

令和 2 年 6 月 10 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03349

研究課題名(和文) 気候変化で変わる近未来の顕熱・潜熱三次元収支構造の分析 - 沿岸都市蒸暑化への適応 -

研究課題名(英文) Study on Effective Measures for Heat Adaptation in Coastal City Based on Prediction of Future Change in Sensible and Latent Heat Balance Caused by Climate Change

研究代表者

持田 灯 (Mochida, Akashi)

東北大学・工学研究科・教授

研究者番号：00183658

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,900,000円

研究成果の概要(和文)：高精度なメソ・マイクロ気象一貫解析手法を開発し、2050年代の夏季の気温及び湿度上昇を定量的に予測した。メソスケールの熱中症リスクを推定すると共に、リスクの高いエリアを抽出してマイクロ気象解析へ接続し、実街区内の気候分布、更に人体温熱生理解析へ連結して街区スケールの熱中症リスク分布を予測した。更に、2050年代の沿岸都市における顕熱・潜熱収支構造の3次元空間分析・時間変化を分析し、海風の気温低減効果が減少していくこと、また、特に沿岸部で湿度上昇により熱中症リスクが上昇することを示した。以上から、各種都市温暖化対策手法を多角的に評価し、各手法の優先度及びその将来変化を提示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、2000年代から2050年代にかけて気候変化が、沿岸都市の都市空間、市街地空間内の三次元顕熱・潜熱輸送とその時間変化、また熱収支構造に及ぼす影響を明らかにした。これに基づき、将来における海風導入、蒸発(気化)冷却的手法等の功罪を、大気加熱量、屋外居住空間の熱中症リスク、空調用エネルギー消費の観点から総合的に定量化した。これらは、今後の気候変化に備え、適応するための都市環境計画を考える際の基礎となるものである。

研究成果の概要(英文)：In this study, an accurate microclimate simulation method, combining WRF with LES, was developed, and air temperature and humidity increases in the summer of 2050s were simulated. An area with high heatstroke risk was selected based on the risk predicted by a mesoscale model, and the spatial distributions of climatic factors within the selected area were simulated by a microclimate model. This was coupled to a human physiological model to predict the risk distribution in the urban block scale. Also, three dimensional spatial distribution and time variation of sensible and latent heat balance in a coastal city in 2050s was analyzed. The results showed that the effect of sea breeze to decrease the air temperature decreases, and humidity, thus heatstroke risk increases especially in coastal areas. Finally, various urban warming countermeasures were evaluated from multiple perspectives and the priorities of each countermeasure and their changes in the future were presented.

研究分野：建築環境・設備

キーワード：将来気候予測 熱収支構造 メソ・マイクロ環境解析 熱中症リスク 適応策

1. 研究開始当初の背景

近年の気候変化や極端気象に伴う猛暑の頻発により、従来のヒートアイランド対策(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対策検討が必要とされるようになってきた。多くの既往の研究から、沿岸都市では冷涼な海風の吹き込みにより気温が大幅に低下し、温熱快適性が改善することが明らかになっていた。しかし申請者らの行った仙台の将来予測(図1)により、2030年代には、沿岸部においては海面温度の上昇により湿度が上昇し、WBGT(湿球黒球温度; 熱中症リスクを表す指標として用いられる)が大幅に上昇するという結果が得られ、これは海風により沿岸部に輸送されてきたものと推定された。この結果は、従来の我々の考え方の再検討を迫るものであり、将来の都市の気候変化の全体像をより詳細に分析し、適応して行くための準備を早急に開始する必要があると考えた。

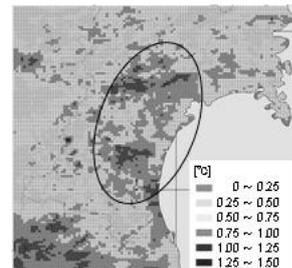


図1 仙台市の8月正午における将来にかけてのWBGT増加量(2030年代-2000年代)

2. 研究の目的

- (1) Global Climate Modelの全球解析結果を境界条件とするメソスケール気象解析(地域スケール)、さらにこのメソ気象解析を境界条件とするミクロスケール気象解析(街区スケール)の精度を吟味し、改善を図った上で、2050年代の沿岸都市(仙台)の気候の将来予測を行う。
- (2) この結果から、現在と将来の都市空間、市街地空間の移流・乱流拡散による顕熱・潜熱輸送の3次元構造と熱収支構造の変化を分析する。
- (3) この変化の影響を、①都市温暖化の要因となる大気加熱量、②熱中症発症リスク、③冷房負荷の3つの観点から分析し、進行する気候変化に適応していくための都市の居住環境計画の考え方を示す。

3. 研究の方法

- (1) メソ気象モデル(地域スケール)とミクロ気象モデル(街区スケール)を接続する高精度なメソ・ミクロ気象解析モデルを開発する。
- (2) 開発したモデルを適用して近未来(2050年代)を対象とした夏季の気象解析を行う。メソスケールの熱中症リスクを推定したうえで、リスクの高い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。
- (3) 解析結果を基に、2050年代の沿岸都市における顕熱・潜熱収支構造の3次元空間分析・時間変化の分析を行うとともに、人体温熱生理解析へ連結して街区スケールの熱中症リスク分布を推定する。さらに、各種の都市温暖化対策手法を多角的に評価し、それらの功罪を定量的に示し、気候変化に適応するための屋外居住設計の指針を提案する。

4. 研究成果

- (1) WRFとLESを接続した高精度メソ・ミクロ気象解析モデルの開発

- ① メソ気象モデル・ミクロ気象モデルの精度検証用データの取得

図2に仙台の沿岸部、中心部、内陸部で実施した温度の多点同時測定の結果を、図3、図4に、ドップラーライダーを用いて計測した、仙台市中心部上空の約30秒の時間解像度の風向の鉛直分布及び4秒の解像度の風速の鉛直成分の鉛直分布を示す。8時半に海側からの風が計測され始め、9時以降に海側と内陸側からの風が交互に吹き(図3)、これと同時に比較強い上昇流が度々発生した(図4)。中心部の気温変化を見ると、強い上昇の発生していた9時から9時半にかけて気温上昇の停止が起きており、上空を吹く海風との鉛直混合により地表付近の気温が低下することが確認された。

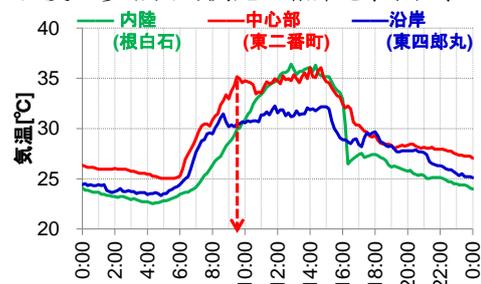


図2 3地点における温度の時刻変化(2018年8月20日~9月5日)

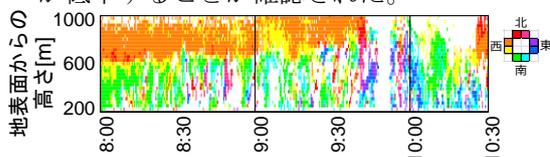


図3 仙台市中心部における風向の鉛直分布の時刻変化(2018年8月22日)

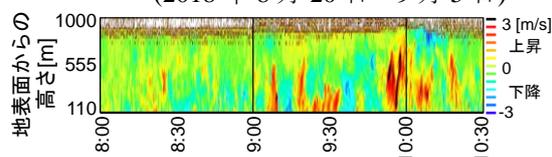
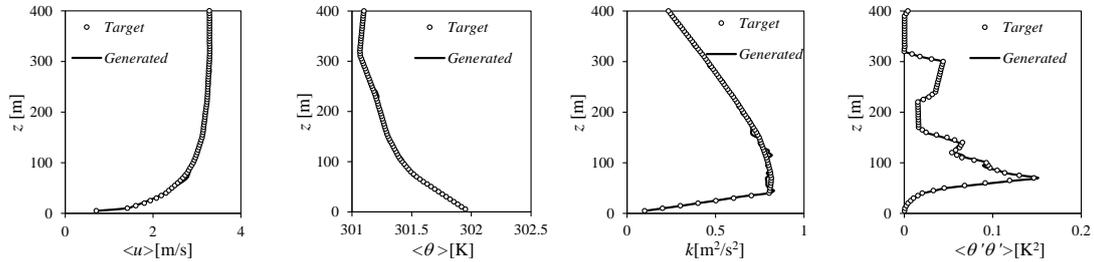


図4 仙台市中心部における風速の鉛直成分の鉛直分布の時刻変化(2018年8月22日)

② WRF と LES を接続したメソ・マイクロ気象一貫解析モデルの開発

メソ気象モデルによる解析結果には、マイクロ気象における温度や風速の高周波変動が含まれておらず、両モデルを接続する際には、メソ気象モデルの解析結果に高周波変動を付加する必要がある。本研究では、メソ気象モデルの解析より得られる統計量を目標値に、高周波の温度と風速変動を含む流入変動風を生成し(図5)、これを境界条件とした非等温 LES を行うことで、メソ気象モデルとミクروسケールの LES の結合を行い、これまでメソ・ミクروسケールで検討されている各種物理モデルを接続した一貫解析手法を確立した。



(1) 主流方向の平均風速 (2) 平均温度 (3) 乱流エネルギー (4) 温度変動の分散  
図5 生成した流入変動風の乱流統計量

(2) 2050年代のメソ気象予測及び熱中症リスク評価

① 都市・建築及び人体の熱的脆弱性の調査

全国13都市の消防局及び消防庁から2008年から2017年までの熱中症搬送データ(合計約6万8千件)を収集し、Hazardに対する都市・建築及び人体の熱的脆弱性(Vulnerability)を表す熱中症 Risk カーブを作成した(図6)。北に位置する札幌と仙台は熱中症搬送率が他の4都市よりも高いことが明らかとなった。

② 現在と将来の熱中症 Incidence Rate の評価

日最高 WBGT によって評価される都市の蒸し暑さ(Hazard)と熱中症 Risk カーブから Incidence Rate を評価した。Incidence Rate は、各場所の潜在的な熱中症危険性を示す指標である(人口100万人当たりの8月1か月間の熱中症搬送者数)。ここで Case1 は現在の状況、Case4 はメソ気象解析から得られた2050年代の気象条件と将来の人口と人口構成分布を考慮したケースである。さらに、比較のため、仮に、気候は現在と同条件で人口分布及び人口構成分布だけが将来変化した場合(Case2)と、人口分布及び人口構成分布は現在と同条件で気候だけが将来変化した場合(Case3)の熱中症 Incidence Rate も同時に評価し、高齢化と温暖化がそれぞれ将来の熱中症 Incidence Rate の増加に与える影響度を比較した(図7)。この結果、将来の熱中症 Incidence Rate は人口変化及び人口構成変化よりも気候変化が主要因となって上昇することが明らかとなった。

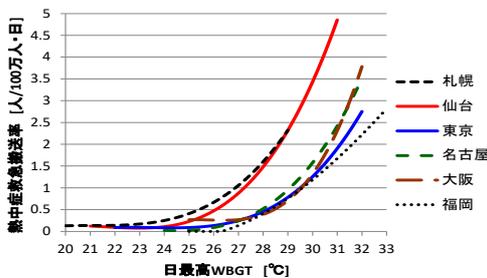


図6 6都市の熱中症 Risk カーブ(屋外)

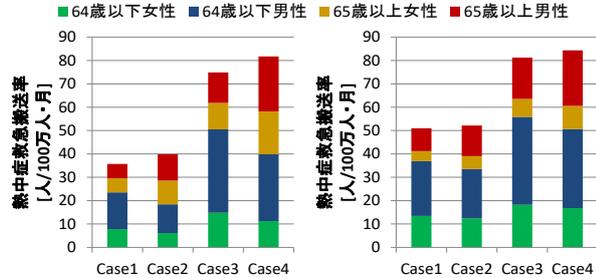


図7 各ケースの熱中症 Incidence Rate

(3) WRF によるメソ気象予測の予測精度の検討と改善、都市空間及び市街地空間の

3次元顕熱・潜熱収支構造の解明

① LCZ に基づく土地利用データの整備

都市空間の熱収支を詳細に分析するために、まず、土地利用や建物からの人工排熱をより詳細に考慮できるように予測手法を改良した。すなわち、WUDAPT 法 Level 0 を用いて仙台市の Local Climate Zone map (LCZ map、都市をその都市微気候を特徴づける市街地形態、地表面被覆、排熱条件に基づき区分である LCZ に基づき区分し地図化したマップ)を作成した(図8)。また、LCZ に基づき作成された土地利用データを WRF に用いるための、各 LCZ 区分の地表面パラメータを整備した。

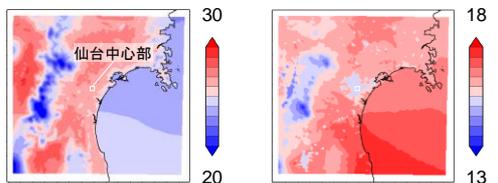


図8 WUDAPT 法 Level 0 を用いて作成した仙台市の LCZ map

② LCZ に基づく土地利用データ及び BEM を組み込んだ WRF 解析による将来気候予測

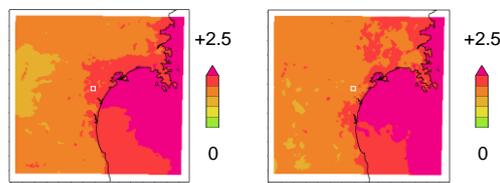
LCZ map に基づいて作成した土地利用データを用いた WRF 解析を行い、気温の空間分布を AMeDAS による気象観測データと比較することで精度を検証した。このとき、空調運

転による室温・湿度の制御と、それによる排熱を考慮した建物の熱収支を解くモデルである Building Energy Model (BEM) を WRF 解析に連成させ、地球温暖化による空調排熱の増加を再現可能なモデルに改良した。図 9、10 は改良モデルを用いて予測した、気温及び絶対湿度の空間分布である。現在の解析には、日本建築学会気候変動モデリング WG において 2000 年代で最も標準的な 8 月として選定された 2008 年 8 月の気象データ（気温、絶対湿度、全天日射量、大気放射量、降水量、日照時間、風速、風向（海風）の情報）、将来の解析には疑似温暖化手法により作成した 2050 年代の気象データを使用した。



(1) 気温(°C) (2) 絶対湿度(g/kg')

図 9 2000 年代の気温と絶対湿度の空間分布 (10-15 時の平均、地上 2 m)



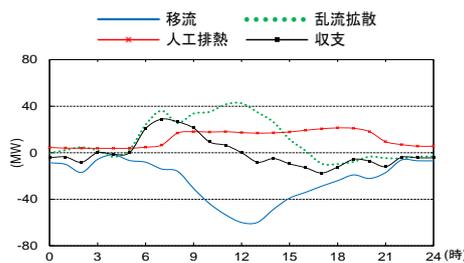
(1) 気温(°C) (2) 絶対湿度(g/kg')

図 10 2050 年代と 2000 年代の差 (10-15 時の平均、地上 2 m)

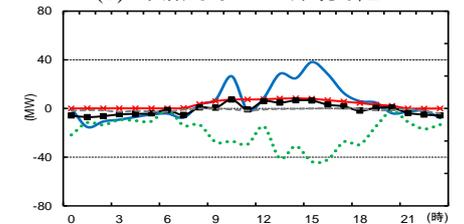
③ 現在及び将来における市街地空間の 3 次元顕熱・潜熱収支構造の解明

地表に接する各計算メッシュ(1 km×1 km×約 60 m)を Control Volume (C.V.)とし、顕熱・潜熱の各熱収支構造を評価した。2000 年代の仙台駅地点の C.V. (図 8★印)における各熱収支を図 11 に示す。顕熱収支を見ると移流成分が日中に大きな負値(風上からの移流による顕熱流入量よりも風下への顕熱流出量の方が大きい)を示している(図 11 (1))。また、6 時ごろから、乱流拡散による顕熱流入量が増加することにより、収支量が正となり、気温が上昇している。12 時に、移流による顕熱流出量と、乱流拡散と人工排熱による顕熱流入量の収支量が 0 となり、気温の上昇が止まっている。このことから、風上に当たる南東方向からの風、すなわち海風の移流が気温(顕熱)の低減に大きく寄与していることが分かる。一方、図 11 (2)より、日中の殆どの時間において、移流による潜熱の流入がみられ、海風が湿度上昇に寄与することが分かる。

次に、2000 年代と 2050 年代の日中における熱収支構造の移流成分の空間分布を図 12、13 に、両年代の差を図 14 に示す。顕熱収支の移流成分は、両年代で沿岸部から内陸部にかけて全域で負値を示しており、将来においても海風の気温低減効果が確認された(図 12、13 (1))。しかし図 14(1)をみると沿岸部・中心部で正の値をとっており、2050 年代にかけて移流による顕熱の低減量(気温低減効果)が減少することがわかる。中心部における移流による正味の顕熱流出量は 4%減少した。内陸部では、2000 年代から 2050 年代にかけて顕熱収支の移流成分の変化は見られなかった。次に図 14(2)から、潜熱収支構造の移流成分は、中心部と沿岸部で正の値をとり、2050 年代にかけて増加することがわかり、特に沿岸部で高い増加量がみられる。中心部では 59%、沿岸部では 3%の増加となり、増加率に関しては中心部が高い。つまり、海風による湿度上昇の影響が将来にかけて強まったといえる。これによる WBGT の増加に伴い、熱中症リスクが上昇する恐れがある。尚、内陸部では 2000 年代から 2050 年代にかけて潜熱収支の移流成分の変化はみられなかった。

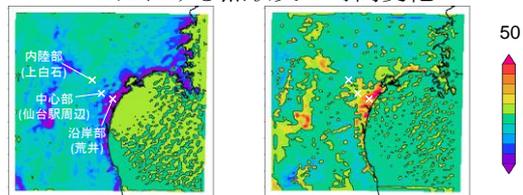


(1) 顕熱収支の時間変化



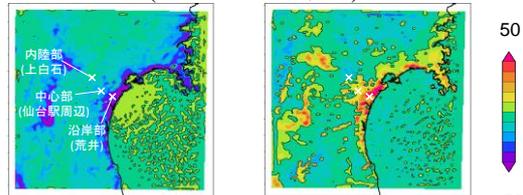
(2) 潜熱収支の時間変化

図 11 2000 年代の仙台駅地点の C.V. における熱収支の時間変化



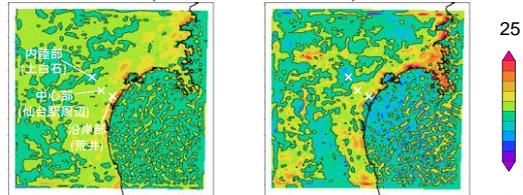
(1) 顕熱(MW) (2) 潜熱(MW)

図 12 2000 年代の熱収支構造の移流成分 (10-15 時の平均)



(1) 顕熱(MW) (2) 潜熱(MW)

図 13 2050 年代の熱収支構造の移流成分 (10-15 時の平均)

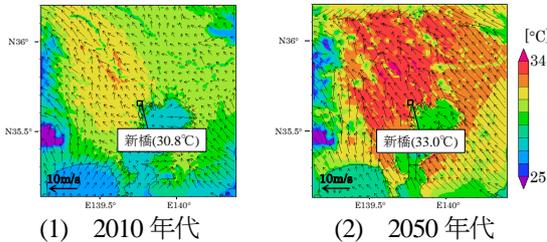


(1) 顕熱(MW) (2) 潜熱(MW)

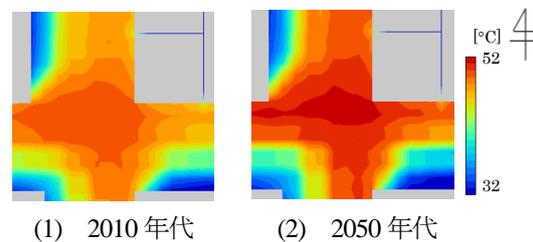
図 14 熱収支構造の移流成分の 2000 年代から 2050 年代の変化(10-15 時の平均)

(4) メソ・マイクロ気象一貫解析モデルによる 2050 年代の気象解析

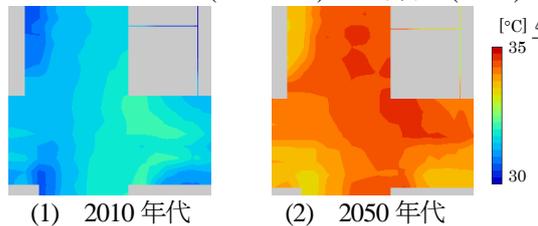
新橋駅周辺の街区を対象に、全球スケールから人体スケールに至る一貫解析を実施し、2010 年代及び 2050 年代の 8 月 5 日 21 時から 8 月 9 日 21 時の屋外温熱環境を予測し、定量評価を行った (図 15~18)。2050 年代では気温上昇に伴う建物壁面からの長波放射量の増大により、MRT は最大で 3.9°C 上昇 (図 16)、SET\* は最大で 3.2°C 上昇 (図 17) する結果となった。SET\* の上昇に対する気温上昇及び絶対湿度上昇の寄与率 (図 18) より、気温上昇の寄与が大きいものの (70~90%)、絶対湿度の上昇 (10~25%) も相まって、将来の SET\* の上昇をもたらすことが分かる。なお、東西道路の南側に気温の寄与率が局所的に大きい地点がある一方で、交差点の北西側では比較的低い値をとるなど、街区内にも将来変化の傾向に差異があることが分かった。



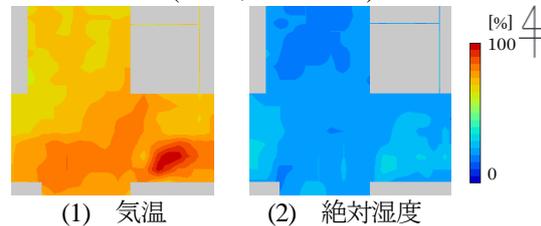
(1) 2010 年代 (2) 2050 年代  
図 15 メソスケールの気温(地上 2m)と風速ベクトル(地上 10m)の水平分布(13 時)



(1) 2010 年代 (2) 2050 年代  
図 16 ミクروسケールの MRT の水平分布 (13 時、地上 1.5m)



(1) 2010 年代 (2) 2050 年代  
図 17 ミクروسケールの SET\* の水平分布 (13 時、地上 1.5m)



(1) 気温 (2) 絶対湿度  
図 18 SET\* 上昇への気温上昇及び絶対湿度上昇の寄与率 (13 時、地上 1.5m)

(5) 2050 年代の気候条件への適応という観点からの各種対策手法の評価

現在から 2050 年代に間の気候変化 (気温上昇、湿度上昇)、及び高齢化の進行は、熱中症リスクを高める要因であるが、気候変化の影響が大きい (図 7)。また、気候変化に関しては、顕熱よりも潜熱、すなわち湿度の上昇量が多い (図 14(2))。

沿岸部(荒井)及び中心部(東二番町、仙台駅周辺)では、海風が気温低下と湿度上昇をもたらす大きな要因である (図 14, 図 11, 図 2)。また、これらの地域で、現在に比べて 2050 年代では、気候変化により C.V. の顕熱流出量は減少し、潜熱流入量が増加したため、海風の気温低減効果は低下することが示された (図 14)。

さらに、図 9 の結果では、絶対湿度よりも気温が 2050 年代の SET\* 上昇の大きな要因であることが示された。従って、多少の湿度上昇がみられても、気温の低い海風が流入する場合、現在に比べるとその気温低減効果は少ないが、海風は依然として都市温暖化対策技術として有効である。以上の結果を踏まえ、将来に気候変化への適応という観点から、各種の都市温暖化手法の優先度をまとめた結果を以下に示す。

表 1 都市温暖化対策技術の優先度の変化(日本の沿岸部の大都市の場合)

都市温暖化対策技術		現在		2050 年代	
		内陸部	中心部・沿岸部	内陸部	中心部・沿岸部
風通し		◎	○	○	△
日陰		◎	◎	◎	◎
地表面	緑地、水面、保水面	○	△	○	△
	日射反射率の高い材料・塗料	×	×	×	×
建物壁面	緑化	○	△	○	△
	再帰性反射材料	◎	◎	◎	◎
屋上面	緑化	○	△	○	△
	日射反射率の高い材料・塗料	○	◎	○	◎
建築設備からの排熱	省エネによる総量削減	○	◎	○	◎
	潜熱化	○	△	○	△, ×

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 7件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Miguel Yamamoto, Masataka Kasai, Tsubasa Okaze, Kazumasa Hanaoka, Akashi Mochida	4. 巻 183
2. 論文標題 Analysis of climatic factors leading to future summer heatstroke risk changes in Tokyo and Sendai based on dynamical downscaling of pseudo global warming data using WRF	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics	6. 最初と最後の頁 187-197
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jweia.2018.10.001	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 本間実季, 新井千秋, 石田泰之, 持田灯	4. 巻 -
2. 論文標題 列植樹木の間隔が歩行経路の各温熱要素に及ぼす影響の分析	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 第25回 風工学シンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 133-138
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 河西昌隆, 大風翼, 石田泰之, 山本ミゲイル, 持田灯	4. 巻 -
2. 論文標題 WRFとLESを結合したメソ・マイクロ気象一貫解析手法の開発と実街区における温熱環境の将来予測	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 第25回 風工学シンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 223-228
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 王正, 布川啓徳, 山本ミゲイル, 石田泰之, 持田灯, 大風翼, 花岡和聖	4. 巻 -
2. 論文標題 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11) 地域特性及び年齢に着目した暑さに対する脆弱性の分析	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 2019年度日本建築学会大会(北陸)学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 823-824
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 布川啓徳, 山本ミゲイル, 石田泰之, 持田灯, 大風翼, 花岡和聖	4. 巻 -
2. 論文標題 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12) 温暖化と高齢化によって増大する将来の熱中症リスクの予測とその要因分析	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 2019年度日本建築学会大会(北陸)学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 825-826
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山本ミゲイル, 持田灯, 渡辺浩文, 小林光, 周希霖, 石田泰之	4. 巻 -
2. 論文標題 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年代の仙台都市大気部熱収支構造比較	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 2019年度日本建築学会大会(北陸)学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 829-830
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 本間実季, 石田泰之, 小林炎, 手代木純, 持田灯	4. 巻 -
2. 論文標題 実測に基づく実大高木樹の蒸散量の評価(その5) 長期測定結果に基づく 法と Penman-Monteith法による樹木蒸発散量と葉温の予測精度の検討	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 2019年度日本建築学会大会(北陸)学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 837-838
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 小林炎, 本間実季, 石田泰之, 持田灯	4. 巻 -
2. 論文標題 実測に基づく実大高木樹の蒸散量の評価(その6) Penman-Monteith法による樹木間隔と蒸発散の有無が樹木下の放射環境に及ぼす影響の分析	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 2019年度日本建築学会大会(北陸)学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 839-840
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Xilin Zhou, Tsubasa Okaze, Yasuyuki Ishida, Hironori Watanabe, Akashi Mochida	4. 巻 -
2. 論文標題 Analysis of the spatial distributions of surface and air temperatures in Sendai based on Local Climate Zones Classification	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 2019年度日本建築学会大会(北陸)学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 821-822
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yuquan Xie, Jialong Hu, Yasuyuki Ishida, Akashi Mochida	4. 巻 -
2. 論文標題 Feasibility of simplified model for long-term prediction of micro-climate around building using neural network	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 2019年度日本建築学会大会(北陸)学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 789-790
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Masataka Kasai, Tsubasa Okaze, Akashi Mochida, Kazumasa Hanaoka	4. 巻 9-8
2. 論文標題 Heatstroke Risk Predictions for Current and Near-Future Summers in Sendai, Japan, Based on Mesoscale WRF Simulations	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Sustainability	6. 最初と最後の頁 1467-1483
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/su9081467	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 Miguel Yamamoto, Masataka Kasai, Tsubasa Okaze, Miguel Yamamoto, Akashi Mochida, Kazumasa Hanaoka	4. 巻 1
2. 論文標題 Prediction of heatstroke risk for Tokyo and Sendai during summer in the 2050s by dynamical downscaling of pseudo global warming data using WRF	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of International Workshop on Wind-Related Disaster and Mitigation	6. 最初と最後の頁 論文番号38(USB論文集)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 布川啓徳、大場 優作、小林 炎、石田 泰之、持田 灯	4. 巻 -
2. 論文標題 暑熱化による健康被害発症リスクに関わる歩行者の生理量予測手法の開発(その4)街路空間を歩行する人間を対象とした暑さ対策技術の評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 2020年度日本建築学会大会(関東)学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 大場 優作、石田 泰之、小林 炎、石津 光、後藤 伴延、持田 灯	4. 巻 -
2. 論文標題 夏季屋外歩行時における物理環境・人体生理量の同時計測とこれに基づく2-node modelの改良	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 2020年度日本建築学会大会(関東)学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Teshirogi Jun, Ishida Yasuyuki, Mochida Akashi	4. 巻 33
2. 論文標題 Study on long-term measurement of transpiration from multiple urban vegetation for grasping latent heat consumption under various conditions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Urban Climate	6. 最初と最後の頁 100635 ~ 100635
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.uclim.2020.100635	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14件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Xilin Zhou
2. 発表標題 Mapping Local Climate Zones for Japanese Major Cities using WUDAPT Method Part1: A case study of Sendai
3. 学会等名 2018年度日本建築学会大会(東北)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本間実季
2. 発表標題 列植樹木の間隔が歩行経路の各温熱要素に及ぼす影響の分析
3. 学会等名 第25回 風工学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河西昌隆
2. 発表標題 WRFとLESを結合したメソ・マイクロ気象一貫解析手法の開発と実街区における温熱環境の将来予測
3. 学会等名 第25回 風工学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Miguel Yamamoto
2. 発表標題 Comparison of heat balance mechanism in urban space inside Sendai city, Japan, between 2000s and 2050s
3. 学会等名 International Workshop on Wind Effects on Buildings and Urban Environment (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Miki Homma
2. 発表標題 Effects of tree arrangement on wind and thermal environments at pedestrian level
3. 学会等名 International Workshop on Wind Effects on Buildings and Urban Environment (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Miguel Yamamoto
2. 発表標題 Prediction of heatstroke risk for Tokyo and Sendai during summer in the 2050s by dynamical downscaling of pseudo global warming data using WRF
3. 学会等名 International Workshop on Wind-Related Disaster and Mitigation (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Xilin Zhou
2. 発表標題 Mapping Local Climate Zones for Japanese Major Cities using WUDAPT Method: Part1: A case study of Sendai
3. 学会等名 日本建築学会大会 (東北)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 王正
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11) 地域特性及び年齢に着目した暑さに対する脆弱性の分析
3. 学会等名 日本建築学会大会 (北陸)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 布川啓徳
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12) 温暖化と高齢化によって増大する将来の熱中症リスクの予測とその要因分析
3. 学会等名 日本建築学会大会(北陸)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本ミゲイル
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年代の仙台都市大気部熱収支構造比較
3. 学会等名 日本建築学会大会(北陸)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 本間実季
2. 発表標題 実測に基づく実大高木樹の蒸散量の評価(その5)長期測定結果に基づく 法とPenman-Monteith法による樹木蒸発散量と葉温の予測精度の検討
3. 学会等名 日本建築学会大会(北陸)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林炎
2. 発表標題 実測に基づく実大高木樹の蒸散量の評価(その6)Penman-Monteith法による樹木間隔と蒸発散の有無が樹木下の放射環境に及ぼす影響の分析
3. 学会等名 日本建築学会大会(北陸)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Zhou Xilin
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（北陸）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuquan Xie
2. 発表標題 Feasibility of simplified model for long-term prediction of micro-climate around building using neural network
3. 学会等名 日本建築学会大会（北陸）
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
研究分担者	大風 翼 (Okaze Tsubasa)  (40709739)	東京工業大学・環境・社会理工学院・准教授  (12608)	