

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 6 日現在

機関番号：22604

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2011～2013

課題番号：23686082

研究課題名(和文)日射および建築外皮の分光特性を考慮した実用的な日射熱・昼光計算モデルの構築

研究課題名(英文)Formulation of practical solar heat and daylight simulation model considering spectral characteristics of solar and building envelope

研究代表者

一ノ瀬 雅之 (Ichinose, Masayuki)

首都大学東京・都市環境科学研究科・准教授

研究者番号：00408709

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 5,400,000円、(間接経費) 1,620,000円

研究成果の概要(和文)：水平面全天分光日射量の長期観測データに基づき、太陽高度・晴天指数・クラウドレシオに対する、可視光日射の色温度および近赤外日射量比率(全波長に対する近赤外域の割合)の関係性を示した。また、代表的な市販ガラスの可視光域における分光透過率について、正規分布関数を用いた近似モデル化を行った。また、本検討に際しては、実際のオフィス空間を想定した実験を行い、可視広域における分光特性の変動に伴う色温度の変化や空間分布、執務者への影響を明らかにした。これによって、分光日射量や分光透過率などの詳細なデータを用いずに、可視光域および近赤外域の波長特性を考慮する手法および、本研究の実用性を示した。

研究成果の概要(英文)：Based on the long-term measured horizontal spectral solar irradiance, correlation between solar altitudes, clearness index, cloud ratio and color temperature of visible sunlight and ratio of near-infrared solar radiation were shown. On the other hand, spectral transmissivity of typical commercially available glasses are approximated by using normal distribution model. At the same time, we conducted experimental investigation at office space and influence on the occupants by special distribution and time fluctuation of color temperature of sunlight was clarified. As the result, this research project showed an original method to consider spectral characteristics of visible and near infrared solar radiation without detailed spectral data.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・建築環境・設備

キーワード：分光日射 近赤外 色温度 ファサード 日射

1. 研究開始当初の背景

窓面から室内への日射熱取得の算出において、近年広く普及しつつある Low-E ガラスや遮熱フィルムのような近赤外域の日射を選択的に遮蔽する建材については、従来の基準太陽光による日射熱性能値に大きな算出誤差が生じることが、既往の研究で指摘されている。また、光の分野においては、知的生産性などの心理的影響などが示されており、実用化されつつある色温度可変型 LED 照明の制御へ反映されることも考えられる。さらに、積極的な昼光利用を行う場合においては、時々刻々変化する昼光の色温度の影響は大きい。このように、建築環境・設備システムのシミュレーションにおける、分光特性を考慮した計算体系の必要性は明らかとなつてきている。

2. 研究の目的

前述の背景を踏まえ、本研究は、太陽光の分光分布と開口部建材の分光特性を考慮した、熱負荷および室内光環境の実用的な計算手法の確立を目的としている。日射熱については紫外可視光域(380~780nm)と近赤外域(780nm~)の2波長帯によって、太陽光については色温度によって簡易的な分光モデル構築を行う。いずれも既存の空調・照明設備の年間エネルギーシミュレーション体系に組み込み可能なモデルとする。また、建築外皮の色味、ガラス・ブラインド・照明の選択および制御方法による昼光導入時の色温度を考慮した室内光環境や、波長選択性の高い外皮の熱負荷・昼光利用効果について、実用的な精度・計算コストで年間シミュレーションを可能とする。これにより、建築外皮・開口部や空調・照明設備に関する初期から詳細段階に至るまでの総合的検討に寄与する。

3. 研究の方法

直達・拡散成分の別に、可視光域分光日射量を長期的に連続計測するため、可動型遮蔽ブレードを付属した屋外全天分光放射計を用いることとする(図1)。同じ場所で、同様に直達・拡散成分の別に日射量を計測する。可視光域分光日射量から直達・拡散の別に色温度を求め、分光日射量を波長積分した紫外可視光域の日射量と、日射計による全波長域の日射量の差分によって近赤外域の日射量¹⁾を求める。以上の観測データに基づいて、エネルギーシミュレーションにおいて扱う気象に関する一般的な項目である、太陽高度、晴天指数、クラウドレシオ等と、太陽光色温度、紫外可視光域・近赤外域の日射量との関係性について分析を行い、年間計算可能なモデル作成に向けた検討を行う。

ガラス、遮熱フィルム、ブラインド等の窓周り関係の建材の分光特性データについて、メーカー側で開示しているデータの収集および、存在しない場合は建材サンプルを取り寄せてデータ計測を行う。分光特性の計測は

350-2500nm まで連続計測が可能な分光放射計と積分球を組み合わせた装置を用いる(図2)。2波長帯に分割した基準太陽光の分光分布に対して算出を行う²⁾。可視光性能値については、基準昼光 D65 の分光分布に対して行う。可視光性能値と、紫外可視光域に対する日射熱性能値の関係性を分析し、モデル化に向けた検討を行う。また、色温度へ影響する建材の分光特性については、異なる色温度の黒体放射分光分布に対する感度解析を実施して、その特徴を明らかにする。



図1 遮蔽ブレード付き分光日射計

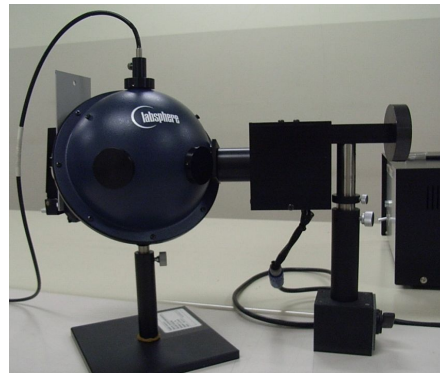


図2 分光特性計測装置

4. 研究成果

水平面全天分光日射量の長期観測データに基づき、太陽高度・晴天指数・クラウドレシオに対する、可視光日射の色温度および近赤外日射量比率(全波長に対する近赤外域の割合)の関係性を示した。

例として、図3に晴天時における直達・天空の別に日射量および色温度の日変動を、図4に太陽高度と色温度の関係性について示す。太陽高度が主要なパラメータとなる。簡易的に分光日射量を推定できる Bird モデルをアレンジして推定した分光日射量と、曇天時・晴天時に測定した日射量の比較を行った結果を示す(図5)。両者は概ねよく相関しており、年間を通した太陽光の色温度の変化を再現可能であることが示された。

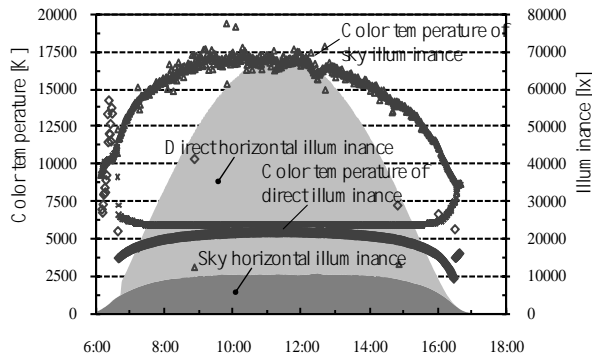


図3 晴天代表日における太陽色温度の変動

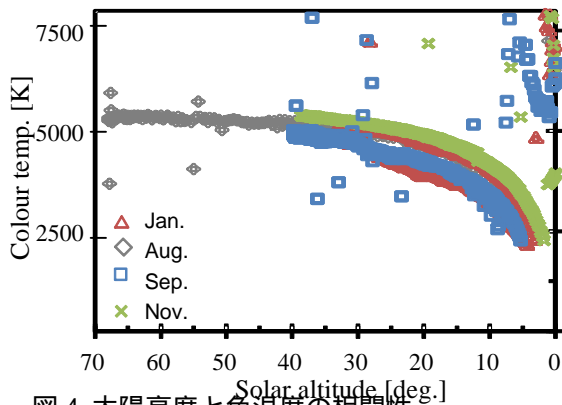


図4 太陽高度と色温度の相関性

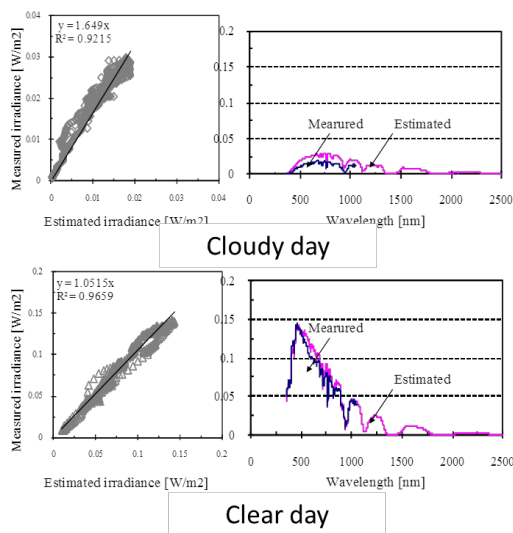


図5 推定分光日射量と測定値の相関

また、代表的な市販ガラスの可視光域における分光透過率について、正規分布関数を用いた近似モデル化を行い、オフィス空間を想定した数値計算を行った。

図6は晴天代表日における西窓面に接する机上面に到達する光束の色温度変化を示している。ファサードに用いるガラスによって色温度の変化に大幅な違いが表れている。また、オフィス机上面に到達する光束量（昼光利用照明制御 300lx, 400lx, 750lx 設定を想定）の年間出現頻度を示している図7によると、昼光利用の程度によって、机上面光束の

色温度に有意な差が見られる。可視広域における分光特性の変動に伴う色温度の変化や空間分布、執務者への影響は実験によっても明らかであった。

また、本計算手法によって、図8および図9に示すような窓面における光・熱の収支および空調・照明に関する年間エネルギー消費量を実用的に算出可能である。

以上によって、分光日射量や分光透過率などの詳細なデータを用いずに、可視光域および近赤外域の波長特性を考慮する手法および、本研究の実用性を示した。

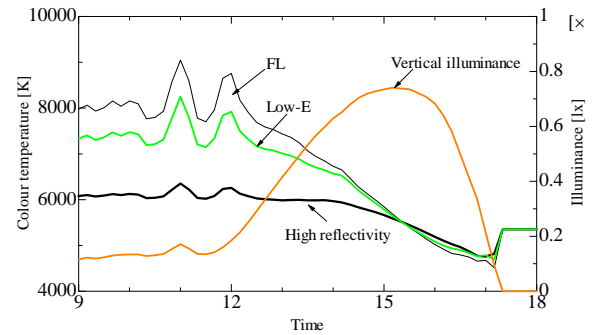


図6 ペリメータゾーンにおける机上面光束におけるガラス種類による色温度の時刻変動

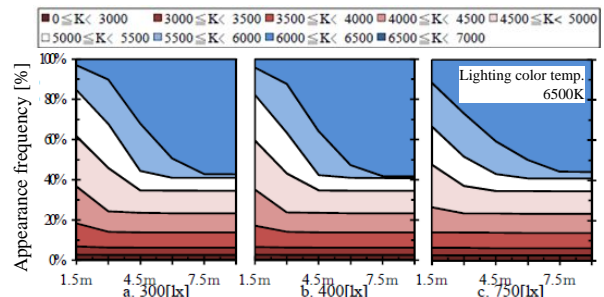


図7 ペリメータゾーンにおける机上面光束における色温度の年間出現頻度

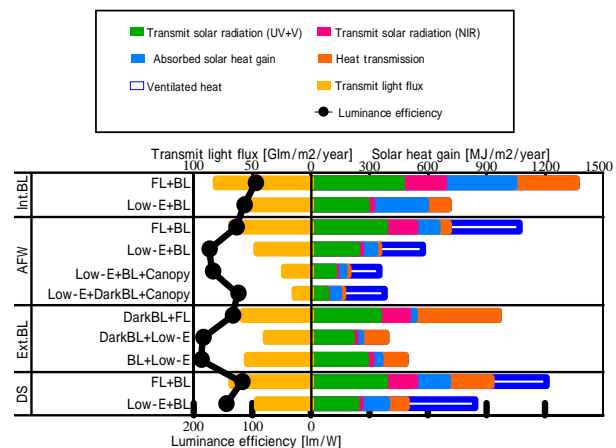


図8 窓面における年間の光・熱導入量

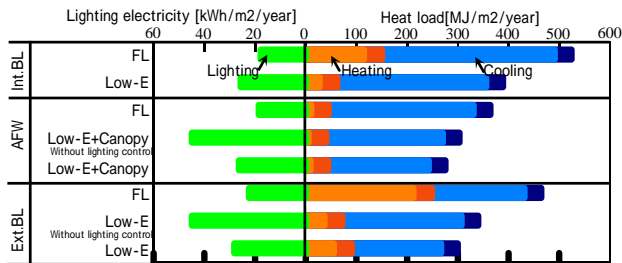


図 9 オフィスの年間空調・照明エネルギー消費量

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計1件)

1) 赤池亮, 井上隆, 一ノ瀬雅之, 泉克樹, 岩崎大輝: 昼光の色味を反映させる照明・ブラインド制御に関する研究, 照明学会論文集, 第5巻, pp.218-224, 2014年(査読有)

[学会発表](計3件)

1) Takashi Inoue, Masayuki Ichinose, Tsutomu Nagahama, Retro-reflecting Film with Wavelength-selective Properties Against Near-Infrared Solar Radiation and Improving Effects of Indoor/Outdoor Thermal Environment, CISBAT2013, Lausanne (Switzerland), pp.67-72, 5th September 2013

2) Masayuki Ichinose, Vision of integrated sustainable building design, ARCHITECTURE. ENERGY. JAPAN. 2012: University of California, Berkeley, CA USA, 5th Aug. 2012

3) Masayuki Ichinose, Evaluation of actual performance of cool roof and cool façade, International Workshop on Advances in Cool Roof Research: Protocols, Standards & Policies for Accelerated Aging, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA USA, 28th July, 2011

6. 研究組織

(1) 研究代表者

一ノ瀬 雅之 (ICHINOSE, Masayuki)

首都大学東京・都市環境科学研究科・准教授

研究者番号: 00408709