

令和 5 年 6 月 23 日現在

機関番号：31303

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K04734

研究課題名（和文）仙台における都市気候観測網再構築に基づく将来都市気候の統計的ダウンスケーリング

研究課題名（英文）Statistical Downscaling of Future Urban Climate Based on Reconstruction of Urban Climate Observation Network in Sendai

研究代表者

渡辺 浩文（WATANABE, Hironori）

東北工業大学・建築学部・教授

研究者番号：60247236

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題は二つの目的を有する。一つは、東日本大震災により損失した沿岸部測定点の復活、中心市街地付近の測定点の増設、すなわち都市気候観測網の再整備である。もう一つは、当研究室が蓄積する都市気候観測データの分析・集計により将来都市気候の統計的ダウンスケーリング手法を確立することである。

研究期間前半に再整備した都市気候観測網から得られた測定データと、過去の測定データを合わせ、統計的ダウンスケーリングのための基礎的な精査検討を、研究計画通り実施した。また、関連する研究成果を国際学術誌に当研究室大学院生と連名にて投稿し、査読付き論文として採択される等、一定の成果を挙げることができたと考えている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

特に東京等の大都市以外で、多点同時測定を可能とする都市気候観測網を長年にわたり実運用している研究機関は、申請者の研究室以外には極めて稀である。また伝統的な観測資料を将来都市気候予測に利活用する研究は国内外を問わずほとんど実施されていない。

申請者は、仙台市総合計画審議会委員、仙台市環境審議会会長、仙台市杜の都の環境をつくる審議会委員を務め、研究成果の社会還元についても実効性は高いと考えている。

研究成果の概要（英文）： This research project has two objectives. One is to revive the measurement points along the coastal areas lost due to the Great East Japan Earthquake and to increase the number of measurement points near the central city area, in other words, to redevelop the urban climate observation network. The second is to establish a statistical downscaling method for future urban climate by analyzing and compiling the urban climate observation data accumulated by our laboratory.

We conducted a basic examination for statistical downscaling by combining the measurement data obtained from the urban climate observation network that was reconstructed in the first half of the research period with the past measurement data, as planned. In addition, we submitted the related research results to an international academic journal jointly with a graduate student of our laboratory, which was accepted as a peer-reviewed paper, and we believe we were able to achieve certain results.

研究分野：都市環境工学

キーワード：都市気候観測 大気温湿度 空間情報解析 将来都市気候 統計的ダウンスケーリング

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

都市域の暑熱化把握手法としては、CFD手法とともに気温・湿度を主とする多点同時観測(都市気候観測網)とGIS地理情報システムによる空間情報解析の併用が有用である。適切に測定点の配置された都市気候観測資料は、都市内各所の気温・湿度の絶対値を把握するに留まらず、CFD解析結果の検証にも用いられ、さらには都市気温分布の概況把握とそれに基づく都市環境気候図(都市環境クリマアトラス)の作成に用いられている。

本研究課題の核心をなす学術的「問い」は、現在の都市気候観測資料を将来の都市気候推測に役立てることができないのかということである。都市気候観測資料に基づき将来都市気候推測のための統計的ダウンスケーリングを施すことで、CFDに基づく力学的ダウンスケーリングによる予測結果とともに相補性が向上し、将来の都市暑熱化リスクの評価と適材適所の対策立案に、極めて有用な学術的知見を提供することが可能となる。

2. 研究の目的

(1) 本研究課題にて対象とする仙台は、申請者らが1998年より現在に至るまで、約20年にわたり都市気候観測を実施している都市である。しかしながら2011年3月の東日本大震災時の津波により、沿岸部に設置した測定点・測定機器類は流出してしまった。震災後約7年余を経て震災復興事業が進展し、ようやく沿岸部に常設の測定点を設置可能な公共施設が整備された。本研究の目的の一つは、沿岸部測定点の復活、そして中心市街地付近の測定点の増設、すなわち都市気候観測網の再構築である。申請者は測定点周辺条件を均質化するため、主として小学校の百葉箱を借用し計測器を設置しているが、かねてより現代の小学校では百葉箱の設置は義務づけられておらず、またその分布も偏在しているのが実情である。

(2) 本研究のもう一つの目的は、観測資料に基づく将来都市気候の統計的ダウンスケーリングである。統計的ダウンスケーリング手法は、力学的ダウンスケーリング手法に比較し、都市気候の形成機構すなわち地表面放射収支・熱収支を構造的に解析できない根本的な課題を有しているが、前述のように、将来都市気候の統計的ダウンスケーリングによる推測を行うことで、力学的ダウンスケーリングによる予測結果との比較検証等の相補性が期待でき、当該分野の学術的深化・進展を図ることが可能となる。

3. 研究の方法

(1) 都市気候観測網の再構築については沿岸部を主とし、測定点の分布も考慮しながら学校のみならず周囲の開けた公園等も百葉箱設置の候補とする。著しく劣化している百葉箱については置き換えを検討することとする。

百葉箱設置後は、特に沿岸部の測定点について、津波流失前の測定データと今般再設置した百葉箱における測定データとの比較検討を実施する。甚大な津波被害のため復興についても単なる復旧ではなく、現地および周辺の土地被覆変化や内陸移転される場合が多いからである。

(2) 将来気候の統計的ダウンスケーリングについては、申請者らは仙台市内各所の気温測定値と同時刻の仙台管区気象台観測気温との気温差に着目すると、日々の気候差異に関わらず比較的精度よく各所の気温を推定することが可能であることを見出している。将来気候と現在気候そして仙台の都市気候を接続させるためには、共通する観測拠点として仙台管区気象台が位置付けられ、その接続手法をある程度明らかにしていることから、本研究課題においても、仙台管区気象台観測気温と、当研究室が構築する都市気候観測網の各測定点測定値との気温差に着目し、その精度等を検討することとする。

また本研究課題着手後の2020年秋に博士後期課程留学生が入学し、現在における仙台都市域の海風現象の諸影響に関する研究を実施することになったため、本研究課題に関連するところについても取り上げることとした。

4. 研究成果

(1) 都市気候観測網の再構築 本研究課題を通じて特に沿岸部の測定点を設定し百葉箱を再設置することができた。またいくつかの老朽化した百葉箱を更改することができた。図1に2022年度の測定点配置、および本研究課題等による新設もしくは百葉箱更改の測定点(赤丸を追記)を示す。

東日本大震災以前の測定結果と、本研究課題を通じて設置した隣接する測定点の測定結果との比較の一例として、荒浜および関上の両測定点における測定結果を図2、3に示す。年度ごとに夏期晴天日を抽出して時刻別平均値および標準偏差を示したものである。両測定点と

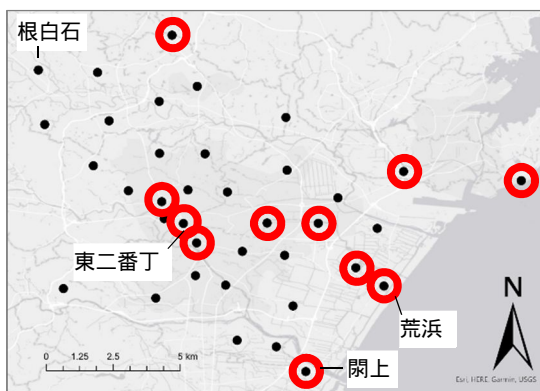


図1 2022年度測定点配置

も、震災前の測定結果に比較し震災後の測定結果のほうがやや高い気温となっている傾向が見受けられるが、同時刻の仙台管区気象台観測値（10 分値）との気温差に着目すると、その相違は必ずしも大きくは無い。しかしながら図 3b に示す閑上測定点の気温差日変動においては、震災前後で 1 弱の恒常的差異が認められる。宅地再建等の復興進展がその原因とも考えられるが、今後の研究課題とする。

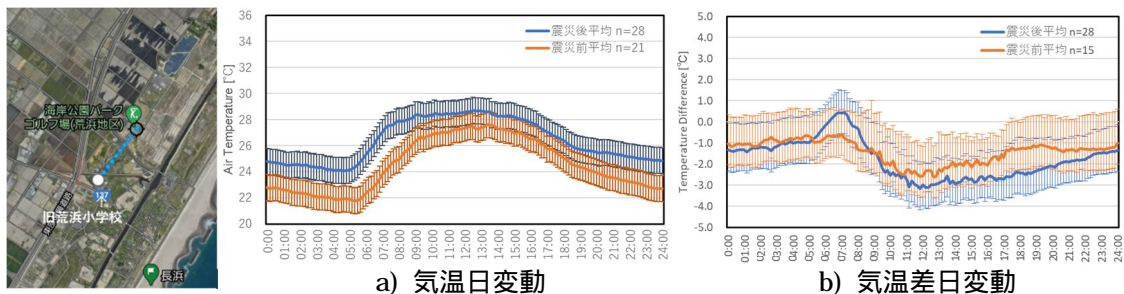


図 2 荒浜測定点における東日本大震災前後の測定結果の比較

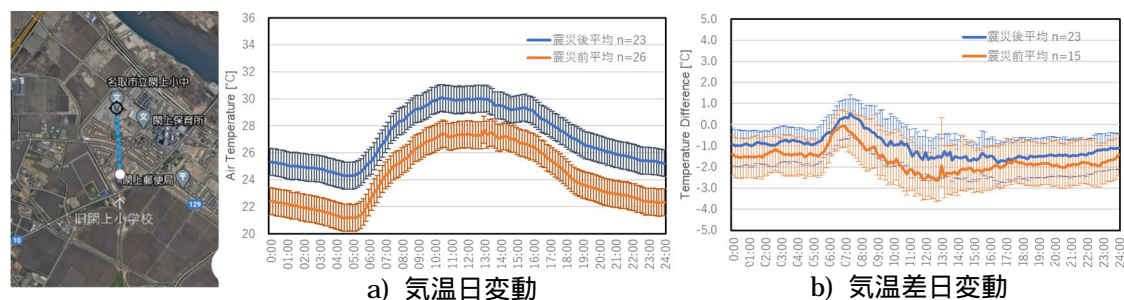


図 3 閑上測定点における東日本大震災前後の測定結果の比較

(2) 将来都市気候の統計的ダウンスケーリングのための気温差分析

下記の図 4 は中心市街地の測定例として東二番丁測定点を、図 5 は内陸部の測定例として根白石測定点の、抽出日平均の測定気温とその標準偏差、そして同時刻の仙台管区気象台観測気温との気温差を示したものである。

特に日中午前において、気温の標準偏差に比較し、気温差の標準偏差は基本的に小さい傾向を確認できる。測定データと仙台管区気象台観測値との気温差に着目する本研究課題のアプローチは概ね妥当であると判断するが、例えば図 5b の震災前測定結果に示されるように、標準偏差（測定値のばらつき）が非常に大きい場合もあり、留意が必要であると思われる。

(3) その他の関連する成果

CFD による仙台の都市気候研究の際に、当研究室の測定結果にて差値検討を実施した。

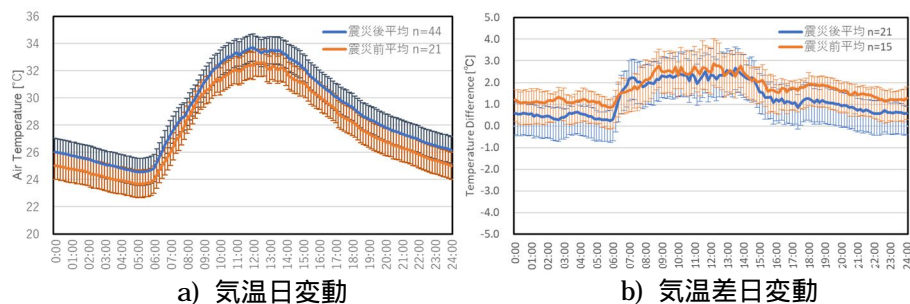


図 4 東二番丁測定点における測定結果

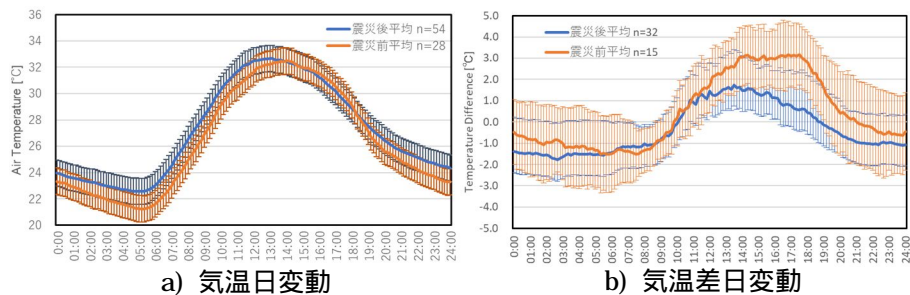


図 5 根白石測定点における測定結果

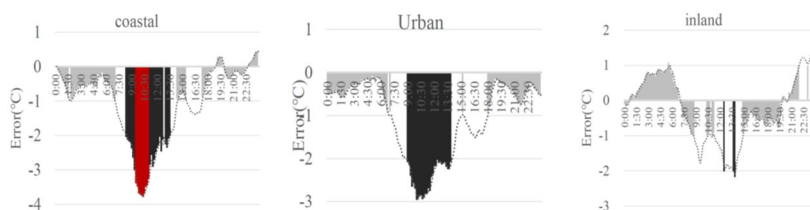


図 6 シミュレーション結果 A_n と測定結果 B_n との差値 $X_n = A_n - B_n$ の日変動 (左:沿岸部 / 中:都市部 / 右:内陸部)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Peng Shiyi, Kon Yusuke, Watanabe Hironori	4. 巻 14
2. 論文標題 Effects of Sea Breeze on Urban Areas Using Computation Fluid Dynamic?A Case Study of the Range of Cooling and Humidity Effects in Sendai, Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Sustainability	6. 最初と最後の頁 1074 ~ 1074
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/su14031074	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 ISHIDA Yasuyuki, ONODA Maho, WATANABE Hironori, UEDA Hiromi, MOCHIDA Akashi	4. 巻 86
2. 論文標題 OBSERVATION OF THE VERTICAL PROFILES OF WIND VELOCITY BY TWO DOPPLER LIDARS ABOVE CITY CENTER IN COASTAL CITY SENDAI, JAPAN (PART 1): INFLUENCE OF CHARACTERISTICS OF INLAND WIND AND SEA BREEZE ABOVE THE CITY ON AIR TEMPERATURE AND HUMIDITY NEAR THE GROUND	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ)	6. 最初と最後の頁 185 ~ 195
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3130/aije.86.185	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Zhou Xilin, Okaze Tsubasa, Ren Chao, Cai Meng, Ishida Yasuyuki, Watanabe Hironori, Mochida Akashi	4. 巻 55
2. 論文標題 Evaluation of urban heat islands using local climate zones and the influence of sea-land breeze	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Sustainable Cities and Society	6. 最初と最後の頁 102060 ~ 102060
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.scs.2020.102060	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Peng Shiyi, Watanabe Hironori	4. 巻 13
2. 論文標題 Analysis and Mapping of Sea Breeze Event Time in Coastal Cities: A Case Study of Sendai	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Atmosphere	6. 最初と最後の頁 1484 ~ 1484
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/atmos13091484	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Xie Yonghang, Ishida Yasuyuki, Watanabe Hironori, Mochida Akashi	4. 巻 14
2. 論文標題 Impacts of Urban Development between 2002 and 2022 on the Effects of Sea Breezes in Sendai, Japan? Analyzing Heat Balance Mechanism in Urban Space	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Atmosphere	6. 最初と最後の頁 677 ~ 677
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/atmos14040677	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件(うち招待講演 0件/うち国際学会 3件)

1. 発表者名 石田泰之, 小野田真帆, 渡辺浩文, 上田裕洋, 持田灯
2. 発表標題 上空大気鉛直及び水平速度変動のスペクトル解析及び地表付近の気温へ及ぼす影響の評価
3. 学会等名 風工学シンポジウム講演梗概集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小野田真帆, 石田泰之, 渡辺浩文, 持田灯, 上田裕洋
2. 発表標題 沿岸都市仙台を対象とした温湿度の時空間分布及び2 台のドップラーライダーによる中心市街地上空の気流性状の同時計測
3. 学会等名 日本流体力学会年会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本ミゲイル, 持田灯, 渡辺浩文, 小林光, 周希霖, 石田泰之
2. 発表標題 領域気象モデルWRF による都市の温熱環境の数値予測(その 13)2050年代と2000年代の仙台の都市大気部の熱収支構造の比較
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Xilin Zhou, Tsubasa Okaze, Yasuyuki Ishida, Watanabe Hironori, Akashi Mochida
2. 発表標題 Analysis of the spatial distributions of surface and air temperatures in Sendai based on Local Climate Zones Classification
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集（北陸）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 謝永杭, 渡邊浩文
2. 発表標題 WRF を用いた仙台市の海風日の都市気候解析 - 土地利用データ同化及び感度検証 -
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集（北陸）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 昆雄輔, 渡邊浩文
2. 発表標題 仙台における地中温度分布試行測定
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集（北陸）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yonghang Xie, Hironori Watanabe
2. 発表標題 The Numerical Analysis of Urban Climate in Sendai City -The impact of land-use/land cover change on urban climate change on typical summer days
3. 学会等名 Journal of Asian Urban Environment, Annual 2019（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yusuke Kon, Hironori Watanabe, Yonghang Xie
2. 発表標題 Fundamental CFD Analysis of Sea Breeze in Sendai
3. 学会等名 Journal of Asian Urban Environment, Annual 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 PENG Shiyi and Hironori WATANABE
2. 発表標題 Reproducibility Analysis of WRF Model in Urban Climate Research , A case Study of Sendai
3. 学会等名 19th International Symposium and Conference of Asia Institute of Urban Environment (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

東北SDGs研究実践拠点 https://www.rc-center.tohtech.ac.jp/department/project/sdgs/ 研究業績 https://fdcommit.tohtech.ac.jp/Profiles/2/0000199/profile.html 東北工業大学 東北SDGs研究実践拠点 https://www.rc-center.tohtech.ac.jp/department/project/sdgs/#sdgs_01 科研費等競争的資金研究 http://www.rc-center.tohtech.ac.jp/department/project/kakenhi/
--

6. 研究組織		
氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------