

「安全安心なドローン基盤技術開発」  
事後評価報告書

2023年1月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会

2023年1月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
理事長 石塚 博昭 殿

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会 委員長 木野 邦器

NEDO技術委員・技術委員会等規程第34条の規定に基づき、別添のとおり評価結果  
について報告します。

「安全安心なドローン基盤技術開発」  
事後評価報告書

2023年1月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会

## 目 次

|                                |          |
|--------------------------------|----------|
| はじめに                           | 1        |
| 審議経過                           | 2        |
| 分科会委員名簿                        | 3        |
| 評価概要                           | 4        |
| 研究評価委員会委員名簿                    | 6        |
| 研究評価委員会コメント                    | 7        |
| <br>                           |          |
| 第1章 評価                         |          |
| 1. 総合評価                        | 1-1      |
| 2. 各論                          | 1-4      |
| 2. 1 事業の位置付け・必要性について           |          |
| 2. 2 研究開発マネジメントについて            |          |
| 2. 3 研究開発成果について                |          |
| 2. 4 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて |          |
| 3. 評点結果                        | 1-12     |
| <br>                           |          |
| 第2章 評価対象事業に係る資料                |          |
| 1. 事業原簿                        | 2-1      |
| 2. 分科会公開資料                     | 2-2      |
| <br>                           |          |
| 参考資料1 分科会議事録及び書面による質疑応答        | 参考資料 1-1 |
| 参考資料2 評価の実施方法                  | 参考資料 2-1 |

## はじめに

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構においては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される研究評価分科会を研究評価委員会によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会において確定している。

本書は、「安全安心なドローン基盤技術開発」の事後評価報告書であり、NEDO 技術委員・技術委員会等規程第 32 条に基づき、研究評価委員会において設置された「安全安心なドローン基盤技術開発」（事後評価）分科会において評価報告書案を策定し、第 72 回研究評価委員会（2023 年 1 月 20 日）に諮り、確定されたものである。

2023 年 1 月  
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会

## 審議経過

### ● 分科会（2022年10月12日）

#### 公開セッション

1. 開会、資料の確認
2. 分科会の設置について
3. 分科会の公開について
4. 評価の実施方法について
5. プロジェクトの概要説明

#### 非公開セッション

6. プロジェクトの詳細説明
7. 全体を通しての質疑

#### 公開セッション

8. まとめ・講評
9. 今後の予定
10. 閉会

### ● 第72回研究評価委員会（2023年1月20日）

「安全安心なドローン基盤技術開発」

事後評価分科会委員名簿

(2022年10月現在)

|                | 氏名                   | 所属、役職  |
|----------------|----------------------|--|
| 分科<br>会長       | あさま はじめ<br>浅間 一      | 東京大学大学院 工学系研究科 精密工学専攻 教授   |
| 分科<br>会長<br>代理 | はせがわ ただひろ<br>長谷川 忠大  | 芝浦工業大学 理工学研究科 電気電子情報工学専攻 教授  |
| 委員             | おおすみ ひさし<br>大隅 久     | 中央大学 理工学部 教授   |
|                | さんじ しんいちろう<br>三治 信一郎 | PwC コンサルティング合同会社<br>テクノロジー&デジタルコンサルティング<br>テクノロジーラボラトリー 上席執行役員 パートナー |
|                | ほんだ かずひこ<br>本多 和彦    | 国土交通省 国土技術政策総合研究所<br>沿岸海洋・防災研究部 沿岸防災研究室 室長                           |

敬称略、五十音順

## 評価概要

### 1. 総合評価

安全・安心な国産ドローンを開発・事業化することは、我が国の産業競争力強化、経済安全保障などの点で極めて重要であり、本事業の目的は妥当であると考えられる。NEDO 主導により、ポテンシャルのある複数の企業を繋いで官民連携のアジャイルな開発体制を構築し、ユーザーのニーズの調査に基づき仕様を明確化して短期間で高いセキュリティ及び海外競合品と同等の飛行性能を有した機体を完成させ、量販可能な製造と販売体制が整えられた点で、本プロジェクトとしての成果は大いに評価できる。また、API を公開することによって受託事業者以外が本事業の成果への連携・統合等の促進も期待できる。

一方で、海外競合品に対抗するためには、それぞれの技術領域において、担当企業による性能向上へのさらなる研究開発が不可欠と考える。また、社会実装、普及を継続的に推進するための戦略的な取り組みが重要であり、今後、実施者においては、ドローンを活用したサービスについて官需のみならず民需の開拓や、手厚いサポート体制ならびにユーザーコミュニティの構築を促す取り組みにも期待したい。

### 2. 各論

#### 2. 1 事業の位置付け・必要性について

海外メーカーにより寡占が進むドローン機体と周辺産業の市場において、サイバーセキュリティの確保が大前提となる安全・安心な国産品を早急に開発・事業化することは、我が国の産業競争力強化、経済安全保障などの観点で極めて重要と考える。様々な技術を結集したドローンは単独企業での参入・事業化が難しい点、政府調達向けの標準機体の設計・開発および量産等の体制構築を支援している点、さらに、災害対策という我が国特有の理由で応用用途先を設定した点からも、NEDO 事業としての位置付け・必要性は、妥当である。

#### 2. 2 研究開発マネジメントについて

海外競合品の仕様とユーザーニーズの調査に基づいて、達成すべき KPI を明確に設定し、機体の構造、制御系、バッテリー、カメラ等の要素技術を参加企業が分担して、さらに取り纏めメーカーの下ですり合わせを行う垂直統合型の生産体制を構築する研究開発の仕組みは、有効に機能したと考える。また、0 次と 1 次の試作機による 2 段階のユーザー体験会から多くのニーズをフィードバックするといったアジャイル開発を短期間で実現したことは、PMO による非常に強力なガバナンスが機能したものであり、本事業の研究開発マネジメントは全体的に妥当であったと評価できる。

今後は、事業化にあたり、知財の調査だけでなく防衛のためにも知的財産権の取得も期待したい。

### 2. 3 研究開発成果について

複数の企業が有する優位な技術を集結して、官公庁のニーズに応え、ユーザーからの声も反映した、高いセキュリティ及び海外競合品と同等の飛行性能を有した、国産量産機体の開発に短期間で成功したことは評価できる。本事業で開発した安全・安心なドローンは、国内のみならず海外においても高いニーズがあることから、世界市場への展開が期待できる。また、メディアに対して、時流に即した形で正しい情報を目的とともに発信し、好意的かつ的確に捉えられたことも評価できる。

一方で、海外競合品に対抗するためには、最新の要素技術やデバイスの採用等、性能とコスト両面での持続的な開発の取り組みが重要と考える。

### 2. 4 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて

本事業は、特にサイバーセキュリティの強化を通じて安心安全なドローンを開発する意図や市場及び事業化の主体が明確であり、目標とした機能を満足した小型ドローンの量産機を2年間で開発し、すでに政府機関へ納入した実績により、事業化の見通しは十分にあると評価できる。

一方で、製品のさらなる進化や、セキュアなドローン及びシャッター機能といった高度な機能についての積極的な情報発信が必要と考える。また、ユーザー間のコミュニティの構築ならびに供給の安定的なサプライチェーンの実現等、国内および世界のシェアを獲得する戦略も望まれる。

## 研究評価委員会委員名簿

(2023年1月現在)

|     | 氏名                  | 所属、役職   |
|-----|---------------------|---|
| 委員長 | きの くにき<br>木野 邦器     | 早稲田大学 理工学術院 教授  |
| 委員  | あさの ひろし<br>浅野 浩志    | 東海国立大学機構 岐阜大学 特任教授<br>一般財団法人電力中央研究所 研究アドバイザー              |
|     | あたか たつあき<br>安宅 龍明   | 元先端素材高速開発技術研究組合 (ADMAT) 専務理事                              |
|     | かわた たかお<br>河田 孝雄    | 技術ジャーナリスト   |
|     | ごないかわ ひろし<br>五内川 拓史 | 株式会社ユニファイ・リサーチ 代表取締役社長                                    |
|     | さくま いちろう<br>佐久間 一郎  | 東京大学 大学院工学系研究科 教授   |
|     | しみず ただあき<br>清水 忠明   | 新潟大学 工学部工学科 化学システム工学プログラム 教授                              |
|     | ところ ちはる<br>所 千晴     | 早稲田大学 理工学術院 教授<br>東京大学 大学院工学系研究科 教授                       |
|     | ひらお まさひこ<br>平尾 雅彦   | 東京大学 先端科学技術研究センター<br>ライフサイクル工学分野 教授                       |
|     | まつい としひろ<br>松井 俊浩   | 情報セキュリティ大学院大学 情報セキュリティ研究科 教授<br>国立研究開発法人産業技術総合研究所 名誉リサーチャ |
|     | やまぐち しゅう<br>山口 周    | 独立行政法人大学改革支援・学位授与機構 研究開発部<br>特任教授                         |
|     | よしもと ようこ<br>吉本 陽子   | 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社<br>政策研究事業本部 経済政策部 主席研究員          |

敬称略、五十音順

## 研究評価委員会コメント

第 72 回研究評価委員会（2023 年 1 月 20 日開催）に諮り、本評価報告書は確定された。  
研究評価委員会からのコメントは特になし。

## 第1章 評価

この章では、分科会の総意である評価結果を枠内に掲載している。なお、枠の下の箇条書きは、評価委員の主な指摘事項を、参考として掲載したものである。

## 1. 総合評価

安全・安心な国産ドローンを開発・事業化することは、我が国の産業競争力強化、経済安全保障などの点で極めて重要であり、本事業の目的は妥当であると考えられる。NEDO 主導により、ポテンシャルのある複数の企業を繋いで官民連携のアジャイルな開発体制を構築し、ユーザーのニーズの調査に基づき仕様を明確化して短期間で高いセキュリティ及び海外競合品と同等の飛行性能を有した機体を完成させ、量販可能な製造と販売体制が整えられた点で、本プロジェクトとしての成果は大いに評価できる。また、API を公開することによって受託事業者以外が本事業の成果への連携・統合等の促進も期待できる。

一方で、海外競合品に対抗するためには、それぞれの技術領域において、担当企業による性能向上へのさらなる研究開発が不可欠と考える。また、社会実装、普及を継続的に推進するための戦略的な取り組みが重要であり、今後、実施者においては、ドローンを活用したサービスについて官需のみならず民需の開拓や、手厚いサポート体制ならびにユーザーコミュニティの構築を促す取り組みにも期待したい。

注) API (Application Programming Interface)

### <肯定的意見>

- 安全・安心な国産ドローンを開発・事業化することは、わが国の産業競争力強化、経済安全保障などの点で極めて重要であり、本事業の目的は妥当であると認められる。事業化・社会実装・普及を目指した国産ドローンの開発プロジェクトであり、NEDO の事業として妥当であると判断する。ユーザーのニーズの調査に基づき仕様を明確化して開発を行うとともに、ユーザー体験会を開催し、ユーザーからのフィードバックに基づき改善を実施するなど、ユーザーが満足する製品を目指した開発が行われた。複数の実施者を有機的に連携させた開発、進捗管理などを行う開発体制、ガバナンス体制を構築できている。複数の企業が有する優位な技術を集結し、短期間で、官公庁のニーズに応えられる、製品レベルの国産の安全安心ドローンの開発に成功した。安全保障上のリスクを回避するために、国産、あるいはグループ A 国の技術のみを使用するなど、セキュアなドローンの開発に成功している。すでに官公庁などから受注しており、短期間で、製品化・事業化まで達成している。
- 1) データセキュリティ、2) 物理的なドローン性能、3) ドローン部品調達、の安全安心を満足した、小型ドローンの量産機を 2 年間で事業化したことは評価できる。また、NEDO が音頭をとり、ポテンシャルのある複数の企業を繋ぎ事業を実施した点、さらにアジャイル開発の体制を構築して実施した点は評価できる。
- 短時間で海外対抗機種と同等の機体を製造し、量販可能な製造と販売体制が整えられた点で、本プロジェクトとしての成果は大いに評価できる。また、セキュリティ面からの信頼性もあり、他国への普及に大いに期待が持てる。
- 官民連携モデルで、短期で高い成果を創出した。ベンチマークすべき企業、スペックを見定め、体制を含めて高いマネジメントが効果的に機能した。意思決定の在り方も、迅速かつ適切に行われた。

- ・ 安全・安心なドローンの安定的かつ早期の供給という政府調達におけるニーズが非常に高まっている現状において、2年弱という非常に短い期間で政府調達向けのドローンの量産機体等の事業化を開始したことは、非常に高く評価できる。さらには、APIを公開することによって受託事業者以外が本事業の成果への連携・統合等の促進も期待できる。

#### <改善すべき点>

- ・ 機能や価格などに関して、ユーザーが満足するレベルに達しているのか、評価が必ずしも十分でない。また、海外競合品社の製品に比べ、性能が優位とは言えず、価格も高く、まだ十分な競争力を有しているとは言えない。今後、受注の伸びが見込めるかどうかも必ずしも明確ではない。
- ・ 特定の委託事業企業に負担が集中していたように考える。短期間でのアジャイル開発のため、意思決定と開発実行を分担して負担軽減する、さらに事業化のための知財の出願・請求についても分担するなど開発マネジメント体制は検討の余地があったように考える。
- ・ 海外対抗機種との価格差にはまだ歴然とした差があり、性能面でもカメラオプション以外では優位性が弱い。各要素をそれぞれの領域の得意な企業が担当しており、いずれかの面で優位性が出せると良い。
- ・ 国内市場に向けては、エコシステムを形成するにあたっての高い成果を創出した。一方で、当初は目的としていないが、グローバルとの比較ならびに、グローバル市場にむけて当初からどの程度までを視野に入れるかについても検討をしていくことで、加速度をつけた産業育成が可能となる可能性がある。ユーザーコミュニティの形成、サポート体制の在り方なども産業エコシステム形成の視点としては求められる。
- ・ 本事業による安全・安心なドローンについて、求められる要件を整理し明確に示されていないため、また、その重要性が一般のユーザーにまで広く浸透していないため、一般的な記者発表等の情報発信以外にも、広く一般に情報発信する戦略的な取り組みに積極的に挑戦することが必要であったと考える。

#### <今後に対する提言>

- ・ ユーザーへのサポートなどを通して、性能や使い勝手の向上、多用途への展開、コストダウンを継続的に図ることで、製品としての競争力をさらに向上させることが重要である。オープンイノベーションも有効な手段であると考えられる。官との連携も含め、Ecoな事業としてうまく継続的に回るように、制度化、標準化なども含めて、さらなる工夫も期待したい。本プロジェクト終了後も、単発の開発に終わらせず、開発品を活用する後継プロジェクトを立ち上げるなど、社会実装、普及を継続的に推進するための戦略的な取り組みが重要である。ドローンを活用したサービスも含め、官需のみならず、民需の開拓も期待したい。

- すでに、海外競合品社がドローン市場を独占している。本プロジェクトで安全安心なドローンの基盤技術が開発できたとしても、ドローン市場へ参入して普及させるにはハードルが高いことが予想できる。国内技術の国際競争力を高めること鑑み、技術開発後の普及のための支援プロジェクトなどを期待したい。
- ロコミやユーザー間のコミュニティの構築は重要であり、できるだけユーザーのすそ野を広げるためにも、性能を極力限定した廉価版等で購入者を増やしていくことも必要と思われる。これによりユーザーからのフィードバックを吸い上げ継続的な改良を続けることで、市場での定着が可能となるものとする。また、様々なユースケースを想定した機体の改良、教育プログラムの充実と売り込み等、幅広い普及活動への取り組みが重要である。
- 今後の PMO の在り方として、参考となるプロジェクト体制となった。我が国のインテリジェンス機能を高めて、プロジェクトを推進する枠組みも今後必要となる。
- 既に世界市場の約7割を占めている海外競合品のドローンについて、不具合等が生じたユーザーは、メーカー等のサポートよりも、多くのユーザーが情報を共有するようなユーザーコミュニティによって問題解決を図るといったことが多いため、本事業による安全・安心なドローンについても、もちろん手厚いサポート体制の構築も必要であるものの、並行してユーザーコミュニティが構築されることが重要であると考えられる。そのためには、市場のシェア拡大とともに、ユーザーコミュニティの構築を促す取り組みについても検討されたい。

## 2. 各論

### 2. 1 事業の位置付け・必要性について

海外メーカーにより寡占が進むドローン機体と周辺産業の市場において、サイバーセキュリティの確保が大前提となる安全・安心な国産品を早急に開発・事業化することは、我が国の産業競争力強化、経済安全保障などの観点で極めて重要と考える。様々な技術を結集したドローンは単独企業での参入・事業化が難しい点、政府調達向けの標準機体の設計・開発および量産等の体制構築を支援している点、さらに、災害対策という我が国特有の理由で応用用途先を設定した点からも、NEDO 事業としての位置付け・必要性は、妥当である。

#### <肯定的意見>

- ・ 安全・安心な国産ドローンを開発・事業化することは、わが国の産業競争力強化、経済安全保障などの点で極めて重要であり、本事業の目的は妥当であると認められる。事業化・社会実装・普及を目指した国産ドローンの開発プロジェクトであり、NEDO の事業として妥当であると判断する。
- ・ ドローン市場は、特定の海外競合品が世界シェア 70%以上の独占市場になっている。国内のドローン業務としては、災害時の被災状況、インフラ点検や重要な施設の監視・調査などが期待されている。一方で、ドローンにはセキュリティ上の懸念があり、国内の技術競争力を増大させ安全安心なドローンの選択肢を増やすことは、国内産業の発展とともに技術競争力の向上に貢献するものと考えられる。ただし、様々な技術を結集したドローンにおいて、単独企業での参入・事業化は難しい。以上のことから、本プロジェクトの位置付け・必要性は妥当であると考えられる。
- ・ ドローンを物流、インフラ点検等の様々な用途に利用していく際に、サイバーセキュリティの確保は大前提となる条件であり、本事業の目的は昨今の社会情勢を鑑みると妥当と判断できる。また、国内のドローン産業の技術レベルは世界的に見てもトップクラスであり、これを活かすための経済的環境を整備する上で、NEDO による支援は大いに評価できる。
- ・ 欧米と中国において、寡占が進むドローン機体と周辺産業領域において、産業のバリューチェーン全体を意識した産業エコシステムの形成が必要であると当初から設定した点が評価されるべきである。特に災害対策という我が国特有の理由でかつ必要性の高い応用用途先を設定した点も必要性の観点を補強する理由に足る。
- ・ ドローンの世界市場の約 7 割を海外競合品が占めており、さらに、政府調達に係る安全・安心なドローンの早期かつ安定的な供給というニーズが非常に高まっている現状において、政府調達向けのドローンの標準機体等の設計・開発および量産等の体制構築を支援する本事業は、国内のドローン産業の競争力の強化に資するとともに、政策との関連があり公共性が非常に高いことから、事業の目的および NEDO の事業として妥当であると評価できる。

<改善すべき点>

- 現在のドローン市場動向を踏まえたプロジェクト発足と考えると、「安全安心なドローン基盤技術開発」は具体性が少し弱い印象がある。事業化し普及させるまで、さらに民需のことも鑑みると、具体的なドローン業務を見定めて、プロジェクトの位置づけを検討しても良かったように考える。
- 安心安全ドローンという点、墜落や第3者への危険に対する対応が想起される。もう少し目的を的確に表現した事業名とすべきではなかったかと思われる。
- 民間活動のみの観点とすべきではなく、産業エコシステムの視点であれば量産体制も国の一定の役割も求められ、民間事業者が負うにとっては難易度が高く、責任とレピュテーションリスクもあるプロジェクトであったと想定される。そのリスクの配分の在り方は検討されて行ってもよいものとする。
- 政策との関連を踏まえて、安全・安心なドローンに求められる要件を整理し明確に示すことで、本事業が広く評価されるものとする。

## 2. 2 研究開発マネジメントについて

海外競合品の仕様とユーザーニーズの調査に基づいて、達成すべき KPI を明確に設定し、機体の構造、制御系、バッテリー、カメラ等の要素技術を参加企業が分担して、さらに取り纏めメーカーの下ですり合わせを行う垂直統合型の生産体制を構築する研究開発の仕組みは、有効に機能したと考える。また、0次と1次の試作機による2段階のユーザー体験会から多くのニーズをフィードバックするといったアジャイル開発を短期間で実現したことは、PMOによる非常に強力なガバナンスが機能したものであり、本事業の研究開発マネジメントは全体的に妥当であったと評価できる。

今後は、事業化にあたり、知財の調査だけでなく防衛のためにも知的財産権の取得も期待したい。

注) KPI (Key Performance Indicator), PMO (Project Management Office)

### <肯定的意見>

- ・ ユーザーのニーズの調査に基づき仕様を明確化して開発を行うとともに、ユーザー体験会を開催し、ユーザーからのフィードバックに基づき改善を実施するなど、ユーザーが満足する製品を目指した開発が行われた。複数の実施者を有機的に連携させた開発、進捗管理などを行う開発体制、ガバナンス体制を構築できている。
- ・ ユーザー体験会によるアジャイル開発を実施した点、特に、2年間に試作機を改良しながら2度の体験会を実施して、量産機を完成させた開発マネジメントは評価できる。
- ・ 機体の構造体、制御系、バッテリー、カメラ等の要素技術を参加企業が分担して担当し、実施者の下でそれぞれをすり合わせる垂直統合型の生産体制を構築することができており、今回の実施体制は機体性能向上に対して有効に機能したと言える。また、短期間のプロジェクトであったが、その中で量産機が生産体制が確立されており、進捗管理も妥当と判断できる。省庁間の連携を考えた PMO を設け、ヒアリングを実施しながらドローンの仕様が決定されており、この点も評価できる。
- ・ 海外競合品という明確なコンペティタを設定することにより、達成すべき KPI が明確に設定できた。コンソーシアム体制がうまく機能できたのは、リーダーによるリーダーシップが発揮されたためであると考えられる。マスメディアに対して、時流に即した形で、正しい情報を目的とともに発信し、好意的かつ的確に捉えられた。委託と助成のハイブリッドが当 PJ においては、機能した。
- ・ 市場調査により設定したベンチマークの製品仕様を基に関係省庁へのニーズ調査を早期に実施するとともに、0次および1次試作機による2段階のユーザー体験会からの多くのニーズをフィードバックするといったアジャイル開発を、本事業の期間中に新型コロナウイルス感染症緊急事態宣言が2回も発出されたにも関わらず短期間で実現したことは、PMOによる非常に強力なガバナンスが機能したものであり、本事業の研究開発マネジメントは全体的に妥当であると評価できる。

#### <改善すべき点>

- ・ 事業化するに当たり、知財の調査だけでなく、防衛のためにも出願・審査請求等を検討・実施する、担当部署をアサインすべきと考える。委託事業企業の知財対応が困難もしくは不慣れな場合、損失を被るリスクがある。
- ・ 知財の申請件数が0件となっており、若干物足りなさを感じる。
- ・ 他のPJにおいては、委託と助成のバランスが時に難しい場合がある。本PJにおいても、ビジネスモデル検討にまで助成を含めているのは、説明が求められる場合があると捉えており、本質的には、我が国としての産業育成方法を検討するなどの委託として含まれる要素もあると考えられる。ニーズから仕様を固めるという手法も、実は、上記の産業育成方法と照らし合わせた個々のビジネスケースとしての裏表の関係そのものは、国として整理していく方策も必要である。
- ・ ドローンによって得られる空撮画像等のデータは、写真測量や画像解析による施設損傷の確認等といった様々な分野への活用が行われているため、そのような様々な分野において技術開発している技術者等からの意見をj得る場を積極的に設けていれば、本事業の成果の今後の展望を更に明確にすることが可能であったと思われる。

#### <今後に対する提言>

- ・ 予算規模から鑑みると難しいかも知れないが、開発目標毎に複数の委託企業を選定した方が、相乗効果が期待できると考える。
- ・ 今回の政府調達のように省庁のニーズにこたえるために、省庁との連携を図りながらニーズを吸い上げる体制をとることは今後も重要と考える。
- ・ 経済産業省、NEDOならびに民間事業者のPMOが有効に機能した点は、マネジメントの成功事例とノウハウとして、次のNEDOプロジェクトにおいても大いに見習うべきである。ただし、プロジェクトの特殊性からターゲットが明確であり、かつ、短期で効果的な成果を求める場合などの特殊性も加味すべきである。
- ・ 本事業の期間中に2回の緊急事態宣言が発出されたにも関わらず、短期間で本事業の成果を上げたことは評価できるものの、政府調達向けのドローンの標準機体であることを踏まえると、商品発表が12月となったことは、年度内の政府調達のタイミングとしては幾分遅かったと悔やまれる。そのため、可能な範囲に限られるかもしれないが、PMOのメンバーである経済産業省やNEDOが、関係省庁に対して調達可能時期や調達可能機体数等の情報の共有や各種調整等といったことを強力に進めることが望まれる。

## 2. 3 研究開発成果について

複数の企業が有する優位な技術を集結して、官公庁のニーズに応え、ユーザーからの声も反映した、高いセキュリティ及び海外競合品と同等の飛行性能を有した、国産量産機体の開発に短期間で成功したことは評価できる。本事業で開発した安全・安心なドローンは、国内のみならず海外においても高いニーズがあることから、世界市場への展開が期待できる。また、メディアに対して、時流に即した形で正しい情報を目的とともに発信し、好意的かつ的確に捉えられたことも評価できる。

一方で、海外競合品に対抗するためには、最新の要素技術やデバイスの採用等、性能とコスト両面での持続的な開発の取り組みが重要と考える。

### <肯定的意見>

- ・ 複数の企業が有する優位な技術を集結し、短期間で、官公庁のニーズに応えられる、製品レベルの国産の安全安心ドローンの開発に成功した。安全保障上のリスクを回避するために、国産、あるいはグループ A 国の技術のみを使用するなど、セキュアなドローンの開発に成功している。
- ・ 当初の研究開発目標は、十分に達成しており評価できる。
- ・ 目標に示された項目は達成されており、また、ユーザーからの声を反映した開発がされており、対抗機種に対しても価格以外の点では遜色ない量産機体が完成している。セキュリティの観点からの対応も十分になされており、公的機関、グループ A 国が安心して利用できる機体が開発されたことの意義は大きい。要素技術の普及も十分に見込むことができる。
- ・ ベンチマークを明確にしたことが達成度合いを図る上でも、意欲面、技術面での充実においても役立っていると考えられる。アジャイル開発をすることで、ユーザーからのフィードバックを反映しやすくなり、結果プロジェクトの成果最大化に役立っている。
- ・ 市場調査および関係省庁へのニーズ調査、ならびに、高いセキュリティを実現する機能を実装する機体の標準仕様を設定し、それらの仕様を量産プロトタイプは全て達成しており、競合するドローン機体と比較して同等の飛行性能を実現するとともに、さらに、高いセキュリティを実現したと評価できる。本事業の安全・安心なドローンは、国内のみならず海外においても高いニーズがあることから、国内市場に留まらず世界市場への展開が期待できると評価できる。

### <改善すべき点>

- ・ 機能や価格などに関して、ユーザーが満足するレベルに達しているのか、評価が必ずしも十分でない。
- ・ 調査のみならず、防衛も含めて知財の出願は適切に行う必要があると考える。
- ・ 対抗機種に対してはまだ価格が高く、カメラオプションの機能以外には突出した優位性があるわけではない。

- ・ 後付けではあるが、ユーザーのコミュニティ、ファン層をどのように拡大していくかが課題となった。
- ・ 安全・安心なドローンの重要性について、政府調達の関係者等は十分理解しているが、一般のユーザーにまで広く浸透しているとは言えない現状であるため、安全・安心なドローンに求められる要件の重要性を分かり易く一般に情報を発信することで、本事業が広く評価されるものとする。

#### <今後に対する提言>

- ・ ユーザーへのサポートなどを通して、性能や使い勝手の向上を継続的に図ることが求められる。
- ・ ドローン情報基盤システム（DIPS）の機体登録リストの上位に記載して頂く、ドローンスクールに働きかけ本プロジェクトの小型ドローンを使用して頂く、また独自の講習会を実施するなど、成果の普及を促進して頂きたい。
- ・ 継続的な技術の改善や、最新の要素技術、デバイスの採用等、性能、価格両面での持続的な取り組みが重要である。また、様々なユースケースに対するオプションの開発、ユーザーに対する教育プログラムの開発と普及に対する取り組みも必要である。
- ・ 侵害調査を行うことで、リスクを洗い出すことができた。プロジェクトの性質上、知財取得を行わないほうが望ましい結果を生む場合もあり、プロジェクトの性質による知財戦略の在り方の問題提起となる。
- ・ セキュアなドローンは、海外においても潜在的に高いニーズがあることから、国内のみならず海外に対しても積極的に情報を発信するとともに、世界市場でのシェアを獲得するための今後の展開に期待する。

注) DIPS (Drone/UAS Information Platform System)

## 2. 4 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて

本事業は、特にサイバーセキュリティの強化を通じて安心安全なドローンを開発する意図や市場及び事業化の主体が明確であり、目標とした機能を満足した小型ドローンの量産機を2年間で開発し、すでに政府機関へ納入した実績により、事業化の見通しは十分にあると評価できる。

一方で、製品のさらなる進化や、セキュアなドローン及びシャッター機能といった高度な機能についての積極的な情報発信が必要と考える。また、ユーザー間のコミュニティの構築ならびに供給の安定的なサプライチェーンの実現等、国内および世界のシェアを獲得する戦略も望まれる。

### <肯定的意見>

- ・ すでに官公庁などから受注しており、短期間で、製品化・事業化まで達成している。
- ・ 1) データセキュリティ、2) 物理的なドローン性能、3) ドローン部品調達、の安全安心を満足した、小型ドローンの量産機を2年間で事業化したことは評価できる。また、すでに量産機を政府機関に納品しており、今後の発展を期待したい。
- ・ 海外対抗機種に対し、特にサイバーセキュリティの強化を通じて安心安全なドローンを開発しようという意図が明確であり、実用化、事業化が想定されたプロジェクトである。市場、事業化の主体も明確である。開発された機体だけでなく、個別の要素も販売が開始されており、既に販売実績、受注共に順調に伸びている。今後、グループ A 国での展開も期待できる。
- ・ 部品、機体、ソフトウェアを含めて、商品群が発売され、売上をあげることができている。すでに量産機の受注も見えていることも含めて当初の見込みを超える大きな成果を創出できていることは特筆すべき点である。
- ・ 本事業の終了直後において、成果の実用化を達成しており、さらには、本事業の終了後4か月で政府調達等に対して量産機を納入した実績もあることから、量産機体の事業化が開始されたことも確認でき、事業化の見通しは十分にあると評価できる。本事業による量産機体は、国内のみならず海外におけるセキュアなドローンへのニーズに合致していると評価できる。

### <改善すべき点>

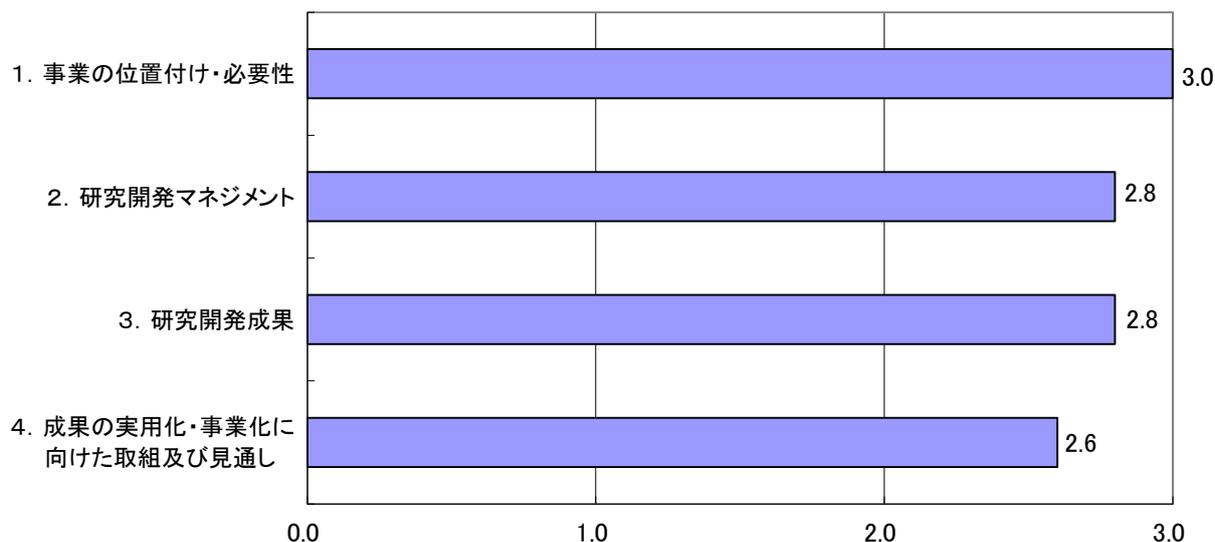
- ・ まだ、海外競合の製品に比べ、性能が優位とは言えず、価格も高く、まだ十分な競争力を有しているとは言えない。今後、受注の伸びが見込めるかどうかは必ずしも明確ではない。
- ・ 半導体不足の影響が大きいようであるが、価格の点ではまだ対抗機種に大きく水をあけられている。性能面でもほぼ同等となったところであり、今後製品の更なる進化が必要である。
- ・ ドローンの世界市場の約7割のシェアを占める海外競合製品と比較して、コスト面での優位を確保することは困難であると考えられるため、その価格差を補う性能面での

優位性について、セキュアなドローンという性能以外のシャッター機能といった高度な機能も積極的に情報を発信することで、国内および世界のシェアを獲得する戦略が必要であると考えます。

#### <今後に対する提言>

- 多用途への展開、コストダウンを継続的に図ることで、製品としての競争力をさらに向上させることが重要である。
- ドローンの基盤技術を開発して事業化しても普及の見通しを予測することは難しいと考える。ドローン産業は具体的な業務に移行しており、ドローン業務とセットでプロジェクトの必要性を検討した方が、事業化後の成長性を見通し易いように考える。
- 海外対抗機種とのコスト差を埋めるには、販売台数を大きく伸ばしていくことが不可欠である。インド、アメリカの市場でどれだけ優位性を持って受け入れられるかが鍵となる。また、ユーザー間のコミュニティの構築も必要であり、開発機体ならではの強みを見出した上で、性能を極力限定した廉価版等で購入者を増やしていくことも必要と思われる。これにより継続的な改良を加え続けることで、市場での定着が可能となるものと考えます。
- 政府調達要件ともすり合わせて、どのように産業育成を図るかのハイレベルな意識統一を図る必要がある。コロナ禍のような緊急時、特殊なプロジェクト環境時のプロジェクトのマネジメント体制も検討していく必要がある。ブラックボックス戦略、オープンクローズの戦略等、当初に複数の戦略オプションも並行して検討が進められると、より望ましい産業モデルが構築できる可能性がある。
- 本事業終了後に変化した世界情勢による円安等により、多くの分野で商品や部品等の調達コストが高騰している。そのため、本事業による量産機体についても、さらなる価格や供給の安定的なサプライチェーンを実現することを期待する。

### 3. 評点結果



| 評価項目                         | 平均値 | 素点 (注) |   |   |   |   |
|------------------------------|-----|--------|---|---|---|---|
|                              |     | A      | A | A | A | A |
| 1. 事業の位置付け・必要性について           | 3.0 | A      | A | A | A | A |
| 2. 研究開発マネジメントについて            | 2.8 | A      | A | A | B | A |
| 3. 研究開発成果について                | 2.8 | A      | A | A | A | B |
| 4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて | 2.6 | A      | A | B | A | B |

(注) 素点：各委員の評価。平均値は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算し算出。

#### 〈判定基準〉

|                    |                              |
|--------------------|------------------------------|
| 1. 事業の位置付け・必要性について | 3. 研究開発成果について                |
| ・非常に重要 →A          | ・非常によい →A                    |
| ・重要 →B             | ・よい →B                       |
| ・概ね妥当 →C           | ・概ね妥当 →C                     |
| ・妥当性がない、又は失われた →D  | ・妥当とはいえない →D                 |
| 2. 研究開発マネジメントについて  | 4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて |
| ・非常によい →A          | ・明確 →A                       |
| ・よい →B             | ・妥当 →B                       |
| ・概ね適切 →C           | ・概ね妥当 →C                     |
| ・適切とはいえない →D       | ・見通しが不明 →D                   |

## 第2章 評価対象事業に係る資料

## 1. 事業原簿

次ページより、当該事業の事業原簿を示す。

# 「安全安心なドローン基盤技術開発プロジェクト」

## 事業原簿

公開版

|     |  |
|-----|--|
| 担当部 | 国立研究開発法人<br>新エネルギー・産業技術総合開発機構<br>ロボット・AI 部 |
|-----|--|

## —目次—

|  |            |
|--|------------|
| 概要.....  | 概要 1~4     |
| プロジェクト用語集.....   | 用語集 1~2    |
| <b>I. 事業の位置付け・必要性について .....</b>                              | <b>1-1</b> |
| 1. 事業の背景・目的・位置づけ .....                                       | 1-1        |
| 1.1 事業の背景 .....  | 1-1        |
| 1.2 事業の目的 .....  | 1-1        |
| 1.3 事業の位置づけ .....  | 1-2        |
| 2. NEDO の関与の必要性・制度への適合性 .....                                | 1-2        |
| 2.1 NEDO が関与することの意義 .....                                    | 1-2        |
| 2.2 実施の効果（費用対効果） .....                                       | 1-2        |
| <b>II. 研究開発マネジメントについて .....</b>                              | <b>2-1</b> |
| 1. 事業の目標 .....   | 2-1        |
| 1.1 研究開発項目と目標 .....  | 2-1        |
| 1.2 研究開発項目と目標設定の根拠 .....                                     | 2-2        |
| 2. 事業の計画内容 .....   | 2-3        |
| 2.1 研究開発の内容 .....  | 2-3        |
| 2.2 研究開発の実施体制 .....  | 2-4        |
| 2.3 研究開発の運営管理 .....  | 2-6        |
| 2.4 研究開発成果の実用化・事業化に向けたマネジメントの妥当性 .....                       | 2-7        |
| 3. 情勢変化への対応 .....  | 2-8        |
| 3.1 コロナ禍による事業期間の延長 .....                                     | 2-8        |
| <b>III. 研究開発成果について .....</b>                                 | <b>3-1</b> |
| 1. 事業全体の成果 .....   | 3-1        |
| 2. 研究開発項目毎の成果 .....  | 3-3        |
| 2-1. 「政府調達向けを想定したドローンの標準機体設計・開発及びフライトコントローラー標準基盤設計・開発」 ..... | 3-3        |
| 2-2. 「ドローンの主要部品設計・開発支援並びに量産等体制構築支援」 .....                    | 3-34       |
| <b>IV. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて .....</b>                   | <b>4-1</b> |
| 1. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて .....                           | 4-1        |
| 1.1 各種成果の製品化 .....   | 4-1        |
| 2. 波及効果 .....  | 4-4        |
| <br>(添付資料)   |            |
| ・プロジェクト実施方針  |            |
| ・技術戦略マップ（「空の産業革命に向けたロードマップ 2021」）                            |            |

# 概要

|                        |  |          |            |
|------------------------|--|----------|------------|
|                        |  | 最終更新日    | 2022年8月29日 |
| プロジェクト名                | 安全安心なドローン基盤技術開発  | プロジェクト番号 | P20002     |
| 担当推進部/<br>PMまたは担当者     | ロボット・AI部 PM 田邊 栄一 専門調査員 (2020年1月～2021年11月)<br>ロボット・AI部 担当者 林 修司 専門調査員 (2020年1月～2021年11月)<br>ロボット・AI部 担当者 山名 広昭 専門調査員 (2020年5月～2021年11月)<br>ロボット・AI部 担当者 森 理人 主任 (2021年1月～2021年11月)   |          |            |
| 0. 事業の概要               | <p>ドローンは、「空の産業革命」とも言われる新たな可能性を有する技術であり、災害時には、車や人が進入しにくい地域などでも、広範囲を短時間で巡回するドローンからの映像によって素早く正確な情報に基づいた被災状況調査が可能となり、よりの確な判断をする事が可能となる。ドローンの更なる用途拡大が期待されている。</p> <p>こうしたニーズに対応していくためには、ドローンの安全性や信頼性を確保しつつ、グローバルに競争力のある低コストなドローンが市場に供給されていくことが重要である。また、災害時等を想定した場合に、国内に迅速に保守・サポートする体制の構築、並びに交換部品の供給体制を整えておく必要がある。</p> <p>本プロジェクトでは、安全性や信頼性が確保された上で、災害対応、インフラ点検、監視・捜索等の分野で活用できるドローンを対象に、事業終了後早期に政府機関による調達をはじめとする市場への参入を目指し、ドローンの標準設計・開発やフライトコントローラーの標準基盤設計・開発を行うとともに、主要部品の高性能化やドローン機体等の量産化に向けた取組を支援する。</p>   |          |            |
| 1. 事業の位置<br>付け・必要性について | <p>政府では「安心と成長の未来を拓く総合経済対策（令和元年12月5日閣議決定）」において、災害が激甚化する中で国民の安全・安心を確保するため国土強靱化の推進や Society5.0 を実現する具体的な政策として、「災害対応等の用途拡大に向けたドローンの基盤技術開発」や「社会課題の解決に資する先端技術の社会実装・普及」を掲げている。</p> <p>また、サイバーセキュリティ戦略（平成30年7月27日閣議決定）においては、国民が安全で安心して暮らせる社会の実現に向けて、国民・社会を守るための取組の一つとして、ドローンについては、「サイバー攻撃による不正操作によって、人命に影響を及ぼす恐れがあるため、かかる事態が生じないよう対策の推進」が掲げられており、多様な主体が連携して多層的なサイバーセキュリティを確保することが求められている。</p>  |          |            |
| 2. 研究開発マネジメントについて      |  |          |            |
| 事業の目標                  | <p><b>最終目標</b></p> <p><b>1. 政府調達向けを想定したドローンの標準機体設計およびフライトコントローラー標準基盤設計開発</b><br/> <b>【委託事業】</b></p> <p>1-1. 低コストを実現するドローンの標準機体設計・開発<br/>                 主な仕様は、市場価格で20万円前後、総重量1kg～2kgほどで業界最小レベルの機体サイズ、最大飛行速度は75km/hほどで最大飛行時間は約30分、Waypoint指示等による自動飛行が可能で、標準カメラと高解像度カメラ（1インチ20Mpixel CMOSなど）、赤外線カメラなどに交換可能で、ズームレンズなどのバリエーションにも対応可能、軸ジンバル性能は120°以上の可動範囲を持ち、制御速度90°/s程度で精度は±0.02°程度、スマホ以外にも専用の送信機が選択可能で、使いやすいユーザーインターフェースを有すること。</p> <p>1-2. 高い飛行性能・操縦性を実現するフライトコントローラー標準基盤設計・開発<br/>                 主な仕様は、最大風圧抵抗10m/s程度の耐風性能、垂直方向±0.1m/水平方向±0.3m程度のホバリング精度を実現し、ASTM等の国際情勢を勘案したリモートID、LTE通信によるコントロール及びテレメトリ通信に対応可能で、自律飛行モードとATTIモードを飛行中でも任意に選択でき、フライトログの詳細データはセキュリティロックが掛かる一方で、セキュリティキーがあれば利用者がメーカーを介さずにCSV形式などで取得及び解読、解析可能。飛行を支援するアプリケーションを実装していること。</p> <p>1-3. 高いセキュリティを実現する技術開発・実装</p> |          |            |

|                   |  |  |        |       |
|-------------------|--|--|--------|-------|
|                   | <p>なりすまし等による機体の乗っ取りに対する耐性を有し、フライトログデータや空撮データなど、機体内に保存及び機体から転送されるデータに対するセキュリティ、メーカー及び第三者パーティによるデータアクセスについてユーザーが管理可能で、政府機関が定めるサイバーセキュリティ基本法及び関連規則等に則ったシステム開発とすること。</p> <p><b>2. ドローンの主要部品設計・開発支援並びに量産等体制構築支援【助成事業】</b></p> <p>2-1. より高性能を実現する主要部品設計・開発支援<br/> 具体的には、飛行の長時間化・省エネ化（例：バッテリー、モーター、ESC）、空撮機能の高性能化（例：ジンバル、カメラ、映像伝送）、低騒音性（例：プロペラ）の機能の高性能化に向けた設計・開発を支援する。</p> <p>2-2. 量産等体制構築支援<br/> 本事業終了後早期に政府調達をはじめとする市場への参入を実現するため、開発された標準機体及び仕様を満たす主要部品の量産体制の構築を支援する。また、災害対応などのクリティカルな用途を考慮すると、国内に迅速に保守・サポートをする体制や交換部品の供給体制が確保されていることが望ましく、ドローン機体や主要部品に係る QCD がそのライフサイクルに渡って担保できて初めて、安全・安心な運用が可能となることから、保守の体制構築も支援する。</p> |  |        |       |
| 事業の計画内容           | 主な実施事項   | 2020fy                                       | 2021fy |       |
|                   | 1-1. 低コストを実現するドローンの標準機体設計・開発   | [Blue Bar]                                   |        |       |
|                   | 1-2. 高い飛行性能・操縦性を実現するフライトコントローラ標準基盤設計・開発  | [Blue Bar]                                   |        |       |
|                   | 1-3. 高いセキュリティを実現する技術開発・実装  | [Blue Bar]                                   |        |       |
|                   | 2-1. より高性能を実現する主要部品設計・開発支援   | [Blue Bar]                                   |        |       |
|                   | 2-2. 量産等体制構築支援   | [Blue Bar]                                   |        |       |
| 事業費推移<br>(単位:百万円) | 会計・勘定  | 2020fy                                       | 2021fy | 総額    |
|                   | 一般会計   | 1,012  | 574    | 1,586 |
|                   | 総 NEDO 負担額   | 1,012  | 574    | 1,586 |
|                   | (委託)   | 866  | 118    | 984   |
|                   | (助成)<br>: 助成率 1/2, 2/3   | 146  | 456    | 602   |
| 開発体制              | 経産省担当原課  | 製造産業局 産業機械課                                  |        |       |
|                   | プロジェクトリーダー   | 任用なし   |        |       |
|                   | プロジェクトマネージャー   | ロボット・AI 部 田邊 栄一                              |        |       |
|                   | 委託先  | 株式会社 A C S L<br>ヤマハ発動機株式会社<br>株式会社 N T T ドコモ |        |       |

|               |   |   |
|---------------|---|---|
|               | 助成先   | 株式会社 A C S L<br>ヤマハ発動機株式会社<br>株式会社ザクティ<br>株式会社先端力学シミュレーション研究所 |
| 情勢変化への対応      | 2019 年度補正事業ながら、2 度にわたる新型コロナウイルス感染症緊急事態宣言（2020 年 4 月 7 日～5 月 25 日、2021 年 1 月 7 日～3 月 18 日）の影響を受け、委託・助成それぞれの事業期間を 2021 年 7 月（委託）と 11 月（助成）まで延長した。   |   |
| 中間評価結果への対応    | 未実施   |   |
| 評価に関する事項      | 事前評価  | 経済産業省にて実施（NEDO では未実施）   |
|               | 中間評価  | 未実施   |
|               | 事後評価  | 2022 年度 事後評価実施  |
| 3. 研究開発成果について | <p>1-1. 低コストを実現するドローンの標準機体設計・開発<br/>開発仕様は、関係省庁に対して政府調達に資する小型空撮ドローンのニーズ調査を実施し、ドローンへの要求事項を明確化した上で標準機体の開発要件を定め、量産プロトタイプの開発を完了させた。</p> <p>1-2. 高い飛行性能・操縦性を実現するフライトコントローラー標準基盤設計・開発<br/>フライトコントローラー標準基盤設計と開発を行い、API 等を他の主要部品の接続仕様と併せて公開する専用ウェブサイトを新規に構築し公開、リモート ID は国交省の仕様に併せ ASTM 準拠の Bluetooth 5.0 を採用し、制御プロトコルはグローバルに浸透している MAVLINK を採用、クラウドシステムは、国内で運用しているクラウドサービスを採用し、飛行ログや画像、動画が管理できるとともに、関係省庁の組織構成に合わせた組織権限管理が実施できるようにした。</p> <p>1-3. 高いセキュリティを実現する技術開発・実装<br/>ISO15408 のセキュリティ評価基準を満たすための分析/検討に基づき、ドローンにおけるサイバーセキュリティリスクを洗い出し、政府調達に資するセキュリティレベルを検討した上で、対応策を量産プロトタイプに実装するとともに、運用面で行うべき対策についても定めた。また、セキュリティに関わる重要部品は大部分に国産品を採用し、非常時においても事業継続性の高いサプライチェーンを実現した。</p> <p>2-1. より高性能を実現する主要部品設計・開発支援</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>高密度バッテリー開発：リチウムイオン電池セルの中から、性能と供給安定性が両立した 2 種類のセルを選定し、缶タイプとラミネートタイプの 2 種類の安全な専用スマート・バッテリーを開発、バッテリーの技術革新に追従し、継続的なドローン性能の進化と、長期部品供給の安定性を確保した。</li> <li>モーター・ESC の省エネ化：強力で軽量のブラシレスモーターと、性能向上と軽量化を実現する位置センサーレスの回転数制御を採用した ESC を開発し、1-2. で開発した飛行制御ソフトウェアと連携させることで、高度な飛行能力を実現した。</li> <li>高画質な小型・軽量カメラの開発：標準機体設計の仕様に合わせ、4 種のカメラ・ジンバルモデル（4 K、可視光 + IR、マルチスペクトル、光学ズーム）の企画・技術開発を行い、ズームカメラを除く 3 種のカメラ・ジンバルに対しては量産プロトの製作までを完了した。</li> <li>低騒音性プロペラの開発：高推力と静音性を両立するために、流体シミュレーションを用いて翼形状の設計と試作を行い、軽量かつ高強度のプロペラを開発。本事業で開発した、モーターを駆動して性能評価を実施した。</li> </ul> |   |

|                              |  |                           |
|------------------------------|--|---------------------------|
|                              | <p>2-2. 量産等体制構築支援</p> <p>機体構成部品の設計と、その生産に必要な型設計を行い、部品単体で仕様を満たしているかの確認を行うとともに、アジャイル開発に対応できる弾性の高い組み立てラインを構築した上で、機体組立後の動作確認を行うことで、実用化可能であることを確認した。型で成形された構成部品を用いた生産組立評価で、防水防塵性・落下強度・各種環境下での作動確認・キャリブレーション検査・通信機能検査など、170 項目以上の確認を行った。</p> <p>また、実用化・事業化に際して、ユーザーの安全安心な運用に必要となる、セキュアな顧客管理システムやソフトウェアのアップデートシステム、操作ミスによる事故を防止するためのトレーニングプログラムや初心者向けの取り扱い説明書などを試作した。</p>                         |                           |
|                              | 投稿論文   | 0 件                       |
|                              | 特 許  | 0 件                       |
|                              | その他の外部発表<br>(プレス発表等)   | 研究発表・講演：0 件<br>プレス発表等：2 件 |
| 4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 事業終了後の 2021 年 12 月 7 日、(株)ACSL による「SOTEN (蒼天)」受注開始の記者会見が行われ、同日付で NTT ドコモからは「セキュアフライトマネジメントクラウド」提供開始が、ザクティからは「ジンバルカメラ CX-GB シリーズ」がそれぞれニュースリリースされた。</li> <li>・ 2021 年 12 月 7 日の「SOTEN (蒼天)」受注開始以降、2021 年度中に政府等から約 500 機の受注を受け納品された。</li> <li>・ 株式会社 ACSL は 2022 年中の販売目標として 1,000 台を掲げ、本事業成果によるドローンを取り入れた事業計画にて 2030 年に売上高 300 億円を目指している。</li> </ul> |                           |
| 5. 基本計画に関する事項                | 作成時期   | (2019 年度補正事業のため、基本計画なし)   |
|                              | 変更履歴   | (2019 年度補正事業のため、基本計画なし)   |

## プロジェクト用語集

| 用語           | 説明  |
|--------------|---|
| API          | Application Programming Interface の略。ソフトウェア同士が互いに情報をやりとりするのに使用するインターフェースの仕様                             |
| ASIC         | 特定用途向け集積回路  |
| ATTI         | Attitude モードの略。操縦方法のひとつで、ドローンの姿勢のみ自動制御をする方式   |
| Auth0        | アプリや API に対応可能な次世代型の認証基盤サービス  |
| AWS          | Amazon Web Service の略。Amazon 社が提供するクラウドプラットフォームの総称  |
| BeiDou       | 中華人民共和国が独自に展開している衛星測位システム   |
| Bluetooth    | デジタル機器用の近距離無線通信規格の 1 つ  |
| CC           | Common Criteria。コンピュータセキュリティのための国際規格  |
| CCDS         | 一般社団法人重要生活機器連携セキュリティ協議  |
| CPU          | Central Processing Unit   |
| CSV          | テキストデータの形式の一つ   |
| MB           | メガバイト   |
| DB           | データベース  |
| EMC          | Electro-Magnetic Compatibility : 電磁両立性の略で、EMC 試験では電気・電子機器などが機器の内部及び外部からの妨害電磁波に対して、その機能・動作が阻害されないかを測定する。 |
| ESC          | Electric Speed Controller   |
| Galileo      | EU による全地球航法衛星システム   |
| GCS          | Ground Control Station の略。地上局とも呼ばれ、ドローンの状態監視、管理、制御などを行うための地上側システム                                       |
| GeoFence     | 仮想的な境界線で囲まれたエリア   |
| GLONASS      | ロシアの衛星測位システム  |
| GNSS         | Global Navigation Satellite System 全球測位衛星システムの略   |
| GPS          | 米国の衛星測位システム   |
| GPX          | GNSS のデータ記録形式   |
| IAM          | Identity and Access Management  |
| IDS          | 不正侵入検知システム  |
| IEC          | 国際電気標準会議  |
| IMU          | Inertial Measurement Unit の略で、姿勢制御装置  |
| IPA          | 独立行政法人情報処理推進機構社会基盤センター  |
| IPS          | 不正侵入防止システム  |
| IPxx (IP 等級) | 防水保護構造及び保護等級  |
| IR           | 赤外線   |
| ISMAP        | 内閣サイバーセキュリティセンター・情報通信技術 (IT) 総合戦略室・総務省・経済産業省が運営する、政府情報システムのためのセキュリティ評価制度                                |
| ISO          | 国際標準化機構   |
| KML          | 三次元地理空間情報の表示の管理などを目的としたファイル形式の一つ  |

|           |  |
|-----------|--|
| MAVLINK   | 世界的に使用されている、ドローン向けに開発されたテレメトリーデータをやりとりする為の規格                     |
| MCU       | Micro Controller Unit  |
| NX XAVIER | NVIDIA 社の産業用エッジ AI 製品  |
| NDVI      | 植生の分布状況や活性度を示す指標   |
| OS        | Operating System   |
| RADIUS    | Remote Authentication Dial In User Service。ユーザー認証プロトコルの一つ        |
| PID 制御    | 制御工学におけるフィードバック制御の一種   |
| Pod       | Kubernetes アプリケーションの基本的な実行単位                                     |
| QZSS      | 日本の衛星測位システム  |
| SBAS      | 静止衛星の補助信号を用いて GPS などの衛星測位システムによる測位の誤差を補正するシステムの総称                |
| SDK       | ソフトウェア開発キット  |
| SLAM      | Simultaneous Localization and Mapping の略称で、自己位置推定と環境地図作成を同時に行う技術 |
| STRIDE 分析 | 脅威分析手法の 1 つ  |
| TOE       | Target of Evaluation。評価対象  |
| WAF       | Web Application Firewall   |
| プロポ       | ドローンの無線送信機   |
| リモート ID   | 遠隔でドローンの識別情報を収集する方法、および機体から情報を発信する仕組み                            |

# I. 事業の位置付け・必要性について

## 1. 事業の背景・目的・位置づけ

### 1.1 事業の背景

ドローンは、「空の産業革命」とも言われる新たな可能性を有する技術であり、既に農業散布、空撮、測量、インフラの点検等の場で広く活用されはじめている。既存の手段では困難であった、迅速で場所を選ばない物の輸送や、空からの画期的な映像取得等が可能となるため、人手不足や少子高齢化といった社会課題の解決や、新たな付加価値の創造を実現する産業ツールとして期待されている。さらに災害時には、車や人が進入しにくい地域などでも、広範囲を短時間で巡回するドローンからの映像によって、素早く正確な情報に基づいた被災状況調査が可能となり、よりの確な判断をする事が可能となる。加えて、火災時には、赤外線技術を用いた空撮によって、火災発生地点の所在や被災者の有無を特定することが可能となる。このように迅速で正確な災害や火災への対応にも、ドローンの更なる用途拡大が期待される。

このような中、政府では「安心と成長の未来を拓く総合経済対策（2019年12月5日閣議決定）」において、災害が激甚化する中で国民の安全・安心を確保するため国土強靱化の推進や Society5.0 を実現する具体的な政策として、「災害対応等の用途拡大に向けたドローンの基盤技術開発」や「社会課題の解決に資する先端技術の社会実装・普及」を掲げている。

また、サイバーセキュリティ戦略（2018年7月27日閣議決定）においては、国民が安全で安心して暮らせる社会の実現に向けて、国民・社会を守るための取組の一つとして、ドローンについては、「サイバー攻撃による不正操作によって、人命に影響を及ぼす恐れがあるため、かかる事態が生じないよう対策の推進」が掲げられており、多様な主体が連携して、多層的なサイバーセキュリティを確保することが求められている。

### 1.2 事業の目的

本事業では、災害対応、インフラ点検、監視・搜索等の政府調達をはじめとする分野でのドローンの利活用拡大に資するため、安全性や信頼性を確保しつつ、ドローンの標準機体設計・開発やフライトコントローラーの標準基盤設計・開発を行い、主要部品の高性能化やドローン機体等の量産化に向けた取組を支援することで、我が国のドローン産業の競争力を強化すると共に、関連するビジネスエコシステムの醸成を図る。

#### 1.2.1 本事業の開発対象

今日のドローンは、「飛行するための機構（機体、送信機、飛行を支援するアプリケーション）」と「飛行の目的を達成するための機構（カメラなど）」に加え、「ドローンで取得したデータに付加価値を与えるソフトウェア」や「運航管理システム」などのソフトウェアやシステムと一体として提供され、価値が向上している。本事業においては、「飛行するための機構（機体、送信機、飛行を支援するアプリケーション）」及び「飛行の目的を達成する機構（カメラ）」を開発対象とするが、「ドローンで取得したデータに付加価値を与えるソフトウェア」や「運航管理システム」との連携性や機能拡張性も意識した開発がされることが求められる。なお、機体はフライトコントローラーにより自律制御されるマルチコプタータイプを想定する。また、飛行を支援するアプリケーションはテレメトリ情報の確認、機体の各種パラメーターの設定、自動飛行の設定などが可能なアプリケーションを想定する。

## 1.3 事業の位置づけ

### 1.3.3 政策上の位置づけ

政府では「安心と成長の未来を拓く総合経済対策（2019年12月5日閣議決定）」において、災害が激甚化する中で国民の安全・安心を確保するため国土強靱化の推進や Society5.0 を実現する具体的な政策として、「災害対応等の用途拡大に向けたドローンの基盤技術開発」や「社会課題の解決に資する先端技術の社会実装・普及」を掲げている。

また、サイバーセキュリティ戦略（2018年7月27日閣議決定）においては、国民が安全で安心して暮らせる社会の実現に向けて、国民・社会を守るための取組の一つとして、ドローンについては、「サイバー攻撃による不正操作によって、人命に影響を及ぼす恐れがあるため、かかる事態が生じないよう対策の推進」が掲げられており、多様な主体が連携して、多層的なサイバーセキュリティを確保することが求められている。

## 2. NEDO の関与の必要性・制度への適合性

### 2.1 NEDO が関与することの意義

本事業は基盤技術開発ながら、国内での実用化実績がほとんどない小型で扱いやすい空撮ドローン機体を開発するとともに、ドローンが取得する画像やフライトデータ等をセキュアに運用するクラウドシステムまでの、多層的なサイバーセキュリティを実現する必要がある。しかしながら、国内のドローンメーカーの多くがスタートアップである一方、セキュアなクラウドシステムのサービサーは大企業に限られており、通常のビジネスでは協業が難しいスタートアップから大企業に渡って一貫したセキュリティ技術を開発する必要が生じる。

また、先行する海外事業者の様な、短期間で機能性能を向上しながら量産を可能とする体制や、その実現ノウハウ等をスタートアップは十分に有しておらず、扱いやすい小型ドローンを低価格で実用化するためには、量産経験が豊富な大企業とドローンのコア技術を有するスタートアップが、同じスケジュールの下で、ドローンシステム全体として最高の性能・機能・価格を継続して実現する必要がある。

更には、災害対応、インフラ点検、監視・搜索等の政府調達をはじめとする分野でのドローンの利活用拡大に資するためには、スタートアップ1社では難しい、全国規模での安定した運用と保守体制を構築する必要がある。

また、「ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト」（DRESS プロジェクト）など、本事業と並行して進められる NEDO プロジェクトによる評価手法等との整合性、あるいは本事業に並行して検討が進められる、政府制度等との整合を図りながら進める必要がある。

これら実用化・事業化に際しての高いハードルを短期に克服し、国内のドローン産業を立ち上げ、社会実装するためには、国家プロジェクトとして NEDO が音頭を取り、高いポテンシャルを有する複数の企業を束ねて推進する必要がある。

### 2.2 実施の効果（費用対効果）

本事業は 2019 年度の補正予算を原資として、2020 年度と 2021 年度に渡り、事業総額 16.1 億円の計画が進められた。本事業には委託および助成があり、委託事業は NEDO の負担、助成事業は NEDO 負担率 1/2（大企業）および 2/3（中小企業）である。

委託事業では、政府調達向けを想定して、高い飛行性能・操縦性、セキュリティを実現するドローンの標準機体設計・開発およびフライトコントローラー標準基盤設計・開発を実施する。試作機を用いてエラー情報などのフィードバックを踏まえて性能をブラッシュアップしていく、アジャイル開発を前提とする。助成事業では、委託事業で策定される標準仕様を満たす、より

高性能な主要部品を設計・開発し、量産からサポートに渡る体制構築強化を図り、事業終了後早期に政府調達をはじめとする市場への参入を実現する。

### 2.2.1 効果の概要

国内で最高レベルのドローン技術と、スタートアップとしての革新的な事業スタイルを有する(株)ACSL をコンソーシアムのリーダーとして、ヤマハ発動機(株)、(株)NTT ドコモ、(株)ザクティといった大企業が持つ量産化のノウハウやサプライチェーン、事業化に際して必要となるユーザー教育や保守といった全国規模のビジネスインフラを融合して進めることができ、開発過程においても、試作機を実際にユーザーに使ってもらい、開発にフィードバックするアジャイル開発が実現できた。

結果として、安全で扱いやすい小型空撮ドローンというシステム全体の実現に向けて、各受託事業者が本事業の予算をそれぞれの実施項目にあわせて有効活用し、最大限の効果が得られた。

### 2.2.2 経済的効果

民間調査機関の予測によれば、2021 年度の日本国内のドローンビジネスの市場規模は 2,308 億円と推測され、2022 年度には前年度比 34.3%増の 3,099 億円に拡大し、2027 年度には 7,933 億円に達すると見込まれている。2027 年度においては、サービス市場が 5,147 億円（2021 年度～2027 年度の年間平均成長率 28.4%増）と最も成長し、機体市場が 17,88 億円（同年間平均成長率 17.1%増）、周辺サービス市場が 998 億円（同年間平均成長率 13.5%増）に達すると見込まれている。

本事業の成果は、全受託事業者の協力のもと、株式会社 ACSL によって 2021 年度中に上市されており、年度末までに 500 セット（飛行するための機構（機体、送信機、飛行を支援するアプリケーション）および取得した画像やフライトデータを保管管理するクラウドサービス一式）が政府機関を始めとして受注・納品され、2022 年度初から運用されている。

安全安心なドローンの実用化・事業化により、災害時の被災状況調査や老朽化するインフラ点検、監視や捜索など、民間の派生ビジネスが飛躍的に拡大することが期待され、ドローンを上市した株式会社 ACSL は 2022 年中のドローンの販売目標として 1,000 台を掲げ、本事業成果によるドローンを取り入れた事業計画にて 2030 年に売上高 300 億円を目指している。今後は政府機関内での置き換えや新規需要に加え、発電・送電や橋梁・建造物の点検といった民需での「安全安心なドローン」の需要拡大が見込まれており、政府調達や国内の市場のみならず、ドローンの拡販や主要部品の海外展開による更なる事業の拡大を期待している。

また、安全安心なドローンの上市により、画像解析アプリケーション等との連携による産業用途での高機能サービス化や、操縦者教育等の周辺サービスの拡大など、エコシステムの拡大が期待できる。

## II. 研究開発マネジメントについて

### 1. 事業の目標

本事業は、災害対応、インフラ点検、監視・捜索等の政府調達をはじめとする分野でのドローンの利活用拡大に資するため、安全性や信頼性を確保しつつ、ドローンの標準機体設計・開発やフライトコントローラーの標準基盤設計・開発を行い、主要部品の高性能化やドローン機体等の量産化に向けた取組を支援することで、我が国のドローン産業の競争力を強化すると共に、関連するビジネスエコシステムの醸成を図る事を目的に2項目の研究開発を実施する。

#### 1.1 研究開発項目と目標

以下に研究開発項目の概要および目標を記す。

##### 研究開発項目(1)「政府調達向けを想定したドローンの標準機体設計・開発及びフライトコントローラー標準基盤設計・開発」

最終目標（2021年度）

- ・ 政府調達向けを想定して、高い飛行性能・操縦性、セキュリティを実現するドローンの標準機体設計・開発及びフライトコントローラー標準基盤設計・開発を実施する。性能検証のために関係省庁等と連携し、試作機を用いてエラー情報などのフィードバックを踏まえて性能をブラッシュアップしていく、アジャイル開発を行う。

実施項目

- ・ ドローンの標準機体設計・開発  
高性能な空撮機能を実現する、小型で使いやすいドローンの標準機体設計・開発を実施する。基本的には以下の仕様を想定する。  
なお、事業終了時には、機体本体と各主要部品のインターフェース仕様を公開する。
  - 総重量は 1kg～2kg
  - 最大飛行時間は 30 分以上
  - Waypoint 指示等による自動飛行が可能
  - 標準カメラや高解像度カメラ（1 インチ 20Mpixel 以上の CMOS センサーなど）、赤外線カメラなどに交換可能で、ズームレンズなどのバリエーションにも対応可能
  - 専用の送信機により操作可能であること。なお、操作モードは任意に選択可能であること
  - 一定の防水性・防塵性を有していること
  - プロペラガードが装着可能など、対人・対物障害防止策がとられていること
- ・ フライトコントローラー標準基盤設計・開発  
高い飛行性能・操縦性を実現する、フライトコントローラーの標準基盤設計・開発を実施する。また、開発したフライトコントローラーに対応する「飛行を支援するアプリケーション」の設計・開発を実施する。基本的には、以下の仕様を想定する。  
なお、開発したフライトコントローラーの API を公開すること。  
<フライトコントローラー>
  - 高い飛行性能（最大風圧抵抗 10m/s 程度の耐風性能、垂直方向±0.1m/水平方向±0.3m 程度のホバリング精度）を実現できること
  - リモート ID 機能について、ASTM 等の国際情勢を勘案し、対応可能なこと
  - LTE 通信によるコントロール及びテレメトリ通信に対応可能なこと
  - 自律飛行モードと ATTI モードを飛行中でも任意に選択できること
  - フライトログの詳細データはセキュリティロックが掛かる一方で、セキュリティキーがあれば利用者がメーカーを介さずに CSV 形式などで取得及び解読、解析可能であること

#### <飛行を支援するアプリケーション>

- テレメトリ情報が確認できること
  - 機体の各種パラメーターの設定が可能なこと
  - 自動飛行する際の飛行ルート設定を範囲指定により自動で設定、又は地図上で手動で設定できること
  - 機体の状態、設定項目、周囲の状態の確認、遵法事項の確認などが予めアナウンスされること
- ・ 高いセキュリティを実現する技術開発・実装  
第三者からのサイバー攻撃に対するセキュリティや、データ漏えいリスクへの対処など、ドローンの安全性や信頼性を確保するため、以下の点について技術開発・実装を実施する。
    - なりすまし等による機体の乗っ取りに対する耐性
    - フライトログデータや空撮データなど、機体内に保存及び機体から転送されるデータに対するセキュリティ
    - メーカー及び第3者パーティによるデータアクセスについて、ユーザーが管理可能であること
    - その他セキュリティ管理が図られていること
    - 政府機関が定めるサイバーセキュリティ基本法及び関連規則等に則ったシステム開発とすること

### 研究開発項目(2)「ドローン主要部品設計・開発支援並びに量産等体制構築支援」

#### 最終目標（2021年度）

研究開発項目(1)で策定される標準仕様を満たす、より高性能な主要部品を設計・開発し、量産からサポートに渡る体制構築強化を図り、事業終了後早期に政府調達をはじめとする市場への参入を実現する。

#### 実施項目

- ・ より高性能を実現する主要部品設計・開発支援  
具体的には以下の機能の高性能化に向けた設計・開発を支援する。
  - 飛行の長時間化・省エネ化（例：バッテリー、モーター、ESC）
  - 空撮機能の高性能化（例：ジンバル、カメラ、映像伝送）
  - 低騒音性（例：プロペラ）
- ・ 量産等体制構築支援  
本事業終了後早期に政府調達をはじめとする市場への参入を実現するため、研究開発項目(1)で開発された標準機体及び仕様を満たす主要部品の量産体制の構築を支援する。  
また、災害対応などのクリティカルな用途を考慮すると、国内に迅速に保守・サポートをする体制や交換部品の供給体制が確保されていることが望ましく、ドローン機体や主要部品に係る QCD がそのライフサイクルに渡って担保できて初めて、安全・安心な運用が可能となることから、保守の体制構築も支援する。

## 1.2 研究開発項目と目標設定の根拠

本事業は2019年度の補正予算による単年度事業として開始したため、中間目標は定めていない。

最終目標は、先行する海外の事業者による最先端の小型空撮ドローンの性能・機能を実現でき、しかもライフサイクルに渡って安全安心に運用できることを目標とし、実用化後も事業を継続できるように、先行海外企業と同様なアジャイル開発のための体制づくりやノウハウの取得、主要部品の継続的な高性能・高機能化を実現する基盤作りも実施することとした。

## 2. 事業の計画内容

### 2.1 研究開発の内容

本事業では、図 II-1 に示す通り、研究開発項目(1)「政府調達向けを想定したドローンの標準機体設計・開発及びフライトコントローラー標準基盤設計・開発」(委託事業)の一環で実現すべきドローンの要件定義を行い、その成果を研究開発項目(2)「ドローンの主要部品設計・開発支援並びに量産等体制構築支援」(助成事業)にも展開する形で開発を進め、最終的には両者を突合する形で進める。

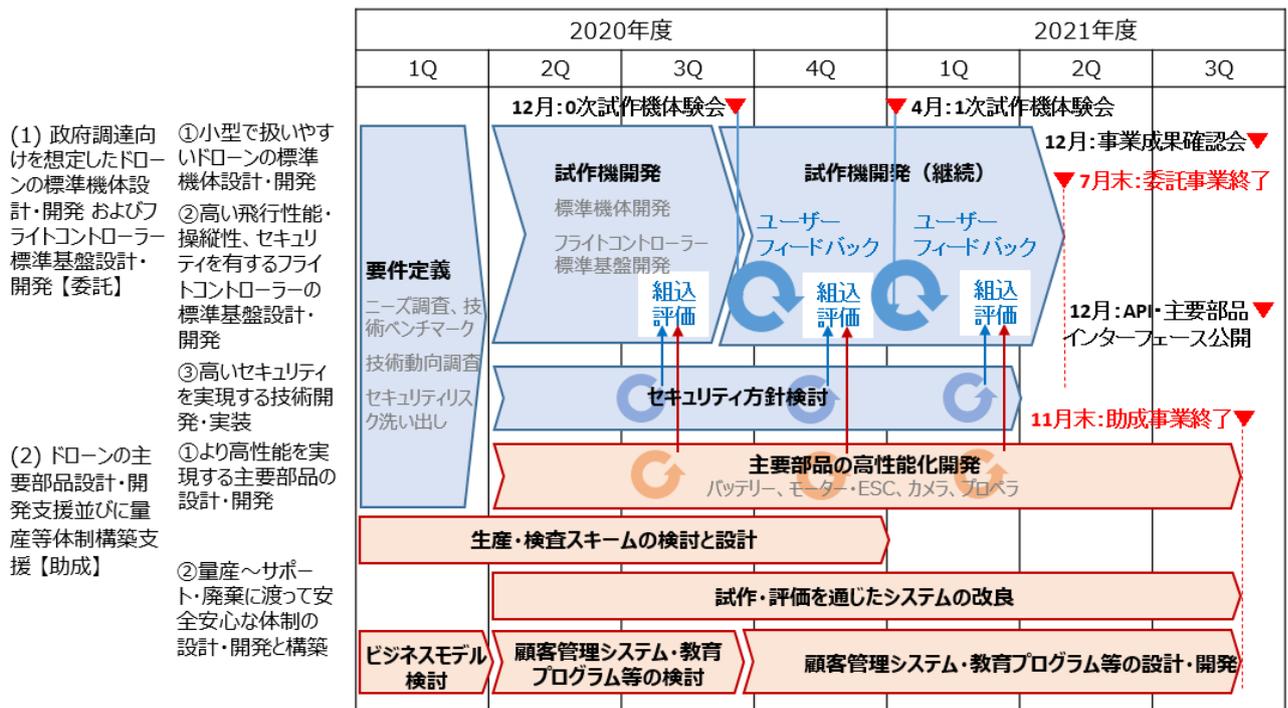


図 II-1 「安全安心なドローン基盤技術開発」の委託事業・助成事業の関係性

#### 2.1.1 実施項目と担当受託事業者

##### 研究開発項目(1)「政府調達向けを想定したドローンの標準機体設計・開発及びフライトコントローラー標準基盤設計・開発」

本事業を実現するには、先ず目標とするドローン機体からクラウドサービスに渡るシステムの要求仕様を定義し、実現するハードウェアやソフトウェア、主要部品や各サブシステムに展開する必要があるため、受託3事業者が密に連携を図りながら進める。

表 II-1 委託事業における実施項目と担当事業者

| 実施項目                 | 主担当事業者                 |
|----------------------|------------------------|
| ドローンの標準機体設計・開発       | ヤマハ発動機株式会社、株式会社 ACSL   |
| フライトコントローラー標準基盤設計・開発 | 株式会社 ACSL、ヤマハ発動機株式会社   |
| 高いセキュリティを実現する技術開発・実装 | 株式会社 NTT ドコモ、株式会社 ACSL |

## 研究開発項目(2)「ドローン主要部品設計・開発支援並びに量産等体制構築支援」

本研究項目を実現するには、研究開発項目(1)で策定される要求仕様を踏まえるだけでなく、試作機を組み上げテストし、その結果を次の試作機に反映していくアジャイル開発においては、常に研究開発項目(1)および各研究開発項目との間で整合を図る形で進める。

表 II-2 助成事業における実施項目と担当事業者

| 実施項目                         | 担当事業者               |
|------------------------------|---------------------|
| より高性能を実現する主要部品設計・開発支援        | —                   |
| 飛行の長時間化・省エネ化（バッテリー、モーター、ESC） | ヤマハ発動機株式会社          |
| 空撮機能の高性能化（ジンバル、カメラ、映像伝送）     | 株式会社ザクティ            |
| 低騒音性（プロペラ）                   | 株式会社先端力学シミュレーション研究所 |
| 量産等体制構築支援                    | —                   |
| アジャイル開発および季節変動性のある生産体制の構築    | ヤマハ発動機株式会社          |
| 安全安心な顧客運用のためのシステムの開発         | 株式会社 ACSL           |

## 2.2 研究開発の実施体制

### 2.2.1 実施体制

本事業の実施体制は図 II- 2 の通りである。

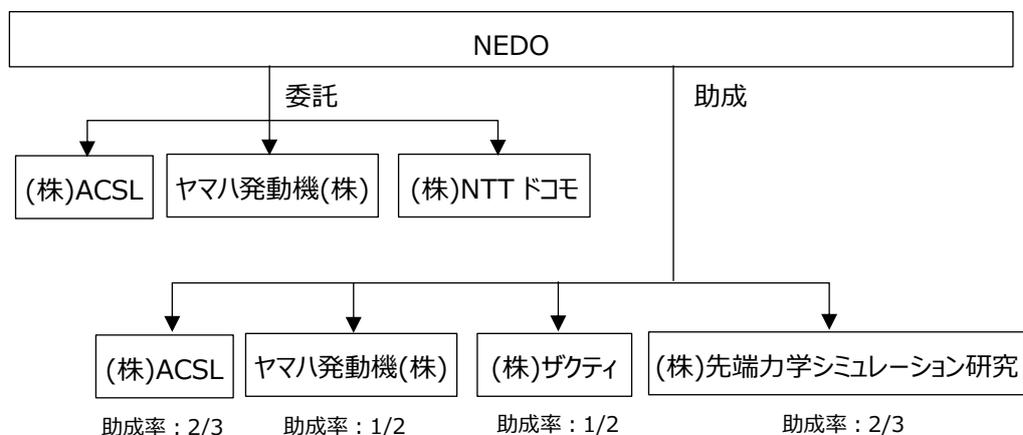


図 II-2 「安全安心なドローン基盤技術開発」プロジェクトの実施体制

### 2.2.1 推進体制

本事業を推進するにあたっては、事業終了後の早期実用化を考慮し以下の体制とする。

#### プロジェクトマネジメントオフィス（PMO）の設置

役割：政府調達に資するドローンの要求仕様の策定および開発過程で生じる様々な問題の解決を図る。

確度の高い要求仕様を策定するには、ドローンを実際に使っている政府機関にヒアリングを行う必要がある一方で、最適な部署に受託事業者が直接アクセスするのは難しく、また政府側も実際の使用状況や現状での課題を伝えるに

い状況が発生する。そこで、プロジェクトマネジメントオフィス（PMO）を構えることで、要求仕様の策定をNEDOが主管し、必要に応じて経済産業省の協力を得ることで、政府機関の生の声を要求仕様に反映することができる。

また、開発過程では技術やコスト、あるいは時間的な制限から仕様とのトレードオフが発生する場合があるが、都度政府側の確認を取りながら、開発するドローンの仕様とコスト等のバランスを図って事業を推進する必要がある。本事業が目標に対して、常に正しい方向に推進されていることをガバナンスする体制でもあり、NEDO が主管し、経済産業省と受託事業者を代表するコンソーシアムリーダー（後述）だけが参加する。

### コンソーシアムリーダーの設置

役割：政府調達に資するドローンの実用化仕様の策定、および開発過程で生じる事業者間の問題の解決を図る。

本事業では、目標とする安全安心なドローンの開発に向けて受託事業者が協業する必要があるが、また事業終了後には、各事業者がその成果を持ち寄って実用化を図ることが望まれる。しかしながら、本事業の受託事業者はお互いの協業経験が無く、事業終了後早期に実用化・事業化を図るためには、本事業の中で実用化に向けた体制を構築しておく必要がある。

そこで、受託事業者の中で実用化を予定している(株)ACSL の鷲谷 CEO をリーダーとして、PMO の意向の下で日々の開発を管理させることにより、本事業のガバナンス機能と実用化に向けた開発体制を両立できるようにする。

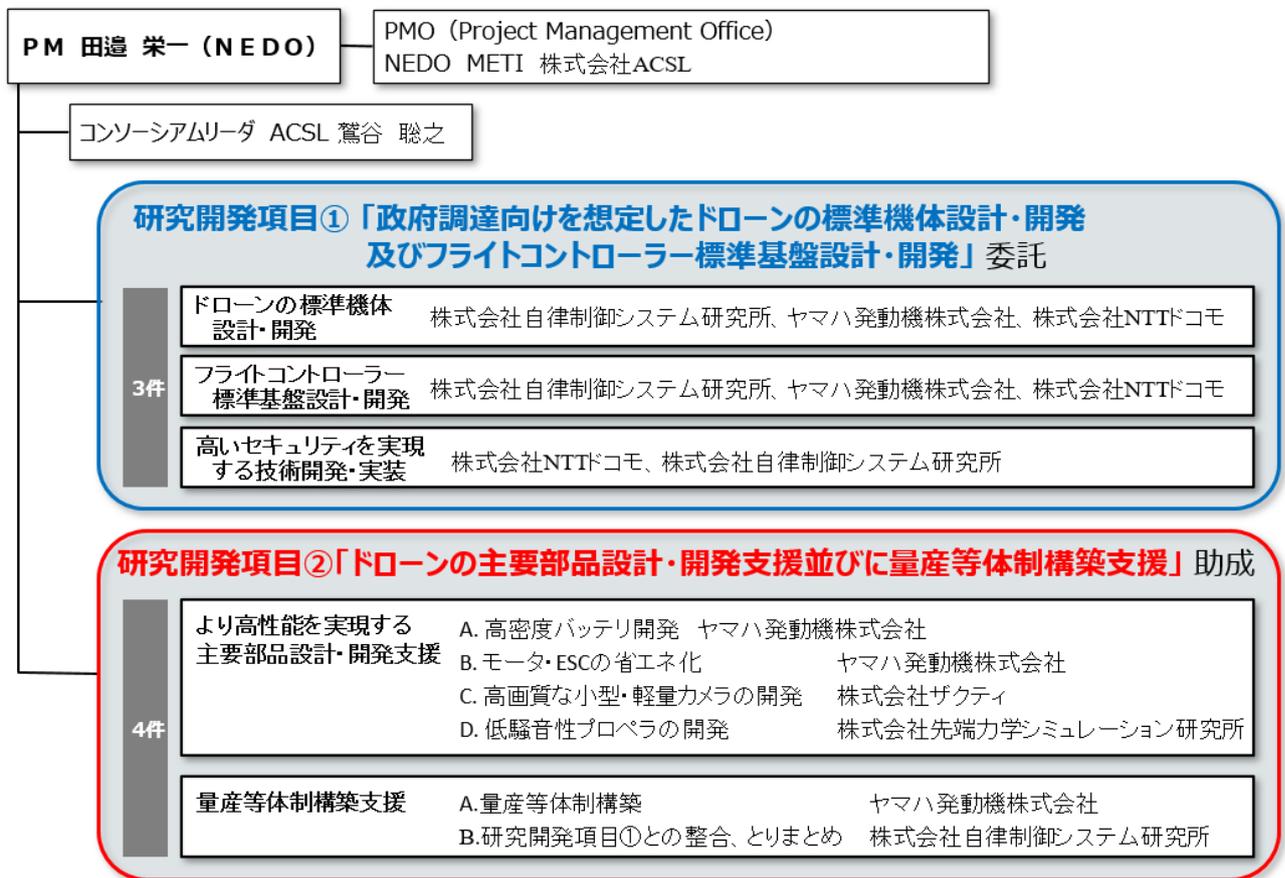


図 II-3 「安全安心なドローン基盤技術開発」プロジェクトの推進体制

## 2.3 研究開発の運営管理

### 2.3.1 上位課題の解決と開発現場の課題解決のための体制

本事業を推進するにあたっては、事業終了後の早期実用化を考慮し、PMO の設置とコンソーシアムリーダーの任命により、事業全体の推進・ガバナンスと、現場での開発活動を独立させながら高度に協調するために、PMO ミーティングとコンソーシアムミーティングを両軸として事業運営を管理する。

#### PMO ミーティング

コロナ禍にあることと移動に対する効率性を考慮し、1 回/週の頻度でリモート開催することにより、上位レベルで解決すべき課題の解決を図る。また、アジャイル開発を実現するための試作機を使ったユーザー体験会の企画・開催や、ニュースリリースや記者会見などの広報活動を企画・推進する。

#### コンソーシアムミーティング

PMO ミーティングと同様に、コロナ禍とロケーションが異なる事業者間の効率的な協業を実現するため、1 回/週の頻度でリモート開催する。また、初期のシステム設計やサブシステム間にわたる技術課題の解決、あるいはサブシステムを組み合わせて評価を行う際などは、必要不可欠な成員で合宿を行うなどしてさらに密な協業を図る。

### 2.3.2 ユーザー体験会の開催

本事業では 2 段階の試作機開発（0 次試作機、1 次試作機）を経て、量産プロトタイプを完成させるというアジャイル開発を実施し、それぞれの試作機を政府各機関や警察・消防などで実際にドローンを利用される方々に操縦してもらうことで、機能・性能を確認してもらうとともに、携帯性や操作感、UI といった定性的な項目へもコメントを頂き、次期試作機（最終的には量産プロト）の開発へフィードバックする。

2 回の体験会の概要は以下のとおりである。

#### 第 1 回体験会

日程： 2020 年 12 月 16 日～18 日

場所： 大宮けんぼグラウンド

主な対象： 政府省庁、自治体・警察/消防

機体： 0 次試作機（一部の部品は市販品を利用）

成果： 延べ 103 名の参加により、約 100 件のフィードバックを頂き、フィジビリティを確認の上次期試作機への仕様へ反映すると共に、結果を 2 月上旬に参加いただいた方々にご回答した。

#### 第 2 回体験会

日程： 2021 年 4 月 22 日

場所： 大宮けんぼグラウンド

主な対象： 自治体警察/消防、発電/送電事業者、鉄道事業者

機体： 1 次試作機（全ての部品は本事業で開発した者を利用）

成果： 約 60 名の方々に参加いただき、第 1 回体験会で頂いた以上の要求はほとんどなかったが、15m/s を超える強風に終日見舞われる中での体験会となり、耐風性能の高さへのご好評と実用化への期待が得られた。

### 2.3.3 記者説明会の実施

「安全安心なドローン」の必要性に対する社会認知の向上を目的として、1次試作機の展示と併せて会場会見およびリモート配信での記者説明会を実施した。

NHKニュース「シブ5時」では、「高セキュリティ」国産ドローンとして、政府の動向やソニー、NTT東日本といった民間企業の最新動向等を交えて報道され、他社の記事でも前向きに伝えられ、本事業の途中成果だけでなく、重要な画像やフライトデータを扱う「産業用途での安全安心なドローンの必要性」を啓蒙する上でも、大きな効果が得られた。

#### 記者説明会概要

実施日： 2021年4月13日

開催方法： 人数を限定した対面開催＋オンライン配信／プレゼンテーション＋実機展示

対象： テレビ局、新聞、専門／一般紙、フリージャーナリスト

登壇者： NEDO 統括主幹、経済産業省原課 室長、(株)ACSL 社長、有限責任事業組合グリッドスカイウェイ CEO

成果： 会場会見に19社、オンラインで9社が参加し、当日のNHKニュース「シブ5時」での放映(計4分)他、日経電子版や日経X-Tech、ドローンジャーナルなど10以上のメディアで報道される。

### 2.3.4 プレスリリース・ニュースリリースの発行

下記、都合2回のプレスリリース・ニュースリリースを発信した。

#### 1回目プレスリリースの発信

実施日： 2021年4月13日

タイトル： 「安全安心なドローン基盤技術開発に関する記者説明会」

目的： 災害対応やインフラ点検、監視・捜索などに対応する安全・安心な標準ドローンの開発、ならびに主要部品の高性能化や量産への取り組みを支援する「安全安心なドローン基盤技術開発」の開発状況を説明するとともに、ドローン試作機等を展示する旨、関係各種メディアに周知・参加案内する。

#### 2回目ニュースリリースの発信

実施日： 2021年12月7日

タイトル： 「安全安心なドローン基盤技術の取り組み成果が商品化に結実」

—災害時やインフラ点検など公共分野での活用に期待—

目的： (株)ACSLのドローン「SOTEN(蒼天)」の受注開始に合わせて、「安全安心なドローン基盤技術開発」の成果を説明する。

## 2.4 研究開発成果の実用化・事業化に向けたマネジメントの妥当性

### 2.4.1 実用化・事業化に向けて

本事業終了後の2021年度中に受託事業者による実用化(商品化)が行われている。詳細は第4章「成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて」を参照のこと。

### **3. 情勢変化への対応**

#### **3.1 コロナ禍による事業期間の延長**

本事業は 2019 年度補正予算による事業として、2020 年度中に終了させる予定であったが、2 度にわたる新型コロナウイルス感染症緊急事態宣言（2020 年 4 月 7 日～5 月 25 日、2021 年 1 月 7 日～3 月 18 日）の影響を受け、委託・助成それぞれの事業期間を 2021 年 7 月 31 日（委託）と同年 11 月 30 日（助成）まで延長した。

なお、予算に関しては、2020 年度の残予算をそのまま 2021 年度に持ち越すことにより、当初の予算内で事業を完結させた。

### III. 研究開発成果について

#### 1. 事業全体の成果

本事業では、高性能・使い勝手の良い・高セキュリティ・低価格をキーワードとした小型ドローンの開発を行い、量産プロトタイプの開発を完了させた。開発仕様を定めるにあたっては、関係省庁に対して政府調達に資する小型空撮ドローンのニーズ調査を実施し、ドローンへの要求事項を明確化した上で標準機体の開発要件を定めた。

標準機体開発では2段階の試作機開発を得ており、それぞれのタイミングに応じて各担当受託事業者が試作したフライトコントローラーやバッテリー、送信機及び操作アプリケーション、モーターやESC、カメラ・ジンバル、プロペラ等を組み上げ、全ての部品の試作が間に合わない段階では、市場にある既製品で補う形で計2回の試作機体験会を開催し、アジャイル開発に資するユーザーフィードバックを取得し、量産プロトタイプへ反映することで、アジャイルな標準機体の設計・開発を実現した。



図 III- 1 アジャイル開発で作成した試作機の外観

本事業によって開発された「基盤技術」を図 III- 2 に示す。

ただし、広い意味での基盤技術としては、ここに図示したドローンに必須の要素技術だけではなく、本ドローンシステムを安全安心かつ安定的に生産し、ユーザーの運用を支援できる体制や、ノウハウの取得までを含んでいる。

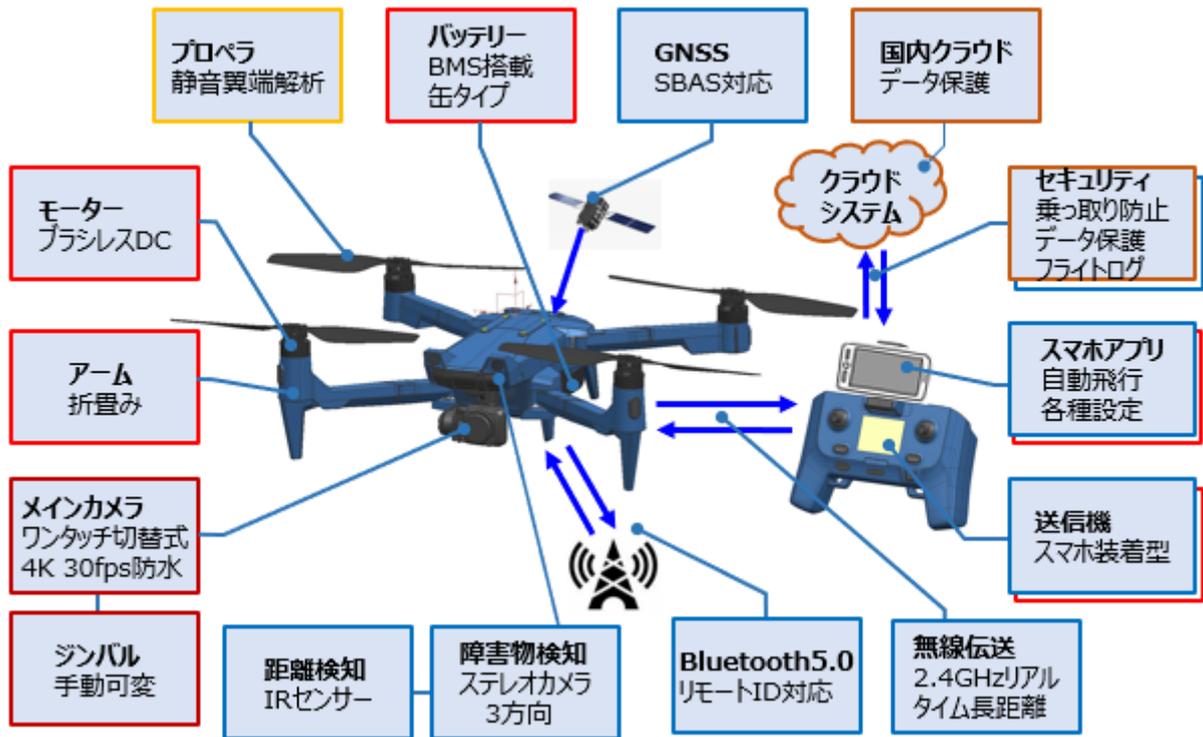


図 III-2 開発した「安全安心なドローン基盤技術」の全体像

なお、量産プロトタイプによって実現・検証されたドローン機体の仕様は表 III-1 のとおりであり、実施方針で目標としたすべての仕様を満たすことができた。

表 III-1 量産プロトタイプの主な仕様

| 機体      | 仕様   |
|---------|--|
| 機体重量    | 1,697g (プロペラ、バッテリー含)                         |
| 全長      | アーム展開時 574mm x 652mm<br>アーム収納時 349mm x 162mm |
| 高さ      | 147mm  |
| 回転羽数    | 4  |
| プロペラサイズ | 10 インチ                                       |
| 動作周波数   | 2412~2477MHz                                 |
| 最大通信距離  | 4km  |
| 保護等級    | IP43   |
| 動作環境温度  | 0~40℃  |
| GNSS    | GPS+QZSS/SBAS+GLONASS+Galileo+BeiDou         |
| リモート ID | ASTM 準拠の Bluetooth 5.0                       |
| 障害物検知   | ビジョンシステム、ならびに赤外線センサー                         |
| バッテリー   | インテリジェント リチウムイオン 86Wh                        |

## 2.研究開発項目毎の成果

### 2-1.「政府調達向けを想定したドローンの標準機体設計・開発及びフライトコントローラー標準基盤設計・開発」

#### (研究開発項目①【委託事業】)

(実施先：株式会社 ACSL、ヤマハ発動機株式会社、株式会社 NTT ドコモ)

本委託事業での実施項目は以下の3つであるが、これらはそれぞれが独立して開発できるものではなく、政府調達に資する1つのドローンシステムとして統合的に実現されなくてはならない。

そこで、本委託事業の成果は、NEDOとコンソーシアムリーダーである(株)ACSLが主体となって要求仕様を定め、その実現に際しては主担当の受託事業者を決めた上で3社の受託事業者が密に連携を図り、システム設計を協業で実施した上で各社の分業・成果の確認と、3社の成果を持ち寄ってシステムとして組み上げた上での検証・評価によって実現したものである。

実施項目 2-1-1. : ドローンの標準機体設計・開発

実施項目 2-1-1. : フライトコントローラー標準基盤設計・開発

実施項目 2-1-1. : 高いセキュリティを実現する技術開発・実装

#### 2-1-1.「政府調達に資する仕様の明確化」(実施主体：NEDO、株式会社 ACSL)

災害対応、インフラ点検、監視・搜索等において、関係省庁に対して政府調達に資する小型空撮ドローンへの要求事項を明確化することを目的に、ニーズ調査を実施した。ニーズ調査の概要は表 III-2 の通りである。

表 III-2 政府調達に資する顧客ニーズ調査の概要

|      |   |
|------|---|
| 調査日  | 2020年6月～7月                                    |
| 調査対象 | 関係省庁  |
| 調査方法 | 市場製品等の参考仕様書<br>利活用に関するアンケート<br>Web会議によるインタビュー |
| 調査内容 | 政府調達に想定した場合の要求仕様<br>政府調達を想定した場合の活用方法、活用環境     |

ニーズ調査を実施するあたり、市販されている小型空撮ドローンの製品仕様を基に、市場製品等の参考仕様書を作成した。幅広く要求事項を把握するために、参考仕様書では技術的・コスト的な実現可能性は考慮せず、市販で提供されている各種性能・機能を集約した。表 III-3 に市場製品等の参考仕様を記載する。

表 III-3 顧客ニーズ調査に際して利用した市場製品等の参考仕様

| 概要                      | 目標仕様   |
|-------------------------|--|
| 機体型式                    | 4枚プロペラのマルチコプター（折り畳み式、ジンバルカメラは機体下に配置）                 |
| 寸法                      | モーター軸：250 x 250mm<br>機体高さ：80mm                       |
| 重量                      | 1.5kg程度  |
| 最大離陸重量                  | 2kg未満  |
| 最大飛行時間                  | 30分以上(20環境にてフェールセーフが作動するまでの時間)                       |
| 最大飛行距離                  | 電波：2.4GHz帯で免許不要で4km（P）                               |
| 最大速度                    | 対気速度50km/h   |
| 最大風圧抵抗                  | 運用最大風速10 m/s   |
| 動作環境温度                  | -10℃から40℃（ただし飛行時間等の制限あり）                             |
| 防水防塵性                   | 完成機体で最低IP43、目指すIP44（メンテナンス付きなど条件あり）                  |
| GPS/GNSS<br>（測位機能）      | みちびき対応のGNSS（サブメートル級）                                 |
| 操作モード                   | GNSS測位モード<br>ATTIモード                                 |
| センサ類（障害物、検知用）           | 6方向の画像センサーを搭載  |
| セキュリティ仕様（乗っ取り、なりすまし）    | AES128暗号化  |
| セキュリティ（データ漏洩）           | クラウド側のアクセス制限   |
| 騒音                      | 60～70dB程度  |
| <b>ジンバル</b>             |  |
| 機構                      | 3軸ジンバル（機体下に配置）                                       |
| 操作可能範囲                  | 機体下に配置<br>正面を0°として、下に90°、上に30°                       |
| <b>標準カメラ</b>            |  |
| 撮像センサー（CMOS）            | 有効画素数：2,000万画素程度                                     |
| 解像度                     | 4K30P  |
| 動画フォーマット                | MP4/MOV  |
| 静止画フォーマット               | JPEG, DNG (RAW),<br>JPEG + RAW                       |
| 撮影画像メモリーカード             | microSD  |
| <b>通信機能</b>             |  |
| 通信全般                    | 電波：2.4GHz帯で免許不要で4km（P）                               |
| 映像伝送                    | リアルタイム伝送品質：720P                                      |
| 通信全般（LTEの場合）            | 4GLTE通信によるコントロール<br>及びテレメトリ通信                        |
| リモートID                  | Bluetooth方式、ネットワーク方式                                 |
| <b>操縦機</b>              |  |
|                         | スティック二本タイプ（モード1から4の選択可能）                             |
|                         | カメラシャッター、動画開始ボタン                                     |
|                         | ジンバル調整機能（パン・チルトのみプロポ操作）                              |
|                         | スマートフォン（Android想定）                                   |
| 出力ポート                   | HDMI、USB   |
| <b>バッテリー</b>            |  |
| 容量                      | 100Wh未満  |
| 仕様                      | インテリジェントバッテリー  |
| <b>フライトログ</b>           |  |
| ログ取得                    | ・フライトログの詳細データがメーカー介さずを取得、解読、解析可能であるようにする。            |
| <b>その他</b>              |  |
| 可搬性                     | 本体は折り畳み式、標準カメラ、バッテリー数本のミニマムの付属品が片手で持ち運び一つのパッケージにまとまる |
| 使いやすさ、操作性               | 使いやすいよう留意して設計する。試作機のフィードバックを反映する。                    |
| インターフェース仕様公開            | バッテリー、モーター、プロペラなど、インターネットに開示されるレベルで公開                |
| メーカークラウド                | 国内にデータセンターを設置  |
| レギュレーション                | 航空局への審査省略機体への申請                                      |
| <b>上記標準仕様までの、機体本体価格</b> |  |
| 価格                      | 50万円未満   |
| <b>オプション（追加料金部分）</b>    |  |
| 追加装備品                   | プロペラガード  |
| 追加装備品                   | タブレット用モニターフード  |
| カメラ                     | 標準カメラとは別に、以下の市販品カメラの動作チェックを実施<br>・赤外線カメラ             |
| RTK                     | RTK対応の受信機であるが、地上局側のアンテナは別途必要                         |
| <b>フライトコントローラー単体の仕様</b> |  |
| 対応仕様                    | 4枚プロペラ機体として標準対応<br>API開放、パラメータ調整可能                   |

主要な政府機関でドローンを活用する現場への延べ20回以上のヒアリングにより、300件以上の定量的な要求仕様に加え、定性的な顧客の声を収集することができた。

調査の結果は、関係省庁の業務に特化した利活用方法なども含み、省庁側からも非公開を条件に収集できた情報も含むため、全てを公開することはできないが、表 III-4 に示すような要求仕様と、表 III-5 に記すような利用方法への要求が強いことが判った。

表 III-4 関係省庁からの定量的な要求仕様（例）

| 項目                 | 要望  |
|--------------------|---|
| GPS/GNSS・RTK(測位機能) | GNSS 及び QZSS (ただし、ATTI モードに切り替え可能な仕様であること)                            |
| 障害物検知・衝突回避         | 木の枝や電線等の細い障害物の検知機能を持つこと   |
|                    | センサー類を活用した以下の機能を持つこと<br>・衝突防止機能 5 方向 (前方、上方、後方、左右)                    |
| GeoFence           | 空港などにおいて、制限表面に抵触しない高度で作業ができるよう最高飛行高度を設定できる機能を有すること                    |
|                    | エリアフェンス機能を有する事 (15m～制限なし)   |
| フェールセーフ            | センサー類を活用した以下の機能を持つこと<br>・GPS 類異常発生 (太陽フレア時など) のフライアウェイ防止機能            |
| 機体本体価格             | 機体本体価格 50 万円未満 (専用送信機、バッテリーは除く)                                       |
| ログ取得               | フライトログの詳細データがメーカーを介さずに CSV 形式、飛行軌跡については GPX、KML 形式などで、取得、解読、解析可能であること |
|                    | フライトログは、墜落事故等があった場合に、原因が究明できる内容であること                                  |

表 III-5 関係省庁からの定性的な要求（例）

|    | 想定されるユースケース                               |
|----|---|
| 防災 | 大規模災害発生した際、洪水・土砂災害を上空から情報収集               |
|    | 救助を行う前に活動の方針を立てるために活用。オルソにて前後の映像を比較       |
|    | 土砂災害時に活動周辺の安全面を上空の方から確認して、土砂がどこで起きているかを確認 |
|    | 登山遭難において 2000m～3000m の高地探査                |
| 点検 | 灯台等の施設・外観・外壁点検                            |

ニーズ調査による、政府調達に資する小型空撮ドローンの標準機体（ドローンシステム）への主な要求仕様を、表 III-6 に示す形でまとめた。また、関係省庁での具体的な利用方法に関係するために本稿では開示しないが、実際のユースケースを反映した動作方式や定性的なニーズなども開発に反映すると共に、本事業がターゲットする小型空撮ドローンや技術の限界を超えたニーズ（過度のペイロードや飛行時間、台風下での飛行など）に対しては、要求元に丁寧に理由を説明することで非対応とすることを納得いただいた。

表 III-6 本事業で開発するドローンへの主な要求仕様

機体

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| 全長                          | アーム展開時：700mm 未満 x 700mm 未満<br>アーム収納時：300mm 未満 x 200mm 未満 |
| 高さ                          | 200mm 未満   |
| 機体重量                        | 2.0kg 未満（取付装置、積載品及びバッテリー含む）                              |
| 回転翼数                        | 4 枚  |
| インテリジェントバッテリー               | 標準：リチウムイオン 1 本   |
| 動作周波数                       | 2.412~2.472 GHz  |
| ホバリング精度<br>（ビジョンポジショニング使用時） | 垂直方向：±0.1m<br>水平方向：±0.3m                                 |
| ホバリング精度<br>（GNSS 使用時）       | 垂直方向：±2.0m<br>水平方向：±1.5m                                 |
| 最大上昇速度                      | 3m/s 以上  |
| 最大下降速度                      | 3m/s 以上  |
| 最大飛行速度（無風時）                 | 10m/s 以上   |
| 最大風圧抵抗                      | 10m/s  |
| 最大飛行時間                      | 30 分以上   |
| 保護等級                        | IP43（カメラ、ジンバル搭載時）  |
| GNSS                        | GPS+QZSS   |
| 動作環境温度                      | 0~40°C   |
| 衝突回避                        | ビジョンシステム及び赤外線センサ   |
| オプション品                      | LTE 通信モジュール  |

画面無し送信機

|                       |                 |
|-----------------------|-----------------|
| 動作周波数                 | 2.412~2.472 GHz |
| 最大伝送距離（障害物や電波干渉がない場合） | 4km             |
| バッテリー駆動時間             | 2 時間以上          |
| 動作環境温度                | 0~40°C          |
| セキュリティ                | AES 暗号化方式       |
| 以下、スマートフォンが搭載可能       |                 |
| サイズ                   | 5 inch          |
| OS                    | Android OS      |
| 端子                    | USB-C           |

## 可視カメラ・ジンバル

|         |   |
|---------|---|
| 有効画素数   | 静止画時：2,000 万画素以上                        |
| 静止画撮影画質 | 解像度：20M                                 |
| 動画撮影画質  | 4K/30p                                  |
| センササイズ  | 1 inch                                  |
| シャッター方式 | メカニカルシャッターまたは電子シャッター方式                  |
| 記録メディア  | microSD UHS スピードクラス：U3、ビデオクラス：V30<br>以上 |
| セキュリティ  | 記録メディアの暗号化（クラウドシステム接続時）                 |
| ジンバル機構  | 3 軸                                     |
| 操作可能範囲  | パン：±85 度<br>チルト：-115～45 度               |
| 制御精度    | ±0.02 度                                 |
| 切替方式    | 4 種類のカメラをワンタッチ式で切替可能                    |

## クラウドシステム

|          |                         |
|----------|-------------------------|
| フライトログ管理 | 保存、参照、消去                |
| フライト管理   | フライト計画登録、編集、参照、消去       |
| 組織管理     | 組織権限管理、組織情報登録、編集、参照、消去  |
| 機材管理     | 機材登録（機材番号、重量等）、編集、参照、消去 |
| 画像/動画管理  | 画像/動画の保存、参照、消去          |

### 2-1-2. 「ドローンの標準機体設計・開発」（実施主体：株式会社 ACSL、ヤマハ発動機株式会社）

本事業で目指した標準機体とは、少なくとも国内では実用化・事業化が実現されていない、「政府調達に資する安全安心なドローン」の 1 事例を研究・開発するものであって、受託事業者以外が容易に実用化できるコモンなドローンを開発することではない。何故ならば、政府調達に資すること自体に秘匿すべき仕様が有り、実装するセキュリティを公開すること自体がセキュリティのリスクになるためである。

しかしながら、その様な「政府調達に資する安全安心なドローン」の 1 事例を開発・提示することは、トイドローンから発展してきた現在のドローン市場に対して、取得する画像データやフライトデータに対するセキュリティの重要性を啓蒙すると共に、その様な「安全安心なドローン」の市場を創出すること自体が、今後産業用途でドローンの利活用を拡大していくうえで重要な意味を有するからである。

また一方では、本事業は国内の安全安心なドローン関連産業の醸成を目指したのもでもあり、受託事業者以外によるインフラ点検等に必要となる画像解析アプリケーションとの連携や、第 3 者が作製するサーチライトやスピーカなどのモジュールによるカスタマイズ、あるいは本事業の成果であるバッテリーやモーター・ESC といった、主要部品を利用した第 3 者のドローン開発を促すものでなくてはならない。そこで、専用の公開サイトを構築し、標準機体として開発した主要部品の接続インターフェースや飛行制御プロトコルを、図 III- 3 に示すような内容で公開することとした。

公開サイト URL：<https://www.acsl.co.jp/nedo/>





図 III-4 位置計測用プリズム

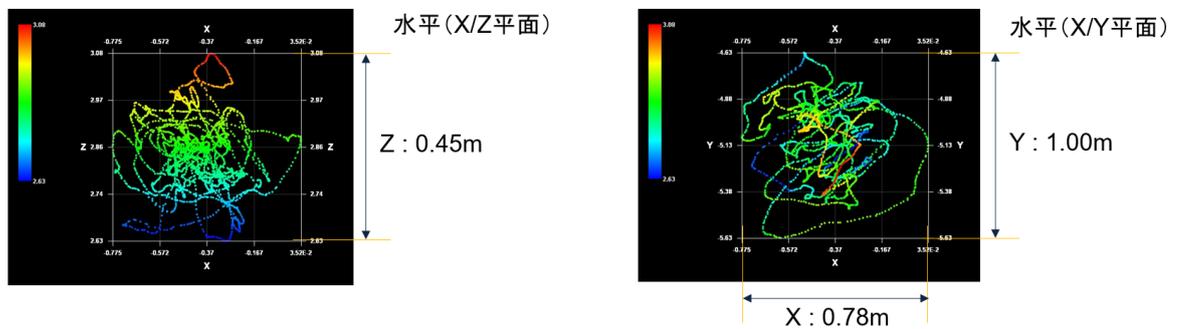


図 III-5 GPS 使用時の位置精度結果

最大風圧抵抗および最大ピッチ角に関しては福島ロボットテストフィールドの風洞で実施した。風洞正面にて無風状態で機体をホバリングさせた後徐々に風速を上昇させ、機体が 30 秒以上安定することを確認するとともに各時点でのピッチ角が設定された  $30^\circ$  を超えないことを確認した。

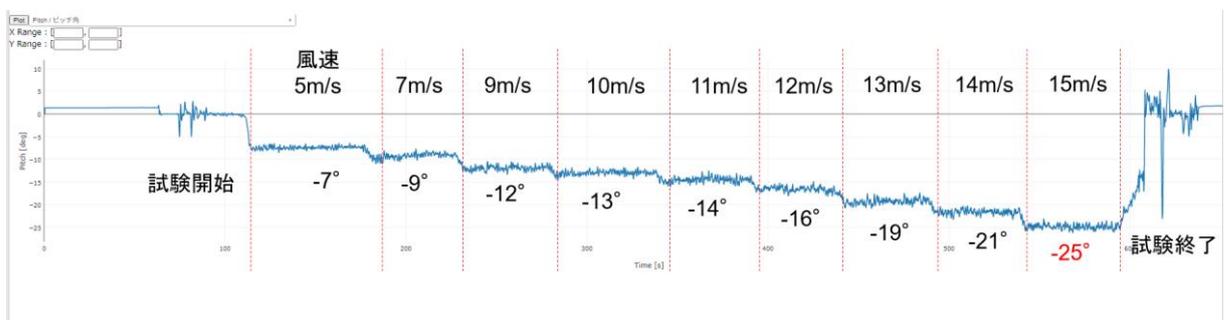


図 III-6 最大風圧抵抗試験結果

最高高度については、長野県吾妻郡小諸市の高峰高原アサマパーク 2000（標高 1920m）において実地試験を実施した。機体が地表からの高度 100m にて安定的に飛行できることを確認したため、目標である高度 2000m を達成したと判定できる。



図 III-7 高峰高原アサマパーク 2000 での飛行の様子

表 III-7 飛行結果

|                    | 1回目    | 2回目    |
|--------------------|--------|--------|
| フライト時間<br>(BATT残量) | 17分14秒 | 17分20秒 |
| 気温[°C]             | 23.2   | 19.5   |
| 湿度[%]              | 25     | 23.2   |
| 気圧[hPa]            | 815.4  | 815.1  |
| 平均風速[m/s]          | 1.4    | 1.4    |

また、防塵・防水試験では、IEC（国際電気標準会議）が定める IP 等級に即して実施し、基準を満たすことを確認した。IP4X は、直径 1.0mm 以上の大きさの外来固形物に対して保護していることを定めている。試験には、接近度検査用プローブ P 10.23 (株)アスク（校正年月日 2021 年 6 月 4 日）、及びデジタルフォースゲージ ZTA 500N(株)イマダを活用した。

結果としては、正面から全面ダクト内に外来固形物の侵入があったが、スケルトンボディを用いた検証によって侵入経路上に電気部品が無いことを確認した。また、モーターのコイル部が露出していて外来固形物の侵入可能であるが、モーターは外郭として扱うため対象外とすることと、加えて量産試作時にはキャップを追加して保護されるため IP4X に準拠していると判定できる。



図 III-8 試験検査装置

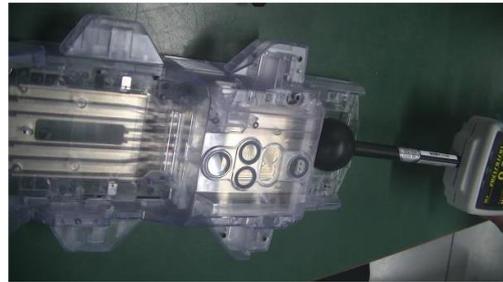


図 III- 9 固形物のダクト内侵入の確認と、スケルトンボディによる検証

長距離通信試験については、浜名湖沿岸の見通し環境が確保できる浜名湖オルゴールミュージアム展望台で実施した。機体を展望台、プロボを地上に設置した。**エラー！参照元が見つかりません。**に位置と様子を示す。結果、開発目標である4km以上の距離をテレメトリ、ならびに映像双方で通信確認することができた。



図 III- 1 0 長距離通信試験場所と機体・プロボの位置関係

図 III- 1 1 から図 III- 1 2 に試験結果を示す。長距離通信試験時に、プロボから機体に対してローターの回転指令を与えた際に、ローターが回転し機体が制御可能であることがわかる。また、同条件下でのプロボ側での機体からの信号の受信レベルに関しては、機体制御に対して十分な信号授受が可能であった。

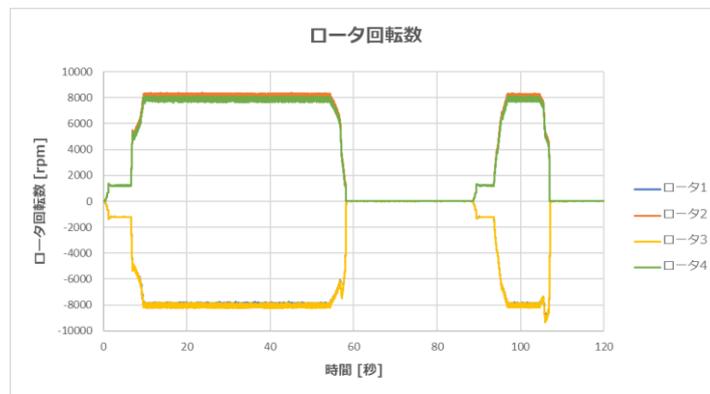


図 III- 1 1 機体側でプロボからの制御信号を受信して動作 (ローター回転指令)

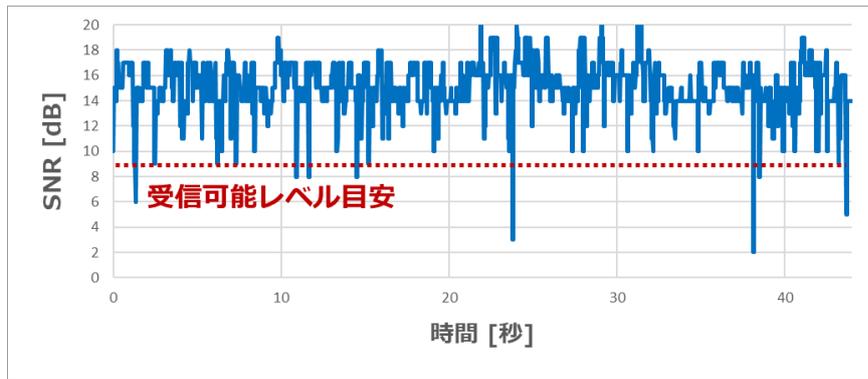


図 III- 1 2 プロポ側受信レベル

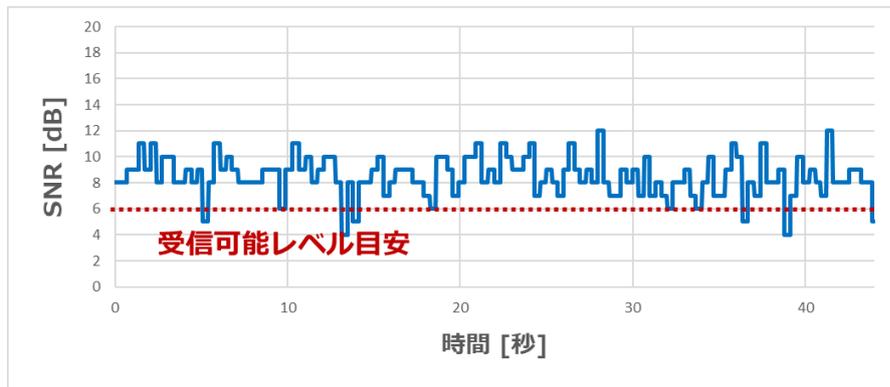


図 III- 1 3 機体側受信レベル確認

### 2-1-3. 「フライトコントローラー標準基盤設計・開発」(実施主体：株式会社 ACSL)

高い飛行性能・操縦性を実現するフライトコントローラー標準基盤設計・開発においては、API 等を他の主要部品の接続仕様と併せて公開する専用ウェブサイトを新規に構築し、2021 年 12 月 7 日から公開した。そして、(株)ACSL によって本事業成果が実用化された後の 2022 年 3 月 30 日には、株式会社石川エナジーサーチが開発するドローン「ビルドフライヤー」が、「安全安心なドローン基盤技術開発」事業において開発したフライトコントローラーに統合されることが(株)ACSL からプレスリリースされた。

#### 2-1-3-1. 要件定義とフライトコントローラー標準基盤

フライトコントローラー標準基盤の開発では、国産部品を一次選定候補とした、フライトコントローラー標準基盤の設計と開発を行い、成果報告書の公開と併せてのインターフェース仕様及び API 公開を目標とした。開発内容は、最終的には量産プロトタイプに活用されるフライトコントローラー標準基盤として、ドローンの主要制御基板となっている。

事業内容①の項で記載した関係省庁に対するニーズ調査より、政府調達等を想定した際の標準機体に求められる要求事項を明らかにした。そのうち、フライトコントローラーに求められる要件を抽出し、フライトコントローラーの開発要件として定めた。結果を表 III-8 に示す。

表 III-8 フライトコントローラーの開発要件定義

| 開発要件                  | 性能・仕様   |
|-----------------------|---|
| 機体型式                  | 4枚ロータ制御   |
| 最大速度                  | 対気速度10m/s以上   |
| 最大風圧抵抗                | 運用最大風速10m/s以上   |
| 動作環境温度                | 0℃～40℃  |
| ホバリング精度               | <ビジョンセンサ動作時><br>垂直方向：±0.1m 程度<br>水平方向：±0.3m 程度<br><GNSS動作時><br>垂直方向：±2.0m 程度<br>水平方向：±1.5m 程度 |
| GPS/GNSS (測位機能)       | GPS+QZSS  |
| アルゴリズム                | モデルベース、非線形制御  |
| 操作モード                 | GNSS測位モード<br>ATTIモード  |
| センサ類 (障害物、検知用)        | 画像センサ・赤外線センサを用いた衝突回避  |
| セキュリティ仕様 (乗っ取り、なりすまし) | データ通信の暗号化   |
| リモートID                | Bluetooth 5.0によるブロードキャスト型   |
| 拡張性                   | MAVLINKプロトコル対応  |
| プロトコル                 | 拡張性のためMAVLINKプロトコル対応  |

フライトコントローラーの開発に対しては、関係省庁に対するニーズ調査でも要望の多かった拡張性を持たせつつ、飛行制御高度化を実現するべく、拡張性を有する機能と、飛行制御部を分離する構造を採用した。拡張性を有する部位には米国 NVIDIA 社の画像処理技術 NX XAVIER を採用しつつ、飛行制御部にはスイス国 STMicro 社の MCU を採用した。フライトコントローラーのシステム図を図 III- 1 4 に示す。

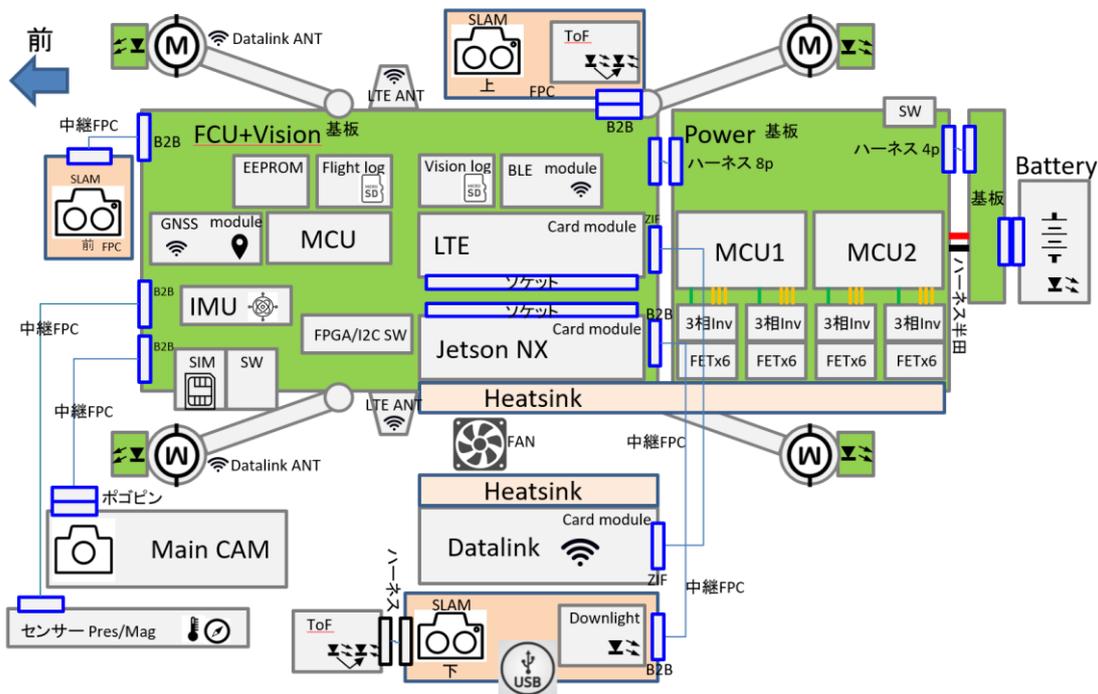


図 III- 1 4 フライトコントローラーのシステム図

リモート ID については、我が国でもリモート ID に関する指針が国土交通省を中心に検討されており、それに準拠した形で開発を実施した。その結果、Bluetooth 5.0 を活用したブロードキャスト型を採用しており、Bluetooth 5.0 のチップには日本製 TAIYO YUDEN 社のものを採用している。

### 2-1-3-2. 制御アルゴリズムと通信プロトコル

フライトコントローラーの制御アルゴリズムには、モデルベースの非線形制御である、モデル規範型スライディングモード制御を採用した。モデルベース制御とは制御対象をモデル化して設計や解析を行う手法であり、制御対象の出力を所望の応答に対して追従させるモデルマッチングにおいて、2自由度制御系のフィードバック制御部にスライディングモード制御を適用する事で、PID制御などの線形制御に比べてモデル化誤差や外乱に強いという特徴を持たせたものである。本制御方式によって、機体の重量の変化や風の有無の違いなどの影響が飛行性能に現れにくく、安定した飛行性能を実現できる。図 III- 1 5 に上記モデルベース、非線形制御の概要を示す。

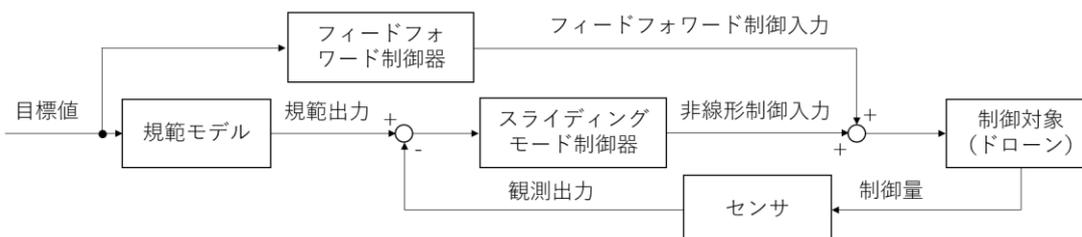


図 III- 1 5 モデルベース、非線形制御の概要

通信プロトコルには、関係省庁のニーズ調査でも要望の多かった拡張性を担保するべく、グローバルで活用されている MAVLINK プロトコルを採用した。MAVLINK (Micro Air Vehicle Link と呼ばれる) は小型ドローンのコミュニケーションプロトコルとして 2009 年よりグローバルに活用されており、既に MAVLINK プロトコルを中心としたエコシステムも形成されている。これを採用した結果、第三者が開発するアプリケーションとフライトコントローラーが通信する際に固有の API を使う必要がなくなり、SDK の提供も不要とした。

### 2-1-3-3. クラウドシステム開発概要

本研究で開発するクラウドシステムとは、ドローンを運用するための専用クラウドシステムである。専用のクラウドシステムが必要な理由としては、標準機体で取得したフライトログをセキュアに管理し、合わせて取得する動画像等についても万が一の情報漏洩等のリスクに備え、暗号化による管理を実施するためである。

クラウドシステムでは、フライト前の計画段階からフライト後のデータ管理まで、飛行に関する一連の情報を一元管理することが可能である。具体的には、フライト前であれば、当日のパイロットなどのユーザーの管理や当日飛行させるドローン等の機材の管理、さらにはいつどこを飛行させるといった、フライト計画を管理する各種機能を提供する。クラウドシステムを活用することで、ドローン関連の情報を一元的に管理することが可能となり、業務の効率化、コストの削減等に寄与するシステムとなっている。

クラウドシステムの構成について図 III- 1 6 に示す。クラウドシステムには AWS を利用し、さらに関係省庁に対するニーズ調査に基づき、AWS の日本リージョンで構築することとした。また、アプリケーションの処理方式としては、AWS 上に構築された各インスタンス内に Pod を配置し、その Pod 内のコンテナにてアプリケーションが実行される方式としている。各ユーザーは端末等のブラウザからインターネットを経由してアクセスし、クラウドシステムを利用する。また、標準機体及び GCS との接続においては、必要に応じて携帯電話網における閉域接続を行うことで、通信時のセキュリティを強化できる。

関係省庁に対するニーズ調査に基づき、前述の標準機体の開発要件に示した機能を実装した。ニーズ調査において関係省庁から要望の多かったものとしては、データ漏洩防止のためのアクセス制限やメーカーを介さないフライトログの取得等であり、それらは標準機能とした。また、特に工夫を要したものとして、各省庁の組織構成に合わせられる権限管理機能が挙げられる。

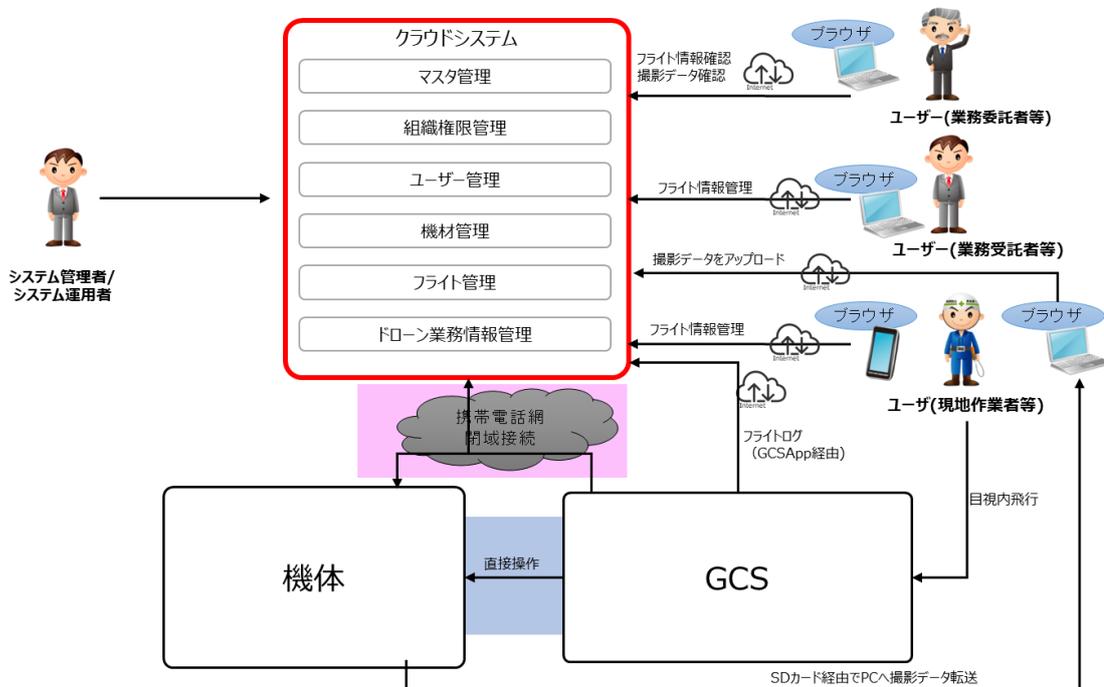


図 III- 1 6 ドローン、GCS およびクラウド構成

#### 2-1-3-4. クラウドシステム開発要件

前項のクラウドシステム概要から開発要件として、表 III-9 に機能要件、表 III-10 に非機能要件を定めた。尚、非機能要件においては、IPA による非機能グレードの項目をベースに、本システムにおいて主要な項目のみを記載している。

表 III-9 クラウドシステムの開発要件（機能要件）

| 大区分      | 中区分         | 詳細内容                               |
|----------|-------------|------------------------------------|
| マスタ管理機能  | フライトマスタ管理機能 | 登録するフライト計画のフライトマスタ(フライト種別等)を管理する機能 |
|          | 機材マスタ管理機能   | 登録する機材の機材マスタ(機材番号、機材重量等)を管理する機能    |
| 組織権限管理機能 | 組織権限管理機能    | 利用組織毎の情報アクセスコントロールを実施する機能          |
|          | 組織管理機能      | 組織情報(組織名、組織コード等)を管理する機能            |
| ユーザー管理機能 | ユーザー権限管理機能  | ユーザー毎の情報アクセスコントロールを実施する機能          |

|              |             |   |
|--------------|-------------|---|
|              | ユーザー情報管理機能  | ユーザー情報(ユーザー名、ユーザー権限、ユーザー資格、フライト時間、フライト実績等)を管理する機能 |
| 機材管理機能       | 機材情報管理機能    | 機材情報(機材管理番号、メーカー、購入日、機材概要、フライト時間、フライト実績等)を管理する機能  |
| フライト管理機能     | フライト計画管理機能  | ユーザーが作成するフライト計画(フライト時間、機材等)を管理する機能                |
|              | フライトデータ管理機能 | ドローンによるフライトで得られたデータ(映像・写真等)を管理する機能                |
|              | フライト履歴管理機能  | フライト計画を元に、フライト履歴情報を作成し、管理する機能                     |
|              | フライト進捗管理機能  | フライト計画のステータス(フライト待ち、フライト中、フライト済)を管理する機能           |
| ドローン業務情報管理機能 | フライトログ管理機能  | フライトログ(飛行時の緯度経度、高度等)を管理する機能                       |

表 III-10 クラウドシステムの開発要件(非機能要件)

| 大区分 | 中区分     | 詳細内容   |
|-----|---------|--|
| 可用性 | 運用時間    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・夜間のみ停止可とし、24 時間 365日稼働とする。</li> <li>・定期停止日は設けず、事前の合意があれば停止は可能とし、可能な限りシステムの二重化を図り、無停止メンテナンスを実施とする。</li> <li>・稼働率は 99.9%とする。</li> </ul>  |
|     | システム冗長化 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・サービス影響があるインスタンスにおいては二重化を行い、単一障害による停止を防止する。</li> <li>・多重化を行ったインスタンスは東京リージョンの複数アベイラビリティゾーンで構築し、単一のアベイラビリティゾーンの障害による停止を防止する。</li> <li>・リージョン全域に及ぶ障害(多重障害)についてはその対処を行わない。</li> </ul> |
|     | 目標復旧時間  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・自動で復旧できる範囲は 10 分以内(想定済みの単一障害)に復帰し、多重障害についてはなるべく迅速に復旧作業を実施して対策を行う。</li> <li>・リージョン障害の場合は 1 営業日を目安とするが、障害規模により変動する。</li> </ul>   |
|     | 復旧レベル   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・DB については最大 5 分前までの復旧を原則とする。</li> <li>・サービス影響のあるインスタンスを復旧対象とする。</li> <li>・データベース・サービス影響のないインスタンスは手動復旧する。</li> <li>・想定できる単一障害は自動復旧とする。</li> <li>・代替業務運用は行わない。</li> </ul>           |

|        |             |   |
|--------|-------------|---|
|        | ネットワーク      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・用途ごとにサブネットを作成する。</li> </ul>   |
|        | バックアップ      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・データベースはスナップショットをオンラインで日次取得する。</li> <li>・インスタンス構成はコードによってインスタンス状態を復元可能とする。</li> <li>・バックアップは東京リージョンで管理する。</li> </ul>   |
| 性能・拡張性 | キャパシティ      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・研究開発時点での各種基底数は下記の通りとする。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ドローン接続数は 5,000 台を想定する。</li> <li>・WEB ユーザー数は 100人を想定する。</li> <li>・平均の 1 ファイルサイズは 10MB を想定する。</li> <li>・オンラインリクエスト件数は 30,000 リクエスト/日を想定する。</li> </ul> </li> </ul>                   |
|        | 業務増大度       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ユーザー数等は、事前に計画したものを原則許容とするが、各種リソース監視によりデータベースの手動スケールアップ或いは API のスケールアウトを実施し、1 倍以上のユーザーを処理可能とする。</li> <li>・オンラインリクエスト件数は、事前に計画したものを原則許容とするが、各種リソース監視によりデータベースの手動スケールアップ或いは API のスケールアウトを実施し、1 倍以上のリクエストも処理可能とする。スパイクの場合は Sorry ページを表示する。</li> </ul> |
|        | オンラインレスポンス  | <p>オンラインレスポンスタイムとは、ユーザーが処理要求を実行し応答結果が描画されるまでの、画面遷移に要する時間(本システムでは 5 秒と定義)とし、そのレスポンス順守率は下記の通りとする。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・通常時のレスポンス順守率を 90%とする。</li> <li>・ピーク時レスポンス順守率を 80%とする。</li> <li>・縮退時のパフォーマンス劣化は考慮しない。</li> </ul>   |
|        | オンラインスループット | <p>縮退はなく、余裕はモーターせない。CPU 使用率に応じて API をスケールアウトする。</p>   |
|        | リソース拡張性     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・インスタンス上のメモリ・CPU・ディスク使用率は共に 50%~80% を推移するようにする。</li> <li>・スケールアップは RDS のみ対象とする。</li> <li>・アプリケーションはスケールアウトを行う。</li> </ul>  |
|        | 性能品質保証      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・事前の性能テストを実施する。</li> <li>・スパイク負荷でエラーが発生した場合は Sorry ページを表示する。</li> </ul>  |
| 運用・保守性 | 運用監視        | <ul style="list-style-type: none"> <li>・リソース監視を行う。</li> <li>・システムの死活監視を行う。</li> <li>・ネットワーク送受信エラーを監視する。</li> </ul>  |
|        | 時刻同期        | <ul style="list-style-type: none"> <li>・時刻同期は Amazon Time Sync Service を用いて行う。</li> </ul>   |

|        |           |  |
|--------|-----------|--|
|        | 運用負荷削減    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・下記は自動化を実施する。</li> <li>・ログローテート</li> <li>・監視</li> <li>・オートヒーリング</li> <li>・バックアップ</li> <li>・下記は自動化を行わない。</li> <li>・OS、MB のパッチ適用</li> <li>・DB 復旧</li> <li>・リリース方法について、SPA コンテンツのアップロードは手動で実施し、API のリリースは Git 管理を行って自動で配布する。変数を更新する場合は手動でアプリケーションをローリングリスタートする。</li> </ul> |
|        | パッチ適用ポリシー | <ul style="list-style-type: none"> <li>・パッチ適用検証は開発環境にて実施する。</li> </ul>   |
|        | 活性保守      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・サービス影響のあるインスタンスは活性保守とする（システムを停止せずに OS やミドルウェア、アプリケーションのパッチ適用を実施）。</li> <li>・サービス影響のないインスタンスは非活性保守とする。</li> </ul>   |
|        | 保守形態      | 9:30～18:00 を対応時間とし、リモートで対応する。  |
| セキュリティ | 認証        | <ul style="list-style-type: none"> <li>・アプリケーションの認証は Auth0 で実施する。</li> <li>・インスタンスへの接続認証は公開鍵認証で実施し、AWS の IAM アカウントごとに権限を分ける。</li> <li>・閉域網からのアクセスにおいては RADIUS 認証を利用する。</li> </ul>  |
|        | 不正監視      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・IDS/IPS を導入する。</li> </ul>  |
|        | ネットワーク対策  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・不正な通信を遮断する。</li> <li>・不正追跡・監視を実施し、システム内の不正行為や、不正通信を検知する。</li> </ul>  |
|        | マルウェア対策   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・マルウェア対策を実施する。</li> <li>・リアルタイムスキャンを実施する。</li> <li>・フルスキャンを実施する。</li> </ul>   |
|        | Web 実装対策  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・セキュアコーディング、インスタンスの設定等による対策の強化を行う。</li> <li>・WAF を導入する。</li> </ul>  |
|        | ログ保管期間    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・インスタンス内の保持期間は 7日間とし、その後、AWS ストレージサービスに転送する。</li> <li>・転送されたログの保存期間は指定しない。</li> </ul>   |

試作機体験会、ならびに一次試作説明会に併せてクラウドシステムのユーザーフィードバックを収集し、アジャイル型の開発要件として反映した。結果、量産試作段階におけるクラウドシステムは図 III- 17 に示すような操作画面の実装を行った。

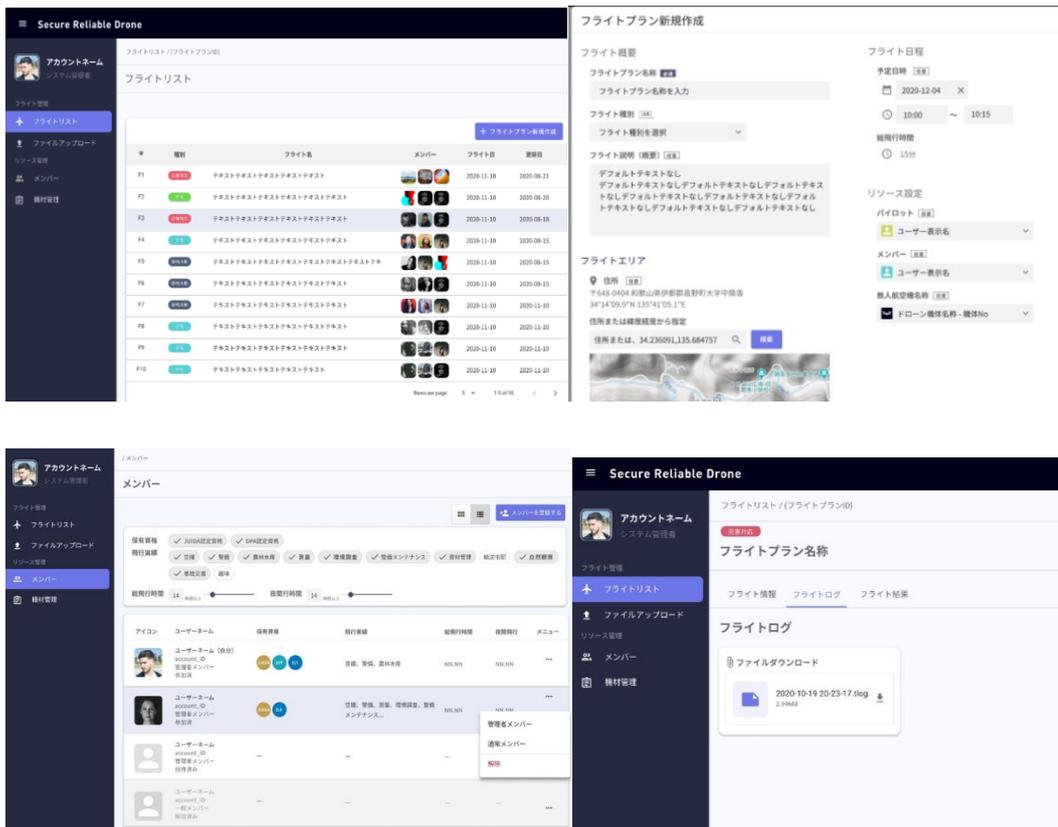


図 III- 1 7 クラウドシステムの外観

2-1-3-4. クラウドシステム評価

本クラウドシステムについては、次のような評価を実施した。

表 III-11 クラウドシステムの動作確認内容-1

| 試験内容   | 観点                                       | 試験内容  |
|--------|--|---|
| 単体性能試験 | ユーザーからのアクション（ボタン押下等）に伴う、動作確認及び操作レスポンスの確認 | <p>開発アプリに対する全操作について、単体で操作を行い、ユーザー観点での動作確認及び以下のレスポンスタイムを計測。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●クライアント操作時の画面更新時間が5秒以内であること。</li> <li>●インスタンスサイドでの処理時間の合計値が3秒以内であること</li> </ul> |
| 負荷性能試験 | 想定する業務負荷状況下におけるスループット・システム安定性への影響確認      | <p>最繁忙期の商用業務をモデル化し、モデル負荷をかけた状態にて下記を計測。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●インスタンスサイドのCPU使用率が80%未満(5分平均)であること</li> </ul>   |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>●インスタンスサイドのメモリ使用率が 90%未満 (5 分平均) であること</li> <li>●インスタンスサイドでの処理時間の合計値が単体性能試験と比較して大幅な遅延(5 倍程度)が無い事</li> <li>●負荷により、ユーザーの再操作で対処できない致命的なエラー発生が無い事</li> </ul> |
|--|--|---|

試験対象としては、画面操作が可能な下記機能とした。

表 III-12 クラウドシステムの動作確認内容-2

| 機能大区分        | 中区分         | 小区分        |
|--------------|-------------|------------|
| ユーザー管理機能     | ユーザー権限管理機能  | ログイン機能     |
|              | ユーザー情報管理機能  | ユーザー情報登録機能 |
|              |             | ユーザー情報編集機能 |
|              |             | ユーザー情報参照機能 |
|              |             | ユーザー情報削除機能 |
| フライト管理機能     | フライト計画管理機能  | フライト計画登録機能 |
|              |             | フライト計画編集機能 |
|              |             | フライト計画参照機能 |
|              |             | フライト計画削除機能 |
|              | フライトデータ管理機能 | フライト結果参照機能 |
|              |             | フライト結果削除機能 |
|              |             | フライト結果登録機能 |
| ドローン業務情報管理機能 | フライトログ管理機能  | フライトログ登録機能 |
| 機材管理機能       | 機材管理機能      | 機材登録       |
|              |             | 機材編集       |
|              |             | 機材一覧       |

単体性能試験における基底データとしては、サービス開始後 1 年後の状況を想定し、下記のデータ状態での試験を実施した。

表 III-13 クラウドシステムの動作確認内容-3

| データ区分     | 基底データ量 | 算定根拠   |
|-----------|--------|--|
| ユーザー登録組織数 | 12 組織  | 『IT 調達に係る国等の物品等又は役務の調達方針及び調達手続に関する申合せ』における『国の行政機関』の半数程度と算定 |

|              |                              |   |
|--------------|------------------------------|---|
| 組織毎ユーザー数     | 10 ユーザー<br>(計 120 ユーザー)      | 今回スコープでの非機能要件定義における最大<br>100 ユーザーを基準に算定       |
| 組織毎フライト数     | 100 フライト<br>(計 1,200 フライト)   | 週次で 2 回程度フライトした場合における、1<br>年後の状態を算定           |
| フライト毎登録ファイル数 | 100 ファイル<br>(計 120,000 ファイル) | 弊社過去実績の撮影平均枚数から算定<br>平均ファイルサイズ：10MB (計 1.2TB) |
| 組織毎登録機材数     | 420 台<br>(計 約 5,000 台)       | 生産台数は未確定であるため、余裕を持たせた<br>台数を設定                |

単体性能試験結果を下記に示す。

表 III-14 クラウドシステムの動作確認結果-1

| 大区分      | 中区分             | 小区分            | 単体性能              |                       |        |
|----------|-----------------|----------------|-------------------|-----------------------|--------|
|          |                 |                | 画面レスポンス<br>(msec) | インスタンスレスポンス<br>(msec) |        |
| ユーザー管理機能 | ユーザー権限管理<br>機能  | ログイン機能         | -                 | 3,617                 | 6,219※ |
|          |                 | ユーザー情報登録<br>機能 | -                 | 1,400                 | 311    |
|          | ユーザー情報管理<br>機能  | ユーザー情報編集<br>機能 | 編集画面              | 200                   | 25     |
|          |                 |                | 編集実行              | 167                   | 34     |
|          |                 | ユーザー情報参照<br>機能 | -                 | 850                   | 115    |
|          |                 | ユーザー情報削除<br>機能 | -                 | 733                   | 61     |
| フライト管理機能 | フライト計画管理<br>機能  | フライト計画登録<br>機能 | 登録画面              | 1,533                 | 159    |
|          |                 |                | 登録実行              | 700                   | 170    |
|          |                 | フライト計画編集<br>機能 | 編集画面              | 2,700                 | 331    |
|          |                 |                | 編集実行              | 2,033                 | 763    |
|          |                 | フライト計画参照<br>機能 | 一覧                | 2,400                 | 6,219※ |
|          |                 |                | 個別                | 1,300                 | 224    |
|          | フライトデータ管理<br>機能 | フライト計画削除<br>機能 | -                 | 1,000                 | 74     |
|          |                 | フライト結果参照<br>機能 | -                 | 1,633                 | 992    |
|          |                 | フライト結果削除<br>機能 | -                 | 700                   | 40     |
|          |                 |                |                   |                       |        |

|              |            |            |   |       |         |
|--------------|------------|------------|---|-------|---------|
|              |            | フライト結果登録機能 | - | 1,733 | 4,523※  |
| ドローン業務情報管理機能 | フライトログ管理機能 | フライトログ登録機能 | - | -     | 15,500※ |
| 機材管理機能       | 機材管理機能     | 機材登録       | - | 700   | 35      |
|              |            | 機材編集       | - | 467   | 69      |
|              |            | 機材一覧       | - | 233   | 59      |

「試験観点：クライアント操作時の画面更新時間が5秒以内であること」については、目標の5秒未満を達成していることを確認した。

「試験観点：インスタンスサイドでの処理時間の合計値が3秒以内であること」については、概ね目標の3秒未満を達成していることを確認した。尚、試験結果の一部画面(上記※の部分)については、目標の3秒を上回ったが、これら全て非同期処理によるものであり、ユーザー目線では遅延は体感されないため、問題無いと判断する。

負荷性能試験の対象としては、画面操作が可能な以下の機能とした。

表 III-15 クラウドシステムの動作確認結果-2

| 大区分      | 中区分         | 小区分        |
|----------|-------------|------------|
| ユーザー管理機能 | ユーザー権限管理機能  | ユーザー権限管理機能 |
|          |             | ログイン機能     |
|          | ユーザー情報管理機能  | ユーザー情報登録機能 |
|          |             | ユーザー情報編集機能 |
|          |             | ユーザー情報参照機能 |
| フライト管理機能 | フライト計画管理機能  | フライト計画登録機能 |
|          |             | フライト計画編集機能 |
|          |             | フライト計画参照機能 |
|          |             | フライト計画削除機能 |
|          | フライトデータ管理機能 | フライト結果参照機能 |
|          |             | フライト結果削除機能 |
|          |             | フライト結果編集機能 |
|          |             | フライト結果登録機能 |
| 機材管理機能   | 機材管理機能      | 機材登録       |
|          |             | 機材編集       |
|          |             | 機材一覧       |
|          |             | 機材削除       |

負荷性能試験における基底データとしては、サービス開始後 1 年後の状況を想定し、下記のデータ状態での試験を実施した。

表 III-16 クラウドシステムの動作確認内容-4

| データ区分        | 基底データ量                       | 算定根拠   |
|--------------|------------------------------|--|
| ユーザー登録組織数    | 12 組織                        | 『IT 調達に係る国等の物品等又は役務の調達方針及び調達手続に関する申合せ』における『国の行政機関』の半数程度と算定 |
| 組織毎ユーザー数     | 10 ユーザー<br>(計 120 ユーザー)      | 今回スコープでの非機能要件定義における最大 100 ユーザーを基準に算定                       |
| 組織毎フライト数     | 100 フライト<br>(計 1,200 フライト)   | 週次で 2 回程度フライトした場合における、1 年後の状態を算定                           |
| フライト毎登録ファイル数 | 100 ファイル<br>(計 120,000 ファイル) | 弊社過去実績の撮影平均枚数から算定<br>平均ファイルサイズ：10MB (計 1.2TB)              |
| 組織毎登録機材数     | 420 台<br>(計 約 5,000 台)       | 生産台数は未確定であるため、余裕を持たせた台数を設定                                 |

負荷性能試験における負荷モデルとしては、下記の通り定義し、試験を実施した。

- 最大同時ログインユーザー：40 ユーザー（登録ユーザーの 4 割程度）
- 時間帯・曜日等により離散は想定されるが、最繁業務時間帯での瞬間的な最大ログイン数の定義
- 上記ユーザーが、下記割合にて画面操作を行う状態が、本システムにおける最繁状態と定義する。

表 III-17 クラウドシステムの動作確認結果-3

| ユーザー数   | 実施業務シナリオ名     | シナリオ詳細   | ログインユーザー |
|---------|---------------|--|----------|
| 5 ユーザー  | フライト登録・更新シナリオ | ログイン→フライト一覧表示→フライト作成→フライト一覧表示<br>→フライト更新→ログアウト   | フライト管理者  |
| 10 ユーザー | フライト結果登録シナリオ  | ログイン→フライト一覧表示→フライト詳細→フライト結果一覧画面<br>→フライト結果登録画面→フライト結果登録 (10MB×30 枚)<br>→フライト結果一覧画面→ログアウト | 一般利用者    |
| 5 ユーザー  | フライト結果参照シナリオ  | ログイン→フライト一覧表示→フライト詳細→ログアウト   | フライト管理者  |

|        |                         |   |         |
|--------|-------------------------|---|---------|
| 5 ユーザー | フライト結果ダウンロードシナリオ        | ログイン→フライト一覧表示→フライト詳細→フライト結果一覧画面→ダウンロード(10MB×30MB) →ログアウト    | フライト管理者 |
| 5 ユーザー | フライトログアップロード/ダウンロードシナリオ | ログイン→フライト一覧表示→フライト詳細→フライトログ→フライトログアップロード→フライトログダウンロード→ログアウト | フライト管理者 |
| 5 ユーザー | フライトログアップロードユーザー        | ログイン→フライトログアップロード→ログアウト                                     | 一般利用者   |

負荷性能試験結果を下記に示す。

表 III-18 クラウドシステムの動作確認結果-4

| 大区分      | 中区分         | 小区分        | 負荷性能                  |        |       |      |
|----------|-------------|------------|-----------------------|--------|-------|------|
|          |             |            | インスタンスレスポンス<br>(msec) | 単体/性能比 |       |      |
| ユーザー管理機能 | ユーザー権限管理機能  | ログイン機能     | -                     | 7,989  | 128%  |      |
|          | ユーザー情報管理機能  | ユーザー情報登録機能 | -                     | 1,160  | 373%  |      |
|          |             | ユーザー情報編集機能 | 編集画面                  | 99     | 394%  |      |
|          |             |            | 編集実行                  | 164    | 487%  |      |
|          |             | ユーザー情報参照機能 | -                     | 405    | 353%  |      |
|          |             | ユーザー情報削除機能 | -                     | 224    | 368%  |      |
| フライト管理機能 | フライト計画管理機能  | フライト計画登録機能 | 登録画面                  | 511    | 321%  |      |
|          |             |            | 登録実行                  | 497    | 292%  |      |
|          |             | フライト計画編集機能 | 編集画面                  | 1,398  | 422%  |      |
|          |             |            | 編集実行                  | 3,651  | 478%  |      |
|          |             | フライト計画参照機能 | 一覧                    | 7,989  | 128%  |      |
|          |             |            | 個別                    | 903    | 403%  |      |
|          | フライト計画削除機能  | -          | 184                   | 248%   |       |      |
|          | フライトデータ管理機能 | フライト結果参照機能 | フライト結果参照機能            | -      | 845   | 85%  |
|          |             |            | フライト結果削除機能            | -      | 154   | 381% |
|          |             |            | フライト結果登録機能            | -      | 4,505 | 100% |

|        |        |      |   |     |       |
|--------|--------|------|---|-----|-------|
| 機材管理機能 | 機材管理機能 | 機材登録 | - | 342 | 979%※ |
|        |        | 機材編集 | - | 349 | 509%※ |
|        |        | 機材一覧 | - | 220 | 373%  |

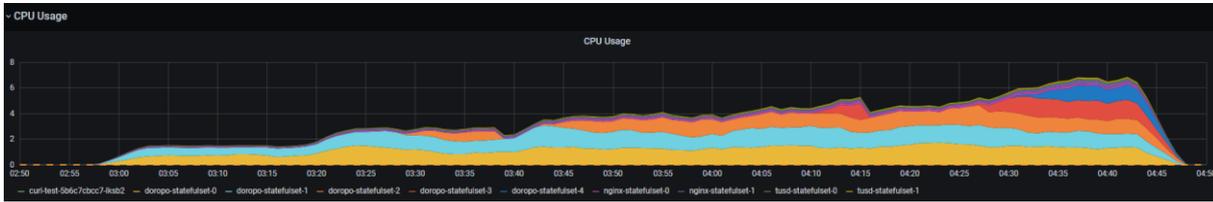


図 III- 1 8 CPU 使用率

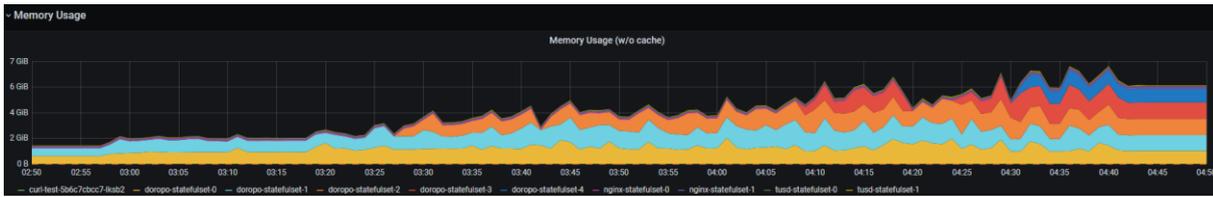


図 III- 1 9 メモリ使用率

「試験観点：インスタンスサイドの CPU 使用率が 80%未満(5 分平均)であること」については、Pod のオートスケーリングが正常に機能し、負荷時でも各 Pod の CPU 使用率は 60%程度で推移していることを確認した。

「試験観点：インスタンスサイドのメモリ使用率が 90%未満 (5 分平均) であること」については、メモリ使用率は各 Pod 最大でも 70%程度となっており、問題無い事を確認した。

「試験観点：インスタンスサイドでの処理時間の合計値が単体性能試験と比較して大幅な遅延(5 倍程度)が無い事」については、単体性能と比較して、ほとんどの処理が負荷試験時の目標の 5 倍程度に収まっている事を確認した。但し、目標の 5 倍を超えるレスポンス(上記表の※部分)となっている処理を一部で確認したが、いずれも、負荷試験時において 300 ミリ秒程度のレスポンスであり、問題無しと判断した。

「試験観点：負荷により、ユーザーの再操作で対処できない致命的なエラー発生が無い事」について、0.01%程度のリクエストでエラー発生していたが(スケールアウト/スケールイン時)、リトライで動作可能であり、致命的な問題は発生していないため、問題無しと判断した。

## 2-1-4. 「高いセキュリティを実現する技術開発・実装」

### 2-1-4-1. 「高いサイバーセキュリティ技術の開発・実装」(実施主体：株式会社 NTT ドコモ)

高いセキュリティを実現する技術開発・実装としては、ドローンにおけるサイバーセキュリティリスクの洗い出し、政府調達に資するセキュリティレベルの検討を行い、対応策を量産プロトタイプに実装するとともに、運用面で行うべき対策についても定めた。

セキュリティ評価については、ISO15408(CC)のセキュリティ評価基準を満たすための分析/検討を実施し、セキュリティ分析/検討においては、標準機体・GCS 及びクラウドにおける物理的及び論理的範囲の双方を対象とし、守るべき資産のスコープをデータの盗難・漏洩防止と、機体の乗っ取り防止と定義した。個別の資産カテゴリーに対して、機密性・完全性・可用性の 3 評価軸を用いて脅威分析を実施したうえで、各資産のライフサイクル分析を行い、各資産のライフサイクルの活用

方法を明確化した。これらの分析結果をもとに、リスクとなりうる箇所の定義を行い、標準機体・GCS 及びクラウドの開発要件に定めるとともに、運用面での対策も定めた。

## 2-1-4-2. サイバーセキュリティ分析・検討方法の概要と TOE 範囲

本開発では、ドローンにおけるサイバーセキュリティリスクの洗い出し、政府調達に資するセキュリティレベルの検討を行い、対応策を量産プロトタイプに実装することを目標とした。高いセキュリティを実現する技術開発を行う上では、ISO15408(CC)のセキュリティ評価基準を満たすための分析/検討の手法を採用している。ISO15408 (CC) を採用した理由としては、政府調達で推奨されている認証制度であり、本手法に則って資産分析、ライフサイクル分析、STRIDE 分析を実施することで、サイバーセキュリティ基本法及び関連規則等に則ったシステム開発とした。本開発で検討したセキュリティコンセプト計画の概要については図 III- 2 0 に、具体的な検討フローについては図 III- 2 1 に示す。

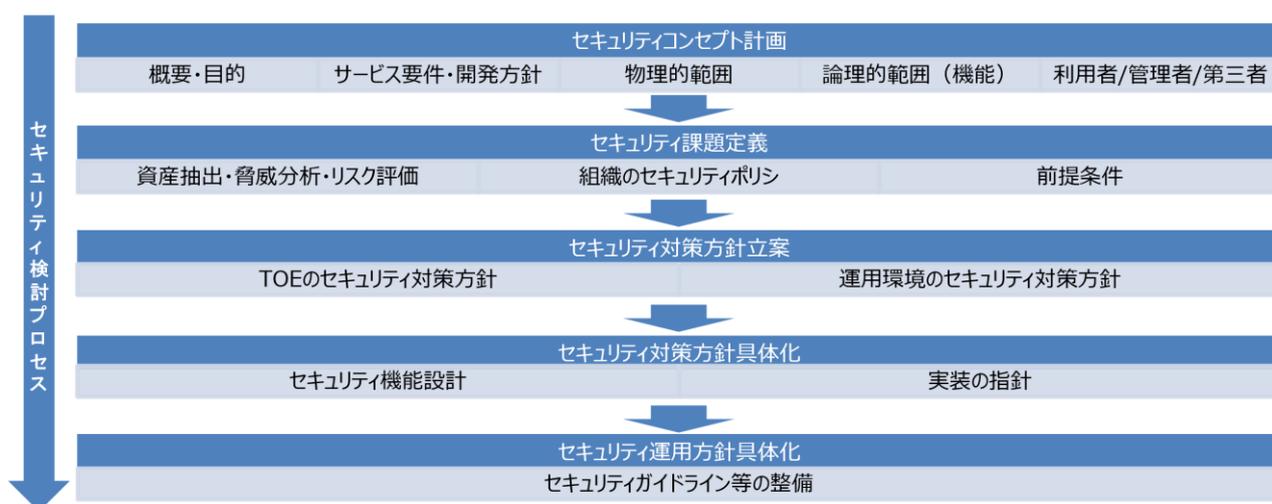


図 III- 2 0 セキュリティコンセプト計画の概要

|                         |                                  |
|-------------------------|----------------------------------|
| <b>TOE (評価対象) 範囲の決定</b> | 評価を行う対象範囲を明確化させる作業               |
| <b>資産の抽出</b>            | TOE範囲内に存在する資産を明確化させる作業           |
| <b>資産の評価</b>            | 抽出した資産の重要度を定義する作業                |
| <b>ライフサイクル分析</b>        | 重要度が高いと判断された資産がどのように扱われるか明確化する作業 |
| <b>脅威抽出</b>             | 対象の資産ごとに脅威を明確化する作業               |
| <b>リスク評価</b>            | 抽出した脅威を影響度、発生可能性の観点から評価する作業      |
| <b>セキュリティ対策方針の立案</b>    | リスク評価結果と対策コストを考慮し、適切な対応方法を策定する作業 |
| <b>セキュリティ対策方針の具体化</b>   | 対応方法の具体的な実装方法を策定する作業             |
| <b>セキュリティ対策運用の具体化</b>   | 実装ではなく、運用で対策を講ずる事項について策定する作業     |

図 III- 2 1 検討フロー

セキュリティ分析/検討においては、TOE 範囲の定義では、標準機体・GCS 及びクラウドにおける物理的及び論理的範囲の双方を対象とし、守るべき資産のスコープを定義している。TOE 物理的範囲とはハードウェア、ファームウェア、ソフトウェアコンポーネントおよびモジュールであり、論理的範囲とは通信機能、制御機能、操作機能、業務データ管理機能等の本事業で開発した機能である。ドローンならびに GCS で定めた TOE 物理的範囲について図 III- 2 2 に例示的に示す。

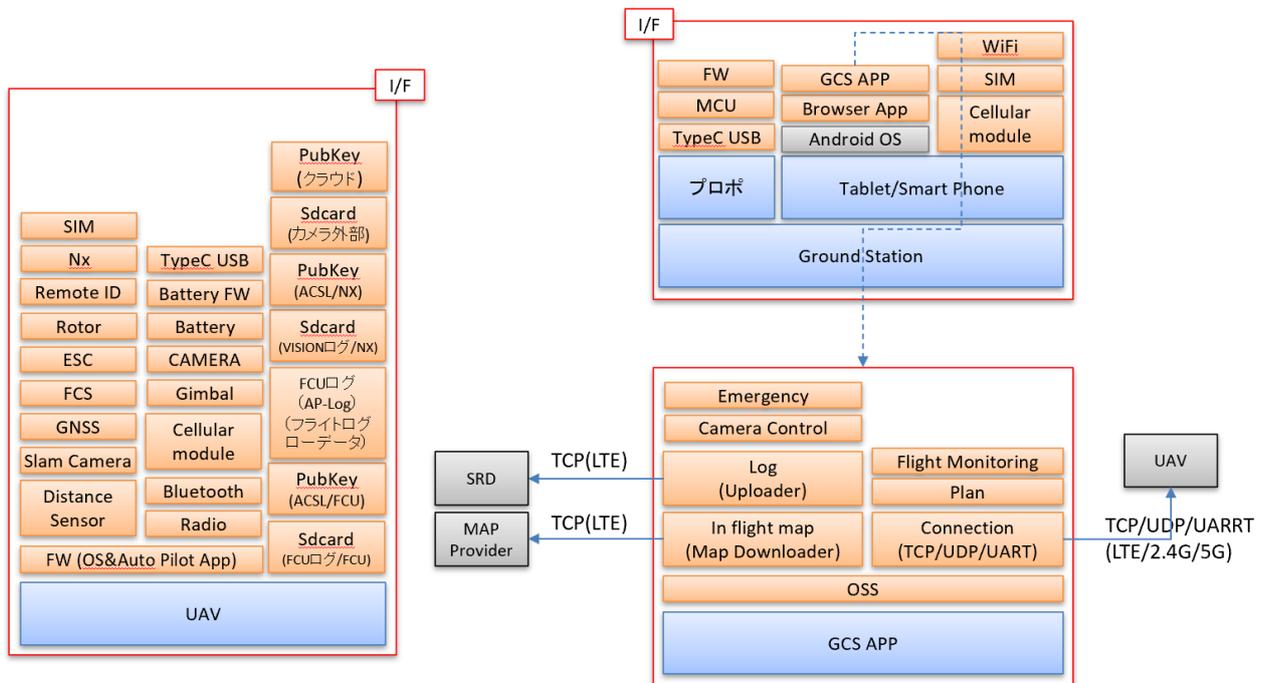


図 III- 2 2 TOE 物理的範囲 (ドローンと GCS の一部を例示)

### 2-1-4-3. ライフサイクル分析と脅威分析、リスク評価

前項で定めた TOE 物理的範囲、論理的範囲に加えて、サービスの目的や要求条件を定めたうえで、セキュリティ課題定義に向け資産抽出とライフサイクル分析、脅威分析、ならびにリスク評価を実施している。各資産のライフサイクルを 5 段階で分類（生成、保管、利用、破棄、出力）したうえで各ライフサイクルステージにおける活用方法を分析した。図 III- 2 3 にライフサイクル分析結果を例示的に示す。

| 資産カテゴリ | 資産No. | 資産名            | 生成（登録）  | 保持（保管）  | 利用（観測、更新、加工、複製）  | 破棄（消去）   | 出力（外部持出）                      |
|--------|-------|----------------|---|---|--|--|-------------------------------|
| 操作コマンド | 2     | 飛行操作コマンド       | GSによって生成され、2.4 GHzまたはLTE接続経由でUAVは取得する。        | 取得し実行した飛行操作コマンドはFCUログに記録されFCUに装着されたSDカードに保管される。 | FCU上でコマンドを実行し、飛行させる各機構を動作させる。  | FCUログに記録された飛行操作コマンドは直近50回の電源サイクルのみを記録し、それ以前のログは上書きして削除される。 | 取得し実行した飛行操作コマンドはFCUログとして持ち出す。 |
| ソフトウェア | 10    | ストリーミング用動画データ  | メインカメラで撮影したデータをNXが受け取り、NX内のビデオエンコーダによって生成される。 | SDカードに記録されるまで、メインカメラのDRAMに保存。                   | GS側で送信する。  | GSへ送信されると、メモリは解放され破棄。                                      | 生成したストリーミング動画はGSへ送信する。        |
|        | 18    | セルラー通信機能       | 本機能はFWとしてNX上に登録され、以降はFW更新としてインストールされる。        | NX上のメモリに保管される。                                  | 本機能は、セルラー通信で動作する場合に利用。受信データはGSからの飛行操作コマンド、送信データはフライトログとストリーミング動画データ。                   | UAVとGSの産業で合わせて廃棄される。                                       | なし                            |
|        | 19    | 無線通信機能（2.4GHz） | 本機能はFWとしてFCU上に登録され、以降はFW更新としてインストールされる。       | FCU上のメモリに保管される。                                 | 本機能は、2.4GHz無線通信で動作する場合に利用。受信データはGSからの飛行操作コマンド、送信データはGSからの飛行操作コマンド、送信データはGSからの飛行操作コマンド。 | UAVとGSの産業で合わせて廃棄される。                                       | なし                            |

図 III- 2 3 ライフサイクル分析結果（例示）

次に、守るべき資産について、個別の資産カテゴリーに対して機密性・完全性・可用性の 3 評価軸を用いて脅威分析を実施した。図 III- 2 4 に脅威分析結果の一部を例示的に示す。また、表 III-19 にクラウド、標準機体、GCS の脅威分析結果を整理した。例えばクラウドにおいては、脅威分析の結果、抽出された脅威「大」と評価されたものが 1,964 個、脅威「中」と評価されたものが 383 個、脅威「小」と評価されたものが 134 個の合計 2,481 個の脅威が抽出された。これら脅威は、個別の脅威が互いに相互依存関係にあることから、それらをまとめると 55 項目に分類することができた。

| 資産カテゴリ | 資産No. | 資産名              | 機密性 | 判断理由（機密性）   | 完全性 | 判断理由（完全性）   | 可用性 | 判断理由（可用性）  | 総合評価 | 判断理由（総合評価）                            |
|--------|-------|------------------|-----|---|-----|---|-----|--|------|---------------------------------------|
| 通信関連   | 1     | ペアリング情報          | 大   | 機密性が侵害されると、オペレーションへの深刻な影響が想定される。（ペアリング情報は不正操作に利用される恐れがある） | 大   | 完全性が侵害されると、オペレーションへの深刻な影響が想定される。（ペアリング情報が書き換えられることにより、操作権を奪取される恐れがある） | 中   | ペアリング情報の可用性の侵害は、飛行ができない影響があるため中と判断する。              | 大    | CIAの侵害により、ペアリング情報は不正操作の攻撃材料となるため大と判断  |
| 操作コマンド | 2     | 飛行操作コマンド         | 中   | 機密性が侵害されると攻撃者の攻撃材料となる可能性があるため、中とする                        | 大   | 完全性の侵害により、UAVの正常な制御ができない影響が想定される                                      | 大   | 可用性の侵害により、UAVの正常な制御ができない影響が想定される                   | 大    | CIAの侵害により、不正操作の攻撃により危険飛行等の影響があるため大と判断 |
|        | 3     | カメラ操作コマンド        | 小   | 機密性が侵害されても影響は軽微と判断  | 大   | 完全性の侵害により、カメラの正常な制御や期待した撮影ができない影響が想定される                               | 中   | 可用性の侵害により、カメラの正常な制御や期待した撮影ができない影響が想定される            | 中    | CIAの侵害により、不正操作の攻撃により危険飛行等の影響があるため大と判断 |
|        | 4     | ジンバル操作コマンド       | 小   | 機密性が侵害されても影響は軽微と判断  | 中   | 完全性の侵害により、ジンバルの正常な制御や期待した撮影ができない影響が想定される                              | 中   | 可用性の侵害により、ジンバルの正常な制御や期待した撮影ができない影響が想定される           | 中    | CIAの侵害により、期待した動画撮影を撮影できない影響があるため中と判断  |
| 生成データ  | 5     | FCUログ            | 大   | 実際の飛行に関する詳細なデータであり、機密なデータであると判断し大とする                      | 大   | 対象データの完全性の侵害は、事故発生時や不具合発生時の分析に混乱を招くため大と判断する                           | 大   | 対象データの可用性の侵害は、事故発生時や不具合発生時の分析に混乱を招くため大と判断する        | 大    | CIAの侵害により、保守運用で重要なログ解析が困難になるため、大と判断   |
|        | 6     | 画像データ（ヘッダのみ暗号化）  | 大   | 機密性の高い情報のため、大と判断  | 大   | 対象データの完全性の侵害は、深刻な影響が想定されるため大と判断                                       | 大   | 対象データの可用性の侵害は、深刻な影響が想定されるため大と判断                    | 大    | CIAの侵害により、期待した動画撮影を撮影できない影響があるため大と判断  |
|        | 7     | 画像データ（全て暗号化）     | 大   | 機密性の高い情報のため、大と判断  | 大   | 対象データの完全性の侵害は、深刻な影響が想定されるため大と判断                                       | 大   | 対象データの可用性の侵害は、深刻な影響が想定されるため大と判断                    | 大    | CIAの侵害により、期待した動画撮影を撮影できない影響があるため大と判断  |
|        | 8     | 動画データ（ヘッダのみ暗号化）  | 大   | 機密性の高い情報のため、大と判断  | 大   | 対象データの完全性の侵害は、深刻な影響が想定されるため大と判断                                       | 大   | 対象データの可用性の侵害は、深刻な影響が想定されるため大と判断                    | 大    | CIAの侵害により、期待した動画撮影を撮影できない影響があるため大と判断  |
|        | 9     | 動画データ（全て暗号化）     | 大   | 機密性の高い情報のため、大と判断  | 大   | 対象データの完全性の侵害は、深刻な影響が想定されるため大と判断                                       | 大   | 対象データの可用性の侵害は、深刻な影響が想定されるため大と判断                    | 大    | CIAの侵害により、期待した動画撮影を撮影できない影響があるため大と判断  |
|        | 10    | ストリーミング用動画データ    | 大   | 機密性の高い情報のため、大と判断  | 大   | 対象データの完全性の侵害は、深刻な影響が想定されるため大と判断                                       | 大   | 対象データの可用性の侵害は、深刻な影響が想定されるため大と判断                    | 大    | CIAの侵害により、期待した動画撮影を撮影できない影響があるため大と判断  |
|        | 11    | AESKey(256bit)   | 大   | 機密性の侵害は、暗号データを復号できてしまうため大と判断                              | 大   | 重要度の高いデータを復号できなくなるため大と判断  | 大   | 重要度の高いデータを復号できなくなるため大と判断                           | 大    | CIAの侵害により、期待した動画撮影を撮影できない影響があるため大と判断  |
|        | 12    | PubKey(SRD)      | 小   | 公開鍵であるため暗号化のみ利用し、復号化はできない。そのため、機密性の侵害の影響は軽微と考える           | 大   | 重要度の高いデータの暗号化に利用しており、完全性を侵害されると、秘密鍵で復号化できなくなるため大と判断                   | 大   | 重要度の高いデータの暗号化に利用しており、完全性を侵害されると、暗号化できないため大と判断      | 大    | CIAの侵害により、期待した動画撮影を撮影できない影響があるため大と判断  |
|        | 13    | PubKey(ACSL/Nx)  | 小   | 公開鍵であるため暗号化のみ利用し、復号化はできない。そのため、機密性の侵害の影響は軽微と考える           | 中   | ベンダーのみが利用するデータの暗号化に利用しており、完全性を侵害されると、秘密鍵で復号化できなくなるため中と判断              | 中   | ベンダーのみが利用するデータの暗号化に利用しており、完全性を侵害されると、暗号化できないため中と判断 | 中    | CIAの侵害により、期待した動画撮影を撮影できない影響があるため中と判断  |
|        | 14    | PubKey(ACSL/FCU) | 小   | 公開鍵であるため暗号化のみ利用し、復号化はできない。そのため、機密性の侵害の影響は軽微と考える           | 中   | ベンダーのみが利用するデータの暗号化に利用しており、完全性を侵害されると、秘密鍵で復号化できなくなるため中と判断              | 中   | ベンダーのみが利用するデータの暗号化に利用しており、完全性を侵害されると、暗号化できないため中と判断 | 中    | CIAの侵害により、期待した動画撮影を撮影できない影響があるため中と判断  |

図 III- 2 4 脅威分析結果（例示）

表 III-19 脅威分析結果まとめ

| TOE  | 脅威（合計） | 脅威（内訳） |     |     | 脅威まとめ（分類） |
|------|--------|--------|-----|-----|-----------|
|      |        | 大      | 中   | 小   |           |
| 標準機体 | 1,395  | 1,060  | 243 | 92  | 48        |
| GCS  | 1,210  | 957    | 183 | 70  | 56        |
| クラウド | 2,481  | 1,964  | 383 | 134 | 55        |

### 2-1-4-3. セキュリティ対策方針の立案と運用の具体化

前項で抽出された脅威について、個別にセキュリティ対策を立案した。セキュリティ対策の検討方針としては、ドローン標準機体・GCS・クラウドシステムに実装対処するもの、もしくは運用対処にて実現するものの双方を検討し、ドローン基盤技術全体でセキュリティ確保を図ることを検討した。また、運用対処の場合は、ドローン基盤技術の提供者のみならず、利用者を含めた運用対処を想定している。上記を検討したうえで、対処が困難な脅威に対しては、リスクの受容となる。リスクの受容とは、「起こりえるが対処が困難なリスク」または「論理的には可能であるが、現実的に攻撃困難なリスク」である。図 III-25 に対策方針の考え方を示す。

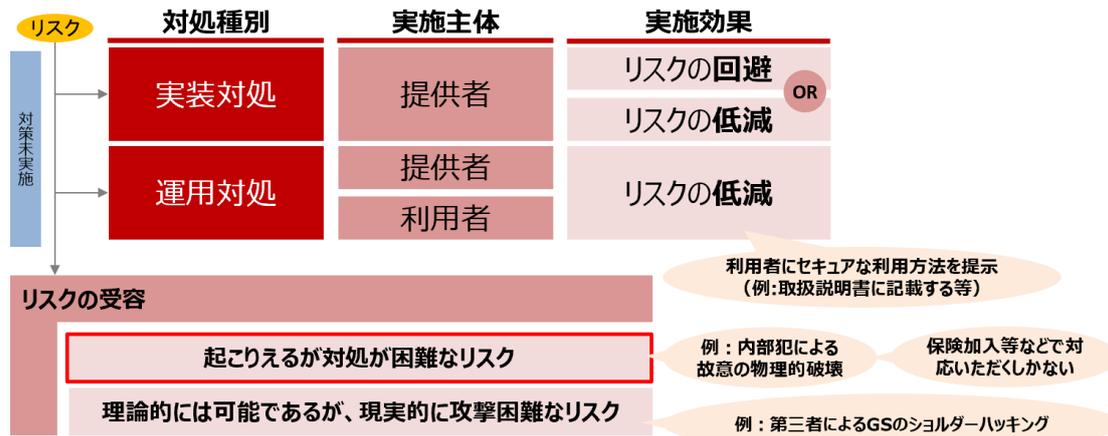
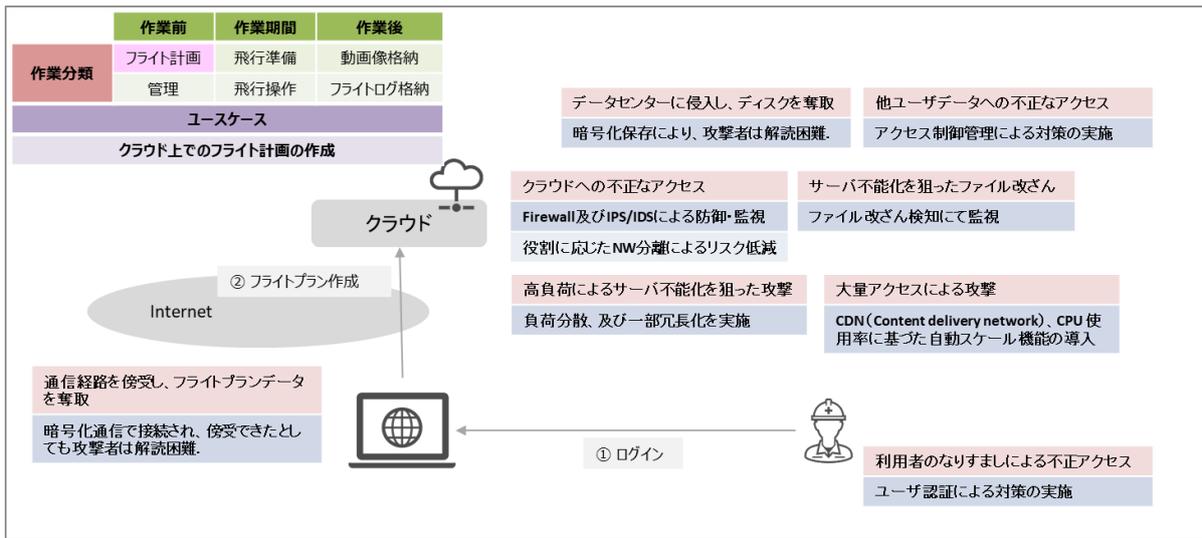


図 III-25 対策方針の考え方

対策方針の立案結果では、例えばクラウドにおいては、2,481 個の脅威・55 項目の脅威まとめ項目に対して、39 項目についてはドローン基盤技術への実装による対策方針とした。実装での未対策 12 項目については、全システムの運用体制、運用環境、運用ルールにかかわる項目となる。同様に、標準機体・GCS についても脅威分析結果からセキュリティ対策立案までを実施した。その結果が表 III-20 である。これら脅威まとめ項目および対策方針について、図 III-26、図 III-27、図 III-28、図 III-29、図 III-30、および図 III-31 に例示する。

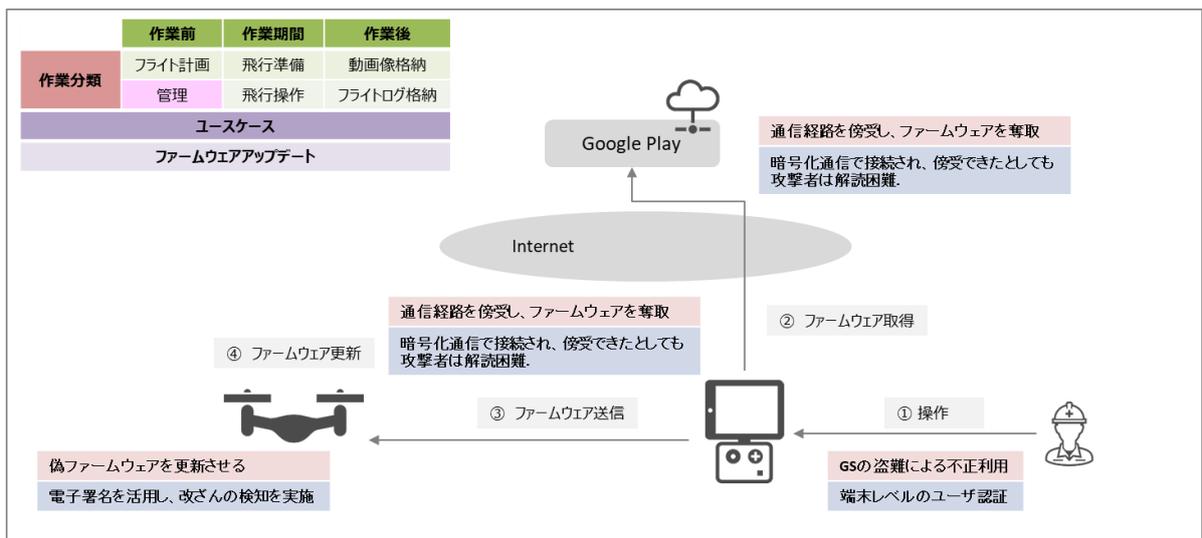
表 III-20 脅威分析結果及び対策のマッピング

| TOE  | 脅威 (合計) | 脅威 (内訳) |     |     | 脅威まとめ (分類) | 対策方針 | 実装未対策 (運用対策)    |
|------|---------|---------|-----|-----|------------|------|-----------------|
|      |         | 大       | 中   | 小   |            |      |                 |
| 標準機体 | 1,395   | 1,060   | 243 | 92  | 48         | 35   | 運用時 (実用化時) に定める |
| GCS  | 1,210   | 957     | 183 | 70  | 56         | 35   | 運用時 (実用化時) に定める |
| クラウド | 2,481   | 1,964   | 383 | 134 | 55         | 39   | 12              |



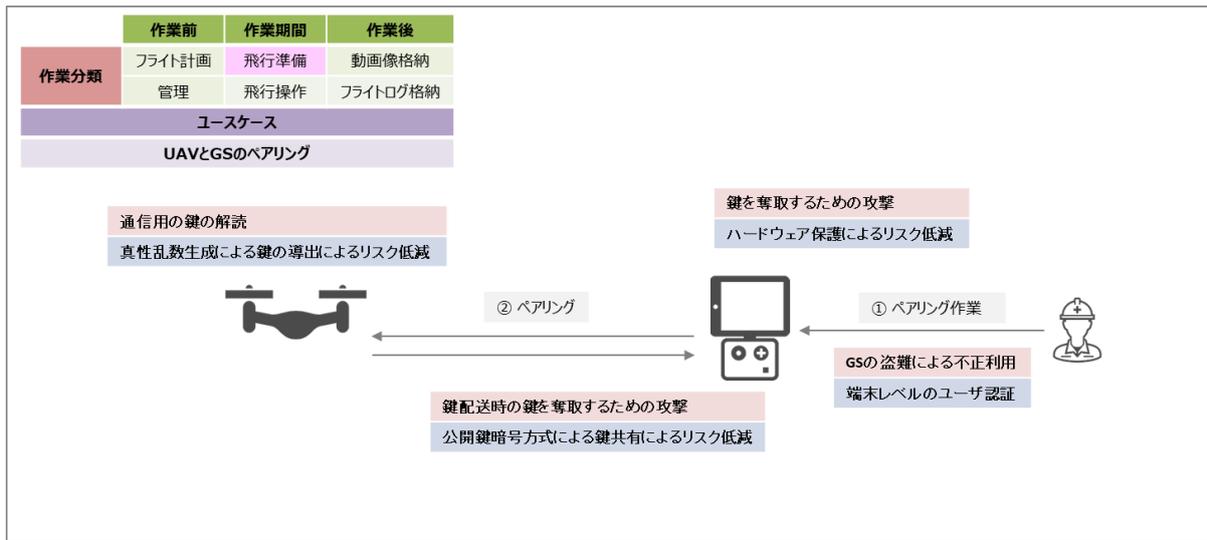
|    |                |      |
|----|----------------|------|
| 凡例 | 脅威リスク          | 作業内容 |
|    | 対策(運用における対策含む) |      |

図 III- 2 6 飛行前(フライト計画)：脅威まとめ項目および対策方針（例示）



|    |                |      |
|----|----------------|------|
| 凡例 | 脅威リスク          | 作業内容 |
|    | 対策(運用における対策含む) |      |

図 III- 2 7 飛行前(管理)：脅威まとめ項目および対策方針（例示）



|      |                |      |
|------|----------------|------|
| 【凡例】 | 脅威リスク          | 作業内容 |
|      | 対策(運用における対策含む) |      |

図 III-2 8 飛行中(飛行準備)：脅威まとめ項目および対策方針（例示）

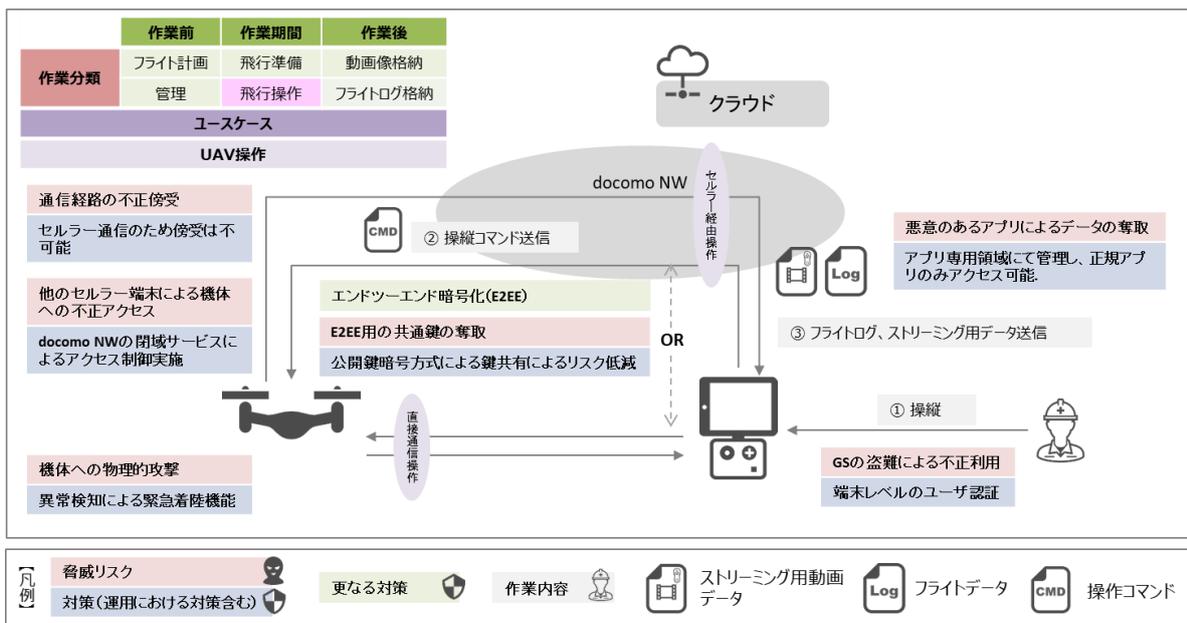


図 III-2 9 飛行中(飛行操作)：脅威まとめ項目および対策方針（例示）



なお、クラウドサービスについては、市場導入後、ISMAP を取得予定である。

表 III-21 CCDS 加盟企業の事前認定適合確認内容

| 分類                       | No. | サーティフィケーション要件  |
|--------------------------|-----|--|
| 1. IoT機器の機能要件            | 1-1 | 未使用のTCP/UDPポートを外部より使用されないこと  |
|                          | 1-2 | システム運用上、必要なTCP/UDPセッションにおいて、適切な認証（機器毎にユニークなIDとパスワード）や通信アクセス制御が行われていること。  |
|                          | 1-3 | 認証情報の設定変更が可能なこと（ハードコーディングされていないこと）   |
|                          | 1-4 | ・利用者の設定した情報、および機器が利用中に取得した情報は、容易に消去できる機能を有すること<br>・情報消去後も、更新されたシステムソフトウェアは維持されること                                  |
|                          | 1-5 | ・ソフトウェア更新が可能なこと<br>・ソフトウェア更新された状態が電源OFF後も維持できること   |
| 2. IoT機器特有のインタフェースにおける基準 | 2-1 | Wi-Fi Alliance <sup>®</sup> （ワイファイアライアンス）推奨の最新の認証方式が装備されていること  |
|                          | 2-2 | 1) Bluetooth SIG推奨の最新のペアリング方式が装備されていること<br>2) Bluetoothにおける不要なプロファイルを認識しないこと<br>3) BluetoothのBlueborne脆弱性の脆弱性がないこと |
|                          | 2-3 | USBについてシステム運用上、不要なクラスを認識できないこと   |
| 3. 管理者画面における具体的な対策基準     | 3-1 | Web入力経路によるSQLインジェクションの不具合がないこと   |
|                          | 3-2 | Web入力経路によるクロスサイトリクエストフォージェリの不具合がないこと   |
|                          | 3-3 | Web入力経路によるパストラバーサルの不具合がないこと  |
| 4. IoT機器の運用における要件        | 4-1 | 1) 製品の脆弱性に関する連絡窓口があり、公開していること<br>2) 製品のセキュリティアップデートサポートサイトがあること  |

#### 2-1-4-5. 「安全安心で事業継続性の高いサプライチェーンの開発」（実施主体：株式会社 ACSL）

半導体チップモジュールがファームウェアを持つなどの高性能化された現在では、スパイウェアやウイルスがチップに組み込まれてしまう危険性がある。また、災害等によって製造施設や保管施設に大規模な被害が出たり、グローバルサプライチェーンにトラブルが発生した場合には、生産や保守が長期間止まってしまうことすら生じかねない。特に政府調達に資しており、災害時等に活躍が期待されるドローンでは、安全安心で事業継続性の高いサプライチェーンの構築が重要になる。

そこで本事業では、ドローンが取得する画像や飛行ログ、或いは事後のインストールが可能なプログラムといったデータが流れる経路や蓄積される場所など、データセンシティブな部品を特定した上で可能な限り国内、最低でもホワイト国による部品を選択した。

# 安全安心ドローン部品リスト

取扱注意

黄色：データセンシティブ部品

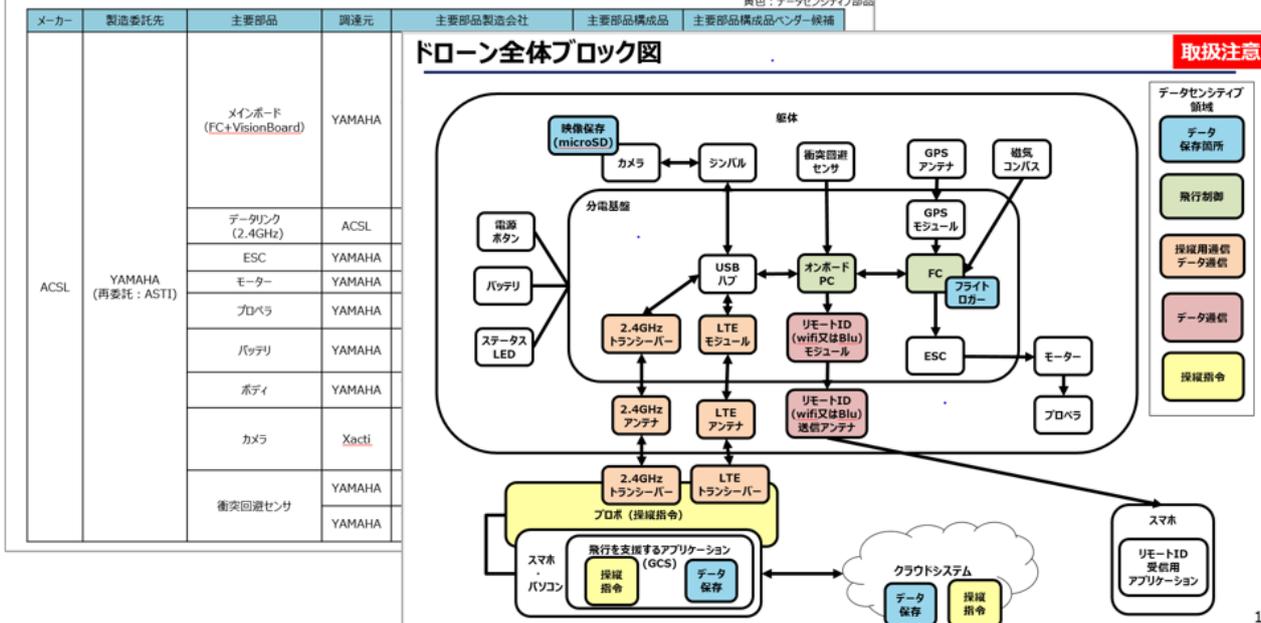


図 III- 3 2 データセンシティブなモジュールの特定と製造元の選定 (例示)

## 2-2. 「ドローンの主要部品設計・開発支援並びに量産等体制構築支援」

(研究開発項目②【助成事業】)

### 2-2-1. 「より高性能を実現する主要部品設計・開発」

(実施先：ヤマハ発動機株式会社、株式会社ザクティ、株式会社先端力学シミュレーション研究所)

#### 2-2-1-1. 「高密度バッテリー開発 (飛行の長時間化・省エネ化)」 (実施先：ヤマハ発動機株式会社)

バッテリーの開発においては、高密度かつ大電流が引き出せる電池が必要であることから、技術発展がめざましいリチウムイオン電池セルの中から、性能と供給安定性が両立した 2 種類のセルを選定し、安全な専用スマート・バッテリーを図 III- 3 3 に示す 2 種類開発した。特に標準バッテリーは、他の業界でも使用され、供給安定性・安全性に優れる缶タイプのセルを採用した。缶タイプのセルは、寸法等の仕様が規格化されており、互換性があるため、長期部品供給が担保される。反対に大容量バッテリーには、ドローン用バッテリーへの採用例の多いラミネートタイプのセルを選定した。2 種類のセルタイプを採用することで、様々な用途向けに進化を続けるバッテリーの技術革新に追従し、継続的なドローン性能の進化と、長期部品供給の安定性を確保した。



図 III- 3 3 ラミネートタイプバッテリー（左） 缶タイプバッテリー（右）

#### 2-2-1-2. 「モーター・ESC の開発（飛行の長時間化・省エネ化）」（実施先：ヤマハ発動機株式会社）

モーター・ESC の省エネ化においては、そもそもマルチコプター型のドローンでは、複雑なローターのピッチ制御の代わりに、複数のモーター出力を電氣的に急変させることで姿勢制御を行っており、これを実現するのが回転数制御装置である ESC とブラシレスモーターの組みあわせである。モーターの出力制御を高度に行うことで、飛行に要する消費電力を節約し、長時間の飛行を可能にしている。本助成事業では、高性能なモーターと ESC を開発し、ACSL 社分担である飛行制御ソフトウェアと連携させることで、高度な飛行能力を実現した。

開発されたモーターと ESC の組み合わせは、2kg 近いドローンでも飛行可能な能力を有し、最も普及が期待できる小型無人機の領域ながら、官公庁が求める汎用性を確保できるクラスのドローンの実現に貢献した。モーターは、小型無人機に適した強力・軽量のブラシレス・モーターとし、性能向上と軽量化を実現する位置センサーレスの回転数制御も採用した。また、高性能な ESC との組み合わせによって、プロペラ振動に起因して発生するローター全体の振動抑制を実現した。



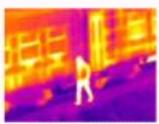
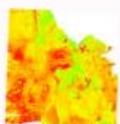
図 III- 3 4 ESC 基板とブラシレスモーター

#### 2-2-1-3. 「高画質な小型・軽量カメラ・ジンバルの開発（空撮機能の高性能化）」（実施先：株式会社ザクティ）

高画質な小型・軽量カメラの開発では、政府への調達に資する小型軽量の 4K 高精細カメラに加え、「社会の安全安心に貢献できるカメラ」として、可視光と IR のデュアルカメラ、マルチスペクトルカメラ、2.5 倍ズームの 4 種類のカメラと、それぞれのカメラにマッチしたジンバルを企画・開発し、ズームカメラを除く 3 種類のカメラ・ジンバルに対しては量産試作までを行った上で、ドローン搭載しての動作確認までを行った。

試作機開発のために合計 34 部品の設計を行い、金型を作成した。4K 標準カメラについて、目標重量 180g 以下を達成(実測 180g)した。また 4 モデル共に風速 20m/s (規格は 15m/s) までの環境下でカメラを保持、パン・チルト動作可能なジンバル機構を開発した。

事業終了後、速やかに事業化を図るべく、金型・治具・生産設備、ならびにメンテナンス・保守体制等の開発を行った。

| モデル名   | CX-GB100  | CX-GB200   | CX-GB300  | CX-GB400(前)   |
|--------|---|--|---|---|
| カメラタイプ | 標準  | 可視+IR  | マルチスペクトル  | 光学2.5倍ズーム   |
|        |          |           |           |        |
| 特徴/用途  | 高解像度<br>低ノイズ撮影  | 災害時の<br>捜索、検証  | 様々な<br>波長計測   | 近寄れない<br>被写体  |
|        | <br>土地測量 | <br>捜索・救助 | <br>植生指数 | <br>災害 |
| 主な提案先  | (標準)  | 警察庁<br>消防庁   | 農水省   | 国交省<br>電力会社   |

|             |  |
|-------------|--|
| ジンバル機構      | 3 軸  |
| 操作可能範囲      | パン：±85 度<br>チルト：-115~45 度  |
| 最大制御速度      | パン：60 度/秒<br>チルト・ロール：100 度/秒   |
| 制御精度        | ±0.02 度  |
| 切替方式        | 3 種類のカメラをワンタッチ式で切替可能   |
| 可視カメラ (標準品) |  |
| 有効画素数       | 静止画時：2,000 万画素以上   |
| 静止画撮影方式     | JPEG/DNG/JPEG+DNG  |
| 静止画撮影画質     | 圧縮モード：SuperFine/Fine/Normal<br>解像度：20M/15M/10M                                       |
| 動画撮影方式      | MOV/H.264  |
| 動画撮影画質      | 4K/30p<br>2.7K/60p,30p<br>FullHD/30p,60p,120p<br>HD/30p,60p<br>nHD/30p,60p,120p,240p |
| 動画撮影時間      | 連続撮影時間：60 分<br>自動分割：OFF、1 分、3 分、5 分、10 分で設定可<br>FAT32 の場合 4GB で分割                    |
| センサーサイズ     | 1 inch   |
| シャッター方式     | メカニカルシャッターまたは電子シャッター方式   |
| フォーカス方式     | モード：シングル AF/コンティニュアス AF/MF<br>エリア：マルチ AF/スポット AF                                     |
| 露出補正        | -2EV~+2EV(1/3 段ステップ)   |
| 記録メディア      | microSD UHS スピードクラス：U3、ビデオクラス：V30<br>以上  |
| セキュリティ      | 記録メディアに暗号化したデータを記録可<br>暗号化有効/無効設定可   |

| 赤外線カメラ+可視カメラ (オプション品) |  |
|-----------------------|--|
| 有効画素数                 | 可視カメラ：1,200 万画素以上<br>赤外線カメラ：8 万画素以上<br>温度分解能：<60mK<br>ダイナミックレンジ：+140℃まで(High Gain) |
| 静止画撮影方式               | JPEG/DNG/JPEG+DNG  |
| 静止画撮影画質               | 圧縮モード：SuperFine/Fine/Normal  |
| 動画撮影方式                | MOV/H.264  |
| 動画撮影画質                | FullHD/HD  |
| 動画撮影時間                | 連続撮影時間：60 分<br>自動分割：OFF、1 分、3 分、5 分、10 分で設定可                                       |

| 光学ズームカメラ (オプション品) |   |
|-------------------|---|
| 有効画素数             | 静止画時：900 万画素  |
| 静止画撮影方式           | JPEG/DNG/JPEG+DNG   |
| 静止画撮影画質           | 圧縮モード：SuperFine/Fine/Normal<br>解像度：9M/4M                          |
| 動画撮影方式            | MOV/H.264   |
| 動画撮影画質            | 4K/60p/4K/30p/HD(1 波長：500 万画素以上)                                  |
| 動画撮影時間            | 連続撮影時間：60 分<br>自動分割：OFF、1 分、3 分、5 分、10 分で設定可<br>FAT32 の場合 4GB で分割 |
| 撮影センサーサイズ         | 1/2.3inch 以下：550nm,660nm,850nm                                    |
| シャッター方式           | 電子シャッター方式   |
| フォーカス方式           | マニュアル AF/オート AF/コンティニュアス AF/MF                                    |
| 記録メディア            | microSD スピードクラス：U3、ビデオクラス：V30                                     |
| 露出補正              | -2EV~+2EV(1/3 段ステップ)  |
| 記録メディア            | microSD スピードクラス：U3、ビデオクラス：V30<br>暗号化有効/無効設定可                      |
| セキュリティ            | 記録メディアに暗号化したデータを記録可<br>暗号化有効/無効設定可                                |

図 III- 3 5 試作したカメラの概要

#### 2-2-1-4.カメラ・ジンバル部品の共通化

下表 III-22 にモデルごとに共通化した部品と専用部品の内訳をまとめた。カメラ部分はモデル間で差があるため総じて共通部品の割合が低い。一方で上部ケース部分およびジンバル部分 70%以上の部品を共通化した。特にジンバル部分の部品共通化と重心ずれの最小化を両立する設計により、使用するモーターサイズを統一することで生産性の向上を図った。

表 III-22 試作した3種のカメラの部品点数と共通化率

| モデル         |       | 共通部品数 | 専用部品数 | 合計 | 共通化の割合 |
|-------------|-------|-------|-------|----|--------|
| 4K標準カメラ     | 上部ケース | 7     | 2     | 9  | 77.8%  |
|             | ジンバル  | 8     | 1     | 9  | 88.9%  |
|             | カメラ   | 1     | 4     | 5  | 20%    |
|             | 全体    | 16    | 7     | 23 | 69.5%  |
| 可視+IRカメラ    | 上部ケース | 7     | 0     | 7  | 100%   |
|             | ジンバル  | 10    | 0     | 10 | 100%   |
|             | カメラ   | 0     | 3     | 3  | 0%     |
|             | 全体    | 17    | 3     | 20 | 85%    |
| マルチスペクトルカメラ | 上部ケース | 6     | 2     | 8  | 75%    |
|             | ジンバル  | 10    | 0     | 10 | 100%   |
|             | カメラ   | 1     | 4     | 5  | 20%    |
|             | 全体    | 17    | 6     | 23 | 73.9%  |

#### 2-2-1-5. 4Kカメラ・ジンバルの開発

<機構設計>

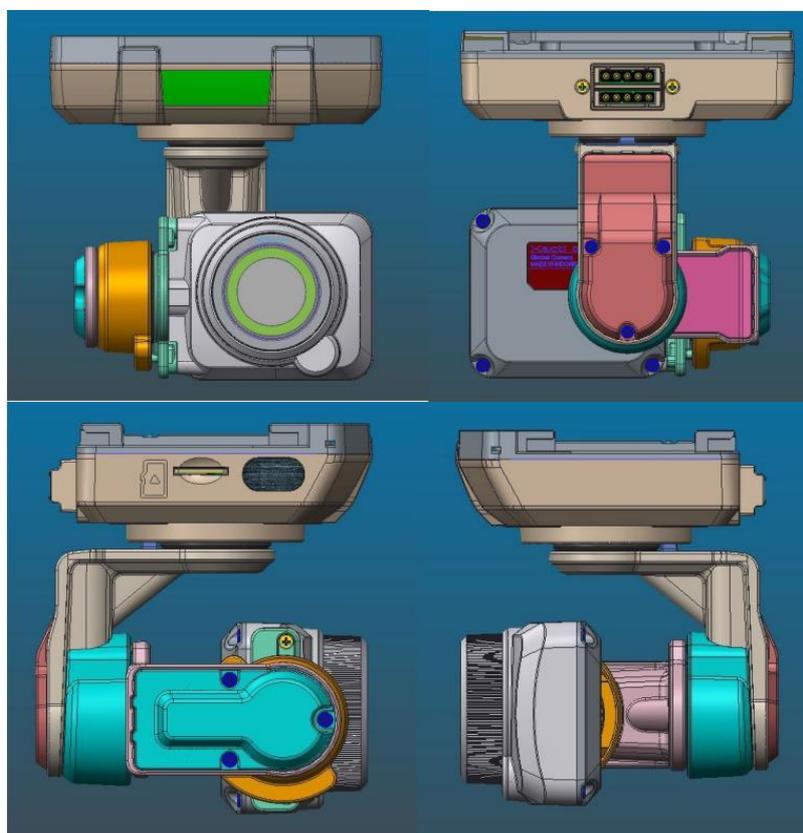


図 III-36 4Kカメラ・ジンバル 3D画像

<ブロック図>

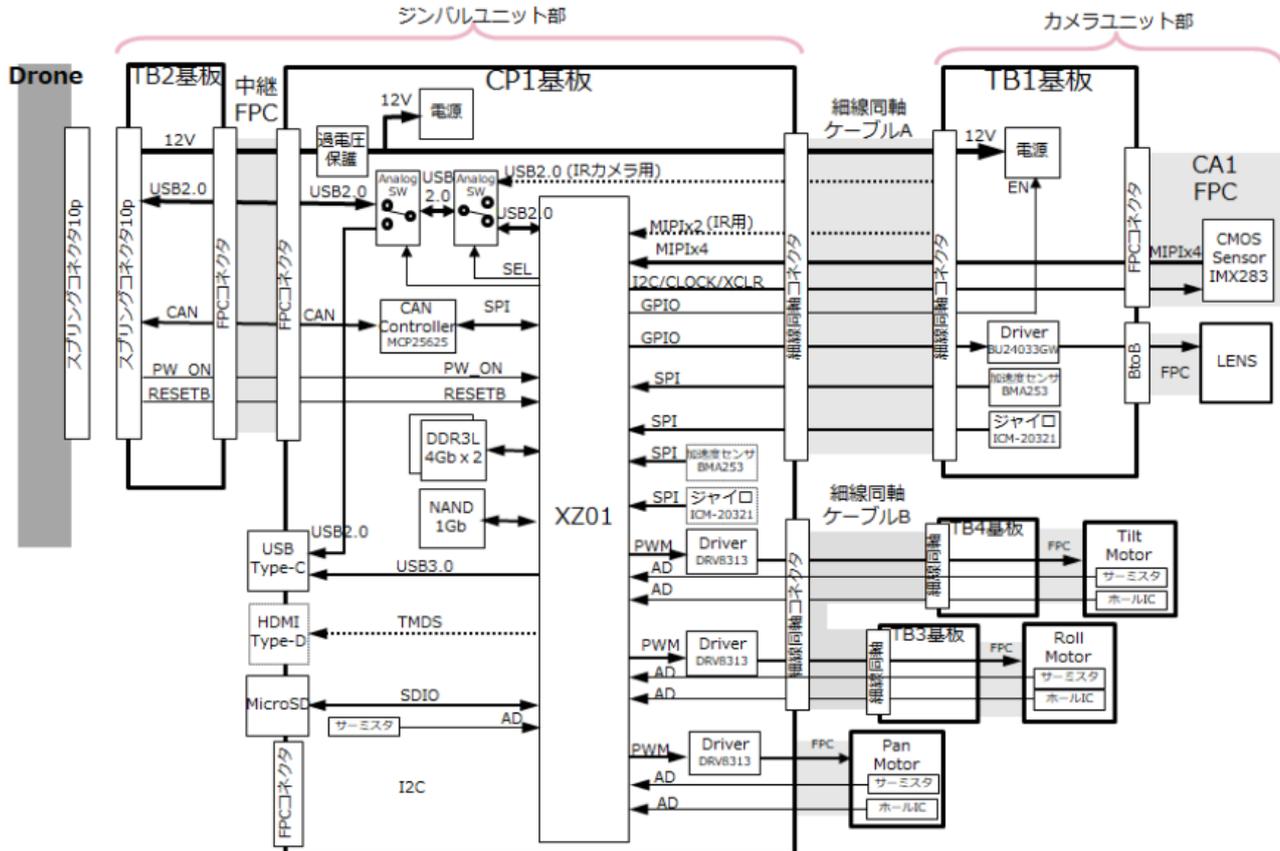


図 III- 3 7 4 K カメラブロック図

<主要部品>

表 III-23 4 K カメラ主要部品と製造元

| 部品名                        | 品番              | メーカー              |
|----------------------------|-----------------|-------------------|
| 画像処理プロセッサ                  | XZ01            | Xacti             |
| DDR3L SDRAM 512Mbyte x2pcs | K4B4G1646E-BYMA | Samsung           |
| NAND FLASH Memory 128Mbyte | TC58NYGOS3HBAI6 | Toshiba           |
| Power Management           | RT5035CGQW      | Richtek           |
| イメージセンサ 20M CMOS           | IMX283          | SONY              |
| レンズモータドライバ                 | BU24033GW       | Rohm              |
| ジャイロセンサ 3軸                 | ICM-20321       | InvenSense        |
| 加速度センサ 3軸                  | BMA253          | Bosch             |
| CANコントローラ                  | MCP25625T-E/SS  | Microchip         |
| ジンバルモータドライバ                | DRV8313RHH      | Texas Instruments |

<評価>

① 消費電力

表 III-24 設計目標値に対する消費電力測定結果

| モード                      | 測定結果 (3台平均) | 品質基準       |
|--------------------------|-------------|------------|
| UVC転送+4k記録<br>ジンバル静止状態   | 4384mW      | 6W(0.5A)以下 |
| UVC転送+4k記録<br>ジンバル最大負荷状態 | 8113mW      | 12W(1A)以下  |
| 暗電流                      | 258 $\mu$ A | 1mA以下      |

② 温度上昇

下記条件で動作させたときの各部の温度を測定し、規格値内であることを確認。規格値は部品の動作保証温度、安全規格等を考慮し定めた値である。

- ・動作モード：UVC出力+4K REC
- ・環境温度：40℃
- ・環境風速：3m/sec
- ・動作時間(経過時間)：60分

表 III-25 設計目標値に対する温度上昇測定結果

| 測定箇所      | 温度[℃] 風速3mps | 規格値[℃] | マージン[℃] |
|-----------|--------------|--------|---------|
| SoC       | 73.9         | 95以下   | 21.1    |
| SDカード     | 62.7         | 70以下   | 7.3     |
| イメージセンサ   | 58.9         | 75以下   | 16.1    |
| 外観TOP(樹脂) | 56.1         | 85以下   | 28.9    |
| PAN軸(金属)  | 44.7         | 65以下   | 21.3    |
| RALL軸(金属) | 42.7         | 65以下   | 22.3    |

③ EMC 試験

周囲に不要な電磁ノイズを放出していないか（EMI）および静電気を原因とした放電（ESD）により回路素子の焼損や誤動作を引き起こさないかの EMC 試験を行い、問題が無いことを確認した。

EMI：ワーストマージン：19.2dB(Class-A)

ESD：

- ・気中放電：±8kV 誤動作無し・破壊無し
- ・接触放電：該当箇所なし

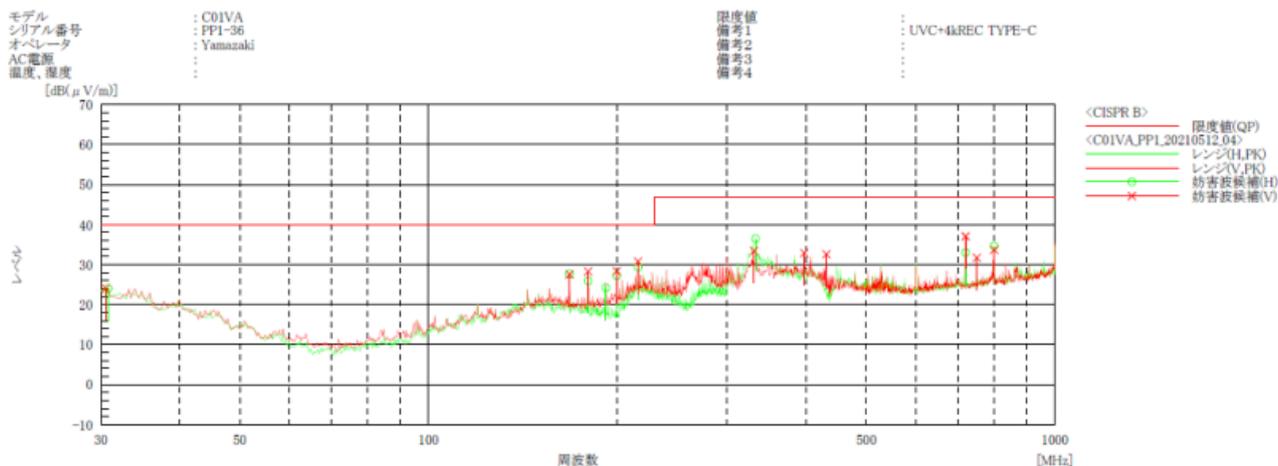
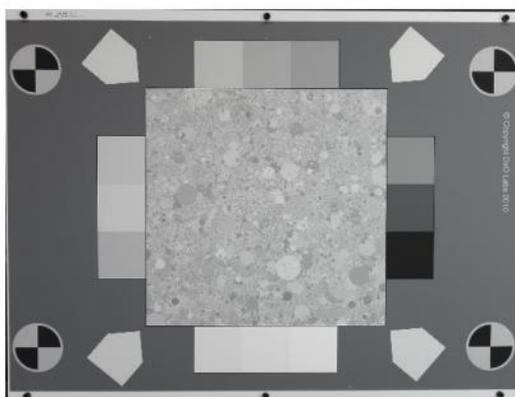
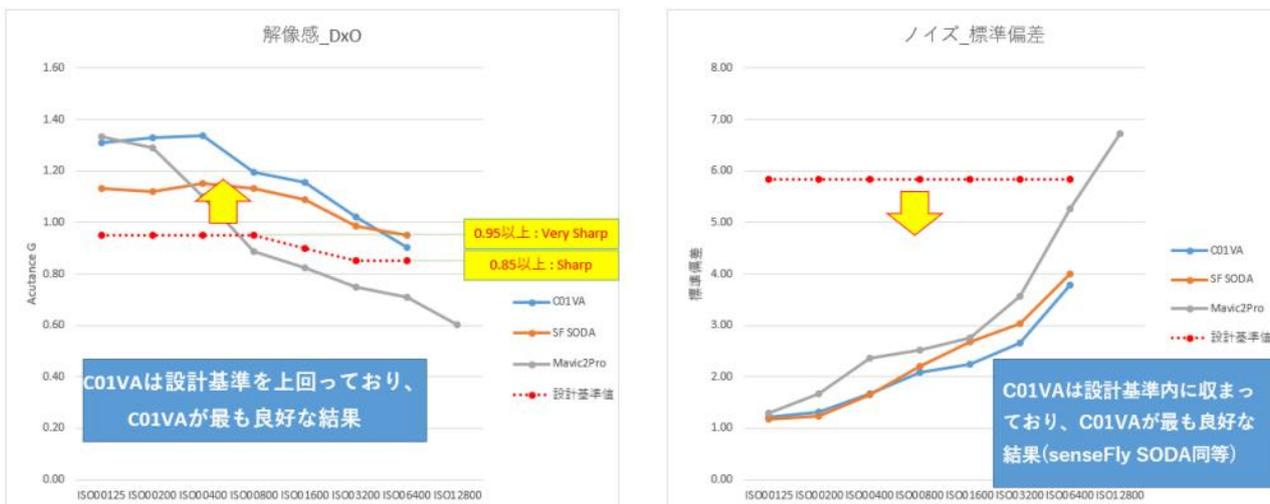


図 III- 3 8 設計目標値に対する EMC 測定結果

<画像設計：解像度・ノイズ>

目標値（設計基準値、赤点線）を満たしており、性能目標を達成していることを確認した。



- ・解像度（グラフ左）：数値が高いほど良好。縦軸は描写力を示し、横軸は右に行くほど高感度。
- ・ノイズ（グラフ右）：数値が低いほど良好。縦軸は標準偏差、横軸は右に行くほど高感度。

図 III- 3 9 解像度及び画像ノイズに対する定量・定性（目視）確認結果

<画像設計：高感度画像の確認>

市場シェアの高い DJI 社製の Mavic 2 Pro をベンチマークとして比較し、ノイズ感は同等以上、ホワイトバランスは良好 (Mavic2Pro は緑被り発生) であることを確認した。

本試作カメラ



Mavic 2 Pro

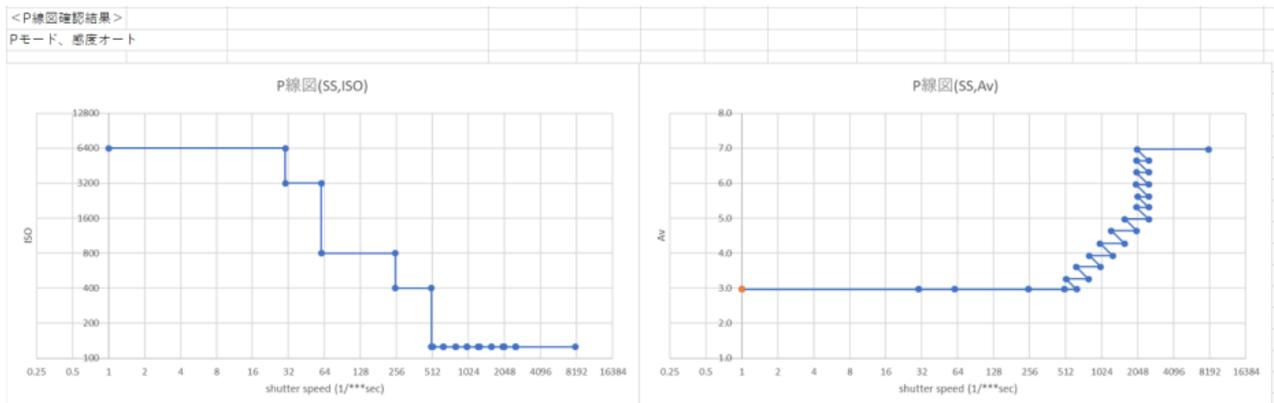


・ISO6400、SS 8sec、F5.6 WB AUTO (室内蛍光灯環境で撮影)

図 III- 4 0 高解像度画像の定性 (目視) 確認結果

<画像設計：P 線図確認>

カメラが自動で F 値やシャッター速度を決定する P モードが設計通りに機能していることを確認した。



ブレを抑えるために1/500sから感度アップを開始。画質 (ノイズ) とのバランスを取るため階段状に感度アップを行う。

ブレを抑えるために1/500sまでは絞り開放。それより明るい条件で絞り込み始める。

- ・シャッター速度と ISO 感度 (グラフ左) 縦軸は ISO 感度、横軸はシャッター速度。
- ・シャッター速度と絞り (グラフ右) 縦軸は絞り値、横軸はシャッター速度。

図 III- 4 1 P モード動作確認結果

## 2-2-1-6. 可視+IRカメラ・ジンバルの開発

<機構設計>

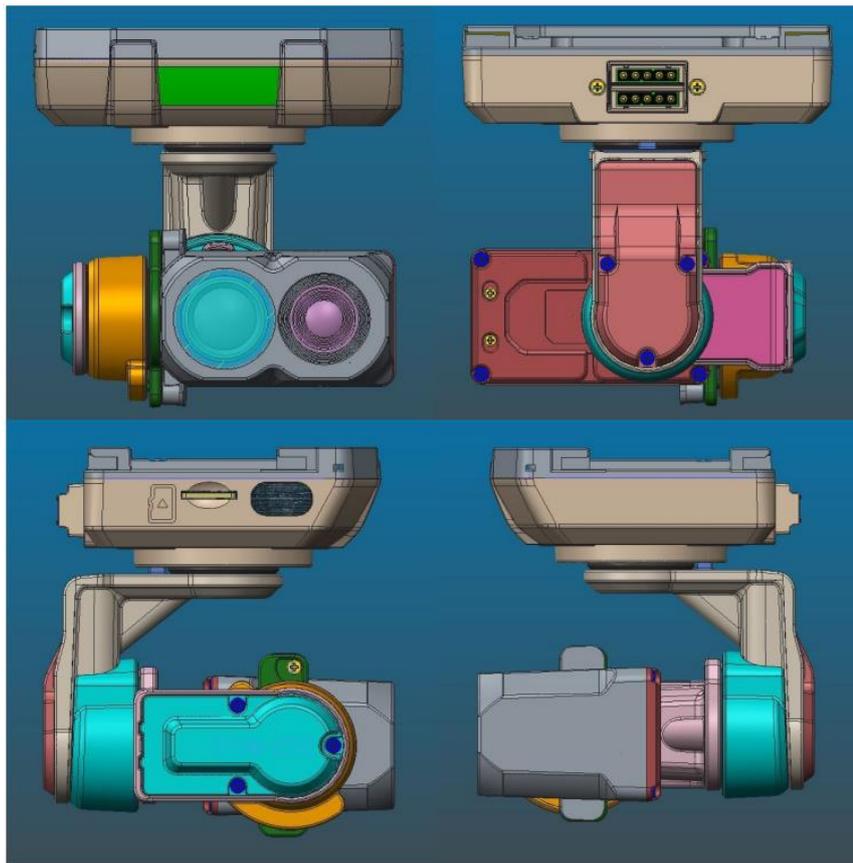


図 III-4 2 可視+IRカメラ・ジンバル 3D 画像

<ブロック図>

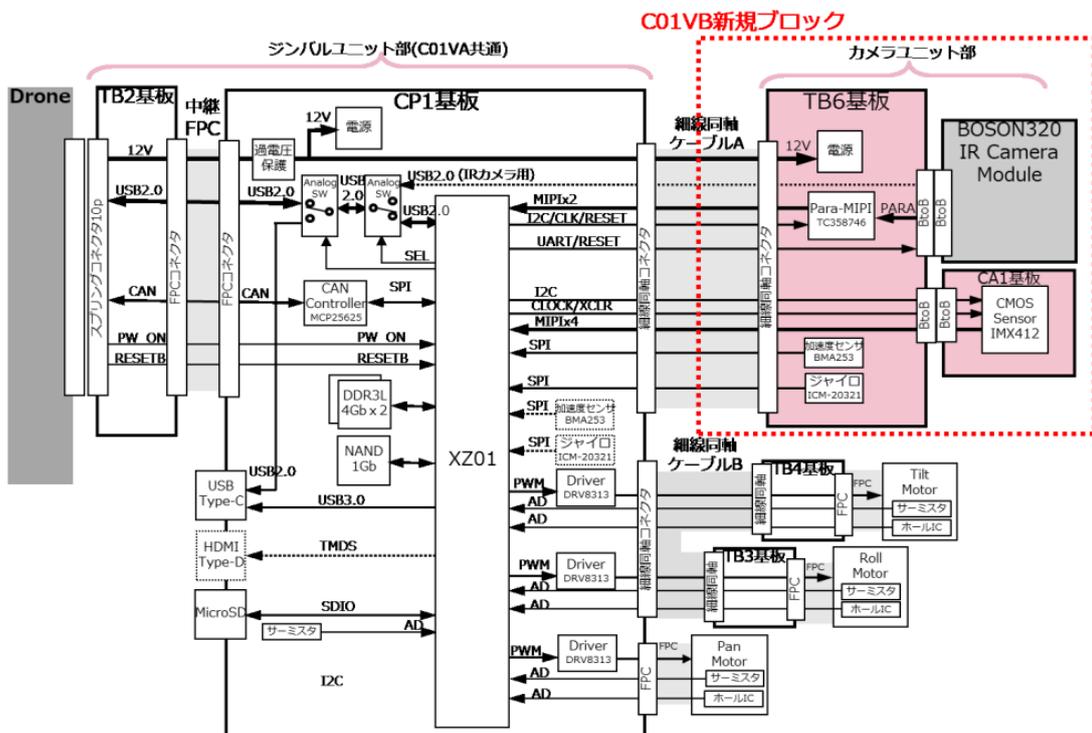


図 III-4 3 可視+IRカメラブロック図

<主要部品（共通部以外）>

表 III-26 可視+IR カメラ主要部品と製造元

| 部品名                | 品番       | メーカー |
|--------------------|----------|------|
| イメージセンサ 12.3M CMOS | IMX412   | SONY |
| IR Camera モジュール    | BOSON320 | FLIR |

<評価>

① 消費電力

② 表 III-27 設計目標値に対する消費電力測定結果

| モード                        | 測定結果 (3台平均) | 品質基準       |
|----------------------------|-------------|------------|
| Dualモード30FPS<br>ジンバル静止状態   | 3097mW      | 6W(0.5A)以下 |
| Dualモード30FPS<br>ジンバル最大負荷状態 | 6002mW      | 12W(1A)以下  |
| 可視モード30FPS<br>ジンバル最大負荷状態   | 5813mW      | 12W(1A)以下  |
| IRモード30FPS<br>ジンバル最大負荷状態   | 5245mW      | 12W(1A)以下  |
| 暗電流                        | 254 $\mu$ A | 1mA以下      |

③ 温度上昇

下記条件で動作させたときの各部の温度を測定し、規格値内であることを確認。規格値は部品の動作保証温度、安全規格等を考慮し定めた値である。

- ・動作モード：UVC 出力(Picture in Picture) + Dual FHD REC
- ・環境温度：40℃
- ・環境風速：3m/sec
- ・動作時間(経過時間)：60分

表 III-28 設計目標値に対する温度上昇測定結果

| 測定箇所      | 温度[℃] 風速3mps | 規格値[℃] | マージン[℃] |
|-----------|--------------|--------|---------|
| SoC       | 72.7         | 95以下   | 22.3    |
| SDカード     | 61.1         | 70以下   | 8.9     |
| 可視イメージセンサ | 56.7         | 75以下   | 18.3    |
| 外観TOP(樹脂) | 61.8         | 85以下   | 23.2    |
| PAN軸(金属)  | 46.9         | 65以下   | 17.1    |
| IRセンサ     | 54.6         | 85以下   | 30.4    |

④ EMC 試験

EMI : ワーストマージン : 14.5dB(Class-A)

ESD :

- ・気中放電 : ±8kV 誤動作無し・破壊無し
- ・接触放電 : 該当箇所なし

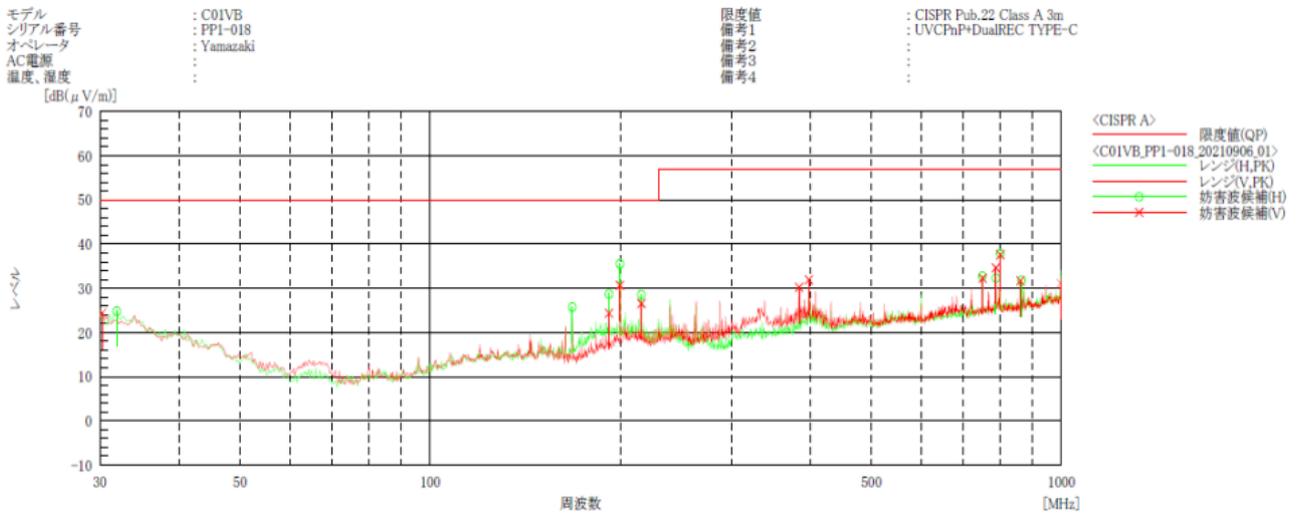


図 III- 4 4 設計目標値に対する EMC 測定結果

<画像設計 : FIR (遠赤外) 画像取得>

IR カメラのデファクトスタンダードである、Flir 社 Boson に搭載された各種出力モードの対応完了 (互換性を確認)。

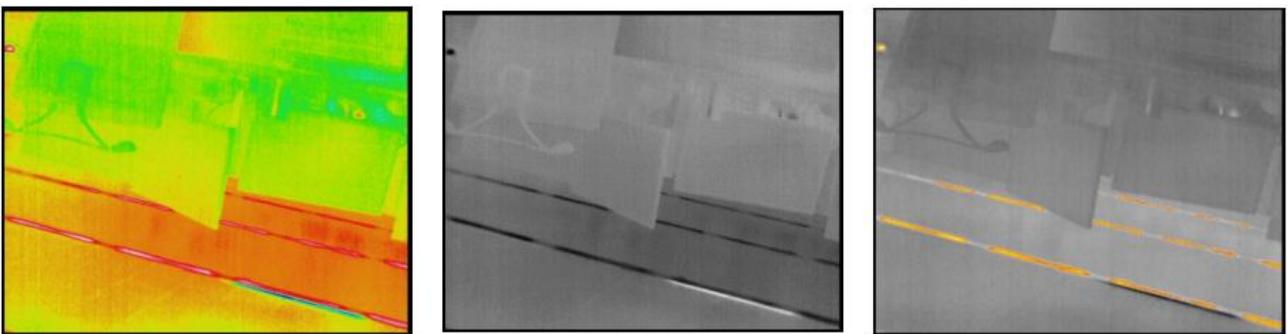


図 III- 4 5 Flir 社 Boson の出力モードとの互換性確認結果

<画像設計 : 可視画像>

可視光部は、IMX412 (1.55um) CMOS センサーを採用、レンズは単焦点、絞り無し

ISO 感度 6400 まで対応し、画質の最適化を対応中。



ISO125

ISO3200

ISO6400

図 III-4 6 撮影画像の目視確認（官能検査サンプル）

### 2-2-1-7. マルチスペクトルカメラ・ジンバルの開発

<機構設

計>

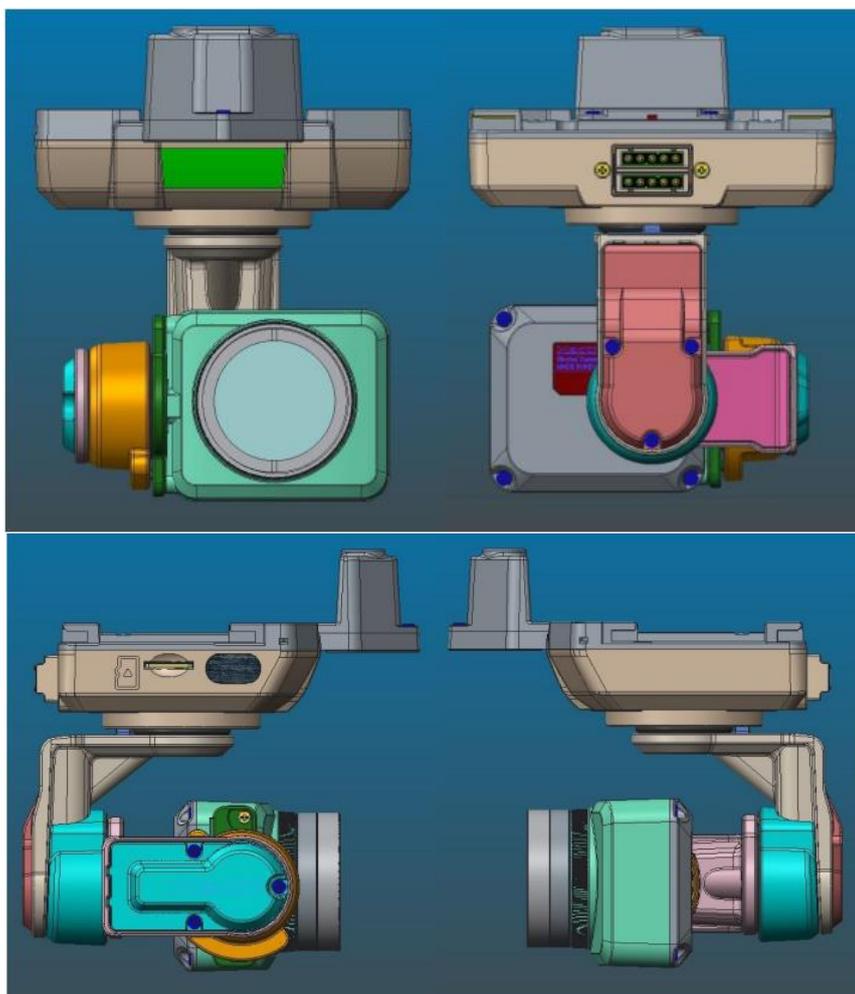


図 III-4 7 マルチスペクトルカメラ・ジンバル 3D 画像

<ブロック図>

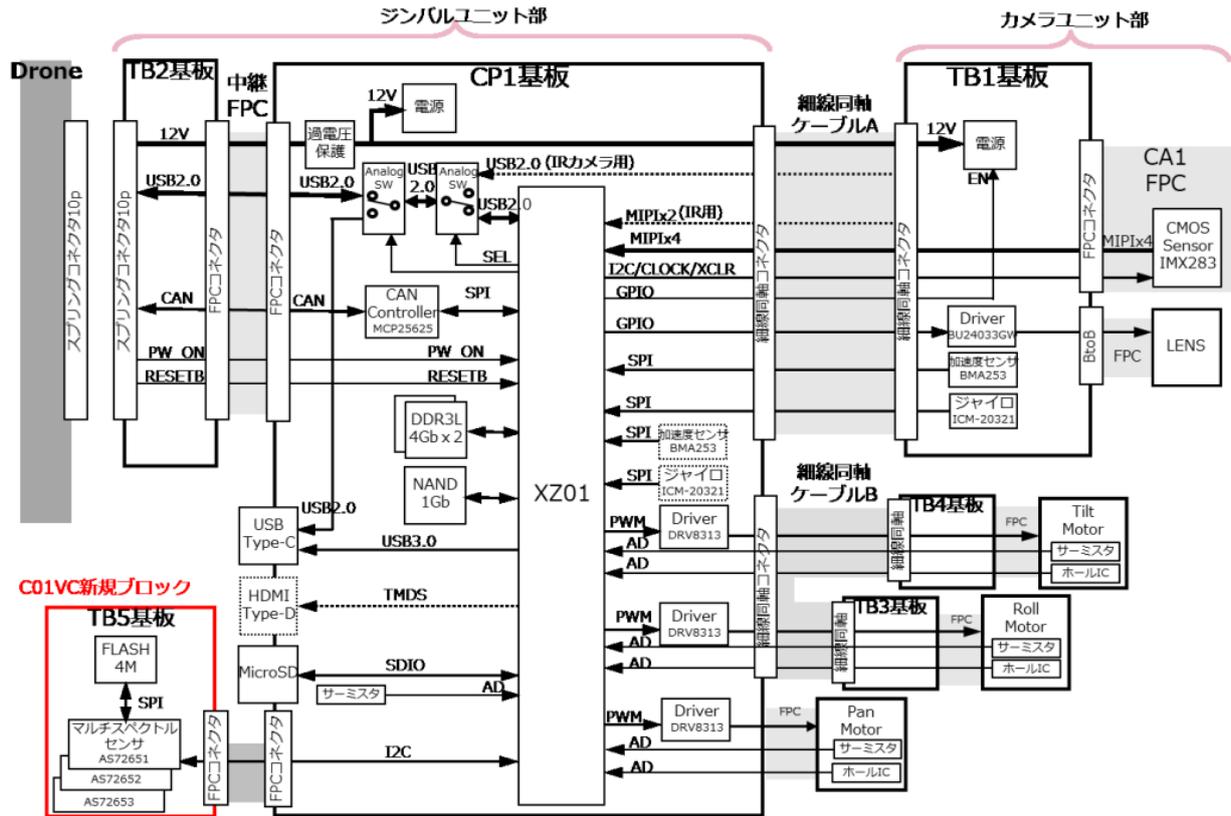


図 III-4 8 マルチスペクトルカメラブロック図

<主要部品（共通部以外）>

表 III-29 マルチスペクトルカメラ主要部品と製造元

| 部品名         | 品番          | メーカー |
|-------------|-------------|------|
| マルチスペクトルセンサ | AS72651/2/3 | AMS  |

<評価>

① 消費電力

表 III-30 設計目標値に対する消費電力測定結果

| モード                               | 測定結果 (3台平均) | 品質基準       |
|-----------------------------------|-------------|------------|
| UVC + 静止画20M<br>ジンバル静止状態          | 3079mW      | 6W(0.5A)以下 |
| UVC + 静止画20M<br>ジンバルDUTY30%固定負荷状態 | 7029mW      | 12W(1A)以下  |
| 暗電流                               | 260 $\mu$ A | 1mA以下      |

## ② 温度上昇

下記条件で動作させたときの各部の温度を測定し、規格値内であることを確認。規格値は部品の動作保証温度、安全規格等を考慮し定めた値である。

- ・動作モード：UVC 出力+ インターバル撮影 5sec (静止画：20M)
- ・環境温度：40℃
- ・環境風速：3m/sec
- ・動作時間(経過時間)：60 分

表 III-31 設計目標値に対する温度上昇測定結果

| 測定箇所      | 温度[℃] 風速3mps | 規格値[℃] | マージン[℃] |
|-----------|--------------|--------|---------|
| SoC       | 60.5         | 95以下   | 34.5    |
| SDカード     | 52.9         | 70以下   | 17.1    |
| 可視イメージセンサ | 60.3         | 75以下   | 14.7    |
| 外観TOP(樹脂) | 50.3         | 85以下   | 34.7    |
| PAN軸(金属)  | 43.6         | 65以下   | 21.4    |
| ROLL軸(金属) | 45.2         | 65以下   | 19.8    |

## ③ EMC 試験

EMI：ワーストマージン：19.9dB(Class-A)

ESD：

- ・気中放電：±8kV 誤動作無し・破壊無し
- ・接触放電：該当箇所なし

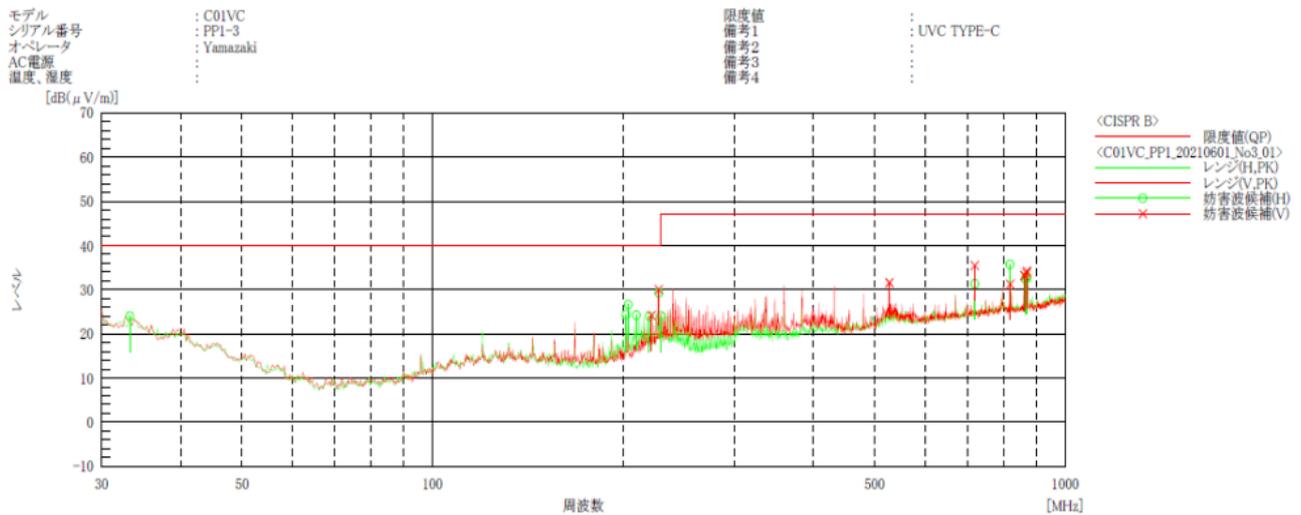


図 III-49 設計目標値に対する EMC 測定結果

<画像設計：解像度・ノイズ>

トリプル BPF を装着し、NDVI 用の元データとなる画像(R,G,NIR)をカメラ内で生成する

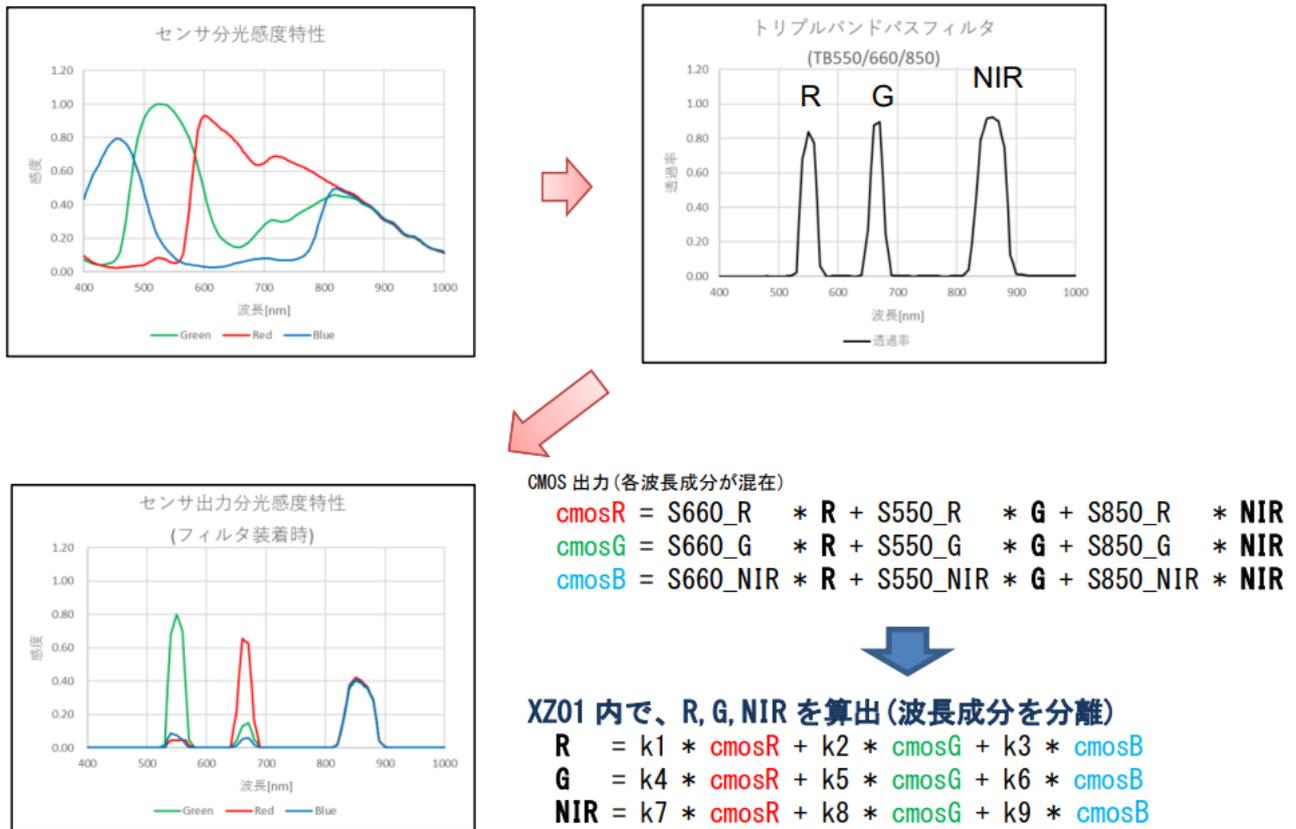


図 III-5 0 マルチスペクトル (RGB3 波長) 出力値確認結果

<画像設計：他社既存のマルチスペクトルカメラとの比較>

表 III-32 既存の他社マルチスペクトルカメラとの諸元比較表

|                      | Xacti<br>NDVIモデル(C01VC) | MicaSense<br>RedEdge-MX | Parrot<br>Sequoia+ |
|----------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|
| 搭載イメージセンサ数           | 1                       | 5                       | 5                  |
| 出力数                  | 3波長                     | 5波長                     | 4波長 + RGB画像        |
| 画素数<br>(マルチスペクトル)    | 2720 x 1814             | 1280 x 960              | 1280 x 960         |
| 地上分解能<br>GSD at 100m | 4.7 cm/pixel            | 6.9 cm/pixel            | 12.4 cm/pixel      |
| 撮影範囲 at 100m         | 128 x 85 m              | 88 x 66 m               | 159 x 119 m        |

特徴

- 1つのイメージセンサから3波長で高画素、高分解能の画像出力が可能

<画像設計：NDVI 画像の生成>

生成した画像(例えば R,NIR)を Pix4D で処理し、NDVI 画像を作成する。

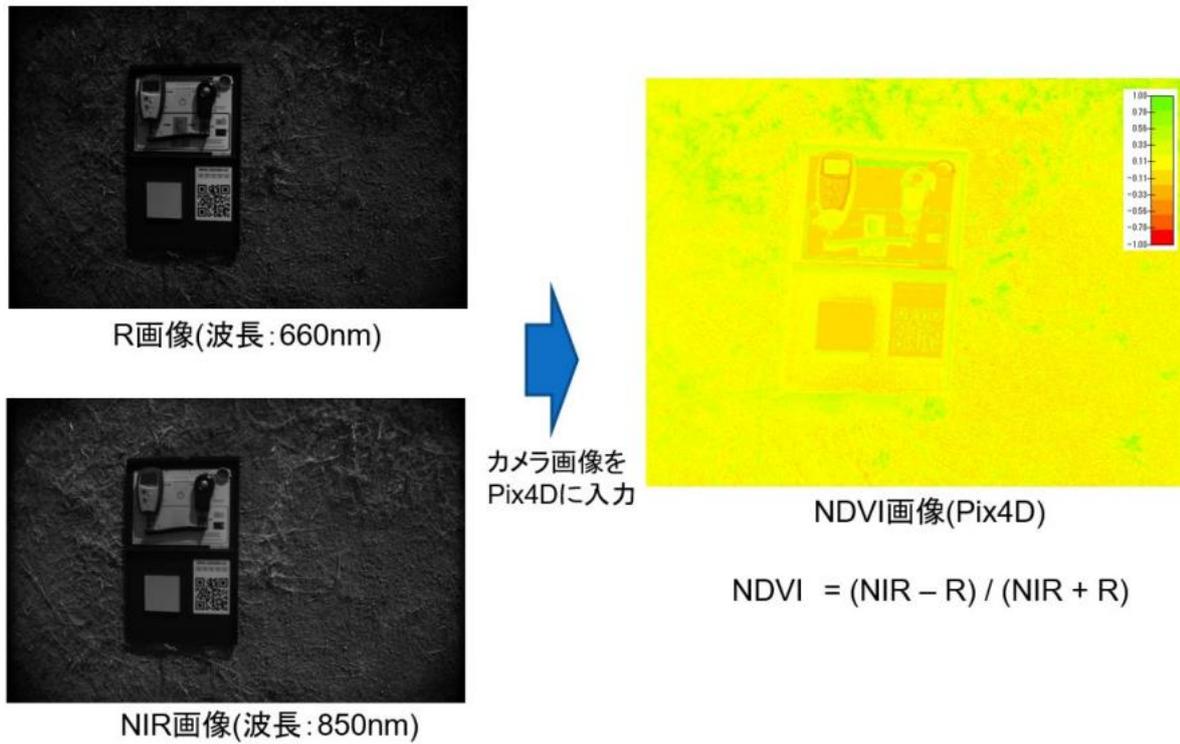


図 III- 5 1 NDVI 画像の生成方法

2-2-1-8. カメラ映像伝送基板

映像伝送の改善を目的として、検討基板の設計、作成、確認を実施した。

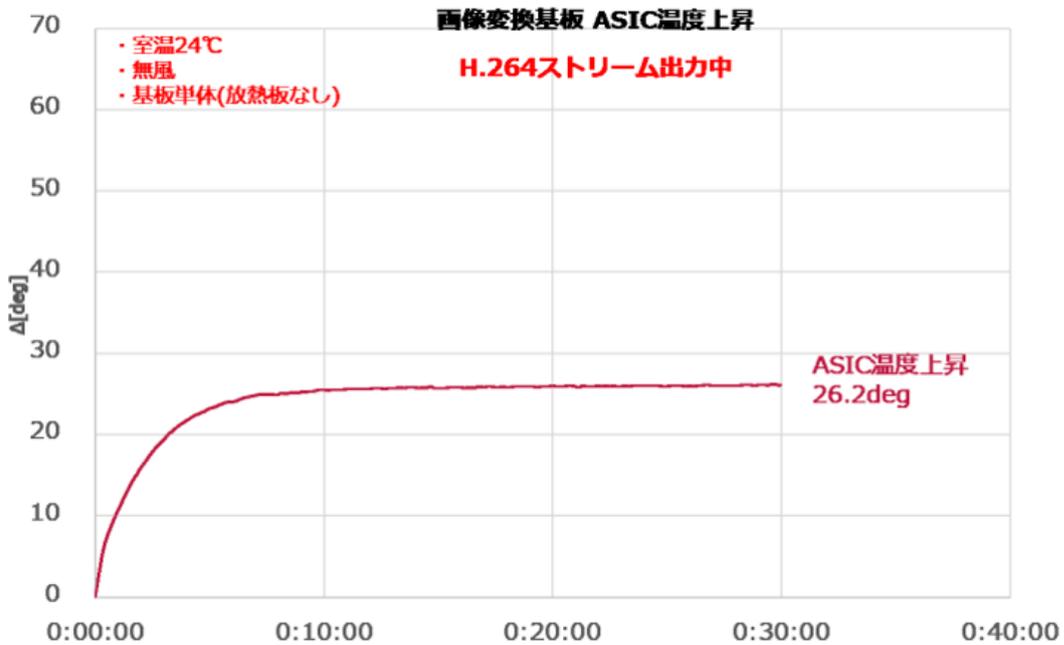
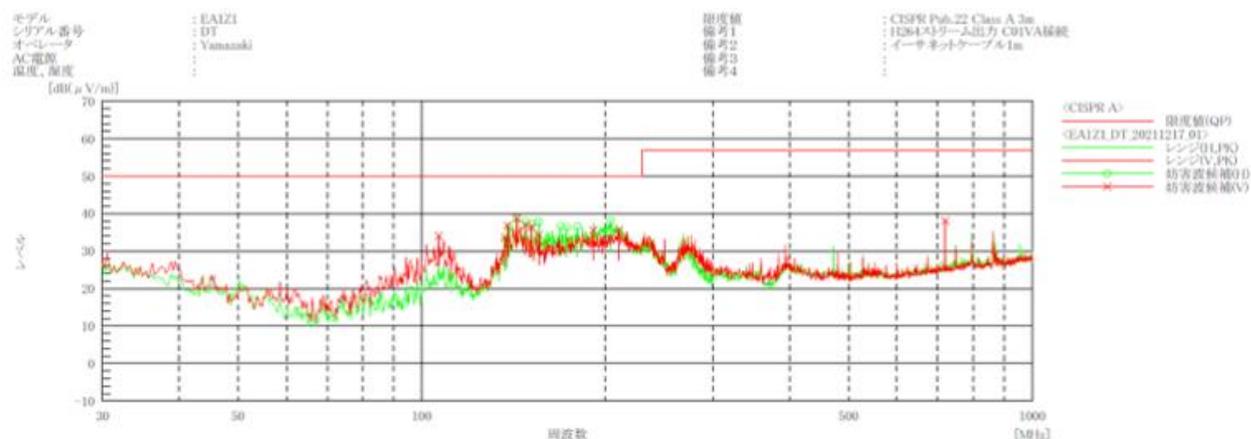


図 III- 5 2 高負荷条件下での画像変換チップ（ASIC）の温度変化



EMI : ワorstマージン : 11.2dB(Class-A)

図 III- 5 3 画像変換チップ (ASIC) の EMC 測定結果

### 2-2-1-9. 「低騒音性プロペラの開発」(実施先 : 株式会社先端力学シミュレーション研究所)

低騒音で高揚力を生み出すプロペラの開発においては、モーターのスペックに合わせ、目標とする推力、トルクを実現するための設計・試作を行い、高推力でありながら低騒音のプロペラを開発した。流体シミュレーションに基づいて設計・試作したプロペラを、福島ロボットテストフィールドと南相馬技術開発センターでの性能測定を繰り返すことで、プロペラ長の変更や折りたたみ式から一体型への変更など、標準機体の設計変更やカメラの可動域の拡大と言った、アジャイル開発の過程で生じた設計仕様の変更にも短期間で対応でき、軽量かつ高強度のプロペラを開発、本事業で開発した、モーターを置いて性能評価を実施した。

開発過程において、試作機の体験会におけるユーザーフィードバックから、上部の撮影を可能にしたいとの要望があり、カメラ可動範囲が広がることでプロペラの映り込みが大きくなるため、プロペラサイズは 11 インチから 10 インチに変更することになったが、最終的には機体重量の増加に伴い、最終的には 10.5 インチの一体型 (折ペラでない) のプロペラとなり、剛性と効率を上げる事で低騒音性を実現した。

#### <流体シミュレータによるシミュレーション例>

汎用の流体解析ソフトを利用することで、プロペラの回転速度に応じた圧力分布等が可視化され、推力向上や低トルク化を検討するための参考になり、試作回数を削減する事が出来た。また、解析と試作をした結果を比較すると、プロペラの効率はほぼ一致しており、短期間で開発をするうえで効果的であった。

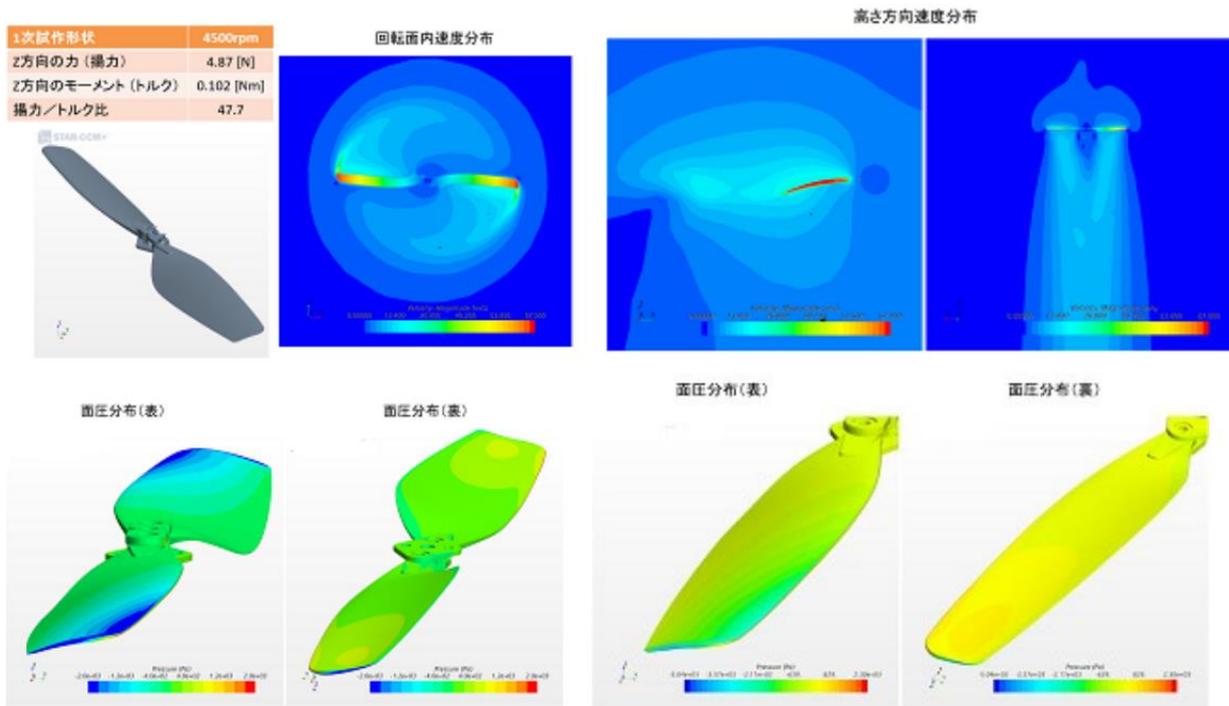


図 III- 5 4 量産プロトタイプ用プロペラの流体解析 (例)

<設計形状と性能比較>

デファクトスタンダードである DJI や MAS プロペラと試作プロペラ 4 種との性能比較を行い、同等の性能が得られることを確認した。

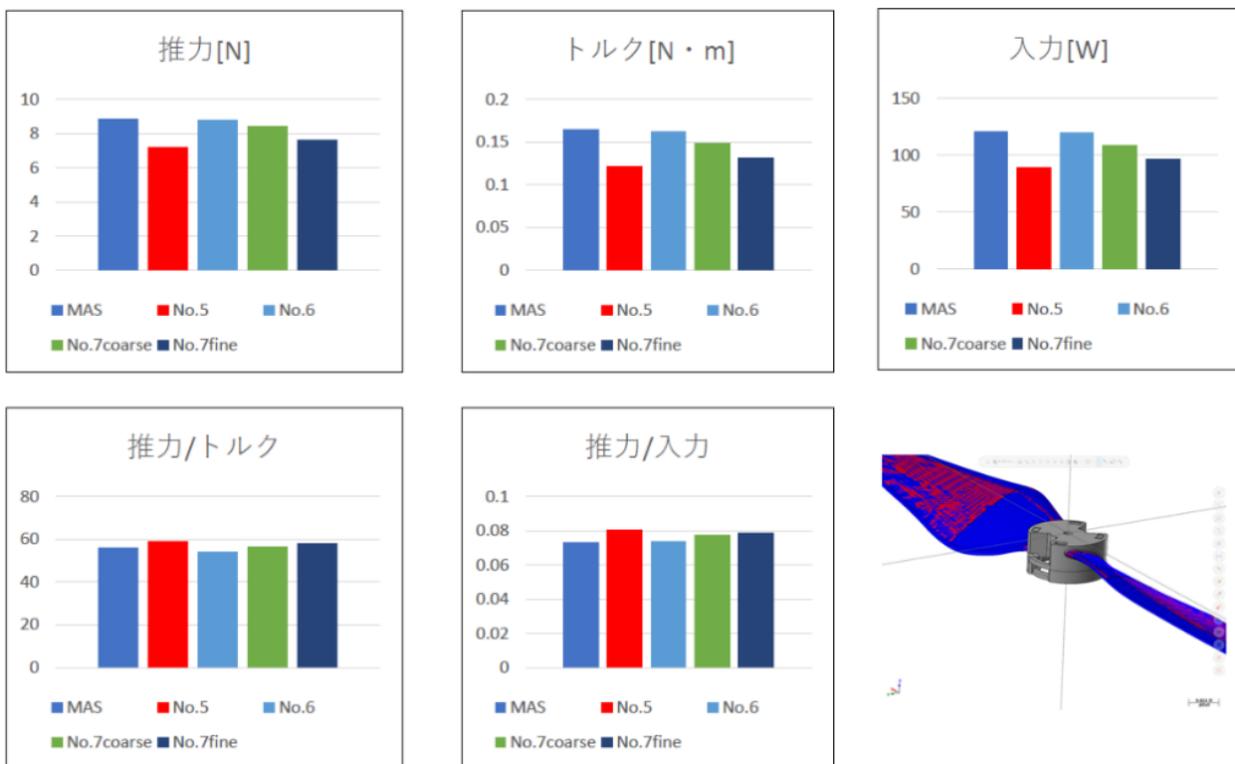


図 III- 5 5 形状変化による性能の比較結果

<開発過程におけるプロペラ形状の変遷>



図 III- 5 6 アジャイル開発過程でのプロペラ形状の変遷

<量産プロトタイプ向けプロペラの性能確認>

量産プロトモデル用に作製したプロペラによる性能評価を行い、設計値通りの結果が得られることを確認した。

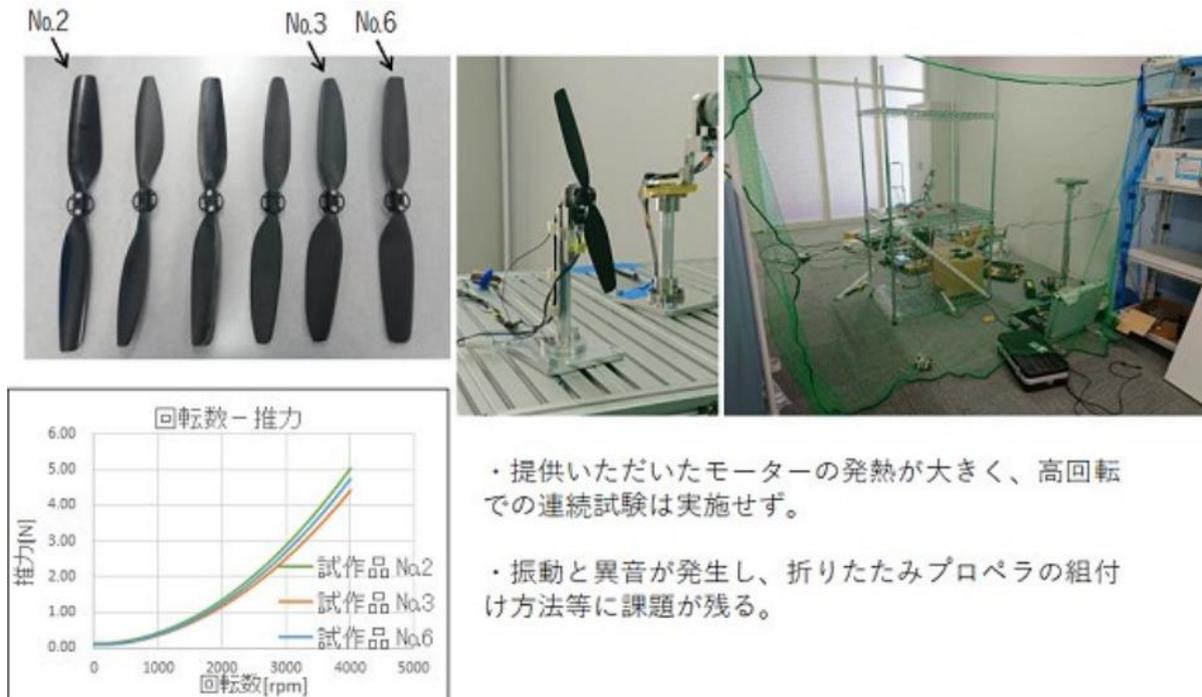


図 III- 5 7 量産プロト向けプロペラの性能評価結果

## 2-2-2. 「量産等体制構築支援」(実施先：ヤマハ発動機株式会社、株式会社 ACSL)

### 2-2-2-1. 「アジャイル開発および季節変動性のある生産体制の構築」(実施先：ヤマハ発動機株式会社)

機体構成品については、構成部品の設計と、その生産に必要な型設計を行い、部品単体で仕様を満たしているかの確認を行うとともに、機体組立後の動作確認を行うことで、実運用に耐えるものとなっていることを確認した。

型で成形された構成部品を用いた生産組立評価で、防水防塵性・落下強度・各種環境下での作動確認・キャリブレーション検査・通信機能検査など、以下に示す試験・検査で延べ 170 項目以上の確認を行い、実用化が可能な水準に達していることを確認した。

- ・防水防塵試験
- ・落下強度試験
- ・各種環境下の作動確認試験
- ・同フライト耐久試験
- ・キャリブレーション検査
- ・通信機能検査

また、図 III-58 に示す通り、繊細な小型無人機の部品および機体組立に適したラインを設計し改良を重ねることで、低コストかつ短納期で高い信頼性が確保可能な生産体制を実現できた。更に、図 III-59 および図 III-59 に示す通り、機体の完成検査設備として必要な、IMU キャリブレーション装置や SLAM カメラキャリブレーション装置などの開発も実施した。しかしながら、製品の実運用環境化における信頼性を高める活動はこれからであり、事業期間終了後も、本事業にて実現した体制等をベースにして、品質・生産効率を高める継続的な改善が必要である。具体的には、撮影画質に影響する振動削減のための機体構造の改善、通信精度・センサー精度に影響する電磁ノイズの影響抑制のための電磁シールド類の改善、運用環境で発生する損傷・劣化を抑制するための設計・材質の変更等が想定される。一方で、本事業成果を用いて製品化されるドローンへの搭載が想定されるリモート ID の制度設計及び技術開発が並行して進んでいること、実運用を通じて抽出された安全・安心に関する改善提案も想定されることから、事業期間終了後にも、上記の電磁波対策や振動対策、基板やソフトウェアの追加・変更等が想定される。同様に、本事業成果を用いて製品化されるドローンをベースにして、飛行精度の向上や自動飛行機能の向上・拡充などの商品性向上を目的とした研究・開発や、これらの機能向上に伴う生産体制の追加・変更が想定されている。また、本事業成果を用いて製品化されるドローンを、農業分野での生育調査(リモートセンシング)において利用する活動を実施していくなど、本事業成果を用いて製品化されるドローンの利用面において、継続的に研究・開発を進めていく。さらには、本事業成果である安全安心なドローン基盤技術を応用することで、農業分野でも求められる安全安心な農業ドローンの研究・開発を進める。研究・開発段階では、本事業で構築された生産体制を応用することで、効率的に安全安心な農業ドローンの研究・開発が進められることが期待されている。以上のように、機能面、利用面での継続的な改良・追加・変更の取り組みを進める為、本事業成果を用いて製品化されるドローンとその生産体制においても引き続き改良・追加・変更を行いながら、より安心・安全で、より高い信頼性を有する安心・安全なドローンの提供に貢献していく。

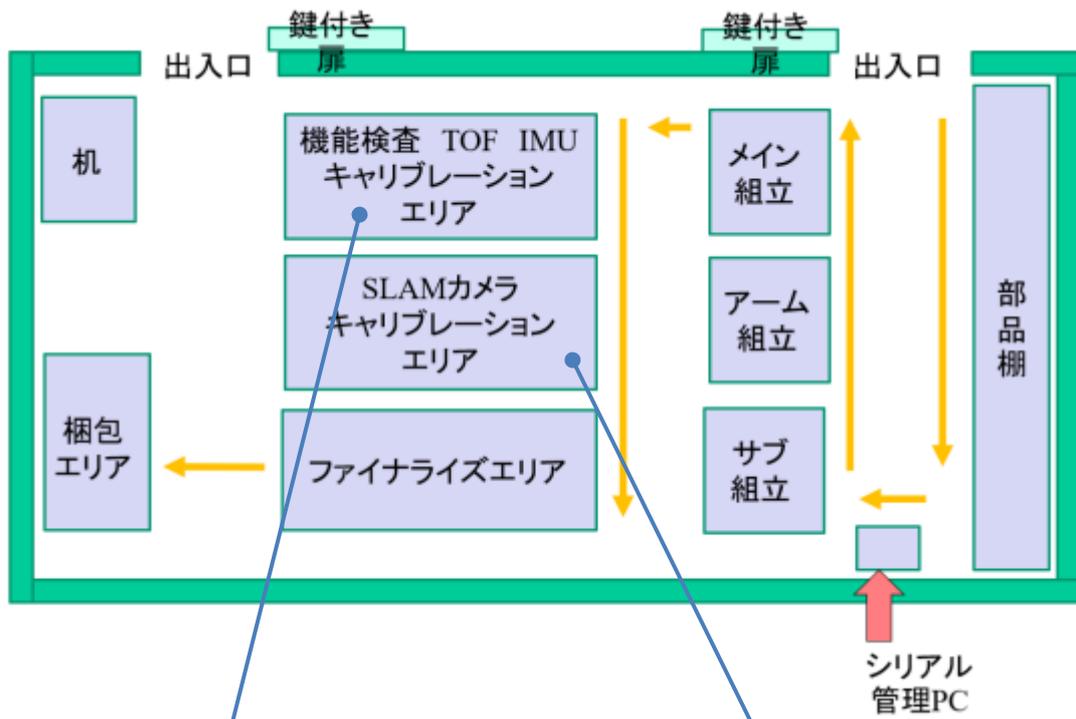


図 III-58 組立工程レイアウト図

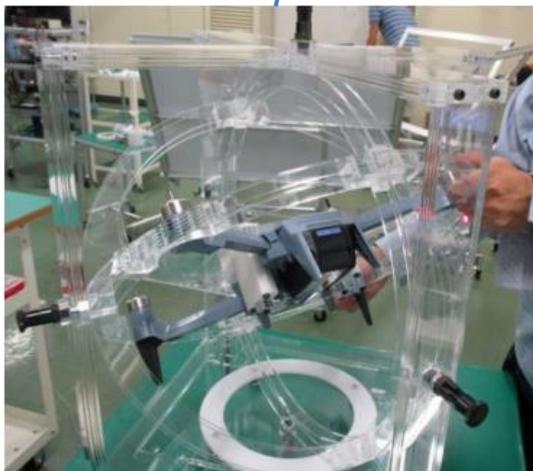


図 III-59 IMU キャリブレーション装置

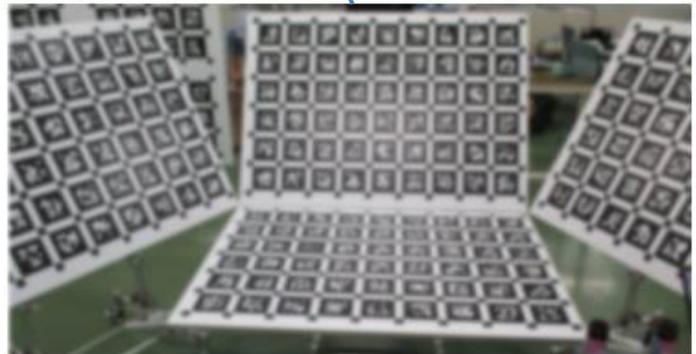


図 III-60 SLAM カメラキャリブレーション装置

## 2-2-2-2. 「安全安心な顧客運用のためのシステムの開発」(実施先：株式会社 ACSL)

「安全安心なドローン基盤技術開発」の助成事業において、事業終了後、速やかに事業化を実現するべく、ビジネスモデルの検討を早期に開始し、事業化に必要な各種システムやプログラム（顧客管理システム、ソフトウェアアップデートシステム、顧客トレーニングプログラム、取扱説明書等）を洗い出し、要件定義・開発を行い、販促・保守体制構築を行った。

具体的には、以下の開発を実施した。

- ① 顧客トレーニングプログラム
- ② セキュアなデータアップデートシステム
- ③ セキュアな顧客管理システム

### <顧客トレーニングプログラム>

顧客トレーニングプログラムの構築では、委託事業にて開発した標準ドローンに関する政府調達を想定した顧客トレーニングプログラムを構築する。顧客トレーニングプログラムでは、初心者（ドローンを飛行させたことの無い人）を想定した、座学・シミュレータ・実技の3部構成で検討を進めた。

顧客トレーニングプログラムの構築では、3つの国土交通省認定管理団体の顧客トレーニングプログラムを入手し、トレーニング内容の比較を実施した。トレーニング内容については、いずれのトレーニング内容は実技で累積10時間の飛行時間は確保するものの、トレーニング期間や座学、メンテナンス指導等については標準化されていなかった。これは、認定管理団体のトレーニングでは特定機体を前提としたトレーニングとなっていないためと推察される。

一方で、委託事業の研究開発項目④における関係省庁に対するニーズ調査結果では、実技に加えて関連法規に関する指導、機体のメンテナンス指導、機体の不具合時対応など、特定機体を前提とした要望があった。そのため、本事業では、委託事業成果である標準機体に特化したトレーニング内容を構築した。

以下が、試作したトレーニング内容の概要である。

表 III-33 顧客トレーニングプログラムの概要

| 日程  |    | 内容                  |
|-----|----|---------------------|
| 1日目 | 午前 | 座学                  |
|     | 午後 | 実機指導（機体構成、飛行状態説明など） |
| 2日目 | 午前 | GCS指導               |
|     | 午後 | 実技指導（市場品との差分説明含む）   |
| 3日目 | 午前 | 実技                  |
|     | 午後 | 実技と確認試験             |

また、座学については、関係省庁に対するニーズ調査結果を反映し、特定機体の説明や関連法規の指導も取り入れた。座学のアジェンダは下記の通りである。

## ■研修内容■ ※1日目座学内容

1. ドローンのトラブル事例紹介（15～20分）  
ドローン失敗事例を紹介し、ドローンは有効であるものの、危険であるという認識を醸成する
2. 導入（10分以内）  
取説を熟読して来たことが大前提で指導する事を説明  
施設賠償責任保険の説明  
標準機体と市販品との違いを説明  
本機体は屋外専用機体であるため屋外飛行を前提とした指導であることを説明
3. 関連法規（40～50分）  
ドローン運用に関する法規を説明  
運用時に考慮が必要な周辺法規の説明
4. 機器構成（40～50分）  
標準構成品の説明  
オプション品の説明  
システム構成の説明
5. 各機器毎の説明（40分～50分）  
本体（バッテリー。プロペラ）  
プロポ（アプリ）  
カメラ（ジンバル）
6. 飛行条件及び禁止事項（20分）  
本機体の飛行リスクについて説明  
現場で準備するもの（標準品・現場であると良いものなど）
7. その他（10分）  
トラブルシューティング  
用語集

図 III-6 1 座学の概要

本カリキュラム内容について、国土交通省認定管理団体、及び管理団体のドローンスクール2社に対して、第三者レビュー及び試運転を実施した。トレーニング内容ならびに座学のアジェンダについては問題がなかったが、導入しやすくする工夫としてクイックスタートアップガイドのフィードバックがあったため、改良の中で策定した。下記に顧客トレーニング向けにクイックスタートアップガイドの一部を示す

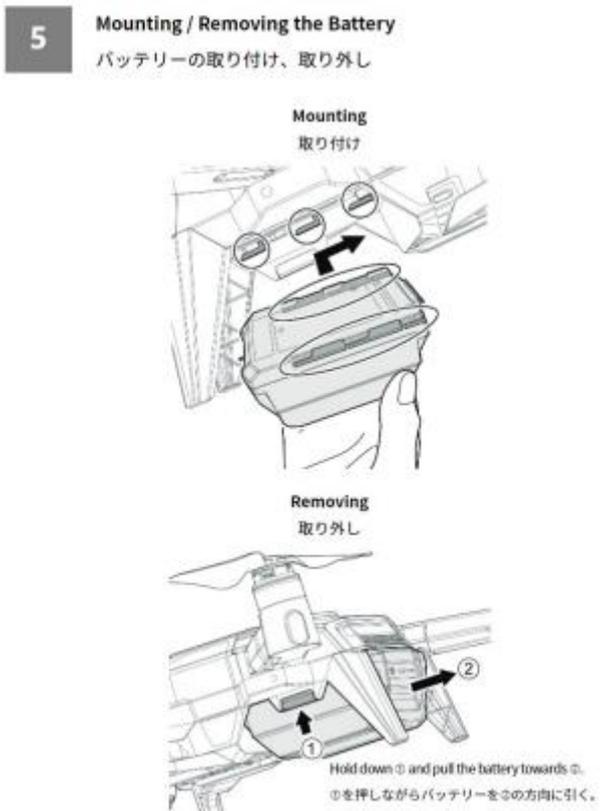
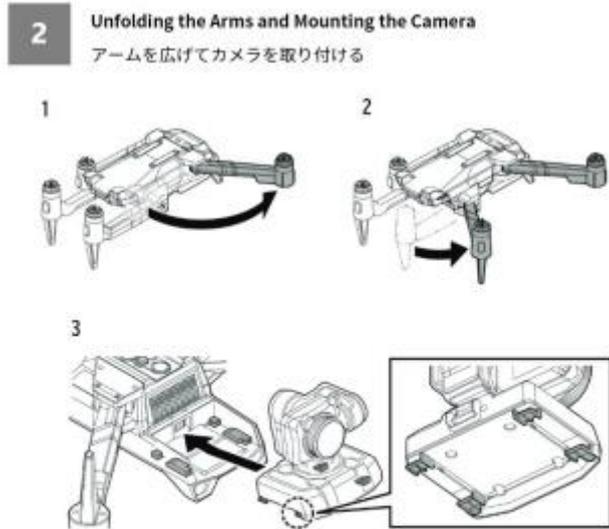


図 III-6 2 クイックスタートアップガイドの例

実際のスクール運営に対して考慮しなければならない点についてフィードバックを収集した。例えば、雨天時の対応として、2日目・3日目が延期されてしまい場合、1日目の座学・実機指導の効果が薄れてしまうことが懸念される。そのためには、シミュレータを用いた飛行訓練や、GPSを使わない屋内での飛行訓練を入れる等の設計が必要であることが明らかになった。これらについては、本事業では取り扱わず、標準機体のトレーニングスクールが独自に差別化として取り組むものと整理する。

<セキュアなデータアップデートシステム>

セキュアなデータアップデートシステム開発では、標準機体に実装されるシステム構成や無線通信を考慮したうえで、セキュアに3つのソフトウェアのバグ修正・機能進化の更新を行うためのシステムを C) 評価・改良・ドキュメント化 B) システム設計・開発 A) ビジネスモデル検討 A) 要件定義 C) 評価・改良 A) 要件定義 B) システム設計・開発 B) プログラム設計・開発 C) 評価・改良構築した。

セキュアなアップデートシステム構築では、委託事業研究開発項目①の標準機体のシステム構成とセキュリティ分析結果を考慮し、Authentication や暗号化・鍵管理等データアップデートシステムに求められる開発要件を定義した。定義した開発要件に基づき、標準機体・GCS・クラウド・鍵生成サーバー・Authentication サーバー・設定ツールのシステム設計を行い、実装を行った。下記に実装を行った全体システムの概要を示す。

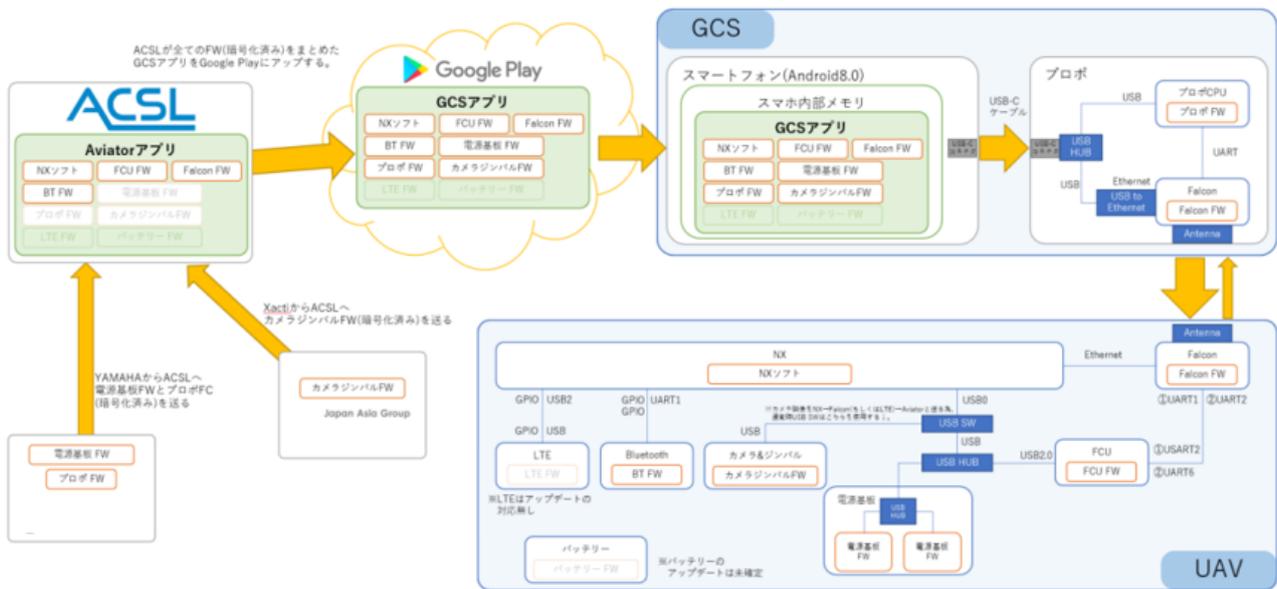


図 III- 6 3 セキュアなアップデートシステムの概要

標準機体では、エンドユーザーが随時機体ファームウェア及び機能プログラムをアップデートできるようにハードウェアレベルから構築している。また、ハードウェアにおいてはヤマハ発動機ならびにザクティの開発担当領域があり、アップデートすべきファームウェアも多岐にわたる。そのためアップデートシステム設計の概念としては、(株)ACSL がすべてのアップデートプログラムを集約し、セキュアに暗号化した上で、GCS アプリを経由して機体の更新を実施する仕様とした。下記に実装したアップデートプログラムの一部を示す

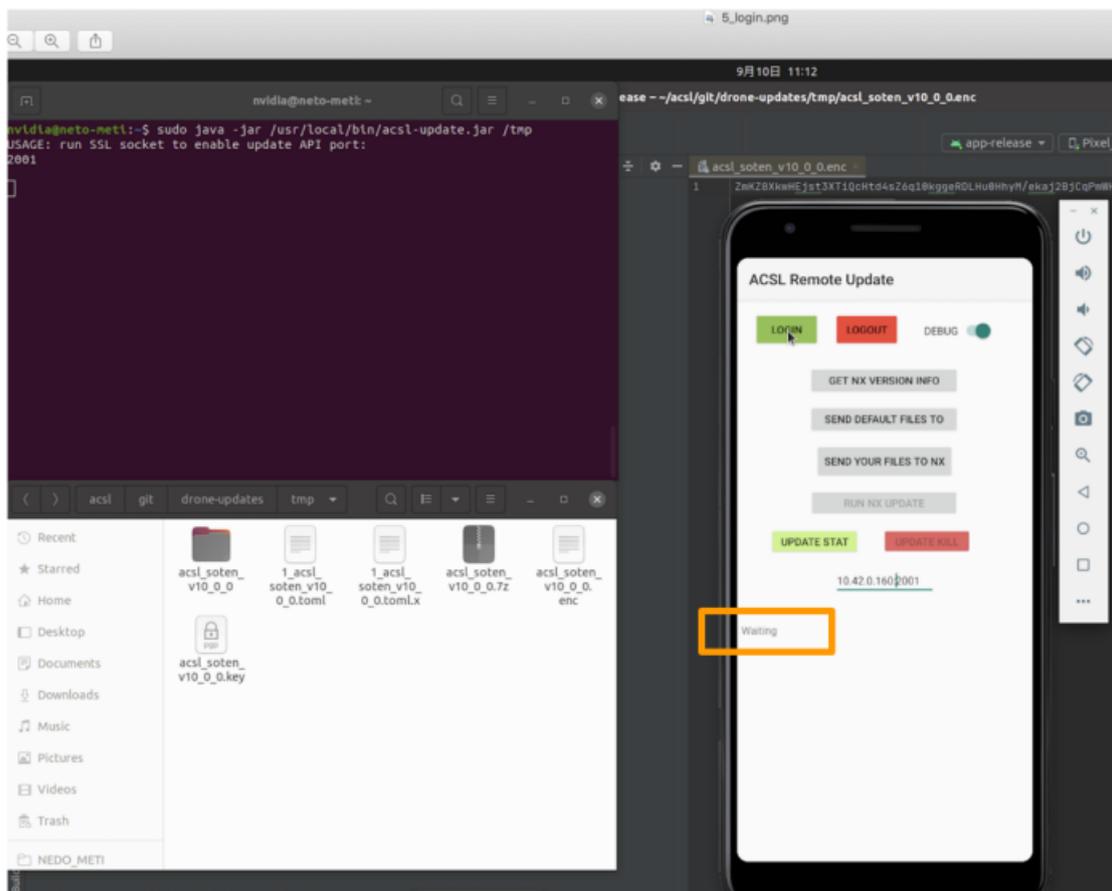


図 III-6 4 アップデートプログラムのログイン画面（メーカー側）

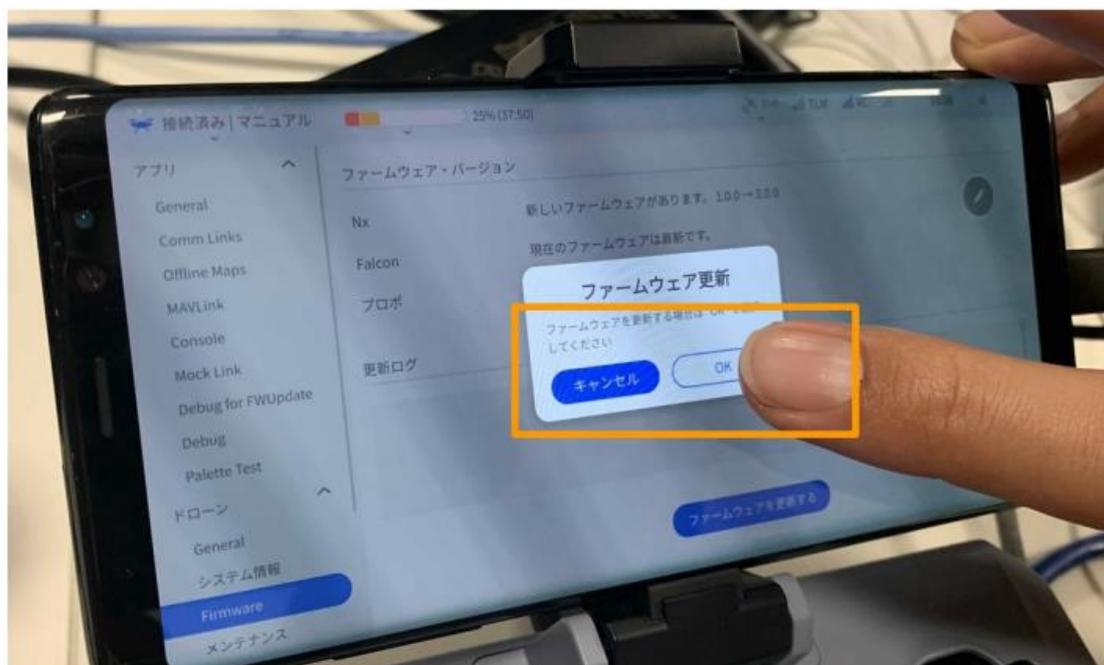


図 III-6 5 GCS 側でのアップデート画面（顧客側）

なお、アップデートパッケージが暗号化されていることに加えて、アップデート経路の無線通信などは標準機体の設計仕様として既に暗号化されているため、セキュアなシステムとして構築している。

本事業で開発したアップデートシステムは、委託事業にて実施した ISO15408 準拠のセキュリティ分析・対策評価の検討対象範囲となっており、脅威分析結果に応じたセキュリティ対策を実施している。

### <セキュアな顧客管理システム>

セキュアな顧客管理システム開発では、標準機体の量産化が開始した段階において、顧客情報、機体の使用情報、修理情報、メンテナンス状況などのアフターサポートを実施する上でのセキュアな顧客管理システムの開発を実施した。

セキュアな顧客管理システム開発では、委託事業研究開発項目①で実施した関係省庁に対するヒアリング結果に基づき、政府調達等を想定した標準機体のライフサイクル活動（生産、物流、倉庫管理、出荷、不具合解析・対応、保守・メンテナンス）を定義した。ライフサイクル活動における情報フローを分析し、顧客管理システムに必要な開発要件を定義した。

必要な情報フローに基づき、セキュアな顧客システムを構築する上で対応可能な CRM システムの評価を実施した。特に、セキュリティを構築する上でデータサーバーが日本国内で構築可能か、システム稼働率の保証、公的機関の認証（SAS 70 Typell 等）、監査基準、災害時対応、暗号化、オペレーションセキュリティなどを注視した。結果、ORACLE 社の NETSUITE をベースとして、本事業を想定したカスタマイズ開発を実施した。

カスタマイズの内容としては、通常の顧客情報・案件管理などに加えて、機体情報の登録、修理情報管理、特定閾値（更新時間によるアラート等）を実装した。下記が実装した画面の概要である。

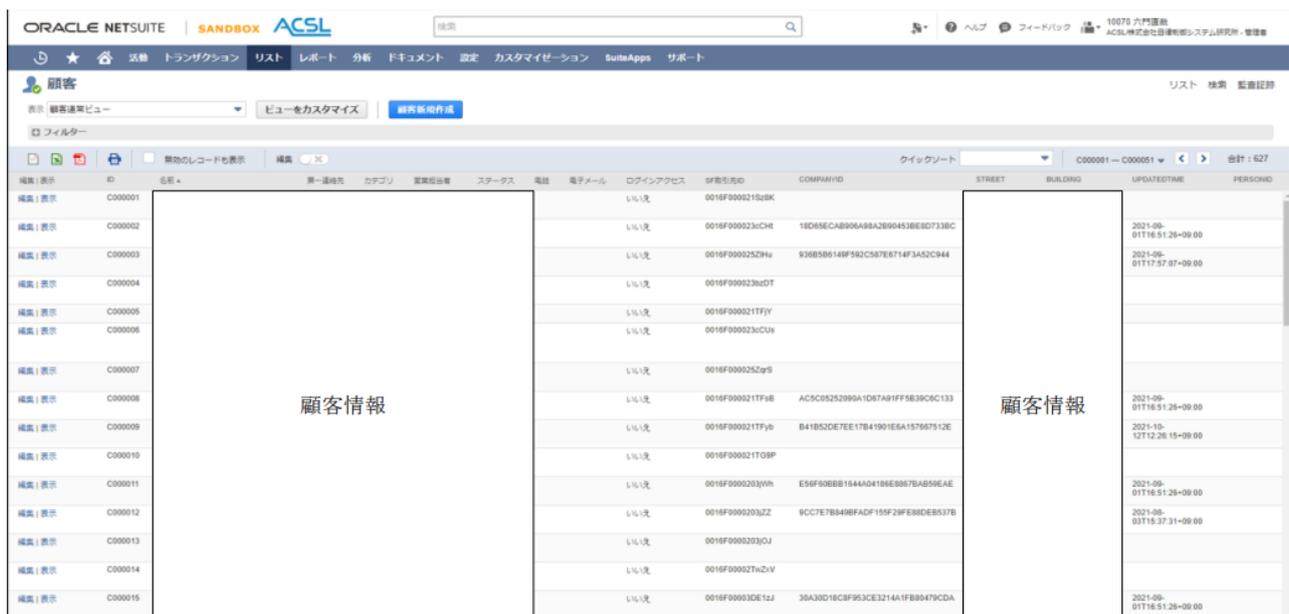


図 III-6 6 NETSUITE をベースとした、セキュアな顧客管理システム

### <安全安心な顧客運用のためのシステムの開発結果>

安全安心な顧客運用のためのシステムの開発の成果を表 III-34 にまとめる。

表 III-34 安全安心な顧客運用のためのシステムの開発結果

| 実施項目                   | 年度別の成果   |  | 評価 |
|------------------------|--|--|----|
|                        | 2020 年度  | 2021 年度  |    |
| ① 顧客トレーニングプログラム構築      | 顧客トレーニングプログラムの試作開発を完了                                  | 試作開発した顧客トレーニングプログラムを国土交通省管理団体およびドローンスクール2社と試運転を実施し、評価・改良を実施した。 | ○  |
| ② セキュアなデータアップデートシステム開発 | セキュアなデータアップデートシステムのシステム設計を完了                           | データアップデートシステムを実装し、試運転を通して評価・改良を実施した。                           | ○  |
| ③ セキュアな顧客管理システム開発      | 政府調達を想定した標準機体のライフサイクル活動分析、および情報フロー分析に基づき、システム開発要件定義を完了 | システム開発要件に基づき、既成システムをセキュリティ観点から評価し、採用した既成システムのカスタマイズ開発を実施した。    | ○  |

## IV. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて

### 1. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて

本事業での成果について、初期的には次の実用化・事業化の方針とする。なお、今後の市況環境下や事業環境の変化に伴い、下記方針が変更となる場合がある。

- ① 各事業者による事業成果を利用する小型ドローンの商品化は、株式会社 ACSL のブランドとして商品化する。  
2022 年 7 月時点では、SOTEN を取り扱う特約店が全国で 23 社ある。
- ② 海外市場への展開については、視野に入れているものの、安全貿易・輸出管理の状況も踏まえ、どのブランドで販売するかは継続的に検討する。
- ③ 各社の事業成果を統合した小型ドローンのみならず、個別成果も同時に単体で実用化することで、ユーザーの選択肢と利便性を最大化する。

#### 1.1 各種成果の製品化

実用化・事業化方針の①で掲げた国内市場へ小型ドローンの商品化については、事業後の早期実用化・事業化に向け 2021 年 11 月 1 日からティザーサイトを開設・公開した（自社費用負担による ACSL ホームページ上での開設）。また、2021 年 12 月 7 日に ACSL が小型ドローンを製品名「SOTEN（蒼天）」として、受注開始を行っている。



図 IV-1 ティザーサイト

## ACSL、セキュアな小型空撮ドローン「SOTEN（蒼天）」の受注を開始

株式会社ACSL(本社：東京都江戸川区、代表取締役社長 兼 COO：鷲谷聡之、以下「ACSL」)は、本日12月7日より、小型空撮ドローン「SOTEN（蒼天）」およびオプション品の受注を開始しました。



### 1. 開発背景

産業用ドローンは、日本における少子高齢化に伴う様々な社会問題解決のためのロボティクス技術の一つとして注目されており、インフラ点検、災害時の現場確認や探索、物流、農業などの用途で、今後私たちの暮らしにますます密接に関わってくるものと予測されます。

そのような中、2020年9月に、政府は「調達にセキュリティが担保されたドローンに限定」し、「既存導入されているドローンについても速やかな置き換え」を実施する方針を公表<sup>※1</sup>しており、高いセキュリティを実現したドローンへの需要が高まっています。

ACSLは、漏洩や抜き取りの防止、機体の乗っ取りへの耐性を実現し、あらゆる産業用途で安全安心にドローンを活用していただくことはもちろん、現場の“技術を守る”ことで、日本のものづくりを守り、ゆくゆくは空の産業革命に寄与すべく、セキュアな小型空撮ドローン「SOTEN（蒼天）」を開発しました。

※1「政府機関等における無人航空機の調達等に関する方針について」2020年9月14日小型無人機に関する関係府省庁連絡会議

### 2. 製品名「SOTEN（蒼天）」について

空の産業革命に寄与すべく誕生し、空（天）という無限大の可能性を持つ空間を自在に飛行する姿をイメージして、「SOTEN（蒼天）」と名付けました。



図 IV-2 ACSLによる「蒼天（SOTEN）」製品化

また、実用化・事業化方針の③で掲げた個別成果単体での実用化については、NTTドコモからは「セキュアフライトマネジメントクラウド」提供開始が、ザクティからは「ジンバルカメラ CX-GB シリーズ」がそれぞれニュースリリースされた。

**ドローン向けクラウドサービス「セキュアフライトマネジментクラウド」の提供を開始**  
 ～国産ドローンのセキュアな運用を実現するデータ管理クラウドサービス～

株式会社NTTドコモ(以下、ドコモ)は、株式会社ACSL(以下、ACSL)が開発した、経済産業省の定める基準<sup>※1</sup>を満たす初のドローン機体「SOTEN(蒼天)」向けに、高度なセキュリティでデータを管理し、業務の一元管理が可能なクラウドサービス「セキュアフライトマネジментクラウド<sup>TM</sup>」を、法人のお客さま向けに本日から提供開始いたします。

ドローンは「空の産業革命」を担う新たな可能性を有する技術として期待され、国内でもさまざまな分野で活用が進んでいます。一方、飛行の安全性確保に加え、機体の不正操作やデータ漏洩のリスクなどに対応するサイバーセキュリティの確保も重要な課題となっています。

ドコモはこれらの課題を解決するため、NEDO<sup>※2</sup>により2020年から実施された研究開発事業「安全安心なドローン基盤技術開発」<sup>※3</sup>に参画し、SOTEN(蒼天)と連携したクラウドシステムの開発により、データの漏洩や抜き取りの防止、また、機体の乗り取りへの耐性の実現に成功しました。

この度、ドコモはこれらの成果をもとに、ACSLから2021年12月7日(火)に販売開始される「SOTEN(蒼天)」を運用するお客さまのためのクラウドサービス「セキュアフライトマネジментクラウド」(以下、本クラウドサービス)を提供いたします。

本クラウドサービスは機体と一体となることで、ドローンが撮影した動画・静止画データをドローン内部で即座に暗号化し、本クラウドサービスにアップロードすることで初めて復号できるため、万が一機体が落下・紛失した場合でもデータ漏洩の心配はありません。

また、本クラウドサービスは、ドローン機体・パイロット・フライト計画などの業務に必要な情報を一元管理できます。管理画面へはWebからアクセスでき、簡単に作成・閲覧・編集できるため、運用にかかる負担を軽減できます。



図 IV-3 セキュアフライトマネジментクラウドの提供開始のご案内

### スタンダードカメラ CX-GB100



**大口径レンズと独自信号処理により低ノイズ高画質撮影を実現**

|               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| レンズ / イメージセンサ | 28mm, F2.8 / 1inch 20MP     |
| 静止画解像度        | 5472×3648                   |
| 動画解像度         | 4K / 30fps, H.264           |
| 映像伝送解像度       | 720p / 30fps                |
| ジンバル制御範囲      | パン±85°,チルト-115°~45°,ロール±25° |

**日本設計のプロセッサ搭載**  
20世代以上に達する自社開発プロセッサ

**大口径レンズ+20Mピクセル搭載**  
独自信号処理プロセッサで高解像度




※特許点での権利範囲です。この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 NEDO の研究成果の結晶です。

### 可視 + IRコンボカメラ (オプション) CX-GB200



**夜間飛行を可能にし人物や火災など熱エネルギーの可視化を実現<sup>(注)</sup>**

|               |   |
|---------------|---|
| レンズ / イメージセンサ | 可視: F2.8 / 1/2.3inch / 12MP<br>IR: F1.0 / 320×256           |
| 静止画解像度        | 可視: 4056×3040, IR: 320×256                                  |
| 動画解像度         | 2K / 60fps, H.264   |
| 映像伝送解像度       | T.B.D.  |
| ジンバル制御範囲      | パン±85°,チルト-115°~45°,ロール±25°(T.B.D.)<br>※ジンバル制御範囲には対応していません。 |

**遠赤外センサーで熱エネルギー可視化**  
捜索や救助の場面で活用



**可視・遠赤外重量表示**  
可視センサーと遠赤外センサー映像と組み合わせて重量表示



※特許点での権利範囲です。この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 NEDO の研究成果の結晶です。

### マルチスペクトルカメラ (オプション) CX-GB300

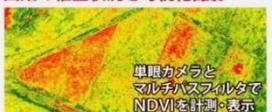


**一眼でNDVI測定などを可能にし田畑の植生状況を可視化撮影**

|            |                                       |
|------------|---------------------------------------|
| レンズ        | 1/2.7inch 2.9-7.25mm(x2.5), F2.0-F3.0 |
| イメージセンサ    | 1/2.3inch 12MP                        |
| 静止画解像度     | 3600 x 2400 (T.B.D.)                  |
| 動画解像度      | 4K / 30fps, H.264                     |
| 映像伝送解像度    | 720p / 30fps                          |
| ジンバル可動範囲   | パン±90°,チルト-120°~50°,ロール±30°           |
| ジンバル操作可能範囲 | パン±85°,チルト-115°~45°                   |

**三波長・マルチスペクトル記録**  
計測用途に併せて様々なフィルタを取り付け可能

**リアルタイムでNDVIライブビューを表示**




※特許点での権利範囲です。この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 NEDO の研究成果の結晶です。

### 光学ズームカメラ (オプション) CX-GB400



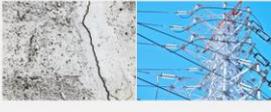
**光学とデジタルズームの組合せで近寄れない被写体を拡大表示・記録**

|            |                                       |
|------------|---------------------------------------|
| レンズ        | 1/2.7inch 2.9-7.25mm(x2.5), F2.0-F3.0 |
| イメージセンサ    | 1/2.3inch 12MP                        |
| 静止画解像度     | 3600 x 2400 (T.B.D.)                  |
| 動画解像度      | 4K / 30fps, H.264                     |
| 映像伝送解像度    | 720p / 30fps                          |
| ジンバル可動範囲   | パン±90°,チルト-120°~50°,ロール±30°           |
| ジンバル操作可能範囲 | パン±85°,チルト-115°~45°                   |

**被写体に近寄れない災害時に活用**  
災害現場を遠隔確認



**点検用途に活用**  
コンクリートのひび割れや送電線をリモート点検



※特許点での権利範囲です。この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 NEDO の研究成果の結晶です。

図 IV-4 ジンバルカメラ CX-GB シリーズ

## 2 波及効果

本事業で実用化・事業化された技術について、小型ドローンは受注開始後約 4 か月の 2022 年 3 月末時点で約 500 台出荷された。株式会社 ACSL は、同ドローンを 2022 年中の販売目標として 1,000 台を掲げている。株式会社 ACSL は同ドローンを取り入れた事業計画にて 2030 年に売上高 300 億円を目指している。

また、2022 年 3 月には、公開したインターフェース仕様を活用して、受託事業者以外が本事業成果のフライトコントローラーへの統合を完了した旨を発表した。

## 2021 年度実施方針

ロボット・AI部

**1. 件名**

「安全安心なドローン基盤技術開発」

**2. 根拠法**

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第2号、第3号及び第9号

**3. 背景及び目的・目標**

ドローンは、「空の産業革命」とも言われる新たな可能性を有する技術であり、既に農薬散布、空撮、測量、インフラの点検等の場で広く活用されはじめている。既存の手段では困難であった、迅速で場所を選ばない物の輸送や、空からの画期的な映像取得等が可能となるため、人手不足や少子高齢化といった社会課題の解決や、新たな付加価値の創造を実現する産業ツールとして期待されている。さらに災害時においては、車や人が進入しにくい地域などでも、広範囲を短時間で巡回するドローンからの映像によって、素早く正確な情報に基づいた被災状況調査が可能となり、よりの確な判断をする事が可能となる。加えて、火災時には、赤外線技術を用いた空撮によって、火災発生地点の所在や被災者の有無を特定することが可能となる。このようにより迅速で正確な災害や火災への対応にも、ドローンの更なる用途拡大が期待される。

このような中、政府では「安心と成長の未来を拓く総合経済対策(2019年12月5日閣議決定)」において、災害が激甚化する中で国民の安全・安心を確保するため国土強靱化の推進や Society5.0 を実現する具体的な政策として、「災害対応等の用途拡大に向けたドローンの基盤技術開発」や「社会課題の解決に資する先端技術の社会実装・普及」を掲げている。

また、サイバーセキュリティ戦略(2018年7月27日閣議決定)においては、国民が安全で安心して暮らせる社会の実現に向けて、国民・社会を守るための取組の一つとして、ドローンについては、「サイバー攻撃による不正操作によって、人命に影響を及ぼす恐れがあるため、かかる事態が生じないよう対策の推進」が掲げられており、多様な主体が連携して、多層的なサイバーセキュリティを確保することが求められている。

そのため、本事業では、災害対応、インフラ点検、監視・搜索等の政府調達をはじめとする分野でのドローンの利活用拡大に資するため、安全性や信頼性を確保しつつ、ドローンの標準機体設計・開発やフライトコントローラーの標準基盤設計・開発を行い、主要部品の高性能化やドローン機体等の量産化に向けた取組を支援することで、我が国のドローン産業の競争力を強化すると共に、関連するビジネスエコシステムの醸成を図る。

**3.1 本事業の開発対象**

今日のドローンは、「飛行するための機構(機体、送信機、飛行を支援するアプリケーション)」と「飛行の目的を達成するための機構(カメラなど)」に加え、「ドローンで取得したデータに付加価値を与えるソフトウェア」や「運航管理システム」などのソフトウェアやシ

システムと一体として提供され、価値が向上している。本事業においては、「飛行するための機構(機体、送信機、飛行を支援するアプリケーション)」及び「飛行の目的を達成する機構(カメラ)」を開発対象とするが、「ドローンで取得したデータに付加価値を与えるソフトウェア」や「運航管理システム」との連携性や機能拡張性も意識した開発がされることが求められる。なお、機体はフライトコントローラーにより自律制御されるマルチコプタータイプを想定する。また、飛行を支援するアプリケーションはテレメトリ情報の確認、機体の各種パラメーターの設定、自動飛行の設定などが可能なアプリケーションを想定する。

### 3.2 事業目標

[委託事業]

研究開発項目①「政府調達向けを想定したドローンの標準機体設計・開発及びフライトコントローラー標準基盤設計・開発」

最終目標(2021年度)

- ・ 高い飛行性能・操縦性、セキュリティを実現するドローンの標準機体設計・開発及びフライトコントローラー標準基盤設計・開発を行い、実装・検証を行った上で、機体本体と各主要部品のインターフェース仕様並びにフライトコントローラーのAPIを公開する。

[助成事業(助成率:1/2もしくは2/3以内)]

研究開発項目②「ドローン主要部品設計・開発支援並びに量産等体制構築支援」

最終目標(2021年度)

- ・ 研究開発項目①で策定される標準仕様を満たす、より高性能な主要部品を設計・開発し、量産からサポートに渡る体制構築強化を図り、事業終了後早期に政府調達をはじめとする市場への参入を実現する。

## 4. 実施内容及び進捗(達成)状況

プロジェクトマネージャーにNEDO ロボット・AI部 田邊栄一を任命して、プロジェクトの進行全体を企画・管理し、そのプロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させた。

### 4.1 2020年度(委託)事業内容

#### 研究開発項目①「政府調達向けを想定したドローンの標準機体設計・開発及びフライトコントローラー標準基盤設計・開発」

「ドローンの標準機体設計・開発」及び「フライトコントローラー標準基盤設計・開発」においては、市場シェアの高いドローンのベンチマークに加えて、災害対応、インフラ点検、監視・捜索等におけるユーザーの声をヒアリングで収集し、目標とする要求仕様を策定した。(実施体制:株式会社自律制御システム研究所)

その上で策定した要求仕様に基づき、ドローンの機体本体及びクラウドサービスの構成モジュールが具備すべき性能・機能の基本設計を行い、以下のドローン機を順次作製することで、段階的に機能・性能を向上していくアジャイル開発に着手した。(実施体制:株式会社自律制御システム研究所、ヤマハ発動機株式会社、株式会社NTTドコモ)

- ・ デザインプロトタイプ:原理検証を行うために、主に市販品の集合体として組み立て、市場ニーズに即した飛行ができるか、また製品仕様では定めきれられていない顧客の操作性等を検討するための原理試作品

- 0次試作機:策定した仕様に基づき、基本的にはすべて新規開発する部品のエンジニアリングサンプル品の集合体として組み立て、飛行やインタフェース、通信確認を検証するための機体
- 1次試作機:0次試作機での課題を反映し、新規開発する部品の集合体として組み立てた、全ての機能の単独・システム評価を行うための機体

また、「高いセキュリティを実現する技術開発・実装」においては、一般財団法人「重要生活機器連携セキュリティ協議会」におけるIoT機器共通のセキュリティ11要件に範を取り、ユースケースやシステム構成に応じたセキュリティリスクを評価すると共に、機体から発信する情報に対するなりすましや改ざんのリスクを抽出し、対策を検討することで、機体間通信モジュールのセキュリティ確保のためのデバイス情報認証方式等に対しての設計を進めている。(実施体制:株式会社自律制御システム研究所、株式会社NTTドコモ)

#### 4.2 2020年度(助成)事業内容

##### 研究開発項目②「ドローンの主要部品設計・開発支援並びに量産等体制構築支援」

「より高性能な主要部品の設計・開発」においては、主要部品である、高密度バッテリー及び高トルクを生み出すモーター、安定飛行を実現する為のESC(Electric Speed Controller)等を開発を行い、順次評価を行っている。(実施体制:ヤマハ発動機株式会社)

カメラの開発においては、災害時の対応や、農林業における植物育成状況調査等におけるユーザーの声を反映し、オプション品として可視光カメラと赤外線カメラを併設するデュアルカメラ、およびNDVI(Normalized Difference Vegetation Index)対応のマルチスペクトルカメラの開発に着手すると共に、ジンバルの設計においては、これら3種のカメラが1つのジンバルで交換可能とする共通化設計を行った。(実施体制:株式会社ザクティ)

プロペラの開発においては、流体力学その他の高度シミュレーションを行った後に、機体に実装されるモーター/ECSを使っての動作確認によって、安価な樹脂素材を用いながらも高浮力で高強度、低騒音のプロペラを実現できる見通しが得られた。(実施体制:株式会社先端力学シミュレーション研究所)

「量産からサポートに渡る体制構築」においては、サプライチェーンリスクの最少化などをはかった。(実施体制:株式会社自律制御システム研究所、ヤマハ発動機株式会社)

#### 4.3 実績推移

|            | 2020年度 |     |
|------------|--------|-----|
|            | 委託     | 助成  |
| 一般勘定(百万円)  | 866    | 251 |
| 特許出願数(件)   | 0      | 0   |
| 論文発表数(報)   | 0      | 0   |
| 学会発表数(件)   | 0      | 0   |
| フォーラムなど(件) | 0      | 0   |

## 5. 事業内容

本事業においては、以下に記す委託事業及び助成事業を実施する。

なお、開発に当たっては、「空の産業革命に向けたロードマップ2019」で定められている、有人地帯で目視外飛行するレベル4の将来像を見据え、運航管理システムとの連携や機体安全基準への適合等が今後求められていく可能性に留意する。

また本事業の推進に当たっては、プロジェクトマネージャーに NEDO ロボット・AI 部 田邊栄一を任命して、プロジェクトの進行全体を企画・管理し、そのプロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させる。

### 5.1 2021 年度(委託)事業内容

#### 研究開発項目①「政府調達向けを想定したドローンの標準機体設計・開発及びフライトコントローラー標準基盤設計・開発」

政府調達向けを想定して、高い飛行性能・操縦性、セキュリティを実現するドローンの標準機体設計・開発及びフライトコントローラー標準基盤設計・開発を実施する。性能検証のために関係省庁等と連携し、試作機を用いてエラー情報などのフィードバックを踏まえて性能をブラッシュアップしていく、アジャイル開発を行う。

##### ・ ドローンの標準機体設計・開発

高性能な空撮機能を実現する、小型で使いやすいドローンの標準機体設計・開発を実施する。基本的には以下の仕様を想定する。

なお、事業終了時には、機体本体と各主要部品のインターフェース仕様を公開する。

- 総重量は 1kg～2kg
- 最大飛行時間は 30 分以上
- Waypoint 指示等による自動飛行が可能
- 標準カメラや高解像度カメラ(1 インチ 20Mpixel 以上の CMOS センサーなど)、赤外線カメラなどに交換可能で、ズームレンズなどのバリエーションにも対応可能
- 専用の送信機により操作可能であること。なお、操作モードは任意に選択可能であること
- 一定の防水性・防塵性を有していること
- プロペラガードが装着可能など、対人・対物障害防止策がとられていること

##### ・ フライトコントローラー標準基盤設計・開発

高い飛行性能・操縦性を実現する、フライトコントローラーの標準基盤設計・開発を実施する。また、開発したフライトコントローラーに対応する「飛行を支援するアプリケーション」の設計・開発を実施する。基本的には、以下の仕様を想定する。

なお、開発したフライトコントローラーの API は公開することを条件とする。

<フライトコントローラー>

- 高い飛行性能(最大風圧抵抗 10m/s 程度の耐風性能、垂直方向±0.1m/水平方向±0.3m 程度のホバリング精度)を実現できること
- リモート ID 機能について、ASTM 等の国際情勢を勘案し、対応可能なこと
- LTE 通信によるコントロール及びテレメトリ通信に対応可能なこと
- 自律飛行モードと ATTI モードを飛行中でも任意に選択できること

- フライトログの詳細データはセキュリティロックが掛かる一方で、セキュリティキーがあれば利用者がメーカーを介さずに CSV 形式などで取得及び解読、解析可能であること

< 飛行を支援するアプリケーション >

- テレメトリ情報が確認できること
- 機体の各種パラメーターの設定が可能なこと
- 自動飛行する際の飛行ルート設定を範囲指定により自動で設定、又は地図上で手動で設定できること
- 機体の状態、設定項目、周囲の状態の確認、遵法事項の確認などが予めアナウンスされること

・ **高いセキュリティを実現する技術開発・実装**

第三者からのサイバー攻撃に対するセキュリティや、データ漏えいリスクへの対処など、ドローンの安全性や信頼性を確保するため、以下の点について技術開発・実装を実施する。

- なりすまし等による機体の乗っ取りに対する耐性
- フライトログデータや空撮データなど、機体内に保存及び機体から転送されるデータに対するセキュリティ
- メーカー及び第3者パーティによるデータアクセスについて、ユーザーが管理可能であること
- その他セキュリティ管理が図られていること
- 政府機関が定めるサイバーセキュリティ基本法及び関連規則等に則ったシステム開発とすること

5.2 2021 年度(助成)事業内容

**研究開発項目②「ドローンの主要部品設計・開発支援並びに量産等体制構築支援」**

本事業では、研究開発項目①「政府調達向けを想定したドローンの標準機体設計・開発及びフライトコントローラー標準基盤設計・開発」で開発された標準機体の仕様を満たす主要部品について、より高性能な機能を実現するための設計・開発を支援する。併せて、標準機体の仕様を満たすドローン機体等の量産等体制構築を支援する。

・ **より高性能を実現する主要部品設計・開発支援**

具体的には以下の機能の高性能化に向けた設計・開発を支援する。

- 飛行の長時間化・省エネ化(例:バッテリー、モーター、ESC)
- 空撮機能の高性能化(例:ジンバル、カメラ、映像伝送)
- 低騒音性(例:プロペラ)

・ **量産等体制構築支援**

本事業終了後早期に政府調達をはじめとする市場への参入を実現するため、研究開発項目①で開発された標準機体及び仕様を満たす主要部品の量産体制の構築を支援する。

また、災害対応などのクリティカルな用途を考慮すると、国内に迅速に保守・サポートをする体制や交換部品の供給体制が確保されていることが望ましく、ドローン機体や主要部品に係る QCD がそのライフサイクルに渡って担保できて初めて、安全・安心な運用が可能となることから、保守の体制構築も支援する。

### 5.3 事業期間

本事業は 2021 年度をもって完了する。

### 5.4 事業規模

一般勘定 総額1,608百万円

事業規模等については変動があり得る。

## 6. その他重要事項

### 6.1 評価の方法

NEDO は、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、技術評価実施規程に基づき、プロジェクト評価を実施する。事後評価を 2021 年度下期以降に実施する。

### 6.2 運営・管理

NEDO は、当該研究開発の進捗状況及びその評価結果、社会・経済的状況、国内外の研究開発動向、政策動向、研究開発費の確保状況等、プロジェクト内外の情勢変化を総合的に勘案し、必要に応じて目標達成に向けた改善策を検討し、達成目標、実施期間、実施体制等を見直す等の対応を行う。

### 6.3 知財マネジメントにかかる運用

「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」に従って実施する。(委託事業のみ)

### 6.4 データマネジメントにかかる運用

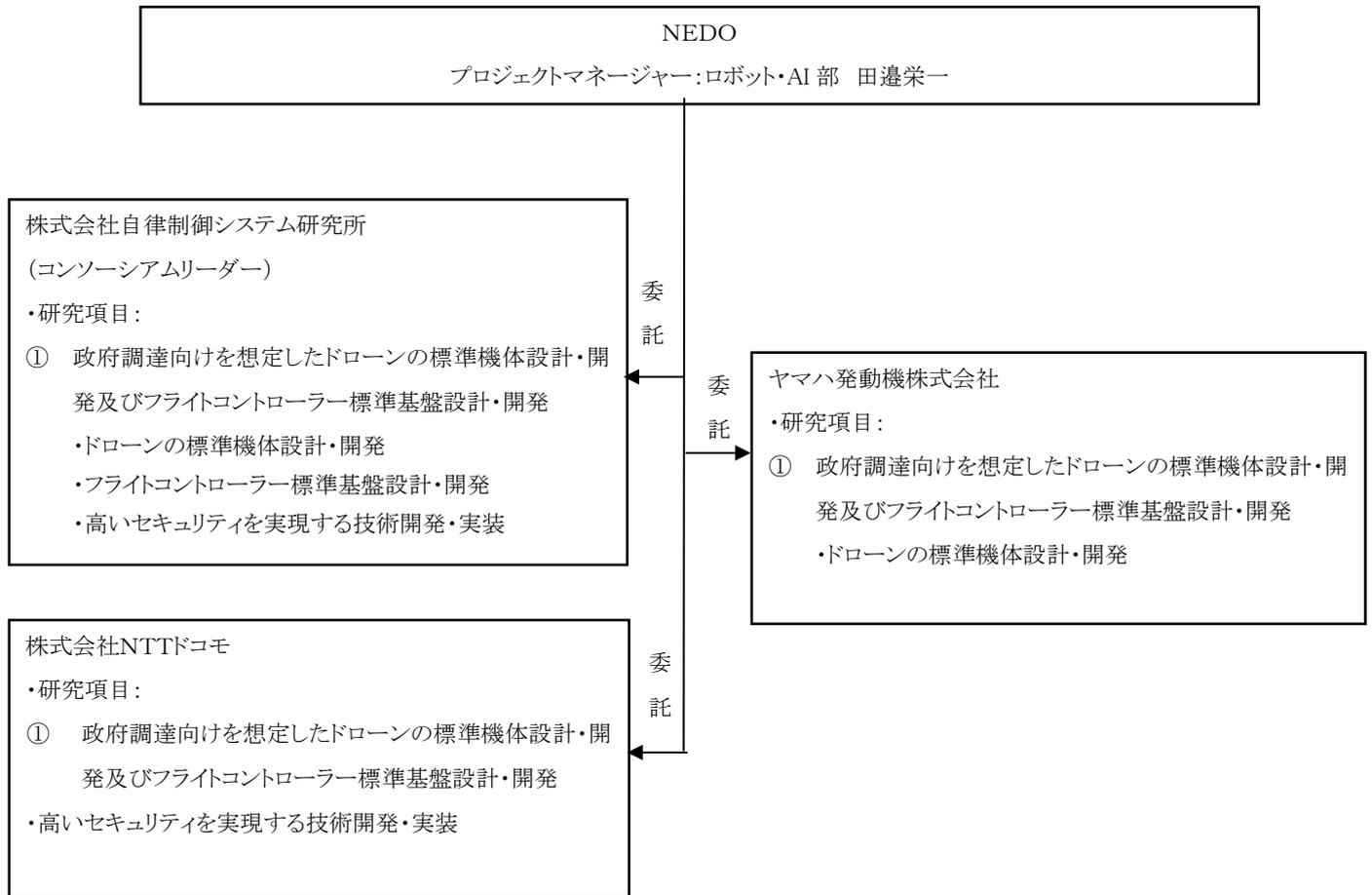
「NEDOプロジェクトにおけるデータマネジメントに係る基本方針」に従ってプロジェクトを実施する。(委託事業のみ)

## 7. 実施方針の改定履歴

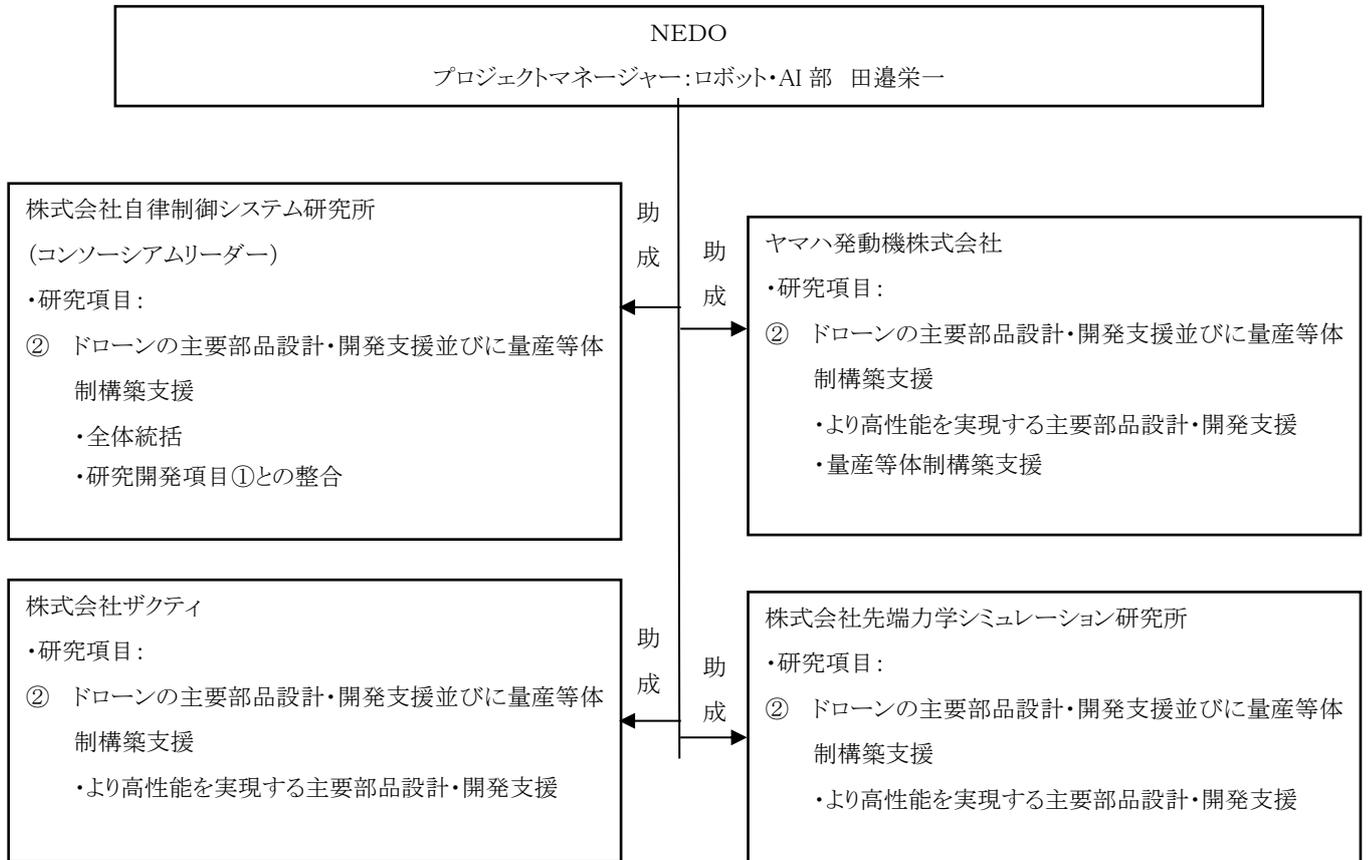
(1)2021 年1月 制定

(別紙) 事業実施体制の全体図

研究開発項目①「政府調達向けを想定したドローンの標準機体設計・開発  
及びフライトコントローラー標準基盤設計・開発」



## 研究開発項目②「ドローンの主要部品設計・開発支援並びに量産等体制構築支援」





## 2. 分科会公開資料

次ページより、プロジェクト推進部署・実施者が、分科会においてプロジェクトを説明する際に使用した資料を示す。

# 「安全安心なドローン基盤技術開発」(事後評価)

(2020年度～2021年度)

## プロジェクトの概要 (公開)

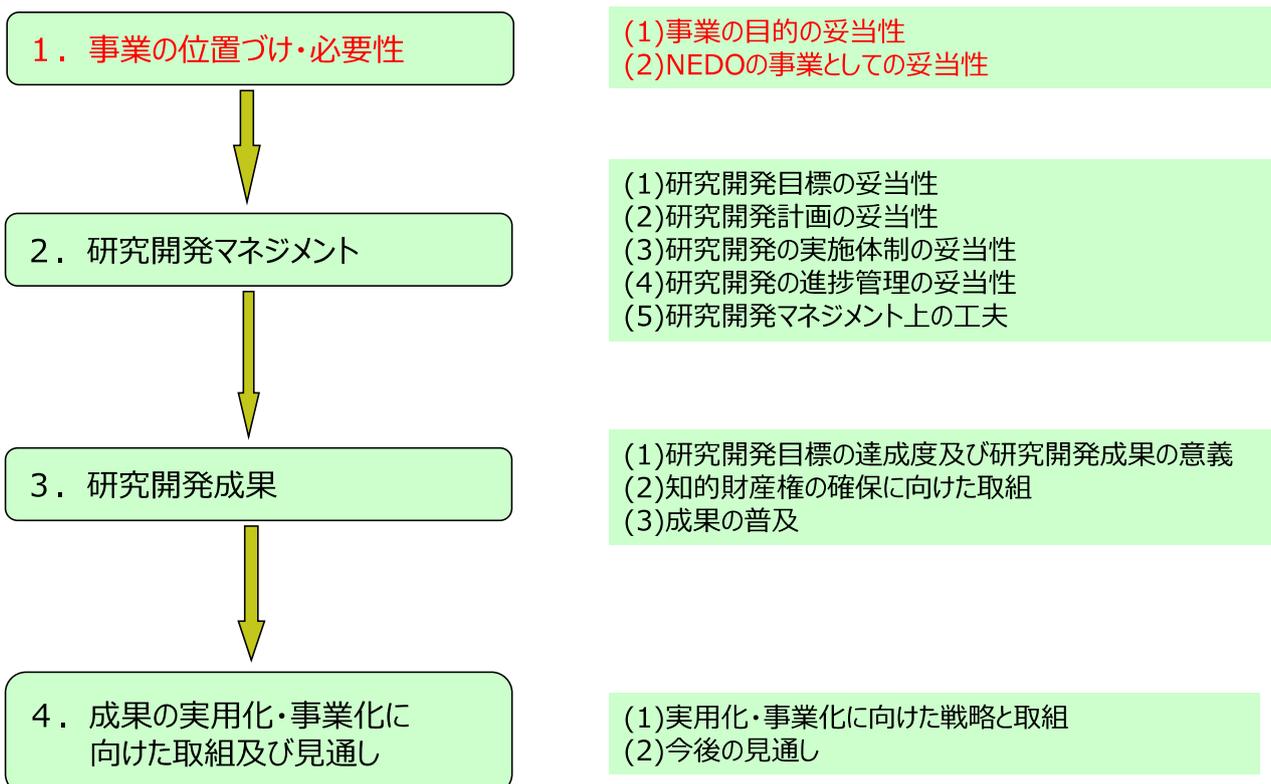
NEDO

ロボット・AI部

2022年10月12日

0

### 発表内容



1

◆本事業の概要

|         |   |
|---------|---|
| 事業名：    | 安全安心なドローン基盤技術開発   |
| 事業期間：   | 2020年度～2021年度（委託は7月末まで、助成は11月末まで）   |
| 事業のねらい： | 災害時の被災状況の調査や老朽化するインフラの点検、或いは監視や捜索など、政府・公共部門を始めとするドローンの業務ニーズに対応するために、安全性や信頼性を確保した標準ドローンを設計・開発し、我が国のドローン産業の競争力を強化すると共に、関連するビジネスエコシステムの醸成を図る。  |
| 事業の目標：  | (1) 政府調達向けを想定したドローンの標準機体設計・開発 およびフライトコントローラー標準基盤設計・開発【委託】<br>(2) ドローンの主要部品設計・開発支援並びに量産等体制構築支援【助成】   |
| 研究開発項目： | (1)-① 小型で扱いやすいドローンの標準機体設計・開発<br>(1)-② 高い飛行性能・操縦性、セキュリティを有するフライトコントローラーの標準基盤設計・開発、APIの公開<br>(1)-③ 高いセキュリティを実現する技術開発・実装<br>(2)-① より高性能を実現する主要部品の設計・開発<br>(2)-② 量産～サポート・廃棄に渡って安全安心な体制の設計・開発と構築 |
| 予算：     | 2020年度 10.1億円（8.7億円/委託、1.4億円/助成）<br>2021年度 5.7億円（1.2億円/委託、4.5億円/助成）   |
| 事業種別：   | 研究開発（委託、助成）   |

2

◆本事業の位置づけ

■ 技術・環境の変化

ドローンは、「空の産業革命」とも言われる新たな可能性を有する技術であり、災害時には、映像によって素早く正確な情報に基づいた被災状況調査が可能となり、よりの確な判断をする事が可能となる。ドローンの更なる用途拡大が期待されている。

■ 市場の状況

国内市場規模は2025年度には20年度比で3.5倍に成長する見通し。22年度は、「有人地帯での目視外飛行（レベル4）」が解禁され、市街地でもドローンの飛行が増えるとみられている。

中国DJI社によるドローンが世界市場の70%以上を占めると言われており、ほぼ寡占状況となっている。

■ 「安全安心なドローン」の必要性の高まり

災害時の被災状況の調査や老朽化するインフラの点検、或いは監視や捜索など、政府・公共部門を始めとするドローンの業務ニーズに対応する、安全安心な標準ドローンを設計・開発し、我が国のドローン産業の競争力を強化すると共に、関連するビジネスエコシステムの醸成を図る必要がある。

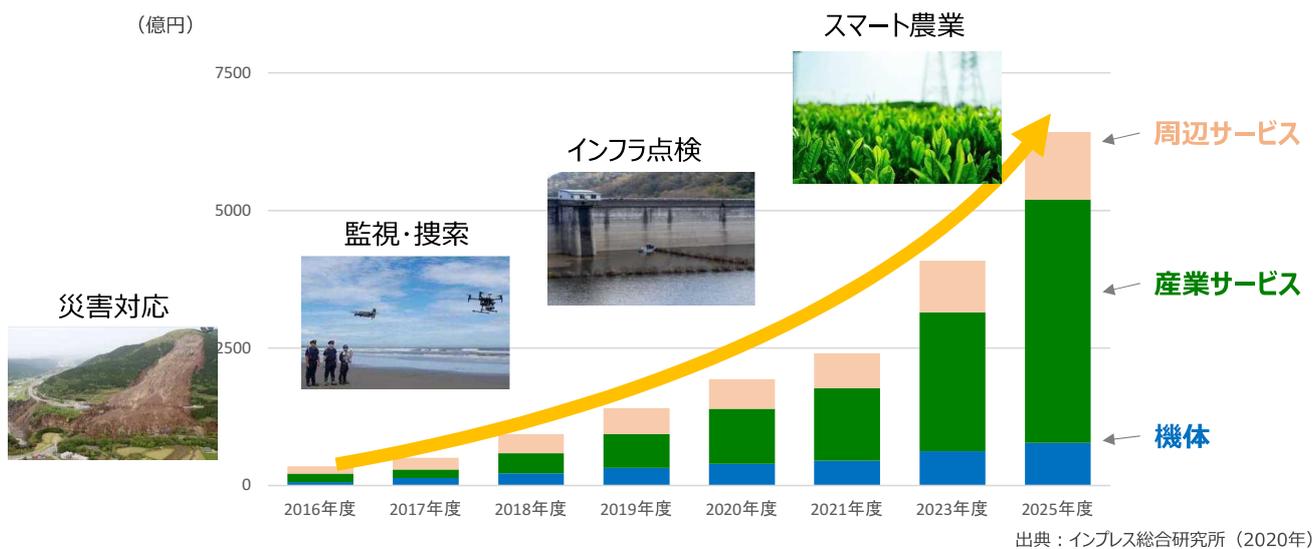
■ 本事業の位置づけ

安全性や信頼性が確保、災害対応やインフラ点検、監視・捜索等の分野で活用できるドローンを対象に、事業終了後早期に政府機関による調達をはじめとする市場への参入を目指し、ドローンの標準設計・開発やフライトコントローラーの標準基盤設計・開発を行うとともに、主要部品の高性能化やドローン機体等の量産化に向けた取組を支援する。

3

◆社会背景と本事業実施の必要性

国内のドローンビジネス市場規模の予測 (事業開始時点)



1. ドローンの用途が飛躍的に拡大するに従い、**データの重要性が増大**。
2. 一方で世界市場のドローンの70%以上が中国製であり、**産業用途にはセキュリティ上の懸念が生じる**。
3. 国内市場に目を向けると、**安全安心なドローンの選択肢が無く、スケールメリットが作用する本市場への単独企業での参入・事業の維持は困難**。
4. H30年「IT調達に係る国の物品等又は役務の調達方針及び調達手続に関する申合せ」を踏まえ、**2021年度政府調達への対応及び政府動向に追従しようとする民間事業者への対応が急務**。

◆政策的位置づけ

安心と成長の未来を拓く総合経済対策 (2019年12月5日 閣議決定)

第2章 取り組む施策

I. 災害からの復旧・復興と安全・安心の確保

3. 国民の安全・安心の確保

災害が激甚化する中、国民の命と財産を守るため、2. に加え、台風被害以外の分野でも、防災・減災、国土強靱化の取組を強力に進める。このため、先端技術の実装や気候変動への対応の観点も踏まえた各種施設の防災対策や、文化財の防火・防災対策、**災害対応等の用途拡大に向けたドローンの基盤技術開発等を進める**。また、自衛隊、警察、消防の災害対応能力の強化、情報伝達体制の整備、防災意識の向上をはじめ、国と地方が一体となった防災・減災の取組を進める。さらに、格段に速度を増す安全保障環境の変化に対応するため、自衛隊の安定的な運用態勢を確保するほか、家畜疾病の発生予防・まん延防止に万全を期すなど、国民の安全・安心の確保に取り組む。

◆政策的位置づけ

サイバーセキュリティ戦略 (2018年7月27日 閣議決定)

4. 目的達成のための施策

4.2. 国民が安全で安心して暮らせる社会の実現

国民が安全で安心して暮らせる社会を実現するためには、政府機関、地方公共団体、サイバー関連事業者、重要インフラ事業者、教育研究機関、そして国民一人一人に至るまで、**多様な主体が連携して多層的なサイバーセキュリティを確保することが重要**である。...

4.2.1 国民・社会を守るための取組

サイバー空間の脅威の深刻化に伴い、多くの国民がサイバー犯罪に不安感を持つようになっており、社会全体におけるサイバーセキュリティへの危機意識は高まっている。このような状況を踏まえ、**全ての主体が、自主的にセキュリティの意識を向上させ、主体的に取り組むとともに、連携して多層的にサイバーセキュリティを確保する状況を作り出していくことが不可欠**である。

(1) 安全・安心なサイバー空間の利用環境の構築

サイバー犯罪・サイバー攻撃は複雑化・巧妙化しており、攻撃の種類も多種多様となっていることから、従来の受動的な対策だけでは対応しきれず、これまでよりも積極的な対策を行う必要がある。

... また、自動運転車やドローンについては、**サイバー攻撃を受けて不正操作された場合には人命に影響を及ぼすおそれがあるため、かかる事態が生じないよう対策を推進する**。特に、自動運転車については、国際場裡において国際基準策定の議論が進められており、引き続き議論を主導していく。

◆政策的位置づけ

- 「空の産業革命に向けたロードマップ2021」において、「安全安心なドローン基盤技術開発」が位置づけられ、**政府調達市場等への投入や、国内外での活用等の促進が期待**されている。

「空の産業革命に向けたロードマップ2021」



「安全安心なドローン基盤技術開発」プロジェクト

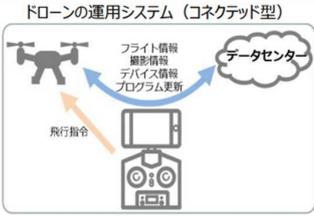
◆政策との関連性

- 政府としても、2021年度以降、**サプライチェーンリスクの少ないドローン**の採用、及び情報の取り扱い性質を踏まえて、**情報流出防止策**を求めるなど、**セキュリティの高いドローンの必要性**は高まっていた状況。

ドローンに関するセキュリティリスクへの対応について

**1. 背景**

- ドローンの中には、スマートフォン等を介し外部データセンターとの飛行・撮影情報のやり取りや、プログラム更新を行う機種が存在。また、一般的に無線回線で機体を制御。



ドローンの運用システム（コネクテッド型）

- ユーザーが意図しないプログラム更新や飛行・撮影情報の外部漏洩、他人による機体制御乗っ取り等のリスクが指摘されている。

**2. 対応（案）**

以下の業務に用いられるドローンについては、来年度以降その新規調達に当たり、サプライチェーンリスクの少ない製品を採用すべく、「IT調達に係る国等の物品等又は役務の調達方針及び調達手続に関する申合せ（令和2年6月30日一部改正）」と同様の措置を講ずることとし、セキュリティ上のリスク及びユースケースに係る評価等について総合的に判断するため、必要に応じて内閣官房より助言を行うものとする。

(1) **撮影データや飛行記録の窃取により、活動内容が推測され、公共の安全と秩序維持に関する業務の円滑な遂行に支障が生じるおそれがある業務**

- ① 我が国の防衛、② 領土・領海保全、③ 犯罪捜査・警備 等

(2) **撮影データの窃取により、公共の安全と秩序維持等に支障が生じるおそれがある業務**

- ① 重要インフラの脆弱性に関する情報を収集する業務（点検等）
- ② その他機密性の高い情報を取り扱う業務（詳細な3D地図の作成のための測量業務）

(3) **ドローンの適時適切な飛行が妨げられることで、人命に直結する業務遂行に支障が生じるおそれがある業務**

- ・ 救難、救命等の緊急対応業務 等

なお、上記措置に加え、各省庁等においては、以下のドローンについて情報流出防止策を講ずる。

- ① 現在保有しているドローンのうち、上記（1）～（3）に使用しているもの（速やかな置き換えを進めることを前提とする）。
- ② 上記（1）～（3）以外の業務に使用するドローンのうち、取り扱う情報の機密性が高いもの。
- ③ 業務委託した民間企業等が使用するドローンであって、①又は②に該当するもの。

出展：令和2年9月14日 小型無人機に関する関係府省庁連絡会議（第10回） 資料1 抜粋

◆NEDOが関与する意義

■ 多層的なサイバーセキュリティ基盤の開発

政府調達に資するためには、カメラによる画像やフライトデータ等をセキュアに保存・通信し、クラウド上で運用するシステムまで、**複数事業者の協調なくしては実現できない多層的なサイバーセキュリティ技術**を開発する必要がある。

■ スタートアップの支援（SBIR）と実用化・事業化の垂直立ち上げ

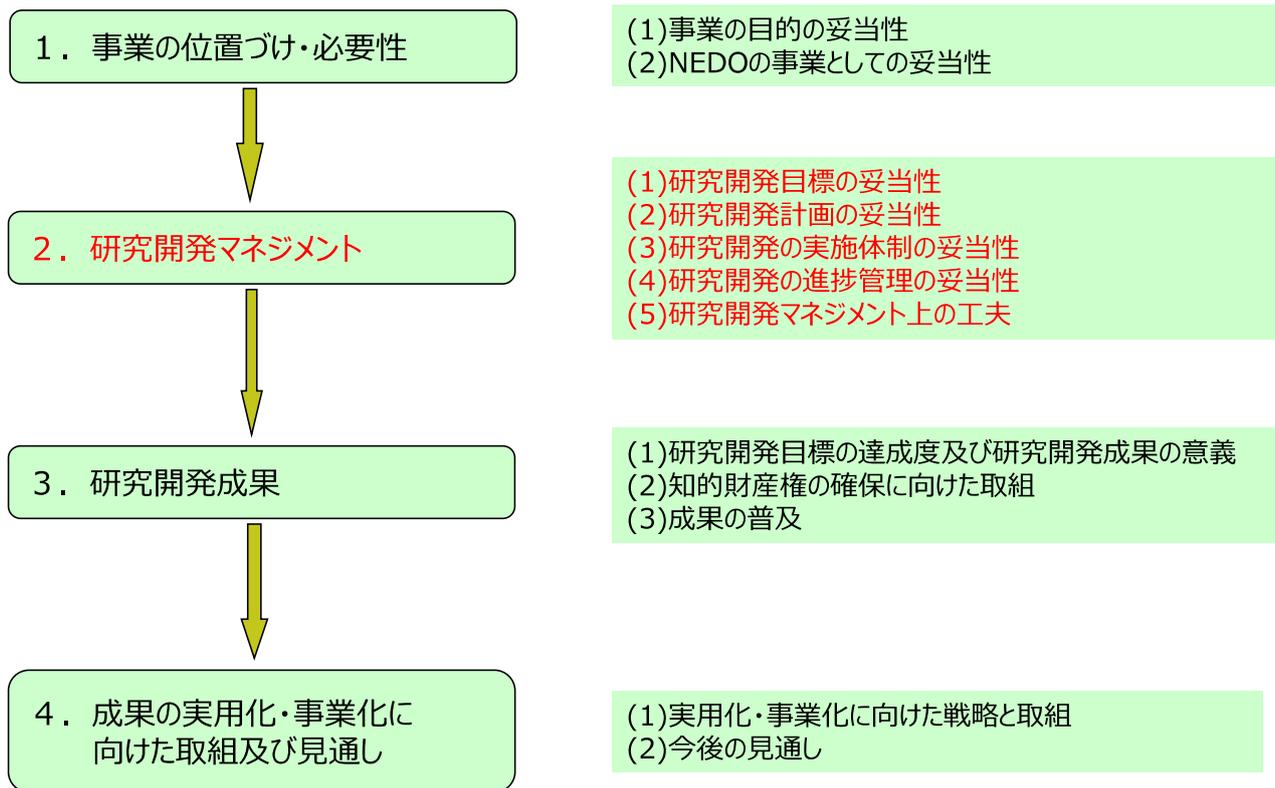
国内の小型ドローンメーカーはスタートアップに限られており、量産を可能とする体制や、実現のためのノウハウも十分ではない。

一方で、ドローンを災害対応やインフラ点検、監視・捜索等をはじめとする分野で利活用するためには、全国規模の保守・運用支援体制を構築する必要があり、**スタートアップの革新性と大企業が持つノウハウやビジネスインフラを融合して、ライフサイクルに渡って安全安心なビジネス基盤を実現する必要がある。**

■ 事業継続性への支援とビジネスエコシステムの醸成

本事業成果が事業化された後も、先行する海外事業者に伍して事業を継続するためには、短期間で機能・性能を向上できる、**アジャイル開発のためのプロセスや体制の構築、更にはノウハウの獲得も必要**となる。

これら実用化・事業化に際しての高いハードルを短期に克服し、国内のドローン産業を立ち上げ、社会実装するためには、**国家プロジェクトとしてNEDOが音頭を取り、高いポテンシャルを有する複数の企業を束ねて推進する必要がある。**



2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

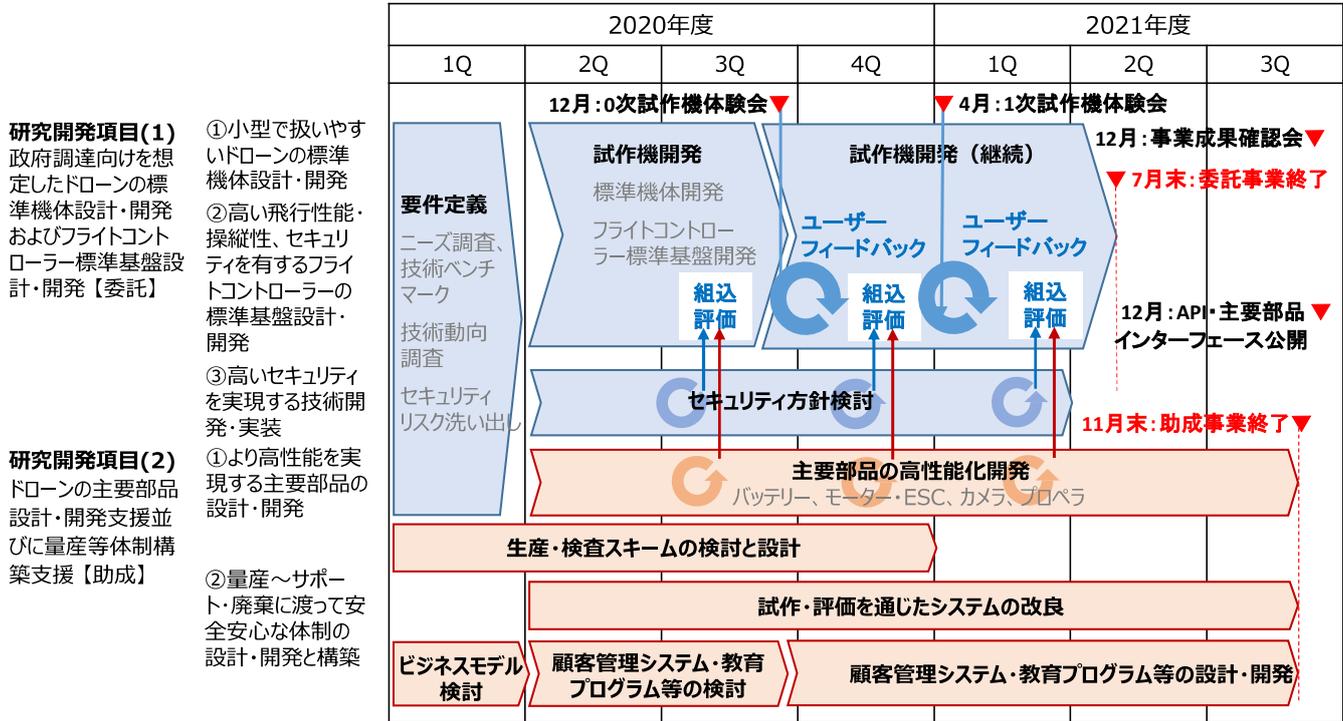
◆本事業の構成、研究開発目標と根拠

■ 安全安心なドローンのコア技術開発を委託事業で、エコシステムの先駆けとなる高性能部品や周辺サービスを助成事業としながら、両者を密に連携させるハイブリッド方式の開発とした。

| 研究開発項目  | 研究開発目標   | 根拠   |
|---|--|--|
| (1) 政府調達向けを想定したドローンの標準機体設計・開発およびフライトコントローラ標準基盤設計・開発【委託】 | ① 小型で扱いやすいドローンの標準機体設計・開発                           | 災害対応等での様々なユースケースを想定して、市場の70%以上を占めるDJIと同等以上の機能・性能を実現しながらも扱いやすく、拡張性を備えた標準機体を実現する必要がある。   |
|   | ② 高い飛行性能・操縦性、セキュリティを有するフライトコントローラの標準基盤設計・開発、APIの公開 | 政府調達を想定して、高い飛行性能・操縦性、セキュリティを実現する必要がある。<br>また、ビジネスエコシステムを醸成するためにも、故障した際の解析性に優れ、第三者が作成する付加価値アプリケーション等との連携も考慮したフライトコントローラが必要となる。  |
|   | ③ 高いセキュリティを実現する技術開発・実装                             | 画像やフライトデータ等の重要データの漏洩・盗難や機体の乗っ取り等を防止すると共に、取得した各種データを運用・再利用するクラウドシステムまで、ライフサイクルに渡っての多層的なサイバーセキュリティを実現する必要がある。  |
| (2) ドローンの主要部品設計・開発支援並びに量産等体制構築支援【助成】                    | ① より高性能を実現する主要部品の設計・開発支援                           | 研究開発項目(1)で開発される標準機体の仕様を満たす主要部品について、より高性能な主要機能部品を継続的に実現していく必要がある。   |
|   | ② 量産等体制構築 生産～サポート・廃棄に渡って安全安心な体制の設計・開発と構築支援         | 事業終了後早期に政府調達をはじめとする市場への参入を実現するため、国内に量産実績がない小型ドローン機体及び主要部品の生産ノウハウの獲得が必要となる。<br>また、災害対応等を考慮し、迅速にユーザーをサポートする体制や部品の供給体制、操縦者の教育や登録情報の保護等が必要であり、ドローンのライフサイクルに渡る支援ができて初めて、安全・安心な運用が可能となる。 |

◆研究開発のスケジュール

- 2度にわたる新型コロナウイルス感染症緊急事態宣言（2020年4月7日～5月25日、2021年1月7日～3月18日）の影響を受け、委託・助成それぞれの事業期間を2021年7月（委託）と同年11月（助成）まで延長した。



12

◆プロジェクト費用

- 新型コロナウイルス感染症緊急事態宣言の影響による事業期間延長に伴い、2019年度補正予算を2021年度まで繰り越すことで、当初の予算内で実施した。

(百万円)

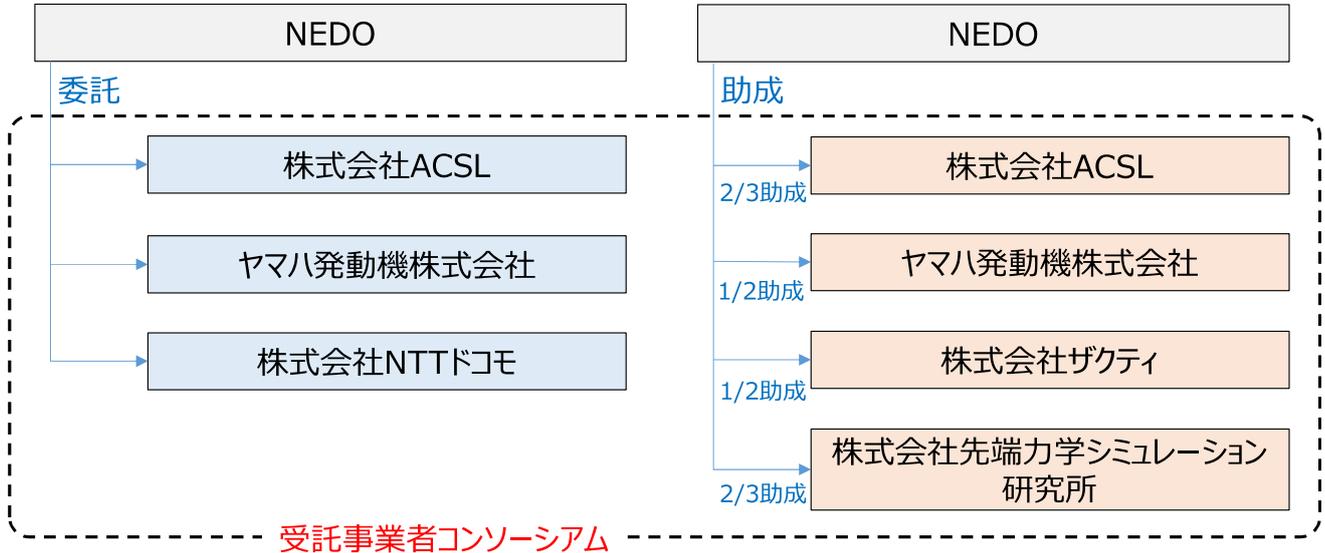
| 研究開発項目  | 2020年度       | 2021年度     |
|---|--------------|------------|
| (1) 政府調達向けを想定したドローンの標準機体設計・開発およびフライトコントローラー標準基盤の設計・開発【委託事業】 | 866          | 118        |
| (2) ドローンの主要部品設計・開発支援並びに量産等体制構築支援【助成事業】                      | 146          | 456        |
| <b>合計</b>   | <b>1,011</b> | <b>574</b> |

総合計：1,585百万円

◆実施体制

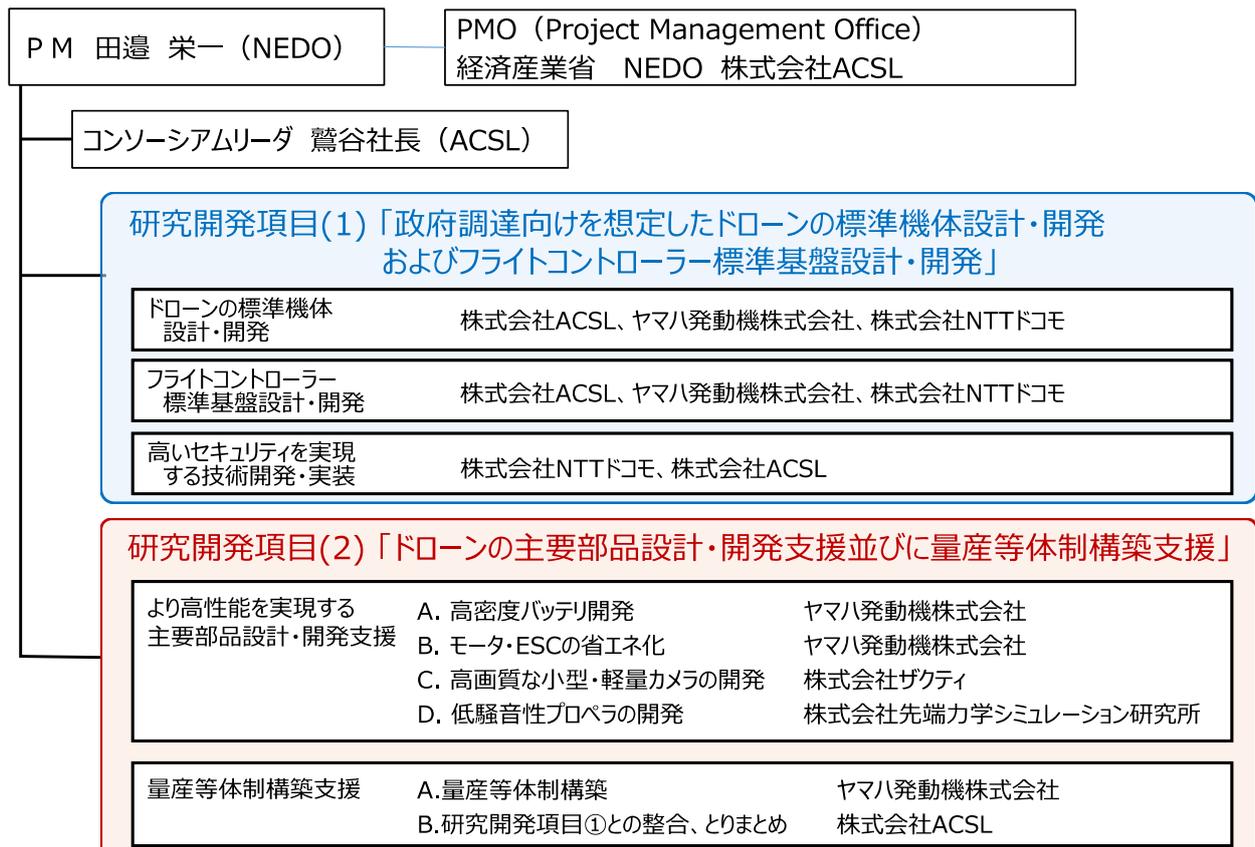
■ 研究開発項目(1)【委託事業】と研究開発項目(2)【助成事業】は密に連携を図る必要があり、事業化を考慮して「受託事業者コンソーシアム」を組み、スケジュールを共有する並行開発とした。

- (1) 政府調達向けを想定したドローンの標準機体設計・開発 およびフライトコントローラー標準基盤設計・開発 【委託】
- (2) ドローンの主要部品設計・開発支援並びに量産等体制構築支援 【助成】



※ 助成比率は大企業は1/2で中小企業は2/3

◆推進体制



◆進捗管理

- 目標とするドローンの仕様を事業の一環で作りこむため、開発活動とガバナンス機能を独立させながら高度に協調させ、PMOミーティングとコンソーシアムミーティングを両輪として事業の進捗を管理した。

■ プロジェクトマネジメントオフィス (PMO)

政府調達に資する安全安心なドローンの仕様づくりと、エコシステム醸成のための施策を主導し、日々の開発をガバナンスするためにNEDOが主管し、経済産業省担当者とコンソーシアムリーダによって構成される。

また、NEDOと経済産業省が入ることで、開発過程で生じる仕様のトレードオフ検討においても、迅速に政府側の確認を取ることができる。

**PMOミーティング：** 1回/週リモートで開催することにより、要求仕様の絞り込み、上位レベルの課題の解決やユーザー体験会の企画・開催、ニュースリリースや記者会見などの広報活動を企画・推進する。

■ コンソーシアムリーダ

ドローンの事業化を予定する(株)ACSLの鷲谷社長をコンソーシアムリーダとして、PMOによるガバナンスの下で日々の開発を管理する。

また、受託事業者はお互いの協業経験が無い中で、事業終了後に成果を持ち寄ってドローンの商品化を行う必要があり、本事業の中で実用化・事業化に向けた強固な体制を構築する。

**コンソーシアムミーティング：** 1回/週の頻度でリモート開催し、初期のシステム設計やサブシステム間に関わる技術課題の解決や、サブシステムを組み合わせる評価を行う際には、必要不可欠な成員で合宿を行う。

◆政府調達に資するドローン仕様の明確化

- 政府調達に資するドローンの仕様を策定するにあたり、ベンチマークとなるドローンの製品仕様を基に参考仕様書を作成し、関係省庁や発電・送電企業等のニーズ調査を実施。参考仕様書では技術的・コスト的な実現可能性は考慮せず、市販で提供されている各種性能・機能を集約する。

ニーズ調査の概要

|      |   |
|------|---|
| 調査日  | 2020年6月～7月                                    |
| 調査対象 | 関係省庁  |
| 調査方法 | 市場製品等の参考仕様書<br>利活用に関するアンケート<br>Web会議によるインタビュー |
| 調査内容 | 政府調達資する仕様<br>活用方法、活用環境                        |

参考仕様書 (約50項目の一部)

| 仕様              | 目標仕様                                  |
|-----------------|---------------------------------------|
| 機体形式            | 4枚プロペラのマルチコプター (折り畳み式、シンボルカメラは機体下に配置) |
| 寸法              | 機体幅：250 x 250mm<br>機体高さ：80mm          |
| 質量              | 1.5kg程度                               |
| 最大飛行距離          | 2kg未満                                 |
| 最大飛行時間          | 30分以上 (20度環境にてフルセーフが動作するまでの時間)        |
| 最大飛行速度          | 高度：2.4GHz帯で免許不要で4 km (P)              |
| 最大速度            | 対空速度50km/h                            |
| 最大風速耐性          | 瞬間最大風速10 m/s                          |
| 動作環境温度          | -10℃から40℃ (ただし飛行時間等の制約あり)             |
| 防水防塵性           | 防水機体でIPX3、防塵IP4M (S/Nチリ込み防止要件あり)      |
| GPS/GNSS (測位機能) | RTK対応のGNSS (サブメトリック)                  |
| 測位モード           | GNSS測位モード                             |

- 組織単位で計20回以上のヒアリングにより、300件以上の定量的な要求と定性的な顧客の声を収集。その後も試作実機の操作による体験会とWebベースの仕様確認会をとおして、よりきめの細かい要求を開発に反映した。

定量的な要求仕様の内容 (一部)

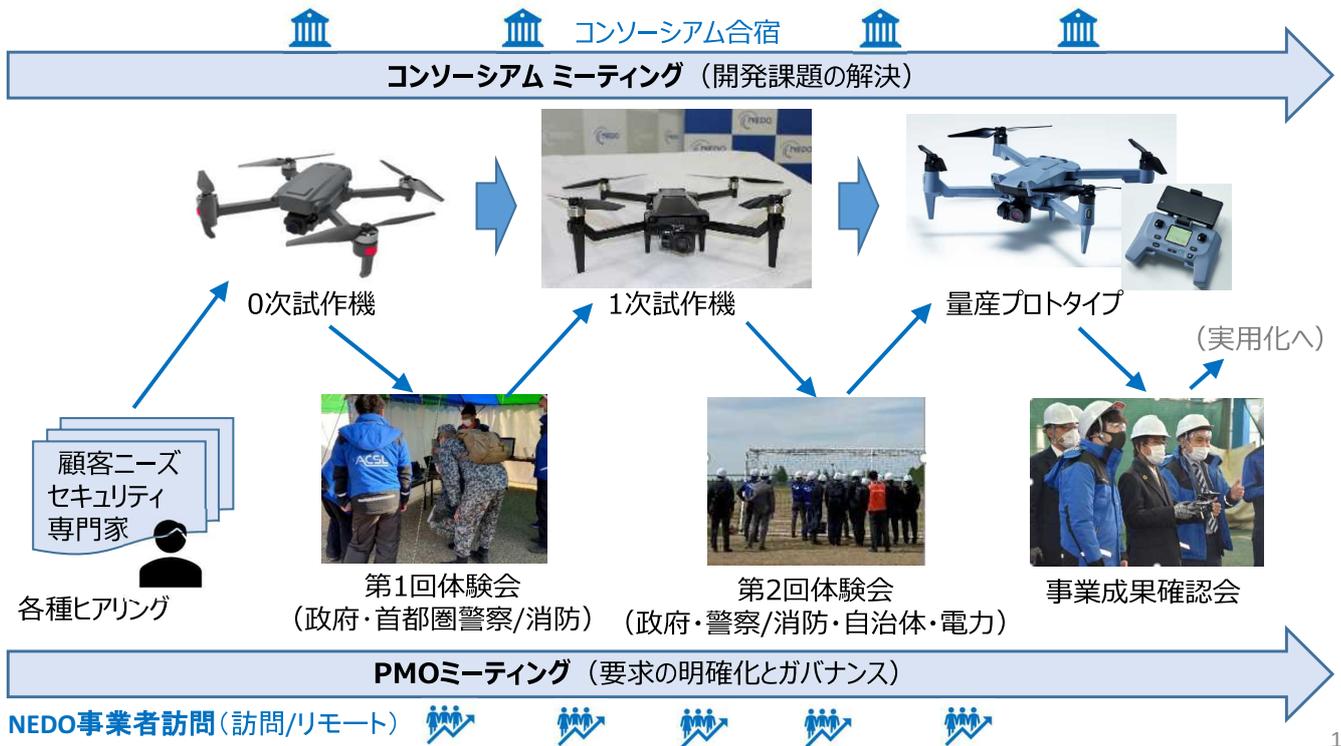
| 項目     | 要求内容  | 対応状況 |
|--------|---|------|
| 機体     | 機体幅が250mm以内、機体高さが80mm以内、質量が1.5kg以下、最大飛行距離が2kg未満、最大飛行時間が30分以上、最大飛行速度が4km/h以下、最大速度が50km/h以下、最大風速耐性が10m/s以下、動作環境温度が-10℃から40℃、防水防塵性がIPX3以上、GPS/GNSS測位機能がRTK対応、測位モードがGNSS測位モード | ○    |
| カメラ    | カメラが機体下に配置、カメラの視野角が90度以上、カメラの解像度が1080p以上、カメラのフレームレートの可変性、カメラの動作温度が-10℃から40℃、カメラの防水防塵性がIPX3以上  | ○    |
| ソフトウェア | ソフトウェアが日本語で表示可能、ソフトウェアが日本語で操作可能、ソフトウェアが日本語で設定可能、ソフトウェアが日本語でエラーメッセージを表示可能  | ○    |

実際の活用シーンからくる定性的要求内容 (一部)

- 39200404 ■■■■
- メインは田舎で、地盤ドローンとしての一般的な使い方、一部のニーズは専用機。
- 実用性としては土砂災害時の安全性確認、足も踏めない場所での人の確認 (監視) 監視機、つまり状況と人の動きを見たい、人を追いかける事へのニーズは今のところない。
- 人や車を追いかけること (アラートアラート) の必要性を確認する質問に対して、
- 現在は目視確認で飛行距離は2、3km、今後はより遠くから映像を飛ばす機にもしたい。
- 高解像度で撮影できればいい、今は解像度ではない。
- 動作温度は飛行距離の範囲、冬場の山間部も対応できればいい。
- 測位機能は定量的に言えないが飛行距離の範囲で対応できればいい。
- 耐震性は飛行機にも対応できればいい。
- 監視機はカメラが本体に付く、可視化が難しい状況もある。
- 予備機がメインが故障するもので、設定可能な自動飛行も必要。
- モード設定はDIO CO 相当のアプリで実行可能とする。
- モード設定では必ずしもモード機能が必要としない。(ネット監視機の方が自動機でも設定可能)
- ジョイスティックは必要、
- ジョイスティックは0日よりも、設定の不可解なものを設定できているといい、主に製機の人やインテ

◆ユーザ体験会によるアジャイル開発の実現

- ヒアリングや体験会におけるユーザーの生の声を開発に反映し、2段階の試作機によるユーザー確認を経て量産プロトタイプを開発。コンソーシアムミーティングで受託事業者間に渡る技術課題を解決しながら、PMOがユーザーの立場で仕様にガバナンスを掛けることで、実用に即したアジャイル開発を実現した。



◆0次試作機による第1回ユーザ体験会

- 政府省庁からのフィードバックを目的に、2020年12月16日～18日に「安全安心なドローン第1回体験会」を開催。延べ103名の参加者から出された約100件の追加要求に対し、フィジビリティ確認後仕様に反映し、対応内容は参加いただいた各省庁に2月上旬に回答し了解を得ている。

会場全景

0次試作機飛行風景

フライト体験

1次試作機モックアップ (展示のみ)

クラウド体験

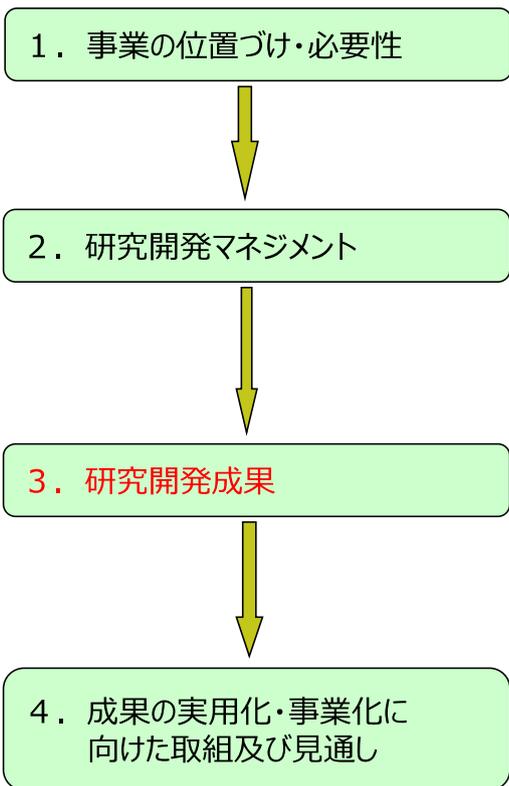
地上局体験

◆ 記者説明会等による「安全安心なドローン」の啓蒙

- 政府調達に限らず、産業用途での「安全安心なドローン」の認知向上を目的に、2021年4月13日に「安全安心なドローン基盤技術開発に関する記者説明会」を開催し、NEDOプレスリリースを発信。
- NEDO分室での会場会見に19社、オンラインで9社が参加し、当日のNHKニュース「シブ5時」での放映(計4分) 他、日経電子版や日経X-Tech、ドローンジャーナルなど10以上のメディアで報道される。
- NHKニュース「シブ5時」では、“高セキュリティ”国産ドローンとして、政府の動向やソニー、NTT東日本といった民間企業の最新動向等を交えて報道されており、他社の記事でも前向きに伝えられた。

| 次第   | 会場会見参加社   | 説明資料 (抜粋)                                   |
|--|---|---|
| 「安全安心なドローン基盤技術開発」事業説明  | NHK<br>日本経済新聞社<br>読売新聞社<br>毎日新聞   | ドローン市場の急速な拡大<br>プロジェクト概念図<br>ドローン基盤技術開発について |
| NEDO 金谷統括<br>ACSL 蔭谷COO  | 読売新聞社<br>毎日新聞   | 標準カメラ                                       |
| ドローンへの期待と展望  | 一般社団法人 共同通信社<br>Drone Tribune   | 会場風景<br>展示ブース風景<br>Web配信状況                  |
| METI 川上室長<br>グリッドスカイウェイ 紙本CEO  | インプレス ドローンジャーナル<br>日経BP 日経エレクトロニクス<br>日経BP 日経ビジネス   |   |
| オンライン会見参加社   | 科学新聞社<br>日本電気協会新聞部<br>化学工業日報社<br>セキュリティ産業新聞<br>交通毎日新聞社<br>電波タイムズ社<br>日刊ケミカルニュース<br>アイティメディア BUILT<br>フリーランス 青山氏<br>フリーランス 丸山氏 |   |
| 日経BP 日経クロステック<br>アイティメディア MONOist<br>化学工業日報社<br>日刊工業新聞社<br>物流ニッポン新聞社<br>エンジニアリング・ジャーナル<br>エンジニアリングビジネス<br>電子デバイス産業新聞<br>加工技術研究会 コンバーテック<br>フリージャーナリスト山田氏 |   |   |

発表内容



- (1)事業の目的の妥当性  
(2)NEDOの事業としての妥当性
- (1)研究開発目標の妥当性  
(2)研究開発計画の妥当性  
(3)研究開発の実施体制の妥当性  
(4)研究開発の進捗管理の妥当性  
(5)研究開発マネジメント上の工夫
- (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義  
(2)知的財産権の確保に向けた取組  
(3)成果の普及
- (1)実用化・事業化に向けた戦略と取組  
(2)今後の見通し

### 3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

#### ◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

■ 想定したベンチマークドローンの全ての仕様が達成されていることを量産プロトタイプで検証した。

| 実施方針における想定仕様   | 達成状況 | 実施方針における想定仕様                                      | 達成状況 |
|--|------|---|------|
| <b>&lt;フライトコントローラー&gt;</b>   | -    | <b>&lt;高いセキュリティを実現する技術開発・実装&gt;</b>               | -    |
| -高い飛行性能（最大風圧抵抗10m/s程度の耐風性能、垂直方向±0.1m/水平方向±0.3m程度のホバリング精度）を実現できること                | ○    | -なりすまし等による機体の乗っ取りに対する耐性                           | ○    |
| -リモートID機能について、ASTM等の国際情勢を勘案し、対応可能なこと   | ○    | -フライトログデータや空撮データなど、機体内に保存及び機体から転送されるデータに対するセキュリティ | ○    |
| -LTE通信によるコントロール及びテレメトリ通信に対応可能なこと   | ○    | -メーカー及び第三者パーティによるデータアクセスについて、ユーザーが管理可能であること       | ○    |
| -自律飛行モードとATTIモードを飛行中でも任意に選択できること   | ○    | -その他セキュリティ管理が図られていること                             | ○    |
| -フライトログの詳細データはセキュリティロックが掛かる一方で、セキュリティキーがあれば利用者がメーカーを介さずにCSV形式などで取得及び解読、解析可能であること | ○    | -政府機関が定めるサイバーセキュリティ基本法及び関連規則等に則ったシステム開発とすること      | ○    |
| <b>&lt;飛行を支援するアプリケーション&gt;</b>   | -    | <b>&lt;より高性能を実現する主要部品設計・開発支援&gt;</b>              | -    |
| -テレメトリ情報が確認できること   | ○    | -飛行の長時間化・省エネ化（バッテリー、モーター、ESC）                     | ○    |
| -機体の各種パラメーターの設定が可能なこと  | ○    | -空撮機能の高性能化（ジンバル、カメラ、映像伝送）                         | ○    |
| -自動飛行する際の飛行ルート設定を範囲指定により自動で設定、又は地図上で手動で設定できること                                   | ○    | -低騒音性（プロペラ）                                       | ○    |
| -機体の状態、設定項目、周囲の状態の確認、遵法事項の確認などが予めアナウンスされること                                      | ○    | <b>&lt;量産等体制構築支援&gt;</b>                          | -    |
|  |      | -研究開発項目(1)で開発された標準機体及び仕様を満たす主要部品の量産体制の構築          | ○    |
|  |      | -迅速に保守・サポートをする体制や交換部品の供給体制                        | ○    |

LTE：携帯電話・移動体データ通信の技術規格の一つ

ATTI：ジャイロセンサーと気圧センサーのみを有効にした操作モード

22

### 3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

#### ◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

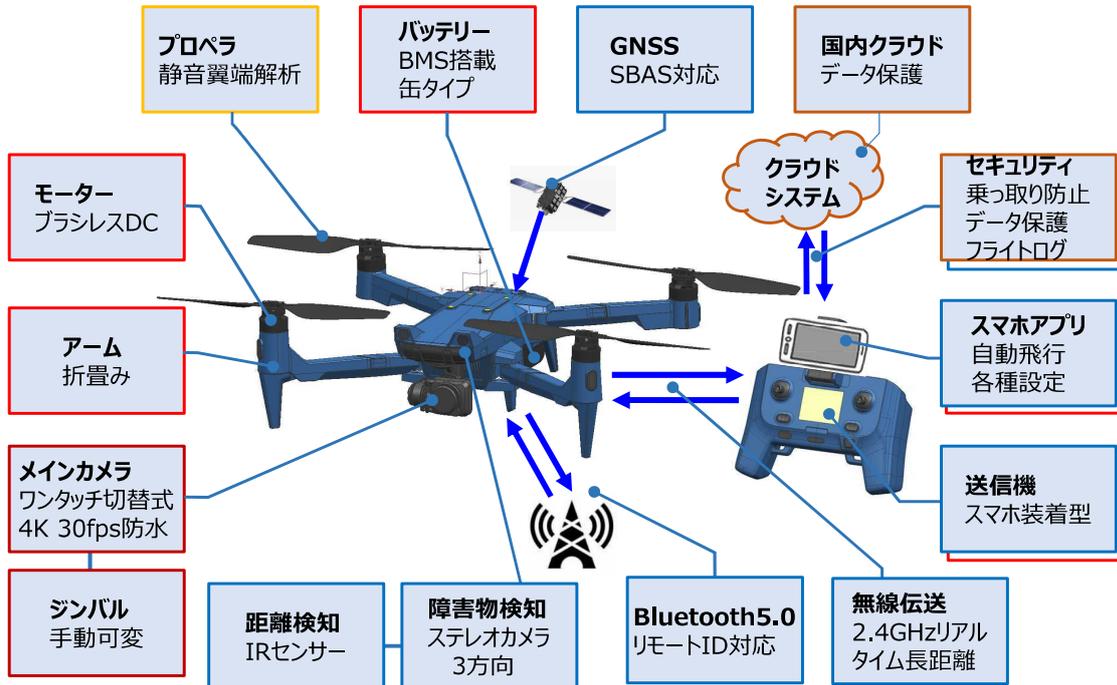
■ 本事業成果の集合体としてのドローンの主な仕様。

|               |  |                       |                         |
|---------------|--|-----------------------|-------------------------|
| <b>機体</b>     |  | <b>画面無し送信機</b>        |                         |
| 全長            | アーム展開時：700mm 未満 x 700mm未満<br>アーム収納時：350mm 未満 x 200mm未満 | 動作周波数                 | 2.412~2.472 GHz         |
| 高さ            | 200mm 未満   | 最大伝送距離（障害物や電波干渉がない場合） | 4km                     |
| 機体重量          | 2.0kg 未満（取付装置、積載品及びバッテリー含む）                            | バッテリー駆動時間             | 2時間以上                   |
| 回転翼数          | 4枚   | 動作環境温度                | 0~40℃                   |
| インテリジェントバッテリー | 標準：リチウムイオン 1本  | セキュリティ                | AES 暗号化方式               |
| 動作周波数         | 2.412~2.472 GHz  | 以下、スマートフォンが搭載可能       |                         |
| ホバリング精度       | 垂直方向：±0.1m<br>(ビジョンポジショニング使用時)                         | サイズ                   | 5 inch                  |
| ホバリング精度       | 垂直方向：±2.0m<br>(GNSS 使用時)                               | OS                    | Android OS              |
| 最大上昇速度        | 3m/s 以上  | 端子                    | USB-C                   |
| 最大下降速度        | 3m/s 以上  | <b>クラウドシステム</b>       |                         |
| 最大飛行速度（無風時）   | 10m/s 以上   | フライトログ管理              | 保存、参照、消去                |
| 最大風圧抵抗        | 10m/s  | フライト管理                | フライト計画登録、編集、参照、消去       |
| 最大飛行時間        | 30分以上  | 組織管理                  | 組織権限管理、組織情報登録、編集、参照、消去  |
| 保護等級          | IP43（カメラ、ジンバル搭載時）                                      | 機材管理                  | 機材登録（機材番号、重量等）、編集、参照、消去 |
| GNSS          | GPS+QZSS/SBAS+GLONASS+Galileo+BeiDou                   | 画像/動画管理               | 画像/動画の保存、参照、消去          |
| 動作環境温度        | 0~40℃  |                       |                         |
| 衝突回避          | ビジョンシステム及び赤外線センサ                                       |                       |                         |
| オプション品        | LTE 通信モジュール  |                       |                         |

23

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

- 研究開発項目(1)(2)の成果を合わせて、安全安心な小型空撮ドローンに必要な全ての技術要素を確立し、標準機体実現のための各要素部品に組み込んだ量産プロトタイプを完成させ、事業終了後早期の実用化が可能であることを検証した。



◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

- 成果
  - アジャイル開発により、高い飛行性能・操縦性・セキュリティを有するフライトコントローラーと、小型の扱いやすい安全安心なドローンの標準機体を確立。
  - 機体からクラウド、更にはソフトウェアアップデート等のライフサイクルに渡り、ISO15408に基づく分析と一貫した対策を実施し、データの漏洩・機体乗っ取り等に対する多層的なセキュリティとデータセンシティブな部品に対する国内もしくはホワイト国によるサプライチェーンを実現。
  - リチウムイオンバッテリー、ブラシレスモーター/ESC、静音プロペラ等の主要部品を新規に国内で開発し、継続的なドローン性能の進化と、長期部品供給の安定性を確保。
  - 4K高精細カメラに加え、災害時の生存者捜索や夜間の害獣捜索のための遠赤外線カメラ、高級果樹や稲の育成状況を確認したりスギ花粉対策としての森林植生を調査するマルチスペクトルカメラ、高圧送電鉄塔の劣化点検用のズームカメラにより、人間社会の安全安心にも貢献。
  - 2021年度中の実用化・事業化により、政府調達等に対して4か月間で全国に約500セットを納入。
- 波及効果（実績と期待）
  - 公開したインターフェースによって、受託事業者以外が本事業成果のフライトコントローラーへの統合を発表。（2022年3月）
  - 開発した4種のカメラ、リチウムイオンバッテリー、ブラシレスモーター/ESC、静音プロペラ等の主要部品の他の小型ドローンへの転用、さらには、取得したノウハウの大型機開発等への転用を期待。
  - 2027年に約8,000億円と予測されるドローン機体・サービス市場に対し、取得する画像やフライトデータの安全性を担保する基盤の必要性と実現例を提供。

◆ 知的財産権に対する取組と成果の普及

■ 特許出願、研究発表・論文

特許に関しては実用化を前提として受託事業者が侵害調査を実施し、クリティカルと判断された特許に対しては、その対応策までをPMOで確認（詳細は非公開セッションで説明）。

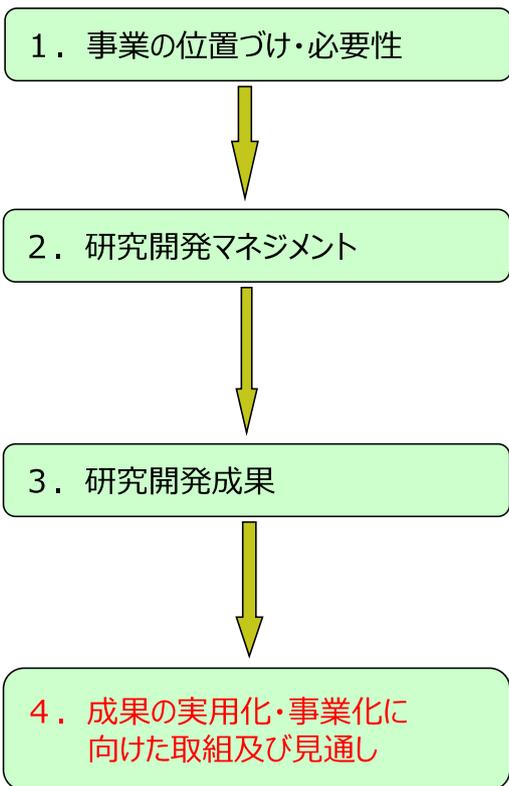
■ 展示会への出展・ニュースリリースの発信

- 2021年4月「安全安心なドローン基盤技術開発に関する記者説明会」を開催。
- 2021年12月7日、(株)ACSLによる「ACSL国産ドローン新製品発表会」の開催に併せて受託事業者が商品化を発表し、NEDO・経済産業省もニュースリリースを発信。

NEDO・経済産業省・コンソーシアム各社からの12月7日付けニュースリリース



発表内容



- (1)事業の目的の妥当性  
(2)NEDOの事業としての妥当性
- (1)研究開発目標の妥当性  
(2)研究開発計画の妥当性  
(3)研究開発の実施体制の妥当性  
(4)研究開発の進捗管理の妥当性  
(5)研究開発マネジメント上の工夫
- (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義  
(2)知的財産権の確保に向けた取組  
(3)成果の普及
- (1)実用化・事業化に向けた戦略と取組  
(2)今後の見通し

### ◆本プロジェクトにおける「実用化」「事業化」の考え方

#### ■ 実用化・事業化の考え方

全受託事業者が成果を持ち寄り、早期に実用化・事業化を図る。

- ・ 実用化： 当該研究開発に係る試作品、サービス等の社会的利用(顧客へのサンプル提供等)が開始されること。
- ・ 事業化： 実用化に加え、当該研究開発に係る商品、製品、サービス等の販売や利用により、企業活動(売り上げ等)への貢献が見通せること。

### ◆本プロジェクトにおける「実用化」「事業化」の実績

#### ■ 事業化実績

本事業の成果を基に、**2021年12月7日** 以下の商品群が受託事業者から発表 (事業化) された。

- ① (株)ACSL： 小型空撮ドローン「SOTEN (蒼天) 」
- ② (株)ザクティ： 「ジンバルカメラCX-GBシリーズ」
- ③ (株)NTTドコモ： 「セキュアフライトマネジメントクラウド」

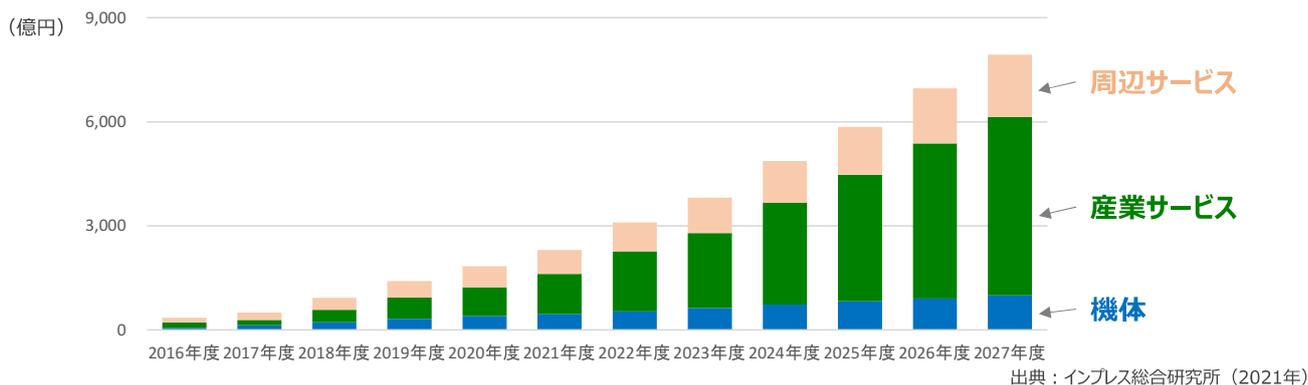
※ ヤマハ発動機(株)は(株)ACSLから「SOTEN (蒼天) 」の製造を担当しており、(株)先端力学シミュレーション研究所はプロペラの設計データをヤマハ発動機(株)に提供している。

#### ■ 今後への期待

政府機関内での置き換えや新規需要に加え、発電・送電や橋梁・建造物の点検といった民需での「安全安心なドローン」の需要拡大が見込まれており、**政府調達や国内の市場のみならず、ドローン完成体あるいは主要部品の海外展開による更なる事業の拡大を期待**している。

◆今後の見通し（費用対期待効果）

- 本事業の成果は、全受託事業者との協業により、株式会社ACSLによって**2021年度中に上市され、年度末までに約500セットが政府機関を始めとして受注・納品**されている。
- プロジェクト総費用15.9億円に対し、上市後も機能・性能を向上するアジャイル開発を継続することで、**2030年には国内の機体売り上げで300億円\*1**が期待される。  
 300億円\*1：(株)ACSLの公開資料「ACSL Accelerate 2022」より。小型空撮ドローン市場に対して、行政・民間市場を対象に顧客の細分化を進め、市場シェア25%の獲得を狙う。
- 更には、安全安心ドローンを使った**災害対応やインフラ点検、監視や捜索などの関連サービス市場が飛躍的に拡大**すること予測される。



**2021年度のドローンビジネス市場規模は前年比25.4%増の2308億円。レベル4を契機にドローン活用がより促進され、2027年度は8000億円規模へ**

## 参考資料 1 分科会議事録及び書面による質疑応答

研究評価委員会  
「安全安心なドローン基盤技術開発」(事後評価) 分科会  
議事録及び書面による質疑応答

日 時 : 2022 年 10 月 12 日 (水) 13 : 30 ~ 16 : 15

場 所 : NEDO 川崎本部 2301 ~ 2303 会議室 (オンラインあり)

出席者 (敬称略、順不同)

<分科会委員>

分科会長 浅間 一 東京大学大学院 工学系研究科 精密工学専攻 教授  
分科会長代理 長谷川 忠大 芝浦工業大学 理工学研究科 電気電子情報工学専攻 教授  
委員 大隅 久 中央大学 理工学部 教授  
委員 三治 信一郎 PwC コンサルティング合同会社  
テクノロジーラボラトリー 上席執行役員/パートナー  
委員 本多 和彦 国土交通省 国土技術政策総合研究所 沿岸海洋・防災研究部  
沿岸防災研究室 室長

<推進部署>

古川 善規 NEDO ロボット・AI 部 部長  
梅田 英幸 NEDO ロボット・AI 部 統括主幹  
森 理人 NEDO ロボット・AI 部 主査  
服部 元隆 NEDO ロボット・AI 部 主任  
加藤 知彦 NEDO ロボット・AI 部 主幹  
藤井 伸暁 NEDO ロボット・AI 部 専門調査員  
監物 真保 NEDO ロボット・AI 部 職員  
中村 真輝人 NEDO ロボット・AI 部 職員

<実施者>

鷲谷 聡之 株式会社 ACSL 代表取締役社長  
クリス ラービ 株式会社 ACSL 取締役 CTO

<オブザーバー>

宇田 香織 経済産業省 製造産業局 産業機械課 次世代空モビリティ政策室 室長  
伊藤 貴紀 経済産業省 製造産業局 産業機械課 次世代空モビリティ政策室 室長補佐  
石尾 拓也 経済産業省 製造産業局 産業機械課 次世代空モビリティ政策室 室長補佐  
佐々 滉太 経済産業省 製造産業局 産業機械課 次世代空モビリティ政策室 係長

<評価事務局>

森嶋 誠治 NEDO 評価部 部長  
村上 康二 NEDO 評価部 専門調査員  
佐倉 浩平 NEDO 評価部 専門調査員  
木村 秀樹 NEDO 評価部 専門調査員

## 議事次第

(公開セッション)

1. 開会、資料の確認
2. 分科会の設置について
3. 分科会の公開について
4. 評価の実施方法について
5. プロジェクトの概要説明
  - 5.1 a) 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメント
  - b) 研究開発成果、成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通し
- 5.2 質疑応答

(非公開セッション)

6. プロジェクトの詳細説明
  - 6.1 安全安心なドローン基盤技術開発
7. 全体を通しての質疑

(公開セッション)

8. まとめ・講評
9. 今後の予定
10. 閉会

## 議事内容

(公開セッション)

1. 開会、資料の確認
  - ・開会宣言 (評価事務局)
  - ・配布資料確認 (評価事務局)
2. 分科会の設置について
  - ・研究評価委員会分科会の設置について、資料1に基づき事務局より説明。
  - ・出席者の紹介 (評価事務局、推進部署)
3. 分科会の公開について

評価事務局より行われた事前説明及び質問票のとおりとし、議事録に関する公開・非公開部分について説明を行った。
4. 評価の実施方法について

評価の手順を評価事務局より行われた事前説明のとおりとした。
5. プロジェクトの概要説明
  - 5.1 a) 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメント

推進部署より資料5に基づき説明が行われ、その内容に対し質疑応答が行われた。
  - b) 研究開発成果、成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通し

引き続き推進部署より資料5に基づき説明が行われ、その内容に対し質疑応答が行われた。

## 5.2 質疑応答

**【浅間分科会長】** ご説明いただきありがとうございます。これから質疑応答に入ります。技術の詳細等については議題6にて取り扱うため、ここでは主に、事業の位置づけ、必要性、マネジメントについて議論してまいります。それでは、事前にやり取りをした質問票の内容も踏まえまして、ご意見、ご質問等はございませんか。

大隅委員をお願いします。

**【大隅委員】** 中央大学の委員です。ドローンの仕様を決める際に、官公庁からヒアリングをされて、そして標準的な仕様を決定されたとのことでした。多分いろいろな用途があると、ドローンに要求される仕様も結構バラエティに富むような気がするのですが、そこについてはどのような感じだったのでしょうか。

**【NEDO ロボット・AI 部\_梅田】** 当然ドローンの使用用途というのは非常に多岐にわたるものと考えております。ただ、その中で非常にニーズの大きいところ、例えば災害時の初動対応、あるいはインフラ点検等といったことに要する小型空撮ドローン、そういったところが第一のターゲットであると定め、そしてその用途の中でニーズの確認を行ってまいりました。もちろん様々な用途に基づきまして、ここには収まらないニーズが出てくることもございましたが、それはちょっと今回の対象外だということをご説明いただき、納得いただいたという状況です。

**【大隅委員】** ありがとうございます。

**【浅間分科会長】** ほかにございますか。三治委員をお願いします。

**【三治委員】** 三治です。今回は、産業エコシステムを形成するという高い志の下で実施されたプロジェクトであると理解しております。部品企業、ソフトウェア等々の部分も含めて相互的に体制を組まれたというところで、非常に体制面としてすばらしいと感じました。その一方で、事後的に振り返りますと、産業エコシステム形成における今後に向けたさらなる視点として、足りなかった点、もしくは、現状として必要とされている点がございましたら教えていただきたいです。

**【NEDO ロボット・AI 部\_梅田】** 申し訳ございません。今の部分につきましては個社の事業計画等にも関わる点となりますので、非公開セッションの部分において、ACSL様からご説明をいただくという形を取らせていただいてもよろしいでしょうか。

**【三治委員】** 分かりました。ありがとうございます。では、もうひとつ伺います。こちらも非公開セッションにかかる内容かもしれませんが、知財に関して、特許申請においてはゼロ件だったとのことでした。これはベンチマークをしているところからも必然であるという認識の下で、侵害調査を中心に担われたというところですが、その担保の仕方というのはどのように行われたのでしょうか。また、そこにおいて信頼性が高い調査になっているかどうかをどのように検証されたのか教えてください。

**【NEDO ロボット・AI 部\_梅田】** 詳細につきましては、先ほどと同様に非公開セッションに含めさせていただきたく思いますが、当然、事業者だけではなくNEDOや経産省も入りPMOのところでは特許の調査を行ってございます。その結果としては、日本はラジコン等といった分野に強みがありますから、もともと我々日本側に対抗する特許、技術というものがあるということで、そういう意味では海外競合社が出されている特許に対しては無効審判やそういうものが可能だろうということを確認しているという状況です。

**【三治委員】** ありがとうございます。そういう意味では、今回非常に特殊な例であるとも思うのです。PMOとして明確に経産省やNEDOも位置づけて推進されているということで、ある意味、スペック決めであるとか、意思決定の早さ、アジャイルとしての推進の速度としても上がっていると考えます。これを、実施者側から見たアジャイル感というところで、他プロジェクトへの転用の可能性を含めて参考にな

る点が多かったなど、そういった点があればお聞かせいただきたいです。

【NEDO ロボット・AI 部\_梅田】 今回の事業に関していいますと、要は用途として、それが官公庁の用途に合わせた政府調達であるとか、そういったものに対して合ったものをつくっていくという明確な目的がございました。一方で、一般的な技術開発事業というのは必ずしもそういうものではないと認識しております。したがって、今回の事業では PMO が非常に有効に機能したものの、それが全てに適用できるかという、そこは少し違うのではないかと思うところです。

【三治委員】 ありがとうございます。

【浅間分科会長】 ほかにございますか。長谷川分科会長代理お願いします。

【長谷川分科会長代理】 芝浦工業大学の長谷川です。タイトルは「安全安心」という割と抽象的な言葉ですが、内容を伺いまして、目指すところはデータの安全性、性能の物理的な安全性、調達の安全性という3つであると理解いたしました。その中でも、特にデータの安全性がメインターゲットになっているように感じたのですが、この理解は合っているでしょうか。

【NEDO ロボット・AI 部\_梅田】 今回の開発の中では、セキュアなクラウドシステム等といったところの開発をしておりますので、確かにメインはおっしゃるとおりデータにかかる部分が非常に大きいところでもあります。ですが、それだけではなく、データを乗っ取られない形であるとか、あるいはサプライチェーンリスク、主要な部品に関してはグループ A 国に調達を限定するとか、そういったところも含めて行っているということから、その3つぐらいを含めて「安全安心」と掲げているものとご理解ください。

【長谷川分科会長代理】 私としては、16億円をかけてこの技術投資を行ったという観点においては大変評価できるものと思っております。しかし、セキュアな部分だけにフォーカスをするのであれば、ドローン自体をここまでゼロから行う必要はあったのだろうかという思いも少しございます。ですので、わざわざドローンの開発を含めてゼロから投資を行ったところについて、その理由を伺えたらと思います。

【NEDO ロボット・AI 部\_梅田】 そういう意味では、説明の中でもいたしましたビジネスエコシステムの確率という部分が大きいのではないかと思います。また、単体のドローンを1つ造るのであれば、それは別に政府が支援をするようなことではありませんが、ただ、そういうセキュアなシステム、政府調達に資するようなものを継続的に量産していくという方針の下、そういうシステムをつくっていくとすると、複数の企業が絡みます。また、それは今回の事業者だけではなく、今後市場を発展させていくためのインターフェースの公開といった話もいたしましたが、そういう波及効果の部分も含め、今後様々な市場開発をしていく、事業者を巻き込んでいくということが必要だという認識がございました。そういう中で、この標準機体を開発することによって、そのエコシステムが今後伸びていく。今回この機体に関連した事業者だけでなく、それ以外のところも含めて巻き込んでいく、エコシステムが確立されていくものと考えている次第です。

【長谷川分科会長代理】 分かりました。あと2点伺います。1点目はパテントの件ですが、パテントを防衛も含めて取らずに事業化したという部分に非常に驚きました。これは、なぜ周りを抑えずに事業化を先に進められたのでしょうか。

【NEDO ロボット・AI 部\_梅田】 申し訳ございません。その部分は非公開セッションでお話しさせていただいてもよろしいでしょうか。

【長谷川分科会長代理】 分かりました。では、2点目として、アジャイル開発が進められてきて事業化までこぎ着けたというのは評価できると思うものの、これを継続してフィードバック、レピュテーションを受けながらフィックスをしていかないと多分どこかでまた飽和してくると思います。ですので、この後の継続性という観点として何か考えられていることがあれば教えてください。

【NEDO ロボット・AI 部\_梅田】 これは、もう既に製品化をされているということで、事業者の部分にかかるところですから、後ほどの非公開セッションにおいても話があると思います。ただ、そういう意味では、当然我々もこれで最終形だとは思っておりません。当然事業者からのフィードバック等を受けて、今後その改良をされていくでしょうし、こちらで培った技術をさらに発展させていく。そういったことが行われていくものという認識です。

【長谷川分科会長代理】 そういう意味で言えば、例えば海外競合社のドローンであれば、アクティベートするときに情報を吸い上げるので了承してくださいというものがございます。了承しないとアクティベートできないのです。その点としては、そういった機能がついていてフィードバックが入るようなシステムになっているのでしょうか。

【NEDO ロボット・AI 部\_梅田】 その部分についても後ほどの説明に含まれているかと思われませんが、顧客の選択によるという形であると捉えております。

【長谷川分科会長代理】 分かりました。おっしゃられましたように、造って事業化したからこれで終了ではないと思います。それを使っただき、そしてそのフィードバックを得て、どんどん改良していくことがポイントではないでしょうか。今、完全に海外競合社が一強になっておりますし、国交省のDIPSの登録においても、選ぶところはほとんど同社のドローンかと思われまして。「SOTEN(蒼天)」もありますが、まず購入をしなくては登録ができませんので、そこも含めて何かしらのサポートができるというのではないかと思った次第です。これはコメントになります。

【浅間分科会長】 ありがとうございます。それでは、東大の浅間より質問をいたします。1つは、ここでの開発というのが、いわゆる政府調達であるとか官公庁向けということで、どちらかというとなら官需主導の戦略が取られており、ここで標準品が出来上がると、それが民需に広がっていくというような展開をイメージされているものと理解しております。これは、いわゆる官需のほうが要求は厳しくなるということなのか、それとも、むしろ官需のほうが割と緩い仕様で調達した後に改良をし、その後に民需に提供するのか。今回の取組というのは、どういった意図により官需主導で行われることに至ったのでしょうか。

【NEDO ロボット・AI 部\_梅田】 まず官需のほうが緩いといったことはございません。やはり官需である以上、そのセキュリティというものが求められます。一方で、民需への転換ということであると、当然クリティカルインフラを持っている、例えば事業者様であるとか、そのインフラを点検する事業者様であるとか、そういった部分においては、要は政府調達で直接ということではございませんが、政府関連の仕事をしている以上、そういったところにセキュリティが求められることから、直接的な官需だけではない民需のところにも広がっていくだろう。そういう考えの下、実施をしております。

【浅間分科会長】 分かりました。ありがとうございます。もうひとつ伺いますが、海外競合社がある程度市場を既に持っている状況の中、後追いでこの市場を狙っていくという戦略になるわけですか。セキュリティという意味では非常に理解できるのですが、ただ、後追いとなれば、海外競合社と同じ性能の製品を開発してもしょうがないですし、何らかの性能などで上回る機能、優位性を持たせた製品を開発するという戦略に当然なると考えます。ですので、海外競合社と比べてこういった点で優れているといった差別化や、目指されているところの視点について伺いたく思います。

【NEDO ロボット・AI 部\_梅田】 そういう意味では、着脱可能なカメラの部分でしょうか。そのあたりにひとつ強みがあるという認識です。当然ご存じのように、日本は光学系が強いということで、今回ザクティ様が主要なプレイヤーとして開発をいたしました。Detachable な形でのカメラ、マルチスペクトルカメラ、IR カメラ、光学ズームのカメラであるとか、そういったカメラの開発をしております。それを交換できるという形です。そういった視点からは、海外競合社様のカメラというのは基本的には機体に固定されているという認識であり、我々のほうでは日本の強みを生かし、そういった軽量か

つ Detachable なカメラを開発したことにより、多用途に使えるところが優位性になるのではないかと  
思っております。

【浅間分科会長】 ありがとうございます。それでは、本多委員お願いします。

【本多委員】 国総研の本多です。政府調達からのニーズというものは非常に速いスピードでという要求が  
あったように思いますし、そういったところで、2019年の補正予算においてほぼ2か年という非常に  
短い範囲で行われたことは大変評価できる点です。その上で少し確認をいたしますが、2か年でやると  
いうところは、当初計画からそういった計画の下で行われたのでしょうか。また、予算として委託と助  
成の2種類がございますが、これらの使途の違いについて簡単にご説明いただきたく思います。

【NEDO ロボット・AI 部\_梅田】 実のところ、最初は2年という予定ではなく、1年で完成をする予定であり  
ました。しかしながら、コロナの影響により、途中で非常事態宣言が2回あったことから繰越しさせ  
ていただき、2か年の実施となっております。また、委託と助成の使途ですが、ご存じのとおり、委  
託においては、NEDOの事業であるため、標準機体の設計であるとかそういった部分のコアとなる技術  
開発をしてございます。助成においては、それに求められる高性能部品の開発であるとか、より実用  
化、ビジネスに近いところという使い分けになっております。

【本多委員】 ありがとうございます。もう1点伺いますが、先ほどほかの委員からも今後のところでの  
お話しがございました。例えば、ただ撮ってというような空撮をした画像だけでなく、その先として、私  
たちユーザー側としては、例えば施設点検で使う際には、AIを使った画像解析であるとか写真測量と  
いった使い方を実際にやり始めている状況がございます。そういった撮ったデータのところから、こ  
の先どのように活用していくかというニーズの部分もかなりあるかと思うのですが、そういったこと  
に関して、NEDOや経産省のほうで引き続き何か検討をされていくような見込みというのはあるのでし  
ょうか。

【NEDO ロボット・AI 部\_梅田】 この事業においては、要は、飛ぶ機能であるとかセキュアなクラウドとい  
った部分をターゲットにしているため、データを活用し、例えばサービス等々といった視点は実はタ  
ーゲットにしておりません。ですが、NEDO全体として行っている中では、事業者は全く別になります  
が、例えばナラ枯れといったところが社会問題化になっておりますが、そういったものをAIで診断す  
るなど、そういったところの技術開発等もやっております。そういう意味では、NEDO及び国全体とし  
ては、そういったところも含めて一部行っているものをご理解ください。

【本多委員】 ありがとうございます。

【浅間分科会長】 ほかにございますか。三治委員お願いします。

【三治委員】 三治です。先ほど聞き漏れてしまったのですが、社会受容性向上の観点として、ユーザーの皆  
様とコミュニケーションをされてニーズを聞き取られたこと、そして非常に多くのメディアに取り上  
げられたということはひとつの大きな成果であると思います。その上で、ここで学ばれたことである  
とか、適切な情報発信の仕方、メディアの取り上げられ方といったことから、次の説明の仕方に向けた  
工夫や改善点がありましたら教えてください。

【NEDO ロボット・AI 部\_梅田】 今回は、メディアへの説明という形は1回となっております。ですので、  
この事業の中で行っているわけではありませんが、やはり一番重要なことは、その事業が目的とする  
政策的な要請であるとか、何のためにこれを行っているのかということを中心にきちんと伝えていくこと  
だと思います。少しタイミング的に、その説明会のときに結構セキュリティの問題がクローズアップ  
されていた時期でもあり、非常にそのあたりがメディアによく伝わったものと認識してございます。  
そういった背景をなしにしても、繰返しになりますが、事業の目的というのをきちんと伝えていくこ  
とが重要な点だと考えます。

【三治委員】 ありがとうございます。政策背景と時節柄の一致、そしてメディアの発表のタイミングも合っ

ていたところも理にかなっていたものと理解いたしました。ありがとうございました。

【浅間分科会長】 ほかにございますか。では、今の点で伺いますが、いわゆるドローンを社会実装する上で、制度的なものを改善されるといいますか、それによって社会実装を加速するというようなこともあると思います。そういったドローンの社会受容性を高めるために何か工夫として取られているところがありましたら教えてください。

【NEDO ロボット・AI 部\_梅田】 その点については、我々のほうで DRESS 事業であるとか、今現在は ReAmo 事業も行っており、これは経産省と一体になって進めているところです。ドローンや「空飛ぶクルマ」、ドローンに関して言えば、今年度レベル 4 の飛行が認められるようになりますけれども、それに向けて、性能評価であるとか、あるいは位置情報の共有の在り方といったところを含めまして、制度そのものの実現に向けて我々のほうでも実証を行うなどをしながら制度構築に貢献をしているところでございます。

【浅間分科会長】 どうもありがとうございました。それでは、以上で議題 5 を終了といたします。

(非公開セッション)

#### 6. プロジェクトの詳細説明

省略

#### 7. 全体を通しての質疑

省略

(公開セッション)

#### 8. まとめ・講評

【浅間分科会長】 ここから議題 8 に移ります。これから講評に入りますが、発言順序につきましては、最初に本多委員から始まりまして、最後に私、浅間ということで進めてまいります。

それでは、本多委員よろしく願いいたします。

【本多委員】 国総研の本多です。非常に短い期間で実用化のみならず事業化まで持っていかれたということで、大変評価できるものと思えました。それとともに、この先に対して期待を持つところでもあります。今後は、この機体を使って撮ったデータであるとか、空撮の映像などいろいろな各種データを使って皆様が利用をされていく。そして、その中で機体に対してどのような機能や性能が今後必要なのかというフィードバックが絶対にあると思います。ですので、ユーザー様とのコミュニケーションといったところも大切にされながら進めていただいただけるとよいのではないのでしょうか。期待しております。以上です。

【浅間分科会長】 ありがとうございました。それでは、三治委員よろしく願いします。

【三治委員】 三治です。非常に産学連携という形で、短い期間でありながらも高い成果を出すに至っているプロジェクトであるという点で傑出していると思えました。その背景としては、ベンチマークすべき企業、それからスペックを見定めていってアジャイルで体制を含めて高いマネジメント体制で効率的に実施をされていたところがあるのでしょうか。そして、短期サイクルで繰り返していかれていると。こ

それが意思決定のやり方も迅速かつ適切に行われる結果に至り、高い成果が導出されたものと理解いたしました。また、難しかっただろうと思われる側面として、事業判断でこういうプロジェクトに突入していくと、ある意味企業の経営としては、ばくちに近い領域でもあると認識しており、そういう意味では非常に経営判断だけではない高い志があったものでないと、なかなかこういうプロジェクトをリードすることは難しかったところを、うまくマネージされた稀有なプロジェクトだと認識しております。加えて、国内市場のエコシステムを形成するにあたって高い成果を創出されており、部品やソフトウェアを育成しながら、きちんとそれらを市場に投入することもできているという印象です。その上で、欲を言うならばグローバル展開においてでしょうか。国内というところのナショナルセキュリティの観点から始まったプロジェクトですが、グローバル展開を当初からどの程度盛り込んでいくのか、検討に入れておくのかということも、ルールメークの観点からはあったように思いますし、意外とほかの産業形態の中で学ぶべきところとして、ユーザーコミュニティ、サポート体制の在り方の検討の必要性といったところも重要だと感じます。ただ、これというのは、プロジェクト当初の目的から見て、今できているところの水準が高いゆえに出ている欲とも言えます。そういう意味で、今後に対してこのようなプロジェクトのPMO体制そのものが非常に参考になりますし、適用する限界はあるというご指摘は受けたものの、ちゃんと記録として残しておかれて参考にするべきところだと思います。リーダーの選出の在り方としても非常に参考になるのではないのでしょうか。今回、実施者のPL並びに経産省と標準化担当の方々、それからNEDOという三位一体の運用マネジメント体制そのものが成功に導いたところであると考えますし、リーダーの選出の在り方としても非常に参考になるものと思った次第です。そうした点からすると、我が国のインテリジェンス機能を高めていく方向感というのも一定程度見いだすことができたように思いますし、このプロジェクト推進をしていく枠組みの中でのインテリジェンスの在り方といったところも今後のマネジメント体制の参考になると感じました。以上です。

**【浅間分科会長】** ありがとうございます。それでは、大隅委員よろしく申し上げます。

**【大隅委員】** 中央大学の長谷川です。今回のプロジェクトは、物として大変素晴らしいものが出来たのではないかと理解しております。ただ、皆様からご発言のあったように、問題なのはこれからどうやって受け入れられていくかといったところで、そこがポイントになるのでしょうか。やはり、幾ら性能がよくとも、普通の人が手の届かない値段になってしまえば、もちろん広がってはいきません。ですから、価格も大事であり、もうひとつ一番大きく思うところが、機体に対する信頼感であると考えます。その価格にしても、結局ボリュームがないと逆に下げられない。「鶏が先か、卵が先か」のようになってしまうわけです。そのときに、地道に実績を積んでいく。そのためには、やはり強みというところをできるだけ強調されるというか、強みが生きるというのか、そこが生きるように今後の展開を進められていくとよいと思いますし、そういう形で実績が積まれることにより、信頼感というのは実績がベースになっていくわけです。今は政府調達という形ですが、実績はこれからどんどん積んでいけるはずですから、ぜひ今後、継続的に改良を加えられながら絶えずトップを走っていただきたいと思っています。今回のプロジェクトでできた体制というものが、そこで大いに生かされることを期待いたします。以上です。

**【浅間分科会長】** ありがとうございます。それでは、長谷川分科会長代理よろしく申し上げます。

**【長谷川分科会長代理】** 芝浦工業大学の長谷川です。「安全安心なドローン基盤技術の開発」ということで、大きく分けると、データの安全性、物理的な性能の安全性、部品調達の安全性という3つの観点があり、これら全てをきちんと満たすようなドローンの開発をゼロから行われ、しっかり事業化までいか

れているという点において高く評価をいたします。そして、日本の技術をインプルーブするようなところに投資をされて、技術力を上げていくということに関しても非常に賛同する次第です。ただ一方で、今はハードウェアが出来た段階であり、今後はソフトウェアのほうを、アプリケーションのほうをいかに増やしていくのかといったところになります。そこにおいては、プロジェクトがないため、少し心配もございます。先ほどもありましたけれども、ぜひ継続的にこのプロジェクトを反映させるようにしていくということも含めて、もう少し何かできないのだろうか。今は事業者の方に丸投げというところですので、我々も何か手伝えるところはないだろうかと思っている次第です。せっかく芽吹いた技術ですから、ぜひ皆で盛り上げられたらよいなと思っております。お疲れさまでした。

**【浅間分科会長】** ありがとうございます。それでは最後に、本日、分科会長を務めさせていただきました東大の浅間より講評をいたします。このプロジェクトは、安全安心なドローンの開発ということでした。ドローンの開発、そして事業化をして社会実装、普及までNEDOが支援をするという画期的なプロジェクトであったものという理解です。また、現状海外競合社が大きな市場を獲得している中、国産のドローンを開発、量産して、それに追いつき追い越せと、短期間の間にそれを行うということで非常に大変なプロジェクトであったのだろうと考えます。その中で、やはり複数の企業が連携して、それぞれの優位性のある技術を持ち寄られて、そのドローン開発に成功したと考えます。何とかその事業化まで持っていったというところは高く評価したいと思います。ただ、この後実際にユーザーの方が使った満足度というところをきちんとフォローされて、そのニーズにさらに応えていくという継続的な活動が極めて重要になると思われまます。今は政府調達ということで、ユーザーは官公庁の方が多いのかもしれませんが、多様な用途にどのように対応するかとか、継続的にその改善をどう続けていくのか、そのサポート等々、さらなる社会実装の普及における継続的な努力が非常に重要だと思っております。特にここでは「安全安心」とうたっていたわけですが、これは、普及を意識した本プロジェクトにおいて、社会受容性まで考えたときに「安全安心」というのはひとつの必要条件になっているということで重要視しながら行われたわけですが、昨今、経済安全保障という問題もよく言われるようになっておりますし、今後も官とも連携しながらうまく事業として回るように、制度上の工夫、標準化等々あるかと思いますが、いろいろとそういうことにも取り組まれていく必要性を感じます。いずれにせよ、今後様々なサービスも含めた民需のほうの開拓に、ますますドローンが資することに大変期待する次第です。以上となります。

**【村上専門調査員】** 委員の先生方、大変有益なご講評を賜りまして誠にありがとうございました。それでは、ただいまの講評を受けまして、推進部署、ロボット・AI部の古川部長より一言賜りたく存じます。よろしく願いいたします。

**【NEDO ロボット・AI部\_古川部長】** ただいま紹介にあずかりましたNEDO ロボット・AI部の古川と申します。本日は、午後からではありましたが、非常に中身の濃い議論をしていただきました。皆様のご指摘のとおり、人的な要因もあったことと思いますが、このプロジェクトについてはターゲットというのが極めて明確であったということがひとつ大きなポイントであると考えます。なかなか創意工夫、ゼロから一ということではなく、先ほどの講評においてもありましたように、いかに追いつき追い越せということで、従来日本は、そういう意味では得意としていたような分野でもあると思うところです。何とかこの短い時間の中、物を造るところまでは成功いたしました。しかし、ご指摘のように、今後広げていくという意味では、ユーザー、利用シーン、利便性を上げていくということを継続的に取り組んでいかななくてはなりません。そういったプロジェクトをこの後つくれるかどうかは、いろ

いろなファクターがあるところではございますが、我々としても念頭に置きながらいろいろと試行錯誤をしまいたく思います。また、他方のAIのプロジェクトにおいて、「SOTEN (蒼天)」ではございませんが、様々なドローンを使った人工知能との組合せによるアプリケーション開発も進めているところです。こういった情報も、公のものに関しましてはACSL様とも共有をさせていただき、どんなところに想定される市場があるのか考えてまいります。特に日本は、他国と比べた場合、やはりインフラ点検の部分が特徴的な市場をつくっておりますので、そういったところで先行的に使っていくというところが日本としての強みですし、日本における市場と考えた場合には、ひとつ他国と違ったところだとも思いますので、そういったところも考えながら、ぜひ我々としてもうまく使えるようにしていきたいと思います。また、海外の市場と比べると、やはり日本の市場はまだまだ小さいというのもご指摘しております。そこにおいても、何らかの支援ができるように、これもなかなか難しいところではございますが、我々も別の海外の実証事業というものも持っておりますので、そういった仕組みの中にもうまくはめられるようなところがあれば、また別の制度として支援できることもあるかもしれませんので、そこは引き続き考えてまいりたいと思います。特段、我々が何かをしたからといって必ず採択されるという保証はございませんが、制度の趣旨をACSL様とも説明させていただきながら、可能性として使えるようなものがある際には、ぜひご提案をいただき、審査の上、通った際には積極的にサポートをしております。最後に、本日はACSL様しか来られておりませんが、本当に短い時間の中で、多様な技術を垂直統合することは本当にご苦労があったものと思っております。この場を借りまして、ACSL様、そしてその後ろにいらっしゃるヤマハ様、ザクティ様に御礼を申し上げます。今後の発展を我々も期待しておりますし、何かできることがあれば、ぜひまた相談をさせていただきたく思いますので、どうぞよろしくお願いいたします。そして、先生方からいただいた非常に的確かつ具体的なご指摘を踏まえて努力してまいります。本日は誠にありがとうございました。

【浅間分科会長】 それでは、以上で議題8を終了いたします。

9. 今後の予定

10. 閉会

## 配布資料

- 資料1 研究評価委員会分科会の設置について
- 資料2 研究評価委員会分科会の公開について
- 資料3 研究評価委員会分科会における秘密情報の守秘と非公開資料の取り扱いについて
- 資料4-1 NEDOにおける研究評価について
- 資料4-2 評価項目・評価基準
- 資料4-3 評点法の実施について
- 資料4-4 評価コメント及び評点票
- 資料4-5 評価報告書の構成について
- 資料8 評価スケジュール
- 資料5 プロジェクトの概要説明資料（公開）

以上

以下、分科会前に実施した書面による公開情報に関する質疑応答について記載する。

「安全安心なドローン基盤技術開発」

(事後評価)分科会

質問・回答票 (公開)

| 資料番号・<br>ご質問箇所 | ご質問の内容   | 回答               |   | 委員<br>名    |
|----------------|--|------------------|---|------------|
|                |  | 公開<br>可 /<br>非公開 | 説明  |            |
| 資料5<br>3ページ    | 事業名「安全安心なドローン基盤技術開発」の「安全安心」が示しているものは何でしょうか？資料からは、データの高セキュリティ化とドローン部品およびシステムの国産化と理解しましたが、正しいでしょうか？  | 公開               | ご指摘の国民の安全安心の構築のための要求仕様としては、乗っ取り防止のためのセキュリティ対策、ドローンによって取得・取り扱われるデータの保護、サプライチェーンのリスク低減を主要項目として、具体的な要求仕様に落とし、開発を進めた。 | 長谷川<br>委員  |
| 資料5<br>11ページ   | 政府調達を前提として、技術開発の委託や量産体制構築の助成を行うとしているが、そもそも政府調達においても、用途や使用環境のバラエティ（多様性）が存在するはずである。その多様性に対しての方針が、標準品の大量生産を目指すのか、アジャイルな個別生産を行うための共通基盤化・プラットフォーム開発・標準化を目指すのかが必ずしも明確でない。目指す方向性を明確にしていきたい。   | 公開               | ご指摘いただいた、政府調達等の製品要求の多様性に対しての方針は、標準品の大量生産を目指すものとして進めてきた事業である。  | 浅間分<br>科会長 |
| 資料5<br>11ページ   | 国民の安全安心の構築のための要求仕様は何か、ドローンにどのような機能が要求されるのかが曖昧である。例えば、災害時などの緊急時におけるアジャイル開発なのか、サプライチェーンリスクに対する安定生産なのか、のっとり防止のためのサイバーセキュリティ対策なのか、ドローンによって取得したデータの保護なのか、国民の安全・安心のためのドローン開発の要求仕様を明確化していきたい。 | 公開               | ご指摘の国民の安全安心の構築のための要求仕様としては、乗っ取り防止のためのセキュリティ対策、ドローンによって取得・取り扱われるデータの保護、サプライチェーンのリスク低減を主要項目として、具体的な要求仕様に落とし、開発を進めた。 | 浅間分<br>科会長 |

|                             |   |    |   |           |
|-----------------------------|---|----|---|-----------|
| 資料5<br>11ページ                | 実用化・事業化までスコープに入っているものの、実用化に関しては、ユーザとメーカーの連携・共創をいかに強化するのが不明確である。また、事業化に関してもどのようなビジネスモデルが想定されているのが不明確であり、「量産」のイメージがあいまいである。実用化の基本方針・考え方、事業化の基本方針・考え方を、それぞれ明確にしていきたい。                | 公開 | 資料5 P28に記載のとおり、本プロジェクトにおける「実用化」「事業化」の考え方は以下のとおり。<br>全受託事業者が成果を持ち寄り、早期に実用化・事業化を図る。<br>・実用化：当該研究開発に係る試作品、サービス等の社会的利用（顧客へのサンプル提供等）が開始されること。<br>・事業化：実用化に加え、当該研究開発に係る商品、製品、サービス等の販売や利用により、企業活動（売り上げ等）への貢献が見通せること。 | 浅間分科会長    |
| 資料6<br>7ページ<br>9行目          | 利用した理由<br><br>※以下、関係箇所の抜粋<br>クラウドシステムの開発（フライトコントローラー標準基盤の一環）<br>関係省庁へのニーズ調査に基づき、「AWSの日本リージョンで構築した。」アプリケーションの処理方式としては、AWS上に構築された各インスタンス内にPodを配置し、Pod内のコンテナにてアプリケーションが実行される方式としている。 | 公開 | 関係省庁等に対するニーズに対応するため、AWSの日本リージョンとすることとした。  | 長谷川分科会長代理 |
| 資料6<br>7ページ<br>資料6<br>29ページ | 双方の関係<br><br>(補足)<br>AWSの日本リージョンに構築したことと、NTTドコモのセキュアフライトマネジメントクラウドの関係   | 公開 | AWSの日本リージョンのクラウド上に、撮影データのセキュアな取り扱い、フライトログ、フライト管理機能などユーザーの求める内容を可能とするアプリをNTTドコモが構築を行った。  | 長谷川分科会長代理 |
| 資料7<br>3-5ページ               | 関係省庁からの定量的な要求仕様（例）に示されている「機体本体価格」について、本事業で開発したドローンは達成されたのでしょうか？<br>また、本事業で開発したドローンの標準的な機体本体の価格と、参考仕様書を調査した市場製品の機体本体の価格と比較した価  | 公開 | 本PJ成果を活用し、製品化を行ったACSL社より、非公開セッションにて説明をいただく。   | 本田委員      |

|                 | 格差は、今後どのようになると見込まれているのでしょうか？   |        |   |      |                 |        |        |        |      |      |       |    |      |         |       |       |           |     |     |    |  |      |
|-----------------|--|--------|---|------|-----------------|--------|--------|--------|------|------|-------|----|------|---------|-------|-------|-----------|-----|-----|----|--|------|
| 資料7<br>3-10ページ  | <p>表 III-7 の 1 行目数値が p3-6 に達していないが、問題ないのか。</p> <p>(表 III-7 補足)</p> <p>最高高度については、長野県吾妻郡小諸市の高峰高原アサマパーク 2000 (標高 1920m) において実地試験を実施。</p> <p>表 III-7 飛行結果</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1回目</th> <th>2回目</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>フライト時間 (BATT残量)</td> <td>17分14秒</td> <td>17分20秒</td> </tr> <tr> <td>気温[°C]</td> <td>23.2</td> <td>19.5</td> </tr> <tr> <td>湿度[%]</td> <td>25</td> <td>23.2</td> </tr> <tr> <td>気圧[hPa]</td> <td>815.4</td> <td>815.1</td> </tr> <tr> <td>平均風速[m/s]</td> <td>1.4</td> <td>1.4</td> </tr> </tbody> </table> <p>3-6 ページ抜粋</p> <p>表 III-6 本事業で開発するドローンへの主な要求仕様</p> <p>機体 最大飛行時間 30 分以上</p> |        | 1回目   | 2回目  | フライト時間 (BATT残量) | 17分14秒 | 17分20秒 | 気温[°C] | 23.2 | 19.5 | 湿度[%] | 25 | 23.2 | 気圧[hPa] | 815.4 | 815.1 | 平均風速[m/s] | 1.4 | 1.4 | 公開 | 表 III-7 については、あくまで高度 2000m での飛行が、安定的にできるかを確認したものであり、標準機体設計の妥当性を確認したもの。 | 大隅委員 |
|                 | 1回目  | 2回目    |   |      |                 |        |        |        |      |      |       |    |      |         |       |       |           |     |     |    |  |      |
| フライト時間 (BATT残量) | 17分14秒   | 17分20秒 |   |      |                 |        |        |        |      |      |       |    |      |         |       |       |           |     |     |    |  |      |
| 気温[°C]          | 23.2   | 19.5   |   |      |                 |        |        |        |      |      |       |    |      |         |       |       |           |     |     |    |  |      |
| 湿度[%]           | 25   | 23.2   |   |      |                 |        |        |        |      |      |       |    |      |         |       |       |           |     |     |    |  |      |
| 気圧[hPa]         | 815.4  | 815.1  |   |      |                 |        |        |        |      |      |       |    |      |         |       |       |           |     |     |    |  |      |
| 平均風速[m/s]       | 1.4  | 1.4    |   |      |                 |        |        |        |      |      |       |    |      |         |       |       |           |     |     |    |  |      |
| 資料7<br>3-7ページ   | <p>通信距離は天候の影響を受けることはないか。</p> <p>(補足)</p> <p>長距離通信試験については、浜名湖沿岸の見通し環境が確保できる浜名湖オルゴールミュージアム展望台で実施した。</p> <p>機体を展望台、プロポを地上に設置した。</p> <p>図 III-10 に位置と様子を示す。結果、開発目標である 4km 以上の距離をテレメトリ、ならびに映像双方で通信確認することができた。</p>   | 公開     | <p>ご指摘の長距離通信試験については、最大通信距離が 4km 以上であることを確認するためのものであり、本試験で、4km 以上の距離をテレメトリ、並びに映像双方で通信確認できたこと等をもって、標準機体設計の妥当性の評価を行った。</p> <p>ご指摘のとおり、天候の他、地形等遮蔽物など環境影響を受けることから、実際の運用要件の中で適切な設定をしておく必要があるものと考えている。</p> | 大隅委員 |                 |        |        |        |      |      |       |    |      |         |       |       |           |     |     |    |  |      |



図 III-10 長距離通信試験場所と機体・プロポの位置関係

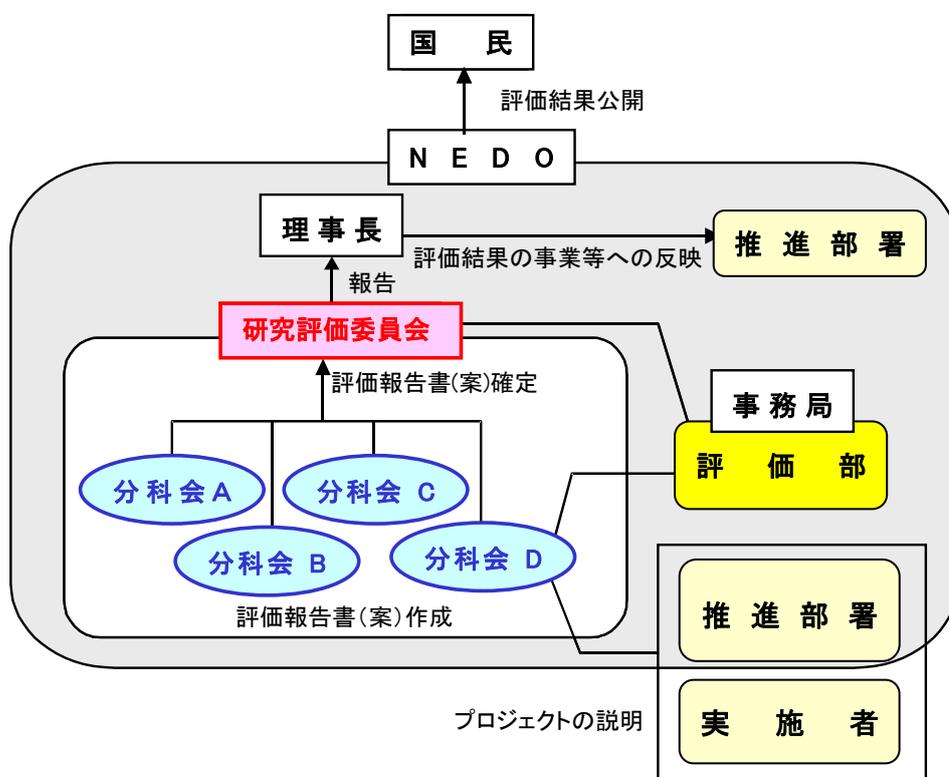
|                |                                    |    |  |      |
|----------------|------------------------------------|----|--|------|
| 資料7<br>3-34ページ | 2-2-1-1の説明と長時間化, 省エネ化の関係が今一つわからない。 | 公開 | エネルギー密度が高いバッテリーの開発を行うことで、飛行の長時間化を達成するというもの。<br>また、缶タイプのセルと比べて、ラミネートタイプのセルについては軽量であり、バッテリーの自重を減らすことで、機体飛行時の使用電力の省エネ化を達成するというもの。                             | 大隅委員 |
| 資料7<br>3-53ページ | 図 III-59 を見ると、“課題が残る”とあるが大丈夫か。     | 公開 | 図 III-59 の性能評価の目的は、設計値どおりの推力が得られることを確認したもの。シミュレーションと試作プロペラの推力・トルクの確認などができた。試作機体験会などを踏まえたアジャイル開発の過程で生じた設計仕様の変更にも短期間で対応為、最終的には、折りたたみ式でない一体型のプロペラの採用をすることとした。 | 大隅委員 |

## 参考資料 2 評価の実施方法

本評価は、「技術評価実施規程」（平成 15 年 10 月制定）に基づいて実施する。

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)における研究評価では、以下のように被評価プロジェクトごとに分科会を設置し、同分科会にて研究評価を行い、評価報告書（案）を策定の上、研究評価委員会において確定している。

- 「NEDO 技術委員・技術委員会等規程」に基づき研究評価委員会を設置
- 研究評価委員会はその下に分科会を設置



## 1. 評価の目的

評価の目的は「技術評価実施規程」において

- 業務の高度化等の自己改革を促進する
  - 社会に対する説明責任を履行するとともに、経済・社会ニーズを取り込む
  - 評価結果を資源配分に反映させ、資源の重点化及び業務の効率化を促進する
- としている。

本評価においては、この趣旨を踏まえ、本事業の意義、研究開発目標・計画の妥当性、計画を比較した達成度、成果の意義、成果の実用化の可能性等について検討・評価した。

## 2. 評価者

技術評価実施規程に基づき、事業の目的や態様に即した外部の専門家、有識者からなる委員会方式により評価を行う。分科会委員は、以下のような観点から選定する。

- 科学技術全般に知見のある専門家、有識者
- 当該研究開発の分野の知見を有する専門家
- 研究開発マネジメントの専門家、経済学、環境問題、国際標準、その他社会的ニーズ関連の専門家、有識者
- 産業界の専門家、有識者

また、評価に対する中立性確保の観点から事業の推進側関係者を選任対象から除外する。これらに基づき、委員を分科会委員名簿の通り選任した。

なお、本分科会の事務局については、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構評価部が担当した。

## 3. 評価対象

「安全安心なドローン基盤技術開発」を評価対象とした。

なお、分科会においては、当該事業の推進部署から提出された事業原簿、プロジェクトの内容、成果に関する資料をもって評価した。

#### 4. 評価方法

分科会においては、当該事業の推進部署及び実施者からのヒアリング及び実施者側等との議論を行った。それを踏まえた分科会委員による評価コメント作成、評点法による評価により評価作業を進めた。

なお、評価の透明性確保の観点から、知的財産保護の上で支障が生じると認められる場合等を除き、原則として分科会は公開とし、実施者と意見を交換する形で審議を行うこととした。

#### 5. 評価項目・評価基準

分科会においては、次に掲げる「評価項目・評価基準」で評価を行った。これは、NEDOが定める「標準的評価項目・評価基準」をもとに、当該事業の特性を踏まえ、評価事務局がカスタマイズしたものである。

評価対象プロジェクトについて、主に事業の目的、計画、運営、達成度、成果の意義、実用化に向けての取組や見通し等を評価した。

## 「安全安心なドローン基盤技術開発」に係る評価項目・評価基準

### 1. 事業の位置付け・必要性について

#### (1) 事業の目的の妥当性

- ・ 内外の技術動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献可能性等の観点から、事業の目的は妥当か。
- ・ 上位の施策・制度の目標達成のために寄与しているか。

#### (2) NEDO の事業としての妥当性

- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること又は公共性が高いことにより、NEDO の関与が必要とされた事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされると期待される効果は、投じた研究開発費との比較において十分であるか。

### 2. 研究開発マネジメントについて

#### (1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、適切な目標であったか。

#### (2) 研究開発計画の妥当性

- ・ 開発スケジュール（実績）及び研究開発費（研究開発項目の配分を含む）は妥当であったか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術の開発は網羅されていたか。

#### (3) 研究開発の実施体制の妥当性

- ・ 実施者は技術力及び事業化能力を発揮したか。
- ・ 指揮命令系統及び責任体制は、有効に機能したか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために実施者間の連携が必要な場合、実施者間の連携は有効に機能したか。
- ・ 大学または公的研究機関が企業の開発を支援する体制となっている場合、その体制は企業の取組に貢献したか。

#### (4) 研究開発の進捗管理の妥当性

- ・ 研究開発の進捗に応じ、技術を評価し取捨選択や技術の融合、必要な実施体制の見直し等を柔軟に図ったか。
- ・ 研究開発の進捗状況を常に把握し、遅れが生じた場合に適切に対応したか。
- ・ 社会・経済の情勢変化、政策・技術の動向等を常に把握し、それらの影響を検討し、必要に応じて適切に対応したか。

(5) 知的財産等に関する戦略の妥当性

- ・ 知的財産に関する戦略は、明確かつ妥当か。
- ・ 知的財産に関する取扱（実施者間の情報管理、秘密保持及び出願・活用ルールを含む）を整備し、かつ適切に運用したか。

**3. 研究開発成果について**

(1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

- ・ 成果は、最終目標を達成したか。
- ・ 最終目標未達成の場合、達成できなかった原因を明らかにして、最終目標達成までの課題及び課題解決の方針を明確にしている等、研究開発成果として肯定的に評価できるか。
- ・ 投入された研究開発費に見合った成果を得たか。
- ・ 成果は、競合技術と比較して優位性があるか。
- ・ 世界初、世界最高水準、新たな技術領域の開拓、汎用性等の顕著な成果がある場合、積極的に評価する。
- ・ 設定された目標以外の技術成果がある場合、積極的に評価する。
- ・ 成果が将来における市場の大幅な拡大又は市場の創造につながると期待できる場合、積極的に評価する。

(2) 成果の普及

- ・ 論文等の対外的な発表を、実用化・事業化の戦略に沿って適切に行ったか。
- ・ 成果の活用・実用化の担い手・ユーザーに向けて、成果を普及させる取組を実用化・事業化の戦略に沿って適切に行ったか。
- ・ 一般に向けて、情報を発信したか。

(3) 知的財産権等の確保に向けた取組

- ・ 知的財産権の出願・審査請求・登録等を、実用化・事業化の戦略に沿って国内外に適切に行ったか。

**4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて**

本事業における「実用化・事業化」の考え方（定義）

全受託事業者が成果を持ち寄り、早期に実用化・事業化を図る。

・ 実用化： 当該研究開発に係る試作品、サービス等の社会的利用(顧客へのサンプル提供等)が開始されること。

・ 事業化： 実用化に加え、当該研究開発に係る商品、製品、サービス等の販売や利用により、企業活動(売り上げ等)への貢献が見通せること。

(1) 成果の実用化・事業化に向けた戦略

- ・ 成果の実用化・事業化の戦略は、明確かつ妥当か。
- ・ 想定する市場の規模・成長性等から、経済効果等を期待できるか。

(2) 成果の実用化・事業化に向けた具体的取組

- ・ 実用化・事業化に取り組む者が明確か。
- ・ 実用化・事業化の計画及びマイルストーンは明確か。

(3) 成果の実用化・事業化の見通し

- ・ 産業技術として適用可能性は明確か。
- ・ 実用化・事業化に向けての課題とその解決方法は明確か。
- ・ 想定する製品・サービス等は、市場ニーズ・ユーザーニーズに合致しているか。
- ・ 競合する製品・サービス等と比較して性能面・コスト面等で優位を確保する見通しはあるか。
- ・ 量産化技術を確立する見通しはあるか。
- ・ 顕著な波及効果（技術的・経済的・社会的効果、人材育成等）を期待できる場合、積極的に評価する。

## 「プロジェクト」の事後評価に係る標準的評価項目・基準

※「プロジェクト」の特徴に応じて、評価基準を見直すことができる。

「実用化・事業化」の定義を「プロジェクト」毎に定める。以下に例示する。

### 「実用化・事業化」の考え方

当該研究開発に係る試作品、サービス等の社会的利用(顧客への提供等)が開始されることであり、さらに、当該研究開発に係る商品、製品、サービス等の販売や利用により、企業活動(売り上げ等)に貢献することをいう。

なお、「プロジェクト」が基礎的・基盤的研究開発に該当する場合は、以下のとおりとする。

- ・「実用化・事業化」を「実用化」に変更する。
- ・「4. 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて」は該当するものを選択する。
- ・「実用化」の定義を「プロジェクト」毎に定める。以下に例示する。

### 「実用化」の考え方

当該研究開発に係る試作品、サービス等の社会的利用(顧客への提供等)が開始されることをいう。

## 1. 事業の位置付け・必要性について

### (1) 事業の目的の妥当性

- ・内外の技術動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献可能性等の観点から、事業の目的は妥当か。
- ・上位の施策・制度の目標達成のために寄与しているか。

### (2) NEDOの事業としての妥当性

- ・民間活動のみでは改善できないものであること又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・当該事業を実施することによりもたらされると期待される効果は、投じた研究開発費との比較において十分であるか。

## 2. 研究開発マネジメントについて

### (1) 研究開発目標の妥当性

- ・内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、適切な目標であったか。

### (2) 研究開発計画の妥当性

- ・開発スケジュール(実績)及び研究開発費(研究開発項目の配分を含む)は妥当であったか。
- ・目標達成に必要な要素技術の開発は網羅されていたか。

### (3) 研究開発の実施体制の妥当性

- ・実施者は技術力及び事業化能力を発揮したか。
- ・指揮命令系統及び責任体制は、有効に機能したか。

- ・ 目標達成及び効率的実施のために実施者間の連携が必要な場合、実施者間の連携は有効に機能したか。【該当しない場合、この条項を削除】
- ・ 目標達成及び効率的実施のために実施者間の競争が必要な場合、競争の仕組みは有効に機能したか。【該当しない場合、この条項を削除】
- ・ 大学または公的研究機関が企業の開発を支援する体制となっている場合、その体制は企業の取組に貢献したか。【該当しない場合、この条項を削除】

(4) 研究開発の進捗管理の妥当性

- ・ 研究開発の進捗状況を常に把握し、遅れが生じた場合に適切に対応したか。
- ・ 社会・経済の情勢変化、政策・技術の動向等を常に把握し、それらの影響を検討し、必要に応じて適切に対応したか。

(5) 知的財産等に関する戦略の妥当性

- ・ 知的財産に関する戦略は、明確かつ妥当か。
- ・ 知的財産に関する取扱（実施者間の情報管理、秘密保持及び出願・活用ルールを含む）を整備し、かつ適切に運用したか。
- ・ 国際標準化に関する事項を計画している場合、その戦略及び計画は妥当か。【該当しない場合、この条項を削除】

3. 研究開発成果について

(1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

- ・ 成果は、最終目標を達成したか。
- ・ 最終目標未達成の場合、達成できなかった原因を明らかにして、最終目標達成までの課題及び課題解決の方針を明確にしている等、研究開発成果として肯定的に評価できるか。
- ・ 投入された研究開発費に見合った成果を得たか。
- ・ 成果は、競合技術と比較して優位性があるか。
- ・ 世界初、世界最高水準、新たな技術領域の開拓、汎用性等の顕著な成果がある場合、積極的に評価する。
- ・ 設定された目標以外の技術成果がある場合、積極的に評価する。
- ・ 成果が将来における市場の大幅な拡大又は市場の創造につながると期待できる場合、積極的に評価する。

(2) 成果の普及

- ・ 論文等の対外的な発表を、実用化・事業化の戦略に沿って適切に行ったか。
- ・ 成果の活用・実用化の担い手・ユーザーに向けて、成果を普及させる取組を実用化・事業化の戦略に沿って適切に行ったか。
- ・ 一般に向けて、情報を発信したか。

(3) 知的財産権等の確保に向けた取組

- ・ 知的財産権の出願・審査請求・登録等を、実用化・事業化の戦略に沿って国内外に適切に行ったか。

- ・ 国際標準化に関する事項を計画している場合、国際標準化に向けた見通しはあるか。  
【該当しない場合、この条項を削除】

#### 4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて

【基礎的・基盤的研究開発の場合を除く】

##### (1) 成果の実用化・事業化に向けた戦略

- ・ 成果の実用化・事業化の戦略は、明確かつ妥当か。
- ・ 想定する市場の規模・成長性等から、経済効果等を期待できるか。

##### (2) 成果の実用化・事業化に向けた具体的取組

- ・ 実用化・事業化に取り組む者が明確か。
- ・ 実用化・事業化の計画及びマイルストーンは明確か。

##### (3) 成果の実用化・事業化の見通し

- ・ 産業技術として適用可能性は明確か。
- ・ 実用化・事業化に向けての課題とその解決方針は明確か。
- ・ 想定する製品・サービス等は、市場ニーズ・ユーザーニーズに合致しているか。
- ・ 競合する製品・サービス等と比較して性能面・コスト面等で優位を確保する見通しはあるか。
- ・ 量産化技術を確立する見通しはあるか。
- ・ 顕著な波及効果（技術的・経済的・社会的効果、人材育成等）を期待できる場合、積極的に評価する。

#### 4. 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて【基礎的・基盤的研究開発の場合】

##### (1) 成果の実用化に向けた戦略

- ・ 成果の実用化の戦略は、明確かつ妥当か。

##### (2) 成果の実用化に向けた具体的取組

- ・ 実用化に向けて、引き続き、誰がどのように研究開発に取り組むのか明確にしているか。
- ・ 想定する製品・サービス等に基づき、課題及びマイルストーンを明確にしているか。

##### (3) 成果の実用化の見通し

- ・ 想定する製品・サービス等に基づき、市場・技術動向等を把握しているか。
- ・ 顕著な波及効果（技術的・経済的・社会的効果、人材育成等）を期待できる場合、積極的に評価する。

【基礎的・基盤的研究開発の場合のうち、知的基盤・標準整備等を目標としている場合】

##### (1) 成果の実用化に向けた戦略

- ・ 整備した知的基盤・標準の維持管理・活用推進等の計画は、明確かつ妥当か。

(2) 成果の実用化に向けた具体的取組

- ・ 知的基盤・標準を供給・維持するための体制を整備しているか、又は、整備の見通しはあるか。
- ・ 実用化に向けて、引き続き研究開発が必要な場合、誰がどのように取り組むのか明確にしているか。【該当しない場合、この条項を削除】

(3) 成果の実用化の見通し

- ・ 整備した知的基盤について、利用されているか。
- ・ 顕著な波及効果（技術的・経済的・社会的効果、人材育成等）を期待できる場合、積極的に評価する。

本研究評価委員会報告は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）評価部が委員会の事務局として編集しています。

NEDO 評価部

部長 森嶋 誠治

担当 村上 康二

\* 研究評価委員会に関する情報は NEDO のホームページに掲載しています。

([https://www.nedo.go.jp/introducing/iinkai/kenkyuu\\_index.html](https://www.nedo.go.jp/introducing/iinkai/kenkyuu_index.html))

〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310番地

ミュージア川崎セントラルタワー20F

TEL 044-520-5160 FAX 044-520-5162