

# 災害現場調査におけるマルチコプターの活用報告

坂井佑介・杉町英明

## 1. はじめに

平成24年度九州北部豪雨、平成25年度伊豆大島土砂災害、平成26年広島土砂災害など、甚大な被害をもたらす大規模な災害が頻発している。このような大規模災害時には、更なる被害の発生・拡大の防止、被災地の早期復旧のために、被災状況の迅速かつ詳細な把握が必要不可欠である。

これまで、被災状況の把握においては、有人の航空機やヘリコプターによる広域的な調査が行われる一方、個々の災害現場における調査は現地踏査により実施されており、災害発生直後は危険が伴うこと、地上からの目視では全体像の把握が困難であることなどの課題がある。

近年は、UAV（Unmanned Aerial Vehicle、無人航空機の略）の技術が進歩し、その中でもマルチコプターと呼ばれる2つを超える数のローターを搭載した回転翼機は、比較的安価かつ高性能なうえ、操作が容易であることから、様々な用途での導入が検討されている。災害現場調査においても、各現場の被災状況の全体像をより詳細かつ安全に把握することを目的として活用されている。

九州地方整備局では、被災状況をより迅速に把握するため、災害現場において、マルチコプターを職員自らが操作して調査する取り組みを実施している。

本稿では、実際にマルチコプターを災害現場調査に活用した事例を報告するとともに、現場で安全にマルチコプターを使用するための運用方針（案）、被災状況の迅速かつ効率的な情報共有のための空撮動画のリアルタイム伝送試験について紹介する。

## 2. 平成26年8月広島土砂災害におけるTEC-FORCEでの活用事例

### 2.1 災害発生とTEC-FORCE派遣

広島県では、平成26年8月19日～20日にかけて、

猛烈な雨となり、広島市安佐北区三入では、1時間降水量の日最大値101mm、3時間降水量217.5mm、24時間降水量257mmを記録し、通年の観測史上1位を記録した。この大雨の影響により広島市安佐北区・安佐南区では土砂災害が多発し、死者74名の甚大な被害が生じた。発災直後、行方不明者の捜索活動や交通網等の復旧活動が行われる中、TEC-FORCEは被災状況把握と捜索活動支援のため、土石流危険渓流等の緊急点検や調査を行っている。

### 2.2 マルチコプターによる災害現場調査の概要

九州地方整備局は、中国地方整備局からのTEC-FORCE派遣要請を受け、災害発生当日である8月20日に被災状況把握と捜索活動支援のため2班10名を派遣した。そして、翌21日に砂防空撮班1班3名を追加で派遣し、マルチコプターによる災害現場調査を開始した（砂防空撮班は9月1日まで計2班6名で活動）。

TEC-FORCEが土石流危険渓流等の緊急点検や調査を実施する中で、マルチコプターでは被災状況の全体像、地上踏査が困難な箇所での崩壊発生状況や土砂流出状況、砂防堰堤等の堆砂状況を把握するための調査を実施した（図-1、図-2）。砂防空撮班の活動期間中に調査した渓流等は計17箇所である。なお、マルチコプターはDJI社製4発ローターの機種を使用した。



図-1 マルチコプターによる空撮映像（土砂流出状況）



図-2 マルチコプターによる空撮映像  
(砂防堰堤堆砂状況)

### 2.3 調査結果の活用

マルチコプターによる空撮映像は、地上踏査によって得られた調査結果とともに取りまとめ、緊急点検結果として危険度評価を実施する上での基礎資料として用いられた。空撮することにより、地上踏査では困難な、もしくは大変な労力を要する溪流上流部の状況を迅速かつ効率的に把握することが可能となっている。

なお、これらの調査結果は、発災直後から土砂災害による行方不明者の捜索活動等を実施している自衛隊及び警察、消防へ二次被害防止を目的とした技術支援を行う際にも情報提供されている(図-3)。

### 2.4 調査によって得られた知見

実際の災害現場調査におけるマルチコプターの活用は、今回が初めてであったことから、今後、マルチコプターを災害現場調査で運用していく上での様々な知見が得られた。一例を以下に示す。

- 3人体制での役割分担を操縦者、タイムキーパー、機体姿勢監視者とする。
- カメラの向き等を確認するため、双眼鏡で機体姿勢を監視する必要がある。

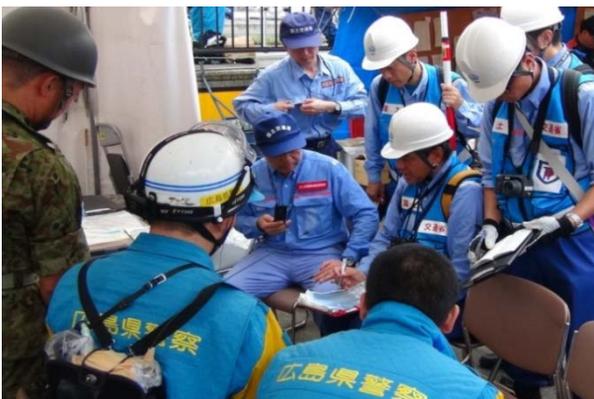


図-3 捜索活動機関への技術支援

- 離着陸時に草がプロペラに掛かる場合は除去しておく。
- 目視以外では飛行しない。樹木が上空を覆っている箇所では、目視範囲が狭く風の状況の把握が困難なため飛行させない。
- 飛行計画(フライトイメージ)を事前に共有する。特に、操縦者目線での危険要素(周辺の障害物・機体の目視範囲・気象条件など)が一つでもある場合は飛行しない。
- 被災された方も多くいるので、その方々に配慮して飛行させる。
- 周辺住民のプライバシーに配慮して飛行させる。

このように災害現場調査への実践で得られた知見は、飛行が難しい森林地内等において安全にマルチコプターを操作するための役割分担や留意事項、行政機関である国土交通省の職員としての注意事項や心構えである。これらの知見は、後述するマルチコプター運用方針(案)に盛り込むことによって反映されている。

## 3. マルチコプター運用方針(案)の作成

### 3.1 運用方針(案)の概要

マルチコプターに関して、これまで行政機関で

マルチコプター使用伝票			
【事務所名:	]	【使用申請日:	】
使用予定日時	年: _____ 月: _____ 日: _____		
使用者所属氏名(運転者)	○課(室)名 _____ ○使用者氏名 _____	所属課(室)長印	
使用者所属氏名(運転者)	○課(室)名 _____ ○使用者氏名 _____		
使用者所属氏名(運転者)	○課(室)名 _____ ○使用者氏名 _____		
使用補助者	○課(室)名: _____ 氏名: _____ ○課(室)名: _____ 氏名: _____ ○課(室)名: _____ 氏名: _____		
用務(使用目的)	_____		
使用場所(施設、所在地)	_____		
備 考			
使用機体	_____		
物品番号	_____		

図-4 マルチコプター使用伝票

飛行前チェックリスト		機体名:	
飛行日時		Y or N	
飛行場所・目的		チェック欄	
操縦者(PF)		PF	PNF
操縦補助者(PNF)			
1	気象条件	気象注意情報、強風注意報(基準:10m/s)が発令されていないか?	
2		風速が5.5m/s未満か?(風が8以下) 旋回が早い上りか? 旋回が早い下りか?	
3		降雨・降雪がないか?	
4	周辺環境	周辺に人がいるか?(いる場合は、飛行中に近寄らないよう留意しておく。)	
5		飛行想定エリア内(概ね周囲150m以内)に電線、高圧送電線、鉄道軌道が存在しないか?	
6		空港制限表面のうち、水平表面及び進入表面内での飛行ではないか? <small>(空港中心より、500m以内の区域)</small>	
7		発着のための平地(ヘリパッド)2m×2m以上が確保出来ているか?	
8	要員配置	計時を担当する職員を配しているか?	
9		計時のためのストップウォッチ、飛行状態確認のための双眼鏡、サングラスがあるか?	
10		操縦者の補助を担当する職員(PNF)を配しているか(除く計時担当)?	
11		操縦者の飛行訓練は十分か(※別途検討)?	
12		撮影対象、撮影アングル、飛行ルート等について配置された要員で共通認識がとれているか?	
13	送信機状態	プロポ(送信機)電池残量は十分か?(フル充電電池なら4以上) 飛行記録簿を確認し、不明な場合は新品に交換	
14		プロポアンテナが直角になっているか?	
15		S1スイッチ(GPS飛行モード)、S2スイッチ(通常操縦モード)が一番上になっているか?	
16	機体状態	リチウムポリマー電池の損傷・ふくらみはないか?	
17		電池残量インジケータが3本以上点灯するか?	
18		プロペラガードが装着されているか?ゆるみ、がたはないか?	
19		プロペラに損傷(亀裂、割れ)はないか?	
20		プロペラの固定軸(黒スプレーは黒軸、銀スプレーは正しいポジション)?	
21		プロペラの締め付けはモーター軸に確実に留まっているか?	
22		モーター軸に固定したプロペラを指し、引っかけ・異音等がないか?	
23		ジンバル固定ジグ、カメラレンズキャップは外したか?	
24		SDカードは挿入されているか?、カード残量は十分か?	
25		コンパスキャリブレーションは行ったか?(新規箇所のみ)※周辺に磁気発生する機器等が無い場所	
26		電源投入後、機体後方のLEDが緑色の連続点滅となっているか?(GPS受信・飛行準備完了)	
備考			判定

図-5 飛行前チェックリスト

運用に係る基準や方針が作成されている事例は少ない。このことから、九州地方整備局では、マルチコプターを保有して半年以上が経ち、前述の災害現場調査における実践やこれまでに実施した様々な訓練や試験、メーカーからの意見等を元に、職員自らがマルチコプターを安全に使用するための基本的事項を、運用方針(案)としてまとめることとした。

### 3.2 運用方針(案)の記載事項

#### 3.2.1 飛行前の準備

マルチコプターを飛行させる前には、責任者を明確にするための「使用伝票」(図-4)、事前に飛行計画を関係者で共有し危険要素を予め把握するための「KYミーティング記録」を作成することとしている。また、未然の事故防止を目的として、「飛行前チェックリスト」(図-5)により、気象条件や周辺環境の把握、必要な携行品の確認、機体の点検を行うとともに、回転翼機の中で最も注意すべき現象の一つであるVortex Ring State(機体自身が作り出した下降気流の中に自らが入ること、プロペラによる揚力が発生しなくなる現象)の防止のために「VRSチェックリスト」によるより詳細な気象条件の確認も実施している。

#### 3.2.2 飛行時の人員配置・留意事項

マルチコプターの飛行は3人体制で実施するこ

とを基本としている。3人の役割分担は、マルチコプターの仕様により異なるが、広島土砂災害時には、操縦者、タイムキーパー、機体姿勢監視者で構成した(図-6)。タイムキーパーは、バッテリー残量が少なくなると飛行能力が低下することから、ストップウォッチで飛行時間を計測し、着陸までを考慮した飛行時間の管理を行う。気温が低くなるとバッテリーの機能が低下することから、冬季や寒冷地における飛行では特に注意が必要である。機体姿勢監視者は、操縦者の目視で困難となる機体の前後左右及びカメラ方向を視認し、危険回避や確実な撮影を行うため、双眼鏡などで飛行姿勢を監視する。そして、操縦者はタイムキーパーや機体姿勢監視者と連携を取りながら、操作を行うこととしている。なお、撮影は離陸前に動画撮影を開始し着陸後に終了することで、飛行中の映像を全て動画として記録している。

#### 3.2.3 飛行後の保管・管理

マルチコプターは、飛行姿勢の電子的な制御の不具合、モーターやバッテリーの劣化状況等を直接把握することは困難である。また、機体内部を確認するために分解することは、GPS等の位置が狂い事故の元になりかねない。このことから、機体の消耗度合いを飛行回数で管理することを目的として、飛行記録簿に飛行内容を記録することとしている。また、この飛行記録は操作技術の熟練度の参考となる各操縦者の操作時間を把握する目的も兼ねている。

バッテリーとして使用しているリチウムポリマー電池は、損傷すると発火する恐れがある、過充電に弱いなどの特徴があることから、取り扱いには十分注意することとしている。また、バッテリーの充電量が時間とともに減少することから、



図-6 マルチコプターの飛行時の体制

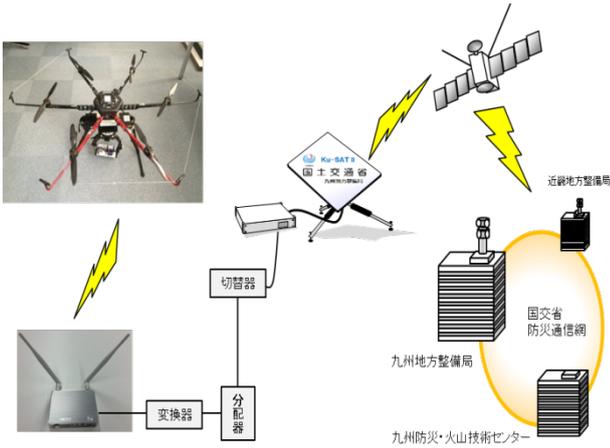


図-7 マルチコプター空撮動画の伝送系統



図-8 九州地方整備局に伝送された空撮動画

長期間の使用はバッテリー切れによる墜落事故の誘因となるため、2年毎に交換することとしている。

### 3.2.4 その他

マルチコプターによる空撮映像やその飛行自体でプライバシー等に係る問題が発生する可能性がある。このことから、不要な誤解を招かぬよう飛行は最小限の範囲に限るとともに、安全確保の観点からも訓練、実践を問わず、必ず国土交通省のヘルメット、作業服を着用することとしている。

## 4. 空撮動画のリアルタイム伝送試験

マルチコプターにより空撮している動画を迅速かつ効率的に情報共有することを目的として、空撮動画のリアルタイム伝送に係る試験を行った。試験に用いた機体は九州技術事務所が保有するサイトテック社製6発ローターと、DJI社製4発ローターの2機種である。これらの機種に映像送信機を搭載し、地上の受信機を介してwifi経由でタブレット端末やスマートフォン等で映像を確認するものである。

試験では、タブレット端末やスマートフォン等に送られてきた映像を、国土交通省の防災情報通信ネットワークにKu-SAT等の衛星通信機器を通じて配信することが可能であり、遠隔地で空撮している動画を全国どこでもリアルタイムで共有可能であることを確認した(図-7, 8)。なお、今後はインターフェイスの違いや衛星回線の伝送方式の違いによる画質や遅延等についての比較・検証やマルチコプターの機体に搭載したカメラをネットワークから遠隔操作する試験を実施する予定である。

## 5. おわりに

マルチコプターを始めとするUAVに係る技術の進歩は著しく、その利便性は飛躍的に向上している。このことから、これまでは実施が困難であった危険な現場において、より高度な調査を安全かつ迅速に実施することが可能となっている。一方、近年はゲリラ豪雨等の増加により、大規模な災害が頻発しており、行政単位や地理的な枠を超えた、広域的な防災対応が必要不可欠となっている。九州地方整備局では、マルチコプターによる調査を導入することにより、災害への防災対応力や職員の技術力の向上を図ることによって、大規模災害時における地域の安全・安心の確保に貢献していく所存である。

坂井佑介



国土交通省九州地方整備局  
九州技術事務所 火山防災  
減災課長  
Yusuke SAKAI

杉町英明



国土交通省九州地方整備局  
企画部防災課 建設専門官  
Hideaki SUGIMACHI