

北海道尻別岳の雪崩から発生したインフラサウンドの観測

Observation of infrasound emitted from avalanches at Mt. Shiribetsu, Hokkaido

替地 青羅¹, 柿並 義宏²
Seira Kaechi¹, Yoshihiro Kakinami²
Corresponding author: kakinami@do-johodai.ac.jp (Y. Kakinami)

Remote sensing of the avalanche is possibly established using infrasound emitted from it at 20 Hz lower. In this study, we observed infrasound around Mt. Shiribetsu, Hokkaido during the winter seasons of 2022/2023 (the first season) and 2023/2024 (the second season) to realize a detection system for avalanches. We identified artificial sounds such as those from helicopters and wheel loaders. In addition, we found sounds clearly different from artificial sounds, which were presumed to be an avalanche.

1. はじめに

インフラサウンドは20 Hz以下の可聴下音で、津波、地震、土石流など災害をもたらすような大規模な自然現象により発生する。雪崩からインフラサウンドが発生することも知られている¹⁻⁴。空気の粘性による減衰を受けにくく、長距離伝搬可能であるという特徴があるため、雪崩が直接見えない遠地からも雪崩の発生を観測できると期待される。その特性を用いれば、緊急地震速報のような、雪崩発生を即時に検知・通報するシステムを開発できる可能性がある。本研究では北海道留寿都村にインフラサウンドセンサーを設置し、雪崩と雪崩以外の波形特性を明らかにし、雪崩検知システム開発のための基礎的な情報の収集を目指した。

2. 観測

2.1 第1次観測 (2022/2023年)

北海道尻別岳を観測対象として、2022年12月～2023年3月末までインフラサウンドセンサーを設置し、観測を行った。観測点は尻別岳山頂から3 km離れたルスツリゾート所有のヘリ格納庫内 (図1a) で、人の出入り、ヘリの出入りが多い場所である。観測に用いたセンサーは容量式差圧計で INFRA-SOUND-SENSOR ADXIII-INF04LE (SAYA Inc 製) である (図2a)。観測可能な周波数帯域は0.1 Hz～1 kHz、計測可能音圧は±約70 Paである。データは100 Hzでサンプリングした。

2.2 第2次観測 (2023/2024年)

第1次観測と同様に、尻別岳を対象とし、2023年11月～2024年4月まで観測を行った。観測点を3つに増やし、尻別岳を囲うように約1 km間隔で三角形になるように配置した (図1b)。観測点1, 3は人の出入りがほとんどない屋内、観測点2は締め切っていない倉庫内に設置した。このように3台配置し、観測波形の相互相関を求めることで、局所的なノイズとは異なる雪崩からのインフラサウンドを

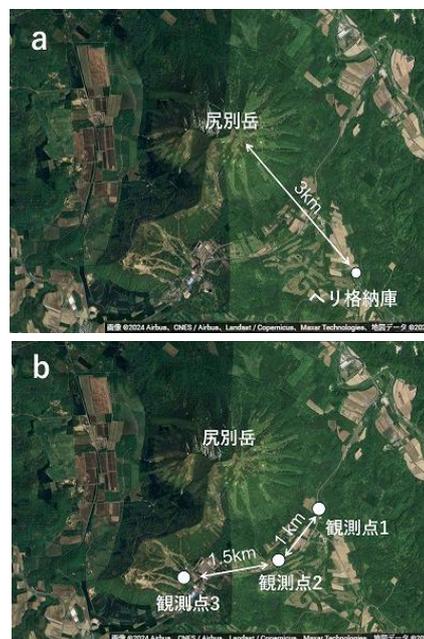


図1 尻別岳と観測点の位置。(a) 第1次観測、(b) 第2次観測。

¹北海道情報大学大学院 経営情報学研究科

²北海道情報大学 宇宙情報センター

Graduate School of Management and Information, Hokkaido Information University
Space Information Center, Hokkaido Information University

特定し、その到来時刻差から発生位置・発生時刻の推定できる。

第2次観測の観測点2, 3ではINF04LE, 観測点1では6000-16B (Paroscientific社製)を用いた(図2b). 6000-16Bは水晶振動子を用いた絶対圧計で、800~1100 hPaの範囲の気圧を測定できる. 計測時には22 HzのHR-High-Cut-Filterを適用し、100 Hzでサンプリングした. INF04LEは第1次観測と同様に100 Hzでサンプリングした.

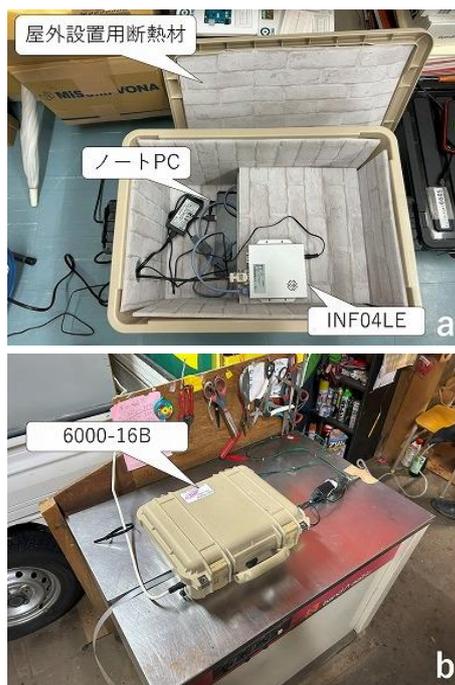


図2 (a) INF04LE, (b) 6000-16B

3. 第1次観測データ分析

3.1 衛星画像を利用した雪崩の把握

PlanetScope衛星画像を利用して、雪崩の位置・日時・規模を確認した. 図3は(a)2023年3月22日と(b)2023年3月23日の尻別岳を撮影した衛星画像である. 図中の赤丸の位置に雪崩とみられる場所が確認できた. 衛星画像は広範囲を確認できるという利点がある一方、雲などの天候の影響で、地上の様子が鮮明に確認できないことが多く、また、1日1回の衛星観測周期のため、発生時刻の厳密な特定が難しい. そのため、衛星画像からすべての雪崩の発生時刻を特定することは難しいため、本研究では参考程度の情報として利用した.

3.2 雪崩以外の音

3.2.1 ヘリに関する音

ヘリのフライト時刻表を基に、ヘリに関する音の

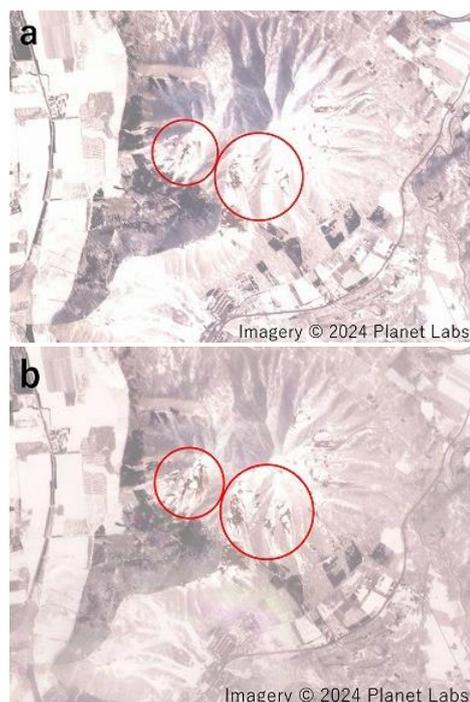


図3 (a) 2023/3/22, (b) 2023/3/23
(PlanetScopeによって取得された衛星画像)

特定を行った. ヘリのフライト前後にはシャッターの開閉音やヘリ移動のために使用するフォークリフトのエンジン音を確認することができた. シャッター音は突然大きな音が出た後、数分にわたり非常に大きなノイズ音が観測された(図4). これは装置をシャッターのすぐそばに設置したためである. フォークリフトは、エンジン始動時には突発的な大きな音、それに続く20 Hzから30 Hzのエンジン音と見られる音が計測されている(図4).

図5はヘリの離着陸時の時系列データとそのスペクトログラムである. 着陸に向けて、徐々に近づくことで音圧が高くなる. 着陸後、待機中はエンジンの出力を下げるので、音圧が低くなり、エンジン特有の周波数帯の音(15 Hz, 30 Hz, 45 Hz付近)が確認できる. 再び離陸に向け、エンジンの出力を上げ、飛び立っていったことが分かる. 着陸直前に6 Pa程度の最大音圧が確認できた. 離陸直前・直後以外は15 Hz, 30 Hz, 45 Hz付近の音が観測され、Adamらで報告されているヘリの音の周波数帯と整合的である. また、着陸直前および離陸直後には周波数シフトが観測された. これはヘリの動きによるドップラーシフトであると考えられる.

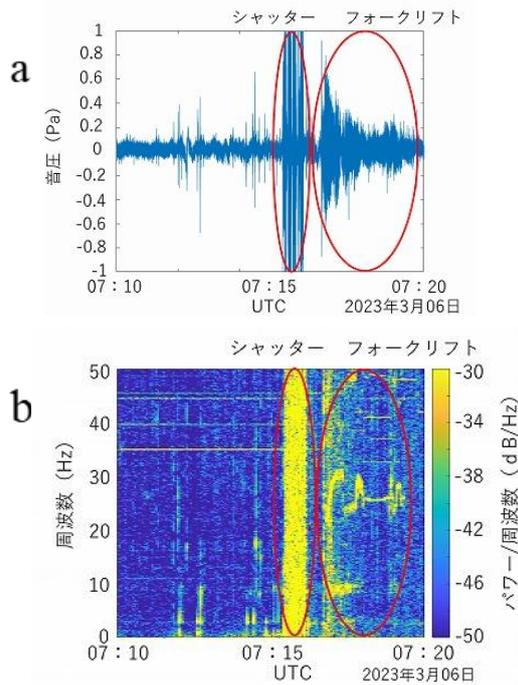


図4 シャッターとフォークリフトの音.
(a) 時系列データ, (b) スペクトログラム.

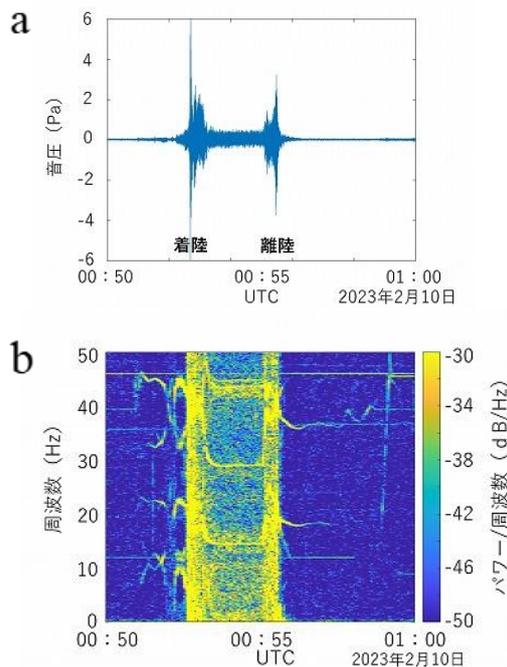


図5 ヘリ離着陸音. (a) 時系列データ, (b) スペクトログラム.

3.2.2 ホイルローダの音

ヘリ格納庫では日本時間午前7時頃 (UTC 22時頃) に除雪をしている。図6はホイルローダの音とみられるスペクトログラムである。30秒程度の間隔

で断続的に音が計測されている。これはホイルローダが格納庫の周囲を往復している動きであると考えられる。また、10 Hz 付近の音はヘリポートを整地するために、地面の雪を削っている際に出る音であろう。

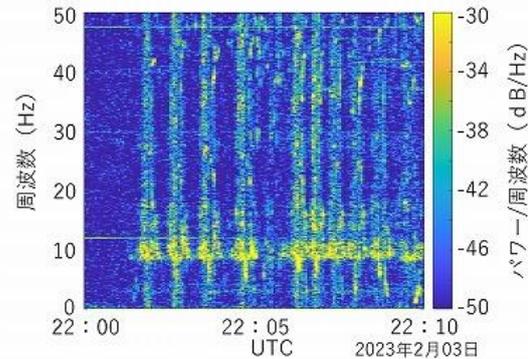


図6 ホイルローダ音のスペクトログラム.

3.3 雪崩の音

日本時間2023年3月10日9時36分頃、ヘリやホイルローダで確認された音とは明らかに異なる音を発見した (図7)。5 Hz 以下にピークを持っており、最大音圧1 Pa ほどの音が1分ほど続いた。この音は、先行研究¹⁻⁴⁾で雪崩として報告された波形と似通っており、雪崩から発生したインフラサウンドであると考えている。PlanetScope 衛星の画像を確認すると、3月10日は曇っており、何も確認できなかったため、3月9日と11日の衛星画像を比較すると、小さな雪崩がこの間に発生していることが確認できた。しかし、その雪崩から発生したインフラサウンドであるかは定かではない。尻別岳周辺でカメラによる監視を行っていないことから、現時点では雪崩であると断定することは難しい。

4. まとめと今後の展望

本研究では北海道の尻別岳を観測対象としてインフラサウンドによる雪崩の検知を2022/2023年 (第1次観測)、2023/2024年 (第2次観測) と2期間行った。第1次観測では1地点で観測した。分析では衛星画像による雪崩発生の確認を行った。また、ヘリに関する音、ホイルローダなど人工的な音を把握することができた。その結果、明らかに人工的な音とは異なる、雪崩の音とみられるものを特定できた。見つかった波形は、先行研究の観測結果と整合的である。一方で、インフラサウンド以外の情報が少ないため、このインフラサウンドが雪崩から発せ

られたものであるか確定的な証拠が得られていない。第2次観測では3点で観測を行った。相関解析を用いることで、音の発生源の特定が可能であるため、カメラによる観測はないが、第1次観測より強い証拠を得ることができると考えている。第2次観測データは現在分析中である。これらの経験を踏まえ、2024/2025年に予定している第3次観測では、3点のインフラサウンド観測に加え、雪崩発生を捉えるためにカメラの設置も検討している。観測を進めることで、雪崩から発生したインフラサウンドの確かな情報を集め、雪崩検知システムの確立を目指す。

然災害遠隔監視の試み, 月間地球, 37, 7, 299-308.

- 3) Arai, et al. 2017: Detection of avalanche locations using infrasound array data. *Bulletin of Glaciological Research*, **35**, 1–6.
- 4) Schimmel, et al. 2017: Automatic detection of avalanches: evaluation of three different approaches, *Natural Hazards*, **87**, 83–102.

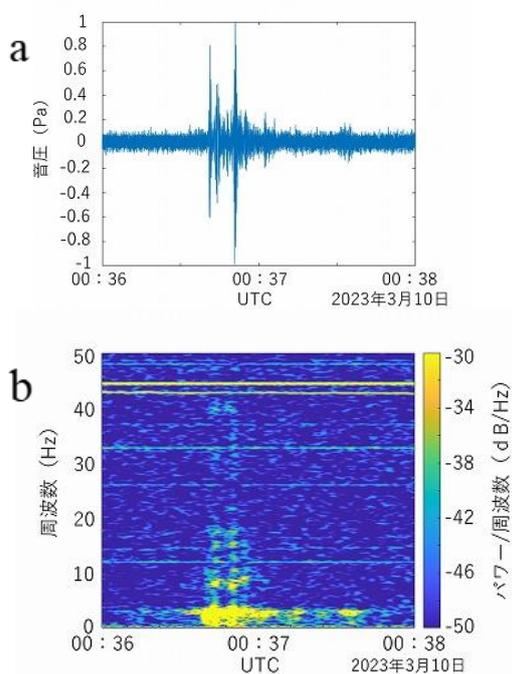


図7 雪崩とみられる音. (a) 時系列データ, (b) スペクトログラム.

【謝辞】

インフラサウンドセンサー設置に協力していただいたルスツリゾート 信原靖氏, 有限会社クライスデール 森井光輝氏, 久保田農産物直売所 久保田志郎氏, またインフラサウンドセンサーを貸与していただいた高知工科大学 山本真行教授に感謝申し上げます。

【参考文献】

- 1) Adam, et al. 1998: Infrasonic monitoring of snow avalanche activity: What do we know and where do we go from here? , *Annals of Glaciology*, **26**, 324–328.
- 2) 村山他, 2015: インフラサウンド観測による自