

LiDAR センサー搭載ドローンを活用した現地調査の高度化

いであ株式会社 〇須永 颯太, 菅原 圭吾, 森 克味, 木村 啓祐, 加賀 清
ブルーイノベーション株式会社 柴崎 誠, 山口 雄大

1. はじめに

人口減少・少子高齢化による労働力不足等, 我が国を取り巻く環境が変化中, インフラ分野においても, データ・デジタル技術の活用を通じて社会経済状況の激しい変化に柔軟かつ素早く対応するため AI・IoT を活用した DX が推進されている。

砂防事業においては, 山間地域が現場となり, 危険箇所への立ち入りが必要となるケースが多くあることから安全性や, 調査に人と時間を要するため省力化(省人化)が課題である。

本論文では, これらの課題を解決するために LiDAR センサーを搭載したドローンを用いて砂防設計に必要な現地調査の実証実験を行い, そこで明らかになった課題や問題点を整理するとともに, その解決策について検討した。

2. 砂防施設の設計における現地調査の課題

(1) 砂防施設の設計における現地調査

砂防施設の設計においては, 各種基本条件を設定するため, 下記に示す現地調査を実施している。

- ① **溪流調査**: 単位土砂量の算定のため, 各溪流において, 簡易横断測量を実施し, 溪床幅及び想定侵食幅を計測する。計測した値及び現地状況から侵食深の推定及び断面スケッチを作成し, 現地写真と共に調査票をとりまとめる。
- ② **流木サンプリング調査**: 発生流木量算定のため, 各林相における代表箇所(10m×10mの範囲)に存在する樹木の本数, 樹種, 胸高直径, 樹高等を計測する。計測結果を調査票に取りまとめ, 材積量を算定する。
- ③ **礫径調査**: 最大礫径算定のため, 計画堰堤上下流 200m間に存在する巨礫計 200 個を, 一つずつ赤白ポール等で計測する。計測結果を整理し, 頻度分布に基づく累積値の 95%に相当する粒径を最大礫径とする。

(2) 現地調査における課題

現状の現地調査では, 下記に示す課題がある。

- ① **安全性の確保**: 調査箇所へ進入するにあたり, 急峻な地形や崩壊地などが多い場合は調査箇所への近接自体が困難である。また, クマやイノシシ等の危険野生生物との遭遇のリスクがある。
- ② **人員確保**: 溪流調査では調査断面を視認するため下草刈りが必要であり, 下草刈りを考慮すると 3~4 人必要である。また, 流木サンプリング調査は, 効率的に実施するためには 3~4 人必要である。
- ③ **時間的制約**: 調査範囲は流域全体に及ぶため, 流域面積が広い溪流では調査に時間を要する。
- ④ **調査精度**: 溪流調査では, 侵食幅の設定において勾配変化点の設定が難しく, 精度に課題がある。

(3) 課題解決に向けた調査方法の検討

これらの課題解決のため, 本論文では, LiDAR センサーを用いた点群の取得により, 溪流断面及び樹木の計測への活用が可能である点に着目した。LiDAR センサーによる計測方法は, 取得した点群を基に溪流断面や樹木を計測する。LiDAR センサーによる点群取得の方法として, 有人航空機や地上レーザスキャナ等があるが, 今回は有人航空機と比較して安価かつ, 地上レーザスキャナと比較して機動力があるドローンを用いた方法により溪流調査及び流木サンプリング調査の実証実験を行った。

3. 実証実験の概要

(1) 対象溪流・調査位置

対象溪流は, 土砂災害警戒区域に設定されている, 流域面積 0.21km²の溪流である。流域の林相は, ミズナラ等の広葉樹とスギ等の針葉樹が広く分布している。調査位置として, 溪流調査の調査位置は 2 地点, 流木サンプリング調査は, 針葉樹の代表 2 箇所を実施した。計測結果の違いを把握するため, 従来方法による調査も併せて実施した。

(2) 使用機器

実証実験には Flyability 社の ELIOS3 (写真-1) 及び DJI 社の Matrice350 (写真-2) の 2 種類のドローンを使用した。ELIOS3 は, ドローン全体を保護するケージを備えており, 障害物の多い場所でも安全に飛行が可能であり, Matrice350 は, 最大飛行時間が約 55 分で 1 回の飛行で広範囲の計測が可能である。ELIOS3 はバッテリー時間の都合により調査箇所付近から飛行し, Matrice350 は谷出口から飛行した。

(3) 溪流調査

溪流調査は, 従来方法の方法 A, ELIOS3 の低空飛行により点群を取得する方法 B の 2 通りを実施した。方法 B で取得した点群は, 点群処理ソフト Autodesk Recap を用いて, 溪床幅, 侵食幅を計測した。

L480mm × W480mm × H380mm



写真-1 ELIOS3 (Flyability 社)

L810mm × W670mm × H430mm



写真-2 Matrice350 (DJI 社)

(4) 流木サンプリング調査

流木サンプリング調査は、従来方法の方法 A, ELIOS3 の樹間の飛行により点群を取得する方法 B, Matrice350 の空中写真から SfM 処理により生成した 3D モデルから樹高を計測する方法 C の 3 通りを実施した。方法 B で取得した点群は、点群処理ソフト Autodesk Recap を用いて、胸高直径、樹高を計測した。方法 C では、計測は樹高のみとし、胸高直径は推定式⁽¹⁾ (胸高直径 = 1.25 × 樹高 + 3.04) で求める。

4. 実証実験の結果・考察

(1) 溪流調査結果

侵食幅は、調査断面①では、方法 A が 5.4m, 方法 B では 5.6m であった。調査断面②では、方法 A が 5.7m, 方法 B では 5.9m であり、調査断面いずれも 0.2m 差がある結果であった。溪床幅も同様に、調査断面いずれも 0.2m の差がある結果であった。侵食深を調査箇所①及び②で 0.75m とした場合、単位土砂量で比較すると、調査箇所①及び調査箇所②の差は 0.1m³/m の差であり、移動可能土砂量の算定においてはその影響は小さいと考えられる。

表-1 従来方法との比較 (溪流調査)

種別	調査断面①		調査断面②	
	A:従来方法	B:点群から計測	A:従来方法	B:点群から計測
現況溪床幅 (m)	0.9	1.1	1.5	1.7
想定侵食幅 (m)	5.4	5.6	5.7	5.9
単位土砂量 (m ³ /m)	4.1	4.2	4.3	4.4

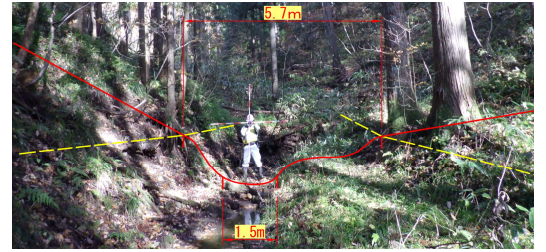


図-1 調査断面② 方法 A

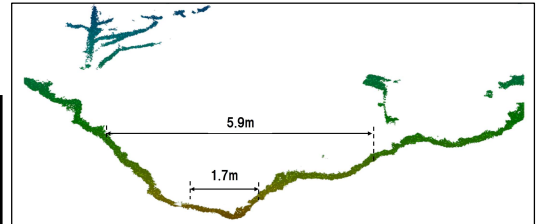


図-2 調査断面① 方法 B

(2) 流木サンプリング調査結果

平均樹高は、調査箇所①では、方法 A が 26m, 方法 B は 25.6m, 調査箇所②では、方法 A が 10.6m, 方法 B は 9.5m であり、いずれも差は 1.0m 程度であった。また、平均直径は、調査箇所①では、方法 A が 30cm, 方法 B は 34cm, 調査箇所②では、方法 A が 16cm, 方法 B は 15cm であり、いずれも差は 1cm 以内であった。計測から算定した樹木平均材積量で比較すると、調査箇所①では 0.02m³/m² の差があるが、調査箇所②では、0.009m³/m² でほぼ差がない結果となった。

なお、調査箇所①において方法 C で計測した結果、樹高の精度が低く、さらに胸高直径も推定式による算定になるため、精度が低いと想定される。

表-2 従来方法との比較 (流木サンプリング調査)

種別	調査箇所①			調査箇所②		
	A:従来方法	B:点群	C:SfM	A:従来方法	B:点群	C:SfM
樹木本数 (本)	8	8	8	15	15	-
樹高 (m)	19~30	17~31	16~33	5~17	4~17	-
平均樹高 (m)	26	25.6	28.38	10.6	9.53	-
平均直径 (m)	0.3	0.34	0.39	0.16	0.15	-
樹木平均材積量 (m ³ /m ²)	0.0714	0.0914	0.145	0.0206	0.0197	-

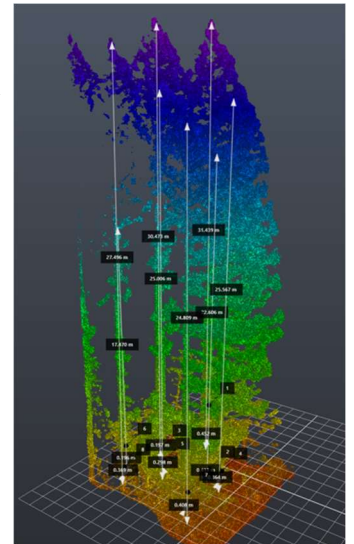


図-3 調査箇所① 方法 B

(3) 考察

今回の実証実験で得られた成果や新たな課題について、以下に示す。

- ①**安全性の確保**：急峻な地形や崩壊地へ立ち入ることなく調査可能であるため、安全性は向上した。
- ②**人員確保**：操縦者と機体監視者の最低 2 人で実施可能であり、従来方法では効率的に実施する場合、溪流調査 3~4 人、流木サンプリング調査 3~4 人必要であることを考慮すると、省人化となることがわかった。
- ③**時間的制約**：外業（現場作業）は、溪流調査では、従来方法と比較して 1 断面当たり 5 分短縮することができ、流木サンプリング調査では、1 箇所当たり 10 分短縮することができた。一方、内業（点群解析・計測）は、溪流調査では、従来方法と比較して 1 箇所当たり 5 分短縮することができたが、流木サンプリング調査では、1 箇所当たり 15 分増加し、短縮とはならなかった。
- ④**調査精度**：溪流調査では、点群から計測しており、従来方法に比べ大幅に精度が向上していると考えられる。

5. 今後の展望

本論文では、砂防堰堤の設計における現地調査での課題に対して、LiDAR センサー搭載ドローンが現地調査での活用の可否について実証実験を実施した結果、従来方法との比較により、内業時間は多少長くなるものの現場作業の時間短縮、安全性向上、省人化、調査精度向上という成果は得ることができた。

今後は、今回の実証実験で得られた成果を基に、作業の効率化を図り、さらなる省力化（省人化）に寄与するため調査方法について検討をする必要がある。

【参考文献】

- 1) 推定式：航空レーザを活用した森林資源調査実証業務（森林資源解析等）（網走東部森林計画区），林野庁