

フォトグラメトリを活用した堆積流木群の計測

国土交通省 国土技術政策総合研究所 土砂災害研究部 鈴木啓介, 赤澤史顕, 海老原友基
八千代エンジニアリング株式会社 西尾陽介, 宮田直樹, ○由永尚暉, 辻本和紀, 宮本冬馬

1. はじめに

近年、土砂・洪水氾濫時に流出する流木による橋梁閉塞等によって氾濫被害が拡大している状況が確認されている。土砂・洪水氾濫時に流出した流木量を算定するにあたり、発生流木量に対して堆積流木量が必要となる。しかし、災害現場に流出堆積した流木は復旧活動に伴い早期に撤去されてしまうため、堆積流木の実態を明らかにした研究事例は少ない。本研究では、令和6年度に発生した土砂・洪水氾濫時に流出した流木の実態を早期に把握することに着目し、フォトグラメトリ（以下、SfM）を活用して堆積流木群の計測を行った結果について報告する。

2. SfMを活用した堆積流木群の調査方法

土砂・洪水氾濫時に堆積した流木を対象として、SfMを活用した堆積流木群の容積率評価手法を検討した。なお、現地ではSfMと比較するために現地計測（ポール等）も併せて実施した。

2.1 SfM（地上撮影）による計測方法

令和6年奥能登豪雨時に流木が堆積した、輪島市の七見川、皆月川、大滝川を対象として、SfM（地上撮影）を実施した。本報告では、橋梁に流木が閉塞した七見川と河道沿いに堆積した皆月川の調査結果について整理した（図-1、図-2）。



図-1 七見川の流木堆積状況



図-2 皆月川の流木堆積状況

データ取得には「PIX4Dcatch」（アプリ）とGCP（Ground Control Point）等による位置合わせを行う必要のないRTK（Real Time Kinematic）測位を用いた「viDoc RTK rover」「iPhone 15 Pro」（デバイス）を使用した。取得したデータは、PCに取り込み「PIX4Dmatic」にてSfM処理を行うことで点群データ（LiDARデータを含む）及びメッシュモデルを作成した（図-3、図-4）。



図-3 七見川のメッシュモデル（PIX4Dmatic）



図-4 皆月川のメッシュモデル（PIX4Dmatic）

2.2 投影面判読による計測

堆積流木群の容積率を算出するにあたり、以下に示す佐藤ら¹⁾の流木材積式を参考とした。

$$\text{流木材積} = \text{調査区面積} \times \text{水平方向の歩留まり} \times \text{流木群の高さ} \times \text{垂直方向の歩留まり}$$

※歩留まり：単位面積に対する流木部分の投影面積の割合

点群データより生成した流木堆積群の上面画像と側面画像からGISを用いて流木部分の投影面積を判読し、水平・垂直方向の流木歩留まりを算出した（図-5）。ここでは、水平・垂直方向の歩留まりの平均値を堆積流木群の容積率として採用した。

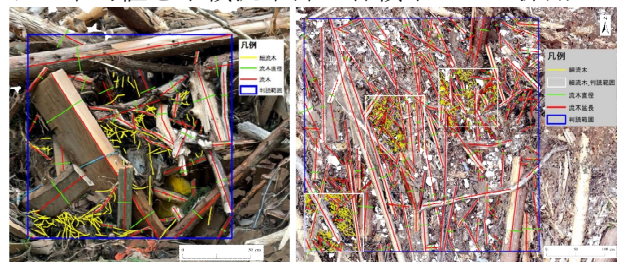


図-5 七見川の垂直・水平方向の歩留まり計測結果

2.3 計測結果の整理

ポールを用いた現地計測では、調査数量として現実的であった流木径5cm以上を計測した。SfM（地上撮影）による机上計測では、流木径1cm以上を判読することとした。その結果、調査を実施した3河川では、机上計測の方が現地計測よりやや大きな値を取ることが分かった（表-1）。

表-1 現地計測と机上計測の容積率の比較

地点名	SfM（地上撮影）による机上計測（流木径1cm以上）			測量ポールによる現地計測（流木径5cm以上）
	水平方向の歩留まり	垂直方向の歩留まり	堆積流木群の容積率（平均値）	堆積流木群の容積率
皆月川	0.36	0.40	0.38	0.17
七見川	0.44	0.33	0.39	0.32
大滝川	0.47	0.41	0.44	0.32

2.4 奥行を評価した計測方法

2.2 投影面判読による計測では、特に垂直方向の投影面では手前に突出した流木も同一平面上に描画されるため、奥行が考慮されていない。今回、SfMにより堆積流木群の3次元的な形状を取得しているため、画像生成に使用するデータ範囲を指定することで、奥行評価が可能である。そこで、奥行が容積率の算出に及ぼす影響を確認するため、奥行を考慮し、流木堆積面を抽出した上で歩留まりを計測した（図-6）。

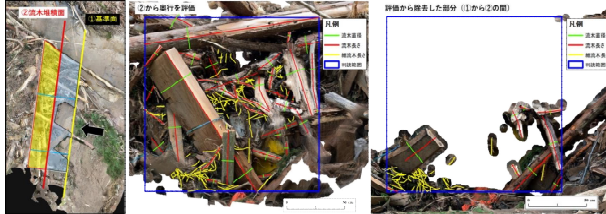


図-6 奥行評価箇所（中央）と除外箇所（右）の画像

流木堆積面から奥の範囲で垂直方向の歩留まりを評価した結果、容積率が小さくなることが確認された（表-2）。垂直方向の画像を用いる場合は、堆積形状を考慮することで精度が向上すると考えられる。

表-2 奥行を評価した場合の容積率（流木径1cm以上）

地点名	水平方向の歩留まり	垂直方向の歩留まり	堆積流木群の容積率
七見川	0.44	0.22	0.33

3. 機械判読を活用した調査方法

3.1 AIを用いた計測

画像からの流木抽出作業は、技術者の判断に頼っており、作業者によって判読結果が異なる可能性がある。技術者による恣意性を排除するため、Meta社が開発したSegment Anything Model²⁾（以下、SAM）の機能である「Everything」を流木抽出に用いた（図-7）。

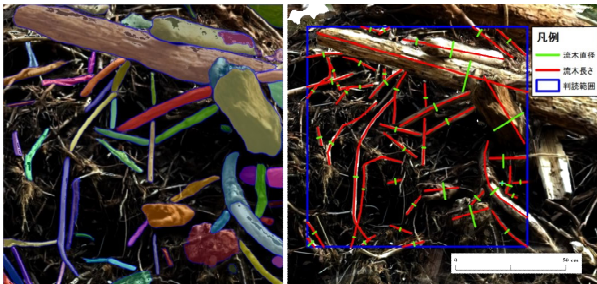


図-7 AI抽出結果（左）と技術者判読結果（右）

この機能は、画像内の物体を自動で識別するため、属人的な判断とならず、人力と比較して作業効率が良いという特徴がある。SAMでは、主に1.5cm以上の流木を抽出することができ、技術者が判読から抽出した流木はAIでも概ね抽出できることが確認された。

3.2 ソリッドモデルによる計測方法

「PIX4Dmatic」上で堆積流木群の容積の算出は可能だが、メッシュ単位内の点群データの高さに基づき計算するため、突き出た流木下部の空間

なども容積の一部として計算してしまう。そこで、取得した点群データ（LiDARデータを含む）から、Civil3Dを用いて流木のソリッドモデルを作成した（図-8）。流木のモデル化にあたって、作業効率を踏まえて円柱に近似化した。点群取得領域の全体積に対する流木ソリッドモデルの総体積の比率から堆積流木群の容積率を算出することができる。

ただし取得した点群データは、流木堆積群の表面のデータが大半を占めており、内部構造の再現が不十分である可能性がある。また、算出される容積率は、直径60cm程度の比較的大きな流木の有無などにより大きく変動するため、適応性には、留意が必要である。



図-8 堆積流木のソリッドモデル

4. 結果と考察

流木径1cm以上の整理結果から、堆積流木群の計測にSfMを活用することは可能であると考ええる。一方、立木調査では10cm以上を目安として調査するケースが多いことから、計測に使用する流木径はさらに検討が必要であると考ええる。仮に、流木径10cm以上とする場合、七見川、皆月川、大滝川の調査結果は、容積率が0.2から0.3程度となり、流木群に対して1本毎の長さや直径を計測し実容積を算出した既往文献（里平川）の調査結果³⁾と比較しても、妥当な結果になる（表-3）。

表-3 流木径10cm以上とした場合の容積率

地点名	水平方向の歩留まり	垂直方向の歩留まり	堆積流木群の容積率
皆月川	0.24	0.19	0.22
七見川	0.17	0.23	0.20
大滝川	0.28	0.30	0.29
既往文献 里平川			0.28

5. おわりに

今回の検討では容積率について流木群の実計測結果と比較検討できているものではないが、既往文献で行われた実計測の容積率といずれも近い値となっており、一定程度の精度で計測できていると考えられる。容積率について実計測による計測結果のデータ蓄積が望まれる。また、流木の容積率について計測された事例は多くないことから、今回のような計測事例の蓄積を進めていきたい。

参考文献：1)佐藤創，長坂有，浅井達弘，寺澤和彦，報文2003年台風10号災害における厚別川流域の流木堆積量と組成，砂防学会誌，2006，Vol58，No.6，p11-17
2)Meta Platforms, Inc., <https://segment-anything.com/>
3)岡崎正宜・伊藤博光・神原孝義・大谷健一：土石流発生溪流における流木の流出について，平成20年度砂防学会研究発表会概要集，p.22-23，2008