

データセンターおよび サーバールームへの ブレードサーバの 導入方法

ニール・ラスムセン

White Paper #125

APC[®]
Legendary Reliability™

要約

現在、ほとんどのデータセンターやサーバールームのブレードサーバは、電源容量と空調容量を超える電力密度で稼働しています。既存のデータセンターおよびサーバールームにブレードサーバを導入しようとする、数々の課題と選択肢が発生します。このホワイトペーパーでは、ブレードサーバの導入に関する電源と空調の課題とそのソリューションを説明します。

はじめに

既存のデータセンタおよびサーバールームにブレードサーバを導入しようとする、現状の電源設備と空調設備に問題が生じます。平均的なデータセンタの設計目的と比較すると、ブレードサーバはラック1本あたり20倍の電力を使用し、20倍の熱量を発生します。ブレードサーバを使用するには、データセンタの電源設備と空調装置のインフラを増強するか、ブレードサーバの負荷を複数のラックに分散させなければなりません。しかし、動作中のデータセンタは通常、設備の変更のために停止することはできません。

ブレードサーバの導入にはいくつかの方策があります。このホワイトペーパーでは、導入の必要案件と制約を基に、適切な電源供給と空調方法を紹介します。

問題点

既存のデータセンタでブレードサーバを導入する際の問題として電源容量と空調の配分が挙げられます。ほとんどのデータセンタには未使用の電源容量や空調容量がありますが、それを高密度エリアへ配分するインフラが整っていません。残念ながら、ユーザの多くは導入に着手するまでこの問題に気づいていないのが現状です。なぜなら、大部分のデータセンタは施設内の各エリアの密度を調べるための方法を持っていないからです。これらの問題に関する技術的な説明は他のホワイトペーパーやアプリケーションノートに記載されていますが（最終ページ参照）、ここに概略を示しておきます。

不十分な通気：ブレードサーバは電力定格1kWあたり約3.3m³/分（毎分3.3立方メートル）の冷却風を必要とします。ほとんどのデータセンタはラック1本あたり5~8m³/分の通気を提供していますが、これは**最大構成時のブレードサーバが必要とする通気量の10分の1**でしかなく、ラック当たりの平均電力は2kW以下に制限されます。十分な冷却風が得られないブレードサーバは、加熱排気を再度吸入することになり、オーバーヒートを引き起こす可能性があります。これは**ブレードサーバ導入における非常に大きな問題であり、ほとんどすべての導入例で発生しています。**

不十分な電源供給：ブレードサーバは大量の電力を消費し、それは一般的なデータセンタの配電システムの供給量を超えています。問題は以下の3点です。

- 1) 床下または天井に布設された不十分・不適切な配線
- 2) 分電盤（PDU）の容量不足
- 3) ブレーカ数の不足

これら3点のどれもが高密度の電源供給を妨げる可能性があります。

上述した2つの問題のうち、通気問題の方がより重要であるため、このホワイトペーパーでは空調設備設計の選択に焦点を当てていきます。電源設備は選択した空調設備に付随します。また、ブレードサーバのブランドによっても異なります。詳細は最終ページの参考文献2、5、6、7を参照してください。

ブレードサーバ導入の5つの方法

ブレードサーバへの冷風供給には、基本的な5種類の方法があります。任意の方法を選択後、さまざまな製品や技術を利用して導入を行います。これらの方法の概要を以下の表1に示します。詳細はAPCホワイトペーパー #46『高密度にサーバを搭載するラックおよびブレードサーバの電力供給と冷却の対策』に記載されています。

表1 – 電力密度の高いサーバを搭載するラックを冷却する5つの方法

方法	利点：	問題点：	適用条件
1 負荷の分散 複数のラックに機器を振り分けて負荷量の最大値を抑制	<ul style="list-style-type: none"> ●どの場合でも適用可、計画の必要がない ●基本的にコストは掛からない 	<ul style="list-style-type: none"> ●高密度の機器は必ず方法2以上に分散させなければならない ●より広いスペースが必要 ●データケーブルの問題が発生する可能性がある 	<ul style="list-style-type: none"> ●既存のデータセンタ、全負荷量の中で高い電力密度のサーバなどの割合が少ない場合
2 空調の借用 空調の平均的な冷却能力に使っていない冷却能力の借用を併用	<ul style="list-style-type: none"> ●新規機器の必要なし ●基本的にコストは掛からない 	<ul style="list-style-type: none"> ●設計熱密度の2倍が限界 ●より広いスペースが必要 ●複雑なルールの施行が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ●既存のデータセンタ、全負荷量の中で高い電力密度のサーバなどの割合が少ない場合
3 予備空調 平均的な冷却能力に予備の冷却装置を併用	<ul style="list-style-type: none"> ●必要な時と場所に高密度機器を設置可能 ●資本投下の延期が可能 ●高い効果 ●床面積の有効利用 	<ul style="list-style-type: none"> ●ラック1本あたり10kWが限界 ●目的に合わせたラックと部屋の事前設計が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ●新規に建築または改装する場合 ●環境が混在する場合 ●高密度機器の設置場所を事前に指定することができない場合
4 高密度エリア データセンタ内に高密度列またはゾーンを設置	<ul style="list-style-type: none"> ●最大密度 ●スペースの最適利用 ●高密度機器を分散させる必要がない ●高い効果 	<ul style="list-style-type: none"> ●高密度エリアを事前に計画するか、そのためのスペースを確保する必要がある ●高い電力密度のサーバを隔離しなければならない 	<ul style="list-style-type: none"> ●ラック1本あたりの密度が10~24kWの場合 ●高密度装置を同じ場所に配置する必要がある場合 ●新規に建築または改装する場合
5 部屋全体 すべてのラックに高密度の冷却能力を供給	<ul style="list-style-type: none"> ●将来的な問題にも対応可能 	<ul style="list-style-type: none"> ●他の方法の4倍近くの本投資と運転経費が必要 ●高価なインフラを十分に利用しきれない結果となる可能性がある 	<ul style="list-style-type: none"> ●非常に限られた空間に高密度の機器を設置しなければならない大企業など、極端な状況の場合

ブレードサーバを導入するには、これらの方法の中からどれか一つを選択しなければなりません。現在の導入の制約とユーザの必要案件や優先条件を基に適切な方法を選び出します。

ブレードサーバの導入プロセス

ブレードサーバの導入プロセスには以下の項目が含まれます。これにより、導入をサポートする物理的環境を整えます。

- 既存施設の制約を確認する
- 必要案件と優先条件を確認する
- 電源と空調の適切な設計方法を決定する
- 設計を行い、その設計を実行する

このプロセスを図式化したものが図1です。プロセスの流れに加え、さまざまな手順と各手順での結果データを示しています。プロセスには前工程として主要ループが2つ含まれ、制約・必要案件・優先条件を反復法で確定していきます。これは適切な調整や交換取引を行うためにきわめて重要です。初期の制約や優先条件は、状況や関連交換取引項目の検討後に変更されることがあります。一般的に、導入結果が十分に理解されると、優先条件や要件は緩められる傾向にあります。この分析は図のループ2で行います。

またよくある例として、現在の導入状況の調査時に簡単に修復可能な改良点が見つかり、それによってブレードサーバの導入に必要な電力と空調をデータセンタが保有できるようになる場合もあります。この調整は図のループ1で行います。

方法選択に役立つさまざまな手順については以下の項で詳しく説明します。

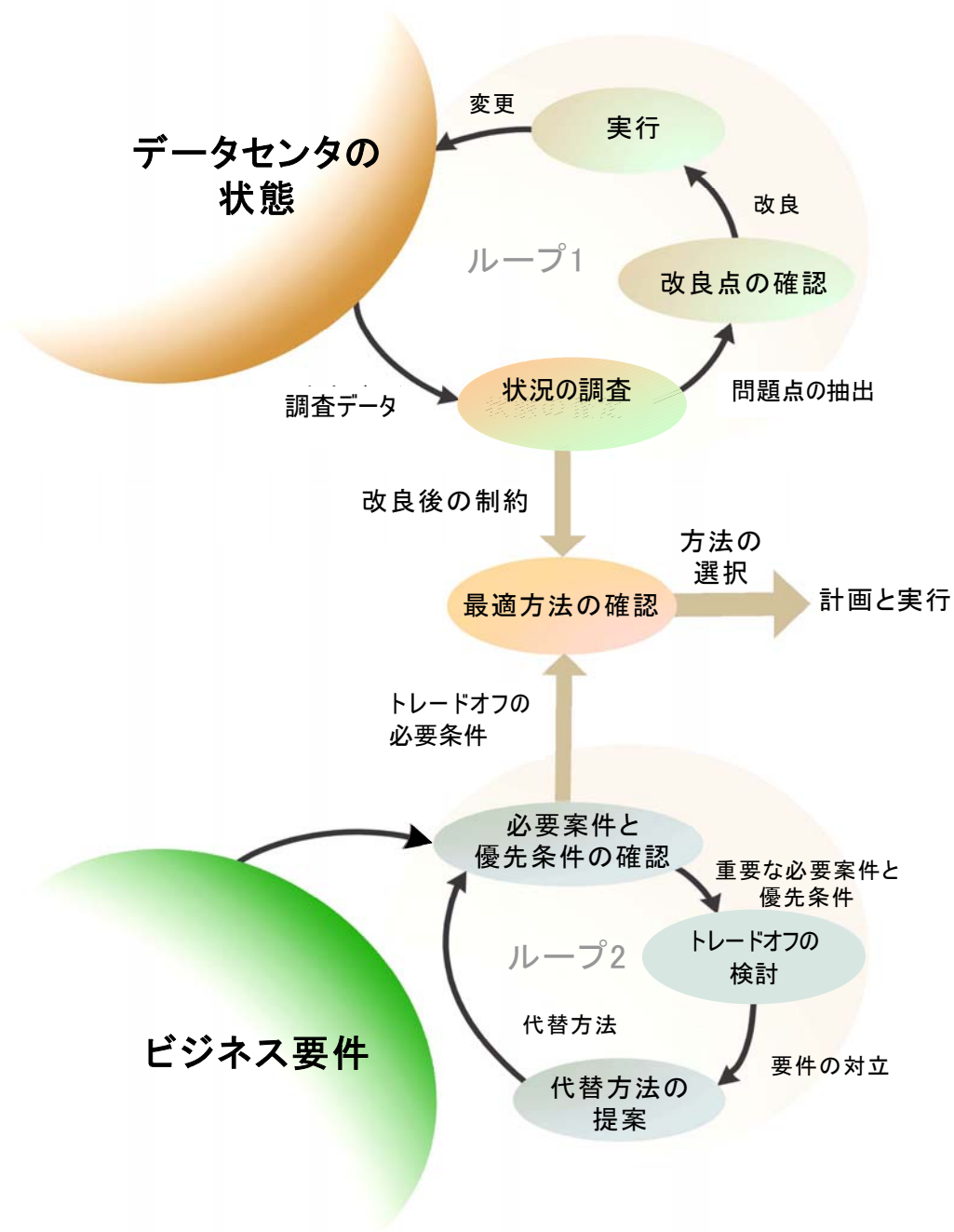


図1-適切な導入方法を決定するためのプロセス
(既存のデータセンタにブレードサーバを導入する場合)

既存施設の制約の確認

既存のデータセンターにはさまざまな変更不可能な制約があります。これらの制約によっては、ブレードサーバ導入オプションのいくつかが選択不可能になります。以下にその例を示します。

電源容量：

計画中のブレードサーバの導入に十分な余剰UPS容量がデータセンターに備わっていないことがあります。

精密空調容量：

計画中のブレードサーバを冷却できるだけの十分な余剰精密空調容量がデータセンターに備わっていない場合があります。これは通風システムではなく、コンピュータ室の空調装置の容量を意味します。

床面積の制限：

データセンターの総床面積またはブレードサーバ導入に使用可能な床面積に限度がある場合があります。非常に少ない面積しか使用できない場合、特殊な設備計画が必要になります。

天井の空間の有無：

室内に環気用の天井空間が設置されていない場合があります。部屋の高さが不十分で天井空間が使用できないことが考えられ、いくつかの設計オプションは利用できなくなります。

フリーアクセスフロアの制限：

すでにフリーアクセスフロアが設置されていても、その高さが60cm以下であったり部分的に配線や配管に利用されていたりする場合があります。フリーアクセスフロアの通風容量が減少するので、いくつかの設計オプションは利用できなくなります。

重量の制限：

データセンターの床、特にフリーアクセスフロアが設置されている部屋には、床に対する重量制限が設けられている場合があります。この制限があると、いくつかの設計オプションは利用できなくなります。

既存のデータセンターの制約が文書化されていることは非常に少なく、調査が必要になります。

現状の調査

データセンターの現状調査はブレードサーバの導入において重要です。ブレードサーバ数がラック1本分以下の場合、簡略な調査でもよいでしょう。しかし、それ以上の数のブレードサーバを導入する場合は、詳しい調査を行って信頼性のある情報を得ます。

定格銘板に記載された容量やより重要な実際の容量など、調査中に電力と空調システムの容量に関するさまざまなデータが収集されます。また、負荷の規模や物理的な分配を確定するために、現行の負荷状況も調査に含まれます。この中で最も大切なことは、電源と空調の供給システムを調査して、高密度負荷に対応するためのシステム機能を量ることです。

複雑な導入を行う場合は、コンピュータモデルを使用してデータセンタのシミュレーションを作成することを推奨します。「現在」の状況と計画中の設計を確認することができます。このモデルのデータ例を図2に示します。

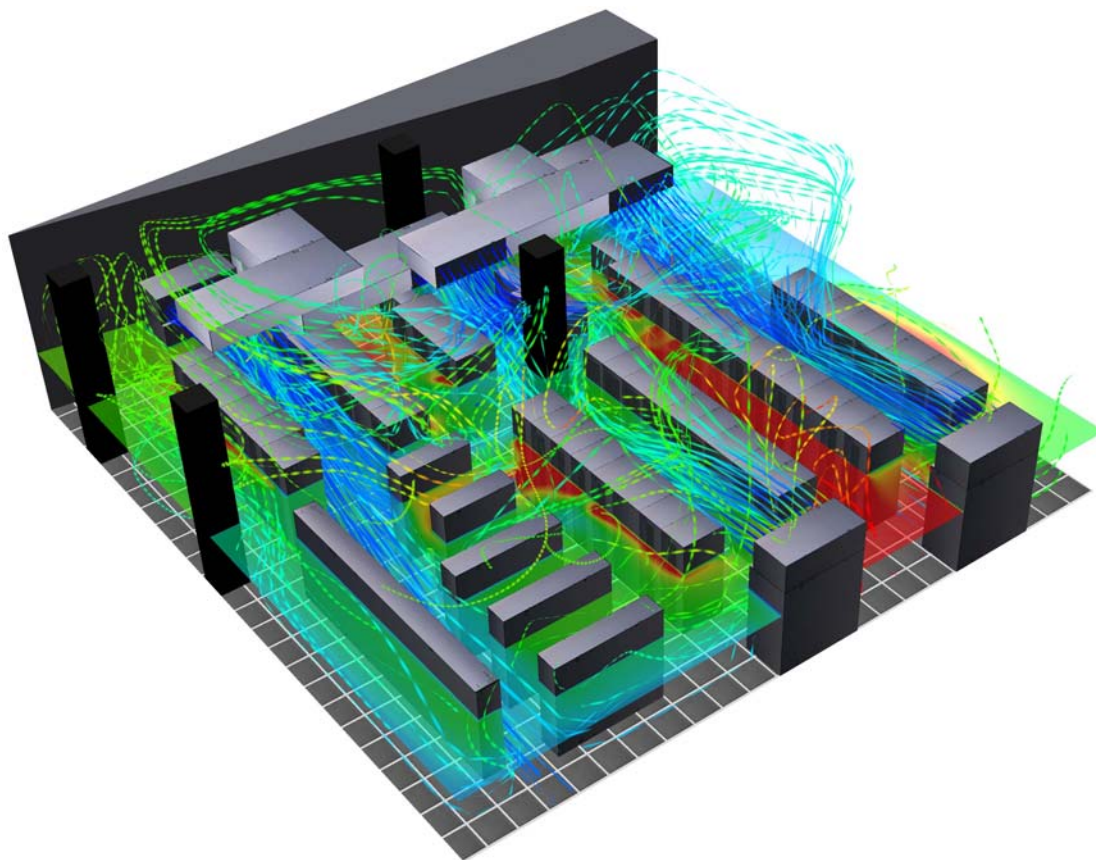


図2 – 通風と温度を示すデータセンタの計算流体力学（CFD）モデル
（APC Professional Services提供）

データセンタの全作業員が調査の基本的な知識を取得すること、また複雑・高額・高リスクな導入は専門家に調査を依頼することをお勧めします。

改良点の確認 – 基本的なデータセンタの状態

データセンタにはしばしばいくつか見落としている点があります。ブレードサーバ導入に影響する場合があるので、次の手順へ進む前にこれらの点を確認しておく必要があります。

- ブランクパネルを使用していない
- フリーアクセスフロアや通風システムの空気漏れ
- 不適切な通気循環
- 通気用フロアタイルの不適切な構成
- 使用していない床下配線の放置
- 不適切な空調の設定値

これらの問題に関する詳細は、APCホワイトペーパー #42『高密度サーバの適用に起因する熱の問題を解決するための10の手順』と#49『データセンタ（サーバラームおよび電算室）の冷却能力を損なう問題を回避する方法』を参照してください。

必要案件と優先条件の確認

ここまで、施設に付随する変更不可能な物理的制約について説明してきましたが、それ以外にも柔軟性のある制約や優先条件が存在します。それらの制約には絶対的なものもありますが、コストに引き合わない場合は緩和できるものもあります。これらの必要案件や優先条件によっては、ブレードサーバ導入オプションのいくつかが選択不可能になります。それらは以下の項目が含まれます。

運用の継続：

最も重要な必要案件として、運用中のデータセンタへの障害と動作中のIT機器へのリスクを最小限に抑えることが挙げられます。たとえば、ダウンタイムなしのスケジュールを組むことも可能です。

導入システムの高可用性：

導入後のシステムが最大限の可用性を保有することも最重要項目の一つです。これには電源と空調システムの冗長性が必要で、冗長性の確認テストも必須となります。

サーバをまとめて配置（高密度集合格納）：

ブレードサーバを最大限可能な範囲で同じ場所に格納するという、強い要望や要請が発生する場合があります。これには以下のような理由が挙げられます。

- 展示用または実験用のシステムである
- 床面積に限りがある
- 規制または法的要件により、すべてのサーバを一箇所に配置しなければならない
- データケーブル配線を容易にしたい
- IT機器をグループ化するために同じ場所に配置したい（例：すべてのWebサーバを同じ場所に配置）
- データセンタのエリアによって所有者が異なる
- 機器管理（例：アップグレード）を容易にしたい
- 費用削減ができるという間違った認識

最大密度で集合配置する方法は非常に費用がかかり、既存データセンタの構造改革や変更が余儀なくされます。結論を出す前に分散配置を含む代替方法を検討することをお勧めします。

継続導入の準備：

ブレードサーバを段階的に導入する場合、最初の導入は今後のための基盤を作ることになります。後続の導入の障害にならないような導入を心がけます。

期間：

ブレードサーバ導入までに時間がない場合、計画・契約・構成面で万全を期すことは困難です。

費用：

最小限の費用で導入することも主要優先条件に数えられます。導入方法の方向性を明白にする条件です。

導入方法の選択

既存施設の制約を理解し妥当なトレードオフを検討した後、基本となる5つの方法から導入方法を選択します。実際のシステムで主要制約となる空調問題を基準に導入方法を選びます。導入方法を決定後、電源問題を解決します。

導入方法の選択に影響を与える要因は導入密度です。ブレードサーバを最大限の密度で導入すると仮定している場合が多々ありますが、既存環境に導入するときは、必ずしも適切な方策とはいえません。実際、ほとんどのブレードサーバはモジュラ式のシャーシ構造を使用しており、ラックの最大密度以下での導入が可能です。たとえば、IBM BladeCenter™ は独立したシャーシの組み合わせで構成され、ラック1本あたり1~6台まで搭載できます。分散することによりブレードサーバの利点が消失するように見えますが、費用・システムの可用性・導入のスピードが向上します。既存環境への導入において特にこの傾向が顕著に現れます。

多くの既存環境はラック1本あたり2kW以下の電力密度で設計されています。このような環境にラック1本あたり10~30kWでブレードサーバを導入すると、電源と空調インフラが不均衡に消費され、一部のラックに電源と空調のすべてが過ぎ込まれることになり、最終的にデータセンタ内に利用不可能な未使用スペースができます。つまり、大部分の既存データセンタでは、ブレードサーバの配置を集中させることによって得られる利点はないといえます。既存のデータセンタではブレードサーバの分散配置が実用的で費用効率の高い方法です。**最大密度の集合配置でも費用効率を上げられるのは、高密度機器をサポートするように設計された新規の施設への導入、大規模な導入、確保できるスペースが非常に制限される場合のみです。**

したがって、どの程度、分散させるか（ラック1本あたりの搭載シャーシ数）という決定がブレードサーバ導入の鍵となります。ブレードサーバのブランドやモデルによっては分散に制限があります。たとえば、独立シャーシを採用したブレードサーバは簡単に分散可能ですが、バックプレーンシステムを採用したブレードサーバは特定の追加導入以外の分散はできません。この問題に関する詳細は、ブレードサーバのブランドについて解説しているAPCのアプリケーションノートを参照してください。異なるブレードシャーシ導入密度を前述の5つの導入方法に当てはめると、表2のようになります。

表2- ブレードサーバ導入基準
異なるシャーシ密度と導入方法の組み合わせ (推奨度表示)

ラック1本あたりのシャーシ数	負荷の分散	空調の借用	予備空調	高密度エリア	部屋全体
1	ほとんどのデータセンタに適応	すべてのデータセンタに適応	すべてのデータセンタに適応ブレードラックの隣接配置可能	代替方法と比較して費用効率が低い	代替方法と比較して費用効率が低い
2	データセンタの空調容量が著しく高い場合は適応	ほとんどのデータセンタに適応、隣接するラックは使用できなくなる可能性あり	すべてのデータセンタに適応ブレードラックの隣接配置可能	代替方法と比較して費用効率が低い新規ゾーンまたは列を高密度用に設定する必要あり	代替方法と比較して費用効率が低い部屋全体を高密度用に設定する必要あり
3	非実用的：典型的なデータセンタの容量を超えた電力密度	ほとんどのデータセンタに適応、隣接ラックの使用は不可能な場合が多い	熱環気用の空間またはダクトが必要ブレードラックの隣接配置可能	効果的に設計されたフリーアクセスフロア空調システムでも限界の供給量	代替方法と比較して費用効率が低い部屋全体を高密度用に設定する必要あり
4	非実用的：典型的なデータセンタの容量を超えた電力密度	データセンタに非常に高い空調容量が必要、ルール厳守	ブレードサーバと予備空調の組み合わせによっては可能	加熱排気除去システムが必要	加熱排気除去システム、部屋全体の再構築が必要
5	非実用的：典型的なデータセンタの容量を超えた電力密度	非実用的：典型的なデータセンタの容量を超えた電力密度	非実用的：一般的な予備空調装置の容量を超えた電力密度	加熱排気除去システムが必要	加熱排気除去システム、部屋全体の再構築が必要
6	非実用的：典型的なデータセンタの容量を超えた電力密度	非実用的：典型的なデータセンタの容量を超えた電力密度	非実用的：一般的な予備空調装置の容量を超えた電力密度	スペースに厳しい制約がある場合のみ可能。単一エリアにこの密度を保持するため多大な費用とルールが必要となる可能性あり	この密度を保持するには多大な費用、部屋全体の再構築、加熱排気除去システムが必要
	最小限の費用	最小限の費用	ラック1本あたり \$1,000~2,000 (約110,000~220,000円)	ラック1本あたり \$10,000~20,000 (約1,100,000~2,200,000円)	ラック1本あたり \$20,000~60,000 (約2,200,000~6,600,000円)
	費用 低 高				
	容易	計画要	運用の中断なし	大規模な設置、配管、配線	部屋全体のシステムの停止と再構築
	導入の複雑度 低 高				

推奨
 実行は可能 (推奨ではない)
 非実用的

表2は、6つの密度分散レベルと5つの導入方法を掛け合わせた30種類の組み合わせを示しています。11の推奨組（緑色で表示）と6つの実行可能な組（黄色で表示）があり、合計17組が実用的であるといえます。数千に上る優先条件や実際の制約、既存の状況データの組み合わせをこれら17組に当てはめて、最適な方法を選択します。それには広範囲に渡る分析やルールが必要であり、ソフトウェアのアルゴリズムと同様に処理することもできますが、その説明はこのホワイトペーパーの趣旨から外れるので説明は省きます。

分析用ツールの開発中に確認した注意要項を以下に示します。

- 室内のブレードサーバを搭載したラックの割合が全ラックの25%以上になると、電力と空調システム全体の再構築が必要になる。この規模で行われる導入では、一定期間データセンタを停止することが可能ではない限り、新規の部屋を構築することをお勧めします。
- 既存のデータセンタにブレードサーバを搭載したラックを1~5本導入する場合は、最大密度の25%~50%の範囲（例：ラック1本あたりシャーシ3台以下）で分散することをお勧めします。データセンタの運用への影響を最小限にし、導入費用を削減できます。ほとんどのデータセンタでは、非常に高密度なラックの導入にかかる費用は、数本分の追加ラック設置場所の取得にかかる費用を大きく上回ります。
- 大容量の空調と電源供給力が備わっているデータセンタでは、予備の空調設備を利用すると低費用で導入密度を上げることができます。

回避すべき方法

データセンタのオペレータがしばしば行う間違った方法や操作を以下に示します。これらの方法は実際に有効ではないだけでなく、状況を悪化させることがあります。

温度設定を下げる：

最も簡単かつ最も不適切な操作として、コンピュータ室空調装置の設定値を下げてデータセンタのホットスポットを解消する方法があります。この操作を行うと、空調装置の容量が減少し、加湿水の消費が驚異的に増加し、データセンタの稼働効率が著しく低下し、結果的に電気代が大幅に増えるといった現象が発生しますが、問題は解決されません。なぜなら、問題は通気であり、温度ではないからです。

通気用のフロア：

また、一見論理的と思われる手段にフリーアクセスフロアの通気用タイルをより通気性の高いタイルと交換するという方法があります。このタイルは、よくある穴あきタイルではなく、格子状のものです。隔離されたラックに使用する場合は効果がありますが、好ましくない副次的影響があります。このタイルを多用する場合は特に問題です。典型的なデータセンタでこのタイルを使用すると、他のエリアへの通風が減少します。また、タイル間で大量の不規則な通風が発生します。この問題の詳細は、APCホワイトペーパー #46『高密度にサーバを搭載するラックおよびブレードサーバの電力供給と冷却の対策』を参照してください。

ラック天井部のファン：

ファントレイをラック上部に設置する方法は広く採用されていますが、適切に設計されたITラックにはまったく効果がありません。サーバのオーバーヒートの原因はラック内の熱ではなく、ラック前面にあるサーバの吸気口から入り込む加熱排気です。そのうえ、ラック上部に取り付けたファン自体が多くの熱を放出するので、効果的にデザインされたデータセンターでも空調容量が下がります。多くの場合、導入目的を再考せず、古い慣習をそのまま引き継いでファントレイを取り入れようとします。環気の向上が目的の場合、ラックに対応している効果的な環気補助装置があります。詳細はAPCホワイトペーパー #42『高密度サーバの適用に起因する熱の問題を解決するための10の手順』を参照してください。

隔離されたラック：

ラックの隔離とは、列から離し、周囲に空きスペースを持たせてラックを配置することです。エリア密度を低くし、ラック専用の通気タイル数を増やすことが目的です。しかし、この方法ではラックの周りに集まった加熱排気が吸気口から取り入れられることになり、総体的な利点はありません。暖気通路（ホットアイル）・冷気通路（コールドアイル）と順に並べられた列にラックを配置し、ラック内の未使用部分をブランクパネルで覆い、冷気通路の幅を広くし、予備の空調装置を利用し、暖気通路からの熱気漏れを防ぐ、という方法の方がより高い効果を得られます。

結論

既存のデータセンターにブレードサーバを導入すると、データセンターの電源設備と空調装置に無視できないひずみが生じます。ブレードサーバへの電源と空調の供給にはさまざまな方法があり、既存設計の制約やデータセンターのオペレータの必要条件や優先条件によって、最適な導入方法は異なります。

このホワイトペーパーではブレードサーバ導入に関する問題点を述べ、各種の制約と必要条件による導入方法の選択とプロセスを紹介しました。

高密度の集合配置から発生する問題点はあまり知られていません。選択肢と利点を考慮すれば、既存の施設にはブレードサーバの分散導入が有効です。費用と時間を抑え、運用中のデータセンターに対する障害を少なくすることができます。

参考文献

- 1) APCホワイトペーパー #46 『高密度にサーバを搭載するラックおよびブレードサーバの電力供給と冷却の対策』
- 2) APC White Paper #29 『Rack Powering Options for High Density』
(英語版のみ<http://www.apc.com>参照)
- 3) APCホワイトペーパー #49 『データセンタ（サーバールームおよび電算室）の冷却能力を損なう問題を回避する方法』
- 4) APCホワイトペーパー #42 『高密度サーバの適用に起因する熱の問題を解決するための10の手順』
- 5) APC Application Note #76 『Configuring Data Centers to Support IBM BladeCenter Servers』
(英語版のみ <http://www.apc.com>参照)
- 6) APC Application Note #75 『Configuring Data Centers to Support HP BladeSystem p-Class Servers』 (英語版のみ <http://www.apc.com>参照)
- 7) APC Application Note #74 『Configuration of InfraStruXure for Data Centers to Support Dell PowerEdge 1855 Blade Servers』 (英語版のみ <http://www.apc.com>参照)

著者について

ニール・ラスムセンはAmerican Power Conversion社の創設者であり、CTO（最高技術責任者）です。重要なネットワークのための電力、冷却、ラックインフラに世界最大のR&D予算を注ぎ込こんでおり、彼はマサチューセッツ、ミズーリ、ロードアイランド、デンマーク、台湾、アイルランドに主要製品開発センタの運営を担当しています。現在、モジュール化された拡張性のあるデータセンタソリューションの開発を指揮しています。

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、学士号と修士号を取得しました。卒業論文は、トカマク核融合炉に対する200メガワットの電力供給に関する分析をテーマにしました。1979～1981年までは、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。