

「お客さまのビジネスを成功に導くクーリングシステム技術」 高冷却性能・低騒音化対応技術：高性能液冷システム

小河原 俊樹

池田 智昭

Toshiki Ogawara

Tomoaki Ikeda

1. まえがき

近年、パソコンをはじめとする情報機器の高速・高機能化にともない装置全体の発熱量が増大傾向にあり、さらに装置の小型化・高密度実装化により装置内の発熱密度が高くなってきている。その中でも特にコンピュータの頭脳であるマイクロプロセッサ(MPU)の技術的進歩はめざましく、高速・高機能化および高集積化の一途をたどっている。これにともなって、マイクロプロセッサからの発熱量も著しく増加している。これらのマイクロプロセッサを冷却するため高冷却性能の冷却装置が必要であり、その重要性が以前にも増して高まっている。

さらに最近の傾向として、環境面より情報機器の低騒音化の要求がある。

当社では、このような高冷却性能・低騒音化の要求に対し、空冷方式の高冷却性能で低騒音な冷却装置を製品化してきた。

しかしながら、今後は顧客の要求レベルが高くなり、従来のような空冷方式の冷却装置では要求を満足できなくなることもあると考えている。

当社では、このような場合に備え、新しい技術として、液冷方式の冷却装置に着目し開発を進めてきた。

本稿では、従来の空冷 MPU クーラーの技術の問題点および、今回開発した液冷システムの概要について紹介する。

詳しくは、本号の新製品紹介記事「高性能液冷システム『SAN ACE MC Liquid』」をご覧ください。

2. これまでの技術と問題点

マイクロプロセッサを冷却する装置として、年々高まる顧客からの高冷却性能の要求に対し、当社は冷却用ファンとヒートシンクで構成された空冷方式の冷却装置で製品化を行ってきた。

一般的な空冷 MPU クーラーの構成を以下に説明する。

空冷 MPU クーラーはファンモータ部、ヒートシンク部、TIM(サーマルインターフェースマテリアル)、の3つの部品によって構成されている。MPU の発熱は、TIM を介してヒートシンクに伝えられる。ヒートシンク材には熱伝導性に優れた材料が使用され、MPU から伝えられた熱をヒートシンク全体に拡散させる。現在主流のヒートシンクは、性能と製造コストとの兼ね合いから、アルミニウム・銅または、アルミニウムと銅

を組み合わせたヒートシンクが使用され、さらにヒートシンク表面積を極力大きくして放熱効果を得られるようにフィンが設けられている。このフィンに向かって強制的に風を送るためにファンモータが組み合わされている。

空冷 MPU クーラーの構成例を図 1 に示す。

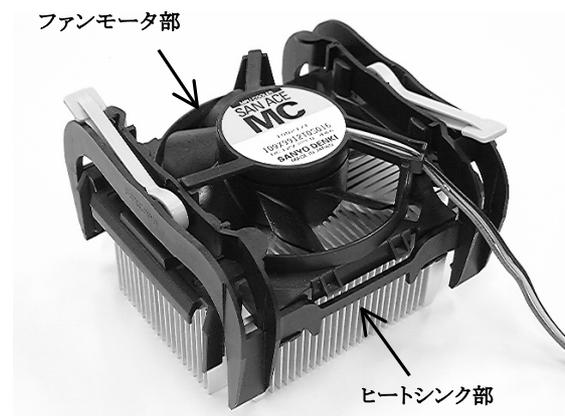


図 1 空冷 MPU クーラーの構成例

空冷 MPU クーラーは、ファンモータで強制的にヒートシンクに空気を送ることで、ヒートシンクから空気中への伝熱量を多くしている。

この、ヒートシンクから空気中への伝熱は以下の考え方で成り立っている。

図 2 に示すように、固体表面に沿って流体が流れる時、固体壁面から流体へ熱が移動することを対流熱伝達という。流体がファンなどで強制的に流されている場合を、強制対流熱伝達という。

強制対流熱伝達による伝熱量は、次式で表現できる。これをニュートンの冷却の法則という。

$$Q = h \cdot S \cdot (T_1 - T_2) = h \cdot S \cdot \Delta T \dots \dots (1)$$

Q: 伝熱量 (W)

S: 固体(ヒートシンク)の表面積 (m²)

h: 熱伝達率 (W/m²・K)

T₁: 固体の表面温度 (°C)

T₂: 流体の温度 (°C)

ΔT: 温度差 (T₁-T₂) (K)

ここで、熱伝達率($W/m^2 \cdot K$)は熱の伝わりやすさの度合いを表すもので、大きいほど伝熱量は多くなる。

熱伝達率は、流体の性質、流体の流れの状態、固体壁面の形状などによってその値は大幅に変わるため、一般的に示すことは難しいが、流体の流れが層流の場合は流速の0.5乗に比例し、乱流の場合は流速の0.8乗に比例する。

図3におおよその熱伝達率の範囲を示す。

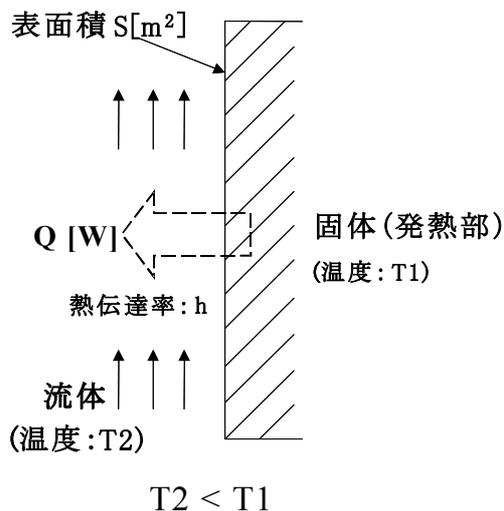


図2 対流熱伝達による熱の移動

条件	熱伝達率 [$W/m^2 \cdot K$]				
	10	10^2	10^3	10^4	10^5
自然対流	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; display: inline-block;"></div> 空気</div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; display: inline-block; margin-left: 20px;"></div> 液体(水)				

※ 空気の流速: 3~15m/s
液体の流速: 0.3~1.5m/s

図3 熱伝達率の値の概略値

(1)式からわかるように、表面積を多くすることで伝熱量は向上する。また空気の流速を速くすることで熱伝達率が大きくなり、その結果、伝熱量が向上する。

MPUの高性能化にともない発熱量が増加するなか、高い冷却性能を実現するため、より大型で放熱面積の多いヒートシンクや、高風量ファンを使用して対応してきた。

その結果、ヒートシンクの表面積の向上にともなうサイズアップ・質量の増加、ヒートシンクの表面積向上にともなうヒー

トシンク製造技術の難易度の上昇、ファンモータの回転速度を上げ高風量化したことによる騒音の増加といった問題が生じている。

しかしながら、現在も空冷技術での高冷却化と低騒音化への限界に挑戦している状況が続いている。

3. 新しい要求と対応策

顧客の高冷却性能・低騒音の要求に対し、筐体内部の温度に応じて、ファンの回転速度を変化させる「温度可変速ファン」がMPUクーラーに採用されている。冷却性能に余裕がある低温時はファン回転速度を抑えて騒音を下げている。機器動作により筐体内部の温度が高くなるに応じて、ファン回転速度を上げて冷却する。このタイプのファンを採用することにより、高冷却性能と低騒音を両立させたMPUクーラーを製品化している。

最近では、パソコンなどの情報機器をさらに低騒音化させるため、温度可変速機能に加えて、MPUの稼動状況に応じて、きめ細かくファンの回転速度をコントロールする機能を併せ持つ空冷MPUクーラーが製品化されている。これは、筐体内の温度が高温になっても、MPUの負荷が小さい場合、すなわちMPUの発熱が少ない場合はファンの回転速度を抑えて騒音を低減させている。

このように、顧客の装置に組み込まれた場合の騒音を意識した製品が登場しており、高冷却性能と低騒音の両立を図っている。

その中で、顧客からの情報機器に対する低音化の要求は、以前にも増して重要視されていくと考えられ、冷却装置自体のさらなる低騒音化が急務になってきている。

このような状況の中、高冷却性能と低騒音を高いレベルで同時に達成できる技術として液冷方式の冷却技術を確立して製品化したのが高性能液冷システム「SAN ACE MC Liquid」である。

4. 新しい解決策:液冷システム

液冷システムは、コールドプレート、ラジエータ、ポンプ、チューブおよびファンモータから構成されている。(図4参照)

液冷方式の冷却は、MPUから発せられた熱をコールドプレートが吸収し、さらにコールドプレート内を流れる液体がコールドプレートの熱を奪う。コールドプレートの熱を奪い温まった液体は、ラジエータに送られ、ファンモータから送られる空気によって、ラジエータから放熱される。温度の下がった液体は、コールドプレートに循環され、再びコールドプレートの熱を奪う。液体の循環には電動ポンプが使用されている。

コールドプレート及びラジエータでの熱交換は、本稿の 2 項で説明したニュートンの冷却の法則に基づいている。

液冷システムは、熱伝達媒体として液体を使用している。液体は空気と比較し、熱伝達率が非常に高いため(図3参照)、伝熱量が多く、高い冷却性能をもった冷却システムを構成することができる。

液冷技術は従来からある技術であるが、パソコンなどの情報機器に使用され始めたのは最近のことである。

空冷 MPU クーラーが比較的簡単な構造であるのに対し、液冷方式の冷却装置は、各部品をユーザーで組み立てるものが多く、専門知識が必要な複雑な構造である。また、冷却液は長期的に揮発し減少していくので補充などのメンテナンスが必要である。さらに、液漏れなどの信頼性確立の問題が解決していなかったため、一般的な情報機器には採用されていなかったと考えられる。

液冷システム開発に際し、当社では、従来の空冷 MPU クーラーより、冷却性能を格段に向上させるとともに、低騒音化を追及して設計した。また、ラジエータ、リザーブタンク、ポンプ、およびファンを一体型化して、ユーザーでの機器への組み込み性やメンテナンス性の向上、および汎用性を考慮して設計し、信頼性の高い液冷システムを製品化した。

当社の開発した液冷システムは、従来の最高性能の空冷 MPU クーラーと比較し約32%冷却性能が向上し、同一冷却性能(0.28K/W)とした場合に約 23 dB[A]もの騒音低減が達成できた。

本製品は、将来の消費電力の高い MPU も十分冷却可能な能力を持っている。また、高い冷却性能を実現できたため、MPU を冷却するのに必要な冷却性能までファンモータの回転速度を落として、低騒音な冷却装置として使用できると考えられる。

4. むすび

現在、MPU 冷却装置に求められている顧客の要求事項を説明し、空冷方式の冷却装置の性能を向上させることが、非常に難しいレベルに達しようとしていることを説明した。

次に、従来にない高冷却性能・低騒音を達成した液冷方式の冷却システムについて、その概要を紹介した。

今回当社が開発した液冷システムとその技術は、高い冷却性能と低騒音の両立を必要とする顧客にとっての解決策となり、顧客のビジネスを成功に導くことができると確信している。

文献

- (1) 伊藤謹司・国峰尚樹:電子機器の熱対策設計
日刊工業新聞社
- (2) 大島耕一ほか編集:熱設計ハンドブック pp215-222
(株)朝倉書店
- (3) 渡辺道徳ほか: Pentium[®]4 用 MPU クーラー「SAN ACE MC」
SANYO DENKI Technical Report, No.15 pp9-12 (2003-10).



小河原 俊樹

1984年入社

クーリングシステム事業部 設計部

「サンエースMC」の開発、設計に従事。



池田 智昭

1990年入社

クーリングシステム事業部 設計部

「サンエースMC」の開発、設計に従事。



図 4 液冷システムの構成例