

令和 4 年 6 月 11 日現在

機関番号：16401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02410

研究課題名(和文) ロート雲とデブリクラウドの視認情報による竜巻特性のリアルタイム評価による防災支援

研究課題名(英文) Disaster Prevention Support by Real-time Evaluation of Tornado Characteristics by Visual Information of Funnel Cloud and Debris Cloud

研究代表者

野田 稔 (Noda, Minoru)

高知大学・教育研究部自然科学系理工学部門・教授

研究者番号：30283972

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)：本研究では、ロート雲や飛散物で視認できる竜巻の画像から、その竜巻の強さや規模、移動速度を評価できる技術の確立を目指し、移動床付マルチファン・マルチベーン竜巻シミュレータや数値流体解析によって、主として移動中の竜巻状旋回上昇流の流れ場の特性と、旋回上昇流柱の飛散物の飛行特性について検討した。移動中の流れ場の特性としては、移動速度の上昇とともに移動効果による渦軸の傾斜が確認された。また、実験で計測した平均流れ場における飛散物の飛行シミュレーションを実施し、1セル型流れ、2セル型流れおよびFujitaモデルにおける飛散物の飛行特性の違いを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で得られた主な成果は、再現の難しい移動竜巻の流れ場の平均流れ場の三次元構造を計測し、接線風速成分については、近似関数のパラメータの分布によって移動竜巻の非対称性などを表せることを示したこと、飛散物の飛行特性は流れ場の種類によって大きく変化し、従来の耐竜巻設計に用いられるFujitaモデルでは1セル型竜巻の飛散物は表現できないことを示したことである。いずれの成果も将来的に漏斗雲やデブリクラウドによって可視化された竜巻画像から竜巻の強さや規模、移動速度を推定する技術の実現や、構造物の対竜巻設計の改善に役立つものである。

研究成果の概要(英文)：In this research, the characteristics of the flow fields of the tornado-like vortex under moving and the flight characteristics of the flying debris in those flows were mainly investigated, to aim to establish a technology which can evaluate the strength, scale and moving speed of a tornado from the tornado images visualized by a funnel cloud and debris cloud. As for the characteristics of the flow field during movement, it was confirmed that the vortex axis was tilted due to the movement effect as the movement speed increased. In addition, a flight simulation of the scattered matter in the average flow field measured in the experiment was carried out, and the difference in the flight characteristics of the scattered matter in the 1-cell type flow, the 2-cell type flow and the Fujita model was confirmed.

研究分野：風工学

キーワード：竜巻災害 移動効果 デブリクラウド

### 1. 研究開始当初の背景

日本国内では、年平均 25 個程度の竜巻が陸上で発生しており、米国の年平均発生数 1300 個に比べれば絶対数は極めて少ないが、単位面積当たりの竜巻発生数では、日本は米国の 48%程度に相当し、決して少なくない。さらに米国の約 10 倍である日本の平均人口密度を考慮すれば、国民が竜巻被害に遭遇する可能性は図 1 に示すように日本の方が米国よりもはるかに高く、人命や家屋、社会基盤設備が竜巻による被害を受ける確率は米国と同等かそれ以上であると考えられる。

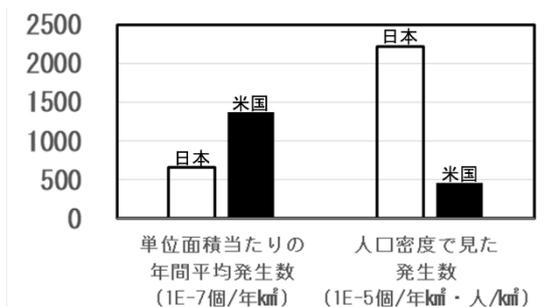


図 1 日本と米国の単位面積当たりの竜巻発生数と人口密度を考慮した発生数

多発傾向にある都市部での竜巻被害は、竜巻等突風対策検討会（内閣府 2006 年度）の発足を促し、この 10 年間でドップラーレーダー観測網の整備、突風災害の調査体制の整備、竜巻注意情報の導入などが進められた。併せて、被害の痕跡から竜巻の風速を推定する日本版改良藤田スケールの運用が 2016 年度に開始され、被災地での局所的な風速推定の精度向上が図られているが、その竜巻本体の強さや規模の評価が実現できているわけではなく、海上竜巻に至っては、多くは強さが不明とされている。

竜巻被害には、図 2 にしめすように、1~2km 程度の大きな旋回上昇流の流れ場の下で移動速度や周辺の粗度、近隣地物の条件などで地表面付近の風速が決まり、被害規模に強く影響するという一連のプロセスがあると考えられるが、被害風速を竜巻の強さと定める現状の手順では、竜巻発生から被害に至る一連のプロセスを十分に評価できず、また被害風速の算定基準となる非正常な風力にも未解明な点が多いため、被害の痕跡に基づかない竜巻強さの客観的評価方法の確立は、突風被害をもたらす竜巻現象の本質的な理解に不可欠である。

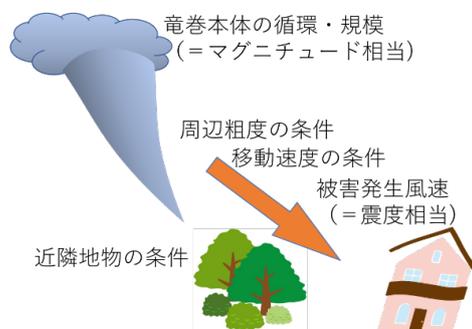


図 2 竜巻被害における竜巻強さと被害発生風速

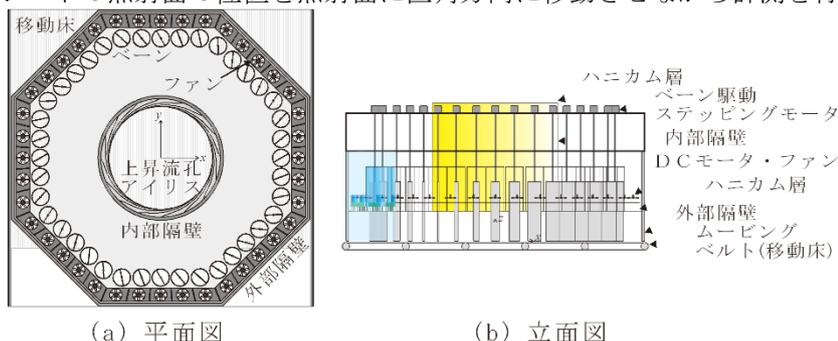
### 2. 研究の目的

以上の背景に基づいて、本研究では、ロート雲や飛散物（デブリクラウド）で視認できる竜巻の画像から、その竜巻の強さや規模、移動速度を評価できる技術の確立を目指し、これまでに培ってきた竜巻シミュレータおよび数値流体解析による竜巻状流れの再現技術、ロート雲生成技術、飛散物飛行シミュレーション技術を用いて、①移動効果を考慮した竜巻状流れ場の工学的モデルを新たに構築し、竜巻流れの特性因子を抽出すること、②様々な条件下で生成したロート雲およびデブリクラウドの画像から、ディープラーニングによって視認情報の特徴因子を抽出すること、③ ①②の情報を集積して、竜巻の視覚情報と流れ特性との関連因子をデータベース化することを目的とする。

### 3. 研究の方法

#### (1) 竜巻シミュレータ

図 3 に本研究で用いた移動床付マルチファン・マルチペーン式竜巻シミュレータの概略図を示す。本装置で生成された流れ場は、上昇流方向から鉛直下向きに照射されたレーザーシートを挟むように配置した高速度カメラ 2 台を使ってステレオ撮影を行い、3D-PIV による 3 成分の風速分布を計測し、レーザーシートの照射面の位置を照射面に直角方向に移動させながら計測を行う事によって空間的な 3 成分の風速ベクトル分布を得た。



#### (2) 数値流体解析

図 4 に直方体計算領域の一对の側面に互い違いの流速境界条件を与えることで水平シア場を生成するための解析メッシュを示す。本解析メッシュを用いて、実

大スケールの竜巻状流れを生成し、漏斗雲や飛散物によって竜巻状流れがどのように可視化されるのかを検討するために用いられた。本解析には、有限解析法を用いた数値流体解析ソフトである OpenFOAM を用いて行い、標準 Smagorinsky モデルの LES モデルを用いた。

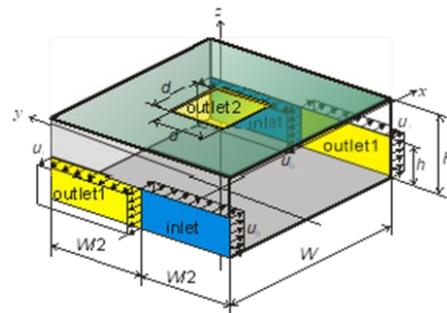


図4 水平シアを与えて竜巻状流れを生成するための解析メッシュ

### (3) ロート雲の生成

本研究では前述の数値流体解析によって生成された竜巻状旋回上昇流の圧力場を用いて、流れ場による圧力変化と高度による圧力変化から断熱変化を前提に温度分布  $T(x, y, z)$  を求め、さらに飽和水蒸気量を求めることで、流入空気の湿度  $RH$  と気温  $T_0$  に対して、

$$\frac{a_0}{a} = \frac{T + 273.15}{T_0 + 273.15} \times 10^{\frac{7.5T_0}{T_0 + 237.3} - \frac{7.5T}{T + 237.3}} \times RH = 1 \quad (1)$$

によってロート雲生成面を求め、ロート雲の形について検討した。

### (4) 飛散物の飛行シミュレーション

本研究では、実験で得られた竜巻状旋回上昇流の平均流れ場を用いて、以下の運動方程式に基づいた球状飛散物の三自由度飛行シミュレーションを実施した。

$$\ddot{\mathbf{x}}^* = \frac{1}{2} \rho \frac{C_D A}{m} R_0 |\mathbf{U}^*(\mathbf{x}^*) - \dot{\mathbf{x}}^*| (\mathbf{U}^*(\mathbf{x}^*) - \dot{\mathbf{x}}^*) + \frac{g R_0}{V_m^2} \mathbf{G}^* \quad (2)$$

ここで、 $\mathbf{x}^*$  は無次元座標ベクトル ( $= \frac{\mathbf{x}}{R_0}$ )、 $\dot{\mathbf{x}}^*$  は飛散物の無次元速度ベクトル ( $= \frac{d\mathbf{x}^*}{dt^*}$ )、 $\ddot{\mathbf{x}}^*$  は飛散物の無次元加速度ベクトル ( $= \frac{d^2\mathbf{x}^*}{dt^{*2}}$ )、 $t^*$  は無次元時間 ( $= \left(\frac{R_0}{V_m}\right) t$ )、 $\mathbf{U}^*(\mathbf{x}^*)$  は無次元風速ベクトル ( $= \frac{\mathbf{U}(\mathbf{x}^*)}{V_m}$ )、 $\mathbf{G}^*$  は無次元重力加速度ベクトル ( $= (0, 0, -1)$ ) であり、 $\rho, R_0, V_m$  はそれぞれ空気密度、竜巻状旋回上昇流の最大接線風速半径および最大接線風速、 $C_D, A, m$  はそれぞれ飛散物の抗力係数、投影面積、質量である。

## 4. 研究成果

本研究は、2019 年度に博士課程の学生として研究に参画する予定であった留学生が急遽進学を取りやめたこと、2019 年度に台風 15 号による甚大な強風災害が発生し、その被害調査と分析作業に時間をとられたこと、2019 年度、2020 年度と立て続けに竜巻シミュレータの移動床部分やファン、ベーンのリモコンが故障したこと、2020 年度、2021 年度に新型コロナウイルスの感染拡大により、学生を使った実験が思うように勧められず、さらに竜巻シミュレータの修理にも時間を要したことが重なり、研究の実施に様々な制約が生じたため、申請当初に立てていた研究計画から大幅に遅れ、研究成果も予定したものが揃えられなかった。ここでは、限られた状況下で得られた結果について報告する。

### (1) 移動する竜巻状旋回上昇流の平均流れ場

竜巻シミュレータを用いて 3D-PIV により流れ場を計測した結果については、静止状態、移動状態の竜巻状旋回上昇流についてデータを蓄積した。図 5 に各高さにおける水平面で渦中心をつないで求めた渦軸が移動効果によって傾斜する様子を示す。スワール比が小さいほど移動効果により渦軸が傾斜する範囲が広がっている様子が確認できた。また、図 6 には、高さ 22.5mm における水平面内の接線方向、動径方向、鉛直方向成分の風速分布に対する移動効果の影響を示す。移動効果によって静止時には同心円状だった各成分の風速分布が歪になり、非対称な流れ場が生じていることが確認できた。特に風速の大きな接線成分について、その分布特性に対する移

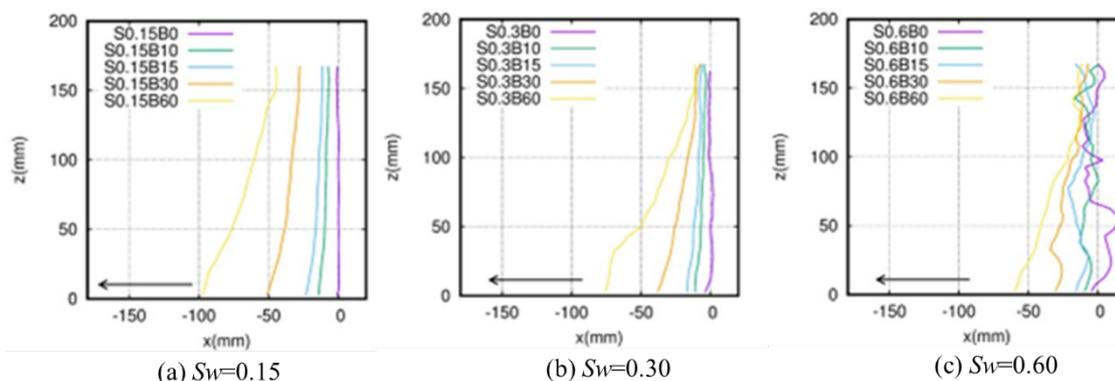


図5 各スワール比における移動効果による渦軸の傾斜

動効果をモデル化できないかと考え、図 7 に示すように竜巻の進行方向を基準とした方向角毎

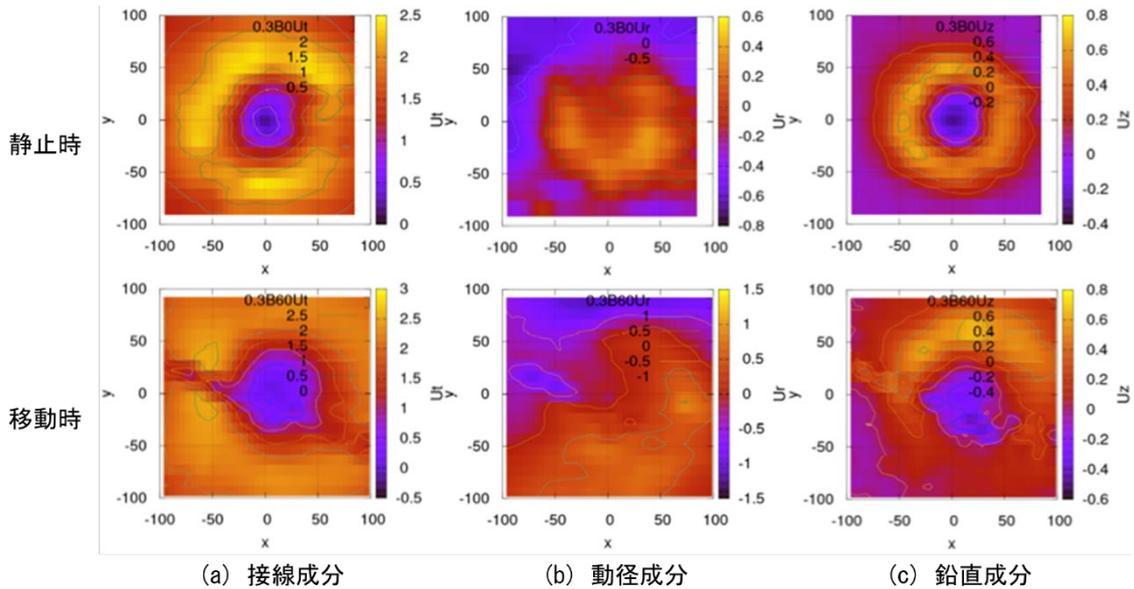


図 6 移動効果による水平面内における各方向成分の風速分布の変化

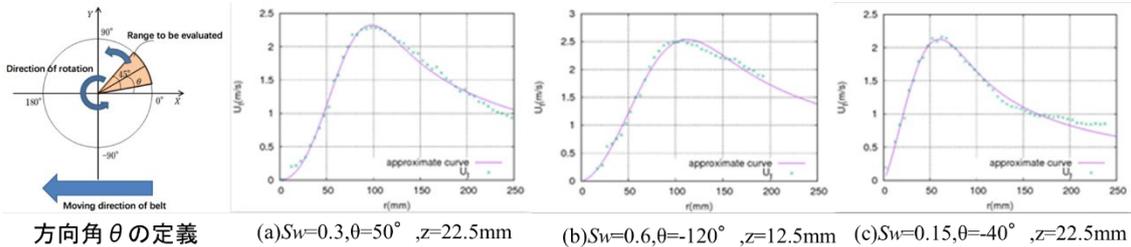


図 7 移動中の竜巻における接線風速分布への近似例

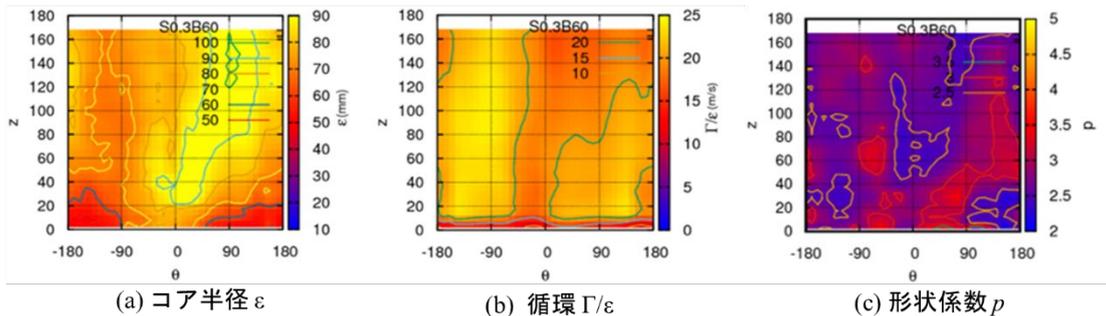


図 8 移動中の竜巻の接線成分風速分布の各方向角、高さにおける近似パラメータの分布に次式の接線風速分布式を近似した。

$$U_t = \frac{\Gamma}{2\pi r} \left[ 1 - \exp\left\{-\left(\frac{r}{\epsilon}\right)^p\right\}\right] \quad (3)$$

高さと方向角で各パラメータを求めた結果図 8 のような結果を得た。移動効果による接線風速分布の非対称性を表すことができたと考えられるが、この分布の特徴と移動速度の関係についてはさらに検討が必要である。

## (2) 実験で得られた竜巻状旋回上昇流の平均流れ場における飛散物の飛行特性

竜巻シミュレータにおいて 3D-PIV による流れ場計測により得られた平均風速場を円筒座標系で整理し、1セル型、2セル型の平均風速場における飛散物の飛行シミュレーションを行い、同一の最大接線風速半径および最大接線風速の Fujita モデルにおける飛散物の飛行シミュレーション結果と飛行特性を比較、検討した。その結果の一例として、最大接線風速半径を 30m、最大接線風速を 60m/s と揃え、地表面から鉛直方向に質量 10kg の物体を初速度 10m/s で打ち上げた場合の半径-鉛直軸面内の飛行軌道を図 9 に示す。この結果より、2セル型流れにおける飛行軌道と Fujita モデルにおける飛行軌道は比較的同程度の範囲内を飛行する結果となったが、1セル型の場合には、高いところまで一度上昇してから下降してくる傾向を示し、同じ条件であっても風速分布の異なる 2セル型とはかなり性状の異なる飛行特性となることが明らかとなった。その他の飛散物条件においても流れ場の違いで飛行性状が異なることから、デブリクラウドの形成についても流れの種類によって大きく異なるものになると言える。フェイズドアラレーダーによって竜巻に形成されるデブリクラウドやデブリボールが観察された例が存在するため、さらに詳しい飛行特性を検討し、観測結果との比較検討が必要と考えている。

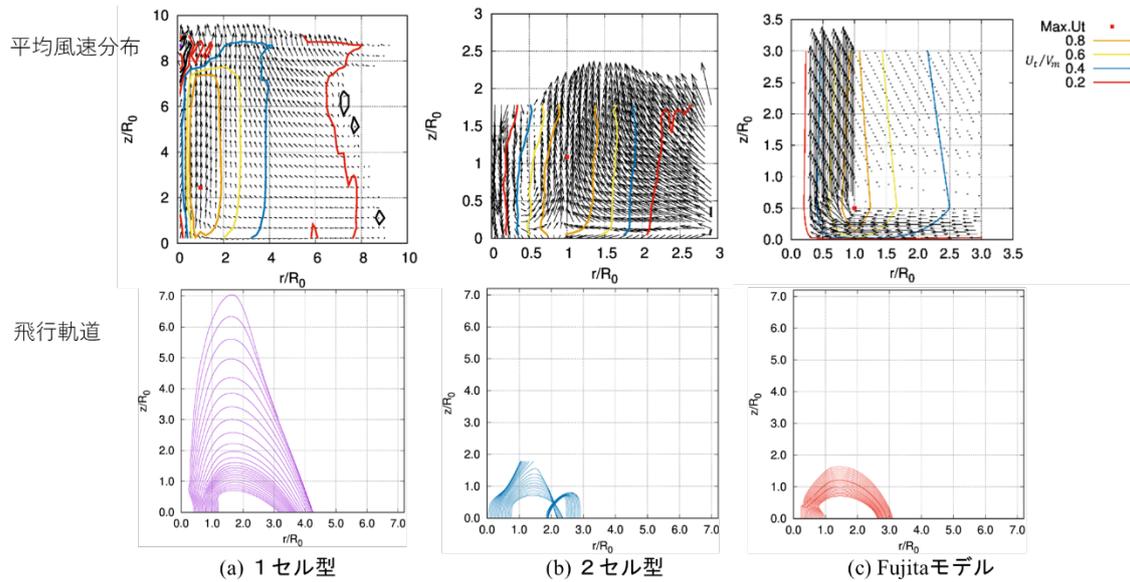


図9 竜巻シミュレータで得られた平均風速場における飛散物の飛行シミュレーション結果

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

|  |                         |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名<br>野田 稔   | 4. 巻<br>63              |
| 2. 論文標題<br>漏斗雲や飛散物による竜巻の可視化                                  | 5. 発行年<br>2022年         |
| 3. 雑誌名<br>号外海洋   | 6. 最初と最後の頁<br>124 131   |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>なし                                | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>-               |
| 1. 著者名<br>尾田春雄, 益子 涉, 友清衣利子, 野田 稔                            | 4. 巻<br>47              |
| 2. 論文標題<br>台風による屋根被害分布の分析と最弱リンクモデルに基づく被害確率推定                 | 5. 発行年<br>2022年         |
| 3. 雑誌名<br>日本風工学会論文集  | 6. 最初と最後の頁<br>5 13      |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>なし                                | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>-               |
| 1. 著者名<br>野田 稔   | 4. 巻<br>26              |
| 2. 論文標題<br>令和元年台風15号通過時の送電鉄塔倒壊被害からの風速試算                      | 5. 発行年<br>2020年         |
| 3. 雑誌名<br>風工学研究論文集   | 6. 最初と最後の頁<br>102 ~ 109 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>10.14887/windengresearch.26.0_102 | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>-               |
| 1. 著者名<br>野田 稔   | 4. 巻<br>137             |
| 2. 論文標題<br>平成30年台風21号による建物等の強風被害について                         | 5. 発行年<br>2019年         |
| 3. 雑誌名<br>消防防災の科学  | 6. 最初と最後の頁<br>18 28     |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>なし                                | 査読の有無<br>無              |
| オープンアクセス<br>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<br>-               |

〔学会発表〕 計24件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>伊藤修一, 野田 稔                       |
| 2. 発表標題<br>2018年に近畿地方を襲った台風21号における最大風速の再現期間 |
| 3. 学会等名<br>2021年度土木学会四国支部技術研究発表会            |
| 4. 発表年<br>2021年                             |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>尾田春雄, 野田 稔                     |
| 2. 発表標題<br>強風被害を対象とした航空調査におけるブルーシート観測の有用性 |
| 3. 学会等名<br>2021年度土木学会四国支部技術研究発表会          |
| 4. 発表年<br>2021年                           |

|                                       |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>山田雛野, 野田 稔                 |
| 2. 発表標題<br>T1915号による送電鉄塔被害発生地点付近の風況解析 |
| 3. 学会等名<br>2021年度土木学会四国支部技術研究発表会      |
| 4. 発表年<br>2021年                       |

|                                    |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>伊藤修一, 野田 稔              |
| 2. 発表標題<br>強風災害の減災のための風速情報の在り方について |
| 3. 学会等名<br>2021年度日本風工学会年次研究発表会     |
| 4. 発表年<br>2021年                    |

|                                    |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>山田 雛野, 野田 稔             |
| 2. 発表標題<br>丘陵地帯の流れ場に対する地形の影響範囲について |
| 3. 学会等名<br>2021年度日本風工学会年次研究発表会     |
| 4. 発表年<br>2021年                    |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>尾田春雄, 益子 涉, 友清衣利子, 野田 稔      |
| 2. 発表標題<br>平成30年台風21号における強風被害発生確率モデルの提案 |
| 3. 学会等名<br>2021年度日本風工学会年次研究発表会          |
| 4. 発表年<br>2021年                         |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>野田 稔, 尾田春雄                  |
| 2. 発表標題<br>赤外線カメラを用いたブルーシート下の屋根被害評価の試行 |
| 3. 学会等名<br>2021年度日本建築学会大会(東海)学術講演会     |
| 4. 発表年<br>2021年                        |

|                                       |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>尾田春雄, 野田 稔                 |
| 2. 発表標題<br>最弱リンクモデルに基づく強風被害発生確率モデルの適用 |
| 3. 学会等名<br>2021年度日本建築学会大会(東海)学術講演会    |
| 4. 発表年<br>2021年                       |

|                                |
|--------------------------------|
| 1. 発表者名<br>山田雛野, 野田 稔          |
| 2. 発表標題<br>複雑地形周りの風速分布に対する地形再現 |
| 3. 学会等名<br>日本流体力学会年会2021       |
| 4. 発表年<br>2021年                |

|                                  |
|----------------------------------|
| 1. 発表者名<br>野田 稔, 諏訪部凱哉           |
| 2. 発表標題<br>地震および強風による高層建築物の動的挙動  |
| 3. 学会等名<br>2022年度土木学会四国支部技術研究発表会 |
| 4. 発表年<br>2022年                  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>尾田春雄, 野田 稔                        |
| 2. 発表標題<br>最弱リンクモデルを適用した台風による建物屋根の被害確率モデルの検討 |
| 3. 学会等名<br>2022年度土木学会四国支部技術研究発表会             |
| 4. 発表年<br>2022年                              |

|                                     |
|-------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>山田雛野, 野田 稔               |
| 2. 発表標題<br>複雑地形周りの風速分布に対する地形再現範囲の影響 |
| 3. 学会等名<br>2022年度土木学会四国支部技術研究発表会    |
| 4. 発表年<br>2022年                     |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>中村里菜, 野田 稔                  |
| 2. 発表標題<br>実験室で生成された竜巻状流れ場における飛散物の飛散性状 |
| 3. 学会等名<br>2022年度土木学会四国支部技術研究発表会       |
| 4. 発表年<br>2022年                        |

|                                     |
|-------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>井田直宏, 野田 稔               |
| 2. 発表標題<br>旧タコマナロウズ橋の渦励振応答に対する減衰の影響 |
| 3. 学会等名<br>2022年度土木学会四国支部技術研究発表会    |
| 4. 発表年<br>2022年                     |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>尾田春雄, 益子 涉, 野田 稔                       |
| 2. 発表標題<br>最弱リンクモデルに基づく被害確率モデルを用いた台風による屋根被害予測法の提案 |
| 3. 学会等名<br>2022年度日本風工学会年次研究発表会                    |
| 4. 発表年<br>2022年                                   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>中村里菜, 野田 稔                        |
| 2. 発表標題<br>竜巻状流れ場における飛散物の飛行特性に対する風速分布の影響について |
| 3. 学会等名<br>2022年度日本風工学会年次研究発表会               |
| 4. 発表年<br>2022年                              |

|                                   |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名<br>山田雛野, 野田 稔             |
| 2. 発表標題<br>複雑地形周りの風速分布に対する近傍地形の影響 |
| 3. 学会等名<br>2022年度日本風工学会年次研究発表会    |
| 4. 発表年<br>2022年                   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>野田 稔, 尾田春雄, 益子 涉, 竹内 崇, 友清衣利子 |
| 2. 発表標題<br>台風による強風屋根被害の航空機調査とその結果        |
| 3. 学会等名<br>2022年度日本風工学会年次研究発表会           |
| 4. 発表年<br>2022年                          |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>野田 稔                        |
| 2. 発表標題<br>令和元年台風15号による送電線鉄塔倒壊被害に関する検討 |
| 3. 学会等名<br>令和2年度土木学会全国大会年次学術講演会        |
| 4. 発表年<br>2020年                        |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>野田 稔, 山田雛野, 尾田春雄, 伊藤修一, 井田直宏, 中村里菜 |
| 2. 発表標題<br>令和元年台風15号通過時の送電鉄塔倒壊現場付近の流れ場への地形の影響 |
| 3. 学会等名<br>流体力学会年会2020                        |
| 4. 発表年<br>2020年                               |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>野田 稔                         |
| 2. 発表標題<br>令和元年台風15号通過時の送電鉄塔倒壊被害からの風速試算 |
| 3. 学会等名<br>第26回風工学シンポジウム                |
| 4. 発表年<br>2020年                         |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>野田 稔, 友清衣利子, 竹内崇                   |
| 2. 発表標題<br>大阪府南部・和歌山県北部におけるT1821号による強風被害の航空調査 |
| 3. 学会等名<br>日本風工学会2019年年次研究発表会                 |
| 4. 発表年<br>2019年                               |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>野田 稔, 友清衣利子, 竹内崇                  |
| 2. 発表標題<br>航空調査で明らかとなったT1821号による大阪府南部の住宅被害分布 |
| 3. 学会等名<br>2019年度日本建築学会大会学術講演会               |
| 4. 発表年<br>2019年                              |

|                                      |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>野田 稔                      |
| 2. 発表標題<br>藤田哲也博士が遺した研究資料のデジタルアーカイブ化 |
| 3. 学会等名<br>2019年度日本気象学会秋季大会          |
| 4. 発表年<br>2019年                      |

〔図書〕 計3件

|  |                 |
|--|-----------------|
| 1. 著者名<br>木村吉郎, 野田 稔, ほか17名                                  | 4. 発行年<br>2022年 |
| 2. 出版社<br>一般社団法人 日本鋼構造協会                                     | 5. 総ページ数<br>112 |
| 3. 書名<br>JSSCテクニカルレポートNO.126 建造物の風洞実験の要点と技法 - 技術者のためのノウハウ集 - |                 |

|                                |                 |
|--------------------------------|-----------------|
| 1. 著者名<br>小林文明, 野田 稔, ほか51名    | 4. 発行年<br>2022年 |
| 2. 出版社<br>一般社団法人 日本風工学会 風災害研究会 | 5. 総ページ数<br>327 |
| 3. 書名<br>強風災害の変遷と教訓第3版(2022)   |                 |

|                             |                 |
|-----------------------------|-----------------|
| 1. 著者名<br>佐々浩司, 野田稔, ほか38名  | 4. 発行年<br>2020年 |
| 2. 出版社<br>日本気象学会            | 5. 総ページ数<br>297 |
| 3. 書名<br>気象研究ノート第243号 竜巻を識る |                 |

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

|       | 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号)                      | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号)                          | 備考 |
|-------|--|--|----|
| 研究分担者 | 長尾 文明<br><br>(Nagao Fumiaki)<br><br>(40172506) | 徳島大学・大学院社会産業理工学研究部(理工学域)・教授<br><br><br>(16101) |    |

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 |
|---------|---------|
|---------|---------|