未舗装街路を有する街区の夏季における温熱環境の予測

Simulation of thermal environment in districts with unpaved alleys during summer

○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)
Yuichiro NOGUCHI*¹ Noriko UMEMIYA*¹ Tomohiro KOBAYASHI*¹
*¹Osaka City University

To ascertain unpaved alley effects on heat island mitigation, a survey was administered in Osaka during summer 2012. In this study, using CFD, the predicted values of temperature were compared. Furthermore, the temperature distribution and SET* distribution were analyzed. Major findings are presented below. 1) For the directions of unpaved alleys that parallel the wind direction, the mitigation is greater than when they cross the wind direction. 2) In the case of high wind speed, SET* is mitigated up to 0.6 K, but temperature is not mitigated. 3) In case of rainfall, temperature is mitigated up to 0.3 K; SET* is mitigated up to 0.4 K.

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¹)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²)は現場 の保水性舗装面と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,未舗装街路を有する街区の温熱環境 を街区規模で検討した例は少ない。

大阪市阿倍野区に大正 15 年に建設された北畠住宅(南 北 200m,東西 100m)は、下見板張りの木造住宅の当初の 状態が比較的よく維持されており、南北方向を通る道路 は住民の意向もあり現在も舗装されずに残されている。

本報では,北畠住宅において街路の温熱環境の実測³を 行った結果を基に,CFD 解析を用いたシミュレーション を行い,未舗装街路の暑熱環境緩和効果について分析し たので報告する。

2. シミュレーション概要

2.1 実測調査

図1に示す未舗装街路を有する街区で温熱環境の実測 を行った。測定は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に 実施した。その結果をもとに,シミュレーションは夏季晴 Inlet 天日で雲も少なく最も気候が安定していた9月13日の 16:00~9月14日4:00を対象とする。

2.2 数値計算概要

(1) 計算領域と格子間隔

図2に示す対象領域において,CFD 解析による数値計 算を行う。建物高さは階数に基づき,1 階高さを3mとし て算出する。詳細解析領域を含む長方形領域(1556m× 785m)を計算対象領域とする。水平方向の格子間隔につ いては,詳細解析領域(117m×167m)を0.5m,解析領域 (778m×392m)を2m,さらに外側は徐々に広がる不均等 間隔とする。鉛直方向の格子間隔については,詳細解析領 域内では最高建物高さまでを0.5m,解析領域内では最高 建物高さまでを1.0m,さらに外側は徐々に広がる不均等 間隔とする。

(2) 計算条件

乱流モデルには標準 k-ε モデルを 用い,定常解析を行う。対象地区 から南へ約 3.5km,西へ約 0.5km に位置する大学キャンパス屋上の気 象観測所の観測値を上空風とみなし ,風速計高さ 11m を流入条件(1/5 べき乗則)とする。流出条件は自然 流入流出条件,上空境界と Fig.1 Mea



Fig.1 Measurement Point



Fig.2 CFD Calculation Domain

側面境界を free-slip 条件,地面境界を一般化対数則,また, 壁面、路面は表面温度測定値を設定する。

2.3 実測調査結果と予測値の比較(図3,図4)

予測値の精度検証のため,気温,風速の実測値との比較 を行う。なお、22時の予測値は上空風の風向が西から東 に変わる不安定な時間帯で解が収束しなかったため,除 外する。精度検証は図1における測定位置と同位置で、 気温は時刻補正後の東 1.南.西.北で比較し.風速は移動観 測による時間差があることから東1においてのみ比較す る。気温では,実測調査での気温センサー(熱電対)の精度 の±0.5℃の範囲に近い18:00、20:00、0:00 において、ど の測定位置でも予測値と実測値が概ね一致している。風 速では,18:00,0:00,2:00,4:00 において,予測値と実測値が 概ね一致している。後述の温熱環境を SET*で評価する 際には気温と風速の精度が良いことが必要であるため、 以降のケーススタディでは18:00と0:00を対象に行う。 精度検証を行った18:00と20:00をbaseモデルとする。

2.4 ケーススタディのモデル概要(図5~7)

片側2車線計4車線の街路を除き、街路の方向の違い で、未舗装化のパターンを変更し、base モデルとの比較 分析を行う。

case1:主風向と直交する街路を未舗装とする場合 case2:主風向と平行な街路を未舗装とする場合 case3:case1 と case2 を合わせた場合

さらに、これらの3ケースの舗装パターンで、風速が大き い場合と降雨後の場合についても分析する。

上位5パーセンタイル値,18:00 は西風で3.0m/s、0:00 は東風で 2.9m/s とする。ここでは、base に代わり、風速値 変更後の v_base との比較を行う。降雨後の場合とは,実 測調査に基づき,2012 年8月23日20:00の降雨後,3:00 に未舗装と舗装の間で最大となった路面温度差 3.8K を 適用する。シミュレーションでは時間帯が近い 0:00 にお いて評価を行う。

3. シミュレーション結果

気温とSET*によって、シミュレーションの結果を考察 する。SET*は、建物表面や路面の輻射率を 0.90 と設定 し、モンテカルロ法により形態係数を求め、各面間の反射 吸収を考慮して算出した MRT を用いて,計算する。

3.1 base (図 8, 図 9)

18:00: 気温,SET*においてモデル全体の空間平均値はそ れぞれ 29.6℃,27.2℃であり,路面温度の高い駐車場で高 い傾向が見られる。0:00:気温,SET*においてモデル全 体の空間平均値はそれぞれ 27.4℃,25.4℃であり,空間分 布の差は、18:00 ほどは見られない。

3.2 case1 (図 10)

1.5

18:00: case1 は base モデルに比べて,気温は最大で 1.0K(base:30.7℃,case1:29.7℃) 低下し,モデル全体の空 間平均では変化はない(base:29.6℃,case1:29.6℃)。

case1 は base に比べて,SET* は最大で 3.4K(base:30.7℃,case1:27.3℃)低下し、モデル全体の空

-East1

1.0

predicted



Fig.8 base model:temperature distribution(18:00)

Fig.9 base model:temperature distribution(0:00)

間平均では変化はない(base:27.2°C,case1:27.2°C)。気温 の差が最大となる地点は図の(A)点である。0:00: case1 は base に 比 ベ て ,気 温 は 最 大 で 0.9K(base:28.2°C,case1:27.3°C) 低下し,モデル全体の空 間平均では 0.1K(base:27.4°C,case1:27.3°C),低下してい る。case1 は base に比べて、SET* は最大で 2.2K(base:27.7°C,case1:25.5°C) 低下し,モデル全体の空 間平均では 0.1K(base:25.5°C,case1:25.4°C),低下してい る。気温の差が最大となる地点は図の(B)点である。

3.3 case2 (図 11)

18:00: case2 は base に比べて、気温は最大で 1.4K(base:30.6℃,case2:29.2℃) 低下し,モデル全体の空 間平均では 0.1K(base:29.6℃,case2:29.5℃),低下してい る。 case2 は base に比べて,SET* は最大で 3.8K(base:30.6℃,case2:26.8℃) 低下し,モデル全体の 空間平均では変化はない(base:27.2℃,case2:27.2℃)。気 温において差が最大となる地点は図の(C)点である。

0:00: case2 は base に比べて、気温は最大で 1.0K(base:27.9℃,case2:26.9℃)低下し,モデル全体の空 間平均では 0.1K(base:27.4℃,case2:27.3℃),低下してい る。 case2 は base に比べて,SET* は最大で 2.3K(base:27.3℃,case2:25.0℃)低下し,モデル全体の平 均では 0.2K(base:25.5℃,case2:25.3℃),低下している。 気温において差が最大となる地点は図の(D)点である。

3.4 case3 (図 12)

18:00:case3はbaseに比べて,気温は最大で1.4K(base: 30.6℃,case3:29.2℃)低下し,モデル全体の平均では 0.1K(base:29.6°C,case3:29.5°C),低下している。case3 に比べて,SET*は最大で base け 3.9K(base:30.6℃,case3:26.7℃) 低下し,モデル全体の平 均では 0.1K(base:27.2℃,case3:27.1℃),低下している。 気温において差が最大となる地点は図の(E)点である。 0:00: case3 は base に比べて、気温は最大で 1.0K(base:27.4℃,case3:27.3℃) 低下し,モデル全体の平 均では 0.1K(base:27.4℃,case3:27.3℃),低下している。 case3は base に比べて,SET*は最大で 2.3K 低下し, モデル全体の平均では 0.2K(base:25.5℃,case3:25.3℃), 低下している。気温において差が最大となる地点は図の (F)点である。

空間平均値ではどのケースの差はほとんどないが,差



Fig.12 Temperature Difference(=case3-base) (left:18:00 right:0:00)

が最大となる地点では,case1よりも case2 の方が効果 が大きく,case2と case3 は同地点で効果は同程度である。

3.5 未舗装面積増加率と全ケースの比較(図15~17)

全ケースと base との空間平均値の差と差が最大とな る地点を未舗装面積増加率(=未舗装街路面積/モデル範 囲の全街路面積)とともに評価する。baseに比べ,case1 は31.0%, case2は44.5%, case3は75.5% 増加する。

気温:18:00において.空間平均値ではどのケースも差が 見られない。差が最大となる地点ではcase3の方がcase2 より未舗装面積増加率が大きいが,効果は case2 と同程 度である。風速が大きい場合についても同様である。0:00 において,18:00と同様,差が最大となる地点ではcase3の 方が case2 より未舗装面積増加率が大きいが,効果は case2 と同程度である。風速が大きくても気温差は大き くならないが、降雨の影響ではr case2 およびr case3 と baseの間では最大 0.3K 差が大きくなる。

SET*: 18:00 において,空間平均値ではどのケースも差 が見られない。風速が大きくても、各ケースでほとんど差 が見られないのは、上空風の風速の変化が小さいからで ある(base:2.7m/s,v_base:3.0m/s)。0:00 において,風速が 大きい場合(図 13:base→図 14:v_base へは主風向と平行 な街路やオープンスペースで風速が大きくなる).未舗装 面積が大きいほど,差が大きくなり,v case3 と v base の 間では最大 2.9K 差が大きくなり,降雨の影響では最大 0.4K 差が大きくなる。さらに、降雨があり、風速が大きい 場合(base:1.5m/s,v_base:2.9m/s),未舗装面積が大きい ほど,差が大きくなり,v_r_case3 と v_baseの間では最大 3.2K 差が大きくなる。気温では風速が大きくても,気温 の低下は見られなかったが,降雨があった場合には,気温 の低下が見られた。SET*では、降雨と風速の影響で各ケ

ースに低下が見られ,未舗装の面積が大きいほど,差が最 大となる地点では,風速の影響を強く受け,低下効果が大 きくなる。

4. まとめ

未舗装街路を有する街区のある大阪市北畠住宅を対象 として、CFD を用いたシミュレーションによる街路の未 舗装パターンのケースに関するケーススタディを行い、 さらに.風速および降雨を考慮したケースによる暑熱環 境緩和効果も定量的に明らかにした。1)どのケースも気 温,SET*分布の空間平均値には差がない,2)差が最大とな る地点での熱環境は,主風向と直行する街路を未舗装化 するよりも,主風向と平行な街路を未舗装化する方が効 果がある。3) case3 の方が case2 より未舗装面積増加率 が大きいが、風速が大きい場合を除けば、効果は case2 と 同程度である。4)風速が大きい場合には、気温は変化しな いが,SET*は未舗装面積が大きいほど効果があり,最大 0.6K低下する。5)降雨があった場合,気温は最大 0.3K低 下し,SET*は最大 0.4K 低下する。

参考文献

1)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年2)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 年 3) 野口ほか: 夏季における未舗装 街路の温熱環境の実測,空衛・近畿支部,257・260,2013年

average(space

1.42

max(spot)

0.93

5.0

2 4.0

gu 3.0

18:00

3.40 3.81 max(spot)

3.72

3.86

3.31



g^{2.0}

18:00

1.00