

古河電工における熱制御・放熱技術の取り組み

Heat Dissipation and Thermal Solutions for Electronic Devices: Furukawa Electric's Contribution

鈴木 雄一 *
Yuichi Suzuki

贅川 潤 * 2
Jun Niekawa

1. はじめに

電子機器の熱制御や放熱冷却技術というと、大部分のかたにとってはあまりなじみのない分野なのではないでしょうか。しかし熱の問題はじつは我々の身近なところにもいくらかでも存在しています。例えば体の調子が悪く汗をかいたりするときです。我々の体は体温を一定に保つため体表面から放熱をしており、その熱量は一般的な成人男子で100 W程度といわれています。通常の温度から1度でも体温が上がると体の具合は悪くなり、汗をかいて放熱量をコントロールしようとする機能が働くことになり、頭脳では血液がラジエーターの冷却水の役目をして脳からの熱を取り除いています。

また、我々人類が生存している地球という惑星を考えると、太陽からの熱を受け、一方で地表からは熱を放出することでその温度を維持しています。最近のようにCO₂が増大するとその温室効果で地球自体の放熱機能がうまく働かなくなってしまいます。

このように我々の体から地球規模までたいへん広い範囲にわたり熱制御の問題は普遍的に存在しています。

一方、20世紀後半において驚異的進歩を遂げてきた電子機器、コンピュータ、通信の技術分野に関しても同様に熱の課題が存在しています。

例えば、ほぼ18ヶ月ごとに半導体集積度、及びその性能が倍になっていくといういわゆるムーアの法則は最近の10年でもその予測とおりの進展を示していますが、このことは一方で電子機器、コンピュータ等から発生する熱の問題が同様に大きくなってきていることを意味しています。

その典型例としてコンピュータの頭脳であるマイクロプロセッサの性能をみると、性能の急速な向上がなされてきましたが、それに伴って発熱量も大きく増加しています。性能の向上は配線ピッチの減少のような集積度を上げることと処理速度すなわちクロック周波数をあげることで達成されてきました。図1に示すようにクロック周波数を増加するとそれに比例して発熱量が増加するという課題と、配線ピッチなど実装密度増大により発熱密度が増加するという課題、いずれにしろこれら熱の問題が設計機能上の制約条件として大きく顕在化してきているわけです。すなわち表1に示すような熱的特性向上が電

気的特性向上とのトレードオフの関係となってきています。

図2はCPUの高性能化に伴ない増加する発熱量とそれに対応して高性能化が要求されているヒートシンクの熱性能を示しています。¹⁾

また情報通信の世界でも今日のWDM (Wavelength Division Multiplexing) システムを支える光ファイバー増幅器に代表されるように、より高出力のものが必要となりかつその性能を維持保証するためにはいっそう高度な熱制御技術によるサポートが不可欠となりつつあります。

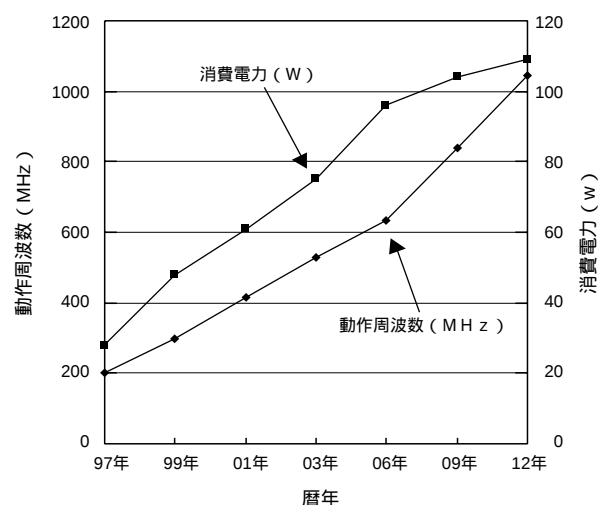


図1 CPU動作周波数と消費電力の推移
Time-line plot of CPU speed and power dissipation

表1 電子機器実装技術課題の変遷
Transition of mounting technology for electronic components

	過去	現在	将来
耐環境	3	1	
機械的特性	3	2	
実装面積	3	2	1
電気特性		2	4
熱特性		2	4
パッケージ集積度		1	3

* 取締役 研究開発本部副本部長 横浜研究所長

*2 研究開発本部 環境・エネルギー研究所 ITMチーム

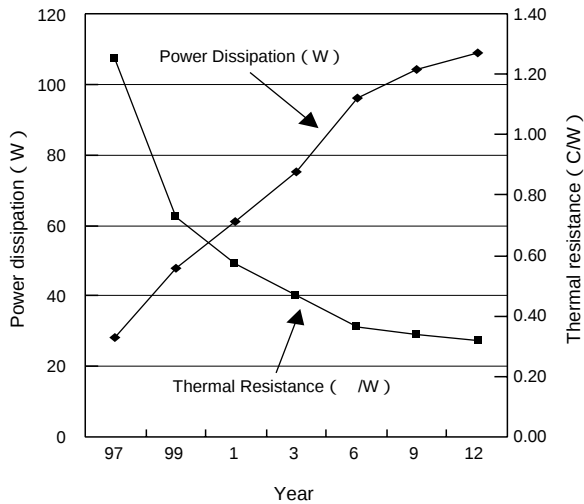


図2 CPU発熱量と要求されるヒートシンク熱性能
CPU power dissipation vs. required thermal resistance for heat sink

このように各分野において熱制御、放熱・冷却に対する要求はますます増大しています。こうした高性能化を実現していくためには従来の放熱・冷却にとらわれない自由な発想と技術開発及び熱設計の技術の向上が必要とされています。

2. 当社の取り組み

放熱・冷却技術のキーテクノロジーのひとつにヒートパイプがあります。この分野に関して当社は20年以上にわたる技術の蓄積、及び製品の品質・信頼性などで高い評価を得ており世界的なトップメーカーとなっています。当社はもともと熱にとって欠かせない銅、アルミの素材、加工を得意とする会社です。高性能な銅の伝熱管、アルミの押し出し加工、鍛造や精密鑄造、接合技術などソリューション実現のための基本的要素が備わっていたと言えるでしょう。更に当社の従来からのお客様である情報通信、電力エネルギー、コンピュータ、エレクトロニクス、自動車といった各分野のお客様でも同様に熱が大きな技術課題になりつつあり、熱に関するソリューションを求めているお客様が身近にいてことで当社の技術は育てられてきたと考えています。

今回の本誌小特集ではこのように大きな課題となってきた放熱・冷却、熱制御技術について当社の取り組みの一端を御紹介しております。また、本特集で掲載しきれなかった放熱冷却分野の代表的応用分野も以下に簡単に述べます。

2.1 ノートパソコン分野

ノートPC用の冷却には今日まで最も多くのヒートパイプの応用例がみられます。それはノートパソコンという限られた空間で熱を電気のように細い線（管）を通して扱える利便性を提供したことが技術的には大きなポイントとなっています。現在ノートパソコン用のヒートパイプとしては線径3～4mmのものが主流となっています。

このパソコン分野での放熱技術もパソコンCPUの発熱量の増加に伴ない変化してきています。まず初期のノートパソコンで発熱量もそれほど大きくない場合の使用例としては、放熱板



図3 RHE方式ヒートシンクの代表的タイプ
Typical RHE heat sink for notebook computers

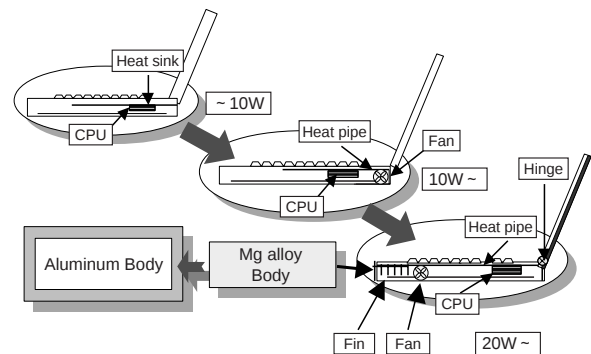


図4 ノートブック放熱冷却技術の変遷
Transition of cooling technology for note-book computers

と組み合わせたものが一般的でした。これはヒートシンク側にアルミ板を接続し、放熱用の面積を確保したもので、ヒートパイプにより放熱板内の温度分布を一樣にし、効率的なヒートシンクとすることができます。次の段階では放熱板ではなくヒートシンクとして一般的なフィンヒートパイプと組み合わせたものが登場しました。²⁾

更にCPUの高性能化が進むに従って、より高性能な冷却が必要となってきましたが、その際には、ヒートパイプ式ヒートシンクとファンとを直接組み合わせて一つのヒートシンクとして形成し、放熱能力を向上させたものが用いられるようになってきました。CPUとファンを近接させることは、配置上困難であり、多くの場合ファンはパソコンの外周部に設けられています。この場合ヒートパイプは、熱を移動させることを主目的と使われるわけですが、これらは、RHE (Remote Heat Exchanger) と呼ばれています。図3にRHEの代表構造を示します。^{3), 4)}

今後の傾向としては、従来の放熱部品の組合せだけでは対応できなくなり、PC筐体そのものの放熱性を向上させる方向となって来ると考えられます。実際、筐体にマグネシウム合金を使用した例は数多くみられるようになってきましたし、さらにはより熱伝導性のよいアルミニウム合金も大きな可能性を持っていると言えるでしょう。(図4)

2.2 ゲーム機分野

この1, 2年相次いで投入されている第2世代のテレビゲーム機は、64ビットマシン、128ビットマシンと呼ばれるように、その性能向上には特に著しいものがあります。そのため、機能が充実するに従ってノートPCと同様にCPUやグラフィックチップの冷却が不可欠となってきています。テレビゲーム機の本体部分の構造は、ノートPCに比較して設置面積は小さいが、厚さが厚くなっていて、内容積的には近いものとなっており、また、内部構造もマザーボード、CD-ROM、電源等、ノートPCに近いので、熱の処理方法も類似してきています。

2.3 サーバー、ワークステーション分野

最近の高性能なサーバーやワークステーションのなかには10年前のスーパーコンピュータを凌駕する性能のCPUを搭載しているものもあり、その発熱量も、100 Wを超えようとしてきています。特にサーバーは、複数のCPUを搭載していることも多いため、発熱密度だけでなく、総発熱量が大きなものとなっています。そのため、ファンを用いる強制空冷が基本となっており、放熱技術の点からはノートパソコンやゲーム機と比べてより高度な技術と高性能な熱特性が必要な分野となっています。インターネットの普及に伴ないこの分野は今後更に高性能化が求められ高度なサマルソリューションが必要とされている分野です。

サーバー用ヒートシンクの例を図5に示します。

2.4 情報通信機器分野

1992年に電話通信設備のLSIの冷却にヒートパイプを用いた例が紹介されています。電話通信設備のLSIの消費電力は回線処理能力を上げるため増加の傾向があり、LSIの数倍の発熱量を有する超LSIの使用が推進されてきています。また、この素子の冷却はPCのMPUの冷却と異なり、1つの基板内に複数の素子が存在するとともに、それが本棚のように立体的に1つの筐体内に積層配置されているため、筐体内のレイアウトの共有化を図るとともに、基板内の素子の高さに対応した構造とする必要があります。この際の共有化の要件としては、ファンの設置が入口側あるいは出口側に限定されること、一定の基板間ピッチ内放熱器を含んだ基板が収まること、基板の脱着が可能であること等が挙げられます。したがって放熱構造としては基本的に基板側から広く吸熱し、例えばヒートパイプを用いてその熱を筐体外郭付近へ移動しそこで放熱するということになります。応用例のひとつが本特集でも志村らにより詳しく報告されているので参照願います。

2.5 車載用電子機器冷却

(1) 自動車

自動車の電装部品も最近その回路数、実装密度など増加の一途をたどり、オフィスコンピュータ同様限られた空間での放熱冷却対策が避けて通れないものとなってきています。この分野の放熱技術にもヒートパイプが検討、考案されてきましたが、実際に実車に搭載された例は最近までありませんでした。重要な電装部品のひとつであるジャンクションボックス(J/B)の放熱に直径3 mmのヒートパイプを用いたのが初の量産成功例でしょう。⁵⁾



図5 サーバー用ヒートシンク
Heat sink for servers



図6 新幹線搭載IGBT冷却用「パワーループ」
PowerLoop for IGBT cooling

また、この分野では従来からアルミを用いた放熱冷却システムが用いられてきており、高密度軽量のコルゲートフィンや、多穴管といった当社の素材技術が活かされています。

(2) 電車、エレベータなど

この分野で放熱を必要とする第一はインバータです。電車もエレベータにもモーターが使われていますがより良い乗り心地を得るためには制御性に優れたインバータが使われるようになってきており、そのインバータから出る熱を逃がす機能が同時に必要となります。ここにはさまざまな放熱器が用いられますが、代表的なものはアルミ製の大きなヒートシンク、⁶⁾ またヒートパイプを用いたものなどもあり、いずれも当社が得意とする分野です。図6は新幹線に搭載したヒートパイプ式放熱器です。

2.6 空調分野

空調分野では本特集でも紹介している高性能伝熱管が当社の代表的製品ですが、これはルームエアコンなどの熱交換器部に用いられる部品材料です。ヒートパイプ方式で効率のよい熱交換機そのものも開発製品化しています。この方式では交換する高温側の空気又はガスと低温側の空気又はガスが互いに混ざり合うことがないため、汚れた空気の影響を受けたくない大型電子キャビネットの冷却や道路上に設置される電光表示板の温度コントロールなどに適しています。⁷⁾

以上いくつかの分野での当社の関係している技術・製品について述べました。ますます高性能化、高密度化していく電子機器に対応した放熱・冷却技術には、熱設計、シミュレーション、熱の輸送・伝熱技術としてヒートパイプや各種伝熱管、低熱抵抗接合・接触技術、高熱伝導率、低熱膨張素材開発、加工技術、熱評価・信頼性技術などが重要で、当社の技術開発も各市場での要求に応えるべくこの分野に力をいれています。紙面の関係で極めて限られた範囲の紹介ではありますが、幅広い熱の分野のソリューションを考えていくうえで何らかの御参考になれば幸いです。

参考文献

- 1) 贅川 潤, 木村 裕一: 「マイクロヒートパイプと放熱技術入門」, 日刊工業新聞社刊, 1997
- 2) 橋本信行他: 「ノートブックPC用マイクロヒートパイプヒートシンクの動向」古河電工時報, 第101号, 1998年2月, p11
- 3) 難波研一他: 「新型マイクロヒートパイプ」古河電工時報, 第101号, 1998年2月, P21
- 4) Kenichi Namba et al.: "Heat - Pipes for Electronic Devices and Evaluation of Their Thermal Performance" IEEE Transaction on components and packaging technologies, Vol23, No.1, March 2000, P91-P94
- 5) 澤樹良昭, 高瀬正巳, 中尾英朗, 木下勲, 難波研一: 「マイクロヒートパイプ応用ジャンクションブロック」古河電工時報, 第102号, 1998年6月, P19 ~ P24
- 6) 宮本三也: 「アルミニウムろう付けヒートシンク」古河電工時報, 第102号, 1998年6月, P25 ~ P29
- 7) 「ヒートシンクつき屋外設置型通信機キャビネット」, 古河電工時報, 第102号, P115