

オープンスペースの温熱環境と利用者の滞留特性の基礎的検討

関西大学大学院 学生会員 ○張 竹韻, 枝廣 玲志
関西大学 正会員 尾崎 平, 安室 喜弘

1. はじめに

近年、ヒートアイランド現象や地球温暖化の影響により、夏季における熱中症搬送数が増加し、都市生活への影響が大きくなっている。屋外での熱中症の対策として快適な滞留空間を創ることが重要である。日除けに加えルーバーやミストなどによる熱ストレス低減効果を明らかにした研究等¹⁾がある。本研究では、関西大学にあるオープンスペースである悠久の庭において、日向、緑陰、温熱対策施設などの異なる温熱環境場と、同空間の人の滞留特性の調査を行い、温熱対策施設の必要要件と効果を考察した。今回の温熱対策施設は D-leaf(太陽工業 社製) という葉っぱ形状をした緑の膜を用いた。

2. 研究方法

第一に温熱環境調査の対象地点は、関西大学の悠久の庭とした。調査は2022年7月22日～29日合計4日間と秋の9月30日～10月4日の計3日間実施した。計測項目、使用機器、計測間隔を表-1に示す。本研究では温熱指標として WBGT(Wet Bulb Globe Temperature, 暑さ指数)を計測した。温度・湿度、風速、WBGT のデータ分析は12時から13時までは10分間隔、それ以外の時間帯は15分間隔の中心化移動平均値を算定し、比較評価した。

第二に、滞留人数の調査として、悠久の庭内の各地点の滞留状況について、人の多い昼休みの時間帯の12時から13時までは10分間隔、それ以外の時間帯は15分間隔で記録した。滞留人数は、GoPro で撮影した写真から各時間帯において滞留人数を数える(各時分の瞬間値)。ここで(1)の WBGT 別に滞留人数を積算したものを WBGT 別積算滞留人数と定義する。

第三に、陰面積の計測方法は次のとおりである。夏季において、多くの人は日向ではなく、日陰に滞留する。そのため、陰の面積が滞留人数に影響することから、対象地点の時間帯別の陰面積を算定する。方法は、ゲームエンジン Unreal Engine で構築された悠久の庭の3Dモデルを用いて日時別のオルソ画像を生成し、Photoshop を使って、陰部分のピクセル数を計測し、面積換算した。ここで、陰で滞留している人数を陰面積で除したものを1平米あたりの滞留人数とする。

3. 結果

(1) 調査地点毎の WBGT の比較

熱中症危険性レベルは日本生気象学会「日常生活における熱中症予防指針」²⁾(表-2)を参考とした。各調査日の各地点の平均 WBGT の結果を図-1に示す。最も暑かった7月26日の場合、日向では平均 WBGT は32.5℃であり「危険」レベルであった。一方、緑陰の平均 WBGT は29.1℃であり嚴重警戒レベルと日向と比べて、一段階低いレベルである。秋季の場合、日向以外の場所の WBGT が「注意」レベルとなっている。夏季に比べ

表-1 温熱環境の測定項目、機器と時間間隔

測定項目	計測機器	機器型番	間隔
温度・湿度	温湿度計	TR-72A	5s
風速	風速計	AM-4257SD	1s
WBGT	熱中症計	HI-2000SD	1s
表面温度	サーモカメラ	InfRec R550	30分
人の滞留状況	Go Pro	HER07	10-15分

表-2 日常生活における熱中症予防指針

WBGT(℃)	31以上	31～28	28～25	25未満
指針	危険	嚴重警戒	警戒	注意

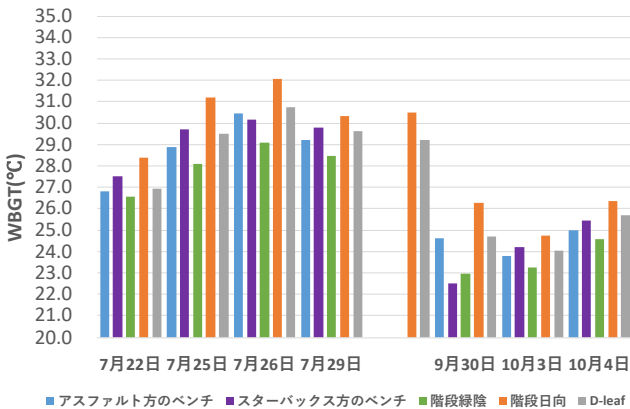


図-1 調査日の各地点の平均 WBGT

キーワード 温熱環境, WBGT, オープンスペース, 気候変動, 適応策
連絡先 〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35 関西大学大学院 張竹韻

熱中症の危険性が2段階低いことがわかる。

統計解析ソフト IBM SPSS Statistics 25 を用いて、日向、D-leaf、緑陰の WBGT の平均値の差の検定を行った結果、地点間の WBGT に有意な差が得られた(5%有意)。WBGT は、緑陰<D-leaf<日向の大小関係であり、この関係はすべての実験日で見られている。D-leaf は緑陰よりも WBGT は高い結果となったが、一定の暑熱環境緩和効果が見られた。

(2) 滞留特性 (WBGT と滞留人数の関係)

対策施設が備える要件としての WBGT (どの程度の WBGT であれば人は滞留するのか) を得るために、夏季の調査日の全地点の WBGT と滞留人数の関係を図化した(図-2)。7月29日はサークル活動のために人が多く滞留していたことから、7月29日を除外すると、WBGT が26~29℃では、一定の滞留人数が存在するが、30℃を超えると滞留人数は著しく減少する。

次に、1平米あたりの滞留人数の結果について、ここでは一例として12時~14時のスターバックス方の結果を図-3に示す。スターバックス方のベンチの面積は全20.5m²であり、12時、13時の陰の面積はそれぞれ12.2m²、15.5m²であった。WBGT29℃以下の場合、1平米あたりの人数は1人/m²以上となっているが、WBGTが高くなるにつれ1平米あたりの滞留人数が少なくなっている。そのため、WBGT29℃を超える状態では、陰があるにも関わらず、滞留人数は少ないことから、WBGTの大きさが滞留に影響を与えている。

(3) 温熱環境対策施設の気象的要件

上記の検討から、温熱対策施設として、WBGT29℃を満たすことが必要であることがわかった。WBGT29℃を基準とした場合、夏季の4日間の調査(7時間×4日間)28時間のうち、日向のWBGTが29℃以下を満たす時間は、8.2時間(29%)であり、一方、D-leaf下では、同時間11.46時間(41%)であり、日向より快適な滞留時間が1.4倍に増加していることを確認した。特に12:20までと15:30以降の時間帯に効果がみられた。

(4) 大阪市の8月を例としたD-leafの効果推算

D-leafのWBGTと日向のWBGTの関係から近似式を作成し、大阪市2022年8月の1時間ごとWBGTの実測値(=日向のWBGT)(31日間×12時間=744時間)からD-leafのWBGTを推定し、軽減効果を類推した。結果、日向、D-Leaf下のWBGTが29℃以下を満たす時間は、それぞれ625時間(84%)、691時間(93%)であり、D-leafにより、WBGT29℃以下となる環境を約1.11倍に増加できることを確認した。

4. おわりに

本研究では、関西大学のオープンスペースにおいて、日向、緑陰、温熱対策施設の異なる温熱環境場と、同空間の人の滞留特性の調査を行い、温熱対策施設の必要要件と効果を示した。

謝辞：本研究は関西大学 先端科学技術推進機構 気候変動に適応した健康まちづくり研究グループの助成を得て行った。

参考文献：1) 三坂育正,李亜娟,瀧澤恒太,根井勇:暑熱環境下におけるクールスポットの温熱環境と熱ストレス低減効果に関する研究,環境情報科学論文集,Vol.35,pp.125-130,2021, 2) 日本生気象学会:日常生活における熱中症予防指針 Ver.3.1,2021年, <https://seikishou.jp/cms/wp-content/files/yobousisin210603/20210604-114336.pdf>, 2023年2月8日閲覧

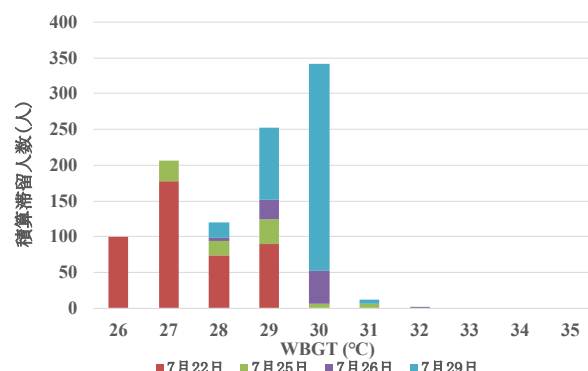


図-2 夏季の日別積算滞留人数

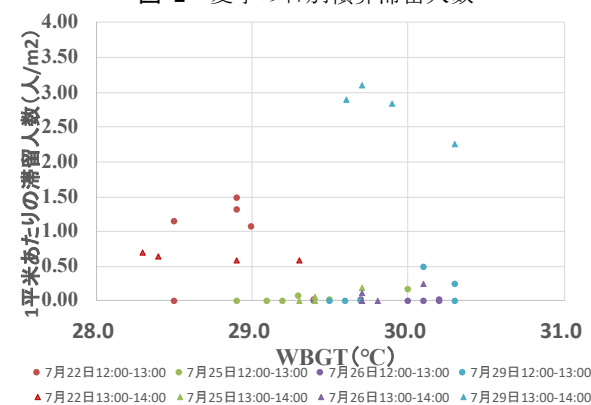


図-3 夏季12時~14時スターバックス方滞留状況

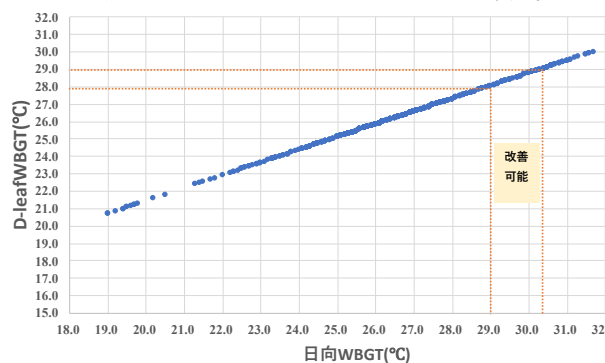


図-4 大阪府大阪市の8月を仮定したD-leafの効果推定