

夏季日中における OUT_SET*-L の導入による温熱環境と温熱感覚について

Thermal environment and comfort of unpaved and paved alleys during summer days

○野口 裕一郎(大阪市立大学) 梅宮 典子(大阪市立大学) 小林 知広(大阪市立大学) 李 孝森(大阪市立大学)
荒井 哲朗 (大阪市立大学) 坂根 達也 (大阪市立大学) 片田 直宏(大阪市立大学) 大野 真斗(大阪市立大学)

Yuichiro NOGUCHI*¹ Noriko UMEMIYA*¹ Tomohiro KOBAYASHI*¹ Koushin RI*¹

Tetsuro Arai *¹ Tatsuya SAKANE *¹ Naohiro KATADA*¹ Masato Ono*¹

*¹ Osaka City University

For deeper analysis of thermal comfort, a survey of the thermal environment and sensation of unpaved and paved alleys was conducted during summer days in 2013. Results are presented below. 1) OUT_SET*-L from OUT_MRT-L considered long wavelengths from surrounding buildings as more suitable than SET* from MRT in outdoor environment temperatures. 2) In thermal sensations of unpaved compared to paved, a difference is apparent in thermal comfort, heat radiation sensations, inner wetting and perspiration, but not in sensations of air movement. 3) In OUT_SET*-L, no great suitability was found in heat radiation or inner wetting.

1. はじめに

夏季における大阪市内の阪南住宅地で未舗装街路と舗装街路の実測を行い、温熱環境・温熱感覚の面で涼しいこと示したが、SET*と温冷感との関係については、未舗装街路の方が舗装街路よりも相関が弱かった¹⁾。そこで、2013年夏に、新たな調査を行い、OUT_SET*-Lの導入による温熱環境と温熱感覚について分析したので報告する。目的は、1)SET*,OUT_SET*,OUT_SET*-Lの比較 2)放射感,気流感,発汗感,下着の濡れがOUT_SET*-Lと温冷感の関係に与える影響 3)放射感,気流感,発汗感,下着の濡れがOUT_SET*-Lと熱的不快感の関係に与える影響を分析することとする。

2. 方法

2.1 温熱環境測定

測定位置(図1):選定条件は大学内で2012年の現場実測の状態に近い場所として、路面の両側に建物が存在する場所とし、樹木の影響や室外機の影響による局所的な熱環境は避けた。複数回の子備調査から、路面が未舗装の測定位置1と路面が舗装の測定位置2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)~

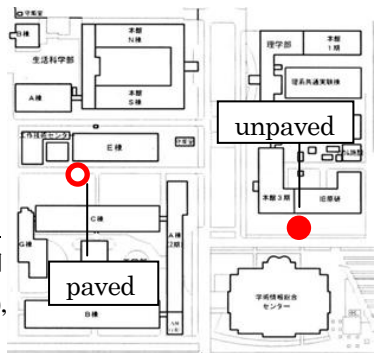


Figure.1 measurement place

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):**同じ測定項目に対しては毎回同じセンサーを用いた。

2.2 主観申告調査

温熱環境測定と並行して、14:00~18:00に通行人(大学生)を対象とした熱的主観申告調査を行った。述べ申告数は未舗装180、舗装161である。未舗装で日中に近接する10階建建物の陰になる時間が存在し、その時間を除いて分析を行う。以後、申告数は未舗装98、舗装95を対象に分析を進める。温冷感はASHRAE7段階尺度を用い、その他の項目は表2に示す。

2.3 総合温熱指標の算出法(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、着衣量を用いて算出した。実測値は各申告時の平均値を用い、着衣量は各人ごとに算出した。

Table.1 measurement items

measurement items	equipment	height(=GL+)	interval
air temperature・relative humidity (shield)	TCC	0.4,1.2m	10sec
	temperature/RH smart sensor	1.2m	10sec
globe temperature	globe thermometers	1.2m	10sec
wind direction・wind velocity	wind speed/direction smart	2.0m	10sec
solar radiation	silicon pyranometer smart sensor	1.8m	10sec
surface temperature	TCC	0,0.5,1.0m	10sec
	radiation thermometers	1.5m	1hr
nozzle temperature of outdoor equipments	T & D Recorder	0.5,2.0m	1min

Table.2 categories for scales

	1	2	3	4
Thermal comfort	comfortable	slightly uncomfortable	uncomfortable	very uncomfortable
Air Movement	not sensible	slightly sensible	sensible	very sensible
Heat Radiation	not sensible	slightly sensible	sensible	very sensible
Perspiration	not at all	slightly	moderately	profusely
Inner Wetting	dry	slightly damp	damp	wet

SET*はMRT((1)式)、de Dear ら²⁾による周囲に建物のない屋外を仮定した場合の OUT_MRT((2)式)、周囲に建物がある屋外を仮定した場合の OUT_MRT_L((3)式)³⁾の3通りで算出し、それぞれについて SET*を算出した。

$$MRT = t_g + 2.35\sqrt{v}(t_g - t_a) \text{ [}^\circ\text{C]} \quad \dots(1)$$

t_g :グローブ温度[$^\circ\text{C}$], v :風速[$^\circ\text{C}$], t_a :気温[$^\circ\text{C}$]

$$OUT_MRT = \sqrt[4]{T_{S\downarrow}^4 + T_{D\downarrow}^4 + T_R^4 + T_L^4} \text{ [K]} \quad \dots(2)$$

$T_{S\downarrow}$:直達日射を用いた放射温度[K], $T_{D\downarrow}$:拡散日射を用いた放射温度[K]

T_R :短波放射の反射による放射温度[K], T_L :長は放射による放射温度[K]

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

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], $S\downarrow$: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 : Stefan-Boltzmann 定数[$\text{W/m}^2\text{K}^4$]($\approx 5.67 \times 10^{-8}$), $T_{MRT,L}$:長波

放射による放射温度[K]

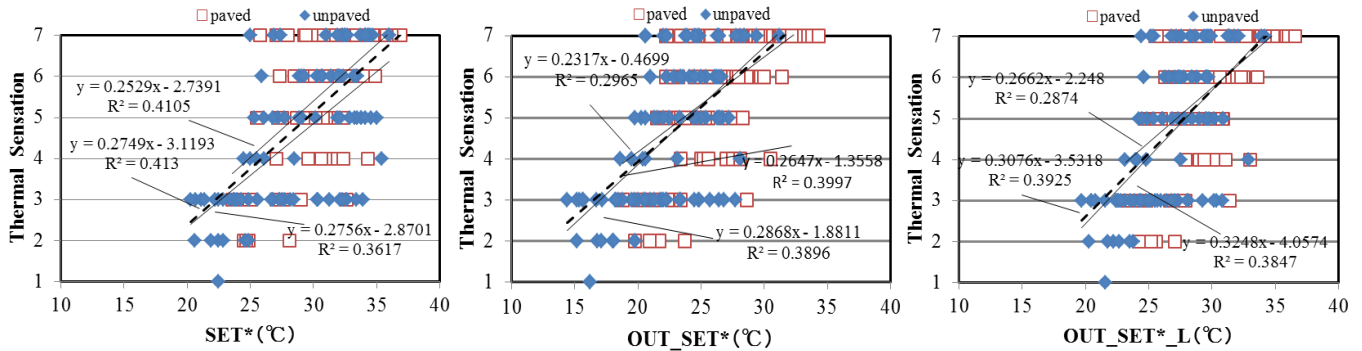


Figure.2 the relation between SET* and Thermal Sensation (left:SET* center:OUT_SET* right:OUT_SET*_L)

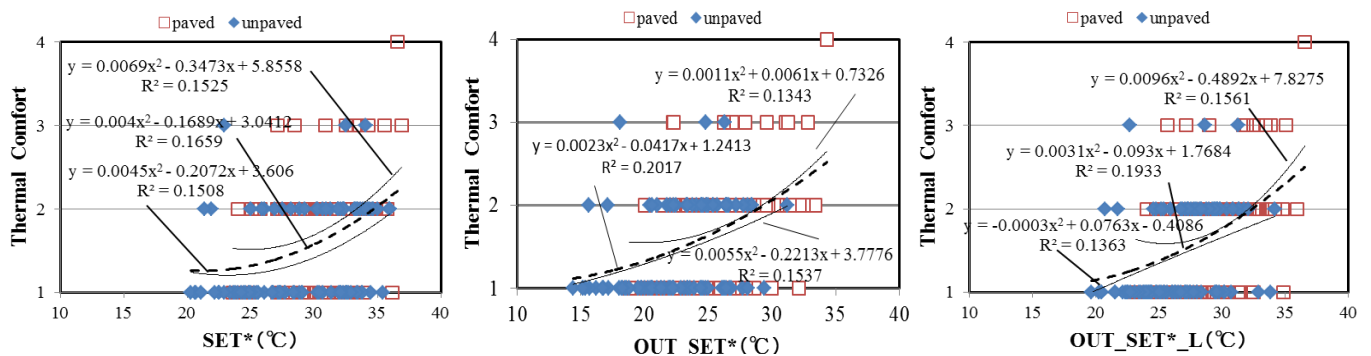


Figure.3 the relation between SET* and Thermal Comfort (left:SET* center:OUT_SET* right:OUT_SET*_L)

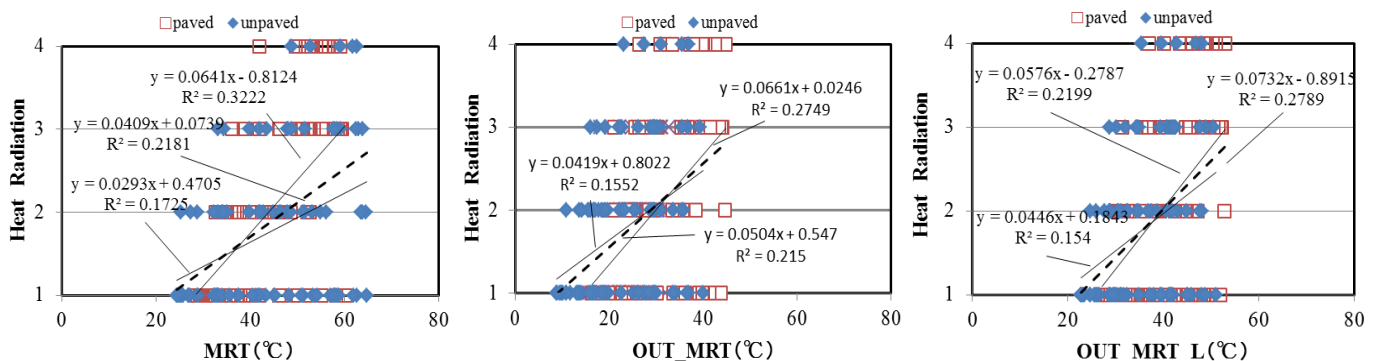


Figure.4 the relation between MRT and Heat Radiation (left:MRT center:OUT_MRT right:OUT_MRT*_L)

3. 結果

3.1 物理環境と温熱感覚

SET*と温冷感の関係(図2): 3通りの方法とも SET*と温冷感の関係は相関が高い。SET*に比べ OUT_SET*と OUT_SET*_L は未舗装と舗装で回帰式が一致している。また、OUT_SET*_L, OUT_SET*, SET*の順に温冷感の各尺度での分布の差は小さい。**SET*と熱的不快感の関係(図3)**: 熱的不快感での回帰は2次の回帰式とした。SET*に比べ OUT_SET*と OUT_SET*_L は未舗装と舗装で回帰式が一致している。SET*と熱的不快感の関係は SET*と温冷感の関係に比べると、未舗装と舗装で回帰式は一致しない。**MRTと放射感の関係(図4)**: MRTに比べ OUT_MRTと OUT_MRT*_L は未舗装と舗装で回帰式が一致している。また、OUT_MRT*_L, OUT_MRT, MRTの順に放射感の各尺度での分布の差は小さい。

OUT_SET*L が SET*・OUT_SET*より、未舗装と舗装による回帰式、申告の各段階でのばらつきが小さい。以下では、OUT_SET*L と温冷感・熱的不快感との関係について分析する。

3.2 感覚別にみる SET*と温冷感の関係 (図5, 図6)

放射感：放射を感じない方が未舗装と舗装の回帰式は一致する。放射を「少し感じる」,「感じる」場合は未舗装と舗装の分布に有意な差(p=0.08) , (p<0.05)があり, 未舗装の方が放射を感じても涼しい側に分布する傾向がある。

気流感：気流感の変化で、未舗装と舗装の回帰式に変化はなく、分布にも有意な差はない。**発汗感**：発汗感を感じない方が未舗装と舗装の回帰式は一致する。未舗装と舗装の一様性検定では、汗を「かいていない」場合は未舗装と舗装の分布に有意な差(p<0.05)があり,未舗装の方が涼しい側に分布する傾向がある。

下着の濡れ：汗により下着が濡れていない方が未舗装と舗装の回帰式は一致する。下着が「濡れていない」場合は,未舗装と舗装の分布に有意な差 (p<0.05)があり, 未舗装の方が涼しい側

に分布する傾向がある。

3.3 感覚別に見る SET*と熱的不快感の関係(図7, 図8)

放射感：放射を「感じない」場合は熱的不快感の未舗装と舗装の分布に有意な差(p<0.05)があり, 未舗装の方が快適側に分布し、同じ OUT_SET*L に対しても未舗装の方が快適側に分布する。**気流感**：気流を「感じる」場合は熱的不快感の未舗装と舗装の分布に有意な差 (p=0.07)あり,未舗装の方が快適側に分布し、同じ

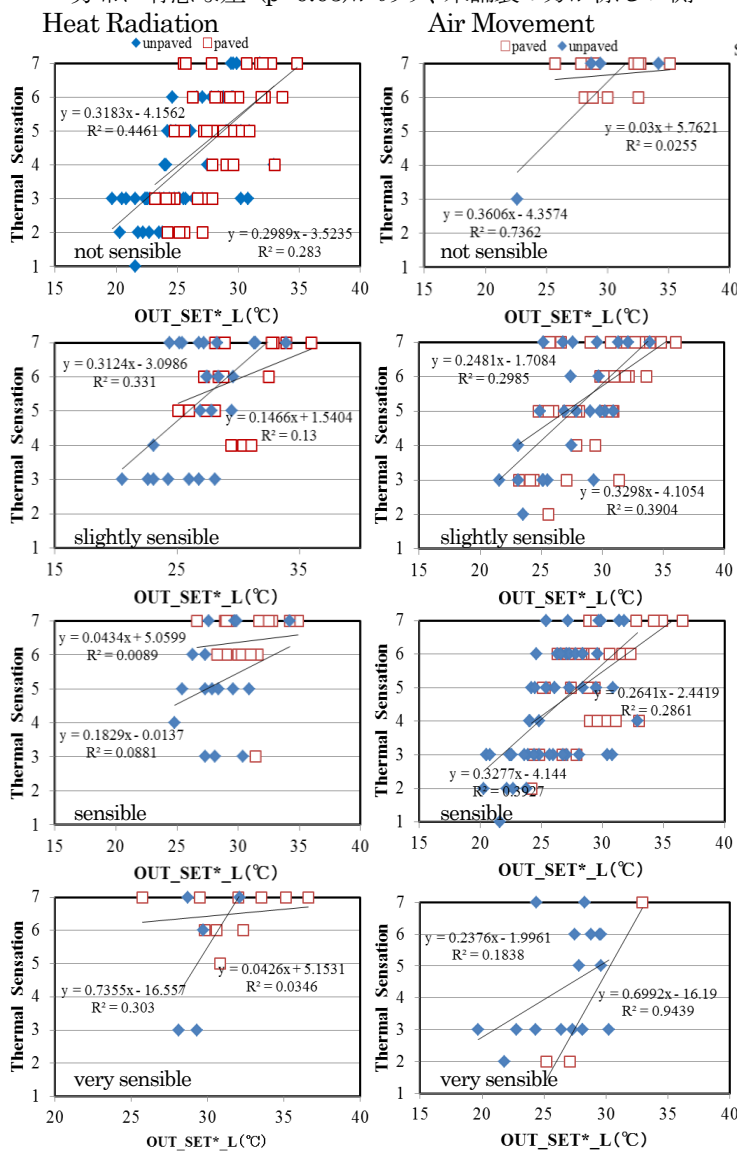


Figure.5 the relation between OUT_SET*L and Thermal Sensation(divided by each sensation)

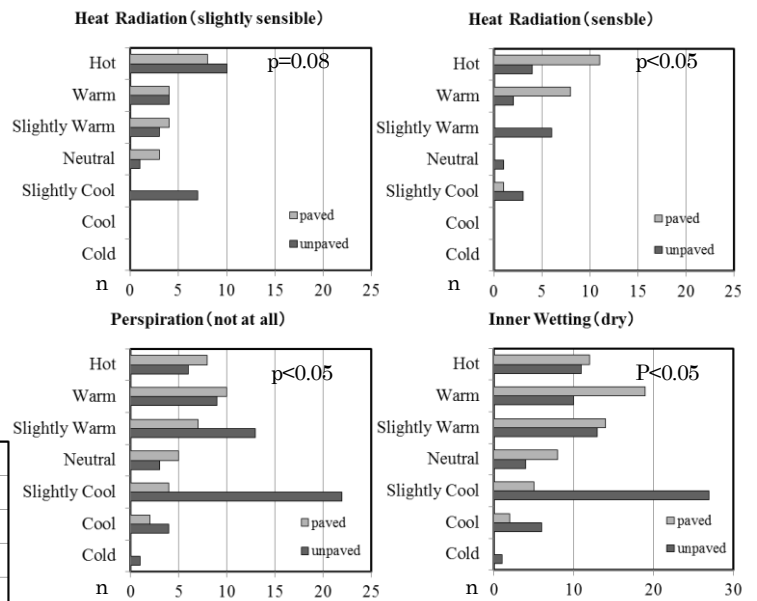
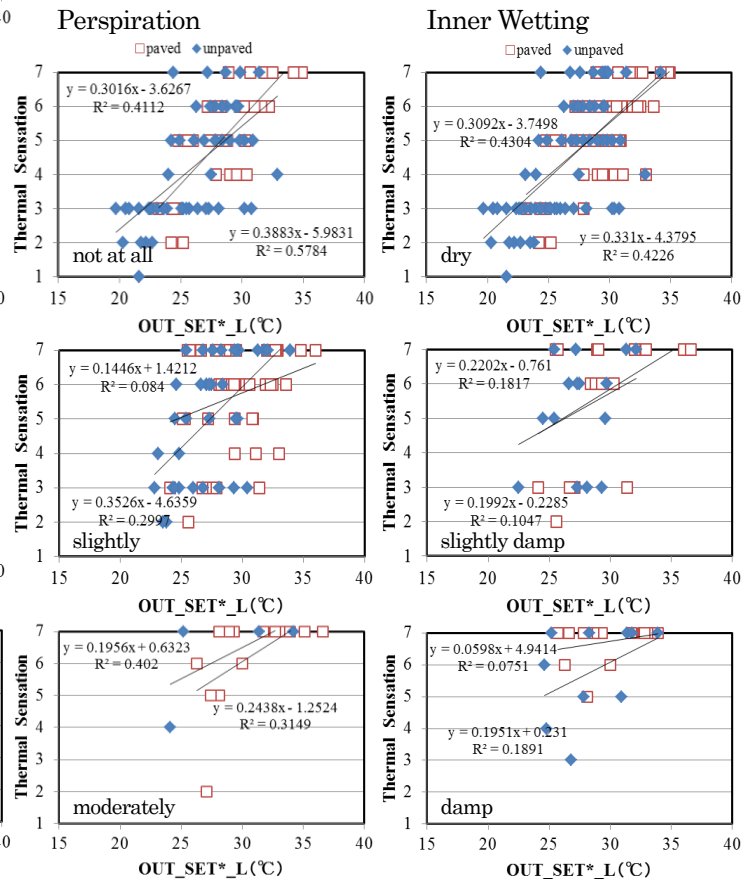


Figure.6 frequency distribution of Thermal Sensation



OUT_SET*-L に対しても未舗装の方が快適側に分布する。**発汗感**：汗を「かいていない」場合は熱的不快感の未舗装と舗装の分布に有意な差(p<0.05)があり,未舗装の方が快適側に分布し、同じ OUT_SET*-L に対しても未舗装の方が快適側に分布する。**下着の濡れ**：下着が「濡れていない」、「湿っている」の場合は熱的不快感の未舗装と舗装の分布に有意な差(p<0.05) ,(p=0.09)があり,未舗装の方が快適側に分布し、同じ OUT_SET*-L に対しても未舗装の方が快適側に分布する。

4. まとめ

大学内で夏季日中の未舗装と舗装街路上の温熱環境と温熱感覚を測定した結果、1)建物周壁からの長波長放射を考慮した OUT_SET*-L は,SET*・OUT_SET*よりも温冷感との関係において未舗装と舗装の差が小さく、申告の各段階に対するばらつきが小さい。2)熱的不快感との関係は温冷感との関係よりも未舗装と舗装の間で差が大きい。3)放射感,発汗感,下着の濡れは感覚があるときにはないときに比べて,OUT_SET*_L との相関が弱く、気流

感 は OUT_SET*-L と温冷感に与える影響は小さい。4)OUT_SET*_L と熱的不快感の関係で、放射感「感じない」,気流感は「感じる」,発汗感「かいていない」,下着の濡れ「濡れていない」で有意な差があり,同じ OUT_SET*-L に対しても未舗装の方が快適側に分布する。

参考文献

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

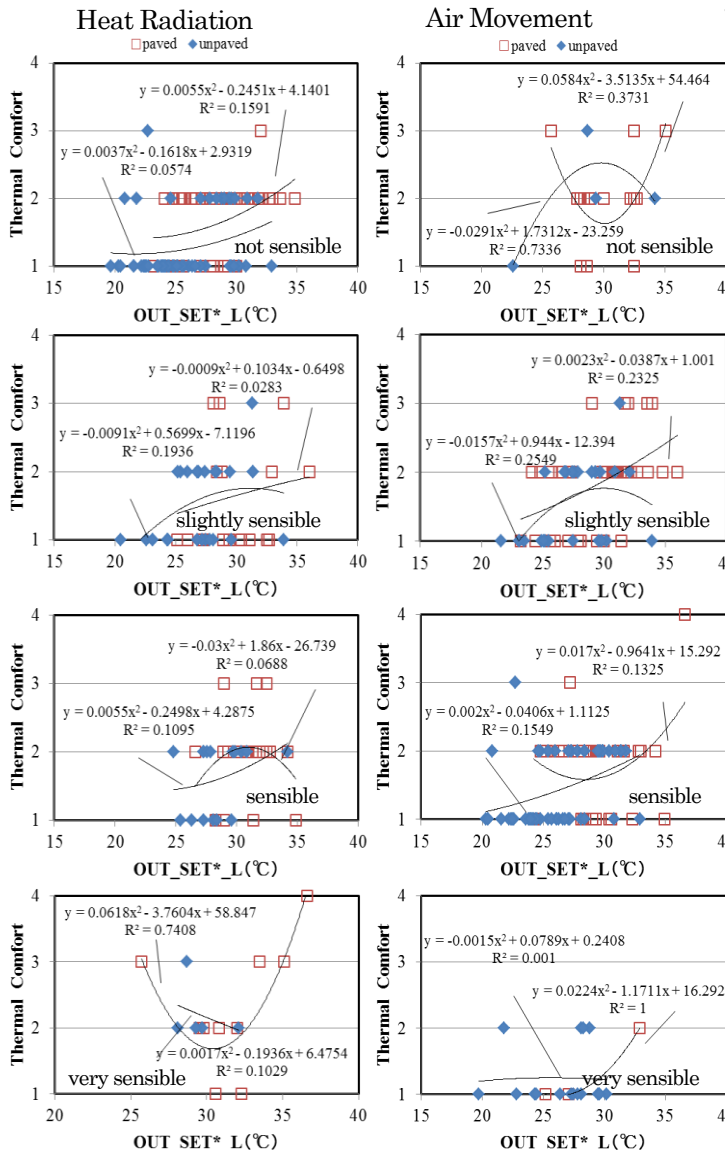


Figure.7 the relation between OUT_SET*-L and Thermal Comfort(divided by each sensation)

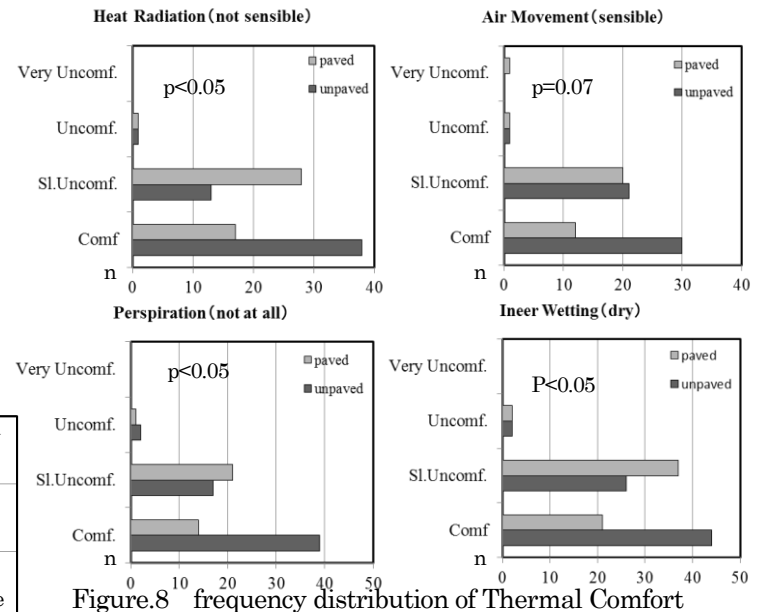


Figure.8 frequency distribution of Thermal Comfort

