データセンタの電力および空調のキャパシティ管理

ホワイトペーパー150

改訂 1

ニール・ラスムセン

> 要約

高密度 IT 機器の導入は、データセンタの物理インフラに大きな影響を与えます。こうした IT 機器を十分な検討なく導入してしまうと、データセンタの電力や空調環境で過負荷、冗長性の喪失、熱問題といった予期せぬ問題が発生する可能性を高め、ダウンタイムを引き起こしてしまいます。このような事態を回避するためには、どのような IT システムが必要なのか、その IT 負荷をサポートするにはどのような電力、空調インフラが必要か、インフラコストはどのくらい要するのか、といったキャパシティ管理が不可欠です。ここでは、電力および空調のキャパシティ管理を実施するための原則をご紹介します。

コンテンツ

セクションをクリックして次に進む

はじめに	2
背景	2
容量の供給と需要	4
システムレベルの容量	6
キャパシティの管理	9
IT機器用電力および空調の監視	13
結論	15
リソース	16

APC by Schneider Electric

はじめに

Gartner Incの調査結果では、データセンタの大半のオペレータはデータセンタの負荷容量や現在の電力、空調のキャパシティについて、詳細はもとより総合的なパフォーマンスに関してさえ、認識が低いと報告されています。データセンタ設計時の想定密度を超えた機器の設置や、それによる電力や空調環境へのストレスは、過負荷、熱問題、および冗長性の喪失によるダウンタイムを引き起こします。

> キャパシティ管理

ITIL 定義

インフラの提供...

適切なタイミングで
適切な容量で
適切な価格で
さらに □ 効率的に使用

ITIL（Information Technology Infrastructure Library）は、インフラが適切なタイミング、適切な容量、適正な価格で提供され、最も効率性の高い方法で使用されるようにするための統制手段として、キャパシティ管理を定義しています。成功を収めるための重要な要素は、次のとおりです。

- 正確な容量予測の提供
- ビジネスニーズを満たす十分なキャパシティの提供

そのためには、様々なビジネス領域からの情報に基づいて、どのようなITシステムが現在または将来必要か、そのIT負荷をサポートするためにはどのような電力、空調インフラが必要か、可用性がどの程度必要か、そのインフラに要するコストはどれだけかを明確にします。

このホワイトペーパーでは、特にデータセンタの電力、空調、およびスペースの容量に関する問題を、キャパシティ管理におけるITILの視点から説明しています。管理対象となる電力および空調の供給と需要、および各種容量の定量化のためにモデルを使用して説明します。このモデルは、キャパシティ管理システムの特定、またはサービスレベル管理のガイドラインを設定するためのフレームワークとして使用することができます。

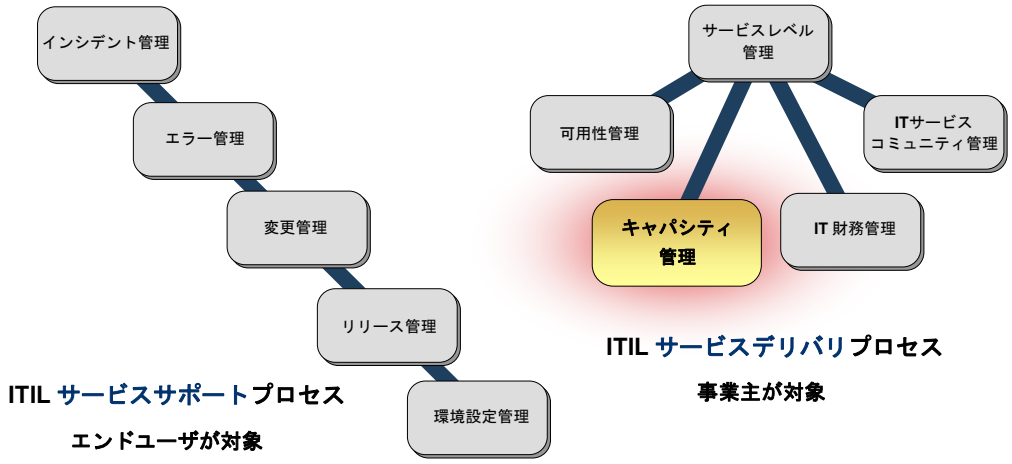


図 1

ITIL サービスプロセスとしてのキャパシティ管理

背景

特定のラックの電力や空調容量を明らかにできることはきわめてまれです。データセンタのオペレータの多くは、新たな機器を効果的に配置するために必要な情報が乏しく、次に挙げるような単純な質問にさえ簡単に答えることができません。

- データセンタ内のどこに次のサーバを配置すれば、既存機器の可用性に影響を与えないですむか。
- 電力や空調の可用性の面から、導入したいIT機器を配置するのに最適な場所はどこか。
- UPSの冗長性やバックアップ時間などの安全マージンに悪影響を与えることなく、新たに機器を設置することができるか。

- 障害が発生している状態や点検中の状態でも、電力または空調機能の冗長性が確保できるか。
- ブレードサーバなどの新しいハードウェア技術を、既存の電力や空調インフラを使って配置できるか。
- 信頼性の高い運用を確保するためには、ブレードサーバを分散する必要があるか。
- 現在の電力、空調インフラがどの時点で限界に達し、追加容量が必要になるか。

データセンタのオペレータが、このような単純な質問に答えられないのは問題です。データセンタがオーバースペックか、あるいは使用率が低い場合は設備にも余裕があるため、パフォーマンス全体に関する初歩的な理解しかなくても問題なく運用できます。知識の欠如によって可用性が損なわれても、発生するダウンタイムは短く、許容の範囲内でしょう。最大の経済効率は達成できませんが、使用容量が使用可能容量を上回らない限り、設備に余裕があるおかげで短期間ながら安全マージンを確保できます。しかし、現在では以下の 3 つの要素がデータセンタにストレスを与えているため、現行の運用方法の不備が次第に露呈すると思われます。

- 超高密度IT機器
- TCO（Total Cost of Ownership: 総所有コスト）を管理し、データセンタを十分に活用する必要性
- IT機器の急速な変更と更新

これらの各要素は、より予測可能な方法でデータセンタの運用を促進することにもつながります。

高密度IT機器

ラック 1 本あたり 10kWを消費するIT機器は、高密度と考えられます。サーバを最大限に収納したラックでは、ラック 1 本あたり 6～35kWを消費します。しかし、現在、大多数のデータセンタはラック 1 本あたり 2kW未満の消費電力を想定して設計されています。すでに説明したように、データセンタの指定密度を超える機器を設置するユーザが増えており、それによる電力、空調システムへのストレスは、過負荷、熱問題、および冗長性の喪失によるダウンタイムを引き起こす可能性があります。従来のデータセンタと新しいデータセンタのいずれにおいても、データセンタのオペレータには、機器を確実に配置する方法や、場所に関するより適切な情報が必要です。

データセンタのストレス **#1** 高密度 **IT** 機器
過負荷
熱問題
冗長性の喪失

総所有コスト（**TCO**）

企業の多くは、データセンタの過剰設計や巨大化を歓迎しません。資本コストと運用コストに大きな無駄が生じるからです。現在の一般的なデータセンタは、キャパシティ管理が適切に行われていれば、同じ設備の電力、空調容量でIT機器をさらに最大で 3 割許容することができると予想されます。現在の一般的なデータセンタは、使用可能な電力、空調の容量を十分に利用することができません。そのため、キャパシティ管理が適切に行われているデータセンタに比べて利用効率が低下し、電力消費量が 2 割以上増えます。キャパシティ管理ツールを使用すれば、電力、空調をより効率的に使用し、電力消費量を抑えることができます。

データセンタのストレス **#2 TCO** の圧力
未使用の容量
効率性の低下
目に見えない無駄

急速な変化

一般的なデータセンタのIT機器は常に変化しています。機器の更新サイクルは通常 3 年未満で、機器の追加や削除が日常的に行われています。さらに、IT機器ベンダーにより実装されている電力管理機能により、IT機器の電力および冷却需要は一定せず、分単位で変動します。IT機器を配置する際に、従来の「実際に試して動作するかを確認する」方式はもはや現実的でなく、多くの場合想定外の結果を招くことになります。キャパシティ管理ツールは、これらの課題に対処するリアルタイムの機能と計画的な機能の両方を備え、その機能をコスト効率の高い方法で、設置が簡単で使いやすく、あらかじめ先行設計された形で提供する必要があります。

データセンタのストレス#3 急速な変化
3年未満の更新期間
日常的な機器の変更
分単位の負荷の変動

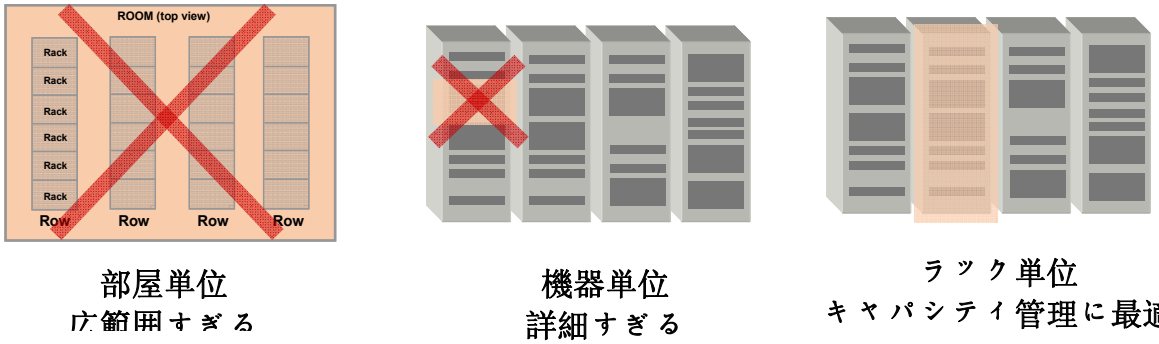
容量の供給と需要

キャパシティに関するユーザの基本的な質問に分かりやすく回答するには、キャパシティ管理に対する体系的なアプローチが必要です。キャパシティ管理の基本は、電力、空調の供給と需要を定量化することです。

部屋単位または施設単位での電力、空調の供給と需要に関する情報は役立ちますが、特定のIT機器の配置に関する上記の質問に回答するのに必要な詳細情報としては不十分です。一方、IT機器単位で電力と空調の供給と需要に関する情報が提供されても、必要以上に細かくなり現実的でありません。電力、空調の供給と需要を測定し予算化するための効果的で実践的な単位は、ラック単位です。このホワイトペーパーでは、このアプローチ（**図 2**）を使用しています。

図 2

キャパシティ管理の制御レベル



このホワイトペーパーで説明するモデルでは、ラック単位での電力、空調の供給と需要を以下の重要な 4 通りの方法で定量化します。

- 設定された最大潜在需要
- 現在の実際の需要
- 設定された最大潜在供給量
- 現在の実際の供給量

この情報に基づいてデータセンタのラック単位での電力、空調に関する現在の状況を完全に説明することができます。

設定された電力および空調の最大潜在需要

現在のサーバにおける電源管理システムでは、通常のオペレーション中の電力に 2 対 1 以上の変動が生じます。ラック内で生じるこの変動により、設定された電力、空調の最大需要は、ピーク値を示す可能性があります。この情報は、傾向分析によりシステム設定時に明らかにすることができ、IT機器により直接レポートされるか別の方法で引き出すことができます。

電力および空調の最大潜在需要は、実際の電力、空調需要と常に等しいかそれ以上であり、キャパシティ管理においてきわめて重要な情報となります。

現在の電力および空調の実際の需要

これは、任意の時点におけるラックごとの消費電力と発生する熱の値です。理想的な方法は、ラック単位で電力消費量をリアルタイムで測定することによりこの値を設定することです。ほとんどすべての機器において、消費電力のワット数は発生する熱のワット数と等しくなります。無停電電源システム（UPS: Uninterruptible Power System）、分電盤（PDU: Power Distribution Unit）、空調、およびVoIPルータなどの機器では、熱のワット数は消費電力と等しくありませんが、数学的に導き出すことができます。ラックの消費電力は配電システムまたはIT機器によって測定可能であり、レポートされたラック 1 本における一連のIT機器による消費電力を合計して、ラックの電力消費量を算出することができます。

設定された電力および空調の最大潜在供給量

設定された電力、空調の供給量は、設置されたインフラ設備によりラック単位で供給することができる電力および空調の容量として定義されます。電力および空調の潜在供給量は、電力および空調の実際の供給量と常に等しいかそれ以上です。潜在供給量が実際の供給量より大きい場合は、システムの性能が低下している状態を示します。この状態は、以下のようなさまざまな要素によって生じます。

- 空調システムのエアフィルタがふさがれている
- 極端な環境条件により、空調室外機の機能が低下している
- モジュール式UPSのパワーモジュールに障害が発生している

現在の実際の供給量が設計値どおりであるかどうかを確認し、設計された供給量の実現を妨げているシステム上の原因を診断することは、キャパシティ管理の重要な機能です。

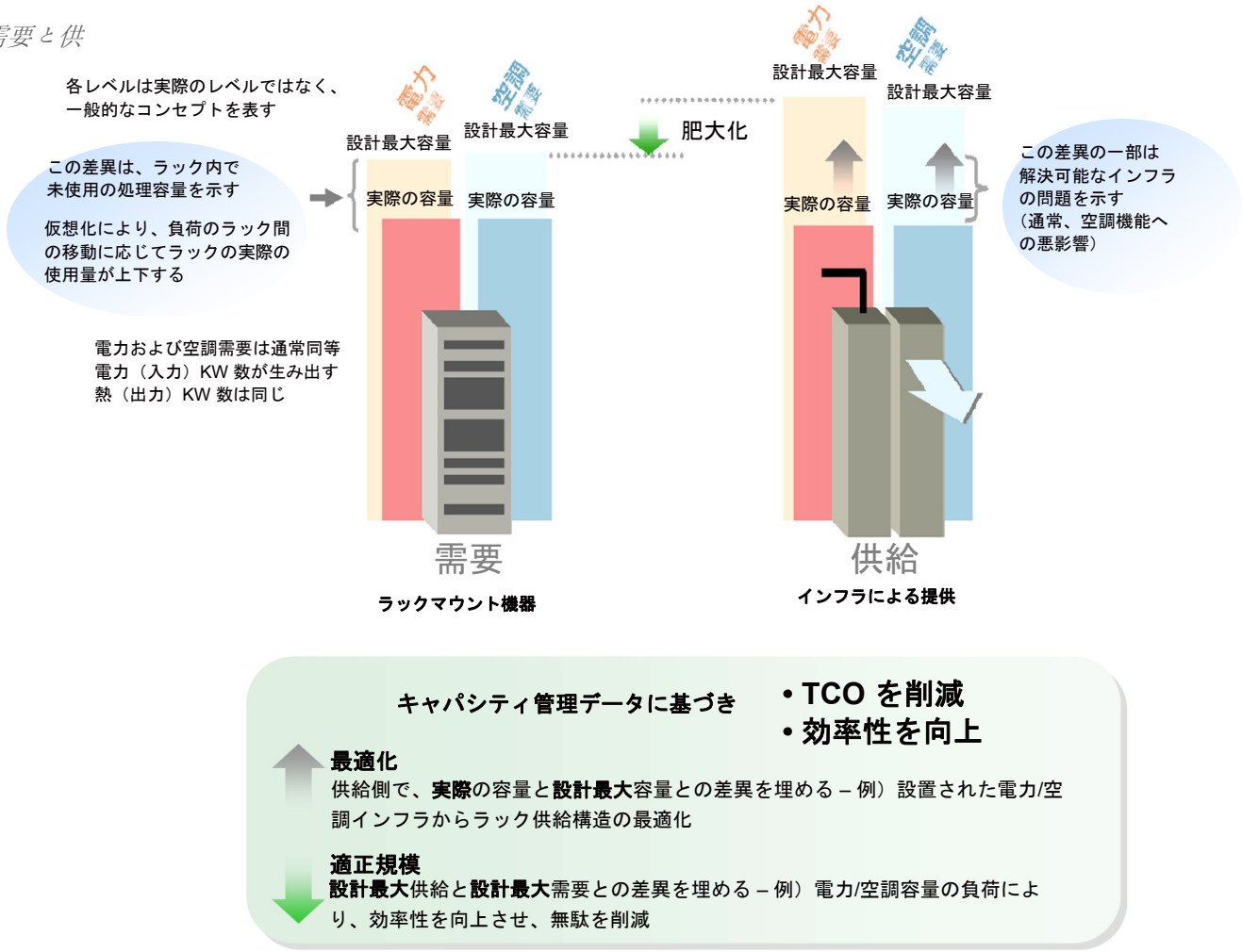
現在の電力および空調の実際の供給量

ラック単位での実際の電力および空調の供給量は、データセンタ自体の電力、空調容量や供給構造、およびその他の負荷が使用可能容量に与える影響に関する情報に基づいて算出されます。

あるラックの実際の電力供給量はPDUやUPSなどの上位ソースの制約を受け、ラックで使用可能な分岐回路の容量を確認することにより判断します。場合によっては、使用可能な容量は、電源システムの設計や設定によってさらに制約を受けます。たとえば、モジュール式システムは十分に利用されない可能性があり、設計において二重の給電経路が必要な場合があります。

図 3

ラック単位での需要と供給の定量化



システムレベルの容量

電力および空調の需要はラック単位で確認します。前のセクションで説明した供給量もラック単位で確認し、定量化する必要があります。ただし、電力、空調設備はラックごとに構成されず、UPS、PDU、空調システムなどのラック群に供給を行うデバイスからなる階層構造になっています。商用電源の入口や冷却塔などの大容量の供給を行う設備も、十分に需要を満たす必要がある容量供給源となります。したがって、ラック単位で電力および空調容量を定量化することに加えて、供給設備を踏まえた総量においても定量化する必要があります。

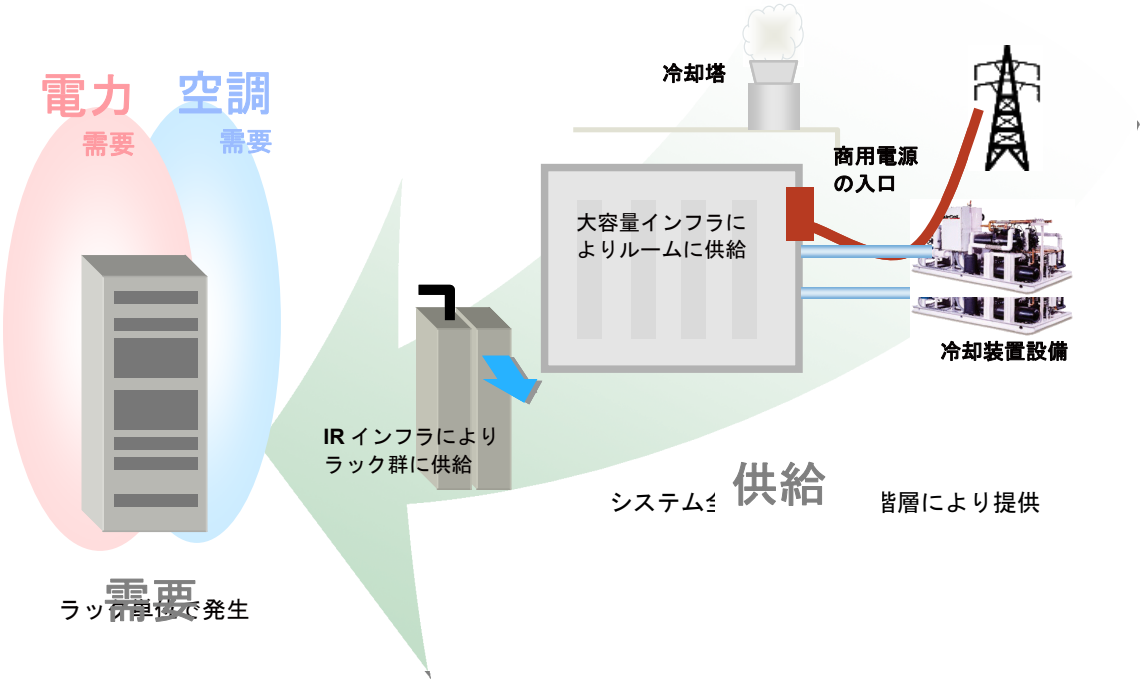


図 4

需要の発生源vs 供給源（例）

データセンタ設備の障害を回避するには、供給量が常に需要量以上である必要があります。各ラックについても同様で、さらにラック群に供給を行う各供給デバイスについても同様のことがいえます。そうすることにより、常に冗長性が確保されます。冗長性はキャパシティ管理の目的によって、以下の 4 種類の異なる形態で提供されます。

- 予備容量
- アイドル容量
- 安全マージン容量
- 無効容量

これらの各冗長性について、次のセクションで説明します。

予備容量

予備容量とは、新しいIT機器に「今すぐ」使用できる実際の冗長性です。予備容量の維持には、電力および空調機器の購入と保守に関する多額の資本コストと運用コストが必要です。さらに、予備容量によって常にデータセンタの運用効率が低下し、その消費電力が増大します。

データセンタの拡張や変更に対応する効果的なキャパシティ管理構造では、商用電源接続の予備容量など、ある種の予備容量はコスト効率が高くなります。電力および空調機器は拡大需要を満たす必要がある場合にその場所に限り設置することが理想的です。

効果的なキャパシティ管理システムでは拡張計画を考慮し、定量化する必要があります。拡張計画の定量化に関する詳細については、APCホワイトペーパー143『*データセンタプロジェクト: 拡張モデル*』（英語版）を参照してください。

リソース

APC ホワイトペーパー 143

データセンタプロジェクト: 拡張モデル

アイドル容量

アイドル容量とは、設定された電力または空調の最大潜在需要を満たすために確保されている現在の実際の冗長性です。既存のIT機器ではピーク負荷の状況下でこの容量が必要となる可能性があるため、アイドル容量は新規のIT機器の配置への供給に使用することはできません。

アイドル容量は、IT機器内部の電源管理機能に起因する大きな問題となっています。アイドル容量は、電源管理されたIT機器が高性能モードに切り替わるときのために維持する必要があります。

安全マージン容量

安全マージン容量とは、設定された電力または空調の最大潜在需要を超えた場合に使用できるように確保された計画的な冗長性です。安全マージンを提供することにより、電力または空調の最大潜在需要の設定エラーなどの小さなエラーが発生した場合や、権限のないIT機器がシステムに追加された場合にシステムのオペレーションの継続が可能になります。通常の安全マージン範囲は 10～20%、変更管理が不十分なデータセンタの場合は最大 30%以上となります。この容量は、IT機器の配置には使用することができません。

無効容量

無効容量とは、システムの設計または設定のため、IT負荷により使用することができない容量です。無効容量が存在することは、以下の 2 つ以上の容量が不均衡な状態であることを示します。

- フロアスペースとラックスペース
- 電力
- 配電
- 空調
- 空調の分配

特定のIT機器には、これら 5 つの要素すべてについて十分な容量が必要です。しかしこれらの要素は、特定のIT負荷と一致する、容量の均衡がとれた状態で使用可能となることはほとんどありません。ラックスペースはあるが空調が不十分な場所や、電力は十分に使用できるがラックスペースがない場所が必ず存在します。上記のいずれか 1 つの容量が、他の 4 つのうち 1 つが最大容量まで使用されているために使用できない場合、これを無効容量といいます。無効容量が存在することは好ましくない状態であり、データセンタのパフォーマンスが著しく制限される可能性があります。残念ながらほとんどのデータセンタは、以下の一般的な例に示すように、重大な無効容量の問題を抱えています。

- 空調は十分な容量を備えているが、IT負荷に対する空調の分配が不十分
- PDUは十分な容量を備えているが、使用可能なブレーカがない
- フロアスペースは十分だが、電力残量がない
- 空調の場所が不適切
- 一部のPDUが過負荷状態である一方、他のPDUは負荷が少ない
- 一部の領域がオーバーヒート状態である一方、他の領域は低温である

状況と電力および空調システムの構造によっては、無効容量の使用が不可能な場合がありますが、小額の投資によって無効容量を解放し効果的に使用することができます。当然、無効容量

を使用するにはコストがかかります。多くの場合、電力および空調設備の一部を停止するか、新たに設備を設置する必要があります。

無効容量は、データセンタのオペレータにとって非常にやっかいなキャパシティ管理上の問題です。1MWの電力および空調容量を備えたデータセンタがわずか合計 200kWのオペレーション時、新たなブレードサーバの冷却が不可能であることをユーザや管理者に説明するのは非常に難しいからです。

効果的なキャパシティ管理システムでは、無効容量を特定して通知するだけでなく、初期段階から無効容量の発生を回避する手段を提供します。

図 5

冗長性の種類

キャパシティの管理

前のセクションでは、電力および空調の需要と供給を定量化するフレームワークを構築しました。ITILフレームワークでは、キャパシティ管理プロセスで実行する以下の機能を指定します。

- パフォーマンスの監視
- 変更作業の監視
- 供給予測
- 需要予測
- モデル化

上記のツールは、正確な容量予測を提供し、ビジネスニーズを満たすのに十分な容量を提供するという、ITILで定義されたキャパシティ管理の目標を達成する上で役立ちます。

専門家による測定および書面上の計算に基づく電力および空調キャパシティ管理システムを構想することができ、一部のデータセンタではこの方式をそのままの形で使用することができま

す。ただし、サーバの仮想化技術と、機器の電力および冷却需要を動的に変更するIT機器の出現によって、電力および空調の計装を電力、空調キャパシティ管理ソフトウェアと組み合わせてネットワーク化することが、唯一の実践的、実行可能なソリューションとなります。ユーザの視点から見た場合、そうしたシステムによって以下の機能が提供されます。

- 容量データの表示
- 容量計画の策定
- 容量計画違反に対するアラート
- 提案された変更のモデル化

容量データの表示

このホワイトペーパーですでに説明した予備容量、無効容量、その他の容量の特性を含む、データセンタの現在の供給と需要の状況を、次の 3 つのレベルで表示します。

- ***部屋単位：*** 部屋全体としての供給と需要、およびさまざまな容量。通常は施設レベルのUPS、発電機、冷却装置、冷却塔、および受電装置を測定します。
- ***列単位：*** データセンタ内の列またはその他の論理的なゾーンに関する電力および空調の供給と需要。多くの場合、ラック型分電盤などの配電設備やラック型の冷却装置に関連します。特定ラックの設定に関するラック単位の詳細情報が不明な場合の計画策定に特に重要です。
- ***ラック単位：*** 特定ラックまたはキャビネットに関する電力および空調の供給と需要です。この単位の情報は、問題を診断したり、特定のIT機器配置の影響を評価したりする場合に必要です。ラック単位の配電回路またはラック指向の冷却システムに関連する場合があります。

効果的なキャパシティ管理システムでは、上記の各種情報を階層構造のドリルダウンモデルで表示します。データセンタのグラフィカルなレイアウトも表示されます。**図 6** は部屋単位の図を、**図 7** はラック単位の図を示しています。

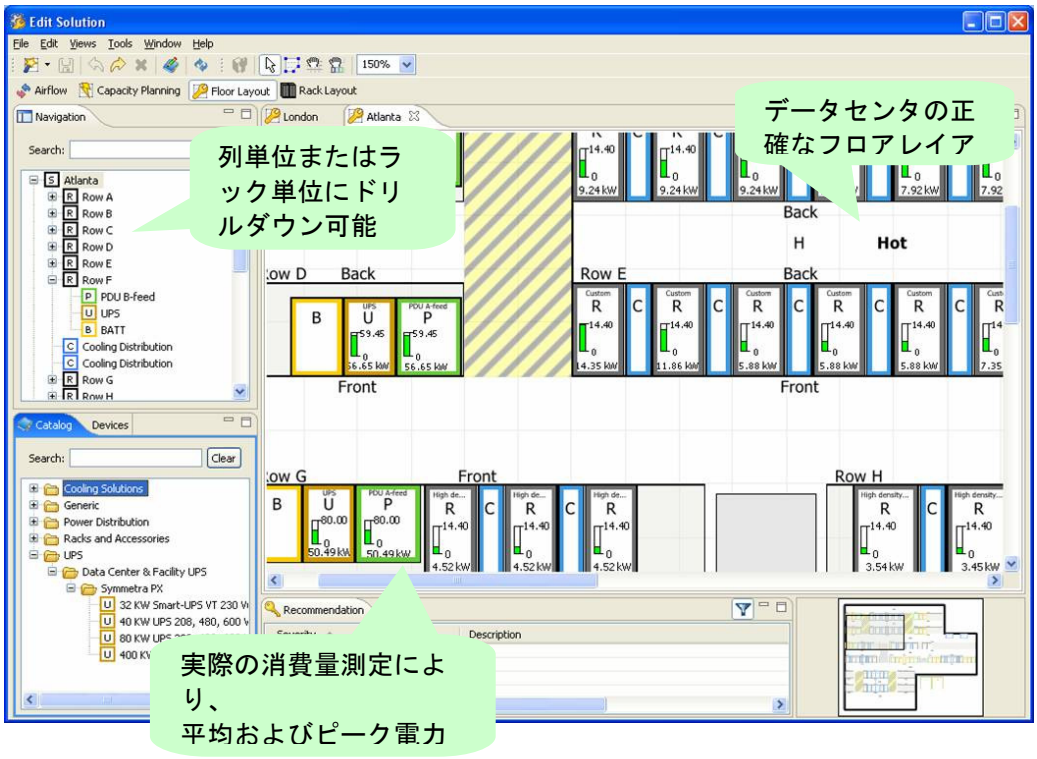


図 6

APC キャパシティ管理を使用したデータセンタレイアウトの例

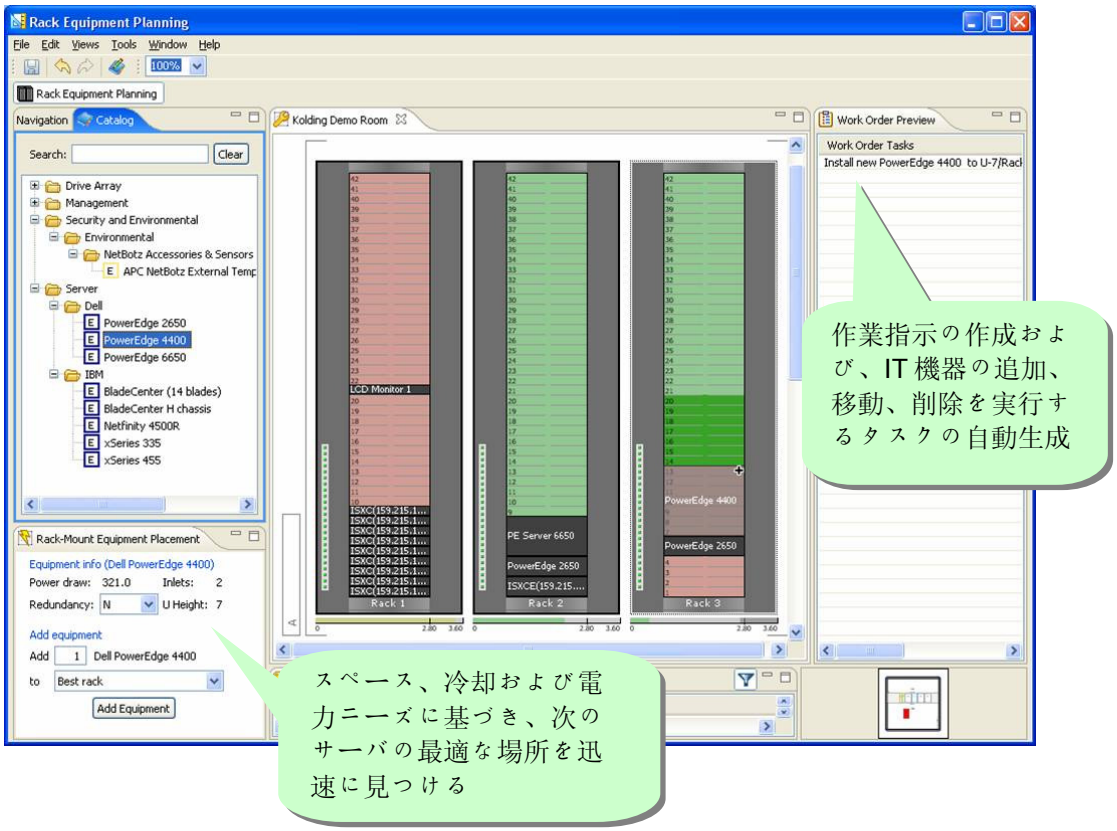


図 7

APC キャパシティ管理システムを使用したラック単位図の例

容量計画の策定

容量計画はデータセンタの設計時に策定する必要があります。データセンタに設置された電力および空調装置は容量計画を制約し、さまざまな形で容量計画の供給側になります。現在のデータセンタの拡張可能な電力および空調ソリューションでは、キャパシティ関連費用と電力効率を最適化するためのIT拡張計画に対応可能なキャパシティ計画を策定することができます。

ITILは、十分な容量を確保するだけでなく、適切な容量を確保することに重点を置いています。実際のITニーズに対する適正規模に関係なく十分な容量を確保することにばかり焦点を当てられがちですが、その結果、無駄な資本支出、エネルギー消費、サービス契約、および水使用量をともなうオーバーサイジングにつながるケースが多く見られます。

データセンタ設計ツールは、容量計画を策定しそれをキャパシティ管理システムに統合するための支援を提供します。そうしたソフトウエアツールの例として、APC InfraStruXure Designer データセンタ設計ツール、APC InfraStruXure Central 管理プラットフォームおよびAPC Capacity Managerがあります。

容量計画違反に対するアラート

実際の状況がキャパシティ管理計画の範囲を超えたときはキャパシティ関連のアラートが発せられます。このアラートは管理システム上に視覚または聴覚アラートの形態で、また管理システムからページャや電子メールなどに通知することもできます。

キャパシティ関連のアラートは、次のようなイベントに対応して生成されます。

- ラックに設置した機器の消費電力がキャパシティ管理計画でラック、列、部屋別に指定したピーク値を超えて増大した場合
- 電力または空調サブシステムの撤去や性能低下により、列、ラックまたは部屋単位で使用可能な電力、空調容量が少なくなった場合
- 空調、電力システムがキャパシティ管理計画において指定された冗長性を提供できない状態になった場合

これらの場合の多くは、実際にハードウエア障害が発生しているわけではなく、従来の監視システムではいずれのイベントも生成されません。実際には、キャパシティ管理システムが備えるほとんどのアラートは、将来の予測を示すものです。実際のデータセンタでは、キャパシティ管理システムはリアルタイム障害、セキュリティ、水漏れ、および温度などを監視する監視ツールの補足的な役割を果たします。リアルタイムアラートとキャパシティ管理アラートの両方を備えた監視システムの例として、APC InfraStruXure Central（**図 8**）があります。.

図 8

集中監視システムの例: APC InfraStruXure Central

提案された変更のモデル化

効果的なキャパシティ管理システムでは、現在の状況判断に加えて、履歴および想定環境における容量分析機能を提供する必要があります。そのシナリオには次のものがあります。

- 電力または空調機器のダウンなど障害状況をシミュレート
- 使用量の拡大予想vs実際の使用量の分析
- 機器の追加、削除、再配置の検討
- 履歴データに基づく傾向分析

キャパシティ管理システムは、これらのシナリオを現在のキャパシティ管理計画に照らして評価できる必要があります。効果的なモデルは、電気効率の最大化や使用するフロアスペースの最小化などの目的に応じて、さまざまなオプションから最善のシナリオを選択できるようユーザを導きます。

IT 機器用電力および空調の監視

ラックはラック内のIT機器の数、種類または場所を認識することなく電力を消費するブラックボックスのように考えられています。ここで説明するキャパシティ管理システムは、ラック単位での消費電力が直接指定または測定される限り、機器固有の情報への依存度はわずかになります。消費電力がわかっている場合、空調要件を高い精度で推定することができます。これらのラック単位の値が容量計画の範囲内にある場合は、電力システムおよび空調システムが需要を満たせるようにするために追加情報は必要ありません。したがって、適切なツールを使用すれば、キャパシティ管理によって、IT機器の詳細データを管理しなくともITオペレーションにおいて多数の利点を得ることができます。ただし、ラック内のIT機器に関する情報を保有し、IT機器と直接通信することにより得られる利点もあります。その利点には以下のものがあります。

- 個別のIT機器による電力消費特性を把握できます。

- 時間帯により変動する機器の最小および最大電力消費特性を把握できます。
- 異常時の通気要件、その他異常時のファン運転モードについて把握できます。
- ラック単位でUスペースを使用できます（スペースキャパシティ）。
- 追加、削除、または変更に関連する影響について正確な評価を行えます。

詳細データの管理から得た知識を効果的に使用するには、キャパシティ管理システムがそのデータを把握する必要があります。

一般的に、ほとんどの中小規模のデータセンタは、ラックに関してIT機器の設置データと変更履歴を維持するために必要十分なプロセスと人的資源を備えていません。したがって、キャパシティ管理システムはこの情報に依存することはできませんが、情報が入手可能となった場合にはそれを有効利用できることが必要です。組織が成熟するにつれて、単純なキャパシティ管理から変更管理と資産管理を組み込んだ、より詳細なソリューションへと移行することができます。変更管理では、提案された変更の影響を予測する際にキャパシティ管理が大きく依存するため、変更管理とキャパシティ管理との間の統合は双方向となります。

図 9

キャパシティ管理システムの制御レベル

結論

キャパシティ管理は、データセンタの効率的な計画およびオペレーションに不可欠です。キャパシティ管理の必要性はデータセンタの密度、規模、および複雑性とともに増大します。このホワイトペーパーでは、キャパシティ管理の方法について説明しました。キャパシティ管理は、ラック単位のIT機器に関する詳細情報に依存せず、従来の詳細な資産管理システムに比べて実装と保守が簡単であり、また重要な利点のほとんどを提供することを示しました。このホワイトペーパーで説明するようにキャパシティ管理を実装すれば、従来の監視システムでは得られないデータセンタの状態に関するきわめて重要な情報が提供されます。

著者について

ニール・ラスムセンは APC-MGE の CTO（最高技術責任者）です。世界最大規模の R&D 予算を注ぎ込んだ、クリティカルネットワーク向けの電力、冷却、ラックインフラのプロジェクトにおける技術面での指揮をとっています。現在は、高可用性と拡張性を備えたモジュール式のデータセンタソリューションの開発を指揮し、InfraStruXure システムの主任設計者でもあります。
1981 年に APC を設立するまでは、MIT（マサチューセッツ工科大学）で電子電気工学を専攻し、
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

データセンタプロジェクト:
拡張モデル
APC ホワイトペーパー 143

すべてのホワイトペーパーを閲
whitepapers.apc.com

すべての APC TradeOff Tools を
tools.apc.com

お問い合わせ

このホワイトペーパーに関するご意見やお問い合わせに関して

Data Center Science Center, APC by Schneider Electric
DCSC@Schneider-Electric.com

計画中のデータセンタープロジェクトに関する具体的なご質問がありましたら

シュナイダーエレクトリックグループＡＰＣまでお問い合わせください

© 2010 Schneider Electric. All rights reserved.