

令和元年6月19日現在

機関番号：82102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K12859

研究課題名（和文）スキャンセンサを用いた吹きだまり発達過程のリアルタイム評価

研究課題名（英文）Real time monitoring of the process of snowdrift development with scanning sensors

研究代表者

根本 征樹（Nemoto, Masaki）

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

研究者番号：30425516

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,600,000円

研究成果の概要（和文）：近年頻発する、激甚化した暴風雪で発生する吹雪、吹きだまりを監視し雪国の防災力を飛躍的に高めるために、吹雪発生状況や吹きだまりをリアルタイムで計測するとともに遠隔地からモニタリングし、その危険度を評価する手法の開発を試みた。二次元レーザースキャンセンサによる吹きだまり形状変化の非接触・連続測定が十分可能であることを示したほか、ライブカメラ等を用いた吹雪、吹きだまりの発生状況のリアルタイム評価システムを作成し、自治体の防災担当者に公開する実証実験を通して、暴風雪対応など防災対策に資する実用的なモニタリング手段を提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年特に顕著な気象の激甚化により、北海道で警報レベルの暴風雪が頻発し、巨大な吹きだまりが多地域で頻繁に形成されるなど、現代の優れた除雪技術でも対処が不可能な、過去に例を見ない状況が度々生じている。吹雪、暴風雪時において、道路通行止めや除雪の判断をする場合、現地状況の直接調査に基づく手法が主であるが、暴風雪時にはそうしたパトロール自体が不可能となる。吹雪・吹きだまり状況をリアルタイム・複数地点で把握出来れば、吹きだまりの発達状況に応じて車両通行が不可となる前に通行止めを実施するなど予防的判断が可能となり、吹雪災害リスクの軽減および対策の効率化に大きく寄与する。

研究成果の概要（英文）：The present research aims to develop a real-time monitoring system to estimate heavy blowing snow (blizzard), remarkable in recent years. In the system, we attempted to obtain blowing snow occurrence and snowdrift development processes with a two-dimensional (2-D) laser scanner and a live camera system. We found that the laser scanner enables non-contact and continuous measurement of snowdrift development satisfactory. We also found that the live camera system used in the study proved to be an effective tool for monitoring blizzards and snowdrifts. We began the experimental application of this monitoring camera systems in cooperation with local governments, to assess its usefulness.

研究分野：雪氷学

キーワード：吹雪 吹きだまり リアルタイムモニタリング

様式 F-19-2

1. 研究開始当初の背景

様々な種類を有する雪氷災害において、吹雪・吹きだまりは、特に交通インフラを著しく阻害するなど、雪国における生活環境を劣悪化する要因の高い現象である。近年顕著な気象の激甚化に伴い、例えば北海道の道東地方では、2014/15年冬期において発達した低気圧が度々通過し、ほぼ毎週のように長時間の暴風雪が発生するなど、現地住民の日常生活は過酷かつ危険な状況であった。1980年代以降、除雪技術は大きく進展したが、近年頻発する激甚化した暴風雪では巨大な吹きだまりが度々発生し（図1）、除雪が到底間に合わないなど、吹きだまりによる深刻な交通障害が数多く発生している。



図1 道路上の吹きだまり（北海道標津郡中標津町）

2. 研究の目的

本研究では、吹雪時における吹雪発生状況や吹きだまり量をリアルタイムで監視、計測するとともに遠隔地からモニタリングする技術を開発する。またそれに基づく吹きだまりリアルタイム評価システムを作成し、自治体の防災担当者に公開する実証実験を実施し、暴風雪対応など防災対策に資する実用的なモニタリング手段を確立する。さらに吹きだまりリアルタイムモニタリングを多点同時に実施し、吹雪および吹きだまりの発生状況と地形との関連などを評価するとともに、吹雪・吹きだまりの数値モデルの検証データ作成等にも応用し、吹きだまり予測手法の高度化にも資する。

3. 研究の方法

レーザースキャンセンサを用いて、吹雪により形成される吹きだまりの測定手法開発を試みる。またライブカメラ等を活用した吹雪、吹きだまりのリアルタイムモニタリング手法開発も実施する。冬期には暴風雪・吹きだまりが頻発する北海道標津郡中標津町にて実測を実施する。モニタリングデータは町役場の防災担当者に公開し（試験運用）、暴風雪対応について有益な情報提供が可能となるようデータ提示手法等を検討して完成度を高め、システム化する。また低温実験室において人工降雪装置を用いた試験により、各種センサのキャリブレーションも実施し、計測の信頼性を高める。その他、モニタリングにより得られた観測データを、吹雪・吹きだまり予測モデルとの比較検証に活用し、モデルパラメータの同定など予測モデルの高度化に資するデータ取得も試みる。

4. 研究成果

(1) スキャンセンサによる積雪深計測

二次元レーザースキャンセンサ（SICK LSM151）を導入し、研究代表者の所属機関の雪氷防災実験棟において人工降雪装置により作成した樹枝状結晶の新雪の積雪深変化、および野外における天然雪（ざらめ雪）を対象とした積雪深測定を実施した（図2）。スキャンセンサによる積雪深計測値は雪尺等を用いた実測値とほぼ一致し、当該センサを用いた吹きだまり形状変化の非接触・連続測定が十分可能であることを示した。また実験室内において人工降雪装置を作動させてm降雪時における積雪深変化の連続測定も実施した。その結果、降雪片によりスパイク状の出力が生じるなど測定に及ぼす影響があるものの、平均処理を施すことで積雪深を評価できることも示した。なお出力におけるスパイク状の波形の有無により、降雪の有無が判断できるなど副次的な効果も得られた。その他、小型のレーザー距離計も導入し、屋外における吹きだまり分布の直接測定も実施した。この手法は屋外の吹きだまり計測において、スキャンセンサによる自動計測の検証にも資する。

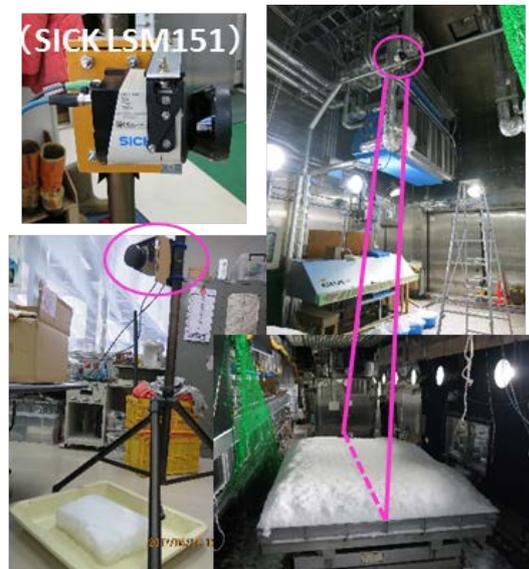


図2 二次元レーザースキャンセンサによる（SICK LSM151）積雪深および積雪分布の測定

(2) カメラによるモニタリングおよびそれに基づく防災体制構築

吹雪、吹きだまりのモニタリングシステム確立のために、リアルタイムモニタリングカメラを導入し、吹雪の発生状況やその程度を監視するシステムを開発した（図3）。カメラは電池を

用いた独立電源型であり、商用電源は不要であることから、設置場所の自由度が高くなる。観測では、北海道東部の中標津町およびその周辺地域を対象とし、4台～8台のカメラを、吹雪、吹きだまり発生頻度が高い地域（道道の路肩付近）に導入し、30分～1時間毎にリアルタイム撮影、更新した。なおこれらのカメラは通信モジュールを内蔵するタイプ（SMAT Mosfree、Hyke Hykecam SP4G）であり、遠隔地からのモニタリングが可能となる。取得された画像データは専用サーバーに保存されるほか、最新時刻の画像については国土地理院の地理院地図上に表示するなど、地理情報と統合化されたモニタリングシステムの構築を進めた。モニタリング画像については、現地の防災担当者に公開し、暴風雪対応について有益な情報提供が可能となるよう、データ提示手法等を検討した。

リアルタイムカメラを用いた、吹雪の発生状況やその程度、吹きだまり形成のモニタリングについては研究期間内において継続的に実施した。なおカメラ画像に基づき、吹雪強度および降雪の有無を分類し、時系列データとしてまとめた。吹雪強度について、低い吹雪、高い吹雪、その中間の3つのクラスに分類した。得られたデータに基づき、吹雪予測シミュレーションモデルとの比較検証等も実施した。

(3) 今後の展望

吹きだまり発生および分布形状をリアルタイムで計測する機器は国内外を問わずこれまで例が無く、道路防災のための吹雪モニタリングや、数値モデル検証のための観測データ収集などその応用面、波及効果は多岐にわたる。近年特に顕著な気象の激甚化により、北海道で警報レベルの暴風雪が頻発し、巨大な吹きだまりが多地域で頻繁に形成されるなど、現代の優れた除雪技術でも対処が不可能な、過去に例を見ない状況が度々生じている。特に、吹きだまりの場合は車両立ち往生を引き起こし、車内での一酸化炭素中毒死を誘発するケースが極めて多く、吹きだまり災害は死亡事故に直結する深刻かつ解明急務な雪氷防災課題となっている。事実、北海道道東地方に位置する中標津町（本研究における観測対象地として選定）では、2013年3月に発生した暴風雪により車両が立ち往生し、5名の人命が失われた。除雪が不可能な場合、通行止めなどの予防的対策が唯一の手段となるが、遠隔地での吹きだまり量を多点同時にモニタリングする手段が皆無であり、有効な対策および警戒情報の発令は依然困難な状況である。本研究はこうした課題を抜本から改善する手段を提供するものである。

本研究で提示する手法は、航空レーザー測量等において一般的なレーザープロファイラ等の本格的な測量機器と比較してかなり安価なセンサを吹きだまり計測に応用すると共にシステム化するものであり、将来的には多点計測、広域化などの展開も容易な内容となっている。吹きだまりなどに代表される積雪深の面的分布を計測する際、上述したレーザープロファイラを用いた航空測量や地上測量などの技術はあるものの、それらの実施は大変高額（レーザープロファイラ自体が高額であることに加え、さらに航空測量の際には多額の経費が必要となる）であり、頻繁に発生する暴風雪時において毎回モニタリングを実施するのはほとんど不可能な状況である。しかしながら、暴風雪時の吹きだまり災害に対して有効な対策を講じるにあたり、細かい時間分解能で、面的に、吹きだまりの発達状況およびその量をきめ細かく計測することが必須であり、吹きだまり対策についての理想と現実に大きなギャップがあった。

また本研究では、リアルタイム取得されるデータを実際の自治体防災担当者にも情報公開し（北海道標津郡中標津町周辺の防災担当者）、吹雪対策に実際に利活用して改善点を指摘してもらうなど、研究成果の実証実験を並行して実施した点も特筆すべき点である。実際の防災担当者との試験運用を通して、構築するシステムの有用性を効率的に高めることが可能となるほか、本研究により得られる成果の公開促進にも資するなど、その有効性は防災研究面および実際の防災対策面において計り知れない効果的なものがある。

本研究の遂行により、中標津町周辺を対象例とした吹きだまり監視システムのプロトタイプが完成する。また試験運用を通して、自治体が監視情報を防災対策に応用する場合のシステムの有効性に関する詳細な検証結果が得られるとともに、それに基づく改良からシステムの高度化が可能となる。これらは開発した手法の他地域への展開、自治体独自による防災基礎研究成果の有効活用にも資するものである。今後観測精度を高めることで、吹きだまり発達量など物理量に関する情報と、実際の雪対策（パトロールの実施、除雪、通行止め判断など）とをいかに



図 3 モニタリングカメラにより得られた吹雪、吹きだまり状況の画像（中標津町、2018年2月～3月）

有機的に関連付けるかについての知見も得られる。

5. 主な発表論文等
(研究代表者は下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

① 根本 征樹、中村 一樹、荒川 逸人、吹雪モニタリングシステムの構築にむけて、東北の雪と生活、第 34 号、2019

[学会発表] (計 1 件)

① 根本 征樹、中村 一樹、荒川 逸人、吹雪モニタリングシステムの構築にむけて、日本雪氷学会東北支部大会、2019

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

研究協力者

[主たる渡航先の主たる海外共同研究者]

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

[その他の研究協力者]

研究協力者氏名：中村 一樹、荒川 逸人

ローマ字氏名：Kazuki NAKAMURA、Hayato ARAKAWA

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

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。