

クラウドサービスの環境影響評価手法の検討 報告書

2011 年 3 月

日本環境効率フォーラム
ICT の環境効率評価のための価値の検討ワーキング
小研究会2

目次

はじめに	3
(1) 情報通信技術の環境効率ガイドライン作成以降のクラウドサービスの拡大	3
(2) クラウドサービスに関する環境影響評価手法へのニーズ	3
第1章 指針の対象範囲	4
1.1 今回の指針の対象範囲	4
1.1.1 ライフサイクルアセスメントの範囲	4
1.1.2 評価に関する環境要因	4
第2章 クラウドサービスの構造と構成要素	4
2.1 クラウドサービスの種類とサービスを実現するための構造	4
2.1.1 非クラウドサービスとクラウドサービス	4
2.1.2 クラウドサービスの内容	5
2.1.3 クラウドサービスの階層構造	6
2.2 クラウドサービスの構成要素	6
2.2.1 運用設備、付帯設備、ICT 機器	6
2.2.2 ソフトウェア	7
第3章 クラウドサービスの構成要素と環境影響要因の関係	7
3.1 ICT サービスの環境影響評価ガイドライン	7
3.2 クラウドサービスの評価方法における留意点	7
3.3 クラウドサービスの評価手法の検討	8
3.3.1 ICT 機器自体の消費電力	8
3.3.2 ICT 機器の運用設備および付帯設備のエネルギー消費	9
3.3.3 ICT 機器の保守管理業務に必要なスペースのエネルギー消費	10
3.3.4 データ送受信におけるネットワークインフラのエネルギー消費	10
3.4 カーボンフットプリントにおけるホスティングサービスの PCR	11
3.5 クラウドサービスの環境負荷における評価項目	12
3.5.1 例1：パブリッククラウドサービスを利用する場合	12
3.5.2 例2：企業がパブリッククラウドを利用する場合	13
第4章 課題	15
4.1 コンピューティング・リソースの按分	15
4.1.1 リソースの按分	15
4.1.2 ICT 機器等の環境負荷量	16
4.1.3 ソフトウェアの環境負荷量（製造ステージ）	17

4.2 評価データの取得について	17
4.2.1 データセンタの情報	17
4.3 クラウドの特性の配慮	18
4.4 海外データセンタの利用	18
あとがき	19
付録.....	20
2010 年度活動履歴.....	20
小研究会メンバー名簿	21

はじめに

(1) 情報通信技術の環境効率ガイドライン作成以降のクラウドサービスの拡大

2005年度、社団法人産業環境管理協会において、情報通信技術（ICT）の環境効率評価ガイドライン（以下、ガイドラインと記す）が作成された。以降、国内においては現在まで本ガイドラインを基に green by ICT の環境影響評価が行われてきている。また、海外では、2008年度から ITU-T(International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector)において、本ガイドラインを基にして ICT の環境影響評価に関する国際標準化の検討も進められている。

ICT は日々発展しており、その用途の拡がりに伴い環境影響評価を行うサービスの範囲も広がっている。最近、その中のひとつとして大きな領域を占めようとしているのがデータセンタであり、そのデータセンタを活用したクラウドサービスが環境影響削減、具体的には省エネあるいは CO₂ 排出削減、の可能性を有しており、ユーザの業務負荷低減と共に温暖化対策としても注目されている。

(2) クラウドサービスに関する環境影響評価手法へのニーズ

クラウドサービスとは様々な定義があるが、環境面から記すとサーバの仮想化技術を用いて効率的な利用を行い、それによりサーバの電力消費量を削減できる技術を活用したサービスである。また、サービス提供面から記すとサーバの利用は仮想的であるため物理的なサーバの存在と分離し、サーバの数を必要に応じて自由に増設することができるサービスである。

ガイドラインを作成した当時には仮想化のような技術は普及していなかった。よって、クラウドサービスが注目されている現在、クラウドサービスの環境影響評価のために従来のガイドラインをどのように活用すべきか悩む場面も出てきそうである。

本研究会においてクラウドに関してサービスとしての評価について検討を続けてきたが、今回、ガイドラインを活用したクラウドサービスの環境影響評価を行うための一助となるよう研究会の指針をまとめることを試みた。

第1章 指針の対象範囲

1.1 今回の指針の対象範囲

1.1.1 ライフサイクルアセスメントの範囲

ICT の環境影響評価は、サービスに関する原材料の調達から廃棄までのライフサイクルアセスメント（以下、LCA）を基に行っている。本指針は、ICT のサービス分野で利用されている運用ステージにおける環境影響評価に活用されることを目指している。

1.1.2 評価に関する環境要因

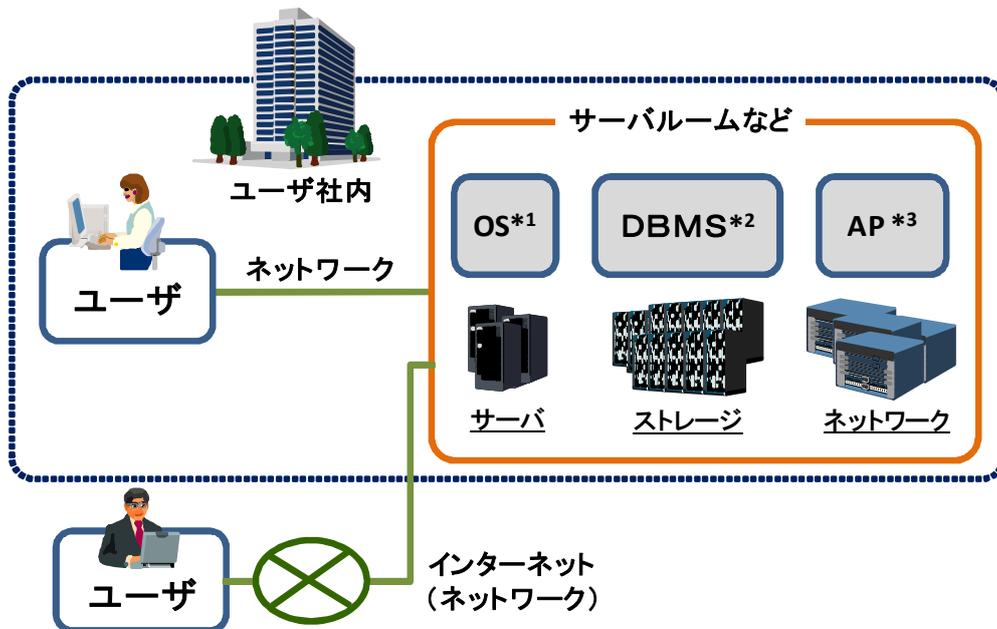
評価に関する環境要因は、クラウドを導入した際の CO₂ 排出量によって環境影響を評価する。

第2章 クラウドサービスの構造と構成要素

2.1 クラウドサービスの種類とサービスを実現するための構造

2.1.1 非クラウドサービスとクラウドサービス

非クラウドサービスでもクラウドサービスでも、それを実現する基本構成は同じである。非クラウドサービスは、図 2.1 に示すように自社のサーバ室などにサーバ、ストレージ、ネットワーク機器などを設置して運用される。一方、データセンタ（以下、DC）事業者が提供するクラウドサービスでは図 2.2 に示すように、これらの機器は DC 事業者の DC 内に設置され、ユーザは必要に応じてサービスを選択・使用する。



*1 : Operating System *2 : DataBase Management System *3 : Application Program

図 2.1 非クラウドサービスのイメージ

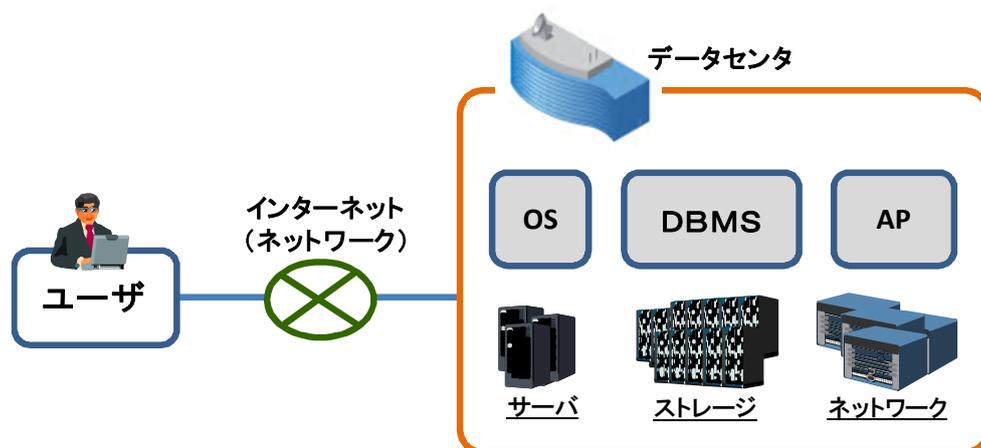


図 2.2 クラウドサービスのイメージ

2.1.2 クラウドサービスの内容

現在、DC 事業者が提供している主なクラウドサービスの内容を以下に述べる。

(1) IaaS (Infrastructure as a Service)

仮想マシンやネットワークといった ICT インフラをインターネット経由で提供するサービスをいう。物理的なハードウェアの時間貸しサービスが HaaS (Hardware as a Service) と称されるのに対し、仮想的に構築された ICT 基盤そのもの (サーバやデータセンタ) を提供するものが IaaS と言われている。

ここで、IaaS に重要な役割を果たしている仮想化技術のうち、サーバ仮想化について触れておく。

サーバ仮想化技術とは、1 台のサーバコンピュータを複数の論理サーバ(仮想サーバ)に分割し、それぞれに異なる OS やアプリケーションを動作可能とする技術であり、従来、多数の物理サーバで構築されていた計算機システムを、数台のサーバへ統合可能とする。また、ブレードサーバという種類の計算機では、1 枚のブレードが物理サーバ 1 台に相当し、複数ブレードを搭載することで、物理サーバの統合が可能である。ブレードサーバ自体が、電源部の共通化なども含め、省電力対応であるが、ブレードサーバにサーバ仮想化を適用することにより、ブレードサーバによるサーバ統合と、仮想化によるサーバ統合で相乗的に、大規模なサーバ統合が可能となり、1 台のブレードサーバで、多数の論理サーバ構築・および OS 稼働が可能となる。このとき、論理サーバ上で異なる種類の OS を動作させることも可能である。

(2) PaaS (Platform as a Service)

アプリケーションソフトが稼働するためのハードウェアや OS などの基盤(プラットフォーム)一式を、インターネットで提供するサービスをいう。ユーザが開発したアプリケーションを稼働するための場を提供する。新規で開発したり、自社のデータセンタなどで稼

働していた Web アプリケーションを PaaS 上に展開できる。また、開発中の Web アプリケーションのテスト環境や、プロトタイプのパブリックプラットフォームとしても利用されている。

(3) SaaS (Software as a Service)

必要な機能を必要なときに必要な分だけ利用できるようにしたサービスをいう。SaaS ベンダーから提供されるアプリケーションをサービスとして利用する。

2.1.3 クラウドサービスの階層構造

前項で述べたサービスを実現するための構成を階層構造で見ると、幾つかの層に分かれている。一般的には最下層が「DC 建物」「建物や機器の運用に必要な空調などの運用設備」「エレベータなどの付帯設備」、および「サーバ・ネットワーク・ストレージなどの ICT 機器」で、その上の層が OS や DBMS などのミドルウェアである。そして、それに乗るのが各種アプリケーションである。

上記の階層構造を図に示すと、図 2.3 のようになる。

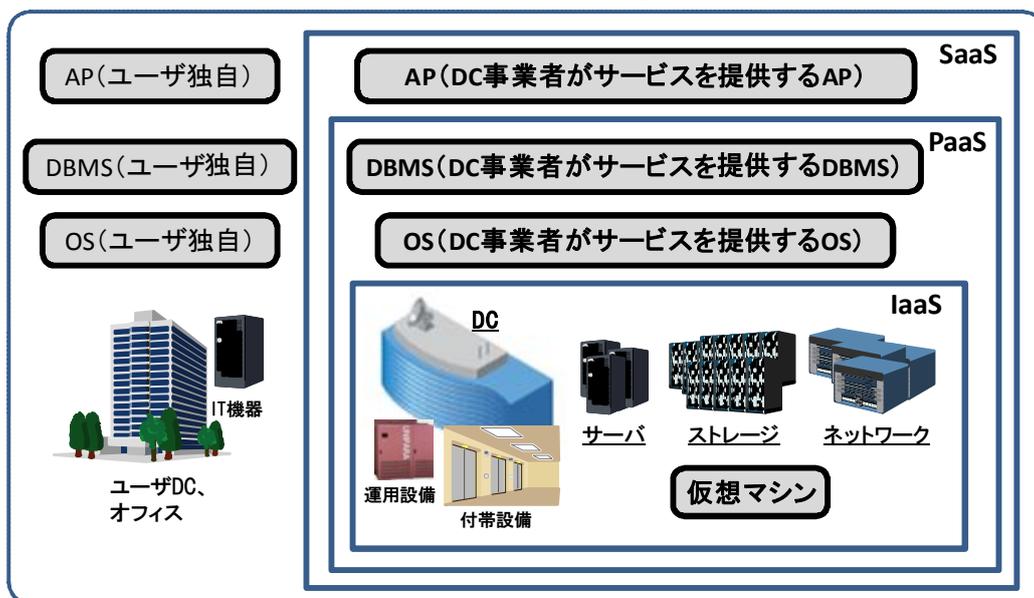


図 2.3 主なクラウドサービスの内容と構造の関係

2.2 クラウドサービスの構成要素

ここでいう「構成要素」とは、前節で述べたクラウドサービスを実現するための、構造毎の具体的な要素を指す。構造毎の構成要素の主なものを以下に示すが、DC 建物は除外した。

2.2.1 運用設備、付帯設備、ICT 機器

運用設備としては、空調設備、無停電電源装置 (UPS)、運用監視のための ICT 機器やソフトウェア (監視ソリューション) などがあり、付帯設備としては、エレベータ、照明、

セキュリティーゲート、自家発電設備などが挙げられる。ICT 機器としては、サーバ、ネットワーク、ストレージが主なものである。

2.2.2 ソフトウェア

ソフトウェアとしては、OS、DBMS などのミドルウェア、ユーザ独自のアプリケーションプログラム、DC 事業者が開発（提供）するアプリケーションプログラムがある。

第 3 章 クラウドサービスの構成要素と環境影響要因の関係

3.1 ICT サービスの環境影響評価ガイドライン

2005 年度に作成した情報通信技術 (ICT) の環境効率評価ガイドライン¹⁾、および、2007 年 2 月に発行した「IT 社会を環境で測る -グリーン IT-」²⁾における ICT の環境影響評価の概要は以下の通りである。

- ◇ ICT の環境影響評価 (LCA) を行うにあたり、原則として ISO14040/JIS14040 シリーズに基づくことが望ましい。
- ◇ ICT の環境影響評価において対象となるライフサイクルステージ
(1)調達、(2)設計・開発・製造、(3)出荷、(4)流通、(5)設置、(6)立ち上げ作業、(7)運用、(8)回収、(9)廃棄
- ◇ ICT の環境影響評価において対象となる活動 (8 項目)
①材料・エネルギー消費、②ICT 機器利用、③ネットワークインフラ利用、④ソフトウェア利用、⑤物移動、⑥人移動、⑦物保管、⑧人執務
- ◇ ICT サービスの導入前後で比較評価を実施することで、ICT 利活用による環境影響評価を行う。

今回はクラウドサービスの(7)運用ステージにおける①～⑧の活動項目の環境影響評価 (CO₂ 排出量) を対象として、その評価方法を考察する。

3.2 クラウドサービスの評価方法における留意点

クラウドコンピューティングが従来の ICT サービスと異なる点は、ICT システムを所有して利用する形態から ICT システムの機能をサービスとして利用する形態に変化している点である。クラウドサービスの環境影響評価手法の検討および実際の評価においては、この点に留意する必要がある。従来のスタンドアロン型システムあるいはイントラネットシステムとクラウドコンピューティングを比較して、評価手法を再検討する必要がある活動項目は、②ICT 機器の利用、③ネットワークインフラ利用、⑦物保管、および⑧人執務と考えられる。具体的な項目は以下の通り。

- ・ ICT 機器自体の消費電力 (項目②)
- ・ ICT 機器の運用設備および付帯設備のエネルギー消費 (項目⑦)

- ・ ICT 機器の保守管理業務に必要なスペースのエネルギー消費（項目⑧）
- ・ データ送受信におけるネットワークインフラのエネルギー消費（項目③）

3.3 クラウドサービスの評価手法の検討

3.3.1 ICT 機器自体の消費電力

クラウド導入により期待されている環境負荷の削減効果のひとつが、ICT 機器、特にサーバの集約による ICT 機器自体の消費電力量の削減である。

ICT 機器利用の運用段階での CO₂ 排出量の計算に必要なデータは、各機器の電力消費量 (kWh) であり、たとえば、ICT 機器の稼働時電力 (kW) × 1 日あたりの稼働時間 (時間 / 日) × 年間稼働日数 (日 / 年) から年間の消費電力量を算出する (IT 社会を環境で測る - グリーン IT²⁾、表 2.2.1-1 運用段階でのデータ収集方法より)。

ICT 機器の稼働時電力 (kW) は、電力計などで実測した機器使用時の平均消費電力を使用することが好ましいが、実測が困難な場合も多いため、簡便な評価においてはカタログ値などの二次データを使用する場合もある (その場合、過小評価あるいは過大評価とならないよう使用する二次データの検証が必要である)。

しかしながらクラウドコンピューティングにおいて仮想サーバを利用する場合、CPU 使用率の低い複数の物理サーバを、仮想化技術を用いてより少ない台数の物理サーバに集約するため、使用する物理サーバの台数は減少する一方、物理サーバ 1 台あたりの CPU 使用率は上昇する。図 3.1 に示すように CPU 使用率と消費電力は一般的にほぼ正の比例関係にあり、消費電力のカタログ値をそのまま使用するだけでは、クラウド化の前後における CPU 使用率変化による消費電力量を正しく比較評価しているとは言い難く、CPU 使用率を考慮した消費電力値を用いて ICT 機器の消費電力量を評価することが重要である。

サーバ稼働時の CPU 使用率は消費電力実測値よりも比較的入手が容易であることから、プライベートクラウドなど、クラウド化後の物理サーバが特定できる場合は、図 3.1 に示すような CPU 使用率と消費電力値のグラフを元にして、以下の式より実態に近い消費電力量を想定することが可能である³⁾。

$$P = (P_{\max} - P_{\text{idle}}) \times \alpha + P_{\text{idle}}$$

ただし、P_{max} : 最大消費電力

P_{idle} : アイドル時消費電力

α : 平均 CPU 使用率

P : 平均 CPU 使用率 α (%) における平均消費電力

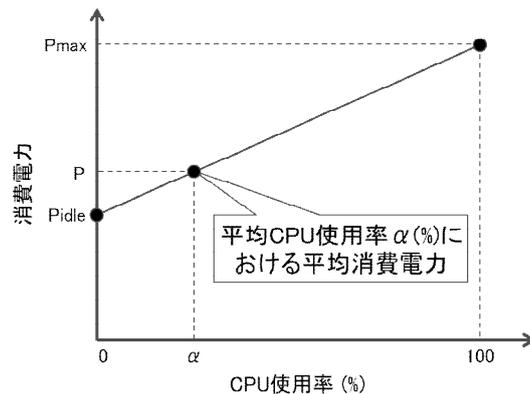


図 3.1 サーバの CPU 使用率と消費電力³⁾

この図で示す CPU 使用率と消費電力の関係は、従来の CPU に多く見られる一例であり、最近では CPU 使用率が低い場合に消費電力を大幅に低減するような CPU もある。

この式から、サーバ集約による年間の消費電力削減量は以下のように表すことができる。

$$\begin{aligned} \Delta P &= P1 \times T1 - P2 \times T2 \\ &= N1 \times \{(P1 \text{ max} - P1 \text{ idle}) \times \alpha 1 + P1 \text{ idle}\} \times T1 \\ &\quad - N2 \times \{(P2 \text{ max} - P2 \text{ idle}) \times \alpha 2 + P2 \text{ idle}\} \times T2 \end{aligned}$$

ただし、 ΔP ：消費電力削減量 (kWh)

P1：クラウド化前の物理サーバの平均消費電力 (kW)

P2：クラウド化後の物理サーバの平均消費電力 (kW)

N1：クラウド化前の物理サーバの台数 (台)

N2：クラウド化後の物理サーバの台数 (台)

$\alpha 1$ ：クラウド化前の物理サーバの平均 CPU 使用率 (%)

$\alpha 2$ ：クラウド化後の物理サーバの平均 CPU 使用率 (%)

T1：クラウド化前の物理サーバの年間稼働時間 (時間/年)

T2：クラウド化後の物理サーバの年間稼働時間 (時間/年)

3.3.2 ICT 機器の運用設備および付帯設備のエネルギー消費

クラウドサービス導入により期待される別の環境負荷削減効果が、ICT 機器の運用設備および付帯設備のエネルギー消費の削減である。一般オフィスや小規模サーバールームにおいて ICT 機器を運用する場合に比べて、最新のファシリティ設備が整ったデータセンタで運用する方が、空調などによるエネルギー消費を削減できると考えられる。

運用設備および付帯設備のエネルギー消費も実測値を用いることが好ましいが、特定のクラウドサービスにおけるデータセンタの運用設備および付帯設備のエネルギー消費の実

測値を入手することは非常に困難である。

そこでプライベートクラウドなどクラウド化前後で ICT 機器の設置場所が把握可能な場合、データセンタのエネルギー効率指標を用いて本項目のエネルギー消費が想定可能である。以下、代表的なデータセンタのエネルギー効率指標である PUE (Power Usage Effectiveness)を用いて説明する。

PUE は、データセンタの省電力化を推進する業界団体「The Green Grid」などが推奨しており、以下の式で定義される⁴⁾。

$$\text{PUE} = (\text{データセンタ全体の消費電力}) / (\text{ICT 機器の消費電力}) \cdots \text{式 3.3.2.1}$$

ここで、

(データセンタ全体の消費電力)

$$= (\text{ICT 機器の消費電力}) + (\text{運用設備および付帯設備の消費電力})$$

とすると、

$$\text{PUE} = \{ (\text{ICT 機器の消費電力}) + (\text{運用設備および付帯設備の消費電力}) \} / (\text{ICT 機器の消費電力})$$

となり、この式を変形すると以下の式が得られる。

$$(\text{運用設備および付帯設備の消費電力}) = (\text{ICT 機器の消費電力}) \times (\text{PUE} - 1) \cdots \text{式 3.3.2.2}$$

この式 3.3.2.2 を用いて、ICT 機器の設置場所の PUE と ICT 機器の消費電力から ICT 機器の運用設備および付帯設備の消費電力を計算することができる。

3.3.3 ICT 機器の保守管理業務に必要なスペースのエネルギー消費

スタンドアロンあるいはイントラネットで運用する ICT システムの場合と比較して、クラウドコンピューティングの場合、ICT 機器の保守管理業務も集約して効率化できる。クラウド化前後におけるそれぞれの保守管理業務の環境負荷は、従来の活動項目（⑧人執務）を評価する場合と同じく、業務に必要なオフィススペースの消費エネルギーを評価することで算出可能である。

3.3.4 データ送受信におけるネットワークインフラのエネルギー消費

クラウドサービスの導入により、環境負荷が増大する可能性があるのが本項目である。ネットワークインフラのエネルギー消費は、従来と同様、ネットワーク原単位（送受信したデータ量あたりの CO₂ 排出量、単位：kg-CO₂/MB）を用いて評価可能である。

ただし、データセンタ内のネットワーク機器のエネルギー消費を利用サービス毎に配分する方法については、引き続き検討が必要である。

3.4 カーボンフットプリントにおけるホスティングサービスの PCR

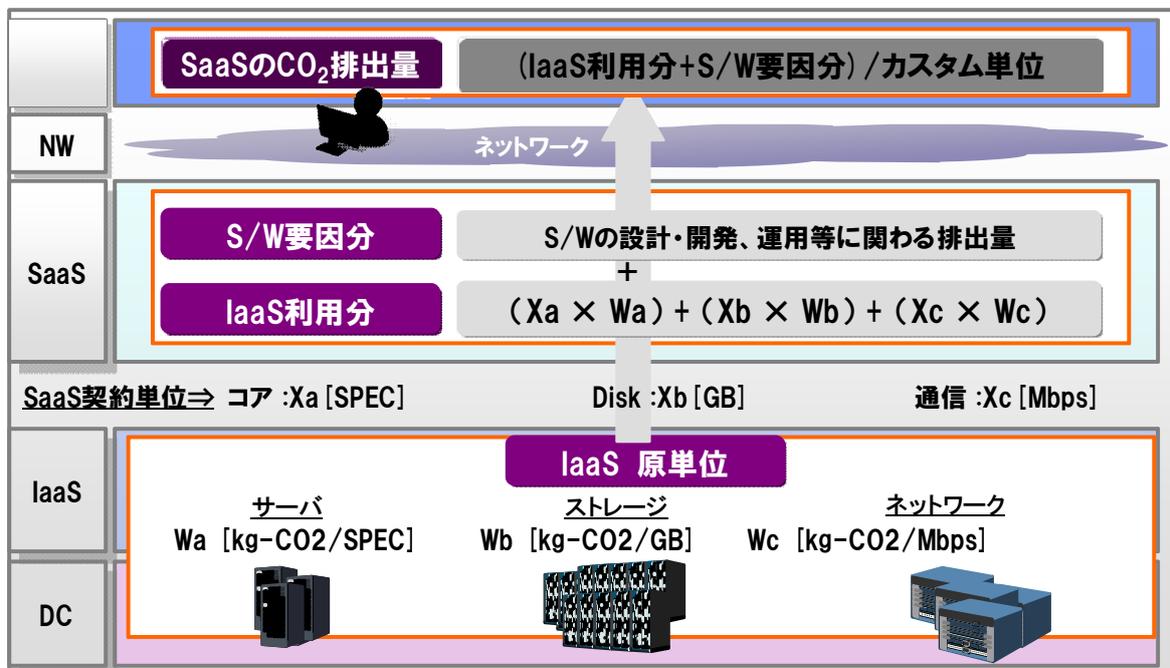
経済産業省が平成 21 年度より実施しているカーボンフットプリント（CFP）制度試行事業⁵⁾において、商品・サービスごとの排出量の算定ルールである商品種別算定基準（PCR：Product Category Rule）のひとつとして、データセンタを利用した ICT ホスティングサービスの PCR が認定されている（認定番号 PA-AX-01～03⁶⁾）。

この PCR で取り扱われている ICT ホスティングサービスは、情報システムの稼動に必要な機材や回線などの基盤を、インターネット上のサービスとして遠隔から利用できるようにしたものであり、IaaS と同義である。その算定方法の特徴は、サービス事業者が提供するサーバ SPEC、ストレージ容量、ネットワーク帯域幅あたりの GHG 排出量原単位（以下、IaaS 原単位と記す）を個別に試算する点にある。IaaS 原単位には運用ステージにおけるデータセンタの運用設備および付帯設備のエネルギー消費に由来する GHG 排出量も配分されており、IaaS の環境負荷評価方法としても利用可能である。

そこで本研究会では、このホスティングサービス CFP 算定方法を利用した SaaS の環境負荷評価方法について検討を行った。検討案を図 3.2 に、SaaS の CO₂ 排出量の算出式を以下に示す。なおここでは SaaS のライフサイクル全体の環境負荷算出を念頭に置いている。

$$\text{SaaS の CO}_2 \text{ 排出量} = (\text{IaaS 利用分} + \text{ソフトウェア要因分}) / \text{カスタム単位} \cdots \text{式 3.4}$$

式 3.4 において、ソフトウェア要因分とは、ソフトウェアの設計・開発、運用等に関わる排出量であり、カスタム単位とは、「アカウント」「ライセンス」等を想定している。



・SaaSのCO₂排出量(環境負荷)は、IaaS原単位を使用し、「(IaaS利用分+S/W要因分)/カスタム単位」で評価。
(カスタム単位:「アカウント」「ライセンス」等)

図 3.2 SaaS の評価方法案（作成元：日立製作所）

検討課題として、ホスティングサービス PCR では ICT 機器の調達は評価対象となっておらず、そのような状況でソフトウェアのライフサイクルを評価対象にできる（する）のか、といったことがあり、本議題は引き続き検討が必要である。

また、ホスティングサービス PCR の CFP 算定方法は基本的に実測データを入手することを前提としているため、同方法を用いてサービス利用者側が評価することは非常に困難であり、クラウドサービスのサービス提供者、利用者双方が互いに使用可能な評価方法が求められる。

3.5 クラウドサービスの環境負荷における評価項目

以下、2つの事例を想定して評価対象となる項目を考察する。

3.5.1 例1：パブリッククラウドサービスを利用する場合

パブリッククラウドによるアプリケーション利用 (Gmail、Google Apps など) は、「SaaS + PaaS + IaaS」といえる。機能単位は以下のようなものが考えられる。

- ・1年間で1000通のメールを送受信する。
- ・1年間で文書ファイルを100ファイル作成、保管する

運用ステージの評価シナリオは以下の通り。

◇従来（クラウド未利用、ファットクライアントの場合）

- 1) 利用者のクライアント PC にアプリケーションをインストールする。
- 2) 利用者のクライアント PC にデータを保存する。
- 3) 利用者のクライアント PC でアプリケーションを操作する。

◇パブリッククラウドサービスを利用

- 1) クラウドサービス提供者が管理・運用する ICT 機器にインストールされたアプリケーションをネットワーク経由で利用する。
- 2) クラウドサービス提供者の ICT 機器にデータを保存する。
- 3) 利用者のクライアント PC でアプリケーションを操作する。

環境影響の評価対象となる活動項目は、8項目のうち少なくとも以下の4項目となる。

②ICT 機器利用

◇従来：クライアント PC の消費電力量（アプリケーション実行時）

◇クラウド：クライアント PC 消費電力量（ブラウザ実行時）

+データセンターのサーバ消費電力（アプリケーション実行時）

+ネットワーク利用によるエネルギー消費量

③ネットワークインフラ利用

- ◇従来：なし（アプリケーション実行時にネットワークを利用する場合はあり）
- ◇クラウド：アプリケーション操作時のデータ送受信量

⑦物保管

- ◇従来：クライアント PC の設置スペースのエネルギー消費
- ◇クラウド：クライアント PC の設置スペースのエネルギー消費
+データセンタの運用設備および付帯設備のエネルギー消費
(アプリケーション利用割合で配分)

⑧人執務

- ◇従来：ユーザのアプリケーション利用時間（スペースのエネルギー消費）
- ◇クラウド：ユーザのアプリケーション利用時間（スペースのエネルギー消費）
+データセンタの ICT 機器の保守管理業務工数
(アプリケーション利用割合で配分)

クラウドサービス提供者の ICT 機器の環境負荷（消費電力量、運用設備および付帯設備のエネルギー消費、保守管理業務工数）は利用サービス量で配分する必要がある。配分方法は、アプリケーションの利用登録者数（アカウント総数）、アプリケーションへのアクセス回数、アプリケーション利用時のトラフィック量などが考えられる。

3.5.2 例 2：企業がパブリッククラウドを利用する場合

企業がイントラネット内においてグループウェアを利用する場合、プライベートクラウドに近い形態といえる。グループウェアの ICT システムを 1 箇所に集約して、仮想化技術を駆使して柔軟にシステムを運用している場合、プライベートクラウドとなる。

ここではそのプライベートクラウド（企業内クラウド）とパブリッククラウドを比較する機能単位、試算シナリオを以下のように考える。

◎機能単位：従業員〇〇〇人の企業におけるグループウェアの利用（1年間）

◎試算シナリオ

◇従来：企業内のイントラシステムを運用

- 1) 自社内でシステムを運用管理
- 2) イン트라ネットを介してアプリケーションにアクセス
- 3) 各社員のクライアント PC でグループウェアを利用

◇クラウド化：パブリッククラウドサービスを利用

- 1) クラウドサービス提供者がシステムを運用管理
- 2) インターネットを介してアプリケーションにアクセス
- 3) 各社員のクライアント PC でグループウェアを利用

発生する環境負荷（CO₂排出量）の変化は

- ・ 1)で ICT 機器の集約による削減効果
- ・ 2)でネットワーク機器の階層の違いによる削減/増加効果
- ・ 3)ではほぼ変化なし

といったことが考えられる。

1)の環境影響として以下の項目を評価する必要がある。

- (a) ICT 機器の消費電力
- (b) 物保管 (ICT 機器設置スペースのエネルギー消費)
- (c) 人執務 (運用管理工数)

従来のイントラシステムを利用する場合、(a)(b)は従来のガイドラインの考え方で計算可能である。クラウド利用の場合、(a)(b)は基本的に IaaS として算出する。例えば 3.4 項で言及した IaaS 原単位を用いて評価する場合は、イントラシステムと同等のサービスを提供するために必要なクラウドコンピューティングの ICT 機器スペック (サーバ SPEC、HDD 容量、ネットワーク帯域幅) を想定し、これに IaaS 原単位を掛けて CO₂ 排出量を計算する。この場合、データセンタでの ICT 機器の消費電力、運用設備および付帯設備などの実測値が必要となる。実測が困難な場合、3.3 項で紹介した簡便な方法で CO₂ 排出量を概算することが可能である。

- ・ (a) : CPU 使用率を元に計算する (3.3.1 項を参照)。
- ・ (b) : PUE を元に計算 (3.3.2 項を参照)

また、(c)は従来、クラウド化とも、ガイドラインの考え方で計算可能である。

2)のネットワーク機器の階層の違いが環境負荷に与える影響については、今後も引き続き検討が必要である。3)のグループウェア利用時間はガイドラインの考え方で計算可能である。

3 章 参考文献

- 1) 日本環境効率フォーラム、平成 17 年度情報通信技術 (ICT) の環境効率評価ガイドライン (2006 年 3 月)
- 2) 社団法人産業環境管理協会、松野、近藤 編著、IT 社会を環境で測る -グリーン IT-(2007 年 2 月)
- 3) 實方ら、第 3 回日本 LCA 学会研究発表会 p156、2008 年
- 4) PUE とは -グリーン IT キーワード:ITPro- :
<http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/Keyword/20080512/301289/>
- 5) 製品の CO₂ の「見える化」カーボンフットプリント :
<http://www.cfp-japan.jp/> (参照 2011-3-22)
- 6) ポータルサイト・サーバ運営業におけるサービスの一種である ICT ホスティングサービス【第 3 版】:
http://www.cfp-japan.jp/common/pdf_authorize/000092/13012734131.pdf
(参照 : 2011-3-22)

第4章 課題

前章まで、クラウドコンピューティングの概要を述べ、代表的なサービスに対して評価方法の検討を行い「平成17年度情報通信サービスの環境影響評価ガイドライン(日本環境効率フォーラム)」の手法の適用を確認した。その確認段階で問題となった点、また評価方法を一般化するために、今後検討が必要であると考えられる項目を課題として本章で述べる。

本章で述べる課題を、図4.1に示す。クラウドコンピューティングの多くは、データセンター事業者がコンピューティング・リソースを提供し、かつ、利用者がそのリソースを共有し、さらに仮想化技術などによっての物理的な装置単位とは異なる単位でリソースが共有される。これらのことが、サービスの環境影響評価を困難としている。

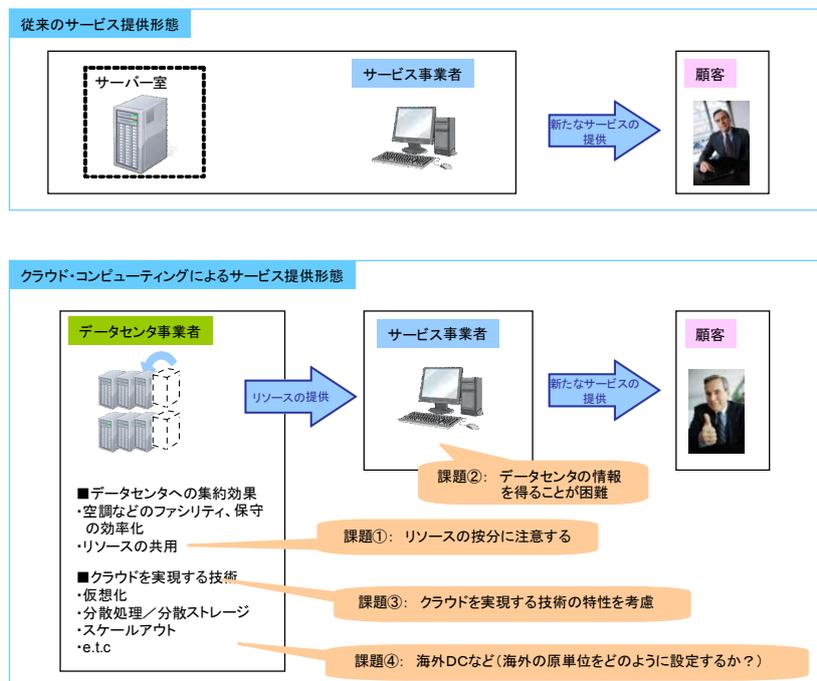


図4.1 本章で述べるクラウドコンピューティングを利用した情報通信サービスの環境影響評価における課題

4.1 コンピューティング・リソースの按分

4.1.1 リソースの按分

クラウドコンピューティングでは、サービスを構成する多くのリソース（アプリケーション、サーバやストレージなど）が、他のユーザや他のサービスと共有される。このことから環境影響評価においては、共有されるリソースに関わる環境負荷量を、サービスが利用する分に応じて、按分することになる。

クラウドコンピューティングの分類と、リソースの関係は表4.1のとおり。

表 4.1 クラウドコンピューティングで提供されるリソース

	S a a S	P a a S	I a a S
アプリケーション	○	—	—
ミドルウェア	○	○	—
OS	○	○	○
ハードウェア	○	○	○
ファシリティ・その他	○	○	○

この表のように、クラウドコンピューティングにおいて、事業者から提供されるリソース種別は様々である。ブログなどのストレージが主のサービスではストレージ容量、検索などの処理が主のサービスでは、処理量に相当するものを按分の対象とすることが考えられる。

例えば、按分項目として以下のものが考えられる。今後サービス評価事例が増えることにより、これらの知見が深まることを期待したい。

- ・ 保存しているデータ容量
- ・ 処理された情報量
- ・ VM単位
- ・ 契約単位
- ・・・ストレージ主体の場合
- ・・・処理中心の場合
- ・・・ハードウェアを按分
- ・・・占有割合が決まっている場合

4.1.2 ICT 機器等の環境負荷量

クラウドコンピューティングのシステムは、複数の ICT 機器や、複数の設備で構成されている。それぞれの機器ごとに使用年数や設置時期が異なるため、一義的にライフサイクルを設定できない可能性がある。従って、それぞれの機器や設備の環境負荷は、それぞれの使用年数または耐用年数で除して一年あたりに換算し、その結果を積上げて算出する方法が考えられる（この考え方は、通信設備の評価の考え方と同じである：ガイドライン「2.3.2.2 ネットワークインフラの評価方法」）。このように求めた、各機器や設備の環境負荷を前節で考慮した項目で按分する。

クラウドコンピューティングでは、仮想化技術や、分散処理が用いられるため、サービスを構成する論理的なサーバの台数と、実際に稼動している物理サーバの台数が異なり、また論理的なサーバの台数は年間をとおして変動する。この場合、その関係を把握できなければ、評価は難しい。

4.1.3 ソフトウェアの環境負荷量（製造ステージ）

SaaSでは、クラウドサービスとして、アプリケーション構築の為のツールや、アプリケーションそのものが提供される。それ故、サービスとして提供するソフトウェアには、この提供されるツールないし、アプリケーションの製造ステージでのCO₂排出量を、その利用者で按分した値を計上することが望ましい。しかし、この値はSaaS提供者から情報を得る必要がある。

4.2 評価データの取得について

4.2.1 データセンタの情報

クラウドコンピューティングの利用者が環境影響評価を行う際の課題として、評価データの収集が挙げられる。例えば図4.1のサービス提供者が、他社であるデータセンタの情報を得る事は難しい。

表4.2はクラウドコンピューティングの環境影響評価を、利用者の立場とDC事業者の立場で評価する際に必要な評価対象を纏めたものである。利用者が環境影響評価を行う場合にサーバ側、つまりDC内のICT機器や設備のデータはDC事業者から入手しなければならない。

表 4.2 ライフサイクルステージと評価対象

No.	ライフサイクルステージ	利用者の立場で評価する場合		DC事業者の立場で評価する場合	
		クライアント側	サーバ側	クライアント側	サーバ側
	調達	評価対象業務で使用する機器、設備	DC事業者の所有機器、設備	評価対象業務で使用する機器	DC事業者所有機器
1	設計・開発・製造	評価対象業務で使用する機器、設備、ソフトウェア	DC事業者の設計・開発・製造	評価対象業務で使用する機器、設備、ソフトウェア	DC事業用に自社で設計・開発・製造する機器、設備、ソフトウェア
2	出荷	—	—	—	—
3	流通	—	—	—	—
4	設置	評価対象業務で使用する機器、設備、ソフトウェア	—	評価対象業務で使用する機器、設備、ソフトウェア	DCの機器、設備、ソフトウェア
5	立ち上げ	評価対象業務で使用する機器、設備、ソフトウェア	—	評価対象業務で使用する機器、設備、ソフトウェア	DCの機器、設備、ソフトウェア
6	運用	評価対象業務で使用する機器、設備が消費する電力など	DC事業所の所有機器が消費する電力など	評価対象業務で使用する機器、設備が消費する電力など	DCの機器、設備が消費する電力など
7	回収	評価対象業務で使用する機器、設備	DC事業者の所有機器、設備	評価対象業務で使用する機器、設備	DCの機器、設備
8	廃棄・リサイクル	評価対象業務で使用する機器、設備	DC事業者の所有機器、設備	評価対象業務で使用する機器、設備	DCの機器、設備

(注) サーバ側とは、DC内に設置された機器類をいう。

非クラウドコンピューティングの場合、例えばサーバの電力消費量や製造時の CO₂ 排出量は入手することは可能であるが、DC については機器・設備構成はブラックボックスであり、DC 事業者がその情報を開示するには多大な工数が必要になるなど課題は多い。

現在、データセンタのエネルギー消費効率を示す PUE や、カーボンフットプリント制度試行事業でクラウドコンピューティングの CO₂ 排出量が公表され始めていることから、これらの活用も考えられる。

4.3 クラウドの特性の配慮

クラウドコンピューティングは、サーバの仮想化や、分散処理など数々の技術の総称であり、クラウドの実質の効果を求めるには、それぞれの技術に沿った評価を行う必要がある。

・仮想化

前節で述べたとおり、仮想化技術によって物理的なサーバの台数と仮想的なサーバの対応が 1 対 1 ではなく、その情報はデータセンタ事業者しか知りえない情報である。どのような情報を得て、サーバの按分比を定めるかが課題となる。

・スケーラビリティおよび故障率への対応

クラウドでは、スケーラビリティへの対応として、多数の機能が制限された廉価なサーバに分散処理を行う方法が用いられる。これら機能を制限されたサーバは、高機能なサーバに比べ故障率が高く、また数が多いため、交換台数はサーバ総数の数%以上に上るといわれている。評価においては、年間あたりの交換台数も考慮する必要があると考えられる。

・ハイブリッドクラウドなど新技術の登場

最近では複数のクラウドを分散処理で統合するハイブリッドクラウドなどが登場している。このようにクラウド技術は日々進歩しており、それら技術に対する評価モデルの検討が必要となる。

4.4 海外データセンタの利用

クラウドコンピューティングに限らず、ICT サービスでは海外データセンタにアクセスし、海外リソースを利用する場合がある。海外の各種原単位については入手が困難なものも多く、評価を困難にしているという課題がある。

現在、ITU-T において、環境影響評価手法の標準化活動が進められているが、手法が標準化され、将来はその手法を活用するために、代表的な原単位が整備されることを期待したい。

あとがき

当研究会では、2008年度にサービサイジングについてとりあげ、2009年度と2010年度はICTの環境影響が大きなデータセンタやデータセンタを利用したクラウドサービスの環境影響評価手法について検討を行った。本報告書はその成果としてのクラウドサービスの評価手法をまとめたもので、ICTの環境効率評価ガイドラインの延長でこれらの評価が可能であることを示したものである。

今後は本報告書を基に各方面の研究諸氏により本研究がさらに進化し、ICTが真に環境負荷低減に貢献することを期待し、あとがきとします。

本研究を支援あるいは協力、指導していただいた方々にこの場を借りて深く感謝いたします。

付録

本報告書は ICT の環境効率評価のための価値と新サービスの環境負荷評価方法に関する研究会の中の「典型的なサービサイジングモデルの検討と環境負荷低減の評価」を研究テーマとする小研究会（小研究会 2）で検討した結果をまとめたものである。

2010 年度活動履歴

今年度の小研究会 2 の開催日程と検討内容は以下の通り。

回	日時	場所	内容
第 1 回	2010 年 6 月 25 日	産業環境管理協会 7 階 会議室 D	(1)今年度の研究会メンバーの確認 (2)昨年度の研究会の活動内容の振り返り (3)今年度の活動内容についての検討
第 2 回	2010 年 8 月 6 日	産業環境管理協会 7 階 会議室 D	(1)クラウド利用における CO ₂ 排出量の考え方の説明と議論（富士ゼロックス/島田） (2)データセンタの電力消費量の集計・按分案についての説明と議論（日立/西）
第 3 回	2010 年 10 月 8 日	産業環境管理協会 7 階 会議室 D	(1)クラウド使用による CO ₂ 削減の評価ロジックについての説明と議論（日本ユニシス/大城戸） (2)SaaS の評価方法案の説明と議論（日立/西）
第 4 回	2010 年 12 月 20 日	産業環境管理協会 7 階 会議室 D	(1)AmazonEC2 の評価事例の説明と議論（NTT/飯橋） (2)クラウドサービスの評価手法検討報告書の構成等に関する検討
第 5 回	2011 年 2 月 16 日	産業環境管理協会 6 階 会議室 E	(1)クラウドサービスの評価手法検討報告書の内容検討 (2)今後の活動に関する検討

小研究会メンバー名簿

今年度の小研究会 2 のメンバーを以下に示す。

小研究会 2 のメンバー（社名順）

社名	氏名	所属・役職
キヤノン(株)	望月 規弘	環境本部 環境評価部 EMS 評価第一課
日本電気(株)	中山 憲幸	環境推進部
	須田 政弘	環境推進部
日本電信電話(株)	飯橋 真輔	NTT 環境エネルギー研究所 環境推進プロジェクト 主幹研究員
日本ユニシス(株)	大城戸 隆	CSR 推進部 環境推進 担当マネージャ
(株)日立製作所	西 隆之	情報・通信システム社 環境推進本部 主管技師
富士ゼロックス(株)	(当研究会リーダー) 伊藤 裕二	R&D 企画管理部 グリーンサービスプロジェクトマネージャー
	島田 利郎	システム要素技術研究所 グループ長
	(当研究会庶務) 川本 真司	ソリューション開発部 グリーンサービスプロジェクト
(株)富士通研究所	植田 秀文	基盤技術研究所 環境技術研究部