

スモールスタートで始める 大学の仮想化基盤の構築と運用の実情

柏崎 礼生^{1,a)}

概要: 国内において大規模なアカデミッククラウドコンピュータの構築が行われている。しかし組織間をまたぐ共同利用施設としての運用基盤が整っていない大学においてクラウドコンピュータを構築すると、学内だけのニーズでは保有するリソースを十分に活用することなく陳腐化することが考えられる。またそれゆえに構築のための予算を獲得することも困難である。組織内でクラウドコンピュータを利用するニーズとして確実に存在するものは IaaS (Infrastructure as a Service) で情報システムを稼働させるものだが、物理環境から仮想環境への移行には技術的な側面だけでなく運用面の問題があり時間を要する。そこで本研究では仮想化基盤の構築から始まり、組織間を横断するインタークラウドコンピュータを構築する手法を提案する。本提案は物理環境の計測を根拠資料として設計を行うことで、構築と運用を小規模で開始させるため大規模な予算を獲得する必要がなく、インタークラウドコンピュータ網に参加することにより災害回復や事業継続計画の実現が可能となる。

キーワード: 仮想化基盤, インタークラウド, スモールスタート

Actuals of Constructing and Management of an University Virtualization Platform From Small Start.

HIROKI KASHIWAZAKI^{1,a)}

Abstract: In Japanese universities and research institutes, various large-scale academic cloud computing environments were constructed. But in small research institutes, they don't have an access for collaborative use platform among other universities or institutes. So they wouldn't be able to put such huge computing resources to practical use, they would be able to only make the resources obsolete. IaaS (Infrastructure as a Service) is useful even for small institutes. In information systems, it will take a long time to change physical server into virtual server because of not only technical reasons but also management ones. In this paper, I show how to build and change into a virtual environment with cheap budget and rich ideas on grounds of measurements. And then I introduce an inter-cloud computing environment which consists of computers of several institutes. By using this environment, we can realize business continuity plan and disaster recovery.

Keywords: Virtualized Platform, Inter-Cloud Computing, Small-Start

1. はじめに

クラウドコンピューティングという言葉は、2006年に開催された Search Engine Strategies Conference で Google の CEO(当時) だった Eric Emerson Schmidt 氏が Danny

Sullivan 氏との対談で使ったのが初めてとされる^{*1}。クラウドコンピュータの定義は Gartner, UC Berkeley, そして NIST による定義が引用されることが多いが [1] [2] [3], 本稿では「仮想化技術を用いて実現されるスケールアウト可能な基盤の上に構築された、規模を収縮可能なサービス」の意味で用いることとする。国内では静岡大学がクラ

¹ 大阪大学サイバーメディアセンター
Cyber Media Center, Osaka University

a) reo@cmc.osaka-u.ac.jp

^{*1} <http://www.google.com/press/podium/ses2006.html>

クラウドコンピューティングを全面採用した情報基盤システムを構築し [4], 北陸先端科学技術大学院大学 (JAIST) では仮想デスクトップサービスを提供するためにプライベートクラウドを構築しており [5] [6], また佐賀大学は専用線で接続された外注先にプライベートクラウドを構築し, メールサービスの提供を行うなど [7], 研究機関の情報センターや研究科でのプライベートクラウドの構築が行われている。一方で, 東京工業大学の TSUBAME2 に代表されるクラウド型 (スケールアウト型) HPCI や北海道大学アカデミッククラウド [8] など計算能力の大きさに重点をおいたパブリックサービスも提供されている。これらのクラウドコンピュータは教育・研究用途を前提としていたり, 全学を構成する教員, 職員, そして学生の全てが利用し得る大規模なサービスを対象としており, 大規模な利用のポテンシャルに対応可能な規模のシステムとして構築が行われている。スーパーコンピュータで計算された大規模なデータのポスト処理を行う汎用システムの代替として導入されたケースもあるため, 必然的に高性能で大規模なシステムの導入に繋がっている。翻して言えば, 研究用途での利用を前提とするための根拠のない大学や, 構成員数がそれほど多くない大学においては大規模なクラウドコンピュータを構築する予算を獲得することは困難である。また例えば構築することが出来たとしても, クラウドコンピュータに集約することによるコストメリットを明確に示すことが難しい。特に大規模なデータを恒常的に扱うことの少ない文化系単科大学においてはクラウドコンピュータを自組織内で構築する必然性は極めて薄いと言える。

一方で大学の代表ウェブサーバにおいて合格発表の時期に偏ったアクセスの集中が発生するのは多くの大学に共通する現象であると思われる。特定時期に偏ったアクセスの集中は, 他にも教務情報システムにおける履修登録の〆切時期にも観測される。大学内情報システムにおいてピーク時に十分に高速なレスポンスを提供しようとするとき, 各システムごとに個別の物理サーバを用意する方法では閑散期における計算機リソースの余剰が問題となる。計算機リソースの活用という観点で大学内情報システムのサーバ仮想化は有効である。サーバの仮想化をする事により, パブリッククラウドの IaaS に情報システムを稼働させる際の移行がスムーズになるという利点もある。また仮想化技術によるライブマイグレーションは障害や災害が発生した場合における対策として有効である。ライブマイグレーションの有効性が強く期待されるのは特に災害回復においてであり, 仮想化サーバを広域に分散させることにより一拠点が災害により不通となっても他拠点到仮想マシン (VM) を移動させてサービスを継続させ続けることが可能となる。大学や研究機関において校地が分散している例は数多くあるが, 一つの災害が発生した時に同時に罹災しない程度に広域に分散している例は多くない。そのため災害回復にお

いてライブマイグレーションの有効性をより高めるためには, 自組織だけでなく他組織と協調して広域分散クラウドコンピュータを実現することが望ましい。そしてこの実現には大規模な仮想化サーバ群は必要ではなく, 各組織が組織の規模に応じた規模の仮想化基盤を作ることで参加することが可能であることに利点がある。

大学や研究機関における仮想化基盤の構築は 2000 年代半ばから行われてきたが, 本研究で示す構築事例が行われた東京藝術大学は, 幸いなことに仮想化基盤の導入が遅れていた。予め確保された巨大予算に従った構築でもなかったため, 様々な実験的手法を試行する余地があった。本稿では東京藝術大学におけるスモールスタートで始まった仮想化基盤の構築手法について解説し, 既存のパブリッククラウド, アカデミッククラウドとの連携や, 広域分散クラウドコンピュータを利用する構築・運用モデルについて提案を行う。

2. 仮想化基盤の構築

東京藝術大学は美術学部, 音楽学部の 2 学部および美術研究科, 音楽研究科, 映像研究科の 3 研究科からなる国立大学である。学生数は学部・大学院あわせて約 3,200 人, 正規教職員数は約 300 人, 非正規教職員数は約 1,000 人で, 総計約 4,500 のアカウントを持つ規模の大学である。組織運営のための情報システムとしては, 財務会計システム, 人事給与システム, 教務情報システムなど 11 システムが稼働している。2010 年 7 月までこれらの情報システムはすべて物理マシンで動作しており, VM で運用される情報システムは少数の部局の実験的な情報システムに限定されていた。

2.1 2010 年度の構築

東京藝術大学では 2009 年 12 月に情報化総合デザインプロジェクトが立ち上がり, 全学的な情報化推進, 情報セキュリティ対策に始まり, システムの導入及び設置の標準化策定といった情報基盤整備, 教育研究成果のアーカイブ化及び情報発信を推進することに決定した。このプロジェクトの年限は 3 年であり, 仮想化基盤の構築はこのプロジェクトの一環として行われたものである。学内の情報システムを物理マシンから VM に移行する際に, 仮想化ハイパーバイザーを提供するメーカーによる P2V (Physical to Virtual) ツールを用いて VM へ移行する方法がある。しかしこの方法を用いて, 物理マシン上で稼働している情報システムを VM 上での稼働に移行する場合,

- (1) P2V に要する費用
- (2) P2V に要する期間, およびそれにより発生するサービス断時間
- (3) VM に移行した事により生じる不具合やパフォーマンス低下

を合算した総不利益よりも VM へ移行することによるメリットが上回ることを、該当情報システムの構築業者および運用担当者に納得してもらうことが必須である。情報システムの更改のタイミングで、初期構築から VM で行う場合、上記の 1. および 2. が最小化されるため VM への移行を潤滑に行う事が可能となる。しかし大抵の情報システムはハードウェア・ソフトウェアのサポートの観点から、構築されてから 5 年以上利用される。全ての情報システムの更改が同時期に揃って行われる大学や研究組織もあるが、本学においては各情報システムごとに導入時期やサポート期間が異なっていた。3 年という年限のある情報化総合デザインプロジェクトで仮想化基盤の構築、および全ての情報システムの仮想化基盤への移行を目標として掲げた場合、情報システムの更改のタイミングでの仮想化環境への移行を逃すと、その情報システムの次回更改前に P2V ツールを用いた移行を行うか、次回更改まで移行を待つかの二択となり、プロジェクト期限内にその情報システムを仮想化基盤へ移行することが困難となる。このような条件下、各省庁が公募する大規模な競争的資金に応募して仮想化基盤を構築する資金を獲得する方法には時間的な問題があった。必然的に、小規模な予算規模ではあるが応募から予算獲得までの期間が短く採択確率も比較的高い組織内の競争的資金を利用することが求められた。

本学における仮想化基盤構築のメリットを明確にするため、学内情報システムの調査を行った。2010 年 1 月における本学における情報化の状況は以下のようにまとめられた。

- Web ベースの情報システムも使われているが、一部システムは特定 OS に依存したアプリケーションをクライアントとする。
- 各システムの DB 連携は部分的に行われている。行われていない場合は CSV ファイルを USB メモリで受け渡しする方法で連携が行われる。
- システムが動作する計算機資源は各システムを担当する事務局各課、各部局の物理的の近傍にあり、集約されていないため、学内にサーバールームが数カ所ある。
- システムのバックアップのポリシーはまちまちであり、バックアップからリストアすることを念頭に置いていないものもある。

この情報化の現状において仮想化基盤の構築を行うメリットとして、

- サーバ集約による物理スペースの解放
- 空調の削減に伴う電気料金の削減
- バックアップの自動化による事務局各課担当者の負担軽減

を挙げた。目に見えない恣意的な効果ではなく、明確な成果が示された点が評価され、2010 年度の比較的早い時期(第 2 四半期)に予算を獲得し、仮想化基盤の構築をスタートする事が出来た。大規模な大学が大規模な予算を獲得し

た場合、大量の計算機、広帯域のネットワーク、そして高性能なストレージをふんだんに駆使したクラウドコンピュータの構築を実現できるが、小規模な大学における単年度のスタートアップ予算で開始する仮想化基盤の構築では全く異なる戦略が求められる。不必要に強大な計算機リソースや広帯域のネットワーク帯域、ストレージの高い I/O 性能を実現する必要性はどこにもなく、その組織の情報システムの総規模に相応な仮想化基盤を構築することが求められる。物理環境の計測結果は設計根拠として有効である。例えば VMware 社は、情報システムにエージェントをインストールするなどの方法により、必要な仮想化サーバ数を算出する VMware Capacity Planner というソリューションを提供している*2。しかしこの手法は、UNIX サーバの場合は root のパスワードを要求し、Windows サーバにおいては Administrator のパスワードを要求する。また telnetd サービスのインストールや、sshd の root ログイン許可など各情報システムの対応が必要となり、必然的に各情報システムの構築業者に改修を依頼することとなる。その結果、全ての情報システムの計測を行うためのコストは無視できない規模となる。またその情報システムの運用ポリシーとしてそのような改修を拒絶されるケースもある。そのため実際に稼働しているシステムを計測するのではなく、システムが稼働するサーバのスペックから仮想化基盤に必要なホスト数の推定を行う方法がある。この手法は推定の正確さには欠けるが、費用もかからず即座に見積もる事が可能である点が特長である。この手法で概略を把握した上で、部分的にでも実システムの計測を行う事で、まずまず正確な見積もりを低予算・低労力で実現することができる。

2010 年度に更改が予定されているシステムとしてグループウェアがあり、バージョンアップのタイミングで物理マシンから VM に移行することに快諾して頂くことができ、物理マシン上の OS に計測ツールをインストールすることも承して頂いた。当初、このグループウェアの利用は事務職員のみに限られていたが、有期雇用の事務職員も含めると 200 ユーザが利用しており、そのほぼ全てのユーザが常駐アプリケーションであるリマインダーを使って定期的な Web サーバへのアクセスを発生させていた。学内の Web システムとしては有数の負荷を誇るであろうと推測されていたため、計測を行うテストケースとして意義があった。計測に用いたツールは Munin*3 で、Web サーバへのアクセス頻度、トラフィック要求量、CPU 利用率、メモリ利用率を 1 ヶ月計測した(図 1)。Web サーバへのアクセス頻度は秒間 10 アクセス未満、トラフィック要求量は朝のピーク時で 3 Mbps 程度、CPU は 95%以上がアイドル状態で、4 GB のメモリは 100% 使われる事もあるが、1 ヶ

*2 <http://www.vmware.com/products/capacity-planner/overview.html>

*3 <http://munin-monitoring.org>

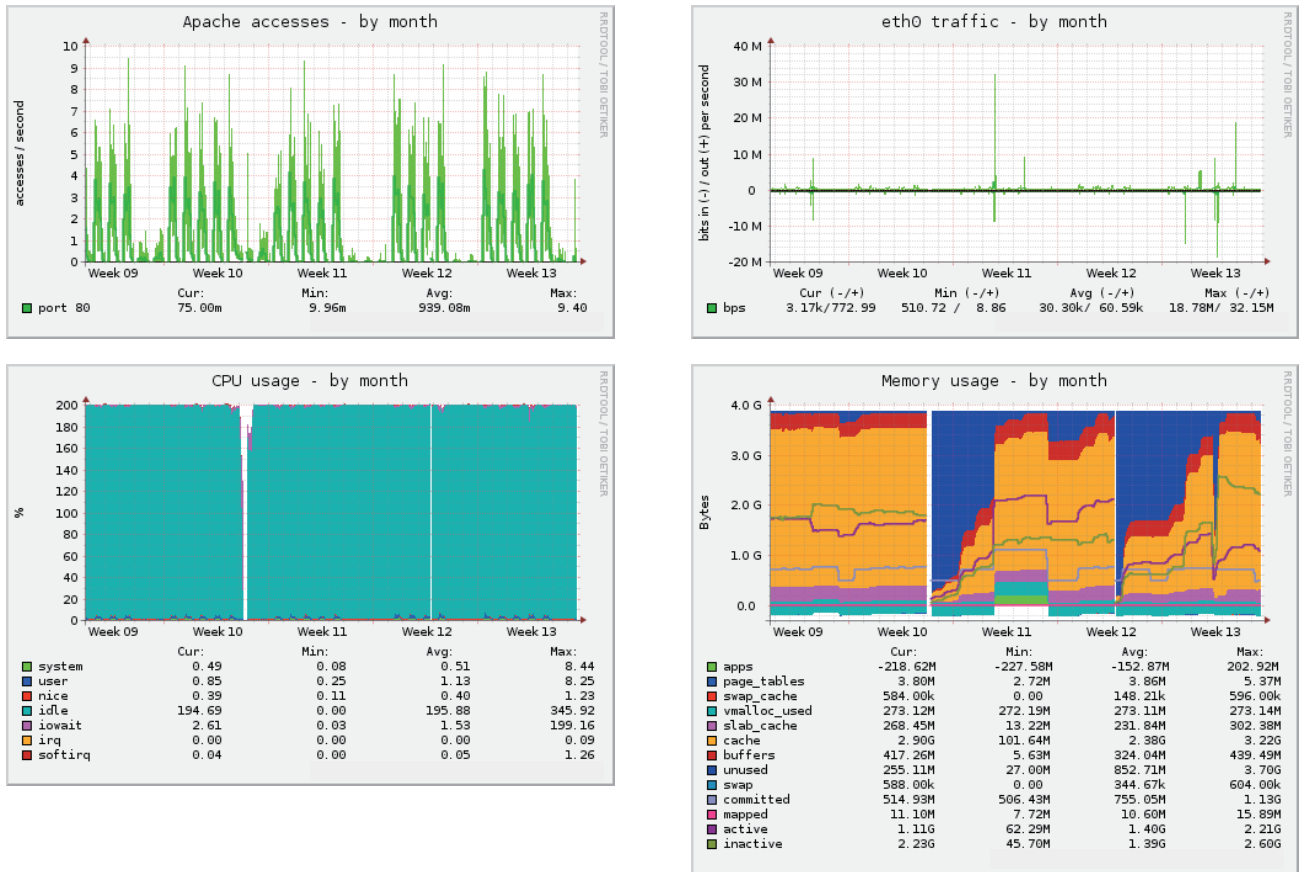


図 1 グループウェアサーバ (物理) のアクセス数, トラフィック量, CPU 使用率およびメモリ使用量

Fig. 1 Apache Accesses, amount of traffic, CPU usage and Memory usage status of a Physical Server of Groupware

月の総量ではメモリの 82%が cache/buffers 状態にあった。またこのグループウェアの仕様は 2 コア以上の CPU と 4 GB のメモリを要求しており, 計測結果からもこの規模の VM を作成すれば良いことが根拠付けられた。

VM を動作させる仮想化ハイパーバイザとして VMware ESXi (vSphere) を選択し, これを動作させる物理サーバとして hp 社の Proliant DL360 G7(Xeon E5640, 18 GB, 500 GB SATA HDD × 3 (RAID1 + Hot spair)) を調達した。仮想化ハイパーバイザと管理ソフトウェアの組み合わせとして Xen と OpenStack, CloudStack の組み合わせではなく VMware vSphere と vCenter を選択した理由は学内情報システムの動作する OS が多種多様であり, 構築する仮想化基盤に合わせて各情報システムの構築をしてもらうのは本末転倒であると判断したことと, CloudStack と XenServer の組み合わせでは当時は正式な日本拠点のサポートがなかったため, 自分が構築できたとしても後任が運用を持続できる保証がなかったためである。この調達は仮想化基盤の本番環境ではなく, あくまで仮想化基盤上の VM に移行した場合における計測が主目的であるため高いスペックである必要はなかったが, 管理サーバである

VMware vCenter を導入することを想定していたおり, この物理サーバを vCenter 用に転用することを前提としたため, 前述のようなスペックとなった。

この物理サーバに VMware vSphere を導入し, 2 core, 4 GB のメモリからなる VM を作成して Debian (GNU) Linux 5.0 をインストールしてグループウェア環境を構築した。構築後, 1 ヶ月間計測を行った結果, CPU 使用率とメモリ使用率は図 2 に示す結果となった。

CPU の使用率は数%, 動作周波数にして数十~200MHz 程度であった。またメモリも割り当てられた 4 GB に対して使用率は数%と非常に少ないものであり, これは物理サーバでの稼働時に計測した結果に十分近い結果である。学内にある他の 10 の情報システムにおける平均的なメモリ搭載量は 8 GB 程度であったので, 今年度に全てのシステムが仮想環境に移行されたと仮定しても合計 80GB 程度のメモリを確保した仮想化サーバを用意すれば良いと見積もりを立てた。CPU の性能については評価が困難であったが, プロセッサを後から増設することの困難さから 2 プロセッサ構成とすることを前提とした。同様に動作周波数についても後から不足が判明した場合に買い換えと換装

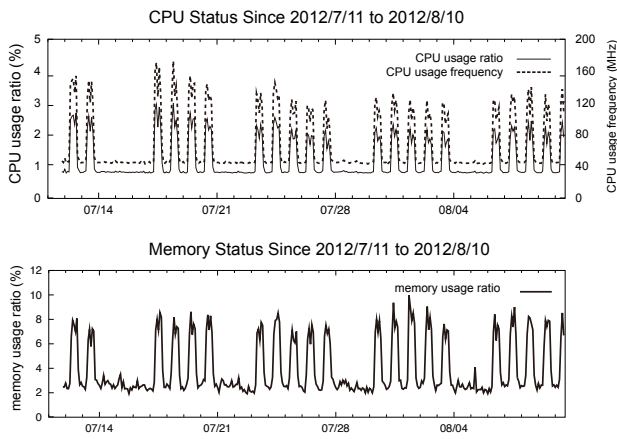


図 2 グループウェアサーバの CPU とメモリ状態
Fig. 2 CPU and Memory status of Groupware Server

をする事が困難である事を加味して当時における最高モデルの CPU を調達することとした。またサーバの物理障害に対応するため HA(High Availability) 構成とすることを前提としていたので調達するサーバ数は 2 台とした。冗長化構成が今後も増えると仮想化ホストのパッチ当てやバックアップの運用コストが問題となるので、それらを統合管理できる VMware vCenter を含めた構成とし、vMotion によるライブマイグレーションが可能な VMware vSphere 4.1 の Standard Edition を仮想化ホストの OS として選んだ。計測結果を根拠として購入した仮想化サーバのスペックは下記の通りである。

- CPU: Xeon X5670 2.93GHz (2CPU)
- メモリ: 36GB
- HDD: 2TB (RAID5 + HotSpair)

十分な技術的な情報収集を行わなかった事に起因し、この構成には冗長な箇所がある。vSphere 4.1 では NFS もしくは iSCSI により接続されたデータストア上に配置された VM を vMotion によりライブマイグレーションすることができるが、仮想化サーバに接続されたローカルストレージに配置された VM はライブマイグレーションできない^{*4}。HA 構成を実現し、ライブマイグレーションを行うためには NFS もしくは iSCSI を利用可能なストレージ製品を調達する必要がある。残予算の問題から高価なストレージ製品を調達することが困難であった。そこで Netgear 社の安価な NAS である ReadyNAS Pro を購入し、2TB の HDD を 6 台搭載して RAID-X を構築し、NFS でマウントした際における iofzone によるパフォーマンステストを行った(図 3)。

特徴的な点は 64MB 以上の sequential write を行うとパフォーマンスは格段に低下する。sequential read や random write, random read においてはファイルサイズ、ブ

^{*4} VMware vSphere Storage Appliance 5.1 を用いると、ESXi ホストの内部(ローカル)ハードディスクリソースを抽象化して VSA クラスタを構成することができ、これを用いて vMotion を行うことができる。

ロックサイズに関わらずそこその性能を発揮する事が分かった。本来ではあれば iofzone だけでなく bonnie++^{*5} や fio^{*6} を使って単位時間あたりの IO 性能についても比較するべきであった。この結果から初期導入においては Netgear 社の ReadyNAS Pro でも数十 MB のファイルの sequential write が頻繁に行われたい限りは運用可能であろうと考え、ReadyNAS Pro を 2 台購入した。数十 MB のファイルの sequential write する場面として想定されることは初期構築時に旧環境のデータをアーカイブしたファイルを転送する場合や、そのファイルを展開する場合などが挙げられる。ファイルを scp で転送した場合は TCP/IP 用通信バッファサイズに起因すると考えられる転送速度の抑制が、この問題においては良い方向に作用し深刻な問題となることはなかった。しかしアーカイブファイルの展開の際にはリモートコネクションの切断など様々な問題が発生した。

ReadyNAS Pro は NIC が 2 ポートついており、片方のポートに障害が発生した場合においても対応することが可能である。これらを GbE で接続するために Cisco 2960S-48TD-L も購入した。この製品は 10GbE が 2 ポートついており、将来的に 10GbE ポートを持ったより高性能なストレージを拡張することを見越したものである。これらの機器によって図 4 のような構成で仮想化基盤を構築した。機器の調達においては総額を 500 万円未満にすることで事務手続きを簡略化することが可能となり^{*7}、より早い調達と、調達された機器による計測と、年度内のもう一段階の増強を実現することが可能となる。

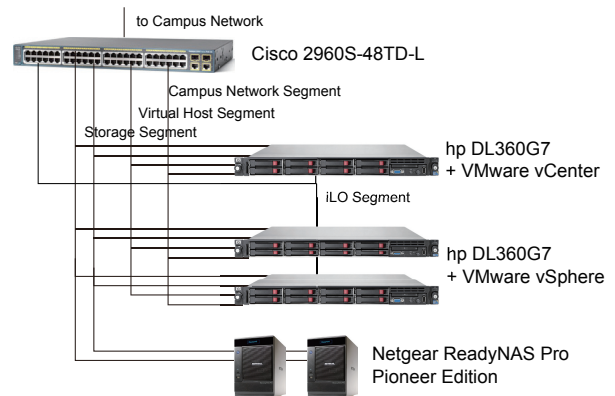


図 4 仮想化基盤“藝大クラウド(試作版)”の機器構成

構築当初から仮想化ハイパーバイザが動作停止する不具合が数度発生したが、これらはメーカーから提供された診断ツールと仮想化ハイパーバイザのログを解析することにより原因が判明しハードウェア交換によって対応が行われた。調達や構築に時間を要してシステムの仮想化基盤への

^{*5} <http://www.coker.com.au/bonnie++>

^{*6} <http://freecode.com/projects/fio>

^{*7} 東京大学 [企業のみなさまへ] 調達・契約について http://www.u-tokyo.ac.jp/fin03/g04_j.html

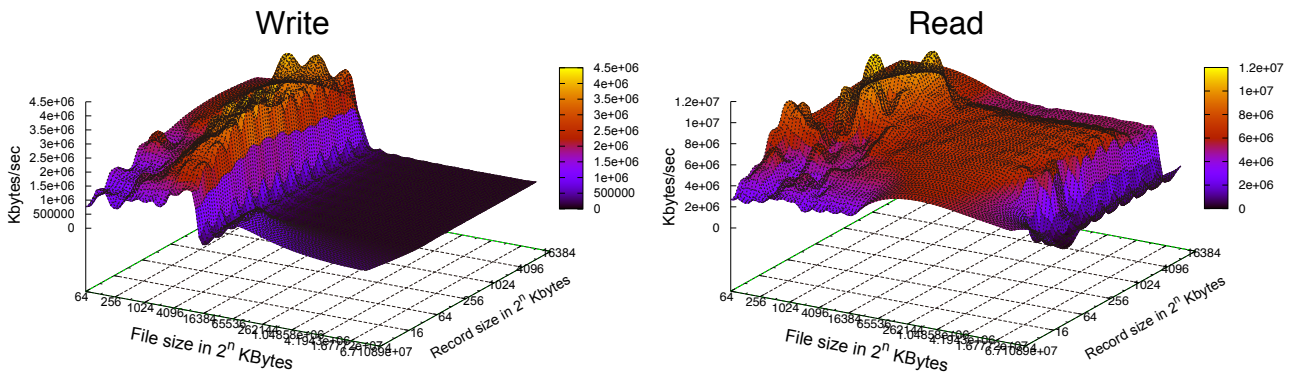


図 3 Netgear 社 ReadyNAS Pro 2TB × 6 の iozone による評価結果

移行を急ピッチに行ってしまうとこういった初期動作不良に対して検証を時間をかけて行う事が困難となる。スモールスタートでの構築の利点はハードウェア障害の特定という点においても有利なことがある。仮想化基盤において当初はグループウェアサービスを動作させる VM のみが稼働していたが、仮想化基盤でのサービスの開始とともに学内での宣伝活動を並行して行った結果、2010 年度中に 4 つの情報システムが仮想化基盤への移行、あるいは新規構築を希望してきた。この 4 システムは以下の通りである。

- 教員総覧システム
- 中期目標・中期計画進捗管理システム
- 図書館貴重資料データベース (バックアップ)
- 美術館収蔵品データベース

教員総覧システムは Web サーバとデータベースサーバからなる新規構築システムである。正規教員数の少ない本学においてはレコード数も少なく負荷はそれほど大きくないことが見積もられた。中期目標・中期計画進捗管理システムはそもそも帳票作成時にしか使われない上に、帳票作成に携わる学内関係者は数名程度に過ぎないためこちらも負荷は大きくないことが見積もられた。図書館貴重資料データベースは更改に伴う既存環境からの移行だったが、アクセス数がそれほど大きくないことが分かっていた。しかし大量の巨大画像ファイルを扱うため、ReadyNAS Pro の弱点でもある巨大ファイルの書き込みにおけるパフォーマンスの低下が懸念された。美術館収蔵品データベースはそれほど高解像度の画像は扱わないが、美術館における収蔵品貸し出しは本学における貴重な収入源の一つでもありサービス停止が収入減にもつながる重要度の高いシステムである。結論から言えばこれらのシステムを仮想化基盤上で動作させ、さらに死活監視システム、バックアップシステムである VMware Data Recovery (VDR) など運用管理のための VM を追加して動作させても、各仮想化ホストの CPU 使用率は平均 10% 程度であった。仮想化ホストの CPU 性能は調達したものよりも低くても対応可能であったことが分かる。一方でまだ仮想化基盤に移行していない財務会計システムおよび教務情報システムはデータベースへのアク

セスが頻繁に行われるシステムであることを勘案し、より高性能なストレージの導入とストレージエリアネットワークの 10GbE 化、および大学外部でのバックアップの試行などが来年度の課題となった。

2.2 2011 年度の増強

2011 年度の組織内予算案の暫定確定とほぼ同時に東北地方太平洋沖地震が発生し、ほぼ全ての新規予算案は凍結された。仮想化基盤は増強されないが、仮想化基盤への移行を希望するシステムは増えた。2011 年度に仮想化基盤への移行を希望した情報システムは以下の通りである。

- 図書館情報システム
- 美術館収蔵品データベース (本番環境)
- 財務会計システム

図書館情報システムは図書館蔵書の購入・寄付受け入れに伴う情報の入力その他、学生・教職員による書籍の貸し出し管理も行うため、重要度、アクセス頻度ともに高いシステムである。財務会計システムは入力担当者の数こそ多くはないが、大学運営において極めて重要なデータを扱うため、高いデータの保全性と短いサービス停止時間を求められる。最終的にこれらのシステムの移行を完了した時に問題となったのは仮想マシン用のメモリ容量が逼迫したことであった。また、各システムは 1~2 個の VM を要求し、2011 年度末時点で VM 数は 14 となっていた。これに対してストレージは ReadyNAS Pro 1 台のみであったために、ある VM がストレージに対して高負荷をかけた時の他 VM への影響が顕在化していた。こういった状況になることは 2011 年度第 2 四半期には推測されていたためストレージの増強を予定していたが、2011 年 7 月から始まったタイ洪水の影響を受けて 10 月にはストレージの高騰および製品調達が困難な状況が発生した。この問題に対処するため、ストレージ製品のシャーシのみを調達し、ハードディスクを翌年度に調達することとした。増強用のストレージは 10GbE 対応の hp P2000 とし、それに対応するため 10GbE 対応のスイッチ、Brocade VDX6720 を 2 台調達した。

パブリッククラウドの利用

このように 2011 年度は予算の都合上、仮想化基盤に対して素早い調達と計測、および増強を行うことが困難であったため、パブリッククラウドの試用を積極的に行った。2011 年度に発生した問題として夏の節電がある。これによる影響であるか因果関係は不明だが、職員が使っている PC において、高い室温環境での使用のためか前年度を大きく上回る件数のハードディスク障害が発生した。職員が使う OS 環境は Windows で、Windows Server によるドメイン環境を利用していた。この環境下における一般的な対処方法としては Windows Server で移動ユーザプロファイル機能を利用し、ユーザが使うファイルは Windows Server 側で保持しておくという手法である。その上で Windows Server を用いた Volume Shadow copy Service(VSS) 機能を用いることで時間を遡ってファイルを復元することが可能となる。しかし VSS による解決手法は以下の三点において有効性が疑わしかった。

- 事務局各課、各部署の部屋にある情報コンセントまでは GbE 化されていたが、その先は 10BASE-T が未だに残る環境であるため、ネットワーク越しにファイルを扱う事による利用者のストレスが深刻であることが予想される。
- Windows Server に事務職員全員のファイルアクセスに耐えられる性能のストレージは用意されていない。
- ファイルを保存した時点でのバックアップが作成されることが望ましく、一定時間ごとのバックアップでは利用者が混乱する。

特に三点目は Dropbox^{*8}で実装されている機能である。VSS のシャドウコピーでこれと同様の機能を実現しようとすると、非常に短い間隔でシャドウコピーを作成する必要があり、このような運用をした場合ユーザはファイルの回復をするために大量のスナップショットの中からどれかを選ばなければならなくなる。Dropbox であればファイル更新のタイミングで履歴が作られるのでユーザインターフェイスとして優れている。そこで Dropbox Team を試験的に利用することとし、10 ユーザ、10TB のライセンスを購入し運用することにした。

その他のパブリッククラウド利用の象徴的な先鞭の一つとして、ストリーミング映像配信があった。東北・関東圏の多くの大学がそうであったように本学もまた 2011 年 3 月の学位授与式および 4 月の入学式は中止せざるを得なかった。しかし学長の意向によりメッセージをストリーミング配信することとなった。本学にはかつて導入された Apple Xserve による QuickTime Streaming Server があったが、すぐに使えるような状況にはなく、また本学と SINET を

接続する回線は 100Mbps であったため、どれだけの観衆がアクセスするか未知の状態で学内システムを利用しているストリーミング映像配信には不安があった。そこで、それまで一部の講義でも利用していた Ustream^{*9}を利用することにした。学長の講演を事前に録画しておき、ムービーを Ustream に適合する方式に変換した上で放映予告時間に再生を開始してストリーミングさせるという手法をとった。このストリーミングは事前に本学 Web サイトや Twitter, Facebook などで行うことで可能な限りの周知を図った。ストリーミング配信後も 1 週間の期間限定で公開したところ、学位授与式と入学式を合わせて一万 View 以上を記録した(図 5)。



図 5 Ustream による入学式の映像配信

4. アカデミッククラウドとの連携

2011 年 11 月からサービスインした北海道大学アカデミッククラウド(以下、北大クラウド)を利用して VDR を用いたバックアップを北大クラウドに作成する実証実験を行った(図 6)。既存の本学の回線帯域の問題で全ての VM のバックアップを毎日作成することは困難であったが、2012 年度以降に SINET4 との接続が 1Gbps 以上に増強される予定なので、北大クラウドに限らず様々な場所に作られた商用クラウドサービス上に VM を作成し、VPN で接続して VDR を行うという手法による災害回復は十分実現可能な範疇にあると考えられる。また、本学と SINET を結び回線帯域の問題だけでなく、北大クラウド上の VM に追加することができる 1TB のストレージのパフォーマンスにも問題があることが計測の結果判明した。

この実証実験は北海道大学情報基盤センターとの共同研究により行われた。この共同研究は発展して、北見工業大学から沖縄県の琉球大学に至る CloudStack+XenServer による広域分散インタークラウドテストベッドを 2012 年 7 月に構築した。この環境と本学との連携における問題点としては、異なるハイパーバイザで構成されているため、ライブマイグレーションを行うことは事実上困難だが、移動透過性のあるバックアップ用 VM を実現することが可能である。

*8 <http://www.dropbox.com>

*9 <http://www.ustream.tv>

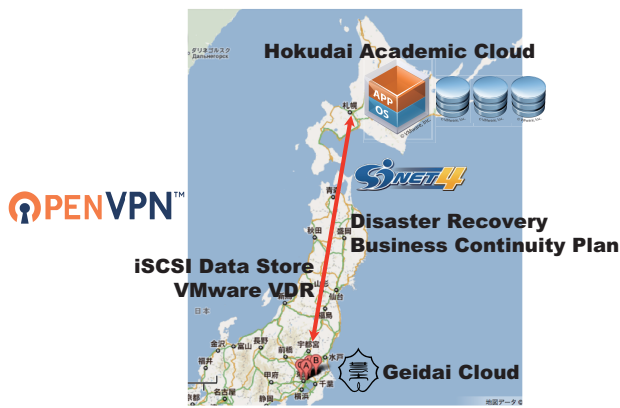


図 6 北大クラウドを利用した VMware Data Recovery の転送実験

5. 広域分散クラウドコンピュータへの取り組み

広域に分散した拠点間でライブマイグレーションを行うことを目的として、日本学術振興会産学協力研究委員会インターネット技術第 163 委員会 (ITRC) 地域間インターネット分科会 (RICC) は VMware vCenter+vSphere 環境を用いた広域グローバルマイグレーションの実証実験を 2012 年度から開始した (図 7)。

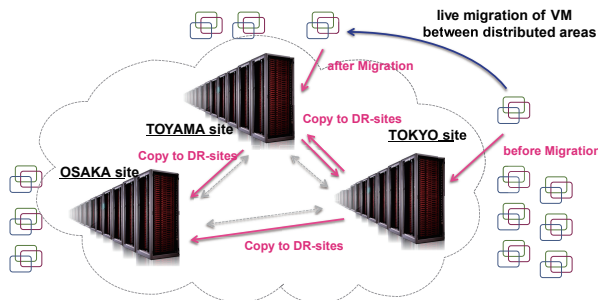


図 7 RICC 広域分散ストレージを利用したライブマイグレーション実験

VMware vCenter+vSphere の構成ではライブマイグレーションを行うための移動元と移動先の仮想化サーバはネットワークセグメントを越えることができないため、L2 で相互接続される必要がある。また VM イメージが格納されるデータストアはどの拠点から見ても同じ IP アドレスである必要がある。また本研究で用いる広域分散ストレージのためのネットワークが相互接続されている必要がある。これらの要求を満たすため、各拠点は SINET を介して接続され、SINET L3VPN と L2VPN を利用して環境を構築している。現在、北海道大学、NII、金沢大学、大阪大学、広島大学が参加しており、より容易な参加方法や JGN-X を併用したマルチホーム環境での実験を計画中である。既に 1000km 超の距離での広域ライブマイグレーション実験を行い、秒オーダーのネットワーク不通時間が発生するものの VM の移動を実現している。この距離でのライブマイ

グレーションが現実的になれば、地震などの災害時において人手による運用を必要とすることなくサービスを他拠点で持続することが期待される。

6. まとめ

限られた時間と資源の中での東京藝術大学における仮想化基盤構築の取り組みと、パブリッククラウド、アカデミッククラウドとの連携、および広域分散クラウドコンピュータ研究を利用した広域ライブマイグレーションとの連携について紹介した。大学における災害回復手法として遠隔地のデータセンターを利用する例があるが、そういった取り組みだけでなく、研究開発段階の取り組みを本番環境に乗り入れさせる構築・運用モデルがありえることを示した。

謝辞 本研究は平成 24 年度北海道大学情報基盤センター共同研究「インタークラウドをより拡張するための地域間相互接続の調査検証」、平成 24 年度国立情報学研究所共同研究「“Trans-Japan Inter-Cloud Testbed” の構築に向けたネットワーク基盤に関する検討」、平成 24 年度学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点公募型共同研究「分散クラウドシステムにおける遠隔連携技術」による支援を受けました。

参考文献

- [1] Daryl C. Plummer, Thomas J. Bittman, Tom Austin, David W. Cearley and David Mitchell Smith: Cloud Computing: Defining and Describing an Emerging Phenomenon, Gartner Research, G00156220 (2008).
- [2] Michael Armbrust, Armando Fox, Rean Griffith, Anthony D. Joseph, Randy H. Katz, Andrew Konwinski Gunho Lee, David A. Patterson, Ariel Rabkin, Ion Stoica and Matei Zaharia: Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing, UCB/EECS-2009-28 (2009).
- [3] Lee Badger, Tim Grance, Robert Patt-Corner, Jeff Voas: DRAFT Cloud Computing Synopsis and Recommendation, NIST Special Publication 800-146 (2012).
- [4] 坂田智之, 長谷川孝博, 水野信也, 永田正樹, 井上春樹: 情報セキュリティの観点からみた静岡大学の全面クラウド化, 情報処理学会研究報告, 2011-IOT-14, Vol.7, pp.1 (2011).
- [5] 松原義継, 大谷誠, 江藤博文, 渡辺健次, 只木進一: プライベートクラウドによる電子メール管理コストの低減とサービスレベルの改善 佐賀大学の事例, 情報処理学会研究報告, 2011-IOT-14, Vol.8, pp.1-6 (2011).
- [6] Shikida Mikifumi, Miyashita Kanae, Ueno Mototsugu, Uda Satoshi: An evaluation of private cloud system for desktop environments, Proceedings of the ACM SIGUCCS 40th annual conference on Special interest group on university and college computing services (SIGUCCS '12), pp.131-134 (2012).
- [7] 宮下夏苗, 上埜元嗣, 宇多仁, 敷田幹文: 大学におけるプライベートクラウド環境の構築と利用, 第 3 回インターネットと運用技術シンポジウム, pp.17-24 (2010).
- [8] 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, 第 10 回情報科学技術フォーラム 情報科学技術レターズ pp.15-18 (2011).