

## 特集 1

## 東京湾臨海部の緑地の効果を解析

～2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会を契機とした暑熱環境対策の検討に貢献！～

## 1. 概要

現在、2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会の開催にあわせて東京都市圏では多くのインフラの更新や改変が見込まれていることから、2020年東京大会を契機として、気候変動やヒートアイランドによる将来にわたる気温上昇に対する持続的な暑熱環境対策が検討されています。このような環境対策の検討に資する情報を提供するために、JAMSTEC地球情報基盤センターでは平成27年度に、環境省及び文部科学省からの協力要請に基づき、環境省委託先検討会である「東京都市圏における環境対策のモデル分析検討会」と連携する形で、超高解像度数値シミュレーションにより、真夏の暑い日の風の流れ、気温、湿度等に及ぼす緑地の効果の定量的な解析を行いました。

本解析では、2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会において複数競技の開催が予定されている東京湾臨海部のうち「東京ベイゾーン」周辺を対象に、樹木等の物理的作用を考慮した超高解像度数値シミュレーションを、JAMSTECのスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」により実行しました。

解析の結果、海風が都心まで進入する様子が明確に確認されたほか、既存の緑地の効果により気温がどの程度低下しているのかが明らかになりました。更に、競技会場を訪れる観客や住民等の歩行空間における暑さ指数（※1、湿球黒球温度；wet-bulb globe temperature, WBGT）の解析により、樹木や芝生を増やす等の地表面対策を施すことにより、さらなる暑熱環境改善効果が期待されることが明らかになり、JAMSTECで開発を進めてきたシミュレーションモデルが暑熱環境改善策を検討するうえで強力なツールとなりうる実証されました。

## 2. 超高解像度暑熱環境シミュレーション

本解析では、JAMSTECで開発を進めてきた樹木の物理的作用を考慮可能な大気海洋結合モデルMSSG（※2）によりシミュレーションを実行しました。東京ベイゾーンを含む領域（図1の赤枠、12.5km×14.0km）を対象に、個々の建物の形状までも考慮した、解像度5mの大規模度数値シミュレーションを行いました。猛暑日の代表例とし

て、関東地方におけるヒートアイランド現象の特徴的な分布（気象庁「ヒートアイランド監視報告（平成19年冬・夏－関東・近畿地方）」（2008））が見られた、2007年8月11日（東京において最高気温36.4℃を観測）の気象条件のもとで、12：00～13：10を対象に、緑地や土地・建物の条件を変えた以下の3ケースのシミュレーションを実施しました（図2）。

- 【Case 1】 現況（2011年の東京都都市計画GISデータ）
- 【Case 2】 2020年までに計画されている緑地等を整備した場合
- 【Case 3】 臨海部の既存緑地がない場合



図1 東京ベイゾーンと大会会場

東京都・特定非営利活動法人東京2020オリンピック・パラリンピック招致委員会：2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会初期段階環境影響評価書（平成25年2月）に基づいて作成（会場計画に関する最新情報：<https://tokyo2020.jp/jp/games/venue/olympic/>）

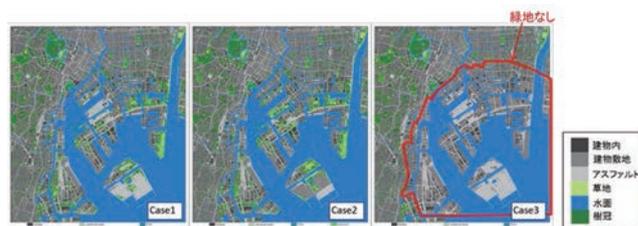


図2 各ケースの土地利用及び樹冠の分布の概念図  
（Case 2は平成27年11月時点の会場計画に基づく）

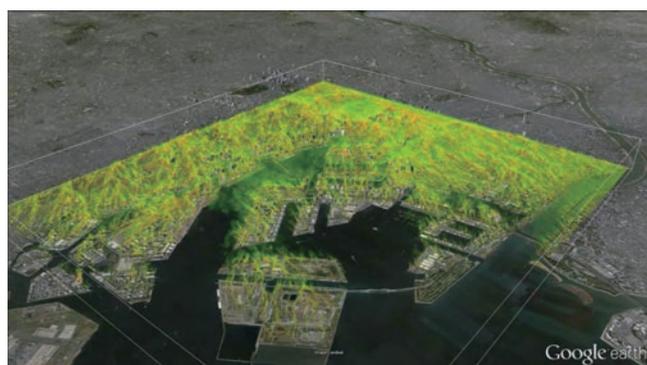


図3 3次元の気温分布。南東から北西方向に海風が流入している。カラーは透明から緑、黄緑、オレンジ色になるにつれて気温が高いことを示す。

「地球シミュレータ」(全5,120ノード)の約27%に相当する1,400ノード(最大)を使用してシミュレーションを実行した結果、南東から吹く海風が臨海部で徐々に暖められながら都心まで流入する様子が明確に確認されました(図3)。

競技会場へのアクセスルート(東京都オリンピック・パラリンピック準備局、「初期段階環境影響評価書」(平成25年2月)、5-31公共交通へのアクセシビリティ;平成27年11月時点の会場計画に沿って取捨選択)上における地上気温や暑さ指数についてCase 1~ Case 3の比較を行った結果、地上気温については、緑地整備によって周辺の気温が顕著に低下していることが分かりました。既存緑地の効果(Case 3とCase 1との比較)として、アクセスルート上の平均で0.54℃の低下がみられました。また、2020年までの緑地等の整備効果(Case 1とCase 2との比較)として、アクセスルート上の平均で更に0.05℃低下しました(図4)。図5の緑地とその周辺では、緑地の内側と外側で温度差がある様子も確認できました。

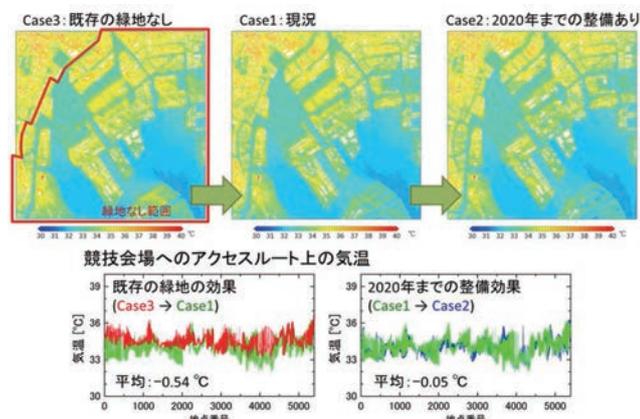


図4 地上気温の比較結果  
(地形に沿って地上2.5mの気温を算出。12:50~13:00の10分平均値)

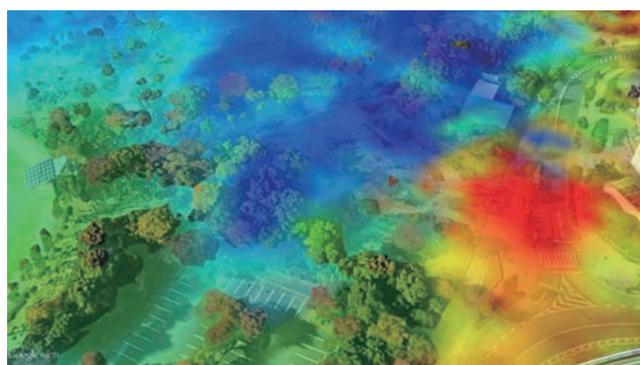


図5 緑地及びその周辺の気温分布(例)

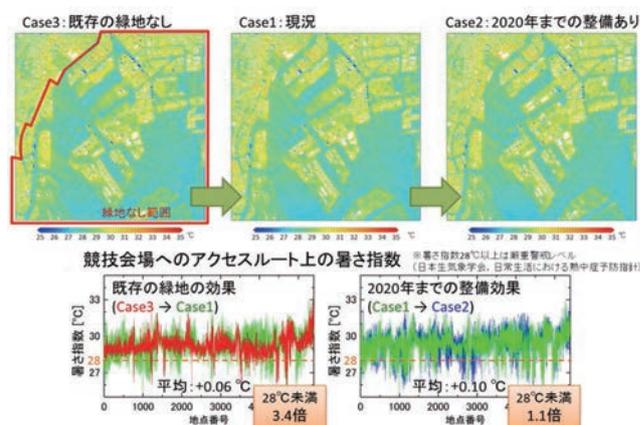


図6 暑さ指数(WBGT)の比較結果  
(地形に沿って地上1.1mの暑さ指数を算出。12:50~13:00の10分平均値)

一方、暑さ指数に関しては、緑地等の整備による暑さ指数の変化は平均的には大きな差が見られないものの、場所によって上昇するとところと低下するところが存在しており、熱中症リスク低減の観点から28℃未満となる領域はCase 3に対してCase 1では3.4倍、Case 1に対してCase 2では1.1倍に増加することが明らかになりました(図6)。

このような暑さ指数の局所的な変化傾向の要因について明らかにするため、海風に沿った鉛直断面上で詳しい解析を行いました。その結果(図7及び図8)、樹冠下の日陰では顕著な低下が見られるものの、アスファルト上等の緑地付近の日向では、樹木の防風効果と天空率(※3)の減少によって暑さ指数が上昇する場合があります。一方、緑地付近の日向であっても芝生が整備されている場所では、暑さ指数の上昇が抑えられており、樹木と芝生の相乗効果により熱環境の改善が期待されることが確認されました。

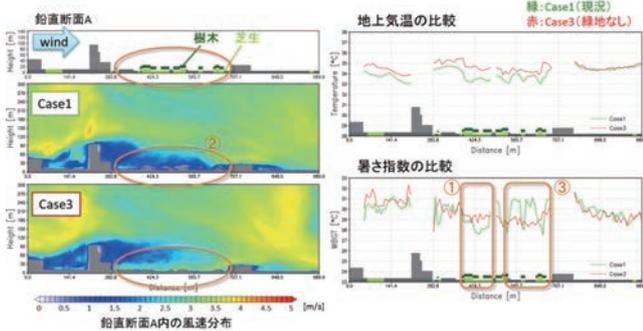


図7 鉛直断面A（例として臨海部の海風に沿った方向の鉛直断面）における風速分布（左図：風速が弱い領域が青色）、及び地上付近の気温（右上図）と暑さ指数（右下図）の分布の比較。Case 1の樹冠下の日陰では地上気温の顕著な低下が見られるもの(①)、緑地付近の日向（アスファルト上等）では、樹木の防風効果と天空率の減少(②)によって暑さ指数が上昇する場合があることが分かった(③)。(気温は地上2.5m、暑さ指数は地上1.1mにおいて算出。風速、気温及び暑さ指数は12：50～13：00の10分平均値)

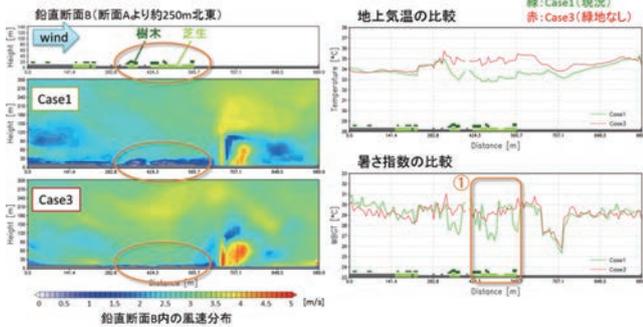


図8 鉛直断面B（断面Aより約250m北東にあり、断面Aと並行な鉛直断面）における風速分布（左図）、及び地上付近の気温（右上図）と暑さ指数（右下図）の分布の比較。緑地付近の日向であっても芝生が整備されている場所では暑さ指数の上昇が抑えられており(①)、樹木と芝生の相乗効果により熱環境の改善が期待される(気温は地上2.5m、暑さ指数は地上1.1mにおいて算出。風速、気温及び暑さ指数は12：50～13：00の10分平均値)。

以上の解析の結果から、緑地等の整備による暑熱環境の変化が定量的に明らかになり、MSSGが街区規模から都市計画規模での暑熱環境改善策を検討するうえで強力なツールとなりうることが実証されました。更に、樹木等の整備による日陰の創出と合わせて、樹木周辺に芝生・保水性舗装等の地表面の整備を行うことによって、さらなる熱環境の改善が期待されることが明らかになりました。

### 3. 今後の展望

今回得られた解析結果は、2020年東京大会を契機とした持続的な東京都市圏づくりのための効果的な環境対策の検討に資する知見として活用されるものと期待されています。また、本成果の超高解像度シミュレーションは、平成27年6月に本格稼動した新しい「地球シミュレータ」により初めて実現した大規模計算であるため、今後、得られた大規模データを詳細に分析することで、海風や緑地の効果

等を総合的に考慮した具体的かつ効果的な暑熱環境対策の検討に繋がるものと期待されます。

#### 用語解説：

##### ※1 暑さ指数：

暑さ指数 (WBGT (湿球黒球温度) : Wet Bulb Globe Temperature) とは、人体と外気との熱のやりとり (熱収支) に着目した指標で、人体の熱収支に与える影響の大きい①湿度、②日射・輻射 (ふくしゃ) など周辺の熱環境、③気温の3つを取り入れた指標である。暑さ指数が28℃以上の場合には日常生活におけるすべての生活活動において熱中症の危険性が高まる (日本気象学会、「日常生活における熱中症予防指針」Ver. 3確定版、2013)。

##### ※2 MSSG (Multi-Scale Simulator for the Geoenvironment) :

地球全体、特定の地域、更に特定の都市や街区など、様々なスケールの大気現象と海洋現象を計算することのできるマルチスケール大気海洋結合数値モデル。一般的な気象・海洋モデルでは、全球スケール (地球全体)、メソスケール (特定の地域)、都市スケールについて、それぞれ異なるモデルが使用されている。MSSGは、これらのスケールを単一の数値モデルで取り扱うことにより、異なるスケール間の相互作用を再現することが可能なモデルとして開発が進められている。3次元放射過程及び樹木の物理的作用を考慮することができ、建物や植物の表面での加熱・冷却を考慮して、時々刻々変化する風の流れを3次元的に計算することができる。文部科学省の委託事業である「気候変動適応研究推進プログラム (RECCA)」を通して、樹木モデルの実装を行った。

##### ※3 天空率：

ある地点において視野角180度の魚眼レンズを用いて鉛直上方を撮影した場合に、円形の視野内に含まれる天空の割合。障害物により全く空が見えない場合に0、障害物がなく全方向に空が見えている場合に1となる。

#### <執筆>

地球情報基盤センター 先端情報研究開発部  
地球シミュレーション総合研究開発グループ

研究員 松田 景吾