

## ハワイ・ワイキキビーチにおける紫外線強度の日内変動

上原 沙織・石黒 宏美・初谷 周子・大橋 恵美

新潟大学医学部医学科4年

尾山 真理・土屋 康雄・中村 和利

新潟大学大学院医歯学総合研究科

地域予防医学講座 社会・環境医学分野

### Circadian Changes in Ultraviolet Light at Waikiki Beach in Hawaii, U.S.A.

Saori UEHARA, Hiromi ISHIGURO, Shuko HATSUGAI and Emi OHASHI

*Niigata University School of Medicine,*

*Fourth-Year Students*

Mari OYAMA, Yasuo TSUCHIYA and Kazutoshi NAKAMURA

*Division of Social and Environmental Medicine,*

*Department of Community Preventive Medicine,*

*Niigata University Graduate School of Medical and Dental Sciences*

#### 要 約

紫外線は、様々な皮膚症状や眼症状、免疫機能低下などの健康影響を引き起こすことが示されている。これらの健康影響を防止するためには、紫外線環境を正しく把握する必要がある。

そこで、2008年10月22日、ハワイ、ワイキキビーチにおいて、日照地点と日陰地点の紫外線強度の日内変動、及び各種商品による紫外線カット率を調べた。

日照地点の直射方向、水平方向、日陰地点の垂直方向、水平方向、地面方向からの紫外線は12時に最高値を示し、日照地点の垂直方向、地面方向は15時に最高値を示した。すべての方向で山型のグラフを示すことが明らかとなった。各種商品の紫外線カット率は、緑Tシャツ、日傘、日焼け止めクリーム、雨傘はほぼ90%を示したが、白Tシャツは68%程度であることが示された。

---

Reprint requests to: Yasuo TSUCHIYA  
 Division of Social and Environmental Medicine  
 Department of Community Preventive Medicine  
 Niigata University Graduate School of Medical  
 and Dental Sciences  
 1-757 Asahimachi - dori Chuo - ku,  
 Niigata 951 - 8510 Japan

別刷請求先：〒951-8510 新潟市中央区旭町通1-757  
 新潟大学大学院医歯学総合研究科 地域予防医学講座  
 社会・環境医学分野 土屋 康雄

日照地点では9時から15時の間はUV indexが3以上を示したことから、日焼け止めクリーム、濃い色のTシャツ、日傘、雨傘などの有効な紫外線対策が必要であると考えられた。今後、紫外線の影響を防止する観点から、日焼け止めクリームの紫外線カット率の経時変化などについて焦点を当てて調査する必要があると考える。

キーワード：紫外線、日照地点、日陰地点、紫外線カット率、ワイキキビーチ

## はじめに

紫外線による健康影響については、日焼け（サンバーン、サンタン）、しわ、しみ、日光黒子、日光角化症、皮膚がんなどの皮膚症状の他、紫外線角膜炎、白内障、翼状片などの眼症状や免疫機能低下などが示されている<sup>1)~3)</sup>。さらに紫外線は肌のメラニン量を増やすだけでなく、角質のバリア機能、保水機能、キメの状態にも影響を及ぼすことが示されている<sup>4)</sup>。これらの紫外線による健康影響を防止するためには、紫外線環境を正しく把握する必要がある。

常夏の島といわれているハワイでは毎年、700万人以上の観光客が訪れており、快晴の日が多いため外出時に紫外線にさらされる機会は多い。特に、海水浴客はビーチに滞在する時間が長く、紫外線による皮膚や眼球への直接的、間接的影響の存在が考えられる。また、太陽高度との関係から、赤道に近い低緯度地域ほど紫外線量が多く、高緯度地域ほど紫外線量が少ないとされている<sup>5)</sup>。ホノルルは北緯21度18分32秒であり、新潟市は37度54分47.6秒であるので、ホノルルにおいては特別な紫外線対策が必要となる。

しかし、ホノルルの紫外線情報は、太陽高度が最高時のUV indexが予測されているにすぎず<sup>6)</sup>、経時的に変化すると考えられる紫外線強度に関する情報は示されていない。

そこで、今回、ハワイでの医学研究実習の機会を利用して、2008年10月22日、ワイキキビーチにおける日照地点と日陰地点における紫外線強度を日の出後から日没近くまでの10時間にわたって調べ、各々の地点における紫外線強度の日内変動を明らかにした。さらに、得られた紫外線強度をもとにUV indexを求め、その健康影響の程度

を明らかにすると共に、紫外線防止のために用いられている商品の紫外線カット率についての検討も行った。

## 方 法

2008年10月22日、ハワイ州オアフ島のワイキキビーチ（北緯21度18分32秒、西経157度49分34秒）において、紫外線強度計UV-340（株式会社佐藤商事）を用いて、以下の方法で紫外線強度の日内変動、および各種商品による紫外線カット率を調べた。紫外線強度計は紫外線A領域(UVA)とB領域(UVB)を合わせた紫外線強度の測定が可能であり、感度波長域は290~390nm、測定範囲は0~19990 $\mu$ W/cm<sup>2</sup>の装置である。

測定日の天候は、午前中は快晴、午後から曇りがちで、気温は7時27.6 $^{\circ}$ C、9時30.1 $^{\circ}$ C、12時31.7 $^{\circ}$ C、15時30.7 $^{\circ}$ C、17時28.3 $^{\circ}$ Cであった。

### 1. 紫外線強度の日内変動

ワイキキビーチのパブリックビーチにおいて、7時、9時、12時、15時、17時の紫外線強度を地面から1mの高さで測定した（日照地点）。この測定地点を図1に示した。測定は4方向について行った。即ち、装置のセンサーを太陽に向けて測定（直射方向）、ビーチの方向に向けて測定（垂直方向）、上空に向けて測定（水平方向）、地面に向けて測定（地面方向）。

また、日照地点近くの売店の軒下を日陰地点として選び、日照地点とほぼ同時刻に垂直方向、水平方向、地面方向の3方向について紫外線強度を測定した。

全ての測定は一回測定とした。

2. 紫外線カット率

各種商品による紫外線カット率を調べるため、12時に日照地点で水平方向の紫外線強度を地表1mの高さで測定した。

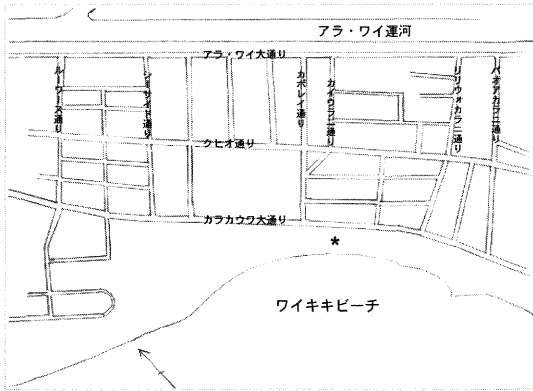


図1 測定地点  
\*・・・測定地点

調査は、紫外線防御指数 (Sun Protection Factor, SPF) と UVA 防御指数 (Protection Grade of UVA, PA) が異なる2種類の日焼け止めクリーム (SPF50, PA+++)(以下、クリーム A)、日焼け止めクリーム (SPF20, PA++) (以下、クリーム B)、赤Tシャツ、緑Tシャツ、白Tシャツ、日傘 (黒, UV カット機能付)、雨傘 (黒, UV カット機能無) について行った。クリーム A と B は各々ラップに塗布した後直ちにセンサーに被せ、その強度を測定した。Tシャツは直接センサーに被せた状態で、日傘、雨傘はそれぞれ通常のさした状態で紫外線強度を測定した。12時の水平方向の紫外線強度をコントロール値とし、各々の商品で得られた値と比較して紫外線カット率を求めた。

結 果

図2に日照地点における紫外線強度の日内変動を示す。直射方向では7時に  $80 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 、9時に  $3950 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 、12時に  $6500 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 、15時に

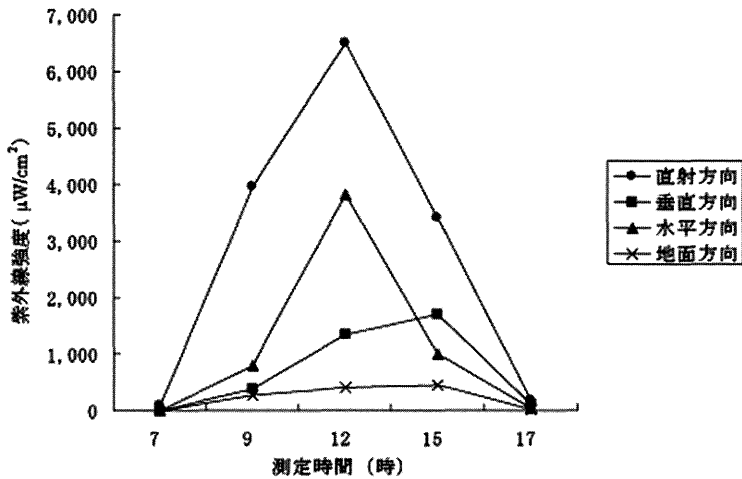


図2 ワイキキビーチの日照地点における紫外線強度の日内変動  
測定日：2008年10月22日、測定位置：地面から1mの高さ。  
直射方向：センサーを太陽光に向けて測定、垂直方向：センサーをビーチに向けて測定、水平方向：センサーを上空に向けて測定、地面方向：センサーを地面に向けて測定。

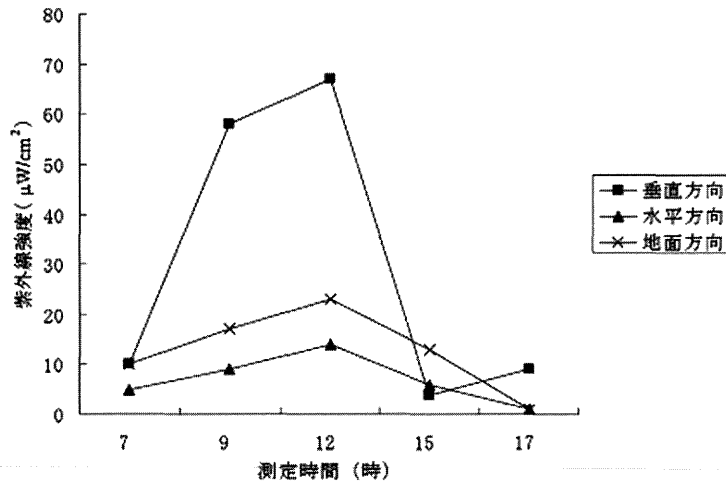


図3 ワイキキビーチの日陰地点における紫外線強度の日内変動  
 測定日：2008年10月22日，測定位置：地面から1mの高さ。  
 垂直方向：センサーをビーチに向けて測定，水平方向：センサーを  
 上空に向けて測定，地面方向：センサーを地面に向けて測定。

3420  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ，17時に171  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ を示した。直射方向では7時から上昇した強度は12時で最高値を示し，その後漸減し17時でほぼ7時の値に戻った。垂直方向では，7時に10  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ，9時に393  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ，12時に1350  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ，15時に1700  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ，17時に104  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ であった。垂直方向では，7時から上昇した強度は15時で最高値を示し，その後低下した。水平方向では7時に5  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ，9時に790  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ，12時に3810  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ，15時に1010  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ，17時に56  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ を示し，直射方向とほぼ同様の変動を示した。地面方向では，7時に10  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ，9時に281  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ，12時に402  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ，15時に460  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ，17時に15  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ を示し，その変動はほぼ横ばい状態であったが，垂直方向と同様に15時の値が最も高かった。各測定方向による最高値を比較すると，直射方向（12時）が最も高く，水平方向（12時），垂直方向（15時），地面方向（15時）の順であった。

さらに，4方向からの紫外線強度を合計し，各々の方向で受ける影響を測定時間ごとに調べ

た。直射方向から受ける紫外線の割合は，7時には全体の76.2%を占めたが，9時73.0%，12時53.9%，15時51.9%，17時49.4%と徐々に低下した。垂直方向からの影響は，全体の9.5%，7.3%，11.2%，25.8%，31.0%であり，時間の経過とともに高くなる傾向を示した。水平方向からの影響は，全体の4.8%，14.6%，31.6%，15.3%，16.2%であり，太陽の位置と紫外線強度との関連が認められた。地面方向からの影響は，全体の9.5%，5.2%，3.3%，7.0%，4.3%であり，いずれの時間でも値は低かったが，常にほぼ一定の割合で影響を受けていた。

図3に日陰地点における紫外線強度の日内変動を示す。垂直方向では7時に10  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ，9時に58  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ，12時に67  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ と最高値を示し，15時に4  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ，17時に9  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ と7時の値に戻った。水平方向では7時に5  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ，9時に9  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ，12時に14  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ と最高値を示し，15時に6  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ と7時の値に戻り，17時には1  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ とさらに低値を示した。地面方向では7時に10  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ，9時に17  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ，12時に23

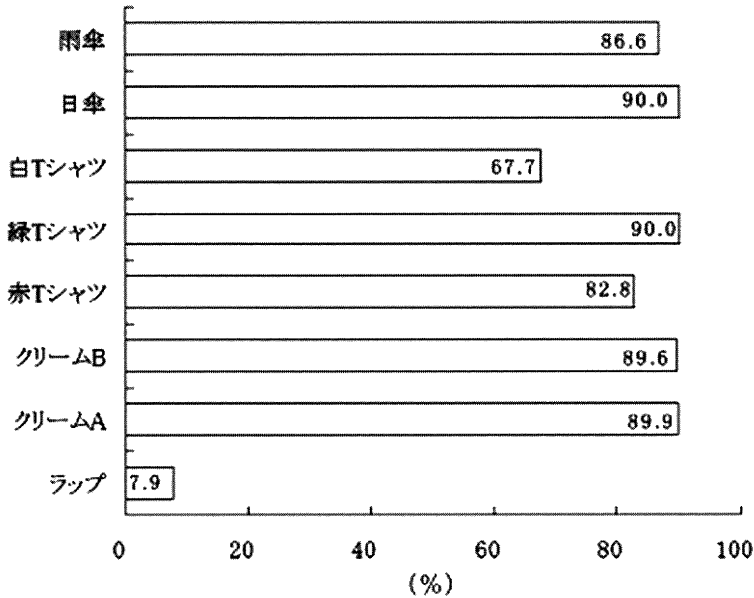


図4 各種素材による水平方向の紫外線カット率

クリームA：日焼け止めクリーム (SPF50, PA+++), クリームB：日焼け止めクリーム (SPF 20, PA++), 日傘 (黒, UV カット機能付), 雨傘 (黒, UV カット機能無).

$\mu\text{W}/\text{cm}^2$ と最高値を示し、15時に $13\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 、17時に $1\mu\text{W}/\text{cm}^2$ であり、その変動は水平方向と近似していた。

日陰地点では、垂直方向の紫外線強度が最も高く、続いて地面方向、水平方向の順となり、日照地点においては直射方向の次に強度の高かった水平方向が、日陰地点では最も低い強度を示した。日陰地点においては、すべての方向で12時に最高値を示した。

図4に各種商品による水平方向の紫外線カット率を示す。水平方向の紫外線強度(コントロール値)は $3810\mu\text{W}/\text{cm}^2$ であった。クリームAとBはラップに塗布した後の紫外線強度を測定した。ラップのみの強度は $3510\mu\text{W}/\text{cm}^2$ を示したことからそのカット率は7.9% [(3810-3510)/3810]であった。クリームAは $85\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 、クリームBは $95\mu\text{W}/\text{cm}^2$ で、各々の紫外線カット率は97.8%、97.5%であったが、ラップのカット率を

減じると89.9%、89.6%となった。Tシャツの紫外線強度は、赤Tシャツ $657\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 、緑Tシャツ $331\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 、白Tシャツ $1232\mu\text{W}/\text{cm}^2$ を示し、各々の紫外線カット率は82.8%、90.0%、67.7%であった。Tシャツの紫外線カット率は緑、赤、白の順であった。一方、UVカット機能付きの黒の日傘の紫外線強度は $382\mu\text{W}/\text{cm}^2$ であり、UVカット機能が付いていない黒の雨傘では $511\mu\text{W}/\text{cm}^2$ であった。日傘のカット率は90.0%であったのに対し雨傘では86.6%とやや低かったものの、両者はほぼ近似した値を示した。

検討した商品の中で最も紫外線カット率が高かったのは、90.0%を示した緑Tシャツと日傘(黒)であった。クリームAとB、雨傘(黒)、赤Tシャツも80%以上のカット率を示したが、白Tシャツは最も低い67.7%のカット率であった。また、ほぼ透明なラップには紫外線の予防効果はほとんど認められなかった。

## 考 察

ワイキキビーチの日照および日陰地点における紫外線強度の7時から17時までの日内変動を調べた結果、日照地点の垂直方向と地面方向からの紫外線以外は12時に最高値を示し、すべての方向で山型のグラフを示すことが明らかとなった。これは太陽高度の変化と良く対応し、横浜や東京での実験データと一致していた<sup>7)</sup>。各種商品の紫外線カット率は、緑Tシャツ、日傘(黒)、日焼け止めクリーム、雨傘(黒)はほぼ90%を示したが、白Tシャツは68%程度であることが示された。

紫外線の人体への影響は、種々の方向からの影響が考えられる。水平方向からの紫外線は、太陽からの直接の影響は受けず、窒素や酸素などの空気分子やエアロゾル粒子に反射して地上に達した散乱光の紫外線強度と等しいと考えられているなど<sup>3)</sup>、途中にさえぎるものが存在しないビーチでは上下左右からの影響が考えられる。今回の調査では4方向からの紫外線の影響を検討した結果、直射方向からの影響が最も大きく、水平方向、垂直方向、地面方向の順に影響を受けることが分かった。ビーチでは直射方向からの影響に加えて、上空や地面、さらには横からの影響も受ける。特に、15時以降はビーチ方向からの影響が直射方向に次いで大きかったことから横方向からの紫外線対策が必要と考えられた。

一方、日陰地点における3方向からの影響は、垂直方向の9時、12時の影響が特に大きいことが明らかとなった。日陰地点として選んだ場所が、西側に壁のある売店の軒下の日陰部分であったため、午前はその日光からの間接影響が認められたが、午後はその影響が遮断され、15時以降の垂直方向の紫外線強度は他の2方向からの影響とほぼ同様になったと考えられた。12時の日陰の遮蔽効果を平均すると、96.3%となり各種商品による紫外線カット率よりも高かった。

紫外線強度はUV indexとして報告されている場合が多い。事実、オアフ島における紫外線情報は、最も高い値を示した時のUV indexとして発

表されている<sup>5)</sup>。10月下旬のそれは7~8である。今回、我々が得た最高値は、12時における直射方向で $6500\mu\text{W}/\text{cm}^2$ であった。メーカーの説明書によると、用いた紫外線強度計で得られた値とUV indexとの関係は、 $1500\sim 3000\mu\text{W}/\text{cm}^2$ が1~2、 $4000\sim 6000\mu\text{W}/\text{cm}^2$ が3~5、 $7000\sim 8500\mu\text{W}/\text{cm}^2$ が6~7となっていることから、最高値はUV indexとして5~6に相当した。この差が生じた要因として、測定機器の違いや、我々が測定した時間が最高値を示す時間とずれていたことが考えられた。さらに詳細な日内変動を調べることによって、より正確な値が得られると考えられた。

紫外線カットに日焼け止めクリームが有効なことは良く知られている。我々はSPFとPAが異なる2種類の日焼け止めクリームを用いて、紫外線カットの度合いを比較した。その結果、クリームAとBはほぼ同程度の紫外線カット率を示した。SPFは、主としてUVBからの日焼け防止効果の倍率を示す数値である。SPFの数値は、何も塗らない皮膚が20分程度で日焼けする(サンバーン)時間を基準にしている。日焼け止めを塗ってこの時間が延長されるほど、SPFの数値が大きくなる(SPF30では、 $20\text{分}\times 30\text{倍}=600\text{分}=10\text{時間}$ となり、10時間まで日焼けが抑制される)。一方、PAはUVAの防止効果を表す指標として用いられている。今回使用したクリームAはSPF50でPA+++であるのに対してクリームBはSPF20でPA++である。今回の実験では、塗布直後の紫外線カット率を調べたことから両者間には差はほとんど認められなかった。両者間の防止効果の違いは、塗布後の経時的変化を調べることによって明らかになると考えられた。

Tシャツの色の紫外線カット率を比較した結果、濃い色ほど紫外線をカットする率が高いことが明らかとなった。一般的に、夏は赤外線防止のため白系統の衣服を着用する傾向にあるが、紫外線防止のためには濃い色の方が有効であることが示された。

日傘と雨傘の比較においては、UVカット機能が付いている日傘の方が若干紫外線カット率は高

かったが、その差は3.4%であった。これは、両者が黒色で紫外線をカットする率が高かったことで、顕著な差を生じなかったと考えられる。

今回の成績から、ワイキキビーチでの紫外線の人体への影響は日照、日陰地点ともに12時に最も強く受けることが明らかとなった。特に、日照地点においては、9時から15時の間はUV indexが3以上を示したことから、有効な紫外線対策が必要であると考えられた。日照地点のこれ以外の時間帯や、日陰地点においては、UV indexが2以下であったことから、紫外線による人体への影響は小さいと考えられた。しかし、弱い紫外線でも長時間の暴露により、強い紫外線と同じ影響があるので、注意が必要である。検討した商品の中で紫外線予防対策として有効であると考えられたものは、日焼け止めクリーム、濃い色のTシャツ、日傘、雨傘であった。今後、紫外線の影響を防止する観点から、日焼け止めクリームの紫外線カット率の経時変化についても焦点を当てる必要があると考える。

#### 謝 辞

稿を終えるにあたりご指導ご校閲を賜りました新潟大学大学院医歯学総合研究科地域予防医学講座社会・環境医学分野、山本正治教授に深謝いたします。

#### 参 考 文 献

- 1) de Gruijl FR: Skin cancer and solar UV radiation. *Eur J Cancer* 35: 2003 - 2009, 1999.
- 2) Garssen J, Norval M, el-Ghorr A, Gibbs NK, Jones CD, Cerimele D, De Simone C, Caffieri S, Dall'Acqua F, De Gruijl FR, Sontag Y and Van Loveren H: Estimation of the effect of increasing UVB exposure on the human immune system and related resistance to infectious diseases and tumours. *J Photochem Photobiol B* 42:167 - 179, 1998.
- 3) 佐々木政子：絵とデータで読む太陽紫外線 — 太陽と賢く仲良くつきあう法 —。初版，独立行政法人国立環境研究所，茨城，pp41-43，2006。
- 4) 顔に当たる紫外線量と肌の関係。ポーラ化粧品本舗。(http://www.pola.co.jp/company/home/back/2003/15r24.html)
- 5) Berger D S and Urbach F: A climatology of sunburning ultraviolet radiation. *Photochem Photobiol* 35: 187 - 192, 1982.
- 6) Honolulu UV index. Weather Online. (http://www.woeurope.eu/Hawaii/Honolulu Oahu/UVindex.htm)
- 7) 福田 實，長沼雅子，中嶋啓介：本邦における太陽光線の紫外線量。皮膚科紀要 82: 551 - 558, 1987.

(平成20年12月2日受付)