

荒砥沢地すべり地におけるUAVの活用について

宮城北部森林管理署栗原治山事業所 治山技術官 ○佐々木秀隆
国土防災技術株式会社技術本部試験研究所 課長補佐 山村充

1. はじめに

(1) UAVとは

UAVは英語のUnmanned Aerial Vehicleの頭文字から来ており、直訳すれば無人飛行機です。無人飛行機といっても幅は広く、小型のものは手のひらに載るサイズのものから、大型のものは全幅30メートルを超えるものまでさまざまあり、軍用・民間用いずれも実用化されています。無人飛行機は大きく分けて回転翼機と固定翼機の二種類あり、今回使用した小型電動マルチコプタータイプ(写真1)のUAVは回転翼機になります。



写真1. 小型電動マルチコプター

小型電動マルチコプタータイプのUAVは、機体価格20万円程度のものが一般的に普及してきており、最近では小型カメラを搭載して低空撮影を行ったり、昨年の広島や南木曽の土石流災害で災害調査に利用されたりしています。

(2) 航空写真撮影の現状

通常、航空写真を撮影する場合、有人飛行機やヘリコプターによる撮影が一般的です。しかし、近年では小型無人飛行機の性能が向上したことやデジタルカメラの高画質化・小型軽量化が進んだこと、市販のパソコンで高度な画像処理が可能となったことにより、小型無人飛行機で撮影を行い、撮影した画像をもとに裸地であれば地形図が作成できるようになってきています。

(3) 目的

今回の研究目的は小型無人飛行機による写真撮影とその活用について実証することであり、「撮影した画像データの精度は十分なのか」、「災害発生直後に活用できるか、またどのような活用方法があるのか」、「災害発生以降の経年観測に利用できるか」の3点について実証しました。

実証にあたり土砂災害の発生箇所では災害発生当初から経年で観測を行っていること、飛行経路の目下に公共施設や人・車の往来がない箇所であることなどの条件が当てはまる箇所として荒砥沢地すべり地を調査箇所を選定しました。

2. 調査方法

(1) 調査手順

調査については以下の順序で行いました。

- ① 写真の撮影：UAV にデジタルカメラを搭載し、写真撮影を行います。
- ② 撮影画像の処理：撮影された写真画像から地表の凹凸や起伏などの形状を読み取り、それに座標を与えることで地形モデルが作成されます。さらにゆがみを補正して全体のオルソ画像を作成するといった画像処理を行います。
- ③ 標高データの取得：②の画像処理によって標高データが取得できます。ちなみに写真に投影された箇所での標高データなので、地表の見えない林地においては樹冠の高さとなり、実際の地表での標高を算出することはできません。

(2) 調査箇所

荒砥沢地すべり地(写真2)は、宮城県の北西部に位置する栗原市内にあり、平成20年岩手・宮城内陸地震により発生した98haの巨大地すべり地です。周囲には保全対象の荒砥沢ダムと市道馬場駒ノ湯線、荒砥沢線があります。

当地すべり地では、裸地からの荒砥沢ダムへの土砂の流出や冠頭部の変状、拡大崩壊による道路などへの影響を抑えることが求められており、地形変化の観測が非常に重要となっております。

地内には、地形モデルを作成するために基準点を11箇所設置しました。また、標高の実測値と計算値を比較するために検証点を11箇所設置しました。



写真2. 荒砥沢地すべり地

(3) 撮影器材

UAV は F450(写真3)と Phantom2(写真1)の二種類の小型電動マルチコプターを使用しました。それぞれの仕様は下記のとおりですが、大きな違いは自動航行が出来るか否かという点です。



写真3. 小型電動マルチコプター (F450)

・ F450

重 量：約 1.5kg (カメラ搭載時)
航続時間：10 分 (カメラ搭載時)
航続距離：約 1 km (比高 150m)
自動航行：可

・ Phantom2

重 量：約 1.3kg (カメラ搭載時)
航続時間：15 分 (カメラ搭載時)
航続距離：約 2 km (比高 150m)
自動航行：不可

搭載するデジタルカメラは Ricoh GR (写真 4) で、1620 万画素の高画質、重量も 260g と軽量で、電動マルチコプタータイプの UAV への搭載に適しています。



写真 4．デジタルカメラ

3. 結果および考察

撮影は、荒砥沢地すべり地とその周囲約 120ha を 30 フライトで二日間かけて実施しました。撮影枚数は約 1700 枚でした。

画像処理には約 1 週間を要し、得られた画像が図 1 のオルソ画像です。解像度は 5 cm、地表面モデル 20cm メッシュが作成されました。

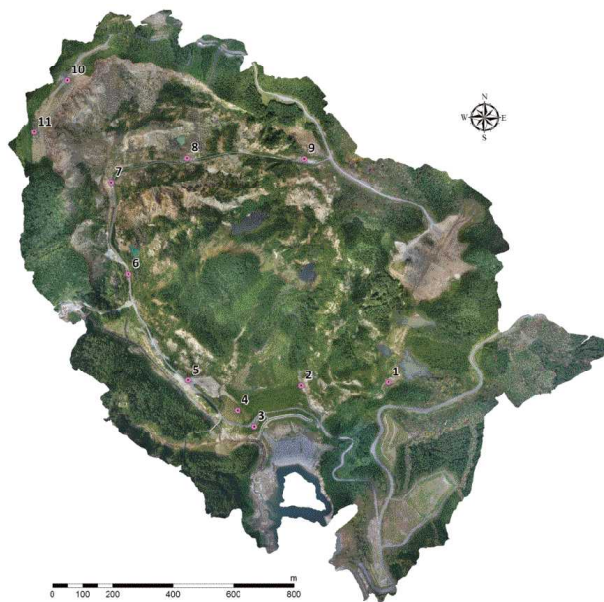


図 1．オルソ画像

(1) 画像データの精度

目的であげた画像の精度が十分であるかについて、得られた画像から検証点における標高の実測値(z)と地表面モデルから読み取った計算値(dsm_H26)を比較した結果、平均で 6.5 cm の誤差となりました(表 1)。

地形図作成に用いる航空レーザー測量の許容誤差は 25 cm であるため、これと比較しても十分な精度が得られることがわかりました。

no	x	y	z	dsm_H26	Δcm
A1	1831.683	-122785.457	287.893	287.896	-0.3
A2	1737.553	-122719.319	282.360	282.319	4.1
A3	1587.180	-122773.916	285.563	285.519	4.4
A4	1400.149	-122645.874	304.571	304.577	-0.6
A5	1276.218	-122509.136	318.750	318.727	2.3
A6	1203.251	-122367.536	331.752	331.718	3.4
A7	1128.809	-122167.756	342.875	342.881	-0.6
A8	1210.013	-121917.632	357.117	357.167	-5.0
A9	1558.809	-121871.539	363.981	363.981	0.0
A10	1860.506	-121885.468	361.119	361.122	-0.3
A11	919.964	-121721.171	487.345	487.397	-5.2
					2σ
					6.5

表 1．実測値と計算値の比較

(2) 災害発生直後の活用

災害発生直後に活用できるか、どのような活用方法があるか実証します。

写真 5 は荒砥沢地すべり地上部の滑落崖(地すべりによって出来る崖)から撮影した写真です。人が立ち入ることが出来ない危険な場所でも間近で撮影することができます。

写真 6 は UAV が崖の近くを降りているときの写真です。崖の高さは最大 150 m もあり、人が降りていくにはあまりに危険すぎて立ち入ることが出来ません。

写真 7 は崖の表面を撮った写真です。地質の状態や水による浸食の跡がはっきりとわかります。



写真 5．UAV による撮影画像



写真6. UAVによる撮影画像



写真7. UAVによる撮影画像

写真8は崖の真下を撮った写真です。落石の危険がある崖の真下も撮影することが出来ます。

実際、災害発生直後に人が立ち入れない危険な場所でも UAV を活用することで被災状況の写真が安全に撮影できることがわかりました。

しかし、実証において電動マルチコプタータイプの UAV は風に弱く、航続距離や航続時間が短いこともわかりました。

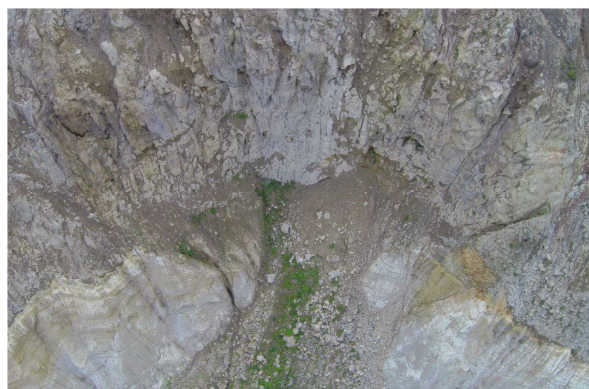


写真8. UAVによる撮影画像

(3) 経年観測への利用

経年観測に利用できるかについて、上記滑落崖において、ある断面を比較しました(図2)。平成20年の6月と9月、平成26年10月のデータで断面形状を比較しました。平成20年の二側線については航空レーザーで得られたデータを使用しています。

前述のとおり平成26年のデータについては精度を十分に満たしているため、比較対象として使用することに問題はありません。

平成20年6月(紫の線)と9月(赤の線)の比較では、滑落崖上層の崩壊により、大きく後退していることがわかります。対して平成20年9月と平成26年10月を比較すると、6年が経過しているにもかかわらず、滑落崖の後退はほとんど見受けられないということがわかります。

以上のことから経年観測に利用できること

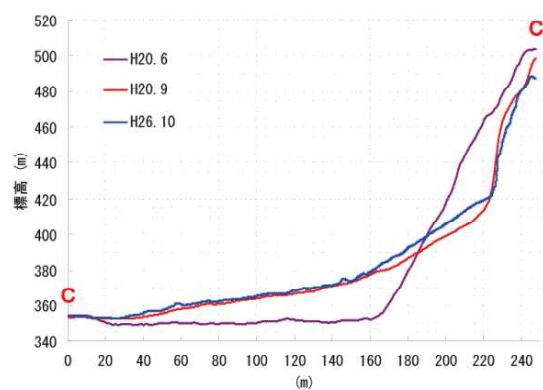
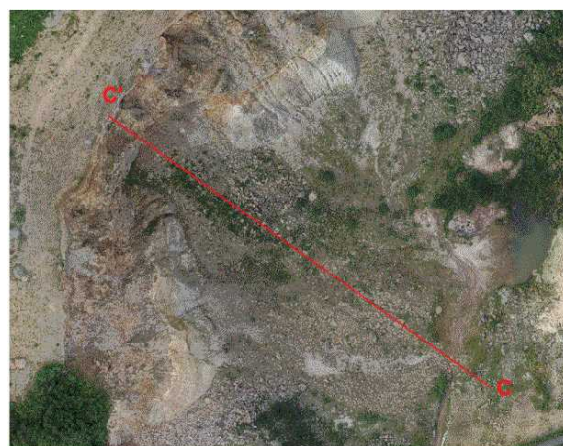


図2. 滑落崖の断面

がわかりました。

4. まとめ

結果および考察から、画像データの精度は十分であること、災害発生直後に活用できること、経年観測に利用できることがそれぞれわかりました。

しかし、実証段階において電動マルチコプタータイプの UAV は風に弱いこと、航続距離や航続時間が短いこともわかりました。

また、画像処理に1週間という時間を費やさなければならないこともわかりました。これは撮影位置に関する情報処理に時間が掛かったことが要因です。

5. 今後の課題

電動マルチコプタータイプの UAV の弱点を克服するため、風の影響を受けにくく、航続距離、航続時間も比較的長い小型固定翼機(写真9)を使用したいと考えてます。

また、画像処理において撮影位置の情報処理を改善し、処理時間を短縮することが課題となりますが、小型固定翼機は撮影時に位置情報を自動入力するため、画像処理に費やす時間は短くなります。今回は1週間要した画像処理が、どの程度短くなるのか期待されます。



写真9. 小型固定翼機