

令和元年6月12日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K06614

研究課題名(和文)カーテン・スクリーン類の日射遮蔽性能の定量化と簡易的な評価手法に関する研究

研究課題名(英文)A study on solar shading performance of draperies and roller shades

研究代表者

二宮 秀與 (Nimiya, Hideyo)

鹿児島大学・理工学域工学系・教授

研究者番号：90189340

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では自然光を用いた開口部の日射熱取得率の測定装置を開発し、実用的な精度で測定できることを確認した。この装置の特徴は、実環境に近い状態で開口部の日射熱取得率を測定できることであり、カーテンのようにヒダや模様があるものも測定が可能である。この測定装置を用いてロールスクリーンとレースカーテンの日射熱取得率を測定した。その結果、スクリーンとレースカーテンの日射熱取得率は、日射反射率と高い相関があり、日射反射率が高いほど小さな値を示すことが明らかになった。また測定値とJIS A1493による計算値を比較して、両者が概ね一致することを確認した。この成果は建物の熱環境シミュレーションに応用できる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究ではカーテンやロールスクリーンの持つ遮熱性能(日射熱取得率)を定量的に評価できる測定手法を確立した。これまでカーテンやスクリーンは日射熱取得率の測定データがなかったため、例えば遮熱カーテンのように定性的には効果があることが分かっていたとしても、それを建物の熱環境シミュレーションで評価することはできなかった。研究の成果を用いてカーテンやロールスクリーンの日射熱取得率を整理できれば、建物の熱環境シミュレーションに応用することで、省エネルギー手法の選択肢が広がることが期待される。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to organize the solar shading performance of draperies attached to windows. Most of these are non-specular materials, so it is important to evaluate them in a near real environment. In this study, we developed the measurement equipment of the solar heat gain coefficient (SHGC) using natural light. And it confirmed that the solar heat gain coefficient could be measured with practical accuracy. When a blind was installed in the window, the measured value and the calculated value matched within  $\pm 5\%$ . The draperies and the roll screen measured 15 types with different optical characteristics. It was found that the SHGC of the draperies and the roll screen had a high correlation with the solar reflectance. The higher the solar reflectance, the smaller the SHGC. As a result of comparing the SHGC of the measured value and the calculated value, it became the difference of up to 0.06.

研究分野：建築環境工学

キーワード：開口部 日射熱取得率 付属物 カーテン 自然光 測定

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

カーテンやスクリーン等の付属物は開口部からの日射を遮蔽するために様々な建物で使用されている。平成 25 年の「住宅の省エネルギー基準」では、外付けブラインドと和障子のみが評価の対象となっており、内付けのブラインドやカーテン、ロールスクリーンの省エネルギー性能は評価されない。これらの付属物も日射遮蔽性能を有しており上手に活用することで、エネルギー消費量の低減につながる事が期待される。しかしカーテンやロールスクリーンの遮熱性能については定量的な評価方法が確立されておらず、建物の熱負荷シミュレーション等に用いるデータが整理されていないことが問題となっている。遮熱カーテンなど定性的には省エネルギー効果があることは分かっているが、そのことをシミュレーションで検証することができないのが現状である。このためカーテンなど付属部材の遮熱性能を評価する方法の開発と、基礎データの収集整理を喫緊の課題として提案した。

### 2. 研究の目的

開口部の熱性能に関する評価方法は、国際規格 (ISO) や国内規格 (JIS) で測定法と計算法が整備されている。実験方法については太陽光や人工光源を利用した装置が研究されており、様々な提案がなされている。その中で ISO では人工光源を使用した測定方法が規格化されている。人工光源を用いることで安定した測定結果を得ることが可能であるが、窓に対して垂直入射を仮定しており、斜め入射や拡散光に対する評価ができないことが課題となっている。本研究では自然光を用いて、付属物を含む窓の日射熱取得率を測定し、カーテンやスクリーンなどの遮熱性能を定量化することを目的とする。

### 3. 研究の方法

#### (1) 測定装置

開口部の日射熱取得率は式(3.1)に基づいて測定する。

$$\eta = \frac{q_{in} - q_{in}(q_{Solar}=0)}{q_{Solar}} \quad (3.1)$$

ここに、 $\eta$  : 日射熱取得率 ( - ) ,  $q_{Solar}$  : 開口面に入射する日射強度 ( $W/m^2$ ) ,  $q_{in}$  : 日射あり時の開口部を通過する熱流束 ( $W/m^2$ ) ,  $q_{in}(q_{Solar} = 0)$  : 日射あり時の開口部を通過する貫流による熱流束 ( $W/m^2$ )

開口面に入射する日射強度は、開口面近傍に開口面と平行に設置した全天日射計を用いて測定する。開口部を通過する熱流束は、熱流計を用いて測定する。測定措置は ISO 19467 (JIS A1493) を参考に、1面に開口を持つ直方体とした。開口部には、透明複層 (FL3-Air12-FL3) を使用した。測定装置の仕様を表1に、外観及び構成を図1～図4に示す。斜め入射日射に対応するため測定装置の背面及び側面 (上下左右) の計5面にアブソーバとなる冷却パネルを組み込んだ。循環冷却装置からこれらの冷却パネルに設定温度 20 の冷媒を背面 下面 左面 右面 上面の順に直列に流し日射熱など装置内に取得した熱を除去する。除去された熱によって昇温した冷媒は循環冷却装置に戻り再度 20 に冷却される。アブソーバでの除去熱量は平滑なアルミ板で仕上げた冷却パネル表面に貼付した黒色艶消し塗装の熱流計の出力から式(3.2)によって求める。

表1 測定装置の仕様

材質	ウレタン50mm	
	幅×高さ×奥行(mm)	外寸
	内寸	940×940×310
開口幅×開口高さ(mm)	見付	830×830

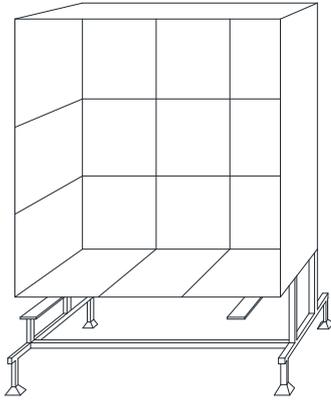


図1 熱流計の貼付イメージ 図2 試験装置(冷却パネル) 図3 測定時の様子

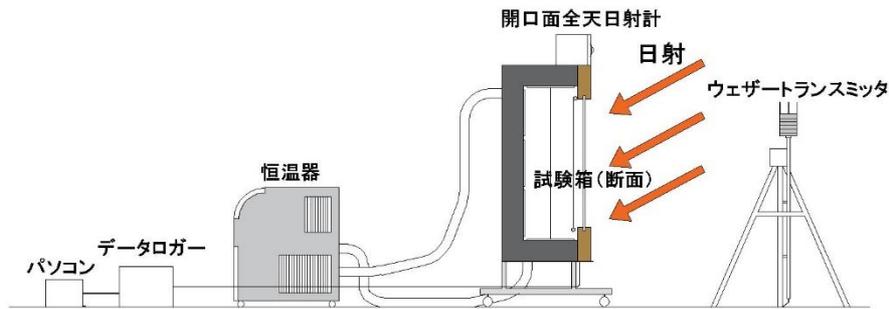


図4 測定装置の構成

$$\phi_C = \sum_{k=1}^n (A_k \cdot q_k) \quad (3.2)$$

ここに、 $\phi_C$ ：冷却パネルで回収する熱量 (W)、 $A_k$ ：熱流計 k の測定領域の面積 ( $\text{m}^2$ )、 $q_k$ ：熱流計 k の熱流束 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )、 $n$ ：アブソーバに貼付した熱流計の枚数

また、試験体取付枠からの流入熱量は 取付枠の箱内側表面に貼付した黒色艶消し塗装の熱流計の出力から式(3.3)によって求める。

$$\phi_P = \sum_{k=1}^m (A_k \cdot q_k) \quad (3.3)$$

ここに、 $\phi_P$ ：試験体取付枠から流入する熱量 (W)、 $m$ ：取付枠の箱内側表面に貼付した熱流計の枚数である。

以上の熱量から式(3.4)によって日射あり時に開口部を通過する熱流束を決定する。

$$q_{in} = \frac{\phi_C - \phi_P}{A_w} \quad (3.4)$$

ここに、 $A_w$ ：開口面積 ( $\text{m}^2$ )

日射あり時の開口部を通過する貫流による熱流束は、日射なし時(夜間)に測定した開口部の熱貫流率と、日射あり時(昼間)の室内外温度差から式(3.5)で算出する。

$$q_{in}(q_{solar} = 0) = U_w \cdot (\theta_e - \theta_i) \quad (3.5)$$

ここに、 $U_w$ ：開口部の熱貫流率 [ $\text{W}/(\text{m}^2 \text{K})$ ]、 $\theta_e$ ：屋外環境温度 ( )、 $\theta_i$ ：室内環境温度 ( )

測定装置近傍の床面から高さ 1200mm に複合気象センサ WXT536 (VAISALA 製) を設置して外気温、外気風速を測定した。また、全天日射計 CMP11 (Kipp & Zonen 製) と直達日射計 CHP1 (Kipp & Zonen 製) + 太陽追尾装置 ASTX-2 (PREDE 製) を併用して水平面全天日射量と法線面直達日射量を測定した。さらに、別の全天日射計 CMP11 で開口面全天日射量を開口面近傍で測定した。また熱電対を使用して試験箱内空気温度、ガラス面表面温度を測定した。ガラス面表面温度は、横方向に 3 点、高さ方向に 3 点、計 9 点測定した。

## (2) 測定サンプル

光学特性の異なる 12 種類のロールスクリーン (RS) と 3 種類のレースカーテン (LC) を複層ガラスに内付けした場合の日射熱取得率を測定した。表 2 に付属部材の光学特性, 図 5 に測定試料の画像, 表 3 にレースカーテンの特徴を示す。なお, レースカーテンは, 複雑さを避けるためヒダがない状態で設置した。

表 2 測定試料の光学特性

サンプル No.	正面側			背面側		
	日射透過率	日射反射率	放射率	日射透過率	日射反射率	放射率
RS01	0.66	0.32	0.90	0.66	0.32	0.90
RS02	0.60	0.36	0.90	0.60	0.36	0.90
RS03	0.44	0.51	0.90	0.44	0.51	0.90
RS04	0.37	0.55	0.90	0.37	0.55	0.90
RS05	0.30	0.63	0.90	0.30	0.63	0.90
RS06	0.28	0.64	0.90	0.28	0.64	0.90
RS07	0.61	0.25	0.90	0.61	0.25	0.90
RS08	0.55	0.24	0.90	0.55	0.24	0.90
RS09	0.28	0.27	0.90	0.28	0.27	0.90
RS10	0.18	0.38	0.90	0.18	0.38	0.90
RS11	0.14	0.34	0.90	0.14	0.34	0.90
RS12	0.10	0.19	0.90	0.10	0.19	0.90
LC01	0.53	0.44	0.90	0.53	0.42	0.90
LC02	0.56	0.44	0.90	0.56	0.44	0.90
LC03	0.41	0.58	0.90	0.40	0.57	0.90



図 5 測定試料の画像

表 3 測定試料 (レースカーテン) の特徴

グループ	サンプル No.	厚さ (mm)	メーカー公表の性能
I <sub>L</sub>	LC01	0.40	UV カット率 68%, ミラー
	LC02	0.12	UV カット率 87%, 遮像, 採光
II <sub>L</sub>	LC03	0.42	UV カット率 87%, ミラー, 遮像, 遮熱

## (3) 測定結果

複層ガラス + 試料の日射熱取得率の測定結果を図 6 に示す。横軸は試料の日射反射率である。図のようにロールスクリーンとレースカーテンの日射熱取得率は日射反射率と高い相関が見られることが明らかになった。一方, 日射熱取得率と日射透過率, 日射吸収率の相関は低かった。

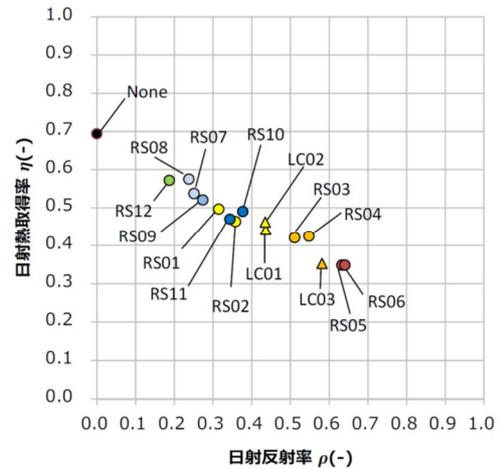


図 6 日射熱取得率と日射反射率の相関

## (4) 測定値と計算値の比較

複層ガラス + 試料の日射熱取得率を, JIS A2103 の計算方法に準じて算出した。板ガラスの入射角特性を考慮した光学特性は, JIS の付属書より求め, スクリーン及びレースカーテン生地については, 完全拡散面と仮定して計算した。表 4 は直達日射入射角 50° のときの日射熱取得率の測定値と計算値の関係を示す。測定値と計算値は概ね一致しており, その差は最大でも 0.06 となった。

表 4 日射熱取得率の測定値と計算値の比較

グループ	サンプル No.	日射熱取得率 (計算値) (-)	日射熱取得率 (測定値) (-)	差 (計算 - 測定) (-)
—	None	0.72	0.69	0.03
I <sub>L</sub>	RS01	0.55	0.50	0.05
	RS02	0.53	0.46	0.06
II <sub>L</sub>	RS03	0.45	0.42	0.03
	RS04	0.43	0.42	0.00
III <sub>L</sub>	RS05	0.38	0.35	0.03
	RS06	0.37	0.35	0.03
I <sub>M</sub>	RS07	0.58	0.54	0.05
	RS08	0.59	0.58	0.01
II <sub>M</sub>	RS09	0.57	0.52	0.05
III <sub>M</sub>	RS10	0.52	0.49	0.03
	RS11	0.53	0.47	0.06
III <sub>D</sub>	RS12	0.61	0.57	0.04
	LC01	0.49	0.44	0.05
I <sub>L</sub>	LC02	0.49	0.46	0.02
	II <sub>L</sub>	LC03	0.41	0.35

#### 4. 研究成果

本研究では自然光を用いた開口部の日射熱取得率の測定装置を開発し、実用的な精度が得られることを確認した。この装置の特徴は、実環境に近い状態で開口部の日射熱取得率を測定できることである。特にカーテンのようにヒダや模様があるものも測定が可能である。またソーラーシミュレータのような高額な光源を必要としないことも利点の1つである。欠点としては天気に左右されるため、測定可能な日が限られることである。

開発した測定装置を用いて12種類のロールスクリーンと3種類のレースカーテンを対象として日射熱取得率の定量化を試みた。その結果、スクリーンとレースカーテンの日射熱取得率は、日射反射率と高い相関があり、日射反射率が高いほど小さな値を示すことが明らかになった。今後、測定サンプルを増やすことで、簡易な評価方法を確立できる可能性がある。

測定値とJIS A1493による計算値を比較して、両者が概ね一致することを確認した。スクリーンやカーテンのような拡散系材料の入射角特性は、測定データを入手することが困難であり、本研究では完全拡散を仮定して計算したが、大きくは外れていないとの知見が得られた。ここでの計算方法は直達日射と拡散日射を考慮したものであり、建物の熱環境シミュレーションにそのまま応用できる。これまでスクリーンやカーテンの省エネルギー性能は評価されていないので、建物の熱環境シミュレーションに応用することで、省エネルギー手法の選択肢が広がることが期待される。

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0件)

〔学会発表〕(計 7件)

児島輝樹、二宮秀與：屋外環境下における開口部の日射熱取得率の測定法に関する研究 その7 ロールスクリーンやレースカーテンでの測定結果、日本建築学会大会学術講演、2019  
中村茂樹、二宮秀與、児島輝樹：屋外環境下における開口部の日射熱取得性能の測定方法に関する研究 その5 日射熱取得率の計算値と測定値の比較、日本建築学会九州支部研究報告、2019

二宮秀與、中村茂樹、児島輝樹：屋外環境下における開口部の日射熱取得性能の測定方法に関する研究 その4 ロールスクリーンとレースカーテンの測定結果、日本建築学会九州支部研究報告、2019

児島輝樹、二宮秀與、濱地加奈：屋外環境下における開口部の日射熱取得率の測定法に関する研究 その6 日射遮蔽物を付属した開口部での測定結果、日本建築学会大会学術講演、2017

濱地加奈、二宮秀與、児島輝樹：屋外環境下における開口部の日射熱取得率の測定法に関する研究 その5 熱量計測定法と熱流計測定法による測定結果の比較、日本建築学会大会学術講演、2017

二宮秀與、児島輝樹、濱地加奈：屋外環境下における開口部の日射熱取得率の測定法に関する研究 その4 熱量計測定法と熱流計測定法の装置の試作、日本建築学会大会学術講演、2017

濱地加奈、二宮秀與、児島輝樹：屋外環境下における開口部の日射熱取得率の測定方法に関する研究 その3 熱量測定法と熱流測定法の装置の試作、日本建築学会九州支部研究報告、2017

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

〔その他〕

ホームページ等

## 6 . 研究組織

### (1)研究分担者

なし

### (2)研究協力者

研究協力者氏名：児島 輝樹

ローマ字氏名： KOJIMA Teruki

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。