

立木調査における3次元点群データの活用方法検討

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

*現所属 国土交通省砂防部

1. はじめに

土石流時や土砂・洪水氾濫時に流出する流木量の算定にあたっては、対象流域の代表地点にコドラートを設定し、立木調査を実施した結果から単位面積当たりの立木倒木量を算定することが一般的である。しかし、立木調査では直接計測が多いことから、計測情報や位置情報等のエビデンスの不足が課題であり、今後3次元データの活用が求められる部分であると考えられる。筆者らは、土砂・洪水氾濫に伴う流木による被害が確認された令和6年9月能登半島豪雨（石川県輪島市）を対象として、直接計測による立木調査を実施するとともに、地上及びドローン撮影画像によるフォトグラメトリやモバイルLiDARにより、立木の3次元点群データを取得した。本発表では、これらの計測結果を活用し、立木調査における3次元データの適用性について検討した結果を報告する。

2. 調査概要

2.1 調査位置

本検証では、調査対象流域（寺地川、鈴屋川、牛尾川、塚田川）の中から、主要樹種である針葉樹（スギ等）および広葉樹（コナラ等）が分布し、林相が異なる代表的な6地点（Tr-1, Sz-1, Sz-2, Us-1, Tk-1, Tk-2）を選定して調査を実施した。

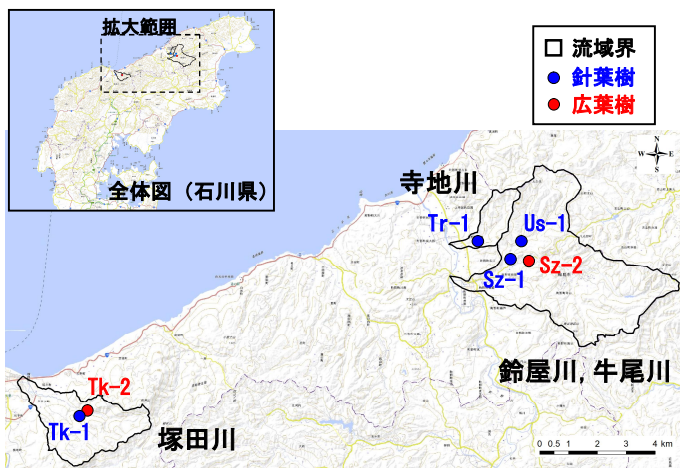


図-1 立木調査位置

2.2 調査手法

立木調査では樹冠による被覆が課題となるため、RTKドローンによる空中撮影とPIX4Dcatchによる地上撮影を組み合わせ、立木調査の適用性について検証した。本調査では、複数の撮影写真から3Dモデルを作成するフォトグラメトリ（SfM）処理結果を活用して胸高直径、樹高、立木位置等を計測した。

なお、従来手法による調査は、「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）」¹⁾における発生流木量調

査に準拠し、同一の植生区分をもつ地点に存在する樹種、胸高直径、樹高、本数等を直接的に調査するものとし、流域内の代表箇所を選定するサンプリング調査法により実施した。

[空中撮影：RTKドローンによる調査手法]

RTKドローン（使用機材：DJI Matrice 4E）の撮影手法として、流木の円柱形状および樹高を表現するため、対象を中心として旋回撮影を行うPOI撮影を採用した。SfM処理を行い、立木調査箇所を3Dモデル化し、立木本数、位置、樹高等の机上計測を行った。

[地上撮影：PIX4Dcatchによる調査手法]

PIX4Dcatch（カメラ機材：iPhone15Pro, RTK計測装置：viDoc）の撮影手法として、流木の円柱形状を詳細にとらえるため、コドラート内を十分にオーバーラップさせ、死角が生じないように撮影を実施する。その後、SfM処理を行い、立木調査箇所を3Dモデル化し、立木の胸高直径の机上計測を行った。

3. 調査結果

従来手法およびSfM解析による調査地点（コドラート）毎に集計した立木調査結果を表-1、表-2に示す。また、両手法による単木での樹高、胸高直径、材積量を比較した結果を図-3に示す。なお、表-2において、塚田川Tk-2地点は、上層木の被覆によりRTKドローンからの樹高判読が困難であったため、平均樹高及び最大樹高は取得できていない。本地点以外にも、斜面近傍でPOI撮影の実施が困難であった地点や、PIX4Dcatchによる地上計測で、低木や枝葉の繁茂により高密度点群に欠損が生じた。このため、図-3において、SfM解析では、これらデータの欠損箇所を比較対象から除外した。

表-1 従来手法による立木調査結果

調査地点名	Tr-1	Sz-1	Sz-2	Us-1	Tk-1	Tk-2
河川名	寺地川	鈴屋川	鈴屋川	牛尾川	塚田川	塚田川
主要樹種	針葉樹	針葉樹	広葉樹	針葉樹	針葉樹	広葉樹
平均胸高直径 (m)	0.33	0.24	0.16	0.30	0.37	0.13
最大胸高直径 (m)	0.50	0.37	0.22	0.40	0.50	0.35
平均樹高 (m)	17.5	15.5	9.1	15.1	20.8	9.9
最大樹高 (m)	26.0	23.0	11.0	18.0	27.0	20.0
幹材積 (m ³ /100m ²)	11.46	6.74	1.03	6.48	11.14	3.75

表-2 SfM解析手法による立木調査結果

調査地点名	Tr-1	Sz-1	Sz-2	Us-1	Tk-1	Tk-2
河川名	寺地川	鈴屋川	鈴屋川	牛尾川	塚田川	塚田川
主要樹種	針葉樹	針葉樹	広葉樹	針葉樹	針葉樹	広葉樹
平均胸高直径 (m)	0.37	0.26	0.19	0.32	0.39	0.14
最大胸高直径 (m)	0.49	0.36	0.29	0.55	0.54	0.41
平均樹高 (m)	25.4	18.0	8.3	18.0	20.7	-
最大樹高 (m)	29.0	27.0	11.0	27.0	33.0	-
幹材積 (m ³ /100m ²)	10.04	6.48	1.39	10.10	12.85	-

4. 従来手法と SfM 解析手法の比較分析

4. 1 胸高直径の比較

コドラート毎の調査結果を比較すると、平均胸高直径の最大差異は約 4cm (Tr-1) であり、最大胸高直径の差異は 15cm (Us-1) であった。また、単木での比較では、両手法のプロットの回帰式の傾きが 1.019 となり、従来手法に比べて約 2% 大きな値を示す傾向が確認された。

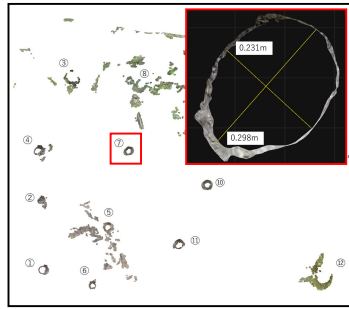


図-2 立木調査結果
(調査地点: Us-1)

この要因として、幹に近接する植生(低木)の影響により、3次元モデル生成時に特徴点を正確に捉えられなかったことが挙げられる。また、樹木断面は楕円形である場合があり、計測箇所によって差異が生じたと考えられる。(図-2)

4. 2 樹高の比較

コドラート毎の調査結果を比較すると、平均樹高で 8m (Tr-1)、最大樹高で 9m (Us-1) の差異が生じた。この要因として、RTK ドローンは上空から樹頂を直接捉えることができるのに対し、従来手法では地上からの視認が困難な場合があることが挙げられる。従来手法では、樹高を過小評価している可能性がある。

4. 3 幹材積の比較

コドラート毎の調査結果を比較すると、Us-1 地点において幹材積に大きな差異が認められ、従来手法よりも 3.62m³/100m² 大きい値(従来手法の 1.5 倍程度)となった。これは、同地点における樹高の計測値に大きな差異が生じたことが影響している。図-3 に示される外れ値は、Us-1 地点において樹高に 10m、幹材積に 2m³/100m² の差異が生じたものである。また、単木単位での比較では、両手法によるプロットの回帰式の傾きが 1.159 となり、SfM 解析が従来手法に比べて約 16% 大きな値を示す傾向が確認された。この傾向は、樹高計測において SfM 解析の方が高い値を示すことが主な要因であると考えられる。

5. 留意事項

SfM 解析手法の適用にあたり、以下の点に留意する必要がある。

- ・ **遮蔽物の影響**: 斜面近傍で低木や枝葉が繁茂している箇所では、高密度点群の生成に欠損が生じ、モデル化が困難になる場合がある。
- ・ **環境条件**: 風による枝葉の揺れは画像間の整合性を低下させ、樹冠部のモデル化精度に影響を与える。
- ・ **撮影距離**: 急傾斜地近傍や樹木密集地帯は、適切な撮影距離を確保できないため、UAV 測量が困難となり、解像度低下や特徴点抽出の精度が低下する。

6. 総括

本調査により、RTK ドローンおよび PIX4Dcatch を活用した立木調査は、流量算定に活用できる有効

な手法になり得ることが示唆された。本手法の利点としては、計測値の妥当性を 3D モデル上で視覚的に再確認できる点に加え、周辺環境の状況を同時に記録・把握できる点が挙げられる。また、樹高計測においては、地上からの目視では視認困難な樹頂点を SfM 解析により的確に捉えることができるため、従来手法よりも正確な値を把握できる可能性がある。一方で、下層植生が繁茂する箇所では、地表付近の点群が欠損し、胸高直径のモデル化が困難な事例も確認された。立木調査のさらなる高度化・効率化に向けて、植生が繁茂する箇所における点群欠損の補完手法の確立、効率的な撮影ルート構築、および撮影手法の標準化といった諸課題の解決を図る必要がある。

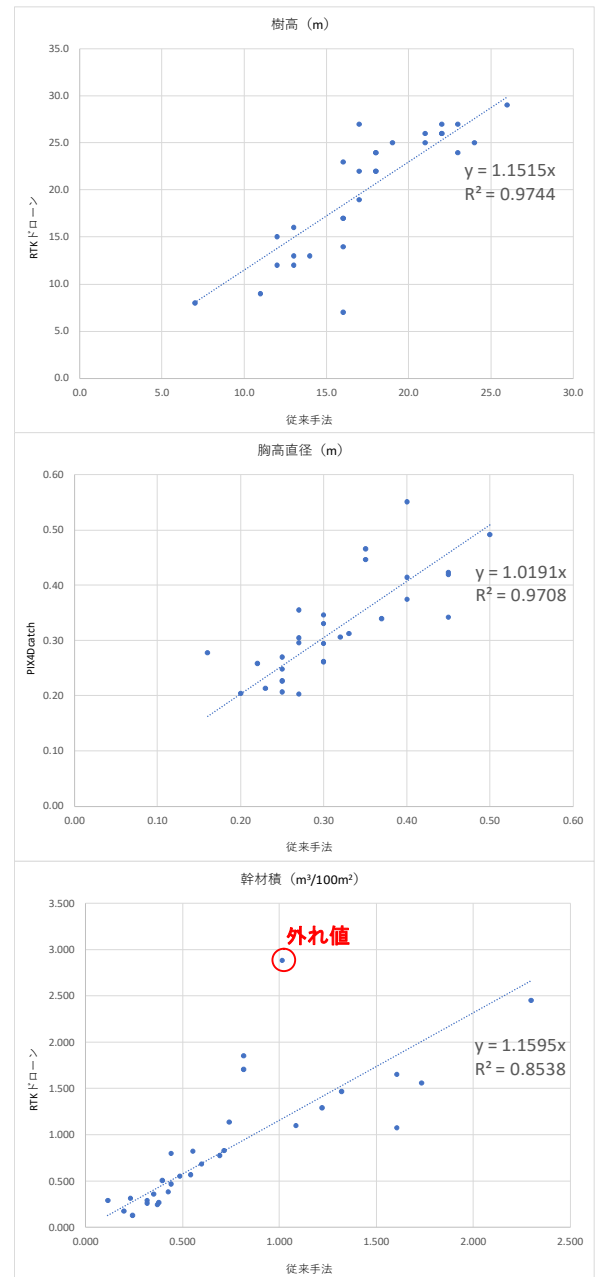


図-3 従来手法と SfM 解析手法の関係

(上図: 樹高, 中図: 胸高直径, 下図: 材積量)

【参考・引用文献】

- 1) 砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策編), 国土技術政策総合研究所, 2016.4, p.21~22