

東横堀川周辺水辺空間の暑熱環境緩和効果について

Mitigation Effect of Thermal Environment of the Waterside Space of Higashiyokobori River

田中貴士（大阪市立大学） 梅宮典子（大阪市立大学） 大倉良司（大阪市立大学）
川本真史（大阪市立大学） 野村祐紀（大阪市立大学）

Takashi Tanaka*¹ Noriko Umemiya*¹ Ryoji Okura*¹ Masafumi Kawamoto*¹ Yuuki Nomura*¹

*¹ Osaka City University

Synopsis: Measurement of the thermal environment and thermal comfort survey for pedestrians were carried out in urban districts in Osaka in summer and autumn. Results for the district near waterway and without waterway were compared. 1) Air temperature was 0.2 to 2.0K higher and SET* was 0 to 4.8K higher for the district without waterway. 2) Relative frequency of ‘cool’ was 11 to 17 % lower and that of ‘uncomfortable’ was 13 % higher for the district without waterway. 3) Neutral temperature was 0 to 4.0 K lower for the district without waterway than that near waterway.

1 はじめに

建築屋外や都市の温熱環境は、室内のそれとは異なり、独特の温熱環境が形成されている。特に、変動性や熱放射・風環境などは複雑に絡み合っている。そのため、人間の体感を考えた場合に、室内温熱環境における体感とは大きく異なることが予想される。都市におけるヒートアイランド現象の場合の影響も物理的環境ばかりではなく人間の体感的側面からも研究する必要があると考えられる。つまり、ヒートアイランドの促進による暑熱障害や暑熱環境の問題を考えると、屋外温熱環境の熱的主観評価が不可欠である。

本研究では都市の屋外空間において、夏季の暑熱環境の緩和効果が期待される緑地や水辺、特に都心の水辺空間である「堀川」に着目し、温熱環境の実測と街路歩行者の温冷感申告調査を実施して、以下について明らかにすることを目的とする。

1) 付近に堀川が存在する街路を対象とした実測結果から

温熱環境の実態、

2) 通行者の熱的主観申告調査による街路の熱的快適性を評価し、堀川の暑熱緩和効果。

調査対象として大阪市の中心部に残存する堀川である東横堀川を選んだ。

2 調査概要と分析方法

東横堀川は、川の上空を高速道路の高架が通るという特異な形態を有している。調査対象街区は大阪市中央区道修町1丁目付近の東横堀川付近の高速道路高架の西側の街路

Table 1 Measured Items

Measured Item	Height	Interval
Air Temperature	GL+1.2m	1min
Globe Temperature	GL+1.2m	1min
Air Velocity/direction	GL+2.0m	1min
Solar Irradiance	GL+1.8m	1min
Surface Temperature	—	15min

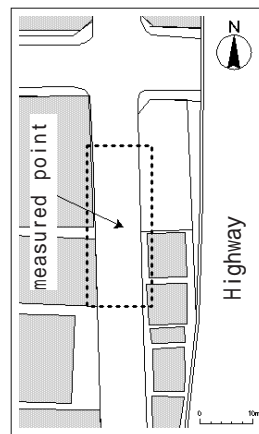


Figure 1 West district

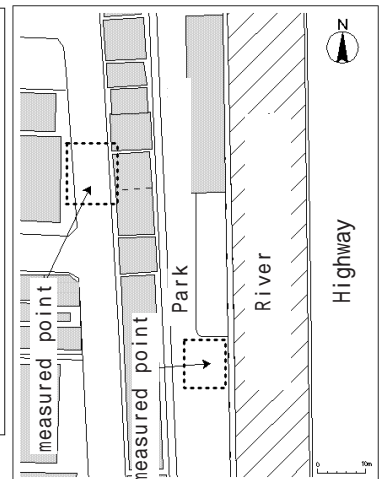


Figure 2 East district

	3	2	1	0	-1	-2	-3
Thermal Sensation 1	Hot	Warm	Slightly Warm	Neutral	Slightly Cool	Cool	Cold
Thermal Sensation 2	Very Hot	Hot	Slightly Hot	Neutral	Slightly Cool	Cool	Very Cool
Thermal Comfort	Very Uncomfortable	Uncomfortable	Slightly Uncomfortable	Comfortable			

Figure 3 Categories for Scales

周辺の街区と、比較のために街路の東側にあり川に直接面した東横堀川河岸公園、および周辺に堀川のない大阪市西区靱本町付近の高速道路高架の西側の街路周辺の街区の3箇所とした。西側の街区の高速道路は、かつての西横堀川を埋め立てた跡地の上を通っており、下側は駐車場などに利用されている。図1、図2に各街区と測定点の配置図を示す。以降、東横堀川付近の街区を「東」、東横堀川河岸公園を「公園」、付近に堀川のない街区を「西」と称す。

2.1 温熱環境の測定概要

夏、中間期において東、西、公園において、温熱環境の測定を行った。夏の測定は2006年7月、8月、9月の5日間、中間期の測定は10月の1日間に日中、9:00から17:00までのあいだにおこなった。

街路の温熱環境測定は東(堀川あり)で2箇所、西(堀川なし)で2箇所、公園で1箇所の計5箇所ですべて同時に行った。測定項目を表1に示す。街路の両側(東側と西側)で温湿度、グローブ温度、表面温度を測定した。

温湿度の測定には日射シールドをつけて直射の影響を受けないように工夫した。

2.2 物理的温熱指標の算出法

R.de Dearらは屋外空間における日射の影響を考慮した平均放射温度(OUT_MRT)の算出の提案を行っている。本研究では、都市キャニオンの建物からの影響を考慮する必要があるため、周壁面からの長波長放射を考慮してOUT_MRTの算出を行った。

SET*はGaggeらの人体熱平衡モデルに従い、実測値(気温、相対湿度、風速、MRT)及び代謝量(歩行状態を仮定して2.0metとした)と着衣量(後述する熱的主観申告調査に基づき回答者ごとに求めた)から算出した。

2.3 歩行者の熱的主観申告調査

温熱環境測定と同時に、街路歩行者にその場で協力を求めて、熱的主観申告の調査をおこなった。申告調査は、東の街区と西の街区で同時におこなった。調査項目は、温冷感、快適感、気流感、放射感など、着衣量を主として、他に、堀川や都市高温化に対する意識、自宅や職場での冷房使用実態などである。図3に、使用した温冷感尺度、熱的快適感尺度のカテゴリーを示す。温冷感の測定にはASHRAE標準尺度と、「暑い」「涼しい」からなる夏季の感覚に近いと思われるカテゴリーで表した独自の尺度の2通りを用いた。

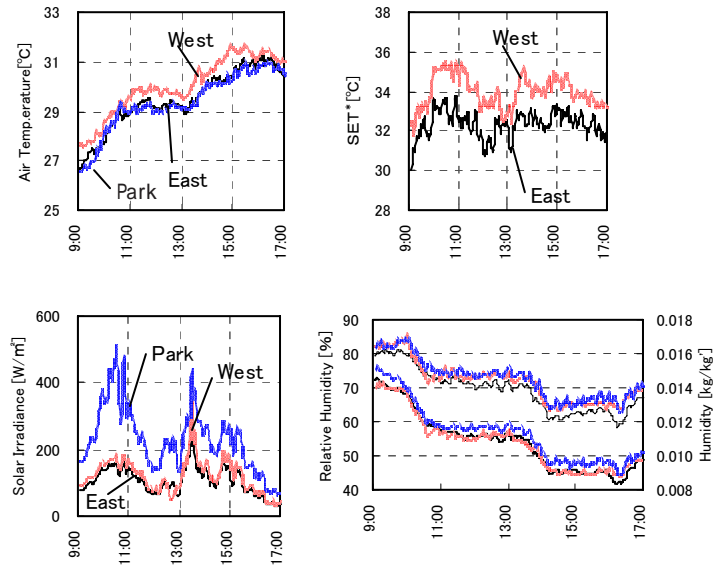


Figure 4 Thermal environment of the districts

2.4 中立温度の算出法

各街路の物理環境と回答者の温熱快適性の関係について明らかにするため、熱的中立の申告に対応する温度である中立温度を用いる。中立温度の算出にあたっては、回帰法では申告数が少ない場合に結果が不安定であることを考慮して、回帰係数を固定するGriffiths法を用いた。回帰係数には屋外での既往研究でよく適用される0.25を用いて、次式によりSET*の中立温度を算出した。

$$SET_{nG}^* = SET_{gm}^* + (0 - TS_m) / a^*$$

SET_{nG}^* : Griffiths法による中立温度

SET_{gm}^* : 申告中のSET*の平均値

0: 「中立」温冷感申告

TS_m : 温冷感申告の平均値

a^* : 回帰係数(=0.25)

Table 2 Mean Air Temperatures

District	Measured point	Date					
		6-Jul	26-Jul	8-Aug	30-Aug	21-Sep	17-Oct
East Street	East	27.3	33.2	32.5	29.5	27.6	24.3
	West	-	32.9	32.3	29.3	27.2	24.4
West Street	East	27.6	33.8	33.3	30.1	28.1	25.0
	West	-	34.7	33.6	30.2	28.0	24.6
Park			33.3	32.5	29.4	27.6	24.4

Table 3 Mean Standard Effective Temperature

District	Measured point	Date					
		6-Jul	26-Jul	8-Aug	30-Aug	21-Sep	17-Oct
East Street	East	31.8	37.1	34.1	32.2	31.5	29.8
	West	-	36.1	34.1	32.3	30.9	30.6
West Street	East	-	-	-	-	32.0	29.9
	West	-	38.4	37.0	34.0	32.3	29.6

3 結果と考察

3.1 街路の温熱環境

各街路の温熱環境を明らかにするため、物理的温熱環境の実測結果からの街路の熱的特性の把握と、SET*を用いた熱的快適性の評価を行う。図4に8/30の結果を示す。

1) 夏の気温とSET*

気温は全ての時間帯で西が最も高い値を示した。西と東、西と公園との差はそれぞれ+0.2~+1.5K、0~+1.6Kであった。また、東と西の日射量がほぼ全ての時間帯で同程度であったにもかかわらず、気温は西が最も高い値を示した。

SET*はほぼ全ての時間帯で東より西が高い値を示した。その差は、

最大で+3.6K、9:00~17:00の平均で+1.7Kであった。東のSET*が西より低いのは、東の気温が低く風速が大きいためと考えられる。

2) 中間期の気温とSET*

午前中は公園の気温が最も高い値を示したが、これは公園だけ日射があったためである。午後からは3箇所で日射量にそれほど違いがないにもかかわらず、西の気温がほとんどの時間帯で最も高い値を示した。西と東、西と公園との差はそれぞれ-0.2~+2.0K、0~+3.0Kであった。

SET*は日射量が大きく異なる時間帯(13:00~13:30と14:00~15:00)を除くと、ほとんどの時間帯で東と西で同程度の値を示した。その差(西-東)は-2.1~+3.4K、9~17時の平均値は東が28.2、西が29.2であった。ただし、それぞれ13:00~13:30と14:00~15:00を除いた。

以上より、付近の堀川の有無によって街路の温熱環境が異なることがわかる。具体的には、夏では東は西に比べて気温が0.2~1.5K低く、風速が平均値で0.27m/s大

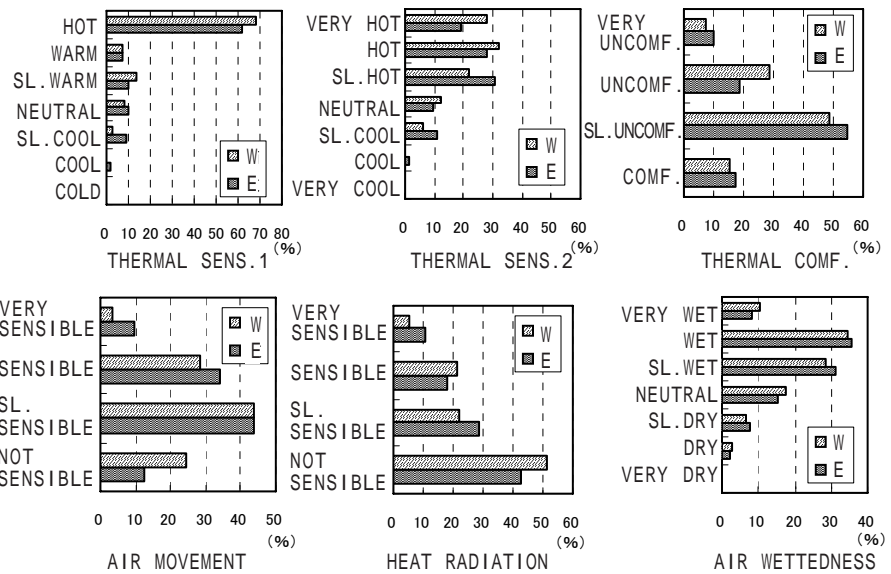


Figure 5 Frequency of the sensations

きく、SET*が0~3.6K低い。また中間期では東は西に比べて気温が0~2.0K低く、風速が0.25m/s大きい。中間期にはSET*に大きな差異は見られなかった。

3.2 街区の熱的快適性評価

各街路の熱的快適性を明らかにするため、

- 1) 歩行者の熱的主観申告調査による各街区の熱的快適性の評価、
- 2) 中立温度を用いた各街区の快適性の評価、について分析する。

3.2.1 熱的主観申告評価

図5に、夏の7/6~9/21の結果をまとめて示す。回答者数は5日間合計で東:253人、西:252人であった。

1) 夏の申告

温冷感1では、「暑い」が東で36.0%であるのに対して西では67.7%、「少し涼しい」が東で24.0%であるのに対して西では6.5%である。西の方が暑いといえる。

温冷感2では、「非常に暑い」が東で8.0%であるのに対して西では16.1%、「暑い」が東で16.0%であるのに対し

Table 4 Mean, SD and frequency of thermal sensation and comfort

Date	District	n	Thermal Sensation 1			Thermal Sensation 2			Thermal Comfort		
			Mean	SD	Freq.(%)	Mean	SD	Freq.(%)	Mean	SD	Freq.(%)
6-Jul	East	39	2.03	1.33	28	1.05	0.96	67	1.00	0.55	15
	West	44	1.53	1.39	49	1.05	1.06	63	0.95	0.53	14
26-Jul	East	41	2.88	0.50	2	2.12	0.97	17	1.76	0.85	2
	West	31	2.84	0.51	6	2.48	0.62	6	1.73	0.77	3
8-Aug	East	40	2.48	1.07	15	1.78	1.15	33	1.33	0.93	18
	West	37	2.59	1.15	8	2.46	0.79	14	1.86	0.74	3
30-Aug	East	25	1.24	1.61	52	0.72	1.22	76	1.17	0.62	8
	West	31	2.13	1.36	29	1.45	1.24	35	1.23	0.71	13
21-Sep	East	30	0.63	1.66	40	0.47	1.23	53	0.60	0.61	30
	West	30	1.47	1.15	47	0.80	0.87	70	0.67	0.65	40
17-Oct	East	60	0.87	1.24	68	0.55	1.00	90	0.42	0.61	66
	West	60	1.63	1.24	38	0.86	1.02	80	0.52	0.62	54

Table 5 Neutral Temperature

Date	Time	District				Difference (East-West) (K)	
		East		West		T.sens.-1	T.sens.-2
		T.sens.-1	T.sens.-2	T.sens.-1	T.sens.-2		
26-Jul	AM	26.5	30.3	31.2	32.6	-4.7	-2.2
	PM	23.9	26.2	24.4	25.9	-0.6	0.4
8-Aug	AM	25.5	28.0	31.2	30.8	-5.6	-2.8
	PM	22.7	25.8	22.5	24.3	0.2	1.6
30-Aug	AM	29.5	33.5	27.5	29.5	2.1	4.1
	PM	27.3	29.2	23.7	26.8	3.6	2.4
21-Sep	AM	30.8	30.8	28.3	30.9	2.6	-0.1
	PM	27.7	28.7	24.7	27.4	3.0	1.3
17-Oct	AM	29.8	31.8	25.3	27.5	4.5	4.2
	PM	26.6	26.9	21.4	25.8	5.1	1.1

AM: 9:00-13:00 PM: 13:00-17:00

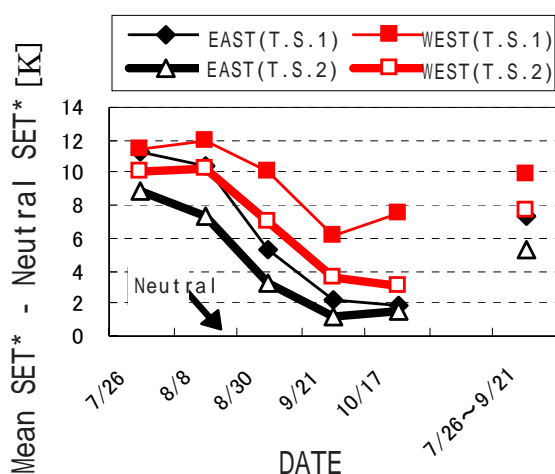


Figure 6 Difference between neutral and ambient temperatures

で西では48.4%、「少し涼しい」が東では24.0%であるのに対して西では12.9%で、西の方が暑いといえる。

快適感では、「不快」が東で16%であるのに対して西では29%であり、西の方が熱的に不快といえる。

2) 中間期の申告

温冷感1では、「暑い」が東で13.3%で西で28.3%、「暖かい」が東で15.0%で西で33.3%、「どちらでもない」が東で31.7%で西で6.7%である。中間期も西の方が暑い。温冷感2では、「暑い」が東で5.2%で西で13.6%、「どちらでもない」が東で25.9%で西で16.9%である。温冷感2についても中間期に西の方が暑いといえる。

快適感では「快適」が東で53.3%であるのに対して西で43.3%、「少し不快」が東で33.3%であるのに対して西で43.3%である。東の方が熱的に快適といえる。

以上の申告結果より、夏と中間期の両方で西よりも堀川の近くの東の街区のほうが熱的に良好といえる。

3.2.2 温冷感尺度の比較

温冷感1はASHRAE標準7段階尺度、温冷感2は「暑い-涼しい」を程度量表現用語によりカテゴリー化した7段階尺度である。東西の頻度分布の違いを温冷感1と2のあいだで比較すると、「暑い-涼しい」で表す温冷感2のほうが、東西

の度数分布の差が小さい。

3.2.3 中立温度の街区による比較

表5に中立温度を示す。図6に温熱環境の平均値と中立温度の平均値との差を街區別に示す。

中立温度は概ね東よりも西が低い。西の中立温度が低いということは、東と西とで同じSET*に対しては西の方

が暑く感じるということであり、これによって西よりも東の方が熱的に快適であると言える。ただし、温冷感2から求めた中立温度には、東西の差は温冷感1から求めた中立温度ほど顕著にはあらわれない。

4 まとめ

付近に堀川のある街区とない街区において、物理的温熱環境実測と通行者の熱的主観申告調査を行い、以下の成果を得た。

- 1) 夏と中間期の両方で、付近に堀川のある街区は堀川のない街路よりも気温が0.2~2.0K、SET*が0~4.8K低く堀川は周辺街路の高温化の抑制に有効である。
- 2) 熱的主観申告調査より、夏と中間期の両方で、付近に堀川のある街区は堀川のない街区よりも温冷感においてはより「涼しい」と感じる割合が11~17%高く、また快適感においてもより「不快」と感じる割合が13%低い。
- 3) 付近に堀川のある街区は堀川のない街区よりも中立SET*が0~4.0K高く熱的に快適である。

謝辞

本研究は大阪市立大学工学研究科都市関連研究機構研究費(代表:北田俊行)、および大阪市立大学都市研究プロジェクト研究費(代表:横山俊祐)、文部科学省科学研究費補助金基盤研究A(No.16206059)によった。観測データを下さった大阪市立大学井川憲男先生、鍋島美奈子先生に感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 真嶋一博ほか: 都市における路地の温熱環境の調査と評価に関する研究、建・大会、pp.225-228、2006
- 2) 田中稲子ほか: 屋外空間における修正SET*を用いた暑熱環境の評価、建・大会、pp.19-22、2006
- 3) R.Nakajima et al.: Thermal Comfort Survey in Different Configurations of Street in Summer in Japan, The 22nd Conference on Passive and Low Energy Architecture, pp.727-732, 2005