

「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 新エネルギー・産業技術総合開発機構 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
I. 事業の位置付け・必要性について	1-1
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
II. 研究開発マネジメントについて	2-1
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
III. 研究開発成果について	3-1
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
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	4-1
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
 (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/ 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) 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) 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) 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 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>最終目標</p> <p>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 【委託事業】</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 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 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>		

	助成先	株式会社 A C S L 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
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 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 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 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"> 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。 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。 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。 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。 	

	<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 (プレス発表等)	研究発表・講演：0 件 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"> ・ 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。 ・ 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。 ・ 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。 	
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。

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。

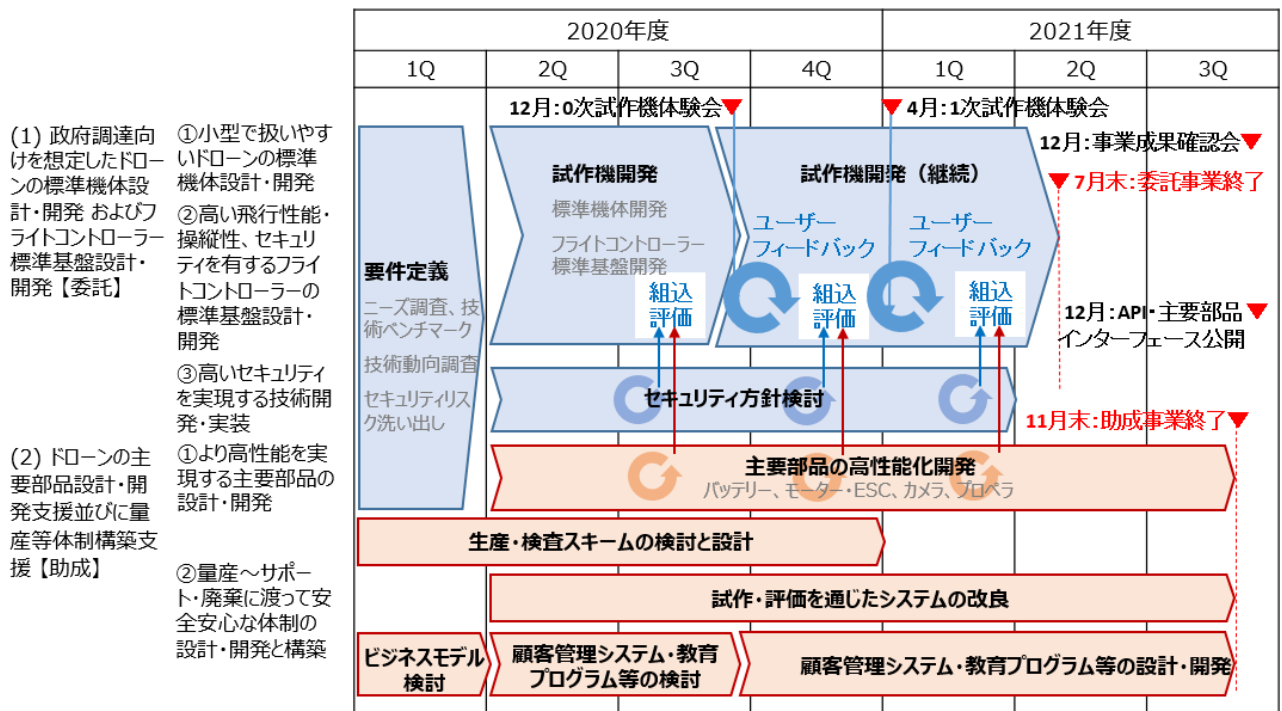


図 II-1 「安全安心なドローン基盤技術開発」の委託事業・助成事業の関係性

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。

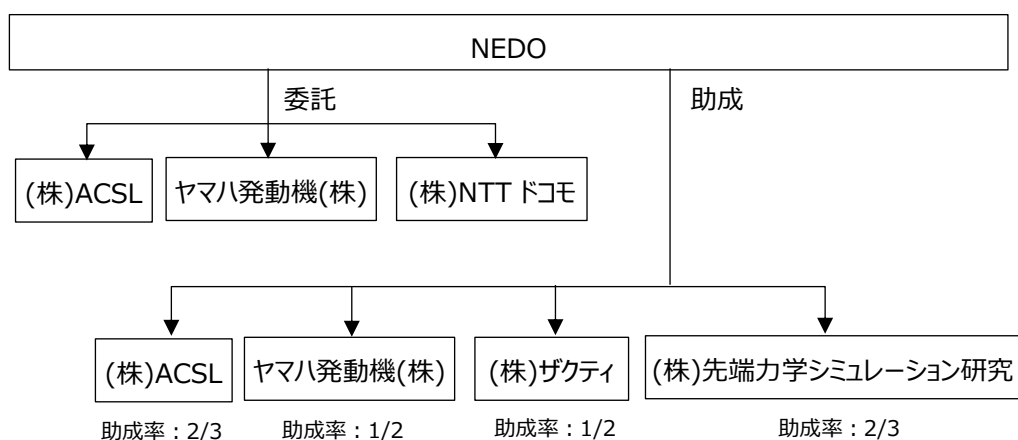


図 II-2 「安全安心なドローン基盤技術開発」プロジェクトの実施体制

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。

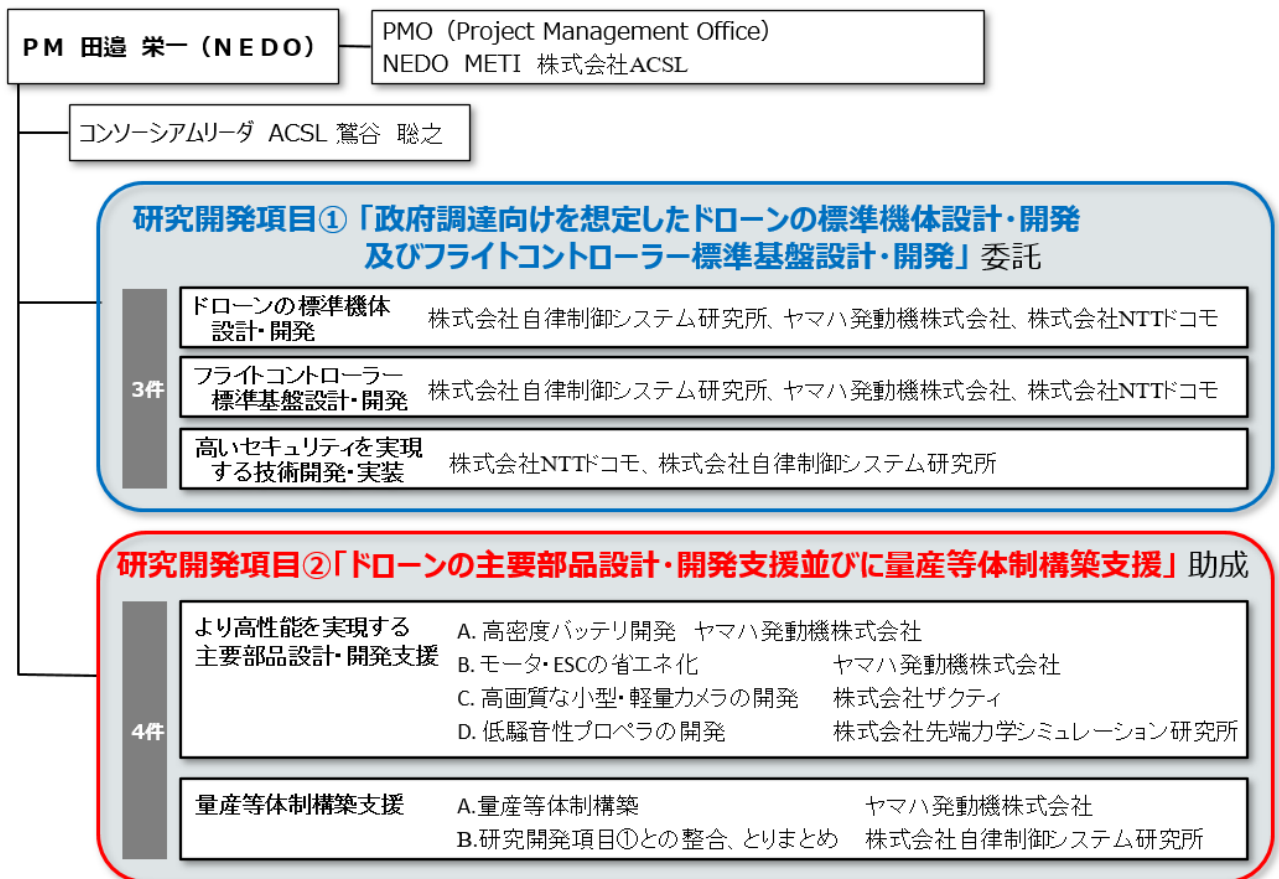


図 II-3 「安全安心なドローン基盤技術開発」プロジェクトの推進体制

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。



0次試作機
(一部に規制部品を利用)



1次試作機
(全て本事業による試作部品により構成)



量産プロトタイプ
(本事業の最終成果により構成)

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。

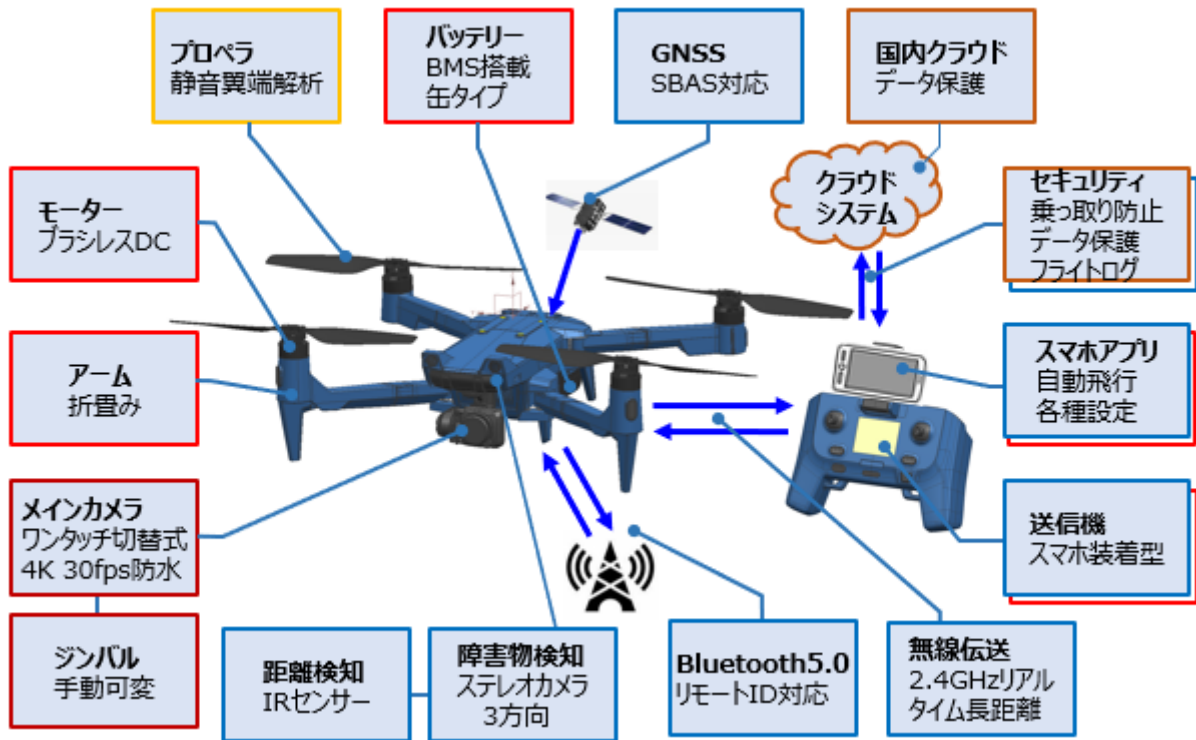


図 III-2 開発した「安全安心なドローン基盤技術」の全体像

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 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 利活用に関するアンケート 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 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 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 （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 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
ジンバル	
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 正面を0°として、下に90°、上に30°
標準カメラ	
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), JPEG + RAW
撮影画像メモリーカード	microSD
通信機能	
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 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
操縦機	
	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
バッテリー	
容量	100Wh未満
仕様	インテリジェントバッテリー
フライトログ	
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。
その他	
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
上記標準仕様までの、機体本体価格	
価格	50万円未満
オプション（追加料金部分）	
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 ・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
フライトコントローラー単体の仕様	
対応仕様	4枚プロペラ機体として標準対応 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 ・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 ・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 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 （ビジョンポジショニング使用時）	垂直方向：±0.1m 水平方向：±0.3m
ホバリング精度 （GNSS 使用時）	垂直方向：±2.0m 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 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 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

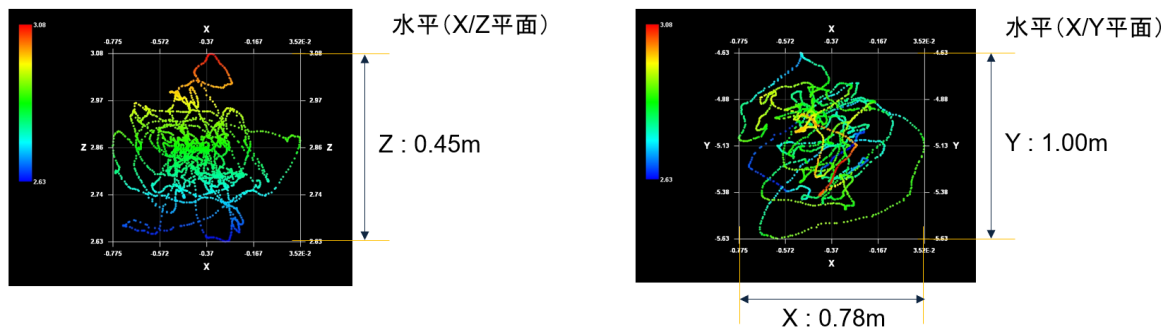


図 III-5 GPS 使用時の位置精度結果

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° を超えないことを確認した。

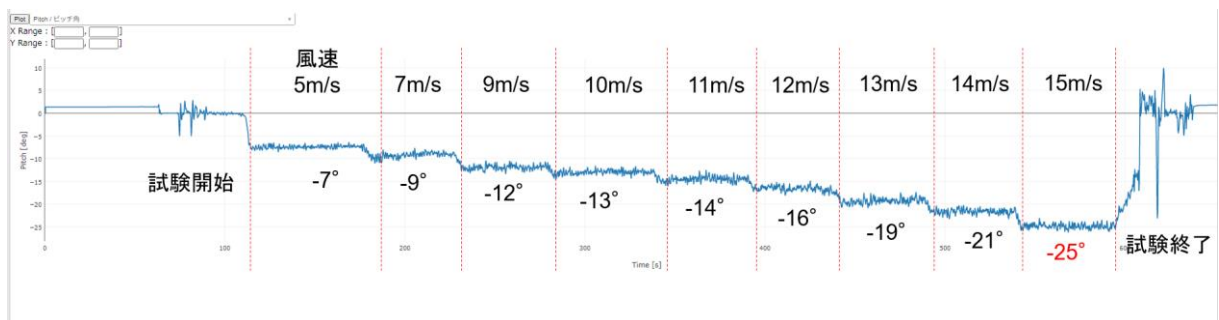


図 III-6 最大風圧抵抗試験結果

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 (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、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

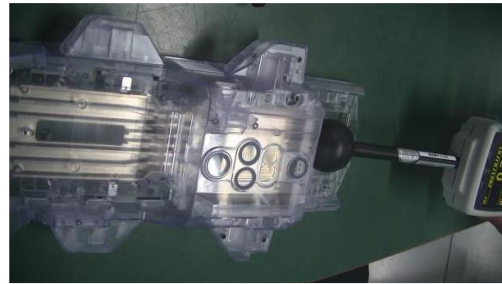


図 III- 9 固形物のダクト内侵入の確認と、スケルトンボディによる検証

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。

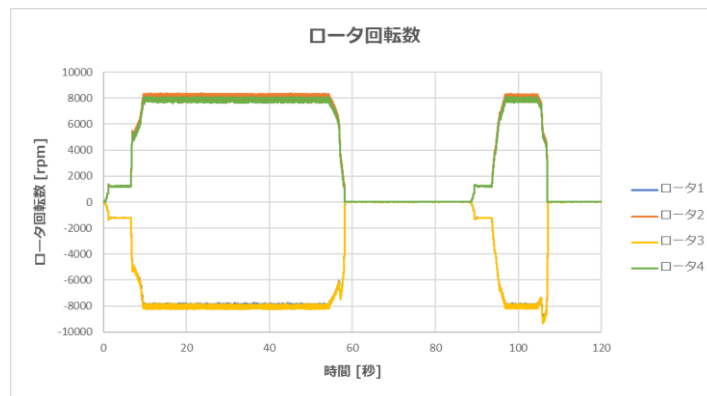


図 III- 1 1 機体側でプロボからの制御信号を受信して動作 (ローター回転指令)

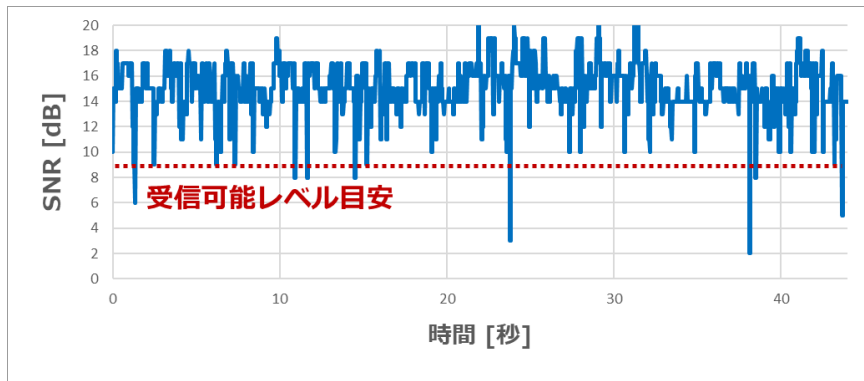


図 III- 1 2 プロポ側受信レベル

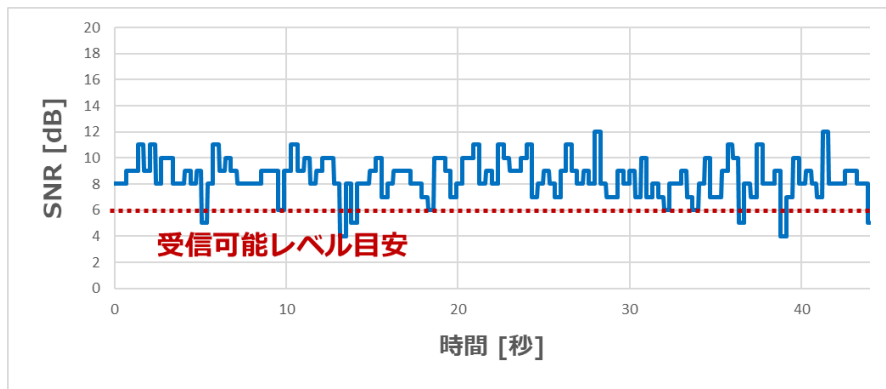


図 III- 1 3 機体側受信レベル確認

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> 垂直方向：±0.1m 程度 水平方向：±0.3m 程度 <GNSS動作時> 垂直方向：±2.0m 程度 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 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。

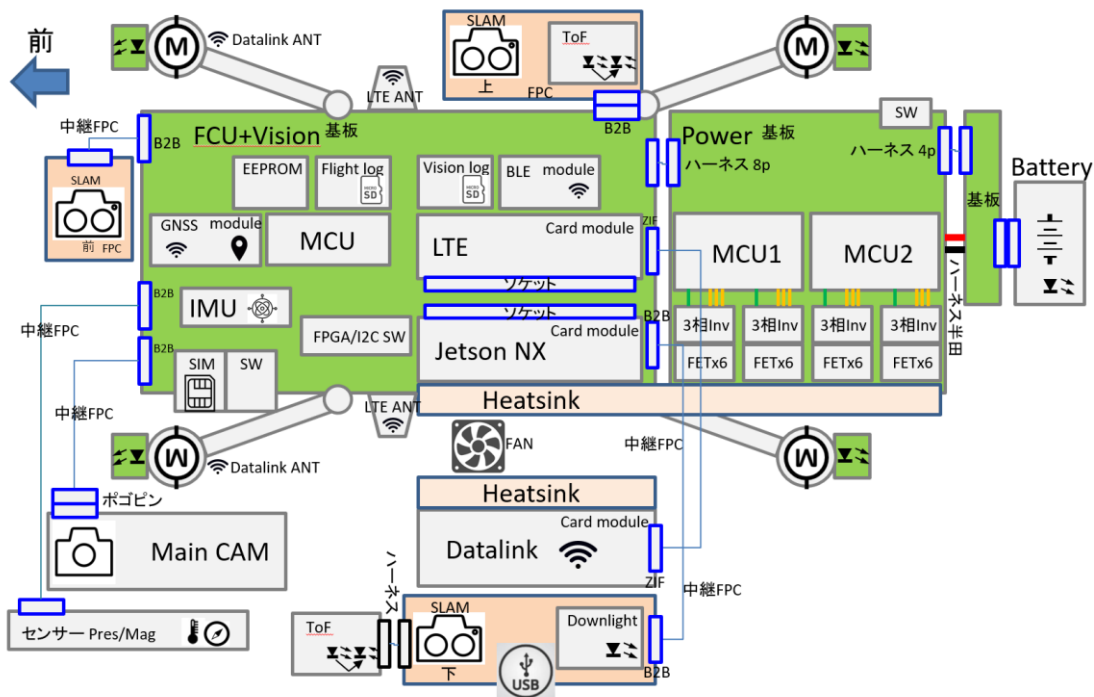


図 III- 1 4 フライトコントローラーのシステム図

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。

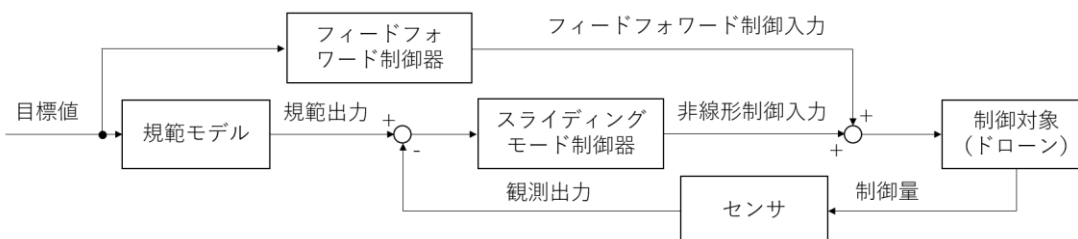


図 III- 1 5 モデルベース、非線形制御の概要

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。

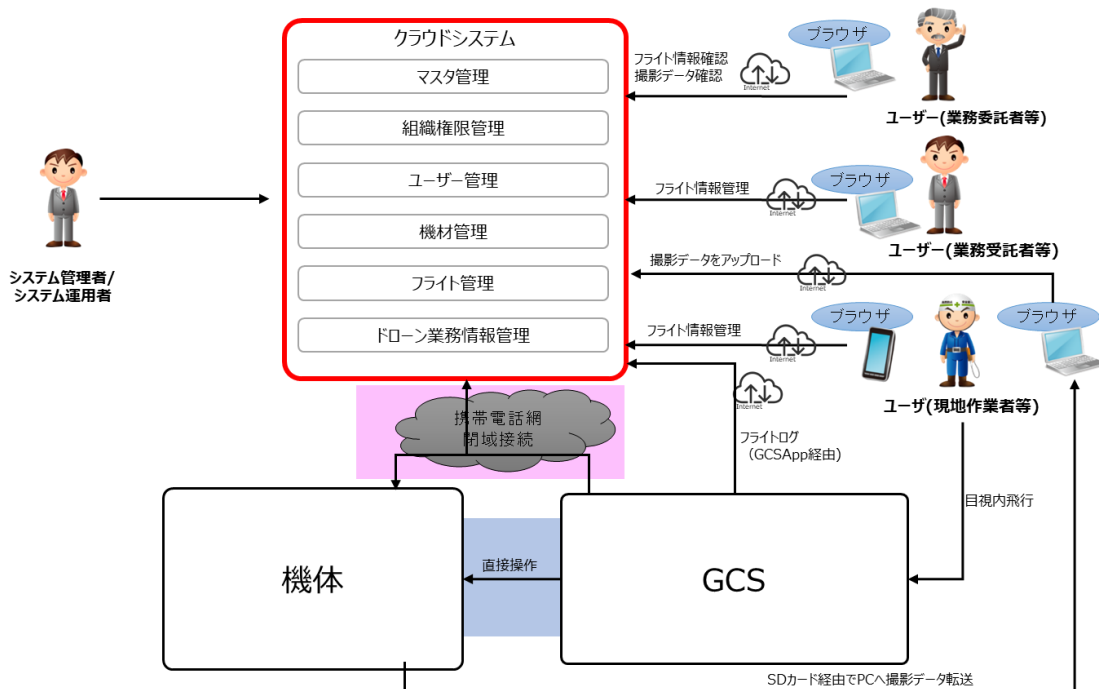


図 III- 1 6 ドローン、GCS およびクラウド構成

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"> ・夜間のみ停止可とし、24 時間 365日稼働とする。 ・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。 ・稼働率は 99.9%とする。
	システム冗長化	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 ・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。 ・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。
	目標復旧時間	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 ・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。
	復旧レベル	<ul style="list-style-type: none"> ・DB については最大 5 分前までの復旧を原則とする。 ・サービス影響のあるインスタンスを復旧対象とする。 ・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。 ・想定できる単一障害は自動復旧とする。 ・代替業務運用は行わない。

	ネットワーク	<ul style="list-style-type: none"> ・用途ごとにサブネットを作成する。
	バックアップ	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 ・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。 ・バックアップは東京リージョンで管理する。
性能・拡張性	キャパシティ	<ul style="list-style-type: none"> ・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"> ・ドローン接続数は 5,000 台を想定する。 ・WEB ユーザー数は 100人を想定する。 ・平均の 1 ファイルサイズは 10MB を想定する。 ・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。
	業務増大度	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 ・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。
	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"> ・通常時のレスポンス順守率を 90%とする。 ・ピーク時レスポンス順守率を 80%とする。 ・縮退時のパフォーマンス劣化は考慮しない。
	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"> ・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。 ・スケールアップは RDS のみ対象とする。 ・アプリケーションはスケールアウトを行う。
	性能品質保証	<ul style="list-style-type: none"> ・事前の性能テストを実施する。 ・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。
運用・保守性	運用監視	<ul style="list-style-type: none"> ・リソース監視を行う。 ・システムの死活監視を行う。 ・ネットワーク送受信エラーを監視する。
	時刻同期	<ul style="list-style-type: none"> ・時刻同期は Amazon Time Sync Service を用いて行う。

	運用負荷削減	<ul style="list-style-type: none"> ・下記は自動化を実施する。 ・ログローテート ・監視 ・オートヒーリング ・バックアップ ・下記は自動化を行わない。 ・OS、MB のパッチ適用 ・DB 復旧 ・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。
	パッチ適用ポリシー	<ul style="list-style-type: none"> ・パッチ適用検証は開発環境にて実施する。
	活性保守	<ul style="list-style-type: none"> ・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）。 ・サービス影響のないインスタンスは非活性保守とする。
	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"> ・アプリケーションの認証は Auth0 で実施する。 ・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。 ・閉域網からのアクセスにおいては RADIUS 認証を利用する。
	不正監視	<ul style="list-style-type: none"> ・IDS/IPS を導入する。
	ネットワーク対策	<ul style="list-style-type: none"> ・不正な通信を遮断する。 ・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。
	マルウェア対策	<ul style="list-style-type: none"> ・マルウェア対策を実施する。 ・リアルタイムスキャンを実施する。 ・フルスキャンを実施する。
	Web 実装対策	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 ・WAF を導入する。
	ログ保管期間	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 ・転送されたログの保存期間は指定しない。

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。

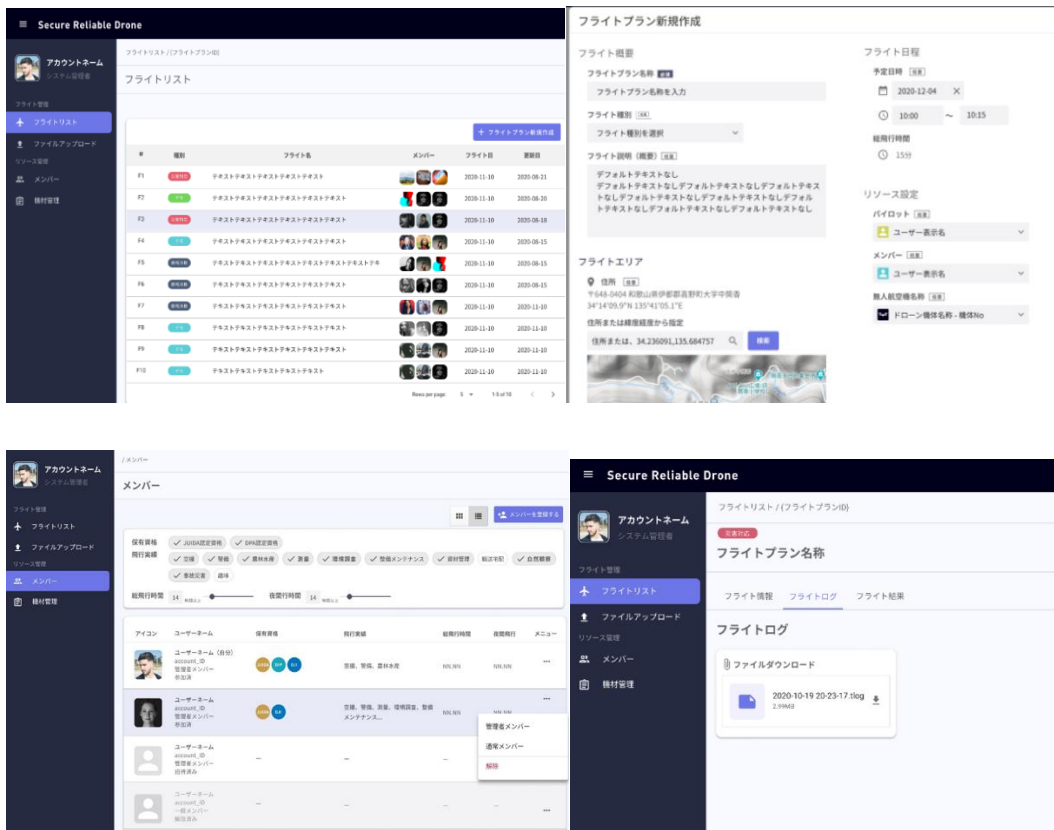


図 III- 1 7 クラウドシステムの外観

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"> ●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。 ●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
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"> ●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

		<ul style="list-style-type: none"> ●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 ●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 ●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
--	--	---

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 (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 (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 (計 120,000 ファイル)	弊社過去実績の撮影平均枚数から算定 平均ファイルサイズ：10MB (計 1.2TB)
組織毎登録機材数	420 台 (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

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 (msec)	インスタンスレスポンス (msec)	
ユーザー管理機能	ユーザー権限管理 機能	ログイン機能	-	3,617	6,219※
		ユーザー情報登録 機能	-	1,400	311
	ユーザー情報管理 機能	ユーザー情報編集 機能	編集画面	200	25
			編集実行	167	34
		ユーザー情報参照 機能	-	850	115
		ユーザー情報削除 機能	-	733	61
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	1,533	159
			登録実行	700	170
		フライト計画編集 機能	編集画面	2,700	331
			編集実行	2,033	763
		フライト計画参照 機能	一覧	2,400	6,219※
			個別	1,300	224
	フライト計画削除 機能	-	1,000	74	
	フライトデータ管理 機能	フライト結果参照 機能	-	1,633	992
		フライト結果削除 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 (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 (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 (計 120,000 ファイル)	弊社過去実績の撮影平均枚数から算定 平均ファイルサイズ：10MB (計 1.2TB)
組織毎登録機材数	420 台 (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 →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 →フライト結果登録画面→フライト結果登録 (10MB×30 枚) →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 (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	-	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%

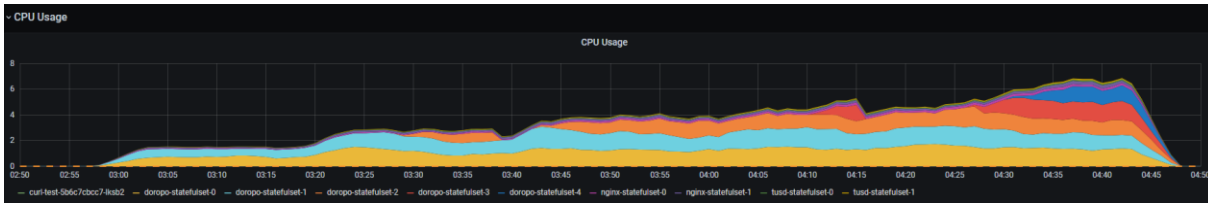


図 III- 1 8 CPU 使用率

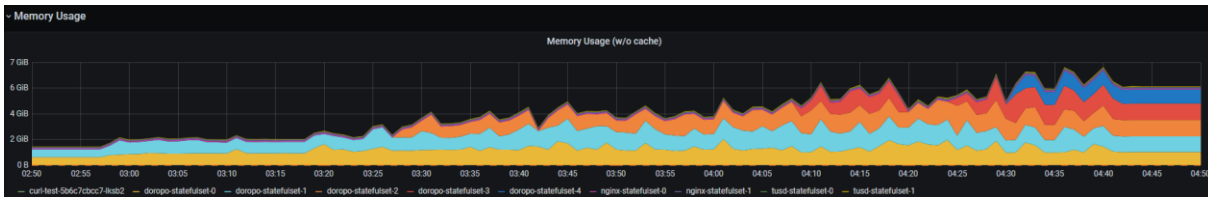


図 III- 1 9 メモリ使用率

「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、問題無いと判断した。

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。

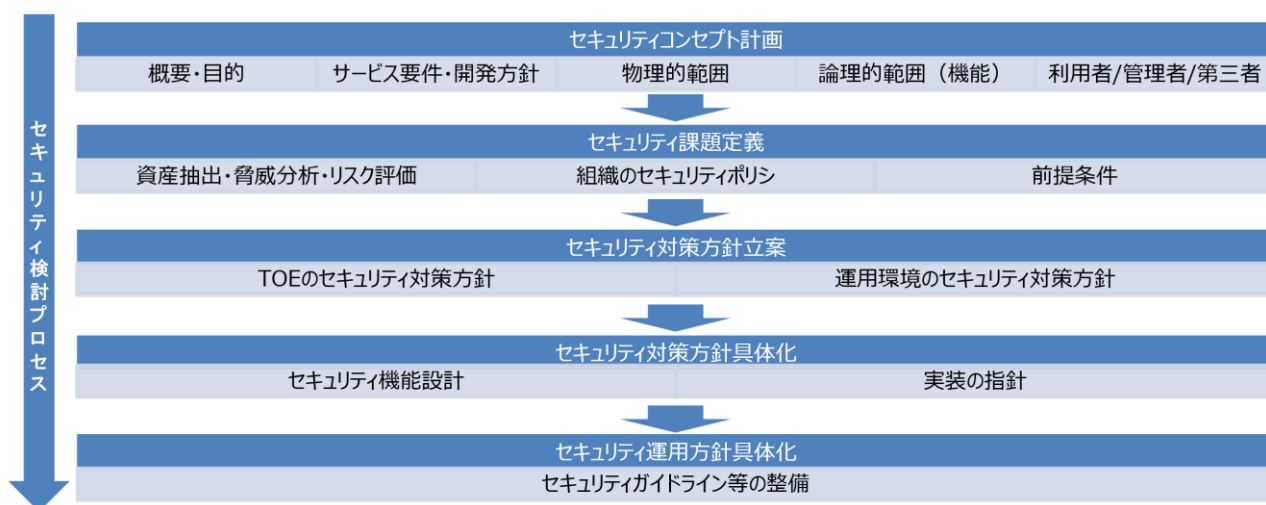


図 III- 2 0 セキュリティコンセプト計画の概要

TOE (評価対象) 範囲の決定	評価を行う対象範囲を明確化させる作業
資産の抽出	TOE範囲内に存在する資産を明確化させる作業
資産の評価	抽出した資産の重要度を定義する作業
ライフサイクル分析	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
脅威抽出	対象の資産ごとに脅威を明確化する作業
リスク評価	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
セキュリティ対策方針の立案	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
セキュリティ対策方針の具体化	対応方法の具体的な実装方法を策定する作業
セキュリティ対策運用の具体化	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。

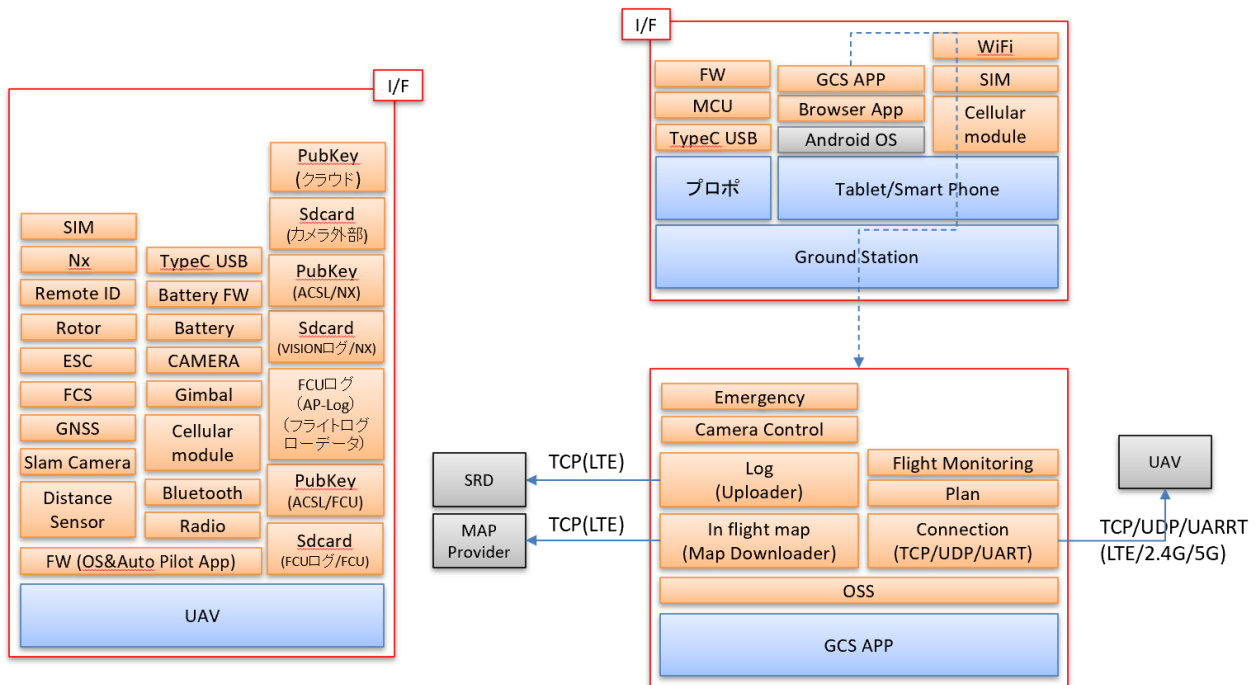


図 III- 2 2 TOE 物理的範囲 (ドローンと GCS の一部を例示)

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、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な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、期待した動画撮影できない影響があるため中と判断
	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	本機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、深刻な影響が想定されるが、飛行に関わる脅威ではないため中と判断	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（ヘッドのみ暗号化）	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	機密性の高い画像であり、CIAのユーザー影響が大きい大と判断
	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	機密性の高い画像であり、CIAのユーザー影響が大きい大と判断
	8	動画データ（ヘッドのみ暗号化）	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	機密性の高い画像であり、CIAのユーザー影響が大きい大と判断
	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	機密性の高い画像であり、CIAのユーザー影響が大きい大と判断
	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	機密性の高い画像であり、CIAのユーザー影響が大きい大と判断
	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っ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ってしまうため大と判断	大	機密性の高い情報を保護するための鍵であることから、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	機密性の高い情報を保護するための鍵であることから、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	ベンダーのみが利用する鍵であるが、保守運用に重要なログの暗号化に利用するため、CAIの影響は中と判断
	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	ベンダーのみが利用する鍵であるが、保守運用に重要なログの暗号化に利用するため、CAIの影響は中と判断

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。

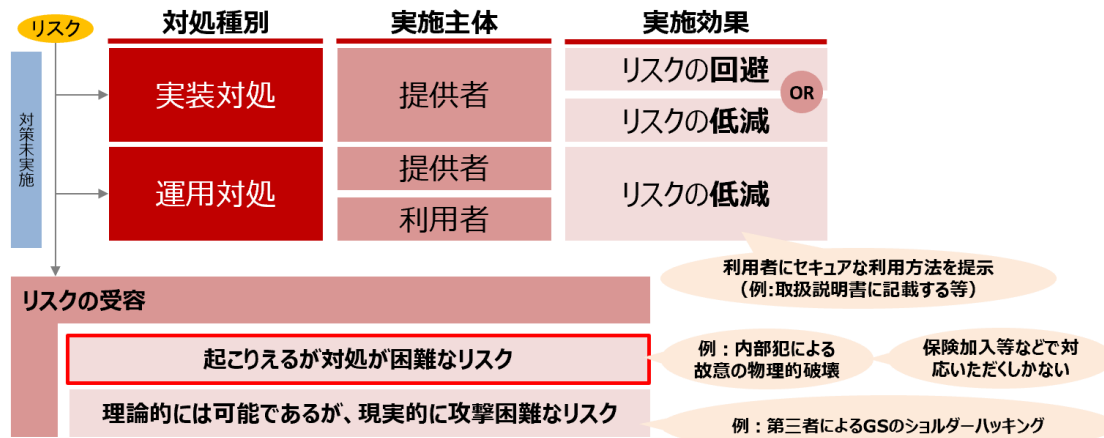


図 III- 25 対策方針の考え方

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

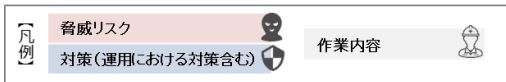
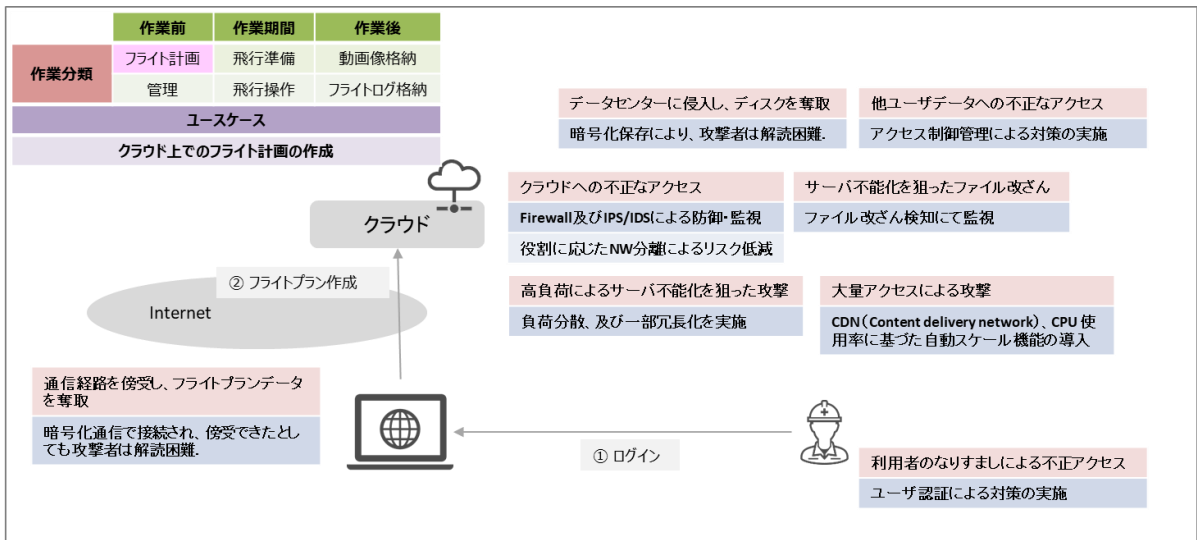


図 III- 2 6 飛行前(フライト計画)：脅威まとめ項目および対策方針（例示）

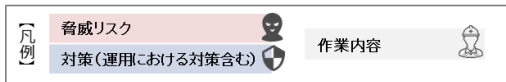
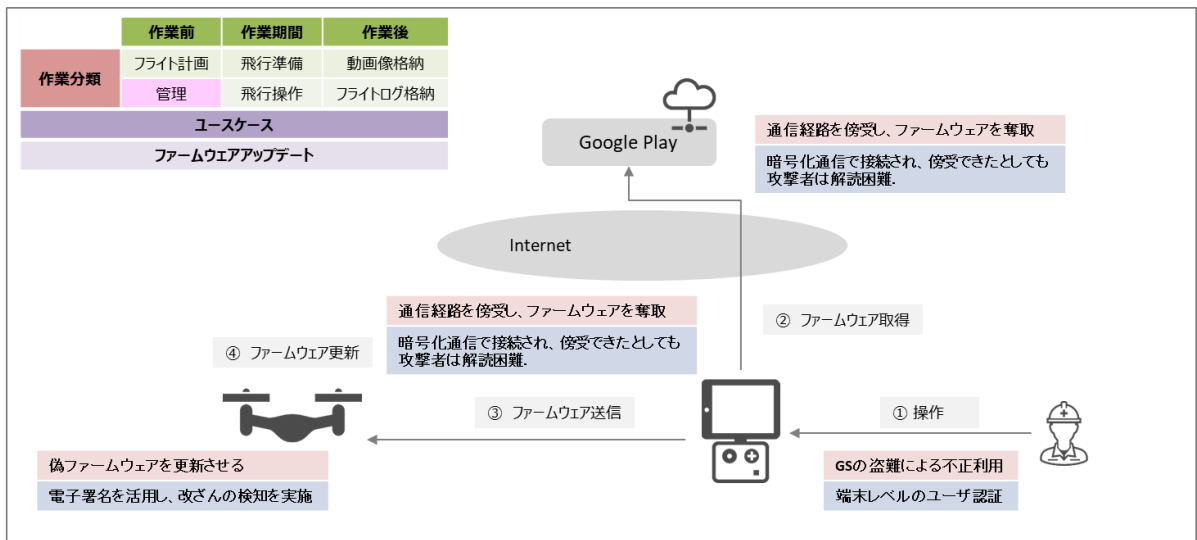


図 III- 2 7 飛行前(管理)：脅威まとめ項目および対策方針（例示）

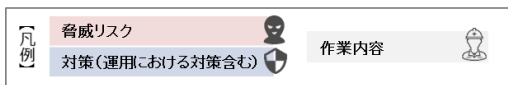
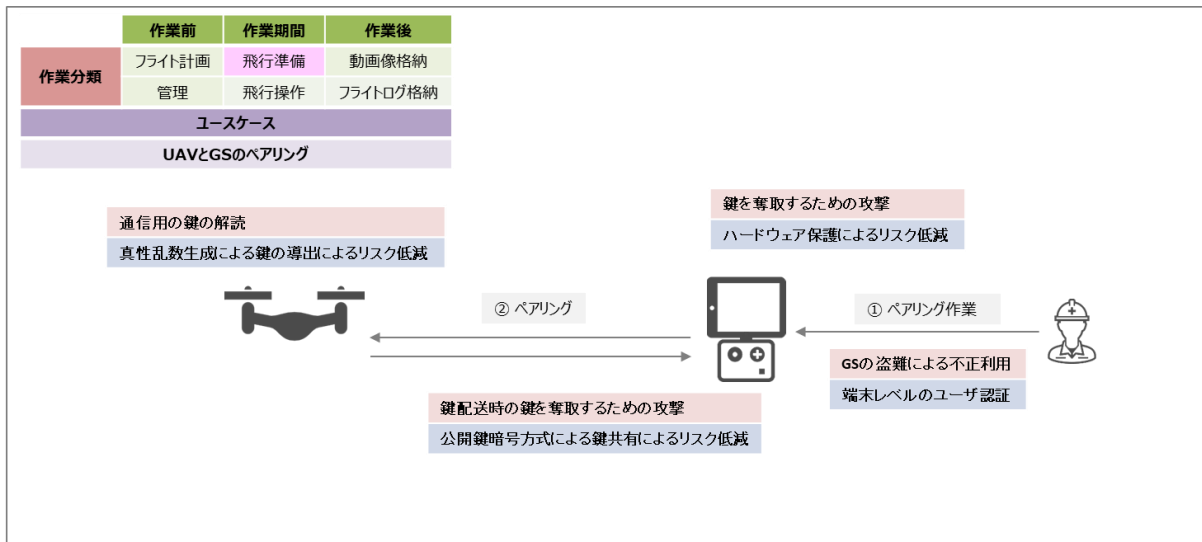


図 III-2 8 飛行中(飛行準備)：脅威まとめ項目および対策方針（例示）

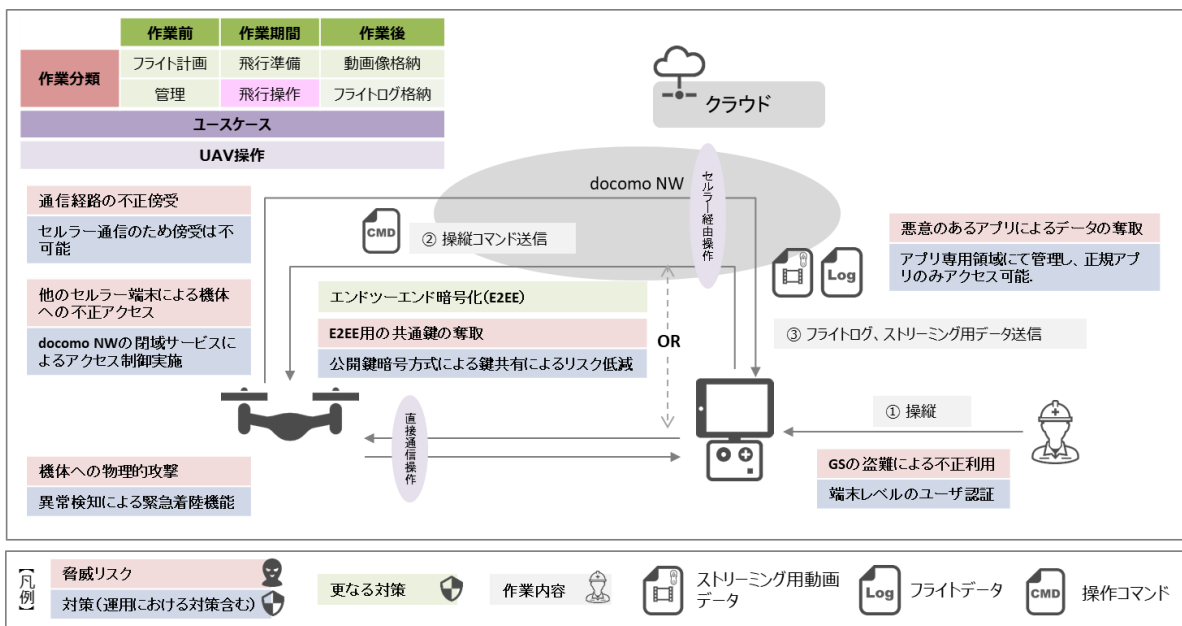


図 III-2 9 飛行中(飛行操作)：脅威まとめ項目および対策方針（例示）

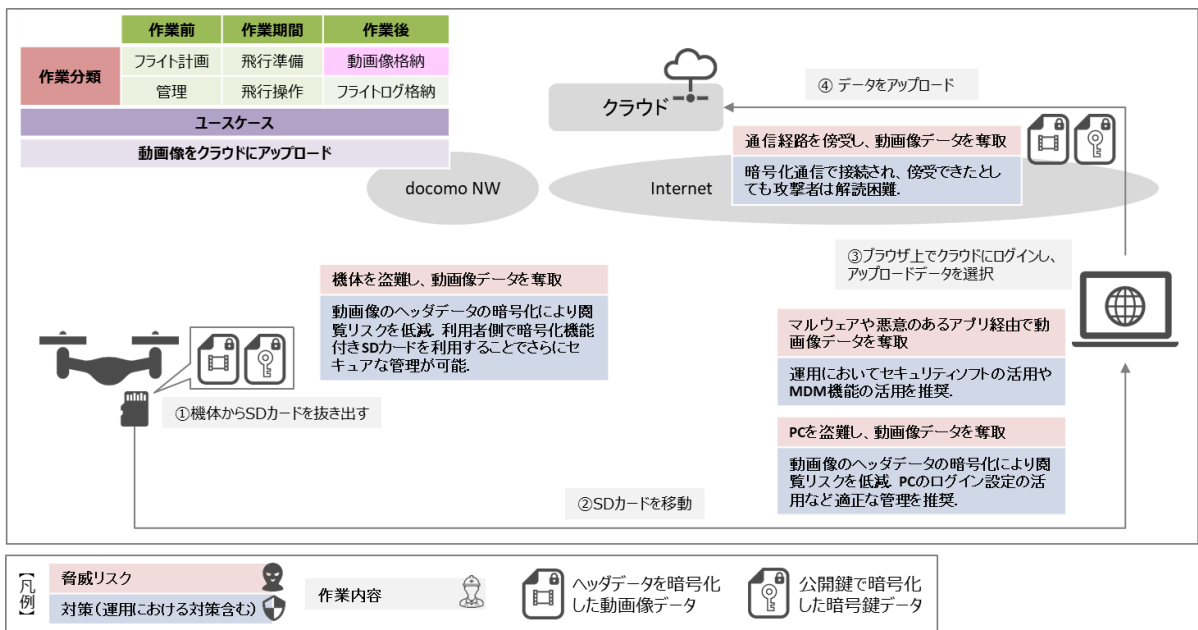


図 III-30 飛行後(動画像格納)：脅威まとめ項目および対策方針（例示）

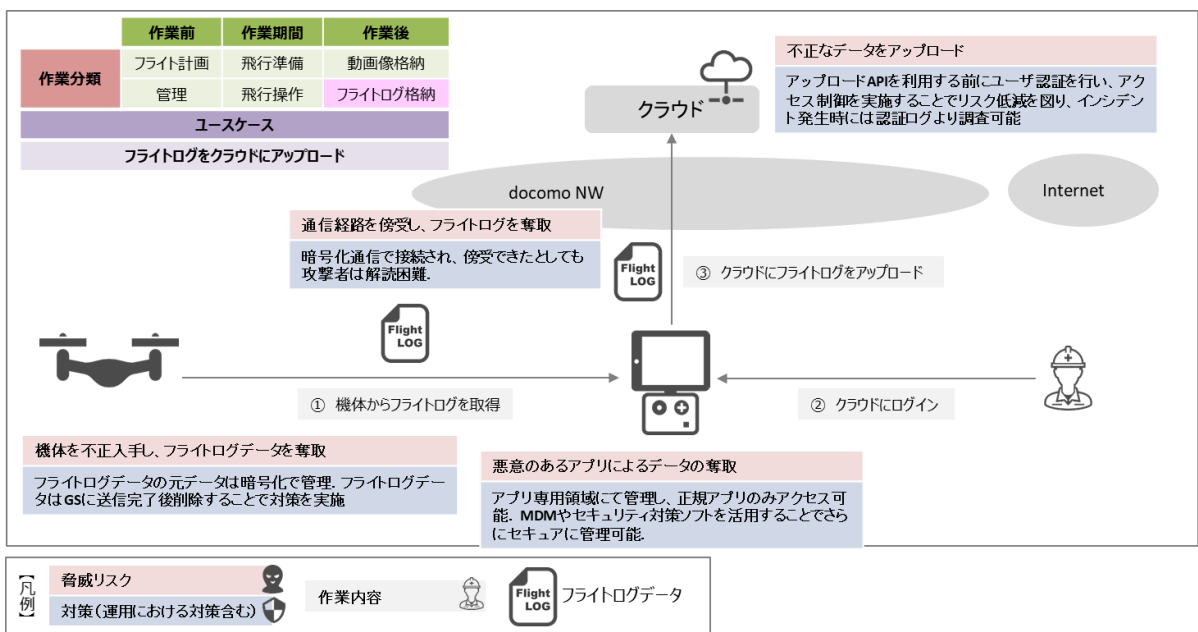


図 III-31 飛行後(フライトログ格納)：脅威まとめ項目および対策方針（例示）

2-1-4-4. セキュリティ性能評価

本事業内容で検討したセキュリティ対策方針について、機体並びにフライトコントローラーに施した対策の有用性を検証するために第三者評価を取得した。取得した第三者評価は、一般社団法人重要生活機器連携セキュリティ協議会（CCDS）の加盟企業が実施している事前適合検査である。事前適合検査の結果、CCDS IoTセキュリティ要件 2021年版の評価項目 1-1 ～ 4-1 に対して基準に合致する仕様であることを確認した。CCDS 加盟企業の前認定適合確認内容を表 III-21 に示す。

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 ・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 ・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 [®] （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 2) Bluetoothにおける不要なプロファイルを認識しないこと 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 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

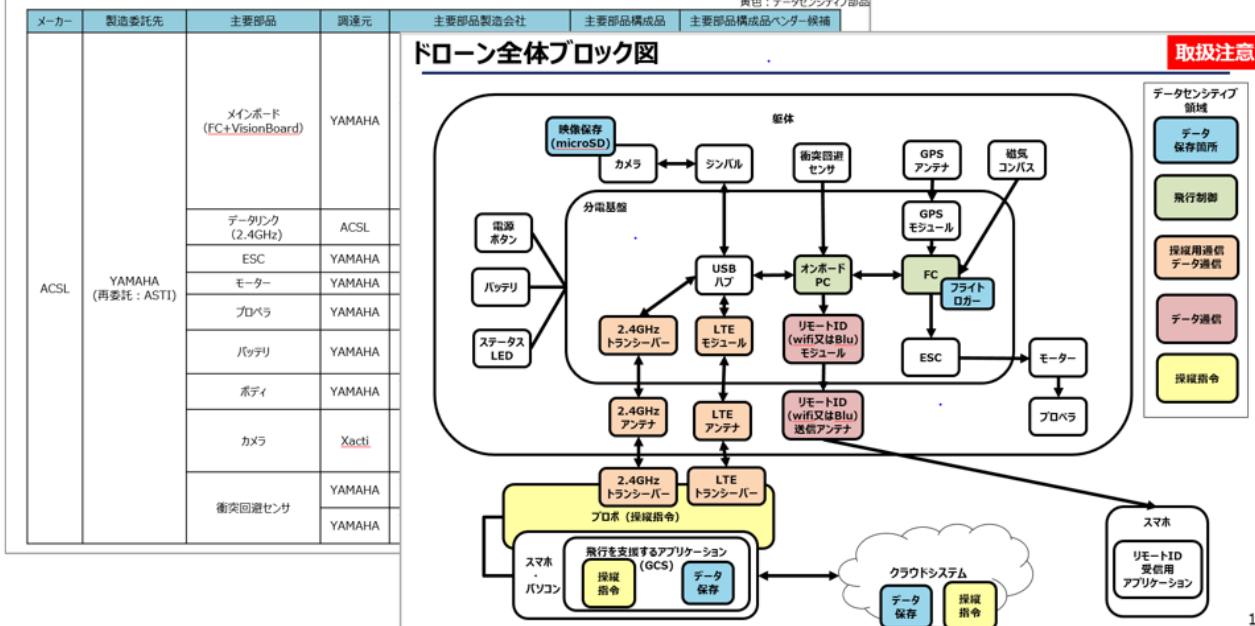


図 III- 3 2 データセンシティブなモジュールの特定と製造元の選定 (例示)

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 低ノイズ撮影	災害時の 捜索、検証	様々な 波長計測	近寄れない 被写体
	 土地測量	 捜索・救助	 植生指数	 災害
主な提案先	(標準)	警察庁 消防庁	農水省	国交省 電力会社

ジンバル機構	3 軸
操作可能範囲	パン：±85 度 チルト：-115~45 度
最大制御速度	パン：60 度/秒 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 解像度：20M/15M/10M
動画撮影方式	MOV/H.264
動画撮影画質	4K/30p 2.7K/60p,30p FullHD/30p,60p,120p HD/30p,60p nHD/30p,60p,120p,240p
動画撮影時間	連続撮影時間：60 分 自動分割：OFF、1 分、3 分、5 分、10 分で設定可 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 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 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 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 赤外線カメラ：8 万画素以上 温度分解能：<60mK 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 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 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 自動分割：OFF、1 分、3 分、5 分、10 分で設定可 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	専用 F 1.8mm 変換 AE/Ag 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	記録メディアに暗号化したデータを記録可 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 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>

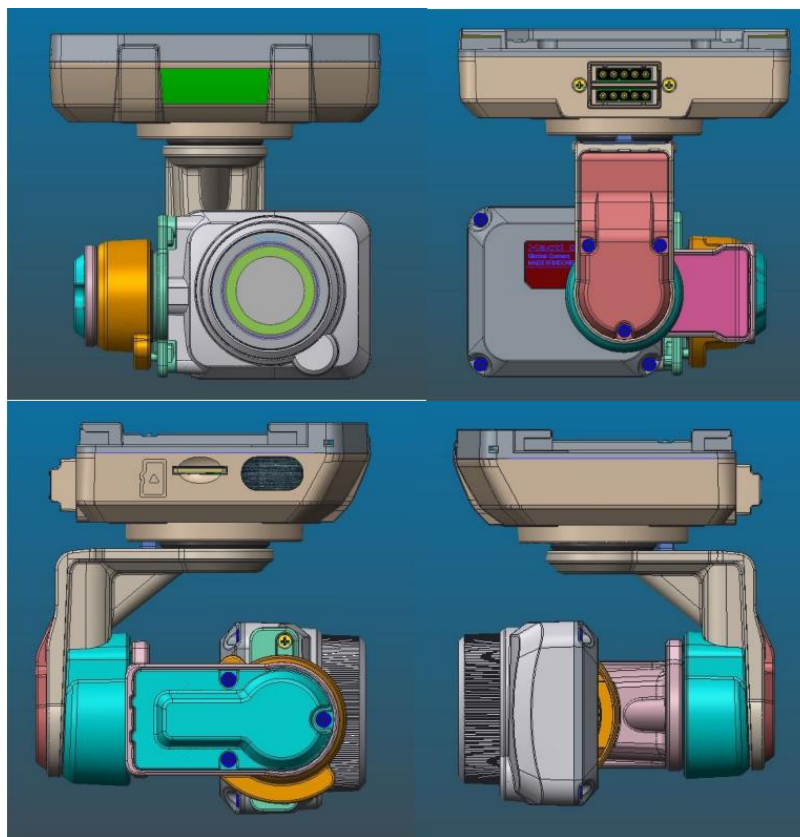


図 III-36 4Kカメラ・ジンバル 3D画像

<ブロック図>

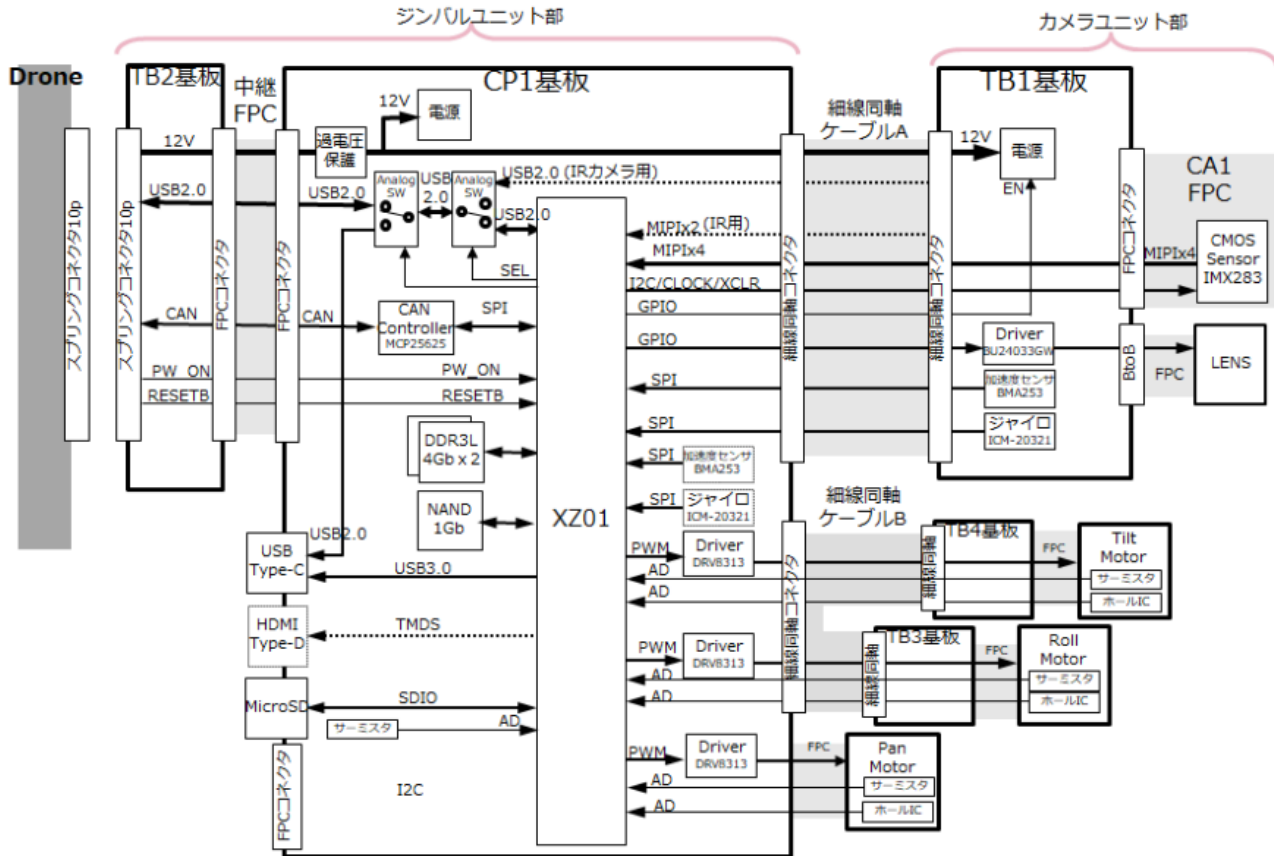


図 III- 3 7 4 K カメラブロック図

<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 ジンバル静止状態	4384mW	6W(0.5A)以下
UVC転送+4k記録 ジンバル最大負荷状態	8113mW	12W(1A)以下
暗電流	258 μ 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

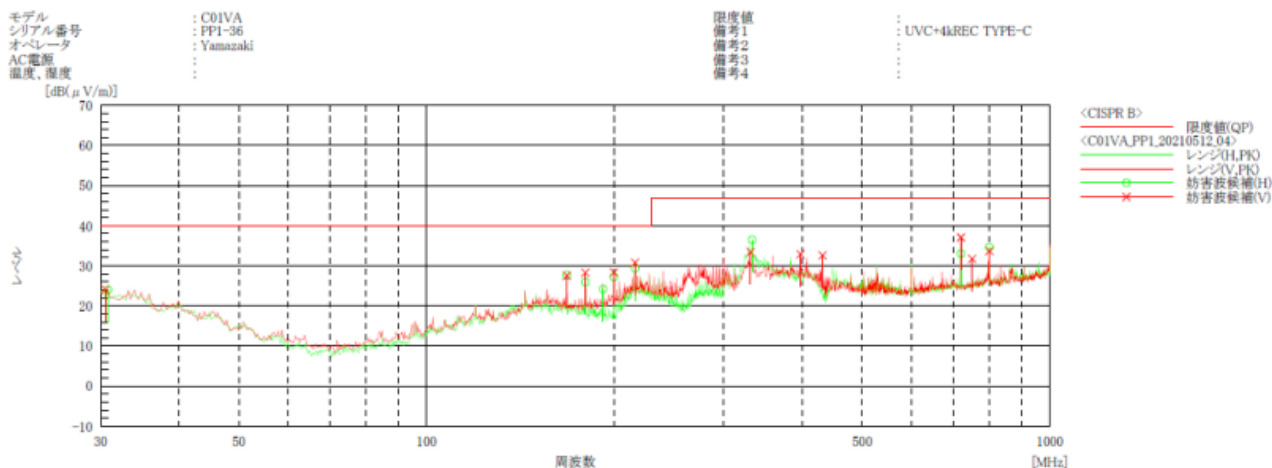
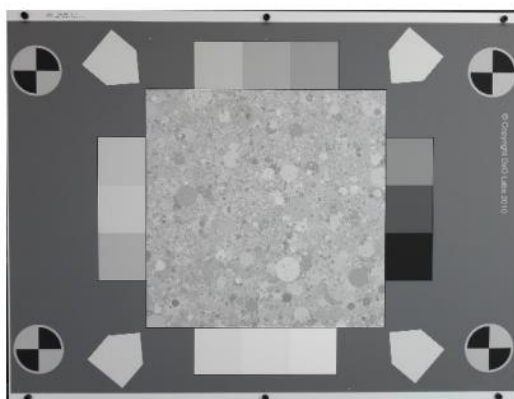
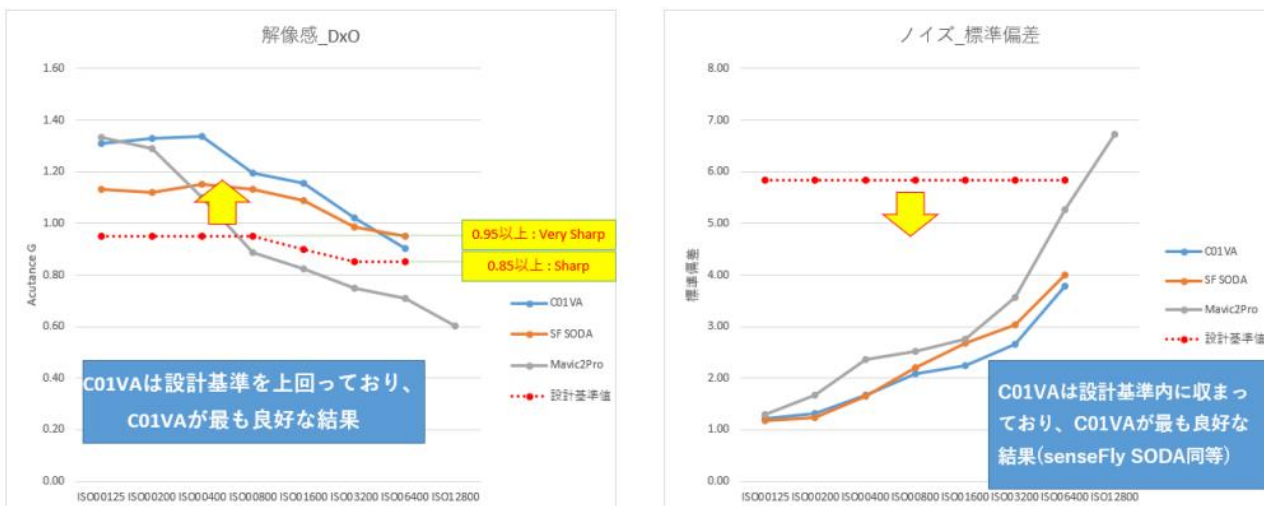


図 III- 3 8 設計目標値に対する EMC 測定結果

<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

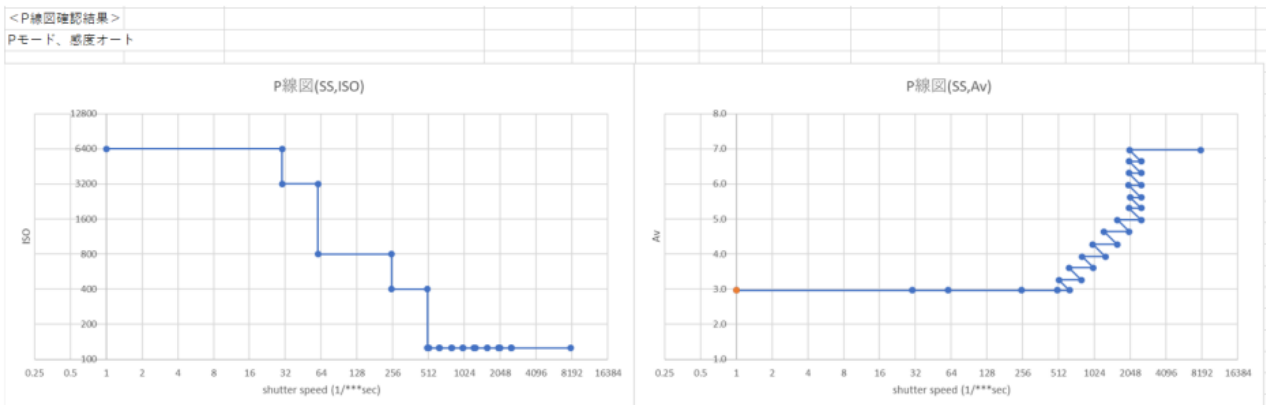


・ISO6400、SS 8sec、F5.6 WB AUTO (室内蛍光灯環境で撮影)

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>

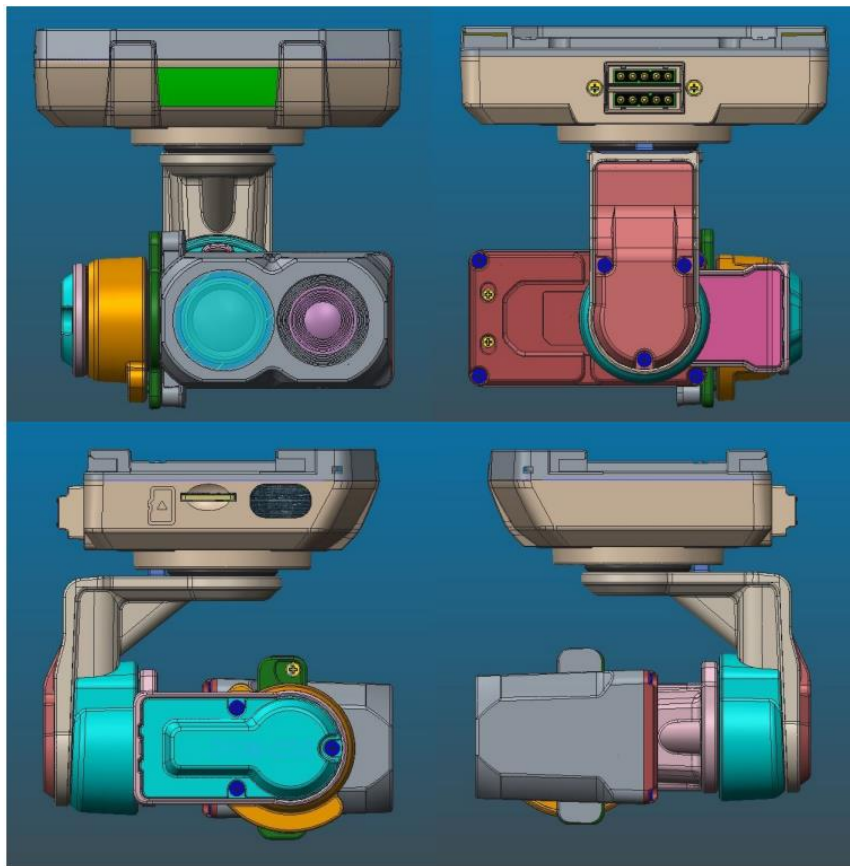


図 III-4 2 可視+IRカメラ・ジンバル 3D 画像

<ブロック図>

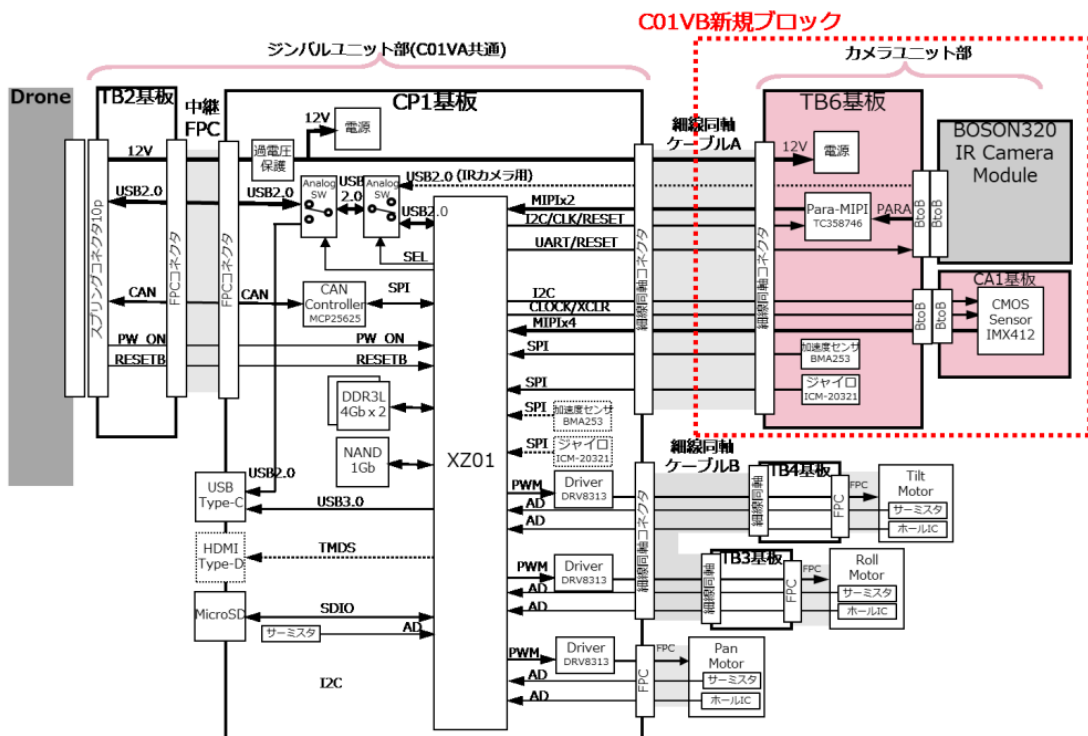


図 III-4 3 可視+IRカメラブロック図

<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 ジンバル静止状態	3097mW	6W(0.5A)以下
Dualモード30FPS ジンバル最大負荷状態	6002mW	12W(1A)以下
可視モード30FPS ジンバル最大負荷状態	5813mW	12W(1A)以下
IRモード30FPS ジンバル最大負荷状態	5245mW	12W(1A)以下
暗電流	254 μ 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

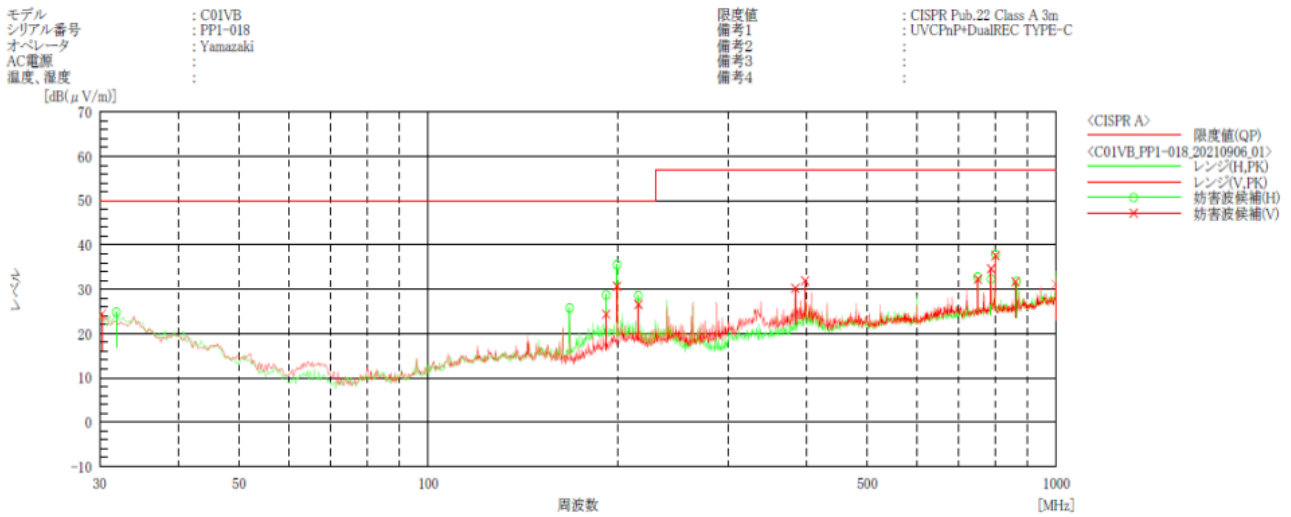


図 III- 4 4 設計目標値に対する EMC 測定結果

<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)。

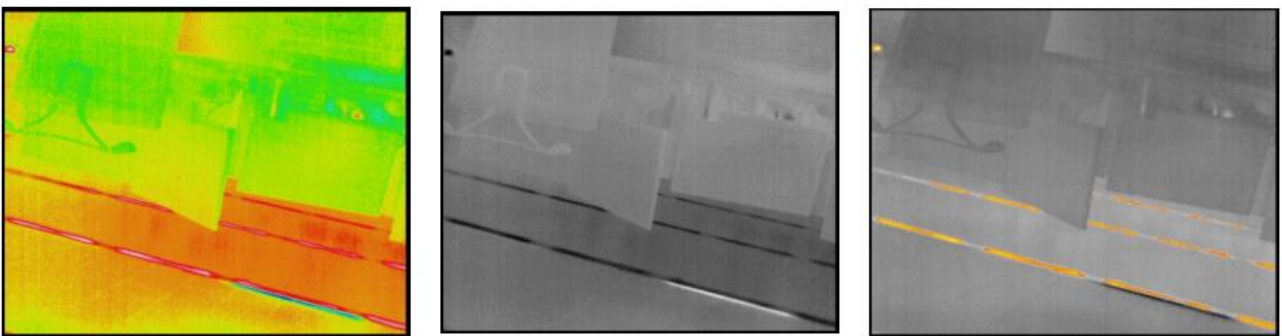


図 III- 4 5 Flir 社 Boson の出力モードとの互換性確認結果

<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>

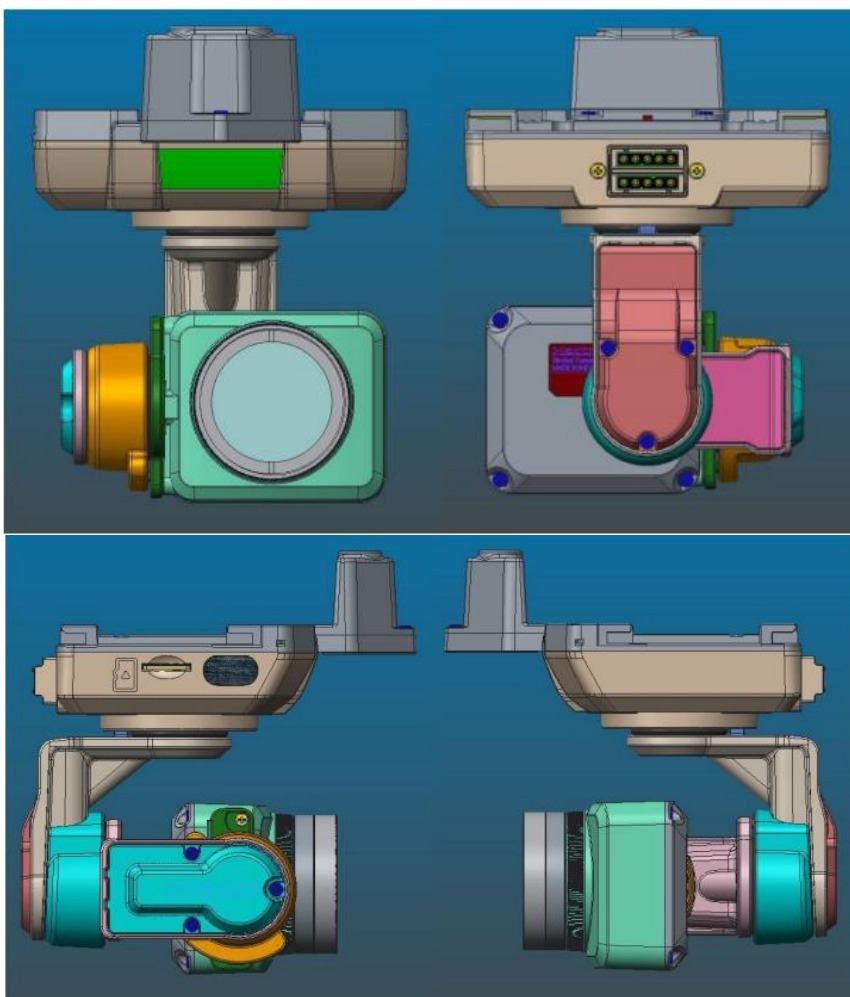


図 III-4 7 マルチスペクトルカメラ・ジンバル 3D 画像

<ブロック図>

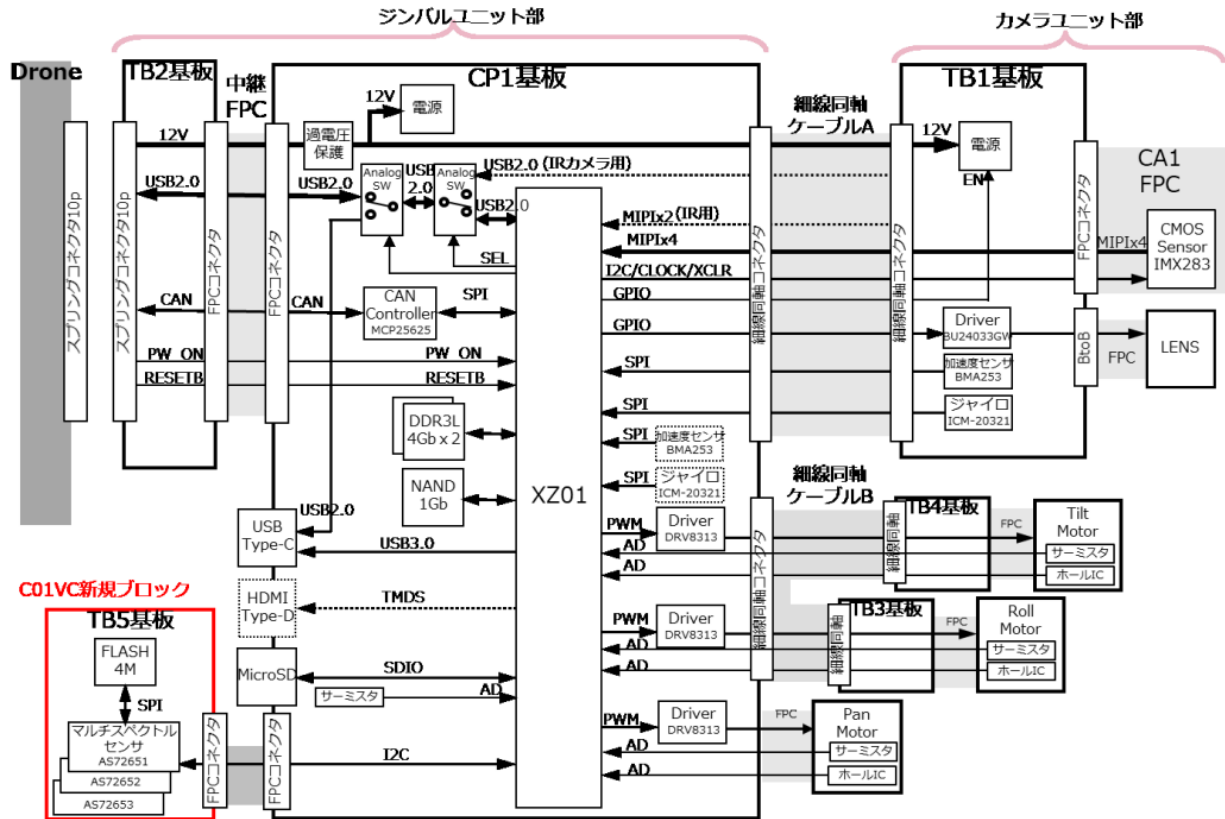


図 III-4 8 マルチスペクトルカメラブロック図

<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 ジンバル静止状態	3079mW	6W(0.5A)以下
UVC + 静止画20M ジンバルDUTY30%固定負荷状態	7029mW	12W(1A)以下
暗電流	260 μ 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

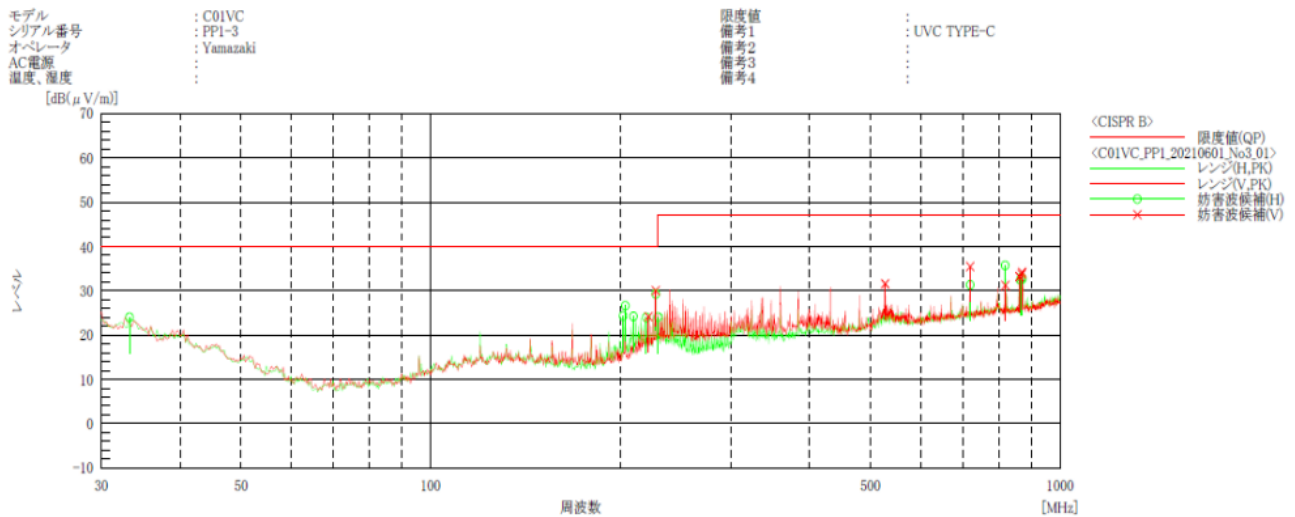


図 III-49 設計目標値に対する EMC 測定結果

<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

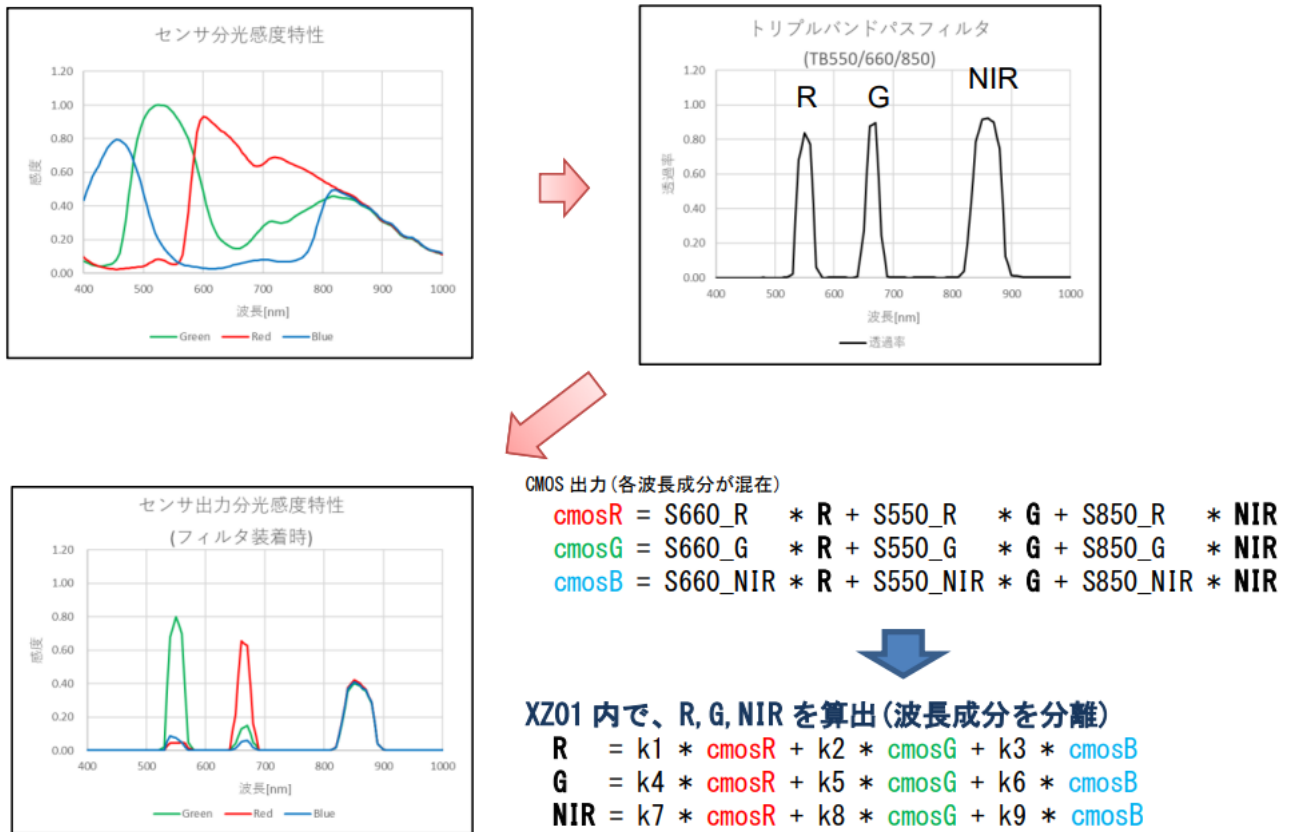


図 III-5 0 マルチスペクトル (RGB3 波長) 出力値確認結果

<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 NDVIモデル(C01VC)	MicaSense RedEdge-MX	Parrot 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 (マルチスペクトル)	2720 x 1814	1280 x 960	1280 x 960
地上分解能 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。

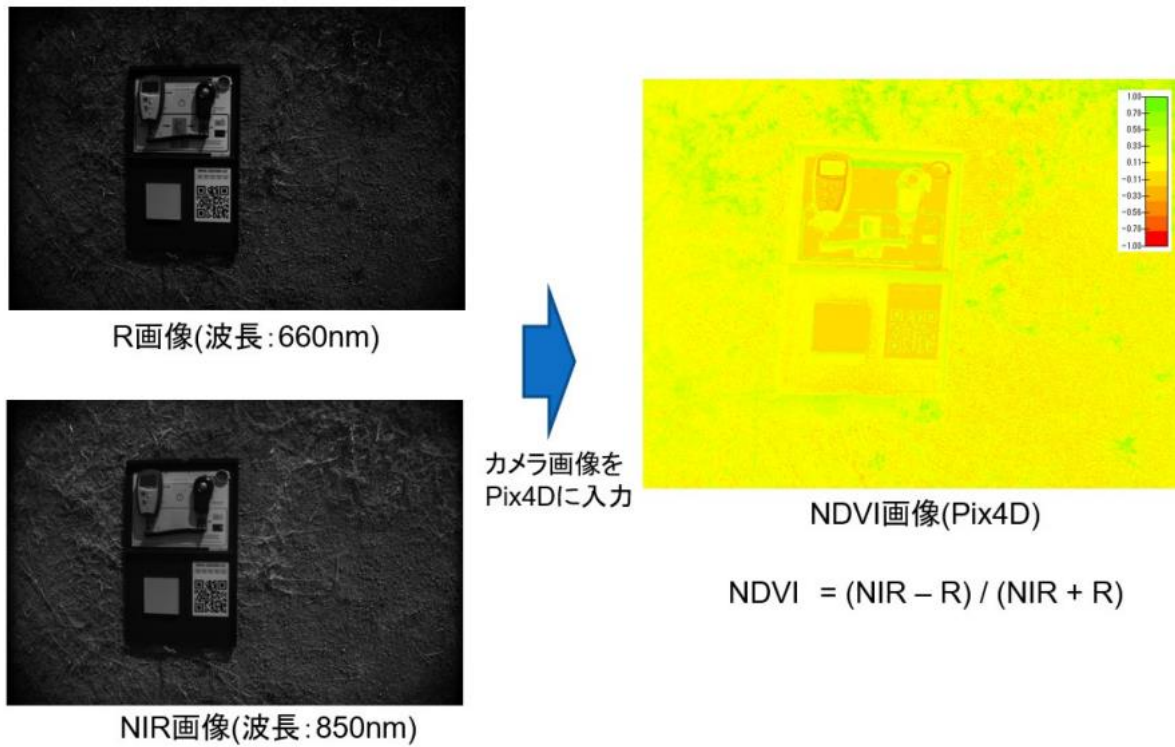


図 III- 5 1 NDVI 画像の生成方法

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。

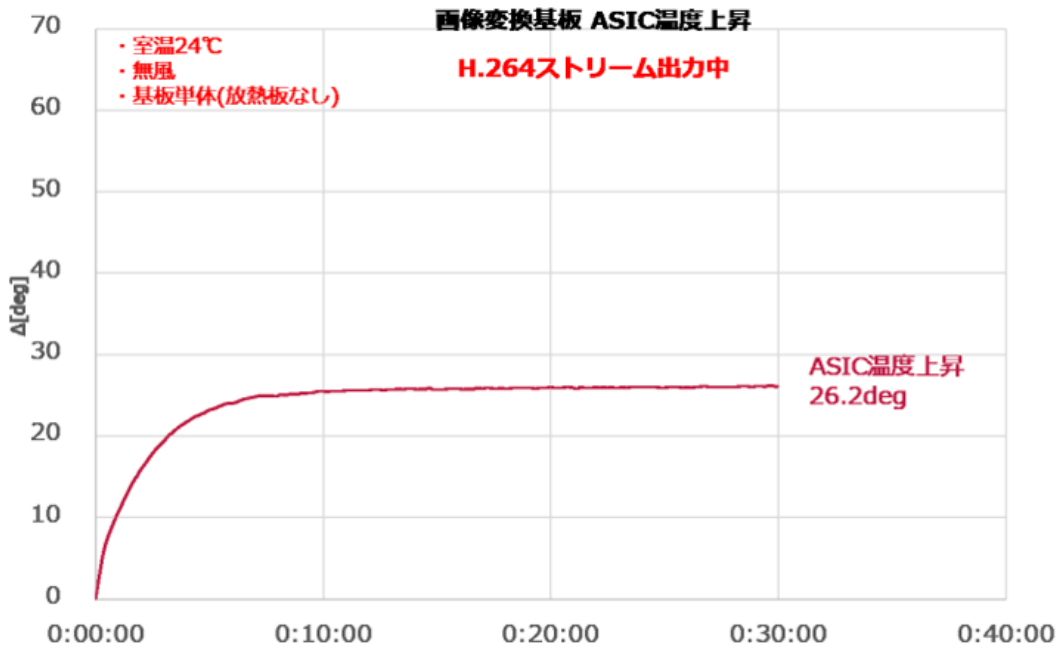
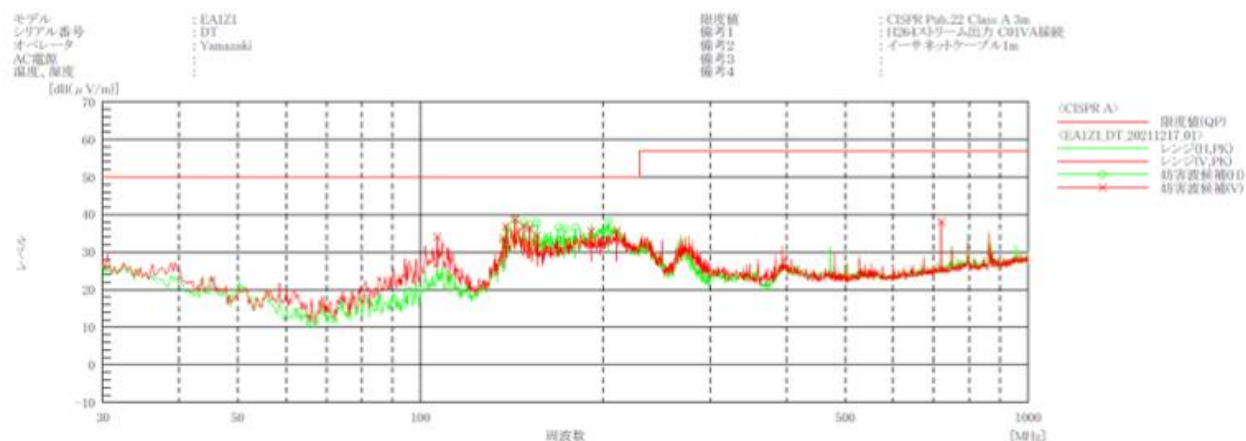


図 III- 5 2 高負荷条件下での画像変換チップ (ASIC) の温度変化



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。

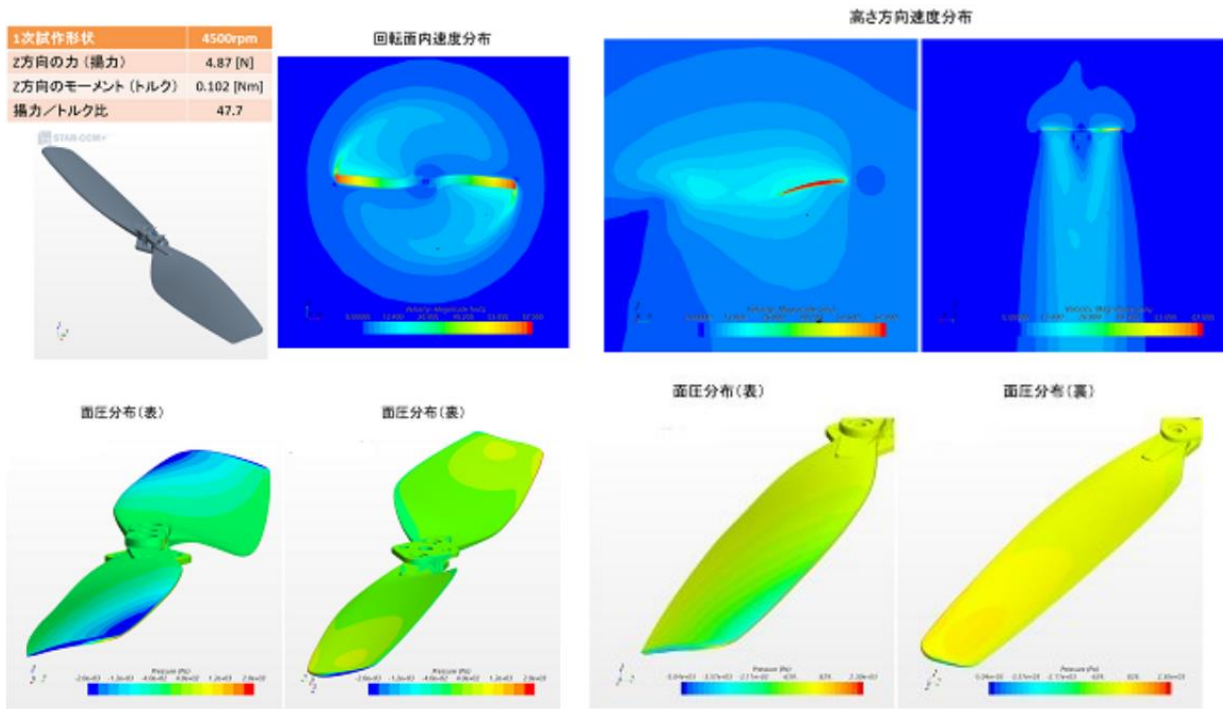


図 III- 5 4 量産プロトタイプ用プロペラの流体解析 (例)

<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。

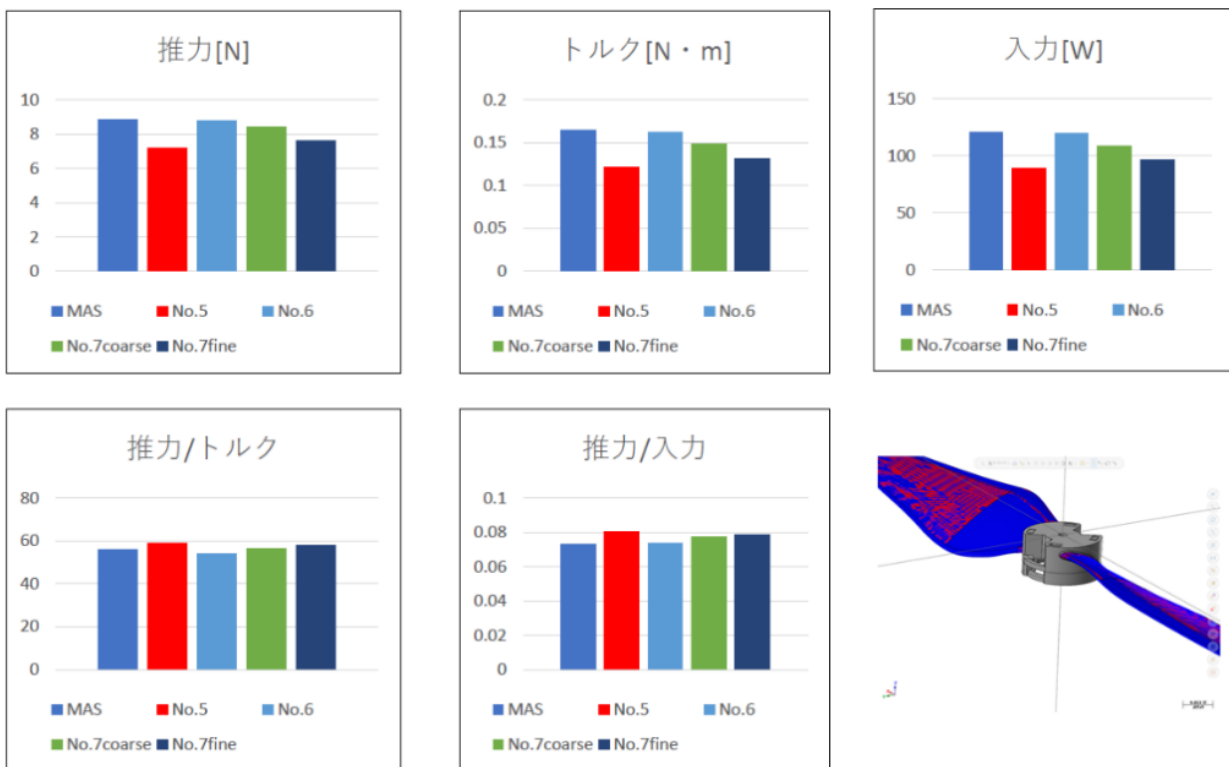


図 III- 5 5 形状変化による性能の比較結果

<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。

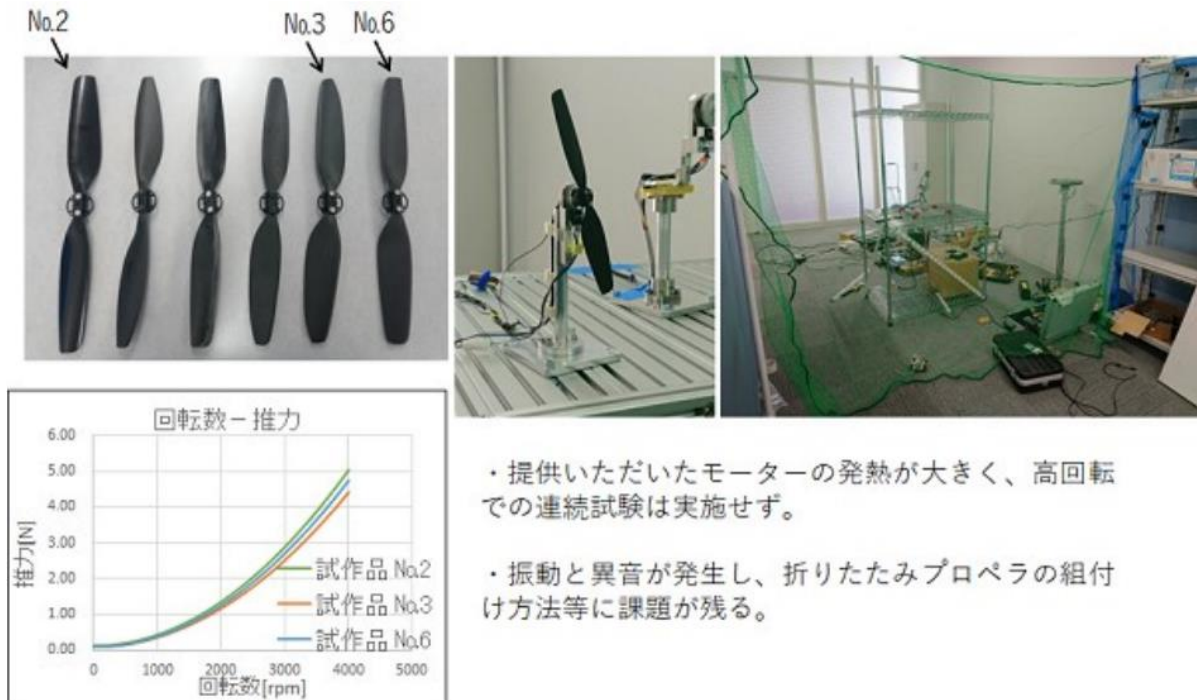


図 III- 5 7 量産プロト向けプロペラの性能評価結果

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。

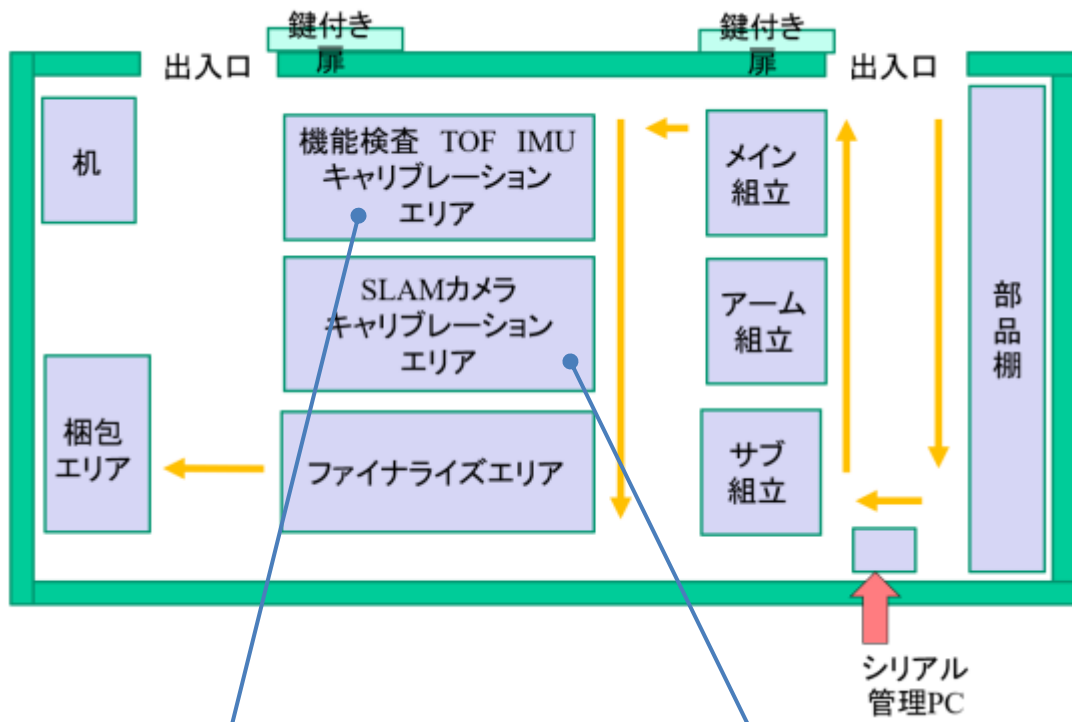


図 III-58 組立工程レイアウト図

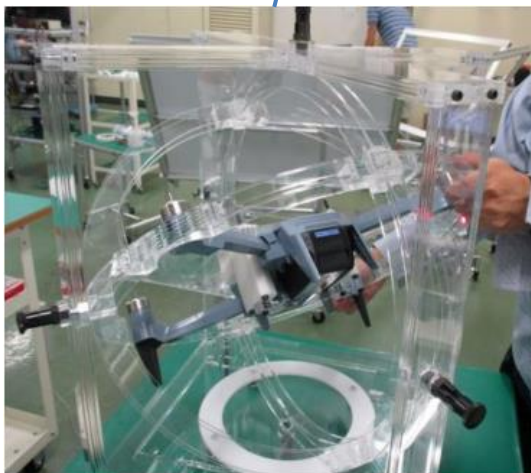


図 III-59 IMU キャリブレーション装置

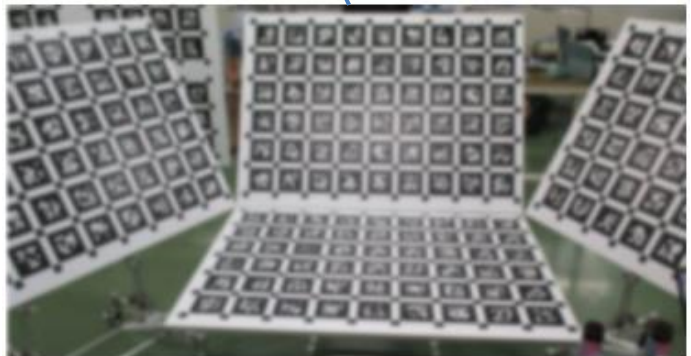


図 III-60 SLAM カメラキャリブレーション装置

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

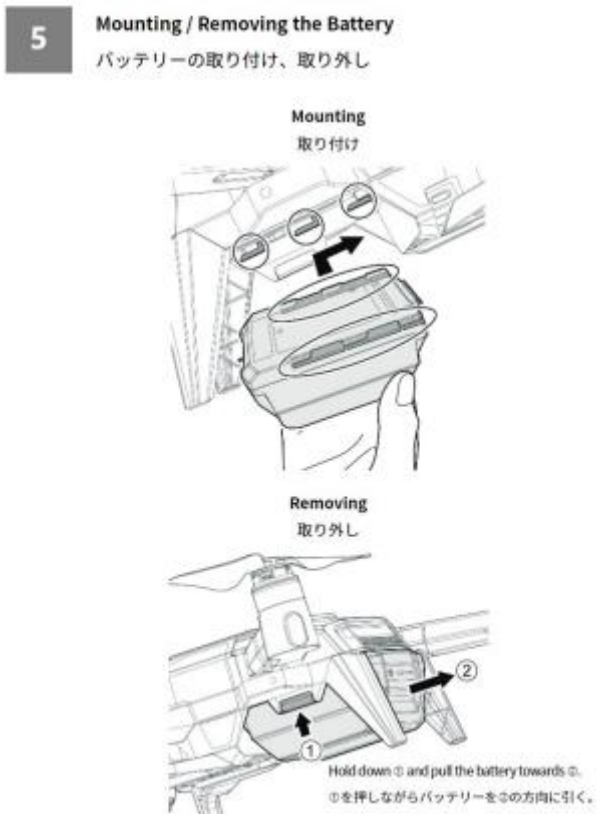
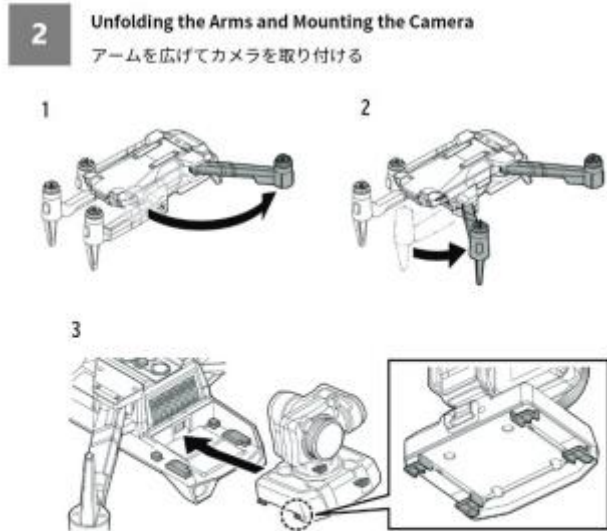


図 III-6 2 クイックスタートアップガイドの例

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、標準機体の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。

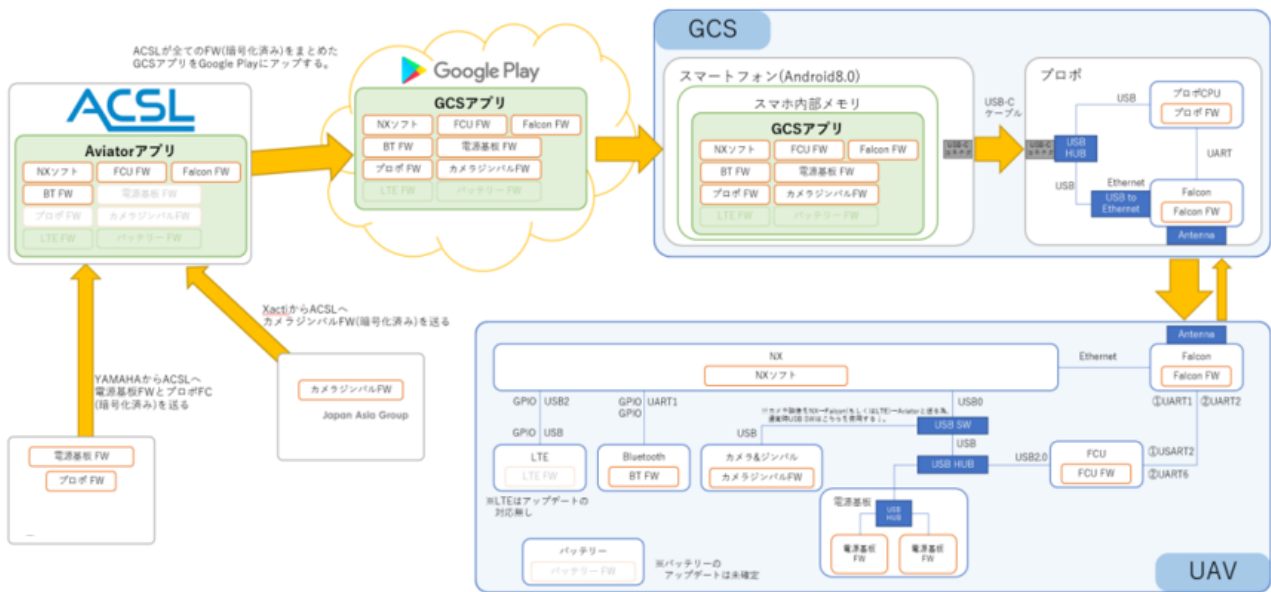


図 III-6 3 セキュアなアップデートシステムの概要

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

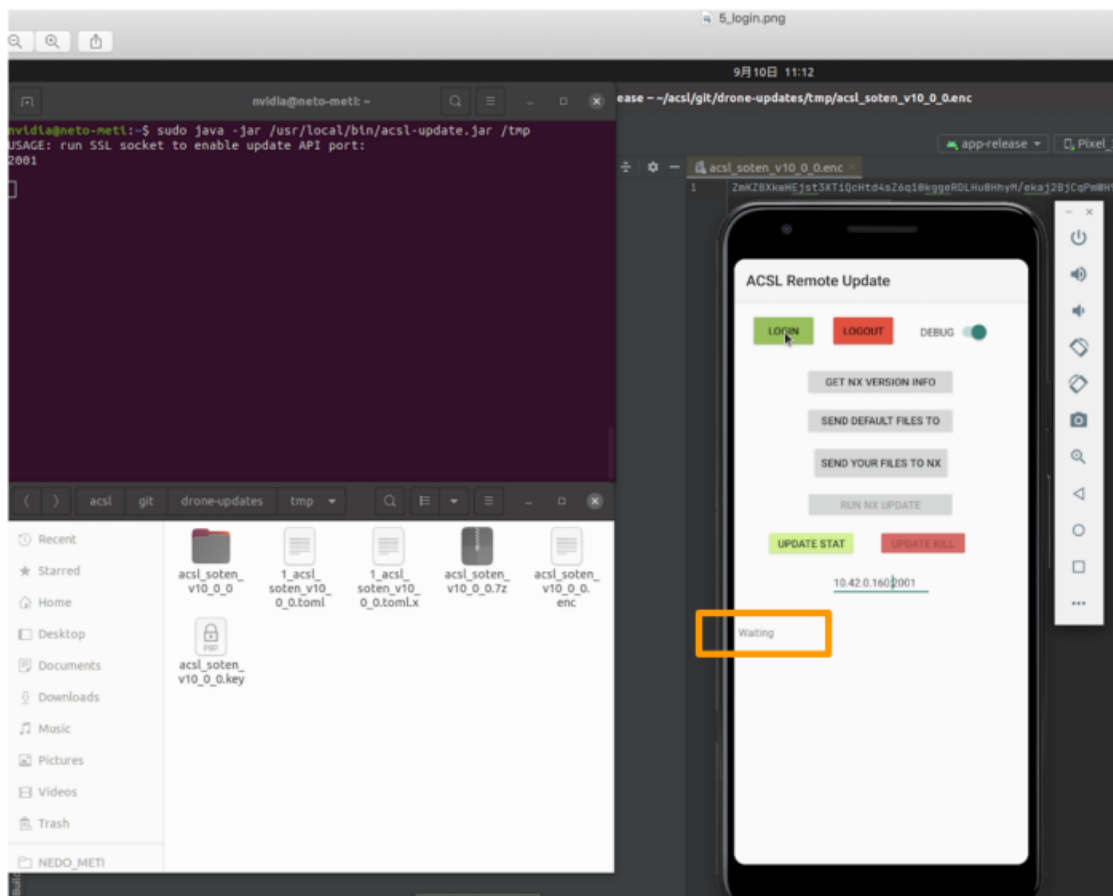


図 III- 6 4 アップデートプログラムのログイン画面（メーカー側）

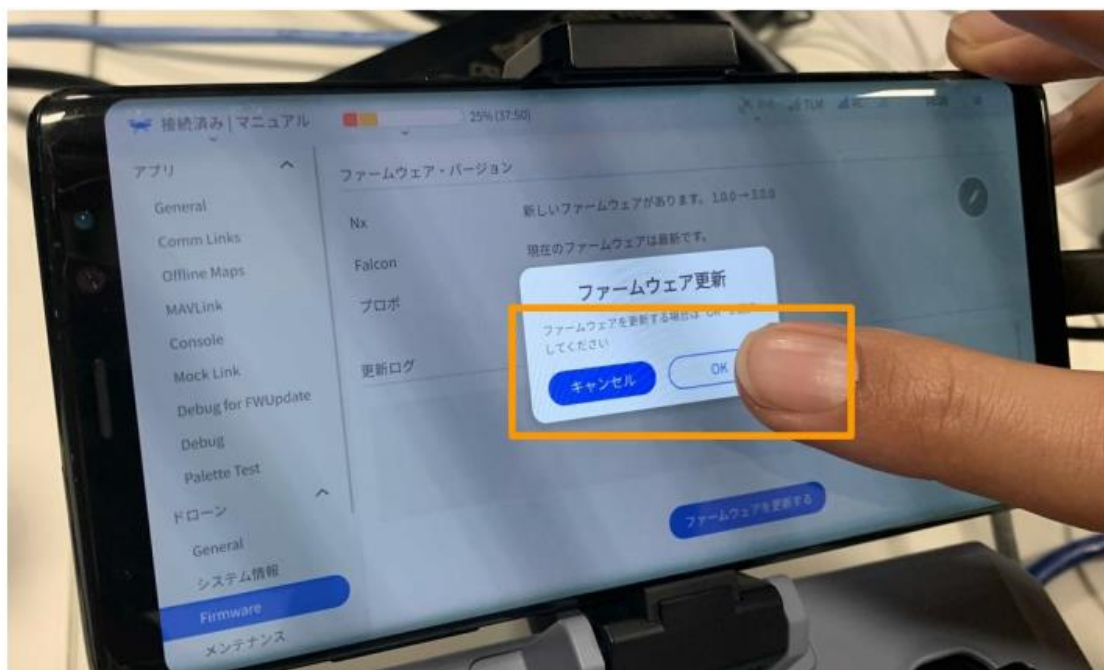


図 III- 6 5 GCS 側でのアップデート画面（顧客側）

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。

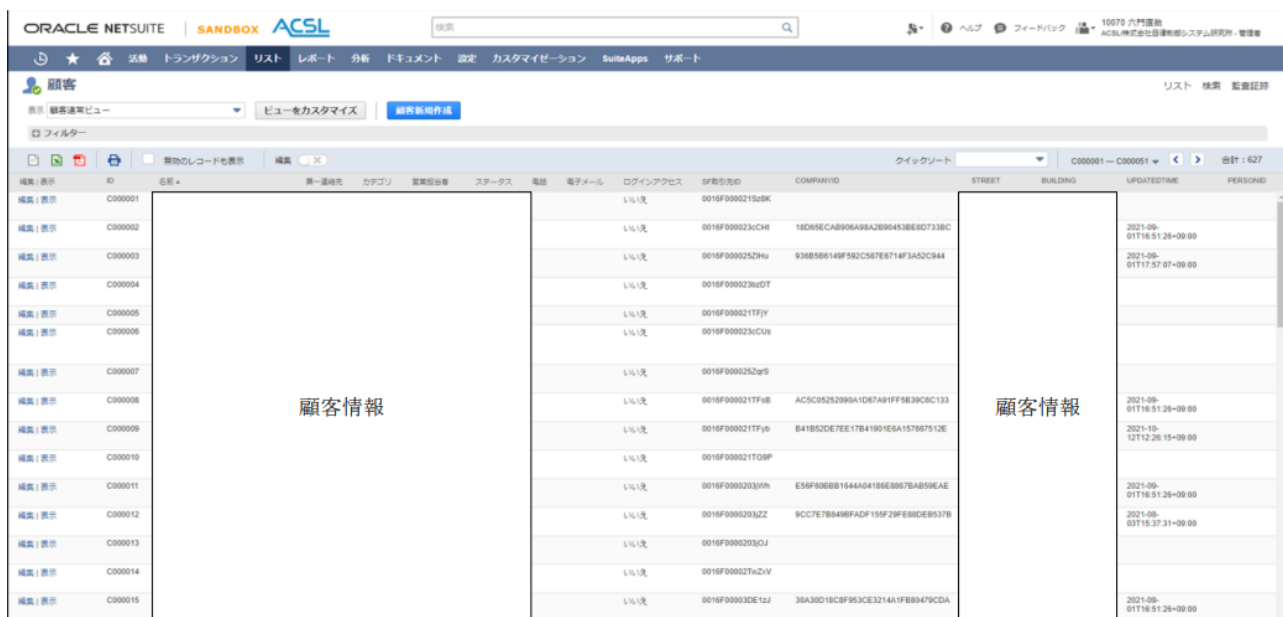


図 III-6 6 NETSUITE をベースとした、セキュアな顧客管理システム

<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：鷺谷聡之、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^{※1}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。

蒼天
SOTEN

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^{※1}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TM」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^{※2}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」^{※3}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^(注)

レンズ / イメージセンサ	可視: F2.8 / 1/2.3inch / 12MP 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.) ※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、機体の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

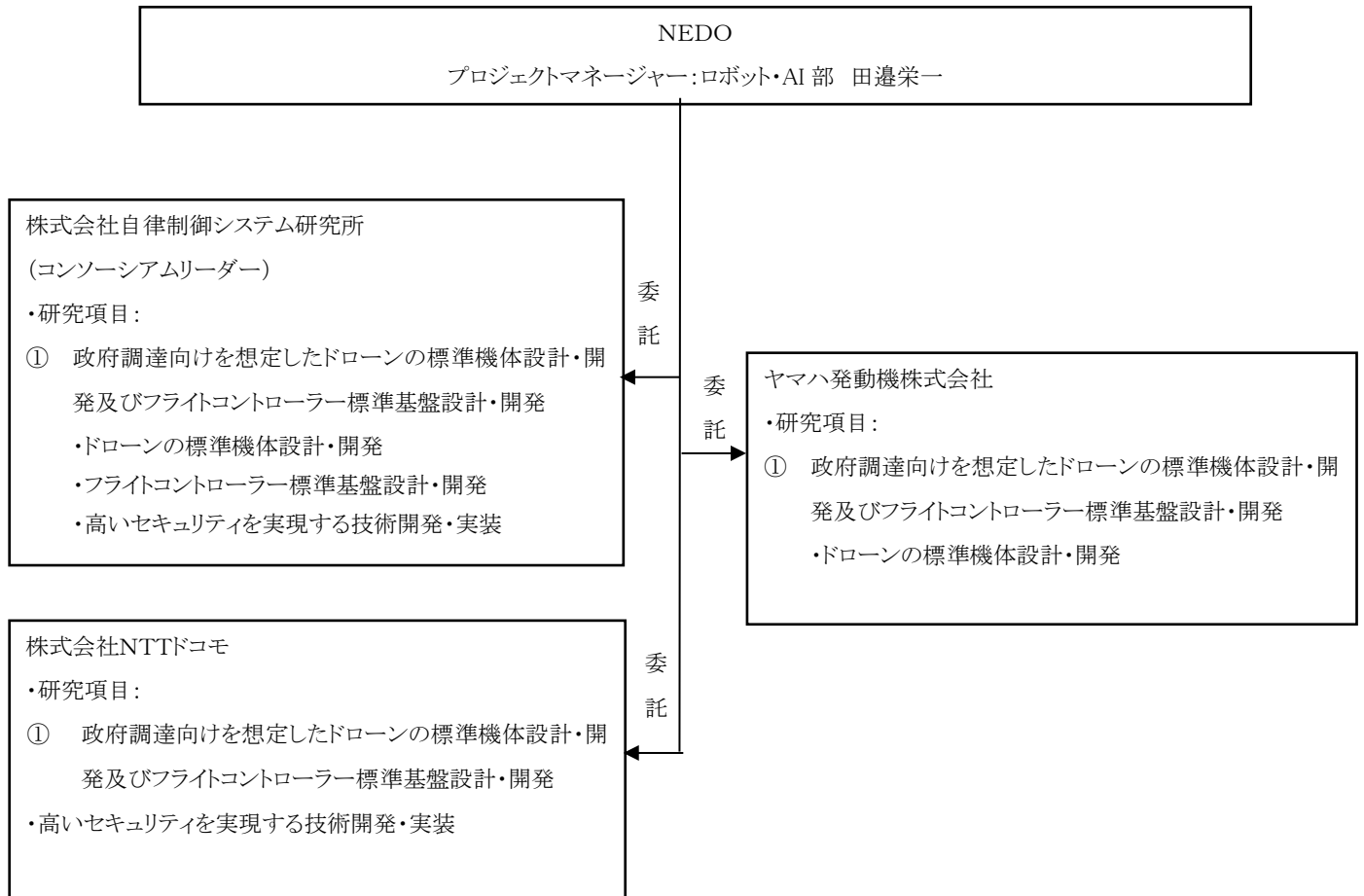
「NEDOプロジェクトにおけるデータマネジメントに係る基本方針」に従ってプロジェクトを実施する。(委託事業のみ)

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」

