

# 夏季ヒートアイランド適応策としての樹木の考察

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 情報エンジニアリングプログラム

著者

杉山 徹\*<sup>1</sup>, 松田 景吾\*<sup>2</sup>, 小田切 幸次\*<sup>3</sup>, 佐藤 玲子\*<sup>3</sup>, 石田 麻衣子\*<sup>3</sup>, 狭間 優哉\*<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup>海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門 情報エンジニアリングプログラム,

\*<sup>2</sup>海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門 地球情報科基盤センター, \*<sup>3</sup>横浜市環境科学研究所

都市部における夏季の暑熱環境を改善する方法の1つとして、街路樹や都市公園内に樹木を配置することがある。樹冠からの蒸発散による気温低減効果や、木陰の創出による放射遮断効果を期待している。実街区において、これらの効果がどの程度発揮されるかを定量的に見積もるため、実街区による気象測定とLESによる微気象シミュレーションを本課題では実施している。その初期結果として、樹冠の葉面積密度よりは、樹冠体積や樹冠の枝張り面積を大きくすることで、暑熱環境の改善（暑さ指数の低減）に寄与することが見えてきた。

キーワード：ヒートアイランド，LES，適応策，樹木，街区シミュレーション

## 1. はじめに

地球規模の温暖化のみならず、夏季におけるヒートアイランド現象により、都市部の暑熱環境は厳しい状況にある。その対応策の1つとして、昨年度は潜熱を利用した対策であるミスト噴霧による気温低減効果について計算機シミュレーションと都市公園における気象観測により、評価を行った。本年度は、樹木を利用した対策を、同じく計算機シミュレーションと街区における気象観測により評価を試みている。次年度に継続する研究であるため、本報告では、その途中経過の内、シミュレーション結果を報告する。

都市部においては、街路樹を設置することにより、夏季の厳しい暑熱環境を和らげる対策がなされている。これまでに、文部科学省気候変動適応技術社会実装プログラム(SI-CAT)において、熊谷スポーツ文化公園での植樹による木陰創出からの対応策の評価を行ってきた[1]。それによると、樹木を植えることで、木陰により地面温度が下がり、気温も低下することが報告されている。この熊谷での例では、樹木以外に日射を遮る媒体が存在しない場合の例であった。一方、都市部においては、高層の建物が建ち並びつつ、幅の広い道路や広い交差点が存在し、その通りに沿って街路樹が植林されていることが多い。また、都市公園が設けられている地区では、高さ10mを超える樹木が街路樹に加えて植林されている。このように、同じ樹木を利用した暑熱対策を考案するにしても、その他の構造物などからの影響をも考慮する必要があるのが、都市域での暑熱環境である。実際、建物があれば、日射を遮るため、暑熱環境への影響が大きい。そこで、本課題では、実形状の街区における建物解像微気象シミュレーションをLESにて実施することにより、厳しい暑熱環境に対して、街路樹がどの程度和らげる効果を持っているかの評価を試みている。ここでは、その初期結果を、報告する。なお、本研究は、JAMSTEC と横浜市環境科学研究所との共

同研究として実施した内容の一部であり、実街区での微気象観測も同時に実行している。

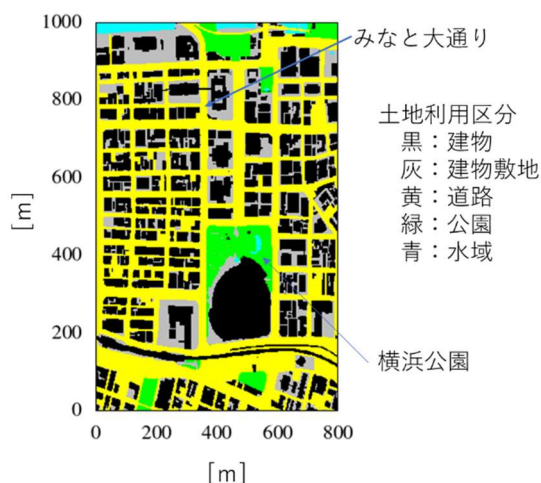


図1：対象とした横浜市中区のみなと大通り付近の地図。シミュレーションで用いた土地利用区分を基に作成。中央縦に伸びる道路がみなと大通りであり、中央には横浜公園がある。図上部は横浜港に面している。

## 2. LESの設定

実街区での樹木の効果を評価するために、横浜市中区のみなと大通りを選んだ。横浜港から直線に伸びる道路とそれに垂直な道路で基盤の目のような街区形状であることに加え、広めの都市公園である横浜公園がある(図1)。その通りの中に片側2車線(計4車線)の広めの通りとしてみなと大通りがあり、通りの両側には街路樹が植えられている。樹木の大きさは、直径数m程度の樹冠を持ち、高さは10m程度である。これらの樹形や周辺建物を解像するために、超高解像のLESにより暑熱環境の

評価を行う。最高の解像度は1 mとし、格子数は水平方向に800 x 1000である(図1が計算領域を示す)。計算にあたって、多段階のネスト計算を行っている。大きく2つの計算手法を用いており、広域は関東平野を含む領域である。気象庁GPVデータ(メソ気象データMSM)から3.3km - 1.0 km - 320m - 100mまでの気象計算を双方向ネスト手法により行った。ここで得られた100m解像度の結果を境界条件としたLESにより20m - 5m - 1mと単方向ネスト計算を行った。LESにおいては、建物解像微気象計算となる。1m解像度のLESにおける計算対象日時は、日本時間2021年8月26日の11時~12時の期間を計算した。一方、気象計算は、5日前の8月21日9時から実施している。ともに、大気海洋結合モデルMSSGを用いている。

LESからの結果として、気温・湿度や風向・風速といった基本的な気象要素から、乾球( $T_a$ )と湿球( $T_w$ )の温度を求めることができる。加えて、地面・建物表面・樹幹の温度等を出力することで、各計算格子の面(面素)からの放射フラックスを計算することが出来、任意の地点における黒球温度( $T_g$ )を求めることができる。今回は、各格子の中心点を評価位置とした。これらの結果から次式で暑さ指数(WBGT値)を計算から求めることができる。

$$WBGT = 0.7 \times T_w + 0.2 \times T_g + 0.1 \times T_a$$

WBGT値の空間分布から、樹木によるWBGT値への影響を評価することで、樹木の効果を評価する方針である。前述のとおり、評価は次年度への継続研究としており、今回は定量的な結果は一部とし、定性的な結果の報告とする。

### 3. 樹木によるWBGT値の変化

図2に、みなと大通り北側における樹木の位置とWBGT値の10分平均値(11:30~11:40)を示す。WBGT値が低くなって場所は、建物の影の領域と、樹木の木陰部分である。単体樹木の場合は、樹冠による木陰が及ぶ範囲のみWBGT値の低減効果が得られている。これら日射が直接届かない場所でのWBGT値は28℃代である。一方、日射が届く通りでは、30℃を超えるWBGT値を示しており暑熱環境は良くない。

図3に木陰の内外でのWBGT値の差( $dW$ )を、その樹冠形状に対してプロットした。図3A~Cに枝張り面積・樹冠体積・葉面積密度に対する $dW$ 値をそれぞれ示す。 $dW$ 値は、木陰域でのWBGT値からその木陰横の日なた域でのWBGT値を減じた値として定義し、各樹木に対して $dW$ を算出している。枝張り面積と樹冠体積が広く大きくなるほど、 $dW$ の値の差が大きくなるが見られる一方で、葉面積密度には、明らかな依存が見られない。この違いは、主に黒球温度の違いによってより、黒球温度の違いは、地面温度の違いに由来していた。

地面温度が高いとWBGT値も高くなることは、地面

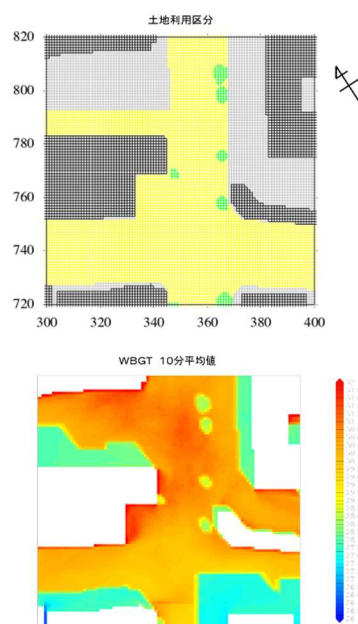


図2：みなと大通り北側域における樹木配置(上)と算出されたWBGT値(下)を示す。上図の色は図1と同じである。上下に伸びる道路がみなと大通りである、その両側に樹木(緑点)がある。下図白抜き域は建物位置を示す。右下が南のため、左上方向に影が伸びる。建物の影、木陰の部分でWBGT値が低くなっている。

付近でのWBGT値が高くなることから確認できる。図4に、WBGT値の地面高さ( $H[m]$ )依存を示す。左から、 $H = 0.5m, 1.0m, 1.5m, 2.0m$ におけるWBGT値を示す。子供の背丈程度の $H = 0.5m$ 高でのWBGT値は、大人の背丈程度の $H = 1.0 \sim 1.5m$ 高に比べて1℃ほど高くなっていることがわかる。また、中央付近で、縦に並んで団子状にWBGT値が低い領域は、街路樹が連続して植わっている場所である。その木陰でのWBGT値を見ると、 $H$ が高くなるほど、すなわち、樹冠に近づくほどWBGT値が下がる様子が確認できる。

### 4. 今後の予定

今回の報告では、LESからの結果であるが、同時刻に横浜市の環境科学研究所が主体となり、同地区の暑熱環境を測定している。気温・風速などの基本変数に加え、放射温度計による地面温度も測定している。これらの結果とシミュレーション結果を合わせ、同地区の暑熱環境の把握と、それに基づいた適応策の立案を行う予定である。例えば、街路樹を更新する際、植樹の位置や大きさについて、数値シミュレーションからの定量的な評価に基づいた提案につなげていく予定である。

## 謝辞

横浜市建築局には、都市計画基礎調査データを提供頂きました。土地利用データの作成には、SI-CAT(気候変動適応技術社会実装プログラム) において開発されたツールを使用しました。

## 文献

[1]

<https://www.pref.saitama.lg.jp/a0001/news/page/2019/0725-07.html>

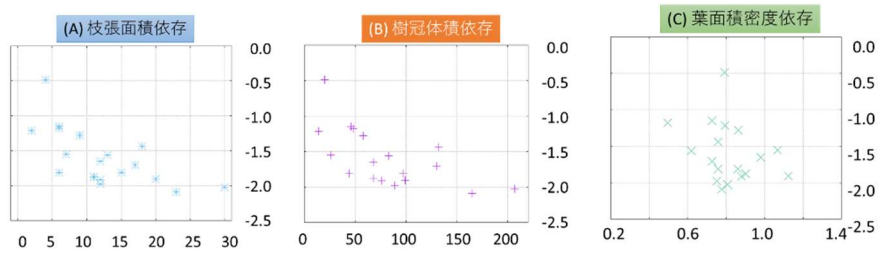


図3：木陰と日なたとのWBGT値の差(dW)を、樹冠のパラメータ(枝張り面積(A)、樹冠体積(B)、葉面積密度(C))に対してプロット。樹冠が大きくなるほど、WBGT値が下がる様子がわかる。

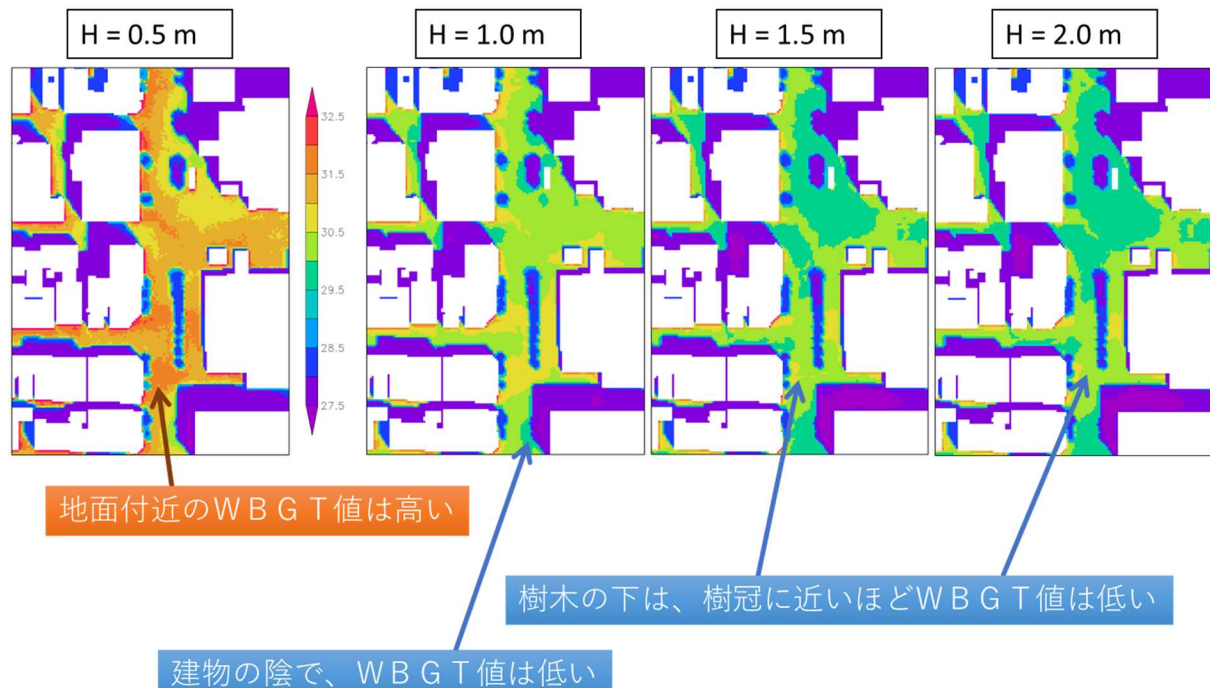


図4：WBGT値の高さ依存。地面から離れるほど、また樹冠に近いほどWBGT値が下がる様子がわかる。

# A Study of the Contribution of Tree Crowns for Heat Island Adaptation Measure

## Project Representative

Toru Sugiyama Information Engineering Program, Research Institute for Value-Added-Information Generation, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

## Authors

Toru Sugiyama\*<sup>1</sup>, Keigo Matsuda\*<sup>2</sup>, Koji Otagiri\*<sup>3</sup>, Reiko Sato\*<sup>3</sup>, Maiko Ishida\*<sup>3</sup>, Yuya Hazama\*<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup> Information Engineering Program, Research Institute for Value-Added-Information Generation, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology,

\*<sup>2</sup> Center for Earth Information Science and Technology, Research Institute for Value-Added-Information Generation, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology,

\*<sup>3</sup> Yokohama Environmental Science Research Institute

One of the ways to improve the hot summer environment in urban areas is to place trees in roadside and city parks. We expect the temperature reduction effect by the evapotranspiration from the tree crowns and the radiation blocking effect by creating shade. In order to quantitatively estimate the effects, we have performed microscale meteorological simulations by LES. As an initial result, it has been found that increasing the volume and branching area of the tree crown rather than the leaf area density of the tree crown contribute to the improvement of the hot environment (reduction of the heat index).

**Keywords :** Heat Island, LES, Adaptation, Tree Crown

## 1. Introduction

Due to the heat island phenomenon in summer as well as global warming, the heat environment in urban areas is in a severe situation. As one of the countermeasures, we evaluated the temperature reduction effect of mist spraying in FY20, by numerical simulations and meteorological observation in city parks. In FY21, we are trying to evaluate countermeasures using trees by computer simulation and meteorological observation in the city blocks. Since this is a study that will be continued in the next fiscal year, this report reports the simulation results during the course of the research.

## 2. LES Settings

In order to evaluate the effect of trees in the real city block, we chose Minato Odori in Naka Ward, Yokohama City. In addition to the road extending straight from Yokohama Port and the road perpendicular to it, the block shape is like a grid. And also there is Yokohama Park, which is a wide city park. Minato Odori has a wide street with 2 lanes on each side (4 lanes in total), and roadside trees are planted on both sides of the street. The size of the tree has a tree crown with a diameter of about several m and a height of about 10 m. In order to resolve these tree shapes and surrounding buildings, the heat environment is evaluated by ultra-high resolution LES. The maximum resolution is 1 m, and the number of grids is 800 x 1000 in the horizontal direction (Fig. 1 in Japanese part shows the calculation area). In the calculation, multi-step nesting calculation is performed. Two major calculation methods are used. The meteorological calculation using the Japan Meteorological Agency GPV data (mesoscale

meteorological data MSM) to 3.3 km – 1.0 km – 320 m – 100 m was performed by the bidirectional nesting method. The unidirectional nest calculation of 20m – 5m – 1m was performed by LES with the result of 100m resolution obtained here as the boundary condition. The calculation target date and time is from 11:00 to 12:00 on August 26, 2021 in Japan standard time.

## 3. Results

Figure shows the positions of trees on the north side of Minato-Odori and the 10-minute average value (11:30 - 11:40) of the WBGT. The places where the WBGT is low are the shadow area of the building and the shaded part of the tree crowns. In the case of a single tree, the effect of reducing the WBGT is obtained only in the range covered by the shade of the crown. The WBGT in places where these solar radiation does not reach directly is in the 28 ° C range. On the other hand, the WBGT value exceeding 30 ° C is shown on the street where the solar radiation reaches, and the heat environment is severe.

## Acknowledgement

The Housing and Architecture Bureau of Yokohama City provided the basic survey data for city planning. The tools developed in SI-CAT were used to create land use data.

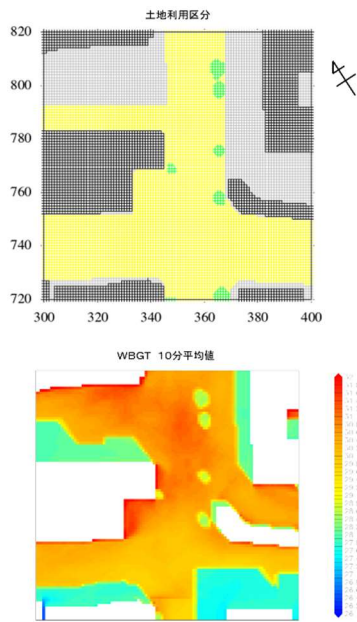


Figure:

The position of trees (green area in top panel) and the calculated WBGT (bottom) are shown. The colors in the above figure shows the land use, where black, gray and yellow show the building, building site, and road, respectively. The white area in the figure below indicates the location of the building. Since the lower right is southern, the shadow extends toward the upper left. The WBGT is low in the shadows of the building and shades of trees.