

砂防関係施設点検への小型無人航空機の利活用に向けた課題

朝日航洋株式会社 ○阿部美沙、小林 浩、守岩 勉、鈴木英夫、下山雄飛、新井啓吾

1. 研究目的

本研究は、小型無人航空機（以下 UAV と称す）を活用した手法の砂防関係施設等の点検への活用性を検討したものである。検討にあたっては、平成 26 年に公表された「砂防関係施設点検要領(案)」(以下要領(案))を参考に、UAV を用いた施設の「目視点検」、上下流の「堆砂状況の把握」の適用性を確認することを目標とした。下に研究の考え方を示す。

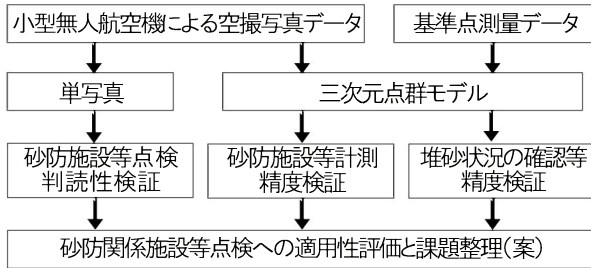


図 1 研究の考え方

2. 実験概要

実験は国土交通省北陸地方整備局松本砂防事務所管内浦川流域の浦川下流第 6 砂防えん堤で行った。



図 2 実験箇所

表 1 おもな使用機材

機材名	ZionPro800 ver.AAC	α6000+レンズ
メーカ	(株)エンルート	SONY
外観		 + 16mm/32mm レンズ
形式	回転翼(電動マルチローター 6 軸)	ミラレスデジタル一眼カメラ
大きさ	プロペラ中心間隔 0.8m	約 120×70×50mm

実験パターンは、表-2 に示すとおりである。

表 2 実験パターン

対象	砂防堰堤等	堆砂域・渓床
状況把握のための点検	地上画素寸法 3cm 程度	
堆砂量	公共測量準拠(±0.05m)	地上画素寸法 1cm 程度
礫登把握	要領(案)より簡易な精度	地上画素寸法 2cm 程度
砂防施設点検	地上画素寸法 0.25cm 程度	—

3. 実験結果

3.1. 堆砂状況の確認等

(1)三次元点群モデルの精度検証

堆砂域全域を撮影した地上画素寸法 1cm、2cm、3cm での撮影成果より図-2 に示した基準点 12 点を与えて三次元形状復元を行い、検証点において実測値との較差を確認した。なお、実運用において基準点を十分設置できない場合を考量するため、同図に示したように基準点数を上下流 4 点とした場合の精度検証も実施した。

地上画素寸法	平均離隔(m)	
	全域基準点	上下流 4 基準点
1cm	0.042	0.128
2cm	0.041	0.224
3cm	0.040	0.624

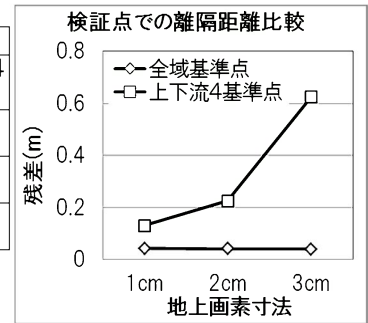


図 3 平均離隔

その結果、全域基準点のケースでは平均離隔は 0.04~0.042m と小さく、また地上画素寸法の違いによる有意な較差の違いは認められなかった。

しかし上下流 4 基準点のみにしぼったケースでは、図-3 に示すように地上画素寸法が大きくなるにつれて平均離隔が大きくなることが判明した。

(2)模擬岩塊の形状の再現性の確認

堆砂域での異常堆積等の際の巨礫や流木の形状寸法把握精度を検証するため、模擬岩塊(段ボール)の形状再現性について確認した。

その結果、図-4 に示すように上下流 4 基準点の場合の標高値の誤差が大きいことがわかった。一方で模擬岩塊の形状は基準点の多寡や地上画素寸法によらずばらつきも少なくズレも小さいことが分かった。

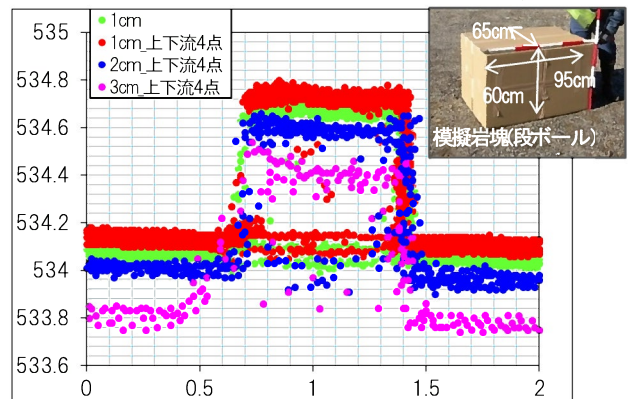


図 4 模擬岩塊の点群断面投影結果

(1)(2)の結果から、基準点が少ないと地上画素寸法に応じて三次元形状復元成果の標高精度は悪くなるが、形状寸法の再現性にはあまり差がないと言える。

3.2. 砂防施設等計測・点検

(1) 砂防施設等計測・点検の判読性～目地幅を例に

UAVによる近接撮影(画素寸法約0.25cm)で堰堤の目地部は判読可能であり、その表面の開口幅は約0.5cmと判読できる。クラックスケールは0.5cm角が判読可能だが、目盛りは判読できない。

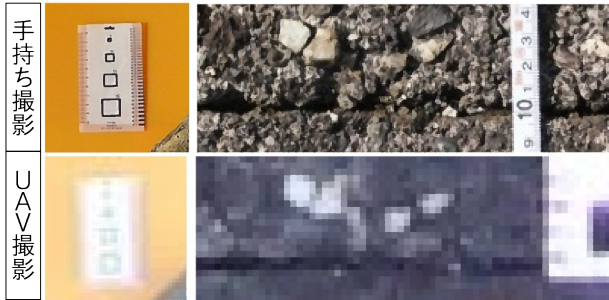


図5 近接撮影(画素寸法約0.25cm)による判読性

(2) 堆砂状況の計測等～礫径の計測

堆砂域に配置した2m枠を用いた河床材料の判読性の検証を行った。地上画素寸法1cmで撮影した写真では河床材料の判読性は良好であり、写真法による粒径加積曲線を試作した結果2cm径以上の礫について作成することができた(図-6)。なお地上画素寸法2cmの写真では、大礫の分布は把握できるがそれ以外の状況がほとんど判読できなかった。

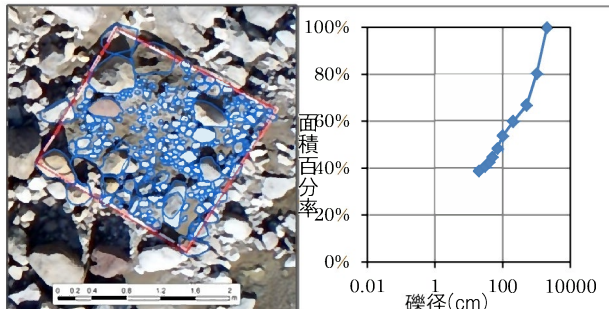


図6 写真法による粒径加積曲線作成イメージ

4. 砂防関係施設点検における課題

小型無人航空機による近接空中写真を用いた点検は、砂防関係施設点検要領(案)上では目視点検や地形測量的な手法を基本とするものを中心に代替することになると考えられる。点検要領(案)に基づく点検への適応性を、実験結果をもとに取りまとめた。

(1) 砂防堰堤等点検への適用性

表3 砂防堰堤等点検への適用性

項目	有効点	課題
水通し天端の摩耗	3D記録可能 対岸側でも容易に点検、マッピング	背の高い機器や架空線があると障害
本体のひび割れ	デジタル一眼カメラ+16mmレンズ使用で10m程度まで近接して撮影した場合: 幅計測は5mm程度以上 分布の記録は幅2.5mm程度以上 画像処理による客観的な検出記録が可能	近接できない場合、見逃せない範囲は記録に限界
本体基礎の洗掘	対岸側でも容易に点検 見通し得られれば点検可能	見逃せない恐れ大 洗掘深ま計測不能
漏水	対岸側でも容易に点検、マッピング 画像処理による客観的な検出記録が可能	近接できない場合、見逃せない範囲は記録に限界

(2) 周辺状況への適用

表4 周辺状況点検への適用性

項目	有効点	課題
流域の荒廃状況	最新の俯瞰状況取得可能	規模の大きな流域はUAVでは非効率
土砂の流出状況	見通しが得られれば土砂流入状況・不安定土砂の堆積状況等を立ち入らずに確認可能 確認結果を精度よくマッピング可能 概略的ながら土砂量・礫径等定量的な把握が可能 危険作業を回避できる	植生の影響等により見通しが得られない場合、調査は不十分 適切に基準点を設置できれば精度よく二時期の変動量把握可能 ※LP機であれば植生下でも数値地形モデルを取得可能
溪流における常時流水の有無	見通しが得られれば立ち入らずに確認可能	植生の影響等により見通しが得られない場合、調査は不十分
えん堤の堆砂状況	見通しが得られれば立ち入らずに確認可能 概略的ながら土砂量・礫径等定量的な把握が可能 危険作業を回避できる	植生の影響等により見通しが得られない場合、調査は不十分 ※LP機ならば植生下でも数値地形モデルを取得可能
上流河床の礫径	見通しが得られれば立ち入らずに確認可能 確認結果を精度よくマッピング可能 概略的ながら、任意の領域で礫径の定量的な把握が可能 危険作業を回避できる	植生の影響等により見通しが得られない場合、調査は不十分 あくまで表面に分布する礫のみ調査可能

(1)(2)より、見通しが得られれば大幅な省力化を図れる項目が複数存在するが、適用可能か否かは現地状況により大きく異なり、また同一堰堤・堆砂域でも適用可能領域と不可領域が混在する。

5. まとめと新たな点検体系構築の提案

これまでの検討結果より、本手法だけで現状の点検作業を置き換えることは不可能である。しかし、現状は砂防関係施設等の点検は点検技術者が現地踏査を実施して行うことが前提となっているのに対し、本手法を「概査」「重みづけ」「現地確認調査の対象箇所抽出」として利用することで、点検技術者の現地踏査作業を削減し効率的に作業を行うとともに、危険作業を削減し安全性を確保するといった利用法が考えられる。

今後は間接的な計測・観察手法の活用による「重みづけ」の概念を適切に取り入れた点検要領の構築に向け、データの蓄積を行う必要がある。

謝辞

本実験にあたっては国土交通省松本砂防事務所の多大なるご協力をいただいた。記して感謝する。

参考文献

- 1) 国土交通省：砂防関係施設点検要領(案)，平成26年9月。
- 2) 国土交通省：空中写真測量(無人航空機)を用いた出来形管理要領(土工編)(案)，平成28年3月。
- 3) 国土交通省：国土交通省河川砂防技術基準 調査編，平成26年4月。
- 4) 中路貴夫：写真撮影による河床材料調査，平成24年度近畿地方整備局研究発表会 論文集。