

ノートPCの熱対策

小山田 耕二
岩手県立大学

<ちょっと気になるノートPCの熱>

仕事が一段落してノートPCを移動させて、置かれてあった場所に触れると熱くなっていたなんて経験の持ち主は結構いると思う。仕事の間中ひざに乗せていて低温やけどをってしまったという笑えない話もあるくらいだ。また、ノートPCに拡張RAMモジュールを取り付けようとキーボードを開けると、付近が異常に思えるくらい熱かったという人もいよう。しかし、そのようなノートPCでもきちんとした設計基準をクリアした製品であり、欠陥製品ではない。

最近のOSは、CPUに取り付けられた温度センサからのイベントを受け付けるようになっていて、このイベントはある一定温度ごとに生成され、OSに設定された温度の安全ゾーンを超えた段階で、OSは、クロックダウンにより消費電力を下げたり、ファンを駆動したり、あるいは、強制的にシャットダウンを行ったりしている。ノートPCのなかではかなりの熱が発生していると考えていいようだ。

<熱はどこからやってきているのだろう>

ノートPCには、いろいろな電子部品が所せましと詰め込まれている。電力を消費する電子部品は多かれ少なかれ熱を発生する。そのなかで単位面積あたりの消費電力が大きいのはマイクロプロセッサである。1平方センチメートルあたり5Wにもなるものもある。これはアイロンにも匹敵する¹⁾。最近のマイクロプロセッサは、CMOS技術

だけで作られるようになってきている。CMOSトランジスタの消費電力は、スイッチングによるものが大半で、そのほとんどが熱となる。動作周波数が高ければ高いほど、単位時間におけるスイッチング回数が増加し、結果として消費電力は大きくなる。

マイクロプロセッサの高速化に伴い、信号の遅延時間に関する制約がきびしくなっている。遅延時間を短縮するには、配線長を短くする必要がある。この課題を解決することを1つの目標として実装技術が発達した。実装技術とは、LSI等の部品をボードの上に接続するための技術である。このために、部品の単位面積あたりの集約度が増して、結果として基板上に発熱部品が密集する結果となっている。これが発熱密度の局所的増加につながっている。

<熱を放置しておく大変なことに>

発熱密度が局所的に高まったデザインのままで半導体チップの温度が上昇し、半導体チップは、熱暴走を起こす状態に至ってしまう可能性が高くなる。半導体チップの温度がある一定以上になると半導体の電気抵抗は温度とともに減少するために、半導体が焼き切れるほどに過剰な電流が流れてしまう。これが熱暴走である。具体的な症状は、起動してからある程度の時間が経ってから画面が突然ブラックアウトしたり、リセットがかかったりすることである。この症状にお目にかかるのは、ファンを用いて半導体チップの冷却を行っている機種でファンが故障してしまったときが多いのであるが、熱対策がきちんと行われていないと通常稼働中に熱暴走が起こる。

意外だが、ノートPCは、高温だけでなく低温の環境にも弱い。冬、ノートPCの電源を切って部屋に放置すると、電子部品の温度は急速に下がる。次の日、その部屋でノートPCの電源をいれる前に暖房をいれると、暖かい空気が冷たい電子部品に局所的に冷やされ、結果として結露ができる。結露は、電子部品にとって大敵である。ノートPCの取り扱い注意書を見てほしい。5℃から35℃までというように下限がついている。

<低熱抵抗化設計>

熱対策に直接効果があるのは、マイクロプロセッサの低消費電力化である。マイクロプロセッサの低消費電力化を実現するためには、マイクロプロセッサの回路動作に伴うスイッチングエネルギーを低減することが考えられる。マイクロプロセッサの稼働電圧を下げると、その自乗に反比例して消費電力が下がる。0.25 μm プロセスといった半導体プロセス技術の進展により、配線およびゲートの接合容量なども小さくなり、低電圧で高速動作できるようになったわけであるが、おのずから限界がある。さらに、稼働電圧低減による低消費電力化を上回る規模でクロック周波数向上による消費電力増加がすすんでいるのが現状である。

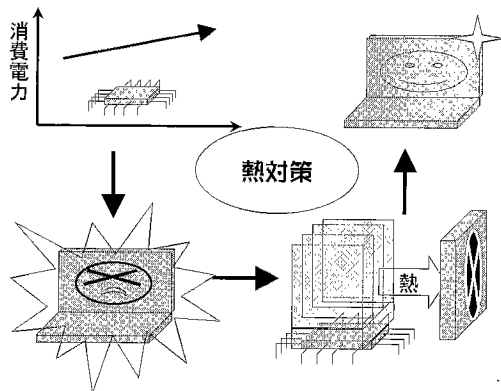


図-1 熱対策の流れ

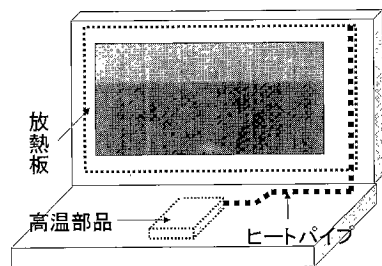


図-2 革新的な熱対策

世の中にできるだけ早く新製品を投入していくノートPCメーカーとしては、熱対策としては低熱抵抗化設計を重要視している。熱抵抗とは、ある点とある点との温度差とその間を流れる熱の量の比で、これは、電気抵抗が電位差と電流の比であると定義されていることに由来している。低熱抵抗化設計では、マイクロプロセッサに代表される熱源からノートPC筐体外部へ至る熱をスムーズに流すこと、すなわち熱経路の低熱抵抗化が重要視される(図-1参照)。

消費電力が比較的小さい場合は、問題となる場合が少なく、あったとしても局所的な工夫で切り抜けることができた。たとえば、標準的なヒートシンクを取り付けるだけで十分な低熱抵抗化を実現することができた。

消費電力が高くなってきた今日では、大胆な熱対策が望まれている。そのうちの1つを紹介しよう。熱対策として、ヒートシンクを取り付ける場合その表面積が大きいほど熱抵抗は小さくなる。すなわち、放熱効果は高い。しかし、ノートPCにおいてはレイアウト上とり得る表面積にはおのずと限界がある。そこで、(株)フジクラは、液晶ディスプレイ側に放熱板を配置するというユニークな熱対策方法を提案している。この場合、高温部品と放熱板はヒートパイプで結合される(図-2参照)。ヒートパイプは、熱抵抗がきわめて小さく、熱の運び屋とも呼ばれる。

ノートPCのサイズは小さくなり、そして内部の電子部品の密度は高くなっている。そのため、電子部品の配置等うまく最適化しなければ、どんなにすばらしい熱対策手法であっても十分な放熱効果を期待することはできない。このため現在では、試作品ができるかなり前の段階で熱対策を考慮したデザインを行う必要性が高まっている。

<シミュレーション技術の利用>

試作品ができる前での熱対策の検討には、コンピュータシミュレーション技術を用いた熱解析が有効である。最近では電子部品のアイコンを画面上で配置して熱解析を手軽に行うソフトウェアが商品として流通しているため、現場の技術者も手軽に利用することができる(図-3参照)。しかし、電子部品は複数の材料から構成されておりまたその構成も複雑である。このため電子部品を単純化し、し

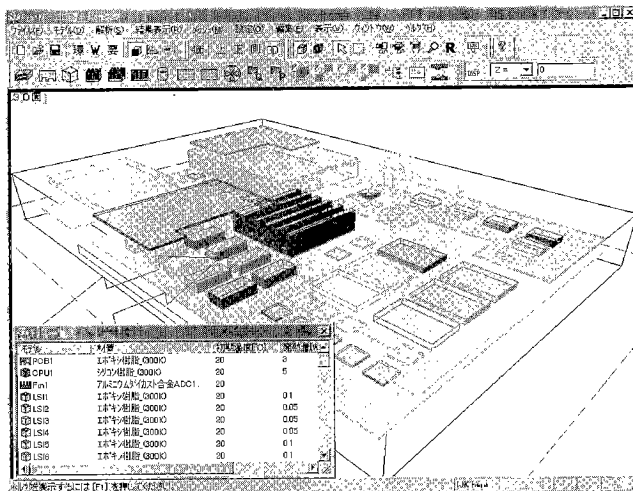


図-3 熱解析ソフトウェア ((株)ソフトウェアクレイドル提供)

かも計算精度をある程度保つモデルの開発が進んでいる。DELPHI²⁾と名づけられたECプロジェクトでは、電子部品の熱特性を複数の熱抵抗のネットワーク(熱抵抗網)を用いて表現することを提案している。この提案において、半導体チップがさらされる可能性が高い38の境界条件を設定し、そのそれぞれに対して熱計測を行い、その結果を用いて、熱抵抗網における未知数である熱抵抗値を同定している。

<情報処理技術への期待>

ノートPC設計開発担当者は、電子部品だけでなく、ノートPCがどのような環境にさらされて使用されるのかについても神経を払う。木製の机上、ひざの上、そして屋外といったいろいろな場合を制約条件とみなし、放熱効果について最適化を行う。シミュレーション技術が高まってくれば、このような最適化も計算機上で行われるようになると期待している。

また、担当者はノートPCの熱対策だけを考えるわけにはいかない。電磁波障害の対策のために、熱対策にはマイナスとなる電磁シールドで実装基板を覆わなければならない。また、騒音対策のためにはファンによる熱対策はできるだけ避けたいと考える。ノートPCのデザインすべてにおいてマージンが小さくなっているため、競合する設計要件から最適なデザインをまとめていく必要が出てきている。数理モデルによる問題解決手法が有効となるものと期待している。

謝辞 本文執筆にあたり、日本IBM西尾様から貴重な意見をいただいた。

参考文献

- 1) 国峰尚樹: エレクトロニクスのための熱設計完全入門, 日刊工業新聞社, ISBN4-526-04045-2 (1998).
- 2) Rosten, H. I.: Technical brief of DELPHI, Electronic Cooling, Flomerics Limited, Vol.2, No.1, pp.27 (1996).

(平成10年11月5日受付)