

## (46) UAV 写真を用いた 不法投棄物の把握

井関 禎之<sup>1</sup>・船田 征<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 株式会社パスコ 関西事業部 (〒556-0017 大阪市浪速区湊町 1-2-3 マルイト難波ビル 8 階)  
E-mail: siakde8866@pasco.co.jp

<sup>2</sup>正会員 株式会社パスコ 中央事業部 (〒556-0017 大阪市浪速区湊町 1-2-3 マルイト難波ビル 8 階)  
E-mail: maida6143@pasco.co.jp

近年深刻化している海洋ごみの 7~8 割が陸由来とされ、多くは河川を流下してきたものとされている。大和川では、不法投棄が長年繰り返され、都市河川の景観としても問題となっている。不法投棄は、定期的な河川巡視によって状況把握されている。堤防等から目視確認しているため、低水路や樹木による死角の状況を把握することは困難である。また、少子高齢化による担い手不足などの社会的な背景から、河川巡視の効率化も求められる。一方で、近年 UAV の技術向上により、手軽に高解像度かつ位置精度の高い空中写真が撮影できるようになった。そこで、本検証では、UAV 写真による不法投棄物の把握と、現地での目視確認による結果の比較を行い、巡視業務の代替技術としての有効性を確認した。また、回収等対策に向けた不法投棄物の分布状況についても確認した。

**Key Words:** UAV, Photographs, Illegal dumping, River maintenance, Distribution

### 1. 背景・目的

近年世界的に深刻化している海洋ごみの 7~8 割が陸由来とされ、多くは河川を流下してきたものとされる。奈良県および大阪府を流れ大阪湾に注ぐ大和川では、不法投棄が長年繰り返されている。海洋ごみの発生源になりかねない点や、都市河川の景観の点で問題である。

不法投棄は、定期的な河川巡視によって状況が把握がされ、主に堤防や高水敷から目視確認している。そのため、堤防や高水敷から見えにくい低水路や、高水敷の樹木による死角部においては、状況把握が困難である。また、少子高齢化による担い手不足などの社会的な背景から、河川巡視の効率化も求められる。一方で、近年 UAV 関連技術の向上により、手軽に高解像度かつ位置精度の高い空中写真が撮影できるようになってきた。

そこで、本検証では、UAV に搭載したカメラで大和川の垂直写真の撮影を行い、撮影した写真から不法投棄物が把握できるか確認することで、河川巡視への適用性を検証した。従来の巡視同様に現地での目視確認も行い、UAV による結果と比較することで、巡視業務の代替技術としての有効性を確認した。また、回収等対策に向けた不法投棄物の分布状況についても確認した。

### 2. 検証方法

#### (1) 検証区間

既往の巡視記録から不法投棄物が顕著な区間を確認した。その結果、大和川 4.4kp 付近~7.0kp 付近を検証区間とした。以下に、大和川 4.4kp 付近~7.0kp 付近の位置図を示す。

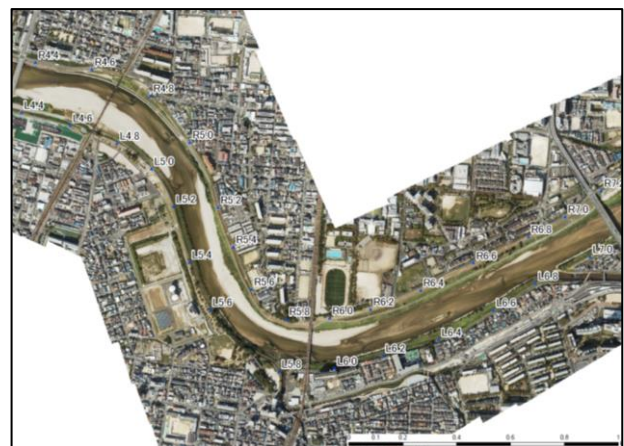


図-1 位置図 (出典：大和川流域三次元管内図作成等業務 成果物)

## (2) UAV 写真による確認

### a) UAV の選定

目視確認結果との発見位置の比較や、将来的な実務利用（河川巡視結果の効率的な登録等）を見据え、位置情報付きのオルソ画像が作成可能で、市場流通の多い UAV である Phantom4 RTK（DJI 社製）を選定した。

### b) UAV の計測計画

不法投棄物は様々なものが存在するが、本検証で把握の目標とする不法投棄物の最小サイズは、過去の巡視記録からレジ袋ゴミ相当（平面サイズ 30cm×30cm 程度）とした。また、UAV による撮影時の地上解像度は、ジョンソンの判定基準<sup>2)</sup>を参考に、物体の認識に必要とされる 3cm とした。以下に、UAV 写真の地上解像度 3cm の場合におけるジョンソンの判定基準による必要ピクセル数と把握可能なサイズを示す。

表-1 ジョンソンの判定基準：写真の地上解像度 3cm の場合

項目	必要ピクセル数	把握可能なサイズ (cm)
検知→物体の有無 (物体が有るか無いか)	2±0.5	4.5~7.5
認識→物体の種類 (不法投棄物か自然物か)	8±1.6	19.2~28.8
識別→種類の識別 (どんな不法投棄物か)	12.8±3	29.4~47.4

地上解像度 3cm の場合、Phantom 4 RTK 内蔵カメラの諸元によると撮影時の対地高度は 109m となる。以下に、Phantom 4 RTK 内蔵カメラの解像度別の撮影諸元を示す。

表-2 Phantom4RTK 内蔵カメラの解像度別の撮影諸元

解像度 (cm)	対地高度 (m)	最大速度 (m/s)	焦点距離 (mm)	画素数 (横) (縦)	撮影範囲 (m) (横) (縦)
1	36	2	8.8mm	5472 3648	54.72 36.48
2	73	5	8.8mm	5472 3648	109.44 72.96
3	109	8	8.8mm	5472 3648	164.16 109.44

上述を踏まえた撮影計画図を以下に示す。安全確保のため、鉄道橋や送電線付近を避け 4 ブロックで計画した。

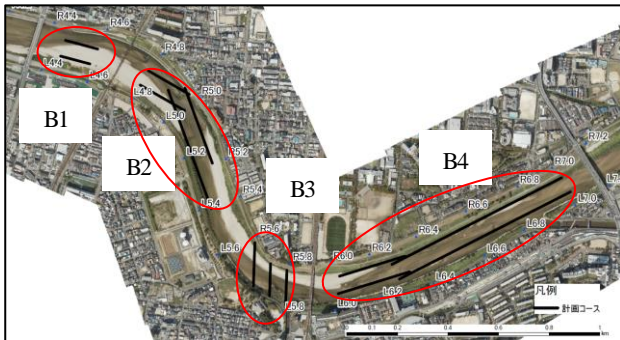


図-2 撮影計画図

### c) 検証点の計測

撮影した写真から作成した位置情報付きのオルソ画像の平面位置精度を確認するため、白線やマンホールなどの地物を検証点とした。検証点の計測には GNSS 測量機を用いた。

### d) 検証物の設置

UAV 写真から河川巡視時の目視死角部の不法投棄物をどの程度把握できるか検証するため、検証箇所を選定した。検証箇所は、目視死角部となる樹木が高水敷に存在する大和川 R6.6kp 付近~R6.8kp 付近とした。高水敷にある樹木の低水路側（目視確認困難な箇所）に、不法投棄物に見立てた検証物（段ボール、ゴミ袋）を設置した。以下に、設置した検証物を示す。

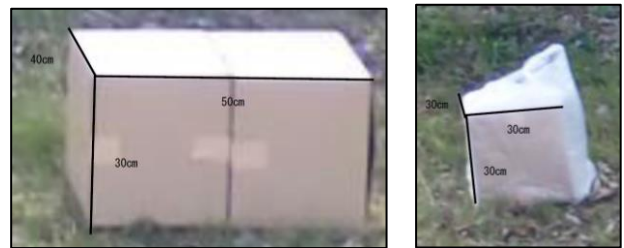


図-3 検証物（左：段ボール 幅 50cm×奥行 40cm×高さ 30cm、右：ゴミ袋 幅 30cm×奥行 30cm×高さ 30cm）

### e) 現地作業の実施

UAV 関連の現地作業は、UAV の操縦・監視、検証点計測など計 5 名で、2022 年 1 月 27 日（木）に実施した。現地作業時間は、ブロック間の移動を含め 3 時間 45 分であった。以下に、現地作業の状況を示す。



図-4 左：UAV の操縦、右：検証点計測

## (3) 現地目視による確認

UAV 写真による確認が巡視業務の代替技術として有効か確認するため、従来の巡視同様に現地での目視確認を 2 名で行った。UAV 写真との比較・検証のため、サイズの異なる不法投棄物について、写真撮影、寸法計測、位置情報の取得を実施した。現地作業時間は、3 時間 38 分であった。

### 3. 検証結果と考察

#### (1) UAV 写真の平面位置精度の確認

現地目視で発見した不法投棄物との比較や、不法投棄物の分布状況の把握のため、UAVにより撮影した位置情報付き写真からオルソ画像を作成した。オルソ画像の平面位置精度の確認は、各ブロックで取得した計11点の検証点の座標を用いて実施した。検証点との較差を以下に示す。

表-3 平面位置精度の確認結果





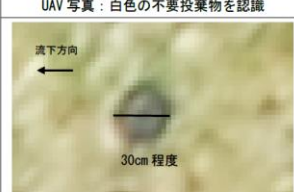

項目	X(m)	Y(m)
最大値	0.097	0.059
最小値	-0.044	-0.054
平均値	0.018	0.004
標準偏差	0.052	0.035
平均二乗誤差	0.055	0.035

X・Yともに、平均二乗誤差5cm程度、最大較差10cm程度に収まっており、目視確認による発見位置の比較や、分布状況の把握、また、航空レーザ測量成果など他の空間情報との重ね合わせが十分に実施できる平面位置精度を有していた。これは、UAVの上空視界が開けており、測位衛星の受信が良好であったためと考えられる。

#### (2) UAV 写真で把握な不法投棄物の規模の確認

河川巡視同様、現地で目視確認により発見した不法投棄物に対して、同日に撮影した地上解像度3cmのUAV写真を用いて把握できるか確認した。例として、ブロック1の確認結果を以下に示す。

表-4 UAV写真による確認結果（ブロック1）

	
UAV写真：白色の不要投棄物を認識	現地写真：プラスチックごみ
	
UAV写真：白色の不要投棄物を認識	現地写真：プラスチックごみ
	
UAV写真：不法投棄されたタイヤを識別	現地目視：タイヤ

地上解像度3cmのUAV写真の場合、短辺15cm程度までであれば不法投棄物であると認識でき、短辺30cm程度までであれば不法投棄されたタイヤであると識別できた。ジョンソンの判定基準による把握可能な規模と概ね一致していることが分かる。

どのような不要投棄物であるか識別はできなくとも、UAV写真に写る周囲の土地被覆との色や形状の違いから、短辺が15cm程度よりも大きいものについては、不法投棄物であるかどうか把握できた。現地では様々な色に見える不法投棄物であってもUAV写真では、白色に写ることが多かった。一方で、タイヤはUAV写真においても黒色でかつ形状が丸いことから、不法投棄物されたタイヤであると識別できたと考えられる。

#### (3) 目視死角部におけるUAV写真による確認

大和川R6.6kp付近～R6.8kp付近の高水敷において、目視死角部に設置した不法投棄物に見立てた検証物（段ボール、ゴミ袋）2箇所に対して、空撮した地上解像度3cmのUAV写真を用いて把握できるか確認した。検証物設置箇所及び目視死角部に設置した検証物のUAV写真による確認結果を以下に示す。



図-5 検証物設置箇所

表-5 目視死角部におけるUAV写真による確認結果

	
1箇所目 UAV写真：検証物であると認識	1箇所目 現地目視：堤防上から
	
2箇所目 UAV写真：検証物であると認識	2箇所目 現地目視：堤防上から

目視死角部に設置した不法投棄物に見立てた全ての検証物について、地上解像度 3cm の UAV 写真により認識できた。河川巡視の目視死角部にある不法投棄物を把握できる可能性が高いと考えられる。

#### (4) 不法投棄物の分布状況

どこにこういった種類の不法投棄物が分布するか把握できると、場所ごとの具体策の検討に役立つ。机上で目視判読することにより、UAV 写真から不法投棄物の抽出を実施した。不法投棄物の項目ごとの抽出結果及び分布状況の一例としてブロック 4 を以下に示す。

表-6 UAV 写真の目視判読による不法投棄物の抽出結果

項目	B1	B2	B3	B4	合計	割合(%)
白色の物体	257	455	191	679	1582	80.5
タイヤ	6	21	13	163	203	10.3
黒色の物体	3	2	21	35	61	3.1
青色の物体	1	7	13	15	36	1.8
緑色の物体	5	5	4	15	29	1.5
茶色の物体	3	3	4	10	20	1.0
赤色の物体	2	2	2	10	16	0.8
黄色の物体	0	1	7	4	12	0.6
ビニルシート	2	1	1	1	5	0.3
合計	279	497	256	932	1964	100

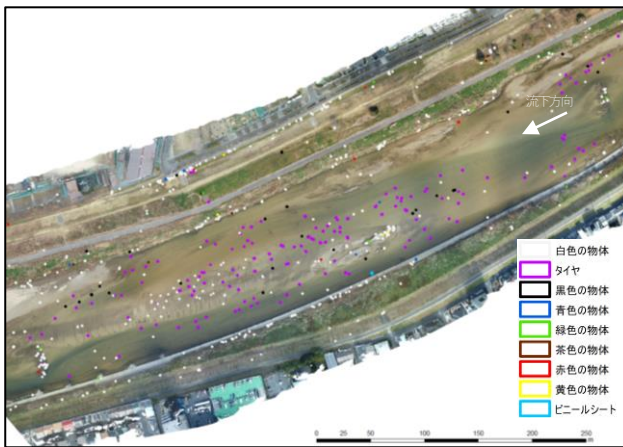


図-6 UAV 写真の目視判読による不法投棄物の分布状況：B4

全ブロックにおいて、白色の物体（ビニール袋等のプラスチックごみ）が多く抽出された。水際や高水敷の叢、低水路で水面より高い箇所への分布が多かった。洪水等によって上流から流下し引っかかり留まったと考えられる。

また、ブロック 4 のみタイヤが突出して多く抽出された。ほぼ水中に分布し、水深が浅いところに集中していた。ブロック 4 は、他のブロックよりも川幅が広く水深が浅いため流速が遅い。そのため、洪水等によって上流から流下しこの区間に多く留まったと考えられる。

#### 4. 結論と今後の課題

本検証では、UAV による位置情報付きのオルソ画像を用いることで、巡視業務で確認している規模の不法投棄物を把握でき、代替技術としての有効性を示せた。また、不法投棄物の回収等対策に向けた水部を含めた河道全体の分布状況や分布特性を確認できた。

今後の課題は、効率化に関する 2 点である。1 点目は、現地作業である。橋梁などの支障物件により UAV の計測ブロックを分けた。移動に時間を要し、目視確認と同等の作業時間であった。支障物件が少ない区間での検証が必要である。2 点目は、机上作業である。UAV 写真からの目視判読による不法投棄物抽出作業は約 5 日間かかった。効率化に向けた AI 適用の検証が必要である。

謝辞：業務成果物の利用や助言等に対して、この場を借りて、大和川河川事務所調査課の皆様へ感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 日本財団, コカ・コーラ: 「陸域から河川への廃棄物流出メカニズムの共同調査」調査結果を報告, < [https://www.nippon-foundation.or.jp/app/uploads/2020/02/new\\_pr\\_20200221\\_01.pdf](https://www.nippon-foundation.or.jp/app/uploads/2020/02/new_pr_20200221_01.pdf) >, (入手 2022.5.31) .
- 2) John Johnson : Analysis of image forming systems, in Image Intensifier Symposium, AD 220160, pp.244-273, 1958