

災害発生時におけるUAV活用と今後の展望

熊木 正¹

¹関東地方整備局 河川部 河川工事課 (〒330-9724 埼玉県さいたま市中央区新都心2-1)
(関東地方整備局 日光砂防事務所 工務課 (〒321-1414 栃木県日光市萩垣面2390)) .

河川部において3次元データを河川管理等に本格導入するためのUAV運用チーム『関東River-SKY-i』が2019年2月25日に創設された。『関東River-SKY-i』は、令和元年東日本台風(台風第19号)で被災状況調査などを実施したが、発災時においてUAVの操作を行う操縦者の育成が十分で無かったことや、UAV搭載型レーザースキャナの機器使用習熟度も満足のいくものでは無かったため、UAVの空撮を状況把握以上に活用することが出来ていなかった。この反省を踏まえ災害発生時におけるUAVを活用した災害対応業務の省力化、効率化が誰にでも出来るような手法の検討、今後の課題・展望を整理する。

キーワード UAV, 関東River-SKY-i, 小型無人機運用会議, SfM解析, 点群データ

1. はじめに

関東地方整備局におけるUAVの運用は、2019年2月25日に河川部が3次元データを河川管理等に本格導入するためのUAV運用チーム『関東River-SKY-i』を創設し、『革新的河川管理プロジェクト(第1弾)』で開発された機器を調達、使用して河川管理の効率化、高度化を推進しているほか、災害対策マネジメント室が2019年9月に公表した『TEC-FORCE高度化プラン関東Ver.01』においてドローン隊の編成を掲げたことにより、『小型無人機運用会議』を設置し、法令遵守、安全性を考慮したUAV運用の徹底、操縦者育成を行っている。

2. 台風第19号でのUAV利活用状況

図-1、表-2、表-3に令和元年東日本台風(台風第19号)におけるUAVの活用箇所、活用内容を示す。

関東River-SKY-i(のべ24人)は主に河川堤防の破堤箇所において被災状況、応急復旧状況、応急復旧完了状況について調査を実施している。加えて、一部の箇所では『革新的河川管理プロジェクト』で開発された『陸上・水中レーザードローン』(グリーンレーザー;図-4)を運用し被災状況の3次元計測を実施している。

協定会社(のべ13社)は主に他の地方整備局から来援したTEC-FORCE 現地調査班に随行し河川、砂防、道路の被災状況の調査を実施している。



図-1 令和元年東日本台風時のUAV利活用箇所

表-2 関東River-SKY-iのUAV利活用内容

活動期間	活動場所	活動内容
10月13日	都幾川・越辺川	被災状況調査
10月14日	都幾川・越辺川	被災状況調査(グリーンレーザー)
10月15日~17日	都幾川・越辺川	応急復旧状況調査
10月16日~22日	那珂川・久慈川 (権限代行:浅川)	被災状況、応急復旧状況調査
10月21日	都幾川・越辺川	応急復旧状況調査
10月30日	吾妻川	被災状況調査(グリーンレーザー)
11月11日	那珂川・久慈川 (権限代行:浅川)	応急復旧完了状況
11月12日	都幾川・越辺川	応急復旧完了状況

表-3 協定会社のUAV利活用内容

調査期間	調査箇所	協力協定社
10月13日	国道1号 西湘BP	建設コンサルタンツ協会
10月13日	国道20号 南浅川	全国測量設計業協会連合会
10月13日	那珂川	建設コンサルタンツ協会
10月13日	那珂川	建設コンサルタンツ協会
10月13日	久慈川	建設コンサルタンツ協会
10月13日	国道18号 小布施	全国測量設計業協会連合会
10月14日～15日	茨城県内	建設コンサルタンツ協会
10月14日～17日	栃木県内	全国測量設計業協会連合会
10月13日	群馬県神流町	全国測量設計業協会連合会
10月17日～21日	群馬県南牧村	全国測量設計業協会連合会
10月18日	栃木県内	全国測量設計業協会連合会
10月21日	神奈川県相模原市	全国測量設計業協会連合会
11月4日	群馬県嬬恋村	全国測量設計業協会連合会

3. 台風第19号対応のUAV運用で見えてきた課題

(1) UAVの活用内容・手法・手順が未確立

災害発生時に、UAVを活用して、直営作業で何を、どこまで、やるのか、成果のアウトプットがイメージしきれておらず、導入されたUAVで出来る事も解っておらず、写真の角度や、見映えのする動画を撮るための飛ばし方・動画編集のやり方など『やってみないと解らない』が頻出し、何をやるにも時間が掛かった。

(2) UAV操縦者人材の不足

航空法により、飛行の禁止空域（法132条）、飛行の方法（法132条の2）が定められており、飛行に関して航空局の許可・承認が必要となる場合がある。

航空局に許可申請済みの操縦者は、台風第19号襲来時に河川部で、わずかに13人。『陸上・水中レーザードローン』（レーザーキャナー：TDOT GREEN）については納品時に説明を受けた者が6人のみで、直営作業で満足に扱える人員がおらず、広域的・同時多発的に発生する災害に対し、十分な対応が出来ていなかった。

(3) 機器の習熟不足、作業環境の未整備

『関東River-SKY-i』は『Mavic2』を主に運用している。加えて『陸上・水中レーザードローン』が台風第19号襲来前の2019年9月に納品されているが、練習飛行を1回行った段階で災害対応を行うこととなり、機器に関する習熟が全く出来ていなかった。

UAV本体はあれど、メンテナンスする工具が無い。UAVを飛行させるアプリが頻繁にバージョンアップされるが、インターネットに接続してダウンロードする手段がない。現場への持ち運び・展開に必要な用品がない。撮った写真をオルソ化してくれる機能が有料コンテンツ



図-4 関東River-SKY-iで運用している機器

であったり、定期的なメーカーメンテナンスにも費用・時間が掛かるなどの作業環境面の未整備も目立った。

(4) 副次的な作業の発生

災害箇所を撮影飛行して作業終了、という訳にはいかず、HP公開用・広報サイネージ用に動画編集作業が副次的に発生した。動画編集ソフトにインストール申請が必要で、商用PCにインストールされておらず、UAV同様に扱ったことのある人員が少なく、動画編集ソフトの機能も十分なものではなかった。

4. 災害復旧申請作業に対する省力化・効率化を考えた手法・手順の検討

台風第19号対応では、前述した運用面の課題がありつつも、UAV空撮動画・写真を用いて被害状況の即時把握や破堤箇所の権限代行の判断に活用することが出来たが、逆に言うと、空撮を状況の把握以上に活用しきれていないということである。

このことから、災害時の代表的な業務、『災害復旧申請』に対し、UAVを活用して省力化・効率化が図れる作業が無いか、検討を行った。

UAV空撮写真は、そのまま使用しても十分な説得力を持つ説明資料となるが、SfM解析を行うことで3次元点群データを生成し、地形図を作成することができるため、状況の把握だけでなく、状況の記録（測量）も併せて行うことができる。作成した地形図からは任意の断面図を描くことや数量の算出を行うことも可能となり、災害復旧申請資料作成の省力化・効率化に資するものと考えられる。

今回、UAVを用いた3次元点群データ取得の手法・手順の検討を行った。

手法・手順について『極力、導入されている資機材を利用する』、『職員が直営作業で誰でも簡単に扱えようである』を念頭において検討を行った。

『Mavic2』等を使用した際の標準的な手法手順を検討した。下記に示す。

(1) UAVの自動飛行による垂直写真の自動撮影

『GS PRO』（図-5、ipad専用アプリ：無料）を使用して自動飛行、自動垂直写真撮影を行う、この際にオーバ

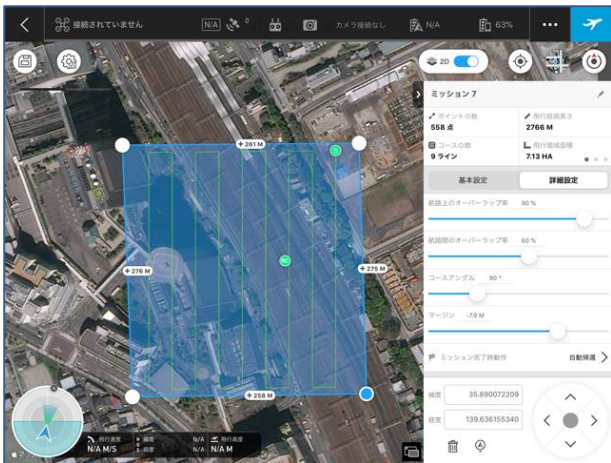


図-5 『GS PRO』を用いて自動撮影ルートの設定



図-6 ラップ率を意識した垂直写真の撮影

ーラップ率90%，サイドラップ率60%以上で設定し，撮影する（図-6）．一度，飛行プログラムを組みれば何度でも同じルートで飛行させることが可能。

(2) 垂直写真をSfM解析し点群データの生成

直営作業の場合は『Meta Shape』（図-7，要ソフト購入）等を使用し撮影した垂直写真をSfM解析し，点群データを生成する．『くみき』や『グラッチェ』（クラウドサービス：有料）などのSfM解析処理サービスを使用する場合は，Webアプリ上で地形データ，任意横断面図等の出力が出来るため，下記（3），（4）の手順は不要。

(3) 点群データから地形面モデルの作成

3DCADが扱える『V-nasClair』（各事務所に導入されているBIM/CIM用PCにインストール済み）を用いて点群データをTIN（triangulated irregular network）に変換し，さらにTINをサーフェスに変換し地形モデル化する（図-8）．



図-7 『Meta Shape』を用いてSfM解析を行い点群データ取得

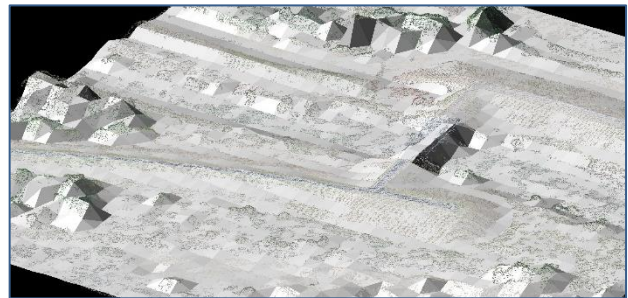


図-8 点群からTIN，サーフェスを生成して地形データを作成

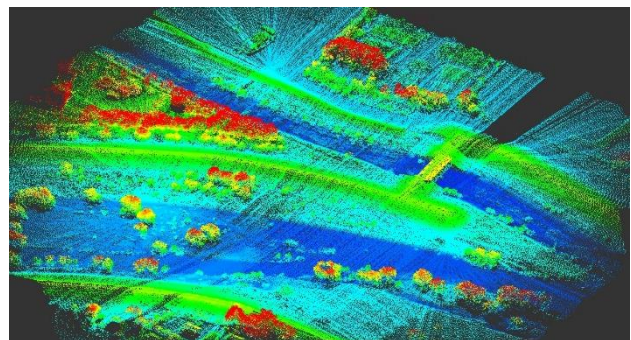


図-9 『レーザースキャナー』を用いて地形データの取得

(4) 地形面モデルから任意の断面図作成，数量算出など『V-nasClair』を用いて，断面図作成，数量算出などを行う。

『陸上・水中レーザードローン』を使用した際の標準的な手法手順を下記に示す。

(1) UAV自動飛行によるレーザー計測

『GS PRO』を使用して自動飛行，レーザー計測を行う（図-9）．この際，地表面に落ちるレーザーの点密度を考慮してUAVの飛行高度，飛行速度を適切に設定する必要がある。

(2) 最適軌跡解析を行い地形面モデルの作成

衛星とIMUの観測データから，UAVの位置情報を精緻に算出し，測量精度を高める最適軌跡解析を行ない（『TDOT PROCESSING』クラウドサービス：有料），専用ソフトで2時期の差分解析比較や横断面図の作成が可能。

5. 実用性等の検証

前述の手法・手順を実際に行い、実用性等の検証を行った。

(1) UAV垂直写真撮影とSfM解析を直営作業で行う場合

垂直写真はアプリによる自動撮影で『飛ばせる』、『飛ばせない』の現場判断だけでこなせるため特に問題は無い。SfM解析と地形面モデルの作成、3DCAD操作などについては、扱うための手順が煩雑で、DX用PCの処理速度が遅く、CADソフトの使い勝手も悪く、測定精度も高くないため、正直楽になっている感じがしない。特に精度については、高さ、位置でズレが生じ、2時期比較、他手法測定との比較が難しい。地形形状は合っているのに、単独で数量を算定する分には使用可能と思われるが、手法としては、おすすめし兼ねる。

(2) 垂直写真撮影を直営、SfM解析を外注で行う場合

標定点（対空標識）が適正に設置されていればUAVレーザーと遜色ないレベルの精度が出せる（図-10）。断面図作成や数量算定についても比較的簡単にWEBアプリで行えるため省力化、効率化の面では一番のすすめ。

(3) 『陸上・水中レーザードローン』を直営作業で使用する場合

元々、測量器械をUAVに搭載するというコンセプトであるので、測定精度としては、真値を出していると考えて良い。2時期比較、断面図作成等の専用ソフトの整備もしっかりしており使用に問題は無い。機体が汎用機に比べて大型なため持ち運びや、飛ばせる現場、飛ばし方に計画性が必要で突発的な計測に対応しづらい。機器が高価(1台2000万円超)で配備数も少なく（関東地整で2台）、操作、運用を熟知した整備局職員が極めて少ないため、災害時に即座に使用するの難しい。

6. まとめ・今後の課題、展望

災害時のUAV活用について、直営作業で被災箇所の垂直写真を取り、SfM解析を外注することで、状況把握だけでなく状況記録（測量）も同時に行うことが出来、断面図作成や数量算出なども効率化が見込めることが解った。

しかしながら、根本的な課題がいくつかある。

(1) 『小型無人機運用会議』のルールを逸脱している

『GS PRO』で設定できるウェイポイント飛行などの自動自律飛行については、A級操縦者資格のマイスターとA級ナビゲータ資格のTACCOの組み合わせでないで飛

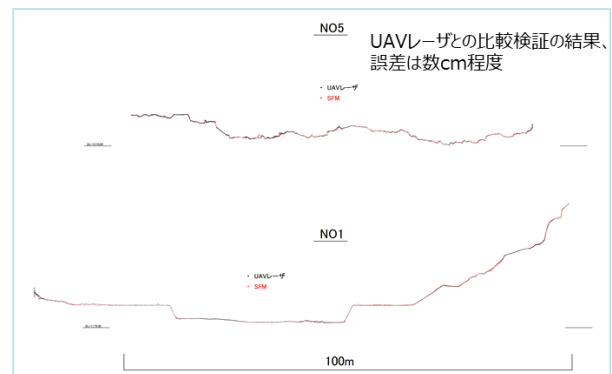


図-10 垂直写真SfM解析とUAVレーザーとの精度比較検証

行が許されていない。よって、A級資格者を本気で大量育成するか、災害時の調査飛行にのみ適用出来る特別緩和ルールを策定するなどしないと、今回の検討は絵に描いた餅である。

(2) 対空標識を予め設置しないと精度が出ない

SfM解析の都合上、標定点（対空標識）の設置有無で大きく測定精度が変わる。堤防のキロポストなどに併せる形で予め設置が出来ると今後の日常管理、破堤時の緊急調査にも役に立つものと考えられる。

(3) UAV技術が過渡期中で機器等の入れ替わりが激しい

UAV機器の新製品等の開発が激しく、2年と経たずに機械が陳腐化、更新する必要が出てくる。また、航空法についても情勢により改正がこまめにされている。UAVの使用については、ソフト面・ハード面・法律と常日頃から情報を更新し続ける必要があり、機器が変わると使用手順、手法も最適なものを都度、考案・更新しつづける必要があり、通常業務で忙殺されている職員に新しい事を身につけ、覚えさせるのは、非常に難しいと考えられる。

UAVは便利な道具であるが、操縦者の育成や通常業務に組み入れての使い方検討などが盤石な態勢となっていないことから、今後も業務のDX化に資する重要なツールであるという認識のもと、操縦者育成、業務効率化に関する活用手法の検討・水平展開を行っていきたい。

謝辞：今回の検討にあたり、基準点データ・関連資料等をご提供いただいた荒川上流河川事務所、日光砂防事務所、株式会社オリエンタルコンサルタントの関係者にこの場を借りて御礼を申し上げます。