

日本工営株式会社 ○窪寺 洋介, 渡部 春樹, 長山 孝彦
株式会社共栄測量設計社 松林 直人

1. はじめに

昨今、平成 29 年 7 月の九州北部豪雨や平成 30 年 7 月豪雨（西日本豪雨）を始めとして流木災害が頻繁に発生している。流木の主な発生原因は、①斜面崩壊の発生に伴う立木の滑落、②土石流等の発生源での立木の滑落・流下、③土石流等の流下に伴う溪岸・溪床の侵食による立木の流出¹⁾であり、砂防基本計画の策定において発生流木量の正確な把握は重要な課題である。発生流木量の設定は従来、コドラート内の立木 1 本毎に作業員がコンベックス等を用いた計測により実施している。本報告ではそれらのサンプリング調査の省力化および精度向上を目的として可搬型レーザースキャナの立木調査への活用事例を報告する。

2. 現況調査法の概要と課題

発生流木量は、原則として流木の発生が予想される箇所が存在する立木、倒木の量、長さ、直径を直接的に調査する方法（「現況調査法」）を用いて算出する¹⁾。この方法は、発生流木の対象となる範囲の樹木や立木の全てを調査する方法（「全数調査法」）と、それらの代表箇所のいくつかをサンプル調査する方法（「サンプリング調査法」）に分かれる。実際には、全数調査法では調査範囲が広範囲にわたる場合が多いため、現況調査法のうちのサンプリング調査法を用いられている¹⁾。サンプリング調査は対象溪流において代表箇所を選定し、面積 100m² あたりに自生する立木・倒木の密度、直径、長さを計測し、その結果を基に発生流木量の推定を行う。

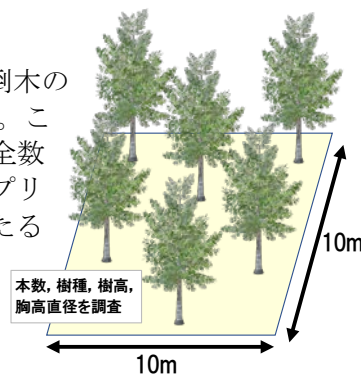


図1 サンプリング調査の例

サンプリング調査にあたり、対象流域における代表箇所の選定が重要であるが、現況では谷次数毎の調査や植生毎の調査の実施等、サンプリング箇所数を増やすことにより調査結果の妥当性を確保している場合が多い。一方で調査箇所を増やした場合、調査に時間や労力を要することが課題となる。

3. 可搬型レーザースキャナの概要

使用したレーザースキャナは調査時の利便性を考え、軽量で持ち運びが可能かつ測定距離がコドラート内を網羅可能（1～100m）である機種を選定した（表 1）。実施方法は、モバイル 3D スキャナ本体を手に持ち、対象範囲の外周を歩きながら対象物をスキャンする。衛星信号を取得する必要がないため、衛星信号が届かないような場所（森林内等）での、対象物の細部の形状の把握が可能である。スキャン終了と同時にデータ保存が行われ、数分で合成された点群データが作成されるため、計測終了後に現地で 3D データを確認できる。使用したレーザースキャナの照射角度は上下方向合わせて 30° であるため、対象物との距離を確保でき、縦横方向に見通しがきく必要があり、降雨や霧、もやなどの気象条件下ではレーザーがコドラートまで到達しないため測定が困難である。

表 1 モバイル 3D スキャナの仕様

スキャナ	・測定距離：1～100m ・測定点数：約300,000点/秒 ・視野：360° x 30° ・精度：±3cm (1σ@25m)
カメラ	640 x 360 @ 50Hz
IMU	6DoF-MEMS X, Y, Z, Roll, Pitch, Yaw
寸法	162mm x 111mm x 141mm
重量	約1.5kg
動作電源	DC12～19V
ストレージ容量	500GB
ユニットインターフェース	USB3.0 x4, LAN x1, HDMI x1
プロセッサ	Intel NUC i7-DualCore
OS	Linux(ubuntu)
出力ファイル	3D点群マップ、軌跡（PLYフォーマット）



写真1 モバイル 3D スキャナ



写真2 計測状況

4. 実施箇所

可搬型レーザースキャナを用いたサンプリング調査を石川県白山市（尾添川流域内）2 箇所と岐阜県飛騨市（高原川流域内）2 箇所の計 4 箇所において実施した（表 2）。なお従来の作業員による調査方法と比較を行うため、作業員の計測によるサンプリング調査も併せて実施した。

表 2 調査実施箇所の概要

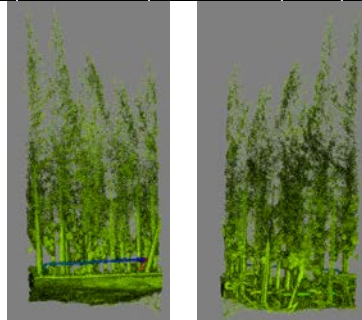
調査地点	林相区分	場所	流域名	現地条件			調査実施日
				地形条件	勾配	縦横断方向見通し (コドラート)	
(1) 針葉樹 (人工林)	岐阜県飛騨市	神通川水系高原川流域	平坦	0°	良好	10m×10m	2018/11/28
(2) 針葉樹 (人工林)	石川県白山市	手取川水系尾添川流域	平坦	0°	良好	10m×10m	2018/10/31
(3) 広葉樹 (天然林)	岐阜県飛騨市	神通川水系高原川流域	起伏有り	35~40°	起伏があり、横断方向からの見通し不良	10m×10m	2018/11/28
(4) 広葉樹 (天然林)	石川県白山市	手取川水系尾添川流域	斜面	30~35°	斜面のため山側方向からの見通しがやや不良	10m×10m	2018/10/31

5. 調査結果

針葉樹は従来方式と測定誤差が小さい結果となった（識別本数：測定誤差なし，幹材積：測定誤差 +3～15%）。広葉樹は測定誤差が大きい結果となった（識別本数：測定誤差 -42%，幹材積：測定誤差 -21%）。

表 3 調査結果まとめ

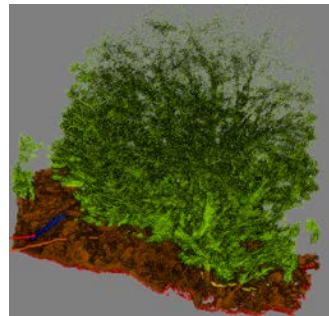
調査地点	林相区分	流域名	100m2当たり識別本数（本）			100m2当たり幹材積（m ³ ）		
			①可搬型レーザー ザースキャナ	②従来方式 （作業員計測）	誤差 ①/②	①可搬型レーザー ザースキャナ	②従来方式 （作業員計測）	誤差 ①/②
(1)	針葉樹（人工林）	神通川水系高原川流域	16	16	100%	9.357	8.148	115%
(2)	針葉樹（人工林）	手取川水系尾添川流域	7	7	100%	18.531	17.906	103%
(3)	広葉樹（天然林）	神通川水系高原川流域	-（識別不可）	12	-	-（識別不可）	8.045	-
(4)	広葉樹（天然林）	手取川水系尾添川流域	5	12	42%	4.189	5.321	79%



【針葉樹（人工林）】
個体の識別が可能で樹高や
胸高直径についても良好に
計測が可能

図 2 調査箇所 (1) 全景 針葉樹 (人工林)

3 次元データ



【広葉樹（天然林）】
地形の起伏があり、また下草
や個体の重なりがあり個体の
識別が困難

図 3 調査箇所 (3) 全景 広葉樹 (天然林)

3 次元データ

6. 考察

針葉樹は、個体間の重なりが少なかったこと、下草が少なく、地形が平坦であったことから樹高や胸高直径、立木密度を精度良く計測できたと考えられる。広葉樹は落葉していたが、地形に起伏があったこと、下草が多く個体間の重なりがあったことから 1 本あたりの樹木の幹や枝の抽出・識別が困難であったため誤差が大きかったと考えられる。

7. まとめ

現地において軽量で持ち運びが可能な可搬型レーザーザースキャナを用いたサンプリング調査を行った結果、個体間の重なりが少なく、縦横方向に見通しがきく現地条件においては 3D 化やマッピングを良好に行うことができ、立木の情報を精度良く把握することが出来た。このような条件下では調査全体の省力化が可能であり、現地適用性が高いと言える。一方でレーザーザースキャナの特長上の課題として、霧やもやなどの気象条件下での測定が困難であり、また技術的な課題として個体間で枝や樹冠の重なりが多く下草が多い場合や地形の起伏が顕著な場合は全体の見通しがきかず、単独での現地への適用は困難であると言える。このような場合、ドローンレーザーや地上レーザー測量等と併用することによる補完が必要であると考えられる。今回、可搬型レーザーザースキャナは現地条件によって精度や適用性の違いが見られることが分かった。今後、このような事例を重ね、改良や検討を加えていき、活用範囲が広がることを期待したい。

謝辞

本報告にあたり、現地におけるフィールドの提供をいただきました金沢河川国道事務所ならびに神通川水系砂防事務所にこの場を借りて御礼申し上げます。

【参考文献】 1) 砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説，国土交通省 国土技術政策総合研究所，2016