

川辺川流域における UAV 自律飛行による砂防施設点検の試行（その 2）

国土交通省 九州地方整備局 川辺川ダム砂防事務所 中村 良一^{※1}, 須田木 諭^{※2}
日本工営株式会社 ○大屋 俊祐, 田方 智, 水谷 佑

1. はじめに

砂防施設点検においては従来、人力による目視点検が主として行われてきた。砂防施設は狹隘で急峻な山間部の溪流に整備されていることが多く、施設までのアクセスに時間や労力を要する。点検作業時においても落差のある施設間の移動や急斜面の移動等により危険を伴う箇所が数多く存在する。川辺川流域は急峻な山地に囲まれており、谷が深い形状を呈しているとともに樹木が繁茂するエリアが多いという特徴を持っている。点検対象となる砂防施設は、川辺川流域に 146 施設点在しており、年間複数回の定期点検と臨時点検が実施されている。特に溪流保全工においては、砂防堰堤と比較して目視点検により多くの時間や労力を要することが課題となっており、UAV や画像解析を活用した点検の作業効率化が期待されている。本稿では、川辺川流域における溪流保全工を対象として、UAV を活用した施設点検および画像解析技術を活用した変状箇所の抽出を試行した結果について報告する。

2. 点検対象箇所

川辺川流域に位置する椎葉谷川流路工および山口谷川流路工を対象として、UAV による施設点検を実施した。椎葉谷川流路工の施設延長は約 650m であり、施設上空の樹木繁茂が著しい施設となっている。山口谷川流路工の施設延長は約 1km であり樹木繁茂はみられるが、椎葉谷川流路工と比較して施設上空が比較的開けた施設となっている。

3. 点検方法

(1) 使用機体

椎葉谷川流路工では、自律的に樹木等の障害物を回避可能な Visual SLAM 技術を搭載した Skydio 社の Skydio 2+および小型の機体である DJI 社の Mavic 3 CINE を用いて施設点検を実施した。山口谷川流路工では、位置情報の精度を向上させる RTK が搭載された DJI 社の Matrice 300 RTK を用いて施設点検を実施した。

(2) 飛行計画の設定

溪流保全工における飛行ルートは図 1 に示すように飛行経路①～③で設定し、河床および右岸・左岸をイン



図1 溪流保全工における飛行・撮影イメージ



図2 山口谷川流路工における飛行計画の例

ターバル撮影することで、施設全体を連続的に撮影できるようにした。飛行経路①では、下流から上流に進行させ、撮影方向は真下または斜め前方とした。飛行経路②では上流から下流に進行させ、撮影方向は右岸の護岸工に正対する角度とし、飛行経路③では下流から上流に進行させ、撮影方向は左岸の護岸工に正対する角度とした。椎葉谷川流路工においては施設上空の樹木繁茂が著しく、樹木上空からの撮影が困難なため、樹木下を飛行ルートとし、樹木下における飛行では GPS 捕捉が困難なため、手動飛行により施設点検を行った。山口谷川流路工においては施設上空が比較的開けた施設となっているため、樹木上空から自律飛行による施設点検を行った。また、椎葉谷川流路工と山口谷川流路工ともに施設延長が長く、1 箇所の離発着地点からの機体の目視が困難であるため、離発着地点を複数に設定し、機体の目視を確保できるような飛行計画とした。

^{※1} 現 国土交通省 九州地方整備局 九州技術事務所, ^{※2} 現 国土交通省 北陸地方整備局 能登復興事務所

4. 点検結果

(1) 椎葉谷川流路工

樹木下の飛行であり、手動飛行により施設に近接した撮影を行ったため、Skydio 2+による点検では2時間56分、Mavic 3 CINEによる点検では3時間22分と、目視点検で2時間19分を要する実態と比較して、より多くの時間を要した。Skydio 2+による飛行では、自律的に樹木等の障害物回避が可能であったため、Mavic 3 CINEと比較して飛行速度を上げることができ、点検時間の短縮が可能であった。また、梯子の使用や河川を横断して点検作業を行う目視点検の実態と比較して、UAVの活用により安全な点検が可能であった。

(2) 山口谷川流路工

樹木上空から自律飛行による撮影を行った Matrice 300 RTKによる点検では2時間5分と、目視点検で3時間9分を要する実態と比較して、大幅な点検時間短縮となった。また、夏季と冬季の2時期にUAVによる撮影を行いUAV画像の比較を行った。図3に示すように夏季と比較して冬季の方が樹木繁茂が少なく、より詳細に施設を撮影することが可能なため、点検の実施時期は冬季とすることが望ましいと考えられる。

5. 画像解析 (VIS&TFC)

(1) VIS&TFCの概要

画像解析ソフトウェアであるVIS&TFC^{1),2)}を使用し、川辺川流域における溪流保全工で多く確認されている「ひび割れ」および「洗堀」を対象に変状箇所の抽出を試行した。VIS (Visual illusion based-Image feature enhancement System) による処理では、処理画像に凹凸を強調するエンボス加工を施し、疑似的に光を照射することで錯視を誘発して視認性を向上させることが可能である。一方で、TFC (Target and non-target image Feature area Classification algorithm) による処理では、クラスター分析によりカラー情報 (RGB) の濃度値を自動分類することで、処理画像内の明るさをクラス分けすることが可能である。

(2) ひび割れに対するVIS処理の結果

UAVにより撮影したひび割れにVIS処理を適用した結果を図4に示す。ひび割れに対して、VIS処理を適用することで、視認性が向上し、通常のUAV撮影画像と比較して明瞭にひび割れの区別が可能となった。

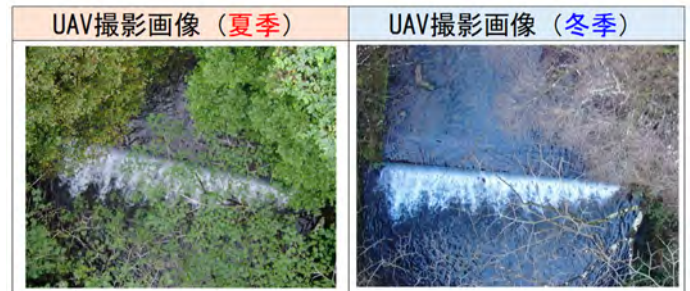


図3 夏季と冬季におけるUAV撮影画像の比較



図4 ひび割れに対するVIS処理

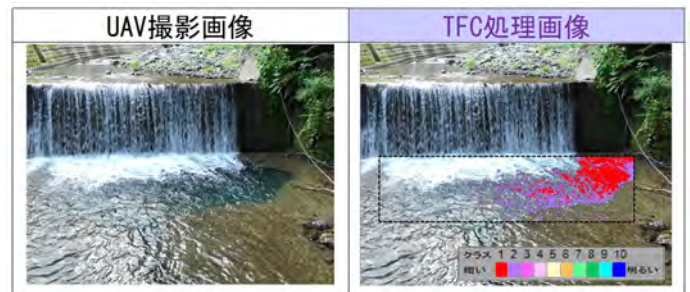


図5 洗堀に対するTFC処理

(3) 洗堀に対するTFC処理の結果

UAVにより撮影した洗堀 (床固工基礎) にTFC処理を適用した結果を図5に示す。床固工基礎の洗堀に対して、TFC処理を適用することで、周囲と比較して比較的明るさのクラスが暗くなっている洗堀であれば、変状箇所の抽出が可能となることが示された。

6. おわりに

本検討では、川辺川流域における溪流保全工を対象に飛行計画を立案し、砂防施設点検におけるUAVおよび画像解析の適用性を検証した。今回のUAV飛行ではインターバル撮影により点検を実施したため、点検データ数が膨大となったことが課題である。今後点検データのデータベース化も検討していく予定であるため、適切なウェイポイントの設定等により溪流保全工における飛行計画の見直しが必要であると考えられる。

【参考文献】

- 1) 広田ら, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol.71, No.2, p. II_66- II_77, 2015; 2) 渡邊ら, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol.77, No.2, p. I_1- I_12, 2021