

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 22 日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23360259

研究課題名(和文)紫外域分光放射のモデル化とUV-A, UV-Bを含む時別・分別気象データの開発

研究課題名(英文)Study of methods for estimating ultraviolet rays A,B from solar radiation

研究代表者

二宮 秀與(Nimiya, Hideyo)

鹿児島大学・理工学研究科・教授

研究者番号：90189340

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 15,900,000円、(間接経費) 4,770,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では日本全土に適用可能な紫外線A,Bの推定モデルを提案した。推定は全天日射量を既知としてUV-A, UV-Bを近似するものである。紫外線は気象庁による観測が3地点しかなく観測データが限られている。また計器感度の経年変化が大きいため、独自に観測してもデータの信頼性が課題となる。本研究では使用する日射計、UV-A,B計の感度比較を行い、信頼性の高いデータを抽出して推定式を整理した。またUV-Bとオゾン量の関係に着目し、オゾン量の衛星観測データを用いて推定精度が向上することを明らかにした。さらに紫外線の直散分離について検討し、実用的な精度で紫外線の直達成分と拡散成分を推定できることを示した。

研究成果の概要(英文)：In this study, we suggested a method for estimating ultraviolet rays A,B from global solar radiation. The ultraviolet rays have few reliable public observation stations. In addition, the reliability of data becomes the problem because the ultraviolet rays meter has a big sensitivity deterioration of the sensor even if we observe it in oneself. We observed solar radiation and UV-A,B at 4 universities and I extracted reliable data and identified parameters. In addition, we focused on the relationship between UV-B and ozone. The total column ozone used satellite observation data. Estimated precision improved by considering influence of ozone. Furthermore, we examined the method for estimating of the direct ultraviolet rays and diffuse ultraviolet rays. We showed that we could estimate both ingredients of ultraviolet rays with practical precision. These estimated methods are applicable to the whole land of Japan.

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：紫外線 UV-A, B 推定方法 日射量 オゾン 紫外域分光放射

## 1. 研究開始当初の背景

高反射塗料や遮熱フィルム、光触媒など波長選択性を有する技術が広く建築に応用されている。また建材の紫外線による劣化も波長によって影響度が異なることがわかっている。このように物性値レベルでの研究や応用が先行しているが、それらを評価する気象データが整理されていないので、建物の環境シミュレーションや熱負荷計算でこれらの技術を正確に評価ができないのが現状である。紫外域から近赤外域までの波長別日射量を整理できれば、建築における波長選択性建材の評価や、新しい機能を持った建材の提案も期待できる。

紫外線は大気での減衰が大きく、UV-A および UV-B を精度良く推定することは難しい問題である。特に波長の短い UV-B は成層圏オゾン(オゾン層)により、大半が吸収を受けるため、上空のオゾン量の変化によって地上で観測される強度が異なる。また紫外線測定は装置の校正が難しい点が問題となる。そもそも紫外線強度は太陽放射の数%に過ぎない上、地球大気により大きな吸収を受け、かつ、この波長域では、既存の検出器の量子効率がよくないことに起因する。また光子のエネルギーが高いこともあり、装置感度の経年変化が、可視光の装置に比べて大きいことも指摘されている。このように紫外線は観測すること自体に課題を有しているが、紫外分光計に関しては、装置感度の経年変化が小さく精度が安定しているとされている。このため波長別の紫外線が測定できれば、大気中の吸収物質や大気路程との関係をより厳密に整理することが可能となり、UV-A, UV-B の推定精度の向上が期待される。

本研究グループではこれまでも紫外放射モデルの作成に取り組んでおり、鹿児島、大阪、秋田で UV-A, UV-B を測定し、それらの推定方法を提案してきた。これは天

空状態を曇天空、中間天空、晴天空の3つのカテゴリーに分類した上で、それぞれの区分ごとに全天日射量の関数として表現したものである。しかしカテゴリー区分だけでは推定誤差が大きく、観測地点による誤差の傾向も異なることが判った。このことから、信頼性の高い紫外放射の測定、紫外放射の直達成分・天空成分の構成、オゾン層の分布の評価が課題として残された。研究は継続しているが UV-A, UV-B 計の信頼性に関する問題は依然として残っており、この問題を解決するために測定精度の高い紫外域分光放射の測定が不可欠であった。紫外域分光放射の散乱・吸収の特徴を整理できれば、分光データから UV-A, UV-B を定量化する方法が適用できる。また、本研究により紫外域分光放射が測定できれば、既設の分光放射計と合わせて 300nm ~ 1700nm までの波長別日射量が整備でき、UV-A, UV-B, PAR, 可視光, 近赤外の推定モデルを構築することが可能となる。前述のように波長選択性を有する建材は UV カット機能, 遮熱性能, 断熱性能などを謳い広く普及しており、これらの技術を正しく評価する点からも波長別日射量を整備する意義は大きい。

## 2. 研究の目的

本研究は日射の紫外域分光放射を国内4地点で測定し、紫外線の推定モデルを作成することを目的としたものである。紫外線は人体の健康や建材の劣化に影響し、気象庁(3地点)の他にも UV-A, UV-B の測定例がいくつか公表されている。しかし紫外線測定は装置の校正が難しく計器感度の経年変化も大きいことが知られており、観測値の信頼性については課題が残っている。また紫外線による建材の劣化や光触媒の酸化力は波長によって影響が異なるため、実務で応用するには波長別データを整理する必要がある。このような現状を踏まえ本研究で

は以下の3点について明らかにする。

- 1) 紫外域分光放射の特徴(地域性, 季節, 全天日射や他の気象要素との関連性)
- 2) 紫外域分光放射の推定モデルの作成(UV-A, UV-Bの定量化)
- 3) UV-A計, UV-B計の測定精度の検証および計器感度の経年変化の確認

### 3. 研究の方法

本研究は3年間の研究期間において、紫外域分光放射とUV-A, UV-Bを秋田・大阪・鹿児島(2ヶ所)で測定することにより、波長別紫外線と他の気象要素との関連性を整理し、波長別およびUV-A, UV-Bの推定モデルを開発する。上記の3地点では波長別日射量を含む気象観測を行っており、紫外域分光放射とUV-A, UV-Bをこれに追加する。これらの気象観測で得られる波長別紫外線, UV-A, UV-Bおよび全天日射量を整理して、紫外域の波長別日射量, UV-A, UV-Bの推定モデルを作成する。併せてこれまで使用してきたUV-A, UV-B計の経年劣化について検討する。

### 4. 研究成果

平成23年度~25年度に国内4ヶ所で紫外線UV-A, UV-Bと全天日射量を観測し推定方法について検討した。その結果、UV-Aは全天日射量から実用的な精度で推定できること、UV-Bはオゾン量を考慮することで推定精度が向上することを確認した。また推定式の係数の同定のために3年間の観測データのクオリティチェックや計器感度について検討した。紫外線量は測定計器の経年変化だけでなく、メーカーによる計器の出力差も大きい。紫外線計は日射計と異なり準器が無い場合、真値がどこにあるかの判断が難しい。例えば図1は、同時期に購入したUV-A計と紫外分光計によるUV-Aの初期の段階の観測データを比較し

たものである。2つの計器はメーカーが異なる。図のように2つの計器間で10%以上の出力差が見られる。

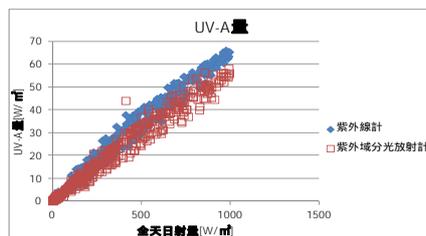


図1 UV-Aの観測データ

本研究では23年度に実施した、機器感度の比較実験結果を踏まえて、計器間のばらつきが小さかったメーカーの観測値を元に推定式の係数値を同定した。またUV計の感度変化を日射計と比較し定量化することを試みた。UV計のセンサーの経年劣化については、本研究終了後に未使用に近い計器との感度比較を行い確認する予定である。感度比較を研究期間内に実施しなかった理由は、紫外線計のセンサーに入射角特性があるため、太陽高度が高くなる5~6月に実施した方がセンサー自体の感度比較に適していると判断したからである。

紫外分光放射については、UV-Bの領域でオゾン量の影響を受けることを確認した。図2は全天日射量とUV-A, UV-Bの相関を見たものである。凡例の数字はオゾン量を表している。図のようにUV-Bはオゾン量によって強度が変化していることが分かる。

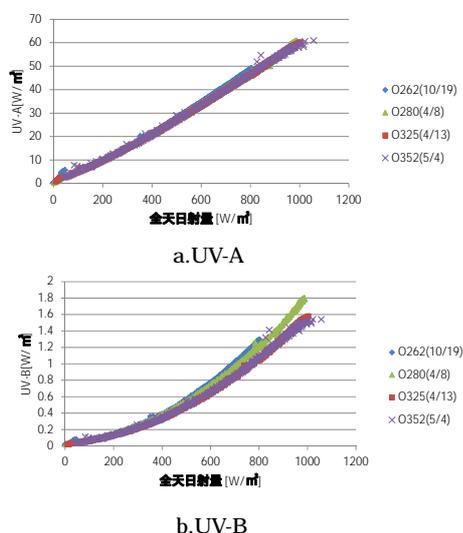


図2 全天日射量とUV-A, UV-B

また UV-A,B に占める各波長の比率は、天候にはあまり影響されないことがわかった。このことから UV-A,B から紫外分光を推定できる可能性があることを明らかにした。図 3 は晴天日と曇天日の波長別紫外線と大気路程の関係を示したものである。図のように 2 つのグラフの傾向は良く一致していることが分かる。

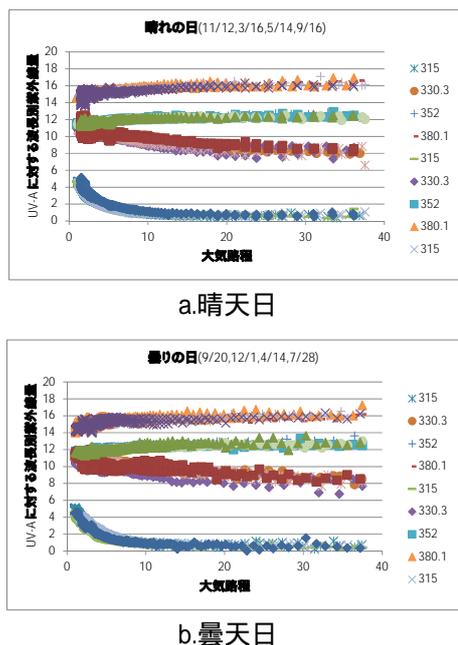
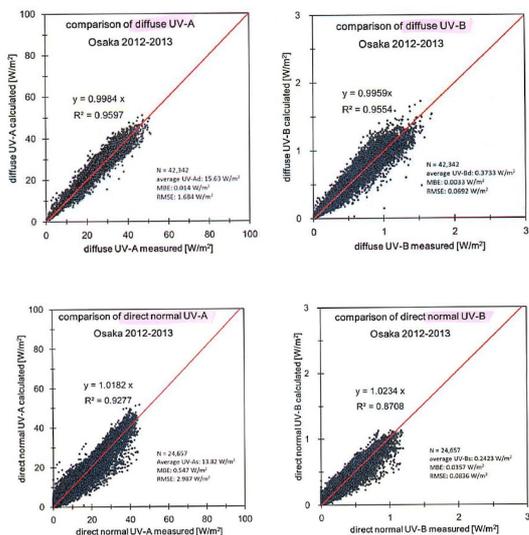


図 3 波長別紫外線強度と大気路程の関係  
UV-A,B の直散分離については、推定した全天 UV-A,B を分離するのではなく、日射量の直達成分、拡散成分からそれぞれ UV の直達成分、拡散成分を推定する手法



b.直達成分  
図 4 UV-A,B の推定結果

を検討し、実用的な精度が得られることを確認した。図 4 に UV-A,UV-B の天空成分及び直達成分の推定結果の例を示す。

### 5. 主な発表論文等

[ 雑誌論文 ] (計 2 件)

- 1)井川憲男:天空輝度・放射輝度分布を推定する天空モデルの整備,日本建築学会環境系論文集, Vol.687,pp.393-399,2013.5 (査読有り)
- 2)井川憲男, 永村一雄:天空輝度・放射輝度分布を推定する All Sky Model の改良,日本建築学会環境系論文集, Vol.673,pp.121-127,2012.3 (査読有り)

[ 学会発表 ] (計 15 件)

- 1)S.Matsumoto, N.Igawa, H.Nimiya, H. Akasaka, K.Emura, K.Takeda, and M. Kubota:RECENT DEVELOPMENT OF WEATHER DATA AND THEIR NAVIGATION TOOLS FOR OPTIMIZING BUILDING ENVIRONMENTAL DESIGN IN JAPAN, Proceedings of IBPSA Conference on Building Simulation and Optimization 2014, 2014.6.23, UCL(London)
- 2)松本真一:太陽視赤緯・均時差計算に関する筆者の方法の精度検証,日本建築学会大会学術講演梗概集 (D-2 環境工学 II), 2014.9.12 (神戸大学)
- 3)細淵勇人, 松本真一, 長谷川兼一, 高木理恵: A 領域紫外日射観測データによる UV-A 推定モデルの精度検証,日本建築学会大会学術講演梗概集 (D-2 環境工学 II), 2014.9.12 (神戸大学)
- 4)二宮秀與:紫外線 UV-A,B の推定方法に関する基礎的研究,日本建築学会大会学術講演梗概集 (D-2 環境工学 II), 2014.9.12 (神戸大学)
- 5)松本真一:太陽視赤緯と均時差の計算法に関する補遺,日本建築学会東北支部研究報告集(計画系),第 77 号,2014.6.22 (日本大学工学部)
- 6)細淵勇人, 松本真一, 長谷川兼一, 高木理恵:秋田県における UV-A 観測データによる推定モデルの精度検証,日本建築学会東北支部研究報告集(計画系),第 77 号,2014.6.22 (日本大学工学部)
- 7)野澤宏太:太陽放射地上観測データの活用例,第 19 回高専シンポジウム in 久留米,2014.1.25 (久留米高専)
- 8)松本真一, 村上周三, 赤坂裕, 井川憲男, 永村一雄, 武田和大, 二宮秀與, 窪田真樹:外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発,(その 114) BEST で使用される拡張アメダス気象データの開発状況,空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集,第 5 巻, pp.9-12, 2013.9.26 (信州大学)
- 9)松本真一:2001~2007 年の拡張アメダス気象データに対応する DVD 操作プログラム類の作成 その 2 更新および修正されたプ

口ogramに関する留意事項,日本建築学会大会学術講演梗概集(D-2 環境工学 II), pp.11-12, 2013.9.1(北海道大学)

10)松本真一:2001~2007年の拡張アメダス気象データに対応するDVD操作ツール類の開発 その2 更新および修正されたツールについて,日本建築学会東北支部研究報告集(計画系),第76号, pp.13-14, 2013.6.23(岩手県公会堂)

11)細淵勇人,松本真一,長谷川兼一:紫外域日射量推定モデル開発に関する研究:既往推定モデルの比較検証と紫外日射観測データの分析,日本建築学会東北支部研究報告集(計画系),第75号, pp.147-150,2012.6.17(八戸工業大学)

12)細淵勇人,松本真一,長谷川兼一:秋田における紫外・近赤外域波長別日射観測データの分析:Birdモデルの晴天時適用性の検討,日本建築学会大会学術講演梗概集(D-2 環境工学 II), pp.473-474, 2011.9.12(名古屋大学)

13)松本真一:2001~2007年の拡張アメダス気象データに対応するDVD操作プログラム類の作成,日本建築学会大会学術講演梗概集(D-2 環境工学 II), pp.469-470, 2011.9.12(名古屋大学)

14)細淵勇人,天間佑貴,松本真一,長谷川兼一:秋田における紫外・近赤外域波長別日射観測データの分析,日本建築学会東北支部研究報告集(計画系),第74号, pp.19-22,2011.6.26(秋田カレッジプラザ)

15)細淵勇人,松本真一,長谷川兼一:秋田における紫外・近赤外域波長別日射観測データの分析:その2 Birdモデルの晴天時適用性の検討,日本建築学会東北支部研究報告集(計画系),第74号, pp.23-24,2011.6.26(秋田カレッジプラザ)

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

二宮 秀與(NIMIYA HIDEYO)

鹿児島大学・理工学研究科・教授

研究者番号: 90189340

### (2)研究分担者

赤坂 裕(AKASAKA HIROSHI)

鹿児島工業高等専門学校・校長

研究者番号: 20094112

井川 憲男(IGAWA NORIO)

大阪市立大学・生活科学研究科・教授

研究者番号: 80398411

永村 一雄(EMURA KAZUO)

大阪市立大学・生活科学研究科・教授

研究者番号: 60138972

中山 哲士(NAKYAMA SATOSHI)

岡山理科大学・工学部・准教授

研究者番号: 90264598

野澤 宏大(NOZAWA HIROMASA)

鹿児島工業高等専門学校・一般教育科理  
系・准教授

研究者番号: 60398914

松本 真一(MATSUMOTO SHINICHI)

秋田県立大学・システム科学技術学部・教  
授

研究者番号: 70209633