

高瀬地すべりにおける 多時期点群データを用いた地盤変位抽出

1180098 田辺 華菜

高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻

航空測量と UAV を用いて取得した三次元点群データから地盤の変位抽出を試みた。航空測量はレーザーキャナにより地上の標高や形状を計測することができ、ドローンは機体に搭載したカメラにより撮影した写真からオルソ画像や三次元点群データを取得可能である。本研究は、地すべり地域全体の三次元点群データから、地盤の動きを面的に捉えることを目的とする。航空測量のデータを用いた結果は、2m を超える大規模な地表面の変化を確認することはできたが、地すべりの変位量を抽出するに至らなかった。そこで、点群密度 1000 点/m² 以上の高分解能のドローンのデータを用いて、精密な幾何変換を行い局所的な変位の抽出を試みたところ約 3cm の変化を捉えることができた。詳細な変位量を抽出するには、幾何補正の精度が大きく関係すると考えた。今後は、空間的に均質な高精度三次元モデル作成の手法が必要である。

Key Words: 地すべり, 三次元点群データ, 幾何変換

1. はじめに

地すべりは、地形や地質、地下水などが要因で発生する自然災害のひとつである。本研究室ではこれまでに、高知県吾川郡仁淀川町長者地区において地すべりによる地形の変位を抽出することに成功している。杉山は地上型 LiDAR を用いて人工物の変位抽出を行なった¹⁾。しかし、地すべり末端部の局所的な計測しかされておらず、広範囲に渡る地盤の動きを面的に捉えるには至っていない。

本研究の対象地域である、高知県吾川郡仁淀川町高瀬地区も地すべりの活動が活発な地域であり、平成 16 年度から農林水産省により地すべり対策事業が進められてきた (図-1)。



図-1 高瀬地区位置図

高瀬地区では、A から D までの地すべりブロックの存在が確認されているが、D ブロックは排水トンネル

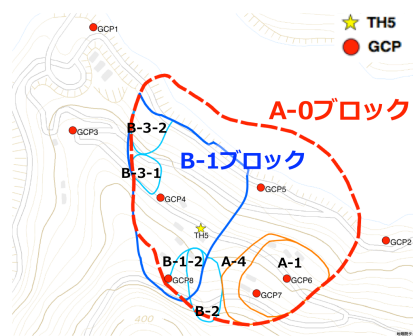


図-2 高瀬地区地すべりブロック図

工等の対策により計画安全率を満たしている」と評価された。本研究にて注視したのは、A、B 両ブロックを包括する大規模地すべりブロック A-0 ブロックである (図-2)。A-0 ブロックは隣接する大渡ダムの貯水位低下と密接に連動していることが明らかとなっており、現在も約 10mm/年の変位が報告されている²⁾。しかし、構造物および地形の目視確認や一時期の航空測量のみでは顕著な変位箇所の確認が難しい。

そこで、広範囲の三次元点群データが取得可能な航空測量と UAV ならば、地盤の動きを捉えることが可能ではないかと考えた。航空測量は、航空機にレーザスキャナを搭載し、地上から反射するレーザ光の時間差より地上の標高や形状を調べることができる。一方、UAV は固定翼または回転翼からなる無人航空機のことを指し、機体にカメラを搭載し撮影した画像から、広範囲のオルソ画像と三次元点群データを取得することができる。本研究では、航空測量と UAV から取得した多時期点群データを用いて、地すべり地域の地盤の動きを面的に捉えることを目的とする。

2. 既存航空測量データを用いた変位抽出

(1) 使用データ

高瀬地区では 2003 年にアジア航測、2009 年に国土地理院により航空測量が実施されている。これら 2 種類のデータを農林水産省から提供していただいた。2003 年データはランダムな点群データである。2009 年データは地上構造物が除去されていたため変位抽出には不適と判断した。UAV で取得したデータは 2017 年 3 月に本研究室によるものである。3 月データは等間隔の点群データである。変位抽出に使用したデータの概要を表-1 に示す。


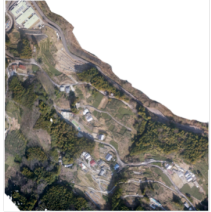
データ取得日	2003年	2017年3月10日
オルソ画像		
点群密度 (点/m ²)	1	11

表-1 使用データの概要

既存航空測量データの変位抽出にあたって、2003 年より A-0 ブロック内に設置されている GPS 観測点 TH5 の累積移動量を考慮した(表-2)。つまり、2003 年と比較するために 2017 年のデータは TH5 の GPS 観測値に合致するように、点群データを平行移動させた。

表-2 TH5 の累積移動量

取得年月日	軸方向の累積移動量(m)			移動平均 (m)
	x	y	z	
2003.10.7	0	0	0	0
2017.3.10	0.069	0.123	0.139	0.139

(2) 変位抽出の手法

本研究は杉山²⁾が構築した手法を参考に、変位抽出を行う。点群データをグリッド分割し、グリッド内に存在する点群の座標平均値を算出する。2 時期間の座標平均値の差分を計算することで、変位の抽出を行なった。算出イメージを図-3 に示す。なお、既存航空測量データを用いた変位抽出ではグリッドサイズ 2m とした。

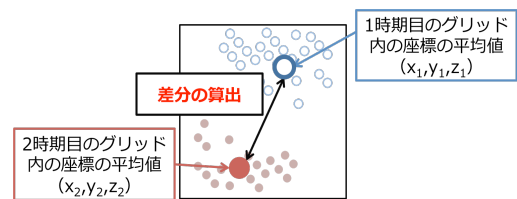


図-3 グリッド差分の算出イメージ

(3) 変位抽出の結果

変位抽出の結果を図-4 に示す。

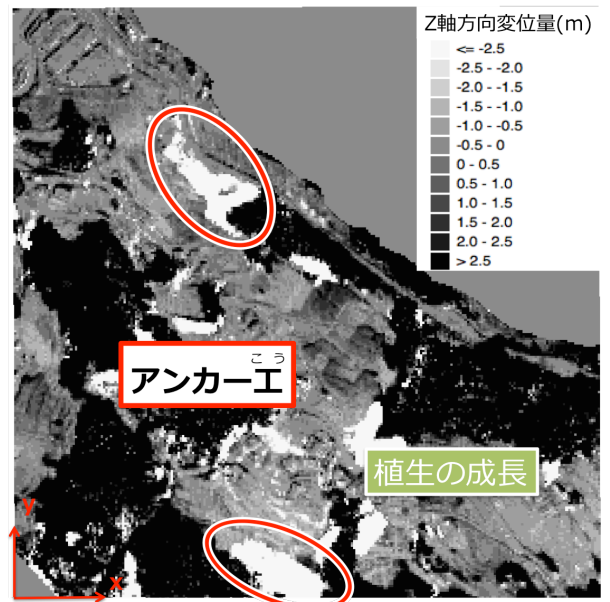


図-4 既存航空測量データとの Z 軸方向の差分画像

植物の成長や、アンカー工を行なった 2m を超える部分の大規模な地形的変化は確認できるが、地盤全体の動きを確認することは困難であった。点群密度に大きな差があり、グ

リッドサイズを 2m に設定せざるを得なかったことが大きな要因である。

3. ドローンを用いた変位抽出の実験

(1) ドローンでのデータの取得

既存航空測量のデータの点群密度が 10cm を超える箇所もあり、対象地域全体での詳細な変位抽出は困難とみられた。よって、2017 年 8 月と 11 月にドローン(回転翼型 UAV)を用いて対象地域の撮影を再度行い、変位抽出を試みた。変位抽出までのフローを図-5、取得データの概要を表-3、8 月の基準点に用いた幾何補正の RMSE を表-4 に示す。

表-4 の結果より、Z 軸方向であればミリ精度の変位抽出が可能と評価した。

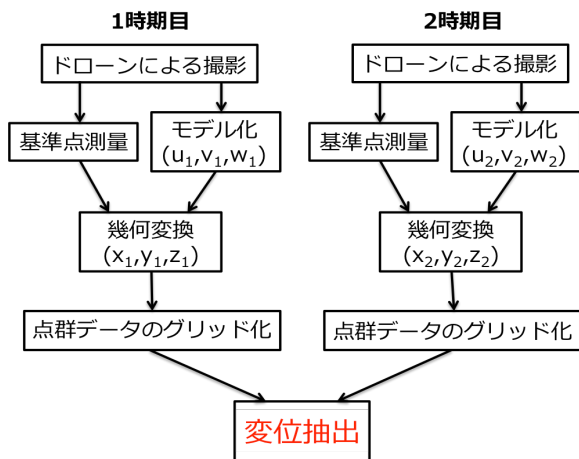


図-5 変位抽出までのフロー

表-3 ドローン取得データの概要

データ取得日	2017年8月9日	2017年11月6日
オルソ画像		
点群密度 (点/m ²)	1008	3013

表-4 8 月取得データの精度表

	GCP番号	軸まわりの残差(m)		
		x	y	z
8月データ	GCP4	0.090	0.080	-0.005
	GCP5	-0.101	-0.090	0.005
	GCP6	0.178	0.158	-0.009
	GCP7	-0.125	-0.111	0.006
	GCP8	-0.042	-0.037	0.002
	RMSE	0.116	0.103	0.006

なお今回、11 月データは幾何補正に使用できた基準点が 4 点のみであったため精度算出不能であった。

(2) 局所的な変位抽出

11 月の撮影時にデータ取得エリア内に模擬的に地形改変させる為の資材を設置し、8 月データとの差分で変位が抽出可能かどうかの実験を行なった(図-6)。資材は図-6 の左から順に、CASE-1, CASE-2, CASE-3 とし、板厚は 5mm, 12mm, 50mm である。11 月データは撮影された基準点数が少なく、精度が分からないため、資材のまわりに存在するアンカーのキャップを基準点とし、精密な幾何変換を行うことで変位抽出を図った。RMSE を表-5 に示す。



図-6 地形改変用資材設置状況

表-5 基準点まわりの RMSE

	軸まわりのRMSE(m)		
	x	y	z
RMSE	0.035	0.060	0.020

8 月と 11 月のデータは点群密度が高いためグリッドサイズを 10cm に設定し、前述の手法を用いて変位抽出を行なった。結果を図-7 に示す。

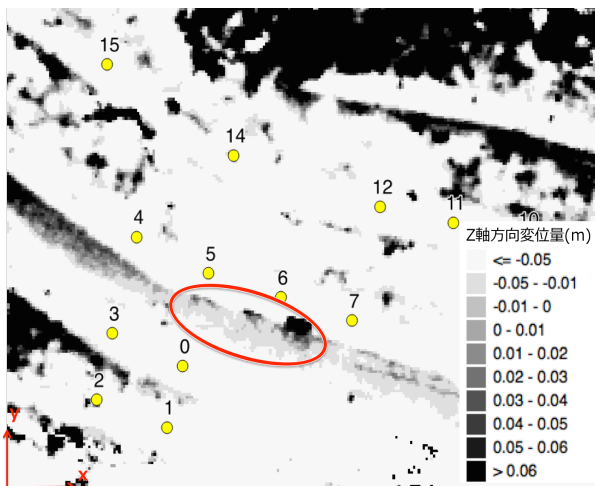


図-7 Z軸差分画像

実験結果は CASE-1 はほぼ検出不可, CASE-2 は部分的に約 10mm の板厚検出, CASE-3 は約 30mm の板厚検出であった. このことより局所的であれば, 精密な幾何補正を行うことで変位が抽出可能であることがわかった.

4. 測線を用いた伸縮量の計測

精密な幾何変換を行わずとも 11 月の幾何補正の精度は 3. (1) で得られたもので十分だったのか, 2 点間の測線を用いて, A-0 ブロック境界線をまたぐ変位抽出を試みた(図-8). 測線を図-9, 伸縮量の結果を表-6 に示す.



図-8 測線の抽出範囲

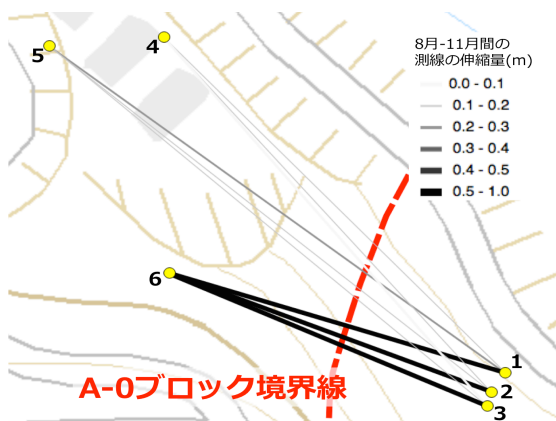


図-9 2点間の測線

表-6 伸縮量結果

測点-測点	測線の長さ (m)		
	3月	8月	11月
1-4	150.044	150.375	150.561
1-5	173.504	173.698	173.915
1-6	111.007	112.289	113.004
2-4	152.108	152.355	152.457
2-5	174.383	174.526	174.677
2-6	108.471	109.805	110.432
3-4	154.785	155.029	155.119
3-5	176.427	176.543	176.676
3-6	108.366	109.542	110.095

2 測線間の伸縮量の結果は, 0.5 m を超えるものもあり, やはり幾何補正に問題があると考えられる.

5. 考察

点群密度 1 点/ m^2 の航空測量データと 11 点/ m^2 の UAV 取得データより, 2m を超えるような大規模な地形の変化であれば確認することができた. また, ドローンを用いて取得した 1000 点/ m^2 の高密度三次元点群データより, 局所的であれば地盤の変位抽出を行うことに成功した. しかし, 対象地域全域において, ミリ精度での正確な変位量を算出することは困難であった. これは幾何補正の精度に起因していると考えられる. 得られた点群データの領域において, 点群データ量が空間的に均質なモデル作成の手法が必要と考えられる. また, モデル生成の精度を高めることによりグリッドでの変位の抽出のみでなく, 2 点間の測線により異なる地すべりブロックでの動きの検出も期待される.

謝辞: 本研究は, 高瀬地すべり保全事業における計測データを利用した. 農林水産省高瀬農地保全事業所および株式会社 三祐コンサルタンツに深謝の意を表す.

参考文献

- 1) 杉山健太: ボクセルモデルを用いた地すべり変位抽出, 高知工科大学 2015 年度修士論文
- 2) 平成 28 年度 高瀬農地保全事業地すべり対策技術検討委託業務報告書: 一般財団法人 日本水土総合研究所
- 3) 高木方隆: 国土を測る技術の基礎, pp. 92, 2012
- 4) 国土地理院: 標準地図