

# 大阪東横堀川の暑熱環境緩和効果に関する実測と計算

正会員 川本真史\*<sup>1</sup>  
 正会員 梅宮典子\*<sup>2</sup>  
 正会員 大倉良司\*<sup>3</sup>

4 環境工学-20 都市環境  
 東横堀川 表面温度 CFD 日射

## 1. 背景および目的

本研究では大阪の抱える都市問題として堀川、高速道路、ヒートアイランド現象に注目し、夏季においてそれらが周辺温熱環境に与える影響の検討、また、この都市の温熱環境の把握を目的として、東横堀川周辺街区、旧西横堀川跡周辺街区を対象に温熱環境の実測を行う。

また、東横堀川周辺街区において建物、道路の表面温度を測定し、その結果を用いてCFDシミュレーションによる温熱環境の解析を行い、気温の予測値と実測値の比較による基本モデルの精度検証と、改善モデルによる暑熱環境緩和効果を示す。

## 2. 実測の方法

実測は2006年の7月26日、8月8日、8月30日、9月21日、10月17日に行った。9月21日までの実測を夏季とする。測定時間は9時から17時までの日中のみである。

### 2.1 定点測定

研究対象街区として、堀川の暑熱環境緩和効果が期待できる大阪市中央区道修町1の東横堀川を挟む街区と、そこから約1km西に離れた大阪市西区京町堀1の埋め立てられた旧西横堀川跡を通る高速高架を挟む堀川のない街区を選定した。東西ともに大阪の都心のビジネス街にあり、御堂筋を挟んだ東側と西側である。以下、それぞれを“東街区”、“西街区”とする。このように対象街区を設定することで比較考察が可能となる。

東街区では堀川の西側の幅員約5mの街路において街路東側（東1）とそのほぼ向かいの街路西側（東2）、および東1の東側の建物の裏側にある東横堀河岸公園（公園）の3点において、西街区では高架西側の幅員約5mの街路東側（西1）とそのほぼ向かいの街路西側（西2）の2点において、気温、湿度、グローブ温度を定点測定した。東1と西1では風向・風速、日射量も測定した。公園では超音波風向風速計も設置した。東西の路上の測定点は、東西で風の通りを揃えるためにガレージや空き地に面しておらず交差点から離れていて建物が連続して建っており、かつ通行の障害とならない位置とした。測定用三脚は、建物壁面から約1.2m離して設置した。また天空率を東と西で同程度になるように予め魚眼レンズ写真で検討して



図1 測定対象街区

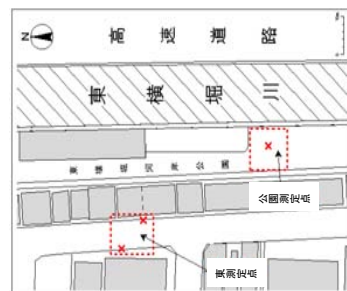


図2 東測定点

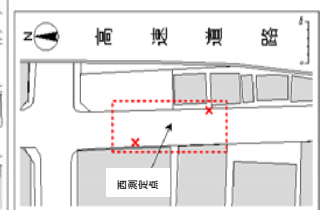


図3 西測定点



図4 表面温度測定箇所

から三脚の位置を決めた。天空率は東1で26%、西1で30%、公園で56%であった。公園の測定点は公園西側の建物と河岸のあいだのほぼ中央の、河岸から4.2m離れた点とした。公園付近の川幅は約30m、水深は約5mである。

## 2.2 表面温度測定

“東1”、“公園”を含む東横堀川周辺街区(以下、東街区とする)で表面温度測定を行った。測定場所として35の建物において1階、2階、最上階壁面、18箇所の道路面において道路面は中央と両端における表面温度を、放射温度計(ミルタTA-0510F)により測定した。そのほかに、30分間隔で東横堀川の水を汲んで水温を測定し、高速道路高架の橋脚(上部、下部)と防音壁)の表面温度を放射温度計(利バ IT-550)により測定した。

## 3 .実測の結果および考察

定点測定の結果として図5、6に7月26日(晴天日)の気温、風速を示す。気温は概して東1より西1が高く、差の平均は0.5Kである。“西1”と“東1”、“公園”の差の最大値はそれぞれ2.1K、3.1Kで、どちらも午後を生じている。このように、暑熱が厳しくなるときにも東西の温度差は見られる。“公園”では10時から12時にかけて東が西より気温が高い。風速は“西1”より“東1”が大きく、差の最大値は0.5m/sである。同様に“西1”より“公園”が大きい。

堀川沿いの風は“東1”の風速に影響を与えているだろう。地面沿いの風より低温の川沿いの風が“東1”の気温に影響を与えていると推察できる。

表面温度測定の結果は図7、8、9、10に示す。図7よりまず高架ではその橋脚部より防音壁が高い。水面の温度は実測時間中31程度で一定で、午後あまり上がらない。建物の表面温度は図8より北面はほぼ一定して他より低い、東面は午後温度は上がらない、南面は11時から一定して他より高い、西面は午後から急激に温度があがる。気温の高くなる午後、南面、西面は3程度他より高い。直射の有無が大きく影響したと思われる。図9より南北道路の表面温度は、午前には西側、中央、東側の順、午後は東側、中央、西側の順に高い。建物と同様に直射の有無が影響したと思われる。東西道路では図10より実測時間中、北側、中央、南側の順に高いが、理由は不明である。総じて、建物面より道路面が表面温度が高い。

## 4 . C D F シミュレーションの方法

### 4.1 シミュレーションの概要

本研究では3次元乱流モデル(標準k-ε方程式モデル)を用いたCFD解析に基づいたシミュレーションモデルを用いた。

### 4.2 境界条件

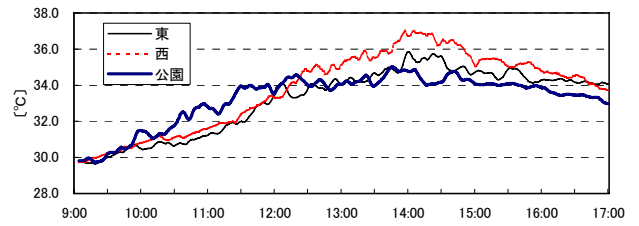


図5 気温(7月26日)

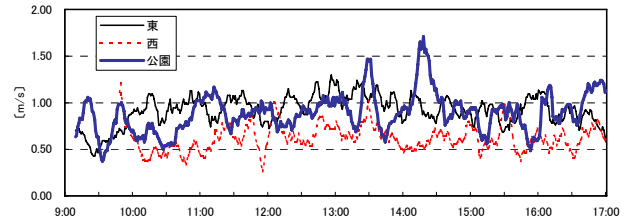


図6 風速(7月26日)

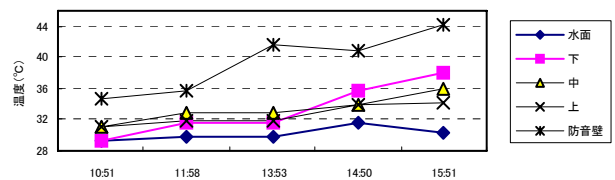


図7 高架、川表面温度(8月8日)

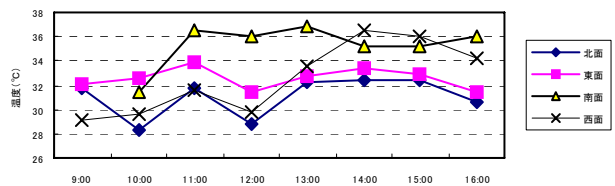


図8 建物表面温度(平均値)

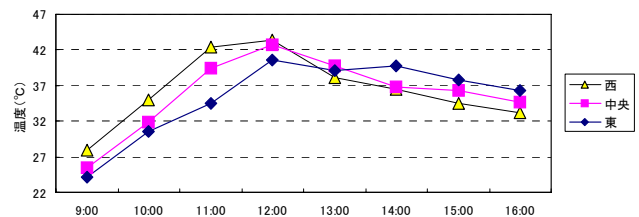


図9 南北道路表面温度(平均値)

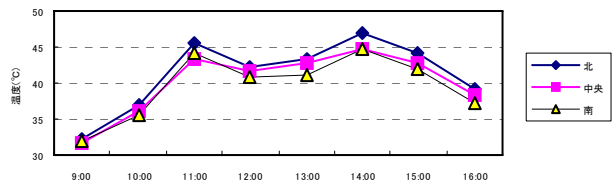


図10 東西道路表面温度(平均値)

流入境界条件は計算対象街区が長く続くと仮定して前計算を行い算出した。前計算は計算対象街区周辺の一般的な街区を10個つなげて実行し、鉛直分布が変化しなくなったところの分布を本計算の風速とした。また、前計算に際しての流入境界条件は風速はべき乗則、乱流エネルギーは建築荷重指針による鉛直分布を

それぞれ用いた。ただし、本研究では気温の鉛直分布  $T(z)$  に関して前計算結果は適当でない判断し、既往の研究のデータを使用し、補正を加えてその流入条件とした<sup>2)</sup>。乱流消失率は前計算、本計算ともに流入境界で乱れの生成と消失がほぼ釣り合っていると仮定し計算した。壁面、地表面における応力境界条件には対数側を用い、解析領域上端及び側面の応力境界条件には free - slip 条件を適用した。壁面、地表面、高速道路高架、橋脚、水面の熱移動境界条件は、表面温度指定境界条件とする。表面熱伝達率を  $23.3\text{W/m}^2$  で一定とし、解析領域上端は測定値を補正して用いた。

#### 4.3 モデルの詳細

計算対象街区は“東街区”とし、表面温度設定値は測定値を用いた定常のCFD解析を行う。計算には“東街区”をモデル化したものを用いた。計算対象日時は2006年7月

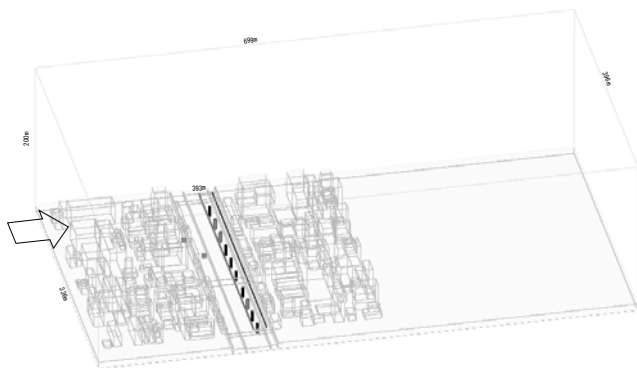


図11 “基本モデル”俯瞰図

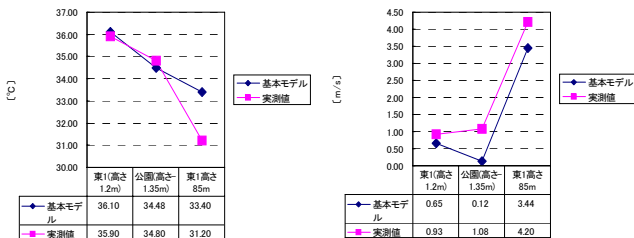


図12 “東1”“公園”の予測値と実測値  
(左：気温、右：スカラー風速)



図13 “基本モデル”の気温分布(G.L.+1.2)  
等温線は1K間隔

26日の14:00とした。この日に決定したのは実測日の中で最も広範囲に測定を行ったためと、夏季晴天日であるためである。この時刻にしたのは夏の暑さがよく現れていると判断したためである。東横堀川が街区周辺の温熱環境に与える影響を知るために、堀川周辺は特に詳細なモデルを作成した。このモデルを“基本モデル”とする。

#### 5 . C D Fシミュレーションの結果および考察

##### 5.1 “基本モデル”の精度検証

基本モデルの計算結果からの考察を以下に行う。そのために計算結果から実測値を引いたものを「差」と定義する。図12より気温の差は“東1”で0.2K、“公園”で-0.32Kと精度よく再現できた。しかし、“85m点”での差は2.18Kと大きかった。これは流入条件の温度が前計算の結果から読み取ったものでなかったことに起因していると考えられる。ましまら<sup>2)</sup>のデータを地上1.5m点にあわせて補正したため、上空の値に大きな差が出たと考えられる。それでも、定性的に気温の高い順から“東1”、“公園”、“85m点”となったことは実測値と同じである。また、図13より堀沿いの道路に比べて大通りの方が気温が高いという傾向が出ている。

一方、風速は差が“東1”で-0.28m/s、“公園”で-0.96m/s、“85m点”で-0.805m/sとなり、総じてモデル値が実測値より低い。これは精度よい結果とは言えないだろう。この要因の一つは流入条件の風速が小さかったためだろう。しかし、それ以上に大きな要因として考えられるものは堀沿いの風が表現しきれていないことだろう。実測値では“東1”に対して“公園”の風速が大きかったが、モデル値では絶対値での小ささは考えなくとも、“東1”に対して“公園”の風速が大きく下回っている。これは定点測定の結果から明らかに違っている。図12、14から見て堀川の中の風は0.1m/s前後と小さく、またその結果でもあるが堀沿いに風が流れずに東風となっている。(しかし、実測結果から“公園”では南北方向に風は流れ

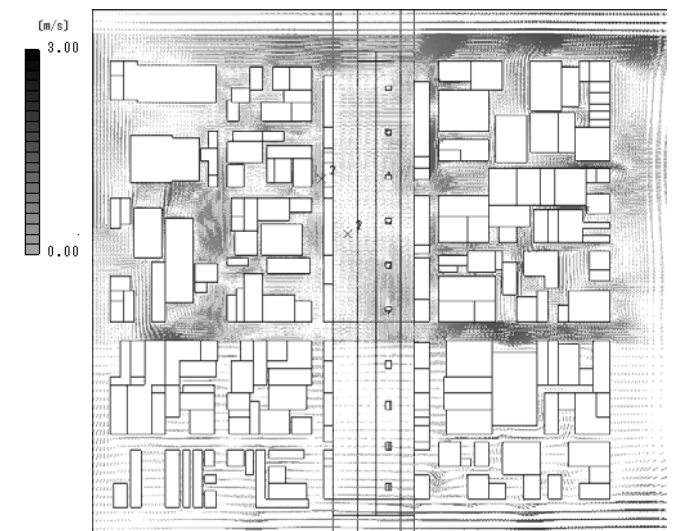


図14 “基本モデル”の気流性状(G.L.+1.2)



ていた。)

このように、地表面付近の気温は精度よく再現できたが、気流性状、特に堀沿いの風がうまく再現できなかった。

### 5.2 提案モデルの概要

基本モデルは気温に関してうまく再現できているとして堀川による効果をさらに高めるための提案を行い、影響を、川沿いの建物群(2~3階建て)を取り除きその面を日陰にするモデル1、モデル1でさらに川幅を公園まで拡張したモデル2について計算した。

東横堀公園は道路面レベルよりも低い位置にあり、隠れた存在になっている。他の河岸公園には堀いっぱいまで川面を広げ、上の道路沿いを公園にしている事例がある。これらは熱環境的にどう異なるのか計算により検討する。

なお、解析領域の大きさ、メッシュ間隔、熱伝達境界条

表1 計算による“東1”の気温

	基本モデル	モデル1	モデル2
気温(°C)	36.10	35.18	34.98

件、流入境界条件は“基本モデル”と同じである。

### 5.3 提案モデルの結果および考察

図15、16より高さ1.2mで堀沿いの水温の影響を確認できる。34 Kの等温線が“モデル2”では“基本モデル”“モデル1”より堀いっぱいには拡張した。しかし、堀から離れた場所ではそれほど大きな影響は無いように思われる。そこで、表1に気温の計算結果を示す。“東1”の気温は“モデル1”では基本モデルより0.92 K、“モデル2”では1.12 K低くなった。“東1”でもわずかであるが水面の影響を見ることができた。“東1”におけるその効果は0.2 Kであった。堀川沿いの風が再現できればより大きな暑熱緩和効果が見れたであろう。

## 6. まとめ

大阪の都心において、堀川周辺街区(東)と堀川のない街区(西)で温熱環境の実測とCFD計算をおこなった。その結果、以下を明らかにした。

- 1) 7月26日の定点測定では、気温の平均値は東1が西1より0.5 K低く、風速平均値は0.3m/s大きい。
- 2) 夏季の午後には東西道路よりは南北道路の路面の表面温度が低い。南北道路においては午前中は特にはいえないが、午後は道路西側のほうが路面の表面温度が低い。
- 3) CFDシミュレーションにより気温は精度よく再現できた。川沿いの気流の再現は今後の課題である。
- 4) シミュレーションによれば、川と街区のあいだの建物群を取り除くことによって0.92K、さらに川幅を公園いっぱいには拡げることによって1.12K、川の西側(“東1”)の人体周辺高さの気温を現状より低減できることがわかった。

< 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(代表:北田俊行)、大阪市立大学都市研究プロジェクト研究(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。記して謝意を表す。

< 参考文献 >

- 1) S Ito, H Yoshida, N Aotake, K Takahashi: MEASUREMENT OF THE THERMAL ENVIRONMENT IN URBAN CANYONS AND PREDICTION BY CFD SIMULATION, Ninth International IBPSA Conference, 475-482, 2005
- 2) 真島一博, 吉田治典, 梅宮典子, H. B. リジャル: 形態の異なる街路空間における夏季の温熱環境改善予測, 建・大・学術講演梗概集, 環境系 D1, 609-610, 2006
- 3) K Takahashi, H Yoshida, Y Tanaka, N Aokake, F Wang: HEAT FLUX MEASUREMENT OF URBAN BOUNDARY LAYERS IN KYOTO CITY AND ITS PREDICTION BY CFD SIMULATION, Eighth International IBPSA Conference, 1265-1272, 2003
- 4) 田中貴志, 梅宮典子, 大倉良司, 川本真史, 野村祐紀: 東横堀川周辺水辺空間の暑熱環境緩和効果について, 平成18年度空気調和・衛生工学会近畿支部学術研究発表会, 2007年3月(投稿中)



図15 “モデル1”の気温分布(G.L.+1.2)

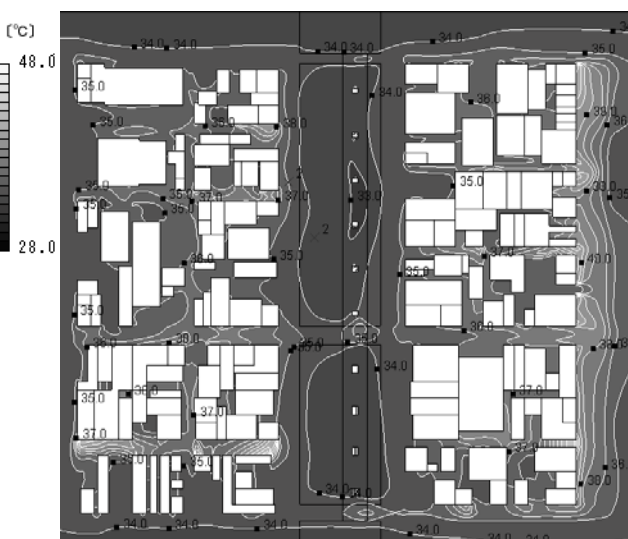


図16 “モデル2”の気温分布(G.L.+1.2)

等温線は1 K間隔

<sup>1</sup> 大阪市立大学工学研究科都市系専攻 建築環境工学研究室 博士前期課程  
<sup>2</sup> 大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻 助教授・工博  
<sup>3</sup> 大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻 助手・工修

Graduate Student, Dept. of Urban Eng., Osaka City University.  
 Assoc.Prof., Dept. of Urban Eng., Osaka City University, Dr.Eng.  
 Instructor, Dept. of Urban Eng., Osaka City University, M.Eng.