

# 車載マルチメディア製品における熱流体解析の精度向上

技術管理部 基盤技術室 仲田 祐子  
肥田 昌志

## 1. はじめに

昨今の電子機器において、高性能化・高集積化が進む一方で、発熱量増加により熱暴走や部品劣化など様々な熱問題が発生している（図1）。当社が扱う車載マルチメディア製品（図2）においても、スマートフォン並みの高速処理性能や搭載制約による小型・軽量化が求められており、この問題も例外ではない。



図1 熱問題の例



図2 車載マルチメディア製品

熱問題の発生を防ぐために、当社では製品開発の初期工程の熱設計において、熱流体解析などのCAE（Computer Aided Engineering）を活用している。昨今の熱問題の深刻化により、CAEにおける温度予測精度向上への期待が高まっており、今回はその事例について取り上げる。

## 2. CAE 活用の課題

図1で示した熱問題の発生を防ぐため、当社では製品実機を用いた耐熱温度試験を実施し、合否判定をしている。また合否判定前の設計初期段階でCAEを活用した温度予測による熱設計を行うことで、早期に問題を発見して熱対策設計を行うことができ、設計品質の向上、設計・評価の工数削減、製品コストの削減が期待される。しかし現状は、精度の高い温度予測ができておらず、耐熱温度試験での不合格判定による開発手戻りが生じている。そのため、CAEにおける精度の高い温度予測が行えるようにする必要がある。精度の高い温度予測を行うためには熱源から外気までの放熱経路を正確に模擬することが重要になる。図3に製品の放熱経路を図示する。

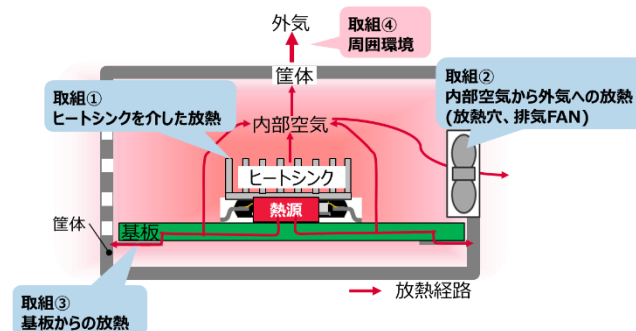


図3 製品の放熱経路（概略図）

これまでは温度管理が重要なCPUや電源ICなどの部品に直接影響を与える製品内部の放熱（図3の取組①～③）のCAEモデル精細化を中心に実施してきたが、今回は周囲環境となる製品筐体から外気への放熱（図3の取組④）に着目し、周囲環境の違いにおけるCAEと実測の乖離傾向把握と温度予測精度向上に取り組んだ。

### 3. 周囲環境の違いにおける乖離傾向把握

#### 3.1 製品筐体から外気への放熱とは

熱の基本原則として、熱エネルギーは温度の高いところから低いところに流れ、その温度差が大きいほど放熱量は大きくなる。これは熱の基礎理論と呼ばれ、製品筐体と外気の温度差（以下、筐体の上昇温度 $\Delta T$ という）は、製品筐体から外気への放熱量 $Q$ に比例すること（式(1)）を示す。熱抵抗 $R$ は「熱の伝わりにくさ、放熱のしにくさ」を示す指標である。

筐体の上昇温度 $\Delta T$

= 熱抵抗 $R \times$ 製品筐体から外気の放熱量 $Q$  …式(1)

#### 3.2 乖離率とは

式(1)を CAE 温度結果および実測温度結果と区別して表現すると、以下の式(2)、式(3)となる。

$$\Delta T_{CAE} = R_{CAE} \times Q \quad \dots \text{式(2)}$$

$$\Delta T_{\text{実測}} = R_{\text{実測}} \times Q \quad \dots \text{式(3)}$$

CAE と実測の乖離傾向把握には乖離率を使用する。乖離率は CAE 温度結果と実測温度結果がどれだけ離れているかを示し、式(4)で算出される。

$$\text{乖離率}[\%] = (\Delta T_{CAE} - \Delta T_{\text{実測}}) / \Delta T_{CAE} \quad \dots \text{式(4)}$$

#### 3.3 乖離傾向把握のための事前検証

車載マルチメディア製品の耐熱温度試験は、車載環境を想定し 65℃環境の恒温槽にて実施している。恒温槽内は、温度を一定に保つために恒温槽上部から熱風が吹いており、槽内を循環させている。製品に直接熱風があたることを防ぐため、防風箱を設置している（図 4 (a)）が、完全に密閉してしまうと、箱内温度が 65℃を超えてしまうため、前面のみ開放している。その結果、前面に熱風が回り込み、製品周辺で対流が発生している（図 4 (b)）。一方 CAE は恒温槽内の環境を模擬しておらず、65℃無風環境下で解析している。

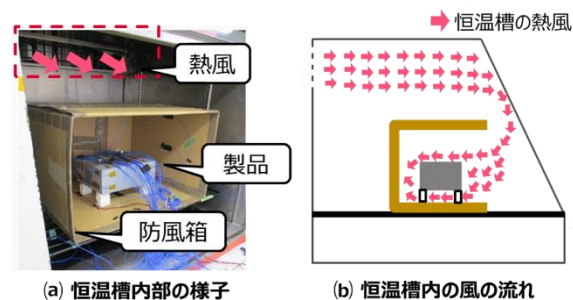


図 4 恒温槽

周囲環境の違いにおける CAE と実測の乖離傾向の把握を行うため、恒温槽の熱風有無における筐体の上昇温度 $\Delta T$ を確認した。

熱風なし：恒温槽を停止、25℃環境下で測定

熱風あり：恒温槽を動作、65℃環境下で測定

熱風なしでは乖離率が 5%だったのに対し、熱風ありは乖離率が 60%となり、恒温槽の熱風影響は非常に大きいことがわかる（図 5）。これは試験品表面からの放熱が増えたことで実測の試験品表面温度が下がっていると推測される。以上より、CAE と実測の乖離傾向把握を行うことができた。

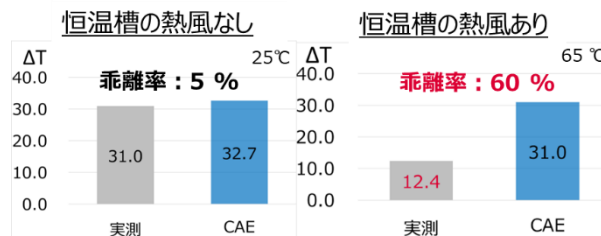


図 5 恒温槽の熱風有無による実測と CAE 温度結果比較

### 4. “補正”を利用した温度予測精度向上

CAE による温度予測精度を向上させるためには実測環境を精細にモデル化することが挙げられるが、恒温槽の熱風の制御仕様を正確に再現することが出来ず、精細なモデル化は断念せざるを得なかった。そこで今回は、CAE 温度結果に補正を加えることで、実測温度結果を予測する方法を考えた。

## 4.1 補正の考え方

補正による温度予測方法について説明する。熱の基礎理論（3.1 章で説明）より、筐体の上昇温度 $\Delta T$ は、製品筐体から外気への放熱量  $Q$  に比例することから、横軸： $Q$ 、縦軸： $\Delta T$  の線形グラフで表現可能である。3.2 章の式(2)、式(3)を線形グラフで表現すると図 6 のようになる。

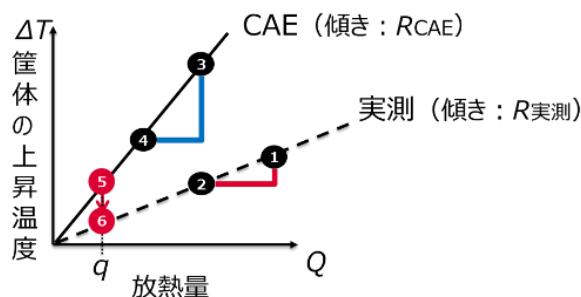


図 6 補正の考え方

①～④のように CAE 温度結果および実測温度結果を複数箇所取得し、グラフの傾き ( $R_{CAE}$ 、 $R_{実測}$ ) を導出する。任意の CAE 温度結果⑤に対する実測温度予測値⑥は  $R_{CAE}$ 、 $R_{実測}$  の比率をつかうことにより、算出することができる。これより、補正に必要な値、すなわち補正値を熱抵抗の比率と定義すると、補正値は以下の式(5)で表すことができる。

$$\text{補正値} = R_{実測} / R_{CAE} \quad \cdots \text{式(5)}$$

任意の CAE 温度結果⑤を  $\Delta T_{CAE}$  とすると、その温度予測値⑥  $\Delta T_{CAE}[\text{補正}]$  は以下の式(6)により算出することができる。

$$\Delta T_{CAE}[\text{補正}] = \text{補正値} \times \Delta T_{CAE} \quad \cdots \text{式(6)}$$

## 4.2 データ収集方法

補正値を算出できるか検証するために、まず表 1 の条件に限定し、実測と CAE を行い、データ収集を行った。

表 1 検証条件

|      |        |                           |
|------|--------|---------------------------|
| 製品   | 筐体サイズ  | 1.4DIN<br>(178×135×70 mm) |
|      | 筐体材質   | 亜鉛メッキ鋼板 (SECC-0.8)        |
|      | 排気 FAN | 非稼働                       |
| 評価環境 | 恒温槽    | APS-200LL-C (ORION 製)     |
|      | 周囲温度   | 65 °C                     |
|      | 防風箱サイズ | W410×D210×H280mm          |

正確な CAE を実施するために、評価する製品構成は誤差要素の少ない以下を条件とした (図 7)。

- ・必要最低限の穴・隙間だけの筐体を採用
- ・抵抗 (計 16 個) 配置した基板 1 枚を設置
- ・基板発熱量を変更し検証を実施  
10.5 W/16 W/24.2 W

検証に使用する温度は、筐体 6 面の部位 (図 8) の測定結果全 34 か所の平均値とした。

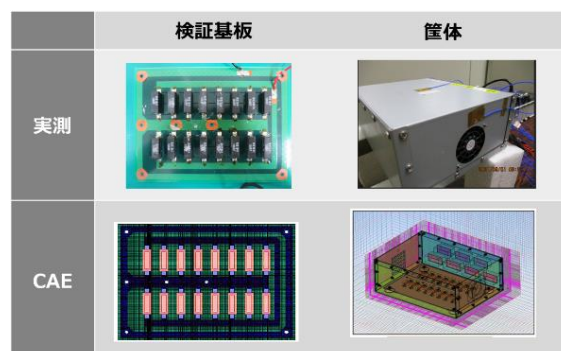


図 7 使用基板・筐体

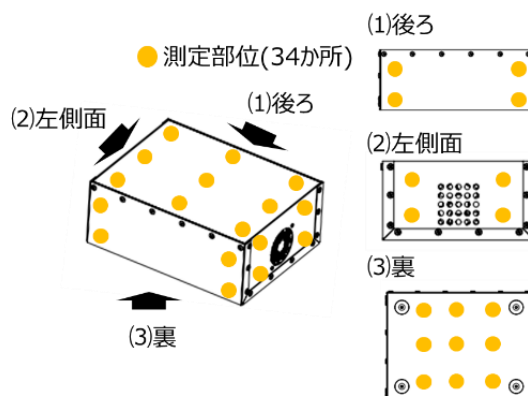


図 8 測定部位

#### 4.3 補正值と温度予測値の算出

補正值の算出は図 6 のグラフを作成する目的で以下の手順Ⅰ～Ⅲで実施した。

##### Ⅰ：筐体の上昇温度 $\Delta T$ (図 6 の縦軸) の算出

実測およびCAEで検証を実施し、筐体の上昇温度 $\Delta T$  実測、 $\Delta T_{CAE}$  を算出した (表 2)。

表 2 算出方法Ⅰの詳細

| 基板発熱量<br>[W] | $\Delta T$ 実測<br>[°C] | $\Delta T_{CAE}$<br>[°C] |
|--------------|-----------------------|--------------------------|
| 10.5         | 5.2                   | 16.4                     |
| 16           | 8.2                   | 22.6                     |
| 24.2         | 12.4                  | 31.0                     |

##### Ⅱ：放熱量 $Q$ (図 6 の横軸) の算出

製品筐体から外気への放熱量  $Q$  を CAE 結果から算出した (図 9)。

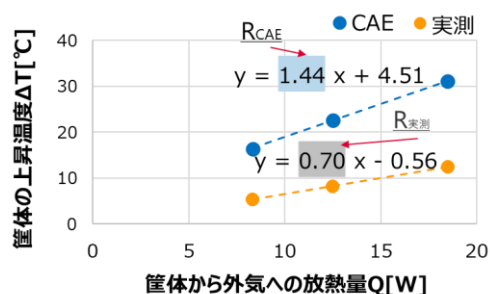


| 基板発熱量<br>[W] | 筐体放熱量<br>$Q$ [W] |
|--------------|------------------|
| 10.5         | 8.318            |
| 16           | 12.49            |
| 24.2         | 18.475           |

図 9 算出方法Ⅱの詳細

##### Ⅲ：温度予測値の算出 (図 6 より補正值の算出)

Ⅰ、Ⅱで得られた値をプロット、直線近似し、傾き (熱抵抗) から補正值を算出した (図 10)。



補正值

$$\text{補正值} = \frac{R_{\text{実測}}}{R_{\text{CAE}}} = \frac{0.70}{1.44} \div 0.486$$

図 10 補正值算出グラフと式

補正值を用いて、 $\Delta T_{CAE}$ [補正]を算出し、乖離率を算出した結果、60 %から 18 %まで低減できた (図 11)。以上より、表 1 の条件において算出した CAE 温度結果に補正を加えることで、CAE における温度予測精度を向上することができた。

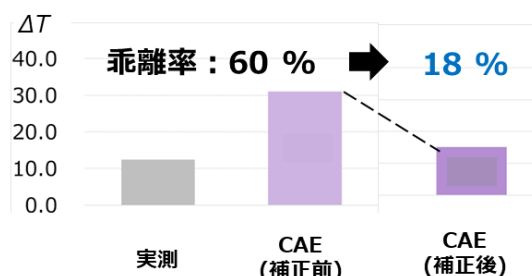


図 11 補正值の効果確認

#### 5. まとめ・今後の展開

今回の取組では、表 1 の限られた条件での検証結果にはなるが、CAE と実測の乖離傾向を把握できた。また、CAE 温度結果に補正を加えることで、CAE における温度予測精度を向上させることができた。今後は、当社の製品仕様および評価環境においてどの条件が補正值に最も影響を与えるかを検証する。そして、“補正”を用いた温度予測手法の汎用性を向上させ、車載マルチメディア製品や ECU (Electronic Control Unit) 製品の設計検証に役立てる。また、製品開発の初期工程での熱設計を推進し、設計品質の向上、設計・評価の工数削減、製品コストの削減に寄与していく。

##### 参考文献

1) 国峯尚樹 (株式会社サーマルデザインラボ)

書籍：『エレクトロニクスのための熱設計完全制覇』