

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 28 日現在

機関番号：54501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26820224

研究課題名(和文)地上到達紫外線モデルの構築に基づく紫外線分布図の作成と屋外空間計画手法の開発

研究課題名(英文) A creation of the ultraviolet distribution map based on building of the ground reaching ultraviolet model and a development on planning method of outdoor spaces

研究代表者

石内 鉄平 (ISHIUCHI, Teppei)

明石工業高等専門学校・都市システム工学科・准教授

研究者番号：90527772

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、日常生活圏における地上到達紫外線量の実態と空間構成の因果関係を明らかにし、人体への環境負荷低減に向けた地上到達紫外線分布図の作成と屋外空間の計画手法を開発した。その過程で、現地観測にて土地被覆毎の紫外線反射率を算出するとともに、その結果と高分解能衛星画像を用いた地上到達紫外線分布図の作成手法を提案した。

また、DSMとDEMデータの差分から都市空間における緑陰抽出手法を見出し、紫外線分布図の高度化を実現した。加えて、本研究で作成した紫外線分布図は、解像度の高さから目的地までのルート選択時の利用において期待されることがわかった。

研究成果の概要(英文)：This research found out the causal relation between the actual condition of the ultraviolet radiation amount on the ground and the space composition in the daily life area. And this research developed the creating method of the ultraviolet distribution map on the ground and the planning method of the outdoor space for reducing the environmental burden on the human body. In the process, this study calculated UV reflectance for each land cover by field observation and found out a green shadow extraction method in urban space from the difference between DSM and DEM data.

In addition, this study found out that the ultraviolet distribution map created in this research was expected for use when selecting a route from the high resolution to the destination.

研究分野：土木工学

キーワード：紫外線 屋外空間 衛星画像 土地被覆分類

1. 研究開始当初の背景

平成14年に採択された「オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書」では、オゾン量の減少と有害紫外線量との因果関係は確認されつつあると指摘された。それを受け環境省は、平成15年に「紫外線に関する保健指導マニュアル」を刊行し、帽子の着用やベビーカーの日よけなど屋外でのUV対策を示すことで、皮膚ガンや白内障といった健康被害が懸念される有害な紫外線に対して注意喚起を行っている。

気象庁は平成17年からUVインデックス指標を用いた紫外線予測分布図の情報提供を開始したが、気象庁が提供する紫外線予測は、札幌・つくば・那覇の3か所の固定観測機器によって収集されたデータから各地の標高や気象、オゾン層の観測結果により一義的に他地域の紫外線量を算出するものであり、図1のとおり約20km四方の広域メッシュによる情報提供に留まる。既存研究として、衛星画像を用いた地上到達紫外線量の情報提供に関する事例は存在するものの、利用されている衛星画像は約3km四方のメッシュである。人の移動によって刻一刻と変化する都市空間に着目すると、これまでの既存研究および気象庁による情報提供では精度上十分ではなく、現在、紫外線予防に向けた詳細な情報提供に関する取り組みは、世界共通の喫緊かつ重要な課題の一つであると言える。

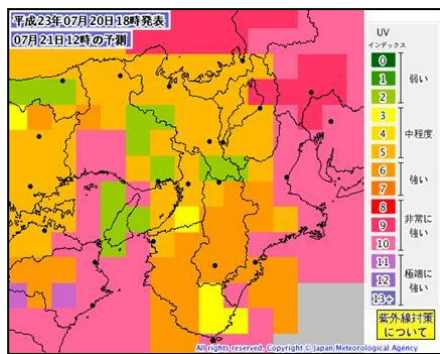


図1 紫外線予測分布図(気象庁)

2. 研究の目的

本研究の目的を以下に示す。

- (1) オゾン層を通過する紫外線UV-A・UV-B波の個別計測が可能な紫外線計測機器を複数台設置し、多地点の紫外線同時観測を行うとともに、ローカルリモートセンシング技術を活用した調査地点の多次元空間測量データを取得し地上到達紫外線モデルを構築する。
- (2) 構築された地上到達紫外線モデルと精緻な地形情報・土地被覆情報から、詳細な地上到達紫外線分布図を作成する。
- (3) 住民の紫外線に対するイメージ・意識調査から紫外線分布図の有効性を検証するとともに、環境負荷の低減に向けた屋外空間の計画手法を開発する。

3. 研究の方法

研究の方法を以下に示す。

- (1) 複数台の紫外線計測機器を用いて、多地点紫外線同時観測を実施する。さらに樹木や構造物の配置といった空間測量データ、リモートセンシング技術を用いた土地被覆の判読結果、地上到達紫外線量の実測値との因果関係から、地上到達紫外線モデルを構築する。
- (2) 紫外線同時観測を継続的に実施して地上到達紫外線モデルの検証を行うとともに、モデルの構築過程で得られた知見と高分解能衛星画像およびローカルリモートセンシング技術から得られる精緻な地形・土地被覆情報に基づき、ローカルな地域に対応した地上到達紫外線分布図を作成する。
- (3) アンケート調査により紫外線に対する住民のイメージ・意識調査を把握するとともに、本研究により作成されたローカルな地域に対応した地上到達紫外線分布図の有効性を検証する。

4. 研究成果

研究の成果を以下に示す。

(1) 地上到達紫外線の多地点同時観測

日常生活圏に着目するため、市民の生活の場、憩いの場として代表的な屋外空間である砂浜・公園緑地・駅前広場・住宅地を調査対象地として選定する。観測の方法は、地上から150cmの高さでセンサを上向きに設置し観測した。8月と12月における紫外線量は、海岸と駅前広場が最も多く、続いて住宅地といった結果が得られた。緑陰が多い公園は、海岸と比較して約100分の1以下の紫外線量であることがわかった。

(2) 天空率と紫外線量との関係性

公園・住宅地・海岸を対象とした天空率と地上到達紫外線量との関係性を表1に示す。天空率の算出は、紫外線観測地点において魚眼レンズを上空に向けて撮影した写真画像から導いたものである。

表1 天空率と地上到達紫外線量

場所	明石公園(緑陰)	住宅地	大蔵海岸
天空写真			
天空率	3.2%	39.31%	86.9%
最大紫外線量	13(μW/m ²)	1488(μW/m ²)	2631(μW/m ²)

上記のように、簡易な紫外線計測機器を用いた場合であっても、紫外線量の一日の最大値・平均値・最低値と天空率との関係に強い正の相関関係が確認され、天空率が増加するほど地上に到達する紫外線量は増加することが確認された。この結果から、地上に到達する紫外線の到達経路として、太陽からの直射に加え建物などからの反射や大気中の散乱等が想定されるが、天空率の概念を用いることで、その空間の紫外線量は予測可能であることが示された。

(3) 土地被覆毎の紫外線反射率

紫外線計測機器から得られる値は刻一刻と変動しており、僅かな移動や傾きで値は異なる。そのため、日光を遮らずセンサが常時水平に固定されるような観測台が望まれることから、本研究では電気スタンドを用いた観測台を作成した。また、土地被覆毎の紫外線反射率を算出するため、図2で示す調査地点を選定した上で上下方向にセンサを取付け、紫外線量を観測した。図3に結果を示す。



図2 紫外線反射率の測定地点

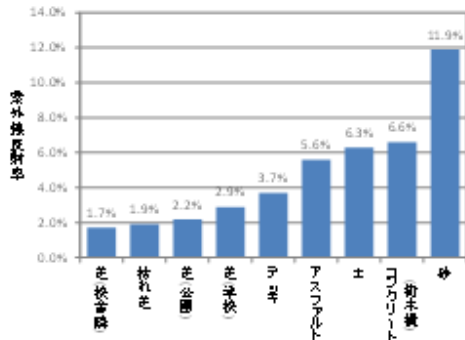


図3 各土地被覆による紫外線反射率結果

(4) 日射量と天空率、達紫外線量の関係性

日射量と紫外線量との関係性を確認するため、公園内の9地点において日射量と紫外線量の同時観測を行った。図4に観測地点を示す。図4の右側写真はそれぞれ地点6および地点7付近の現地の様子である。

日射量と紫外線量、天空率の関係を図5および図6に示す。図5、6より、その変動に同様の動きが確認されたが、地点6および7では値の差が大きい。その原因として、地点6は木々に囲まれている環境ではあるが枝は細く、視覚的にも多くの光が地上へと通過していた。よって上空は遮られていたものの光が多く透過していたため天空率のみが低く、日射量と紫外線量には大きな差は生まれなかったと考えられる。

地点7では日射量と天空率が低い値を示しているのに対し、紫外線量のみが高い値を示した。これは全天状態の芝が隣接していることからの反射が影響していると考えられる。その他の地点では同様の変動を示していることから、日射量と紫外線量、天空率の間には相関があり、上空の空間構成を把握する手段として天空率および日射量計測は有効であることがわかった。



図4 日射量と紫外線量の観測地点

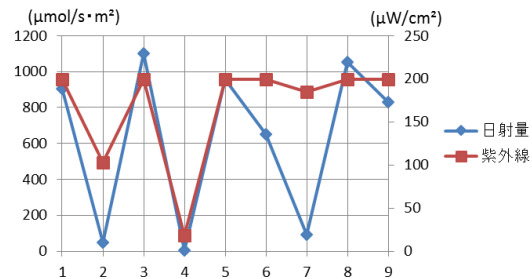


図5 日射量と紫外線量の関係性

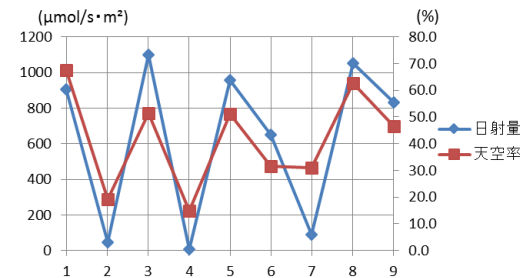


図6 日射量と天空率の関係性

(5) 土地被覆分類による紫外線分布図

高分解能衛星画像を用いた教師付き分類を行い、土地被覆を把握した。ため池や屋根は白色として分類し、田畑や芝、樹木は植生として1種類の土地被覆として扱った。加えて、図3により把握された土地被覆毎の紫外線反射率と土地被覆分類図を併せ、図7のとおりに紫外線反射率図を作成した。最も反射の強い砂を赤色にし、順に土を橙色、アスファルトを黄色、田や芝のような草地を緑色に分類わけして表し、除外した構造物や土地被覆を白色とした。



図7 土地被覆分類による紫外線反射率図

(6) 数値地形モデルによる緑陰箇所抽出

DEMは数値標高データと呼ばれ、デジタル化された標高値による地形データのこと。一方、DSMは高さのデータより作成した地表モデルと呼ばれ、標高値ではなく樹木や建物形状が正確に把握される数値表面モデルである。図8にDSM・DEMのイメー

図8、図9にDSM（左）およびDEM（右）を示す。

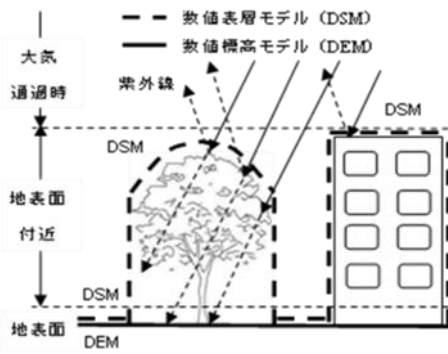


図8 DSM・DEMのイメージ図

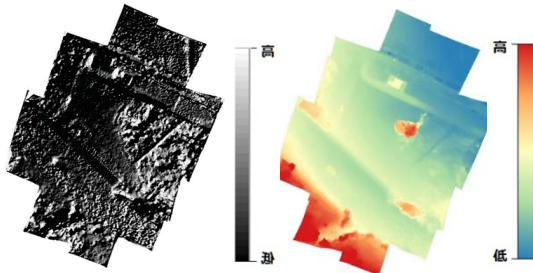


図9 作成したDSM（左）およびDEM（右）

図9は、オートパイロット機能を持つラジコンヘリの小型 UAV システムを用いて撮影し、重なり合う写真画像から高解像度の数値地形モデルを作成した。図7に示す土地被覆の判別では、田や樹木が同一の植生として分類されることが課題であったが、植生として分類されたエリアにおいて、DSMとDEMの差分の結果3m以上（高木）の箇所は緑陰として抽出することが可能となった。

(7) 空間構成による紫外線モデルの作成

空間構成の違いによる直射の影響を調べるため、全天状態、街路樹のある歩道、樹林に囲まれた緑地内、建物の側と4パタンの日射量を計測し日射量の減少率を算出した。研究成果(4)より、紫外線量と日射量とは高い相関が確認されている。算出結果を表2に示す。図10に紫外線の直射・反射を考慮した地上到達紫外線量の算出式を示す。

表2 空間構成の違いによる日射量の減少率

土地被覆	障害物	有無	日射量	減少率	1-減少率
芝	建物	有	149.7	85.0	0.15
		無	995.0		
	樹木	有	207.7	79.1	0.21
		無	995.0		
アスファルト	建物	有	294.9	72.6	0.27
		無	1076.1		
	街路樹	有	342.6	68.2	0.32
		無	1076.1		

建物に平均0.21を用いる

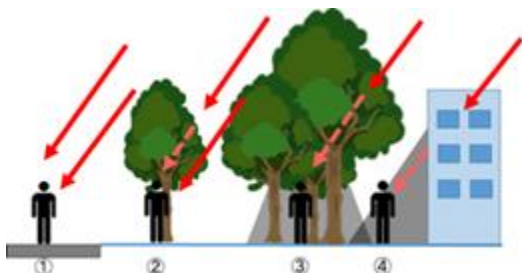


図10 地上到達紫外線量の算出イメージ図

- ① 全天状態
 $100 \times 1.00 + (100 \times 1.00) \times \text{反射率}$
- ② 街路樹有
 $100 \times 0.32 + (100 \times 0.32) \times \text{反射率}$
- ③ 樹林帯有り
 $100 \times 0.21 + (100 \times 0.21) \times \text{反射率}$
- ④ 建物有り
 $100 \times 0.21 + (100 \times 0.21) \times \text{反射率}$

(8) アンケートによる紫外線への意識調査
紫外線に対する市民の意識調査および作成した紫外線分布図に対する評価を目的として、アンケート調査を実施した。アンケート結果は、紫外線に対する人々の危機感を把握するとともに、気象庁の紫外線予測分布図と比較し、本研究で作成した紫外線分布図の評価を行うものである。

アンケート項目は、属性、紫外線への関心、紫外線分布図への評価の3つである。属性では回答者の基本情報により、回答者を分類し傾向を見る。紫外線への関心は、紫外線に対する意識や既存の紫外線情報に対する知識の有無、普段紫外線対策を行っているかについて把握する。最後に紫外線分布図の評価では、本研究で作成した明石市内の紫外線分布図に対する評価を問うものである。

紫外線に対する関心に関する回答結果を図11に示す。「非常にある」29名と「少しある」52名を合わせて81名となり、約80%を占める。

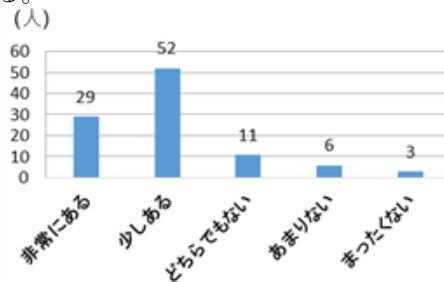


図11 紫外線に関する関心

図11より紫外線に関心がある人は多いことが分かる。しかし、環境省が刊行している紫外線保健指導マニュアルについては88名が「知らない」と回答し、「詳しい内容まで知っている」と答えた人は一人もおらず、ほとんど知られていないということが分かる。また、「普段から紫外線対策をしていますか」という設問に対する回答結果を図12に示す。

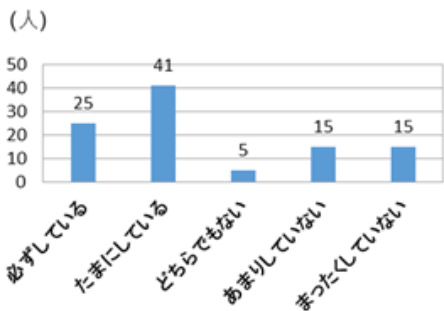


図12 紫外線対策の現状について

「必ずしている」と「たまにしている」の回答者は計 66 名であり、紫外線に関心があると答えた 81 名より少なく、紫外線に関心はあっても対策は行っていない人がいることが分かった。

以上より、紫外線への関心はあるが正しい知識がなく、対策を行えていないことが考えられる。今後、紫外線分布図を作成するだけでなく、紫外線に対する正しい知識や紫外線対策方法を周知することも重要である。また、アンケート調査の結果、気象庁の紫外線情報を利用すると答えたのは 39%であるのに対し、本研究で作成した紫外線分布図を利用したいと回答した人は 58%であった。詳細な紫外線分布図の方がより多く利用される可能性が高く、特に目的地までのルート選択などの方法で紫外線対策の改善に役立つことが分かった。

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)

[学会発表] (計 8 件)

- ① 石内鉄平、高分解能衛星画像を用いた地上到達紫外線分布図の作成とその利用、日本地球惑星科学連合大会 2017 年大会、2017.5、「幕張メッセ (千葉県・千葉市)」
- ② Tepei Ishiuchi, Haruka Nakazawa, A study on the creating and evaluation of ultraviolet distribution map using satellite images, The 37th Asian Conference on Remote Sensing, Ab0019、2016.10、「Colombo (Sri Lanka)」
- ③ 石内鉄平、中澤春花、新井イスマイル、高分解能衛星画像および数値地形モデルを活用した地上到達紫外線分布図の作成、日本地球惑星科学連合大会 2016 年大会、2016.5、「パシフィコ横浜 (神奈川県・横浜市)」
- ④ Tepei Ishiuchi, Masaru Takata, Haruka Nakazawa, Research on the Advancement of Ultraviolet Distribution Map using Satellite images, The 36th Asian Conference on Remote Sensing, TUP1-2、2015.10、「Metro Manila (Philippines)」
- ⑤ 石内鉄平、高田優、中澤春花、新井イスマイル、高分解能衛星画像を用いた地上到達紫外線分布図の作成、可視化情報学会全国講演会 (京都 2015) 講演集、2015.10、「京都工芸繊維大学 (京都府・京都市)」
- ⑥ 中澤春花、高田優、石内鉄平、天空率および日射量を用いた地上到達紫外線量の実態把握、平成 27 年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集、2015.5、「摂南大学 (大阪府・寝屋川市)」
- ⑦ Tepei Ishiuchi, Masaru Takata,

Haruka Nakazawa, Study on the Creation of Ultraviolet Distribution Map using Satellite images, The 35th Asian Conference on Remote Sensing, PS-006、2014.10、「Nay Pyi Taw (Myanmar)」

- ⑧ 高田優、石内鉄平、中澤春花、天空率に着目した地上到達紫外線量の実態把握、土木学会全国大会第 69 回年次学術講演会講演概要集、2014.9、「大阪大学 (大阪府・豊中市)」

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石内 鉄平 (ISHIUCHI, Tepei)

明石工業高等専門学校・

都市システム工学科・准教授

研究者番号：90527772