夏季屋外における SET*と温熱感覚の関係

正会員　○野口　裕一郎　1*
正会員　梅宮　典子　2**
正会員　小林　知広　3***

SET*　OUT_SET*　夏季屋外
温冷感　放射感　気流感

1. 研究の背景と目的

屋外温熱指標として,SET*を障害物のない屋外用に拡張した OUT_SET*[1)]や,さらに周囲建物からの長波長放射を考慮した SET*[2)] (本報では OUT_SET*-L と呼ぶ)が提案されている。本研究は,夏季日中の屋外で温熱環境測定と主観申告調査を行い,1)グローブ温度を用いる SET*, OUT_SET* および OUT_SET*-L の比較, 3 者の 2)温冷感との関係, 3)放射感,気流感の各段階別の温冷感との関係, 4) 熱的不快感との関係 について分析したので報告する。

2. 方法

2.1 温熱環境

測定位置(図 1):大学内で 2012 年の現場実測 [3)]の状態に近い街路両側に建物が存在する場所で,樹木や室外機の局所的な熱的影響を避けた。予備調査から路面状態以外の条件が同じ測定位置 1（未舗装）と 2（舗装）を選定した。

測定日時: 2013 年 9 月 10 日(12:00)～11 日(18:00),9 月 19(12:00)～20 日(18:00)で,天候はそれぞれ,曇時々晴,晴であった。**測定項目:** 表 1 に示す。

2.2 主観申告調査

温熱環境測定と並行して,14:00～18:00 に歩行者(大学生)に協力を依頼し,熱的主観申告調査を行った。温熱感覚は体調や前居場所での行動の後（記入開始 3～5 分後）に訊いた。延べ申告数は未舗装 98,舗装 95 である。温冷感は ASHRAE7 段階尺度で、その他の項目は表 2 に示す。

2.3 総合温熱指標の算出法(OUT_SET*, OUT_SET*-L)

気温,相対湿度,風速の実測値と MRT,代謝量は立位静止状態の 1.2met,着衣申告からの clo 値を用いて算出した。実測値は申告時の平均値を用いた。

SET*はグローブ温度と風速から式(1)で,OUT_MRT と OUT_MRT-L は屋上の日射量や路面や周壁の表面温度から式(2)と式(3)式で求めた。

$$MRT=t_g+2.35\sqrt{v}(t_g-t_a)\ [℃] \quad (1)$$

t_g:グローブ温度[℃] , v:風速[℃] , t_a:気温[℃]

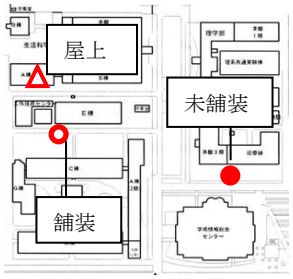

図 1　測定位置

表 1　測定項目

測定項目	測定機器	測定位置
温湿度（日射シールド）	T型熱電対	GL+ 0.4,1.2m
	小型温湿度計	GL+ 1.2m
グローブ温度	グローブ温度計	GL+ 1.2m
風向・風速	三杯式風向風速計	GL+ 2.0m
日射量	日射計	GL+ 1.8m
	直達日射計	屋上
	天空日射計	
表面温度	T型熱電対	GL+0.0,0.5,1.0m
	放射温度計	位置1:10,位置2:12 点
室外機吹出口温度	おんどとり	GL+ 0.5,2.0m

$$OUT_MRT=\left[\frac{f_p(1-\alpha_{cl})S\downarrow}{F_{eff}\sigma}+\frac{(1-\alpha_{cl})\{D\downarrow+(D\downarrow+S\downarrow)\alpha_{GND}\}}{\sigma}+T_L\right]^{0.25}\ [K] \quad (2)$$

$$OUT_MRT\text{-}L=\left[\frac{f_p(1-\alpha_{cl})S\downarrow}{F_{eff}\sigma}+\frac{(1-\alpha_{cl})\{D\downarrow+(D\downarrow+S\downarrow)\alpha_{GND}\}}{\sigma}+T_{MRT,L}^4\right]^{0.25}\ [K] \quad (3)$$

α_{cl}:衣服のアルベド[-](=0.4),α_{GND}:地表面アルベド[-](=0.1), $S\downarrow$:直達日射量[W/m^2], $D\downarrow$:拡散日射量[W/m^2],F_{eff}:有効放射面積率[-](=0.75),f_p:直達日射に対する人体の投影面積率[-],σ:ステファン・ボルツマン定数[W/m^{2}K^4](=5.67×10^{-8}),
T_L:長波長放射の放射温度[K],$T_{MRT,L}$:建物による長波長放射を考慮した放射温度[K]

3. 結果

3.1 SET*の算出結果（図 1）

周囲建物の長波放射を考慮した OUT_SET*-L は OUT_SET*より平均で約 4K 高い。グローブ温度から求めた SET*と OUT_SET*-L はほぼ一致している。

3.2 SET*と温冷感（図 2）

温冷感との関係は、グローブ温度と風速から求めた SET*と OUT_SET*-L とで温冷感との関係が異なる。未舗装と舗装で温冷感との関係が一致し, かつ温冷感各段階での分布のばらつきが OUT_SET*-L が SET*より小さい。

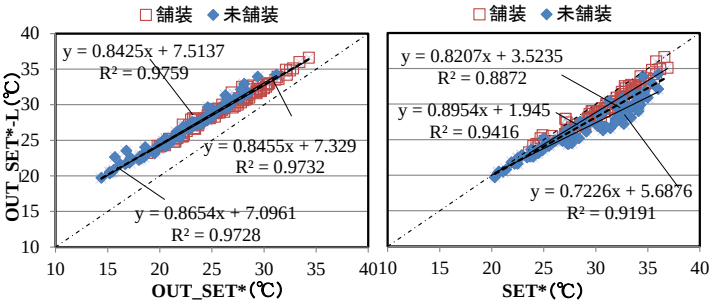

図 1　SET*の比較

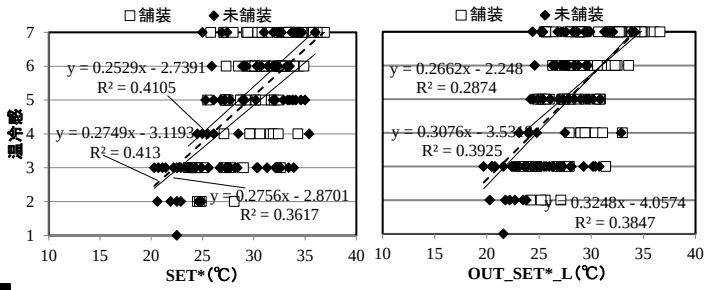

図 2　SET*と温冷感

表 2　尺度のカテゴリー

	1	2	3	4
熱的不快感	快適	少し不快	不快	非常に不快
気流感	感じない	少し感じる	感じる	非常に感じる
放射感	感じない	少し感じる	感じる	非常に感じる
発汗感	かいていない	少しかいている	かいている	たくさんかいている
下着の濡れ	濡れていない	濡っている	少し濡れている	濡れている

The relation between SET* and thermal sensation during the summer outdoors

Yuichiro Noguchi, Noriko Umemiya,Tomohiro Kobayashi

OUT_SET*-L は屋外温熱環境をより正確に表現できるといえる。

3.3 放射感や気流感の各段階別の SET*と温冷感の関係

<u>放射感別</u>:OUT_SET*-L,SET*と温冷感の関係はともに,「感じない」で相関が強く,「少し感じる」,「感じる」,「非常に感じる」で関係が弱い。「感じない」において OUT_SET*-L と SET*を比較すると, OUT_SET*-L の方が未舗装と舗装で温冷感との関係が一致する。

<u>気流感別</u>:気流感の変化が温冷感との関係に与える影響は小さく,OUT_SET*-L と SET*にも差はない。

3.4 SET*と熱的不快感 [4)]

未舗装舗装とも温冷感との関係より R^2 が小さい。放射感気流感の各段階別でも OUT_SET*-L と SET*の不快感との関係には差がなく(図略), OUT_SET*-L は不快感までは反映できないといえる。

4. まとめ

夏季日中街路上の温熱環境と歩行者の温熱感覚を測定した結果,1) OUT_SET*と OUT_SET*-L では,OUT_SET*-L の方が平均で約 4K 高く,SET*と OUT_SET*-L はほぼ一致する。2) SET*と OUT_SET*-L では, OUT_SET*-L の方が未舗装と舗装で一致し, かつ温冷感各段階での分布のばらつきが小さい。3) 放射感では,OUT_SET*-L と SET*で同様の傾向を示すが、放射感「感じない」においては,OUT_SET*-L の方が温冷感と関係が強い。気流感では両指標に違いがない。4) 熱的不快感との関係では,OUT_SET*-L と SET*に違いはない。

夏季屋外において、周囲の長波長放射を考慮しない OUT_SET*やグローブ温度から求めた SET*よりも OUT_SET*-L のほうが温冷感との関係において温熱環境を正確に表現できる。ただし放射を強く感じる環境では温冷感とうまく対応せず,熱的不快感との対応もよくない。

参考文献

1)J.Pickup,R. de Dear:,ICB Conference,279-283,1999. 2)真嶋ほか, 日本建築学会環境系論文集, 第 622 号, 41-48, 2007 3)野口ほか,空衛・近畿支部,257-260,2013 4)野口ほか,空衛・近畿支部,49-52,2014

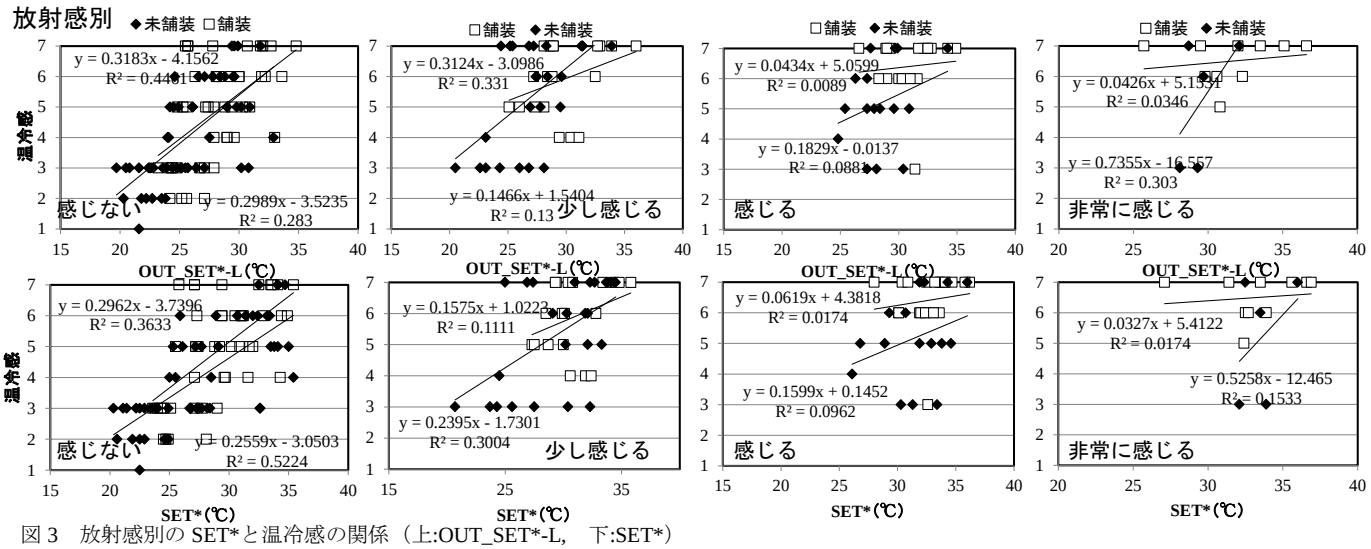

図 3 放射感別の SET*と温冷感の関係（上:OUT_SET*-L, 下:SET*）

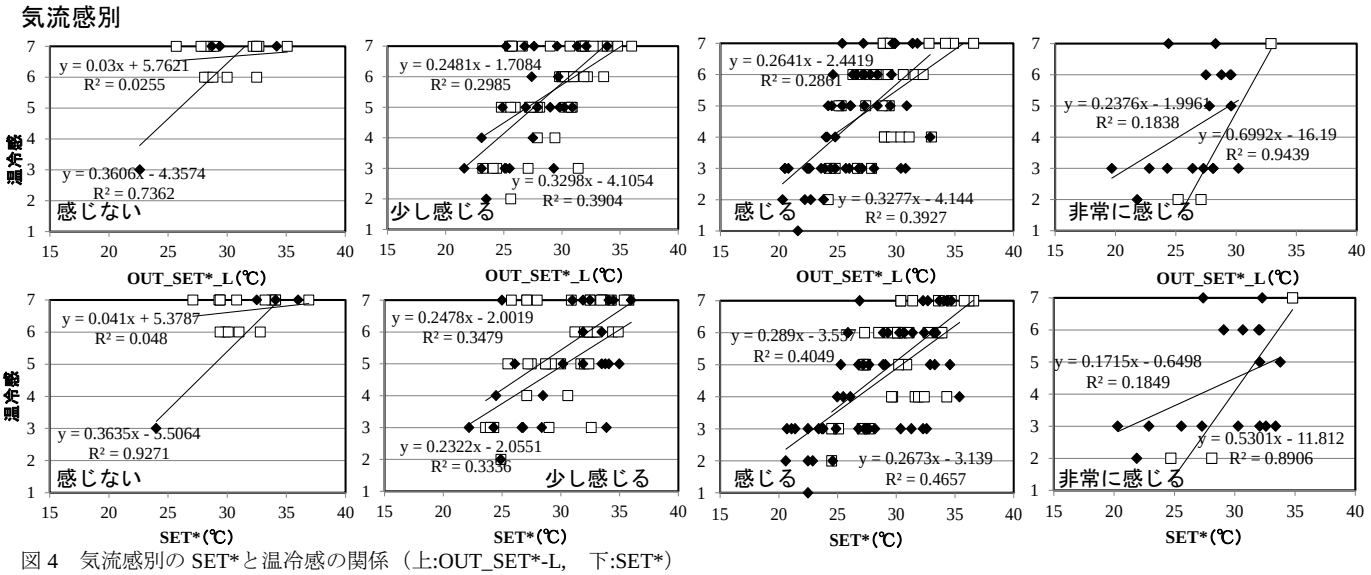

図 4 気流感別の SET*と温冷感の関係（上:OUT_SET*-L, 下:SET*）

*大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻 前期博士課程 *Graduate Student, Dept. of Urban Eng. , Osaka City Univ.
**大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻 教授・博(工) **Prof. , Dept. of Urban Eng. , Osaka City Univ., Dr. Eng
***大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻 講師・博(工) ***Lecture, Dept. of Urban Eng. , Osaka City Univ. , Dr.Eng.