

UAV写真測量及びUAVレーザ計測を用いた土石流数値シミュレーションのための数値地形モデル作成の有効性検証

元木 健太・島田 徹 (国際航業株式会社)

1. はじめに

近年、UAVの普及は著しく、測量分野に限らず様々な分野において計測精度の検証が行われてきた。しかし、農村集落や市街地におけるUAV飛行には、航空法の制約や地域の理解が必要なことから実施事例が限定されている。農村集落や市街地での地域防災対策を検討するうえで、土石流の到達範囲をシミュレーションすることが必要となり、その精度は数値地形モデルの標高と傾斜に依存する。

本報告は亀岡市千歳町(図1)の全面的な協



図1 調査対象地域全景

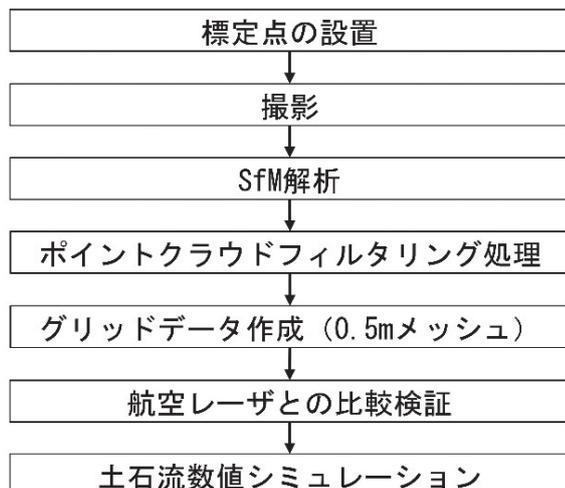


図2 検証フロー (UAV写真測量)

力のもと、実フィールドにおいて航空レーザ計測による地形モデルを真値として、UAV写真測量及びUAVレーザ計測によるDEM作成精度の検証を行い、その有効性について報告する。

2. 目的

本検証の目的は、地域防災対策が必要とされる農村集落や市街地で、UAV写真測量とレーザ計測を行い、DEM及び家屋を含むDEMを整備し、その精度と土石流数値シミュレーションへの有効性検証を行うことである。

3. DEMの精度検証及び土石流数値シミュレーションに用いるDEMの作成手法

3.1 検証フロー

UAV写真測量及びUAVレーザ計測をもちいた土石流数値シミュレーションの検証を、以下の手順で実施した(図2、図3)。

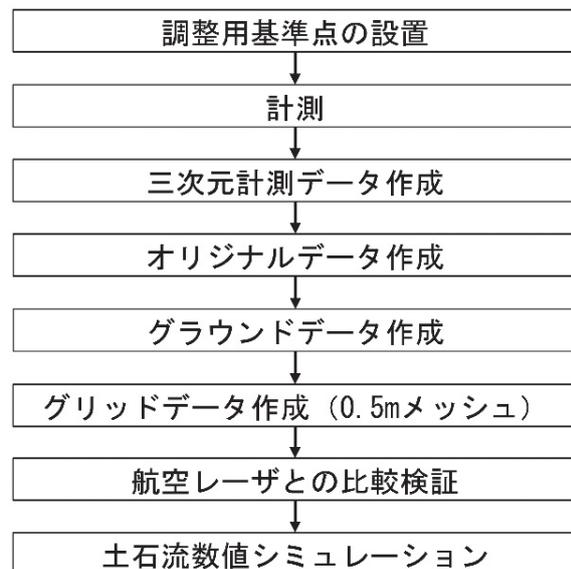


図3 検証フロー (UAVレーザ計測)

3.2 UAV写真測量及びUAVレーザ計測

UAV写真測量で使用した機器仕様、撮影諸元及び撮影対象範囲を表1及び図4、UAVレーザ計測で使用した機器仕様、計測諸元及び計測対象範囲を表2及び図5に示す。

それぞれの撮影及び計測対象範囲については、UAV写真測量は全域を対象とし、UAVレーザ計測は時間の制約があったため、UAV写真測量の約半分の範囲を対象として撮影及び計測を実施した。

表1 機器仕様及び撮影諸元

使用機器の外観	
項目	内容
機体	α-UAV (amuse oneself社)
デジタルカメラ	DMC-GX7 (Panasonic社)
地上画素寸法	4cm
撮影コース	22コース ※5フライトに分割
ラップ率	OL: 85% SL: 65%
撮影高度	140m
飛行速度	8m/秒
シャッター間隔	2秒



図4 撮影対象範囲及び撮影計画

3.2 標定点(対空標識)の設置

UAV写真測量用に標定点を14点、UAVレーザ計測用に水平位置及び標高用の調整用基準点を11点設置し、コース間調整に使用した。標定点及び調整用基準点の測量は、ネットワーク型RTK法を用いた。

3.3 UAV写真測量及びレーザ計測でのDEMの作成

UAV写真測量ではSfMソフトを用いてポイン

表2 機器仕様及び計測諸元

使用機器の外観	
項目	内容
機体	enRoute CH940 (enRoute社)
レーザスキャナ	YellowScansurveyor (YellowScan社)
デジタルカメラ	α6000 (SONY社)
計測コース	9コース
ラップ率	60%
撮影高度	70m
レーザ発光回数	30万回/秒 ※スキャンライン16本
計測点密度	65点/m ²



図5 計測対象範囲及び計測計画

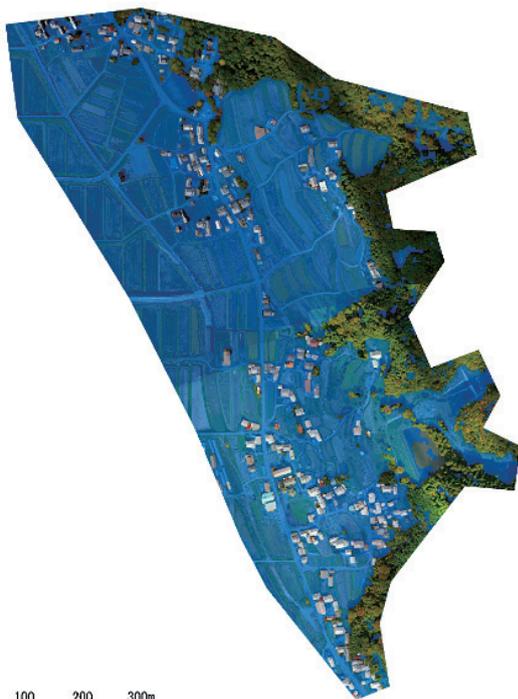


図6 グラウンドデータ
※UAV写真測量で整備(青で表示)

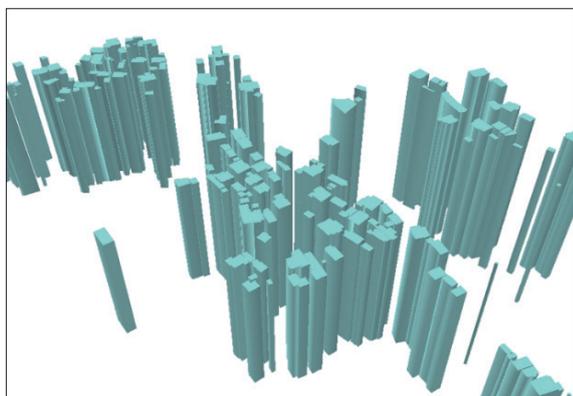


図7 三次元家屋データ

トクラウドの作成を行い、建物及び樹木等のフィルタリング処理を実施したグラウンドデータを作成した(図6)。

また、家屋を考慮したDEMを作成するために作成したオルソフォトをもとに家屋のオルソマップデジタイズを行い、家屋にポイントクラウドの高さを付与し(図7)、地形と家屋で構成されたDEM(図8)も作成した。

UAVレーザ計測で取得した3次元点群データをもとにコース間調整及び樹木等を除去(フィルタリング処理)し、グラウンドデータを作成

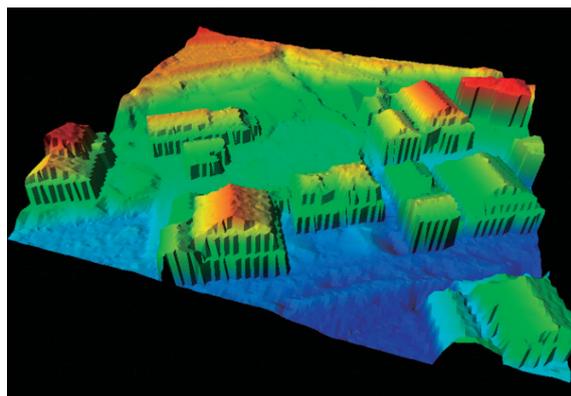


図8 DEMデータ(地形及び家屋統合)



図9 グラウンドデータ
※UAVレーザ計測で整備(赤で表示)

した(図9)。

なお、撮影及び計測対象範囲でデータが取得できなかった箇所は、既存の航空レーザ成果を用いてDEMデータを補完した(図10、図11)。

4. 検証結果と考察

4.1 検証結果(標準偏差)

既測の航空レーザのDEM(グラウンドデータ)を真値とし、UAV写真測量及びUAVレーザ計測で作成したDEM(グラウンドデータ)との比較を行った。比較は、5mメッシュ内にあるグラ

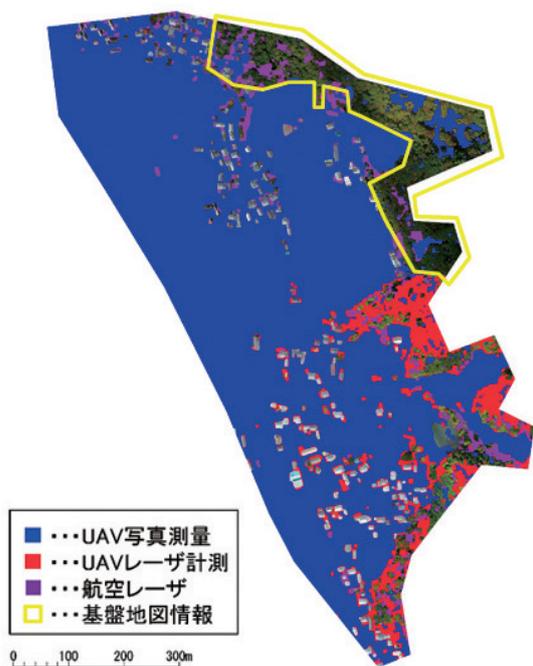


図10 使用したDEMの分布

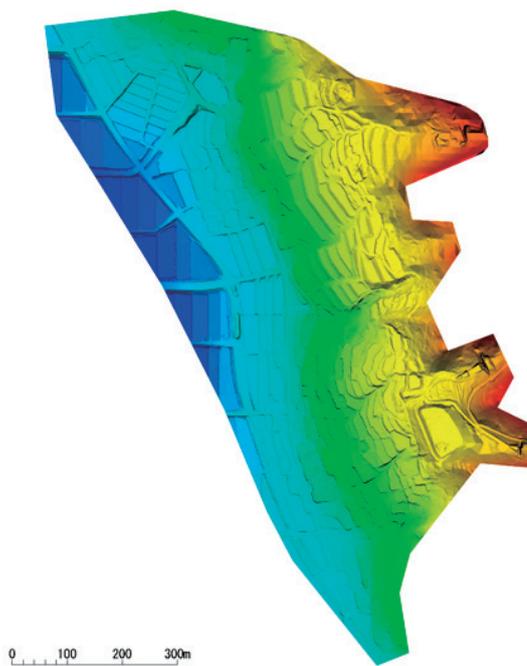


図11 DEMデータ(統合後)

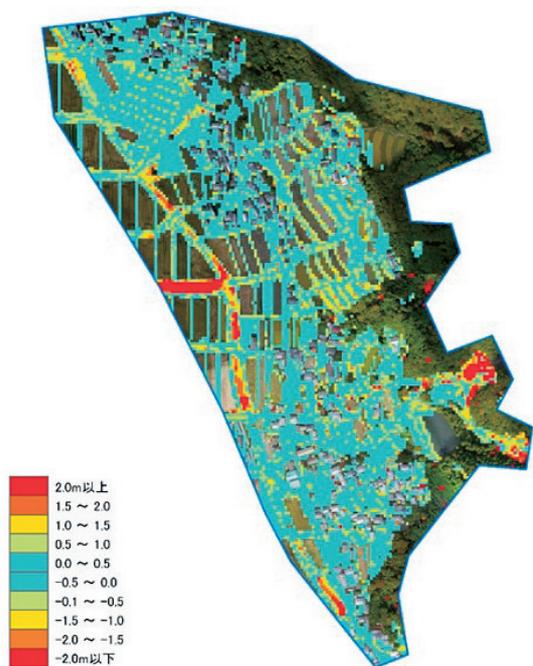


図12 既測の成果との標準偏差 (UAV写真測量)

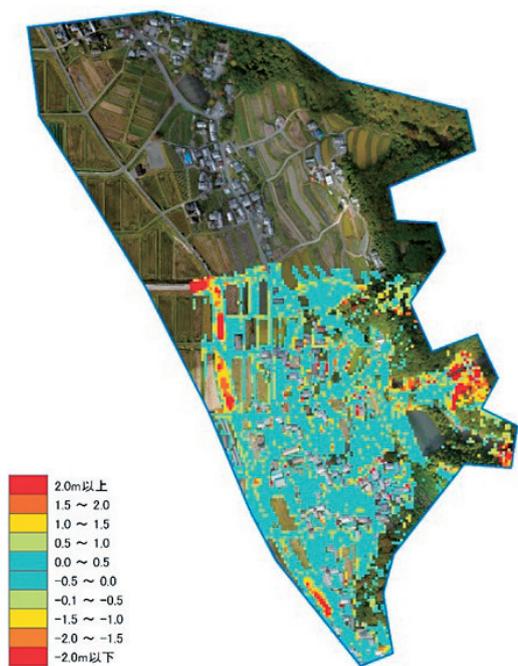


図13 既測の成果との標準偏差 (UAVレーザー計測)

ウンドデータ同士を比較しその較差を算出した(図12、図13)。

赤色の箇所は2m以上の較差が生じている箇所の詳細を確認した結果、航空レーザー成果の計測時点からの経年変化による較差であることがわかった。このような経年変化を計算から省

き、再度、それぞれの標準偏差を算出した結果、UAV写真測量が0.396m、UAVレーザー計測が0.390mという結果になった。どちらも約0.400m程度の標準偏差のため、航空レーザーの計測精度が標準偏差0.300mあることから、妥当な結果が得られたと考えられる。

4.2 検証結果 (断面比較)

既測の航空レーザで整備されているDEMを真値とし、UAV写真測量及びUAVレーザ計測で作成したDEMとの断面を目視により比較した(図14、図15)。なお、比較に用いたDEMは、各撮影及び計測で整備したオリジナルデータとグラウンドデータとした。



図14 断面位置図

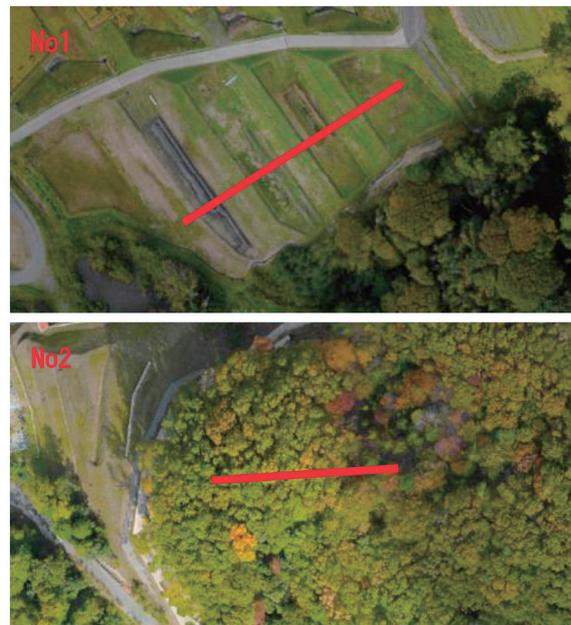


図15 断面位置図(拡大)

断面側線の選定基準は、異なる地形条件ごとに設定し、比較を実施した。

No1の断面については、UAV写真測量、UAVレーザ計測、航空レーザの断面形状がほとんど一致しており、階段状の畑地形が裸地であることから、オリジナルデータ及びグラウンドデータもほとんど差がない結果となった(図16)。

No2の断面は、UAV写真測量のオリジナルデータは画像マッチング法によりデータを作成し

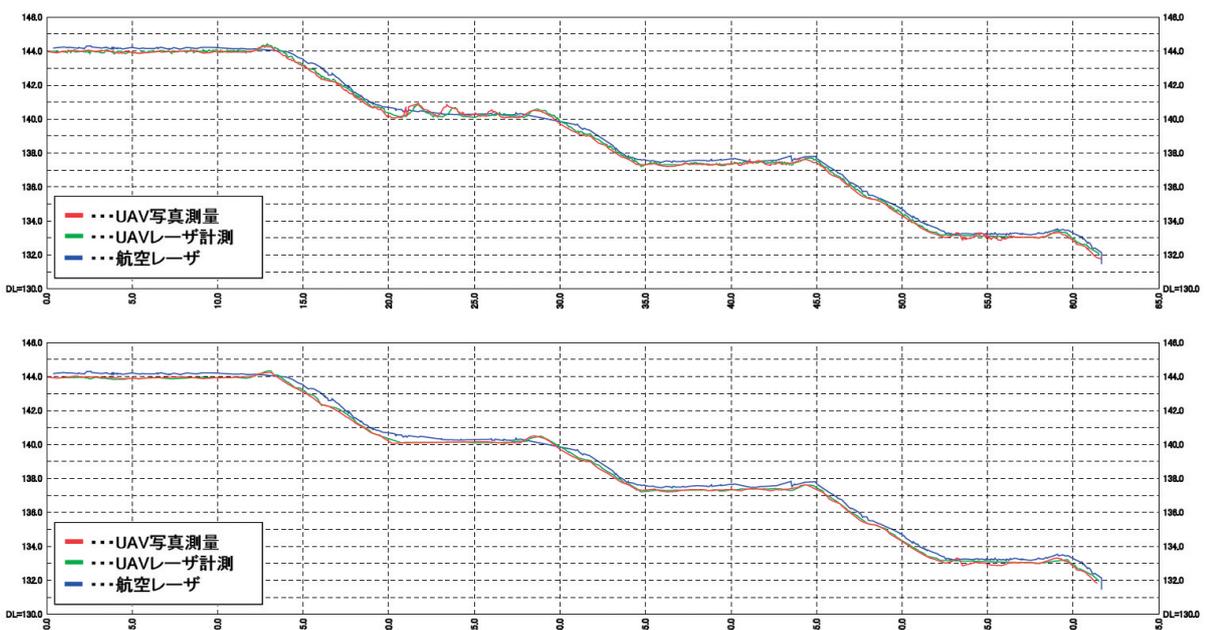


図16 No1 断面比較 (上図:オリジナルデータ 下図:グラウンドデータ)

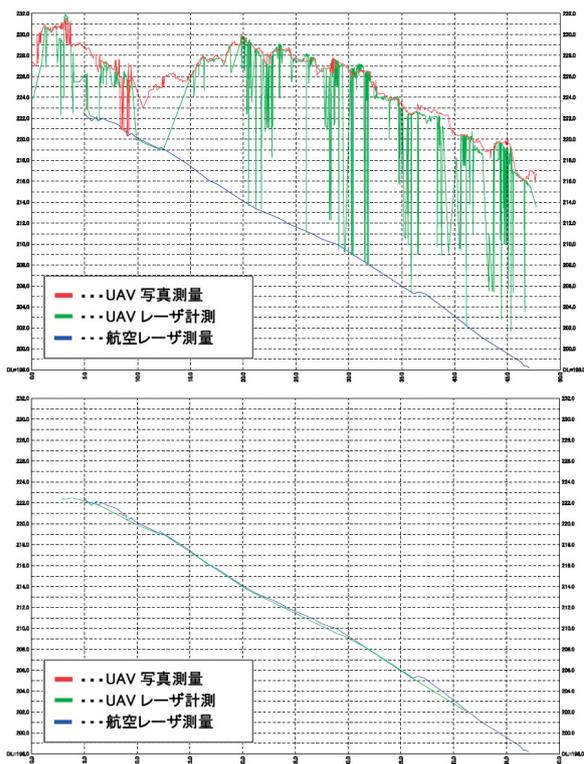


図17 No2断面比較



18 シミュレーション結果（建物有）

ているため、樹木上の形状を取得しており、ほとんどグラウンドデータがとらえられていないことがわかる。UAVレーザ計測、航空レーザは、樹木を透過しデータを取得できている箇所が多いため、グラウンドデータが取得できている。グラウンドデータを比較した結果、断面形状が一致していることが確認できた（図17）。

5. 土石流数値シミュレーションの結果

土石流数値シミュレーションは、上流部に砂防堰堤があり、下流部に宅地や田畑がある傾斜地にて実施した。

シミュレーションに使用したDEMデータは、建物形状を反映したDEMデータと地表面のみのDEMデータを使用し、DEMデータの格子サイズを1m間隔のグリッドデータで検証を実施した（図18、図19）。

建物有のDEMデータでのシミュレーション結果は、建物の上流側で局所的な痕跡が見受けられたが、建物無でのDEMデータと大きな違

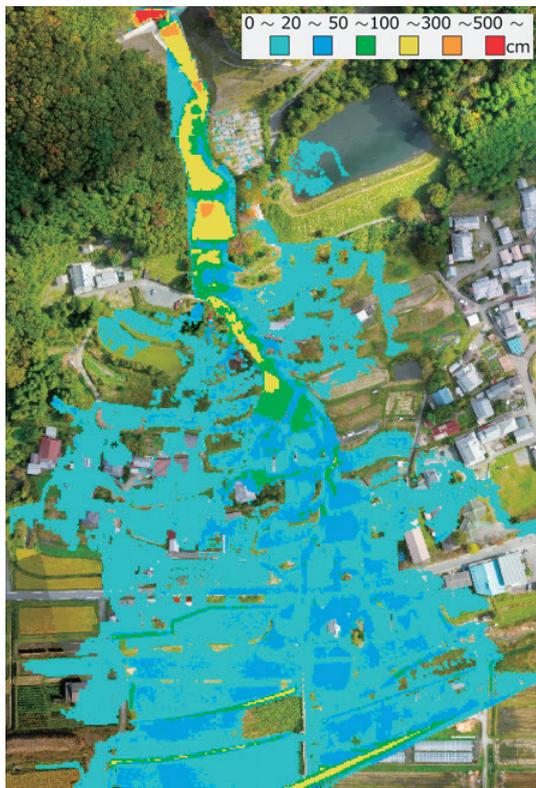


図19 シミュレーション結果（建物無）

いはない結果となった。

しかし、土石流の数値シミュレーションでは、

3度以下の緩傾斜（ゆるい傾斜）の表現が土石流の堆積に影響するため重要になり、今回整備した1mグリッドの数値地形モデルは圃場等の平坦地が詳細に表現されているため、緩傾斜を加味した妥当なシミュレーション結果になったことがわかる。

6. おわりに

UAV写真測量で計測対象範囲全体を包括的に計測し、写真測量での計測が困難な山間部をUAVレーザで補完する手法で、DEMデータを作成することが有効であることが確認できた。

また、UAV写真測量は計測対象の地形が裸地であれば、地上画素寸法と同じ密度でDEMを整備できること、UAVレーザでは航空レーザと異なり出力が弱いレーザであるが、低高度で計測を実施できるため、地表面の地形をとらえる可能性が高いということ、航空レーザ測量に比べ、安価で同程度の精度で地形モデルを得られることも確認できた。

■謝辞

京都府亀岡市ならびに千歳町の関係各位には本研究の遂行にご協力頂いた。国土交通省近畿地方整備局淀川河川国道事務所には貴重なレーザ計測データを提供して頂いた。また、UAV測量は基準点測量や地形測量と同様に現地への立ち入りを伴うことから、地権者や地域の方々のご協力とご理解が必要不可欠である。ここに感謝の意を表します。

■参考文献

- 1) 木下篤彦・島田徹・笠原拓造・林栄明・名草一成・小川内良人・村木広和：回転翼型マイクロUAVを用いた深層崩壊箇所の災害調査、砂防学会誌vol.66、(pp.51-54)、2013
- 2) 名草一成・島田徹・桜井亘・酒井良・奥山悠木・富井隆春：2周波GPSシンクロ撮影システムを搭載したUAV撮影の精度検証、日本写真測量学会平成27年度年次学術講演会発表論文集、(pp.11-14)、2015
- 3) 名草一成・島田徹・磯部浩平・吉村元吾・今森直紀・奥山悠木・富井隆春：2周波GNSSシンクロ撮影システムを搭載したUAV撮影の精度検証（Ⅱ）、日本写真測量学会平成27年度秋季学術講演会発表論文集、(pp.9-12)、2015
- 4) 西村大助・名草一成・徳岡杜香：SfMソフトウェアの点群生成の条件検証、日本写真測量学会平成28年度秋季学術講演会発表論文集、(pp.33-36)、2016
- 5) 中谷加奈・小杉恵・里深好文・水山高久：家屋や道路が土石流の氾濫・堆積に及ぼす影響—2014年8月に発生した広島土砂災害を対象として—、砂防学会誌、(vol.69, No.5, pp.3-10)、2017

■執筆者

元木 健太 (もとき けんた)

国際航業株式会社

(共著者)

島田 徹 (しまだ とおる)

国際航業株式会社

