

令和 4 年 6 月 6 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01680

研究課題名（和文）気候変動に伴う都市における暴風災害リスクの評価

研究課題名（英文）Risk Assessment of Severe Wind Disasters in Urban Districts under Climate Change

研究代表者

竹見 哲也（Takemi, Tetsuya）

京都大学・防災研究所・教授

研究者番号：10314361

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,300,000円

研究成果の概要（和文）：本課題では、都市大気境界層の風速・気温変動の観測と、個々の建物や構造物を陽に解像する建物解像LESモデルを用いた数値シミュレーションにより、気候変動に伴う都市における暴風災害リスクを評価することを目的として研究を実施した。都市における高温化が顕著な夏季における大気境界層の気象観測データを用いて建物解像LESモデルの再現性を検証した。京都市・大阪市・東京都23区内の都市建物データを建物解像LESモデルに取り込み、近年の顕著台風を対象に、市街地での風速場・温度場の数値シミュレーションを実施した。温暖化時の気象外力を想定し、都市形態に応じた強風・突風の温暖化影響を定量的に評価した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

都市では、地球温暖化とヒートアイランド現象という二つの温暖化が進行し、建物の高層化や密集化により都市形態が変化している。地球温暖化により台風の強大化が予測される中、建物の高層化・密集化の因子が加わり、都市では災害に対する脆弱性が高まっている。本課題では、建物の高層化・密集化が進む都市において、台風といった極端気象現象による暴風災害リスクが温暖化時にどう変化するかを定量的に評価した。将来の温暖化による気象外力変化を想定し、暴風リスクを低減し気候変動に適応する視点から、今後は都市開発を進めていくことが学術的のみならず社会的にも重要である。こういった点への示唆を与えたことが、本研究の意義と言える。

研究成果の概要（英文）：This study assessed risks of severe wind disasters in urban districts under climate change by conducting field observations of wind and temperature variations in the urban boundary layer and numerical simulations with a building-resolving large-eddy simulation (LES) model. The building-resolving LES model was validated against the field observations in summer when extremely hot weather occurred in a city. By incorporating actual urban geometrical data of Kyoto, Osaka, and Tokyo into the LES model, we performed numerical simulations of airflows and temperature fields in urban districts during the passages of recent extreme typhoons. We quantitatively assessed the impacts of extreme typhoons under global warming on strong and gusty winds in urban districts with various geometrical features.

研究分野：気象学

キーワード：暴風 災害リスク評価 都市気象 乱流シミュレーション 気候変動 都市災害 風災害 気候変動適応

1. 研究開始当初の背景

気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 第 5 次報告書によれば、将来の地球温暖化によって台風の強大化と台風災害の激甚化が懸念されている。都市のように人口・経済活動が集中する地域では、そもそも災害に対する脆弱性が高い。加えて、近年進む都市の再開発に伴う建物の高層化と密集化という都市形態の変化によって、風速場に影響が表れる。さらに都市特有の現象として、ヒートアイランド現象がある。これにより、都市の気温は地球温暖化よりも速いペースで上昇し、暑熱環境が変化する。都市での高温化が進めば、地表面からの熱輸送により大気境界層内の乱流が強化され、風が強まる傾向に進む。このように、都市では地球温暖化とヒートアイランド現象という二つの温暖化が進行し、都市形態の変化と都市温暖化により風速場が変化すると考えられる。さらに地球温暖化による台風の強大化を考慮すると、強風や突風といった暴風災害のリスクは都市で特に高まる傾向にあるのである。

一方、温暖化による台風災害への影響は都市街区の微細規模で評価するには至っておらず、ヒートアイランド現象は暑熱環境と関連した研究が主で、台風など極端気象現象が都市に及ぼす影響を調べた研究はない。都市での災害に対する脆弱性が増大し、過去 3 年間の地球の平均気温が急速なペースで上昇していることを考えると、都市での台風による暴風災害リスクを街区内にまで立ち入って定量的に評価することは学術的に重要な研究課題である。

それでは、地球温暖化・ヒートアイランド現象という二つの温暖化が進行し、都市の建物の高層化や密集化が進んだときに、台風による都市での暴風災害のリスクはどのように変化するであろうか？都市域での暴風災害リスクの定量的な評価はどうすればよいのであろうか？二つの温暖化が進行し、都市への人口・経済活動の集中が進み、災害に対する都市の脆弱性が増大傾向にある今、この「問い」に答えることが防災上、重要な研究課題である。

2. 研究の目的

本研究では、建物の高層化・密集化が進む都市において台風といった極端気象現象による暴風災害リスクが温暖化時にどう変化するかを定量的に評価することを目的とする。地上観測と衛星観測とを複合的に組み合わせ、超高解像度で建物を解像した乱流シミュレーションモデルを精緻化する。近年の極端台風による暴風事象を対象とし、災害に対する脆弱性が増大する都市を対象に、台風など極端気象現象による暴風災害のリスクを定量的に評価することを目的とする。京都・大阪・東京といった大都市の市街地での気流を建物解像 LES (Large-Eddy Simulation) モデルによる数値シミュレーションにより再現し、温暖化による影響を解明する。建物の高層化・密集化という都市形態の違いに応じた暴風災害リスクとその温暖化による変化を評価する。

3. 研究の方法

本研究では、次のような方法で研究を実施した。

気象観測については、上空から地表面温度を計測するため、熱画像カメラ搭載のドローンを導入した。また、大気乱流を計測するため、超音波風速温度計を京都大学防災研究所・宇治川オープンラボラトリー (宇治川 OL) の気象観測鉄塔に設置した。2019 年 9 月の一カ月間、鉛直 1 次元ドップラーライダー WINDCUBE をリースして宇治川 OL 気象観測鉄塔傍に設置し、下層風速場を計測した。この観測期間中に、観測鉄塔で超音波風速温度計による乱流の連続観測を実施した。さらに、観測期間中の晴天日で弱風時の条件の 3 日間、ドローンを飛翔し、上空から地表面熱画像の空撮実験を実施した。風速観測データを分析し、下層風の乱流特性を調べ、LES モデルの再現精度の検証に利用した。

数値モデリング研究については、LES モデルの解像度を 2 m とし、実在都市の建物データを用いて実際の都市の建物や人工構造物をモデルに組み込み、LES モデルの精緻化を進めた。解析対象とした京都市・大阪市・東京都 23 区内の都市建物データを用いて、実際の都市の建物や人工構造物を LES モデルに組み込み、境界層風の数値シミュレーションをした。LES モデルの検証後、大阪市では観測史上第 3 位、京都市では観測史上第 2 位の最大瞬間風速を記録した 2018 年台風 21 号を対象とし、東京都では最近の風台風として 2019 年台風 15 号を対象とし、台風通過時を想定した市街地での気流の建物解像 LES を実施した。また、擬似温暖化実験により台風の温暖化条件での強度・構造の変化を気象モデルによるダウンスケール実験から求めた。

近年の顕著台風の再現実験および温暖化シナリオの擬似温暖化実験に基づく建物解像 LES の結果から、建物の密集度や高さのばらつきによって平均風速・瞬間風速の出現特性を統計的に整理し、都市形態に応じた強風・突風を定量的に評価した。擬似温暖化実験や多数の温暖化シナリオに基づき、都市における暴風災害リスクを評価した。

4. 研究成果

2019年9月の一か月間、宇治川 OL において、鉛直1次元ドップラーライダーによる大気下層の風の鉛直プロファイル観測を、気象観測鉄塔に設置した超音波風速温度計による乱流観測を実施した(図1)。ドップラーライダーおよび超音波風速温度計のデータの結果を用いて、LESモデルの再現精度を検証した。また、表面温度観測をサーモカメラ搭載の UAV (図2)により2019年9月の晴天かつ弱風条件の3日間、宇治川 OL において1日3回(10時、13時、15時)実施した。UAV を鉛直方向に飛翔させ、京都市街地の熱赤外画像を撮影し、表面温度を算出した。図3に2019年9月17日の13時に実施した観測で得られた表面温度分布を示す。建物屋根面・壁面や道路部分では高温、植生面は比較的低温であり、人工構造物の表面は一様に高温状態にあることが分かる。これら市街地での表面温度観測に基づき、都市街区 LES モデルにおける温度条件を考案し、後述の大気安定度変化が突風強度に及ぼす影響の LES 解析に活用した。

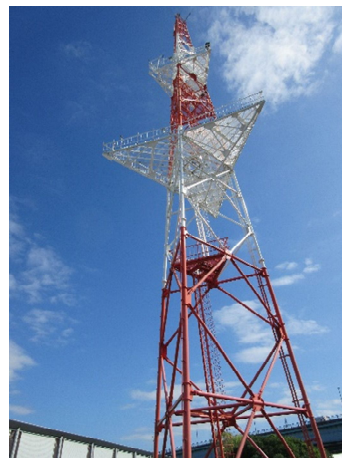


図1：宇治川 OL での(左)ドップラーライダー観測、および(右)鉄塔観測



図2：サーモカメラ Zenmuse TX2 搭載の DJI M200 : (左) 組み立て後、(右) 計測地点

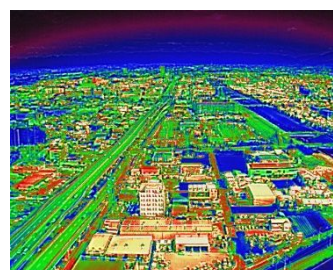
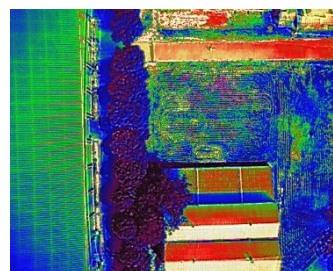
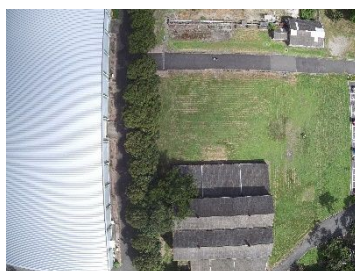


図3：UAV による(左列)可視画像と(右列)赤外画像。(上段)鉛直直下、(下段)京都市街地。

2018年台風21号は、仮に温暖化した気候条件では、強度や強風ハザードはどのように変化するのか、ということを明らかにするため、WRFモデルを用いて擬似温暖化実験を行った。温暖

化差分は、4 上昇の温暖化シナリオの過去実験と将来実験それぞれの9月のアンサンブル平均値から作成した。2018年9月の再現実験による台風の経路、擬似温暖化実験での台風経路を観測のベストトラックデータと比較したところ、再現実験・擬似温暖化実験ともに、おおむねベストトラックを再現できている。気象モデルの地表面条件は、本研究のLESで用いたような実際の都市の建物や構造物を陽に表現することはできないことから、地表面から離れた高度で台風の風速場をしてみる。図4は、850 hPa面での風速場を再現実験及び擬似温暖化実験の結果から示す。擬似温暖化実験の場合において、風速が全般的に強くなっていることが分かる。擬似温暖化実験から再現実験を引いた差を見ると、特に最大風速半径付近において、温暖化条件で風速が10 m/s程度、最大で20 m/s程度も強まっている。

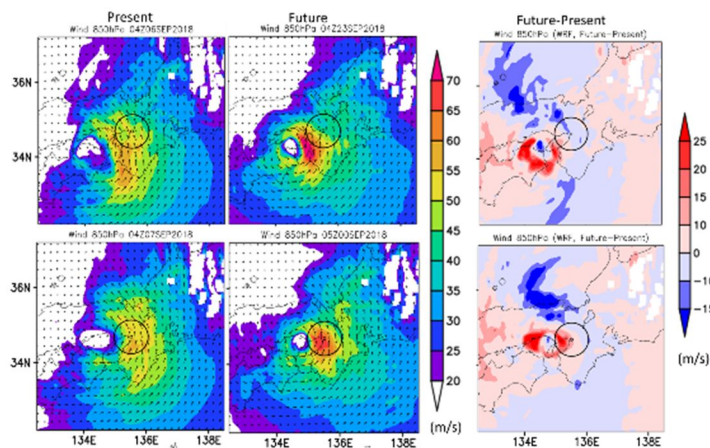


図4：再現実験（左列）及び擬似温暖化実験（中央列）による850 hPaでの風速場（ベクトル）及び風速値（カラー）、温暖化による風速差。大阪最接近時（下段）とその1時間前（上段）。

さらに軸対象モデルを用いて、対流圏の気温減率や対流圏界面高度を様々に変化させた多数の感度実験を実施した。その結果を用いて、気温減率と圏界面高度という広範囲のパラメタ空間において、2018年台風21号の再現実験と擬似温暖化実験を位置づけ、台風の強度変化のロバストな特徴を調べた。この結果、同じ圏界面高度では、気温減率が大きくなるほど台風強度が増大した。一方、同じ気温減率では、圏界面高度が上がるほどに強度は上昇傾向にあるもののあまり明瞭ではない。海面水温を3 K加算した場合では、気温減率や圏界面高度の変化に対する台風強度は、同様に变化するものの、やや不規則なパターンも見られる。結果として、4 上昇の温暖化時においては、台風の最大発達強度は5%程度は強化されると見積もられた。このように、理想化した軸対象モデルによる数値実験ではあるものの、温暖化条件では、気温減率の低下に伴う台風の弱化作と海面水温上昇に伴う台風の強化作用の両者の拮抗により台風の最大発達強度が決まること、両者の拮抗した効果の結果として台風強度は増大すること、が理解できる。

都市域における街区規模の風を計算するためには、ビルや住宅、道路、公園といった都市の幾何学的構造を数値モデルに取り込む必要がある。このため本研究では、実際の都市の構造物の地理情報データとして国際航業（株）による3D空間データPAREA-LiDARを用いた。このデータは、2 m分解能で、都市におけるビルや構造物の3次元情報から成るものであり、京都市・大阪市・東京都23区部のデータを収集した。この3次元空間データにより都市街区LESモデルの下面境界に実際の建物形状を陽に設置した。

東京都心部を対象としたLESモデルによる解析では、2019年台風15号通過時の暴風を想定し、水平格子幅2 mの数値シミュレーションを実施した。この台風通過時に東京都23区内では、東京31.4 m/s、羽田43.7 m/s、江戸川臨海36.5 m/sといった最大瞬間風速が記録された。境界層上端高度（約340 m）の風速で規格化した地上10 m高度での最大瞬間風速の分布を図5に示す。高層ビルの周辺部、主風向沿いに伸びる大通りなどで数値が大きくなっていることが分かる。同様の傾向は、京都市や大阪市を対象として、2018年台風21号通過時を想定した数値解析でも表れた。

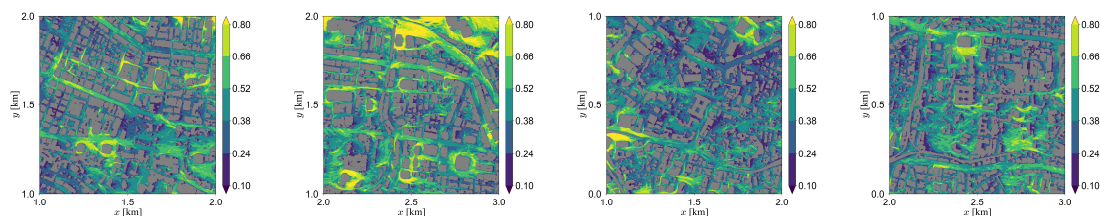


図5：2019年台風15号を想定したLES解析による東京都心での最大瞬間風速分布

次に、都市の熱的効果の結果として表れる大気安定度の効果を取り込んだ建物解像LESを実施した。市街地での建物分布の幾何学的特徴を定量化するため、建物平均高さ、建物高さ変動の標準偏差、建物面積密度などの指標により評価した。大阪市内の街区を選び、南北3

km (主流方向)・東西 1 km (スパン方向) の領域を解析対象とし、水平格子幅 2 m で LES を実施した。なお、鉛直高度は 500 m までとした。この解析対象領域の中で、250 m 四方の範囲で各幾何学的指標を算出し、市街地の幾何学的形態と風速変動との関係を調べた。安定度の設定には、上端高度での温度を 300 K とし、地上温度 (上端高度での温度差 ΔT) を 8 通りに変化させ、温度の高度分布を線形とした。

突風に係る統計量として、乱流運動エネルギー (TKE)、最大鉛直風速、レイノルズ応力、熱フラックスといった物理量を調べたところ、不安定時の場合により顕著な値となっていることが分かった。市街地の幾何学的形態と風速変動に係る物理量との関係を調べた。図 6・7 は、地上高 10 m での突風強度 (上端高度風速で規格化した最大瞬間風速) と都市形態指標との関係を示す。建物密度が低いほど、また高さのばらつきが大きいほど、突風が強くなり、この傾向は不安定時により顕著である。バルクリチャードソン数により整理した結果、不安定なほど突風が強まることが分かった。

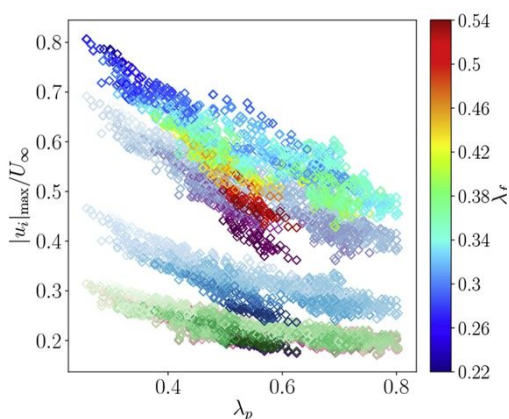


図 6：異なる安定条件での突風強度の建物密度に対する依存性

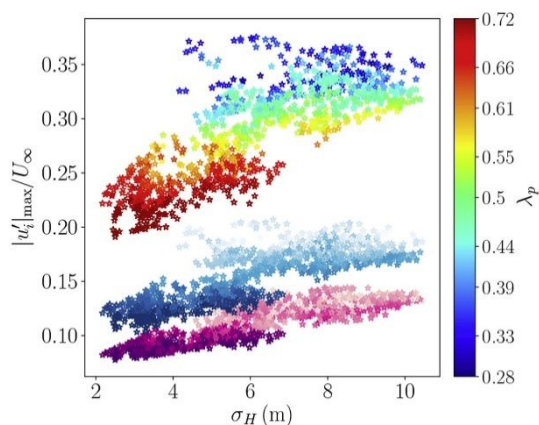


図 7：図 6 と同じ、ただし建物高さのばらつきへの依存性

以上の通り、京都市、大阪市、東京都 23 区内の都市建物データを用いて実際の都市の建物や人工構造物をモデルに組み込み、京都市で観測史上第 3 位・大阪市で観測史上第 2 位の最大瞬間風速が発生した 2018 年台風 21 号、東京都心で暴風が吹いた 2019 年台風 15 号を対象に、気象モデル・LES モデル結合による市街地での風速場・温度場の建物解像 LES を実施した。擬似温暖化実験で得られた温暖化時の台風のシミュレーションデータに基づき、温暖化時の気象外力を評価した。これらの気象外力データを LES モデルに入力し、市街地での暴風リスクの将来変化を評価した。特に、建物の密集度や高さのばらつきによって平均風速・瞬間風速の出現特性を統計的に整理し、都市形態に応じた強風・突風を定量的に評価した。これらの解析に基づき、都市における暴風災害リスクを評価した。すなわち、4 上昇温暖化時の台風としては、軸対象モデル感度実験から最大発達強度が 5% 程度増加、擬似温暖化実験から上陸時に 10~15% 増加することから、市街地への気象外力は 10% 程度増加すると言える。上述の境界層の安定度変化は顕著ではないことと組み合わせて考えると、市街地の暴風のリスクとしては 10% 程度の増大が見込まれる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 18件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 T. Takemi	4. 巻 15
2. 論文標題 Impacts of global warming on extreme rainfall of a slow-moving typhoon: A case study for Typhoon Talas (2011)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Online Letters on the Atmosphere	6. 最初と最後の頁 125-131
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2151/sola.2019-023	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 T. Takemi, T. Unuma	4. 巻 15A
2. 論文標題 Diagnosing environmental properties of the July 2018 Heavy Rainfall event in Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Online Letters on the Atmosphere	6. 最初と最後の頁 60-65
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2151/sola.15A-011	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 T. Takemi, R. Ito	4. 巻 7
2. 論文標題 Benefits of high-resolution downscaling experiments for assessing strong wind hazard at local scales in complex terrain: A case study of Typhoon Songda (2004)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Progress in Earth and Planetary Science	6. 最初と最後の頁 4
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s40645-019-0317-7	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 T. Takemi, T. Unuma	4. 巻 16
2. 論文標題 Environmental factors for the development of heavy rainfall in the eastern part of Japan during Typhoon Hagibis (2019)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Online Letters on the Atmosphere	6. 最初と最後の頁 30-36
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2151/sola.2020-006	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 Yoshida Toshiya, Takemi Tetsuya, Horiguchi Mitsuki	4. 巻 168
2. 論文標題 Large-Eddy-Simulation Study of the Effects of Building-Height Variability on Turbulent Flows over an Actual Urban Area	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Boundary-Layer Meteorology	6. 最初と最後の頁 127 ~ 153
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10546-018-0344-8	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 Dong Haotian, Cao Shuyang, Takemi Tetsuya, Ge Yaojun	4. 巻 179
2. 論文標題 WRF simulation of surface wind in high latitudes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics	6. 最初と最後の頁 287 ~ 296
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jweia.2018.06.009	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 Takemi Tetsuya	4. 巻 182
2. 論文標題 The evolution and intensification of Cyclone Pam (2015) and resulting strong winds over the southern Pacific islands	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics	6. 最初と最後の頁 27 ~ 36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jweia.2018.09.007	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 Takemi Tetsuya	4. 巻 14
2. 論文標題 Importance of Terrain Representation in Simulating a Stationary Convective System for the July 2017 Northern Kyushu Heavy Rainfall Case	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 SOLA	6. 最初と最後の頁 153 ~ 158
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/sola.2018-027	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 Takemi Tetsuya, Nakayama Hiromasa	4. 巻 64
2. 論文標題 Large-eddy simulation studies for predicting plume concentrations around nuclear facilities using an overlapping technique	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Environment and Pollution	6. 最初と最後の頁 125 ~ 144
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1504/IJEP.2018.10019970	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 Takemi Tetsuya, Yoshida Toshiya, Yamasaki Shota, Hase Kentaro	4. 巻 15
2. 論文標題 Quantitative Estimation of Strong Winds in an Urban District during Typhoon Jebi (2018) by Merging Mesoscale Meteorological and Large-Eddy Simulations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 SOLA	6. 最初と最後の頁 22 ~ 27
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/sola.2019-005	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 Takemi Tetsuya, Yamasaki Shota	4. 巻 11
2. 論文標題 Sensitivity of the Intensity and Structure of Tropical Cyclones to Tropospheric Stability Conditions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Atmosphere	6. 最初と最後の頁 411 ~ 411
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/atmos11040411	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 Takemi Tetsuya, Yoshida Toshiya, Horiguchi Mitsuaki, Vanderbauwhede Wim	4. 巻 32
2. 論文標題 Large-Eddy-simulation analysis of airflows and strong wind hazards in urban areas	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Urban Climate	6. 最初と最後の頁 100625 ~ 100625
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.uclim.2020.100625	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 Nakayama Hiromasa, Takemi Tetsuya	4. 巻 12
2. 論文標題 Development of a Data Assimilation Method Using Vibration Equation for Large Eddy Simulations of Turbulent Boundary Layer Flows	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Advances in Modeling Earth Systems	6. 最初と最後の頁 e2019MS001872
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019MS001872	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 Yoshida Toshiya, Takemi Tetsuya	4. 巻 21
2. 論文標題 Spatial characteristics of turbulent organized structures within the roughness sublayer over idealized urban surface with obstacle-height variability	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Environmental Fluid Mechanics	6. 最初と最後の頁 129 ~ 154
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10652-020-09764-4	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 Duan G., Takemi T.	4. 巻 208
2. 論文標題 Gustiness in thermally-stratified urban turbulent boundary-layer flows and the influence of surface roughness	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics	6. 最初と最後の頁 104442 ~ 104442
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jweia.2020.104442	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 Duan G., Takemi T.	4. 巻 60
2. 論文標題 Predicting Urban Surface Roughness Aerodynamic Parameters Using Random Forest	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Applied Meteorology and Climatology	6. 最初と最後の頁 999 ~ 1018
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1175/JAMC-D-20-0266.1	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 Nakayama Hiromasa, Takemi Tetsuya, Yoshida Toshiya	4. 巻 12
2. 論文標題 Large-Eddy Simulation of Plume Dispersion in the Central District of Oklahoma City by Coupling with a Mesoscale Meteorological Simulation Model and Observation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Atmosphere	6. 最初と最後の頁 889 ~ 889
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/atmos12070889	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 Horiguchi Mitsuaki, Tatsumi Kenichi, Poulidis Alexandros-Panagiotis, Yoshida Toshiya, Takemi Tetsuya	4. 巻 -
2. 論文標題 Large-Scale Turbulence Structures in the Atmospheric Boundary Layer Observed above the Suburbs of Kyoto City, Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Boundary-Layer Meteorology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10546-022-00707-8	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 -

〔学会発表〕 計37件 (うち招待講演 7件 / うち国際学会 29件)

1. 発表者名 竹見哲也, 吉田敏哉, 山崎聖太, 長谷健太郎
2. 発表標題 2018 年台風21 号通過時に大阪市街地で生じた暴風の定量的解析
3. 学会等名 日本気象学会2019年度春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sridhara Nayak, Tetsuya Takemi
2. 発表標題 Analysis of typhoon tracks and associated precipitation amount over western Japan: A case study with Typhoon Nancy and Typhoon Jebi
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tetsuya Takemi
2. 発表標題 High-resolution modeling of atmospheric dispersion in urban districts and complex topography
3. 学会等名 11th Asian Aerosol Conference (AAC2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiromasa Nakayama, Tetsuya Takemi
2. 発表標題 Development of the data assimilation method suitable for large-eddy simulation model using the vibration equation
3. 学会等名 19th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes (HARMO-19) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tetsuya Takemi
2. 発表標題 Assessing the impacts of typhoon hazards at local-scales by dynamical downscaling experiments
3. 学会等名 The 8th International Conference on Water Resources and Environmental Research (ICWRER2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tetsuya Takemi, Toshiya Yoshida, Shota Yamasaki, Kentaro Hase
2. 発表標題 Quantitative estimation of gusty winds in a densely-built, urban district during Typhoon Jebi (2018) by merging mesoscale meteorological and large eddy simulations
3. 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) The 16th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tetsuya Takemi
2. 発表標題 Importance of terrain representation in simulating a heavy-rain-producing, stationary convective system: A case study
3. 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) The 16th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 竹見哲也, 吉田敏哉
2. 発表標題 市街地における暴風リスクの評価：2018年台風21号を想定した京都市街地での風速変動のLES
3. 学会等名 日本気象学会2019年度秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 竹見哲也
2. 発表標題 東京都心部での暴風リスク評価：2019年台風15号を想定した数値シミュレーション
3. 学会等名 河川災害シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tetsuya Takemi
2. 発表標題 Assessing the impacts of typhoons on local-scale winds in urban districts
3. 学会等名 NCDR-DPRI Joint Workshop
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tetsuya Takemi, Toshiya Yoshida, Guangdong Duan
2. 発表標題 Quantification of wind fluctuations in a densely-built, urban district during a typhoon landfall by merging mesoscale meteorological and large eddy simulations
3. 学会等名 AGU 2019 Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Guangdong Duan, Tetsuya Takemi, Keith Ngan
2. 発表標題 Sensitivity of turbulent flow and dispersion around a 3-D regular building array to urban boundary-layer stability.
3. 学会等名 AGU 2019 Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tetsuya Takemi
2. 発表標題 Assessing the impacts of tropical cyclone hazards at local-scales by dynamical downscaling experiments
3. 学会等名 The Fifth International Symposium on Flash Floods in Wadi Systems (ISFF2020) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田敏哉, 竹見哲也
2. 発表標題 建物高さのばらつきを考慮した都市キャノピーによる乱流特性への影響
3. 学会等名 日本気象学会2018年度春季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tetsuya Takemi, Toshiya Yoshida, Mitsuaki Horiguchi
2. 発表標題 Effects of building-height variability on turbulence generation in the boundary layer over an urban area
3. 学会等名 23rd Symposium on Boundary Layers and Turbulence/21st Conference on Air-Sea Interaction (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toshiya Yoshida, Tetsuya Takemi
2. 発表標題 Characteristics of turbulent flux and scale within an urban canopy with building-height variability
3. 学会等名 10th International Conference on Urban Climate/14th Symposium on the Urban Environment (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tetsuya Takemi
2. 発表標題 Analysis on extreme weather under climate change for impact assessment studies
3. 学会等名 The 2nd Kyoto University-Universitat Hamburg Symposium 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiromasa Nakayama, Tetsuya Takemi
2. 発表標題 LES analysis of the effect of source heights on the longitudinal distribution of plume concentration in the convective boundary layer capped by a temperature inversion
3. 学会等名 5th International Workshop on Nonhydrostatic Models. Japan Meteorological Agency, Tokyo, Japan, 14-16 November 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹見哲也
2. 発表標題 平成30年台風21号の気象学的特徴と暴風の実態
3. 学会等名 日本学術会議主催学術フォーラム / 第7回防災学術連携シンポジウム「平成30年夏に複合的に連続発生した自然災害と学会調査報告」
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tetsuya Takemi
2. 発表標題 Impact assessment and adaptation on extreme weather
3. 学会等名 8th EU-Japan Workshop on Climate Change Research. Directorate-General for Research and Innovation (DG RTD), CDMA building, Rue du Champ de Mars 21, 1050 Bruxelles, Belgium, 6-7 February 2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tetsuya Takemi
2. 発表標題 SST modulation of the impacts of tropospheric stability on the intensity and structure of tropical cyclones
3. 学会等名 WCRP/SPARC SATIO-TCS joint workshop on Stratosphere-Troposphere Dynamical Coupling in the Tropics, Kyoto University, Kyoto, Japan, 21-25 February 2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tetsuya Takemi
2. 発表標題 Assessing the impacts of tropical cyclone hazards at local-scales by dynamical downscaling experiments
3. 学会等名 The Fifth International Symposium on Flash Floods in Wadi Systems (ISFF2020), Kyoto, Japan, 25-28 February 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tetsuya Takemi, Guangdong Duan, Kumi Nakamae
2. 発表標題 Assessing the impacts of typhoons on extreme winds in densely-built urban districts
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (Virtual), 12-19 July 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tetsuya Takemi
2. 発表標題 Resolution of CPM and its representation of extreme events
3. 学会等名 International Workshop Convection-Permitting Modeling for Climate Research: Current and Future Challenges, 2-4 September 2020 (Virtual) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tetsuya Takemi
2. 発表標題 Assessing the impacts of extreme weather on local-scale hazards under climate change
3. 学会等名 International Conference on Meteorology and Climate Science-2020 (ICMCS 2020), the Department of Meteorology, University of Dhaka (Online), 11-12 December 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tetsuya Takemi, Guangdong Duan
2. 発表標題 Building-resolving large-eddy simulations of turbulent flows and gusty winds in densely built urban districts under typhoon conditions
3. 学会等名 AGU Fall Meeting Online Everywhere, 1-17 December 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Guangdong Duan, Tetsuya Takemi
2. 発表標題 Wind gusts in thermally-stratified urban turbulent boundary-layer flows and the influence of surface roughness
3. 学会等名 AGU Fall Meeting Online Everywhere, 1-17 December 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tetsuya Takemi
2. 発表標題 The impact of environmental stability conditions on the evolution and intensity of tropical cyclones
3. 学会等名 International Web series on Frontiers of Meteorology & Oceanography, Department of Meteorology & Oceanography, Andhra University, Visakhapatnam, India, 16 December 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tetsuya Takemi
2. 発表標題 Assessing the impacts of extreme weather on local-scale hazards under climate change
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会, オンライン開催, 2021年5月30日~6月6日(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Guangdong Duan, Tetsuya Takemi
2. 発表標題 Estimating urban surface roughness aerodynamic parameters using random forest
3. 学会等名 AOGS 18th Annual Meeting (AOGS2021) Virtual Conference, 1-6 August 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tetsuya Takemi
2. 発表標題 Benefits of high-resolution downscaling experiments for assessing strong wind hazard at local scales in complex terrain
3. 学会等名 AOGS 18th Annual Meeting (AOGS2021) Virtual Conference, 1-6 August 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tetsuya Takemi
2. 発表標題 Assessing the impacts of extreme weather on local-scale hazards in urban areas and complex terrains for climate change adaptation
3. 学会等名 The 5th GADRI Global Summit: Engaging Science with Actions, Panel Discussion Session 3 -Contributions to Climate Change Adaption (Virtual), 31 August-1 September 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tetsuya Takemi
2. 発表標題 Downscaling the impacts of extreme weather at local-scale hazards in cities and in complex topography
3. 学会等名 International Workshop on Adaptation Research for Climate Change in Asia (ARCC2021), Online, 15-16 November 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tetsuya Takemi
2. 発表標題 Assessing the impacts of extreme weather on local-scale hazards under climate change
3. 学会等名 International Conference on Meteorology and Climate Science 2021 (ICMCS 2021), the Department of Meteorology, University of Dhaka (Online), 10-11 December 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tetsuya Takemi
2. 発表標題 Downscaling the impacts of extreme weather at local-scales with high-resolution modeling
3. 学会等名 Joint Seminar on Climate Downscaling and Climate Change Impact Application Sponsored by HEIP of MoEYS, ITC, KU, ITB, JSPS; DG-RSTHE Joint Research Program, online, 14 December 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tetsuya Takemi
2. 発表標題 Assessing the impacts of extreme weather on local-scale hazards in urban districts
3. 学会等名 AGU Fall Meeting New Orleans, LA & Online Everywhere, 13-17 December 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tetsuya Takemi
2. 発表標題 Effects of environmental stability conditions on the intensity of linear-shaped mesoscale convective systems
3. 学会等名 Earth Science Colloquium Atmospheric Science Special Session, Institute of Technology Bandung (Online), 9 March 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

2019年台風19号による豪雨の発生メカニズムを解明 (京都大学プレスリリース)
http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research/research_results/2019/200221_1.html
 2018年の台風21号による大阪市街地での暴風シミュレーションに成功
http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research/research_results/2018/190206_1.html

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	中山 浩成 (Nakayama Hiromasa) (50535903)	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・原子力科学研究部門 原子力科学研究所 原子力基礎工学研究センター・研究副主幹 (82110)	
研究分担者	堀口 光章 (Horiguchi Mitsuaki) (60190253)	京都大学・防災研究所・助教 (14301)	
研究分担者	石川 裕彦 (Ishikawa Hirohiko) (60263159)	京都大学・防災研究所・名誉教授 (14301)	

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