

データセンター及びデータセンターを活用した ビジネスの将来動向に関する調査・研究

Study on Datacenter Business and Datacenter Technology

小 川 裕 克

Hirokatsu OGAWA

永 井 義 明

Yoshiaki NAGAI

1. はじめに

インターネットの普及と共に、データセンターは、ビジネスを支える重要なIT（情報技術）基盤として注目されるようになった。多くの企業において、情報システムを構成するサーバーやデータは、データセンターで集中的かつ効率的に管理されており、使用電力量やシステム管理コストの削減、情報セキュリティの強化に役立っている。さらに東日本大震災以降、BCP（事業継続計画）の観点からもデータセンター活用の重要性が再認識されるようになった。

ところが、日本国内のデータセンターは、いくつかの課題を抱えている。例えば、今後発生し得る災害や、サーバー等の高密度化による使用電力量や発熱量の増加にどう対応していくか、コストをセーブしながら、今後の技術革新にどう対応していくか、ビジネスの変化にどう柔軟に対応できるかということである。これは、日本は地震等の災害が多いことや電力料金や土地代が高いことが大きな要因の一つとなっている。このため、事業会社の中には利用するデータセンターをシンガポールやタイ等の海外に移す動きも顕在化してきている。また竣工20年以上経過し、老朽化しつつあるデータセンターも増加してきている。これらのデータセンターは、サーバー等の技術革新やビジネス環境の変化に追いつけなくなりつつあるのである。

ところで、データセンターを利用してITサービスを行うビジネスがデータセンター事業である。例えば、データセンターのフロアスペースを貸出し、サーバー等の運用サービスを提供する形態もその一つである。データセンター事業は年々伸びているものの、近年においては、アマゾンやグーグル等のグローバルIT事業者が日本に進出し、データセンターをフルに活用してクラウドサービスや電子取引を展開している。このような状況の中で、国内IT事業者はデータセンター事業を今後どう展開していくべきかも重要な課題の一つとなってきたと考えられる。

本研究は、以上を踏まえて、データセンター事業の現状と今後の動向、データセンターにおける技術革新の現状と課題、今後の方向性を調査・研究することを目的としている。

これまでのデータセンター事業の調査結果を見ると、ハウジングやホスティングを中心とした事業に絞ったものが多く、広い意味でのデータセンターを活用したビジネスとして捉えたものがなかった。そこで本研究では、クラウドサービス等も含めたビジネスをデータセンター事業として捉え、その現状と動向を調査・研究することとした。なお調査・研究にあたっては、各種文献の調査と共に、データセンター事業を行っている企業を数社ピックアップし、ヒアリングを行った。

2. データセンターの概要

2.1 データセンターの定義と特徴

データセンターとは、情報システムのサーバーやデータ通信装置などを設置・管理し、大量のデータを処理・保管している施設のことをいう。データセンターと利用企業のオフィスにある端末機器とは専用回線またはインターネットを介して接続されている。

データセンターは多数のコンピュータや膨大なデータを集中的に管理・運営しているため、各企業が個別に電力を消費するよりも効率的になる。また少数の技術者がサーバーの運用管理を効率的に行うことができるため、その分人件費も節約でき、コンピュータシステム運用の専門家を利用企業で養成する必要もない。

さらに、データセンターは一般的に、地震等の災害やセキュリティ対策等が施されており、建物や電源設備等の信頼性も高い。しかしこのデータセンターが何らかの理由により機能しなくなった場合、利用者に重大な影響を及ぼすことになる。以下にデータセンターの主な特徴を挙げてみた。

① 建物

多くのデータセンターの建物は耐震構造を採用している。特に最近では免震・制震機構を備えているものが増えている。データセンターの床やラックなどに免震・制震装置を設け、建物の揺れをコンピュータ等の機器類に影響しないようにしている(図表1)。しかしながら20年以上前に建設されたデータセンターや一般のオフィスに作られたデータセンターは必ずしも耐震構造を採っているとは限らない。

図表1. データセンターの例



(a) 野村総合研究所
東京第一センター外観



(b) 免震装置



(c) 縦揺れ制震ダンパー

(写真提供) 野村総合研究所

② 電源設備

一般にデータセンターで管理されている情報システムは、昼間はもちろん夜間も稼働している。もし停電等により電力供給が途絶えると、コンピュータが利用できなくなるばかりか、ハードウェアが破壊されてしまう危険性もある。従ってデータセンターでは、コンピュータが通常24時間365日、安定稼働できるような対策を行っている。電源設備をトータルに冗長化し、UPS(無停電電源装置)や蓄電池、非常用自家発電機(図表2)も備えている。また変電所から複数の送電線を引き込んでいるケースもある。

図表2. 自家発電設備の例



(写真提供) 野村総合研究所

③ 空調設備

コンピュータ機器は大量の熱を発生させる。データセンターでは、これらの機器を正常に稼働させるために空調設備を設置し、室内の温度や湿度を一定の範囲(たとえば温度20～25℃、湿度35～55%)に保つようにしている。特に最新のデータセンターでは、冷風・温風の流れを考慮した設計¹⁾、場合によっては外気の利用もなされており、効率的な電力利用が図られている。

④ 消火設備

データセンター内で火災が発生した場合に備えて、消火設備を用意している。データセンター内の電子機器に悪影響を与えないように、ハロンガスや窒素、二酸化炭素などの消火設備を採用している²⁾。

⑤ 通信設備

データセンターに設置された情報システムを利用するためには、ユーザーが利用する端末機器等と通信回線で接続される必要がある。データセンターには他のデータセンターやユーザオフィス等と接続するための専用回線やインターネット接続用の通信設備が備えられている。データセンター利用企業は、利用する通信回線を複数の通信キャリアから選択できる。

⑥ セキュリティ

データセンターには重要な情報やコンピュータが集中しているため、セキュリティの確保は最も重要な要件の一つである。データセンターはセキュリティの3要素である「機密性」「完全性」「可用性」の観点において、通常の建物よりも高いセキュリティを維持している。具体的なセキュリティ対策の一つとして、入退館やフロア内各エリアでの入退室を厳重に管理して

図表3. セキュリティ設備



(写真提供) 野村総合研究所

いる。しかもデータセンターの所在地を関係者以外に開示していない。

以前は事前登録制の入退室管理やセキュリティゲートシステムの採用によるセキュリティ対策に留まっていたケースも多かった。しかし最近では携帯電話やカメラ等の持ち込み禁止は元より、ICカードやバイオメトリクスによる個人認証装置、X線手荷物検査装置、監視カメラの設置なども行われている。さらに最新鋭のデータセンターの場合、データセンターに入る業者と利用者（エンジニア）が通る通路／フロアを分けたり、3Dボディスキャナ装置を導入しているところもある（図表3）。

また最近ではサイバー攻撃による被害も増加しているが、ファイアウォールの設置等による対策や、外部からの侵入に対する監視にも万全を期している³⁾。

2.2 データセンターの分類

データセンターはその用途および所有者、設置された地域、データセンターの規模等により以下のように分類することができる。

(1) データセンターの用途および所有者による分類

データセンターは、ユーザー企業所有のデータセンターと、データセンター事業者が所有する商用データセンターに分けられる。ユーザー企業所有のデータセンターは、自社の情報システムを運用する目的で当該企業自身が所有するデータセンターである。また商用データセンターはデータセンター事業者が運営するデータセンターである。なお当研究で対象とするのは商用データセンターである。

(2) 施設の構造, 拡張性等による分類

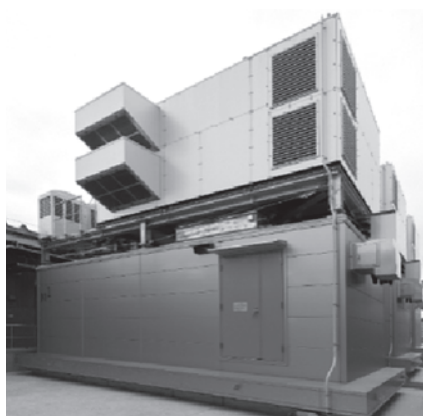
データセンターはその施設の構造, 拡張性等により, 「ビル型」「モジュール型」「コンテナ型」に分けられる。

「ビル型」はビルをデータセンターとして利用する形態であり, データセンター専用のビルを建設して利用する形態と, オフィスビルを利用する形態がある。専用ビルの場合, データセンターとしての高度な災害対策やセキュリティ対策が施され, 信頼性が高いが, ビル建設コストが高く, 建設期間も2年近くかかるという欠点がある。逆にオフィスビルの場合, 建物の堅牢性やセキュリティの点で難点があると言える。

「モジュール型」は, データセンターとしての構成要素を一つのモジュールとして標準化・部品化することで増設が簡単にできる形態で, 「平屋型」と「屋内型」がある。「平屋型」は1, 2階の建物を1つの単位として扱うデータセンター(図表4)で, 「屋内型」はセンター内の内部機器やラック群を一つの単位として扱うデータセンターである。「モジュール型」は「ビル型」に比べ低コスト・短期間で建設でき, 空調も効率化できる。

「コンテナ型」は輸送用コンテナに空調設備, 電源設備があらかじめセットされているもので, 外部の通信回線と接続し, 電力供給を行えばデータセンターとして利用できる。「コンテナ型」は簡単に増設が可能のため, 緊急時の対応等で威力を発揮できる。コンテナ型は, 国内ではIIJ(インターネットイニシアティブ)等ごく少数でしか採用されていないが, 欧米ではGoogleやMicrosoftなども採用しており, 一般的な構築方式の一つとなっている。

図表4. モジュール型
データセンター(平屋型)の例



(写真提供) 電算システム

(3) 立地による分類

データセンターはその立地により、都市型データセンターと郊外型データセンターに分けることができる。都市型データセンターは東京都内などの大都市にあるデータセンターで、郊外型は都市郊外もしくは地方に設置されたデータセンターとなる。都市型データセンターは利用企業の近くに設置されているため、情報システム等に何らかの問題が発生した場合、ユーザーやハードウェア・メーカー等のエンジニアが直ぐに駆けつけることができるメリットがある。しかし一般的に土地代が高く、広い土地スペースを確保することが困難な場合もあり、数階建ての建物にする必要があったり、高性能な空調器を備える必要があったりする。その結果、建設・運営コストが高くなるという欠点もある。さらにデータセンターの直ぐ隣りに別のビルが建設されたりしているケースも多く、災害対策やセキュリティ確保という面で若干問題がある可能性もある。

一方郊外型データセンターは、一般的に地価が安く、広大な土地を確保することが比較的容易であり、低層のデータセンターを低コストで建設でき、既存のデータセンターが満杯になれば隣の敷地に追加できるというようなメリットがある。特に寒冷地中心に外気を利用して空調することも可能となり、データセンターの運営コストも比較的低いというメリットもある。なお米国の場合、郊外型データセンターが主流となっているようである。

2.3 データセンターの変遷

(1) データセンターを取り巻く環境等の変化

データセンターを取り巻く環境は図表5に示すように大きく変化してきている。データセンターは当初、汎用大型コンピュータを設置・管理するために作られた。汎用大型コンピュータは高価であり、コンピュータが正常に稼働するには温度や湿度を一定の値に保つ必要があること、またその重量や消費電力も大きかったため、専用の施設であるデータセンター⁴⁾が必要であった。

1980年代以降、コンピュータのダウンサイジング(小型化)が進み、オフコンやミニコンが普及していった。そしてオフィスの一角にコンピュータが設置されるなど、コンピュータの分散配置が進んでいった。特に1990年代にUNIXサーバーとPCクライアントとをLANで接続したクライアント・サーバーシステムが普及し、分散化が急拡大、ユーザーオフィス内(のマシンルーム)にサーバーが多数配置されるようになった。

図表 5. データセンターをとりまく環境の変化

	メインフレーム (一極集中)の時代 (～1980年代)	CSS (分散処理)の時代 (1990年代～)	Web2.0以降の時代 (2000年～現在)
コンピュータ 等の設置場所	・データセンターで集中管理 ・80年代前半にはオフコン／ミニコンをオフィスに設置して利用する形態も出現	・コンピュータのダウンサイジングと共に、オフィス等に分散（基幹システムはデータセンターで運用）	・サーバー及びデータは再びデータセンターに集中
ネットワーク 利用環境	・低速の専用回線（または公衆回線）	・高速の専用回線（数Mbps）オフィス内はLAN（～100Mbps程度）	・高速インターネット、高速専用回線、有線・無線LAN ・社内外のネットワークがシームレスに接続される
情報システム の利用者	・大企業中心	・企業全般、官公庁全般（社会システム）	・個人一般にも広がる
情報システム の利用形態	・自社システムを利用 ・ノンインテリジェントな端末を利用	・自社内の様々な場所にあるシステムを、LAN、WANを介して利用 ・PC等の高機能端末を利用	・自社内外の様々なシステム（サービス）を、LAN、WAN、インターネット等を介して利用 ・端末はスマートフォン等多様化
利用する業務 システムの開発	・自社のシステム部門 ・コンピュータメーカー ・SIer（システムインテグレーター） ・独立系または自社システム部門を子会社化したSIer ・SIerの下請け中小ソフトウェアハウス	・同左＋ユーザー（End User Computing）	・同左＋クラウドサービスの利用
データセン ターの提供者	・自前（大企業）またはSIer	・同左	・同左＋新たなデータセンター事業者が参入
SIerとしての ビジネスの変 化	・システムコンサルテーション ・システム開発・維持・運用 ・各種計算処理（給与計算、科学技術計算等）	・同左	・クラウドサービスの増加（海外ベンダーと競合＆協業） ・データセンター事業の強化 ・システムコンサルテーション ・システム開発・維持・運用 ・IT-BCP対応

（出所）筆者作成

しかしこの分散化によりコンピュータ機器やネットワーク機器の管理や監視に手間がかかるようになり、いわゆるシステムマネジメントの負荷が高くなってしまった。結果としてコンピュータシステムをデータセンターで集中的に管理する形態の優位性が再認識されることとなった。特に2011年3月11日に発生した東日本大震災により、BCP（事業継続計画）の一環として、コンピュータシステムをデータセンターへ集約する動きが大きくなった。

2000年代に入るとハウジングやホスティングの需要が増え、データセンター事業へ多くの企業が参入することとなる。この頃、外資系データセンター事業者が東京都心部に集中して進出してきた。このような状況の中、これまで独自にデータセンターやサーバールームを設けていた企業も、外部データセンターを利用する動きが活発化した。今日ではさらに、内部統制（IT全般統制）の整備や、エコ／グリーン対応、震災リスクへの対応などでデータセンターの利用が注目されてきている。

（2）データセンター施設・設備の変化

データセンターの建物や設備もIT革新と共に大きく変化してきている（図表6）。データセンターは当初メインフレームを管理するために水冷の装置を導入すると共に堅牢性の高い建物が建設され、ユーザ企業に比較的近く、交通の便の良いところに設置されるのが当たり前だった。

2010年前後にはブレードサーバーが普及し、1ラックにたくさんのコンピュータが集約されるようになった。このため、ラックあたりのコンピュータからの発熱量や重量が増加し、何らかの対応が必要となってきた。また大量のコンピュータがデータセンターに収容され運営されるようになり、ひとたびデータセンターに何らかの障害が発生すると一企業のみならず、社会への影響も甚大となった。そのため、データセンターはこれまで以上に、高度なセキュリティ対策や堅牢性の確保が必要となり、さらに免震・制震構造の造りが採用されるようになってきた。また省エネ対策もなされるようになってきた。

データセンターは、ビル自体、一度構築するとその構造を簡単に変更することが出来ない。これを解決するために、モジュール型やコンテナ型のデータセンターを採用するケースも出てきた。そしてクラウドコンピューティングの本格活用が進むにつれ、高密度機器の収容や迅速な構成変更を前提としていない旧式のデータセンターは、今日のインフラ要求に応えることが難しくなってきた。

図表 6. データセンター立地・設備の変遷

	メインフレーム (一極集中)の時代 (～1980年代)	CSS (分散処理)の時代 (1990年代～)	Web2.0以降の時代 (2000年～現在)
立地条件	・大規模広域災害等についてはそれほど意識しない ・遠隔オペレーション機能が弱いため、ユーザーが短時間で駆けつけられることが条件	・同左	・クラウドコンピューティングの普及により地方にもデータセンターが建設される
センター設備	・建物は堅牢性を追求 ・水冷中心 ・大型ボックス型コンピュータ ・非常用電源（電池、発電装置） ・高度なセキュリティ対策 ・通信：オフィスの端末との接続中心。コンピュータメーカー独自の通信プロトコル	・空冷中心 ・小型ボックス型コンピュータ ・非常用電源（電池、発電装置） ・高度なセキュリティ対策 ・建物は堅牢性を追求 ・通信：高速LAN, WAN, 通信プロトコルはTCP/IP中心になる	・空冷中心（多様な空調設備が出現） ・ブレードサーバー ・発熱対策 ・免震・制震構造 ・非常用電源（電池、発電装置） ・さらに高度なセキュリティ対策 ・堅牢性・エコ対策 ・モジュール型データセンターの採用による建設期間の短縮、建設コストの削減 ・データセンター内サーバー等のリソースは仮想化技術によって増設・変更等が柔軟になる

(出所) 筆者作成

2.4 データセンターの現状

(1) データセンターの立地

日本データセンター協会（以下、JDCCと省略）によると、国内に設置されているデータセンターは、関東が58％、関西が17％と、関東、関西に偏在している⁵⁾。特にサーバールーム面積でみると、東京が全体の47％（関東全体で70％）、大阪が11％（関西全体で15％）と、都市型データセンターが半分以上を占めている。つまり、ビジネスが行われている近くにデータセンターが集中していることになる。この理由として挙げられるのは、ユーザー企業の多くが、「自社オフィスからアクセスが比較的容易な場所にデータセンターが設置されていることが必要である」と認識していることである。つまり①システムトラブル等の問題が発生したとき、メーカーのエンジニアや利用企業のIT部門の担当者が直ぐにデータセンターに駆けつけることが必要である、②情報システムのシステム構成はハードウェア等の修復においては、エンジニアが直接データセンターを訪問して作業する必要があるため、都心に近

い方が良い，ということである。実際，ユーザー等によるデータセンターの訪問頻度を見ると，常駐も含めて，月に数回以上訪問している割合は51%⁶⁾となっている。

一方，地域によっては市がデータセンターを勧誘し，補助金や優遇措置を取っているところもある。例えば石狩市は，石狩湾新港地域に工場やデータセンターの誘致を積極的に行っている。データセンターの新設・増設に際しては，固定資産税・都市計画税を最大5年間免除にする等の優遇措置を設けている。現在さくらインターネットがこの地域に進出し，石狩データセンターを運営している。

なお中部圏については，関東や近畿に次ぐ経済規模⁷⁾であるが，そのデータセンター数及びサーバールーム面積は大阪府とほぼ同一規模である。つまり外部データセンターの利用割合が関東や近畿に比べて少ないということになる⁸⁾。JDCCが調査した「電力会社別データセンター電力利用率」でも，東京電力6.86%，関西電力1.71%に対して，中部電力は0.96%と，データセンターの電力利用率が低い。つまり中部圏の企業の多くは，自社のデータセンター（自社オフィス内のマシンルームも含む）を利用しているということが窺える。中部圏の外部データセンターの利用割合が低い理由の一つとして，①企業の規模に限らず，所有する土地に比較的余裕がある，②中部圏の場合，中小企業が産業を支えている⁹⁾（一般的に中小企業は外部データセンターの利用割合が少ない），③中部圏の産業の特性として，製造業やサービス業の割合が高い，ということが考えられる¹⁰⁾。

一方インターネットメディア総合研究所の調査によると，2012年におけるBCP対策目的で実施または検討しているデータセンターの移転先地域を見ると，関東（東京以外）が27.9%，東京が26.4%，近畿が25.0%，九州が14.3%に対して，東海は7.9%に過ぎない¹¹⁾。今後発生する東南海地震等を考えると，東海地域はデータセンターの立地という観点からは必ずしも最適な環境とは言えないと評価されている可能性もある。なお東海地域所在企業のBCPに対する意識が低い可能性も考えられるが，東日本大震災以降，愛知県や岐阜県が県主導でBCPに積極的に取り組んでおり，この可能性は低い。

（2）データセンターの所有形態と用途

JDCCの調査¹²⁾によると，データセンター事業者がデータセンターの土地・建物共に所有しているケースと，どちらも所有していないケースは共に41%となっている。データセンター事業者が複数のデータセンターを運営しているケースが多いが，この場合，データセンターによって自社所有であったり，借用であったりとまちまちである。中には自社で所有していたデータセンターを投資ファンドに売却し，投資ファンドから借用して利用しているケースもある。またデータセンターを借用している中では，（有効回答数中）フロア借りが58%，一部借りが22%，一棟借りが21%でフロア借りが圧倒的に多い。設備について見ると，電気・空調設備は自社所有の場合

が多い(有効回答数の77%)。

所有形態の違いは、データセンター事業者の事業戦略もしくは自社の顧客層などに依るものと考えられる。例えば、金融機関の場合、特にデータセンターの堅牢性を求めるケースが多い。つまり金融機関を顧客とする大手SIer等のデータセンター事業者は自らデータセンターを所有した方が、顧客の要求に対応しやすいというメリットがある。一方で大手SIerでも建物は自社所有でないケースも多い。これはデータセンターの建設には多大なコストと完成までに長い時間を要することなどが大きな理由となっている。

中堅SIerは自らデータセンターを所有する体力がないため、データセンター事業者が提供するデータセンターを使ってビジネスを展開しているケースも少なくない。ただし中には、データセンターを所有して事業を展開していることが自社のステータスになると判断し、自社所有のデータセンターを構築・運営している例もある。

図表 7. データセンターの建屋構造

構造／耐震構造		回答数	構成比(%)
構 造	SRC造(鉄骨鉄筋コンクリート造)	148	44
	RC造(鉄筋コンクリート造)	72	21
	S造(鉄骨造)	47	14
	CFT造(コンクリート充填鋼管構造)	7	2
	CB造(コンクリートブロック造)		
	その他	7	2
	無回答	57	17
	合 計	338	100
耐震構造	耐震構造(従来型)	219	65
	免震構造	78	23
	制震構造	12	4
	耐震ではない	1	0
	無回答	28	8
	合 計	338	100

(出所) JDCC「2012年度データセンター調査結果報告」

(3) データセンターの建屋構造, 建物の用途

データセンターの建屋構造は「耐災害性」という観点から、高い堅牢性が求められている。実際、図表7に示すように多くのデータセンターの建屋構造は堅牢な造りになっている。特に地震の多い我が国においては、耐震構造であることが必須条件といえる。しかしながら、耐震構造(従来型)であっても免震・制震構造を採用していないと、東日本大震災のような大きな地震に遭った場合、サーバー等の室内機器

が損傷する可能性がある。

なお建物の用途としては、データセンター専用ビルが有効回答数の53%、多目的ビルをデータセンターとして利用しているケースが同47%とあまり差がない¹³⁾。特に都市型データセンターの場合、サーバー設置スペース等の確保やアクセスの容易性から多目的ビルをデータセンターとして活用するケースが多いようである。

一方、国内データセンターの建物の種類を見ると大半がビル型である。富士キメラ総研によると、2013年見込みでビル型が97%、モジュール型が3%、コンテナ型は0.1%となっている¹⁴⁾。その理由として考えられるのは、①コンテナ型が登場したのは比較的最近である¹⁵⁾、②堅牢性という観点ではビル型に劣る、③建築基準法¹⁶⁾による制限がある、④既設のデータセンターにスペースの余裕がある、⑤モジュール型(平屋型)は地価が高い都市ではスペースの有効利用という観点からは、必ずしもそのメリットが享受できない、などである。

(4) JDCC ファシリティスタンダード(JFS)レベルと設備

JDCCはデータセンターの建物やセキュリティ、空調設備、電気設備、通信設備の運用における信頼性を測る基準としてファシリティスタンダード(JFS)を作成している¹⁷⁾。JFSでは、レベルがティア1～ティア4に分けられているが、ティア4はデータ専用建物で電源やネットワーク等は冗長性を確保し、非常に高いレベルでのセキュリティや耐災害性が確保されていることなどが基準となっている。またティア3は複数用途の建物(単一テナント)で、電源やネットワーク等は冗長性を確保、災害に対して一般建物より高いレベルでの安全性が確保されていることなどが基準となっている。ティア2、ティア1になると複数用途の建物(複数テナント可)で、災害に対する安全性は一般建物レベル、セキュリティ管理もサーバールームのみとなり、大幅に基準が低下する。

国内データセンターのJFSレベルの現状を見ると、ティア2以下が有効回答数の35%を占めている¹⁸⁾。これらティア2以下のデータセンターに対しては何らかの信頼性向上のための対策が必要であると考えられる。例えば停電時間についてみると、東京電力の場合、東日本大震災以前は、商用電源の停電時間がこれまで18分/年¹⁹⁾であり、ティア1やティア2でもあまり問題なかったと言える。しかしながら東日本大震災発生時、計画停電等の実施されたこと、関東地域で震度5弱レベルにも達したこと、東海・東南海・南海地震の発生も想定されていることなどを考慮すると、最低でもティア3レベル、できればティア4レベルが望ましいと考えられる。またIT-BCP²⁰⁾対策の一環としてバックアップのデータセンターの検討が必要である。なおデータセンターとして必須要件である無停電電源装置及び自家発電装置を装備しているデータセンターが大半である(無停電電源装置有りが有効回答数の100%、自家発電装置有りが同99%)²¹⁾。

(5) データセンターの稼働率と設置年度(稼働年数)

国内データセンターは建物の稼働率の向上(供給過剰への対応)と老朽化への対応という課題に直面している。JDCCによる調査²¹⁾は、338のデータセンターが対象となっているが、2000年以降に新設されたものは有効回答数の82%(247センター)となっている。これに伴い、サーバールーム面積も大幅に増加してきており、2012年には国内全体で81万㎡に達している。また2012年における稼働率を見ると、60%以下のデータセンターが有効回答数の45%にも達している。特に2011年以降、首都圏での開設が相次いでおり、2013年にはサーバールーム面積で新たに58,600㎡ほど供給される予定で²²⁾、供給過剰(2013年問題と呼ばれている)も指摘²³⁾されている。オフィスの空室率を見た場合、大都市の空室率は10%前後²⁴⁾であるため、データセンターの稼働率がいかに低いかがわかる。

一方、サーバー等のIT機器は数年で大きく変化しており、20年以上経過したデータセンターの建物や設備はIT機器の革新に対応できなくなっている。例えばサーバーの高密度化(ブレードサーバーの増加)は、ラック当たりの消費電力と重量を急増させ、電力容量の不足や床荷重不足²⁵⁾等を発生させている。また東日本大震災を機に、免震構造の採用や、消費電力の低減も要求されるようになってきている。さらに最近ではデータセンター同士が相互バックアップできる仕組みなどもニーズとして上がってきており、10年位の期間で見ると、データセンターに求められる要件は大きく変化していくことになる。

3. データセンター事業の現状と課題

3.1 データセンター事業の定義

データセンター事業といった場合、主としてデータセンターのインフラ機能を提供する事業を指す。この定義に当てはまるデータセンター事業として、①ハウジング、②ホスティング、③クラウドサービス(PaaS・IaaS)がある。一方、IT事業者(通信キャリアを含む)は、これ以外にもデータセンターを核に、④クラウドサービス(SaaS)およびASPサービス、⑤通信回線サービス、⑥プライベートクラウド、⑦その他情報処理サービス、などの事業を行っている。

① ハウジング

データセンターのラックスペースの一部をユーザー企業に貸し出すサービスであり、サーバー等の機器類は基本的にユーザー企業自身で調達し、データセンター事

業者はデータセンターの物理的な環境を管理する。従ってユーザー企業がサーバー環境等を比較的自由に構築できる²⁶⁾。

なおデータセンター事業者の中には、他のデータセンター事業者からハウジングサービスを受け、これを使ってデータセンター事業を行っている例もある。これもデータセンター事業の一つと言える。

② ホスティング

データセンターのラックスペースのみならずコンピュータ等の設備もデータセンター事業者が提供するサービスである。ユーザー企業にとって、ハウジングと比べると自由度は低くなるが、サーバー環境等の構築及びその運用はデータセンター事業者が行ってくれるため、手間が省ける。

③ クラウドサービス (PaaS・IaaS)

データセンターにあるサーバー等のリソースを提供するサービスである。ここで PaaS (Platform as a Service) はユーザーがアプリケーションを開発・実行するためのプラットフォームをサービスとして提供する形態を指し、IaaS (Infrastructure as a Service) はサーバーやストレージ、ネットワークなどのコンピュータ資源をサービスする形態を指す。

このクラウドサービスはホスティングの一形態と見ることもできる。クラウドサービスを利用している企業は、基本的にデータセンター自身やコンピュータシステムのハードウェア構成を意識する必要が無い。

④ クラウドサービス (SaaS) およびASPサービス

SaaS (Software as a Service) は電子メールや営業支援等、クラウドコンピューティング基盤 (プラットフォーム) 上で稼働するアプリケーション機能を提供するサービスである。また ASP (Application Service Provider) サービスは、データセンター事業者 (特にシステムインテグレーター) が金融取引等のアプリケーションシステムを開発し、これをユーザー企業が共同で利用する形態である。SaaS も ASP サービスもアプリケーションサービスがメインであり、データセンターはそのためのプラットフォームとして活用されている。

⑤ 通信回線サービス

その名の通り通信回線接続サービスを提供するサービスである。ユーザーは通常複数の通信業者の中から選択することができる。

⑥ プライベートクラウド

不特定多数のユーザーが利用するパブリッククラウドと異なり、個別の企業や組織のみが利用するクラウドコンピューティングである。プライベートクラウドには、ユーザー企業が自ら所有するデータセンターを利用するケースと、IT事業者が提供するデータセンターを利用するケースがある。本研究では後者を対象としている。

⑦ その他情報処理サービス

データセンターを活用した情報処理サービスで、例えば給与計算や各種帳票のプリント、科学技術計算、通信販売における決済処理代行、サイト運營業務などの情報処理サービスである。

ここでは、上記の①～③を(狭義の)データセンター事業と定義し、これに④～⑥を加えたものを(広義の)データセンター事業と定義する。本研究では、(広義の)データセンター事業を研究対象とする。そして今後特に断らない限り、データセンター事業といった場合、(広義の)データセンター事業を指すこととする。また⑦その他情報処理サービスはIT事業者によって多種多様なサービスを行っているため、本研究の対象外とすることとした。

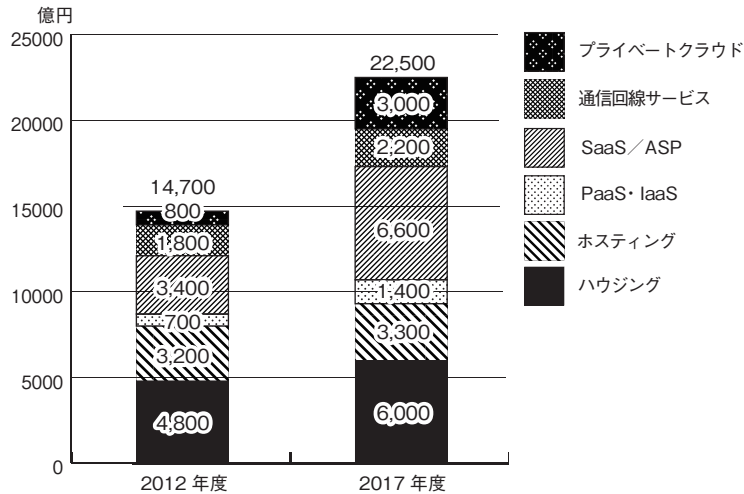
ところで、電子商取引(EC:エレクトロニックコマース)はインターネット等のネットワークを活用したビジネスであり、2012年のECの市場規模は、B to Cで9.5兆円、B to Bで262兆円にも達している²⁷⁾。ECも基本的にデータセンターを活用したビジネスと考えられるが、ユーザー企業によるビジネスが主であると捉えられるため、データセンター事業から除外することとした。

3.2 データセンター事業の市場規模

データセンター事業者によっては、その売上金額を開示していなかったり、データセンター事業を明確に分別管理していないケースも多いようである。従ってその市場規模の精度は必ずしも高いとは言えない。しかしながら、本研究では各種白書や調査会社数社の資料を参考に、データセンター事業の大よその市場規模を推計してみた。

図表8はデータセンター事業のカテゴリ別の売上予測である。2012年度には1兆4,700億円だったものが、2017年には2兆2,500億円と約1.6倍となるものと予想される²⁸⁾。どのカテゴリも増加傾向にあるが、特に伸びが大きいのはプライベートクラウドとSaaS/ASPである。プライベートクラウドは各企業のシステム開発から運用、場合によってはシステムコンサルティングと幅広くビジネスを行うことができるため、SIerにとっては魅力的な分野であると同時に、大手SIer等の牙城となっている²⁹⁾。

図表8. データセンター事業の市場規模予測



(出所) 各種資料を基に筆者作成

またASPサービスは業務アプリケーションのサービスが含まれているため、利益率の高いサービスであると考えられるが、この分野もやはり利用企業の業務に精通した大手SIer等の牙城となっている。中堅SIerがこの分野で事業を展開するには、大手SIer等がまだ行っていない業種や事業、中小企業等をターゲットにする必要があると考えられる。

ハウジングはホスティングよりも市場規模が大きいですが、ユーザー企業がサーバー等を持ち込んでしまうため、利益率という点ではホスティングに比べて低いと考えられる。従ってハウジングを事業の中心とする場合、信頼性等を担保としながらも、データセンターの建設・運営コストをできるだけ押さえることが重要であると考えられる。

なお、情報サービス産業協会「情報サービス産業白書2014」に載っている情報サービス会社の売上高のうち、計算事務等情報処理6,940億円、サイト運營業務5,750億円、コンテンツ配信業務3,930億円、データベースサービス1,340億円、課金・決済代行業務170億円、セキュリティサービス業務160億円の合計1兆8,290億円の規模(全体の16%)が前述の「その他情報処理サービス」に相当すると推定され、データセンター事業よりも大きい。

3.3 データセンター事業者の分類とマーケットシェア

図表9はデータセンター事業者を分類したものである。データセンター事業は、情報システムの構築と運用サービスを担ってきたSIerやコンピュータメーカーが自社

のデータセンターを使ってシステムインテグレーション及びシステムの運用、事務（技術）計算サービスなどを手掛けていた。そして現在では通信キャリアもデータセンター事業に参入してきている。通信キャリアは電話の交換機を設置した建物（フロア）を多く所有しているため、これをデータセンターとして容易に活用することが出来るという強みを持っており、広い地域で多くのデータセンターを所有しているケースも多い。ただし通信局舎を活用したデータセンターの規模は比較的小さい。また倉庫業などを営む企業が（狭義の）データセンター事業に参入してきている。天井が高く、堅牢性の高い倉庫をデータセンターとして活用すれば、利益率も高くなるためである。主にハウジングを中心にビジネスを展開しているが、都市型データセンターとしても、またIT-BCPの受け皿としても存在感を出している。またアマゾンなどの外資系クラウドサービス事業者も参入してきており、クラウドサービスの拡大と共にデータセンター事業を拡大しつつある。さくらインターネットのような中堅データセンター事業者は、クラウドサービスまたはホスティングサービスを中心とした事業を主としているが、東日本大震災以降、ハウジングも予想以上に拡大しているという。

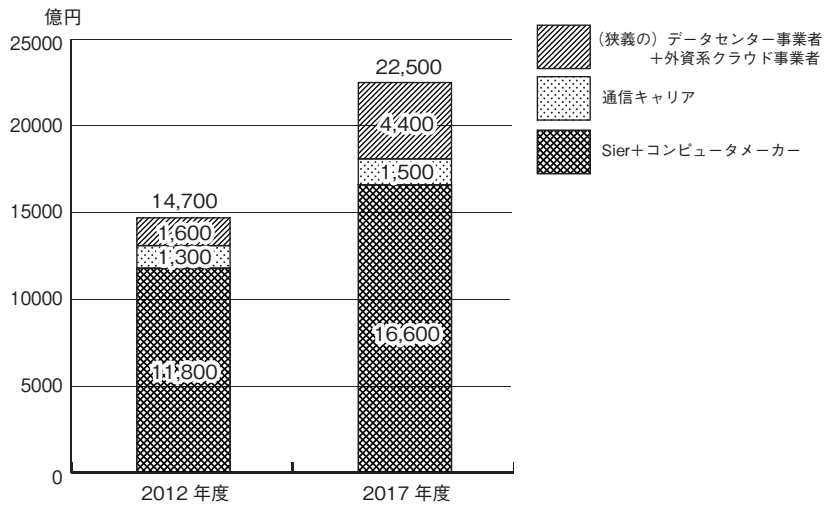
図表9. データセンター事業者の分類

分 類	説 明
SIer (システムインテグレーター)	野村総研やNTTデータなど、システムの開発からシステムの運用までを手掛けている。その多くはSaaS/ASPサービスも行っている。
コンピュータメーカー	富士通、日立製作所、日本IBMなど、サーバー等のIT機器を製造販売している事業者であるが、その多くはSIerでもある。
通信キャリア	NTTコミュニケーションズやKDDI、IIJなど、通信事業とともにデータセンター事業も行っている。
(狭義の) データセンター事業者	さくらインターネットやiDCフロンティア、ビットアイルなど、ハウジングやホスティングを中心に、クラウドサービス(IaaS・PaaS)も行っている。基本的にシステムインテグレーション事業は行わない。
外資系 クラウドサービス事業者	アマゾンやグーグル、セールスフォース・ドットコムのような外資系IT事業者で、クラウドサービスを中心にビジネスを展開している。

(出所) 筆者作成

図表10はベンダーカテゴリー別の売上規模を推定したものである。SIerおよびコンピュータメーカーはデータセンターを核としたビジネスを早くから展開してきたこともあり、2012年度の売上は全体の80%、2017年度は74%となっている。つまりシステムの設計から運用までを手掛けているコンピュータメーカーやSIベンダーは、データセンター事業における収益基盤は強固であると言える。

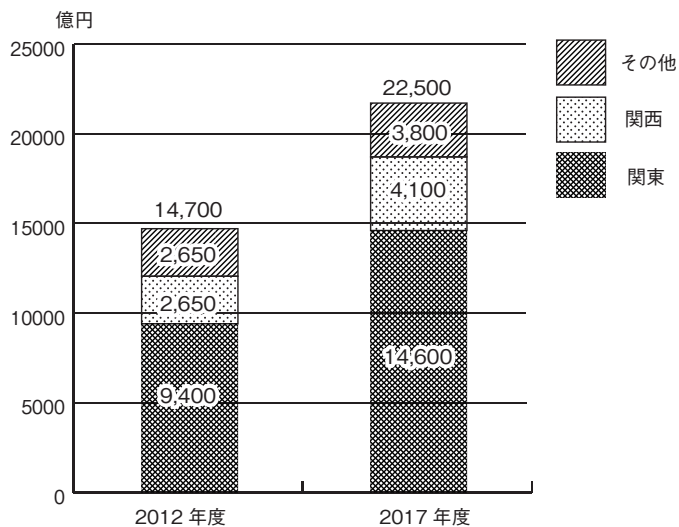
図表 10. ベンダーカテゴリー別の売上規模の推定



(出所) 各種資料を参考に筆者作成

なお、外資系IT事業者であるアマゾンの2013年通期の総売上高は744億5,000万ドル、日本の売上高は76億3,900万ドルであるが、その大半はネットショッピングから得られる収益であり、競合相手はIT事業者というよりも楽天のようなECを主としている企業である。

図表 11. 地域別データセンター市場の規模の推定



(出所) 各種資料を参考に筆者作成

3.4 地域別データセンター市場の規模

図表11は地域別データセンター市場の規模を推定したものである。関東地域が2012年度9,400億円から2017年度は1兆4,600億円と増加し、両年度共に全体売り上げの約65%を占める。そして残りの35%を関西とその他地域で分け合っている³⁰⁾。従って当面はデータセンター事業の地域分散が進まないということになる。

3.5 IT事業者同士の競合と協業

(1) グローバルIT事業者との競合への対応

アマゾンやグーグル、セールスフォース・ドットコム等のグローバルIT事業者は日本にも進出し、クラウドサービスを大々的に展開している。アマゾンのAWS (Amazon Web Services) のユーザーは2013年6月時点で、全世界で数十万社、日本でも2万社を超えるという³¹⁾。SAPのようなソフトウェアパッケージを提供しているグローバルIT事業者もクラウドサービスという形態でサービスを開始している。これらグローバルIT事業者の動きは国内IT事業者、特にSIerのビジネスにも影響を与えつつある。これまでの個別企業向けシステム構築がクラウドサービスの提供へと徐々に変化してきているからである。

国内IT事業者は、これまでも海外で開発されたソフトウェアパッケージを国内で販売したり、システム開発で利用したりしてきた。クラウドサービスはそれがネットワークを使ったサービスに拡大されたものと解釈できる。つまりグローバルIT事業者と提携し、クラウドサービス利用者に対して、システムサポートやコンサルティングサービスを提供することが対応策の一つと考えられる。例えば、顧客(ユーザー企業)がアマゾンのクラウドサービスを利用しようとしても、技術的な面などでハードルが高いケースも多い。このような顧客に対する各種サポートを事業の一つにするわけである。2013年末現在、国内においてアマゾンとパートナー契約を締結しているIT事業者は100社以上となっている。データセンター事業に関しては、現在SIer 5社がアマゾンとデータセンター同士を直接接続しサービスを実施している(この5社はAWSソリューションプロバイダ(Direct Connect)という位置づけになっている)。顧客にとっては、国内IT事業者のデータセンターを利用することにより、セキュリティやIT内部統制上の懸念を払しょくでき、かつAWSを利用することができるというメリットがある。

国内IT事業者自らもデータセンターを活用したクラウドサービスを拡大しつつある。特にプライベートクラウドの構築にはシステムインテグレーション能力が必要となるため、SIerの強みが発揮できる。プライベートクラウド環境をSIerのデータ

センターに構築できれば、今後のビジネス継続に大きく寄与する。

データセンター事業を営む国内系通信キャリアの中には海外で積極的にデータセンター事業を展開しているものもある。主に海外に進出している日系メーカーを対象にしているようだが、日系企業の情報システムはグローバル化が遅れているのが現状である。現地の企業も顧客としたデータセンター事業基盤を構築する必要がある。ただし日系企業による内外データセンターの一体的活用をサポートできればユーザー企業とデータセンター事業者の双方にメリットが出るものと期待される。

(2) データセンター事業者と他のIT事業者との協業

データセンター事業者は他のIT業者を対象にデータセンター事業（多くの場合はハウジング）を行っているケースも多い。最近では、日本IBMのように、顧客に最適なソリューションを提供する目的で、他社のデータセンターを自社データセンターのように活用（ハウジング）するケースも出てきている。また利用ユーザー数社とデータセンター事業者、SIerが協力して共同利用システムを構築し、データセンターも共同利用する例が出てきている³²⁾。

3.6 データセンター事業の課題

企業活動において重要な役割を果たしているデータセンターであるが、以下のような課題を抱えている。

(1) データセンターの建設・運営コストの削減によるデータセンター事業の競争力強化

HurleypalmerflattとCushman & Wakefield が2013年5月に発表したData Centre Risk Indexによると、日本のデータセンターとしての競争力は30ヵ国中26位と、極めて低い。順位が低い理由として、特にエネルギーコストや法人税の高さと自然災害の影響が挙げられている³³⁾。

一方、データセンターのコスト構造はデータセンター事業者により異なるが、おおよそ人件費14%、地代家賃19%、電気代15%、減価償却費22%、ネットワーク14%となっているという³⁴⁾。データセンター事業の収益向上のためには、これらを減らす努力が必要となる。

まずデータセンター内の電力消費を大まかに見てみると、IT機器が30%程度、空調関係機器が45%程度、電源関係が25%程度の比率である³⁴⁾。しかも我が国のデータセンター（インハウスサーバーも含む）の電力消費量比率は現在2%程度であり、今後更に比率が増えると考えられる。今後のデータセンターの需要の拡大に伴い、エネルギー利用効率とコスト削減のため、空調技術や電源給電技術の更なる進展が

必要となる。

日本の電気料金は他国に比べて高い。電気料金の高騰や、ビジネスのグローバル化の流れと共に、ソニー等、グローバルにビジネスを展開している企業の一部は立地条件の良い海外データセンターに主体を移している。IEA (The International Energy Agency) によると、2012年の産業用電気料金 (USドル/MWh) は、OECD加盟国の中でイタリアが291.8とずば抜けて高く、次に日本194.3、スロバキア169.7、アイルランド155.2、ドイツ148.7と続く。日本の場合、米国67.0の3倍近い料金である³⁵⁾。これを解決しなければ、データセンター事業はもちろんのこと、データセンター利用企業の競争力も高まらない。ただし電気料金の問題は日本国内全体の問題である。電力効率PUE (=施設の消費電力÷IT機器の消費電力) の値を下げるのみならず、再生エネルギーの利用や外気冷房の利用、直流給電の利用、省電力サーバーの採用もしくはサーバー動作保障温度の引き上げ (例えば35℃から40℃へ) などの対策を考え、データセンター全体の消費電力を低減していく必要がある。

次に地代家賃の削減である。比較的地価の安い郊外型データセンターをうまく活用できなければ、国内データセンターの競争力は高まることはないであろう。そのためには、システムトラブル等が発生した場合、わざわざデータセンターに行かず、遠隔地から対処できるようにし、かつ未だに利用企業に根強い「何かあったら、とりあえず現地 (データセンター) にかけてみる」「データセンターが遠隔地にあると、万一何かあったら問題だ」という価値観を転換する必要があると考えられる。ただし郊外型データセンターの場合、都心から遠隔地にあるため、専用回線の利用料金が高くなることや、情報伝送時の遅延が無視できなくなる場合もあるという難点がある³⁶⁾。

人件費の削減や減価償却費の削減については、データセンター運営の自動化推進や、設備やIT機器の標準化の推進、グローバルレベルでのデータセンター運営などを検討していく必要がある。一方で、建築基準法や消防法を見直すことによる、データセンターの建築コストや運営コストの低減、ビジネスのスピードに対応したデータセンターの変革を可能にすること (建設期間の短縮化、柔軟なレイアウト変更など) も必要であると考えられる。

(2) 災害等に耐えうる信頼性の高いデータセンターの構築

国内データセンターが海外のデータセンターと伍していくためには、地震等の災害や停電に耐えうる信頼性を確保することが必要である。既に最新鋭のデータセンターには免震・制震装置の設置などの対策がとられているが、データセンター個々に信頼性を高める対策を打つと建設コストや運営コストが上がってしまう可能性が高い。複数のデータセンターを仮想的に一つのデータセンターとして統合できれば、ある程度コストを押さえながら信頼性を高めることが可能となるものと考えられる。

また米国などの海外のデータセンターにおいては、テロ攻撃などに備えて広大な

敷地を確保し、データセンター建屋への直接的な攻撃を困難にしているところも多いという。一方で日本のデータセンターの場合、隣の建物と近接していたり、道路から近い場合が多い。テロのリスクは低いと考えられるが、将来的にテロへの対応をどう考えるかも課題の一つと考えられる。

(3) データセンターのライフサイクル管理

最近のサーバーの高密度化・高速化、さらには仮想化、並列処理の普及等、データセンターで運営するシステムの技術革新は速く、数年で陳腐化してしまうほどのスピードで変化してきている。しかも災害等への対応やエコ(ecology)への対応等、データセンターへの要求は益々高まってきている。しかし電気設備や空調設備等の耐用年数は15年程度と長い。ラック当たりの電気容量も2KVA以下のものも多い³⁷⁾が、現在では10～20KVAが当たり前になってきている。さらに建物にいたっては耐用年数が50年位と、機器や設備との耐用年数との差異が大きい。データセンターの競争力を維持するためには主要設備の更新も含めたライフサイクル管理が課題となる。

富士キメラ総研によると、2012年における竣工から20年以上経過したデータセンターの割合は、全体の38%近くを占め、今後数年で少しずつ拡大するという³⁸⁾。つまり現在稼働中の40%以上のデータセンターの価値が今後大きく低下していくことになる。また老朽化したデータセンター(ファシリティ)を所有する事業者の対応は、「移設を進めている」が46%、「設備更改で対応」が38%、「現状維持」が8%と、移設が一番多いという³⁸⁾。

以上を参考に考えられる対応策をまとめて見ると、①データセンター内の空調やUPS等のファシリティ機器を計画的に入れ替えて対応する、②古いデータセンターで稼働しているシステムを新しいデータセンターに移行し、古いデータセンターは廃棄する、③IT-BCPの一環で、古いデータセンターを活用する、④パブリッククラウドサービスやASPサービスとして活用し、利用企業にとってデータセンターの存在をあまり意識しなくても済むようにする、⑤データセンターの新設にあたってはコンテナ型を採用する等、データセンターの建設期間を短くし、建設コストを低く抑える、となる。いずれにしてもデータセンター事業者としては重要な経営判断が必要となる。

(4) データセンターの所有形態の選択

「2.4 データセンターの現状」で述べたように、JDCCによると、2012年における稼働率60%以下のデータセンターは(有効回答数の)45%に達している。データセンターのライフサイクル管理と併せて、データセンターを自社所有にすべきか、建物もしくはフロアを借りてデータセンターを構築するのか、さらにはデータセンターそのものを他の事業者から借りて事業を行うべきか、重要な経営判断が必要となる。

(5) データセンター事業の拡大(事業戦略)

狭義のデータセンター事業（ハウジングとホスティング、クラウドサービス（IaaS・PaaS））の規模は、2012年度で8,700億円程度、2017年度でも1兆700億円程度の規模と、それほど大きいわけではない。また国内データセンターの大半を占める都市型データセンターの場合、建設コスト等が高いため、データセンター事業者にとってiDC（インターネットデータセンター）やハウジングは採算性が低い。一方で海外大手データセンター事業者はデータセンターの標準化を徹底的に進め、低コストでデータセンターを構築・運営しているという。今後海外大手データセンター事業者との競争も激化していく可能性がある。

このような状況において、データセンター事業を拡大していくためには、データセンターを活用した、付加価値サービスを拡大していく必要があると考えられる。

現在、外部データセンター利用企業の80%近くは従業員数1,000名以上の大規模企業である³⁹⁾。中小企業の多くは、サーバー等を自社のサーバールームで運用している。データセンターを利用した方が電力消費の減りや運用の煩わしさが無くなる。またエコにも貢献でき、自社オフィスが計画停電に巻き込まれてもサーバーの運用は基本的に問題ない。しかし移行コストや移行作業の煩わしさ、柔軟な運用ができなくなるなどにより、中々進まない。データセンターを利用していない企業に対して、データセンターへの移行を促し、ビジネスを拡大する努力も重要であると考えられる。

4. データセンターの技術革新と課題

データセンターで利用されている技術は、建屋及び空調・電源、そしてサーバー等のIT機器の技術革新等、幅広い分野にまたがっている。

4.1 データセンター建屋・設備の技術革新

(1) 建屋

ビル型データセンターのフロアは、フリーアクセスが一般的に使用されているが、最近これを更に進め、サーバー格納フロアの下にメンテナンスフロアを作り、ITエンジニアと設備業者の動きを分離し、セキュリティ強化や設備のメンテナンス効率向上を図ったダブルデッキシステムを採用したデータセンターが出現してきている⁴⁰⁾。ただし、このダブルデッキシステムは建設コストが上がってしまうという難点がある。

一方、クラウドサービスを指向するデータセンターでは、低コストで効率的な空調を狙ってフロアは敢えてフリーアクセスとしないものもある。またデータセンターによっては、建物の外壁にガリバリウム鋼板を使って簡素化し、コストを抑えているものもある。

(2) 空調設備

データセンターの空調はエネルギー消費、コストの両面で極めて重要である。コスト削減策の一つとして、最近寒冷地を中心に外気空冷を採用するケースが出てきている⁴¹⁾。低温の外気を取り入れ、余分な湿気や塩分を取り除き、サーバーからの排熱を伴った空気と混合させて20～22℃程度の空調適温にしてサーバールームへ取り入れる仕組みである。

またサーバーの動作保証温度を通常の35℃から40℃に上げることができれば、空調のための使用電力を節約できる。そこでサーバーに使用する部材の耐熱性能向上や、冷却ファンを強力にするなどの冷却部材の改良、エアフローの改善により、40℃で使用可能とする技術が開発されてきている⁴²⁾。

更にトータルシステムとして空調を自動制御し、継続的に改善を行える空調自動制御システム(DCIM: Data Center Infrastructure Management)が開発されている。この中には、人工知能エンジンを使用して見える化と更なる効率改善を目指したシステムも開発されている⁴³⁾。

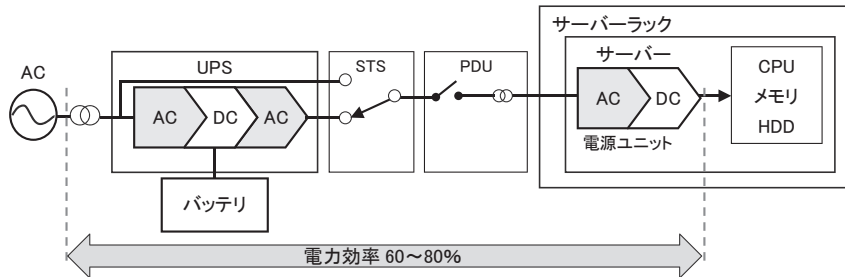
(3) 電源供給設備

(a) 高電圧直流給電方式の登場

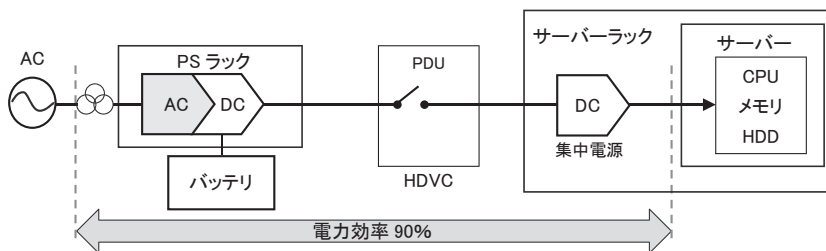
データセンターは電力供給元となる電力会社の送電線から66,000Vの交流で受電し、データセンター内で必要とする電圧に降圧しサーバーや空調設備に給電している。通常のデータセンターでは、図表12(a)に示すように、交流／直流、直流／交流変換を行ってサーバーに交流で給電している。このため電力効率は60～80%と低くなってしまう。この変換による電力ロスを回避するため、図表12(b)のように直流給電方式を採用することにより電力ロスが減少する。但し、サーバーで使用する12V程度の低電圧直流では大電流による電力ロスが発生するので400V程度の高電圧直流給電の技術が開発されてきている。この高電圧直流給電により、電力利用効率が約20%削減できたと報告されている⁴⁴⁾。

図表 12. データセンターの電源システム

(a) 現在主流の交流電源システム



(b) 高電圧直流給電による電源システム



UPS (無停電電源装置), STS (電源切り替え装置), HDVC (高電圧直流給電), PDU (分電盤)
(出所)「さくら田中社長が考えたポスト石油の「予想外」と「未来」」, 2013年2月4日を参考に筆者編集

(b) 分散型UPS給電方式の採用

ビル型データセンターの場合は、UPSや蓄電池は共通の設備としてビルの電源給電フロアに設置されるが、モジュール型やコンテナ型データセンターでは分散型UPS給電方式により、サーバーモジュールやコンテナごとにUPSや蓄電池を配置し、サーバー能力のスケラブルな変更を可能とする技術が開発されてきている。

4.2 データセンター内 IT 機器の技術革新

(1) サーバー・ハードウェアの技術革新

現在のデータセンターは、サーバーの設置密度を上げるためにラックマウント方式が主流となり、多くの場合ブレード型サーバーが使用されている。更に、ブレードの厚さを3U(1Uは1.75インチ)にして縦に複数のサーバー(例えば8個)モジュールを詰め込むことによる高密度化方式が採用されるようになった。サーバーに使用されるCPUはインテル社のIAプロセッサが主流となっている。今後は、より消費電力の少ないインテルATOMアーキテクチャーのCPUや低消費電力でスマートフォン

向けに急拡大中の ARM アーキテクチャーの CPU が増えていく可能性もある。

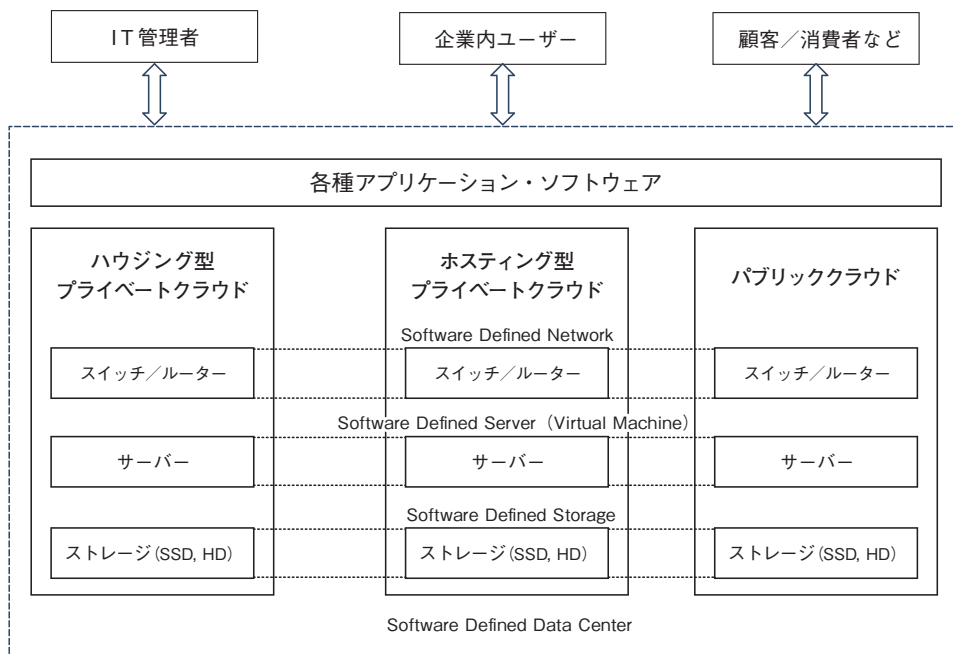
個々のサーバーの冷却については、現在、空冷が主流であるが、更に冷却効率の良い液冷方式の研究開発が行われている。しかし、サーバーモジュールや冷却用の液体を循環させるパイプを張り巡らせる必要があるなど、メンテナンス性に課題が残ると言われている。一部には熱を発生するサーバーを冷却液の中に浸ける方式も検討されている⁴⁵⁾。

ストレージに関しては、高速の SSD (Solid State Drive：フラッシュメモリを用いた記憶装置) の採用が増加してきており、高速処理は SSD で行い、大量のデータの格納にはハードディスクを利用する形態が増えている。

(2) サーバーの仮想化技術の進展

サーバーに搭載されているオペレーティングシステム (OS) は、Windows Server や、Linux、AIX などの Unix 系が多い。データセンターでは、これらの OS を VMware 社の vSphere などを使った仮想マシン (Virtual Machine) の上で運用されるケースが通常となってきた。このサーバーの仮想化により、処理能力をスケラブルに変更できるようになり、データセンターの利用価値が大幅に向上してきている。

図表 13. SDDC (Software Defined Data Center) の構成



(出所) 筆者作成

(3) ネットワークの仮想化技術の進展

最近注目されているネットワーク仮想化の技術として、Open FlowとSDN (Software Defined Networking) がある。これらの技術は現在進行中の仮想化技術であるが、これをデータセンター内やデータセンター間で利用できれば、複数のデータセンターをあたかも一つのデータセンター (SDDC: Software Defined Data Center)⁴⁶⁾ のように扱うことが可能となる (図表13)。今後SDDCが利用できるようになるとデータセンターの信頼性向上やCPU及びストレージの拡張等が柔軟にでき、災害対策にも活用できるようになる。

4.3 データセンターに関する技術の標準化の推進

仮想化技術を中心としたデータセンターを柔軟に利用可能とする技術が進展するに従い、データセンターに関係した技術開発分野／領域が拡大してきており、世界の有力な事業者も単独でデータセンターを構築／運営／管理／利用するための技術の開発を進めるのが難しくなっている。これを解決する方策として、共同で技術開発する機運が高まってきている。

(1) ソフトウェアを中心とした標準化技術動向

ソフトウェアの場合、オープンソースソフトウェア (OSS) として技術開発が進むケースが多くなっている。データセンター事業者側も、特定のデータセンター関連機器やソフトベンダーにロックオンされるのを避けるため、あるいは、力のあるデータセンター事業者は自社でOSSベースのソフトウェアをカスタマイズするため、オープンなシステム基盤技術を求めている。データセンターに関連した有力な標準化技術動向として、Cloud Stack⁴⁷⁾ と Open Stack⁴⁸⁾ が挙げられる。Cloud StackはIaaSを構築し管理するためのオープンソースのソフトウェアであり、Open Stackはモジュール化された各コンポーネントに明確なAPI (Application Program Interface) が規定され、Webとの親和性も高い。

(2) ネットワークに関連した標準化技術動向

(a) Open Flow⁴⁹⁾

既存のネットワーク機器は自律的に収集した情報を元にしてパケットの転送・振分を行う。L2スイッチはMACアドレスを用いて転送・振分を行い、ルータは経路制御プロトコルを用いて転送・振分を行う。どちらのケースもネットワーク機器自体がパケット受信／送信機能と転送／振分制御機能との両機能を統合して実装されている。つまり、データセンター事業者／ユーザーがネットワーク機器の制御を自身

のデータセンターの状況に合わせて改造しようとする、ネットワーク機器事業者が持つ製品内部の設計情報の公開などの問題が発生し、柔軟なネットワークを構成することができない。

そこで、ネットワーク機器の中のData Plane（パケットデータの送受信を行う部分）とControl Plane（転送／振分制御部分）とを分離し、Control Planeをソフトウェアでユーザが実装できるようにして、柔軟に制御可能なネットワークを構築できるようにする技術がOpen Flowである。

Open Flowの標準化は現在、2011年に設立されたSoftware Defined Networking (SDN) 技術の推進団体であるOpen Networking Foundation (ONF) により推進されている。

(b) SDN (Software Defined Networking) ⁵⁰⁾

ソフトウェアによって物理的世界とは異なる仮想的なネットワークを構築する技術であり、データセンター事業者やネットワーク事業者あるいはユーザー企業が物理的なネットワークの制約から離れて自身のニーズに即したネットワークを柔軟に構築するための技術である。先述のOpen FlowはSDNを実現するための重要な要素技術となっている。

現時点の開発状況はONFの参加メンバーがそれぞれの立場で提案を行い、一部先行製品化している段階である。SDNの対象範囲は広く、広範な適用は今後に期待される部分が多いが、データセンター内あるいは少数のデータセンター間などのSDNは実験的な適用が始まっている。今後、更に標準化が進展し、標準に準拠する製品が発表されるに従い、順次応用が拡大すると期待される。

(3) ハードウェアを中心とした標準化技術動向

ハードウェアの標準化を進め、低コストでスケーラブルなデータセンターを構築可能とするための技術開発が開始された(2011年4月)。この技術開発は、SNS (Social Networking Service) 大手のFacebook社の提案と主導でOpen Compute Project⁵¹⁾により行われている。

Open Compute Projectは、インターネットサービス業者の観点から比較的最近のコンピュータ技術の成果やトレンドを取り入れており、新仕様のラックサイズやサーバーへの直流給電を積極的に取り入れるなど、特に低コストで大量のコンピュータ・リソースを必要とするパブリッククラウド型データセンターの技術開発に影響を与える可能性が高い。

4.4 データセンターにおける技術的課題

(1) 空調設備における課題

(a) 外気空冷方式

近年、世界的に寒冷地にデータセンターを立地させ、低温の外気を用いた空調方式が採用されてきているが、低温外気吸入時に粉塵、雪など異物を取り除くだけではなく、年間を通じて適切な温度と湿度を維持できるように、気候条件を綿密に調査して空調制御システムを構築する必要がある。また、サーバー室全体の熱発生源、冷氣／暖気のエアフローをリアルタイムに情報収集し制御するシステムが必須である。制御システムを精密に作成するためには熱発生源や空気の流れなど精緻なモデル化が必要となる。サーバー機器や空気の流れの設計をデータセンター側で設定できるクラウド型データセンターは効果が期待できるが、ハウジング型の場合はクラウド型ほど大きな効果を得ることが容易ではない可能性がある。

(b) 高温動作サーバー技術

サーバーを 40℃ などの高温でも動作保証するためには、サーバー機器内の特定の部材が高温にならないよう平均的に温度を維持する必要がある。最も熱を発生する重要な部材はプロセッサであるが、現在主流であるインテル社の Xeon 系列のプロセッサは高性能ではあるが発熱量が大きい。性能は低いが発熱量が少ない ATOM アーキテクチャーのプロセッサへ移行するなど、サーバーに使用する個々の部品の発熱量と耐熱性の観点からの見直しを進める必要がある。

(c) DCIM (Data Center Infrastructure Management)

空調をトータルシステムとして制御する DCIM が注目されている。DCIM はサーバー室の熱発生源からのエアフローをモデル化し、各機器に設置されたセンサーから温度や湿度データを収集し、制御アルゴリズムに基づいてリアルタイムで最適な空調を実現するシステムである。クラウド型データセンターの場合は、データセンター側の計画に従って機器を導入できるので精緻なモデルを構築できるが、ユーザが独自の仕様のサーバーを導入するハウジング型データセンターではモデル化が難しい。気象条件の変動やサーバー機器の突然の不具合など、サーバー室の環境条件が変動した場合に適切に追従する制御アルゴリズムの作成が課題となる。この課題への対策として、人工知能エンジンを使って柔軟に対応することを目指したシステムが研究開発されてきている。

(2) 電源供給設備に関する技術的課題

(a) 高電圧直流給電方式の課題

実証実験では約20%の電力削減効果が報告されているが、直流給電ができるサーバーが普及しておらず高価格のため、システム全体のコスト削減には結びついていない。今後の直流給電サーバーの技術開発／製品開発が期待される。なお、直流給電技術が注目されてきた背景には、パワー半導体による電力変換効率の向上があるが、この技術は従来型の給電方式でも効率の向上を望める側面もあり、今後の技術動向が注目される。

(b) 分散型UPS給電方式

UPSを分散化することにより、サーバー能力のスケラブルな変更が柔軟にできることになるが、個々のUPSや蓄電池は小容量となり、全体の効率は一般的に低くなる傾向がある。また、トータルシステムとしての見える化、効率化のための技術開発が必要となる。

(c) リチウムイオン蓄電池

本調査研究の中で訪問したデータセンターは全て安全性を重視し100年以上の実績のある鉛蓄電池を使用していたが、鉛蓄電池はエネルギー密度が約35kwh/kgでエネルギー効率も87%程度である。このためデータセンター内で大きな設置場所を必要とし、電力ロスも大きく発生する。エネルギー密度が約4倍でエネルギー効率も95%と高いリチウムイオン蓄電池の利用が検討されている。開発当初は携帯電話やノートPCなどの小型電子機器で利用されてきたが、最近では、電気自動車や旅客機でも使用されるようになってきた。安全性の確認が最重要ではあるが、データセンターでの今後の利用が期待される。特に、エネルギー密度が高いので、コンテナ型／モジュール型データセンターの分散型電源供給ユニットに好適であり、電源供給能力を柔軟に変更可能となることが期待される。

5. データセンター事業及びデータセンター関連技術の今後の方向性

(1) データ量の増加に伴い、データセンターの役割も拡大

日本情報システム・ユーザー協会(JUAS)の2012年度の調査によると、BCP対策として外部データセンターの活用を検討中の企業が22.8%⁵²⁾(導入済み・試験導入・導入準備中は48.6%)となっている。データセンターとインターネットを中心とした

サービスであるクラウドコンピューティングも今後拡大していくものと予想されている。以上から、データセンターの役割は今後ますます拡大していくものと予想される。

一方調査会社IDC社によると、「全世界で生成・複製されるデジタル情報の総量（デジタルユニバース）は、2012年の2.8ZB（ゼッタバイト：Zetta Byte）から、2020年には40ZBに急増し、企業データセンターで管理される情報量は14倍になると見込まれる」という⁵³⁾。これらのデータの大半は従来の観点からするとビジネス等で活用できない“つまらない”情報であったが、宝の山と変わっていく可能性が高い。データセンターを核にどのようなアイデアを出していくかがビジネス成功の鍵となるものと予想される。

(2) モジュール型／コンテナ型データセンターの拡大

老朽化したデータセンターに代表されるように、IT革新や利用者のニーズの変化に対応できないデータセンターは今後淘汰されていくものと考えられる。ここ数年の期間で見ると、都市型データセンターの需要は高く、低コストで柔軟に増設可能なモジュール型／コンテナ型データセンターの拡大の割合は小さい。しかしながら、利用中のデータセンターの選択理由で一番多いのが「運用コストが安い」ことであり、次が耐震・免震や防火などの安全性が高いことである⁵⁴⁾。長い目で見た場合、何らかの付加価値が無い限り、運用コストの高いデータセンターが生き延びる可能性は、低いものと予想される。

また企業がパブリッククラウドを利用する場合、データセンターの建屋構造をそのサービスの重要な選定条件にするということは考えにくい。

以上から今後10年近くの長い期間で考えると、土地代が安い地方中心に、コンピュータの処理能力を柔軟に拡大できるモジュール型／コンテナ型データセンターが拡大していく可能性が高い。

(3) データセンターの標準化の進展とインテリジェントデータセンターの実現

データセンターの標準化も進展していくものと予想される。現在データセンターで使う各機器類、例えば電源など、海外の標準品は国内で使えない。JIS規格と合わないためである。標準化の流れに乗れば、これも解決されていくものと予想される。現在、サーバーや空調設備等のファシリティの仕様の標準化とオープン化を推進している団体がオープンコンピュータプロジェクト（OCP：Open Compute Project）である。2014年1月現在で、OCPへの日本国内の参加者（団体、企業、個人）は60近くとなっている。

データセンター関連技術の標準化が進むことにより、将来的には複数のデータセンターをあたかも一つのインテリジェントデータセンター（Software Defined

Datacenter)として運営することが可能になり、データセンターの信頼性向上と共に、システム資源の柔軟な活用、さらにBCP対応が容易にできるようになるものと期待される。

(4) データセンター関連の個別技術の進展

データセンターのエネルギー消費量の削減やコスト削減を追求した空調・電源供給関連の技術開発が今後更に進展すると考えられる。特に今後予想される膨大なデータセンターの電力需要増に対し、超電導直流送電技術の進展が大いに期待される。

周知のとおり、電力の送電に当たっては伝送路の電気抵抗により、大量の電力ロスと発熱が生じてしまう。データセンター内も同様に、発生した熱を冷却するためにさらに電力を消費している。伝送路の電気抵抗を限りなくゼロに近づければ電力ロスを減らし電気抵抗による熱も取り除くことができ、データセンターの電力コストを劇的に減らすことが可能となる。これが可能となれば国内のデータセンターの競争力は大いに増すものと期待される。

この伝送路の電気抵抗をゼロとする有望な技術として超電導送電があり、特に、従来の交流超電導送電よりも効率の良い超電導直流送電が注目を集めている⁵⁵⁾。超電導直流送電技術を使えば、発電に適した遠隔地の発電所からデータセンターへの大量の電力送電を効率的に行うことが可能になる。

夢の技術である超電導直流送電には、現在いくつかの課題があり、これらを解決すべく実験・研究が行われている。

- ①超電導を維持するためには -200°C 近くまで電導体を冷却する必要がある、このための冷却媒体(通常は液体窒素)を安価に製造するエネルギーが必要である。データセンターの中には近辺にLNGの基地があり、LNGから気体の天然ガスに戻すときの気化熱を利用して液体窒素を安価に製造することが可能なケースがある。北海道の石狩市は近くにLNGを用いた発電所が計画されており、気化熱を用いて液体窒素を安価に製造できる。超電導直流送電技術を採用したプロジェクトが北海道石狩市で現在進行中である(参照 石狩プロジェクト⁵⁶⁾)。
- ②極低温の超電導状態から常温状態に変換して電力を取り出せるようにするための終端装置の部分で冷却熱エネルギーのロスが大きくなる。従来からこの課題は指摘されており、特にデータセンター構内の短距離区間で超電導送電を行う場合に重要となる。この問題に対し、パルチエ素子を用いた熱効率の極めて良い終端装置が研究開発され、実証プラントで良好な結果を得ている⁵⁷⁾。
- ③超電導送電線が高価である。超電導送電が実現する電線の素材は、ビスマス系など限られた希少金属材料を必要としていることや未だ世界で大量に使われていないため、通常の電線に比べて高価である。しかし、今後、超電導送電が普及すればコストも急速に低化するものと期待される。

- ④革新的技術であるため、安全性の懸念がある。超電導線の周りを -200°C 近くの低温に保つ必要があるため、超電導線の周りに液体窒素を流し、その外側を真空にすることにより断熱する構造のケーブル管を施設する必要があるが、このケーブル管が事故等により破裂した場合の環境に与える影響などの調査研究が更に必要と考えられる。これについては、現在進行中の石狩プロジェクトの実証実験結果による実証データの積み重ねにより克服できると期待される。

6. おわりに

データセンターは、基本的にあまり目立たない裏方の存在である。データセンターのセキュリティ確保という観点からすると当たり前であり、企業のビジネスを支える基盤でしかなかったからである。しかしながら、今後データセンターの重要性が増してくるとしたら、何らかの形でデータセンターを表舞台に出す必要があろう。

まずデータセンター運営担当者やビジネスでデータセンターを利用している社員の意識改革が必要である。データセンターの運営担当者の多くは技術的な面に特化し、ビジネスの観点から見たデータセンターのあり方について考えることはあまり無いように見える。彼らにとって、情報システムやIT機器・設備の安定稼働が最優先事項であるからである。しかしながら、データセンターの役割がビジネス上益々重要になっていくとしたら、データセンターの運営を担う技術者も、ビジネスの素養も身につけ、ビジネスの視点からのデータセンターのあり方を提案できる能力が必要となろう。

また、ビジネスでデータセンターを利用している者にとっては、データセンターが安定的に稼働しているのが当たり前であり、データセンターを特別に意識しない場合が多い。しかしながら今後はデータセンターを戦略的な武器として活用することを考えていくことが必要であると考えられる。

一方データセンターを構築し運営するにあたっては、様々な分野の専門家（専門企業）の参加が必要となる。そこで利用されている技術は、建屋から空調設備等の各種設備、さらにはサーバー等のIT機器など広範囲に亘っているからである。しかも今後のエネルギー問題やエコに対応すべき技術は発展途上のものも多い。データセンター事業者は関係各社の総合力を結集し、競争力のある最先端のデータセンターを構築し運営していく必要がある。

今後のデータセンター関連技術動向が注目される。

注

- 1) 新しいデータセンターではホット・アイル／コールド・アイル方式を採用しているケースが増えている。これは熱排気の通路(ホット・アイル)と冷気の通路(コールド・アイル)を分け、熱効率を高める方式である。
- 2) ハロンガスはオゾン層を破壊する危険性があり、地球環境に悪影響を及ぼすということで、最近では人体に無害の窒素ガスを採用しているデータセンターが増えている。
- 3) ハウジングサービスのよう、サーバー等を利用企業が自らデータセンターに持ち込む場合、情報システムのセキュリティは基本的に利用企業の責任で行うことになる。
- 4) 当時は一般的にコンピュータセンターまたは計算センターと呼んでいたケースが多かった。
- 5) JDCC「2012年度データセンター調査結果報告」による。データセンター事業者が所有しているデータセンターの数である。関東は東京、神奈川、千葉、埼玉、茨城、栃木、群馬と定義し、関西(近畿)は大阪、兵庫、京都、滋賀、奈良、和歌山の区域を一体とした広域を指している。
- 6) インターネットメディア総合研究所「データセンター調査報告書2012」インプレスR&D, 2012年8月8日, 資料3.5.11を参考に、月数回以上の訪問頻度のものを算出した。
- 7) 国土交通省都市局の「平成24年度中部圏開発整備計画の実施に関する状況」によると、平成22年における中部圏の名目GDPは全国の17.7%(87.8兆円)となっている。また中部圏のGDP構成比をみると、製造業が29.1%と一番高く(全国では18.5%), 次にサービス業16.9%(同19.6%)が続いている。なおここでの中部圏とは、富山、石川、福井、長野、岐阜、静岡、愛知、三重及び滋賀の区域を一体とした広域を指している。
- 8) JDCC「2012年度データセンター調査結果報告」による。JDCCは中部圏を新潟、富山、石川、福井、山梨、長野、岐阜、静岡、愛知、三重と定義し、国土交通省の定義と若干異なる。
- 9) 「2013年版中小企業白書」によると、愛知県の中小企業における常用雇用者数・個人従業者総数の割合は66.6%と、東京(36.3%), 大阪(62.3%)に比べて高い。
- 10) 富士キメラ総研「データセンタービジネス市場調査総覧2013年版」(下巻p.17)によると、業種別の外部データセンター利用の割合は、製造業は53.5%, 流通・サービス業は54.3%と、業種全体の56.1%に比べて若干低い。
- 11) インターネットメディア総合研究所「データセンター調査報告書2012」参照。回答ユーザー企業140社。
- 12) JDCC「2012年度データセンター調査結果報告」参照。回答企業は84社(338データセンター)。うち土地/建物と設備の所有形態に関する無回答は共に50センター(14.8%)となっている。
- 13) JDCC「2012年度データセンター調査結果報告」参照。有効回答数292のうち、データ専用ビルが156, 多目的ビルが136であった。
- 14) 富士キメラ総研「データセンタービジネス市場調査総覧2013年版」(上巻p.55)参照。
- 15) 2006年にサン・マイクロシステムズ(現オラクル)が発表した「Project Blackbox」がコンテナ型データセンターの先駆けとされている。

- 16) 野村総合研究所「平成21年度産業技術研究開発委託費（産学連携ソフトウェア工学実践事業（クラウド・コンピューティングに関する国内外の精度・技術動向等の調査研究））報告書」2010年3月によると、建築基準法上コンテナ型も建築物と見なす自治体もあるという。この場合、建築確認申請や建築工事届、（準）耐火建築物の確認等が必要となり、コンテナ型の低コスト、迅速性という観点でのメリットが削減されてしまう。ちなみに米国ではコンテナ型は建築物として扱われていない。
- 17) 詳細についてはJDCC「データセンターファシリティスタンダードの概要」参照。JFSは米国の民間団体Uptime Instituteが作成した「Tier」を日本の実情に合わせて作成したファシリティ基準である。
- 18) JDCC「2012年度データセンター調査結果報告」によると、有効回答数260のうち、ティア1が2(0.8%)、ティア2が88(33.8%)、ティア3が104(40.0%)、ティア4が60(23.1%)となっている。
- 19) JDCC「データセンターファシリティスタンダードの概要」2010年10月18日(p.3)参照。
- 20) IT-BCPとは情報システム等、企業(組織)のITに関連した事業継続計画(BCP)のことをいう。
- 21) JDCC「2012年度データセンター調査結果報告」参照。
- 22) 富士キメラ総研「データセンタービジネス市場調査総覧2013年版」(上巻p.12)参照。サーバールームの供給過剰により、2014年新設分は大幅に減るものと見込まれている。
- 23) 日経コンピュータ2012年10月25日(No820)号(pp.46～49)参照。
- 24) CREIS Japanによると、2013年12月における主要都市の空室率は、東京23区6.3%、大阪市9.4%、名古屋市10.3%、札幌市7.9%、福岡市9.2%となっている(<<http://www.cbre-creis.jp/>>)。
- 25) 古いデータセンターではラック当たりの電気容量も2KVA以下のものが多いが、現在では10～20KVAが当たり前になってきている。また床荷重もこれまで800～1,000kg/m²が一般的であったが、現在では最低でも1,500kg/m²の床荷重が必要とされてきている。さらにデータセンターの電力効率を示すPUEは、これまで2.0程度だったものが、現在では1.4以下が求められるようになってきている。ここで、PUE=データセンターの消費電力÷データセンター内IT機器消費電力で定義される。
- 26) 建物やフロア等の不動産賃貸契約はハウジングに含めない。
- 27) 経済産業省「電子商取引に関する市場調査の結果」2013年年9月27日(<<http://www.meti.go.jp/press/2013/09/20130927007/20130927007.html>>)
- 28) ハウジング及びホスティング、通信回線サービスの市場規模は富士キメラ総研の調査を参考にした。またPaaS・IaaSとプライベートクラウドについてはMM総研「国内クラウドサービス市場、需要動向調査」2013年8月29日を参考にした。SaaS/ASPについては野村総研「ITナビゲーター2014年版」(第3章ネットワーク市場)を参考にした。
- 29) MM総研「国内クラウドサービスの市場規模・予測と需要動向に関する調査」2013年8月によると、プライベートクラウドの場合、IT事業者へアウトソースする割合は全体の20%程

度である。従ってプライベートクラウドの市場規模そのものは図表8の数値の5倍程度に膨らむ。

- 30) 地域別のシェアは、富士キメラ総研の推定「データセンタービジネス市場調査総覧2013年版」(上巻p.11)を参考にした。ここで、関東は東京、神奈川、千葉、埼玉、群馬、栃木、茨城を、関西は大阪、京都、奈良、兵庫、和歌山を指す。
- 31) ITmedia エンタープライズ「AWS Summit Tokyo 2013レポート：なぜ日本企業はAWSを採用するのか」〈<http://www.itmedia.co.jp/enterprise/articles/1306/07/news035.html>〉
- 32) 富山県の7つの信用金庫とデータセンター事業者であるパワー・アンド・IT、SIerである富士通エフサスの例が挙げられる。
- 33) 詳細はHurleypalmerflatt and Cushman & Wakefield ‘DATA CENTRE RISK INDEX Informing global investment decisions 2013’を参照。この中で、第1位がアメリカ合衆国で、2位イギリス、3位スウェーデン、6位香港、13位韓国、15位シンガポール、16位マレーシアとなっている。
- 34) 田中邦弘「クラウドの虚像と実像」2009年11月24日、さくらインターネット。
- 35) International Energy Agency, “ENERGY PRICES AND TAXES QUARTERLY STATISTICS 2013”, October 2013.
- 36) 金融ビジネスのようにマイクロ秒を争うようなビジネスが存在するため、都心近くにある金融証券取引所の近くにデータセンターが必要な場合もあり得る。
- 37) JDCC「2012年度データセンター調査結果報告」によると「ラックあたりの最大供給可能電力」が2.0KVA以下のデータセンターは有効回答数132のうち、48.5%を占める。
- 38) 富士キメラ総研「データセンタービジネス市場調査総覧2013年版」(上巻pp.60-61)参照。
- 39) 富士キメラ総研「データセンタービジネス市場調査総覧2013年版」(上巻p.9)参照。
- 40) ダブルデッキシステム, 野村総合研究所, 「ITフロンティア」, 2011年09号。
- 41) さくらインターネット石狩データセンター, 外気冷却方式。〈<http://ishikari.sakura.ad.jp/>〉
- 42) NEC, 「Expressテクノロジー読本40℃環境下で動作可能な冷却設計」。〈<http://www.nec.co.jp/products/express/tech/cooling/>〉
- 43) エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社／株式会社NTTファシリティーズ(共同プロジェクト), 「革新的な人工知能エンジンを有する空調自動制御システム(DCIM)を活用した継続的改善活動と国内DCのエネルギー効率底上げへの貢献」, グリーン・グリッドデータセンターアワード2012最優秀賞。
- 44) さくらインターネット石狩データセンター, HDVC(高電圧直流給電方式)。〈<http://ishikari.sakura.ad.jp/>〉
- 45) Green Revolution Coolingが提唱している油冷方式。〈<http://www.extremetech.com/extreme/124197-cooling-computer-servers-with-oil>〉
- 46) VMWARE, 〈http://www.vmware.com/jp/virtualization/virtualization-management/overview.html?src=WWW_Mgmt_JP_HPHero_SimplifyManageDatacenter〉

クラウド Watch, 〈http://cloud.watch.impress.co.jp/docs/news/20131107_622469.html〉

- 47) Clud StackはVMOps社が2010年に開発したものをCitrix社が買収し、2012年5月にオープンソース推進団体のApache Software Foundationへ寄贈し、Apache Software Foundation がApache Cloud Stackとしてオープンソースで提供されているものである。なお、Citrix社は別途Citrix Platform Powered by Apache Cloud Stackという形で製品として販売している。

Cloud Stackには「IaaS構築／管理のための多様な機能が実装されている」「対応するベンダーの実績が多い」などの実績がある。詳細は「日本Cloud Stackユーザ会資料」〈<http://cloudstack.jp/>〉参照。

- 48) Open StackはNASAとRackspace Hosting 社が主体となり設立された Open Stack Project が推進している（2010年に設立）。Open Stackのユーザーは必要に応じてコンポーネントを取捨選択して利用でき、既存のIT技術との連携や新技術の導入などユーザーが実装を進めて行くための選択肢が広がっている。現時点では、Cloud Stackほどの実績はない。詳細は「日本Open Stackユーザ会資料」〈<http://openstack.jp/frontpage.html>〉参照。

- 49) JPNIC解説記事 〈<https://www.nic.ad.jp/ja/newsletter/No52/0800.html>〉

- 50) SDN Japan2013. 〈<http://www.sdnjapan.org/program/>〉

- 51) Jay Park, “Open Compute Project Datacenter Ver1.0”, Open Compute Project, 2013.

- 52) JUAS「企業IT動向調査報告書2013」(p.274) 参照。

- 53) 調査会社 IDC「エンタープライズ「全世界のデジタル情報量、2020年には40ゼットバイトに」」2012年12月12日, ITmedia 〈<http://www.itmedia.co.jp/enterprise/articles/1212/12/news049.html>〉参照。またはITpro「データ量の増加に管理や投資が追従できていない」2013年1月24日参照。〈<http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20130124/451768/>〉。なお1ZB = 10^{21} バイト, 1GB = 10^9 バイト。

- 54) インターネットメディア総合研究所「データセンター調査報告書2012」インプレスR&D, 2012年8月8日 (p.142) 参照。

- 55) S.Yamaguchi, “Experiment of 200-meter superconducting DC cable system in Chubu University”, Physica C: Superconductivity, Volume 471, Issue 21, pp. 1300-1303
S.Yamaguchi, “Experiment of the 200-Meter Superconducting DC Transmission Power Cable in Chubu University”, Physics Procedia, Volume 36, 2012, pp. 1131-1136, SUPERCONDUCTIVITY CENTENNIAL Conference 2011.

- 56) COOL SMART LAND ISHIKARI, 高温超電導直流送電システムの実証研究, 千代田化工建設株式会社, 住友電工株式会社, 中部大学, さくらインターネット株式会社。

- 57) 山口作太郎, “電流リード”, 特開2013-105907, 及び山口作太郎, “熱電冷却型パワーリード”, 特開2004-6859。

参考文献

- 日本データセンター協会『2012年度 データセンター調査 結果報告』2013年6月7日, JDC
Cワークショップ
- 富士キメラ総研研究開発本部『データセンタービジネス市場調査総覧 2013年版(上巻, 下巻)』
2013年3月11日, 富士キメラ総研
- インターネットメディア総合研究所『データセンター調査報告書2012』2012年8月9日, イン
プレスR&D
- 日本情報システム・ユーザー協会(JUAS)『企業IT動向調査報告書2013』2013年6月3日, 日
経BP社
- 野村総合研究所『ITナビゲーター 2014年版』2013年12月12日, 東洋経済新報社
- 情報サービス産業協会『情報サービス白書2014』2014年1月14日, 日経BP
- 総務省『平成25年版情報通信白書 ICT白書』2013年7月17日, 日経印刷
- 中小企業庁『2013年版中小企業白書』2013年8月23日, 佐伯印刷
- 野村総合研究所『平成21年度産業技術研究開発委託費(産学連携ソフトウェア工学実践事業(クラ
ウド・コンピューティングに関する国内外の精度・技術動向等の調査研究))報告書』2010
年3月
- 経済産業省『電子商取引に関する市場調査の結果』平成25年9月27日(<[http://www.meti.go.jp/
press/2013/09/20130927007/20130927007.html](http://www.meti.go.jp/press/2013/09/20130927007/20130927007.html)>)
- 日本データセンター協会『データセンターファシリティスタンダードの概要』2010年10月18日
- 国土交通省都市局『平成24年度中部圏開発整備計画の実施に関する状況』2014年1月
- 林雅之『オープンクラウド入門』2012年9月, インプレスR&D
- Hurleypalmerflatt and Cushman & Wakefield, “DATA CENTRE RISK INDEX Informing
global investment decisions 2013” May 2013.
- International Energy Agency, “ENERGY PRICES AND TAXES QUARTERLY STATIS-
TICS 2013” October 2013.
- MM総研『国内クラウドサービス市場, 需要動向調査』2013年8月28日(<[http://www.m2ri.jp/
newsreleases/main.php?id=010120130828500](http://www.m2ri.jp/newsreleases/main.php?id=010120130828500)>)
- インプレス『データセンター完全ガイド2013年冬号』2013年1月1日, インプレスビジネスメディア
- Albert Greenberg et al. “The Cost of a Cloud: Research Problems in Data Center
Networks”, ACM SIGCOMM Computer Communication Review, Volume 39 Issue 1,
January 2009 pp. 68-73
- 日経コンピュータ『クラウド大全2014』2014年1月29日, 日経BP
- 日経コンピュータ『仮想化大全2013』2012年11月15日, 日経BP
- 白川 功『企業情報 完全防衛術』2013年1月29日, 幻冬舎
- 谷島宣之『ソフトを他人に作らせる日本, 自分で作る米国』2013年12月25日, 日経BP

データセンター及びデータセンターを活用したビジネスの将来動向に関する調査・研究

泉田良輔『日本の電機産業』2013年4月15日, (株)日本経済新聞社

Jay Park et al., “Open Compute Datacenter V1.0” Draft, The Green Grid

OCP “Open Compute Project Proposed Track for Open Hardware Management” , Draft,
Open Compute Project, 2011年12月28日

伊藤智『次世代モジュール型データセンタの 省エネ効果実証実験』2013年7月11日,
グリーン・グリッドフォーラム

唐木眞, 他『データセンターに関する 日本の地域特性 Data Center Regional Consideration
Japan』, The Green Grid White Paper # 47, 2012年9月24日

Victor Avelar et al.『PUE指標に関する総括』, The Green Grid, White Paper#49, 2013年5
月28日