

J-7

低緯度地域における紅斑紫外放射輝度観測と回帰式導出
Erythema Ultraviolet Radiation and Regression Equation on Low Latitude

○前田直樹¹, 川西利昌², 大塚文和²

*Naoki Maeda¹, Toshimasa Kawanishi², Otsuka Fumikazu²

The sky ultraviolet radiance distribution is the most basic data for design of shade. There is not suitable data based on the measurement which shows the distributions of 80, 90 sun elevation. The distributions are measured only at the few cases. It is necessary to estimate the distribution by the measured or calculated value except the data of the distribution. The measured sky ultraviolet radiance distributions were analyzed with the function of the normalized by zenith radiance. A regression equation which shows the relative distribution of 80, 90 sun elevation on clear sky was obtained.

1. 諸言

沿岸域における有効な紫外線対策に日除けの利用が挙げられる。多くの場合で、ビーチパラソル等を設置することにより日陰を確保し、紫外線対策としているが、紫外線対策として万全であるとは言い難い。紫外線には、太陽から直接放射するものだけではなく、空気中で散乱したものや、地面や建物から反射した天空からも放射する。よって直接日光の当たらない日陰であっても紫外線を浴びていることがある。効果的な日除けを設置するには、定量的な紅斑紫外放射輝度分布を把握した上で設計を行わなくてはならない。そこで紅斑紫外放射輝度分布を回帰式によって把握することが有効と考える。既存の研究では、佐々木ら¹⁾は UV-B(波長 280~315nm)領域の紅斑天空紫外放射輝度分布を明らかにした。しかし回帰式に使用されたデータには太陽高度 73 度以上のデータが含まれていない。

本研究は低緯度地域における観測を行い、得られたデータをもとに、高高度の太陽高度の紅斑紫外放射輝度分布を回帰式に再現を試みた。

2. 観測概要

太陽高度 80°以上の紅斑紫外放射輝度分布のデータを取得するために 2 回の測定を行った。1 回目の期間は 2011 年 6 月 29,30 日,7 月 1,6,7 日である。測定場所は沖縄県石垣市真栄里海岸付近(北緯 24 度 19 分 35 分東経 124 度 19 分 35 秒)である。2012 年 6 月 27 日~7 月 2 日に 2 回目の測定を沖縄県宮古島市平良下里 21-6 リゾートペンションクルーの屋上(北緯 24 度 48 分 01 秒東経 125 度 16 分 31 秒)で行った。Figure1 に 2 回の観測地点を示す。機器は独自に製作した Figure2 の天空放射輝度測定装置を使用した²⁾。紫外線センサー



Figure 1. 観測地点



Figure 2. 天空放射輝度観測装置

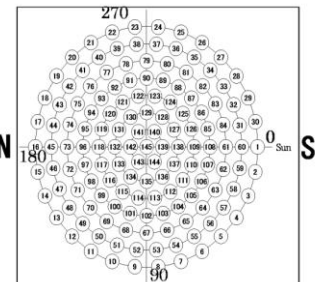


Figure 3. 天空要素番号

は UVPD-300TO46BS (AlGaN 社製) を使用し³⁾, CIE-IDMP が定めた Figure3 のような天空要素にしたがい⁴⁾145 個のセンサーにより測定を行う。この測定器の全天の測定にかかる時間は最短 2 秒である。天空の魚眼撮影は、FIT 製の等距離射影魚眼レンズを用いて行った。

3. 回帰式の算出

3.1 基本式

測定によって得られたデータを基に紅斑紫外放射輝度分布の回帰式を求めた。回帰式は井川らの提案した形式を参考にした⁵⁾。天空紫外放射輝度分布は、太陽方位を基準方位として表現する。Figure4 のように天空要素を定めると、任意の天空における紫外放射輝度比 lu は式(1)で表される。

1 : 日大理工.院 (前).海建 2 : 日大.教員.海建

$$l_u = \frac{Lu(\phi, \gamma, \zeta)}{Luz} = \frac{\phi(\gamma) \cdot f(\zeta)}{\phi(\frac{\pi}{2}) \cdot f(\frac{\pi}{2} - \gamma_s)} \quad (1)$$

$Lu(\phi, \gamma, \zeta)$: 天空要素の放射輝度, Luz : 天頂紫外放射輝度, γ_s : 太陽高度(rad), γ : 天空要素の高度(rad)である。 $\phi(\gamma)$ は天空要素の高度に関する傾斜を示す。 ζ は天空要素と太陽の角距離を示し, $f(\zeta)$ は, 太陽と天空要素との角距離に関する散乱の状態を示す, 散乱インディカトリックス a, b, c, d は未定係数とし, 次式で表す。

$$\cos \zeta = \sin \gamma \cdot \sin \gamma_s + \cos \gamma \cdot \cos \gamma_s \cdot \cos |a - \alpha_s| \quad (2)$$

a : 天空要素の方位角(rad), α_s : 太陽の方位角(rad)

$$\phi(\gamma) = 1 + a(1 - \sin^{0.6} \gamma) \quad (3)$$

$$f(\zeta) = 1 + b \cdot \left[\exp(c \cdot \zeta) - \exp(c \cdot \frac{\pi}{2}) \right] + d \cdot \cos^2 \zeta \quad (4)$$

式(1)から(4)により回帰分析を行い, a, b, c, d の各係数を最小二乗法によって求める。また, 今回の観測値は天空要素同士の比として扱うため, 式中の放射輝度は無次元とする。

3.2 回帰式の算出

使用データは太陽高度 80, 90 度の, 国内で快晴に該当するの国際規定である雲量が 1/8 以内となるものを選定した。Table1 は雲量の算定により選定した太陽高度別データをまとめたものである。石垣島と宮古島のデータは補正のため, それぞれの天頂放射輝度で各測定値を除いたものを使用した。データが多量のため, 回帰分析を行うときは 1 度ごとに平均したものを入力した。また地物からの反射の影響を防ぐため, 高度の 30 度以下のデータ, 太陽直射の影響を防ぐため, 太陽より角距離 ± 10 度のデータは除外した。回帰分析より Table2 の未定係数が得られた。Figure5, 6 は回帰値と測定値である。測定値にバラつきがあるが, 天空要素高度 60~120 度で直射の影響が無い高度に関しては回帰式による再現できている。

4. 結言

本研究により太陽高度 80, 90 度の紅斑紫外放射輝度データを得た。また得られたデータより回帰式の導出を行った。回帰式では一部の高度で再現可能のようだが, 全体的には改善の必要がある。

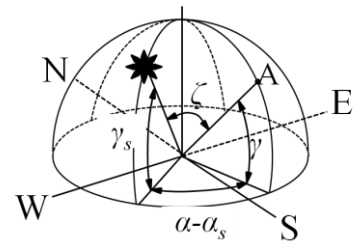


Figure 4. 基本式の天空要素

Table1. 回帰分析使用データ Table2. 導出された係数

太陽高度 [deg]	セット数 (85データ)	データ数	未定係数	係数値
60~70	635	53975	a	-1.73012
70~80	973	82705	b	0.00118
80~90	201	17085	c	4.19404
計	1809	153765	d	0.21614

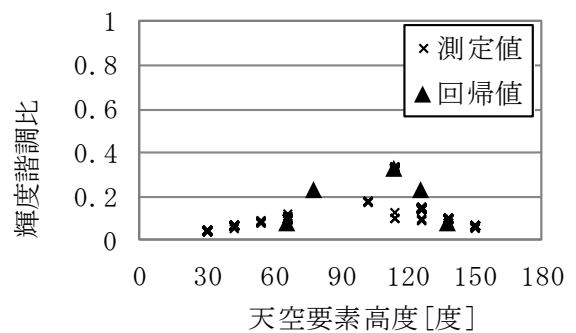


Figure5. (太陽高度 80 度) 太陽方向断面の測定値, 回帰値

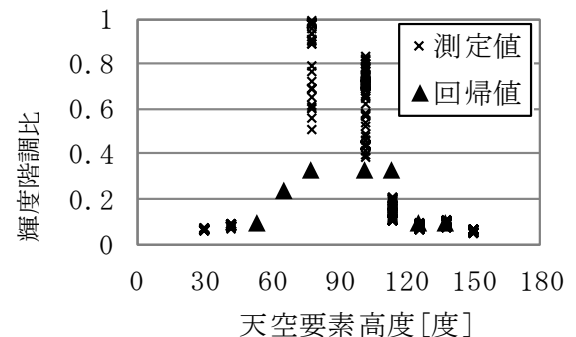


Figure6. (太陽高度 90 度) 太陽方向断面の測定値, 回帰値

参考文献

- [1]佐々木政子: 太陽紫外線放射に関する研究, 東海大学技術研究所報 pp.91-96.1995
- [2]Toshimasa kawanishi: Electronically Sweep-type Measurement Equipment for Sky Ultraviolet and UV Shade Chart, Proc. of CIE 2011, South Africa 2011, 7
- [3]ALGAN, UVPD-300TO46BS-AIGaN 特性シート, 2010
- [4]CIE Technical Report: Guide to Recommended Practice of Daylight Measurement CIE 108-1994, pp.7-8, 1994
- [5]Igawa N. Nakamura H. and Matsuura K.: Sky luminance distribution model for all sky conditions, 24th Session of the CIE-Warsaw'99, pp.26-28, 1999.