

令和5年度 ドローン社会実装促進実証事業

# 建設業の資機材運搬における課題解決策 ～登山道整備の事例～

2024/3/18

ドローン事業開発室

協力：有限会社征和建设





- 1** 事業の概要・目的
- 2** 実施概要
- 3** 実証実験を経て

1

# 事業の概要・目的

## 事業の背景・目的

### 【背景】

建設業界における各種土木工事において、**従業員の高齢化や、担い手の不足(少子高齢化、労働環境要因等)**により**資機材運搬の効率化は重要な課題**となっている。

### 【具体的なテーマ】

姫路市香寺町には、恒屋城跡という城の跡地があり、そこに向かう登山道は地元のボランティアが整備にあたっている。**整備に係る資機材を人肩で運搬しており、スタッフの高齢化からその業務が重荷となっているという課題**を抱えている。今回は、土木工事の中でも登山道整備にテーマを絞り、ドローンによる資機材の運搬を実施する。

### 【目的】

物流ドローン「SkyLift」で資機材を運搬するという実証実験を行うことで、登山道整備における資機材運搬の新たなソリューションとして、ひいては建設業界における物流ドローンの活用促進に向けた提案を行う。

## 登山道整備の課題

征和建設の地元の姫路市香寺町には恒屋城跡という城の跡地があり、年々登山に訪れる人が増えてきている。そこに向かう登山道の整備を行っている地元のボランティアの方々から、下記の相談をいただいている。

### 地元の声

#### 「登山道の整備が不可欠」

駐車場から登山口は擬木階段がありますが、まだ整備されていないところは木の根や岩がむき出しの箇所が多く残っています。登山に訪れる方も年々増えており、また元旦登山や神事には多くの方が登山に訪れています。しかし、**安全に登山を楽しんでもらうには整備も不可欠**です。また山上の炊出しや神事の際に使用する道具類は**すべて人力で運んでおり高齢化しつつある関係者も頭を悩ませています**。



2

# 実施概要

# 運搬計画（使用機体）

## 【SkyLift P300S】



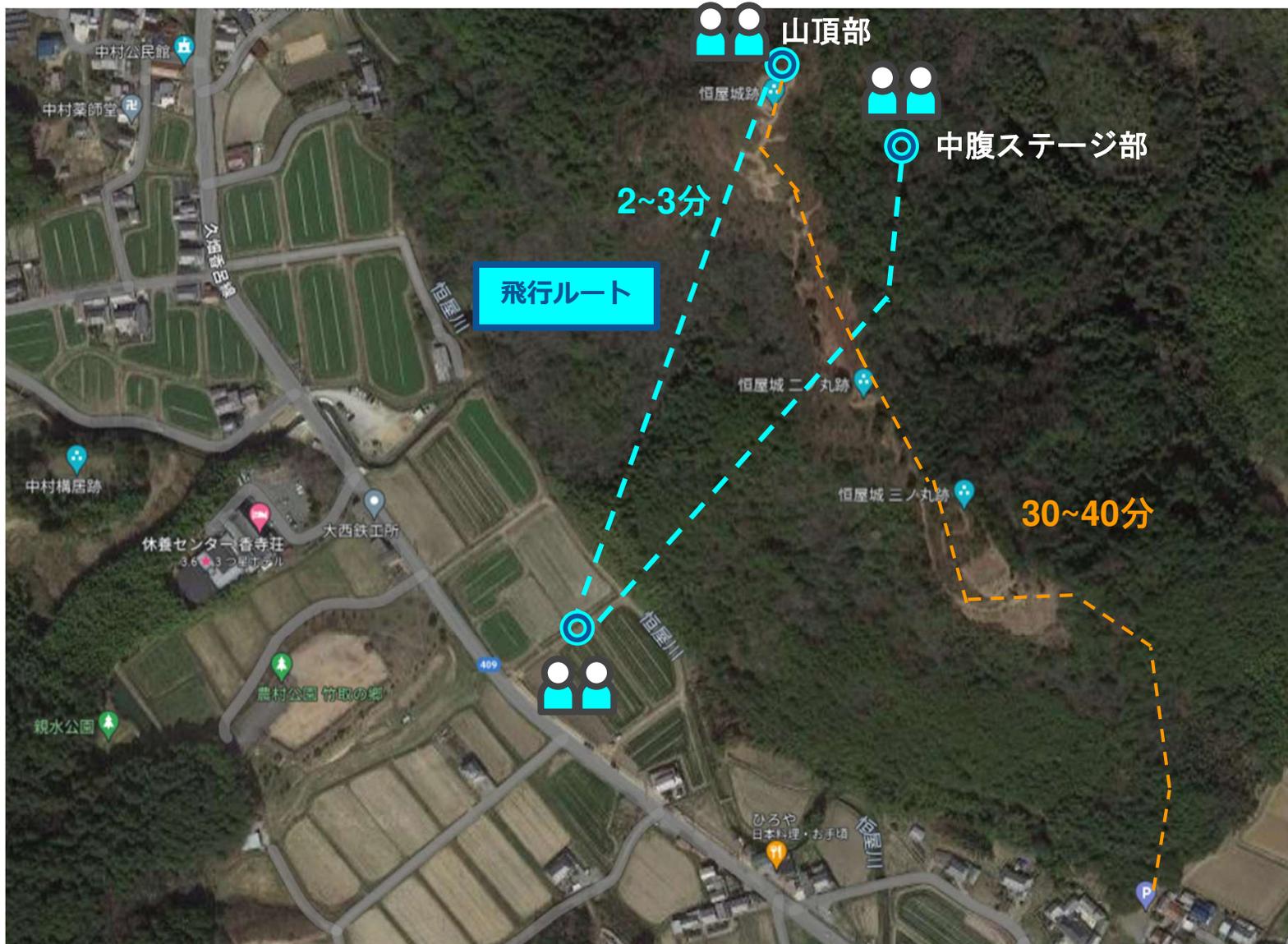
<b>サイズ</b> W × D × H (m)	<b>1.2×1.9×1.0</b> (ペラ展開時：1.9×2.5×1.0)	ワゴンやバン/2tトラックで運搬可能
<b>機体重量</b>	<b>38kg</b>	2人で持ち運び可能
<b>バッテリー重量</b>	<b>20kg</b> (5kg×4個)	スマートバッテリーで管理がカンタン
<b>最大運搬重量 (ペイロード)</b>	<b>30kg*</b> (ホイス使用時は20kg)	2Lペットボトル×15本
<b>最長飛行距離</b>	<b>2km</b>	荷物30kgで1km行き、空荷で1km戻ることが可能
<b>最大飛行速度</b>	<b>36km/h</b>	—
<b>最大飛行時間</b>	<b>9~15min</b>	積載重量による
<b>耐久環境</b>	<b>耐風：定常 7m/s</b> <b>気温：0-40℃</b>	一般的な現場環境に対応

- 【類似事業の実施実績】**
- 送電鉄塔塗装工事における一斗缶の運搬
  - 災害支援物資輸送の実証実験の実施
  - 獣害対策対応のための資機材を山中に運搬する実証実験の実施

# 運搬計画（実施場所・日時）

場所：姫路市香寺町恒屋字城山（恒屋城跡）

日時：2023年10月24,25日、11月14,15日



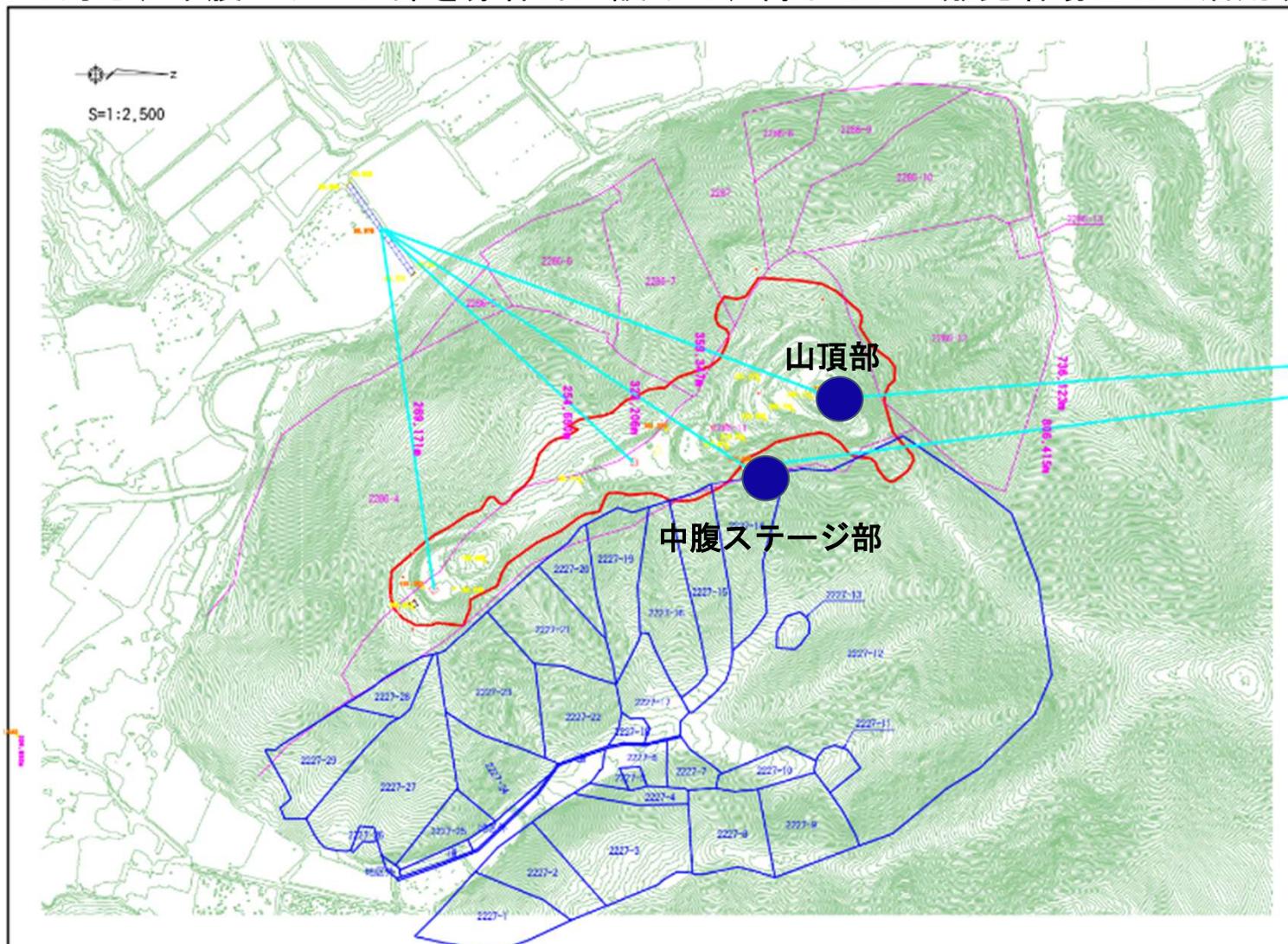
-  水色点線：飛行ルート
-  人(水色)：操縦者&補助者
-  オレンジ色点線：登山道ルート

直線距離：約350~400m  
 高低差：約150m  
 徒歩移動距離：約1km

## 運搬計画（文化財指定区域）

下図の赤枠内は、姫路市の指定史跡区域となっている。

本実証試験の計画当初は、指定区域内に複数の荷下ろし場所を検討していたが、姫路市と調整の結果、史跡区域内は安全かつ景観や自然環境に配慮した対応が必要であることから、開けた場所である山頂部には養生マットを敷くことで対応、中腹ステージ部を赤枠外に設けて、荷下ろし・離発着場として活用することとした。



# 運搬計画（運搬物一覧）

	山頂部		中腹ステージ部	
運搬物①		<b>【養生用敷マット】</b> 山頂部においてドローンが離発着できるように、文化財保護の観点から使用		<b>【合板】</b> 0.9×0.9mのサイズで運搬。 仮設ステージの床板として使用
運搬物②		<b>【薪割り機】</b> 伐採した雑木を運搬しやすい大きさに分割するために使用		<b>【杉板】</b> 長さ2mと4mの2パターンで運搬。 仮設ステージの板材として使用。
運搬物③		<b>【小型破砕機】</b> 伐採した雑木等を現場で破砕するために使用		<b>【角材】</b> 長さ2mと4mの2パターンで運搬。 仮設ステージの柱材として使用。
運搬物④		<b>【テント】</b> 機材の安置や作業員の休息所として活用するために使用		<b>【クランプ】</b> 単管パイプの接合部として使用。
運搬物⑤		<b>【水タンク 運搬用】</b> 水を入れ様々な用途（セメント、洗浄、炊き出し等）に使用		<b>【水タンク 貯蔵用】</b> 運搬した水を貯蔵用。 1×0.7×0.6mのサイズで運搬。

## 運搬実績（実施4日間合計）

合計:90フライト 運搬量:1,570kg

項目	詳細	総運搬重量
小型特殊機械	薪割り機、木材破砕機	425kg
資材	合板、角材、杉板、クランプ、養生用敷マット、水 等	914kg
その他	仮設テント、水タンク、収納箱、雑木 等	231kg
		1,570kg

# 実証実験当日の様子①（説明会）



山頂部



中腹ステージ部

## 実証実験当日の様子②



田んぼあぜ道に並べられた運搬資機材  
・角材、平板、水タンク、テントなど



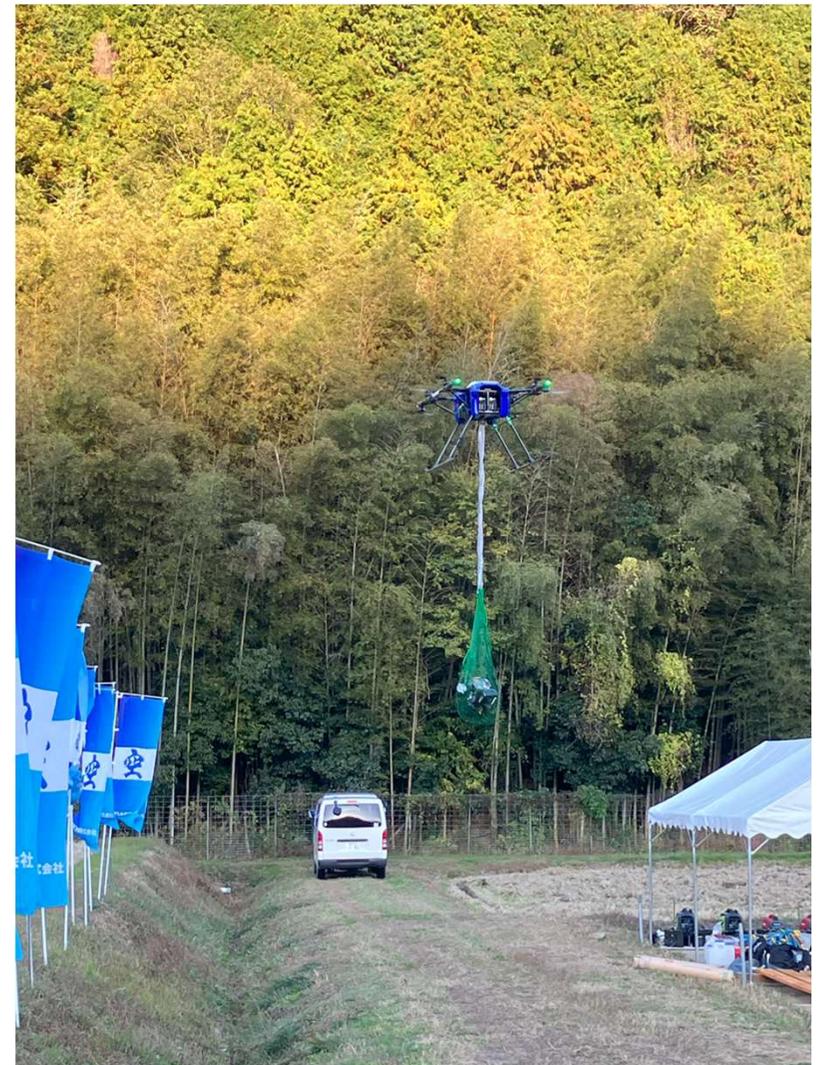
分解した小型特殊機械  
・薪割り機、小型破碎機

## 実証実験当日の様子③



**養生用敷マットの運搬**

- ・スリングを通して吊り下げ



**小型特殊機械エンジンの運搬**

- ・モッコに入れて運搬

## 実証実験当日の様子④

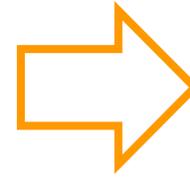


**角材（4m）の運搬**  
・スリング2点吊りで運搬



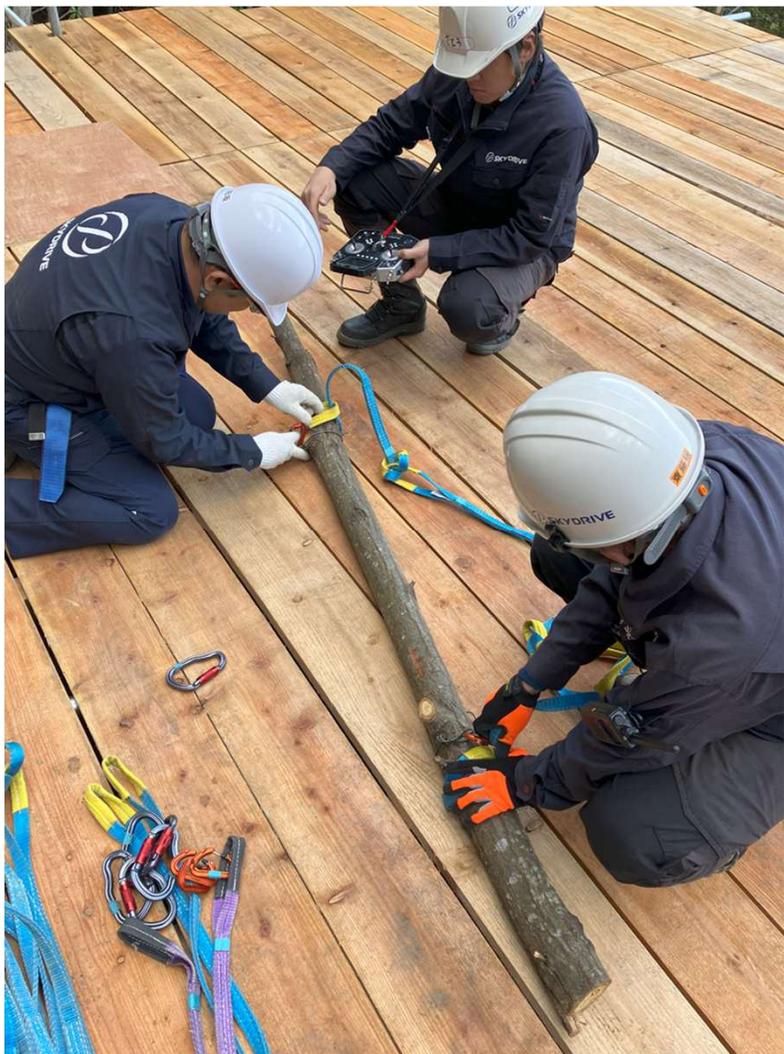
**平板（0.9m×0.9m）の運搬**  
・モッコに入れて運搬

## 実証実験当日の様子⑤



収納箱（W70cm×D160cm×H70cm）の運搬方法の検討の様子  
⇒分解し、2回に分けてモッコに入れて運搬

## 実証実験当日の様子⑥



伐採樹木の運搬

- ・スリング2点吊りで運搬



伐採樹木（細かな枝木）の運搬

- ・トン袋に入れて運搬

## 今回実施した安全対策

### 普段から実施している安全対策

- 手順書の作成、活用
- 飛行箇所の事前調査と机上検討の実施
- 役割分担の明確化
- 天候の確認（雨、風）
- 運航前のKY（危険予知）の事前確認
- 服装（ヘルメット、安全靴、長袖長ズボン、手袋、場所によっては安全帯の使用
- 無線によるコミュニケーションの実施（フライトごとの運搬物の情報（物体名、PL、形状、吊り方）の共有）
- 適正な離隔距離の確保
- 飛行前の周囲状況の確認
- 飛行前後の機体点検、メンテナンス

### 今回特に注意した安全対策

- 運ぶものを想定し、事前に自社試験場での飛行試験の実施
- フライトごとにPL確認の実施
- 荷物を運搬する際の運び方のバランスの確認を実施
- 荷物の取り付け状態はダブルチェックを実施

3

# 実証実験を経て

# 効果

## ■実際に人肩で運搬した場合との比較

### 実施内容

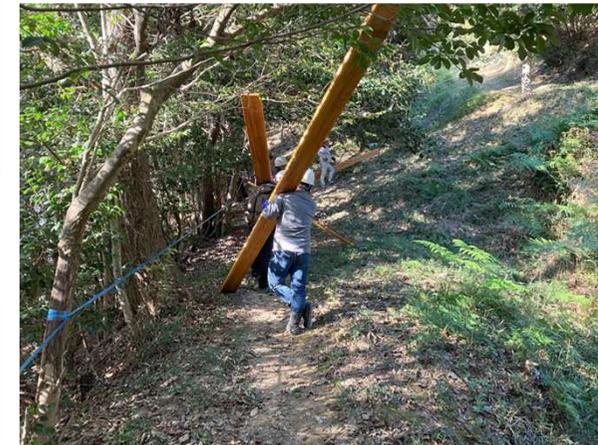
- ・ 4~6mの杉板や単管パイプ、総重量20kgの単管クランプなどを運搬
- ・ 4~5名の従業員が各2~3往復し延べ10~15往復程度の資機材を運搬

### 実施結果

- ・ 登山するだけでも大変で、さらに資機材を担いで上がるという作業は想像以上に過酷。2-3往復/日が限度と感じる。
  - ・ 6mの単管パイプを運んでいる際に足を滑らせて転んでしまい、担いでいるパイプに耳を殴打した従業員がいた。
  - ・ 作業中にダニに刺されたり、発疹が出た従業員がいた
- ※その他：夏場は熱中症のリスク等も考えられる。

### ドローンに期待できる効果

- ・ 従業員を運搬という重労働から解放させることができる
- ・ 労災の低減につながる
- ・ 安全衛生面の向上



## 運搬手法別工数・コスト比較①

### ■ドローン運搬と他運搬方法の比較

※今回の作業内容をベースとする（運搬量：計約1.6t 往路と復路が別工程の場合）

	運搬					伐採		ポイント
	コスト指数	事前準備工数	実施工数	事後処理工数	工数計	コスト指数	工数計	
 ドローン	1	1~2日	2日	0日	3~4日	1	4人日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・単位重量が50kg程度までのものをピストン輸送する場合に効果的</li> <li>・伐採範囲が少なく済む</li> </ul>
 ヘリコプター	1.4	3~4日	2日	0日	5~6日	2.5	10人日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・単位重量が大きいもの、またはまとめて運搬したい場合には効果的</li> <li>・伐採範囲は広くなる</li> </ul>
 索道	3.7	100人日	2人日	100人日	202人日	50	200人日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・単位重量が大きく、中長期的に継続して運搬したい場合に効果的</li> <li>・伐採作業は最もコストがかかる</li> </ul>
 人肩	0.4	0人日	26人日	0人日	26人日	0	0人日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・単位重量が少なく、少量運搬の場合は効果的</li> <li>・伐採はほぼ不要</li> </ul>

## 運搬手法別工数・コスト比較②

### コスト比較

- 人肩運搬が最も安価であるが、人肩運搬の担い手不足は深刻となってくることは明白であり、**人肩に代わる運搬方法の確立は急務**
- 一般物流においても配送料の値上げ等が実施されていることを考慮すると、**運搬業務自体の価値の向上が必要**
- ドローン事業者側のコスト努力として、**施工体制の見直しや機体性能の向上などによりコスト低減を図る**ことで、より実装を加速していくことができる。

### 工期について

- 昨今、全国的な建設投資・工事が増加傾向にあるのに対し、工事従事者（担い手）の供給が減少の一途を辿っている。このような背景の中、**確実な工期内施工や工期短縮に向けた対策は喫緊の課題であり、生産性維持向上のために新技術・機械設備の導入が不可欠**
- 工事従事者の労務単価は上昇傾向にあり、人肩運搬自体も現在の単価から増額するリスクがある。**単純な費用比較だけではなく、生産性向上の観点でもドローン運搬は優位性がある**と言える。

### 伐採について

- 山間部は樹木伐採の可能性があるほか、地権者や自治体との調整のための工数が発生することから、ドローン運搬は他手法と比較して優位性がある**と言える。



- ・各運搬方法が**それぞれのメリットを生かした現場で活用される**ことが理想的
- ・**単純なコスト比較だけでなく、将来的な物流の在り方、工期の遅れによる機会損失、樹木の伐採などの事前調整などの潜在的なリスクも考慮が必要**
- ・**ドローン運搬がその選択肢の一つであることの認識を広げていきたい**

## 実証実験の結果まとめ

### 【結果】

- 運搬物の重量や形状、または天候等の制限はあるが、一定条件下であれば**登山道整備の運搬作業においてドローンの有用性を示す**ことができた。
- 恒屋城跡という「指定文化財保護区域」で実証を行い前例を作れたことは、今後、**自治体等の発注者にドローン運搬について働きかけや調整を行う上でも好事例**である。
- コストについてはヘリやモノレール等の手段より抑えることができるほか、**樹木の伐採を最低限に抑えることや、工期の短縮につなげる**こともできる。

### 【社会実装に向けた今後の展望】

- 機体性能の向上とともに、運搬ノウハウと実績を蓄積することで、**対応できる条件（運搬物の形状や天候等）の範囲を広げ、有用性の高い運搬手法として地位を確立**していく。
- ドローン運搬を前提とした資機材の改良(重量・形状)**が進むことにも期待したい。
- 自治体等の発注者側で、**ドローン運搬が標準工法**となり、積算基準の整備が進むような**働きかけと地道な実績作り**を進めていきたい。

## 実証実験の結果まとめ

### 【越えるべき課題】

#### ●機体性能の向上と運搬手法の確立

今回、建設資材として一般的な900mm×1,800mmの平板は風圧荷重による操作の危険性を鑑みて実施せず。今後は風圧荷重に対する制御技術の向上及び運搬手法のノウハウを蓄積し、可搬種類を増やすことで、土木工事における汎用性を高めたい。

#### ●天候リスク

ドローンは風雨に弱いため、工事計画に支障をきたす可能性がある。メーカー、事業者側として天候リスクを低減できる機体開発、運行手法の改善が求められる。

#### ●コスト

機体や運行手法の改善により低減していくことは事業者努力として必要。また、運搬そのものの価値の向上、及びその認識を社会的に浸透させていくことも必要。

#### ●飛行許可申請

航空局からの補正指示に対して対応しているものの、何度も補正指示を受けることがあった。社会実装に向けては飛行許可申請の一貫性、柔軟性、即時性、及び手続きの簡易化といった国土交通省側の規制緩和の対応が必要。

# Thank you!



Website JP



youtube