

北海道尻別岳の雪崩から発生した超低周波音の観測

— 緊急雪崩速報システムの開発に向けて —

Observation of infrasound emitted from avalanches at Mt. Shiribetsu, Hokkaido - Towards the development of an Avalanche Early Warning System -

替地 青羅¹, 柿並 義宏²

Seira Kaechi¹, Yoshihiro Kakinami²

Corresponding author: kakinami@do-johodai.ac.jp (Y. Kakinami)

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

¹ Graduate School of Business Administration and Information Science, Hokkaido Information University,

² Space Information Center, Hokkaido Information University

To develop an Avalanche Early Warning System using infrasound (subaudible sounds below 20 Hz) associated with avalanches, we have been observing infrasound at Mt. Shiribetsu in Hokkaido during the winter seasons from 2022 to 2025. In this paper, we introduce the overview and results of the observations conducted during the winter season of 2023/2024.

1. はじめに

雪崩は、積雪地域において人命やインフラに甚大な被害をもたらす自然災害である。現在、雪崩の監視には地震計、レーダー、監視カメラが用いられている¹⁻²⁾。これらは夜間や悪天候時、発生場所によっては雪崩の検出が困難な場合がある。一方、雪崩の発生時には超低周波音（20 Hz 以下の可聴下音）が発生することが複数の研究で報告されており³⁻⁵⁾、雪崩検知の可能性が注目されている。しかし、国内外問わず、超低周波音を利用した雪崩の即時通報システムは未だ実用化されていない。もしこのようなシステムが開発できれば、早期に広範囲の雪崩を把握でき、防災・減災に大きく貢献することが期待さ

れる。

著者らは 2022/2023 年（第 1 次観測）、2023/2024 年（第 2 次観測）の冬季に北海道尻別岳で雪崩から発生した超低周波音の観測を行ってきた⁶⁾。本論文では、2023/2024 年の冬季の尻別岳での観測概要、観測結果を紹介する。

2. 第 2 次観測（2023/2024 年）

2. 1 観測概要

尻別岳を観測対象として、2023 年 11 月下旬～2024 年 4 月中旬まで観測を行った。超低周波音センサーは尻別岳を囲うように最長 1.6 km 間隔で三角形になるように 3 台配置した（図 1）。KBT, RRH



図 1 尻別岳とセンサーの位置

は人の出入りがほとんどない屋内、PCD 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超低周波音を特定でき、そのシグナルの到来時刻差から発生位置・発生時刻の推定できる。

KBT には水晶振動式絶対圧力計 6000-16B (Paroscientific 社製)を設置し、出力を専用データロガーNL-6000 (100 Hz サンプリング, 44 Hz の high-cut filter を適用)で記録し、PCD, RRH には容量式差圧計 INFRASOUND-SENSOR ADXIII-INF04LE (SAYA Inc 製)を設置し、PC (100 Hz でサンプリング)で記録した。それぞれのロガーはGNSSを利用した時刻補正を採用している。

2. 2 観測結果

日本時間 2024 年 4 月 4 日 22 時 3 分頃、全てのセンサーで 1 分 30 秒ほど続くシグナルを確認することができた。RRH で最大振幅が約 0.35 Pa, KBT で約 0.3 Pa, PCD で約 0.24 Pa のシグナルが確認できた (図 2a)。このシグナルは 10 Hz 以下にピークを持つことが確認できる (図 2b)。これらの音は KBT-PCD 間の距離が 1.3 km, PCD-RRH 間の距離が 1.6 km 離れていることから局所的なノイズとは考え難い。さらに, Havens et al. (2014) で示された雪崩の超低周波音⁷⁾と記録されたシグナルが紡錘型で類似しており、同様に 1~10 Hz にピークを持っていることから、雪崩からの超低周波音の可能性が高い。しかし、尻別岳周辺でカメラによる監視を行っていないこと、さらに観測装置の不具合も重なり、シグナルの発生位置と時刻を特定することができず、現時点では雪崩であると断定することは難しい。

3. まとめと今後の展望

本論文では北海道尻別岳を観測対象として超低周波音センサーによる雪崩の観測を 2023/2024 年 (第 2 次観測) の冬季に行い、その観測概要と結果について紹介した。数 km 離れた全てのセンサーで局所的なノイズとは異なる雪崩の超低周波音とみられるものを特定できた。発見した波形は、先行研究の雪崩による超低周波音と整合的である。ただし、雪崩発生を直接とらえることができる監視カメラによる情報がなく、観測機器の時刻精度の問題から、音源の発生時刻・場所の特定が困難であったため、見つかった超低周波音が真に雪崩起源によるものかは確証が得られていない。

これらの経験を踏まえ、2024/2025 年 (第 3 次観測) では、4 点の超低周波音観測に加え、雪崩発生を捉えるためにカメラの設置も行った。第 3 次観測データは現在分析中である。分析を進めることで、雪崩から発生した超低周波音の波形特性や周波数帯を明らかにする。さらに、リアルタイムでの運用が可能な観測装置、システムの構築を検討し、緊急雪崩速報システムの開発を目指す。

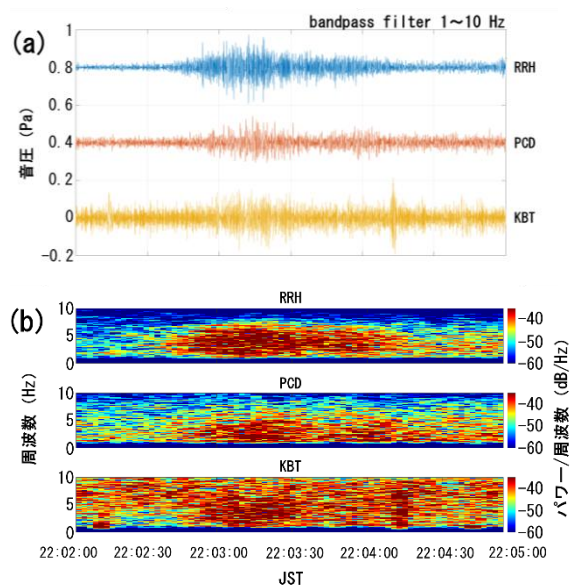


図 2 (a) 時系列データ, (b) スペクトログラム

【謝辞】

超低周波音センサー設置に協力していただいたルストリゾート 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, 谷口農産物直売店 谷口美代子氏, ルストファーム 高澤氏, また超低周波音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) 今西他, 2004: 地震動の観測による雪崩の研究, 雪氷, 66(1), 3-10.
- 2) Schimmel, et al. 2017: Automatic detection of avalanches: evaluation of three different approaches, *Natural Hazards*, 87, 83-102.
- 3) 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.
- 4) 村山他, 2015: インフラサウンド観測による自然災害遠隔監視の試み, 月間地球, 37, 7, 299-308.
- 5) Arai, et al. 2017: Detection of avalanche locations

using infrasound array data. *Bulletin of Glaciological Research*, 35, 1–6.

6) 替地他, 2024 : 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, 北海道の雪氷, No.43, 17-20.

7) Havens, et al. 2014 : Calculating the Velocity of a Fast-Moving Snow Avalanche Using an Infrasound Array. *Geophysical Research Letters*, 41, 6191–6198.