

日傘による WBGT 低減効果の実証的研究

川嶋 摩奈¹⁾, 犬塚 加奈²⁾, 渡邊 慎一¹⁾, 石井 仁²⁾
¹⁾大同大学, ²⁾岐阜大学

WBGT Reduction with a Parasol in Summer

Mana KAWASHIMA¹⁾, Kana INUZUKA²⁾, Shinichi WATANABE¹⁾, Jin ISHII²⁾
¹⁾Daido University, ²⁾Gifu University

Abstract: This study aims to clarify the WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) reduction with a parasol in summer. Three parasols with different materials and colors were used in a series of measurements. To calculate the values of WBGT, natural wet-bulb temperature, globe temperature, and dry-bulb temperature were observed based on the procedure described in ISO 7242. The measured height from the ground was set at 0.1m, 1.1m, and 1.7m under the parasols. The WBGT reduction effect underneath a parasol was larger than that near the ground. In clear day, the WBGT underneath the Parasol-A (black) and C (brown) were 2.0 °C cooler than unshaded area. In the meantime, the WBGT differences between the parasols and unshaded area were small. The Parasols-C (brown) provided 1.0°C cooler environment for whole body of the users compared to unshaded area.

Key words: parasol, WBGT, heat illness

要旨: 本研究は、夏期において日傘による WBGT 低減効果を明らかにすることを目的とする。実験には素材および色彩の異なる 3 種の日傘を用いた。日向および日傘下において、WBGT を算出するために自然湿球温度・黒球温度・乾球温度を測定した。測定高さは地表面から 0.1m (足首部)・1.1m (腹部)・1.7m (頭部) とした。地面付近よりも日傘直下の方が、日傘による WBGT 低減効果が大きいことが示された。晴天において、日傘 C (茶色) および日傘 A (黒色) の直下では、WBGT が最大で 2.0°C 低下した。曇天において、日傘による WBGT 低減効果は -0.1°C ~ -0.3°C であり、その効果は小さい。日射量と全身 WBGT との関係から、晴天において日傘を使うことによって全身 WBGT が -0.5°C ~ -1.0°C 低下することが明らかになった。

キーワード: 日傘, WBGT, 熱中症

1. はじめに

環境省 (2014) の「熱中症 環境保健マニュアル」によると、1994 年以降、夏期の気温上昇により熱中症による死亡者数が増加し、2010 年には 1745 人を記録した。このような状況に対して、同マニュアルでは様々な対策が示されており、その中の衣服の工夫の一つとして日傘の利用が推奨されている。城島ら (2007) は日傘下の物理量を実測し、日傘下のグローブ温度が 10°C 以上低下することを明らかにした。久野ら (2013) は、素材および色の異なる 7 種の日傘の日射遮蔽率を明らかにした。また、渡邊ら (2014) は日傘使用時の体感温度を総合有効温度 ETU (universal effective temperature) により定量化した。しかし、一般に熱中症の危険度評価には WBGT (wet bulb globe temperature) が用いられるが、これまで日傘使用時の WBGT を明らかにした研究は見当たらない。そこで本研究は、日傘使用時の熱環

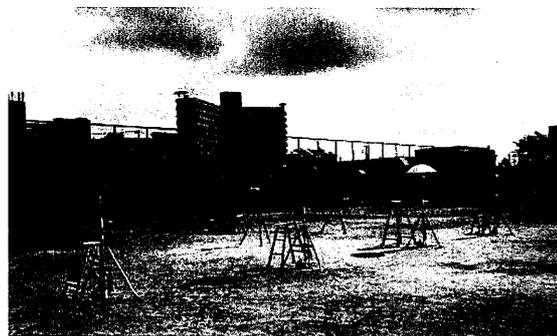


図 1 測定機器の設置状況

表 1 日傘の特性

| 番号 | 視認色 | 素材・加工 | 親骨の長さ |
|-----|-----|----------------------|-------|
| 日傘A | 黒色 | ポリエステル 65%, 綿 35% | 47cm |
| 日傘B | 白色 | | |
| 日傘C | 茶色 | ポリエステル 100%, ラミネート加工 | |

境を実測し、測定データから WBGT を算出し、日傘による熱中症危険度の低減効果を明らかにすることを目的とする。

2. 方法

2.1 実験概要

実験は 2015 年 8 月 5 日・6 日・7 日の 9:00 から 15:00 に、大同大学の第 2 グラウンドにて実施した。天空に開放されたグラウンドにおいて 4m 間隔で測定用ポールを 4 台設置した。そのうちの 3 台に日傘を取り付け、残りの 1 台は比較のため日傘は取り付けていない (図 1)。本研究で用いた日傘は、色および生地・加工の異なる 3 種の日傘とした (表 1)。日傘 A (黒色) および日傘 B (白色) は同一の素材であり、色のみが異なる。また、日傘 C (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る。いずれの日傘とも親骨の長さは 47 cm である。

2.2 測定項目

表 2 に測定項目および測定機器を示す。測定用ポールの地面から 0.1m、1.1m、1.7m の高さにオーガスト式乾湿計およびグローブ温度計を取り付け、30 分間隔で測定した。測定高さは JIS Z 8504(1999) に準拠した。また、乾球温度計の感温部は直達日射が照射しないようアルミフイルムで遮蔽した。

日向において、長短波放射計を用いて上向き下向き長短波放射量を 10 秒間隔で測定した。また、気象観測装置を用いて、気温・相対湿度・風速を 10 秒間隔で測定した。

3. 結果および考察

3.1 気象観測結果

図 2 に一例として 8 月 7 日の気温および相対湿度の経時変化を示す。測定期間中の気温は平均 35.5℃ であり、最高気温は 13:40 における 37.4℃ であった。相対湿度の平均値は 54.1% であり、風速の平均値は 0.5m/s であった。

図 3 に 8 月 7 日の上向き下向き長短波放射量の経時変化を示す。下向き短波放射量は平均 796.4W/m² であり、最大値は 12:01 の 1049.8W/m² であった。上向き短波放射量は平均 189.0W/m² であり、測定位置における日射反射率は 0.24 であった。下向き長波放射量は平均 444.3W/m² であり、上向き長波放射量は平均 611.8W/m² であった。

表 3 に各測定日の気象観測結果を示す。名古屋地方気象台の天気概況によると、8 月 5 日は晴、6 日は曇後一時晴、7 日は晴後時々曇であった。

3.2 日傘下の熱環境測定結果

図 4 に 8 月 6 日 (曇天) における日傘 C (茶色) の

表 2 測定項目および測定機器

| 測定項目 | 測定機器 | 測定高さ |
|--------------|------------------------------------|-------------------|
| 乾球温度 | オーガスト式乾湿計 | GL+0.1m,1.1m,1.7m |
| 湿球温度 | | |
| 黒球温度 | グローブ温度計 | |
| 上向き下向き長短波放射量 | Thermal Sensors (NR-10, Hukseflux) | GL+1.1m |
| 気温 | 気象観測装置 (Vantage Vue, Davis) | GL+1.5m |
| 相対湿度 | | |
| 風速 | | |

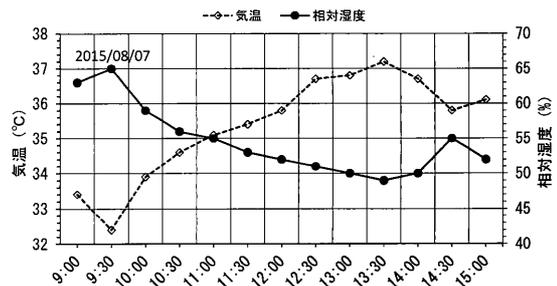


図 2 気温および相対湿度の経時変化 (2015/8/7)

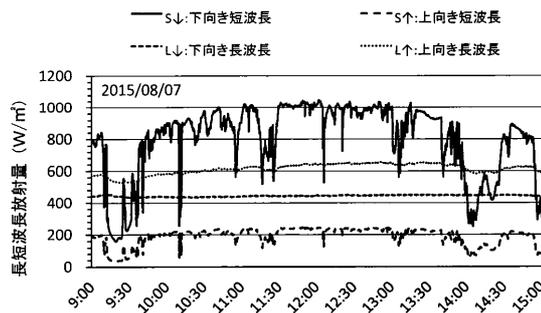


図 3 長短波放射量の経時変化

表 3 各測定日の気象データ

| Date | 気温 ℃ | 相対湿度 % | 風速 m/s | S ↓ W/m ² | S ↑ W/m ² | L ↓ W/m ² | L ↑ W/m ² | |
|----------|---------|-----------|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------|
| 2015.8.5 | 平均 | 33.5 | 57.4 | 1.7 | 725.0 | 173.5 | 438.5 | 590.3 |
| | SD | 0.5 | 3.1 | 0.7 | 293.7 | 71.6 | 9.1 | 20.3 |
| 2015.8.6 | 平均 | 31.4 | 68.2 | 0.7 | 277.1 | 65.1 | 449.8 | 528.5 |
| | SD | 0.9 | 6.2 | 0.4 | 220.4 | 53.0 | 7.4 | 23.8 |
| 2015.8.7 | 平均 | 35.5 | 54.1 | 1.2 | 796.4 | 189.0 | 444.3 | 611.8 |
| | SD | 1.4 | 4.8 | 0.5 | 231.4 | 55.3 | 4.4 | 32.3 |

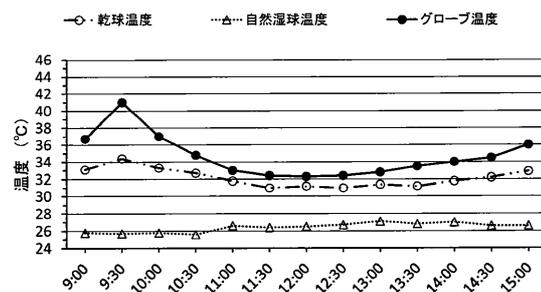


図 4 日傘下の熱環境 (2015/8/6, GL+1.7m, 曇天)

GL+1.7m の測定結果を示す。乾球温度は平均 32.2℃、自然湿球温度は平均 26.4℃、グローブ温度は平均 34.6℃であった。

図 5 に 8 月 7 日 (晴天) における日傘 C (茶色) の GL+1.7m の観測結果を示す。乾球温度は平均 36.5℃、自然湿球温度は平均 27.3℃、グローブ温度は 41.2℃であった。

これら比較すると、曇天日より晴天日の方が、乾球温度は 4.3℃、自然湿球温度は 0.9℃、グローブ温度は 6.6℃高かった。

3.3 各高さにおける WBGT の比較

図 6 に 8 月 7 日 (晴天) における WBGT (GL+1.7m) の経時変化を示す。日傘なしの WBGT の平均は 32.6℃であり、日傘 A (黒色) は 31.2℃、日傘 B (白色) は 31.7℃、日傘 C (茶色) は 31.0℃であった。いずれの日傘も日傘なしに比べて WBGT が低くなった。日傘なしと最も差が大きかったのは、日傘 C (茶色) と日傘 A (黒色) であり、それぞれ 11:00 と 14:00 において -2.0℃であった。

図 7 に 8 月 7 日 (晴天) における WBGT (GL+1.1m) の経時変化を示す。日傘なしの WBGT の平均は 32.7℃であり、日傘 A (黒色) は 32.1℃、日傘 B (白色) は 32.3℃、日傘 C (茶色) は 31.9℃であった。いずれの日傘も日傘なしに比べて WBGT が低くなった。日傘なしと最も差が大きかったのは、日傘 C (茶色) と日傘 A (黒色) であり、それぞれ 12:00 と 12:30 において -1.8℃であった。

図 8 に 8 月 7 日 (晴天) における WBGT (GL+0.1m) の経時変化を示す。日傘なしの WBGT の平均は 33.6℃であり、日傘 A (黒色) は 33.7℃、日傘 B (白色) は 32.9℃、日傘 C (茶色) は 33.1℃であった。日傘なしと最も差が大きかったのは、13:00 における日傘 C (茶色) で -1.4℃であった。

これらの結果から、地面付近よりも日傘直下の方が日傘による WBGT 低減効果が大きいことが示された。これは日傘直下の方が、直達日射および拡散日射を多く遮ることができるためであると考えられる。

3.4 全身 WBGT の比較

図 9 に 8 月 6 日 (曇天) における全身 WBGT の経時変化を示す。全身 WBGT は JIS Z 8504(1999)に基づき、GL+1.1m における WBGT に 2 倍の重みを掛けて算出した。日傘なしの WBGT は平均 29.5℃であり、日傘 A (黒色) は 29.3℃、日傘 B (白色) は 29.4℃、日傘 C (茶色) は 29.2℃であった。各日傘と日傘なしとの差は -0.1℃ ~ -0.3℃であり、差はほとんど認められなかった。この結果より、曇天においては、日傘による WBGT 低減効果は小さいことが示された。

図 10 に 8 月 7 日 (晴天) における全身 WBGT の経時

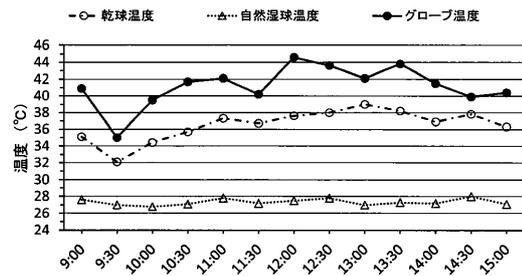


図 5 日傘下の熱環境 (2015/8/7, GL+1.7m, 晴天)

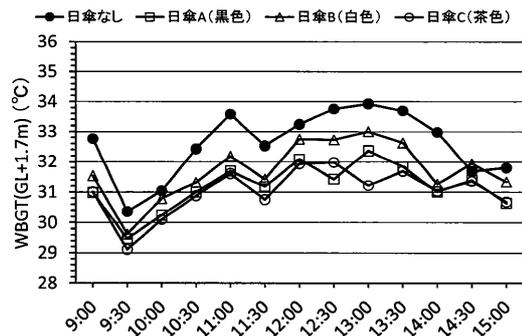


図 6 WBGT (GL+1.7m) の経時変化

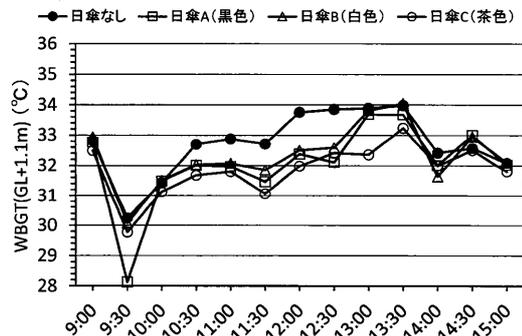


図 7 WBGT (GL+1.1m) の経時変化

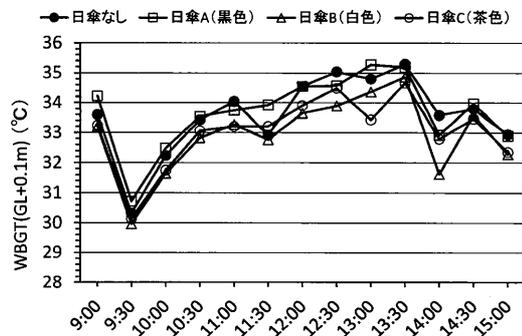


図 8 WBGT (GL+0.1m) の経時変化

変化を示す。日傘なしの WBGT は平均 32.9℃、日傘 A (黒色) は 32.2℃、日傘 B (白色) は 32.3℃、日傘 C (茶色) は 32.0℃であった。各日傘の日傘なしとの差は -0.6℃ ~ -0.9℃であった。また、日傘なしと最も差が

大きかったのは、13:00において日傘C(茶色)の-1.8°Cであった。この結果より、曇天よりも晴天の方が、日傘によるWBGT低減効果が大きいことが示された。

3.5 日射量と全身WBGTとの関係

図11に日射量と全身WBGTとの関係を示す。この分析には、測定した3日間の全データを用いた。日傘なしおよび全ての日傘ともに、日射量が増加するに従って全身WBGTが上昇する傾向が示された。得られた回帰式を用いて、日射量が1000W/m²の時の全身WBGTを算出すると、日傘なしが32.9°C、日傘A(黒色)が32.3°C、日傘B(白色)が32.4°C、日傘C(茶色)が31.9°Cであった。日傘なしとの差はそれぞれ-0.6°C、-0.5°C、-1.0°Cであった。これらの結果より、晴天において、日傘を用いることにより全身WBGTを最大1.0°C低減する効果があることが明らかになった。

4. まとめ

本研究は、夏期における日傘のWBGT低減効果を明らかにすることを目的として、物理量の実測を行い、以下の知見を得た。

1. 地面付近よりも日傘直下の方が、日傘によるWBGT低減効果が大きいことが示された。晴天において、日傘C(茶色)および日傘A(黒色)の直下では、WBGTが最大で2.0°C低下した。
2. 曇天においては、日傘による全身WBGT低減効果は-0.1°C~-0.3°Cであり、その効果は小さかった。
3. 晴天において、日傘を使うことにより全身WBGTを最大1.0°C低減する効果があることが明らかになった。

以上のことから、屋外暑熱環境において日傘を用いると、日傘直下の頭部ではWBGTを2.0°C低下させ、全身ではWBGTを1.0°C低下させることができることを示した。本研究では、日傘を水平に保持して実測を行ったが、実生活では太陽位置に応じて日傘を傾けて使用することが想定され、よりWBGT低減の効果が大きくなる可能性もある。

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。

5. 引用文献

JIS Z 8504. 1999. 人間工学-WBGT(湿球黒球温度)指数に基づく作業者の熱ストレスの評価-暑熱環境.
 城島栄一郎, 末木妙子, 馬場奈保子. 2007. 日傘の紫外線および日射防御性. 実践女子大学生生活科学部紀要. 44:126/131.
 久野貴義, 堀 雄祐, 小橋愛実, 渡邊慎一, 石井 仁. 2013.

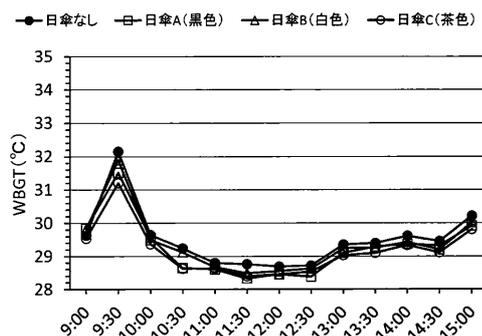


図9 全身WBGTの経時変化(2015/8/6, 曇天)

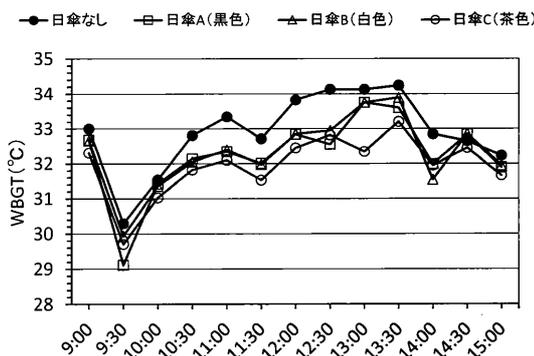


図10 全身WBGTの経時変化(2015/8/7, 晴天)

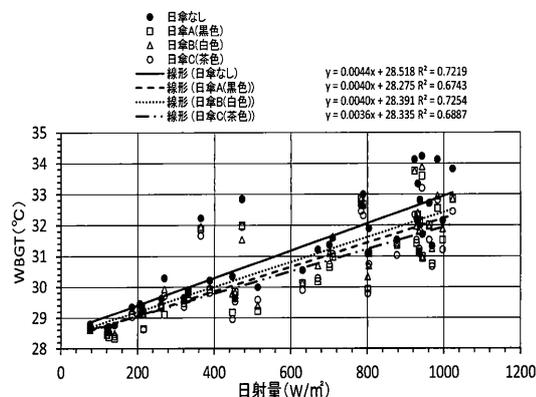


図11 日射量と全身WBGTとの関係

各種日傘下における短波長および長波長放射の実測. 第37回人間-生活環境系シンポジウム報告集. 53/56.

渡邊慎一, 石井 仁, 長野和雄. 2014. 日傘使用時の体感温度の算出. 第38回人間-生活環境系シンポジウム報告集. 107/110.

<連絡先>

川嶋摩奈
 〒457-5532 名古屋市南区白水町4
 大同大学 工学部 建築学科
 mk0711mdgjpenta@yahoo.co.jp