

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 9 月 11 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01591

研究課題名（和文）観測と建物解像モデリングを融合した市街地における局所降灰予測手法の確立

研究課題名（英文）Development of local-scale ashfall prediction method in urban districts by merging observations and building-resolving CFD model

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） 12,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、火山噴火に伴う火山灰の拡散および降灰を市街地内の局所規模で予測することを目的とし、市街地の建物を解像可能なLESモデルに観測データを同化し、市街地内の建物配置や高度の違いにより複雑に振舞う気流場や拡散場を予測可能な数値モデルを構築した。桜島火山からの市街地への降灰を対象として、市街地の建物データを用いた建物解像気流・拡散LESモデルにより局所的な気流・拡散の数値シミュレーションを実施した。建物解像LESモデルを用いることで都市構造物の影響による気流の乱流的な時空間変動を表現することを可能とし、観測データの同化と建物解像の超解像度モデリング手法を高度化した局所降灰予測手法を確立した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでの降灰予測は、5 kmメッシュの気象予測データに基づく移流・拡散計算によるものであるが、この解像度では、市町村スケールで降灰の有無の判別は可能であるものの、ある特定の市街地においてどの街区で降灰が多いのか少ないのかといった微細規模の情報を得ることは不可能である。本研究では、街区規模にまでダウンスケールする予測手法を提案したことから、日々の暮らしの基盤である生活空間レベルでのリスク情報を提供するものとして、学術的かつ社会的な意義を有する。さらに、原子力発電所建屋への火山灰取り込みを想定し、建屋スケールでの降灰予測にも適用可能であることから、原子力防災への貢献という社会的意義も有する。

研究成果の概要（英文）：In order to predict local-scale dispersion and deposition of volcanic ash from eruptions, this study developed a numerical model enabling to predict complex natures of airflows and dispersion fields that are affected by the arrangement and height of buildings in urban districts through assimilating observational data to a building-resolving large-eddy simulation (LES) model. Numerical simulations of local-scale airflows and dispersion fields for evaluating volcanic ash transport from the Sakurajima Volcano were conducted with the use of the building-resolving airflow/dispersion LES model incorporating real urban building data. This study enables to reproduce complex spatiotemporal variations of turbulent airflows affected by urban structures by using a building-resolving LES model and establishes an approach of local-scale volcanic ash deposition by merging observational data assimilation and building-resolving high-resolution numerical modeling.

研究分野：気象学

キーワード：大気拡散 降灰 都市気象 LES 予測 火山防災 火山灰 都市災害

## 1. 研究開始当初の背景

日本は火山国であり、110 の活火山がある。最近では、御嶽山、桜島、口永良部島、阿蘇山、新燃岳で火山噴火が起こり、日常生活への影響が生じている。2014 年 9 月 27 日の御嶽山の噴火では、登山客が巻き込まれ、1991 年の雲仙普賢岳の火砕流災害以来、多数の犠牲者が生じた。海外では、アイスランドのエイヤフィヤトラヨークトルの 2010 年の噴火により航空運行が大きな被害を受けるなど、社会経済活動に大きな影響を及ぼす火山噴火があった。このような災害に至る火山噴火への対策は防災上重要である。

火山噴火災害は、低頻度極端事象である。一方、日常的に噴火し、地域に影響を及ぼす火山もある。その代表的な火山は桜島であり、噴火頻度が年間 1000 回以上を数え、そのうち噴煙高度が 3 km 以上に達する噴火だけでも年間 10 数回発生する。このように高頻度で噴火する火山が身近にあることで、周辺地域では桜島と共生して日常生活を送ることが大切なことである。火山噴火に伴う降灰については、気象庁による気象予報を活用した降灰予測がなされており、地域規模の防災・環境への影響評価がされている。ただ、この降灰予測は 5 km メッシュの情報であり、市町村単位での降灰の有無は予測されているものの、定量的な降灰予測はされておらず、ましてや市街地のどこで降灰が多くなるかといった予測はできない。桜島火山の西側には人口 60 万人を抱える鹿児島市の市街地が広がり、市街地内への降灰の的確な予測は重要である。

市街地では、建物や人工構造物が集中し、それらの高さによらつきがあることや配置パターンが複雑であることから、市街地内での気流場や拡散場は建物分布の影響を強く受ける。建物の密集度や高さのばらつきに応じて気流のパターンは大きく変わり、物質拡散の形態も大きく影響を受ける。このことから、桜島火山噴火を例に考えると、鹿児島市街地への降灰は、市街地建物の幾何学的特徴の影響を受けて、局所的には降灰量に違いが生じるであろう。したがって、噴火頻度の高い桜島火山による市街地への影響を評価する上では、実際の建物や人工構造物の配置の効果を考慮する必要がある。

さらに、原子力規制委員会の「原子力発電所の火山影響評価ガイド」によれば、直接的影響として「外気取入口からの火山灰の侵入により、換気空調システムのフィルタの目詰まり、非常用ディーゼル発電機の損傷等による系統・機器の機能喪失がなく、加えて中央制御室における居住環境を維持すること」とされている。このような評価は、建物を精緻に解像したモデリングによって初めて定量的になすことが可能なものであるが、現状では気流の影響を考慮しない経験的手法による降灰評価がされているのみである。微量な降灰であっても高度な安全性を求められる原子力施設には極めて影響が大きいため、精緻かつ定量的な予測は必要不可欠である。桜島火山の北西方向には川内原子力発電所が位置しており、台風が南方にあるときの噴火時には北西方向への降灰も観測されており、原子力防災の観点でも発電所建屋スケールでの降灰予測は重要である。

また、近年、都市における防災や環境の問題がますます重要になってきている。都市を襲う豪雨や暴風は、人口の多くが都市に集中する我が国においては、極めて重要な防災上の問題である。また、夏の熱波やヒートアイランド現象による都市の高温化は、単なる熱環境の問題だけにとどまらず、熱中症といった健康への影響が深刻な形で表出し、熱災害というべき現象となっている。これら豪雨・暴風や熱環境の問題の他、大気汚染の観点で良好な大気環境を維持することも大事である。こういった日常的な問題に加え、低頻度ではあるものの影響が甚大な事象による影響を的確に評価することも忘れられてはならない。そういった低頻度事象は、地震や火山噴火が挙げられる。どちらも頻度は低いものの、2011 年 3 月 11 日の東日本大震災のように、一度大規模な事象が発生すると、その影響は甚大である。東日本大震災の影響を考えると、そういった低頻度極端事象への備えをすることが大事であることは明白である。低頻度事象のひとつとして大規模火山噴火があり、我が国では、歴史的に大規模火山噴火により都市が影響を受けてきた。1707 年の富士山宝永大噴火では、江戸の市街地にも大量の降灰があった。仮に現代の東京において、大量の降灰があった場合、市街地内でどういった降灰が生じるのであろうか。超高層ビルが密集し林立する市街地内では、複雑な気流の影響を受け、降灰分布も複雑になることが予想される。また、降灰が原子力発電所など重要施設に生じた場合に建屋スケールで影響を的確に予測することも必要である。

## 2. 研究の目的

本研究では、観測データと高解像度数値シミュレーション技術を融合し、火山噴火に伴う火山灰の拡散および降灰を市街地内の局所規模で予測する解析手法を確立することを目的とする。風速・降水の気象観測データ、火山噴火に伴う噴出量データを入力条件とし、市街地を 2 m メッシュという超高解像度で分解する建物解像の気流・拡散モデルに観測データを同化し、気流や拡散場の再現精度を向上させる。建物の周囲で気流が迂回したり収束したり強化したりとい

た気流の微細規模での乱流的な時空間変動を精緻に再現することにより、降灰の吹き溜まりなど集中化や風速強化による降灰域の拡大といった局所規模での不均一な降灰パターンを表現可能とするモデル開発をする。観測データの同化と建物解像の超解像度モデリング手法を高度化し、原子力発電施設への降灰予測に適用し、火山防災・原子力防災に資する局所降灰予測手法を確立する。

### 3. 研究の方法

#### (1) 建物解像乱流拡散 LES モデルの開発

これまで我々の研究グループが開発してきた市街地乱流シミュレーションの Large Eddy Simulation (LES) モデルに変動風速のデータ同化手法を発展させ、風速のみならず降水のデータ同化手法を LES モデルに組み込む。これまでの研究プロジェクト等で蓄積してきた京都大学防災研究所宇治川オープンラボラトリー(京都市伏見区)での観測データを用いて、LES モデルに同化する手法を開発する。また、火山灰の拡散・降下モデルを LES モデルに導入する。

#### (2) 桜島火山からの降灰予測実験

桜島火山からの降灰事例を対象として、これまでの気象観測情報に基づき、非降水時および降水時などの気象場を想定した噴火イベントを抽出する。抽出した噴火事例において、鹿児島市街地を対象とした解析を実施する。

#### (3) 局所降灰予測手法の構築

気象観測データ、火山灰データを入力条件とし、市街地の建物を解像する気流・拡散 LES モデルに観測データを同化し、降灰の局所的な集中化や風速強化による降灰域の拡大といった空間不均一な降灰パターンを表現可能とする数値モデルを構築する。市街地のみならず原子力発電施設への降灰予測に適用し、火山防災・原子力防災に資する局所降灰予測手法を確立する。

### 4. 研究成果

#### (1) 桜島火山周辺域の気流場の高分解能数値シミュレーション

気象場の再現に領域気象モデル WRF Version 4 を用いた。一番外側の領域を Domain 1 とし、内側に Domain 2, Domain 3, Domain 4 をネストさせて領域設定した。Domain 1 と 2 の水平格子幅は、それぞれ 3150 m および 1050 m とし、これらの計算領域での乱流混合のパラメタリゼーションには境界層スキームを用いた。さらに内側の Domain 3 と 4 では、格子幅を 150 m および 50 m とし、乱流混合には LES モデルで用いる乱流スキームを用いた。また、鉛直方向には、格子間隔を下層ほど細かくし、上層ほど粗くするような伸縮型の鉛直レベルを設定した。WRF による領域シミュレーションで必要とされる気象場の初期条件・境界条件は、ヨーロッパ中期気象予報センター (ECMWF) の解析値 ERA5 を用いた。火山灰の輸送には、FALL3D を用いた。解析対象としたのは、2017 年 10 月 1 日の桜島噴火の事例とした。

WRF モデルによる数値シミュレーションで得られた 2017 年 10 月 1 日の 6~9 時 (3 時間平均値) の乱流運動エネルギー (TKE) および風の場合を調べた。大気下層で東風が卓越する状況において、東風が桜島を乗り越える際、下流側 (火口の西側) でおろし風のように風速が強化されていることが分かった。火口のさらに下流側には上向きの運動が認められ、ハイドロリック・ジャンプに似た現象が生じていた。水平断面から、地上風は桜島の火口付近を迂回するような流れ場となっていた。

このような風速場による降灰の影響を調べるため、FALL3D 計算において火山灰の降下速度の違いによる感度実験を行った。具体的には、鉛直速度に対して 1 倍、0.5 倍、0.1 倍、0.01 倍のスケールパラメータを乗じた上で火山灰の鉛直移流項を計算した。その結果を図 1 の左列に示す。1 倍の場合、火山灰の降下速度が大きいため、火口近傍の沈着量が多くなる。スケールパラメータを小さくするほど、火山灰の降下速度が小さくなっていき、火口から離れた地点での沈着量が多くなる傾向にあることが分かる。異なる火山灰の密度を仮定して火口からの沈着量を計算すると、どの場合の密度であっても、スケールパラメータが大きい場合には火口付近の沈着量が多く、スケールパラメータが小さくなるほど火口から離れた場所での沈着量が増加する傾向にある (図 1 右列)。また、密度が小さくなるほど、より離れた場所での沈着量が増加していることも分かる。このように、鉛直速度が火山灰の沈着量に及ぼす影響は大きいことが分かり、これは先述の通り、山岳周りの鉛直運動が激しく変化することが関与している。

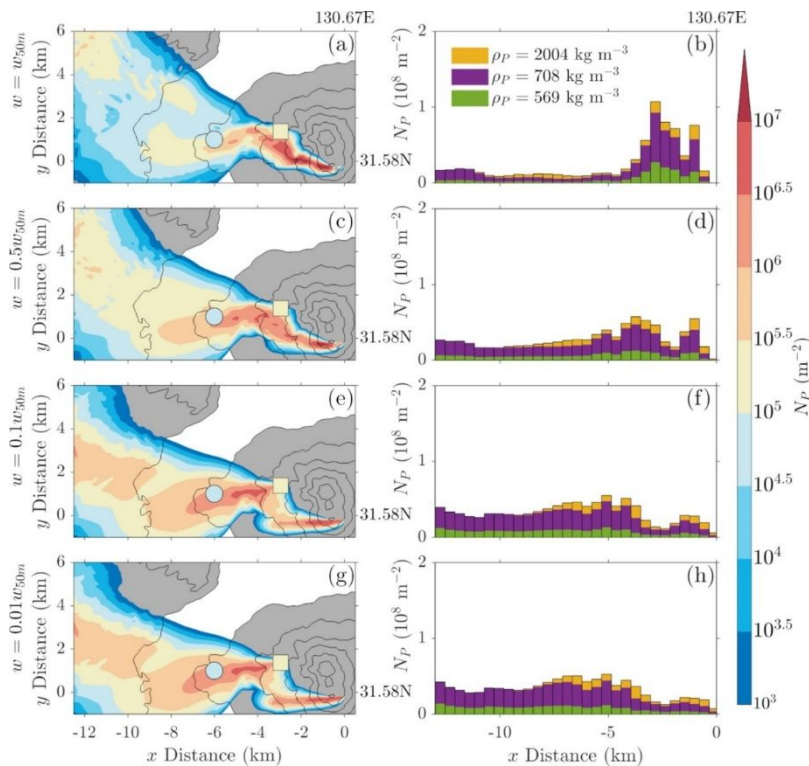


図 1 FALL3D による数値シミュレーションで得られた降灰量の分布（左列）および南北方向に積算した降灰量の東西分布（右列）。火山灰の降下速度に及ぼす鉛直速度のスケールパラメータを変化させた 4 通りのケースの結果を示す。(a) (b) スケールパラメータが 1 の場合、(c) (d) スケールパラメータが 0.5 の場合、(e) (f) スケールパラメータが 0.1 の場合、(g) (h) スケールパラメータが 0.01 の場合。左列図中の四角印はディストロメータの設置点、丸印は桜島火山観測所の位置を示す。右列では、異なる粒子密度を仮定した場合の結果を示す。

以上の通り、気象モデルを水平格子幅 50 m という高解像度化することにより、桜島および周辺地域の地形を詳細に表現することを可能とし、地形の複雑性に起因する気流の変動やそれに伴う火山灰の拡散や沈着への影響を明らかにした。特に、地形に励起される鉛直運動に着目し、火山灰への沈着に鉛直速度の影響が顕著に表れることを示した。一般的に、山岳を越える流れ場の特徴は、大気成層状態や風速の鉛直分布の考慮した安定度パラメータであるフルード数によって分類される。火山灰の拡散や沈着には鉛直運動が大きく影響を及ぼすことから、沈着量の違いはフルード数によってある程度整理できることが示唆される。

## (2) 建物解像 LES モデルの開発

鹿児島市の都市部など市街地スケールまでダウンスケールして、市街地内での気流や乱流、火山灰の拡散・降下を再現可能とする数値シミュレーション技術を開発する。市街地での気流・拡散の数値シミュレーションを実施するためには、実際の市街地の地形や建物の情報が必要となる。ここでは、国際航業による高解像度地理情報データ PAREA-LiDAR を利用することとした。このデータは、航空レーザー計測により都市における高密度・高精度の 3 次元空間情報を含む。

建物解像 LES モデルの開発のベースとなる数値流体力学モデルとして PALM (Maronga et al. 2020) を用いた。実在都市では、建物の立地パターンは立地密度、また建物の高さは、不規則に分布しており、それに応じた気流場や拡散場は複雑に決まる。特に拡散場は、気流の少しの変化に鋭敏に反応するため、再現精度を確保することが極めて難しい。また、実在都市での実大気での拡散場の野外実験も数は少ない。そこで、数値シミュレーションモデルによる拡散場の再現精度の評価には、風洞実験と比較した。

このような風洞実験結果による数値モデルの検証に基づき、建物の立地密度や高さが異なるような市街地を想定した拡散場の数値シミュレーションを行った。ある単位面積に対する風上側に面した建物の側面の総面積の割合 ( $\lambda_f$ , 建物見付面積率) という幾何学パラメータにより、拡散場の違いを整理した。図 2 は、異なる建物見付面積率  $\lambda_f$  の場合において、解析対象領域で平均した濃度の時間推移を示している。 $\lambda_f$  が大きくなるほど、同じ時刻における濃度が高くなっており、また時間経過とともに濃度が減少する割合は小さくなっている。すなわち、建物が密集していたり、高い建物が多数立地していたりするような街区においては、高濃度の状態が長期間にわたって維持され、濃度が散逸しにくいことを示している。このように、市街地内での濃度の拡

散は、当該街区の幾何学的特徴に強く依存していることが示唆される。

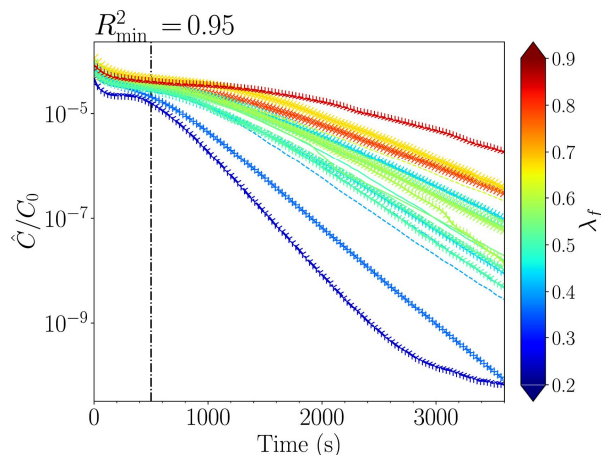


図 2 異なる $\lambda_f$ に対する領域平均した濃度の時間変化

### (3) 気象モデルから建物解像 LES モデルへの接続技術の開発

本解析では、Nakayama et al. (2012) の手法に基づき、流れ場に応じてダイナミックに流入変動風を効果的に生成する手法を開発した。図 3 に、点源から放出された物質濃度が変動する風により風下方向に拡散する様子をシミュレートした結果を示している。図中に示した濃度場は、ある瞬間でのスナップショットである。Nakayama et al. (2012) で開発された乱流生成手法によりシミュレートされた濃度場と、Nakayama et al. (2012) を改良した Nakayama and Takemi (2024) の手法により得られた濃度場を比べると、明らかに濃度分布が違うことが分かる。元の手法よりも今回開発した新手法の方が、より活発に物質濃度が拡散している様子が分かる。Nakayama et al. (2012) の元の手法では、計算領域を吹走するにつれ乱流が徐々に減衰してしまうという課題が残されており、今回開発した手法は、乱流の減衰を抑制し、ターゲットとする乱流状態を維持するように作用する。このような点から、図示したような濃度場の違いとなって表れたのである。このように、乱流を減衰させずに維持するような今回の手法の方が、現実的な気象場での大気乱流の影響を的確に考慮できると言える。

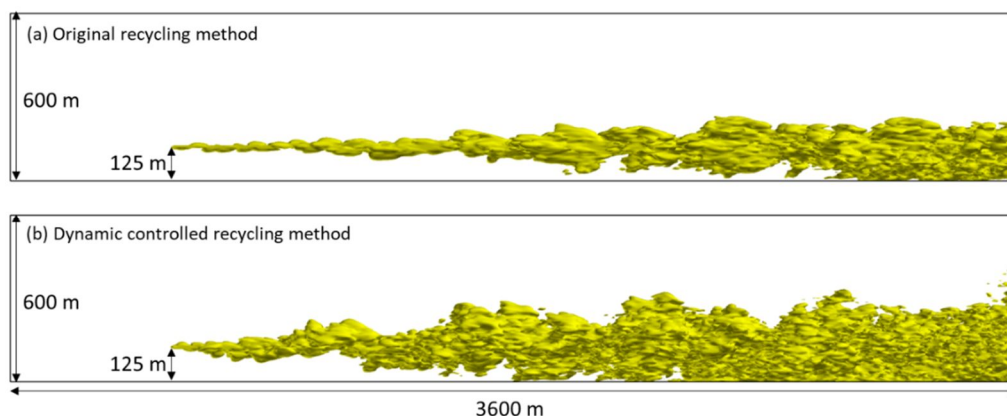


図 3 異なる乱流生成手法によりシミュレーションされた点源から放出された物質濃度の拡散場のスナップショット。(a) Nakayama et al. (2012) の手法による解析結果、および (b) Nakayama and Takemi (2024) により改良された手法による解析結果

以上の(1)～(3)で述べた研究成果から、鹿児島市市街地を対象として、降灰時の気象状況の数値シミュレーションにより、観測データを活用して気象場を表現するような手法を構築できたと言える。得られた気象場を入力条件として、鹿児島市の建物データを用いた建物解像気流・拡散 LES モデルにより、市街地内での局所的な気流・拡散の数値シミュレーションを実施し、観測データの同化と建物解像の超解像度モデリング手法を高度化した局所降灰予測手法を確立した。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 15件 / うち国際共著 7件 / うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Horiguchi Mitsuaki, Tatsumi Kenichi, Poulidis Alexandros-Panagiotis, Yoshida Toshiya, Takemi Tetsuya	4. 巻 184
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 333 ~ 354
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 該当する
1. 著者名 TAKADATE Yuki, TAKEMI Tetsuya, OKUDA Yasuo	4. 巻 47
2. 論文標題 Estimation and Verification of Maximum Response Acceleration Based on Spectral Modal Analysis of a High-rise Building Using WRF Simulation Data	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Wind Engineering	6. 最初と最後の頁 27 ~ 38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5359/jwe.47.27	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 Rahadiano Haris, Tatano Hirokazu, Iguchi Masato, Tanaka Hiroshi L., Takemi Tetsuya, Roy Sudip	4. 巻 14
2. 論文標題 Long-term ash dispersal dataset of the Sakurajima Taisho eruption for ashfall disaster countermeasure	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Earth System Science Data	6. 最初と最後の頁 5309 ~ 5332
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/essd-14-5309-2022	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 Duan G., Nakamae K., Takemi T.	4. 巻 229
2. 論文標題 Impacts of urban morphometric indices on ventilation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Building and Environment	6. 最初と最後の頁 109907 ~ 109907
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.buildenv.2022.109907	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 Wu Pin-Ying, Takemi Tetsuya	4. 巻 80
2. 論文標題 Impacts of Mountain Topography and Background Flow Conditions on the Predictability of Thermally Induced Thunderstorms and the Associated Error Growth	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of the Atmospheric Sciences	6. 最初と最後の頁 1177 ~ 1199
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1175/JAS-D-21-0331.1	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 Duan G., Takemi T., Ngan K.	4. 巻 93
2. 論文標題 Measuring pollutant exposure using large-eddy simulation and virtual walkers: Analysis of tracer age statistics of idealised urban boundary-layer flows	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Sustainable Cities and Society	6. 最初と最後の頁 104501 ~ 104501
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scs.2023.104501	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 Duan G., Takemi T., Ngan K.	4. 巻 877
2. 論文標題 Evaluation of pollutant exposure using virtual walkers and large-eddy simulation: Application to an idealised urban neighbourhood	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Science of The Total Environment	6. 最初と最後の頁 162640 ~ 162640
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scitotenv.2023.162640	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 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 Wu Pin-Ying, Takemi Tetsuya	4. 巻 17
2. 論文標題 The Impact of Topography on the Initial Error Growth Associated with Moist Convection	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 SOLA	6. 最初と最後の頁 134 ~ 139
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/sola.2021-024	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 Poulidis Alexandros P., Biass Sebastien, Bagheri Gholamhossein, Takemi Tetsuya, Iguchi Masato	4. 巻 566
2. 論文標題 Atmospheric vertical velocity - a crucial component in understanding proximal deposition of volcanic ash	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Earth and Planetary Science Letters	6. 最初と最後の頁 116980 ~ 116980
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.epsl.2021.116980	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 Takemi Tetsuya, Poulidis Alexandros P., Iguchi Masato	4. 巻 12
2. 論文標題 High-Resolution Modeling of Airflows and Particle Deposition over Complex Terrain at Sakurajima Volcano	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Atmosphere	6. 最初と最後の頁 325 ~ 325
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/atmos12030325	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 Okazaki Megumi, Oishi Satoru, Awata Yasuhiro, Yanase Tomoro, Takemi Tetsuya	4. 巻 24
2. 論文標題 An analytical representation of raindrop size distribution in a mixed convective and stratiform precipitating system as revealed by field observations	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Atmospheric Science Letters	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) 10.1002/asl.1155	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 Irie Kenta, Takemi Tetsuya	4. 巻 24
2. 論文標題 Characteristics of Nepartak (2021), a subtropical cyclone controlled by an upper tropospheric cutoff low	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Atmospheric Science Letters	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) 10.1002/asl.1177	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 Naka Nanami, Takemi Tetsuya	4. 巻 19A
2. 論文標題 Characteristics of the Environmental Conditions for the Occurrence of Recent Extreme Rainfall Events in Northern Kyushu, Japan	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 SOLA	6. 最初と最後の頁 9~16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/sola.19A-002	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 Nakayama Hiromasa, Takemi Tetsuya	4. 巻 25
2. 論文標題 Large eddy simulation of plume dispersion in a turbulent boundary layer flow generated by a dynamically controlled recycling method	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Atmospheric Science Letters	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) 10.1002/asl.1204	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18件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 9件)

1. 発表者名 佐藤宏樹, 竹見哲也
2. 発表標題 非対称に粗度ブロックを配置した竜巻状渦数値流体実験
3. 学会等名 日本気象学会2022年度春季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤宏樹, 竹見哲也
2. 発表標題 底面に粗度ブロックを配置した竜巻状渦数值流体実験
3. 学会等名 日本風工学会2022年度年次研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Megumi Okazaki, Tetsuya Takemi, Yasuhiro Awata, Tomoro Yanase, Satoru Oishi
2. 発表標題 Bimodal raindrop size distributions from observational analysis with a new formula
3. 学会等名 AOGS 19th Annual Meeting (AOGS2022) Virtual Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 竹見哲也
2. 発表標題 都市にひそむ風災害リスクと都市環境変動の影響
3. 学会等名 日本建築学会環境工学委員会空気環境運営委員会・第31回空気シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤宏樹, 竹見哲也
2. 発表標題 竜巻状渦の構造に及ぼす地表面粗度の配置及び高さの影響
3. 学会等名 日本流体力学会年会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡崎 恵, 竹見哲也, 大石 哲, 阿波田康裕
2. 発表標題 ふた山形状の雨滴粒径分布の観測事例解析
3. 学会等名 日本気象学会2022年度秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tetsuya Takemi, Guangdong Duan, Kumi Nakamae
2. 発表標題 Combining mesoscale meteorological simulation and building-resolving large-eddy simulation to assess the impacts of global warming on wind hazard in urban districts
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2022, Chicago, IL, USA and Everwhere (国際学会)
4. 発表年 2022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 中前久美, 竹見哲也
2. 発表標題 東アジアの乾燥地域における対流混合層の発達とダストイベント発達との関連
3. 学会等名 日本気象学会2021年度秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 竹見哲也, Guangdong Duan
2. 発表標題 Application of building-resolving large-eddy simulation for the quantification of wind hazards in urban districts under climate change
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2023年大会, 千葉市幕張メッセおよびオンライン (現地開催 + オンライン開催), 2023年5月21日 ~ 26日
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Tetsuya Takemi
2. 発表標題 Extreme weather impacts on airflows and air quality at urban scales
3. 学会等名 The 3rd Universitat Hamburg-Kyoto University Symposium "Approaching planetary boundaries and jeopardizing planetary health, a multi-disciplinary approach to a sustainable future" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐藤宏樹, 竹見哲也
2. 発表標題 地表面粗度の大きな領域へと移動する竜巻を模した数値実験
3. 学会等名 日本流体力学会年会2023, 東京都小金井市 東京農工大学小金井キャンパス, 2023年9月20日 ~ 22日
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 丹治星河, 竹見哲也
2. 発表標題 建物配置が熱輸送に与える影響の推定
3. 学会等名 日本気象学会2023年度秋季大会, 仙台国際センター, 宮城県仙台市, 2023年10月23日 ~ 26日
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Tetsuya Takemi
2. 発表標題 Using a dynamical downscaling approach to assess the impacts of climate change on extreme winds at local scales
3. 学会等名 2023 TCCIP International Workshop on Climate Change "Enhancing Climate Projection and Impact Analysis for Risk-Informed Decision-Making" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Tetsuya Takemi
2. 発表標題 Dynamical downscaling from meteorological scales to urban scales for quantitative assessment of extreme wind hazards at local scales
3. 学会等名 The 4th International Conference on Meteorology and Climate Science 2023 (ICMCS 2023). Department of Meteorology, University of Dhaka, (Online), 9-10 December 2023 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Seika Tanji, Tetsuya Takemi, Guangdong Duan
2. 発表標題 Impacts of building arrangements on turbulent flows and heat transfer in urban surface boundary layers
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2023, San Francisco, CA, USA and Everywhere, 11-15 December 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Tetsuya Takemi
2. 発表標題 Hybrid modeling of mesoscale and large-eddy simulations to assess the impacts of extreme weather at urban scales
3. 学会等名 The First KU-NCU Joint Workshop on Mesoscale Modeling and Predictability, National Central University, Taoyuan, Taiwan, 12-13 March 2024 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2024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	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・研究主幹   (82110)	

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		
中国	大連海事大学		
マレーシア	マラヤ大学		