

# 経済安全保障重要技術育成プログラム／長距離物資輸送用無人航空機技術の開発・実証／ハイブリッドVTOL機の実証

(中間評価) 2024年度～2025年度 2年間

プロジェクト報告資料 (公開版)

2026年1月27日

株式会社コントレイルズ、株式会社ザクティ、株式会社ジェイテクト、

株式会社NTT e-Drone Technology、

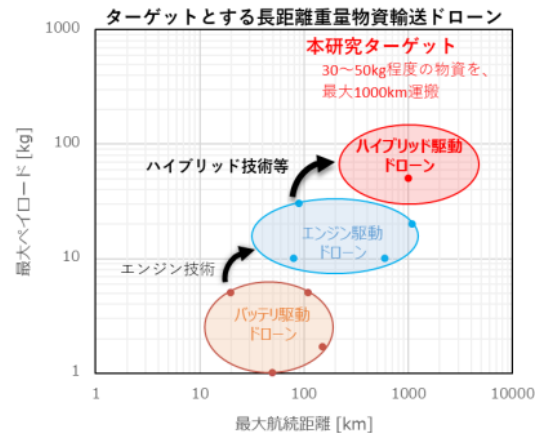
ヤマハ発動機株式会社、学校法人金沢工業大学、学校法人静岡理工科大学

## 背景

- 近年、無人航空機関連の技術進歩により、農業分野での農薬散布や測量、施設・設備等のインフラ点検など、産業用途での活用が本格的に進んでいる。今後は更に、**業務の効率化・省人化に向け、物流や警備を目的とした無人航空機の活用が広がる**ことが期待されている。
- 特に、多くの島嶼部を有し、広い領土・領海を持つことに加え、人口減少に直面する我が国では、物流の効率化・省人化が強く求められており、**無人航空機が物流手段の一部を担う**ことに対する期待は大きい。一方、航続距離や最大積載重量（ペイロード）に対する物流のニーズを満たすためには、現行の性能は十分ではなく、技術的課題の解決が必要となる。
- 本事業では、長距離飛行及び高ペイロード運搬を実現するための無人航空機の要素技術を開発し、それらを統合した機体で飛行試験等を実施することで、長距離物資輸送用無人航空機技術を確立する。

## 想定される利用ニーズ

- 広い領土・領海を有する我が国の離島間や洋上インフラへの物資輸送や送電線・パイプライン等の広域インフラ設備の点検、海上や山岳地域における要救助者の捜索等のための次期無人航空機としての使用が想定される。



## 研究開発の内容

- 従来の無人航空機では、ペイロードと航続距離が大幅に制限されているという課題があるため、30~50kg程度の物資を最大1,000km程度輸送することが出来る、垂直離着陸可能な無人航空機の機体構想を検討し、これらの性能要件に対応できる、代替燃料で運用可能なハイブリッド動力システム、高出力モータ、軽量構造技術等の要素技術の開発を行う。
- また、本事業で開発した要素技術を統合した試験機を開発し、地上評価試験や基本性能評価試験、運用評価試験を実施することで、長距離物資輸送用無人航空機技術を確立する。

## 想定スケジュール

	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	2028年度
研究開発項目① 機体構想及び機体設計					
機体構想及び基本設計・詳細設計	機体構想の検討	詳細設計	★	改良設計	
	→		★	→	
		★	→		
研究開発項目② 重要要素技術の開発					
代替燃料で運用可能なハイブリッド動力システムの開発		★	→		
高出力モータの開発		★	→		
軽量構造技術の開発		★	→		
研究開発項目③ 試験機を用いた評価試験					
要素技術の統合及び試験機の評価試験					★
					事後評価

# ＜評価項目 1＞ 研究開発ビジョン及び研究開発構想の実現に向けた研究開発課題の達成目標や内容の妥当性

- (1) 達成目標の妥当性
- (2) 知的財産・標準化戦略

## 他社との性能比較 (国内の技術動向・市場動向調査)

- 国内での展示会、アメリカでの展示会において市場動向の調査を行い、最新のドローン開発のトレンドの調査を行った。
- 国内、欧米での類似モデルとの諸元比較を行い、性能比較を行った。  
その結果、航続距離最大1000km・ペイロード30～50kgの目標は国際的にも高水準であることを確認した。
- 本機は軽量高出力のエンジンを使ったハイブリッドシステムを使ったことが大きなアドバンテージになっていると考える。
- 技術動向、市場動向の調査は随時行い、最新情報を入手し、トレンドに遅れなきよう開発を進めていく。

## 研究開発成果の権利化/秘匿化/公表等の取り扱い方針

### Kプロ知財方針に則り実施中

#### ■ 権利化

新規性、進歩性のある「AI技術も利用した有翼無人航空機の垂直離着陸飛行の制御技術」に関して積極的に特許出願を行う。

#### ■ 秘匿化

ソフトウェア等、侵害を証明しにくい新規技術は秘匿化する。

#### ■ 公表

機体の空力解析結果や電源システム、カメラシステムの成果については、成果普及及び市場開拓のために公表する。

#### ■ 標準化戦略

海外でのUAMや無人航空機に関するISO規格（TC20/SC16）および制御技術・空力解析などの動向調査を国内・海外で実施し、本機体開発へのフィードバックを行い標準化に合致した仕様の作り込みを行う。

## ＜評価項目 2＞ 研究開発課題の達成目標に向けた進捗状況

- (1) 研究開発課題の達成目標に向けた進捗状況（国内外との比較を含む）
- (2) 今後の見通し（多様な分野における実現可能性含む）
- (3) 指定基金協議会において合意された内容の進捗状況

# ①-1) 機体設計 最適な機体案への絞り込み

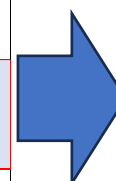


企画段階で5種類の案を提案した。

その案を重量、空力特性、操縦性、強度バランス、荷物積載自由度、機体制御難易度、機体精度保持、組立性、整備性、製造性、垂直ロータ効率の優位性の比較を行い、トラクタ式（前プロペラ）とプッシャ式（後ろプロペラ）に絞って検討を行った。

最終的に空力特性、荷物の積載性、重心移動等総合的にバランスの良い、尾翼を後部に配置するトラクタ式（前プロペラ式）を採用した。

		重量	空力特性	操縦性	強度バランス	積載自由度	制御難易度	機体精度保持	組立性	整備性	製造性	垂直ロータ効率	課題
案1	・垂直ブレード/8個 ・水平プロペラ/プッシャー ・単期	×	×	×	×	×	×	△	△	○	○	○	・ロール方向の慣性モーメントが大きき各舵の効きが弱めて悪くなるだろう ・主翼への曲げ・捻じれモーメント大、各荷重条件での強度保持が課題
案2 (案1改)	・垂直ブレード/8個 (2重反転プロペラ) ・水平プロペラ/プッシャー ・単期 ・EG後	○	○	○	○	×	○	○	○	○	○	△	・2重反転プロペラ効率が低下、エンジンパワー+電池パワーで補えるか？ ・ペイロード部が重心位置の前にあるため、フライト時の重心調整が難しい
案3 (案1改改)	・垂直ブレード/8個 (2重反転プロペラ) ・水平プロペラ/プッシャー ・単期 ・EG前	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	・2重反転プロペラ効率が低下、エンジンパワー+電池パワーで補えるか？ ・ペイロード部が重心位置の前にあるため、フライト時の重心調整が難しい
案4	・垂直ブレード/4個 ・水平プロペラ/プッシャー ・双期	△	△	○	○	○	○	×	×	×	○	○	・双期構造による機体精度保持が難しい ・左右垂直尾翼のアライメント、水平尾翼取り付け精度 ・構造の複雑化による信頼性低下を懸念
案5	・垂直ブレード/前後2列/8個 ・斜ブレード/デルタ ・双期	×	×	×	△	○	×	×	×	×	△	○	・双期構造による機体精度保持が難しい ・左右垂直尾翼のアライメント、水平尾翼取り付け精度 ・構造の複雑化による信頼性低下を懸念 ・ピッチング方向の慣性モーメント大、操縦性・制御性が厳しい

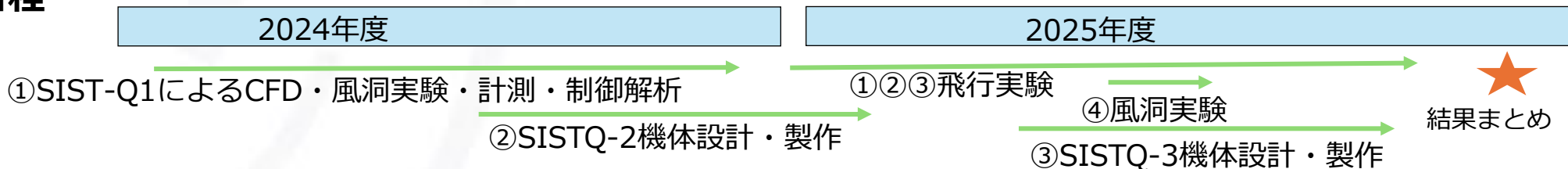


	レイアウト自由度	重量	積載自由度	機体強度バランス	前視視野	エンジン冷却	空力特性	プロペラ効率	前方安全性	
トラクタ式	○	○	○	○	△	○	○△	○	△	機体の空気抵抗値を工夫すれば不利な点は無い
					・フェース部の前方上部がプロペラ回転圏内に入らぬように設計すること ・ラジエータ冷却流入速度が大きくなる	・プロペラセラジエータに風を送ることができ ・高効率の大きい	・飛行モードでプロペラが先に障害物に干渉する			
プッシャー式	△	△	△	△	○	△	△	×	○	空力的にも構造的にもトラクタ式よりも不利になる
	・プロペラ位置、サイズに制限があるため胴体形状に自由度がない	・テールパイプ取付構造が重量増加になる	・主翼とテールビームのオフセット量が大い い為、強度的、重量的にも不利になる	・冷却性がトラクタ式に比べ不利になる。	・荷重後部形状の曲率が大きく後続時に空気が流れ	・主翼の吹きおろしの影響により効率が低下する				

# ① - 1) 機体設計 1/4スケール機製作・評価

■ 達成基準：空力性能、運動効率を検討し、各機体構想案の優劣を評価する。

■ 日程



■ 達成状況：1) 開発試作機 (2025年)

■ 達成状況：2) 空力性能・運動効率の計測実験結果

実験によるパワー計測と解析値との比較→ほぼ一致、解析による性能予想が可能

①SIST-Q1 (性能評価用1/4モデル)

②SIST-Q2 (性能評価用1/4モデル)

プッシャー型



トラクタ型

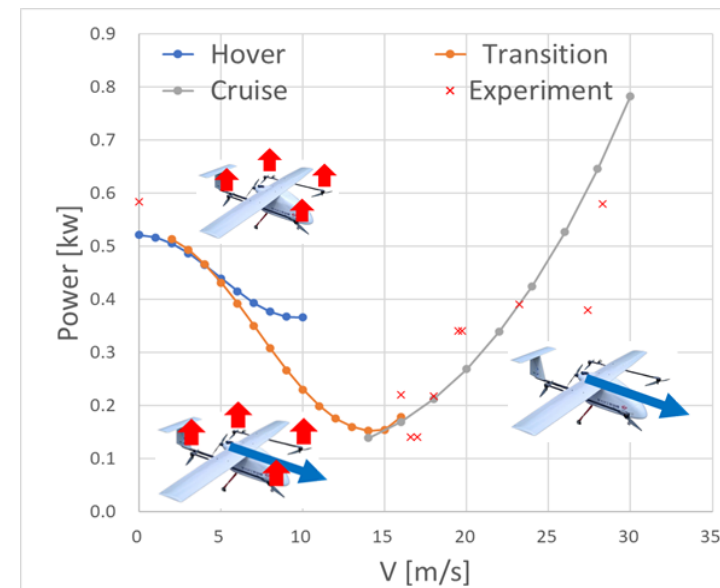


③SIST-Q3 (性能評価用1/4モデル)

④風洞実験機(実機1/6モデル)

プッシャー型

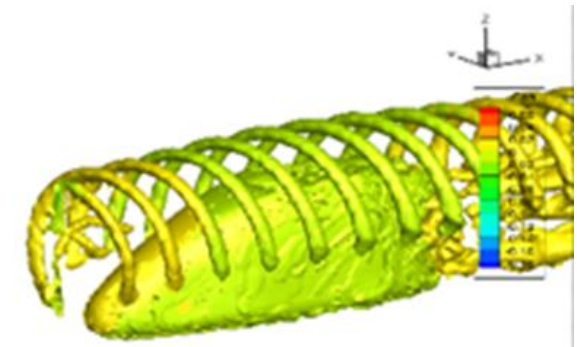
トラクタ型



# ①-1) 機体設計 風洞実験と空力(CFD)解析

## ■ 達成状況 : 3) 風洞実験と空力(CFD)解析

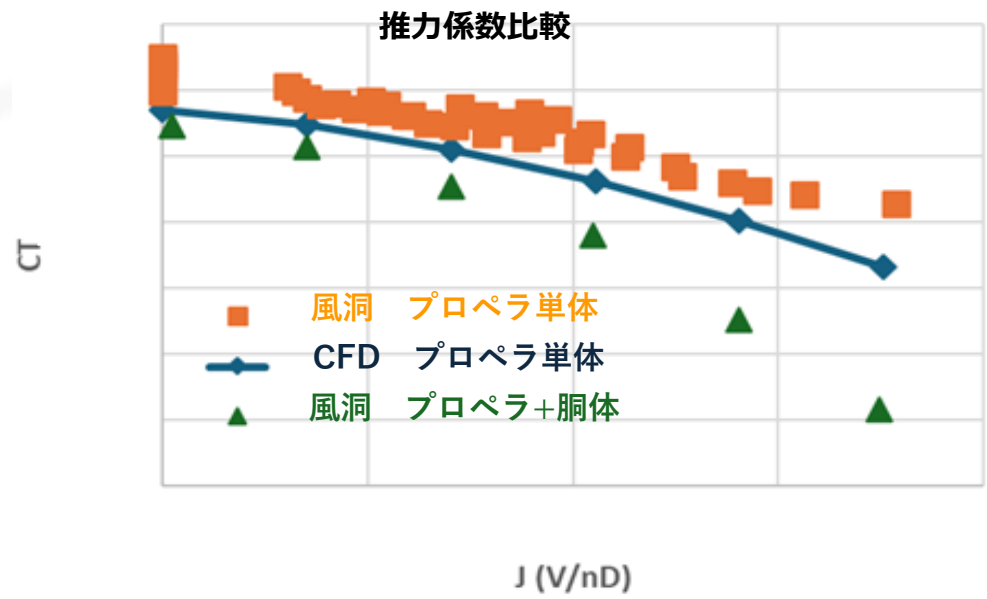
風洞実験とCFD解析の推力係数比較  
→ プロペラ単体はほぼ一致した。  
解析での検証が可能。



CFD解析 プロペラ+胴体



CFD解析 プロペラ単体



# ① - 1) 機体設計 自動飛行制御開発

## ■ 達成基準

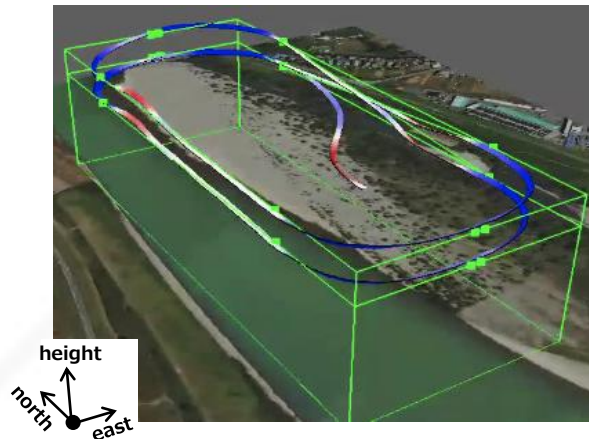
1. スケール機体ならびにシミュレータを用いた評価を行うことで、一次試作機が安全に飛行試験できる目処を得る。
2. センサー類の初期評価を完了し処理装置を含む基板の設計および機体搭載へ向けた試験評価の準備を完了する。

## ■ 達成状況

- 制御システム要件定義：基本飛行制御部分完了。ユースケース定義およびアーキテクチャ図作成。
- 基本飛行制御ソフト：1/3スケール機での飛行試験検証。
- 基板およびセンサー類：仕様決定と0次試作のHW/FW検証開始。



1/3スケール機での飛行試験の様子  
回転翼飛行モード ステップ入力(自動飛行)



飛行軌跡(コンター: Roll angle)

固定翼飛行モード 自動飛行ログデータ

## ■ 今後の進め方

- 継続的に1/3スケール機飛行試験
- 0次試作基板でのFW検証  
-> 1次試作への反映
- 1/1モックおよび1/3スケール機を用いた、システム結合検証とセンサー類飛行検証

# ① - 1) 機体設計

## 機体基本諸元

### ■ 達成状況：基本諸元確定

主翼長：8m

全長：4.2m

全装備重量：200kg

パイロード：最大50kg

巡航速度：30m/sec

## 機体主要構造

### ■ 達成状況：基本構造確定

基本構造は一部を除きCFRP※1を使用したセミモノコック※2構造を採用した。  
主翼外皮及び胴体外皮はCFRP + 樹脂発泡材のサンドイッチ構造。

※1 CFRP: Carbon Fiber Reinforced Plastics

※2 セミモノコック：外皮と内部骨格が一体となって製品全体の強度を保つ構造

# ① - 1) 機体設計 実機飛行に向けたシステムブロック&結線図

## ■達成状況：基本仕様決定

一次試作機に搭載されるシステム構成ユニット及びそれらを結ぶシステムブロック&結線図の完了。

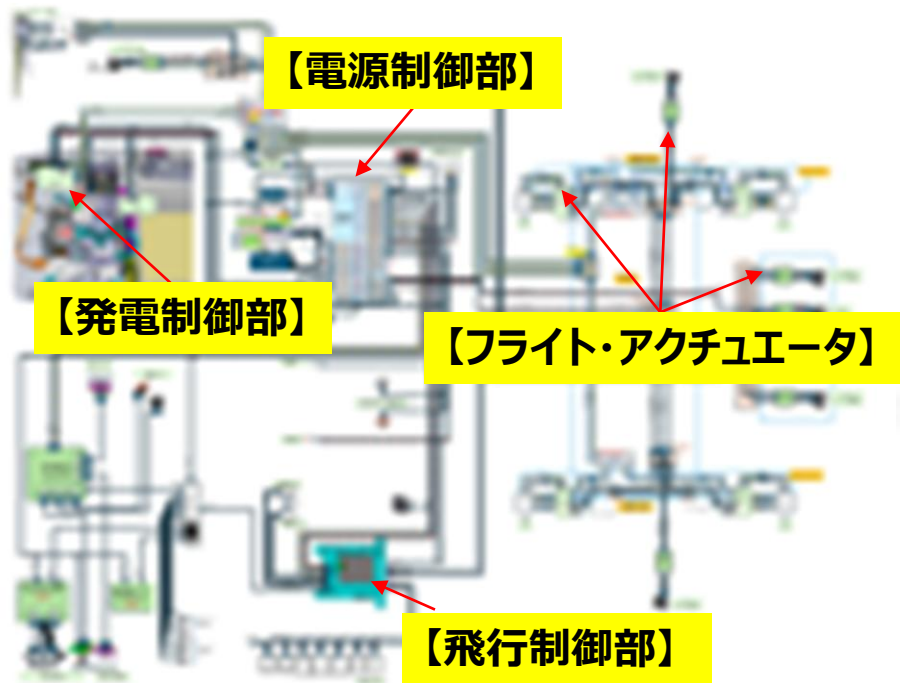
«トピックス»

- フライト制御アクチュエータ部  
マルチロータモード飛行のためのモータロータを8個から4個に変更
- ハイブリッド電源システム  
多くの構成ユニットを確実に起動、動作させるための起動ユニットBCM(Body Control Module)の役割明確化と配置決定
- フライト制御部  
フライト制御を司るコントロールユニット(FMU)を独自開発
- AI・通信部  
AIユニット、画像撮影ユニットとFMUとの接続仕様(イーサネット)の決定
- 配線系について、FMEAに基づく安全性や機体組立分解性を考慮した、300V・12V系、通信系の配策方法、配線仕様、コネクタ仕様、ジャンクション部位、コネクタ挿抜部位を決定

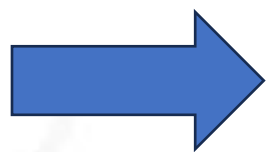
# ① - 1) 機体設計 市場投入を見据えた安全設計への取り組み



**市場投入を見据えた安全設計**に向けて、システムアーキテクチャに基づくシステム構成ユニット及びそれらをつなぐシステム結線についてFMEA(故障モードの影響解析)を実施し、安全を損なうシステム故障モードの抽出完了。対策のためのフェイルセーフ設計を開始した。



システム結線図



システム結線図  
からFMEAへの  
落とし込み

FMEA表

設計FMEA (開発試作フェーズ)											
プロジェクト	FMEA実施品番号	故障モード	想定故障現象	原因	想定発生要因	検出/防止	検出/防止方法	検出/防止	検出/防止	発生頻度 (S)	検出/防止 (D)
機体プロトタイプ	FMEA実施品番号	故障モード	想定故障現象	原因	想定発生要因	検出/防止	検出/防止方法	検出/防止	検出/防止	発生頻度 (S)	検出/防止 (D)
機体プロトタイプ	FMEA実施品番号	故障モード	想定故障現象	原因	想定発生要因	検出/防止	検出/防止方法	検出/防止	検出/防止	発生頻度 (S)	検出/防止 (D)
機体プロトタイプ	FMEA実施品番号	故障モード	想定故障現象	原因	想定発生要因	検出/防止	検出/防止方法	検出/防止	検出/防止	発生頻度 (S)	検出/防止 (D)
機体プロトタイプ	FMEA実施品番号	故障モード	想定故障現象	原因	想定発生要因	検出/防止	検出/防止方法	検出/防止	検出/防止	発生頻度 (S)	検出/防止 (D)

## ① - 1) 機体設計 機体重量 / 今後の課題



機体は計画段階ではあるが、設計を進めると同時に部品管理表の作成を行い、約 1 0 0 0 部品の予想重量と配置を検討し全備重量と重心位置を算出した。

その結果現時点で目標の最大離陸重量を 2 5 %ほどオーバーしており、試作機組み立て開始までに軽量化の対応を行う。本機においては垂直上昇用の電源ユニットで全機の 4 4 %を占めており、主にそこに着目して軽量化を行っていく。

- 1 次試作に向けてはペイロードをミニマムの 3 0 k gとし、その他部品に関しては一律 1 5 %の軽量化を目指す。
- 2 次試作に向けては更なる軽量化を進めると共に出力アップ等の対応も検討する。

# ① - 1) 機体設計 垂直用モータ&ESC仕様について



## ■ 今後の進め方

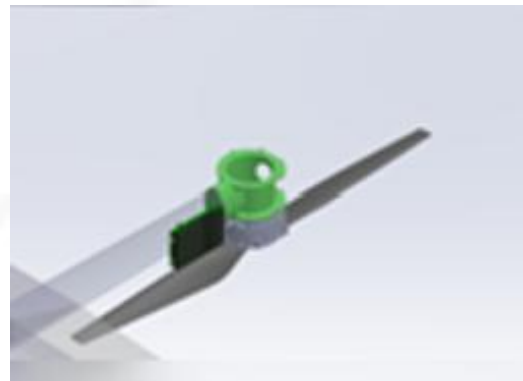
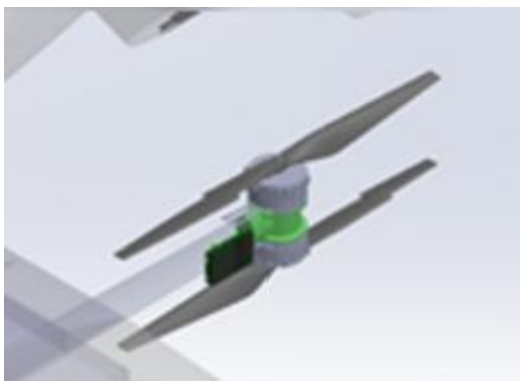
軽量化対応の一環として垂直用モータ&ESCについて、当初想定 of 2重反転式(8モータ&ESC[4角:各2組])からシングル式(4モータ&ESC[4角:各1組])に変更。推力性能維持を前提に、重量低減と冗長仕様 (故障時機能維持) について検討中。

- ・重量低減効果目安 34%/機
- ・自動車系冗長技術を導入

当初計画

4角の垂直用モータ&ESCを  
2組から1組仕様に変更

今回検討



### <<検討の優位性比較>> 今回検討

		モータ&ESC 4角:各1組 冗長	モータ&ESC 4角:各1組	当初計画 モータ&ESC 4角:各2組
垂直飛行定格推力		⇒	⇒	200kg
重量減/機	垂直モータ	△24%	△24%	基準
	垂直ESC	△50%	△50%	基準
	ブレード	△50%	△50%	基準
	配線等	△50%	△50%	基準
	合計	△34%	△34%	基準
モータ&ESC冗長性		○(2重)	×(1重)	○(2重)
故障時推力維持		○(短時間)	×	○(短時間)
補足	コスト	○	○	△

# ①-2) センシング技術開発



## ■ 達成基準

センシング機器とセンシング機能（AI分析）は、2026年後半の一次試作機への実装が可能な技術レベル・試作レベルまでの開発成熟度に達すること

## ■ 達成状況

### センシング機器：

- 物資運搬飛行用カメラの試作完了。スケール機での撮影試験にて一次試作機へ実装可能レベルにあることを確認
- 人物探索用カメラは、実撮影とシミュレーションにて海上遭難者を検出できることを確認。

### センシング機能（AI分析）：

- 全方位カメラを用いた機体周辺人物検知モデルを開発し、離着陸時の安全確認への活用について目途を立てた。
- 上空からの撮影におけるAI人物検知モデルを開発し、人物検知率を大幅に改善

## ■ 今後の進め方

- ステージゲートの後、AIユニットへ各カメラの制御機能を実装すると共に、人物探索用カメラの試作開発を行い、2026年後半の1次試作機およびその後の2次試作機で実機検証を進める。

## ■ 日程

日程	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	2028年度
センシング機器開発		カメラ試作開発	カメラ試作改良		
センシングAI機能開発		AIモデル開発	AIユニットカメラ機能開発		
	仕様検討	撮影評価	撮影評価	1次機体評価	2次機体評価

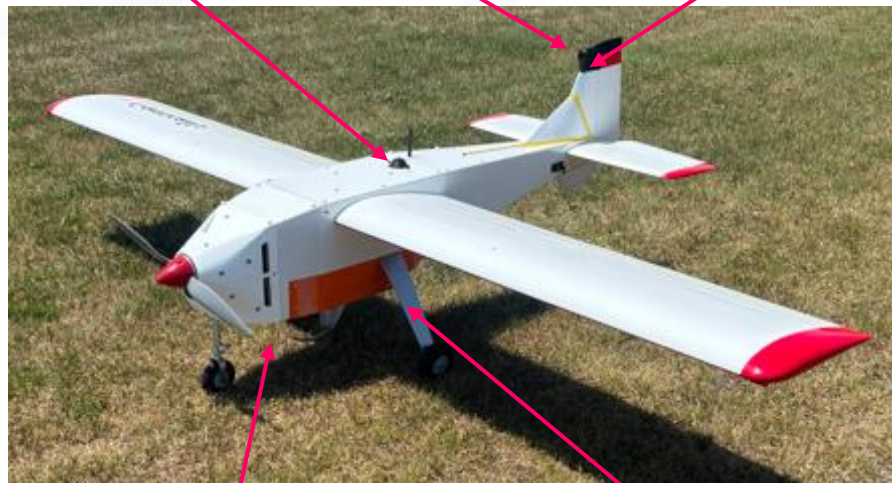
# ①-2) センシング技術開発 センシングの評価・検証



## ■ スケール機を用いた飛行撮影試験

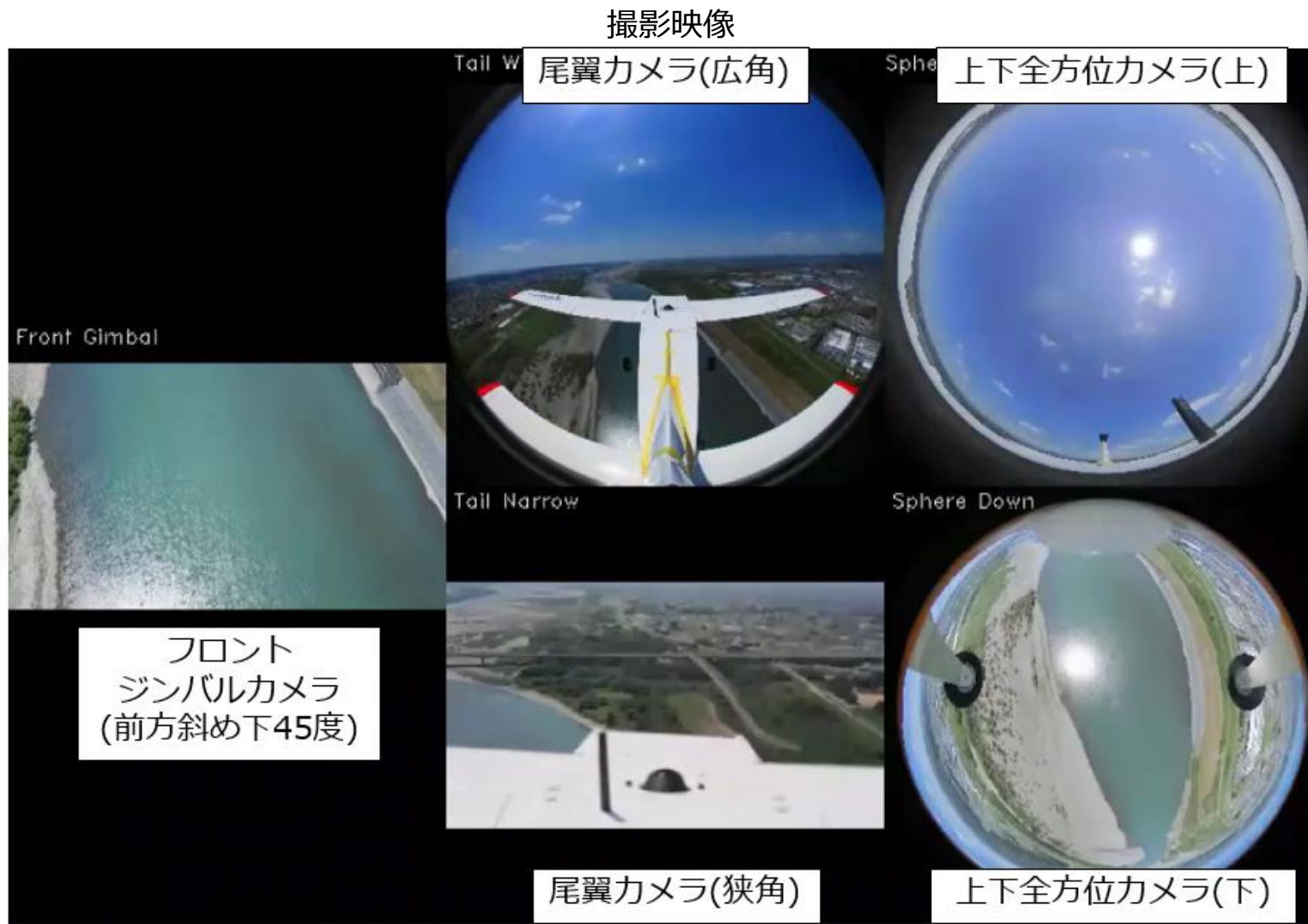
- スケール機を用いたカメラ撮影試験を実施
- ジンバル制御、揺れ補正などの課題を抽出し、1次試作機での実証に向けた実用化レベルを達成

上下全方位カメラ (上) 尾翼カメラ(広角) 尾翼カメラ(狭角)



フロントジンバルカメラ

上下全方位カメラ (下)



撮影映像

尾翼カメラ(広角)

上下全方位カメラ(上)

Front Gimbal

Tail Narrow

Sphere Down

フロントジンバルカメラ (前方斜め下45度)

尾翼カメラ(狭角)

上下全方位カメラ(下)

## ①-3) 搭載装備品の選定 IPネットワークとAIユニットのシステム構成

Contrails

## IP通信ネットワーク

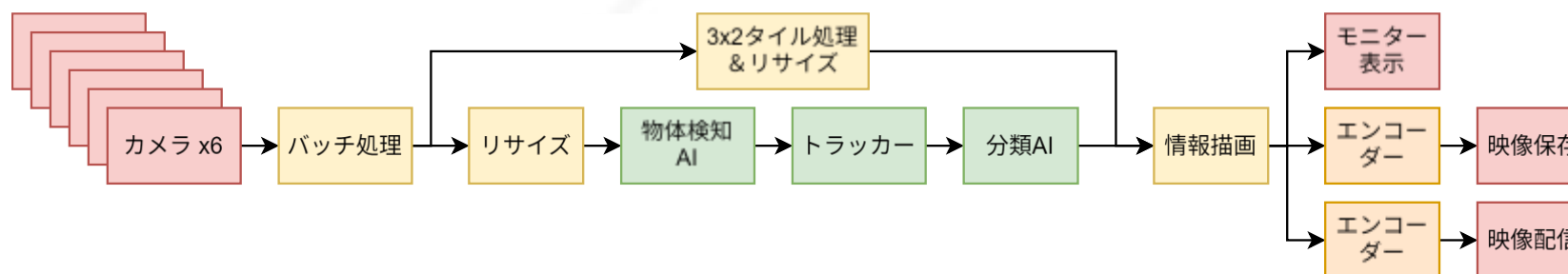
- IP通信ネットワークのシステム構成と基本仕様の設計を完了した
- 主要な通信キャリアと連携しながら通信構成を選択した
- オプションで低軌道衛星通信に対応するなど、4年後の通信インフラ状況を見据えた構成とした
- 各種地上通信試験、飛行通信試験により通信遅延と通信帯域に問題がないこと及び、**システムの成立性を確認した**



【スケール機による飛行通信試験】

## AIユニット

- AIユニットのシステム構成と基本仕様の設計を完了した
- 6カメラ入力による映像解析AIシステムを構築し、リアルタイムで動作させるにあたり**十分な処理性能であることを確認した**



# ①機体開発 スケール機の活用(1/4 ,1/3 ,1/6風洞,1/1モック)

実機試作前にスケール機による事前試験実施を行い課題抽出と対応を行っている

## 1/4 : 静岡理工科大



- ・空力性能
- ・トラクタ/プッシャー比較
- ・自動操縦飛行制御確認

## 1/3 : コントレイルズ



- ・画像撮影
- ・通信系確認



- ・マニュアル操縦による飛行特性確認
- ・自動操縦飛行制御確認

## 1/6風洞 : コントレイルズ

- 空力基礎データ収集
- ・制御へフィードバック
- ・機体レイアウトへフィードバック

## 1/1モック : コントレイルズ

木製



- ・電気系基本動作確認
- ・配策確認

# ② I-1) 電源システム 電源システム開発

(株) ジェイテクト

## ■ 達成基準

- 1/4スケール機より得られた電力データから変動吸収に必要な電力 (図1) を把握
- 電力変動をサポート可能な高応答型電源システムを構築 (図2、3)

## ■ 達成状況

- 高応答電源システムとリチウムイオンキャパシタ (LIC) を組合せ、±25kWの電力変動吸収を実現

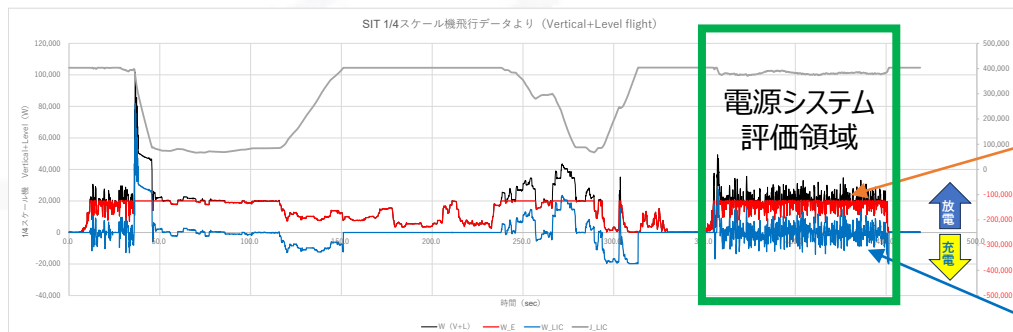


図1.飛行時電力波形 (1/4スケール機からの推定)

エンジン  
発電

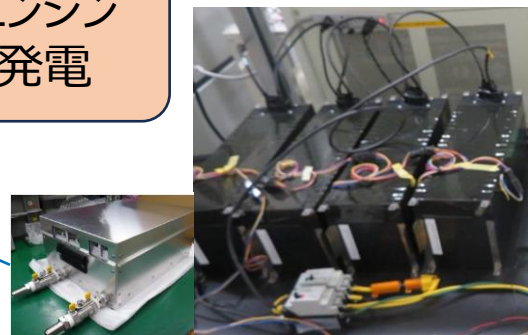


図2.高応答25kW電源システム+LIC21直列モジュール×4直列

表 電源システム仕様星取表

	MCU + LIB	PCU + LIC	MCU + LIC	電力対応	電源容量	重量
初期案	○ エンジン制御 MCU	○		◎	◎	×
案1		○ エンジン制御 PCU		◎	△	△ 2024~2025
案2	○ エンジン制御 MCU			×	◎	△
案3		○ エンジン制御 MCU		○	△	△ 2026~2027

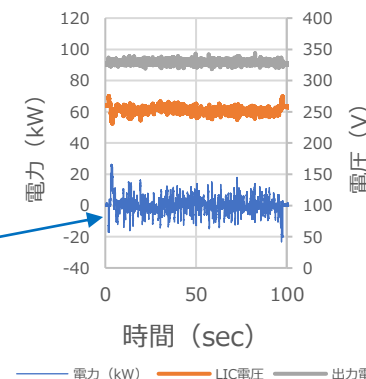


図3.電力追従性確認試験結果 (電源システム評価領域)

## ■ 今後の進め方

- 実機搭載に向け、電源システム、LICモジュールの軽量化
- エンジン発電との連携制御ロジックの確立

## ■ 日程

▼ now

	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	2028年度
高応答電源システム		機能試作6kW	搭載仕様試作25kW	電源システム非搭載仕様検討	評価
LICモジュール	仕様検討	組合せ評価	組合せ評価	搭載仕様25kW軽量化	
	LICモジュール試作	LICモジュール軽量化	電気容量最適化 (軽量化)		

## ② I-2) 代替燃料で運用可能なハイブリッド・ユニット エンジン・発電機開発

### ■エンジン

量産されている水冷単気筒450ccエンジンを採用し、トランスミッションとクラッチ周りを外し、振動対策として2軸 balancer の組み込みと最適設計を行った。そこに機体搭載用にエアクリーナーと消音器を搭載し本機専用のエンジンとした。振動対策としてエンジンマウントへはゴム製マウントを採用した。エンジンベンチでの性能確認を行った結果、目標通りの性能であることが確認できた。

### ■発電機

エンジンのクランク軸からダイナミックダンパーを介して発電機を回す構造とした。単体試験にて目標通りの性能が出せることが確認できた。

今後今期末までにエンジンと発電機を組み合わせた出力確認を行う。

# ② I-2) 代替燃料で運用可能なハイブリッド・ユニット 代替燃料で運用可能なSHEVシステム

ヤマハ発動機 (株)

## 1. SAF対応

【達成基準】 運用課題と対応方法を明確化する。

【達成状況】

SAF≒Jet燃料であるのでJet燃料の特性値で計算完了。始動時に燃料を気化させる工夫とノック対策が必要なことが分かった。

【今後】

'26年度～エンジン評価。'27年度 SAFも使用したエンジン評価。'28年度 フライト評価。

## 2. 水素対応

【達成基準】

ハイブリッドVTOL機として成立する出力と機体重量の関係が得られることの確認。

【達成状況】

水素タンクの質量増、エンジン性能低下により、本事業の予算・期間では達成が困難であることが分かった。

【今後】

試作機で実際に必要とされるエンジン出力などの確認、タンクの最新情報の収集や法関係の確認を行い、最終年度に課題まとめを行う。

【日程】

▼now



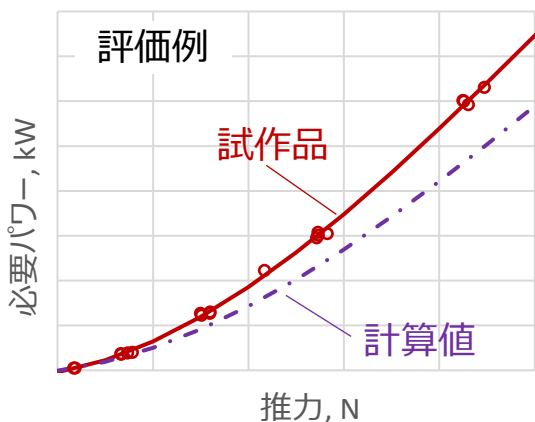
## ② II 高出力モータ／ロータの開発

ヤマハ発動機 (株)

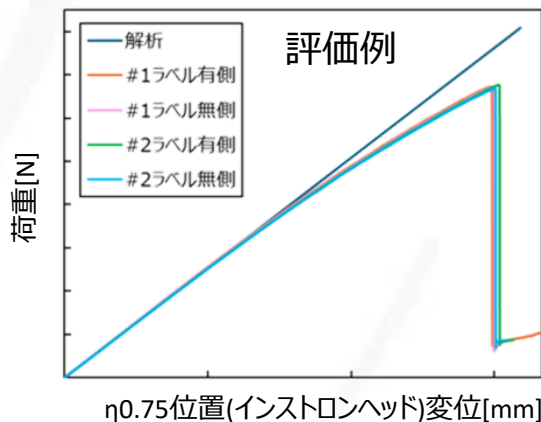
### 水平プロペラ・垂直ロータ

- 達成基準：試作品による単体評価の完了
- 達成状況：単体評価完了・試作機体用計算見直し完了

#### 空力特性 評価済



#### 機械的特性 評価済



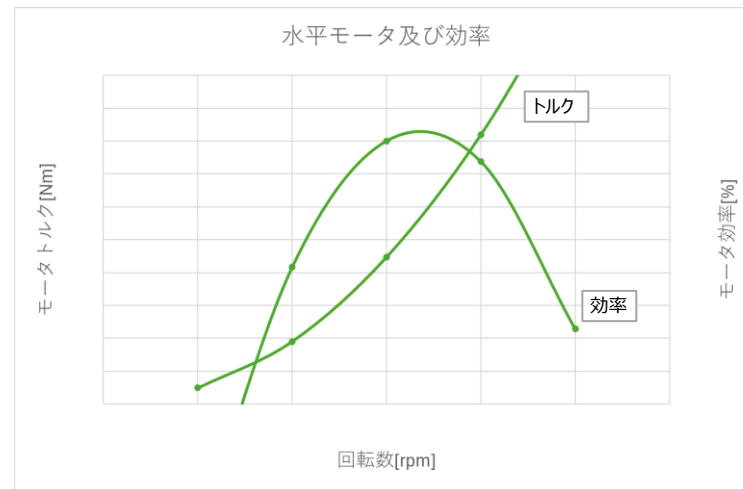
- 今後：前進飛行時の水平プロペラの空力特性評価  
4ロータ用垂直ロータの設計・評価  
水平プロペラと垂直ロータの安全性評価

#### ■ 日程：

	2024年度	2025年度	▼ now	2026年度 ☆1次機体	2027年度	☆2次機体 2028年度
ロータ		1次試作 → 評価	2次試作 → 評価	3次試作 → 評価		
モータ・ESC	0次試作 → 評価	1次試作 → 評価	2次試作 → 評価	3次試作 → 評価		

### モータ・ESC

- 達成基準：仕様を確定し初期評価を実施し目標達成の目途を得る
- 達成状況：試作完了 / 基本性能取得完了  
連続運転OK、実用域性能は競合より優位、軽量化課題有



- 今後：軽量化目標の達成、信頼性評価確認、ESC結合試験

## ② III-1) 2) 軽量複合構造の設計

### ■ 達成基準

- ・ 一次試作に用いる複合構造様式を確定する。
- ・ 複合材構造が実現可能な用途を得る。

### ■ 達成状況

セミモノコック構造で中央翼を試作（0次試作）し、強度試験を行った。

### 超軽量CFRP構造を実現するために

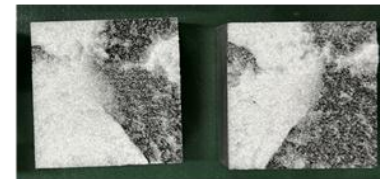
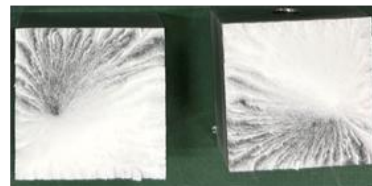
- ・ 量産を考慮したVOC成形について十分な品質を満足する**成形条件(型治具・副資材・硬化条件)**が得られた。
- ・ **薄目付プリプレグ(Fabプリプレグ、UDプリプレグ)**を複数選択し、構造設計に要する**材料特性**を取得した。
- ・ モノコック構造を実現する**サンドイッチ構造**について、VOC成形/フラットワイズ試験等から**材料選定と特性取得**を行った。

以上の**材料特性**を詳細構造設計に反映した。

### プリプレグ選定について

- ・ 機体設計側の要求を満足すべく、モノコック構造にて限界的な超軽量化を目指した。
- ・ 超薄目付スキン構造となり、バックリング強度の確保のため、高弾性材料が必要となり、以下の材料を部分的に採用する事にした。

### コア材選定 フラットワイズ試験を行い、各部に最適コア材を提案



## ② Ⅲ-2) 軽量複合構造の生産技術・検査技術

## ● 中央翼構造試験 (垂直モータ荷重)

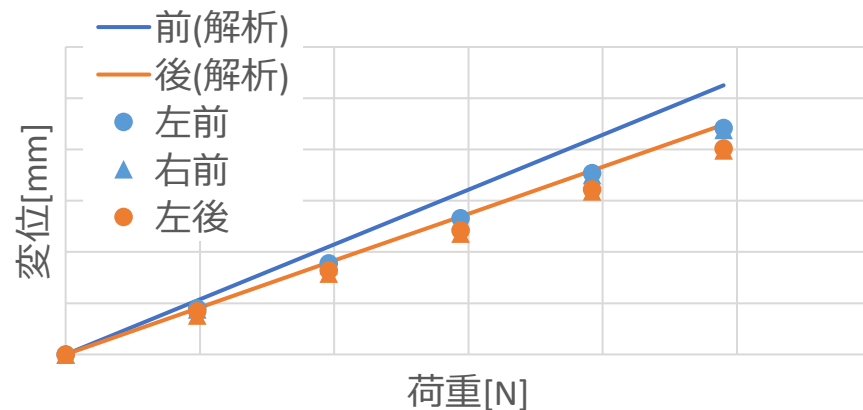
## 曲げ試験

- ・ロータブームを模擬したアルミフレームの4点に、垂直ロータ推力を負荷。
- ・荷重モード：
  - 4点均等荷重による垂直浮上曲げモード
  - 最大垂直ロータ推力によるねじり荷重モード

## FEM解析との相関性を確認

負荷に対する変位から、解析値より10%程度高い剛性を示し、高い線形を維持した。FEM解析と実機がほぼ一致している事を確認した。

垂直浮上曲げモードの変位比較例



# ② III-1) 2) 軽量構造技術の開発

## ■ 今後の進め方

- ・VOC成形 研究
- ・非構造部材の製作支援

## ■ 日程

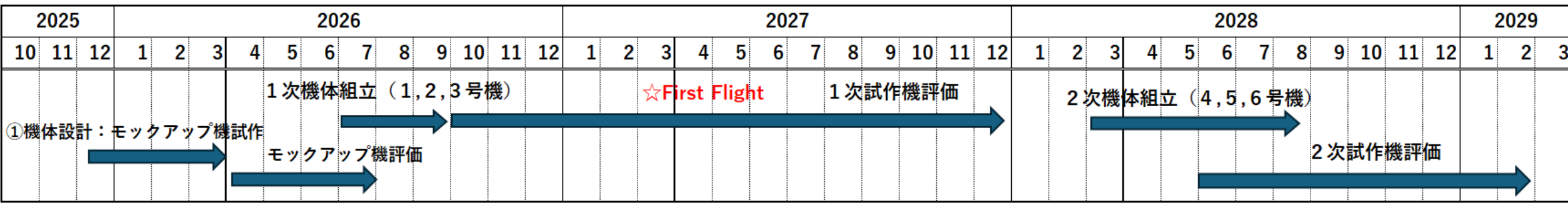
	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	2028年度
VOC成形 研究		中央翼成形	非構造部材の一部をVOC成形		
非構造部材製作支援			非構造部材アウトソース 製作支援		

# ③無人航空機の試験機を用いた評価試験

## 試験機を用いた評価試験（2028年度までの計画）

試作機による評価試験を以下の通りに計画している

- (1) モックアップ機：ハイブリッドシステムが正常に機能し、モータ制御、電力制御が飛行可能な完成度であることを確認する。
- (2) 1次試作機：3機試作し、強度剛性評価、基本飛行機能評価、飛行性能・能力評価にそれぞれ割り当てる。
- (3) 2次試作機：3機試作し、機体信頼性評価、運用限界確認評価、ユースケースにおける実証評価にそれぞれ割り当てる。



モックアップ機評価	
機体号機	評価対象
モックアップ	システム検証 地上試験

1次試作機評価					
機体号機	評価対象	機体号機	評価対象	機体号機	評価対象
1号機	強度評価 地上試験	2号機	基本操縦性 飛行試験	3号機	性能評価 飛行試験

2次試作機評価					
機体号機	評価対象	機体号機	評価対象	機体号機	評価対象
4号機	信頼性評価 飛行試験	5号機	限界性能評価 飛行試験	6号機	実証評価 飛行試験

# アウトカム達成の見通し

アウトカム目標	検討事項・具体的な取り組み/多様な分野への活用見込み
<p>本事業において開発された無人航空機技術が基盤となり、各現場の用途に応じた機体開発が進むことに加え、今後、更に長い距離の飛行と重たい物資の輸送を可能とする機体等の派生技術にも繋がるなど、我が国の航空機技術の自律性を確保し、国内の関連産業の発展に資すること</p>	<p>①使用シーンの抽出・具体化</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>機体の<b>QFD (品質機能展開)</b>を実施し、詳細の使用シーンを抽出し、達成のためのシステムから最後は部品に置き換える作業を行った。</li> <li>ニーズ省庁へのヒヤリングを行った。</li> </ul> <p>②高い信頼性・安全性の確保</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>幅広い自然環境対応 (耐風性、耐水性) や安全性を確保する為の基本となる<b>FMEA (故障モード影響解析)</b>を行った。</li> <li>グローバルで通用する仕様となる。</li> </ul>
<p>本事業の成果を活用して開発された長距離飛行が可能な航続性能と重量物輸送が可能なペイロード性能を両立した垂直離着陸可能な機体が、以下のような場面等で活用されること。また、その機体が我が国のみならず、海外からも調達されること。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>離島間や洋上インフラへの物資輸送</li> <li>船舶への緊急物資輸送</li> <li>送電線・パイプライン等の広域インフラ設備の点検</li> <li>海上や山岳地域等における要救助者の捜索、災害時の被害状況調査</li> </ul>	<p>①②の開発手法は幅広い領域の無人機開発の参考となる。 仕様用途に合致した機体となる。</p> <p>③軽量、高出力のSHEVパワーユニット 今後長距離を目指す多くのeVTOLに搭載可能となる。</p> <p>④経済安全保障に強いサプライチェーン構築</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>主要部品は国産メーカー</b>で対応する。 <b>国産化することにより入手が容易となり開発効率の向上に繋がる。</b></li> </ul>

# 使用シーンの抽出と具体化 (QFD品質機能展開)

使われ方・シーンを160項目抽出し、市場でのニーズにこたえられる機体を目指す。  
**実用性と汎用性の高い機能を成立させる。**

- ・簡単にセットアップできる
- ・様々な場所や環境で飛行できる
- ・長距離を飛べる
- ・いろいろなものを監視できる
- ・重い荷物を長距離運べる
- ・安全に飛行することができる

## ニーズ省庁との意見交換

ニーズ省庁と意見交換を行った。

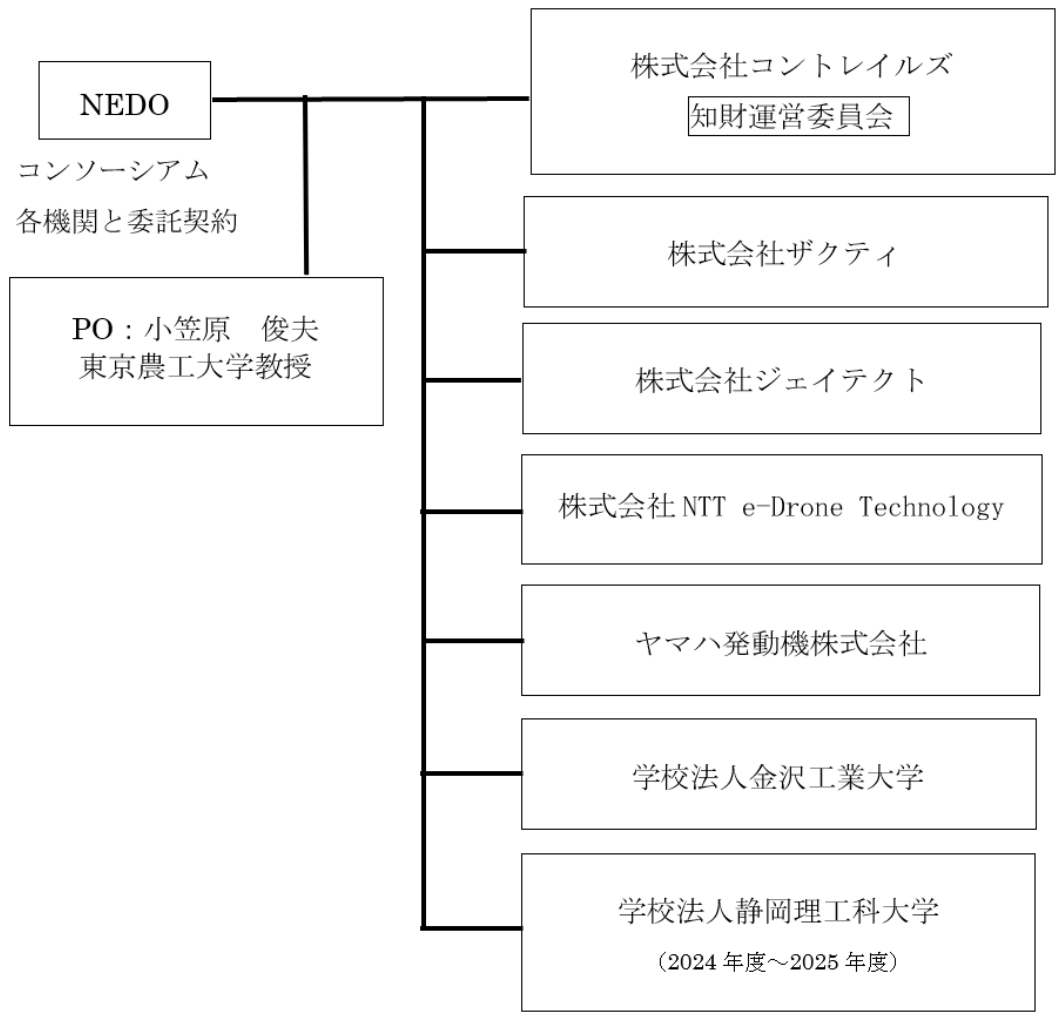
- ・ヒヤリングした意見を元に1次試作機への織り込みを検討していく。
- ・開発機体がそれぞれのユースケースに適応可能なことを確認できた。
- ・飛行環境要求を確認することができた。

## ＜評価項目 3＞ マネジメント

---

- (1) 実施体制
- (2) 研究資金の効果的、効率的な活用
- (3) 国民との科学・技術対話に関する取組

# 実施体制



## 担当領域

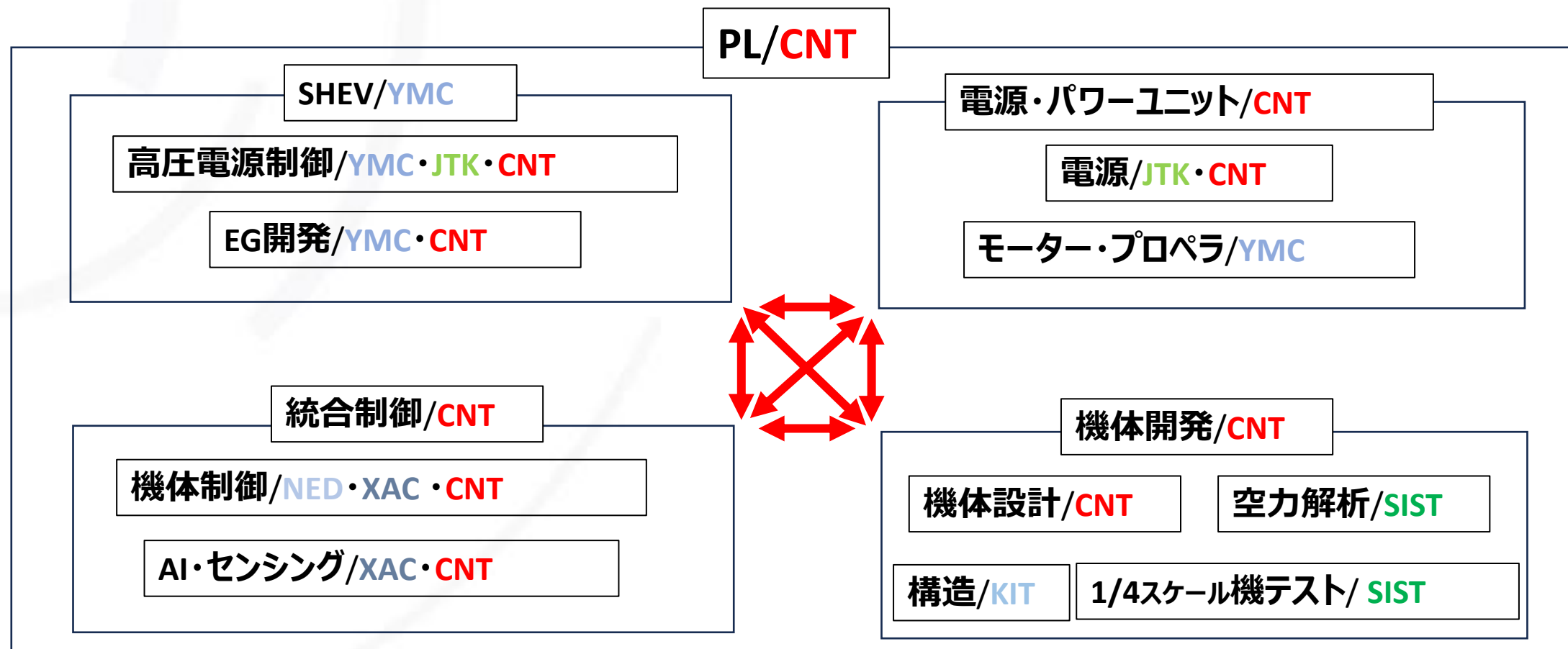
- PJマネジメント、機体設計、発電機開発
- AI, センシング技術開発
- 電源システム開発
- 機体制御システム開発
- SHEV (エンジン、高圧電源システム) 開発
- 軽量化構造開発
- 空力解析

# 事業遂行の技術力・事業能力

	技術力・事業能力
株式会社コントレイルズ	機体設計、機体自動操縦制御、無人機通信技術開発技術を保有。 ヤマハ発動機、JAXA、産総研などの開発実績がある。
株式会社ザクティ	25年以上にわたるデジタルカメラの製品開発実績と、近年では無人航空機向けジンバルカメラの製品開発・商品化の実績を有するのみならず、映像AI技術を活用したAI人物検知後方安全システム（フォークリフト・重機向け）の商品化実績を有する。
株式会社ジェイテクト	耐久性に優れたリチウムイオンキャパシタ技術を所有。 高応答電源制御技術により急峻な電力要求に対応が可能。
株式会社NTT e-Drone Technology	農業用ドローンの自社開発および量産・運用実績を保有。 数少ない国産ドローンメーカーとして継続的に事業展開。
ヤマハ発動機株式会社	小型エンジン、小型モータや無人航空機についての 開発技術と量産経験を保有。
学校法人金沢工業大学	複合材の材料物性試験・構造試験を行う。 試作製品を成形し各種評価を行う。
学校法人静岡理工科大学	メーカーや研究所で無人航空機の開発・研究経験を有する教員が担当。 スケール機的设计・飛行実験および空力解析や風洞実験の実施が可能。

# コンソーシアム体制表

各システムグループ内にコントレイルズのチーフを置きPJの密なコミュニケーションが取れる編成としている



YMC:ヤマハ発動機 JTK : ジエイテクト XAC : ザクティ NED : NTT e-Drone Technology  
 SIST : 静岡理工科大学 KIT : 金沢工業大学 CNT : コントレイルズ

# 目標達成のためのスケジュールおよび研究開発費

1. コンソーシアム参画団体ごとに下表の開発研究テーマを担当し、各団体が「NEDO委託業務事務処理マニュアル」に従って適切に計上している
2. 各団体が年度ごとに予算計画を策定し、経費科目毎、検収毎にエビデンスをまとめて経理部門が管理しており、毎月の執行状況をNEDOに報告している。
3. 2024年度中間検査（中間および年度末）、2025年度中間検査（中間）を受けて、経費が正しく計上されていることをNEDOの監査で確認されている。

開発項目		主担当団体	2024年度	2025年度	2026年度(計画)	2027年度(計画)	2028年度(計画)
①	機体構想および機体設計	機体試作	(株) コントレイルズ ・基本設計 ・性能&諸元決定	・レイアウト&詳細設計 ・モックアップ機試作	・1次試作手配 ・飛行評価&改良設計	・2次試作手配 ・飛行評価	・飛行評価(信頼性) ・運用現場想定の評価
		空力解析	静岡理科大学 ・空力モデル作成 ・1/4スケール機飛行評価	・空力モデル解析 ・1/4スケール機飛行評価	—	—	—
		構造解析	(株) コントレイルズ ・主翼構造 ・主翼分割構造	・試験用中央翼設計 ・試験評価設計	・応力測定結果反映	—	—
		カメラシステム	(株) ザクティ ・仕様決定 ・機能設計	・各部カメラ試作 ・スケール機評価	・1次試作&評価 ・改良設計	・2次試作&評価	・飛行評価 ・運用現場想定の評価
		AIシステム	(株) ザクティ (株) コントレイルズ ・人物検知機能設計 ・人物検知機能検証	・飛行時の人物検知検証 ・機AIシステム設計	・AIシステム試作 ・AIシステム評価	・機体搭載評価 ・ソフト改良	・飛行評価 ・運用現場想定の評価
		通信システム	(株) コントレイルズ ・システム構成設計	・システム構成試作 ・スケール機事前評価	・機体搭載システム試作 ・単体評価	・機体搭載評価 ・緊急時対応評価	・飛行評価(信頼性) ・運用現場想定の評価
		飛行制御システム	(株) NTTイードローン (株) ザクティ ・システム構成設計	・基板設計 ・飛行ソフト検証	・基板試作 ・飛行ソフト実装評価	・改良設計 ・制御ソフト最適化	・飛行評価 ・運用現場想定の評価
②-I	代替燃料で運用可能なハイブリッド動力システム	エンジン仕様変更	(株) コントレイルズ ・エンジン選定 ・仕様設計	・仕様変更部品手配 ・仕様変更エンジン手配	・電力性能の確認 ・電力制御の最適化	・飛行試験データ確認 ・信頼性評価	・飛行評価(信頼性) ・運用現場想定の評価
		S A F 運転	ヤマハ発動機(株) ・S A F 組成調査 ・課題抽出	・S A F 入手方法確認 ・燃焼解析	・ジェット燃料対応エンジン 1次試作&ベンチ評価	・ジェット燃料対応エンジン 2次試作&ベンチ評価	・機体搭載運転 ・試験飛行
		水素運転解析	ヤマハ発動機(株) ・水素エンジン化検討	・過去データの検証 ・エンジン性能推定	—	—	・課題最終まとめ
		発電機制御	ヤマハ発動機(株) ・発電機制御インター等準備	・エンジン評価 ・発電機評価	・発電ユニット評価	・発電ユニット評価	・発電ユニット評価
		電源システム	(株) ジェイテクト ・バッテリー選定検討 ・システム設計	・電力制御検証 ・制御ユニット試作&評価	・機体搭載システム試作 ・地上評価	・システム最適化 ・飛行機能評価	・飛行評価(信頼性) ・運用現場想定の評価
②-II	高出力モータの開発	モータ・ESC	ヤマハ発動機(株) ・0次試作	・0次試作機評価 ・1次試作&評価	・2次試作&評価 ・1次試作機飛行評価	・3次試作設計 ・1次試作機飛行評価	・3次試作&評価 ・2次試作機飛行評価
		ロータ・プロペラ	ヤマハ発動機(株) ・性能計算 ・構造解析	・1次試作&評価	・2次試作&評価 ・1次試作機飛行評価	・3次試作設計 ・1次試作機飛行評価	・3次試作&評価 ・2次試作機飛行評価
②-III	軽量構造技術の開発	材料検証	金沢工業大学 ・候補材料選定 ・候補材料特性試験	・候補材料特性試験 ・サンドイッチ構造評価	・1次試作機製法検討	・2次試作機製法検討	・量産化検討
		試作強度試験	金沢工業大学 (株) コントレイルズ ・構造検討 ・製法検討	・中央翼試験機製法設計 ・中央翼 製作・強度試験	・1次試作(主翼強度試験・全機)	・2次試作(機体全体)	—
③	試験機を用いた評価試験	モックアップ機	(株) コントレイルズ —	—	・電源システム評価	・システム改良評価	—
		1次試作機	(株) コントレイルズ —	—	・強度剛性解析 ・試作手配&組み立て	・飛行評価	・飛行評価
		2次試作機	(株) コントレイルズ —	—	—	・1次試作機改良設計 ・手配&組み立て	・飛行評価

# 展示会出展

展示内容	会場の様子	展示会	開催日	対応コンソ
ドローン用電源システム展示 (キャパシタ)		人とくるまのテクノロジー展	2025年5月21～23日	JTEKT
		Japan Drone2025	2025年6月3～5日	
1/4スケール機展示		Japan Drone2025 NEDOブース	2025年6月3～5日	静岡理工科大
ポスター		令和7年度防衛産業参入促進展 (スタートアップ促進展)	2025年12月1～2日	NTTe-Drone

# 学会発表

学会・カンファレンス・講演会名称	概要	講演タイトル	開催日	対応コンソ
2025 Korea-Japan Joint Workshop on Rotorcraft	韓国、大田市で開催。日本ヘリコプタ協会共催。日本と韓国の大学や研究機関が回転翼機に関する発表をおこなうWorkshop	Rotorcraft Research at SIST	2025年2月21日	静岡理工科大
2024年度将来回転翼機研究会／回転翼解析技術交流会	東京で開催。日本ヘリコプタ協会主催。国内の大学、研究機関、企業の回転翼に関する研究会	eVTOL機のロータの空力解析および風洞試験	2025年3月19日	静岡理工科大
第57回流体力学講演会／第43回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム	東京で開催。日本航空宇宙学会主催。国内の大学、研究機関、企業の流体力学・数値シミュレーションに関するシンポジウム	eVTOL機における胴体と推進プロペラの空力干渉について	2025年7月2日	静岡理工科大
51st EUROPEAN ROTORCRAFT FORUM 2025	イタリア、ベニスで開催。Vertical Flight Society主催。ヨーロッパを中心とした世界の大学、研究機関、企業回転翼機に関する発表をおこなう学会	Aerodynamic Interaction Between a Propeller and the Fuselage on a Lift+Cruise type eVTOL Aircraft	2025年9月9日 ～9月12日	静岡理工科大
第63回飛行機シンポジウム	沖縄県、那覇市で開催。日本航空宇宙学会主催。国内の大学、研究機関、企業の航空機の研究開発、運用、整備等に関するシンポジウム	eVTOL機の制御開発および飛行実験	2025年10月15日 ～10月17日	静岡理工科大



## 補足資料

## 略記号

略記号	英語名称	日本語名称
BCM	Body Control Module	機体機能制御装置
BOM	Bill Of Materials	部品表
CFD	Computational Fluid Dynamic	流体解析
CPU	Central Processing Unit	中央処理装置
EG	Engine	エンジン
ESC	Electric Speed Controller	モータ速度制御器
FEM	Finite Element Method	有限要素法
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis	故障モード影響解析
FMU	Flight Management Unit	飛行管理装置
FPS	Frames per Second	フレームレート
GCS	UAV ground control station	UAV地上管制ステーション
GNSS	Global Navigation Satellite System	全球測位衛星システム
GPU	Graphics Processing Unit	画像処理装置
INS	Inertial Navigation System	慣性航法装置
LIC	Lithium ion Capacitor	リチウムイオンキャパシタ
LTE	Long Term Evolution	電話回線通信規格
MCU	Motor Control Unit	発電モータ制御装置
MPU	Micro Processing Unit	中央処理装置
PCU	Power Control Unit	電源制御装置
SAC	Servo Actuator Controller	サーボ駆動制御装置
SAF	Sustainable Aviation Fuel	持続可能な航空燃料
UAM	Urban Air Mobility	都市部・短距離・低高度運航
UAV	Unmanned Aerial Vehicle	無人航空機
UTM	Unmanned Traffic Management	ドローン運航管理システム
VOC	Vacuum Only Cure	真空圧成形