

街路樹の木陰による暑熱環境改善の検証

課題責任者

杉山 徹 海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門 地球情報科学技術センター

著者

杉山 徹^{*1}, 松田 景吾^{*1}, 東 友香^{*2}, 小田切 幸次^{*2}, 佐藤 玲子^{*2}

^{*1} 海洋研究開発機構付加価値情報創生部門地球情報科学技術センター, ^{*2} 横浜市環境科学研究所

キーワード: 暑熱環境, 街路樹, 微気象計算, 暑さ指数

1. まえがき

都市における夏季の暑熱環境の改善には様々な手法が提案され, 本課題において評価してきた. ミスト散布の効果を検討した前年度までの成果に続き, 本年度は, 樹木の効果, とりわけ, 街路樹による効果を検討した結果を報告する. 樹木が暑熱環境改善に寄与する要因には, 葉の蒸散作用が挙げられているが, 木陰を作る効果も大きい. そこで, 樹冠特性 (樹高・形状・葉面積密度) の違いによる日射強度と暑熱環境の関係を定量的に把握するため, 幹線道路の街路樹を想定した数値シミュレーション (LES による微気象計算) を実施した.

2. シミュレーションモデル

樹形や周辺建物を解像するために, 高解像の LES により暑熱環境の評価を行う [1][2]. 多段階のネスト計算を行い, 解析に用いた解像度は 1 m とした. ネスト計算には, 2つの計算手法を用いており, 関東平野を含む領域での気象計算 (3.3km - 1.0km - 320m - 100m) と, 100m 解像度の結果を境界条件とした LES (20m - 5m - 1m) である. 本課題は, 横浜市環境科学研究所との共同研究課題の一つであり, 実測調査も行われている. 調査は, 横浜市戸塚区鳥が丘付近から泉区領家付近までの街路樹 (ケヤキ) が植えられている幹線道路の歩道上で実施した. 調査日時は 2021 年 8 月 11 日 10:00~15:00 である. 本計算は, この観測日の気象条件に合わせて実施した. なお, 実測調査の結果は, 共同研究報告書を参照されたい [3].

樹木形状の設定には, 以下の方法を用いた. 実測調査を行った街路樹の中から, 代表的な形状を選び, Case 1 とした (代表形状: 各樹種のもつ樹形を生かしつつ, 一定の大きさに維持した剪定方法をとったものとし, 以下, 「柔らかい剪定」と呼ぶ). 樹形の依存性を考慮するための対照的な樹形として, 街区内の冬季落葉量を減らすため, 幹や太い枝を切り払い樹形を小さくした剪定 (以下「強剪定」と呼ぶ) を選んだ. 強剪定の木については, 強剪定後約 0.5 年 (Case 2) と約 4.5 年 (Case 3) が経過した時点の木をモデルとして選び, 実街区における剪定後の状態を考慮した. また, 仮想樹形を考慮するために, Case 1 に対して樹高のみを低くした場合 (Case 4) や, 樹高が同じで樹冠体積を小さくした場合 (Case 5), 樹高・樹冠ともに小さくした場合 (Case 6) を設定した. さらに, 葉面積密度の依存を解析するために, Case 1 の樹冠形状に対し,

葉面積密度のみを変えた 6 種のケースを設定した (Case 7~12). 各ケースのパラメータを表 1 に示す.

表 1 樹冠形状設定一覧

Case	樹高 (m)	葉面積密度 (m ² /m ³)	樹冠幅 (m)	樹冠体積 (m ³)
1	9	1.9	7	122
2	6	1.9	2	3
3	7	1.9	4	26
4	7	1.9	7	122
5	9	1.9	4	44
6	6	1.9	4	20
7	9	0.67	7	122
8	9	0.92	7	122
9	9	1.2	7	122
10	9	1.3	7	122
11	9	1.7	7	122
12	9	2.2	7	122

3. 結果

対象エリアにおける土地利用分布と, 街路樹の位置を図 1 に示す. 図中の街路樹 15 本 (緑点の集合体) のうち, 南北道路の西側の 6 本の街路樹 (図中の中央より上側の街路樹) の特性を上記 12 種の Case に変更し, 暑熱環境の違いを解析した. なお, 図中の赤い格子 9 点は, 後述の日射強度に関する解析に用いた地点である.

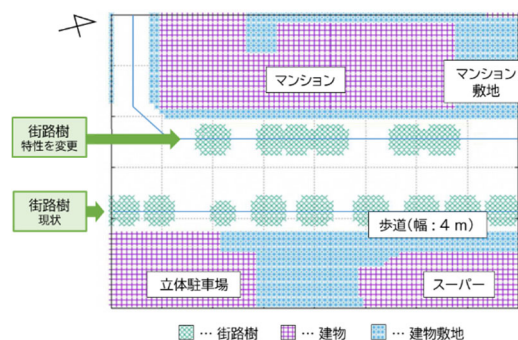


図 1 対象エリアの土地利用分布. 紫: 建物, 青: 建物敷地, 緑: 街路樹, 白: 道路・歩道. 赤域: 後述の日射解析エリア. 点一つ一つ大きさが計算解像度 (1m) となる.

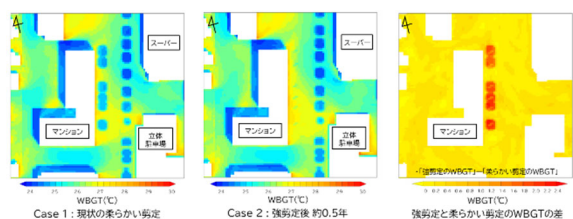


図2 WBGT 値の空間分布。(左) Case 1。(中) Case 2。(右) Case 1 と 2 の差

図2に、剪定強度の差による高さ 1.5 m の WBGT 値(11:00 ~11:05 の平均値)を示す。左より Case 1, Case 2, 両 Case の差をそれぞれ示す(注: 南北方向を図の上下に変更)。左図では、木陰域において、WBGT 値の低い場所がはっきりと確認でき、樹冠の小さい中図に比べ、広い範囲で街路樹による WBGT 値の低減効果が見られる。右図にあるように、より赤く示されている領域において強剪定と柔らかい剪定の差が大きく生じている。

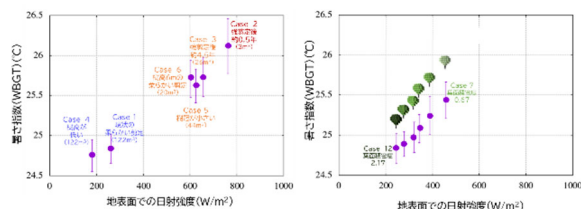


図3 地表面に達する日射強度に対する WBGT 値。左図: Case 1~6 に対して表示。樹冠形状依存を示す。右図: Case 7~12 に対して表示。葉面積密度依存を示す。

次に、この WBGT 値の差が、地表面に達する日射強度に依存していることを示す。木陰面積が狭くなる正午において、樹冠下の地表面に達する日射強度 $[W/m^2]$ (9 格子点データの平均値、図1赤域)を算出し、本シミュレーションにおいて得られた WBGT 値(11~12 時の平均値と分散)との関係を図3に示す。左図は Case 1~6 に対する比較実験の結果であり、右図は Case 7~12 に対する比較実験の結果である。共に、表1に記す特性を分かりやすく表記するために、コメントと概念ポンチ絵を加えてある。Case 1~3 (強剪定と柔らかい剪定の違い)の差は、図2に示す通りであり、Case 3 から Case 2, 1 の順に日射強度が弱くなることに伴って WBGT 値も低くなっている。結果として、Case 3 に比べ Case 1 は平均として約 $1.5^{\circ}C$ 低い。Case 1 と 4 は日射強度、WBGT 値ともに同じような値を示しており、樹冠位置を上下に 2 m 変更しても差が小さいことが分かる。Case 5, 6 を合わせ、日射強度と WBGT 値は単調増加の良い相関がみられる。同様な相関は、葉面積密度を変化させた右図でも確認できる。ここでは、街路樹の葉面積密度を現実的に変更可能な範囲幅において変化させており、その範囲内では、約 $0.5^{\circ}C$ の差が生じることが分かった。ただし、この差は、剪定方法の違いによって生じる WBGT 値の差に比べて小さかった。これら両図を

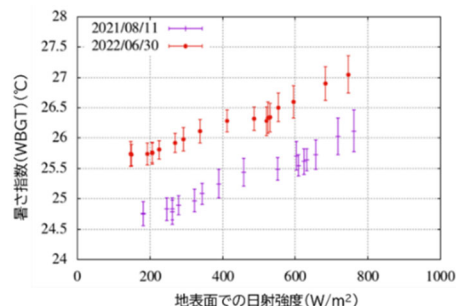


図4 地表面に達する日射強度に対する WBGT 値。異なる日に対する結果。共に良い相関がみられる。

まとめた結果を図4に示す。紫色の点で示された結果が、対象日時の結果である。日射強度と WBGT 値には、樹形や葉面積密度の変更方法によらず、単調増加の良い相関がみられる、この相関を検証するために、異なる日においても同じく 12 Case の計算を行った (2022 年 6 月 30 日。6 月に横浜地方気象台で猛暑日と観測された特筆する日)。太陽高度や気象条件が異なるため WBGT 値や日射強度が異なるが、どちらの日においても、地表面に達する日射強度と WBGT 値は、良い相関を示した。

4. まとめ

樹冠特性(樹高・形状・葉面積密度)の違いによる暑熱環境の違いを定量的に把握するため、微気象シミュレーションを実施した結果、緑陰内の WBGT 値は、地面に達する日射強度という1つのパラメータで表現できることが分かった。よって、街路樹設置による暑熱環境改善を WBGT 値で評価する場合、緑を薄くせざるをえない場合には樹冠を広く設けることで、樹冠体積を大きくできない場合には緑を濃くすることで、良い環境が作り出せる。

謝辞

横浜市道路局施設課には、調査の実施場所やシミュレーションのモデルを作成する際にアドバイスをいただきました。また、シミュレーションに用いた土地利用状況の設定には、横浜市建築局から提供された都市計画基礎調査データを利用し、SI-CAT(気候変動適応技術社会実装プログラム)において開発したツールを使用しました。

文献

- [1] K. Takahashi, R. Onishi, Y. Baba, S. Kida, K. Matsuda, K. Goto, and H. Fuchigami, "Challenge toward the prediction of typhoon behavior and down pour", J. Physics, 454, 012072 (2013).
- [2] K. Matsuda, R. Onishi, and K. Takahashi, "Tree-crown-resolving large-eddy simulation coupled with three-dimensional radiative transfer model", J. Wind Eng. Ind. Aerodyn, 173, 53-66 (2018).
- [3] JAMSTEC-横浜市環境創造局, 共同研究「横浜における都市の熱環境の改善に向けた研究」成果報告書 (2023).