

リモートセンシングに基づく周氷河砂礫斜面の地形変化の空間分布

新潟大学大学院 ○齊藤 桂
 新潟大学理学部 奈良間 千之
 寒地土木研究所 深田 愛理

1. はじめに

飛驒山脈など高山帯の周氷河環境では、凍結融解作用や積雪の影響を受けて地形変化が起こる (French, 2007). このような地形変化の速度と方向は、関与する周氷河プロセスと環境制御要因に応じて、時空間的に変化する (Harris et al., 2009 など). これまで周氷河砂礫斜面では、礫移動量と礫径、傾斜などの地形要素との関係について鉢ヶ岳周辺で研究が行われた (高山地形研究グループ, 1978 など). しかしながら、先行研究で計測された礫移動量は、ペンキライン法を用いて斜面の礫上に引かれた測線の変化から求めたものであり、斜面全体での面的な地形変化は明らかにされていなかった.

本研究では、周氷河砂礫斜面の面的な地形変化の空間分布を明らかにするため、衛星搭載合成開口レーダ (SAR) を用いた InSAR 解析に基づき地表面変動を調べた. InSAR 解析では天候に左右されず広範囲で地表形状の微小な変位を抽出できる.

2. 地域概要

飛驒山脈の白馬連山北部の三国境～鉢ヶ岳稜線西側に広がる周氷河砂礫斜面 (標高約 2,400～2,932 m) を調査地とした (図 1). この地域は国内でも有数の強風・多雪地域である. 周氷河砂礫斜面が広く分布し、既往研究において地形形成プロセスが調査されている. 調査地は、森林限界以上に位置し、ハイマツ群落・草本植生に覆われ、その間に無植生の砂礫地がモザイク状に分布する. 調査斜面の基盤岩は灰白色の流紋岩で、礫径約 5～15cm の表面角礫層に覆われる (高山地形研究グループ, 1978 など).

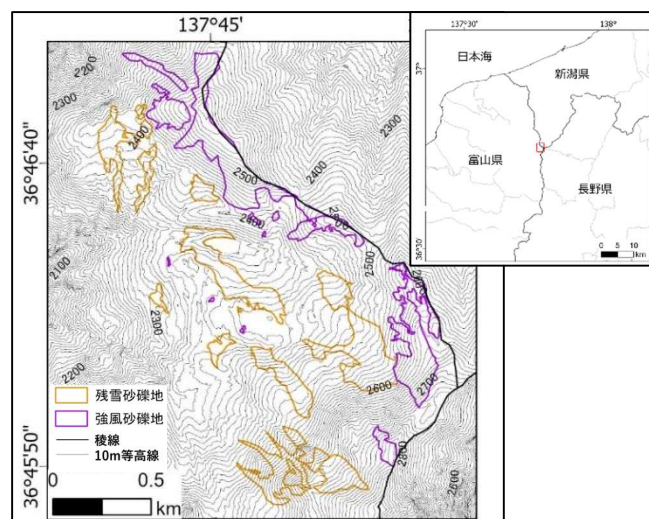


図 1. 地域概要

3. 研究手法

3.1. 地形変化・礫移動の観測

InSAR 解析, タイムラプスカメラによる現地観測により、地形変化や礫移動を観測した. InSAR 解析はマイクロ波の位相差から地表面の変化を検出する技術である (福島, 2011). 本研究では、対象地域の地形変化を把握するため、2017～2023 年の ALOS-2/PALSAR-2 の L-band データを使用し、GAMMA SAR (GAMMA 社) で解析をおこなった. また、タイムラプスカメラを設置して調査地で定点観測を行い、礫移動の様式や発生時期を確認した.

3.2. 地形変化に関わる環境要因

InSAR 解析に基づく地形変化量に与える影響と重要性を調べるため、斜面傾斜、融雪時期、植生被覆、礫径、土壌水分 (TWI) のデータを作成し、環境要因として使用した. また、現地では地温データロガーを深度別に設置し観測した. これらのデータを InSAR 結果に合わせて 10 m 解像度でリサンプリングし、InSAR 結果と環境要因に多変量解析をおこなった.

4. 結果

2020年9月8日と2023年9月5日の2時期でのDInSAR解析結果を図2に示す。LOS (Line of Satellite) 変位量は値の絶対値が大きいほど、衛星から地表面が遠ざかったことを示す。LOS 変位量は斜面勾配や斜面方位によって観測感度が異なるため、LOS sensitivity (Keren Dai, 2022) を算出し、0以上の場所かつ、紫色及び橙色で囲まれた砂礫地における変位量を統計解析に使用した。

LOS 変位量と斜面勾配の関係(図3)では、勾配が大きくなるにつれLOS 変位量の絶対値は増加傾向がみられ約30°で最大値をとった。斜面勾配と変化量の関係は先行研究(急傾斜ほど移動量大の傾向)と一致した。さらに、約35°(安息角)以上の斜面勾配ではLOS 変位量絶対値は減少傾向がみられる。

5. 考察

DInSAR解析の結果、30°以上の傾斜で変化量が小さかった。急傾斜地では細粒物質が堆積せず凍結融解発生水分条件が満たされないため、ソリフラクションが起こりにくいと考えられる。また、5月末までに融雪した強風砂礫地では6月以降に融雪した残雪砂礫地に比べて、LOS 変位量が大きかった。強風砂礫地で発生する凍結融解作用は、残雪砂礫地における融雪水にともなう地形変化に比べて大きな変化量を示すと考えられる。

6. おわりに

リモートセンシングの活用により、現地踏査での実測が困難な30°以上の急傾斜地の地形変化や、融雪時期と砂礫地分布の関係などが明らかになった。

斜面勾配や融雪時期などの環境因子とDInSARでの衛星視線方向の変位量の定量的関係を調べた。傾斜角が大きい場所、融雪時期が早い場所でLOS 変位量が大きくなっており、これらの傾向は先行研究と一致していた。

先行研究で確認されてきた斜面下方への水平方向の礫移動以外の地形変化をSAR衛星データで観測できる可能性がある。

今後はDInSAR解析の誤差を低減し変位量の季節変動を求めるため、InSAR時系列解析に取り組む。

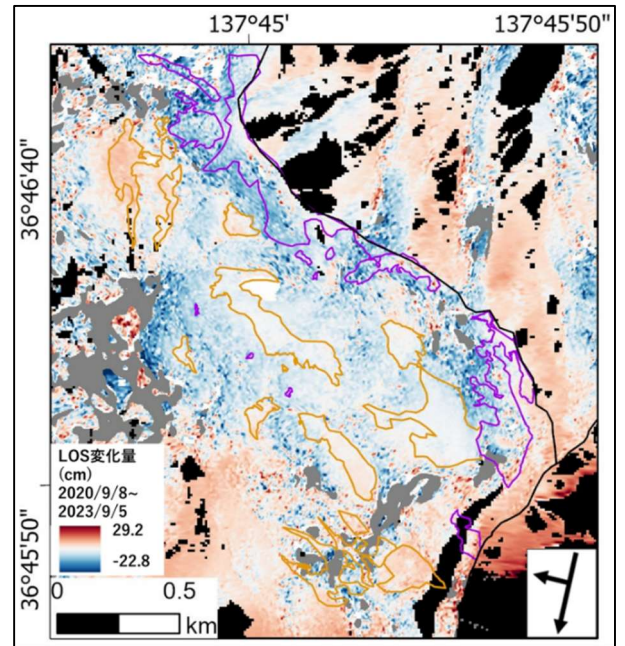


図2. DInSAR解析結果(2020/9/8-2023/9/5)

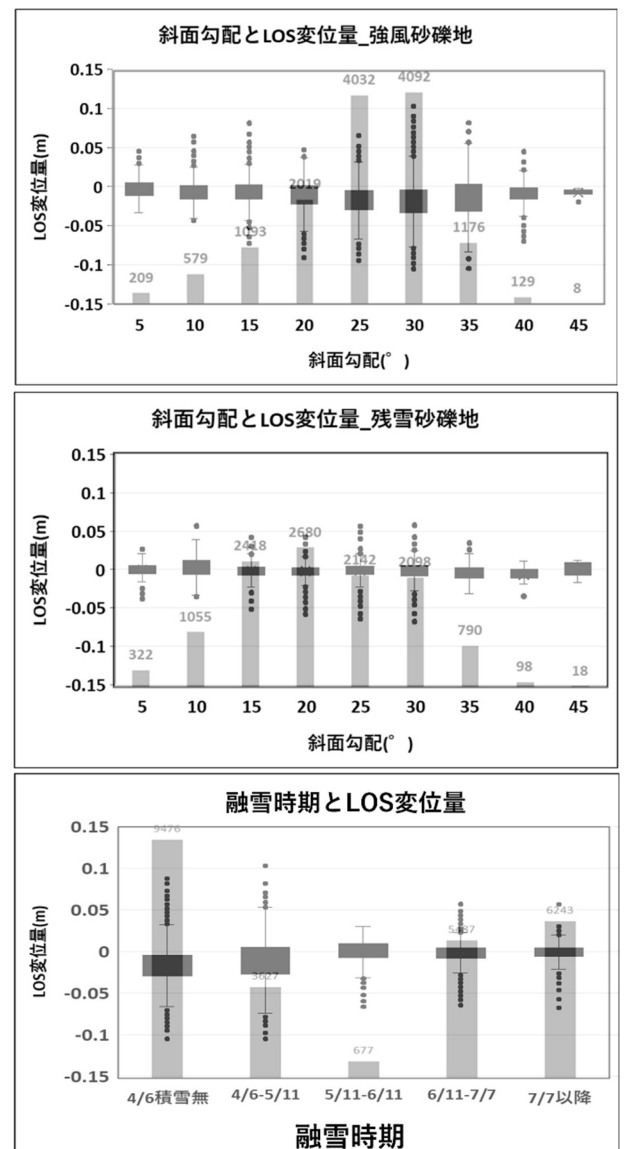


図3. 環境因子とLOS変位量の関係