

赤外領域における放射照度分布測定について

磯田 和貴*¹⁾ 澁谷 孝幸*¹⁾ 中島 敏晴*¹⁾

Study of mid-far infrared irradiance spatial distribution measurement using thermopile sensor

Kazutaka Isoda*¹⁾, Takayuki Shibuya*¹⁾, Toshiharu Nakajima*¹⁾

キーワード：赤外放射測定，放射照度分布

Keywords：Infrared radiation measuring, Infrared irradiance spatial distribution

1. はじめに

現在，工業用から家庭用に至るまで，赤外放射を利用した加熱や暖房が一般的に利用されている。これら加熱，暖房装置の評価方法としては，発熱体の放射束の量を黒体のそれと比較した放射率や，装置から放射され，任意の面に到達する単位面積当たりの放射束の量を表す放射照度，または発熱体や被加熱物の温度分布などがある。これら加熱，暖房装置の評価を提供するに当たり，発熱体や反射板を含めた装置全体から放射される熱の空間的な広がりについて測定し，設計や製品評価の参考としたい，との要望がお客様から多く寄せられていた。

これは，任意の距離，位置ごとの放射照度を測定することで実現が可能と考えられるが，中～遠赤外領域での熱放射に関する放射照度の空間分布測定，またその誤差要因等について報告がなされた例はない。

そこで本研究では，熱型検出器をアレー状に配置した放射照度分布測定装置を試作し，その評価を行ったので報告する。

2. 放射照度分布測定

2.1 装置概要 試作した装置の概要を図1に示す。試作に当たり，以下の項目の達成を目標とした。

(1) 家庭用の小型暖房機について， $\pm 5\%$ の出力安定性で測定できる。

(2) 放射照度測定に関する角度特性を，45度までの入射に関して20%以内で満足する。

(3) 放射照度分布について，正面での放射照度により規格化した相対放射照度分布の形で結果を得ることができると。

以下に，それぞれの問題と，行った手法について述べる。

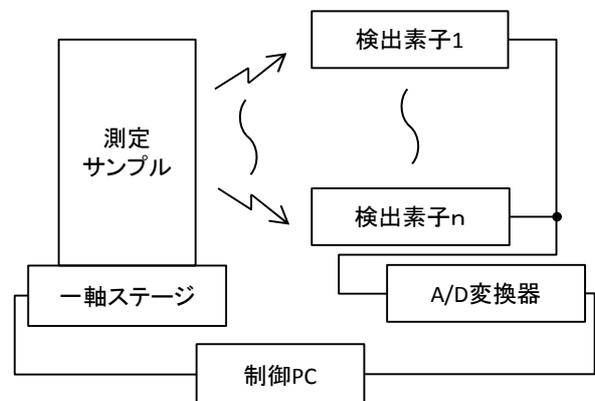


図1. 放射照度分布測定装置の概要

2.2 各項目の問題点と解決手法

(1) 出力安定性

比較的安価で取り扱いが容易なことから，熱型検出器（サーモパイル，感度波長1～18 μm ）を使用した。しかし，熱型検出器を使用する場合，検出器や周囲の温度変化による出力変動が，測定値に影響を及ぼすことが知られている。そこで，熱容量が大きく赤外放射を吸収しない素材として，銅製部品に金メッキを施した治具を試作し，この治具で検出器を保持することにより解決を試みた。

(2) 角度特性

放射照度の測定では，余弦則と呼ばれる，斜め方向からの入射に対する理想的な応答特性を満足する必要がある⁽¹⁾。これは，前方の半球空間に対して定義される。しかし，谷治ら⁽²⁾の指摘するように，角度特性の向上による背景放射の影響を考慮し，45度までの入射について満足することを目標とした。通常，角度特性の補正には拡散反射板や拡散透過板などが用いられる。今回は多点での測定を予定していたため，入射系の規模が比較的大きくなる拡散反射板は使用せず，#100の研磨紙で研磨したSi製の窓材を検出器の前面に配置し，補正を試みた。

(3) 放射照度分布

本研究では検出器の分光応答度の評価を行わなかった為、相対的な放射照度値での分布測定とした。

2.2 各項目の検証 試作した治具の有無について、横軸を測定開始からの時間、縦軸を出力電圧の変動とした、出力安定性を図2に示す。窓材の有無について、横軸を測定角度、縦軸を相対的な出力とした、角度特性を図3に示す。

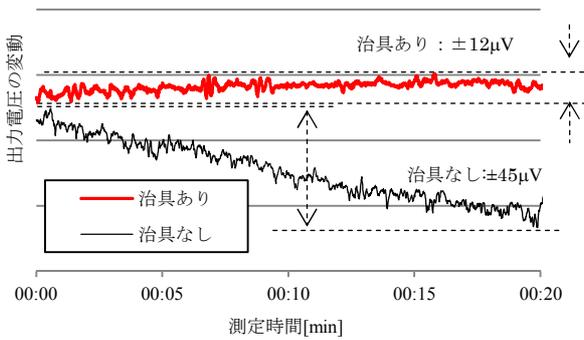


図2. 治具の有無による出力安定性の変化

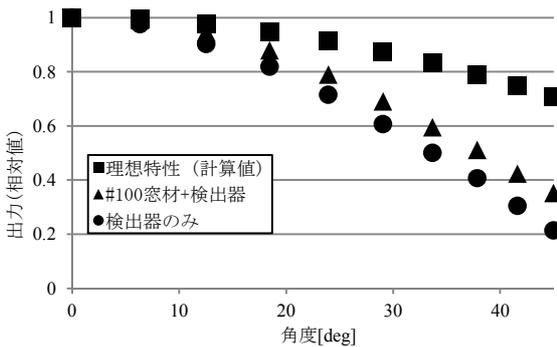


図3. 検出器の角度特性

出力安定性の測定は、設定温度値を 90 °Cとした平面黒体炉 (Electro Optical Industries Inc. CDS-100) を検出器正面から 50 mm の距離に設置し、20 分間行った。結果より、検出器の雑音と温度ドリフトが合成された全体の出力変動は、治具無しと有りの場合でそれぞれ±45 μV、±12 μVであった。この時周囲温度の変化量は治具無しと有りの場合どちらも±1 °C以内であったことから、治具の熱容量により検出器の温度変化が抑えられ、結果として温度変化に伴うドリフトが減少したと考えられる。

また、小型暖房機 (300 W) を試験品として選定し、同様の検出器を用い正面で測定した。この時の検出器出力は、試験品から検出器までの距離が 250 mm で約 36 mV、試験品を空間的に点とみなせる 1300 mm では約 1.8 mV であった。出力安定性の検証結果より、検出器出力の変動が±12 μVであることから、250 mm、1300 mm のどちらの場合でも、測定値の±5%以内の出力変動で測定が可能と見込まれる。

角度特性は、発熱体が空間的な点とみなせるよう、小型 H7 ハロゲンヘッドランプを用い、ランプ正面で検出器を走

査して測定した。余弦則の理想特性に対し、研磨した窓材を検出器の前段に配置することで角度特性が改善された。しかし、検出器への入射角度が大きくなるにつれ理想特性との差が広がり、45 度の入射に関する理想特性との差は約 0.35 と、目標値からの外れが大きい結果となった。なお、研磨紙の番手に対する値の変化はみられなかった。

2.3 放射照度分布測定結果 試作した治具により保持した検出器を用い、小型暖房機の相対的な放射照度分布を測定した。横軸を暖房機からの距離、縦軸を暖房機正面からの水平方向の距離とした測定結果を図4に示す。

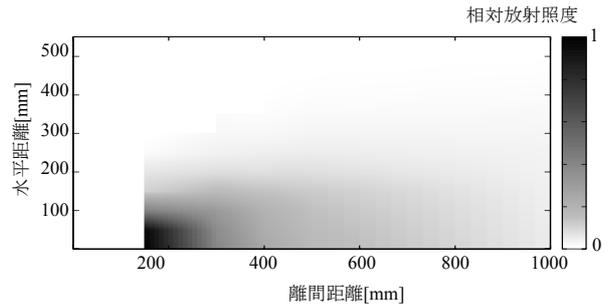


図4. 小型暖房機の相対放射照度分布

図より、測定した小型暖房機の光の広がりを確認できる。しかし、前節で示した検出器の角度特性の問題から、特に近距離かつ水平方向の離れた位置については、測定値の信頼性が確保できていない。実際の加熱・暖房装置測定に当たっては、測定対象の寸法と検出器からの見込み角を考慮し、角度特性の影響を把握した上での実施が必要である。

3. まとめ

赤外放射を利用した加熱、暖房装置の評価手法として有効と考えられる、放射照度の空間的分布の測定を試みた。

測定に使用した熱型の検出器は、取り扱いが容易である反面、原理上の理由から出力安定性が悪いという特性を持っており、これに金属治具を組み合わせることで、安定した測定を可能とした。一方、放射照度測定に係る角度特性については、窓材の研磨による拡散透過性の付与により改善がみられたが、余弦則を満足する特性とはならなかった。これらの検出器を用い、小型暖房機の相対放射照度分布を測定した。放射照度の空間的広がりを確認したが、大きな入射角度での測定精度に問題が残った。

今後は、角度特性を向上させ、分光応答度の評価などを通して、更に実用的な放射照度分布測定手法の開発を行う。

(平成 26 年 7 月 7 日受付, 平成 26 年 8 月 12 日再受付)

文 献

(1) (一社) 照明学会:「光の計測マニュアル」, 日本理工出版会, p.447 (1990)
 (2) 谷治ほか:「赤外放射照度計の開発」, 照明学会誌, Vol.74, No.2, pp.72-79 (1990)