

## 電気製品の環境試験における温度応答特性

キーワード： 恒温槽、冷熱衝撃、温度変化、信頼性

### 1. はじめに

温度条件を変化させる環境試験は、材料や部品から完成品までの幅広い分野で実施されています。電気製品などの温度変化試験を実施すると、一般的には製品外装部と内部では温度応答速度が異なります。試験を実施するときには、これらの差異を認識し、適切な曝し時間を決定する必要があります。

今回はデスクトップパソコンを試料とし、周囲の温度変化に対してどのような応答特性を持っているかを調べました。

### 2. 試験方法

本試験では、図 1 および図 2 に示す恒温槽(タバイエスペック社製 PDL-3S)と冷熱衝撃試験装置(タバイエスペック社製 TSA-71S)を使用しました。恒温槽では、温度変化を $1^{\circ}\text{C}/\text{分}$ とし、 $-30^{\circ}\text{C}$ から $+50^{\circ}\text{C}$ の1サイクルで測定しました。冷熱衝撃試験では、 $+70^{\circ}\text{C}$ と $-30^{\circ}\text{C}$ の熱変化を与えました。

今回使用した冷熱衝撃試験装置は、試料室の上部と下部に恒温槽と低温層がそれぞれ設置されており、ダンパによって室内の空気を入れ替えることができます。主な仕様は参考文献[1]をご参照ください。

温度測定には、T型熱電対と温度ロガー(HIOKI 8430 メモリハイロガー)を使用し、デスクトップパソコンの外装側面、CPU、マザーボードおよび雰囲気温度の4箇所を測定点としました。

### 3. 試験結果

図 3 と図 4 に恒温槽および冷熱衝撃試験装置を使用したときの試料各部位の温度変化の結果をそれぞれ示します。図 3 より、雰囲気温度が $50^{\circ}\text{C}$ に達してから約 80 分後に外装側面が同温度になることが分かります。さらに、その 80 分後に内部 CPU が $50^{\circ}\text{C}$ に到達します。

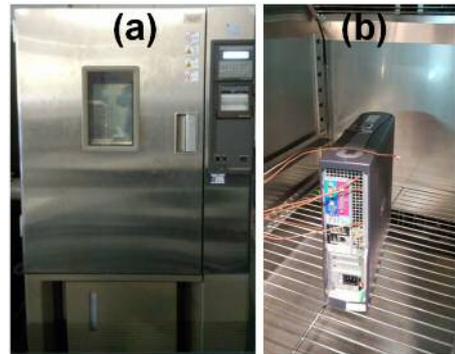


図 1 (a) 恒温槽概観  
(b) 試料 (デスクトップパソコン)



図 2 冷熱衝撃試験装置の概観

同様に、図 4 においても雰囲気温度に対して、試料各部位の温度応答の遅れを確認することができます。雰囲気温度は約 5 分で設定値に到達しますが、CPU は約 60 分の温度応答遅れがみられます。

### 4. 温度応答時間の推定

このように、温度変化試験では雰囲気温度に対して、試料部位に温度応答の遅れが生じます。しかし、それらの特性は試料の構造や材料に依存するため、電気製品などでは一般的に遅れ時間を正確に予測することは困難です。

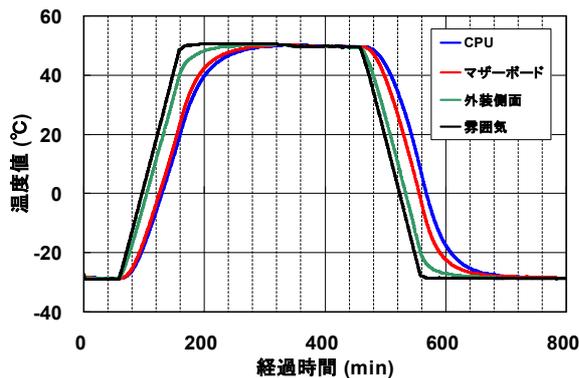


図3 恒温槽を用いた温度変化試験結果

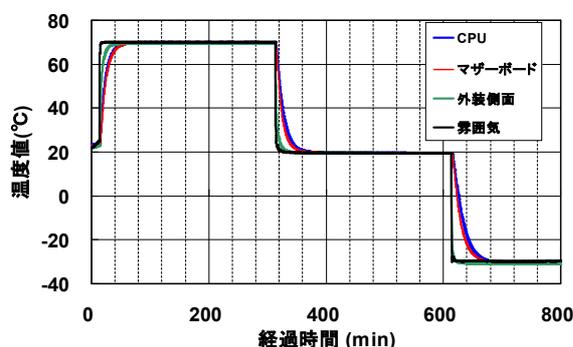


図4 冷熱衝撃試験装置を用いた温度変化試験結果

ただし、特定の条件を満たす場合、温度応答特性を数学的に表現できる場合があります。たとえば、低温媒質中に置かれた高温固体の温度変化は、ニュートンの冷却の法則に従うことが知られています。この法則では、固体の熱量  $Q$ 、固体の表面積  $S$ 、固体の温度  $T_1$ 、媒質の温度  $T_2$ 、時刻  $t$  の間には、比例定数を  $a$  として以下の関係式が成り立つとされています[2]。

$$-\frac{dQ}{dt} = aS(T_1 - T_2) \quad (1)$$

この式を解くと、固体と媒質の温度差が指数関数的に減少することが分かります。比例定数  $a$  は熱伝達率と呼ばれ、異なる物質間での熱エネルギーの伝え易さを表します。固体を気体や液体中に置いたときの熱伝達率は、媒質の流速や粘性などの影響によって変化します。

ここで、図4の経過時間310~380(min)を拡大表示したグラフを図5に示します。冷熱衝撃試験装置では、5分程度で雰囲気温度を変化させる

ため、低温気体中に高温の試料を配置したとみなすことができます。そのため、図5の実線で示すように部分的には指数関数として近似することが可能です。ただし、電気製品は複雑な形状をしており複合的な材料で構成されている場合が多いため、式(1)を使用する際には注意が必要です。

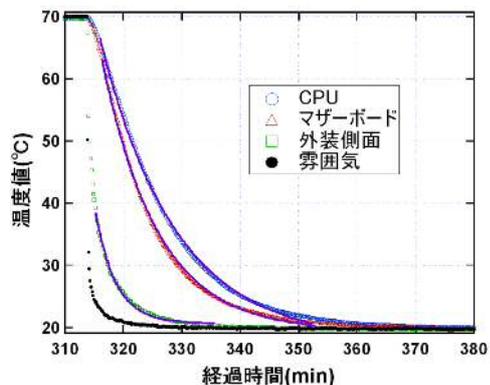


図5 冷熱衝撃試験結果 310~380(min)  
実線は測定結果の指数関数近似

## 5. まとめ

恒温槽および冷熱衝撃試験装置を用いて、デスクトップパソコンの各部位の温度応答特性を調べました。試料内部では雰囲気温度に対しての遅れが顕著にみられるため、信頼性試験を実施する場合には試料のどの部位を評価するかを考慮して、曝し時間を決定する必要があります。冷熱衝撃試験などの場合、温度変化を指数関数として表現できることがあります。

産技研には様々な環境試験装置が配備されています。信頼性試験などのご利用をお待ちしております。

## 6. 参考文献

- [1] 山東悠介, 大阪府立産業技術総合研究所テクニカルシート No.09019 “温度変化試験(温度急変)のための冷熱衝撃試験装置”。
- [2] Michael I. Davidzon, *International Journal of Heat and Mass Transfer* **55** (2012) 5397 “Newton’s law of cooling and its interpretation”。