

原著論文

夏季における都市緑道の温熱快適性の評価
-岡山市臨港グリーンアベニュー-

大橋唯太¹・野田珠生²

Thermal comfort evaluations of urban green road during summer season
-Rinko Green Avenue in Okayama City-

Yukitaka OHASHI¹ and Tamao NODA²

Abstract: On Rinko Green Avenue in Okayama City, thermal comfort levels were evaluated by using a thermal comfort index (SET*) for quantifying a mitigation of summer hot conditions. SET* values observed at a space shaded by *Zelkova serrata* leaves were the lowest of all observation points with a difference of 7°C compared with sunny spaces. Analyses of meteorological data suggested that *Zelkova serrata* generated leafy shades largely and the well-ventilated ground. These effectively work to lower the SET* value.

I. はじめに

都市開発のなかで都市緑道は、景観の改善や住民の憩いの場としても存在意義は高いだろう。岡山県岡山市の中心部にも、西川緑道公園をはじめとする都市緑道がいくつか存在している。大橋・小原(2014)は西川緑道公園とその周辺道路において気象観測を実施し、緑道の内側空間が外側の街路に比べて2~3°C気温が低くなっていた。これは特に、緑陰による日射遮蔽効果が影響してたと示唆されている。しかし人が感じる外界からの暑熱ストレスは、気温だけでなく日射や風などの気象条件の影響も強く受ける。今回、西川緑道から1 kmほど南西に位置する「臨港グリーンアベニュー」という都市内緑道で、利用者が受ける暑熱ストレスを測定する機会を得たので、その調査結果を報告する。

II. 臨港グリーンアベニュー

臨港グリーンアベニューは、1994年度に岡山臨港鉄道の跡地を岡山市が整備した歩行者および自転車専用の遊歩道である。岡山市北区JR大元駅から南へ約2 km延び、散歩やジョギングなどの運動コースや通学路として利用する人が多くみられる。緑道内にはベンチや公衆トイレも設置され、旧駅のホームを昔のまま残して休憩所に使用するなど景観の保存意識も高く、市民の憩いの場としても工夫されている。水辺ゾーンやパーゴラの設置もみられ、自然との共生も意識した空間づくりが窺える(図1)。岡山市にはこのほかに、市街地中心部に西川緑道公園という遊歩道が存在するが、臨港グリーンアベニューは郊外居住地域を貫く遊歩道として地元では知られる。

緑道の両端や中央分離帯には多種の植栽があり、利用者は季節ごとに開花の観賞を楽しめる。以下、

1. 〒700-0005 岡山県岡山市北区理大町1-1 岡山理科大学生物地球学部生物地球学科 Department of Biosphere-Geosphere Science, Faculty of Biosphere-Geosphere Science, Okayama University of Science, 1-1, Ridai-cho, Kita-ku, Okayama-shi, Okayama-ken 700-0005, Japan.
2. 〒700-0005 岡山県岡山市北区理大町1-1 岡山理科大学総合情報学部生物地球システム学科 Department of Biosphere-Geosphere System Science, Faculty of Informatics, Okayama University of Science, 1-1, Ridai-cho, Kita-ku, Okayama-shi, Okayama-shi, Okayama-ken 700-0005, Japan. (現 兵庫六甲農業協同組合)



図1. 臨港グリーンアベニューの様子。(a)高木によって緑陰が形成された緑道、(b)比較的空の開けた緑道、(c)低木の植栽とベンチで作られた中央分離帯、(d)人工滝と池、石で造られたベンチが置かれた水辺ゾーン、(e)パーゴラとベンチ、(f)旧駅を活用した休憩スペース。

著者らが現地調査において確認できた植物をまとめる。高木に限らず低木の種類も豊富であることが、この緑道の特徴といえる。

常緑高木樹：クスノキ、クロガネモチ、サカキ、サンゴジュ、タブノキ、ハマヒサカキ、ヤマモモ

落葉高木樹：アキニレ、イチョウ、ウメ、ケヤキ、サルスベリ、ソメイヨシノ、ハナミズキ、ユリノキ

低木：アセビ、カンツバキ、クルメツツジ、サザンカ、サツキツツジ、ジンチョウゲ、ヒラドツツジ、ユキヤナギ、レンギョウ

III. 気象観測

1. 観測地域と観測日

JR大元駅から約1.5km南までの緑道範囲を対象にして、歩行者高さの気象状態を測定した。緑道はおよそ南北方向に走っている。図2に、臨港グリーンアベニューと各観測地点の位置を示している。観測地点には、緑道空間内として5か所(図中G1~G5)、

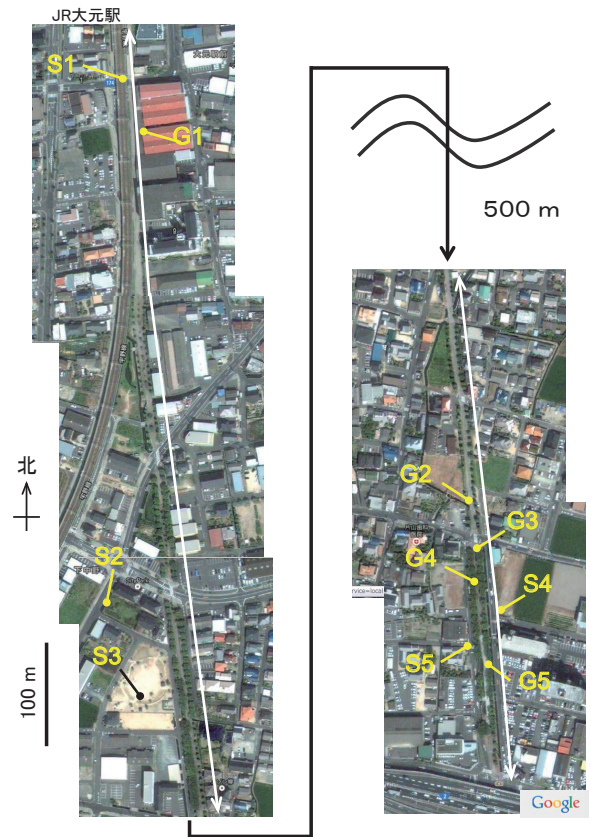


図2. 観測対象とした臨港グリーンアベニューと観測地点の位置。G1~G5が緑道内、S1~S5は外縁での観測地点を示している。矢印の範囲が臨港グリーンアベニューを表す。写真はGoogle mapより引用。

緑道の外縁空間として5か所(S1~S5)を選んだ。各地点の様子と周辺環境、測定された天空率の大きさを図3と図4に示す。緑道内のG3は緑道と一般道が交差する空間、外縁S3は緑道に隣接する公園が観測地点である。また、緑道G5は、常に水が循環している噴水近傍の空間になっている。

観測実施日は、2009年8月5日、8月20日、8月23日の計3日間である。図5に各観測日の地上天気図を示してある。8月5日は岡山地方気象台で記録された日照時間が6.9時間、日最高気温は33.3℃であった。8月20日の日照時間は5.8時間、日最高気温は32.5℃、8月23日は日照時間4.6時間、日最高気温31.0℃であった。

2. 観測方法

観測要素は、気温・相対湿度・黒球温度・湿球温度・地表面温度・風向風速・気圧・全天日射量と



周辺環境：建築物
天空率：0.35



周辺環境：ユリノキ・レンギョウ
天空率：0.69



周辺環境：交差点
天空率：0.24



周辺環境：街路, 水路
天空率：0.75



周辺環境：交差点
天空率：0.67



周辺環境：ケヤキ・ツツジ
天空率：0.28



周辺環境：街区公園
天空率：0.84



周辺環境：街路, 水田
天空率：0.76



周辺環境：噴水・ケヤキ
天空率：0.63



周辺環境：街路, 住宅
天空率：0.64

図3. 臨港グリーンアベニュー内における観測地点(G1~G5)の様子。

図4. 臨港グリーンアベニュー外縁における観測地点(S1~S5)の様子。

した。いずれも後述する暑熱ストレスを算出するために用いた。観測測器の様子と概要を図6と表1に示す。気温と相対湿度は超小型温湿度ロガーTS-DL-HT1/2(テクノサイエンス社製)、黒球温度はベルノン式黒球温度計(柴田科学社製)によって計測をおこなった。湿球温度は、おんどとりJr. RTR52(T&D社製)を湿球センサーへと改良して測定した。風向風速と気圧の計測には、Kestrel 4500(NIELSEN-KELLERMAN社製)を用いた。測定サンプリング間隔は、すべての要素に対して30秒とした。また、放射環境を調べる目的で、緑道空間5地点の熱赤外面像を赤外線サーモトレーサーTH7102(NEC三栄社製)によって撮影した。

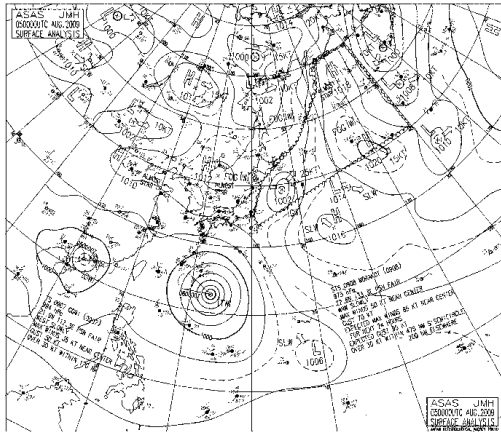
観測は、9時・12時・15時・18時を対象時刻に定めた。最初に緑道空間5地点で同時に30分間の計測をおこない、その10分後に外縁空間5地点で10分間計測した。

熱ストレスの算出に必要な人体要素(着衣量や代謝量)は、観測中にみられた通行人の活動度や服装などを記録して決定した。また、各空間の代表地点において、等距離射影方式の魚眼レンズを装着した一眼レフカメラによって地表面上0.5mの高さで天空写真を撮影した。その画像を用いて、全天写真解析プログラムCanopOn2(<http://takenaka-akio.org/etc/canopon2/>、竹中明夫、2009年7月ダウンロード)から各空間の天空率を算出した。

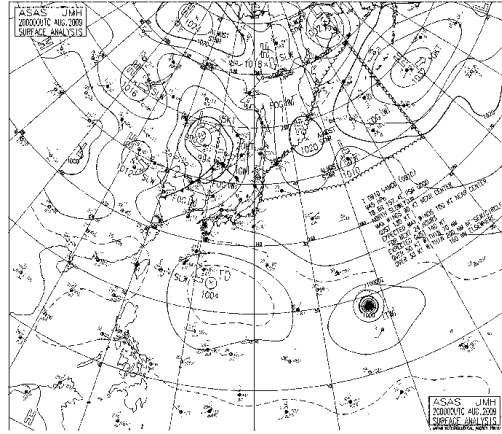
IV. 温熱指標

本研究では温熱指標SET*(Standard New Effective Temperature; 標準新有効温度)を算出し、臨港グリーンアベニューの快適性評価をおこなった。SET*は、人体の熱交換に関わる気温や相対湿度、放射といった気象側要素だけでなく、人体側要素である着衣状態や代謝量も考慮した温熱指標である(Gagge et

(a) 2009年8月5日 (第1回観測)



(b) 2009年8月20日 (第2回観測)



(c) 2009年8月23日 (第3回観測)

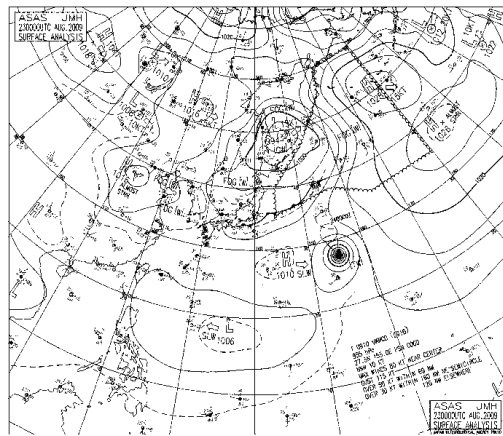


図5. 観測実施日の2009年(a)8月5日・(b)8月20日・(c)8月23日午前9時における地上天気図(気象庁より提供).



図6. 観測機器の様子. ①風向風速計, ②乾球温度計, ③黒球温度計, ④湿球温度計.

al., 1971). 気温以外の諸条件を固定した仮想空間における体感温度と、実在空間における体感温度が同等になるよう調整した気温をSET*として定義している. このときの仮想空間の条件は, 風速0.1m/s, 相対湿度50%, 着衣量0.6clo, 代謝量1.2METsに設定される.

SET*は, 次式によって計算される.

$$H_{sh} = h_c F_{cl} (T_{sh} - SET^*) + h_e \omega F_{pcl} (P_{sh} - P_{a,SET}) \quad (1)$$

H_{sh} は体表部(シエル)の蓄熱量(W/m^2), T_{sh} は人体のシエル温度($^{\circ}C$), ω は人体のぬれ面積率(人体の表面積に対して濡れている面積の割合), h_c は人体の顕熱の対流熱伝達率($W/m^2 \cdot K$), h_e は人体の潜熱の対流熱伝達率($=16.5h_c W/m^2 \cdot K$), F_{cl} は衣服の伝熱効率(-), F_{pcl} は衣服の透湿効率(-), P_{sh} はシエル温度での飽和水蒸気圧(kPa), $P_{a,SET}$ は気温がSET*のときの飽

表 1. 観測要素と使用測器の一覧.

観測要素	測器名	製造メーカー	測定方式と精度(±)
風向風速	Kestrel 4500	NIELSEN-KELLERMAN	ヘーン式 風速: 3% 風向: 5°
乾球温度	TSDL-HT1/2	テクノサイエンス	バンドギャップ温度センサー 0.4°C
湿球温度	RTR-52	T&D	サーミスターセンサー 0.3°C
相対湿度	TSDL-HT1/2	テクノサイエンス	静電容量ポリマー 3%
黒球温度	黒球:ベルノン式 黒球 温度計:RTR-52	黒球:柴田科学 温度計:T&D	サーミスターセンサー 0.3°C
全天日射量	PCM-01 (L)	ブリード	サーモバイロ型 3%
地表面温度	RTR-52	T&D	サーミスターセンサー 0.3°C
熱赤外画像	TH7102	NEC三栄	熱赤外画像 2%

和水蒸気圧(kPa)を示す。(1)式は、人体表面と大気のあいだで生じる熱交換量を表現した式である。

この計算を進める過程で体温調節や人体内の熱移動を考慮するため、内臓を中心とする体深部(コア)と、皮膚や表層筋肉を中心とするシェルに人体を分割した2層モデルが用いられる。ここではSET*の算出で必要となるシェル温度 T_{sh} とコア温度 T_{cr} が、次式の熱平衡式によって計算される。

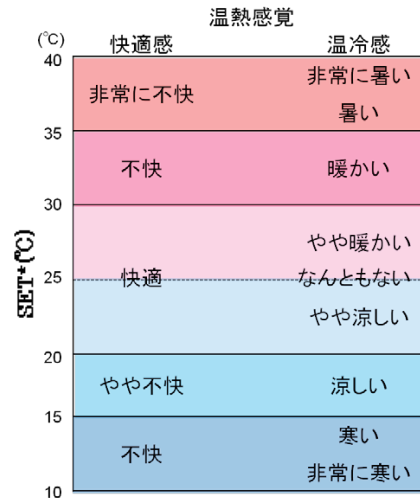
$$C_{sh} \frac{dT_{sh}}{dt} = H_{sh} = M_{sh} - E_{sh} - R - C \quad (2)$$

$$C_{cr} \frac{dT_{cr}}{dt} = H_{cr} = M - C_{res} - E_{res} - W - M_{sh} \quad (3)$$

各式の左辺はシェルとコアの温度変化率を表しており、 C_{sh} と C_{cr} はシェルとコアの熱容量(J/K)である。右辺の H_{sh} と H_{cr} は、シェルとコアの蓄熱量(W/m²)を表す。このシェルの温度変化(蓄熱量)は、血流及び体組織による熱伝導量 M_{sh} (W/m²)、皮膚からの蒸発による潜熱輸送量 E_{sh} (W/m²)、衣服表面での正味放射量 R (W/m²)、衣服表面での顕熱輸送量 C (W/m²)で決まってくる。一方、コアの温度変化(蓄熱量)は、代謝熱量 M (W/m²)、呼吸による顕熱輸送量 C_{res} (W/m²)、呼吸気道からの潜熱輸送量 E_{res} (W/m²)、外部への仕事 W (W/m²)、 M_{sh} で構成される。したがってシェルとコアをつなぐ熱移動が、両式に含まれる M_{sh} でおこる。

以上の式(1)~(3)を組み合わせることでSET*を算出できる。この計算で必要となる入力パラメー

表 2. SET*と温熱感覚の対応(空気調和・衛生工学会 2006より引用。オリジナルは西, 1983).



ターは、気温・相対湿度・気圧・風速・MRT(Mean Radiant Temperature; 平均放射温度)である。MRTは、全方位から人に入射する放射量を平均温度として表した指標で、黒球温度・気温・風速から推定することができる。SET*の数値は、人が感じる快適感・温冷感と表2で示される対応をもつ(空気調和・衛生工学会 2006)。SET*は本来、気象条件が時空間的に大きく変化しない屋内空間で使用される温熱指標であるが、木内(2001)によって屋外空間への適応性が議論されている。また、実際に屋外でも適用できるOUT_SET*がPickup and de Dear(1999)によって提案されるなど、汎用性も検討されてきている。したがって本研究においても、そのまま屋外空間での適用を試みることにした。

V. 結果

1. 緑道利用者の実態

観測実施中の各空間における男性と女性の利用人数を、図7に示す(ただし、9時・12時・15時・18時の総計人数)。平日である8月5日と8月20日は、緑道空間内の利用人数が外縁空間に比べて多くなっている。一方、日曜日の8月23日は、G1・G5・S2・S4で利用者が多かった。全体をみれば男性の方が女性よりも利用人数が多く、上記を除くほとんどの地点で男性が60%以上を占めた。利用者の年齢層を、図

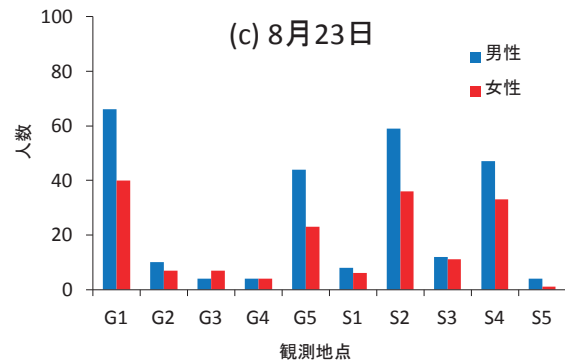
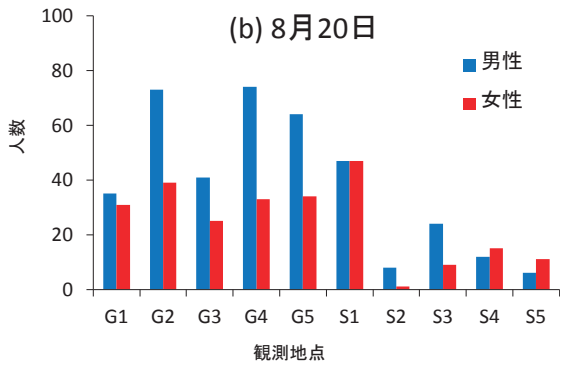
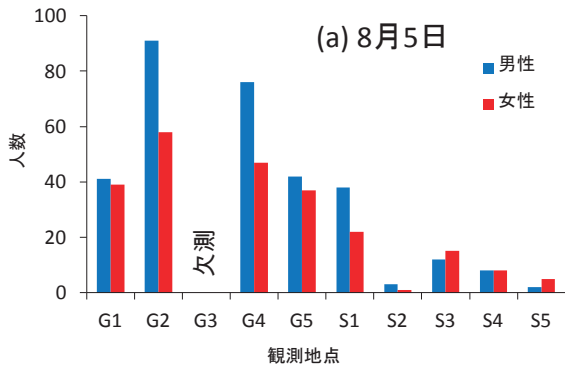


図7. 観測を実施した時間帯における各空間の利用者の男女比。2009年(a) 8月5日・(b) 8月20日・(c) 8月23日。

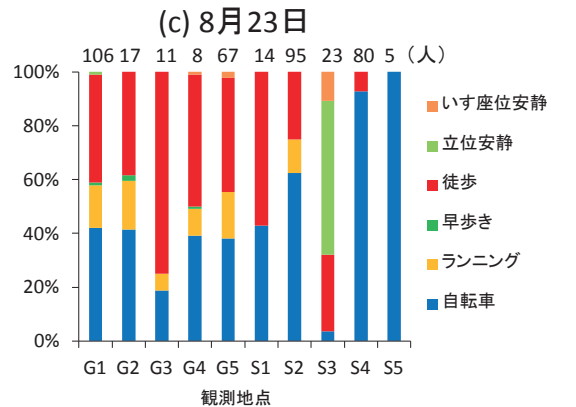
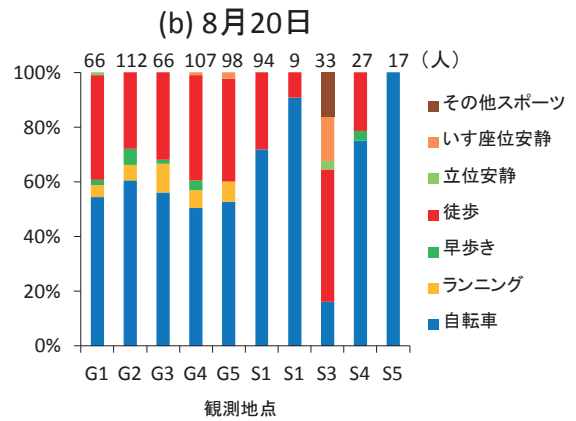
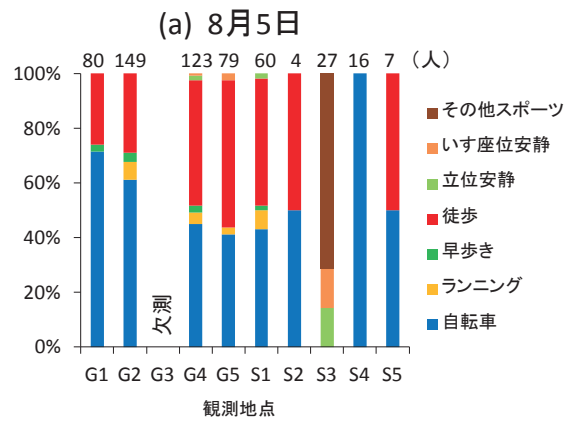


図9. 観測を実施した時間帯における各空間の利用者の行動種類。2009年(a) 8月5日・(b) 8月20日・(c) 8月23日。

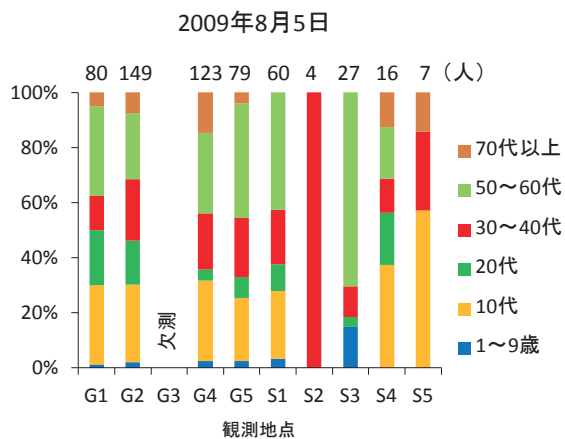


図8. 観測を実施した時間帯における各空間の利用者の年齢層。2009年8月5日の結果。

8に示す。ただし8月5日のみの結果である。これらは利用者に直接確認した結果ではなく、観測者側の主観的判断から年齢層を推定している。緑道空間内を利用する人は、10歳代・30~40歳代・50~60歳代で多くみられた。図9には利用者の行動種類を示すが、緑道空間では徒歩と自転車による利用が多く占めている様子がわかる。

各観測地点における利用者の着衣状態も調査し、その結果を図10にまとめる。ここでの結果は直接聞き取りしたものではなく、年齢と同様に観測者側の

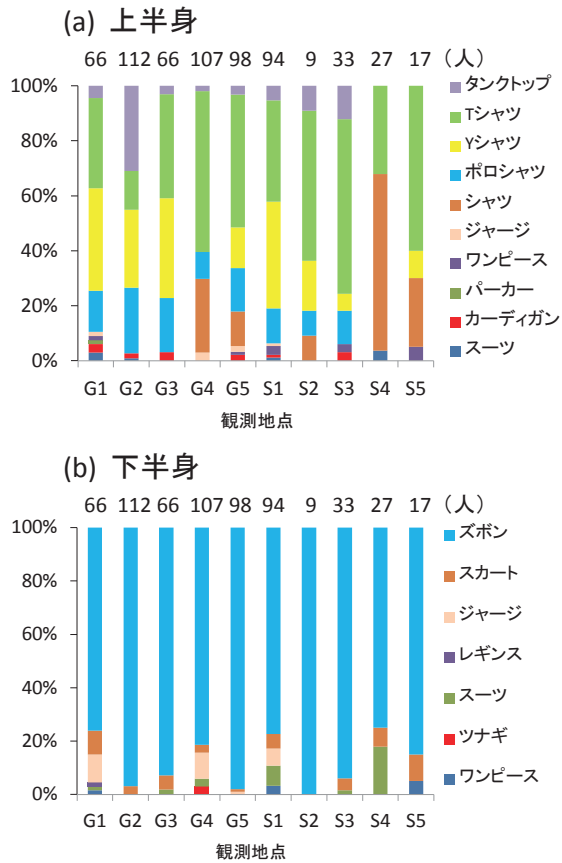


図10. 観測を実施した時間帯における各空間の利用者の着衣状態。2009年8月20日の結果。

主観的判断から着衣状態を判定した。この着衣推定は、8月20日のみでおこなっている。上半身はTシャツの利用者が多く、G4で約60%、下半身はズボンである利用者がいずれの地点でも大半を占めていた。

以上の調査結果を踏まえ、SET*の計算に用いる年齢層は、全地点で10%以上の利用者が確認できた男性の30~40歳代に統一した。厚生労働省(2004)によれば、30~49歳男性の基準身長は170.0cm、基準体重は68.0kgとされている。活動度は、ほとんどの地点で20%以上の利用者で確認できた徒歩を条件設定に選んだ。このときの代謝量は、2.0METsに相当する(ASHRAE 1993)。一方、着衣量の設定はTシャツ・長ズボンの組み合わせとし、その下にランニングシャツとトランクスを下着として着衣した状態に設定した。これをもとに花田(1992)の計算方法を用いると、着衣合算値は0.27cloとなった。

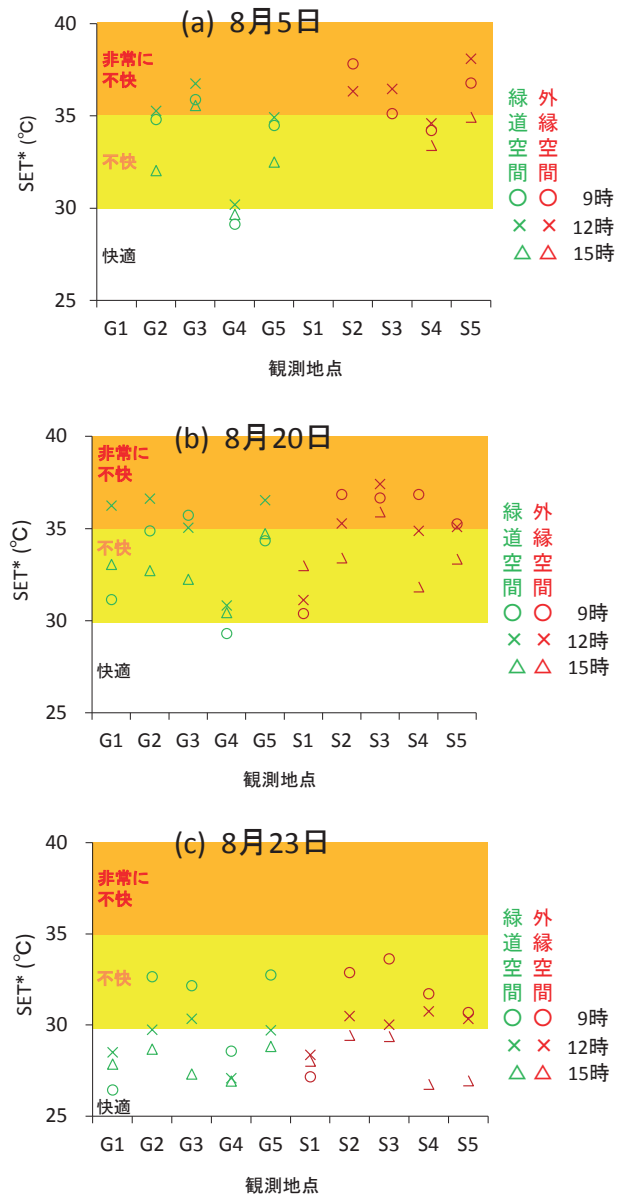


図11. 9時・12時・15時に観測されたSET*の地点ごとの違い。2009年(a)8月5日・(b)8月20日・(c)8月23日。

2. 空間による温熱環境の違い

9時・12時・15時に観測されたSET*の結果を図11に示す。ただし、8月5日全時刻のG1とS1、15時のS2とS3は、測定の不具合で欠測になっている。8月23日は天候が悪く、全地点で12時以降のSET*が低下して地点間の差の特徴が不明瞭となったため、ここでは8月5日と8月20日の結果を述べていく。

SET*が30℃を超える「不快」や「非常に不快」の評価は、緑道空間の緑陰G4を除くすべての空間でみられた。SET*が35℃以上の「非常に不快」の評価が多かった空間はS2・S3・S5の外縁空間で、日中のあいだ日

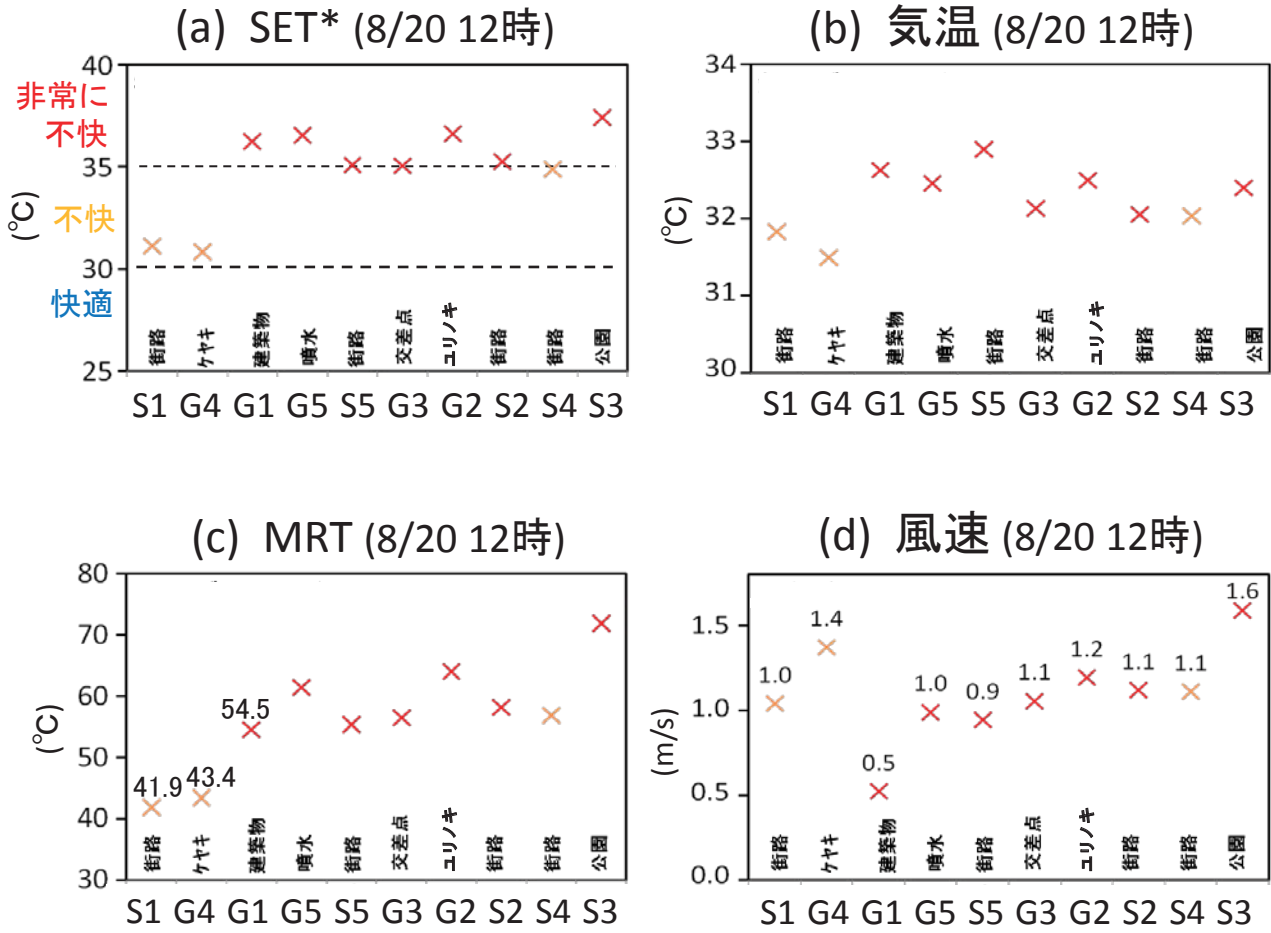


図12. 8月20日12時に観測された(a)SET*・(b)気温・(c)MRT・(d)風速の地点ごとの違い。

向環境になりやすかった。SET*が最も高くなった空間は、8月5日の外縁空間S5(38.1℃)と8月20日の外縁空間S3(37.4℃)であった。いずれも12時に記録されている。

一方、SET*が30～35℃の「不快」となることが多かった緑道空間のG1～G5には緑陰が、外縁空間のS1には建築物による日影が形成されていた。これらの空間は先述の外縁空間よりもSET*が3℃以上低かったことがわかる。SET*が最も低かった空間は緑道空間の緑陰部にあたるG4であり、8月20日12時のSET*は30.8℃であった。つまり、同一時刻で緑道空間の緑陰部と外縁空間の日向のあいだにはSET*に7℃もの差が生じていたことになる。

VI. 考察

臨港グリーンアベニューでの観測結果から、屋外空間の環境によってSET*に差がみられた。そこで、SET*の算出に用いた気象側要素と人体側要素

の条件がこの差にどの程度影響するか、検討してみた。以降では8月20日12時の観測データを用いて、議論する。

1. 気象要素の違いが温熱指標に及ぼす影響

例として、8月20日12時に観測されたSET*・気温・MRT・風速の地点間の違いを図12に示す。図中では左から天空率の小さい空間順に結果をプロットしてある。SET*(図12a)とMRT(図12c)のあいだには良い対応がみられるのに対し($r=0.93$)、SET*と気温はあまり良くない。一般に温冷感気温を主として判断されがちであるが、この結果は人間の温熱感覚を気温のみで評価するのは不十分であることを意味している。

それぞれ異なる天空率をもつS5・G3・S2・S4のSET*が同程度の約35℃となったが、これらのあいだには天空率が小さな空間ほど観測されるSET*が小さくなるような特徴はみられていない。天空率の小さ

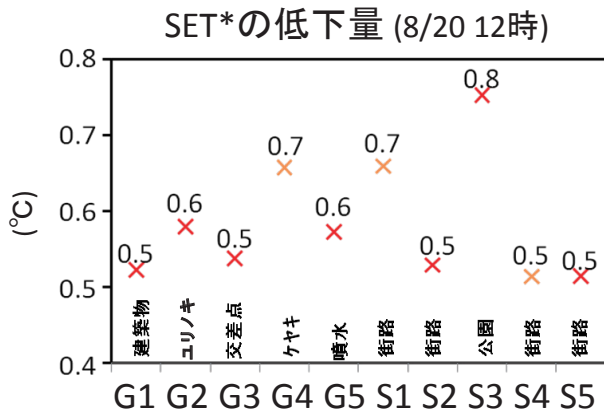


図13. 人体着衣量が0.27cloから0.22cloになった場合のSET*の変化。8月18日12時の結果。

な空間のなかでG1(天空率0.35)は、S1(天空率0.24)やG4(天空率0.28)よりもSET*が高くなっていた。S1の真上には高架、G1の周辺には高架と建築物、G4の周辺にはケヤキがそれぞれ存在していた。S1とG4のMRTはそれぞれ41.9℃と43.4℃であるのに対し、周辺に建築物が存在するG1は54.5℃と高くなっていたことから、G1の周辺に存在する建築物は低層のため、日中の直達日射を遮ることが難しかったと考えられる。実際に測定された全天日射量は、ケヤキのあるG4で11時50分に150W/m²であったのに対し、G1では12時11分に630W/m²を記録していた。また、S1とG4の風速がそれぞれ1.0m/sと1.4m/sであるのに対して、G1は0.5m/sと小さかった。G1は周辺建築物の構造上、風を遮断しやすい環境であったと考えられ、天空率の大きさだけでは空間のSET*が決定されないことがわかる。したがって日影を形成する目的で、単に屋外空間の天空率を小さくすることが、必ずしも暑熱緩和につながるとは限らないといえる。

2. 人体側要素の違いが温熱指標に及ぼす影響

人体の着衣状態を設定した「ランニングシャツ・Tシャツ・トランクス・長ズボン」の着衣量0.27cloから「Tシャツ・トランクス・長ズボン」の着衣量0.22cloになった場合のSET*の変化を求めてみた(図13; 8月20日12時での結果)。SET*が最も高かった公園のS3では0.8℃低下しており、緑陰のG4での低下量よりも大きな効果がみられた。S3は日向環境であった

が、G4に比べて風速も0.2m/sほど大きく、さらに相対湿度が4%低かったために皮膚表面から大気中へ向かう潜熱輸送が促進されたと考える。実際に着衣量0.22cloと0.27cloそれぞれに対して、G4において風速を0.2m/s大きく、相対湿度を4%低くしてSET*を再計算してみると、SET*の低下量が約0.1℃大きくなった。これらの結果から、着衣量を減らすことで暑熱緩和効果がより高く期待できるのは、ケヤキのような広い緑陰空間と、日向であっても風が強く相対湿度が低い条件をもった空間と考えられる。

VII. まとめ

市民の憩いの場として利用される都市緑道の暑熱緩和効果を定量化する目的で、2009年夏季に岡山市臨港グリーンアベニューにおいて温熱指標SET*による緑道の快適性評価を試みた。その結果、次のような点が明らかとなった。

(1) 観測されたSET*は、臨港グリーンアベニュー緑道の外縁空間である街路や小さな公園の日向環境下で高く、反対に緑道空間の内部では緑陰や隣接する建物の日影によって低かった。特に太陽高度が高くなる正午の時間帯には、臨港グリーンアベニュー緑道の緑陰と街路のあいだでSET*の差が7℃にも達していた。緑道内のケヤキ空間で観測されたSET*が、観測地点のなかで最も低かった。

(2) SET*の場所による違いを考察するため、各観測地点のMRTや風速などの気象要素とSET*の関係を分析した。その結果、SET*が低かったケヤキの緑道空間や高架下の外縁空間ではMRTの低下が確認でき、低層建築物が存在する別の緑道空間に比べて風速も大きくなっていった。

(3) 人体の着衣量を0.27cloから、ランニングシャツ1枚を脱いだ着衣量0.22cloへ減らしたときのSET*の低下量を調べてみた。SET*が最も低かったケヤキの緑道内ではSET*が0.7℃、反対にSET*が最も高かった外縁にある公園では0.8℃の低下がみられた。外縁の公園は日向環境であったが、緑道内の緑陰よりも風速が大きいことに加えて相対湿度も低かったため、皮膚表面から大気への潜熱輸送が促進された

結果と考えられる。したがって着衣量を減らすことで暑熱緩和が期待できる空間として、ケヤキの緑陰や、日向であっても風が強く相対湿度の低い空間があげられる。

謝辞

本研究では、岡山理科大学総合情報学部生物地球システム学科大橋研究室の2009年当時のゼミ生ならびに、岡山大学大学院自然科学研究科(現 公立鳥取環境大学環境学部)の重田祥範氏に観測を手伝っていただきました。天空率の算出には、CanopOn2(<http://takenaka-akio.cool.ne.jp/etc/canopon2/>)を使用しました。地上天気図と岡山地方気象台で観測された気象値は、気象庁より提供いただきました。この場をお借りして、心より御礼申し上げます。

引用文献

- ASHRAE (1993). 1993 ASHRAE Handbook: fundamentals.
- Gagge, A. P., J. A. Stolwijk and Y. Nishi (1971). An effective temperature scale based on a simple model of human physiological regulatory response. ASHRAE Trans., 77, 247-262.
- 花田嘉代子(1992). 着衣量, 温冷感シンポジウム「温熱環境測定法」. 空気調和・衛生工学会.
- 木内 豪(2001). 屋外空間における温冷感指標に関する研究. 天気 48-9: 15-21.
- 厚生労働省(2004). 日本人の食事摂取基準につい

- て 別添. <http://www.mhlw.go.jp/houdou/2004/11/h1122-2.html#betu>(2015年12月6日確認)
- 空気調和・衛生工学会(2006). 新版・快適な温熱環境のメカニズム -豊かな生活空間をめざして-. 231pp.
- 西 安信(1983). 人体と環境の熱交換(第2章). 温熱生理学. 理工学社. 656pp.
- 大橋唯太・小原洋輔(2014). 都市緑道の夏季気温低下効果について -岡山市西川緑道公園での気象観測-. *Naturalistae* 18: 1-11.
- Pickup, J. and R. de Dear (1999). An outdoor thermal comfort index (OUT SET*): Part I -The model and its assumptions. Proc. 15th Int. Congr. Biometeorol. and Int. Conf. Urban Climatol., Sydney, Australia, 279-283.

要旨

市民の憩いの場として利用される都市緑道の暑熱緩和効果を定量化する目的で、2009年夏季に岡山市臨港グリーンアベニューにおいて温熱指標SET*による緑道の快適性評価を試みた。臨港グリーンアベニューの緑道で観測されたSET*は特にケヤキの緑陰空間で低く、緑道の外縁空間である街路や小さな公園の日向環境下に比べて正午の時間帯で7℃もの差がみられた。ケヤキはその形態から緑陰を広く作ると同時に、高木であるため空間の風通しも良いことが、気象条件の解析から明らかとなった。このことがSET*の低下に効果的につながったと考えられる。

(2015年11月30日受理)