

ドローンで森林の構造をはかる

松浦 俊也 (まつうら としや、森林総合研究所)

はじめに

森林調査での無人航空機（ドローン、UAV: Unmanned Aerial Vehicle）活用がこの数年で急速に進んだ背景には技術的な2つの要因があります。(1) GPSとジャイロ等の各種センサー搭載で比較的容易に安定飛行するマルチコプター（回転翼機）が普及し、カメラ付き機種も比較的 low コスト（数万～十数万円）で入手できるようになったこと、(2) 多数の撮影画像から三次元形状を復元するソフトウェアが普及し、従来よりも簡易かつ低コストに地表面の三次元計測やオルソ画像生成ができるようになったことです。加えて、近赤外バンドを含むマルチスペクトルカメラによる植物の活性度把握や、高額な小型レーザ測量機器を搭載した計測も進みます。

従来の有人航空機からの空中写真、航空レーザ測量や人工衛星画像が広域の森林を均質な精度で面的に把握できるのに比べて、ドローン空撮はバッテリーと飛行高度の制約から比較的狭域に限られます。しかし、低空から高解像度データを得られ、見たい季節や時期に撮影すれば、生物季節や森林施業・災害前後の変化把握など、目的や対象に応じて柔軟に活用できる利点があります。

本稿では、空中写真による三次元形状把握手法を概説した後に、近年関心が高まるドローンを用いた森林計測研究の流れや、都道府県や国有林の実務での活用状況を概観します。さいごに、ドローン活用上の留意点や、少し広く見た場合の憂慮点に触れます。

三次元形状復元による多画像ステレオ写真測量 (SfM-MVS)

SfM-MVS (Structure from Motion, Multiview Stereo Photogrammetry) とは、多方向からの撮影画像を用いて対象物の三次元形状とカメラ撮影位置を復元して写真測量を行うアルゴリズムです。これを組み込んだフリーや商用のソフトウェアが普及し（例えば商用では、Agisoft Metashape (旧 PhotoScan) や Pix4D-mapper)、撮影画像から三次元形状を計測し、ラスター形式の DSM (Digital Surface Model, 地表面高データ) やオルソ画像を自前で生成できるようになりました。Metashape における SfM-MVS の主な流れは次の通りです。(1) 写真群を読み込み、複数写真に共通で写る特徴点群とカメラの位置や姿勢を推定する。(2) 高密度点群を生成し、色情報を付与する。(3) 地表面をワ

イヤーフレーム表示する TIN (不規則三角形網) を生成し、DSM とオルソ画像を生成する。GNSS 測量で正確な地上基準点 (GCP, Ground Control Point) を対象地内に複数配置すれば、より正確に測量できます。ドローン森林計測では、この SfM-MVS によるものが主流です。なお、全国で定期的に撮影されてきた従来の空中写真は、SfM-MVS で推奨される隣接画像間のオーバーラップ率を満たさないものの、土地被覆変化の概観など目的や求める精度によっては活用でき、ドローン空撮と併せた森林履歴把握への活用が期待されます。

デジタルステレオ立体視

ステレオ実体鏡を用いた空中写真立体視の歴史は古く、戦後の空中写真測量による国土地理院の地形図等高線作成にも利用されてきました。しかし、立体視による判読には熟練が必要で、再現性にも難がありました。これに対し、2000 年代末頃から 3D モニタと電子立体視ソフトウェアが登場し、モニタ上で立体視・計測し、三次元地理座標をもつ点、線、多角形などの GIS データをより簡易に作成できるようになりました。商用ソフトウェアには、「もりったい」(日本森林技術協会) や「Stereo Viewer pro」((株)フォテック) があります。後者では、SfM ソフトウェアで推定したカメラの位置や姿勢などのテキスト情報 (csv ファイル) を用いることで、ドローン空撮画像のデジタルステレオ立体視・計測も可能です (中北 2018)。本手法は、認知度の低さや機材普及の遅れに加えて広域目視の難しさもあり、活用例はごく限られます。しかし、オルソ画像や DSM では捉えきれない詳細な森林構造 (例えば、樹頂点、倒木の長さ、林冠ギャップ内の中低木の位置や地盤高など) を判読・計測しやすく、今後の活用が期待されます。

ドローンを用いた森林計測研究

ドローン森林計測に関わる研究発表の動向を、日本森林学会大会から概観すると、関連発表件数は 2014 ~ 2019 年に 1、3、12、24、35、39 件となり、2016 年以降に急増しています (図-1、折れ線グラフ)。内容別では (図-1、棒グラフ)、最も多いのは林分構造の把握で、過半を占めます。例えば、SfM-MVS から 3 次元点群や DSM とオルソ画像を生成し、可能なら航空レーザ測量等で別途得られた地盤高との差から林冠高

データ (DCHM, Digital Canopy Height Model) を求め、林冠高やギャップが捉えられます。また、空中写真や航空レーザ測量データに適用されてきた画像処理手法によるスギ人工林の単木樹冠抽出や、樹高と陽樹冠直径の計測にもとづく胸高直径 (DBH) や材積の推定、皆伐・新植地の解析例も見られます。さらに、地上撮影画像の SfM や地上レーザ測量データの 3 次元点群を組み合わせ、上空から見えない林内の構造を把握する試みもあります。なお、応用先の一つである崩壊地の地形計測や変化解析は、主な発表先が地形学や砂防など他学会のため件数がわずかでした。一方、オルソ画像の色情報 (RGB: Red Blue Green) やマルチスペクトルカメラの近赤外や Red Edge バンドを用いた樹種・林相判別や、病虫害 (マツ枯れ、ナラ枯れ、カラマツ病虫害など) や災害における被害木把握も増加傾向です。作業道の測量を試みたものもあります。また、多時期の空撮写真を用いた樹木生理やフェノロジーの把握、撮影画像そのものを用いたスギ雄花の着花状況把握や獣害対策への活用など、研究対象は広がりつつあります。

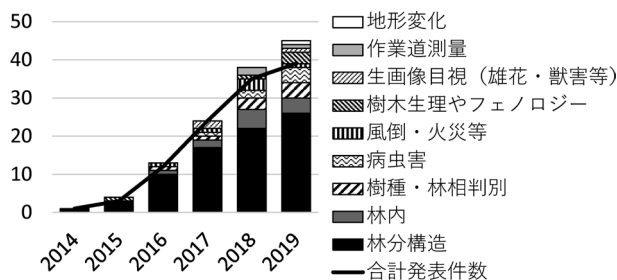


図-1 日本森林学会でのドローン森林計測の発表件数
注：日本森林学会大会発表の J-Stage データベースや学術講演集にて OR 検索語を「ドローン、drone、UAV、UAS、SfM、無人航空機、無人ヘリ」として全文検索し、関連発表を内容別に集計しました。なお、関連論文は主に他学会誌に投稿されることから日誌や JFR ではヒットしませんでした。

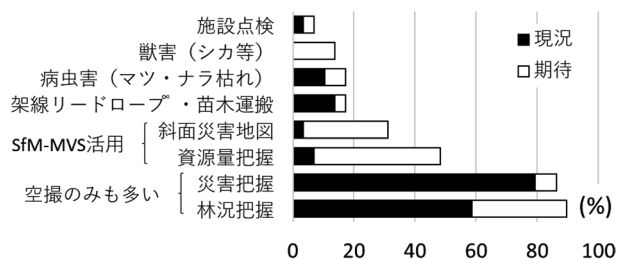


図-2 林業実務現場でのドローン利用
注：2018 年秋の無人航空機活用技術研修受講者 29 名 (北海道から沖縄にまたがる都道府県および国有林職員) 対象のアンケートより。普及指導・林地開発許可・治山・計画等を中心に、病虫害・鳥獣害・調査研究等の担当者も含まれる。

都道府県や国有林におけるドローン活用

林業実務でのドローンの活用状況や期待をみると (図-2)、林況把握や災害把握が最も多く、次いで森林資源や斜面災害の 3 次元計測・地図化、苗木や架線リードロープなどの軽量物の運搬による現場作業効率化、病虫害や獣害の把握など、現場ニーズが研究と対応して広がりつつある様子が捉えられました。

ドローンの適切かつ安全な利用にむけて

森林は構造が複雑で季節変化も大きく、天候や太陽高度をはじめ、撮影条件や処理手順によって計測結果が変動します。そのため、対象や目的に応じた望ましい空撮・処理・解析手法の知見蓄積が望まれます。さらに、空撮では各種法規制に従ったうえで、事故リスクに備える必要があります。関連法規には、航空法、小型無人航空機等飛行禁止法、電波法、道路交通法、民法、都道府県や市町村の条例などがあり、国有林入林などの各種許可も必要となります。規制内容は変化し、海外では国ごとにも異なり、最新情報の把握が求められます。さらに、有視界飛行、バッテリー特性、天候や微気象、通信可能域、周辺地形や電波障害など様々な配慮に加え、一つの操作ミス (例えば、ソフトやハードの設定や更新、飛行計画等) が事故に直結するなど多くのリスクがあります。利便性の背後にある様々なリスクとその対処法を知り、安全かつ効果的な活用 (内山 2018) が望まれます。

おわりに

さいごに、やや話題が逸れますが、新たな計測手法の研究発表件数増の陰で、森林の持続的な利活用・管理・計画に関わる研究発表が、とりわけ近年、森林の経理・経営・計画分野で低調気味なのは気になるところです。他分野で発展した計測技術 (ドローンや SfM) を複雑な構造をもつ森林でいかに活用できるかの手法開発は、森林計測の高精度化や林業の低コスト化に繋がらざるを得ない喫緊の課題です。しかし、計測技術の向上は、持続的森林管理に向けた取り組みのあくまで一側面にすぎず、流行テーマの陰に、重要なのに手薄となる広汎な課題群が放置されていることにも、改めて視野を広げる必要があるのではないのでしょうか。

引用文献

- 中北理 (2018) UAV 画像の立体視化—ドローン画像を最大限に活かす— (連載：次世代につながる空中写真 (第 4 回)). 森林技術 917: 24-25
内山庄一郎 (2018) 必携ドローン活用ガイド—安全かつ効率的な活用を目指して—. 東京法令出版