

月刊 地方自治を語るみんなの広場

自治フォーラム

vol.614
2010 NOVEMBER

11

特集
電子自治体の可能性

クラウドコンピューティング

東京大学大学院
情報理工学系研究科教授
日本データセンター協会理事

江崎 浩



1 はじめに

クラウドコンピューティングは、ネットワーク基盤、特にインターネット基盤を利用した、「所有するITから、利用するIT」への変革を推進するものである。クラウドコンピューティング環境は、ブロードバンドインターネット環境の存在を前提としており、IT/ICT機器の集合運用による資源利用効率の向上とスケールメリットを利用して、低コストで柔軟なユーザの需要要求に応えようとするものである。IT/ICT機器の集合運用、特に、インターネットデータセンターにおける運用は、各ユーザ事業所における空調負荷の低減にも貢献することが認識されており、IT/ICT機器を用いた情報システムサービスのコスト削減のみならず、省エネならびに地球温暖化ガス削減への貢献も期待されている。さらに、インターネットデータセンターを用いたクラウドコンピューティングサービスの展開は、情報漏洩防止に代表される情報セキュリティ

ティの向上にも貢献することができる。

2 クラウドコンピューティング環境

情報システムは、以下の三つの段階を経て、クラウドコンピューティング環境へと進化しようとしている。

(1) メインフレームコンピュータによる集中処理システム

ユーザが利用するIT機器は、メインフレームコンピュータに接続するために提供されるダム端末 (Dumb Terminal) と呼ばれるスクリーン上にテキストだけを表示する端末であった。ダム端末を通して、ユーザは、メインフレームコンピュータが提供するプログラム機能や計算機能をサービスとして利用する。メインフレームは、それ自体独立した計算機であり (メインフレームコンピュータ同士が相互接続されることはなかった)、複数のユーザで共有利用される。また、メインフレームコンピュータのアーキテクチャは、製造会社ごとに、さらに製品ごとに異なっていた。

(2) エンジンアリングワークステーションあるいはミニコンを用いた分散 (オープン) システム

エンジンアリングワークステーションやミニコンは、構内LANを用いて相互接続される。先進的なユーザは、電話会社が提供する専用線や電話回線を用いたモデム接続技術を用いて広域接続を行っていた。インターネットの原型である。ユーザが利用する端末は、サーバ機能を持つことが可能な高機能のコンピュータや高機能のコンピュータ (サーバ) を、ネットワークを経由して利用するダム端末などが混在していた。なお、この頃のダム端末は、グラフィックス・ユーザ・インターフェース (GUI: Graphic User Interface) を持つようになる。この頃に、コンピュータのネットワ

ーク化に関するオープン化が進展し、TCP/IPが事実上のコンピュータネットワークのデファクト標準技術となる。

(3) パソコンとインターネットサービスプロバイダの登場によるネットワークセントリックな集中・分散システム

ゼロックス社で研究開発されたパソコンは、IBMによって、その内部構造がオープン化され、急速に一般化した。パソコンは、まず、企業内および一般家庭に導入され、新しいアプリケーションが次々と開発され導入される。これらのアプリケーションのほとんどは、ネットワークを利用するようなものではなく、独立(Stand-Alone)に動作するものがほとんどであった。このような状況から、インターネットサービスプロバイダの登場によって、一般ユーザは、電話回線を用いたモデム接続(非常時接続型、ダイヤルアップ接続)で、パソコンをインターネットに接続する形態へと変化する。主に、企業が広告目的でWEBサーバを運用する形態である。

(4) インターネット基盤を用いた情報処理がサービスとして提供されるネットワーク的クライアント・サーバ型の集中分散システム(クラウドコンピューティング)

一般ユーザのインターネットへの接続が、ダイヤルアップ型から、ADSL技術を用いたブロードバンド接続に変化し、急速に、WEBサービス(クラウドコンピューティングサービスの原型ともいえよう)市場が拡大する。当初は、企業間、すなわちB-B型のWEBサービスであったが、インターネットへの接続速度の広帯域化は、B-C型との融合をはじめ、Google社の登場で急速に増殖を開始する。

クラウドコンピューティングは、クライアント・サーバ型のシス

テムであり、ユーザ端末には、高度で高性能な処理能力を要求せず、サーバ側

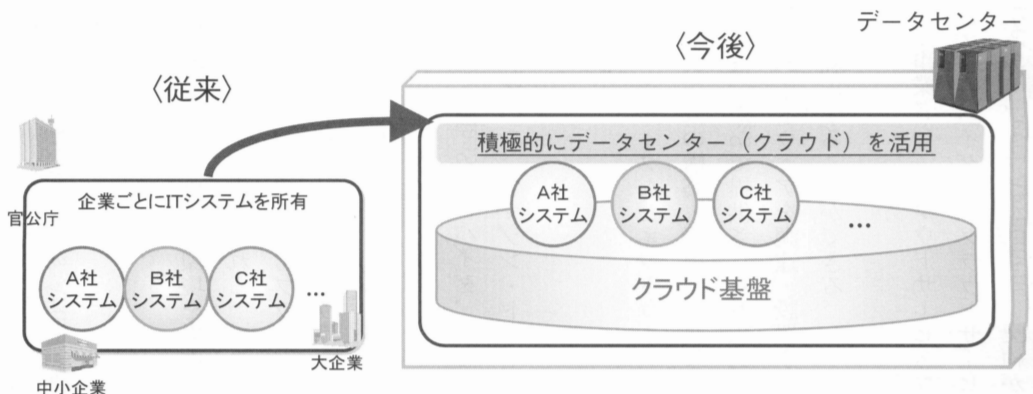
(クラウド状、すなわちネットワーク状のサーバ群)でデータ処理を行い、結果のみをクライアント(「ユーザ端末」)に表示する。このよう

な観点からみれば、メインフレーム時代のシステム形態に似ているといえよう。

メインフレームは、ユーザにプログラムを作成と実行環境を提供し、利用量に応じた課金をユーザに行っていた。

クラウドコンピューティング環境では、ネットワーク、特に、インターネットを基盤を用いて、(仮想化された)コンピュータおよびコンピュータを用いたデータ処理を、ネットワークを経由しながら「サービス」として利用する。ク

図1. クラウドサービス利用のイメージ



クラウドコンピューティングは、コンピュータ処理の利用形態であり、新しい技術が存在するわけではない。

クラウドコンピューティングは、二〇〇四年頃に登場したWeb2.0の具体的なビジネス展開の形態と捉えることもできるであろう。なお、Web2.0自体も、特定の新技术をさすものではなく、それまでにWeb上で提供されてきた技術やサービスを組み合わせることで、新しいユーザーフェースを、利用者に提供するものであった。Web2.0においては、Webシステムと呼ばれる種々のサーバ群から構成される「クラウド化されたプラットフォーム」を、AJE X (Java ScriptとXMLを用いたWebサービスの実装形態) に代表されるように、ポータルサーバを介して利用することで、ユーザの利便性と提供可能なサービス機能を画的に向上することに成功した。技術的には、XML技術を用いて、「クラウド上」のサーバの連携動作機能を標準化・統合化したと捉えることができる。

クラウドコンピューティング「サービス」は、以下の四つに分類する(1)が一般的。

(1) SaaS (Software as a Service)

インターネットによりソフトウェアパッケージを用いたサービスが提供される形態。電子メール、グループウェア、社内業務ソフトウェアなどが、ネットワーク経由で提供され、ユーザのコンピュータに、パッケージソフトウェアのインストールを行う必要がない。セールスフォース・ドットCOMのSalesforce CRM、マイクロソフト社のOnline Services、グーグル社のGoogle Appsなどが代表例。

(2) PaaS (Platform as a Service)

インターネットを用いてアプリケーション実行用のプラットフォーム

ームを提供する形態。仮想化されたアプリケーション専用のサーバやデータベースなどが提供される。ユーザは、この仮想化されたプラットフォーム環境を用いて、自身のアプリケーションをインストールし、サービス提供を行うことができる。セールスフォース・ドットCOMのForce.com、マイクロソフト社のWindows Azure、グーグル社のGoogle App Engineなどが代表例。

(3) IaaS (Infrastructure as a Service)

インターネットを経由して、仮想的なハードウェア環境を提供する形態。仮想化サーバや仮想化ディスクなどが提供される。ユーザは、ハイパーバイザと呼ばれる仮想化ノードを提供するプラットフォーム上に、OS (Operating System) から選択し、自身の環境を構築・運用することができる。ホスティングサービス(あるいは、レンタルサーバ)が、ほぼ、これに相当するといえよう。サーバなどのIT設備は、ユーザは所有せず、IaaSプロバイダ、すなわち、ホスティングプロバイダが所有している。アマゾン・ドットコム社のEC2やS3などが代表例。

(4) FaaS (Function as a Service)

仮想サーバだけでなく、スイッチやルータなどネットワーク機器や通信回線を含む情報(通信)システムの構築・運用に必要な基盤を仮想的に提供する形態。ユーザは、FaaSで提供される仮想的な情報(通信)システム上に、自身でハードウェアを調達・設置することなく、インフラを構築・運用・利用することができる。

「クラウドサービス」を提供する事業者を、クラウドサービスプロバイダと呼び、クラウドサービスプロバイダと、クラウドサービスの利用者の間では、SLA (Service Level Agreement) 契約が

結ばれる。現在、標準化あるいは定型化したSLAは存在しない。SLAには、クラウドサービスのサービス提供品質（例えば、年間のサービス停止時間や仮想サーバの数・能力・容量）が規定される。

また、クラウドサービスには、一般ユーザー向けのサービスである「パブリッククラウド」と、組織の情報システム環境を提供する「プライベートクラウド」とが展開されている。プライベートクラウドは、二〇〇〇年代にIBM社を中心にして展開されたBTO（Business Transformation Outsourcing）と同等のサービスと捉えることもできる。BTOにおいては、情報システムのハードウェアの所有をユーザーから分離し、サービス提供者側に移動させるということまで踏み込むことは一般的ではなかった。

3 クラウド環境の利点

クラウドコンピューティングサービスを提供するプロバイダ側の（インターネット）データセンターでは、通常、ユーザー数やデータ量の変化に柔軟に対応するために仮想化技術を駆使している。各ユーザーに提供するサービスを実現するために利用するCPUや記憶装置は、仮想化され、クラウドシステム上のどこに存在しているか、ユーザーからは把握することができない。また、サービス期間中に使用するハードウェア資源は、資源利用や運用の最適化のために変化する場合がある。これを、クラウド上での仮想資源のマイグレーションと呼ぶ。以下、組織運営の視点から、クラウドコンピューティングサービスを利用する利点を整理する。

3.1 財務的視点

企業経営者、特に、財務管理部門にとっては、ストック型の財務

形態から、フロー型の財務形態への変革と捉えられている。すなわち、「ITの所有から利用へ」であり、IT部門のアウトソース化およびアセットレス化である。「所有から利用へ」の変化は、組織の活動形態と活動規模の変化に対する対応能力を、財務（設備費）と運用（人件費）の両面で支援することになることが広く認識されている。さらに、具体的には、「所有」から「リース」へ、さらに、「リース」から「サービス課金」

への移行である。経営的視点で見ると、「所有」に伴い設備の購入と減価償却の管理が発生する。原価償却期間中に、市場状況の変化に伴い、購入設備の稼働状況の変更が発生する場合には、対応する経営的措置を講じる必要がある。「所有」のリスクを軽減するのが「リース」である。「リース」によって、設備の購入負担はリース業者に移転され、利用者は設備利用料を定期的に支払うことでフロー型の財務形態に変化する。市場状況の変化には、「リース契約」の変更や更新によって、対応することが可能になる。しかし、設備の設置に必要なスペースは、ユーザー組織が用意する必要がある。クラウドコンピューティングサービスは、装置の設置スペースもユーザー組織から解放する。すなわち、スペースという固定資産（アセット）からの解放を意味する。

図2. クラウド環境の利点

1. 企業経営改革・改善 -アセットレス経営 -IT部門のアウトソース化	→費用科目の変更 (better Port Folio)
2. 情報セキュリティー -内部IT統制の強化 -情報漏洩機会の削減	→専門施設での 集合効率運用
3. 環境・エネルギー対策 -電力消費量削減 -廃棄物削減	→CO₂排出源の移転

次に、運用面、特に、人件費のアウトソース化／フロー化である。特に、我が国の情報システムは、各組織の独自性に対応したカスタマイドのソフトウェアが導入されている場合が多く、欧米の組織におけるパッケージソフトウェアを用いた情報システムの構築と比較して、システムの開発と維持に必要な開発費および人材の確保・維持に大きなコストが必要となっている。クラウドコンピューティングサービスの導入は、ある意味、カスタマイドソフトウェア型の情報システムから、パッケージソフトウェア型の情報システムへの転換を推進することになる。さらに、ソフトウェアの開発と運用に必要な人材を、クラウドサービスプロバイダにアウトソースすることを意味しており、運用（人材）のアセットレシ化・アウトソース化を実現する。

「アセット所有」のリスクは、クラウドサービスプロバイダ側が持つ。クラウドサービスプロバイダ側は、多様なユーザを収容することで（ポートフォリオ経営）、リスク分散・ヘッジを行うことになる。

3.2 サービス提供的視点

クラウドプラットフォームが情報の処理や管理を一元的に担うので、ユーザは独自のソフトウェアやシステムを使用せずにクラウドにデータを送信するだけでよくなり、統一的な連携や仕事の分業等、商業分野でのコストの削減をはかることができる。すなわち、パッケージソフトウェアを用いた情報システムの構築が行われるようになり、パッケージソフトウェアの開発に関してのスケールメリットが発生することが期待される。

一方で、クラウド環境におけるコンピュータの仮想化に伴い、クラウドサービスプロバイダは、特定のパッケージソフトウェアに縛

られないプラットフォームを構築可能であり、比較的容易に、使用するパッケージソフトウェアの変更が可能になる。その結果、パッケージソフトウェアベンダー間での競争が発生し、そのコストダウンと機能・性能向上が期待される。

さらに、事業や業務の形態に急な変更（新規事業、合併、ユーザ1数の増減、法令対応など）が発生した場合でも、クラウドサービスプロバイダとの間でのサービス内容（ユーザ数、オプションなど）の契約変更だけで対応することが、理論上は可能であり、ユーザがどのようにして、具体的に新しいサービスを実現するかの検討を行う必要がなくなる。

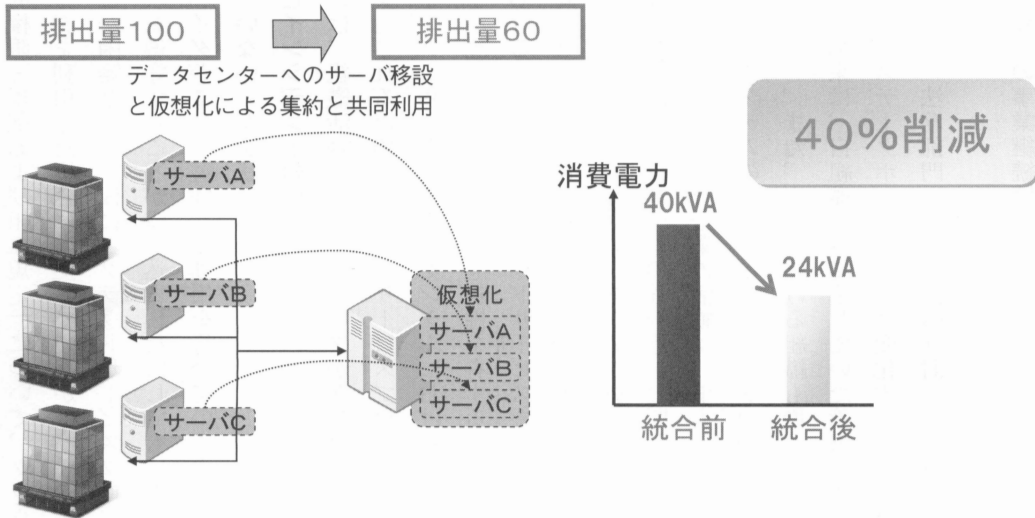
3.3 社内統治・情報セキュリティの視点

機密情報や個人情報に関するサーバは、基本的に事業所内に置かず、インターネットデータセンターに保管されるため、事業所内での情報セキュリティ対策の負荷が大きく軽減される。事業所内で動作するクライアント端末は、基本的には、データ処理の要求と結果の表示のみの機能となるため、機密情報や個人情報が事業所内のIT機器に存在しないような運用に近づく。すなわち、内部IT統制の強化と情報漏洩機会の削減が期待される。

3.4 省エネ・環境対策的視点

サーバは、空調システムにとっては熱源であり、事業所内のITシステムのクラウド化によってサーバがインターネットデータセンターで運用されることは、熱源の消滅と等価で、空調システムの省エネにつながる。仮想化を伴わないハウジングサービスの利用だけでも、一〇〇程度の省エネ効果が報告されている。さらに、サーバの仮想化によるサーバハードウェアの複数のユーザによる共用利用によって、三〇％―四〇％程度の省エネ効果が期待されることが報

図3. 仮想化とクラウド利用による省エネ効果



資料提供：日本電信電話(株)

告されている。通常の事業所の場合、全体のエネルギー消費量のうち、約四〇%が空調、約三〇%が照明、残りの三〇%がIT機器を含むその他の機器によって消費されている。すなわち、クラウドコ

ンピューティングサービスの推進によって、ユーザの事業所における省エネ効果が期待される。

さらに、ユーザは、情報システムの購入と所有から解放され、結果的に、情報機器の廃棄を行う必要がなくなる。すなわち、ユーザが本来管理・実施しなければならない情報システム機器の廃棄業務が、クラウドサービスプロバイダに移転されることになる。

4 クラウド環境の利用に関わるリスク

以下のようなリスクが、クラウド環境の利用によって考慮されなければならない。

(1) クラウドプロバイダによる情報アクセス

クラウドプロバイダの運用者は、特権ユーザであり、機密情報へのアクセスが可能である。組織の機密情報へのアクセスが、クラウドサービスプロバイダのシステム運用者によって可能となってしまう危険性が存在する。

(2) データの保存と復旧に関するコンプライアンスポリシーとの整合性

組織活動は、情報セキュリティポリシーに準拠し実行されなければならない。クラウドコンピューティング基盤は、基本的には、グローバルに国境を越えて展開されており、上述の通り、ユーザのデータが、どこで(どこの国で、どのコンピュータ上で)処理され、保管されているのかは通知されないのが一般的である。クラウドサービスプロバイダは、クラウドコンピューティング基盤の運用最適化を行うために、ユーザのデータ処理プロセスやデータ保管場所を、適宜移動(マイグレーション)させているからである。その結果、ユーザは、ユーザ組織が遵守すべき「データの保管・処理に

関する法的権限・規制および組織規定」について、クラウドサービスプロバイダを利用した場合に準拠しているかどうかの確認・監査を行うことが困難となる。仮に、クラウドサービスプロバイダとの契約でこれを遵守することが盛り込まれたにしても、クラウドサービスプロバイダがこれを遵守した運用を行っているかの監査手順も確立されていないのが実状である。

(3) 障害とインシデント対応

基本的には、組織活動のすべてのデータがクラウドサービスプロバイダに集約されるため、クラウドサービスプロバイダが事業を展開する（インターネット）データセンターにおける障害は、ユーザ組織のIT活動が完全に停止する危険性を有する。

米国における実例として、クラウドサービスを利用している企業への、当局の立ち入り捜査の際に、当局は当該企業のデータの保全のために、クラウドプロバイダのシステムを強制停止させた例が存在する。強制捜査に伴うシステムの強制停止の期間、このハードウェアシステムを共用していた企業の活動は、事実上停止してしまつた。すなわち、システムの障害やインシデントの発生原因となる要素や組織が増大し、また、影響を受ける組織も増大してしまう。すなわち、旧来は、自組織のみで閉じていた障害とインシデント対応は、マルチステークホルダ環境へと変化することになる。これに伴い、新たな、法務部門の対応手法の検討が進められなければならないであろう。

(4) 長期視点での事業継続性

クラウドプロバイダ間でのデータの相互運用性、データの回収が制限されてしまうと、特定のクラウドプロバイダへのロックオンが発生してしまう可能性を持つ。現在のクラウドサービスプロバイダ

は、メインフレームコンピュータ時代と同様、プロバイダごとに、個別の技術を用いてシステムを構築・運用している。その結果、一度、あるクラウドサービスプロバイダでシステムの運用を開始すると、異なるプロバイダに移転することが容易ではなくなってしまう。

また、情報システムを自身で設計・構築・運用し、カスタマイズしてきた場合と比較すると、いわゆるアウトソーシング以上に情報システムのブラックボックス化が進展し、同業他社との差別化が困難になってしまう。特に、市場の変化や競争相手との差別化のためのシステム変更が、クラウドサービスプロバイダでは対応することができない場合も発生するであろうし、クラウドサービスプロバイダでの対応は、同業他社への同様のサービスの提供を意味しており、競争力強化という意味においては矛盾するものとなる。

5 おわりに

クラウドコンピューティングは、もともと事業体の財務体質の改善・強化や情報セキュリティの強化などのために研究開発されたものではないが、結果的に、これらが、企業をはじめとする事業体がクラウドサービスの導入を検討する判断材料となっている。財務とセキュリティに加えて、省エネ効果も期待されており、今後、戦略的な施策が企業のみならず自治体でも検討・展開されることが期待される。