

サーバー冷却の未来

パート1

サーバーおよびデータセンターの冷却技術の歴史

要約

今日のサーバーは、かつてないほど多くの電力を必要としています。この電力の急増は、より高性能なサーバーの実現につながりましたが、このことは偶然にも従来型（空冷）のハードウェアを限界まで押し上げることになりました。水冷なしに最高性能のサーバーを実現することができないということは、近い将来、業界全体の課題になるでしょう。PowerEdgeサーバーを

ご利用のお客様がこの空冷から水冷への移行に先立ち水冷が必要な理由と時期を詳細に理解されることで、今後の移行に滞りなく対応され水冷が可能にする性能の向上に期待を寄せていただきたいと考えています。この3部構成のシリーズの第1回にあたる本編は、「サーバー冷却の未来」と題し、サーバーとデータセンターの熱関連技術の歴史（最も一般的に使用されている冷却方法と、今日の業界の成長に繋がった技術発展の軌跡）について説明します。

著者

Matt Ogle Todd Mottershead

『サーバー冷却の未来』が書かれたのは、次世代のPowerEdgeサーバー（およびそれ以降の世代）が特定の（高密度な）構成を実現するために水冷のサポートを必要とする可能性があるためです。私たちの目的は、水冷への移行が避けられない理由についてお客様にご説明し、これらの変化に備える支援をすることです。将来のPowerEdgeサーバーに水冷ソリューションを統合することで、次世代のIntel® Xeon®およびAMD EPYC™ CPU、DDR5メモリ、PCIe Gen5、DPUなどの新しいテクノロジーによるパフォーマンスが大幅に向上します。

この3回シリーズの第1回では、冷却に関する主要技術の歴史的な節目を振り返り、なぜ定期的な技術進化が必要であったかについて解説します。また、どのテクノロジーが時間の経過とともに進化したのか、そして今日の状況（サーバーとデータセンターの両方に対する熱関連技術の歴史的進化）についても説明します。

データセンターは十分な冷却なしでは存在できない

データセンターのサーバーは、連携して動作する多数の個別のテクノロジー機器で構成されています。これらの機器の多くは、動作に電力を必要とし、使用時に電気エネルギーが熱エネルギーに変換されます。

継続的に稼働するサーバーから発生した熱が大きくなりすぎると、望ましくない温度条件が生み出され、適切に管理されない場合は、コンポーネントとサーバーがシャットダウンしたり、あるいは、故障の原因となったりすることがあります。

熱は魔法のように消すことはできないため冷却技術は冷却媒体（空気、ガス、水）を利用し、熱を発生源から遠ざけて、その熱を安全に分散される場所（大気への開放など）へ移動することにより成り立っています。このようにして、データセンター内の機器は、過熱によるシャットダウンの脅威にさらされることなく確実に動作し続けます。デル・テクノロジーのサーバーは消費電力（消費電力 = 発熱量）を自動的に調整できますが、効果的な冷却ソリューションがなければ、データセンター内の熱の蓄積は最終的にサーバーが動作可能な温度を超え、サーバーが止まり、ビジネスに多大な経済的損失をもたらしてしまいます。

対応すべき2つの領域

冷却技術は、通常、サーバー内部とデータセンターのフロアの2つの領域にフォーカスして冷却設計が施されています。最新のデータセンターのほとんどは、両方の領域に対して戦略的に冷却を同時におこなっています。

- サーバー内部に採用されている冷却技術は、CPU、GPU、メモリなどのコンポーネントを含む、高密度の電子機器から熱を逃すことに重点を置いています。
- データセンターのフロアに採用されている冷却技術は、周囲の室温を低く保つことに重点を置いています。これにより、サーバー内およびサーバー内を循環する空気が、サーバーから生成される熱気よりも冷たくなり、対流する空気によってラックとサーバーを効果的に冷却します。

レガシーなサーバーの冷却技術

サーバーの内部を冷却するために、時間の経過とともに4つのアプローチが相互に構築されてきました。それらは、時系列でいうと伝導、対流、レイアウト、および自動化です。これらのアプローチは時間の経過とともに進歩しましたが、熱設計電力(TDP)の要件が高まっているため、これらすべての技術が同時に機能することが一般的になりました。

熱伝導は、サーバー冷却の進化の最初のステップであり、初期のサーバーが過熱することなく動作することを可能にしました。熱伝導は、表面接触を介して熱を直接伝達します。歴史的に、ヒートスプレッダーやヒートシンクなどの熱伝導冷却技術は、サーバーのホットスポットから熱を遠ざけるため恒久的に設置され、空気または液体の媒体を介して熱をボックスの外に移動させてきました。しかし、ヒートスプレッダーの能力は限られていたため、今日の業界標準であるヒートシンクに急速に置き換えられました。最も効果的なヒートシンクは、フラッシュベースプレートを用意した熱生産コンポーネントに直接取り付けられています。開発が進むにつれて、さまざまなデザインのフィン(それぞれに固有の値を持つ)がベースプレートにはんだ付けされ、利用可能な表面積が最大化されました。ベースプレートの製造プロセスは、押出成形から機械またはダイキャストに移行し、生産時間と材料の無駄を削減しました。材料は、アルミニウムのみから銅を含むように変更され、約40%高い熱伝導率を必要とするユースケースに使用されます。次の図に例を示します。

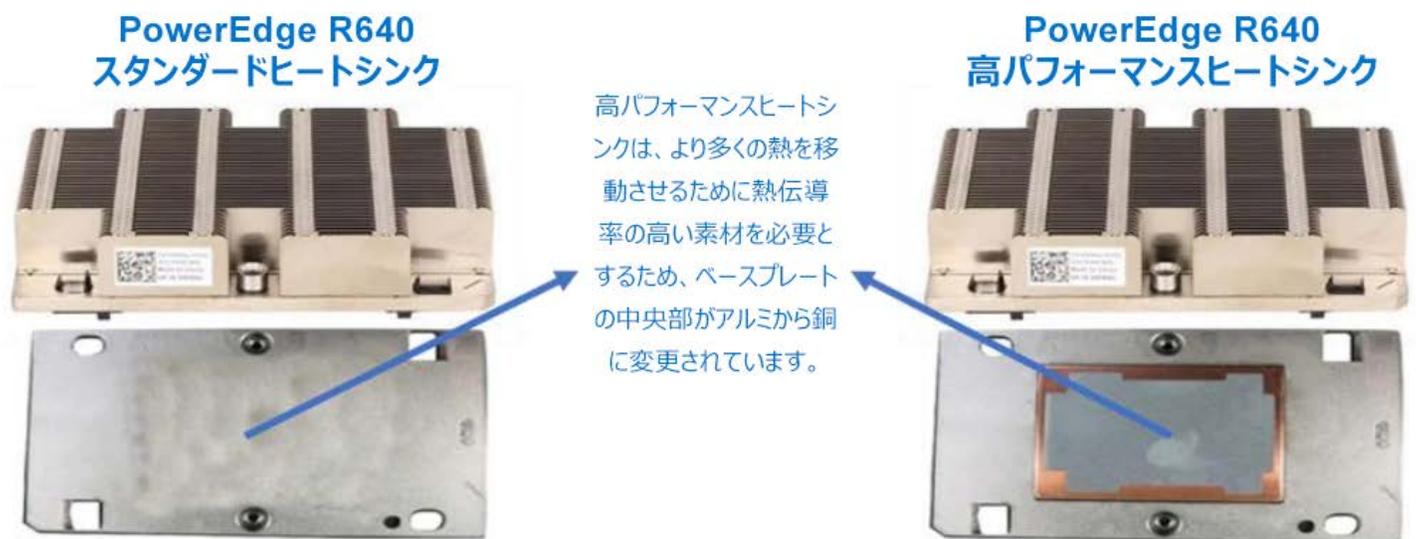


図1.ヒートシンクベースプレートは銅を使用して高出力をサポートします

対流冷却技術は、伝導冷却方法がもはや増大する電力負荷のみをサポートできなくなったときに、サーバーのアーキテクチャに導入されました。対流は、空気や液体などの媒体を介してサーバーの外部に熱を伝達します。対流は伝導よりも効率的です。この2つを一緒に使用すると、効果的な冷却システムが形成できます - 伝導はホットスポットから離れた場所で熱を蓄え、対流はその熱をサーバーから押し出します。

このプロセスでは、ファンやヒートパイプなどの技術が一般的に使用されています。ファン技術の進化は目覚ましいものがあります。ファンメーカーは、大規模な研究開発を通じて、ファンの深さ、ブレード半径、ブレード設計、および材料を最適化し、独自のユースケース向けに数十の製品を提示しました。次に、必要なエアフロー(CFM = Cubic Feet per Minute)や電力/音圧/スペース/コストの制約などの要因を鑑みて、設計者は最も適切なファンを指定します。また、内部温度に基づいてファン速度を制御する可変速ファンも導入され、電力使用量を削減しました。ヒートパイプはまた、効率を最適化するために様々な設計変更を行っています。最も人気のあるタイプは、銅管や焼結技術を使った銅管に冷却液を流して使うものです。今日それらはCPUヒートシンクベースに埋め込まれ、CPUと直接接触し熱を集めたりリモートヒートシンクのフィンの上に配置されることが多くなっています。

レイアウトとは、サーバー内のコンポーネントの配置のことです。伝導技術や対流技術が進歩するよりも速い速度で部品の電力（発熱）要件が増加するにつれて、設計者は既存の冷却技術の効率を最大化する新しいシステムレイアウト設計に変更することを余儀なくされました。レイアウト設計の最適化に関するいくつかの重要なポイントは、時間の経過とともに進化してきました。

- ・エアフロー上の障害物の除去
- ・発熱部品に焦点を当てたエアフローチャンネルの形成
- ・システムレイアウトを対称的に配置することにより、サーバー内のエアフローのバランスをとる

自動化は、サーバー・インフラストラクチャーをより細かく制御するために使用される新しいソフトウェア・アプローチです。自律型インフラストラクチャーにより、サーバーコンポーネントと冷却テクノロジーの両方が、ワークロード要件に基づいて必要に応じて強力に動作することが保証されます。これにより、電力使用量が削減され、熱出力が減少し、最終的には周囲の冷却技術の強度が最適化されます。前述のように、可変ファン速度はこの動きの基礎となるもので、いくつかの興味深いイノベーションが続いています。適応型クローズドループコントローラーは、熱センサー入力とパワーマネジメント入力に基づいてファン速度を制御するように進化してきました。パワーキャッピング機能により、過酷な熱条件下での性能への影響を最小限に抑えながら、稼働を確保します。Dell PowerEdgeサーバーの場合、iDRACを使用すると、システムエアフロー消費量、カスタムデルタT、カスタム PCIeインレット温度、排気温度制御、PCIeエアフロー設定の調整などの組み込み機能を使用して、熱に関する問題をリモートで監視および対処できます。次の図は、これらのiDRACによる自動化の流れを示しています。



図2.デル独自のiDRACシステム管理によって実現されるサーマルオートメーション

レガシーなデータセンターの冷却技術

対流による熱伝達は、ファンによって移動される吸気がサーバー内の加熱空気よりも冷たくない場合、役に立たなくなります。このため、データセンター室の冷却はサーバーの冷却と同じくらい重要であり、2つの方法は互いに依存しています。データセンターの冷却に対する3つの主要なアプローチは、時系列でいうと上げ床（フリーアクセスフロア）、ホットアイルとコールドアイル、コンテインメント（封じ込め）の3つで進化してきました。

上げ床（フリーアクセスフロア）は、データセンターを冷却するための最初のアプローチでした。当初は、チラーとエアハンドリングユニット（AHU）やコンピュータールームエアコン（CRAC）を使用して、大量の冷却された空気をデータセンターに送り込んでおり、これで十分でした。しかし、空気の分布は設計・管理されておらず混沌としており、高温または低温の空気の流れ専用の経路がなかったため、サーバーの排熱や、押し込んだ冷気がそのまま空調機にもどる再循環などの多くの非効率性を引き起こしました。増大する電力需要に対応するために調整が必要だったため、データセンターのフロアプランは、ソリッドタイルの代わりに穴あきタイルを備えた上げ床システムを持つように再設計されました。これにより、CRACユニットなどによって生成された冷たい空気が、床上の熱に影響されることがなく床下を移動できるより確実な経路が提供されました。

その後、熱密度と効率の向上の要求を満たすことができないときに、上げ床システムを補助するために、ホットアイルとコールドアイルラックの配置が実装されました。この構成では、サーバーラック列の両端でサーバーの吸気側（冷気）同士とサーバーの排気側（暖気）同士が向かい合っています。その後、対流が生成され、気流の改善に役立ちました。しかし、この構成では、上げ床の上の空気の流れが混沌状態のままであったため、増大するデータセンターの要件の要求を満たすことができませんでした。効率を最大化するには、他の何かが必要でした。

コンテインメント（封じ込め）冷却システムのアイデアは、上げ床の上で冷気と熱風が混ざり合うという乱流の性質を解決するために広まりました。物理的なバリアを使用して、冷却されたサーバーの吸気と加熱されたサーバーの排気を分離することで、データセンター管理者は最終的に気流をより厳密に制御することができました。コールドアイルコンテインメントやホットアイルコンテインメントなど、コンテインメント（封じ込め）技術にはいくつかのバリエーションがありますが、冷たい空気が熱い排熱と混合するのを防ぐためのものであるという前提は同じです。コンテインメントシステムは、データセンターの冷却効率を高め、エネルギー消費を削減し、データセンターのレイアウト内の柔軟性を高めました（ラックを特定の位置に整列させる必要があるホットアイルとコールドアイルラックの配置とは対照的に）。コンテインメント（封じ込め）冷却は、今日、上げ床システムと組み合わせて一般的に使用されています。次の図は、ホットアイル閉じ込め構成がどのように見えるかを示しています。

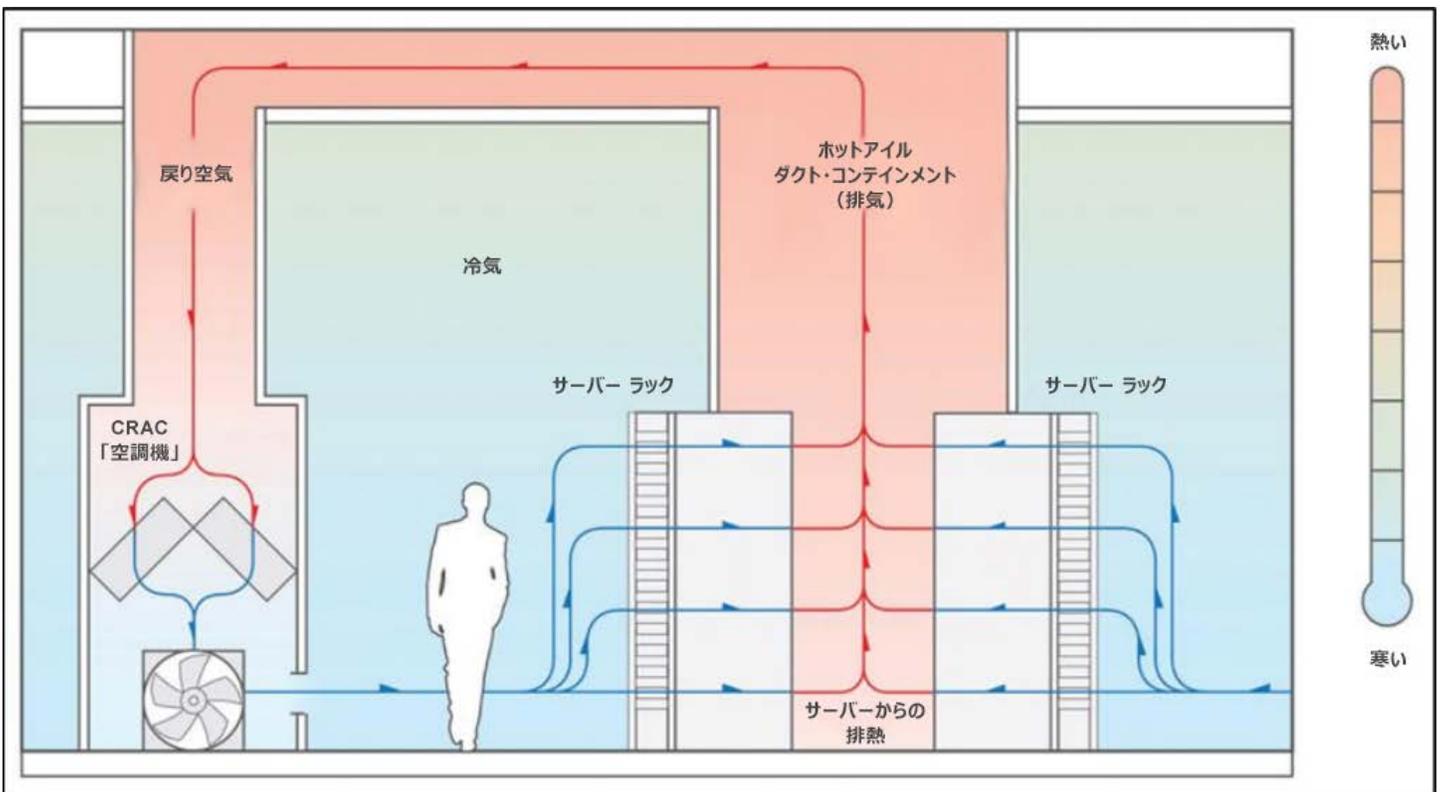


図3.ホットアイルコンテインメントエンクロージャ図 提供：Uptime Institute

次の技術は？

これらの熱関連技術の歴史的な進化が、サーバーとデータセンターのテクノロジーの進歩を助け、イノベーションとビジネスの成長の機会を可能にしたことは明らかです。次世代のPowerEdgeサーバーでは、テクノロジー機能が前例のない規模で飛躍的に向上し、新旧の水冷技術を駆使して、お客様を新しいステージへ導く準備ができています。この3回シリーズの第2回では、次世代のPowerEdgeサーバーで電力（発熱）要件がこれほど大幅に上昇する理由、それによってもたらされるメリット、そして、お客様のインフラストラクチャーを冷却し安全に保つためにデル・テクノロジーズ株式会社が提供する水冷ソリューションについて説明します。

[デル・テクノロジーズ ソリューションの詳細はこちら](#)

[専門スタッフへのお問い合わせ](#)



この記事
共有する



Copyright © 2022 Dell Inc. or its subsidiaries. All Rights Reserved. Dell Technologies, Dell, EMCの製品およびサービスにかかるその他の商標は米国 Dell Inc. またはその子会社の商標または登録商標です。その他の社名及び製品名は各社の商標または登録商標です。本事例は情報提供のみを目的としています。事例内容および事例内に記述された役職名は2022年2月に行われた取材時のものです。Dell Technologiesは、本事例の表現または暗示された内容にいかなる保証もいたしません。

デル・テクノロジーズ株式会社 〒100-8159 東京都千代田区大手町一丁目2番1号 Otemachi One Tower 17階
<https://www.delltechnologies.com/ja-jp/index.htm>