

正確な森林情報把握のための実用的な UAV 利用の提案

一般社団法人日本森林技術協会

田中 一生

はじめに

現在、戦後の拡大造林期に造成した人工林が利用期を迎えている。これらの森林資源の循環利用を行うに当たり、正確な資源情報の取得は必須である。正確な資源情報を把握し、実効性の高い地域別の森林計画を立てることにより、精度の高い販売収益を見積り、再造林等に向けた投資可能額を把握することが可能になると考えられる。

正確な資源情報の取得については、これまでも様々な ICT 技術が利用されている。これらの技術の一つに、UAV (Unmanned Aerial Vehicle, 以下ドローン)がある。現在、急速に進展している分野であり、将来的には、宅配やインフラ設備の点検等、あらゆる場面で利用されると推測される。しかし、技術的、制度的に難しいこと等から、まだ発展途上である。現在段階において、業務利用可能な分野の一つは、ドローンによる空撮とその画像や動画を用いた測量が考えられる。

当協会では、平成 29 年度より DJI 社製マルチコプター型ドローン(Phantom 3 Advanced)を所有し、林野庁発注の福島県での旧避難指示区域における林業再生のための実証事業等や関東森林管理局・東京都から発注の小笠原諸島における外来種駆除事業に活用している。現状における当協会のドローンの利用方法は、業界の先端を行くものではないが、費用対効果を考慮しながら、林業事業者等が導入し、森林資源情報を取得する先行事例になると考えられることから、これまでの取組を紹介する。

ドローンの基礎的情報

ドローンを大別すると、固定翼機、回転翼機があり、回転翼機の中でも 1つのローターで飛行するヘリコプターと 3つ以上のローターで飛行するマルチコプターがあり、特に進歩が著しいのがマルチコプターである。マルチコプターは、ローター数によりクアッドコプター(ローター4つ)、ヘキサコプター(ローター6つ)等と呼称される。本稿におけるドローンは主にクアッドコプターのことを意味することとする。

ドローンの主な構成部品として、ブラシレスモーターと回転数を制御するための ESP(Electric Speed Controller)、姿勢制御装置として、ジャイロセンサー、加速度センサー、方位センサーを組み込んだ IMU(Internal Measurement Unit)、位置情報、高度を計測する GNSS(Global Navigation Satellite System)が挙げられる。

ドローンは、リチウムイオンポリマー二次電池(以下ポリマー電池)を動力としている。このポリマー電池は、蓄積可能なエネルギー量が多く、様々な形状にできる等、利点があるが、空気、水に触れると発火するため、取扱いには注意を要する。特に飛行機での輸送の際は、荷物として預け入れが出来ず、100Wh 以上 160Wh 以下の電池は、2個迄しか機内持ち込みが出来ない。これは、宅急便の際の航空輸送も同様であり、留意する必要がある。

ドローンの動作について、前面(ヘディング)に対し、前進・後退する舵をエレベータ

一、左右に移動する舵をエルロン、左右に回転する舵をラダー、上昇・下降を行う舵をスロットルと呼称している。エレベーター、エルロンは、隣り合う2つのローターの速度を増減させることで前後左右に進んでいる。一方、ラダーは、対面する2つのローターの速度を増減させることで回転が可能になる。また、すべてのローターを同じ速度で回転させることで、上昇・下降を行っている。ドローンは、回転するブレード下部の空気の流れに対して、上部の空気の流れが早くなることで、揚力を得ている。ドローンが揚力を失う場合として、追い風に乗って飛行する場合や、下降中に上昇気流を受けることが挙げられる。

ドローンを飛行させるに当たり、法令を遵守することが必須となる。ドローン飛行に最も関連するのは、航空法 132 条、132 条の 2 である。

航空法 132 条について、地表面から 150m 以上の高さの空域の飛行は、禁止されている。これは、離陸地点からではなく、飛行地点の地表面から 150m 以内の空域で飛行させる必要がある。次に、空港等の周辺(侵入表面等)の上空の空域は、飛行が禁止されている。有人機との接触は大事故につながる恐れがあり、空港等周辺では、まず飛行させないことが前提である。最後に、平成 27 年の国勢調査の結果により 4000 人/km² 以上の居住者がいる地域は、人口集中地区とされており、この地域における飛行は禁止されている。

航空法 132 条の 2 について、図 1 に示す 6 つの項目が該当する。特に森林域で飛行させる場合に関係すると思われるのは、目視外飛行であるが、これは操縦者が肉眼で確認できない場合は、全て目視外飛行となるので注意が必要となる。また、夜間飛行における日中とは、気象庁が定める日の出から日没までの時間とされている。

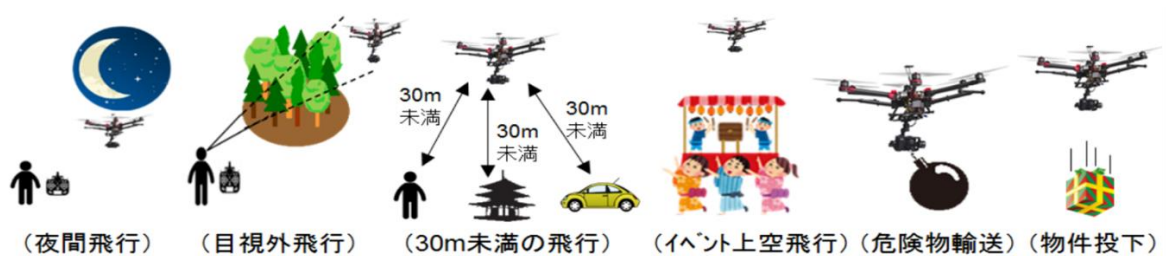


図 1 航空法 132 条の 2 における禁止飛行¹

したがって、航空法 132 条ならびに 132 条の 2 に抵触する飛行を行う場合、管理を行っている国土交通省航空安全部運行安全課または各地域にある空港事務所(全国 31 箇所)に対して、許可申請もしくは承認申請を行い、許可を受ける必要がある。また、事業でドローンを飛行させる場合には、人、所有物、公共物を破損させるおそれがあることから、賠償責任保険への加入が必須である。

ドローンの飛行

当協会では、ドローンを手動のみならず、プログラムによる自動飛行によってもドローンを飛行させている。これは、後述する SfM-MVS(Structure from Motion・Multi

¹ 国土交通省 HP より引用(<https://goo.gl/2ujFaU>)

View Stereo)ソフトで利用するために、適切なオーバーラップ率・サイドラップ率(以後、“ラップ率”とする)の連続した画像を得るためである。これらは、飛行計画ソフトを用いて適切な飛行経路を計算し、ドローンが飛行する指標となる Waypoint を設定することで可能となる。

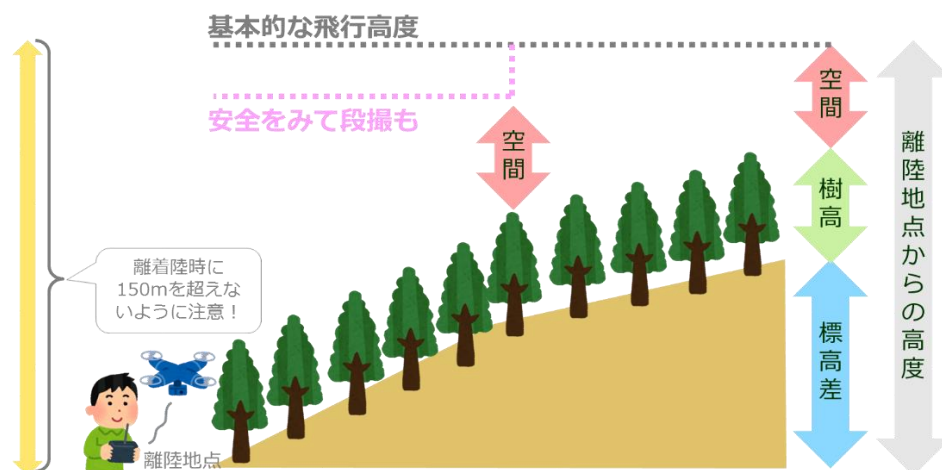


図 2 ドローンによる適切なオーバーラップ率、サイドラップ率を撮影する場合の注意点

ラップ率を考慮した空中写真撮影は、航空機でも同様であるが、ドローンは、航空機と比較して、飛行高度が低く離陸地点からの標高差や樹高に大きく影響されるため、注意が必要である(図 2)。つまり、離陸地点からの高さで、ラップ率を計算した場合、離陸地点より高い場所では、十分なラップ率を得ることが出来ない。つまり、図 2 に示す“空間”の距離でラップ率を計算した上で飛行経路を設定し、“離陸地点からの高度”で飛行、“標高差”が小さい場所では、飛行高度を徐々に落とし、“段撮り”を行う必要がある。現状では、このような飛行計画を単一のソフト(アプリ)で行うことは難しい状況である。

撮影実施の決定について、当協会では降水確率が低く、風速 5m/s 以下であると決めている。天気.jp²や Windy TV³等のウェブサイトが有用である。現地に到着してからも、突然の風速変化や降雨について確認する事が重要である。特に森林域で飛行させる場合、墜落に伴う火災は、最も大きいリスクであるため、大気の乾燥や飛行地域に大量の枯草の存在の有無等延焼を促進するものがないか確認すべきである。

飛行前に機体に対する注意点として、必ずコンパス校正を行うことがあげられる。また、自動で離陸地点に戻るための機能である RTH (Return To Home)の高度を障害物に衝突しない十分な高さに設定する必要がある。

ドローンにより得られた情報の処理

プログラムによる自動飛行により適切なラップ率で撮影された画像は、SfM-MVS⁴ソフト

² 天気.jp HP, (<https://tenki.jp/>)

³ Windy TV HP, (<https://www.windytv.com/>)

⁴ 当協会では、Photoscan(Agisoft, Russia)を使用

トにて処理を行う。SfM(Structure from Motion)は複数のオーバーラップした画像(60%以上)を元に、カメラ位置(傾き)と撮影物の三次元的な関係と形状を復元する手法である。また、MVS(Multi View Stereo)は得られたカメラ位置などのパラメータから高密度の点群を生成する手法である。これらの両方の処理を行うことで3次元モデルを作成し、その情報から表層高モデル(Digital Surface Model, DSM)やオルソ画像を作成することが出来る。

オルソ画像とは、中心投影画像である空撮写真を正射投影に補正したものである。3Dモデルより得られたオルソ画像を図3に示す。この画像は、搬出間伐施業を行う前後で撮影したものである。細い破線で囲まれた箇所に間伐によるギャップが多く出現している事がわかる。またこれらの画像は、GCP(Ground Control Point)を取らずに作成しているが、施業前、施業後のオルソ画像は、約5m程度の位置のずれがみられている。ただし、GISによる処理で位置を補正することは容易である。

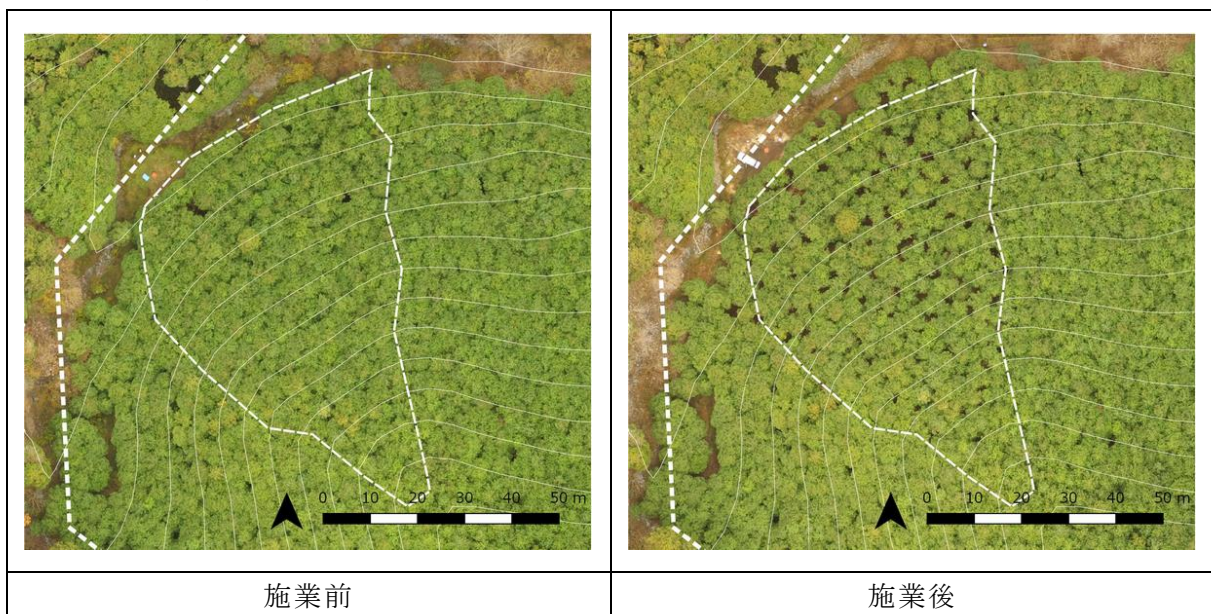


図3 森林域(撮影面積 約2.5ha)のオルソ画像

また、表層高モデル(DSM, Digital Surface Model)についても、GISにより処理することにより、既知のレーザデータによる地盤高モデル(DTM, Digital Terrain Model)と組み合わせ、表層樹冠高モデル(DCHM, Digital Crown Height Model)を作成することが可能である。これにより、樹高を求めることが可能になり、現地調査結果との関係式から資源量の推定を行うことができる。

森林情報取得のベストミックスをめざして

当協会では、ドローンは、以前より利用されている航空機、衛星と同じプラットフォームの一つとして考えている。このプラットフォームにどのような観測センサーを載せるかによって、得られるデータも変わってくる。現状では、ドローンに載せる観測センサーとしては、デジタルカメラのみならず、赤外線カメラやレーザ等も利用可能である。ただし、センサーの価格の面から、デジタルカメラ画像を利用することが、現実的な状況である。

他のプラットフォームと比較して、ドローンの欠点は、飛行高度が低く、飛行時間が限られており(概ね25分前後)、飛行範囲が狭いということである一方、ドローンの利点とし

ては、各団体・事業者が独自にドローン利用システムを低コストで導入可能であることがあげられる。外注しか選択肢がない航空機データや衛星データと比較して、必要な時期に必要なだけの動画・画像データを安価に取得できる。また、高高度から撮影した航空機による空中写真と比較して、解像度も高い。これらの特徴を鑑み、図 4 に有効なドローンの利用例を示す。まず、DSM、DTM の取得の精度が最も高い航空レーザを行い、その後は、航空写真を定期的に撮影して DSM を取得し、大規模な地形の変化がない限り、その航空レーザで取得した DTM を利用することで、精度の高い資源量推定が可能である。この方法では、常に航空レーザを利用することと比較すると、かなりコストを抑えることが出来る。そして、ドローンによる空中写真や処理データは、対象の区域内における施業計画や現況管理に最適であると考えられる。地上レーザを組み合わせることで、ドローンからは、取得できない林内の状況について、立木の胸高直径等の情報の取得が可能である。

このように、それぞれの手法をよく理解し、目的にあった手法を選択することで、安価に精度の高い森林情報を取得することが可能であり、これらの情報は実効性の高い地域別の森林計画の樹立の一助になると考えられる。

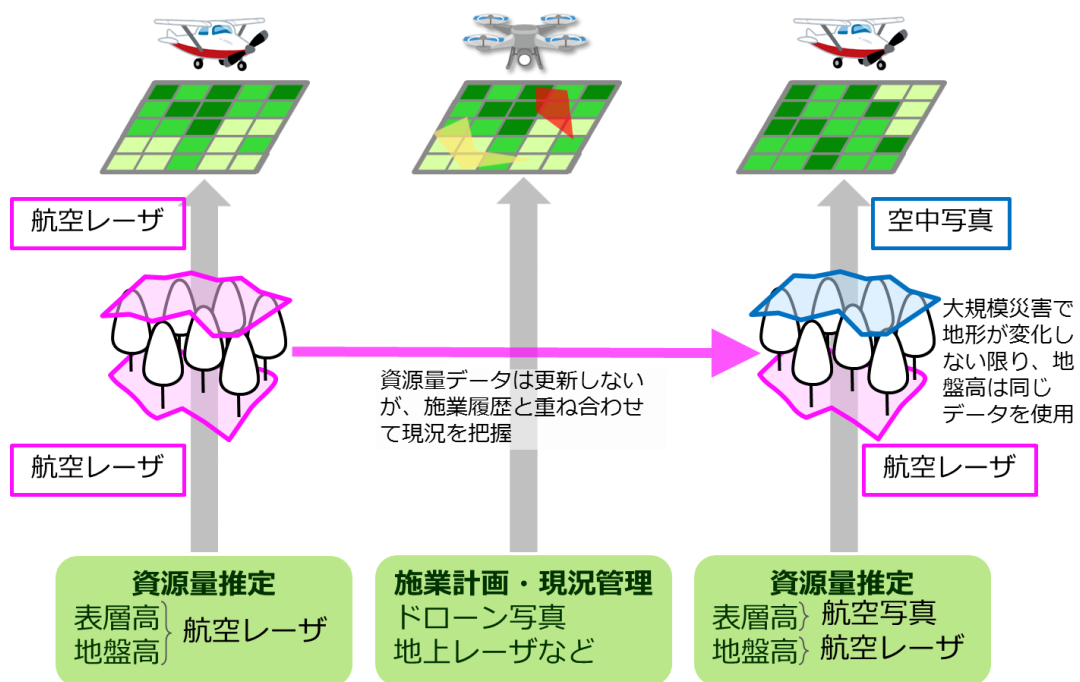


図 4 当協会が考える有効なドローン利用の例