

次世代エンタープライズ・データセンターの要素技術

— 管理技術と省電力化技術 —

データセンターにおける処理量は急激に増加してきており、クラウド・コンピューティングなどの登場により、今後ともその需要は高まり続けることが予想されています。このデータ処理量の増加に対応すべく、データセンターの大規模化もさらに続いていくと思われます。データセンターの大規模化により、アプリケーションの導入・維持、機器の運用管理などは以前にも増して複雑になり、さらに電力効率も考慮に入れないと、規模数の増加以上のコスト上昇を招くことになりかねません。そこで、大規模化するデータセンターを、より効率的に構成・運用する仕組みが必要になってきます。また、機器自体の省電力化に加え、現状の稼働率や電力消費量を正確に把握し、負荷変動やエネルギー効率も考慮に入れた動的な管理方法が必要になってきます。本稿では次世代エンタープライズ・データセンターに求められる管理技術と省電力化技術を解説します。

1 問題点と背景

増大するIT支出に占めるハードウェアに対する新規投資額が横ばいを続ける一方で（機器の数は増えているものの、個々の価格が下がっているため）、増大し複雑化する一方のサーバー・ネットワーク・ストレージ機器の管理運用コストが増大の一途をたどっています。さらに、電力などのエネルギー消費に掛かるコストも大きな割合を占めるようになってきています。これらのコストをいかに低減させていくかという技術・手法が、次世代エンタープライズ・データセンターを実現する上で、極めて重要になってきます。

ITサービス管理者の向けのあるセミナーでのアンケートでは、以下の事柄が上位を占めました。

- サービス品質の向上

Management Technology for the New Enterprise Data Center

Demand for the processing power of the recent data centers have been increasing rapidly, and is expected to keep increase by emerging of new technologies such as cloud computing. It is thought that the enlargement of data centers continues by corresponding to the increase of such computational demands. That enlargement of data centers causes the difficulties on installation and maintenance of applications, and managing server equipments. Moreover, it might cause a big cost rise beyond its increase of the size if you would not consider the power efficiency. Thus, an effective framework and tools are desired for efficient operations on such large scale data centers. It requires introducing not only power-efficient equipments but also effective management tools which monitor the current status such as utilizations and power consumptions, and dynamically manages server equipments and tasks in effective ways. In this paper we explain the recent management technology and power-saving technology for the New Enterprise Data Centers (NEDC).

- 運用プロセスの標準化
- 運用管理コストの削減

この「コスト削減」と「品質向上」は、一般にはトレード・オフの関係にあるように思われるかもしれませんが。しかしながら、プロセスの標準化と、それにのっとった管理技術の導入を進めることで、コストを削減するだけでなく、サービスを均質化し、ひいてはばらつきの少ない高い品質を実現することにつながります。つまり、それらが互いを損なうことなく改善していくことは十分可能だと考えられます。

また、省電力化に向けては、サーバー機器そのものの省電力化とともに、データセンター全体として電力消費を最適化する技術も必要になってきています。次章より、次世代エンタープライズ・データセンターに必要な管理技術と省電力化技術に関して解説していきます。

② 管理技術

2.1 データセンターにおける管理技術

表 1. 次世代データセンターの要素と技術エリア

	簡素化	共有化	ダイナミック
仮想化・統合	仮想化	アンサンブル (共有資源プール)	Blue Cloud (サービスの仮想化)
グリーン	電子監視	ITやデータセンターの 資産管理	ワークロードと電力の 最適化
事業継続	バックアップ・回復	分離・インテグリティー・ ID管理	継続的なデータ保護 自動アーカイブ
サービス管理	監視・発見	変更管理 ビジネス・サービス管理	データセンターの 自動化・スケジューリング

	モニタリング・可視化
	構成管理・資産管理
	仮想化・プロビジョニング・自動化

管理技術の導入、と一言で言いましたがそれらにはさまざまなものがあります。ここでは、表 1 の分類に沿って次世代データセンターに欠かせない主要な3つの技術トピック「モニタリング・可視化」「構成管理・資産管理」「仮想化・プロビジョニング・自動化」について触れたいと思います。

《モニタリング・可視化》

データセンターの管理技術にとって、まず必須ともいえるのがモニタリング(監視)技術です。サーバー・ネットワーク・ストレージなどの IT リソースに対するものや、パフォーマンス・セキュリティなどのさまざまなレベルでのモニタリング技術が存在します。また近年では(後述する)仮想化技術の広がりにより、より柔軟なモニタリングが求められており、またシステム・レベルだけでなく、データセンター全体を総合的に見るエンタープライズ・レベルの統合監視と多種多様な可視化が求められています。これらを、IBM Director Server や IBM Tivoli Monitoring (ITM) といった製品を例に説明します。

まず、データセンターの監視レベルを大きくシステム・レベルとエンタープライズ・レベルに分けて考えます。システム・レベルで必要とされるものは、各サーバー単位でのリソース情報(CPU、メモリー、ディスク、I/O など)の監視が挙げられます。「サーバー単位」といいましたが、これらは物理的な実体だけでなく、仮想化されたサーバー・リソースなども含みます。例えば IBM Director Server では、IBM 製品を対象に IA サーバー (VMware、Xen、Microsoft Virtualization Manager) から System z や Power Systems で提供している VM、LPAR などの仮想化環境での、仮想マシンの検出・作成・移動やリソース

監視などを可能にしています。また 3 章で説明するように、AEM (Active Energy Manager) コンポーネントを追加することで、電力監視・管理の機能を提供しています [1]。

エンタープライズ・レベルでは、サーバーなどのリソースだけでなく、ネットワークや OS やアプリケーションなどを統合的に監視することが求められます。ITM での監視項目を例にとると、データベースに対して、ディスクや CPU 使用率だけでなく、プロセスが適切に起動しているか、テーブル・スペースの不足、ログ情報などを監視します。これらはシステム・レベルの監視製品との連携やエージェントなどにより行われます。さらに、イベント・ベースの監視機能により、障害などの重要度を適切に選別しています。

これらの情報は統合されたポータル画面で一元的に把握することが可能となってきています(図 1)。ここでは、システム構成の論理ビュー、各サーバーのリアルタイムのリソース情報、ログなどから生成されるイベント情報、さらに各データセンターの地図情報などが可視化されます。将来的には IT 機器だけでなく、センター内の空調や照明なども含めた電力消費量や CO₂ 排出量、SLA 達成状況なども統合されて可視化されてゆくと思われます。

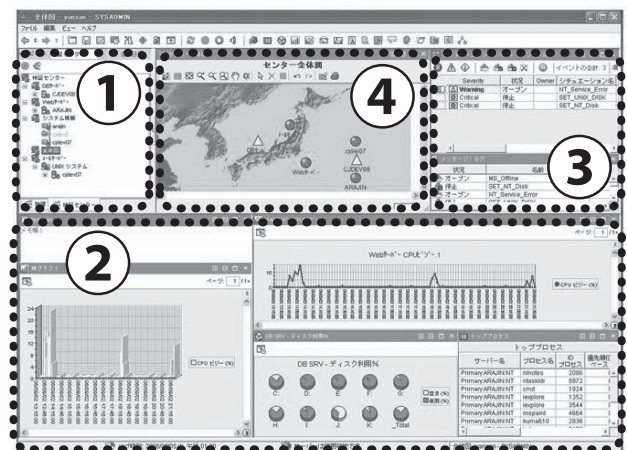


図 1: 統合監視ポータル例 (ITM v6.1)。

- ①システム構成の論理ツリー、②各種リソースのリアルタイム情報、
- ③イベント情報、④データセンターの地図情報

《構成管理・資産管理》

IT における管理・運用プロセスの標準として近年特に注目を集めているのが、ITIL (Information Technology Infrastructure Library) です。IT サービスの管理運用のベスト・プラクティスをまとめたガイドブックで、英国商務省が 1989 年に初版を公表しました。現時点での最新バージョンは 3 で、IT 運用管理におけるデ

ファクト・スタンダードとして世界中に広まっています [2]。

紙面の都合もあり詳細は他の書物に譲りますが、この ITIL® の中核に位置するものが CMDB (Configuration Management Database) と呼ばれる構成情報管理データベースです。構成管理を行うことで、例えばメンテナンスや障害時の影響を最小限にとどめるとともに、問題の特定や管理なども確実に行うことが可能です。この CMDB に対応した製品は IT ベンダー各社から出されており、IBM でも CCMDB (Change and Configuration Management Database) という製品を、構成情報の自動収集機能を持つ TADDM (Tivoli® Application Dependency Discovery Manager) と併せてお客様に提供しています。

さらに CMDB 間の連携も必要とされてきています。例としては、M&A による会社間の統合などがあります。この際、CMDB 間の連携を図ることで、ITIL プロセスにも準拠した形で、より迅速に IT 資産の管理構成情報を把握できます。そうすることで、両者のデータセンター統合に掛かる時間などが短縮され、ひいてはビジネスへのインパクトをより低減することが可能となると思われます。

このように CMDB が IT システムとサービスにおける中心になりつつある中で、複数ベンダーによる CMDB の統合や連携を標準化する動きが出てきました。これが CMDBf (CMDB federation) です [3]。IBM、富士通、HP、BMC、CA、Microsoft などの各社が参加している業界団体が仕様策定を行っています。これにより、複数ベンダー環境での構成管理もより容易になります。

《仮想化・プロビジョニング・自動化》

ここでのプロビジョニング (Provisioning) とは元来の「将来に対する準備や供給」という意味から派生して、IT リソースを要求に迅速に呼応して提供するための技術、もしくはそのようなサービスを指します。それら IT リソースが仮想化されることで、そのような動的な提供が可能となります。さらに自律的なレベルであらゆる IT リソースの管理を行うことをオーケストレーションと呼びます。

現在ではさまざまな仮想化技術が登場しています。

• OS における仮想化：

メインフレームから IA サーバー (VMware、Xen、Microsoft Virtual Server など) まで

• ストレージにおける仮想化：

SAN (Storage Area Network)、NAS (Network

Attached Storage) など

• ネットワークにおける仮想化：

VPN (Virtual Private Network) など

OS 仮想化と対比して、リソース仮想化 (CPU・ストレージ・メモリー・I/O など) という見方もあります。IBM では、メインフレームや Power™ Processor 上での仮想 OS (Virtual Machine) やリソース仮想化機能である LPAR (Logical Partitioning) など長年にわたる仮想化技術の経験があります。また、近年では Xen などのオープンな仮想化技術も支持しています。仮想化技術の詳細につきましては、本号の解説①「仮想化リーダーシップ」(24～28 ページ) も参照いただきたいと思います。現在のプロビジョニング技術は、仮想化技術をその他の基盤技術とも組み合わせることで実現されています。例えば、データセンターにおける計算機環境の提供は、OS イメージの自動配布や仮想ストレージの組み合わせにより、迅速に行うことができます。

データセンターでのプロビジョニングには、大きくいって二つの効果があると考えられます：

- 自動化による (特に人的な) コストの削減
- 人に依存していた作業のばらつきが均質化することによる、エラーの低減

特に、後者については自動化される作業の質を高めてゆくことで、より高品位のサービス提供につながることは言うまでもありません。このようなプロビジョニング技術は既にさまざまな局面で使われています。

Tivoli Provisioning Manager (TPM) という製品を例に説明します。日本 IBM で行っているソフトウェア・コンピテンシー・センターではお客様環境を再現したソフトウェア製品の検証を行っております。TPM を活用したサーバー環境のセットアップを自動化によって迅速で正確な構築を行っており、お客様の検証リクエストに素早くお答えすることが可能となりました。また、他にもお客様の事例として、アプリケーション開発・テスト環境構築や、数千台規模の端末機器へのセキュアなソフトウェア配布などを実現しています。

2.2 管理技術における今後の動向

次世代のデータセンターにおいては、ここで紹介した他にもさまざまな技術要素があります (例えばセキュリティー

など)。それらの適用範囲をいかにして広げていくかが一つの鍵となります。また、モニタリング・可視化のところでも触れましたように、システム管理の範囲はIT機器だけでなく、空調機、配電設備などのデータセンターのインフラストラクチャー、さらにはビルディング全体との統合的な管理を行うことによる電力消費の最適化が求められます。

以下に、次世代エンタープライズ・データセンターで今後重要となると思われるトピックをいくつか紹介します。

《オートノミック・コンピューティング》

2001年にIBMはオートノミック・コンピューティングのビジョンを提唱しました。そこでは、今後ITシステムが実現すべき機能として、「自己構成 (Self-Configure)」「自己修復 (Self-Healing)」「自己最適化 (Self-Optimization)」「自己防御 (Self-Protecting)」の4つが掲げられ、IBMはそれらを実現した製品をお客様にお届けしてきました。昨年末には、これらの活動をデータセンターの効率的な運用に向けてさらに継続してゆくことをアナウンスし、複雑化の一途をたどるデータセンターに対しても、オートノミック・コンピューティングのビジョンに従った自律的な技術が重要であることを示しています [4]。

《オープン標準・オープンソース》

異なるベンダー環境をまたがるデータセンター全体での管理にはオープン標準が欠かせません。先に説明したCMDBf以外にも、Webサービスを用いたリソースの分散管理の標準であるWSDM (Web Services Distributed Management)、ソフトウェアやコンポーネントの配備を標準化するSDD (Solution Deployment Descriptor) [6]などの仕様が標準化、もしくは標準化団体に提出され議論されています。

また、COSMOS (Community System Management Open Source) という Eclipse Foundation でのオープンソースのプロジェクトへの取り組みも始まっています [7]。現在は各ベンダー間でそれぞれ独自のAPIやインターフェースを用いていたものが、このプロジェクトによるオープンソースで開発された共通コンポーネントの利用促進が進むことで、異なるベンダー間の管理ツール互換性の向上によるITシステム・サービスの管理の複雑化の低減を狙っています。

《ビジネスへの対応》

ITのビジネスにおける重要度が増大する今日において

は、IT管理運用コストがビジネスそのものに与える影響度合いを知ることはより重要になってきます。あるビジネス上の要求に従って新規のサーバーの設置や既存サーバーの構成変更などを行う場合、CIO (Chief Information Officer: 最高情報責任者) やビジネス・オーナーからは作業に対するROI (Return On Investment: 投資収益率) の変化などを見積もることを求められます。従って、それらが管理システムにより迅速に計算されることは重要です。例えば、与えられた予算内でCO₂削減という目標とお客様に約束したSLAをどのようにバランスしていくか、といった課題を、データセンターの管理レベルで把握し実行してゆくことが今後は期待されてくると考えられます。

③ 省電力化技術

3.1 サーバーの消費電力

データ処理量の増加とデータセンターの大規模化は管理の複雑化とともにデータセンターにおける消費電力の急激な増大を招いており、これまでも増して消費電力削減のための対応が求められています。

データセンターの消費電力の削減のためには、まずサーバー機器そのものの消費電力の削減が重要であるとともに、低稼働率で運用している多数のサーバーを統合し、効率的に稼働させることが有効です。例えば、IBM System z10 EC™では新たに採用したCMOS技術などにより、個々のプロセッサ・ユニット (PU: Processor Unit) の処理能力の向上を図るとともに、サーバーあたりの搭載可能PU数を増やすことにより、従来機種であるIBM System Z9® ECと比較して、単体プロセッサあたり50%、最大のプロセッサ搭載構成の場合には70%の処理能力向上を実現しています。そして、System z10 ECを使用してIAサーバーの統合を行った場合、エネルギー使用量を80%以上、設置床面積を90%以上削減することが可能です [8]。

一方、スケールアウト型のサーバー製品での低消費電力化の方法としては、電源の高効率化、ファンモジュール、管理モジュール、電源などの共用化が有効な方法ですが、これはIBM BladeCenter、iDataPlex™などに採用されている設計手法です。特にiDataPlexにおいては、このような部品の共用化とともに、コネクタ類などをサーバー前面に配置した上で冷却ファンはすべて背面に配置するなどレイアウトの最適化により、通常のラック型サーバーと比較すると40%の消費電力の削減を達成しています [9]。

3.2 Active Energy Manager (AEM) による電力の監視・管理

サーバーの高集積化に伴って、消費電力も増加の一途をたどり、それに伴って冷却に必要な電力も増大しています。

現在、データセンターで消費される電力のうち、IT 機器自身が消費している電力は 30～40% 程度であり、それ以外の電力は主に空調機の消費電力、電源の変換・伝送ロス、照明など、施設にかかわる電力であるといわれています [10]。

従ってデータセンターの消費電力を削減するためには IT 機器だけではなく空調機などの消費電力を削減し、最適化することが重要になります。

消費電力管理の第一歩として、電力のモニタリングと可視化が必要になりますが、IBM Director の拡張機能である Active Energy Manager (AEM) は、IBM サーバーの吸気・排気温度とともに消費電力を収集し管理コンソール上で表示、管理することを可能にしています。さらに iPDU を使用することにより他社製サーバー、その他の機器類の電力情報も取得可能です。収集されたデータはサーバー、ラック、フロアなど必要なレベルでの可視化を行うとともにデータベースに蓄積されたデータにより、過去の電力消費傾向も把握が可能です。

また、サーバーに対してあらかじめ設定した消費電力値を超えないよう管理する Capping 機能、Power Saving 機能も提供されており、この機能により、それぞれのサーバーに対して消費電力の上限値を設定した上での運用が可能になり、電力消費のピーク時においても定格容量、契約電力を超えないよう管理することが可能になります。

また、AEM の最新バージョンである Version 3.1.1 では電力・温度センサー・ネットワーク（米国 SynapSense 社製のセンサー※1）からの情報収集の機能が追加され、空調機、分電盤、ラックなどの任意の単位での消費電力の取得と管理が可能になりました。これによりデータセンターでのエネルギー消費効率をリアルタイムに監視することが可能になります [1]。

※1 当該センサー・ネットワークは現在米国でのみ入手可能です。

現在は、AEM の機能によりサーバーなど IT 機器の温度とともに電力の計測、監視、そして消費電力の上限

管理などが可能になっています。今後は、UPS、配電盤、空調機を含めたデータセンター全体の消費電力を収集、把握し、日常的な管理とともに、PUE（Power Usage Efficiency）の算出、電力消費トレンドの解析に使用することが可能になります。さらに Provisioning 技術との連携により、空調機、UPS、配電設備などの状況に応じて IT 機器の負荷の配分、システムの動作モードの変更、電源の On/Off を行うなど、データセンター全体としての管理・運用をエネルギー効率の最適化という観点で統合

システム・レベルの効率	ITの効率と信頼性	データセンター全体の効率と信頼性
システムの電力消費効率	負荷のPacking	ITとデータセンターインフラの統合管理
省電力モードの活用	負荷の再配置	企業管理システムとの統合
消費電力の監視・傾向把握	プロビジョニング	データセンター全体の効率最適化
動的な電力最適化	プラットフォーム間の最適化	データセンターのモデルと最適化ツール
システムの使用率改善	温度の監視・管理	
	仮想化ソリューション	

図 2. データセンターのエネルギー管理

的に行うことが可能になると考えられます。

そのためには、データセンター内の関連する機器群が標準化されたインターフェースを持つ必要があり、IBM は The Green Grid などの団体において標準化を目指して積極的に協業を行っています。

3.3 直流給電の利点と可能性

現在のサーバーなど IT 機器は 100V 系または 200V 系を電源として使用していますが、機器内部ではこれを一旦直流 400V 程度まで昇圧した後にスイッチング電源により必要な直流電圧を作っています。一方、給電設備側では UPS（Uninterruptible Power Supply：無停電電源装置）でのバッテリー給電に対応するため、一旦直通電源に変換された後で再度必要な交流電源に変換されてから供給されており、ここで発生する変換ロスがデータセンターの電力消費効率を低下させています。

この変換ロスをなくし、直流電源を直接 IT 機器に供給する方法はデータセンターの電力消費効率改善の有力な手段と考えられています [11]。この方法では変換の回数を減らすことにより変換ロスを削減するとともに冷却のための電力も削減が可能になりますが、現状ではまだ普及

には至っておりません。今後の給電インフラストラクチャー、機器側の対応が期待されます。

3.4 データセンター施設における省電力化

高密度化、大規模化が進むデータセンター施設においては従来からある堅牢性と信頼性の確保にとどまらず、情報技術の進展への柔軟な対応、省エネルギー設計が求められます。

高発熱機器に対応する局所冷却、熱環境を把握するための CFD 解析、フリー・クーリングなどの技術の他、データセンター施設の省エネルギー効果を評価する PUE などの評価指標を活用することにより、よりエネルギー効率の高いデータセンター施設の構築が期待されています [12]。

4 まとめ

これまでよりもさらに大規模化する次世代エンタープライズ・データセンターにおいて、高い柔軟性と品質を保ちながら電力を含めた管理運用コストを削減していくためには、ハードウェアとしての機器の進歩とともに、管理プロセスと管理ツールが重要であることを述べてきました。データセンターの設計や施設要件とともに、施設・システムからビジネスにまたがるこれらの管理ツールのさらなる発展が期待されます。

【参考文献】

- [1] IBM 発表資料：
<http://www.ibm.com/systems/management/director/extensions/actengmrg.html>
- [2] itSMF Japan：
<http://www.itsmf-japan.org/itil/index.html>
- [3] CMDBf (CMDB Federation) Working Group：
<http://www.cmdbf.org/>
- [4] IBM 発表資料：
<http://www.ibm.com/jp/press/20071112001.html>
- [5] WSDM (Web Services Distributed Management) TC：
<http://www.oasis-open.org/committees/wsdm/>
- [6] SDD (Solution Deployment Descriptor) TC：
<http://www.oasis-open.org/committees/sdd/>
- [7] COSMOS (Community-driven System Management in Open Source) Project：
<http://www.eclipse.org/cosmos/>
- [8] IBM 発表資料：
<http://www.ibm.com/systems/jp/z/systemz10/ec/popup/zsd03005-jpja-00.pdf>
- [9] IBM 発表資料：

<http://www.ibm.com/press/us/en/pressrelease/23991.wss>

- [10] Neil Rasmussen, APC White Paper "Implementing Energy Efficient Data Centers", 2006
- [11] Albert Mu, Modular System Platform Optimized for Datacenter Operation, Intel IDF, 2007
- [12] 岩佐義久、他、次世代データセンターに向けた施設要件と動向、PROVISION 56号、2008



日本アイ・ビー・エム株式会社
システム開発研究所
シニアマネージャー、R&D エンジニアリング

関 要司 Yohji Seki

【プロフィール】

1981年日本IBM入社。ハードウェア開発エンジニアとして、ディスプレイ端末装置、IA サーバーなどの開発業務に従事。現在はデータセンターの省電力化ソリューションの開発を担当。



日本アイ・ビー・エム株式会社
ソフトウェア開発研究所
アドバイザー・ソフトウェア・エンジニア

梶永 泰正 Yasumasa Kajinaga

【プロフィール】

1999年日本IBM入社。東京基礎研究所にて Web サービスとそのセキュリティに関する研究開発の後、開発製造ストラテジーを経て2006年よりソフトウェア開発研究所。現在 Tivoli 開発の下で、オートノミック・コンピューティング技術のツール、ソリューション開発に従事。理学博士。



日本アイ・ビー・エム株式会社
東京基礎研究所
サイエンス&テクノロジー担当

川瀬 桂 Kei Kawase

【プロフィール】

1987年日本IBM入社。東京基礎研究所にて回路設計をはじめとしたハードウェアやシステムの研究に従事。現在は半導体・パッケージング・光配線といった次世代のサーバーに必要な技術の研究を担当。