

日射透過材料のための二点校正法による透過・反射率の測定法

一日射透過率推定方法の適用一

吉野 達矢^{*1}
親川 昭彦^{*2}
中田 貴之^{*3}
酒井 孝司^{*4}

梗 概

建築物の光熱環境評価を行うために、材料の日射・可視光の透過・反射特性の把握が重要となる。この特性を把握するためには、一般的に分光光度計が用いられている。しかしながら、測定対象によっては、分光光度計では測定が困難な場合や、評価が難しい場合がある。

既報では、高反射率塗料が塗布された材料(日射非透過材料)を対象とした日射反射率現場測定法(二点校正法)を拡張し、日射透過材料を対象とした二点校正法を提案し、日射透過率および日射反射率の測定を行い、分光光度計で測定した結果との比較から、測定方法の妥当性を示した。

本報では、既報において問題であった標準板を変更し、再度、妥当性を確認する。また、分光光度計で測定が困難な材料について、日射反射率および日射透過率の測定を行った例を示す。

1. はじめに

省エネルギーが注目される中、建築物の外皮の熱性能は重要である。熱性能には、熱貫流率や日射熱取得率がある。ここで、外皮が日射を透過する場合、日射熱取得率を算出するためにはその日射透過率および日射吸収率が必要となる。

日射透過率、日射反射率、日射吸収率は、JIS K 5602¹⁾、JIS R 3106²⁾、JIS Z 8722³⁾などに基つき、分光光度計を用いて測定を行っている。しかし、分光光度計の仕様と光の拡散性を考えると、1) 測定可能な厚さには限度があり、2) 光束のサイズに対して、表面の凹凸、色、開口などの特性が均質ではない材料については、測定は可能であるものの、その測定結果の評価が難しい。また、3) 試験機で計測するためには、切り取った試験片で行う必要があるため、現場での測定は困難である。

日射反射率の現場測定方法として、村田、酒井ら⁴⁾の研究がある。これは、高反射率塗料を対象とし、反射率が違う2種類の平板を用いて測定対象の反射率を推定する日射反射率現場測定法(以下、二点校正法と呼ぶ)を提案し、妥当性を確認している。ここでは、日射透過がないものを測定対象としているため、日射反射率を測定することにより、日射吸収率を得ることができる。しかし、ここで提案された方法だけでは、日射透過率を測定することはできない。

著者らは、分光光度計で光学特性の測定が困難な材料の計

測を目的とし、日射透過材料用に拡張した二点校正法を提案した⁵⁾。なお、本手法は1)村田、酒井ら⁴⁾の二点校正法を基本としている。2)日射透過材料を測定対象とする場合、反射特性の違う2種類の裏面板を準備し、裏面板と測定対象を重ねて総合日射反射率を測定する。裏面板反射率と総合日射反射率を2組み測定し、日射透過材料の日射反射率と日射透過率を同時に推定する方法である(以下、拡張された二点校正法と呼ぶ)。

本手法では、膜、ガラス、プラスチック、金属、緑化等、測定対象の材質は問わない。また、分光光度計で測定が難しい形状(厚いものや凹凸、色、開口などが均質でないもの等)を対象としている。

既報⁵⁾では、光学特性が既知な材料と測定対象を重ねた総合日射反射率を二点校正法(図表では2 point correction methodより2-PCM)により推定し、本手法の妥当性を示した。ただし、既報で使用した白色の標準板は正反射成分が他の材料に比べ大きいことがわかった。二点校正法は拡散性の高い材料を対象としており、正反射成分の高い材料では推定結果に差異が現れることがわかっている。そのため、推定結果のバラツキが大きくなったと考える。

そこで、本報では、1)標準板を変更し、拡張された二点校正法を用いて、測定対象の日射反射率と日射透過率を推定する。そして、推定結果の妥当性の確認を行う。2)本手法を分光光度

*1 太陽工業株式会社 技術研究所 博士(工学)

*2 太陽工業株式会社 開発企画部 博士(工学)

*3 太陽工業株式会社 サービスエンジニアリング室

*4 明治大学 理工学部建築学科 博士(工学)



Fig. 1 Membrane (A)



Fig. 2 Membrane (M2) and SB[B]

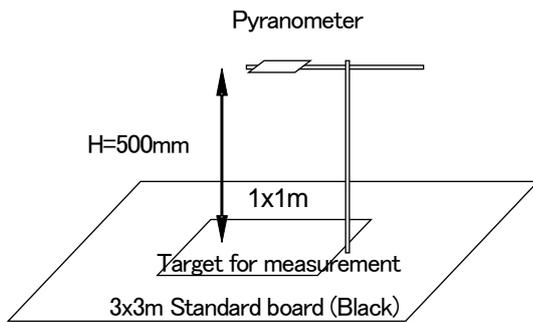


Fig. 3 Outline of measurement



Fig. 4 Measurement for insolation reflectance

計で測定が困難な材料に適用した例を示す。

具体的には、1) 光学特性がわかっている膜材料(A)と膜材料(M2) (図表では Membrane (A)と Membrane(M2))を対象とする(写真を Fig. 1, 2 に, 特性を Table.1 に示す)。2) 測定対象(膜材料)の下に標準板(白 2)または標準板(黒)(図表では

SB[W2], SB[B]。ここで, Standard Board を SBとする。また, 写真を Fig. 2 に, 特性を Table.1 に示す)を重ねて総合日射反射率[二点] (図表では Integrated R[2-PCM])を推定する。この時の標準板を裏面板 BB[W2], BB[B]と呼ぶ(図表では Backside Board を BB)。3) 裏面板付き測定対象の総合日射反射率[二点], 裏面板の日射反射率[分光] (図表では R[spm]。ここで, spmはspectrophotometerを示す), 日射透過率[分光] (図表では T[spm])と総合日射反射率の式を用いて, 測定対象の日射反射率[推定]および日射透過率[推定] (図表では R[E], T[E]。ここで, Eは Estimateを示す)を求める。

2. 拡張された二点校正法

二点校正法と本報で示す拡張された二点校正法の算出手順を示す。ただし, 説明を簡単にするため, 測定対象 X, 標準板 I, J, 裏面板 K, L, 裏面板付き測定対象 XK, XL の記号を用いて説明する。

2.1. 二点校正法

二点校正法の手順は以下の通りである。

1. 反射率の小さい標準板 I と, 反射率が高い標準板 J を準備する。どちらも拡散性が高く, 日射が透過しないことも条件である。
2. 標準板 I, J の日射反射率[分光] ρ_I, ρ_J を分光光度計で計測する。
3. Fig. 3, 4 に示すように, 標準板 I または J を中央において, 標準板および周辺の地物からの反射日射を下向きの日射量を計る。同時に, 上向き日射量を計り, その比から日射反射率[実測] R_I, R_J 求める
4. Fig. 5 に示すように, 日射反射率[実測] R_I, R_J と日射反射率[分光] ρ_I, ρ_J より校正線を引く(校正線の傾きは形態係数 ϕ の逆数)
5. 測定対象 X の日射反射率[実測] R_X と校正線の交点を求める
6. 日射反射率[二点] ρ_X (図表では R[2-PCM]) が推定値となる

4)から 6)を数式で表すと次式となる。

$$\rho_X = \frac{\rho_I - \rho_I R_X}{R_J - R_I} + \frac{R_J \rho_I - R_I \rho_I}{\rho_J - R_I} \quad (1)$$

2.2. 拡張された二点校正法

ここでは, 総合日射反射率を求める式を用いて, 二点校正法を拡張し, 日射反射率と日射透過率を同時に求める。

まずは, 総合日射反射率を考える。Fig. 6 に示すように材料を 2 枚重ねた時の総合日射反射率 ρ_{12} ⁶⁾ (図表では Integrated R[measure])は次式から得られる。

$$\rho_{12} = \rho_1 + \frac{\tau_1^2 \rho_2}{1 - \rho_1 \rho_2} \quad (2)$$

なお、 ρ_i, τ_i は i 枚目の材料の反射率, 透過率であり, 1 枚目は測定対象を, 2 枚目は裏面板を意味する。

拡張された二点校正法の手順は次の通りである。

1. 反射率および透過率が既知な裏面板 K, L を準備する。
2. 測定対象 X の下に裏面板 K を挟んで裏面板 K 付き測定対象 X の総合日射反射率[実測] ρ_{XK} を, 同様に, 裏面板 L 付き測定対象 X の総合日射反射率[実測] ρ_{XL} を求める。

$$\rho_{XK} = \frac{\rho_J - \rho_I}{R_J - R_I} R_{XK} + \frac{R_J \rho_I - R_I \rho_J}{\rho_J - \rho_I} \quad (3)$$

$$\rho_{XL} = \frac{\rho_J - \rho_I}{R_J - R_I} R_{XL} + \frac{R_J \rho_I - R_I \rho_J}{\rho_J - \rho_I}$$

3. 裏面板付き測定対象の総合日射反射率[二点] ρ_{XK} , ρ_{XL} と裏面板の日射反射率[分光], ρ_K, ρ_L を次式に代入し, 連立方程式を解くことにより, 測定対象の日射反射率[二点] ρ_X および日射透過率[二点] τ_X を求める。

$$\rho_{XK} = \rho_X + \frac{\tau_X^2 \rho_K}{1 - \rho_X \rho_K} \quad (4)$$

$$\rho_{XL} = \rho_X + \frac{\tau_X^2 \rho_L}{1 - \rho_X \rho_L}$$

3. 測定概要

2012 年 4 月 2 日 11:30~12:35 に, 大阪府枚方市(北緯 34.8°, 東経 135.7°)にて, 測定を行った。測定時間帯は太陽高度が 59~60° で, 水平面日射量が 700~930W/m² の好条件で測定することができた。

Fig. 3 に測定概略を, Fig. 4 に測定風景を示す。設置場所の違いの影響を減らすために 3m 角の標準板(黒)を広げ, その中央部に 1m 角の測定対象を設置した。測定対象の中央から 500mm 上部において, 上下水平面日射量の測定を 1 分間行う。この日射量の比の平均値から測定対象の日射反射率[実測](図表では R[measure])を求める。日射計は英弘精機社製 MS-602 を用いた。

標準板と膜材料について, 分光光度計で測定した日射反射

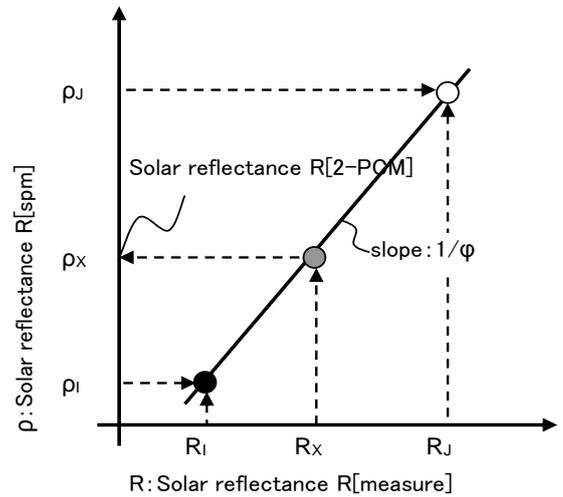


Fig. 5 Conceptual figure of 2 Point Correction Method⁴⁾

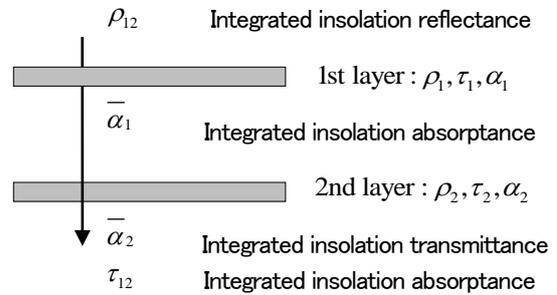


Fig. 6 Integrated insolation reflectance of 2 layer insolation transmissivity materials

率[分光], 日射透過率[分光] (図表では R[SPM], T[SPM])を Table 1 に示す。前報で使用した標準板(白)は正反射成分が多かったため, 本報では, 別の白い材料を標準板(白 2, Fig.5) (SB[W2], Fig.6)として用いている。なお, 重係数係は JIS K 5602⁵⁾を, 分光光度計は日本分光社製 V-570 を用いた。

4. 膜材料の日射反射率と日射透過率の推定

4.1. 総合日射反射率の推定

まず, 標準板(白 2)と標準板(黒)の日射反射率[実測]と裏面板付き膜材料(A), 裏面板付き膜材料(M2)の総合日射反射率[実測](図表では Integrated R[measure])の測定結果を Table 2 に示す。式(1)を用いて総合日射反射率[二点](図表では Integrated R[2-PCM])を求める。その結果を Table 3 に示す。分光光度計で求めた日射反射率[分光](図表では R[spm])を用いて求めた総合日射反射率[分光](Integrated R[spm])と比較する。その結果, 推定した値の差は最大でも 1.1 ポイントであり, 十分な精度で得られた。

Table 1 Insolation R[SPM] and Insolation T[SPM]

| Target | Insolation R[spm] | Insolation T[spm] |
|----------------|-------------------|-------------------|
| SB[B], BB[B] | 4.1% | 0.0% |
| SB[W2], BB[W2] | 70.2% | 0.0% |
| Membrane (A) | 65.2% | 11.4% |
| Membrane (M2) | 77.3% | 12.9% |

Table 2 Insolation R[measure] and Integrated R[measure] of membranes with backside board

| R[measure] | SB[B] | 2.1% |
|-----------------------|------------------------|-------|
| | SB[W2] | 47.2% |
| Integrated R[measure] | Membrane(A) / BB[B] | 43.9% |
| | Membrane (A) / BB[W2] | 44.3% |
| | Membrane (M2) / BB[B] | 52.7% |
| | Membrane (M2) / BB[W2] | 54.3% |

Table 3 Integrated R[2-PCM] and Integrated R[spm]

| Target | Integrated R[2-PCM] | Integrated R[spm] | diff |
|------------------------|---------------------|-------------------|-------|
| Membrane (A) / BB[B] | 65.5% | 65.3% | 0.2% |
| Membrane (A) / BB[W2] | 66.2% | 66.9% | -0.7% |
| Membrane (M2) / BB[B] | 78.5% | 77.4% | 1.1% |
| Membrane (M2) / BB[W2] | 80.9% | 79.8% | 1.1% |

4.2. 膜材料の日射反射率と日射透過率の推定

Table 3 の裏面板付き膜材料の総合日射反射率[二点] (図表では Integrated R[2-PCM]) ρ_2 と Table 1 の標準板の日射反射率[分光] (R[spm]) ρ_2 を式(2)に代入し、繰り返し計算により、膜材料の日射反射率[推定] ρ_1 (図表では R[E]) および日射透過率[推定] τ_1 (図表では T[E]) を求める。その結果を Table 4 に示す。分光光度計の測定結果と比較すると、日射反射率が大きく、日射透過率が小さい結果となった。最大 4.2 ポイントの差があるが、十分な精度で推定できた。

5. 適用例

本手法を分光光度計で測定が困難な材料に適用する。対象材料は装飾ネット (Fig. 7, 8) と太陽電池パネル (Fig. 9) とする。

Table 3 Integrated R[2-PCM] and Integrated R[spm]

| Target | Integrated R[2-PCM] | Integrated R[spm] | diff |
|------------------------|---------------------|-------------------|-------|
| Membrane (A) / BB[B] | 65.5% | 65.3% | 0.2% |
| Membrane (A) / BB[W2] | 66.2% | 66.9% | -0.7% |
| Membrane (M2) / BB[B] | 78.5% | 77.4% | 1.1% |
| Membrane (M2) / BB[W2] | 80.9% | 79.8% | 1.1% |

Table 4 R[E] and T[E] of membrane

| | Membrane (A) | Membrane (M2) |
|-----------------|--------------|---------------|
| R[E] | 65.5% | 78.4% |
| T[E] | 7.2% | 12.4% |
| R[spm] | 65.2% | 77.3% |
| T[spm] | 11.4% | 12.9% |
| Difference of R | 0.3% | 1.1% |
| Difference of T | -4.2% | -0.5% |

5.1. 装飾ネット

装飾ネットは装飾・目隠し・木陰を目的とした葉っぱを模したもので、色は 2 種類ある。装飾ネット(緑)と(図表では Decorative net(Green), Fig. 7)と装飾ネット(白) (図表では Decorative net(White), Fig. 8)である。どちらも、布に切れ目があり、面の向きは不規則で、かつ、開口も存在する。なお、装飾ネット(緑)は濃い緑(Dark Green)と薄緑(Light Green)の 2 種類の色が使われており、表と裏で違う模様となっている。

測定対象の大きさが 1m 角より大きいため、標準板の反射率測定は Fig. 10 に示すように測定対象の上に乗せて総合日射反射率の計測を行った。膜材料と同様に、2 種類の裏面板と総合日射反射率の式を用いて得られた測定結果を Table 6 に示す。

装飾ネット(緑)の日射透過率の推定値は 40.9%となった。装飾ネットの水平面積から求めた開口率がおおよそ 40%であることから、十分に推定できていると言える。

同様に、装飾ネット(白)の日射透過率の推定値は 42.4%であり、装飾ネット(緑)と同様に十分に推定できていると言える。

5.2. 太陽電池

Fig.11 に示すように、太陽電池を設置して、日射反射率を推定した。その結果、日射反射率が 19.7%を得た。ここで、Fig. 9, 11 を見ると、鏡面反射成分がこれまで測定に使用した他の材料



Fig. 7 Decorative nets (Green)



Fig. 8 Decorative nets (White)



Fig. 9 Solar panel

に比べて大きい。二点校正法は日射について、拡散反射性の高い材料を対象とした測定方法であるため、ここで得られた値の信頼性は低いと考えられる。

太陽電池のような正反射成分が大きい材料を対象とする場合の計測方法が必要となる。

6. まとめ

本報では、分光光度計で測定が困難な材料の光学特性を計測することを目的に、日射透過材料用に拡張された日射反射率現場測定法を用いて、日射反射率と日射透過率を推定した。その結果、日射条件が良好であれば、十分な精度で、推定することが可能であることが確認できた。また、分光光度計で測定が困難な材料である装飾ネットおよび太陽電池パネルの測定を行った。その結果、装飾ネットのような材料の場合、本手法で推定可能であることを確認した。一方、太陽電池パネルは測定が可能であるものの、その測定結果の妥当性については、確認できていない。

そこで、太陽電池パネルのような鏡面反射特性を有する材料の測定方法について、今後、検討を行う予定である。



Fig. 10 Measurement for insolation reflectance of decorative nets



Fig. 11 Measurement for insolation reflectance of solar panels

Table 5 R[E] and T[E] of Decorative nets and Solar panel

| | R[E] | T[E] |
|------------------------|-------|-------|
| Decorative nets(Green) | 9.2% | 40.9% |
| Decorative nets(White) | 42.0% | 42.4% |
| Solar panel | 19.7% | 0.0% |

参考文献

- 1) JIS K 5602:2008:塗膜の日射反射率の求め方, 日本工業標準調査会, 2008年9月20日
- 2) JIS R 3106:1998:板ガラス類の透過率・反射率・放射率・日射熱取得率の試験方法, 日本工業標準調査会, 1998年3月20日
- 3) JIS Z 8722:2009:色の測定方法—反射及び透過物体色, 日本工業標準調査会, 2009年3月20日
- 4) 村田泰孝, 酒井孝司他:高反射率塗料施工面の日射反射現場測定法に関する研究—標準板二点校正法の提案および水平面における精度確認—, 日本建築学会環境系論文集, 第73巻, 第632号, pp.1209-1215, 2008年10月

- 5) 吉野達矢, 親川昭彦, 中田貴之, 酒井孝司: 日射が透過する材料を対象とした二点校正法による透過・反射率の測定に関する研究 日本膜構造協会 膜構造研究論文集 2011, No.25, pp. 65-71, 2012 年 3 月
- 6) 田中俊六, 武田仁, 岩田利枝, 土屋喬雄, 寺尾道仁: 最新建築環境工学[改訂 3 版], pp.203, 2006 年 3 月
-

Measurement methods of transmission-reflection coefficient
Based on the 2 Point Correction Method
- Applying Insolation transmission index estimation method -

Tatsuya Yoshino ^{*1)}
Akihiko Oyakawa ^{*2)}
Takayuki Nakata ^{*3)}
Koji SAKAI ^{*4)}

SYNOPSIS

In order to evaluate thermal and daylight environment of a building, it is important to understand the reflection and transmission properties of the materials and solar radiation and visual light. In general, spectrophotometric method is used for that. However, depending on tested materials, in some situation it is difficult to use spectrophotometer method in measuring which makes evaluation difficult.

In previous paper, “radiation-reflection ratio in location measuring method” (2 Point Correction method) used for materials insulated with high reflection index material (insolation non-transmission material) is expanded, suggesting it for insolation transmission material, carrying measurement of insolation transmission index (coefficient) and reflection transmission index (coefficient), comparison with results measured using spectrophotometer showed the validation of the measurement method.

In this paper, we change the standards, which was a problem for previous paper, and again, we confirm the validation. Also for materials which are difficult to measure using spectrophotometer, examples of insolation reflection coefficient and insolation transmission coefficient are provided.

*1) Technical Research Center, Taiyo Kogyo Corporation, Dr. Eng.

*2) Research & Development Division, Taiyo Kogyo Corporation, Dr. Eng.

*3) Service Engineering Section, Taiyo Kogyo Corporation

*4) Prof., Department of Architecture, Meiji Univ., Dr. Eng.