

## 5. 林業現場向けドローン研修の暫定カリキュラム作成

### 5.1 カリキュラム構成の考え方

各都道府県の森林整備事業の申請・検査で必要とされているデータ項目、全国の林業従事者向けアンケートの実施結果、現場での検証を踏まえ、林業現場向けドローン研修の暫定カリキュラムを作成した。

### 5.2 林業現場においてドローンを飛行させる際の注意要素の抽出

カリキュラムを作成するにあたり、4章の林業現場でのリモートセンシング技術の検証結果等から、開けた場所（平らな場所、広大な敷地、海、川）とは異なる山間部（足場が悪い、木々等の障害物が多い等）でのドローン飛行における注意要素を抽出した。

#### 5.2.1 飛行環境

##### (1) 境界の確認

###### ① 注意点

第三者の所有する土地の上空を飛行させる場合には、土地の上空も民法で土地所有権の及ぶ範囲であることから、一般的なドローンの運用時でも他人の敷地に入ることになるため、すべての土地所有者から許可を得ることが必要となる。山間部での運用の場合は、境界が不明瞭である場合が多く、知らぬ間に第三者の所有する土地に入り込んでいる可能性もある。

###### ② 対応策

第三者の所有する土地にドローンが侵入することを防止するため、事前に土地所有者にドローンを飛行させる旨を伝え、口頭または書面により許可を得る必要がある。

###### ③ 研修への適用状況

飛行予定範囲等の事前調査を実施し、第三者の所有する土地にドローンが侵入するおそれがある場合には、事前に当該所有者から飛行の許可を得る必要があることを説明する。

##### (2) 飛行箇所及び離着陸場所の確認

###### ① 注意点

事業実施予定箇所の撮影を行う場合、森林作業道等の整備前である可能性もあり、操縦者が測量範囲へ物理的に到達（特に自動車等を用いての機材運搬）することが困難なことも考えられる。このような場合は、測量範囲から大きく離隔した地点に離着陸場所を設けざるを得ず、バッテリー容量による飛行時間の上限のため、飛行回数を増やす必要が生じる。

###### ② 対応策

綿密な図上による飛行計画の検討と及び現地調査が重要である。地図上で自動車の到達可能地点、離着陸場所の確認、駐車場から離着陸場所への徒歩でのルート確認、またトイレおよび水場等の確認も必要である。

なお、徒歩の移動が多くなる場合には、DJI Mavicシリーズ等の小型軽量機体は持ち運びに便利である。

③ 研修への適用状況

受講者が取りうる対応策として、「地図による飛行計画の検討と現地調査」の重要性について説明する。

(3) 電源の確保

① 注意点

山間部では、電源が取れる場所がなく、使用したバッテリー等の充電が出来る環境がない。

② 対応策

運用時は、太陽光パネル、ガソリン発電機又は自動車バッテリーから充電を行えるようにするほか、効率の良い飛行計画を作ることによりバッテリー本数を最小限にする必要がある。また、持ち運びや充電時のバッテリーの安全な取り扱い方法について説明する。

③ 研修への適用状況

山間部において飛行を行う際は、太陽光パネル等を活用して充電を行う必要があることについて説明する。また、自動飛行の際には、計画した飛行で使用するバッテリー本数の予測が自動飛行計画作成ソフトの中で可能であることについて説明する。

(4) 天候の確認

① 注意点

山間部では、突然の悪天候や強風、風向きの変化などが起こりうる。また、目視外や遠方、高所を飛行することが多く、急な帰還が難しいことが想定される。

② 対応策

こまめに天気予報や雨雲レーダーのチェックを行い、強風や降雨が予測できる場合には飛行の中止を決断する。また、雨天時にドローンがぬれることのないよう被せるためのビニールシートを準備しておく

③ 研修への適用状況

天候把握の重要性や飛行中止の判断基準、急な悪天候への対応策について説明する。

(5) GNSS取得状況の確認

① 問題点

林業現場でのリモートセンシング技術の検証中、GNSSの取得ができないため離陸ができない、離陸ができて不安定な飛行状態が続くといった現象が多く発生した(一般的なドローンの現場(開けた場所)であれば、GNSSの取得に手間取ることは少ない)。

② 対応策

事前調査時に機体を持参し、GNSSの取得状況の確認を行い、確実に取得可能な離着陸地点を探すことで対応が可能となる。

③ 研修への適用状況

受講者が取りうる対応策として、使用する機体の電源を実際に入れ、GNSSの取得状況を予め確認しておくことの重要性について説明する。

(6) 非GNSS環境下での飛行

① 注意点

離着陸地点の上空や周囲が木々で囲まれているため、GNSSの取得が少なくGNSS制御なしで離着陸を行うことが必要となる場所もある。なお、離陸時にGNSS制御がなく不安定な飛行であっても、上空に出てGNSSを取得することで安定した飛行になることが多い。

② 対応策

非GNSSモード\*での手動操縦を実技に盛り込む。

③ 研修への適用状況

林業現場で安全に運用できるスキルの習得のため、GNSS制御なしを想定し、手動で上昇飛行を行う実技をカリキュラムに取り入れる。

※：ATTIモード：ドローンのフライトモードの一つで「GNSS」をドローンの機体位置の制御に使わない状態。機体が風の影響を受けやすい等、制御が難しいため、高度な操縦技術の取得が必要。

## 5.2.2 飛行計画

(1) 飛行高度の設定

① 注意点

飛行高度一定で飛行した場合、窪地や凹地において対地高度150mの法定制限を超えるおそれがある。

② 対応策

事前調査を綿密に行い、標高の変化をよく把握する。その上で対地高度150mを超えることのない飛行計画を作成する。対地高度150mを超えざるを得ない場合は、飛行申請を国土交通省に提出し、許可を得る。

③ 研修への適用状況

事前調査における標高及び地形確認の重要性、飛行申請の必要性について説明する。

(2) ラップ率の設定

① 注意点

一定の標高での飛行を行うと、凸上の地形では対地高度が低下して、ラップ率の低下が起こる。

② 対応策

ラップ率低下への対策は、4.2.1に別途詳述した。

### ③ 研修への適用状況

初心者向けの説明では、あえて数式を用いず、「高めのラップ率設定を行う」よう注意喚起をする。（4章参照）

## （3）離着陸場所の確保

### ① 注意点

一般的なドローンの現場では、安全な離着陸地点を容易に探すことができる。これに対し、林業現場は斜面が多く、平坦で整備された場所が少ない。不安定な地面への着陸は事故（機体損傷）に繋がる。

### ② 対応策

事前の現場確認時にGNSSの取得状況も含め、平らで開けた離着陸地点を探す。そのような場所がなければ、板等を敷き平らな面を作る。

### ③ 研修への適用状況

研修では、受講者が取りうる対応策として「事前調査と現地視察」の重要性を説明する。実際に使用する機体を持参し、GNSSの取得状況と共に離発着地の環境についても確認する旨を説明する。

## （4）監視員の配置

### ① 注意点

間伐地のような立木の多い場所では、操縦者のそばに配置される補助者だけでは機体を確認できないことがある（目視外飛行）。またドローンは撮影しながら移動するため、撮影状況を画面で把握する役割を負う補助者だけでは、機体を常に監視できる状態とは限らない。

### ② 対応策

監視員を計測領域周囲に配置する。位置と人数については、人間の視認可能距離を考慮し、計測領域の広さに応じた人数を確保する。

### ③ 研修への適用状況

目視外飛行の際に監視員を配置する旨を座学研修で説明する。

## （5）物件 30mへの配慮

### ① 注意点

Google earthを利用した事前調査では見えにくい「鉄塔」や「送電線」の存在に気付かないことがあり得る。これらの物件付近での飛行については、事前に航空局への飛行申請が必要である。ちなみに「物件」は「構造物」を指し、樹木などの「自然物」は「物件」には該当しないが（航空局「無人航空機に係る規制の運用における解釈について」）、樹木に対しても物件30mの申請が必要であるという誤解が生じる可能性がある。

② 対応策

1年間有効な包括飛行申請について説明し、物件30mの許可を取っておくことを推奨する。また、物件30mの詳細（「物件」の該当と非該当）を明確に説明する。

③ 研修への適用状況

包括申請、物件30mについては詳細に説明する。包括申請時は飛行実績を提出する必要があることや人または物件の解釈について説明する。

### 5.2.3 安全管理

#### (1) 操縦環境の確保

① 注意点

操縦中に操縦者に虫が寄ってくることにより、注意力が散漫になる危険があるだけでなく、実際に害虫に刺されることもあり得る。また、機体に寄ってきた虫をプロペラが切断してしまうこともあり、放置しておくこととプロペラの劣化につながる。

② 対応策

作業者が万が一害虫に刺された場合の薬も用意しておく。プロペラに関しては運用後にふき取りを行うなどして劣化を防ぐ。

③ 研修への適用状況

プロペラのメンテナンスに関して研修で説明する。メンテナンス前後のプロペラを実際に見せ、ウェットティッシュ等で拭き取る作業を伝える。

#### (2) 野鳥への注意

① 注意点

自動飛行中に野鳥が機体を攻撃してくる場合があり、墜落につながる可能性がある。

② 対応策

飛行箇所に縄張りの中や繁殖期の巣・卵がある場合には、基本的に飛行を中止する。仮に飛行してしまった場合は、すぐに離れるようにし、一定高度まで垂直に急上昇することで垂直に上昇できない野鳥から離れたり、刺激しないようにホバリングしたりするなどの対応をとる。

③ 研修への適用状況

手動操縦による高高度からの緊急降下研修を行い、リスクがある際に安全に素早く機体を降下できるよう研修を行う。

### (3) 目視外飛行への対応

#### ① 注意点

間伐実施箇所での検証では、ほとんど（自動飛行中）が目視外飛行となった一般的なドローンの飛行は、目視外飛行にならないよう運用することが基本となるが、間伐実施箇所では高い木々が多くあるため、目視外飛行になる可能性が非常に高かった。

#### ② 対応策

目視外飛行に関する説明や飛行申請についての内容を座学研修に盛り込む必要がある。また、補助者の役割を研修において伝える必要がある。

#### ③ 研修への適用状況

第5講「航空法と許可申請」において、目視外飛行について説明するとともに、飛行申請の記載例を説明する。

### (4) 目視による機体の確認

#### ① 注意点

林業現場でのドローンの飛行は高高度かつ遠方へ飛行させることが多かった。操縦者は、タブレットのパラメータや映像に気を取られ、機体を見失いがちであった。

#### ② 対応策

操縦者は機体から目を逸らさず、安全運行管理者に情報を確認させつつ運用する必要がある。

#### ③ 研修への適用状況

研修では、実技研修時に2人1組となり、それぞれの役割（操縦者と安全運行管理者）、機体を見失わずに運用することの重要性を説明する。

### (5) 機体からの映像伝送状況の確認

#### ① 注意点

間伐実施箇所においては木々が遮蔽物となり、機体からの映像伝送が途切れたため、機体の位置の特定ができない危険な状況があった。

#### ② 対応策

iPadの伝送状況を常に確認し、自動飛行時はミッション終了時をゴーホーム、もしくは最初のウェイポイントに戻る設定になっているかを確認する。

#### ③ 研修への適用状況

実技研修時にミッション終了時のドローン動作を設定する必要性について説明する。

### (6) バッテリー残量の確認

#### ① 注意点

林業現場でのドローンの飛行は高高度かつ遠方へ飛行させることが多かった。そのため、ドローンが帰還するための十分なバッテリーの残量を確保する必要がある。

#### ② 対応策

機体を見失った際はゴーホームを実施する必要もあり最低でも50%を下回った際には離発着地点に戻す運用が必要になる。

③ 研修への適用状況

バッテリー残量については、運用時に意識するよう座学研修時にも実技研修時にも説明する。

## 5.2.4 アプリケーション

### (1) GS PROの特性に関する問題

#### ① 注意点

1回のフライト内で高度の変更ができないため、高低差がある山間部での利用では不便な場合がある。

#### ② 対応策

解決策としては、サードパーティ製アプリ（litchi等）を使用する研修も考えられるが、設定等が複雑で上級者向けアプリであるため基礎講習を習得した後の追加講習などの形をとる方が適切と考える。また、サードパーティ製アプリの使用に関する検証も改めて必要である。

#### ③ 研修への適用状況

本研修は初級者向けの講習であるため、引き続きDJI GS Proの利用を継続する。今後、上級者向けコースの設立を検討する。

## 5.2.5 データ解析

### (1) データ形式の整理

#### ① 注意点

補助金申請書類をデジタル化する上では、オープンソースソフトウェアのQGISなどが普及していることを踏まえ、GISソフトで閲覧できる形式でのやり取りが適切である。

#### ② 対応策

QGISでの作業方法をテストする。具体的にはAgisoft Metashapeから出力したオルソ画像をQGISにインポートできることを確認する。

#### ③ 研修への適用状況

試行研修ではオルソ写真のQGIS上へのインポート例について簡単に触れた。今後はQGISの操作方法等の研修を実施するためテキストに盛り込んでいく。

### 5.3 林業現場向けドローン研修の暫定カリキュラム

林業現場向けドローン研修の暫定カリキュラムを作成した。各研修の名称および時間配分を表 5-1 から表 5-3 に、および各 10 講座の詳細については表 5-4 から表 5-13 に示す。

表 5-1 暫定カリキュラム構成（1日目）

大項目	推奨授業時間	中項目	時間配分
オリエンテーション	9:00～9:20	全体説明 講習の流れ 本日の流れ 会社紹介	20
第1講 航空写真測量	9:20～10:35	1:航空写真測量とは 2:ドローン測量 3:ドローン測量の必要機材 4:カメラ概説 4. 5:ドローン測量における撮影設定 5:ドローン測量における飛行計画 6:成果物(実例) 7:ドローン測量に適さない対象	75
休憩	10:35～10:45	-	10
第2講 運用方法	10:45～11:00	1:マルチコプターの飛行方法 2:安全確保 3:禁止事項 4:ドローンの墜落	15
第3講 操縦編	11:00～11:20	1:確認事項(フライト前) 2:機体準備 3:電源オン 4:電源オフ 5:モーター起動 6:操縦方法 7:アプリ操作(DJI GO4) 8:ステータス確認 9:確認事項(フライト中) 10:確認事項(フライト後) 11:基本操縦の体験	20
操縦体験	11:20～12:00	屋内操縦	40
昼休み	12:00～13:00	-	60
第4講 無人航空機概論	13:00～13:30	1:無人航空機(UAV)とは？ 2:飛行原理 3:ドローンの構造	30
第5講 航空法と許可申請	13:30～14:30	1:国内法 2:航空法・同法施行規則 3:小型無人機等飛行禁止法 4:その他国内法 5:今後の動向	60
休憩	14:30～14:40	-	10
第6講 自動飛行計画	14:40～16:10	1:自動飛行とは 2:自動飛行用アプリの種類 3:飛行計画作成(実習) 4:事前調査、現地視察 5:森林、山間地における飛行計画作成 6:2日目実習のための飛行計画作成	90
休憩	16:10～16:20	-	10
第7講 安全管理について	16:20～16:50	1:無人航空機とリスク 2:操縦時の注意点 3:リスク&トラブル事例紹介 4:安全対策 5:事故対策	30
翌日の説明	16:50～17:00	翌日のスケジュール、持ち物等の説明	10

表 5-2 カリキュラム構成 (2 日目)

	大項目	推奨授業時間	中項目	時間配分
第9講	飛行前確認(周囲)	9:00~9:20	安全な飛行体制か 天候・気温・風速が飛行に適切か 飛行予定空域の状況確認 第三者・物件が周囲にないか確認	20
	飛行前確認(機体)	9:20~9:40	プロペラの状態確認 プロペラガード・プロペラの取り付け方と確認 バッテリーの状態確認 プロボの状態確認と起動方法	20
	アプリ説明 (DJI Go 4)	9:40~10:00	各数値や表示の確認 コンパスキャリブレーション 送信機モード バッテリーの状態確認 フェイルセーフの確認 ジオフェンスの確認 センサー類の設定確認	20
	①基礎1(GPSあり) ★基礎1・2の意義:ドローンの基本的な 操作を学ぶ	10:00~11:00	テスト飛行(講師が一回実演する) 離陸-ホバリング-着陸 前後 ※推奨 T字[左右] 大小のスティック操作 ※推奨 スクエア(反時計) スクエア(時計) ※推奨 8の字 ※推奨	60
	②基礎2(GPSあり)	11:00~12:00	機首変えT字(反時計) 機首変えT字(時計) ※推奨 機首変えスクエア(反時計) ※推奨 機首変えスクエア(時計) ※推奨 機種変え8の字 ※推奨 RTH実演 高高度操縦訓練	60
	③基礎3(ATTI) ★基礎3・4の意義:GPSが入らなくなった 場合や、マルチパスを誤受信した場合の 対応のため、GPSを切ったATTIモードで の操縦を身に着ける	13:00~15:00	テスト飛行(講師が一回実演する) ホバリング T字[左右] スクエア(反時計)	120
	GSPProの事前使用説明	15:00~17:00	ジオフェンス機能について ミッション終了時の選択について ミッション飛行中の安全対策 作成した経路を呼び出す 設定内容に間違いがないか要確認 安全を確認し、転送する 適切な監視員の配置	120
	経路転送		伝達事項	
	監視員の配置		木々の間を通す飛行	
	間伐箇所自動飛行時の注意点		撮影データの確認	
データ確認	SDカードの残量確認			

表 5-3 カリキュラム構成（3日目）

大項目	推奨授業時間	中項目	時間配分
オリエンテーション	9:00～9:10	導入、質疑	5
		撮影成果物確認	5
第7講(続) 安全管理について	9:10～9:30	安全(模擬リスク対策)	20
第8講 写真解析	9:30-12:00 ※適宜休憩	今日の話の流れ	150
		Metashape概説	
		休憩	
		SfM、アライメント	
		対空標識、GCP	
		高密度点群の計算	
		TINメッシュ作成、テクスチャ貼り付け	
		オルソモザイク画像の作成と出力	
		樹冠表面高モデル(DCSM)の作成と出力	
		面積計算	
		SfM解析と精度検証	
		応用分野	
3日間の振り返りと全体の質疑応答			

表 5-4 第 1 講

タイトル	<b>①航空写真測量（座学）</b>
受講者の到達目標	<p>(測量・機材)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ドローン測量で何ができるのかを理解する。</li> <li>・ドローン測量に必要な機材を知る。</li> </ul> <p>(飛行計画)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・飛行計画作成の重要性について理解する。</li> <li>・飛行計画作成に必要な各種パラメータを理解する。</li> </ul> <p>(測量・解析ソフト)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ドローン測量および解析用ソフトの初歩的な原理を理解する。</li> </ul>
<b>本研修の必要性</b>	
<p>受講者がドローン測量を行えるようになるためには、航空写真測量の原理（三角測量、SfM 等）について学び、一定のラップ率を満たした連続写真の撮影を習得することが必須である。また、解析ソフトにより、撮影成果物から被写体のデジタル三次元モデルを復元し、この三次元モデルからオルソ画像等の測量成果物を生成するまでの手順を理解・習得することも必須である。</p>	
<b>内容</b>	
<p>以下の内容について、スライドを用いた講義で説明する。</p> <p>(測量・機材)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・空撮測量の原理・特徴（大量・高速・広範囲）について説明する。</li> <li>・ドローン測量が一般に普及してきている理由について説明する。</li> <li>・ドローン測量に必要な機材のスペック、選択基準について説明する。</li> </ul> <p>(飛行計画)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・飛行計画作成について説明する。</li> </ul> <p>(測量・解析ソフト)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・写真測量用解析ソフトウェア（SfM ソフト）について説明する。</li> </ul> <p>研修時間の目安【75 分】</p>	
<b>ポイント</b>	
<p>(測量・機材)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ドローン測量に必要な機材は一般に入手可能である。</li> </ul> <p>(飛行計画)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・測量現場の状況や成果物の仕様に応じ、測量方法を選択することが重要である。</li> </ul> <p>(測量・解析ソフト)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・「複数の写真に同一点(特徴点)が写っていること」は写真測量の大原則である。</li> </ul>	
<b>講師の注意点</b>	
<p>(測量・機材)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ドローン測量の必要機材が一般に入手可能な民生機器であることを説明する。</li> <li>・ドローン測量だけが最良の手法であるような印象を与えないよう留意する。</li> <li>・写真測量やカメラについては目やメガネ等身の回りのものに例えながら説明する。</li> </ul> <p>(飛行計画)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・次講以降で DJI GS PRO の有効性の理解を深める観点から、飛行計画の作成には、各種のパラメータを考慮した計算作業が必要であることをよく説明する。</li> <li>・オーバーラップ率、サイドラップ率の重要性を説明する。</li> </ul>	

表 5-5 第 2 講

タイトル	<b>②運用（座学）</b>
受講者の到達目標	<p>(法律)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ドローンの飛行に関しては、多数の規則や禁止事項があることを認識する。</li> <li>次講以降の法律関係に関する基礎知識を習得する。</li> </ul> <p>(安全)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ドローンの仕組みを知ることがきっかけとして、安全運航に必要なポイントを理解する。</li> <li>過去の事故事例を各自確認し、対応方法を学ぶ。</li> </ul>
<b>本研修の必要性</b>	
<p>初心者がドローン運用するにあたり必要となる基礎知識・用語解説、禁止事項等について解説する。この第 2 講は、基礎的な用語を知ること、以降の研修を理解しやすくする「入門編」と位置付けている。</p>	
<b>内容</b>	
<p>(法律)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>マルチコプターの飛行方法の種別（マニュアル、自動飛行、FPV 等）について紹介する。</li> <li>目視外飛行、ドローンの飛行場所、昨今の航空法改訂内容について、スライド資料を用いて説明する。</li> </ul> <p>(安全)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>本研修で使用する機体の 1 つである「Mavic2 pro」のイメージ動画を放映する。</li> <li>事故が起きた場合の対処方法について説明する。この中では、国交省 HP に掲載されている過去 6 年間のドローンの事故の事例について触れる。</li> </ul> <p>事故事例（国土交通省）<a href="https://www.mlit.go.jp/common/001342842.pdf">https://www.mlit.go.jp/common/001342842.pdf</a></p> <p>研修時間の目安【15 分】</p>	
<b>ポイント</b>	
<p>(法律)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ドローンは自律飛行のできる無人航空機であり、航空法の制約を受ける。</li> <li>飛行方式には、手動操縦、自動飛行、FPV 飛行などがある。</li> <li>ドローンは、ラジコンに比べて操作が簡単であり、一般に普及している汎用ドローンは比較的安価である。</li> <li>一般の人々が使えるツールとなっており、様々な産業の現場で活用されている。</li> </ul> <p>(安全)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>実際に起きたドローンの事故の一番多い原因は操縦者の操縦ミスである。</li> </ul>	
<b>講師の注意点</b>	
<p>(法律)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>実例を交えるなどしてイメージしやすく説明する。</li> </ul> <p>(安全)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>この第 2 講は、ドローン運用の導入編としての位置づけなので、運用の詳細については触れない(次講以降で説明)。</li> <li>ドローンに対してポジティブなイメージを得ることができるよう説明する（操縦が容易である、過去に活用していた道具と比べて安価で便利であるなど）。</li> <li>墜落に直結するような危険な行為や環境に関して繰り返し強調して説明する。</li> </ul>	

表 5-6 第 3 講

タイトル	<b>③操縦（座学・体験）</b>
受講者の到達目標	<p>(機材準備・取扱い)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・必要機材一式を揃え、機体を正しく組み立てられる。</li> </ul> <p>(操縦)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・機体を起動し飛行させることができる。</li> </ul> <p>(安全)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・飛行前・中・後の安全確認ができる。</li> </ul>
<b>本研修の必要性</b>	
<p>手動飛行、自動飛行に関わらずドローンを飛行させる際は、準備段階から飛行前後の作業に至るまで実践的な知識を網羅している必要がある。</p> <p>特に環境的に機体に異常が起きやすい林業現場においては、機体の安全チェックの知識を有している必要がある。</p>	
<b>内容</b>	
<p>(機材準備・取扱い)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・必要機材の紹介と機体の組み立て方法を、実演及び動画で説明する。</li> </ul> <p>(操縦)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・送信機の扱い方と起動方法、操縦方法をスライド資料や実物で説明する。</li> <li>・スライド資料を用いて、アプリ内設定画面、推奨設定値、飛行中のステータス、ステータスの異常値への対処方法を説明する。</li> <li>・トイドローンを使用して離着陸や基礎的な飛行操縦を受講者に体験させる。</li> </ul> <p>(安全)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・チェックリストを使って飛行前・中・後に行う安全確認の項目を学ぶ。</li> </ul> <p>研修時間の目安【座学 20 分、体験 40 分】</p>	
<b>ポイント</b>	
<p>(機材準備・取扱い)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・本研修では、送信機のスティック操作のモードをモード 2 で統一する。</li> </ul> <p>(操縦)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・センサーによる自律飛行のできないトイドローンは ATTI モードの体験になる。</li> </ul> <p>(安全)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・安全確認は、飛行前だけでなく、飛行中や飛行後にも行うべきことがある</li> <li>・機体の警告音、ライトによって機体の状態を確認する。</li> </ul>	
<b>講師の注意点</b>	
<p>(機材準備・取扱い)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・口頭やスライド資料だけでなく、実機やタブレット本体を見せることで（可能であれば触らせながら）具体的なイメージを伝える。動画等も併用する。</li> </ul> <p>(操縦)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・トイドローンのスピード感を事前に実演して説明する。</li> <li>・屋内の操縦体験では、人に向けて飛行しないレイアウトにする。</li> <li>・トイドローン使用の可否を事前に施設に確認する。</li> <li>・トイドローン使用に際して施設に傷をつけない工夫をする。</li> </ul> <p>(安全)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・操縦者の挙動や操縦に気を配り、いつでもストップできる状態にする。</li> </ul>	

表 5-7 第 4 講

タイトル	<b>④無人航空機概論（座学）</b>
受講者の到達目標	<p>(ドローンの定義)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ドローン（無人航空機）の定義、法的位置づけを理解する。</li> </ul> <p>(ドローンの機能)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ドローン、特にマルチコプターの飛行原理を理解する。</li> <li>ドローンの構造、各部品、および GNSS の役割を理解する。</li> </ul>
<b>本研修の必要性</b>	
<p>ドローンの定義や法的位置づけに加え、一般に使用されているマルチコプターと呼ばれるタイプのドローンについて、飛行原理や構成パーツの役割を理解する。</p> <p>ドローンの仕組みを学ぶことで、変わりやすい天候、GNSS 衛星補足の困難さなど山間地特有の起伏の多い地形がドローンに及ぼす影響を理解することができる。</p>	
<b>内容</b>	
<p>(ドローンの定義) スライド資料により、以下の説明をする。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>航空機の分類を説明し、分類ごとの利用方法を説明する。</li> <li>航空法における無人航空機（ドローン）の定義を説明する。</li> <li>マルチコプターの上昇下降、前後左右移動、回転移動の原理を説明する。</li> </ul> <p>(ドローンの機能) 実機を見せながら以下の説明をする。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ドローンの各パーツ構成を説明する。</li> <li>自律飛行を実現するために各パーツが何の役割を担っているか説明する。</li> </ul> <p>研修時間の目安【30 分】</p>	
<b>ポイント</b>	
<p>(ドローンの定義)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>無人航空機は、一般的に「ドローン」と呼ばれている。</li> <li>一般に普及しているドローンはマルチコプターである。</li> </ul> <p>(ドローンの機能)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>翼（マルチコプターではプロペラ）の揚力を利用して浮上している。</li> <li>上下左右と回転の移動は、各プロペラの回転数に差をすることで行っている。</li> <li>重力センサー、角加速度センサー、気圧センサー、ビジョンセンサー、超音波センサー、GNSS など、様々なセンサーを搭載している。</li> <li>全センサーからの情報をもとに各プロペラの回転数を変化させ、ドローンの位置と姿勢を安定させている（センサーフュージョン）。</li> <li>ある程度多くの GNSS 衛星からの信号を補足しなければ、GNSS は使えない。そのためには空が開けている必要がある。</li> </ul>	
<b>講師の注意点</b>	
<p>(ドローンの機能)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ドローンを構成する各部品の役割のみならず、起こりうるエラーや異常についても触れ、受講者自身によりある程度のトラブルシューティングが可能になるように説明する。</li> <li>GNSS のエラーについては、ドローン操縦研修において ATTI モードで練習を行う意義と結び付けて説明する。</li> </ul>	

表 5-8 第 5 講

タイトル	<b>⑤航空法と許可申請（座学）</b>
受講者の到達目標	<p>(法規)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・航空法はじめ国内のドローンに関する法令等を理解する。</li> <li>・林業の現場で注意すべき法令等を理解する。</li> </ul> <p>(許可申請方法)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・法令等に基づく航空局への申請手続きを自分で行えるようになる。</li> </ul>
<b>本研修の必要性</b>	
<p>ドローンの飛行に関わる法令等は数多くあり、違法行為や事故につながらぬよう、それらを学ぶ必要がある。林業の現場では自動飛行を行うことが多いと考えられ、目視外飛行や対地高度 150m を超える飛行のための申請手続きを自身で行える必要がある。</p>	
<b>内容</b>	
<p>(法規)</p> <p>スライド資料により、以下の説明をする。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ドローンに係る法律・規則・条例について（航空法・小型無人機等飛行禁止法・その他規則や条例）対象となる機体を明確にしつつ説明をする。</li> <li>・各法律にどのような罰則があるかについても触れる。</li> <li>・林業の現場で注意すべき法律・規則・条例について、飛行環境の特殊さと紐づけて説明をする。</li> </ul> <p>(許可申請方法)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・過去に申請が通らなかった例等に触れる。</li> <li>・林業の現場で申請する機会が多いと思われる目視外飛行については、包括申請と個別申請の手法の 2 つを、「無人航空機の飛行に関する許可・承認申請書（様式）」や申「請書記載例」等をスライド資料により説明する。</li> <li>・法律や申請に関しての今後の動向を、国交省ホームページ内「最新情報」よりピックアップしてスライド資料に反映し、受講者には都度最新の情報を説明する。</li> </ul>	
研修時間の目安【60 分】	
<b>ポイント</b>	
<p>(法規)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・受講者が作業のイメージをしやすいように、スライド資料の説明をするだけでなく、実際のオンライン申請入力画面を見せる、または国交省ホームページの「申請書類」内の必要書類や見本などの現物を配布する。</li> </ul> <p>(許可申請方法)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・林業現場でのリモートセンシング技術の検証では、山間地における地形の凹凸や立木（の樹高の）影響で、目視外飛行および対地高度 150m を超える飛行になる場面が頻出する知見が得られた。</li> </ul> <p>これを踏まえ、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・山間地での目視外飛行および申請方法について説明する。</li> <li>・山間地での高度制限の注意点および対地高度 150m 以上の飛行申請について説明する。</li> </ul>	
<b>講師の注意点</b>	
<p>(法規)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・法律的には安易な飛行が許されず、飛行禁止区域も広域にわたることを説明する。</li> <li>・逮捕される場合・例等を説明する。</li> </ul> <p>(許可申請方法)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・国土交通省への飛行申請以外の許可申請についても説明する。</li> </ul>	

表 5-9 第 6 講

タイトル	<b>⑥自動飛行計画作成（座学および実習）</b>
受講者の到達目標	<p>（自動飛行概要）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・自動飛行について理解する。</li> <li>・林業の現場における DJI GS PRO の使い方を理解する。</li> <li>・事前調査の重要性と方法および調査ポイントを理解する。</li> <li>・現地視察の重要性と方法および調査ポイントを理解する。</li> </ul> <p>（実習）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・自動飛行用アプリ（DJI GS Pro）で飛行計画を作れるようになる。</li> <li>・ラップ率を決定する種々のパラメータを知り理解する。</li> </ul>
<b>本研修の必要性</b>	
<p>ドローン測量はマニュアル飛行では不可能であり、自動飛行をさせることが絶対必須である。飛行計画の考え方と、自動飛行用アプリを用いた実際の方法、林業の現場等に適したラップ率と飛行高度、DJI GS PRO を山間地で用いるための具体的な方法についても学ぶ必要がある。</p>	
<b>内容</b>	
<p>（自動飛行概要） スライド資料により、以下の説明をする。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・自動飛行とはなにか</li> <li>・自動飛行用アプリ（DJI GS PRO）について</li> <li>・測量のための飛行計画の形状、ラップ率及び飛行高度などの各種のパラメータについて学ぶ。</li> <li>・事前調査（地図やインターネット等で現地の情報を集める）と現地視察（事前にドローン飛行の観点から現地を視察）の重要性、方法、ポイントについて学ぶ。</li> <li>・森林・山間地における飛行計画作成。DJI GS PRO の特性を知り、山間地での DJI GS PRO を用いての計測方法を学ぶ。</li> </ul> <p>（実習） Apple 社製 iPad を用いた DJI GS PRO 操作体験</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・iPad 上で DJI GS PRO の操作体験</li> <li>・翌日の実際の飛行実習で使うための飛行計画作成</li> </ul> <p>研修時間の目安【90分】</p>	
<b>ポイント</b>	
<p>（自動飛行概要）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・カメラ仕様と飛行高度から撮影範囲が決まるため、カメラ仕様についても一定の知識が必要である。</li> <li>・撮影範囲とラップ率から飛行計画（飛行ルート）が決まる。</li> <li>・汎用性、市場でのシェア、ネットでの情報の得やすさ、ユーザーインターフェースのわかりやすさ、初心者にも扱いやすい DJI 製機体とその純正の自動飛行用アプリアプリ DJI GS Pro を用いる。</li> <li>・事前調査で調べる最重要ポイントは「地形」である。</li> <li>・ドローンの総合的な知識が、現地視察での有効な「気づき」につながる。</li> </ul> <p>（実習）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・DJI GS PRO の測量モードは一定高度の飛行計画しか作れない。</li> </ul>	
<b>講師の注意点</b>	
<p>（自動飛行概要）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・実際に自動飛行を行う場所の事前情報を把握しておき、講義で触れる。</li> </ul> <p>（実習）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・講師が操作する iPad の画面はスクリーンに投影し、大画面で見せる。</li> <li>・iPad を操作しながら解説する講師とは別に、受講者の座席を巡回し操作の補助や解説を行う人員も受講者の人数に応じて配置する。</li> <li>・フライト可能なエリアを伝えておく。</li> </ul>	

表 5-10 第 7 講

タイトル	<b>⑦安全管理について（座学）</b>
受講者の到達目標	<p>(リスクの種類)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ドローン飛行中に起こりうるリスクを理解する。</li> </ul> <p>(事故と対策)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・事故の原因や予防対策、事故が起きた場合の対処方法が分かる。(3 日目安全講習)</li> <li>・林業の現場でのリスクを理解する。</li> </ul>
<b>本研修の必要性</b>	
<p>ドローンの運用において安全管理は必須である。過去の事故データや想定しうるリスクを学び、異常発生時の対処方法や運用の可否判断等を習得する。対処方法を理解することで、万が一の事故の際にも被害を最小限に食い止めることが可能となる。</p>	
<b>内容</b>	
<p>(リスクの種類) スライド資料により、以下を説明する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・天候や環境が要因のリスク、操縦や機体が要因のリスクをそれぞれ説明する。</li> </ul> <p>(事故と対策) スライド資料により、以下を説明する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・国交省ホームページ内「事故情報等の一覧」をベースに、過去に起きた事故やトラブル事例を確認し、事故から学べることがないかを受講者と検討する。</li> <li>・過去の講師の体験談から事故の予防策を説明する。</li> <li>・事故を起こした場合の対処方法を説明する。</li> </ul> <p>(3 日目安全講習)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・事前に用意していた事故が起こりそうな現場の見本写真をもとに、具体的な危険事項・安全対策についてどのような内容が想像できるか受講者同士で話し合い発表する。</li> <li>・2 日目に訓練現場を思い返し、各自が感じた危険事項・安全対策を受講者同士で話し合う、または発表の場を作る。</li> </ul> <p>研修時間の目安【30 分】      3 日目の研修時間の目安【20 分】</p>	
<b>ポイント</b>	
<p>(リスクの種類)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・他の講義と繰り返しになる内容も多いが、重要な内容であるため省略せずに講義する。</li> <li>・山間地は天候（気候）が変わりやすいため、ドローンの運用の支障となる風や雨には十分に注意が必要である。</li> <li>・目視外飛行となることが多いため、機体を見失った時の注意点を説明する。</li> </ul> <p>(事故と対策)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・国交省ホームページ内に「事故情報等の一覧」が掲載されている。</li> </ul> <p>(3 日目の安全講習について)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・受講者が検討し、発言した「危険事項」については、すべて起こり得るので「正解」として良いが、単に「正解」を考えるのではなく、予測や想像をすることが大切である。</li> </ul>	
<b>講師の注意点</b>	
<p>(リスクの種類)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・講師が実際に過去体験したヒヤリハットなどを伝え、その時の対策方法や回避方法、反省点などを説明する。</li> </ul> <p>(事故と対策)</p> <p>「事故情報等の一覧」が掲載されている場所を伝え、過去の事例を確認するなどして自習することを促す。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・適切な判断と使用方法をしなければ事故が起こる可能性があることを説明する。</li> <li>・事故が起きてしまった場合の適切な対処方法を説明する。</li> </ul> <p>(3 日目の安全講習について)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・受講者の意見をホワイトボードや投影画面に書き出し、意見を整理する。</li> </ul>	

表 5-12 第 8 講

タイトル	<b>⑧解析研修（座学＋実習）</b>
受講者の到達目標	(解析方法) ・ SfM ソフトの基本機能を理解し、扱えるようになる。
<b>本研修の必要性</b>	
ドローンで撮影した単写真を GIS 等で活用する際に必要となるオルソ化に関し SfM ソフト（本研修では Agisoft Metashape）の概要・操作方法について実践を通して学ぶ必要がある。	
<b>内容</b>	
<p>(解析方法)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ SfM ソフトの解析行程を下記の順を追って説明する。（受講者が同じサンプルファイル開きながら学ぶ方式とする。）</li> <li>1) 写真の取り込み、および座標系の設定。</li> <li>2) アライメント（特徴点抽出、タイポイント生成、カメラ位置推定）。</li> <li>3) 対空標識に手動マーカーを設置。対空標識の座標入力。</li> <li>4) 手動マーカーのピクセル誤差補正を行い、カメラの最適化を実施。</li> <li>5) アライメントされた 3D モデルを用いた高密度クラウド生成。</li> <li>6) 高密度クラウドを基にメッシュ構築（点群データから面データへの変換）</li> <li>7) 3D メッシュモデルをリアルな質感を持たせるテクスチャ構築。</li> <li>8) DSM の構築。</li> <li>8) オルソ画像の構築。</li> <li>9) 成果物（オルソ画像）のファイル出力・保存。</li> <li>・ 林業の現場に関わるドローンを用いた他の活用方法について紹介する。</li> </ul> <p>研修時間の目安【150 分】</p>	
<b>ポイント</b>	
<p>(解析方法)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 点群の長所は 3 次元的に任意の方向からのオルソ画像が出力できるところにある。</li> <li>・ 画像の EXIF 情報やスマートフォンのアプリなど GNSS から得られる位置情報は世界測地系（WGS84）であるが、トータルステーションを用いた測量は日本平面直角座標系である。</li> </ul>	
<b>講師の注意点</b>	
<p>(解析方法)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 受講者全員が同じサンプルファイル開いていく形式ではあるが、受講者の理解や PC 操作の速度には時間差が生じるため、補助者を配置して机間巡視し、理解や操作の補助を行うこと。</li> <li>・ 実習班の数は補助者の数に合わせて検討すること。</li> <li>・ 質疑応答の時間を作ること。</li> </ul>	

表 5-13 第9講

タイトル	<b>⑨ドローン手動操縦（実技）</b>
受講者の到達目標	<p>(機材準備・取扱い)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>機体の組立を習得する。</li> </ul> <p>(操縦)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>手動操縦を習得する。</li> </ul> <p>(安全)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>操縦サポートの方法を習得する。</li> <li>安全を意識した運用を習得する。</li> </ul>
<b>本研修の必要性</b>	
<p>主として自動飛行を行う林業現場であってもトラブル発生時は手動操縦を行うことになるため、操縦技術向上は必須である。</p>	
<b>内容</b>	
<p>(機材準備・取扱い)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>飛行前安全確認（周囲、機体）の実演を行い、それぞれの動作の意図を説明する。</li> <li>機体の組み立てと解体を、実機を使いながら受講者に作業させる。</li> <li>iPadの画面を見ながら、アプリ説明・設定（DJI Go4）を実演する。</li> </ul> <p>(操縦)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>手動操縦基礎訓練①（GNSS下） 離着陸、ホバリング、前後左右、T字、スクエア</li> <li>手動操縦基礎訓練①（GNSS下） 機首変えT字、機首変えスクエア</li> <li>手動操縦基礎訓練①（ATTIモード） ホバリング（受講者のレベルに合わせて前後左右、T字、スクエア、各種機種替えなどを行う）</li> </ul> <p>(安全)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>操縦者、補助者と安全運航管理者の役割を説明し体験する。（適切な配置の仕方や、互いの声掛けの重要性を説明する）</li> </ul> <p>研修時間の目安【300分】</p>	
<b>ポイント</b>	
<p>(操縦)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ATTIモードに切り替わりやすい、離着陸が困難な場合が多いなど、山間部特有の要注意ポイントがある。</li> <li>事故防止のためATTIモードの訓練時においても離着陸はPモードで行うこと。</li> </ul> <p>(安全)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>セッティング、バッテリー交換等も重要なサポート作業であること。</li> <li>一名での操縦の難しさ。</li> <li>機体の距離感把握の難しさ。</li> </ul>	
<b>講師の注意点</b>	
<p>(操縦)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>山間部特有の注意事項を伝え、操縦技術の向上が必須であることを受講者に理解させること。（ATTIモードに切り替わりやすい、離発着が困難な場合が多いなど）</li> <li>現場の安全を第一に考え、ATTIモードが苦手な受講者に無理をさせない。</li> <li>研修中は受講者には平等な訓練内容と時間で実施するように心がける。</li> </ul> <p>(安全)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>全員が操縦者・補助者・安全運航管理者の役割を体験できるよう配慮する。</li> <li>受講者の操縦が慣れてきても各ステップでの確認を怠らないようにする。</li> <li>一名での操縦や機体の距離感把握の難しさをわかりやすく説明する。</li> </ul>	

表 5-14 第 10 講

タイトル	<b>⑩ ドローン自動飛行（実技）</b>
受講者の到達目標	（自動飛行） <ul style="list-style-type: none"> <li>・自動飛行を行うことができる。</li> <li>・自動飛行を用いて連続撮影を行うことができる。</li> </ul>
<b>本研修の必要性</b>	
<p>林業現場の写真測量に必要となる画像を撮影する際には、ドローンの自動飛行が必須となる。現場の状況に合わせて飛行経路やカメラの設定を現地で変更し、自分が求める精度の成果物を得る技術が必要であり、そのための研修を行う。</p>	
<b>内容</b>	
<p>受講者は実際の現場にて2~3人のグループに分かれ、各グループで、第4講で設定した自動飛行計画に沿った飛行を講師指導のもとで実際に行う。</p> <p>（自動飛行）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・講師による自動飛行のデモンストレーション。</li> <li>・自動飛行用アプリ（DJI GS Pro）の使用方法を実演・説明する。</li> <li>・講師の指導のもと班ごとに自動飛行を実践する。（経路転送、離陸、自動飛行中の機体と画面確認、着陸）</li> <li>・各班の要望や課題に合わせて、iPadのアプリ上で経路や設定値の調整と変更をしてもらい、講師の確認後に再度自動飛行を実践する ※十分な精度の撮影ができるまで繰り返す。</li> <li>・アクシデント発生時の飛行中止方法を説明する。</li> <li>・GNSSの誤差等により、着陸地点が離陸地点からずれる場合の手動着陸を説明する。</li> <li>・撮影した画像をPCで開き、画像にブレ、ボケ、白とびや黒つぶれ、明らかな撮影地点の飛び（不完全なラップ）等の不備がないか確認する必要について説明する。</li> </ul> <p>研修時間の目安【2時間】</p>	
<b>ポイント</b>	
<p>（自動飛行）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・目視外になる箇所以外は機体を見失わないようにする。</li> <li>・手動操縦時と同様、ルーティーンで全員が操縦者・補助者・安全運航管理者の役割を学ぶ。</li> <li>・SDカードが機体にセットされていることと空き容量を確認する。</li> </ul>	
<b>講師の注意点</b>	
<p>（自動飛行）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・安全を第一に考える。</li> <li>・受講者に対して平等の内容で平等の時間で実施する。</li> <li>・時間・天候の変化を意識する。</li> <li>・各種確認を怠らない。</li> <li>・飛行前に必ず飛行計画を確認する。</li> </ul>	