

守口市シンボルロード計画の環境性能評価と改善策の提案

第4報 道路拡幅時の暑熱環境対策の効果検証

213-043 久保 亮作 (共同研究者 213-089 中島 惇 213-080 田中 麻理 213-161 渡邊 紗和)

1. はじめに

前報において、道路を拡幅した場合に日射を受ける影響で歩行空間における夏季の体感温度が高くなる可能性が示唆された。本報では、第3報で作成した解析モデルをもとに、樹木配置や保水性舗装、セットバックの有無によるシンボルロード内の歩行空間における温熱面に対する影響を検証する。表1に示す6ケースについて日射・放射連成のCFD非定常解析を実施する。解析モデルを図1、解析条件を表2、表3に示す。解析には㈱アドバンスドナレッジ研究所のCFD解析ソフトFlowDesigner2017を使用。2016年8月2日から8月8日の7日間を助走計算、実測日の8月9日を解析対象日とする。

表1 解析ケース

CASE番号	樹木間隔	保水性舗装	セットバック
CASE1	樹木なし	なし	5m
CASE2	10m	なし	5m
CASE3	5m	なし	5m
CASE4	10m	あり	5m
CASE5	5m	あり	5m
CASE6	5m	あり	なし

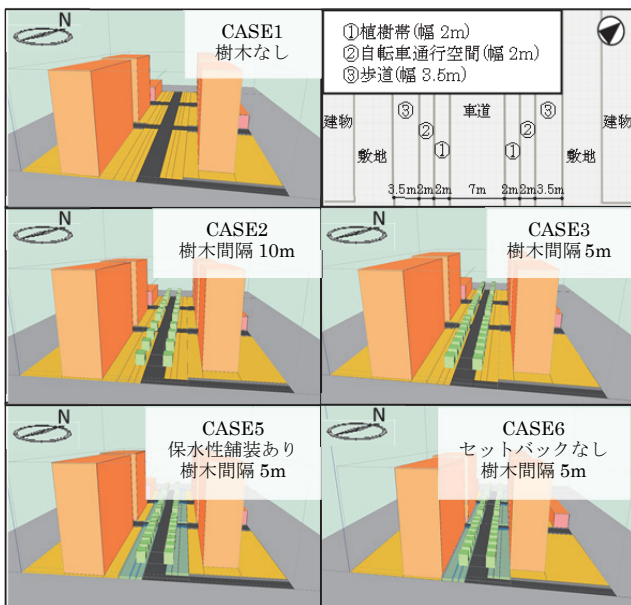


図1 解析モデル及びシンボルロード詳細(右上)

表2 共通解析条件

乱流モデル	k-εモデル	メッシュ	構造格子
離散化	有限体積法	流入境界	一様流(0.5m/s)
アルゴリズム	SIMPLEC法	流出条件	自由流出
移流項差分スキーム	一次風上	天空面・側面	Free Slip

表3 解析領域及び解析格子数

	解析領域	解析格子数
CASE1, 2, 3, 4, 5	x:145m, y:180m, z:130m	814,320(x:117 y:145 z:48)
CASE6	x:145m, y:180m, z:130m	851,088(x:119 y:148 z:48)

2. 樹木の有無及び配置間隔による影響の検討

2.1. 解析概要

樹木の有無及び配置間隔がシンボルロードの歩行空間に与える日射遮蔽効果について検証を行った。第1報の風解析で作成した流体抵抗としての樹木モデルに併せて、ケヤキの1日における平均日射透過率(0.0669)¹⁾と経時変化を用いた蒸散量²⁾を設定した。この樹木モデルを第3報で使用した解析モデルの植樹帯に中心間距離が5mまたは10mの間隔となるように設置した。

2.2. 解析結果

8月9日14時の結果について比較する。解析結果の評価箇所は、第3報と同様の表記とする。歩道部分の表面温度分布を図2、樹木設置状態毎の表面温度とSET*を表4、表5に示す。シンボルロードの歩道部分の表面温度で比較すると(CASE1)に比べ、樹木間隔を10mとした(CASE2)では、東側は平均約1.65°C、西側は平均約0.22°Cの低減効果が見られた。樹木間隔を5mとした(CASE3)では東側は平均約3.01°C、西側は平均約0.32°Cの低減効果が見られた。SET*においても(CASE2)の東側では平均約0.45°C、西側では0.08°Cの低減効果が、(CASE3)の東側では平均約0.96°C、西側では0.13°Cの低減効果が見られ、樹木間隔によって低減効果の差が現れた。特に14時に暑くなり易い東側の低減効果が大きくなった。以上より樹木による日射遮蔽効果が確認でき、樹木間隔においては間隔5mで最も低減効果が見られた。

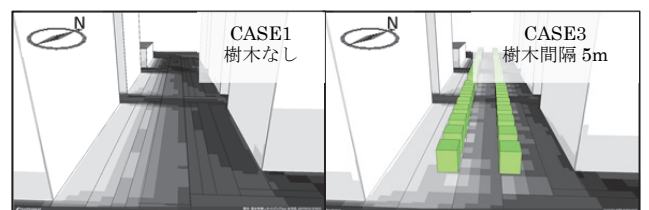


図2 歩道部分の表面温度分布

表4 樹木設置状態毎の表面温度(14時・単位[°C])

	東3	東4	東5	西3	西4	西5
CASE1(樹木なし)	47.88	48.41	48.40	36.07	37.51	45.48
CASE2(間隔10m)	46.53	46.34	46.88	35.80	37.25	45.36
CASE3(間隔5m)	44.78	45.39	45.48	35.63	37.01	45.46
差(CASE2-CASE1)	-1.35	-2.07	-1.52	-0.27	-0.26	-0.12
差(CASE3-CASE1)	-3.10	-3.02	-2.92	-0.44	-0.50	-0.02

表5 樹木設置状態毎のSET*(14時・単位[°C])

	東3	東4	東5	西3	西4	西5
CASE1(樹木なし)	38.98	39.16	39.23	35.11	35.62	38.18
CASE2(間隔10m)	38.64	38.59	38.80	35.04	35.54	38.10
CASE3(間隔5m)	37.78	38.39	38.33	34.95	35.49	38.09
差(CASE2-CASE1)	-0.34	-0.57	-0.43	-0.07	-0.08	-0.08
差(CASE3-CASE1)	-1.20	-0.77	-0.90	-0.16	-0.13	-0.09

3. 保水性舗装による影響の検討

3.1. 解析概要

保水性舗装による歩道温度上昇の抑制効果と、歩行空間への影響について検証を行った。既往の研究³⁾より引用した保水性舗装による蒸発量の算出式を(3.1)に示す。

$$tE = \frac{t \cdot \beta(\omega) \cdot \alpha_c}{C_{pm}} \cdot (X_{sat}(T_s) - X_a) \quad (3.1)$$

t : 蒸発潜熱[kJ/kg]、 E : 蒸発量[kg/m²・s]、
 β : 蒸発効率[-]($\beta=0.3[-]$)、 ω : 表面濡れ率[-]、
 α_c : 対流熱伝達率[W/m²・K]($\alpha_c=7.55[W/m^2 \cdot K]$)、
 C_{pm} : 湿り空気の定圧比熱[kJ/kg・K]、
 $X_{sat}(T_s)$: 表面温度に対する飽和絶対湿度[kg/kg]、
 X_a : 空気の絶対湿度[kg/kg]

算出された蒸発量を CFD に反映するため、外部連携を用いる。(3.1)式の $X_{sat}(T_s)$ と X_a でシンボルロード部分(図1の①②③全て)の表面温度と 0m から 1m 高さまでの空気温度を使用するため、CFD 解析上にセンサー領域を設置し Excel(VBA)上の計算式に受け渡している。Excel にて算出された蒸発量を CFD 解析モデルのシンボルロード部分の地表面側第1セルに吸熱として設定し保水性舗装を考慮した。本研究では、樹木の配置間隔の検討で最も低減効果が見られた樹木間隔 5m について保水性舗装の有無による比較(CASE3 と CASE5)を行う。

3.2. 解析結果

歩道部分の表面温度分布を図3、舗装面毎の表面温度と SET*を表6、表7に示す。保水性舗装を使用した(CASE5)を(CASE3)と比較すると、全ての評価箇所で表面温度、SET*共に低減効果が見られた。表面温度に関しては全体的に平均約 5.3℃低下しており、特に建物高さが低い「西5」では他の評価箇所より日射の影響が大きく、保水性舗装の蒸発効果が大きくなり表面温度低下が大きくなったと思われる。SET*においても平均約 0.48℃の低減効果が見られた。以上より保水性舗装による低減効果は比較的大きく見られた。

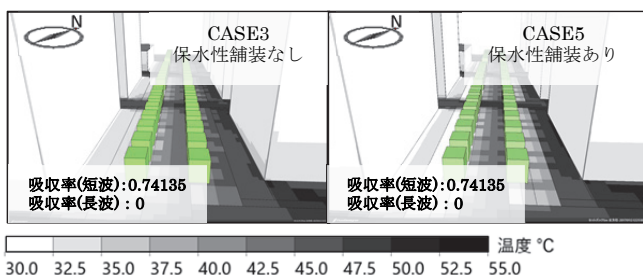


図3 歩道部分の表面温度分布

表6 舗装面毎の表面温度(14時・単位[℃])

	東3	東4	東5	西3	西4	西5
CASE3(通常舗装)	44.78	45.39	45.48	35.63	37.01	45.46
CASE5(保水性あり)	39.20	39.46	39.76	31.95	32.34	39.22
差(CASE5-CASE3)	-5.58	-5.93	-5.72	-3.68	-4.67	-6.24

表7 舗装面毎の SET*(14時・単位[℃])

	東3	東4	東5	西3	西4	西5
CASE3(通常舗装)	37.78	38.39	38.33	34.95	35.49	38.09
CASE5(保水性あり)	37.63	37.94	37.72	34.43	34.89	37.54
差(CASE5-CASE3)	-0.15	-0.45	-0.61	-0.52	-0.60	-0.55

4. 建物のセットバックによる影響の検討

4.1. 解析概要

樹木の配置間隔、保水性舗装に加え建物をセットバックすることでの日射の当たり方の違いが歩行空間に与える影響について検証する。拡張した歩道の道路境界線から建物をセットバックさせないモデル(CASE6)と 5m セットバックさせたモデル(CASE5)の比較を行う。

4.2. 解析結果

歩道部分の表面温度分布を図4、建物セットバック毎の表面温度と SET*を表8、表9に示す。建物のセットバックをすることで表面温度、SET*共に低減効果が小さくなった。風がある程度吹く場合であればセットバックさせた方が有利かもしれないが、微風条件下ではセットバックによる通風量増加はあまり期待できず、日射が当たる面積が大きくなったことで低減効果が小さくなったと考えられる。5m セットバックした(CASE5)はセットバックなしの(CASE6)に比べ、表面温度は平均約 1.72℃、SET*は平均約 0.58℃の増加が見られた。「西5」は建物セットバックの変化があまりないため増加量は僅かだった。以上より建物のセットバックによる低減効果はあまり見られず、若干の増加が見られた。

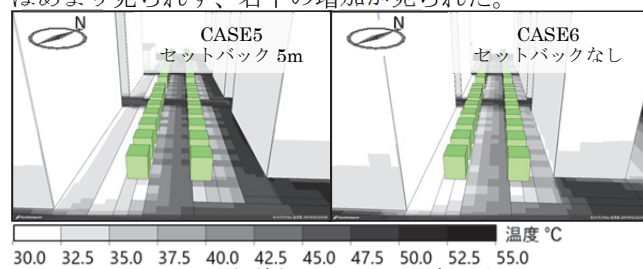


図4 歩道部分の表面温度分布

表8 建物セットバック毎の表面温度(14時・単位[℃])

	東3	東4	東5	西3	西4	西5
CASE5(5m)	39.20	39.46	39.76	31.95	32.34	39.22
CASE6(なし)	37.49	37.49	38.55	29.49	30.27	38.33
差(CASE5-CASE6)	1.71	1.97	1.21	2.44	2.07	0.89

表9 建物セットバック毎の SET*(14時・単位[℃])

	東3	東4	東5	西3	西4	西5
CASE5(5m)	37.63	37.94	37.72	34.43	34.89	37.54
CASE6(なし)	37.01	37.21	37.27	33.69	34.25	37.24
差(CASE5-CASE6)	0.62	0.73	0.45	0.74	0.64	0.30

5. まとめ

シンボルロードの歩道部分における歩道表面温度及び SET*上昇への抑制効果として樹木を配置することと、保水性舗装を使用することが有効であることを示した。建物のセットバックに関してはセットバックすることにより歩道に当たる日射量が大きくなるため低減効果は確認できなかった。しかし、セットバック箇所に植樹や芝生等を施すことで暑熱環境を低減できる可能性がある。

参考文献

- 1)梅干野見, 中大窪千晶等: 数値解析を用いた単木樹木の日射透過率に関する基礎的研究, 日本ヒートアイランド学会第3回全国大会, 2008.8
- 2)浅輪貴史, 清野友規等: 都市緑化を対象とした単木樹の熱・水収支特性の計量化と数値モデル化 その10 樹種別の蒸散量の比較分析とデータベース化, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 873-874, 2014.9
- 3)円井基史, 梅干野見等: 毛管吸水性能を有する保水舗装の含水状態と表面濡れ状態を考慮した熱・水収支モデルの開発, 日本建築学会大会環境系論文集, 第75巻, 第653号, 577-584, 2010.7