

# HP Zクーラー



HP Z440およびHP Z840 Workstationでの3Dベイパー  
チャンバーおよび新設計の六角フィンによる冷却  
ソリューション



## 目次

騒音とは何か.....	2
ワークステーションの動作音.....	3
騒音を減らす.....	4
冷却テクノロジー.....	4
従来の冷却手法.....	4
水冷（リキッドクーリング）.....	5
3Dベイパー チャンバー.....	6
3Dベイパー チャンバーとは.....	6
3Dベイパー チャンバーのしくみ.....	7
3Dベイパー チャンバーの熱サイクル.....	7
3Dベイパー チャンバーの利点.....	7
六角フィン（ハニカム状）熱交換器.....	8
異なる長さのフィンを交互に配列したフィン エッジ.....	9
HP Zクーラーの音に関する利点.....	10
環境への配慮.....	10
まとめ.....	10

## 概要

ワークステーション製品の処理能力は、ここ10年で飛躍的に向上しました。メモリ サイズ、グラフィック機能、大容量記憶装置、およびプロセッサ パフォーマンスのすべての技術的な進歩が、さらに強力なデスクトップ システムやデスクサイドシステムを創り出すことに貢献しています。

このようなシステム パフォーマンスの革新的な変化により、消費電力が増加し、結果として放熱要件が高まりました。たとえば、周波数の高いIntelシングル プロセッサ ファミリの消費電力は、わずか数世代で95 W (Intel® Core™2 Quad Q9650) から140 W (Intel® Xeon® E5-1680 v3) に増加しました。

これらのプロセッサやその他重要なコンポーネントを絶えず冷却するために、従来の冷却システムでは複数のファンを追加してワークステーションのシャーシ外に放熱しています。HPではPersonal Workstationに最新テクノロジーを活用することを非常に重視しており、冷却システム分野も例外ではありません。HP Z Workstationはすでに静音性を備えています。HP Z440およびHP Z840 Workstation用の新製品である革新的なHP Zクーラーは、異なる長さのフィンを交互に配列した熱交換器を備えた3Dベイパー チャンバーの相変化冷却を使用することで、騒音をさらに抑制してプロセッサのパフォーマンスを高めます。

図1 : HP Zクーラー (Z440用)



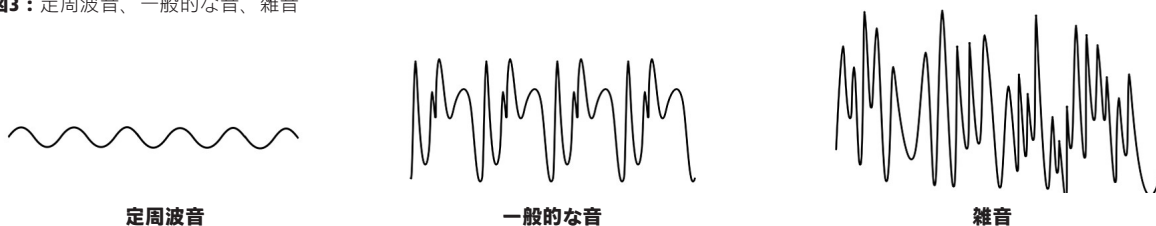
図2 : HP Zクーラー (Z840用)



## 騒音とは何か

振動源から発生する圧力波により音が生成されます。圧力波は人間の耳によって検出されて電気信号に変換されます。騒音は一般的に、正弦波 (定周波音) やいくつかの定周波音の組み合わせ (一般的な音) とは異なり、不規則で非周期的な振動だと考えられています (図3を参照)。

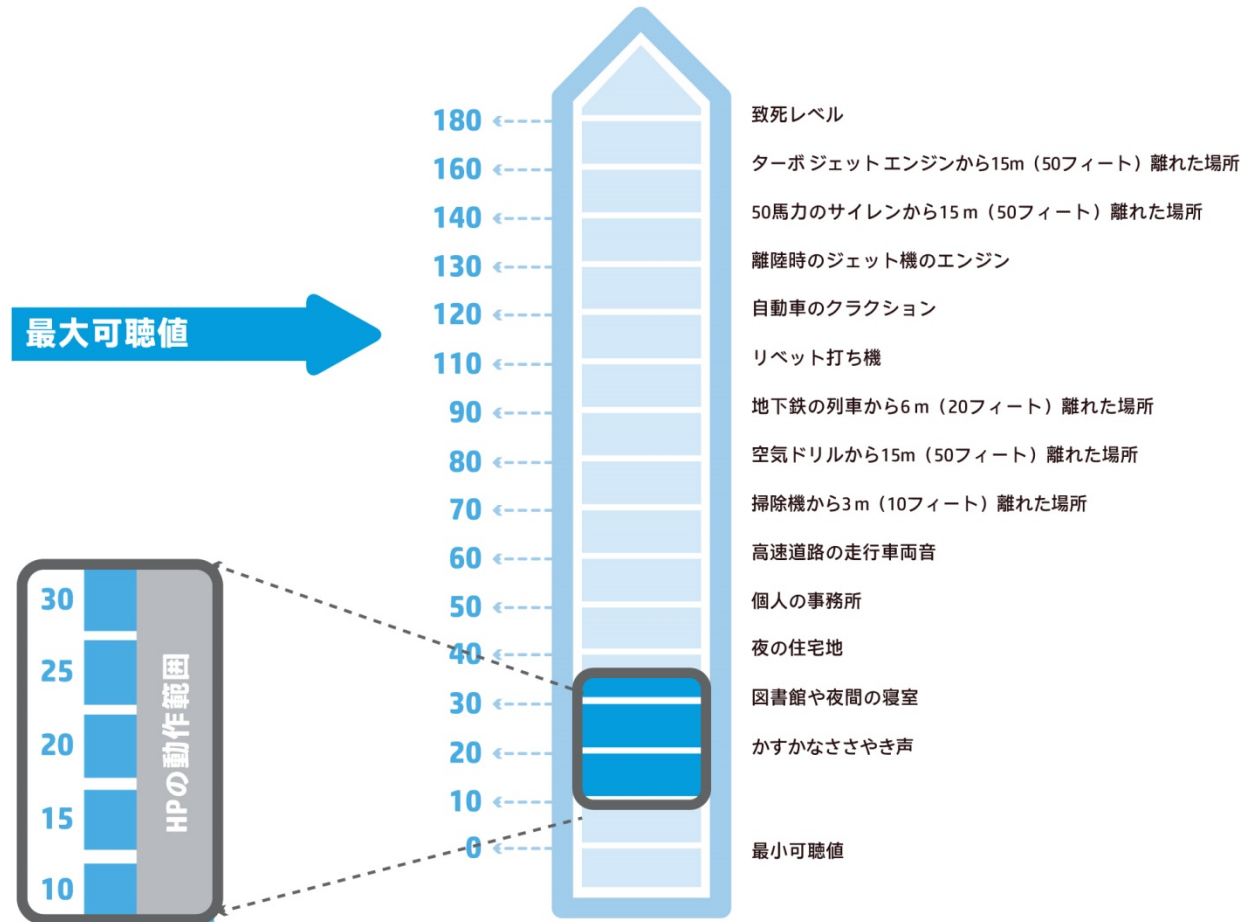
図3 : 定周波音、一般的な音、雑音



騒音はA特性音圧としてデシベル（dBA）単位で通常測定されます。A特性は、人間の耳が特定の周波数を別の周波数よりもうるさいと感じたり静かだと感じたりすることを説明しようとしたものです。デシベルは対数尺度で、10デシベル（dBA）は音圧が10倍変化することに相当します。音が10 dBA大きくなると、一般に2倍うるさく感じられます。

HP Z440およびZ840 Workstationは通常10 dBAから35 dBAの範囲で動作します。図4に、一般的な音のデシベル レベルの尺度を示します。

図4：デシベル（dBA）単位での一般的な音圧レベル



## ワークステーションの動作音

動作音が発生する原因はワークステーション内の複数のコンポーネントです。たとえばハードディスクドライブ（HDD）、光ディスクドライブ（ODD）、水冷（リキッドクーリング）ポンプ、ファン、空冷ファンなどがあります。通常はファンと空冷ファンが最も大きな動作音を発生させます。ワークステーションにはさまざまな機能を持つ複数のファンおよび空冷ファンが搭載されています。シャーシ内部からの排気にも使用されるものもあれば、グラフィックカード、メモリ、およびプロセッサの冷却にも使用されるものもあります。ファンまたは空冷ファンの回転速度は冷却要件に依存します。余分な熱を除去するためにファンの速度が増すと、それに応じて動作音も大きくなります。

## 騒音を減らす

ファンの速度すなわち騒音を抑制するには、発生する熱の量を減らすか、もっと効率の良い冷却メカニズムを使用するという2つの方法があります。たとえば、プロセッサの周波数を下げたり、アクティブなプロセッサ コア数を減らしたりすることも、熱の発生抑制につながります。しかしこの方法ではシステム パフォーマンスが低下します。パフォーマンスはワークステーションにとって重要な価値提案であるため、パフォーマンスの低下は許容されません。したがって、通常は冷却システムの効率を高めることが、騒音を低下させる最も効果的な方法です。

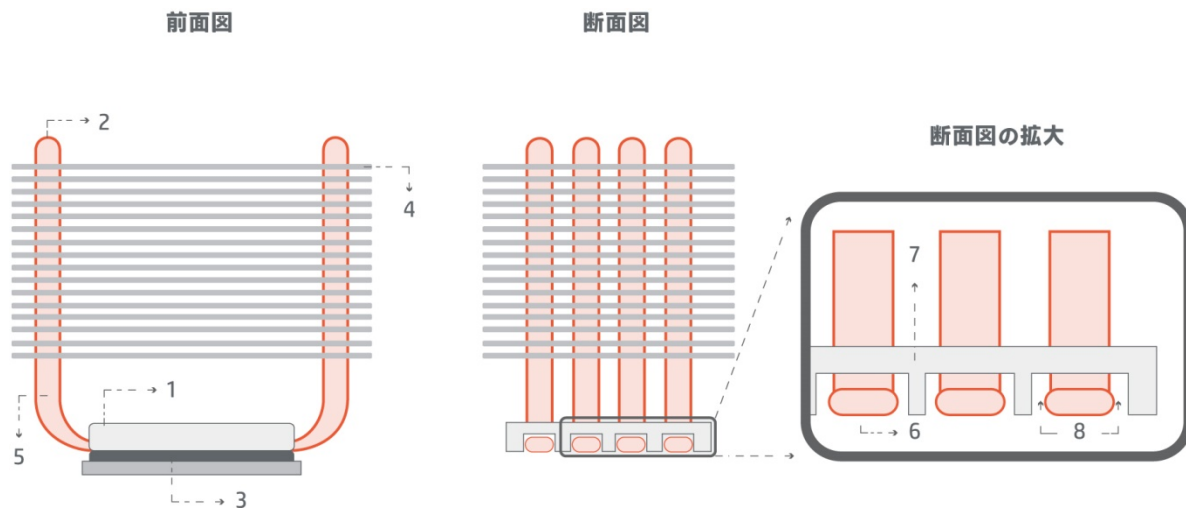
## 冷却テクノロジー

### 従来の冷却手法

従来のプロセッサ クーラー（図5を参照）は、アルミブロックなどのヒート スプレッド (#1) に、ヒート パイプ (#2) を圧入またははんだ付けして使用することで、プロセッサ (#3) の上部から熱を除去します。ヒート パイプ (#2) の向かい合う両端は、熱を放出するための「フィン スタック」とも呼ばれる熱交換器 (#4) を貫通しています。この設計の主な欠点は、次の通りです。

- ヒート パイプはプロセッサ上に広がる水平状態からフィン スタックを貫通する垂直状態になるように曲げる (#5) 必要があります。曲げることでヒートパイプの熱容量が減少し、50パーセント減少することもあります。
- ヒート パイプはパイプ状で、プロセッサとの接触域を増やすために平たくする (#6) 必要があります。平たくすることによってヒートパイプの熱容量が減少し、50パーセント減少することもあります。
- ヒート パイプと別のヒート パイプの間には隙間 (#7) があり、これがプロセッサの上部との接触域を制限するため、ヒート スプレッドの使用が必要になります。
- ヒート スプレッドはヒート パイプより熱伝導率が10倍から100倍低く、ヒート スプレッドが大きくなるほどアセンブリの全体的な熱伝導率が低くなります。
- ヒート パイプの周りには、ヒート パイプに固有の空隙があります (#8) 。空気は熱伝導率が金属に比べて数桁小さい、伝導性の低い熱伝導体です。ヒート スプレッドとヒートパイプの間の熱伝導の効率を高めるには、これらの空隙を金属（はんだなど）または別の熱伝導体（熱グリースなど）などで埋める必要があります。これらの空隙は、たとえ埋めたとしてもプロセッサ上部のホットスポットになります。

図5：従来のヒートパイプクーラー

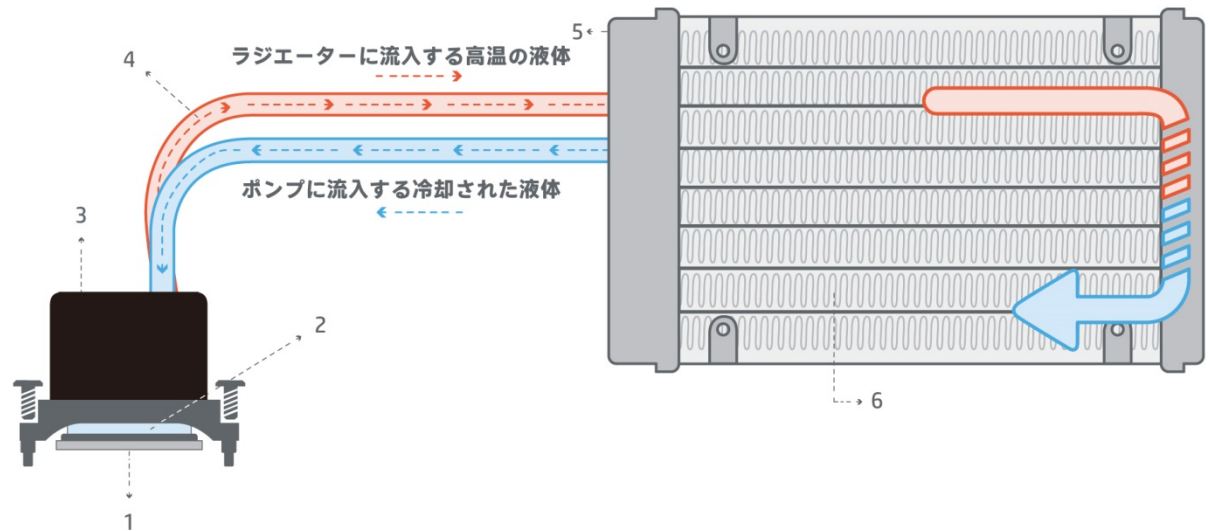


## 水冷（リキッドクーリング）

ポンプ駆動型の水冷（リキッドクーリング）システム（図6を参照）では、プロセッサ（#1）と接しているヒート スプレッドは「冷却板」と呼ばれます。冷却板（#2）は、液体を循環できる流路を内部に備えた金属ブロックです。ポンプ（#3）は液体を冷却板の内部に圧送して熱を取り込み、ホース（#4）を通して液体を熱交換器（#5）に循環させて放熱します。この設計の主な欠点は、次の通りです。

- アセンブリが冷却板（#2）、ポンプ（#3）、ホース（#4）、および熱交換器（#5）で構成されるため複雑になります。
- 熱交換器はラジエーターとも呼ばれ、自動車用ラジエーターの縮小型のような構造です。これは通常、狭い間隔で設置された多くの列のフィン（#6）があり、通気に対する抵抗が大きくなります。通気に対する抵抗が大きくなると、冷却ファンからの騒音が大きくなります。
- ラジエーターは概して大型で、シャーシ内部の貴重な空間を占有します。
- ポンプとホースを接続することで、潜在的な障害点も増えます。
- ポンプは液体のみ移送できます。液体の相が変化した場合（蒸発または凍結）、ポンプは予期された動作を停止し、多くの場合、破損します。

図6：ポンプ駆動型の水冷（リキッドクーリング）システム



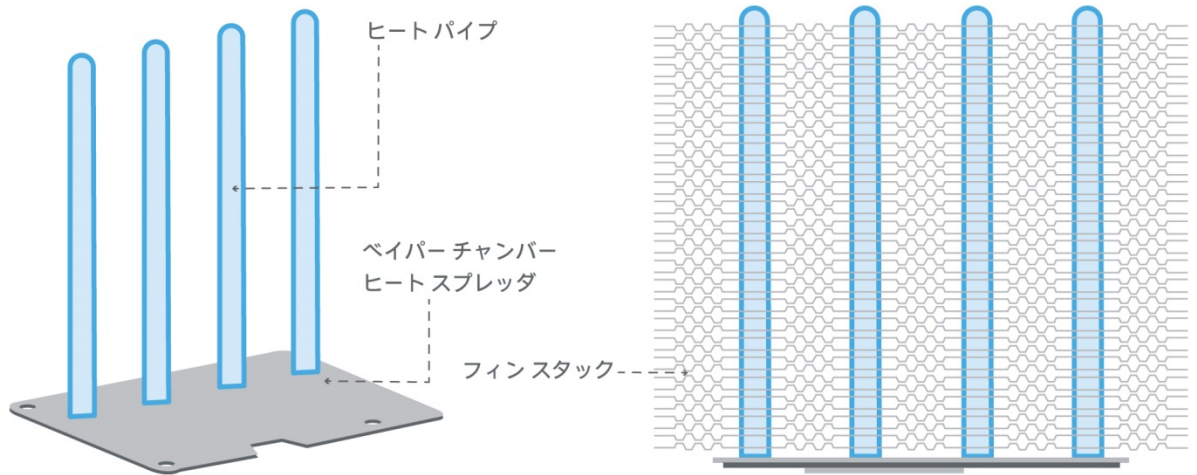
## 3Dベイパー チャンバー

HP Zクーラーの場合、ヒート スプレッドとヒート パイプ（または冷却板とポンプ）に代わって単一の3Dベイパー チャンバーが使用されます。

### 3Dベイパー チャンバーとは

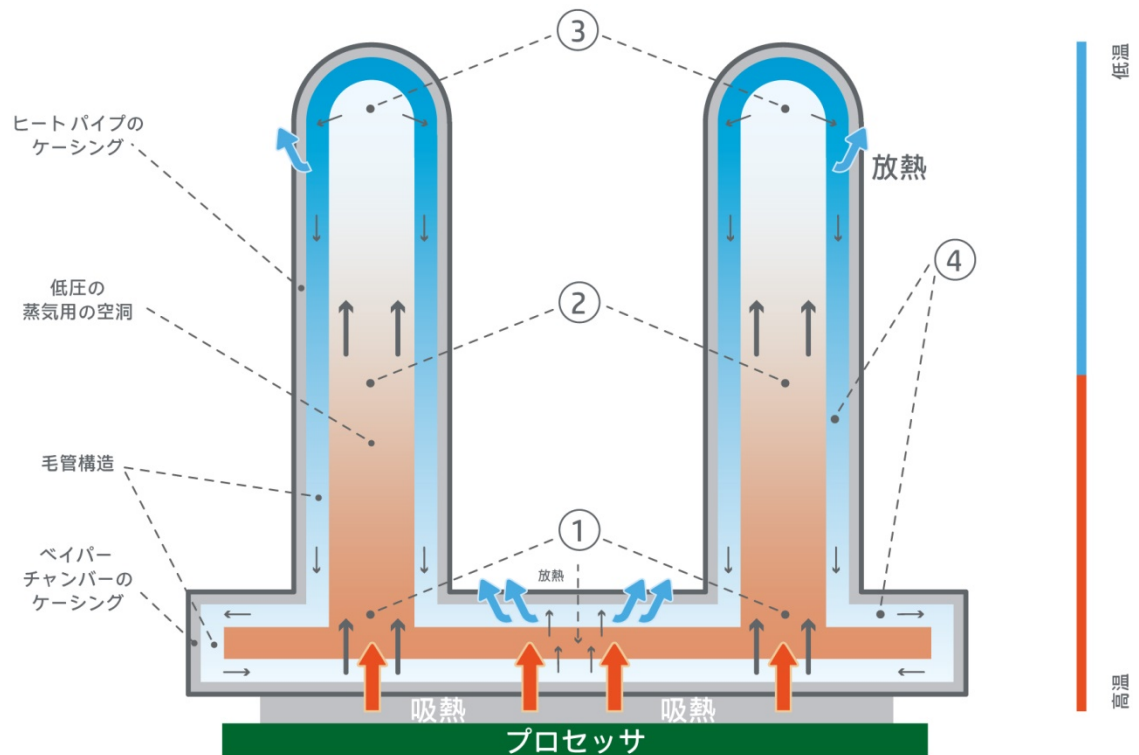
3Dベイパー チャンバーは、1つまたは複数のヒート パイプを備えた複合型のベイパー チャンバー ヒート スプレッドで（図7を参照）、同じ熱サイクル（蒸発および凝結）を持つ単一ユニットに結合されたものです（図8を参照）。

図7：3Dベイパー チャンバーおよびフィン スタック



### 3Dベーパーチャンバーのしくみ

図8：3Dベーパーチャンバーの動作



### 3Dベーパーチャンバーの熱サイクル

1. ベーパーチャンバーの高温側で、作動流体が蒸発し、エネルギーを吸収して圧力勾配を形成します。
2. 圧力勾配によって、蒸気はベーパーチャンバーの空洞を通過して低温側に移動します。さらに蒸気は各ヒートパイプの低圧の空洞に沿って低温側の端部に移動します。
3. 蒸気は凝結して毛管構造により吸収され、エネルギーを放出します。
4. 毛管力により作動流体は毛管構造を通過してベーパーチャンバーの高温側に移動し、熱サイクルが繰り返されます。

### 3Dベーパーチャンバーの利点

ヒートスプレッドとして固体の金属ブロックの代わりにベーパーチャンバーを使用することで、プロセッサからの熱伝導を大幅に高めることができます。内部の液体の相変化により、ベーパーチャンバーの熱伝導率は固体の金属の10倍から100倍の大きさになります。

大型のベーパーチャンバーヒートスプレッドによってプロセッサが完全に覆われるため、ホットスポットを解消して熱伝導を向上させる等温面（温度が均一な面）が形成されます。

ヒートパイプはベーパーチャンバーと一体型であり、同じ作動流体を使用して同じ熱サイクル（蒸発と凝結）になります。ヒートスプレッドとヒートパイプの間の物理的な接触面をなくすことで、従来の冷却方式に比べてヒートパイプへの熱伝導が改善されます。

ヒート パイプはヒート スプレッドに垂直となるため、パイプを曲げる必要はありません。これにより、パイプを曲げた場合に比べてヒートパイプの効率が改善され、熱交換器内でヒートパイプを最適に配置するのに役立ちます。

3Dベイパー チャンバーは、ポンプやホースのない単一の密閉ユニットであるため、従来のヒート パイプの持つ単純さと信頼性に加えて、水冷（リキッドクーリング）システムを凌ぐ熱的性能も有しています。

## 六角フィン（ハニカム状）熱交換器

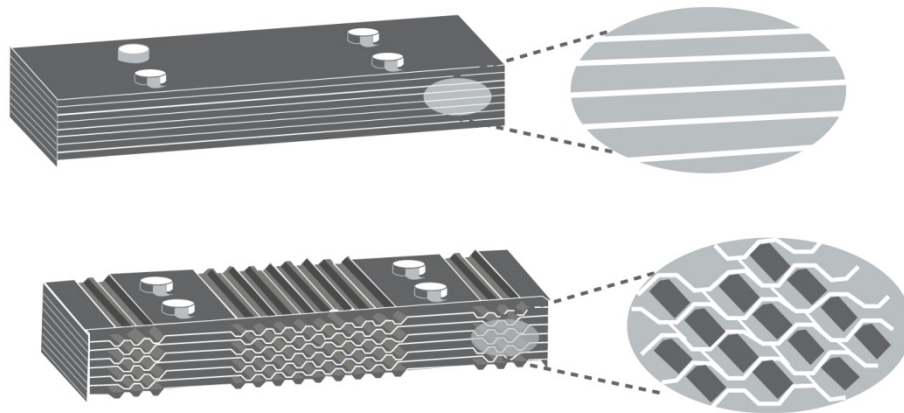
プロセッサから吸い出された熱は、周囲の空気に伝達してシャーシから排除できるようにする必要があります。これは熱交換器によって行われます。従来のプロセッサクーラーの熱交換器は、「フィン スタック」と呼ばれる平らな並列の金属板です。

ポンプ駆動式の水冷（リキッドクーリング）システムの熱交換器は、自動車用ラジエーターの縮小型に似ており、液体管の列と狭い間隔で設置されたフィンの列とが交互になっています。

周囲の空気への熱伝達の効率は、熱交換器を流れる通気と、熱伝達に利用できる表面積に大きく左右されます。これらの要因は互いにマイナスに作用します。つまり、表面積を増やすためにフィンを増やすと、通気の抵抗（インピーダンス）も増加するため、通気の総量が減少します。

表面積と通気とのバランスを最適化するために、HPの新しいフィンが設計されました。HP Zクーラーでは、ハニカム状の六角形の管を形成する、特別に設計されたフィンが使用されます（図9を参照）。

図9：平らなフィンスタックと六角型（ハニカム状）フィン





## 異なる長さのフィンを交互に配列したフィンエッジ

六角型のフィンによって形成された六角形の管内に空気が流入すると、管の壁に沿って境界層が形成されます。境界層は、空気の流速が最大速度よりも遅い領域のことです（図10を参照）。両側の壁から発生する空気の境界層は互いに干渉、増幅し、「増幅し高速化した」流れとみなされます。増幅し高速化した空気の流れは、増幅していない空気の流れよりも熱伝達性に優れています。増幅し高速化した流れをより早く生じさせるために、HP Zクーラーの六角型のフィンの各管の入口には特別に設計された異なる長さのフィンを交互に配列したフィンエッジが採用されています（図11を参照）。

図10：通常の管における境界層と流れの形成

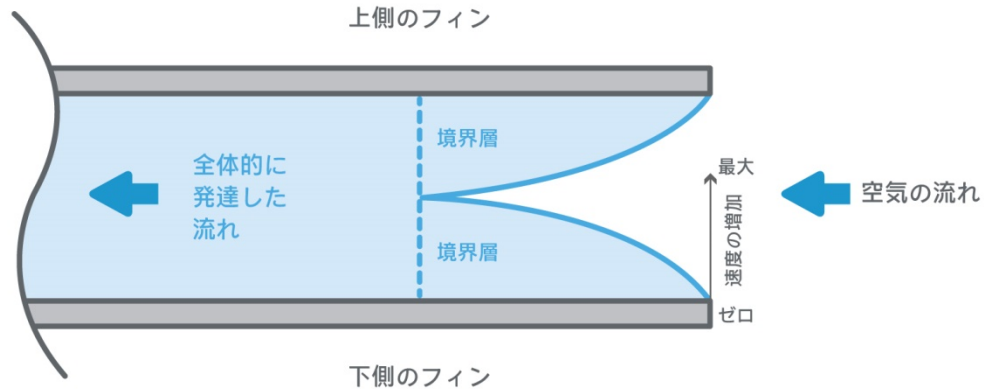
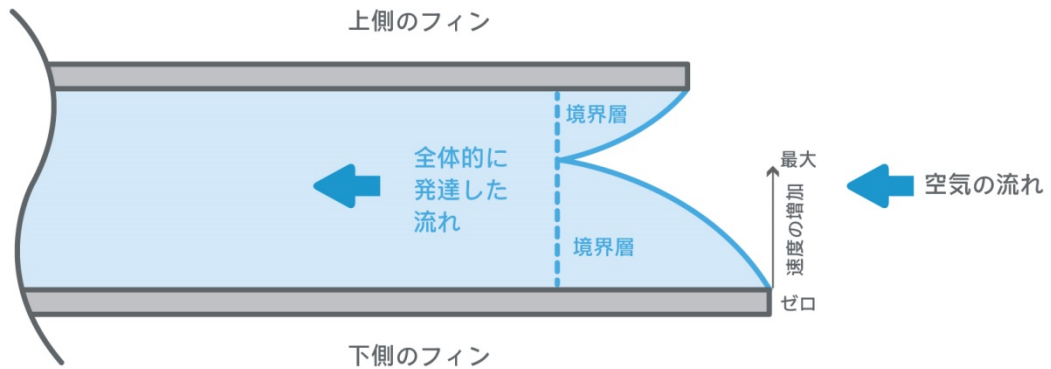


図11：異なる長さのフィンを交互に配列したフィンエッジを採用した管における境界層と流れの形成



## HP Zクーラーの音に関する利点

HP Zクーラーが持つ優れた熱効率、プロセッサの動作状態が高周波数かつ高出力のときに、プロセッサから発生する騒音を従来の冷却方式より小さくする効果があります。実際、HPの研究開発ラボの予測によると、HP Zクーラーと標準的なクーラーの音を比較したところ、HP Z440 Workstationでは最大5 dBAが削減（30パーセント静かだと感じられる）、HP Z840 Workstationの場合は最大4 dBAが削減（25パーセント静かだと感じられる）されました。こうしたシステム ノイズの削減により、アプリケーションのパフォーマンスを犠牲にせずに快適で生産性の高い職場環境を創り出すことができます。

また、特定の種類の騒音（特に高い周波数で不規則な変調の騒音）は、他の騒音よりも気が散りやすいことが研究により分かっています。ワークステーションのプロセッサで周期的に大きな作業負荷を実行した場合、作業負荷によってファンの速度が急激に増加および減少し、これらの不規則な変調が生成されます。HP Zクーラーの持つ高い熱容量によって、ファンの速度変化が抑制され、プロセッサが最も多く使用される場合でも快適なユーザーエクスペリエンスが実現されます。

## 環境への配慮

HPでは、環境の持続可能性のための取り組みを行っています。HP Workstationの設計チームでは、システムのリサイクル可能性を高めて安全かつ環境に配慮した材料を実装するために業界の規制を超えた積極的な取り組みを行っています。HP Zクーラーはリサイクル可能なハロゲンの少ない材料で製造され、無害な脱イオン水を作動流体として使用しているため、完全にリサイクル可能な冷却ソリューションです。

## まとめ

HPは、ユーザー エクスペリエンスと生産性を向上させるために熱管理の分野でテクノロジー リーダーとしてイノベーションを継続します。HPは熱管理とワークステーション エンジニアリングにおける幅広い経験と専門知識を活用して、今日の高性能かつ静音で、環境に配慮したワークステーションを開発すると同時に、さらに強力な次世代のためのイノベーションも行っています。

### 詳細情報

[www.hp.com/jp/ws\\_whitepaper](http://www.hp.com/jp/ws_whitepaper)

[www.hp.com/jp/workstation](http://www.hp.com/jp/workstation)

<https://ja.wikipedia.org/wiki/音>

### 最新情報を受け取るための登録

<http://www.hp.com/go/getupdated/>



同僚とシェアする



この文書を評価する

© Copyright 2015 HP Development Company, L.P.本書の内容は、将来予告なしに変更されることがあります。HP製品およびサービスに対する保証は、当該製品およびサービスに付属の保証規定に明示的に記載されているものに限られます。本書のいかなる内容も、当該保証に新たに保証を追加するものではありません。本書に記載されている製品情報は、日本国内で販売されていないものも含まれている場合があります。本書の内容につきましては万全を期しておりますが、本書の技術的あるいは校正上の誤り、省略に対して責任を負いかねますのでご了承ください。

Intel、Core、およびXeonは、米国Intel Corporationの米国およびその他の国における商標または登録商標です。

4AA6-1205ENW、2016年8月

