

10-IS02

アカデミッククラウド環境における

ソーシャルコンピューティングアーキテクチャの構築

松尾啓志 (名古屋工業大学情報基盤センター)

概要：本研究では、各大学において今後必要とされる大規模仮想化計算機リソースの構築・運用・利用管理のための技術基盤を東海地区の国立大学情報基盤センターが共同で研究開発するとともに、その実験サービスを共同で提供・利用することにより、「東海アカデミッククラウド共同研究拠点」を形成することを目的としている。本年度は、まず、3層アーキテクチャを有するクラウド型大学情報基盤へのパラダイムシフトが起こりつつある現状を「統合化」の観点から明確に示した。また、東海アカデミッククラウドの構成要素となるコンピューティング基盤・ストレージ基盤・ミドルウェア基盤のオープンソースソフトウェアによる実装として、オンデマンド型仮想計算機サービス、地域内・地域間相互データバックアップサービス、認証基盤相互連携サービス、大学ポータルサービス、クラウド型教育学習支援サービス、キャンパスカレンダー共有サービスの構築を行っており、年度内に実験サービスを開始する予定である。

1. 研究の目的と意義

1.1 目的

教育・研究での情報技術の活用が進みつつある現在、教務システムやコース管理システム、大学ポータル、事務システム等の各種「機関アプリケーション」や、千台規模の教育用端末で構成される「情報教育基盤システム」、スーパーコンピュータなどの「ハイパフォーマンスコンピューティング (HPC)」など、大学として様々な情報サービスのための計算機リソースの継続的確保およびその高可用性が求められるようになってきている。その結果、これらの維持・管理コストが増大し、対応要員の確保や再教育が必要になってきている。

一方、パーソナルコンピュータやワークステーションによるコンピュータの小型化および TCP/IP によるそれらのネットワーク化によりもたらされた情報通信基盤は、Web を通じて我々の日常生活にはなくてはならない社会基盤として進化し続けている。そして、最近では、Amazon S3 (Simple Storage Service) や Amazon EC2 (Elastic Cloud Computing), Google AppEngine 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」が注目されている。過去 30 数年を「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「クラウドの時代」は「第三の波」として今まさに始まろうとしている。

このようなコンピューティング環境の時代的転換期にある現在、大学における教育研究を支える情報基盤を長期的な戦略の下で検討・構築する必要が生じてきているが、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は顕著な差が生じ始めている。このため、限られた財政的・人的資源を有効活用した日本型学術情報サービス提供モデルの確立が必要になってきている。

本研究課題では、各大学において今後必要とされる大規模仮想化計算機リソースの構築・運用・利用管理のための技術基盤の研究開発を行うとともに、パイロットシステムを用いた実験運用を行うことにより、教育研究支援のためのクラウド環境 (アカデミッククラウド環境) の研究開発・運用及び人材育成を東海地区の国立大学情報基盤センターが連携して行う東海アカデミッククラウド共同研究拠点を形成することを目的としている。

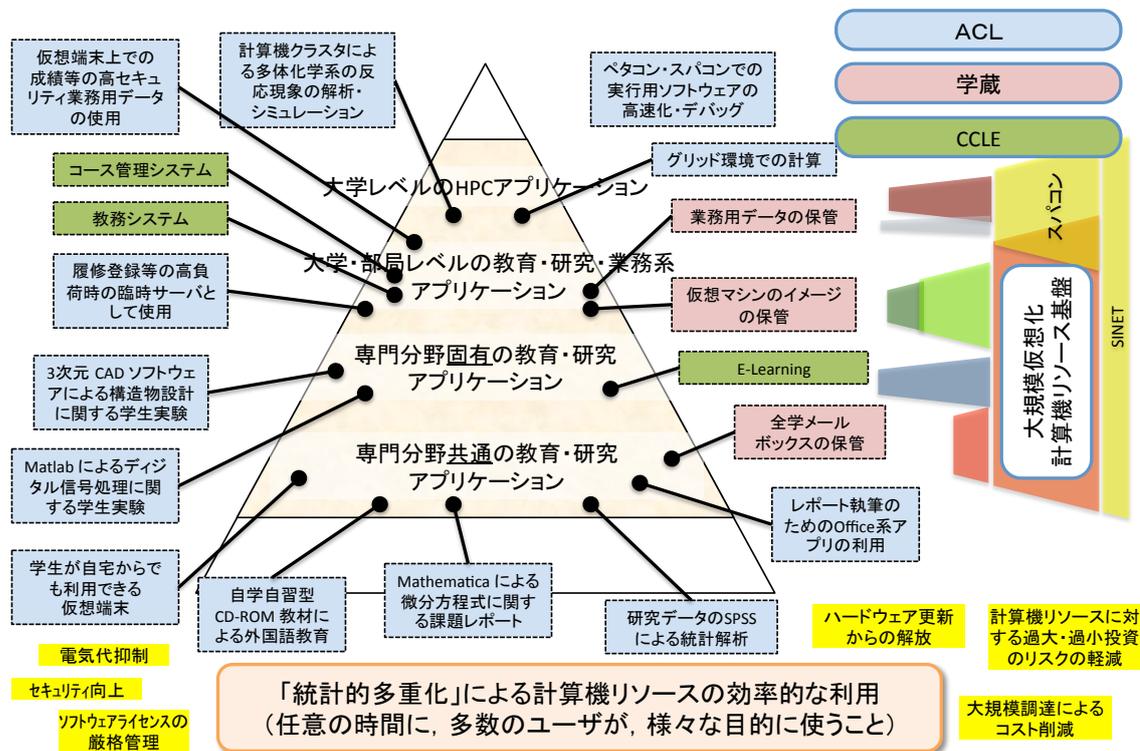


図1: アカデミッククラウド環境での裾野の広いサービスの構成

1.2 意義

本研究課題では、大規模仮想化計算機リソースをベースとすることにより、ハードウェアとソフトウェアを完全に分離し、仮想化された計算機リソースが大量に利用可能な状況において、「大学のような多様な構成員が行う多様な教育研究活動を支援する情報サービスを、如何にフレキシブルかつコストエフェクティブに提供するか」を目指して、大規模組織におけるコンピューティングアーキテクチャ（ソーシャルコンピューティングアーキテクチャ）を構築する点が新しい。そして、パイロットシステムを構築しつつ実験運用を行うことで、国内では例のない、地域ワイドで大学が共同利用可能な「クラウド型学術情報基盤」の先進的な取り組みを目指している。

本研究課題を通じて、我が国の教育研究基盤となるアカデミッククラウド環境に求められる技術基盤がパイロットシステムを通じて構築されるとともに、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を明確にしたいと考えている。また、大学間連携型の情報投資や情報基盤整備が進み、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」の確立を目指す。さらに、アーキテクチャの標準化により、大規模組織におけるクラウド環境の構築・導入・運用・再構築が容易となり、持続的な開発・運用を可能にしたいと考えている。

このように、本課題を通じて構築されるソーシャルコンピューティングアーキテクチャは、大規模組織におけるコンピューティング環境デザインを行うものである。近年、サービス指向アーキテクチャ（Service Oriented Architecture, SOA）やエンタープライズアーキテクチャ（Enterprise Architecture, EA）など、様々なアーキテクチャが提唱されているが、大学のような多様な構成員が多様な教育研究活動を行っている大規模組織を対象としたものはない。

2. 当拠点公募型共同研究として実施した意義

- (1) 共同研究を実施した大学名
 - (ア) 名古屋工業大学
 - (イ) 豊橋科学技術大学
 - (ウ) 三重大学
 - (エ) 岐阜大学
 - (オ) 静岡大学
 - (カ) 名古屋大学

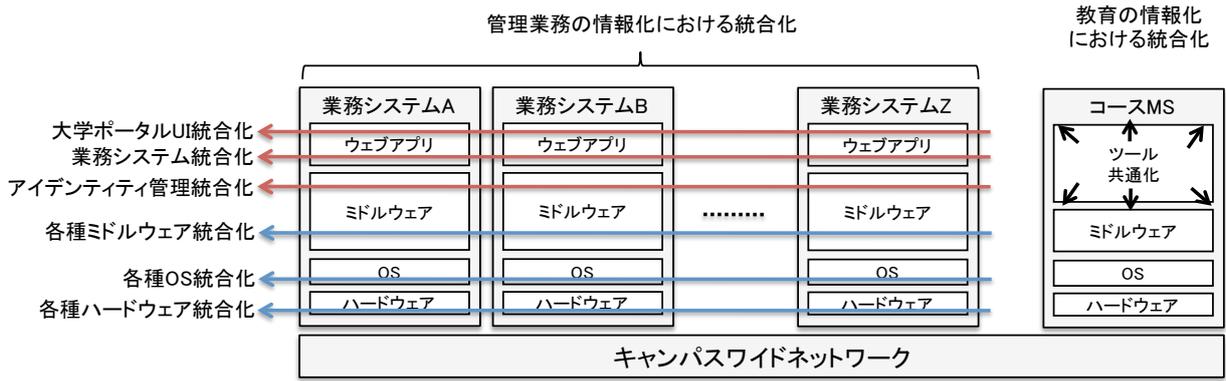


図2：ウェブ時代の統合化

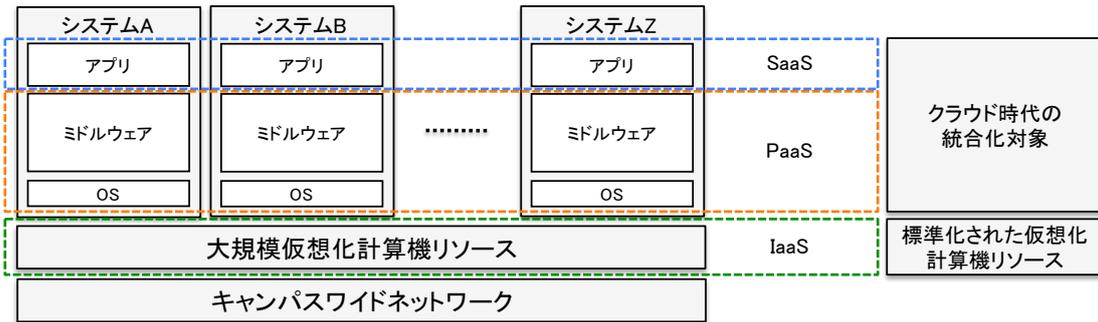


図3：クラウド時代の統合化

- (2) 共同研究分野
大規模情報システム関連研究分野
- (3) 当公募型共同研究ならではの事項など
本研究課題では、「大規模仮想化計算機リソース基盤（図1右）」を基盤として、HPCから専門分野に寄らない教育・研究アプリケーションまで裾野の広い情報サービスを提供可能なアカデミッククラウド環境のアーキテクチャおよびその実装による実サービス提供を目指している。大規模仮想化計算機リソース基盤は、名古屋大学情報基盤センターが有するオンデマンド型仮想計算機構成設備（IBM BladeCenter 31 ブレード）および北海道大学・京都大学・大阪大学・九州大学に SINET L2VPN により分散配備されているネットワークストレージ設備（Sun Microsystems Open Storage 7110・7320, 合計約 30TB）を利用している。また、全国共同利用サービスとして実験的に提供されている NAREGI 計算ノードの利用も利用予定である。このような共同設備を利用

して、東海地区の国立大学情報系センターの関係者が、認証基盤技術、サービス構築技術、セキュリティなど、それぞれの大学での教育・研究の情報化を通じて培われてきた専門分野のベストプラクティスを持ち寄ることで、共同利用・共同運用可能なアカデミッククラウド環境を研究開発しようとする点が公募型共同研究としての特色となっている。

3. 研究成果の詳細

3.1 クラウド型大学情報基盤へのパラダイムシフト

一般的に、大学の情報化は、事務サイドが主導する管理業務の情報化（Administrative Computing）と、教員サイドが主導する教育・研究の情報化（Academic Computing）に大別することができる。前者が、指揮命令系統が明確な事務組織が主体となるため、トップダウン型の情報化であるのに対して、後者は、教員・研究者組織が主体となるため、ボトムアップ型の情報化であるとい

える。このため、両者の間に大きな壁の存在を感じるケースが多い。ウェブの時代における大学の情報化も、それぞれのニーズに応じて進められたが、アーキテクチャ的にはどちらも同じ構造のものに収斂していった。ここでは、その過程の具体例として、Administrative Computing 側は大学ポータルを、Academic Computing 側はコース管理システムを取り上げることにより、クラウドの時代における3層アーキテクチャに至る過程を整理する。

3.1.1 大学ポータル

ウェブの普及とともに、部局・学科・研究室など、大学の様々なレベルの組織が独自のホームページを立ち上げるようになった結果、様々なサービスやコンテンツが散在するようになっていった。システム的には、様々な業務システムが、ハードウェアからソフトウェアまで、各々の業務を所轄する組織により導入・設置され、キャンパスネットワークに接続されていった(図2参照)。この状況を改善するため、必要な情報を必要なときに必要とする人に提供するための仕組みとして、北米の大学では2000年頃から大学ポータルが注目されるようになった。

大学ポータルは、各ホームページの見た目を大学ポータルUI (User Interface)を通じて統合し、あたかも一つのシステムとしてサービスやコンテンツをユーザに提供することが理想であるため、まず、UIレベルの統合化や権限管理・情報購読機能等を提供するための大学ポータルフレームワークとしてuPortalの開発が大学間連携・民間事業者連携の下で推進された。しかし、そもそも各々のシステムは、大学ポータルUIに統合できることを前提としたUI設計となっていないために、UIレベルでの統合化は容易ではない。例えば、独自のナビゲーションメニューやボタンが用いられていたり、フレーム分割されていたり、独自のリンクアンドフィールドが用いられていたりすると、大学ポータルUIへの統合は非常に難しくなる。このような実装上の制約のため、ユーザ管理・ユーザ認証の統合やシングルサインオンなどのアイデ

ンティティ管理に関わるレベルでの統合が比較的実行しやすく、TCO (Total Cost of Ownership) の削減にもつながっていった。

また、uPortalの成功は、教務・財務・人事などの業務システムを大学間連携・民間事業者連携の下でオープンソースとして開発する動きも活発化させた。

さらに、大学ポータルや各業務システムで共有可能な部分として、リレーショナルデータベースやウェブ・アプリケーションコンテナ、サーバのOS・ハードウェアなどの統合化も必要に応じて進んでいる。

このように、ウェブの時代におけるAdministrative Computing側からの情報化は、大学間連携・民間事業者連携の下で、各大学の業務システムを様々なレイヤにわたり水平統合化する過程であったといえよう。

3.1.2 コース管理システム

「コース教材作成支援機能のツール化」という1つのアイデアにより、1995年から開発が始まったWebCTに代表されるウェブベースの教育学習支援システムは、オンキャンパス教育での利用が拡大する中で、コース管理システム(Course Management System, CMS)として大学教育におけるインフラとしての地位を確立するようになり、現在では、米国では約90%の大学がCMSを全学的に導入し、平均で約50%の講義やセミナーで利用するまでに至っている。しかしながら、CMSの普及が進むにつれて、様々な学問分野にまたがる教育現場から生じる多様なニーズに応えることが求められるようになった結果、CMSを独自開発していたミシガン大学・MIT・スタンフォード大学・インディアナ大学は、メロン財団から研究費を獲得し、大学間連携の下で共同開発・利用可能なオープンソースソフトウェアSakaiの開発を2004年に開始した。2005年秋にはSakai FoundationがNPO法人として設立され、現在では、世界の研究大学を中心に約70の大学(日本からは、法政大学、名古屋大学、大阪大学が参加)が会員となり、コミュニティ全体で共同開発する「コミュニティソース」

として Sakai の構築が進められている。これにより、各大学は、限られた人的・財政的資源の中で、開発・保守コストを抑えつつ学内の教育学習の IT による高度化に関する独自ニーズへの対応に集中できる環境が整備されつつある。

このような流れは、大学の教育現場に関わる教員・学生・TA・学科/学部執行部・ソフトウェア技術者・システム管理者・民間事業者等、様々なステークホルダで構成されるコミュニティから生ずる多様なニーズが CMS の機能として実装され、そのサービスを利用した教育現場から新たなニーズが生まれるというサイクルを繰り返しながら、CMS 及びそれを利用するコミュニティが拡大してきた過程でもある。つまり、「大学の教育現場がイノベーションを生み出すフィールドとなり、成果がイノベーション蓄積プラットフォームとしての CMS に蓄積されていく」というフィールド情報学の一つの分野を形成してきたといえる。

このように、ウェブの時代における Academic Computing 側からの情報化は、大学の枠を越えて各大学の成果を統合することによりツール等の機能を深化させる垂直方向での統合化が特徴だったといえよう。

3.1.3 アカデミッククラウド環境

第三の波として「クラウドの時代」がはじまろうとしている現在の状況において、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 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、ウェブ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。

前節でも述べた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。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であろう。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 人材を育成するための臨床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から、地域単位での大学間連携が重要になろう。

クラウド環境は、一般的に言って

IaaS (Infrastructure-as-a-Service)

PaaS (Platform-as-a-Service)

SaaS (Software-as-a-Service)

の3つのレイヤで整理されるが(図3参照)、ウェブの時代における情報化と比較すると(図2参照)、各システムが有していたハードウェアベースの計算機リソースが仮想化されることにより、それらを集約した大規模仮想化計算機リソース基盤が、全学的な情報基盤サービスとして標準化される。これにより、大学の情報化の対象すべてがソフトウェア化されることになり、ハードウェアに依存していた大学の情報化のパラダイムが大きく変わ

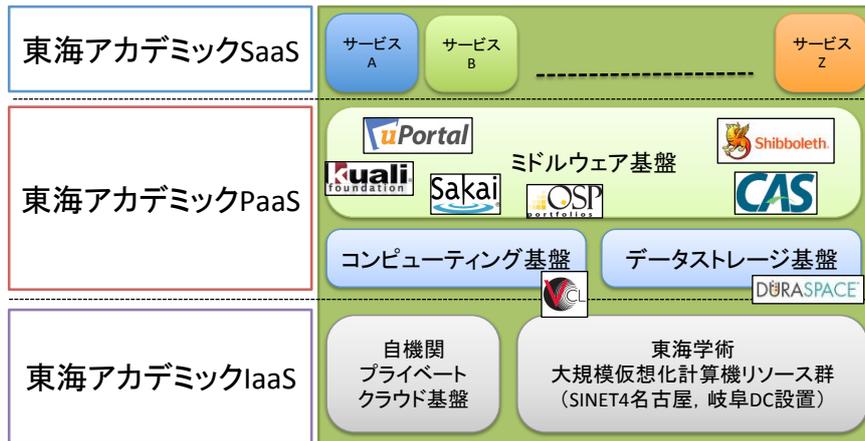


図4：東海アカデミッククラウドの3層アーキテクチャ

ることを意味する。

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。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情報サービスの提供について研究開発が求められる。

3.2 東海アカデミッククラウドの実装

本研究課題では、上述の3層アーキテクチャに沿って東海アカデミッククラウドの実装を進めている。

3.2.1 東海アカデミック IaaS

まず、IaaS層としては、研究開発のターゲットから外し、既存の設備・製品をベースに各大学が共同利用可能なIaaS基盤として構築を進めている。具体的には、IBM BladeCenter 31 ブレード (4コア CPU・16GB メモリ/ブレード) および Sun Microsystems Open Storage 7110・7320 (合計約30TB)の一部を、VMware vSphere 4 ESX・ESXiにより仮想化し、VMware vCenter Serverにより統合管理可能な基盤として構築した。Open Storageの一部は、北海道大学・京都大学・大阪大学・九

州大学の各基盤センターに設置し、SINET L2-VPNサービスにより接続されている。将来的には、各大学が独自に構築するプライベートクラウドと各大学が共同利用するコンソーシアムクラウドの2つのIaaS基盤に分離し、コンソーシアムクラウドは各大学が共同で利用しやすくなるように、SINET4のネットワーク設備が設置される民間データセンターでのコロケーションを検討している。

3.2.2 東海アカデミック PaaS・SaaS

次に、PaaS層・SaaS層については、コンピューティング基盤・ストレージ基盤・ミドルウェア基盤のオープンソースソフトウェアによる実装として、オンデマンド型仮想計算機サービス、地域内・地域間相互データバックアップサービス、認証基盤相互連携サービス、大学ポータルサービス、クラウド型教育学習支援サービス、キャンパスカレンダー共有サービスの構築を行っている。

(1) オンデマンド型仮想計算機サービス

各大学の構成員が教育研究活動において必要とする計算機をオンデマンドで構成・提供する「アカデミックコンピューティング実験室：ACL (Academic Computing Laboratory)」の構築を進めている。ACLでは、オープンソースとして公開されているApache VCL (Virtual Computing Laboratory)を用いてブレードサーバ上にコンピュータベースの実習環境を仮想計算機として実現することにより、様々な専門

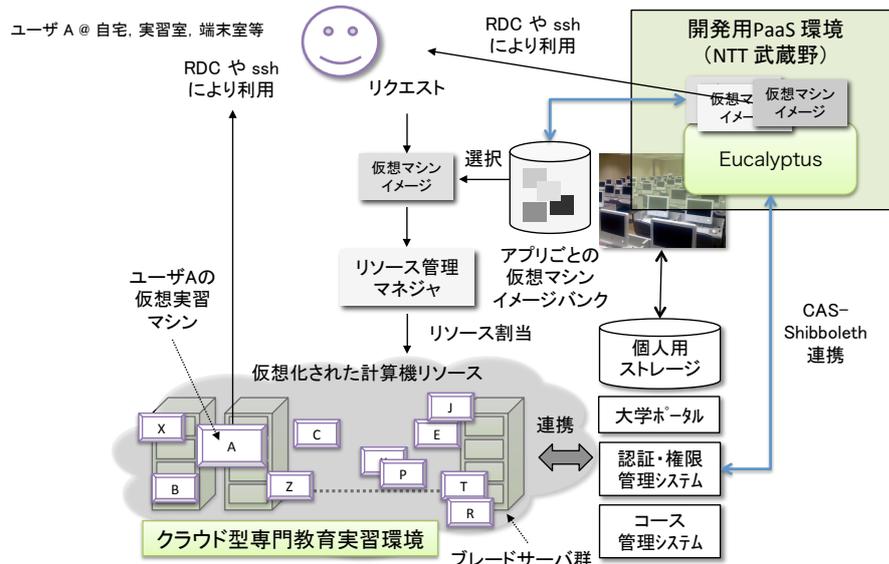


図5：アカデミックコンピューティング実験室

教育現場において多数の教員・学生が低コストかつオーダーメイドで利用できる仮想実験室基盤である。ACLにより、実習用PCごとに行われていた作業が、「雛形となる仮想実習マシンのイメージ作成」だけに集約できるため、管理コストが劇的に削減される。また、Remote Desktop Connector (RDC) 等によるアクセスとなるため、端末室からだけでなく、学生所有の非力なPCでも容易に利用できる(図5参照)。さらに、大学としては、ライセンスの厳格な管理や、仮想化された計算機リソースのシステム間での共有による効率的な運用が可能になる。

(2) 地域内・地域間相互データバックアップサービス

全国共同利用学術情報基盤センター長会議の下に設置された災害対策検討委員会において2008年12月から検討が進められてきたデータ貯蔵サービス「学蔵」をそのまま引き継いだものである。現在は、前述のOpen StorageをベースにSINET VPNサービスを利用して構築しているが、ストレージクラウドサービスの利用を念頭に、オープンソースソフトウェアとして公開が始まったDuraCloudを用いたストレージブローカーサービスへの展開を検討している。

(3) 認証基盤相互連携サービス

大学間認証基盤のデファクトスタンダードであるShibbolethを用いた東海アカデミッククラウド共同研究拠点独自のIdP (Identity Provider)の構築を進めるとともに、各大学のShibboleth IdPとの連携をNIIが提供する学認サービスとの連携により実現する。東海アカデミッククラウドが提供する各種サービスに各大学が教職員・学生に対して発行しているユーザID・パスワードを用いて利用できるようになる。

(4) 大学ポータルサービス

東海アカデミッククラウドが提供する各種サービスのエントリポイントとなるポータルサイトで、オープンソースソフトウェアとしてJasigが開発した大学ポータルフレームワークuPortalを用いて実装を進めている。

(5) クラウド型教育学習支援サービス

Open Academic Environment (OAE)として開発が進められているオープンソースソフトウェアSakai version 3をベースに実験サービスの立ち上げを準備している。また、ACLを用いたSakai Version 2の実験的な利用環境の提供も予定している。

(6) キャンパスカレンダー共有サービス

Jasig がオープンソースソフトウェアとして提供しているカレンダーシステム Bedework を用いて、各大学のキャンパス内で講演会・研究会等の各種イベント情報を東海地区の大学が共有可能なサービスとして実装を進めている。

4. これまでの進捗状況と今後の展望

上述の東海アカデミック IaaS・PaaS・SaaS のプロトタイプ実装に向けて、2010年8月9日に第1回研究会を名古屋工業大学で開催するとともに、2010年11月26・27日には第1回実装合宿を行った。引き続き実装作業を進め、年度内には実験サービスを開始する予定である。

来年度以降については、今年度整備される実験サービスに共通する事項として、「ユーザ認証や権限管理の大学間連携」「仮想化計算機リソースのプロビジョニング」「広域仮想ネットワークストレージ」「組織横断型サービスのサービス・レベル・アグリーメント (SLA) 基盤 (契約内容・履行管理)」「クラウドセキュリティ基盤」に関する研究開発を推進する予定である。

5. 研究成果リスト

(1) 学術論文

- (ア) 梶田将司, “アカデミッククラウド環境: 大学の情報化における新たなパラダイム”, 放送大学 ICT 活用・遠隔教育センター「メディア教育研究」, Vol. 7, No. 1, pp. S9-S18 (招待論文)

(2) 国際会議プロシーディングス

- (ア) Shoji Kajita, “Academic Refactoring through Realizing Academic Cloud” (Invited paper), IEEE TENCON2010, Fukuoka, Japan, November 21-24, 2010

(3) 国際会議発表

なし

(4) 国内会議発表

- (ア) 梶田将司, “東海アカデミッククラウドにおける仮想端末サービス”, 情報

処理学会・コンピュータと教育研究会情報教育シンポジウム Summer Symposium in Shibukawa (SSS) 2010 スペシャルセッション, 2010年8月18日~20日, 雨情の湯 森秋, 伊香保温泉, 群馬県梶田将司, “仮想コンピューティング実験室によるクラウド型教育学習支援環境の構築”, 電子情報通信学会サービスコンピューティング時限研究専門委員会第3回研究会, Vol. 110, No. AI-172, pp. 59-64, 国立情報学研究所, 2010年08月23日

- (イ) 梶田将司, “東海アカデミッククラウドの現状と課題”, 情報処理学会 IOT シンポジウム 2010 パネル討論「ディペンドブルなシステムとは ~クラウドとの付き合い方を考える~」, 2010年12月2日~3日, 山口ケーブルビジョン, 山口市

- (ウ) 松尾啓志, “東海アカデミッククラウド”, 情報処理学会教育学習支援情報システム研究会企画セッション「大学間連携による教育学習支援情報環境の現状と課題」, 平成22年度情報教育研究集会講演論文集, 2010年12月10日~11日, 京都テルサ

(5) その他 (特許, プレス発表, 著書等)

- (ア) 梶田将司, “アカデミッククラウド環境~教育研究環パラダイムシフト~”, 平成22年度名古屋大学工学研究科・工学部技術部特別講演会, 2010年10月22日, 名古屋大学ベンチャービジネスラトリー・ベンチャーホール, 名古屋
- (イ) 梶田将司, “アカデミッククラウドへの道”, Oracle Cloud Computing Summit - Server & Storage Day Tokyo 【特別講演】パネルディスカッション: 価値あるクラウドの実現と企業戦略, 2010年6月30日, 青山ダイヤモンドホール, 東京