

森林づくりへの異分野技術導入・実証事業
(リモートセンシング研修)

実 施 報 告 書

2020年9月

ブルーイノベーション株式会社

内容

1. 事業の概要	4
1.1 森林整備事業へのリモートセンシング技術等の活用	4
1.1.1 森林整備事業の概要	4
1.1.2 森林整備事業の課題	5
1.1.3 リモートセンシング技術等の活用を前提とした通知類の整備	6
1.1.4 具体的な運用	8
2. 森林整備事業の申請・検査に必要となる記録等について	16
2.1 資料の収集	16
2.2 記録の抽出	17
2.3 各都道府県におけるオルソ画像の活用状況	18
3. 全国の林業従事者向けアンケートの実施及び結果	19
3.1 アンケートの実施目的・対象者・実施方法等	19
3.2 結果	19
3.3 結果分析	28
3.4 研修内容への反映	28
4. 林業現場でのリモートセンシング技術の検証	29
4.1 検証の概要	29
4.2 検証実施箇所	29
4.2.1 植付・下刈り実施箇所（植栽地）	30
4.2.2 間伐実施箇所	31
4.3 検証方法	32
4.3.1 植付・下刈り実施箇所（植栽地）の検証方法	32
4.3.2 間伐実施箇所の検証方法	33
4.4 自動飛行計画作成ソフトについて	34
4.5 ドローン機種及びオルソ化ソフト等の選定	38
4.5.1 ドローン機種選定	38
4.5.2 オルソ化ソフト又はサービスの選定	41
4.6 面積検証	56
4.6.1 植付・下刈り箇所での面積検証	56
4.6.2 間伐実施箇所での面積検証	60
4.6.3 面積検証の結果	64
4.7 施業の実施状況の検証	65
4.7.1 植付状況の検証	65
4.7.2 下刈り状況の検証	68
4.7.3 間伐状況の検証	73
4.7.4 施業状況の検証方法	76
4.8 検証結果のまとめ	77
4.9 ドローン測量と他の面積計測手法との比較検証	78
4.10 現地検証結果を踏まえた森林整備事業の申請・検査へのリモートセンシング技術の反映	82
4.10.1 調査目的・方法	82
4.10.2 森林整備補助事業申請及び検査規定におけるドローンで撮影したオルソ画像等の反映について	82
4.10.3 東京都森林整備補助事業等竣工検査内規におけるドローンで撮影したオルソ画像等の活用	88
5. 林業現場向けドローン研修の暫定カリキュラム作成	95
5.1 カリキュラム構成の考え方	95
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	95
5.2.1 飛行環境	95
5.2.2 飛行計画	97
5.2.3 安全管理	99
5.2.4 アプリケーション	102
5.2.5 データ解析	102
5.3 林業現場向けドローン研修の暫定カリキュラム	103
6. 林業現場向けのドローン研修の試行	117

6.1 試行研修の開催場所.....	117
6.1.1 試行研修の開催場所の選定.....	117
6.1.2 試行研修の開催場所.....	118
6.2 林業現場向けドローン研修の試行実施.....	121
6.2.1 総論.....	121
6.2.2 東京都実施（第1回目）.....	121
6.2.3 茨城県実施（第2回目）.....	123
6.2.4 岐阜県実施（第3回目）.....	125
6.3 効果検証（研修試行実施からのフィードバック）.....	128
7. 林業現場向けのドローン研修のカリキュラム.....	131
8. まとめ.....	146
8.1 林業現場向けのドローン研修の全国での開催.....	146
8.2 今後の展開.....	147
参考文献.....	148

用語集

用語	説明
SfM ソフト	SfM ソフトは、複数枚の写真から対象物の形状を復元する技術である SfM (Structure from Motion) を原理とした航空写真解析ソフトウェア。ソフト上で対象物の三次元モデルを作成し、オルソ画像の作成や面積の算出を可能にする。
DEM/DSM/DTM	DEM(Digital Elevation Model)は数値標高モデル 主にコンピューターで扱うことを目的として、地表面及び地物表面を等間隔の正方形に区切って各正方形の中心の標高値を集めた地形データ(メッシュデータ)のこと。DTM と同義で使用される場合もある。 DSM(Digital Surface Model)数値表層モデル (DSM) 地物表面の標高値を集めたメッシュデータ。 DTM(Digital Terrain Model) 数値地形モデル 地表面の標高値を集めたメッシュデータ。
GNSS	GNSS(Global Navigation Satellite System / 全球測位衛星システム)は、GPS(アメリカ)、GLONASS(ロシア)、Galileo(欧州)、QZSS(日本)など世界各国が運用している人工衛星を活用して位置測位を行うシステムのこと
非 GNSS 操縦	ドローンの位置制御に GNSS を用いない操縦方法のことで、GNSS の測位環境が悪い場合に測位誤差などに起因する誤動作のリスクが減る一方で、機体の安定性が下がるデメリットがある。
ATTI モード	DJI 製ドローンにおいて、非 GNSS 操縦を行う際の飛行モードの名称。
高高度撮影	本検証においては、ドローンが地上から目視しにくくなる標高約 30m 以上で行うドローンによる空撮のことを指している。

1. 事業の概要

1.1 森林整備事業へのリモートセンシング技術等の活用

1.1.1 森林整備事業の概要

我が国の国土の3分の2を占める森林は、国土の保全、水源の涵養、地球温暖化の防止、生物多様性の保全、木材等の林産物供給などの多面的機能を担っている。このため、国（農林水産省林野庁）は「森林整備事業」を公共事業と位置づけ、森林の整備に対する支援を実施している。

この森林整備事業は、国が事業を直接行うのではなく、国が都道府県に補助金を交付した上で、補助事業の実務を担う都道府県が、施業を実施した森林所有者や林業経営体に対し、単位面積当たりの事業費に基づいて算定された補助金を支払う仕組みとなっている。

森林整備事業は、複数の事業メニューから構成されるが、その中心となる「森林環境保全直接支援整備事業」では、植付や下刈り・間伐等の施業や路網整備などを補助の対象としている（表 1-1 参照）。

表 1-1 森林環境保全直接支援整備事業

施業名	内容
植付	伐採跡地などの残材や枝葉を整理し(地ごしらえ)、苗木を植付ける作業。
下刈り (植栽後1~5年)	苗木を植付けた後に生えてくる雑草木を刈り払う作業。
除伐(植栽後 25年生以下)	下刈りが終了した後、植栽木の生育を阻害する樹木を伐採するとともに、生育・形状の悪い植栽木を伐る作業。
間伐(植栽後 60年生以下)	成長に伴い植栽木同士が生育を阻害するようになった段階で、植栽木を抜き伐り本数を調整する作業。植栽木が小さい段階では伐採のみ(保育間伐)。木材として利用する場合は伐採木を搬出して利用(間伐)
更新伐	人工林の広葉樹林化の促進などを目的として、抜き伐りや群状の伐採等を行う作業。
鳥獣被害対策	植付や間伐等の実施に合わせて、シカなどの野生鳥獣の被害から植栽木を守るための防護柵の設置等を行う作業。
路網整備	上記の作業を行う際に必要となる森林作業道等の開設。

1.1.2 森林整備事業の課題

森林整備事業は、施行地（下刈りや間伐などの施業が行われた現場）の数が 2017（平成 29）年度の実績で 13 万 7,134 件に及んでおり²⁾、申請・検査に関し、以下のような課題が顕在化している。

① 図面等の作成

森林整備事業の補助金の申請には、位置図（施行地の位置を示すもの）、施業図（施行地の形状・面積を示した図面）、作業前・作業中・作業後の写真の添付が必要とされており、その作成に手間を要する。

② 現地検査

補助金の申請のあった施行地のうち、一定の割合で抽出したものについては、申請者・検査員の双方が立ち合って行う現地検査が必要とされており、関係者の負担となっている。

③ データの活用

補助金の申請に当たって作成した図面等は、補助金の交付や会計検査対応のみに利用されており、これらの図面等のデータを蓄積し、施業の効果検証やこれに基づく効率的な事業のあり方の検討、施業実績に基づく将来の森林の姿の予想などに活用する仕組みとなっていない。

1.1.3 リモートセンシング技術等の活用を前提とした通知類の整備

林野庁では、森林・林業分野において衛星画像、空中写真、ドローンや航空レーザー等のリモートセンシング技術等の活用が進んできていることを踏まえ、森林整備事業の申請・検査でのこれらの技術の活用に向けた検討を行った。

具体的には、2019（令和元）4月から7月にかけて、森林整備事業に関わる都道府県・森林組合等の職員やドローン等の専門家等から構成される検討委員会において検討を行い、植付や下刈り・間伐などの施業の実施に合わせた撮影が可能であること、苗木の植栽や立木の伐採の状況がわかる解像度を得ることができることなどから、ドローン等の活用を進めることとした。

この結果、ドローン等の活用が可能となるよう森林整備事業の申請・検査に関する内規例等が2020（令和2）年3月に改正され、GIS データ（シェープファイル）やオルソ画像・ドローン写真等の提出があれば作業前・作業中・作業後の写真を不要とする、ドローン等の画像を含む申請書類で施業の実施状況が把握できる場合には現地検査を省略できる、などの仕組みが盛り込まれ、2020（令和2）年4月から適用されている。（図1-1および図1-2）

なお、この改正では、森林所有者や林業経営体の一部にしかドローン等がまだ普及していないことから、従来の方法での申請・検査も引き続き可能とされている。

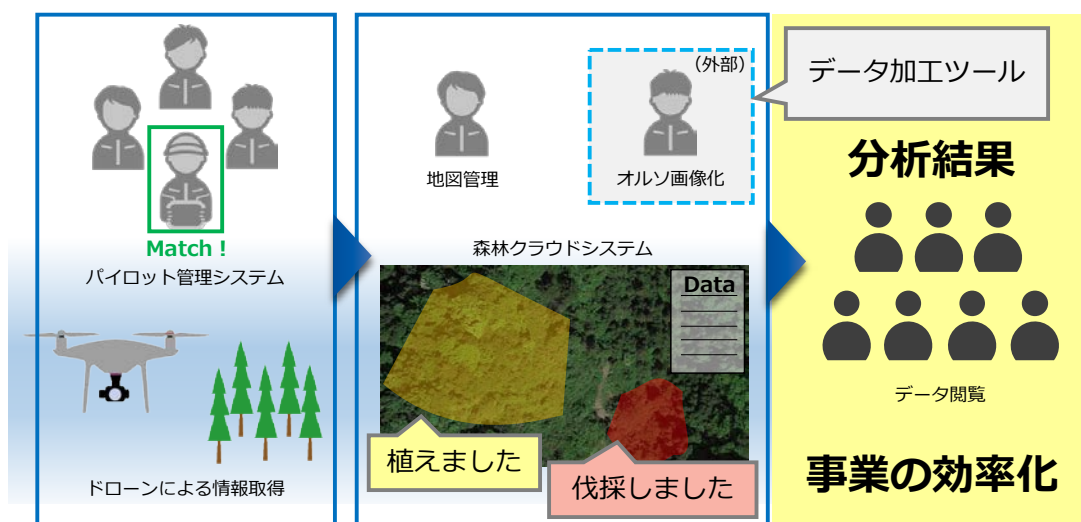
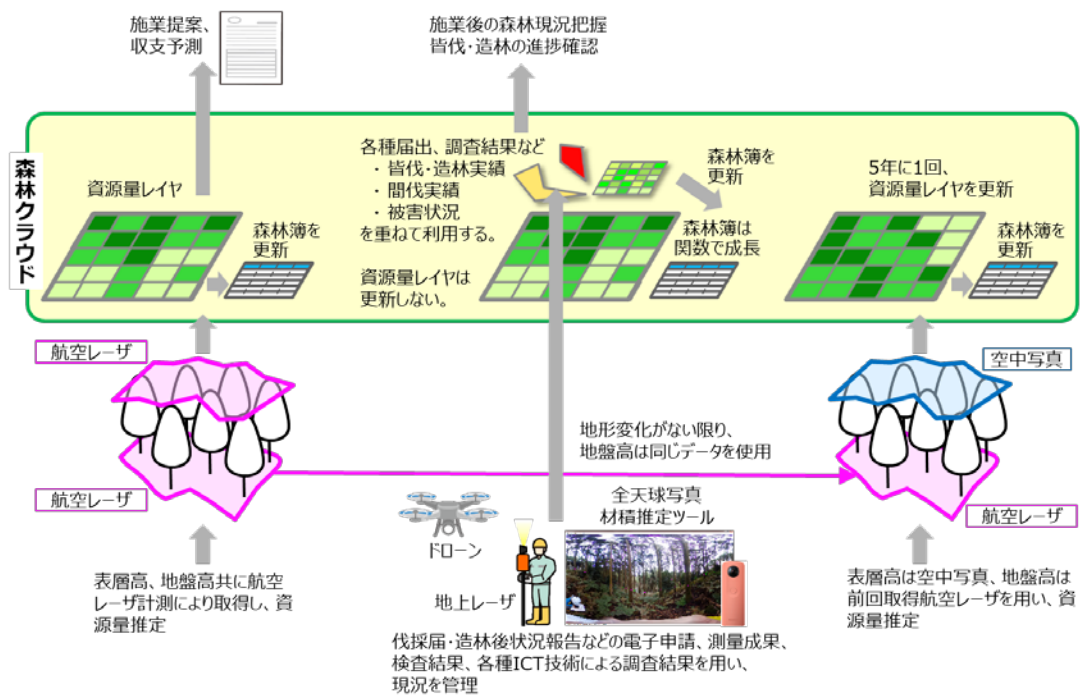


図 1-1 森林整備事業へのリモートセンシング技術導入のイメージ



「平成 29 (2017) 年度森林情報高度活用技術開発事業のうち森林クラウド実証システム開発事業報告書」
 (平成 30 (2018) 年 3 月 一般社団法人日本森林技術協会、パシフィックコンサルタンツ株式会社、株式会社パスコ) に加筆

図 1-2 目指すべき森林情報の管理体制

1.1.4 具体的な運用

ドローンを活用した場合の植付・下刈り・間伐における申請・検査の具体的な流れは概ね次のとおりである。

① 申請

申請にあたり、申請者はドローンで施行地を撮影する。撮影回数は、実施状況が判別しやすい植付や下刈りについては施業後に 1 回、実施前後の比較が必要な間伐については施業前後の 2 回となる。このドローンによる撮影は、施業の進捗や天候に応じて臨機応変に実施する必要があることから、外部サービスではなく申請者が自ら実施することが基本になる。

次に申請者は、GIS 上でオルソ画像を用いて施行地の境界を測定する（図 1-3）。申請者は、都道府県への補助金申請時にこれらのオルソ画像・GIS データ（シェープファイル）を送付する。

② 検査

申請を受け付けた都道府県は、オルソ画像・シェープファイルを GIS に読み込み、施行地の位置や形状・面積を確認する。また、GIS に読み込んだオルソ画像から施業の実施状況（植栽本数、下刈りの状況など）を確認する。間伐の場合は、間伐前と間伐後のオルソ画像を比較して伐採状況を確認する。

これにより施業状況等が確認できる場合には、従来の「現地検査」は不要となる。ただし、画像から施業の実施状況が十分に確認できない場合には、これまでと同様、一定の割合で抽出した申請について現地に赴いて確認する。

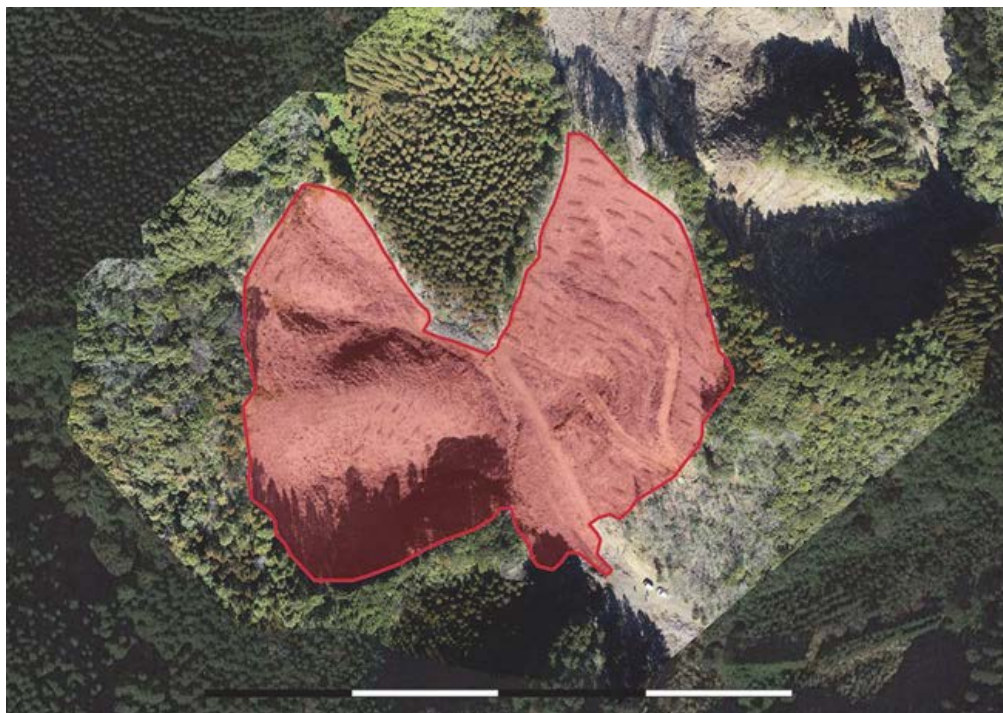


図 1-3 GIS 上で重ねられた造林施行地のオルソ画像と

測量区域を示すポリゴン

1.2 事業の目的と内容

本事業は、森林整備事業でのリモートセンシング技術等の導入・普及に向け、植付や間伐等の実施状況の把握に適したドローンの飛行方法や撮影した画像の解析方法を整理した上で、林業従事者等がドローンの飛行方法や画像撮影、解析等のノウハウを効率的に取得できる林業現場向けドローン研修のカリキュラムの作成を行うものである。

また、現在、都道府県が管理する森林簿や計画図等については、森林 GIS による保存や管理・更新が行われているが、森林整備事業の申請・検査については紙ベースで処理されることが依然として通例であり、森林簿や計画図等への反映は別途の作業を要するなど森林 GIS との連携は十分に図られていない。このような中、森林整備事業の申請・検査にドローンやオルソ画像等の活用が進むことは、単に申請・検査の省力化につながるのみならず、申請に際して提出されたオルソ画像等を森林 GIS に取り込むことにより、森林情報の管理体制の強化及び効率化につながる可能性を有している。

このような状況を踏まえ、本事業においては、ドローン等を利用した申請・検査の実現に加え、**図 1-1 に示すように、リモートセンシング技術を利用した森林資源量情報（図 1-2 目指すべき森林情報の管理体制）**及びドローン等を利用した施業情報（申請・検査も含む）が森林クラウド上で更新・利活用される体制の実現も視野に置くこととする。

・ 1.3 事業の流れ

本事業では、まず、各都道府県の森林整備事業の申請・検査に必要とされている記録（申請書、図面、写真など）について整理し、求められる記録がドローンを活用して作成できるかどうかを検討した。

また、リモートセンシング技術等の活用状況や研修に対する要望を把握するため、林業従事者や都道府県職員等に対するアンケートを実施した。

その上で、ドローン機種やオルソ化ソフトの選定、飛行高度や自動飛行の手法、オルソ画像の精度の確認など林業現場でのリモートセンシング技術の検証を行った。（以後「検証」と記載する。）

これらを踏まえ、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、3回の研修を試行した上で、カリキュラムの最適化を行った。図 1-4 に全体の実施フローを示す。

（以後「研修」と記載する。）

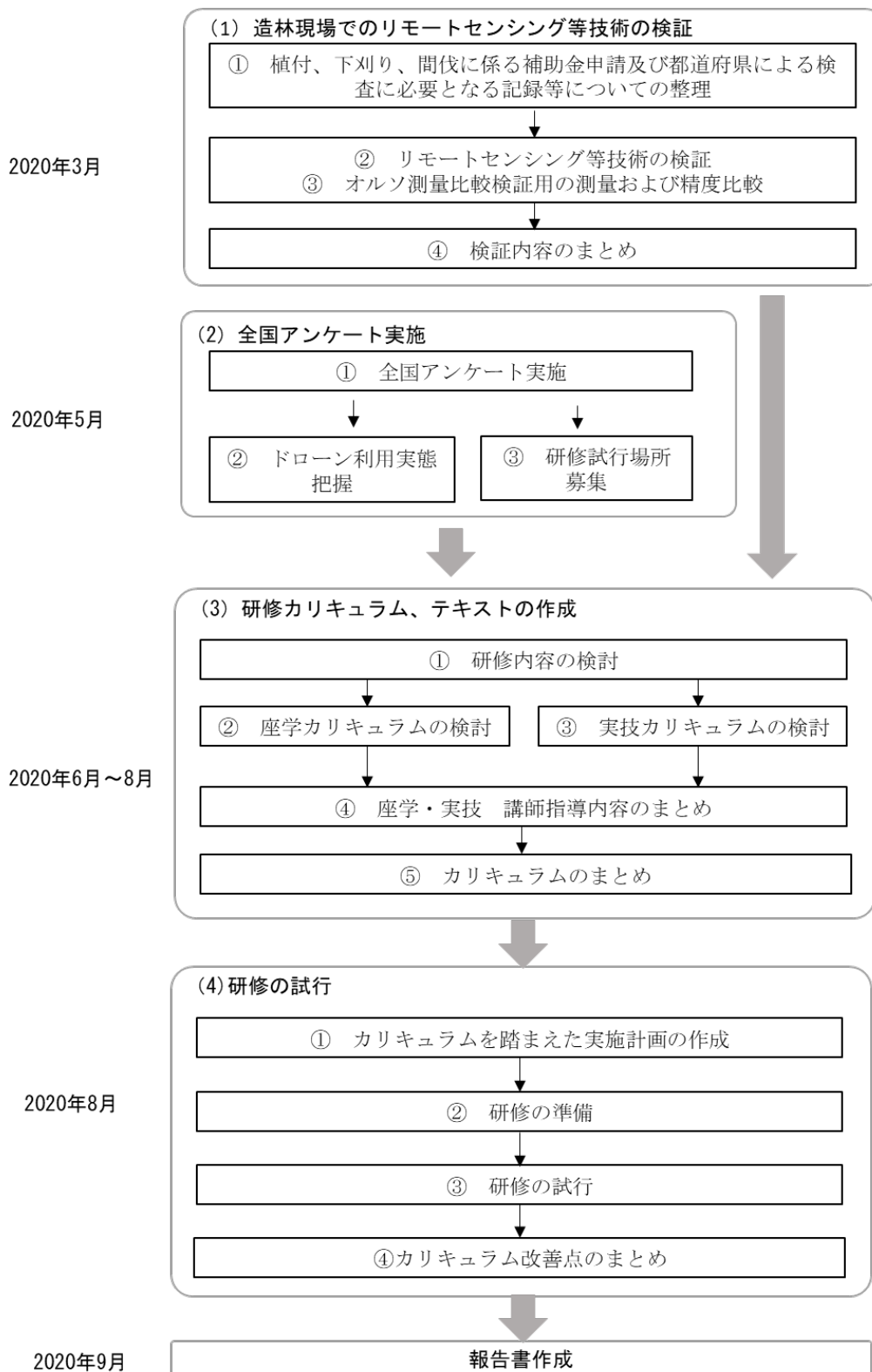


図 1-4 事業実施フロー（全体）

1.2.1 林業現場でのリモートセンシング技術の検証

① 既存データの整理

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(申請書、図面、写真など)について各都道府県共通のものと独自のものに整理・分類した。さらに、それらのデータ項目の作成等について、ドローン活用可否の検証項目を整理した。

- ・47 都道府県から申請・検査に必要なデータ項目等を収集
- ・申請・検査に必要な共通のデータ項目と各都道府県独自のデータ項目に整理・分類
- ・データ項目作成等へのドローン活用可否の検証項目を整理

② 全国的林業従事者向けアンケートの実施

研修の試行に先立ち、林業従事者等のドローンの活用状況、研修に対する要望等を把握するため、アンケートを実施した。

③ 林業現場でのリモートセンシング技術の検証

ドローン機種やオルソ化ソフトの選定、飛行高度や自動飛行の手法、オルソ画像の精度の確認など林業現場でのリモートセンシング技術の検証を行った。

使用するドローン機種

検証で使用するドローンは、入手しやすさ、操作性、撮影時の安定性、画質等から以下の機体を選定した。

DJI 社製 Inspire2、Mavic 2 Pro、Phantom 4 Pro、Mavic 2 Zoom、Phantom 4 RTK

検証日程

- 植付のドローン活用検証；1回(2020(令和2)年4月30日～5月2日)
- 下刈りのドローン活用検証；1回(2020(令和2)年7月8日～7月10日)
- 間伐実施前のドローン活用検証；1回(2020(令和2)年6月4日)
- 間伐実施後のドローン活用検証；2回(2020(令和2)年8月5日、9月2日)

画像処理方法

ドローンで撮影した写真から、測量区域のオルソ画像を作成する解析ソフト(SfMソフト)については、様々な利用ケースを想定し、市販ソフト、フリーソフト、オンラインのオルソ化サービスなどから入手可能と考えられるもの5種類を選定した。

- ・Agisoft Metashape Professional
- ・Pix4D Mapper
- ・Open Drone Map
- ・Drone Deploy
- ・くみき

1.2.2 林業現場向けドローン研修の暫定カリキュラム作成

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結果、林業現場でのリモートセンシング技術の検証を踏まえ、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。

座学カリキュラム

座学カリキュラムについては、今後ドローンを運用するにあたって必要となる知識（概論、法律、安全）及びドローンで取得した撮影データを検査で活用するための解析方法を盛り込んだ。

（ドローン活用のカリキュラム）

- ・航空写真測量
- ・運用方法
- ・操縦編
- ・無人航空機概論
- ・航空法と許可申請
- ・自動飛行計画
- ・安全管理について

（写真データ解析のカリキュラム）

- ・写真解析

実技カリキュラム

実技カリキュラムについては、受講者が林業現場で活かせる技術を習得できるよう、操縦の基礎である手動飛行から自動飛行の活用までを盛り込んだ。

1.2.3 林業現場向けドローン研修の試行

1.2.2に記載した暫定カリキュラムにより、第1回目の研修を試行した。第2回目、第3回目の研修では、それ以前に実施した試行研修での受講者等からの要望等を踏まえ、随時改善を行いながら実施した。

① 研修試行の実施計画の作成

全国3箇所の選定と開催自治体との日程調整を実施した。
研修は、秋田県、東京都、大分県の3箇所での開催を予定していたが、新型コロナウイルスの影響や豪雨災害のため、秋田県・大分県での開催ができなくなり、これに代わる開催として茨城県と岐阜県を選定した。

② 研修の準備

暫定カリキュラムの内容を踏まえ、ドローン機体、バッテリー、備品等の準備、パソコン、タブレット端末、投影設備、トイドローン、ソフトウェア、解析実習用サンプルファイル等の準備を行った。また、新型コロナウイルスの感染予防策を講じた。

③ 研修の試行

全国3箇所にて暫定カリキュラムで研修を試行した。

④ カリキュラム改善点のまとめ

研修の試行の結果（受講者向けアンケートの回答内容や意見等）を踏まえ、林業現場向けドローン研修のカリキュラムを作成した。

・ 1.3 活動体制

本事業は、以下の体制で実施した。

(1)ブルーイノベーション株式会社

(主担当：カリキュラム、テキストの作成、研修の試行、検証)

業務管理	那須 隆志	担当：責任者
実施担当	酒井 和也 (JUIDA 認定講師 (ドローン講習))	担当：実施内容の統括
	柴崎 誠 (JUIDA 認定講師 (ドローン講習))	担当：カリキュラム、テキストの作成
	前川 淳 (JUIDA 認定講師 (ドローン講習))	担当：カリキュラム、テキストの作成
	津田 真弓 (JUIDA 認定講師 (ドローン講習))	担当：カリキュラム、テキストの作成
	田上 周 (JUIDA 認定講師 (ドローン講習、測量士 補))	担当：カリキュラム、テキストの作成
	奥 由美子	担当：カリキュラム、テキストの作成
	金指 美樹	担当：カリキュラム、テキストの作成

(2)一般社団法人日本森林技術協会

(主担当：林業現場でのリモートセンシング技術の検証)

業務管理	宗像 和規 (測量士、森林情報士 (森林 GIS1 級))	担当：責任者
実施担当	大萱 直花 (技術士 (森林、総合技術監理)、測量 士、森林情報士 (GIS1 級、航測 1 級))	担当：検証総括
	篠原 正太 (森林情報士 (森林 GIS1 級))	担当：主査、ドローン 撮影
	塔筋 太郎 (無人航空従事者試験 (2 級)、測量士、 森林情報士 (森林航測 1 級))	担当：データ解析
	鏡内 康敬 (無人航空従事者試験 (マルチコプター) 1 級)	担当：ドローン撮影、 オルソ画像作成
	瀬戸 智大 (無人航空従事者試験 (マルチコプター) 1 級、森林情報士 (森林航測 2 級))	担当：ドローン撮影、 オルソ画像作成