

# ドローン空撮による オルソ画像等 作成ガイド

森林調査 AI アプリ WoodRepo® 等への活用のために



「知」の集積と活用の場® スマート林業研究開発プラットフォーム  
石川県森林・林業画像認識AI研究開発コンソーシアム  
石川県農林総合研究センター 林業試験場

## はじめに

ドローン空撮技術と処理ソフトの普及により、高精細なオルソ画像や点群データが手に入るようになりました。しかし、森林におけるドローンの運用においては、起伏や高度差、樹木による視界の遮断等への配慮が必要となり、注意が必要です。

本ガイドでは、オルソ画像や点群データを作成するための安全・効果的なドローン運用のノウハウと、新たに開発した AI 分析による森林境界明確化・資源量調査支援 Web アプリ：WoodRepo® をご紹介します。森林調査の DX 推進のお役に立てば幸いです。

本ガイドにて紹介した外部ソフト等の基本的な使用方法については、Web 上に解説サイトが多数あるので、それらを参考にしてください。本ガイドでは、起伏・高度差がある山地・森林ならではの留意点や作業全体の流れについて、解説します。

## 目次

|                    |   |
|--------------------|---|
| 1. 作業の流れ           | 3 |
| 2. 事前調査            | 3 |
| 3. 飛行計画の作成         | 4 |
| 4. テスト飛行           | 5 |
| 5. 本飛行             | 5 |
| 6. 手動飛行            | 6 |
| 7. フォトグラメトリ作業      | 6 |
| 8. AI アプリ等による成果の活用 | 7 |

### TIPS:

|             |   |
|-------------|---|
| 用語解説        | 2 |
| 空撮事前作業計算シート | 3 |
| SfM 空撮設定シート | 6 |
| AI とは?      | 8 |

### TIPS: 用語解説

**ドローン (Drone、無人航空機、略称: UAV または UAS)** : 本ガイドでは、広く一般にイメージされている、プロペラが4枚程度の空撮用機種を想定しています。オルソ画像等の作成を行いたい場合には、自動航行アプリ (P5) に対応している機能を選定します。

**オルソ画像 (Orthophoto)** : 空中写真から作成され、GIS などで使用できる、ゆがみを補正した「写真地図画像」。

**点群データ (Point Cloud Data)** : 3次元空間上の点の集まりのデータ形式。「3D 点群データ」と表記する場合もあります。

**フォトグラメトリ (Photogrammetry)** : 対象物をいくつかの方向から撮影し、その写真を解析してオルソ画像や点群データを生成する手法。SfM (Structure from Motion) と呼ばれる技術を応用しています。

**DIPS (ドローン情報基盤システム)** : 国交省が運営する、ドローンの飛行許可・承認申請を行うためのオンラインシステム。現在は第2世代の DIPS2.0 が運用されています。

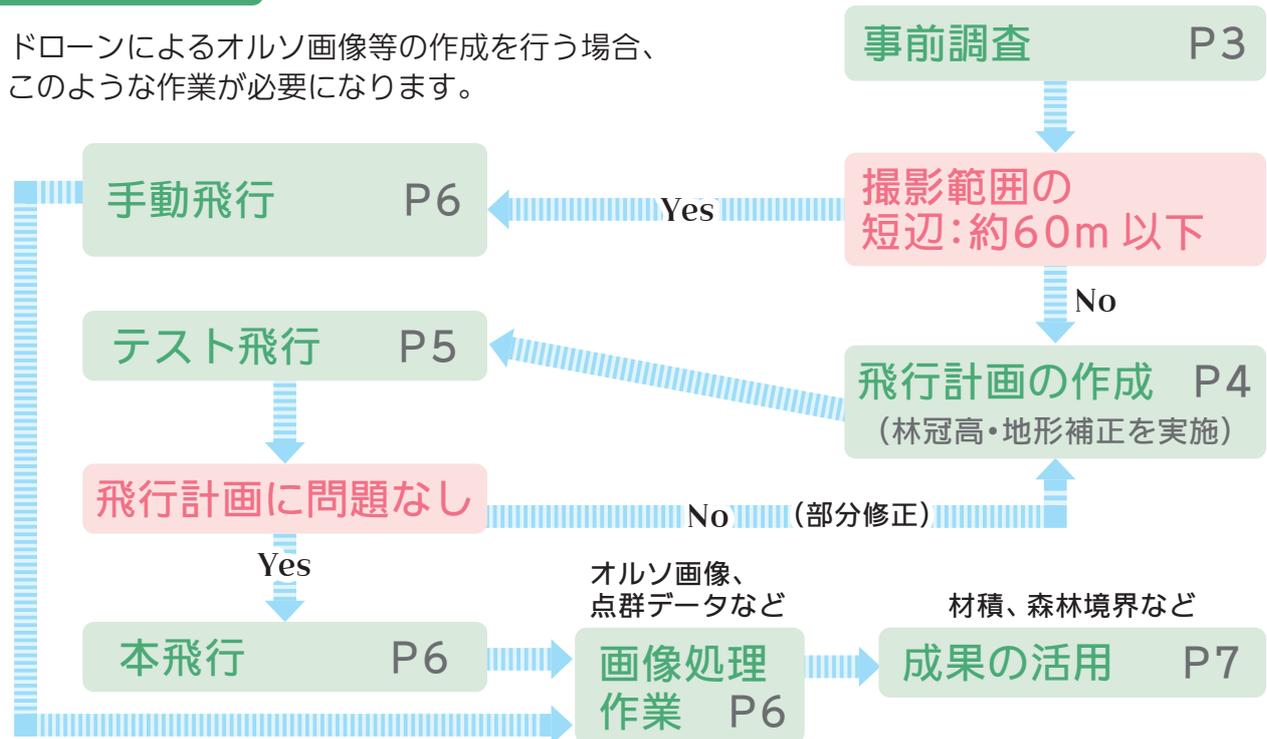
**目視飛行 (目視内飛行、略称: VLOS)** : 操縦者が常に機体を目視しながら操縦する飛行方法。ドローンを安全に飛行させるため、ドローンの操縦者は原則として目視飛行を行うよう定められています。また、一定の条件を満たして DIPS にて申請・承認を得ることで、一定の条件下で目視外飛行を行うことができます (P5 参照)。

**ラップ率 (重複率、Overlap rate)** : フォトグラメトリのための空撮では、一定の重なりを保って撮影する必要があります。この撮影範囲の重なりの割合をラップ率と呼び、ドローンの進行方向の重なりをオーバーラップ率、平行して隣接する飛行経路との重なりのことをサイドラップ率と呼びます。

**ウェイポイント (WayPoint)** : ドローンの飛行計画を立てる際に指定する、飛行経路上の特定の位置。ウェイポイントは3次元座標で表され、ドローンは設定されたウェイポイントを順番に通過しながら飛行します。

## 1. 作業の流れ

ドローンによるオルソ画像等の作成を行う場合、このような作業が必要になります。



## 2. 事前調査

使用するもの: 地理院地図などの地図サイト、ドローン空撮事前作業計算シート(下記) など

**【机上調査】** Web 上で使える地理院地図 (<https://maps.gsi.go.jp/>) などを活用し、以下の項目について確認・設定します。また、土地の所有者等に空撮等の了解を得ることも必要です。

調査範囲: なるべく、kml ファイルなどのデジタルデータを入手して正確に把握します。

※調査範囲に希少猛禽類の営巣がないか、確認します。

離着陸地点: 調査範囲の方向が開けている(目視飛行が可能)か、ドローンの離着陸が可能か確認します(Google マップのストリートビュー等も活用)。

※離着陸地点の候補地は、極力複数用意します。

**【現地調査】** 多くの場合、机上調査だけでは詳細はわからないので、特に離着陸地点について、調査範囲の方向が開けているか等について現地で確認します。調査範囲の方向に樹木や稜線等がありドローン飛行時に目視状態が確保できるか不安な場合には、右記 UAV 空撮事前作業計算シート等を使用して、なるべく事前に状況を把握しておきます。

### 【DIPS による飛行計画の通報】

ドローンの飛行を行う場合には、DIPS (P2用語解説参照) による飛行計画の通報が推奨されています。

※目視外飛行等の特定飛行を行う場合は、飛行計画の通報は、義務となります。

### TIPS: ドローン空撮事前作業計算シート (Excel ファイル)

この計算シートは、スマホアプリの GNSSView や地理院地図を活用して、離着陸地点から飛行するドローンが目視できるかどうか確認するためのツールです(ダウンロード URL: 最終ページに記載)。

JAXA が開発した GNSSView は、GPS などの GNSS (測位衛星) の天空上の配置を AR 表示する無償アプリですが、撮影画像に方位線や上下角線が写し込まれるため、離着陸地点からドローンの飛行方向の障害物の上下角を知るために使えます。

また、地理院地図には地形の断面図を表示(およびその数値データを出力)する機能があり、離着陸地点から見たドローンの飛行経路の上下角の計算等に使用できます。

このドローン空撮事前作業計算シートには、ドローン空撮作業の事前準備作業についての手順等についても記載しています。

### 3. 飛行計画の作成

使用するもの:飛行計画作成アプリ(PC)など

オルソ画像や点群データを作成する場合、一定の重なり(ラップ率)を保った撮影をムラなく行うことが必要になるため、通常は飛行計画作成アプリを用いて飛行計画を作成します。

#### 【飛行計画作成アプリ】

使用するドローン(搭載カメラ)の諸元を基に、調査範囲を指定のラップ率で空撮するための飛行計画(図1)を、専用アプリを用いて作成します。Mission Planner(開発:Michael Osborne、フリーソフト)が、よく使われています。

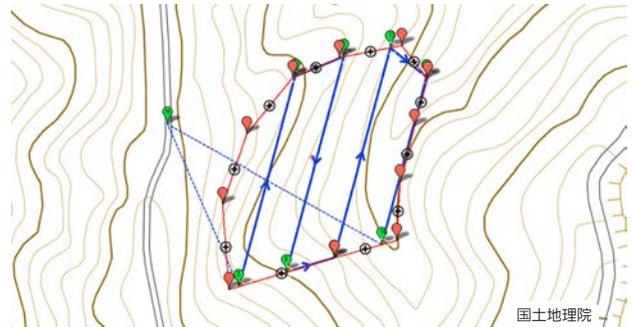


図1 飛行計画の例

#### 【樹高が概ね15m以上の林分の場合】

オルソ画像作成や森林資源調査用の点群データ取得のために林冠を撮影する場合は、樹高を加味して飛行高度を補正する必要があります(図2、図3)。

また、一般的なフォトグラメトリのための空撮では、オーバーラップ:80%、サイドラップ:60%程度に設定しますが、山地の森林を対象とした空撮では、凹凸のある林冠の形状や複雑な地形に対応するために、オーバーラップ:90%、サイドラップ:70%程度に設定します。

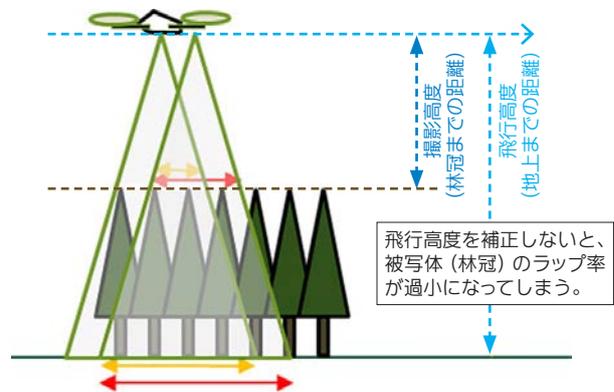


図2 計測対象までの距離によるラップ率の変化

#### 【高低差が概ね15m以上ある林分を空撮する場合】

図3に示したように、離着陸地点とドローンの飛行地点に高低差がある場合、飛行高度を補正する必要があります。大まかな標高モデルを用いて高度を補正できるアプリもありますが、30m程度の誤差が生じる場合もあるため、出力したcsvファイルを国土地理院の地理院マップシート(Excelファイル)に読み込み、標高データを参照→計算→保存→自動航行アプリに読み込む等の方法をお勧めします。

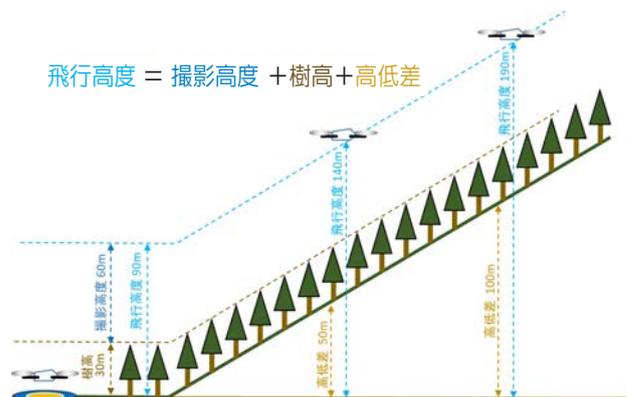


図3 高低差が概ね15m以上ある林分を空撮する場合

#### 【調査範囲の短辺が概ね60m以下の場合】

上記のような飛行計画を立てなくても、手動飛行(P6)で必要な撮影を行うことができます。

#### 【使用機体が自動航行アプリに対応していないが「ウェイポイント飛行」に対応している場合】

「ウェイポイント飛行(P6)」を行うことで、自動航行アプリの役割を代替することができます。

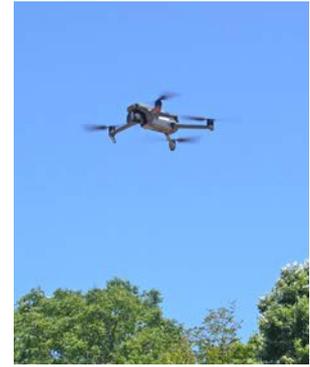
#### 【使用機体が「飛行高度一定」の飛行に対応している場合】

Mavic 3 Enterprise(DJI社)は、自動航行アプリによる高度設定を行わなくても、本体のセンサーによる取得値を活用することで、対地高度一定の飛行(リアルタイム地形フォロー)ができます。

## 4. テスト飛行

使用するもの:自動航行アプリ(携帯端末)、飛行計画作成アプリ(ノートPC)、ドローン機材一式など

空撮作業(本飛行)中に、確実に機体の目視状態が確保できるか、また高圧線等の「第三者物件」の30m以内を飛行することがないか等について、テスト飛行を行って確認します。その結果を踏まえ、必要であれば飛行計画を修正し、安全な飛行ができるよう準備を整えます。



**【自動航行アプリ】** 飛行計画作成アプリで自動航行ができる場合もありますが、一般に、携帯端末で使える自動航行アプリを別途用意します。Litchi (VC Technology、約4千円) などがよく使われています(対応機種に要注意)。

**【飛行計画の修正】** 飛行経路を画面に表示した状態で手動飛行を行い、目視状態や障害物の有無等について確認します。飛行計画に問題があった場合、飛行高度や調査範囲の変更、もしくは目視外飛行の実施等を検討します。

飛行計画作成アプリはPC上で稼働するものが多く、またネットワーク接続を必要とする場合もあるので、必要な場合には、飛行計画作成アプリをインストールしたノートPCの携行や、現地のネットワーク接続状況(携帯電話の通信圏内かどうか)を確認しておく必要があります。

**【目視外飛行等の実施】** 現地の状況から目視飛行が行えない場合や第三者物件との間に30m以上の距離を開けることができない場合、次の条件を満たしたうえで、空撮を実施します。

- ・目視外飛行等の包括申請を行い、承認を取得(目視外飛行の訓練や10時間以上の飛行経験等が必要)
- ・調査範囲を立入禁止区域として設定(山や森林のみの場合は不要)
- ・第三者物件との間に30m以上の距離を開けることができない場合、プロペラガードを装着する。

## 5. 本飛行

使用するもの:自動航行アプリ(携帯端末)、ドローン機材一式など

本飛行は、以下のことに注意しながら自動航行アプリを使用して実施します。問題が生じた場合、速やかに自動航行を中断し、手動や自動帰還(RTH)機能を用いて機体を待避させます。

**【バッテリーの消耗】** 調査面積が広い場合、本飛行の途中でバッテリーを交換する必要があります。飛行中はバッテリー残量に注意し、バッテリー消耗に対応した自動帰還機能や手動により、機体を戻します。自動航行を中断した位置を記録し、バッテリー交換後、その位置から空撮を再開します。

**【天候の急変】** 飛行中に雨や雪が降ってきた場合、飛行機能や撮影画像への影響があるため、撮影を中断して機体を戻します。また梢端が揺れるような風が吹いている場合にも、画像合成に影響するため、風が治まってから飛行を再開します。

**【猛禽類等による攻撃】** 特に小型のドローンを使用している場合、飛行中に猛禽類やカラスが接近してきて攻撃を受ける場合があります。飛行中は、(目視飛行を行っている場合でも)できるだけ監視者を配置して、上空の広い範囲を監視し、猛禽類等が接近してきた場合には自動航行を中断して回避行動をとります。





## 8. AI アプリ等による活用

使用するもの: GIS、点群データ処理ソフト、AI アプリなど

前ページのフォトグラメトリ作業にて生成したオルソ画像や点群データは、以下のようなソフト等にて活用することができます。

**[GIS]** オルソ画像を GIS に読み込むことで、既存の地図情報との重ね合わせや距離・面積等の計測が行えるので、便利です。QGIS (OSGeo、フリーソフト) などがあります。また、オルソ画像をスマホなどの携帯端末にて使える GIS アプリ (例えば「野外調査地図」など) に転送することで、現場で活用することもできます。

**[点群データ処理ソフト]** 断面図の作成など、点群データの基本的な処理が行えるものとしては CloudCompare (Daniel Girardeau-Montaut、フリーソフト) などが、また資源量調査など、林業用途の点群データ処理ソフトとしては、ForestScope (株)EarthBrain)、AssistZ (株)ジツタ) などがあります。

**[AI アプリ]** AI (人工知能) を活用して森林境界明確支援作業等を行えるしくみとして、石川県森林・林業画像認識 AI 研究開発コンソーシアムが開発した WoodRepo® (株)エイブルコンピュータ) をご紹介します。

この Web アプリでは、ドローンオルソ画像を読み込んで AI により樹種区分を行い、地形情報や公図情報なども併用し、森林境界明確化の作業を支援するための Web アプリです (図5)。

また、このアプリでは、林内で撮影した全天球画像から材積や A 材 / B 材 / C 材比などを AI により推定することもできます (図6)。

実際の石川県金沢市内のスギ人工林で検証した結果、約30m 間隔で全天球画像を撮影し、材積推定値の平均値を得ることで、±1.3% (危険率5%) の誤差で、林分材積を推定することができました。

この林内全天球画像を、ドローンを用いて取得することで、更なる効率化を目指す試験も行いました。ドローンに全天球カメラを取り付けて、図7のように、いくつかの離着陸地点からいくつかの方向に往復飛行しながらインターバル撮影を行うことで、林内をくまなく歩きまわることなく全天球画像を取得することができました。

※全天球カメラの取り付けは、ドローンの最大飛行重量の範囲内に収め、DIPS にて「改造申請」を行う必要があります。

※傾斜のある林内では飛行高度が高くなってしまふ場合があり、補正が必要になる場合があります。

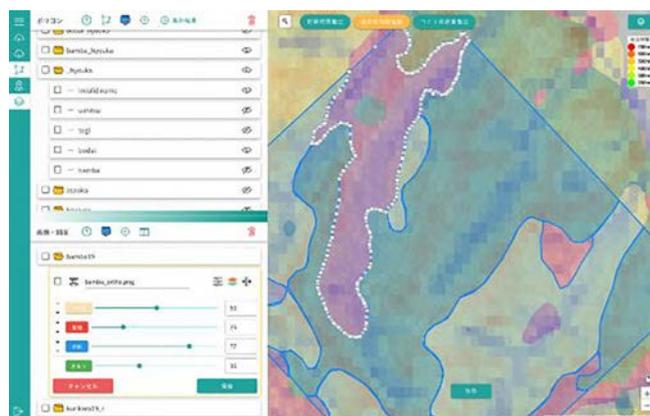


図5 WoodRepo® オルソ画像処理画面

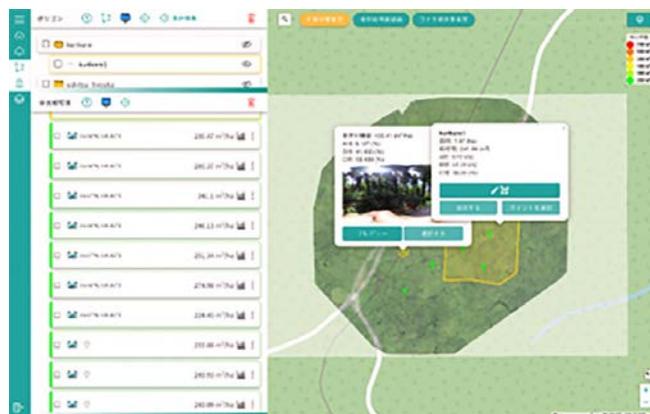


図6 WoodRepo® 全天球画像処理画面

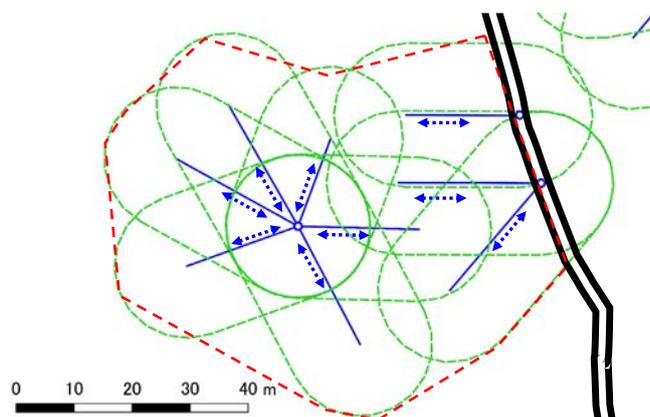


図7 林内飛行のイメージ

## TIPS: AIとは？

前ページにて紹介した WoodRepo® では、深層学習と呼ばれる AI (人工知能) 技術を用いています。生成 AI と汎用 AI を含め、各 AI の関係と特徴を表にまとめてみました。

|    | 特定用途向けの AI                     |                    | 汎用 AI (AGI)<br>(AGI:Artificial General Intelligence) |
|----|--------------------------------|--------------------|--|
|    | 識別・認識用 AI<br>(含、WoodRepo®)     | 生成 AI              |  |
| 特徴 | 特定の課題に特化して適切な分析・判断を行うことができる AI |                    | 人間のよう、多種多様な課題を解決することができる AI                          |
| 用途 | 画像認識、音声認識、自然言語処理など             | 画像生成、テキスト生成、音楽生成など | 問題解決、学習、判断、アイデアの創出など、人間が行う知的活動全般                     |
| 課題 | 識別・認識・生成の能力は、学習データの量と質に強く依存する  |                    | 少数のデータに基づく推論や常識の理解、自己学習能力などの基盤技術が未開発                 |

## おわりに

ドローンに関する法令・技術情報等は日々更新されています。本ガイドに掲載した情報は、令和6年3月時点の情報です。最新情報の確認を、お願いします。

本ガイドは、最新情報に基づき正確を期して制作しましたが、記載内容に基づいて行われた結果についての責任は負いかねます。実際の空撮作業においては、法令遵守、安全確認、操縦技術の習得など、十分な準備をお願いします。

本ガイドは下記のコンソーシアム・事業により制作されたものです。

同事業にて検討した、ドローンオルソ画像を対象とした画像認識 AI エンジン作成のための学習データセットの効率的作成法については、下記 URL に掲載されているパンフレット「UAV オルソ画像認識 AI の学習に用いる樹種判別カラーマップの効率的作成マニュアル」を参照してください。

[石川県森林組合連合会] <https://ishikawa-moriren.jp/pages/66/>

また、WoodRepo® の詳細については、右記の URL を参照してください。 <https://woodrepo.jp/>

WoodRepo® をはじめとする会社名および製品名は、各社の登録商標または商標です。



石川県森林組合連合会



WoodRepo®

## 実施事業

(国研) 農業・食品産業技術総合研究機構 生物系特定産業技術研究支援センター  
イノベーション創出強化研究推進事業



## 実施組織

[知] の集積と活用場® スマート林業研究開発プラットフォーム  
プロデューサー: 石川県農林総合研究センター 林業試験場 矢田 豊  
森林画像情報にAIを活用し林業DXを現場実装するためのWebアプリの実用化  
石川県森林・林業画像認識AI研究開発コンソーシアム  
研究統括: 金沢工業大学 産学連携局 松井康浩  
AI エンジン開発等: 金沢工業大学 情報技術AI研究所  
学習データセット整備とその効率化等: 石川県森林組合連合会  
現場実装のための技術開発等: 石川県農林総合研究センター 林業試験場  
Web アプリ WoodRepo 開発・販売等: (株)エイブルコンピュータ  
協力機関: (一社)日本森林技術協会、(株)小松製作所、(株)ジツタ、(株)EATHBRAIN、金沢市



ドローン空撮によるオルソ画像作成ガイド

製作担当: 石川県農林総合研究センター 林業試験場 矢田 豊

本プロジェクトの実施にあたり、データ取得作業等にご理解・ご協力いただいた森林所有者・管理者各位、県・市町ご担当各位に、厚く御礼申し上げます。



本ガイド PDF、ドローン空撮事前作業計算シート、  
SfM 空撮設定シートの掲載等:  
<https://www.pref.ishikawa.lg.jp/ringyo/publish/publish.html#hukuyuu>



がんばろう! 能登・石川  
<https://www.pref.ishikawa.lg.jp/saigai/202401jshin-mokutekibetsu.html#shien>