

UAV と高精度な AR マーカーを用いた砂防施設管理等への適用性に関する検討

日本工営株式会社 ○太田敬一 後藤裕子
リーグソリューションズ株式会社 大森 能成 岩井 聡

1. はじめに

無人航空機である UAV、通称ドローンは、空撮や測量業務に利用される場合があり、利用に際しては、国土地理院より発刊されている「UAV を用いた公共測量マニュアル (案)」¹⁾及び「公共測量における UAV の使用に関する安全基準 (案)」²⁾に沿って実施される。また砂防分野に限れば、空撮や測量以外の事例として、人の立ち入りが困難な火山地域にて資料採取に試みた事例³⁾などがある。このように UAV が測量や資料採取に利用される背景として、既存の方法に対し、迅速で効率良く進めることができるからであり、ドローンを利用するにあたり、業務の効率化がモチベーションの1つにある。

航空機やヘリコプターには無い UAV が有する利便性を踏まえると、業務の効率化だけではなく、他の要素技術を組み合わせることで、新たなサービスを生み出すことができると考えられる。例えば、医薬品が不足する地域への医薬品の配送などの運送や物流分野での活用や、通信機材を搭載した UAV を災害時に飛行させ、通信の中継器としての利用など、これまで無かったサービスの提供や利用方法が進められている。今後もニーズに応じ、既存の要素技術と UAV を組み合わせた利用が進むと考えられる。

近年の画像解析の進歩は目覚ましく、カメラ画像を用いた斜面変状の計測などの取り組みが見受けられる⁴⁾。また安価なカメラと AI 解析技術を組み合わせた物体検知などの事例も散見される。このような画像解析の技術と UAV と組み合わせた利用方法については、SfM の技術を利用し三次元モデルや点群モデルを作成し対象物の形状から状況を把握する事例は多々ある。しかしながら、計測や対象物の移動量までを想定した利用方法の事例は無く、例えば道路分野では今後、UAV と画像解析技術を組み合わせ、災害後の道路の通行可否を判定する技術開発が進む予定である⁵⁾。

そこで本稿では試行的に、画像技術と AR マーカーを用いた計測技術と UAV を組み合わせ、計測対象物の移動量を把握する方法について検討したので、その結果を示す。

2. 検討に用いた AR マーカーについて

検討に利用した AR マーカーは図 1 に示すもので、特徴の1つとして、マーカーの四隅に黒丸が配置されていることであり、この黒丸をカメラで検知し画像解析することで、カメラと AR マーカー間の距離を mm 単位精度で計測するものである。またマーカー中央には「ArUco マーカー」と呼ばれる模様が配置されており、複数のマーカーを扱う場合の識別情報として利用する。

AR マーカーのサイズは 10cm~50cm であり、カメラとマーカーの設置箇所との距離に応じ選定する。例えば 50cm サイズの AR マーカーを利用した場合、約 30m 先に置いた AR マーカーまでの距離とカメラを基準点にした 3次元の座標値を測定、評定できる。また図 2 に示すように、2つ以上の AR マーカーを配置した場合は、基準となる AR マーカーとの距離の測定と座標値が評定できる。

AR マーカーの撮影に用いるカメラは、市販のフル HD 程度のカメラから産業用途のカメラまで多様な種類のものが利用できる。AR マーカーのサイズを大きくし、カメラの解像度を上げる程、計測可能な距離は大きくなる。画像解析の際に市販のカメラを利用できる点は、利便性が高い。

3. 動作確認方法

上記に示した AR マーカーと UAV を組み合わせた撮影実験について以下示す。

今回の撮影に際しては、DJI 社製の Matrice300RTK を用いた。この機体は昨年 DJI 社からリリースされた産業用途の機体で、例えば光学 20 倍ズームカメラや赤外線カメラを搭載することが可能で、対象物に近接することなくズーム機能を用いた点検等に利用することができるなど、測量や点検業務に利用できる仕様となっている。今回の検討でもこのズームカメラを用いて、20 倍ズームに設定し AR マーカーを撮影した。

図 3 は撮影実験に用いた AR マーカーの配置である。地

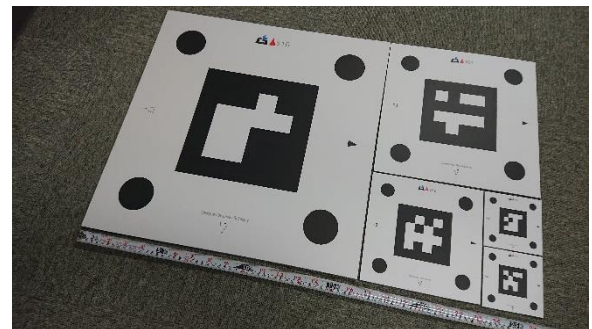


図 1 AR マーカー (リーグソリューションズ 社製)

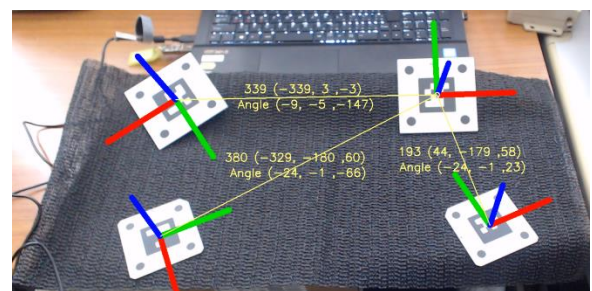


図 2 複数の AR マーカーを用いた計測状況



図 3 撮影に用いた UAV と AR マーカーの配置

表に配置した AR マーカーは、左から 50cm、40cm、30cm、20cm のサイズである。また架台に載せた AR マーカーは 10cm のサイズである。この架台は移動式であり、架台の右側に AR マーカーを固定し、左側の AR マーカーを架台上で所定の移動量だけ移動させた。これにより実際の移動量に対し、画像解析の結果から得られる AR マーカー間の距離を比較し、精度を検証できる。

4. 撮影実験の結果について

図 4 は UAV を飛行高さ 35m でホバリングさせ、その際に撮影された画像を用いて、架台に固定した AR マーカーを基準とした AR マーカー間の距離を示した画像解析の結果である。図中の黄色の数値は画像解析の結果得られた計測値で、単位は mm であり、AR マーカー間の斜距離を示している。画像解析に際しては、UAV の飛行中のリアルタイムの動画をパソコンに入力し、画像解析のアプリケーションにその動画を入力し、アプリケーションでリアルタイムに画像解析を行い、パソコンの画面に解析結果を表示している。図中には斜距離のみの表示だが、アプリケーションでは AR マーカー間の 3 成分の距離などが表示されている。また計測のモードを変更することで、AR マーカー間の距離に代え、カメラからの距離を解析し表示でき、用途に応じ変更して利用できる。



図 4 AR マーカーを用いた画像解析の結果

また計測のモードを変更することで、AR マーカー間の距離に代え、カメラからの距離を解析し表示でき、用途に応じ変更して利用できる。

撮影実験では、架台に配置した 10cm サイズの 2 つの AR マーカーに対し、架台に取り付けたメジャーで AR マーカー間を 1m に設定した。その結果、図 4 に示すように解析の結果、AR マーカー間の距離は 1,040mm と表示された。なおリアルタイムで計測された計測値は変動し、場合によっては 1,000mm の値を示すこともあった。計測値が変動する理由の 1 つは、UAV がホバリング中に完全に静止することなく動くため、それに影響され計測値も変動すると考えられる。UAV を完全に静止させることは実際の現場でも難しいため、対策として、例えば計測値の平均値を取るなどの後処理で計測値を同定するなどの方法を検討する必要がある。

5. 砂防施設管理等への適用について

図 5 は砂防堰堤の袖部等に生じたコンクリートの変状箇所に AR マーカーを配置した際のイメージ図である。このような変状の亀裂を計測する場合、例えば亀裂を跨ぐように亀裂変位計を配置し、計測の都度、現地で人が値を読み取り記録する方法がある。AR マーカーはこの計測方法と同様に、図 5 左図に示すように亀裂を跨ぐように配置し、カメラで撮影することで、亀裂変位計と同様の計測ができる。加えて変位量の 3 成分が得られるため、亀裂の機構解析に役立てることができると思われる。

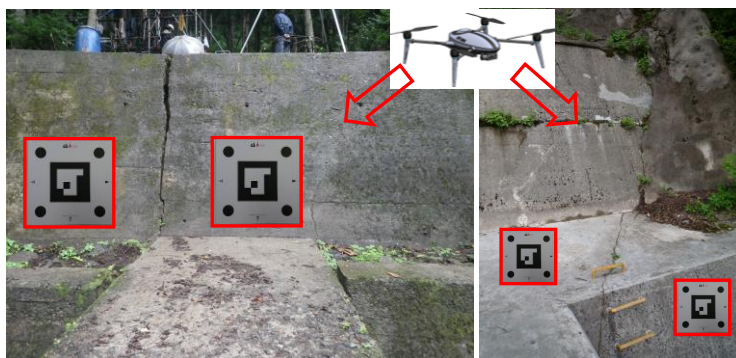


図 5 AR マーカーの砂防施設管理への適用案

また図 5 右図に示すように、亀裂変位計では設置が難しい段差のある場所での計測は、AR マーカーであれば可能となる。更に撮影に際し、人が AR マーカーを配置した箇所へ行く代わりに、UAV を用いて AR マーカーを撮影することで、例えば撮影箇所が高所にある場合は、撮影の際の労力の低減や安全性の確保に寄与できる。

6. まとめ

画像解析と AR マーカーと UAV を組み合わせた利用の取り組みについて示し、UAV と AR マーカーを用いた計測結果を示した。その結果、UAV の挙動に対する計測値の評価方法に課題があることが分かった。また砂防施設管理への適用案として、砂防堰堤に生じた亀裂の計測方法と UAV の利用の利点を示した。今後実際の現場で計測することを想定し、様々な改良を進める予定である。

参考文献

- 1) 国土地理院「UAV を用いた公共測量マニュアル(案)」, <https://www.gsi.go.jp/common/000186712.pdf> (参照日 2020 年 4 月 1 日)
- 2) 国土地理院「公共測量における UAV の使用に関する安全基準 (案)」, https://psgsv2.gsi.go.jp/koukyou/public/uav/doc/anzaen_kijun_160330.pdf (参照日 2020 年 4 月 1 日)
- 3) 堤他, UAV と画像解析による火山灰堆積厚の計測手法開発に向けた試み, 平成 31 年度砂防学会研究発表会概要集, pp. 699-700
- 4) 鳥居他, CCD カメラ斜面監視システム開発とその地すべり発生予測への適用性, 土木学会論文集 No. 714
- 5) 国交省関東地方整備局他, ドローン画像解析による車両通行可否判断システム, https://www.kanto.meti.go.jp/annai/hodo/data/20200930construction_press.pdf (参照日 2020 年 4 月 8 日)