

## 7. 林業現場向けのドローン研修のカリキュラム

暫定カリキュラムによる試行研修で得た知見をもとに、林業現場でのドローン研修のカリキュラムを決定した。

暫定カリキュラムからの変更点は、

- 1) 研修日程を全4日間とする。
- 2) 林業ビジネス等へのドローン活用事例紹介を含める。(第1講)
- 3) 林業現場における航空法での「物件」の具体例、DIPS および FISS の紹介、法令の小テスト、申請書、飛行実績報告の書類記入実習を含める。(第2講)
- 4) 機体の組立解体、電源投入手順、アプリ起動手順、ステータス確認、チェックリストを用いた実際の確認作業実習を含める。(第4講)
- 5) 屋内操縦実習の機体をトイドローンから DJI Mavic Mini に変更する。(第4講)
- 6) ATTI モードの基礎的実技講習の復習、木々に囲まれた離発着場を想定した垂直上昇実技講習、苗木撮影を想定した水平飛行連続撮影実技講習を含める。(第9講)
- 7) 全国アンケートの結果を含める(第3講)
- 8) 撮影に失敗した写真例の紹介を含める。(第3講)
- 9) ラップ率の低さによるモデリング失敗例を含める(第4講)
- 10) DJI GS PRO を使うときに、計測場所の標高が離陸地点よりも高い場合の、「高めのラップ率設定」について、参考となる具体的な数値例を含める。(第7講)
- 11) 以下の各実技講習(周辺現場確認、安全な離発着の確認、着陸場所設置、機体の組立、監視員の配置確認、メンテナンス飛行)を含める。(第10講)
- 11) 間伐箇所での離着陸を手動で行う場合に、離発着地点の周囲に立木が迫っている場合を想定した、実際に狭い場所で行う垂直離着陸訓練を含める(第10講)
- 12) 検証で用いた Agisoft Metashape 以外の Sfm ソフトの検証結果、及び全国アンケートで調査した各種 Sfm ソフトの使用割合を含める。(第8講)
- 13) ラップ率を意図的に下げたオルソ画像作成失敗例の紹介を含める。(第8講)
- 14) 検証実験の結果から、林業現場でのドローン計測利用に役に立つ情報を紹介する。(第8講)
- 15) 林業現場でのドローンの活用における将来性への言及を含める。(第8講)
- 16) 全国アンケートから判明した各種 GIS ソフトの使用割合、QGIS へのオルソ画像インポート方法、従来の造林申請と今後の造林申請についての言及を含める。(第8講)

以上16点である。

特に1)により、受講者は ATTI モードの操縦訓練を暫定カリキュラム時より長時間行うことができ、ドローンの基礎的な操縦訓練を積むことができる。また全国研修のみで10時間の訓練時間を達成できることから、国土交通省への飛行申請も可能になる。

また、2)により、受講者は森林整備事業の申請・検査に提出が必要となる QGIS データ(シェープファイル)の作成方法を学ぶことが可能となる。以上2点は大きな改善点である。

林業現場向けドローン研修については、当面、変更後のカリキュラムを用いることとし、研修を実施する中で明らかになった課題については、随時、カリキュラムにフィードバックさせ、カリキュラムの継続的な向上を図っていく。林業現場向けドローン研修のカリキュラムの概要を表7-1から表7-4に、また、各課程の詳細内容を表7-5から表7-14にそれぞれ示した。

表 7-1 カリキュラム構成 (1 日目)

大項目	推奨研修時間	中項目	時間配分(分)
オリエンテーション	9:00~9:30	全体説明 会社紹介 本日の流れ Tello 体験 講習の流れ	30
第 1 講 無人航空機概論 (座学)	9:30~10:20	1: 無人航空機 (UAV) とは? 2: 飛行原理 3: ドローンの構造 4: ドローンビジネス紹介	50
休憩	10:20~10:30	-	10
第 2 講 航空法と許可申請 (座学)	10:30~12:00	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 6: 山に特有の具体的な物件例 7: DIPS 8: FISS 9: 小テスト	90
昼休み	12:00~13:00	-	60
第 2 講 航空法と許可申請 (座学+実習)	13:00~13:40	10: 申請書記入練習 11: 飛行実績報告記入練習	40
第 3 講 運用 (座学)	13:40~13:55	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
休憩	13:55~14:10	-	15
第 4 講 操縦編 (座学+実習)	14:10~15:15	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 12: 組立、解体 13: 電源投入 14: アプリ起動 15: ステータス確認 16: チェックリスト確認	45
休憩	15:15~15:30	-	
第 4 講 操縦編 (座学)	15:30~16:10	屋内操縦実習 (DJI Mavic Mini)	40
休憩	16:10~16:20	-	15
第 5 講 安全管理について (座学)	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

7-2 カリキュラム構成 (2日目)

大項目	推奨研修時間	中項目	時間配分(分)	
第9講 ドローン 手動操縦 (実技)	飛行前確認 (周囲)	9:00~9:30	安全な飛行体制か 天候・気温・風速が飛行に適当か 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	30
	飛行前確認 (機体)	9:30~10:00	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 プロポの状態確認と起動方法	30
	アプリ説明 (DJI Go 4)	10:00~10:30	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	30
	①基礎1(GNSSあり) ★基礎1・2の意義：ドローンの基本的な操作を学ぶ	10:30~12:00 ※適宜休憩	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	90
	昼休み	12:00~13:00	-	60
	②基礎2(GNSSあり)	13:00~15:30 ※適宜休憩	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	120
	③基礎3(ATTI) ★基礎3・4の意義：GNSS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、GNSSを切ったATTIモードでの操縦を身につける。	15:30~17:00 ※適宜休憩	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

表 7-3 カリキュラム構成 (3 日目)

大項目		推奨研修時間	中項目	時間配分(分)
第 9 講 ドローン 手動操縦 (実技)	③基礎3(ATTI) ★基礎3・4の意義： GNSS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、GNSSを 切ったATTIモードで の操縦を身につける。	9:00~12:00 ※適宜休憩	ホバリング(復習)	180
			T字[左右](復習)	
			スクエア (反時計) (復習)	
			狭い隙間を抜ける手動操縦訓練	
			苗木撮影練習	
休憩・移動		12:00~13:30	-	90
第 6 講 航空写真測量 (座学)		13:30~14:45	1 : 航空写真測量とは	75
			2 : ドローン測量	
			3 : ドローン測量の必要機材	
			4 : (1) カメラ概説	
			4 : (2) 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				
休憩		14:45~14:55	-	10
第 7 講 自動飛行計画 (座学)		14:55~16:30	1 : 自動飛行とは	95
			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 : 4 日目実習のための飛行計画 作成	

表 7-4 カリキュラム構成 (4 日目)

大項目	推奨研修時間	中項目	時間配分(口分)
第10講 ドローン自動飛行 (実技)	9:00~10:00	1: 周辺現場確認 2: 安全な離発着の確認 3: 着陸場所設置 4: 機体の組立 5: 監視員の配置確認 6: メンテナンス飛行	60
休憩	10:00~10:10	-	10
第10講 ドローン自動飛行 (実技)	10:10~12:00	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 伝達事項 木々の間を通す飛行 撮影データの確認 SDカードの残量確認 模擬飛行	110
休憩・移動	12:00~13:30	-	90
第5講 安全管理について (座学)	13:30~13:50	安全 (模擬リスク対策)	20
休憩	13:50~14:00	-	10
第8講 解析研修 (座学+実習)	14:00~15:30	今日の話の流れ Agisoft Metashape 概説 休憩 SFM、アラインメント 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	90
	15:30~16:10	樹冠表面高モデル (DCSM) の作 成と出力 面積計算 実証実験結果からわかること 応用分野	40
	16:10~16:50	QGISと申請	40
4日間の振り返り	16:50~17:00	4日間の振り返り	10

表 7-5 第 1 講

タイトル	<b>①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> <li><u>・実業におけるドローンの応用例を知る。</u></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>(実業におけるドローン)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><u>・実業におけるドローンの応用例を説明する。</u></li> </ul>	
研修時間の目安 <b>【50分】</b>	
<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作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 7-6 第 2 講

タイトル	<b>②航空法と許可申請（座学および実習）</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>	
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 以上の飛行のための申請手続きを自身で行える必要がある。	
<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・条例や<u>林業現場でよくみられる「物件」について</u>、飛行環境の特殊さと紐づけて説明する。 <u>小テストにより、法規の理解をチェックする。</u></li> </ul> <p>(許可申請方法)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>インターネットによる、DIPS での申請入力、FISS での飛行情報共有入力について投影画面で説明する。</u></li> <li>・ <u>書類での飛行申請について実際にフォーマットに記入する練習を行う。</u></li> <li>・ <u>目視外飛行については、包括申請と個別申請の 2 種類を説明する。</u></li> <li>・ <u>高度 150m 以上の飛行申請を説明する。</u></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> <p>研修時間の目安 <b>【130 分】</b></p>	
<b>ポイント</b>	
<p>(法規)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 航空法以外にもドローンがかかわる法律は数多く存在する。</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>	
<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 7-7 第 3 講

タイトル	<b>③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>初心者がドローンを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によって、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 <b>【15 分】</b></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>事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 7-8 第 4 講

タイトル	④操縦（座学および実習）
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、動画で説明し、<u>実習を行う</u>。</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し、<u>実習を行う</u>。</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し、<u>実習を行う</u>。</li> <li>・<u>DJI Mavic Mini</u> 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 45 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>・<u>DJI Mavic Mini</u> を用いて ATTI モードを体験する。</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>・<u>実習により、組立、解体、電源投入、アプリ起動およびステータス確認を受講者が独力で行えるようにする</u>。</li> </ul> <p>(操縦)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>DJI Mavic Mini</u> 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>・<u>DJI Mavic Mini</u> 使用の可否を事前に施設に確認する。</li> <li>・<u>DJI Mavic Mini</u> 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 7-9 第 5 講

タイトル	<b>⑤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>1 日目の研修時間の目安【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 7-10 第 6 講

タイトル	<b>⑥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> <li>・<u>検証実験で用いたソフトを中心に数種類紹介する。また全国アンケートをもとに全国の森林組合で使用しているソフトのシェアの現状を説明する。</u></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> <li>・<u>失敗した写真や成功した写真の例を紹介し、オーバーラップ率、サイドラップ率の重要性を説明する</u></li> </ul>	

表 7-11 第 7 講

タイトル	⑦自動飛行計画作成（座学および実習）
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>
本研修の必要性	
<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、自動飛行計画作成ソフト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>	
内容	
<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 <b>【95 分】</b></p>	
ポイント	
<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> <li>・<u>斜面で飛行させる際には、標高差と樹高を想定してラップ率を設定することを説明する。</u></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>	
講師の注意点	
<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 7-12 第 8 講

タイトル	<b>⑧解析研修（座学および実習）</b>
受講者の到達目標	<p>(解析方法)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ SfM ソフトの基本機能を理解し、扱えるようになる。</li> </ul> <p>(成果物の応用)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>オルソ画像が QGIS にインポートできることを理解する。</u></li> <li>・ <u>提出用の造林申請書類を作成できるようになる</u></li> </ul>
<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>(成果物の応用)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>QGIS への成果物インポートについて説明する。</u></li> <li>・ <u>造林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。</u></li> <li>・ <u>造林申請の書き方について投影資料で記載例を見せながら紹介する</u></li> </ul> <p><b>研修時間の目安【170 分】</b></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> <p>(成果物の応用)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>座標を表す X-Y が、ソフトによっては経度-緯度、緯度-経度の両方がある。</u></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 7-13 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> <li><u>木々に囲まれた離着陸地点を想定した垂直上昇練習を行う。</u></li> <li><u>苗木撮影を想定した、水平に飛行しながら地上物を撮影する練習を行う。</u></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【660分】（●休憩の時間が入っているので600分では？）</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 7-14 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） ・自動飛行を行うことができる。 ・自動飛行を用いて連続撮影を行うことができる。
<b>本研修の必要性</b>	
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。	
<b>内容</b>	
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。 （自動飛行） <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> <li>・<u>自動から手動に切り替えての垂直離着陸を練習する。</u></li> </ul> 研修時間の目安【110 分】	
<b>ポイント</b>	
（自動飛行） <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>	
（自動飛行） <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>	