

UAV（無人航空機）による災害初期の 被災状況調査について

尾無 雅実¹、高田 貴子²

¹近畿地方整備局 国営飛鳥歴史公園事務所 工務第一課 (〒634-0144奈良県高市郡明日香村平田538)

²近畿地方整備局 近畿技術事務所 防災・技術課 (〒573-0166大阪府枚方市山田池北町11-1)

近畿技術事務所保有の小型無人航空機（以下、「UAV」という。）の活用により、災害初期（災害発生時の初動段階）に必要となる被災状況調査で効率的・効果的な情報（映像）提供をするための調査手順、撮影方法等について検討を行った。

本検討では、災害種類別に被災状況調査員等の行動や撮影諸元、安全管理等を取りまとめた運用手引き（案）についてその内容を報告する。

キーワード 被災状況調査、UAV、運用手引き

1. はじめに

災害初期のUAVを活用した被災状況調査では、共通した調査手法が定まっていないこと、災害発生時は緊急的な対応が求められ、被災状況調査に関する共通認識を図る時間が短いこと等から、被災状況の調査員等個人の主観的な考え方による調査となることが想定される。この結果、同じ被災事象でも調査員等毎に得られる情報が異なるとともに、最低限必要な情報（映像）が撮影されていないことも想定される。

このようなことから、UAVを活用して災害初期段階の情報（画像）収集を、安全・迅速かつ確実に行うことができる共通的な手引き（基準）の作成が必要となる。

本検討では、UAVを活用した被災状況調査を実施していくにあたり、災害初期の被災状況調査における行動計画、被災種別毎の撮影手法（撮影手順、撮影アングル、撮影諸元等）及び安全性に留意したUAVの活用方法についてとりまとめ、「手引き（案）」を作成した。

2. 調査（撮影）手順

災害発生直後は、具体的な被災場所、被災状況やその周辺の状況は、平常時と大きく変化し、情報の混乱により不確実な情報しかないことが想定される。

このため、災害初期のUAVによる撮影は、まず、被災場所の全体像や周辺状況の概要を把握し、調査の安全を確認する必要がある。その後、段階的に被災状況の調査を実施していくことになる。

災害初期の撮影は、表-1に示すとおり、撮影画像の利用目的に応じて概括撮影、概要撮影、詳細撮影に分けて順次、実施することを基本とした。

撮影区分	調査目的
ステップ1 概括撮影	【状況把握, 具体撮影計画の検討】 被災種別や被災場所の特定 周辺の土地利用, 関連被害の有無の判読 周辺の安全確認
ステップ2 概要撮影	【詳細撮影の必要性, 撮影箇所の検討】 被災場所の概略規模, 損傷・崩壊等状態 被災場所周辺の状況, 関連被害の状況
ステップ3 詳細撮影	【二次災害発生, 要注意箇所等の検討】 要注意箇所（危険箇所等）の状態やその境界部（断面等）の状態を細かく判読

表-1 撮影区分と撮影手順

3. 撮影諸元

(1) 地上解像度

本検討では、近畿技術事務所が保有するPhantom4、α-UAV、NEO（全天候型）について、撮影区分の目的を考慮し、地上解像度の目安を表-2に示すとおり設定した。

撮影区分	地上解像度の目安
ステップ1 概括撮影	【地上解像度は規定しない】 画像解像度よりも、1画郭に収まる範囲を広くする（撮影距離100m以上）
ステップ2 概要撮影	【地上解像度1.5cm～3cm】 Phantom4, α-UAV：撮影距離 50～100m NEO：40～70m(広角時), 100～200m(望遠時)
ステップ3 詳細撮影	【地上解像度1cm以下】 Phantom4, α-UAV：撮影距離 30m以内 NEO：30m以内(広角時), 100m以内(望遠時)
注: 撮影カメラとレンズが一定の場合、地上解像度は被写体までの距離（撮影距離）と一定の関係がある。	

表-2 撮影区分と地上解像度の目安

(2) 撮影モード

UAVの搭載カメラでは、利用目的によって動画撮影モードと静止画撮影モードの設定ができる。

一般的に、動画は撮影場面が自動で移動していくため、静止画に比べて被災の連続性、関連性、被災地域の全体像等を把握しやすく静止画に比べて、短時間で状況全体を確認することができる。しかし、動画はデータ容量が大きく、画像自体も加工が困難となる。

静止画は被災形状の計測や他情報の書き込み(メモ)、検討結果の書き込み等が必要となる対策検討資料や解析資料としての利用ができる。また、異常や変状を細部に渡って検討する資料としても活用が可能である。

これらのことから、被災状況調査では、次とおり撮影モードを設定した。

a) 概括撮影及び概要撮影

概括撮影や概要撮影では、被災状況が短時間で把握できることが優先されるとともに、被災箇所やその周辺状況の連続性、関連性が分かりやすいことが重要である。

従って、被災箇所と周辺状況の関連、連続性等、全体像を短時間で把握するため、動画撮影を基本とする。

なお、広報資料作成等、静止画像が必要な場合は、動画の画面キャプチャーを利用する。

b) 詳細撮影

詳細撮影では、異常や変状を細部にわって検討する資料(対策検討資料や解析資料)として必要であるため、静止画を基本とする。

(3) 対象物の位置・規模(大きさ)把握方法

通常、対象物の位置や規模を詳細に把握するためには、地上に標定点の設置が必要となるが、標定点設置時間を要するとともに、災害現場では評定点の設置が困難な場合が考えられる。これらのことから、災害初期の被災状況調査では、画像判読を主体とした迅速な状況把握が主目的であることを考慮し、基本的には「公共座標との整合性を要求しない」こととした。

ただし、対象物と主要な地物との位置関係、概ねの距離・規模を把握するため、可能な限り基準となる地物を画像に写し込み、これらとの相対関係を把握することで対象物の概ねの位置や規模を把握出来るものとする。

なお、調査目的別の位置標定の考え方は、図-1に示すとおりである。

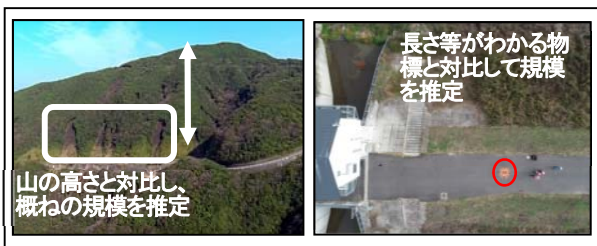


図-1 対象物の規模(大きさ)の推定例

(4) 撮影方向

撮影方向には、図-2に示す垂直撮影と斜め撮影がある。

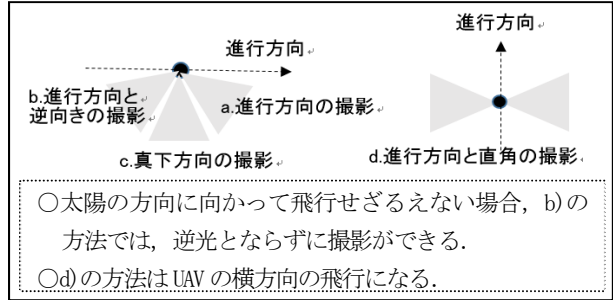


図-2 UAVの撮影方向

一般的に垂直撮影は、平面形状や地物間の相対位置関係の把握に適しており、斜め撮影は、相対的な地形の起伏や構造物の高低の把握に適している。

これらのことから、撮影方向を次のとおり設定した。

a) 概括撮影及び概要撮影

概括撮影では、高高度からの斜め撮影を行い、1画郭に広範囲の状況を撮影することが必要であるとともに、概ねの地形の起伏、構造物の高低等が把握できることが望ましい。これらのことを考慮し、斜め撮影を基本とする。なお、概要撮影の場合、斜面の平面的な被災規模を推定することも重要であるため、極力、対象場所に正対した撮影にこころがけることが望ましい。

b) 詳細撮影

詳細撮影では、要注意箇所(危険箇所等)に正対した撮影が望ましく、要注意箇所の位置によって斜め撮影、垂直撮影を併用することとした。

(5) 撮影機種

災害発生後の初期段階では、被災状況や二次災害の危険性、人の立ち入りの安全性を迅速に確認・判断できる画像(判読精度)を取得することが重要であり、使用機種の条件として次の条件があげられる。

- ①機材準備・撤収時間が短時間であること(作業性)。
- ②UAV離発着地点まで車等が侵入できないことも想定されるため、機材が運搬し易いこと(作業性)。
- ③被災箇所周辺で複雑な飛行をすることも想定されるため、細かな飛行が容易なこと(飛行性能)。
- ④気象条件に影響されにくいこと(飛行性能)。

これらの条件をもとに、近畿技術事務所が保有する機種について適用性を整理した結果を、表-3に整理した。

評価の観点	Phantom4			α-UAV			NEO		
	概括	概要	詳細	概括	概要	詳細	概括	概要	詳細
判読精度	②			②			①		
飛行性能	③		①	②		③	①		③
作業性	①			②			③		
総合評価	②		①	③			①		②

○数字：評価順位

表-3 撮影区分と地上解像度の目安

3. 撮影方法

UAVによる撮影方法は、被災事象や災害の特徴によって異なる。このため、撮影方法の検討にあたっては、被災事象を河川災害、土砂災害、道路災害などに区分して、それぞれについて、UAV撮影で対応する事項と撮影方法を検討した。本報告では、代表例として河川災害と土砂災害に関する撮影方法(イメージ)を示す。

(1) 河川災害の撮影

河川災害は、主な事象として堤防・護岸の損傷、堤防の決壊に伴う河川氾濫があげられる。

a) 堤防・護岸の損傷

堤防・護岸等災害									
災害の特徴	撮影方法								
<ul style="list-style-type: none"> ○堤防の被災は局所的に発生するケースが多いが、複数の被災が連続する場合がある。 ○被災区間及び周辺では車等が通行できない場合がある。 ○被災の程度や状態によっては、破堤・氾濫等の二次災害が想定される。 ○堤内地側で発生した被災では、第三者被害を伴っている場合がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ○概括撮影。初動段階では、被災区間(場所)の特定、周辺の土地利用状況、アクセス可能ルートが把握できる広域撮影を行う。 ○概要撮影。被災の程度や被災周辺の状況が判読できる被災場所及びその周辺を対象とした撮影を行う。 ○詳細撮影。応急対応の可否を判断する必要があるため、被災箇所の要注意箇所の詳細が判読できる撮影を行う。特に、上空から死角となる場所の撮影が重要である。 								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>撮影方法</th> <th>概括撮影</th> <th>概要撮影</th> <th>詳細撮影</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td> 高度100m以上からの定点(ホバリング)撮影。 </td> <td> 高度50m~100mからの斜め撮影。 </td> <td> 高度30m以内で正対撮影。 無視しない!! 要注意箇所に対応して自由に飛行。 </td> </tr> </tbody> </table>	撮影方法	概括撮影	概要撮影	詳細撮影		高度100m以上からの定点(ホバリング)撮影。 	高度50m~100mからの斜め撮影。 	高度30m以内で正対撮影。 無視しない!! 要注意箇所に対応して自由に飛行。 	
撮影方法	概括撮影	概要撮影	詳細撮影						
	高度100m以上からの定点(ホバリング)撮影。 	高度50m~100mからの斜め撮影。 	高度30m以内で正対撮影。 無視しない!! 要注意箇所に対応して自由に飛行。 						

【撮影イメージ】



表-4 堤防・護岸の損傷等の特徴と撮影方法

b) 堤防の決壊・氾濫

河川氾濫									
災害の特徴	撮影方法								
<ul style="list-style-type: none"> ○氾濫による浸水範囲は、広範囲となる。 ○地上からは浸水被害の全体像を把握できない。 ○地上からは破堤・越水場所(区間)を特定しづらい。 	<ul style="list-style-type: none"> ○概括撮影。浸水範囲の概要や破堤・越水場所が特定できる広範囲の撮影を行う。(破堤位置と浸水域の位置関係が重要)。 								
<ul style="list-style-type: none"> ○破堤・越水の応急対応が必要となる。 ○破堤・越水付近の拡大が想定される。 ○第三者被害に対する救護が必要となる。 	<ul style="list-style-type: none"> ○概要撮影。破堤・越水区間及び周辺について破堤・越水の規模や背後の被害程度が判読できる程度の撮影を行う。 								
<ul style="list-style-type: none"> ○破堤断面の崩壊が進行する恐れがある。(特に、破堤境界部の危険度が高い)。 	<ul style="list-style-type: none"> ○詳細撮影。応急対応方法の立案、詳細調査・対応作業を早急に行う必要があるため、破堤・越水部及びその背後被害の詳細が判読できる撮影を行う。(破堤断面の撮影が重要)。 								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>撮影方法</th> <th>概括撮影</th> <th>概要撮影</th> <th>詳細撮影</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td> 高度100m以上からの定点(ホバリング)撮影。 </td> <td> 高度50m~100mからの垂直・斜め撮影。 </td> <td> 高度30m以内で正対撮影。(無理な撮影禁止)。 要注意箇所に対応して自由に飛行。 </td> </tr> </tbody> </table>	撮影方法	概括撮影	概要撮影	詳細撮影		高度100m以上からの定点(ホバリング)撮影。 	高度50m~100mからの垂直・斜め撮影。 	高度30m以内で正対撮影。(無理な撮影禁止)。 要注意箇所に対応して自由に飛行。 	
撮影方法	概括撮影	概要撮影	詳細撮影						
	高度100m以上からの定点(ホバリング)撮影。 	高度50m~100mからの垂直・斜め撮影。 	高度30m以内で正対撮影。(無理な撮影禁止)。 要注意箇所に対応して自由に飛行。 						

【撮影イメージ】

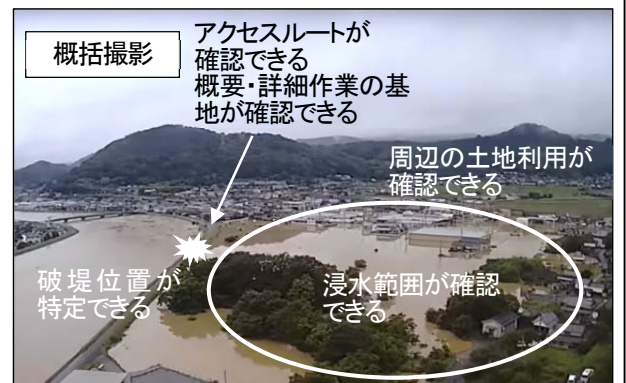
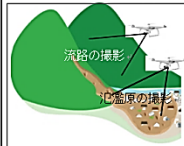




表-5 堤防の決壊・氾濫の特徴と撮影方法

(2) 土砂災害の撮影

土砂災害は、主な事象として土石流、斜面崩壊に伴う災害があげられる。

a) 土石流

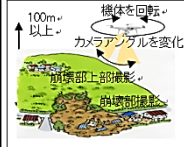
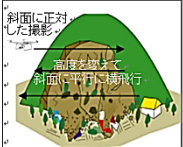

土石流		
災害の特徴		撮影方法
○土石流は、谷筋に沿って延長が長くなる。 ○陸上からは土石流発生場所の特定が難しい。 ○氾濫原は広範囲となることがある。 ○道路等が寸断され、被災場所までのアクセスルートが不明となる場合がある。 ○土石流の流路は樹木等により覆われている場合が多い。 ○発生場所、流路からの二次災害の危険性がある。現地での目視観察が必要となる。 ○第三者被害がある場合は、早急な救援が必要となる。 ○発生場所、流路の要注意箇所での応急対応が必要となる(特に、発生場所、流路斜面)。 ○第三者被害の救援方法を検討する必要がある。		○概要撮影 流路や氾濫原を判読できる程度で広範囲の撮影を行う。 (土石流発生場所の特定が重要)。 ○概要撮影 発生場所や流路の状態、規模が判読できる程度で流路の両側に沿って撮影を行う。 氾濫原の状態や第三者被害の程度を把握できる氾濫原全体の撮影を行う。 ○詳細撮影 発生場所、流路、第三者被害の詳細な状態が判読できる撮影を行う。 (崩壊部の境界、残留倒木・石礫の状態)
撮影方法 高度100m以上からの定点(ホバリング)撮影 	樹木頂部から30m以上の斜め撮影 無理をしない! 樹木頂部から30m以上の上空を飛行。 地上モニターでの監視・双眼鏡による監視が必要。 	高度30m以内で正対撮影。(衛星受信状態注意) 無理をしない! 要注意箇所に対応して自由に飛行。 
UAVの目視確認では、地物(障害物)との位置関係(距離)が、おおよその距離となるため、斜面に對峙する飛行は、注意が必要である。		

【撮影イメージ】



表-6 土石流の特徴と撮影方法

b) 斜面崩壊

斜面崩壊		
災害の特徴		撮影方法
○斜面下からでは斜面や周辺部の全体像が把握しづらい。 ○崩壊斜面の上部の土地利用(道路、家屋等)が把握できない場合がある。 ○道路等が寸断され、被災場所までのアクセスルートが不明となる場合がある。 ○下からは斜面の状態や角度等が把握しづらい。 ○崩壊斜面の拡大、二次災害の危険性がある。現地での目視観察が必要となる。 ○第三者被害がある場合は、救援の可否の判断が必要となる。 ○応急対応が必要となる場合がある。 ○第三者被害の救援方法を検討する必要がある。		○概要撮影 斜面崩壊範囲や周辺部の土地利用が判読できる程度で広範囲の撮影を行う。 (崩壊斜面の上部の状況が重要)。 ○概要撮影 崩壊斜面の状態、形状、規模が判読できる程度で斜面及び周辺の撮影を行う。 崩壊土砂の性状、第三者被害の程度が判読できる撮影を行う。 ○詳細撮影 斜面の土砂状態(残留石礫)、斜面境界部やその周囲の詳細な状態が判読できる撮影を行う。
撮影方法 高度100m以上からの定点(ホバリング)撮影 	概要撮影 斜面から50m~100mで斜面に正対した撮影 	詳細撮影 高度30m以内で正対撮影。(衛星受信状態注意) 要注意箇所に対応して自由に飛行。 
UAV目視確認では、地物(障害物)との位置関係(距離)が、おおよその距離となるため、斜面に對峙する飛行は、注意が必要である。		

【撮影イメージ】



表-7 斜面崩落の特徴と撮影方法

4. 安全管理

被災現場は、平常時の現場とは異なり、多くの災害対応活動が行われているとともに、二次災害の発生も懸念される。このため、UAVを活用した被災状況調査では、他の災害活動や二次災害の発生も念頭において、安全かつ円滑に実施する必要がある。

本検討では、被災現場特有の事象を考慮して、被災状況時調査における安全対策について検討を行った。

(1) 現地事前準備時の安全対策

a) 被災場所、周辺状況の確認

・災害が発生した場所やその周辺状況（土地利用、地形、道路、鉄道、建物、高圧鉄塔、携帯アンテナ等）を確認する。

b) 飛行エリア上空の確認

・被災場所を撮影する飛行エリアについて、その上空を確認し飛行障害の有無、分布を確認する。特に、災害の場合は、平常時と異なるため、倒壊建物、樹木等にも留意する。

c) 二次災害の可能性

・現場情報等から二次災害の危険性が想定される場合は、作業時の避難方法や避難場所等を想定する。

d) 災害対応活動の確認

・被災現場では、被災状況調査の他、人命救助や捜索、応急対応等の活動が行われている場合が多い。このため、作業の安全を図る必要があり、災害統括者（現地災害対策本部等）との作業調整を行う。

(2) 飛行・撮影時の安全対策

a) 二次災害への対応

・被災場所や周辺の二次災害の危険性等を監視する。危険がある場合は、作業を中止（UAVを帰還させる）し、事前に想定した避難方法で避難場所に避難する。

b) 他の航空機の監視

・UAVの飛行空域と捜索、救助及び報道を目的とした航空機の飛行空域が重複する可能性があるため、他の航空機の接近を監視する。

c) 第三者の監視・注意喚起

・災害時には、TEC-FORCEをはじめ、多くの人が災害活動を行うことが想定されるため、常に、第三者や災害活動の状況を監視するとともに、注意喚起を行う。また、建物の窓、ベランダ、屋上等に人が顔を出すことがあることを意識して慎重な飛行に心がける。

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），2016年3月
- 2) 東北地方整備局：UAVによる河川調査・管理への活用の手引き（案），2016年3月
- 3) 国土地理院：無人航空機（UAV）を活用した国土地理院の災害対応、北海道測量技術講演会資料、2017年1月
- 4) 国土地理院：国土地理院動画チャンネル(HP)