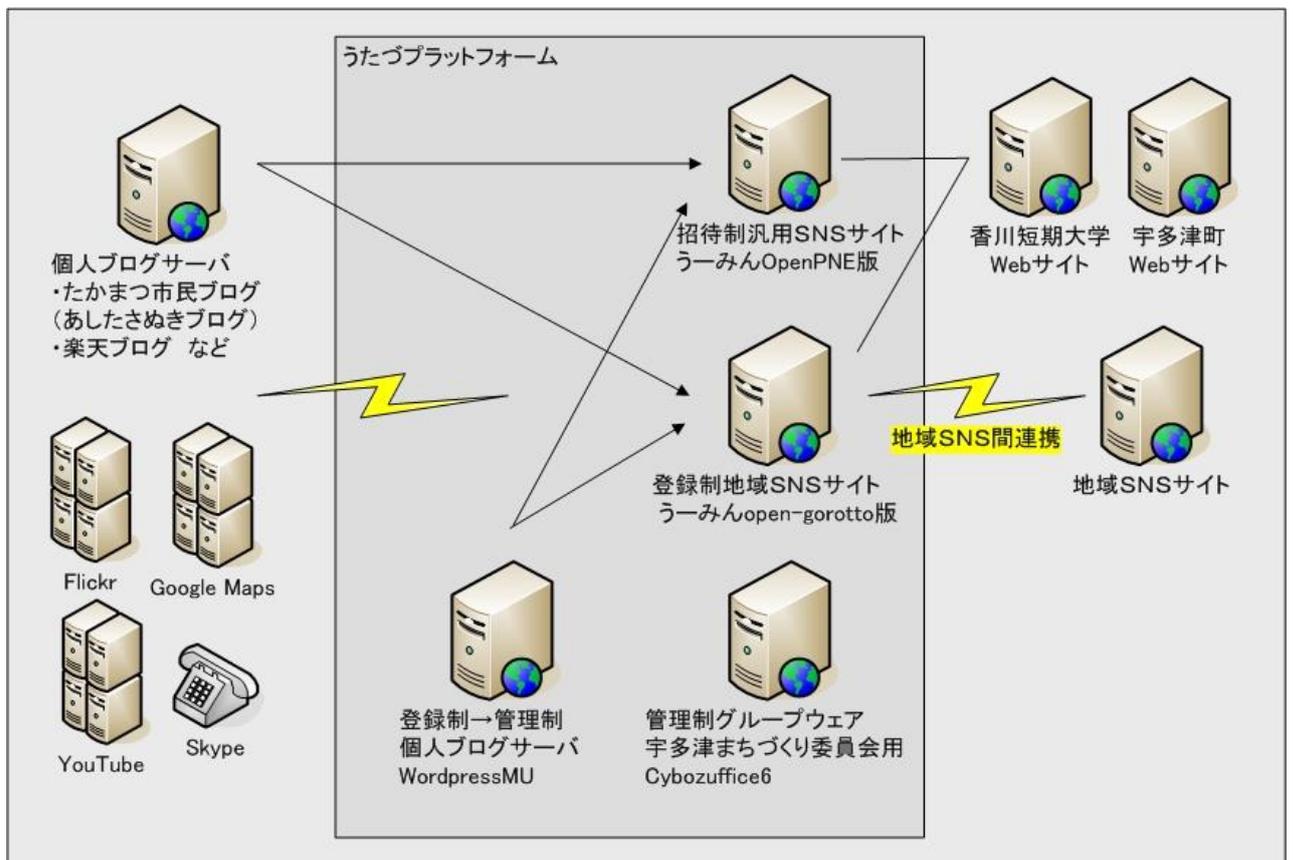


図 3. 4 宇多津プラットフォームのシステム構成

WordPress μ による個人ブログを主な情報コンテンツとしながら、OpenPNE による招待制汎用 SNS サイトと open-gorotto による登録制地域 SNS サイト (宇多津町地域 SNS うーみん) を利用しているユーザを想定し、そのユーザの情報コンテンツの発信手順を次に示す。

手順 1 : 個人ブログからコンテンツを入力

ユーザは、個人ブログサイトにアクセスして、ダッシュボードの投稿作成画面から、図 3. 5 のようにコンテンツを入力する。

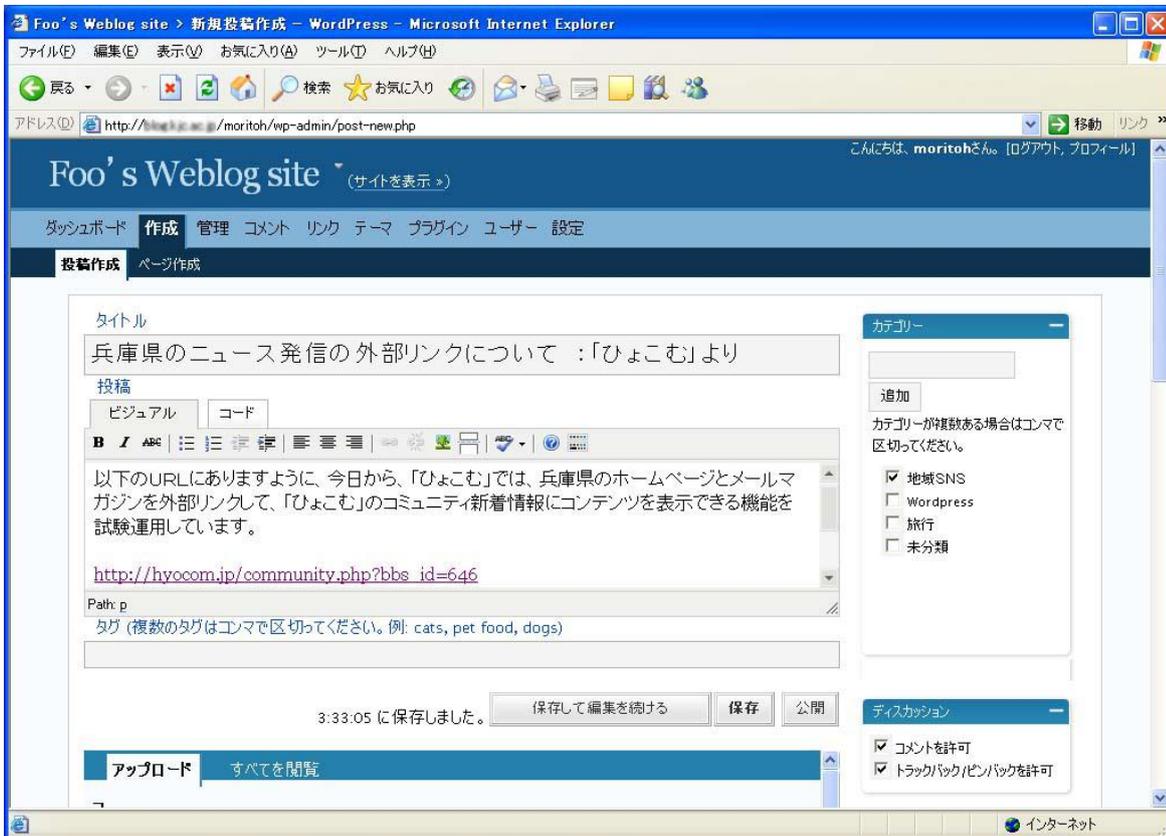


図 3. 5 個人ブログの投稿

手順 2 : 個人ブログの公開

タイトルと投稿コンテンツの入力後に「公開」をクリックすることで、図 3. 6 のように個人ブログサイトに反映される。なお、このブログでは WordPress μ Default 1.6 テーマを使用しているが、他のテーマへの変更やサイドバーにあるウィジェットのレイアウトについても変更可能である。



図 3. 6 個人ブログの公開

手順 3 : 招待制汎用 SNS サイトとの連携

招待制汎用 SNS サイトのマイホーム上では、図 3. 7 のように個人ブログサイトに投稿されたコンテンツが反映されている。なお、登録制地域 SNS サイトの自分の日記上にも、個人ブログサイトに投稿されたコンテンツが反映されている。



図 3. 7 個人ブログとの連動

手順 4 : 登録制地域 SNS サイトでの表示

登録制地域 SNS サイトの自分の地図上では、図 3. 8 のように、日記に登録されている位置情報が GoogleMaps 上に表示される。



図 3. 8 GoogleMaps での情報共有

この GoogleMaps による位置情報の発信や情報共有については、大雨での冠水場所や過去の冠水場所やその被害状況を自分の日記に書くことで、冠水危険地マップとなり、地域住民の危険認知と政策につながった事例がある。このように、地域住民の日記やコミュニティでの簡易な情報提供が、地域の共有情報コンテンツとなり、住民と行政とのコミュニケーションプラットフォームとなり、住民参加による地域貢献モデルとなっている。

3. 4 遠隔監視システム

分散情報サーバのコンテンツに、遠隔監視システムをインストールしている PC を仮想イメージで稼働させている。遠隔監視システムには大規模なシステムから PC で稼働するアプリケーションまで多様なものがあるが今回は従来から PC で運用している状態をそのまま仮想化した。防災用の遠隔監視システムには岡山県勝央町の事例など多くの自治体に導入されており、現状の遠隔監視システムをそのままクラウド化しても同等の機能があるといえる。

ここで勝央町では、ユビキタスタウン構想推進事業交付金により、2009 年の台風 9 号での近隣市町村の被害から、町民の自宅からでも河川の増水状況や冠

水状況がわかるように、2箇所の河川監視カメラと1箇所の道路監視カメラを設置している。[24] (図3.9)

河川監視カメラ・道路監視カメラ(防災情報)

勝央町では、平成21年の台風9号での近隣市町村の被害状況に鑑み、町民の自宅からでも、河川の増水状況や冠水状況がわかるよう、河川監視カメラ2箇所・道路監視カメラ1箇所の設置を行いました。
万が一災害発生時には、このカメラの状況も判断材料としながら避難勧告等を発令することになります。



図3.9 岡山県勝央町 河川監視カメラ・道路監視カメラ

本学でもコンピュータ実習室内に、Panasonic 製の Web カメラ HCM715 を設置して運用を行っている。この Web カメラはモーションセンサー機能を持っているため、夜間には Web カメラのセンサー機能で動きを察知した場合には、図3.10のように自動録画が行われる。



図 3. 1 0 動作検知による自動録画の設定画面

また、PC やスマートフォンからその内容を調べることができる。教育支援システムでも、この監視カメラソフトウェアを含めたコンピュータの稼働イメージを分散情報サーバのインスタンスとして稼働させている。

監視カメラ管理ソフトウェアとして Netcam Watcher Professional [25] を導入しており、図 3. 1 1 に示すように、Windows7 上で稼働させた状態を XenServer 内に仮想 PC として登録している。なお、PC からのアクセス以外にスマートフォンからも管理することができる。

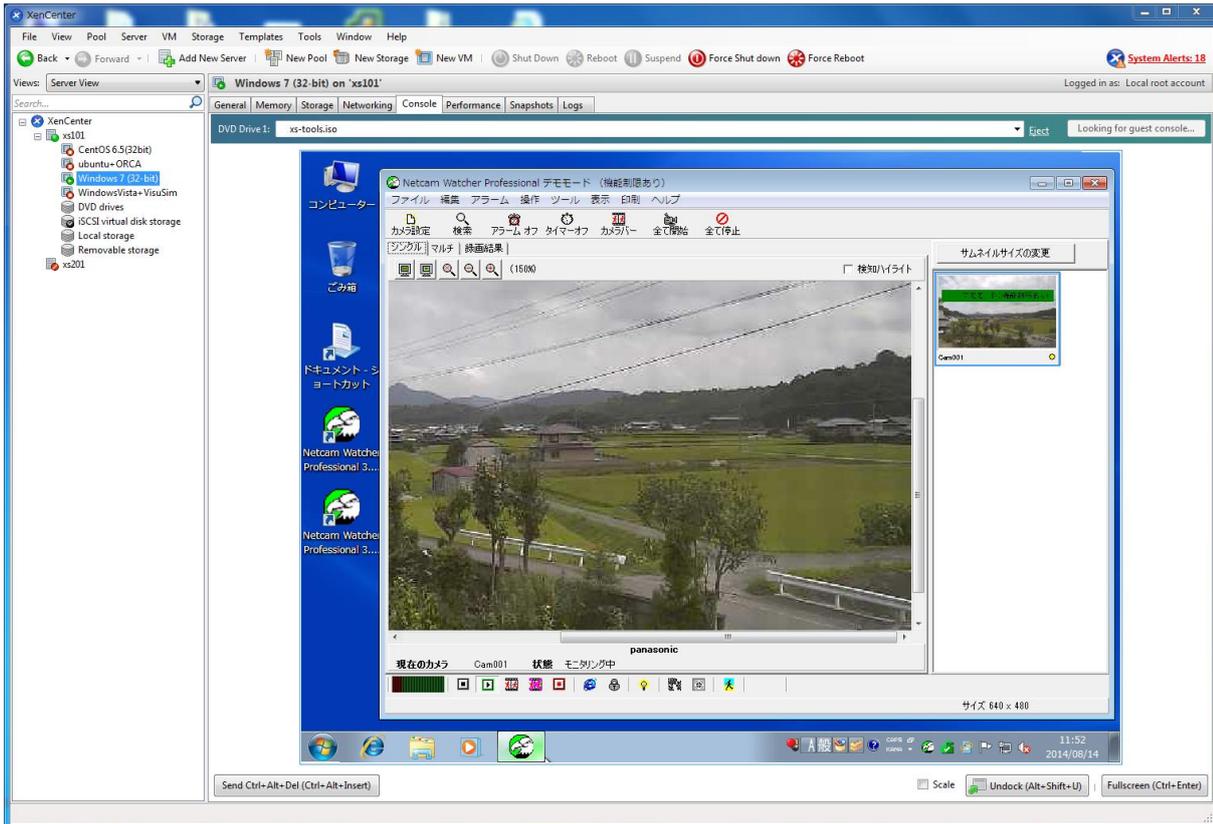


図 3. 1 1 Xenserver 上の仮想 PC で稼働している Netcam Watcher

3. 5 協調学習支援システム [26] [27]

分散情報サーバのコンテンツに、協調学習支援システムをインストールしている PC も仮想イメージで稼働させている。次に、協調学習支援システムについて述べる。

ICT 教育の普及に伴い、計算機に関する知識と技術は高等教育のみならず、初等中等教育においても必須の基礎知識・基礎技術と見なされている。そして、電子・情報系の専門科目において、ベースとなるコンピュータの基本構造や内部動作への理解は、その後の学習にとって、不可欠であり重要テーマである。

このコンピュータの仕組み・原理を講述する科目においては、次の学習項目に力点を置いた教材が重要である。

- ・ プログラム内蔵方式の場合：Program = Instruction Sequence + Data Set という概念を具体的に理解すること
- ・ マシンサイクル：一連の流れ、すなわち、メモリに格納された命令系列から

1 命令つつ読出し (Instruction Fetch), 命令を解釈し (Instruction Decode), オブジェクトのアドレス計算を行い (operand Address Calculation), メモリから当該データを読出し (Operand Fetch), 指示された計算を実行し (EXecution), 結果を格納し (STore), そしてプログラムカウンタを適切に更新する (Program counter Update) 処理の繰返しの流れ

そこで, このような観点から, 香川大学で開発・使用している協調学習支援システムが可視化シミュレータ VisuSim である.

3. 5. 1 VisuSim の特徴

計算機の動きをもっとも良く理解できるのは, アセンブリプログラミング演習であることから, VisuSim には次の 2 つの特徴がある,

(1) 計算機内部の構造・動作を可視化・教示するツール

可視化シミュレータ VisuSim は, 8 本の汎用レジスタ (内 1 本はスタックポインタ) からなるシンプルなノイマン型コンピュータの内部構造を可視化し, レジスタトランスファレベルの動作をシミュレートする教材として, 例えば, 指導者が講義中に壁型スクリーンに PC の実行画面を投影する形で使用することができる. 図 3. 12 にその活用イメージを示す.

指導者は画面を指示しながら, コンピュータの構造や動作を 1 命令実行ごとに各内部レジスタがどのような動きをとるかを示しながら解説することができる. 例えば, $c = a + b$ のようなメモリ・レジスタ間のデータ転送命令と加算命令などにより構成され, 逐次処理によって, 正しく計算が実行されることを視覚的に示すことができる.

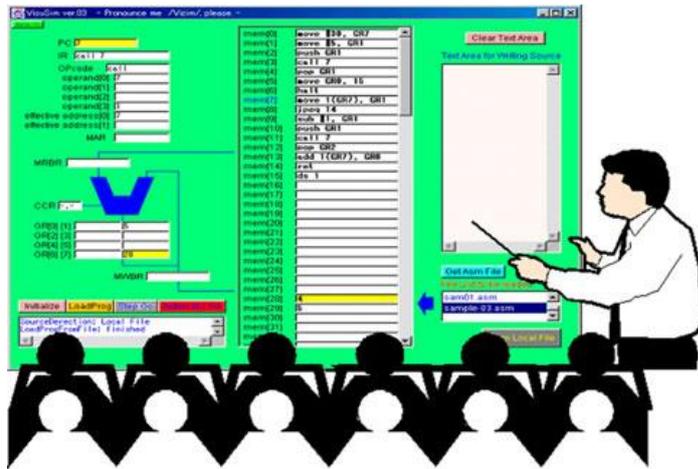


図 3. 1 2 講義中での可視化シミュレータの利用イメージ

(2) アセンブリプログラミング演習を支援するツール

「計算機アーキテクチャ」のレポートや独立したアセンブリプログラミング演習などに利用し、実際にアセンブリ言語でのプログラミングを行い、プログラムの動作検証を学習者各自がコンピュータ内部の動きを確認しながら、アルゴリズムなどの検証が可能となる。

個々のアセンブリプログラミング演習の学習者は、指定の情報サーバから可視化シミュレータをダウンロードして利用することにより、アセンブリ言語でのプログラム記述ができ、コンピュータ内での具体的実行イメージを掴みながら、それがコンピュータ内部でどのように処理されるか、を効率よく学習できる。

計算機アーキテクチャにおいて、ノイマン型コンピュータの概要を効率よく、演習などを通じて、より実践的に修得できることは、その後のカリキュラム修得に大きな影響があると考えられる。例えば、高速化技術としてのパイプライン処理方式の理解、その応用であるスーパーパイプライン方式、スーパースケラ方式、VLIW(Very Long Instruction Word)方式への展開も容易になる。

3. 5. 2 協調学習環境での利用効果

可視化シミュレータには、組込みメール機能が実装されており、複数のユーザ間、例えば、学習者と指導者間などシミュレータの内部状態を含めた情報を相互に交換することができる。その際、少数利用者間での協調学習効果が確認

できている。これは、可視化シミュレータの有する情報交換・情報共有機能を活用すれば、図3. 13のように、アセンブリプログラミング演習において利用者間でより効率良く実施できる。

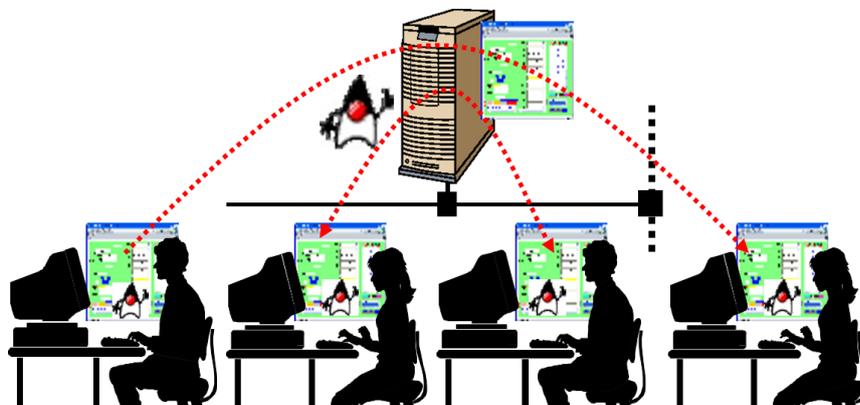


図3. 13 協調学習環境

そこで、教育用ツールに対し、その特徴に即した情報通信機能・情報共有機能を付加することで、少人数レベルの学習者集団内での利用であれば、ある程度の協調学習効果が期待できることを意味している。

3. 5. 3 VisuSimの仮想環境での利用

可視化シミュレータ VisuSim は、WindowsVISTA のコマンドプロンプトから実行することもでき、Web アプリケーションとしても実行できる。今回は、図3. 14に示すように、初期の開発環境を含めて仮想化し、情報サーバに集約して利用している。

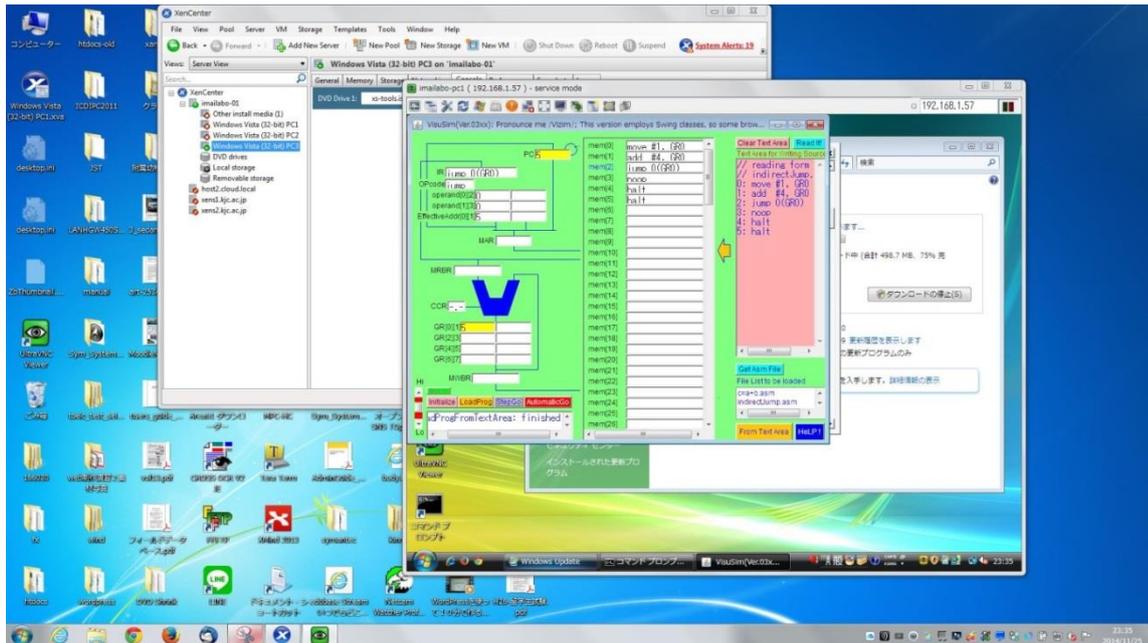


図 3. 14 Xenserver 上の仮想 PC で稼働している VisuSim(Windows7 環境)

本学の授業である「電子計算機概論」では、可視化シミュレータ VisuSim を、表 3. 3 に示す仕様の Android Tablet10 台を VNC 接続して、付録 A に示すようなレジスタ [28] とクラウドの学習項目の授業回で使用している。図 3. 15 に操作画面を示す。

表 3. 3 Android Tablet の基本仕様

製品名	ASUS Pad TF300T
内臓メモリ	1 Gbyte
storage	30 Gbyte eMMC (フラッシュメモリ)
OS	Android 4.2.1
ディスプレイ	10.1 型ワイド IPS 液晶 1,280×800pxel
VNC	RealVNC Limited VNC Viewer

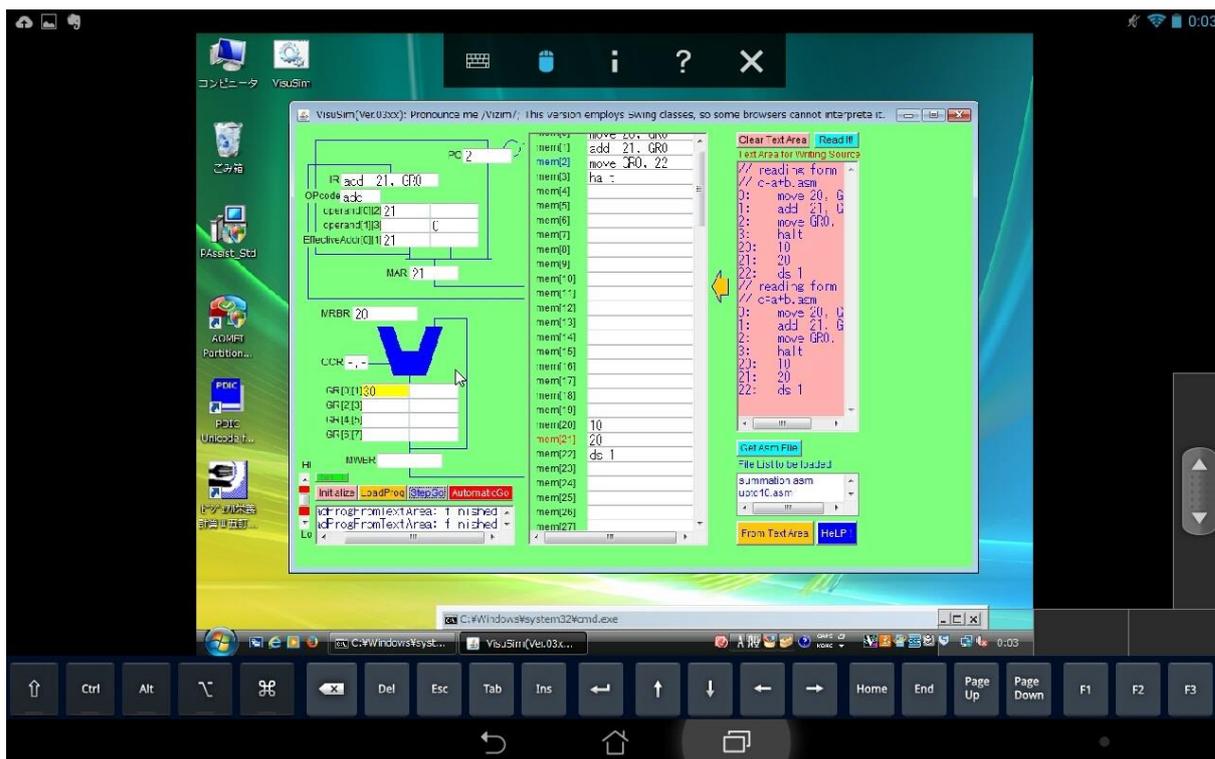


図 3. 15 Xenserver 上の仮想 PC で稼働している VisuSim (Tablet 環境)

3. 6 Web デザイン教育支援

W3Techs (World Wide Web Technology Surveys) によれば, 図 3. 16 に示すように, Web サイト全体の 23.3% が WordPress で構築されており, CMS を使っている Web サイトに限れば, 60.7% のサイトで WordPress が採用されている. このように多くの Web サイト構築で使われている WordPress は Web デザイン業界で必要な知識といえる. [29]

© W3Techs.com	usage	change since 1 December 2014	market share	change since 1 December 2014
1. WordPress	23.3%	+0.1%	60.7%	-0.3%
2. Joomla	2.9%		7.6%	-0.1%
3. Drupal	2.0%		5.1%	
4. Blogger	1.1%		2.9%	+0.1%
5. Magento	1.1%		2.8%	

percentages of sites

図 3. 16 Most popular content management systems [29]

本学の授業である「Web制作演習Ⅱ」では、1年次に「Web制作演習Ⅰ」で学習したDreamweaverによるWebサイトの構築方法、情報の収集・発信方法など、Webサイトの利活用に関する基礎的な知識を基に、WordPressを使によるWebサイト構築方法を学習する。この授業では、表3.4に示すように、30コマの中の20コマについて、WordPressに関係する学習項目を実施している。

表3.4 「Web制作演習Ⅱ」のシラバス(11回から30回)

授業回	授業の内容
第11回 WordPressを用いたWebページの作成①	・WordPressの基礎知識を学ぶ ・XAMPPの設定、WordPressの設定を行う
第12回 WordPressを用いたWebページの作成②	管理画面の操作、プラグインの登録、エディタの使い方を学ぶ
第13回 WordPressを用いたWebページの作成③	メディアライブラリの管理操作を学ぶ
第14回 WordPressを用いたWebページの作成④	固定ページの作成を学ぶ
第15回 WordPressを用いたWebページの作成⑤	投稿記事の作成を学ぶ
第16回 WordPressを用いたWebページの作成⑥	Contactform7による問い合わせページの作成を学ぶ
第17回 WordPressを用いたWebページの作成⑦	Cacooによるサイトマップ図の作成方法を学ぶ
第18回 WordPressを用いたWebページの作成⑧	ビジネス用テーマ(BizVektor:ビズベクトル)の利用を学ぶ①:背景画像・ヘッダー画像等の設定
第19回 WordPressを用いたWebページの作成⑨	ビジネス用テーマ(BizVektor:ビズベクトル)の利用を学ぶ②:固定ページの作成・投稿ページの作成
第20回 WordPressを用いたWebページの作成⑩	ビジネス用テーマ(BizVektor:ビズベクトル)の利用を学ぶ③:メニューの作成
第21回 WordPressを用いたWebページの作成⑪	ビジネス用テーマ(BizVektor:ビズベクトル)の利用を学ぶ④:3PRエリアの編集
第22回 WordPressを用いたWebページの作成⑫	ビジネス用テーマ(BizVektor:ビズベクトル)の利用を学ぶ④:スライドショー・ソーシャルボタンの設置
第23回 WordPressを用いたWebページの作成⑬	PHPによるコーディングを学ぶ① Google Chromeのデベロッパーツールによる操作
第24回 WordPressを用いたWebページの作成⑭	PHPによるコーディングを学ぶ② Google Chromeのデベロッパーツールによる操作
第25回 WordPressの環境設定①	VNCを使って、仮想サーバ上でCetOSの使い方、WordPressの設定操作を学ぶ
第26回 WordPressの環境設定②	VNCを使って、仮想サーバ上でCetOSの使い方、WordPressの設定操作を学ぶ
第27回 自由制作課題①	最終課題となるWebサイトを考えて説明資料を作成する。具体的には、概要、サイトマップ図、知的財産権遵守の方策の資料を作成する
第28回 自由制作課題②	WordPressを用いた最終課題として、仮想サーバ上でWebサイトを制作する①

第 29 回 自由制作課題③	WordPress を用いた最終課題として、仮想サーバ上で Web サイトを制作する②
第 30 回 自由制作課題④	WordPress を用いた最終課題として、仮想サーバ上で Web サイトを制作する③

この授業における履修者の到達目標としては、Dreamweaver を活用して HTML のマークアップを含めた Web サイトの制作ができる、WordPress の基本的な操作ができる、関連する PHP のコードの理解ができる、簡易なテーマ作成を行って小規模な Web サイトの構築ができることである。[30]

この授業では、履修者ごとに WordPress の環境が必要であることから、従来は、履修者が使用する WindowsPC 上に XAMP をインストールして利用していた。具体的には、図 3. 17 に示すように、Apache と MySQL が稼働する仮想サーバ環境で WordPress の演習を行っていた。

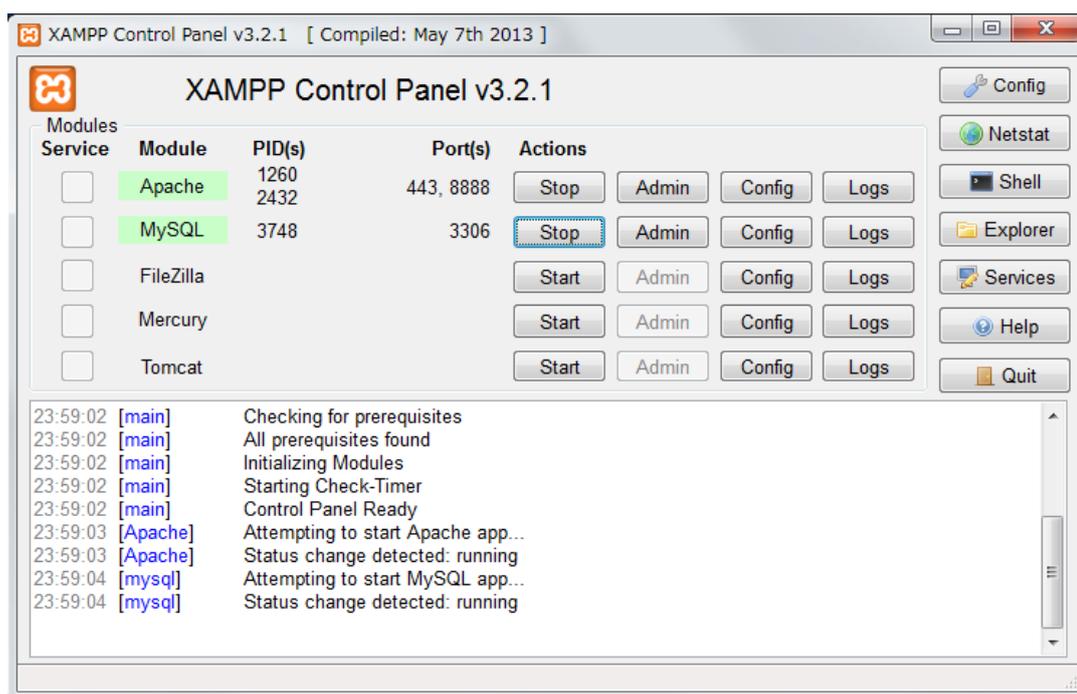


図 3. 17 XAMPP 環境

しかし、このような XAMPP 環境では、WordPress の基本的なプラグインはインストール可能であるが Jetpack のように規模の大きいプラグインがインストールできない。また、最近の企業の Web サイトでは、スマートフォンやタブレットなどのモバイル端末に対応できる「レスポンス Web デザイン」機能が必

須であるが，学生自身のスマートフォンで動作確認することができななど，この実習環境で動作確認できない学習項目があった．

さらに，実社会では，EC (Electronic Commerce)サイトを含む企業の Web サイトデザインや運用において，一時的で急激な負荷上昇に対する，仮想サーバのスペックアップであるスケールアップと仮想サーバ数（ノード数）の自動調整機能であるオートスケールアウトに対応できるスケーラブルな仮想サーバの構成・運用が一般化している[30]

このような状況から，スケールを考慮した Web サイト構築も学習項目とするために，Web サイトが稼働する OS の知識も学習項目に追加しようと考え，仮想化基盤ソフトウェアの導入に至った．

参考文献

- [1] 森藤 義雄, 今井 慈郎:分散型情報サーバ環境におけるシンククライアントシステムの利用と課題, 情報処理学会研究報告. コンピュータと教育研究会報告 2010-CE-103(14), pp.1-8, 2010-02-27.
- [2] Yoshio Moritoh, Yoshiro Imai, Hitoshi Inomo, Shigeaki Ogose, Tetsuo Hattori, Wataru Shiraki : “DESIGN OF A MULTIPLE-SERVER SYSTEM FOR COOPERATIVE LEARNING AND EMERGENCY COMMUNICATION” , Proceedings of the IADIS International Conference on Applied Computing 2010, pp.209-214, 2010.
- [3] Yoshio Moritoh, Yoshiro Imai, Hiroshi Inomo, Wataru Shiraki : “A Cloud Service on Distributed Multiple Servers for Cooperative Learning and Emergency Communication” , V. Snasel, J. Platos, and E. El-Qawasmeh (Eds.): (Springer-Communications in Computer and Information Science 188) Digital Information Processing and Communications, pp.377-390, 2011.
- [4] 森藤 義雄, 堀 幸雄, 今井 慈郎, 情報処理教育の効率的運用を目指す LMS の活用と課題, 情報処理学会研究報告. コンピュータと教育研究会報告 2009-CE-100(2), pp.1-7, 2009-06-27.
- [5] 森藤 義雄: コミュニティ・ソリューションのための情報処理教育システム. 香川短期大学紀要, 第 33 巻, pp.1-9(2005).
- [6] 森藤 義雄: SNS による地域プラットフォームの構築について. 香川短期大学紀要, 第 36 巻, pp.61-70(2008).
- [7] 森藤 義雄:オープンソースソフトウェア ORCA による医療情報教育システム. 香川短期大学紀要, 第 32 巻, pp.51-58(2004).
- [8] シンククライアントソフトウェア DynamicBoot, コンピュータエデュケーションシステム株式会社,
<http://www.cs-grp.co.jp/ces/product/diskless/>, (2014年11月10日アクセス).
- [9] 森藤 義雄:シンククライアントシステムを利用した情報処理教育システムの構築. 香川短期大学紀要, 第 38 巻, pp.29-36(2010).
- [10] Oracle VM VirtualBox, <https://www.virtualbox.org/>,
(2014年11月10日アクセス).
- [11] Xenconvert,
<http://www.citrix.com/go/products/xenserver/xenserver-xenconvert-free.html>, (2014年11月10日アクセス).
- [12] Clonezilla, <http://clonezilla.org/>, (2014年11月10日アクセス).

- [13] mondorescue, <http://www.mondorescue.org/>, (2014年11月10日アクセス).
- [14] パブリッククラウドサービス Cloudn,
<http://www.ntt.com/cloudn/index.html>, (2014年11月10日アクセス).
- [15] IDCクラウド, <http://www.idcf.jp/cloud/>, (2014年11月10日アクセス).
- [16] ICT地域活性化の総合的な支援体制の整備,
http://warp.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/283520/www.soumu.go.jp/s-news/2007/071106_2.html, (2014年11月10日アクセス).
- [17] 丸田一：地域情報化の理念と理論，行政&ADP，pp. 4-8，7(2007).
- [18] たかまつ市民ブログ, http://ashita-sanuki.jp/_t11,
(2014年11月10日アクセス).
- [19] 宇多津まちづくりシンポジウム2006報告書，3 (2007).
- [20] 熊本県八代市 市民ブログ ごろっとやっちろ,
<http://www.gorotto.com/>, (2014年11月10日アクセス).
- [21] open-gorotto, <http://argonautis.co.jp/app-def/S-102/wp/sns/>,
(2014年11月10日アクセス).
- [22] OpenPNEサイト, <http://www.openpne.jp/>, (2014年11月10日アクセス).
- [23] WordPress μ , <https://mu.wordpress.org/>, (2014年11月10日アクセス).
- [24] 岡山県勝田郡勝央町 河川監視カメラ・道路監視カメラ (防災情報),
http://www.town.shoo.lg.jp/mkpage/hyouzi_editor.php?sid=164,
(2014年11月10日アクセス).
- [25] Netcam Watcher Professional,
<http://www.netcam-watcher-jp.com/2.html>, (2014年11月10日アクセス).
- [26] Yoshio Moritoh and Yoshiro Imai: "A Cloud Approach on Distributed Multiple Servers for Distance Learning, Proceedings of ITHET2012(International Conference on IT-based Higher Education and Training@Istanbul, pp.1-6(June 2012).
- [27] Yoshio Moritoh, Masatoshi Imai, Yoshiro Imai, Trial Evaluation of Visual Educational Tool on Distributed Multiple Server System, Technological Advances in Electrical, Electronics and Computer Engineering (TAECE), 2013 International Conference, pp.437-443 (May 2013).
- [28] IT パスポート試験教育研究会:IT パスポート試験テキスト&問題集, 実教出版, p10(2013).
- [29] Most popular content management systems, <http://w3techs.com/>,
(2015年1月4日アクセス).
- [30] たにぐちまこと:WordPressをちゃんと使うための教科書, マイナビ(2013).
- [31] Auto Scaling, <http://aws.amazon.com/jp/autoscaling/>,
(2015年1月4日アクセス).

第 4 章

具体的な開発事例

本研究の仮想化方式情報サーバを活用した集約型教育支援システムは、情報発信や授業での運用を経て段階的に開発を行っている。既存の学習システムをオンプレミスからプライベートクラウドへ移行した経験からのルール化は本学のような小規模組織の情報システムのパブリッククラウド化に有用である。そして、プライベートクラウドシステムを主とする教育支援システムは新しい学習環境を提供できることも分かった。第 4 章では、集約型教育支援システムでの複数の具体的な開発事例を経過と共に示すことで、集約型教育支援システムの構築方法の情報提供とそのシステムの詳細な説明とする。なお、これらの操作資料を付録 C に示す。

4. 1 集約型教育支援システム [1]

集約型教育支援システムは、2つの段階を経て現在のシステム構成となっている。そこで、このシステムの開発経緯を次に示す。

4. 1. 1 集約型教育支援システム（第 1 段階）

第 1 段階の集約型教育支援システムは、既存の学習システムが稼働している物理サーバを仮想化して、分散情報サーバへ集約するという単純な方法であった。当初は、分散情報サーバに VMware ESXi を使用する構成も試作したが、VMware ESXi はモノリシック・ハイパーバイザ型のため、大手ベンダの中核のサーバ製品であっても VMware がそのサーバのチップセットや LAN カード用ドライバや RAID ドライバを用意できておらずインストールできないモデルもあった。現在も、VMware のドライバソフトウェアに依存しており稼働するサーバが限られている状況は変わっていない。

共通ストレージについては FreeNAS を試験運用していたが、XenServer をハイパーバイザとした構成では認識しない場合があり、安定接続の面で NexentaStor を使用することにした。

集約型教育支援システムは、2011 年から、表 4. 1 に示す分散情報サーバと

表4. 2に示す共通ストレージの構成であり、OSのバージョンを更新しながら運用している。現在は、分散サーバを増設して稼働させている。

表4. 1 分散情報サーバ1の基本仕様

製品名	HP DL160 G6
CPU	Intel Xeon E5504 2.0GHz 1P/4C CPU
Main memory	16 G byte PC3-10600E-9
Hard Disk	1T byte 7.2Krpm SATA
NIC	1000 BASE-TX ×2
OS	XenServer 5.6
台数	3

表4. 2 共通ストレージの基本仕様

製品名	DELL PowerEdge R200
CPU	Intel Xeon 3065 2.3GHz 1P/4C CPU
Main memory	4 G byte
Hard Disk1	500 G byte 7.2Krpm SATA
Hard Disk2	2 T byte 7.2Krpm SATA
NIC	1000 BASE-TX ×2
OS	NexentaStor 3.1
transport layer protocol	iSCSI
FileSystem	ZFS (Zettabyte File System)

4. 1. 2 集約型教育支援システム（第2段階）

第2段階の集約型教育支援システムは、第1段階の分散情報サーバのシステム構成に、図4. 1の中央に示すクラウド基盤ソフトウェアを導入した情報サーバ群を追加したプライベートクラウドシステムである。

一般企業で稼働しているオンプレミスの情報サーバがパブリッククラウド基盤に移行してしまっても、実務的なWeb関係授業を開講している教育機関では、このパブリッククラウド環境を模擬するコンピュータ実習環境が必要であるため、実際のクラウド基盤ソフトウェアをオンプレミスで運用する形態は継続して運用され続けると考える

また、先に示した第1段階の分散情報サーバ群は、以前から授業で使用されている教育支援環境の維持管理システムでもあるので、継続して運用される。さらに、最近ではレイテンシー問題の改善が進んでいるため、AWSやCloudⁿなどのパブリッククラウドに移行した方が望ましいコンテンツもあるので図4.

1の右側のパブリッククラウドを含むハイブリッドクラウドシステムを示し、集約型教育支援システムとしている。

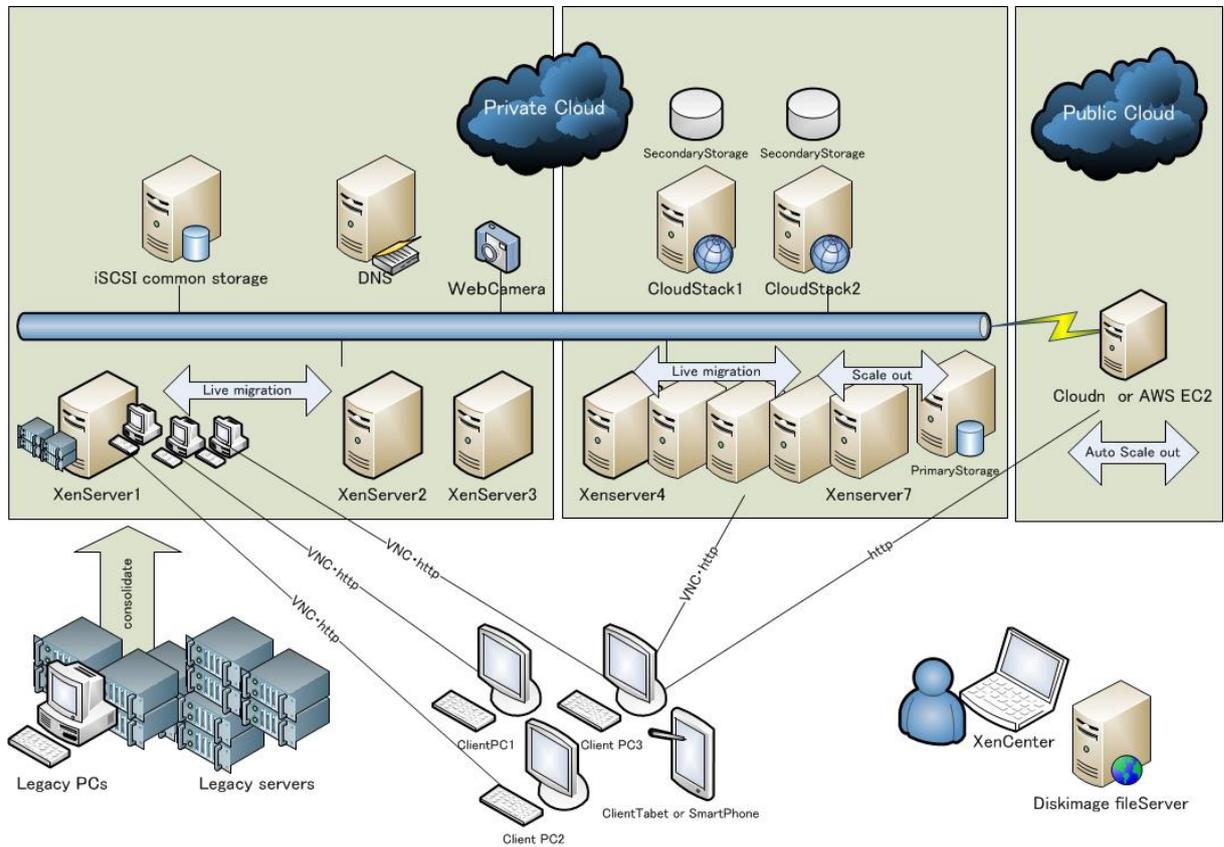


図 4. 1 集約型教育支援システム

ここで、クラウド基盤ソフトウェアである CloudStack が稼働している PC の基本仕様を表 4. 3 に示す。そして、クラウド基盤ソフトウェアが管理する分散情報サーバの仕様を表 4. 4, 表 4. 5, 表 4. 6 に示す。

表 4. 3 クラウド基盤ソフトウェアを稼働させる PC の基本仕様

	Custum-made PC
CPU	Intel i5-4590 3.3 GHz 1P/4C CPU
Main memory	16 G byte
Hard Disk1	500GB SSD
Hard Disk2	2 T byte 7.2Krpm SATA
NIC	1000 BASE-TX
OS	Cloudstack 4.3.1
台数	1

表 4. 4 分散情報サーバ 2 の基本仕様

製品名	DELL PowerEdge R320
CPU	Intel Xeon E5-2403v2 1.8GHz 1P/4C CPU
Main memory	16 G byte
Hard Disk	2 T byte 7.2Krpm SATA
NIC	1000 BASE-TX ×2
OS	XenServer 6.2.0
台数	2

表 4. 5 分散情報サーバ 3 の基本仕様

製品名	DELL PowerEdge R210 II
CPU	Intel Xeon E3-1220v2 3.1GHz 1P/4C CPU
Main memory	16 G byte
Hard Disk	2 T byte 7.2Krpm SATA
NIC	1000 BASE-TX ×2
OS	XenServer 6.2.0
台数	4

表 4. 6 分散情報サーバ 4 の基本仕様

製品名	HP DL320e Gen8
CPU	Intel Xeon E3-1220v2 3.10GHz 1P/4C CPU
Main memory	8 G byte
Hard Disk	2 T byte 7.2Krpm SATA
NIC	1000 BASE-TX ×2
OS	XenServer 6.2.0
台数	2

4. 2 協調学習支援 [2]

協調学習支援のための計算機の可視化シミュレータ VisuSim は、当初の開発環境が WindowsVISTA を搭載したノート PC のため、WindowsVISTA 環境をそのままの状態で作像化した。そこで、VisuSim の作像化マシンへの変換手順と作像マシンへの集約手順を次に示す。なお、本学ではシンクライアント環境でマイクロソフト社の OS およびアプリケーションを使用する包括ライセンスを契約しており、今回もそのライセンスに従って作像化ソフトウェアを運用している。

手順 1 : 物理 PC から作像 PC への変換プログラム

物理 PC から仮想 PC への変換は、XenConverter [3] を使用する。変換操作は、Citrix の Web サイトから XenConverter をダウンロードして変換した PC にインストールする。

手順 2 : 変換操作

図 4. 2 のように、変換元のコンピュータを選択し、変換先を指定する。変換先の仮想サーバ名などを入力していくと、仮想化され、変換先である Xenserver に登録される。なお、XenConverter で変換すると自動的に XenServer に登録される。



図 4. 2 XenConverter の操作

手順 3 : 変換後の状態

XenConverter で生成された仮想マシンは図 4. 3 のように AT/AT COMPATIBLE となっている。

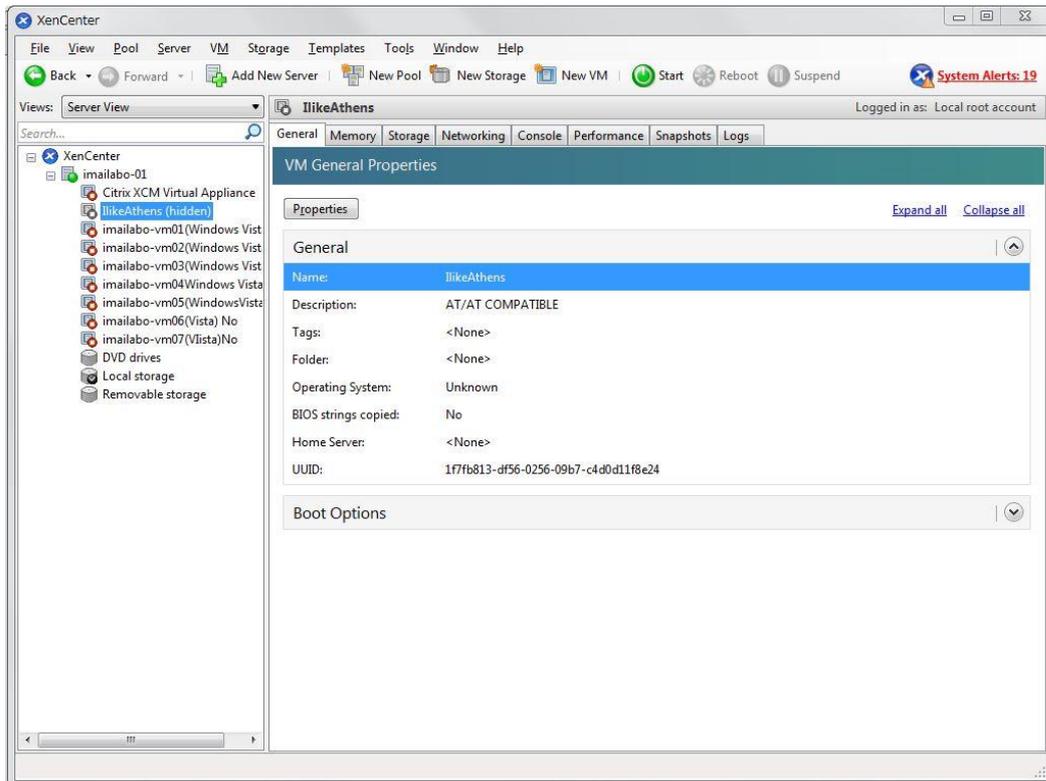


図 4. 3 XenConverter で生成された仮想マシン

画面左にある仮想マシンのアイコンは灰色で表示されており、XenServer のテンプレートを使用して生成した準仮想化の仮想マシンではなくて、完全仮想化（バイナリイメージ）の仮想マシンであることが判る。

なお、クライアントデバイスと仮想サーバとの接続では VNC を使っており、Android Tablet からの操作画面を図 4. 4 に示す。Android Tablet 画面上部中央にあるマウスアイコンをクリックしてマウスモードに設定し、マウスカーソルを VisuSim のボタンの上に移動して、画面右下のマウスボタンを示す枠をクリックすることで、PC と同じ操作が行える。

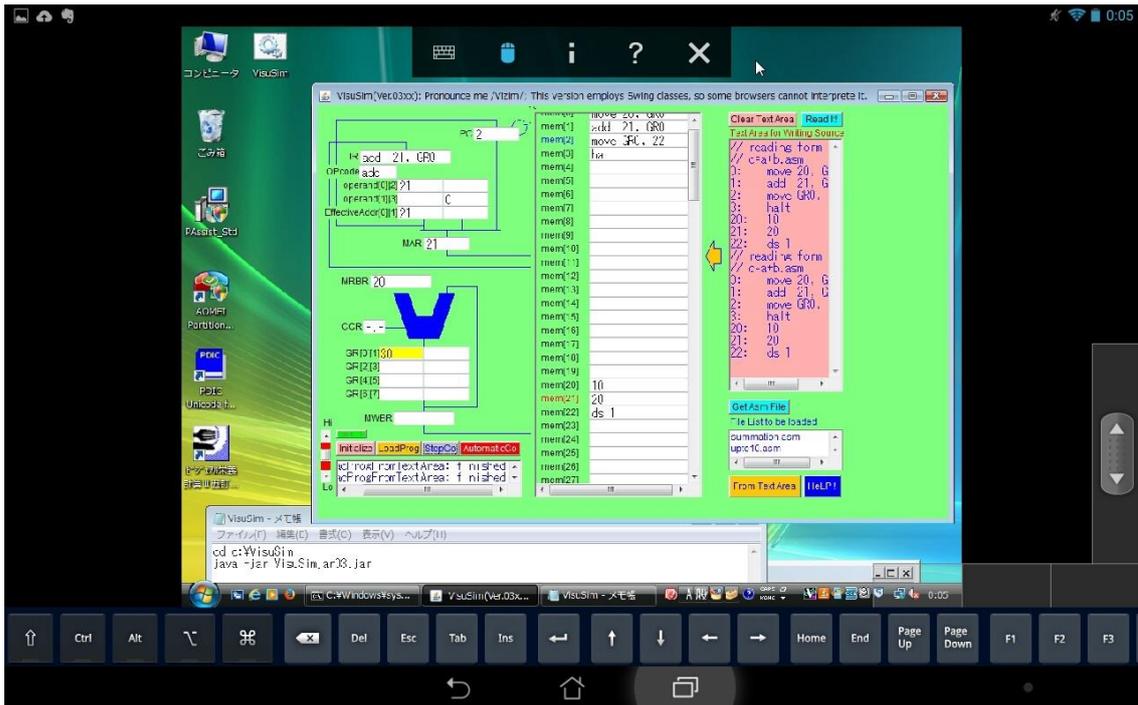


図 4. 4 VisuSim の操作 (Android Tablet 環境)

4. 3 医療事務教育支援 [4] [5] [6]

本学の医療事務教育支援においても仮想化環境を利用している。初期の医療事務ソフトウェアである日医標準レセプトソフト ORCA は、図 4. 5 に示すように、2003 年当初は VineLinux 上で稼働していたが、その後 Debian GNU/Linux 3.0 版の ORCA に切り替えて医療事務職を目指す学生の応用情報処理の実務教育で活用していた。

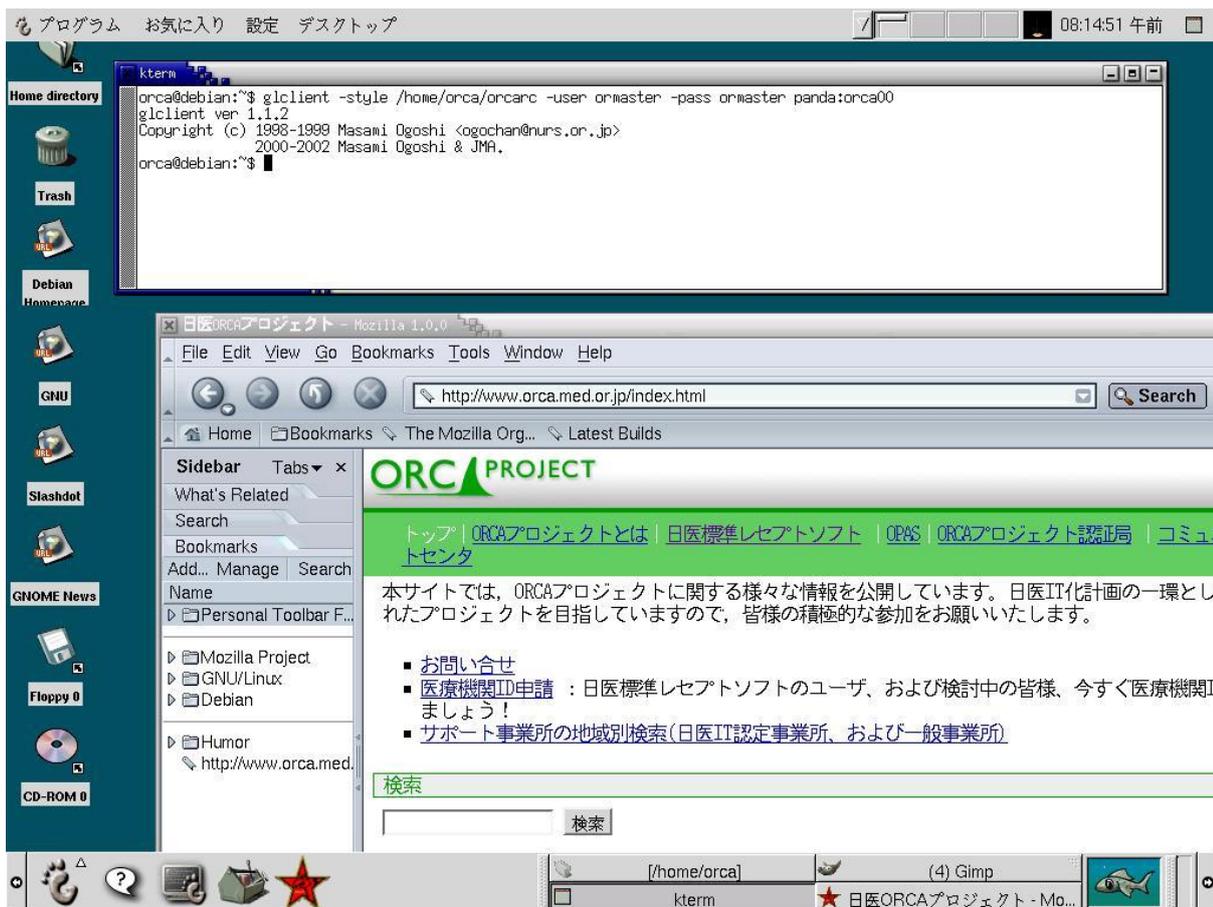


図 4. 5 ORCA の操作 (VineLinux 環境)

2008 年からはコンピュータ実習室 I がシンクライアント環境に移行したので Debian GNU/Linux 4.0 版の ORCA を Windows VISTA の VirtuaPC 上に導入してホスト OS 型の仮想マシンとして稼働させていた。2010 年からは、VirtuaPC の仮想イメージである Virtual Hard Disk (VHD) ファイルを Xenserver に import して、VCN 接続で使用していた。

現在、ORCA が Ubuntu 版となったので、ORCA は Xenserver で Ubuntu 12.04 を稼働させてその環境にインストールして VNC 経由で使用している。(図 4. 6)

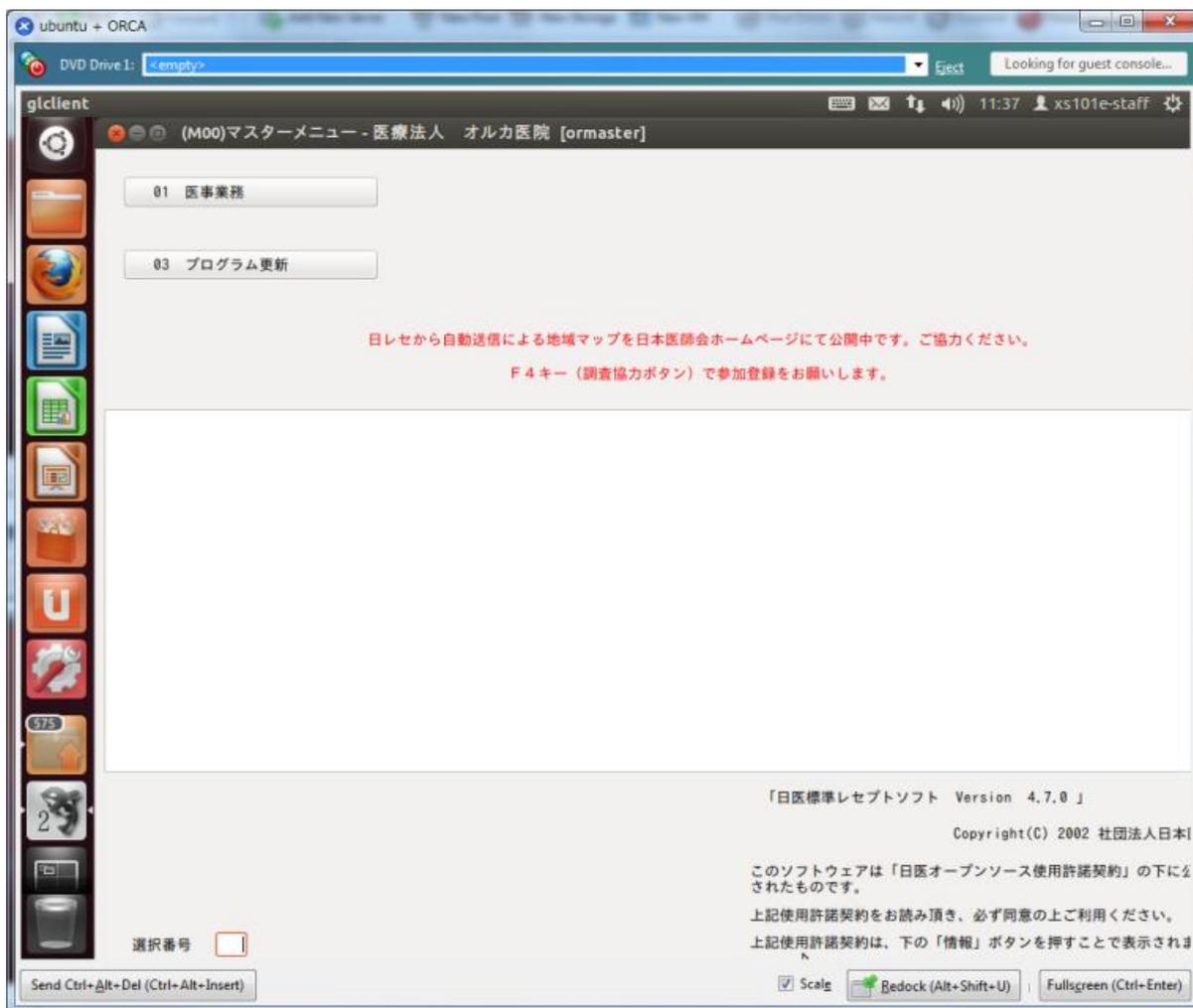


図 4. 6 ORCA の操作 (Xenserver 上の Ubuntu 環境)

4. 4 Web デザイン教育支援

Web デザイン教育支援において、分散情報サーバに集約された仮想サーバとクライアント間の接続には次の 2 つの方法がある。

- (1) 仮想サーバで稼働している教育用ソフトウェアを Web アプリケーションとし、クライアントからブラウザで使用する
- (2) VNC などの遠隔操作ソフトウェアを使用して直接仮想サーバに接続する

「Web 制作演習 II」の授業では、WordPress のインストール操作を含む学習項目では図 4. 7 に示すように VNC から操作を説明している。

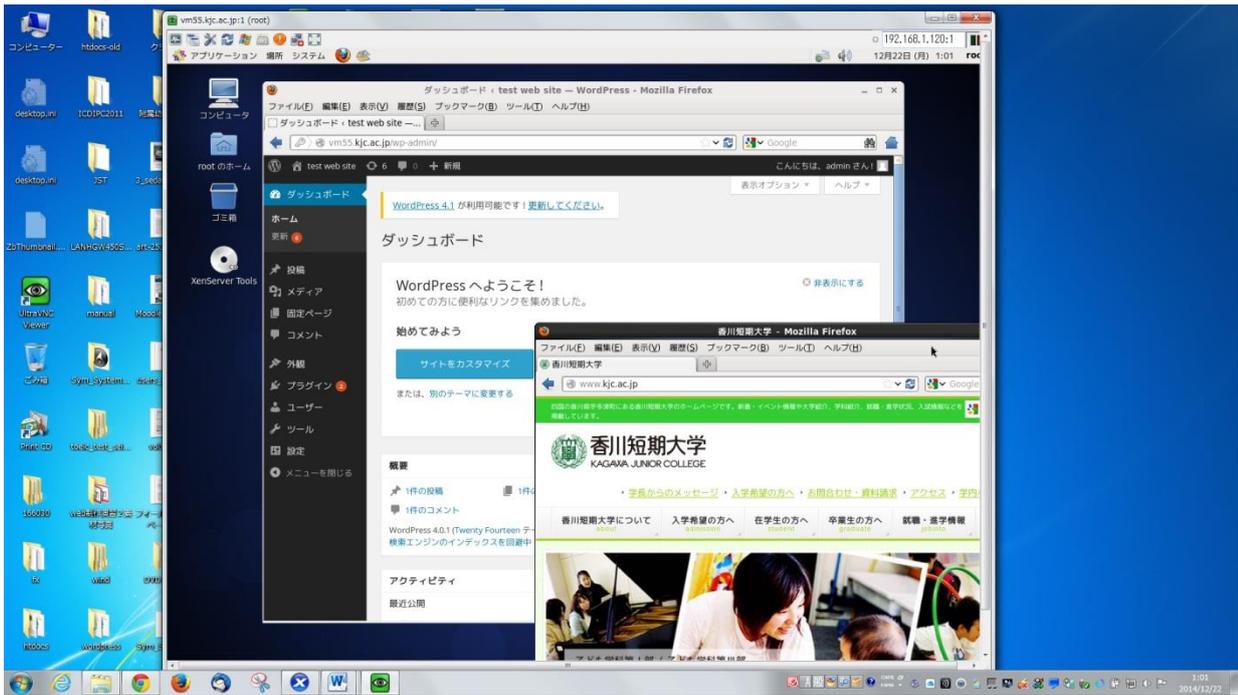


図 4. 7 DaaS での WordPress の設定操作

そして、CeonOS の基本的な操作に慣れて、WordPress での Web デザイン作業に移行した段階で、ブラウザから操作するように指導している。(図 4. 8)

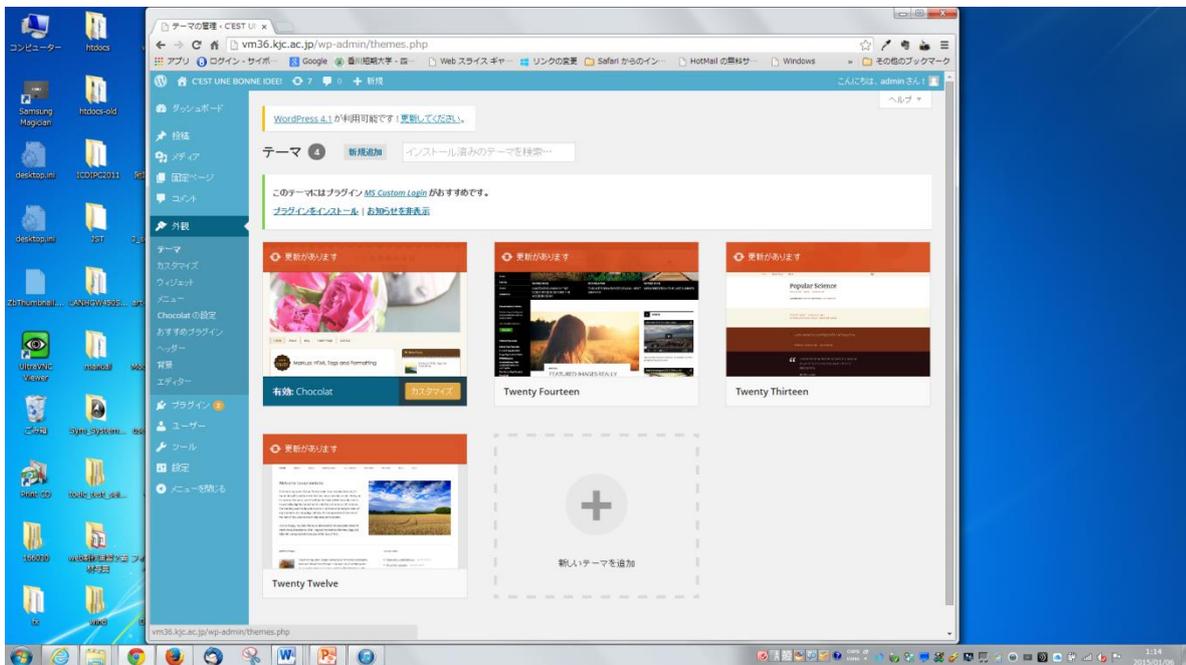


図 4. 8 SaaS での WordPress の設定操作

この分散情報サーバは、図 4. 9 に示す XenCenter の管理画面にあるように 3 台の物理サーバ上に 34 台の仮想サーバを稼働させている。管理画面の左側に、xs01.kjc.ac.jp と xs02.kjc.ac.jp と xs03.kjc.ac.jp が表示されており、その下に CentOS_WP_vm36 から CentOS_WP_vm59 までの 24 台の仮想サーバと CentOS_WP_vm001 から CentOS_WP_vm007 の 7 台の仮想サーバと CentOS_WP_x48_000 から CentOS_WP_x50_000 の 3 台の仮想サーバを運用している。

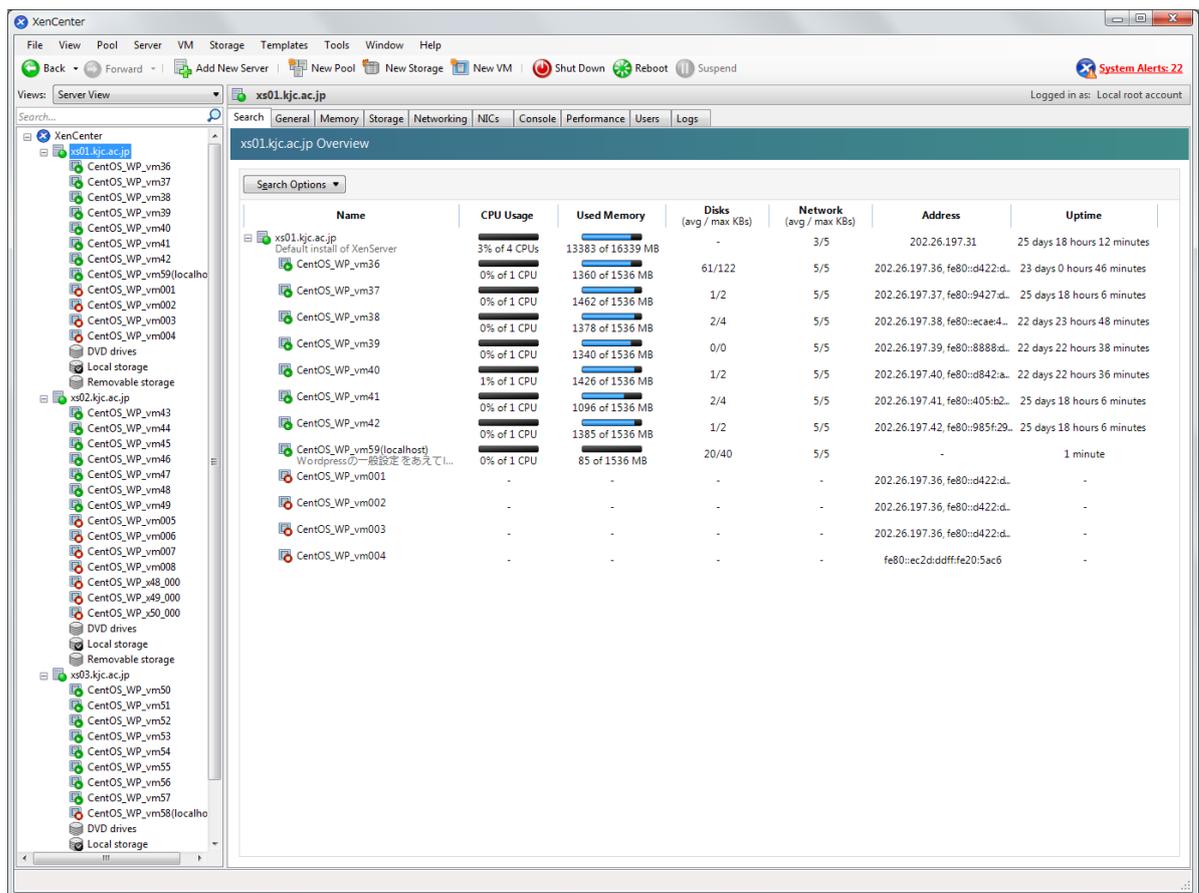


図 4. 9 XenCenter の管理画面

なお、WordPress の一般設定において、図 4. 10 のように WordPress アドレスを DNS で正引きと逆引きができるように、WordPress アドレス (URL) とサイトアドレス (URL) を記入する必要がある。

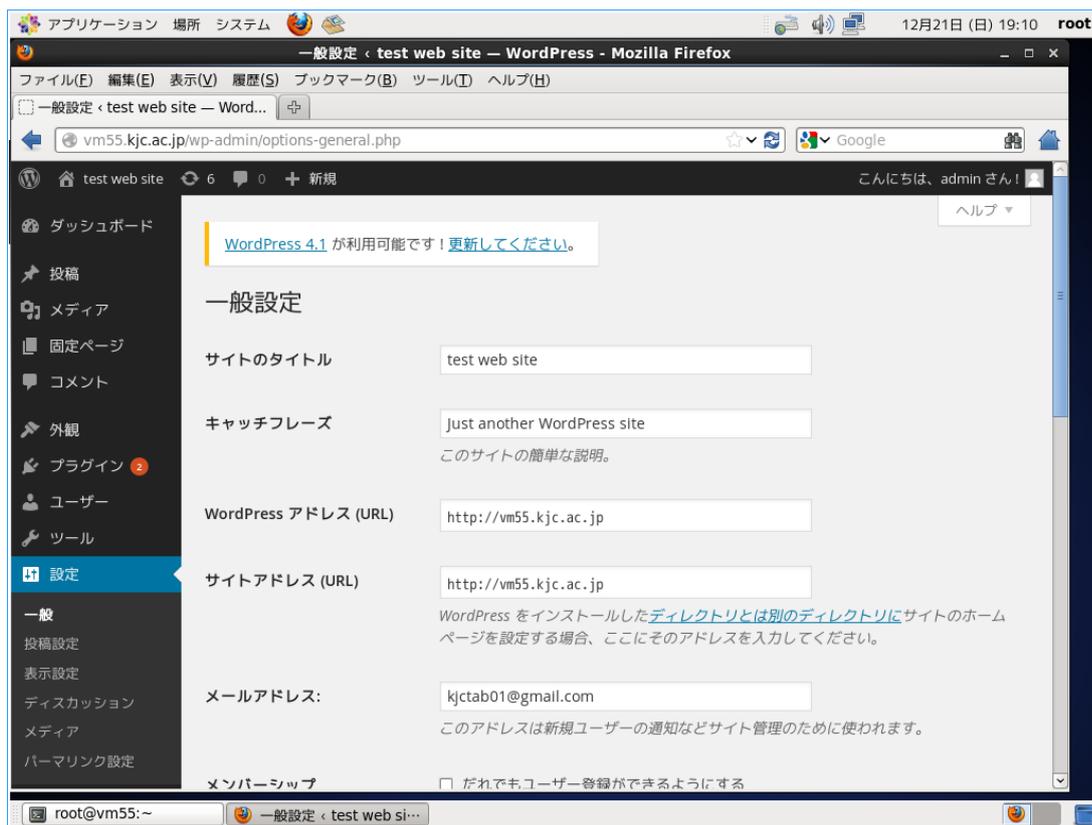


図 4. 10 WordPress でのアドレス等の設定画面

そのため、表 4. 7 に示す仕様の Mac mini Server を使ってセカンダリ DNS を設定し、イントラネット上に設置している。(図 4. 11)

表 4. 7 セカンダリ DNS の基本仕様

製品名	Apple Mac mini Server
CPU	Intel Corei7 (2.3GHz)
Main memory	4 G byte
Hard Disk1	1Tbyte 7.2Krpm SATA
NIC	1000 BASE-TX
OS	OS X 10.8.1
台数	1



図 4. 1 1 セカンダリ DNS の設定状況

学内で稼働している仮想サーバの仕様を表 4. 8 に示す. 分散情報サーバに搭載しているメモリサイズが 16Gbyte であるため, 仮想サーバの設定メモリサイズによって起動可能台数の上限が異なるが, 9 台から 12 台の仮想サーバを稼働させている.

表 4. 8 仮想サーバの基本仕様

	仮想サーバ			
CPU	1 CPU			
Main memory	1024~1536 Mbyte			
Disk	20~70 Gbyte			
NIC	1000 BASE-T			
OS	CentOS 6.5 (32bit)			
Application	PHP, Apache, MySQL GNOME デスクトップ WordPress 4.01			
ディスクパーティション	/boot	200 Mbyte	swap	10G Gbyte
	/	20 Gbyte	/home	5 Gbyte
	/tmp	5 Gbyte	/usr	10 Gbyte
	/var	20 Gbyte		

「Web 制作演習 II」の授業では, 図 4. 1 2 に示すように, 学生ごとに個別に用意している仮想サーバに VNC 接続して, CentOS6.5 の操作と WordPress の基本的な操作を説明した. また, ビジネス向け WordPress テーマである BizVector[7]

をダウンロードして設定する作業も行った。

ここで、システム開発の授業ではなく Web デザインの授業であるので、あらかじめ CentOS6.5 と WordPress をインストールされているディスクイメージをデプロイして良いという意見がある。しかし、WordPress は、製品ではなくオープンソースのブログソフトウェアであるため、バージョンアップの頻度が高く、各社のテーマやプラグイン更新時期との違いから動作可能な組み合わせの選定が比較的難しいシステムである。そのため、最新のバージョンである WordPress4.1 であっても、テーマのバージョンアップが正常に行われないトラブルもあり、OS の操作でテーマフォルダを削除する処置が必要になることもあった。そのため、CentOS6.5 の簡単な操作は学習項目に含めている。

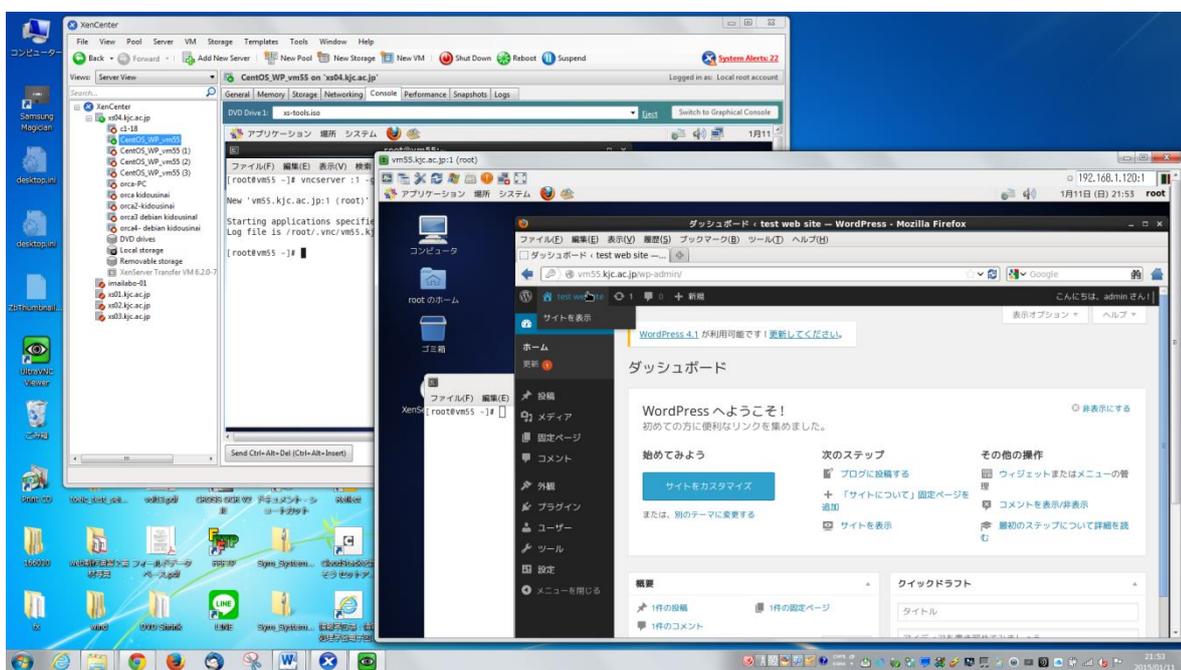


図 4. 1 2 Wordpress の操作 (VNC で仮想サーバに接続した環境)

そして、CentOS6.5 の操作と WordPress の基本的な操作の学習項目の終了後に、図 4. 1 3 に示すように、学生ごとに個別に用意している仮想サーバに Chrome などのブラウザで操作する一般的な運用方法を指導している。

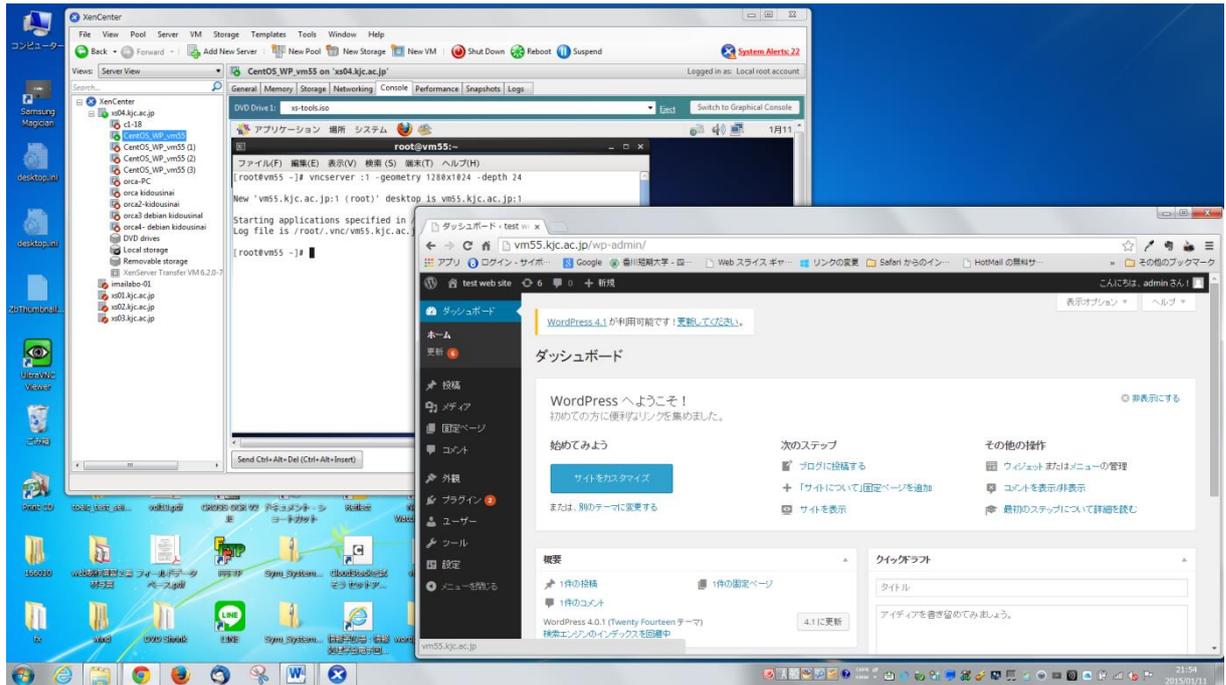


図 4. 13 WordPress の操作 (ブラウザで仮想サーバに接続した環境)

ここで、Web サイトのスケールアウトを実現するためには、自動生成されたインスタンスが並列処理に対応できる必要があるが、ゲームアプリケーションやデータ配信アプリケーションはスケラブルで可用性があるため、比較的簡単に並列処理に移行できる。しかし、企業の基幹業務システムや非定型業務システムでは逐次処理が一般的であるので並列処理用に変換することが難しく、パブリッククラウドへの移行は難しい。

既存の教育支援システムを考えると、逐次処理アプリケーションとスケラブルで可用性があるアプリケーションが混在していることが判る。そのため、それらのアプリケーションを組み合わせたパッケージを pod とし、pod をスケラブルとする方策が考えられる。また、非定型業務アプリケーションは仮想化プログラムで対応し、スケラブルなアプリケーションはクラウド基盤ソフトウェアやパブリッククラウドで対応するというハイブリッドクラウドという方策もある。

最近では、WordPress で制作した Web サイトを AWS に移設して、AWS のオートスケール機能を使ってスケラブルなサイトとすることも可能である。[8]また、Cloud[®]でも Autoscaling のサービスが提供されており[9]、Web デザイン教育支

援の実現には、このような方策を取り入れながらスケールアウトを実現したい
と考える。

参考文献

- [1] Yoshio Moritoh, Yoshiro Imai, Hitoshi Inomo, Shigeaki Ogose, Tetsuo Hattori, Wataru Shiraki : “DESIGN OF A MULTIPLE-SERVER SYSTEM FOR COOPERATIVE LEARNING AND EMERGENCY COMMUNICATION” , Proceedings of the IADIS International Conference on Applied Computing 2010, pp. 209-214, 2010.
- [2] Yoshio Moritoh, Yoshiro Imai, Hiroshi Inomo, Wataru Shiraki : “A Cloud Service on Distributed Multiple Servers for Cooperative Learning and Emergency Communication” , V. Snasel, J. Platos, and E. El-Qawasmeh (Eds.): (Springer-Communications in Computer and Information Science 188) Digital Information Processing and Communications, pp. 377-390, 2011.
- [3] Citrix XenConvert,
<http://www.citrix.com/go/products/xenserver/xenserver-xenconvert-free.html>, (2015年1月5日アクセス).
- [4] 日本医師会 日医標準レセプトソフト ORCA プロジェクト,
<http://www.ORCA.med.or.jp/receipt/>, (2015年1月5日アクセス).
- [5] 森藤 義雄:オープンソースソフトウェア ORCA による医療情報教育システム. 香川短期大学紀要, 第 32 巻, pp. 51-58(2004).
- [6] 森藤 義雄: シンククライアントシステムを利用した情報処理教育システムの構築. 香川短期大学紀要, 第 38 巻, pp. 29-36(2010).
- [7] BizVektor テーマ, <http://bizvektor.com/> , (2015年1月5日アクセス).
- [8] 深海寛信 : AWS でスケーラブル WordPress, WordPress プロフェッショナル養成読本, 技術評論社, pp97-126(2014).
- [9] NTT コミュニケーションズ:Cloudn 活用ガイド, 翔泳社, pp. 81-88(2014).

第5章

集約型教育支援システムの評価

仮想化方式情報サーバを活用した集約型教育支援システムの評価について定量的あるいは定性的に行い、その結果について述べる。

5. 1 協調学習支援[1]

既存の教育支援環境である可視化シミュレータ VisuSim[2] を仮想化し、仮想化ソフトウェアが稼働している物理サーバへ集約し、実際に授業での活用を通じてその評価を実施した。以下ではシミュレータの特徴、仮想化の状況およびその定量的な評価の結果について述べる。

5. 1. 1 可視化シミュレータ

可視化シミュレータ VisuSim は、Web で稼働する Java アプレット版と JavaVM(Virtual Machin)で稼働する Java アプリケーション版を持つ PureJava プログラムである。「計算機アーキテクチャ」の講義において、VisuSim を使うと、次に示すアセンブリ言語で記述された $c = a + b$ のプログラムの動作を画面表示することができる。

```
0:  move 7, GR0
1:  add  8, GR0
2:  move GR0, 9
3:  halt
7:  200
8:  150
9:  ds 1
```

具体的には、図 5. 1 に示すように、 $c = a + b$ のようなメモリ・レジスタ間のデータ転送命令と加算命令で構成され、逐次処理によって、正しく計算が実行でされることを視覚的に示すことができる。

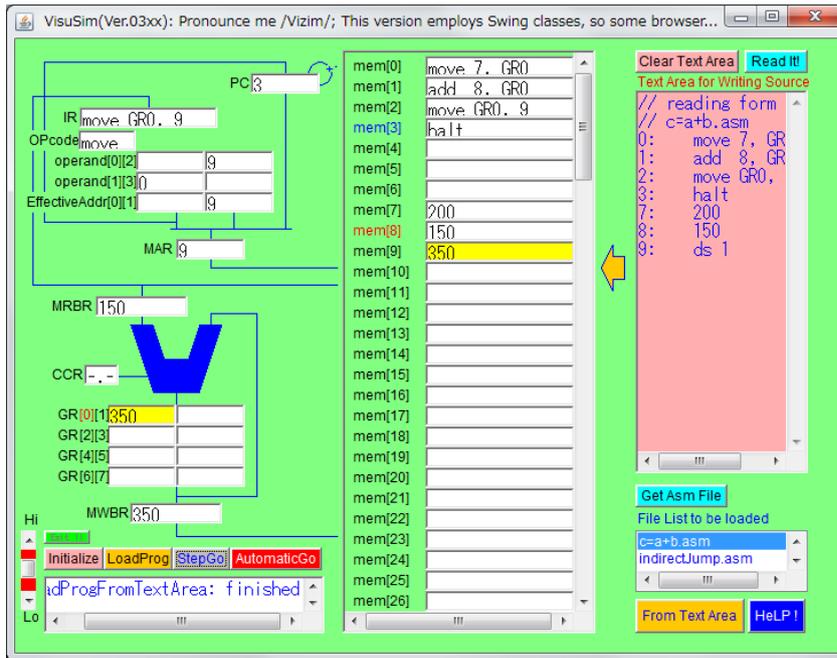


図 5. 1 VisuSim での $c = a + b$ の実行例

(b) 「計算機アーキテクチャ」でのレポートの評価と期末テストの関係

ここでは、2009 年から 2010 年の「計算機アーキテクチャ」の講義において、VisuSim を使ったショートレポート (12 点) を課した。そして、図 5. 2 に示すように期末テスト (100 点) とショートレポート (12 点) の関係について調査し、正の相関性があり、可視化シミュレータを用いて、ノイマン型コンピュータ内部の構造・動作を学習することは、履修者にとって、このテーマの理解を深めることに効果があるといえる。

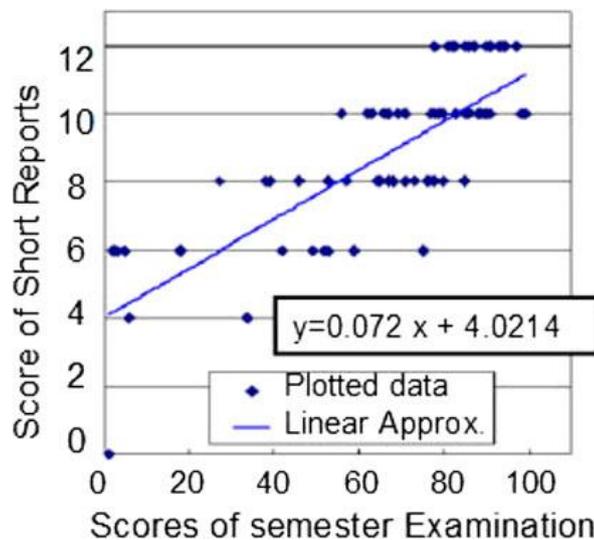


図 5. 2 期末テストとレポートの相関関係グラフ

5. 1. 2 遠隔監視制御システム

集約型教育支援システムには、Web 対応カメラによる遠隔監視制御システムも仮想化して集約している。そして、図 5. 3 に示すように、緊急時にはスマートフォンなどモバイル端末への情報提供を行う。

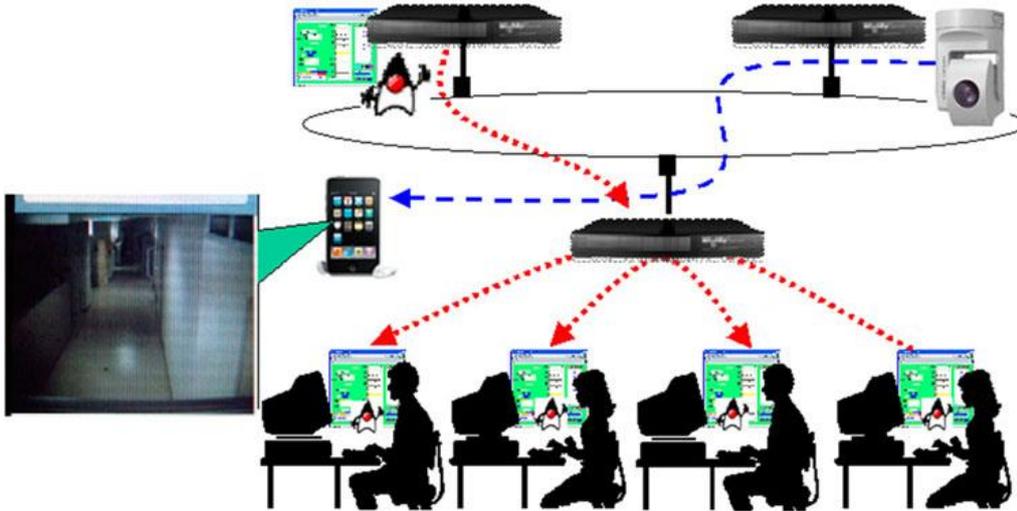


図 5. 3 遠隔監視制御システム

5. 1. 3 協調学習支援における利用効果[2]

可視化シミュレータ VisuSim が協調学習に適用され、統計分析を通じて定量的に評価されており、授業での利用において評価されている。

そこで、この協調学習支援システムにオリジナルの通信機器および(または)情報共有を付加した場合、メンバースペース下で協調学習にある種類の影響を与えるという仮説が考えられる。

ここで、VisuSim は学習者と指導者間などシミュレータ内部状態を含めた情報を相互に交換することができるため、適用分野別の協調学習環境における利用効果がある。協調学習手段としては、ユニキャスト系として電子メール的手法を、ブロードキャスト系(マルチキャスト系)として掲示板的手法としている。表 5. 1 では協調学習環境において、利用者数を 3 つのレベルに大別した際の協調学習手段の利用効果を示す。

表 5. 1 利用人数レベル別の協調学習手段の利用効果

	Unicast (e-mail)	Broadcast (bulletin bord)
小規模レベル(10名以下)	Confirmation of effect	Confirmation of effect
中規模レベル (10名以上で20/30名以下)	It is necessary to be confirmed	Same as in the left
大規模レベル (30名以上)	Only unicast method would be difficult from our experience	It is considered to be useful

ユニキャスト・コミュニケーションにおいて、小規模の協調学習に参加している学習者は、電子メールで送信するため、発言が必要である。マルチキャスト・コミュニケーションは一方向の情報発信に加えて、質問する学習者とそ質問に対する返答する学習者間の情報交換以外に、その議論の過程をメンバー全員に伝える機能がある。協調学習環境において、見込みと期待は情報共有のためのコミュニケーションを達成するのに非常に重要である。

この協調学習支援システムを利用した学生アンケート結果にあるコメントは有用な情報および知識を含んでいる。そこで、このシステムの評価を行なうために、適切なカテゴリーを選択し、ランクを生成することにした。ここで、一般的な企業や機関におけるネットワークとシステム管理プラットフォームの選定で使用される評価基準[3]を参考に、次の6種類の項目に分類した。

操作性： operate easily
 コミュニケーション性： communicate efficiently
 応答性： response quickly
 可視化度： virtualize smoothly
 再現性： reproduct (=repeat) flexibly
 理解度： understand effectively

具体的には、協調学習支援システムを授業で使用し、30名以上の受講者から25名のアンケートを得て、受講者（システムの利用者）のコメントの内容から5件法評価に分類した。この質的評価表を表5.2に示す。ここで、アンケートの数値は、レベルを意味し、‘1’（最小のレベル）から‘5’（最大限のもの）でランク付けしている。

表 5. 2 協調学習支援システムの学生からの評価

	operability	communicability	responsiveness	visuality	reproducibility	understanding
S1	3	4	3	4	4	4
S2	3	4	3	4	4	4
S3	3	4	3	5	4	4
S4	3	4	3	5	5	5
S5	5	5	5	5	5	5
S6	2	3	3	3	3	3
S7	3	4	2	4	4	4
S8	4	5	4	5	5	5
S9	2	4	2	4	4	4
S10	2	3	2	3	3	3
S11	2	2	2	2	2	3
S12	4	4	4	5	4	4
S13	3	4	3	4	4	4
S14	4	4	4	4	4	4
S15	3	4	3	4	4	4
S16	3	4	3	4	4	4
S17	2	3	2	3	3	3
S18	2	3	3	3	3	3
S19	3	3	2	3	3	3
S20	4	5	4	5	5	5
S21	3	4	3	4	4	4
S22	2	3	2	3	3	3
S23	4	5	4	5	5	5
S24	2	3	2	3	3	3
S25	3	4	3	4	4	5
Avg	3.00	3.84	2.96	3.92	3.84	3.92

そして、この6種類の項目の平均値をレーダ・チャートでグラフ化したものを図5.4に示す。

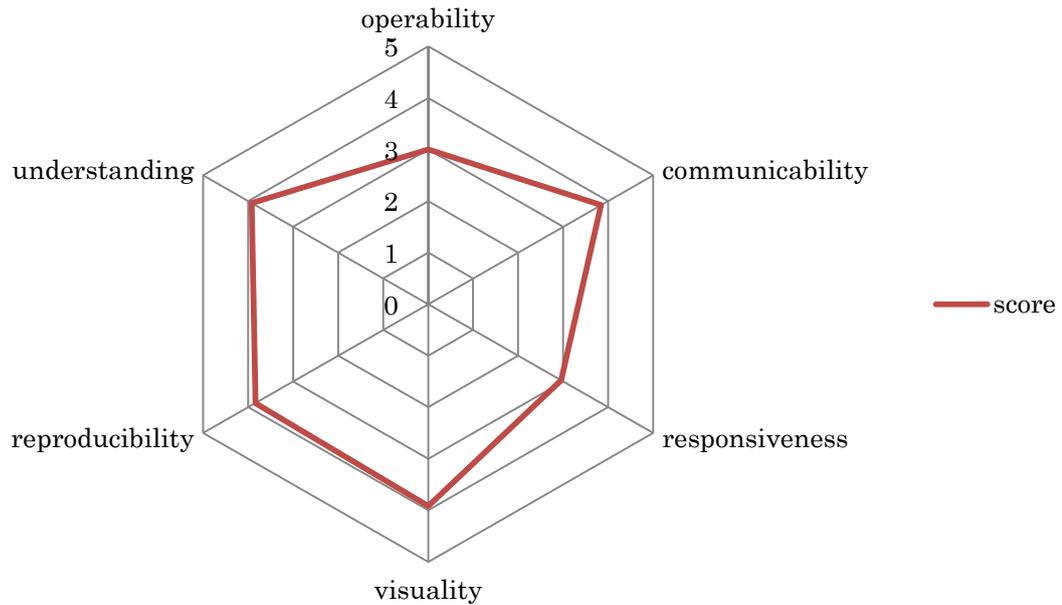


図5. 4 基準によりランク付けされた数値によるシステムの評価

次に，‘communicability’ について Student の t 検定を行う．協調学習には ‘communicability’ が重要なので，今回のシステムが実際の授業でこの機能を実装しており，有用であることを示す．最初に，「今回のシステムは，‘communicability’ が良くない」という帰無仮説 (null hypothesis H_0) を考える．統計解析では次のようになる．

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\sqrt{s^2 / n}}$$

ここで， \bar{X} は，標本平均であり， μ は母平均 (=3) であり， s^2 は標本の分散， n は標本数 (=25) である．表5. 2 から， $\bar{X}=3.84$ ，標準偏差 $s = \sqrt{s^2}=0.80$ で

あり， $n=25$ ， $\sqrt{n} = 5.0$ である．

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\sqrt{s^2 / n}} = \frac{3.84 - \mu}{0.80/5.0}$$

μ を 3.00 とすると， $t=5.25$ になる．標本数 n から，自由度は $n-1$ (=24)

となる。統計分布の 5%の点 ($\alpha = 0.025$) では $t_{\alpha=0.025}(24) = 2.064$ となる。このことで、先の帰無仮説 H_0 が棄却されることから、受講生からは「分散情報サーバにより提供される協調学習システムは ‘communicability’ が良い」と評価されていることが確認できた。

次に、‘understanding’ についても Student の t 検定を行う。同様に、「今回のシステムは、‘understanding’ が良くない」という帰無仮説 (null hypothesis H_0) を考える。

表 5. 2 から、 $\bar{X}=3.92$, 標準偏差 $s=\sqrt{s^2}=0.76$ であり、 $n=25$, $\sqrt{n} = 5.0$ である。

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\sqrt{s^2 / n}} = \frac{3.92 - \mu}{0.76/5.0}$$

μ を 3.00 とすると、 $t = 6.05$ になる。このことで、先の帰無仮説 H_0 が棄却されることから、受講生からは「分散情報サーバにより提供される協調学習システムは ‘understanding’ が良い」と評価されていることも確認できた。

そして、5つの基準である ‘operability’, ‘communicability’, ‘responsiveness’, ‘productibility’, ‘understanding’ は、そのままシステムを評価するための合理的な項目として使用できるが、‘visuality’ は、視覚の教育的なツールのための項目のために今後は ‘visibility’ のような項目と入れ替えることなども検討すべきと考えられる。

5. 2 Web デザイン教育支援

Web デザイン教育支援としては、学生が使用する WindowsPC から VNC を起動し、個別に指定している仮想サーバに接続して、CentOS6.5 と WordPress の基本的な操作を体験し、その後最終課題の作成を行った。

学生は、Mac と WindowsPC の利用経験はあるが CentOS の操作経験がなく、GUI (Graphical User Interface) に慣れている学生のみである。そのため、CUI (Character User Interface) も含めて Wordpress のインストール作業やフォルダの操作を含めた指導を行った。

図 5. 5 に XenCenter の管理画面を示す。左側に 3 台の物理サーバが表示されており、その下に仮想サーバの動作状況が判り、仮想サーバの console をクリックすることで仮想サーバのデスクトップが表示される。

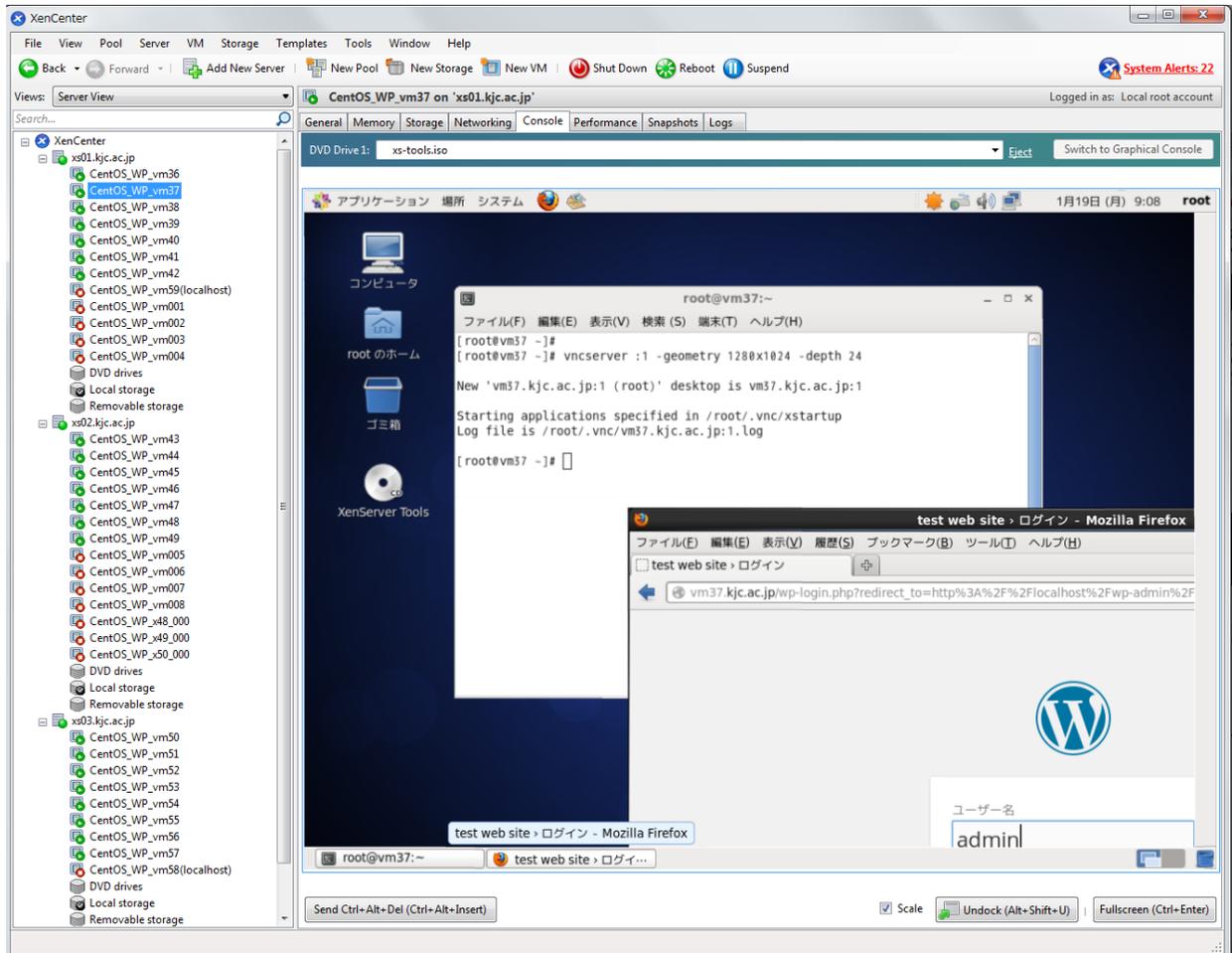


図 5. 5 XenCenter の管理画面

27 回目以降の授業では、学生に個別に指定している仮想サーバに Chrome などのブラウザから操作する一般的な運用方法を指導し、最終課題の作成を行った。

30 回目の授業で次のアンケートを取り（詳細を付録 B に示す），回答を表 5.3 のように集計した。

使いやすさ (VNC) : operability・responsiveness (DaaS)
 使いやすさ (ブラウザ) : operability・responsiveness (SaaS)
 学習意欲 (VNC による利用) : motivation to learn (DaaS)
 学習意欲 (ブラウザによる利用) : motivation to learn (SaaS)
 XAPP の操作について : operability・responsiveness XAMPP
 WordPress について : operability WordPress

表 5.3 学生からの評価

	operability・responsiveness Q 1 (DaaS)	operability・responsiveness Q 2 (SaaS)	motivation to learn Q 3 (DaaS)	motivation to learn Q 4 (SaaS)	operability・responsiveness XAMPP Q 5.	operability WordPress Q 6.
S1	3	3	3	3	3	3
S2	3	4	3	4	2	3
S3	3	3	5	5	3	3
S4	4	4	5	5	2	2
S5	4	4	5	5	5	5
S6	3	3	4	4	2	2
S7	3	3	4	3	5	4
S8	4	4	3	3	4	3
S9	4	4	5	5	2	5
S10	3	4	4	4	5	3
S11	4	3	4	5	4	5
S12	3	3	4	4	2	2
S13	5	5	5	5	3	3
S14	4	4	4	4	2	3
Avg	3.57	3.64	4.14	4.21	3.07	3.29

学生のアンケートのコメントには、「仮想サーバという知識がなかったため、

今回少しでも学ぶことができ、よかったと考える。もっと知りたかった.」, 「解る所と、難しい所がありました」などの記述があり、Webデザインの授業を通して仮想化についての興味を持たせることができたと考える。

そして、この6種類の項目の平均値をレーダ・チャートでグラフ化したものを図5. 6に示す。

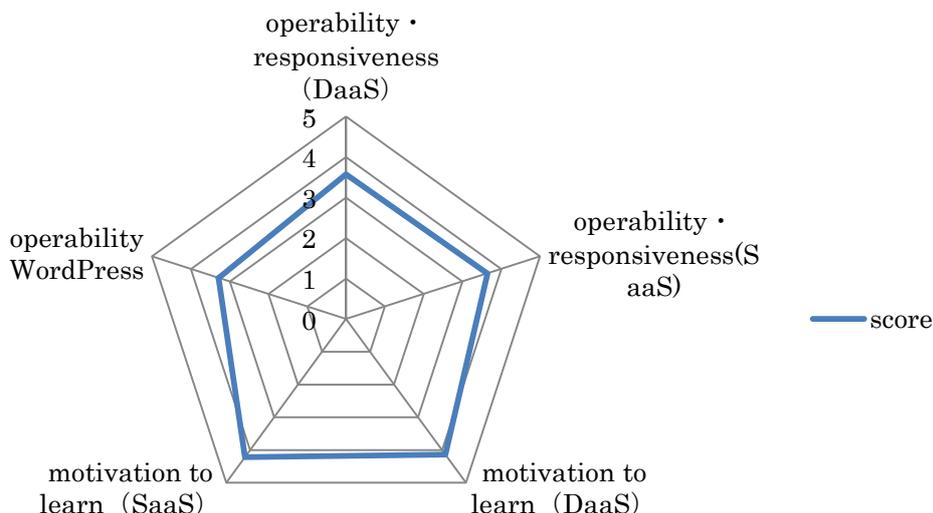


図5. 6 基準によりランク付けされた数値によるシステムの評価

同様に、‘operability・responsiveness (DaaS)’ について Student の t 検定を行う。仮想環境では ‘operability・responsiveness (DaaS)’ に関するユーザの受け止め方が重要であると考え。そこで、今回のシステムが実際の授業で有用であることを以下のような検定を用いて確認する。最初に、「今回のシステム ‘operability・responsiveness (DaaS)’ が良くない」という帰無仮説 (null hypothesis H_0) を考える。統計解析では次のようになる。

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\sqrt{s^2 / n}}$$

ここで、 \bar{X} は、標本平均であり、 μ は母平均 (=3) であり、 s^2 は標本の分散、 n は標本数 (=14) である。表5. 3から、 $\bar{X}=3.57$ 、標準偏差 $s = \sqrt{s^2} = 0.62$ で

あり, $n=14$, $\sqrt{n} = 3.74$ である.

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\sqrt{s^2 / n}} = \frac{3.57 - \mu}{0.62/3.74}$$

μ を 3.00 とすると, $t = 3.44$ になる. 標本数 n から, 自由度は $n-1 (=13)$ となる. 統計分布の 5% の点 ($\alpha = 0.025$) では $t_{\alpha=0.025}(14) = 2.16$ となる. このことで, 先の帰無仮説 H_0 が棄却されることから, 受講生からは「分散情報サーバにより提供される協調学習システムは ‘operability・responsiveness (DaaS)’ が良い」と評価されていることが確認できた.

今回のアンケート結果から, 従来の XAMPP を使った実習環境の評価が 3.07 であり, 今回のシステムの評価が 3.57 と 3.64 のため実習環境としては改善されたと判断する. また, 今回の実習環境で学習することで, 学習意欲が向上したという評価が 4.14 と 4.21 であり, このことから受講者はこのシステムを高く評価していると考ええる.

ここで, Web デザイン教育支援の環境そのものには ‘communicability’ の機能が無いため, 同じ物理サーバ内に集約されている OpenPNE や OpenGorotto などの SNS を利用してトピックを立てるなどの対策 [4] が有用であることが確認できたと考える.

5. 3 集約型教育支援システム

この集約型教育支援システムは, 仮想化ソフトウェアを導入した分散情報サーバをクラウド基盤ソフトウェアで集約したシステムである. このシステムは前述のように本学の地域貢献に関わる情報システムと教育システムを仮想化して分散情報サーバに集約し, パブリッククラウドへの連携を想定したクラウド基盤ソフトウェアでパッケージングしている.

ここで使用している XenServer と CloudStack には製品版があり, ベンダや Sier (System Integrator) から, 仮想化ソフトウェアを導入したサーバやクラウド基盤ソフトウェアを導入したサーバ群の環境のみは購入することが可能で

あり、関係するシステム開発を依頼することも可能である。

本システムは小規模教育機関で運用するための実践的なプラットフォームであり、地方の小規模教育機関におけるパブリッククラウド移行の前段階としてのクラウド化パッケージングの提案でもある。そのため、プラットフォームの評価基準としては、Service/Economies 評価基準の面からも評価する必要がある。[3]すなわち、製品の有効性情報、実施の柔軟性、構成のモジュラリティー、特定の顧客ニーズによってプラットフォーム構成要素機能をカスタマイズする作業の容易さ、製品品質を保証するために文書化されたテストに関する保証、製品保証の期間等の項目がある。また、カスタマーサービスのレベル、プラットフォームと関連アプリケーションに関する価格情報の項目がある。すなわち、プラットフォームの評価において、製品品質と導入費用を反映する必要があり、サービスと経済学基準無しで考えることはできない。

そこで、集約型教育支援システムについても、文献[3]に従って次の7項目を選定した。

(1) **Flexibility/Modularity**

“Plug and play” framework management services.
Fast reconfiguration capabilities.
Modular upgrade (versions, MIBs).
Capacity limits (hardware card slots, addresses).

(2) **Product availability**

Version, release, patches.
Beta test availability.
Selected partners availability.
General availability.
Packaging options.

(3) **Customizing**

GUI display (maps, submaps, symbols, icons).
Events/alarms filters
Platform core management services.
Management report generation.
Platform core and external applications.

(4) **Quality assurance**

Internal vendor testing.
Independent lab conformance testing. Beta testing with partners participation.
Interoperability testing results.
Acceptance testing conditions.

Installation conditions.

(5) **Warranty**

Full warranty, limited warranty.
Performance indicators.
Workaround solutions.
Future versions upgrades.
Maintenance policy.

(6) **Customer service support**

Continuous service providers, locations, hours.
Help desk service availability.
Remote diagnostic capabilities.
Documentation and training

(7) **Pricing**

Unbundled pricing, packaging options.
Discounts, spare parts.
License fees and license policies.
Additional applications costs.
Installation cost
Maintenance cost.

代表的なベンダのプライベートクラウド製品と教育機関の事例を
Service/Economics 評価基準の一部の項目で比較した内容を表 5. 4 に示す.

表 5.4 プライベートクラウド(オンプレミスでの仮想化プラットフォーム)

システム名 または製品名	ベンダ等	ハードウェア システム構成等	Product availability	Pricing
集約型教育 支援システム	本研究	<ul style="list-style-type: none"> • HP DL320e 等 10 台 (コンピューティングノード 9 台 iSCSI ストレージノード 1 台) 1 vCPU 1~4 Gbyte メモリ 40~100 Gbyte ユーザ ストレージ • DesktopPC 1 台 <p>仮想サーバ数 77 台 8 インスタンス×3 台=24 台 8 インスタンス×2 台=16 台 7 インスタンス×1 台=7 台 10 インスタンス×3 台=30 台 (管理用インスタンスを除く)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • CloudStack • XenServer • NexentaStor 	210 万円 2011 年 9 月 ~
Cloud Platform Suite R4.1	NEC	<ul style="list-style-type: none"> • Express5800 • iStorage M310 	<ul style="list-style-type: none"> • VMware vSphere 5.5 • NetBackup 7.6 • Windows Server 2012 R2 Hyper-V 	890 万円~ 2014 年 10 月 28 日 [5]
Red Hat Cloud Infrastructu re	Red Hat	<ul style="list-style-type: none"> • 2CPU ソケットサーバ 10 台 	<ul style="list-style-type: none"> • OpenStack • Red Hat Enterprise Linux 無制限ゲスト 	597.8 万円/年 ~ [6]
CloudsBox	クリエーシ ョンライン	<ul style="list-style-type: none"> • マネジメントサーバ 1 台 • コンピューティングノード 2 台 • NFS ストレージノード 1 台 • 管理用スイッチ 1 台 • Dell PowerEdge R620 仮想サーバ数 20 台 	<ul style="list-style-type: none"> • Citrix CloudPlatform • KVM 	598 万円~ 2013 年 8 月 12 日 [7]
Cloud System ENABLER	SCSK	<ul style="list-style-type: none"> • HP ProLiant Generation 8 • Arista 7000 シリーズ <p>仮想サーバ数 20 台 (32Core)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Citrix CloudPlatform • XenServer • VMware vSphere • USIZE 	495 万円~ 2012 年 10 月 16 日 [8]
北海道大学 アカデミック クラウド	日立製作所	<ul style="list-style-type: none"> • BS2000 114 台 • AMS2000 シリーズ <p>仮想サーバ数 2000 台以上</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Citrix CloudStack • XenServer 	2011 年 11 月 1 日 [9][10]
東京電機大学	キャノン ITS	<ul style="list-style-type: none"> • Cisco IA サーバ • Nexus シリーズ • EMC VNX シリーズ 	<ul style="list-style-type: none"> • Vblock 300 VMware vSphere 	2011 年 12 月 19 日 [11]

また、パブリッククラウドにおける比較を表5. 5に示す。

表5. 5 パブリッククラウド

ベンダ等	製品名	ハードウェア	Product availability	startup Pricing
富士通 ヴェム ウェア等	東京電機大学 パブリックク ラウド	・富士通データセンター 仮想デスクトップ 1000 台	仮想デスク トップ環境 VMware View	2012年4月19 日 [12]
AWS	Amazon WorkSpaces	東京リージョンの場合 1 vCPU 2 Gbyte メモリ 10 Gbyte ユーザーストレージ サポート OS ・Microsoft Windows 7 ・Microsoft Windows 8 ・Apple Mac OS X (10.8.1 以降) 利用可能クライアントタブレット ・Apple iPad 2 (iOS 7.0 以降) ・Apple iPad Retina (iOS 7.0 以降) ・Kindle Fire HDX ・Kindle HD 7 ・Samsung および Nexus タブレット (Android バージョン 4.2 以上) ・Android バージョン 4.2 を実行して いる他の一般的な Android タブレッ ト ・高解像度 デュアルモニタサポート	仮想デスク トップ環境 Amazon WorkSpaces	34\$/月 +15\$/月 (Microsoft Office Professional 2013) [13]
AWS	EC2 (Amazon Elastic Compute Cloud)	東京リージョンの場合 1 vCPU(t2.micro) 1 Gbyte メモリ 8 Gbyte インスタンスストレージ	Amazon Linux AMI	0.02\$/1 時間 [14]

本研究の集約型教育支援システムでは、現在、54 台の外部公開可能な仮想サーバと、学内に限定した 36 台の仮想サーバを運用して、地域貢献のための情報発信サーバと学内の教育用サーバとして稼働している。ここで、それぞれのクラウドプラットフォームにおける仮想サーバ 1 台当たりの費用では、本システムが最も安価であり、仮想サーバの仕様（内臓メモリサイズ、内臓ディスクサイズ等）について他のプラットフォームよりも価格性能比が高い。そのことから、システム管理プラットフォームの評価項目である Pricing についても本シ

システムが優位であると考える。

5. 4 分散情報サーバでのライブマイグレーション

物理サーバを仮想サーバに変換して分散情報サーバに集約することで、物理サーバの削減と維持管理コストの削減およびシステムの信頼性向上のメリットがある。このシステムの維持管理に有用な機能の1つにライブマイグレーションがある。ここでライブマイグレーションとは、物理サーバ上で稼働している仮想サーバを別の物理サーバに稼働中に移動させる操作を示し、XenServer では標準でこのライブマイグレーション機能が利用できる。[15] (図5. 7)

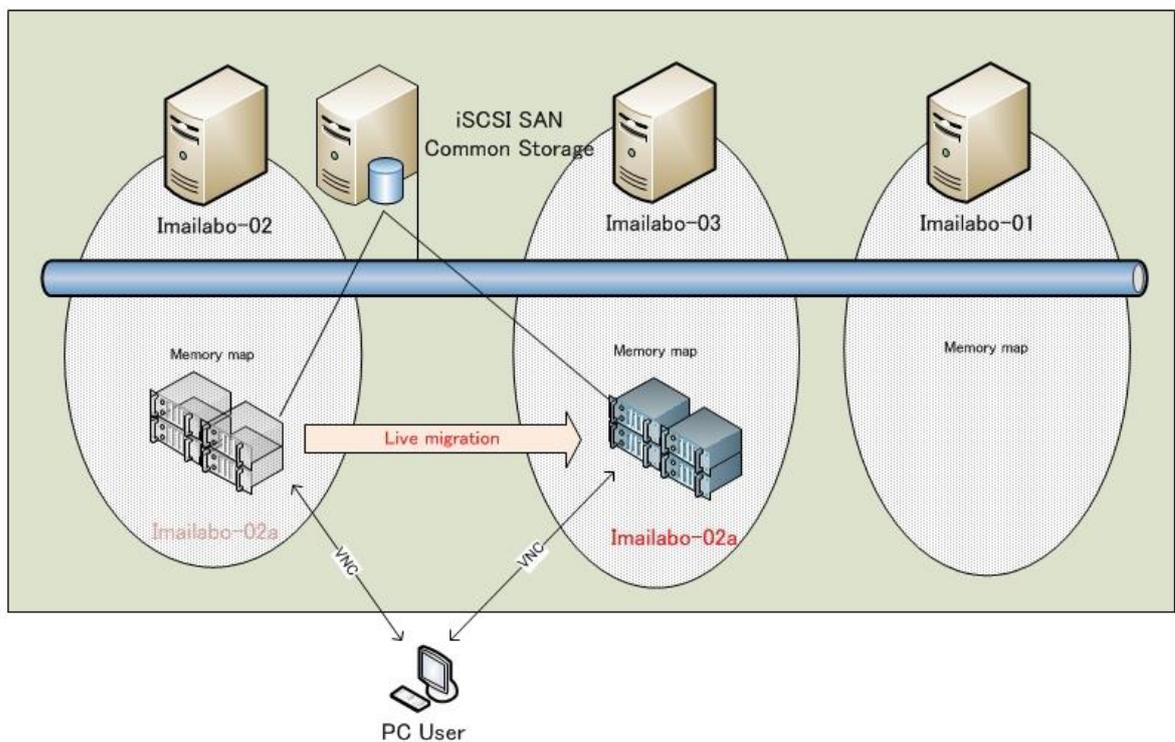


図5. 7 ライブマイグレーション操作

そこで、集約型教育支援システムでのライブマイグレーションの動作を次に示す。

このシステムの構成要素である表 4. 1 の仕様の分散情報サーバ 1 である imailabo-02 には, imailabo-02a と imailabo-02b および imailabo-02c という 3 台の仮想サーバが稼働している。(図 5. 8)

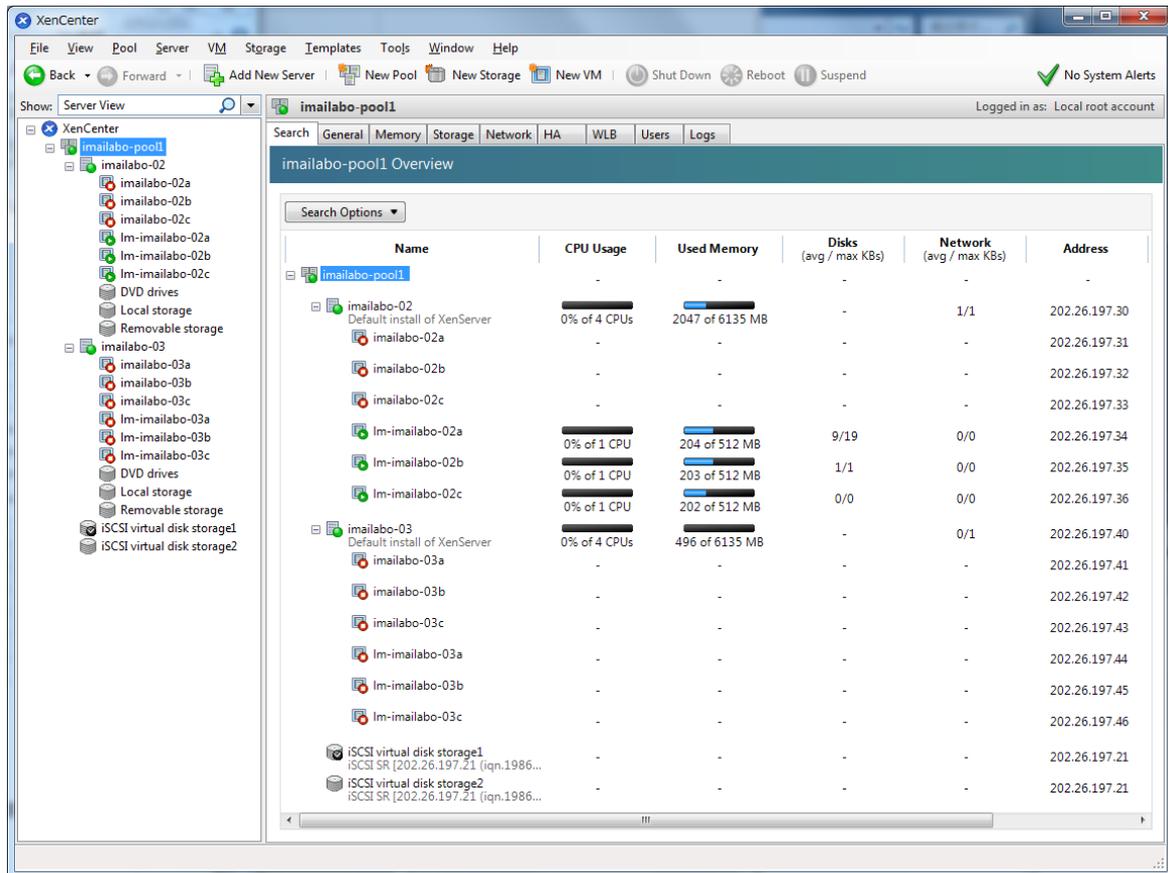


図 5. 8 ライブマイグレーション前の分散情報サーバの状態

それぞれの仮想サーバにはクライアント PC から VNC で接続しており, エディタで文書を編集中である。(図 5. 9)

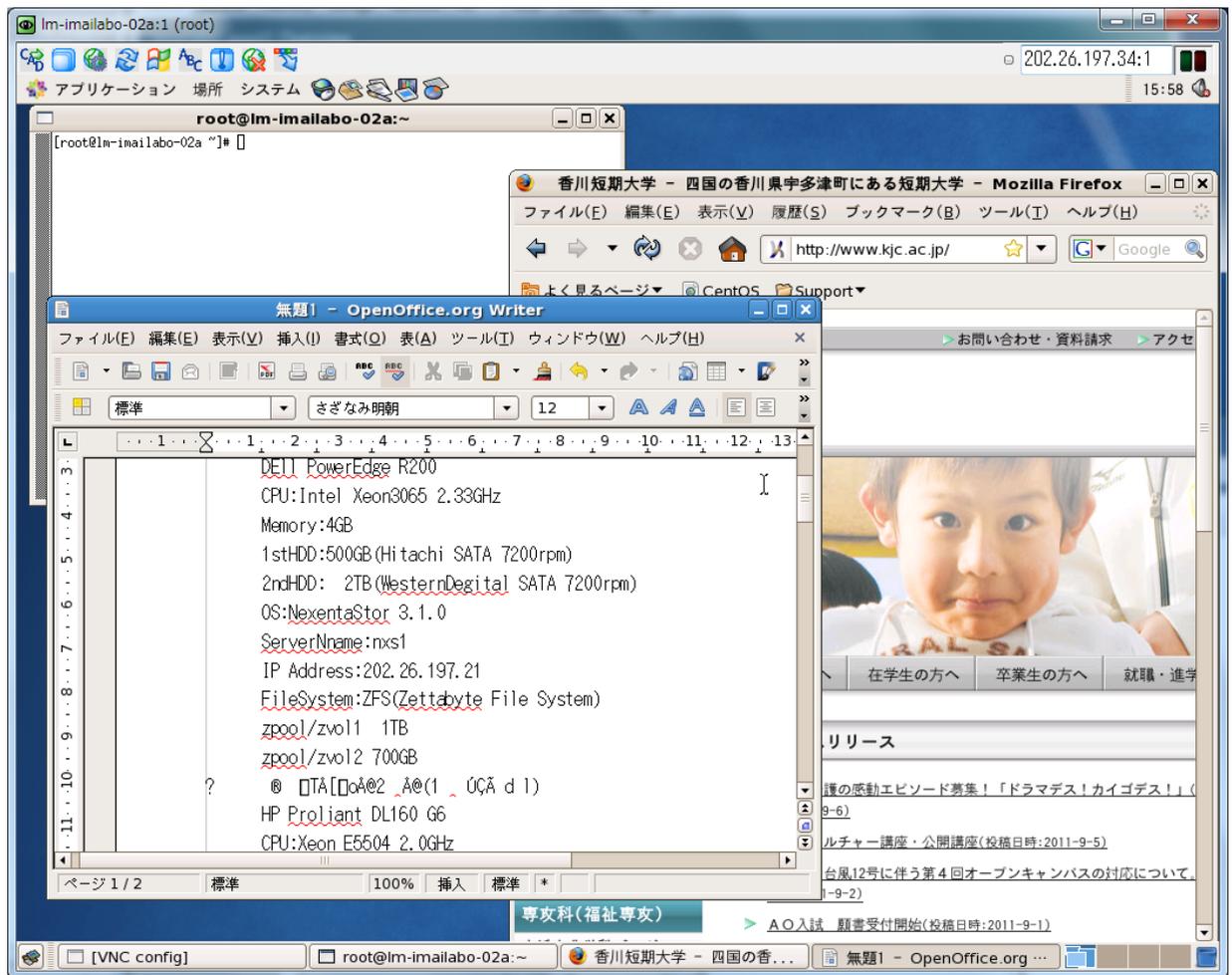


図 5. 9 クライアント PC からの操作状況

ここで、imailabo-02 の物理サーバを停止させるので、稼働している仮想サーバを全て、imailabo-03 の物理サーバにライブマイグレーションする。この手順と処理時間を次に示す。

手順 1 : 物理マシンである imailabo-02 内で稼働している 3 台の仮想サーバについて、マイグレーション操作を行う。(図 5. 10)

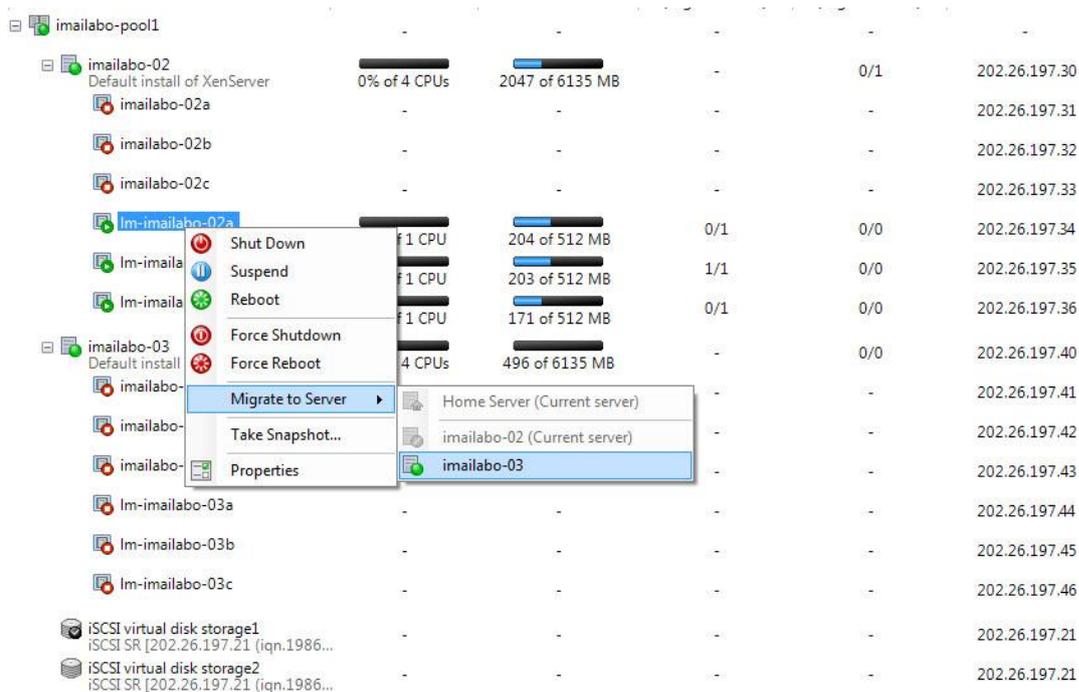


図 5. 10 ライブマイグレーション操作

手順 2 : 3 台の仮想サーバが物理マシンである imailabo-03 にライブマイグレーションされる。(図 5. 11)

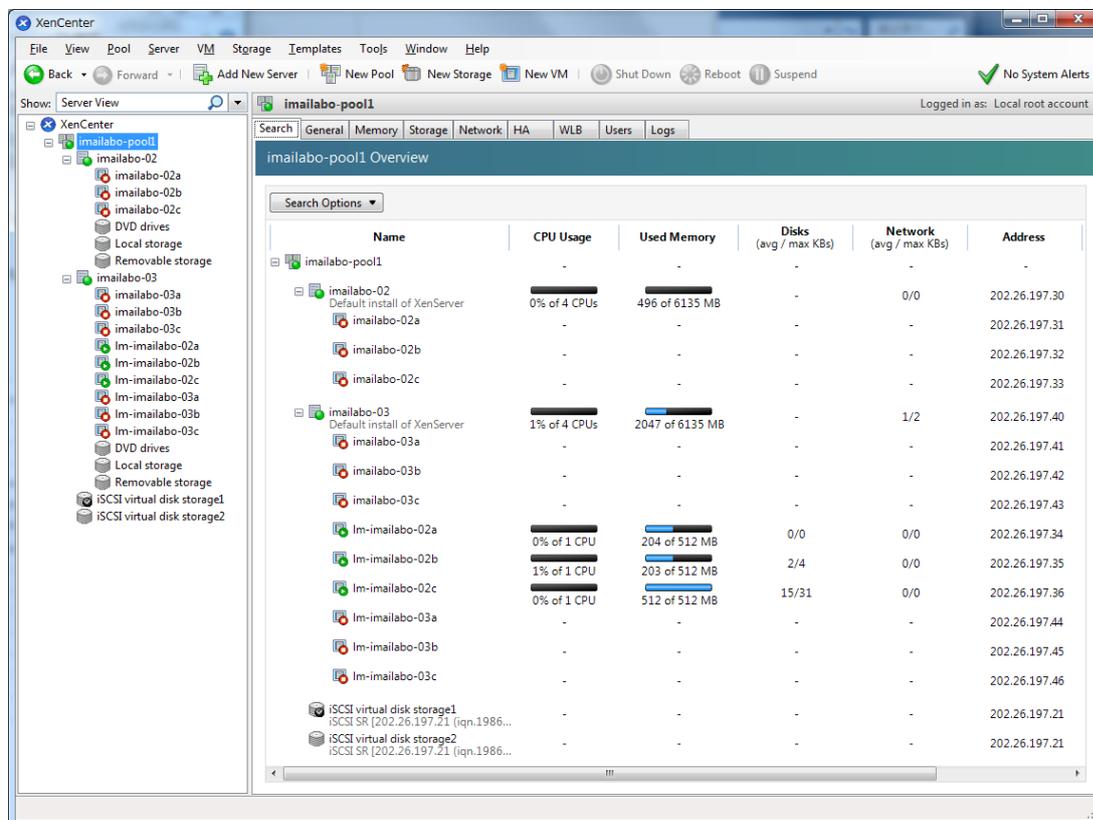


図 5. 11 ライブマイグレーション後の分散サーバの状態

今回のライブマイグレーション処理時間を表 5. 6 に示す. このライブマイ

グレーション操作において、クライアント PC でのエディタ動作が一時停止したがすぐに再開され、ユーザから見ると違和感がなく、操作を継続することができた。

表 5. 6 ライブマイグレーション時間

マイグレーション操作	ライブマイグレーション時間
Migrating VM 'lm-imailabo-02a' from 'imailabo-03' to 'imailabo-02'	18 秒
Migrating VM 'lm-imailabo-02b' from 'imailabo-03' to 'imailabo-02'	19 秒
Migrating VM 'lm-imailabo-02c' from 'imailabo-03' to 'imailabo-02'	19 秒

このことから本システムは、分散情報サーバのメンテナンスによる停止においても代替の物理サーバに容易にインスタンスを移行させることができることが判る。そして、これらの仮想サーバはディスクイメージ単位で容易にバックアップすることができ、バックアップしたディスクイメージファイルは、他の物理サーバへ簡単に移行可能である。そのため、システム管理プラットフォームの評価項目である Robustness についても、要件を満たしていると考えられる。

参考文献

- [1] Yoshio Moritoh, Yoshiro Imai, Tetsuo Hattori : “Evaluation for distance learning scheme on distributed multiple server system” , International Journal of Artificial Life and Robotics, Volume.19, Issue.1, pp.61-67(2014).
- [2] Imai Y, Kaneko K, Nakagawa M : Application of a visual computer simulator into collaborative learning, JJ Comput Inf Technol ,14(4), pp.267-273(2006).
- [3] Iosif G. Ghetie : Management platforms evaluation criteria. In: Networks and systems management-platforms analysis and evaluation. Springer, pp.429-451(1997).
- [4] 久保田賢一:高等教育におけるつながり・協働する学習環境デザイン, pp.217-237(2013).
- [5] NEC が SDN に対応した仮想化・クラウドサービス基盤の新製品「Cloud Platform Suite R4.1」を発売する. 2014 年 10 月 28 日, <http://jpn.nec.com/cps/>, (2015 年 1 月 5 日アクセス).
- [6] レッドハット OpenStack 関連の新製品を発表 Red Hat Enterprise Linux 製品の拡充と新ソリューションによりデータセンターの仮想化から IaaS への移行を支援 , <http://www.redhat.com/ja/about/press-releases/red-hat-japan-openstack-powered-product-offerings-to-deliver-on-open-hybrid-cloud-vision>, (2015 年 1 月 5 日アクセス).
- [7] 高機能アプライアンス型プライベートクラウドをオールインワンパッケージで提供開始-中小規模のプライベートクラウドが手軽に導入可能に, <http://www.creationline.com/news/3235>, (2015 年 1 月 5 日アクセス).
- [8] CloudStack 採用のプライベートクラウド専用機, <http://www.scsk.jp/product/common/cloudsystem/>, (2015 年 1 月 5 日アクセス).
- [9] CITRIX お客様導入事例 国立大学法人北海道大学, http://www.citrix.co.jp/solutions/casestudy/company/hokkaido_univ.html, (2015 年 1 月 5 日アクセス).
- [10] 国内最大規模の学術クラウドシステム「北海道大学アカデミッククラウド」を全国の大学研究者に向け, サービス提供開始, <http://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2011/10/1031.html>, (2015 年 1 月 5 日アクセス).
- [11] 東京電機大学が ICT 基盤に仮想化・クラウド基盤パッケージを導入「Vblock 300」を採用, <http://www.canon-its.co.jp/company/news/20111219vblock.html>, (2015 年 1 月 5 日アクセス).
- [12] 東京電機大学 クラウドで先進的な情報教育環境を構築, <http://www.vmware.com/jp/company/news/releases/fj-tdu-12q2>, (2015 年 1 月 5 日アクセス).
- [13] Amazon WorkSpaces 料金表,

<http://aws.amazon.com/jp/workspaces/pricing/>,
(2015年1月5日アクセス).

[14] Amazon EC2 料金表,

<http://aws.amazon.com/jp/ec2/pricing/>,
(2015年1月5日アクセス).

[15] 吉田柳太郎, 中嶋一樹: 仮想化 OS XenServer の基礎と活用, CQ 出版,
pp. 105-107 (2008).

第6章 おわりに

本研究のまとめと今後の課題を次に述べる.

6. 1 本研究のまとめ

本研究では, 協調学習支援と Web デザイン教育支援を事例として, サーバ仮想化プログラムによって構築された分散情報サーバを活用した集約型教育支援システムの構築と質的・量的アプローチによる評価の概要を示した. 本研究のまとめを次に示す.

- (a) 仮想化方式情報サーバを活用した集約型教育支援システムの構築方法を提案・構築し, 実際の学習システムで実践して評価した.
- (b) 実際の授業での質的と量的アプローチによる定性分析を行った.
- (c) システムの評価のためにコメントを数値化したレーダ・チャートを用い, 集約型教育支援システムが提供する機能の種類とシステムの観察可能な特徴を示すことができた.
- (d) 本システムで学習することで, 学習意欲が向上したという結果を確認できた.
- (e) 本研究の集約型教育支援システムでは, システム管理プラットフォームの評価項目である Product availability・Pricing・Robustness についても優位であることを確認できた.
- (f) 統計分析の t 検定は, このシステムが重要かどうかを確認することができる. そこで t 検定により, 今回のシステムが重要であることを確認できた.

6. 2 今後の課題

本システムは小規模教育機関で運用するための実践的なプラットフォームであり, オンプレミスで複数の情報システムを運用している組織におけるクラウド基盤への移行方法の提案であり, ハイブリッドクラウドシステムの提案でもある. 今後の課題を次に示す.

- (a) ルータを経由した別セグメントへのマイグレーションや WAN を経由したマイグレーションについては、ネットワーク共有ストレージの配置問題や IP アドレスのルーティング問題があるため、継続して対策を考えたい。
- (b) 現在稼働中の仮想マシンを、CloudStack を採用しているベンダのパブリッククラウド基盤に移行する方法を検証していきたい。
- (c) 企業での導入実績の多い VMware をハイパーバイザとした場合の検証を行っていきたい。
- (d) Web デザイン教育支援においては 1 人 1 台の Web サイトの構築を前提としているため、今後は 1 人複数台という仮想サーバをスケールアウトするような教育課題の実習環境の検証を行っていきたい。

本システムは、既存の情報システムを仮想化して長期的に利用することを目的の 1 つとしている。そのため、既存の教育支援システムの本システムへの移行作業を進めて授業での利用検証を行いながら、地域におけるクラウド化の一助となるよう実践研究を継続していきたい。

謝辞

本研究を遂行し論文をまとめるにあたり、多くのご支援とご指導を賜りました。ここに深く感謝いたします。

指導教官である香川大学工学部 今井慈郎教授からは、終始あたたかい激励とご鞭撻をいただきました。そして、研究活動全般にわたり格別なるご指導とご高配を賜りました。本研究を遂行することができ成果を論文にまとめられたのは、今井教授が辛抱強く見守ってくださり、常に研究計画・推進にあたり懇切なるご指導とご助言をいただいたからに他なりません。また、研究者の先輩としてだけでなく、人生の先輩としても様々なことを教えていただきました。心より御礼申し上げます。

本研究を遂行するにあたり、大変お忙しい中、貴重なお時間を割いていただき、論文の内容に関して有益なご助言をいただいた、香川大学工学部 服部哲郎教授、生越重章教授、井面仁志教授に心より感謝申し上げます。先生方のご助言により、本論文の完成度が高まりました。

本研究に多くのご指導をいただいた香川大学危機管理研究センター長 白木渡先生、社会連携・知的財産センター教授 倉増敬三郎先生、独立行政法人科学技術振興機構小倉長夫先生（JST イノベーションサテライト徳島・科学技術コーディネータ）に感謝いたします。そして、医療事務系を目指す学生のための情報処理教育についてご指導をいただきました坂出市医師会 医療情報担当理事 久保賢倫先生に感謝いたします。

本研究のきっかけをご提供いただき、研究についてご指導・ご支援をいただいた香川短期大学学長 石川浩先生に感謝いたします。そして、本学の情報処理教育についてご協力をいただいている経営情報科助教 今井将紀先生に感謝いたします。

研究・学位論文執筆の上でお世話になったすべての方に感謝いたします。ありがとうございました。ここに重ねて厚く謝意を表し、謝辞といたします。

平成27年3月 森藤義雄

本研究に関する論文及び研究発表一覧

1. 主論文（ジャーナル誌論文及び国際会議論文）

- [1] Yoshio Moritoh, Yoshiro Imai, Hiroshi Inomo, Wataru Shiraki : “A Cloud Service on Distributed Multiple Servers for Cooperative Learning and Emergency Communication” , V. Snasel, J. Platos, and E. El-Qawasmeh (Eds.): (Springer-Communications in Computer and Information Science 188) Digital Information Processing and Communications, pp.377-390, 2011.
- [2] Yoshio Moritoh, Yoshiro Imai, Tetsuo Hattori : “Evaluation for distance learning scheme on distributed multiple server system” , International Journal of Artificial Life and Robotics, Volume.19, Issue. 1, pp. 61-67, 2014.

2. 本研究に関する研究発表（国際会議及び学会口頭発表）

- [1] 森藤 義雄, 堀 幸雄, 今井 慈郎: 「まちづくり」 を目指す地域プラットフォームの設計と課題, 情報処理学会研究報告. 情報システムと社会環境研究報告 2009-IS-108(3), pp.1-6, 2009-05-29.
- [2] 森藤 義雄, 堀 幸雄, 今井 慈郎: 地域医師会との連携を目指す医療事務教育システムの提案, 情報処理学会研究報告. 情報システムと社会環境研究報告 2009-IS-108(4), pp.1-6, 2009-05-29.
- [3] 森藤 義雄, 堀 幸雄, 今井 慈郎: 情報処理教育の効率的運用を目指す LMS の活用と課題, 情報処理学会研究報告. コンピュータと教育研究会報告 2009-CE-100(2), pp.1-7, 2009-06-27.
- [4] 森藤 義雄, 今井 慈郎: 分散型情報サーバ環境におけるシンククライアントシステムの利用と課題, 情報処理学会研究報告. コンピュータと教育研究会報告 2010-CE-103(14), pp.1-8, 2010-02-27.
- [5] Yoshio Moritoh, Yoshiro Imai, Hitoshi Inomo, Shigeaki Ogose, Tetsuo Hattori, Wataru Shiraki : “DESIGN OF A MULTIPLE-SERVER SYSTEM FOR COOPERATIVE LEARNING AND EMERGENCY COMMUNICATION” , Proceedings of the IADIS International Conference on Applied Computing 2010, pp.209-214,

2010.

- [6] Yoshio Moritoh and Yoshiro Imai: "A Cloud Approach on Distributed Multiple Servers for Distance Learning, Proceedings of ITHET2012 (International Conference on IT-based Higher Education and Training@Istanbul, pp. 1-6 (June 2012).
- [7] Yoshio Moritoh, Masatoshi Imai, Yoshiro Imai, Trial Evaluation of Visual Educational Tool on Distributed Multiple Server System, Technological Advances in Electrical, Electronics and Computer Engineering (TAECE), 2013 International Conference, pp. 437-443 (May 2013).

以降のページは既発表論文のコピーであるが、「著作権」が出版社に帰属するものもあり、ここでは当該論文の初めの部分（一部、複数ページに及ぶものもあるが）のみを記載する。

Moritoh, Y., Imai, Y., Inomo, H., Ogose, S., Hattori, T., Shiraki, W. :
"Design of a Multiple-server System for Cooperative Learning and Emergency Communication,"
Proc. of 7th IADIS International Conference on APPLIED COMPUTING 2010 @Politehnica University of Timisoara, Romania Vol.1 pp.209-214, 2010(Oct).

Moritoh, Y., Imai, Y., Inomo, H., Shiraki, W. :
"A Cloud Service on Distributed Multiple Servers for Cooperative Learning and Emergency Communication,"
V. Snasel, J. Platos, and E. El-Qawasmeh (Eds.): Proc. of The International Conference on Digital Information Processing and Communications (ICDIPC 2011 @VSB-Technicka Univerzita Ostrava, Czech Rep.), Part I, CCIS 188, pp.377-390, 2011(Jul).

Moritoh, Y., Imai, Y., Hattori, T. :
"Evaluation for Distance Learning Scheme on Distributed Multiple Server System," International Journal of Artificial Life and Robotics(Springer) Vol.19, No.1, pp.61-67, 2014(Feb).

Moritoh, Y., Imai, Y. : "Development of an Integrated Information Server System for IT Education through Server Virtualization Technology," International Journal of New Computer Architectures and their Applications (IJNCAA), Vol.5, No.1 (ISSN: 2220-9085), pp.39-47, 2015(June).

また諸般の事情もあり、付録部分は割愛するが、印刷物には掲載しており、必要に応じてそちらを閲覧願いたい。

DESIGN OF A MULTIPLE-SERVER SYSTEM FOR COOPERATIVE LEARNING AND EMERGENCY COMMUNICATION

Yoshio Moritoh *, Yoshiro Imai**, Hitoshi Inomo**, Shigeaki Ogose**,
Tetsuo Hattori** and Wataru Shiraki**

**Kagawa Junior College, 10 Hama-ichiban-cho Utazu-cho Ayauta-gun, Kagawa, 769-0201 Japan*

***Faculty of Engineering, Kagawa University, 2217-20 Hayashi-cho Takamatsu city Kagawa Pref. 761-0396 Japan*

ABSTRACT

A distributed multiple server system is designed and implemented with Web-DB based services, which can play an important role not only to provide an environment for cooperative learning but also to support a function for emergency communication. In many instances, such an environment or a function used to be designed as so-called dedicated system, which can perform only single purpose. In other words, these different functions frequently seem to be mutually exclusive so that they may be realized independently with absolutely different methodologies. In our case, however, two different specifications have been accomplished by one identical system. The system has employed multiple servers located in a distributed campus network environment. Each server has multi-core processors. With virtualized CPUs by server virtualization, some programs are executed in parallel (on the virtual servers) so that our system can efficiently perform several functions. Based on our related works, two major applications are realized on the system. It can provide a cooperative learning environment for educational tool as well as Web-based surveillance functions for emergency contact.

KEYWORDS

Distributed multiple server system, Web-DB based service, Cooperative learning, Emergency communication.

1. INTRODUCTION

Nowadays, it becomes very much necessary for several types of users to take advantages of efficient information exchange among many distributed systems, such as network servers, control system, educational system and so on. And it is also important to design and achieve more suitable mechanism for cost-effective services of information sharing and exchanging environment. There are many researches to propose and provide educational systems in order to utilize distributed cooperative learning environments [1][2].

In the case of ourselves, for example, we have already obtained good analytical results for our educational tool in the cooperative learning field through real education. Based on the above successful background, we have been going to design and implement information server system in order to realize a distributed information-processing environment for cooperative learning. This system employs a configuration of distributed environment with multiple servers connected and located in the three campuses initially. In addition, by means of employment of some suitable schema, it is possible to provide both effective structures of cooperative learning and efficient methods of emergency contact with information exchange concurrently. In real education, such a strategy may be very much useful to maintain practically robust schooling.

This paper describes a distributed multiple server system for cooperative learning at normal times as well as emergency contact with out-of-hours communication. It explains our related works for help to develop our new system in the next section. It introduces design concept of our special-purpose server system and illustrates its system configuration and development in the third one. It describes some applications with such a system in the fourth one. And finally it summarizes some conclusions and future problems in the last one.

A Cloud Service on Distributed Multiple Servers for Cooperative Learning and Emergency Communication

Yoshio Moritoh¹, Yoshiro Imai², Hiroshi Inomo², and Wataru Shiraki²

¹ Kagawa Junior College,

10 Hama-ichiban Utazu-cho, Ayauta-gun, Kagawa, 769-0201, Japan

² Graduate School of Engineering, Kagawa University,

2217-20 Hayashi-cho, Takamatsu, Kagawa, 761-0396 Japan

moritoh@kjc.ac.jp

{imai, inomo, shiraki}@eng.kagawa-u.ac.jp

Abstract. A distributed multiple server system is designed and implemented with Web-DB based services, which can play an important role not only to provide an environment for cooperative learning but also to support a function for emergency communication. In many instances, such an environment or a function used to be designed as so-called dedicated system, which can perform only single purpose. In other words, these different functions frequently seem to be mutually exclusive so that they may be realized independently with absolutely different methodologies. In our case, however, two different specifications have been accomplished by one identical system. The system has employed multiple servers located in a distributed campus network environment. Each server has multi-core processors. With virtualized CPUs by server virtualization, some programs are executed in parallel (on the virtual servers) so that our system can efficiently perform several functions. Based on our related works, two major applications are realized as a Cloud services on the system. It can provide a cooperative learning environment for educational tool as well as Web-based surveillance functions with emergency contact.

Keywords: Web-DB based multiple server system, Server virtualization, Cooperative learning, Emergency communication.

1 Introduction

Nowadays, it becomes very much necessary for several types of users to take advantages of efficient information exchange among many distributed systems, such as network servers, control systems, educational systems and so on. It is also important to design and achieve more suitable mechanism for cost-effective services of information sharing and exchanging environment. There are a lot of researches and works to propose and provide educational systems in order to utilize distributed cooperative learning environments [1] [2].

Evaluation for distance learning scheme on distributed multiple server system

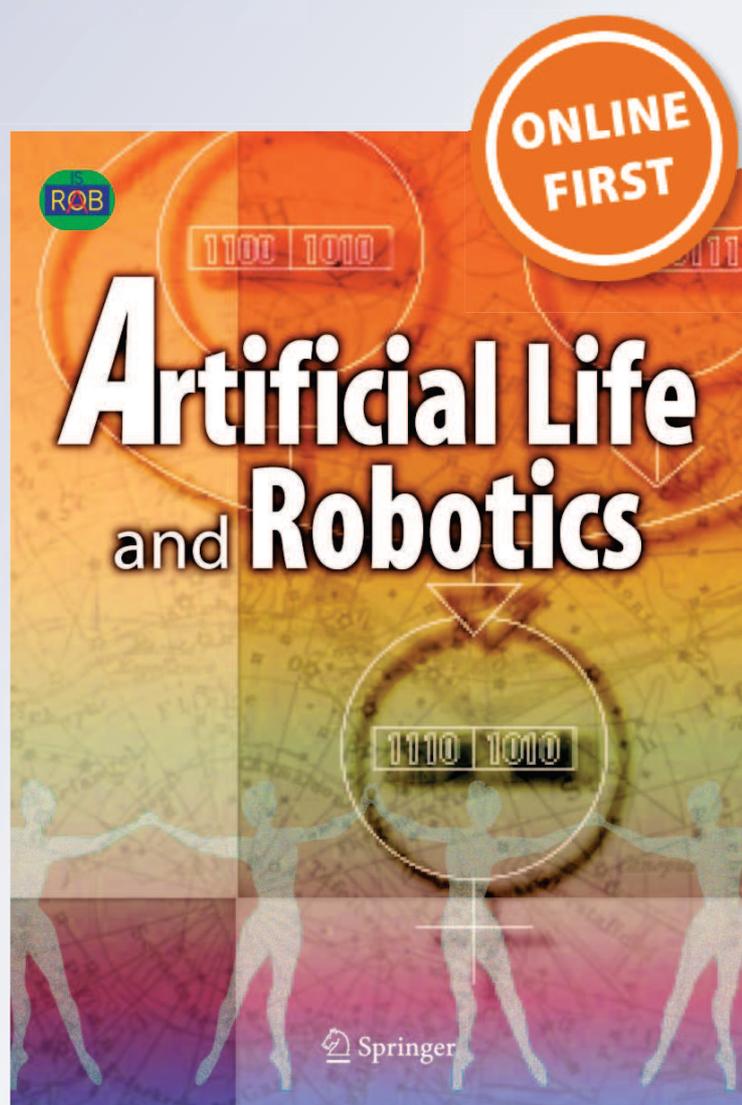
Yoshio Moritoh, Yoshiro Imai & Tetsuo Hattori

Artificial Life and Robotics

ISSN 1433-5298

Artif Life Robotics

DOI 10.1007/s10015-013-0131-z



 Springer

Your article is protected by copyright and all rights are held exclusively by ISAROB. This e-offprint is for personal use only and shall not be self-archived in electronic repositories. If you wish to self-archive your article, please use the accepted manuscript version for posting on your own website. You may further deposit the accepted manuscript version in any repository, provided it is only made publicly available 12 months after official publication or later and provided acknowledgement is given to the original source of publication and a link is inserted to the published article on Springer's website. The link must be accompanied by the following text: "The final publication is available at link.springer.com".

Evaluation for distance learning scheme on distributed multiple server system

Yoshio Moritoh · Yoshiro Imai · Tetsuo Hattori

Received: 1 April 2013 / Accepted: 8 November 2013
© ISAROB 2013

Abstract A distributed multiple server system is designed and implemented with Web-DB based services for distance learning as well as emergency communication. The system has employed multiple servers located in a distributed campus network environment. Each server of the system has multi-core processors. With so-called “server virtualization” technology, some programs are executed in parallel (on the virtual servers) so that such a system can efficiently perform several functions. For example, two or more application services can be performed simultaneously as “cloud services” on the whole system. The system can provide distance learning scheme for educational tool, at the same time it can also support Web-based surveillance facilities for emergency contact. With qualitative and quantitative approach, trial evaluation of system has been performed in some classrooms of distributed campus. And users can obtain some good results from the above evaluation.

Keywords Visual computer simulator · Distance learning · Distributed multiple server system

This work was presented in part at the 18th International Symposium on Artificial Life and Robotics, Daejeon, Korea, January 30–February 1, 2013.

Y. Moritoh (✉)
Department of Management Information, Kagawa Junior
College, 1-10 Utazu-cho, Ayautagun 769-0201, Japan
e-mail: moritoh@kjc.ac.jp

Y. Imai · T. Hattori
Graduate School of Engineering, Kagawa University,
2217-20 Hayashi-cho, Takamatsu 761-0396, Japan
e-mail: imai@eng.kagawa-u.ac.jp

T. Hattori
e-mail: hattori@eng.kagawa-u.ac.jp

1 Introduction

In university education, informatics basic (or advanced) has an important position for both of beginners and well-educated students. It possesses a more essential significance, in particular, for engineering education. And such a student must understand how a computer works not only precisely, but also in an applicable style. “Computer architecture” is one of the basic subjects in higher engineering education to learn structure and behavior of computers and understand them for many kinds of applications.

Many instructors and researchers have thought that some kinds of computer simulators are effectively educational tools for informatics basic (or advanced), especially the lecture of computer architecture. Therefore, they have designed and developed such simulators [1–3] for their practical education. Several of their simulators have been able to illustrate how a computer works graphically and additionally provide some kinds of programming exercise environment. Some of them have been used as visual educational tools of instructors for their learners in classroom lectures. And others have been utilized as e-Learning tools for programming exercise through classroom lectures and after-school homeworks. It is clearly recognized to be useful and efficient that such simulators have been used in the actual and practical education for more than decade years. It is clearly recognized to be useful and efficient that such simulators have been used in the actual and practical education for more than decade years and they have played a significant role in not only computer architecture, but also informatics basic and/or advanced (namely, information-based education). Although such simulators have been providing good effects for information-based education including computer architecture, there have been only a few reports to evaluate simulators in the practical education

Development of an Integrated Information Server System for IT Education through Server Virtualization Technology

Yoshio Moritoh¹, Yoshiro Imai²

¹ Kagawa Junior College

1-10 Utazu-cho, Ayautagun 769-0201, Japan

² Graduate School of Engineering, Kagawa University,
2217-20 Hayashi-cho, Takamatsu 761-0396 Japan

¹ moritoh@kjc.ac.jp ² imai@eng.kagawa-u.ac.jp

ABSTRACT

Recent decade years, our educational environments have been already including several kinds of computing infrastructures according to user's requests. But we are sometimes suffering from lack of suitable methodology to accomplish effective improvement and efficient maintenance. Server virtualization technology is one of the most powerful and ecological solutions to realize information server system for so-called cloud computing.

System of our educational information server has been configured with such a virtualization technology and demonstrated in detail for the sake of robust and disturbance-avoiding education environment. Our case of utilization of server virtualization technology has been based on CITRIX Xen open-source virtualization technology because of its flexibility and expandability. This paper describes how to construct educational computing environment with server virtualization and demonstrate some applications of information server into IT-based higher education through practical classroom lecture. And moreover it reports quantitative and qualitative evaluation of such an environment by means of questionnaire from learners, too.

KEYWORDS

Server virtualization, Improvement of educational system, Questionnaire-based analysis, Quantitative evaluation.

1 INTRODUCTION

An IT environment for education, in particular Computer Education, must provide educational tools effectively, flexible equipment efficiently, and applicable scheme fruitfully for several kinds of learners. Not only engineering education but also

IT-based one have to employ several kinds of e-learning system in their institutions. Nowadays, almost all higher education of the world cannot avoid constructing their educational environments without IT facilities.

It is probably very difficult to maintain IT-based educational environment, however. Because there are some reasons, ones of which are according to so-called situational changes. For example, we are sometimes suffering from the lack of professional knowledge for keeping 'know-how' during utilization period. Additionally, several domains in education used to enjoy the benefit of IT and depend on IT products themselves very much deeply.

As you know, IT-based environment changes frequently and alters often drastically. IT revolution is perhaps named after not evolution of information technology but breaking away from the past. In such a case, we cannot keep our previous value of the past environment, and we must catch up new-coming concept/idea/strategy for next-stage information infrastructure in order to obtain the benefit from IT(-based) environment consequently. People may say little ironically, that must be 'IT revolution' exactly. Anyway, we have to prepare such an IT revolution and consider robust/ flexible procedure to override the relevant changes.

A lot of users do not really want to know detail of infrastructure based on IT environment and do definitely want to concentrate their working/ studying without disturbance from environmental changes. So managers of IT based education must construct suitable and robust IT environment for learners to enjoy working and studying their subjects independently from external disturbances.