

# 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

ピーター・ハナフォード

White Paper # 42

**APC**<sup>®</sup>  
Legendary Reliability<sup>®</sup>

## 要約

今日ブレードサーバなど電力使用量の大きなサーバを 1 本のラックに多数搭載する際、データセンタ管理者は新しい問題に直面しています。サーバメーカーは、1 本のラックに多数サーバを設置した場合、1 本あたり最高 20kW の冷却を必要とする設計をしています。しかし、ほとんどのデータセンタの設計では、平均してラック 1 本あたり 2kW までの冷却しか念頭においていないため、冷却方法の再構築が必要になります。このホワイトペーパー # 42 では、冷却効率、冷却能力、そして既存のデータセンタの電力密度を向上させる 10 の手順を説明します。

## はじめに

図1のように、小型化された機器が隙間無く1本のラックに搭載されるようになると、消費電力や発熱量も増加し、一部のデータセンター（電算室、サーバールームを含む）では非常に温度の高いエリアが発生しています。フロア下から冷却を提供するフリーアクセスフロアと空調装置を備えた従来のデータセンターでは、CRAC（精密空調装置）の質と能力や床の高さに関わらず、任意のラックに3kW以上の冷却能力を提供することはまず不可能です。1本のラックに提供できる最大冷却能力は、フリーアクセスフロアのない部屋ではさらに小さくなります。



図1- ラックにIT機器を多数搭載した例

データセンターの冷却システムを設計する際の目的は、送風口からサーバの吸気口までの明確な空気の流れのルートを作ることです。同様に、空気がサーバから排出されて空調設備の通気孔に戻るまでの明確なルートを作る必要もあります。しかし、さまざまな要素により最大限の効果を得られない場合があります。

以下の10の手順には、冷却の非効率性の根本的な原因に対処するための手順が示されています。最も簡単でコストのかからない方法から順に説明していきます。

## 手順1. 「設備検査」の実行

自動車に対して定期的な整備が有効であるように、データセンターにも管理が必要です。データセンターがサポートする業務プロセスを維持し、将来発生しうる潜在的な問題を防ぐために、常に最高の状態で運用できるように管理する必要があります。冷却の問題に対処するために費用のかかるデータセンターの改修に取り掛かる前に、いくつかの検査を行って冷却システムに関する潜在的な問題を識別してください。温度に起因するIT機器の障害を防ぐため、これらの検査によってデータセンターの状態を判断します。こうした検査は、将来的に十分な冷却能力があるかどうかを評価するためにも使用できます。また、検査後にデータセンター運用の改善につながるように、現在の状態を把握しておく必要があります。

## 検査項目の例

- **最大冷却能力:** データセンタの全体的な冷却能力をチェックし、データセンタ内の IT 機器がその冷却能力を超過していないことを確認します。1 ワットの電力を使用すれば、これに対応するために 1 ワットの冷却が必要になります。需要が供給を上回れば、抜本的な再編成や、このホワイトペーパーで後ほど説明する「自己完結型」の高密度冷却ソリューションを使用する必要が出てきます。
- **CRAC (精密空調装置):** CRAC ユニットを使用して、計測した温度（入口と出口）と湿度の値が、設計時の値に沿ったものであることを確認します。測定点を確認し、必要であれば調整します。戻って来る空気の温度が室温よりも低い場合は、冷たい空気が IT 機器を通らずに直接 CRAC ユニットに戻っている可能性があります。また、すべてのファンが正しく動作し、アラームが機能していることを確認します。フィルタが汚れていないことも確認します。
- **冷却水や冷却装置の状態の確認:** 冷却水、外部冷却器、ポンプシステム、主要な冷却回路の状態を確認します。すべてのバルブが正しく動作していることを確認します。また、冷媒が必要量充填されていることを確認します。
- **室内の温度:** 計測位置は、通常、機器の列にはさまれた通路の中央に、ラック 4 本ごとに 1 ヶ所設置します。
- **ラック内の温度:** 各ラック前面の上部、中央部、下部で計測します。計測した温度を記録し、IT 機器のメーカーが推奨する吸気温度と比較する必要があります。
- **空気の流れの速度:** フリーアクセスフロアが空調のための空間として使用されている場合は、フロアの通気孔からの送風速度をチェックします。これにより、すべての通気孔やフロア通気口からの送風が均等であることを確認します。
- **フリーアクセスフロアの管理と障害物:** フリーアクセスフロア内にあるちりやほこりは、フロア通気口から吹き上げられ、IT 機器に吸い込まれます。ネットワークケーブルや電源ケーブルなどは、空気の流れを妨害し、ラックへの効果的なエアフローを妨げます。
- **ラック内のエアフロー:** ラック内の隙間や複雑なケーブル配線は冷却効率に影響を及ぼします。
- **通路とフロアタイルの配置:** フリーアクセスフロア内を冷却空間として効果的に使用するには、フロア通気孔と CRAC ユニートを効率的に配置することが必要です。

## 手順2. 冷却装置保守の実施

Uptime Institute社<sup>1</sup>のレポートによれば、同社が訪問したデータセンタの半数以上に運用上の欠陥が見つかったと報告されています。運用上の欠陥とは「適切でない冷却」を指しますが、その原因の一つは不十分または不適切な保守です。

以下のような欠陥が挙げられます。

- 空調装置内の熱交換機器の汚れによる空気の流れの閉塞
- 冷媒の漏れ
- 不適切な場所にある制御ポイント
- 較正されていない、または損傷のあるセンサー
- 配管の間違い
- バルブの故障
- ポンプの故障
- ポンプの不必要な動作
- フリークーリングシステムが装備されていない（外気温が非常に低い場合）

データセンタを効率的に運用するには、定期的な点検と予防的な保守が不可欠です。システムの点検がしばらく行われていない場合は、すぐこれらの点検を実施することをお奨めします。冷却設備メーカーが定める推奨ガイドラインを満たす、定期的な保守を実施してください。

---

<sup>1</sup> [www.uptime.com](http://www.uptime.com)

## 手順3. ラック内でのブランクパネルの取り付けとラックケーブル管理の導入

ラックの未使用スペースがあると、高温の排気が IT 機器の空気吸入口に循環する可能性があります。熱い空気が循環してしまうために、IT 機器が不必要に熱くなる可能性があります。

HP サーバの取扱説明書<sup>2</sup>には次のように記載されています。

注意: ラックの未使用スペースの前面には必ずブランクパネルを使用してください。これにより、適切な空気の流れが確保できます。ブランクパネルを取り付けずにラックを使用すると、熱による障害が発生する可能性があります。

この注意書きの説明は重要視されないことが多いため、結果として熱問題が発生します。ブランクパネルを取り付けると、冷たい空気がサーバの空気吸入口を迂回し、また熱い空気が循環することを防ぎます。図 2 は、ブランクパネルがラックのエアフローに与える影響を示します。

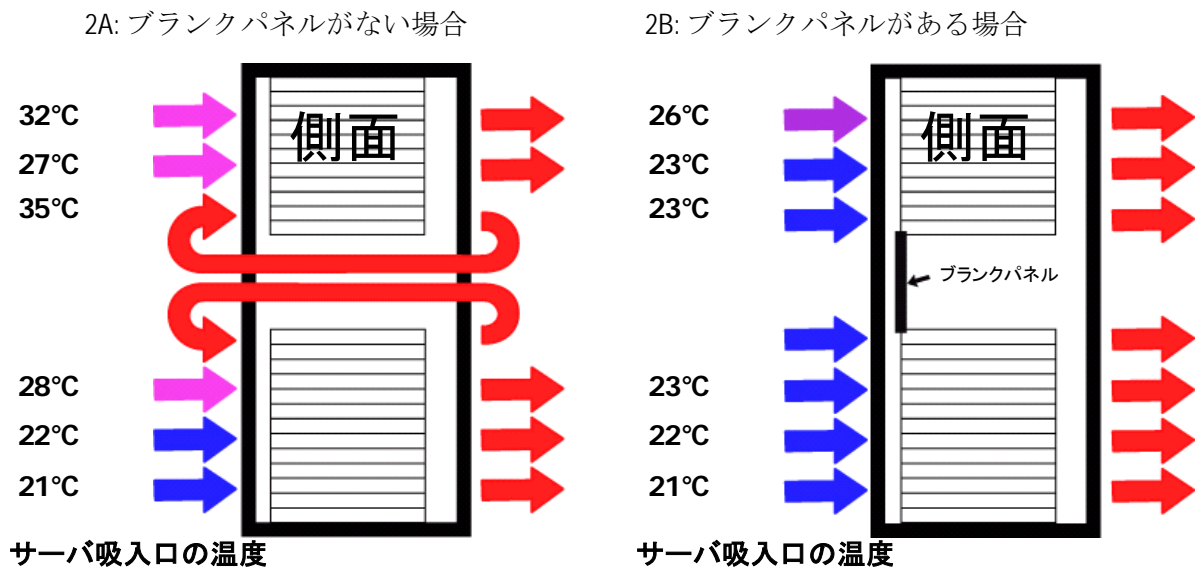


図 2 - ブランクパネルの取り付けが、サーバに入る空気の温度に与える影響<sup>3</sup>

詳細は、APC のホワイトペーパー # 44、「ブランクパネルを使ってラックの冷却効率パフォーマンスを改善する」に記載されています。

ラック内の空気の流れは、乱雑なケーブル配線にも影響を受けます。ラック内に多数のサーバ類を搭載すると、ケーブル管理という問題も発生します。図 3 からは、乱雑なケーブル配線により、IT 機器からの空気の排出を妨げている様子が分かります。

<sup>2</sup> HP Proliant DL360 Generation 3 Server Installation Guide [www.hp.com](http://www.hp.com)

<sup>3</sup> APC 研究所での実験 - APC ホワイトペーパー # 44 [www.apcc.com](http://www.apcc.com)



図 3 - 乱雑なケーブル配線の例

これらの問題を解決するために以下の手順が挙げられます。

- unnecessary ケーブルは取り除く。
- データケーブルは適切な長さに切り、必要に応じてパッチパネルを使用する。
- 機器への電力は、ラックに搭載されたラックマウント PDU から適切な長さのコードで供給する。

配線の問題を解決するためのラックアクセサリについては、APC の Web サイト <http://www.apc.com/jp/> を参照してください。

## 手順4. フリーアクセスフロア内の障害物の排除とフロア通気口の設置方法

フリーアクセスフロアの電算室やデータセンタでは、フリーアクセスフロア内が空調のための空間となり、精密空調設備から、冷たい空気はラック前側の穴の開いたフロアタイルまたはグリルの通気口を通りラック前面へ流れます。フリーアクセスフロアのスペースは、電源ケーブル、ファイバーケーブル、ネットワークケーブルなどにも使用されることが多く、水道管や火災検知および消火システムにも使用されます。

最初の設計の段階で、通常、必要な空気の流れを計算し、フロアの高さを設計します。ラックとサーバを追加すると、電源ケーブルやネットワークケーブルも増加します。またサーバやラックを移動する際に、余分なケーブルがフリーアクセスフロア内に放置されることがあります。特にクライアントの回転率の高いコロケーションおよびハウジング施設ではこの傾向が強くなります。

ケーブルをラック上部に配線することにより、この問題は解消されます。ケーブルをフリーアクセスフロア内に通す場合は、IT 機器に必要な 風量を提供するため、穴の空いたフロアタイルやグリル通気口から空気が流れるように十分なスペースを取る必要があります。理想的には、フリーアクセスフロア内の上部にケーブルトレイを使用し、フリーアクセスフロア内の下部は空調のための空間として機能するようにスペースを空けます。

フロアタイルが外れている場合は新しいフロアタイルを補充し、隙間を埋めます。フロアのケーブル口は不要な空気漏れの主な原因なので、ケーブルの周りに塞ぎます。使用していない穴のあるフロアタイルは、穴のあいていないフロアタイルに取り替えます。空のラックなどの前にあるフロアタイルも、穴のあいていないフロアタイルに置き換えます。

## 手順5. 発熱量の大きなラックの分散

高密度のラックがデータセンターの一部に集中して存在すると、ほとんどの冷却システムが非効率的になります。こうしたラックをフロア全体に分散させることにより、この問題を軽減することができます。以下のような例では、これが明白です。

### データセンターの設計上の特徴

フリーアクセスフロア面積: 465 m<sup>2</sup>

フリーアクセスフロア高さ: 762mm

UPS 負荷: 560kW

平均的なラックスペース: 116 m<sup>2</sup>

ラックの数: 200本

平均的なデータセンター出力密度: 1,204 W / m<sup>2</sup>

ラックあたりの平均的な出力密度: 2,800 W

通路や CRAC ユニットのスペースを考慮し、ラックがフロア全体の 4 分の 1 を占めると仮定すると、平均ラック密度は 2,800 W になります。フリーアクセスフロアの高さを 762mm とし、必要なフロア内のケーブル (電源用、データ用など) や CRAC の空気流量の特性などを考慮すると、追加のファン補助装置を使用しない限り、ラックあたり 3kW を超える冷却効果を期待することはできません。図 4 は、200 本のラックのうち 5 本が高密度ラックで、これらが 1 つの列に集中している様子を示しています。

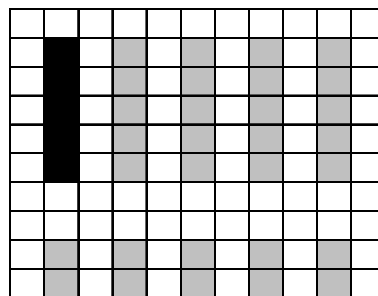
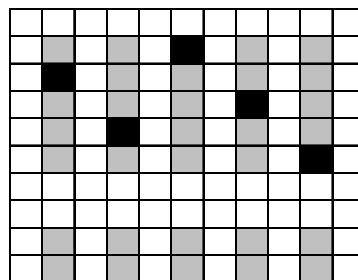


図 4 - 発熱量の大きなラックが 1ヶ所に集中しているデータセンター



5本の発熱量の大きなラックの負荷がそれぞれ10kWで、残りの195本のラックの負荷が2.6kWであると仮定すると、ラック全体の平均はラック1本あたり2.8kWとなり、理論上の冷却限度内に収まります。しかし、高密度の列の平均負荷はラック1本あたり10kWとなり、周囲のラックから空気を効果的に「循環させる」ソリューションまたは自己完結型のソリューション(このホワイトペーパーの手順9と10を参照してください)を使用しない限り、冷却システムで対処することはできません。

もう1つの解決方法は、図5のように発熱量の大きいラックを分散させることにより、冷却すべき熱量を平均化することです。



■ = 10kW ラック、その他のラックは2.6kW

図5 - 発熱量の大きなラックが分散しているデータセンタ

高密度のラックを分散させることが効果的である根本的な理由は、こうしたラックが隣接したラックの未使用の冷却能力を「活用する」ことができるからです。しかし隣接するラックがすでにその冷却能力をフルに使用している場合は、この効果は期待できません。

## 手順6. 暖気通路 (ホットアイル) と冷気通路 (コールドアイル) の配置

ほとんどのラックマウント型のサーバは、空気を前面から取り込み、背面から排出するように設計されています。すべてのラックが同じ方向を向いていると、1列目のラックが排出した熱い空気は、冷却用の空気や室内の空気と混ざり合い、2列目のラックの前面から取り込まれます。フリーアクセスフロア環境でのこうした配置を示すのが図6です。この場合、空気が列を順次通過していき、IT機器は熱い空気を取り込むことになりま。サーバの空気取り込み口が同じ方向を向くようにキャビネットを配置すると、機器に障害が発生するのは目に見えています。これはフリーアクセスフロアの環境でも、フリーアクセスフロアでない環境でも同様です。

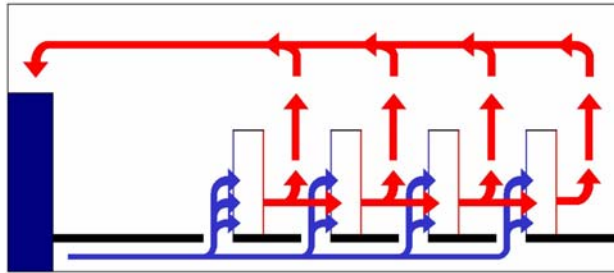


図 6 - 暖気通路と冷気通路の区別のないラック配置

最良の方法は、図7のように、暖気通路と冷気通路が交互に来るように機器の列を並べることです。冷気通路にはフロアに空気吹出口があり、サーバの前面(空気を吸入する面)が冷気通路に面するようにラックを配置します。熱い空気は空気吹出口のない暖気通路に向けて排出します。

この暖気/冷気通路の配置は、フリーアクセスフロアではない通常フロア環境にも適用できます。

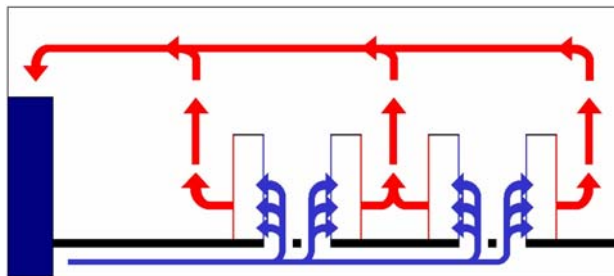


図 7 - 暖気通路 と冷気通路のラックの配置

## 手順7. CRAC ユニットの再配置

CRAC ユニットからの空気送出のための導管は、フリーアクセスフロアの通気口へ冷たい空気の経路を最適化するように正しく配置する必要があります。

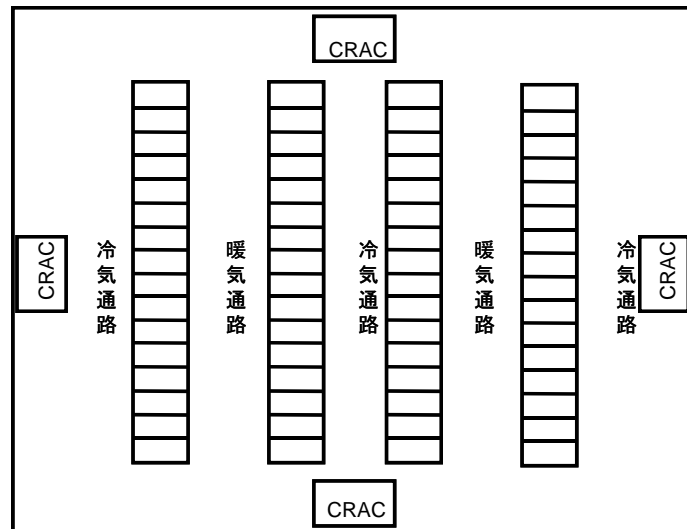


図 8 - 一般的な CRAC レイアウト

上の図 8 では、暖気通路と冷気通路ができるようにラックを配置した一般的な部屋のレイアウトを示しており、CRAC ユニットの配置は部屋の四辺に均等に設置されています。この例では、図の縦側の壁に沿って配置された 2 つの CRAC ユニットの冷気通路に近すぎるので、空気の流れはその通路のフロア通気孔をバイパスしてしまいます。通路の通気を良くするため、これらの CRAC ユニットの配置は、図の横側の壁に沿って配置する方が望ましいと言えます。

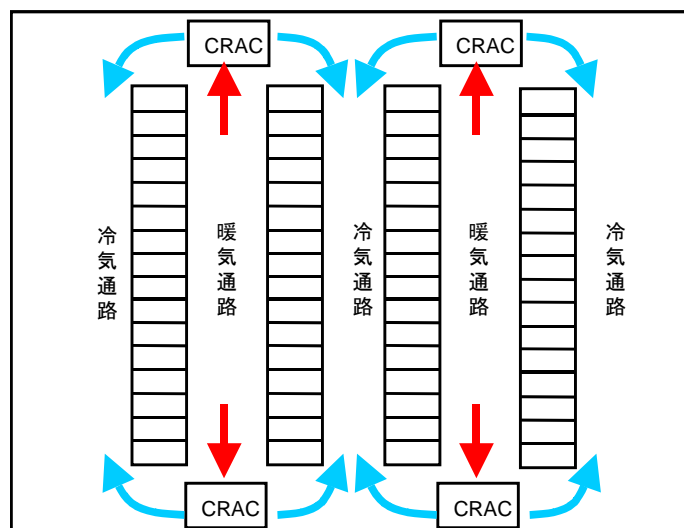


図 9 - 望ましい CRAC レイアウト

図 9 では、CRAC ユニットの配置は縦側の壁から横側の壁に移動し、暖気通路に正対しています。一般的には、冷気通路にあるフロア通気孔への空気の流れを作るため、CRAC ユニットの配置は冷気通路に正対すべきだと考えがちです。しかし、CFD (計算流体力学) 分析によれば、暖気通路からの熱い空気が CRAC の吸気口に戻るとき冷気通路を通るため、冷気と暖気が混ざり合い、ラックの前面 (吸気口) に供給される空気の温度が上がってしまいます。

## 手順8. フロア通気孔の管理

ラックのエアフローとレイアウトは、冷却パフォーマンスを最大化する上で主要な要素です。しかし、フロア通気孔が不適切な位置にあると、CRAC からの空気が機器に到達する前に熱い排気と混ざり、先に説明した一連のパフォーマンスと費用の問題の原因となります。不適切な位置にある空気供給/排出孔はよく起きる問題で、暖気通路と冷気通路の設計の利点をほとんど打ち消してしまいます。

空気供給孔について重要な点は、機器の吸気口になるべく近く配置し、冷気通路の冷たい空気を保つことです。フロア下から空気を供給する場合、これは、穴の空いたタイルを冷気通路にのみ配置することを意味します。天井から空気を供給するシステムでも、フリーアクセスフロアから空気を供給するシステムと同等の効果を生むことが可能ですが、この場合も空気供給孔を冷気通路の上に配置し、冷気通路に向けて下向きに空気を送る穴 (横向きに拡散させる穴ではなく) を使用することが重要です。フロア下からのシステムでも、天井からのシステムでも、使用していない機器の近くにある穴は閉じなければなりません。こうした穴を放置すると、空気が低い温度で CRAC ユニットに戻るため、除湿の必要性が高まり、CRAC のパフォーマンスが低下します。

フロア通気孔が CRAC の送風口に近すぎる場合は、図 10 に示すように負の圧力がかかり、室内の空気がフロア下に吸い込まれます。簡単な風速計により、正しい静圧がかかるように穴のあるタイルを正しく配置することができます。

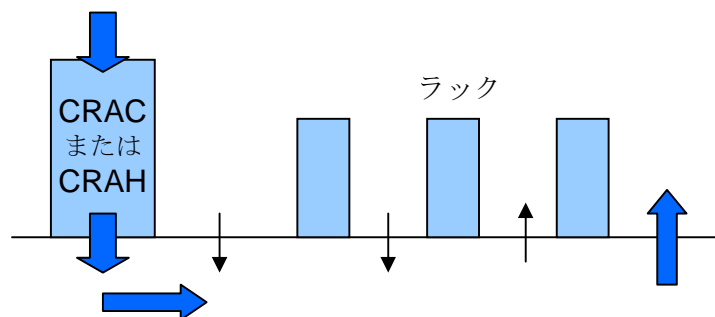


図 10 - フロア内に高速の送風がある環境での相対的な空気の動き

注意: ラックの方向はデータセンターによって異なります。上の例は、図 9 で推奨したものと異なりですが、上で説明した空気の流れのパターンを説明するためにここに記載しています。

吸気孔について重要な点は、これらを機器の排気口のできるだけ近くに配置し、熱い空気を暖気通路から集めるということです。熱い空気を集めるために吊り下げ式天井により空間を作り、吸気孔を暖気通路に合わせて配置することもできます。高くて大きな一括吸気天井を使用する場合の最良の方法は、CRAC ユニットの吸気設備をなるべく高い位置に設置し、可能であればダクトを使用して暖気通路に合わせて吸気設備を分散することです。数個の吸気孔しかない単純な吸気のための空間を暖気通路に合わせておおまかに配置する方が、部屋の壁に 1 つの大きな吸気口を設けるよりも効果があります。

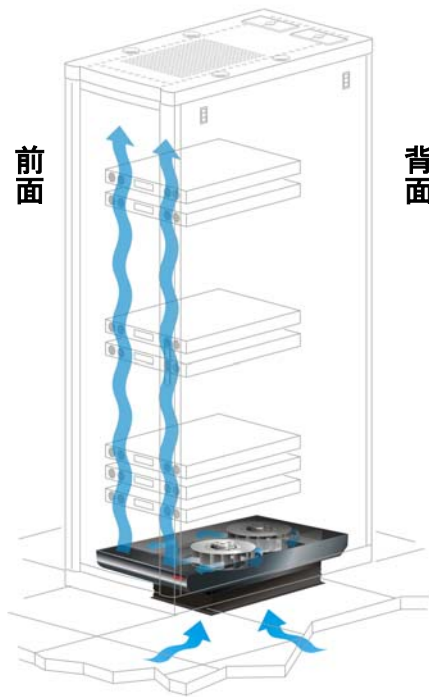
フリーアクセスフロアやダクトのない小さな部屋では、上向きまたは下向きに送風するCRAC ユニットの部屋の隅や壁沿いに配置することがよくあります。このような場合、冷氣通路に向けて冷たい空気を供給し、暖気通路から熱い空気を回収することが困難である可能性があります。こうした状況ではパフォーマンスは最適ではありませんが、以下の方法を採用することにより、冷却性能を向上させることができます。

- 上向きに送風するユニットでは、ユニットを暖気通路の端に置き、ダクトを追加して、CRAC からできるだけ遠い場所にある冷氣通路の上に冷たい空気を送り込みます。
- 下向きに送風するユニットでは、冷氣通路に向けて空気を下向きに送るように、ユニットを冷氣通路の端に配置し、暖気通路の上に吊り下げ式天井排気設備、または吊り下げ式の排気孔のある排気ダクト設備を追加します。

不適切に配置された吸気口に関する調査により、根本的な問題が明らかになっています。ある通路は熱く、ある通路は冷たいという状態が望ましくないと考える担当者があり、冷氣通気孔を暖気通路に移動し、熱い空気を冷氣通路に戻すことによって、これを解消しようとしています。つまり、優れたデータセンター設計である暖気通路と冷氣通路の分離する行為自体が欠陥であると担当者が誤って認識し、これを是正しようとして空気を混ぜ合わせることによって、冷却性能が低下し、システムの経費がかさむのです。暖気通路は熱くなければならないということを忘れないでください。

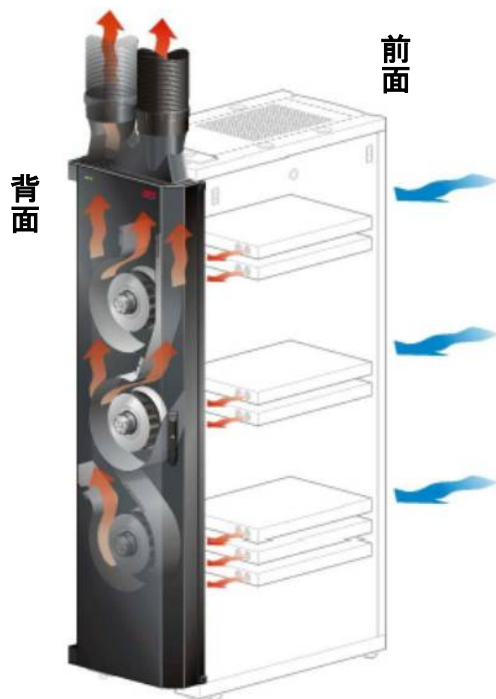
## 手順9. 送風補助機器の取り付け

全体的な平均冷却能力は十分であるけれども、高密度ラックの使用によって一部のエリアが熱い場合には、ファンを使用した送風補助機器を追加で取り付けることにより、空気の流れを改善し、冷却能力をラックあたり 3kW から 8kW に向上させることができます。APC の ADU (Air Distribution Unit) や ARU (Air Removal Unit) などの機器は、隣接するスペースから空気を効果的に「活用する」ことで機能します (図 11 と 12 を参照)。周りから空気を「活用する」ような機器には常に言えることですが、隣接するスペースから空気を取り込むことによって周辺のラックが過熱することがないように、機器を注意深く配置する必要があります。こうした機器は、停電時の過熱によるシャットダウンを避けるために、UPS と併用する必要があります。過熱は、停電後バックアップのディーゼルエンジンを作動して空調ユニットの運転を開始するまでの間にも発生する可能性があります。



APC の ADU のような送風機器をラックの一番下の U スペースに設置し、前面ドアとサーバの間に冷たい空気の「カーテン」を作るように空気を上に向かって垂直に送ります。冷気を効率よく循環させるために、ブランクパネル (手順 3 を参照) を必ず使用してください。空気はサーバを通過して暖気通路に排出され、部屋の空調システムによって冷却され、循環されます。

図 11 – Air Distribution Unit の設置



より高密度の環境では、ラックの背面を外して APC の Air Removal Unit を取り付け、空気を水平な面としてラックに取り込みます。空気は、サーバ機器のファンによって冷気通路からラックに取り込まれます。背面ドアにあるファンが熱い空気を回収し、部屋に (ARU の場合はダクトを通して) 排出され、部屋の空調システムに循環されます。ラック 1 本あたり 6-8kW の密度はこうした機器によって達成することが可能です。こうした機器を使用するには、ブランクパネルの使用が必須です。

\* 日本発売予定

図 12 – Air Removal Unit の設置

## 手順10. 自己完結型の高密度機器

ラック内の電力および冷却の要件が **8kW** を超えると、垂直な送風によってラック内にあるすべてのサーバの前面に、一定量の冷たい空気を送り続けることはますます困難になります。非常に高密度の環境(ラック 1 本あたり **8kW** を超える環境)では、ラックの上部から下部までを一定の温度に冷やすために、水平な面として冷たい空気を供給する必要があります。自己完結型の高密度冷却システムは、部屋の温度に影響を与えることはなく、室内から取り込んだ冷たい空気を同じ温度で室内に排出するか、密封されたラック内で空気を循環させます。

## 結論

ブレードサーバなどの最新 IT 技術を実装することは多くの利点があります。しかし、これらの機器には、既存の技術と比較して、ラック1本あたり **2 倍から 5 倍**の電力が必要です。それに伴って発熱量も増加し、これがダウンタイムの原因となる可能性もあります。機器の障害、原因不明のパフォーマンス低下、機器の寿命の短縮などを避けるには、冷却装置が、容量、効率、および冗長機能の設計時の値に沿って動作しているかどうかを確認するため、定期的な検査診断手段を実装することがこれまで以上に重要になっています。ここに説明した手順に従うことにより、データセンタがサポートする業務プロセスを維持し、将来発生する潜在的な問題を防ぐことができ、データセンタを最高の効率で機能させることが可能になります。

このホワイトペーパーの手順 **1** から手順**8** のガイドラインでは、一般的なデータセンタを元々の設計制限内で運用する方法について説明しています。手順 **9** と手順**10** では、高密度サーバアプリケーションに対応する「自己完結型」冷却ソリューションを実装することによって、一般的なデータセンタの冷却密度の現実的な設計制限を(大きな建築工事を行うことなく 乗り越える方法)について説明しています。

### 著者について:

**ピーター・ハナフォード (Peter Hannaford)** は、APC のヨーロッパ中近東地域担当製品マーケティングディレクターで、英国公認管理協会 (**British Chartered Management Institute**) および英国取締役協会 (**British Institute of Directors**) の会員です。これまでに全世界で延べ **10 万平方メートル**を超えるデータセンタ施設的设计と建設に携わってきました。