

3.4. 現地調査のポイント

調査に当たっては、背後の尾根筋までを面的巨視的に見ることが重要である。そのため、変状範囲周辺も含め、可能な限り広域的に現地状況を確認する。

【解説】

ここでは、調査表に示す確認事項に対して、調査に当たってのポイントを述べる。

現地調査を行う際は、変状地点だけにとらわれることなく、周囲の状況も含めて広い範囲を確認しておくことが重要である。これは、例えば隣接する小規模な崩壊等が大きな地すべりと関連していたり、滑落崖などの変状が、斜面上方に波及していることがあるためである。

また、調査表で確認事項として挙げられた事象については、その特徴をよく理解しておくことが望まれる。

(1) 斜面の状態（斜面変状の確認）

現地調査では、災害要因となる豪雨や地震との関連性を踏まえて、斜面における変状や湧水の有無等を確認する。

【解説】

斜面の状態の調査は、調査表にしたがって以下の点を確認する。

《連続した亀裂や開口した亀裂がある》

【重要ポイント】

連続した亀裂や開口した亀裂がある場合、その亀裂の性質を見極めることによって、変動の大きさや進行の程度を推定することができる。

斜面が降雨などによる間隙水圧を誘因として崩壊する場合、図 3-14 に示すように、降雨が地中に浸透し間隙水圧が発生し (①)、斜面の変状 (変位) によって地表面に線状の亀裂が発生する (②)。この亀裂が徐々に開口や段差 (滑落崖) を伴うようになり (③)、やがて土塊が崩落することで斜面災害が発生する (④)。

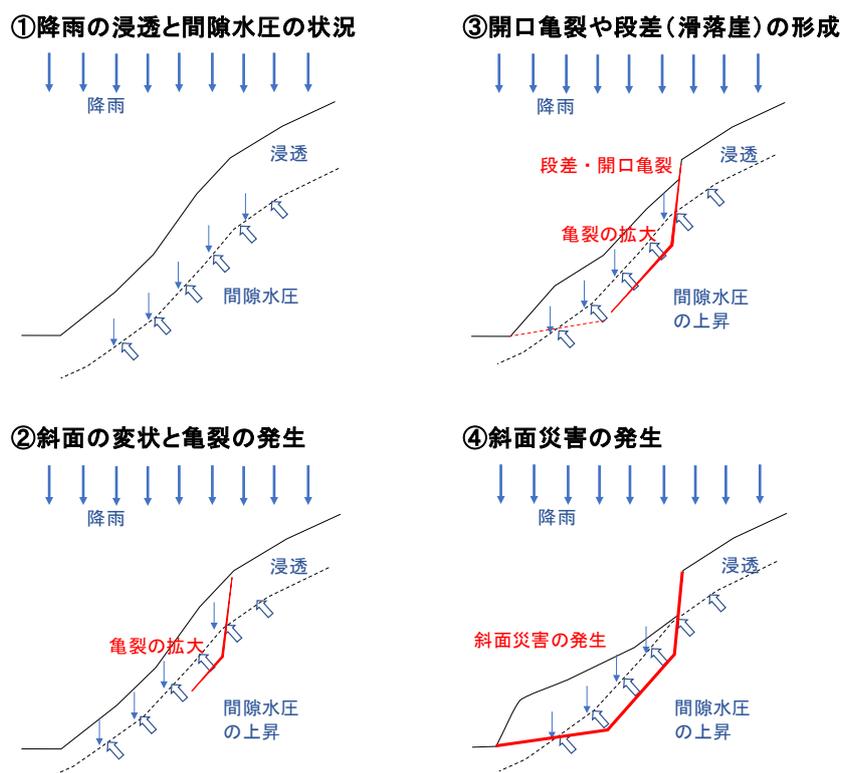


図 3-15 斜面中の亀裂の発生と進展

「②斜面の変状と亀裂の発生」

この状態の亀裂は、大きな段差を伴わない。特徴はその連続性と亀裂の新しさである。開口が小さいと見づかりにくい。植生の欠損や根の張りなどに注意する。落ち葉などがあれば除去して確認する。また赤白ポールなどを地中に刺し、地表面の軟らかさを見る場合もある。



「③開口亀裂や段差（滑落崖）の形成」

この状態は、明らかな異常として認識できる。植生の状況などから亀裂の新旧も判断する。重要なのは連続性と分布形状であり、亀裂の進展方向に沿って連続した亀裂があるか確認する。亀裂が連続していれば、不安定範囲を確定するのに役立つ。なお、こうした亀裂は斜面の上部で見られやすい。



「紛らわしいもの」

よく田面などで見られる網目状の亀裂は、粘土質の耕作土が乾燥によって割れたもので問題ない。



《異常な陥没や線状の凹地・段差がある》

【重要ポイント】

地すべりの頭部付近に陥没帯がある場合、規模の大きな変動である可能性が高い。地形を確認する場合は人工の地形と見極めることが重要である。

「陥没帯や線状の凹地」

陥没帯がある場合は、比較的規模の大きな地すべりが発生している可能性もある。こうした陥没帯は、地すべりの頭部付近に形成されやすい。斜面が大きな塊となって移動している可能性があり、一般に滑落崖も形成されている。



「紛らわしいもの」

一方で、斜面にはかつて棚田であった場所や植林のために造成されたところもあり、段差地形が残っている。ただし、こうした段差地形は人工感が強く、延長を確認すれば災害でできたものと区別がつく。他に炭焼き跡地などもよく似た地形を呈している。

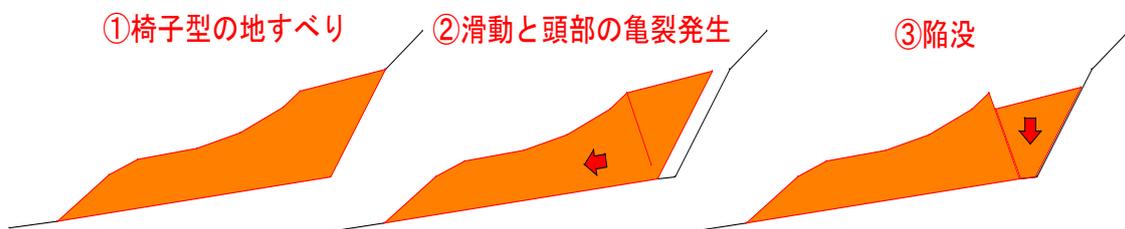


図 3-16 陥没帯の発生例

《新しいような浸食跡や崩壊跡がある》

【重要ポイント】

崩壊跡や浸食跡がある場合、植生の状況などから変状の発生時期を概定することができる。一方で、斜面変動以外で生じた植生の欠損を見極める必要がある。

「新しい浸食跡や崩壊跡」

新しいような浸食跡や崩壊跡とは、災害で生じたものを指し、古いものは対象にしない。新しさは、浸食面や崩壊面の新鮮さや植生の状態をみて判断する。浸食跡の場合はどこから水が流れていたか、崩壊の場合はどれくらいの厚さで崩壊したかなどに着目して観察するとよい。



「紛らわしいもの」

現地調査をしていると、連続性はないものの、局部的に植生が剥げ、土が乱れている状況が見られることがある。

斜面勾配も緩く、連続性のない場合は動物などによって掘り返されたりしていることも多く、間違えやすい事象である。



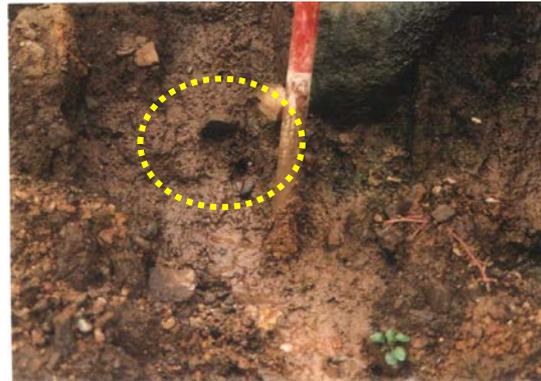
《地表水の流入や湧水、パイピング孔がある》

【重要ポイント】

地下水や地表水は斜面災害と密接に関係していることが多い。斜面中の地表水、湧水、パイピング孔、湿地等に注目し、地下水や地表水の状況を把握する。

「地表水の流入やパイピング孔」

地表水や地下水があると、斜面の不安定化を助長させる懸念があるため、注意して観察する必要がある。例えば、写真のように崩壊面に孔があいていることがある。これはパイピング孔で、地下水が流出した跡である。さらに、湿地があると湧水があり、地下水位が高いことが推定できる。また、斜面上部に水路や道路があったり、谷地形の箇所では地表水が流入しやすい。



《ある程度の範囲で倒木や立木の傾きがある》

【重要ポイント】

限定された範囲で樹木の根曲がりがあると、以前から動いていた地すべりの可能性がある。豪雨等で活動が活発化した可能性もあるので、新たな被害があれば注意する。また、立木は斜面の動きで傾くので、こうした立木の乱れにも着目する。

「ある程度の範囲の倒木や木の傾き」

地すべりが徐々に動くと、地すべりブロックの中間の樹木は、少しずつ山側に傾き、地すべりブロックの末端付近は谷側に傾きやすい。ただ、スギなどは直立しようとするため、根元付近だけ傾く場合もある。こうした現象は、雪などの荷重で起こることもあるが、雪の場合は広い範囲で現象が見られる。ある程度の範囲に限定されるところがポイントである。こうした根曲がりがあれば、もともと地すべりであった可能性が高い。なお、土塊の移動速度や距離が大きいと、亀裂沿いで倒木が多くなる。



《不安定な転石や土塊・岩塊がある》

【重要ポイント】

落石、転石は、そのものにも注意が必要であるが、より上位斜面にそれらの発生源となっている不安定斜面がある場合がある。

「不安定な転石や土塊・岩塊」

斜面に土塊・岩塊があり、亀裂などが入っている場合、崩落の危険性が高い。こうした状況は、当該位置の他、上方にもある可能性が高く、落石等の発生源となる不安定斜面の存在が疑われる。可能な範囲で、調査範囲を拡大するなどして確認するのがよい。



《斜面の押し出しや流出がある》

【重要ポイント】

斜面の押し出しや土砂流出が見られる場合は、地すべりブロックの末端部や側部である可能性が高い。

「斜面の押し出しや流出」

斜面の押し出しや流出がある場合、地すべりの末端部や側部である可能性がある。上方斜面に滑落崖などがいないか調査し、不安定範囲を特定する必要がある。

斜面の押し出しは、自然斜面では認識するのが難しいことがある。擁壁などの構造物があれば、その変状で判断することができる。



(2) 被害状況（被災範囲・被災状況の確認）

斜面の変状によって、周辺に被害が生じている場合は、その被害状況や保全対象に対する危険性について確認する。

【解説】

被害状況の調査は、調査表にしたがって以下の点を確認する。

《農地に変状が生じている》

農地自体に変状があり、被害が生じているか調査する。

棚田など、斜面中に農地があると、豪雨や地震で被害を受けやすい。特に、肩部の土砂が崩落したりするので注意する。また、地すべりの場合は、農地に亀裂が入ったりするので、こうした状況を現地で確認する。



《人家や宅地、公共施設に被害がある》

人家や宅地、公共施設の被害の有無を調査する。被害がある場合は、被害施設の名称と被害程度を記載する。

また現在はまだ被災していないが危険な状況にある場合も、施設の名称と状況を記載しておく。



《道路（農道以外）に障害がある》

交通への障害の有無を調査する。被害がある場合は、路線名が分かればその名称と被害程度を記載する。



《農道が損壊などしている》

農道の被害は、施設の管理上重要な事象である。農道が損壊などすると、営農に影響が生じる可能性が高いので、農道が損壊などして通行できないような状況があれば記載する。

現在はまだ被災していないが、被災に対して危険な状況にある場合もその状況を記載しておく。



《農業用施設が損壊などしている》

農業用施設の被害は、施設の管理上重要な事象である。農業用施設が損壊などすると、営農に影響が生じる可能性が高いので、農業用施設に被害がある場合は、被害施設の名称と被害程度を記載する。



《ため池や用水路に土砂が流入している》

ため池や用水路に土砂が流入し、決壊や破損などした場合、二次災害を引き起こす可能性が高い。

施設として被害がなくても、こうした状況がある場合は、土砂の流入の程度や施設への影響の可能性について記載する。



《農地に土砂が流出している》

農地自体が変状しているものではないが、土砂が流入して被害を受けていないか調査する。流入している場合は、流入箇所と流入範囲と流入量などを記載し、加えて発生源の特定や今後さらに流入が続くかなども記載する。



《水路やカルバート周辺に大きな洗掘がある》

水路やカルバート周辺に大きな洗掘が生じているか調査する。水路肩等は洗掘されやすく、そのような箇所では水路が浮き上がることにより機能を失い、いずれ大きな変動を起こすきっかけとなる。洗掘の位置・範囲と水路やカルバートの状況を記載する。



《河川や溪流に流出した土砂が堆積する》

河川や溪流への土砂の流出の有無を調査する。流出がある場合は流出の位置・範囲と状況、土砂の発生源の状況を記載する。

流出土砂によって、河川等がせき止められている場合は、下流に対する危険性があり、緊急性を要する場合があるため、河川管理者等と連携をとる必要がある。



《保全対象が河川等により浸食されている》

豪雨などによってため池や耕作地などが浸食されている場合がある。斜面災害と関わりのある場合は、位置・範囲と状況等を記載する。



《上記以外の被害がある》

上記以外の被害がある場合はその位置・範囲と状況を記載する。

(3) 調査時の留意事項

斜面災害は、地形や地質、地下水などの要因が大きく影響することが多い。現地調査では、起きている事象とともにその要因にも注意する。

【解説】

調査に当たっては、以下の点に留意しながら作業を行うとよい。

○背後斜面の微地形や道路等に注意

斜面上部は通常の点検では見落としがちとなる。特に、水や土砂を集めやすい状況にある場合、二次災害につながることも想定される。集水地形であったり、斜面上部に道路などがある場合には、地表水の流入等を確認しておくことが望ましい。

○脆弱な地質に注意

斜面災害と地質には、深い関連性がある。近傍の災害事例等があれば、災害を起こしやすい地質があるか確認しておくことよい。

- 特定の地質に災害が集中することがある（地質分布特性に注意）
- 未固結層、軟岩、風化岩での災害が多い（軟質な地質に注意）
- 風化が進んだ古い切土のり面に被災が多い（急傾斜だが表層が脆い）

○岩盤の開口亀裂、弱層に注意

岩盤も劣化・変形して不安定化する。亀裂が連続していたり、開口しているような状態のときには注意が必要である。

○変状等の時間的变化

- 地震（降雨）後しばらく斜面は不安定。小落石などが見られないか、常に意識する（地震後は少ない雨でも災害が発生することがあるので、安全にも配慮が必要）。
- 劣化や変形などの時間変化を気にすること（進行性のある変状はその後の経過に注視する）。

○個々の変状の関連づけ

調査地で見られる個々の変状について、その原因や機構、劣化・変形度（緊急度）などを想定し、個々に関連性がないか確認する。

- 個々の変状は同一の原因によるかも知れない。関連づけて考えることで、災害の発生原因や機構が理解できる場合がある。
- 原因・機構が推定できれば、緊急性やその後の対応の判断がしやすくなる。

4. UAV を用いた災害調査

4.1. UAV の災害現場への適用について

UAV（無人飛行機）は、災害現場の状況を上空から把握するために行われることが多く、その場合は動画や静止画を撮影して記録する。

【解説】

地震や豪雨に伴う斜面災害現場では、従来であれば安全性が確保されていなければ危険区域に立ち入ることができず、迅速な調査ができないことも多かった。

こうした状況に対して、UAV（無人航空機）は遠隔操作によって上空から危険区域にアプローチすることが可能である。

また、機体にカメラやレーザー距離計等のセンサ等を搭載すれば、危険地内で各種調査ができるため、災害現場におけるUAVの活用は、早くから期待されており、既に多くの実績も残している。



図 4-1 UAV（マルチロータ型）の機体の例

UAVの活用方法として最も多いのは、現地状況を把握するために災害現場上空からの写真や動画撮影を行うものである。短時間で広域的に被災状況を確認したい場合や、斜面災害の規模が大きいときに、UAVの活用は効果的であると考えられている。



図 4-2 UAVによる空撮例

これまでは、災害現場の状況を把握しようとするれば、主に有人航空機を用いて上空から現場写真を撮影することが多かった。しかし、近年は UAV の実用化が進み、手軽に上空から現地状況を確認できるようになってきた。

以下に、写真撮影を行う場合の UAV と有人航空機の一般的な特徴を示す。

表 4-1 UAV と有人航空機の特徴

項目	UAV	有人航空機
経済性	機体・維持費とも安いいため、個人で所有することも可能。撮影自体のコストはほとんどない。	通常、機体を個々の所有することはなく、航空会社等を介して利用する。撮影には大きなコストがかかる。
利便性	離着陸に関する制限が少ない。簡単な準備で容易に利用可能。機体が小型で運搬も容易。	離着陸場所の確保が必要で制約条件が多い。操縦にパイロットが必要。
機動性	飛行高度が低く、被写体に接近できる。撮影角度の調整が容易。	UAV に比べ機動性は低いが、飛行高度が高いため俯瞰的な状況把握には有効。
撮影制限	目視操作が基本で撮影範囲はスポット的になる。強風時は飛行不可。飛行時間はバッテリーに影響される。	天候の影響は UAV ほど受けない。広域に撮影することが可能。
安全性	操作資格は不要であるが、機体の墜落に関して注意が必要。	事故率は低く安全性は高い。

なお、UAV や有人航空機による撮影写真と同様に、衛星画像等を用いた被災現場の状況把握も行われている。ただし、災害直後に該当箇所の衛星画像を入手するのは困難であり、初動調査で利用する機会はほとんどない。

4.2. UAV での災害調査方法

災害現場で UAV を用いる場合、あらかじめ無理のない飛行計画を検討するとともに、周辺への安全性等に十分配慮して必要な調査を行う。

【解説】

国内においては、2000年の有珠山噴火時にはじめて UAV を用いた災害調査が行われた。それ以降、研究・実証実験が進められ、2010年代に入り他分野でドローンの普及率が急激に上昇した。

その後、2015年に航空法が改正されて、UAVの運用に関するルールが定められた。

この改正航空法によって、許可なしでは運用できない飛行空域（空港周辺、150m以上の上空、人家の密集地域上空）、飛行方法（夜間、目視外、30m未満、イベント会場上空の飛行と危険物輸送、物件の投下）が明確となっている。

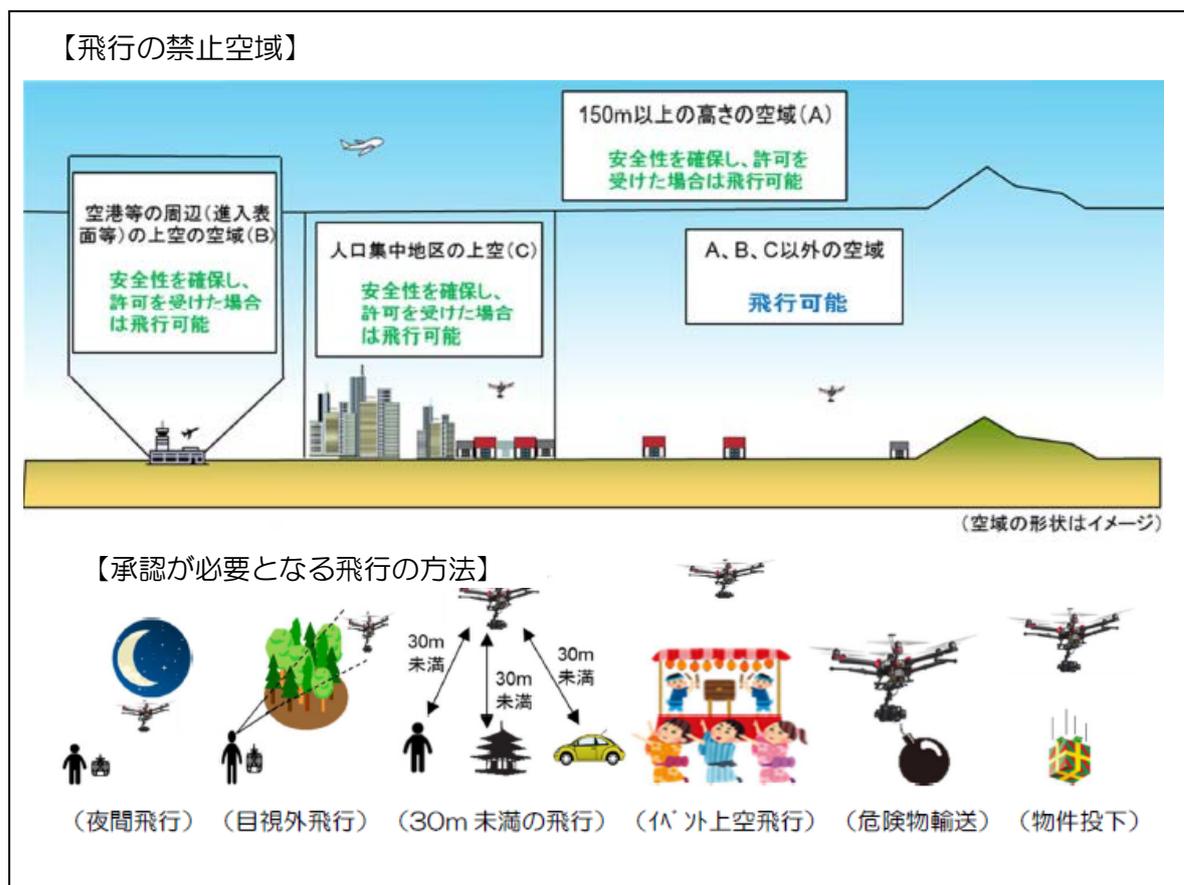


図 4-3 飛行禁止区域・承認が必要となる飛行の方法

無人航空機（ドローン、ラジコン機等）の安全な飛行のためのガイドライン(国土交通省 航空局)から抜粋

一般的な飛行ルールについては、「無人航空機（ドローン、ラジコン機等）の安全な飛行のためのガイドライン(国土交通省 航空局)」が定められている。

その一方で、航空法では事故や災害時に、国や地方公共団体、また、これらの者の依頼を受けた者が捜索又は救助を行うために無人航空機を飛行させる場合については、この規制は適用されないこととなっている。

ここでいう「捜索又は救助」には、事故や災害等の発生時における人命の捜索、救助等が極めて緊急性が高く、かつ、公共性の高い行為として「災害時の被害状況の調査」も含まれるものと考えられる。災害直後の情報収集に UAV を使用する場合、航空機の航行の安全並びに地上及び水上の人及び物件の安全が損なわれないよう当該特例適用者の責任において、「航空法第 132 条の 3 の適用を受け無人航空機を飛行させる場合の運用ガイドライン」に基づいて UAV を運用することが必要である。

緊急災害時以外などで、上記の禁止区域・禁止手法で UAV を飛行するためには、事前に国土交通省から許可・承諾書を取得する必要がある。取得に際しては、10 時間以上の飛行経歴、航空法に関する知識、基本的な操縦能力を有することが求められるので、調査飛行のためには十分な準備が必要となる。

必要に応じ操縦担当者を決め、包括申請(同一の申請者が一定期間内に反復して飛行を行う場合又は異なる複数の場所で、飛行を行う場合の申請は包括して行うことができる)を取得しておくことが有効である。

UAV を使った調査では、被災画像・映像の収集が主であり、これらのイメージデータから SfM (Structure for Motion) という手法を使って地形モデルを専用ソフトで作成する場合もある。被害状況を自動判読したり、土砂災害時の土量推定を行ったりする技術が開発されているので、災害現場でも活用されつつある。

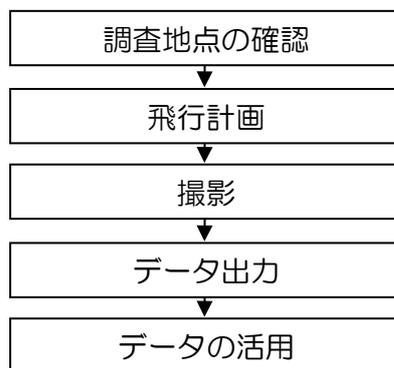


図 4-4 UAV を用いた現地調査（空撮）の流れ

<調査地点の確認>

調査地周辺の地形や支障物等を確認する。また、離着陸場所を確保し、調査対象となる斜面災害範囲を明確にする。調査時に機体を見失わないよう、機体がよく確認できる操縦場所も検討しておく。

<飛行計画>

調査地点の確認結果を基に、飛行ルートや撮影対象を明確にする。飛行ルートは、安全を確保するため、直下に人家や道路がないよう選定する。また、撮影高度や角度が、撮影対象に対してできる限り適切になるよう検討する。

離着陸場所は、調査地近傍で十分に余裕のある広さを確保できる位置を選定する。

<撮影>

飛行計画を基に、設定したルートで写真や動画を撮影する。

<データの出力>

撮影した写真や動画を、電子データとして取り出す。なお、画質は、カメラの性能などによって異なるため、なるべく画質の良いものを選ぶべきである。

<データの活用>

目的に応じて、撮影された電子データを活用する。

4.3. UAV を使用する際の留意事項

使用する UAV の特徴を十分理解するとともに、調査をする際は機体の墜落等が起こらないよう、万全な安全対策を行う。

【解説】

UAV を使用する際には、特に墜落に対して注意しなければならない。墜落の要因は様々であり、安全対策は万全に行っておくことが求められる。

また、事故を回避するためには、可能な限り離着陸場所や操縦場所を事前に確認しておくことが望まれる。

表 4-2 UAV 墜落原因と対策例

原因	対策例
飛行ルートの未確認	調査前の飛行ルート確認
バッテリー切れ	飛行前の機体点検・整備
通信不良	電波干渉などの通信状態や電波到達範囲の確認
操縦ミス、操作スキル不足	熟練した操縦者の配置
悪天候	雨天時や強風時の飛行回避

災害現場という特性を考慮した場合、UAV を使用するにあたって、以下の留意事項を認識しておく必要がある。

- ① 災害は山間部の詳細な地図が無い現場のことも多く、自動操縦の設定が困難なケースが想定されることから、マニュアル操縦による撮影技術が必要である。
- ② 土砂災害発生後数日の間に、現況の把握に役立つオルソ画像等の情報を迅速に取得する手段として UAV は有効である。
- ③ 大規模災害が発生した場合は、捜索、救助を目的とした多数の航空機及び無人航空機が飛行することが想定される。航空機の航行の安全の確保及び無人航空機に起因する事故等の防止のため、これらの空域で無人航空機を飛行させる場合には、現地災害対策本部等を通じて無人航空機の飛行の方法（日時、飛行場所など）を調整することが望ましい。
- ④ 無人航空機を飛行させようとする空域で、捜索や救助を目的とした航空機が飛行することもある。このため、該当の航空機が確認された場合は、その航空機の航行の安全が阻害されないよう、十分な措置をとる必要がある。例えば、確認した航空機が救助活動等を行っている場合には、その飛行の妨げとならないよう無人航空機の飛行を中止させるか、又は十分な距離を保って飛行させる。