

研究成果報告書

研 究 題 目		UAV と深層学習を用いた河道の維持・管理手法の高度化	実 施 年 度
			2023 年度
代 表 研 究 者	所 属	岡山大学学術研究院 環境生命自然科学学域	
	氏 名	吉田 圭介	印

1. 研究の目的・背景

○研究背景

河川やダム，および各種水理施設などのインフラの定期点検は，治水・利水の正常な機能および変状箇所の確認を目的に行われており，極めて重要な維持・管理業務の一つである．しかし，点検内容は多岐に及び，また現状，点検方法は一般に管理者（限られた人員）による観察や計測が主である．そのため，今後，人口減少社会でのインフラ整備や管理では安全性や効率化を検討するなど，点検手法の高度化が求められている．

近年，国土交通省管轄の一級河川では UAV や車両によって撮影・計測された写真やレーザ点群情報，および人工知能 AI を活用して，インフラ点検や維持・管理業務の高度化が推進されつつある．しかし，例えば，画像による点検では現状，AI モデルの選択・設定や，適切な学習データの検討が不十分であり，実務に供するには改善の余地がある．

○研究目的

本研究では岡山県を含む国内の一級河川において，河道での UAV 空撮画像と AI 解析技術を用いて，(A) 河道地被状態の同定や分類，(B) 堤防舗装路のクラック検出，および(C) 河道内のゴミ（不法投棄物）の検出を行う．本研究の特色は UAV と AI 技術を用いた河川巡視の高度化の支援である．また，想定される成果は，実河道での上記 3 項目の AI による自動解析性能の向上である．研究成果は将来的には県管理区間の河川や，ダムサイトなど流域全体での河道やインフラ管理への適用が期待される．なお，上記 3 項目(A)-(C)は，河川巡視点検項目（国土交通省，河川巡視規定例，別表-4，平成 23 年 5 月 11 日）の中では以下に対応する．

(A) 河道地被状態の同定や分類 ⇒ (2) 河川管理施設及び許可工作物の維持管理の状況の把握 — ⑤ 河道の状況 — d) 樹木群の生育の状況

(B) 堤防舗装路のクラック検出 ⇒ (2) 河川管理施設及び許可工作物の維持管理の状況の把握 — ① 河川管理施設の維持管理状況 — a) 堤防の状況

(C) 河道内のゴミの検出 ⇒ (1) 河川区域等における違法行為の発見及び報告 — ⑦ 河川管理上支障を及ぼす恐れのある行為の状況 — b) ごみ等の投棄

2. 研究成果及び考察（申請時の計画に対する達成度合を織込む）

(A) 河道地被状態の分類（達成度：70%）

近年の豪雨災害は極端な気象要因の他に、河川合流部や樹林化区間といった治水安全度が低い箇所が発生しやすい。ここでは岡山県旭川の河道 14.6km～15.8km の区間（図-1）の樹木分布を把握するにあたって、航空写真撮影のみならず、グリーンレーザ計測を可能とする UAV（TDOT3 Green）の利用を検討した。

同区間を対象に UAV 計測より得た航空写真（地上解像度 0.2m/pix）と、平面 1m 解像度のレーザ点群情報（植生高 l 、レーザ点数 n 、植生下層点密度 e 、DTM の反射強度 r ）を用い、深層学習モデル（Semantic Segmentation, DeepLabV3+）による 2 通り（図-2、①と②）の方法で地被分類（水部、裸地、竹林、草本、木本、道路、その他）を試みた。学習データの作成では、写真の目視判別に加えて、草本と木本の区別が困難である場合に、植生高 l の情報を利用し、2m 未満を草本とした。

結果として、写真とレーザ点群の両方を用いても、写真だけを用いたときと比べて分類精度はほぼ同等であり（地被クラス別で、平均 80%程度の正解率）、レーザ点群は学習データの作成において有用であることが分かった。以上の知見を基に、この区間の写真画像で学習した深層学習モデルに基づいて、同河川の他の区間の地被分類を行った結果（図-3）、概ね、分類結果が良好であることが分かった。

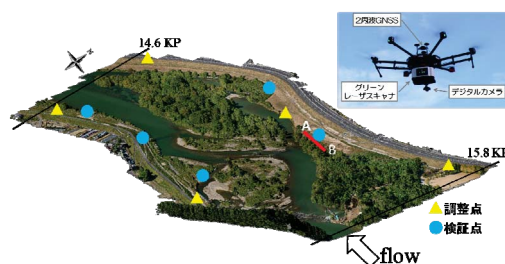


図-1 UAV 計測対象の河道区間

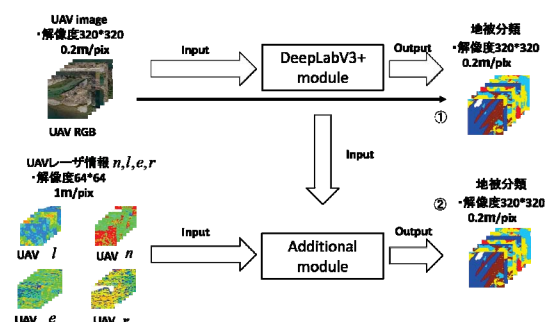


図-2 深層学習による地被分類の概念図

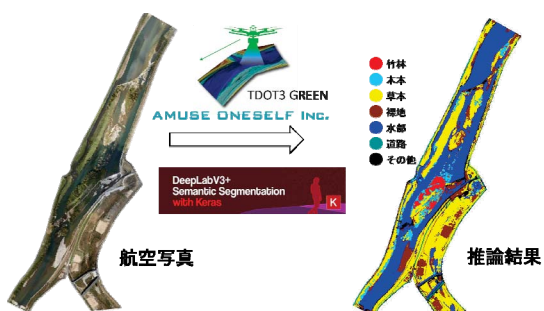


図-3 深層学習による地被分類

(B) 堤防舗装路のクラック検出（達成度：90%）

河川堤防天端のアスファルト舗装は、車両の安全な通行に供するだけではない。近年では豪雨時の堤体への雨水浸透の抑制や、超過洪水時の堤防越流状況下において、舗装路は“粘り強い堤体”の被覆材としての副次的な機能を発揮する。そのため、舗装路のクラック（ひび割れ、変状）は適切な時期に補修が可能となるよう、定期的な巡視による確認が望ましい。ここでは千曲川の堤防上（縦断距離 50m 程度）の UAV 撮影（Zion QC730）から得られた写真画像（地上解像度 2.5cm/pix）に対して、深層学習モデル（YOLOv7-seg）によってクラッ

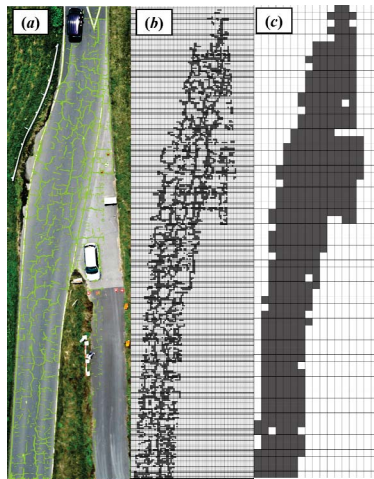


図-4 UAV 撮影写真とクラック検出結果

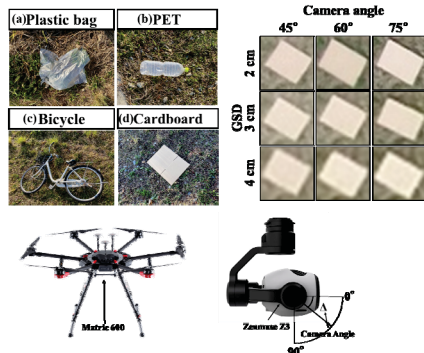


図-5 UAV 機体、対象ゴミ、画角と解像度

表-1 解析ケース

Case	1	2	3	4
学習データ数 (アンोटेशन数)	(a)	3423		
	(b)	468	468	31866
	(c)	194		
	(d)	348		
学習条件	Batch size	4	15	4
	Epochs	50	500	50

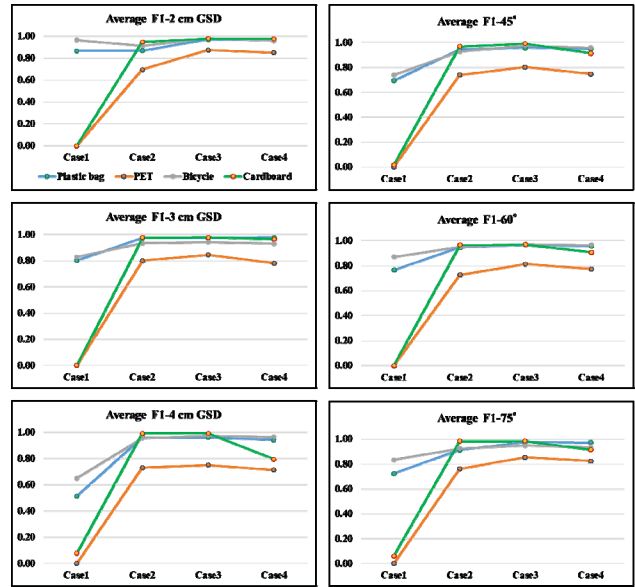


図-6 対象ゴミ、画角と解像度毎の検出精度

ク箇所の検出を行った。学習データには、web 公開クラック画像(Top Transportation Datasets project in Roboflow Universe)を用いた。図-4(a)は対象区間の画像と、クラック検出結果(緑色部)を重ねた図である。また、(b)と(c)は元画像を各々25cm (10pix), 125cm (50pix)の地上解像度の正方格子に分割し、(a)のクラックが存在する部分だけ黒色でマスク処理を行ったものである。これとは別に作成した正解データと比較すると、図-4 (b)の再現率は 0.77, 図-4(c)では 0.95 となり、クラック箇所は実務上、概ね検出可能と考えられる。

(C) 河道内のゴミの検出 (達成度 : 70%)

河川ゴミは流水障害、景観悪化および、特に河川生態系への影響から、速やかに回収を行うことが望ましい。ここでは、画角や地上解像度を系統的に変化させた条件で UAV を用いて撮影した航空写真に対して、深層学習モデル (YOLOv5l) により河川敷に人為的に散布されたゴミの検出を試みた (図-5)。予備検討の結果、ペットボトル(PET)の検出精度が良くなかったため、現地データ(468)に加えて、2 通りの web 上の公開画像でデータを増強し(Case3, Case4), 表-1 に示す学習条件を設定した。バッチサイズとエポック数は用いた GPU の性能を考慮し設定した。学習は全ての画角、解像度のデータを利用し、検出は画角、解像度毎に F 値 (適合率と再現率の調和平均) を算出した。図-6 はその結果を示す。データ増強と適切な学習条件の設定により、特に PET の検出精度が向上することが分かった。

3. 経費の使用状況（申請時の計画に対する実績を記述）

受入額に合わせて、研究計画や利用額を調整した。なお、謝金等の不足分は申請者の校費で補填した。

	申請時の計画額	受入額（内訳調整）	実績額（単位:円）
設備備品費	500,000	600,000	600,000
消耗品費	600,000	350,000	338,806
借料損料	50,000	50,000	29,920
印刷費	100,000	50,000	5,060
旅費	200,000	200,000	212,520
謝礼金	500,000	0	0
その他	50,000	50,000	113,694
合計	2,000,000	1,300,000	1,300,000

4. 将来展望（今後の発展性、実用化の見込み等について記述）

本研究では河川巡視項目のうち、(A)河道地被状態の把握、(B)堤防舗装路のクラック検出、(C)河道内のゴミ検出を対象として、UAV 撮影画像と AI モデルを用いた解析手法と精度結果を示した。現地で入手できるデータ以外に、web 公開情報を活用することで、学習データの量と質（背景や対象物の多様性）を改善し、また学習条件を適切に設定することで分類・検出の精度が 80%程度、見込めることが分かった。3つのタスクに対して今後必要なことは、(1)日射や季節などの撮影条件、(2)対象河川の特性（例えば、繁茂する植生種の違い）、(3)本研究では扱っていないゴミの種類、がどの程度、結果に影響をもたらすかを検討することである。(B)のクラック検出に関しては現状でもほぼ実用的な扱いが可能と考えている。

5. 成果の発表（学会での発表、学術誌への投稿等を記載。予定を含む）

本研究成果の一部を下記論文にて公表した。

Shijun PAN, Keisuke YOSHIDA, Takashi KOJIMA : Application of the Prompt Engineering-assisted Generative AI for the Drone-based Riparian Waste Detection, ***Intelligence, Informatics and Infrastructure***, Vol.4, Issue 2, pp.50-59, 2023.

Shijun PAN, Keisuke YOSHIDA, Satoshi NISHIYAMA : Detection and Segmentation of Riparian Asphalt Paved Cracks Using Drone and Computer Vision Algorithms, ***Intelligence, Informatics and Infrastructure***, Vol.4, Issue 2, pp.35-49, 2023.