

被験者による日傘使用時の温熱的快適性評価

杉浦 正純¹⁾, 小田 加奈子¹⁾, 渡邊 慎一¹⁾, 石井 仁²⁾

¹⁾大同大学, ²⁾岐阜大学

Evaluation of Outdoor Thermal Environment with Parasols by the Subjects

Masazumi SUGIURA¹⁾, Kanako ODA¹⁾, Shinichi WATANABE¹⁾, Jin ISHII²⁾

¹⁾Daido University, ²⁾Gifu University

Abstract: This study evaluated outdoor thermal environment with parasols in summer. Subjective experiments were conducted over three days between August 7 and 25, 2014, at Daido University. Eighteen college-aged female subjects participated in the experiments. They sat on mesh chairs to evaluate the thermal environment with three different parasols: a black normal, a white normal, and a brown laminated polyurethane film parasols, in outdoors. They were asked to fill out the questionnaire of thermal sensation vote, comfort vote, and acceptability. The following findings were obtained. The subjects assessed the thermal environment without a parasol between "warm" and "hot". Conversely, they felt the thermal environment with parasols between "neither hot nor cold" and "slightly warm". Therefore, parasols provided cooler thermal environment for occupants in outdoors during summer. Thermal sensation reported by the subjects depended on the color and fabric process of parasols.

Key words: parasol, summer, subject, thermal sensation

要旨: 本研究は、被験者を用いて日傘使用時の温熱環境を評価することを目的とする。実験は2014年8月7日・18日・25日に大同大学にて実施した。被験者は成年女性18名を採用した。被験者は屋外でメッシュ素材の椅子に座り、3種（通常加工（黒）・通常加工（白）・ラミネート加工（茶））の日傘を評価した。アンケートにより温冷感・快適感・受容度を回答させた。実験の結果、以下の知見を得た。日向において日傘なしの被験者は「暖かい」から「暑い」の間の評価であったが、日傘を使用すると「暑くも寒くもない」から「やや暖かい」の評価となった。したがって、夏季に日傘を使用することによって日傘なしよりも暑さの感覚が緩和される。被験者による温冷感申告は、日傘の色および生地加工によって異なる。また、夏季に日傘を使用すると日傘なしよりも快適に感じる。

キーワード: 日傘, 夏季, 被験者, 温冷感

1. はじめに

日傘は、屋外において簡便に日射を遮ることができるアイテムであり、環境省(2014)の「熱中症環境保健マニュアル」でも熱中症予防の1つとして日傘の使用が推奨されている。

渡邊ら(2012)は黒色日傘を用いた実験を行い、黒色日傘は下向き短波長放射量を67.1%遮蔽し、白色日傘は45.2%遮蔽することを明らかにした。久野ら(2013)は色および生地加工の異なる日傘を用いた実験を行い、通常加工の黒色日傘は下向き短波長放射を43.8%遮蔽し、ラミネート加工の白色日傘は99.5%遮蔽することを明らかにした。しかし、これらの研究は物理量のみを検討したものであり、日傘使用者の心理的評価は行っていない。そこで、本研究は被験者を用い

た実験により、色および生地加工の異なる日傘が被験者の温熱感覚に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。

2. 実験計画

2.1 実験概要

被験者実験は2014年8月7日・18日・25日の午前および午後実施した。表1に実験時の気象データを示す。実験は大同大学 白水校舎 8号館 (RC造5階建)の屋上にて実施した(図1)。

2.2 被験者

被験者には18~22歳の健康な女性18名を採用し、各日それぞれ6名が実験に参加した。被験者の年齢は平均20.3歳であり、身長は平均159.8cm、体重の平

均は 51.2kg であった。被験者の着衣を表 2 に示す。ズボン・カットソー・キャミソール・靴下は験者が用意したものを着装させ、下着のみ被験者のものを用いた。クロ値は、ISO9920 に基づき 0.48clo と推定した。

2.3 実験手順

被験者は研究室に到着後、所定の着衣に着替え、身長および体重を測定した。その後、前室にて事前アンケート（体調・暑がり寒がり・前日の睡眠状況・朝食の有無・日常的な日傘の使用）に記入後、椅座安静で 30 分間滞在した。前室滞在の最後に温熱環境に関するアンケートに記入させた。前室の平均気温は 25.5℃・平均相対湿度は 53% であった。その後、建物屋上の実験場所へ移動し、メッシュ素材の椅子に太陽の方向を向いて着席し、着席後、日傘を差さない状態（日向）で 3 分間滞在し、次に日傘を差した状態で 8 分間滞在した。これを 3 回繰り返し 3 種類の日傘を評価した。アンケートは日向条件で 1 回、3 種類の日傘条件で 3 回ずつ実施した（図 2）。

2.4 実験条件

実験には市販されている色および生地加工の異なる 3 種類の日傘を用いた。表 3 に実験に用いた日傘の特性を示す。日傘①（黒色）および日傘②（白色）は同一の素材であり、色のみが異なる。日傘③（茶色）は、ポリウレタンフィルムがラミネート加工された日傘であり、久野ら (2013) の研究で最も日射遮蔽効果が高かった加工である。被験者用にそれぞれの日傘を 2 本ずつ用意し、2 人ずつ 3 種類の日傘を同時に評価した。

また、実験場所の建物屋上は反射塗料が塗布されていたため、屋根スラブ面からの極端な反射を防ぐため灰色のカーペットを敷いた。

2.5 測定項目

表 4 に測定項目および測定機器を示す。被験者の後方に測定装置を設置し、日向（日傘なし）および 3 種類の日傘下において、上向き・下向き長短波長放射量を測定した。測定高さは、椅座位の女性の頭部を想定し、屋根スラブ面から 120cm の高さとした。また、日向において、気温・相対湿度・風速を測定した。

各測定日に 6 名の被験者のうち 2 名に対して、サーミスタ温度計を用いて皮膚温を測定した。測定位置は 7 部位（前額・腹・腕・手背・大腿・下腿・足背）とした。

被験者の心理反応は全身・頭部・頭部以外の温冷感（-4:非常に寒い, -3:寒い, -2:涼しい, -1:やや涼しい, 0:暑くも寒くもない, +1:やや暖かい, +2:暖かい, +3:暑い, +4 非常に暑い）、快適感（-3:非常に不快, -2:不快, -1:やや不快, 0:快適でも不快でもない, +1:やや快適, +2:快適, +3 非常に快適）、受容度（1:受け入れられる, 0:受け入れられない）を回答させた。

表 1 測定日時及び気象データ

日	時間	気温 (°C)	相対湿度 (%)	風速 (m/s)	全天日射量 (W/m ²)	天気
8月7日	11:35~12:05	32.3	53.4	1.8	715.5	曇
	13:30~14:05	32.7	51.3	2.6	690.4	晴れ
8月18日	11:00~11:35	33.4	49.1	0.9	782.5	晴れ
	13:30~14:05	31.3	64.5	2.1	530.0	晴れ
8月25日	11:00~11:35	30.2	58.7	1.2	750.3	晴れ
	13:30~14:05	31.1	54.8	1.4	270.6	曇



図 1 実験風景

表 2 被験者の服装及び着衣量

種類	色	素材	クロ値 (clo)
ズボン	灰	ポリエステル34% 綿66%	0.28
カットソー	白	綿 100%	0.08
キャミソール	灰	綿 100%	0.06
ソックス	白	ポリエステル・綿	0.02
下着	-	-	0.04
全体			0.48

	3min	8min	3min	8min	3min	8min
前室	日向	評価①	日向	評価②	日向	評価③

△:心理申告を示す

図 2 実験スケジュール

表 3 実際に用いた日傘の特性

No.	視認色	生地	親骨の長さ (cm)
日傘①	黒色	ポリエステル65%,綿35%	47
日傘②	白色		
日傘③	茶色	ポリエステル100% ポリウレタンフィルムラミネート加工	

表 4 測定項目及び測定機器

測定項目	測定機器	測定高さ (cm)	測定間隔 (s)
上向き下向き長短波放射量	Thermal Sensors (NR-10,Hukseflux)	120	30
気温	ウェザートランスミッター (WXT520,Vaisala)		
相対湿度			
風速			
皮膚温	サーミスタ温度計 (NIKKISO-THERM CO.,LTD.)	-	

3. 結果

3.1 気温・相対湿度・風速

図 3 に一例として 8 月 18 日の午後の実験（以下 PM 実験と記す）の気温および相対湿度の経時変化を示す。気温は平均 31.3℃、相対湿度は平均 64.7% であった。風速は平均 2.12m/s であった。

3.2 長短波長放射量

図 4 に 8 月 18 日の PM 実験における下向き短波長放射量を示す。下向き短波長放射量は、日向が平均 530.0W/m²、日傘①（黒色）が平均 148.3W/m²、日傘②（白色）が平均 267.3W/m²、日傘③（茶色）が平均 8.6W/m² であった。各日傘の下向き短波長放射の遮蔽率は、日傘③（茶色）が最も高く、98.4% であった。次いで、

日傘①（黒色）が72.0%、日傘②（白色）が49.6%であった。

図5に8月18日のPM実験における下向き長波長放射量を示す。下向き長波長放射量は、日向が平均420.3W/m²、日傘①（黒色）が平均531.4W/m²、日傘②（白色）が平均499.6W/m²、日傘③（茶色）が平均571.1W/m²であった。全ての日傘において、日向よりも下向き長波長放射量が多い結果となった。

3.3 温冷感

図6に8月18日のPM実験の全身・頭部・頭部以外の各日傘の温冷感の結果を示す。全身温冷感の平均は日向において2.11、日傘①（黒色）が0.67、日傘②（白色）が0.72、日傘③（茶色）が0.44であった。頭部の温冷感の平均は、日向が1.78、日傘①（黒色）0.22、日傘②（白色）が0.17、日傘③（茶色）が-0.28であった。頭部以外の温冷感の平均は、日向が2.28、日傘①（黒色）が1.17、日傘②（白色）が1.17、日傘③（茶色）は1.00であった。

4. 考察

4.1 温冷感

図7に全てのデータを用いて全身温冷感の比較を示す。日向の全身温冷感の平均は2.65であり、「+2:暖かい」と「+3:暑い」の間の評価であった。一方、3種の日傘の全身温冷感は「0:暑くも寒くもない」から「+1:やや暖かい」の間に分布していた。一元配置分散分析を行ったところ、危険率1%で有意差が認められた。さらに、多重比較を行ったところ、日向と全ての日傘との間で1%の危険率で有意差が認められた。このことから日向において日傘を使用することによって暑さの感覚が緩和されることが示された。また、日傘②（白色）と日傘③（茶色）の間で5%の危険率で有意差が認められた。

図8に全てのデータを用いて頭部の温冷感の比較を示す。日向の頭部の温冷感の平均は2.33であり、「+2:暖かい」を越える評価であった。一方、3種の日傘の頭部の温冷感に全身温冷感と同様に「0:暑くも寒くもない」から「+1:やや暖かい」の間に分布していた。一元配置分散分析を行ったところ、危険率1%で有意差が認められた。さらに、多重比較を行ったところ、日向と全ての日傘の間で1%の危険率で有意差が認められた。また、日傘①（黒色）と日傘③（茶色）の間で1%の危険率で有意差が認められた。

図9に全てのデータを用いて頭部以外の温冷感の比較を示す。日向における頭部以外の温冷感の平均は2.57であった。一方、3種の日傘の頭部以外の温冷感に「+1:やや暖かい」の付近に分布していた。一元配置分散分析を行ったところ、危険率1%で有意差が認めら

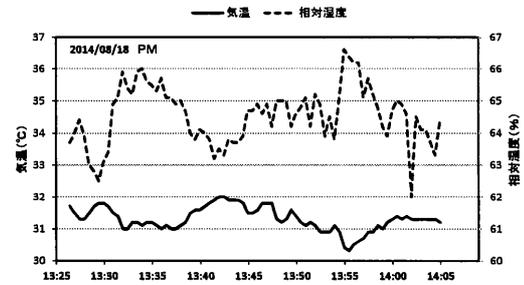


図3 気温および相対湿度の経時変化 (2014/8/18 PM)

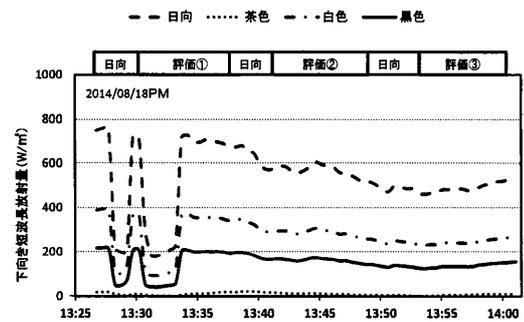


図4 下向き短波長放射量の経時変化 (2014/8/18 PM)

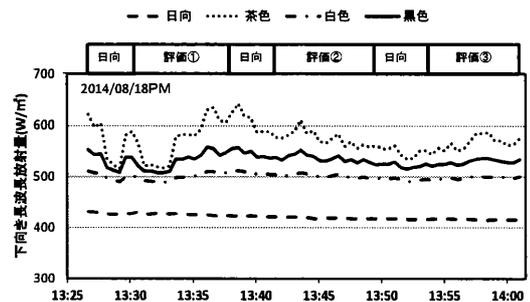


図5 下向き長波長放射量の経時変化 (2014/8/18 PM)

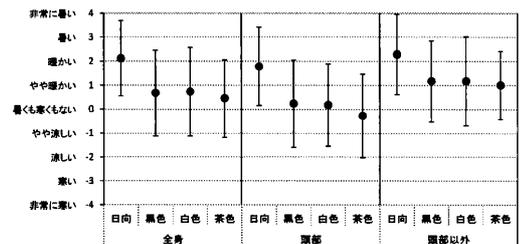


図6 温冷感の結果 (2014/8/18 PM)

れた。さらに、多重比較を行ったところ、日向と全ての日傘との間で1%の危険率で有意差が認められた。

全身・頭部・頭部以外の温冷感に、日向と全ての日傘の間において有意差が認められた。また、日傘②（白色）と日傘③（茶）に着目すると、頭部の温冷感では危険率1%で有意差が認められ、全身の温冷感では危険率5%で有意差が認められた。しかし、頭部以外の温冷感では有意差は認められなかった。日傘で日射が遮られる頭部の評価でより差が明確になったものと考えられる。

4.2 快適感

図 10 に全てのデータを用いて快適感の比較を示す。日向の快適感の平均は-1.33 であり、「-1:やや不快」と「-2:不快」の間の評価であった。一方、日傘①(黒色)および日傘③(茶色)が「0:快適でも不快でもない」付近であり、日傘②(白色)はそれよりもやや不快側の評価であった。一元配置分散分析を行ったところ、危険率1%で有意差が認められた。さらに、多重比較を行ったところ、日向と全ての日傘との間で1%の危険率で有意差が認められた。また、日傘①(黒色)と日傘②(白色)の間および日傘②(白色)と日傘③(茶色)の間で5%の危険率で有意差が認められた。このことから夏季に日傘を使用することによって日向よりも快適感が増すことが示された。

4.3 受容度

図 11 に全てのデータを用いて受容度の比較を示す。コクランの Q 検定を行ったところ1%の危険率で有意差が認められた。

5. まとめ

本研究は、被験者によって日傘の暑熱環境緩和効果を明らかにすることを目的として実験を行い、以下の知見を得た。

1. 全身の温冷感は日向と全ての日傘との間で1%の危険率で有意差が認められた。このことから夏季において日傘を使用することによって暑さの感覚が緩和されることが示された。また、日傘②(白色)と日傘③(茶色)の間で5%の危険率で有意差が認められた。したがって、被験者による温冷感申告は、日傘の色および生地加工によって異なることが示された。
2. 快適感は日向と全ての日傘との間で1%の危険率で有意差が認められた。このことから夏季に日傘を使用することによって快適感が増すことが示された。

謝辞 本研究の一部は、科学研究費(基盤(C))、課題番号: 25350085、代表: 渡邊慎一)の助成を受けた。

6. 引用文献

渡邊慎一, 吉田晴香, 石井仁, 中島真以. 2012. 日傘による温熱緩和および紫外線遮蔽効果の実測. 第36回 人間-生活環境系シンポジウム報告集, 105/108.
 久野貴義, 堀雄祐, 渡邊慎一, 石井仁, 小橋愛美. 2013. 各種日傘したにおける短波長および長波長の実測. 第37回 人間-生活環境系シンポジウム報告集, 53/56.
 環境省. 2014. 熱中症環境保健マニュアル 2014.

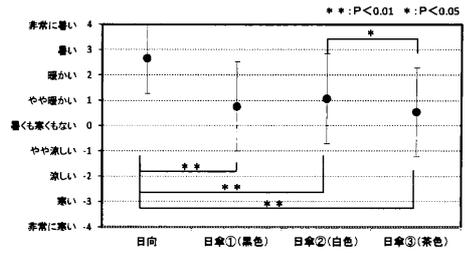


図 7 全身温冷感の比較(全データ)

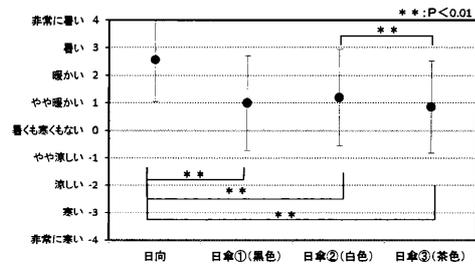


図 8 頭部温冷感の比較(全データ)

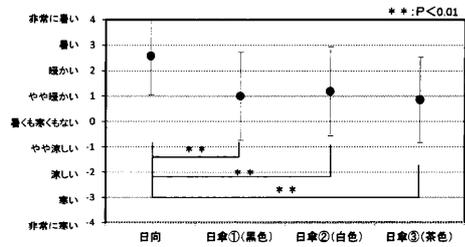


図 9 頭部以外温冷感の比較(全データ)

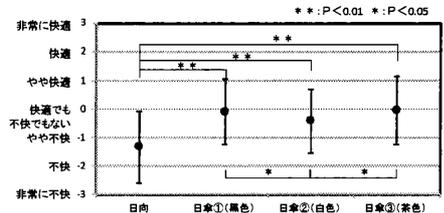


図 10 快適感の比較(全データ)

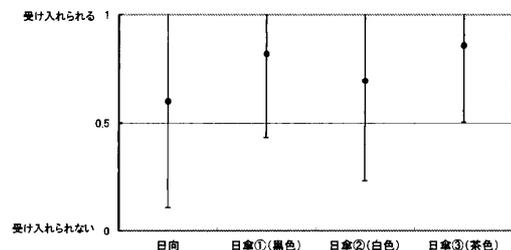


図 11 受容度の比較(全データ)

<連絡先>

杉浦正純
 名古屋市南区白水町 40
 大同大学 工学部 建築学科
 doragonzu19@gmail.com