

令和3年度

ドローンを活用した新たな造林技術の実証・調査事業

報 告 書

令和4（2022）年3月

**林野庁**



## 目次

<b>1. 事業の概要</b> .....	<b>1</b>
1.1. 事業名 .....	1
1.2. 事業目的.....	1
1.3. 事業内容.....	1
1.3.1. 検討委員会の設置・運営.....	1
1.3.2. ドローン等を活用した新たな造林技術の調査・分析 .....	1
1.3.3. ドローンを活用した造林技術の調査・分析 .....	2
<b>2. 事業成果要約</b> .....	<b>4</b>
2.1. 検討委員会の設置・運営.....	4
2.2. ドローンを活用した造林技術の調査・分析 .....	4
2.3. 新たな造林技術の普及に向けた実証 .....	4
2.3.1. ドローンを活用した苗木等運搬の実証等.....	4
2.3.2. 植栽位置の自動マーキング .....	10
2.3.3. 荒廃地等への播種・吹付による緑化 .....	11
2.3.4. ドローン運用管理システムの設計 .....	12
<b>3. 検討委員会の設置・運営</b> .....	<b>13</b>
3.1. 検討委員会の設置.....	13
3.2. 検討委員会の運営.....	14
<b>4. ドローンを活用した造林技術の事例調査・分析</b> .....	<b>16</b>
4.1. 調査・分析方法.....	16
4.1.1. ヒアリング調査.....	16
4.1.2. 文献調査.....	16
4.2. 調査・分析結果.....	17
4.2.1. ヒアリング調査結果 .....	17
4.2.2. 文献調査結果 .....	17
<b>5. ドローンを活用した苗木等運搬の実証</b> .....	<b>21</b>
5.1. 実証地と実証に用いたドローン.....	22
5.2. 苗木等運搬の実証のための調査方法の検討 .....	23
5.2.1. 調査方法.....	23
5.3. 実証地詳細及び調査結果.....	24
5.3.1. 岩手県奥州市（実証 No.1） .....	24
5.3.2. 宮城県石巻市（実証 No.2） .....	29
5.3.3. 長野県大桑村（実証 No.3） .....	33
5.3.4. 和歌山県田辺市（実証 No.4） .....	37
5.3.5. 愛媛県四国中央市（実証 No.5） .....	41
5.3.6. 宮崎県延岡市（実証 No.6） .....	45
5.4. ドローンの活用が効果的となる作業手法・作業体制 .....	49
5.4.1. ドローンの規格別の作業方法・作業体制.....	49

5.4.2. 各実証での作業手法の把握と作業項目別の作業時間の分析 .....	51
5.4.3. 実証結果を踏まえた最適な作業手法・体制等 .....	56
5.5. ドローン運搬による省力化（作業負荷軽減）への効果の検討 .....	57
5.6. ドローン運搬が有効となる環境条件 .....	59
5.6.1. 環境条件の分析方法 .....	59
5.6.2. 分析のための条件設定 .....	61
5.6.3. 分析に使用した実証地 .....	63
5.6.4. 分析結果 .....	64
5.6.5. ドローン運搬が有効となる環境条件のまとめ .....	70
5.7. ドローン運搬による低コスト化への効果 .....	71
5.7.1. ドローンを購入する場合の低コスト化の条件 .....	71
5.7.2. 委託する場合の低コスト化の条件 .....	74
5.7.3. 購入と委託の場合の低コスト化のポイントと課題 .....	76
5.8. ドローンの効率的効果的な運用方法の検討 .....	77
5.8.1. 情報収集、整理 .....	77
5.8.2. ドローンの効率的効果的な運用方法の整理 .....	79
5.9. 工程分析調査票案の作成 .....	80
5.10. ドローンを活用した苗木等運搬マニュアルの作成 .....	87
<b>6. ドローンを活用した植栽位置の自動マーキング .....</b>	<b>88</b>
6.1. 実証機種 of 検討・開発及びマーキング手法や自動飛行プログラムに関わる調査 .....	88
6.2. 自動マーキング実施時の法規に基づく制限事項の整理 .....	89
6.3. ドローンを用いた植栽位置の自動マーキングの実証 .....	90
6.3.1. 第1回目実証北海道当別地区 .....	90
6.3.2. 第2回目実証北海道野幌森林公園 .....	91
6.3.3. 第3回目実証埼玉県さいたま市 SAITAMA ドローン練習場 .....	93
<b>7. ドローンを活用した荒廃地等への播種・吹付による緑化 .....</b>	<b>95</b>
7.1. 急斜面荒廃地等に適した緑化用種子・基材及びドローンによる緑化方法の調査 .....	95
7.1.1. 基材の開発と緑化方法についての方向性 .....	95
7.1.2. 基材内容 .....	96
7.2. ドローンのアタッチメント及びその作動プログラムの調査・検討 .....	96
7.3. ドローンによる緑化に適した環境条件、実証地、及び飛行プログラムの検討 .....	97
7.4. ドローンを活用した荒廃地等への緑化の実証 .....	98
7.4.1. 実証地 .....	98
7.4.2. 試験概要 .....	98
<b>8. ドローン運用管理システムの設計 .....</b>	<b>103</b>
8.1. 調査概要 .....	103
8.1.1. 背景及び目的 .....	103
8.1.2. 調査項目 .....	104
8.2. 現状調査 .....	104
8.2.1. 現状調査の方法 .....	104



8.2.2. 現状調査の結果.....	104
8.3. 実証によるシステム上の課題抽出 .....	113
8.3.1. 実証の目的・方法.....	113
8.3.2. 実証結果.....	115
8.4. 必要なドローン運用管理システムの要件.....	124
<b>9. 今後の課題及び次年度以降望まれる調査.....</b>	<b>126</b>
9.1. ドローンを活用した苗木等運搬.....	126
9.2. ドローンを活用した植栽位置の自動マーキング.....	127
9.3. ドローンを活用した荒廃地等への播種・吹付による緑化 .....	127
9.4. ドローン運用管理システムの設計 .....	128
<b>10. 巻末資料.....</b>	<b>130</b>
10.1. 検討委員会議事概要.....	130
10.1.1. 第1回検討委員会議事概要.....	130
10.1.2. 第2回検討委員会議事概要.....	134
10.1.3. 第3回検討委員会議事概要.....	137
10.2. 文献調査結果 .....	140
10.3. ヒアリング結果 .....	145
10.4. ドローンを活用した苗木等運搬の実証調査計算表.....	191
10.5. 購入の場合のコスト分析票.....	195
10.6. 委託の場合のコスト分析票.....	199
10.7. ドローンを活用した苗木等運搬マニュアル.....	200

# 1. 事業の概要

## 1.1. 事業名

令和3年度ドローンを活用した新たな造林技術の実証・調査事業

## 1.2. 事業目的

戦後造成された人工林が主伐期を迎える中、森林資源の循環利用の確立と公益的機能の維持・向上の両立を図る必要があるが、主伐後の再造林の確保に加え、近年多発する地震、台風等による裸地化した森林の再生も課題となっている。一方で、日本の森林の大半は急傾斜地にあり、造林作業は高コストのみならず労働強度の高い状況となっており、担い手不足の深刻化も懸念されている。

そのため、急傾斜地である日本の森林に対応した、ドローンを活用した造林技術の実証・調査を実施し、低コスト・省力的な造林技術を確立し、普及に繋げることを目的とした。

## 1.3. 事業内容

### 1.3.1. 検討委員会の設置・運営

事業の実施に当たっては検討委員会を設置し、技術的指導や助言を受けた。検討委員会は3回開催し、開催時期等については林野庁担当職員と調整のうえ決定した。

- (第1回) 全体計画、調査方法、事業実施に当たっての留意事項の検討等
- (第2回) 現地調査結果の報告、得られた知見の整理
- (第3回) 分析結果の報告

委員は5名とし、学識経験者や業界団体等がバランス良く含まれるよう配慮し林野庁担当職員と調整のうえ決定した。なお、検討委員会における審議により事業内容について変更があり得るものとした。

### 1.3.2. ドローン等を活用した新たな造林技術の調査・分析

ドローンを活用した造林技術等について、林野庁委託事業「令和2年度ドローンを活用した新たな造林技術の実証・調査事業」により、国内外の先進事例や他産業における林業分野への応用が期待できる事例、文献調査、事業者等からのヒアリング等により情報を収集し、実現可能性や将来性等の調査結果をまとめている。本事業を実施するに当たり、当該調査結果を活用するとともに、最新の情報を収集し分析等を行った。調査・分析の対象等は以下のとおりとした。

#### (1) 調査・分析対象

- ア 苗木等運搬(苗木、獣害対策資材)
- イ 植栽位置の自動マーキング
- ウ 荒廃地への播種・吹付による緑化
- エ ドローン運用管理システムの設計

### 1.3.3. ドローンを活用した造林技術の調査・分析

1.3.2 で整理した調査・分析結果を基に、新たな造林技術の実用化に向けた実証等を行った。

#### (1) ドローンを活用した苗木等運搬の実証等

ドローンを用いた植栽時の苗木や獣害対策ネットなどの造林資材（以下「苗木等」という。）の運搬における実証を行い、技術的課題の整理やマニュアルの作成等を行った。実証等の内容については以下のとおりとした。

##### ア 苗木等の運搬の実証

人力、ドローン等による、苗木、防鹿柵資材（以下、「苗木等」という）運搬の現地実証を行い、作業工程等を計測することにより、ドローンによる苗木等の運搬に適した条件（傾斜、運搬距離、運搬本数、路網整備状況）、最適な作業手法（操縦者・補助者の人数と配置、ドローンの規格・アタッチメント）、省力・低コスト化への寄与度等を明らかにする。運搬する苗木はコンテナ苗を基本としつつ、少なくとも1箇所で大苗を用いるものとする。大苗植栽に当たっては、林野庁が生産した大苗を提供することができる場合があるため、これらの苗木の活用を検討すること。

実証地は、5箇所以上に設定するものとし、林野庁整備課と協議の上、決定するものとする。国有林又は民有林の造林予定地で実証を行う場合の地拵え、植栽等の経費は本事業の経費に含まないものとする（但し、大苗の運搬等で本事業を行うために掛かり増しになる経費についてはこの限りではない）。

##### イ 効率的な運用方法の検討

アの実証の結果、林業事業者等への聞き取り等により、林業事業者における最適な運用体制（複数林業事業者による機体・パイロットの共同運用、農業等他分野の業者への作業委託等）、費用対効果の見込まれる年間稼働率及び年間事業量（植栽面積・植栽本数等）等の効率的な運用方法の検討を行う。

##### ウ 苗木等運搬の標準歩掛の作成に参考となる情報（工程分析、必要経費等）の収集・整理

林業事業者等への歩掛調査表の作成、調査結果の集計・分析、林野庁で次年度以降に実施する工程分析調査の調査表の案の作成を行う。なお、林業事業者等に対する調査の依頼・調査表の回収は林野庁が実施するものとする。

##### エ マニュアルの作成

アからウまでの内容を踏まえて、ドローンによる苗木等運搬のマニュアルを作成する。マニュアルは、ドローンによる運搬の判断基準、苗木等の運搬に要求される機体性能、運用体制（操縦者・補助者の人数と配置、業務委託）、アタッチメント、飛行計画を作成する上での注意点、苗木等の荷造り・荷掛・荷下ろしの方法、安全管理、苗木等の配置計画、先進事例の紹介等の内容を盛り込むものとする。

#### (2) 植栽位置の自動マーキング

ドローンを用いた苗木の植栽位置のマーキング方法について下記ア～オの調査・技術的課題の整

理を行う。また、調査の結果を踏まえて、少なくとも1箇所以上でカの現地実証を行う。

- ア 事前調査データを活用した苗木配置位置(高度、障害物)の特定手法の調査
- イ 自動マーキングに必要な飛行プログラムの調査
- ウ 伐採地に適したマーキング手法(噴霧方式、塗料落下方式等)の調査
- エ マーキングを行うに当たり必要な機体性能の整理
- オ 運用するに当たり注意すべき法規に基づく制限事項の整理
- カ ドローンを用いた植栽位置の自動マーキングの実証

### (3) 荒廃地等への播種・吹付による緑化

航空機による緑化及び人力による緑化とドローンを活用した播種・吹付による緑化を比較してどのような効果が期待されるかについて下記ア～オの調査・技術的課題の整理を行う。また、調査の結果を踏まえて、少なくとも1箇所以上でカの現地実証を行う。

- ア 急斜面荒廃地等に適した緑化用種子や緑化吹付用基材の調査
- イ 播種・吹付に適したアタッチメントの調査
- ウ 播種・吹付に適したアタッチメントの作動プログラムの調査
- エ 播種・吹付に適した自動飛行プログラムの調査
- オ ドローンによる播種・吹付に適した環境条件の検討
- カ ドローンを活用した荒廃地等播種・吹付の実証

### (4) ドローン運用管理システムの設計

造林分野におけるドローンの効率的な運用管理システムの設計に向けた調査・技術的課題の整理を行う。

- ア ドローンの効果的な運用に向けたコスト分析
- イ ドローンにより取得したデータを共有するシステムの設計

## 2. 事業成果要約

令和3(2021)年度における本事業の成果を以下に要約した。

### 2.1. 検討委員会の設置・運営

検討委員会は、委員を5名とし、令和3(2020)年8月5日、12月21日、令和4(2022)年2月14日の計3回実施した。

第1回検討委員会では、本年度の事業計画や、ドローンを活用した造林技術の調査・分析内容、苗木等運搬の実証内容のほか、新規テーマとしてドローンを活用した植栽位置の自動マーキング、荒廃地等への緑化、ドローン運用管理システムの設計についての実施内容を報告した。

第2回検討委員会では、苗木等運搬の実証調査結果(6箇所)を報告したほか、効率的・効果的な運用方法、ドローンによる苗木等運搬マニュアルの内容、工程分析調査票の内容について検討した。また、植栽位置の自動マーキング、荒廃地等への緑化、ドローン運用管理システムについては、実証の経過や調査結果を報告し、その改良点等について検討した。

第3回検討委員会では、ドローンを活用した苗木等運搬に適した環境条件、費用対効果、苗木等運搬用ドローンの運用方法、マニュアル作成案等について検討したほか、植栽位置の自動マーキング及びドローン運用管理システムの実証結果等について報告し、技術的助言等がなされた。また、次年度以降の調査計画について検討した。

### 2.2. ドローンを活用した造林技術の調査・分析

ドローンを活用した国内外の先進事例や他産業における林業分野への応用が期待できる事例等について昨年度に引き続き、ヒアリングや文献収集により情報収集を行った。情報収集結果については、整理・分析を行い、後述の効率的な運用方法の検討やマニュアル作成に反映した。

### 2.3. 新たな造林技術の普及に向けた実証

昨年度から継続して実施しているドローンを活用した造林技術の調査・分析結果等を基に、ドローンを活用した苗木等運搬、植栽位置の自動マーキング、荒廃地等への緑化、ドローン運用管理システムの実用化に向けて、以下のとおり調査や実証等を行った。

#### 2.3.1. ドローンを活用した苗木等運搬の実証等

##### (1) 苗木等の運搬の実証

本年度の実証を行った地域、運搬物、運搬事業者、使用ドローンは以下のとおりであった(表2-1)。

表 2-1 実証地及び運搬業者等

No.	実証地	所有形態 植栽面積	運搬物		運搬事業者	機種 (メーカー)	操縦 方式	1往復の 運搬量	調査 時期
			種類	平均サイズ					
1	岩手県 奥州市	国有林 9.14ha	スギコンテナ苗 (①普通苗②大苗)	①苗高67.2cm 根鉢長23.2cm ②苗高39.8cm 根鉢長11.4cm	ドローン業者 (株DWS)	EAGLE24 (DWS)	2オペ 3オペ	①10-15kg (100本) ②10-14kg (20-27本)	10/5
2	宮城県 石巻市	国有林 2.32ha	土のう袋		ドローン業者 (株DWS)	EAGLE24 (DWS)	2オペ	15kg	10/26
3	長野県 大桑村	国有林 4.92ha	ヒノキコンテナ苗 (普通苗)	苗高45.9cm 根鉢長12.3cm	ドローン業者 (株ストーンモリス)	M1000 (mazex)	2オペ	約10kg (50-75本)	10/26
4	和歌山県 田辺市	民有林 9.01ha	防護柵(ネット・支柱・杭)		林業事業者 (株中川)	ITAKISO (MAKUW)	2オペ	10-14kg	10/5
5	愛媛県 四国中央市	民有林 4.94ha	ヒノキコンテナ苗 (普通苗)	苗高66.0cm 根鉢長9.5cm	林業事業者 (住友林業株)	森飛 (mazex)	1オペ	4.5-8kg (30-55本)	10/12 10/14
6	宮崎県 都城市	国有林 3.55ha	スギコンテナ苗 (中苗)	苗高89.5cm 根鉢長16.1cm	ドローン業者 (延岡空撮)	ciDrone (ciRobotics)	1オペ	約16kg (60本)	12/8 12/9

最適な作業手法・作業体制の検討のため、実証結果からドローンの規格別に作業方法および作業体制の実態を整理すると次のとおりとなった。

表 2-2 ドローンの規格別の作業方法・作業体制

ドローン規格		作業方法・作業体制							事業者・機種 (本事業での実証地)	
操縦 方式	荷下ろし 機構	発着地点				荷下ろし地点*		合計 人数		
		荷掛時	荷掛者	バッテリー 交換	必要 最低人数	荷下ろし者	必要 最低人数			
1 オペ	自動切離し (自動フック、遠隔切離し)	着陸	操縦者	操縦者	1(操縦者のみ)	発着地点 操縦者	0~1(安全確認者)	1~2	住友林業・森飛1オペ (神河町、四国中央市)	
			補助者	補助者			0			円陣・森飛1オペ(日高川町)
				操縦者			2(操縦者+補助者)			1(安全確認者)
2 オペ	自動切離し (自動フック)	着陸	操縦者	操縦者	1(操縦者のみ)	荷下ろし地点 操縦者	1(操縦者のみ)	2	東洋エンジニア・森飛2オペ (日高川町)	
			補助者	操縦者			2(操縦者+補助者)			1(操縦者) ~2(操縦者+補助者)
	簡易フック	ホバリング	補助者	補助者	2(操縦者+補助者)	補助者	2(操縦者+補助者)	5	DWS・EAGLE15/24 (吾妻町、奥州市、石巻市) 中川・ITAKISO(田辺市、山口市)	

上記の実態に対し、作業項目別の作業時間や安全面等から最適な作業手法・作業体制を操縦方式別に整理すると次のとおりとなった。

表 2-3 操縦方式別の最適な作業手法・作業体制の整理

作業手法・体制等	1 オペ方式	2 オペ方式
荷掛時の操縦	○安全のために着陸させる	
荷掛作業・バッテリー交換	○操縦者が実施（下記※の場合） ※人件費を削減したい場合  ○補助者が実施（下記※の場合） ※天候等の心配から人数をかけても早く作業を終わらせたい場合 ※操縦と異なる作業をすることで操縦の集中力を切らしたくない場合 ※発着地点付近に第三者や車両の通行可能性があり、補助者が必要な場合	
荷下ろし体制	○基本的に発着地点の操縦者が1人で実施 ※荷下ろし地点に障害物等ある場合は、発着地点の操縦者にドローンの状態を無線連絡するため補助者を配置	○基本的に荷下ろし地点の操縦者が1人で実施 ※但し、簡易フックの場合は、操縦者では実施が難しい ※荷下ろし場所が狭い場合は、運搬物を整理するため補助者を配置
荷下ろし方式	○作業人数の削減、安全性から自動切離し方式がよい	
全体の作業体制	○荷掛地点に操縦者と荷掛・バッテリー交換等補助者、必要に応じて荷下ろし地点に補助者を配置 ○補助者が安全管理を兼ね、計2～3名体制 ※人員不足の際は、環境条件が良ければ操縦者1名でも実施可能だが、安全管理上、2名体制以上が望ましい	○荷掛地点に操縦者と荷掛・バッテリー交換等補助者、荷下ろし地点に操縦者及び必要に応じて補助者を配置 ○補助者が安全管理を兼ね、計3～4名体制 ※人員不足の際は、環境条件が良ければ操縦者のみの2名体制での実施も可能

次にドローン運搬による省力化（作業負荷軽減）への効果を把握するため、人肩運搬を行う作業者と空荷移動を行う作業者の心拍数、歩行時間、疲労度を計測し、整理した結果、心拍数については、人肩運搬の場合と空荷の場合で大きな差が見られず、逆に空荷の方が、心拍数が大きくなった事例も見られた。一方、歩行時間は、人肩運搬の方が空荷運搬より長くなる傾向が見られ、特に歩行時間が長いほど、その傾向が顕著に見られた。また疲労度も、人肩運搬の方がきつくなる傾向が見られた。

表 2-4 荷物の有無による心拍数・歩行時間・疲労度の違い

No.	実証地*1	運搬者の属性	運搬重量	植栽地までの歩行時間	心拍数(回/分)				加リー消費(kcal)	疲労度(感想)*2	調査時期
					安静時	出発時	到着時				
					平均		最大				
1	岩手県奥州市	48歳男性	30kg(200本)	15分29秒	89	89	93	113	35	7	10/5
		上同	空荷	13分48秒	91	92	123	142	32	4	
2	宮城県石巻市	50歳男性	15kg	11分2秒	65	95	139	156	103	6	10/26
		上同	空荷	9分26秒	65	95	131	160	78	3	
3	長野県大桑村	47歳男性	15kg(100本)	10分45秒	75	76	99	117	27	2	10/26
		38歳男性	0kg(空荷)	10分15秒	66	69	94	107	28	2	
4	和歌山県田辺市	27歳男性	20kg(鹿柵)	48分(内休憩8分)	63	87	128	149	75	9	10/5
		上同	空荷	22分45秒(休憩無)	63	87	141	168	58	3	
5	愛媛県四国中央市	18歳男性	15kg(90本)	25分45秒	96	94	110	123	42	7	10/12
		58歳男性	空荷	25分45秒	73	81	103	120	42	3	10/14
6	宮崎県都城市	48歳男性	16kg(60本)	12分30秒	91	87	122	140	33	5	12/9
		34歳男性	8kg(30本)	10分45秒	62	61	95	117	42	3	
		57歳男性	空荷	12分5秒	72	78	122	138	34	3	

\*1：実証地 No.3 は下げ荷（植栽地まで下り坂）

\*2：1(楽)、2(1 と 3 の間)、3(ややきつい)、4(3 と 5 の間)、5(きつい)、6(5 と 6 の間)、7(かなりきつい)、8(7 と 9 の間)、9(非常にきつい)

さらに、ドローン運搬が有効となる環境条件について、ドローンを活用することにより人工削減が図れる条件について実証結果をもとに分析したところ、次の結果が得られた。

表 2-5 ドローン運搬が有効となる(ドローンにより人工削減が図れる)環境条件

パターン		1 往復あたりのドローン運搬本数	
		50 本	100 本
ドローン運搬作業人数	4 人	運搬往復時間や人肩運搬距離が長くても人工削減は難しい	往復運搬時間 40 分以上、又は人肩運搬距離 600m 以上で人工削減が見込める
	3 人	往復運搬時間 60 分以上、又は人肩運搬距離 800m 以上で人工削減が見込める	往復運搬時間 35 分以上、又は人肩運搬距離 500m 以上で人工削減が見込める
	2 人	往復運搬時間 40 分以上、又は人肩運搬距離 600m 以上で人工削減が見込める	往復運搬時間 30 分以上、又は人肩運搬距離 450m 以上で人工削減が見込める

<環境条件算出の際のドローンの運搬能力・作業体制等に関する条件>

- A. 運搬（植栽）本数：6,000 本（2,000 本/ha で 3ha の植栽地を想定）
- B. 苗木の重量：200g/本（ペイロード 10kg で 50 本、20kg で 100 本運搬）
- C. 人肩運搬本数：100 本（20kg）
- D. 苗木 1 本あたりの植栽時間：1.5 分
- E. 1 日の作業時間：7 時間（420 分）
- F. ドローン事前準備等人工数：2 人日（2 人×1 日）
- G. ドローンの往復飛行時間：0.011×直線距離+0.8471(分)
- H. ドローン運搬作業人数：2 人/3 人/4 人
- I. ドローン 1 往復運搬本数：50 本/100 本（ペイロード 10kg と 20kg を想定）



## (2) 効率的な運用方法の検討

効率的な運用方法の検討として、昨年度及び本年度の実証結果を活用してコスト分析を行い、費用対効果の見込まれる年間事業量（稼働日数、植栽面積、植栽本数）の分析を行った。また、ヒアリング等の情報収集結果から林業事業体における効果的な運用体制を検討した。

費用対効果の見込まれる年間稼働日数（植栽本数）については、ドローンの購入費および作業体制とドローンの1日の運搬本数の関係は表 2-6 のとおりとなった。

例えば、ドローンの購入費 200 万円で1日 6,000 本の苗木が運搬できる条件において、作業人数の合計が4人や3人の時は費用対効果が見込めず、2オペレーションタイプ（操縦者2人）の場合、年間 85.2 日以上（51.1 万本）以上の稼働日数が必要であり、1オペレーションタイプ（操縦者1人、補助者1人）の場合、年間 22.2 日（13.3 万本）以上の稼働日数が必要となった。

表 2-6 ドローン運搬により費用対効果が見込める年間の稼働日数、植栽本数、植栽面積

ドローン購入費・作業人数			ドローン1日運搬本数					
			6,000本			12,000本		
購入費	操縦体制		費用対効果が見込める年間の			費用対効果が見込める年間の		
	操縦者数	補助者数	稼働日数	植栽本数	植栽面積	稼働日数	植栽本数	植栽面積
200万円	2人	2人				7.4日	8.9万本	44.6ha
		1人				6.4日	7.7万本	38.3ha
		0人	85.2日	51.1万本	255.6ha	5.6日	6.7万本	33.5ha
	1人	1人	22.2日	13.3万本	66.6ha	4.7日	5.7万本	28.3ha
300万円	2人	2人				9.1日	10.9万本	54.5ha
		1人				7.8日	9.4万本	46.8ha
		0人	104.1日	62.5万本	312.4ha	6.8日	8.2万本	41.0ha
	1人	1人	27.1日	16.3万本	81.4ha	5.8日	6.9万本	34.5ha

<費用対効果算出の際の条件>

1. ドローン年間償却費 (a): 40 万円/60 万円 (200 万円/300 万円で購入し、償却期間 5 年を想定)
2. ドローン年間消耗品・修理・保管・保険費 (b): 50 万円
3. ドローンの準備人日数 (c): 2 人日
4. ドローン操縦者数 (d): 2 人/1 人、補助者数 (e): 2 人/1 人
5. ドローンの1日運搬本数 (f): 6,000 本/12,000 本
6. ドローン運搬時の植栽本数 (本/人日) (g): 267 本/人日
7. 人肩運搬時の植栽本数 (本/人日) (h): 200 本/人日
8. ドローン運搬時の植栽必要人日 (i=f/g): 22.5 人日/44.9 人日
9. (ドローン1日運搬分の) 人肩運搬・植栽必要人日 (j =f/h): 30 人日/60 人日
10. ドローン準備・補助、人肩運搬・植栽の労務費 (k): 20,000 円/人日
11. ドローン操縦の労務費 (l): 50,000 円/人日
12. 植栽密度 (本/ha) (m): 2,000 本/ha

また、委託する場合の損益額について、ドローン運搬作業の委託費とドローンの1日の運搬本数の関係は表 2-7 のとおりとなった。

例えば、ドローン運搬作業（1日）を委託費 20 万円で 6,000 本運搬してもらう場合、5.9 万円のマイナスとなるが、12,000 本運搬してもらう場合、9.1 万円のプラスとなることがわかった。

表 2-7 ドローン運搬作業の委託費と損益額の関係

ドローン運搬・委託作業人数		ドローン1日運搬本数			
		6,000本		12,000本	
委託作業日数	委託費	損益額	損益額が0となる委託費	損益額	損益額が0となる委託費
1日	20万円	-5.9万円	14.1万円	9.1万円	29.1万円
	25万円	-10.9万円		4.1万円	
2日	35万円	-5.9万円	29.1万円	24.2万円	59.2万円
	45万円	-15.9万円		14.2万円	

< 損益額算出の際の条件 >

1. ドローン運搬作業委託費 (a) : 20 万/25 万円 (1 日作業)、35 万/40 万円 (2 日作業)
2. 委託業者との打合せ人日数 (b) : 0.5 人日
3. ドローン運搬本数 (c) : 6,000 本/12,000 本
4. ドローン運搬時の植栽本数 (本/人日) (d) : 267 本/人日
5. 人肩運搬時の植栽本数 (本/人日) (e) : 200 本/人日
6. ドローン運搬時の植栽必要人数 (f=c/d) : 22.5 人日/44.9 人日
7. (ドローン1日運搬分の) 人肩運搬・植栽必要人数 (g=c/e) : 30 人日/60 人日
8. 打合せ、植栽の労務費 (h) : 20,000 円/人日

林業事業体による効果的な運用体制については、複数事業体での共同運用により、購入・維持管理費用を抑えること、農業分野等の他分野との協業や、他の造林作業に活用により稼働率を上げることが検討されたが、農業分野との協業については、農業用機種に飛行距離や高度に制限があったり、操縦技術に違いがあるなどの課題も明らかとなった。

### (3) 苗木等運搬の標準歩掛の作成に参考となる情報(工程分析、必要経費等)の収集・整理

林野庁で次年度以降に実施する工程分析調査の調査票案を作成した。作成にあたっては、前述の苗木等運搬の実証において運搬を行った事業体へのヒアリングや確定前の試行版への記入協力を行い、その結果や検討委員からの意見を参考にした。また、実証調査結果を集計・分析し、苗木等運搬にかかる各作業時間を整理した。

### (4) マニュアルの作成

前述のドローンを活用した造林技術の調査・分析結果やドローンを活用した苗木等運搬の実証等を踏まえ、苗木等運搬においてドローン活用に適した条件や必要な機体性能、作業工程・作業

体制、安全管理、各地の事例等を紹介する「ドローンを活用した苗木等運搬マニュアル」を作成した。

### 2.3.2. 植栽位置の自動マーキング

植栽位置の自動マーキングについては、過去にドローンマーキングの実績のある株式会社フォテクにドローンの開発等を依頼し、実証試験を行った。実証箇所は北海道石狩市当別地区の国有林での実証予定であったが、機体の不具合等により実証が延期され、積雪期となったため、埼玉県さいたま市内の SAITAMA ドローン練習場で実施した。自動マーキングの実証結果は以下のとおりであった（表 2-8、写真 2-1）。

表 2-8 ドローンによる植栽位置マーキングの実証結果

マーキング地点数 (フライト回数)	地点間隔	マーキング時間		課題等
		地点間移動	滴下	
16 (2)	計画 2.2m 結果 2.24±0.18m	約 10 秒	1~2 秒	飛行が不安定、マーキング地点数が過少、塗料が見づらい



写真 2-1 マーキング用塗料滴下の様子(左)、滴下後の様子(右上、右下)

### 2.3.3. 荒廃地等への播種・吹付による緑化

荒廃地等への播種・吹付による緑化については、株式会社ルーチェサーチにドローン等の開発、日本植生株式会社に緑化基材の検討を依頼し、実証試験を行った。実証箇所は茨城県つくば市の採石場（楨園分）とした。ドローンを活用した緑化については、土嚢袋に緑化基材を封入し、ドローンにより上空から土嚢袋を投下する方法で実証を実施した。実証結果は以下のとおりであった（表 2-9）。

表 2-9 ドローンによる荒廃地緑化の実証結果

投下回（袋）数	投下高	位置精度	課題等
20（袋）	10m （一部 20m）	約 2m	投下地点から土嚢が転がり、6.5-8.2m 程度移動



写真 2-2 フライト直前(左)、投下前(右上)、投下後(右下)



### 2.3.4. ドローン運用管理システムの設計

デジタル庁の創設やマイナンバーカードの普及により、今後は電子申請が行政手続きの中で重要になってくると考えられる。森林分野においては、地理空間情報が重要であり、電子申請手続きの中で地理空間情報を効率的にやり取りする手法を確立することが求められる。

そこで、必要と考えられるシステムをドローン運用管理システムとし、必要な機能として飛行プラン作成、オルソ画像作成、面積計測、申請までが一連のシステムとして利用できること、クラウド上でドローンオルソ画像及び申請情報のやり取りができること、施業履歴の地理空間情報として一括管理し多用途に活用できること、と考えた。今年度は、このうち造林補助金申請とオルソ画像作成、検査の部分に対象を絞って現状調査及び実証を行い、課題抽出・要件の検討を目的とした。

石川県の協力を得て「石川県森林クラウド」（製品名：PasCAL 森林、株式会社パスコ）を用いてドローンオルソ画像を含む造林補助金申請の情報を林業事業者（想定）と県でやり取りが可能か実証した。既存の森林クラウドは、大容量のオルソ画像をユーザ自身がアップロードすることは想定しておらず、オルソ画像の登録に手間が掛かることが確認された。

一方、森林クラウドに加えてドローンの飛行計画作成からオルソ画像作成、データ管理までが可能な既存のクラウドサービス SITESCAN for ArcGIS（ESRI ジャパン株式会社）を用いることで高解像度のオルソ画像作成・共有を効率的に行うことができることを実証により確認した（図 2-1）。

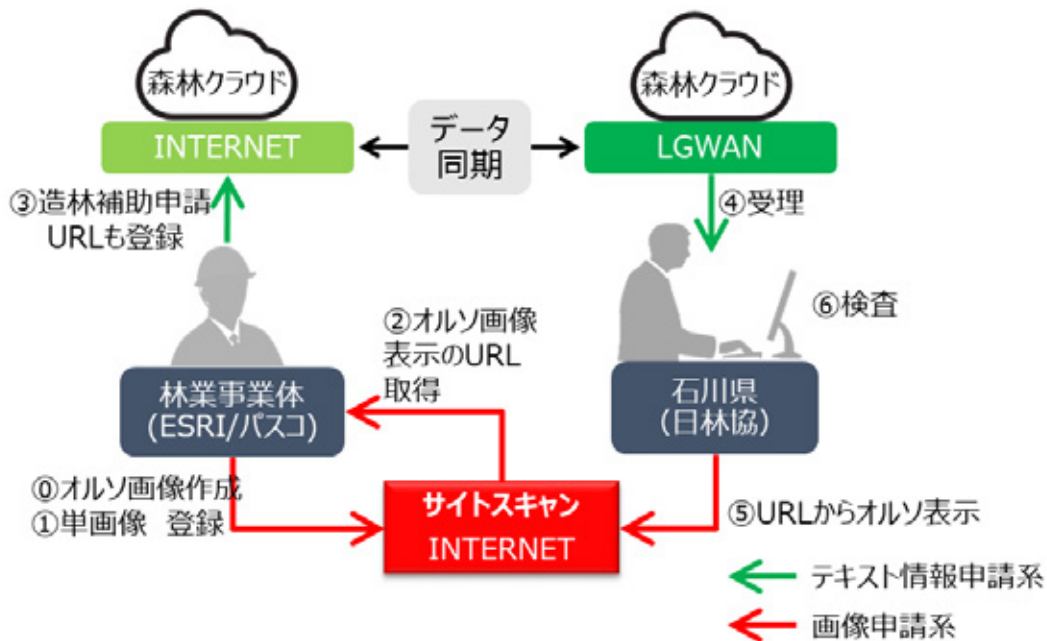


図 2-1 クラウド間連携申請の実証イメージ

### 3. 検討委員会の設置・運営

#### 3.1. 検討委員会の設置

本事業の実施において、「ドローンを活用した新たな造林技術の実証・調査検討委員会」を設置した。

検討委員会は、森林経営、低コスト育林、ドローン技術、農業等に関する学識経験者5名の構成とした。検討委員会の委員を次に示す（表 3-1）。

表 3-1 検討委員会の構成(五十音順・敬称略)

検討委員	所属・役職等
岩瀬 将美	東京電機大学 未来科学部 ロボット・メカトロニクス学科 教授
児玉 和久	和歌山県 農林水産部 森林・林業局 森林整備課 課長
杉浦 綾	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 農業情報研究センター 画像認識チーム長
寺岡 行雄	鹿児島大学 農学系農林環境科学科 教授
山川 博美	国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 九州支所 森林生態系研究グループ 主任研究員

### 3.2. 検討委員会の運営

検討委員会は、令和3(2021)年8月5日、12月21日、令和4(2022)年2月14日の計3回実施した。実施方式は、新型コロナウイルス感染防止対策としてWEB会議方式とした。検討委員会では、調査方法やデータ分析の技術的指導及び助言がなされたほか、各種調査結果や実証結果、工程分析票やマニュアルの記載内容等について検討した。検討委員会の実施日及び議事を示す(表3-2)。なお、議事概要については巻末に掲載した。

表 3-2 検討委員会の実施日と議事

検討委員会実施日	議事
第1回検討委員会 (令和3(2021)年8月5日)	(1) 令和3年度の事業概要について (2) ドローンを活用した造林技術の調査・分析について (3) ドローンを活用した苗木等運搬の実証・調査等について (4) 植栽位置の自動マーキング、荒廃地等への緑化、ドローン運用管理システムの設計について (5) その他
第2回検討委員会 (令和3(2021)年12月21日)	(1) ドローンを活用した苗木等運搬について ①苗木等運搬の実証結果 ②効率的・効果的な運用方法 ③ドローンによる苗木等運搬マニュアル(素案) ④工程分析調査票(案) (2) ドローンを活用した新たな造林技術について ①植栽位置の自動マーキングの実証調査結果 ②荒廃地等への播種・吹付による緑化の実証調査結果 ③ドローンの運用管理システムの調査結果 (3) その他
第3回検討委員会 (令和4(2022)年2月14日)	(1) ドローンを活用した苗木等運搬について ①苗木等運搬に適した環境条件 ②費用対効果の分析、運用方法 ③ドローンによる苗木等運搬マニュアル(最終案) ④工程分析調査票(最終案) (2) ドローンを活用した新たな造林技術の実証結果について ①植栽位置の自動マーキングの実証調査結果 ②ドローンの運用管理システムの実証調査結果 (3) 次年度以降の計画案 (4) その他



写真 3-1 第 1 回検討委員会



写真 3-2 第 2 回検討委員会

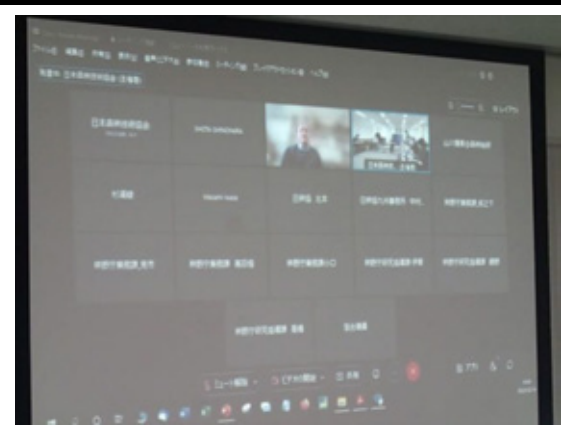


写真 3-3 第 3 回検討委員会



## 4. ドローンを活用した造林技術の事例調査・分析

### 4.1. 調査・分析方法

ドローンを活用した造林技術の調査・分析に当たっては、①苗木等運搬、②植栽位置の自動マーキング、③荒廃地への播種・吹付による緑化、④ドローン運用管理システム、について、昨年度に引き続きヒアリング調査や文献調査を行った。

#### 4.1.1. ヒアリング調査

ヒアリング調査については、主に①苗木等運搬及び④ドローン運用管理システムについて聞き取りを行った。

①苗木等運搬については、林業事業体やドローン開発・サービス業者、農業用ドローン開発・サービス業者等に現状の課題や他産業（主に農業）との連携の可能性についてヒアリングし、情報を収集した。

④ドローン運用管理システムについては、運用管理を行う行政機関や業者等に対してヒアリングした。行政機関に対しては、森林整備事業におけるドローン撮影データによる申請の状況、林業事業体におけるドローン活用状況、ドローン運用管理システムへの期待や課題についてヒアリングした。運用業者に対しては、ドローン撮影のための飛行計画や画像処理を支援するシステムや、業者で提供している森林クラウド等のデータ共有システムの内容やサービス提供実績、技術的課題等についてヒアリングした。

#### 4.1.2. 文献調査

文献調査については、主に①苗木等運搬、②植栽位置の自動マーキング、③荒廃地への播種・吹付による緑化について海外文献の検索・収集・整理を行った。

昨年度も国内外の事例等を収集し、整理・分析したが、学術的な情報があまり見つからなかったことと、情報発信の早さの点から、特に海外事例については WEB 上の公開記事等を中心に収集・整理した。このため、本年度は海外事例について、論文・報告書等の学術的な情報を対象として整理を行った。

## 4.2. 調査・分析結果

### 4.2.1. ヒアリング調査結果

ヒアリング調査については、①苗木等運搬関連については6件、④ドローン運用管理システム関連については10件（行政機関4件、運用管理に係る民間企業6件）のヒアリングを実施した。ヒアリング対象及び実施日は以下のとおりである（表 4-1）。

表 4-1 情報収集先一覧

内容	情報収集先	実施日
①苗木等運搬	ヤマハ発動機(株) (農業用機種開発・サービス業者)	2021年8月4日
	(株)山進 (ドローン運搬・農薬散布サービス業者)	2021年9月3日
	サイトテック(株) (ドローン開発・製造業者)	2021年10月1日
	(株)エレパ (ドローン販売・サービス業者)	2021年10月1日
	山梨県森林総合研究所 (行政機関)	2021年10月29日
	阿蘇森林組合 (林業事業体)	2021年12月20日
④ドローン運用管理システム	石川県 (行政機関)	2020年9月13日
	大分県 (行政機関)	2021年10月1日
	青森県 (行政機関)	2021年10月15日
	静岡県 (行政機関)	2021年10月15日
	パンフィックコンサルタンツ(株) (民間企業)	2021年9月13日
	応用地質(株) (民間企業)	2021年9月30日
	クボタシステムズ(株) (民間企業)	2021年10月4日
	アジア航測(株) (民間企業)	2021年10月15日
	(株)小松製作所 (民間企業)	2021年10月21日
ESRI ジャパン(株) (民間企業)	2021年11月9日	

※ヒアリング結果の詳細については、巻末に掲載した。

①苗木等運搬及び④ドローン運用管理システムのヒアリング調査結果の内容については、後述するドローンの活用・運用方法の検討や、ドローン取得データの共有・電子申請システムの検討と連動してくるため、それぞれ後述5章（5.8.）及び8章（8.2.）に記載する。

### 4.2.2. 文献調査結果

海外文献の検索・収集・整理にあたっては英語文献を対象とした。

検索キーワードについては、タイトルにドローン（drone, UAV, unmanned aerial vehicle）が入っていることを条件として、①苗木等運搬については、林業、造林、苗木（forestry, (re)forestation, plantation, seedling, sapling 等）かつ運搬（carriage, transportation, conveyance 等）、②植栽位置の自動マーキングについては、マーキング（marking, planting position 等）、③荒廃地への播種・吹付による緑化については、播種・吹付、緑化（seeding, sowing, seed spraying, spraying (of) seed, afforestation, revegetation, greening 等）とした。

論文検索サイトについては、検討委員からの助言を参考に以下のサイトとし、PDF 等で全文が入手（ダウンロード）できるものを対象とした（表 4-2）。

表 4-2 文献検索サイトと URL

検索サイト名	URL
IEEE Xplore	<a href="https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp">https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp</a>
Taylor & Francis	<a href="https://www.tandfonline.com/">https://www.tandfonline.com/</a>
MDPI (Drones)	<a href="https://www.mdpi.com/journal/drones">https://www.mdpi.com/journal/drones</a>
Science Direct	<a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a>
Ingenta Connect	<a href="https://www.ingentaconnect.com/">https://www.ingentaconnect.com/</a>
google scholar	<a href="https://scholar.google.com/">https://scholar.google.com/</a>

検索の結果、50 件の文献を検索・収集した。内訳は、①苗木等運搬が 1 件、②自動マーキングが 5 件、③荒廃地への播種・吹付による緑化が 48 件（重複含む）であり、③荒廃地への播種・吹付による緑化に関連する論文・報告書が圧倒的に多い結果となった（表 4-3）。

①苗木等運搬については、昨年度調査では、海外事例の情報は得られなかったが、今回検索された 1 件について内容を確認したところ、リモートセンシングを活用した森林再生のモニタリングの可能性についての論文であったため、実質 0 件であった。モニタリング機器の運送の部分が検索にかかってしまったと考えられる。

以上の結果から、①苗木等運搬については、海外の情報はなく、日本独自の造林の課題と考えられる。ドローンによる苗木等運搬をさらに活用・普及していくためには、国内での事例収集や実証試験、及びその結果分析を継続し、今後のさらなる効率化効果的な活用方法を検討していくことが重要と考えられる。

なお、参考として、国内では、令和 3（2021）年に森林利用学会誌においてドローンによる獣害防止用資材の運搬の工程分析調査結果等が報告され（「ドローンによる単木獣害防護用資材の運搬の試み」）、本事業に近い分析がされている。

②自動マーキングについては、苗木等運搬と同様に海外事例は少ないことに加え、国内での事例も少ない。今回、本事業で実証を行った結果の詳細は後述するが、実用化にはまだ遠い状況である。

一方、③荒廃地への播種・吹付による緑化については、海外では造林分野において最もドローンが活用されている用途であり、需要が大きいものと考えられる。国内の場合、急傾斜地が多く、種子が流失してしまう可能性もあり、海外と事情が異なる点もあるが、国内での事例はとて少ないため、海外情報を参考にしつつ、実証試験を継続し、実用化に向けた検討を行っていくことが重要と考えられる。

表 4-3 海外文献調査結果一覧

No.	文献名(和名に翻訳)	関連分野		
		①苗木等運搬	②自動マーキング	③荒廃地への緑化
1	ドローンを活用した森林再生の動向・課題・効果			○
2	アルジネートマイクロビーズを用いた種子球の改良と、ドローンを活用した森林伐採の抑制と砂漠緑化			○
3	欧露部の北極圏における森林再生プロセスのリモートセンシングの利用可能性	※		
4	植林事業 拡大する投資機会			○
5	スカイ・シード・スプレディング・システム(S4)			○
6	植林用ドローンの設計とキャリブレーション			○
7	生分解性ポリマーを活用した空中種まき作業の自動化			○
8	森林再生のための種まきドローン			○
9	ドローンによる空中播種の開発。直接播種からの教訓			○
10	スマートシードによる森林再生			○
11	ドローンを活用した森林再生		○	○
12	森林管理・播種向けドローン		○	○
13	熱帯林生態系の再生の推進			○
14	ドローンを活用した森林への空中播種を目的とした播種装置の設計・研究			○
15	森林再生に関する社会的、経済的、法的問題			○
16	ドローンによる森林リモート播種の動向。システムティックレビュー。第二部:研究応用			○
17	ドローンによる森林リモート播種の動向。システムティックレビュー。第一部:一般フレームワーク			○
18	高精度な再生:森を育むために必要なアプローチ 21世紀の復興に向けて		○	○
19	インドネシアにおける緑化を目的とした空中種子投下におけるドローン技術の開発			○
20	ドローンによる種苗検出と画像自動分類を活用した生態系回復のモニタリング			○
21	畳み込みニューラルネットワークによるドローン画像を活用した針葉樹苗木の自動検出			○
22	ロシアにおける森林の空中播種に関する文献分析			○
23	レバノンにおけるドローンを活用した森林再生			○
24	種まき・植物状態分析を低コストにてドローンで実現			○
25	空中播種の効率を高める調整済み種子のカプセル化新技術に関する開発			○
26	環境モニタリングのためのドローン利用について			○

No.	文献名(和名に翻訳)	関連分野		
		①苗木等運搬	②自動マーキング	③荒廃地への緑化
27	ドローンによるキャノピー反射率データから検出したキャノウラのカリウム欠乏症とアオドウガネの感受性の変化			○
28	レバノンスギの森林再生におけるドローンの応用例			○
29	林業雑草管理におけるイノベーションとロボティクス			○
30	空中集中計量装置とマルチローター農作物保護用ドローンを用いた菜種用空中播種システムの設計と実証実験			○
31	中国におけるドローン播種技術の研究状況及び開発動向			○
32	保護地域における保全のためのドローン活用: 現在と未来			○
33	天然資源分野におけるドローンの実用化の現状と未来			○
34	フィールドでの種子利用: 再生を成功に導く種子供給			○
35	生物多様性への影響管理を改善する技術活用			○
36	LIDAR による地表面モデルの最適化に基づくドローンと空中苗床搬送技術による新植林方法		○	○
37	企業の社会的責任としての植林(投資家用ガイド)			○
38	ニュージーランドにおける林業の機会と課題			○
39	認証された種子による、高精度な空中播種を実現する技術提案			○
40	空中播種用の樹種を選択するための形質ベースのアプローチ			○
41	ドローン播種技術のメカニズムのレビュー			○
42	現代の森林再生の運用技術を最適化する方法(プロセス制御アルゴリズム)			○
43	水飽和分散媒中におけるスコツツパイン単粒子の浸漬凍結(数理モデルによる解析)			○
44	森林再生技術における作業選択について			○
45	ドローンの配備と飛行に関する問題点			○
46	モバイル機器用の離散型シードフィーダー設計(マツ属の初期成果)			○
47	Google Earth Engine を用いたエオリア砂漠の時空間ダイナミクスのモニタリング			○
48	空中自律システムにおいて、意思決定情報の信頼性・可用性・完全性を保証するために必要なシステム要素			○
49	改良品種の森林種子の正確な配置に関する研究		○	
50	ドローンの林業への応用			○
計		0	5	48

※苗木等運搬の検索キーワードで検索されたが、論文の内容は苗木等運搬に関係なし

## 5. ドローンを活用した苗木等運搬の実証

苗木等運搬については、国内の造林現場において、既にドローンの活用が行われている地域もある。このため、既にドローンの活用が行われている現地で苗木等運搬に立ち会い、情報収集や各作業に係る時間計測等の実証を行った。また、国有林の現場においても、苗木等運搬が可能なドローンを用いて、同様に苗木運搬や時間計測等を実施し、実証を行った。

実証にあたっては、以下の項目について検討した。

- ①実証地及び実証に用いるドローンやその操縦事業者の選定
- ②苗木等運搬の実証のための調査方法の検討
- ③現地でのドローンによる運搬作業
- ④ドローン運搬との比較のための人力による運搬作業及びその作業負荷の計測
- ⑤調査結果等の分析方法
- ⑥ドローン運搬が有効となる作業手法、環境条件
- ⑦ドローン活用による省力化・低コスト化への効果
- ⑧ドローンの効率的な運用方法

また、上記の検討結果を踏まえ、ドローンによる苗木等運搬マニュアルの作成を行った。なお、実証による運搬物はコンテナ苗（普通苗）を基本としつつ、大苗、中苗、防鹿柵、土嚢袋の運搬も行った。

## 5.1. 実証地と実証に用いたドローン

実証地については、事前の情報収集により、元々ドローンによる苗木等運搬が予定されていた住友林業㈱の社有林（愛媛県四国中央市）や(有)野田林業の社有林（和歌山県田辺市）のほか、本年度に苗木植栽が予定され、ドローンによる苗木等運搬の協力が得られた4箇所の国有林（岩手県奥州市、宮城県石巻市、長野県大桑村、宮崎県都城市）の計6箇所を選定した。

苗木等運搬の実施業者、使用するドローンの機種について、元々ドローンによる苗木等運搬が行われる民有林においては、元々予定されていた運搬事業者、機種とした。国有林においては、近隣のドローンサービス事業者を選定し、その事業者が所有する苗木・林業用資材運搬用に開発された機種による実証を行った。

選定した実証地、運搬物、運搬事業者、使用ドローン機種等は次のとおりである（表 5-1）。

表 5-1 実証地一覧

実証 No.	実証地	所有形態 植栽面積	運搬物	運搬事業者	機種 (メーカー)	操縦 方式	1 往復の 運搬量	実証 時期
1	岩手県 奥州市	国有林 9.14ha	スギコンテナ苗 (①普通苗、② 大苗)	(株)DroneWorkSystem (ドローン業者)	EAGLE24 (DWS)	2 オペ	①10-15kg (100 本) ②10-14kg (20-27 本)	10/5
2	宮城県 石巻市	国有林 2.32ha	土嚢袋	(株)DroneWorkSystem (ドローン業者)	EAGLE24 (DWS)	2 オペ	15kg	10/26
3	長野県 大桑村	国有林 4.92ha	ヒノキコンテナ 苗 (普通苗)	(株)ストーンモリス (ドローン業者)	M1000 (マゼックス)	2 オペ	約 10kg (50-75 本)	10/26
4	和歌山県 田辺市	民有林 9.01ha	防鹿柵 (ネット、 支柱、杭)	(株)中川 (林業事業者)	ITAKISO (MAKUW)	2 オペ	10-14kg	10/5
5	愛媛県 四国中央市	民有林 4.94ha	ヒノキコンテナ 苗 (普通苗)	住友林業(株) (林業事業者)	森飛 (マゼックス)	1 オペ	4.5-8kg (30-55 本)	10/12 10/14
6	宮崎県 都城市	国有林 3.55ha	スギコンテナ苗 (中苗)	延岡空撮 (ドローン業者)	ciDrone (ciRobotics)	1 オペ	約 16kg (60 本)	12/8 12/9

## 5.2. 苗木等運搬の実証のための調査方法の検討

### 5.2.1. 調査方法

現地調査については、ドローン運搬が効果的となる作業手法や環境条件、省力化や低コスト化への効果等を分析するため、ドローンと人力による運搬物・運搬量、運搬時間、人力運搬後の心拍数の変化、及び植栽にかかる人工（人日）数と環境条件の調査を行った。

運搬物・運搬量については、運搬物と1往復あたりの運搬本数（重量）を記録・計測した。

運搬時間については、それぞれの運搬開始地点から荷下ろし地点までの往復時間を計測した。特にドローンによる運搬については、その特徴を詳細に把握し、また昨年度の結果と合わせて分析できるよう、昨年度と同様に往路から荷下ろし、復路、バッテリー交換、荷掛にかかる時間に分けて計測した。また、ドローンによる運搬を行っても植栽者は空荷で植栽地まで移動する必要があるため、空荷の場合の移動往復時間も計測した。

植栽については、苗木運搬を実施した実証地において、植栽者から日報を提出してもらい、苗木運搬後の植栽にかかった人工数（人日数）を算出した。

調査項目は以下に整理する（表 5-2）。なお、実証 No.4 については、荷掛のみの区切りが難しく、往路から荷下ろしと統合して計測した。

表 5-2 各実証地における調査項目

区分	調査項目	詳細
ドローンによる 苗木等運搬	運搬物・運搬量	運搬物の種類、1往復あたりの運搬本数（重量）
	往路+荷下ろし時間	離陸から苗木を下ろすまで
	復路時間	苗木を下ろしてから着陸まで
	バッテリー交換+荷掛時間	着陸から各作業を経て離陸まで
	荷掛のみの時間	着陸から荷掛を経て離陸まで
	運搬作業人数	ドローン運搬にかかる作業人数
人力による 苗木等運搬	運搬本数（運搬重量）	1往復あたりの運搬本数（運搬重量）
	駐車位置～植栽エリア までの往復時間・心拍数	人肩運搬時の往復時間・心拍数変化 空荷での移動時間・心拍数変化
植栽	植栽にかかった人工数	植栽者からの日報を基に算出
環境条件	距離	荷掛地点～荷下ろし地点までの直線距離
		（作業道に沿った）人肩運搬距離
	比高	荷掛地点と荷下ろし地点の標高差



### 5.3. 実証地詳細及び調査結果

#### 5.3.1. 岩手県奥州市（実証 No.1）

##### (1) 実証地の概要

実証地は岩手県奥州市の国有林における 9.14ha の植栽予定地とし、スギのコンテナ苗（普通苗・大苗）をドローンで運搬する実証調査を行った。

実証地の概要を次に示す（表 5-3）。

表 5-3 実証地の概要

実証地	岩手県奥州市（西前川山国有林 89 に 2 林小班）
植栽面積	9.14ha
植栽密度	2,002 本/ha
植栽本数	18,300 本
運搬物	スギのコンテナ苗（①普通苗・②大苗） ①苗高 39.8±4.9cm、根鉢長 11.4±1.0cm ②苗高 67.2±11.8cm、根鉢長 23.2±1.3cm
傾斜	8～13°
水平距離	535～620m（3 オペ実施時は 925m）
比高（標高差）	95～190m
標高（荷掛地点）	470m（3 オペ実施時は 375m）
標高（荷下ろし地点）	565～580m
荷下ろし地点数	2 箇所
集材方式	車両系（フォワーダ）
人力・クローラ運搬による移動距離	746m
運搬者	ドローン開発・サービス業者（株DWS）
使用機種（メーカー）	EAGLE24（株DWS）
操縦方式	2 オペレーション（2 オペ）（一部 3 オペ）
ドローン運搬作業人数	5 人

ドローンによる苗木の運搬地点数は現地の環境及び運搬後の植栽作業のしやすさから 2 地点とした。また、ドローンによる運搬のほか、人力による運搬を実施し、それぞれの 1 往復あたりの運搬本数、運搬時間を計測し、比較分析を行った。

当初、本実証地では長距離運搬の実証データが得られることを期待しており、苗木生産者から届いた苗木を効率よく運搬できるように、国道沿いの駐車地を荷掛地点として 1,000m 程先の荷下ろし地点（A 地点）まで 2 オペによる苗木運搬を計画していた。しかし、事前の下見において、地形的特徴と樹木の分布状況から有視界飛行は不可能なことが判明し、荷掛地点を台地上（2 オペ発着地点）に変更した。一方で、駐車地と荷下ろし地点の間にもう 1 人操縦者を配置することにより、駐車地から直接長距離運搬することができないかドローン開発業者に相談したところ、急遽実証当日までに有視界飛行による 3 オペのシステムを組み上げてもらえたことから、試行的

に2往復のみ3オペによる苗木運搬を実施した。

実証地の概略図とドローン発着位置の状況はそれぞれ、図 5-1、図 5-2 に示す。

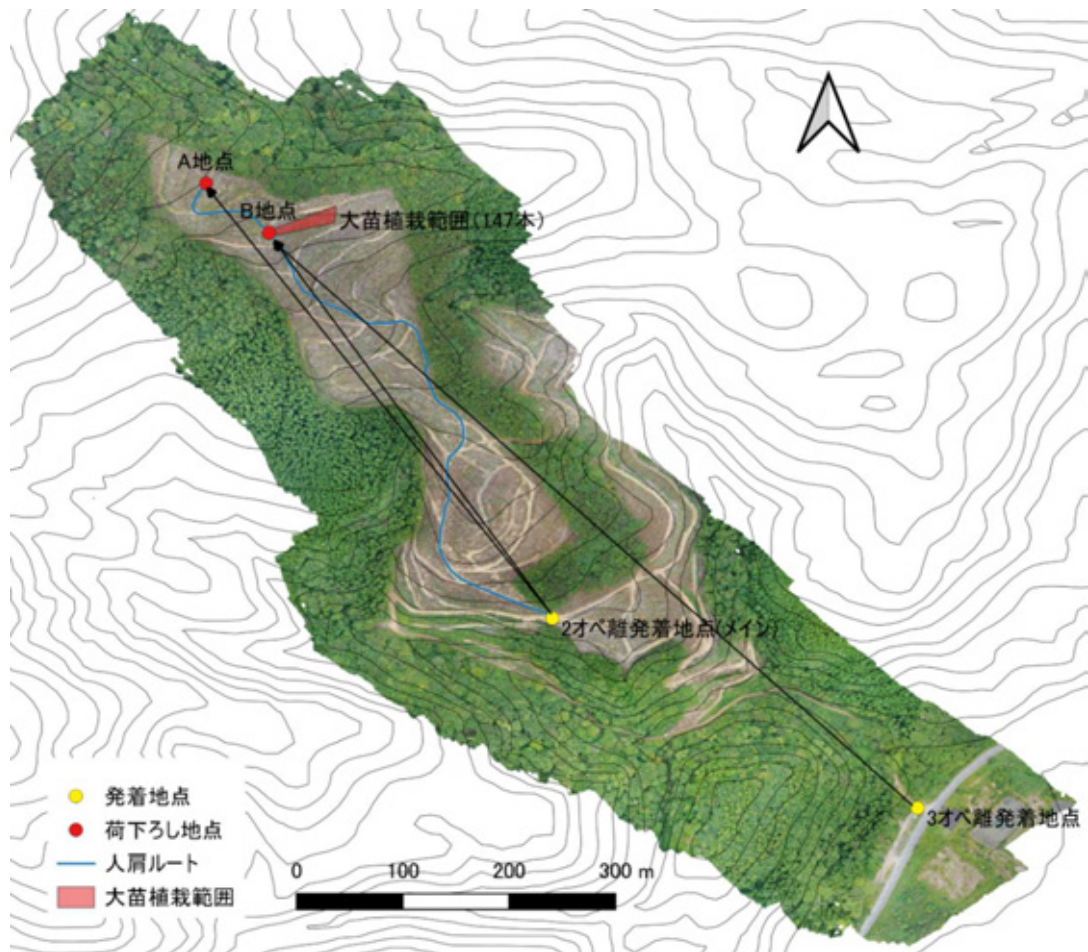


図 5-1 岩手県奥州市の実証地



図 5-2 実証地の様子

## (2) 調査結果

実証については、実証地の現地確認等の下見を令和3(2021)年9月17日に運搬業者とともに実施し、令和3(2021)年10月5日に苗木運搬の実証調査を実施した。

### ① 使用したドローン等

苗木運搬に使用したドローンは林業用に開発された株式会社 DroneWorkSystem (DWS) の EAGLE24 とした。ドローン運搬も同社に依頼した。使用したドローン及び運搬体制・作業等の詳細は次のとおりである (表 5-4)。

表 5-4 使用したドローン及び運搬体制・作業等の詳細

機種名/メーカー	EAGLE24 / DroneWorkSystem (昨年度と同じ機種)
概要	操縦者は、出発点に1人、荷下ろし点に1人の計 <b>2人配置</b> して <b>手動飛行</b> (一部の運搬においては中継地点を設け計 <b>3人配置</b> ) 補助者は、出発点に2人(バッテリー交換等全体雑務1人、荷掛1人)、荷下ろし点に1人(荷下ろし1人)の計3人配置
1往復の運搬可能量	24kg(実際には約10~15kgの苗木を運搬)
苗木の荷掛、荷下ろし	荷掛:操縦により <b>飛行高度を下げて、ホバリング中</b> に補助者が苗木をフックに掛ける。 荷下ろし:上記と同様、ホバリング中に <b>補助者が</b> 苗木をフックから取る。
写真	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>機体は風に強く、フライトコントローラを独自開発</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>アタッチメントは簡易なフック</p> </div> </div>

### ② ドローン運搬と人力運搬との比較

本実証地では人力運搬との比較を行った。ドローン及び人力による苗木運搬における1往復あたりの運搬本数、運搬時間等は次のとおりであった (表 5-5)。

表 5-5 岩手県奥州市におけるドローン及び人力による1往復あたりの運搬本数・時間

計測・算出項目	運搬方式	
	ドローン運搬	人肩運搬
作業人数	5人	1人
1往復あたりの平均運搬本数 (普通苗)	100本	200本
1往復あたりの平均運搬時間	6.02分	27.32分
1日あたりの運搬本数	6,977本	3,075本
1人日あたりの運搬本数	1,395本	3,075本

※1日の実労働時間を7時間として算出。

ドローン運搬と人肩運搬を比較すると、1 往復あたりの運搬本数についてはドローン運搬が人肩運搬の 1/2 と半分であった。往復時間はドローン運搬が人肩運搬の 1/4 以下とさらに短かった。

1 日あたりの運搬本数に換算すると、ドローン運搬の方が 2 倍以上多かったが、ドローン運搬には、5 人の作業人数を要したため、1 人日あたりの運搬本数は人肩運搬の方が多く、ドローン運搬を効果的に行うためには作業人数を減らす必要があると考えられる。

### (3) 運搬した苗木

本実証地ではスギのコンテナ苗の普通苗と大苗を運搬した。それぞれの苗木のおおよそのサイズを知るため、サンプルとして運搬前に 20 本ずつ直径、長さ、重さを計測した。結果を次に示す。

表 5-6 運搬した苗木の計測値情報(普通苗)

No.	樹種	地際径(mm)	全長(cm)	苗高(cm)	根鉢長(cm)	重量 (g)
1	スギ	4.4	46.0	34.5	11.5	87
2	スギ	6.6	49.5	37.6	11.9	145
3	スギ	6.7	49.0	36.9	12.1	142
4	スギ	6.4	55.7	43.9	11.8	143
5	スギ	4.3	51.0	43.0	8.0	93
6	スギ	7.1	60.4	48.6	11.8	187
7	スギ	8.5	49.4	37.6	11.8	142
8	スギ	7.2	58.2	46.7	11.5	149
9	スギ	7.1	53.5	41.9	11.6	138
10	スギ	6.0	57.0	45.0	12.0	136
11	スギ	6.7	43.5	31.7	11.8	140
12	スギ	7.5	47.5	35.4	12.1	133
13	スギ	7.7	55.7	43.9	11.8	169
14	スギ	7.0	46.3	34.8	11.5	128
15	スギ	7.7	50.5	40.0	10.5	129
16	スギ	5.4	43.5	34.0	9.5	97
17	スギ	6.8	59.4	47.6	11.8	165
18	スギ	8.4	49.5	37.7	11.8	183
19	スギ	7.2	48.6	37.0	11.6	142
20	スギ	6.9	51.3	39.0	12.3	170

表 5-7 運搬した苗木の計測値情報(大苗)

No.	樹種	地際径(mm)	全長(cm)	苗高(cm)	根鉢長(cm)	重量(g)
1	スギ	11.6	75.5	51.0	24.5	624
2	スギ	11.6	100.2	75.8	24.4	581
3	スギ	13.6	77.4	54.5	22.9	574
4	スギ	12.8	88.2	64.4	23.8	585
5	スギ	11.9	83.5	60.0	23.5	556
6	スギ	10.8	76.0	52.5	23.5	624
7	スギ	10.7	88.5	65.5	23.0	506
8	スギ	11.4	84.2	60.8	23.4	535
9	スギ	14.4	66.2	42.7	23.5	621
10	スギ	12.2	85.8	61.5	24.3	606
11	スギ	10.4	94.8	75.0	19.8	514
12	スギ	10.3	94.7	73.2	21.5	411
13	スギ	11.2	102.5	78.5	24.0	559
14	スギ	11.6	112.0	88.2	23.8	563
15	スギ	10.5	93.2	69.8	23.4	525
16	スギ	13.0	105.5	81.5	24.0	563
17	スギ	12.1	99.8	77.3	22.5	463
18	スギ	11.5	84.5	61.7	22.8	496
19	スギ	14.2	104.5	80.5	24.0	578
20	スギ	10.9	89.5	69.0	20.5	390

なお、ドローンで運搬した苗木について、実証当日は、荷下ろしの際、ドローンから落下させることなく、地面へ静かに接地した後、簡易フックから取り外して荷下ろししたため、コンテナ苗の根鉢の崩れ等はなく苗木への影響は見られなかった。

### 5.3.2. 宮城県石巻市（実証 No.2）

#### (1) 実証地の概要

実証地は宮城県石巻市の国有林における 2.32ha の植栽予定地とし、重量 15kg の土嚢袋をドローンで運搬する実証調査を行った。なお、当初はスギのコンテナ苗を運搬する予定であったが、実証当日の天候等の都合により、その日に苗木が用意されないことになったため、代わりに土嚢袋の運搬を行った。

実証地の概要を次に示す（表 5-8）。

表 5-8 実証地の概要

実証地	宮城県石巻市（細工浜国有林 573 わ林小班）
植栽面積	2.32ha
植栽密度	2,004 本/ha
植栽本数	4,650 本
運搬物	土嚢袋
傾斜	20°
水平距離	360m
比高（標高差）	80m
標高（荷掛地点）	10m
標高（荷下ろし地点）	90m
荷下ろし地点数	1 箇所
集材方式	車両系（フォワーダ）
人力・クローラ運搬による移動距離	425m
運搬者	ドローンサービス業者（株DWS）
使用機種（メーカー）	EAGLE24（株DWS）
操縦方式	2 オペレーション（2 オペ）
ドローン運搬作業人数	5 人

ドローンによる土嚢袋の運搬地点数は現地の環境から 1 地点とした。また、ドローンによる運搬のほか、人力による運搬を実施し、それぞれの 1 往復あたりの運搬重量、運搬時間を計測し、比較分析を行った。

実証地の概略図とドローン発着位置の状況はそれぞれ、図 5-3、図 5-4 に示す。



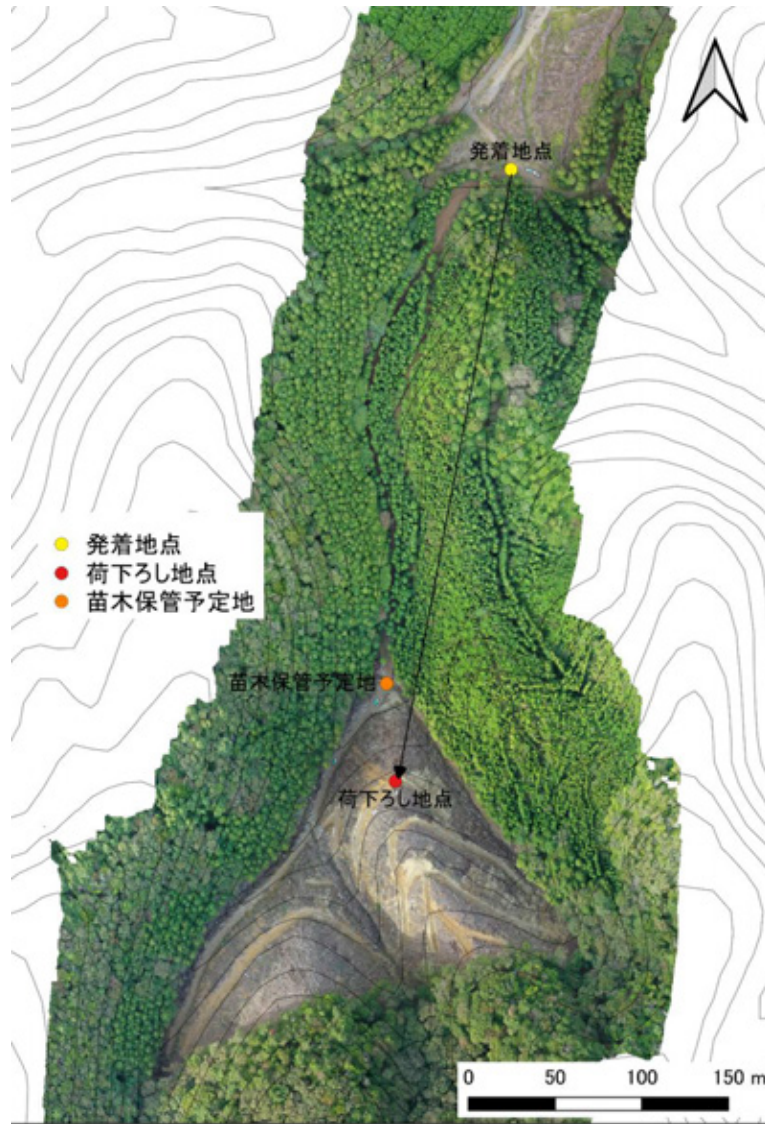


図 5-3 宮城県石巻市の実証地



図 5-4 実証地の様子

## (2) 調査結果

実証については、実証地の現地確認等の下見を令和3(2021)年10月8日に運搬業者とともに実施し、令和3(2021)年10月26日に土嚢袋の運搬の実証調査を実施した。

### ① 使用したドローン等

土嚢袋の運搬に使用したドローンは林業用に開発された株式会社 DroneWorkSystem (DWS) の EAGLE24 とした。運搬業者も同社に依頼した。使用したドローン及び運搬体制・作業等の詳細は次のとおりである(表 5-9)。

表 5-9 使用したドローン及び運搬体制・作業等の詳細

機種名/メーカー	EAGLE24 / DroneWorkSystem(昨年度と同じ機種)	
概要	操縦者は、出発点に1人、荷下ろし点に1人の計 <b>2人配置</b> して <b>手動飛行</b> 補助者は、出発点に2人(バッテリー交換等全体雑務1人、荷掛1人)、荷下ろし点に1人(荷下ろし1人)の計3人配置	
1往復の運搬可能量	24kg(実際には約15kgの土嚢袋を運搬)	
土嚢袋の荷掛、荷下ろし	荷掛: 操縦により <b>飛行高度を下げて、ホバリング中</b> に補助者が土嚢袋をフックに掛ける。 荷下ろし: 上記と同様、ホバリング中に <b>補助者が</b> 土嚢袋をフックから取る。	
写真	 <p>機体は風に強く、フライトコントローラを独自開発</p>	 <p>アタッチメントは簡易なフック</p>



## ② ドローン運搬と人肩運搬との比較

本実証地では人力運搬との比較を行った。ドローン及び人力による土嚢袋の運搬における1往復あたりの運搬重量、運搬時間等は次のとおりであった（表 5-10）。

表 5-10 宮城県石巻市におけるドローン及び人力による1往復あたりの運搬重量・時間

計測・算出項目	運搬方式	
	ドローン運搬	人肩運搬
作業人数	5人	1人
1往復あたりの平均運搬重量	15kg	15kg
1往復あたりの平均運搬時間	5.29分	19.47分
1日あたりの運搬重量 (1日あたりの苗木運搬本数(換算値))	1,191kg (7,940本)	324kg (2,160本)
1人日あたりの運搬重量 (1日あたりの苗木運搬本数(換算値))	238kg (1,588本)	324kg (2,160本)

※1日の実労働時間を7時間として算出。

※苗木運搬本数の換算値については150ccのコンテナ苗(1本150g)を想定

ドローン運搬と人肩運搬を比較すると、1往復あたりの運搬重量については同じであった。往復時間はドローン運搬が人肩運搬の約1/4とかなり短かった。

また、1日あたりの運搬重量に換算すると、ドローン運搬の方が4倍近く多かったが、ドローン運搬には、5人の作業人数を要したため、1人日あたりの運搬重量は人肩運搬の方が多く、ドローン運搬を効果的に行うためには作業人数を減らす必要があると考えられる。

### 5.3.3. 長野県大桑村（実証 No.3）

#### (1) 実証地の概要

実証地は長野県大桑村の国有林における 4.92ha の植栽予定地とし、ヒノキのコンテナ苗をドローンで運搬する実証調査を行った。

実証地の概要を次に示す（表 5-11）。

表 5-11 実証地の概要

実証地	長野県大桑村（住友林業社有林）
植栽面積	4.92ha
植栽密度	2,215 本/ha
植栽本数	10,900 本
運搬物	ヒノキのコンテナ苗（普通苗） 苗高 45.9±5.3cm、根鉢長 12.3±1.0cm
傾斜	30～40°
水平距離	130～215m
比高（標高差）	-55～-85m（荷下げの運搬）
標高（荷掛地点）	1025m
標高（荷下ろし地点）	940～970m
荷下ろし地点数	3 箇所
集材方式	架線
人力運搬による移動距離	275m
運搬者	苗木等運搬ドローンサービス業者（㈱ストーンモリス）
使用機種（メーカー）	M1000（㈱マゼックス）
操縦方式	2 オペレーション（2 オペ）
ドローン運搬作業人数	4 人（荷下ろしエリアが広く確保できる場合は 3 人）

ドローンによる苗木の運搬地点数は現地の環境及び運搬後の植栽作業のしやすさから 3 地点とした。

また、ドローンによる運搬のほか、人力による運搬を実施し、それぞれの 1 往復あたりの運搬本数、運搬時間を計測し、比較分析を行った。

実証地の概略図とドローン発着位置の状況はそれぞれ、図 5-5、図 5-6 に示す。

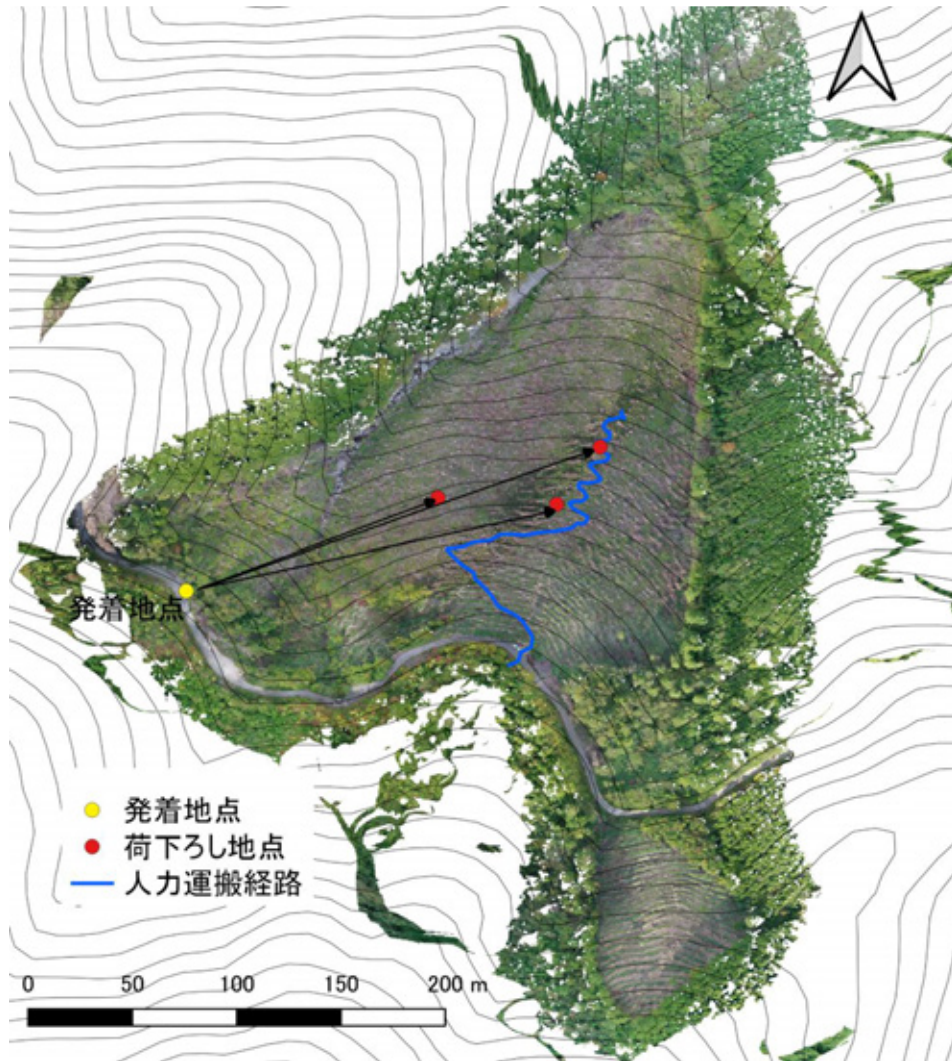


図 5-5 長野県大桑村の実証地



1袋25本(右上写真)のものを通常3袋分(計75本)メッシュ袋に入れて運搬

図 5-6 実証地の様子


## (2) 調査結果

実証については、実証地の現地確認等の下見を令和3(2021)年10月7日に実施し、令和3(2021)年10月26日に苗木運搬の実証調査を実施した。

### ① 使用したドローン等

苗木運搬に使用したドローンは林業用に開発されたマゼックス社のM1000とした。運搬業者はM1000を用いた苗木運搬の実績のある株式会社ストーンモリスに依頼した。使用したドローン及び運搬体制・作業等の詳細は次のとおりである(表5-12)。

表 5-12 使用したドローン及び運搬体制・作業等の詳細

機種名/メーカー	M1000 / mazex (昨年度と同じ機種)
概要	操縦者は、出発点に1人、荷下ろし点に1人の計 <b>2人配置して手動飛行</b> 補助者は、苗木の梱包と荷下ろし後の取り出し、移動を行う補助者として出発点と荷下ろし地点に各1人配置
1往復の運搬可能量	14kg(申請は10.5kg、実証では約10kgを運搬)
苗木の荷掛、荷下ろし	荷掛: <b>ドローンを着陸させ、停止状態で荷掛を行う</b> 荷下ろし:操縦により飛行高度を下げて、苗木を地面に接地させて苗木を <b>自動</b> で切り離す
写真	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>機体のスペックは「森飛」と同じ アタッチメントのみ独自開発</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>アタッチメントは、接地すると 自動的にフックが外れる仕組み</p> </div> </div>

なお、アタッチメントについては、運搬物を接地して、吊り下げ部分に重力による張力がなくなると自動的にフックが外れる自動フック方式で、荷下ろしに係る補助者は必要としなかったが、荷下ろしした苗木を移動させる補助者が必要だったため、総作業人数は4人となった。但し、本実証地は急傾斜地で広い荷下ろし場所が確保できず、荷下ろしした苗木を次の荷下ろしまでに移動させてスペースを確保する必要があったためであり、通常は3人体制の作業となる。

### ② ドローン運搬と人肩運搬との比較

本実証地では人力運搬との比較を行った。ドローン及び人力による苗木運搬における1往復あたりの運搬本数、運搬時間等は次のとおりであった(表5-13)。

表 5-13 長野県大桑村におけるドローン及び人力による1往復あたりの運搬本数・時間

計測・算出項目	運搬方式	
	ドローン運搬	人肩運搬
作業人数	4人	1人
1往復あたりの平均運搬本数	75本	75本
1往復あたりの平均運搬時間	4.11分	19.83分
1日あたりの運搬本数	7,664本	1,589本
1人日あたりの運搬本数	1,916本	1,589本

※1日の実労働時間を7時間として算出。

ドローン運搬と人肩運搬を比較すると、1往復あたりの運搬本数については同じであった。往復時間はドローン運搬が人肩運搬の1/4以下とかなり短かった。

また、1日あたりの運搬本数に換算すると、ドローン運搬の方が約5倍多かった。なお、ドローン運搬には、4人の作業人数を要していたが、1人日あたりの運搬本数で見てもドローンの方が多く結果となった。

### (3) 運搬した苗木

本実証地ではヒノキのコンテナ苗（普通苗）を運搬した。苗木のおおよそのサイズを知るため、サンプルとして運搬前に20本の直径、長さ、重さを計測した。結果を次に示す。

表 5-14 運搬した苗木の計測値情報

No.	樹種	地際径(mm)	全長(cm)	苗高(cm)	根鉢長(cm)	重量(g)
1	ヒノキ	5.0	59.7	43.9	15.8	平均 148g
2	ヒノキ	5.9	64.2	51.5	12.7	
3	ヒノキ	4.0	55.3	43.1	12.2	
4	ヒノキ	5.8	66.0	53.8	12.2	
5	ヒノキ	5.2	64.1	51.9	12.2	
6	ヒノキ	5.1	55.3	43.1	12.2	
7	ヒノキ	5.9	57.2	45.2	12.0	
8	ヒノキ	4.5	54.1	42.9	11.2	
9	ヒノキ	4.2	54.2	42.2	12.0	
10	ヒノキ	4.7	52.1	40.1	12.0	
11	ヒノキ	5.4	56.0	43.8	12.2	
12	ヒノキ	5.1	61.2	49.9	11.3	
13	ヒノキ	5.0	68.6	56.4	12.2	
14	ヒノキ	4.1	54.4	43.1	11.3	
15	ヒノキ	5.0	51.2	37.9	13.3	
16	ヒノキ	6.5	65.6	53.2	12.4	
17	ヒノキ	5.1	55.7	43.5	12.2	
18	ヒノキ	4.9	55.1	42.6	12.5	
19	ヒノキ	5.2	63.2	50.2	13.0	
20	ヒノキ	4.5	52.4	40.6	11.8	

#### 5.3.4. 和歌山県田辺市（実証 No.4）

##### (1) 実証地の概要

実証地は和歌山県田辺市の民有林（有限会社野田林業社有林）における 9.01ha の植栽予定地とし、獣害防止資材をドローンで運搬する実証調査を行った。

実証地の概要を次に示す（表 5-15）。

表 5-15 実証地の概要

実証地	和歌山県田辺市（有限会社野田林業社有林）
植栽面積	9.01ha
植栽密度	—
植栽本数	—
運搬物	獣害防止資材（ネット、支柱、杭、杭打機）
傾斜	25～45°
水平距離	90～325m
比高	10～160m
標高（荷掛地点）	560m
標高（荷下ろし地点）	570～720m
荷下ろし地点数	21 箇所
集材方式	架線
人力運搬による移動距離	776m
運搬者	林業事業者（株中川）
使用機種（メーカー）	ITAKISO（株MAKUW）
操縦方式	2 オペレーション（2 オペ）
ドローン運搬作業人数	5 人

ドローンによる獣害防止資材の運搬地点数は現地の環境及び運搬後の作業のしやすさから 21 地点とした。また、本実証地ではドローンによる運搬のほか、人力による運搬を実施し、それぞれの 1 往復あたりの運搬重量、運搬時間を計算し、比較分析を行った。

実証地の概略図とドローン発着位置の状況はそれぞれ、図 5-7、図 5-8 に示す。



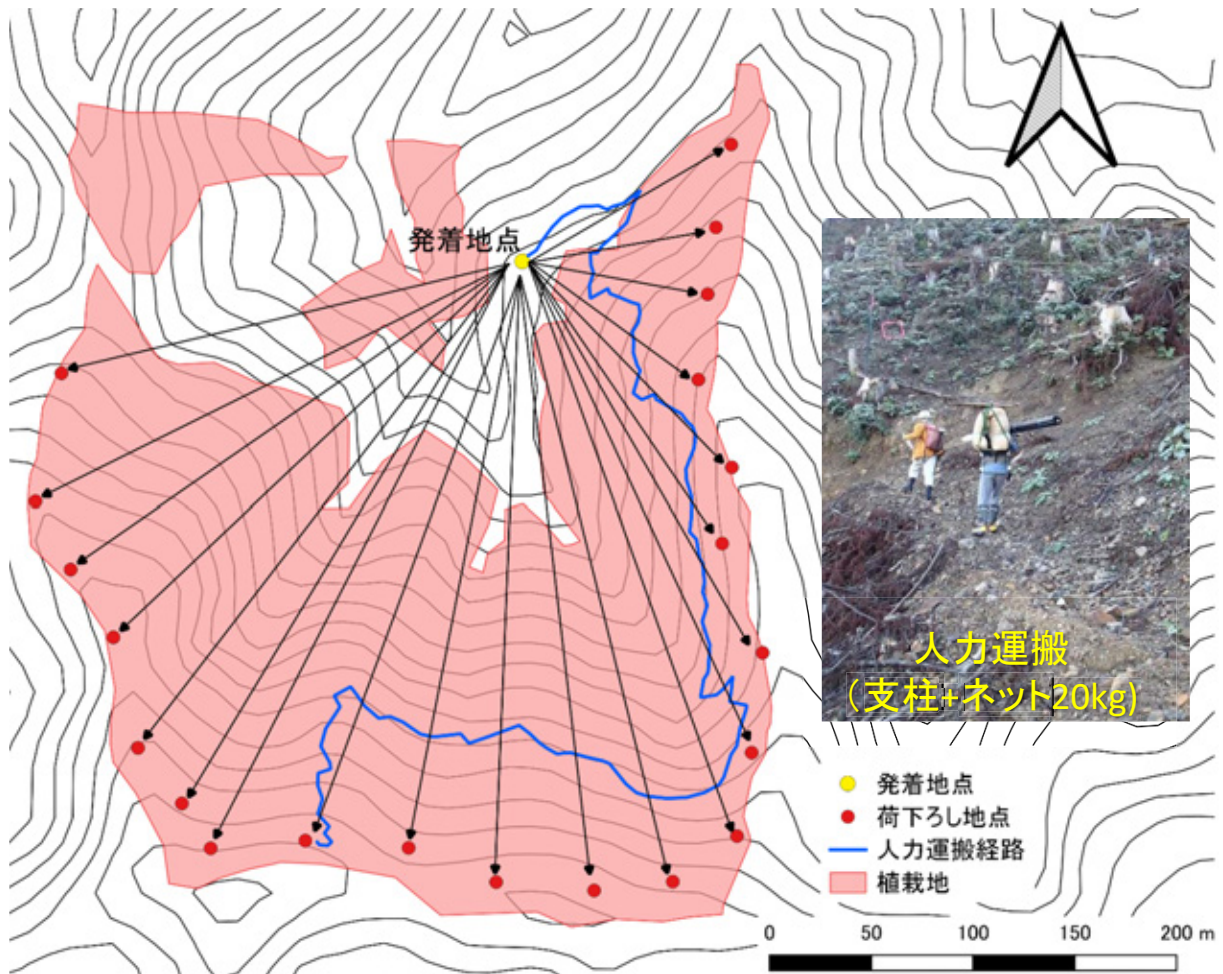


図 5-7 和歌山県田辺市の実証地

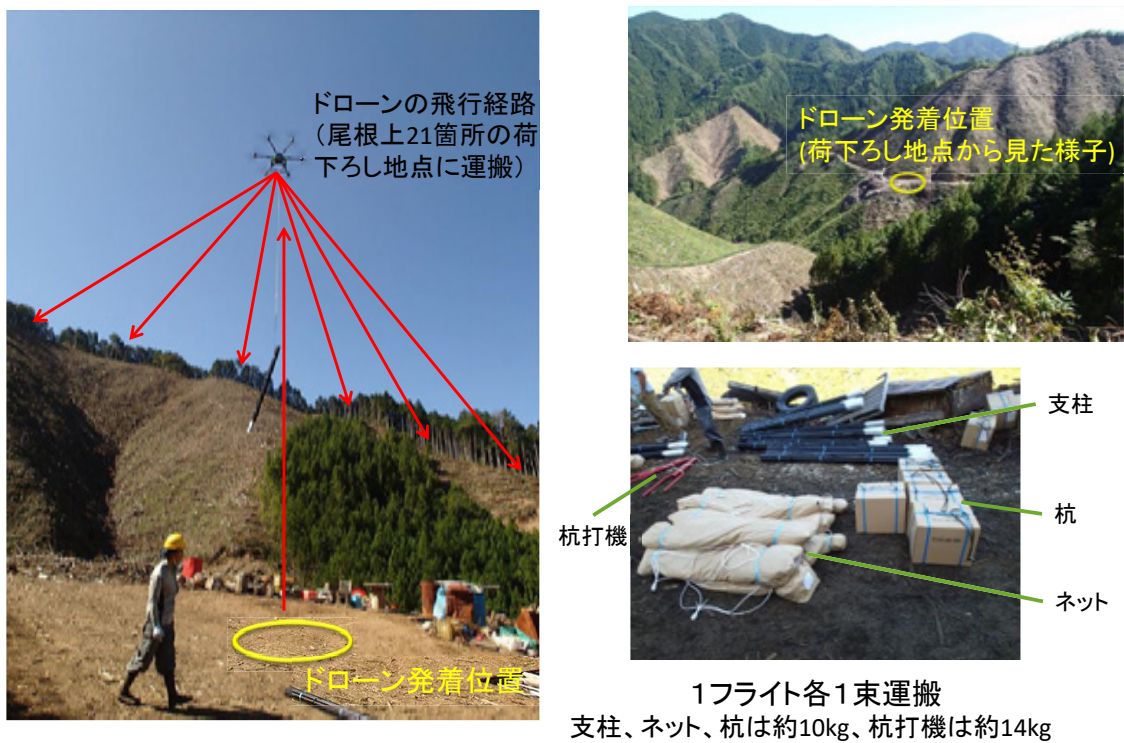


図 5-8 実証地の様子



## (2) 調査結果

実証については、令和3(2021)年10月5日に獣害防止資材運搬の実証調査を実施した。

### ① 使用したドローン等

獣害防止資材運搬に使用したドローンは林業用に開発された(株)MAKUWのITAKISOとした。運搬業者は実証地となった社有林での資材等運搬作業を請負している林業事業体の株式会社中川に依頼した。使用したドローン及び運搬体制・作業等の詳細は次のとおりである(表5-16)。

表5-16 使用したドローン及び運搬体制・作業等の詳細

機種名/メーカー	ITAKISO / 株式会社MAKUW (昨年度のものを改良)	
概要	操縦者は、出発点に1人、荷下ろし点に1人の計 <b>2人配置</b> して <b>手動飛行</b> 補助者は、出発点に2人(バッテリー交換等全体雑務1人、荷掛1人)、荷下ろし点に1人(荷下ろし1人)の計3人配置	
1往復の運搬可能量	20kg(実証では10~14kgを運搬)	
獣害防止資材の荷掛、荷下ろし	荷掛: 操縦により <b>飛行高度を下げて、ホバリング中に</b> 補助者が獣害防止資材をフックに掛ける。 荷下ろし: 上記と同様、ホバリング中に <b>補助者が</b> 獣害防止資材ををフックから取る。	
写真	 6枚羽で安定した飛行を実現	 アタッチメントは簡易なフック



## ② ドローン運搬と人力運搬との比較

本実証地では人力運搬との比較を行った。ドローン及び人力による獣害防止資材の運搬における1往復あたりの運搬重量、運搬時間等は次のとおりであった（表 5-17）。

表 5-17 和歌山県田辺市におけるドローン及び人力による1往復あたりの運搬本数・時間

計測・算出項目	運搬方式	
	森飛（2 オペ）	人力
作業人数	5 人	1 人
1 往復あたりの平均運搬重量	12kg	20kg
1 往復あたりの平均運搬時間	2.71 分	73.5 分
1 日あたりの運搬重量 (1 日あたりの苗木運搬本数（換算値）)	1,860kg (12,400 本)	114kg (760 本)
1 人日あたりの運搬重量 (1 日あたりの苗木運搬本数（換算値）)	372kg (2,480 本)	114kg (760 本)

※1 日の実労働時間を7時間として算出。

※苗木運搬本数の換算値については150ccのコンテナ苗（1本150g）を想定

ドローン運搬と人肩運搬を比較すると、1往復あたりの運搬重量についてはドローン運搬が人肩運搬の半分近くであった。往復時間は約1/27と顕著に短かった。

また、1日あたりの運搬重量に換算すると、ドローン運搬の方が約16倍多かった。このため、本実証地は5人体制と多くの作業人数でドローン運搬を行っていたが、1人日あたりの運搬重量で見ても、ドローンの運搬の方が3倍以上多い結果となった。

### 5.3.5. 愛媛県四国中央市（実証 No.5）

#### (1) 実証地の概要

実証地は愛媛県四国中央市の民有林（住友林業株式会社社有林）における 4.94ha の植栽予定地とし、ヒノキのコンテナ苗をドローンで運搬する実証調査を行った。

実証地の概要を次に示す（表 5-18）。

表 5-18 実証地の概要

実証地	愛媛県四国中央市（富郷町津根山住友林業社有林）
植栽面積	4.94ha
植栽密度	2,500 本/ha
植栽本数	12,350 本
運搬物	ヒノキのコンテナ苗（普通苗） 苗高 66.0±6.0cm、根鉢長 9.5cm
傾斜	25°
水平距離	470～525m
比高	120～170m
標高（荷掛地点）	885m
標高（荷下ろし地点）	1005～1055m
荷下ろし地点数	3 箇所
集材方式	架線
人力運搬による移動距離	640m
人力運搬による累積標高差	75m
運搬者	林業事業体（住友林業㈱）
使用機種（メーカー）	森飛 1 オペ（ウインチ）タイプ
操縦方式	1 オペレーション（1 オペ）
ドローン運搬作業人数	2 人（通常は 1 人）

ドローンによる苗木の運搬地点数は現地の環境及び運搬後の植栽作業のしやすさから 3 地点とした。また、本実証地ではドローンによる苗木運搬のほか、人力による苗木運搬を実施し、それぞれの 1 往復あたりの運搬本数、運搬時間を計測し、比較分析を行った。

実証地の概略図とドローン発着位置の状況はそれぞれ、図 5-9、図 5-10 に示す。

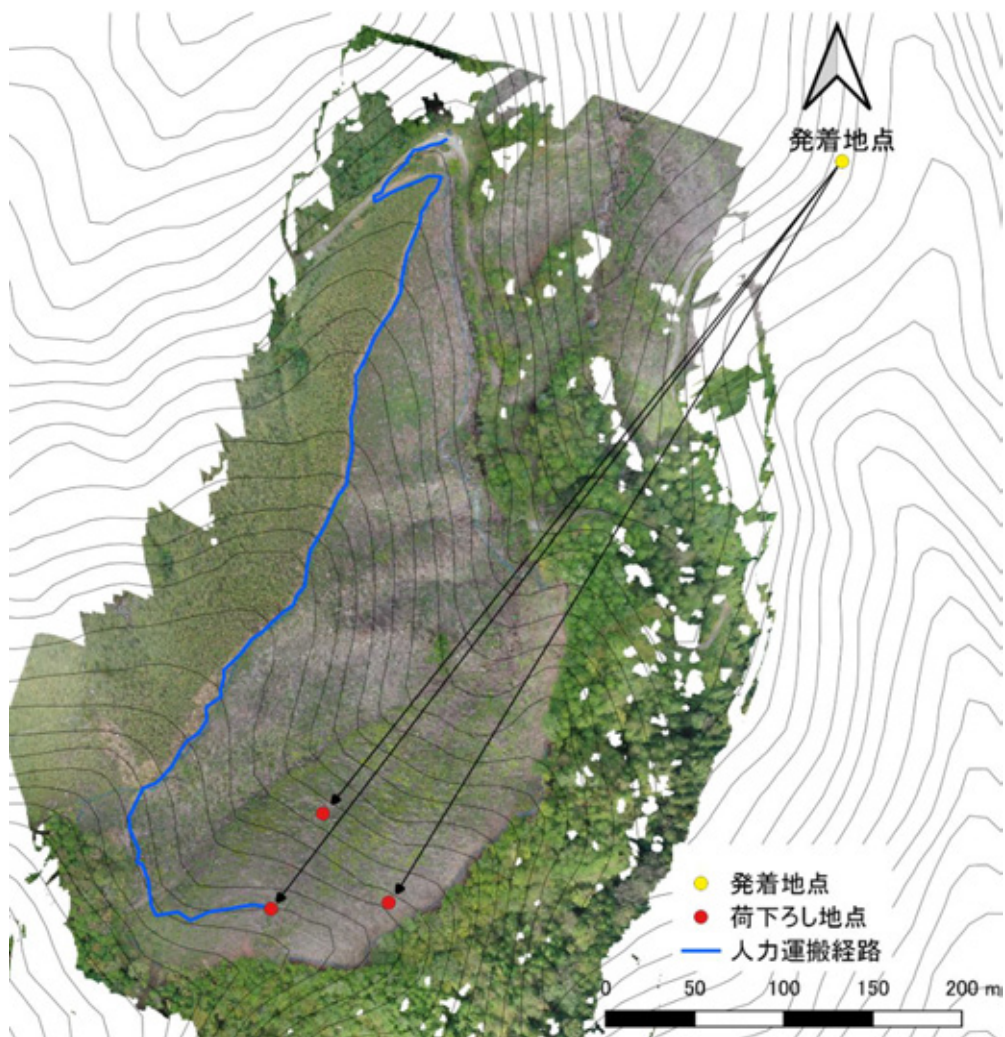


図 5-9 愛媛県四国中央市の実証地



図 5-10 実証地の様子

## (2) 調査結果



実証については、令和3(2021)年10月12日と10月14日に苗木運搬の実証調査を実施した。

### ① 使用したドローン等

苗木運搬に使用したドローンは住友林業とマゼックス社で共同開発された森飛ウインチ運搬型とし、運搬業者は社有林を所有している林業事業体の住友林業株式会社に依頼した。操縦者は出発点に1人必要であり、苗木の取り付けも操縦者が実施したため、総作業人数は1人であった。但し、荷下ろし地点が尾根から離れた斜面等の場合、最初のフライトのみ安全確認のために補助者が荷下ろし地点に1人必要であった。アタッチメントについては、運搬物を接地して、吊り下げ部分に重力による張力がなくなると自動的にフックが外れる自動フック方式で、荷下ろしに係る補助者は必要としなかった。

使用したドローンの詳細については、次のとおりである（表 5-19）。

表 5-19 使用したドローン及び運搬体制・作業等の詳細

機種名/メーカー	森飛1オペ(ウインチ)タイプ / マゼックス(昨年度と同じ機種)
概要	操縦者は、出発点に <b>1人</b> 、苗木の取付も操縦者が実施 荷下ろし地点が尾根から離れた斜面等の場合、最初のフライトのみ安全確認のため補助者を1人荷下ろし地点に配置
1往復の運搬可能量	8kg(実証では4.5~8kgを運搬)
苗木の荷掛、荷下ろし	荷掛: <b>ドローンを着陸させ、停止状態で荷掛</b> を行う 荷下ろし:ウインチにより <b>ワイヤを下げて</b> 、苗木を地面に接地させて自動で切り離し
写真	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>機体は住友林業とマゼックスとの共同開発</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>アタッチメントは、接地すると自動的にフックが外れる仕組み</p> </div> </div>

### ② ドローン運搬と人力運搬との比較

本実証地では人力運搬との比較を行った。ドローン及び人力による苗木運搬における1往復あたりの運搬本数、運搬時間等は次のとおりであった（表 5-20）。

表 5-20 愛媛県四国中央市におけるドローン及び人力による1往復あたりの運搬本数・時間

計測・算出項目	運搬方式	
	ドローン	人力
作業人数	2人	1人
1往復あたりの平均運搬本数	40本	90本
1往復あたりの平均運搬時間	7.13分	42.75分
1日あたりの運搬本数	2,356本	884本
1人日あたりの運搬本数	1,178本	884本

※1日の実労働時間を7時間として算出。

ドローン運搬と人肩運搬を比較すると、1往復あたりの運搬本数については、人肩運搬が2倍以上多かった。往復時間はドローン運搬が人力運搬の約1/6と遥かに短かった。

1日あたりの運搬本数に換算すると、ドローン運搬の方が3倍近く多かった。また、本実証地では2人体制でドローン運搬を行っていたため、1人日あたりの運搬本数で見てもドローン運搬の方が多かった。

### (3) 運搬した苗木

本実証地ではヒノキのコンテナ苗（普通苗）を運搬した。苗木のおおよそのサイズを知るため、サンプルとして運搬前に20本の直径、長さ、重さを計測した。結果を次に示す。

表 5-21 運搬した苗木の計測値情報

No.	樹種	地際径(mm)	全長(cm)	苗高(cm)	根鉢長(cm)	重量
1	ヒノキ	6.4	72.5	63.1	9.4	平均 151g
2	ヒノキ	5.1	68.5	59.1	9.4	
3	ヒノキ	5.3	78.6	68.8	9.8	
4	ヒノキ	5.6	78.6	68.6	10.0	
5	ヒノキ	6.7	73.0	63.0	10.0	
6	ヒノキ	5.4	86.0	76.6	9.4	
7	ヒノキ	6.3	78.5	69.4	9.1	
8	ヒノキ	6.2	71.2	61.7	9.5	
9	ヒノキ	5.9	78.5	69.5	9.0	
10	ヒノキ	6.2	67.0	58.0	9.0	
11	ヒノキ	5.4	80.5	71.7	8.8	
12	ヒノキ	7.2	86.5	76.7	9.8	
13	ヒノキ	5.4	71.8	62.5	9.3	
14	ヒノキ	6.7	70.0	60.6	9.4	
15	ヒノキ	6.7	76.5	66.5	10.0	
16	ヒノキ	6.2	74.5	65.0	9.5	
17	ヒノキ	5.0	77.2	68.0	9.2	
18	ヒノキ	6.2	81.5	72.0	9.5	
19	ヒノキ	7.1	75.0	66.0	9.0	
20	ヒノキ	5.0	63.5	53.5	10.0	

### 5.3.6. 宮崎県延岡市（実証 No.6）

#### (1) 実証地の概要

実証地は宮崎県都城市の国有林における 3.55ha の植栽予定地とし、スギのコンテナ苗（中苗）をドローンで運搬する実証調査を行った。

実証地の概要を次に示す（表 5-22）。

表 5-22 実証地の概要

実証地	宮崎県都城市の国有林
植栽面積	3.55ha
植栽密度	2,000 本/ha
植栽本数	7,100 本
運搬物	スギのコンテナ苗（中苗） 苗高 89.5±5.0cm、根鉢長 16.1±0.8cm
傾斜	-
水平距離	125～270m
比高（標高差）	35～75m
標高（荷掛地点）	300m、335m（荷掛地点 2 箇所）
標高（荷下ろし地点）	335～375m
荷下ろし地点数	5 箇所
集材方式	車両系（フォワーダ）
人力運搬による移動距離	244m
運搬者	ドローンサービス業者（延岡空撮）
使用機種（メーカー）	ciDrone（ciRobotics(株)）
操縦方式	1 オペレーション（1 オペ）
ドローン運搬作業人数	5 人

ドローンによる苗木の運搬地点数は現地の環境及び運搬後の植栽作業のしやすさから 5 地点とした。また、本実証地では人力による苗木運搬を実施し、それぞれの 1 往復あたりの運搬本数、運搬時間を計測し、比較分析を行った。

実証地の概略図とドローン発着位置の状況はそれぞれ、図 5-11、図 5-12 に示す。



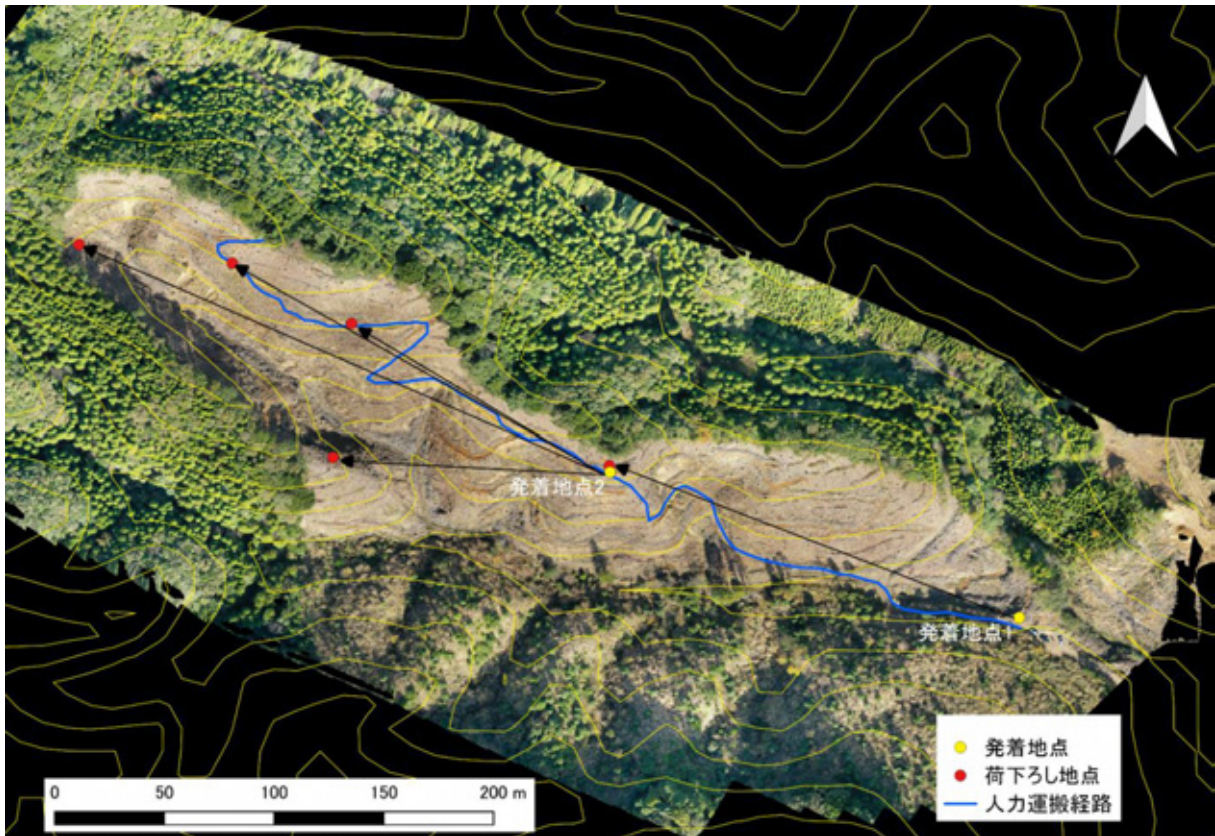


図 5-11 宮崎県都城市の実証地



1フライト2袋60本 (約16kg) 運搬



人力運搬も60本運搬

図 5-12 実証地の様子

## (2) 調査結果


実証については、実証地の現地確認等の下見を令和3(2021)年11月24日に運搬業者とともに実施し、令和3(2021)年12月8日、9日に苗木運搬の実証調査を実施した。

### ① 使用したドローン等

苗木運搬に使用したドローンは ciRobotics 社の ciDrone とし、運搬業者は昨年度も苗木運搬の実績のある延岡空撮に依頼した。操縦者は出発点に1人必要であり、その他、補助者が出発点に1人(荷掛、雑務)、荷下ろし点に1人(無線連絡)必要であったため、総作業人数は3人であった。アタッチメントについては、苗木を吊るすリングのついた紐をドローン下部に装着し、荷下ろしの際、苗木を地面に接地させた後、操縦者の遠隔操作によってドローンからリングのついた紐ごと切り離す方式であった。

使用したドローンの詳細については、次のとおりである(表 5-23)。

表 5-23 使用したドローン及び運搬体制・作業等の詳細

機種名/メーカー	ciDrone / ciRobotics(昨年度のARRIS E616から変更)
概要	操縦者は、出発点に <b>1人配置して手動飛行</b> 補助者は、出発点に1人(荷掛、雑務)と荷下ろし地点に1人(無線連絡)の計3人配置
1往復の運搬可能量	20kg(実証では約16kgを運搬)
苗木の荷掛、荷下ろし	荷掛:ドローンを着陸させ、停止状態で荷掛を行う 荷下ろし:操縦により <b>飛行高度を下げて</b> 、苗木を地面に設置させ、操縦者による遠隔操作により苗木をドローンから切り離す。
写真	 <p>6枚羽で安定した飛行を実現、カメラは水平・中間・真下の3段階に角度調整可能 苗木を吊るすリングのついた紐を装着し、遠隔操作で紐ごとドローンから切り離す</p>

### ② ドローン運搬と人力運搬との比較

本実証地では人力運搬との比較を行った。ドローン及び人力による苗木運搬における1往復あたりの運搬本数、運搬時間等は次のとおりであった(表 5-24)。

表 5-24 宮崎県延岡市におけるドローン及び人力による1往復あたりの運搬本数・時間

計測・算出項目	運搬方式	
	ドローン	人力
作業人数	3	1
1往復あたりの平均運搬本数	60	60
1往復あたりの平均運搬時間(分)	2.64	9.72
1日あたりの運搬本数	9,545	2,593
1人日あたりの運搬本数	3,182	2,593

※1日の実労働時間を7時間として算出。



ドローン運搬と人肩運搬を比較すると、1 往復あたりの運搬本数については、同じであったが、往復時間はドローン運搬が人力運搬の約 1/4 と短かった。

このため、1 日あたりの運搬本数に換算すると、ドローン運搬の方が 4 倍近く多かった。また、本実証地では 3 人体制でドローン運搬を行っていたため、1 人日あたりの運搬本数で見てもドローン運搬の方多いという結果となった。

### (3) 運搬した苗木

本実証地ではスギのコンテナ苗（中苗）を運搬した。苗木のおおよそのサイズを知るため、サンプルとして運搬前に 20 本の直径、長さ、重さを計測した。結果を次に示す。

表 5-25 運搬した苗木の計測値情報

No.	樹種	地際径(mm)	全長(cm)	苗高(cm)	根鉢長(cm)	重量(g)
1	スギ	9.7	107.0	91.0	16.0	平均 262g
2	スギ	8.0	94.5	79.0	15.5	
3	スギ	11.1	100.0	83.0	17.0	
4	スギ	7.8	105.0	86.5	18.5	
5	スギ	8.6	106.0	89.5	16.5	
6	スギ	6.9	104.0	88.0	16.0	
7	スギ	9.3	92.0	77.0	15.0	
8	スギ	7.6	109.0	94.0	15.0	
9	スギ	11.0	109.5	93.4	16.1	
10	スギ	9.5	109.5	93.3	16.2	
11	スギ	10.2	109.3	93.9	15.4	
12	スギ	10.2	107.4	91.9	15.5	
13	スギ	10.0	107.9	91.3	16.6	
14	スギ	10.7	103.1	88.1	15.0	
15	スギ	9.8	106.9	91.1	15.8	
16	スギ	10.4	106.4	89.9	16.5	
17	スギ	10.0	107.7	90.9	16.8	
18	スギ	9.3	111.8	95.8	16.0	
19	スギ	8.8	110.6	95.0	15.6	
20	スギ	8.1	103.2	86.9	16.3	

## 5.4. ドローンの活用が効果的となる作業手法・作業体制

昨年度、本年度と実証を行った結果、苗木等運搬用に使用しているドローンの規格、操縦者の人数、荷下ろし方式に違いが見られたほか、苗木等運搬の作業時間や、作業手法・作業体制についても各地で少しずつ異なっている部分もあることがわかった。このため、まずドローンの規格別に作業方法、作業体制を整理して現状を把握し、各実証での作業時間の違い等から効果的な作業手法・作業体制を検討することとした。

### 5.4.1. ドローンの規格別の作業方法・作業体制

昨年度と本年度に実施した下記の15の実証結果（表 5-26）から、各地でのドローンによる苗木等運搬の作業方法・作業体制をドローンの規格別に整理した（表 5-27）。

表 5-26 昨年度および本年度に実施した15の実証

No.	実証地	運搬者	ドローン				運搬物
			機種	ペイロード (kg)	往復 時間(分)	作業 人数	
1	R2茨城県大子町	(株)ストーンモリス	M1000	10.4	6.7	3	コンテナ苗
2	R2群馬県東吾妻町	(株)DWS	EAGLE15	15	3.7	5	コンテナ苗
3	R2群馬県東吾妻町	(株)DWS	EAGLE24	24	3.7	5	コンテナ苗
4	R2兵庫県神河町	住友林業(株)	森飛(1ホ)	8	5.6	1	コンテナ苗
5	R2和歌山県日高川町	円陣(株)	森飛(1ホ)	8	5.8	2	コンテナ苗
6	R2和歌山県日高川町	東洋エンジニア(株)	森飛(2ホ)	10.4	5.0	2	コンテナ苗
7	R2和歌山県田辺市	(株)中川	いたきそ	15	2.2	5	獣害防止資材
8	R2山口県山口市	(株)中川	いたきそ	15	2.1	5	裸苗
9	R2宮崎県延岡市	延岡空撮	E616	10	7.1	3	コンテナ苗
10	R3岩手県奥州市	(株)DWS	EAGLE24	24	6.0	5	コンテナ苗
11	R3宮城県石巻市	(株)DWS	EAGLE24	24	5.3	5	土嚢袋
12	R3長野県大桑村	(株)ストーンモリス	M1000	10.4	4.1	4	コンテナ苗
13	R3和歌山県田辺市	(株)中川	ITAKISO	20	2.7	5	獣害防止資材
14	R3愛媛県四国中央市	住友林業(株)	森飛(1ホ)	8	7.1	2	コンテナ苗
15	R3宮崎県都城市	延岡空撮	ciDrone	20	2.6	3	コンテナ苗

表 5-27 ドローンの規格別の作業方法・作業体制

ドローン規格		作業方法・作業体制						事業者・機種 (本事業での実証地)	
操縦方式	荷下ろし機構	発着地点			荷下ろし地点*1		合計人数		
		荷掛時	荷掛者	バッテリー交換	必要最低人数	荷下ろし者			必要最低人数
1 オペ	自動切離し (自動フック、遠隔切離し)	着陸	操縦者	操縦者	1(操縦者のみ)	発着地点 操縦者	0~1(安全確認者)	1~2	住友林業・森飛1オペ (神河町、四国中央市)
			補助者	補助者	2(操縦者+補助者)		0	2	円陣・森飛1オペ(日高川町)
			補助者	操縦者			1(安全確認者)	3	延岡空撮・①E616/②ciDrone (①延岡市、②都城市)
2 オペ	自動切離し (自動フック)	着陸	操縦者	操縦者	1(操縦者のみ)	荷下ろし地点 操縦者	1(操縦者のみ)	2	東洋エンジニア・森飛2オペ (日高川町)
			補助者	操縦者	2(操縦者+補助者)		1(操縦者) ~2(操縦者+補助者)	3~4	ストーンモリス・M1000 (大子町、大桑村)
	簡易フック	ホバリング	補助者	補助者	2(操縦者+補助者)	補助者	2(操縦者+補助者)	5	DWS・EAGLE15/24 (吾妻町、奥州市、石巻市) 中川・ITAKISO(田辺市、山口市)

※荷下ろし地点への着陸はできないため、荷下ろし時は基本的にホバリング

まず、ドローンの規格として、操縦者が発着地点に1人だけでよい1オペ方式の機種を活用している実証事例では、総作業人数は1~3名であり、荷掛やバッテリー交換も操縦者で行うかどうか、荷下ろし地点にも補助者を置くかどうかで人数が変わっていた。なお、1オペ方式の機種の荷下ろし機構については、自動フックがついていたり、遠隔操作で切離しができたりするなど、いずれも自動切離しができる仕様になっていた。

また、操縦者が発着地点と荷下ろし地点に1人ずつの計2人必要な2オペ方式の機種を活用している実証事例では、総作業人数は2~5名であった。この場合も荷掛やバッテリー交換も操縦者で行うかどうか、荷下ろし地点にも補助者を置くかどうかで人数が変わっていた。2オペ方式のドローンでは自動切離しができる仕様になっていないものがあり、その場合、荷下ろし地点には必ず補助者を配置する必要があった。

### 5.4.2. 各実証での作業手法の把握と作業項目別の作業時間の分析

ドローンを活用した苗木等運搬における効果的な作業手法・作業体制の検討材料として、各実証の作業体制の把握と作業項目別の作業時間等の分析を行った。

なお、作業時間については、各実証調査で時間計測した、荷掛のみ、バッテリー交換・荷掛、往路+荷下ろし、及び復路、の各作業項目に分けて分析した。

#### (1) 1オペ方式(自動切離し機構付き)の機種で運搬する場合

1オペ方式(自動切離し機構付き)の実証事例は5事例あり、各作業項目の平均時間は次のとおりであった。

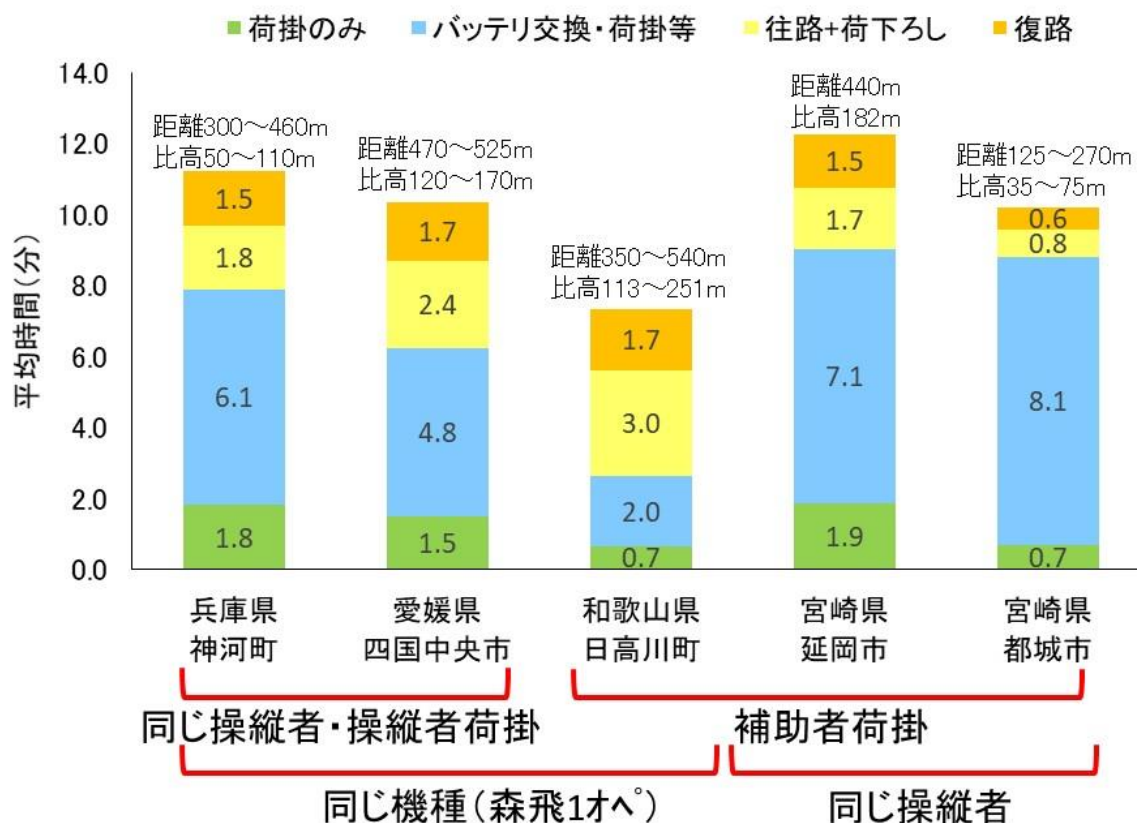


図 5-13 1オペ方式の機種(自動切離し機構付き)を活用した各実証地の作業項目別平均作業時間

#### ① 荷掛のみの時間

荷掛のみの時間については平均 0.7~1.9 分で、いずれの事例も一度着陸させて行っており、操縦者が荷掛を行う場合と補助者が荷掛を行う場合があった。同じ機種(森飛1オペ)で見ると、補助者が荷掛を行うことにより荷掛時間が半分以下に削減できることがわかった。

#### ② バッテリー交換・荷掛等の時間

バッテリー交換・荷掛等の時間については平均 2.0~8.1 分で、和歌山県日高川町の実証のみ補助者が行い、その他は操縦者が行っていた。補助者が行った場合は 2.0 分と極めて短く、同じ機種で見た場合でも 1/2~1/3 以下にまで時間削減できることがわかった。

#### ③ 往路+荷下ろし、及び復路の時間

往路+荷下ろし、及び復路の時間については、作業手法・体制が影響を与える部分はほとんど

ないと思われ、ドローンの機種種のスペックに依ると考えられる。なお、同じ機種種で実証された愛媛県四国中央市と和歌山県日高川町での実証結果を見ると、復路時間は同じものの、往路+荷下ろし時間は和歌山県日高川町の実証の方が長かった。和歌山県日高川町の方が愛媛県四国中央市より比高が大きいため、運搬時間（速度）は距離だけでなく比高にも影響を受けている可能性が考えられる。

以上より、1 オペ方式の機種種を活用した場合、補助者が荷掛やバッテリー交換を行うことにより、大きく作業時間を削減できることがわかった。但し、往路+荷下ろしや復路の時間には関係なく、補助者の分だけ作業人数も増えるため、人件費は高くなると考えられる。

なお、現地の状況や操縦者の技能に応じて、以下のような場合には補助者を配置した方が良いと考えられる。

- ・天候等の心配から人数をかけても早く作業を終わらせたい場合
- ・操縦と異なる作業をすることで操縦の集中力を切らしたくない場合
- ・第三者や車両の通行可能性があり操縦者以外に発着地点に安全管理者が必要な場合

## (2) 2オペ方式(自動切離し機構付き)の機種種で運搬する場合

2 オペ方式（自動切離し機構付き）の実証事例は3 事例あり、各作業項目の平均時間は次のとおりであった。

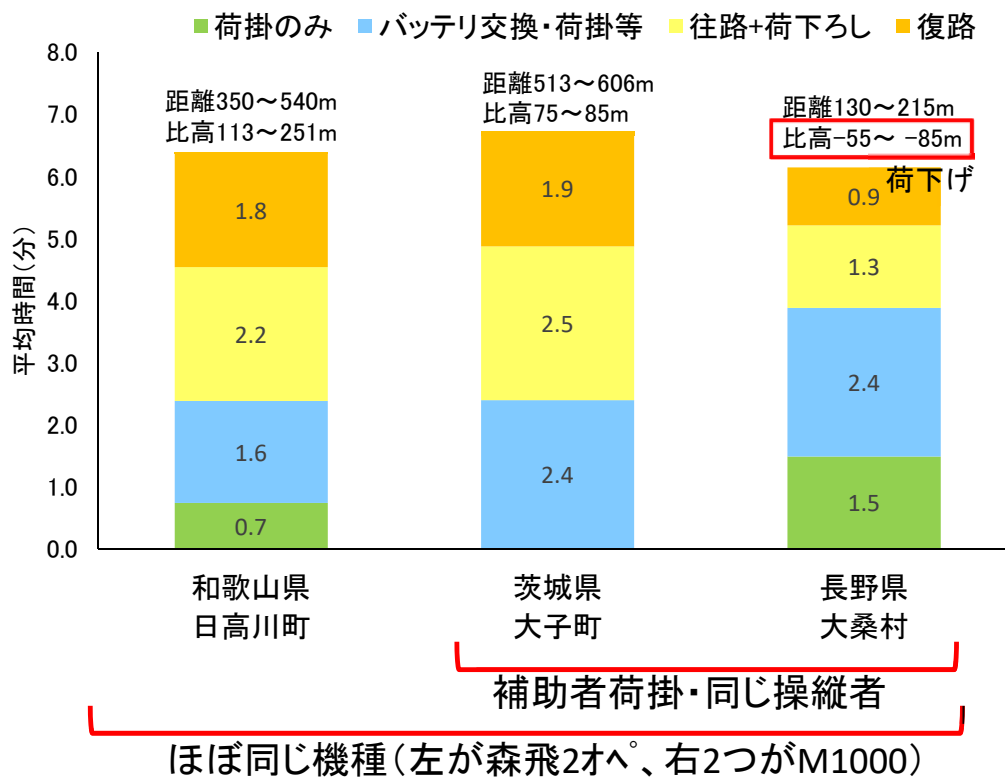


図 5-14 2オペ方式の機種種(自動切離し機構付き)を活用した各実証地の作業項目別平均作業時間

### ① 荷掛のみの時間

荷掛のみの時間については、平均 0.7～1.5 分であった。なお、茨城県大子町の実証では、毎回バッテリー交換をしていたため、荷掛のみの時間はなかった。また、長野県大桑村の実証は標高の高い場所から低い場所に苗木を降ろす荷下げの実証であった。

荷掛については、いずれの事例も一度着陸させて行っていた。和歌山県日高川町では、操縦者が荷掛を行っており、その他は補助者が行っていた。それにもかかわらず、和歌山県日高川町の実証での荷掛時間が短いのは、荷下ろし地点の操縦者が操縦中に発着地点の操縦者が荷掛の準備をしていたため、ドローンを発着地点に着陸させた後、すぐに荷掛ができたと考えられる。

### ② バッテリー交換・荷掛等の時間

バッテリー交換・荷掛等の時間については、平均 1.6～2.4 分であった。バッテリー交換については、いずれの実証でも操縦者が行っていた。これについても和歌山県日高川町の実証では、荷下ろし地点の操縦者が操縦中に発着地点の操縦者が準備をしていたため、補助者が行う場合よりも時間がかかるとなく、作業できたものと考えられる。

### ③ 往路+荷下ろし、及び復路の時間

往路+荷下ろし、及び復路の時間については、前述と同様、作業手法・体制が影響を与える部分はほとんどないと思われ、ドローンの機種スペックに依ると考えられる。

以上より、2 オペ方式（自動切離し機構付き）の機種を活用した場合、1 オペ方式の機種と異なり、発着地点の操縦者と荷下ろし地点の操縦者の操縦を途中で切り替え、発着地点の操縦者が操縦しない時間帯ができるため、その間に操縦者が荷掛やバッテリー交換を行えば、作業時間を増やすことなくドローン運搬を行えると考えられる。但し、今回の事例では運搬距離が長く、発着地点の操縦者が操縦しない時間が長く確保できていたためであり、運搬距離が短いと発着地点の操縦者が合間で作業する時間が確保できない可能性がある。

### (3) 2オペ方式(簡易フックのみ)の機種で運搬する場合

2 オペ方式（簡易フックのみ）の実証事例は6 事例あり、各作業項目の平均時間は次のとおりであった。

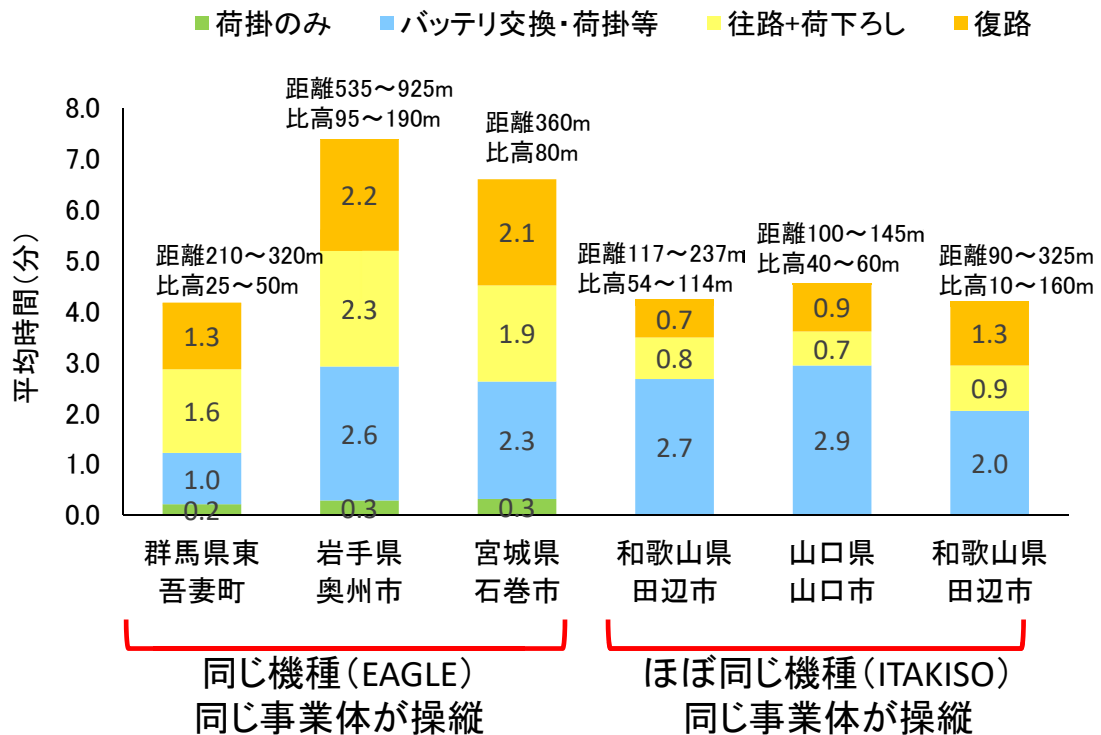


図 5-15 2オペ方式の機種(簡易フックのみ)を活用した各実証地の作業項目別平均作業時間

### ① 荷掛のみの時間

荷掛のみの時間については、3事例については非常に短く、復路の時間を記入している間に荷掛が終わってしまい、計測できなかった。計測できた残りの3事例についても平均0.2~0.3分と短かった。荷掛については、前述までの実証と異なり、いずれの事例も着陸させずホバリング中に補助者が行っていったため、時間が極端に短くなったと考えられる。但し、荷掛の際に補助者がホバリング中のドローンの下に入り込む必要があった。

### ② バッテリー交換・荷掛等の時間

バッテリー交換・荷掛等の時間については平均1.0~2.9分で、いずれも補助者が行っていた。

### ③ 往路+荷下ろし、及び復路の時間

往路+荷下ろし、及び復路の時間については、前述と同様、作業手法・体制が影響を与える部分はほとんどないと思われ、ドローンの機種のスペックに依ると考えられる。なお、荷下ろしにあたっては、他の機種と異なり補助者が必要となるため、荷掛時と同様、補助者がホバリング中のドローンの下に入り込む必要があった。

以上より、2オペ方式(簡易フック)の機種の活用事例では、荷掛も荷下ろしも補助者が行い、特に荷掛時間はかなり短縮できていたが、補助者が荷掛地点、荷下ろし地点に必要となる分、作業人数も増え、人件費は高くなると考えられる。また、補助者がホバリング中のドローンに近づく必要があり、コスト面・安全面から、簡易フックを自動フック等、自動切離しできるものに交換して操縦者が荷下ろしを行い、荷掛はドローンを着陸させた後に行うのがよいと考えられる。

#### (4) 操縦方式別の実証結果の整理

(1)～(3)の分析結果と合わせ、昨年度及び本年度の実証の結果を操縦方式別に整理すると次のとおりとなる。

表 5-28 操縦方式別の実証結果の整理

作業項目等	1 オペ方式	2 オペ方式
荷掛作業、 バッテリー 交換	①発着地点の操縦者が実施 →合計作業人数は減る →作業時間は増える ②発着地点の補助者が実施 →補助者が安全管理も兼務でき、操縦者は操縦に集中できる →作業人数は増える	①発着地点の操縦者が実施 →荷下ろし地点側の操縦に切換中に準備を行えば作業時間はほとんど増えない ②発着地点の補助者が実施 →1 オペ方式と同様
荷掛時の ドローン の状態	①着陸して停止 →荷掛は発着地点の操縦者でも補助者でもできる	①着陸して停止 →1 オペ方式と同様 ②ホバリング →荷掛は発着地点の補助者が実施
荷下ろし 方式・作業	①自動切離し（自動フック・遠隔切離し） →発着地点の操縦者が荷下ろし ・荷下ろしの瞬間はプロポのカメラ画像を見ながら実施 ・荷下ろし地点に補助者を配置し、無線連絡を受けて荷下ろしする場合もある	①自動切離し（自動フック） →荷下ろし地点の操縦者が荷下ろし ・荷下ろし場所が狭い場合、運搬物を移動させるため、補助者を配置する場合もある ②簡易フック →荷下ろし地点の補助者が荷下ろし
その他	・自動飛行機能とカメラが装備されている場合が多いが、基本的に目視内飛行 ・2 オペ方式より全体の作業人数は少ない	・基本的に手動飛行でカメラなし ・1 オペ方式と比べ、作業人数は増える一方、長距離の運搬が可能 ・飛行経路に尾根を挟む環境でも作業できる他、荷下ろし地点の操縦者により降下地点も柔軟に変えられ、荷下ろし箇所が多い場合は効率的に作業可能



### 5.4.3. 実証結果を踏まえた最適な作業手法・体制等

以上の結果を踏まえ、最適な作業手法・作業体制を操縦方式別に整理すると次のとおりとなる。

表 5-29 操縦方式別の最適な作業手法・作業体制の整理

作業手法・体制等	1 オペ方式	2 オペ方式
荷掛時の操縦	○安全のために着陸させる	
荷掛作業・バッテリー交換	○発着地点の操縦者が実施（下記※の場合） ※人件費を削減したい場合  ○発着地点の補助者が実施（下記※の場合） ※天候等の心配から人数をかけても早く作業を終わらせたい場合 ※操縦と異なる作業をすることで操縦の集中力を切らしたくない場合 ※発着地点付近に第三者や車両の通行可能性があり、補助者が必要な場合	
荷下ろし体制	○基本的に発着地点の操縦者が1人で実施 ※荷下ろし地点に障害物等がある場合は、発着地点の操縦者にドローンの状態を無線連絡するため補助者を配置	○基本的に荷下ろし地点の操縦者が1人で実施 ※但し、簡易フックの場合は、操縦者では実施が難しい ※荷下ろし場所が狭い場合は、運搬物を整理するため補助者を配置
荷下ろし方式	○作業人数の削減、安全性から自動切離し方式がよい	
全体の作業体制	○荷掛地点に操縦者と荷掛・バッテリー交換等補助者、必要に応じて荷下ろし地点に補助者を配置 ○補助者が安全管理を兼ね、計2～3名体制 ※人員不足の際は、環境条件が良ければ操縦者1名でも実施可能だが、安全管理上、2名体制以上が望ましい	○荷掛地点に操縦者と荷掛・バッテリー交換等補助者、荷下ろし地点に操縦者及び必要に応じて補助者を配置 ○補助者が安全管理を兼ね、計3～4名体制 ※人員不足の際は、環境条件が良ければ操縦者のみの2名体制での実施も可能

## 5.5. ドローン運搬による省力化（作業負荷軽減）への効果の検討

ドローンを活用した苗木等運搬を行うことにより、植栽者が重い苗木等を背負って運搬する必要がなくなる（写真 5-1）。このため、ドローン運搬による効果は、作業時間の削減だけでなく、省力化（作業負荷の軽減）も重要な要素と考えられる。



写真 5-1 苗木等を人肩運搬する様子

そこで、土場（苗木置き場）から植栽地までの区間において、苗木等を背負った作業者および空荷の作業者の心拍数と歩行時間を計測と疲労度（9段階）のヒアリングを行った。心拍数の計測については、スマートウォッチを用い、手首から脈拍を計測した。なお、人肩運搬での苗木等の重量については、現地での通常の重量とした。



写真 5-2 心拍数の計測に用いたスマートウォッチ(HUAWEI Band 4)

調査結果は次のとおりである。

表 5-30 荷物の有無による心拍数・歩行時間・疲労度の違い

No.	実証地*1	運搬者の属性	運搬重量	植栽地までの歩行時間	心拍数(回/分)				加リー消費(kcal)	疲労度(感想)*2	調査時期
					安静時	出発時	到着時				
							平均	最大			
1	岩手県奥州市	48歳男性	30kg(200本)	15分29秒	89	89	93	113	35	7	10/5
		同上	空荷	13分48秒	91	92	123	142	32	4	
2	宮城県石巻市	50歳男性	15kg	11分2秒	65	95	139	156	103	6	10/26
		同上	空荷	9分26秒	65	95	131	160	78	3	
3	長野県大桑村	47歳男性	15kg(100本)	10分45秒	75	76	99	117	27	2	10/26
		38歳男性	0kg(空荷)	10分15秒	66	69	94	107	28	2	
4	和歌山県田辺市	27歳男性	20kg(鹿柵)	48分(内休憩8分)	63	87	128	149	75	9	10/5
		同上	空荷	22分45秒(休憩無)	63	87	141	168	58	3	
5	愛媛県四国中央市	18歳男性	15kg(90本)	25分45秒	96	94	110	123	42	7	10/12
		58歳男性	空荷	25分45秒	73	81	103	120	42	3	10/14
6	宮崎県都城市	48歳男性	16kg(60本)	12分30秒	91	87	122	140	33	5	12/9
		34歳男性	8kg(30本)	10分45秒	62	61	95	117	42	3	
		57歳男性	空荷	12分5秒	72	78	122	138	34	3	

\*1：実証地 No.3 は下げ荷（植栽地まで下り坂）

\*2：1(楽)、2(1 と 3 の間)、3(ややきつい)、4(3 と 5 の間)、5(きつい)、6(5 と 6 の間)、7(かなりきつい)、8(7 と 9 の間)、9(非常にきつい)

心拍数については、人肩運搬の場合と空荷の場合で大きな差が見られず、逆に空荷の場合の方が、心拍数が大きくなった事例も見られた。

歩行時間は、人肩運搬の方が空荷運搬より長くなる傾向が見られた。特に歩行時間が長い（植栽地までが遠い）ほど、その傾向が顕著に見られた。

疲労度（体感）は、人肩運搬の方がきつくなる傾向が見られた。

また、実証地 No.3 は下げ荷で植栽地までほぼ下り坂であり、人肩運搬と空荷運搬の疲労度に差が見られなかった。

以上より、植栽者が空荷になることにより、歩行時間と疲労度は低減し、ドローン運搬に省力化（労働負荷の軽減）の効果があることがわかった。一方、省力化の効果を中心数では評価できなかったが、その理由として人肩運搬者が心拍数を上げ過ぎないように無意識に歩行ペースを緩めたことが考えられる。

なお、本調査では、空荷運搬と人肩運搬の実施が同一作業員である場合と異なる作業員である場合があった。前者の場合は作業路を2回運搬するため、最初の運搬作業の疲れが2回目の運搬作業に影響を与えないよう、時間間隔を空けて実施した。後者の場合は年齢の違いによる体力差も考慮する必要がある。

## 5.6. ドローン運搬が有効となる環境条件

苗木等運搬に適した環境条件等については、昨年度、以下のことが明らかとなった。

- ▶ 植栽地まで運搬車両でアクセスできる場所は、1度に苗木を沢山運搬できるため、ドローンを活用しても効率化（人工削減）が難しい。
- ▶ 人肩運搬時間が長くなる場所ではドローンにより効率化が図れる。また、人肩運搬時間に関係する距離や比高も効率化に影響を与えると考えられる。
- ▶ 植栽面積と作業人工との関係は、荷下ろし位置、植栽密度等により異なってくるため植栽面積で効率を比較するのは難しい。
- ▶ 人肩運搬の場合、運搬だけを何往復もするのではなく、通常、運搬と植栽をセットで行い、運搬→植栽→運搬→植栽を繰り返す。

本年度は、以上を踏まえて昨年度及び本年度の実証データを分析し、ドローン運搬を行うと効率化（人工削減）できる施業地の環境条件を明らかにした。

### 5.6.1. 環境条件の分析方法

#### (1) ドローン運搬が有効となる環境条件の抽出方法

「運搬から植栽までにかかる人工数（人日数）」が「環境変数（運搬時間、距離等）」の変化に伴い、人肩運搬の場合とドローンの場合それぞれにおいて、どう変化するかを回帰直線で示し、ドローン運搬と人肩運搬の人工数が等しくなる時（回帰直線の交点）の環境変数の値をドローン運搬が有効となる環境条件の閾値とする。

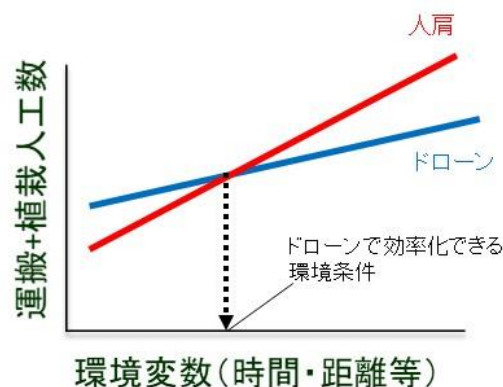


図 5-16 ドローン運搬が有効となる環境条件の求め方

また、①人肩運搬の場合と②ドローン運搬の場合の運搬から植栽までにかかる人工数の計算はそれぞれ、次のとおりとする。

①人肩運搬の場合の運搬から植栽までの人工数＝総運搬本数/1人日の運搬・植栽本数

【1人日の運搬・植栽本数＝(1日の作業時間－人肩運搬往復時間×往復回数)/1本の植栽時間】

②ドローン運搬の場合の運搬から植栽までの人工数

＝ドローン準備人日数＋ドローン運搬作業人日数＋総運搬本数/1人日の植栽本数

【1人日の植栽本数＝(1日の作業時間－植栽地までの空荷1往復時間) / 1本の植栽時間】

## (2) 用いる環境変数の種類

昨年度、人肩運搬時間が長くかかる場所ではドローンにより効率化が図れるということがわかってきているため、環境変数としては、人肩運搬時間が考えられるが、人肩運搬時間は一度歩いてみないとわからないため、地形や距離から判断できる指標も必要と考えられる。このため、地形や距離から判断できる指標として、直線距離、人肩運搬距離、比高を挙げ、これらが人肩運搬時間（往復時間）に相関があり、比例関係にあるかどうかを調べた。

相関分析の結果、有意水準（P）を0.05とすると、人肩運搬距離のみ有意な相関値が得られ、比例関係の見られる（右肩上がりの）散布図となった。

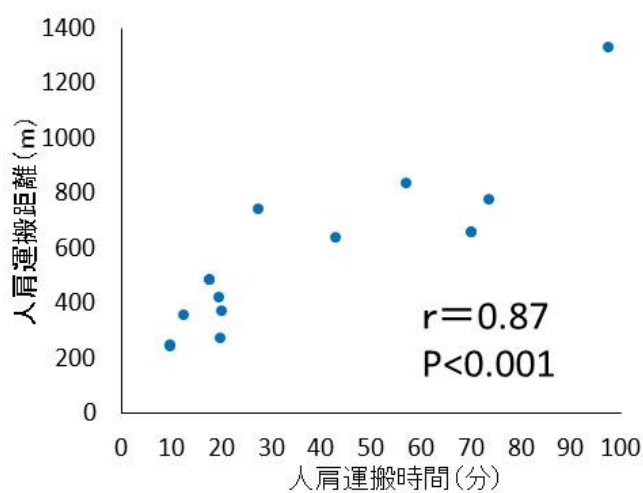


図 5-17 人肩運搬時間と人肩運搬距離との相関関係

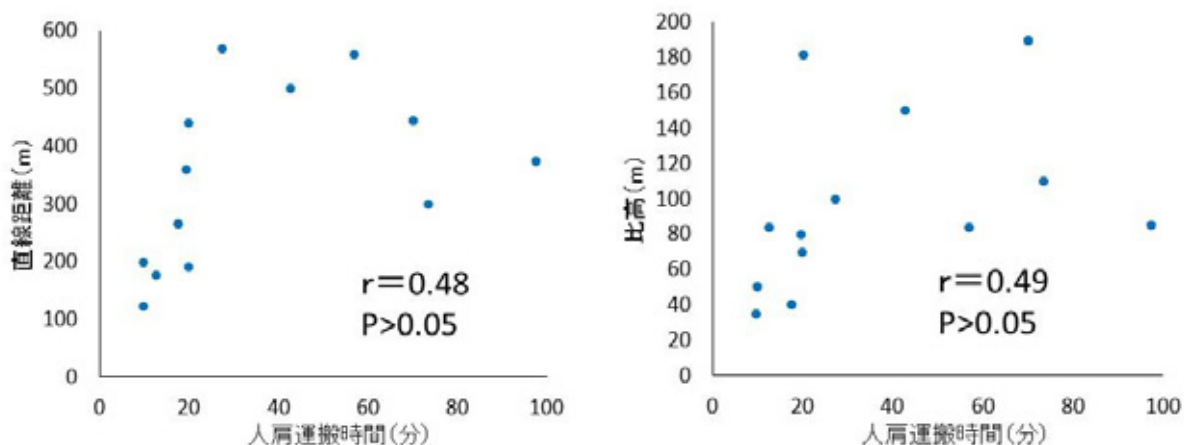


図 5-18 人肩運搬時間と直線距離(左)、比高(右)との相関関係

なお、令和元年度版治山林道必携（上巻）によると苗木運搬について運搬距離を水平直線距離に比高を6倍した数値を加えることにより算出する方法があるため、その方法で算出した距離と人肩運搬時間の関係を見たところ、有意な相関値は得られたものの、比例関係は見られなかった。

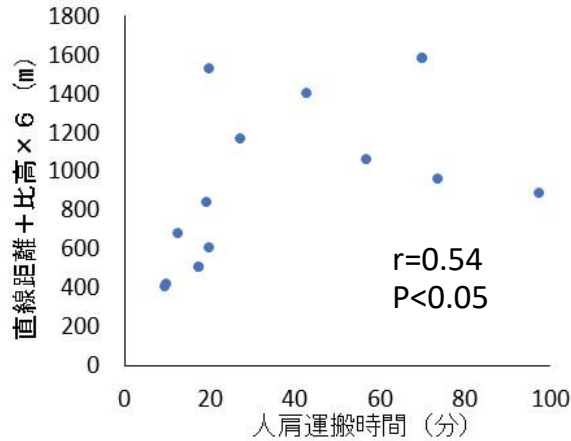


図 5-19 人肩運搬時間と直線距離及び比高から算出した運搬距離との相関関係

このため、人肩運搬時間と人肩運搬距離を環境変数として用いることとした。

### 5.6.2. 分析のための条件設定

昨年度、本年度の各実証ではそれぞれ異なる機種や作業体制において苗木等運搬を行っていたため、実証ごとにドローンのペイロード、作業人数など、作業条件が異なる。ここで、(1)で説明した運搬から植栽までの人工数については、環境条件だけでなく、作業条件によっても変わってきてしまうため、人工数と環境条件との関係が見づらくなってくる。このため、作業条件は、各実証の概ねの平均値をとることにより、以下のとおり統一することとした。

A. 運搬（植栽）本数：6,000本（2,000本/haで3haの植栽地を想定）

※昨年度、本年度の各実証地では2,340～18,300本を運搬（植栽）。

B. 苗木の重量：200g/本（ペイロード10kgで50本、20kgで100本運搬）

※昨年度、本年度の各実証地では、大苗を除くと約100g/本～300g/本の重量の苗木を運搬。

C. 人肩運搬本数：100本（20kg）

※昨年度、本年度の各実証地では、60～200本を人肩運搬。

D. 苗木1本あたりの植栽時間：1.5分

※令和元年度版治山林道必携（上巻）によるとコンテナ苗100本植栽にかかる標準歩掛は0.36人となっており、1日7時間（420分）の作業時間を想定すると、1本あたり1.51分（ $0.36 \times 420 \div 100$ ）の植栽時間がかかる。なお、昨年度、本年度の各実証地では、1日166～316本を植栽していた（植栽地までの往復時間も含め1.3～2.5分のペースで植栽）。

E. 1日の作業時間：7時間（420分）

※200本植栽に300分かかるため、往復運搬時間40分以上の場合、人肩運搬は1日2往復まで。

F. ドローン事前準備等人工数：2人日（2人×1日）

G. ドローンの往復飛行時間：0.011×直線距離+0.8471(分)

※全実証データ (N=15) を用いて、①ドローン発着地点から荷下ろし地点までの平均直線距離と②ドローンの平均往復時間の関係を回帰分析すると、②=0.011×①+0.8471 (R<sup>2</sup>=0.8207) という回帰式が得られた (後述の補足説明参照)。

H. ドローン運搬作業人数：2人/3人/4人

※昨年度、本年度の各実証では、1～5人。

I. ドローン1往復運搬本数：50本/100本 (ペイロード10kgと20kgを想定)

※昨年度、本年度の各実証では、1往復あたり、30～100本運搬。

#### <補足説明：ドローンの往復飛行時間の条件設定>

各実証では、機種による飛行速度の違いや、バッテリー交換・荷掛等の作業の効率性の違いから、同じ運搬距離でも、往復時間が異なる場合があった。このため、各実証のデータ (N=15) を用い、①ドローン発着地点から荷下ろし地点までの平均直線距離と②ドローンの平均往復時間の関係を回帰分析した。

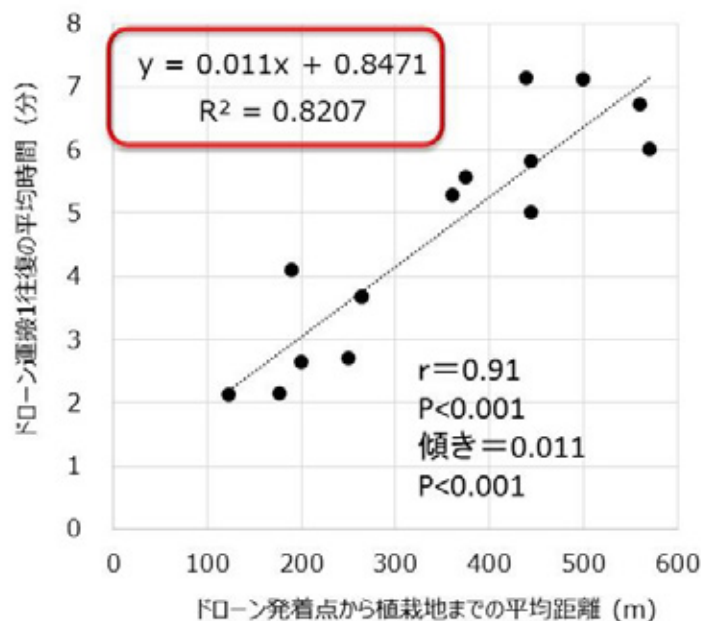


図 5-20 ドローン発着地点から荷下ろし地点までの平均直線距離とドローン平均往復時間との関係

回帰分析の結果、 $Y(②) = 0.011 \times X(①) + 0.8471$  ( $R^2=0.8207$ ) という、回帰直線が得られ、相関も  $r = 0.91$  と高く、有意であり ( $p < 0.001$ )、傾きも有意 ( $p < 0.001$ ) であった。

このように、ドローンの機種や作業効率は違っても概ね距離に応じて往復時間がかかり、ばらつきも少ないことがわかったため、この回帰直線式に従って往復時間がかかるものとした。



### 5.6.3. 分析に使用した実証地

分析にあたっては人肩運搬時間の計測結果がある以下の10の実証データを使用した。

表 5-31 分析に用いた実証データとそれぞれの環境条件(ドローン1往復時間は直線距離から算出)

No.	実証地	ドローン1往復 時間(分)	人肩運搬箇所までの			
			人肩往復 運搬時間(分)	直線距離 (m)	人肩運搬 距離(m)	比高 (m)
1	R2 和歌山県日高川町	5.7	70.0	445	660	190
2	R2 和歌山県田辺市	2.8	12.6	177	360	84
3	R2 山口県山口市	2.2	9.8	123	250	50
4	R2 宮崎県延岡市	5.7	20.0	440	376	182
5	R3 岩手県奥州市	7.1	27.3	570	746	100
6	R3 宮城県石巻市	4.8	19.5	360	425	80
7	R3 長野県大桑村	2.9	19.8	190	275	70
8	R3 和歌山県田辺市	3.6	73.5	250	776	110
9	R3 愛媛県四国中央市	6.3	42.8	500	640	150
10	R3 宮崎県都城市	3.0	9.7	200	244	35



#### 5.6.4. 分析結果

分析結果については、作業条件のうち複数パターンが設定されている、ドローンの運搬作業人数とドローンの運搬本数の各パターン別に分けて整理する。

##### (1) ドローン運搬作業人数4人、ドローン1往復あたりの運搬本数 50 本の場合(パターン1)

本パターンは表 5-32 の条件を仮定し、6,000 本を運搬・植栽する作業を想定している。

ドローン運搬の場合と人肩運搬の場合の回帰分析の結果は図 5-21 のとおりとなった。

表 5-32 ドローン運搬の作業人数が4人、ドローン1往復あたりの運搬本数が 50 本の場合

運搬本数 (重量)	操縦方式	発着地点の作業人数		荷下ろし地点の作業人数	
		操縦者	補助者	操縦者	補助者
50 本 (10kg)	2 オペ方式	1 人	1 人	1 人	1 人

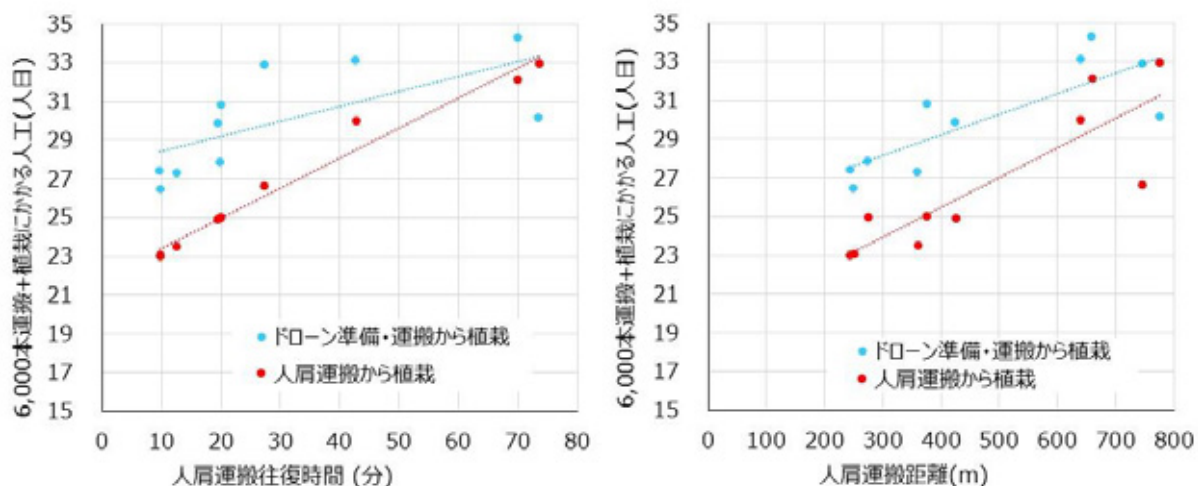


図 5-21 6,000 本の運搬・植栽にかかるドローン/人肩運搬別人工数の回帰直線(パターン1)

まず、人肩運搬往復時間について見ると、一番右端の運搬往復時間が 70 分を超える地点のみドローン運搬の方が人肩運搬より作業人工が少なくなった。

また、人肩運搬距離についても一番右端の 750m を超える地点のみドローン運搬の方が人肩運搬より作業人工が少なくなった。

この作業条件の場合、人肩運搬往復時間、人肩運搬距離といずれも実証の範囲では回帰直線が交わっておらず、この作業条件での人工削減は難しいと考えられる。

(2) ドローン運搬作業人数4人、ドローン1往復あたりの運搬本数 100 本の場合 (パターン2)

本パターンは表 5-33 の条件を仮定し、6,000 本を運搬・植栽する作業を想定している。  
ドローン運搬の場合と人肩運搬の場合の回帰分析の結果は図 5-22 のとおりとなった。

表 5-33 ドローン運搬の作業人数が4人、ドローン1往復あたりの運搬本数が 50 本の場合

運搬本数 (重量)	操縦方式	発着地点の作業人数		荷下ろし地点の作業人数	
		操縦者	補助者	操縦者	補助者
100 本 (20kg)	2 オペ方式	1 人	1 人	1 人	1 人

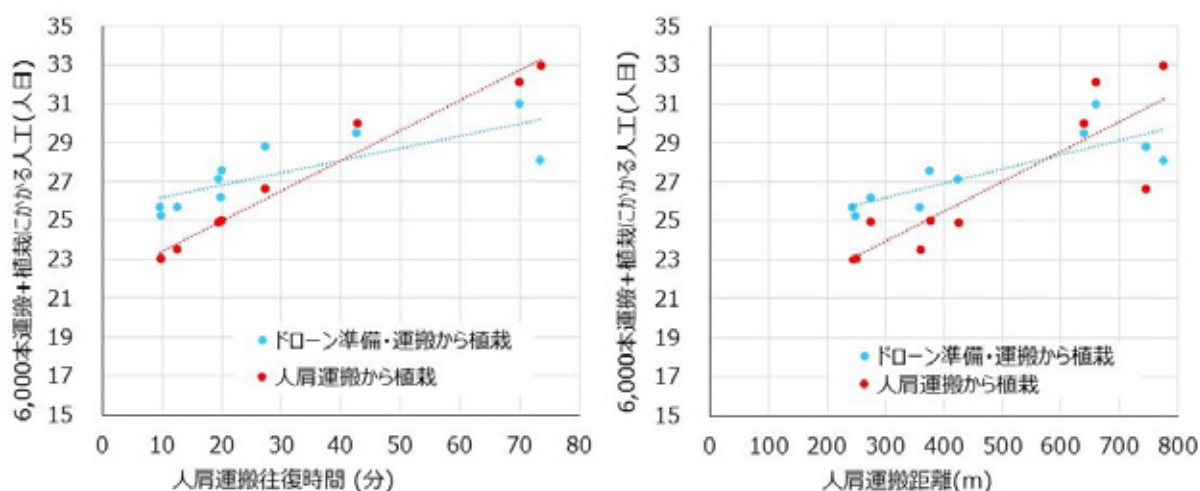


図 5-22 6,000 本の運搬・植栽にかかるドローン/人肩運搬別人工数の回帰直線 (パターン2)

ドローン運搬と人肩運搬の回帰直線の交点を見ると、人肩運搬往復時間では 40 分、人肩運搬距離では 600m 弱であり、実際に交点付近の地点も各々の人工がほぼ等しくなっていた。

また、人肩運搬距離 700m を越えてもドローンの人工が多かった地点は傾斜が 10 度程度と緩く、運搬距離の割に短い時間で往復できることが影響していると考えられる。

この作業条件の場合、人肩運搬往復時間 40 分以上、または人肩運搬距離 600m 以上が人工削減の目安と考えられる。

(3) ドローン運搬作業人数3人、ドローン1往復あたりの運搬本数 50 本の場合 (パターン3)

本パターンは表 5-34 の条件を仮定し、6,000 本を運搬・植栽する作業を想定している。  
ドローン運搬の場合と人肩運搬の場合の回帰分析の結果は図 5-23 のとおりとなった。

表 5-34 ドローン運搬の作業人数が3人、ドローン1往復あたりの運搬本数が 50 本の場合

運搬本数 (重量)	操縦方式	発着地点の作業人数		荷下ろし地点の作業人数	
		操縦者	補助者	操縦者	補助者
50 本 (10kg)	2 オペ方式	1 人	1 人	1 人	なし
	1 オペ方式	1 人	1 人	なし	1 人

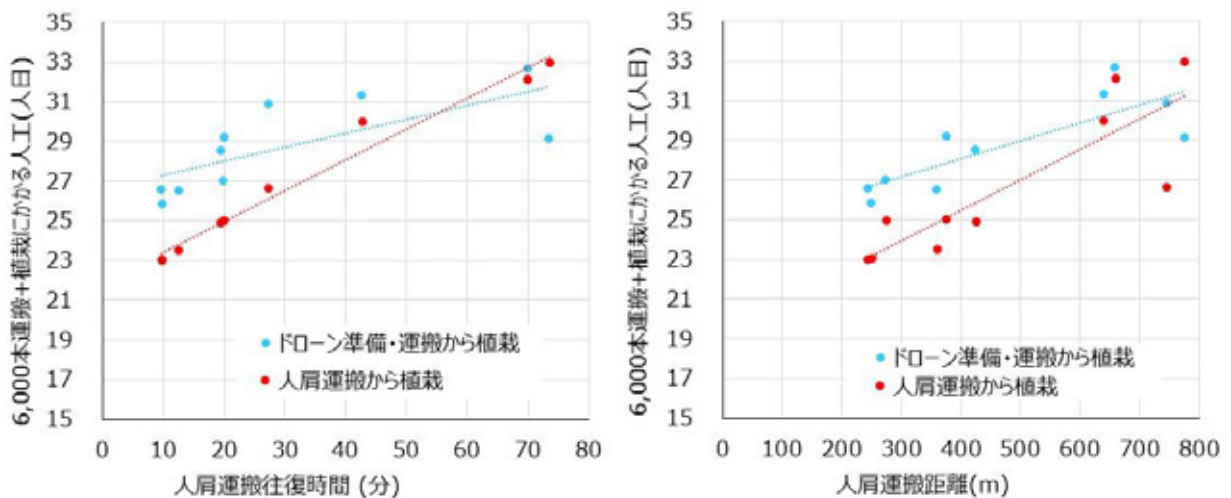


図 5-23 6,000 本の運搬・植栽にかかるドローン/人肩運搬別人工数の回帰直線(パターン3)

ドローン運搬と人肩運搬の回帰直線の交点を見ると、人肩運搬往復時間では約 60 分弱、人肩運搬距離では回帰直線は交わっていないが、800m 弱で交わる見込みであり、実際に 800m 弱ではドローン運搬の人工数が人肩運搬の人工数より下回っていた。

この作業条件の場合、人肩運搬往復時間 60 分以上、または人肩運搬距離 800m 以上が人工削減の目安と考えられる。

(4) ドローン運搬作業人数3人、ドローン1往復あたりの運搬本数 100 本の場合(パターン4)

本パターンは表 5-35 の条件を仮定し、6,000 本を運搬・植栽する作業を想定している。  
ドローン運搬の場合と人肩運搬の場合の回帰分析の結果は図 5-24 のとおりとなった。

表 5-35 ドローン運搬の作業人数が3人、ドローン1往復あたりの運搬本数が 100 本の場合

運搬本数 (重量)	操縦方式	発着地点の作業人数		荷下ろし地点の作業人数	
		操縦者	補助者	操縦者	補助者
100 本 (20kg)	2 オペ方式	1 人	1 人	1 人	なし
	1 オペ方式	1 人	1 人	なし	1 人

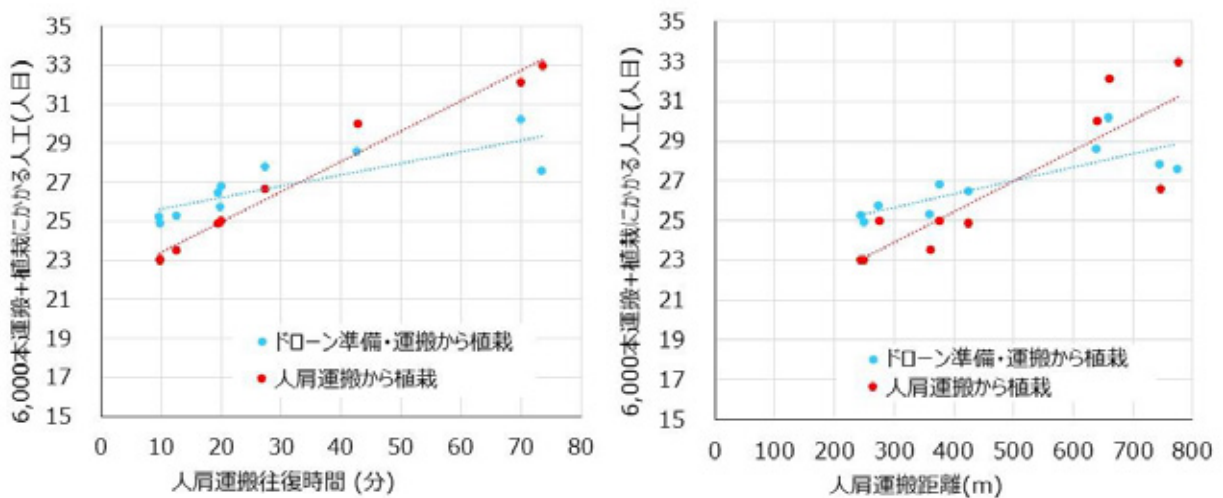


図 5-24 6,000 本の運搬・植栽にかかるドローン/人肩運搬別人工数の回帰直線(パターン4)

ドローン運搬と人肩運搬の回帰直線の交点を見ると、人肩運搬往復時間では 30 分強、人肩運搬距離では約 500m であり、実際に交点付近の地点も各々の人工がほぼ等しくなっていた。

また、人肩運搬距離 700m を越えてもドローンの人工が多かった地点は傾斜が 10 度程度と緩く、運搬距離の割に短い時間で往復できることが影響していると考えられる。

この作業条件の場合、人肩運搬往復時間 35 分以上、または人肩運搬距離 500m 以上が人工削減の目安と考えられる。

(5) ドローン運搬作業人数2人、ドローン1往復あたりの運搬本数 50 本の場合 (パターン5)

本パターンは表 5-36 の条件を仮定し、6,000 本を運搬・植栽する作業を想定している。

表 5-36 ドローン運搬の作業人数が2人、ドローン1往復あたりの運搬本数が 50 本の場合

運搬本数 (重量)	操縦方式	発着地点の作業人数		荷下ろし地点の作業人数	
		操縦者	補助者	操縦者	補助者
50 本 (10kg)	2 オペ方式	1 人	なし	1 人	なし
	1 オペ方式	1 人	1 人	なし	なし
		1 人	なし	なし	1 人

なお、この条件でのドローン運搬の場合と人肩運搬の場合の回帰分析の結果は、(2) ドローン運搬作業人数 4 人、ドローン 1 往復あたりの運搬本数 100 本の場合と同じとなるため、省略する。

(6) ドローン運搬作業人数 2 人、ドローン1往復あたりの運搬本数 100 本の場合(パターン6)

本パターンは表 5-37 の条件を仮定し、6,000 本を運搬・植栽する作業を想定している。  
ドローン運搬の場合と人肩運搬の場合の回帰分析の結果は図 5-25 のとおりとなった。

表 5-37 ドローン運搬の作業人数が2人、ドローン1往復あたりの運搬本数が 100 本の場合

運搬本数 (重量)	操縦方式	発着地点の作業人数		荷下ろし地点の作業人数	
		操縦者	補助者	操縦者	補助者
100 本 (20kg)	2 オペ方式	1 人	なし	1 人	なし
	1 オペ方式	1 人	1 人	なし	なし
		1 人	なし	なし	1 人

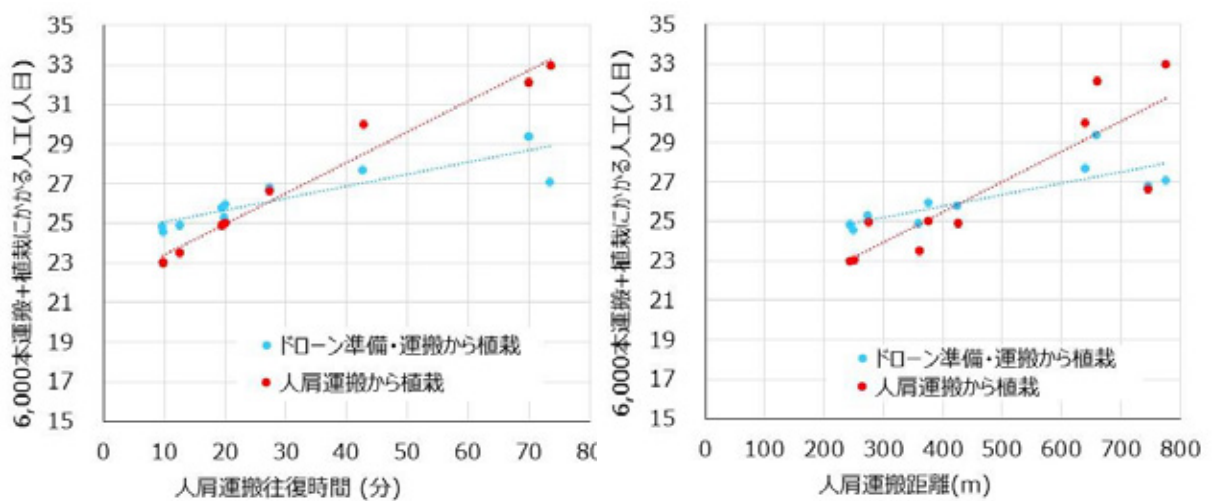


図 5-25 6,000 本の運搬・植栽にかかるドローン/人肩運搬別人工数の回帰直線(パターン6)

ドローン運搬と人肩運搬の回帰直線の交点を見ると、人肩運搬往復時間では 30 分弱、人肩運搬距離では 450m 弱であり、実際に交点付近の地点も各々の人工がほぼ等しくなっていた。

また、人肩運搬距離 700m を越えてもドローンの人工が多かった地点は傾斜が 10 度程度と緩く、運搬距離の割に短い時間で往復できることが影響していると考えられる。

この作業条件の場合、人肩運搬往復時間 30 分以上、または人肩運搬距離 450m 以上が人工削減の目安と考えられる。

### 5.6.5. ドローン運搬が有効となる環境条件のまとめ

以上の結果を整理すると、5.6.2 で設定した条件において、苗木等運搬へドローンを活用することにより人工削減が図れる条件は以下のとおりであり、ドローン運搬作業員 1 人あたりの運搬本数が少なくなるほど条件が厳しくなっていくことがわかった。

表 5-38 ドローン運搬が有効となる(ドローンにより人工削減が図れる)環境条件

パターン		1 往復あたりのドローン運搬本数	
		50 本	100 本
ドローン運搬作業員人数	4 人	運搬往復時間や人肩運搬距離が長くても人工削減は難しい	往復運搬時間 40 分以上、又は人肩運搬距離 600m 以上で人工削減が見込める
	3 人	往復運搬時間 60 分以上、又は人肩運搬距離 800m 以上で人工削減が見込める	往復運搬時間 35 分以上、又は人肩運搬距離 500m 以上で人工削減が見込める
	2 人	往復運搬時間 40 分以上、又は人肩運搬距離 600m 以上で人工削減が見込める	往復運搬時間 30 分以上、又は人肩運搬距離 450m 以上で人工削減が見込める

#### <5.6.2 の条件の再掲>

- A. 運搬（植栽）本数：6,000 本（2,000 本/ha で 3ha の植栽地を想定）
- B. 苗木の重量：200g/本（ペイロード 10kg で 50 本、20kg で 100 本運搬）
- C. 人肩運搬本数：100 本（20kg）
- D. 苗木 1 本あたりの植栽時間：1.5 分
- E. 1 日の作業時間：7 時間（420 分）
- F. ドローン事前準備等人工数：2 人日（2 人×1 日）
- G. ドローンの往復飛行時間： $0.011 \times \text{直線距離} + 0.8471$ (分)
- H. ドローン運搬作業員人数：2 人/3 人/4 人
- I. ドローン 1 往復運搬本数：50 本/100 本（ペイロード 10kg と 20kg を想定）

なお、このドローン運搬が有効となる条件については、現状の実証結果を基に設定した条件の下、人工削減の点のみに着目して分析しているため、留意点として以下が挙げられる。

- 作業員数は安全面や作業効率にも関わるため、人工削減のため、無理に削減するのは避ける。
- 人肩運搬重量が今回の設定より少ない場合や、技術開発が進むことでドローンの運搬速度や連続飛行時間が向上した場合には、人工削減できる閾値がもっと低くなる。
- ドローン活用により作業員の労力や労災リスクの低減効果、男女雇用機会の均等化等のメリットがあるため、多少人肩運搬より人工が多くなる程度であれば、ドローン導入のメリットが大きいという判断もあり得る。
- 今回の分析では、苗木の重さを 1 本あたり 200g と仮定し、ペイロード 10kg の機種の場合は 1 往復 50 本の運搬とペイロード 20kg の機種の場合は 1 往復 100 本の運搬として条件を設定している。但し、150cc のコンテナ苗を運搬する場合は 1 本あたり 100~200g 程度であるため、ペイロード 10kg のものでも 1 往復で 50~100 本程度運搬できると考えられる。さらに、ペイロード 15kg 程度の中間の機種も存在する。



## 5.7. ドローン運搬による低コスト化への効果

前述のドローン運搬が有効となる環境条件の分析にあたっては、人工数が削減できるかどうかを見ていた。しかし、ドローン運搬を行うことにより、全体の低コスト化まで目指すのであれば、購入・維持費や委託費も含めて考え、人工削減により削減できる人件費がそれらの費用よりも大きくなる条件（事業量、委託金額等）をコスト分析し、検討する必要がある。

本節では、林業事業体がドローンを購入して自ら苗木等運搬作業をする場合と、ドローンサービス業者等に苗木等運搬作業を委託する場合に分けて、整理・分析する。

### 5.7.1. ドローンを購入する場合の低コスト化の条件

#### (1) コスト分析の目的・方法

購入した場合、費用対効果の見込める年間事業量を明らかにすることを目的とし、事業量の指標は、年間の稼働日数、植栽本数、植栽面積とする。

費用対効果の見込める年間稼働日数については、年間費用をドローン運搬による1日あたりの節約費で除算することにより算出する。なお、前述のドローン運搬が有効となる環境条件を考慮し、植栽地は人肩往復運搬時間が40分かかる環境とする。

#### (2) コスト分析のための条件設定と費用対効果が見込める事業量の計算式

コスト分析を行うにあたり、ドローンの購入・維持費や運搬や植栽にかかる作業能力・作業体制により、結果が変わってくるため、昨年度、本年度の実証結果を基に以下の条件を設定した。

1. ドローン年間償却費 (a): 40万円/60万円 (200万円/300万円で購入し、償却期間5年を想定)  
※本実証で使用された機種は約170万～650万円と、一部かなり高額のものも含まれていたが、200万～350万程度のものが多かったため、購入費として200万円と300万円を設定
2. ドローン年間消耗品・修理・保管・保険費 (b): 50万円  
※本実証の聞き取り調査では修理費はほとんどの業者が保険で賄っている。これらの年間経費は39万～65万円であったため、平均的な額である50万円に設定
3. ドローンの準備人日数 (c): 2人日  
※飛行計画の作成、バッテリー充電、機体チェック、作動確認等
4. ドローン操縦者数 (d): 2人/1人、補助者数 (e): 2人/1人  
※操縦者数はドローンの機種が2オペ方式の場合（操縦者2人）と1オペ方式の場合（操縦者1人）の場合を想定。補助者数は発着地点と荷下ろし地点のいずれかに配置する場合と両方に配置する場合を想定。
5. ドローンの1日運搬本数 (f): 6,000本/12,000本  
※本実証では1往復あたり2.1分～7.1分の平均運搬時間がかっていたため、1日7時間（420分）の作業時間とすると、1日60～200往復が可能である。このため、1日の往復回数を120往復とし、さらに環境条件の分析時と同様、1往復50本運搬の場合と100本運搬の場合を想

定し、1日の運搬本数を6,000本および12,000本と設定した。

6. ドローン運搬時の植栽本数(本/人日)(g): 267本/人日

※前述の環境条件の分析と同様、1本あたりの植栽時間を1.5分/本と想定する。人肩運搬の往復時間が40分かかる場所の空荷の往復運搬時間は、5.5の表5-30の田辺市の事例を参考とすると19分程度となるため、1日267本植栽((420-19)÷1.5=267)できることになる。

7. 人肩運搬時の植栽本数(本/人日)(h): 200本/人日

※前述と同様、1本あたりの植栽時間を1.5分/本と想定する。人肩運搬の往復運搬時間を40分とし、1往復あたり100本運搬すると、2往復して200本運搬・植栽した時点で、380分かかる計算となる((40+100×1.5)×2=380)。1日の作業時間を7時間(420分)とすると、残り時間は往復運搬時間のみとなってしまうため、この時点で作業終了となる。

8. ドローン運搬時の植栽必要人日(i=f/g): 22.5人日/44.9人日

※6,000÷267=22.47、12,000÷267=44.94

9. (ドローン1日運搬分の)人肩運搬・植栽必要人日(j=f/h): 30人日/60人日

※6,000÷200=30、12,000÷200=60

10. ドローン準備・補助、人肩運搬・植栽の労務費(k): 20,000円

※普通作業員の令和3年度の公共工事設計労務単価を参考に設定

11. ドローン操縦の労務費(l): 50,000円

※操縦士の令和3年度設計業務委託等技術者単価や、本事業の実証におけるドローン運搬業者からの見積等を参考に設定

12. 植栽密度(本/ha)(m): 2,000本/ha

※昨年度、本年度の実証地の植栽密度は1,650~3,000本/ha

以上の条件のもと、費用対効果の見込める最低事業量を次のとおり算出する。

$$\text{○年間稼働日数}(n) = \frac{(a+b)}{\{j \times k - \overbrace{(c \times k + d \times l + e \times k + i \times k)}^{\text{ドローン運搬・植栽費用}}\}}$$

ドローン
人肩運搬・
ドローン
ドローン
ドローン
ドローン

年間費用
植栽費用
準備者
操縦者
補助者
運搬時の

費用
費用
費用
費用
費用
植栽費用

※年間稼働日数はドローンの年間費用を、1日あたりの人肩運搬・植栽費用とドローン運搬・植栽費用の差分で除算して算出。

○年間植栽本数(o) = n × f

※年間植栽本数は年間稼働日数にドローンの1日あたり運搬本数を乗算して算出。

○年間植栽面積 (p) =o/m

※年間植栽面積は年間植栽本数を植栽密度で除算して算出

### (3) コスト分析の結果

以上の条件設定、計算式に基づき、購入費別、操縦体制別、ドローンでの1日の運搬本数別に整理すると次のとおりとなる。

表 5-39 各条件別の費用対効果が見込める年間の稼働日数・植栽本数・植栽面積

ドローン購入費・作業人数			ドローン1日運搬本数					
			6,000本			12,000本		
購入費	操縦体制		費用対効果が見込める年間の			費用対効果が見込める年間の		
	操縦者数	補助者数	稼働日数	植栽本数	植栽面積	稼働日数	植栽本数	植栽面積
200万円	2人	2人				7.4日	8.9万本	44.6ha
		1人				6.4日	7.7万本	38.3ha
		0人	85.2日	51.1万本	255.6ha	5.6日	6.7万本	33.5ha
	1人	1人	22.2日	13.3万本	66.6ha	4.7日	5.7万本	28.3ha
300万円	2人	2人				9.1日	10.9万本	54.5ha
		1人				7.8日	9.4万本	46.8ha
		0人	104.1日	62.5万本	312.4ha	6.8日	8.2万本	41.0ha
	1人	1人	27.1日	16.3万本	81.4ha	5.8日	6.9万本	34.5ha

※斜線部は、前述の環境条件の分析により人肩往復運搬時間40分では人工削減が見込めない部分であり、本コスト分析においてもドローン運搬・植栽費用が人肩運搬・植栽費用を上回り、費用対効果を見込める事業量を算出できなかった。

1日の運搬本数が6,000本の場合は、購入費が200万円、300万円のいずれも、2人体制の時（2オペの場合は操縦者2人で補助者なしの時、1オペの場合は操縦者1人と補助者1人の時）しか費用対効果を見込める事業量が算出できなかった。また、2オペで2人体制の場合は、購入費200万円の時でも年間稼働日数は80日以上ないと費用対効果を見込むのは厳しいことがわかり、現実的には難しい数値となった。

1日の運搬本数が12,000本の場合は、購入費が200万円、300万円のいずれも、2オペの4人体制から1オペの2人体制まで費用対効果が見込める事業量が算出でき、年間稼働日数も10日以下であったため、現実的な数値と考えられる。

なお、現場の都合や植栽者の人数によっては、ドローンで運搬した苗木がすぐに植栽できない時もあると考えられる。そのような時は、運搬した植栽地で苗木が植栽されるまでの間、苗木の乾燥等を防ぐためにシートを被せたり、直射日光のあたらない林内に移動させたりするなどの対応が必要な場合がある。

## 5.7.2. 委託する場合の低コスト化の条件

### (1) コスト分析の目的・方法

費用対効果が得られる委託金額の目安を明らかにすることを目的とし、人肩運搬および植栽にかかる費用からドローン運搬委託および打合せ・植栽費用を差し引くことにより損益額を算出した。なお、購入の場合と同様、前述のドローン運搬が有効となる環境条件を考慮し、植栽地は人肩往復運搬時間が40分かかる環境とした。

### (2) コスト分析のための条件設定と費用対効果が見込める事業量の計算式

コスト分析を行うにあたり、ドローンの委託費や運搬や植栽にかかる作業能力・作業体制により、結果が変わってくるため、昨年度、本年度の実証結果を基に以下の条件を設定した。

1. ドローン運搬作業委託費 (a) : 20 万/25 万円 (1 日作業)、35 万/40 万円 (2 日作業)  
※本実証では、下見・打合せ1日、運搬作業1日の2日間の作業で20~45万円の委託費用
2. 委託業者との打合せ人日数 (b) : 0.5 人日
3. ドローン運搬本数 (c) : 6,000 本/12,000 本  
※購入の場合の分析と同様。
4. ドローン運搬時の植栽本数 (本/人日) (d) : 267 本/人日  
※購入の場合の分析と同様。
5. 人肩運搬時の植栽本数 (本/人日) (e) : 200 本/人日  
※購入の場合の分析と同様。
6. ドローン運搬時の植栽必要人数 (f=c/d) : 22.5 人日/44.9 人日  
※ $6000 \div 267 = 22.47$ 、 $12,000 \div 267 = 44.94$  (購入の場合と同様)
7. (ドローン1日運搬分の) 人肩運搬・植栽必要人数 (g=c/e) : 30 人日/60 人日  
※ $6,000 \div 200 = 30$ 、 $12,000 \div 200 = 60$  (購入の場合と同様)
8. 打合せ、植栽の労務費 (h) : 20,000 円/日

以上の条件のもと、費用対効果の得られる損益額を以下のとおり算出する。

$$\text{○損益額 (円) (i)} = \underbrace{g \times h}_{\text{人肩運搬・植栽費用}} - \underbrace{(a + b \times h + f \times h)}_{\text{ドローン運搬委託・植栽費}}$$

人肩運搬・植栽費用      委託費用      委託業者打合せ費用      委託時の植栽費用

※損益額は人肩運搬・植栽費用をドローン運搬委託・打合せ・植栽費用の差分として算出。

### (3) コスト分析の結果

以上の条件設定、計算式に基づき、委託費別、ドローンでの1日の運搬本数別に整理すると次のとおりとなる。

表 5-40 各条件別の委託費と損益額の関係

ドローン運搬・ 委託作業人数		ドローン1日運搬本数			
		6,000本		12,000本	
委託作業 日数	委託費	損益額	損益額が0 となる委託費	損益額	損益額が0 となる委託費
1日	20万円	-5.9万円	14.1万円	9.1万円	29.1万円
	25万円	-10.9万円		4.1万円	
2日	35万円	-5.9万円	29.1万円	24.2万円	59.2万円
	45万円	-15.9万円		14.2万円	

1日の運搬本数が6,000本の場合、いずれの条件でも損益額がマイナスになってしまい、損益額が0円となるのは1日作業の場合、14.1万円、2日作業の場合、29.1万円であり、実態と比べ厳しい数値となった。

また、1日の運搬本数が12,000本の場合、1日作業では、委託費が20万円の時は損益額が9.1万円、25万円の時でも損益額が4.1万円、2日作業では、委託費が35万円の時は損益額が24.2万円、45万円の時でも損益額が14.2万円のプラスとなり、委託により利益が得られることがわかった。

### 5.7.3. 購入と委託の場合の低コスト化のポイントと課題

購入の場合も委託の場合も費用対効果が見込める条件があることがわかったが、1日の運搬本数が6,000本の時は、いずれも低コスト化は現実的に厳しいことが分かった。

また、購入や委託には購入費や委託費のほかに維持管理や委託業者との調整など、それぞれ課題がある。以下に購入と委託の費用対効果のポイントと課題を整理する。

表 5-41 購入と委託の費用対効果のポイントと課題

	購入	委託
費用対効果のポイント	<ul style="list-style-type: none"> <li>・苗木の運搬本数や稼働率の向上 ⇒ペイロードの高い機種を購入や、作業効率を上げることで1日あたりの運搬本数を増やせる。</li> <li>・ドローンの稼働率（植栽本数、植栽面積） ⇒他の事業体と共同運用や他分野と協業することにより増やせる（次節 5.8. 参照）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・苗木の運搬本数と委託する運搬作業日数 ⇒運搬本数については作業効率のよい業者やペイロードの大きい機種を扱っている業者に依頼することで増やせる。</li> <li>⇒運搬作業が何日でも、現地確認・打合せや飛行計画にかかる費用はほとんど変わらないため、運搬作業日数が長いほど委託費が割安となる</li> </ul>
課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>・初期費用が大きい</li> <li>・維持管理費用、バッテリー等の安全管理が必要</li> <li>・操縦者の育成が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・運搬作業前に委託業者との打合せが必要</li> <li>・作業日の天候が悪い場合、日程を柔軟にずらすことができない。</li> <li>・委託金額や委託内容が変更するリスクがある。</li> </ul>
その他利点等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・日程を柔軟に調整できる</li> <li>・体力作業がドローン操縦に置き換わるため、雇用の間口も広がる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ドローンの維持管理や操縦者の育成をする必要がない</li> </ul>

なお、環境条件の分析と同様、ペイロード 10kg の機種の場合は 1 往復 50 本の運搬、ペイロード 20kg の機種の場合は 1 往復 100 本の運搬として条件を設定しているが、150cc のコンテナ苗を運搬する場合は 1 本 150g 程度であるため、ペイロード 10kg のものでも 1 往復 65 本運搬できるほか、ペイロード 15kg の機種も存在する。

また、表 5-35 の購入の際の費用対効果のポイントに整理したドローンの稼働率を上げる方法については、次節で整理する。

## 5.8. ドローンの効率的効果的な運用方法の検討

前述のドローン運搬による低コスト化にも少し整理したが、ドローンを活用した苗木等運搬を普及させていくには、特にドローンの購入の点からは、購入費のほか、稼働率の向上が大きなポイントになると考えられ、また維持管理や操縦者の育成等が課題になると考えられる。

このため、こうしたポイントや課題解決のために情報収集を行った。

### 5.8.1. 情報収集、整理

林業分野へのドローン活用・提供サービス、農業分野等他産業との協業や農業用ドローンの操縦者の活用の可能性、購入したドローンの活用状況、他の造林分野へのドローンの活用、今後の展望等について下記の会社等にヒアリングした。

- 林業用ドローンの開発・販売・運用サービス会社
- ドローンを導入している林業事業体、行政機関
- 農業用ドローンの開発・運用サービス会社

調査対象	機関の種類	実施日
ヤマハ発動機(株)	農業用機種開発・サービス業者	2021年8月4日 (WEB)
(株)山進	ドローン運搬・農薬散布サービス業者	2021年9月3日 (WEB)
サイトテック(株)	ドローン開発・製造業者	2021年10月1日 (WEB)
(株)エレパ	ドローン販売・サービス業者	2021年10月1日 (WEB)
山梨県森林総合研究所	行政機関	2021年10月29日 (WEB)
阿蘇森林組合	林業事業体	2021年12月20日 (E-Mail)

※その他、実証時にドローン運搬業者・事業体にもヒアリングを行った。

以下に、林業事業体によるドローンの導入・運用、農業用ドローンの活用、異業種のドローン操縦者の活用についての参考情報をそれぞれ整理する。

#### (1) 林業事業体によるドローンの導入・運用の参考情報

林業事業体によるドローンの導入・運用の参考情報として、以下の情報が得られた。

- ドローンによる苗木等運搬の委託依頼は四国や九州など西日本に多い。
- 林業事業体では、ドローンを購入する場合、ほとんど補助金を利用している。
- 和歌山県や高知県では、造林地が多くドローンの活用機会が多いため、ドローンを活用している林業事業体は運搬を委託することは少なく、ほとんど自前で購入し、操縦、運搬を行っている。
- 苗木等運搬については、距離よりも高低差のあるところでの人肩運搬が苦勞するため、ドローンが重宝される。
- ドローン活用にあたっての課題は機体が雨に弱いこと、バッテリーの稼働時間が短いこと、本体価格が高いこと、積載量が多くないことである。
- ドローンの導入にあたっては、小型のドローンの操縦に慣れてから、徐々に大型ドローンの操縦に慣れるのがよく、ドローン講習でもその順番で指導している。



- ▶ 苗木等運搬以外の用途としては、治山事業等での種子吹付等作業、薬剤散布、架線集材でのリードロープの運搬、広葉樹造林での種子散布等が期待される。

以上より、補助金が使えれば、ドローンの購入費の問題がなくなり、年間の維持管理や消耗品・保険料のみとなり、年間経費が半分程度に削減できると考えられる。また、ドローンの防水性やペイロードの向上、バッテリーの稼働時間の向上が、ドローン導入を促進するきっかけとなると考えられる。なお、ドローンを購入して操縦者を育成する場合、身近に経験者がいなければ、最初はドローン講習に参加するとよいと考えられる。

## (2) 農業用ドローンの活用の参考情報

農業用ドローンの活用の参考情報として、以下の情報が得られた。

- ▶ 農業分野の繁忙期は4月～8月頃で、林業でのドローン活用の繁忙期からは外れている。
- ▶ 農業用ドローンの普及機は基本的に有視界の手動操縦だが、2オペはできない。
- ▶ 苗木等運搬用機種は農業用機種と下部構造が異なるほか、操縦者からの距離の限界（150m以下）や飛行高度の限界（30m以下等）がある場合もあり、造林現場に適さない制約がある。

以上より、林業と農業でドローン活用の繁忙期がずれており、また、農業用ドローンは使用されない時期が長いため、林業用に活用できる可能性が考えられる。一方、農業用ドローンには運搬するためのアタッチメントがないほか、飛行制限もあるため、林業現場で農業用の汎用機をそのまま活用するのは現状難しいと考えられる。

しかしながら、サイトテック株式会社のYOROIシリーズ等、ユニット交換型ドローンも出始めており、今後複数用途に利用できる機種の開発・流通が進むことが期待される。

## (3) 異業種のドローン操縦者の活用の参考情報

異業種のドローン操縦者の活用の参考情報として、以下の情報が得られた。

- ▶ 農地は傾斜や障害物がほとんどなく、造林地の場合と操縦技術が異なるため、農業用機種の操縦者が林業用機種をいきなり操縦するのは難しく、林業現場での経験を積む必要がある。
- ▶ 同様に林業用機種の操縦者が、農地で操縦しようとする場合も、電線等が周囲にある中、低空で細かく飛行させる必要があり、農業現場での経験を積む必要がある。
- ▶ 元々送電線工事等にラジコンヘリやドローンを活用していた業者がドローンの苗木運搬サービスも始めたという事例がある。

以上より、農業用ドローン操縦者が林業用ドローンを用いて苗木等運搬に協力できる可能性と、林業用ドローン操縦者が農業用ドローンを用いて農薬散布等に協力できる可能性の両方があるが、いずれも操作技術が異なるため、いきなり行うことは難しく現場で経験を積む必要があると考えられる。

また、農業分野では、傾斜の急な段々畑で農薬散布をしている操縦者は造林地と環境が近いため、林業用ドローンの操縦技術の習得が速いと考えられるほか、高度な操縦技術を要する分野であれば、ドローンを活用した造林に参入・協力できる可能性は高いと考えられる。

### 5.8.2. ドローンの効率的効果的な運用方法の整理

前述のとおり、補助金が活用できればドローン導入の初期費用が抑えられると考えられるが、自治体によってはそうした補助制度がない場合もあり、また購入費は抑えられても維持費はかかるため、補助金だけに頼らない方法を考え、造林分野へのドローンのさらなる普及に繋げていく必要がある。

このため、前述の情報収集結果、及び検討委員会での議論を踏まえてドローンの購入・維持管理費を抑え、稼働率を上げるためのドローンの効率的効果的な運用方法を以下に整理する。

#### ①各事業体で共同運用する方法

- ・自治体や都道府県森連等の組織単位で購入。購入した組織で維持管理。
- ・ドローンサービス店等が各事業体用にレンタルサービス。各事業体はレンタル機種を必要時にレンタルして共同活用。維持管理等はサービス店で実施。

#### ②他分野と協業する方法

- ・農業分野や中山間地における配送業等、他分野と操縦者を（可能であれば機体も）相互活用することにより協業。（但し、それぞれ現場経験は必要）

#### ③他の造林作業に活用する方法

- ・緑化、薬剤散布、測量、資源量解析、検査、点検等

以上のとおり、①各事業体で共同運用する方法、②他分野と協業する方法、③他の造林作業に活用する方法の3つを整理したが、実現性がどの程度あるかはまだ不明確な部分がある。

また、③の他の造林作業に活用する方法については、播種や薬剤散布等には苗木等運搬に用いるような大型ドローンが必要だが、資源量解析や検査・点検等に関しては撮影用小型ドローンでも十分と考えられる。このため、他の造林作業へのドローン活用については、苗木等運搬用ドローンを併用して活用する部分と撮影用の小型ドローンを活用する部分に分けて考える必要がある。

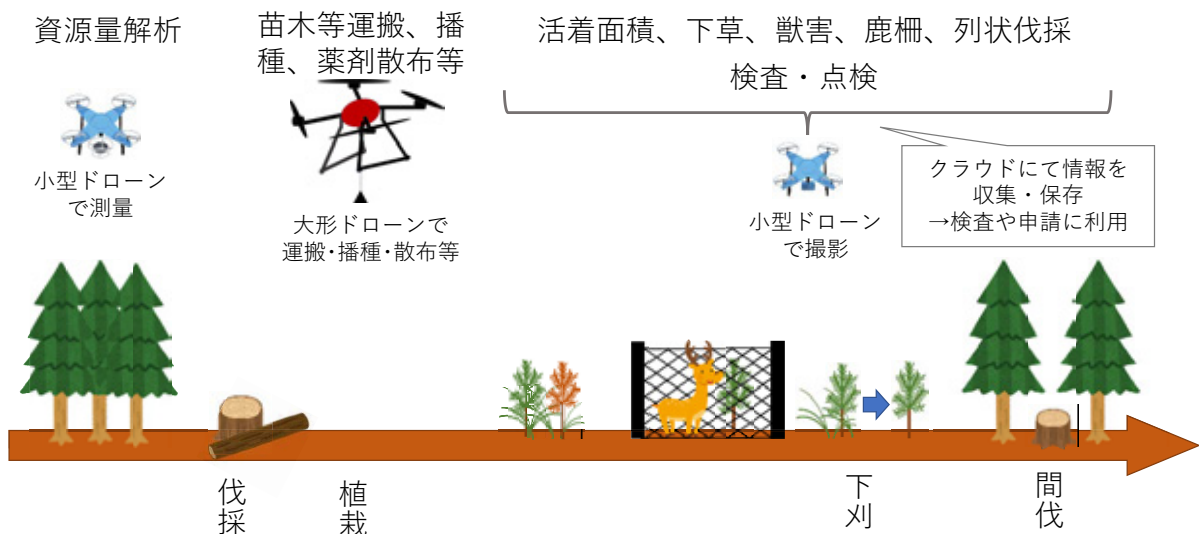


図 5-26 一連の造林作業へのドローンの活用

## 5.9. 工程分析調査票案の作成

工程分析調査票案については、令和4（2022）年度以降に林野庁が実施する工程分析調査のため、作成した。昨年度及び本年度の検討委員会での助言を踏まえ、①作業条件（作業地の概況、苗木の種類、荷下ろし方法、使用機種、熟練度、操縦体制等）、②作業結果等（作業時期・日数、運搬本数・往復回数、作業時間等）、③機械経費等が把握できる仕様とするした。

また、調査票は、回収後に分析がしやすいよう、エクセルシートで作成し、併せて、記入様式等を示した記入要領を作成した。

なお、工程分析調査票案作成の前段階で、本事業の実証においてドローン操縦者への、聞き取り調査および記入・回答依頼を行うために試行版を作成した。試行版は次のとおりである。

表 5-42 工程分析調査票案の試行版

様式 1 工程分析調査票 (案) 【記入・回答依頼版】

ドローンによる苗木運搬調査票

作成者	事業者の名称	
	記入者の氏名	
	連絡先：電話番号	
	連絡先：E-mail	
位置	都道府県名	
	市町村名	
	林小班または地名	

整理番号 (荷下ろし地点ごとに記入)		1	2	3	4	5	備考	記入例	
作業条件	調査箇所の面積	ha						1.00	
	荷下ろし箇所数	箇所						3	
	運搬距離 (水平距離)	m						200	
	比高	m						20	
	上記の計測方法	選択式						GPS計測	
	苗木区分	選択式						コンテナ苗	
	樹種	選択式						スギ	
	コンテナの容量	選択式						150cc	
	運搬した苗木の本数 (総運搬本数)	本						1,500	
	往復回数	往復						15	
	バッテリー交換回数	回						5	
	苗木1本あたりの重量	g							
	1フライト当たりの平均運搬本数	本/回							
	1フライト当たりの平均運搬重量	kg/回						0	
	飛行方法	選択式						手動飛行	
	荷下ろし方法 (苗木の外し方)	選択式						自動	
	ドローンの機種名	-						森飛 (林業用2オベ運搬型)	
	最大積載量 (kg)	kg						15	
	操縦者数	人						2	
	総飛行時間 (操縦経験時間)	選択式						100時間以上	
配置した補助者数	人						1		
作業時間等	作業期間	実施年 (西暦)	年					2021	
		実施月	月					10	
	作業日数	作業日数	日					5	
	作業時間 (操縦者)	準備・後片付け	分						3
		その他	分						70
		総フライト時間	分						75
		1フライトの平均時間	分						5
	作業時間 (補助者)	荷造り	分						
		荷掛け	分						
		荷下ろし	分						
安全管理		分							
その他		分							
	延べ作業時間	分	0	0	0	0	0		
機械経費等	償却費 (年間)	ドローン	円						
		充電器	円						
		無線機	円						
	維持修理費 (年間)	ドローン	円						
		充電器	円						
		無線機	円						
	管理費 (年間)	保険料	円						
		保管に係る経費	円						
	燃料費・電力料 (年間)	燃料費	円						
		電力料	円						
	消耗部品費 (年間)	バッテリー	円						
		モーター	円						
プロペラ		円							
	その他 (年間)	円							
	機械経費等 (年間)	円							
	年間稼働日数	日					20		
	調査箇所当たり機械経費等	円							

様式1の記入要領

1. 整理番号

- ・運搬箇所を識別するための番号です。運搬距離が異なる場合は番号を分けてご記入してください。
- ・運搬箇所が6地点以上の場合、最大値・最小値を含む代表的な5地点をご記入してください。

2. 作業条件

- ・調査箇所の面積：調査箇所は連続したひとまとまりの植栽地です。
- ・比高：下げ荷の場合は比高に「-」をつけて記入してください。
- ・苗木区分：調査箇所に該当する苗木の区分を選択してください。(1. コンテナ苗、2. 裸苗)
- ・樹種：調査箇所に該当する樹種を選択してください。(1. スギ、2. ヒノキ、3. カラマツ、4. その他)
- ・コンテナ苗の容量：マルチキャビティコンテナの容量を選択してください。(1. 150cc、2. 300cc、3. その他)
- ・飛行方法：ドローンの飛行を選択してください。(1. 手動飛行のみ、2. 手動飛行及び自動飛行)
- ・苗木の荷下ろし方法：苗木の荷下ろし方法を選択してください。(1. 手動、2. 自動)
- ・総飛行時間（操縦経験時間）：操縦者の今までの総飛行時間を選択してください。操縦者が2人以上の場合は操縦経験の少ない操縦者の時間を選択してください。(1. 10時間未満、2. 10時間以上、3. 35時間以上、4. 100時間以上、5. 200時間以上)

3. 作業時間等

- ・実施年：作業を実施した年（西暦）を数字（4文字）で記載してください。
- ・実施月：作業を実施した月を数字（1～12）で記載してください。
- ・作業時間（操縦者）：各作業に対する作業時間（分）を記入してください。その他の作業時間には具体的な作業内容を記入してください。機材・資材の搬入、事故(故障)により手戻りとなった作業時間は含めないでください。
- ・作業時間（補助者）：各作業に対する作業時間（分）を記入してください。その他の作業時間には具体的な作業内容を記入してください。補助者を複数人配置した場合は、延べ作業時間（分）を記入してください。機材・資材の搬入、事故(故障)により手戻りとなった作業時間は含めないでください。

4. 機械経費等

- ・作業に必要な機械経費等の額を記入してください。該当する機材がない場合はその他の備考欄に具体的なものを機材の名称を記入してください。

## 様式2 工程分析調査票(案)

ドローンによる苗木運搬調査票

関係図



様式2の記入要領

関係図: 調査箇所範囲、離着陸地点から荷卸し地点までの運搬距離などの位置が記入された略図または森林基本図(1:5,000)等の画像データを貼りつけてください。

この試行版を基にドローン操縦者へ記入/回答依頼し、記入/回答しづらい点、不足点等の意見を聞き取った結果を、①作業条件、②作業結果等、③機械経費等に分け、得られた意見（✓）とその意見を踏まえた対応（→）を以下に整理する。

### ①作業条件

- ✓ 鹿柵等の資材運搬の場合は本様式では書けない、それらも本調査票でカバーするのか。  
→本調査票では苗木運搬を対象とする。
- ✓ 運搬重量はバラツキがあり、正確な記入は困難である。  
→工程分析に必要なため、残す。
- ✓ 天候や風速等の欄があると運搬時の状況がわかってよい。  
→天候、風速等の欄を追加。

### ②作業結果等

- ✓ 荷掛、荷下ろしは1回あたり数秒で終わるため、個別に合計何分かを記憶・記入するのは不可能である。  
→記入できている回答者もないため、削除する。  
→その他、荷造り、荷掛、荷下ろしは操縦者が行っている場合と補助者が行っている場合の両方があるため、作業時間は操縦者・補助者別にせず統合
- ✓ 下見時間がどの程度かかったかわかるとよい。  
→下見時間を追加。

### ③機械経費等

- ✓ 充電のための電力量や燃料費はわからない。  
→回答は少なく、回答していた例も少額であったため削除。  
→その他、償却期間が業者ごとに異なるため、償却期間の項目を追加。

その他、データが揃っていれば記入は1時間程度でできる、全てのデータを取得するには作業  
者負担が増える等の意見が得られた。

以上の結果を踏まえ、工程分析調査票案を次のとおり作成した。



表 5-43 工程分析調査票案

様式1 工程分析調査票(案)

ドローンによる苗木運搬調査票

作成者	事業者の名称	
	記入者の氏名	
	連絡先：電話番号	
	連絡先：E-mail	
位置	都道府県名	
	市町村名	
	林小班または地名	

整理番号(荷下ろし地点ごとに記入)		1	2	3	4	5	備考	記入例
作業条件	天候	-						晴
	気温	℃						15
	風速	m/s						3
	調査箇所面積	ha						1.00
	荷下ろし箇所数	箇所						3
	運搬距離(水平距離)	m						200
	比高	m						20
	比高の計測方法	選択式						GPS計測
	苗木区分(コンテナ・裸)	選択式						コンテナ苗
	植栽樹種	選択式						スギ
	コンテナの容量	選択式						150cc
	飛行方法	選択式						手動飛行
	荷下ろし方法(苗木の外し方)	選択式						自動
	ドローンの機種名	-						森飛(林業用2オベ運搬型)
	最大積載量(kg)	kg						15
操縦者数	人						2	
総飛行時間(操縦経験時間)	選択式						100時間以上	
配置した補助者数	人						1	
作業結果等	作業期間	実施年(西暦)	年					2021
		実施月	月					10
	作業日数等	下見時間	時間					3
		作業日数(下見が別日ならその日数も含む)	日					5
	作業結果	運搬した苗木の本数(総運搬本数)	本					1,500
		往復回数	往復					15
		バッテリー交換回数	回					5
		1フライト当たりの平均運搬本数	本/回					
		1フライト当たりの平均運搬重量	kg/回					0
	作業時間	苗木1本あたりの重量	g					
準備・安全点検・後片付け		分					3	
荷造り		分					70	
その他		分					70	
総フライト時間(休憩時間除く)		分					75	
1フライトの平均時間	分							
機械経費等	償却費(年間)	ドローン	円					
		充電器(発電機)	円					
		無線機	円					
	管理・維持修理費(年間)	保険料	円					
		保管経費	円					
		維持修理費	円					
	消耗部品費(年間)	バッテリー	円					
		モーター	円					
		プロペラ	円					
	その他(年間)	円						
ドローンの償却期間	年							
機械経費等(年間)	円							
年間稼働日数(平均値)	日						20	
調査箇所当たり機械経費等	円							

様式1の記入要領

- 整理番号
  - 運搬箇所を識別するための番号です。運搬距離が異なる場合は番号を分けてご記入してください。
  - 運搬箇所が6地点以上の場合、最大値・最小値を含む代表的な5地点をご記入してください。
- 作業条件
  - 調査箇所面積：調査箇所は連続したひとまとまりの植栽地です。
  - 比高：下り荷の場合は比高に-をつけて記入してください。
  - 比高の計測方法：比高を計測する方法を選択してください。(1. 図面読み取り、2. GPS計測、3. 光波測距)
  - 苗木区分：調査箇所該当する苗木の区分を選択してください。(1. コンテナ苗、2. 裸苗)
  - 樹種：調査箇所該当する樹種を選択してください。(1. スギ、2. ヒノキ、3. カラマツ、4. その他)
  - コンテナ苗の容量：マルチキャビティコンテナの容量を選択してください。(1. 150cc、2. 300cc、3. その他)
  - 飛行方法：ドローンの飛行方法を選択してください。(1. 手動飛行のみ、2. 手動飛行及び自動飛行)
  - 苗木の荷下ろし方法：苗木の荷下ろし方法を選択してください。(1. 手動、2. 自動)
  - 総飛行時間(操縦経験時間)：操縦者の今までの総飛行時間を選択してください。操縦者が2人以上の場合は操縦経験の少ない操縦者の時間を選択してください。(1. 10時間未満、2. 10時間以上、3. 35時間以上、4. 100時間以上、5. 200時間以上)
- 作業結果
  - 実施年：作業を実施した年(西暦)を数字(4文字)で記載してください。
  - 実施月：作業を実施した月を数字(1~12)で記載してください。
  - 作業時間(操縦者)：各作業に対する作業時間(分)を記入してください。その他の作業時間には具体的な作業内容を記入してください。機材・資材の搬入、事故(故障)により手戻りとなった作業時間は含めないでください。
  - 作業時間(補助者)：各作業に対する作業時間(分)を記入してください。その他の作業時間には具体的な作業内容を記入してください。補助者を複数人配置した場合は、延べ作業時間(分)を記入してください。機材・資材の搬入、事故(故障)により手戻りとなった作業時間は含めないでください。
- 機械経費等
  - 作業に必要な機械経費等の額を記入してください。該当する機材がない場合はその他の備考欄に具体的なものを機材の名称を記入してください。

## 様式2 工程分析調査票(案)

ドローンによる苗木運搬調査票

関係図



様式2の記入要領

関係図:調査箇所範囲、離着陸地点から荷卸し地点までの運搬距離などの位置が記入された略図または森林基本図(1:5,000)等の画像データを貼りつけてください。

## 5.10. ドローンを活用した苗木等運搬マニュアルの作成

5.1.～5.9.の内容および聞き取りによる情報収集結果を踏まえ、ドローンを活用した苗木等運搬マニュアルを作成した。マニュアルは、以下のとおり、ドローン活用に適した条件、ドローンの導入・運用、必要な機体・性能等、作業工程・作業体制、安全管理・留意点等、が順を追って詳しくわかるような構成とし、各地の導入・実証事例や機種紹介等も含め、苗木等運搬におけるドローンの効率的な活用を普及するために作成した。

表 5-44 ドローンを活用した苗木等運搬マニュアルの主な項目と内容

項目	内容
①ドローン活用に 適した条件	ドローン運搬が効果的となる環境条件の判断基準、作業者の高齢化対策や次の担い手となる若者の魅力促進効果、ドローンの今後の可能性等について解説。
②ドローンの導入 ・運用方法	運用方法別（購入、業者委託）のメリット/デメリットや、各運用方法をとった場合の作業体制、利益が見込める年間稼働率等を解説。
③苗木等運搬に必 要な機体性能等	苗木等運搬に必要なアタッチメント、運搬可能重量、現場に持ち運びできるサイズ、用意すべきバッテリー数等、推奨されるポイントを解説。
④苗木等運搬実施 時の作業工程・作 業体制	ドローンによる効率的な苗木等運搬を行うための飛行計画や苗木配置計画、荷造り・荷掛・荷下ろしの作業工程及び作業体制と効率的な方法を解説。
⑤安全管理、留意点 等	ドローン墜落等の危険予防のための留意点、衝突対策や防火対策、苗木等運搬中の第三者への対応等のほか、運搬に伴う各作業を安全に行うためのポイントについて解説。

なお、作成したマニュアルについては巻末に示す。

## 6. ドローンを活用した植栽位置の自動マーキング

造林作業を実施するにあたって、植栽位置の自動設定や適切な配置は、植栽時の省力化や植栽後の下刈り、間伐等の育林作業の効率化のためにも重要である。従来の植え付け作業は人力で鋤等を用いて実施し、植栽位置は作業者の感覚で決定されることが多い。今後、造林作業の省力・低コスト化を考慮した場合、低密度の植栽など従来とは異なる手法で植え付けを実施しなければならず、作業の効率や正確さが低下する懸念がある。造林の省力化の一環として施業地を歩行する育林機械等の導入も考えられているが、傾斜地における移動やマーキングは容易ではない。そこで、本事業では苗木植栽の労働負荷の軽減を目的とし、ドローンを活用した植栽位置の自動マーキングについて実証を行った。機体や手法の開発検討、及び開発した機体を使用した実証は、(株)フォテックと共同で実施した。

### 6.1. 実証機種の検討・開発及びマーキング手法や自動飛行プログラムに関わる調査

マーキングの手法に関しては、まず RTK-GNSS を使用して正確な位置を測位した。測位完了後、自動飛行プログラムであらかじめ指定した座標へドローンをフライトさせ、搭載しているマーキング用のアタッチメント（ノズル）から塗料を滴下し、グリッド状にマーキングすることとした。塗料は蛍光塗料に石灰を混ぜたものを使用することで、土壌への残留時間を延長させる工夫を施した。なお自動飛行プログラムに関しては、事前に各植栽地の植栽密度から植栽間隔を算出して、フライト前に設定した。

実証機種に関しては当初は8枚翼のものを組み立てていたが、10月中旬に RTK-GNSS でのフライト中、不安定になり墜落、モーター等が損傷した。したがって、実証機は4枚翼機に変更した。実証機の概要を表6-1に示した。

表 6-1 実証機概要

項目	内容
サイズ	70 cm×70 cm
機体重量	約 20 kg
アタッチメント	塗料滴下装置 (1 マーキング約 80cc×40 地点分)



写真 6-1 実証機

## 6.2. 自動マーキング実施時の法規に基づく制限事項の整理

マーキングの手法は、塗料を地面に滴下する方式をとっている。本手法は物件投下の規制にかかるため、自動植栽マーキングを実施する際は航空法第132条の2第2項第6号ただし書の規定による届け出受理事務（物件投下の届出）に従って、物件投下届出書を提出し、国土交通大臣の認可が下りた後に実施しなければならない。また、物件投下を実施する際は機体・操縦者・安全確保体制に関する一般基準に加えて、追加基準が定められている。各追加基準の詳細は以下に示す。

表 6-2 物件投下を行う際の追加基準

追加基準項目	内容
機体	不用意に物件を投下する機構でないこと。
操縦者	<ul style="list-style-type: none"> <li>・5回以上の物件投下の実績を有し、物件投下の前後で安定した機体の姿勢制御ができること。</li> <li>・必要な実績及び能力を有していない場合は、無人航空機を飛行させる者又はその関係者の管理下において第三者が立ち入らないよう措置された場所において、物件投下の訓練を実施すること。</li> </ul>
安全確保体制	<p>(a)物件を投下しようとする場所に、無人航空機の飛行状況及び周囲の気象状況の変化を常に監視できる補助者を配置し、補助者は、無人航空機を飛行させる者が安全に飛行させることができるよう必要な助言を行うこと。</p> <p>(b)物件を投下しようとする場所に、第三者が立ち入らないように注意喚起を行う補助者の配置等を行うこと。</p> <p>→以下、(c)に掲げる条件に適合する場合は(a)と(b)はこの限りではない。</p> <p>(c)補助者を配置せずに物件を投下する場合には、次に掲げる基準に適合すること。</p> <p>(ア)物件投下を行う際の高度は1m以下とする。</p> <p>(イ)物件投下を行う際の高度、無人航空機の速度及び種類並びに投下しようとする物件の重量及び大きさ等に応じて、物件を投下しようとする場所及びその周辺に立入管理区間を設定すること。</p> <p>(ウ)当該立入管理区間の性質に応じて、飛行中に第三者が立ち入らないための対策を行うこと。</p>

### 6.3. ドローンを用いた植栽位置の自動マーキングの実証

実証は全3回実施した。各実証地の概要は以下のとおりである。

表 6-3 各実証の実施場所と実証日

実証 No.	実施場所	実証日
1	北海道当別町地区	令和3年11月16日
2	北海道札幌市野幌森林公園	令和4年1月17日
3	埼玉県さいたま市 SAITAMA ドローン練習場	令和4年1月26日

#### 6.3.1. 第1回目実証北海道当別地区

##### (1) 実証概要

一回目の実証は令和3年11月15日に北海道当別町で実施した。実証地の概況は図 6-1 と表 6-4 に示した。

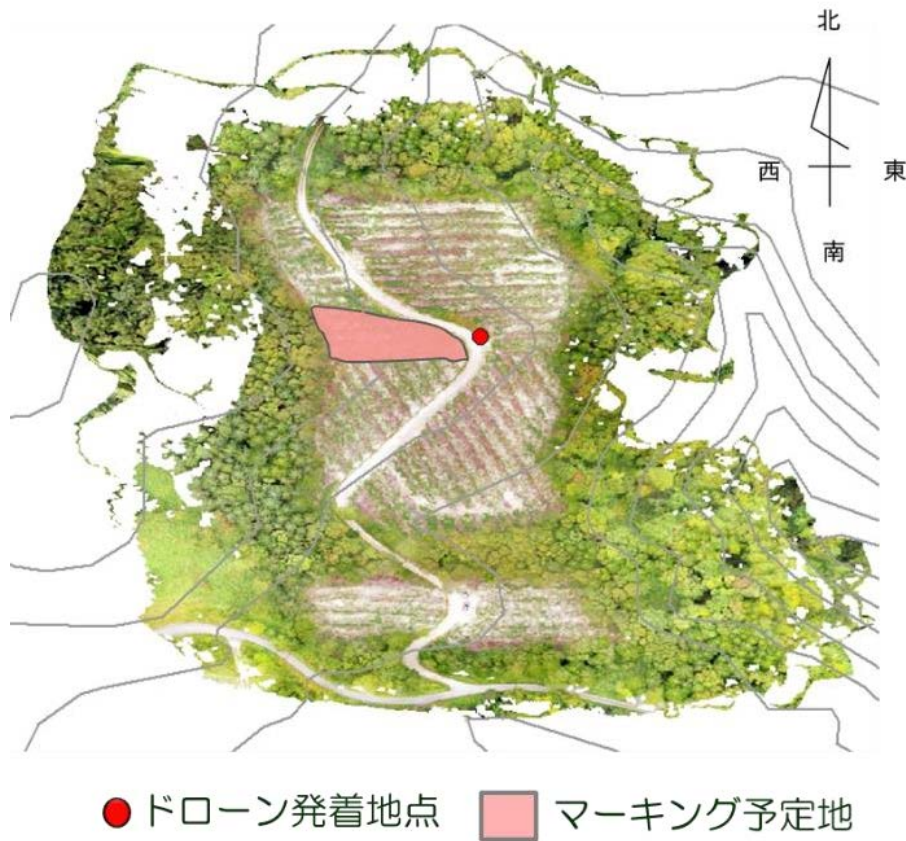


図 6-1 マーキング実証地（北海道当別地区）

表 6-4 実証地概要（北海道当別地区）

面積	2.10ha
傾斜	10° 程度
植栽樹種と植栽密度	カラマツ（コンテナ苗） 約 2000 本/ha



## (2) 実証結果

RTK-GNSS のアンテナがノイズを拾う等の不具合により、フライトが安定せず、自動でマーキングを実施することができなかった。そのため、手動でマーキング液を滴下させる状況の確認のみ行った（写真 6-2）。滴下の結果、マーキング液は多少地面に吸い込まれたが、植付位置の確認には問題ない程度であった。



写真 6-2 マーキング液の滴下状況（北海道当別地区）

### 6.3.2. 第 2 回目実証北海道野幌森林公園

再度 RTK-GNSS の設定とフライトコントローラの設定を調整し、フライトコントローラと RTK-GNSS モジュールの間で特定の通信速度において受信側の DOP（精度劣化度）が改善することが判明し、機体の不安定さが解消したため再度実証を行った。

#### (1) 実証概要

2 回目の実証は令和 4 年 1 月 18 日に北海道札幌市野幌森林公園で実施した。平坦地で開けた場所であったが、積雪が見られた。



写真 6-3 マーキング実証地（北海道札幌市野幌森林公園）



## (2) 実証結果・考察

RTK-GNSS による測位の不具合は解消し、安定したフライトを実施していたが、配線回りがショートし、短時間のフライトとなってしまう、マーキングに至らなかった。要因として飛行時に周辺の新雪を巻き上げることで機体が濡れたこと、12月初頭に導入した高出力タイプのバッテリーに電源線の容量が耐えられず、焼損したことが考えられた。その後、電源線はより高出力に対応できるものに交換した。



写真 6-4 実証の様子(左:フライト前、右:フライト中)

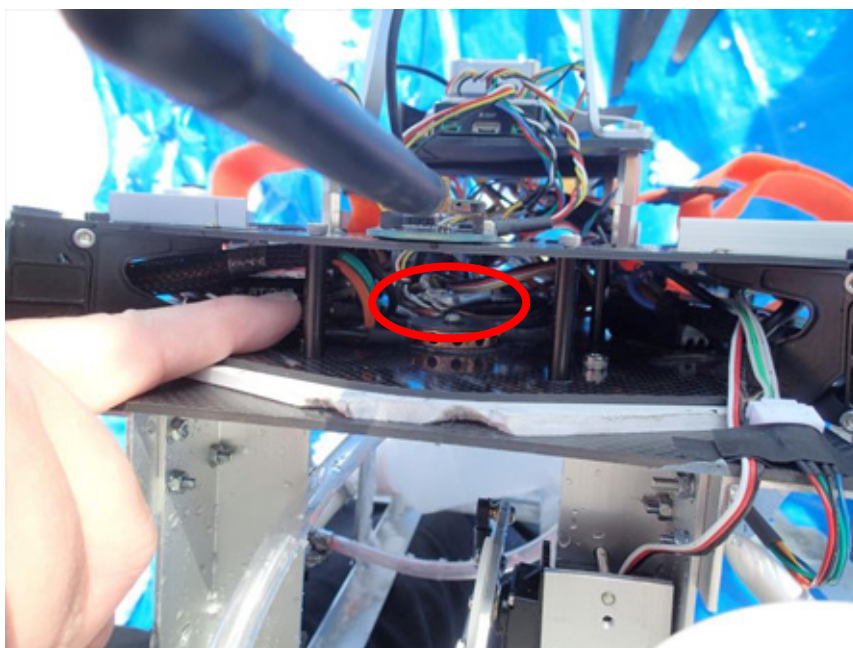


写真 6-5 ショートして焼け焦げた配線

### 6.3.3. 第 3 回目実証埼玉県さいたま市 SAITAMA ドローン練習場

#### (1) 実証概要

3 回目の実証は令和 4 年 1 月 26 日に埼玉県さいたま市 SAITAMA ドローン練習場で実施した。



面積	95m×45m
傾斜	平坦地

図 6-2 マーキング実証地（埼玉県さいたま市）

#### (2) 実証結果・考察

1 回目 10 地点、2 回目 6 地点と計 16 地点のマーキングを実施した。飛行プログラムで計画したマーキングの間隔は 2.2m であったが、 $2.24 \pm 0.18\text{m}$  間隔でマーキングを実施したため、精度は高かった。



写真 6-6 マーキング地点(マーキング箇所を赤丸で強調)



1 地点のマーキングの所要時間は、移動が約 10 秒/地点間、滴下が 1～2 秒/地点であった。現時点の所要時間だと塗料滴下装置に充填されている最大の容量である 40 地点分を滴下するのに、バッテリーの交換等なしに約 8 分かかる見込みである。造林地の通常の植栽本数を 2000 本/ha と考えると、バッテリーの交換や休憩等を考慮せずに約 6 時間半かかる見込みである。現状としては、植栽位置に全てマーキングするのではなく植栽位置で重要なポイントにマーキングするなどの、点数を減らした利用が現実的であると考えられる。

RTK-GNSS による測位は概ね安定していたが、樹木等に接近すると衛星が補足しづらくなり不安定な挙動を見せる場面が存在した。要因としては RTK-GNSS で受信している GPS の衛星数が少なく、良好な DOP が得られなかったことが考えられた。今回使用した RTK-GNSS モジュールとフライトコントローラの設定では、GPS 衛星のみを推奨されていたが、ロシアの GLONASS、EU の GALILEO、中国の Beidou を適宜使用して DOP を得ることで本問題は解消されることが考えられた。加えて、さらに飛行に安定性を持たせるには、CLAS など準天頂衛星からの補正信号を利用すると良いと考えられた。

マーキングの見えやすさに関しては、滴下した着色液が土壌等に吸い込まれ、色が不明瞭になる現象が見られた。1 回目の北海道の実証では問題なく着色されていたため、土質や地面の乾燥状態が影響していると考えられた。したがって、どのタイプの土壌でも問題なくマーキングできるように着色液についても改良の必要性があると考えられた。また、滴下方式のため、風で飛散する可能性も考えられ、すでに建築の現場で使用されているスプレー式等の別手法によるマーキングも考慮する必要がある。

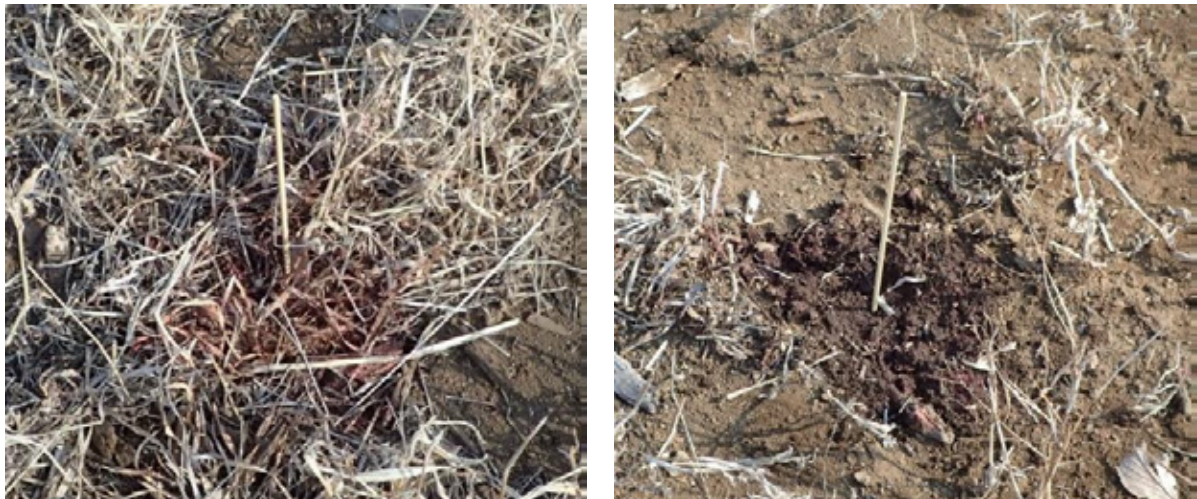


写真 6-7 マーキング後の着色液の状況（左：草の上に着色、右：土の上に着色）

## 7. ドローンを活用した荒廃地等への播種・吹付による緑化

我が国では気候変動により、降雨量が増大し山地災害、洪水被害等が激甚化・多発化傾向にある。従来、山間部における緑化事業は航空実播・人力によるものが主であったが、近年では小面積であるがゆえに航空実播を実施できない場所や、急峻であるため人が到達不可能な場所に対する緑化の需要や必要性が高まっている。本実証では航空機や人力による緑化が困難な場所に対してドローンを用いた播種・吹付による緑化方法の調査・検討、現地実証を行い、活用に向けた技術開発を目指した。荒廃地に播種・吹付を行う緑化用種子や基材の開発は日本植生（株）と、基材を設置するドローン本体ならびにアタッチメント機構、実証時のドローンによる運搬はルーチェサーチ（株）と実施した。

### 7.1. 急斜面荒廃地等に適した緑化用種子・基材及びドローンによる緑化方法の調査

#### 7.1.1. 基材の開発と緑化方法についての方向性

急斜面荒廃地に適した緑化用種子や基材の調査として播種・吹付による緑化の手法を検討した。まず、ドローンを使用して緑化する場合、対象となる場所は急峻な崩壊地等が多いことが想定された。緑化用種子を空中から散布する方法や吹付による方法も検討したが、両手法とも緑化実施後の長期の乾燥や降雨の影響で種子の発芽率や定着率が低下する可能性が考えられた。したがって、崩壊地という厳しい環境条件でも発芽・定着する可能性を上げるため、緑化用種子や基材を袋にひとまとめにして設置する手法が適していると考えた。加えて、周辺環境への配慮として、基材や内部に混入されている種子の拡散が少ないことから袋を運搬する緑化方法が適していると判断した。加えて、緑化の対象となる場所は急峻で、表層土壌が十分ではない可能性があることから、図 7-1 のように袋を斜面へ塊状に設置し、周囲の種子や土壌を集めることで緑化促進の効果を高めることを期待した。したがって本事業では、緑化用種子と軽量かつ乾燥下でもあっても発芽・定着する確率の高い基材を、他の緑化事業でも使用されている土嚢袋に入れてドローンで運搬することとした。

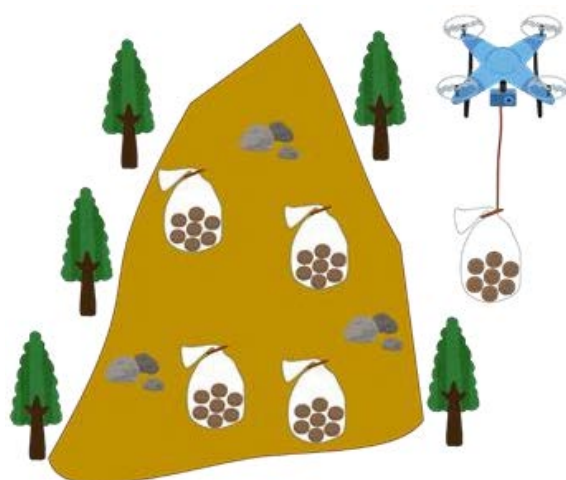


図 7-1 ドローンによる緑化用の土嚢袋の配置

### 7.1.2. 基材内容

ドローンで運搬する土嚢袋の基材の内容は以下のとおりである。

土壌改良材 [グリーンフィルC (日本植生製品)]、機能炭、バーク堆肥、パーライト、高分子ポリマー

土壌改良材 (グリーンフィルC) とは、含有されている低分子有機化合物の作用で、高等植物の生長促進及び乾燥や塩害、低温といったストレスの保護作用を持ち、乾燥地や高塩類集積地、強酸性地、強アルカリ地などの通常の生育しにくい環境下において、適正環境にける生育と同じような生育を維持できることが確認されている。なお、高分子ポリマーは周囲環境の水分をより多くかつ長期間保持することで種子の発芽の促進効果を狙った。また種子に関しては、なるべく在来の植物による緑化が好ましいとし、ヤシヤブシ、ヨモギ、メドハギ等が検討された。

土嚢袋の素材は通常ポリエチレン製であるが、環境への配慮と運搬時の衝撃に耐えられるようにジュート性の土嚢 (サイズ: 0.5×0.3×0.1m) を使用した (写真 7-1)。土嚢袋の重量は、使用するドローン機体の運搬可能重量を考慮し、3.5-4kg の内に収まるようにした。



写真 7-1 実際に作成した土嚢袋 (左: 外装、右: 基材) [(株) ルーチェサーチ提供]

### 7.2. ドローンのアタッチメント及びその作動プログラムの調査・検討

本実証では土嚢袋を運搬するため、図 7-2 の投下機構をアタッチメントとして開発した。開発はルーチェサーチ (株) と共同で実施した。アタッチメントはサーボモーターを操作し、爪部の開閉を行うことで土嚢袋を空中から投下する機構となっている。

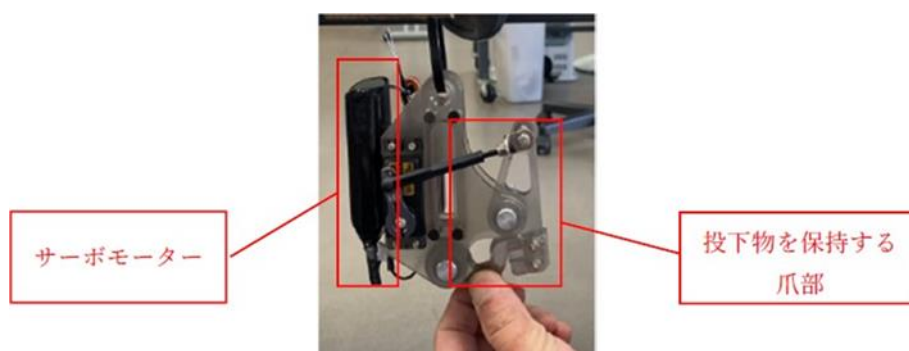


図 7-2 投下機構 [(株) ルーチェサーチ提供]



### 7.3. ドローンによる緑化に適した環境条件、実証地、及び飛行プログラムの検討

ドローンによる緑化に適した環境条件は、航空実播や人力による緑化が困難な小面積で急峻な場所が適している。しかし、実証内容を検討した結果、前述のような場所は風や土砂が不安定である等、環境の条件が厳しく、本年度に準備できる機種では、現地で実証試験を行うには危険性が高いと考えられた。したがって、急峻な地形ではあるが環境条件が比較的厳しくない碎石場で実証を行うこととした。

飛行プログラムに関しては、厳しい環境条件下での操縦者の作業負担を減少させるために、自動飛行プログラムによる運搬が適していると考えた。加えて緑化対象となる場所が急斜面かつ小面積である場合、ドローン自体の事故発生リスクの軽減と土嚢袋の設置精度の向上のため、運搬時にモニター等でリアルタイムに設置場所の確認を行うことが必要である。そのため、本実証でもパソコン等のモニターに、ドローンに搭載されているカメラを用いて画像を伝送し、リアルタイムに設置場所の状況を確認しながら運搬を実証した（図 7-3）。なお、突風やプログラムの不具合に対処するため、緊急的に手動飛行に切り替えを行うこととした。



図 7-3 離着陸地点の確認画面（モニター）

## 7.4. ドローンを活用した荒廃地等への緑化の実証

### 7.4.1. 実証地

実証は茨城県つくば市にある(株)國分のつくば碎石場（図 7-4、赤丸で囲った部分）で実施した。土嚢袋設置場所の傾斜は約 40° であった。



図 7-4 荒廃地等への緑化の実証地全景

### 7.4.2. 試験概要

実証試験は事前の下見も含めて計 2 日間にわたって実施した。

#### (1) 試験日時

令和 3 年 12 月 7 日（火）事前下見

12 月 9 日（木）実証試験

12 月 8 日は雨天のため作業を 9 日に延期した。

#### (2) 使用機体と基材

使用した機体はルーチェサーチ（株）の SPIDER-LX8（写真 7-2）とし、これに 7.2. で開発したアタッチメントを装着した。緑化用基材を詰めた土嚢袋には約 4m のポリエチレン製の紐を結び付け、ドローンから吊り下げられるようにした。機体の仕様は表 7-1 で示した。



写真 7-2 ドローンの機体と土嚢袋

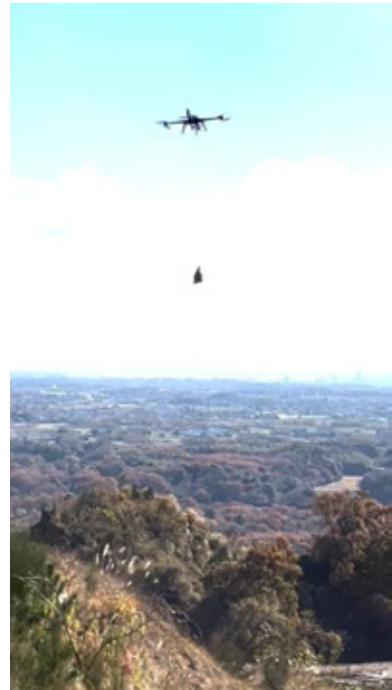


写真 7-3 実証風景



表 7-1 実証使用機体概要

項目	細別	仕様
機体諸元	機体総重量	19.7kg(機体・バッテリー含む)
	機体寸法	120cm(W)×110cm(W)×70cm(H)
	最大搭載重量	80.0kg
	動力	モータ駆動(4個×2) バッテリー(リチウムポリマー電池)
	最大飛行時間	18分/1フライト
撮影条件	気象条件	地上風速10m/s以下
	撮影範囲	半径1000m以内(機影の視認必要)
	撮影高度	150m未満(航空法 最低高度 非市街地)
	離着陸場所	必要ヤード目安 5.0m×5.0m
撮影機能	撮影位置	パソコンの地図上で撮影ポイント、撮影ルート設定可能
	撮影操作	手動飛行および自立飛行にて撮影可能
	画像伝送装置	地上のモニターでリアルタイムに撮影画像を確認
	安全機能	緊急時自動帰還機能付き

### (3) 試験方法

本実証を実施するにあたって、事前に(株)ルーチェサーチと運搬する土嚢袋の重量に関して協議した。なお、表 7-1 に実証使用機体の最大搭載重量は 80.0kg と示しているが、これは離陸する際の限界重量であり、この値には本体・バッテリーの 19.7 kg に加え、アタッチメントの重量も含まれている。重量が重くなるほどバッテリーの消費量が激しくなり、風による影響も受けることから、バッテリーのトラブルなく安全にフライトさせるため、運搬する土嚢袋の重量の上限を 10 kg として設定した。加えて、当日や前日に降雨などがあった場合、用意した土嚢袋内の基材が水を含んで重くなる可能性があるため、安全性を考慮して重量が 7kg 以下となるようにして準備した。

運搬は操縦者 1 名、補助者 1 名で実施し、補助者は常時モニターで高度や投下位置を確認しながら実施した(写真 7-3)。

自動飛行プログラムにて、事前に設定した座標までドローンを移動させ目的の座標地点に到着したら機体を下降させ、なるべく設置させる斜面に接近させた。最後に手動にてアタッチメントの投下物を保持する爪部を作動させ、土嚢袋を投下した。また、投下後の土嚢袋の状態(転がりなど)を確認するため、ドローンからの投下高度を 15m、10m、5m(海拔 165m、160m、155m)の 3 パターンで実施した。

本実証ではドローンのバッテリー容量の関係で、土嚢袋の運搬総数は 20 袋となった。実証試験の計画時には、緑化対象とした 3～4 箇所場所にそれぞれ 5～6 個ずつ土嚢袋を設置する予定であった。しかし、実証を実施していく中で、投下時に土嚢袋が転がるため、5～6 個程度では目的の一つである周辺の種子や土壌を集める緑化の促進効果がうまく働かない懸念があったため、20 袋を 1 箇所に集めて設置することとした。

物件投下座標(緯度 N・経度 E)は次のとおりである。

#### ① 1 フライト目

緯度N 36.15221666 経度E 140.13329166

#### ② 2 フライト目以降

緯度N 36.15231434316697 経度E 140.13346140690643

変更理由：落下地点が想定と多少ずれがあり、現場で修正を行なった。

#### (4) 実証結果・考察

22 回フライトし、20 回投下試験を行った（表 7-2）。土嚢袋はあらかじめ設定している物件投下座標から 2m 程度の範囲のズレであったため、精度よく投下することができた。土嚢袋自体は、投下地点から 6.5－8.2m 程度転がった。土嚢袋を投下する際の高低差による影響に大きな違いはなかった。

土嚢袋が投下地点から転がった要因は、地面から離れた位置での投下方法と土嚢袋の形状に問題があることが推察された。したがって、改善点として、ドローン本体の投下機構のフック自体の紐の長さを伸ばすことで、設置斜面との距離を接近させる、土嚢袋に関しては、今回は通常の形状のものを使用したため、接地後転がらないために接地面を平らにする、突起物をつける等の工夫が必要であると考えられた。また、投下前に基材に水を含ませることで基材に粘性を持たせることも有効であることが考えられた。

表 7-2 フライトの結果

フライト	投下高度 (対地高度)	投下高度 (海拔)	離陸時間	着陸時間	備考
1 F	15m	165m	9 : 40	9 : 43	
2 F	15m	165m	9 : 50	9 : 52	1 F から投下位置変更。2 F 以降は投下位置の変更はない。
3 F	15m	165m	10 : 03	10 : 05	
4 F		165m	10 : 10	10 : 13	投下機構に引っかかり、投下せずに着陸。
5 F	15m	165m	10 : 19	10 : 22	
6 F	10m	160m	10 : 29	10 : 31	飛行高度を変更
7 F	10m	160m	10 : 38	10 : 40	
8 F	10m	160m	10 : 57	10 : 59	
9 F	10m	160m	11 : 02	11 : 04	
10 F	10m	160m	11 : 07	11 : 09	
11 F	10m	160m	11 : 12	11 : 14	
12 F	5m	155m	11 : 23	11 : 25	飛行高度を変更
13 F	5m	155m	11 : 38	11 : 40	

フライト	投下高度 (対地高度)	投下高度 (海拔)	離陸時間	着陸時間	備考
14 F	5m	155m	11 : 55	11 : 59	
15 F	10m	160m	12 : 19	12 : 22	飛行高度を変更（風の影響でドローンの機体がふらつき、高度を上げないと斜面に衝突の可能性があったため）
16 F		160m	12 : 27	12 : 30	自律飛行エラーのため、投下せずに着陸。
17 F	10m	160m	12 : 33	12 : 35	
18 F	10m	160m	12 : 40	12 : 42	
19 F	10m	160m	12 : 44	12 : 46	
20 F	10m	160m	12 : 50	12 : 52	
21 F	10m	160m	12 : 54	12 : 56	
22 F	10m	160m	13 : 00	13 : 02	

※基材を投下できなかったフライトは網掛けで示している

## 8. ドローン運用管理システムの設計

### 8.1. 調査概要

#### 8.1.1. 背景及び目的

ドローンによるオルソ画像に基づく造林補助金申請・検査が制度として整ってきた中で、オルソ画像の提出は印刷出力(紙)やCD-ROMとなっており、データの管理体制の整備は遅れている。昨年度の調査結果では、他分野においては飛行ログの管理やデータのアップロード、オルソ化、データ管理、電子申請など様々な技術パーツは開発されており、各業界向けにカスタマイズし利用されていることが分かった。

一方、造林補助金申請・検査におけるドローンオルソ画像の活用には表 8-1 に示す課題があり、解決のために求められるシステムをドローン運用管理システムとした。ドローン運用管理システムとしては、飛行プラン作成、オルソ画像作成、面積計測、申請までが一連のシステムとして利用できること、クラウド上でドローンオルソ画像及び申請情報のやり取りができること、施業履歴の地理空間情報として一括管理し多用途に活用できることを現時点では想定する。

ドローン運用管理システムは、既存の森林クラウドや補助金システムとも連携する必要があると考えられ、システムのイメージを図 8-1 に示す。今年度は、このうち造林補助金申請とオルソ画像作成、検査の部分に対象を絞って現状調査及び実証を行い、課題抽出・要件の検討を目的とした。

表 8-1 造林補助金申請・検査におけるドローンオルソ画像の活用における課題と求められるシステム

現状・課題	求められるシステム (ドローン運用管理システム)
飛行プラン作成、オルソ画像作成、面積計測がそれぞれ異なるシステムであり、高性能なパソコンや操作技術が必要となり林業事業者が使いこなすにはハードルが高い。	飛行プラン作成、オルソ画像作成、面積計測、申請までが一連のシステムとして利用できる。
申請・検査におけるデータ授受はメディア送付などアナログ的な手法にとどまっており、効率化が進んでいない。	クラウド上でドローンオルソ画像及び申請情報のやり取りができる。
申請に用いられるオルソ画像を一括してデータ管理する仕組みがなく、施業履歴や他のデータとの対応付けができない。	施業履歴データとして一括管理する必要がある。検査結果とあわせたビッグデータとして AI 検査判定の教師に用いることもできる。伐採届に対する造林の届出及び補助金申請を地理空間情報として管理することで造林未済地、違法伐採などの監視に資する。

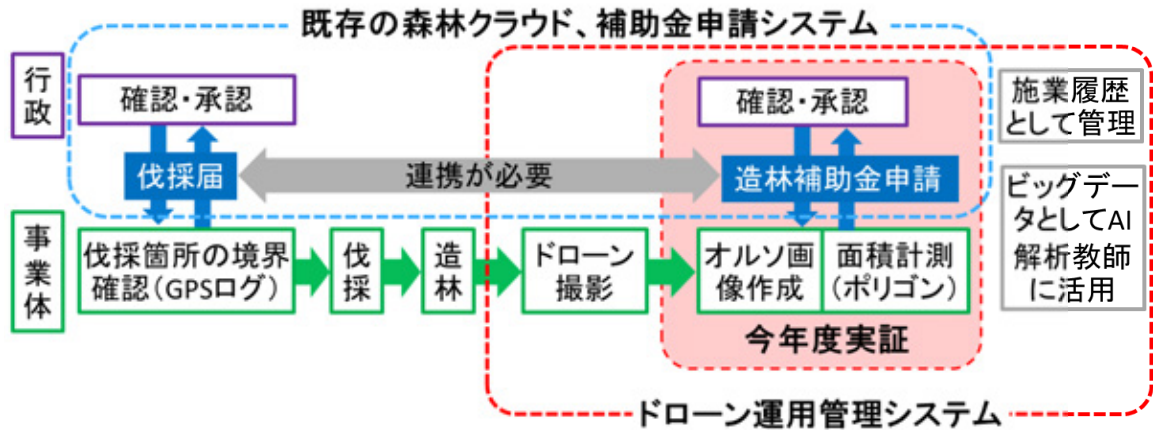


図 8-1 ドローン運用管理システムのイメージ

### 8.1.2. 調査項目

文献、ヒアリングを中心とする現状調査と、実際のドローンオルソ画像と森林クラウド等システムを用いた電子申請の実証を行う。

## 8.2. 現状調査

### 8.2.1. 現状調査の方法

現状調査の調査項目は表 8-2 のとおりである。

表 8-2 現状調査の調査項目

項目	調査概要
行政における電子申請の現状	デジタル庁（2021年9月1日立上げ）の施策、e-Gov 電子申請、農林水産省共通申請サービス（eMAFF）など
ドローンを活用した申請・検査の実態	青森県、静岡県、石川県、大分県を対象としたヒアリング。申請・検査の書類、手続きフロー、1申請あたりのデータ容量・所要時間、年間申請件数など
既存システムのドローン画像への対応状況	森林関連システム提供事業者（4社）、ドローン等システム提供事業者（2社）を対象としたヒアリング。各社システムの機能、固有の課題など

### 8.2.2. 現状調査の結果

#### (1) 行政における電子申請の現状

デジタル庁が2021年9月1日に発足し、2021年12月24日に閣議決定された「デジタル社会の実現に向けた重点計画」(図 8-2)に基づき社会全体のデジタル化を推進することとなった。今後、様々な分野で電子申請やデータのオープン化などが進むと考えられる。

デジタル社会の実現に向けた重点計画の概要		
<p>■ デジタル社会の形成のために政府が迅速かつ重点的に実施すべき施策等を定めるもの。(デジタル社会形成基本法37②等)</p> <p>■ デジタル社会の実現の司令塔であるデジタル庁のみならず各省庁の取組も含め工程表などスケジュールとあわせて明らかにするもの。</p> <p>我が国が目指すデジタル社会「デジタルの活用により、一人ひとりのニーズに合ったサービスを選ぶことができ、多様な幸せが実現できる社会」</p>		
実現のための6つの方針	実現に向けての理念・原則	デジタル化の基本戦略
<p>① デジタル化による成長戦略</p> <p>② 医療・教育・防災・子ども等の準公共分野のデジタル化</p> <p>③ デジタル化による地域の活性化</p> <p>④ 誰一人取り残されないデジタル社会</p> <p>⑤ デジタル人材の育成・確保</p> <p>⑥ DFFFTの推進を始めとする国際戦略</p>	<p>誰一人取り残されないデジタル社会の実現 →誰もが、いつでも、どこでもデジタルの恩恵を享受</p> <p>デジタル社会形成のための基本原則 →10原則(デジタル改革基本方針)</p> <p>①オープン・透明 ②公平・倫理 ③安全・安心 ④継続・安定・強靭 ⑤社会課題の解決 ⑥迅速・柔軟 ⑦包括・多様性 ⑧浸透 ⑨新たな価値の創造 ⑩飛躍、国際貢献</p> <p>→デジタル3原則(国の行政手続オンライン化原則) デジタルファースト/ワンズオンリー/コネクテッド・ワンストップ</p> <p>BPRと規制改革の必要性 クラウド・バイ・デフォルト原則</p>	<p>デジタル臨時行政調査会 デジタル・規制・行政改革に適應する構造改革のためのデジタル原則を定め、全ての法令の適合性を確認</p> <p>デジタル田園都市国家構想実現会議 デジタル原則の遵守やデータ基盤の活用等を前提に、各地域の社会的課題の解決などに向けた取組を支援</p> <p>国際戦略の推進 包括的データ戦略の推進</p> <p>DFFFT/諸外国デジタル政策 トラスト/ベース・関連機関との連携強化 レジストリ/オープンデータ</p> <p>安全・安心の確保 デジタル産業の育成 サイバーセキュリティ/ベンチャー・中小企業等の育成 個人情報保護/サイバー犯罪</p>
デジタル社会の実現に向けた基本的な施策		
<p>国民に対する行政サービスのデジタル化</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>国・地方公共団体・民間を通じたトータルデザイン(アーキテクチャの将来像整理)</li> <li>新型コロナウイルス感染症対策など緊急時の行政サービスのデジタル化 (ワクチン接種証明書のスマホ搭載の推進/公金受取口座登録開始及び行政機関による利用)</li> <li>マイナンバー制度の利活用の推進 (情報連携の拡大/各種免許等のデジタル化)</li> <li>マイナンバーカードの普及及び利用の推進 (健康保険証利用のための環境整備/R6年度末に運転免許証との一体化/ユースケース拡充)</li> <li>公共フロントサービスの提供等 (ワンストップサービスの推進)</li> </ul>	<p>暮らしのデジタル化</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>準公共分野のデジタル化の推進等 (健康・医療・介護(PHR/オンライン診療)/教育(校務のデジタル化/教育データ活用)/防災/子ども/モビリティ/取組)</li> </ul> <p>産業のデジタル化</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>事業者向け行政サービスの質の向上に向けた取組 (電子署名/電子委任状/商業登記電子証明書/GBizID/e-Gov)</li> <li>中小企業のデジタル化の支援(IT専門家派遣/IT導入補助金/サイバーセキュリティ対策支援)</li> <li>産業全体のデジタルトランスフォーメーション (DX認定制度/DX銘柄選定/DX投資促進税制/サイバーセキュリティ強化)</li> </ul>	<p>デジタル社会を支えるシステム・技術</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>国の情報システムの刷新 (重要システム開発体制整備/ガバメントクラウドの整備/ネットワークの整備)</li> <li>地方の情報システムの刷新 (標準化基本方針の策定等)</li> <li>デジタル化を支えるインフラの整備 (5G/光ファイバ/データセンター/海底ケーブル/半導体)</li> <li>デジタル社会に必要な技術の研究開発・実証の推進 (情報通信・コンピューティング・セキュリティ技術高度化/スーパーコンピュータ整備)</li> </ul> <p>デジタル社会のライフスタイル・人材</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ポストコロナも見据えた新たなライフスタイルへの転換 (テレワーク/シェアリングエコノミー)</li> <li>デジタル人材の育成・確保 (プログラミング必修化/リカレント教育)</li> </ul>

デジタル庁 HP <https://www.digital.go.jp/policies/priority-policy-program>

図 8-2 デジタル社会の実現に向けた重点計画の概要

既に進められている電子申請として、e-Gov 電子申請、農林水産省共通申請サービス(eMAFF)のような企業や団体等から省庁への申請と、マイナポータルのような個人から地方自治体への申請がある。

e-Gov 電子申請で申請可能な手続き件数は厚生労働省が最も多く(表 8-3)、事業所からの各種申請の電子化が進んでいる(表 8-4)。

表 8-3 e-Gov 電子申請で申請可能な手続き件数(2022年1月31日現在)

<https://shinsei.e-gov.go.jp/contents/about-appli/number-list.html>

府省名(順不同)	件数
国家公安委員会・警察庁	1
金融庁	158
厚生労働省 (厚生労働省には、中央労働委員会を含んでいます。)	3,439
経済産業省 (経済産業省には、資源エネルギー庁、特許庁及び中小企業庁を含んでいます。)	133
国土交通省	175
気象庁	6
環境省	15
合計	3,927

2022年1月31日現在のe-Gov電子申請サービスで申請可能な手続きの件数です。

表 8-4 e-Gov 電子申請の対象手続き例



農林水産省の電子申請はe-Gov 電子申請ではなく、別途農林水産省共通申請サービス(eMAFF)を利用することとなっている。

eMAFF 手続き一覧から「森林」で検索すると全 263 件、「林業」で検索すると全 99 件となっている(2022年2月22日現在)。表 8-5 のような手続きが利用でき、事業者、行政等からの申請が可能となっているが、個人からの申請(伐採届、造林補助金申請など)は対象外である。

表 8-5 農林水産省共通申請サービス(eMAFF)で申請できる手続き

制度	手続き
森林法	森林経営計画認定など
森林組合法	森林組合が定める森林経営規程の承認など
現場技能者キャリアアップ・林業労働安全対策	課題提案書の作成や交付申請など
林業・木材産業成長産業化促進対策交付金	事業計画承認申請や交付申請など

一方、個人から行政への申請はマイナンバーを用いたマイナポータルにおいて利用できる。優先的にオンライン化を推進すべき手続として、「子育て関係」「介護関係」「被災者支援関係」「自動車保有関係」があげられており、東京都千代田区で検索すると全 14 件、東京都世田谷区で検索すると全 54 件となっている(2022年2月22日現在)。

以上のように、農林水産省をはじめとする国の行政機関への電子申請は事業者、自治体からの申請、個人から自治体への電子申請はマイナンバーを前提としていることが分かる。

なお、本項で想定する電子申請は、以下の条件が必要となる。

- 森林所有者や森林組合等の林業事業者が自治体に申請する  
(伐採届等の森林計画制度に関わる届出、造林補助金申請等の森林整備事業に関わる申請)
- 空間情報を伴う申請である(施業の位置情報、ドローンオルソ画像など)

## (2) ドローンを活用した申請・検査の実態

ドローン申請のオンライン化のあり方を検討するため、森林整備事業(造林補助金申請)及び林業事業者におけるドローン活用について現状の課題抽出を目的としてヒアリング調査を行った。

ヒアリング調査の対象は、ドローン申請進行度と森林クラウド導入等の ICT 化進行度の視点から 4 県を選定した。ヒアリングの実施概要を表 8-6 に、ヒアリング質問項目を表 8-7 に示す。

表 8-6 申請・検査の実態に関するヒアリング実施概要

調査対象	ICT 化		実施日付	回答者所属部署名
	ドローン申請	森林クラウド		
青森県	着手段階	未導入	2021 年 10 月 15 日 (Web)	林政課 森林整備グループ
静岡県	着手段階	未導入	2021 年 10 月 15 日 (Web)	経済産業部 森林・林業局 森林整備課 造林班
石川県	実証段階	利用中	2021 年 9 月 13 日 (Web)	農林水産部 森林管理課 森林資源育成グループ 森林企画グループ
大分県	実施段階	導入中	2021 年 10 月 1 日 (Web)	林務管理課 森林整備室

表 8-7 申請・検査の実態に関するヒアリング質問項目

大項目	項番	質問内容	備考
趣旨説明	—	ドローン運用管理システムのイメージ説明	必須
森林整備事業の申請について	①	ドローンによる申請を受け付けているか。(その理由)	必須
	②	林野庁の内規ベースか?	
	③	改訂の予定は?	
	④	年間申請件数、うちドローン申請の件数	
	⑤	紙書類：申請受理から検査までの手順、所要日数、1 申請あたりのデータ容量等	
	⑥	造林の申請は、書類多い方か?	
	⑦	ドローン：申請受理から検査までの手順、所要日数、1 申請あたりのデータ容量等	①で申請受け付けている県のみ
	⑧	ドローン申請に期待する点	必須
	⑨	事業体側のメリット	想定されるメリットでも可
	⑩	証跡の輻輳化、検査の正確性	必須
	⑪	検査要領（様式）、申請された実データをご提供いただけないか。	任意
林業事業体におけるドローン活用状況について	①	林業事業体の保有台数（導入補助金の利用数など）	必須
	②	研修実施	



大項目	項番	質問内容	備考
	③	そもそも事業体数は	
	④	ドローン活用（普及）状況	
	⑤	ドローン活用、普及における課題	
	⑥	規制はあるのか？	
	⑦	申請自動化など？	
	⑧	研修に関して、県の試験場とかは対応していないのか？	任意
	⑨	活用や普及促進に関する要望やアイデア	必須
ドローン運用管理システムについて	①	システムに期待すること	必須
	②	県で導入するとなった場合の課題	
	③	懸念事項、想定される課題など	
	④	要望	

ヒアリング調査の要約を以下に示す。なお、ヒアリングシート（回答記載）は巻末資料に付す。ヒアリング調査結果から、ドローン申請普及のためには、造林補助金申請のオンライン化だけではなく、その前段であるオルソ化などを含めて検討する必要があることが分かった。

#### 【ヒアリング結果の要約】

##### ➤ ドローン申請の現状

- ドローン申請の現状は、県によりばらつきがあり、これから内規を整理する県と既に内規を公表している県があった。なお、内規整理は、ドローン撮影対応（撮影高度などの基準、施行種に合わせた飛行方法など）も含めた内容を検討している県もあった。また、制度は整ったが、オルソ画像は紙、CDでの提出といったアナログ的な利用状況であることが分かった。
- システム利用については、森林クラウドのようなGISシステムではない「造林補助金申請システム」を利用している県がほとんどだった。

##### ➤ ドローン申請のメリット（期待）

- ドローン申請のメリット（未実施の場合、期待すること）は、事業者の申請証跡作成の省力化や現地測量人件費の軽減が挙げられた。特に造林や下刈りは期待が高く、施行面積から除地する場合、GIS利用できることで作業が容易になったという意見があった。一方で、ドローン申請未実施の県から事業者の明確なメリットが不明、間伐などは難しいという意見もあった。
- ドローン申請の検査メリットは、省力化というよりは、検査の厳格化、現地証跡の輻輳化、上空からの遠隔視により網羅性が有効との意見があった。

##### ➤ ドローン申請の課題

- ドローン申請の効率化は、紙、CDでの提出が必要といったアナログ的運用が現状でありオンライン化は進んでいないことが分かった。理由は、TIFファイル1つのデ

ータ容量が 80MB 前後ありメール等によるデータ授受が難しい点などが挙げられた。

- ・ ドローン申請による検査効率化は、現地検査を減らせるレベルには無い事が分かった。理由は現地でないと確認できない項目（苗木の品質、シカ柵の設置状況など）があるためであった。
- ・ ドローン申請の普及については、林業事業者によるドローン撮影自体は研修などを経て導入普及が進んでいるが、オルソ化はハードルが高いとの意見が多かった。また、省力化などの有効性が造林時の補助金申請に限定となっており、それ以外の申請（特に間伐）は、省力化につながりづらいため、導入に至らないのではという意見があった。

➤ ドローン運用管理システムへの期待や要望

- ・ ドローン運用管理システムへの期待としては、事業者は撮影するのみで良いという事であれば重宝されるのではないかと、ドローン撮影に注力できて良い、という意見があった。
- ・ ドローンオルソ等の施業履歴としての蓄積などは現段階では想定されていない県がほとんどで、まずは森林クラウドで造林補助金申請内容の位置情報蓄積と共有から着手したいという意見があった。
- ・ 仮に申請が電子申請になっても、周辺の制度や運用ルールが変わらなないと、電子申請と紙出力の両方が必要となり二度手間であるため、運用規定も電子化省力化に合わせて変更して欲しい（例えば、提出する書類の簡略化など）という意見があった。

### (3) 既存システムのドローン画像への対応状況

ドローン申請における森林クラウド利用や既存アプリケーション利用、及びシステム間連携などの課題に対して実態を明らかにするために、森林クラウド等のクラウドシステム提供者、及びドローン運行管理・オルソ化・申請・検査に関連するアプリケーション提供事業者に対するヒアリング調査を行った。

ヒアリング調査対象は、森林クラウドベンダー、造林補助金申請システムベンダー、その他ドローン機体運用管理システムベンダーから 6 社を選定した。ヒアリングの実施概要を表 8-8 に、ヒアリング質問項目を表 8-9 に示す。

表 8-8 既存システムに関するヒアリング実施概要

調査対象	提供するシステム・サービス	実施日付	回答者所属部署名
アジア航測(株)	森林クラウド	2021年10月15日 (Web)	森林・農業ソリューション技術 部
パシフィックコン サルタンツ(株)	森林クラウド	2021年9月13日 (対面)	デジタルサービス事業本部 情報事業部 防災・森林環境室
応用地質(株)	森林クラウド	2021年9月30日 (Web)	社会システム事業部 情報システム事業部 IT コンサ ルタント部システム技術グル ープ
クボタシステムズ	造林補助金システム	2021年10月4日 (対面)	IT ソリューション事業部 パ ブリックソリューション部
(株)コマツ製作所 粟津工場	ドローン飛行計画・ オルソ化、検査シス テム実証中	2021年10月21日 (Web)	粟津工場 改革室
ESRI ジャパン(株)	ドローン飛行計画・ オルソ化・図化・画 像共有クラウドシス テム (SiteScan)	2021年10月8日 (対面)	コンサルティングサービスグ ループ

表 8-9 既存システムに関するヒアリング質問項目

大項目	質問内容		備考
趣旨説明	—	ドローン運用管理システムのイメージ説明 実現性等に関する意見聴取	全業者
ドローン等の新しい技術を利用した事業への質問	①	ドローン撮影写真等による造林補助金申請（以下、ドローン申請）が可能となったことは知っているか。	全業者
	②	システム関連及びそれ以外で、ドローン申請に関連する業務等の発注はあるか。 もしくは客先からの要望はあるか。	
	③	森林分野に関わらずドローンを活用した事業は行われているか	
	④	森林分野に関わらず電子申請（行政 DX）事業は行われているか	
	⑤	森林分野に関わらずオープンデータ（提供、活用）への事業は行われているか	
	⑥	森林分野に関わらずビッグデータと AI 関連（モデルによるサービス提供等）の事業は行われているか	
ドローン撮影や画像処理を支援するシステムについて	①	飛行計画作成や運行管理を支援するシステム（オンプレ/クラウド）	対象 ドローンベンダー 関連 シ
	②	単画像のオルソ化や、それを GIS に展開し画面上での成果確認を支援するシステム（オンプレ/クラウド）	
	③	その他（機体管理など）	
	④	実証協力は可能か	
森林クラウド等のデータ共有システムについて	①	都道府県、市町村、林業経営体など、異なる主体間でデータ共有できるような GIS クラウドシステム提供しているか	全業者
	②	それはインターネット、LGWAN、両方、いずれを利用したクラウドシステムか	
	③	導入実績は何件くらいか	
	④	パッケージングサービスか、オンプレミスか	
森林クラウドについての質問	⑤	造林補助や伐採造林届出制度など各種届出・審査機能は有しているか、画像等の添付も可能か。容量制限はどのくらい。 客先ニーズはあるか、開発の予定はあるか	森林クラウドベンダー対象
	⑥	shp やラスタ画像の任意登録は可能か（アップロード機能）、容量制限はどのくらい。 客先ニーズはあるか、開発の予定はあるか	
	⑦	オルソ画像など位置情報付き画像を GIS 上に展開することは可能か。 客先ニーズはあるか、開発の予定はあるか	
	⑧	INT-LGWAN 間でデータ共有を行っている場合、データ共有はどのように実現しているのか？（バッチでデータ同期？、データ転送上の課題はあるか、容量制限など）	
	⑨	オンライン上で申請検査を行う上での技術的課題	
	⑩	オンライン上でオルソ画像を共有する上での技術的課題	

ヒアリング調査の要約を以下に示す。なお、ヒアリングシート（回答記載）は巻末資料に付す。ヒアリング調査結果から、既存の森林クラウドや造林補助金申請システムを用いてオンライン上で申請可能であることが分かった。但し、これらの申請はテキスト情報が主で、申請や検査証跡

となり得るレベルでの容量の大きな画像データを取り扱っていないことも分かった。一方、森林に特化している訳ではないが、オンライン上でドローン飛行計画やオルソ化、そしてオンライン上でのオルソ画像共有を可能とする既存のサービスがあることが分かった。そこで、実証時は森林クラウドでのオンライン申請の得意・不得意を明らかにし、更に既存サービスの利用によるオンライン化の可能性についても検証する。

#### 【ヒアリング結果の要約】

- 造林補助金申請・検査に関するシステムには、特化したシステムを利用している場合と森林クラウド内の機能が利用できる場合がある。先に特化したシステムを導入している場合、森林クラウドとの連携が課題である。
- ドローン申請への対応状況については、オルソ画像搭載などの相談が個別にある程度で、機能改修などの具体的な要望はまだないという状況である。
- ドローン申請への森林クラウド利用可能性については、森林クラウド上でのオルソ化に対応しているベンダーは無く、別途、ユーザからの相談に応じてベンダー側が手作業で、オルソ化、タイル化等の処理を行い、森林クラウド上で取扱い易い状態にしている。オルソ化などの自動処理機能、オンライン上でオルソ画像を授受する機能を搭載する予定も現状無い。サーバ容量や通信負荷など解消すべき課題が多い。
- オルソ画像の作成、共有については、石川県でオルソ化・検査も含めてベンダーと開発検証中であることが分かった。その他、クラウド上でオルソ化し、オルソ画像をオンライン上で共有できる既存サービスが提供されていることが分かった。

#### (4) 現状調査結果まとめ

デジタル庁も創設され、社会の多くの分野で今後、電子申請が推進されていくと考えられる。

森林分野においては、これまで森林クラウドや造林補助金申請に特化したシステムが導入されてきたが、ドローンオルソ画像のような高解像度画像をユーザがアップロードすることは想定されていない。造林補助金申請に伴うドローンオルソ画像は、単なる補助金申請の証跡のみならず、施業履歴としての管理、検査結果とあわせてAI自動検査に向けた教師データなど様々な活用することが可能である。このため、電子申請の手続きにおいてドローンオルソ画像を効率的に共有する手法とともに、ドローンオルソ画像の管理方法も検討する必要がある。

一方で、ドローンオルソ画像の作成・管理などに特化したクラウドサービスが商用化されていることが分かり、森林クラウドと併用することで、目指すドローン運用管理システムが実現可能かを実証することとした。

### 8.3. 実証によるシステム上の課題抽出

#### 8.3.1. 実証の目的・方法

ドローン運用管理システムのうち、造林補助金申請・検査の効率化を図る仕組みを明らかにすることを目的とし、造林補助金申請・検査を次の各段階に分けて実証する。

- ① 【林業事業者】 オルソ画像等の証跡作成
- ② 【林業事業者】 申請 → 【都道府県】 受理
- ③ 【都道府県】 検査・管理

前項現状調査で明らかとなったように、既存の森林クラウドはドローンオルソ画像の取扱いを想定しておらず、データのやり取りに手間が掛かることが想定された。このため、森林クラウドのみによる電子申請では効率化は測れない可能性が高く、これを実証パターン A とした。

既に商用サービスとして提供されているクラウド上でのドローンオルソ画像の管理システムを森林クラウドと組み合わせて電子申請を行うことで効率化が可能と考え、これを実証パターン B とした。

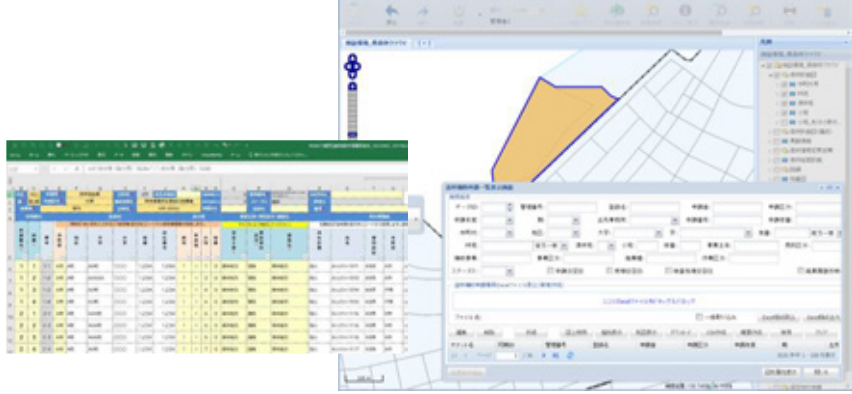

それぞれの実証パターンの概要と利用するシステムを表 8-10、表 8-11 に示す。実証においてはベンダーロックイン<sup>1</sup>にならないよう配慮する。

表 8-10 実証パターン

パターン	概要	利用するシステム
A 森林クラウド申請シナリオ	森林クラウドのみを利用し、申請情報とオルソ画像を申請する実証	石川県森林クラウド Metashape
B クラウド間連携申請シナリオ	森林クラウドの問題点に対応した既存商品(アプリケーション等)を利用し、申請情報とオルソ画像を別システムで申請する実証	石川県森林クラウド SiteScan for ArcGIS

<sup>1</sup> 特定ベンダー（メーカー）の独自技術で作られたサービス、システム等を採用した際に、他ベンダーが提供する同種のサービスへ乗り換えが困難になる現象のこと。

表 8-11 利用システムの概要

利用するシステム (ベンダー)	主な機能
石川県森林クラウド 製品名：PasCAL 森林 (株式会社パスコ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 「PasCAL 森林」は LGWAN/InterNET 回線上で稼働するパッケージ型クラウドシステム。</li> <li>・ 森林簿検索、地域森林計画編成、森林経営計画、伐採造林届管理、造林補助金管理、施業履歴管理などの森林管理行政支援機能を有する。</li> <li>・ 本実証では、造林補助金管理機能を利用し、事業者からの申請と石川県での受理を再現した。また、申請情報と該当するオルソ画像を同システム上で表示させ、検査状況を再現した。</li> </ul> 
Metashape (Agisoft LLC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ドローン撮影画像からオルソ画像、点群などが作成できる。</li> <li>・ 広く普及しているオルソ化ソフトの一つ。</li> </ul>
Sitiescan for ArcGIS (ESRI ジャパン株式会社)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ドローンの飛行計画 / 撮影計画を作成し実際にドローンを飛ばして撮影までを行う。</li> <li>・ 撮影した画像をクラウド上にアップロードするだけでオルソモザイク画像や数値標高モデル、3D メッシュ、点群などが作成できる。</li> <li>・ ブラウザ上で操作し、データ処理はクラウド上で行うため、パソコンのスペックに依存せず簡単に高速処理を行うことができる。</li> </ul> 

実証の対象は、図 8-3 に示す石川県金沢市内の下刈り施行地とした。ドローン写真は石川県の林業事業体が撮影したものである。



実証対象地	石川県金沢市内	
種別 (施行面積)	下刈り (8.4ha)	
オルソ画像	面積	42ha
	解像度 (データ容量)	5cm (約 600mb) 10cm (約 150mb)
	元となる単写真	解像度約 2.5cm の 1066 枚 (3.2GB)

図 8-3 実証地概要

### 8.3.2. 実証結果

#### (1) パターン A【森林クラウド申請シナリオ】

パターン A の実証は、石川県の造林補助金申請・検査担当者立会のもと、実施した。実証の概要は図 8-4、表 8-12 のとおりである。

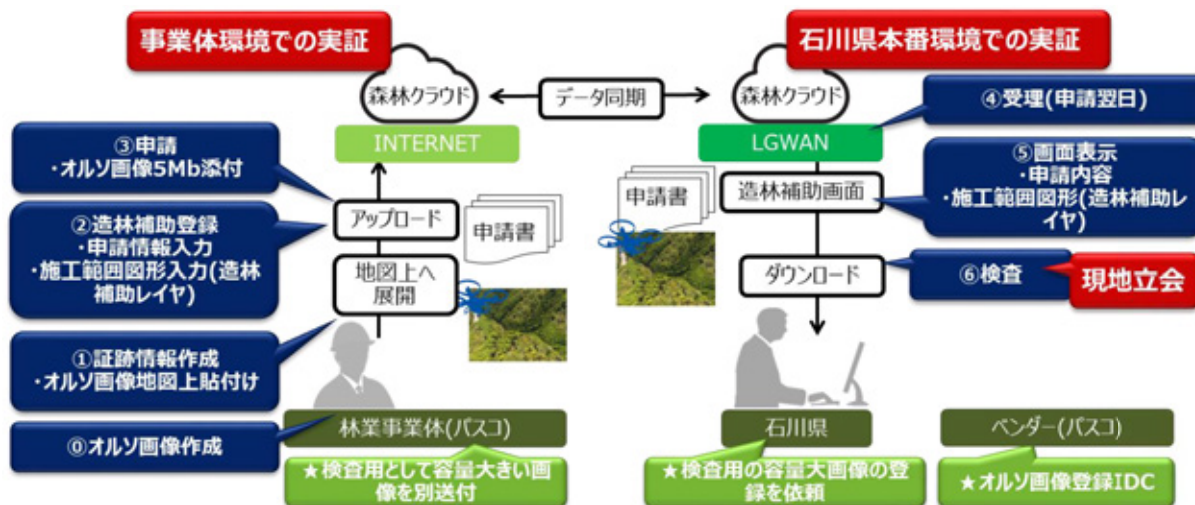


図 8-4 パターン A【森林クラウド申請シナリオ】実証イメージ



表 8-12 パターン A【森林クラウド申請シナリオ】実証概要

項目	計測内容
①オルソ画像作成 (Metasahpe)	所要時間を計測
①森林クラウドにオルソ画像を登録し地図上に展開する (ファイル転送サービスによりオルソ画像を授受し、ベンダーが事業者と石川県に登録する)	所要時間を計測
②画像を背景に施行範囲を図化する (森林クラウド)	所要時間を計測
③オルソ画像(10Mb 制限あり)を添付し造林補助金申請をする (森林クラウド)	異なる回線速度で画像登録と申請時間を計測
④申請情報が受理されていることを確認する (森林クラウド)	確認できるか検証
⑤造林補助金申請とオルソ画像を表示する (森林クラウド)	回線速度別、かつ解像度別に画像表示時間を計測
⑥オルソ画像を背景に施行範囲を確認する (森林クラウド)	解像度別に検査の可否について検証

実証結果を表 8-13～表 8-19 に示す。

表 8-13 実証① オルソ画像の作成

1.目的	既存のソフト(Metashape)の処理時間等を確認する	
2.内容	Metashape を用いて解像度 10cm、5cm、2.5cm のオルソ画像を作成する	
3.結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 処理時間</li> <li>➤ 解像度 2.5cm 5 時間 34 分</li> <li>➤ 解像度 5cm 5 時間 27 分</li> <li>➤ 解像度 10cm 5 時間 24 分</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ PC スペック(オルソ化用高スペック)</li> <li>➤ OS:Windows10 pro</li> <li>➤ CPU:Core i9-10900X 3.70GHz</li> <li>➤ 実装 RAM:128GB</li> </ul>

表 8-14 実証① オルソ画像の登録と地図表示

1.目的	事業者が利用する森林クラウド環境でオルソ画像を表示した際に問題が起こるか検証する
2.内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 森林クラウドの地図画像登録機能を用いて、Geotiff 形式のオルソ画像を登録し地図上に表示した。</li> <li>・ 登録機能は 150～200MB 制限※があり、広範囲・高解像度の画像は登録する事ができない。実証に用いた画像は 147MB(解像度 10cm・面積 42ha)に加工した画像を用いた。</li> </ul>
3.結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ オルソ画像の登録から地図表示まで 10 営業日程度要する。</li> <li>・ 解像度 10cm に加工したオルソ画像を、森林クラウド地図画面に表示できた。</li> <li>・ 解像度 10cm であれば、概ねの下刈り範囲(周辺と植生状況が異なる範囲)を確認できた。施工範囲の図化が可能である。(実証②で実施)</li> <li>・ 画像表示の取扱いを容易にするためには、オルソ画像のタイル化処理やピラミッド処理する必要がある。</li> <li>・ アップロードする容量に制限がある場合は、広範囲や高解像度な画像に対応できないため、オルソ画像登録をベンダーに依頼する必要がある。(実証④で実施)</li> </ul> <p>※実際は、処理タイムアウト制限(通信速度とファイル容量)による。</p>

表 8-15 実証② オルソ画像を背景とした施工範囲の図化

1.目的	事業者が利用する森林クラウド環境でオルソ画像を表示し施工範囲を図化する際に問題が起こるか検証する。
2.内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ オルソ画像を背景に森林クラウド上で施工範囲を図化する。</li> <li>・ オルソ画像:解像度 10cm・面積 42ha</li> <li>・ 表示縮尺:5000 分の1～500 分の1範囲で切替えて作図</li> <li>・ 図化範囲:8.4ha、施業種は下刈り</li> </ul>
3.結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 図化にかかる時間は 30 分程度。</li> <li>・ 下刈り施行範囲の図化は実施できた。</li> <li>・ 表示縮尺を大縮尺に変えると詳細に図化できるが時間を要する。小縮尺の場合、施工範囲全体を見渡し影の部分や道路部分を確認しながら図化できるが、荒くなる。</li> <li>・ 図化の品質が作業者によって変わる可能性がある。表示縮尺を指定するといった作業目安が必要である。</li> <li>・ 図化を円滑にし、品質をそろえるためには、作業基準や目安を示すことが望ましい。</li> </ul>

表 8-16 実証③ 画像を添付した申請時間の計測

1.目的	オルソ画像を添付した状態で、造林補助のオンライン申請を行った場合、どの程度処理時間が必要か検証する。																																																				
2.内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 異なる回線速度で画像登録と申請処理の時間を計測する。</li> <li>・ 添付ファイルの容量制限がある。</li> <li>・ 通信回線:携帯電話/Wifi ルーター/無線 LAN/有線 LAN</li> </ul>																																																				
3.結果	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">No</th> <th rowspan="2">名前</th> <th colspan="2">回線速度(Mbps)</th> <th colspan="2">画像登録時間(秒)</th> <th rowspan="2">申請書登録時間(秒)</th> </tr> <tr> <th>UPLOAD</th> <th>DOWNLOD</th> <th>kamiwakuna mi_re05.tif</th> <th>kamiwakuna mi_re05.tfw</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>携帯電話</td> <td>166.16</td> <td>509.54</td> <td>7.58</td> <td>4.30</td> <td>7.28</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Wifi ルーター</td> <td>169.34</td> <td>578.07</td> <td>13.69</td> <td>3.55</td> <td>5.33</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>無線LAN</td> <td>167.91</td> <td>519.45</td> <td>5.95</td> <td>5.35</td> <td>2.37</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>有線LAN</td> <td>170.48</td> <td>560.31</td> <td>6.74</td> <td>2.71</td> <td>2.22</td> </tr> <tr> <td colspan="4">平均</td> <td>8.49</td> <td>3.98</td> <td>4.30</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 画像登録から申請書登録まで 1 回当たり約 17 秒を要する。</li> <li>・ 業務に支障が出る可能性がある。</li> <li>・ 容量制限を超える画像の場合、ファイル転送サービスなどを利用することが有効</li> <li>・ <b>森林クラウドでは、画像ファイル授受は難しい。</b>別の手段が望ましい。</li> </ul>							No	名前	回線速度(Mbps)		画像登録時間(秒)		申請書登録時間(秒)	UPLOAD	DOWNLOD	kamiwakuna mi_re05.tif	kamiwakuna mi_re05.tfw	1	携帯電話	166.16	509.54	7.58	4.30	7.28	2	Wifi ルーター	169.34	578.07	13.69	3.55	5.33	3	無線LAN	167.91	519.45	5.95	5.35	2.37	4	有線LAN	170.48	560.31	6.74	2.71	2.22	平均				8.49	3.98	4.30
No	名前	回線速度(Mbps)		画像登録時間(秒)		申請書登録時間(秒)																																															
		UPLOAD	DOWNLOD	kamiwakuna mi_re05.tif	kamiwakuna mi_re05.tfw																																																
1	携帯電話	166.16	509.54	7.58	4.30	7.28																																															
2	Wifi ルーター	169.34	578.07	13.69	3.55	5.33																																															
3	無線LAN	167.91	519.45	5.95	5.35	2.37																																															
4	有線LAN	170.48	560.31	6.74	2.71	2.22																																															
平均				8.49	3.98	4.30																																															

表 8-17 実証④ 申請情報の受理

1.目的	森林クラウドで造林補助金申請(申請書のみ登録)を受理し、ベンダーがオルソ画像登録を行う方法で、申請情報の受理を行った場合、検査までスムーズに行うことができるか検証する。
2.手順	<ul style="list-style-type: none"> <li>森林クラウドの造林補助金申請一覧画面を開き、申請情報が受理されていることを確認する。</li> <li>別途ベンダーに登録を依頼したオルソ画像を開き、申請内容の確認を行う。</li> </ul>
3.結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>申請翌日に受理確認できた。</li> <li>申請内容を表示した状態でオルソ画像を確認することができた。</li> <li>今回の実証は1申請に対する検査を想定したため、申請書と申請に紐づいた閲覧すべき画像を選択することができた。しかし、申請件数や施業種、申請時期(特に同じ場所で申請時期の異なる申請)が増えると、どの画像を確認すべきか、両者の照合が難しくなる。</li> <li>両者を照合するためのキーコード設定、申請書上での画像ファイル名指定など、<u>ルール設定が必要</u>である。</li> </ul>

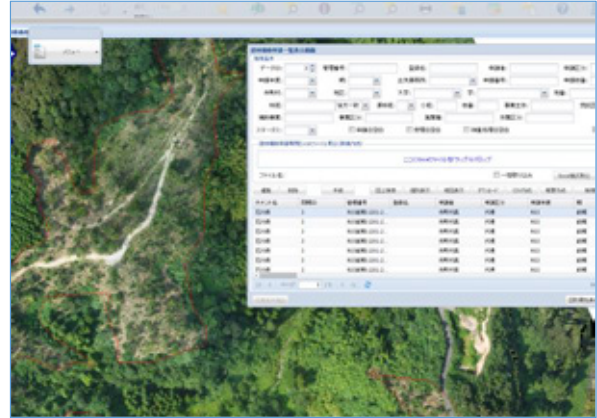


表 8-18 実証⑤ 検査時のオルソ画像の表示時間計測

1.目的	検査を想定し、森林クラウド地図画面上でオルソ画像表示に要する時間を計測する。																																																																														
2.内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>回線速度別に画像表示時間を計測する。</li> <li>INT回線:携帯電話/Wifi ルーター/無線LAN/有線LAN</li> <li>LGWAN回線:石川県環境</li> <li>オルソ画像:解像度10cm・面積42ha</li> <li>図化範囲:8.4ha、施業種は下刈り</li> </ul>																																																																														
3.結果	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">No</th> <th rowspan="2">名前</th> <th colspan="2">回線速度(Mbps)</th> <th colspan="6">画像表示時間(秒)</th> </tr> <tr> <th>UPLOAD</th> <th>DOWNLOD</th> <th>1/500</th> <th>1/1000</th> <th>1/2500</th> <th>1/5000</th> <th>1/10000</th> <th>2500⇒1000</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>携帯電話</td> <td>166.16</td> <td>509.54</td> <td>3.1</td> <td>4.4</td> <td>7.3</td> <td>6.9</td> <td>4.1</td> <td>4.2</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Wifiルーター</td> <td>169.34</td> <td>578.07</td> <td>3.8</td> <td>4.2</td> <td>9.0</td> <td>8.1</td> <td>4.8</td> <td>4.4</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>無線LAN</td> <td>167.91</td> <td>519.45</td> <td>3.7</td> <td>5.5</td> <td>7.4</td> <td>7.1</td> <td>4.3</td> <td>5.7</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>有線LAN</td> <td>170.48</td> <td>560.31</td> <td>4.6</td> <td>3.6</td> <td>10.9</td> <td>8.3</td> <td>4.2</td> <td>4.4</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>石川LGWAN</td> <td colspan="2">100以上※H28公表値</td> <td>—</td> <td>6.0</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>5.0</td> </tr> <tr> <td colspan="2">平均</td> <td colspan="2"></td> <td>3.8</td> <td>4.8</td> <td>8.6</td> <td>7.6</td> <td>4.3</td> <td>4.7</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>画像表示には数秒から最大で10秒程度の待ち時間が発生する。</li> <li>タイル化処理は有効だが、表示縮尺切替の際に読込時間が発生する。</li> <li>件数が多い場合、業務に支障が出る可能性がある。</li> </ul>	No	名前	回線速度(Mbps)		画像表示時間(秒)						UPLOAD	DOWNLOD	1/500	1/1000	1/2500	1/5000	1/10000	2500⇒1000	1	携帯電話	166.16	509.54	3.1	4.4	7.3	6.9	4.1	4.2	2	Wifiルーター	169.34	578.07	3.8	4.2	9.0	8.1	4.8	4.4	3	無線LAN	167.91	519.45	3.7	5.5	7.4	7.1	4.3	5.7	4	有線LAN	170.48	560.31	4.6	3.6	10.9	8.3	4.2	4.4	4	石川LGWAN	100以上※H28公表値		—	6.0	—	—	—	5.0	平均				3.8	4.8	8.6	7.6	4.3	4.7
No	名前			回線速度(Mbps)		画像表示時間(秒)																																																																									
		UPLOAD	DOWNLOD	1/500	1/1000	1/2500	1/5000	1/10000	2500⇒1000																																																																						
1	携帯電話	166.16	509.54	3.1	4.4	7.3	6.9	4.1	4.2																																																																						
2	Wifiルーター	169.34	578.07	3.8	4.2	9.0	8.1	4.8	4.4																																																																						
3	無線LAN	167.91	519.45	3.7	5.5	7.4	7.1	4.3	5.7																																																																						
4	有線LAN	170.48	560.31	4.6	3.6	10.9	8.3	4.2	4.4																																																																						
4	石川LGWAN	100以上※H28公表値		—	6.0	—	—	—	5.0																																																																						
平均				3.8	4.8	8.6	7.6	4.3	4.7																																																																						

表 8-19 実証⑥ オルソ画像による施工範囲の確認

1.目的	検査に必要な十分な解像度を検証する。						
2.内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>石川県担当者同席の元、解像度別に目視にて施工範囲の確認を行う。</li> <li>LGWAN 回線:石川県環境</li> <li>オルソ画像:面積 42ha</li> <li>図化範囲:8.4ha、施業種は下刈り</li> </ul>						
3.結果	解像度 cm	ファイルサ イズMB	画像表示縮尺 ○視認可能 △存在は確認可能 ×視認不可				
			1/500	1/1000	1/2500	1/5000	1/10000
	5	828.99 MB		◎ 苗木	◎ 苗木		
	10	207.25 MB	○ 苗木	○ 苗木	○ 苗木		
	50	8.29 MB	△ 苗木	△+ 苗木	△	×	×
	100	2.07 MB	×	×	△	△	×
	150	942.15 KB	×	△	△	△ 植生有無	×
	500	85.32 KB	×	×	×	×	×
<ul style="list-style-type: none"> <li>検査利用が可能な<b>解像度 10cm 以上</b>のオルソ画像</li> <li>実際の検査時は、表示速度と勘案し選択することが望ましい。</li> <li>森林クラウドにオルソ画像を蓄積する場合は画像ファイルサイズにも留意する。</li> </ul>							

以上の実証の結果、森林クラウドのみではオルソ画像の授受、その表示による申請証跡作成、画像目視検査は、10cm 解像度程度でかつファイルサイズを限定するといった条件付きでの運用となることが分かった。他方、森林クラウドの有効性と限界が明確になり、不得手とする部分を他システムや運用ルールなどで補完することで、造林補助金申請（ドローンによるオルソ画像申請）の効率化可能性も示唆された。そこで、森林クラウドの補完が可能なクラウドシステムを利用し、クラウド間連携による造林補助金申請におけるドローン運用管理実証（パターン B）を行うこととした。

(2) パターン B【クラウド間連携申請シナリオ】

パターン B の実証概要は図 8-5、表 8-20 のとおりである。

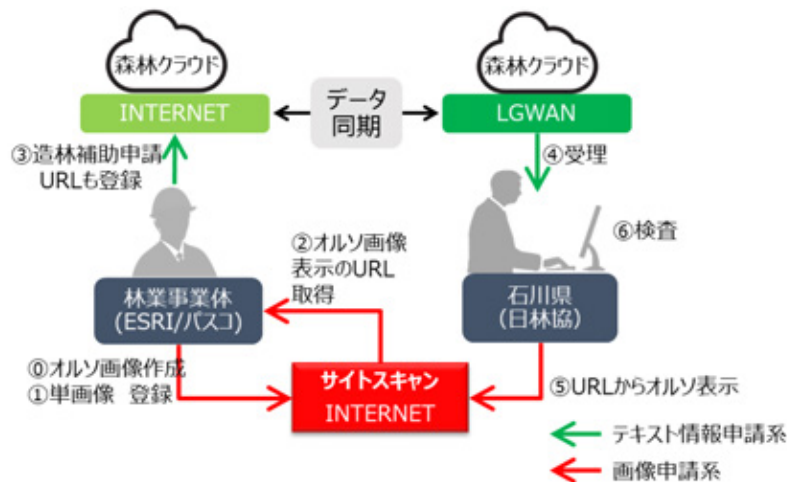


図 8-5 パターン B【クラウド間連携申請シナリオ】

表 8-20 パターンB【クラウド間連携申請シナリオ】実証概要

項目	計測内容
③オルソ画像作成 (SiteScan for ArcGIS)	所要時間を計測
①オルソ画像を地図上に展開する (SiteScan for ArcGIS)	所要時間を計測
②画像を背景に施行範囲を図化し、URL を発行する (SiteScan for ArcGIS)	所要時間を計測
③URL を添付し造林補助金申請をする (森林クラウド)	異なる回線速度で画像登録と申請時間を計測
④申請情報が受理されていることを確認する (森林クラウド)	確認できるか検証
⑤造林補助金申請とオルソ画像を表示する (森林クラウドと SiteScan for ArcGIS)	回線速度別、かつ解像度別に画像表示時間を計測
⑥オルソ画像を背景に施行範囲を確認する。(SiteScan for ArcGIS)	解像度別に検査の可否について検証

表 8-21 実証⑩ オルソ画像の作成

1.目的	既成のクラウドサービス(SiteScan for ArcGIS)の処理プロセスや処理時間等を確認する。	
2.内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>Web ブラウザで Site Scan for ArcGIS を起動し、ドローン画像(解像度約 2.5cm の単写真 1066 枚(3.2GB))をアップロード。</li> <li>3 種類の地上解像度(元画像と同等(約 2.5cm):Large、元画像の 2 倍(約 5cm):Medium、元画像の 4 倍(約 10cm):Small)のオルソ画像を作成。</li> <li>アップロード及び処理に要する時間を計測。</li> </ul>	
3.結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>アップロード時間                             <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 通信環境に依存(251Mbps の場合:約 5~10 分)</li> </ul> </li> <li>処理時間                             <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 解像度約 2.5cm 6 時間 15 分</li> <li>➢ 解像度約 5 cm 5 時間 39 分</li> <li>➢ 解像度約 10cm 5 時間 50 分</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>処理時間は、PC スペックには依存しない。</li> <li>動作ブラウザ                             <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Google Chrome</li> <li>➢ Firefox</li> <li>➢ Microsoft Edge</li> </ul> </li> </ul>

表 8-22 実証⑪ オルソ画像を地図上に展開

1.目的	SiteScan for ArcGIS 上でオルソ画像を表示した際に問題が起こるか検証する。
2.内容	前手順(SiteScan for ArcGIS によるオルソ処理)で作成されたオルソ画像を表示。
3.結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>オルソ画像の地図上への展開は一瞬であり、待ち時間がない。</li> <li>前手順で作成されたオルソ画像は SiteScan for ArcGIS が管理するクラウド上に直接保存され、プロジェクト毎に自動的に整理される。</li> <li>オルソ画像はデフォルトで提供されている 17 種類の背景図(衛星画像、道路地図、地形図など)の上に表示される。</li> <li>なお、単写真及びオルソ画像を保存するストレージ容量は無制限。</li> </ul>

表 8-23 実証② 画像を背景に施行範囲を図化し URL を発行

1.目的	SiteScan for ArcGIS でオルソ画像を表示し施行範囲を図化する際に問題が起こるか検証する。
2.内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Site Scan for ArcGIS 上でオルソ画像を背景に施行範囲を図化する。</li> <li>• 画像解像度:約 5cm (Medium)、約 10cm (Small)</li> <li>• 施業種は下刈り</li> <li>• 共有用の URL を発行</li> </ul>
3.結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 下刈りエリアの図化はどの画像解像度でも問題なく実施できた。</li> <li>• 図化にかかる時間は 30 分程度(図化する範囲に依る)。</li> <li>• なお、画像解像度が高いほど詳細に図化はできるが時間を要する。</li> <li>• オルソ画像と図化した結果を合わせた状態で URL の発行が可能。</li> <li>• ライセンスを保有していないユーザでも URL にアクセスし、結果を表示することが可能。</li> <li>• 図化した結果に任意の申請番号や申請者名を付加することが可能。</li> <li>• URL 発行自体はワンクリックで実施できるため作業時間は掛からない。</li> </ul>

表 8-24 実証③ URL を添付し造林補助金申請を実施

1.目的	造林補助金申請(テキストのみ)にインターネット(SiteScan for ArcGIS)上に登録されたオルソ画像の URL を付加する方法で申請までの流れはスムーズに行うことができるか検証する。
2.手順	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SiteScan for ArcGIS 上で、プロジェクト(オルソ画像及び図化範囲)に造林補助金申請番号・申請者名を記載する。</li> <li>• 造林補助金申請に SiteScan for ArcGIS で発行された URL を添付する。</li> </ul>
3.結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 作成したプロジェクト(オルソ画像及び図化範囲)に造林補助金申請番号・申請者名を記載した上で URL を発行し造林補助金申請(テキスト)に付加する方法で、申請はスムーズに実施できた。</li> <li>• 所要時間は 4.3 秒。</li> </ul>

表 8-25 実証④ 申請情報の受理

1.目的	造林補助金申請(テキストのみ)に URL を付加することができるか検証する。
2.手順	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 森林クラウドの造林補助金申請一覧画面を開き、申請情報が受理されていることを確認する。</li> <li>• 申請書に SiteScan for ArcGIS で発行された URL が付加されていることを確認する。</li> </ul>
3.結果	申請に URL を付加することが出来ており、リンクとして機能することが確認できた。

表 8-26 実証⑤ 造林補助金申請とオルソ画像を表示

1.目的	造林補助金申請(テキストのみ)と画像登録を別で実施した場合に検査までの流れはスムーズに行うことができるか検証する。
2.手順	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 申請書に付加された(SiteScan for ArcGIS で発行された)URLをインターネットブラウザで開き、プロジェクト(オルソ画像及び図化範囲)を表示。申請内容の確認を行う。</li> <li>・ 解像度別に画像表示時間を計測する。</li> </ul>
3.結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 造林補助金申請番号・申請者名をプロジェクト(オルソ画像及び図化範囲)に付加しておくことで、造林補助金申請(テキストのみ)の確認と画像の確認を別環境(森林クラウドとインターネット)で実施した場合であっても検査をスムーズに行うことができた。</li> <li>・ インターネット環境での画像表示は極めて短時間であり、業務に支障が出るものではなかった。 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 画像解像度 約 5cm(Medium) 0.1 秒未満(計測不能)</li> <li>➢ 画像解像度 約 10cm(Small) 0.1 秒未満(計測不能)</li> </ul> </li> </ul>

表 8-27 実証⑥ オルソ画像を背景に施行範囲を確認(検査)

1.目的	検査に必要な十分な解像度を検証する。
2.内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 解像度別に目視にて施行範囲の確認を行う。</li> <li>・ 施業種、施業範囲、その他判断材料となる補助資料について確認を行う。</li> </ul>
3.結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 画像解像度:約 5cm(Medium)、約 10cm(Small)のいずれでも施行(下刈り)の状況の確認は可能であった。</li> <li>・ なお、画像解像度約 2.5cm(Large)の場合は植栽木の状態まで明瞭に確認できるため、より正確な検証が可能だと思われる。</li> </ul>

以上の実証の結果、パターン B はパターン A と比較しオルソ画像の表示時間が短く(待ち時間ほとんど無し)手作業がほとんど発生せず、オンライン化の実現に寄与できることが分かった。しかし、申請をテキストシステムと画像システムに分けることで、両者の紐づけが必要となることが分かった。今回は申請番号やオルソ画像表示 URL といった情報授受により、それを実現したが申請件数が多い場合は申請番号以外の情報付与も必要になると考えられる。また、オンラインではあるものの検査時にはインターネット回線(SiteScan for ArcGIS 上のオルソ画像)と LGWAN 回線(森林クラウド上の申請内容)の両方でブラウザ起動が必要といった工夫が必要となる。

### (3) 実証結果まとめ

2 パターンの実証結果について、画像解像度 10cm とした場合の結果をまとめて表 8-28 に示す。

大きな所要時間の差は「①オルソ画像システム搭載」の段階で発生している。既存森林クラウドではユーザから高解像度のオルソ画像を直接アップロードすることを想定しておらず、人手でタイル化処理、サーバへの登録を行う必要がある。一方、ドローン画像処理に特化したクラウドを用いることで自動処理により圧倒的な時間短縮が実現できた。



また「⑤造林補助金申請やオルソ画像表示」の段階でも既存森林クラウドでは解像度 10cm までの表示が実利用に耐え得ると考えられたが、高解像度のオルソ画像表示に適したシステムでは解像度 2.5cm でも軽快に表示することができた。

「⑥オルソ作成」では、パターン A (Metashape) では高性能パソコンが必要であることに対し、パターン B (SiteScan for ArcGIS) ではどのようなパソコンでもアップロードさえできれば高性能パソコンと同程度の時間で作成できるという利点がある。

表 8-28 画像解像度 10cm とした場合の実証項目別所要時間

実証項目	パターン A 森林クラウド申請			パターン B クラウド間連携申請		
	プロセス	所要時間	要求事項	プロセス	所要時間	要求事項
⑥オルソ作成	Metashape	5 時間 24 分	高性能 PC	SiteScan for ArcGIS	5 時間 50 分	Web ブラウザ
①オルソ画像システム搭載	ファイル転送サービスでオルソ画像を授受、ベンダーがタイル化、登録	10 営業日程度	画像と申請内容を照合する情報が必要。	SiteScan for ArcGIS	0 秒	
②施行範囲オルソ画像図化	森林クラウド上で図化	30 分程度	作業者によって図化精度が変わる可能性がある。	SiteScan for ArcGIS 上で図化、URL 発行	A と同じ 30 分程度	A と同じ
③造林補助金申請	森林クラウドでオルソ画像(10Mb 制限)を添付し造林補助金申請を実行	17 秒	ファイルサイズ制限はベンダーによる。	森林クラウドで URL テキストファイル添付し造林補助金申請を実行	4.3 秒	
④申請受理確認	森林クラウドで確認	1 日(申請翌日に受理確認可能)	申請のお知らせ機能必要。	森林クラウドで確認	1 日(申請翌日に受理確認可能)	申請のお知らせ機能必要。誤送付防止のため照合情報が必要。
⑤造林補助金申請やオルソ画像表示	森林クラウドで該当する申請内容と画像を表示	拡大時に数~10 秒	タイル化処理が必要。	森林クラウドに添付された URL をブラウザにコピーし SiteScan for ArcGIS 画像表示	0.1 秒未満(計測不能)	インターネット回線と LGWAN 回線の両方でブラウザ起動が必要。
⑥オルソ画像を背景に施行範囲を確認	森林クラウドで表示し確認	—	解像度 10cm で実利用可能	SiteScan for ArcGIS で表示し確認	—	解像度 5cm、10cm で実利用可能

なお、実証に協力いただいた石川県では、実際には造林補助金申請は森林クラウドとは別の既存システムを用いて行っている。申請する林業事業者、検査する県の側も既存の造林補助金申請システムに慣れている一方、申請データを森林クラウドで施業履歴として管理するためのデータ移行に手間が掛かるなどの課題も認識されていた。

このことから、最終的には造林補助金申請に特化したクラウドとドローンオルソ画像処理に特化したクラウドを連携させ、施業履歴として森林クラウドに取り込む、というように複数システム・クラウドの連携が求められる。

## 8.4. 必要なドローン運用管理システムの要件

現状調査の結果、電子申請が推進される中で、森林分野においては地理空間情報が重要であり、オルソ画像等のデータの共有・管理が必要となっていることが明らかとなった。一方、既存の森林クラウド等のシステムでは高解像度のオルソ画像を取り扱うことを想定しておらず、データの共有・管理方法の検討が必要であることも分かった。

パターンBクラウド間連携申請の実証では、既存の森林クラウドとオルソ化、画像共有のクラウドシステムを併用することで効率的なデータ共有・管理を実現できる可能性が明らかとなった。

このことから、森林クラウドを森林情報の総合的な管理と位置づけ、画像処理に特化するなど個別の機能を持った既存のクラウドシステムと連携する仕組みが有効であることが分かった。また、既存のクラウドシステムを利用することで、森林クラウドにおける機能開発コスト削減、新規アプリケーション開発コスト削減を図ることが可能となり、ひいてはユーザに開発分のコスト負担が及ばないこととなる。

以上を踏まえ、ドローン運用管理システムの要件を表 8-29 のようにまとめ、システム間連携のイメージを図 8-6 に示す。

表 8-29 ドローン運用管理システムの要件

森林クラウドの位置づけ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 森林情報の総合的な管理を基本とする。</li> <li>・ 個別機能に特化したクラウドとの連携により機能を拡大する。</li> </ul>
ドローン運用管理システムの要件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ web で稼働し、インストール等不要なクラウドシステムであること。</li> <li>・ ドローンの飛行計画が作成できること。</li> <li>・ ドローン撮影画像のオルソ化が可能であること。</li> <li>・ 画像表示速度が速く、容量制限が無いこと。</li> </ul>
造林補助金電子申請	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 造林補助金申請情報、オルソ画像、及び図化ポリゴンを申請者と検査者の間で共有可能であること。</li> <li>・ 造林補助金申請情報（テキスト系）とオルソ画像や図化ポリゴン（画像系）を接続させる情報（URL、API<sup>2</sup>など）があること。</li> </ul>

<sup>2</sup> Application Programming Interface：ソフトウェアの一部機能を他のソフトウェアと共有する仕組み。すでに公開されているAPIを用いるとプログラム開発が容易になる。

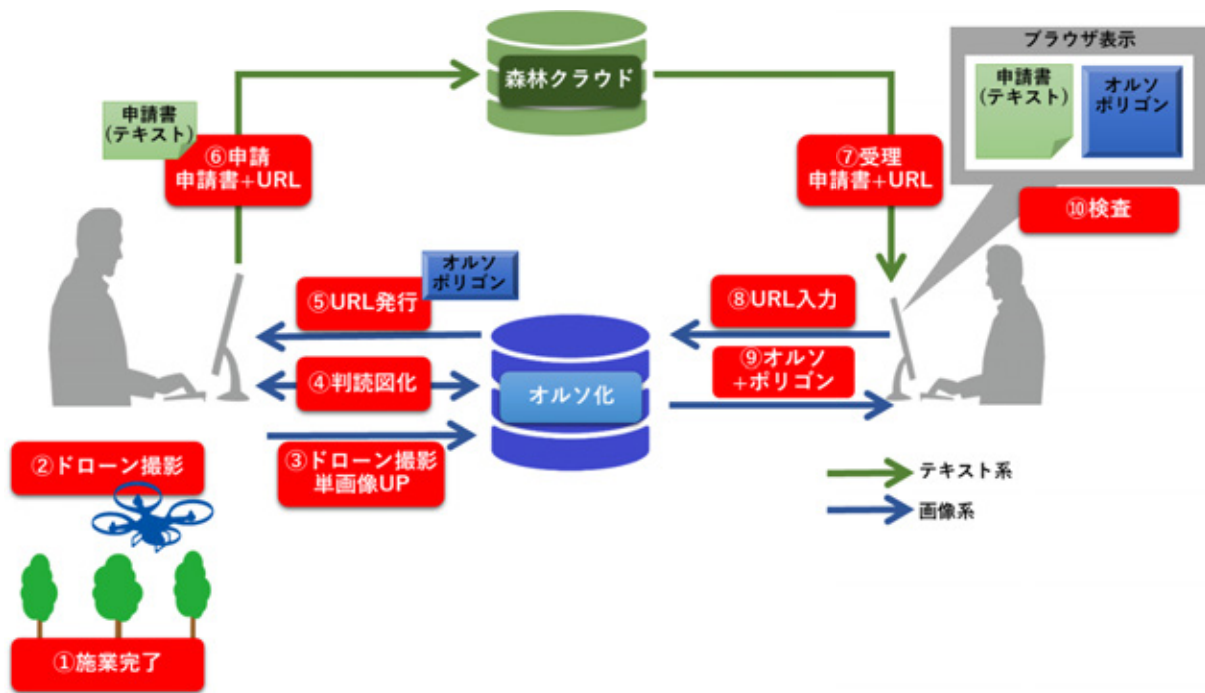


図 8-6 システム間連携によるドローン運用管理システムイメージ

## 9. 今後の課題及び次年度以降望まれる調査

### 9.1. ドローンを活用した苗木等運搬

本年度は昨年度も含めた実証調査のデータを分析し、作業項目別の平均時間や、ドローンを活用した苗木等運搬に適した環境条件、ドローン活用により低コストが見込める事業量等を明らかにしたほか、ドローン活用による省力化の効果の検討も行った。しかしながら、以下に挙げるよう、幾つかの課題も残っており、今後さらに調査を行っていくことが重要であると考えられる。

#### (1) 実証における荷掛の検討、及び実証地データの充実化

昨年度と本年度の実証では、作業時間短縮のため、荷掛や荷下ろしをホバリング中に行う事例が見られた。検討委員からは安全面のほか、ホバリングによるバッテリーの消費量の増加も指摘された。

このため、通常ホバリング中に発着地点で荷掛を行っている事業者に対し、一度ドローンを着陸させた場合にどの程度時間が掛かり増しになるのか、バッテリー交換回数が増えるのか、実験的な実証を行うことも有用と考えられる。

また、これまで15の実証を13箇所で行ってきたが、分析の精度を高めるためにはさらに実証を増やす必要がある。候補地の選定にあたっては、これまでと異なる環境であることが望まれ、日本海側や南関東～東海地方での実証がないため、そうした場所での実証も望まれる。

#### (2) 直線距離や比高等、単純な指標を用いたドローン運搬が有効となる環境条件の基準

本年度はドローン運搬が有効となる環境条件の基準として、人肩往復運搬時間と人肩運搬距離を指標として、基準を設定することができたが、人肩往復運搬時間については、一度荷物を背負って歩いてみないと分からず、人肩運搬距離については、水平直線距離でないため、GIS上等で計測する必要があり、やや面倒である。このため、地図上ですぐにわかる水平直線距離や比高等を基に環境条件が設定できれば便利である。今回、令和元年度版治山林道必携（上巻）を参考にした苗木運搬距離（水平直線距離＋比高×6）の算出を行い、人肩運搬時間の関係を見てみたが、有意な相関値は得られたものの、比例関係は見られなかった。来年度以降も相関および比例関係の見られる環境条件となる単純な指標を検討していく必要があると考えられる。

#### (3) 省力化(労働負荷の低減)の効果等も踏まえたドローン活用の判断

本年度の調査では、ドローンによる省力化の効果の把握のため、人肩運搬の場合と空荷運搬の場合の歩行時間、心拍数、疲労度（感想）の違いを比較した。一方、ドローン活用の判断材料として、環境条件や事業量（稼働日数、植栽本数、植栽面積）については、人工削減や低コスト化の観点から定量的に分析できたが、省力化については定量的な分析ができなかった。また、検討委員会でも人工削減や低コスト化だけでなく、省力化の効果も踏まえたドローン活用の判断基準があるとよとの意見もあった。さらに、ドローンの活用により作業者の労力や労災リスクの低減効果、男女雇用機会の均等化等、ドローンによる効率化以外の効果があることがヒアリングにより得られている。

このため、省力化される部分や、労災リスクが低減される部分等も定量化し、評価していく必要があると考えられる。

実証を行った結果、ドローン業者によって、操縦者や補助者の役割と配置方法等にそれぞれ違

いがあることがわかった。また、ドローンの機能やアタッチメントについても違いがあったため、これらをより詳しく分析し、最適な運用方法を検討していく必要があると考えられる。

#### (4)ドローンの運用方法の更なる検討

本年度はドローンの運用方法の検討として、購入や委託による費用負担を緩和するため、①各事業体で共同運用する方法、②他分野と協業する方法、③他の造林作業に活用する方法等を検討したが、実現性がどの程度あるのかはまだ不明確である。

このため、ヒアリング等により、関係機関への情報収集をさらにに行い、実現の可能性が高いものを明らかにしていくことが重要と考えられる。また他の造林作業への活用については、運搬用ドローンではなく、小型撮影用ドローンでも可能なものもあるため、運搬用ドローンに限らず、伐採から次の伐採に至るまでの一連の造林作業にドローンを活用していく方法も検討していく必要がある。

### 9.2. ドローンを活用した植栽位置の自動マーキング

現状、開発した機体によりマーキング可能な地点数は、搭載しているタンクの最大容量から40点であり、全てマーキングするのに8分ほどかかる。現在、植栽は約2000本/haで実施されることが多く、2,000本分マーキングすると仮定すると6時間半かかる見込みとなる。これにバッテリー交換をする時間等は含まれておらず、現場で使用するには非現実的な数字である。したがって、運用をより現実的にするためには、植栽に重要なポイントのみに絞ってマーキングする等、マーキング方法を考える必要がある。

今回の開発にはまずドローンの機体そのもののRTK-GNSSで測位するシステムを調整するのに難航した。したがって、まず機体を組み立てるところから始めるのではなく、可能であれば既存で販売している機体にマーキングの機構をアタッチメントとして装着し使用できるようにすることが好ましいと考える。

マーキング塗料に関しても、草や土の上に落ちた色は見えにくいなど課題が見られた。今回は石灰を混ぜて土壌への残留の期間を延ばしたが、使用するポスターカラーをもっと発色の良いものに変更することや、石灰の配分を増加させる、塗料を液状ではなくスプレー形式にする等、塗料自体の再検討も必要であることが考えられた。

### 9.3. ドローンを活用した荒廃地等への播種・吹付による緑化

荒廃地への播種・吹き付けによる緑化の実証は、今回はドローンで土嚢袋を運搬し、空中で投下する方法で実施した。そのため、斜面で勢いをつけて転がることも多く、狙った場所に投下することができても、投下場所から大きく移動してしまうことが課題と考えられた。ドローン本体は、苗木運搬用ドローンのようにワイヤ自体を伸ばし、地面に接地させてフックが外れるような機構にすることで、設置時の衝撃が薄れることが考えられた。実際の荒廃地はかなりの傾斜であることが想定されるため、設置時は斜面にぶつからないようにワイヤの長さも調査・検討する必要がある。また、苗木運搬用ドローンの新たな使用方法の模索として、荒廃地への播種・緑化に使用することも案として挙げられる。

基材は、今回は一般的に普及している土嚢の形状で実証を実施した。したがって、次回以降は転がりが増えるように、突起物を土嚢に設置することや土嚢の形状を検討することが必要であ

ると考えられた。また水を含ませて土壌との摩擦を増やすことで転がりを防げるが、水を含めると基材の重量が格段に上がるため、ドローン自体の運搬能力によっては運搬できない可能性がある。全国的にドローンによる荒廃地への播種・吹付による緑化を普及するため、一般的に広く普及しているドローンの性能を考慮してなるべく軽量の基材を開発する必要があると考えられる。

今回の実証では採石場での試験のみであったが、実際の荒廃地はさらに環境が厳しいため、あらかじめ設置試験を実施し、本番に臨む必要があると考えられた。例えば、人工的に約 30° の傾斜のあるフィールド等で実証を想定した試験を実施し、その結果を踏まえてより実際のな場所を実証することで、実証の有用性もより高まり、ドローンや設置基材の改善がさらに進むと考えられる。

#### 9.4. ドローン運用管理システムの設計

ドローン運用管理システムのうち、造林補助金申請・検査については、造林補助金申請機能を有するシステムを用いて、申請書に該当するテキスト情報の申請と受理を行い、オルソ画像に関わる既存のクラウドサービス（SiteScan for ArcGIS 等）を用いて、施行図に該当画像情報の申請と受理、そして検査を行うことが、最も効率的かつ効果的であることが分かった。また、効率化を図るためには、運用規定などをオンライン化に対応可能なように、ドローン撮影時の基準設定（撮影面積など）、オルソ化や図化基準設定（画素サイズ、容量、描画精度など）を設け作業時間軽減や均質化を図る必要があることが示唆された。

今年度の実証においては、森林クラウドに付属する造林補助金申請機能を利用したが、既存の造林補助金申請システムが普及しており、入力等操作は既存システムの方が慣れており使いやすいとの声があった。このため、森林クラウドと他の造林補助金申請システムとの連携手法の検討が必要と考えられる。この検討は、造林補助金申請のみならず、森林クラウドをデータ管理・共有の基盤とし、様々な専門機能を持ったシステム・クラウドとの連携により効率的な森林管理・行政手続きを実現するための基礎的な検討と位置付けられる。

また、造林補助金申請のテキスト（帳票）情報や画像情報をいかに施業履歴として管理し共有するかといった活用可能性の検討も必要である。

新たな技術として、AI による画像判読技術が進んでおり、申請時の施行範囲図化や、検査判定に導入できる可能性がある。施行範囲図化の均質化や、全申請に対する AI 検査実施（その結果を抽出して現地検査など）などの効果が期待できる。ただし、AI 判読の実現には、大量の教師データが必要である。ドローン運用管理システムにより多くのデータ（オルソ画像と人間が作業した結果のデータセット）が収集できれば、より高精度な AI 判読が実施できる可能性がある。

そこで、今後の課題として①実証する施行内容を増やす、②施業履歴管理と情報共有について実証する、③AI 判読について検討することが必要と考えられる。

##### (1) 基準設定に必要な施行内容を増やした実証

- ・ クラウド上でのドローン飛行計画作成により森林域の撮影に適し、森林整備事業に必要な解像度のオルソ画像を作成できるか実証する。
- ・ 施業種が下刈りのみを取り上げたが、造林地（新植地）、間伐などの施業種でもブラウザを利用し 10cm 程度の解像度で視認性が担保できるか確認する必要がある。
- ・ 施行範囲（オルソ画像範囲）が 4 ha 程度の画像を取り扱ったが、オンライン化にあたっ

ての限界面積、つまり解像度と画像容量の限界を確認し、大面積施行範囲への対応を検討する。

## (2) 造林補助金申請検査情報の施業履歴としての管理と情報共有方法の実証

- ・ 造林補助金申請にオルソ画像が加わることで、更に有益な施業履歴情報として、伐採造林届出制度、林地開発許可制度、森林経営管理制度、そして森林簿更新などに活用することが期待できる。
- ・ 造林補助金申請に特化したシステムとドローンオルソ画像処理に特化したクラウドを連携させ、データを施業履歴として森林クラウドで管理する、というような複数システム・クラウドの手法について検討を行う。
- ・ 造林補助金申請に関わる情報（オルソ画像、帳票情報）を森林クラウド上でどのように施業履歴として管理するかという手法を検討する。

## (3) オルソ画像を利用した AI 判読実証

- ・ AI 判読による申請時の施行範囲図化や、検査判定の効率化について検討を行う。
- ・ 教師データの収集について実証する。



## 10. 巻末資料

### 10.1. 検討委員会議事概要

#### 10.1.1. 第1回検討委員会議事概要

日 時: 令和3(2021)年8月5日(木)10:00~12:00

場 所: 千代田区六番町7番地 日林協会館 3階 大会議室及びWEB

#### 議題1 令和3年度の事業概要について

- ・質疑、意見等なし。

#### 議題2 ドローンを活用した造林技術の調査・分析について

- ・NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）の事業でヤマハ発動機が主体となって国産ドローンを開発するプロジェクトが行われているため、機会があればヤマハ発動機の国産ドローンについても調査をお願いしたい。また、NEDO の事業自体についても調べると良い。（杉浦委員・寺岡座長）

→承知した。（事務局）

- ・ドローンと関連して、無人ヘリなども視野に入れて文献調査を行えると幅広い範囲で良いソリューションが見つかる可能性がある。ドローンを活用している海外文献も視野に入れて調査を行うと良い。（岩瀬委員）
- ・「一連の造林作業にドローンを活用する運用方法」の「一連の」という部分が今後の運用管理システムに繋がる。現地測量から始まり、苗木生育状況のモニタリングに関わるこの一連の流れは重要なところであるため検討してほしい。（山川委員）

#### 議題3 ドローンを活用した苗木等運搬の実証・調査について

##### (1) 苗木運搬の実証における作業工程の計測

- ・ドローンの準備時間は考えなくてよいか。（杉浦委員）

→ドローン自体のセッティングや荷造りに時間がかかっている事例があったので、荷造りや準備時間も追加で計測したいと考えている。また、前年度には下見の時間も0.5日などの単位で記録していたため、今年度も同様に計測する。（事務局）

##### (2) 実証候補地等について

- ・苗の運搬と積載について、苗木1本あたりの重量も計測していると考えてよいか。（寺岡座長）  
→昨年度は1回あたりの運ぶ本数と重量を計測しており、今年度も同様に計測する。（事務局）
- ・特に苗木のサイズが大きくなるとドローンで運搬する際の抵抗も大きくなるため、高さや長さだけでも計測したほうが良い。当然、コンテナ苗・裸苗、鉢の容量（200ccや300cc）という苗木の基礎情報も必要である。（山川委員・寺岡座長）
- ・植栽前に到着した苗木の根鉢の端から苗木の先端までの長さを10本程度計測し、苗木の概略を把握したほうが良い。（山川委員）
- ・運搬可能量が機体によって異なるが、比較ができるのか。（田中委員）

→使用するドローンが地域で異なるため、運搬可能量は異なってしまいます。トータルで見て、単位時間あたりどのぐらい運べるかを比較する。(事務局)

### (3) 最適な作業手法の検討

・土場が複数箇所あれば、操縦者が作業しやすい場所の選出も可能である。普通は土場を何箇所も用意して作業はしないと思われるがどうか。(岩瀬委員)

→ドローンの離着陸に必要な広さを用意するだけであれば、何十平米も必要ではないので、いくつか土場や作業ポイントを用意することは可能かもしれない。(寺岡座長)

→今のところ全て土場は1箇所。複数箇所に分けることについては実証の時に意見を聞きたい。(事務局)

・2オペでは操縦者以外にも補助的な作業者がつくこともあるか。(寺岡座長)

→自動フックがついていない機体では、荷下ろし時に植栽業者にフックから苗木を外してもらったり、荷掛時も植栽業者に補助してもらったりする場合もあった。このため、補助は最大で2人必要であった。また荷掛は植栽業者ではなく操縦者やドローン関係者が行う方が良いと考える。(事務局)

・どの程度まとめて苗木を降ろせば、その後の植栽地までの運搬が楽かという判断が必要。また、荷下ろし地点が造林地の中の1箇所が良いのか、10箇所に分けるかで人工や作業効率が変わる。その点をきちんと確認したうえで、現場で造林者と運搬者との協議が必要である。(山川委員)

・今後ドローン運搬が普及すると、離発着地点をどのような場所にするかは重要なポイントである。マニュアルに必要な情報になると考えるため、この条件の場所はこのような離発着地点が良いなどの情報を整理すると良い。(山川委員)

→昨年度も記録していると思うが、離発着の地点が記録されていると、その後の分析や今後の事業に生かされると考える。(寺岡座長)

### (4) 省力化・労働強度、低コスト化への寄与

・人力での運搬は運搬車に乗る人にGPSなどを持たせて計測するのか。(寺岡座長)

→運搬車とともに、GPSを持った当協会の職員が同行して計測を行う。(事務局)

・ドローンに関しては機体に対する保険料が購入費の1割から2割程度かかると思うが、「低コスト化への寄与」の経費に含まれているのか。(田中委員)

→年間維持費の中に保険料等の経費を含める予定でいる。(事務局)

・農薬散布用のドローンに関しても、このようなコスト計算をしているが概ね同様なので、特に問題ないと思う。(杉浦委員)

### (5) 運用方法の検討の概要

・運用方法について、個人購入になると導入をためらうことは農業機械でも多く見受けられ、大型の収穫用機械などは購入や維持の金額の大きさからJAが主体となって運用、あるいは地域で集まって購入・作業・管理分担して運用しているケースも多い。林業におけるドローンの運用も個人単位では難しいため、JAのような機関で作業を分担してもらうのが良いと考える。(杉浦委員)

#### (6) マニュアルの作成に関して

- ・荷下ろし地点などの作業地の概要が重要である。地形図上に苗木を下ろした地点を示されてもイメージが付きにくく、傾斜などをイメージできるものが欲しい。可能であれば、オルソ画像を作り、荷下ろし地点を可視化できると良い。追加作業が大きいが、どこに荷下ろしをしたほうが効率的かという分析をしても良いかもしれない。(山川委員)
- ・苗木運搬の話になっているが、低コスト造林という観点では、最近ではシカ害が非常に激しいので、それを防護するためのネットや、単木処理するシェルター等も合わせて検討していくのが良い。(田中委員)

→苗木「等」の部分でシカ柵や林業用資材の運搬も含めて考えている。実際、昨年度は(株)中川の社有林でシカ柵の運搬を実施し、その工程等を記録した。苗木運搬と合わせての分析が難しくなる部分もあるが、シカ柵など、苗以外の運搬も検討したい。(事務局)

#### 議題4 植栽位置の自動マーキング、荒廃地等への緑化、ドローン運用管理システムの設計について

- ・自動マーキングについて、大体2m 間隔になるが、現在市販されているドローンのGPS精度では、自動で2m 間隔の位置にホバリングするのは難しい。RTK、補正信号の補助が必要と思われるので、確認したほうが良い。(杉浦委員)

→フォテックへ確認したところ、RTKを用いるため2mの植栽幅間隔でも問題ないとのことである。(事務局)

→苗木の配置については事前にGIS上で苗木位置を決め、ドローンでそこに落とすというオペレーションになると予想されるが、先ほどの「苗木運搬の苗木をどこに下ろすか」という課題とも関わってくると思うので、その連携も最終的にやって頂きたい。(山川委員)

- ・5フライトしても200地点しかマーキングできないとなると、1ha当たり2,000本分のマーキングをしようとするれば相当な時間・日数がかかるため、実用にはほど遠い。

さらに、実際にマーキングする場面では、障害物や抜根、岩、石、枝条、残材等の認識、除外も必要と考えるが、リアルタイムでやるのか、または事前に情報を登録した上でマーキング作業をするのか検討したほうが良い。このような事例については、森林総研/北海道支所とフォテックで行った結果の記録があり、参考になると思う。(山川委員)

→現状の機体のスペック、タンク・バッテリーの容量の関係により、200地点ほどのマーキングが使用の上限である。機体のスペックが上昇すれば、地点数等は更に増やせる。また、1点ごとにドローンが移動、静止、下降、マーキングするため、時間を要する原因になっている。可能であれば5年間の事業期間中に、静止を要せず移動したまま一点一点マーキングできるような、時短機能によるマーキング数の増加も図りたい。障害物については、現地で植え付けをする人に直接障害物を判定してもらえれば良いのではないかと考えており、北海道の実証事例などを見て検討していきたい。(事務局)

- ・「ビッグデータでAI解析」について、造林補助金申請の可否判定のための判断材料にするということで、非常に面白い。これは担当者が申請書とオルソ画像を見れば、判断できるものか。(杉浦委員)

→造林補助金申請の審査では、苗木が指定された本数を指定された面積の中に正しく植えられ

ているかを確認する。現状では苗木の映ったオルソ画像を見て苗木と思われるものを人間が目視で数え、適正な本数が植わっているかを確認しているが、AIで解析できるようにしたい。  
(事務局)

- ・ドローン運用管理システムについて、ドローンで撮影した後、システムにその大量の画像をアップロードするとオルソデータが返ってくるのか、またはオルソ化した画像をアップロードするのか。(山川委員)

→補助金申請の可否のための検査では位置の精度、確実性が必要。オルソ画像では位置偽装なども容易にできてしまうが、単写真の Exif に付随する撮影情報ならば位置偽装がしづらい。そのため検査には単写真を提出する必要がある、このシステムにおいても単写真データのアップロードが必要になると考える。クラウド上で、自動でオルソ化できれば便利なのではと考えている。(事務局)

→賛成である。オルソ化には膨大な手間と時間がかかり、パソコンのスペックを要求される。クラウド上で処理したオルソ画像が返って来たり、面積計測を行えたりするシステムができれば、補助金申請以外の面でも非常に利便性が上がる。(山川委員)

→このスライドの流れを見ていると、補助金申請システムのように受け取れてしまう。補助金関連に限らずドローンをもっとうまく活用できるシステムとして「運用管理」を検討していくと良い。(山川委員)

#### 議事(5) その他

- ・ドローンの苗木運搬の運用について、将来的には苗木業者が苗木運搬部門を作り、苗木の造林地の配置まで運用するようにしても良い。苗木業者が人材の雇用と、機体の導入も図ることになるが、そういうやり方もある。(山川委員)
- ・今回、苗木等運搬について取り上げたが、他分野でのドローンによる運搬、輸送のサービス展開はどうなっているか。(寺岡座長)

→農業分野に限り、農業用資材を中山間地域で運ぶ等、そのようなアイデアはあるが、実際にサービスとして本格化していないのが現状である。(杉浦委員)

以上

## 10.1.2. 第2回検討委員会議事概要

日 時:令和3(2021)年12月21日(火)10:00~12:00

場 所:千代田区六番町7番地 日林協会館 3階 大会議室及びWEB

### ■議事1 (1) ドローンを活用した苗木運搬について ①苗木等運搬の実証結果

- ・荷掛時にドローンを着陸させることについて、安全面もあるが、ホバリングしているときに電力を一番消費するので、エネルギーの消費を抑える観点からも望ましい。(岩瀬委員)
- ・荷掛時にホバリングしているのが2事例あるが、これは避けられないか。作業効率上はよいかもしれないが、安全上は望ましくない。この後のマニュアルで着陸するよう示すことは難しいか(杉浦委員)。

→ホバリング中の作業は避けて頂きたいと考えている。但し、林業事業者はスピードを優先している状況もあり、どの程度までマニュアルに強く書けるかどうかは相談させていただきたい(事務局)。

- ・運行のルール上、ドローンの下に入ってはいけないのではないかと。(寺岡座長)

→第三者は真下に入ってはいけないが、作業関係者であれば禁止事項というわけではない。(事務局)

- ・疲労度を秋に測定されているが、夏に測定したら結果が変わってくるのではないかと。季節の影響はありそうである。(山川委員)

- ・疲労度は個人情報なので個人が特定されないよう一般的な傾向という形で整理し、林業労働を考える上でいろいろな使い方ができるのではないかと。林野庁の国有林事業などでも、もっとデータを取られればいいのではないかと。(寺岡座長)

- ・現場写真を見るとフォワーダ作業道の有無があるが、前回の伐採時にフォワーダで出したのか、架線です出したのかは分かるか。フォワーダがあるならば、それで運んだほうがいいのではないかと。(林野庁 諏訪室長)

→岩手県や宮城県の事例では路網が見えるとおりフォワーダが使えるので、ドローンの効果は少ないと思う。長野県や和歌山県田辺市、住友林業の社有林については、架線集材であり、車両は作業道まで入れないので、ドローンが有効活用できる場所と考えている。(事務局)

- ・トータルとしてドローンを使った苗木運搬は、半日位で終わるものではなく、丸一日、二日かかるものと考えてよいか。コンスタントにどれ運べる量、仕事のペースをどうしていくかが大事になってくる。(寺岡座長)

→実証では1日で大体3,000本から4,000本ぐらい運搬できる。最大は宮城県都城の事例で1日に95往復できたが中苗で1往復60本ずつ運搬した(事務局)

- ・宮城県石巻が土のう、和歌山県田辺がシカ柵の運搬なので、同じように比較していいものか。苗木とは荷掛等に違いが出てくるので分けたほうがよい。特にシカ柵の運搬に関しては需要があると思う。(山川委員)

→シカ柵は荷造りの際の縛り方も違うので、分けて書くようにしたい。(事務局)

- ・岩手県の現場について、フォワーダ走行時の時間を計測してドローンとの比較はされたのか。集材から全てトータルで考えてフォワーダで集材、苗木運搬する方がよいのか、架線で集材してドローンで運ぶ方がよいのか、トータル的なデータは取れないのか。(田中委員)

→本年度のドローンとフォワーダ等の比較はできていない。昨年度の事例では、ドローンよりもフォワーダを使ったほうが人工数も少なく済むことが分かっており、トータルの検討については、今後検討していきたい。(事務局)

## ■議事 1 続き

### (1) ②効率的効果的な運用方法、③ドローンによる苗木等運搬マニュアル(素案)、④工程分析調査票(案)

- ・航空法の改正が進み、2022年度からレベル4と呼ばれる、有人地帯での目視外飛行が可能になる。そのためドローンの配送事業がかなり進んでいる。林業用ドローンはペイロードが高いため、ドローン配送業者と組むとよいと考える。農業用ドローンは高度を一定にした平面移動が多いが、林業では3次元的な移動になり、操縦者の技量が必要になる。また、林野庁のマニュアルに、将来的には無人で山間部に運搬できるという視野も将来展望として書き入れたほうがよい。(岩瀬委員)
- ・調査票について、作業条件のところに天候・気温・風速について記載項目を設けてはどうか。何かしらのトラブルが起きたときに参考になると思うが、工程分析という趣旨から外れるので判断はお任せする。(杉浦委員)
- ・調査票は現場ごとに記載してもらおう予定としている。(林野庁 森本専門職)
- ・調査票に「作業日数」という欄があるが、これは実際にドローンを飛ばして苗木等を運んだ日数なのか。事前下見に要した時間を書く欄があった方がよい。(山川委員)

## ■議事 2 ドローンを活用した新たな造林技術について

- ・緑化時のドローンは、RTKで自動飛行したのか。今回の場合、ドローン自体はほとんど誤差なく飛行したが、土のうを投下したとき2mほど投下地点がずれたのか。コンテナ苗を自動マーキングする場合も数メートル程度は誤差が出ると思って実行するべきか。(岩瀬委員)  
→土のうの事例はRTKではなかった。植栽地の自動マーキングはRTKだが、こちらは平成26年の調査で1~2mぐらいの誤差は出ているということで、本年度はまだ実証していない。1月の実証で確認したい。(事務局)
- ・私の今までの経験では、RTKを使ってもマルチパスと呼ばれる建物に反射が入って誤差が10cm以内に収まらなかった例があった。今回はすごく見通しもいいので、もう少し精度が出るのかなと期待している。(岩瀬委員)
- ・今は農業用のドローンでも空撮画像でのマップ作成や、薬剤のまきむらを避けるため正確に飛行ルート飛ばす目的でRTKが必要だとされている。また、トラクターでは自動直進走行システムがすでに農家で使われている。トラクターにはRTK-GPSが搭載されているが、見通しが悪くなることもあり、防風林の脇を通り過ぎるときにRTKが切れて精度が悪くなって、真っすぐ進まないということがよくある。それさえなければ、かなり安定して使えるものになっている。(杉浦委員)
- ・自動マーキングについては、ピンポイントマーキングのほか、ライン上に正確にマーキングしていく方法があってもよい。例えばある植栽ラインを一気にマーキングできれば、苗木間隔を測らないといけませんが、きれいに1列の植栽列を作ることができる。多目的造林機械を使う場合、真っすぐ走らせるためには植栽列をきれいにする必要があるのである。また、「この範囲の

下刈りをする」と GIS 上で決めた場合に、それが現場でわかる線の引き方ができるとよい。  
(山川委員)

→マーキングの機構自体は、コントローラーについているスイッチを押せばマーキング液が噴出されるようになっているので、ライン上にマーキングすることは可能だと思う。この実証で可能であればやりたい。(事務局)

・造林補助金申請の部分で、面積はオルソ画像から算出されるのか。造林を行う場所を見るとかなり急傾斜である。オルソ画像は水平面に投影した画像なので、傾斜が強いと実際の面積とは違った数字になるが、それは考慮されているか。(杉浦委員)

→造林補助金の面積の測量は、コンパス測量で行い、方位角とメジャーで測量しているのも、そこまで測量精度は求められていない。GNSS での測量やドローンのオルソ画像での測量も可能というように、徐々に効率化の方向に動いている。平坦部でも、急傾斜部でも、全てオルソ画像から算出した値を面積としている。(事務局)

・造林地は農地などに比べてかなり面積が大きい点、コンパス測量の場合は、ポールをどこに刺すかで 1 m 単位がずれる点等を考えると、オルソ画像で行っても許容できる範囲ということで運用している。(林野庁 諏訪室長)

・和歌山県では造林事業の場合、植栽や下刈りの検査で現地に行ってドローンを飛ばして確認を行うが、まだ間伐の検査には適用できない。先進的な事例や技術があれば教えていただきたい。(田中委員)

→石川県が、ドローンを使って間伐がどこまで分かるか、検証している。林野庁の報告書を参考にしながら独自で検討を始めている県も幾つかあると聞いている。(事務局)

・林野庁の規則上は間伐の確認にもドローンを使えるようにしているが、技術的にはまだ難しい。特に定性間伐の下層木を切るような間伐だと、上からは見えないというのが実態である。ドローンレーザを使えば分かるかもしれないがコストパフォーマンスが全然合わないのも、現時点では簡単ではないというのが実態。(林野庁 諏訪室長)

・農業の補助金制度は、ドローンからの画像は使われていないのか。(寺岡座長)

・まだされていないと思う。(杉浦委員)

### ■議事 3 その他

・運用管理システムについて、説明されたオルソ画像の容量がすごく軽いように思えるが、低解像度の画像で問題ないという考え方か。(山川委員)

→解像度としては、5 m から 50cm のものまで変えて実証した。50cm の解像度だと、場所を移動したときに表示速度が少し重く、1 m 解像度だと表示速度もストレスなく、苗木の状態も見えそうだということで、1 m 分解能のドローンオルソ画像を LGWAN のクラウドで取り扱うことができそうという結果になった。(事務局)

・地上分解能 1 m で苗木が見えるのは 1 cm の間違いではないか。データ容量との関係で 100 メガ程度が限界なのか。(山川委員)

→確認して第 3 回検討委員会で報告する。(事務局)

以上



### 10.1.3. 第3回検討委員会議事概要

日 時:令和4(2022)年2月14日(水)10:00~12:30

場 所:千代田区六番町7番地 日林協会館 3階 大会議室及びWEB

#### ■議事1 (1) ドローンを活用した苗木運搬について ①苗木等運搬に適した環境条件

- ・人工数の削減だけを見ると、難しい。疲労など、人にかかる負担が定量化できると、人肩運搬との差が出てくるのではないかと。参考として、福祉の現場ではクオリティ・オブ・ライフ(QOL)で測っている。(岩瀬委員)
- 今回は疲労度等と人工数等を重ねて総合的に分析することができなかったので、人工数だけに着目して分析した。今後は疲労度なども組み込めないか考えたい。(事務局)
- ・人肩で運ぶか判断をする際に、運搬時間は歩いてみないと分からない。距離と比高で表現できれば現場の判断材料なと思う。人肩運搬距離だと、GIS上で決めていいなら比較的簡単であるが、距離を比高で重みづけをするような手法でできないか。(山川委員)
- 運搬時間は一度歩いてみないと分からないし、人肩運搬距離だと道が曲がりくねっているの、GIS上で測らないと難しい。苗木運搬の標準人工の計算で(距離) + (定数) × (比高)で距離を出す式があったので、使えないかどうか考えていきたい。(事務局)
- ・今回の試算は6,000本を運搬するという前提、3ヘクタールかと思うが、面積が増えるとうなるのか。(寺岡座長)
- 荷下ろし地点がどこになるかが大きい。面積が増えて、荷下ろし地点が遠くなるのであれば、面積も指標できると思うが、今回の実証結果では面積と荷下ろし地点がうまくリンクせず結果が出なかった。今後も面積は考慮に入れていきたい。(事務局)
- ・高低差がある場合にドローンでの運搬を考えると現場からの話で聞いた。距離と高さを計算なりで数値化できればいいのでは。(田中委員)
- 比高も組み込める方法を考えていきたい。(事務局)

#### ■議事1 続き

##### (1) ドローンを活用した苗木運搬について②費用対効果の分析、運用方法、③ドローンによる苗木運搬マニュアル(最終案)、④工程分析調査票(最終案)

- ・今回試算で使用された、購入費200万~300万という金額や、5年間で償却、維持管理費などには妥当性はあるか。(寺岡座長)
- 数字に関しては妥当であると考え。農業分野においても高額なので、年間通して使用できるよう、使い方を増やしていこうという方向性がある。資材運搬のような、様々な利用方法を付け加えていくといい。農業では、農薬散布のほか、肥料散布や受粉作業、稲・小麦の作業ロスを軽減させるため露をはらうなどの利用方法がある。(杉浦委員)
- ・全体的に費用は妥当であると考え、通常は機体が落下した際に機体や周囲に対する保険が払われるものとなっているので、保険に関しては加えた方がいい。(岩瀬委員)
- 保険料についてはドローンの年間消耗品・維持修理費の中に組み込んでおり、その額を加えた形で算出している。償却費は工程分析票のデータを収集した結果、各業者でばらつきがあった。(事務局)

- ・試算の際の設定条件の妥当性の根拠を示してほしい。特に人肩運搬時の植栽本数、購入費あたりの植栽面積、現実的な委託費の費用など。加えて、実際に使用する際にドローンの機体を購入するか、委託するか判断基準を具体的に示してもらいたい。購入する場合、レンタルして自前の操縦者で行う場合、操縦者まで含めて完全委託の場合の3つのパターンの情報が必要。(山川委員)

→1 日当たりの植栽本数はおおよそその実証の結果を用いているが、事前に座長からも少し少ないのではとご指摘をいただいた。この点はもう少し根拠をもって示したい。委託金額は、実証時の委託金額が20～45万円であったため、その安い方の数字を使用した。2日間の運搬作業依頼を実施していないのでその点は仮定で設定した。(事務局)

- ・和歌山県では運搬から植栽まで事業体自ら実施している。メリットは、自分たちのスケジュール感で実施でき、天候に柔軟に対応できること。和歌山県の事業体は年間植栽面積がかなり多いため、ドローンを自ら保有しているが、植栽面積が少なれば委託の方が割安になるという情報もある。(田中委員)

- ・スライドの21pの表と27pの表の関係性はどうなっているのか。(林野庁)

→スライド21pと27pは、今はリンクしていない。最初に環境条件でドローンによる運搬がどうか判断し、その場合に必要な事業量はどのくらいかを示している。(事務局)

→例えば4人で作業する場合、(事業量を考えるにも)遠い場所でないといけないので、両者の関係がわかよう報告書では整理してほしい。(林野庁)

- ・12pの急速充電に関して、対応していれば問題ないが、それは機種仕様による。機種説明書に従った充電を推奨する旨を記載すべき。18pの「安全性を高めるためには着陸させることが望まれる」という書き方は弱い。危険だから着陸させるようにという書き方がよい。機体にトラブルがあった時に大惨事になる可能性がある。(杉浦委員)

- ・資料の帰直線からドローンの運搬速度を算出するとスペックより遅い速度である。おそらく荷物運搬の際はここが安全な速度になると考えるため、その点もマニュアルに加えたい。また、急速充電の件で、機体本体の説明書には1Cで充電という旨しか記載されていないと考える。2Cや3Cで充電すると、バッテリー自体の劣化が激しくなり、バッテリー耐用年数が下がることを記載したほうがよい。(岩瀬委員)

→運搬の飛行速度に関しては、生データを見て確認し、飛行速度の記載の仕方を検討したい。また、操縦者とドローンの距離に関して意見をお願いしたい。(事務局)

→10m以上確保できる場合はそのくらい距離をとってほしいが、現場の状態によってはそれだけ確保できない場合があると考え。そこは書き方を考えてほしい。また、運搬した苗木等を荷下ろしする際、空中で切り離すと、法に触れる可能性がある。法令の観点でいうと、操縦者は危険というリスクを伴って操縦していることと、第三者が入ってはいけないことをきちんと分けて書かれた方がよいかもしれない。(岩瀬委員)

## ■議事2 (2) ドローンを活用した新たな造林技術の実証結果について ①植栽位置の自動マーキングの実証調査結果、②ドローンの運用管理システム

- ・マーキングについて、RTKのフィックスが途中で切れたということだが、実証試験中、周辺に木が覆われていたなど何か原因があるのか。(杉浦委員)

→実証地右側に高い木と竹が生育していた。影響のないような場所に見えるが実証試験中は、右

側に寄ると影響を受けていたので、操縦者も原因が分からず疑問を抱いていた。(事務局)

- ・クラウドに関して、時間的な負荷の軽減という意味でもオルソを外部サービスに作成してもらうのは非常に良い選択肢である。本クラウドサービスを利用した場合、費用がかかると推察するが、それは行政側が負担するという認識でよいか。(杉浦委員)
- ESRIのクラウドサービスは容量が無制限であり、値段は1年で80万円となっているが、1事業者でこの額を負担するのは難しいと考えており、今後も要検討である。(事務局)
- ・マーキングはこれ以上速くなる可能性が少ないなら、これで2000本/haをすべてマーキングすると非現実的。使用方法としては、全植栽位置ではなく、キーとなる場所、もしくはGIS上で測量した、現場で印をつけたい場所にマーキングするといった方法が現実的。また、情報提供としてSABOT for Droneというドローンにスプレー噴射装置をつけて発出されるものが昨年発売されている。(山川委員)
  - ・運用管理システムは、解像度が5cmや10cmでは、下刈りの有無の確認は可能であるが、植栽木に関しては、下刈りで2~3年経過していれば確認可能だが、植栽直後だと厳しい。まずは下刈りの検査をメインに使用すると考えてよいか。(山川委員)
- 植栽後の造林検査も想定している。ESRIジャパンのサイトスキャンであれば解像度が2.5cmでも十分拡大して確認することができる。もっと低空で苗木を撮影するなど様々な条件があると思うが、データが取得できれば使用は可能。(事務局)
- 森林整備事業の申請や検査は、ルール上は全ての施業種で実施可能としている。一方で苗木を判別できるのか、定性間伐での劣勢木の伐採部分を確認することができるのかなど、技術的な課題がかなりあると認識している。これらに関しては技術発展等により、いずれできるようになるという想定でやっている。(林野庁)

### ■議事3 次年度以降の計画

- ・マーキングは現状技術的にかなり苦戦している状況。実際の山の斜面で実施するには難しいと感じる。その他、運搬や運用管理システムについては、来年度もやることはあると考えている。アドバイス等いただきたい。(林野庁)
- ・マーキングに関しては適宜判断をした方がよい。運用管理システムに関しては、下刈りや植栽の状態を判断するために必要な解像度や撮影時のドローンの飛行高度など、実際に申請側が使用する状況になった際の具体的な数値の提示も必要と感じた。苗木運搬用ドローンの汎用性を高めるため、アタッチメントを工夫して、他の活用を検討するというものもあるかもしれない。(山川委員)
- ・現在、ドローンの使用率が高い橋梁点検などのインフラ点検に関しては、撮影した画像の処理が業者の腕の見せ所となっている。今後、画像解析などはドローン会社に依頼してそのデータは今回開発しているクラウドサービスに納められていくのではないかと感じた。橋梁にクラックという割れ目を検出した際は、解像度の高いデータを使用するが、データ数が莫大にならないような処理を行っているが、そうした中間処理も必要になってくると思う。(岩瀬委員)

## 10.2. 文献調査結果

本事業で収集した文献情報一覧は次のとおりである。

造林におけるドローン活用の論文・報告書(海外事例)

No.	論文、報告書タイトル (英語のみ対象)	タイトル和訳	著者名	論文、報告書の発表年 ※2010年以降	ファイル名	drone UAV	①<苗木運搬> ※撮影は対象外、運搬が主。 緑色と水色はどちらもキーワードは必須							②植栽位置の マーキング Planting position	③<播種または種子吹付または緑化> ※台風・土石流など災害で荒廃した土地への播種。 農業系は優先順位低い。			①~③の 類似キーワード	URL
							forestry (re)forestation	plantation	seedling	sapling	carriage	transportation	covenyance		marking	seeding, sowing	seed spraying, spraying (of seed		
1	UAV-Supported Forest Regeneration: Current Trends, Challenges and Implications	ドローンを活用した森林再生の動向・課題・効果	Midhun Mohan, Gabriella Richardson, Gopika Gopan, Matthew Mehdi Aghai, Shaurya Bajaj, G. A. Pabodha Galgamuwa, , Mikko Vastaranta, Pavithra S. Pitumpe Arachchige, Lot Amorós, Ana Paula Dalla Corte ,Sergio de-Miguel, Rodrigo Vieira Leite, Mahlatse Kganyago, Eben North Broadbent, Willie Doaemo, Mohammed Abdullah Bin Shorab, Adrian Cardil	2021	remotesensing-13-02596 (1)	○													<a href="https://www.mdpi.com/2072-4292/13/13/2596/html">https://www.mdpi.com/2072-4292/13/13/2596/html</a>
2	Improving the seed balls via using the Alginate microbeads and Drones for desert greening and reduce deforestation of Earth	アルジネートマイクロビーズを用いた種子球の改良と、ドローンを活用した森林伐採の抑制と砂漠緑化	Magdy Mohamed Niaz Abdou	2020	4 (1)	○													<a href="https://www.researchgate.net/publication/340647618_Improving_the_seed_balls_via_using_the_Alginate_microbeads_and_Drones_for_desert_greening_and_reduce_deforestation_of_Earth">https://www.researchgate.net/publication/340647618_Improving_the_seed_balls_via_using_the_Alginate_microbeads_and_Drones_for_desert_greening_and_reduce_deforestation_of_Earth</a>
3	Possible use of remote sensing for reforestation processes in Arctic zone of European Russia	欧露部の北極圏における森林再生プロセスのリモートセンシングの利用可能性	NA Demina1, AA Karpov VV Voronin1, EV Lopatin1, AP Bogdanov	2018	possible-use-of-remote-sensing-for-reforestation-processes-in-arctic-zone-of-european-russia	○	○												<a href="https://cyberleninka.ru/article/n/possible-use-of-remote-sensing-for-reforestation-processes-in-arctic-zone-of-european-russia">https://cyberleninka.ru/article/n/possible-use-of-remote-sensing-for-reforestation-processes-in-arctic-zone-of-european-russia</a>
4	THE BUSINESS OF PLANTING TREES A Growing Investment Opportunity	植林事業 拡大する投資機会	WORLD RESOURCES INSTITUTE, The Nature Conservancy	2018	business-planting-trees_0	○	○											plant seed	<a href="https://files.wri.org/d8/s3fs-public/business-planting-trees_0.pdf">https://files.wri.org/d8/s3fs-public/business-planting-trees_0.pdf</a>
5	SKY SEED SPREADING SYSTEM (S4)	スカイ・シード・スプレッディング・システム (S4)	Shubham Kumar, Tanmoy Bain, S.Shreya, Mr. T. Thomas Leonid	2020	IRJET-V7I5774-with-cover-page-v2	○													<a href="https://www.academia.edu/44230603/IRJET_SKY_SEED_SPREADING_SYSTEM_S4?from=cover_page">https://www.academia.edu/44230603/IRJET_SKY_SEED_SPREADING_SYSTEM_S4?from=cover_page</a>
6	Designing and Calibration of a Manual Afforestation Drone	植林用ドローンの設計とキャリブレーション	Ritvik Sethi, Shlok Kumar, Deepansh Gupta, Priyansh Kumar Mangal	2021	IJSRT21MAY809	○													<a href="https://iisrt.com/assets/upload/files/IJSRT21MAY809.pdf">https://iisrt.com/assets/upload/files/IJSRT21MAY809.pdf</a>
7	Automated Aerial Seed Planting using Biodegradable Polymers	生分解性ポリマーを活用した空中種まき作業の自動化	Wade Cozens The University of Waikato	2019	thesis	○												Aerial Seed Planting	<a href="https://researchcommons.waikato.ac.nz/bitstream/handle/10289/12765/thesis.pdf?sequence=4&amp;isAllowed=y">https://researchcommons.waikato.ac.nz/bitstream/handle/10289/12765/thesis.pdf?sequence=4&amp;isAllowed=y</a>
8	Seed Plant Drone for Reforestation	森林再生のための種まきドローン	Erico Pinheiro Fortes Bridgewater State University	2017	Seed Plant Drone for Reforestation	○	○											Seed plant drone	<a href="https://vc.bridgew.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://scholar.google.com/&amp;httpsredir=1&amp;article=1033&amp;context=grad_rev">https://vc.bridgew.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://scholar.google.com/&amp;httpsredir=1&amp;article=1033&amp;context=grad_rev</a>
9	DEVELOPING AERIAL SEEDING BY UAVS: LESSONS FROM DIRECT SEEDING	ドローンによる空中播種の開発。直接播種からの教訓	Dia Panitnard Shannon, Stephen Elliott	2020	forru-0000104-0002-en	○		○											<a href="https://www.forru.org/sites/default/files/public/publications/resources/forru-0000104-0002-en.pdf">https://www.forru.org/sites/default/files/public/publications/resources/forru-0000104-0002-en.pdf</a>
10	SMART SEED FOR AUTOMATED FOREST RESTORATION	スマートシードによる森林再生	Simone Pedrini David Merritt Kingsley Dixon	2020	forru-0000099-0021-en	○													<a href="https://www.forru.org/sites/default/files/public/publications/resources/forru-0000099-0021-en.pdf">https://www.forru.org/sites/default/files/public/publications/resources/forru-0000099-0021-en.pdf</a>
11	UNMANNED AERIAL VEHICLES FOR AUTOMATED FOREST RESTORATION	ドローンを活用した森林再生	Pimonrat Tiansawat1 & Stephen Elliott	2020	Chapter2AFR	○							○						<a href="https://www.researchgate.net/profile/Stephen-Elliott-2/publication/350688583_Unmanned_Aerial_Vehicles_for_Automated_Forest_Restoration/links/614b3f56a3df59440ba46d20/Unmanned-Aerial-Vehicles-for-Automated-Forest-Restoration.pdf">https://www.researchgate.net/profile/Stephen-Elliott-2/publication/350688583_Unmanned_Aerial_Vehicles_for_Automated_Forest_Restoration/links/614b3f56a3df59440ba46d20/Unmanned-Aerial-Vehicles-for-Automated-Forest-Restoration.pdf</a>
12	AERIAL ROBOTICS FOR FOREST MANAGEMENT AND SEEDING	森林管理・播種向けドローン	Lot Amorós Jesus Ledesma	2020	forru-0000099-0032-en	○							○						<a href="https://www.forru.org/sites/default/files/public/publications/resources/forru-0000099-0032-en.pdf">https://www.forru.org/sites/default/files/public/publications/resources/forru-0000099-0032-en.pdf</a>

13	THE CHIANG MAI RESEARCH AGENDA FOR ADVANCING AUTOMATED RESTORATION OF TROPICAL FOREST ECOSYSTEMS	熱帯林生態系の再生の推進	Stephen Elliott	2020	forru-0000099-0033-en	○														<a href="https://www.forru.org/sites/default/files/public/publications/resources/forru-0000099-0033-en.pdf">https://www.forru.org/sites/default/files/public/publications/resources/forru-0000099-0033-en.pdf</a>
14	Design and Research Sowing Devices for Aerial Sowing of Forest Seeds with UAVs	ドローンを活用した森林への空中播種を目的とした播種装置の設計・研究	Mikhail Lysych Leonid Bukhtoyarov Denis Druchinin	2021	inventions-06-00083	○														Aerial Sowing <a href="https://www.mdpi.com/2411-5134/6/4/83/html">https://www.mdpi.com/2411-5134/6/4/83/html</a>
15	SOCIAL, ECONOMIC AND LEGAL ISSUES OF AUTOMATED FOREST RESTORATION	森林再生に関する社会的、経済的、法的問題	Pimonrat Tiansawat Jacob Zott Prasit Wangpakapattanawong	2020	forru-0000159-0001-en	○														AERIAL SEEDING <a href="https://www.forru.org/sites/default/files/public/publications/resources/forru-0000159-0001-en.pdf">https://www.forru.org/sites/default/files/public/publications/resources/forru-0000159-0001-en.pdf</a>
16	Recent Advances in Unmanned Aerial Vehicles Forest Remote Sensing—A Systematic Review. Part II: Research Applications	ドローンによる森林リモート播種の動向。システムティックレビュー。第二部：研究応用	Riccardo Dainelli Piero Toscano Salvatore Filippo Di Gennaro Alessandro Matese	2021	forests-12-00397-v2	○														Remote Sensing <a href="https://www.mdpi.com/1999-4907/12/4/397/html">https://www.mdpi.com/1999-4907/12/4/397/html</a>
17	Recent Advances in Unmanned Aerial Vehicle Forest Remote Sensing—A Systematic Review. Part I: A General Framework	ドローンによる森林リモート播種の動向。システムティックレビュー。第一部：一般フレームワーク	Riccardo Dainelli Piero Toscano Salvatore Filippo Di Gennaro Alessandro Matese	2021	forests-12-00327-v2 (1)	○														Remote Sensing <a href="https://www.mdpi.com/1999-4907/12/3/327/html">https://www.mdpi.com/1999-4907/12/3/327/html</a>
18	Precision restoration: a necessary approach to foster forest recovery in the 21st century	高精度な再生：森を育むために必要なアプローチ 21世紀の復興に向けて	Jorge Castro Fernando Morales-Rueda Francisco B. Navarro Magnus L f Giorgio Vacchiano Domingo Alcaraz-Segura	2021	Restoration Ecology - 2021 - Castro - Precision restoration a necessary approach to foster forest recovery in the 21st	○								△						△ = Seedling planting <a href="https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/re.c.13421">https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/re.c.13421</a>
19	Development of UAV technology in seed dropping for aerial revegetation practices in Indonesia	インドネシアにおける緑化を目的とした空中種子投下におけるドローン技術の開発	A Andrio	2019	Andrio_2019_IOP_Conf_Ser._Earth_Environ._Sci._308_012051.pdf	○														Seed Dropping <a href="https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/308/1/012051/pdf">https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/308/1/012051/pdf</a>
20	Seed and Seedling Detection Using Unmanned Aerial Vehicles and Automated Image Classification in the Monitoring of Ecological Recovery	ドローンによる種苗検出と画像自動分類の活用した生態系回復のモニタリング	Todd Buters, David Belton, Adam Cross	2019	drones-03-00053-v2	○														<a href="https://www.mdpi.com/2504-446X/3/3/53/html">https://www.mdpi.com/2504-446X/3/3/53/html</a>
21	Automated Detection of Conifer Seedlings in Drone Imagery Using Convolutional Neural Networks	畳み込みニューラルネットワークによるドローン画像を活用した針葉樹苗木の自動検出	Michael Fromm , Matthias Schubert ,Guillermo Castilla, Julia Linke, Greg McDerimid	2019	remotesensing-11-02585-v2	○														<a href="https://www.mdpi.com/2072-4292/11/21/2585/html">https://www.mdpi.com/2072-4292/11/21/2585/html</a>
22	Aerial seeding of forests in Russia: A selected literature analysis	ロシアにおける森林の空中播種に関する文献分析	A I Novikov, B T Ersson	2018	Novikov_2019_IOP_Conf_Ser._Earth_Environ._Sci._226_012051	○														<a href="https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/226/1/012051">https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/226/1/012051</a>
23	APPLICATION OF A FIXED-WING UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV) IN REFORESTATION OF LEBANON	レバノンにおけるドローンを活用した森林再生	Mustafa SAHIN, M. Tulin YILDIRIM	2011	AIAC-2011-073	○														<a href="http://aiac.ae.metu.edu.tr/paper.php?No=AIAC-2011-073">http://aiac.ae.metu.edu.tr/paper.php?No=AIAC-2011-073</a>
24	Low-Cost Applications of Drones in Seed-Plantation and Plant-Health Analysis	種まき・植物状態分析を低コストにてドローンで実現	Abhijeet Koranne, Chinmay Datar, Sourabh Datar	2017	1497677239_17-06-2017	○														<a href="https://iiritcc.org/download/conferences/ICIIME_2017/ICIIME_2017_Track/1497677239_17-06-2017.pdf">https://iiritcc.org/download/conferences/ICIIME_2017/ICIIME_2017_Track/1497677239_17-06-2017.pdf</a>
25	New technology for encapsulating conditioned seeds to increase aerial seeding efficiency	空中播種の効率を高める調整済み種子のカプセル化新技術に関する開発	N Vovchenko, A Novikov, S Sokolov, E Tishchenko3	2020	Vovchenko_2020_IOP_Conf_Ser._Earth_Environ._Sci._595_012009	○														<a href="https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/595/1/012009">https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/595/1/012009</a>
26	On the Use of Unmanned Aerial Systems for Environmental Monitoring	環境モニタリングのためのドローン利用について	Salvatore Manfreda , Matthew F. McCabe, Pauline E. Miller, Richard Lucas, Victor Pajuelo Madrigal, Giorgos Mallinis, Eyal Ben Dor, David Helman, Lyndon Estes . Giuseppe Ciruolo, Jana Müllerová, Flavia Tauro, M. Isabel De Lima, João L. M. P. De Lima, Antonino Maltese, Felix Frances, Kelly Caylor ,Marko Kohv, Matthew Perks, Guiomar Ruiz-Pérez	2018	remotesensing-10-00641	○														<a href="https://www.mdpi.com/2072-4292/10/4/641">https://www.mdpi.com/2072-4292/10/4/641</a>

27	Unmanned aerial vehicle canopy reflectance data detects potassium deficiency and green peach aphid susceptibility in canola	ドローンによるキャノピー反射率データから検出したキャノピーのカリウム欠乏症とアオドウガネの感受性の変化	Dustin Severtson, Nik Callow, Ken Flower, And	2016	Severtson2016_Article_UnmannedAerialVehicleCanopyRef	○												<a href="https://link.springer.com/article/10.1007/s11119-016-9442-0">https://link.springer.com/article/10.1007/s11119-016-9442-0</a>
28	APPLICATION OF A FIXED-WING UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV) IN REFORESTATION OF LEBANON CEDAR (CEDRUS LIBANI A. RICH)	レバノンスギの森林再生におけるドローンの応用例	Mustafa gAHGN, M. Tülin YILDIRIM	2011	AIAC-2011	○												<a href="https://www.researchgate.net/profile/Mustafa-Sahin-27/publication/320046832_APPLICATION_OF_A_FIXED-WING_UNMANNED_AERIAL_VEHICLE_UAV_IN_REFORESTATION_OF_LEBANON_CEDAR/links/5c2e58f4299bf12be3ab2aab/APPLICATION-OF-A-FIXED-WING-UNMANNED-AERIAL-VEHICLE-UAV-IN-REFORESTATION-OF-LEBANON-CEDAR.pdf">https://www.researchgate.net/profile/Mustafa-Sahin-27/publication/320046832_APPLICATION_OF_A_FIXED-WING_UNMANNED_AERIAL_VEHICLE_UAV_IN_REFORESTATION_OF_LEBANON_CEDAR/links/5c2e58f4299bf12be3ab2aab/APPLICATION-OF-A-FIXED-WING-UNMANNED-AERIAL-VEHICLE-UAV-IN-REFORESTATION-OF-LEBANON-CEDAR.pdf</a>
29	INNOVATION AND ROBOTICS IN FORESTRY WEED MANAGEMENT	林業雑草管理におけるイノベーションとロボティクス	Auld, B. A.	2020	forru-0000099-0020-en	○												<a href="https://www.forru.org/sites/default/files/publications/resources/forru-0000099-0020-en.pdf">https://www.forru.org/sites/default/files/publications/resources/forru-0000099-0020-en.pdf</a>
30	Design and Experimentation of an Aerial Seeding System for Rapeseed Based on an Air-Assisted Centralized Metering Device and a Multi-Rotor Crop Protection UAV	空中集中計量装置とマルチローター農作物保護用ドローンを用いた菜種用空中播種システムの設計と実証実験	Xiaomao Huang,Shun Zhang,Chengming Luo, Wencheng Li, Yitao Liao	2020	appls-ci-10-08854	○												<a href="https://www.mdpi.com/2076-3417/10/24/8854/html">https://www.mdpi.com/2076-3417/10/24/8854/html</a>
31	Research status and development trend of UAV broadcast sowing technology in China	中国におけるドローン播種技術の研究状況および開発動向	Junjie Wan, Lijun Qi, Hao Zhang, Zhong'ao Lu,	2021	2021ResearchstatusanddevelopmenttrendofUAVbroadcastsowingtechnologyinChina	○												<a href="https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=52274">https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=52274</a>
32	Drones for Conservation in Protected Areas: Present and Future	保護地域における保全のためのドローン活用の現在と未来	Jesús Jiménez López, Margarita Mulero-Pázm	2019	drones-03-00010-v2	○											△ = Seed planting	<a href="https://www.mdpi.com/2504-446X/3/1/10/html">https://www.mdpi.com/2504-446X/3/1/10/html</a>
33	Practical Applications of Drones in Natural Resources: Where We Are and Where We're Going Public Deposited	天然資源分野におけるドローンの実用化の現状と未来	Carrier Andrew	2020	MNR561_CapstoneFinal2	○												<a href="https://ir.library.oregonstate.edu/concern/graduate-projects/9w032952g">https://ir.library.oregonstate.edu/concern/graduate-projects/9w032952g</a>
34	Seed use in the field: delivering seeds for restoration success	フィールドでの種子利用：再生を成功に導く種子供給	Nancy Shaw,Rebecca S. Barak,Ryan E. Campbell,Anita Kirmer,Simone Pedrini,Kingsley Dixon,Stephanie Frischie	2020	Restoration Ecology - 2020 - Shaw - Seed use in the field delivering seeds for restoration success	○												<a href="https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/rec.13210">https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/rec.13210</a>
35	Using technology to improve the management of development impacts on biodiversity	生物多様性への影響管理を改善する技術活用	Thomas B. White,Leonardo R. Viana,Geneviève	2021	Bus Strat Env	○												<a href="https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/bse.2816">https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/bse.2816</a>
36	THE NEW METHOD OF FORESTATION AUTOMATION WITH UAV AND THROUGH-THE-AIR SEEDLING DELIVERY TECHNIQUE BASED ON THE LIDAR GENERATED LAND SURFACE MODEL OPTIMIZATION	LiDARによる地表面モデルの最適化に基づくドローンと空中苗木搬送技術による新植林方法	D.V. VERHULIESOV	2021	03_21_Verhuliesov	○						△						<a href="http://www.immsp.kiev.ua/publications/articles/2021/2021_3/03_21_Verhuliesov.pdf">http://www.immsp.kiev.ua/publications/articles/2021/2021_3/03_21_Verhuliesov.pdf</a>
37	Tree Planting for Corporate Social Responsibility: A guide for prospective investors	企業の社会的責任としての植林（投資家用ガイド）	Traci Warkentin	2020	MESMP03462_Holloway_E	○												<a href="http://130.63.180.190/xmlui/bitstream/handle/10315/38364/MESMP03462_Holloway_E.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y">http://130.63.180.190/xmlui/bitstream/handle/10315/38364/MESMP03462_Holloway_E.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y</a>
38	Opportunities and Challenges for the New Zealand Forest Industry	ニュージーランドにおける林業の機会と課題	Mike Baker	2018	Baker-Mike-Mechanisation-of-Silviculture-Report	○												<a href="https://ruralleaders.co.nz/wp-content/uploads/2018/11/Baker-Mike-Mechanisation-of-Silviculture-Report.pdf">https://ruralleaders.co.nz/wp-content/uploads/2018/11/Baker-Mike-Mechanisation-of-Silviculture-Report.pdf</a>





### 10.3. ヒアリング結果

---

日 時：令和3年8月4日（水）

対象者：ヤマハ発動機株式会社 UMS 事業推進部 営業部 サービス・安全普及 G

村川 明稔

実施者：日本森林技術協会 中村俊彦、福沢朋子、大萱直花

#### ➤ 農薬散布用ドローン（シングルローター）について

- ・稼働時期は苗を植えてから夏の間と短い。
- ・操縦者は農家自らの場合が多く、繁忙期以外は農作業を行っている。（機体は空いている。）
- ・機体の保有形態は、操縦者（農家）自らが保有する場合、複数農家で保有する場合、農協が保有する場合などがある。
- ・農薬散布用ドローン（シングルローター）はマニュアル操縦で、操縦者との距離は 150m までとしている。（150m 以上飛ばしている人もいるようだが、メーカーとしては安全上、勧めていない。）
- ・送信機と機体はペアリングされており、操縦者を飛行途中で切り替えることはできない。
- ・農薬散布は物件投下に該当する。農林水産航空協会が一括で申請している。

<http://www.j3a.or.jp/>

#### ➤ 資材等運搬の実証について

- ・資材等運搬には自動運航機を使用している。農薬散布用のマニュアル機より高額であり、実証機としての扱いになっており、全国に数台しかない。
- ・西日本スカイテック株式会社（ヤマハ発動機株式会社のグループ企業）が九州電力と共同で鉄塔整備の資材運搬を行っている。

<https://global.yamaha-motor.com/jp/news/2018/0806/fazer.html>

- ✓ 離発着地点にそれぞれ操縦者を配置し、離発着はマニュアル、地点間の移動はプログラムによる自動運航となっている。
- ・JAL と共同で長崎県五島列島の魚の運搬実証を行った。

<https://press.jal.co.jp/ja/release/202002/005503.html>

- ✓ 海上飛行は静岡県のヤマハ発動機都田事業所より衛星通信経由で遠隔操作を実施。離陸及び着陸は現地にてマニュアル操作。
- ・荷下ろしは着陸が原則だが、事例としては、火山への地震計の設置・回収などがある。
- ✓ 設置地点は無人、機体から吊り下げて切り離し設置。マジックハンドのようなもので回収。

#### ➤ 農薬散布用ドローン（シングルローター）の林業分野での活用に向けた課題

- ・普及機は有視界飛行マニュアル操作、操縦者切替ができない、など林業分野との併用は難しい。
- ・荷下ろし地点には着陸すること（ある程度の広さの平坦地）が必要と考えられ、林業分野への

適用は難しい。

- ・自動運航機はまだ普及していないが、今後運搬・物流への導入が本格化することになれば、様々な分野での運搬業務により稼働率を上げていくことは必要と考えられる。

---

日 時：令和3年9月3日（金）10:00~12:00

実施場所：株式会社山進本社

対象者：代表取締役 山崎進一氏、見城 健氏

実施者：日本森林技術協会 宗像

### ▶ 林業関係の聞取り

- ・業務としては、ドローンスクール、農業用の農薬散布、シカ柵等運搬、マゼックス販売代理店等を行っている。主要な業務は農薬散布である。
- ・元々、農業分野でマゼックスの販売代理店を行っており、以前からマゼックスの農薬散布用ドローンは使っていた。令和2年3月からマゼックスの林業分野の代理店となった（もりとができたのがその頃なので、代理店もその時期からとなる）。自社で森飛(morito)を購入したのもその時期となる。
- ・ヤンマーの無人ヘリは、平成3年から農薬散布で使っていた。
- ・森飛(morito)購入当初はまったく仕事が無く、特に、関東以北では需要がなかった。九州の森林組合にデモだけでもやらせて欲しいとDMを送ったが、まったく反応がなかった。
- ・成和商事がシカ柵において90%以上のシェアを取っていることから、運搬事業のシェアがあるのではないかと思いをもち掛けた。令和2年の6月から事業を一緒に行うこととなった。
- ・宮崎の森林組合などは、5~6回デモのお願いしても受けしてもらえなかったものが、成和商事を通すと一発で受けしてもらえた。そうしたことから、業界に精通している組織と組むことは意味がある。
- ・受託先への見積もりなどは、(忙しくて見積もりを作っている暇がないこともあるが)、成和商事から出してもらっている。多分、成和商事から資材代金+運搬代金で見積もりが出ていると思う。
- ・シカ柵資材運搬に関しては、成和商事以外とは行っていない。
- ・令和3年度で、林業分野のシカ柵資材運搬で、年間の稼働日数(出張日数)は90~100日程度になると思われる。
- ・林業分野の繁忙期は10月~3月頃、農薬散布のピークは4月~8月頃となっている。
- ・東京チェーンソーズの依頼で苗木運搬を行ったこともある。ヘクタール当たりは何箇所も場所を変えておくこととなり、等高線方向は人力運搬ができるので、高さを変えて置いて欲しいと依頼を受けた。
- ・林業用ドローンとしては、マゼックスの森飛(morito、2オペ)を1台保有している。
- ・現地での配備は、ドローン1台、発電機2台、充電器2台、バッテリー6台(2台は予備、4台で回している)となっている。
- ・シカ柵運搬の操縦は2名で行っている。シカ柵運搬を行える職員は会社に4人いる。
- ・苗木やシカ柵運搬以外では、架線の引き込みロープや滑車の運搬を行ったことがある。また、シカ柵のポールを打設する機械なども運搬したこともある。
- ・森飛(morito、2オペ)は、カタログ上では15kg運搬可能となっているが、国交省の申請では10.8kgまでとなっている。
- ・森飛(morito、1オペ)では、8kgまでとなっている。ウインチの能力により荷重に制限がある。

- ・現場作業は、平均1日～3日/現場程度である。作業時間は、現場の作業者の時間に合わせるが、実働で9時～15時くらい。場合によってはスタート時間を早める場合もある。
- ・1日当たりの経費（操縦者2名+ドローン資材）は、凡そ30万円/日程度である。
- ・1日当たりの運搬回数は、1時間に10フライトが目安となっている。1日で70フライト程度か。目安として、距離に関係なく1フライト5分、インターバル1分と見ている。運搬量は1日で700～1000kg程度はいく。
- ・業務範囲は、比較的四国や九州など西日本に偏っている。東北地方は基本的に造林の仕事自体が少ない。宮崎県、高知県、徳島県などが多い。特に徳島県は高齢化が進んでいるので、今後もあるかもしれない。基本的に事業を立ち上げたばかりなので全国どこでも行くスタンスでやっている。
- ・バッテリーは、メーカーでは200回の充放電が限界となっているが、2年たっても使い続けている。但し、農業用のバッテリーとは分けている。農業用は暑い時期に充電するのでダメになる割合が速い。
- ・基本的に荷物を運搬するフックは、テンションで外れるタイプを使用している。他の機首では普通のフックを使い、荷下ろしの際に、機体の下に人が入って荷外しをするタイプのものもあるが、当社では安全面から行わない。有人のヘリコプターでもプロペラの下に人が入ることが禁じられているのに、無人飛行機ではOKというのはいり得ない。仮にフックがテンションで外れなかった場合は、離着陸場まで戻ることとなる。手で外すならば一度着陸する必要がある（先山では平地がないので実際は困難）。
- ・資材運搬の際の飛行高度については、先山の操縦者の目線の高さになるように高度を上げると確認がしやすく、操縦者の切り替えがスムーズに行える。
- ・2オペの切り替えの際は無線が重要である。ブルートゥース無線機、次にアナログの特定小電力無線機、最後は、5w無線機を使うこととなる。5w無線機は同時通話ができない（ブルートゥース無線機、アナログ特定小電力無線機は同時通話可）ので最後の選択肢となっている。操縦者の間に尾根等があっても、アナログ無線機の1W程度であれば問題なく通じる。
- ・ドローンのバッテリー消費については、単体で飛ばす場合は、高度を上げるより下げる時に最もバッテリーを消費する。資材を運搬しての場合は、荷重がかかる分、高度を上げる際にバッテリー消費が大きくなる。
- ・資材運搬を行う場合、前日に図面を見せられて説明を受けることとなる。現地確認などを行う場合は費用が掛かってしまうので、基本的には打合せ程度としている。現地を確認する場合も、前日入りした際に、離発着上の確認程度（費用が掛からない程度）に留めている。
- ・2オペで、資材運搬を行う際、離発着場所に操縦者1名+作業員（発注者側、荷かけ要員）、先山では操縦者1名+作業員（発注者側、案内要員）といった体制となっている。

## ➤ 農業関係

- ・農薬散布用に、ヤンマーの機体（シングルロータ、ガソリンエンジン YF390AX 系統の機種）を2台、マゼックスの飛助（農薬散布用、マルチロータ）を2台保有している。（ちなみに、パンフレットでは、基本価格は、ヤンマーYF398AXは1250万円(税込)～、マゼックス飛助は84万円(税抜)～となっている。）
- ・ヤンマーの機体を選択した理由としては、有人ヘリを用いるか、ヤンマーの無人ヘリを使うか

の他に選択肢がなかったから。

- ・当初はヤマハの無人ヘリしかなかったが、ヤマハの無人ヘリの OEM としてヤンマーの無人ヘリが発売された（ヤマハの無人ヘリと同じもの、カラーリングが変わっただけ）。
- ・4-5年前当時は、6枚、8枚ローターが主流であり、4枚ローターで農林水産航空協会の認可を取っている機種がマゼックスの他に無かったため。
- ・マゼックスは当初、農林水産航空協会の認可を取っていなかった。認可を取った段階から代理店を引き受けることとなった。
- ・4枚ローターのメリットとしては、部品数が少ないので、故障頻度が少ないこと。6~8枚ローターに比べ、プロペラが大きいことから、ダウンウォッシュが大きくなり、降下気流の中に農薬を留めて散布する能力が高いため。
- ・ヤンマーの無人ヘリとマゼックスの飛助では価格に大きな開きがある。管理の手間を考えると、あまり違いは無いが、バッテリーの管理分だけ、マゼックスの方がやや手間がかかると言える。
- ・ヤンマーの無人ヘリは、ガソリンを満タン（7ℓ程度？）にすると、条件の良い場合で1回の飛行で8町歩ほどの散布が可能である。
- ・マゼックスの飛助は、スペック的には30分の飛行が可能となっているが、当社では1回の飛行を10分程度としている（バッテリーを70%以上で交換、充電することが効率的であるため）。条件の良い場合で、1回の飛行で1町歩程度の散布が可能である。
- ・農薬散布の効率性については、ヤンマーの無人ヘリの方がマゼックスよりかなり効率が良いと考えられる。
- ・農薬散布の繁忙期は4月~8月頃であり、この間の稼働日数は60~70日程度である。一般的には日の出から9時位までの散布であるが、実際は、日の出から夕方くらいまで散布を行っている。
- ・ヤンマーとマゼックスの使い分けとしては、客先のニーズに応じて対応している。住宅地付近での散布を行う場合、ヤンマーはエンジン音がうるさいので、静かなマゼックスで対応する場合がある。
- ・農薬散布を行う場合、基本的にヤンマーの無人ヘリを主に用いている。上記のような理由がある場合にマゼックスのドローンを用いている。
- ・閑散期になる8月以降は、農業用ドローンは用いられていない。但し、マゼックスのドローンはドローンスクールで講習用に使っている（200時間/年程度）。
- ・ヤンマーの無人ヘリの年間の維持費について、ガソリン代等を別にして、維持費（保険費用+点検費用など）として、大体軽トラ1台分の価格がかかる（100万円以上）。本体価格が1500万円程度なので保険料などがかなりの価格となっている。
- ・マゼックスの方は、維持費（保険費用+点検費用など）で20万円程度（保険だけで7~8万円）かかっている。
- ・農薬散布とシカ柵運搬の違いについて、農薬散布においては、周囲に電線や電柱などの障害物があるので、これらを避けつつ作業を行うことになる。また、マゼックスの場合で稲から2m程度の高さで均等に散布しなければならない（無人ヘリは3~5m程度）。さらに、散布幅も4m程度で均等に行わなければならないので、かなり神経を使う。一方、シカ柵運搬は、何かあった場合でも、高度を上げさえすれば上空には何もないので、農薬散布に比べ容易である。但し、農地は平坦なのでバッテリーの減り方が均一であるが、林地は飛ばす距離や高度、荷物によって

バッテリーの減り方が均一ではないことから、バッテリー管理が難しい。

- ・当社では農薬散布の際、無人ヘリの GPS を切って操作している。ホバリングもマニュアル操作で行っている。一方、マゼックスは GPS を用いているので、手を離せば自動的にホバリングする。農薬散布の際、無人ヘリの高さや移動幅も完全にマニュアルでの操作となっている。操作的には無人ヘリの方が難易度は高い。
- ・マゼックスのドローンで、農業用と林業用でアタッチメントの交換はできない。それぞれの用途で購入する必要がある。
- ・無人ヘリを山で使う可能性については、標高の低い平坦な山であれば可能であるが、標高が高く空気が薄いところでは無人ヘリ(シングルローター)は空気がかけず、パワーが出なくなる。また、墜落した際、ガソリンをばら撒くことになり、山火事の危険性もある。山での運搬にはマルチローターのドローンが適していると思われる(空気が薄くなるとドローンも動きや反応が緩慢になるが)。操縦がマゼックスに比べ、無人ヘリの方が難しい点も挙げられる(無人ヘリは1オペ仕様)。
- ・無人ヘリもマゼックスのドローンも、携帯電話の圏外でも操縦は可能である。
- ・新たに林業分野に参入する際は、無人ヘリを流用するより、マゼックス森飛(morito)のような林業専用機を使う方が、作業が安定して良い結果が得られると考えられる。無人ヘリがまったく使えないわけではないが、効率性が低くリスクも高い。
- ・林業分野における課題について、農地と違い、林地はバッテリーの減り方が均一ではないことから、バッテリー管理ができる技術者が求められる。バッテリーの容量は%表示ではなく、電圧(V)で表示されることから、電圧の数値を%に変換して把握し、交換のタイミングなどを見極める必要がある。バッテリー管理に失敗すると、効率性が著しく低下するほか、墜落の危険性もある。
- ・今後ドローンの運搬等が拡大するためには、安全面からドローンの免許制度の確立が重要と考えられる。
- ・現在、農業用ドローンを購入しても、特に免許等が必要無いことから、講習等も受けずに、飛ばしてしまう人が見られるが、そうした人たちは事故を起こす割合が高いと思われる。
- ・成和商事とともに、日本森林ドローン協会を立ち上げたところである。そこで、安全教育や機体の登録(どの機種なら安全に運用できるかなど)などを行いたいと考えている。また、資格取得なども考えている。
- ・林業用のドローンは、ただ単体で飛べるだけではだめであり、荷物を運搬持った状態で安全に飛行できなければならない。現在使われているドローンの中には、荷物を持った際に、安定しない機体や暴走する機体も散見される。安全な機種の選定も協会で行いたいと考えている。
- ・運搬用ドローンの中には、機体の下に人が入る(人が荷物のフックを外す)ことをスタンダードにしている機種もあるが、安全面から考えて当社では考えられない。そうしたところも今後改善する必要がある。
- ・ドローンの運搬重量について、1回の運搬重量が少なく、多くの回数を運ぶということは、それだけ事故のリスクも高くなる。一度に大量の資材を運べる方が事故のリスクは低くなると考えられる。
- ・成和商事と共同で、一度に25kgの資材を運べるドローンを開発している。国交省の申請も39.5kgまでの運搬の許可が取れている。実際には、39.5kgも運搬可能だが、バッテリーが3分しか持たないので、25kgまでとしている。運搬重量については現場で多くの人に聞き取りを行い、要望



を基に 25kg まで運搬する仕様とした。実際には、25kg 以上の資材を運搬しても、先山で人が運べなければどうしようもない。

- ・販売代理店として、マゼックス森飛(morito)を、都内では、立山産業株式会社と株式会社山恵に納品している。また、長野県のストーンモリスにも 1 台納品した（機種は森飛(morito)ではなく M1000）。

以上

※ カタログより

【マゼックス 飛助】

価格：84 万円(税抜)～、機体総重量：14.9kg、最大離陸重量：24.9kg、バッテリー重量 3.8kg  
最大ホバリング時間：30 分、寸法：272×202×118.6mm、農薬タンク容量：10ℓ、※スペック上はバッテリー 1 本で最大 2ha の農薬散布が可能となっている。

【ヤンマー YF398AX】

価格：1260 万円(税込)～、機体総重量：71kg、最大離陸重量：24.9kg、ガソリンエンジン：390cc、燃料：5ℓ、最大ホバリング時間：30 分、寸法：全長 3665×全高 1078×全幅 770mm、農薬タンク容量：32ℓ、1 オペ仕様

---

日 時：令和3年10月1日（水）13:30～14:45

対象者：株式会社エレパ 川村様、山本様、松山様

実施者：日本森林技術協会 宗像、宮下、中村、篠原

➤ **取り扱っているドローン、ドローンの活用用途について**

- ・用途として運搬用や撮影用、農薬散布用の他、水中用ドローンも取り扱っている。
- ・高知県ではスマート農業推進や、森づくり推進課によるスマート林業支援（補助事業）があるため、ドローンの使用用途としては、農薬散布もあるが、圃場の把握や造林面積の正確な把握を目的とした画像解析を行うための撮影用途が多い。

➤ **林業分野へのドローン活用・提供サービスについて**

- ・林業分野では業務内容から必要となるドローンを使い分けている。①空撮用には小型ドローン（Phantom, Mavic）、②架線のリードロープや滑車運搬には中型ドローン（Inspire）、③苗木や資材運搬には大型ドローン（森飛, M2200）が活用され、(株)エレパではいずれのドローンも取り扱っている。小型・中型ドローンは DJI 社、大型ドローンはマゼックス社の製品を主に取り扱っている。
- ・今後は画像解析やレーザ計測等の需要も多くなると考えられ、そうした用途を目的としたドローンの需要も出てくると考えている。前はレーザスキャナが2, 3千万位していたが、最近ではドローンとソフトをセットで5, 6百万円代で提供できるような状況になっている。
- ・提供サービスについては、店頭販売、講習（安全管理、農林業への活用）、空撮、運搬等を行っている。アフターサービスは、1年点検を行っている。
- ・苗木等運搬について高知県では24の森林組合があり、既に14の森林組合が業務のためにドローンを購入・導入しているため、請負サービスの需要はあまりなく、講習がメインの事業となっている。
- ・民間の林業事業者も4社がドローンを導入している。
- ・県や市町村等の地方自治体からは、ドローン導入の問い合わせ等はなく、ドローン活用の需要は現場で直接作業に従事している森林組合や林業会社などの林業事業者にあると考える。
- ・多くの林業事業者でドローンを導入されているのは、①高知県の地形が険しいこと、②林業大学校でドローンの活用講習をしていること、③作業道が少なく運搬車両が入れない場所が多いこと、④購入にあたって補助金が活用できたこと、が考えられる。
- ・架線を活用して苗木・資材を運搬できないかという話もあるが、架線による木材搬出作業は別の業者が行うことが多く、作業が終わるとすぐに撤去し別の現場に向かうため、苗木運搬時期まで設置したままにできないという課題がある。
- ・また、仮に架線が使えたととしても1箇所苗木を運搬することになり、ドローンのように植栽しやすいように適宜場所を変えて複数箇所に運搬することができないという課題がある。
- ・林業用ドローンについては大型ということもあり、操縦の講習ではまず小型ドローンの操縦に慣れてもらい、徐々に大型ドローンの操縦ができるよう指導し、安全管理はもちろん、現地での講習も実施している。

➤ 苗木等運搬に使用するドローンの特徴、その際の作業体制について

- ・苗木等運搬には、主にマゼックスの森飛と M2200 を取り扱っている。尾根を挟んでも電波が拾えて現場の地形を選ばないことや操縦者の精神的負担の軽減、安全確保の点からいずれも 2 オペタイプを推奨し、販売している。また 2 オペタイプの方がペイロードが少し大きいという利点がある。
- ・M2200 については、20kg を運搬できる、森飛より大型のドローンであるが、ペイロードが 20kg を超えると機体の安全性の基準が厳しくなるためプロペラを 6 枚羽にしているほか、モーターの 1 つに不具合があった場合、対角にあるモーターが止まり、4 枚羽で戻ってくるようにしている。また自動フックについては森飛よりも強度を大きくしている。
- ・M2200 のバッテリーは 6kg で森飛の 4kg よりやや大きくなっているため、飛行時間は森飛とほとんど変わらない (10~15 分位)。
- ・M2200 はカスタムモデルであり、バッテリー 4 つをつけて 330 万円程度である。
- ・森林組合では 3 組合が森飛を導入し、11 組合が M2200 を導入している。
- ・現場での操縦体制については森飛及び M2200 (いずれも 2 オペタイプ) 共に、発着地点、荷下ろし地点それぞれに操縦者 1 人、補助者 1 人の計 4 人体制を推奨している。2 オペレーションの方が、現場の形状にとらわれず、柔軟性が高いメリットがある。

➤ 農業用ドローンやその操縦者の林業分野への活用について

- ・農業用ドローンについては、高度 30m 以上を飛ばせないものがあるなど、制約があるほか、平地と山間地の地形がかなり異なるため、そのまま農業用ドローンを林業分野で活用するには課題が大きい。また操縦者に求められる技術も異なる。

➤ 林業分野での今後の展望について

- ・林業用ドローンについて、需要のあったところには既に売り終わっている状況のため、今後はレーザ計測等、ドローンを活用して森林を見える化するサービスにつなげていきたいと考えている。

➤ その他

- ・ドローン運搬した苗木の植栽について、高知県では通常 5 人程度、多くて 10 人程度で植栽し、1 日 1 人あたり 200 本程度植栽するようである。
- ・高知県でのドローン運搬では荷下げは聞かないため、荷上げがほとんどと思う。荷下げの技術的な難しさについてはわからないが、荷下げの場合は高さの感覚が掴みにくいため、GPS の捕捉がしづらくなる可能性は考えられる。
- ・造林地が伐期を迎え、伐りやすい箇所から伐採されていくため、地形が厳しい場所が最後に残り、今後ドローンの需要がより高くなると考える。
- ・四国森林管理局の話では、林業地では高知県が最も地形が厳しいとのこと。高知県の林業地で出来ることは、日本全国どこの林業地でも出来ると言われている。

---

日 時：令和3年10月1日（水）

対象者：株式会社サイトテック 秋山様・田中様、C&R株式会社 春山様

実施者：日本森林技術協会 宗像、宮下、中村、篠原、福沢

➤ **取り扱っているドローンについて**

- ・林業地での汎用性を高めるための 20 kg以上運べる機体や、30 kg以上持ち上げることが可能な重量物運搬用の機体等、大型ドローンに特化した開発を行っている（ドローンを開発して 11 年。6～7年前に大型ドローンに特化）。
- ・ユニット交換出来るのが特徴のひとつ。アタッチメントを替えて運搬とか散布に使用している。取り付けるユニットにもよるが、ユニット交換した後も、チャンネルに空きがあれば同じプロポで行える。

➤ **林業分野へのドローン活用・提供サービスについて**

- ・電力会社関連、測量機器及び建設資材の運搬。昨年度から苗木運搬も実施。また、架線を張るのにも使用。
- ・デモフライトや依頼されて苗木や資材運搬を実施するケースが多い。
- ・セミナーを実施（業務によって課題は異なる）。

➤ **苗木等運搬に使用するドローンの特徴、その際の作業体制について**

- ・苗木等運搬には YOROI 6S1750F（20~30kg 運搬可）をメインで使用している。操縦は GPS が途切れて操縦不能になる可能性があるため、自動操縦をメインとしている。
- ・YOROI 6S1750F は操縦性や安全性が高いため、販売において推奨している。YOROI 6S1750F の価格はバッテリーや機能をどの位搭載するかによるが 500~700 万円位。バッテリーは 3 本必要。なお、より重量物を運搬できる YOROI 12D1750F では 6 本必要。
- ・YOROI 12D シリーズで 40kg の荷物を積んだ場合、バッテリーで 7 分半程度飛行することができる。往路は 25km/時、復路は空荷のため 30km/時程度で飛行させている。
- ・ドローンを飛行させる際には、事前に現地の調査を実施し GPS の入り具合等からマニュアル操作ができるなどを含めた確認を実施している。また、電波の入り具合を確認しながらフライトプランを立てている。自動で全部できるのか、途中からマニュアルに変える必要があるのかを予め確認している。
- ・荷を下ろす際は、ドローンの真下には安全面から人は入らないようにし、木が倒れている等で着地が困難な場所では 5m 以下の高さまで降下し、電動で荷を切り離し落下させることもあるが、荷物が地面に接地したら切り離す場合が多い（この場合落下にはならない）。荷下ろし場所の条件等により、リールで降ろす方法、着地させてから切り離す方法もある。
- ・1 オペでも実施出来るが、日本製のプロポの電波が 800m~1km 程度であるため、荷下ろし地点側で切り離し操作を行った方が確実なことや、荷下ろし地点の植栽作業者の安全面を考慮して可能な限り 2 オペで実施。2 オペの場合、常に無線連絡を行っている。
- ・また、荷下ろし地点に操縦者ではなく連絡係を配置し、現地の状況無線連絡し、1 オペでどンドン行っていく場合もある。

- ・作業体制は操縦者以外に安全運航管理者兼を1人つける（1オペの場合2人体制、2オペの場合3人体制）。
- ・準備作業は前日に行う。内容は、機体チェック（ゆるみの有無等）、バッテリーの充電、試運転（上昇させる、左右に動かす等して普段と変わらない動きをしているか確認するほか、2~3往復してバッテリー残量、モーターの発熱具合の確認等を行う）。準備時間は10~20分。その他、依頼者側の朝礼やKY活動、打合せ等があるため、現地に到着してから作業開始までは30分程度かかる。
- ・1回の苗木運搬にバッテリーは30本程持参する。バッテリー量が30%まで減少したら交換し、そこから満充電まで充電するには50~60分程度かかる。なお1つの充電器（1260W）で2つ充電が可能。
- ・作業時間の例：岐阜の植栽地（高低差50m）、20kgの苗木を1回のバッテリーの容量（15分程度）で8往復させた。1往復ごとにバッテリーの交換・点検も実施するため15分程度かかる。
- ・シカ柵の資材も運搬するが、形状が不ぞろいであるため、運搬には吊るし方の工夫が必要である。
- ・山林は目視内で飛ばせる場所が少ない。プログラム飛行でクリアして次の人に繋げるのが効率的。

#### ➤ 農業用ドローンやその操縦者の林業分野への活用について

- ・農業用のドローンの操縦者が林業用ドローンで操縦するのは難しいため練習を積む必要がある。操縦のセミナーを実施しているが、空撮と運搬では揺れも違い、かなり操作性（操縦方法）が異なる。
- ・植栽の作業は急に実施してくれとお願いされることも多いため、農業用の操縦者の派遣は林業にマッチングするかは疑問。操縦技術、バッテリーの管理が難しいため、自治体でドローンを購入して管理するのは難しい。

#### ➤ 林業分野での今後の展望について

- ・苗木運搬以外の林業分野のサービスに関しては、林業資材や架線などの運搬等だと考えられる。

#### ➤ その他

- ・今年になって補助金を利用してドローンを購入される事業者さんが増えてはきている。
- ・リポバッテリーがフライトでネックになるので、エンジン（軽油・灯油ゆくゆくは水素・カーボンニュートラル）で発電をし、1時間フライトできるようなドローンの開発を目指す。エンジンが停止した時のためにバッテリーも搭載する予定。
- ・汎用性ドローンを作製するにはCPUに複数の作業を覚えこませないといけないが、開発費等の変更は操作の方法による。
- ・全自動よりも半アナログの方が現場で喜ばれる。
- ・運搬可能な重さに資材をばらす手間が面倒であり、20kgくらい運べると用途が広がるということで汎用性の高いドローンを開発した。
- ・距離よりも高低差のある所で、ドローンを使って重い荷物を運ぶ時に現場で重宝がられた。

---

日 時：令和3年10月29日（金）

対象者：山梨県 森林総合研究所 森林研究部 資源利用課 大地純平 研究員

実施者：日本森林技術協会 大萱、中村、篠原、福沢、上村

➤ ドローンを活用した林業用架線リードロープ設置研修について

- ・初回は3年前、リードロープの設置に興味がある人の要望により、県の振興課経由で話があり、およそ半日程度で実施。法律の説明等、軽く触れる程度に座学も行った。県と市町村職員、民間の林業事業体から、20~50代の10人程度が参加。
- ・2回目以降は架線の作業責任者研修内で実施。年1回15日間の研修の中でのあくまで技術の紹介という形で、ドローンでリードロープを設置する様子を約1~2時間実演・解説している。架線の研修がメインなので法律等に関してはあまり説明していない。民間の林業事業体から7~8人、行政からオブザーバーとして1~2人の計10人程度が参加。
- ・研修の受講生からは、林業分野でのドローンの活用は有効であると思うが、まだ黎明期で浸透しておらず、県全体でも架線運搬が少ないためか、手が出しづらく、導入はまた別の話になるとの意見があった。
- ・研修中は、物件の投下や悪天候、風による墜落等、特に安全性や法律の部分に配慮して行っている。
- ・その他、企業・団体等から外部講師を1日招き、UAVを用いた森林観測技術の専門研修を行っている。技術の紹介がメインで、林業関係者に限らず参加者を募集している。初回は50人程度の参加者おり、その後も30~40名程度の参加であったが、昨年度はコロナの影響で10数名の参加であった。

➤ 研修に活用しているドローンについて

- ・機体はDJIのPHANTOM4 PRO V2.0に、物件投下ができるアタッチメントをつけて使用。
- ・リードロープを張る下準備用の軽量のロープを運搬している。取り外しはアタッチメントで操作している。元々機体に付属している前後を表示するライトを利用し、ライトのON、OFFをスイッチにしてアタッチメント操作を行っている。
- ・運搬用の機体ではないため、300~500g程度の物しか運搬していない。運搬用の大型ドローンは金額が高く、事業体の方では導入は難しい。

➤ 山梨県の自治体や林業事業体でのドローンの活用状況について

- ・県有林が多い関係で、県全体として運搬には車両系が中心であるが、急傾斜地では架線が必要になるため、県としては一定数の架線集材に携わる技術者を確保していきたいと考えて研修を実施している。
- ・(株)山梨中央林材がサイトテック(株)の機体を購入して、架線リードロープや滑車など重量物の運搬に積極的にドローンを活用している。
- ・北杜市にある(有)天女山では森林計測用にRTKのドローンを活用して、撮影から作図、計画、作業を行っている。レーザー機の購入、解析用ソフトの導入など、ドローンの活用は積極的に、今後、伐採や整備に加え、調査業務もやっていく展望があると聞いている。

- ・ドローンの購入に関して、県の森林系からの補助金等はないが、国からの助成金や県の産業振興系の助成金を利用しているところはある。
- ・林業事業体では、現場の撮影やオルソ画像等の作成くらいまでを行っている。画像データの解析等、それ以上の作業は業務に支障が出ると思われる。
- ・苗木の運搬などになると、大きい機体になり、林業事業体では扱いが難しい。大型機体の購入は金額やメンテナンス、法的制限に係るデメリットが大きく感じる。
- ・普段、建築系の撮影用に使っているドローンを山や森林系の調査にも活用したいという話は聞く。また、(株) サイトテック (株) では運搬用の機体を自社開発しているため、林業の運搬用アタッチメントや農業用の農薬散布機などを付け換えることは可能と思われる。林業・農業など業界を超えた使い道を考える必要がある。
- ・様々な分野でも扱いやすい中型の機体を流用していく形が理想的であるが、林業分野では、どうしても重い物を運ぶことが多いため、なかなか利用が難しい。
- ・今後、ドローンの使用が免許化されるなど、扱いが変わってくる可能性も考えられるため、事業体としては小型の機体でも可能な撮影とオルソ化の業務に留まり、その先の業務は専門のドローン業者に委託するような形もあると考えている。

#### ➤ 今後の展望について

- ・今後の研修の展望としては、森林観測に加えて、運搬などのドローンを活用した新しい技術を紹介していきたい。また最近、ドローン専門の業者が増えているので、そちらとも連携していきたい。
- ・草刈り機にカメラを取り付け、リモート操作で草刈りや運搬が可能な UGV(Unmanned Ground Vehicle)の活用も視野に入れている。

#### ➤ ご提供いただける資料等

- ・研修等の報告資料を提供できると思われるため、担当の者に確認し連絡する。



---

日 時：令和3年12月21日（火）

対象者：阿蘇森林組合 課長 檜木野 真也 様

実施者：日本森林技術協会 中村（電子メール）

## ヒアリング項目

1. ドローンの活用用途、使用しているドローンについて
2. ドローンの運用方法について
3. 苗木等運搬を実施する際の作業体制について
4. 今後の展望について
5. ご提供いただける資料等（苗木等運搬実施の際の歩掛データ等）

### 1. ドローンの活用用途、使用しているドローンについて

・森飛2 オペはどのような用途に活用しているか（苗木運搬、鹿柵運搬、架線運搬等）

⇒回答）主に苗木や獣害防止施設（鹿ネット）資材の運搬です。

・森飛2 オペ以外にも造林作業で活用しているドローンはあるか。その場合どのような用途か（施業地の撮影・測量、架線・苗木・資材運搬、雑草木・防護柵の確認等）

⇒回答）ファントム（H29 購入）にて施業地の撮影や測量、林産事業に関する情報収集等を行っています。

### 2. ドローンの運用方法について

・機体を購入して活用しているということであれば、機体をレンタルしたり作業自体をドローンサービス業者に委託したりすることもあるか

⇒回答）組合にて購入（R3.2）しています。作業は組合の職員にて行います。

・購入の場合、貴森林組合単独での購入・運用か、複数の森林組合と協同での購入・運用か

⇒回答）阿蘇森林組合での単独購入・運用となります。

・年間どの位使用しているか、使用予定か（稼働日数、総植栽面積、総運搬本数等）

⇒回答）使用予定として、年間50日ほどを予定しています。（再造林面積30ha分。様子を見ながら使用面積を増やす予定です。

・バッテリーはどの位用意しているか、年間保険料はどの程度か、機体の償却期間は何年か

⇒回答）バッテリーは4個、充電器は2基。動産保険（本体の事故、故障）は年間180,000円。

⇒ドローン損害賠償責任保険（外部に損害を与えた時の保証）は、購入時1年間はメーカーより加入されますが、その後は事業体で掛けます（年間20,000円くらいです）

⇒バッテリー1個で10分から15分飛行できます。充電は40分ほどかかります。

・運用にあたっての課題

⇒回答) 技術面：運搬計画がコスト削減に大きく関与します。また、操作訓練を行うことにより人件費の削減につながります。

機械等：1) 本体が雨に弱い 2) バッテリーの稼働時間が短い 3) 本体価格が高い

・人肩運搬や架線運搬と比較してどうか（作業者の意見として）。

⇒回答) 人肩運搬では滑落等の事故や肉体的疲労が蓄積しますが、ドローンでの運搬はそれらが軽減できます。林内作業車があれば、また、それが通れる森林作業道があれば運搬の量も増えます（速度は遅いが一度に運べる量が多いです）し、操作も比較的簡単に済みます。しかし、森林作業道の開設が災害を招く原因になれば、空からのドローンでの運搬が重要視されてくると思います。

### 3. 苗木等運搬を実施する際の作業手法・作業体制等について

・苗木等運搬時の補助者を含む総作業人数、役割分担（荷掛やバッテリー交換は操縦者が行うか、補助者が行うか等）

⇒回答) オペ1がプロポ1の操作と荷かけ作業、バッテリー交換、オペ2が荷下ろし作業の2名体制がベストと思われますが、バッテリーの稼働時間が短いため、交換が頻繁になると時間がかかり、荷かけ作業も時間がかかりますので、そこに1人必要です。今のところ3人体制を取っています。

・準備作業の内容、準備時間、後片付け時間ほどの程度か

⇒回答) まずは、運搬計画を作ることです。造林者と意志を共有するため運搬量全体の把握、荷下ろしの場所及び数量などを施業図等を用い決定します。前日に済ませます。(30分程度)ドローンの準備に10分ほどかかります。後片付けに20分ほど要します。

・操縦者同士や補助者等との連絡方法（5W無線等）、連絡体制

⇒回答) トランシーバーをオペ1（荷掛作業：離陸地点）とオペ2（荷下ろし作業：目的地）が持参し話す内容をルール化しています。

・運搬当日の実際の運搬量、作業時間、フライト時間、バッテリー交換頻度等

⇒回答) 1回の運搬量は基本15kg以内。コンテナ苗木（150cc）であれば100本前後。片道500m程度であればフライト時間は往復5分程。バッテリー交換は10分から15分。（残量の余力を残しているため）

・これまでの運搬の際の最大比高（標高差）、最大距離等（プロポの通信最大距離との関係等）

⇒回答) 標高差は60m程度、距離は700m（それ以上プロポの性能はあるみたいですが、基本的に法律では目視の範囲が飛行可能なのでそれ以上は経験がありません）

・環境条件（傾斜、距離、比高、路網整備状況等）によるドローン活用の判断基準（阿蘇山麓は傾斜が緩やかそうに見えるがどうか）

⇒回答) 環境条件は今後の実証実験により求めていくことが課題です。阿蘇地域では比較的緩傾

斜ですが、土壌が黒ぼく土なので少しでも雨が降れば土壌がぬかるみます。よって、傾斜に関係せず足元が悪くなり肉体負担がかかります。距離がなくても谷があり渡れない地形だとすれば必要となります。路網整備状況は大きな要因です。軽トラックや林内作業車で運搬できるようであればドローンの必要性はありません。比較的緩傾斜と言っても 25 度を超え、100kg 近くの資材を人肩で運ぶとなればかなりの負担がかかります。これらを 1 現場ごとに総合的に判断することが重要かと思います。いまのところ必要性の区分の数値はありません。

・天候による運用中断の判断基準（雨、霧、風等）

⇒回答）機体が雨に弱いので（漏電すれば制御不能となり、重大な事故を起こす可能性があります。よって、少しでも雨が降れば中止します。風に関しては、風速 4 m/s までを飛行可能としています。

・資材運搬中の事故やヒヤリハットの有無

⇒回答）緊急切り離しスイッチをオペ 2 が on にしていたためオペ 1 からオペ 2 へつないだ時に誤って資材が落下しました。また、操作訓練中や講習会で他者に指導していた時など、着陸が不安定で横転しかかった事が何度かあります。定期的な操作訓練会を開催し、操作の技術向上に努めています。

#### 4. 今後の展望について（林業分野における新たな活用用途、運用方法）

・今後のドローン発展に望むこと（積載量の増加等）

⇒回答）雨対策、バッテリー対策、本体価格の低減、積載量の増加を要望します。

・苗木等運搬以外にどのような用途に使えると便利か（植栽木生育状況確認、下刈り等）

⇒回答） 1）治山事業等での種子吹付等作業。 2）下刈の薬剤散布。 3）架線集材でのリードロープの運搬。 4）広葉樹造林での種子散布による人工造林です。

#### 5. ご提供いただける資料等

・ドローン活用の効果、歩掛、運搬実績等の資料（苗木等運搬マニュアルや報告書作成に活用しても問題ないもの）

⇒回答）今のところ特にはありません。

---

日 時： 2021年9月13日 13:00～

対象者：石川県 一三三 悠穂、東出 満、向瀬 信太郎、棚部 一将（敬称略）

実施者：日本森林技術協会 大萱 直花、福沢 朋子

株式会社パスコ中央事業部 山本 里美、福井 翔宇、八木 政人

株式会社パスコ中部事業部 馬場 常年、上原 明、山下 裕一朗、椎森 由香

➤ 趣旨説明

ドローン撮影写真による現況把握や森林整備事業における申請・検査など、林業分野でのドローンの活用範囲が広がってきている。一方で、オルソ画像の作成には高額なソフトや高性能なパソコンが必要である、申請・検査におけるデータ共有の方法がない、など課題も多い。ドローンの飛行計画、オルソ化、データ管理などのシステムと申請・検査、森林クラウドなど既存システムの連携が必要であり、林業分野におけるドローン運用管理システムの在り方を検討したい。

**【ヒアリング記録】\*\*\*\*\***

別紙の「令和3年度ドローンを活用した新たな造林技術の実証・調査事業概要説明」を用いて、林野庁委託事業の全容と、ドローン運用管理システムの検討及び実証について説明を行った。以下に、ヒアリング内容について記録する。

(甲)石川県 (乙)日林協 (丙)パスコ

➤ 事業概要について

・事業内容についての質問や意見

① 別紙の p11 について、オルソ化までクラウドシステムに入れる予定か。(甲)

⇒委員会が出た意見を全て入れたイメージ図である。あくまでイメージ図であるため、ここに示した内容が全て開発されるものではない。また、開発自体を予定しているわけではない。(乙)

② 間伐は樹頂点抽出まで考えているのか。(甲)

⇒今のところ、そこまで想定していなかったが、確かに必要な考えである。参考にさせて頂く。そもそも、ドローン撮影写真では間伐跡、境界の把握は難しいため、樹頂点把握も難しい。現状の届出要件と申請証跡が合っていないことも問題。(乙)

③ 造林検査に利用可能なシステムをコマツと検証中である。コマツ栗津工場へヒアリングしてはどうか。(甲)

⇒先行事例としてヒアリングさせていただきたい。担当者を紹介頂くことは可能か。(乙)

⇒石川県窓口担当（西田氏・東出氏）経由でコマツ担当者を紹介する。(甲)

④ 実証調査の時期はいつごろか

⇒11月下旬から12月上旬を想定している。(丙)

⑤ どのような実証を行うのか、そのイメージを教えてください（甲）

⇒森林クラウドを利用する場合と利用しない場合で2パターン想定している。

まず、利用する場合は、石川県で導入している森林クラウドの造林補助金申請機能を利用し、ドローンで撮影されたオルソ画像を添付し申請、そして検査までを検証したいと考えている。

その際、画像容量を変更しシステム負荷や、検査に必要な画像解像度が担保できるのはどの程度か確認したいと考えている。（丙）

⇒森林クラウドを利用しない場合として、オンラインストレージ上での画像受け渡し等を行いたいと考えている。このヒアリングと同時並行で実施しているシステム事業者ヒアリングで得られた情報をもとに、詳細を検討する予定である。（丙）

⇒施業範囲の大きさにもよるが、地表の状況を閲覧するためには、だいたい1GBくらいは必要になると認識している。必要な解像度を頂けると事前提供可能である。（甲）

⇒実際に申請に利用した画像をもらうことはできないか？申請に利用された画像の解像度を変更させて、閲覧利用可能か確認したいと考えている。（乙）

⇒申請実績のある箇所のデータ確認は難しいので、昨年実施した下刈り検証用の画像データを探して提供する。（甲）

#### ➤ 森林整備事業の申請について

① ドローンによる申請を受け付けているか。（その理由）

⇒国の制度に則って運用は始めたが課題が多いため、現在のところ1、2件程度を実証している。（甲）

⇒課題としては、間伐の申請件数が多いが、間伐は境界がドローンによるオルソ画像で見ても分かりにくく、伐採率の確認も難しいこと。そのためコマツと連携してシステム実証中である。本格的な運用は難しいと考えている。（甲）

⇒間伐にも使っていきたい意見があるということか。（乙）

⇒間伐は手探りだが、下刈り植栽はドローンでできればうれしいという声は聴いている。（甲）

② 年間申請件数（←回答を見ると不用？）はどのくらいか。

⇒造林補助金申請のみだと1000件前後。8割程度は間伐である。更新伐などが主である（甲）

⇒皆伐は少ないのか（乙）

⇒現在は皆伐少ないが、農山漁村地域整備交付金の予算で、今年度から力をいれる予定なので、来年度以降は増える見込み。（甲）

③ 紙書類：申請受理から検査までの手順、所要日数、1申請あたりのデータ容量等

⇒造林補助金申請はクボタシステムのシステムを利用している。（甲）

⇒申請者から出先に申請、そこから20日程度で審査書類付けて、本庁に提出する流れである。申請受理から検査手順については、検査内規を提供することでどうか。（甲）

⇒是非、提供頂きたい。（乙）

④ ドローン：申請受理から検査までの手順、所要日数、1申請あたりのデータ容量等

⇒オルソと境界測量成果(shp)があれば、紙申請の場合の一部手順が省略されることにはなるが、何を持って検査を合格とするか、運用の流れやロジックできていない。(甲)

⇒特に、上空から見えないであろう作業道などは合否判断が難しいと考えている。(甲)

⑤ オルソ画像の確からしさの確認方法はあるか。(丙)

⇒コマツのドローンシステムでは単画像からのオルソ化にエッジボックスを活用している。ドローン画像の位置情報補正のために、エッジボックス自体の位置情報とタイムスタンプを利用しているため、ドローン飛行に係るなんらかのログが残るのではないか。また、エッジボックスを活用したオルソ化処理の際にランドログ(現アースブレイン)のサーバにオルソ画像が転送される(ログが残る?)、これと、造林補助金申請等で提出されたオルソ画像の位置情報やタイムスタンプを比較すれば確からしさの確認ができると考えている。コマツにも確認して欲しい。(甲)

⇒了解した。ヒアリングさせていただく(丙)

▶ 林業事業体におけるドローン活用状況について

① 林業事業体の保有台数(導入補助金の利用数など)

⇒国の調査、森林組合システムの保有台数は単組1台、県森連3台、その他コマツ無償貸与(エクスペローラー1は2台)、能登事業体に1台、加賀、白山管内の事業体にも1台あると聞いている。(甲)

② ドローン活用状況

✓ 動画、斜め写真が撮れる。

⇒コマツシステム OK

✓ オルソ画像が作成できる。

⇒コマツシステム OK

✓ 苗木・資材等の運搬にも利用している。

⇒今のところ動きは無いが、県森連主催でお試し紹介を予定している。(甲)

⇒基本的には架線系とセットの取り組みだと考えているが、架線系機械はあまり利用されていない。

③ ドローン活用における課題

⇒ドローン画像の高精度化、高画質化が必要だと考えている。コマツで提供している ForestScope はスギ資源解析のみ、多様な樹種に採用できないか取り組んでいる。(甲)

④ 組合以外の事業体にドローンが広がる可能性はあるか

⇒組合システムのみドローン研修を実施していたが、今年度からはその他事業体にも展開している。

フライトプランの作成や連続写真の撮影、オルソ化などドローンを活用した材積推定に必要な知識・実習に加え、単写真や斜め写真の活用方法なども説明している。(甲)

⇒事業体のニーズは、森林所有者へのアプローチである。(甲)

⇒事業体普及の難しさはあるか(乙)

- ⇒人員逼迫しているため、系統以外の事業体では研修者 2 名の捻出は難しい。そのため実運用でも 2 名対応は難しいと考えている。(甲)
- ⇒画像処理ソフト、処理用 PC、機体の調達については課題あるか (乙)
- ⇒無償レンタルが望ましい。コマツでも全国の森林組合にチラシは配布し普及を図っているが、費用面での負担がネックではないかと考える。(甲)

➤ ドローン運用管理システムについて

①システムに期待すること/懸念事項、想定される課題など

- ⇒行政も人手不足、林業現場も不足、採用も難しいという状況の中で、新技術の採用で省力化が進むのは良いと考える。一方 ICT 化自体が経済的な負担になるのが懸念される。できるだけ安価にすることが望ましい。そうでないと普及が進まないのではと考える。(甲)
- ⇒県の PC スペックは想像以上に低い、それでも耐えられるシステムや仕組みでることが望ましい。例えば、基本スペックが低いため、1Gb のオルソ開くときは数十秒かかることがある。(甲)

②運用管理システムはユーザ費用負担をどう考えているのか(甲)

- ⇒行政手続きを行うための電子化と捉えているため、無償を想定している。(乙)
- ⇒申請側でのコスト負担は不満が生じると考えられる。費用負担割合などはきちんと決めていく必要があると思う。(甲)
- ⇒集約される画像データの公益的な活用方法を検討し、費用抑制する仕組みなどを検討したいとは考えている。(丙)
- ⇒熱海の地すべり災害等、民間からの画像データ集約が災害メカニズム把握などに役立つ例が増えている。集約情報のオープンデータ化も含めて検討したい (乙)

- ③造林担当からの意見として、省力化が目的ではあるが、制度自体を現状の技術レベルに合わせて欲しいと考えている。特に間伐。また、運用規定も電子化省力化に合わせて変更して欲しい。例えば、提出する書類の簡略化など。

以上



日時：2021年10月1日 13:00～

対象者：大分県林務管理課 荒木 実穂、田口 孝男

森林整備室 西胤 謙吉

実施者：日本森林技術協会 大萱 直花

株式会社パスコ中央事業部 山本 里美、福井 翔宇、八木 政人

株式会社パスコ九州事業部 萩原 守道

### ➤ 趣旨説明

ドローン撮影写真による現況把握や森林整備事業における申請・検査など、林業分野でのドローンの活用範囲が広がってきている。一方で、オルソ画像の作成には高額なソフトや高性能なパソコンが必要である、申請・検査におけるデータ共有の方法がない、など課題も多い。ドローンの飛行計画、オルソ化、データ管理などのシステムと申請・検査、森林クラウドなど既存システムの連携が必要であり、林業分野におけるドローン運用管理システムの在り方を検討したい。

### 【ヒアリング記録】\*\*\*\*\*

ヒアリングにあたっては、別紙の「令和3年度ドローンを活用した新たな造林技術の実証・調査事業概要説明」を用いて、林野庁委託事業の全容と、ドローン運用管理システムの検討及び実証について説明を行った上で、更に大分県様より事前に提供のあった質問事項への回答をもとにヒアリングを行った。以下に、ヒアリング内容について記録する。

(甲)大分県 (乙)日林協 (丙)パスコ

### ➤ 森林整備事業の申請について

① ドローンによる申請を受け付けているか。(その理由)

#### 【事前回答】

大分県造林事業実施要領の運用に補助金交付申請書の添付資料にオルソ画像を追加すると、位置図、施業図、現地写真の添付を省略できるとして規定し、申請を受け付けている。(理由：国の要件に準じているため)

② 年間申請件数、うちドローン申請の件数

#### 【事前回答】

年間申請件数：6838件（令和2年度実績）

面積の計測にドローンを活用し補助金申請した件数：39件（令和3年度実績\_7月時点）

・他県と比較し件数が多い印象がある。GISやオルソ化対応できる事業者はどのくらいあるか。

(乙)

⇒事業約40件中7件がGIS・オルソ化可能な状態にある。(甲)

・7件への普及、人材育成はどのように実施したのか(乙)

⇒県森連に教育者がいる。林野庁事業のブルーイノベーションさんの研修を活用し育成した。(甲)

⇒PC やソフト購入補助等の支援も実施したのか (乙)

⇒5 社は林野庁成長産業化補助を利用した。2 社は既に持っていた。(甲)

⇒7 社以外は今後どのように支援する予定か (乙)

⇒コンパス等の従来手段で充足している。それ以上は増える見通しは現状では無い。(甲)

⇒その理由として、造林時の補助金申請は、ドローン利用が省力に繋がるため導入の動機となっている。しかし、それ以外の申請 (特に間伐は難しい) 省力化につながりづらいため、導入に至らないのではと考えている。(甲)

・普及について、県の意向は? (乙)

⇒ドローン画像があることで現地証跡が増え、不正申請防止となる。その観点からも今後増えれば良いと思う。ちなみに、5 社は昨年度ドローンを導入したばかりで、ドローン画像を利用した申請は、今年が初年度だった。よって、申請件数は今後増える見込みである。(甲)

### ③ 紙書類：申請受理から検査までの手順、所要日数、1 申請あたりのデータ容量等

#### 【事前回答】

手順：申請書受領⇒全件書類検査、現地検査(10%以上)

所要日数：現地検査は 1 日に 5~10 箇所程度、書類検査は 1~2 日程度

・ドローン画像が添付されていても、現地検査を実施しているのはなぜか? (乙)

⇒画像だけでは全ての状況が分からないことがあるため、現地に行っている。それ自体は、現地に行くことは、事業体指導の一環と捉えており、複数目的を兼ねている。(甲)

・ドローン申請は県の省力化になっているのか? (乙)

⇒県の省力化というよりは、検査の厳格化、現地証跡の輻輳化? に意義があると考えている。また、事業体の省力化にはつながっているので意義がある。(甲)

⇒事業体の省力化とは、たとえば、施業実施面積から除地が必要な場合、実測の場合、それが手間だったが、GIS で計測することにより除地が容易となった。また、人工造林の後、シカネット敷設は、これまでメジャー測量が主であったが GIS で計測することで容易となった。但し、シカネット用の杭の確認は現地確認が必要など、オルソ画像だけの検査では満たせない項目もある。(甲)

### ④ ドローン：申請受理から検査までの手順、所要日数、1 申請あたりのデータ容量等

#### 【事前回答】

ドローンを活用した補助金申請ではあるが、オルソ画像(データ)での申請はないため、紙の書類と同様

・オルソ画像はデータ申請していないが、GIS データは申請しているということか。(乙)

⇒面積の計測にオルソ画像と GIS を活用した事業体は、補助金申請の際に、オルソ画像のデータではなく、オルソ画像を紙に印刷したものを提出している。(甲)

・GIS データではないという事は、造林した施業履歴は森林簿（バイナリデータのみ、図面は無い）で管理しているのか。（乙）

⇒森林簿の編成作業時に追記し履歴を管理している。GIS 上での管理は行っていない。ドローンのオルソ画像蓄積は、現時点では検討していない。容量や件数の多さから、それを全てアーカイブ化することは現実的ではないのでは、と考えている。森林計画サイドは、位置情報から施業実施区域がわかれば十分。（甲）

⇒森林簿は森林クラウドで管理する予定だが、造林補助金申請は別システムで取り扱う予定なので、システム間のデータ連携は今後の課題である（甲）

・現地検査は出先機関が行っているのか。（乙）

⇒現地検査は出先機関（振興局）が行っている。大分県は年に5期に分けて申請を受け付けており、1期毎に1事業体の検査に本庁は同行している。（甲）

⑤ 検査要領（様式）、申請された実データをご提供いただけないか。

【事前回答】

県の造林事業検査マニュアルを提供いたします

⇒9月30日メールにて受領（丙）

➤ 林業事業体におけるドローン活用状況について

① 林業事業体の保有台数（導入補助金の利用数など）

【事前回答】

造林事業を実施している事業体で県が把握しているのは7社（ドローンとメタシェイプ等のオルソ画像作成ソフトウェア）

・他地域より多い。県森連の取り組み、先に話に合った指導者、やはり中心人物がいることが有効の成果と考えて良いか。（乙）

⇒良い。また、林野庁事業のブルーイノベーションが行う研修も普及の効果がある。（甲）

・その他、普及にあたっての有効な取組みは何かあるか（乙）

⇒シカネットや除地測量が容易になるという事業体間の口コミ。今後人工造林が増えることも想定した上での取組みであることを事業体が理解している点。（甲）

・オルソ画像の面積精度といった技術的な課題はあるか。（乙）

⇒オルソ画像（印刷図）と現地を比較し確認しているが、日陰の影響がある。ライン引き直しなど手間となる。

・オルソ画像の意図的な位置情報変更など、悪質な状況など考えられるか。（乙）

⇒今のところ、考えられない。（甲）

② ドローン活用状況

⇒ドローンを利用した撮影や、オルソ画像作成は実施しているが、苗木・資材等の運搬には利用

していない。(甲)

### ③ ドローン活用における課題

#### 【事前回答】

- ・TIF ファイル1つのデータ容量が80MB 前後あるのでデータのやりとりは難しい
- ・オルソ画像上で測点をとるので、取り方によっては申請面積が過大になる恐れがある
- ・人工造林では、苗木の根元径、苗長、鳥獣害防止施設では標準仕様通りに設置されているかの確認、下刈りでは植栽木の枯損状況の確認等、オルソ画像では確認できない事項が多いので、大分県では現地検査の省略は困難な場合はある

#### ➤ ドローン運用管理システムについて

##### ① システムに期待すること

⇒ビックデータなど、データ利用の有効性はあると思うが、画像データの容量など課題があると考えている。(甲)

- ・オルソ化、飛行計画等のアプリケーション(クラウドサービス)がある。それぞれ森林に適していないなどの課題はあるが存在はする。それらがバラバラであることは課題、機能が集約することでメリットあると考えている。そういった総合的にドローンを運用管理する仕組みは有効だと思うか。(乙)

⇒あれば、良いと思う。(甲)

##### ② 懸念事項、想定される課題など

⇒省力化のためにも現地に行かない検査(PC上での検査)が増えるように運用等を工夫する必要がある。また、大分では間伐も多いので、間伐や作業道もデジタル検査できるようになれば良い。(甲)

⇒列状間伐であれば確認は可能かもしれないが、定性間伐は難しいのでは、ちなみに、大分県は定性間伐多いか。(乙)

⇒95%以上は定性間伐(甲)

- ・森林クラウドと別システムのデータ連携について、何かイメージはあるのか。(丙)

⇒クラウド上で施業履歴として、施業図を登録できればと考えている。事業者の利便性を考えるとなるべく窓口は一本化させたい。内部のシステム間連携などは県側で対応したい。(甲)

- ・例えば、本事業で描こうとしている「ドローン運用管理システム」のようなものがあり、そこに申請されたオルソ画像などが蓄積されるとして、蓄積されるオルソ画像の用途アイデア、利用してみたいことなどあるか。(丙)

⇒森林資源情報の更新作業に利用できる可能性はある(甲)

以上

---

日 時：2021/10/15 13:30~

対象者：青森県林政課 森林整備グループ 渡辺主幹

実施者：日本森林技術協会 大萱、福沢、中村  
株式会社パスコ 青森支店井上、山本、福井

➤ 趣旨説明

ドローン撮影写真による現況把握や森林整備事業における申請・検査など、林業分野でのドローンの活用範囲が広がってきている。一方で、オルソ画像の作成には高額なソフトや高性能なパソコンが必要である、申請・検査におけるデータ共有の方法がない、など課題も多い。ドローンの飛行計画、オルソ化、データ管理などのシステムと申請・検査、森林クラウドなど既存システムの連携が必要であり、林業分野におけるドローン運用管理システムの在り方を検討したい。

➤ 森林整備事業の申請について

①ドローンによる申請を受け付けているか。(その理由)

⇒受付は開始しているが、申請実績はなし。ドローンによる申請を普及するため、研修を実施した。来年度から森林クラウド整備を予定している。

②内規等はあるか。

⇒昨年度の国の内規を受けて、検査要領を改正した。記載されている検査手法は一文程度で表現されている状態である。詳細手順は、他県の先行事例をヒアリングしている。もともと北海道・東北地区の検討会において相互の情報交換をしており、その際の話題としてヒアリングしている。

③年間申請件数、うちドローン申請の件数は。

⇒200~250件、施行箇所3000~3500箇所（そのうち、現地は1/10、350件程度）  
（1パーティで2人が基本だが、位置情報があれば1人でも可能）

④紙書類：申請受理から検査までの手順、所要日数、1申請あたりのデータ容量等

⇒所要日数は、1週間程度（出先機関が書類審査⇒現地検査⇒本庁に提出）、現地検査は出先機関が実施している。

⑤ドローン申請や審査に期待される点

⇒現地検査の削減、画像情報自体が位置情報を持っているので、GIS上に展開して施業履歴として管理していきたい。

⇒証跡の輻輳化、検査の正確性については、上から見た画像なので、その点、精度が増すと考えられるが、現状の方法(ipad利用)でも不正は起こりにくい。

⇒現在現地検査の際に採用している手法は、ipadのGoogleEarthにshpを載せて利用している。電波状況的には問題無かった。PCではGISはクボタシステムズのものを利用している。

## ▶ 林業事業体におけるドローン活用状況について

### ①研修実施後の事業体の状況、意欲はあったか。

⇒研修レベルが高かった。実技は楽しんでいらしたようだが、座学によるソフト（ミッションプランナー、ライチ、メタシェイプ）利用は難しいと感じているようだった。オルソ化には課題があるようだ。

⇒メタシェイプはパソコンスペックも求められるが、ソフトまで導入されている事業体は、知っている限り0件であった。

⇒事業体数は300社、労確法上の認定事業体は60程度、研修2-30団体が参加していた。国有林が多いので、国有林管理の仕事があるため利用されやすいのではないかと考えている。

### ②林業事業体の保有台数（導入補助金の利用数など）

⇒元から1社が保有しており、研修後3社が導入した。補助金は使っていない。

⇒森林経営管理制度上で実施する意向調査のために導入するということだった。具体的には、経営適地を判断するため、資源量調査として導入に利用しているのではないか。

⇒現地測量を行う人件費よりはコストメリットあるのでは。十分ペイできるのではないか。投資に足るものだと考える。

⇒一方、県はドローン機体、PCとソフト購入を予定している。用途は松くい虫の被害対策の一環として、上空から対策箇所を把握するため。造林補助金申請とは直接関係はないが取組みの一環。

### ③ドローン活用（普及）状況、ドローン活用における課題

✓ 動画、斜め写真が撮れる。⇒普及しそう。

✓ オルソ画像が作成できる。

⇒ハードルが上がる。難しそうな印象。作業を一気通貫でできないのではないか。

⇒施行地がオルソ画像を活用する施業種（上空視界が開けている）、春にスギ植えた場合、はっきりわかる。カラマツは春秋植え、どちらも茶色く分かりづらい、高度を低くすれば良いが撮影回数や操作の技術を要する。撮り方・撮る時期等の技術課題がある。人工造林以外の施業種は更に操作技術が必要となる。

⇒県の方はメリット多いが、事業体には負荷やリスクを強いる可能性がある。（得意な人材がいればいいが）。

⇒ドローンソフトの営業を受けたことはあるが、造林補助制度上、画像精度に問題が無ければ有効であると考ええる。

### ④活用や普及促進に関する要望やアイデア

⇒林野庁の資料が元になっているが、いろいろ課題があると考えているところである。要望として何を挙げるべきかは、これから検討するところである。

## ▶ ドローン運用管理システムについて

### ①システムに期待すること

⇒資料にあるイメージ通りに、実現されればありがたいと思う。

⇒各県が独自に電子申請システムを用意するよりは、林野庁で準備されるとありがたい。

②懸念事項、想定される課題など

⇒今回のヒアリングを通して、システム化の部分だけではないかもしれないが、林野庁が力を入れている事業だということが分かった。一方で、こういった取組をしているということがきちんと伝わっていない面もある。知らないうちにシステム化が進むというよりは、途中で意見を入れたいこともあるので、PRされた方が良いのではないか。

以上

---

日 時： 2021/10/15 15:30～

対象者： 静岡県庁 経済産業部 森林・林業局 森林整備課 造林班 松浦八千代様  
森 勇介様

実施者： 日本森林技術協会 大萱、福沢、中村  
株式会社パスコ 山本、福井、静岡支店西山

➤ 趣旨説明

ドローン撮影写真による現況把握や森林整備事業における申請・検査など、林業分野でのドローンの活用範囲が広がってきている。一方で、オルソ画像の作成には高額なソフトや高性能なパソコンが必要である、申請・検査におけるデータ共有の方法がない、など課題も多い。ドローンの飛行計画、オルソ化、データ管理などのシステムと申請・検査、森林クラウドなど既存システムの連携が必要であり、林業分野におけるドローン運用管理システムの在り方を検討したい。

➤ 森林整備事業の申請について

①ドローンによる申請を受け付けているか。(その理由)

⇒内規はあるが、申請提出まではいたっていない。

⇒もともとの検査内規に新しい内容を加えた。具体的にはまだこれからである。

⇒どのような画像を提出するかなどの詳細を決める必要があると考えている。ノウハウが少ないため、実証実験結果を蓄積している。

②年間申請件数、うちドローン申請の件数

⇒ドローン申請はまだだが、全体申請の件数は年間 300 件以上、うち更新伐は数件、人工造林数十件程度である。

⇒現地検査は抽出で 10%程度実施。職員 1～2 名、事業体 2 名程度で実施している。概ね年間 300 人日以上要する。1 申請に複数施行地がある場合もある。

③紙書類：申請受理から検査までの手順、所要日数、1 申請あたりのデータ容量等

⇒出先事務所（7 箇所）で受付している。検査までの所要日数は、1 申請当りの施行箇所数や申請書の修正の多少にもよる。直しが少なければ概ね 1 週間程度だが、多い場合は 2-3 週間かかる場合がある。

④ドローン申請に期待する点

⇒省力化を期待するが、現地に行かないと分からない部分が多い（苗木の植栽密度計測、網の目、ネット高さや強度など）。現地検査がどの程度省略できるのか。

⇒苗木やネットは製品の納品書も添付されるので、申請者に現場管理写真の提出を求めればドローン申請と併せて省力化できる余地はあるのではないかと考える。

⑤ドローン申請の事業体側のメリットはあるか。

⇒杭測量が省略。施行地の数が多いほど省力化が可能。



⑥証跡の輻輳化、検査の正確性

⇒現地の場合、施行地の隅々までは行けないため、全体の施工状況を上空から確認できるメリットがある。

➤ 林業事業体におけるドローン活用状況について

①林業事業体の保有台数（導入補助金の利用数など）

⇒先進的造林技術推進事業（県事業名：林業イノベーション推進事業）をもとに1社導入している、今年2社導入済み、別2社が予定している。2社は県森連と民間の事業体である。

⇒造林時の空撮と面積計測、植栽検査で試験的に実施している。実施結果は県の発表会（静岡県森林・林業技術研究発表会）で発表している。（R3.12月末までYouTubeで公開中）

⇒R02 現在、（林業労働力の確保の促進に関する法律に基づき知事が認定する）認定事業体数は53団体である。

②ドローン活用（普及）状況

- ✓ 動画、斜め写真が撮れる。⇒可能
- ✓ オルソ画像が作成できる。⇒1事業体（事業実施事業体）
- ✓ 苗木運搬⇒新しい森づくりコンクールで推薦を受け付け開始した。

③ドローン活用、普及における課題

⇒いかに効率化できるかが課題。明確なメリットがあれば良い。物珍しさはあるかもしれないので当初ドローン導入は進むかもしれないが、ドローンで申請すること自体に、事業体の明確なメリットが必要ではないか。

⇒ドローンを飛ばすこと自体、山中であればあまり規制が無いので導入は進むかもしれない。

④研修に関して、県の試験場とかは対応していないのか？

⇒指導する側がドローンを使えないと難しい。

⇒出先事務所でドローン等の技術に詳しい人材がいるところが中心となって研修を実施している。（志太榛原農林事務所）

⑤活用や普及促進に関する要望やアイデア

⇒申請までのプロセス（画像処理）や申請も手間という課題があるので、申請自動化などがあると良い。

➤ ドローン運用管理システムについて

①システムに期待すること

⇒事業体は撮影するのみで良いという事であれば重宝されるのではないかと思う。ドローン撮影に注力できて良いと考える。

⇒造林補助金申請は本来、現場管理写真や実測図以外の提出書類が多い。このシステムで従来通りの書類を電子化したものを提出するとなると、データ量が膨大になるため、提出書類の取捨

選択も必要かと思う。検査で担保する精度と省略できる部分のバランスを考慮する必要がある。

②県で運用管理システムを導入したとなった場合の課題

⇒施行地の位置情報や施業履歴の蓄積のため、オルソ画像やシェープファイルの管理は県で実施すべきだが、その他書類のデータをどこまで管理すべきか。

③懸念事項、想定される課題など

⇒決裁等で紙書類が必要になる場面が多い。仮に申請が電子申請になっても印刷が必要になる。周辺の制度や運用ルールが変わらないと、電子申請と出力の両方をする事になり二度手間である。

④要望

⇒効率の良い事例などが提示されれば良いと思う。本ヒアリングについていえば、他の県での意見も教えて欲しい。最近、交流の場も減っているため他県事例は提示されると良い。

以上

---

日 時： 2021 年 9 月 13 日 10:00～

対象者： パシフィックコンサルタンツ(株)中村 尚 (敬称略)

実施者： 日本森林技術協会 大萱 直花、中村 俊彦、福沢 朋子

株式会社パスコ中央事業部 山本 里美、福井 翔宇、八木 政人

➤ 趣旨説明

ドローン撮影写真による現況把握や森林整備事業における申請・検査など、林業分野でのドローンの活用範囲が広がってきている。一方で、オルソ画像の作成には高額なソフトや高性能なパソコンが必要である、申請・検査におけるデータ共有の方法がない、など課題も多い。そのため、ドローンの飛行計画、オルソ化、データ管理などのドローンによる撮影と画像処理を支援するシステムと、申請・検査等を含めデータ共有を支援する森林クラウドといったシステムの活用が求められている。

今回のヒアリングは、ドローン撮影を支援するシステムと申請・検査にかかるデータ共有を支援するシステムについて、各ベンダーが提供しているシステムやサービスの現状を把握するためのヒアリングを行い、林業分野におけるドローン運用管理システムの実現性検討の材料とするものである。

【ヒアリング記録】 \* \* \* \* \*

別紙の「令和3年度ドローンを活用した新たな造林技術の実証・調査事業概要説明」を用いて、林野庁委託事業の全容と、ドローン運用管理システムの検討及び実証について説明を行った。以下に、ヒアリング内容について記録する。

(甲)PCKK (乙)日林協 (丙)パスコ

➤ ドローン等の新しい技術を利用した事業への質問

①ドローン撮影写真等による造林補助金申請（以下、ドローン申請）が可能となったことは知っているか。

—

②システム関連及びそれ以外で、ドローン申請に関連する業務等の発注はあるか。

もしくは客先からの要望はあるか。

⇒メールで、以下の事例紹介(甲)

- ・「UAV による河川調査・管理への活用の手引き」の編集（東北地方整備局）  
<<http://www.thr.mlit.go.jp/tougi/kensetsu/hozen/pdf/uavkasentyosa.pdf>>
- ・ UAV 等によるダムの点検と多視点画像 3D 構築と 3 次元クラック図  
<<https://www.pacific.co.jp/service/14.html>>
- ・ ダムの水中心点検  
<<https://www.pacific.co.jp/service/13.html>>

③森林分野に関わらずドローンを活用した事業は行われているか

⇒メールで紹介。①と同様。(甲)

**④森林分野に関わらず電子申請（行政 DX）事業は行われているか**

⇒車両運行、河川許認可、土木 DX (i-construction) 等で実施していると聞いている。また、公共施設の指定管理者の関係で取り組んでいる。(甲)

**⑤森林分野に関わらずオープンデータ（提供、活用）への事業は行われているか**

⇒オープンデータ活用のコンサルティング業務実績がある。(甲)

**⑥森林分野に関わらずビッグデータと AI 関連（モデルによるサービス提供等）の事業は行われているか**

⇒①②で紹介した施設保守点検 UAV 点群データと AI によるクラック検知などで実施している。(甲)

➤ ドローン撮影や画像処理を支援するシステムについて

**①飛行計画作成や運行管理を支援するシステム（オンプレ/クラウド）**

⇒開発や提供しているわけではなく、既製品を施設点検業務等で利用している。(甲)

**②単画像のオルソ化や、それを GIS に展開し画面上での成果確認を支援するシステム（オンプレ/クラウド）**

⇒開発や提供はしていない。(甲)

**③その他（機体管理など）**

⇒開発や提供はしていない。(甲)

**④実証協力は可能か**

—

➤ 森林クラウド等のデータ共有システムについて

**①都道府県、市町村、林業経営体など、異なる主体間でデータ共有できるような GIS クラウドシステム提供しているか**

⇒提供している。(甲)

**②それはインターネット、LGWAN、両方、いずれを利用したクラウドシステムか**

⇒両方を利用したクラウドシステムである。INT サーバ/LGWAN サーバ/保守用の中間サーバで構成されている。(甲)

**③導入実績は何件くらいか**

⇒他主体間とのデータ共有まで実施している事例は 4 件である。行政ではあるが INT 回線だけを

利用している事例もある。それは、LGWANの制約を避けるために実施しているものである。(甲)

#### ④パッケージングサービスか、オンプレミスか

⇒オンプレミスである。部品群を組み合わせ提供している。全ユーザに同じ機能を導入するという事は無い。(甲)

#### ➤ 以下は、森林クラウドについての質問

#### ⑤造林補助や伐採造林届出制度など各種届出・審査機能は有しているか、画像等の添付も可能か。容量制限はどのくらい。客先ニーズはあるか、開発の予定はあるか。

⇒伐採造林届出、造林補助金申請機能も対応済みである。画像等の添付も可能である。(甲)

⇒造林補助金申請機能はシステム上で申請、承認及び交付決定を通知できるが、伐採造林届出も造林補助金申請機能も、事業者から従来通りの申請を受取、ほぼ市町村が代理で入力している状態である。理由は、届出書類の確認や突き返しが多い点や、捺印、申請書を受け取ってから20日以内など、運用の現状と電子化の流れが合わないためである。(甲)

⇒事業者への操作研修など普及に関する取組みは行われていなかったのか。(丙)

⇒事業者向けの操作研修は行っていたが、現在はコロナで対応できていない。(甲)

#### ⑥shp やラスタ画像の任意登録は可能か（アップロード機能）、容量制限はどのくらい。

##### 客先ニーズはあるか、開発の予定はあるか

⇒shp もラスタデータもアップロード可能であり、特に容量制限も設けていないが、容量が大きすぎるとタイムアウトしてしまう。なお、ここでいうラスタデータは、紙地図等をスキャンしたデータを想定している。(甲)

#### ⑦オルソ画像など位置情報付き画像を GIS 上に展開することは可能か。

##### 客先ニーズはあるか、開発の予定はあるか

⇒オルソ画像など位置情報付き画像を登録することは可能だが、サーバ容量の問題があるため、現状は自由な登録ではなく、まず相談を受けるようにしている。(甲)

#### ⑧INT-LGWAN 間でデータ共有を行っている場合、データ共有はどのように実現しているのか（バッチでデータ同期？、データ転送上の課題はあるか、容量制限など）

⇒INT/LGWAN 両方のデータを、中間サーバに出力しコピー後に各回線のサーバに同期する方法を取っている。リアルタイムによる完全な同期はJLIS 規程上できない。(甲)

⇒LGWAN と INTERNET の完全分離の弊害を総務省で調査中と聞いている(甲)

#### ⑨オンライン上で申請検査を行う上での技術的課題

⇒行政の検査は現地なので INT 回線が望ましい。そもそも、LGWAN では画像は取扱い難しい。(甲)

⇒森林クラウド上での検査取扱いは、検査手法のコンボで選べるようにしているのみで、画像データの送受信はしていない。(甲)

⇒要望はあるか(丙)

⇒あるが、森林クラウド上では容量の問題で NG にしている。代替手段として、INT 回線上のストレージに保存し、画像や shp の GIS 表示は別システム（災害利用可能な別もの）を利用するといった例がある。システム上でのオルソ画像の授受は行っていないが、shp は提出してもらっている事例がある。（甲）

## ⑩オンライン上でオルソ画像を共有する上での技術的課題

⇒画像データ容量の課題、データアップロードや INT-LGWAN 同期の際のデータコピーなどが考えられる。ドローン画像は INT 完結が望ましい。実際に災害時の画像は INT で授受している。PCKK ではストレージサイトとして制限はあるものの Microsoft の OneDrive が利用できる状態です。（甲）

### ▶ 別紙「事業概要」p11 のイメージ図に対する意見

#### ①意見・要望

⇒画像データの取扱いは INT 回線で完結実現すべきだと考える。LGWAN 回線（森林クラウド）では、同じ場所を閲覧する程度の利用ではないか。（甲）

⇒伐採造林届出と絡めたいと考えている。（乙）

⇒造林補助の対象となる施業種はほぼすべてオンライン申請の対象とするのか。主伐も補助金出すところあるので有効だと考えるが、間伐はむずかしいのではないか。（甲）

#### ②技術的課題

⇒画像と申請(テキスト)を別システムとした場合、申請番号の入力ミスによる突合問題が生じるのではないか。また、申請でストレージされたオルソ画像の見せ方は課題となる。（甲）

⇒オルソ画像の位置偽装といった課題もあるのではと考えるがそれに対して意見無いか。具体的には、単画像提出してもらいオルソ化することで回避できるのではと考えている。（乙）

⇒事業体は単画像提出し、別機関がオルソ化とうことことか？（甲）

⇒ブルーイノベーションでは、電力事業者の現地点検用のシステムとしてパーツ技術はあるというのを聞いている。そのため、実現性はあるのではと考えている。（乙）

⇒国交省の事例があるとは聞いている。（甲）

⇒国交省、つまり建設分野のものを単純に転用しただけでは、森林での利用は難しいと考えている。例えば、コマツが提供しているエッジボックスの事例では、建設物は面データのため、建設は点群を間引いているが、森林は立体構造のため点群を間引くと、検査情報に用いることは難しいといった意見がある。（乙）

#### ②普及上の課題

⇒林業事業体にドローン利用を普及させるためには、10mDEM での飛行計画作成が必要ではないかと考えるが、それについて意見はあるか。（乙）

⇒普及については、大学の実習や林業大学校で森林 GIS を扱うようになって、行政や森林組合等でも GIS を扱う人が増えてきた印象がある。UAV も同様に、大学の実習や林業大学校で扱っ

ていくことで、現場での普及が進むのではないかと思う。(甲)

### ③運営上の課題

⇒林野庁が運営するのは難しいのではないか。(甲)

⇒普及が一律に進まないことを考えると、少数の事業者のために県がサーバ保持を負担するのは限界があると考えている。また、蓄積されたドローン撮影画像などを利用することで林野庁にもメリットがあるのではと考えている。(乙)

⇒精度と品質が保証されている必要がある。(甲)

以上

---

---

日 時： 2021/10/15 13:30～

対象者：アジア航測 大野様

実施者：日本森林技術協会 大萱、福沢  
株式会社パスコ 山本 八木 福井

➤ 趣旨説明

ドローン撮影写真による現況把握や森林整備事業における申請・検査など、林業分野でのドローンの活用範囲が広がってきている。一方で、オルソ画像の作成には高額なソフトや高性能なパソコンが必要である、申請・検査におけるデータ共有の方法がない、など課題も多い。そのため、ドローンの飛行計画、オルソ化、データ管理などのドローンによる撮影と画像処理を支援するシステムと、申請・検査等を含めデータ共有を支援する森林クラウドといったシステムの活用が求められている。

今回のヒアリングは、ドローン撮影を支援するシステムと申請・検査にかかるデータ共有を支援するシステムについて、各ベンダーが提供しているシステムやサービスの現状を把握するためのヒアリングを行い、林業分野におけるドローン運用管理システムの実現性検討の材料とするものである。

【ヒアリング記録】\*\*\*\*\*

別紙の「令和3年度ドローンを活用した新たな造林技術の実証・調査事業概要説明」を用いて、林野庁委託事業の全容と、ドローン運用管理システムの検討及び実証について説明を行った。以下に、ヒアリング内容について記録する。

➤ ドローン等の新しい技術を利用した事業への質問

- ①ドローン撮影写真等による造林補助金申請（以下、ドローン申請）が可能となったことは知っているか。  
⇒知っている。
- ②システム関連及びそれ以外で、ドローン申請に関連する業務等の発注はあるか。  
もしくは客先からの要望はあるか。  
⇒客先は、まだ様子見の状態。相談はある。撮影したデータの搭載などである。  
⇒検査のマニュアルやガイドラインが無い事が、客先が実施に踏み切れない要因ではないか、そのため、ベンダー側もどの程度の精度のデータを提供すれば良いのか分からないところが課題である。
- ③森林分野に関わらずドローンを活用した事業は行われているか  
⇒実施している。
- ④森林分野に関わらず電子申請（行政 DX）事業は行われているか  
⇒森林クラウドで、伐採届出、造林補助金申請、森林経営計画、保安林の伐採届出を対応している。森林経営計画は中身も入力できるようにする予定である。
- ⑤森林分野に関わらずオープンデータ（提供、活用）への事業は行われているか  
⇒県の考え次第で対応を変えている。森林クラウドのユーザ権限に応じて公開可能である。



⑥森林分野に関わらずビッグデータと AI 関連（モデルによるサービス提供等）の事業は行われているか

⇒AI は内部利用が主である。利用アイデアとしては、下刈り後の画像を用いて AI で本数計測可能ではないか。

➤ ドローン撮影や画像処理を支援するシステムについて

①飛行計画作成や運行管理を支援するシステム（オンプレ/クラウド）

⇒自社製品としては無いが、既存のクラウドと画像系統（画像集約）との API 連携やデータダウンロードの取り込みがあれば良いと考える。

⇒オルソ画像の位置偽装を回避については、地理院の写真や衛星画像を背景にすればよいのではないかと、解像度 10m は難しいが 1m あれば、明らかに違う場所と分かるはず。

②単画像のオルソ化や、それを GIS に展開し画面上での成果確認を支援するシステム（オンプレ/クラウド）

⇒ ①と同様、無し。

③その他（機体管理など）

⇒ ①と同様、無し。

➤ 森林クラウド等のデータ共有システムについて

①都道府県、市町村、林業経営体など、異なる主体間でデータ共有できるような GIS クラウドシステム提供しているか

⇒提供している。

②それはインターネット、LGWAN、両方、いずれを利用したクラウドシステムか

⇒両方対応している。

③導入実績は何件くらいか

⇒富山、その他基本設計業務、市町村単体は 10 数件程度である。

④パッケージングサービスか、オンプレミスか

⇒どちらも対応している。パッケージにしていきたい。

➤ 以下は、森林クラウドについての質問

①造林補助や伐採造林届出制度など各種届出・審査機能は有しているか、画像等の添付も可能か。容量制限はどのくらい。

客先ニーズはあるか、開発の予定はあるか

⇒地図上で画像表示できるようにしている。

②shp やラスタ画像の任意登録は可能か（アップロード機能）、容量制限はどのくらい。

客先ニーズはあるか、開発の予定はあるか

⇒shp は容量制限無い、オルソ画像も搭載できるが、容量制限がある。ベンダー側で対応している。申請のたびに対応するのは難しいと考えている。

③オルソ画像など位置情報付き画像を GIS 上に展開することは可能か。

客先ニーズはあるか、開発の予定はあるか

⇒①と同様

④INT-LGWAN 間でデータ共有を行っている場合、データ共有はどのように実現しているのか？

(バッチでデータ同期？、データ転送上の課題はあるか、容量制限など)

⇒共有することは可能だが、現在は INT でクローズしている。オルソ画像表示は LGWAN 難しいのでは。

⑤オンライン上で申請検査を行う上での技術的課題

⇒画像の連携・共有・LGWAN 上での検査

⑥オンライン上でオルソ画像を共有する上での技術的課題

⇒容量、連携するとすれば LGWAN 可能

⑦普及について

⇒単画像を入れれば、自動的にオルソ化される手段があればいいが、RTK、マビックで撮ったものを誰が補正するか、面積精度の許容誤差、補助金にかかわる申請なので、手が抜けない。精度向上にかかるコストと効率化にかかるコストはトレードオフだと考える。

⇒技術の進化と人材育成への支援が必要だと考えている。そのためには、手法を統一するか、基準を統一するか、国から指定有った方が良い。

以上

---

日時：2021/10/21 9:30～10:30

対象者：株式会社小松製作所 栗津工場 改革室 渡邊様

実施者：日本森林技術協会 中村 株式会社パスコ 山本、八木

オブザーバー：石川県森林管理課 森林資源利活用グループ 専門員 東出

➤ 趣旨説明

ドローン撮影写真による現況把握や森林整備事業における申請・検査など、林業分野でのドローンの活用範囲が広がってきている。一方で、オルソ画像の作成には高額なソフトや高性能なパソコンが必要である、申請・検査におけるデータ共有の方法がない、など課題も多い。そのため、ドローンの飛行計画、オルソ化、データ管理などのドローンによる撮影と画像処理を支援するシステムと、申請・検査等を含めデータ共有を支援する森林クラウドといったシステムの活用が求められている。

今回のヒアリングは、ドローン撮影を支援するシステムと申請・検査にかかるデータ共有を支援するシステムについて、各ベンダーが提供しているシステムやサービスの現状を把握するためのヒアリングを行い、林業分野におけるドローン運用管理システムの実現性検討の材料とするものである。

➤ ドローン等の新しい技術を利用した事業への質問

①ドローン撮影写真等による造林補助金申請（以下、ドローン申請）が可能となったことは知っているか。

⇒実証中なので、知っている。

②システム関連及びそれ以外で、ドローン申請に関連する業務等の発注はあるか。

もしくは客先からの要望はあるか。

⇒ドローン申請に関連する委託業務を請け負っているかという観点では発注なし。

要望についてはリサーチ中。

③森林分野に関わらずドローンを活用した事業は行われているか

⇒弊社のドローンなどを利用して、土木工事業者が実施している。

活用が進んでいる理由としては障害物が少ない、ソフトウェアなどの技術蓄積がある、電子申請が前提といった条件がそろっている。

④森林分野に関わらず電子申請（行政 DX）事業は行われているか

⇒③同様

⑤森林分野に関わらずオープンデータ（提供、活用）への事業は行われているか

⇒特に無い。

⑥森林分野に関わらずビッグデータと AI 関連（モデルによるサービス提供等）の事業は行われているか

⇒今後、植栽の自動判別などを実施したいと考えている。

➤ ドローン撮影や画像処理を支援するシステムについて

①飛行計画作成や運行管理を支援するシステム（オンプレ/クラウド）

※既に開発済み

②単画像のオルソ化や、それを GIS に展開し画面上での成果確認を支援するシステム（オンプレ/クラウド）

※既に開発済み

③その他（機体管理など）

※なし

④実証協力は可能か

⇒シナリオ決まったら改めて相談して欲しい。本社との調整が必要である。

➤ 森林クラウド等のデータ共有システムについて

①都道府県、市町村、林業経営体など、異なる主体間でデータ共有できるような GIS クラウドシステム提供しているか

⇒ある。

②それはインターネット、LGWAN、両方、いずれを利用したクラウドシステムか

⇒インターネットのみである。

③導入実績は何件くらいか

⇒実証中のため無いが、今後全国展開はある。

④パッケージングサービスか、オンプレミスか

⇒パッケージシステムである。

➤ 以下は、森林クラウドについての質問

⑤造林補助や伐採造林届出制度など各種届出・審査機能は有しているか、画像等の添付も可能か。容量制限はどのくらい。

客先ニーズはあるか、開発の予定はあるか

※質問対象外

⑥shp やラスタ画像の任意登録は可能か（アップロード機能）、容量制限はどのくらい。

客先ニーズはあるか、開発の予定はあるか

※質問対象外

⑦オルソ画像など位置情報付き画像を GIS 上に展開することは可能か。

客先ニーズはあるか、開発の予定はあるか

※質問対象外

⑧INT-LGWAN 間でデータ共有を行っている場合、データ共有はどのように実現しているのか？（バッチでデータ同期？、データ転送上の課題はあるか、容量制限など）

※質問対象外

⑨オンライン上で申請検査を行う上での技術的課題

⇒サーバ容量が課題である。10~20 件でも容量が大きく課題だと考えている。

⇒課題ではないが、IT化にあたっては、間伐10m×10mのプロットを検査するところは自動化できそうなので検査効率化できると考えている。

※石川県様より：ドローンの飛ばし方と検査項目のあり方を検証予定している。それら事業の成果品として受け取るところまでを予定。

検査内規への反映は検討しているが、マニュアル化までは予定していない。

事業者への内容周知は必要と考えている。

蓄積したドローン画像を他県と情報共有する場合は、権利関係の整理が必要と考える。検査内規もドローン測量に適した条件を検討したいと考えている。

#### ⑩オンライン上でオルソ画像を共有する上での技術的課題

⇒サーバ容量。システムは現場単位でのフォルダとファイルを管理している。地図上展開ではない。画像のセットと管理は森林クラウド（GIS）側だと考えている。

⇒技術的課題ではないが、オープン化するにあたり、どこまで公開していいのか、各事業者が撮ったデータを自由に利用することを法的にクリアできるか。現在は石川県と協定を結んで利用している。協定については、国の事業なので、コマツさんのドローンで撮影し、石川スマート林業協議会の中で同意しデータ利用している。

⇒課題は以下のとおり。これらをクリアする必要があると考える。

- ・制度上問題、画像権利上の問題
- ・撮影されている事業者の心理上の問題
- ・森林所有者の方への個人所有物、肖像権の問題

以上

---

日 時：2021/11/9 16:00～17:30

対象者：ESRI ジャパン株式会社 田中宏典、丹羽湧輝、吉田城治（※敬称略）

実施者：日本森林技術協会 大萱 直花、福沢 朋子

株式会社パスコ 山本里美

➤ 趣旨説明

ドローン撮影写真による現況把握や森林整備事業における申請・検査など、林業分野でのドローンの活用範囲が広がってきている。一方で、オルソ画像の作成には高額なソフトや高性能なパソコンが必要である、申請・検査におけるデータ共有の方法がない、など課題も多い。そのため、ドローンの飛行計画、オルソ化、データ管理などのドローンによる撮影と画像処理を支援するシステムと、申請・検査等を含めデータ共有を支援する森林クラウドといったシステムの活用が求められている。

今回のヒアリングは、ドローン撮影を支援するシステムと申請・検査にかかるデータ共有を支援するシステムについて、各ベンダーが提供しているシステムやサービスの現状を把握するためのヒアリングを行い、林業分野におけるドローン運用管理システムの実現性検討の材料とするものである。

【ヒアリング記録】 \* \* \* \* \*

別紙の「令和3年度ドローンを活用した新たな造林技術の実証・調査事業概要説明」を用いて、林野庁委託事業の全容と、ドローン運用管理システムの検討及び実証について説明を行った。以下に、ヒアリング内容について記録する。

(甲)ESRI\_J (乙)日林協 (丙)パスコ

➤ 本事業の主旨

- ・現状のドローン申請の課題を明確にし、システム等による技術的解決の可能性を検討することを目的としている。そこで、県やシステム事業者へのヒアリングを行っている。実証も行う予定である。(乙)
  - ・集約されるドローン画像と検査結果情報をもとに AI 教師データとして利用し、将来的に自動検査等へも可能ではと考えている。(乙)
  - ・森林分野での電子申請については、現在実施中の森林簿等の情報標準化会議でも取扱うべきと考えている。(乙)
  - ・本事業で想定しているドローン運用管理システムは、画像のみの申請系統を別に用意した方が良く考えている。一方で、システム自体は窓口だけでも単体とし、複数システムをバラバラに利用して申請することは避けたいと考えている。これらについて意見を伺いたい(乙)
  - ・取り扱うオルソ画像のデータ形式は何を想定しているか。(甲)
- ⇒tiff、geotiff など一般的なもの(丙)

⇒Geotiff に関して言えば、位置偽装の懸念があるので、それを抑制するため単写真も必要ではいかと考えている。(乙)

・複数システムの利用を避けたいとの理由は？(甲)

⇒利用者が手間に感じると普及しない可能性がある。また、予算上、個別の事業者がバラバラにシステム購入することは難しいのではないかと考えている(丙)

⇒設計によって負担するコストは変わる。利便性が高い方がよいのでは。システムイメージにある機能を一通貫でできる単一の ArcGIS 製品は無い。複数の製品を組合せて実現している。(甲)

⇒除地(地拵え後の棚積み地の除地)が PC 上で計測できるので利便性あるとの話があった。(乙)

・画像等のデータを集約する話としては、国交省でも BIM/CIM に関して同様の話がある。オープン標準準拠やデータ利用権のオープン化が必要である。また、一箇所に集約することは、サーバ容量の問題などインフラが長大となりコスト負担が大きくなるというデメリットがある。これに対応するために、ESRI ジャパンでは各ベンダーのサービス利用時にデータを集積し、それらを API で連携し、国交省などのシステムなどで閲覧することが可能となるような(コネクティッド)概念を提示している。それを実現する上でもオープン標準が重要(甲)

#### ▶ ドローン等の新しい技術を利用した事業への質問

①ドローン撮影写真等による造林補助金申請(以下、ドローン申請)が可能となったことは知っているか。

⇒知っている(甲)

②システム関連及びそれ以外で、ドローン申請に関連する業務等の発注はあるか。もしくは客先からの要望はあるか。

⇒ドローン申請直接ではないが、ドローンに対応可能な「ArcGIS Drone2Map」や「Site Scan for ArcGIS」という製品がある。(甲)

※「Site Scan for ArcGIS Flight」ドローンの飛行計画 / 撮影計画を作成し実際にドローンを飛ばして撮影までを行うアプリケーションです。撮影した画像をクラウド上にアップロードするだけで簡単に Site Scan for ArcGIS Manager にデータを共有することができ、分析を始められます。

※「Site Scan for ArcGIS Manager」ドローン画像からオルソモザイク画像や数値標高モデル、3D メッシュ、点群などが作成できるソフトウェアです。ブラウザ上で動作するソフトウェアで、データ処理もクラウド上で行うため、データを用意するだけで誰でも簡単に高速処理を行うことができます。

<<https://www.esri.com/products/site-scan/>>

⇒クラウドサービスのため、毎年利用料がかかる。(甲)

⇒ドローン申請を支援するシステムについては、林野庁の補助金利用例があると聞いている。(丙)

⇒補助金は、概ね買い切り（売り切り）を対象としているのではないか、その場合利用料支援は難しいのではないか。（甲）

③森林分野に関わらずドローンを活用した事業は行われているか

⇒②と同様（甲）

④森林分野に関わらず電子申請（行政 DX）事業は行われているか

⇒台帳更新を伴う申請業務に特化した機能はないが、電子申請に活用可能な製品はあり、要望もある。（甲）

⑤森林分野に関わらずオープンデータ（提供、活用）への事業は行われているか

⇒実施している。特に OGC（Open Geospatial Consortium、オープンデータ標準）に準拠した web サービスを提供したい場合などに適した製品を販売している。また、ArcGIS Online でのベースマップ等の配信も行っている。（甲）

⑥森林分野に関わらずビッグデータと AI 関連（モデルによるサービス提供等）の事業は行われているか

⇒AI での解析サービス自体は提供していないが、AI を組み込める製品やすぐに利用できるディープラーニングのモデルを公開している。（甲）

<https://blog.esrij.com/2021/06/11/post-39431/>

#### ▶ ドローン撮影や画像処理を支援するシステムについて

①飛行計画作成や運行管理を支援するシステム（オンプレ/クラウド）

⇒先述した通り、Site Scan for ArcGIS はクラウド製品である。（甲）

②単画像のオルソ化や、それを GIS に展開し画面上での成果確認を支援するシステム（オンプレ/クラウド）

⇒先述した通り、Site Scan for ArcGIS で対応可能。その他、ArcGIS Drone2Map というデスクトップ製品がある。（甲）

※「ArcGIS Drone2Map」ドローンで取得した画像から GIS データを生成することができるソフトウェアです。オルソモザイク、数値表層モデル（DSM）、3D 点群、3D メッシュなどのプロダクトを短時間で作成することができます。作成したデータは ArcGIS Online で共有したり、ArcGIS Desktop でさらに高度な解析や可視化を行うことができます。<<https://www.esrij.com/products/drone2map/>>

③その他（機体管理など）

・機体管理（ドローン個別の走行管理）はあるか？

⇒Site Scan for ArcGIS にフリート管理機能がある。（甲）



<https://blog.esrij.com/2021/07/28/post-39778/>

④実証協力は可能か

・システム試用など実証協力をお願いしたい。(乙)

⇒デモなどは対応可能(甲)

・こちらで描いた実証シナリオに対して適用可能なシステムやサービスを組み合わせて頂くことは可能か(丙)

⇒シナリオを見て検討させて頂く(甲)

➤ 森林クラウド等のデータ共有システムについて

①都道府県、市町村、林業経営体など、異なる主体間でデータ共有できるような GIS クラウドシステム提供しているか

⇒国有林の管理に ArcGIS Enterprise が採用されている。森林管理局から森林管理署等までのデータ共有が想定されている。サーバは民間のクラウドサービスを利用している。(甲)

②それはインターネット、LGWAN、両方、いずれを利用したクラウドシステムか

⇒パブリッククラウドもしくはオンプレミスで、LGWAN ではない。(甲)

③導入実績は何件くらいか

⇒ArcGIS Online の導入に関しては、行政全体では相当数ある。(甲)

④パッケージングサービスか、オンプレミスか

⇒ArcGIS Online はパブリッククラウド、ArcGIS Enterprise はプライベートクラウド(オンプレミス)のサービス。

➤ 以下は、森林クラウドについての質問

⑤造林補助や伐採造林届出制度など各種届出・審査機能は有しているか、画像等の添付も可能か。容量制限はどのくらい。

客先ニーズはあるか、開発の予定はあるか

⇒ESRI ジャパンとして森林クラウドを開発する予定はないが、ArcGIS Online 及び ArcGIS Enterprise で開発すること自体は可能。画像の添付といった機能は標準機能として有している。(甲)

⑥shp やラスタ画像の任意登録は可能か(アップロード機能)、容量制限はどのくらい。

客先ニーズはあるか、開発の予定はあるか

⇒ESRI ジャパンとして森林クラウドを開発する予定はないが、shp やラスタ画像の任意登録は ArcGIS Online 及び ArcGIS Enterprise の標準機能として有している。(甲)

⑦オルソ画像など位置情報付き画像を GIS 上に展開することは可能か。

客先ニーズはあるか、開発の予定はあるか

⇒ESRI ジャパンとして森林クラウドを開発する予定はないが、オルソ画像など位置情報付き画像の GIS 上への展開は ArcGIS Online 及び ArcGIS Enterprise の標準機能として有している。(甲)

⑧INT-LGWAN 間でデータ共有を行っている場合、データ共有はどのように実現しているのか？ (バッチでデータ同期？、データ転送上の課題はあるか、容量制限など)

⇒ESRI ジャパンとして森林クラウドを開発する予定はないが、ArcGIS Online や ArcGIS Enterprise を利用している場合、GIS Web サービスとしてデータ共有を行う事例も多い。(甲)

⑨オンライン上で申請検査を行う上での技術的課題

⇒ESRI ジャパンとして森林クラウドを開発する予定はないが、既存の業務フローを再検討する必要があると思われる。(甲)

⑩オンライン上でオルソ画像を共有する上での技術的課題

⇒ESRI ジャパンとして森林クラウドを開発する予定はないが、GIS Web サービスとして共有することで各組織でのデータの重複保持等を避け、利用者に応じてアクセス権を制御した運用が可能となる。(甲)

以上

10.4. ドローンを活用した苗木等運搬の実証調査計算表

実証地 NO	① 実証地概要										② ドローン諸元		
	都道府県	所有形態	集材方式	傾斜 0(度)	植栽苗種別	植栽苗樹種	植栽面積	haあたり 植栽本数	総植栽本 数	1日あたり 実働時間  (時間/ 日)	機種	メーカー	運搬可能 量  (kg)
						ア	イ	ウ	エ				
1	R2茨城県	国有林	車両系（フォワーダ）	29	コンテナ苗（普通苗）	ヒノキ・スギ	2.85	2,000	5,700	7	M1000	mazex	10.4
2	R2群馬県	国有林	車両系（フォワーダ）	35	コンテナ苗(300cc)	カラマツ	2.5	2,400	6,000	7	EAGLE15	DoneWorkSystem	15
3	R2群馬県	国有林	車両系（フォワーダ）	35	コンテナ苗(300cc)	カラマツ	2.5	2,400	6,000	7	EAGLE24	DoneWorkSystem	24
4	R2兵庫県	民有林	架線系	35	コンテナ苗（普通苗）	スギ	1.55	3,000	4,650	7	森飛(1ハ)	mazex	8
5	R2和歌山県	民有林	架線系	35	コンテナ苗（普通苗）	スギ	5.96	2,000	11,920	7	森飛(1ハ)	mazex	8
6	R2和歌山県	民有林	架線系	35	コンテナ苗（普通苗）	スギ	5.96	2,000	11,920	7	森飛(2ハ)	mazex	10.4
7	R2和歌山県	民有林	架線系	25	獣害防止資材	獣害防止資材	1.42	190kg	270kg	7	いたきそ	上道キカイ	15
8	R2山口県	国有林	車両系（グラップル）	38	裸苗	スギ	1.17	2,000	2,340	7	いたきそ	上道キカイ	15
9	R2宮崎県	民有林	民有林	—	コンテナ苗（普通苗）	スギ	4.543	1,651	7,500	7	E616	ARRIS	10
10	R3岩手県	民有林	民有林	10	コンテナ苗（普通苗、大苗）	スギ	9.14	2,002	18,298	7	EAGLE24	DoneWorkSystem	24
11	R3宮城県	民有林	民有林	20	コンテナ苗（普通苗）	スギ	2.32	2,004	4,649	7	EAGLE24	DoneWorkSystem	24
12	R3長野県	民有林	民有林	35	コンテナ苗（普通苗）	ヒノキ	4.92	2,215	10,898	7	M1000	mazex	10.4
13	R3和歌山県	民有林	民有林	35	獣害防止資材	獣害防止資材	9.01	63kg	564kg	7	ITAKISO	MAKUW	20
14	R3愛媛県	民有林	民有林	35	コンテナ苗（普通苗）	ヒノキ	4.94	2,500	12,350	7	森飛(1ハ)	mazex	8
15	R3宮崎県	民有林	民有林	15	コンテナ苗（中苗）	スギ	3.55	2,000	7,100	7	ciDrone	ciRobotics	20

実証地 NO	③ ドローン運搬諸元							④ ドローン運搬実証結果									
	運搬者	ドローン 発着水平 距離 (m)	ドローン 発着比高 (m)	ドロー ン操縦 者 (人)	ドロー ン補助 者 (人)	ドローン 総作業人 数 (人)	ドローン苗木 設置方式	ドローン1 往復あた り運搬本 数 (本)	ドローン1 往復の時 間 (分)	ドローン1 日あたり 運搬本数 (本/日)	ドローン1 人日あた り運搬本 数 (本/人 日)	ドロー ン運搬 日数 (日)	ドロー ン事前 下見・ 準備人 数 (人)	ドロー ン事前 下見・ 準備日 数 (日)	ドローン 事前下 見・準備 人工 (人日)	ドローン 運搬総人 工 (人日)	ドローン 6,000本運 搬人工 (人日 /6,000本)
				オ	カ	キ=オ+ カ		ク	ケ	コ=エx60 分/ケxク	サ=コ/キ	シ=ウ/ コ	ス	セ	ソ=スxセ	タ=キxシ +ソ	チ=6,000/ コxキ+ソ
1	(株)ストーンモリス	513-606	75-85	2	1	3	自動切離し	75	6.72	4,688	1,563	1.2	1	1	1	4.6	4.8
2	(株)DoneWorkSystem	210-320	25-50	2	3	5	補助員手動	50	3.66	5,730	1,146	1	3	1	3	8	8.2
3	(株)DoneWorkSystem	210-320	25-50	2	3	5	補助員手動	100	3.66	11,460	2,292	0.5	3	1	3	5.5	5.6
4	住友林業(株)	300-460	50-110	1	0	1	自動切離し	60	5.56	4,532	4,532	1	1	1	1	2	2.3
5	円陣(株)	350-540	113-251	1	1	2	自動切離し	60	5.82	4,330	2,165	2.8	2	1	2	7.6	4.8
6	東洋エンジニア(株)	350-540	113-251	2	0	2	自動切離し	60	5.01	5,030	2,515	2.4	2	1	2	6.8	4.4
7	(株)中川	117-237	54-114	2	3	5	補助員手動	10kg	2.15	1,953kg	391kg	0.1kg	—	—	—	—	—
8	(株)中川	100-145	40-60	2	3	5	補助員手動	100	2.12	19,811	3,962	0.1	5	0.4	2	2.5	3.5
9	延岡空撮	440	182	1	2	3	自動切離し	55	7.13	3,240	1,080	2.3	2	0.3	0.6	7.5	6.2
10	(株)DoneWorkSystem	535-620	95-110	2	3	5	補助員手動	100	6.02	6,977	1,395	2.6	3	1	3	16	7.3
11	(株)DoneWorkSystem	360	80	2	3	5	補助員手動	15kg	5.29	1,191kg	238	3.9kg	3	1	3	22.5	28.2
12	(株)ストーンモリス	130-215	55-85	2	2	4	自動切離し	75	4.11	7,664	1,916	1.4	1	1	1	6.6	4.1
13	(株)中川	90-325	10-160	2	3	5	補助員手動	12kg	2.71	1,860kg	372	0.3kg	—	—	—	—	—
14	住友林業(株)	470-525	120-170	1	1	2	自動切離し	40	7.13	2,356	1,178	5.2	1	1	1	11.4	6.1
15	延岡空撮	125-270	35-75	1	2	3	自動切離し	60	2.64	9,545	3,182	0.7	2	1	2	4.1	3.9

実証地 NO	⑤ 人肩運搬の林野庁標準単価						⑥ 人肩運搬実証結果				⑦ クローラ運搬実証結果				⑧ クローラ+人肩運搬実証結果				
	標準 単価 移動 距離 (m)	標準 単価 比高 (m)	標準単価運搬 距離 (m)	標準単価 人工 /1,000本	標準単価1人 日あたり運 搬本数 (本/人日)	標準単価 6,000本運 搬人工 (人日 /6,000本)	人肩1往復 あたり運 搬本数 (本)	人肩1往 復の時間 (分)	人肩1人日 あたり運搬 本数(運搬 作業のみ) (本/人日)	人肩運搬 6,000本運 搬人工 (人日 /6,000本)	クローラ1 往復あた り運搬本 数 (本)	クローラ1 往復の時 間 (分)	クロー ラ作業 人数 (人)	クローラ1人 日あたり運 搬本数 (本/人日)	クローラ運 搬6,000本 運搬人工 (人日/6,000 本)	クローラ+ 人肩で人肩 が1日で往復 できる回数 (本)	クローラ+ 人肩1往復 の時間 (分)	クローラ+ 人肩1人日 あたり運搬 本数(運搬 作業のみ) (本/人日)	人肩+ク ローラ運搬 6,000本運 搬人工 (人日/6,000 本)
	ツ	テ	ツ'	ト	ナ=1000/ ト	ニ=ト×6	ヌ	ネ	ノ=エ×60 分/ネ×ヌ	ハ=6,000/ ノ	ヒ	フ	ヘ	ホ=エ×60 分/フ×ヒ/ヘ	マ=6,000/ ホ	ミ=(エ×60 分-フ)/ネ	ム=ネ+フ	メ=ヌ×ミ	モ=6,000/ メ
1	840	84	1344	1.08168	924	6.5	—	—	—	—	600	57	1	4,421	1.4	—	—	—	—
2	485	40	725	0.83	1205	5	—	—	—	—	1500	17.5	1	36,000	0.2	—	—	—	—
3	485	40	725	0.83	1205	5	—	—	—	—	1500	17.5	1	36,000	0.2	—	—	—	—
4	1330	85	1840	1.3148	761	7.9	80	24.77	—	—	1500	72.68	1	—	—	14	97.45	1120	5.36
5	660	190	1800	1.296	772	7.8	80	70	480	12.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	660	190	1800	1.296	772	7.8	80	70	480	12.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	360	84	864	0.88	1136	5.3	10kg	12.55	335.0kg	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	250	50	550	0.74	1351	4.4	80	9.8	3,429	1.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	376	182	1468	0.83	1205	5	80	20	1,680	3.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	746	100	1346	0	924	6.5	200	27.32	3,075	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	425	80	905	0.5	1087	5.5	15kg	19.47	324.0kg	18.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	275	70	695	0.55	1282	4.7	75	19.83	1,589	3.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13	776	110	1436	0.59	889	6.7	20kg	73.5	114.0kg	52.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	640	150	1540	0.64	852	7	90	42.75	884	6.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	244	35	454	0.69	1449	4.1	60	9.7166	2,593	2.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—

※黄色着色部分は、途中までクローラで運搬した箇所から植栽地までの数値 ※緑色着色部分は植栽地までではなく、クローラでアクセスできる箇所までの数値

実証地 NO	⑨ ドローン運搬時の植栽実証						⑩ 人肩運搬時の植栽実証				⑪ クローラ運搬時の植栽実証	⑫ クローラ+人肩運搬時の植栽実証	⑬ 運搬手法別運搬から植栽までの6,000本あたり人工			
	ドローン運搬時の植栽人工(日報)(人日)	ドローン運搬時の植栽可能本数(本/人日)	ドローン運搬時の植栽6,000本あたり人工(人日/6,000本)	植栽地往復の徒歩時間(空荷)(分)	1日あたり植栽時間(分)	1本あたり植栽時間(分/本)	人肩運搬時の1日あたり往復数	人肩運搬時の1日あたり植栽可能本数(本/日)	人肩運搬時の植栽6,000本あたり人工(人日/6,000本)	クローラ運搬時の植栽6,000本あたり人工(人日/6,000本)	クローラ+人肩運搬時の植栽6,000本あたり人工(人日/6,000本)	ドローン運搬から植栽までの6,000本あたり人工(人日/6,000本)	人肩運搬から植栽までの6,000本あたり人工(人日/6,000本)	クローラ運搬から植栽までの6,000本あたり人工(人日/6,000本)	クローラ+人肩運搬から植栽までの6,000本あたり人工(人日/6,000本)	
ヤ	ユ=ウ/ヤ	ヨ=6,000/ユ	ラ	リ=7時間(420分)-ラ	ル=リ/ユ	レ	ロ=人肩1往復運搬80本xレ	ワ=6,000/ロ	ヲ=ヨ(ドローンと同じ)	ン=ワ	イ=チ+ヨ	ろ=ワ	は=マ+ヲ	に=ン		
1	25	228	26.3	56	364	1.6	—	—	—	26.3	—	31.1	—	27.7	—	
2	19	316	19	18	402	1.3	—	—	—	19	—	27.2	—	19.2	—	
3	19	316	19	18	402	1.3	—	—	—	19	—	24.6	—	19.2	—	
4	20	233	25.8	62	358	1.5	2	160	37.5	—	37.5	28.1	—	—	37.5	
5	50.5	236	25.4	70	350	1.5	2	160	37.5	—	—	30.2	37.5	—	—	
6	50.5	236	25.4	70	350	1.5	2	160	37.5	—	—	29.8	37.5	—	—	
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
8	8	293	20.5	9.8	410.2	1.4	3	240	25	—	—	24.0	25.0	—	—	
9	25	300	20	17	403	1.3	3	240	25	—	—	26.2	25.0	—	—	
10	110	166	36.1	24.35	395.65	2.4	3	240	25	0	0.0	43.4	25.0	0.0	—	
11	17	273	13.2	17.87	402.13	1.5	3	240	25	0	0.0	50.1	25.0	0.0	—	
12	49	222	9.5	19.33	400.67	1.8	3	240	25	—	—	31.1	25.0	—	—	
13	—	—	9.5	45.5	374.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
14	61	202	12.9	42.75	377.25	1.9	2	160	37.5	—	—	35.7	37.5	—	—	
15	40	178	12.7	9.7166	410.2834	2.3	3	240	25	0	0.0	37.7	25.0	0.0	—	

※桃色着色部分は実測値でなく推定値

※水色着色部分は途中までクローラで運搬

10.5. 購入の場合のコスト分析票

購入費200万

2オペ4人 6,000本

ドローン年間費用		ドローン準備 (人・日)	ドローン 操縦者数	ドローン 補助者数	ドローン 運搬本数 (本/日)	ドローン運搬 時の植栽本数 (本/人・日)	人肩運搬時 の植栽本数 (本/人・日)	ドローン運搬時 の植栽必要人数	(ドローン運搬分の) 人肩運搬+ 植栽必要人数	労務費/日		植栽密度 (本/ha)	費用対効果が見込める		
償却費	管理費									ドローン準備・補助、 人肩運搬・植栽	ドローン 操縦		年間稼働日数	総植栽本数	総植栽面積 (ha)
a	b	c	d	e	f	g	h	i=f/g	j=f/h	k	l	m	$n=(a+b)/\{j*k-(c*k+d*l+e*k+i*k)\}$	$o=n*f$	$p=o/m$
400,000	500,000	2	2	2	6,000	267	200	22	30	20,000	50,000	2,000	-30.6	-183,435	-91.7

2オペ3人 6,000本

ドローン年間費用		ドローン準備 (人・日)	ドローン 操縦者数	ドローン 補助者数	ドローン 運搬本数 (本/日)	ドローン運搬 時の植栽本数 (本/人・日)	人肩運搬時 の植栽本数 (本/人・日)	ドローン運搬時 の植栽必要人数	(ドローン運搬分の) 人肩運搬+ 植栽必要人数	労務費/日		植栽密度 (本/ha)	費用対効果が見込める		
償却費	管理費									ドローン準備・補助、 人肩運搬・植栽	ドローン 操縦		年間稼働日数	総植栽本数	総植栽面積 (ha)
a	b	c	d	e	f	g	h	i=f/g	j=f/h	k	l	m	$n=(a+b)/\{j*k-(c*k+d*l+e*k+i*k)\}$	$o=n*f$	$p=o/m$
400,000	500,000	2	2	1	6,000	267	200	22	30	20,000	50,000	2,000	-95.4	-572,143	-286.1

2オペ2人 6,000本

ドローン年間費用		ドローン準備 (人・日)	ドローン 操縦者数	ドローン 補助者数	ドローン 運搬本数 (本/日)	ドローン運搬 時の植栽本数 (本/人・日)	人肩運搬時 の植栽本数 (本/人・日)	ドローン運搬時 の植栽必要人数	(ドローン運搬分の) 人肩運搬+ 植栽必要人数	労務費/日		植栽密度 (本/ha)	費用対効果が見込める		
償却費	管理費									ドローン準備・補助、 人肩運搬・植栽	ドローン 操縦		年間稼働日数	総植栽本数	総植栽面積 (ha)
a	b	c	d	e	f	g	h	i=f/g	j=f/h	k	l	m	$n=(a+b)/\{j*k-(c*k+d*l+e*k+i*k)\}$	$o=n*f$	$p=o/m$
400,000	500,000	2	2	0	6,000	267	200	22	30	20,000	50,000	2,000	85.2	511,277	255.6

1オペ2人 6,000本

ドローン年間費用		ドローン準備 (人・日)	ドローン 操縦者数	ドローン 補助者数	ドローン 運搬本数 (本/日)	ドローン運搬 時の植栽本数 (本/人・日)	人肩運搬時 の植栽本数 (本/人・日)	ドローン運搬時 の植栽必要人数	(ドローン運搬分の) 人肩運搬+ 植栽必要人数	労務費/日		植栽密度 (本/ha)	費用対効果が見込める		
償却費	管理費									ドローン準備・補助、 人肩運搬・植栽	ドローン 操縦		年間稼働日数	総植栽本数	総植栽面積 (ha)
a	b	c	d	e	f	g	h	i=f/g	j=f/h	k	l	m	$n=(a+b)/\{j*k-(c*k+d*l+e*k+i*k)\}$	$o=n*f$	$p=o/m$
400,000	500,000	2	1	1	6,000	267	200	22	30	20,000	50,000	2,000	22.2	133,130	66.6

2オペ4人 運搬本数12,000本

ドローン年間費用		ドローン準備 (人・日)	ドローン 操縦者数	ドローン 補助者数	ドローン 運搬本数 (本/日)	ドローン運搬 時の植栽本数 (本/人・日)	人肩運搬時 の植栽本数 (本/人・日)	ドローン運搬時 の植栽必要人数	(ドローン運搬分の) 人肩運搬+ 植栽必要人数	労務費/日		植栽密度 (本/ha)	費用対効果が見込める		
償却費	管理費									ドローン準備・補助、 人肩運搬・植栽	ドローン 操縦		年間稼働日数	総植栽本数	総植栽面積 (ha)
a	b	c	d	e	f	g	h	i=f/g	j=f/h	k	l	m	$n=(a+b)/\{j*k-(c*k+d*l+e*k+i*k)\}$	$o=n*f$	$p=o/m$
400,000	500,000	2	2	2	12,000	267	200	45	60	20,000	50,000	2,000	7.4	89,165	44.6

2オペ3人 運搬本数12,000本

ドローン年間費用		ドローン準備 (人・日)	ドローン 操縦者数	ドローン 補助者数	ドローン 運搬本数 (本/日)	ドローン運搬 時の植栽本数 (本/人・日)	人肩運搬時 の植栽本数 (本/人・日)	ドローン運搬時 の植栽必要人数	(ドローン運搬分の) 人肩運搬+ 植栽必要人数	労務費/日		植栽密度 (本/ha)	費用対効果が見込める		
償却費	管理費									ドローン準備・補助、 人肩運搬・植栽	ドローン 操縦		年間稼働日数	総植栽本数	総植栽面積 (ha)
a	b	c	d	e	f	g	h	i=f/g	j=f/h	k	l	m	$n=(a+b)/\{j*k-(c*k+d*l+e*k+i*k)\}$	$o=n*f$	$p=o/m$
400,000	500,000	2	2	1	12,000	267	200	45	60	20,000	50,000	2,000	6.4	76,529	38.3

2オペ2人 運搬本数12,000本

ドローン年間費用		ドローン準備 (人・日)	ドローン 操縦者数	ドローン 補助者数	ドローン 運搬本数 (本/日)	ドローン運搬 時の植栽本数 (本/人・日)	人肩運搬時 の植栽本数 (本/人・日)	ドローン運搬時 の植栽必要人数	(ドローン運搬分の) 人肩運搬+ 植栽必要人数	労務費/日		植栽密度 (本/ha)	費用対効果が見込める		
償却費	管理費									ドローン準備・補助、 人肩運搬・植栽	ドローン 操縦		年間稼働日数	総植栽本数	総植栽面積 (ha)
a	b	c	d	e	f	g	h	i=f/g	j=f/h	k	l	m	$n=(a+b)/\{j*k-(c*k+d*l+e*k+i*k)\}$	$o=n*f$	$p=o/m$
400,000	500,000	2	2	0	12,000	267	200	45	60	20,000	50,000	2,000	5.6	67,029	33.5

1オペ2人 運搬本数12,000本

ドローン年間費用		ドローン準備 (人・日)	ドローン 操縦者数	ドローン 補助者数	ドローン 運搬本数 (本/日)	ドローン運搬 時の植栽本数 (本/人・日)	人肩運搬時 の植栽本数 (本/人・日)	ドローン運搬時 の植栽必要人数	(ドローン運搬分の) 人肩運搬+ 植栽必要人数	労務費/日		植栽密度 (本/ha)	費用対効果が見込める		
償却費	管理費									ドローン準備・補助、 人肩運搬・植栽	ドローン 操縦		年間稼働日数	総植栽本数	総植栽面積 (ha)
a	b	c	d	e	f	g	h	i=f/g	j=f/h	k	l	m	$n=(a+b)/\{j*k-(c*k+d*l+e*k+i*k)\}$	$o=n*f$	$p=o/m$
400,000	500,000	2	1	1	12,000	267	200	45	60	20,000	50,000	2,000	4.7	56,508	28.3



購入費300万

2オペ4人 6,000本

ドローン年間費用		ドローン準備 (人・日)	ドローン操縦者数	ドローン補助者数	ドローン運搬本数 (本/日)	ドローン運搬時の植栽本数 (本/人・日)	人肩運搬時の植栽本数 (本/人・日)	ドローン運搬時の植栽必要人数	(ドローン運搬分の)人肩運搬+植栽必要人数	労務費/日		植栽密度 (本/ha)	費用対効果が見込める		
償却費	管理費									ドローン準備・補助、人肩運搬・植栽	ドローン操縦		年間稼働日数	総植栽本数	総植栽面積 (ha)
a	b	c	d	e	f	g	h	i=f/g	j=f/h	k	l	m	$n=(a+b)/\{j*k-(c*k+d*l+e*k+i*k)\}$	$o=n*f$	$p=o/m$
600,000	500,000	2	2	2	6,000	267	200	22	30	20,000	50,000	2,000	-37.4	-224,198	-112.1

2オペ3人 6,000本

ドローン年間費用		ドローン準備 (人・日)	ドローン操縦者数	ドローン補助者数	ドローン運搬本数 (本/日)	ドローン運搬時の植栽本数 (本/人・日)	人肩運搬時の植栽本数 (本/人・日)	ドローン運搬時の植栽必要人数	(ドローン運搬分の)人肩運搬+植栽必要人数	労務費/日		植栽密度 (本/ha)	費用対効果が見込める		
償却費	管理費									ドローン準備・補助、人肩運搬・植栽	ドローン操縦		年間稼働日数	総植栽本数	総植栽面積 (ha)
a	b	c	d	e	f	g	h	i=f/g	j=f/h	k	l	m	$n=(a+b)/\{j*k-(c*k+d*l+e*k+i*k)\}$	$o=n*f$	$p=o/m$
600,000	500,000	2	2	1	6,000	267	200	22	30	20,000	50,000	2,000	-116.5	-699,286	-349.6

2オペ2人 6,000本

ドローン年間費用		ドローン準備 (人・日)	ドローン操縦者数	ドローン補助者数	ドローン運搬本数 (本/日)	ドローン運搬時の植栽本数 (本/人・日)	人肩運搬時の植栽本数 (本/人・日)	ドローン運搬時の植栽必要人数	(ドローン運搬分の)人肩運搬+植栽必要人数	労務費/日		植栽密度 (本/ha)	費用対効果が見込める		
償却費	管理費									ドローン準備・補助、人肩運搬・植栽	ドローン操縦		年間稼働日数	総植栽本数	総植栽面積 (ha)
a	b	c	d	e	f	g	h	i=f/g	j=f/h	k	l	m	$n=(a+b)/\{j*k-(c*k+d*l+e*k+i*k)\}$	$o=n*f$	$p=o/m$
600,000	500,000	2	2	0	6,000	267	200	22	30	20,000	50,000	2,000	104.1	624,894	312.4

1オペ2人 6,000本

ドローン年間費用		ドローン準備 (人・日)	ドローン操縦者数	ドローン補助者数	ドローン運搬本数 (本/日)	ドローン運搬時の植栽本数 (本/人・日)	人肩運搬時の植栽本数 (本/人・日)	ドローン運搬時の植栽必要人数	(ドローン運搬分の)人肩運搬+植栽必要人数	労務費/日		植栽密度 (本/ha)	費用対効果が見込める		
償却費	管理費									ドローン準備・補助、人肩運搬・植栽	ドローン操縦		年間稼働日数	総植栽本数	総植栽面積 (ha)
a	b	c	d	e	f	g	h	i=f/g	j=f/h	k	l	m	$n=(a+b)/\{j*k-(c*k+d*l+e*k+i*k)\}$	$o=n*f$	$p=o/m$
600,000	500,000	2	1	1	6,000	267	200	22	30	20,000	50,000	2,000	27.1	162,715	81.4

2オペ4人 運搬本数12,000本

ドローン年間費用		ドローン準備 (人・日)	ドローン 操縦者数	ドローン 補助者数	ドローン 運搬本数 (本/日)	ドローン運搬 時の植栽本数 (本/人・日)	人肩運搬時 の植栽本数 (本/人・日)	ドローン運搬時 の植栽必要人数	(ドローン運搬分の) 人肩運搬+ 植栽必要人数	労務費/日		植栽密度 (本/ha)	費用対効果が見込める		
償却費	管理費									ドローン準備・補助、 人肩運搬・植栽	ドローン 操縦		年間稼働日数	総植栽本数	総植栽面積 (ha)
a	b	c	d	e	f	g	h	i=f/g	j=f/h	k	l	m	$n=(a+b)/\{j*k-(c*k+d*l+e*k+i*k)\}$	$o=n*f$	$p=o/m$
600,000	500,000	2	2	2	12,000	267	200	45	60	20,000	50,000	2,000	9.1	108,980	54.5

2オペ3人 運搬本数12,000本

ドローン年間費用		ドローン準備 (人・日)	ドローン 操縦者数	ドローン 補助者数	ドローン 運搬本数 (本/日)	ドローン運搬 時の植栽本数 (本/人・日)	人肩運搬時 の植栽本数 (本/人・日)	ドローン運搬時 の植栽必要人数	(ドローン運搬分の) 人肩運搬+ 植栽必要人数	労務費/日		植栽密度 (本/ha)	費用対効果が見込める		
償却費	管理費									ドローン準備・補助、 人肩運搬・植栽	ドローン 操縦		年間稼働日数	総植栽本数	総植栽面積 (ha)
a	b	c	d	e	f	g	h	i=f/g	j=f/h	k	l	m	$n=(a+b)/\{j*k-(c*k+d*l+e*k+i*k)\}$	$o=n*f$	$p=o/m$
600,000	500,000	2	2	1	12,000	267	200	45	60	20,000	50,000	2,000	7.8	93,535	46.8

2オペ2人 運搬本数12,000本

ドローン年間費用		ドローン準備 (人・日)	ドローン 操縦者数	ドローン 補助者数	ドローン 運搬本数 (本/日)	ドローン運搬 時の植栽本数 (本/人・日)	人肩運搬時 の植栽本数 (本/人・日)	ドローン運搬時 の植栽必要人数	(ドローン運搬分の) 人肩運搬+ 植栽必要人数	労務費/日		植栽密度 (本/ha)	費用対効果が見込める		
償却費	管理費									ドローン準備・補助、 人肩運搬・植栽	ドローン 操縦		年間稼働日数	総植栽本数	総植栽面積 (ha)
a	b	c	d	e	f	g	h	i=f/g	j=f/h	k	l	m	$n=(a+b)/\{j*k-(c*k+d*l+e*k+i*k)\}$	$o=n*f$	$p=o/m$
600,000	500,000	2	2	0	12,000	267	200	45	60	20,000	50,000	2,000	6.8	81,925	41.0

1オペ2人 運搬本数12,000本

ドローン年間費用		ドローン準備 (人・日)	ドローン 操縦者数	ドローン 補助者数	ドローン 運搬本数 (本/日)	ドローン運搬 時の植栽本数 (本/人・日)	人肩運搬時 の植栽本数 (本/人・日)	ドローン運搬時 の植栽必要人数	(ドローン運搬分の) 人肩運搬+ 植栽必要人数	労務費/日		植栽密度 (本/ha)	費用対効果が見込める		
償却費	管理費									ドローン準備・補助、 人肩運搬・植栽	ドローン 操縦		年間稼働日数	総植栽本数	総植栽面積 (ha)
a	b	c	d	e	f	g	h	i=f/g	j=f/h	k	l	m	$n=(a+b)/\{j*k-(c*k+d*l+e*k+i*k)\}$	$o=n*f$	$p=o/m$
600,000	500,000	2	1	1	12,000	267	200	45	60	20,000	50,000	2,000	5.8	69,065	34.5

10.6. 委託の場合のコスト分析票

委託費20万円、1日6,000本

1日 あたり 委託費	委託業者 打合せ (人・日)	ドローン 運搬本数 (本)	ドローン運搬 時の植栽本数 (本/人・日)	ドローン運搬時 の植栽本数 (本/人・日)	人肩運搬時 の植栽本数 (本/人・日)	ドローン 運搬時の 植栽人日	(ドローン運搬分の) 人肩運搬+ 植栽人日	労務費/日	損益額(円/日)
a	b	c	d	e	f=c/d	g=c/e	h	$i=g^*h-(a+b^*h+f^*h)$	
200,000	0.5	6,000	267	200	22	30	20,000	-59,438	

委託費25万円、1日6,000本

1日 あたり 委託費	委託業者 打合せ (人・日)	ドローン 運搬本数 (本)	ドローン運搬 時の植栽本数 (本/人・日)	人肩運搬時 の植栽本数 (本/人・日)	ドローン 運搬時の 植栽人日	(ドローン運搬分の) 人肩運搬+ 植栽人日	労務費/日	損益額(円/日)
a	b	c	d	e	f=c/d	g=c/e	h	$i=g^*h-(a+b^*h+f^*h)$
250,000	0.5	6,000	267	200	22	30	20,000	-109,438

委託費35万円、2日12,000本

1日 あたり 委託費	委託業者 打合せ (人・日)	ドローン 運搬本数 (本)	ドローン運搬 時の植栽本数 (本/人・日)	人肩運搬時 の植栽本数 (本/人・日)	ドローン 運搬時の 植栽人日	(ドローン運搬分の) 人肩運搬+ 植栽人日	労務費/日	損益額(円/日)
a	b	c	d	e	f=c/d	g=c/e	h	$i=g^*h-(a+b^*h+f^*h)$
350,000	0.5	12,000	267	200	45	60	20,000	-58,876

委託費45万円、2日12,000本

1日 あたり 委託費	委託業者 打合せ (人・日)	ドローン 運搬本数 (本)	ドローン運搬 時の植栽本数 (本/人・日)	人肩運搬時 の植栽本数 (本/人・日)	ドローン 運搬時の 植栽人日	(ドローン運搬分の) 人肩運搬+ 植栽人日	労務費/日	損益額(円/日)
a	b	c	d	e	f=c/d	g=c/e	h	$i=g^*h-(a+b^*h+f^*h)$
450,000	0.5	12,000	267	200	45	60	20,000	-158,876

委託費20万円、1日12,000本

1日 あたり 委託費	委託業者 打合せ (人・日)	ドローン 運搬本数 (本)	ドローン運搬 時の植栽本数 (本/人・日)	人肩運搬時 の植栽本数 (本/人・日)	ドローン 運搬時の 植栽人日	(ドローン運搬分の) 人肩運搬+ 植栽人日	労務費/日	損益額(円/日)
a	b	c	d	e	f=c/d	g=c/e	h	$i=g^*h-(a+b^*h+f^*h)$
200,000	0.5	12,000	267	200	45	60	20,000	91,124

委託費25万円、1日12,000本

1日 あたり 委託費	委託業者 打合せ (人・日)	ドローン 運搬本数 (本)	ドローン運搬 時の植栽本数 (本/人・日)	人肩運搬時 の植栽本数 (本/人・日)	ドローン 運搬時の 植栽人日	(ドローン運搬分の) 人肩運搬+ 植栽人日	労務費/日	損益額(円/日)
a	b	c	d	e	f=c/d	g=c/e	h	$i=g^*h-(a+b^*h+f^*h)$
250,000	0.5	12,000	267	200	45	60	20,000	41,124

委託費35万円、2日24,000本

1日 あたり 委託費	委託業者 打合せ (人・日)	ドローン 運搬本数 (本)	ドローン運搬 時の植栽本数 (本/人・日)	人肩運搬時 の植栽本数 (本/人・日)	ドローン 運搬時の 植栽人日	(ドローン運搬分の) 人肩運搬+ 植栽人日	労務費/日	損益額(円/日)
a	b	c	d	e	f=c/d	g=c/e	h	$i=g^*h-(a+b^*h+f^*h)$
350,000	0.5	24,000	267	200	90	120	20,000	242,247

委託費45万円、2日24,000本

1日 あたり 委託費	委託業者 打合せ (人・日)	ドローン 運搬本数 (本)	ドローン運搬 時の植栽本数 (本/人・日)	人肩運搬時 の植栽本数 (本/人・日)	ドローン 運搬時の 植栽人日	(ドローン運搬分の) 人肩運搬+ 植栽人日	労務費/日	損益額(円/日)
a	b	c	d	e	f=c/d	g=c/e	h	$i=g^*h-(a+b^*h+f^*h)$
450,000	0.5	24,000	267	200	90	120	20,000	142,247



# ドローンを活用した 苗木等運搬マニュアル

機種選定から操縦・運用まで

令和4（2022）年3月  
林野庁



## はじめに

戦後造成された人工林が主伐期を迎えて、森林資源の循環利用の確立と公益的機能の維持・向上の両立を図る必要がある中、主伐後の再造林の確保に加え、近年多発する地震、台風等による裸地化した森林の再生が課題となっている。一方で、日本の森林の大半は急傾斜地にあることから、造林作業は高コストのみならず労働強度の高い状況となっており、担い手不足の深刻化も懸念されている。

このような急傾斜地である日本の森林に対応した低コスト・省力的な造林技術の確立・普及を進めるため、林野庁では令和2年度より、「ドローンを活用した新たな造林技術の実証・調査」を実施してきた。この中で、ドローンを用いた苗木や獣害防止柵などの造林資材運搬の現地実証を行い、ドローンによる苗木等の運搬に適した条件、最適な作業手法、省力・低コスト化への効果等を明らかにし、技術的課題の整理等を行うとともに、効率的な運用方法の検討と苗木等運搬の標準歩掛の作成に参考となる情報の収集・整理を行ってきた。

本マニュアルは、これまでの調査を踏まえてとりまとめたものでありドローンの導入・活用の参考となるよう、ドローン導入に適した条件、準備すべきドローン機体性能、効率的効果的かつ安全に運搬するための準備、作業工程、作業体制、安全管理などを盛り込んでいる。また、各地での活用事例や林野庁での実証事業の結果、実際に用いられている機種について紹介する。

本マニュアルが造林現場へのドローン導入を検討する際の一助となれば幸いである。



## 目次

1. ドローンを活用した苗木等運搬とは	1	<b>導入・機種選定方法</b>
2. ドローン活用に適した条件	2	
3. ドローンの導入・運用	4	
3-1. 苗木等運搬用ドローンの導入・運用方法	4	
3-2. 林業の現場でのドローンの導入・運用の今後の期待と課題	7	
4. 苗木等運搬に必要な機体性能等	8	<b>操縦方法</b>
4-1. ドローン本体の機能	8	
4-2. ドローン本体以外の必要機材	12	
5. 苗木等運搬実施時の作業工程及び作業体制	14	
5-1. 飛行手続き等	14	<b>操縦方法</b>
5-2. 準備作業	14	
5-3. 運搬工程	17	
5-4. 作業体制	24	
6. 安全管理、留意点等	27	<b>操縦方法</b>
6-1. 安全管理	27	
6-2. ドローンの飛行ルール	28	
6-3. その他の留意点	31	
7. 各地の導入及び実証事例と使用機種	33	<b>参考となる事例・資料</b>
7-1. 「森飛」による苗木運搬	33	
7-2. 「E616」による苗木運搬	35	
7-3. 「ciDrone」による苗木運搬	37	
7-4. 「EAGLE」による苗木運搬	39	
7-5. 「いたきそ」による苗木運搬	41	
7-6. その他、苗木等運搬に活用されている機種	43	
8. 参考資料	44	<b>参考となる事例・資料</b>
8-1. ドローン運搬、人肩運搬、車両（クローラ）運搬の関係	44	
8-2. 飛行手続きにおける無人航空機のレベル4飛行の実現に伴う航空法の改正	45	

## 1. ドローンを活用した苗木等運搬とは

ドローンを活用した苗木等運搬とは、造林のために準備した苗木や鹿柵等の獣害防除資材等を、土場から造林現場までドローンを用いて運搬することである。

運搬用ドローン及びその操縦技術者を準備し、現場に合った適切な方法で効率的効果的かつ安全に運搬を行うことができれば、従来よりも短時間で多くの苗木等が運べることや、労働負荷が軽減されるなどのメリットが期待できる。

一方、ドローンによる苗木等運搬は、造林現場の環境によっては従来の運搬方法より効率化できない場合もあることも事実である。また、運搬用ドローンは大型かつ高価であり、万一事故が起こってしまった場合の被害は人身安全面やコスト面からも甚大である。

このため、ドローンの導入・活用にあたっては、ドローンが有効となる条件や苗木等運搬の全体の流れを把握し、従来の運搬方法と比較して総合的にメリットがあるかどうかを考える必要がある。



なお、苗木等運搬のためのドローンの活用については、ドローンの導入コスト（購入・維持管理コストや業者委託コスト）がかかること、運搬最大重量（以下、「ペイロード」という。）や運搬可能距離に制限があること、操縦技術者の育成が必要なことなど様々な課題がある。しかしながら、ドローンやバッテリー等の性能が向上していくことが見込まれ、これに伴いドローンによる苗木等運搬が普及していくものと考えられる。



## 2. ドローン活用に適した条件

苗木等の運搬方法として人肩・ドローン・運搬車の特徴を表に示す。現在、苗木等の運搬に使用されているドローンのペイロード（搭載可能な積荷の量）は、人肩運搬の重量とは大差ないが、移動速度が速いことから人肩運搬に比べて短時間に多くの苗木等を運搬することができる。

しかしながら、1度に大量に運べるクローラ等の運搬車と比較するとドローンの効率性は劣る。このため、運搬車がドローンの10倍の苗木を運べる場合、ドローンは運搬車の1/10以下の時間で苗木の運搬ができないと時間短縮はできない。さらにドローンを用いる場合、事前の準備や飛行計画作成など車両運搬より人工を要する場合が多いため、路網が発達し、運搬車が造林地近くまでアクセスできる環境では、ドローンによる効率化は見込めない。

他方、ドローンによる運搬は路網整備を条件とせず、また人肩運搬の場合と比べても体力を必要としないために作業者の年齢や性別が問われにくいなどコストだけでは表せないメリットがある。

また、ドローンの開発スピードは速く、性能や扱いやすさは年々向上すると考えられ、若者の関心も高いことから、林業への参入者が増えるきっかけにもなると考えられる。

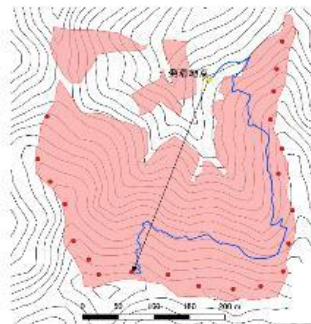
運搬方法	一度に運搬できる量 / 特徴
<p>人肩運搬</p> 	<p>10~30kg (50~150本)</p> <p>肉体的な負担が大きい。一日に運搬できる量が限られるため、植栽作業全体の効率も下がる。</p>
<p>ドローン</p> 	<p>8~20kg (40~100本)</p> <p>作業道の配置に関係なく、土場から植栽地まで直線的に飛行することから、人肩運搬に比べて、短時間で沢山の苗木等を運搬することができる。事前準備等が必要となる。</p>
<p>運搬車（クローラ）</p> 	<p>200kg (1,000本) 以上</p> <p>路網が整備され植栽地まで車両が入る場合は、ドローンより効率的である。伐採後に間を置かず植栽する一貫作業システムを採用することで、伐採に使用した機械を運搬にも使用することができる。</p>



### ドローン活用に適した条件

- 一定の条件下であれば、苗木運搬の効率化、コスト低減が可能
  - ✓ 車両が入れない造林地（急傾斜地、架線系集材地）
  - ✓ 車両が入れる地点から植栽位置が離れている造林地（面積が広い）
  - ✓ 一貫作業システムが採用できず植栽時に車両が利用できない造林地
- コスト以外のメリットも考慮
  - ✓ 労力が軽減され、労災リスクの低減につながる
  - ✓ 体力を必要としないため、年齢や性別が問題となりにくい。
  - ✓ 若者の関心も高く、林業への参入が増えるきっかけにつながる

#### <ドローン運搬に適した条件の事例>



人肩運搬の距離（左図青線）や時間が長いほどドローン運搬が適している。

ドローンの機種（運搬できる本数）や作業にかける人数により人工削減できる距離（時間）の目安が変わる。

荷下ろし地点までの標高差が 50m 以上をドローン適用の基準としている事業体もある。

以下、実証データを用い、人肩運搬本数を 100 本/往復、苗木の植栽時間を 1.5 分/本とした時、ドローンで 6,000 本運搬した場合に、人肩運搬に比べ人工数が少なくなる環境条件を整理する。

#### 人肩の運搬距離（往復時間）が表の距離（時間）より長い場合、ドローンにより運搬作業人工が削減できる

パターン	ドローンが一度に運搬できる苗木本数（重量）		
	60 本（10kg）	100 本（20kg）	
ドローン 運搬作業 人数	4 人	人工削減できない	600m（40 分）以上
	3 人	800m（60 分）以上	500m（35 分）以上
	2 人	600m（40 分）以上	450m（30 分）以上

### 3. ドローンの導入・運用

#### 3-1. 苗木等運搬用ドローンの導入・運用方法

苗木等運搬にドローンを導入・運用するためには、大きく分けてドローンを購入する方法と専門業者に作業委託する方法がある。また、レンタルサービスは今のところ撮影用の小型ドローンがメインだが、将来的には苗木等運搬用ドローンもレンタルできるようになる可能性はある。

一般に運搬用ドローンは撮影用ドローンと比較して大型で、プロペラを折りたたんだ状態でも1m以上ある場合が多く高価である。また撮影用ドローンよりも高い操縦技術も必要である。このため、導入・運用にあたっては、それぞれの導入方法別の特長と課題をよく考慮して検討する必要がある。

方法	特長	課題
委託	<ul style="list-style-type: none"> <li>初期コストや維持管理コストが抑制できる</li> <li>オペレータ（ドローン操縦技術者）の育成が必要ない</li> <li>ドローン活用に適した事業地（前項参照）が少ない場合は、適した事業地のみ依頼した方がコストを抑制できる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>委託業者との事前調整や現地での事前説明が必要</li> <li>業者の繁忙期にあたりと日程調整が難しくなる</li> <li>作業当日の天候が悪い場合、実施が延期となり委託費が追加になる可能性がある</li> </ul>
購入	<ul style="list-style-type: none"> <li>必要な時に自由に使える</li> <li>ドローン活用に適した事業地が多い場合は、委託するよりもトータルコストを抑制できる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>機体本体やバッテリーなどの導入経費のほかに、保険料等の管理費、消耗部品費、維持修理費等がかかる</li> <li>発火性のバッテリーの適正な安全管理等が必要</li> <li>オペレータ（ドローン操縦技術者）の育成が必要</li> </ul>
レンタル ※	<ul style="list-style-type: none"> <li>初期コストや維持管理コストが抑制できる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>オペレータ（ドローン操縦技術者）の育成が必要</li> </ul>

※ 現在、苗木運搬用ドローンはレンタルされていないが、将来的には可能性がある。

以下に、現在利用可能な委託、購入それぞれの場合の注意点と効果額の算定方法を示す。

### ドローン運搬を委託する場合の注意点

- 委託の内容や条件について十分確認する
  - ✓ 現地の事前下見が必要かどうか
  - ✓ 作業当日の天候が悪くなった場合、別日での対応は可能か、またその場合、委託費は変更するか。
  - ✓ 運搬作業にあたって補助者の協力は必要か
  - ✓ 1日あたり何本程度運搬できそうか
- 年間計画に基づいてまとめて依頼すると日程調整の手間がなくなり、コスト低減につながる可能性がある

#### <委託の場合の費用対効果額の算出例>

人肩運搬と比較し、ドローン運搬の費用対効果を高くするためには、委託費用を下表の損益分岐の金額よりも低くする必要がある。

ドローン運搬の委託金額は、今のところ下見打合せ0.5日・苗木運搬作業1.0日の場合で20~30万円程度、下見打合せ0.5日・苗木運搬作業2.0日の場合で35~50万円と想定されることから、ドローンによる苗木運搬を人肩運搬より高い費用対効果で委託するためには、ドローンの運搬量が1日6,000本では難しく、12,000本以上の運搬量が必要となる。1日に運搬できる苗木本数が6,000本の場合は委託費が14.1万円の時に人肩運搬の経費と釣り合うため、費用対効果としては人肩運搬の方がよい。

人肩運搬とドローン運搬委託の損益分岐となる金額 (委託作業日数・ドローン運搬本数別)		
委託作業日数	ドローンが一日に運搬できる苗木本数	
	6,000本	12,000本
1日	14.1万円	29.1万円
2日	29.1万円	59.2万円

#### 【算出条件】

委託業者下見打合せ人日数：0.5人日  
 土場から植栽地までの人肩往復運搬時間/空荷運搬時間：40分/19分  
 ドローン運搬時の1人日あたり植栽本数：267本  
 人肩運搬時の1人日あたり植栽本数：200本（人肩の往復時間分、植栽本数が減る）  
 人肩運搬・植栽、打合せの労務単価：20,000円/人日



### ドローンを購入する場合の注意点

- 費用対効果を見込むためには、
  - ✓ ドローンの年間稼働日数をあげ、利用する造林地の面積を大きくする必要がある
  - ✓ 一日の運搬本数が多くなるよう、作業の熟練度をあげる必要がある
- 操縦者の育成には、
  - 撮影用ドローンも購入し、操縦に慣れた後、徐々に運搬用ドローンの操縦に慣れるとよい
  - 運搬用ドローンを扱っているドローンスクールの講習に参加するとよい

#### <購入の場合の費用対効果の算出例>

1 セット 200 万円の 1 オペの機種を購入し、操縦者 1 人、補助者 1 人で操作し、1 日 6,000 本運搬する場合、年間 66.6ha に対してドローンで苗木運搬を行うと人肩運搬より費用が安くなる。

#### 年間の植栽本数や植栽面積が表より多く、稼働日数が見込める場合、ドローンを購入しても費用対効果がある

購入 ドローン 費	作業人数		ドローン 1 日 6,000 本運搬			ドローン 1 日 12,000 本運搬		
			費用対効果が見込める年間の			費用対効果が見込める年間の		
	操縦者	補助者	稼働日数 (日)	植栽本数 (万本)	植栽面積 (ha)	稼働日数 (日)	植栽本数 (万本)	植栽面積 (ha)
200 万 円	2 人	1 人				6.4	7.7	38.3
	1 人	1 人	22.2	13.3	66.6	4.7	5.7	28.3
300 万 円	2 人	1 人				7.8	9.4	46.8
	1 人	1 人	27.1	16.3	81.4	5.8	6.9	34.5

#### 【算出条件】

ドローン購入費は 5 年償却とする  
 ドローン年間維持管理費（消耗品、保険など）：500,000 円  
 ドローン作業体制：準備 2 人日  
 土場から植栽地までの人肩往復運搬時間/空荷運搬時間：40 分/19 分  
 ドローン運搬時の植栽本数：267 本/人日  
 人肩運搬時の植栽本数：200 本/人日（人肩で往復運搬する分、植栽本数が減る）  
 ドローンの準備、補助、人肩運搬、植栽の労務単価：20,000 円/人日  
 ドローン操縦の労務単価：50,000 円/人日  
 植栽密度：2,000 本/ha

### 3-2. 林業の現場でのドローンの導入・運用の今後の期待と課題

前節で説明したとおり、購入には利点もある一方、初期費用や維持費用がかかるほか、一定以上の事業量がないと費用対効果が見込めない等の課題がある。また、委託した場合は初期費用や維持費用を抑制できるが、委託業者との調整や希望時期に活用できない可能性等の課題がある。

ここで、これらを解決する方法として、共同運用や他分野との協業、苗木等運搬以外の造林作業へ活用する方法について整理する。

#### ドローンの運用方法における工夫

- 共同運用により購入・維持管理費用を抑える
  - ✓ 自治体や都道府県森林組合連合会の単位でドローンを購入して維持管理し、各事業体にドローンを貸し出す
  - ✓ 各事業体がドローンを借りる時にレンタル料を支払う
- 他分野との協業により稼働率を上げる
  - ✓ 農業分野：農業散布時期が春季～夏季に限定されるため、それ以外の時期に苗木等運搬が可能
  - ✓ 配送業：今後、中山間地域での発展が期待されている
- 他の造林作業に活用し稼働率を上げる
  - ✓ 空撮による現地測量、植栽木や雑草木の生育状況確認など

農業との協業に関しては、農業散布時期が春季～夏季に限定されるため、それ以外の時期に農業側の操縦者が苗木等運搬に協力することや、逆に林業側の操縦者も農業散布に協力し、相互協力する方法が考えられる。ただし、農業用機種と林業用機種は機能が異なるため、アタッチメント交換できる機種を除き、同じ機種をそれぞれの作業に用いることはできない。また、林地の場合は傾斜や障害がある中で飛行させる必要があり、農地の場合は、低空で細かく飛行させる必要があるなど、それぞれ操縦技術が異なるため、いずれの側の操縦者も訓練が必要である。

配送業でのドローン活用が本格化するのはまだ先のことはあるが、苗木等運搬用機種で重量物を運べるという点から、同じ機種のまま配送業に協力できる可能性がある。また、自動飛行機能があれば、離陸と着陸以外は自動飛行で配送できるようになると考えられる。

## 4. 苗木等運搬に必要な機体性能等

苗木等運搬にドローンを導入する場合、委託であれば、業者が適切な機種を選定するが、購入する場合は必要な規格を考慮して機種を選定する必要がある。本章では苗木等運搬に必要なドローン本体の機能と、ドローン本体以外の必要機材について整理する。

### 4-1. ドローン本体の機能

ドローン本体のペイロード（最大積載重量）、オペレーション方式（操縦方式）、大きさ、アタッチメント（運搬物を荷掛けて切離す部分）について現状の機種と特徴や注意点を示す。

項目	現状	特徴や注意点
ペイロード (最大積載重量)	<ul style="list-style-type: none"> <li>概ね 8kg~20kg と機種により異なる</li> <li>ペイロードが大きくなると重量物も運搬できるが、機体が大型化して価格も高くなる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 回に運搬できる量により、作業開始から作業終了までの運搬往復回数が変わってくる（例えば 150cc コンテナ苗の重量が 150g で苗木梱包ネットが 100g の場合、ペイロード 10kg のドローンでは 66 本の苗木を 1 度に運搬できる）</li> <li>獣害防止柵等の資材運搬を行う場合、支柱やネットは単体でも 10kg 以上の重量がある場合があるため、必要なペイロードに注意する</li> <li>メーカーによるペイロードのカタログ値は、ドローン本体や必要なバッテリーの重量も含まない値を示していたり、安定した運搬飛行できる重量ではなく、離陸できる最大重量を示していたりする場合もあるため、十分に注意する</li> </ul>
オペレーション方式 (操縦方式)	<ul style="list-style-type: none"> <li>荷掛地点の 1 人のオペレーターで荷下ろしできる 1 オペレーション（以下、「1 オペ」とする。）と荷掛地点と荷下ろし地点に計 2 人のオペレーターが必要な 2 オペレーション（以下、「2 オペ」とする。）の 2 種類の操縦方式の機種がある。（5-3 も参照）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 オペ方式の機種では、通常、自動飛行機能やカメラが装備されており、1 人で操縦可能なため、作業人員を減らすことができる</li> <li>2 オペ方式の機種は基本的に手動飛行でカメラも付属せず、作業人員も増えるが、1 オペと比較して長距離の目視内飛行ができ、荷掛地点と荷下ろし地点の間に尾根を挟むような現場でも作業可能なほか、荷下ろし箇所を適宜変えたい場合に効率的な作業ができるなど自由度が高い</li> </ul>
大きさ	<ul style="list-style-type: none"> <li>プロペラ部分を折りたたんでも直径 1m 程度の大きさがある（写真 4-1）</li> <li>基本的にペイロードが大きくなるほど大型化する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>造林地の土場までの移動に使用する自動車に積み込めるかどうか確認する</li> <li>ドローンのほかにバッテリー、充電器、発電機等も車載する必要があるため、その分のスペースも考慮する必要がある（写真 4-2）</li> </ul>





写真 4-1 ドローンのプロペラを広げた状態と閉じた状態



写真 4-2 ドローン及びバッテリー等付属機器の車載状況（右写真はハードケースに収納）  
※写真は普通車だが、軽貨物自動車に収納している例もある。

項目	現状	特徴や注意点
アタッチメント (運搬物を荷掛して切離す部分)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ フックについては、テンションがかかるとフックが閉じ、かからなくなるとフックが開く自動フックを持つ機種と、特にそのような仕組みはもたない簡易フックを持つ機種がある</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 自動フック（写真 4-3）の場合、操縦者により運搬物の荷下ろしができるため、作業人員が減らせる。荷下ろし時に補助者がドローンに近づく必要がないため、安全性が高い</li> <li>・ 簡易フック（写真 4-4）は、直接フックに触れて運搬物を取り外すために補助者がドローンに近づく必要があることから、安全性の観点から見た場合、フック部分を自動フックに変更することが望ましい</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ワイヤの長さは5mの場合が多い</li> <li>・ 荷下ろし地点の傾斜が急な場合、6mのワイヤを使っている事例もある</li> <li>・ 1 オペ方式でウインチ機構がある機種は、荷下ろし地点でドローンをあまり下降させず、ウインチで伸ばして荷下ろしできるものもある</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ワイヤが長いと、その分、荷下ろし時に地面近くまで下降する必要がなくなる一方、運搬時の飛行バランスが悪くなる</li> <li>・ ウインチ機構がある機種は、ペイロードが少なくなるという課題がある</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 一部機種では、フックを用いず、遠隔操作でドローン下部を脱着できるようにし、そこにリングのついた紐で縛った運搬物のリング部分を取付け、遠隔操作でリングごと運搬物を切り離すものもある（写真 4-5）</li> </ul>	



写真 4-3 荷下ろしの際に操縦者の操作で切離しができる自動フック





写真 4-4 荷下ろしの際に補助者の手での切離しが必要な簡易フック



写真 4-5 遠隔操作で運搬物を切り離す機種 (ciDrone/ciRobotics 社)

#### 4-2. ドローン本体以外の必要機材

ドローンを用いて苗木等運搬を行う場合、ドローンのバッテリーやその充電器、充電のための発電機が必要となる。また荷掛地点と荷下ろし地点で連絡し合うため、無線機も必要である。

項目	現状	注意点
バッテリー	<ul style="list-style-type: none"> <li>充電器なしで運搬を1日行うのであればバッテリーは数十本以上必要となる</li> <li>バッテリー1セットでの最大飛行時間は空荷で20分～30分の機種が多い</li> <li>苗木等を運搬する場合にはさらに飛行時間が短くなるほか、墜落防止等のため、バッテリー残量が残っていても、早めに交換する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>バッテリーの価格は10万円/本する場合もあるため、必要本数をすべて用意するのではなく、現場で充電しながら利用することが現実的。</li> <li>充電には30分以上かかる場合が多いため、充電時間を考慮した本数を用意する</li> <li>衝撃により発火するなどの危険性があるため、使用しない時は保護ケースに入れ、高温・多湿を避け、落下の危険性がなく、水回りからも離れた場所で適切に保管する</li> </ul>
充電器・発電機	<ul style="list-style-type: none"> <li>充電器は現場でドローンのバッテリーを充電するために必要</li> <li>充電器を用いるために発電機が必要(写真4-6)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>必要な充電器の数はバッテリーの数と1つの充電器で充電できるバッテリーの数による</li> <li>バッテリーの充電待ちのために作業が滞ることのないよう、必要となる機材の数と充電のローテーションの検討をしっかりと行う</li> <li>急速充電を行うと、バッテリーの劣化が進みやすくなるため、基本的には本体マニュアルに対応した適切な方法で充電する</li> </ul>
無線	<ul style="list-style-type: none"> <li>特定小電力の無線は現場でほとんど使えない場合が多い</li> <li>デジタル簡易無線か業務用無線を準備する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>操縦者はハンディタイプの無線だと操縦中に使えないため、ヘルメット取付用ヘッドセットタイプのものを用いる(写真4-7)</li> <li>無線機は交互通話タイプではなく、同時通話ができるタイプのものを用いると便利</li> </ul>

**<バッテリー交換のローテーションの例>**

①バッテリー2本で20分飛行できる機種で6本のバッテリーを用意し、  
 ②バッテリー充電に40分かかり、  
 ③1台で2本のバッテリーを充電できる充電器を2個使った場合のバッテリー充電のローテーションの例を示す。

累積時間	20分	40分	60分	80分	100分	120分
バッテリー1	飛行1	充電器1	充電器1	飛行4	充電器2	充電器2
バッテリー2		飛行2	充電器2	充電器2	飛行5	充電器1
バッテリー3			飛行3	充電器1	充電器1	飛行6
バッテリー4						
バッテリー5						
バッテリー6						

(株式会社マゼックスのパンフレットを参考)



写真 4-6 発電機を充電器につなげ、充電している様子



写真 4-7 ヘルメットに無線機を取り付けた例



## 5. 苗木等運搬実施時の作業工程及び作業体制

### 5-1. 飛行手続き等

ドローンによる苗木等運搬を実施するあたり、下表のとおり許可・承認申請が必要になる場合がある。航空法第132条に定める「飛行禁止空域」に該当せず、航空法第132条の2に定める「飛行の方法」によらない飛行（目視外飛行等）を行わない場合、特段の飛行手続き等は必要ない。苗木等運搬にドローンを用いる場合、皆伐地は通常「飛行禁止区域」に該当せず、見通しも確保できることから、目視内飛行を行うことが通例となっている。

今後、航空法などの最新情報に注意する必要がある（8-2. 飛行手続きにおける無人航空機のレベル4飛行の実現に伴う航空法の改正参照）。

必要な届出等	確認の方法
<ul style="list-style-type: none"> <li>航空法第132条に定める「飛行禁止空域」及び「緊急用務空域」の飛行では、国土交通省及びその空域を管轄する空港事務所への許可申請が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>国土交通省 HP「無人航空機の飛行禁止空域と飛行の方法」 (<a href="https://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr10_000041.html">https://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr10_000041.html</a>)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>航空法第132条の2に定める「飛行の方法」によらない飛行として、特に、「目視外飛行」、「(人又は物件から)30m未滿の飛行」、「物件投下」などを行う場合は、国土交通省への承認申請が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>目視外飛行となる場合は承認申請が必要</li> <li>荷下ろし時に物件を地面に接地させてから切り離す場合は「物件投下」にあたらないとされているが、今後の法改正等にも注意する</li> </ul>

操縦体制	目視外飛行となる事例
1オペレーション (1人操縦体制)	<ul style="list-style-type: none"> <li>運搬距離が500m以上</li> <li>飛行経路に尾根や障害物がある場合</li> <li>目視内飛行ができる運搬距離の範囲内で見通しの良い荷下ろし地点を確保できない場合</li> </ul>
2オペレーション (2人操縦体制)	<ul style="list-style-type: none"> <li>運搬距離が1,000m以上</li> <li>目視内飛行ができる運搬距離の範囲内で発着地点と荷下ろし地点のオペレータがともに目視できる状態で操縦を切替えられる空域がない場合</li> </ul>

### 5-2. 準備作業

ドローンを用いた苗木等の運搬の実施にあたり、作業を効果的かつ安全に行うために事前に作業現場の環境条件の確認・把握や、機体点検・安全確認、苗木等運搬物の荷造り等の準備作業を行っておく必要がある。

作業実施日以前に行っておくべき主な準備作業としては、発着地点、荷下ろし地点、飛行ルート、作業中の立入り禁止エリアの検討及び機体の準備・点検がある。苗木等運搬物は荷掛にかけ時間を極力短くするよう、必要に応じて事前に荷造り等を行っておく必要がある。

また、作業当日に行うべき準備作業としては、機体点検や天候（風、雨、雷、霧に注意）・安全の確認がある。

確認	設定のポイント等	注意点
発着地点 (写真5-1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 上空及び周辺が開けた空間であること</li> <li>・ 発着は操縦者から基本的には10m程度以上離れた位置で行う必要があり、林地で距離をとることが困難な場合でも機体の下には立ち入らないこと</li> <li>・ 充電するための発電機や荷造りした苗木等を配置できるだけのスペースがあること</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1オベの機種を用いる場合は、荷下ろし地点を目視できる必要がある。</li> </ul>
荷下ろし地点 (写真5-2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 植栽地の地形や形状から荷下ろし後の植栽作業の行いやすさを考慮し決める</li> <li>・ 荷下ろし地点数が多いほど、そこから植栽者が植付位置まで移動する距離は小さくなる</li> <li>・ 最初の荷下ろし地点までの運搬が終わった段階で荷下ろし地点周辺での植栽作業を開始することができる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 荷下ろしをした苗木等が転がり落ちないように平坦な場所に設定する</li> <li>・ 荷下ろし地点間を補助者、あるいは2オベ機種の操縦者が移動する必要があり、その間は運搬作業ができないため、そのバランスを踏まえて決めるとよい（荷下ろし地点間の移動時間がドローンの往復時間以下になると待ち時間はなくなる）</li> </ul>
飛行ルート	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 立木等障害物の有無を現地で確認する</li> <li>・ 発着地点から荷下ろし地点まで障害物なく安全かつ効率的に運搬できるルートをとる</li> <li>・ 発着地点から荷下ろし地点まで直線的に飛行ルートをとると飛行距離も短くなり操縦もしやすい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 常に操縦者（2オベ機種の場合、いずれかの操縦者）がドローンを目視できる状態とする</li> <li>・ 必要に応じて土地所有者からの同意を得る。※1</li> </ul>
作業中の立入禁止エリア	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ドローンの飛行ルート周辺</li> <li>・ 万ードローンに不具合が生じた場合に不時着させる場所</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 作業開始前に植栽者等の関係者によく周知するほか、看板設置や監視員の配置等、第3者が知らずに立ち入らないように注意する</li> </ul>

※1【土地所有権の範囲についての基本的考え方】

民法においては、「土地の所有権は、法令の制限内において、その土地の上下に及び。」（第207条）と規定されているが、その所有権が及び土地の空間の範囲は、一般に、当該土地を所有する者の「利益の存する限度」とされている。このため、第三者の土地の上空において無人航空機を飛行させるに当たって、常に土地所有者の同意を得る必要がある訳ではないものと解される。

この場合の土地所有者の「利益の存する限度」の具体的な範囲については、一律に設定することは困難であり、当該土地上の建築物や工作物の設置状況など具体的な使用態様に照らして、事案ごとに判断されることになる。

出典：首相官邸 HP（小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会（第16回）「無人航空機の飛行と土地所有権の関係について」）から一部抜粋

[https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/kanminkyougi\\_dai16/gijsidai.html](https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/kanminkyougi_dai16/gijsidai.html)



写真 5-1 発着地点



写真 5-2 荷下ろし地点の目印



### 5-3. 運搬工程

ドローンを用いた苗木等の運搬は、①荷掛、②往路運搬飛行、③荷下ろし、④復路（戻り）飛行、⑤着陸、⑥バッテリー交換・機体チェック、の6工程のサイクルで繰り返し行われる。

ただし、1回のバッテリー装着で複数回往復できることが多く、バッテリー交換なしで再往復する場合は⑥を省略することになる。



写真 5-3 ドローンによる苗木等運搬における運搬工程（①～⑥）

運搬用のドローンは、操縦者が発着地点に1人の1オベの機種と、操縦者が発着地点と荷下ろし地点に各1人（計2人）の2オベの機種が主である。それぞれの作業体制は図のとおりであるが、どの機種でも①～⑥の工程は変わらないことから、本節ではこの6工程について、工程ごとに作業内容や留意点等を整理する。



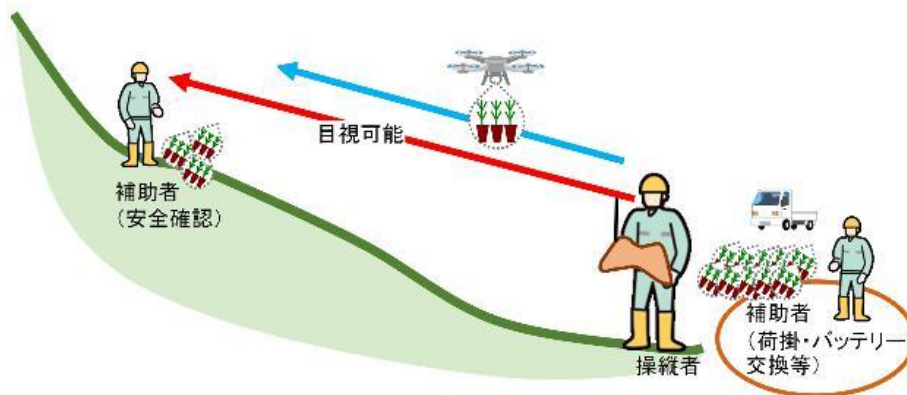


図 5-1 1オペの機種を用いた場合の作業体制の事例

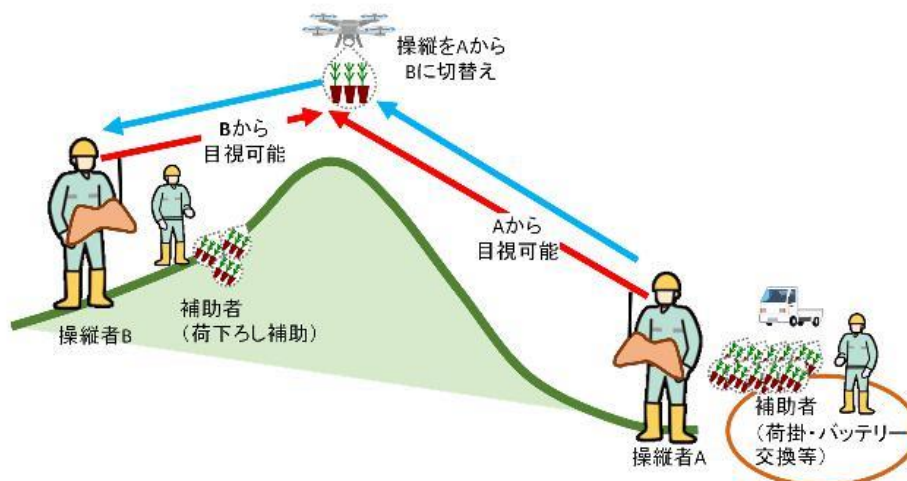


図 5-2 2オペの機種を用いた場合の作業体制の事例

### 5-3-1. 荷掛

苗木等運搬用ドローンには、通常、苗木の入った袋等が運搬できるようフックや遠隔切離し装置等のアタッチメントが装備されている。これらのアタッチメントに運搬物をセットする作業を荷掛と呼ぶこととする。



写真 5-4 苗木等を運搬するための簡易フック（左）、自動フック（中）、遠隔切離し装置（右）

（自動フックは運搬物が地面に接地してテンションがかからなくなると自動で外れ、遠隔切離し装置は操縦者による遠隔操作により好きなタイミングで切離しを行うことができる。）

荷掛作業は、出荷時に苗木が梱包された袋の大きさ・口紐の強度がともに十分であれば、口紐をしぼり、それをそのままフック等に引っ掛けることができる。しかしながら、苗木袋が小さく運搬中に苗木が袋から漏れて落下する可能性がある場合や口紐が荷重に耐えられないことが危惧される場合は、別途、丈夫なネット袋やモッコ等に詰め替える必要がある。

このため、苗木の生産業者にドローン運搬可能なネットに梱包してもらえると効率的である。

また、荷掛作業は、ドローンを発着地点に着陸させた状態で行うのが安全である。



写真 5-5 苗木を運搬するネット袋（中）、ポリモッコ（右）

（左写真のように苗木の梱包袋が小さかったり、強度もなかったりする場合には、詰替が必要）

#### 荷掛のポイント

- 苗木生産者の出荷時にドローン運搬可能なネットに梱包してもらえると効率的
- 自動フック、遠隔切離し装置があると安全



写真 5-6 荷掛作業の様子

### 5-3-2. 往路運搬飛行

往路運搬飛行は、荷掛後、荷下ろし箇所上空まで苗木等を運搬飛行させる作業（ドローン操縦）である。機種にもよるが、フロボからの電波が届き、バッテリーがもてば、片道最大で2,000m程度の距離まで飛行ができる。しかし500m以上離れると目視確認が厳しくなるため、1オペの機種を目視内で使用する場合は500m以内、2オペの機種を使用する場合でも1,000m以内とすることが望ましい。運搬中の飛行速度は、運搬物があるため機体の最大飛行速度より小さくなるほか、機体の安定性からも高速飛行は避けるべきで、20km/時以下にしている例が多い。

1オペの機種を使用する場合、発着地点の操縦者が全ての操縦を行う。また、自動飛行機能が付いている場合、最初の飛行で調整が終われば、自動飛行が可能である。ただし、荷下ろし箇所上空に障害物が多い場合や、背後に斜面がある場合等は、荷下ろし地点上空にドローンが近づく際、その場所にいる補助者と無線連絡をとりながら操縦を行う。なお、1オペの機種は、自動飛行中であっても安全のため目視内での飛行とする。

2オペの機種を使用する場合は、自動飛行機能等は通常ついていないため、基本的に操縦者が目視しながら操縦する。最初の操縦は発着地点の操縦者が行い、途中で荷下ろし地点の操縦者が操縦を交代する。操縦交代（切換）箇所については、双方がともにドローンを目視確認できる場所とする。なお、2オペの機種の場合発着地点から荷下ろし地点が見えない場合でも運搬飛行することができる。



写真 5-7 往路運搬飛行の様子



### 5-3-3. 荷下ろし

荷下ろしは、荷下ろし地点上空からドローンもしくはドローンに装着されたウインチを下降させ、植栽地に苗木等の運搬物を降ろす作業（ドローン操縦）である。

荷下ろしのための操縦は、1 オペの機種では、通常ドローンにカメラがついているため、発着地点の操縦者がカメラで荷下ろし地点を確認しながら慎重に行う。



写真 5-8 1 オペの機種では発着地点の操縦者がプロポ（右下写真）のカメラ画像を確認しながら、慎重に操縦して運搬物を下降させ、荷下ろしする

往路運搬飛行で述べたとおり、1 オペの機種を用いる場合、荷下ろし地点も発着地点から目視できる必要がある。

一方、2 オペの機種では、荷下ろし地点では操縦者が交代しているため、発着（荷掛）地点から荷下ろし地点が見えなくても良く、その代わりに、荷下ろし地点の操縦者が目視で操縦を行う。荷下ろし地点の操縦者の判断により、ドローンの降下地点をフレキシブルに変えられるため、荷下ろし地点を少し変えたい場合や地点数が多い場合には効率的に作業できる。

荷の切離し作業については、写真5-4 で示した苗木等運搬のためのアタッチメントの種類により作業が異なる。

自動フックの場合は、荷重がかからなくなるとフックが自動で外れる仕組みのため、運搬物を地面に接地させ荷重がかからなくなるまで下降、もしくはウインチを伸ばして、荷下ろしを行う。

遠隔切離し装置の場合は操縦者が好きなタイミングで運搬物を切離することができる。ただし、運搬物が地面に接地していないうちに切離す場合は物件投下申請が要するため、その申請をしていない場合には、運搬物が地面に接地してから切離し操作を行う必要がある。

このように自動フックや切離し装置が付いている場合は、操縦者が荷下ろし作業を全て行うことができる。

簡易フックの場合は、フックに引っ掛ける口紐の種類によっては操縦者の技術で外せる場合も

あるが、そうでない場合は、ホバリング中のドローンの下で補助者が手で運搬物を取り外すことになる。

#### 5-3-4. 復路（戻り）飛行

復路飛行は、荷下ろし後、空荷のドローンを発着地点まで飛行させる作業（ドローン操縦）である。

1 オペの機種には自動飛行機能が付いている場合、自動飛行により発着地点上空まで飛行させることができる。

2 オペの機種の場合は、自動飛行機能は通常ついていないため、操縦者が目視で操縦する。操縦手順は往路運搬飛行と逆となり、最初の操縦は荷下ろし地点のオペレータが行い、途中で発着地点の操縦者が操縦を交代する。操縦交代（切換）箇所については、双方がともにドローンを目視確認できる場所とする。

また、往路運搬飛行とは異なり、運搬物がないことと、下降しながら飛行する機会が多いため、往路飛行よりも飛行速度が速くできる場合が多い。

#### 5-3-5. 着陸

着陸は、復路飛行のドローンを次の運搬のための荷掛やバッテリー交換・機体チェックのために発着地点に着陸させる作業（ドローン操縦）である。作業は発着地点側の操縦者が実施する。

なお、着陸は高い操作技術を要することから、特に慎重に行う必要がある。



写真 5-9 着陸の様子（着陸は高い操縦技術を要する部分で慎重に行う必要がある）



### 5-3-6. バッテリー交換・機体チェック

通常の機種であれば1往復ごとにバッテリー交換する必要は少ない。しかし、運搬距離、運搬物の重量、気温等によりバッテリーの減り方が異なることから、バッテリー残量は常に確認し、余裕を持って交換する必要がある。また、運搬回数が多い場合、バッテリーの充電が間に合わず作業が中断することを避けるため、十分なバッテリー本数と発電機・充電器を準備しておくことが望ましい。

(p.12<バッテリー交換のローテーションの例>参照)

機体チェックについては、バッテリー交換時等、定期的に行うほか、往路飛行や復路飛行等において不自然な飛行が確認された場合はすぐに行う必要がある作業である。



写真 5-10 バッテリー交換の様子

#### 5-4. 作業体制

ドローンを用いた苗木等運搬作業では、基本的に、ドローン発着地点と荷下ろし地点に操縦者と補助者を配置する。1オペの機種を用いる場合、条件が整えば、発着地点に操縦者1人の体制での作業も可能ではあるが、事例としては、2~5名で行っている場合が多い。

本節では発着地点及び荷下ろし地点に配置すべき人数と役割分担について整理する。

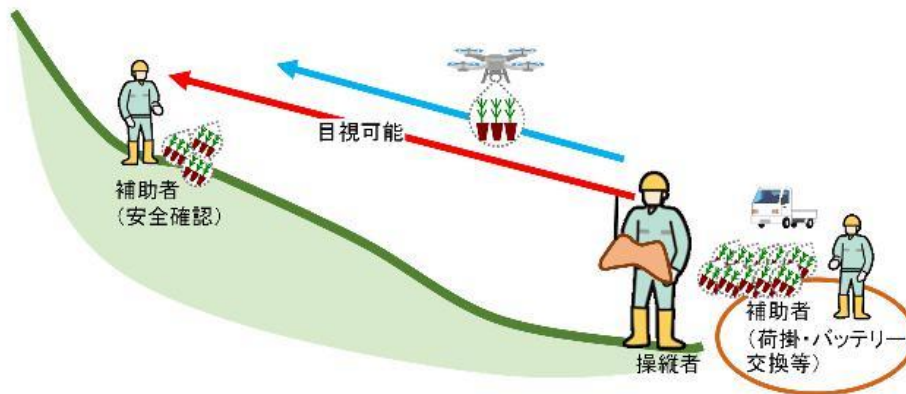


図 5-3 1オペの機種を用いた場合の作業体制の事例 (再掲)

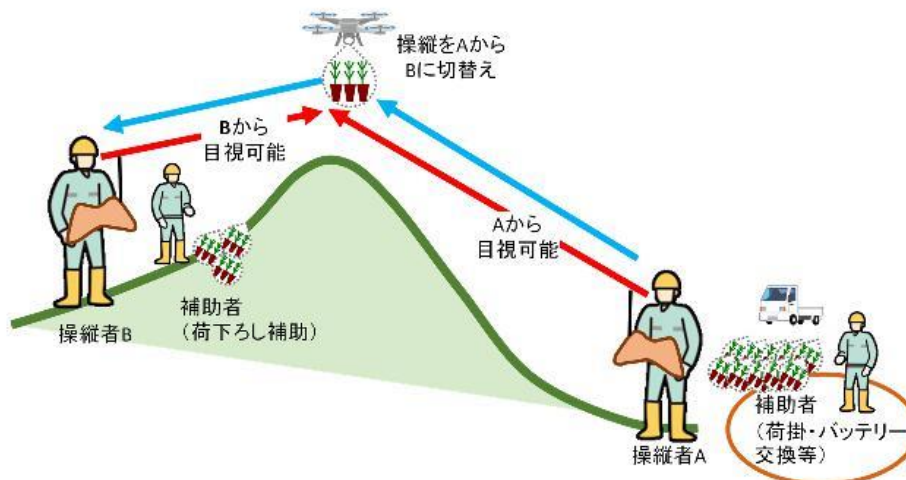


図 5-4 2オペの機種を用いた場合の作業体制の事例 (再掲)



### 5-4-1. ドローン発着地点（荷掛地点）

ドローン発着地点では、ドローンの操縦、バッテリー交換・機体チェック、荷掛等の作業がある。

発着地点の作業体制は、1 オペ機種、2 オペ機種ともに共通であり、発着地点に操縦者が1人配置され、操縦以外の作業については、状況により操縦者が自ら行う場合と別途補助者が行う場合がある。

発着地点の 作業項目	1 オペ機種、2 オペ機種共通	
	（人工削減を重視）	（操縦者が操縦に専念）
操縦	発着地点の操縦者	発着地点の操縦者
バッテリー交換・ 機体チェック等	発着地点の操縦者	発着地点の補助者
荷掛	発着地点の操縦者 （苗木の準備が整っている場合）	発着地点の補助者 （ドローン作業関係者以外でも可能）
安全確認（車両通 行がある場合等）	発着地点の補助者	発着地点の補助者
発着地点の 総人数	操縦者1人+補助者0~1人	

※各補助者は兼務可能

補助者が少ない場合や、経費削減のために全体の作業人工数を減らしたい場合は、発着地点の操縦者がバッテリー交換や荷掛作業を行うことも可能である。特に2オペの機種を使う場合は、荷下ろし地点側のオペレータが操縦している間に苗木等の用意やバッテリー交換等の準備をしておくことができる。

一方、補助者を配置すると、補助者が荷掛やバッテリー交換を行うことにより、操縦者がドローンの操縦に集中できるという利点がある。特に1オペの機種を使用する場合は、操縦者は往路・復路とも操縦を行うこととなり、ドローンを一度発着地点に着陸させた後でないと、荷掛する苗木等の用意やバッテリー交換等の準備を行うことができないことから、補助者がこの作業を行うことにより、全体の作業時間が大幅に短縮できる。

なお、荷掛については、技術を要するものではないため、ドローン運用者以外の関係者に役割を担ってもらってもできる。

また、発着地点が林道脇等で車両等が通行する場合には、操縦者のほかに補助者を安全管理も兼ねて配置する必要がある。

## 5-4-2. 荷下ろし地点

荷下ろし地点では、ドローンの操縦、荷下ろし、後背斜面への衝突防止のための安全確認等の作業がある。

操縦体制は、1オベの機種の場合は発着地点の操縦者が操縦するため、荷下ろし地点に操縦者は必要なく、2オベの機種の場合は荷下ろし地点にも操縦者を1人配置する。操縦以外の作業については、フックの種類や荷下ろし地点の環境により補助者が必要となる。

荷下ろし地点の 作業項目	1オベ機種		2オベ機種	
	自動フック等	自動フック等	自動フック等	簡易フック等
操縦	発着地点の操縦者	荷下ろし地点の操縦者	荷下ろし地点の操縦者	荷下ろし地点の操縦者
荷下ろし	発着地点の操縦者	荷下ろし地点の操縦者	荷下ろし地点の補助者	荷下ろし地点の補助者
後背斜面への衝突防止のための安全確認	荷下ろし地点の補助者 (平坦地等では不要)	荷下ろし地点の操縦者	荷下ろし地点の操縦者	荷下ろし地点の操縦者
荷下ろし地点の総人数	補助者0~1人	操縦者1人	操縦者1人+補助者1人	操縦者1人+補助者1人

※各補助者は兼務可能

荷下ろしについては、苗木等運搬のためのアタッチメントの種類により作業体制が異なり、自動フック等が付いている場合は操縦者が荷下ろし作業全てを行うことができるため、補助者は必要ない。簡易フック等の場合は運搬物を取り外す補助者が1人必要となる。

これらのことを整理すると、自動フック等が付いている1オベの機種を使用する場合は、荷下ろし地点には操縦者も補助者も必要ないが、後背斜面との距離感が掴みにくい場合は安全確認のため、補助者を配置する場合がある。自動フック等が付いている2オベの機種を使用する場合は、荷下ろし地点には操縦者を1人配置する体制となり、安全確認等が必要な場合もその操縦者が兼ねることができる。自動フック等のない2オベの機種を使用する場合は、荷下ろし地点には、操縦者と荷下ろし作業用の補助者の2名が必要となるが、前述したとおり、ホバリング中のドローンの下で補助者が運搬物を取り外さなくて済むように、安全性の観点から自動フックを導入することが望ましい。

以上より、荷下ろし地点に必要な操縦者や補助者はドローンのオペレーションタイプやアタッチメントの種類により異なり、全体で0~2名となるが、実際のところ、荷下ろし地点は傾斜地である場合が多く、荷下ろし地点で安全確認者が1人は必要な場合が多い。また、荷下ろし後に傾斜で転がった運搬物を整理したり、荷下ろしできるエリアの面積が狭く、荷下ろしした後に他の場所に運搬物を移動し、平らな荷下ろし地点を確保したりすることが必要な状況も見られる。このため、荷下ろし地点に補助者を配置しないでドローン運搬ができる現場は限られる。

## 6. 安全管理、留意点等

### 6-1. 安全管理

#### 6-1-1. 機体の管理

ドローンの機体は、飛行前に故障や破損などがいないか確認を行い、定期的に専門業者によるメンテナンスなどを受ける必要がある。

国土交通省の「無人航空機飛行マニュアル」によれば、「飛行前の点検」として、各機器の取付状況（ゆるみや脱落）、発動機やモーターの異音、機体の損傷やゆがみ、バッテリーの充電量、通信系統・推進系統・電源系統及び自動制御系統の作動状況などの確認、「飛行後の点検」として、ゴミ等の付着、各機器の取付状況（ゆるみや脱落）、機体の損傷やゆがみ、各機器の異常な発熱などの確認、さらに、20 時間の飛行毎に、交換の必要な部品、各機器の取付状況（ゆるみや脱落）、機体の損傷やゆがみ、通信系統、推進系統、電源系統及び自動制御系統の作動などの点検が求められている。

ドローンの運用に際しては、飛行記録とともに、毎回チェックリスト等により、機体の状態を確認、記録することが重要である。

#### 6-1-2. 保険の加入

ドローンを操縦する上で、墜落や衝突などの事故発生リスクは避けられない。万一事故を起こした時に備え、ドローン保険に加入することが望ましい。

ドローン保険は大きく分けて2つあり、墜落などにより他人へ損害を与えてしまったときに支払う損害賠償を補償する「賠償責任保険」と、所有している機体が被る損害に備える「機体保険」などがある。ドローン保険は、保険内容によって保険料の設定が異なることから、所有する機体の価格や業務内容等を勘案して保険を選択することが望ましい。

#### 6-1-3. バッテリーの管理

ドローンには高出力で軽量なリポバッテリーが用いられており、強い衝撃を与えると発火する危険性があることから、バッテリーの保管等には十分注意する必要がある。

保管や運搬の際は、耐火性のある金属容器などに入れ、リポバッテリーのコネクター同士が接触してショートしないように、キャップ等を被せておく必要がある。また、保管温度は22～28 度が適切とされている。なお、高温となる環境下では、リポバッテリーが膨張したり、発火したりする恐れがある。

充電に際しても、正しい方法や機材で行わないと発火などの事故が起こる恐れがあることから、充電器やリポバッテリーの仕様書等に定められた方法で行うとともに、充電中は、充電器及びリポバッテリーから離れないようにする。

リポバッテリーは、フル充電の状態では保管すると劣化を早めることになるので、保管に際しては、容量の60%程度とすることが望ましい。逆に完全に放電してしまうとバッテリー自体を壊してしまうことになるので、長期保管する場合は、自然放電等により過放電を起こしていないか、定期的にバッテリー容量のチェックが必要となる。



#### 6-1-4. 操縦者の技量

国土交通省への申請が必要な「人口集中地区上空の飛行」や「目視外飛行」などにおいては、申請が必要になるとともに、10 時間以上の飛行経歴が求められている。しかし、人口集中地区等に該当しない山間部において目視内飛行を行う場合は、法令上は特段の申請義務はなく、また、飛行経歴が少ない操縦者も操縦することが可能となっている。

しかし、安全管理の観点から、操縦者は、ドローンに関する構造の把握や関連法規等を理解するとともに、ドローンスクールや指導者のもとで、正しい操縦法を学ぶことが重要である。また、OJT 等で自己研鑽を重ね操縦技術の向上に努めることが、安全な業務遂行に資するものと考えられる。

#### 6-1-5. 飛行前の留意点

飛行の前には事前に下見を行うなど現地の状況を確認する必要がある。特に、発着場所の確保、目視外飛行の有無、鉄塔線等の構造物の有無の確認を行う必要がある。

前日までに機材の確認、動作確認及びバッテリーの充電状況の確認を行う。特に、機材については部品が1つ足りないだけで、現地でドローンを飛ばせないこともあることから、十分に確認を行う。また、冬季はバッテリーの消耗が速いので予備のバッテリーを準備しておく必要がある。

事前に天気予報等により、降雨の有無や風速の状況等を確認し、実施の可否を判断する。

#### 6-1-6. 飛行時の留意点

国土交通省の「無人航空機飛行マニュアル」にも記載されているとおり、「飛行前の点検」として、機体の不具合がないか事前に確認する必要がある。

ドローンの飛行には天候の良し悪しが大きく影響する。雨天や風の強い日(風速 5m/s 以上)などは飛行を中断することが望ましい。

飛行に際しては、事前に現地の地形を確認し、飛行ルート、発着地点と荷下ろし地点を把握し、対象区域内や隣接箇所に高圧線や鉄塔等の構造物がないか確認しておくことが重要である。

2オペレーションタイプのドローンを使用する場合は、操縦者間の無線通信が重要であり、確実な連携ができないと事故につながる可能性がある。特に山間部では、操縦者が互いに視認できない場合が多々あり、無線通信の状況等を事前確認しておく必要がある。

バッテリーについては、残量が60%程度になったら、交換することが望ましい。バッテリーを限界まで使い切ってしまうと、充電に時間を要するほか、緊急時の対応が困難になる場合がある。

荷下ろし時には苗木等を地面に接地させてから切離す必要があるため、アタッチメントとしてウインチがある場合にはウインチを伸ばし、ない場合にはドローン自体をワイヤの長さ分まで下降させる必要がある。荷下ろし後、発着地点に戻り、再度荷掛けを行う際は、安全のため、毎回着陸させて行うことが重要である。

#### 6-2. ドローンの飛行ルール

事前確認等の結果、下記のいずれかの条件に該当する場合には国土交通省に対し、飛行申請手続きが必要となる。飛行申請手続きにかかる日数を見越して、少なくとも飛行開始予定日の 10 日前(土日祝日を除く)までに行う必要がある。

### 6-2-1. 航空法第132条に定める「飛行禁止空域」における飛行

#### 【空港やヘリポートの周辺】

空港周辺やヘリポートの周辺で飛行させる場合は、国土交通省及びその空域を管轄の空港事務所への許可申請が必要となる。山間部に整備された空港周辺などに造林現場が位置する場合、飛行禁止空域に該当しないか事前の確認が必要である。

[https://www.mlit.go.jp/koku/koku\\_tk2\\_000023.html](https://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk2_000023.html)

#### 【対地高度150m以上の飛行】

地形の起伏が目立つ山間地では、斜面や窪地の上空で対地高度が150m以上となることが比較的起こりやすい。特に、尾根部を通る作業道から、沢を挟んだ対岸の造林地に苗木を運搬する場合など、沢部上空で対地高度が150mを超えないか確認が必要となる。

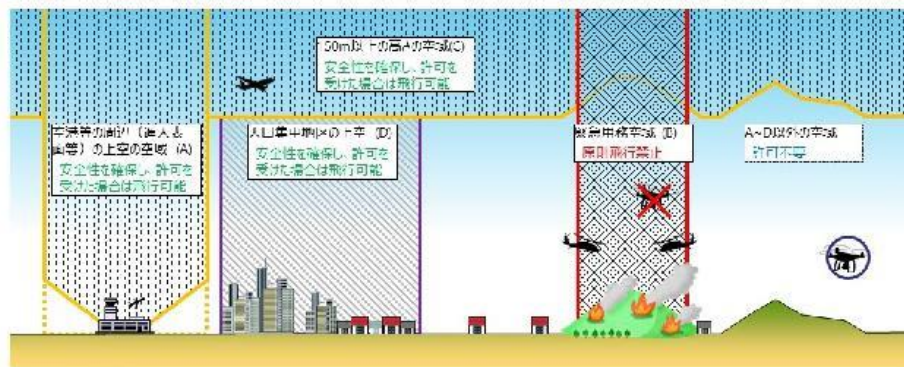
対地高度が150m以上となる場合には、国土交通省、及びその空域を管轄する空港事務所への許可申請が必要となる。

#### 【人口集中地区(DID)】

飛行するエリアが、地理院地図で人口集中地区(DID)に指定された範囲上空での飛行には許可申請が必要となる。<https://maps.gsi.go.jp/>

#### 【緊急用務空域】

消防・救助・警察など緊急用務を行うための航空機の飛行の安全を確保する必要がある場合に国土交通大臣が指定する空域のことで、この空域では上記3件の許可を得ている場合でも、ドローンの飛行は原則禁止となる。苗木運搬を行う造林地周辺の山間部で、山火事などの災害が起きている場合、緊急用務空域に該当する場合があることから、国土交通省のサイトで事前を確認しておく必要がある。[https://www.mlit.go.jp/koku/koku\\_tk10\\_000003.html#a](https://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html#a)



- (A) (B) (C) …… 航空機の航行の安全に影響を及ぼすおそれがある空域（法132条第1項第1号）  
 (D) …… 人または家屋の密集している地域の上空（法132条第1項第2号）

※空港等の周辺、150m以上の空域、人口集中地区（DID）上空の飛行許可（包括許可含む。）があっても、緊急用務空域を飛行させることはできません。無人航空機の飛行をする前には、飛行させる空域が緊急用務空域に設定されていないことを確認してください。（令和3年6月1日施行）

出典：国土交通省 HP（[https://www.mlit.go.jp/koku/koku\\_fr10\\_000041.html](https://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr10_000041.html)）

図 6-1 飛行許可が必要な空域

### 6-2-2. 航空法第132条の2に定める「飛行の方法」によらない飛行

航空法第132条の2に定める「飛行の方法」として、以下の内容が規定されている。飛行させる場所に関わらず、ドローンを飛行させる場合には、以下のルールを順守する必要がある。

- ①アルコール又は薬物等の影響下で飛行させないこと
- ②飛行前確認を行うこと
- ③航空機又は他の無人航空機との衝突を予防するよう飛行させること
- ④他人に迷惑を及ぼすような方法で飛行させないこと
- ⑤日中（日出から日没まで）に飛行させること
- ⑥目視（直接肉眼による）範囲内で無人航空機とその周囲を常時監視して飛行させること
- ⑦人（第三者）又は物件（第三者の建物、自動車など）との間に30m以上の距離を保って飛行させること
- ⑧祭礼、縁日など多数の人が集まる催しの上空で飛行させないこと
- ⑨爆発物など危険物を輸送しないこと
- ⑩無人航空機から物を投下しないこと





出典：国土交通省 HP ([https://www.mlit.go.jp/koku/koku\\_fr10\\_000041.html](https://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr10_000041.html))

図 6-2 遵守事項

前記の「飛行の方法」の⑤～⑩のルールによらずドローンの飛行を行う場合、国土交通省への承認申請が必要となる。山間地域でのドローンの運用において承認申請が必要となる主なものは以下のとおりである。なお、承認申請に際しては、10時間以上の飛行経歴が求められる。

【目視外飛行】

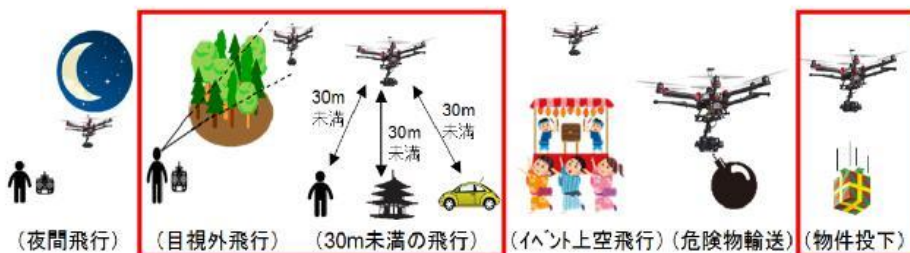
立木等の繁茂により、対象区域での飛行が目視外となることが予想される場合は飛行承認申請が必要となる。今後、改正航空法により、機体認証及び操縦ライセンス（二等資格）を取得している場合無人地帯における目視外飛行の許可・承認が不要となる予定である。現状で詳細は公表されていないが、目視外飛行を行う場合、国交省の Web 等において実施要領等の公表に注視する必要がある。

【30m 未満の飛行】

人口密集地域の如何にかかわらず、飛行ルートの周囲 30m 以内に物件(送電線・建物など)がある場合には承認申請が必要となる。

【物件投下】

ドローンから何らかの物を投下する行為は飛行承認申請が必要となるほか、操縦者には物件投下の訓練が求められる。苗木運搬において、空中で自動フックを外し、苗木を地面に落とす行為は、物件投下に該当することから注意が必要である。



出典：国土交通省 HP ([https://www.mlit.go.jp/koku/koku\\_fr10\\_000041.html](https://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr10_000041.html))

図 6-3 飛行承認申請が必要な行為

6-3. その他の留意点

ドローン運搬を実施するためには、ドローン本体のほか、発電機、充電器、バッテリー等多くの機材が必要となるため、バンやトラックなどでの運搬となる。このためこれらの車両が発着場所



までアクセスできる林道等が必要となる。また、ドローンの発着場所においては、ドローンによる運搬のほか、苗木や資材の仕分けや荷掛けなどの作業が行われるため、作業が実施できる平坦な土地が必要となる。さらに、発着場所周辺から運搬先の伐採跡地にかけて、ドローンの飛行を妨げる支障木等が無く、伐採地方向が視認できることも必要である。

急峻な地形が多い我が国の森林では、こうした条件をクリアできない場合も多々考えられることから、ドローン運搬を計画する際には、アクセス状況や発着場所の確保、安全な飛行が可能かなど、事前に検討しておくことが必要である。

## 7. 各地の導入及び実証事例と使用機種

### 7-1. 「森飛」による苗木運搬

#### ■現地の状況

場所	和歌山県日高川町 住友林業株式会社社有林
傾斜	約 35°
運搬先までの比高	113~251m
運搬先までの水平距離	350~540m
現地での伐出方法	架線集材
苗木運搬箇所数	6箇所
備考	植栽面積 5.96ha



#### ■運搬結果

**スギのコンテナ苗をウインチ型では 227 分で 2,340 本(約 304kg) 運搬、2 オペ型では 161 分で 2,280 本(約 296kg) 運搬**

運搬量：【ウインチ型】スギのコンテナ苗 117 束 (約 304kg)、【2 オペ型】 114 束 (約 296kg)

ウインチ型：1 回当たり通常 3 束 (60 本：約 7.8kg) を運搬  
 ・計 3 箇所にそれぞれ 36~43 束、合計 117 束 2,340 本 (約 304kg) を運搬  
 2 オペ型：1 回当たり 3~4 束 (60~80 本：約 7.8~10.4kg) を運搬  
 ・計 3 箇所にそれぞれ 23~47 束、合計 114 束 2,280 本 (約 296kg) を運搬

時間：【ウインチ型】 227 分、【2 オペ型】 161 分

ウインチ型：飛行時間 188 分 (40 往復)・バッテリー交換 23 分 (14 回)  
 2 オペ型：飛行時間 132 分 (33 往復)・バッテリー交換 16 分 (10 回)  
 (バッテリー交換には荷掛けを含む)

#### その他、利点等

- ・自動フックのため、苗木の荷下ろしに補助者が要らず、操縦者だけでスムーズに運搬できる。
- ・ウインチ型では、自動飛行機能があり、操縦者 1 人のため、作業人数を減らせる。見通しがきかない場所は 2 オペ型の使用が必要であるが、運搬量や距離はウインチ型に勝る。
- ・ドローンで運搬された苗木については、計 50.5 人日で植栽を完了した。



自動フックにより荷下ろしに係る補助者が不要

■機体情報と運用事例

機種名	森飛（-morito-）ウインチ型	森飛（-morito-）2オベ型
機体価格（税抜き）	268万円	168万円
販売店	株式会社マゼックス	
操縦体制（操縦方法）	1オペレーション（手動・自動）	2オペレーション（手動）
大きさ	約98cm×約98cm×約57.2cm	
機体重量	約10.7kg（バッテリー除く）	
運搬可能量	約8kg（ウインチ限界値）	約10.4kg
最高時速	30 km/h（P mode）、58km/h（S mode） ※P modeは通常モードで、S modeは速度優先モード	
電波到達距離	2000m	1000m
最大使用可能時間・風速	30分（使用可能時間）、7m/s（最大使用風速）	
アタッチメントの特徴	自動開閉フックとウインチを装着。ドローン発着（荷掛）地点の操縦者がカメラ画像を見ながらウインチを巻き下げて荷下ろしを行う。安全に吊り下げ運搬を行うために独自開発した共振防止装置を標準装備。	自動開閉フックを装着。荷下ろし地点の操縦者が高度を下げて荷下ろしを行う。安全に吊り下げ運搬を行うために独自開発した共振防止装置を標準装備。
機体の特徴	操縦者が1人であり、人件費の削減、実施計画が容易。自動飛行のため、飛行ルートが最短となる。	運搬可能量が1オベに勝る。操縦者が2人いるため運搬可能距離が長く、尾根を挟んでも目視内で飛行可能。
本事例での運用方法	林業用ドローンを含む林業機械の販売・修理店に委託して実施。	ドローン販売・サービス会社に委託して実施。
本事例での運用上の工夫や留意点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ウインチ型については、運搬実施前に荷下ろし地点の位置をGPSで記録。</li> <li>・機体に防塵・防滴機能はあるものの、雨天時には運搬を控え、機体が濡れないよう、パイプテント内に移動。</li> <li>・バッテリーの充電時間が40分かかり、最小限バッテリー3本、充電器2個、発電機1個が必要。荷掛け時は毎回ドローンを着地。</li> <li>・荷下ろし地点は植栽のしやすさを考慮し、植栽地に6箇所設置。</li> </ul>	
本事例での作業人数	出発点に操縦者と補助者を各1人の計2人配置して自動飛行	出発点に操縦者と補助者を各1人、荷下ろし地点に操縦者を1人の計3人配置して手動飛行

※同一機体でのウインチ型と2オベ型の使い分けはできない



森飛（-morito-）ウインチ型



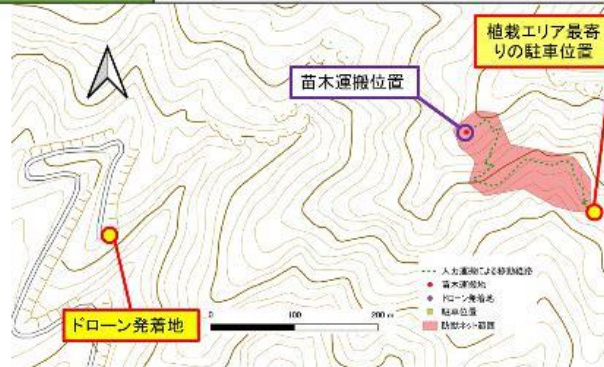
森飛（-morito-）2オベ型



## 7-2. 「E616」による苗木運搬

### ■現地の状況

場所	宮崎県延岡市 民有林
傾斜	30° ~45°
運搬先までの比高	180m
運搬先までの水平距離	440m
現地での伐出方法	架線集材
苗木運搬箇所数	1箇所
備考	植栽面積 4.54ha



### ■運搬結果

## スギコンテナ苗を 137 分で 1,030 本運搬

**運搬量：スギのコンテナ 21 束 (1,030 本)**

ARRIS E616：1回当たり1束  
(40~60本：約7~10kg)を運搬  
・1箇所に合計21束1,030本運搬

**時間：137分**

- ・飛行時間68分(21往復)
- ・バッテリー交換50分(7回)(荷掛け含む)
- ・荷掛けのみ19分

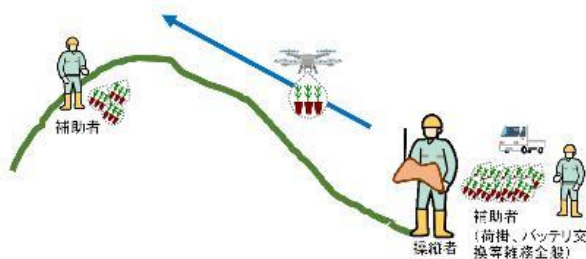
**その他・利点等**

- ・現場は4.54ha、植栽本数7,500本と事業量としても大きく、急傾斜地な為、ドローンを活用して労働力の軽減を実現できる条件が揃っている



■機体情報と運用事例

機種名	E616
機体価格（税抜）	180～240万円（付属オプションによる）
販売店	ARRIS
操縦体制（操縦方法）	1オペレーション（手動）
操縦方法	
大きさ	約100cm×約95cm×約60cm（収納時）
機体重量	約19.5kg（バッテリー含む）
運搬可能量	約10.4kg
最高時速	40km/h（リミッターをつけて飛行速度を制限）
最大使用可能時間	約15分
アタッチメントの特徴	作業速度向上のため、素早い脱着が確実なリングを使用。苗木をつるす紐先にリングをつけ、遠隔操作でリングごとドローンから切り離す。
機体の特徴	農業散布用の機種を苗木運搬に活用（本事例では運搬事業者がアタッチメント部分を独自に開発）、6枚羽。
本事例での運用方法	林業事業者が空撮会社に委託して共同実施
本事例での運用上の工夫や留意点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・作業速度向上と人件費削減のため、苗木をつるす紐先にリングをつけ、遠隔操作でリングごとドローンから切り離す装置を独自開発。</li> <li>・荷下ろし地点の補助者が切り離すタイミングを操縦者に無線連絡。荷掛け時は毎回ドローンを着地</li> </ul>
本事例での作業人数	出発点に操縦者1人と補助者（荷掛け、雑務）1人、荷下ろし地点に補助者（無線連絡）1人の計3人配置して手動飛行。



機体：6枚羽で安定した飛行を実現

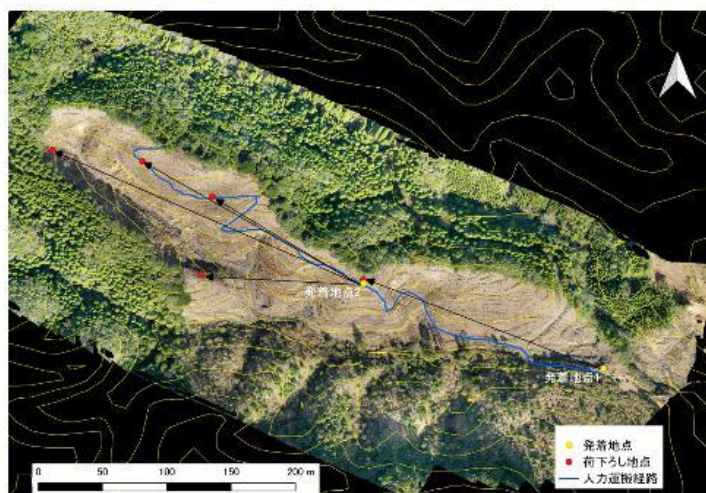


苗木をつるす紐先のリング

### 7-3. 「CiDrone」による苗木運搬

#### ■現地の状況

場所	宮崎県都城市 国有林
傾斜	9~15°
運搬先までの比高	180m
運搬先までの水平距離	125~270m
現地での伐出方法	車両集材
苗木運搬箇所数	5箇所
備考	植栽面積 3.55ha



#### ■運搬結果

### スギコンテナ苗（中苗）を267分で5,640本運搬

**運搬量：スギのコンテナ188袋（60本）**

ARRIS E616：1回当たり2袋（60本：約16kg）を運搬

- ・最初に手前の荷下ろし地点に98袋運搬し、そこから奥の4地点に20~30袋ずつ運搬

**時間：267分**

- ・飛行時間132分（95往復）
- ・バッテリー交換53分（7回）（荷掛け含む）
- ・荷掛け、調整等82分（88回）

**その他・利点等**

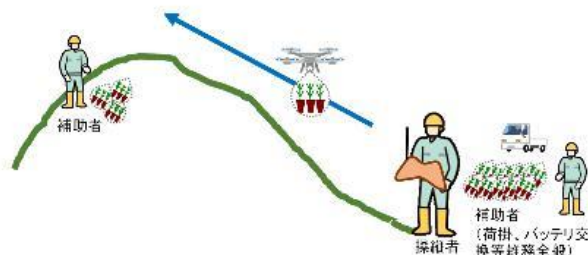
- ・運搬した中苗は普通苗（150cc）の2倍程度の重量があるため、普通苗であればこの2倍程度の本数の運搬が可能





■機体情報と運用事例

機種名	ciDrone
機体価格（税抜）	290～360万円（付属オプションによる）
販売店	ciRobotics
操縦体制（操縦方法）	1オペレーション（手動）
大きさ	約200cm×約200cm×約59cm
機体重量	約35.5kg（バッテリー含む）
運搬可能量	約20kg（18kg以下を推奨）
最高時速	55km/h（リミッターをつけて飛行速度を制限）
最大使用可能時間	約15分
アタッチメントの特徴	作業速度向上のため、素早い脱着が確実なリングを使用。苗木をつるす紐先にリングをつけ、遠隔操作でリングごとドローンから切り離す。
機体の特徴	農業散布用の機種を苗木運搬に活用（本事例では運搬事業者がアタッチメント部分を独自に開発）、6枚羽。
本事例での運用方法	空撮会社に委託して実施
本事例での運用上の工夫や留意点	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業速度向上と人件費削減のため、苗木をつるす紐先にリングをつけ、遠隔操作でリングごとドローンから切り離す装置を独自開発。</li> <li>荷下ろし地点の補助者が切り離すタイミングを操縦者に無線連絡。荷掛け時は毎回ドローンを着地</li> </ul>
本事例での作業人数	出発点に操縦者1人と補助者（荷掛け、雑務）1人、荷下ろし地点に補助者（無線連絡）1人の計3人配置して手動飛行。



機体：6枚羽で安定した飛行を実現



苗木をつるす紐先のリング



## 7-4. 「EAGLE」による苗木運搬

### ■現地の状況

場所	群馬県東吾妻町 国有林
傾斜	約 35°
運搬先までの比高	25～50m
運搬先までの水平距離	210～320m
現地での伐出方法	フォワードダ集材
苗木運搬箇所数	11箇所
備考	植栽面積 2.5ha



### ■運搬結果

**EAGLE15 ではカラマツコンテナ苗を 198 分で 2,750 本 (521.1kg) 運搬、EAGLE24 では同じ時間でその倍の運搬が可能**

運搬量：【EAGLE15】カラマツのコンテナ苗 55 束 (約 521.1kg)、【EAGLE24】8 束 (75.9kg)

- EAGLE15：1 回当たり 1 束 (50 本：約 9.5kg) を運搬  
 ・計 10 箇所それぞれ 5～6 束、合計 55 束 2,750 本 (521.1kg) を運搬  
 EAGLE24：1 回当たり 2 束 (100 本：約 19kg) を運搬  
 ・1 箇所に 8 束 (約 76kg) を運搬

時間：198 分 (EAGLE15)

- ・飛行時間 162.5 分 (55 往復)
- ・バッテリー交換 24 分 (24 回)、荷掛け 11.5 分  
(EAGLE24 は 4 往復のフライトで、平均往復時間は EAGLE15 と同程度)

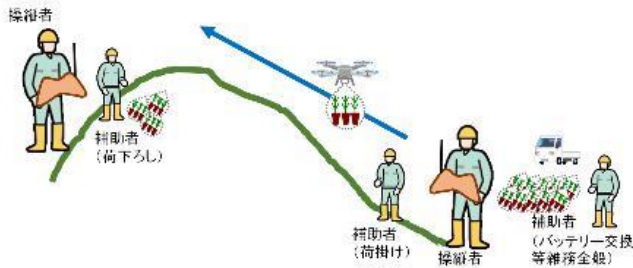
その他、利点等

- ・実証当日は枝先が揺れる風が吹いていたが、フライトコントローラの性能がよく、風に影響されない飛行ができていた。
- ・EAGLE24 と合わせて 3,150 本の苗木が運搬でき、計 10 人日で植栽を完了した。

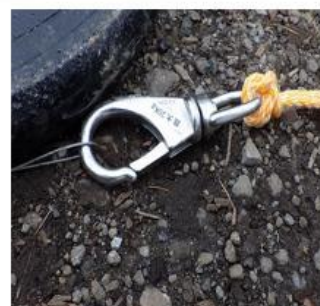


■機体情報と運用事例

機種名	EAGLE15	EAGLE24
機体価格（税抜き）	約 300 万円（セット価格）	約 360 万円（セット価格）
販売店	株式会社 DroneWorkSystem	
操縦体制（操縦方法）	2オペレーション（手動）	
大きさ	約 100cm×約 110cm×約 64cm(収納時)	約 110cm×約 110cm×約 74cm(収納時)
機体重量	約 17.9kg（バッテリー含む）	約 20.8kg（バッテリー含む）
運搬可能量	EAGLE15：15kg	EAGLE24：24kg
最高時速	20km/h	
最大使用可能時間	20分	
アタッチメントの特徴	作業速度向上のため、素早い脱着が可能で、かつ途中で苗木が落ちないようにレバー付のフックを使用	
機体の特徴	フライトコントローラから独自開発し、機体が風向・風力等を判断、風による影響を低減。6枚羽。	
本事例での運用方法	ドローン開発・サービス会社に委託して実施	
本事例での運用上の工夫や留意点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・作業効率を良くするため、ホバリング中に人力で荷掛け、荷下ろしを実施。</li> <li>・安全面等を考慮し、苗木を吊り下げるロープの長さを5m程度とし、作業体制も5人（うち荷掛けと荷下ろしは植栽作業者に依頼）と充実させている。</li> <li>・運搬可能量最大で飛行するとバッテリー消耗が激しいため、実際にはEAGLE15で10kg程度、EAGLE24で20kg程度を運搬。</li> <li>・バッテリーは30分程度で充電できるが、1日飛ばす場合、10台以上用意。</li> <li>・荷下ろし地点は植栽のしやすさを考慮し、植栽地に11箇所設置。</li> </ul>	
本事例での作業人数	基本5人（操縦者2人、荷掛け1人、荷下ろし1人、バッテリー交換等雑務全般1人）	



機体：フライトコントローラを独自開発し、風に強い

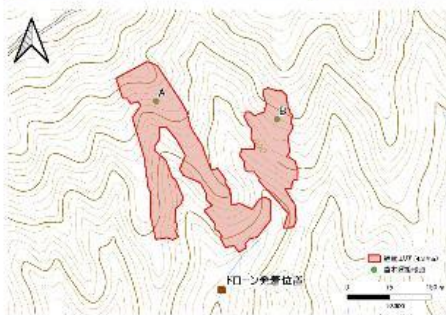


アタッチメント：レバー付のフック

## 7-5. 「いたきそ」による苗木運搬

### ■現地の状況

場所	和歌山県田辺市 株式会社中川社有林
傾斜	約 30°
運搬先までの比高	133~164m
運搬先までの水平距離	316~358m
現地での伐出方法	架線集材
苗木運搬箇所数	2箇所 (A, B 地点)
備考	植栽面積 4.37ha のうち、約 2.70ha 分、ドローンにより運搬(残りは人力により運搬)



### ■運搬結果

## ヒノキのコンテナ苗を 173 分で 6,000~7,500 本(607.2kg)運搬

#### 運搬量：ヒノキのコンテナ苗 60 束 (607.2kg)

1 回当たり 1 束 (100 本または 125 本：約 10kg) を運搬

- ・ A 地点に 32 束 (318.3kg) 運搬
  - ・ B 地点に 28 束 (288.9kg) 運搬
- (合計 60 束 × 100~125 本 = 6,000~7,500 本運搬)

#### 時間：173 分

- ・ 飛行時間 149 分 (60 往復) (荷掛け含む)
- ・ バッテリー交換 22 分 (7 回)
- ・ その他 (点検) 2 分

#### その他、利点等

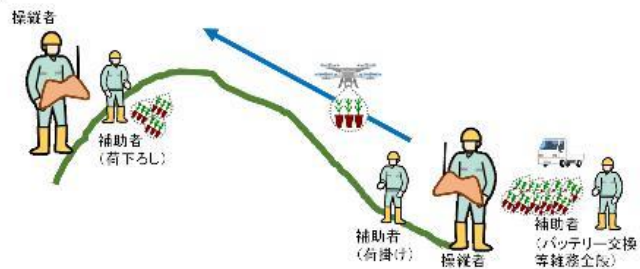
- ・ 植栽地が土場から近いとドローンによる効率化が見込めないため、土場から植栽地までの高度が 50m 超かどうかをドローン活用の基準としている。
- ・ 腰痛等の労災リスクがなくなり、体力を要しないため、怪我をしている人や老若男女を問わず様々な人が運搬作業に従事できる。





■機体情報と運用事例

機種名	UKN5 (いたきそ) 高性能仕様
機体価格	650万円(税抜本体価格) ※その他専用バッテリー18万円、充電器12万円
販売店	円陣株式会社
操縦体制(操縦方法)	2オペレーション(手動)
大きさ	約173(108)cm×約173(108)cm×約53(同)cm(括弧内は収納時)
機体重量	約10kg(バッテリー除く)
運搬可能量	約15kg
最高時速	約30km/h
電波到達距離	電波到達距離約2km/使用周波数帯2.4GHz
最大使用可能時間	無負荷時約50分/(5kg積載時約25分)
アタッチメントの特徴	作業速度向上のため、素早い脱着が確実なフックを使用。
機体の特徴	6枚羽による安定飛行、15kgまでの運搬が可能
本事例での運用方法	林業事業者自身で当機種を導入し、活用(当機種の開発にも関わる)
本事例での運用上の工夫や留意点	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業効率を良くするため、ホバリング中に人力で荷掛け、荷下ろしを実施。</li> <li>安全面等を考慮し、苗木を吊り下げるワイヤの長さを5~6mとし、作業体制も5人と充実させている。</li> <li>運搬可能量最大で飛行するとバッテリー消費が激しいため、実際には10kg程度を運搬。バッテリーは30分で高速充電でき、5個用意。また、万一落下しても衝撃を吸収し、発火しづらいハードケースに入れたまま使用。</li> <li>荷下ろし地点は植栽のしやすさを考慮し、植栽地に2箇所設置。</li> </ul>
本事例での作業人数	基本5人(操縦者2人、荷掛け1人、荷下ろし1人、バッテリー交換等雑務全般1人)



機体：6枚羽による安定飛行が可能



アタッチメント：簡易フックを使用

7-6. その他、苗木等運搬に活用されている機種

「YOROI 6S1750F」

機種名	YOROI 6S1750F
機体価格（税抜き）	約 500～700 万円（付属オプションによる）
販売店	サイトテック株式会社
操縦体制（操縦方法）	1 オペレーションと 2 オペレーション両方が可能（手動・自動）
大きさ	約 185.3(87)cm×約 162.5(91)cm×約 80.5(同)cm（括弧内は収納時）
機体重量	約 17kg（バッテリー除く）
運搬可能量	約 30kg（推奨 20kg）
最高時速	65km/h
電波到達距離	800～1000m 程度
最大使用可能時間	12 分（ペイロード 20kg 時）、17 分（ペイロード 10kg 時）
アタッチメントの特徴	ユニット交換が可能。物流や点検・測量、農薬散布等の用途についてもユニット交換することで活用可能。荷下ろし時は自動切離し。アタッチメントにより、リールで降ろすことも可能。
機体の特徴	重量物の運搬が可能で、苗木のほか、獣害防止資材の運搬や架線張りにも活用できる。
苗木運搬への活用状況 運用上の工夫や留意点	運用検証や依頼されて苗木や資材運搬を実施するケースが多い <ul style="list-style-type: none"> <li>・事前に現地で GPS の捕捉状況を確認し、手動飛行も出来るか確認し、フライトプランを立てる。</li> <li>・準備作業については前日に行い、機体チェックやバッテリー充電、試運転をしておく</li> <li>・荷下ろしの際は安全面からドローンの真下には入らない。</li> <li>・苗木運搬の際にバッテリーは 30 本程持参し、バッテリー量が 30%まで減少したら交換する。</li> </ul>
作業人数	1 オペの場合でも 2 オペの場合でも操縦者には安全運行管理者兼補助者をつける（1 オペの場合 2 人体制、2 オペの場合 3 人体制となる）。



YOROI 6S1750F



苗木運搬の状況（郡上市浅谷県有林）

## 8. 参考資料

### 8-1. ドローン運搬、人肩運搬、車両（クローラ）運搬の関係

林野庁の「ドローンを活用した新たな造林技術の実証・調査事業」のデータから苗木 6,000 本を運搬・植栽する場合のドローン運搬を行った時の人工数（人日）と車両運搬を行った時の人工数（人日）を比較した結果を示す。

図に示すとおり、点線枠内で囲った 4 箇所の実証地においてドローン運搬（●）により人工削減できた。一方、クローラ（●）運搬の実証地では、ドローン運搬の方がクローラ運搬よりも人工数が多くなった。

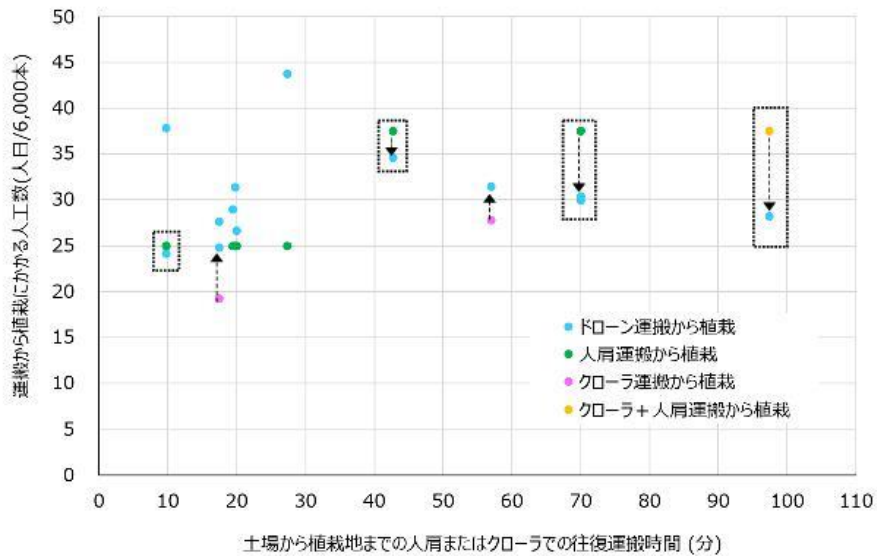


図 8-1 ドローン、人肩、クローラの各運搬実施時の運搬から植栽にかかる人工数の比較

ドローンを用いた苗木等運搬から植栽までの人工数は、特に土場から植栽地までの人肩またはクローラでの往復運搬時間が長くなるほど、人肩運搬の場合と比較して少なくなりやすい。ドローン運搬では運搬距離が長い場所でも直線距離を飛行し、短時間で運搬できるためと考えられる。

一方、クローラ運搬から植栽までの人工数の方がドローン運搬から植栽までの人工数より少ないのは、クローラ運搬の場合、運搬時間はかかるものの、一度に大量に運搬でき、植栽地までの運搬の往復回数が極端に少なくなるためと考えられる。このため、クローラで植栽地近くまで運搬ができる環境では、ドローンを活用しても人工数の削減は難しい。

但し、図 8-1 の右端の点線枠で示すようにクローラ運搬ができる場合でも、その運搬先から造林地まで人肩運搬が必要な場合ではドローン運搬により人工数を削減できる場合がある。



## 8-2. 飛行手続きにおける無人航空機のレベル4飛行の実現に伴う航空法の改正

### 8-2-1. 無人航空機の飛行レベル

政府は、令和4（2022）年度を目途に、「有人地帯上空での補助者なし目視外飛行」（飛行レベル4）を実現すべく、関係審議会において検討を行ってきた。

国土交通省の定める飛行レベルには、飛行レベル1～4がある。それぞれの飛行レベルの概要は表8-1に示すとおりである。

表 8-1 飛行レベルの概要

飛行レベル	内容	説明
レベル1	目視内での操縦飛行	見える範囲内で、手動で操作を行う一般的なドローンの操縦の形態。
レベル2	目視内飛行（自動/自律飛行）	見える範囲内で、自動運転等による操作を行う操縦の形態。
レベル3	目視外飛行（無人地帯）	無人地帯での目視外飛行（補助者の配置なし）による操縦の形態。山間部における自動運転等による荷物運搬やオルソ写真撮影などが想定される。
レベル4	目視外飛行（有人地帯）	有人地帯（第三者上空）での目視外飛行（補助者の配置なし）による操縦の形態。市街地などにおける自動運転等による荷物運搬、警備、インフラ点検などが想定される。

飛行レベル4の実現に向けて、無人航空機の飛行の安全を厳格に担保するため、国土交通大臣が機体の安全性を認証する制度（機体認証制度）、及びオペレータ（操縦者）の技能を証明する制度（技能証明制度）が創設されることとなった。

山間地域におけるドローンの運用にあたっては、主に飛行レベル1～3が対象となる。

#### 【飛行レベル1及び2】

- ・目視で操縦飛行及び自動飛行を行う際のレベルである。
- ・「飛行禁止区域」などに該当しない森林で飛行を行う場合、これまでと変わらず、特段の申請等を必要とせず、ドローンを運用することができる。

#### 【飛行レベル3】

- ・①機体認証を受けた機体を使用し、②二等無人航空機操縦士の資格を取得したものが対象となるレベルである。
- ・無人地帯（森林など）において補助者なしで目視外飛行を行うことができる。
- ・「飛行禁止空域」などにおける許可申請の審査の一部が省略される。
- ・「飛行の方法」によらない飛行（「目視外飛行」、「人・物件 30m 未満」など）について承認申請手続きが不要となる。
- ・ただし、機体認証や操縦ライセンスがない場合でも、国土交通省への許可、承認申請をこれまでどおり行う場合は、特定飛行※を行うことができる。  
※特定飛行：航空法の規制対象となる無人航空機の飛行のこと。

### 8-2-2. 操縦ライセンス登録

令和2年6月24日の改正航空法により、「無人航空機操縦者技能証明制度」が創設された。令和4年3月現在、運用開始時期や詳細については公表されていないが、概要は以下のとおりである。

- 一等無人航空機操縦士と二等無人航空機操縦士の資格区分が設けられる。
- 資格の取得には、身体検査、学科試験及び実地試験が予定されている。
- 国土交通大臣の登録講習機関による講習を修了した者に対し、学科試験または実地試験の全部または一部を免除するとしている。
- 資格の有効期限は3年間であり、国土交通大臣の登録更新講習機関による講習を修了した者に対して、資格の有効期限の更新を認めている。

森林での苗木等運搬に関しては、二等無人航空機操縦士資格の取得と後述する機体認証を行うことにより、無人地帯(森林など)において、補助者なしで目視外飛行を行うことができるようになるほか、目視外飛行の申請・承認手続きが不要となる。

### 8-2-3. 機体認証

令和2年6月24日の改正航空法により「無人航空機の機体認証制度」が創設された。令和4年3月現在、運用開始時期や詳細については公表されていないが、概要は以下のとおりである。

- 国土交通大臣は、(使用者からの申請により)第一種機体認証又は第二種機体認証の区分に応じ、無人航空機が国土交通省令で定める安全性を確保するための強度、構造及び性能についての基準に適合する場合は機体認証を行うこととなる。
- 国土交通大臣は、(設計・製造者からの申請により)無人航空機の型式の設計及び製造過程について、安全基準及び均一性が基準に適合する場合は型式認証を行い、この型式認証を受けた無人航空機は機体認証に係る検査の全部または一部を省略できる。
- 機体認証を受けた無人航空機の操縦者は、使用条件の範囲でなければ、特定飛行を行ってはならないとされている(一等無人航空機操縦士で、且つ第一種機体認証を受けたものは、立ち入り管理措置を講ずることなく、特定飛行を行うことができる)。

## 無人航空機(ドローン)の飛行の環境整備

- 無人航空機の飛行の安全を確保し、その利用を拡大するため、航空法では、無人航空機の飛行の許可・承認制度（平成27年改正）、登録制度（令和2年改正）など、段階的に環境整備を進めている。
- ドローンに関する技術の向上、物流等の利用へのニーズが高まっている中、2022年度を目途に、現行では飛行を認めていない「有人地帯における補助者なし目視外飛行」（レベル4）を実現し、交通政策審議会等において検討を行っている。



## 無人航空機(ドローン)のレベル4の実現のための新たな制度の方向性

- レベル4の実現に向け、より厳格に無人航空機の飛行の安全性を確保するため、
    - ・ 機体の安全性に関する認定制度（機体認証）
    - ・ 操縦者の技能に関する証明制度（操縦ライセンス）を創設。
  - 先ん、無人航空機に係る事故の防止及び被害の軽減のため、運航管理のルール等を法令等により明確化。
- 新たに飛行可能
- ・ 第三者上空での飛行（レベル4が該当）は、①機体認証を受けた機体と、②操縦ライセンスを行う者が操縦し、③国土交通大臣の許可・承認（運航計画の方法等を確認）を受けた場合に、可能とする。
- 手続きの省略
- ・ これまで許可・承認を必要としていた飛行は、①機体認証を受けた機体と、②操縦ライセンスを有する者が操縦し、③飛行経路下の第三者の立入りを管理する措置の実施等の運航ルールに従う場合、原則、許可・承認を不要とする。

機体認証	操縦ライセンス	運航管理のルール
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 国が機体の安全性を認証する制度（機体認証）を創設</li> <li>・ 型式認証を受けた型式の無人航空機について、機体認証の手続きを簡素化</li> <li>・ 使用者に対し機体の整備を義務付け、安全基準に適合しない場合には国から整備の令</li> <li>・ 設計不具合等における製造者からの報告義務</li> <li>・ 国の登録を受けた民間検査機関による検査事務の実施を可能とする など</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 国が試験（学科及び実地）を実施し、操縦者の技能証明を行う制度を創設</li> <li>・ 一級資格（第三者上空飛行に対応）及び二級資格に区分し、機体の種類（固定翼、回転翼等）や飛行方法（目視外飛行、夜間飛行等）に応じて規定を付す</li> <li>・ 国の指定を受けた民間試験機関による試験事務の実施を可能とする</li> <li>・ 国の登録を受けた民間講習機関が実施する講習を終了した場合は、試験の一部又は全部を免除。 など</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 第三者上空飛行の運航管理の方法等は法別記第三号</li> <li>・ これまで許可・承認の要していた運航管理のルール（補助者の配置による飛行経路下の人の立入管理等）を法令等により明確化</li> <li>・ 無人航空機を飛行させる者に対し、                             <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 飛行計画の通知</li> <li>✓ 飛行経路の記録</li> <li>✓ 事故発生時の届出を義務化 など</li> </ul> </li> </ul>
<b>所有者の把握</b> - 航空法改正済み		
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 無人航空機所有者・使用者の登録制度と創設</li> <li>・ 所有者の氏名・住所、機体の情報（型式・製造番号）を登録、機体への登録番号の表示と義務化</li> <li>・ 安全上問題のある機体の登録抹消、更新登録 など</li> </ul> <p>※飛行に当たって登録・訂正等の対象となる無人航空機の重量は100g（飛行200g）以下に減小</p>		



無人航空機(ドローン)の飛行形態と規制の関係		
第三者上空の飛行（レベル4が該当）を可能とするための制度整備が、当り、規制許可・承認対象としている飛行を含む全体の規制のあり方を検討し、その結果、 <b>新たな制度（機体認証、操縦ライセンス等）を導入しつつ、全体の規制の合理化・簡略化を図る。</b>		
現行の取扱い (※機体重量)	主な飛行形態	新制度で必要な手続き等
飛行不可 ⇒飛行可能となるよう措置	有人地帯（第三者上空）における補助者なし目視外飛行（レベル4）	機体認証、操縦ライセンス（一等資格）の取得かつ 飛行毎の許可・承認（運航管理体制等の確認）
飛行毎の許可・承認 ⇒手続きの合理化・簡略化	無人地帯における補助者なし目視外飛行（レベル3）  飛行、種類別等の飛行 ●空域閉鎖 ●高度150m以上 ●イベント上空 ●危険物輸送 ●物件投下 ●一定の重量以上  ○人口集中地区 ○私用飛行 ○人・物件30m未満 ○上記●に該当しない □目視飛行 レベル2（自動操縦） レベル1（手動操縦）	○飛行毎の許可・承認 （機体の安全性、操縦者の技能、運航管理体制等の確認） ※機体認証又は操縦ライセンス（二等資格）を取得している場合、警備員、警察官  ○機体認証、操縦ライセンス（二等資格）の取得（運航ルールへの遵守） 飛行毎の許可・承認は不要 又は ○飛行毎の許可・承認 （機体の安全性、操縦者の技能、運航管理体制等の確認）
手続き不要	上記以外の飛行	手続き不要
+ 所有情報の登録（原則航空法改正済み）		

出典：首相官邸 HP（国土交通省航空局、令和2年12月）

([https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamuji/kanminkyougai\\_dai15/siryou1.pdf](https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamuji/kanminkyougai_dai15/siryou1.pdf))

図 8-2 無人航空機のレベル4の実現のための新たな制度の方向性について

#### 8-2-4. 無人航空機の登録制度

##### (1) 登録制度の概要

令和2年6月24日の改正航空法を踏まえ、令和3年11月25日に公布された政省令等により、令和4年6月20日から無人航空機の登録が義務化されることとなった。対象となる「無人航空機」は、重量（機体本体の重量とバッテリーの重量の合計）が100g以上である。

登録に際しては、機体情報（種類、製造者、形式、製造番号等）、及び所有者・使用者情報（氏名・名称、住所等）を所定の様式で国土交通大臣あてに登録申請する必要がある。なお、登録はドローン1台につき1登録となる。

登録が完了すると、「JU」から始まる12桁のアルファベットと数字の組み合わせの登録記号が交付される。登録記号は無人航空機毎に割り当てられ、印字したシール等により無人航空機本体に貼付ける必要がある。

登録を受けた無人航空機はリモート ID 機能を備える必要がある。リモート ID 機能とは、以下の情報を電波により発信し登録を受けた無人航空機の登録記号の遠隔識別を可能とするものである。

- ① 当該無人航空機の登録記号
- ② 当該無人航空機の製造番号（外付け型にあっては当該リモート ID 機器の製造者が定める製造番号）
- ③ 当該無人航空機の位置、速度及び時刻情報

#### ④ 認証情報

登録を受けた無人航空機の所有者は、運用前に、無人航空機又はリモート ID 機器の製造者が指定する方法により、登録記号等の電波の発信に必要な情報を無人航空機又はリモート ID 機器に入力しなければならない。

無人航空機の登録の有効期間は、登録記号その他の登録事項を通知した日から3年間であり、継続を希望する場合は更新手続きが必要となる。

登録せずに無人航空機を飛行させた場合は、航空法に基づき、1年以下の懲役又は50万円以下の罰金が科される。

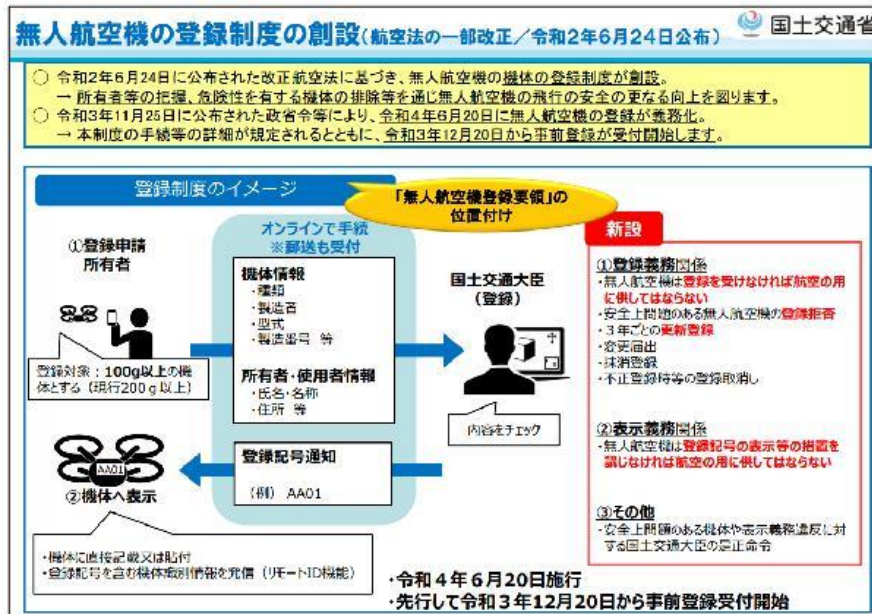
#### (2) 事前登録制度

令和3年12月20日から令和4年6月19日までに事前登録を行った機体については、3年間の期限でリモートIDの搭載義務が免除される。

将来的には、全ての無人航空機に、リモートID機能が内蔵されることが予想されるが、既存の無人航空機については、外付け型のリモートID機器を搭載することが必要となるため、そうした状況への配慮と考えられる。リモートID機能が内蔵されていない無人航空機を所持している場合は、事前登録制度を活用することが望ましい。

無人航空機登録要領 (<https://www.mlit.go.jp/koku/content/001442849.pdf>)

無人航空機登録ポータルサイト (<https://www.mlit.go.jp/koku/drone/>)



出典：国土交通省 HP (<https://www.mlit.go.jp/koku/content/001443264.pdf>)

図 8-3 無人航空機登録制度の概要



## ドローンを活用した苗木等運搬実施マニュアル

(発行) 令和4(2022)年3月 林野庁  
(作成) 一般社団法人 日本森林技術協会  
TEL (03) 3261-5281 (代表)  
FAX (03) 3261-5393  
<http://www.jafta.or.jp>







令和3年度  
ドローンを活用した新たな造林技術の実証・調査事業  
報告書

令和4（2022）年3月  
（発行）林野庁

（作成）一般社団法人 日本森林技術協会  
〒102-0085 東京都千代田区六番町7番地  
TEL (03) 3261-5281（代表）／FAX (03) 3261-5393  
<http://www.jafta.or.jp>