

データセンターの電力コストと CO2 排出量を IT ユーザーへ配分するには

ホワイトペーパー #161

改訂 1 版

ニール・ラスムセン著

> 要約

電力コストおよび CO2 排出量を測定して IT ユーザーへ配分するには、複雑なソフトウェアや計測機器が必要となるのでしょうか。簡単かつ低コストの方法で、電力コストおよび CO2 排出量を配分することはできないのでしょうか。また、測定にはどの程度の精度が必要となるのでしょうか。

本ホワイトペーパーでは、電力コストおよび CO2 排出量の配分に関する対策の概要と測定精度について説明します。また、データセンターのタイプや規模、新設または既存であるかどうかに関わらず、電力コストおよび CO2 排出量の配分を簡単かつ低コストで実現できることを紹介します。併せて、過度な精度を追求すると、経費と複雑性が増し、ROI が減少することについて解説します。

目次

セクション名をクリックすると、そのセクションに直接移動します。

はじめに	2
目的は何か？	2
測定とモデル化	4
測定が必要なポイントの数	6
電力コストを IT ユーザーに配分	10
電力コストを CO2 排出量に換算	12
IT ユーザーへガイドラインを提供	13
結論	15
リソース	16
付録	17

はじめに

データセンターは一般的に必要な以上の電力を消費しているというデータがあります。これに関して既存のデータセンターにおいては、電力消費削減のため、短期間で実施できる費用対効果の良い方法があること、また、新設のデータセンターにおいては、電力削減を可能にする重要な設計があることが広く認識されています。このため、電力消費という社会的コストまたは経済的コストを最小限に抑えることを重要な課題とする行政の監督機関や企業の経営者にとっては、データセンターが電力消費量削減の主な対象となっています。

これまで、データセンターの設計と運用は、信頼性とキャパシティに重点が置かれてきたため、不運にも、データセンターの電力効率は考慮されてきませんでした。実際、データセンターの設計において電力効率を 1 つに特定することは困難です。その背景に、設備設計者、システムインテグレーター、制御系プログラマー、システム導入担当者、請負業者、IT マネージャー、オペレーターなど、それぞれの関係者の必要事項が全体の電力に実質的に影響しているという事実があるためです。

最近の研究で、電力コストは IT 運用コストの相当な部分を占めており、IT ハードウェアのコストを超える場合もあることが明らかになっています。このような、コスト削減へのプレッシャーや、データセンターでの電力使用効率化に向けた動きにより、多くのデータセンター事業者は電力管理を優先するようになりました。

インフラ電力消費の管理および IT ユーザーへの電力コストおよび CO2 排出量の配分を実現するために、電力管理プロセスはどこまで簡素化できるのでしょうか、また、最小限必要とされる測定ポイントはどのくらいなのでしょう。この問題に対する APC の答えは、誰にでもすぐに行えるように測定ポイントを非常に少なくして極めて簡潔なプロセスにし、電力管理プログラムを効率化する上で必要十分な精度を確保できる方法です。

目的は何か？

データセンターの電力効率または CO2 排出量を測定するシステムには通常、次の 3 つの目的があります。

- 一回または定期的な性能ベンチマーキング
- ユーザーへの電力消費または CO2 排出量の負担配分
- 情報活用によるインフラの電力消費または CO2 排出量の削減

各データセンターにとっては、これらの目的のうちいずれかを選択する (または、これら目的を組み合わせる) ことが重要です。目的を正確に把握しておくことが、技術的な実現方法に大きく影響するためです。

目的 1: 一回または定期的な性能ベンチマーキング

電力効率または CO2 排出量を一回または定期的にベンチマーキングすることで、現行の電力管理プログラムが使える物なのか、それとも詳細な調査が必要かを判断できます。ベンチマーキングにより他のデータセンターと同程度または良い結果が出た場合、電力効率の問題そのものを無視できるかもしれません。また、逆に言えば比較対象となるデータセンターよりも悪い結果が出た場合も、現行の電力管理プログラムで改善が期待できる、使えると考えられます。

ここで注意しなければならないことは、この目的 1 を達成しただけでは、電力消費や CO2 排出量の削減を通知したり、促進したりする実際の対策に繋がる情報が得られないということです。残念なことに、多くのデータセンター事業者はこの目的を第一に電力管理プログラムを開始し、結果に落胆することが多々あります。明確な削減結果を出すには、次に説明する目的のいずれかまたは両方を実行する必要があります。

目的 2: ユーザーへの電力消費または CO2 排出量の負担配分

データセンターの中には、物理的なデータセンターインフラを供給したり、または IT インフラを計算量やサーバー台数に応じて従量制で提供したりすることで、データセンター ユーティリティ プロバイダーとなっているケースがあります。この場合、データセンターの顧客に対して、電力と CO2 排出量の配分または課金さえも求められることがあります。これはケースバイケースですが、組織的な内部要件であったり、コンプライアンス要件であったり、契約書で義務づけられている、などなど、さまざまです。この目的は、データセンターの顧客に対して金銭的またはそのほかのインセンティブを提供することにより、使用していないサーバーの電源オフ、機器で持っている電力管理機能の有効化、不要なストレージの整理、またはサーバーの仮想化などの変更を促し、電力消費または CO2 排出量を削減することにあります。一般的なデータセンターにおいて電力消費および CO2 排出量を削減する場合、IT 管理による電力効率向上の効果は非常に大きくなります。データセンターで現在どれだけ上記の施策が講じられているか、または仮想化がどれだけ進んでいるかによって異なりますが、10%~80% の削減が実現できる可能性があります。実行可能な改善策のほとんどは実質的にコストがまったくかからなかったり、IT 設備のリニューアル時に低コストで段階的に実行できます。そのため、多くの場合、電力コストまたは CO2 排出量の責任を顧客に課すことは、コスト効率の良い電力管理プログラムを成功させる大きな要因となります。

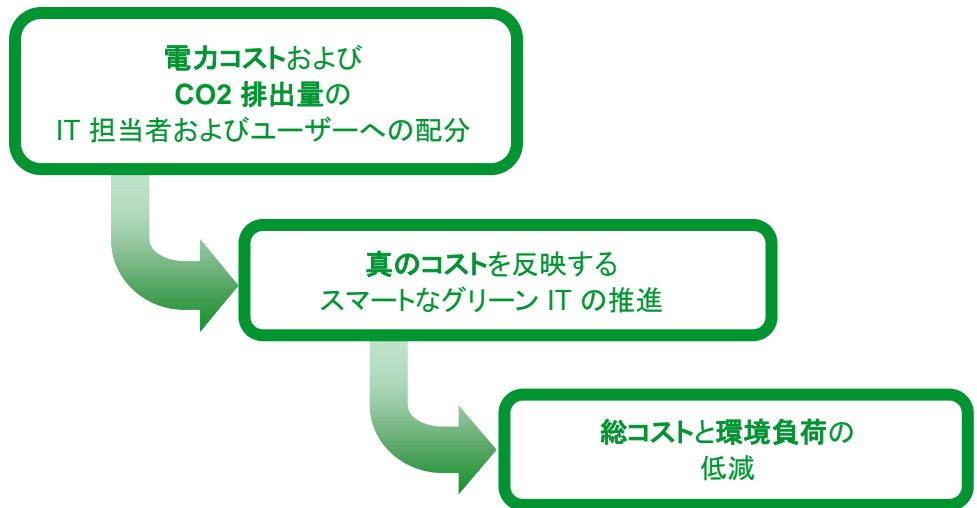


図 1
電力コストの配分による連鎖的な効果

目的 3: 情報活用によるインフラの電力消費または CO2 排出量の削減

例外なく、すべてのデータセンターにおいては、物理インフラ (電力、冷却、照明、制御機器など) が電力消費および CO2 排出量の大半を占めています。データセンターインフラの電力消費ベンチマークに一般的に使用される指標は、PUE (Power Usage Effectiveness: 電力使用効率 - PUE の逆数は DCiE と呼ばれ、これも指標として使われます) です。多くのデータセンターでは、データセンターの物理インフラが消費する電力は IT 機器が消費する電力よりも大きくなります (PUE > 2)。そのため、物理インフラが消費する電力を削減することは、IT 機器による消費電力を削減するのと同じくらい重要です。

この目的は、情報を IT 機器のパフォーマンスに悪影響を与えることなく設備やシステムの配置を変更し、電力消費を削減する事が可能かの判断材料とすることです。一般的なデータセンターでは、電力消費および CO2 排出量を削減するために物理的なインフラを管理すると、電力消費を大幅に削減できます。データセンターの状態、設定、構成および利用状況により異なりますが、10%~40% の削減が可能です。

前述した 2 つの目的、つまり、電力コストの IT ユーザーへの配分、および物理インフラ電力消費の管理はともに、一般的なデータセンターでの電力消費および CO2 排出量の大幅な削減に大きく貢献す

と言えます。データセンターにおいて、電力消費および CO2 排出量の削減という目標がある場合は、まず、最初に、これら 2 つの目的のうちどちら（または両方）を選ぶか決定する必要があります。

目的の選択

ここまで、データセンターでの電力効率および CO2 排出量の測定に関する 3 つの目的について説明しました。以下に、主要な所見を提言します。

- 一般的なデータセンターでは、電力消費削減の効果は非常に大きく、IT リソースと物理インフラの両面を管理することにより、電力消費および CO2 排出量を約 20%~90% 削減できます。
- ベンチマーキングのみでは、何も改善しません。ベンチマーキング自体は、電力および CO2 排出量削減計画の中心ではないためです。ベンチマーキングを利用するのは主に、電力管理に配備されるリソース量を確認・決定する場合です。
- 電力消費および CO2 排出量を IT ユーザーに配分する事で、IT ユーザーは機器を導入・展開する上で電力消費を削減するようになるため合理的です。
- (a) 電力コストの IT への配分および (b) 物理インフラの電力消費の管理は、どちらも大幅な削減を可能とします。しかし、この 2 つの目的を組み合わせると、両者の効果を合わせた場合より効果が大きくなります。

目標が電力消費および CO2 排出量の削減にある場合、ベンチマーキングのみに焦点をあてるのではなく、前述の目的を組み合わせることが、最良の対策となります。これらの目的をすべて実現することは、大規模で複雑かつ費用のかかる方策なのでしょう。また、そのような方策を実施して、本当に十分な ROI が達成できるのでしょうか。答えはここにあります。まずは、問題を正しく把握することです。これができれば、これらすべての目的を非常に簡単かつコスト効率良く実現できるのです。加えて、データセンターの事業者ならば、結果を迅速に活用できます。本ホワイトペーパーの本編では、どのように目的を実現できるかについて説明します。

測定とモデル化

電力管理の多くの議論や情報は、電力消費の測定・計測にフォーカスをあてています。しかし、合理的な電力管理を実施するためには、測定対象となる電力消費の意味や解釈が必要です。改善や対策の効果を得るには、さまざまな変更点で電力消費にどのような影響を与えるのか理解することが必要です。

データセンターにおける電力をモデル化すると、測定により、改善可能な点を特定し数値化する方法を理解できるようになります。たとえば、冷却水ポンプが使用する電力を測定しても、ポンプが予想される性能で動作しているかどうか、適切なポンプサイズが選択されているか、バルブやプログラミングの変更により電力消費を削減できるか、または別のポンプの方がより省電力で同等の機能を発揮できるかどうか、といったことは判断できません。電力効率を改善できる機会を把握するには、暗黙的なモデル（経験豊富なエキスパートの知識）または明示的なモデル（ソフトウェアツール）のいずれかが必要となります。

電力コストの IT ユーザーへの配分という目的にも、モデルが必要となります。サーバーの電力消費は直接測定が可能であり、IT ユーザーに配分することも可能ですが、データセンターで使用される電力の大部分はサーバーなどの IT 機器以外により消費され、これらの電力消費を IT ユーザーに配分するためには、やはりモデルが必要となります。

一般的なデータセンター電力管理プロセスを図 2 に示します。

図 2

データセンター電力管理プロセスの情報フロー図: モデルと分析機能を既存の IT およびインフラ計画に統合し、電力消費を削減する変更がどのように達成されるかを示す

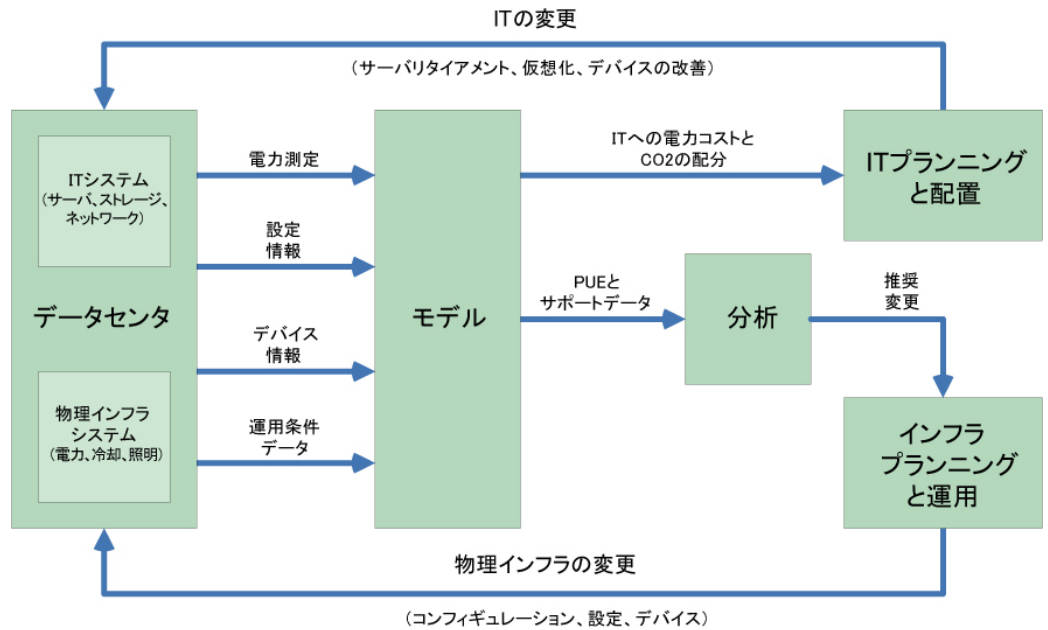


図 2 に示す電力管理プロセスには、2 つの主要な改善パスがあります。図の上部では、データセンターモデルの電力および CO2 排出量のデータに応じて、IT が変更されます。図の下部では、モデルの電力ガイドラインに応じて、物理インフラが変更されます。どちらの場合でも測定が実施されますが、モデルを通じて、改善を実現するための手法が明確になり、ガイドラインが提供されるようになります。

上の図で示すシステムには、前述のセクションで説明したデータセンターにおける電力管理の 3 つの目的が組み込まれています。このシステムでは、ベンチマークデータが利用され、電力および CO2 排出量を IT に配分し、物理インフラを向上するためのガイドラインが提供されます。モデルや改善プロセスが正しく組み込まれていないと、測定を実施してもほとんど意味がありません。逆に、不完全な計測データと単純なモデルでも有効に活用できる値となります。

つまり、データセンターの電力効率を測定する秘訣は、データセンターの正確なモデルを作成する上で重要な役割を果たす情報を取得することです。データセンターの電力効率を向上するための実効性ある情報をもたらすのは、測定結果ではなくモデルです。詳細については APC ホワイトペーパー #154『Electrical Efficiency Measurement for Data Centers (データセンターにおける電力効率の測定)』を参照してください。

測定支援によるモデル化

データセンターの完全なモデルを作成できるのであれば、測定は不要になるでしょう。完全なモデルでは、電力消費に関する特性、数値、IT 負荷に関連する動作条件に関する情報が組み入れられます。また、インフラの設備すべての特性および動作条件が取り入れられ、過去の気候データも入力できるようになるでしょう。すべての電力フローの計算も簡単に行われるでしょう。しかし、実際には、完全なモデルを作成することはできません。なぜなら、IT デバイスの構成および動作条件や、インフラのインターフェースおよび動作条件について正確なデータを取得することは困難であり、機器の故障、フィルターの目詰まり、相互作用する空調設備など、不確定の動作状況があるためです。

データセンターの完全なモデルを作成する上では、独自のプログラミングやデータの維持管理作業が大量に必要となります。しかし既に導入されているインフラおよび IT デバイスのリスト、それらの構成情報 (N+1、2N など)、および IT デバイスおよびインフラのデバイスの電気特性に関する基本的な情報の一部を活用するだけでも、格段に優れたモデルを作成できます。ソフトウェアで作成した、一般的なデータセンターにおける物理インフラに関する簡単な電力モデルを図 3 に例示します。



関連リソース
APC ホワイトペーパー
#154

『データセンターにおける電力効率の測定』

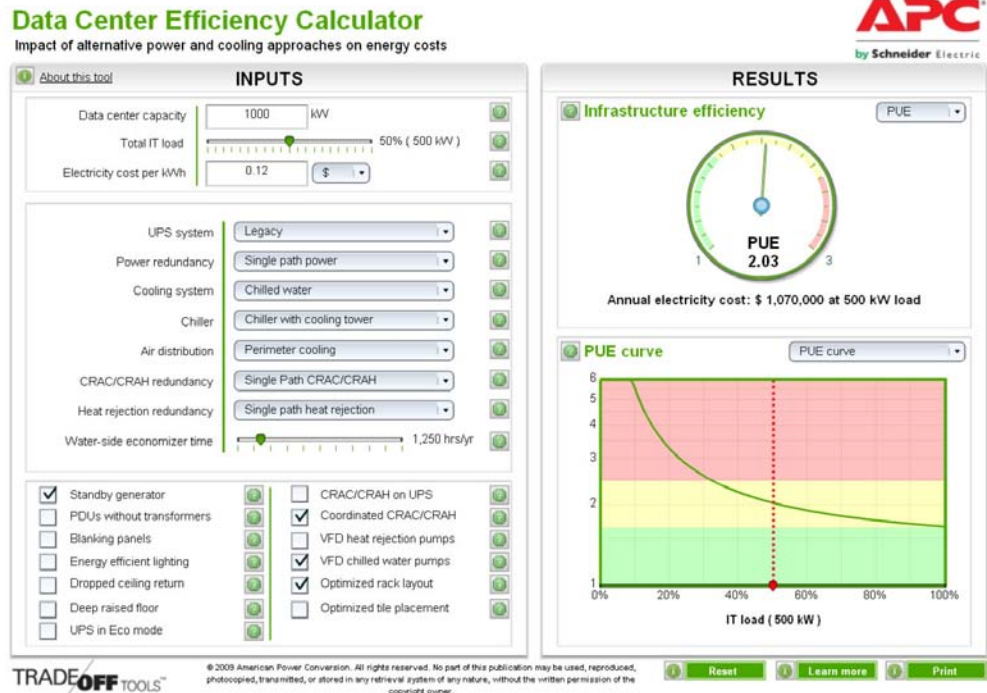


図 3
一般的なデータセンターの構成におけるデータセンターインフラのモデル作成ツールの例 (無料で利用できる Web ツール)

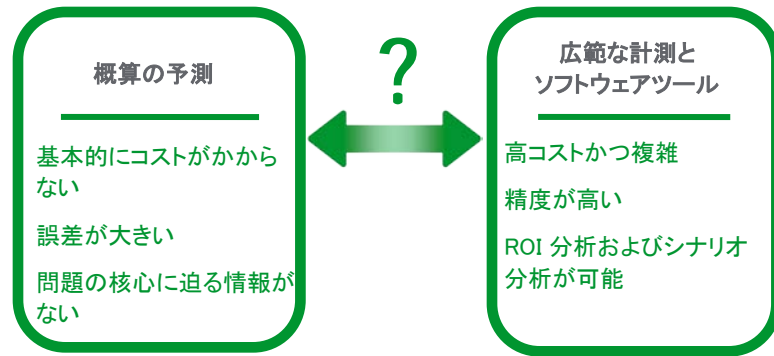
電力消費を管理し削減するためには、データセンターの電力モデル作成が必要です。電力モデルを作成することで、実際に測定が不要となったり、測定業務が簡略化できるようになるのでしょうか。インフラ電力消費の管理を成功させ、電力コストと CO2 排出量の IT ユーザーへの配分を実現するためにはどのくらい簡潔なモデルで、どのくらいの測定回数が必要となるのでしょうか。実際は、ほんの数回しか測定を実施しない極めて簡単なモデルでも、電力管理プログラムで十分な精度を確保できるのです。

測定が必要なポイントの数

測定における重要な注意事項として、測定を開始する前に、各部の測定結果で得たデータをどのように使うかを理解する必要があります。適切な時間に測定されなかったり、精度が不十分な状態で測定されたり、あるいは詳細な条件を設定せずに測定されると、測定結果が使い物になりません。逆に、極めて高い精度で測定された場合は、莫大なコストや労力がかかるだけで、シンプルで手軽な測定と比較しても、その利点をほとんど見いだせないことがあります。これらの問題が表面化するのには、データセンターの事業者が独自の電力管理システムを開発しようとする場合です。測定システムが目指すところは、電力管理システムの目的を達成できるような簡単かつ最低限のコストで測定計画を構築することです。

データセンターの電力消費に関するまとまった情報を利用可能にするシステムはどの程度複雑になるのでしょうか。測定システムはどこまで簡略化して良いのでしょうか。この問題を理解するために、広範な統合電力測定システムと概算的な予測システムという 2 つの極端なケースを比較してみます。

図 4
電力測定アプローチの比較



ケース 1: トータルなデータ収集システム

複雑さとコストに大きく影響する測定の精度と頻度を考慮せずに、管理システムにおける測定について議論することはできません。参考として、データセンター内のすべてのデバイスおよび回路の電力消費を測定し記録する、リアルタイムの電力計測システムを取り上げます。精度要件は 2% です。1MW のデータセンターの要件およびコストの予測が表 1 に示されています。

この極めて精度の高いシステムの場合、電力使用を各 IT デバイスに正確に配分し、ユーザーに対して適切に通知または課金を行うことができます。さらに、各インフラデバイスの電力使用を正確に把握し、期待値と比較することにより改善可能な分野を特定できます。ところが、このようなシステムでは複雑なソフトウェアシステムが必要となり、大規模な構成とデータの維持管理に投資する必要があります。残念なことに、このような高度なシステムにかかる費用は、データセンターインフラにかかる費用の大部分を占め、データセンターの年間総電力コストの半分近くになります。そのため、このような測定システムのコストは 10 分の 1 近く削減されないと、予測される投資効果を考えた場合、実用的とは言えません。尚、費用が削減されたとしても、既存のデータセンターでは特に、システムの導入にかなりの費用が必要となり、導入も複雑でリスクが大きくなります。

したがって、総合データ収集システムは、導入は可能ですが、実用的ではないと考える必要があります。

表 1
1 MW のデータセンターの
高精度電力監視
システムのコスト例

測定対象の回路	数	ユニットコスト (導入済み)	コスト小計
データセンター入力電力の計測 ¹	1	\$9,000	\$9,000
インフラサブシステム回路の計測	80	\$1,500	\$120,000
IT 分岐回路の計測	1000	\$100	\$100,000
IT コンセント回路の計測	4000	\$40	\$160,000
保守 (10 年間)		\$100,000	\$100,000
ソフトウェア (10 年間のライセンス)		\$50,000	\$50,000
ソフトウェアの構成、委託、保守		\$60,000	\$60,000
総コスト			\$600,000

¹ 通常、単一の計測器ではデータを取得できません。複数の計測器を使用してデータを取得して合計する必要があります。

ケース 2: コストがかからないデータ収集システム

次に、測定をまったく行わないもう 1 つの極端なケースを考えてみましょう。このシステムでは基本的にコストがかかりません。唯一使う入力データは、データセンターのサーバー数です。電力会社からの毎月の電力料金請求も利用しません。これは、データセンター専用のメーターが一般的に存在しないためです。

サーバー数のみを入力するため、データセンターの電力消費をサーバーごとに概算できます。サーバーごとのデータセンターの電力消費には、サーバー自体が消費する電力のほか、ネットワーク、ストレージ、電力設備、冷却設備、照明、および周辺機器が消費する電力も含まれます。まったく測定しなくても、データセンターの導入実態の平均統計データを使用し、冷却設備や照明設備などで消費される電力使用量をサーバーごとに概算できます。ストレージおよびネットワーク機器が使用され、平均的なサーバーが稼働しているデータセンターで使用される物理インフラの一般的な構成を想定することができます。これらの「知識に基づく推測」は、専門のコンサルタントから提供されたり、図 3 に示す無料ツールなどのソフトウェアツールを使用して利用できたりします。「知識に基づく推測」を組み合わせると、概算でのデータセンターのモデルが作れます。このシステムの精度を表 2 に示します。

この測定を行わないシステムでは、電力および CO2 排出のコストをサーバーごとの平均値を利用して、ユーザーに配分できますが、その精度は +/- 36% 程度にしかなりません。この精度は理想的とは言えないものの、IT ユーザーが行動を変える上では非常に有用なガイドラインとなります。これより少し精度を上げて電力および CO2 排出のコストがさらに精査されるとしても、大半の IT ユーザーの行動に変化はありません。この測定しないシステムは有益な情報を IT ユーザーに対して提供しますが、データセンターの電力または冷却インフラの改善点を示す情報を提供することはありません。これは、すべてのデータが業界の平均データに基づいているためです。それでも大きな利点がコストをかけずに得られるという理由から、電力コストをすぐに削減したいと考えているものの時間とリソースが不足しているデータセンター事業者が、このような測定を行わないシステムを求めています。この手法を導入するための実践的なガイドについては、本ホワイトペーパーの最後にある付録を参照してください。

表 2
1MW のデータセンターの
低コスト電力監視システムの
精度

電力消費	全体に占める割合	概算の精度	全体の精度に対する影響 ²
サーバー	36%	+/- 50%	+/- 18%
ストレージ	10%	+/- 70%	+/- 7%
ネットワーク	4%	+/- 50%	+/- 2%
電源	8%	+/- 50%	+/- 4%
冷却	38%	+/- 80%	+/- 30%
照明	2%	+/- 60%	+/- 1%
周辺機器	2%	+/- 80%	+/- 2%
合計の電力精度			+/- 36%

² サブシステムのエネルギー予測における誤差は数学的に直交しているため、連結誤差は、サブシステムの誤差の二乗の合計の平方根となります。

「必要十分な」電力データ収集システム

前述の電力データ収集対策に関する 2 つの極端な例を見ると、電力管理の目的を達成しつつ、低コストおよび高い ROI を実現するために「必要十分な」データ精度を確保できる、バランスの取れたデータ収集対策はないのだろうかという疑問が生まれます。表 3 では、電力管理システムにより多くのコストをかけて複雑にすると、精度とコストがどのように変化するのかを示しています。これはこの疑問を解消するためのヒントとなります。

表の各項目は、管理システムに追加されるモデルまたは測定機能を示しています。一番上の項目は、前述のセクションで説明したサーバー数のみをデータとするコストがかからないシステムです。機能が追加されるにつれ、誤差率は減少しシステムのコストは増加します。

IT への配分の誤差は、IT 機器の仕様を『標準的なサーバー』のように定義した上で電力と CO2 排出量を割り当てています。この場合、電力を特定のサーバーに配分する際の誤差率は、表内に定義された誤差率よりもはるかに大きくなる場合があります。サーバーの分類やすべての IT デバイスの計測など表内の一部の機能では、電力および CO2 排出量を特定のサーバーに配分する際の精度が大幅に向上します。詳細については後述します。

表 3

モデルおよび測定機能を追加すると、1MW のデータセンターの管理システムの精度およびコストに影響します

追加されるモデル化 および計測機能	PUE 誤差	IT 配分 誤差 ^{3,4}	システムコスト (MW ごと)
サーバー数	61%	39%	0
+ UPS 電源	55%	33%	0
+ 概算のインベントリ ⁵	23%	20%	0
+ 詳細なインベントリ	14%	12%	\$2,000
+ サーバーの分類	14%	12%	\$4,000
+ サブシステムの監査	8%	7%	\$10,000
+ 主要なサブシステムの計測	6%	4%	\$50,000
+ すべてのサブシステムの計測	3%	2%	\$130,000
+ すべての IT デバイスの計測	2%	2%	\$600,000

新しい機能を電力管理システムに追加したときの測定精度とコストのトレードオフ（二律背反）を視覚的に理解できるようにするために、表 3 のデータを図 5 に図解して示します。

³ IT 配分誤差は PUE 誤差よりも小さくなる場合があります。理由は、PUE に関係するエネルギー消費および CO2 排出量が、エネルギーの総使用量のごく一部でしかないためです。

⁴ 表内の IT 配分の誤差は、定義された「標準的なサーバー」に対する配分であり、特定のサーバーに対するものではありません。特定のサーバーにおける誤差はこれよりも大きく、「サーバーの分類」機能を追加すると、本ホワイトペーパーで後述しますが、誤差は大幅に減少します。

⁵ この概算のインベントリは、データセンターの主電力、冷却設備、および IT デバイスのキャパシティおよびタイプのリストです。これらのデバイスのデータとインベントリを組み合わせることで、エネルギー使用の概算の精度が大幅に改善されます。この機能は、専門家がエネルギー効率を評価するための資料の一部として提供できるほか、データセンターオペレーターがエネルギー効率を改善するために活用することもできます。この方法に関する詳細なガイドラインについては、本ホワイトペーパーの最後に記載されている他の APC ホワイトペーパーを参照してください。

図 5

モデルおよび計測の機能を追加すると、データセンターの電力測定システムの誤差が少なくなりますが、コストは増加します

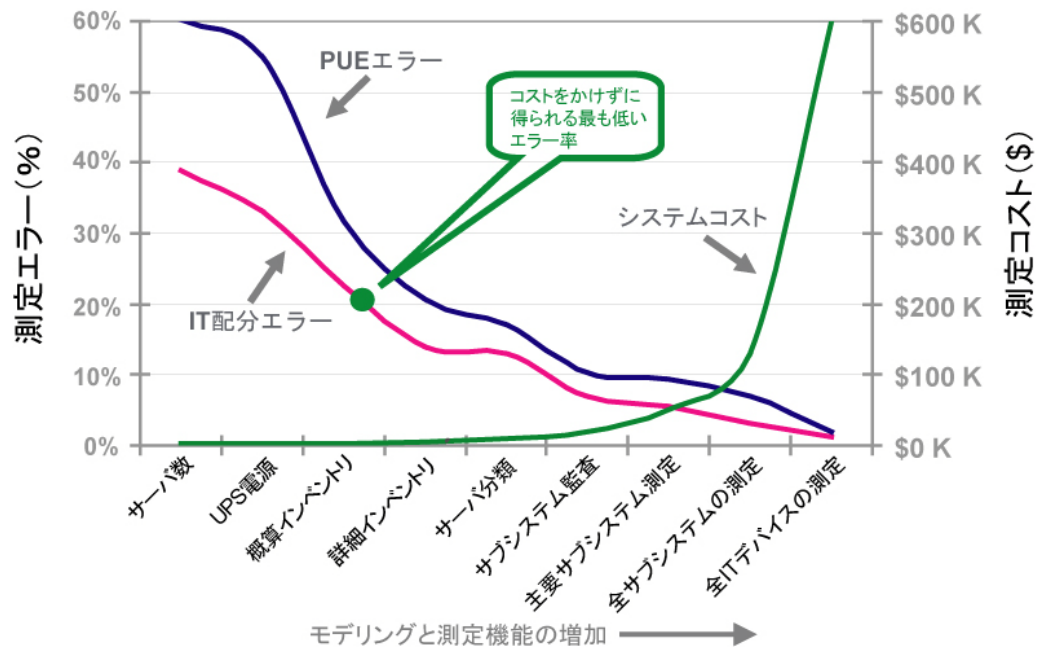


図 5 では、単純なモデルおよび測定機能を追加すると、最初はほとんどコストをかけずに、データセンターの電力測定システムの精度を大幅に改善できることがわかります。しかし、誤差を 10 % 未満にしようとする、コストが大幅に増加します。

この分析結果により、データセンターの電力管理プログラムでは次の測定およびモデル作成対策が推奨されます。

- サーバー数、UPS 電源測定値、および概算インベントリに基づく電力モデル作成システムを、コストをかけずに構築することにより、IT ユーザーに対する有効な電力配分が十分に可能となります。
- 他の低コストの機能は後で追加して電力管理システムを向上できます。低コストの機能には、詳細インベントリおよびサーバー分類によるモデル向上、電力監査による測定改善と主要なサブシステムの計測が含まれます。
- すべてのインフラサブシステムおよび IT デバイスの広範囲の計測は ROI が小さいため、電力管理システムに対する利点はほとんどありません。

電力コストを IT ユーザーに配分

IT キャパシティの測定および配分は、計算サイクル、サーバー数、コア数、テラバイト数、ラックキャビネット数、設置面積、仮想サーバー数など、さまざまな方法により可能です。IT の理想的なモデルとして、これらの要素を、コスト、電力、または CO2 排出量の配分の際に含めることができます。しかし、本ホワイトペーパーでは、単純なモデルを使用して、サーバーにある IT キャパシティを測定することから始めます。これはキャパシティを測定するためによく利用される方法の 1 つであり、他の多くの測定を関連付けることができます。

IT ユーザーにいくつかのサーバーを配分することや、電力および CO2 排出量をこのユーザーに配分することが可能な場合は、電力をサーバーに配分するだけで作業は完了します。この場合、IT ユーザーの総電力消費量は、サーバー数にサーバーごとに配分された電力消費量を掛けたものになります。これを行うには、データセンターにおけるすべての電力消費を特定し、それらをサーバーごとに配分する必要があります。あるサーバーに対して配分される電力総量は、サーバー自体の電力消費に、ストレージ、ネットワーク、電源、冷却、照明、および周辺機器の電力消費配分を加えたものになります。一般的なデータセンターでの配分を次の図 6 に示します。

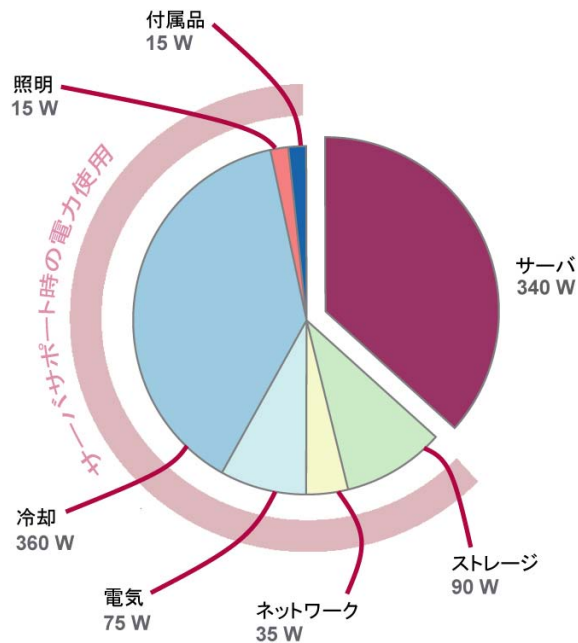


図 6

930W の電力が配分されたサーバーです。サーバーに配分されているデータセンターの電力消費量を示しています。サーバー自体の実際の電力消費量は 340W のみです。

この場合、一般的なサーバーが使用する実際の電力は 340W ですが、サーバーに配分されている総電力は 930W とはるかに大きくなっています。

平均的なデバイスと特定の IT デバイスとの比較

平均的なサーバーの「ユニットコスト」に基づいて、電力を IT ユーザーに配分する方法では、大きな誤差が発生します。これは、配分されたリソースはサーバーごとに一定に利用されること、そして、すべてのサーバーが同じであることを前提としているためです。特定のサーバーの実際の総電力は、サーバーのタイプ、電力管理特性、および他の IT リソースの使用状況により異なります。

ある程度同じタイプのサーバーがあるデータセンターでは、標準的な電力コストをサーバーごとに配分することで効率的な概算が可能ですが、さまざまなタイプのサーバーがあるデータセンターでは、標準的な「サーバー単位」を使用して電力を配分することは効率的ではありません。たとえば、ある IT ユーザーには単純なアプリケーションサーバーとして稼働する 8 台のサーバーブレードが紐付けられており、別の IT ユーザーには数テラバイトのオンラインストレージを備えた 8 つのメインフレームシステムが紐付けられている場合を考えてみましょう。明らかに、メインフレームユーザーの消費電力が大きくなりますが、標準的なサーバーに基づいて電力を配分した場合、同じ電力および CO2 排出量が両ユーザーに配分されることとなります。このような方法で配分される総電力量は正確ですが、メインフレームの IT ユーザーが使用する一部の電力がブレードサーバーのユーザーに対して不均衡に配分されてしまいます。

この問題は原則として、すべての IT デバイスを測定し、これらの測定に基づいて電力を IT ユーザーに配分することで解決できますが、これは実用的ではないことは既に示したとおりです。次に理由を示します。

- 電力消費の大半は電力設備、冷却設備、ネットワークデバイス、および他の機器によるものであり、これらは常に IT ユーザーに直接的に関連付けられているわけではありません。
- すべての IT デバイスを測定する測定システムのコストは、ソフトウェアシステムのコストおよび複雑性も含めると、非常に大きなものとなります。

この問題を簡単かつコスト効率良く解決するため、サーバーを標準タイプの簡潔なリストに分類できます。リストには、各サーバーの電力消費のプロファイルが追加されます。すべてのサーバーを単一の標準「ユニットコスト」として取り扱う代わりに、サーバー分類のリストを表 4 に示すように作成できます。

表 4
サーバー分類表の例

サーバークラス	サーバー電力	ネットワークの配分率	ストレージの配分率
1U アプリケーションサーバー	250W	0.2	0.1
仮想サーバー ⁶	90W	0.4	0.2
Web 系ブレードサーバー	200W	0.3	0.1
ERP 系ブレードサーバー	200W	0.1	0.4
メインフレーム	4000W	0.1	0.5
3U~10U サーバー	2000W	0.1	0.1

上のリストはそのまま使用できます (ただし、適切な電力値が必要です)。または、このリストを拡張・改良し、特定のデータセンターのユーザープロファイルを適用してさらに正確にすることができます。

各サーバーには、基本の標準電力レベルが配分されています。また、ネットワークおよびストレージに関連する基本電力の一部も共に配分されます。電力、冷却、および照明にかかるコストは IT 機器の消費ワット数ごとに均等に配分され、サーバークラスで変更されることはありません。

分類システムを使用して次の事項を行います。

- クラス別にすべてのサーバーを配分する
- 各 IT ユーザーが持つに各クラスのサーバー数と配分を把握する
- すべてのサーバークラスの合計電力を合算し、実際の IT 負荷電力 (モデルまたは測定値から決定) に一致するよう平準化する
- 各サーバークラスに PUE データを適用する

この方法により、データセンターの電力消費量をサーバークラス間で配分してから、IT ユーザーに配分することができます。この計算は、APC (Schneider Electric) などのベンダが提供するソフトウェアツールにより実行可能です。また、スプレッドシート上でも計算できます。

電力コストを CO2 排出量に換算

データセンターにある IT 機器や物理インフラシステムの電力消費を把握すると、CO2 排出量を IT 機器または物理インフラシステムに配分できます。次の 3 つが間接的にデータセンターの CO2 排出の主な要因となっています。

- データセンターおよび、その IT とインフラ設備の建設中に排出される CO2
- 暖房システム、非常発電機、または熱電供給システムからの局所的な CO2 排出
- データセンターに電力を供給するのに必要な発電を行う際の CO2 排出

⁶ 複数の仮想サーバーが 1 つのクラスである場合、配分されたサーバー数は物理サーバー数以上になります。この場合、仮想サーバーをホストする物理サーバーは IT ユーザーには配分されません。

一般的に、CO2 排出に関する大半の議論、評価、またはレポートは、データセンターの運用による CO2 排出に限定されています。データセンター建設中に排出される CO2 は全体のうちの大きな割合を占めますが、このタイプの CO2 排出量の測定方法およびその基準については、現在も明確な規定は存在しません。

データセンターは、工場設備のように大量の CO2 や CO2 換算で同量の他のガスを直接的に生成することはありません。非常発電機の稼働は、一般的に総 CO2 排出量の 0.01% に及ばないため、無視できます。データセンターは、高い電力密度で稼働し追加の発熱を必要とすることはほとんどありません。そのため、CO2 に関連する熱も無視できます。発電所を同一の場所に持つデータセンターもほとんど存在しないため、これも検討の対象とはなりません。

本ホワイトペーパーにおいては、CO2 の測定基準を、電力供給に関連付けられている測定基準に限定します。これにより、稼働により排出される CO2 のうち 99% 以上が網羅されます。

電力から換算した CO2 排出量

データセンターで使用される電力の場合、電力を使用することで排出される CO2 量を概算できます。電力会社は、発電源の割合に基づく、発電キロワット時ごとの CO2 排出量に関する情報を提供することができます (注: 最終送出手の発電源に基づく、CO2 排出削減の分析によると、通常、CO2 排出量は以前よりも大きくなっています。これは、電力会社で段階的に削減された電力コストは、すべての発電機の負荷を均等に軽減するわけではなく、削減分は天然ガスなどの高コスト発電を相殺するために回されるためです)。この情報が電力会社から提供されない場合は、各地域のデータが一般に公表されています。このデータは、キロワット時ごとの CO2 (単位トン) で表示され、通常は、発電機でのキロワット時 0.1~1 トンの範囲内になります。さらに、データセンターが発電所で生成する電力負荷を把握するため、発電所とデータセンターの間の配電損失 (通常は 10% 前後) が、データセンターの電力使用に追加されます。次の式により、データセンターのファシリティ電力負荷によって発生する年間の CO2 排出量を算出できます。

$$AnnualCO2(tons) = Load(kw) \times \frac{Carbon}{kwhr} \times \frac{8760hr}{year} \times \frac{1}{(1 - DistLoss)}$$

IT ユーザーは、IT 計画と導入の検討の際、電力消費を考慮する上で、本ホワイトペーパーで説明する原理原則や技術を理解する必要はありません。IT ユーザーが必要としているものは、IT ユーザーが IT リソースを利用することで、どれだけの電力消費および CO2 排出量を発生させているかを示す単純な要約です。IT ユーザーへのレポートのサンプルを表 5 に示します。

IT ユーザーへ
ガイドラインを
提供

表 5
IT ユーザーに対する年間の
電力コストおよび CO2 コス
トの配分例

サーバークラス	総設置 台数	ユニットあたり の消費電力	ユニットあたりの CO2
1U アプリケーション サーバー	50	6,000	2.7
仮想サーバー	30	2,650	1.2
Web 系ブレードサーバー	15	5,200	2.3
ERP 系ブレードサーバー	10	5,500	2.5
メインフレーム	2	117,000	53.0
3U~10U サーバー	15	44,000	20.0
総電力および CO2 (年次)		1,409,000 キロワット時	634トン
エネルギーコスト (年次)		\$169,000	

結論

本ホワイトペーパーでは、データセンターの電力および CO2 排出量の IT ユーザーへの配分に関する論理的な対策について説明しました。

簡単でコストのかからない電力消費モデルを使用して、標準「サーバーユニット」など、IT キャパシティの標準の平均単位に基づいて、電力および CO2 排出量を配分することができます。このようなモデルは正確ではないものの、必要十分な精度があり、データセンターの電力管理システムで活用できます。

単純なシステムは、測定およびモデルの機能を追加することで、徐々に強化できます。これにより、精度が向上し、電力消費を詳細に確認できます。本書では、これらの機能を実行する合理的な手順について概説しました。データセンターの専用電力監査機能と単純なソフトウェアをいくつかの電力計測器と組み合わせて使用するだけで、驚くほど効率的かつ低コストのシステムを実現できます。

データセンター事業者は、効率的な電力管理システムを実行する、または電力および CO2 排出量を IT ユーザーに配分するには複雑かつ広範な測定システムが必要である、と決め付けるべきではありません。実際、究極的なシステムでも高い投資効果は期待できないのです。

本ホワイトペーパーでは、あらゆる規模のデータセンター事業者がコストをかけずに実施できる取り組みについて概説しました。データセンターで浪費された電力は戻ってきません。シンプルな電力管理システムを今すぐ実行するほうが、理想的なシステムを後で導入するよりも、遥かに効果的です。これは、電力管理システムの効率性がいかに高まろうとも、失われた電力を回復することはできないためです。

著者について

ニール・ラスムセンは、APC (Schneider Electric の IT 事業部門) のイノベーション担当上級副社長です。世界最大の R&D 開発予算を投入し、電力、冷却、ラックインフラ向けのプロジェクトにおいて技術面の指揮を執っています。

高効率および高密度のデータセンター電力および冷却インフラに関する 14 件の特許を取得しており、これまで電力システムおよび冷却のシステムに関して 50 種を超えるホワイトペーパーを執筆してきました。その多くが 10 カ国以上の言語で発行されています。最新のホワイトペーパーではエネルギー効率の改善に焦点をあてています。ニール・ラスムセンは、高効率のデータセンターというテーマにおける講演で、国際的に活躍しています。現在は、高効率、高密度、拡張性を備えたデータセンターインフラソリューションをさらに推進するための開発を指揮しています。また、APC InfraStruxure システムの主任設計者でもあります。

APC を設立した 1981 年以前は、MIT (マサチューセッツ工科大学) で電気工学を専攻し、学士号と修士号を取得しました。卒業論文のテーマは、トカマク核融合炉用の 200 MW の電力供給に関する分析です。1979~1981 年には、MIT のリンカーン研究所で、フライホイールエネルギー貯蔵システムと太陽光発電システムの研究に携わりました。



リソース

アイコンをクリックするとリソースにジャンプします



すべての APC
ホワイトペーパーを
参照する

whitepapers.apc.com



すべての APC
TradeOff Tools™ を
参照する

tools.apc.com



『データセンターにおける電力効率の測定』

APC ホワイトペーパー#154



『Guidance for Calculation of Efficiency (PUE) in Data Centers(英語版)』

APC ホワイトペーパー#158



『データセンターの電力効率のモデル化』

APC ホワイトペーパー#113



『エネルギー効率の高いデータセンターの構成』

APC ホワイトペーパー#114



お問い合わせ

このホワイトペーパーの内容についてのご意見やご感想、お問い合わせは以下にお寄せください。

シュナイダーエレクトリックグループ APC
Japan.Marketing@apcc.com

製品やサービスに関するお問い合わせは、お近くの APC 販売代理店、または下記にお問い合わせください。

jinfo@apcc.com
TEL: 03-5931-7500 FAX: 03-3455-2030

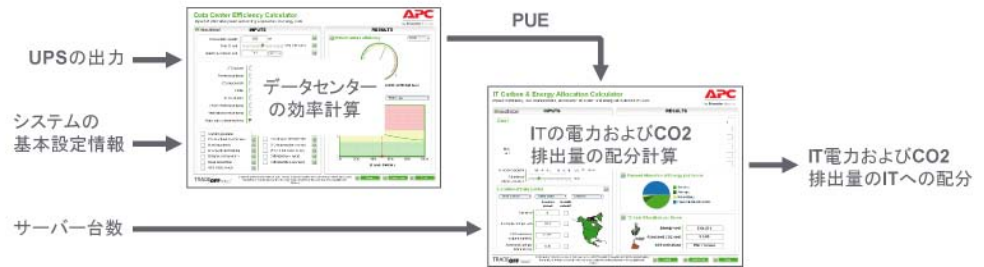
付録: データセンターの 電力および CO2 の配分を簡単に 把握する方法

本ホワイトペーパーでは、データセンター内の IT 機器に対する電力コストおよび CO2 排出量の配分に使用できる簡単な方法、さらに高コストでさらなる精度を提供する測定とモデル作成の効果を紹介しました。最も簡単な方法では、ほとんどコストをかけずに驚くほどの精度を可能にし、サポートおよび電力管理プログラムを効率化します。

本付録では、どのようなデータセンターでも即座に、約 +/- 20% の精度で、電力および CO2 排出量の IT への配分を実行できる手法を説明しています。ここで説明する方法は、ホワイトペーパーで説明した「不完全なインベントリ」の機能レベルに対応するものです。これは、一般的なデータセンター事業者が専門家の助けを借りずに実現できる最高レベルの方法です。この方法では、APC が開発した無料のソフトウェアツールを使用しますが、他のツールを開発して同じ機能を実現することもできます。このプロセスのフローを次の図 A1 に示します。

図 A1

データセンター CO2 排出量の IT 機器への配分に使用されるプロセスの概要



ユーザーは、データセンターの構成およびサーバー数に関する基本情報と共に、UPS の UPS 負荷電力の現在の値 (電力値のうちの 1 つであり、ほとんどすべてのデータセンターで利用可能です) を入力します。このソフトウェアツールは、関連情報、データセンターまたは IT 専門家が取得可能な情報を求めるメッセージを表示するか、または単純な QA で決定します。

1 つ目のツールは、データセンターの PUE を測定します。2 つ目のツールは、1 つ目のツールにより測定された PUE を受け入れ、IT に配分されている電力および CO2 排出量をサーバーごとに計算します。これらの「平均」サーバーの単位はその後、ビジネスモデルにより選択した方法で IT ユーザーに配分されます。このソフトウェアツール内でヘルプ文書が利用できます。

図 A2 は配分ツールの画面を示しています。この例では、各サーバーユニットに年間 1,462 ドルの電力と 15.4 トンの CO2 が配分されています。100 のサーバーを持つ IT ユーザーの場合は、年間の配分が 146,200 ドルおよび 1,540 トンとなります。

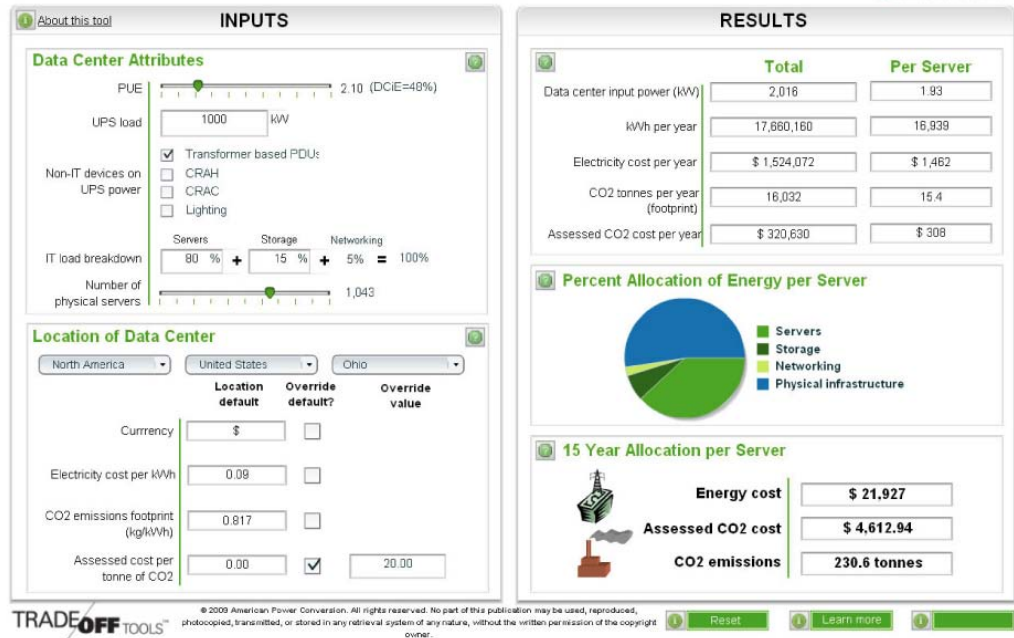
ITの電力および CO2 排出量の配分計算

Impact of efficiency, load characteristics, and location on carbon and energy allocation for IT users



図 A2

IT Carbon & Energy Allocation Calculator (IT の CO2 および電力の配分計算機) の出力画面例



この例は簡単であり IT 活動における認知、および改善の促進を支援するため、役立ちます。ただし、次の重大な制限があることに注意してください。

- 精度は +/- 20% 前後にしか届かないため、実際の顧客への課金に使用すべきではありません。本ホワイトペーパーで説明する他のさらに高度な手法を推奨します。
- コストおよび CO2 排出量を「平均サーバー」に配分します。ブレードを使用する IT ユーザーや、メインフレームを使用する IT ユーザーがいる場合、正確なコスト配分が行われません。この問題を解決するには、本ホワイトペーパーで説明するサーバー分類が必要です。
- 物理インフラシステムでの損失の正確な分析はく生成されません。よって、物理インフラの改善に関するガイドラインはほとんど提供されないため本ホワイトペーパーで説明しているとおり、インフラ監査および主要インフラシステムの測定が必要です。