

数値標高データと UAV 空撮画像を用いた平成 29 年 7 月九州北部豪雨後の応急的な堆積土厚の推定

白水元*・朝位孝二*

*山口大学大学院

1. はじめに

災害時の救命活動や捜索活動における UAV：無人航空機の利用は、今後、機能向上や導入コストの低下に伴って盛んに行われることが期待される。しかしながら、法規上の問題や利用への抵抗感など導入への障壁があることも論じられる[1] [2]。現場での積極的な利用が行われるに至るには、効果的な手法が提案され、有用性の認識が広まり社会の承認を得る必要がある。その一助として本研究では、実際の事例に基づいた UAV 利用の捜索手法の提案を行う。

2. 赤谷川流域の行方不明者捜索活動

2017 年 7 月 5 日、九州北部では昼頃から夜にかけて局地的に猛烈な雨が降り続け、大量の土砂や流木で大きな被害が生じた。人的被害も著しく、朝倉市の赤谷川（筑後川水系）流域の集落では 2018 年 1 月現在においても 2 名が行方不明となっている。下流の林田地区（図-1、図-2）では

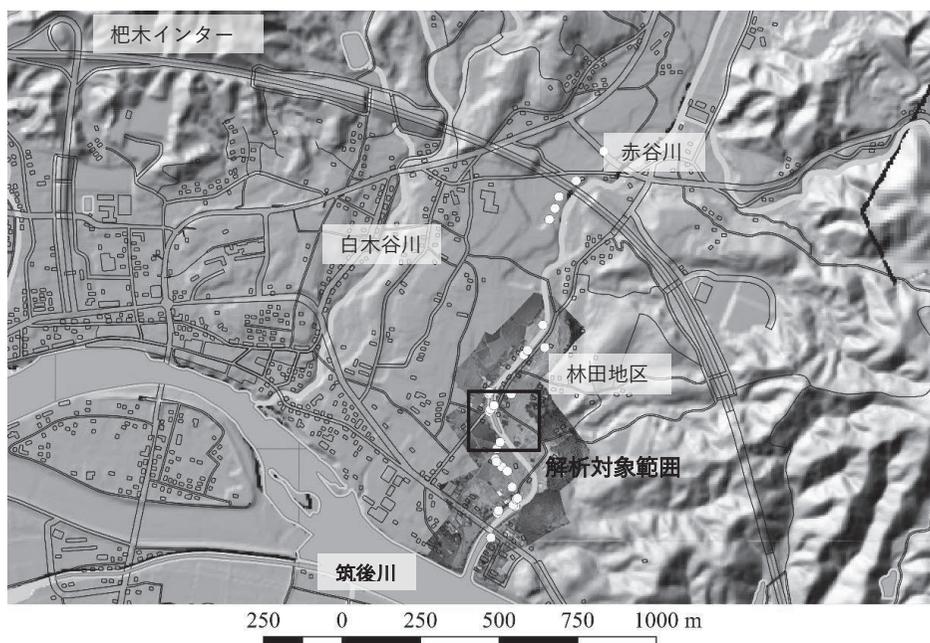


図-1 赤谷川下流域林田地区周辺の地理および撮影範囲・解析対象範囲

(7 月 13 日撮影 簡易オルソ処理, 周辺地図作製にあたり国土地理院基盤地図情報を利用した.)



図-2 赤谷川下流域林田地区の被災状況（7月9日撮影）

発災後捜索活動が数か月にわたって続いた[3][4]。

捜索隊は自治体の消防・警察のみならず、数日間交代で外部の自治体から応援で駆け付ける消防・警察や自衛隊の部隊から構成される。したがって、捜索に従事する者は皆が発災前の捜索対象地の地理や家屋配置等についての知識が十分にあるとは言えず、堆積した土砂を浚いながら捜索にあたる場合には、重点的に調査すべき箇所や掘削すべき土量を前もって把握できないため効率的な捜索が困難となっていた。

2017年7月13日、発表者らは、捜索に活用できる堆積土量の情報についてのニーズを受け、発災後撮影した UAV による空撮画像を利用して堆積土量（地盤高の変位量）の推定を開始した。

3. UAV を用いた航空写真撮影と GNSS による検証

堆積土量推定に利用した航空写真は、7月9日、7月13日に撮影されたものである（表1）。また、7月9日に撮影された画像は、発表者らによるもので、7月13日に撮影された画像は、春日井市消防署原科氏から提供頂いた。いずれの日の撮影も手動操縦で、撮影時の対地高度は80m以下、解像度4K(4000×3000画素)の静止画として記録した。7月9日撮影分については2秒間隔の自動撮影を行い、7月13日撮影分は手動間隔で撮影されている。行方不明者の捜索作業や土砂や流木の除去作業の妨げとなるため対空標識は設置せず、参照点として図-1において○で示されている複数の目標となる地物の座標と標高を仮想基準点方式のGNSSを用いて測位した。

表-1 撮影状況

撮影日時	撮影枚数	使用機器	フライト数
2017/7/9 13:38~14:00	449 枚	DJI 社 Phantom3 Professional	1
2017/7/13 11:02~14:19	367 枚	DJI 社 Mavic Pro	3

4. 3次元化処理とGISによる堆積土量の推定

2017年7月13日から翌々日にかけて下記の作業を実施した。撮影された画像データは3次元形状復元ソフトウェア (Agisoft社 Photoscan Professional) を用いて Structure from Motion と多視点ステレオ処理を実施した。生成された3次元点群データについてグラウンドポイントの自動抽出操作を行い、植生等の地物の高さ情報を簡易的に取り除き標高モデル(DEM)を作成した。このDEMデータの解像度は7月9日の撮影分から生成したものは6.8 cm / pixであり、9.37 cm / pix 堆積土厚を見積もるにあたり、発災前の地形として国土地理院の基盤地図情報数値標高モデル

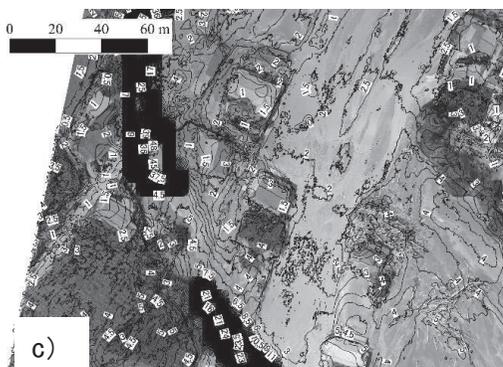
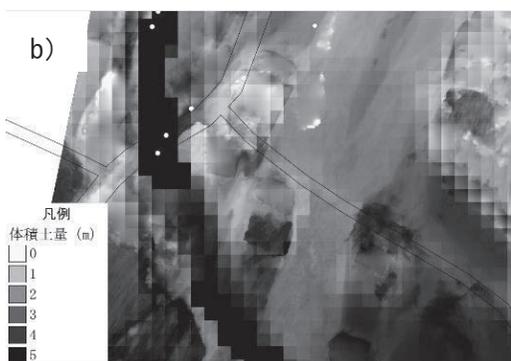


図-3 7月9日の土砂堆積状況と推定堆積土厚分布

- a) 簡易オルソ処理画像 b) 5 m 堆積土厚分布
c) bilinear 補間処理後の堆積土厚等値線図

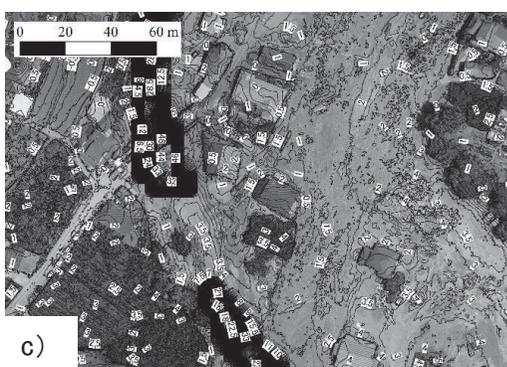
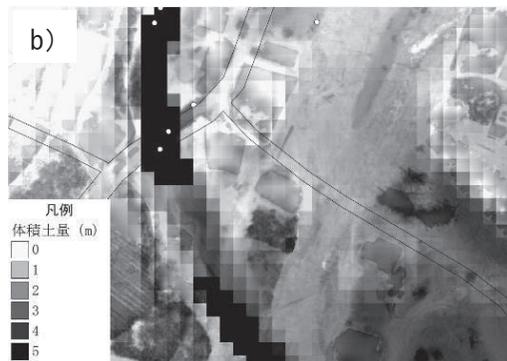


図-4 7月13日の土砂堆積状況と推定堆積土厚分布

- a) 簡易オルソ処理画像 b) 堆積土厚分布
c) bilinear 補間処理後の堆積土厚等値線図

の 5 m メッシュデータを参照した。この標高データの最終更新年月日は発災の 8 か月程度前の 2016 年 10 月 1 日である。

GIS ソフトウェア (QGIS) を用いて 7 月 9 日、および、7 月 13 日の標高分布から発災前の標高分布を差し引くことで堆積土厚の分布を概算した。また、発災前の 5 m メッシュ DEM データに bilinear 補間処理を施して 10cm メッシュ化した後、発災後の標高分布との差分を取ったものから堆積土厚の等値線図を作成し、上空写真と合成した。図-1、図-2 の黒枠で示す領域における 7 月 9 日、7 月 13 日時点の堆積土厚の推定結果を、それぞれ図-3、図-4 に示す。

5. 成果について

発災前後の DEM データの格子幅に大きな隔たりがあるにもかかわらず、家屋の前縁に堆積した流木の高さや、以前は田畑があった流路の周辺で広く堆積した土砂の堆積厚の把握が可能である。河道についてはデータが一部欠けており、堆積土厚を見積もることができない箇所が生じた。また、発災後の空撮画像から構成した表層 3 次元モデルと植生ソフトウェアによるグラウンドポイントの自動抽出では一部の低木や背の高い農作物等地物の影響を十分に取り除くことができず、地盤高の推定変位量に影響が表れていることが分かる。そのため、掘削作業にあたっては現地の植生等を考慮した上で搜索すべき箇所を選定する必要がある。図-3b、図-4c のように上空からの写真と合成した堆積土厚の等値線図を提供することが望ましい。

6. おわりに

本研究では、赤谷川流域林田地区を対象に、発災後の人命救助・行方不明者搜索等応急的な対応として行うことを念頭に置いた堆積土厚の推定法を示した。それは、国土地理院の基盤地図情報数値標高モデルと UAV による空撮画像をもとに作成した標高モデルの差分をとるというものである。また、空撮画像とこの堆積土厚の分布を合成することで、搜索すべき箇所の選定を支援しえる情報となることを示した。同時に、本研究は数値標高データと UAV の街区レベルの防災インフラとしての有用性を示すものである。

謝辞：現地で搜索活動にあたられていた春日井市消防署原科享介氏には、空撮画像等、非常に貴重な資料を頂いた。ここに記して深謝を表する。

参考文献

- [1] 佐藤遼次, 越村俊一, 2013, UAV による空撮と画像解析を用いた被災者搜索技術の開発, 土木学会論文集 B2, 69 (2), I_1461-I_1465.
- [2] 炭田潤一郎, 鈴木真二, 東野伸一郎, 西脇英彦, 満武勝嗣, 山下敏明, 渡邊邦一, 2011, 実用的な災害監視小型無人機の開発について, 飛行機シンポジウム講演集, 1A3.
- [3] 毎日新聞 <https://mainichi.jp/articles/20170905/dde/041/040/030000c>. (2017 年 9 月 10 日アクセス)
- [4] 朝日新聞デジタル <http://www.asahi.com/articles/ASK976F0DK97TIPE032.html> (2017 年 9 月 10 日アクセス)