

## 流木仮置場における流木の体積および単位体積重量推定に関する研究

九州大学工学部 学生会員 加藤 大空  
九州大学大学院 フェロー会員 島岡 隆行

九州大学大学院 正会員 中山 裕文

## 1. はじめに

豪雨災害の拡大は山腹崩壊を引き起こし、河川などに流木が流出する場合がある。大量の流木は災害復旧の妨げとなることから、一度仮置場に集積される。一般に水害によって発生した流木の量は、重量を単位として計測される。しかしながら、仮置場にはトラックスケール等の計量施設はなく、重量の値は処理施設に搬出されるまで判明しないため、流木が仮置場に保管されている段階では流木の量が把握できておらず、このことが適切な処理計画の策定の障害となる可能性がある。迅速な流木の処理実行計画を策定の為に、流木の発生量を正確かつ安全に計測する必要があるため、本研究ではドローンの利点である計測の迅速性、簡易性を生かし、Structure from Motion (SfM) による写真測量を実施することで仮置場における流木の体積を計測した。また、処理施設において計測した重量をドローンで測量した体積で除することにより、仮置場に集積されている流木の単位体積重量を算出した。その際、丸太、根株、木端等の流木の形態により単位体積重量が異なること、SfM により作成した流木の 3D モデル点群数、メッシュ数等の特徴量も流木の形態により異なることに着目した。模型実験および現地での測定結果により、流木の形状別に単位体積重量と 3D モデルの特徴量の関係性を把握した。これにより、流木の 3D モデルを用いることで、流木の体積、単位体積重量、重量を推定することが可能かを検討した。

## 2. 平成 29 年 7 月九州北部豪雨にて発生した流木の体積の計測

国土交通省九州地方整備局は、平成 29 年 7 月に発生した九州北部豪雨に伴う流木発生量の速報値として航空機等から撮影された空撮画像を基に判読を行い、山腹崩壊面積に単位面積あたり材積量を乗じることで、同月 28 日に発生した流木の全体量を約 21 万 $\text{m}^3$ と推定した<sup>1)</sup>。本研究での調査地点は九州北部豪雨で発生した流木の一次仮置きのため設置された 25カ所の仮置場のうち、流木が形態によって分別して集積されていた N 仮置場を対象とした。空撮は無人航空機(Phantom 4 Advanced)によって行い、SfM ソフト(PhotoScan Professional Agisoft 社製)による 3D モデル化を行った(図 1)。その後、出力したデータをもとに体積を計測するソフト(EasyMeshMAP 快適空間 FC 製)を用いて形態別(丸太・根株・根株付丸太・木端・土砂混り木端)の体積を計測した。また、処理施設で計測した重量および単位体積重量を併せて表 1 に示す。

表 1 対象とした仮置場における形態別の流木の体積の試算結果

対象	体積 (m <sup>3</sup> )	重量 (t)	単位体積重量 (t/m <sup>3</sup> )
丸太	3,369	1,530	0.312
根株付丸太	1,538		
根株	4,481	一部搬出	0.227
木端	3,726	一部搬出	0.246
土砂混り木端	2,698	未搬出	-
計	15,812		



図 1 SfM ソフトによる流木仮置場の 3D モデル

## 3. 模型実験による SfM ソフトによる 3D モデルの特徴量の計測

災害で発生した流木に見立てた模型実験を行った。流木として、丸棒(約 300×18Φ(mm))、角材(約 12×20×300 (mm))、チップ(約 12×20×10 (mm))を用意し、丸棒、角材については整列させたケースと乱雑に設置した 2 ケース、加えてチップを山状に設置した計 5 ケースとした。各ケースの体積(約 1224 $\text{cm}^3$ )、木材が設置される面積(360 $\text{m}^2$ )、撮影高度(約 50cm)を統一し、SfM ソフトによる 3D モデル化を行った。なお、本実験で用いた SfM ソフトの 3D モデル作成の工程においてポイントクラウド、ワイヤーフレームの二つの項目に着目した。ポイントクラウドは点群データであり、具体的には基とする各画像の特徴となる点と特徴量(特徴点周辺の情報を用いて特徴を記述する変量)の検出、画像のマッチング(画像間で、特徴量が似ている特徴点どうしを対応付ける処理)、カ

メラのアラインメントの3段階で構成されており、対象とする物体の形状的な特徴や、撮影した写真の光学的な物体の特徴をキーポイントとして抽出している。ワイヤフレームは3次元形状の表面を適切な形の異なる三角形で覆ったメッシュデータであり、点群データから面の勾配を発生させ、等値面で覆ったデータ<sup>2)</sup>であり、例えば特徴の少ない平滑な面ではメッシュの数が少なくなり、不規則な輪郭をした物体の表面ではメッシュの数が多くなると考えられる。

図3・4に各モデルの点群数とメッシュ数を示す。図中の(乱)は乱雑に置いた場合を示している。丸棒と角材の間には有意な差は得られなかったが、乱雑に設置した場合やチップのようにある程度細かく木材を分割すると点群数・メッシュ数共に値が大きくなること分かる。また、図5(図中の●は丸棒、■は角材、◆は角材(乱)、▲は丸棒(乱)、※はチップを示す)における点群数(左)・メッシュ数(右)と単位体積重量の関係のグラフより相関があることが分かる。

## (2)仮置場の空撮画像から作成した3Dモデルの解析

模型実験同様、仮置場において分別されて集積されている形態別の流木の3Dモデルから点群数とメ

ッシュ数を計測した。図6に流木の形態別の1㎡当たりのメッシュ数を現したグラフを示す。流木の形態によってメッシュ数が増えることから、流木の形態を区別できることが分かる。

## 4. まとめ

模型実験において、SfMソフト上の3Dモデルにおける点群数やメッシュ数と単位体積重量との間には相関があり、災害で発生した流木についてドローンを用いて上

空から撮影し、3Dモデルの形状をSfM

ソフト上で数値化することから、流木の単位体積重量を計算することができる可能性がある。しかし、現段階で流木の仮置場の空撮画像の解析では実際の単位体積重量に差異が生じる場合があり、原因としては空撮ではとらえられない流木間の空隙や3Dモデルの出力精度の影響等が考えられるので、今後解析をする必要がある。

## 謝辞

本研究に際し、多大なるご支援をいただいた福岡県廃棄物対策課の皆様にご感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 国土交通省：平成29年7月九州北部豪雨に伴う流木発生量(速報値)について、2017年
- 2) 大橋 憲二, 大竹 豊, 鈴木 宏正：表面スキャン点群からの境界付きメッシュの構築、精密工学会学術講演会講演論文集、pp.1115、2009年

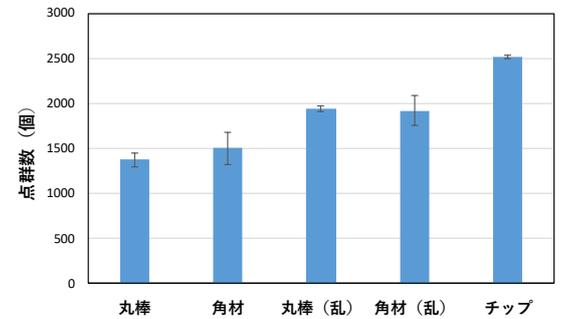


図3 各ケースの点群数

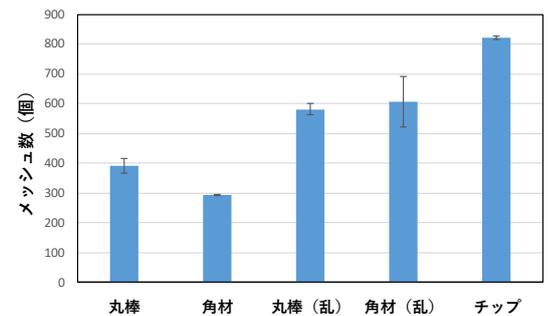


図4 各ケースのメッシュ数

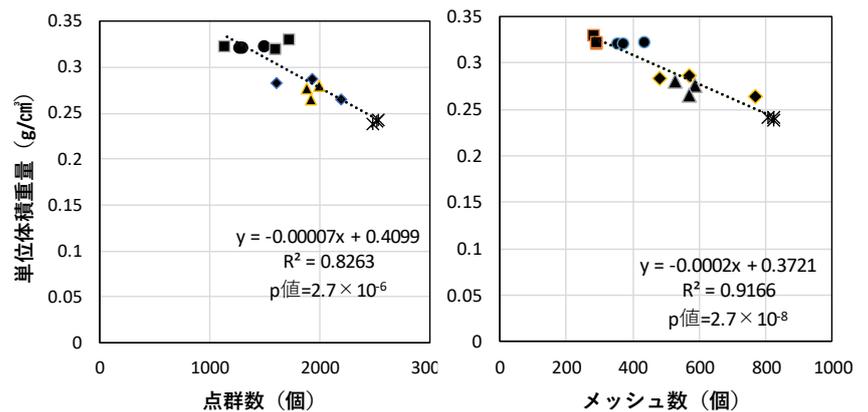


図5 模型実験における点群数(左)・メッシュ数(右)と単位体積重量の関係

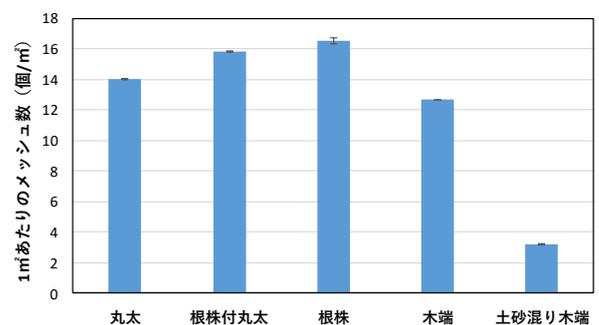


図6 流木の形態別の1㎡当たりのメッシュ数