

# 最先端テクノロジーを活用したエネルギー最適化への挑戦 センサー管理と数理学でクラウド環境での さらなる省電力を実現

2011年夏、日本は今まで経験したことのない電力抑制を求められました。24時間365日の稼働を求められる各データセンターには、輪番停電による影響を回避する策が採られましたが、電力使用量のさらなる削減は引き続き喫緊の課題といえます。

現在、各企業におけるデータセンターの運用・電力最適化の実現手段として、クラウド・コンピューティングの利用が加速しています。クラウドの活用により、個々の企業のエネルギー消費を削減することが可能になります。加えて、クラウド環境を運用するデータセンターの側での省エネルギー化を進めることで、IT基盤全体のグリーン化が可能になっています。データセンターでの電力使用量の削減では、これまでほとんどの労力が空調機器の最適運用に向けられてきました。最近では、サーバー統合によるサーバー台数削減を目指した取り組みが進んでいますが、単一のデータセンターでの省エネルギー技術が、複数のデータセン

ターから構成されるクラウド環境でどれだけの効果を発揮するかは明らかにはなっておらず、現行の技術の延長線上での対応には限界があると考えられます。クラウド環境の利用が進む今、既存の省エネルギー技術の取り組みに加え、複数のデータセンターをまたがった「クラウド全体」での省エネルギー化を実現することが重要となっているのです。

東京基礎研究所（IBM Research - Tokyo）では、データセンターに設置されている温度・湿度といったモニターをセンサーとしてとらえ、先進的な時系列解析技術と最適化技術と組み合わせることで、クラウド環境全体でのエネルギー最適化を実現しました。クラウドの利用を制限せず、さらなる省エネルギー化を実現するこの技術は、電力削減が必至の日本だけでなく、発展目覚ましく電力需要旺盛な新興諸国においても有用であり、地球環境全体への貢献が期待できるものです。

## センサーによるクラウド全体に向けたエネルギー管理システム

今回東京基礎研究所は、センサー管理機能を持つ新たなクラウド基盤（センサー管理クラウド）上に、次の3つの機能を備えたエネルギー管理システムを構築し、クラウド全体でのエネルギー最適化を実現させる技術を開発しました。

1. 複数のアプリケーションで物理センサーを共有・利用できるセンサー管理機能
2. 複数のセンサー・データを標準化するデータ管理機能
3. エネルギー使用量をモニタリング（監視）し、最適な仮想マシン配置を導き出すエネルギー管理アプリケーション

この3つの機能が相互に連携することで、複数のセンサーから発生する異なるデータの管理が煩雑、リモートからの管理が困難といった障壁を越えて、クラウド全体でのエネルギー最適化が可能になります（図1）。

## センサー管理機能～異なるロケーションにあるセンサーの一元管理も容易に

一般的に、物理センサーはメーカーが異なると、センサー・データの取得方法も異なります。独自センサー・ネットワークに接続されていることもあり、センサーの一元的なモニタリングは容易ではありませんでした。

センサー管理機能では、異なるメーカーの物理センサーからのデータをまとめて取得する共通インターフェースを提供します。これにより、モ

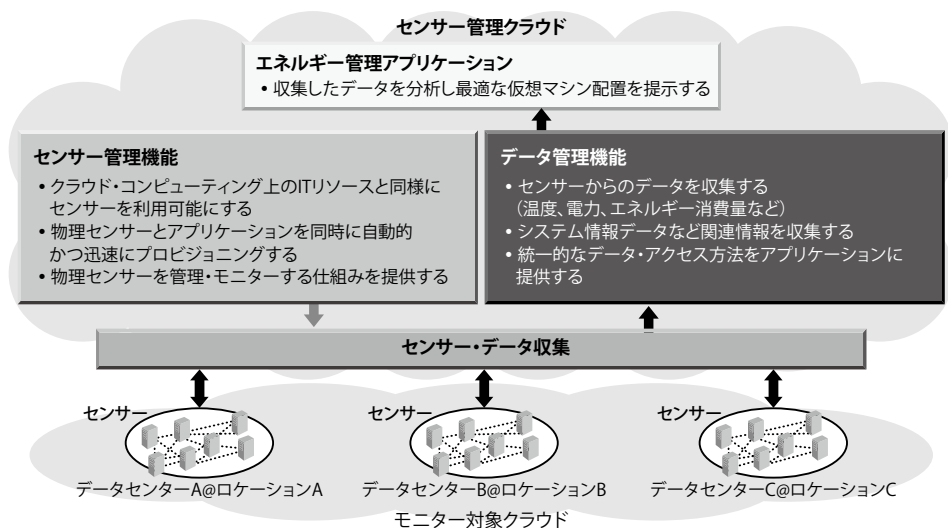


図1. エネルギー管理システム概念図

ニタリング対象のクラウド環境が複数のデータセンターで構成され、異なる物理センサーが設置されている場合でも、すべてのセンサーから共通インターフェースを介してデータを収集することができます。センサー管理における物理的な制約をなくし、柔軟な管理を実現する「センサー管理機能」は、物理的に異なる場所にある複数のデータセンターを含むクラウド環境のモニタリングに必須な機能だといえます。

## データ管理機能 ～センサー・データの標準化により柔軟な活用を実現

共通インターフェースを介してさまざまな物理センサーにアクセスすることで、物理センサーの管理の容易性は飛躍的に向上します。しかし、そのデータ形式がバラバラでは、せっかくのデータを活用しきれないケースも出てまいります。そこで重要になるのが、データ形式の標準化です。東京基礎研究所では、データ形式を定義することで標準化し、複数のセンサーからのデータを統一的に扱えるデータ管理機能を構築しました。このデータ管理機能では、センサーの設置場所や所有者などの情報をセンサー・データに付加することも可能です。この機能によってデータを活用するアプリケーションでは物理センサーの形式やタイプなどを意識することなく、容易にデータを利用することができるようになっています。

## 最適な仮想マシン配置を導き出す エネルギー管理アプリケーション～40%の電力削減

センサーの配置とデータ管理機能により、異なるロケーションに構築されたクラウド環境でのサーバーのCPU使用率とエネルギー使用量を収集することが可能になります。東京基礎研究所のエネルギー管理システムでは、最先端の最適化技術を用い、無駄のない、仮想マシンの物理サーバーへの配置プランを作成し、その結果としてクラウド全体のエネルギー使用量削減を可能にします。

実環境を再現した12台の物理サーバーと116個の仮想マシンで構成されたクラウド環境での評価実験では、このシステムの導入により物理サーバーを6台に削減でき、約40%のエネルギー使用量削減を達成しました。

## 数理学を用いた最適化ソリューション ～IBM Dependable Virtual Machine Allocator

仮想マシンの最適配置を考える際、技術的な課題が2つあります。

1. サーバー台数、CPU使用率、メモリー使用率などの多様な制約の下で、いかに最適な仮想マシンの割り当てを行うか
2. 時間的に非常に大きく変動する負荷をどのように扱い、運用上のリスクを最小化するか

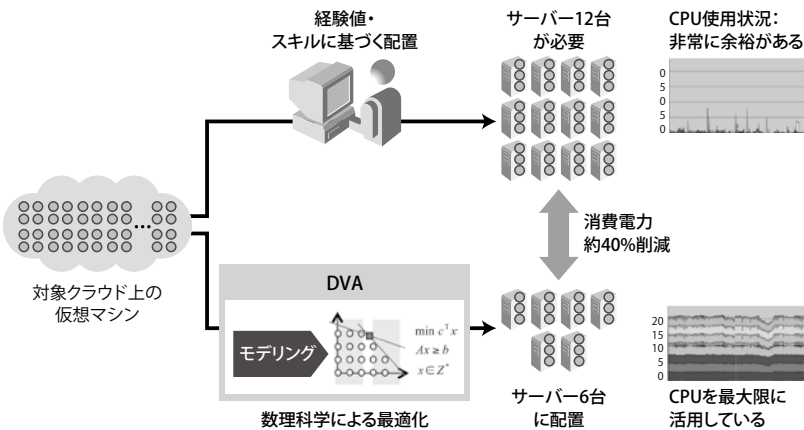


図2. DVAを活用した仮想マシンの最適化例

東京基礎研究所の開発したリサーチ・アセット IBM Dependable Virtual Machine Allocator (DVA) では、第1の課題を数理最適化問題として定式化することで解き、多様な制約条件を網羅しながら、経験値やスキルに依存することなく最適な割り当てを見いだします。

解決がより困難なのが第2の課題です。通常の最適化は過去の負荷の最大値に着目し、安全側に寄った割り当てを行うため、稼働させるサーバー台数はDVAが導いた最適解よりかなり多くなります。DVAでは、第2の課題に対しても、数理科学技術を用いて、各仮想マシンのCPUおよびメモリーの使用履歴から、「夜間バッチ処理が行われる」「月初のプロセスが重い」といったパターンを自動的に分析し、そのすべての状況を総合的に判断してリスク制御を行うため、従来にはなかった次元での柔軟で安全性の高い最適化を実現します(図2)。

DVAのベースにある数理科学技術は、ビッグデータの活用が必要な今、大変注目を集める技術です。Twitterやブログといったソーシャル・データや音声などを活用してビジネス上の価値につなげるためには「どう分析するか」が重要になります。その分析力は、「数理科学によるモデリング」で大きく差が付くのです。DVAによるデータセンターのエネルギー最適化技術は、高度な数理科学の技術が、いかにビジネス上の価値につながるかの典型的な事例といえるでしょう。

## 新しい技術で既存の壁を超える

使用電力量削減は、地球環境、エネルギー環境からみても、一時的ではなく、今後継続して取り組んでいく必要があります。現状の取り組みで直面している壁を超えるためには、新規技術の適用が不可欠です。東京基礎研究所では、センサーや数理科学といった技術を、従来の空調による使用電力量削減などの施策と合わせて利用することで、クラウド環境全体のさらなるエネルギー削減を可能にする画期的なソリューションを開発しました。サーバー環境の最適化からみても、既存の動的な仮想マシン移動技術とDVAを定期的に組み合わせる実施することにより、クラウド環境の有効利用が実現できます。

クラウドの利用そのものを制限することなくエネルギーを削減する技術は、省電力化が喫緊の課題となっている現在において必須だといえます。

今回ご紹介したエネルギー管理技術は、日本だけでなく今後IT技術がさらに広がることが予想される新興諸国も含め世界全体で必要な技術となっていくでしょう。

### 「World is our lab」

東京基礎研究所では、これからも新しい技術の開拓に取り組み、スマートな地球の実現に貢献していきます。

※ 本研究の多くは平成22年度および平成23年度 経済産業省産業技術研究開発委託費(次世代高信頼・省エネ型IT基盤技術開発事業)によって行われました。



クラウド環境のエネルギー最適化に関する研究・開発のメンバー