

ルーバーフィン型高性能ヒートシンクの開発

Development of Louver Fin-Type Heat-Sink Having High Efficiency of Heat Radiation

鳥水美芽*

Mime Torimizu

概要 近年、電子機器関連製品の発熱量増加に伴い、放熱性能を向上させて、かつ小型軽量となるヒートシンクの開発要求が高まっているが、従来の櫛形あるいは格子型ヒートシンクではこの要求を十分に満足させることは困難であった。

そこで、新しいタイプのヒートシンクとしてルーバーフィン型ヒートシンクを考案し、実験による最適化条件の検討から、従来タイプより性能の優れた新型ヒートシンクを開発した。また、FEM解析を行い、実験による性能確認結果とつぎ合わせることで、冷却風の局所的な流出量と熱抵抗の関係を明らかにし、FEM解析によるルーバーフィン型ヒートシンクの条件最適化のための評価方法を確立した。

1. はじめに

近年、電子機器関連製品の発熱量増加に伴って、放熱性能を向上させ、かつ小型軽量となるヒートシンクの開発要求が強くなっている。

これらの要求のうち、放熱性能向上に関しては、ヒートシンクの表面積を大きくし、放熱面積を増加させることで性能向上を達成する方法が一般的であった。具体的には、薄肉フィンを使用してフィン枚数を増加させる、フィンに凹凸を付ける、格子型フィンを使用する、更には寸法あるいは重量的な制約が厳しくない場合には、ヒートシンクを大型化する等の方法が採用されてきた。しかしながら、これらの方法では、小型軽量化の要求を同時に満足することは非常に困難であった。

そこで、新しいタイプのヒートシンクとしてルーバーフィン型ヒートシンクを考案し、実験及びFEM解析による種々の検討を行った。

本報告では、新たに考案したルーバーフィン型ヒートシンクの内容、実験による最適化条件の検討結果、更にはFEM解析による最適条件の評価方法について報告する。

2. 考案したルーバーフィン型ヒートシンクについて

一般的に、ヒートシンクは発熱体に接しているベースの温度が最も高くなることから、ベースの放熱性向上手段の一つとして、冷却風をベースに集中的に当てる方法が有効であると考えられた。そこで、冷却風が通るフィン部にルーバー形状を付与し、冷却風の流れをコントロールできる新しいタイプのヒートシンクとしてルーバーフィン型ヒートシンクを考案した。

図1にその1例を示すが、ルーバー形状はフィンの一部に3辺の切り込みを入れ、残りの1辺を軸として一定の方向に折り曲げることでフィン部に付与される。

図2はルーバーを付与した場合の、フィン間冷却風の流れのイメージを示すが、このルーバー条件（長手方向に対する角度、数、位置等）を変更することで、冷却風を効率的にベースに当てることが可能であると考え、以下の最適化条件に関する検討を実施した。

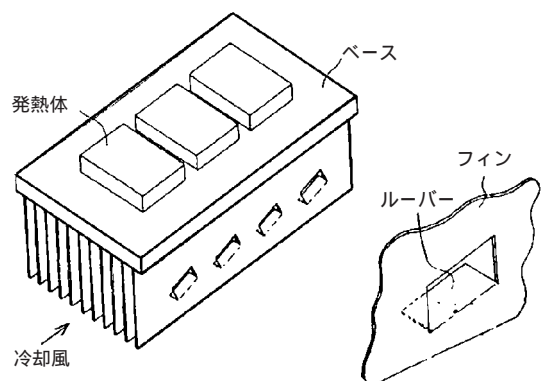


図1 ルーバーフィン型ヒートシンクの例
An example of louver fin-type heat-sink

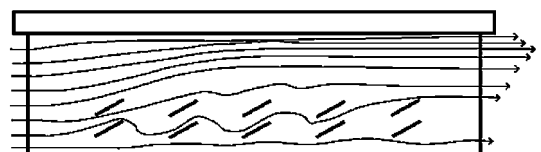


図2 冷却風流れイメージ図
Conceptual drawing for flow of air between each louver fin

* メタル総合研究所メタル加工品開発センター

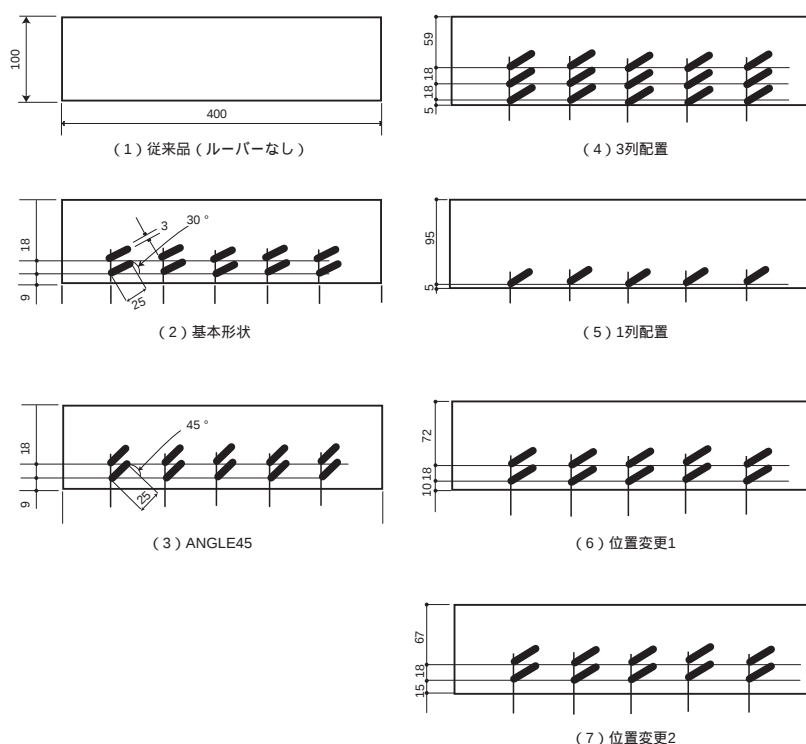


図3 検討を行ったフィン形状
Shapes of fin with louver

3. 実験による最適化条件の検討方法

3.1 実験の対象としたルーバー形状

今回考案したルーバーフィン型ヒートシンクについて、検討の対象とした7種類のルーバー形状を図3に示すが、変更したルーバー形状以外は以下の一定条件とし、供試サンプルを作製した。

外寸法：W300 × L400 × H110 mm

フィン高さ：110 mm

フィン厚さ：1 mm

フィンピッチ：4 mm

3.2 実験方法

放熱性能を熱抵抗及び圧力損失で評価することとし、それらの測定を図4に示す実験装置により評価した。

各供試サンプルをダクト内部に設置し、冷却風流出側に設置したファンにより、空気を引く形での強制空冷の条件としたが、実験における風速、発熱条件さらには温度及び圧力損失の測定方法、熱抵抗の算出方法は以下に示すとおりである。

ヒートシンク前面風速：3 m/s

発熱条件：ヒータープレートにより 1500 W

温度測定方法：ベースとプレートヒーターの間に挟んだ熱電対により測定。

圧力損失測定方法：マノメーターによりヒートシンク前後の圧力を測定する。

熱抵抗算出方法：雰囲気温度 T_{air} ，ベース上最高温度 T_{max} ，発熱量 W ，熱抵抗を R として、次式で算出。

$$R = (T_{\text{max}} - T_{\text{air}}) / W$$

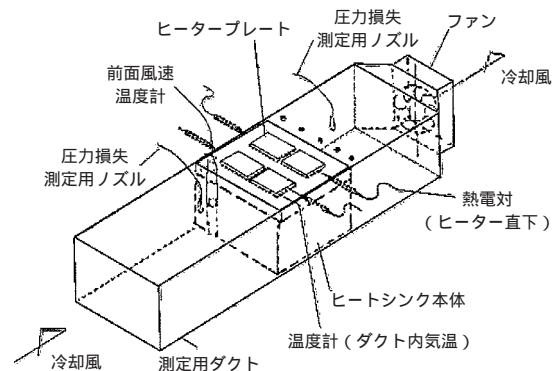


図4 実験装置概略図
Schematic illustration of apparatus for experiment

4. FEM解析による検討方法

4.1 解析の対象としたルーバー形状

3.1項で示した実験対象である7形状のルーバー形状を解析対象としたが、以下に示すようにヒートシンク全体の解析ではなく、ルーバーフィン間の空間を2次的に抜き出した形の単純なモデルとして解析を実施した。

4.2 解析方法

計算要素形状が複雑なため、ヒートシンク全体のモデル化が困難なことから、図5に示すように、フィン間の空気部分を2次元でモデル化した。

汎用FEM解析ソフトはANSYS/FLOTTRANを使用して2次元流体解析を行った。解析条件は図中に示すとおりであるが、解析計算の収束性を向上させるために、流入口に3 m/sの速度、流出口には大気圧の条件を設定した。

本解析から得られる速度分布の一例を図6に示す。また、実験で測定した圧力損失については、フィン間だけをモデル化した今回のFEM解析では直接算出できないことから、モデル内部の冷却風にかかる圧力の最大値と最小値の差を求め、最大圧力差として、圧力損失値に対応する値として代用した。

5. 検討結果

表1に実験及びFEM解析による検討から得られた結果をまとめて示す。解析結果のうち、局部流出流量に関する説明は後述する。

5.1 実験による最適化形状の設定

ルーバー形状のうち、放熱性能に大きな影響を与えるルーバー角度、数、位置と、熱抵抗及び圧力損失の関係をまとめた結果

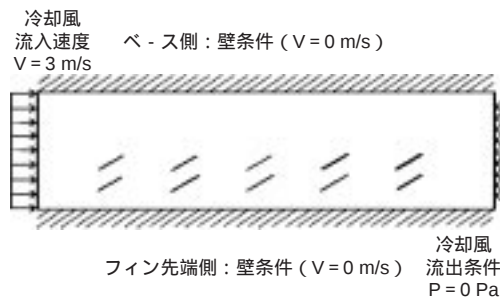


図5 FEM解析条件
Condition for simulation

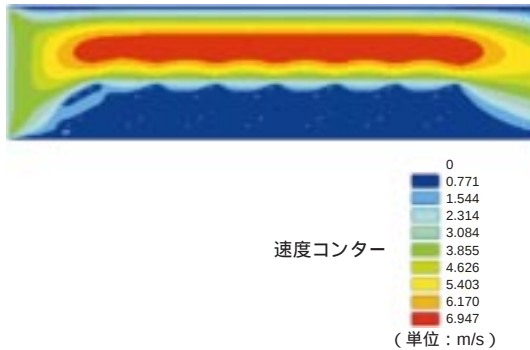


図6 解析結果例（速度分布）
Simulated flow of air between each louver fin

表1 実験結果およびFEM解析結果
Result of test and simulation

	実験結果		FEM解析結果	
	圧力損失 (Pa)	熱抵抗 (°C/W)	最大圧力差 (Pa)	局部流出流量 (m³/s)
(1) 従来品	29.05	0.0313	8.898	0.0679
(2) 基本形状	44.08	0.0194	20.726	0.0950
(3) ANGLE45	65.80	0.0283	39.035	0.0693
(4) 3列配置	60.11	0.0218	31.482	0.1037
(5) 1列配置	38.07	0.0229	12.347	0.0815
(6) 位置変更1	44.08	0.0193	19.458	0.0975
(7) 位置変更2	44.08	0.0229	21.366	0.0984

果を図7～9に示す。

放熱性能に関しては、熱抵抗が小さく、かつ圧力損失が小さいほど性能が良好であると判断されることから、ルーバー条件としては図3中の(6)位置変更1が最適と考えられる。この条件とすることで、ルーバーを付与しない従来品と比較して、40%近くの熱性能向上が期待できる。

以上、実験によって従来製品より放熱性能に優れ、小型軽量のルーバーフィン型ヒートシンクの提案が可能となったが、使用条件が今回の条件と異なった場合には、その条件の最適化の検討にはかなりの労力を要すると考えられる。

そこで、今回実験と併せて実施したFEM解析から、解析による条件の最適化検討の可能性について以下の検討を行った。

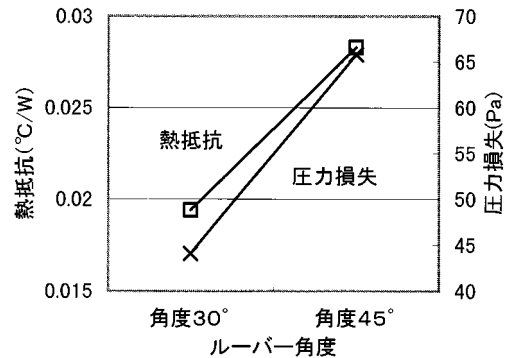


図7 角度による影響
Effects of louver angle

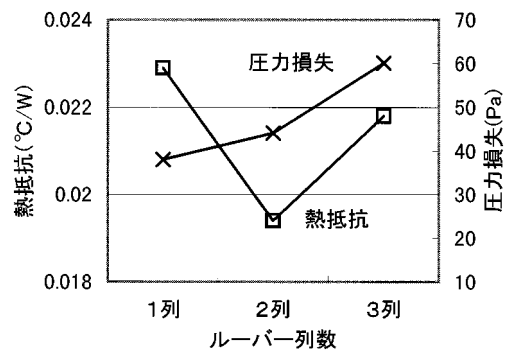


図8 列数による影響
Effects of number of louver line

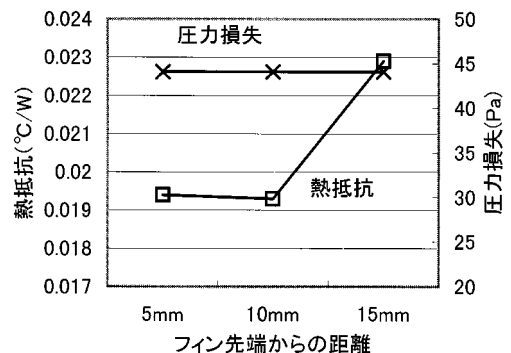


図9 設置位置の影響
Effects of louver position

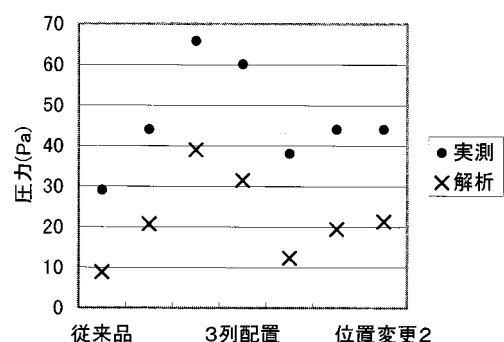


図 10 圧力損失および最大圧力差比較
Comparison of pressure loss between the actual and simulated results

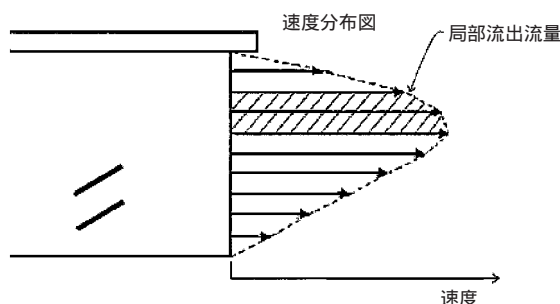


図 11 局部流出流量説明図
Conceptual drawing for regional flow

5.2 解析による条件最適化の検討

図 10 に実験で求めた圧力損失と FEM 解析による最大圧力差を比較した結果を示す。解析においてはヒートシンク内の流入速度を周囲の固体（ベースやフィン）との距離にかかわらず一定であるとしたため、流入口での固体との摩擦が大きくなり、結果として最大圧力差が非常に大きな値となってしまう、実験結果とは数値が一致していない。しかしながら、各ルーバー形状に対して傾向的には良く一致していることから、FEM 解析から求めた最大圧力差によるルーバー形状と圧力損失の関係を推測することは十分可能と判断される。

もう一つの放熱性能を評価する指標値である熱抵抗に関して、今回の FEM 解析では直接的に評価する結果が得られないことから、解析結果の最大風速及び上述の最大圧力差と実験で得られた熱抵抗との関係を検討した。特に、結果を示さないが、相関はなく、熱抵抗の評価は不可能と判断された。

そこで、新たに局部流出流量という指標値を設定した。具体的には、今回考案したルーバーフィン型ヒートシンクの特徴が、冷却風をベース側に集中的に当てることで、温度の高いベースからの放熱を有効に達成することであることから、冷却風流出口の流出速度分布を求め、ベースから 20 ~ 40 mm の範囲での局所的な流出量を求めたものである。図 11 にその求め方を図示するが、斜線部の面積が新たに設定した局部流出流量に相当する。

図 12 にこの局部流出流量と実験による熱抵抗との関係をまとめた結果を示すが、かなり良好な相関を示しており、熱抵抗を評価する一つの指標になると言える。

以上のことから、FEM 解析結果から求められる局部流出

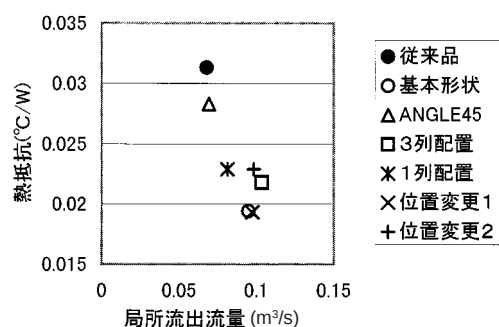


図 12 局所流出流量 (FEM) と熱抵抗 (実測)
Relationship between simulated regional flow and thermal stress

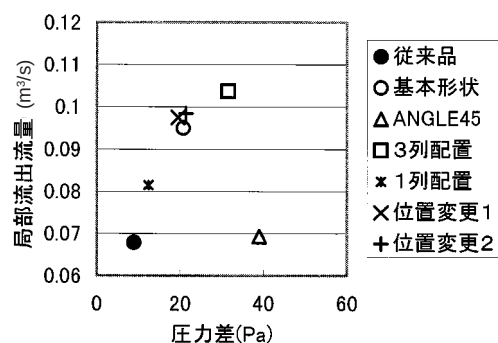


図 13 局部流出流量と最大圧力差
Relationship between simulated regional flow and pressure loss

量及び最大圧力差で、実際の放熱性能を表す熱抵抗、圧力損失を評価できると言える。

図 13 は解析から求めた局部流出流量と最大圧力差の関係をまとめた結果であるが、本結果から、局部流出流量が大きく、最大圧力差の小さいものが、放熱性能に優れる条件と言え、実験結果から設定した最適なルーバー形状と一致した条件を選取できる結果となった。

6. おわりに

- ・新たに考案したルーバーフィン型ヒートシンクに関し、実験によるルーバー形状の最適条件の設定を行い、従来品よりも放熱性能に優れ、小型軽量となるヒートシンクを開発した。
- ・FEM 解析から求められる局部流出流量及び最大圧力差によって、放熱性能の指標値となる熱抵抗及び圧力損失の評価が可能になり、FEM 解析によるルーバー形状の最適化条件を設定することが可能になった。

以上のことから、使用条件等の変更があった場合には、簡便な FEM 解析により、ルーバーフィン型ヒートシンクの最適化が可能となり、新製品開発を効率的に実施できる体制を確立できた。

最後に、本開発に関しては、実験に使用した供試サンプルの作製及び性能確認において、富士電機株式会社殿及び東北古河軽金属加工株式会社殿に多大な御協力をいただきました。この場を借りて、御礼申し上げます。