

## 夏季における未舗装街路の温熱環境の実測

### Survey of the thermal environment of unpaved alleys in Osaka city during summer

○野口 裕一郎(大阪市立大学) 梅宮 典子(大阪市立大学) 片田 直宏(大阪市立大学) 平田 怜(大阪市立大学)  
谷口 友浩(大阪市立大学) 徳田 将人(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)

Yuichiro NOGUCHI Noriko UMEMIYA Naohiro KATADA Satoshi HIRATA  
Tomohiro TANIGUCHI Masato TOKUDA Tetsuro ARAI Tatsuya SAKANE

Synopsis :A survey of the thermal environment of unpaved alleys was conducted in Osaka during summer 2012. Results are shown below. 1) Air temperatures were low: an average of 0.4 K up to 1.9 K. 2) MRT is low: average of 1.0 K. 3) SET\* is low: average of 0.3 K and 1.0 K for windless nights. 4) No great difference was found in surface temperatures. 5) In terms of a thermal comfort survey, the distribution tends to be cool.

#### 1. はじめに

舗装材による熱環境改善に関する実験的研究として、赤川ら<sup>1)</sup>は湿潤舗装と遮熱舗装の熱環境改善効果を比較し、地上高さ 50cm における SET\*は遮熱舗装が湿潤舗装よりも最大で 2.5~3.0K 高いことを示し、重田ら<sup>2)</sup>は現場の保水性舗装面と舗アスファルト面を比較評価し、散水を行った場合の地表面温度は、保水性舗装面の方が低温に保たれる傾向があり、効果は夜間において明瞭であると示している。しかし、街区規模で未舗装街路がある現場の温熱環境を詳細に測定した例は少ない。

大阪市内において、大正 15 年に建設された初の市営分譲住宅地<sup>3)</sup> (南北 200m,東西 100m)は現在も下見板張りの木造住宅の当初の状態を比較的良好に維持されており、南北方向を通る道路は今も舗装されずに残されている。

そこで本研究は、都心において比較的広範囲に未舗装街路が残されているこの地区に着目し、この地区の未舗装街区と隣接の一般的な舗装街区において夏季の日中から日没後にかけて、温熱環境測定と熱的主観申告調査を行い、未舗装街区が温熱環境に与える影響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

**街区の選定**(図 1)(写真 1):未舗装街路を有する街区(以下,“未”)の対照街区として、1)温熱・気流環境を考慮し、幹線道路からの距離が同程度、2)周縁街路の東西、南北方向の抜け方が同様、3)建物表面素材が同様、を条件に、北へ 330m 離れた舗装街路を有する街区(以下,“舗”)を選定した。図 1 の斜線部に示す東と西の街路のみ未舗装であり、未舗装でも縁石から約 80cm はコンクリートで舗装されている。幅は“未”の東、南、西側が約 5m,北側が約 3m,“舗”の東、南側が約 5m,西、北側が約 4m である。

**測定日時**:2012 年 7 月 24~25 日 16:00~6:00,8 月 23~

24 日 16:00~6:00,9 月 13~14 日 16:00~7:00 で、天候はそれぞれ、曇時々晴、曇一時雨、晴一時曇であった。

**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<sup>注 1)</sup>。風速は三杯式風速計を用いた**測定位置**(図 1):各街区の東,南,西,北側に 1ヶ所ずつとした。交差点付近を避け、気温や気流に影響する空調室外機や温水器、窓からできるだけ離し、天空率が同様になるように選定した<sup>注 2)</sup>。機材の都合上、各街区に 2 セットの測定機を用い、1 台は東に固定し(東 1 と称す)、



Figure.1 measurement district and measurement place (left:unpaved district right:paved district) the slashed portion:unpaved

Table.1 ,measurement items

measurement items	equipment	height(=GL+)	interval
air temperature · rervative	TCC	1.2m	10sec
humidity (shield)	etemperature/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	0.1.0m	10sec
	radiation thermometers	0.1.5,4.0m	60min/time



Photo.1 alleys of east side(left:unpaved district right:paved district)

もう1台は東南西北の順に移動させて各測定点で5分固定して測定した。表面温度は“未”で壁面2点と路面2点、“舗”で壁面2点と路面1点において、異なる材質について定点付近で連続測定した。さらに放射温度計を用いて街路に面する住宅の1階と2階の壁面の異なる材質を測定点に選定した(“未”で計16点、“舗”で計12点)。路面の表面温度は測定位置の近くで街路の両端部と中央部の3点を測定した。移動観測には測定者2名が付き、測定点に測定セットを固定して測定する間にこれらの表面温度測定を実施した。

## 2.2 主観申告調査

温熱環境測定実施時に、定点付近で7月は11人、9月は10人の大学生を被験者とした熱的主観申告調査を行った。被験者は両街区を移動して移動から十分に時間をおいて後に申告すること(所要約5分)を15~19時の間に30分おきに2回繰り返して1人あたり4回申告した。のべ申告数は7月44、9月40である。温冷感

ASHRAE7段階尺度(温冷感1)の他に、「非常に涼しい」~「非常に暑い」からなる尺度も用いた。

## 2.3 総合温熱指標の算出法

気温、相対湿度、風速の実測値と(1)式によるMRT、代謝量は着座状態の1.2met、着衣量は各測定日の平均値(7月0.43,8月0.38,9月0.38clo)を用いてSET\*を算出した。

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

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

## 3.測定結果

### 3.1 温熱環境 (図2~4)

**気温**: 図2から定点(東1)における気温は全時間帯の平均値で見ると7月は0.5K(“未”:28.6 $^\circ\text{C}$ 、“舗”:29.1 $^\circ\text{C}$ ),8月は0.3K(“未”:28.3 $^\circ\text{C}$ 、“舗”:28.6 $^\circ\text{C}$ ),9月は0.4K(“未”:28.3 $^\circ\text{C}$ 、“舗”:28.7 $^\circ\text{C}$ ),“未”が“舗”よりも低い。図3に各月の移動点における気温(時刻補正)も含めて示す。同時刻の気温差「舗」における気温と“未”における気温の5×5の組み合わせの差」は7月においては

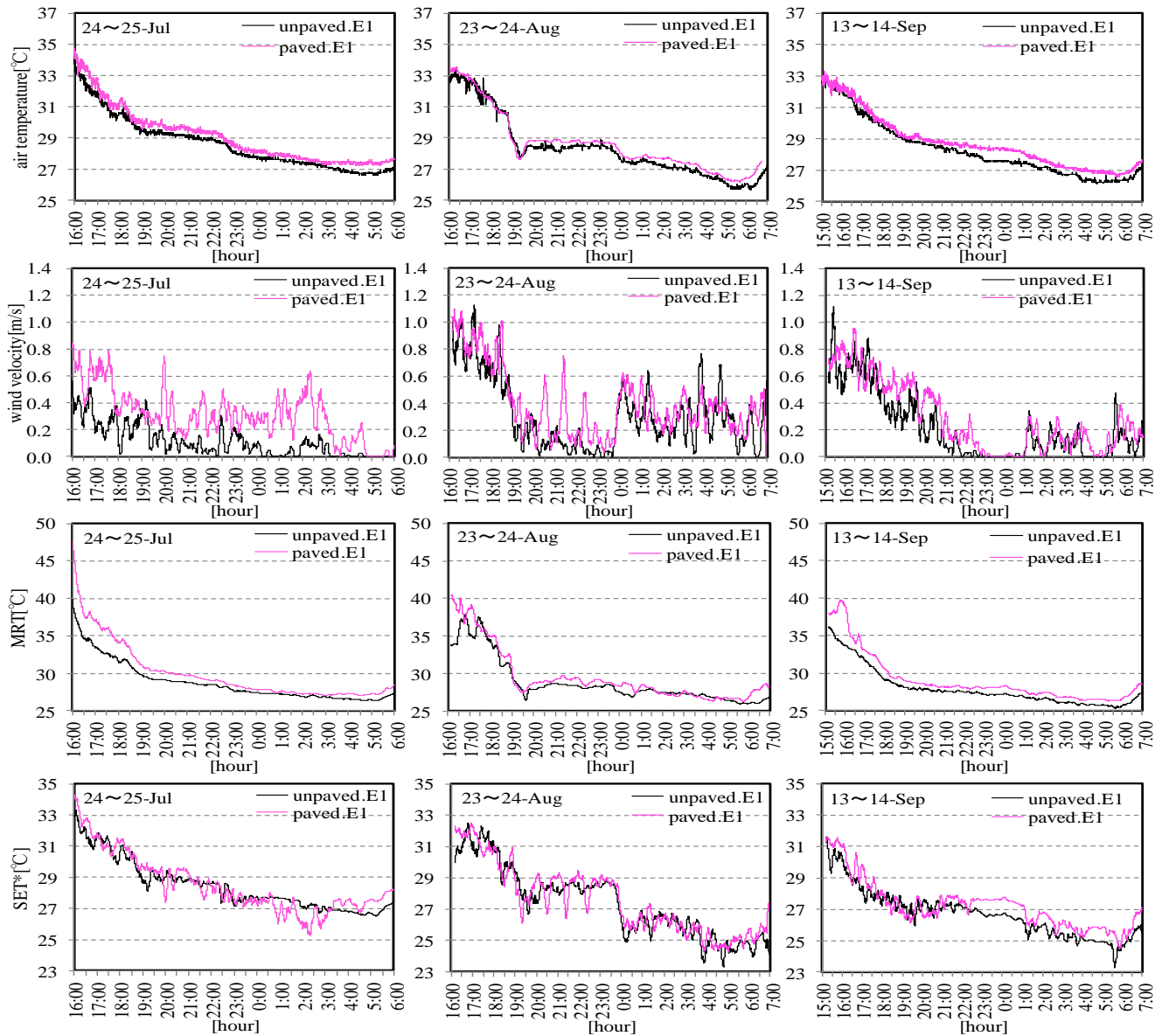


Figure.2 thermal environment of East1

-0.3~1.2Kであり(22時台に“舗”西-“未”北で-0.3K、17時台に“舗”東2-“未”北で1.2K)、8月は-0.4~1.8Kであり(17時台に“舗”西-“未”東2で-0.4K、16時台に“舗”東1-“未”西で1.8K)、9月は-0.2~1.9Kである(17時台に“舗”北-“未”東2で-0.2K、15時台に“舗”西-“未”北で1.9K)。日中に限定すると、7月においては-0.2~1.2Kであり(17時台に“舗”北-“未”東2で-0.2K、17時台に“舗”東2-“未”北で1.2K)、8月は-0.4~1.8Kであり(17時台に“舗”西-“未”東2で-0.4K、16時台に“舗”東1-“未”西で1.8K)、9月は-0.2~1.9Kである(17時台に“舗”北-“未”東2で-0.2K、15時台に“舗”西-“未”北で1.9K)。日没後に限定すると、7月においては-0.3~0.7Kであり(22時台に“舗”西-“未”北で-0.3K、21時台に“舗”東1-“未”東1で0.7K)、8月は-0.3~0.8Kであり(3時台に“舗”東1-“未”北で-0.3K、5時台に“舗”南-“未”東1で0.8K)、9月は-0.1~0.9Kである(18時台に“舗”北-“未”北で-0.1K、23時台に“舗”東2-“未”東1で0.9K)。日中は“未”北側が、日没後は“未”東側の気温が低いことが多い。これは、日中は“未”北で日射受熱量が少ないこと、日没後は“未”東で路面温度が低く、表面温度の低い樹木の形態係数が大きいことが関係していると考えられる。**風速**: 図4より、

天空率をそろえた8,9月は、両街区ではほぼ同程度であり、“未”における樹木の風速への影響はない。図5より、7,9月の風速は“未”、“舗”ともに南側が大きい傾向にある。

**MRT**: 図4より、全時間帯の平均値で見ると7月は1.2K(“未”:28.7℃、“舗”:29.9℃)、8月は0.8K(“未”:28.8℃、“舗”:29.6℃)、9月は1.1K(“未”:28.0℃、“舗”:29.1℃)、“未”が“舗”よりも低い。移動点においては、全時間帯の平均値で見ると7月は0.2K、9月は0.4K、“未”が“舗”よりも低い。**SET\***: 全時間帯の平均値で7月は0.1K(“未”:28.4℃、“舗”:28.5℃)、8月は0.2K(“未”:27.4℃、“舗”:27.6℃)、9月は0.6K(“未”:26.7℃、“舗”:27.3℃)、“未”が“舗”よりも低い。9月の風のない23~1時においては“未”が“舗”より1.0K低い。SET\*は風速の影響を大きく受けるので、移動点においては、“未”が“舗”よりも低い傾向は表れていない。

### 3.2 表面温度(図5, 図6, 表2, 表3)

図5,6に各月の全時間(7月:16:00~6:00,8月:16:00~7:00,9月:15:00~7:00),日没前(7月:16:00~19:00,8月:16:00~18:00,9月:15:00~18:00),日没後(7月:19:00~6:00,8月:18:00~7:00,9月:18:00~7:00)における平均表面温度を示す。表面温度は、壁面・路面ともに街区間に差はなく、日没前は壁面で南側,西側,路面で南側の表面

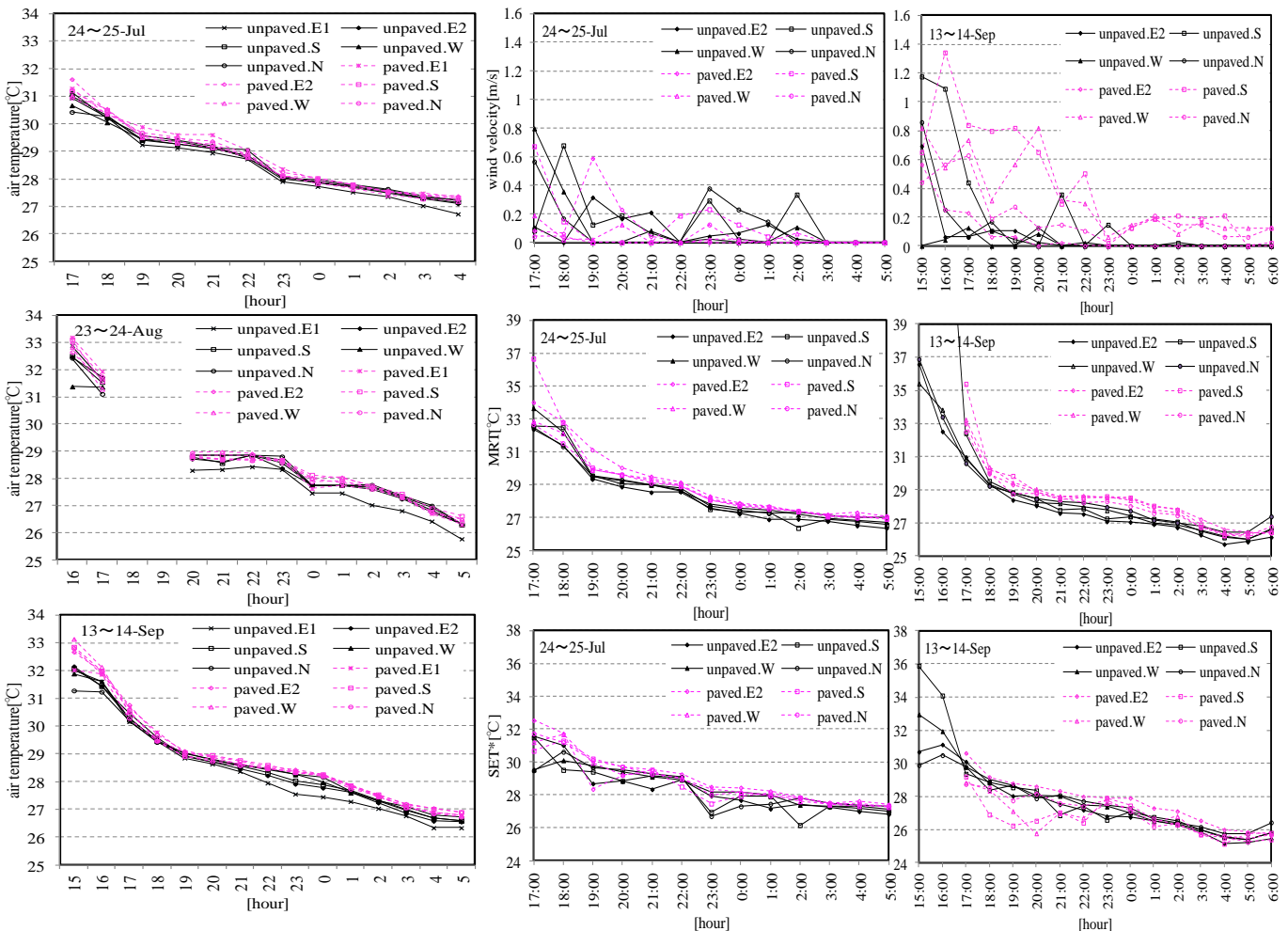


Figure.3 air temperature of each measurement point

Figure.4 thermal environment of each measurement point

温度が高く、日没後は壁面、路面ともに表面温度は素材によるところが大きい。

### 3.3 熱的主観申告

図7に主観申告の出現率を示す。“未”が“舗”よりも涼しい側に、風を感じる側に、湿っている側に分布する。熱的不快感、放射感、街区間で差はない。図8に各被験者の着衣量に基づく定点のSET\*と温冷感の関係を7,9月合わせて示す。“未”における申告は“舗”ほどはSET\*に対応していない。同じ回答者での比較を行うと、温冷感で暑い側に分布する際、“未”の方が不快側に分布した。

### 4. まとめ

夏季の3日間、日中から翌朝にかけて大阪市内の未舗装街区と舗装街区の街路上の温熱環境と温熱感覚を測定した。1)未舗装街区の気温は、全時間帯の平均値で0.4K(定点)、同時刻における気温差は全時間帯で平均0.7K、最大では33.1℃に対して31.2℃と1.9K(定点+移動点)、日没後に限定すると、全時間帯で平均0.3K、最大では28.4℃に対して27.5℃と0.9K低い。2)MRTは全時間の平均値で1.0K未舗装街区が低い。3)SET\*は全時間の平均値で0.3K、夜間の風のない時、27.6℃に対して26.6℃と1.0K未舗装街区が低い。4)表面温度は街区間に差はない。日中は日射が、日没後は素材が影響する。5)熱的主観申告では未舗装街区の方が涼しい。SET\*と温冷感の相関は未舗装街区で弱い。

#### 注

1) 気温にはT型熱電対と小型温湿度計の2種類で測定し、日

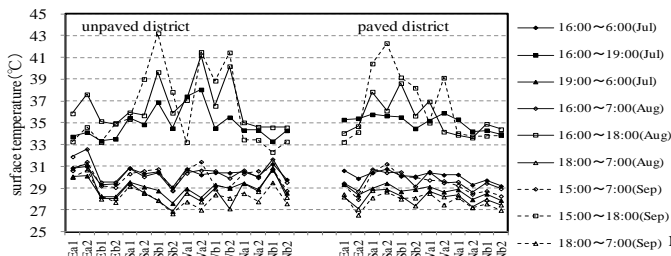


Figure.5 mean surface temperature of walls

Table.2 materials of measurement point(wall)

alley direction	East				South				
	measured point	Ea1	Ea2	Eb1	Eb2	Sa1	Sa2	Sb1	Sb2
unpaved district	concrete	concrete	wood	mortar	blowed tile	blowed tile	tile	blowed tile	
paved district	blowed tile	blowed tile	-	-	wood	mortar	mortar	wood	
alley direction	West				North				
	measured point	Wa1	Wa2	Wb1	Wb2	Na1	Na2	Nb1	Nb2
unpaved district	blowed tile	blowed tile	blowed tile	blowed tile	mud	mud	blowed tile	blowed tile	
paved district	tin	tin	-	-	tile	tile	blowed tile	blowed tile	

Table.3 materials of measurement point(road)

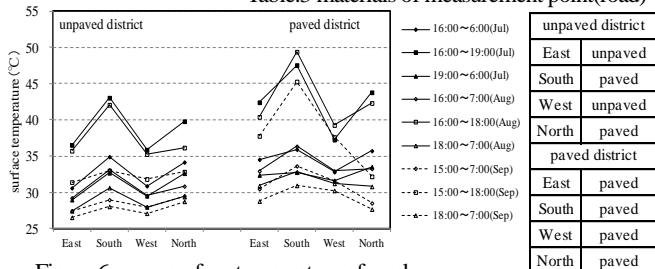


Figure.6 mean surface temperature of roads

	East	unpaved
South	paved	
West	unpaved	
North	paved	
		paved district
East	paved	
South	paved	
West	paved	
North	paved	

射のない半屋外と気候室内でアスマンを基準に校正した。半屋外では2種類のセンサーを同じシールド内に入れ、実測と同じ組み合わせで測定した。9月の測定では途中から“未”定点の熱電対の測定値に異常があり、コネクタ部における接触不良が推測されたため測定後に気候室において他のセンサーとともに校正した。実測時の温度帯と近いことから、“未”定点の9月を除くその他のセンサーについては半屋外の校正式を用いた。

Table.4 the result of calibration

unpaved.fixed	TCC	$y=0.9999x+0.0295$ $y=x+0.248(13-Sep,17:40\sim)$
	temperature/RH smart sensor	$y=1.0209x-0.655$
unpaved.movement	TCC	$y=0.9588x+1.1117$
	temperature/RH smart sensor	$y=0.922x+2.375$
paved.fixed	TCC	$y=0.9644x+0.8949$
	temperature/RH smart sensor	$y=1.0038x-0.1977$
paved.movement	TCC	$y=0.9545x+1.1525$
	temperature/RH smart sensor	$y=1.0143x-0.409$

2) 天空率は“未”において東1(定点):36.5,東2:36.9,南:36.8,西:27.5,北:23.2%，“舗”において東1(定点):39.4,東2:43.4,南:52.5,西:27.7,北:32.8%である。

#### 参考文献

- 赤川ほか: 湿潤舗装と遮熱舗装上の温熱環境改善に関する実験的研究, 建・論文集 623, 85-91, 2008
- 重田ほか: 埼玉県熊谷市の駅前通りに施工された保水性舗装の熱的性能評価, 日生気誌, 49(3), 2012
- 中嶋ほか: 大阪市営北島住宅について, 建・近畿支部, 925-928, 2001
- 真嶋ほか: 都市内街区における路地の熱的快適性評価, 建・論文集 622, 41-48, 2007
- 田中ほか: 東横堀川周辺水辺空間の暑熱緩和効果について, 空衛・近畿支部, 142-146, 2007

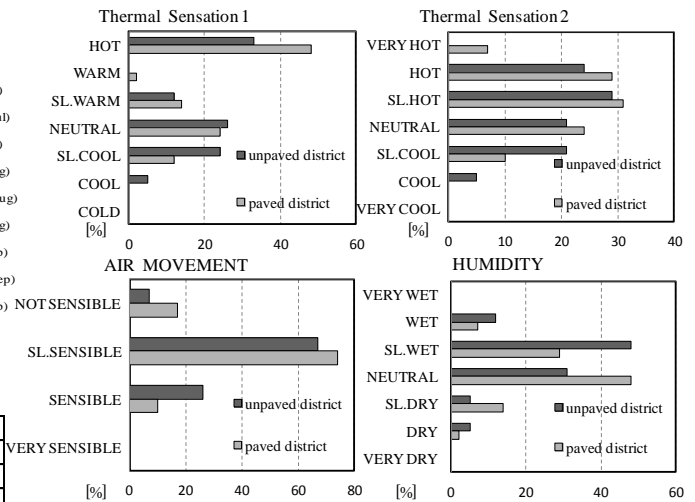


Figure.7 frequency distribution

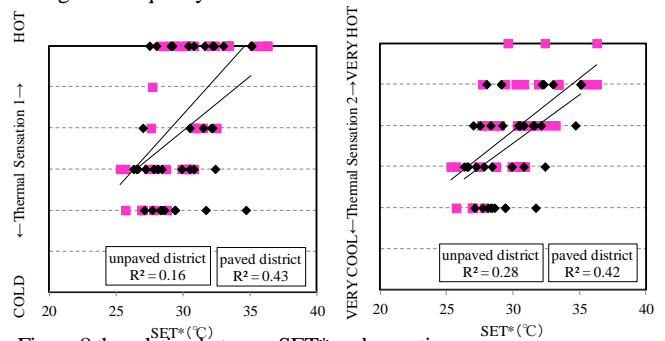


Figure.8 the relation between SET\* and sensations