

## 大学におけるクラウド環境と教育研究支援

梶 田 将 司<sup>†1</sup>

本稿では、大規模仮想化計算機リソース基盤において、ハイパフォーマンスコンピューティングから教育・研究までを対象にした底辺の広い情報サービスを、動的に構成・提供可能な大学間連携型学術情報プラットフォーム「アカデミッククラウド環境」とその可能性について述べる。その実現に向けた研究開発を加速させることにより、大学間連携型の情報投資や情報基盤整備を進め、限られた財政的・人的資源を有効活用した「日本の情報サービス提供モデル」の確立が求められる。

### Academic Cloud Environment To Support Teaching, Learning and Research Activities

SHOJI KAJITA<sup>†1</sup>

This paper describes an Academic Cloud Environment and its potential usages for supporting teaching, learning and research activities in higher educational institutions. Through the acceleration of research and development for realizing Academic Cloud Environment, we need to advance the collaborative investment and development among higher educational institutions, and realize Japan-specific information service providing model using limited financial and human resources.

#### 1. はじめに

コンピュータの小型化やTCP/IPによるネットワーク化によりもたらされたインターネット技術は、大学等の研究機関における利活用を通じて進化し、社会に広がっていった。その結果、ウェブ技術の進化も相まって、現在では、我々の日常生活にはなくてはならない社会基盤を形成するまでに至っている。

一方、Amazon S3 (Simple Storage Service) や Amazon EC2 (Elastic Cloud Computing)<sup>1)</sup>, Google App Engine<sup>2)</sup> などの出現により、コンピューティング・パワーを電気やガス・水道と同じように我々の生活にはなくてはならない「ライフライン」として誰でも簡単に必要に応じていつでも利用できるクラウドコンピューティング (Cloud Computing) 環境が、次の社会基盤として具体的に語られ始めている<sup>3)</sup>。

そこで、本稿では、このクラウドコンピューティング環境が大学の情報基盤にどのように影響し、その利活用のためにはどのような研究開発が必要となるかを考えるため、大規模仮想化計算機リソース基盤を仮定し、その上でハイパフォーマンスコンピューティングから教育・研究までを対象にした底辺の広いサービス

を、動的に構成・提供可能な大学間連携型学術情報プラットフォーム「アカデミッククラウド環境」とその可能性について述べる<sup>\*1</sup>。

#### 2. クラウドは第3の波

現在のクラウドコンピューティングの流れは、過去30年を「ネットワークの時代」および「ウェブの時代」と分類し、それぞれ「第一の波」「第二の波」と捉えると、基盤システムからアプリケーションまですべてがサービス化される「第三の波」として捉えることができる<sup>5)</sup>。クラウドコンピューティングについてはさまざまな定義が存在し、「パスワード」的な扱いを受けていたが、次第に定着しつつある。これは、インターネットがそうであったように、黎明期にある新しい時代の幕開けの特徴とも言えよう。

最近では、McKinsey & Company がクラウドコンピューティングの定義として次の3点を挙げている<sup>6)</sup>：

- (1) 購入する側にとって、ハードウェア管理が高度に抽象化されている
- (2) 購入する側は、可変な事業運営費としてインフラコストを負担する
- (3) インフラキャパシティは高度に伸縮性がある (伸ばす方にも縮める方にも)

また、クラウド型サービスのアーキテクチャに関しても様々な定義が存在するが、こちらに関しては、大

<sup>†1</sup> 名古屋大学情報連携統括本部情報戦略室

Information and Communication Planning Office, Information and Communications Headquarter, Nagoya University

<sup>\*1</sup> 本稿は、文献<sup>4)</sup>をベースにしている。



と呼ばれ、企業や個人など、一般向けサービスとして提供されている。一方、企業や大学などの組織内のクラウドは「プライベートクラウド」あるいは「エンタープライズクラウド」と呼ばれており、本稿で取り上げる「アカデミッククラウド」は、各大学が構成・運用する「プライベートクラウド」に分類できる。

### 3. アカデミッククラウド環境

大学にとってクラウドコンピューティングが意味するところは何か。名古屋大学において情報基盤の戦略立案とその実装に関わってきた立場から言えば、最も重要なポイントは、「分散化 (Decentralized) から集中化 (Centralized) への回帰」ではないかと考えている。PC や WS の普及やネットワークの普及により、それまで情報基盤センター (当時の大型計算機センターや情報処理教育センター等) に集中していた計算機資源が研究現場・教育現場に移っていった。しかし、その結果、ハードウェア更新・セキュリティ対策などの多くの計算機管理コストを各現場が負うことになり、大学全体で見た場合、TCO (Total Cost of Ownership) は上がり続けてきた。

そのような状況を改善するため、名古屋大学においては、Web サーバやメールサーバなどの各種サーバを集約する「統合サーバサービス」、散在する情報やサービスを統合する「名古屋大学ポータル」、ユーザー認証や権限管理の全学的な基盤を提供する「認証基盤サービス」を立ち上げてきた<sup>8)-10)</sup>。

これらの「統合化」がさらに大規模に進むとともに集約された計算機リソースが仮想化技術により大規模に仮想化されることにより、大規模仮想化計算機リソース基盤において、ハイパフォーマンスコンピューティングから教育・研究までを対象にした底辺の広いサービスを、動的に構成・提供可能なクラウド環境が構成されていくことになると考えられる (図 1 参照)。このようなクラウド化は、大学ごとに進むとともに、共通化によるコスト削減や災害対策の観点から大学間連携も活発になってくると考えられる。このような各大学のプライベートクラウドが相互に接続され、仮想化された大規模な計算機リソースを相互に利用しながら情報サービスの提供が行われる環境を「アカデミッククラウド環境」と呼ぶこととする。

この「アカデミッククラウド環境」により、各大学の計算機リソース利用の飛躍的な効率化がもたらされるとともに、クラウド型サービスの構築や運用を行う高度 IT 人材の育成の現場としても有効に機能すると考えられる。特に、ネットワーク帯域の問題<sup>\*1</sup>から、地域単位での大学間連携が特に重要になろう。

#### 3.1 研究対象

クラウド化の最も重要な点の一つとして、任意の時

間に多数のユーザが様々な目的で仮想化された計算機リソースを利用することによって実現できる「統計的多重化」が挙げられる<sup>11)</sup>。この「統計的多重化」を実現するためには、クラウド型サービスの 3 つの層「SaaS」「PaaS」「IaaS」それぞれにおいて、「大学レベルの HPC アプリケーション」から「大学・部局レベルの教育・研究・業務系アプリケーション」「専門分野固有の教育・研究アプリケーション」「専門分野共通の教育・研究アプリケーション」までを対象とした裾野の広いアプリケーション利用について研究開発が必要である (図 2 参照)。また、アプリケーションに応じたネットワーク帯域の確保や、Google Chrome のようなデスクトップにおけるクラウド型サービスの利用支援環境など、クラウド型サービスをエンドユーザが利用する環境も考慮した研究開発が必要である (図 3 参照)。その際、次のような効果を目指しながら研究開発を推進する必要がある。

- (1) アカデミッククラウド環境に求められる技術基盤を実際のサービスを行いながら研究開発することにより、クラウド環境の構築から運用までの様々なフェーズにおける課題やその解決策の事例を明確にする。
- (2) 大学間連携型の情報投資や情報基盤整備を進め、限られた財政的・人的資源を効率的に有効活用した「日本の情報サービス提供モデル」を確立する。
- (3) アーキテクチャや API (Application Programming Interface) の標準化を行うことで、クラウド環境の持続的な開発・運用が可能になるようにする。

#### 3.2 オープンソース

このような「開かれた (オープンな)」研究開発を推進する上で、オープンソースソフトウェアの活用と成果の蓄積は必須である。ここでは、その基盤システムとして利用可能と考えられる 3 つのプロジェクトを簡単に紹介する。

##### 3.2.1 Eucalyptus<sup>13)</sup>

Eucalyptus (Elastic Utility Computing Architecture for Linking Your Programs To Useful Systems) は、カルフォルニア大学サンタバーバラ校 (UCSB) が開発したクラウドコンピューティング環境を独自に構築するためのフレームワークである。特に、Amazon EC2 と互換性のあるインタフェースを有しており、EC2 のようなパブリッククラウドと独自のプライベートクラウド間の移植性に着目している点が面白い。

##### 3.2.2 Apache Hadoop<sup>14)</sup>

Hadoop は、大規模データ処理アプリケーションを開発・実行可能なプラットフォームで、Google のサービス基盤である「Google File System」「MapReduce」「BigTable」と同等の機能を有する「Hadoop Distributed File System」「Hadoop MapReduce」

\*1 遅延が大きければ大きいほど、ネットワーク速度は遅くなる。

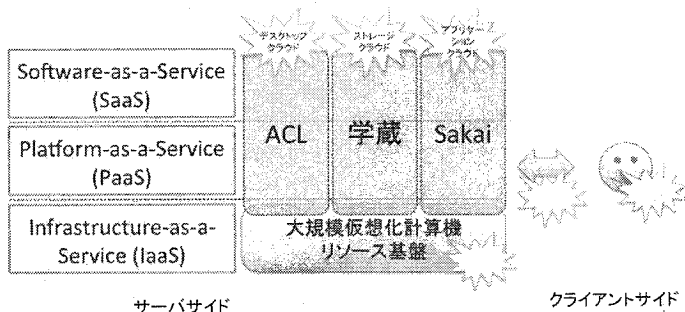


図 3 アカデミッククラウド環境の構築に向けた研究  
Fig. 3 Research Area on Academic Cloud Environment.

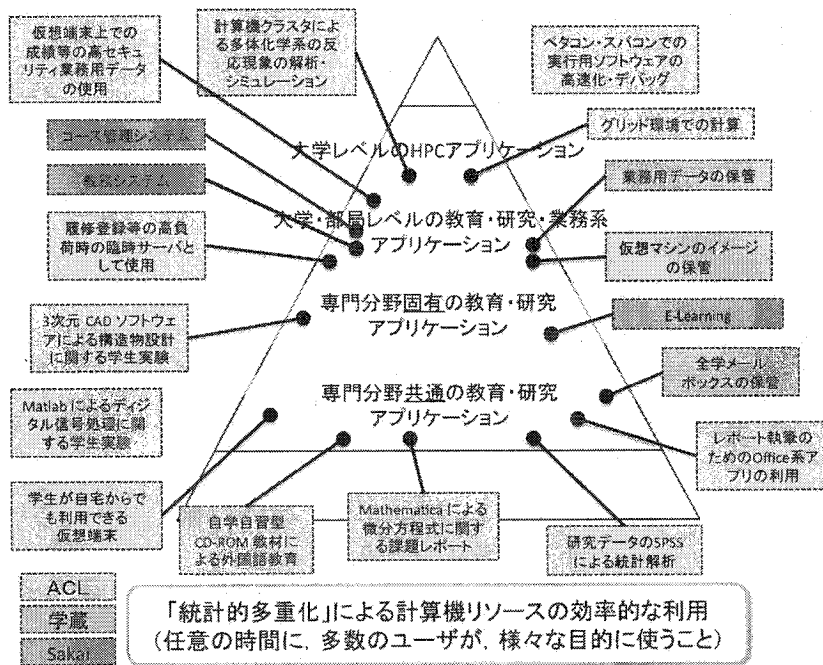


図 4 アカデミックコンピューティング実験室、学蔵、Sakai の利用例。  
Fig. 4 Examples for Academic Computing Laboratory, Gakuzoh and Sakai.

「hBase」等で構成される。丸山が指摘しているように<sup>15)</sup>、コース管理システムのような現在のアプリケーションのボトルネックはデータベース層にあり<sup>16)</sup>、これを抜本的に改善することが可能な「分散データベース」実装のためのインフラとして Hadoop を利用できる点が面白い。

### 3.2.3 Apache VCL<sup>17)</sup>

VCL (Virtual Computing Laboratory) は、North Carolina State University (NCSU) において開発されたものですでに 5 年の運用実績を持ち、約 8,100 名の教員・学生に対してサービスが提供されて

いる<sup>18)</sup>。特に、2007 年度では約 8,100 名が利用し、約 133,000 の予約・利用がなされている。2008 年 11 月から Apache Incubator プロジェクトとしてオープンソース化が始まっている。

## 4. クラウド型サービスの展望

最後に、「地域内クラウド型サービス」および「地域間連携クラウド型サービス」のパイロットシステムとして現在検討中の、(1)「アカデミックコンピューティング実験室 (Academic Computing Laboratory,



域のノードとなり、各地域内の大学からのバックアップを受付・貯蔵し、地域単位で他のノードにバックアップするシステムとして検討している。

当面は、ストレージアプライアンスサーバをベースに SINET VPN サービスを利用しながら、Web サーバで公開されているドキュメントや OCW などの教材など、非ミッションクリティカルなコンテンツを用いて技術的なフィージビリティ検証を行うことになっている。

### 4.3 Sakai Version 3

コース管理システムやコラボレーションシステムとして利用されている Sakai は、現在開発が進められている Version 3 では、Restful Architecture が採用され、Kernel と UI (User Interface) が明確に分離され、クラウド環境により適したものとなってきた。大学における教育研究を支える様々なアプリケーションを構築可能なアプリケーションクラウドとして期待される。

## 5. ま と め

本稿では、我々が考えているアカデミッククラウド環境について、文献<sup>4)</sup>をベースに述べた。

米国では、EDUCAUSE を中心に各大学の CIO らがいっしょになってクラウドに関する議論を始めている<sup>12)</sup>。一方、我が国では、情報技術の活用による教育研究の質的転換が求められているにもかかわらず、独法化後の急激な予算削減・個別化により、各大学の情報基盤に顕著な差が生じ始めている。今こそ、各大学が連携し、地域ワイド・国ワイドで高等教育機関が共同で利用可能な「クラウド型学術情報基盤」の先進的な取り組みを進める必要がある。

## 参 考 文 献

- 1) Amazon Web Services, <http://aws.amazon.com/>
- 2) Google App Engine, <http://code.google.com/intl/en/appengine/>
- 3) Nicholas Carr, "The Big Switch: Rewiring the World, from Edison to Google", W. W. Norton & Co., 2008 (村上彰翻訳, 「クラウド化する世界」, 翔泳社, 2008 年)
- 4) 梶田将司, 間瀬健二, "アカデミッククラウドによる教育学習支援の展望", 情報処理学会教育学習支援情報システム第 9 回研究会, 2009 年 5 月
- 5) Kemal A. Delic and Martin Anthony Walker, "Emergence of The Academic Computing Cloud", ACM Ubiquity, Vol. 9, Issue 31, 2008.8.
- 6) McKinsey & Co. Report, "Clearing the Air on Cloud Computing", <http://uptimeinstitute.org/content/view/353/319>, 2009.4.
- 7) Sun Microsystems, "Introduction to Cloud Computing Architecture", <http://www.sun.com/featured-articles/CloudComputing.pdf>, 2009.6
- 8) 内藤 久資, 山口 由紀子, 梶田 将司, 平野 靖, 間瀬 健二, "名古屋大学における統合サーバの構築と運用", 情報処理学会研究報告 (インターネットと運用技術), Vol.2008, No.37, pp.47-52, 2008.5.
- 9) 梶田 将司, 内藤 久資, 平野 靖, 瀬川 午直, 小尻 智子, 間瀬 健二, "名古屋大学ポータルによる情報サービスの統合と課題", 情報処理学会研究報告 (分散システム/インターネット運用技術), Vol.2007, No.72, pp.1-6, 2007.7.
- 10) 梶田将司, 太田芳博, 田島嘉則, 内藤久資, 平野靖, 間瀬健二, "高等教育機関における生涯 ID による人生ワイドな情報サービスの検討", 電子情報通信学会インターネットアーキテクチャ研究会 Vol.108, No.409, pp.83-88, 2009.1.
- 11) 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", Technical Report No. UCB/EECS-2009-28, EECS Department, University of California, Berkeley, <http://www.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2009/EECS-2009-28.pdf>, 2009.2.
- 12) Richard N. Katz (Editor), Diana G. Oblinger (Foreword), "The Tower and The Cloud: Higher Education in the Age of Cloud Computing", <http://www.educause.edu/thetowerandthecloud/133998>, 2008.10
- 13) Eucalyptus, <http://eucalyptus.cs.ucsb.edu/>
- 14) The Apache Hadoop Core Project, <http://hadoop.apache.org/core/>
- 15) IT media, "丸山先生レクチャーシリーズ第 3 回レポート: クラウドのデータサービスを掘り下げる", <http://www.itmedia.co.jp/enterprise/articles/0901/26/news022.html>, 2009.1.
- 16) 梶田将司, 角所考, 中澤篤志, 竹村治雄, 美濃導彦, 間瀬健二, "高等教育機関における次世代教育学習支援プラットフォームの構築に向けて", 日本教育工学会論文誌, 31 巻, 3 号, pp.297-305, 2007.12
- 17) The Apache VCL Incubator Project, <http://cwiki.apache.org/VCL/>
- 18) Sam Averitt, Michael Bugaev, Aaron Peeler, Henry Shaffer, Eric Sills, Sarah Stein, Josh Thompson, Mladen Vouk, "Virtual Computing Laboratory (VCL)", Proc. International Conference on Virtual Computing Initiative, pp.1-16, [http://vcl.ncsu.edu/sites/default/files/VCL\\_ICVCI\\_May07.pdf](http://vcl.ncsu.edu/sites/default/files/VCL_ICVCI_May07.pdf), 2007.5.
- 19) Sakai Version 3, <http://sakaiproject.org/future-directions>