

狭小空間の熱環境要素測定と小型熱放射収支計の研究

梶井宏修¹⁾、井川正治²⁾、菅原作雄³⁾、
土川忠浩⁴⁾、宮本征一⁵⁾、薩本弥生⁶⁾、久保博子⁷⁾、宮沢モリエ⁸⁾

¹⁾ 睡眠環境工学研究所、²⁾ 日本体育大学、³⁾ 大西熱学、
⁴⁾ 兵庫県立大学、⁵⁾ 摂南大学、⁶⁾ 横浜国立大学、⁷⁾ 奈良女子大学、⁸⁾ 元大阪青山大学

Study of Measuring of Thermal Environmental Elements in the Narrow space with Produced small size NET Radiation Meter

Hironobu KAJII¹⁾, Shoji IGAWA²⁾, Tadahiro TSUCHIKAWA³⁾, Sakuo SUGAWARA⁴⁾, Seiichi MIYAMOTO⁵⁾,
Yayoi SATSUMOTO⁶⁾, Hiroko KUBO⁷⁾, Morie MIYAZAWA⁸⁾

¹⁾Sleep Environmental Engineering Lab., ²⁾Nippon Sport Science University, ³⁾University of Hyogo, ⁴⁾Ohnishi Netsugaku,
⁵⁾Setsunan University, ⁶⁾Yokohama National University, ⁷⁾Nara Women's University, ⁸⁾Former Osaka Aoyama University

Abstract: Thermal environmental elements equipment is progressing. When considering the measurement instrument accuracy, the sensor factors affecting the temperature is temperature and heat radiation. The influence of the air velocity is low, the thermal radiation is large. Large thermal radiation measurement instruments in a large space such as a room can be used. In narrow inner and a complex space, the measurement of the heat balance is difficult. In this report, the measurement at one point of the space is considered. For example, a method of measuring a difference in thermal radiation at the position of the right cheek from the surrounding and from the cheek before of 2cm is considered. On the other hand, at the position of 1cm from the surface of the desk, the difference of the thermal radiation is measured. Heat flow from the surface of solid material and the convection heat flow and NET radiation were measured.

In this report, thermal environmental elements were measured with Produced heat flow meter and Radiation Meter (Kajii, 1997).

For measuring the convection and radiation, the New produced more small size NET radiation meter were used. It is effective for measurement heart analysis in narrow space.

Key words: temperature measurement, net radiation meter (NET) , narrow space , surface heat flow

要旨: 小型温熱環境測定機器の開発が進んでいる。測定機器の精度を考えると、センサの温度に影響を与える要因は気温および熱放射である。熱放射の影響は気流速度が低いほど大きい。

室内など大きなスペースでは大きな熱放射測定機器が使用できる。しかし、狭い内側や複雑な空間の熱収支の測定は困難である。本報告では、室内の空間の1点について考察する。例えば自分の右頬前2cmの位置、頬からと周りから自分の頬に向かう熱放射の差を測定する方法を考える。制作した放射収支計（正味放射計:NET Radiation meter）で熱放射を測定した。室内の机の表面から1cmの位置で、周囲との熱放射の差を測定する。材料表面からの熱流、対流成分および正味放射を測定することができた。小型の熱放射測定機器を作成した。

キーワード: 温度測定、熱放射収支計（正味放射計）、狭小空間、表面熱流

1. はじめに

近年、温熱環境測定機器の開発が進み、環境制御と健康安全福祉の分野で多岐にわたる機器の開発がみられる。また、機器の測定値の信頼レベルが使用される目的によって、極端な場合、有無のレベルまで簡素化されている。そこで、過去作成した機器をさらに小型化し各種用途に対応することを再考した。熱流計については金谷(1978)が詳しい。本研究ではサーモパイルとしてシュミットの基本的な形を元に熱流測定から放射計、放射収支計を紹介しその作成方法と配慮すべき点を述べたい。

2. 制作方法

2.1 熱流計

熱伝導率の既知の材料の両面の温度差と厚さがわかれば、定常状態での熱流を次の式で推定可能である。

熱流＝熱伝導率／厚さ×(材料の2点間の温度差)
簡単な構造で熱流を測定できる。熱電対などで材料の表裏の温度差による起電力を測定し熱流量を測定する。シュミットの基本的な熱流計を図1に示す。コンスタンタン線を芯材（用途によって選択する）に巻いて半分に銅メッキ（簡単なメッキセットが販売されている）を施し、感度は校正を要するがT型熱電対（銅とコン

スタンタン)では約1℃の差で0.04mvを発生する。わずかな出力を10回巻きにすることで10倍の電圧になるため、電圧測定機器の電圧レンジが高くても測定が可能となる。熱流計のサイズは平面に比べ厚い場合は垂直の熱流が周辺への放熱が大きくなるため、厚さは短いほうの長辺の1/10以下がよく、周囲への熱放散が少ない。メッキ後きれいに清水で洗い、リード線をつけて薄く樹脂でモールドする。その後、均等な温度を保ちその上に置き、絶対法と比較法で熱流計を校正する。校正は材料の上下に加熱もしくは冷却して熱流を発生させ、その熱流に直角に熱流板を置いて出力電圧と既知の熱流を用いて校正する。空間が出来ないよう接着力の弱い両面テープで密着させる。校正して完成すると、表面に適切な材料をはって各種熱環境の材料の表面や内部の熱流を測定できる。例えば、防水を十分施した場合には液体内部の熱流が測定可能である。

2.2 熱放射収支計 (10ミリ型小型を制作)

基本的に表裏からの熱放射を受けて温度差が生じる。その値が熱放射に比例することを利用した測定器で、外気の影響をすくなくするためのガラスドームで短波長だけ透過、また、ポリエチレンなどで長波長までの熱収支を計る。これは熱放射を含め、冷放射、日射や高温の熱源やそれらの反射エネルギーを受けても測定可能になるよう、10ミクロン程度のポリエチレンでセンサを覆い内部に乾燥空気を緩やかに送る構造とした。中央に熱流センサを配置した。ドーム直径が20mmの放射計概要を図3に示す。今回は、さらに狭小部での測定が可能なドームの直径が10mmの小型の放射収支計を図4に示す。

図2において放射収支計は上から r_A の放射と下からの放射 r_B の差(NET)を出力する。図3の放射計は上面 r_A からの放射と下の内部の黒体のドームからの放射(温度で計算)の差を出力している放射収支計である。そこで、内側の銅のヒートシンクに白金測温抵抗体Pt100Ωを使用し、高精度で温度(裏面のT)を計り、その値で熱放射($r_B = \sigma \cdot T^4$)に換算し r_A から入射する熱放射を測定する。材料からの熱流Q測定し、放射収支NETは放射成分で $NET = R$ であるから、 $C = Q - R$ に放射

σ : シュテファン・ボルツマン定数
Stefan-Boltzmann constant.
 $5.67 \times 10^{-8} [W/m^2 K^4]$
T: ドーム内面の絶対温度[K]

図1 シュミットの基本的熱流計

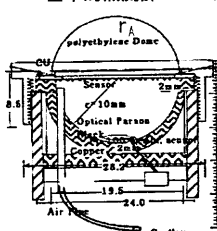


図3 ドーム直径が20mmの放射計の概要

放射熱収支計
正味放射計
NET Radiation Meter

図4 ドームの直径10mmの放射収支計と放射計裏面温度センサ

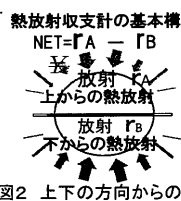
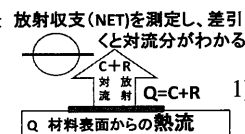


図2 上下の方向からの熱放射収支(NET)の測定



ドームからの温度Tを放射エネルギーに変換計算

$r_B = \sigma T^4$ で計算
裏面温度センサ
白金測温抵抗体

熱流計

成分RにNETを代入することで対流成分Cがわかる。さらに、図4にドームの直径10mmの放射収支計と放射計裏面温度センサを示す。放射収支計に送風することで両面に同じ温度条件で放射を測定するように乾燥空気を循環させる。今回のセンサはほぼ表面に熱流計センサが有るためほぼ174°の方向からの熱放射を測定できることになる。測定位置が異なると、角関係の相違によって放射環境が異なるが、小型の放射収支計を用いることで測定試料との距離を近く設置することで精度向上に寄与する。

3. 小型(10mm型)放射収支測定結果及び考察

図5に熱放射収支、対流および気温測定結果を示す。放射収支は30から40[W/m²k]を示し、室内風速の

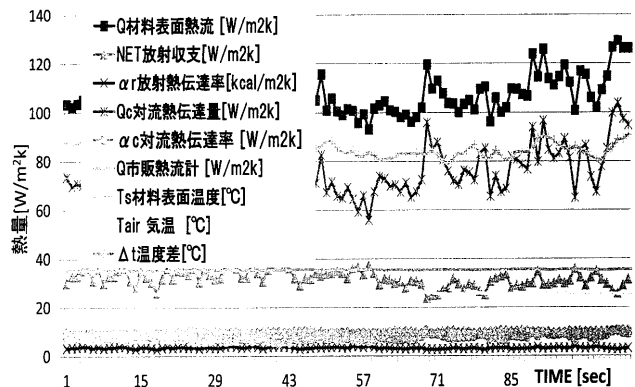


図5 熱放射収支、対流および気温の測定結果

影響が高く対流熱伝達率が6から8[W/m²k]程度であり、放射収支の変動は20mm型より応答はおそい。10mm型は材料熱流測定試料との距離を短くできるため狭小空間の測定が容易に行えた。

5. まとめ

放射収支計は20mmサイズより応答は鈍化した。センサの厚さは同一であったが放射の受照面積が25%まで減少したため、放射量減少によると考えられる。

謝辞 本研究の一部は温熱環境要素測定委員会の活動として行い、技術の普及を目指すものである。

6. 文献

- 1) 梶井宏修, 1997, 事務作業と環境温度変化(4) - 熱放射計と発汗量 -, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境, 355/356,
- 2) 熱流計(1), 金谷英一 1978, 空気調和・衛生工学 52/10, 60/65 昭和53年(1978年10月)
- 3) 熱流計(2), 金谷英一 1978, 空気調和・衛生工学 52/11, 59/64 昭和53年(1978年11月)

環境要素測定方法研究委員会

The committee of measuring system for environmental elements

<連絡先>

連絡先氏名 梶井宏修

住所 〒533-0021 大阪市東淀川区下新庄 4-18-20

所属 睡眠環境工学研究所

E-mail アドレス kajii@gamma.ocn.ne.jp