

## ノート

## 熱電対を用いた表面温度測定における誤差の低減化

中島 敏晴\*<sup>1)</sup> 沼尻 治彦\*<sup>2)</sup> 佐々木 正史\*<sup>2)</sup>

## Reduction of error of the surface thermometry using the thermocouple

Toshiharu Nakajima\*<sup>1)</sup>, Haruhiko Numajiri\*<sup>2)</sup>, Masashi Sasaki\*<sup>2)</sup>

キーワード：表面温度，シース熱電対，耐熱テープ，温度ロガー，赤外線サーモグラフィ

Keywords：Surface temperature, Sheathed thermocouple, Heat-resistant tape, Temperature recorder, Infrared thermography

## 1. はじめに

熱電対を用いた表面温度測定は，製品などの安全性確認や品質評価において，重要な計測手法の一つである。最近では，LED 照明器具をはじめとして，小型電子部品実装回路基板などの表面温度を正確に把握することが求められている。これまで，表面温度測定における測定データの誤差評価にあたっては，様々な手法が考案・開発されてきたが，いずれの方法も一長一短があり，また測定対象を限定した例がほとんどである。

本研究では，固体表面を対象として，熱電対をテープで測定対象に取付けて測定する手法について，使用する熱電対の線径や取付け長さなどが測定値に及ぼす誤差について評価し，この結果から誤差を低減化するための補正値を算出する手法の検討を行ったので報告する。

## 2. 実験内容

## 2.1 表面温度測定用熱板の製作と設定放射率測定

実験では，複数の熱電対を測定用熱板（以下，熱板という。）に取付けて同時に測定を行うため，使用する熱板は表面温度分布が一様で，かつ安定性に優れていることが重要である。

加熱源として使用する市販のホットプレートは，表面温度分布が $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 以上と大きく，そのままでは実験には不向きなため，加熱面の上に黒化塗料を塗布した銅板（ $380 \times 280 \times$ 厚 5mm，塗膜厚 20~25  $\mu\text{m}$ ）を設置して熱板とした。

熱板の表面温度分布特性評価に当たり，サーモグラフィを用いて行う場合は，熱板の放射率が既知であることが必要である。そこで，熱板と同じ表面状態の $\square 30\text{mm}$ のアルミ板を  $100^{\circ}\text{C}$  に加熱し，FT-IR を用いて分光放射率特性を評価した。分光放射率特性結果から全放射率を算出し，これをサーモグラフィへの設定放射率とした。

## 2.2 各種熱電対及び取付け方法による熱板表面温度測定

熱板の表面温度設定値は，50，75，100， $125^{\circ}\text{C}$ とした。次に，線径の異なるシース熱電対（ $\phi 0.5$ ，1.0，1.6，2.3mm）を用意し，熱板との接触長を変化させるため，それぞれの線径に対して0，10，25，30，40，50，100倍の長さで熱電対先端から折り曲げ加工を施した。使用したシース熱電対は，Kタイプである。なお，0倍の長さでの測定は，シース先端を熱板に接触させるだけである。

表面温度分布を把握した熱板に，各々の熱電対を耐熱テープ（カプトンテープ，及びフッ素樹脂テープ）を用いて取付け，熱板の表面温度を測定した。熱電対の熱板への取付け状況を図1に示す。実測データをもとに，線径ごとの折り曲げ倍率と測定値との関係を調べることで，最適な折り曲げ倍率が求められる。次に，線径毎の最適な折り曲げ倍率での測定値から，線径が限りなく0に近づいた場合（0外挿）の値を求め，これを表面温度の推定値とした。この推定値と実測値との偏差を取ることで，誤差補正値を求めた。



図1. 熱板への熱電対取付け状況

## 3. 結果及び考察

3.1 表面温度測定用熱板の特性評価 赤外分光放射率測定の結果から，プランクの放射則を用いてサンプルの赤

事業名 平成24年度 基盤研究

\*<sup>1)</sup> 光音技術グループ\*<sup>2)</sup> 実証試験セクター

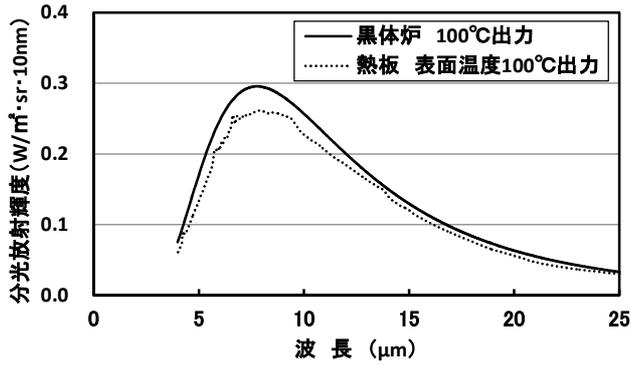


図2. 熱板の表面温度 100°Cにおける分光放射出力特性

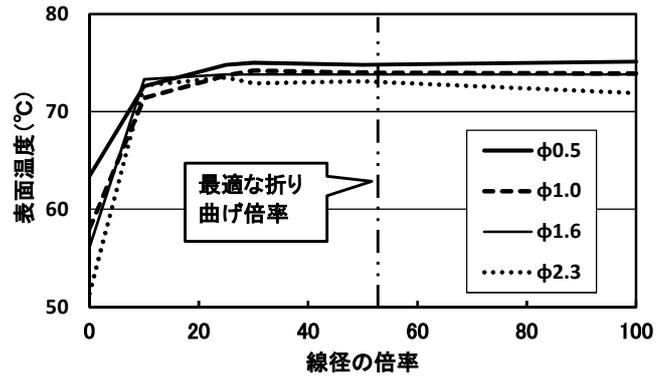


図4. 熱板の表面温度 75°Cにおける実測値

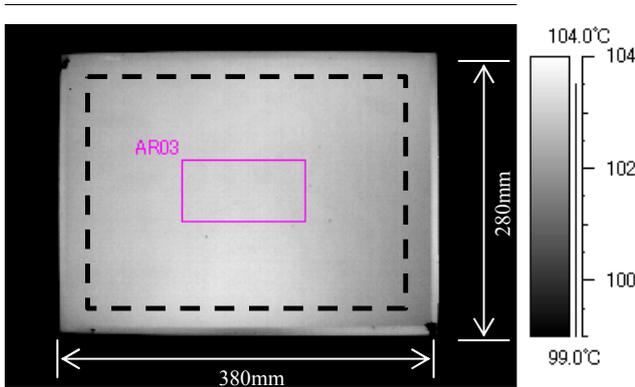


図3. サーモグラフィで測定した熱板の表面温度分布状態  
破線内：±2.0°C以内，実線内：±0.5°C以内，設定放射率  $\epsilon = 0.92$

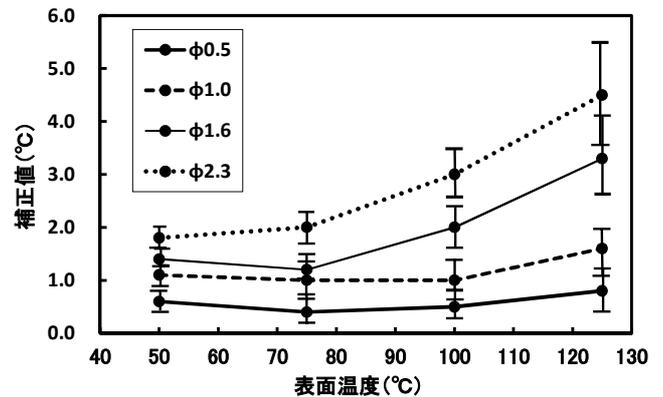


図5. 誤差補正値のグラフ

外分光放射出力特性を求めた。これを図2に示す。この結果から、測定波長区間(4~25 μm)における全放射率は  $\epsilon \approx 0.92$  であった。これをサーモグラフィに設定し、測定した熱板の表面温度分布を図3に示す。図の破線内は±2.0°C以内の温度分布であったが、実線内の領域は±0.5°C以内の温度分布であり、かつ温度ドリフトは表面温度100°Cにおいて±1.0°C/h以内であった。この領域内に、熱電対を取り付けて実験を行った。

**3.2 各種熱電対及び取付け方法による熱板表面温度測定**  
各温度における熱電対線径毎の実測データのうち、カプトンテープを用いた75°Cの結果を図4に示す。各線径毎の結果から、50倍を超す曲げ長さではどの線径でも測定データに変化がみられなかった(飽和状態)。この結果から、各線径の最適な折り曲げ倍率を50倍とした。

0外挿法から求めた、カプトンテープを用いた場合の誤差補正値のグラフを図5に示す。線径φ0.5mmの熱電対の場合、表面温度50~125°Cにおいて、誤差補正値は1.0°C以内であった。また、測定のばらつきは50°Cで±0.2°C以内、100°Cでは±0.5°C以内であったが、125°Cでは線径がφ1.6mmとφ2.3mmの場合は±1.0°Cと大きい。これは、テープの空気層の影響と思われる。

なお、テープを使用した測定では、熱電対とテープの間径が大きいほど空気層が発生しやすく、空気層の影響で測

定値が実際よりも低くなることが分かった。

フッ素樹脂テープの場合、素材の伸び率がカプトンテープの3倍以上であり、高温になるほど熱電対の浮き上がりが大きくなる傾向がみられた。

#### 4. まとめ

本研究では、一般的な測定対象の表面温度を測定する手法として、シース熱電対と耐熱テープを用いた測定誤差の補正方法について検討を行った。0外挿法による誤差補正を行うことで、表面温度が125°C以下であれば、±1.0°C以内の精度での測定が可能であることが分かった。

今後は、補正値を推定するための計算式を導出し、簡便な誤差補正が可能となるようにする。また、成果は表面温度測定を伴う依頼試験業務に活用していく。

(平成26年7月7日受付，平成26年8月11日再受付)

#### 文 献

- (1) 中島敏晴, 尾出順, 河村昭利: 「表面温度測定における誤差評価」, 東京都立工業技術センター研究報告, No.238, pp.53-56 (1994)