

無人航空機による空撮範囲の推定とその活用について

東北森林管理局 由利森林管理署

蓮尾 直志

(一財)日本森林林業振興会 秋田支部

後藤 良寛

1. はじめに

近年普及の進んでいる無人航空機（ドローン）を利用することで、森林を様々な視点から見る事が可能となりました。特に小規模の面積であれば、従来から使用されている人工衛星や航空機と比較して、低コストで高精細な画像をいつでも取得することが可能となり、国有林においても林況把握や災害時における情報収集の手段として活躍が期待されています。

2. 取組の内容

ドローンの利用形態は大きく「計測的活用」と「記録的活用」の2種類に分けられます（図1）。計測的活用では、自動航行によりオーバーラップ等を考慮して撮影した画像を、オルソフォトや三次元データとして加工することで蓄積の計算や地形測量など高度な利用を目的としています。

記録的活用では、オルソ化等の処理を行わずに、森林を斜めから撮影した画像や広報用の風景写真など、デジタルカメラの延長線上に位置する利用方法です。

近年の森林林業におけるドローンの活用事例の大半は、オルソ化を前提としており、そのためには専門のソフトウェアや設備が必要なため、誰でも手軽に利用することは現時点では難しい状況です。

しかし、森林を俯瞰する、斜めから撮影した画像は（写1）、広範囲の状況を一枚の画像に収めることができるため、人工林と周辺の道路などとの位置関係や地形の起伏など多くの情報を読み取ることが可能です。

手動操作により撮影した俯瞰画像は、地形や林相から判読することでしか撮影範囲を推定する方法がないため、林道などの目印になる地物や林相が一様な場合など、判読に必要な情報が無い場合（写2）、撮影範囲を特定することは困難です。

そのような現状から、画像を撮影した位置や範囲などをデータとして管理し、業務において「資料」として活用できるようなツールがあれば、よりドローンの活用の幅が広がると考え、本取組を行いました。

(1) ツールの概要

本取り組みでは画像に保存されている位置情報や撮影日時などの様々な情報を一覧として表示、管理できる状態にして、それらの情報から大まかな撮影範囲などを可視化できるツールを作成しました。

ツール本体はエクセルを使用しており、処理は全て作成したマクロによって行います。

ドローンは東北森林管理局に配備されている、DJI製のPhantom4Pro、Mavic2Proの2種に対応しています。

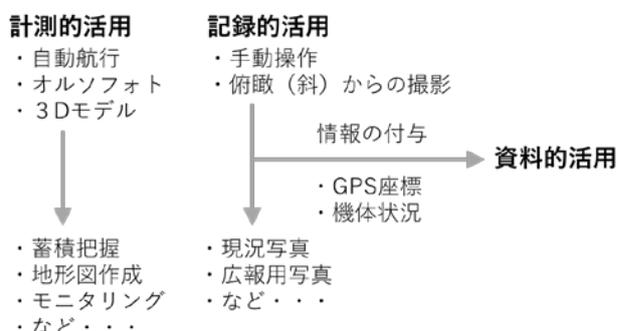
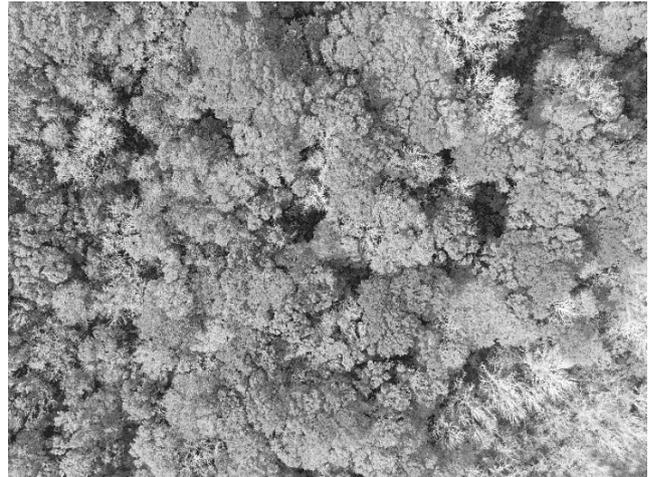


図1 ドローンの利用形態



写1 斜めからの撮影した画像の例



写2 撮影位置が判読困難な例

ツールによる処理の流れは図2のようになっています。ドローンによる撮影を行い、以降の処理をマクロによって自動的に行います。

処理過程において、特筆すべき点は以下のとおりです。

- ・ドローンの機種毎に搭載されているカメラ（レンズ）の焦点距離などの仕様が異なることを利用して、機種の判定及び撮影範囲の算出に必要な係数を選択します
- ・撮影地点の経緯度から、国土地理院が公開している「標高API」というウェブサービスを利用して標高を取得して、離陸位置と撮影位置の比高を補正しています
- ・撮影時のドローンの機体情報（ジンバルの角度など）は、画像データに保存さ

れている Exif データ（画像に撮影日時などの情報を記録する際の規格）内でもメーカーノートと呼ばれる独特な領域に格納されているため、「exiftool」というフリーソフトを用いてテキストデータとして出力したものを、ツールに取り込んでいます。なお「exiftool」はマクロからコマンドラインを経由して動作させているため、本ツールを使用する上での操作は発生しません

- ・撮影範囲の推定には、Exif データから取得した位置情報を平面直角座標に変換し、画角等を計算したのち経緯度に再変換しています、算出した撮影範囲はレンズの歪曲収差（画像周縁部の歪み）は考慮していないため、厳密な撮影範囲を推定しているわけではありません



図2 ツールによる処理の流れ

ツールの基本的な操作は、簡単に扱えるように、

「画像フォルダの選択→出力箇所の選択→出力の実行」

の3ステップで完了します。

ツール上で(図3)、画像毎の撮影日時や位置、高度などの情報を一覧で確認することができます。

出力形式	出力フォルダ	フォルダ名	撮影日時	撮影位置	高度	緯度	経度	傾斜角	方位角	傾斜角	方位角	傾斜角	方位角	傾斜角	方位角	傾斜角	方位角	傾斜角	方位角
CSV	D:\EML001	20181101_081030	A	N357	2755.500'	98.2829463	-16284810.2 E140°	1757.211'	148.8195899	-79424.940'	-48.81	10 S(北→南)	0	0	214	X	-214		
CSV	D:\EML002	20181101_081130	A	N357	2756.100'	98.2822760	-16283807.0 E140°	1757.212'	148.8195814	-79418.006	2.59	8.2 S(北→南)	83.1	84.9	1.8	X	-1.8		
CSV	D:\EML003	20181101_081230	A	N357	2755.500'	98.2821647	-16279261.5 E140°	1757.214'	148.8195837	-79416.836	2.39	8.5 S(北→南)	82.9	82.4	1.8	X	-1.8		
CSV	D:\EML004	20181101_081330	A	N357	2755.500'	98.2819938	-16278261.1 E140°	1757.216'	148.8195820	-79416.971	4.79	8.5 S(北→南)	108.2	108.0	1.7	X	-1.7		
CSV	D:\EML005	20181101_081530	A	N357	2752.200'	98.2819811	-16279264.5 E140°	1757.217'	148.8195816	-79420.262	44.89	8.5 S(北→南)	108.2	108.7	1.8	X	-1.8		
CSV	D:\EML006	20181101_082030	O	N367	2767'	0	-162780437.7 E140°	1757.217'	0	4746480.286	-32.9	---	0	0	18	X	-18		
CSV	D:\EML007	20181101_081430	N	N357	2755.544'	98.2820976	-162794814.4 E140°	1757.244'	148.8195809	-79421.716	-53.77	8.9 S(北→南)	0	0	-14	X	-14		
CSV	D:\EML008	20181101_081310	O	N357	2779.377'	98.2820980	-162832710.4 E140°	1712.74'	148.8195805	-79226.570	52.47	5.3 S(北→南)	118.4	118.4	-16.8	X	-16.8		
CSV	D:\EML009	20181101_081310	O	N357	2758.700'	98.2827881	-162794815.4 E140°	1760.72'	148.8195809	-79382.235	52.37	8.6 S(北→南)	118.3	118	-16.8	X	-16.8		
CSV	D:\EML010	20181101_081320	O	N357	2777.001'	98.2825725	-162802417.4 E140°	1745.52'	148.8195737	-79381.853	52.27	6 S(北→南)	118.2	118.6	-16.8	X	-16.8		
CSV	D:\EML011	20181101_081320	O	N357	2761.810'	98.282226	-162822419.4 E140°	1762.22'	148.8195723	-79382.231	52.37	6.4 S(北→南)	118.3	118.2	-16.7	X	-16.7		
CSV	D:\EML012	20181101_081320	O	N357	2758.500'	98.2820881	-162792615.4 E140°	1759.80'	148.8195809	-79380.853	52.47	8.4 S(北→南)	118.4	108	-16.8	X	-16.8		
CSV	D:\EML013	20181101_081320	O	N357	2742.250'	98.2840864	-162821215.4 E140°	1759.222'	148.8194815	-79386.916	52.47	7.1 S(北→南)	118.4	118.6	-16.8	X	-16.8		
CSV	D:\EML014	20181101_081340	O	N357	2727.001'	98.2848725	-162858740.4 E140°	1759.222'	148.8193805	-79378.116	52.47	7.6 S(北→南)	118.4	118.1	-16.8	X	-16.8		
CSV	D:\EML015	20181101_081340	O	N357	2772.277'	98.2820875	-162802411.4 E140°	1760.222'	148.8192211	-79387.202	52.37	8 S(北→南)	118.3	117.9	-16.8	X	-16.8		
CSV	D:\EML016	20181101_081340	O	N357	2758.644'	98.2822975	-162821215.4 E140°	1759.214'	148.8191732	-79387.926	62.82	8.7 S(北→南)	118.3	117.1	-16.8	X	-16.8		
CSV	D:\EML017	20181101_081350	O	N357	2758.681'	98.2822446	-162832411.4 E140°	1757.513'	148.8190870	-79484.478	52.17	9.2 S(北→南)	118.1	118.2	-16.5	X	-16.5		
CSV	D:\EML018	20181101_081350	O	N357	2758.681'	98.2822446	-162832411.4 E140°	1757.513'	148.8190870	-79484.478	52.17	9.2 S(北→南)	118.1	118.2	-16.5	X	-16.5		
CSV	D:\EML019	20181101_081350	O	N357	2754.287'	98.2819883	-162824815.4 E140°	1756.222'	148.8191654	-79482.265	96.27	10 S(北→南)	148.2	143.5	17.4	X	-17.4		
CSV	D:\EML020	20181101_081700	O	N357	2754.408'	98.2819883	-162824815.4 E140°	1756.214'	148.8191650	-79482.242	96.27	10.1 S(北→南)	148.2	143.4	17.7	X	-17.7		
CSV	D:\EML021	20181101_081710	O	N357	2755.500'	98.2822920	-162792110.4 E140°	1757.217'	148.8191620	-79482.220	96.27	10 S(北→南)	148.2	143.5	17.8	X	-17.8		
CSV	D:\EML022	20181101_081720	O	N357	2755.500'	98.2822920	-162792110.4 E140°	1757.217'	148.8191620	-79482.220	96.27	10 S(北→南)	148.2	143.5	17.8	X	-17.8		
CSV	D:\EML023	20181101_081720	O	N357	2757.212'	98.2825825	-162782415.4 E140°	1757.217'	148.8192779	-79484.438	96.27	9.7 S(北→南)	148.2	144.0	17.7	X	-17.7		
CSV	D:\EML024	20181101_081720	O	N357	2757.212'	98.2825825	-162782415.4 E140°	1757.217'	148.8192779	-79484.438	96.27	9.7 S(北→南)	148.2	144.0	17.7	X	-17.7		
CSV	D:\EML025	20181101_081720	O	N357	2758.444'	98.2822975	-162792110.4 E140°	1756.222'	148.8191650	-79380.430	96.17	9.2 S(北→南)	148.1	143.2	17.7	X	-17.7		
CSV	DSC\11031.jpg	20181112_141549	No Data	No Data	No Data	98.2817794	-162780225.4 E140°	1758.222'	148.8191627	-79386.926	66.12	7.4 S(北→南)	148.1	146	17.7	X	-17.7		
CSV	DSC\11071.jpg	20181112_143148	No Data	No Data	No Data	98.281228	-162804852.4 E140°	1828.94'	148.8042103	9342.1177	0	S11 11m							

図3 ツールの画面(データ抽出後の状態)

(2) 出力データの概要

ツールでは、国有林 GIS 用の CSV ファイルとグーグルアース用の KML ファイルを選択して出力できます。

国有林 GIS の場合、撮影位置又は画像の中心位置を表示します(図4)。取り込みには、「測量データ取込」の機能を利用していることから、ファイル名など任意のラベルの設定や、撮影位置を直線で結び飛行経路として表示切り替えることが可能です(図5)。

グーグルアース(GE)の場合、撮影位置に高度を反映して立体的に表示することが可能です。グーグルアースの画面上にて撮影した画像や詳細情報の確認が行えます。

撮影範囲の表示(図6)や撮影方向を表示(図7)することも可能で、その他にもグーグルアースの機能を用いて様々な図面を重ね合わせるなど、立体的に利用することができます。

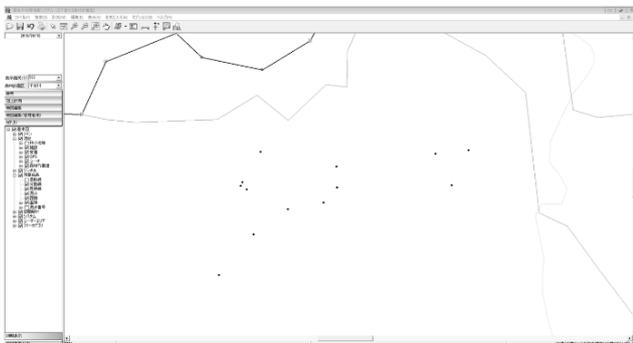


図4 出力データを国有林 GISへ取込んだ状態

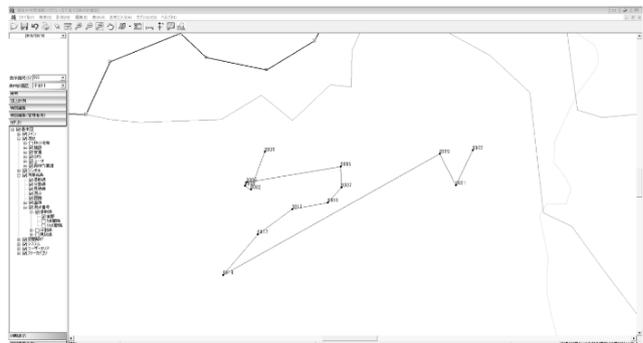


図5 出力データを国有林 GISへ取込んだ状態

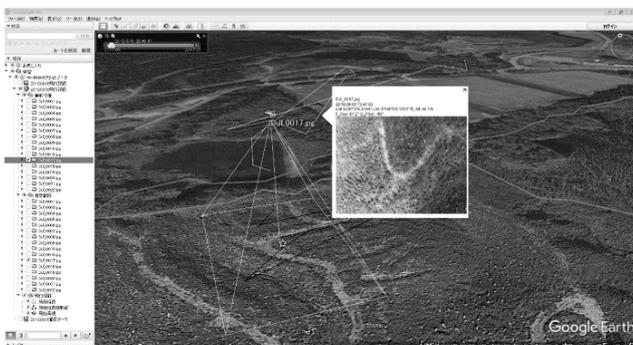


図6 出力データを GE で表示した状態

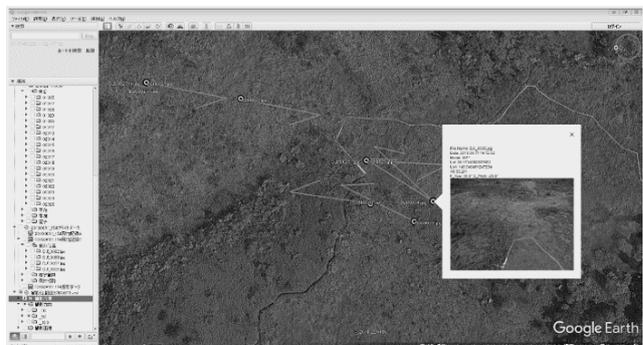


図7 出力データを GE で表示した状態

(3) データの活用

ツールにより作成したデータを用いた具体的な活用例を紹介します。

ア 虫害木の位置特定

撮影した画像の中心位置を表示する機能を利用して、被害木を画面の中心に収まるように撮影することで、GIS上に位置を表示し、位置図の作成を容易に行えます。また、ハンディGPSへ経緯度を取り込むことで現地へのナビゲーションにも用いることができます。

図8は実際に由利森林管理署管内で確認された松枯れ被害木の撮影を行い、オルソフォトで確認した位置と比較を行った結果をグーグルアース上に表示しています。

図内(No1～No6)の写真から位置

を特定しており、円で囲んだ部分に被害木が写っています。図上の木のアイコンが被害木の位置、星印が画像データから算出した中心(被害木)位置を示しています。

位置の特定には、真上からだけでなく、斜めからの撮影にも対応しているため、目視外になるため、など、ドローンでも接近や飛行が困難な箇所でも対応できます。

精度の面では、ドローン自体のGPS測位誤差や、撮影を行う操縦者の技量に大きく影響されることから、最小でも3m程度のズレが生じるため、現地へのナビゲーションとして用いる際は目安程度として運用する必要があります。

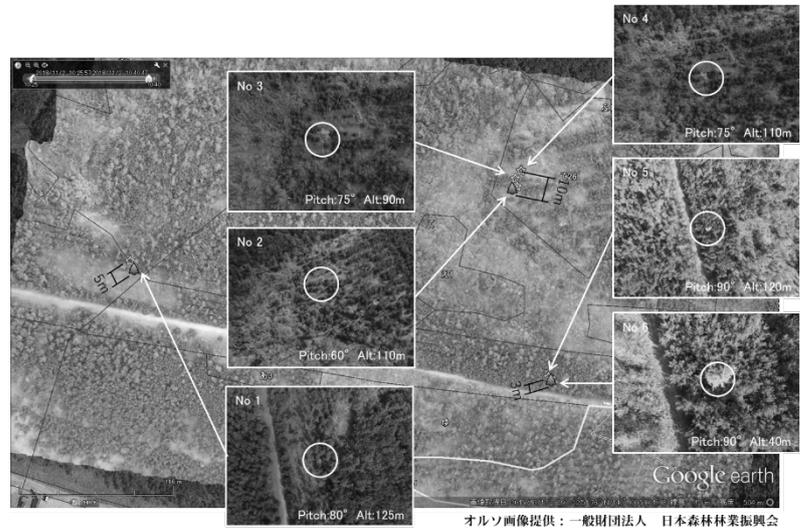


図8 画像による被害木の位置特定

イ 画像データの管理

撮影範囲をグーグルアース上に可視化することで、大量の撮影を行った場合や(図9)、様々な地点で撮影を行った際に、任意の地物や箇所を含む画像データを容易に探すことができます。

また、各撮影範囲のデータには撮影日時の情報を付与しているため、同一箇所において複数の画像が存在する場合は、撮影した時間帯で絞り込んで表示が可能です(図10)。

また、内業により撮影箇所を確認することができることから、現地での撮影に際してはドローンの位置等の記録が必要なくなるため、ドローンの操縦及び撮影に専念できます。



図9 全ての撮影範囲を表示した状態



図10 図9から特定の撮影時間帯のみ表示した状態

ウ 飛行（撮影）計画の作成

林内や林道上からドローンを飛行させる際には、平坦な地面で周囲の見通しの良さや、沢などの地形の高低差に応じた飛行高度の設定など様々な制約があります。

ツールには、ドローンの位置や高度、カメラを向ける方向などを指定すると、撮影範囲がどの程度になるかシミュレーションする機能を備えています。

現地での空撮に先駆け、小班などの被写体を収めるために必要な高度などの位置取り（図 11）を事前に把握することで、効率的で安全な撮影が可能となります。



図 11 シミュレーションによるデータに基づいた撮影計画

3. まとめ

オルソフォトや三次元データの解析は、森林の状態を知る新たな技術として非常に有用です。

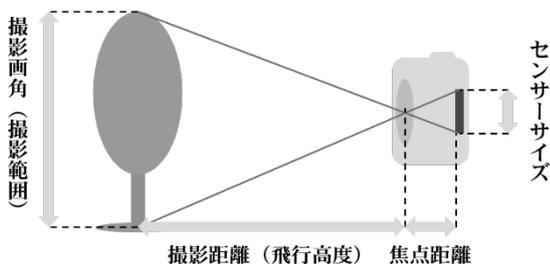
しかし、専門のソフトウェア等の設備を導入するためのコスト、また、処理に要する時間や精度を確保するための扱う技術など運用には多くの課題が存在します。

一方、本取り組みで作成したツールは、撮影位置や範囲といった情報の管理・活用や厳密な精度を必要としない利用方法に特化することで、操作や処理に関する時間的な面や、エクセルが動作する環境であれば利用可能という点で、比較的手軽に扱うことができます。

広範囲にわたるものや一定の精度を有するものが必要か、1枚の写真で済むものか、ということや単純にドローンがどこからどこを撮影したものか、など、必要とする情報に合わせてオルソフォトや本ツールなどを使い分けることで、効率的な業務を行えるのではないかと考えます。

4. 参考資料

撮影範囲推定の考え方



$$\text{撮影画角} : \text{撮影距離} = \text{センサーサイズ} : \text{焦点距離}$$

$$\text{撮影画角} = \text{センサーサイズ} \times \text{撮影距離} / \text{焦点距離}$$

図 12 画角の算出方法

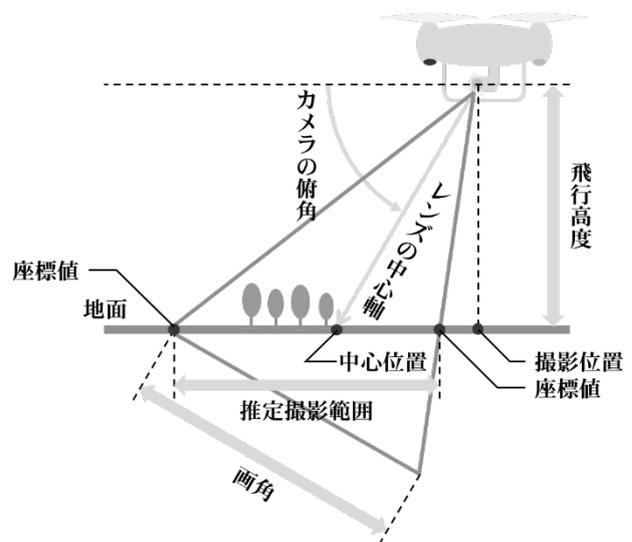


図 13 撮影範囲の模式図