

# 全学クラウド環境の実現

## Implementation of JAIST Private Cloud System

宮下夏苗 †, 小坂秀一 †, 間藤真人 †, 上埜元嗣 †, 二ツ寺政友 †,  
宇多仁 ‡, 敷田幹文 ‡

Kanae Miyashita†, Syuichi Kozaka†, Masato Matou†, Mototugu Ueno†, Masatomo Futatsudera†,  
Satoshi Uda‡, Mikifumi Shikida‡

k-miya@jaist.ac.jp, kosaka@jaist.ac.jp, masato-m@jaist.ac.jp, mototugu@jaist.ac.jp, m-futa@jaist.ac.jp,  
zin@jaist.ac.jp, shikida@jaist.ac.jp

北陸先端科学技術大学院大学 技術サービス部 †  
北陸先端科学技術大学院大学 情報科学センター ‡  
Technical Service Department, Japan Advanced Institute of Science and Technology† Center for Information  
Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology‡

### 概要

2010年3月、情報科学センターは既存サービスの集約・再構築、またユーザの要求に基づくサーバ・簡易的な演算リソースの提供などを目的とした全学規模の計算機システムを設計し、このシステム上に学内の全ユーザが研究・教育および事務作業に利用するデスクトップ環境の配信サービスを構築した。従来より検証を重ねてきたサーバ仮想化技術、ユーザセッションの統合管理機構を最新の形で取り入れ、さらに北陸先端科学技術大学院大学(以下本学)においてこれまで構築してきた情報環境の技術的、物理的資産との連携のもとに構築した本システムの構成は、図らずも今日のクラウドコンピューティングの概念に即し、この示唆する特徴・利点を本学の環境に適した形で展開したものとなっている。

本稿では本システムをJAISTにおけるプライベートクラウドシステムの一端点と位置付け、この設計・構築と、システム上への実サービスの移行について述べ、サービスの移行によって得られた効果と今後のサービス拡張に向けての展望について述べる。

### キーワード

クラウドコンピューティング, プライベートクラウド, 仮想化, 計算機環境, ターミナルサービス

## 1 はじめに

「クラウドコンピューティング(以下クラウド)」と呼ばれるサービスモデルが、近年注目を集めている。クラウドの定義のひとつとして、共用プールにある構成可能なコンピューティング資源(ネットワーク, サーバ, ストレージ, アプリケーション, サービスなど)をオンデマンドで利用し、最小限の管理努力やサービス提供者とのやり取りで、迅速に供給できるモデルを指すとするも

のがある[9].

ユーザの研究活動においては、検証・あるいは簡易な演算処理などに充てる一時的な専用マシン、演算リソースが必要となる状況は少なくない。このような場合には研究室ごとにマシンを準備する、学内で運用する超並列計算機の利用法に沿って演算スクリプトを実行するなど、各自の必要を満たしていた。しかし、どちらにせよ一時的な用途や簡易的な用途に利用するには、手間とコストがかかりすぎる面がある。

さらに、100 台以上の個別の物理サーバにより運用を続けてきたサービスがあり、これらの統合的な管理体制が望まれていた。

情報科学センターは、これらの問題を解消すべく、サーバ仮想化技術、ユーザアクセスの一元化機構を取り入れた新しいシステムを設計・構築した。本システムについては、近年技術開発の進んでいるクラウド環境の特質を JAIST 既存の資源と連携する形で実現したシステムとなっており、JAIST におけるプライベートクラウドの一端点という意味において、本稿ではこれをクラウドシステムと呼ぶ。

さらに、本学で既に運用していた全ユーザへのデスクトップ環境配信サービスおよび再設計したアプリケーション配信機構を本クラウドシステム上に再構築した。このサービス移行によって、現在までのところ、既存のシステムからの物理的余剰リソースの削減、サーバ管理・メンテナンス性の向上およびユーザの利便性の3点について改善がみられた。本稿では JAIST で構築したクラウドシステムおよびここに展開した仮想デスクトップ環境の配信サービスと、その成果について述べる。

## 2 既存環境

北陸先端科学技術大学院大学 (以下 JAIST) では、すでに各種サービスサーバ類の集約・共用空間への配置、大規模高可用ストレージによるユーザデータの集中管理 [11]、アプリケーション群の共用ネットワークドライブへの配置など、JAIST における全学生および教職員 (以下ユーザ) を対象に、個々の要求に沿って時間、居場所に囚われず、等しく同じ環境を利用できる情報環境システムを設計、構築してきた [10]。

2010 年 3 月の時点で、JAIST の情報環境では、すでに次のようなシステムを実現していた。

- 大規模高可用ストレージによる全ユーザデータの集中管理。
- 全学共用 Solaris サーバ、Windows サーバにおいて全ユーザへの作業用デスクトップ環境の提供。
- アプリケーション群の中央集中管理体制。
- シンクライアント端末のほぼ一人一台の配布、および全端末の中央アップデート機構。
- 超高速ネットワーク機器群。

これらのリソースをもって、全学ユーザは配布された端末または個人が所有する PC 等の端末から利用したい共用サーバに接続し、中央で管理されたアプリケーションを利用して、個々の研究・教育活動および事務作業にあたることができる。

また、ユーザごとのデータおよび全バックアップは大容量高可用ストレージサーバにて管理され、すべての共用サーバから個人の権限に応じて参照可能である。個人のプロファイル、デスクトップ環境の初期設定もここに格納されており、全ユーザは学内のどの端末からでも同じ環境を利用できる。

さらに、個々の端末とこれらのネットワークリソースがシームレスに接続するために、10GbitEthernet による超高速基幹ネットワークを中心として、超高速サブネットワーク、無線ネットワーク等から成る高速で大規模かつ可用性の高い学内ネットワーク環境を整備している。

しかし、この環境にもさらなる改良が望まれる部分はあった。ひとつは、個別の物理サーバとして管理されていた既存の Windows サーバにおける管理・メンテナンス体制の強化およびサービス性の改善であり、もうひとつは、よりユーザの要求に即応できるリソース・サーバの提供体制の確立である。

従来全てが物理サーバとして個別に運用されていた Windows サーバについて、管理・メンテナンスにおけるコストは高く、ユーザへのサービスに影響を及ぼす可能性も懸念されていた。

また、研究用の演算の実行に一時的にリソースを利用したい場合など、現在の環境では情報科学センターがサービスしている超並列計算機が利用に充てられることになるが、これらは高速演算が可能な反面ユーザの利用も多く、演算ジョブの開始までしばらく待たされる場合もある。

## 3 クラウド環境の構成

これらの問題への解法として、情報科学センターは従来から検証を進めているサーバ仮想化技術 [12]、およびデスクトップセッションの統合管理のために導入・検証を行い、事務局にてその部分的な機能を実際の利用に充てているセッションの管理技術を見直し、現在最新の形で取り入れた。

### 3.1 サーバ仮想化・管理システム

サーバ仮想化・管理を実現する既存のシステムは多くある。2007 年 8 月、当情報科学センターの上埜らが既存の仮想化技術について、実リソースを管理する手法による以下の分類を提示していた [12]。

- ホスト OS 型：ホスト OS がリソースを管理
- ハイパーバイザ型：特化した機能をもつソフトウェアがリソースを管理

- パーティショニング型：リソースの時分割，空間分割により管理

JAIST で採用すべき技術要件として，ホスト OS によるオーバーヘッドを抑えることができ，かつ多種のゲスト OS に対応できるシステムが望ましい．上記のうちでは，ハイパーバイザ型に分類されるシステムがこの条件に合致する．

近年代表的な製品ではハイパーバイザ型に分類される Citrix Xen Server[2]，VMWare vSphere[6]，およびハイパーバイザ型に準ずる Microsoft Hyper-V[5] などが挙げられるが，JAIST では，以下の観点から VMWare VSphere 4.0 を採用した．

- すでに学内システムで運用実績がある
- 動作事例が多く，安定性，操作性に優れていると考えられる
- システム動作中の負荷分散，ライブマイグレーション機能等動作性能の検証が進んでおり，信頼性が高い

### 3.2 セッション統合管理

OS のレイヤにおいては，ユーザのセッション，サーバの負荷状況を管理・監視し，ログインユーザを適切なサーバに振り分ける方式について，従来より検証を行っていた．

システム全体を，各仮想サーバとユーザ間のアクセスを中継するアクセスポイントにあたるサーバ，それぞれの機能ごとにグルーピングされた仮想サーバ，およびこれらの情報を保持するデータベースで構成する，

ユーザにはアクセスポイントのみを提供し，ここに各々の端末からアクセスすることで，それぞれの利用権限に基づいた利用可能なサーバグループの一覧を取得させる．ユーザが利用したいサーバグループを選択すると，サーバグループ内で負荷分散に基づいて選択された適切なサーバとユーザとのアクセスが開始できる．

さらに，このシステムでは各サーバ，ユーザの情報，(ログインユーザ数，ログイン先，サーバ負荷，など)を一元的に取得・監視できる．急遽ユーザの利用しているサーバにメンテナンスが必要となったときも，管理用のインタフェースからログイン状況の把握，ログインユーザへの通知を一括で行うことが可能である．

このシステムの構築には，従来より利用・検証を重ねてきた Citrix Presentation Server の後継システムにあたる，Citrix XenApp5.0[1] を採用した．現在，Windows サーバ 133 台および Solaris サーバ 1 台が，本アクセスポイントを用いたログインシステムに統合されている．

### 3.3 物理構成

上記環境 3.13.2 を実装する物理構成として，管理用を除くと全 51 枚のサーバブレード (Fujitsu Primergy BX920: CPUx2, 48GB メモリ) および，仮想イメージ格納用のストレージを用意した．各ブレードに搭載するチップは VMWare が公式にサポートし，仮想化パフォーマンスにおいても高性能のベンチマークを示す Intel X5570 を採用した [7]．

## 4 実サービスのクラウドシステムへの展開

### 4.1 既存のターミナルサービス

情報科学センターは情報環境の一環において，従来から更新，改良を重ねてきた学内共用の Solaris サーバ，2006 年よりサービスを開始した Windows ターミナルサーバの運用を続けてきた．これらは全ユーザが日常的に利用するデスクトップ環境を提供するという役割をもち，その機能的要件と重要性は高い．2010 年 3 月以前において，その総数は Windows ターミナルサーバ 107 台，および Solaris サーバ 5 台であった．

このうち Windows ターミナルサーバについては，ユーザが所属する研究室，または事務局における部課ごとに 1 台から 2 台の Windows ターミナルサーバを割り付けていた．各ユーザは個別に配布されたシンクライアント端末，または個人の端末から各サーバにログインし，デスクトップ環境とそこに搭載されたアプリケーションを利用していた．

しかし，この方式はサーバリソースの配分の観点からみて効率的な方式とはいえない．各所属先の人数の増加，またメンテナンスによるサーバ停止に対応できるよう，ほとんどの配置先に 2 台の Windows サーバを割り付けていたが，所属先の状況によっては，ほとんどユーザログインのないままサーバの電源だけが入っているような期間もあった．さらに事務局に割り付けたサーバについては夜間，深夜の勤務時間外には利用されることがなく，少なくとも 1 日の半分は電力のみが消費されている状況が常となっていた．

また，この方式をサーバ管理の観点から見ると，ターミナルサーバの提供によりユーザが個人ごとに端末を維持管理する必要がない反面，その管理コストはサーバ管理者が負うことになる．ハードウェアメンテナンス，OS アップデート，アプリケーションメンテナンス，セキュリティの確保など多岐にわたる管理項目がサーバ管理者に一任されるが，その管理工程の多くが手作業に依存していた．たとえばサーバローカルにインストールされた古いソフトウェアの更新や，プリンタリプレース

直後のプリンタドライバの更新など、作業工数の多いものは対応の遅れや作業ミスが起きた。さらにサーバが個別に管理されていたことから、サーバによってインストール済みのアプリケーションの違い、登録プリンタの違い、割り付け先研究室・事務局の人数配分に依存したログインユーザの多寡によるサーバレスポンスの違いなど、サーバごとに種々の差が生じていた。ユーザの利便性から割り付け先の研究室に直接サーバ管理権限を委譲していた例もあったが、サーバ管理者の修了あるいは転任によって、いつのまにか管理者不在となる状況も生じた。

## 4.2 仮想デスクトップ提供方式の検討

既存環境の問題点を踏まえ、デスクトップ環境の配信サービスを本クラウドシステム上で提供することとなった。

まずは、ハイパーバイザによって1台の物理マシン上に複数の仮想OSを稼働し、ユーザに提供する仮想デスクトップ環境を作成・配信する。

仮想デスクトップ環境を実装するため、考えられる方式には次の2通りがある。

**サーバベース方式** 1台の仮想サーバに対して複数のユーザが接続する。各仮想サーバは従来のターミナルサーバ同様、各ユーザの端末に対してデスクトップ環境またはサーバ上で動作する個々のアプリケーションを配信する。サーバ向けのOSを使用するため、デスクトップOS向けのアプリケーションなどでは動作が保証されないものもある。

**仮想PC方式** 作成された1仮想マシンに1名のユーザが割り付けられる。ユーザごとに個々のデスクトップOSが提供されるため、個人自由度が高い。

JAISTでは以下の観点からサーバベース方式を採用し、必要台数分の仮想Windowsターミナルサーバを作成した。つまり、1台で複数ユーザの仮想デスクトップ環境をサービスする方式とした。

- 個々の仮想PCには各ユーザの作業に十分なリソースを予め割り付ける必要がある。特にメモリ消費量の多いアプリケーションの動作も考慮してユーザごとの仮想PCを作成した場合、実際に利用されないリソースが増大することになる。
- 仮想PC方式はユーザ数分のOSのオーバーヘッドが生じる分、同時利用ユーザの多い環境で最適なリソース削減の方式とは考えられない
- 作成された仮想マシンは基本的に物理マシンと同様、メンテナンス、アップグレード等適切に管理さ

れる必要がある。仮想マシンの一括管理を考慮すると、台数が少なく済むサーバベース方式のほうが管理コスト上適している。

- 既存環境でターミナルサーバによるデスクトップ配信を採用しており、サーバベース方式を採用した場合にサービス移行がしやすい。
- サーバベース方式で問題となりやすいアプリケーションの互換性の問題について、すでに運用体制に入っていたMicrosoft Application Virtualizationアプリケーション配信システム [4] による動作実績があった。

本方式で研究系100台、事務系33台の仮想ターミナルサーバを作成した。現在、研究系については仮想リソースとして1サーバOSに2CPU、4GBメモリ、同時ログイン人数の多い事務系については4CPU、4GBメモリを割り当てている。台数については、1仮想サーバを共有するユーザ数を5名程度に想定し、十分な台数のサーバ数を準備した。

## 4.3 ターミナルサーバのクラウドシステムへの展開

第4.2節で仮想ターミナルサーバを準備し、ユーザのアクセスに応じた仮想デスクトップをサービスする環境が整った。

次に、これらの仮想ターミナルサーバを表示言語、業務システムによりグループに分け、学生・教員用には日本語Windows、英語Windows、事務局用には学務用サーバ、事務用サーバなどとし、クラウドシステムにおけるWeb上の共通アクセスポイントに公開した。

各ユーザはアクセスポイントが提供するWebブラウザ上の一覧から、希望に応じた公開サーバグループを選択することができる。図1に実現したターミナルサービスの概念図を示す。

## 4.4 他機能の分離・集約

ここで、クラウドシステムにおける個々の仮想サーバについては、物理マシンと同様にメンテナンスされる必要がある。主にメンテナンスが必要となる機能を他のサーバに分離・集約し、作成した個々の仮想ターミナルサーバでは可能な限り各OSの基本機能のみを提供するものとした。具体的には、下記の機能を各仮想ターミナルサーバのローカルで提供せず、別途個々の機能を有するサーバを設計した。

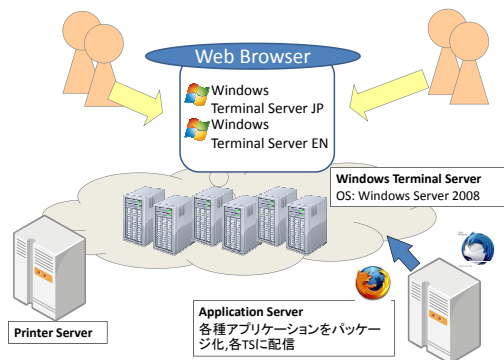


図- 1: ターミナルサーバのクラウド実装

#### 4.4.1 アプリケーション配信

従来から利用している Microsoft Application Virtualization を利用し、仮想アプリケーションサーバから各仮想ターミナルサーバにパッケージ化したアプリケーションの配信を行っている。仮想ターミナルサーバのローカルには極力アプリケーションのインストールを行わないように配慮し、パッケージ化の可能なアプリケーションとそうでないものとの検証、峻別を行った。このことで、個々の仮想ターミナルサーバにおけるアプリケーションメンテナンスの工数を大幅に減少できた。

#### 4.4.2 プリンタ

仮想プリンタサーバを経由して各フロアに設置されたプリンタに印刷を行うものとした。印刷に関する設定は各ユーザのプロファイルに格納され、全サーバから同様にアクセス可能となっている。

#### 4.4.3 ホームディレクトリ・個人プロファイル

ユーザ個々のホームディレクトリ、個人プロファイルはファイルサーバに格納し、ユーザはどの仮想ターミナルサーバからも透過的かつセキュアに個々のファイルへのアクセスが可能となっている。

## 5 成果

全学向けのクラウド環境の構築および、全デスクトップ環境をサービスする Windows サーバ群のクラウド環境への実装により、以下のような効果が得られた。

### 5.1 消費電力

サーバの仮想化により、物理サーバ数が大きく減少し、このため消費電力が大きく削減された。

具体的には、これまで管理用も含め、Fujitsu Primergy RX200 S2 80 台、および Fujitsu Primergy BX620 S2 サーバブレード 40 台に搭載されていたシステムが、Fujitsu Primergy BX920 S1 サーバブレード 54 台に統合・集約されている。

製品ベンダーの公開ジャーナルによれば、消費電力の 48% の削減とされている [8]。

### 5.2 リソースの有効利用

本システムの導入により、次の機能が実現できた。

- 仮想サーバに影響を与えない、物理サーバ間での仮想サーバの動的な再配置。
- 物理ホストにおける CPU、メモリのロードに応じた上記再配置の自動化

このことで物理ホストの CPU、メモリリソースを管理し、より多くの仮想サーバを効率的に動作させることができるようになった。これを踏まえて、空きリソースを管理して計算用のリソースとして有効活用するべく、現在システムを検討している。

さらに仮想サーバ OS のレイヤにおいては、セッションの統合管理機構により、各仮想サーバの負荷状況によるユーザログインの振り分けが可能になった。

このことで、既存環境では大幅に偏りが出ていたターミナルサーバの利用状況を平準化し、個々の仮想サーバに割り当てた仮想リソースを効率的に利用することができている。

### 5.3 メンテナンス性能の向上

#### 5.3.1 無停止メンテナンス

既存のシステムにおいては、物理サーバのメンテナンス、OS およびアプリケーションのメンテナンスなどサービスの停止、再起動を要する場合には、ユーザに影響の少ないメンテナンススケジュールの選定および、サービス停止アナウンスが必須であった。

本システムにより、物理サーバのメンテナンスにあたっては、仮想サーバを物理サーバ間で移動することにより、仮想サーバの利用者に影響せずにサービスを続行できるようになった。

さらに仮想サーバのメンテナンスにあたっては、一部の仮想サーバをユーザのアクセス対象となる公開サーバグループから切り離すことにより、ユーザアクセスの

なくなった個々のサーバを随時メンテナンスできる環境を作り出すことができる。ターミナルサービス自体は他の仮想ターミナルサーバで実行を継続しており、ユーザの利用に影響は及ぼさない

具体的な概念を以下の図2に示す。

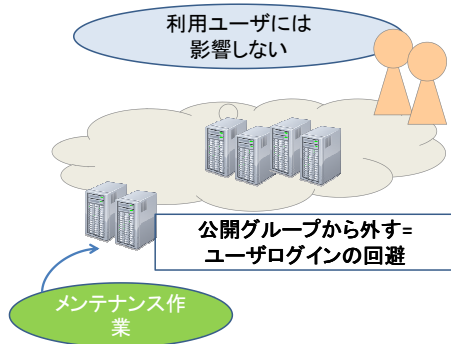


図- 2: メンテナンス時

すでにログインユーザのいるサーバについても、負荷評価値を操作することで後の新規ログインを避けることができる。この後、既ログインユーザのログアウトを待って随時メンテナンス作業を行うことが可能になった。

この方法を利用し、全仮想サーバのアップグレードが必要な場合にも、半数ずつをグループから外し、メンテナンス終了後にグループ追加の手順を踏むことでユーザには全く影響を与えないメンテナンスが可能となった。

従来は必須であったメンテナンスの事前調整・通知が必須ではなくなったことで、メンテナンスにかかる即応性が大きく改善された。

本システムについては導入当初ということから、OSのレイヤにおいては必要になったHotFixの適用、物理的レイヤにおいては初期不良、システムパッチ適用など、システム再起動を要するメンテナンスの必要性が多々見受けられたが、その多くを実サービスを停止せずに行うことができている。

図3に、各月にターミナルサービス無停止で行った各仮想サーバの再起動メンテナンスのうち、仮想サーバ全台に対する再起動(HotFix適用等：実際の再起動は半数ずつ)および、仮想サーバ個々の再起動の実施回数を示す。月に20回を超す個別の仮想サーバの再起動にあたっては、あらかじめサーバへのユーザのアクセスを停止しておくことで、ユーザへの影響なく作業が可能であった。

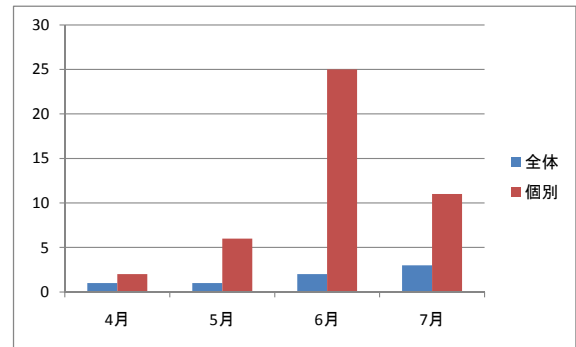


図- 3: 月別メンテナンス回数

### 5.3.2 サービス集約によるメンテナンスコストの低減

前4.4節にて述べたように、既存環境におけるターミナルサーバでも実現していたアプリケーション配信の内容を見直し、配信不可能なアプリケーションを除いてはアプリケーション配信サーバに集約した。また、全学に170台あるプリンタへの印刷ジョブを4台のプリンタサーバに集約した。このため従来個々のサーバに対して必要だった管理・メンテナンス箇所を特定のサービスサーバのみに限定することができ、メンテナンスに要するコストが大きく低減した。このことで、以下のような効果が得られている。

1. 各機能を分離集約することで、管理・メンテナンス箇所が局所化し、メンテナンス工数が減った。
2. 仮想ターミナルサーバの雛形となる基本イメージからの差分を極力少なくし、イメージ管理とサーバ作成時の作業がより簡潔になった。
3. 各ユーザが負荷分散規則によりどのサーバに振り分けられても同一の環境を利用できる状況を維持できる。

### 5.3.3 サーバの複製・削除

サーバを仮想化することで、通常は物理マシンのセットアップ作業から始めなくてはならないサーバの作成作業を、コンソール上で手軽に行うことができる。また、複数台のサーバを作成するにあたっては、一台のサーバにアップデートを加え、このサーバイメージを雛形としてコピー作成することや、サーバに障害が起きた場合に安全なサーバイメージから必要な仮想サーバを再作成することも可能になる。

## 6 今後の展望

現在サービス中の仮想ターミナルサーバは、構築当時のソフトウェアの動作仕様上 Windows Server 2008 32bit で動作しているが、この OS は仕様上扱えるメモリに上限 (本学機器の場合、4GB)[3] がある。個々のユーザにより潤沢なメモリリソースを提供できるよう、仮想サーバ OS の Windows Server 2008 R2 へのアップグレードを近々予定している。

また、クラウドシステムを利用したサービスの拡充について検討している。まず、事務局の各業務システムなど、現在学内で個別に運用しているシステムについては順次クラウドシステム内に集約を予定している。分散していたシステムのログイン先をアクセスポイントに集約することでユーザの利便性を向上し、個々の物理リソースで稼働していたサーバを仮想システムに移行することで、物理コスト、管理コストの低減が期待できる。さらに、夜間・早朝や休暇期間などに CPU、メモリリソースの利用率の低下が見られることから、このような余剰リソースについて研究用の数値演算ジョブの実行に活用するシステムを構築予定である。

ほかの例として、従来より研究室で機器を購入し、ハードウェア管理から行っていた研究用サーバについて、本システムの空きリソースを用いて仮想サーバを作成、貸し出すシステムを検討している。

## 7 まとめ

近年におけるクラウド環境の特徴と利点を実現し、JAIST 既設の情報環境システムと連携した学内クラウドシステムを構築し、学内の全ユーザを対象とした仮想デスクトップ配信サービスを実装した。このことで、大幅な消費電力の低減と物理リソースの効率的運用が可能になり、メンテナンスに関するコストが大幅に低減された。

また、随時適切なメンテナンスを行えることは、ユーザに与える利便性の向上にも繋がるものと考えている。さらに今後は構築したクラウド環境を他用途へと拡張し、ユーザの様々な要望に適宜応えられるシステムへと展開したい。

## 参考文献

- [1] Citrix xenapp. <http://www.citrix.co.jp/products/xenapp/index.html>.
- [2] Citrix xenserver. <http://www.citrix.co.jp/products/xenser/xenser.html>.
- [3] Memory limits for windows releases.
- [4] Microsoft application virtualization.
- [5] Microsoft hyper-v. <http://www.microsoft.com/japan/windowsserver2008/technologies/hyperv.mspx>.
- [6] Vmware vsphere. <http://www.vmware.com/jp/products/vsphere/>.
- [7] Virtualization performance on vmware \* esx using vmmark \* benchmark. <http://www.intel.com/performance/server/xeon/virtualization.htm>, 2010.
- [8] 大学内の共通 ict インフラ環境として、先進の学内プライベートクラウドを構築. 富士通ジャーナル, pp. 12-13, 7-8 2010.
- [9] Peter Mell and Tim Grance. The nist definition of cloud computing version 15.
- [10] 敷田幹文, 井口寧, 丹康雄, 松澤照男. 大規模分散システムの集中運用管理における効率化技術の提案. 情報処理学会 分散システム/インターネット運用技術シンポジウム, pp. 75-80, Feb. 1999.
- [11] 敷田幹文, 井口寧, 三輪信介, 丹康雄, 松澤照男. 大規模高可用性サーバの設計と運用. 情報処理学会 分散システム/インターネット運用技術シンポジウム, pp. 57-62, Feb. 2001.
- [12] 上埜元嗣, 佐藤幸紀, 宇多仁, 井口寧, 敷田幹文, 松澤照男. オープンメインフレームを用いた仮想化システム. 学術情報処理研究 No.11, pp. 120-123, 2007.