

特性の異なるキャニオン内におけるヒートアイランドインパクトの実測比較 Comparisons of Heat Island Impacts by Measurement on Various Characteristic Urban Canyon

京都大学大学院工学研究科 都市環境工学専攻
Kyoto University, Dept. of Urban and Environmental Engineering
吉田治典, 田部充朗, 山岡直子, 古我卓真
Harunori Yoshida, Mitsuo Tanabe, Naoko Yamaoka and Takuma Koga

キーワード：都市キャニオン (Urban Canyon), 緑化量 (Green Amount), 街路形態 (Street Form), 天空率 (Sky View Factor), 循環風 (Circulatory Vortex)

1. はじめに

都市には、道路を挟んで両側に建物が立ち並ぶ都市キャニオンがあり、この空間では人工排熱の増加、地表面被覆の人工化、建物の高層化、高密度化などにより、ヒートアイランド現象が顕著で温熱環境が著しく悪化している。

都市キャニオン空間の特性に関して、街路形態（街路幅と建物高さの関係）や緑化量に着目した温熱環境測定の結果がいくつかある¹⁾⁻⁵⁾。これらは、緑化量や建物形状の違いに着目して街路の温熱環境を複数の形態の異なる街路で比較したものが多く、一つの大通りに着目して緑化量や建物形状の違いによる影響を把握した研究は少ない。また、ほとんどが東西街路を対象としており、南北街路を対象とした研究は少ない。そこで本研究では、1)ある大通りにおいて、緑化量や建物形状の違いといったキャニオンの特性差が温熱環境に与える影響を把握することと、2)複数の南北街路においてキャニオンの特性差による温熱環境への影響を把握すること、の2つを目的とし実測調査した結果を報告する。

2. 緑化量や建物形状の異なる大通りにおける温熱環境測定

大通り（大阪御堂筋）に沿って、緑化量や建物形状というキャニオンの特性の違いが温熱環境に与える影響を把握するために行った温熱環境測定の結果を示す。図2.1に大阪の広域図を示す。



図2.1 大阪広域図

2.1 実測の詳細

測定場所は大阪市中央区・御堂筋(街路幅44m)の東側歩道と西側歩道で、淀屋橋から難波までの約3kmである。測定場所の詳細を図2.2に、測定場所の様相と上空の天空写真を写真1,2にそれぞれ示す。測定日時は2006年8月10日の8:00~20:00の毎正時で、外気温湿度、壁面・歩道面温度の分布を自転車で移動計測した。温湿度分布は強制通風式のサーモレコーダーを用いて高さ1.5mで、壁面、歩道面温度は赤外線放射カメラを用いて測定した。全ての測定を一巡するのに要した時間は約40分である。全天日射量は建物の屋上で自動計測した。なお各データは、移動計測した温湿度を定点観測の値を元に時刻補正を施した。また、天空率、緑比率は、各測定ポイントで魚眼レンズにより撮影した上空の天空写真から算出した。その結果、淀屋橋~本町間(以後、淀屋橋エリア)と心斎橋~難波間(以後、

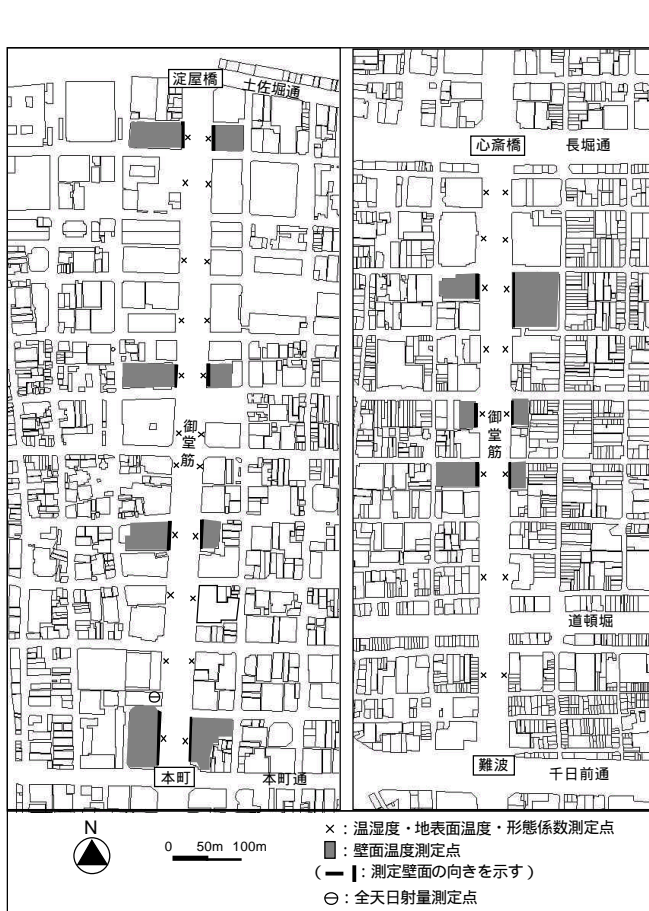


図2.2 測定場所詳細図

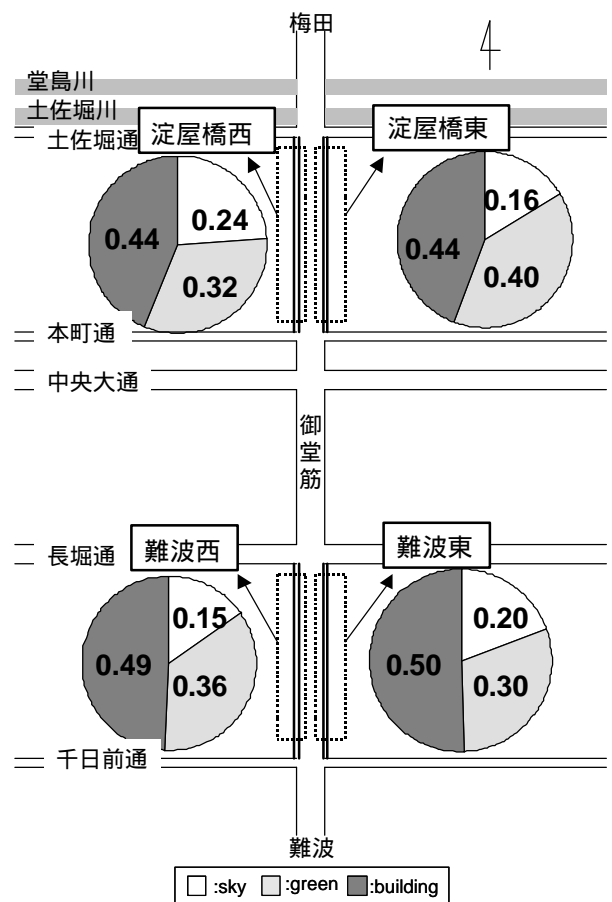


図2.3 各エリアの形態係数



写真1 測定場所の様相



写真2 上空の天空写真

難波エリア)で天空率，緑比率に差があることが判った．図2.3に各要素の形態係数を，表2.1に街路形状を示す．

2.2 気象状況

図2.4～2.5に実測日の，大阪管区気象台の日射量，風向・風速の経時変化を示す．全天日射量は日中最大で約900W/m²に達し，晴れていた．風向は夜間に安定しないが，日中は南～西の風で概ね海風が卓越し，風速は夜間は2m/s以下，日中は4m/s程度で、いずれも大阪の平均的な夏日の値である．

2.3 測定結果

図2.6に示すキャニオンの歩道面温度，壁面温度，歩道空間の気温の測定結果を以下に示す．

表2.1 各エリアの街路形状

	東側建物平均高さ[m]	西側建物平均高さ[m]	アスペクト比(H/W)
淀屋橋エリア	28.2	23.2	0.58
難波エリア	30.6	44.4	0.85

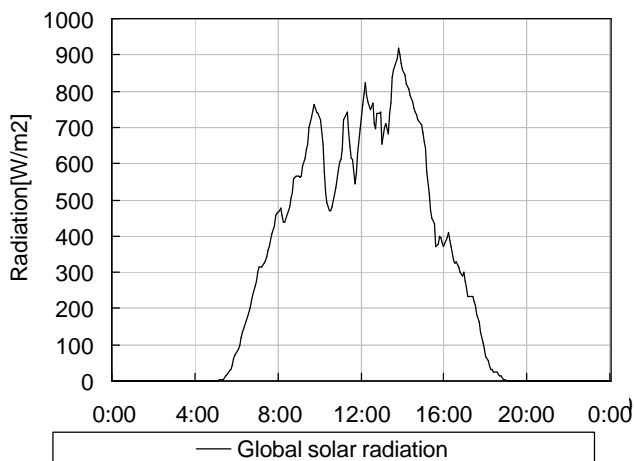


図2.4 日射量の経時変化

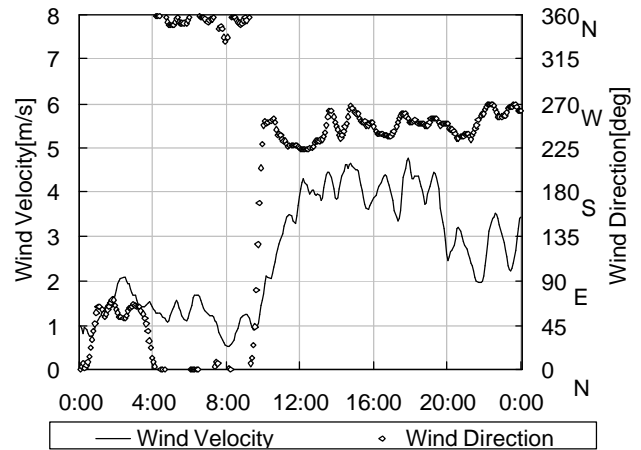


図2.5 風向・風速の経時変化

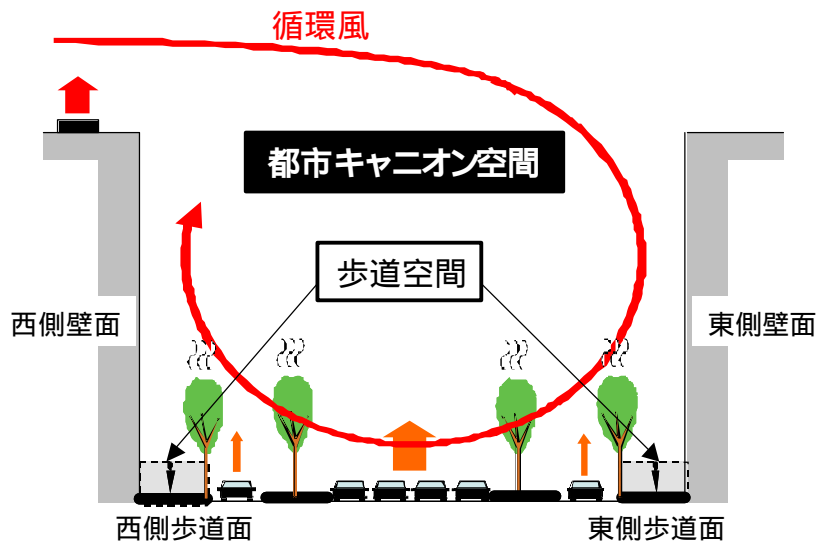


図2.6 街路の断面図

(a) 歩道面温度

図2.7～2.8に各エリアの歩道面温度の経時変化を示す。なお、歩道面温度は日向面と日影面の温度をそれぞれの面積で加重平均して算出した。

東側街路： 淀屋橋エリアと難波エリアを比較すると、13:00～15:00で天空率の大きい難波エリア東側が最大で約2K高いが、一日の平均ではほとんど差がない。緑化量が少なく天空率の大きい難波エリアが淀屋橋エリアよりも顕著に高くない原因には、難波エリアは西側街路の建物が高く、淀屋橋エリアよりも閉鎖的なキャニオンで街路が受ける日射量が少ないためと考えられる(図2.7)。これは両エリアのキャニオンアスペクト比(表2.1)、ならびに、それらの様相を示す写真から確認できる(写真)。

西側街路： 常に淀屋橋エリアが約3～9K高い。これは、淀屋橋エリアは緑化量が少ないために天空率が大きく、午前中に歩道面が受ける日射量が多いためと考えられる。(図2.8)

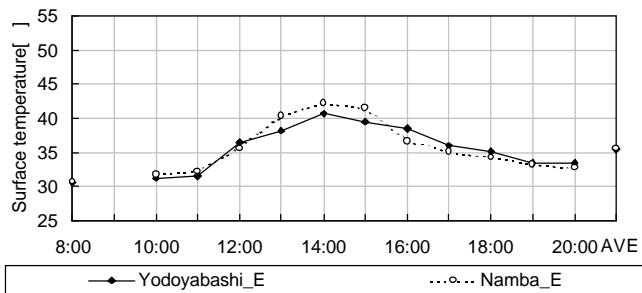


図2.7 歩道面温度の経時変化(東側歩道)

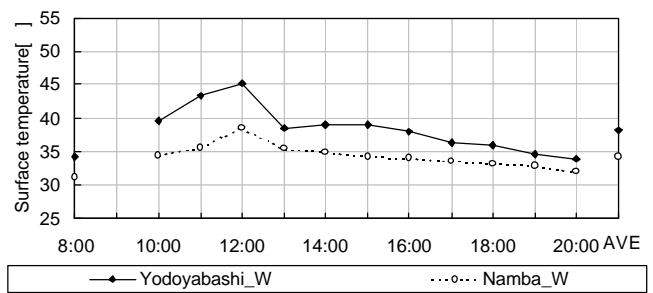


図2.8 歩道面温度の経時変化(西側歩道)

(b) 壁面温度

図2.9～2.10に各エリアの東側、西側壁面温度の経時変化を示す。なお、壁面温度は各建物で上下方向に3点(高さ5m, 15m, 30m)測定したが、歩道空間の放射環境に影響が大きいと考えられる下方2点(高さ5m, 15m)の値を平均して算出した。東側壁面温度は、15:00～16:00を除き、難波エリア東側が約3～6K高い。これは、緑化量が難波エリア東側は少ないために、壁面が受ける日射量が多いためと考えられる。(図2.9)

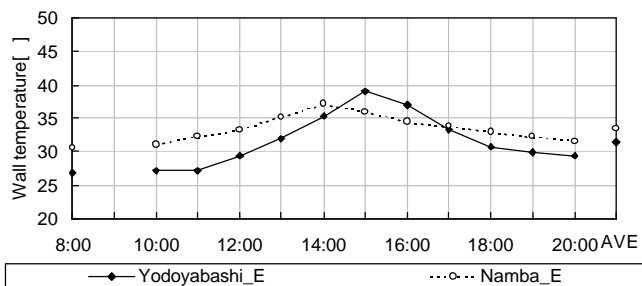


図2.9 東側壁面温度の経時変化(東側歩道)

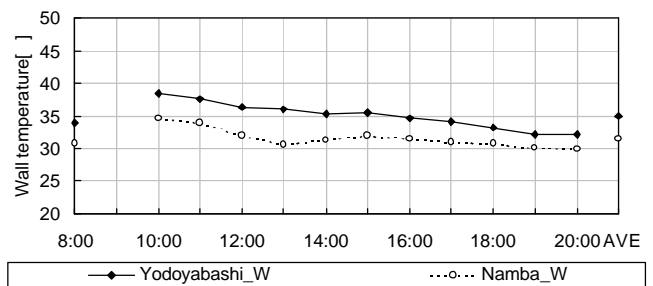


図2.10 西側壁面温度の経時変化(西側歩道)



写真3 難波



写真4 淀屋橋

西側壁面温度は、常に淀屋橋エリア西側が約2～7K高い。これは淀屋橋エリア西側の緑化量が少なく天空率が大きいため、午前中に壁面が受ける日射量が多いためと考えられる(図2.10)。

(c) 気温

図2.11に淀屋橋エリア、難波エリアの気温(東西街路の平均)と気象台の気温の経時変化を示す。両エリアと気象台の気温を比較すると8:00～10:00と16:00～20:00は両エリアが約1K高く、11:00～15:00はほぼ等しいが僅かに街路が高い。

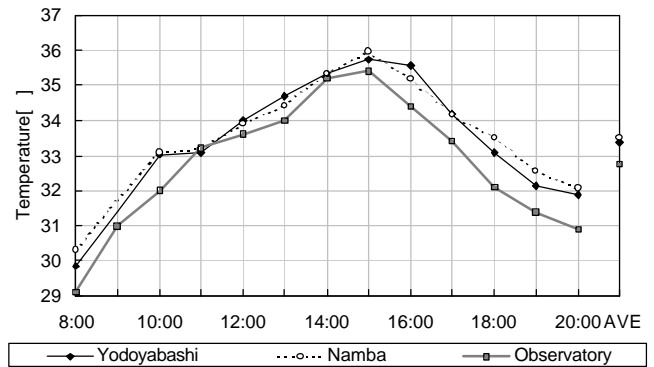


図2.11 気象台との気温の比較

後述するように、御堂筋、堺筋、小路の比較のために実測した別の日(8/11)では、8:00～10:00に気象台との顕著な気温差はない(図3.9)。本実測(8/10)当日の上空の風向は10:00以前は東～北であり、この時間帯の気象台は北東に位置する大阪城公園の大規模な緑地帯の影響を受けて各エリアよりも気温が低くなっているものと考えられる。また、16:00以降は都市特有のヒートアイランド効果により気象台よりも高くなったと考えられる。これは8月11日の実測でも顕著に確認されている。

次に、図2.12～2.13に各エリアの東西街路について比較するため気温の経時変化を示す。

東側街路： 淀屋橋エリアと難波エリアを比較すると8:00～11:00、18:00～20:00に難波エリアが約0.5～1K高い。歩道面温度は両エリアともほとんど差がないが、難波エリアは東側の壁面温度が高いことから、気温が高いと考えられる。(図2.12)

西側街路： 10:00～13:00に淀屋橋エリアが0.5～1K高い。淀屋橋エリア西側の歩道面温度と西側の壁面温度が高いことが原因と考えられる(図2.13)。

図2.14～2.15に各エリアの東西街路の気温の比較の経時変化を示す。両エリアとも、午前中は日射の影響で西側街路が淀屋橋エリアで最大約2K、難波エリアで最大約1K高い。午後になると日射の影響で東側街路の気温の方が高くなるはずであるが、両エリアとも西側街路が依然として最大約1K高い。

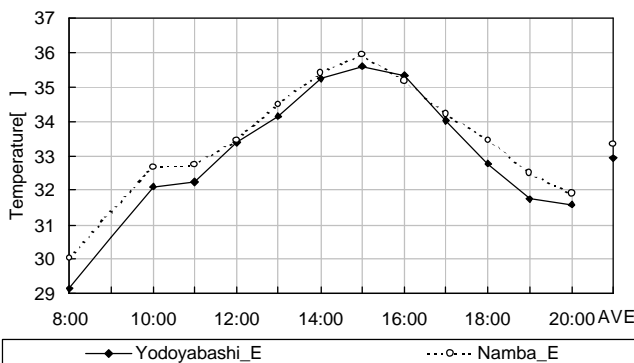


図2.12 気温の経時変化(東側歩道)

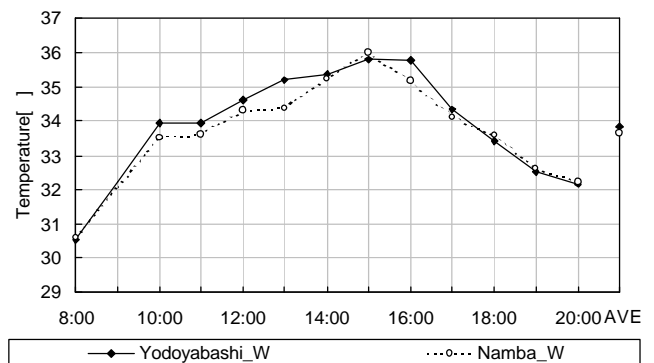


図2.13 気温の経時変化(西側歩道)

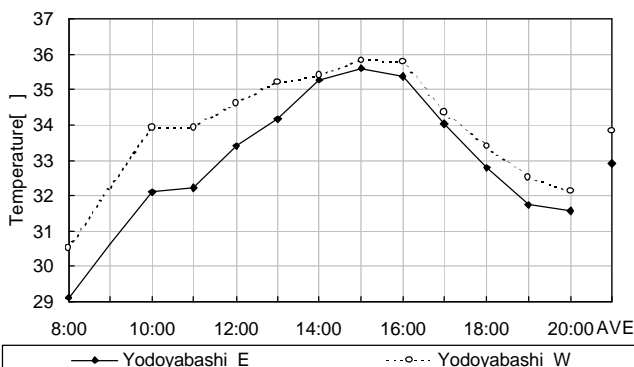


図2.14 気温の経時変化(淀屋橋エリア東西歩道)

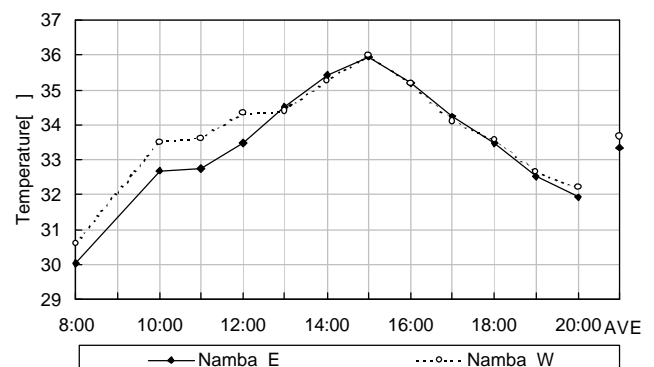


図2.15 気温の経時変化(難波エリア東西歩道)

これは、西側街路では、午前中の日射による蓄熱の影響や街路内に生じる循環風によって西側へ高温の空気が流れ込むことによる影響と考えられる。

表3.1 各街路の街路形状

	東側建物平均高さ[m]	西側建物平均高さ[m]	アスペクト比(H/W)
御堂筋	28.2	23.2	0.58
堺筋	18.2	25.2	1.03
小路	20.5	21.5	3.5



図3.1 測定場所詳細図

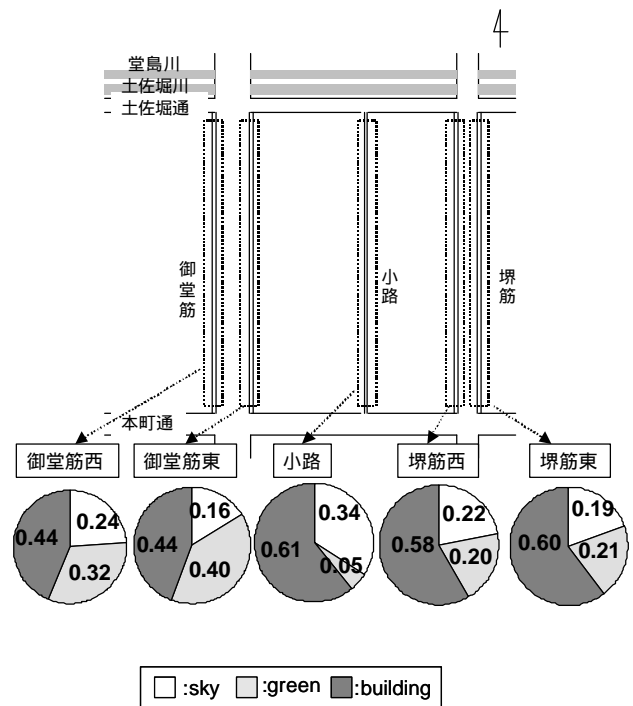


図3.2 各街路の形態係数



写真5 測定場所の様相（左：堺筋，右：小路）

3. 形態の異なる街路における温熱環境測定

街路幅の違いを中心とするキャニオン形態（街路幅と建物高さの関係）の異なる街路における温熱環境の違いを把握するために実測を実施した。対象街路は、御堂筋、堺筋、小路である。

3.1 実測の詳細

測定場所は大阪府中央区の、1) 御堂筋(街路幅 44m) 淀屋橋から本町間の東西歩道、2) 堺筋(街路幅 22m) 北浜から堺筋本町までの東西歩道、3) 両筋の間の小路(街路幅 6m、長さ約 1km)である。測定場所の詳細を図 3.1 に、測定場所の様相と上空の天空写真を写真 3、4 に示す。測定日時は 2006 年 8 月 11 日の 8:00 ~ 18:00 の毎正時で、測定項目とデータ分析の手法は 2 節と同様である。全ての測定を一巡するのに要した時間は約 30 分である。なお、各街路の形態係数、街路形状を図 3.2、表 3.1 に示す。

3.2 気象状況

図 3.3 ~ 3.4 に、大阪管区気象台の日射量、風向・風速の経時変化を示す。全天日射量は日中最大で約 900W/m² に達し、一時的に 13:00 頃には曇ったが全般としては晴れであった。風向は、夜間は南～北西で安定しないが、日中は南～西で概ね海風が卓越していた。測定時間帯の風速は 2 ~ 4m/s 程度である。

3.3 測定結果

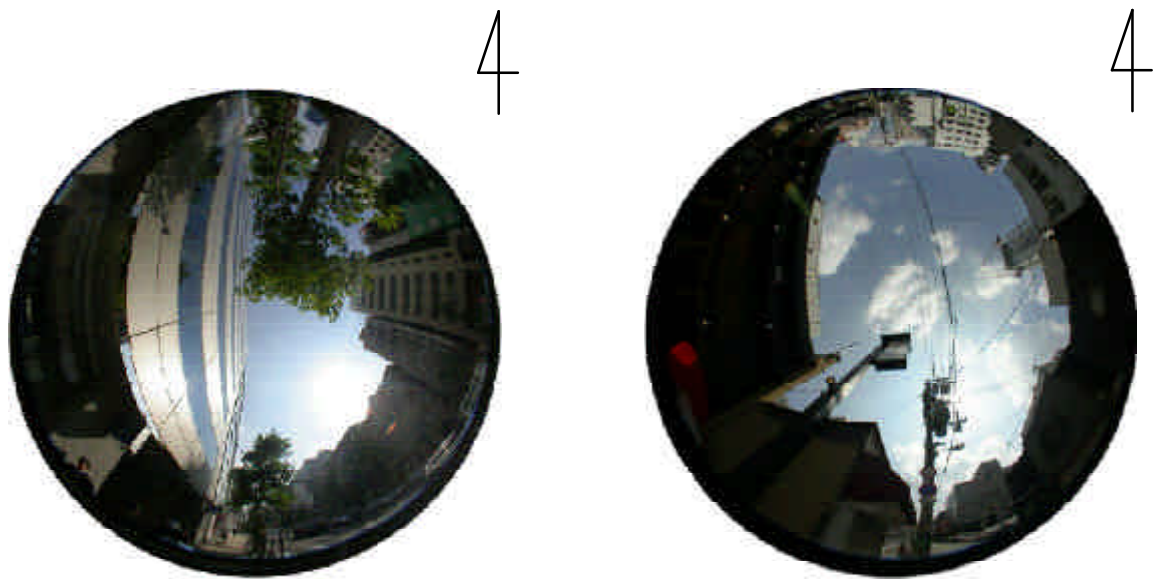


写真 6 上空の天空写真（左：堺筋，右：小路）

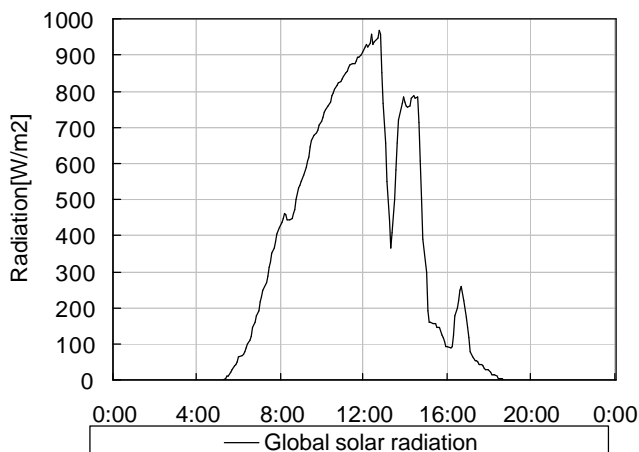


図 3.3 日射量の経時変化

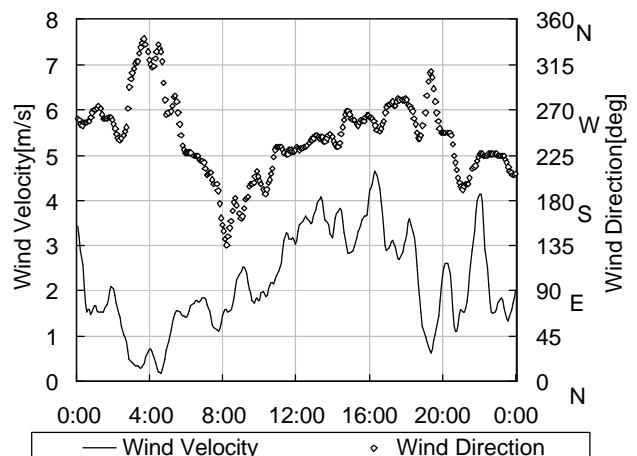


図 3.4 風向・風速の経時変化

(a) 歩道面温度

図3.5～3.6に各街路の歩道面温度の経時変化を示す。なお、小路は街路幅が狭いため東側と西側に分けては測定していない。御堂筋、堺筋の東側歩道と小路を比較すると、12:00以降に堺筋が御堂筋よりも最大で約3K高い。これは堺筋の東側歩道の天空率が大きいためと考えられる。小路は街路樹などの遮蔽物がなく11:00～12:00に街路内に直達日射が当たり、他の街路と異なり歩道がアスファルトで覆われ、かつ通風も悪くキャニオンからの熱放散が少ないためか最高51℃まで上昇し、御堂筋、堺筋の歩道よりも最大で約14K高い。また、直達日射が当たらない13:00以降も他の歩道よりも若干高い(図3.5)。これは高温化した歩道面の蓄熱作用のためと考えられる。

御堂筋、堺筋の西側歩道と小路を比較すると9:00～10:00は御堂筋、堺筋が日射の当たらない小路よりも約5～6K高い。11:00～12:00は上記と同じく小路が他の歩道よりも高いが、13:00以降は各歩道の温度差は小さい。御堂筋と堺筋を比較すると少し御堂筋が高いが、これは御堂筋の西側歩道の天空率が大きいためと考えられる(図3.6)。

(b) 壁面温度

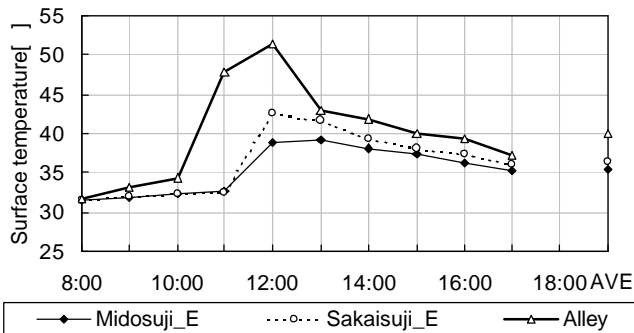


図3.5 歩道面温度の経時変化(東側歩道)

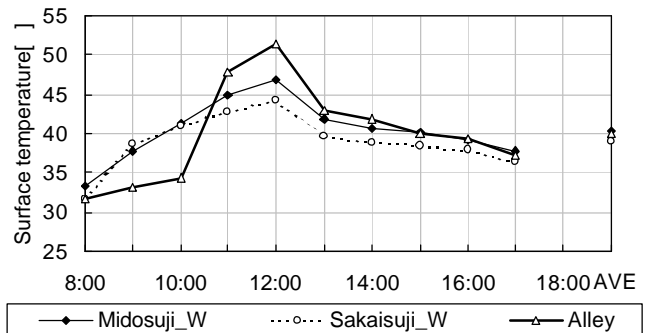


図3.6 歩道面温度の経時変化(西側歩道)

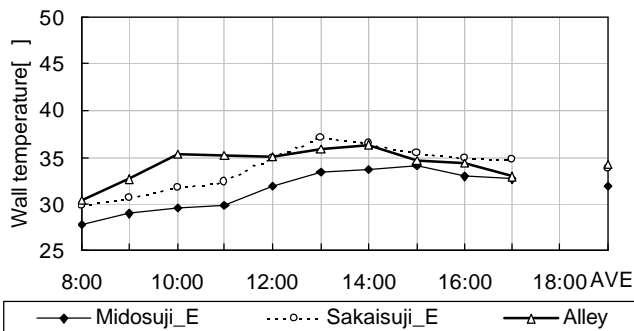


図3.7 東側壁面温度の経時変化(東側歩道)

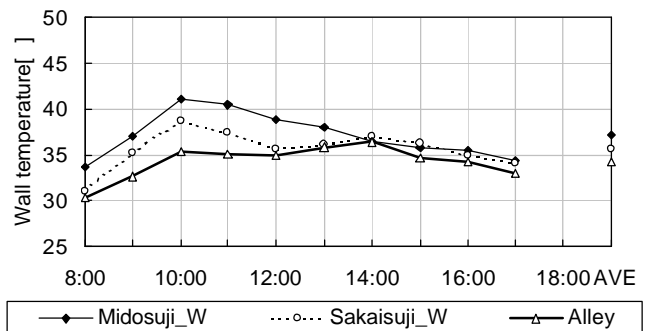


図3.8 西側壁面温度の経時変化(西側歩道)

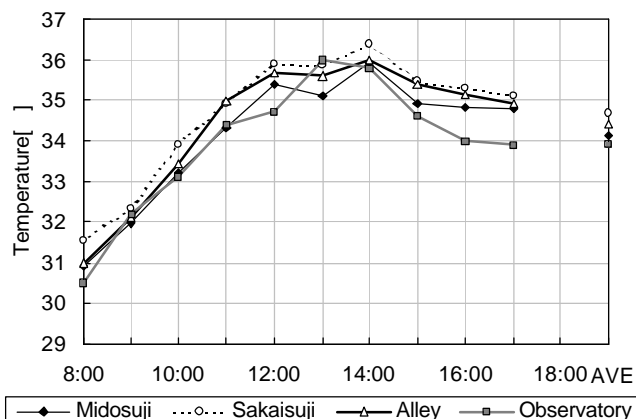


図3.9 3つの歩道と気象台との気温の比較

図3.7～3.8に各街路の東側の壁面（西向き壁面）、西側の壁面（東向き壁面）温度の経時変化を示す。東側の壁面温度は、御堂筋の東側では緑化量が多く、東側の壁面に影ができて壁面が受ける日射量が少なくなり堺筋東側の壁面よりも最大で約4Kが低い。堺筋と小路を比較すると、午前中は堺筋は日射が当たらないものの、街路幅の狭い小路では、西側の壁面からの反射日射の影響を受けやすくなると考えられる。これが、最大で約5K高くなる理由と推察する（図3.7）。

西側の壁面（東向き）温度は、午前中に受ける日射量が多いために、街路幅が広く天空率が高い御堂筋の西側の壁面が小路よりも最大で約5K高い。堺筋と小路を比較すると、11:00までは小路の壁面に日射が当たるのは上部に限られるので最大で約5K小路壁面が低い、それ以降は余り差がない（図3.8）。

(c) 気温

図3.9に各街路の平均気温と気象台の気温の経時変化を示す。街路と気象台の気温を比較すると16:00～17:00の気温のプロファイルが異なり、気象台の気温の下降率が大きい。16:00以降は2.4節と同様に都市特有のヒートアイランド効果のために街路の気温が下がらないことが明確に確認できる。

図3.10～3.11に各街路の気温の経時変化を示す。御堂筋、堺筋、小路の東側歩道を比較すると、常に御堂筋東側が堺筋東側、小路よりも約0.2～1K低い。歩道面温度は他の街路と御堂筋とで差がほとんどないが、東側の壁面温度は御堂筋の東側が常に低い。これが御堂筋の東側歩道の気温が低い理由と考えられる。堺筋と小路を比較すると11:00に小路が約1K高いが、これは歩道面や壁面の温度が高いためと考えられる（図3.10）。

西側の歩道は9:00～10:00に小路で約0.5K、御堂筋の西側、堺筋の西側よりも低い、これは小路の歩道面や壁面の温度が低いとされる。12:00以降は堺筋の西側歩道が御堂筋の西側歩道、小路よりも最大で約1K高いが、歩道面温度や西側壁面温度は他の街路よりも低いことから、高温となる

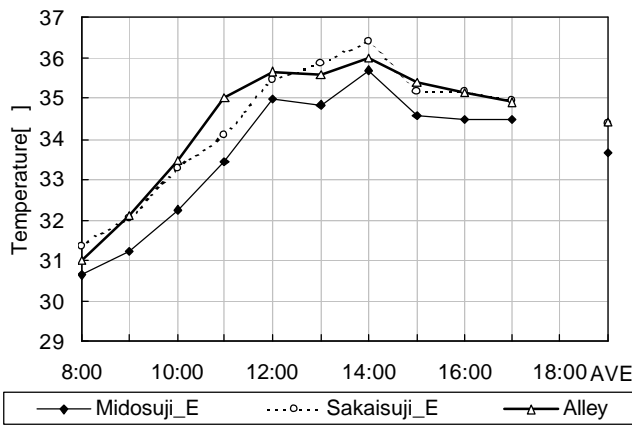


図3.10 歩道の気温の経時変化（東側歩道）

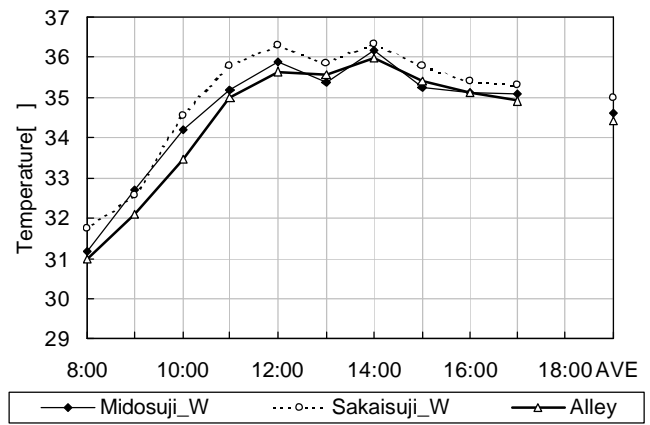


図3.11 歩道の気温の経時変化（西側歩道）

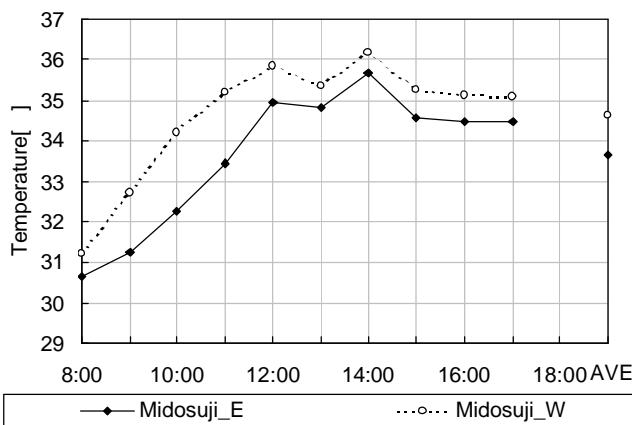


図3.12 歩道の気温の経時変化（御堂筋東西）

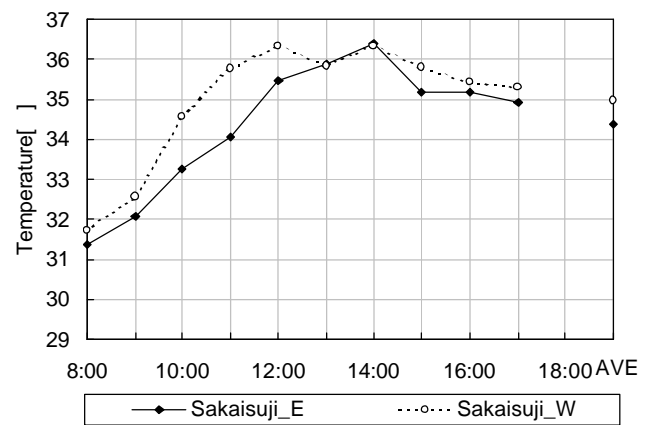


図3.13 歩道の気温の経時変化（堺筋東西）

原因は他の要因があると考えられ、その一つに、交通排熱が挙げられる。当日は西風の影響で街路内に循環風が生じていると推測される。御堂筋は街路幅が広く ($H/W=0.58$)、交通排熱が上空に拡散しやすいが、堺筋は街路幅が狭く ($H/W=1.03$)、交通排熱が滞留しやすく歩道幅も約3mで車道面に近く、循環風により交通排熱が西側に運ばれて気温が上昇したと推測される(図3.11)。これは別途CFDシミュレーションで確認している(別報で報告)。

図3.12～3.13に御堂筋、堺筋の東西街路の気温の比較の経時変化を示す。両街路とも、午前中は日射の影響で、西側歩道が東側歩道よりも最大で御堂筋、堺筋とも約2K高い。午後になると日射の影響で東側歩道の気温が上昇するが、御堂筋、堺筋とも西側歩道が依然として最大約1K高い。この原因は、2.4で述べたと同様に、西側歩道が午前中に日射により受けた蓄熱の影響や、街路内に生じる循環風により運ばれる東側の壁面や道路面から放散する顕熱、および交通排熱が考えられる。

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- 1) 御堂筋、堺筋、小路と気象台の気温を比較すると16:00以降に気象台が低くなる。この原因には、都市特有のヒートアイランド効果により気温が下がりにくいためと考えられる。
- 2) 建物形状、緑化量の異なる大通りでは、エリアごとに歩道面温度、壁面温度が異なり、エリア間の気温に最大約2K差が生じた。
- 3) 形態の異なる街路では、街路幅、街路樹の有無、交通排熱の拡散具合により街路ごとに歩道面温度、壁面温度が異なり、街路間の気温に最大約2K差が生じた。
- 4) 街路の東側と西側の気温を比較すると、常に西側街路が高い。午後に西側街路の気温が高い原因として午前中に日射により受けた蓄熱や街路内に生じる循環風による東側壁面、道路面からの顕熱や交通排熱の流入が考えられる。

《参考文献》

- 1) 萩島理, 片山忠久ら: 数値計算による街路樹の暑熱緩和効果の評価 その2, 日本建築学会計画系論文集, 第525号, pp.83-90, 1999
- 2) 鳥山敦, 文字信貴ら: 樹木と天空比が都市の熱環境に及ぼす影響, 農業気象, 第57号(1), pp.21-27, 2001
- 3) 高偉俊, 杉山寛克, 尾島俊雄: 街路形態及び街路樹が歩道に及ぼす熱的影響に関する実測研究, 日本建築学会計画系論文集, 第469号, pp.53-64, 1995
- 4) 森山正和, 宮崎ひろ志, 吉田篤正ら: 市街地形態の異なる街区の温熱環境比較に関する実測研究, 日本建築学会技術報告集, 第15号, pp.199-202, 2002
- 5) 持田灯, 十二村佳樹ら: 仙台市中心部を対象とした夏季温熱・空気環境実測 その1～5, 日本建築学会東北支部研究報告集, 第68号・環境系, pp.17-36, 2005