

## 電子設計における熱的なボトルネックとショートカットの検出

メンター・グラフィックスが提供する FloTHERM® は、電子機器市場をリードする CFD 熱解析ソリューションです。FloTHERM 9 に搭載されたポストプロセス・ツールには、熱解析の新たな領域を切り開く革新的な機能が追加されており、設計物が過熱する理由を容易に解明できます。新開発された 2 つの定量的な物差しと結果イメージを用いることで、従来目に見えなかった設計上の重大な熱特性が見えるようになります。

- **ボトルネック (Bn) 値**: 高熱を伝達する経路ですが、熱の流れに対して抵抗を生じているものを判別します。
- **ショートカット (Sc) 値**: より効率的な代替の熱流路、すなわち低温領域へのショートカットとしての適性を判別します。

Bn 値と Sc 値を把握することで、システムの放熱性に関する理解を深め、熱流束分布の再構成による性能を向上することが可能です。これまで、設計内の熱的なボトルネックやショートカットとしての適性を判別する手段はありませんでした。Bn や Sc のデータに基づいて再設計を行うことで、単にボトルネックを認識するだけでなく、ボトルネック自体を回避することができるようになります。

### 計算の解釈

特定の断面積当たりの熱流の測定単位は熱流束と呼ばれています。熱流束ベクトルが存在する場合は、必ず温度勾配ベクトルが伴います。両者の相互作用が基本的に熱抵抗の指標となることから、この 2 つの値は、FloTHERM などの CFD 熱解析ツールにとって重要な要素です。熱流束値が一定であると、温度勾配が急になるほど熱抵抗が高くなります。2 つのベクトル値は FloTHERM 解析に固有のものであり、従来からの温度分布表示を補完する基礎データです。

図 1 では、熱流束ベクトルの矢印の長さが熱流束値を表し、温度勾配ベクトルの矢印の長さが温度勾配値を表しています。この図では、説明のために 2 つのベクトルを大きくずらしています。

Bn 値は、2 つのベクトル量の内積です。図 1 に示すように、熱流束ベクトル (Heat Flux Vector) と温度勾配ベクトル (Temperature Gradient Vector) の両方が存在するスペースの各ポイントでは、そのポイントにおける Bn スカラを計算できます。2 つのベクトルが完全にそろっている場合 (実世界では極めて稀です)、 $\text{Cos}(\theta) = 1$  になり、Bn 値は単にベクトル値の積となります。Bn 値と Sc 値の測定単位はいずれも  $\text{WdegC/m}^3$  です。

Bn 値が大きい場合は、大量の熱流が高い熱抵抗の通過を試みています。これは文字通り真に熱的な「ボトルネック」であり、急傾斜の温度勾配が伴います。

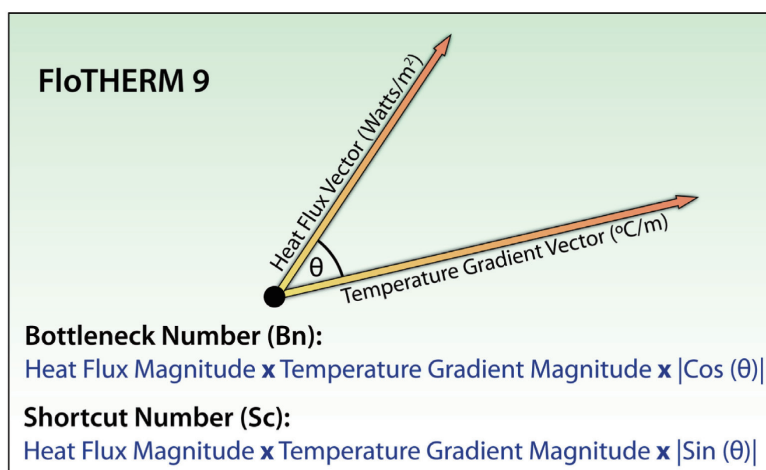


図 1: 温度データに基づく Bn 値と Sc 値の計算。  
いずれの値についても、最大値が 1.0 になるように積を正規化します。

Sc 値のスカラー値はいずれのポイントでも、熱流束ベクトル値と温度勾配ベクトル値の外積として計算されます。Sc 値が大きい場合、熱はその領域から温度が大幅に低い領域に向かって直接移動していません。こうした領域が新たな熱伝達経路の候補となります。

## 実世界での結果

図 2 に、Sc の概念を示します。この回路基板の温度分布ビューでは、BGA デバイスの高温領域が「高温」色 (通常はオレンジか赤) でハイライト表示されます。ただし、図 2 は温度分布ビューではありません。この図は Sc 値を示すものであり、赤い領域は温度ではなく、熱伝達経路の改善によって高いメリットを得られる領域を表しています。これは比較的効率の良い対流熱伝達が行われる領域であり、伝導経路 (一般的なフィン付きヒートシンク) の追加によって温度上昇を抑えられる機会を提供します。

この設計プロジェクトでは、Bn 解析で問題領域を特定し、Sc 解析で解決策を明らかにしています。結果として、BGA 内のジャンクション温度 ( $T_j$ ) を大幅に減少することができました。

最近行なった別プロジェクトの場合、筐体内に設置された同様のコンポーネントの  $T_j$  が、最初の Sc 解析で提示された熱伝達ソリューションの導入後 74% 減少しました。また、2 回目の Sc 解析に基づいてより適切な熱流路を組み込むと、 $T_j$  がさらに 58% 減少しました。

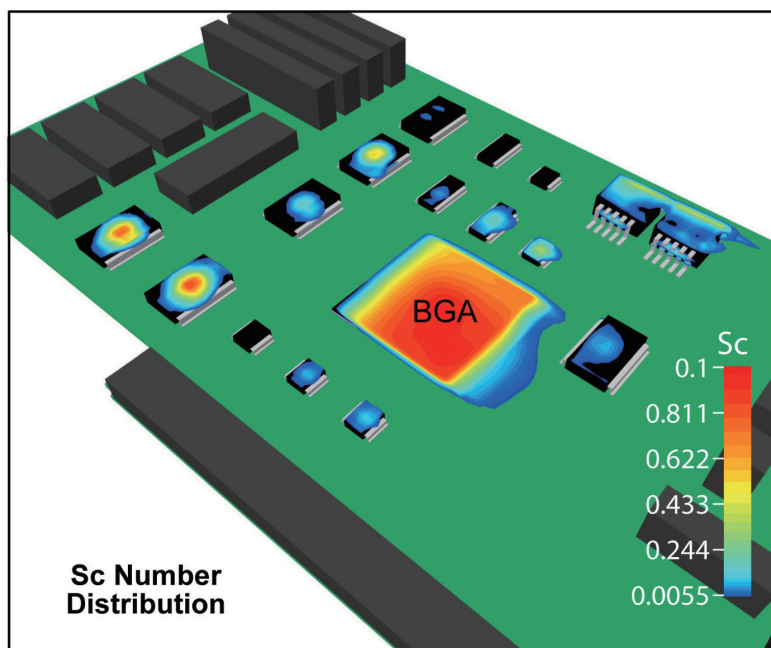


図 2: 回路基板上での Sc 値 (温度ではありません) の分布。  
赤い領域は、熱流路の改善に最適な領域を示しています。

現在、あらゆる製品でエンジニアがレイアウトや電力密度の向上に取り組んでいる中、熱シミュレーションは電子設計プロセスに欠かせない要素となっています。FloTHERM 9 は熱的なボトルネックやショートカットを容易に検出できるため、時間や予算が制限された現在の設計プロジェクトでは極めて価値の高いメリットを発揮します。

最新の製品情報については、メンター・グラフィックスのウェブサイトから：

[www.mentorg.co.jp](http://www.mentorg.co.jp)

Copyright © 2011 Mentor Graphics Corporation. All rights reserved.

Mentor Graphics は Mentor Graphics Corporation の登録商標です。その他記載されている製品名および会社名は各社の商標または登録商標です。この文書にはメンター・グラフィックスの専有情報が含まれており、その一部または全体のコピーは、元の受領者が社内の業務目的に利用する場合にのみ可能です。この文書を受領されるにあたり、受領者はこの情報の不正な利用を防ぐあらゆる合理的な努力をされることに同意されるものとします。

## メンター・グラフィックス・ジャパン株式会社

本 社 〒140-0001 東京都品川区北品川 4 丁目 7 番 35 号 御殿山ガーデン  
電話 (03) 5488-3030 (営業代表)

大阪支店 〒532-0004 大阪府大阪市淀川区西宮原 2 丁目 1 番 3 号 SORA 新大阪 21  
電話 (06) 6399-9521

名古屋支店 〒460-0008 愛知県名古屋市中区栄 4 丁目 2 番 29 号 名古屋広小路プレイス  
電話 (052) 249-2101

URL <http://www.mentorg.co.jp>

