

(第1部) 先進的林業機械
緊急実証・普及事業

成果発表会
(その1)

一般社団法人 林業機械化協会

林内作業車 T-Rex

林内作業の安全性と作業効率を高める 林業機械

真庭森林組合
松本システムエンジニアリング(株)

林業の未来(あした)をサポートします

森林を守り育てる林業活動の中で
森林の伐倒作業は能率も悪く危険で
きつい仕事とされています。
私たちはこのような仕事を機械の力を
かりて**安全・高能率・楽な(楽しい)**
ものにしていく事を目指しています。
弊社新開発の**林内作業車**
T-Rexをご紹介します。

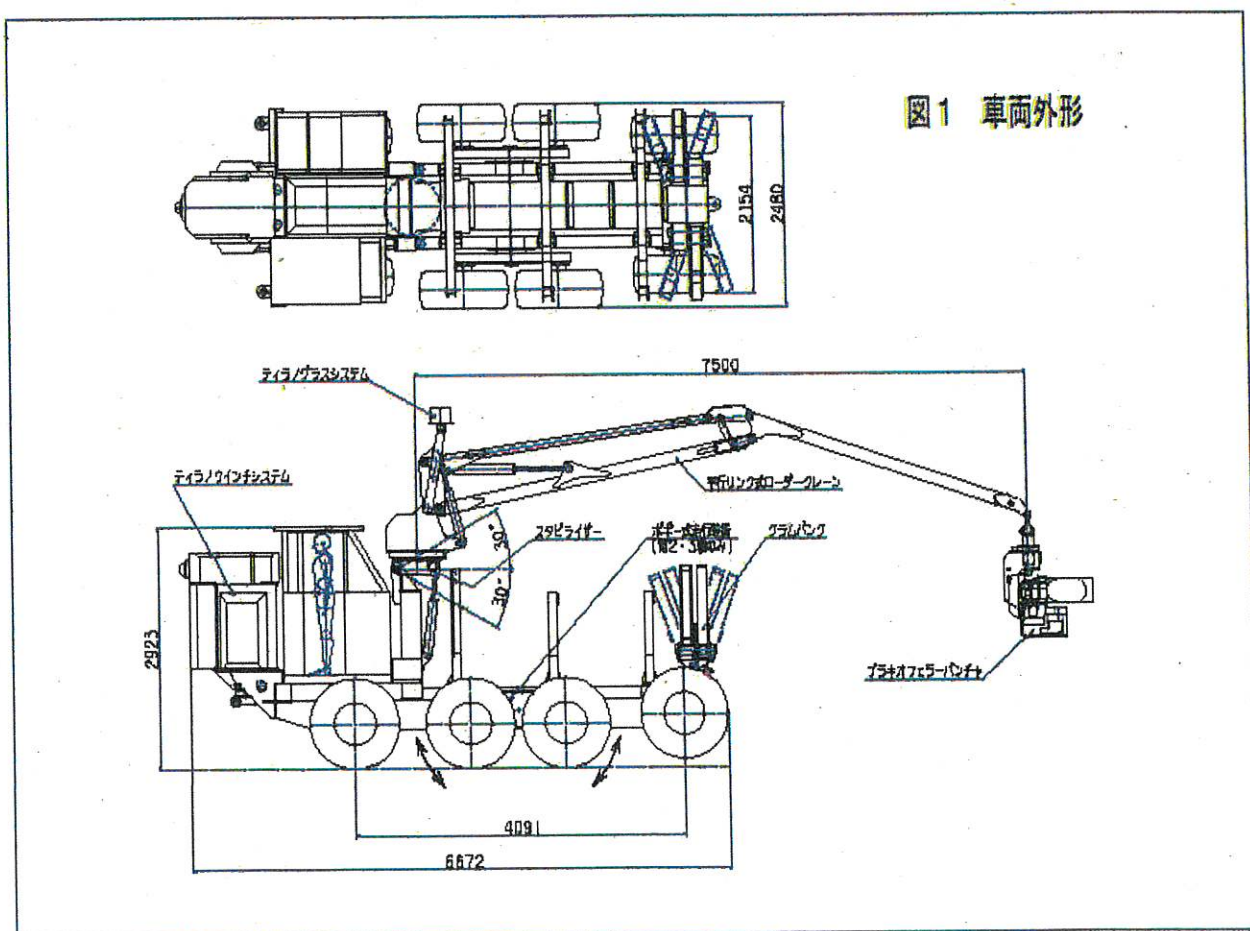
林業の未来(あした)をサポートします

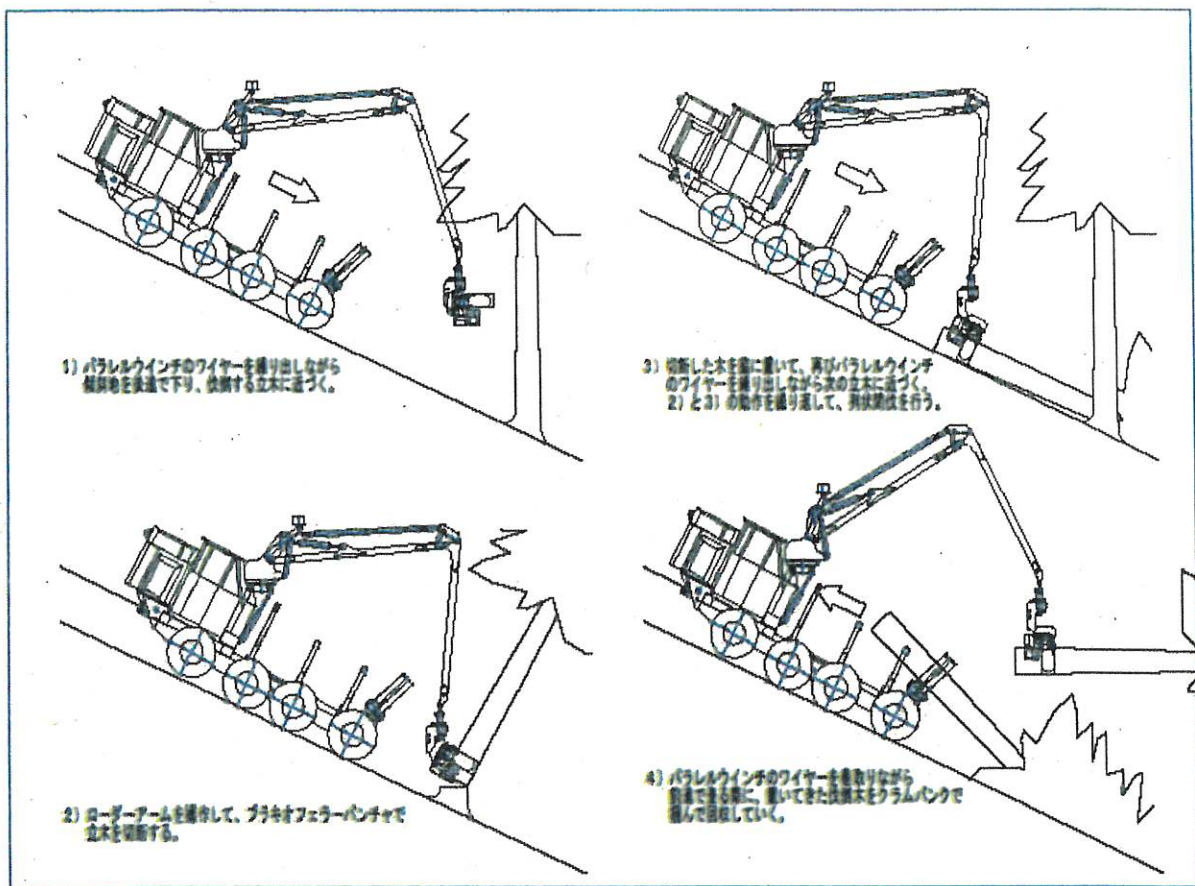
本装置は林内作業にて伐倒・集材・搬出を行う装置です。

ラジコン操作であるため、装置に触れることなく安全に操作ができます。

平行ルインチシステム（アシストウインチ）を採用しておりウインチと走行速度が完全同期します。

カメラシステムを搭載してティラノグラスを使うことにより車両やクレーン周り、アタッチメント先端の画像を切替えてリアルタイムで見ることができます。

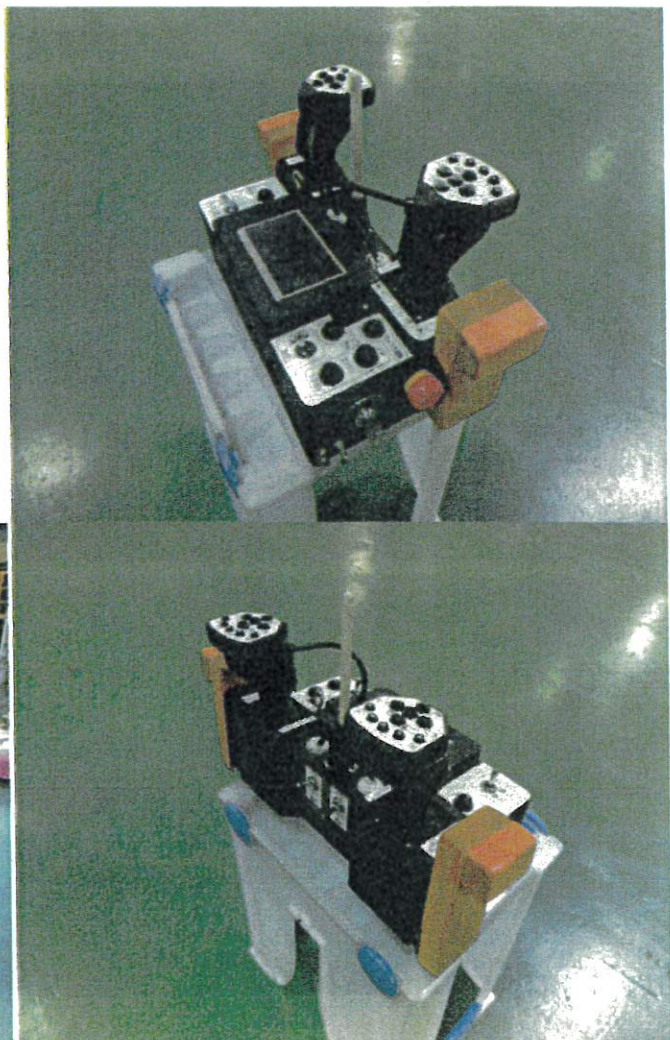




コントローラ

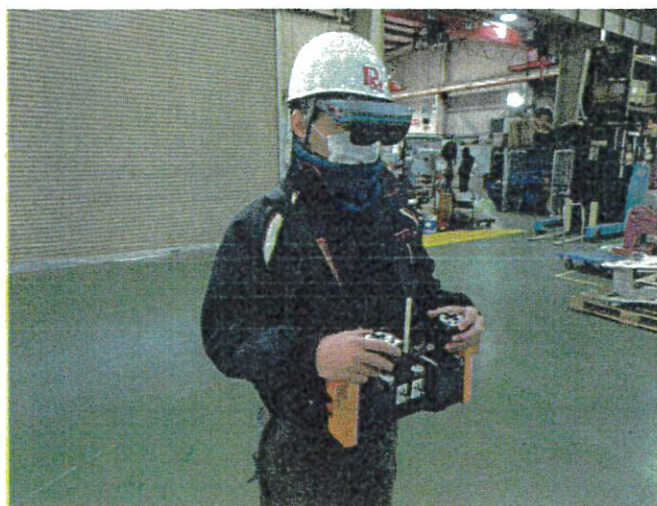
アタッチメント操作
クレーン操作
走行操作

走行操作はキャビンから
でも行なえます



ティラノグラス カメラシステム

車体前後
クレーン部
アタッチメント部
4箇所のカメラを装備しています



社内試運転

2021年9月～11月状況



森林・林業・環境
展示実演会実演



伐倒



搬出

グラップル作業



2021年1月MSE演習林テスト

グラップル作業



傾斜地進入



1月24日～27日実証試験動画





登坂

登坂



装置外観



グラップル作業





伐倒作業



クラムバンク操作



搬送姿

実際の現場に初めて装置を持ち込み実証運転を行いました。オペレータさんが不慣れな中でも電波障害等の不具合もなく**ラジコン操作**のみで操作ができました。

ラジコン操作であるため、装置に触れることなく**安全**に伐倒作業ができました。

雨上がり直後の悪路(傾斜30度)で**パラレルウインチシステム**を稼働させてウインチとタイヤ走行を完全同期させて走破できました。

傾斜地で車両を上下させ伐倒を行い、クラムバンクでつかんで材を引き上げることができました。

実証・運用を重ねてフィールドとワークの違いにどれくらい対応できるのか。
今回の実証とどのような違いが出てくるのか。

使い勝手が変わってくるのか。

経験を積み重ねてさらなる改良を進めます。



真庭森林組合

松本システムエンジニアリング(株)

ありがとうございました。



真庭森林組合

松本システムエンジニアリング(株)



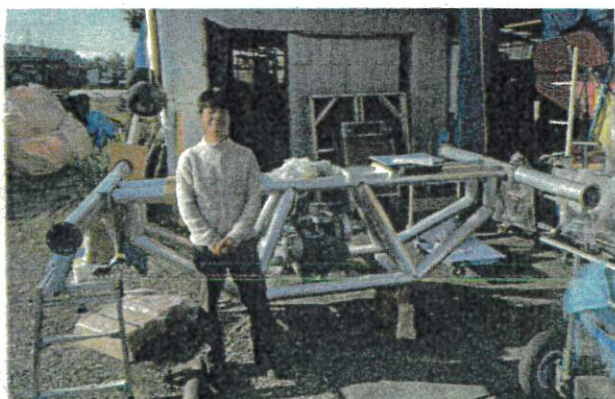
先進的林業機械緊急実証・普及事業

テーマ名：

搭載重量200kgの林業用特殊ドローンの普及・実証事業

株式会社山崎産業
株式会社BlueBee
九州電力株式会社
国立大学法人千葉大学

はじめに



2月22日
現地検討会を開催

はじめに



ペイロード200kgのドローン



航空機

日本で開発中の企業：川崎重工

海外で開発中の企業：ボーイング、エアバス、サーブ

防衛産業向けが殆ど

我々は林業向けに開発

背景

きっかけ・・・

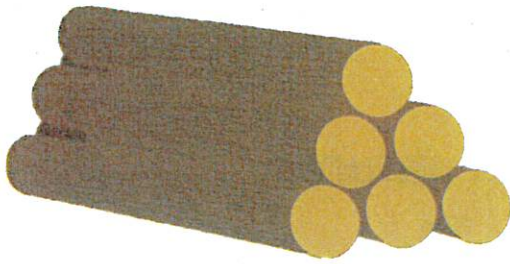


丸太を運びたい!

理由：道を作るお金がない

作業道を整備するのは、環境に負荷がかかる

背景



丸太を運ぶ
ドローンの能力は??

丸太の重さ ≒ 500kg

→ ドローンのペイロードは800kg

背景



- ・SDGsへの貢献
- ・CO2を相殺
- ・森林の持つ防災効果
- ・日本の豊富な森林資源等

注目・期待がかかる林業

- ・従事者の高齢化
→ 肉体仕事の限界
- ・進む少子化
→ 従事者の減少
- ・外国材のほうが安い
→ 生産性向上が必要



機械化が求められる林業

- ・急峻な地形
→ 機械が入れない
- ・作業道の整備が必要
→ 高コスト
→ 労働者の減少
→ 高い環境負荷



機械化が困難な環境

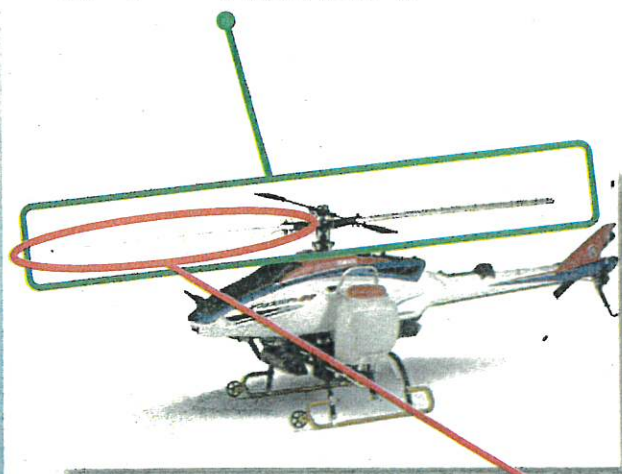
ドローンを使うことで、林業の再興を図る

- ・空は移動が最短距離で可能 → 作業効率の向上
- ・労働事故の減少 → 安全性向上
- ・作業道整備の減少 → コスト削減
- ・事業者の収入増加 → 林業事業体の経営改善
- ・最新機械の導入 → 若い林業従事者の増加

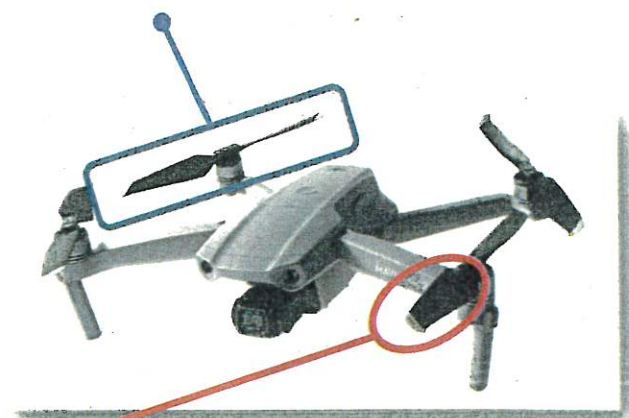
用語の説明

ローターとプロペラ

ローター：角度が変わる



プロペラ：角度は固定



ブレード

検証



検証

検証方法

1. 飛行テスト
2. フライトドライブレコーダーの解析



ドローン重量

項目	重量
機体重量	25kg
バッテリー重量	24kg
荷台重量	32kg
荷物重量	12kg
合計	93kg

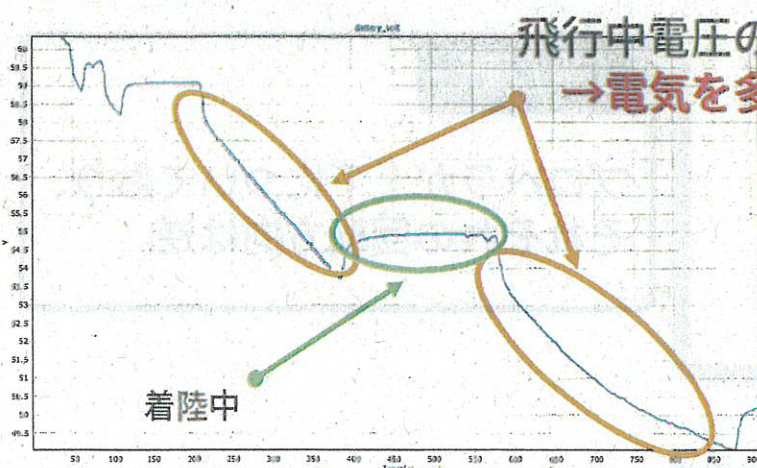
モーター能力

モーター出力	電流	揚力 (モーター1個)	揚力 (ドローン)
85%	76.9A	23.0kg	184.0kg
100%	110.4A	28.0kg	224.0kg

余裕のはずだが
実際はそうならない

検証

電圧と飛行時間の推移



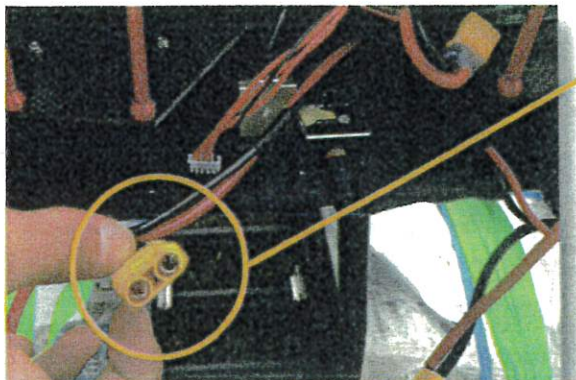
飛行中電圧の下がり方が通常よりも大きい
→電気を多く消費している

理由

- ① エネルギーが熱に変換されている
- ② 二重反転プロペラ

検証

1. 発熱の問題



熱でコネクターが焼けた

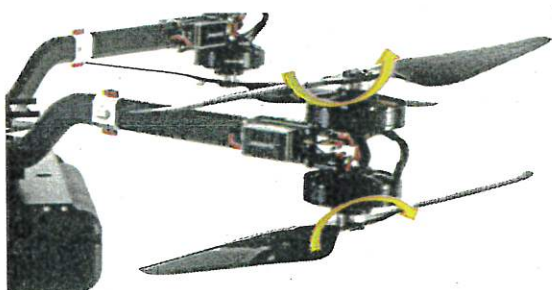
→コネクターが焼けるほどの熱が発生する。

Item No.	Voltage (V)	Prop	Throttle	Current (A)	Power (W)	Thrust (G)	RPM	Efficiency (G/W)	Torque (N·m)	Operating Temperature (°C)
U15H KV30	50	T-MOTOR G40x1 3.1CF	50%	19.9	990	9300	1843	8.34	4	65
			55%	25.9	1295	10900	2023	8.34	5	
			60%	32.2	1610	12700	2190	7.89	5.9	
			65%	38.5	1930	14600	2313	7.56	6.9	
			75%	52.2	2610	18900	2615	6.73	9.1	
			85%	76.9	3845	23100	2876	6.01	11.2	
			95%	100.0	5000	22000	2700	5.56	12.0	

モーターのカatalogスペックは65°Cだが、実際にははるかに高い温度になる

検証

2. プロペラの構造の問題



二重反転

プロペラが上下についており、それぞれの回転方向は逆。

メリット :

少ない面積で、揚力が得られる

デメリット :

エネルギーロスが大きく、プロペラ2つ分の揚力にはならない



今回はデメリットの方が大きい

機体設計

1. 発熱の問題

バッテリーによるモーター駆動の場合、発熱によるエネルギーロスが大きく、長時間飛行が難しい。

特に大型ドローンの場合は、負荷が大きいためそれが顕著
→エンジン式にする

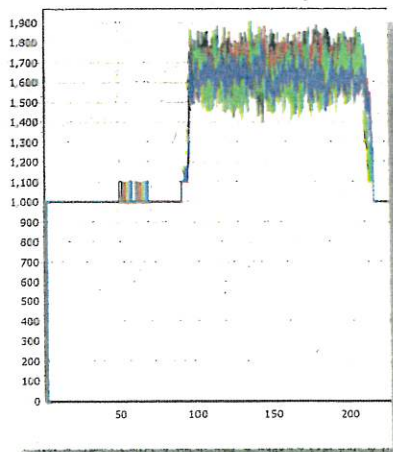
2. プロペラの構造の問題

二重反転式は、面積は小さくなるものの、こちらもエネルギーロスが大きい。

そのため、今回は二重反転にしない設計を行う。

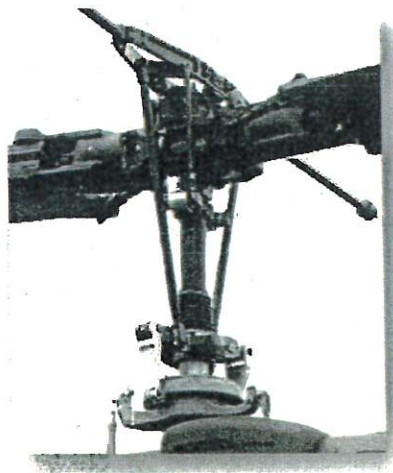
機体設計（ローター）

ドローンモーターの 回転数の変化



常に回転数が変化している。
これはエンジンでは出来ない。

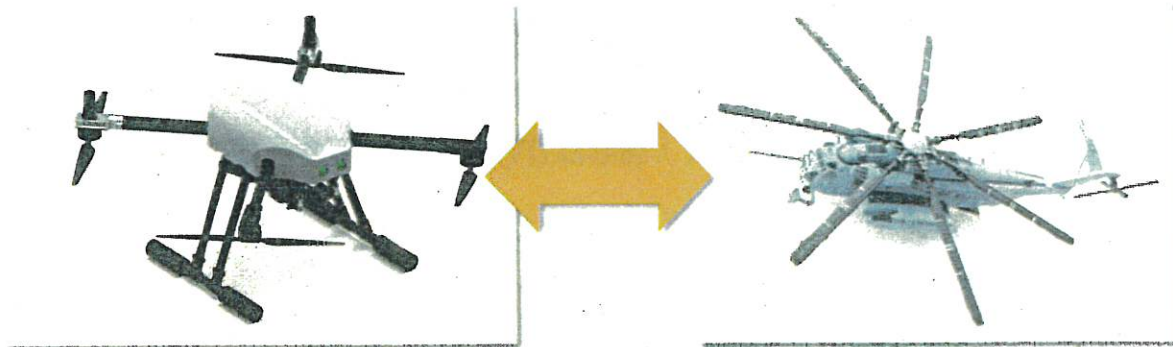
ヘリコプターの機構 (可変ピッチ)



エンジンで駆動するヘリコプターは
ブレードの角度を常に変化させている。
こちらの方が、
飛行効率がよく、風に強い

機体設計（ブレード数）

ブレード数の選定



ドローンのプロペラは一般的に2ブレード ヘリコプターの中には、7ブレードまである

**ブレード数を増やすと、
ローターの直径を小さくできる。**

ただし、ブレードを増やすと機構が複雑になる、トルクが必要等のデメリットも発生する。

機体設計（ブレード数）

一番効率のいいブレード数は3



→3ブレードを採用

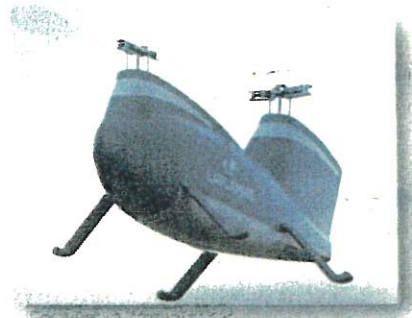
風力発電の風車は、一番発電効率の高い3ブレードにしている。
ただし、一般的なドローンの場合、3ブレードは、折畳がしにくくかさ張るため、あまり使われない。
今回の機体は、運搬時はブレードを取り外すことを想定。

機体設計（ローター数）

ローター数の選定



シングルローター
(メインローターが一つ)



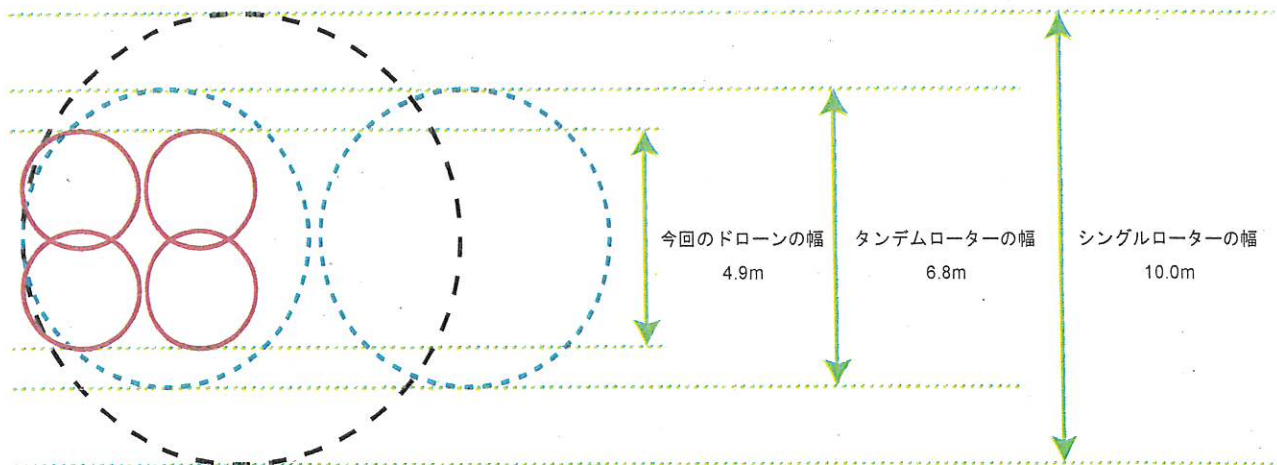
タンデムローター
(メインローターが二つ)

飛行効率で言えば、メインローターの数はい少ない方がよい。

しかし、林業での使いやすさを考慮する必要がある。

機体設計（ローター数）

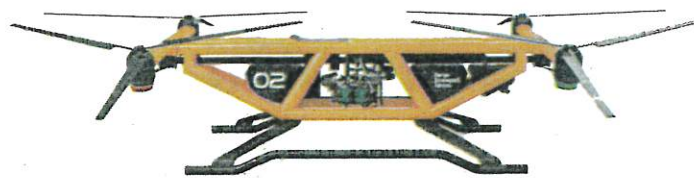
ローター数と全体の大きさの比較



林業での現場を考えると、直径10mものシングルローターは、現実的ではない。

そこで、マルチローターを選択

機体設計・スペック



項目	値
全長	3.0m
全幅	2.2m
ローター径	2.6m
機体重量	165kg
最大ペイロード	200kg
最大離陸重量	400kg
飛行時間	60分
最大巡航速度	75km/h
最大通信距離	2km
エンジン種類	2ストローク 1000cc
燃料タンク	32L
飛行方法	手動飛行・自動飛行