

平成29年7月九州北部豪雨における緊急撮影対応

北野 智也・甲斐 健司(朝日航洋株式会社)／平川 泰之・園田 晋平(アジア航測株式会社)
那須 裕司(株式会社ウエスコ)／葛島 明人(扇精光コンサルタンツ株式会社)
伊藤 友和・嶋田 茂樹(国際航業株式会社)／森 力・阿部 正雄・田中 憲治(大成ジオテック株式会社)
柴田 俊彦(株式会社パスコ)／下村 博之(日本測量調査技術協会 国土管理・コンサル部会)
小林 浩(日本測量調査技術協会 UAV技術WG)

1. はじめに

水害や土砂災害、地震災害などにより大規模な被害が生じた場合には、上空からの緊急撮影による空中写真は、災害の全体像を把握することや個別の被災地の詳細状況を知ることにより効果があり、これまで多くの災害対応に活用されてきた。一方、近年急速な技術開発が進むUAVによる写真撮影は、建設作業管理や施設点検などに本格適用が期待される中で、緊急災害時にも使用されるケースが始まっている。

平成29年7月九州北部豪雨では、福岡県朝倉市・東峰村や大分県日田市等を中心に河川氾濫や土砂災害による甚大な被害が発生した。各社は、災害の甚大性に鑑み、企業の社会的使命から、自主撮影や国土地理院・国土交通省九州地方整備局との災害協定を含め、様々な災害緊急活動に取り組んだ。とりわけ、航空写真撮影が災害直後の悪天候によりままならない中、UAV撮影を実施し山腹崩壊や土砂・河川氾濫、流木堆積といった被災状況全容を把握するという、これまでに前例のない対応をせまられ、多くの苦労やそれを補うべく様々な工夫を行った。

本災害における多様な撮影の実施・活用に関して、会員企業の経験等から窺い見る課題や方策について整理し、業界関係者に共有・伝承することで、全国各地で発生するであろう次期災害への準備とすることが肝要と考え、ここに報告するものである。

2. 災害概要

2017年7月5日からの梅雨前線による大雨によって、九州北部を中心に記録的な大雨に見舞われた。24時間の最大雨量は、福岡県朝倉で545.5mm、長崎県芦辺で432.5mm、大分県日田で370.0mmとなるなど、九州北部地方では350mmを超える記録的な大雨となった。短時間における多量の降雨により、福岡県朝倉市や東峰村、大分県日田市などでは、山地域において斜面崩壊が多発し、土石流や土砂流が山間低地を流下して、市街地に氾濫や流木堆積をもたらした。福岡県、大分県の両県では、死者40名、行方不明者2名の人的被害の他、多くの家屋の全半壊や床上浸水など、甚大な被害が発生した。

長雨をもたらした気象状況は、災害発生後もしばらくの間回復せず、曇天が続いた。このため、航空機による垂直写真撮影は7月13日まで実施できずに、全容把握までに1週間を要した。このように天候の回復が遅く現地状況把握が困難な広域災害において、UAV撮影により広範囲の被害状況把握が試みられた初めての災害でもあった。

3. 災害時対応

3.1 自主撮影

【事例1】

7月5日、大分県、福岡県、佐賀県、熊本県に特別警報が発令後、社会的な意義を鑑み、被災地域の状況をいち早く把握し、関係機関

に情報を提供することを目的として航空機による被災地域の撮影を実施する方針とした。報道関係の情報をもとに被災地域の情報収集を行い、これらの情報から被災地域の撮影計画

を立案した。当初は最も速報性の高い斜め写真の撮影を実施し、航空機に搭載されていたオブリークカメラによる撮影も実施した。撮影は北九州空港を拠点としたため、福岡市内の



出典：http://www.ajiko.co.jp/article/detail/ID5BC05HHKP/

図1 自主撮影成果の事例（事例1）

表1 自主撮影内容（事例2）

撮影日時	撮影地区	撮影枚数
2017/7/7 14:41～15:37	福岡県朝倉市，福岡県うきは市，大分県日田市小野地区	225枚
2017/7/9 14:43～16:19	福岡県東峰村，福岡県朝倉市松末地区・黒川地区・山田地区・杷木地区	260枚



出典：http://www.kkc.co.jp/service/bousai/csr/disaster/201707_north_kyushu/index.html

図2 自主撮影成果の事例（事例2）

事務所から社員がデータの受取りのために移動し、夜間にデータの整理、標定図の作成等を実施し、撮影した当日のうちに関係機関へ提供した。また、ホームページでも公表し広く活用いただける体制を整備し、研究機関等への提供も実施した。関係機関では被災状況の把握のため即座に利用していただいた。

緊急の写真撮影は数日間継続して実施した。天候の悪い日が多く特に北側の山間部（小石原川流域）では雲が多く、写真撮影のできない日が続いた。関係機関でもこの地域の被災状況が把握できておらず、写真撮影による情報提供の要請をいただいたが、天候の回復が見られなかったため、最終的には計測を断念した。

【事例2】

7月5～6日の発災後、有人航空機の共同運航による斜め写真撮影を実施した。被災状況の把握及び災害復旧の資料としてホームページ上で提供した。

3.2 災害協定撮影（国土地理院）

日本測量調査技術協会は、国土地理院との災害時における緊急撮影に関する協定（以下、「災害協定」という。）により、災害時の緊急撮影に対処している。本災害においても、国土地理院からの調査要請に基づき、緊急撮影可能会社の調査・報告を行い、災害協定による写真撮影に対応した。

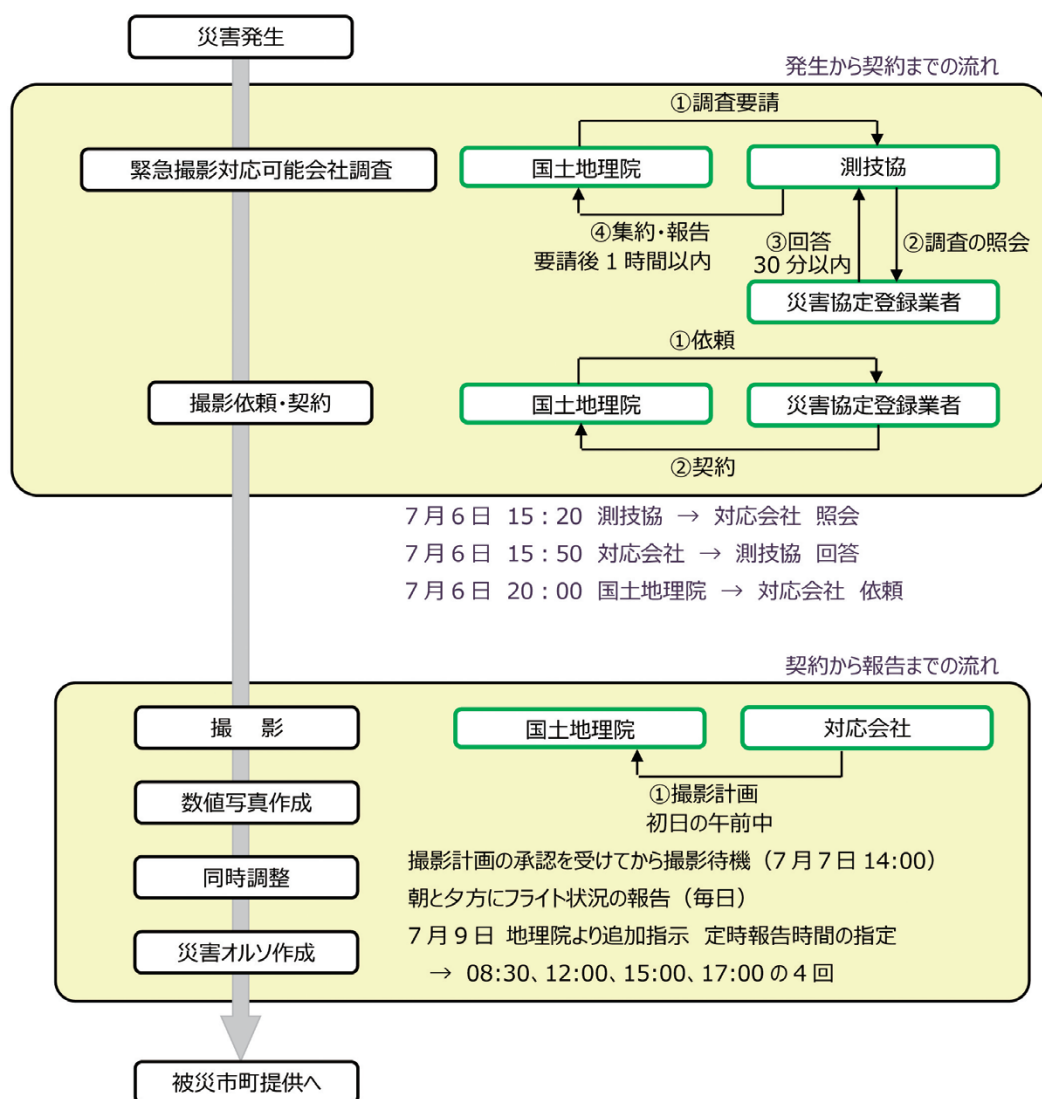


図3 災害協定撮影（国土地理院）の流れ

表2 災害協定撮影スケジュールの一例

月日	時刻	内容
7月7日		撮影計画承認後から待機
7月10日	8:30	雲が入っても撮影を行うように国土地理院より指示
7月12日	15:00	フライト実施 撮影実施に至らず現地状況を上空から撮影して着陸
7月13日	12:30	雲が多少入っても撮影を行うように再度、国土地理院より指示
7月13日	13:00	フライト実施 全コース撮影 15:50着陸
7月13日	18:00	撮影画像を明朝6:00までに伝送するように国土地理院より指示
7月14日	5:40	撮影画像を伝送
7月14日	6:40	撮影画像を用いて災害オルソを作製するように国土地理院より指示
7月14日	17:00	撮影の定時報告は不要とすることを国土地理院より指示
7月14日	20:30	災害オルソを伝送
7月14日	22:00	国土地理院より災害オルソを受領承認する報告
7月18日	16:00	再撮影のための現地状況報告を1日に1回行うように国土地理院より指示
7月21日	17:00	再撮影のための待機を解除することを国土地理院より指示

なお、九州北部豪雨が発生した7月6日、7日に先駆け、災害協定に基づく測技協および国土地理院との訓練が7月3日、4日に実施されたことにより、今回の対応では緊急撮影に関する手続き、撮影計画の作成・承認などの初動が適確かつ迅速に行われた。

気象状況は災害発生後もしばらくの間回復せず、撮影状況の報告を1日に4回行うことが指示されるほど現地の天候が良くなく、撮影に対する緊張が高まっており、現地上空からの状況説明を時間刻みで求められた。

雨雲レーダーと現地の雲量は異なることがあり、状況を説明するために報告メールに記載する文言だけではなく、被災地で他の災害業務を行っている同社の他部門にも協力を仰ぎ、刻一刻と変化する現地の状況を報告した。

このような状況を報告できるのは地場企業として様々な作業を請け負っているからであり、作業を請け負う会社としての負担は大きい、あらゆる情報を駆使して撮影のタイミングを逃さないことが肝要である。

3.3 災害協定撮影（国土交通省九州地方整備局）

国土交通省九州地方整備局は、各社および団体と「平成29年度無人航空機による災害応急

対策活動（撮影・画像解析）に関する基本協定」を締結しており、この協定に基づき、九州北部豪雨発生により7月6日に出動要請がなされた。

翌7月7日には、調査内容等の詳細を検討し、4地区（朝倉市、東峰村、日田市、筑後川河川）にグループ分けを行い、全12社でUAV撮影を実施することとし、7月8日より各社にて撮影を実施した。

【事例1】

（1）対象地区

撮影対象地区は、赤谷川及び乙石川が合流する松末地区としたが、対象地区までの道路は車での通行が不可能であった。したがって、車両が駐車可能な箇所から、1.5km程度河川上



図4 撮影対象範囲*（事例1）

流を目指し徒歩で現地へ行くこととした。また、バッテリーの電源供給は見込めないため、バッテリーの予備を多めにし、機体と共にハンドキャリアでの運搬となった。

(2) 撮影

撮影は、松末小学校の屋上をベースとして実施した。撮影対象地区は、特に行方不明者の捜索が続く箇所であり、自衛隊及び警察等多くの航空機が飛行している箇所で、UAVを飛行

させるタイミングが難しい箇所であった。

また、山間地の地形であるため、有視界飛行にも限界があり、飛行基地としていた箇所とは別の場所に移動も必要であった。現地撮影作業時には、作業の効率化と安全の確保を目的として撮影班とは別に現地踏査班を編成し、事前に飛行可能な場所の選定を行ったが、被災箇所の現場からは非常に危険な箇所であると共に自衛隊や消防の捜索活動に影響がないように行



図5 作業状況（事例1）



図6 撮影成果の解析フロー（事例1）

動する必要がある、場所の選定も困難であった。

(3) 撮影結果の解析

撮影した後、会社が提供する解析クラウドサービスにて解析処理を行い、結果について確認した。サービスの内容は図6の通りで、これにより現地での撮影成果の確認及び写真地図作成までが、即時に対応可能となった。

(4) 成果の提出

UAVで撮影した画像を使用し、動画、静止画、写真地図、出力図を九州地方整備局へ提供を行った。提供に際しては、配布用にDVDで用意する必要があり、7月8～10日の3日間については、現地での作業報告ミーティング後に帰社しDVDを作成し、翌朝提出した。

表3 撮影フェーズおよび撮影内容(事例2)

フェーズ	作業期間	撮影内容
初動撮影	1～3日目	・土砂崩れの状況及び発生源箇所確認のための撮影 ・砂防施設(砂防ダム、治山ダム)の堆砂状況 ・H24年災害時の箇所を確認
状況撮影	3～7日目	・土石流のレッドゾーン、イエローゾーンの状況 ・村長の指示による撮影



初日ミーティング



撮影箇所



調査後情報共有会議

図7(1) 作業状況(事例2)



説明用資料作成*



プレス対応(メディア対応)



7/12安倍晋三内閣総理大臣視察(状況説明)

(説明資料:大成ジオテック(株) 撮影写真)

図7(2) 作業状況(事例2)

【事例2】

東峰村を対象として対応した。九州地方整備局からの主な指示・留意点は次のとおりであった。

- ・災害状況をUAVによる写真撮影（静止画、動画）
- SfMによるオルソや3次元データ作成は行わず撮影をすることが最優先
- ・災害直後のため、自動車で行けないところや、捜査活動箇所では作業をしない
- ・現地TEC-FORCE隊長の指示に従い作業を行うこと

7月7日時点では、撮影の詳細な対象が不明で、機材の選択や作業人数決定ができず、最低限の人数3名とUAVを2機準備し現地へ向かった。

7月8日に、東峰村宝珠山支所に集合し、TEC-FORCEでのミーティングが実施され、協定4社による道路1班、河川1班、砂防2班の班分けを行った。

砂防班は7月8日～14日の間、撮影作業を実施し、河川班は7月21日、道路班は27日の間作業を行った。砂防班の撮影フェーズおよび撮影内容は表3のとおりであった。

初日の撮影はTEC-FORCEに同行して行い、2日目以降は別行動とした。

【事例3】

朝倉地区を対象として、7月7日の現場説明会に参加し、即日調査箇所へ移動した。作業体制は2班6名体制とし、UAV班4名、現地踏査班2名で作業に臨んだ。

(1) 撮影・計測

7月8日から7月14日まで現状把握と復興対策を目的とするUAVに関する作業を実施した。早急な状況把握のため、朝倉地区担当4社で撮影仕様を統一して現況確認用のUAVによる動画取得（解像度1920×1080）と復興対策のオルソ作成用のUAVによる垂直写真撮影（オーバー

ラップ80%、サイドラップ60%以上）をそれぞれ対地高度150m未満で実施した。

撮影は、エンルート社製Zion PRO 800に搭載した2台のカメラを活用し、動画をGoPro HERO3+で取得し、静止画（6000×4000画素）をSONY α6000で取得し、1回のフライトで動画と静止画を同時に取得した。撮影は5日間で5地区を実施し、合計22フライトの撮影を行った。撮影終了後、ブレ・ボケ・オーバーラップの状況確認を行い、再撮影の有無をその場で判断をした。

災害現場周辺は自衛隊を含め救助や報道など様々な有人機・無人機がフライトしていたため、安全管理に十分配慮することを目的として見張りや立入禁止区域における離発着場の選定などの踏査の作業にも班を設けた。

(2) 解析

撮影した画像の不要画像の除去や機体のGNSSを用いた画像の撮影位置の確認作業を行い、三次元形状復元ソフトウェアを用いて簡易オルソ画像を即日で作成した。標定は、迅速性が最優先されたことから画像に付与したGNSS情報のみを初期値として実施した。

(3) 成果の報告

朝倉地区では、毎朝8時に朝倉市役所に参集し、現場責任者と各社の代表が撮影地区の決定及び移動経路の確認を行い、作業終了後も4社合同で作業報告を行った。撮影した動画は朝倉市役所に作業当日に提出し、朝倉市災害対策本部を通じて関係各機関に広く提供された。簡易オルソ画像も撮影日の翌朝に納品し、災害対策本部に掲示されるなど現地支援に入る市町村等の行政機関、防災関係各機関に提供された。

【事例4】

朝倉地区を対象とし、作業は九州支社2名と岡山本社2名の4名態勢（現場班長・操縦者・

表4 作業スケジュール(事例4)

月日	時刻	内容
7月7日 金	15:00 16:30	九州地方整備局と災害出動についての打合せ 本社(岡山県岡山市)より機材を積んで現地(福岡県朝倉市)へ移動(自動車)
7月8日 土	8:00 9:00 10:00 16:00 18:00	朝会(朝倉市役所) 撮影ルートの確認、提出(自衛隊、警察、消防) 移動 杷木寒水地区撮影開始 (①寒水川:動画12ファイル(16分54秒)) 撮影終了後朝倉市役所へ移動 撮影した動画、静止画をとりまとめ朝倉市役所職員に提出(市役所内で内業し、静止画16カット生成) 作業状況報告(テック隊長及び3社)1時間程度 帰社後、市役所に提出した動画、静止画をDVD-Rに格納(6部)翌日の朝会でテック隊に提出
7月9日 日	8:00	時間的なスケジュールは概ね7月8日と同じ 杷木志波地区(②北川:動画8ファイル11分48秒 静止画27カット)
7月10日 月	8:00	時間的なスケジュールは概ね7月8日と同じ 杷木志波地区(③北川:動画10ファイル10分51秒静止画14カット)・④道目木川:動画3ファイル3分39秒 静止画12カット・⑤鳥山谷川:動画3ファイル(3分39秒) 静止画2カット)
7月11日 火	8:00	時間的なスケジュールは概ね7月8日と同じ 佐田地区(⑥県道590号塔ノ瀬十文字小郡線:動画5ファイル15分03秒 静止画6カット・⑦県道509号安谷赤谷線:(動画4ファイル15分26秒静止画6カット)
7月17日 月	8:00 11:00 14:00	再度の要請により現地へ 朝会(うきは市役所) 撮影場所の確認等 テック隊同行 ⑧県道79号朝倉小石原線(動画6ファイル17分34秒静止画288カット) 市役所で動画、静止画をとりまとめテック隊に提出



【使用機器】DJI社製 PHANTOM3
 【撮影高度】高度100m若しくは150m
 【撮影の向き】仰角は任意の角度
 【搭載機器】デジタルカメラ 1240万画素(4K対応)

図8 使用した機材(事例4)

モニタ監視者・機体監視者)で、UAV1機を岡山より持ち込んで行った。撮影は動画で行い、動画から静止画、さらにはオルソ画像を作成している。撮影した動画と動画から生成した静止画はその日のうちに市役所に提出し、翌朝DVDに焼き付けたものをテック隊に6部提出した。オルソ画像は作成ソフトが現地にはないため岡山に帰社したのち作成し、後日提出した。

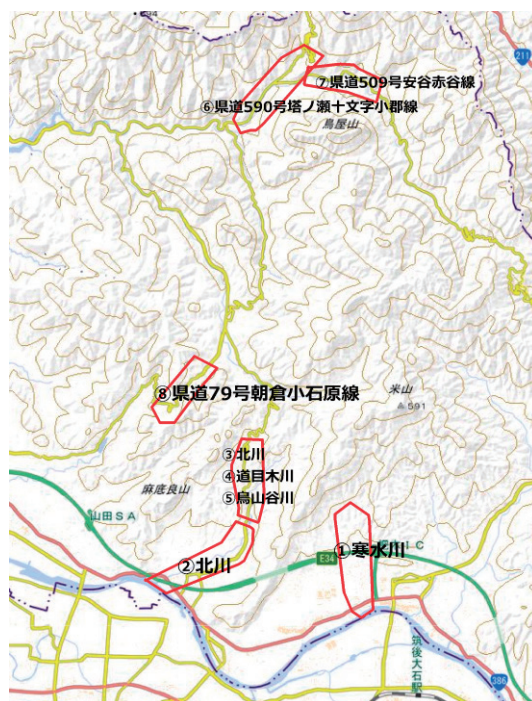


図9 撮影実施位置図*(事例4)

緊急撮影に関するスケジュールは表4のとおりである。

本件で使用した機材と諸元は図8のとおりであり、撮影実施位置を図9に示す。



図10 作業状況と撮影結果例(事例5)



図11 作業分担位置図* (事例5)

【事例5】

7月7日に九州地方整備局に災害調査対応に関する説明会に招集され、そこで河川を対象とした被災状況の把握のための撮影を要請された。当初、筑後川右岸の全河川の撮影を依頼されたが、既に防災ヘリ「はるかぜ号」によるビデオ撮影や各社の自主撮影なども実施されつつあったため、協議により朝倉市を流れる桂川に限定して実施した。

桂川の調査範囲は約7.8kmと長いことから、調査は3班体制(1班はUAV 1機、操縦者、監視者の計3名)で臨んだ。使用した機材はDJI社

のInspire2、Phantom3である。前述するとおり班数を確保するため、調査員は広島から1班、福岡で2班を構成した。

浸水範囲など広域を撮影する必要があるため、撮影は垂直撮影ではなく斜め撮影を選出した。また連続性を維持するため、概ね堤防上を歩きながら作業した。桂川での現地作業は各班ともに現地までの移動を除き、3時間程度であった。

撮影結果は、オルソ化等の処理がなかったため、直ぐにDVDに焼き付けて当日の夜に、九州地方整備局に提出した。

4. 考察

4.1 災害時における多様な撮影の効果的な適用

大規模災害時における写真撮影方法としては、衛星からの撮影、有人航空機による垂直・斜め写真撮影、UAVによる低空撮影、地上踏査による撮影などがある。上空からの撮影については、即時対応性の点から、有人航空機による斜め撮影→同垂直撮影→UAVによる低空撮影の順で実施されるのが一般的となる。これには、現地への到達容易性ととも、天候状況にも左右される(衛星撮影や有人機による垂直撮影は、上空の雲の影響を受けやすい)。

九州北部豪雨では、災害後の天候条件による制限があり、有人機による垂直写真実施が遅れたため、UAV撮影により広域な災害状況を把握しなければならない事態となった。

4.2 災害現場におけるUAV撮影の適用性

- ・災害範囲は広大であったが、悪天候が続き有人機の撮影が進まない中、撮影高度が低いUAV撮影が被災状況の把握に有効であった。
- ・UAV撮影により、土石流発生源の確認を素早く行うことができた。TEC-FORCE活動初日に首長、マスコミに対して状況説明が行うことが可能となった。
- ・災害直後の砂防施設状況の確認が可能となった。これにより、今後の雨に対する対応や、先々の考え方をTEC-FORCEより提示できた。
- ・被災箇所以外についても要請を受けた箇所を撮影することにより、首長が不安視する箇所の状況確認に用いることができた。
- ・撮影成果は、ノートPCにより当日中に整理を行うことで、即時対応に寄与できた。TEC-FORCEによる当日、自治体・県への報告会の資料となった。

4.3 災害現場におけるUAV撮影の課題

(1) 事前準備

- ・航空測量の緊急撮影ではマニュアルが整備されているが、UAVによる緊急撮影についてもマニュアルの整備が望まれる。また、航空測量において緊急撮影の机上訓練を行っているが、UAVについても緊急撮影の訓練が必要と思われる。
- ・状況把握の手段と手順の検討が必要である。例えば、被災地をまず航空機などから広域に被害状況の撮影を行い、その空中写真を基に現場の状況を判断し、具体的なUAV撮影実施区域を決める方が、よりきめ細かい被災状況の把握ができると思われる。

(2) 初動対応

- ・車両で進入可能な位置から撮影地区までの徒歩移動の移動距離や撮影状況が様々であるため、小型軽量で持ち運びの負担の少ない撮影機材を選択する必要があった。
- ・早朝から現場に入ったものの、人命救助優先であり、警察・消防による規制により、作業開始が昼からになった。
- ・地図(管内図や砂防施設図及び地形図)が現地对策本部で入手できなかったため、撮影場所の確認がすぐにはできなかった。管内図等を保有する会社が用意し、各社へ渡した。
- ・現場の状況が不明で、道路啓開情報が入手できず、かつ現地に不案内なため、撮影箇所に行くためのルートがわからなかった。
- ・被害箇所がどれだけのボリュームがあるかわからないため、どこまで撮影を行うか、UAV発着場所をどこにするかなどの情報が乏しかった。
- ・UAV撮影に関して、何をどこまで作るのが明確になっていなかった。動画、静止画、オルソ画像の必要性によって、事前に最適なUAV機種や撮影機材の選択、撮影後の処理体制の準備検討を行う必要があった。

(3) 連絡・指示

- ・初動対応では現地が混乱し、情報伝達がうまくいかなかった。
- ・TEC-FORCE担当者との具体的な打合せ方法などが不明確であった。TEC-FORCE隊の交代により、作業指示内容が異なることがあった。
- ・現地災害本部も混雑し錯綜しており、大人数での打合せは困難であった。現地で幹事会社を立てTEC-FORCE担当者との協議を行った。
- ・朝会の実施により関係者へUAV撮影実施についての周知はできていたものの、朝会に参加していない民間機が低空飛行を行っており、撮影作業の妨げとなったことがあった。
- ・作業指示連絡が、前日の22時以降となることがあり、当日の対応に苦慮した。
- ・1週間後に日報の提出を求められたが、着手時指示が望まれる。

(4) 撮影・操作

- ・災害現場は危険であり、安全が確保できる測量作業範囲は限られるはずだが、状況次第では危険な場所が作業範囲に含まれる。
- ・UAV撮影では有視界飛行が必要であるが、山間地だと十分な撮影範囲を確保できず、撮影基地を何度も移動せざるを得なかった。
- ・朝8時に現地対策本部集合となり、拠点からの移動時間等により体を休める時間が少ない状況が生まれた。
- ・現地状況から、徒歩によりUAVを山越え運搬する必要が生じた。
- ・UAVが有人機と錯綜する危険性を有していた。救助活動以外の飛行についてUAV撮影との優先性を明確にしておくことが望まれる。
- ・緊急撮影を実施している全機関が運行予定等を共有できるシステムが望まれる。
- ・自衛隊からの連絡待ちで作業が中断したことや、救助・報道等の有人機と接触を回避するため、無線等による双方向の連絡体制

の必要性を感じた。

(5) 成果の提出・活用

- ・TEC-FORCE隊への撮影データの受け渡しについて、(セキュリティ上) その場でのSDカード等での納品ができず、タイムリーな情報提供とならなかった。
- ・夕刻のデータ受け渡しができないと、撮影状況の把握が十分にならず、作業の進捗管理に支障をきたした。
- ・緊急撮影を実施したデータの受け渡しは、大容量データの転送の仕組みが必要である。
- ・撮影や画像処理結果を報告したが、どのような利活用がされたのかが不明であった。

5. おわりに

九州北部豪雨では、災害状況を把握するため、有人機による垂直写真撮影のみならず、有人機による斜め写真撮影、UAVによる低空撮影といった多様な手段で空中写真撮影が実施され、用意される最大限の空中写真撮影を実施したと言える。一方で、天候不順により垂直写真撮影が遅れたことで被害全体像の把握が効率的にできず、UAV撮影成果に過剰な期待がかけられた。このことが、災害時におけるUAV撮影適用の課題や改善点を明らかにするとともに、多様な空中撮影成果の効果的な活用についての有益な対応策を示唆した。今後、災害時のUAV適用に関するマニュアルの検討などを行っていくことが望まれるところである。

なお、本報告は、国土交通省九州地方整備局のご厚意により、災害協定に基づく「平成29年度無人航空機による災害応急対策活動(撮影・画像解析等)に関する基本協定」の成果の一部を使用させていただいた。また、国土地理院と測技協との災害時における緊急撮影に関する協定に基づく活動の一部を披露させていただいた。ここに謝意を表する。

(*国土地理院地図を使用)