

令和 6 年 5 月 28 日現在

機関番号：33907

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K02140

研究課題名（和文）雨傘と日傘の体感温度および暑さ指数低減効果の相違

研究課題名（英文）Comparison of heat stress reduction provided by rain umbrellas and sunshade parasols

研究代表者

渡邊 慎一（Watanabe, Shinichi）

大同大学・工学部・教授

研究者番号：00340175

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、熱環境の実測に基づいて雨傘および日傘の暑熱緩和効果を明らかにした。体感温度UTCI低減効果が最も大きいのは白日傘で $-3.7$ であり、次いで、黒日傘が $-2.2$ 、黒雨傘が $-2.1$ であった。一方、白雨傘のUTCI低減効果は認められなかった。WBGT低減効果も白日傘が最も大きく、その値は $-1.3$ であった。

日傘による暑熱緩和効果は、日傘直下の頭部が最も大きく、地面に近づくほど小さくなった。身長が低い子供の方が大人よりも日傘による頭部の暑熱緩和効果が大きかった。日傘が大きいほど胸部や脚部の暑熱緩和効果は大きい、日傘直下の頭部の暑熱緩和効果は日傘の大きさに関わらずほぼ等しい値であった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

雨傘および日傘の日射透過率および下向き長波長増加率を明らかにし、日射および熱放射を総合化した平均放射温度MRTで各傘の放射特性を示したことは学術的に意義が大きい。また、雨傘および日傘による暑熱緩和効果を体感温度UTCIおよび暑さ指数WBGTで示し、白日傘が最も暑熱緩和効果が大きいことを示した。一方、白色の雨傘の暑熱緩和効果は認められないことを示した。これは、白色の雨傘では日傘の代用にはならないことを示したものであり、社会的な意義は大きい。

研究成果の概要（英文）：In this study, we clarified the thermal stress reduction of rain umbrellas and sunshade parasols based on measurements of the thermal environmental parameters. The white parasol had the largest UTCI reduction by  $3.7$  °C, followed by the black parasol by  $2.2$  °C and the black rain umbrella by  $2.1$  °C. Meanwhile, no reduction in UTCI was observed for the white umbrella. The WBGT reduction was also greatest for the white parasol, with a value of  $1.3$  °C. The heat stress reduction provided by the parasol was greatest for the head level under the parasol and decreased closer to the ground. The heat stress reduction on the head provided by the parasols was greater for shorter children than for taller adults. The larger the parasols, the greater the reduction in heat stress in the torso and legs. However, the heat stress reductions on the head provided by different sized parasols were approximately the same regardless of the parasol size.

研究分野：建築環境工学

キーワード：日傘 雨傘 暑熱緩和 UTCI WBGT

## 1. 研究開始当初の背景

消防庁によると、毎年、全国で 5 万人を超える人々が熱中症により救急搬送されている。特に、2018 年の暑さは「災害級」と表現され、全国で 95,137 人が熱中症により救急搬送された。このように、現在、熱中症は極めて深刻な社会問題となっている。

屋外において熱中症を引き起こす最大の要因は日射である。したがって、日射をいかに遮るのか、言い換えれば「日陰」をどのように作り出すかが、熱中症予防の鍵となる。屋外において日射を遮るものには建築物や樹木などがあるが、これらは地面に固定されたものであり動かすことはできない。さらに、日陰は太陽位置によって時間とともに移動するため、必要な時に必要な場所を日陰にすることは困難である。そこで、申請者は持ち運びが可能な日傘の活用に着目した。環境省も「熱中症環境保健マニュアル」の中で、熱中症を防ぐための工夫の 1 つとして日傘の使用を推奨している。

また、コロナ禍において、日傘による熱中症のリスク軽減と共に、日傘によるソーシャル・ディスタンスの確保も期待され、いくつかの小学校では「傘差し登校」が実施された。しかし、当時、子供用「日傘」はまだ一般には普及しておらず、多くの子供達は日傘の代わりに「雨傘」を代用していた。

これまで、いくつかの研究で日傘の暑熱緩和効果は明らかにされているが、「雨傘」については研究対象とされていなかった。さらに、これまでの日傘研究は成人が使用することを前提として実施されており、体格が小さな子供達が日傘を使用することは想定していなかった。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は以下の 4 つである。(1) 雨傘および日傘下の日射および熱放射特性を実測により明らかにする。(2) 雨傘および日傘の暑熱緩和効果を実測値に基づいて体感温度 UTCI および湿球黒球温度 WBGT で示し、雨傘および日傘の暑熱緩和効果の差を定量的に示す。(3) 子供が日傘を使用した場合を想定し、地上からの高さが日傘の暑熱緩和効果に及ぼす影響を明らかにする。さらに、日傘の大きさの違いが暑熱緩和効果に及ぼす影響も明らかにする。(4) リアルタイムで熱環境を測定し、体感温度および簡易熱中症リスクをデジタルツインに可視化するシステムの開発を試みる。

## 3. 研究の方法

### (1) 雨傘・日傘の日射および熱放射特性の解明

2021 年 7 月 26 日の 9:00 ~ 15:00 に大同大学 X 棟前の広場（地表面：芝生、天空率：90.5%）にて実測を行った。本研究では、表面が白色および黒色の日傘、並びに表面が白色および黒色の雨傘の計 4 種の傘を用いた。全ての傘の親骨の長さは 50cm とした。また、傘生地は日傘および雨傘ともにポリエステルであり、織り密度も同一である。全ての傘の表面には撥水加工が施されている。また、日傘の裏面にはポリウレタンコーティングが施され、雨傘の裏面にはアクリルコーティングが施されている。これらの傘の制作は傘メーカーに依頼し、市販されている一般的な日傘および雨傘と同等の仕様とした。測定場所において、南北に 5m 間隔で 5 台の測定架台を設置した。測定架台 5 台のうち 1 台には傘は取り付けず（日向条件）残りの 4 台に各傘を取り付けた（図 1）。日向および各傘下に長短波放射計を設置し、1 分間隔で測定を行った。



図 1 測定架台設置状況

### (2) 雨傘・日傘の暑熱緩和効果の解明

上記の測定時に、併せて日向および各傘下の熱環境（気温、湿度、風速、黒球温度、WBGT）を 1 分間隔で実測した（図 2）。全ての測定項目の測定高さは、測定対象の各傘の下端と同じ高さである地上 1.5m とした。実測した WBGT 値および実測値から算出した体感温度 UTCI を用いて各傘の暑熱緩和効果を定量化した。



図 2 測定機取付状況

### (3) 大人および子供の日傘使用が暑熱緩和効果に及ぼす影響

地上からの高さが暑熱緩和効果に及ぼす影響

実測は 2022 年 7 月 29 日の 10:00 ~ 16:00 に大同大学 X 棟前の広場（地表面：芝生）にて実施した。5 つの測定点を設定し、各測定点間の間隔は 4m とした。2 つの測定点は子供の日傘使用を想定し、それぞれ白日傘および黒日傘とし、傘下端が地上 1.2m になるように水平に取り付けた。また、別の 2 点は大人の日傘使用を想定し、それぞれ白日

傘および黒日傘とし、傘下端が地上 1.7m になるように水平に取り付けた。残りの 1 点には、日傘は取り付けずに測定を行った（日向条件）。測定高さは、大人条件および日向条件では、地上 0.1、0.6、1.1、1.6m とし、子供条件では地上 0.1、0.6、1.1m とした（図 3）。各日傘下および日向において、気温、相対湿度、黒球温度、WBGT、風速を測定した。全ての測定間隔は 1 分とした。

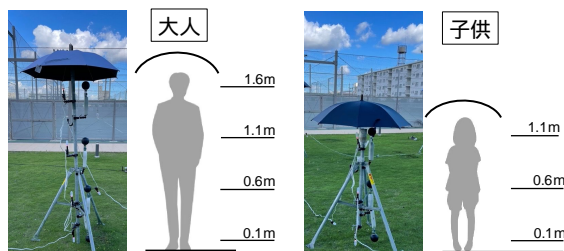


図 3 大人および子供使用を想定した測定高さ

日傘の大きさが暑熱緩和効果に及ぼす影響

実測は 2022 年 7 月 30 日および 31 日の 10:00 ~ 16:00 に大同大学 X 棟前の広場（地表面：芝生）にて実施した。7 月 30 日の実測には大きさの異なる 3 つの白日傘を用い、31 日には大きさの異なる 3 つの黒日傘を用いた。日傘の親骨の長さは 50cm、60cm、70cm とした（図 4）。全ての日傘は傘下端が地上 1.7m になるように水平に取り付けた。各日傘下および日向において、気温、相対湿度、黒球温度、WBGT、風速を測定した。測定高さは、地上 0.1m、0.6m、1.1m、1.6m とした。



図 4 大きさの異なる日傘

(4) リアルタイム計測による熱中症リスクの可視化

熱中症リスクを可視化するシステムは、環境センサにより情報をリアルタイムに収集する部分（IoT デバイス）、得られた情報を処理する部分（コアシステム）、可視化を行う部分（EnvBridge）から構成される（図 5）。図 6 に IoT デバイスの外観を示す。可視化にはコンピュータゲームである「Minecraft」を採用した。Minecraft は、高い知名度を持ち有志による活発な開発コミュニティがあり、高い拡張性を有している。可視化のために、マルチプレイヤーサーバ向けのプラグインを開発した。

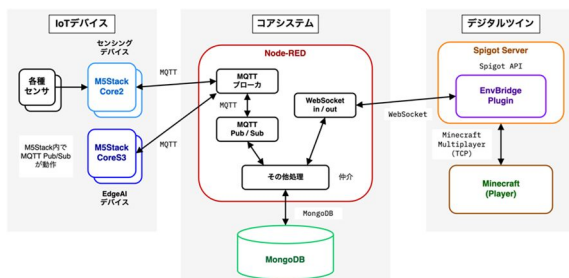


図 5 可視化システム構成図

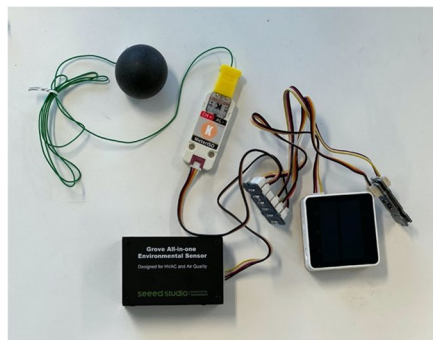


図 6 IoT デバイス外観

#### 4. 研究成果

(1) 雨傘・日傘の日射および熱放射特性の解明

図 7 に日向および各傘下における上向き・

下向き長短波放射量の推移を示す。下向き短波長放射量は、日向の平均値が  $869.0 \text{ W/m}^2$  であるのに対して、日傘（白）は  $6.3 \text{ W/m}^2$ 、日傘（黒）は  $10.0 \text{ W/m}^2$  であり極めて小さな値となった。雨傘は白が  $408.7 \text{ W/m}^2$ 、黒が  $42.9 \text{ W/m}^2$  であった。また、下向き長波長放射量は、生地が黒色の日傘および雨傘の値が白色よりも大きいことが示された。上向き短波長放射量および上向き長波長放射量は、日向および傘下ともほぼ等しい値であった。

図 8 に各傘の日射遮蔽率を示す。日傘の日射遮蔽率は、日傘（白）が 99.3%、日傘（黒）が 98.9%、雨傘（黒）が 95.1% であり、ほとんどの日射を遮っていた。一方、雨傘（白）の日射遮蔽率は 53.0% であり、約半分の日射が傘生地を透過していることが明らかとなった。

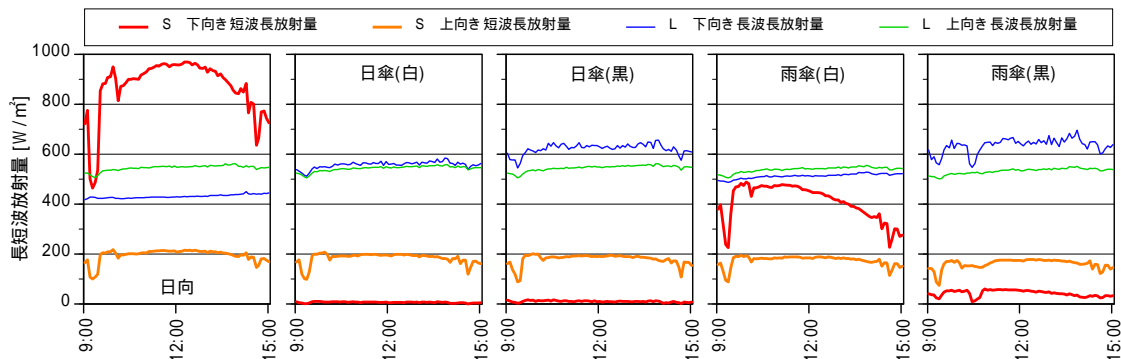


図 7 日向および各傘下における上向き・下向き長短波放射量の推移

図9に各傘の下向き長波長放射量増加率を示す。日傘(白)が129.5%、雨傘(白)が119.0%であるのに対し、日傘(黒)が144.5%、雨傘(黒)147.6%であり、白色の傘よりも黒色の傘の方が大きな値となった。これは黒色の生地は白色よりも日射吸収率が大きいいため、生地がより多くの日射を吸収し、生地がより多くの日射を吸収し、生地の温度が上昇し、下向き長波長放射量が増加したものと考えられる。

### (2) 雨傘・日傘の暑熱緩和効果の解明

図10に日向および各傘下の平均放射温度MRTを示す。MRTは長短波放射量から算出した。日向の平均MRTは68.5°Cであった。全ての傘下のMRTは日向の値より低い。最もMRTが低いのは日傘(白)の50.2°Cであり、日向より18.3°C低かった。これは日傘(白)の日射遮蔽率が99%以上でありほとんどの日射を遮ったこと、および下向き長波長放射量が黒色の傘より小さいことで、傘下における放射による受熱量が小さくなったためであると考えられる。

図11に日向および各傘下のUTCIを示す。日向の平均UTCIは42.1°Cであった。UTCIが最も低かったのは日傘(白)で38.4°Cであった。一方、UTCIが最も高かったのは雨傘(白)の42.1°Cであり、この値は日向と同値である。

図12に各傘のUTCI低減効果を示す。UTCI低減効果が最も大きいのは日傘(白)で-3.7°Cであり、次いで、日傘(黒)が-2.2°C、雨傘(黒)が-2.1°Cであった。一方、雨傘(白)は0であり、UTCI低減効果は認められなかった。これは、雨傘(白)は、下向き長波長放射量増加率は最も小さかったが、日射遮蔽率が53.0%であり、日射の約半分を透過したため、MRTが最も高くなったためであると考えられる。

図13に日向および各傘下のWBGTを示す。日向の平均WBGTは29.1°Cであった。WBGTが最も低かったのは日傘(白)で27.8°Cであった。一方、WBGTが最も高かったのは雨傘(白)の29.3°Cであり、この値は日向よりも高い。

図14に各傘のWBGT低減効果を示す。WBGT低減効果が最も大きいのは日傘(白)で-1.3°Cであり、次いで、雨傘(黒)が-1.2°C、日傘(黒)が-1.0°Cであった。一方、雨傘(白)は+0.2°Cであり、日向よりもWBGTが高くなり低減効果は認められなかった。

### (3) 子供使用時の雨傘・日傘による暑熱緩和効果の解明

#### 地上からの高さが暑熱緩和効果に及ぼす影響

図15に日向および各日傘におけるUTCIの比較を示す。日向のUTCIはGL+0.1mが38.9°Cで最も小さく、地面から高くなるに従って大きくなり、GL+1.6mで40.9°Cとなった。大人条件では、GL+0.6mの値が最も大きくなり、そこから高くなるに従って値が小さくなった。子供条件では、地面から高くなるに従って値が小さくなった。

図16に各日傘のUTCI低減効果を示す。大人条件および子供条件ともに、日傘に近づくほどUTCIの低減効果は大きくなった。各日傘直下のUTCI低減効果は大きい順に、子供・白日傘(GL+1.1m)が-4.9°C、子供・黒日傘(GL+1.1m)が-4.3°C、大人・白日傘(GL+1.6m)が-4.3°C、大人・黒日傘(GL+1.6m)が-3.6°Cであった。大人条件および子供条件ともに、白日傘の方が黒日傘よりも日傘直下のUTCI低減効果が大きいことが示された。また、同じ地上高さでは、子供条件の方が大人条件よりもUTCI低減効果が大きいことも明らかとなった。

図17に日向および各日傘下におけるWBGTの比較を示す。日向のWBGTはGL+0.6mが

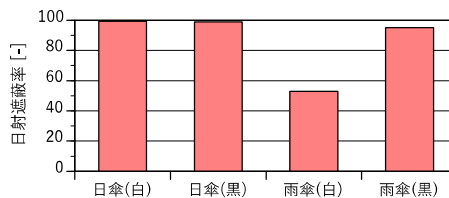


図8 各傘の日射遮蔽率

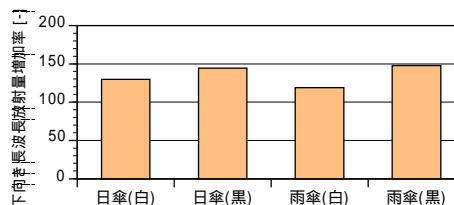


図9 各傘の下向き長波長放射量増加率

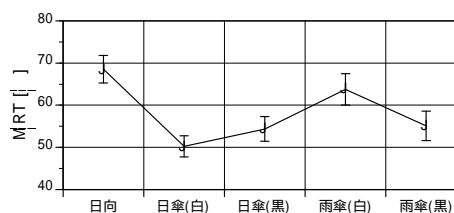


図10 日向および各傘下の MRT

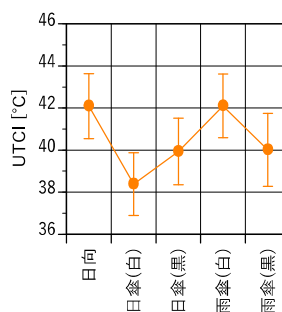


図11 UTCI の比較

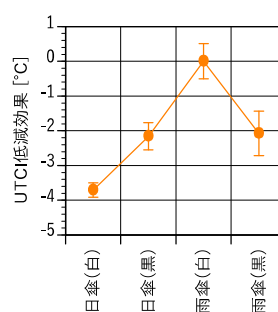


図12 UTCI 低減効果

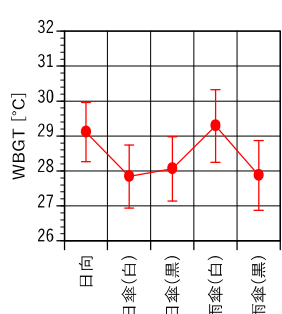


図13 WBGT の比較

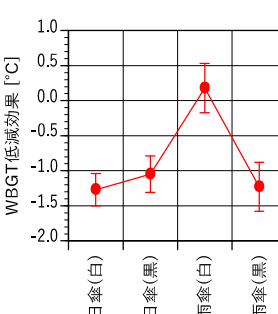


図14 WBGT 低減効果

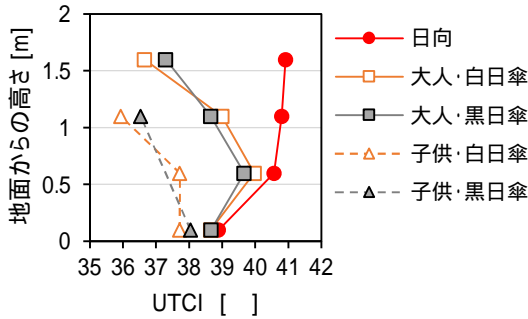


図 15 UTCI の比較

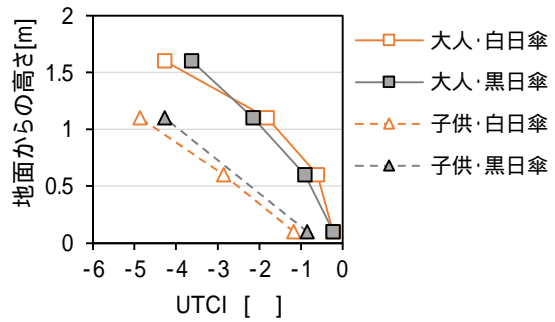


図 16 UTCI 低減効果の比較

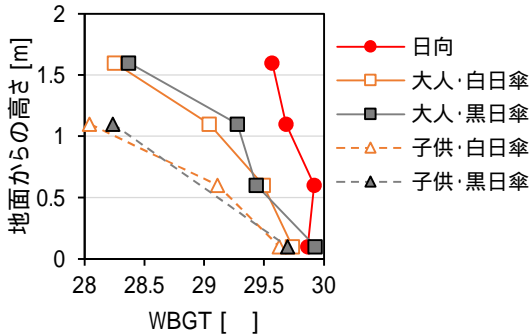


図 17 WBGT の比較

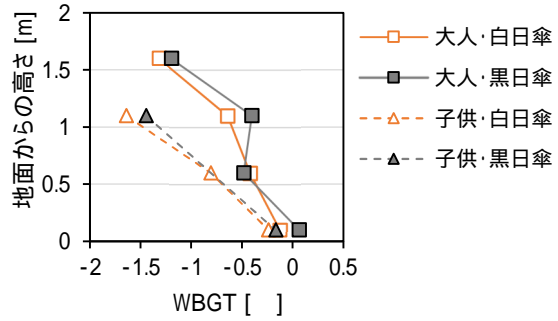


図 18 WBGT 低減効果の比較

29.9°Cで最も大きい値となり、そこから高くなるに従って小さくなり、GL+1.6m では29.5°Cとなった。大人条件および子供条件ともにGL+0.1mの値が最も大きくなり、地面から高くなるに従って小さくなった。

図 18 に各日傘の WBGT 低減効果の比較を示す。大人条件および子供条件ともに、日傘に近づくほど WBGT 低減効果は大きくなった。各日傘直下の WBGT 低減効果は大きい順に、子供・白日傘 (GL+1.1m) が-1.6°C、子供・黒日傘 (GL+1.1m) が-1.5°C、大人・白日傘 (GL+1.6m) が-1.3°C、大人・黒日傘 (GL+1.6m) が-1.2°Cであった。大人条件および子供条件ともに、白日傘の方が黒日傘よりも日傘直下の WBGT 低減効果は大きい。また、同じ地上高さでは、子供条件の方が大人条件よりも WBGT 低減効果が大きいことが示された。

日傘の大きさが暑熱緩和効果に及ぼす影響

図 19 に UTCI の分布を示す。日向の UTCI は地上 0.1m が 40.9°Cであり、地面から高くなるに従って UTCI も高くなり、地上 1.1m および 1.6m で 42.4°Cであった。日傘下の UTCI は、地上 0.6m および 1.1m では、大きい日傘ほど UTCI は低くなった。これは、MRT の値を反映し、大きい日傘ほど日射を遮る時間が長くなり、MRT が低くなるため、最終的に UTCI も低くなったと考えられる。日傘直下の地上 1.6m では、日傘の大きさが UTCI に及ぼす影響は顕著ではなく、UTCI は 39.0~39.3°Cに分布し、平均 39.2°Cであり、日向よりも 3.3°C低くなった。

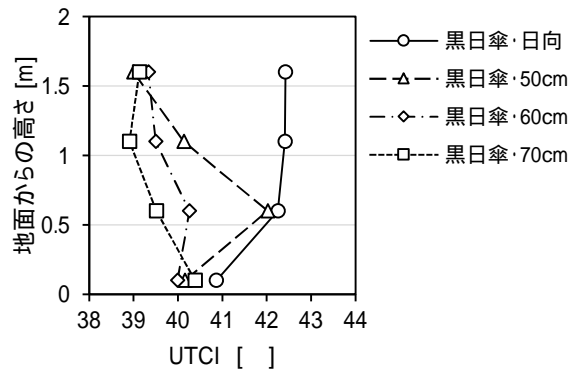


図 19 UTCI の分布 (黒日傘)

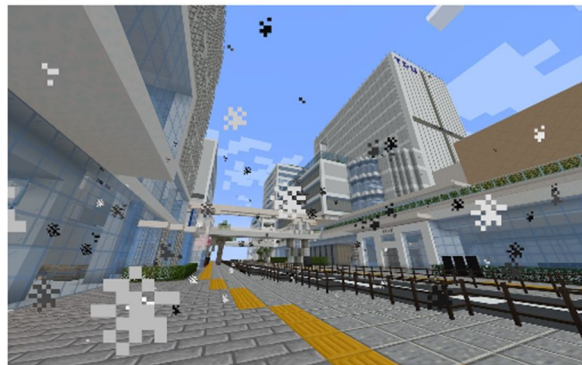


図 20 熱中症リスクに基づく視覚エフェクト

#### (4) リアルタイム計測による熱中症リスクの可視化

2つの気圧センサを背中合わせに取り付け、両センサで測定した風圧の差分から風速を算出した。本研究で風圧から算出した風速は、熱線式風速計で測定した値とよく対応していた。

図 20 に本研究で構築したシステムで可視化した画面を示す。Minecraft 内で現実世界から再現した建物や地形上に、視覚的エフェクトを表示した。すなわち、リアルタイムで測定した熱環境要素から体感温度や WBGT を算出し、その値から熱中症リスクが高いと評価した場合に警告を表示し、熱中症に対する注意を促すことができる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 渡邊 慎一, 川島 果奈美
2. 発表標題 日傘の大きさが暑熱緩和効果に及ぼす影響
3. 学会等名 第47回 人間-生活環境系シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 ウラタ 英寿, 丁 昭徳, 渡邊 慎一, 岩井 将行
2. 発表標題 熱中症リスクの啓蒙を目的とした環境情報をリアルタイムに可視化するデジタルツイン連携IoT 基盤
3. 学会等名 第47回 人間-生活環境系シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 ウラタ 英寿, 山崎 伶馬, 丁 昭徳, 渡邊 慎一, 岩井 将行
2. 発表標題 リアルタイム簡易風速センシングによる体感温度予測および簡易熱中症リスク啓蒙デジタルツインシステム
3. 学会等名 情報処理学会 第86回全国大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 川島 果奈美, 渡邊 慎一
2. 発表標題 大人および子供の日傘使用が暑熱緩和効果に及ぼす影響
3. 学会等名 第46回 人間-生活環境系シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渡邊 慎一, 齊藤 菜月, 岡本 直輝, 石井 仁
2. 発表標題 日傘および雨傘の暑熱緩和効果の比較
3. 学会等名 第46回 人間-生活環境系シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渡邊 慎一, 石井 仁
2. 発表標題 日傘および雨傘の暑熱緩和効果の実証的研究
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡本 直輝, 渡邊 慎一
2. 発表標題 日傘生地の色および加工の違いによる暑熱緩和効果の比較
3. 学会等名 第45回 人間-生活環境系シンポジウム
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	岩井 将行  (Iwai Masayuki)  (30458971)	東京電機大学・未来科学部・教授   (32657)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------