



「全自動ドローンシステム」の活用拡大へ向けた検討 ダム施設点検にて災害を想定した被災・復旧等の経過撮影を無人化

上原 広行

近年ドローンの防災分野への活用が進んでおり、災害発生時の被災状況把握が可能な技術が必要である。また、大規模災害時など同時多発的に災害が発生した場合には同時に複数箇所の状況把握が求められ、他の災害対応業務との兼ね合いからドローンを操縦する人員確保が十分にできず、結果として状況把握に多くの時間を要することが想定されるため、ドローン運転の省人化技術が求められる。

当社では、建設現場での安全巡視や測定の無人化・省人化技術として全自動ドローンシステムを開発し、防災技術としても展開を進めている。

この度、現場ニーズと企業の技術シーズをマッチングさせる取り組みとして行われた国土交通省中国地方整備局の公募において、出雲河川事務所のニーズ（遠隔かつ自動で航空制御し任意の範囲の映像情報等を取得することが出来る技術）に対し「全自動ドローンシステム」を提案し、志津見ダムにおいて災害時を想定した被災および復旧状況などの経過撮影を無人化の現場試行を実施した。

本稿では、現場試行の内容と導入効果、今後の展望について報告する。

キーワード：ドローン、全自動、点検・巡視、写真測量、省人化

1. はじめに

「全自動ドローンシステム」は、自動離着陸、自動充電、開閉式ハッチなどを備えたドローン基地と、建設現場で活用中の遠隔臨場ドローンの技術を組み合わせたシステムで、オペレータの介在なしに目視外飛行（レベル3）を可能とし、カメラのリアルタイム映像をWebブラウザで複数拠点から同時共有できる技術である。その用途は、工事の進捗管理や安全巡視をはじめ、空撮写真を利用した現場の3Dモデルの作成、建設現場の出来高管理などで、現場オペレータの介在なしに省人化を図るために開発された技術である。

防災分野への展開として、災害発生時の被災状況把握が考えられる。ドローンは構造物と適切な距離を確保しながら安全に自律飛行するため、無人でのインフラ施設などの被災状況確認が可能となる。

本システムでは、ドローン操縦・映像伝送などの通信を4GLTE回線で行うことで、幅広いエリアを経過撮影できる。収集した写真データと位置情報を組み合わせ、AIと連動した対象物検出で変状比較も可能である。志津見ダムで行った現場試行では、災害時の現場状況把握を想定した写真測量や、上流左岸コンクリート法枠法面の災害を想定した経過撮影の無人化を

検証した。

本稿では、現場試行の内容と導入効果、今後の展望について報告する。

2. システム概要

本システムは、自動離着陸、自動充電、開閉式ハッチなどを備えたドローン基地と、当社の建設現場での安全巡視ノウハウや、簡易にドローン測量が可能な「デイリードローン[®]（2018年2月発表の簡易ドローン測量技術）」、標定点を設置せず高精度な出来形計測が可能な「斜め往復撮影ドローン（2020年12月発表のドローン測量手法）」の技術から構成されている（図—1）¹⁾。指定時刻に基地からドローンが自動的に離陸し、事前に指定したルートを通り、測量と安全巡視を実施後、自動で着陸し、充電をする機能を搭載している（図—2）。

(1) ドローン基地

ドローン基地には、風速・気温・相対湿度・雨量・気圧を測る機器が搭載され、飛行中に風速など設定条件の閾値を超えた場合、自動で基地へ戻る機能を備えている。

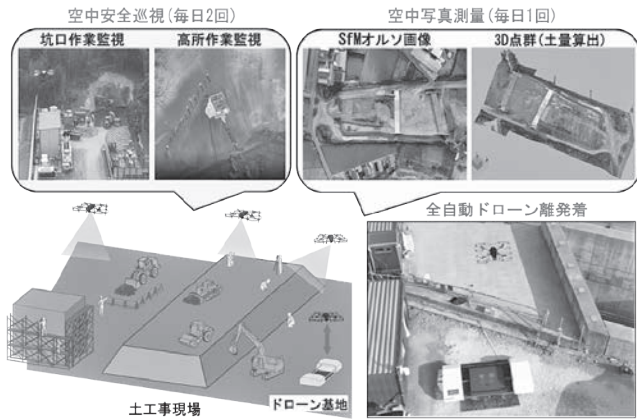


図-1 全自動ドローンシステム

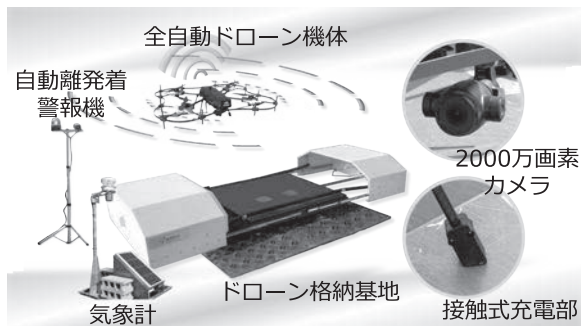


図-2 全自動ドローンシステム構成図

また、ドローンが離発着する際には自動離発着警報機により回転灯とブザーで周知を行い、外部監視カメラでドローンの離発着状況や飛行状況を常に監視することができる。このような補助機器の対応により、過酷な建設現場においても安全・安心なシステムである。

そして、機体の着陸精度については、ドローン基地に着陸誘導のための赤外線センサーを設置し、機体がドローン基地の上空に来た際に、基地より放射された赤外線を検出し、そこから得た情報をもとにドローンを高精度に着陸誘導している。

機体充電については、機体脚部とドローン基地の金属面（写真-1）が接触することで充電を開始する。充電時間は1時間で満充電（40分で80%）である。

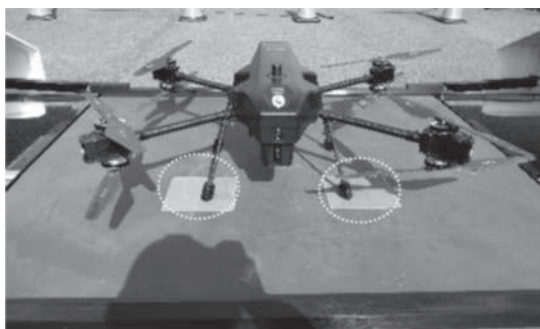


写真-1 ドローン基地充電部

(2) 建設現場導入時の成果

本システムを建設現場に導入し、安全巡視と測量の無人化を検証した時の成果を以下に示す。

- ①ドローン飛行の操縦者と補助者（2名）が不要で100%省人化
- ②現場の出来高測量と安全巡視業務の時短で効率が50%アップ
- ③自動写真測量で出来高測量業務時間を従来の1/4に短縮
- ④日々の出来高を土量推移で把握でき、工事原価を適正管理
- ⑤空撮により、日々の施工進捗が可視化されるため、施工計画の変更にも即時対応可能

3. 災害時を想定した現場試行

(1) 現場試行の概要

今回の試行は、本システムを用いて、志津見ダム上流左岸法枠法面が災害により被災したとの想定で、動態観測、被災状況撮影の無人化ほか、現場状況把握の省人化の可能性について取り組んだ。

～試行現場（写真-2）～

- ・ 試行場所：志津見ダム
島根県飯石郡飯南町角井
- ・ ダム諸元：堤頂長 266 m、堤高 81 m
重力式コンクリートダム



下流側より



上流側より

写真-2 志津見ダム 全景

(2) 試行内容

(a) ダムの点検・巡視

ダムにおける災害時を想定した被災および復旧状況などの経過撮影をするため、ダム堤体とその周囲の飛行ルートを作成した(図-3)。

飛行ルートとしては、管理事務所近傍に設置したドローン基地から上昇し、左岸山側の点検⇒ダム左岸法枠⇒ダム堤体上流側⇒ダム右岸法枠⇒ダム下流側⇒ダム左岸側道路橋脚⇒堤体全体を撮影しながらドローン基地へ帰還するもので、飛行時間は10分程度である。

映像は、4GLTE回線を経由して、ドローンが取得したデータをリアルタイムにクラウドサーバーにアップロードし、専用WEBページで飛行回ごとの映像情報として、定点撮影での経過比較を確認した(図-4参照)。

ドローン搭載14倍ズームカメラ(1,200万画素)によって、詳細部の確認(写真-3参照)や、クラウドを介してのリアルタイムでモニタリングができることを確認した(写真-4)。

今回の飛行場所において、山岳部で携帯電波網のネット回線速度が低速度気味(DW10~20Mbps, UP5~10Mbps)のため、映像配信としてコマ切れになる現象が所々生じたので、安定した映像配信にはネットワークの確保が必要である。

(b) 写真測量の成果

飛行の都度データをPCに取り込む作業が不要で、

クラウドへの自動アップロードした映像データを活用して、現地のオルソ画像、3Dモデルを即時に出力できる(図-5, 6)。

(3) 試行結果

本システムの試行結果について、以下に示す。

- ①ダム堤体上流左岸コンクリート法枠法面での災害を想定した定点撮影、および経過撮影の無人化を検証した。写真-3に、法枠法面の撮影結果を示す。



全景



近景

写真-3 左岸法枠

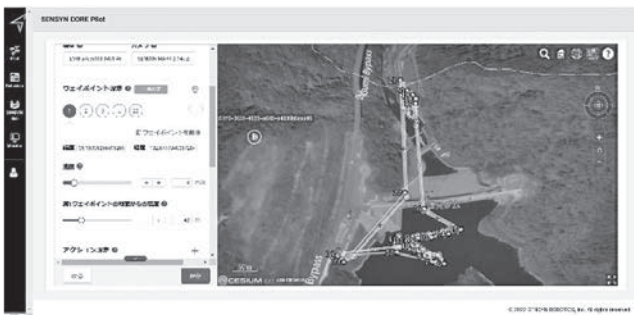
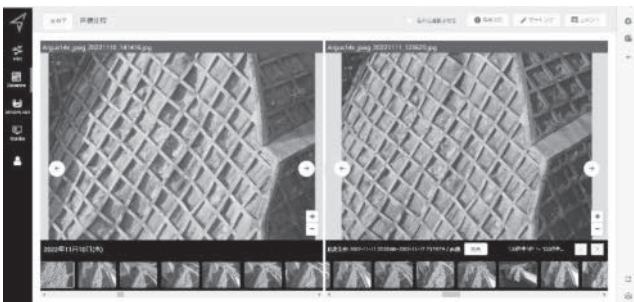


図-3 飛行ルート設定

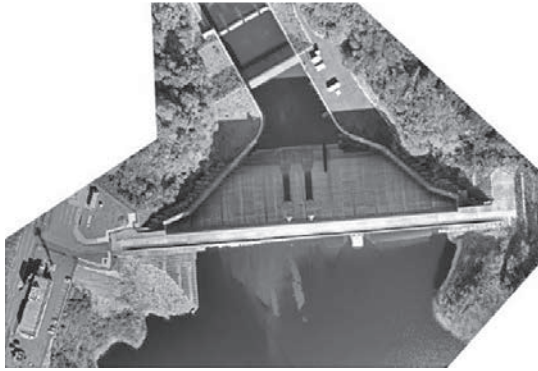


撮影日: 11/10と11/11

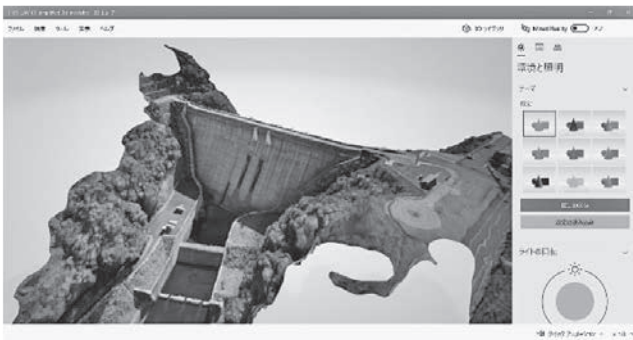
図-4 変状比較画面



写真-4 リアルタイム監視状況



図一五 オルソ画像（堤体全体）



図一六 3D モデル（堤体全体）

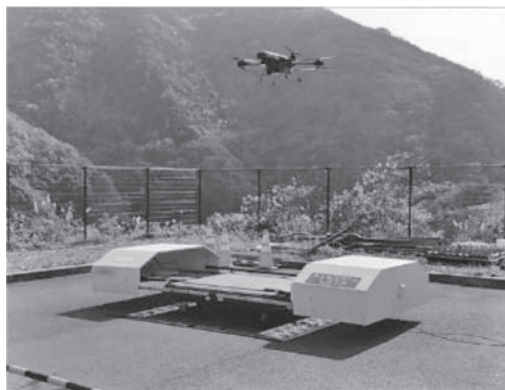
- ②ダム堤体を含む構造物の管理点検を想定したドローン測量による写真撮影の無人化を検証した。図一5、6に、写真測量結果を示す。
- ③ドローンの操作、補助に携わる人員2名が不要となり省人化を実現した。

写真一5に、ドローン基地からの操作・補助員なし離陸状況を示す。

本検証では、有人による飛行を行ったが、事前に航空法の手続きを行ってれば、目視外飛行（レベル3）の運用も可能である。

4. おわりに

本稿では、これまで建設現場で活用してきた全自動



写真一五 ドローン基地からの操作・補助員なし離陸状況

ドローンシステムを、災害を想定したダム施設点検の経過撮影無人化へ展開し、その試行結果について報告した。

現場試行を通して、大規模災害発生時に本システムを導入した場合、次の4点の効果が得られる。

①ドローンの自動飛行・自動離着陸における省人化

災害発生直後など人員の確保が難しいと想定される段階において、ドローンが自動で飛び立ち被災状況確認を行う。ドローン飛行について、構造物と適切な離隔距離を確保しながら安全に自動飛行し、インフラ施設などの被災状況点検を実施。従来は、ドローン操作者による目視飛行にて被災地の経過撮影や点検を実施していたが、本技術を用いることで操作ミスによる事故が無くなり安全かつ省人化を実現。また、自動充電可能なドローン基地の装備で、1日4～5回の操作者無し自動飛行が可能。

②ドローンの撮影に関する無人化

あらかじめ設定した飛行ルートにより定点撮影・時間帯を変えて経過撮影が可能。また、ドローン測量による写真撮影の無人化が実現。

③リアルタイムに被災地の映像共有

ドローンが取得した映像と写真は、LTE ネットワークを経由しクラウドサーバーにアップロードされ、専用WEBページでリアルタイムに閲覧可能なため、関係者間での被災状況の把握が可能。

④AIによる対象物検出で変状比較

収集した写真データと位置情報を組合せて、AIと連動した対象物検出で変状比較が可能。

今後の課題として、ネットワークの確保、飛行ルートの事前設定、目視外飛行（レベル3）の運用手続きの迅速化、ドローン基地の小型化、システムの屋内適用、被災レベル自動判定などの開発が必要である。そのため、今後も建設現場での施工管理（測量・安全巡視）で得られたノウハウを蓄積し、ハード・ソフト両面の進化発展を図る所存である。

JICMA

【参考文献】

- 1) 上原広行：「全自動ドローン」で測量と安全巡視を無人化，日本工業出版，建設機械，p43，2022年11月号

【筆者紹介】

上原 広行（うえはら ひろゆき）

（株）フジタ

土木本部 土木エンジニアリングセンター 機械部

