

地表面変位速度を用いた深層崩壊危険斜面の推定

○北海道大学院農学院 原悠人
北海道大学大学院農学研究院 笠井美青

1. はじめに

深層崩壊は重力変形が進んだ斜面にて発生することから、崩壊の危険が高い斜面を抽出するにあたっては、変形に伴い出現する斜面頭部の緩斜面や線状凹地、脚部の崩壊地などの「前兆地形」の判読や計測がこれまで進められてきた。しかし深層崩壊の多発地域にはこのような前兆地形が至るところに広く存在することから、判読や計測からは、現在崩壊が切迫している斜面を特定するには至っていない。一方近年では、同地域で他時期に渡り航空レーザー測量（LP 測量）が実施される例も増え、Kasai¹⁾は2時期のLP 測量データの解析から、深層崩壊発生直前には顕著な地表面の変位が見られたことを示した。そこで本研究では、崩壊の発生が切迫している斜面ほど地表の変位速度も大きくなると考え、深層崩壊が多発する奈良県十津川流域内における重力変形の進行程度が異なる4斜面を対象に、2時期のLP 測量データを用いてPIV 解析を実施した。そして得られた斜面各箇所の地表面変位速度から、崩壊の切迫さを示す指標を提案した。

2. 解析対象斜面

解析対象斜面は、2011年豪雨による深層崩壊跡（赤谷東）（面積 31.7 ha, 比高 500 m）、前兆地形が見られる2斜面A（面積 6.1 ha, 比高 280 m）及びB（面積 6.9 ha, 比高 370 m）、2011年の深層崩壊発生直前の斜面（長殿）（面積 10 ha, 比高 450 m）である（図1）。2020年に実施された空中電磁探査からは、赤谷東及び斜面Aにおいて、ゆるみ域の存在は確認されていない²⁾。一方で斜面Bではゆるみ域の存在が明瞭に示され、ボーリング調査においても破碎層が認められている³⁾。

3. 研究方法

PIV 解析には、Thielicke⁴⁾による地形の分布パターンの類似性の認識に基づくプログラムを用いた。ここで地形については、赤谷東と斜面A及び斜面Bにおいては2013年及び2017年、長殿斜面は2006年及び2010年に取得されたLP 計測データを用いて、微地形の分布を強調した各年のラプラシアン図を作成した。なお、2006年のLP 計測データでは長殿斜面の一部が欠損している。プログラムから得られた斜面内の各箇所の地表面変位量は、LP 計測間の期間（4年）で除することにより年変位速度を求めた。そして各斜面を対象に、変位 0.01 m/year ごとに累積相対度数曲線を描いた。この曲線下の面積を崩壊の切迫さを示す指標として提案する。

4. 結果と考察

図1に4斜面での地表面変位を表すベクトル図を示す。地表面変位速度の高い箇所は、赤谷東斜面では局所的に散在し、斜面Aでは斜面下部の滑落崖付近や広い尾根付近で見られた。一方斜面Bでは、Aよりも地表面変位速度が速い箇所が広がり、重力変形の進行を示唆する。しかし深層崩壊発生直前の長殿斜面では、斜面Bよりもかなり高い速度で地表が変位していたことが分かる。2011年豪雨時に斜面A及びBが崩壊に至らなかった理由は、崩壊に至るまでの状態に重力変形が進行していなかったことに帰するとも考えられる。また図2では、斜面の重力変形に伴い曲線が右に移動し、曲線下の面積はそれぞれ、長殿斜面が0.32、斜面Bは0.15、斜面Aは0.07、赤谷東は0.04であった。これらの値より、豪雨時に深層崩壊が発生する面積の閾値は、0.15から0.32の間に位置すると考えられた。ただし今回の解析においては、長殿では崩壊した全域が対象になっておらず、また解析に使用したLP 測量に関するエラーも考慮されていない。PIV 解析においても、地表が地形の分布パターンを保持できないほど大きく変動した際には、ベクトルを求めることができない。従って上述の面積の値は現時点では目安として示すことになる。豪雨の際に崩壊が発生する可能性が極めて高いことを示唆する面積の閾値を特定するためには、深層崩壊が多発する各地におけるLP 計測データを収集し、同様の解析を現地観測とともに続けていく必

要がある．また崩壊の切迫さを推定するにあたっては，図 2 において時間スケールを加えることが望ましいので，今後は崩壊履歴に関するデータの収集も進めていく予定である．

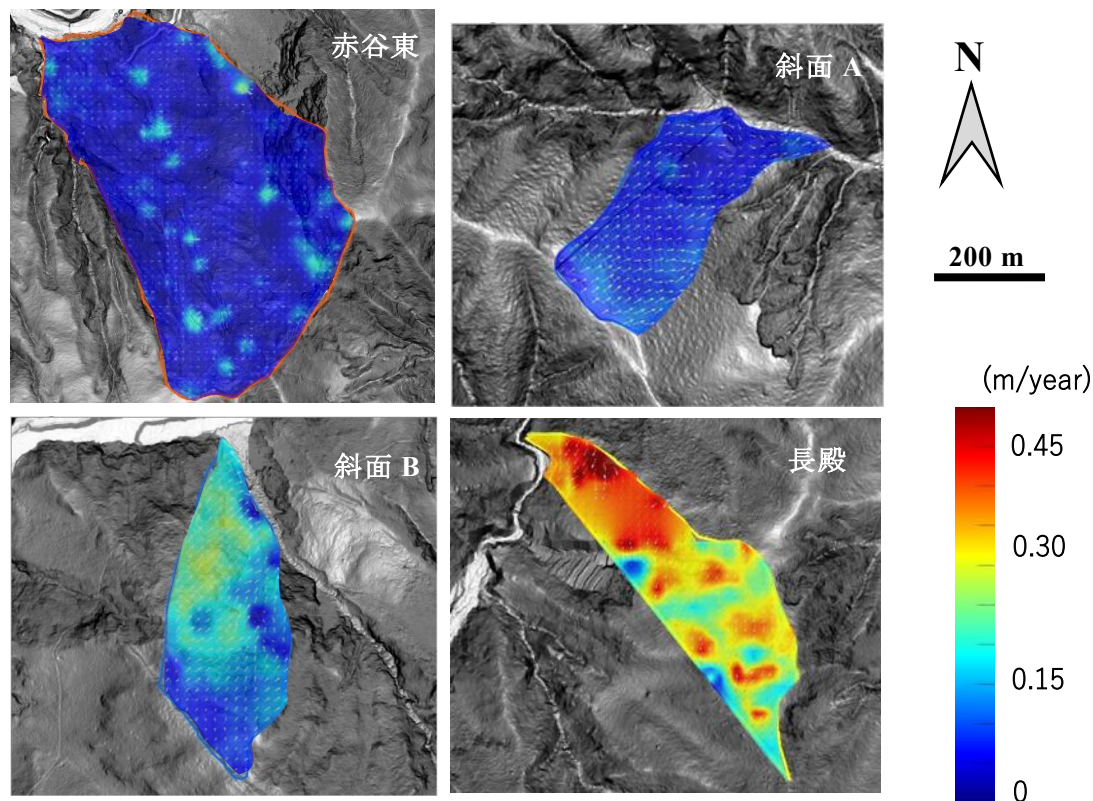


図 1 ベクトル図

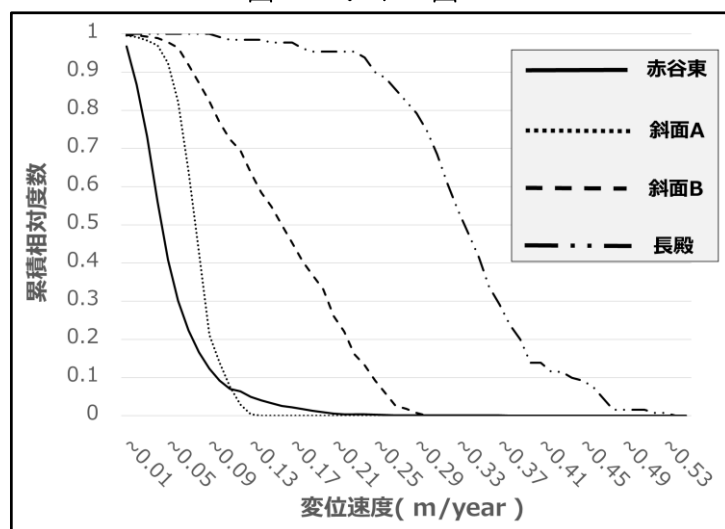


図 2 地表面変位速度の累積相対度数曲線

謝辞 本研究で使用した LP 計測データ及び空中電磁探査データは近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センターにご提供頂いた．感謝を申し上げます．

引用文献

- 1) Kasai M. (2021): Can Repeat LiDAR Surveys Locate Future Massive Landslides?. In: Guzzetti F. et al, (eds) Understanding and Reducing Landslide Disaster Risk. WLF 2020. ICL Contribution to Landslide Disaster Risk Reduction. Springer, Cham.
- 2) 国土交通省近畿地方整備局(2020): 深層崩壊ならびに重力変形斜面における空中電磁探査解析業務報告書
- 3) 田中ら(2017): 空中電磁探査による比抵抗の分布に着目した深層崩壊危険斜面の抽出技術の開発．河川技術論文集 23, 335-440.
- 4) Thielicke (2021) : <https://jp.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/27659-pivlab-particle-image-velocimetry-piv-tool-with-gui?tab=discussions>