

赤外放射温度計の簡易的面積効果測定

佐藤 弘康（日本電気計器検定所 標準部）

1. はじめに

近年、波長 $10 \mu\text{m}$ 帯を主要な測定波長とする赤外放射温度計は幅広い分野の温度測定に使われるようになった。これらの赤外放射温度計は、実際はメーカーが公表する測定視野よりも広い視野の赤外線を受光し温度を算出している。つまり、公表されている測定視野外の熱源の有無によって表示温度が変わることがある。この現象は面積効果 (SSE: Size-of-Source Effect) と呼ばれている^{(1)~(6)}。低価格の赤外放射温度計ほど面積効果の影響は大きく、校正条件によって校正結果が変わる可能性があるため、その評価は必要である。本稿では、従来より簡易な評価方法⁽⁷⁾を報告する。

2. 面積効果測定

面積効果の測定に使用する放射光源は、近赤外放射温度計 (波長 $0.65 \mu\text{m} \sim 1.6 \mu\text{m}$) と赤外放射温度計 (波長 $10 \mu\text{m}$ 帯) では異なる。前者の近赤外放射温度計の場合は、積分球の出力波長に近赤外が含まれるため、積分球を均一光源として利用できる。一方、後者の赤外放射温度計の場合は積分球の出力波長外のため、別の均一熱源が必要となる。過去の報告例^{(8)~(9)}においては、均一熱源として大口径の黒体炉や平面発熱体を使用し、熱源前面に設置した円形絞りのサイズを変更しながら面積効果による出力の増減を評価している。重要なことは、絞りが熱源の放射熱により温度が上昇しないよう温度を一定 (通常は室温) に保つことにある。絞りが加熱すると絞り自体から発する赤外線を余計に検出してしまうため、面積効果測定にならない。この手法の難点は、温度を一樣かつ一定に保った複数の絞りを用意しなければならないことにあり、評価結果はその温度維持の程度に大きく依存する。絞り交換が必要でないスキヤニング法^{(10)~(11)}も提唱されているが、測定後の数値演算処理が難解であり実施は容易ではない。

3. 測定原理

従来手法による赤外放射温度計の面積効果の測定は、無限に広い温度均一平面に赤外放射温度計を向けて測定したときの出力値と、絞りを設置したときの出力値との比を算出する。本稿の測定方法は、微小面積の熱源を使用し、熱源が視野を横断していくように放射温度計を移動させながら測定する。熱源面積が小さいため装置が簡易なもので十分であり、絞りも使用しない。その測定原理を紹介する。

十分に長く、幅は放射温度計の測定視野よりも狭いスリ

ット状の温度均一熱源があると仮定する。このスリット熱源の中央に放射温度計視野の中心を合わせ測定する。このときの放射温度計の出力は、スリットを微小面積に分けたとき、その微小面積を熱源とする放射温度計の出力の総和に等しい、と考えることができる (図 1)。そこで、微小面積の熱源を横方向に移動させながら放射温度計出力を測定し、各位置における出力の積分値がスリット熱源の出力と等価になるはずである (図 2)。

次に、スリット熱源に絞りを設置して面積効果を測定することを考える。この場合は図 3 のように、全範囲の積分値と、範囲を限定した積分値との比として表せる。つまり、図 2 のような感度分布情報を得ることができれば、絞りを使わ

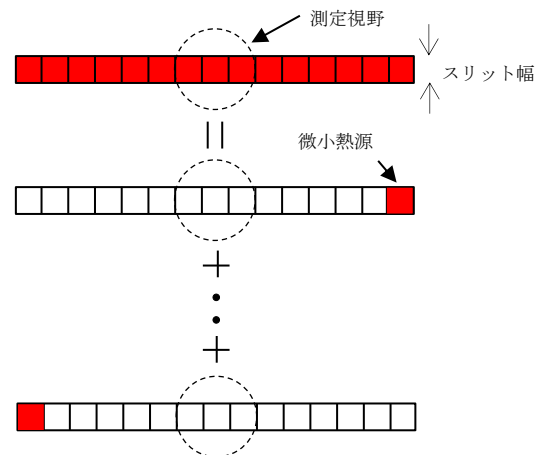


図 1 スリット熱源と微小熱源を使用した測定

ずに面積効果を計算することが可能になる。

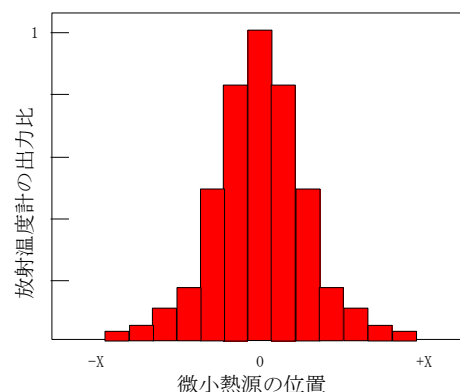


図 2 微小熱源の移動による測定

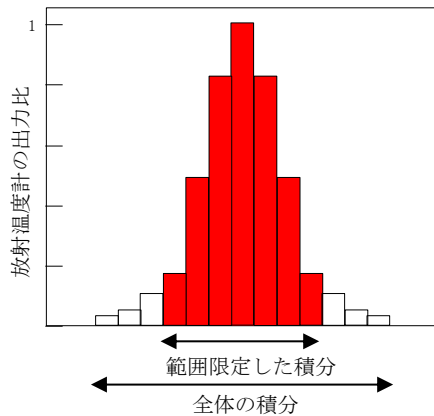


図3 絞りを設置した状態の面積比

4. 装置概要と測定結果

図4に装置略図を示す。熱源として温度計校正装置を利用し、そこに挿入した銅の丸棒（直径6 mm）の断面を微小熱源とした。赤外放射温度計は電動スライダに固定し、遮蔽板に対して平行に水平方向に移動させながら測定することで図2のような測定結果を得る。遮蔽版のサイズは300 mm×300 mmで、赤外放射温度計の移動距離は±50 mmである。測定視野は直径30 mm程度であり、外界の放射の影響は少ないとみなしている。

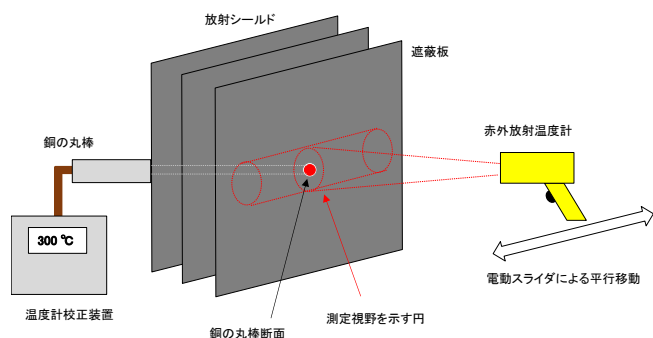


図4 装置略図

国内で比較的多く使用されている3機種の赤外放射温度計の測定を行った。その結果を図5に示す。なお、横軸は測定距離に依存しない量として視野の角度(deg.)を用いた。3台をa、b、cとして区別する。このうちaは放射率可変タイプであり、1.00に設定して測定した。bとcは放射率0.95固定タイプであり、計算で放射率1.00相当の出力に変換した。メーカーから公表されている諸性能は表1のとおりである。

表1 DS比、視野角及び温度範囲

機種	DS比	視野角(deg.)	温度範囲(°C)
a	12:1	9.5	-30~650
b	10:1	11.4	-30~550
c	11:1	10.4	-60~500

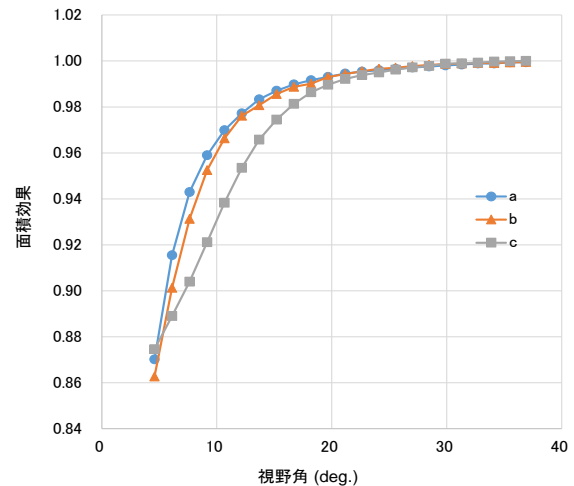


図5 3機種の放射温度計の面積効果

5. おわりに

本稿の手法により、従来の絞りを使用した手法よりも簡易な装置で面積効果測定を実施することが可能になる。具体的な不確かさの数値の推定にはまだ議論の余地があり、継続して調査予定である。

参考文献

- (1) L. Ma, F. Sakuma: "Improvement of size of source effect measurement of standard radiation thermometers", Proc. SICE 2007, pp1743-1748 (2007)
- (2) Z. M. Zhang, B. K. Tsai, G. Machin: "Radiometric temperature measurements 1. Fundamentals", Academic press (2010)
- (3) J. Fischer, P. Saunders, M. Sadli, et al.: "Uncertainty budgets for calibration of radiation thermometers below the silver point", CCT-WG5 on radiation thermometry, Ver. 1.71 (2008)
- (4) H. Yoon, P. Saunders, G. Machin: "Supplementary information for the ITS-90 Section 6: Radiation thermometry", BIPM CCT publications, in Guide to the realization of the ITS-90.
- (5) H. Yoon, D. Allen, R. Saunders: "Methods to reduce the size-of-source effect in radiometers", Metrologia, 42, pp89-96 (2005)
- (6) D. P. Dewitt, G. D. Nutter: "Theory and practice of radiation thermometry", Wiley (1988)
- (7) H. Sato: "A simple method of measuring SSE for IR thermometers", Proc. the 35th SICE Sensing forum at Yamaguchi Univ., 2A2-2 (2018)
- (8) Yong Shim Yoo, Bong-Hak Kim, Chu-Woung Park, Dong-Hoon Lee and Seung-Nam Park: "Size of source effect of a transfer reference thermometer suitable for international comparisons near to room temperature", XIX IMEKO World Congress Fundamental and Applied Metrology, pp1493-1496(2009)
- (9) Igor Pusnik, Goran Grgic and Janko Drnovsek: "System for the determination of the size-of-source effect of radiation thermometers with the direct reading of temperature", Meas. Sci. Technol, 17, pp1330-1336(2006)
- (10) M. Bart, E. W. M. van der Ham, P. Saunders: "A New Method to Determine the Size-of-Source Effect", Int J Thermophys, 28, pp2111-2117(2007)
- (11) Peter Saunders, Hamish Edgar: "On the characterization and correction of the size-of-source effect in radiation thermometers", Metrologia, 46, pp62-74(2009)

(2019年5月26日受付)