

平成 29 年度 風工学研究拠点 共同研究成果報告書

研究分野：屋外環境

研究期間：平成 29 年度

課題番号：172010

研究課題名（和文）：気候数値解析に基づく都市空間における顕熱・潜熱収支構造の将来変化の分析

研究課題名（英文）：Analysis of Future Change in Sensible / Latent Heat Balance in Urban Space Based on Climate Simulations

研究代表者：持田 灯

交付決定額（当該年度）：150,000 円

1. 研究の目的

① 研究の背景

- 1) 気候変化、特にこれに伴う海面温度の上昇により、日本近辺で大型台風や集中豪雨の被害が増加している。さらに、極端気象による猛暑が頻発し、従来のヒートアイランド対策の枠組み(ヒートアイランド現象の緩和)とは異なる暑熱化・蒸暑化への適応という観点からの検討が必要とされる状況になっている。
- 2) 全球気候モデルによる地球温暖化予測結果を境界条件としたメソスケールの気候解析を行うことで、地理的要因を包含した都市域の温熱特性や潜在的な熱的リスクの将来変化を予測することができる。しかし、メソ気象モデルの水平格子解像度は一般に数百 m~数 km であるため、その格子内に存在する建物群等により形成される温熱・風環境を解像することはできない。温暖化により街区スケールの温熱・風環境がどのように変化するかを評価するためには、メソスケールの気候解析結果を境界条件に用いた街区(ミクロ)スケールの温熱環境解析を行う必要がある。
- 3) 街区スケールの温熱環境予測において、メソスケールの気候解析結果を境界条件に RANS (Reynolds- averaged Navier-Stokes)モデルによる解析を用いた研究は多く存在するが、建物後方などの弱風域や非正常現象が大きく影響する流れ場、浮力の影響が大きい流れ場などでは、RANS モデルの予測精度は必ずしも十分とは言えない。

② 研究の目的

- 1) メソ気象モデル WRF (Weather research and forecasting)の解析結果から温度変動を含む流入変動風を生成し、RANS よりも高精度な予測が可能な LES(Large-eddy simulation)と結合したメソ・ミクロ気象一貫解析システムを構築する。
- 2) 2050 年代の東京および仙台の温熱・風環境を予測し、熱中症リスクを推定する。
- 3) 2)のメソスケールの解析結果から、着目するエリアを抽出してミクロ気象解析へ接続し、実街区内の気候分布を高解像度に予測・分析する。

2. 研究の方法

- 1) 擬似温暖化手法を用いて、複数の GCM による全球解析結果を付加した客観解析データを境界条件とした WRF による東京および仙台の現在と 2050 年代夏季のメソ気候解析を行う。
- 2) 新橋実街区を対象に、1)の東京の結果から人工的に流入変動風を生成し、新橋実街区における LES を行う。

3. 研究成果

- 1) WRF によるメソ気象解析により、東京と仙台の現在(2000 年代)及び将来(2050 年代)の WBGT を予測した。両都市とも全域で WBGT は上昇しているが、上昇量は東京より仙台の方が大きい。特に沿岸部での上昇が顕著で、 2°C 以上上昇した地域もある。これは、気温と水蒸気圧が特に沿岸部で上昇しているためであると考えられる。

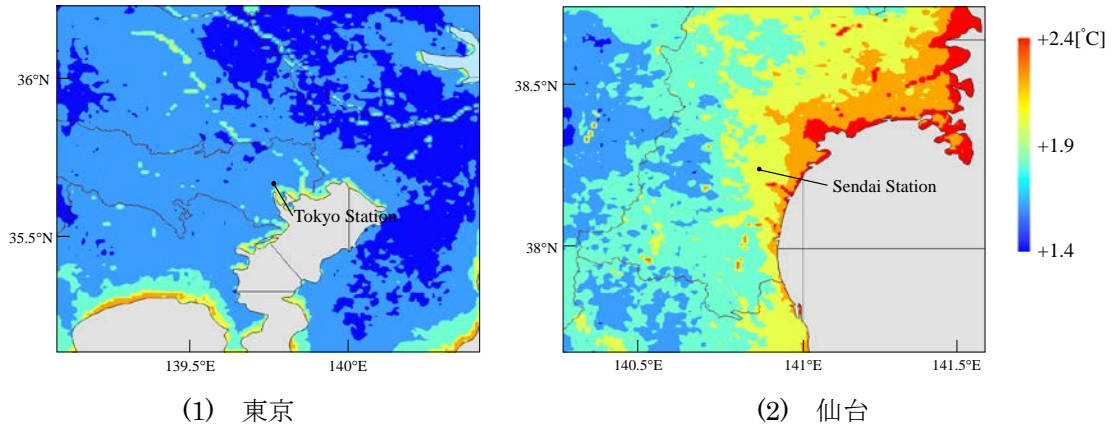


図1 WBGT の 2000 年代と 2050 年代の差

- 2) WBGT の分布から、熱中症 Risk を予測した。人口密度が高い都心部で上昇が大きかった。また、Hazard の増加が著しい沿岸部でも搬送者数が増加した。その結果、東京 23 区と仙台市の両方において、2050 年代の熱中症リスクは 2000 年代の 2.4 倍程度となった。

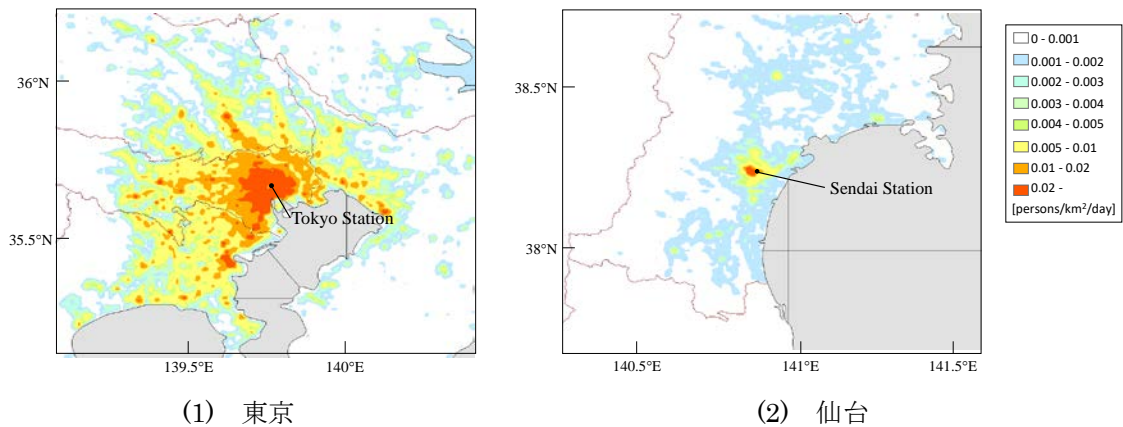


図2 熱中症 Risk の 2000 年代と 2050 年代の差

- 3) 各気象要素が WBGT の上昇に寄与する程度を分析した。東京および仙台の両都市で、乾球温度の上昇による影響が支配的であった。

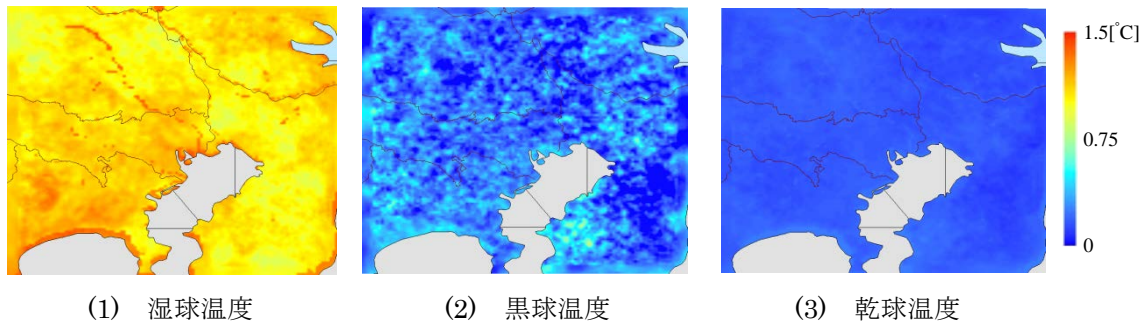


図 3 東京における各気象要素の WBGT の上昇への寄与

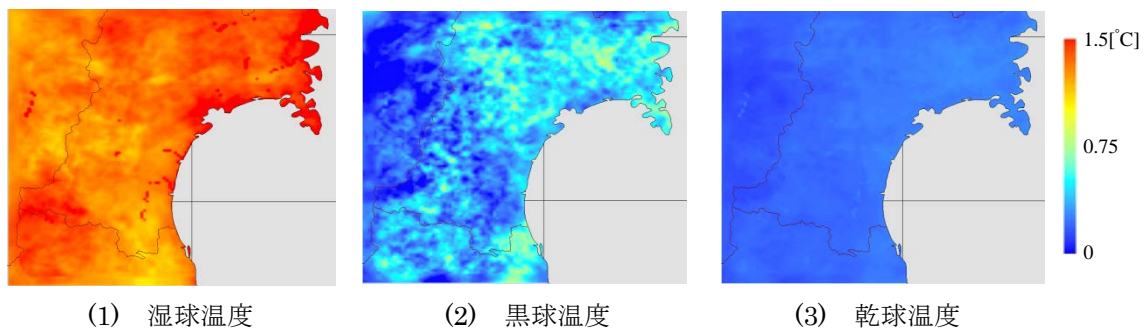


図 4 仙台における各気象要素の WBGT の上昇への寄与

- 4) 乱流フラックス行列のコレスキー分解に基づき温度変動を含む流入変動風を人工的に生成し、単体建物周辺の不安定流れ場を対象とした LES へ適用することで流入変動風生成手法の非等温流れ場への適用性を検証した。
- 5) WRF と LES を結合したメソ・マイクロ気象一貫解析手法を確立し、RANS (RNG $k-\epsilon$) モデルとの比較により手法の有用性を示した。

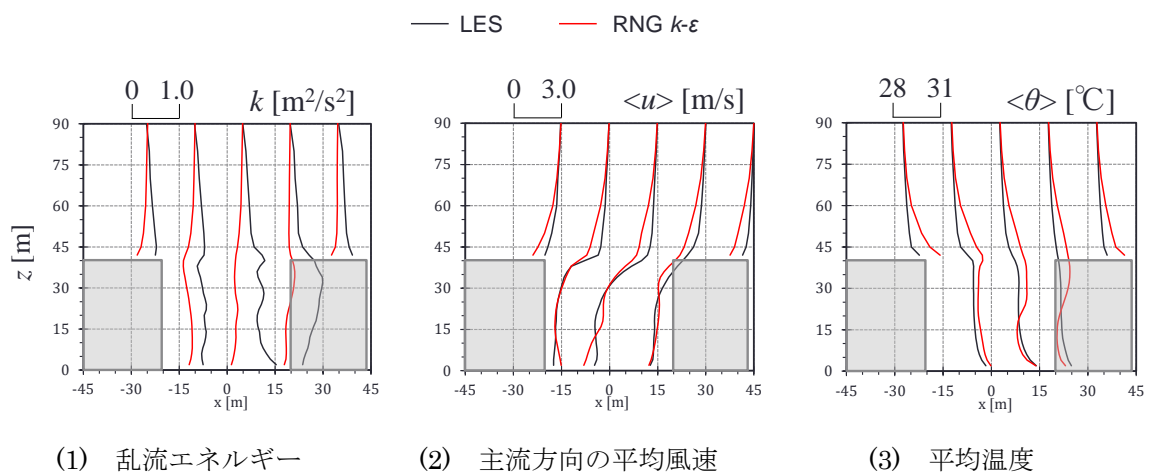
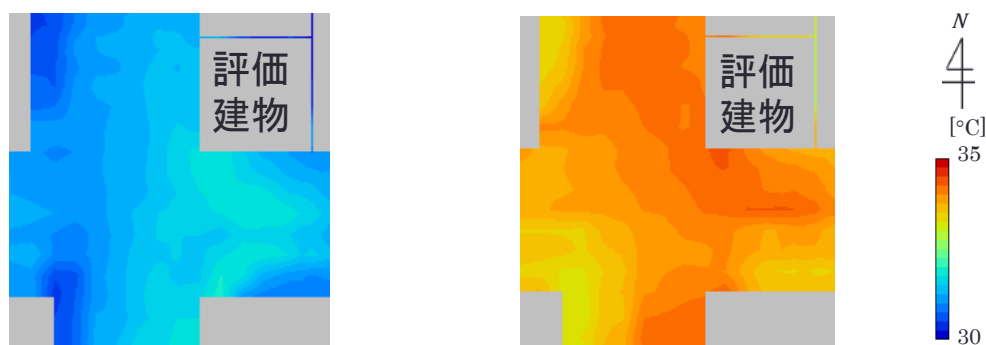


図 5 LES と RANS(RNG $k-\epsilon$) の比較 (新橋実街区)

- 6) 提案した手法を用いて一貫解析を行い、地球規模の気候変化が人間の快適感へ及ぼす影響を定量的に評価した。



(1) 2010年代

(2) 2050年代

図6 新橋実街区におけるSET*の分布(地上1.5m)

- 7) WUDAPT法を用いて仙台の市街地形態を類型化し、Local Climate Zone (LCZ)を作成した。

4. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者には下線)

[雑誌論文] (計 0件)

[学会発表] (計 3件)

1. Masataka Kasai, Tsubasa Okaze, Miguel Yamamoto, Akashi Mochida and Kazumasa Hanaoka, “Summer heatstroke risk prediction for Tokyo in the 2030s based on mesoscale simulations by WRF”, Journal of Heat Island Institute International, Vol.12, 2, 2017.
2. Miguel Yamamoto, Masataka Kasai, Tsubasa Okaze, Akashi Mochida and Kazumasa Hanaoka, “Prediction of heatstroke risk for Tokyo and Sendai during summer in the 2050s by dynamical downscaling of pseudo global warming data using WRF”, Proceedings of International Workshop on Wind-Related Disaster and Mitigation, 2018.
3. Xilin Zhou, Tsubasa Okaze, Yasuyuki Ishida and Akashi Mochida, “Mapping Local Climate Zones for Japanese Major Cities using WUDAPT Method: Part1: A case study of Sendai”, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2018.

[図書] (計 0件)

[その他、産業財産権、ホームページ等]

無し

5. 研究組織

(1) 研究代表者

持田灯(東北大学・大学院工学研究科・教授)

(2) 研究分担者

1. 王云霄(東北大学・大学院生)
2. 新井千秋(東北大学・大学院生)
3. 河西昌隆(東北大学・大学院生)
4. 瀧澤幸大(東北大学・大学院生)
5. 本間実季(東北大学・大学院生)
6. 山本ミゲイル(東北大学・大学院生)
7. 周希霖(東北大学・研究生)

6. 要約(Abstract)

気候数値解析に基づく都市空間における顕熱・潜熱収支構造の将来変化の分析
持田 灯 (東北大学)

1. 目的

- 1) 2050年代の東京および仙台の温熱・風環境を予測し、熱中症リスクを推定する。
- 2) メソ気象モデルの解析結果から温度変動を含む流入変動風を生成し、LES(Large-eddy simulation)と結合したメソ・マイクロ気象一貫解析システムを構築する。

2. 成果

- 1) 擬似温暖化手法を用いて、複数のGCM(Global Circulation Model)による全球解析結果を付加した客観解析データを境界条件としたWRF(Weather Forecasting and Research model)による東京および仙台の現在と2050年代夏季のメソ気象解析を行った。解析結果から得たWBGTの分布を用いて、熱中症Riskを予測した。更に、各気象要素がWBGTの上昇に寄与する程度を分析した。その結果、東京および仙台の両都市で、乾球温度の上昇による影響が支配的であることを明らかにした。
- 2) 乱流フラックス行列のコレスキー分解に基づき温度変動を含む流入変動風を人工的に生成し、単体建物周辺の不安定流れ場を対象としたLESへ適用することで流入変動風生成手法の非等温流れ場への適用性を検証した。次に、新橋実街区を対象に、1)のメソ気象解析の東京の結果から人工的に流入変動風を生成し、新橋実街区におけるLES解析を行った。その結果をRANS(RNG $k-\epsilon$)モデルとの比較により、手法の有用性を示した。更に、提案した手法を用いて一貫解析を行い、地球規模の気候変化が人間の快適感へ及ぼす影響を定量的に評価した。
- 3) WUDAPT法を用いて仙台の市街地形態を類型化し、Local Climate Zone(LCZ)を作成した。

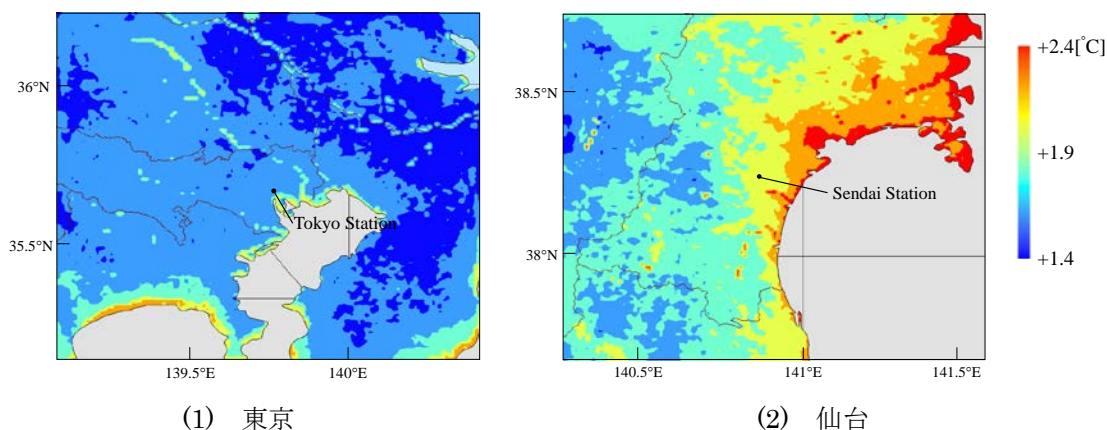


図 WBGTの2000年代と2050年代の差