

多時期の航空レーザー測量データを用いた不安定斜面の 3 次元変位量の検討 —早川流域アレ沢崩壊地の例—

○西井稜子・石井靖雄・森永高行（土木研究所）
守谷武史・光永健男・安齋徳夫（富士川砂防事務所）
佐藤匠・加藤容子・本間信一（国際航業株式会社）

1. はじめに

近年、航空レーザー（LP）測量が普及し、場所によっては複数時期の LP データが蓄積されつつある。複数時期の LP データは、土砂移動の活発な斜面において、経時的な地形変化を把握するために積極的に使用されている。しかし、多くの場合、標高データの差分値を用いた地形変化（侵食・堆積）に関する研究がおこなわれており、斜面の移動方向（変位ベクトル）に関する解析は少ない。変位ベクトルの把握は、変動斜面の範囲の特定だけでなく、斜面変形プロセスの理解向上にもつながる。本研究では、多時期の LP データを用いて、不安定斜面の 3 次元変位量を算出し、変動範囲の推定を試みた結果について報告する。

2. 調査地

対象地は、富士川水系早川流域アレ沢源頭部に位置するアレ沢崩壊地である。南アルプス主稜線の東斜面、標高約 3075 m に崩壊地頂部をもつアレ沢崩壊地は、比高 400 m、幅 600 m、平均傾斜 45°の特徴を示す。周辺斜面には、重力性変形地形（線状凹地）が数多く分布しており、一帯の地質は白亜紀四万十帯の砂岩頁岩互層からなる。アレ沢崩壊地の一部では、2004 年 5 月 11 日に 50～100 万 m³の岩盤崩壊が発生しており（Nishii et al., 2013）、その後の現地測量データから崩壊地頂部は年間 70 cm 程で動いていることが明らかになっている（Nishii and Matsuoka, 2012）。また、測量データを基に、崩壊地周縁部（滑落崖）より上方斜面についての変動領域は推定されているが、崩壊地周縁部より下方斜面（崩壊地内部）の動きについては、現地測量データがないため不明である。

3. 調査方法

表 1 に示した 3 時期の LP データを用いて、PIV（Particle Imaging Velocimetry）法による画像マッチングから撮影期間毎の水平・鉛直成分の変位量を算

表 1 使用した LP データ

計測日	グリッドサイズ
2006 年 9 月 20 日	2 m
2009 年 10 月 18 日	1 m
2012 年 7 月 26 日	1 m

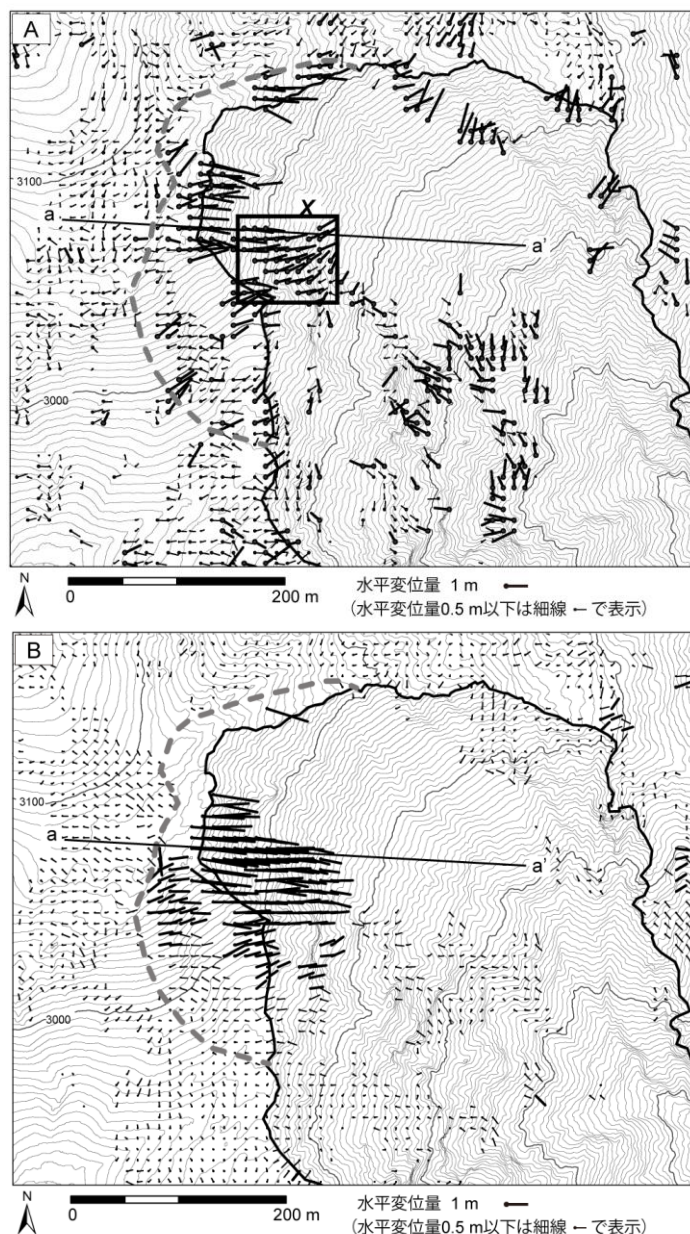


図 1 PIV 解析による水平変位量

（A：2006 年～2009 年，B：2009 年～2012 年）

太破線：現地測量データから推定される変動・不動斜面の境界（推定境界）。a-a'：測線 A。変位ベクトルは検索領域の中心点（10 m 間隔）に図示。

出した。画像マッチングは、航空レーザー測量データから算出した地表面形状の追跡をおこない、期間毎の 3 次元地表変位を計測する方法である (Mukoyama, 2010 ; 品川ほか, 2013)。1 画素 $1\text{m} \times 1\text{m}$ のグレースケールで示した傾斜量図を作成し、 $64\text{ pixel} \times 64\text{ pixel}$ の検索領域内において、直交座標軸方向に 50%ずつ重ねて移動しながら、傾斜の濃淡に現れる地形特徴について 2 時期間の位置ずれを検出し、領域内の平均的な移動量を算出した。

4. アレ沢崩壊地の水平・鉛直変位量

図 1 に、2006 年～2009 年および 2009 年～2012 年の水平変位量を示す。解析結果は、地表面形状の追跡エラーや DEM の品質の違いによる誤解析などの影響と受けたと考えられるベクトルは除いて示している。そのため、堆積・侵食が活発と考えられる崩壊地内部の崖錐周辺などは、地表面形状の追跡エラーのため、ベクトルの空白領域となっている。2006 年～2009 年の水平変位量は、崩壊地周縁部では 0.5 m 以上の値を示す(図 1 A)。一方、崩壊地から離れるほど変位量は小さくなる傾向が認められる。また、変位量が 0.5 m 以上の値を示す場所の多くは、現地測量データから推定されている変動・不動領域の境界(図 1 の太破線：以後、推定境界とよぶ)より崩壊地側の斜面に分布する。推定境界より崩壊地側の変位ベクトルに着目すると、変位ベクトルは斜面の最大傾斜方向と必ずしも一致しない。傾向として、崩壊地周縁部では、東北東～東(崩壊地)方向の変位を示す。一方、崩壊地内部では、標高の低下とともに、変位方向が東から北東方向に向かって緩やかに変化する特徴が認められる(図 1 A の範囲 X)。また、範囲 X より下方斜面では、変位ベクトルは最大傾斜方向と逆向きの西～北西方向を示す。2009 年～2012 年の 0.5 m 以上の値を示す水平変位は、2006 年～2009 年と同様に、推定境界より崩壊地側で生じている(図 1 B)。水平変位ベクトルは、大局的には東方向を示す。

図 2 A は、崩壊地頂部付近の変位ベクトルに対して、ほぼ平行になるように引いた測線 A 沿いの水平・鉛直合成成分の変位量を示す。標高 3030 m 付近を境界に、それより斜面上部では、変位が 40° 以上の高角度で生じるのに対し、斜面下部では約 40° 以下の低角度の変位を示す。また、年平均水平変位速度は、標高 3030 m 付近を境界に、斜面下部に向かって低下する(図 2 B)。また、推定境界より下部斜面において、2009 年～2012 年の平均水平変位速度は、2006 年～2009 年の約 1.5 倍の値であり、加速傾向を示す。

5. 変動斜面の推定

PIV 解析から算出された水平変位量 0.5 m 以上を示す斜面は、現地測量データから推定されている変動斜面とほぼ対応することが明らかになった。ただし、現地測量では変位が確認されていない領域(推定境界の外側)においても、小さいながら変位ベクトルは算出されているため、そのような小さい変位は誤差の可能性が考えられる。これまで現地測量データが欠如していたため、崩壊地内部の動きが不明であったが、PIV 解析結果から、変動範囲は、推定境界から標高 2930 m 付近までの斜面と推定された。測線 A 沿いの斜面の動きは、推定境界から標高約 3000 m までの区間は変位速度が約 0.5 m/yr (2006 年～2009 年) の値を示すのに対し、標高約 3000 m 以下では急激に変位速度が低下する。したがって、標高 3000 m 付近より下方斜面は、圧縮領域と考えられる。

参考文献 Mukoyama S. (2010) *Journal of Mountain Science* 8, 239–245., Nishii R., Matsuoka N. (2012) *Earth Surface Processes and Landforms* 37, 1641–1650., Nishii R., Matsuoka N., Daimaru H., Yasuda M. (2013) *Landslides* 10, 75–82., 品川俊介・阿南修司・佐々木靖人・向山 栄・本間信一・小林容子 (2013) 応用地質 53, 271–281.

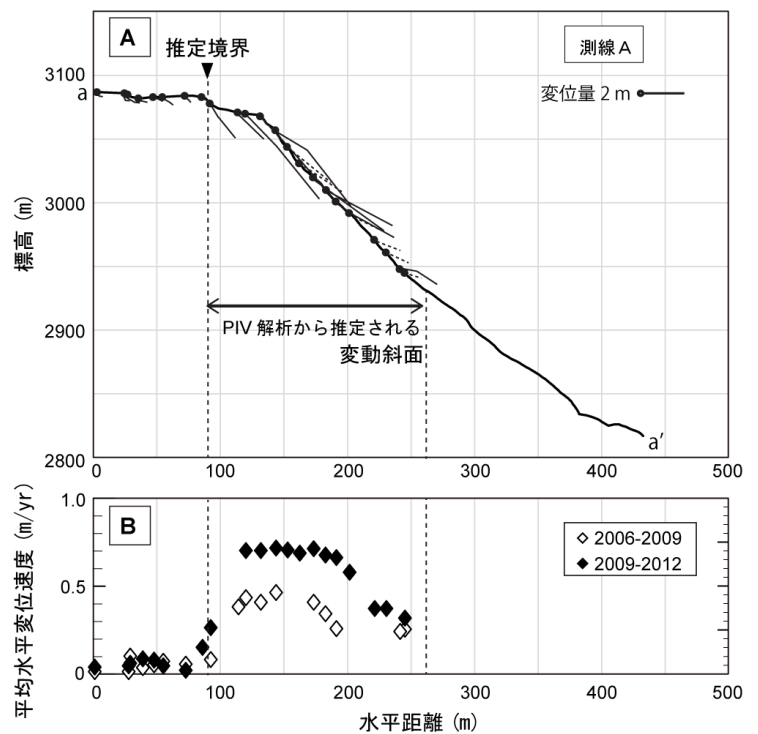


図 2 測線 A 沿いの変位ベクトル (A) および平均水平変位速度 (B) : 実線の変位量 : 2 時期のデータ。破線の変位量 : 1 時期のみのデータ。