

UAV 活用による精密計測手法の検討

第一工業大学 正会員 ○田中 龍児
 ネコノテック 石澤 直樹
 鹿児島大学 正会員 長山 昭夫

1. はじめに

我が国では、高度成長期以降に整備したインフラが急速に老朽化し、今後 20 年間で建設後 50 年以上経過する施設の割合が加速度的に高くなる見込みである¹⁾。インフラは、適切に点検・補修・修繕を行い、機能維持を図ることが望ましいが、なかには、財政的理由や労働者不足により、適切な点検・補修・修繕が実施されず、損傷程度が悪化し危険性が増し、供用することができなくなったインフラも出てきている。そのため、効率的にかつ効果的に点検することが重要であり、特に UAV (Unmanned aerial vehicle : 無人航空機) の活用が期待されている。しかし、橋梁などにおいては近接目視でなければならないといった法的な壁や、UAV による点検技術の研究は始まったばかりで、現在の人手による点検業務に技術的に追いついていないといった問題も指摘されている。また UAV 活用によるのり面の点検についても、藤田ら²⁾ (2017) などの先行研究があるが、十分な精度とは言えない。

本研究では、のり面、ダム壁面、道路面において、UAV の近接撮影によるクラック等の精密計測の可能性について検討した。

2. 使用した UAV および撮影カメラの諸元

使用した UAV は、DJI 製の Mavic Air で、UAV の諸元と搭載カメラの諸元をそれぞれ表-1、表-2 に示す。

表-1 UAV の諸元

項目	概要
機体	DJI, Mavic Air, 430 g
操縦装置	DJI, Mavic Air専用プロポ
最高速度	68.4 km/h
最大伝送距離	4,000 m

表-2 カメラ諸元

項目	概要
画角	84°
焦点距離	24mm / 35mm
有効画素数	1200万画素
センサーサイズ	1/2.3型(6.2mm × 4.7mm)

3. 近接撮影のための飛行計画

写真縮尺 $1/m$ 、焦点距離 f 、撮影高度 H とすると、次の関係がある。

$$\frac{1}{m} = \frac{f}{H} \tag{1.1}$$

また、カメラセンサー1画素のサイズを s とすると、地上画素寸法 S は、

$$S = s \cdot m \tag{1.2}$$

となる。 S が 1 mm 程度になるときの撮影高度 (被写体との距離) H を求めると、Mavic Air では約 3 m となる。つまり、被写体より 3 m で撮影すると、1 mm の精度で計測できることになる。

次に、カメラセンサーのサイズを $a \times b$ 、オーバーラップ $P\%$ 、サイドラップ $Q\%$ とすると、撮影間隔 B は(1.3)式で、コース間隔 C は(1.4)式で表される。Mavic Air のカメラ諸元で算出すると、撮影間隔は 0.4 m、コース間隔は 1.3 m となる。

$$B = m \cdot a \cdot \left(1 - \frac{P}{100}\right) \tag{1.3}$$

$$C = m \cdot b \cdot \left(1 - \frac{Q}{100}\right) \tag{1.4}$$

図-1 は、本研究での計測の流れである。また、撮影時はカメラを斜面に正対させるため、カメラ角度は、図-2 のように斜面の傾斜角とほぼ同じ角度に設定した。

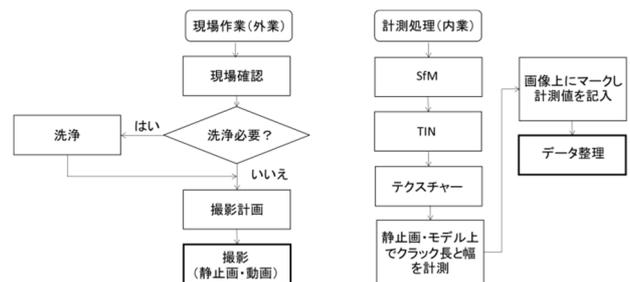


図-1 計測の流れ

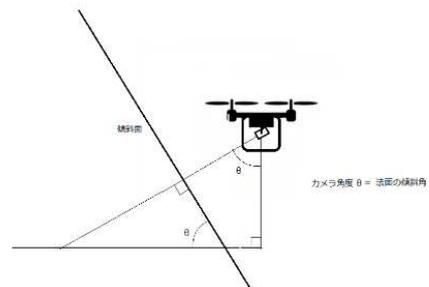


図-2 カメラの角度

4. 計測結果

(1) のり面の計測

図-3 は、計測のイメージ図である。のり面との距離は 2 m、撮影間隔 0.3 m、コース間隔 1 m で撮影した。3D 再構成および計測は、Agisoft 製の PhotoScan を用いた。のり面は草や苔が繁茂しクラックは見えなかったが、計測結果は、図-4、図-5 に示す通り、3D モデルと静止画像上で、約 50 mm のパイプの直径をミリメートルの精度で計測できた。

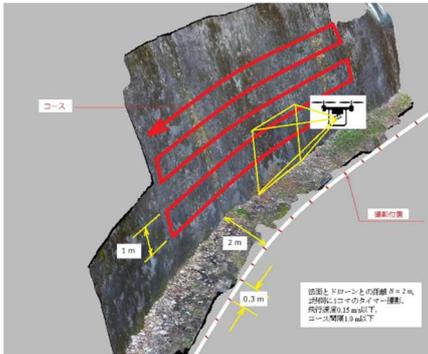


図-3 のり面の計測イメージ



図-4 3D モデル上での計測



図-5 静止画での計測

(2) ダム壁面の計測

図-6 の青色の帯は、ダム壁面撮影の撮影位置とコースである。壁面との距離は 3 m、撮影間隔 0.3 m、コース間隔 1 m で撮影した。撮影範囲は、横方向 20 m、縦方向 6 m で、約 200 枚の静止画を撮影し、3D 再構成した。写し込まれたダムの水位標を計測すると、 $3\text{ m} \pm 0.314\text{ m}$ と誤差が大きかったので、同水位標により 3 m のコントロールスケールを設定した。設定後、再び 3D モデルを作成し計測すると、精度は $3\text{ m} \pm 0\text{ m}$ となった。計測結果は、図-7、図-8 に示す通り、静止画上ミリメートルの精度で、クラックの最大幅と長さを計測できた。

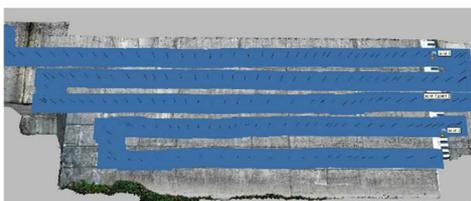


図-6 ダム壁面の撮影



図-7 最大幅 3.25 mm



図-8 クラック長 19.3 mm

(3) 道路面の計測

図-9 は道路面上方から見た撮影位置である。路面との距離 (対地高度) は 3 m、撮影間隔 0.3 m、コース間隔 1 m で撮影した。道路面には図-10 のように巻尺と標尺のコントロールスケールを設置した。その結果、図-11 のように、1 mm 幅のクラックを確認計測できた。



図-9 道路面の撮影位置



図-10 スケールの設置



図-11 クラック長 306 mm

5. まとめ

対象物に接近させるため、UAV は障害物センサーが必須であり、常に機体を直視しながら操縦する必要がある。また、本文中には触れなかったが、本研究で使用した UAV のカメラレンズはひずみが大きく、セルフキャリブレーションではなく、独立したキャリブレーションを行う必要があった。UAV の 1 回あたりの飛行時間は実働 15 分程度で、面的に広い範囲の計測には適さない。以上のような問題点もあり、これからさまざまな実証実験が必要であるが、従来の目視計測に劣らない十分な精度の計測結果が得られた。

謝辞：本研究は、(公財)鹿児島県建設技術センターの助成により実施された。ここに記して、謝意を表する。

参考文献

- 国土交通省.国土交通白書, 2014.
<http://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/h25/hakusho/h26/>,
(参照 2018-12-10)
- 藤田・宇次原ほか：UAV による撮影と多視点写真測量技術を用いたのり面構造物点検手法の適用性の検討，平成 29 年度砂防学会研究発表会，2017.