

造林のためのドローン活用事例集

～低コストで省力的な再造林を目指す～



林 野 庁

はじめに

我が国の再造林面積は年間約3万haであり、主伐面積に対する再造林の割合は3～4割程度にとどまっている。このように再造林が進まない理由としては、主伐によって得られる収入に比べて再造林に要する費用が多いことや、造林に携わる林業就業者が減少していることなどが要因として挙げられます。今後、国内の労働人口は減少することが予測されている中で、主伐後の再造林面積を確保していくためには、再造林の低コスト化・省力化が重要となっています。そのような背景の中で、急傾斜・不整地での再造林の省力化に貢献する取り組みとして、ドローンによる苗木を運搬する取り組みが徐々に進展しています。

本書では、造林に携わる方々が、ドローンによる苗木運搬の導入を検討する際の参考になるよう、全国の様々な運搬用ドローンの機種とその事例を紹介します。

ドローンによる苗木運搬のポイント

- ・ 架線集材を実施するような急傾斜地において効果が発揮される。
- ・ フォワーダ等の車両が植栽地近くまで進入できる場合でも、苗木の集積地からの運搬距離が長い場合はドローンによる運搬の効果が期待できる。
- ・ 運搬用ドローンは比較的高額であり、操縦にも熟練を要するため、林業事業体で所有する場合は年間植栽面積が少ないと費用対効果が発揮できない。
(急傾斜地が多い和歌山県の林業事業体では年間約90haを植栽し、費用対効果を発揮している。)
- ・ 林業事業体単独で事業量が確保できない場合、複数林業事業体での共有や農業用ドローン業者(繁忙期が夏のみ)への委託などにより効率的に利用できる可能性がある。

また、造林分野でドローンが活用できる運搬以外の作業として、ドローン撮影画像による植栽位置決めや、農業分野で実用化されている薬剤散布を紹介します。

目次

はじめに	1
苗木運搬の各事例で使用されたドローンの特徴	2
事例1-1 ～ 事例1-4 ドローンによる苗木運搬	3
事例2 ドローンによる先駆的な造林技術開発	11
事例3 ドローンによる薬剤散布	13

本パンフレットで紹介する苗木運搬の各事例で使用された ドローンの特徴

■ 各機種の詳細及び運搬体制

事例	機種名	運搬可能重量	最大飛行時間 (無負荷時)	本体価格	操縦者	補助者※ ¹
1-1	いたきそ	約 15kg	50 分	650 万円	2 名	2 ~ 3 名
1-2	EAGLE24	約 24kg	20 分	360 万円	2 名	2 ~ 3 名
	EAGLE15	約 15kg	20 分	300 万円	2 名	2 ~ 3 名
1-3	森飛 (2 オペ型)	約 10kg	30 分	168 万円	2 名	0 ~ 1 名
	森飛 (ウインチ型)	約 8 kg	30 分	268 万円	1 名	0 ~ 2 名
1-4	E616	約 10kg	15 分	210 万円	1 名	1 ~ 2 名

■ 各機種の詳細

事例	機体情報の概要 運搬体制	特徴
1-1	機種：いたきそ メーカー：上道キカイ※ ² 運搬可能重量：約15kg 最大飛行時間：50分（無負荷時） 本体価格：650万円 操縦者/補助者：2名/3名	<ul style="list-style-type: none"> ・素早い脱着が可能な「簡易フック」を使用しているため作業速度が向上。 ・「2オペ型」のため、ドローン出発点から荷下ろし地点が見えない場所でも有効。 ・GPSを5つ搭載しているため安定性が高い ・苗木だけでなく林業用資材の運搬実績がある。
1-2	機種：EAGLE24/EAGLE15 メーカー：DroneWorkSystem 運搬可能重量：約24kg/約15kg 最大飛行時間：20分（無負荷時） 本体価格：360万円/約300万円 操縦者/補助者：2名/2名～3名	<ul style="list-style-type: none"> ・独自開発したフライトコントローラにより安定性が高い。 ・「2オペ型」のため、ドローン出発点から荷下ろし地点が見えない場所でも有効。 ・EAGLE24は最大積載量24kgと搬送能力が大きい。
1-3	機種：森飛 (morito) 2オペ型 メーカー：マゼックス 運搬可能重量：約10.4kg 最大飛行時間：30分（無負荷時） 本体価格：168万円 操縦者/補助者：1名/0名～1名	<ul style="list-style-type: none"> ・「自動開閉フック」により、荷下ろし地点で補助者が必要なく、荷掛け・荷下ろし地点に操縦者各1人で作業可能。 ・「2オペ型」のため、ドローン出発点から荷下ろし地点が見えない場所でも有効。 ・森飛 (ウインチ型) よりも飛行可能距離が長い。
	機種：森飛 (morito) ウインチ型 メーカー：マゼックス 運搬可能重量：約8kg 最大飛行時間：30分（無負荷時） 本体価格：268万円 操縦者/補助者：1名/0名～2名	<ul style="list-style-type: none"> ・「自動開閉フック」と「ウインチ」により荷下ろし地点で補助者が必要なく操縦者1人（1オペ）で作業可能。 ・離陸地点と着陸地点の飛行経路は登録することで自動飛行が可能。
1-4	機種：E616 (ARRIS) メーカー：ARRIS 運搬可能重量：約10.4kg 最大飛行時間：15分（無負荷時） 本体価格：約210万円 操縦者/補助者：1名/1名～2名	<ul style="list-style-type: none"> ・「1オペ型」のため、荷下ろし地点に操縦者は不要。 ・農業散布用の機種（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して苗木運搬に活用）

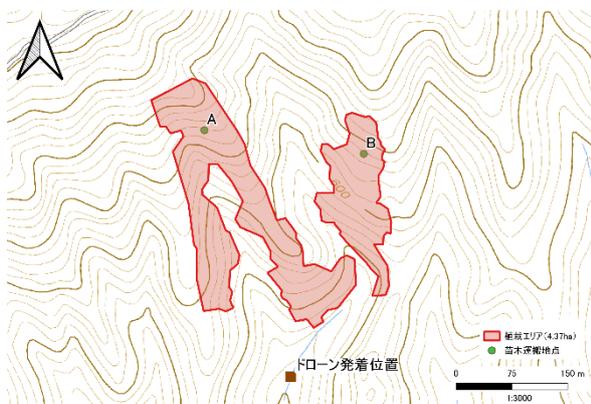
※¹ 荷掛け、荷下ろし、バッテリー交換等雑務全般、安全確認等。

※² 現在は、開発や保守管理には携わっていない。

事例 1-1：和歌山県田辺市「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¹

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。



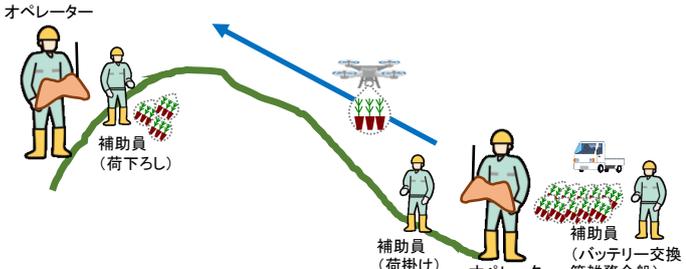
¹ 「いたきそ」による資材運搬動画 (和歌山県田辺市)
(事例では苗木運搬を紹介しているが、動画は資材運搬の例)
<https://www.youtube.com/watch?v=Uf88n51pPWA>

動画の二次元バーコード



■機体情報と運用事例

簡易フックにより機体を着陸させることなく荷掛け、荷下ろしを素早く行うため、作業効率の良さが特徴

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、充電器12万円
販売店	円陣株式会社
飛行方法	手動（操縦者2人：2オペレーションシステム）
大きさ	約173.0(108)cm×約173.0(108)cm×約53.0(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	林業事業体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"> 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。 安全面等を考慮し、苗木を吊り下げるワイヤーの長さを5～6mとし、作業体制も5人と充実させている。 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。 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。
本事例での作業人数	基本5人（オペレーター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

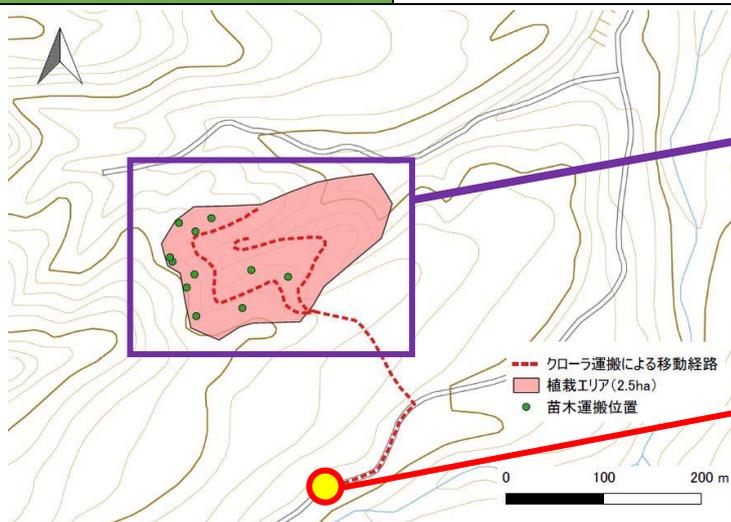


アタッチメント：簡易フックを使用

事例 1-2 : 群馬県東吾妻町 「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²

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 箇所にそれぞれ 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。



² 「EAGLE15」による苗木運搬動画 (群馬県東吾妻町)
<https://www.youtube.com/watch?v=dhmyo0JoifA>

動画の二次元バーコード



■機体情報と運用事例

風に強く、フックにより機体を着陸させることなく荷掛け、荷下ろしを行うため、作業効率の良さが特徴

機種名	EAGLE15	EAGLE24
機体価格	約 300 万円 (税抜セット価格)	約 360 万円 (税抜セット価格)
販売店	株式会社 DroneWorkSystem	
飛行方法	手動 (2 オペレーションシステム)	
大きさ	約 100.0cm×約 110.0cm ×約 64.0cm	約 110.0cm×約 110.0cm ×約 74.0cm
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"> 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。 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。 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。 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。 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。 	
本事例での作業人数	基本 5 人 (オペレーター 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

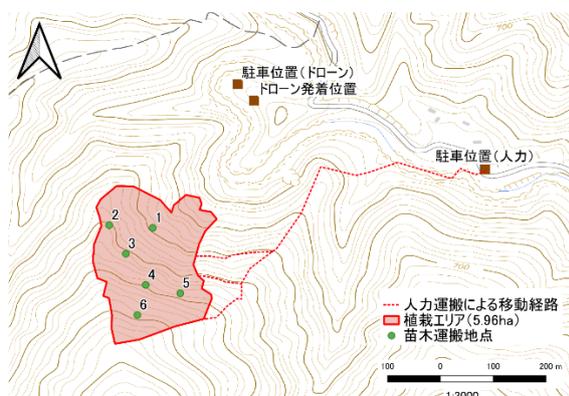


アタッチメント：レバー付のフック

事例 1-3 : 和歌山県日高川町「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³

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)



自動フックにより荷下ろしに係る作業員が必要ない

その他、利点等

- ・自動フックのため、苗木の荷下ろしに補助員が要らず、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。

³ 「森飛」による苗木運搬動画 (和歌山県日高川町)
(動画の前半は森飛 2 オペ型、動画の後半は森飛ウインチ型)
https://www.youtube.com/watch?v=36_2KQ2CVoc

動画の二次元バーコード



■機体情報と運用事例

ウインチ型⇒自動操縦による人件費、スケジュールリングの削減

2オペ型⇒運搬可能量・距離に優れ、正確な作業が可能

機種名	森飛（-morito-）ウインチ型	森飛（-morito-）2オペ型
機体価格	268万円（税抜本体価格）	168万円（税抜本体価格）
販売店	株式会社マゼックス	
飛行方法	自動（1オペレーションシステム）	手動（2オペレーションシステム）
大きさ	約98.0cm×約98.0cm×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上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オペに勝る。オペレーターが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"> 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。 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。 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。 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。 	
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オペ型の使い分けはできない



森飛（-morito-）ウインチ型

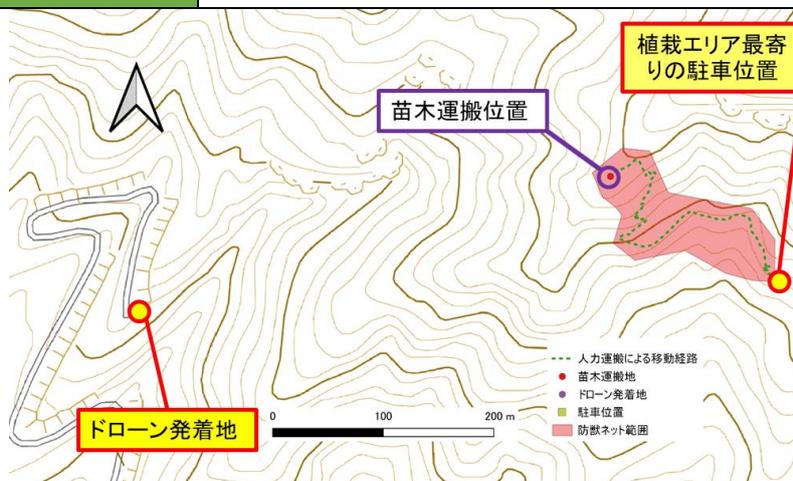


森飛（-morito-）2オペ型

事例1-4：宮崎県延岡市「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⁴

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



⁴ 「E616」による苗木運搬動画 (宮崎県延岡市)
<https://www.youtube.com/watch?v=3D89soImpW8>

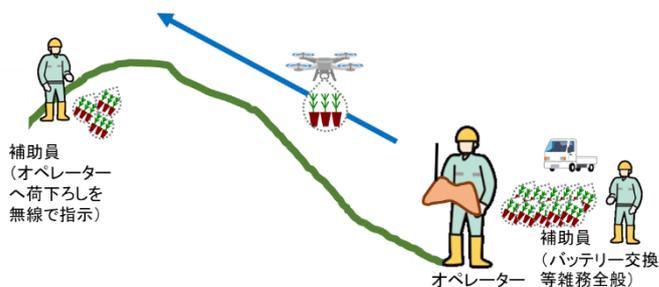
動画の二次元バーコード



■機体情報と運用事例

自動取り外し機能により機体を着陸させることなく荷下ろしを行うため、作業効率の良さが特徴

機種名	E616
機体価格（税抜）	180～240万（付属オプションによる）
販売店	ARRIS
飛行方法	手動（1オペレーションシステム）
大きさ	約100.0cm×約95.0cm×約60.0cm
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"> 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。 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
本事例での作業人数	出発点に操縦者1人と補助員（荷掛け、雑務）1人、荷下ろし地点に補助員（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

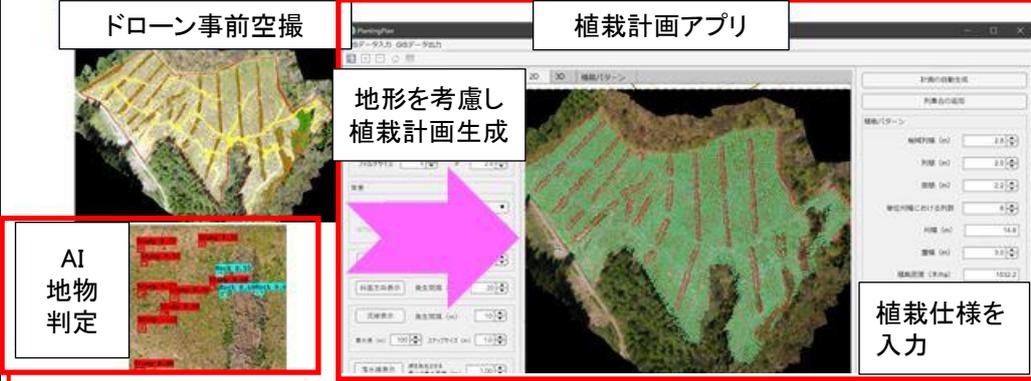
事例2：ドローンによる先駆的な造林技術開発

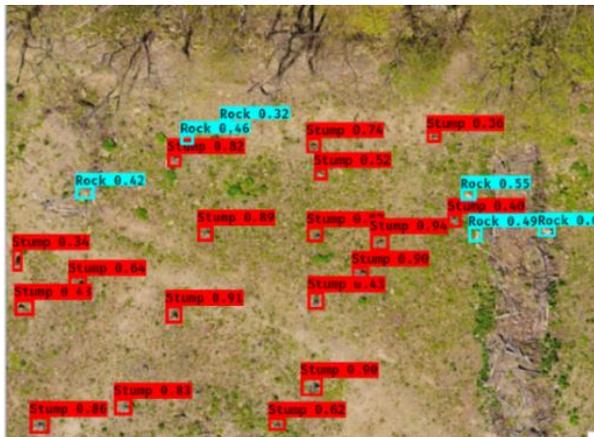
林野庁の令和2年度林業イノベーション推進総合対策のうち「省力化機械開発推進対策（作業の軽労化・効率化に向けたソフト開発事業）」では、「ICT を活用した伐採・造林のムダなし一貫作業システムの構築」（国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所と株式会社フォテックの共同研究）に取り組んでいる。

この事業では、造林作業の改善点として、1.経験者の勘に頼っている植栽のプランニング、2.人工を要する植栽作業時の位置決め作業を取り上げ、これらの作業を改善するシステムとして「造林プランニングシステム」と「立木位置情報管理システム」を開発している。

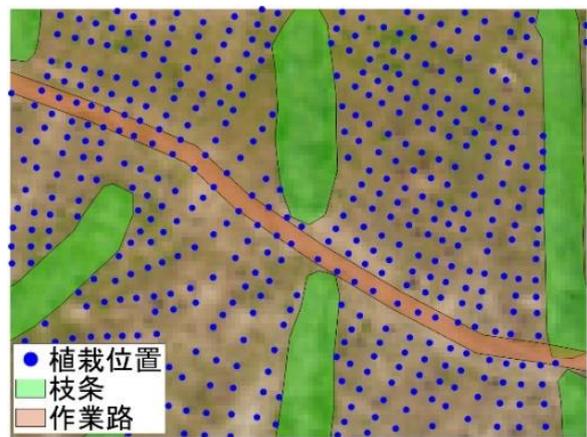
以下に、各システムについて紹介する。

■造林プランニングシステム

背景と課題	<ul style="list-style-type: none"> ・造林、育林での情報管理技術導入の大きな遅れ ・植栽作業は現場任せで、将来の作業への機械導入等の考慮なし
実施内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ドローン空撮と AI 画像判定により地形把握と地物判定を高速化 ・将来の機械導入を考慮した植栽計画を生成 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">ドローン事前空撮</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">植栽計画アプリ</div> </div>  <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">AI 地物 判定</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">地形を考慮し 植栽計画生成</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">植栽仕様を 入力</div> </div>
事業効果	<ul style="list-style-type: none"> ・事前の地況把握に基づき、簡単な設定の入力でプランニングを容易に実現 ・将来の更なる機械導入を促進し、効率的かつ安全な作業を実現



深層学習による切り株判定の例



現場地形に応じた植栽列自動生成の例

■空撮の方法等

植栽地の事前空撮は、現状では、植え付け作業を行う直前の地拵え後を想定している。撮影用ドローンについては、特定の機種に限られることのないよう、一般に普及している機種やその搭載カメラが使用できるよう開発を進めている。

深層学習による地物の判定においては、判別しようとする地物を詳細に捉える解像度で撮影を行うことが必要である。例えば、5cmといった解像度での撮影では、切り株は数画素×数画素で表現され、判別に不十分な解像度と考えられる。そこで、解像度が1-2cm程度となる設定で飛行させることを想定している。これは一般的な機体では、対地高度50m程度に設定した撮影となる。この場合、ドローン空撮画像を用いて三次元モデルを作成するのに適切な重複率を確保した上で、数haといった一般的な民有林の伐採区画を一度のフライトで撮影できる。

植栽計画の単純な立案のみならず、植栽位置への誘導も一体として予定する場合は、植栽現場に設置する基準点との相対位置座標が正確に分かることが望ましく、座標の分かる地上基準点(GCP)を設置した上で空撮を行うか、今後普及が期待される測量用ドローンの活用により空撮時のカメラ位置座標を正確に記録し、処理データに正確な座標を与えることが必要である。

■立木位置情報管理システム

背景と課題	<ul style="list-style-type: none"> 植栽計画の現場での再現には、植栽位置に作業員を誘導する必要 現状、斜面の上り下りを伴う面倒な位置決めが発生
実施内容	<ul style="list-style-type: none"> 植栽計画位置へ迅速に誘導するデバイスの開発 将来の下刈りの誤伐防止等に活用する植栽位置情報の取得と管理 <div style="text-align: center;"> <p style="text-align: center;">立体位置情報管理システム</p> <p style="text-align: center;">将来作業のイメージ</p> <p style="text-align: center;">下刈の将来像</p> <p style="text-align: center;">下刈誤伐アラート ・誤伐回避と作業性向上 ・成長、下刈り判定</p> </div> <p style="text-align: center;">植栽位置を正確に記録・管理し、以降の作業で有効活用</p> <p style="text-align: center;">作業者端末上に植栽計画位置と現在位置を同時表示し、ナビゲーション</p>
事業効果	<ul style="list-style-type: none"> 植栽位置に直接誘導し、斜面の上下作業を伴う位置決め作業を省略 植栽位置への誘導位置精度 50cm 以内 植栽位置は下刈り時の誤伐回避に活用する為位置精度 20cm 以内で記録、管理

■山地での課題

山間部でのドローン活用の課題は、ドローンの空撮成果に正確な位置精度を与える方法である。安価な高精度 GNSS が利用可能となってきたことから、測量用ドローンの普及が今後進むと考えられるが、リアルタイムでの RTK-GNSS 方式を活用するには、森林・林業の現場では、通信環境の不備が課題となる場合が多い。測量用ドローンを活用する場合には PPK（後処理キネマティック）と呼ばれる後処理方法の活用も有効となる可能性がある。

事例3：ドローンによる薬剤散布

■農業分野での活用状況

無人ヘリコプターによる効率的な薬剤散布

1980年代から無人ヘリコプター（一般的なヘリコプター同様のシングルメインローターとテールローターを持つ形式）の開発が進み、人が歩いて噴霧する従来の方式と比較して高い防除効果、作業の効率化を実現している。現在では、全国で約2,800機が稼働、同時に10,000人以上のオペレーター（パイロット）が作業に従事している。

散布作業目的は、主に防虫、殺菌等の液剤散布と粒剤散布であり、農作物の栽培期間である6月～9月に目視内で運用される。稲作用途が最も多く、全国で行われる散布の36%ほどを占める。年間の散布総面積は、無人ヘリ形式で約90万ヘクタール、マルチローター形式で約2万ヘクタールである。散布効率は両者とも1ヘクタールあたり約10分で、人による散布、乗用機による散布といった従来方法に対して6倍～8倍の作業効率である。

その他、施肥、種もみの直播等、稲作に関連した粒剤散布も実施される。

圃場は、基本的に平坦地で見通しが良く、オペレーターが歩くための道も確保しやすいため、フライトは基本的に目視内で行われる。



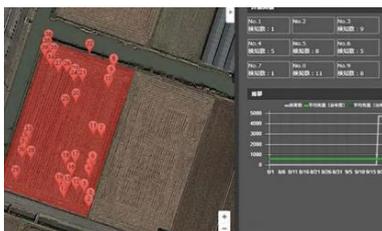
写真提供：ヤマハ発動機株式会社

マルチロータードローンによるピンポイント薬剤散布で省農薬化

近年のドローン技術や、AIによる画像解析技術の発達により、ドローンが撮影した圃場の画像から病虫害の発生地点を特定し、発生地点にてピンポイントで行う農薬散布も実施されている。こうした技術により、株式会社オプティムは農薬使用量が少ない「スマート黒枝豆」や残留農薬不検出の「スマート米」の生産・販売を実現している。

株式会社オプティムのピンポイント農薬散布は以下の流れで実施されている。

① ドローンが圃場を撮影し
病虫害発生地点を判定



② 対象が検出された地点へ
ドローンが移動



③ ピンポイントで農薬を
散布



※出典：株式会社オプティム ホームページ

■無人ヘリコプターとマルチローターの違い

マルチローター（一般的なドローン）と比較すると、無人ヘリは、動力がガソリンエンジンであり、搭載量・航続時間とも大きいという特徴がある。高性能であり、実作業の効率が高いが、高額でもある。後述するように、林業分野での活用には工夫が必要である。例としてヤマハ発動機株式会社の農業用薬剤散布を主目的とする2機種を示す。

農業分野と林業分野で連携し、効率的な運用を

農業用の薬剤散布無人ヘリコプターは全国で多数稼働しているが、6月～9月に稼働が集中し、それ以外の時期は閑散期となっている。積載重量が大きい無人ヘリを森林域での運搬等に活用できれば、農業分野、林業分野双方にメリットがある。地域での効率的な運用が期待される。

機種	FAZER R	YMR-08
		
全長	3,665mm（ローター含む）	2,181mm（ローター含む）
全幅	770mm	1,923mm
全高	1,078mm	669mm
機体重量	71kg（燃料と散布装置を含む）	15kg（バッテリーと散布装置を含む）
動力	4 サイクルエンジン（ガソリン）	電動モーター
最大積載重量	32kg	10kg
航続時間	60分	15分
機体販売価格（2020年）	11,900,000円	1,575,000円（バッテリー別売）

■森林地域での薬剤散布の可能性

林業における 薬剤散布の用途	<ul style="list-style-type: none"> ・ 病虫害防除のための薬剤散布 ・ 下刈り効率化のための除草剤散布 ・ 獣害防除のための忌避剤散布
-------------------	---

松くい虫防除のための殺虫剤散布と下刈り効率化のための除草剤散布については実証実験の事例もある。実証の結果、指摘された課題等を以下にまとめる。

林業における 薬剤散布の課題	<ul style="list-style-type: none"> ・ 薬剤の安全性 水源地域での薬剤散布に関して、地域住民の不安を払拭する必要がある。 ・ ドローン散布に適した薬剤 農業分野に比べ林業用の薬剤は種類が少ない。少量で効果を発揮し、ドローン散布に適した液状・粒状の薬剤の開発が必要。 ・ 森林域に適した散布手法の選定 広範囲に効率的に散布する無人ヘリ、画像解析も用いてピンポイントに散布するマルチロータードローンのどちらの特性が対象とする森林域での薬剤散布により適しているか検討が必要。
-------------------	--



＜造林のためのドローン活用事例集＞

(発行) 令和3(2021)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>