

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：33108

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20H02315

研究課題名（和文）雪氷物理モデリングに基づく建築都市の積雪量の効率的ハイブリッド制御手法の構築

研究課題名（英文）Efficient hybrid control method for snow accumulation in built environment based on physical modeling of snow and ice

研究代表者

富永 禎秀 (Tominaga, Yoshihide)

新潟工科大学・工学部・教授

研究者番号：00278079

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,600,000円

研究成果の概要（和文）：建築都市の積雪量を高精度に予測する雪氷物理モデリング手法を構築した。特に申請者自ら実施した観測結果との詳細な比較・検証に基づいて精度の向上を図った。また熱収支モデルに基づく積雪重量予測モデルに組み込んだ点に大きな特徴がある。さらに、開発した雪氷物理モデリングシミュレーションを実在都市に適用するために、モデルをオープンソースソフトウェアに組み込むとともに、国土交通省によって開発・公開が進められている3D都市モデルを扱えるような改良を施した。開発したシミュレーションモデルによって、複雑な都市建築空間の積雪量を効果的に制御する方法を検討可能であることを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

雪氷物理モデリングの精度向上は、雪害対策や建物の安全性を評価する際に、より正確な情報を提供することを可能にする。これは、人命や財産の損失を防ぐことにつながる。また建物の屋根雪重量の予測は、雪害対策や建物の安全性を評価する際に、より詳細な情報を提供することを可能にする。これは、建物の倒壊を防ぐことにつながると期待される。さらにオープンソースソフトウェアへの組み込みは、雪氷物理モデリングに関する研究の活性化につながる。これは、雪害対策や建物の安全性を評価する技術の開発を促進するであろう。

研究成果の概要（英文）：Physical snow and ice modeling methods were developed to predict snow accumulation in built-up areas with high accuracy. In particular, the accuracy was improved based on detailed comparison and validation with observation results conducted by the applicant themselves. The model also incorporates snow weight predictions based on a heat balance model, which is a major feature of this method. Furthermore, in order to apply the developed physical snow and ice modeling simulation to a real city, the model was incorporated into an open source software and improved to handle a 3D city model that is being developed and released by the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism. It was confirmed that the developed simulation model can be used to study effective methods of controlling snow accumulation in complex urban architectural spaces.

研究分野：都市環境防災工学

キーワード：積雪分布 モデリング CFD 克雪建築 設計支援

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

我が国の面積の半分以上を占める豪雪地帯はもちろんのこと、それ以外の地域においても、毎年、多種多様な雪氷災害が発生している。降雪量自体は長期的には減少傾向であるにもかかわらず、雪害による死者・行方不明者数は近年で急激に増加している。死者数の中では屋根の雪下ろしや屋根からの落雪など住宅の屋根雪処理に係わる事故の割合が極めて多く、住宅の屋根雪処理に係わる安全対策が極めて重要であることを示している。またこの死亡者の大半は高齢者である。豪雪地帯における人口減少、高齢化は全国平均に比べて進行しており、特別豪雪地帯において特に顕著である。さらには今後の地球規模の気候変化に伴い、平成 26 年に関東地方を襲った記録的大雪のような従来雪害が問題にならなかった地域での雪害発生も想定されている。従って、転落防止などの短期的な事故対策だけでなく、事故につながる要因を事前に効果的に取り除く、すなわち建築や都市の設計段階において、建物周辺の積雪量(積雪深や雪荷重)を最小化するような対策が求められる。屋根雪を始めとする建築物周辺の積雪は、その形状、周囲の状況、方位(風、日射)などによって著しい分布が生じ、時には雪庇等の形で建物外にせり出す場合もある。こうした積雪分布の不均一さが、屋根雪処理の事故や落雪による生活への支障、雪による家屋の損傷などを引き起こす大きな原因となっている。これらの多くは屋根形状や隣棟間隔などの建築都市形態の制御という言わば「パッシブな手法」でコントロール可能であると考えられるが、その方法論は全く整理されていない。一方、降雪の多い地域や短時間の急激な降雪に対しては、熱源を使用したロードヒーティングや屋根融雪システム等による「アクティブな手法」に頼らざるを得ない。しかしながらこうしたシステムの大半は、経験や勘によって設計されているのが実情であり、不具合(トラブル)や非効率(高コスト)が多く、普及が進んでいない。

### 2. 研究の目的

申請者のこれまでの研究で確立した建築物屋根上や周辺における積雪の不均一分布を定量的に予測・評価可能な CFD (Computational Fluid Dynamics) や熱収支解析等の雪氷物理モデリングに基づくシミュレーションを基礎として、さらに人工的な融雪過程や雪の移動(滑落雪)過程のモデリングを追加し、パッシブ手法(建築都市形態の制御)とアクティブ手法(融雪システムの導入)による建築都市の積雪量の低減効果を正確に予測・評価するシステムを構築する。さらには、この予測・評価システムを利用して建築物周辺の積雪量(積雪深、雪荷重)を最小にする効率的制御方法をパッシブ・アクティブの組み合わせによって導き出す方法論を確立することを目的とする。

### 3. 研究の方法

#### (1) モデリング精度検証用のフィールド観測の実施

防災科学技術研究所・雪氷防災研究センター(長岡市)に設置した準実大スケール建物モデルを引き続き活用し、積雪深、積雪荷重及び融雪量等のフィールド実測調査を行い、基本的データを採取する。

#### (2) モデリング手法の整備

本研究で取り扱う雪氷物理モデリングの対象は以下の 4 つから成る。

降雪・飛雪過程(風と雪の相互作用)のモデリング

自然融雪過程のモデリング

人工的融雪過程のモデリング

雪の移動(滑・落雪)のモデリング

この方法論はこれまでの研究によってほぼ確立しているが、残された課題は、多様な気象条件に対する適用性を検討・確認することである。これは、建築上の事故や障害を引き起こす大きな要因であるが、従来殆ど研究されていなかった。実験及び実測に基づいて発生要因やメカニズムを明らかにして、発生場所や量を表現できるモデリング手法を開発するとともに精度を高める。

#### (3) モデリング検証・統合化

モデリング技術の検証には、精度の高い観測結果との比較が不可欠である。降積雪の状況は年によって大きく異なるため、1 冬期のみでは十分な検証ができない。また降雪が非常に少ない状況も考えられる。各冬期に観測を行うことで、そのようなリスクを回避し、検証データを充実させる。

#### (4) 各種積雪制御手法評価への適用性評価

雪氷物理モデリングによるシミュレーションによって、パッシブ及びアクティブな積雪制御手法の有効性を評価することの妥当性、実用性を検討する。

### 4. 研究成果

#### (1) 観測結果に基づく研究成果

冬期には、防災科学技術研究所・雪氷防災研究センター(長岡市)に設置した準実大スケール

建物モデル(図1参照)を用いて、積雪深、積雪荷重及び融雪量等のフィールド実測調査を行い、基本的データを採取し、この後の研究に使用できる貴重なデータを蓄積できた。特に過去の観測例の殆どない、地上積雪密度と屋根雪密度の比較や屋根流出水量と降水量の関係など、屋根雪荷重推定モデルの検証用に有用なデータを得られることが確認できた。

本観測モデルによって得られた成果としては、まず気象観測データと熱収支モデルに基づく地上積雪重量推定手法を構築したことが挙げられる。その手法を用いて、長岡市の詳細な気象観測データに基づいて地上積雪重量を推定し、同条件下で計測された積雪重量の観測値との比較を行い、加速度計測を用いた屋根雪荷重の推定方法を提案するとともに、その適用性を検証した。もう一つの成果としては、微動応答加速度計測によって屋根雪荷重を定量的に評価する方法を提案し、観測用建物モデルを対象としてその適用性を検証したことである。水平2方向の加速度計測結果を用いて屋根雪荷重を推定した結果、どちらの計測方向でも最大20%程度の誤差で推定可能であることを示した。

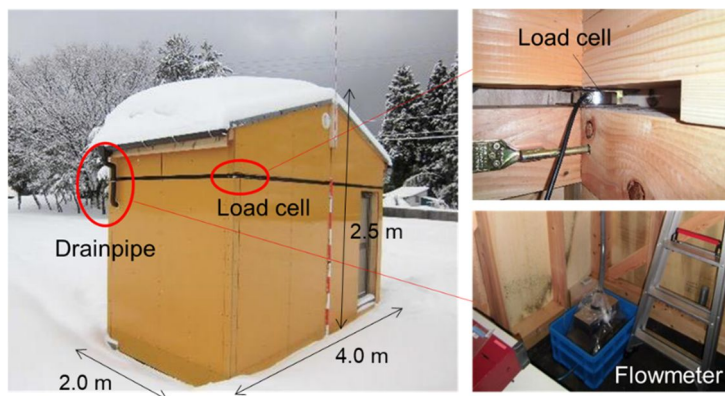


図1 雪氷防災研究センター(長岡市)に設置した準実大スケール建物モデル

## (2) 数値シミュレーションモデルに基づく研究成果

建築都市を対象とした雪氷物理モデリングの精度向上を図るため、昨年度に引き続いて、特に降雪・飛雪過程(風と雪の相互作用)のモデリング、自然融雪過程のモデリングに力点を置いて研究を進めた。については、これまでの研究で概ね達成できていたが、については、気象データと熱収支解析に基づく雪荷重予測モデルを屋根雪に適用できるように改良し、観測用建物モデルの積雪重量データとの比較によりその精度を検証し、一定の精度を確認することができた。

またこれまでに開発してきた飛雪・融雪シミュレーションモデルを実在都市に適用するために、シミュレーションモデルをオープンソースソフトウェアであるOpenFOAMに組み込むとともに、国土交通省のPLATEAUプロジェクトによって開発・公開が進められている3D都市モデルを扱えるような改良を施した。これらの新たに開発したプロトタイプシミュレーションモデルを、豪雪地帯実在の都市モデルに適用して、各種の防災対策に対する有効性を確認した。

図2に実在市街地(新潟県南魚沼市)を対象としたCFD用メッシュの例を示す。また図3、4に同市街地を対象とした積雪深分布の予測結果の例を示す。

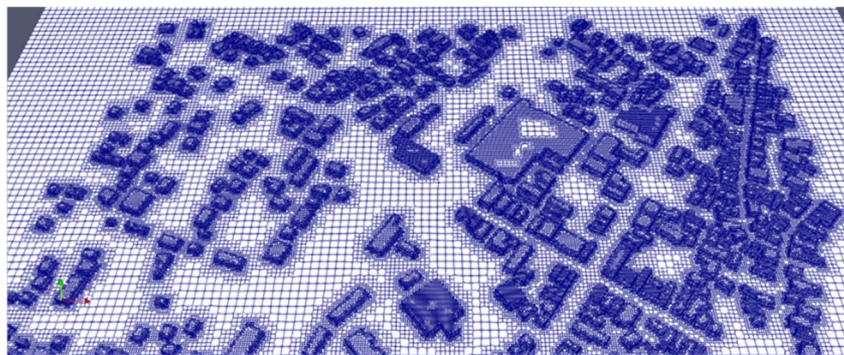


図2 実在市街地を対象としたCFD用メッシュの例



図3 実在市街地を対象とした積雪深分布の予測結果の例



図4 融雪も考慮した建物周辺の積雪分布

### (3)まとめ

解析の結果から、住宅街や路地裏など建物が密集しているところや、ホテルなど高い建物の周りには風の淀みにより発生する吹き溜まりが確認できた。住宅街や路地裏は家同士が近いいため風通しが悪く、堆雪した後の除雪などが難しいのではないかと考えられる。高い建物の周りでは建物自体が大きな障害物となってしまうため多く堆雪したと考えられる。

防災対策としての視点で見た時、この地域の風向きが北北西に吹く風が多いのに対し、流れが悪くなるような建物配置をしている場所が見受けられる。北北西から南南東に向かって線を引いた時それに平行になる様に建物を配置することで雪の堆積を減少させる効果が見込めると考えられる。

今後の課題としては、実在市街地における降積雪時の積雪分布の予測精度の検証である。この点については、本研究で開発した手法を活用しながら、今後取り組んでいきたいと考えている。



## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 9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 Tominaga Yoshihide	4. 巻 249
2. 論文標題 CFD simulations of turbulent flow and dispersion in built environment: A perspective review	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics	6. 最初と最後の頁 105741 ~ 105741
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jweia.2024.105741	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 Tominaga Yoshihide, Wang Liangzhu (Leon), Zhai Zhiqiang (John), Stathopoulos Ted	4. 巻 243
2. 論文標題 Accuracy of CFD simulations in urban aerodynamics and microclimate: Progress and challenges	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Building and Environment	6. 最初と最後の頁 110723 ~ 110723
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.buildenv.2023.110723	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 Tominaga Yoshihide, Shirzadi Mohammadreza	4. 巻 64
2. 論文標題 Influence of detailed air flow distribution on corrosion damage due to airborne sea salt adhesion in a large sports stadium: A CFD analysis	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Building Engineering	6. 最初と最後の頁 105690 ~ 105690
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jobe.2022.105690	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 Tominaga Yoshihide, Shirzadi Mohammadreza	4. 巻 230
2. 論文標題 RANS CFD modeling of the flow around a thin windbreak fence with various porosities: Validation using wind tunnel measurements	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics	6. 最初と最後の頁 105176 ~ 105176
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jweia.2022.105176	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 涌井将貴, 五十嵐賢次, 本吉弘岐, 富永禎秀, 伊山潤	4. 巻 87
2. 論文標題 加速度計測による屋根雪荷重の推定方法に関する研究: 観測用建物モデルを対象とした検証	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本建築学会構造系論文集	6. 最初と最後の頁 524-533
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3130/aijs.87.524	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 中井専人, 本吉弘岐, 山下克也, 砂子宗次朗, 山口悟, 伊藤陽一, 横山宏太郎, 富永禎秀, 上石勲, 覺道由郎	4. 巻 70
2. 論文標題 光学式ディストロメーター観測に基づく固相および液相の降水粒子自動分類	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 天気	6. 最初と最後の頁 5-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24761/tenki.70.1_5	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 Potsis, T., Tominaga, Y., Stathopoulos, T.	4. 巻 234
2. 論文標題 Computational wind engineering: 30 years of research progress in building structures and environment	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics	6. 最初と最後の頁 105346
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jweia.2023.105346	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 富永禎秀, 五十嵐賢次, 涌井将貴, 本吉弘岐, 高田清太郎	4. 巻 27
2. 論文標題 屋根雪荷重推定モデルの検証用データ取得を目的とした準実大建物モデルの開発	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会技術報告集	6. 最初と最後の頁 114 ~ 118
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3130/aijt.27.114	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 富永禎秀, 本吉弘岐	4. 巻 86
2. 論文標題 気象観測データと熱収支モデルに基づく地上積雪重量推定法: 長岡市の観測データを対象としたモデルの感度解析と精度検証	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会構造系論文集	6. 最初と最後の頁 544 ~ 552
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3130/aijs.86.544	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 Tominaga Yoshihide, Stathopoulos Ted	4. 巻 13
2. 論文標題 CFD simulations can be adequate for the evaluation of snow effects on structures	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Building Simulation	6. 最初と最後の頁 729 ~ 737
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12273-020-0643-0	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 Tominaga Yoshihide, Shirzadi Mohammadreza, Inoue Sho-ichi, Wakui Tomoharu, Machida Takashi	4. 巻 180
2. 論文標題 Computational fluid dynamics simulations of snow accumulation on infrared detection sensors using discrete phase model	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Cold Regions Science and Technology	6. 最初と最後の頁 103167 ~ 103167
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.coldregions.2020.103167	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23件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 Tominaga, Y., Igarashi, K., Wakui, M., Motoyoshi, H., Ito, Y.
2. 発表標題 Measurement of spatial and temporal variations of roof snow accumulation on semi-full-scale building model
3. 学会等名 The 9th International Conference on Snow Engineering (ICSE 2024) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Tanaka, R., Matsuda, T., Ono, S., Tominaga, Y.
2. 発表標題 Prediction system for snow accumulation in built-up environments based on numerical snowdrift and snowmelt models: Application to 3D city model PLATEAU
3. 学会等名 The 9th International Conference on Snow Engineering (ICSE 2024) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 新屋啓文, 大風翼, 富永禎秀, 根本征樹
2. 発表標題 3分力計を用いた雪面せん断応力の直接計測
3. 学会等名 日本雪氷学会北信越支部研究発表会 (福井)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 中井専人, 山下克也, 本吉弘岐, 富永禎秀
2. 発表標題 2022年12月19日の長岡・柏崎大雪継続中の降雪の変化
3. 学会等名 日本気象学会2023年度秋季大会 (オンライン-仙台国際センター)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 五十嵐賢次, 涌井将貴, 本吉弘岐, 富永禎秀
2. 発表標題 観測用建物モデルを用いた屋根積雪重量の実測 - 2022/23 シーズン地上積雪重量・推定値との比較 -
3. 学会等名 雪氷研究大会 (2023・郡山)
4. 発表年 2023年



1. 発表者名 渡辺龍, 涌井将貴, 富永禎秀
2. 発表標題 木造住宅を対象とした加速度計測による屋根雪荷重の推定 - 建物質量の算定方法に関する検証 -
3. 学会等名 雪氷研究大会 (2023・郡山)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 伊藤栄嗣, 五十嵐賢次, 涌井将貴, 本吉弘岐, 富永禎秀
2. 発表標題 地域気象観測システムを用いた積雪量推定に関して - 汎用性を高めるための検証 -
3. 学会等名 雪氷研究大会 (2023・郡山)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 渡辺龍, 涌井将貴, 五十嵐賢次, 本吉弘岐, 富永禎秀
2. 発表標題 加速度計測による建物の剛性変化を考慮した屋根雪荷重の推定方法 - 観測用建物モデルを対象とした検証 -
3. 学会等名 日本建築学会北陸支部研究報告集
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 五十嵐賢次, 涌井将貴, 本吉弘岐, 富永禎秀
2. 発表標題 観測用建物モデルを用いた屋根雪荷重の実測 - 2022/23 シーズンの観測結果 -
3. 学会等名 日本建築学会北陸支部研究報告集
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中井専人, 山下克也, 本吉弘岐, 富永禎秀
2. 発表標題 2022年12月19日の長岡・柏崎大雪時の降雪(速報)
3. 学会等名 日本気象学会2023年度春季大会 (オンライン-東京大学)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 五十嵐賢次, 涌井将貴, 本吉弘岐, 富永禎秀
2. 発表標題 観測用建物モデルを用いた屋根積雪重量の実測 - 地上積雪重量・推定値との比較 -
3. 学会等名 雪氷研究大会(2022・札幌)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 新屋啓文, 中山智靖, 富永禎秀, 大風翼, 根本征樹
2. 発表標題 多視点高速度カメラを用いた跳躍粒子の3次元挙動の撮影
3. 学会等名 雪氷研究大会(2022・札幌)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渡辺龍, 涌井将貴, 五十嵐賢次, 本吉弘岐, 富永禎秀, 伊山潤
2. 発表標題 加速度計測による屋根雪荷重の推定方法に関する研究 - 観測用建物モデルを対象とした 2021/22 シーズンの検証 -
3. 学会等名 雪氷研究大会(2022・札幌)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊藤栄嗣, 五十嵐賢次, 本吉弘岐, 涌井将貴, 富永禎秀
2. 発表標題 気象観測データと熱収支モデルを用いた屋根雪重量の推定 - 準実大建物モデルを対象とした検証 -
3. 学会等名 雪氷研究大会 (2022・札幌)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 富永禎秀
2. 発表標題 風による屋根雪偏分布のCFD予測: Dynamic meshを用いた非定常解析の適用
3. 学会等名 2022年度日本建築学会大会学術講演梗概集 (北海道)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 寺崎浩, 富永禎秀
2. 発表標題 粒子追跡機能を用いた風による屋根積雪深分布のCFD解析 その3: ドーム屋根を対象とした降雪実験との比較
3. 学会等名 2022年度日本建築学会大会学術講演梗概集 (北海道)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 富永禎秀
2. 発表標題 風による屋根雪偏分布の数値流体シミュレーション予測 - Dynamic meshの適用 -
3. 学会等名 雪氷北信越
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 五十嵐賢次, 涌井将貴, 本吉弘岐, 富永禎秀
2. 発表標題 観測用建物モデルを用いた屋根雪荷重の実測 - 2021/22 シーズンの観測結果 -
3. 学会等名 日本建築学会北陸支部研究報告集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中井専人, 本吉弘岐, 山下克也, 砂子宗次朗, 山口悟, 伊藤陽一, 横山宏太郎, 富永禎秀, 上石勲, 覺道由郎
2. 発表標題 ディストロメーター観測に基づく降雪粒子分類速報
3. 学会等名 日本気象学会2022年度春季大会(オンライン開催)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 五十嵐賢次, 涌井将貴, 本吉弘岐, 富永禎秀
2. 発表標題 観測用建物モデルを用いた屋根雪荷重の実測 - 地上積雪重量との比較 -
3. 学会等名 雪氷研究大会(2021・千葉-オンライン)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 寺崎浩, 富永禎秀
2. 発表標題 粒子追跡機能を用いた風による屋根積雪深分布のCFD解析 その2: 切妻屋根および陸屋根を対象とした降雪実験との比較
3. 学会等名 2021年度日本建築学会大会学術講演梗概集(東海)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 新屋啓文, 中山智靖, 富永禎秀
2. 発表標題 スプラッシュ過程における粒子の3次元挙動の定量化
3. 学会等名 雪氷北信越
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 五十嵐賢次, 涌井将貴, 本吉弘岐, 富永禎秀
2. 発表標題 観測用建物モデルを用いた屋根雪荷重の実測 - 2020/21 シーズンの観測結果 -
3. 学会等名 日本建築学会北陸支部研究報告集
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 日本風工学会編	4. 発行年 2022年
2. 出版社 森北出版	5. 総ページ数 161
3. 書名 都市の風環境ガイドブック - 調査・予測から評価・対策まで -	

〔産業財産権〕

〔その他〕

新潟工科大学 (建築・都市環境学系) 都市環境・風工学研究室 富永研究室 <a href="http://www.ytomi.net/tomilab/">http://www.ytomi.net/tomilab/</a> 新潟工科大学 風・流体工学研究センター <a href="https://www.niit.ac.jp/windcenter/">https://www.niit.ac.jp/windcenter/</a>
---

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	五十嵐 賢次  (Igarashi Kenji)  (20715180)	新潟工科大学・工学部・准教授    (33108)	
研究分担者	涌井 将貴  (Wakui Masaki)  (40778205)	新潟工科大学・工学部・准教授    (33108)	
研究分担者	本吉 弘岐  (Motoyoshi Hiroki)  (70571462)	国立研究開発法人防災科学技術研究所・雪氷防災研究部門・主任研究員    (82102)	

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			
カナダ	Concordia大学			