

電子機器の熱設計に関する研究

～シミュレーションモデルの簡易化に関する検討Ⅱ～

**中部エレクトロニクス振興会
名古屋市工業研究所**

平成 23 年 11 月

目次

	頁
1. はじめに	
1.1 本研究の背景	1
1.2 これまでの活動	1
1.3 本研究の目的	2
2. 筐体内部の温度分布測定方法の検討	
2.1 測定方法の検討	3
2.2 サーモグラフィー計測の注意点	4
3. 筐体による影響	
3.1 実験内容	9
3.1.1 実験方法	9
3.1.2 実験結果	11
3.2 icepak による解析	15
3.2.1 解析条件・モデル	15
3.2.2 解析結果	21
3.3 熱設計 PAC による解析	31
3.3.1 解析条件・モデル	31
3.3.2 解析結果	34
4. 筐体内の他部品による影響	
4.1 実験内容	44
4.1.1 実験方法	44
4.1.2 実験結果	44
4.2 icepak による解析	47
4.2.1 解析条件・モデル	47
4.2.2 解析結果	48
4.3 熱設計 PAC による解析	55
4.3.1 解析条件・モデル	55
4.3.2 解析結果	55

5. 簡易モデルの適用上の注意点と対策	
5.1 モデル簡易化と誤差のまとめ	63
5.1.1 モデル簡易化手法のまとめ	63
5.1.2 実験結果のまとめ	65
5.2 部品と基板の簡易化誤差の原因と対策	69
5.2.1 部品の簡易化誤差の原因と対策	69
5.2.2 基板の簡易化誤差の原因と対策	74
5.3 実設計適用時の注意点	78
5.3.1 基板構成、発熱体サイズによる影響	78
5.3.2 筐体の向きによる影響	82
6. 結論と今後の取組み	
6.1 結論	88
6.2 今後の取組み	89
7. 活動経過	90
参考文献	91

1. はじめに

1.1 本研究の背景

携帯電話や自動車に代表されるように電子機器の小型・高機能化の進展が著しく、電子機器内部の電子部品の発熱量増大と高密度実装化により、信頼性確保が実に厳しいものになっている。その上、成長著しい新興国企業の激しいキャッチアップにより、新製品を低コストで市場へタイムリーに投入する必要があり、設計期間短縮と設計工数低減の重要性が増している¹⁻⁶⁾。

従来は、設計、試作、評価、設計変更を繰り返して設計仕様を満足させてきたが、この手順では設計が一旦完了した時点での評価後、再度、設計変更と試作を繰り返すために、設計期間短縮と設計工数低減の根本的解決は困難であった。そこで必要となるものは、試作レスで評価可能なシミュレーション技術である。この技術を構築すれば、設計、シミュレーション評価、設計変更のサイクルを繰り返した後に、設計確認の意味で試作、評価を行うことができ、設計期間短縮と設計工数低減に寄与できる。加えて、設計のフロントローディング化（設計不具合の前出し）を実現できるため、その結果として、開発生産性が向上し、企業の競争力を高めるコア技術であると考えられる。

1.2 これまでの活動

本分科会では、電子機器の小型・高機能化に対してキーファクターとなる熱設計に着目して、平成13年度からシミュレーション技術の研究に取り組んでいる。以下に、その活動内容を述べる。

(1) 第一次活動（2001年7月～2004年11月）

熱回路網法¹⁻⁴⁾を用いた電子機器の熱シミュレーションを検討し、簡易温度予測式の検討を行った。検討の結果、設計者が構想段階で実用的かつ短時間で計算できるシミュレーションプログラムを開発し、その有効性を示した。しかしながら、熱回路網法を用いた簡易温度計算では経験則が結果に大きく影響するため、電子部品自体の形状や材料が変更になった場合や、冷却手段が従来とは異なる方法を採用する場合には、従来の経験則では十分と言えず計算精度に課題が残った⁷⁾。

(2) 第二次活動（2004年12月～2008年3月）

上記問題を解決するため、3Dモデルで実製品を忠実に再現できる数値流体解析（CFD）を用いた電子機器の熱シミュレーションを検討した。本手法は、実製品を忠実に再現するため計算精度は改善されるが、計算規模が飛躍的に増大するため、電子機器全体のモデル化は実用上不可能である。このため、一定レベル以上の計算精度を確保しつつ、実施可能な計算規模にするためにはモデリングをどうしたら良いかを検討した。本研究では、電

子機器に一般的に用いられる TO-220 型と SOP 型の発熱部品を対象として、基板上に実装された状態でのシミュレーションモデルを検討した。また、シミュレーションの妥当性を確認するために、サーモグラフィによる温度分布測定技術を検討し、その測定結果と比較した⁸⁾。

1.3 本研究の目的

本報告書の目的は、前研究で行った電子部品が実装された基板だけではなく、その基板を筐体内に入れた実製品に近い状態でもシミュレーション評価ができるように検討を行うことである。前研究でも一部検討したが、基板モデルは単に一樣な板状モデルではなく、基板上の配線が考慮された等価熱伝導モデルを用いた評価方法の検討を行っている。加えて、発熱部品同士の熱干渉の影響も考慮に入れた。

本報告書は六章構成になっており、概要を以下に述べる。

第二章では、シミュレーション結果の妥当性を検証する実機検証において、筐体に観測用窓を設け、透明なラップを貼付することにより、筐体内部の熱拡散を防止し、サーモグラフィによる基板上の温度分布を測定する方法を検討している。その中で、筐体に貼付するラップ物性の影響やその場合のサーモグラフィの補正式を提案している。

第三章では、前章で検討した筐体に観測用窓を設けた状態のシミュレーション評価方法を検討し、観測用窓に貼付したラップ部のモデル化手法を検討している。電子部品と基板の詳細モデルと実験結果の一致性を確認した上で、電子部品と基板の簡易モデル化を検討している。簡易モデル化は、研究用、詳細検討用、初期検討用の3つのレベルを設定し、目的に応じて、効率良くシミュレーション評価ができる方法を検討している。解析ソフトは ANSYS 社 icepak とクレイドル社熱設計 PAC のふたつのツールで検証されている。

第四章では、前章で検討したシミュレーションモデルに対して、基板上的複数の発熱部品の熱干渉が発生した場合の影響を検討している。熱干渉の影響は、発熱部品が集中する場合と一定の距離をおいて配置された場合に分けて検証されている。解析ソフトは前章同様に、ANSYS 社 icepak とクレイドル社熱設計 PAC のふたつのツールで検証されている。

第五章では、前章までで検討した電子部品と基板の簡易モデル化手法は、条件によっては解析精度が低下する場合があるため、適用上の注意点を指摘している。


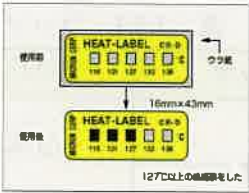
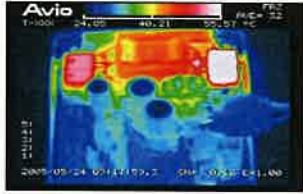
第六章では、本研究のまとめと今後の取組みについて述べている。

2. 筐体内部の温度分布測定方法の検討

2.1 測定方法の検討

温度測定方法は接触式と非接触式の2つに大別できる⁸⁾(表 2.1.1 参照)。筐体内の温度を測定する場合、基板の状態はケースで覆われているため、熱電対で測定することが主であるが、温度分布を得るためには多点観測を行なう必要があり、配線部が流れに影響する恐れがある。また、サーモラベルを用いて温度分布を測定しようとした場合、温度レンジの制限とピーク温度しかわからないため、状態を把握しにくいという懸念事項がある。サーモグラフィのような非接触式のものでは、筐体内のものを直接見ることができないため観測用窓を作成する必要がある。

表 2.1.1 各測定法の特徴

方式	接触式		非接触式
代表例	<p>熱電対</p> 	<p>サーモラベル</p> 	<p>サーモグラフィ</p> 
測定方法	異種金属材料の熱起電力を温度に換算	示温素子の融点を利用し、変色させて表示	発熱体からの赤外線を測定して温度に換算
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・精度が高い ・分布を確認するためには多数の点が必要 ・配線が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ・温度分布が確認可能 ・ピーク温度しか計測できない ・測定する温度レンジ幅が小さい ・過剰温度検知に使用されることが多い 	<ul style="list-style-type: none"> ・温度分布が容易に確認可能 ・筐体内部の測定には窓を設ける必要あり ・放射、透過による校正が必要