

(配布資料)
北海道測量技術講演会
平成29年1月26日

無人航空機(UAV)を活用した 国土地理院の災害対応

国土地理院基本図情報部
地図情報技術開発室長
中村 孝之

1. 無人航空機(UAV)の概要
2. 国土地理院ランドバードの発足
3. UAVを活用した災害調査
4. 安全基準の整備、平時からの訓練
5. 今後の課題とまとめ

無人航空機(UAV)とは

- 無人航空機(UAV: Unmanned Aerial Vehicle 通称ドローン)
- 空撮、災害調査、施設点検、農業分野など、様々な分野で活用。
- 公共測量など測量分野でも活用され始めている。

○回転翼型(マルチコプタ型)

- ・小回りが利く
- ・対象物に近づき、詳細な調査が可能



離陸重量 約8.0kg
飛行時間 約10分



離陸重量 約1.4kg
飛行時間 約15分

○固定翼型

- ・航続距離が長い
- ・広範囲を撮影可能



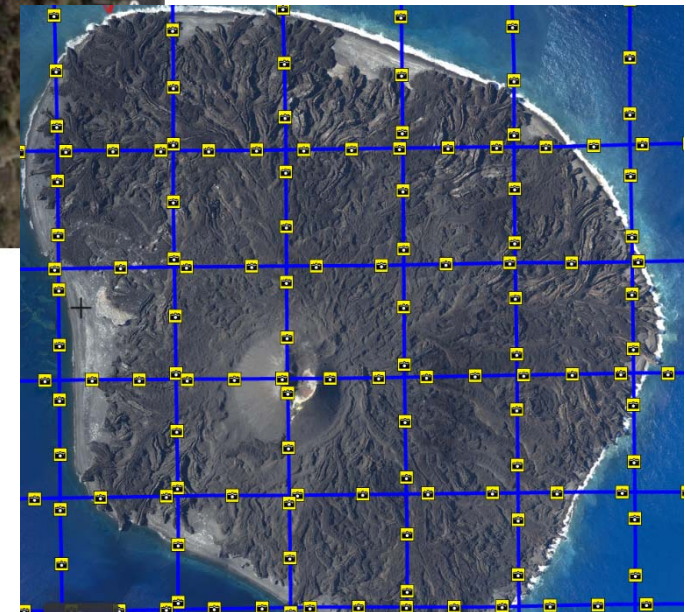
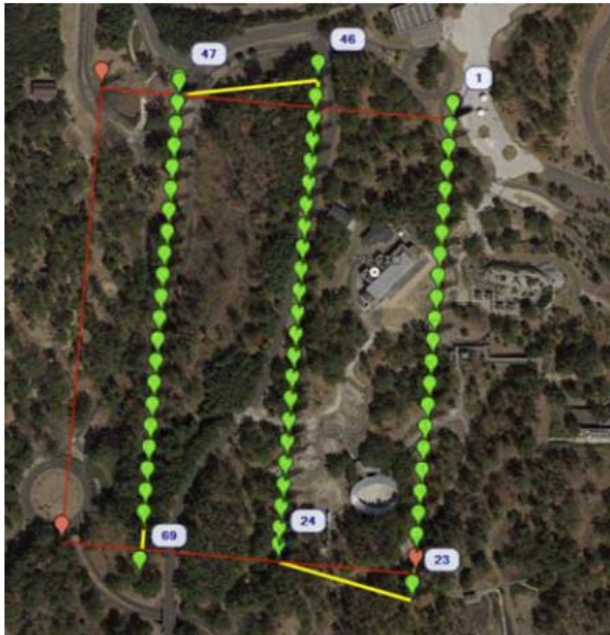
全長2.2m 全幅2.8m
86ccガソリンエンジン×
1基搭載
巡航速度 約120km/h
航続距離約500km

※国土地理院では保有していない

低空から、従来とは異なる視点で詳細な画像を取得可



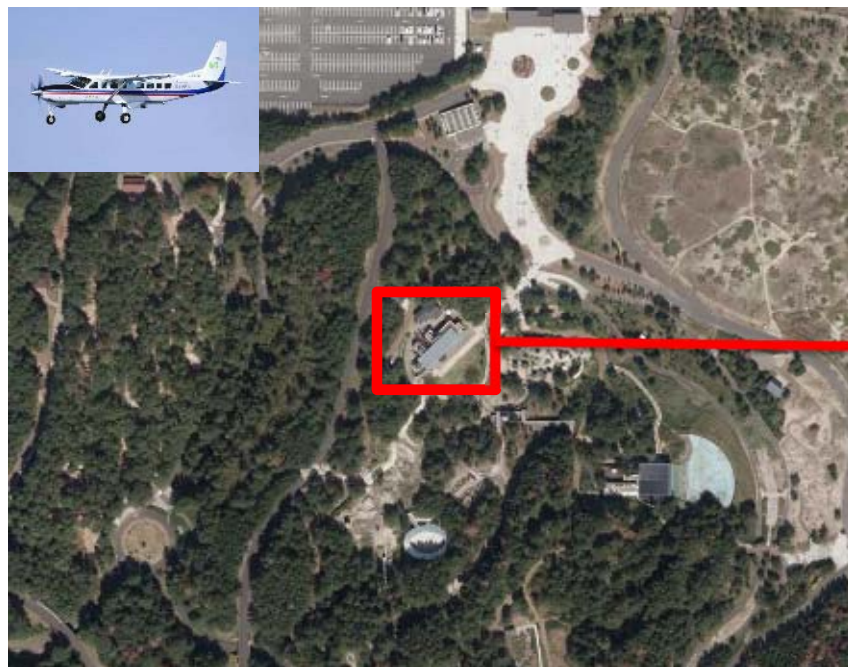
コースを設定して自動操縦、自動撮影ができる



コース撮影が必要な測量では必須の機能

測量用航空機とUAVによる空中写真の違い

測量用航空機による空中写真

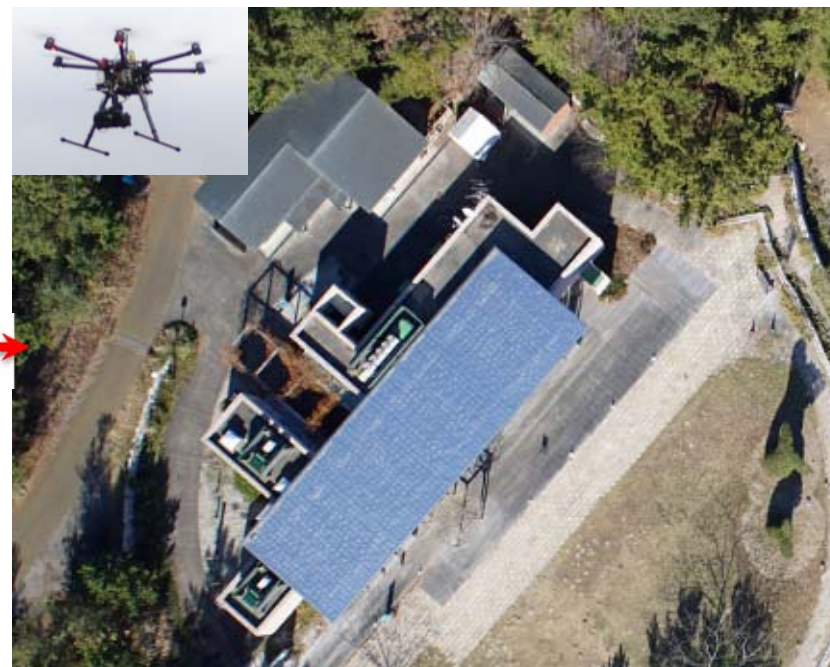


撮影高度 : 2796m
地上画素寸法 : 20cm
カメラ : 航空カメラ
(UCX)



(本体重量55kg)

UAVによる空中写真



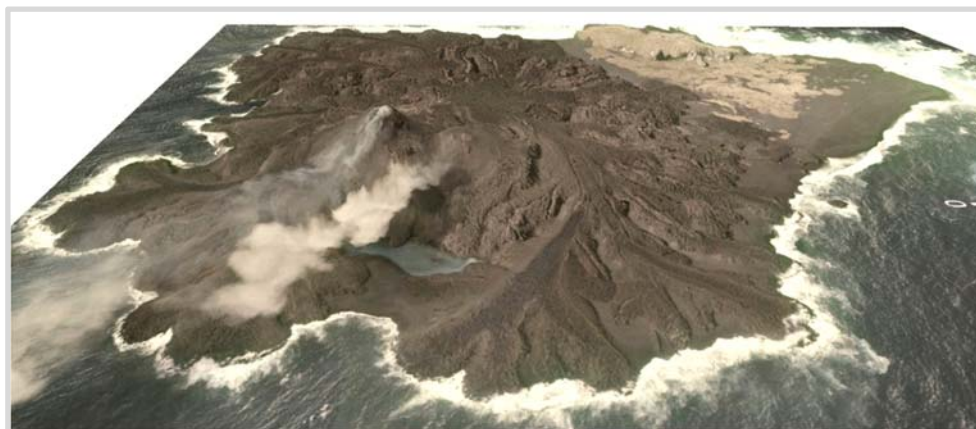
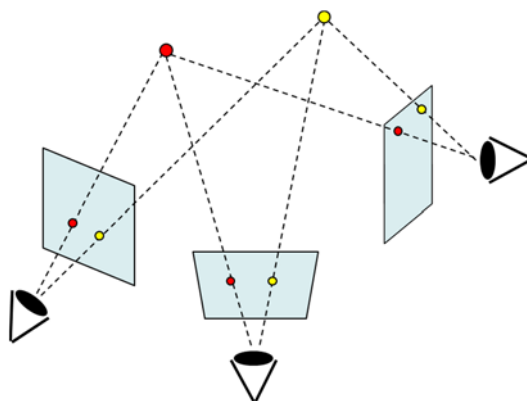
撮影高度 : 130m
地上画素寸法 : 約3cm
カメラ : 市販カメラ
(SONY α6000)

UAVによる撮影は撮影高度が低く、撮影エリアは狭いものの、より詳細な状況の把握が可能

UAVで撮影した写真や動画を用いて、3次元モデルの作成が容易に可能

※SfM/MVS = Structure from Motion / Multi View Stereo

大量に撮影された写真から特徴点を抽出し、撮影時のカメラの位置・向きを推定し、撮影対象の3次元形状を復元する技術



➤ **改正航空法の施行**(平成27年12月10日)

: 無人航空機の飛行ルールを導入



➤ **小型無人機等飛行禁止法※の施行**(平成28年4月7日)

※「国会議事堂、内閣総理大臣官邸その他の国の重要な施設等、外国公館等及び原子力事業所の周辺地域の上空における小型無人機等の飛行の禁止に関する法律」

: 重要な施設等とその周辺地域の上空の飛行禁止



➤ **国土交通省**は、UAVによる測量を含む、ICTを活用した建設現場の生産性向上を図る「**i-Construction**」を推進

➤ **安倍総理**は平成28年9月12日の未来投資会議で「**ドローン等による建設現場の生産性革命**」について発言



<http://www.kantei.go.jp/jp/>

➤ **国土地理院**は、以下を平成28年3月30日に公表 <http://psgs2.gsi.go.jp/koukyou/public/uav/index.html>

① **「UAVを用いた公共測量マニュアル（案）」**

: UAVを用いて撮影した空中写真を用いて測量を行う場合の精度確保のための基準や作業手順等を規定

: i-Constructionに掛かる工事測量にも活用可能

② **「公共測量におけるUAVの使用に関する安全基準（案）」**

: 作業機関がUAVを用いた測量作業を安全かつ円滑に実施できるよう遵守すべきルール等を規定

UAVの活用のための国土地理院内の横断的組織

緊急撮影にも対応できる高度な技術

安全管理

操縦技術

精度管理

本院（つくば市）のみでなく
全国の地方測量部等に順次展開

平常時：技術力の確保と向上

i-Constructionへの対応

公共測量への助言

災害時：緊急撮影と情報提供

災害現場の動画や静止画の撮影

関係機関への提供や一般への公開



<https://www.pref.ibaraki.jp/>



災害対策基本法に基づく**指定行政機関**として、測量・地図分野の最新技術を活用し、**地殻変動の監視**や**地理空間情報を整備・提供・公開**

防災地理情報の整備・提供



都市圏活断層図



土地条件図

など

被災状況の把握・分析・公開

1. 無人航空機 (UAV)



2. 航空写真撮影



- ・斜め写真撮影
- ・垂直写真撮影
- ・正射画像作成
- ・災害前後の比較等

3. 写真判読等

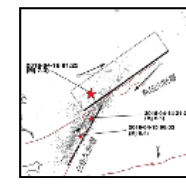
- ・航空写真の判読で土砂崩壊地分布図等の作成
- ・甚大な被災地の立体地図作成

地殻変動の把握・分析・公開

4. 電子基準点



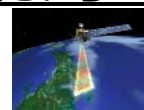
基準点での地殻変動



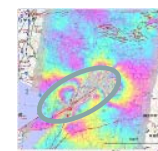
震源断層のモデル

都市圏活断層図等を参照

5. 合成開口レーダー (SAR) (だいち2号)



SARによる変動の面的な把握



復旧・復興の支援



基準点成果の改定



応急復旧対策基図等の作成

地理院地図 (Webページ) による
各種情報の統合利用、共有化

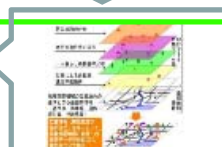


地理院地図で情報提供



災害時の対応検討

- ・災害対策本部
- ・現地本部 等



国土交通省DiMAPS



地震調査研究推進本部

これら取組を支える測量技術

電子基準点、緊急測量調査、SAR解析、写真撮影、UAV、地図作成、防災用地図、Web地図提供 等



平成28年熊本地震におけるTEC-FORCEの派遣

4月14日21:26の地震発生を受け、翌15日からTEC-FORCEを延べ170人日（5月27日まで）派遣し、被災状況の把握や地理空間情報の提供を実施



航空機による緊急撮影
広域な被災状況を迅速に把握



無人航空機による緊急動画撮影
立入りが困難な土砂災害現場の状況把握



緊急地殻変動観測
地震による地盤の沈下・隆起の全体像を把握



断層の走向計測
断層モデルを作る



益城町長へ地盤沈下の状況報告
地域の安全・安心に寄与する



現地対策本部等における活動

災害対策基本法

防災基本計画（平成28年5月：中央防災会議）

- 国土地理院は、航空機等による目視，撮影等による情報収集を行うものとする。
- 国土地理院は、画像情報の利用による被害規模の把握を行うものとする。

ピンポイントで精細に



広く面的に

【活用実績】

➤ 固定翼型UAV（※外注撮影）

- ・西之島（東京都小笠原村）
- ・口永良部島（鹿児島県屋久島町）

の火山活動状況調査

➤ 回転翼（マルチコプター）型UAV

- ・平成27年9月関東・東北豪雨（※国土地理院ランドバード発足前）
- ・平成28年熊本地震
- ・平成28年台風第11号（北海道）
- ・平成28年台風第10号（岩手県）
- ・平成28年鳥取県中部の地震

による被害状況調査

【データ公開】

災害調査結果（撮影した画像、計測値等）は関係機関に速やかに提供するとともに一般にも公表

固定翼UAVによる西之島の撮影

- 固定翼機により、計6回撮影（H26年3月・7月、H27年3月・7月、H28年3月・7月）
- 西之島の東方約130kmの父島を基点に撮影



斜方視撮影



2015/3/1撮影

直下視撮影



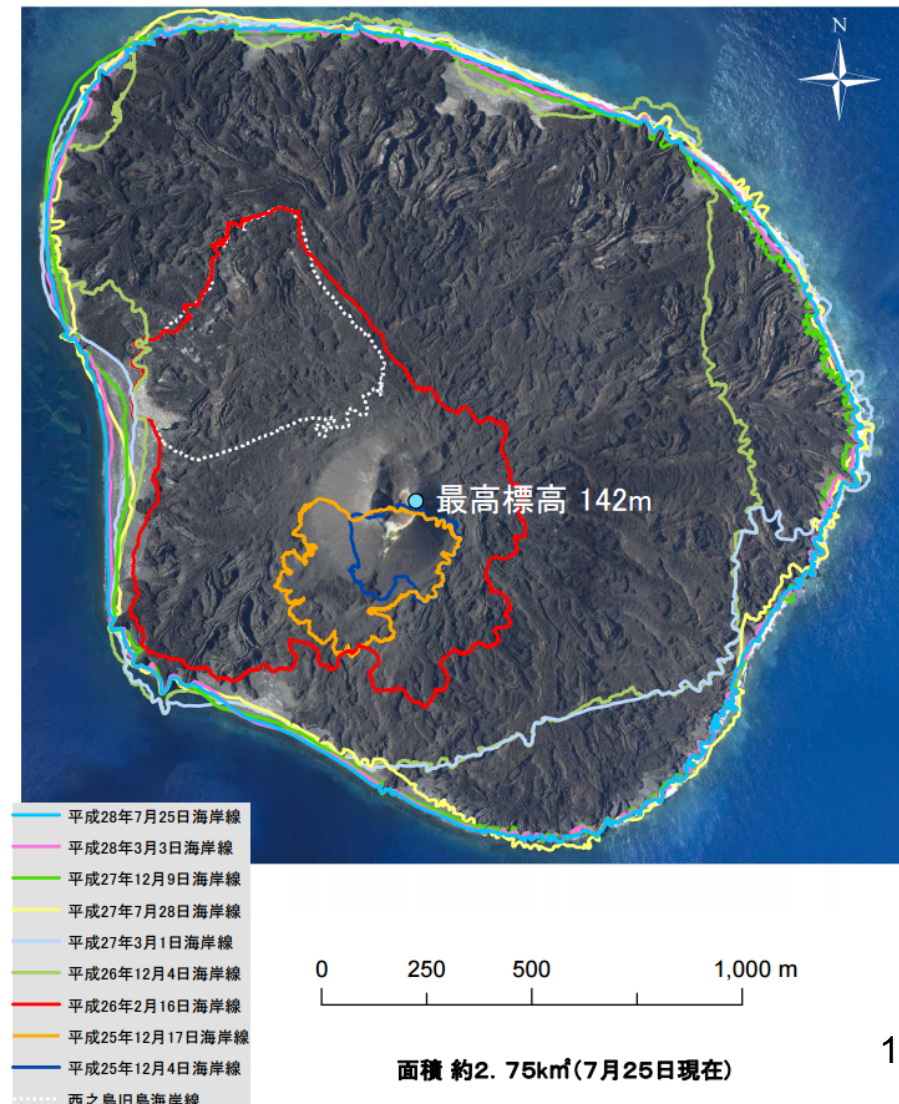
撮影に使用したUAV

全長2.2m × 全幅2.8m 直下視、斜方視用の2台のカメラ搭載
巡航速度120km/h、航続距離約500km

- 大量のオーバーラップ写真から三次元モデルを作成
- 三次元モデルから、オルソ画像やDEM(2.5mメッシュ)を作成
- 最高標高や面積、体積を計測
(平成28年7月25日撮影分による計測)
 - ・新たな陸地の面積(参考値)
: 約2.75km²
 - ・最高標高(参考値)
: 約142m
 - ・新たに噴出した溶岩等の海面上の体積(参考値)
: 約8,722万m³

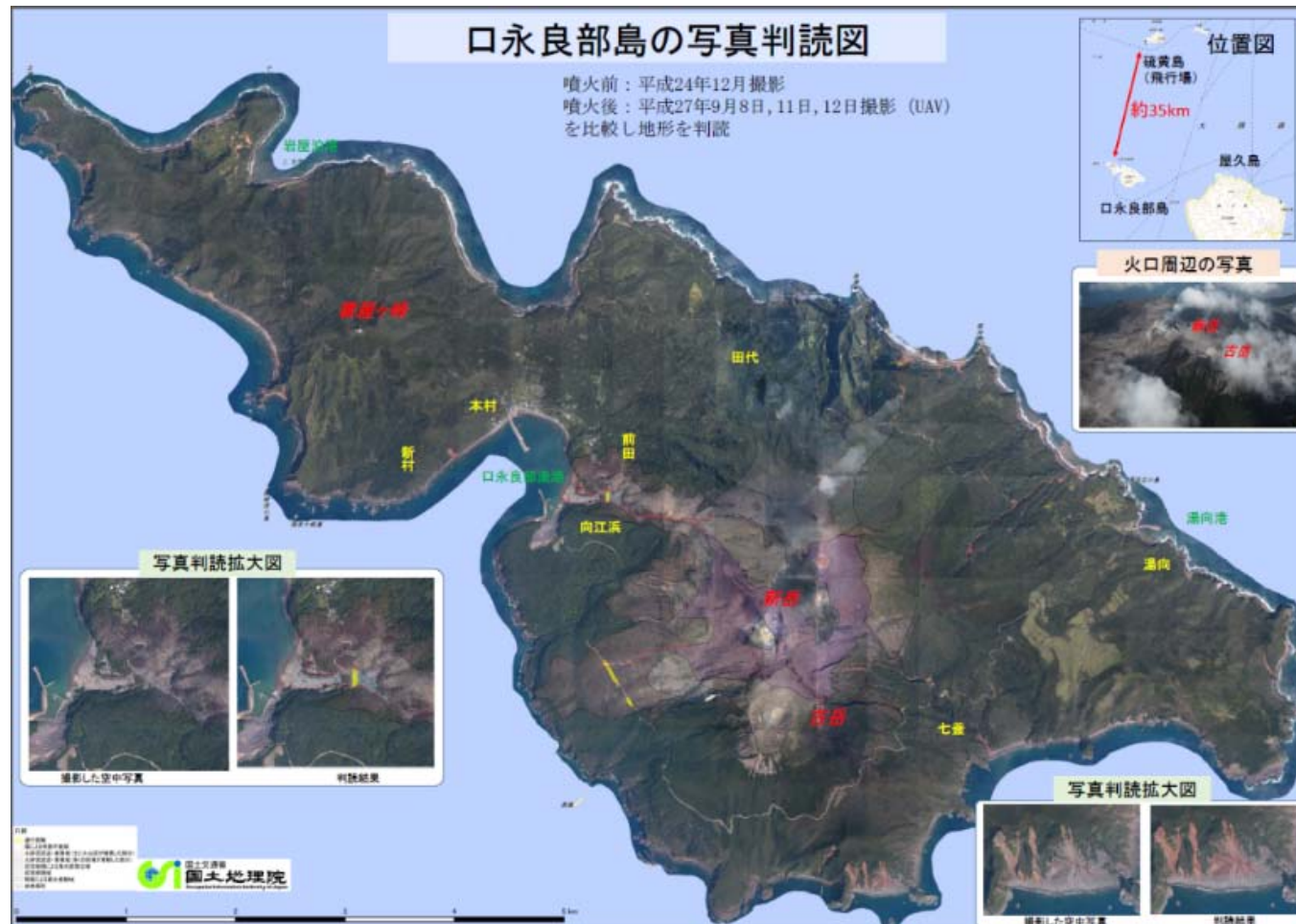
西之島正射画像(平成28年7月25日撮影)

海岸線の変遷(2013.12.4~2016.7.25)



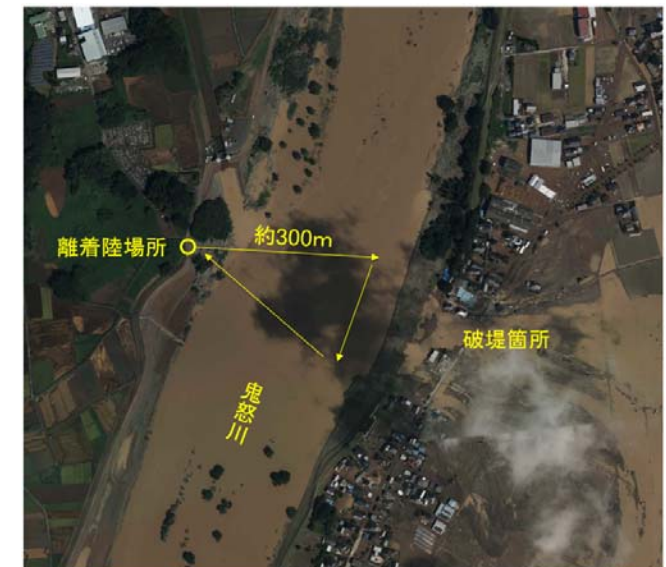
固定翼UAVによる口永良部島の撮影

- 平成27年5月29日の噴火後、固定翼機により7月と9月に撮影
- 口永良部島の北方約35kmの硫黄島を基点に撮影
- 噴火の危険性のため有人航空機が上空を飛行できない中、無人機の利点を活かして撮影を実施



平成27年9月関東・東北豪雨の被災箇所の撮影 国土地理院

- 平成27年9月関東・東北豪雨による9月10日の鬼怒川破堤箇所(茨城県常総市)を破堤から4時間後の日没直前に撮影。
- マルチコプター型UAVを使用。直営撮影の最初の事例。
- 破堤箇所の対岸から救助ヘリを避けるため鬼怒川の水面上を低空(高度約10m)で飛行させて撮影。



UAVで撮影した動画の一場面

国土地理院ランドバード活動実績(平成28年度)

派遣月日	災害名	撮影地	派遣人数
(平成28年3月16日国土地理院ランドバード発足)			
4月15日～18日	熊本地震	熊本県南阿蘇村、益城町	本院(つくば市)3名、九州地測1名
5月11日～13日	熊本地震	熊本城	本院5名
8月21日～23日	台風第11号及び第9号	北海道砂川市	本院3名、北海道地測2名
8月29日～9月1日	台風第10号	岩手県岩泉町	本院3名、東北地測1名
10月21日～23日	鳥取県中部の地震	鳥取県倉吉市、三朝町	本院3名、近畿地測1名

災害発生

派遣決定(国土地理院災害対策本部会議)

最寄りの都市まで移動(公共交通機関、車)

災害現場へ移動(車)

UAV飛行準備

UAV飛行・撮影

データ伝送(携帯電話回線等)



以下の構成により、最低3名以上で飛行を実施する

安全飛行管理者	1名(現地の安全管理の責任者)
操縦者	1名
補助者	1名以上(離着陸の補助や見張り)



平成28年熊本地震の被災箇所の撮影

- 4月16日から18日まで、土砂崩壊現場や地表地震断層等を撮影。



阿蘇大橋周辺(南阿蘇村立野)の土砂災害(4月16日撮影)



山王谷川(南阿蘇村大字長野)の土砂災害(4月17日撮影)



南阿蘇村河陽周辺の地表地震断層(4月18日撮影)



益城町下陳周辺の地表地震断層(4月16日撮影)

平成28年熊本地震の被災箇所の撮影

- 熊本市からの要請に基づき、5月11日～13日まで熊本城の石垣等の被災箇所を撮影。



平成28年熊本地震の被災箇所撮影

- UAVにより、低空で高解像度画像が撮影可。真横からも撮影可。
- 調査結果は熊本城の応急対策、復旧計画の基礎資料として活用されている。



天守閣の石垣



天守閣の石垣と建物の間



作業の様子



飯田丸五階櫓



南大手門



奉行丸

平成28年台風第11号及び第9号の被災箇所の撮影^{国土地理院}

北海道砂川市焼山の土砂災害箇所(平成28年8月22日撮影)

- 降雨が止んだ僅かな時間に撮影を実施
- 地上からは確認困難な崩壊上部の詳細な状況把握が可能



災害現場の状況(地上写真)



地点:砂川市焼山

➤ 道道627号文殊砂川線

⇒土砂崩落により不通

(徒歩では、危険だが通行は可能)

➤ 自転車専用道

⇒河川侵食により通行困難



平成28年台風第11号及び第9号の際のランドバードの動き

8月21日(日)

- 11:00 派遣者に電話連絡
- 13:00 本院(つくば市)集合
機材準備
- 17:30 羽田空港到着
- 18:30 羽田空港発
- 19:30 新千歳空港着

8月22日(日)

- 8:30 北海道地測集合
- 9:30 国土地理院災害対策本部会議
- 11:15 現地へ出発
札幌北IC～砂川SAスマートIC
- 14:00 北海道空知総合振興局札幌建設管理部
滝川出張所へ書類提出
- 14:20 砂川市の災害現場到着
雨のため一時待機
- 15:30 撮影
- 16:20 現地撤収
- 17:45 北海道地測帰庁
データ伝送
- 21:30 本院でデータ公開

北海道地測にて国土
地理院災害対策本
部会議とWeb会議



道職員に状況確認と
撮影の説明



撮影



平成28年台風第10号の被災箇所の撮影

岩手県岩泉町褓野周辺の集落（平成28年8月31日撮影）



- 小本川が氾濫し孤立した集落を撮影（対岸からUAVを離着陸）



- 現地で被害箇所を確認し、2カ所を撮影（平成28年10月22日）
- いずれも道路の通行が規制されている箇所



鳥取県倉吉市大原の落石箇所



鳥取県東伯郡三朝町三朝の道路亀裂箇所

飛行前の安全確認（主なもの）

周辺の立木、上空視界の確認

周辺の第三者物件の確認

風速・風向など気象状況の確認

機材に異常が無いか

周辺の電磁波の確認



第三者の立ち入りが無いか

航空機・ヘリ・UAVの接近が無いか

身の安全の確保

※飛行前のみならず、飛行中も随時確認を行う

飛行前に安全な飛行が可能かどうかを現場で判断、
障害物(特に立木)の高さ等を確認。
ヘリの動きも念入りに確認。



第三者の立ち入りが予測される場所に
無線機を持った監視員を配置



いざというときは、
緩衝地帯内に墜落させる

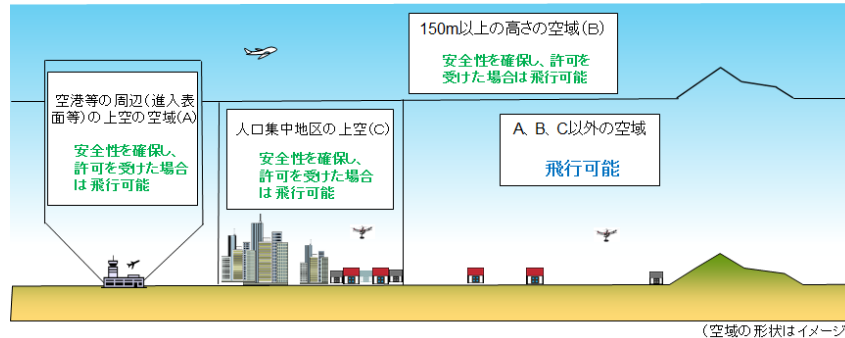


飛行中の機体は操縦者以外
のメンバが常時目視で監視
操縦はマニュアルで実施

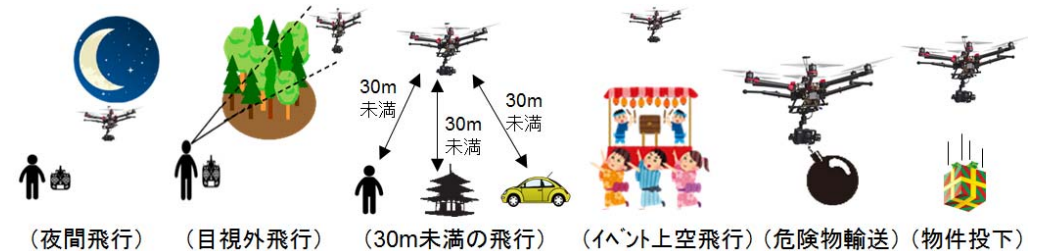


災害現場の離着陸は、ハンド
リリース・ハンドキャッチを原則
(フェイスガード付きヘルメット、
耐切創手袋着用)

搜索・救助等のための航空法の特例



(第132条による飛行の許可が必要となる空域)



(第132条の2による承認が必要となる飛行方法)

第132条の3 前二条の規定は、都道府県警察その他の国土交通省令で定める者が航空機の事故その他の事故に際し搜索、救助その他の緊急性があるものとして国土交通省令で定める目的のために行う無人航空機の飛行については、適用しない。

- 前二条の規定
 - 飛行の禁止区域(132条)及び飛行の方法(132条の2)
- 国土交通省令で定める者
 - 国・地方公共団体又はこれらの者から依頼された者
- 搜索、救助その他緊急性があるもの
 - 国土地理院が実施する被害状況の撮影も含む

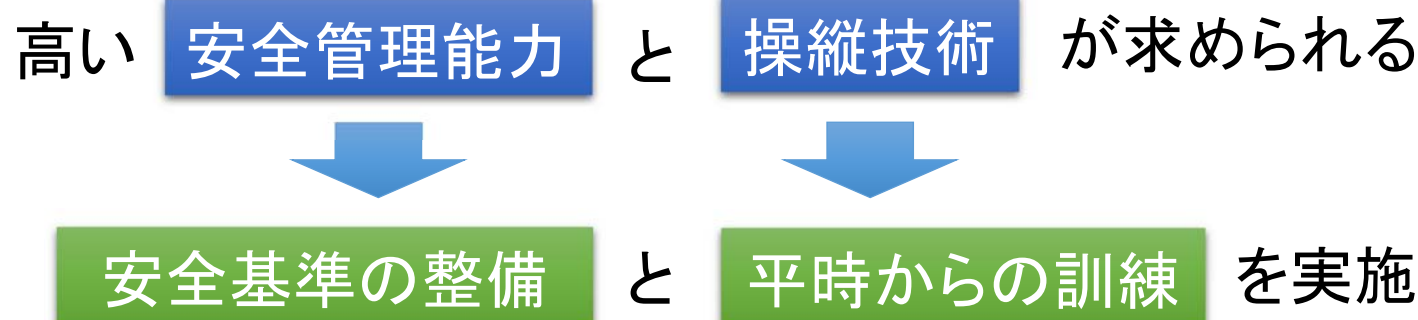
捜索・救助等のための航空法の特例

ただし、航空法第132条の3は

極めて緊急性が高く公共性の高い行為であるための特例であり、特例適用者の責任において、安全が損なわれないよう、許可等を受けた場合と同程度の必要な安全確保を自主的に行う必要がある。

※対地高度150m以上の飛行や、空港等周辺の飛行については、空港等の管理者や管制圏を管轄する機関等との調整も必要

(「航空法第132条の3の適用を受け無人航空機を飛行される場合の運用ガイドライン」)



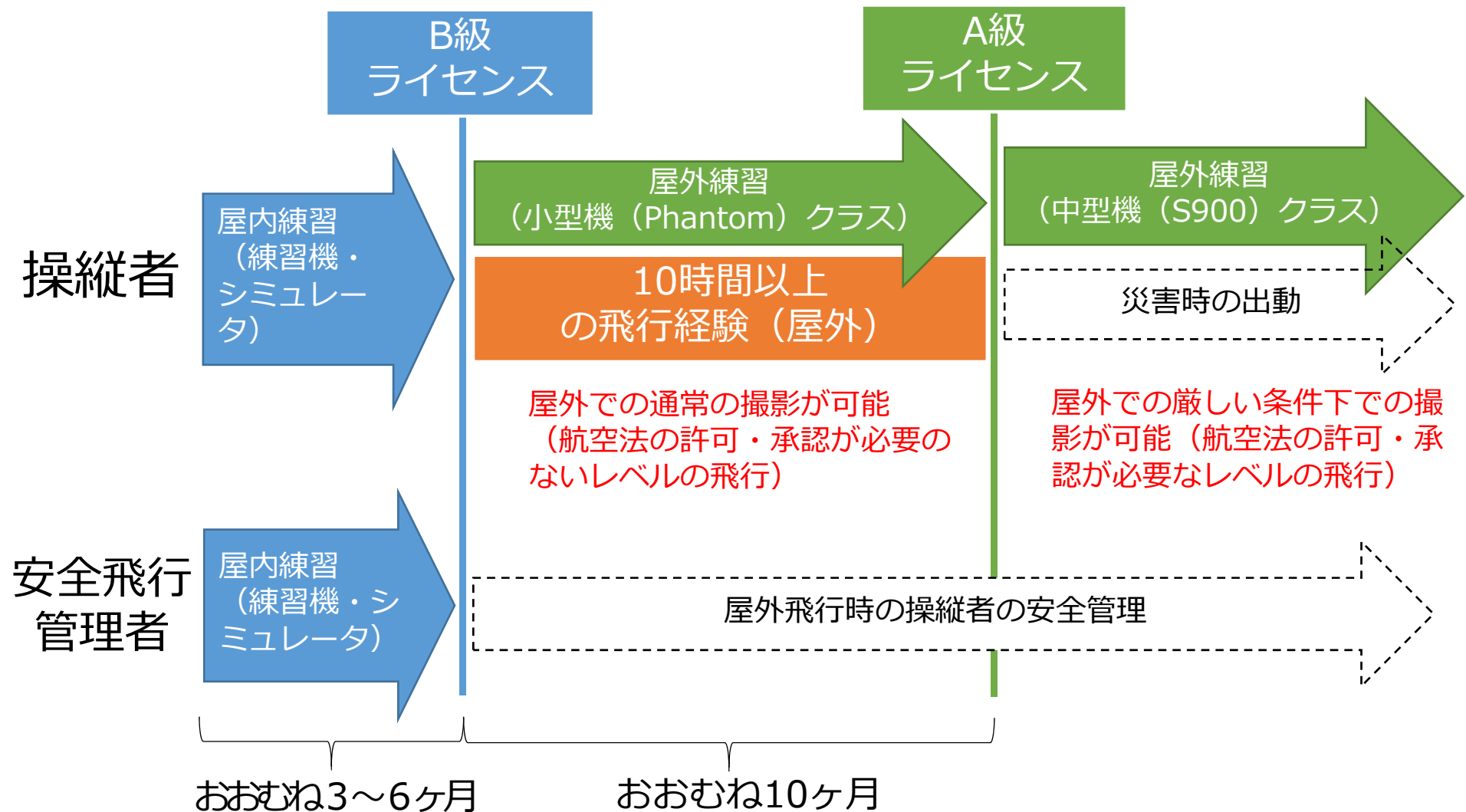
安全基準の整備

- 国土地理院独自の内規として、**UAV運用マニュアル(案)**を作成
- 運用しながら必要に応じて改訂
- 最新のものでは以下のような基準がある

- 飛行範囲＋緩衝範囲を設け、関係者以外立ち入らない
- 関係者はヘルメット着用
- 操縦者の操縦への専念義務、補助者による周辺監視
- 飛行前点検と飛行後の確認の徹底(チェックリスト)
- 運用の制限
 - 平均風速5m/sを超える場合は飛ばさない
(※強風訓練時のみ、10m/s程度まで飛行させる)
- 操縦者(A級、B級)・安全飛行管理者ライセンスの設定
 - 検定内容を定め、操縦技能の試験を実施
 - ライセンスによって飛行の場所や方法が規定

- 操縦ライセンス取得に向けて、段階的に訓練を実施
- 座学により安全基準の内容を理解

操縦技能の段階的習得

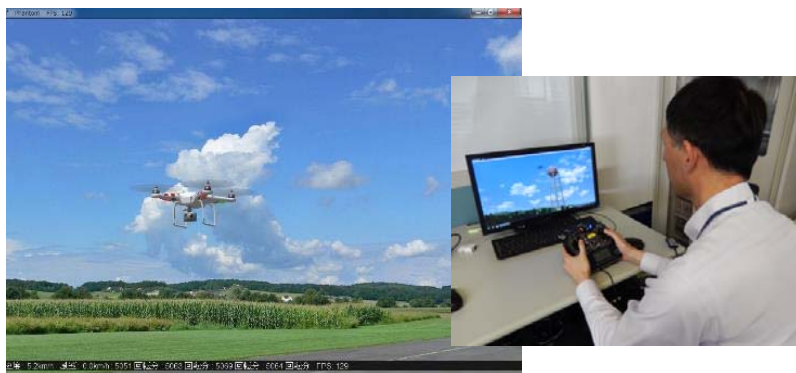


※上記のほか、強風下での操縦訓練経験や関連法規等の知識の取得が必要

平時の訓練（操縦技能の習得）

◆訓練（第一段階）

重量200g以下の機体やシミュレータを用いた訓練を屋内で実施



フライトシミュレータで練習



室内で練習



初期練習用の
マルチコプタ
(機体は約50g)

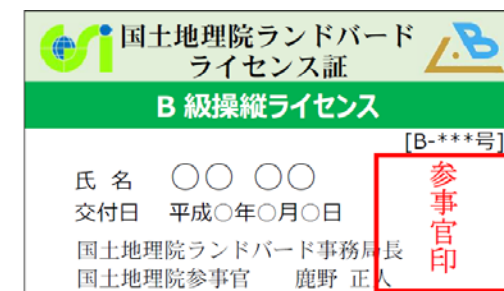
技能検定合格



座学の受講

B級操縦ライセンス取得

- 重量200g以上5kg未満の機体の操縦が可能
- 航空法の許可・承認が必要のない空域・飛行の方法による屋外での飛行が可能



◆訓練（第二段階）

B級操縦ライセンスが対象とする機体を用いた訓練を屋外で実施



国土地理院グラウンドで練習



国土地理院外で練習

屋外での10時間以上の飛行経験 及び 強風下や練習場以外での飛行経験

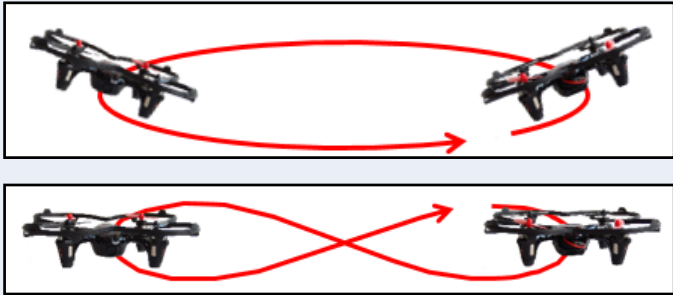
技能検定合格

座学の受講

A級操縦ライセンス取得

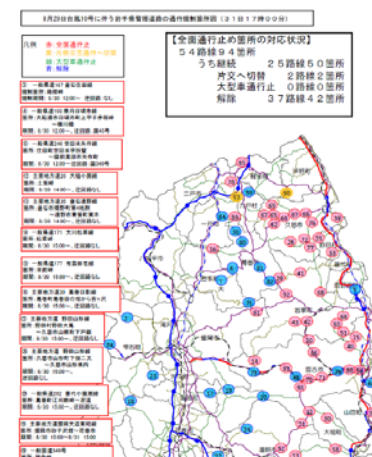


- 重量5kg以上25kg未満の機体の操縦が可能
- 航空法の許可・承認が必要な空域・飛行の方法における屋外での飛行（許可・承認を得る必要有り）や、災害時の捜索又は救助のための飛行が可能

	B級操縦ライセンス	A級操縦ライセンス
目的	基本的な操縦スキルを身につけること	想定できない状態でも、冷静に対応できるようにすること
使用する機器	玩具のマルチコプター	DJI Phantom
気象条件	無風(屋内)	5m/s以上の強風時にも訓練
主な検定項目	- 一定距離の位置まで安定して上昇 - 正面・対面・横向きでの安定したホバリング - 旋回及び8の字飛行 - 直径1mの円内に安定して降下し、着陸 	GNSSを使わない操縦モードで、 - 一定距離の位置まで安定して上昇 <u>強風下において</u>、正面・対面・横向きでホバリング - 旋回及び8の字飛行 - 直径1mの円内に安定して降下し、着陸 - FPV機能で、ある目標物を画面中心に据えたまま、目標物からの距離を維持しながら周囲を回るように飛行 等

➤災害時の対応

- 引き続き、安全の確保を継続的に実施
- 現地への到達、撮影から提供までの時間短縮



台風10号通過後の道路状況
(岩手県HPより)

➤平常時の対応

- 人材育成、技能の維持向上
- 画像情報のニーズの把握
 - ・撮影する災害の種類や規模
 - ・撮影アングル
- 防災訓練等への参加
- 平常時から地図更新等に活用



- 急速に普及するUAVは地理空間情報の新たな取得ツールとして台頭
- 特に、災害対応の場面では高い機動性を発揮。低空で様々な角度から、有人航空機では得られないような詳細な画像情報を取得可能
- 国土地理院は、UAVを活用した災害対応や公共測量への助言等を適切に行うため、「国土地理院ランドバード」を平成28年3月に発足。高い操縦・安全管理技能、指導・助言できる技術力を持った職員の能力向上を行い、2年以内に全国に展開
- 今後も、災害時に有用な情報の取得と迅速な提供を行っていく