

**研究開発ビジョン検討WG（第16回）**

令和7年7月9日：サイバー空間領域セッション

令和7年7月14日：バイオ領域セッション、領域横断セッション

令和7年7月18日：宇宙・航空領域セッション①

令和7年7月24日：宇宙・航空領域セッション②

令和7年7月30日：海洋領域セッション

# 各事業の進捗状況報告

---

- **海洋領域**

# 無人機技術を用いた効率的かつ機動的な自律型無人探査機（AUV）による海洋観測・調査システムの構築

PD：高木 健 東京大学名誉教授

実施体制：井上 朝哉・（国研）海洋研究開発機構、新明和工業（株）、いであ（株）、（国研）海上・港湾・航空技術研究所

## アウトプット目標・全体計画

### 【10年間のアウトプット目標】（抜粋）

#### ①自律型無人探査機（AUV）の無人・省人による運搬・投入・回収技術

- 排他的経済水域(EEZ)の重要な海域にAUVを展開できるような航続距離、可搬重量等を有する小型無人航空機の開発
- 小型無人航空機に搭載されるAUVの自動投入・揚収装置の開発
- 海底火山噴火等の立ち入りが制限される場所への展開を想定した自律制御技術の開発

#### ②自律型無人探査機（AUV）機体性能向上技術（小型化・軽量化）

- 運搬・投入・回収に適した小型・軽量のAUV（最大潜水深度 2000m程度）の開発
- 深深度化（最大潜水深度 6000m以深）ホバリング機能付AUVの開発

## 達成目標

### 【10年間の達成目標】

#### ①自律型無人探査機（AUV）の無人・省人による運搬・投入・回収技術

- 無人飛行艇：航続距離 片道200海里、可搬重量 800kgを達成
- 自動投入揚収装置：潜航したAUVとの測位・通信、AUVの格納保護・自動投入揚収を達成
- 自律制御技術：グラウンドコントロールシステム（※有人）の監視のもと、基地出発から帰還まで一連の運用を海空無人機が自動的に実施することを達成

#### ②自律型無人探査機（AUV）機体性能向上技術（小型化・軽量化）

- 自動投入揚収対応AUV：無人飛行艇に搭載するための重量 800kg（最大潜水深度2000m程度）を達成
- 深深度AUV：最大潜水深度 6000mとホバリング機能を有する実証機を製作し、実海域潜航試験で潜航・調査を達成（深深度AUVは前半5年間での達成目標）

## 研究開発の進捗・成果

### 【進捗・成果】（2024年4月～研究開始）

#### ①自律型無人探査機（AUV）の無人・省人による運搬・投入・回収技術

- 無人飛行艇：船舶や有人飛行艇の既存の計測技術を応用した手法により、飛行艇の着水可否の判断に必要な波高等のデータを空中から取得できる見通しを得た。また、OPVシステム(手動/自動操縦切替機能)搭載の有人機による自動飛行試験に成功した。
- 自動投入揚収装置：AUVの揚収プロセスを4段階（音響誘導、光誘導、ドッキング、吊り上げ・揚収）に分類し、実海域や水槽での試験を通して、それぞれの実現可能性について確認した。
- 自律制御技術：ミッション（運用中の各フェーズ）の自動的な移行判断を可能とするため、ミッションシーケンスの整理を完了した。さらに、ミッション移行が可能かをMCS（ミッションコントロールシステム）が判断するために必要な各サブシステムの情報等を整理した。

#### ②自律型無人探査機（AUV）機体性能向上技術（小型化・軽量化）

- 自動投入揚収対応AUV：CFD解析等を実施して、必要な制御が可能となるよう機体形状設計を行った。その後、制御シミュレーションを実施し、ドッキング等で要求が想定される精度で定点保持ができることを確認した。さらに、AUVの重量積算と軽量化策の検討を行い、最終的な削減目標値を設定した。
- 深深度AUV：主耐圧容器のFEMによる強度評価を終了した。また、機体挙動と制御のシミュレーションを実施するための環境を整えた。

シンポジウム開催やHP解説等のアウトリーチ、懇談会等によるニーズや要件に関するヒアリング、上記の要素技術の研究を実施。2025年6月3日に進捗確認を実施し、PDおよび分科会委員にて、目標の達成状況を確認し、重要技術の実現可能性の見通しが立ったことを確認した。

### 【ニーズ省庁・業界との調整状況】

2024年11月5日 懇談会（防衛省）

## 当初計画からのずれ・変更点およびその影響

特になし

## 今後の課題と対応・その他の活動

### 【今後の課題と対応】

- ・協議会の枠組みも活用し、これまでの研究開発で得た技術的見通しを踏まえて潜在ニーズ発掘や要件深掘りを継続する。

### 【研究開発スケジュール（前半5年）】

	進捗確認		中間評価		SG評価
	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	2028年度
①自律型無人探査機（AUV）の無人・省人による運搬・投入・回収技術					
①A：無人飛行艇	センサ評価	試作機調達・設計	試作機改造	単体試験	統合試験
①B：自動投入揚収装置	基本設計	詳細設計・試作機製作	単体試験	統合試験	
①C：自律制御技術	重要な要素技術の開発		各試作機による試験		平穏な浅海で自動化の統合試験
②自律型無人探査機（AUV）機体性能向上技術（小型化・軽量化）	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	2028年度
②A：自動投入揚収対応AUV	基本設計	詳細設計・試作機製作	単体試験		
②B：深深度AUV	基本設計	詳細設計・実証機製作		水槽試験	海域試験

### 【その他の活動】

- ・2024年9月19日 キックオフシンポジウム開催（ウェビナー形式・254名）
- ・2024年10月29日 SIP海洋（石井PD）関係者との意見交換会

指定基金協議会開催：①R6年3月29日、②R7年8月26日

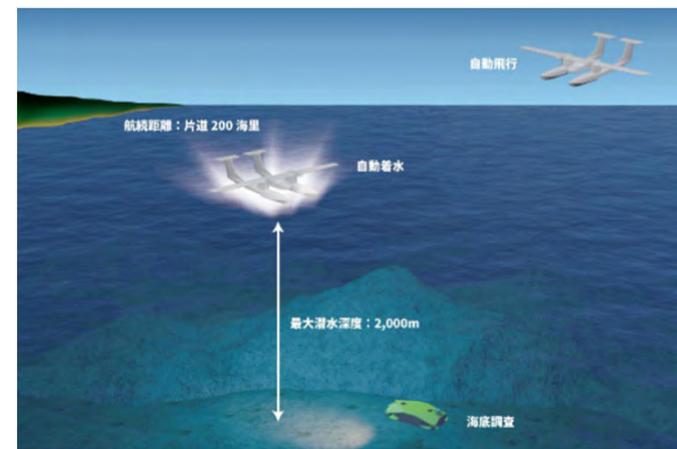
## ＜研究開発成果＞

### ①自律型無人探査機（AUV）の無人・省人による運搬・投入・回収技術

- 無人飛行艇：飛行艇の着水可否を判断するため、空中から海象等を計測する手法として、船舶や有人飛行艇の既存の計測技術を応用し、波高などの必要なデータが取得できる見通しを得た。また、OPVシステム(手動／自動操縦切替機能)搭載の有人機による自動飛行試験に成功した。
- 自動投入揚収装置：AUVの揚収プロセスを4段階（音響誘導、光誘導、ドッキング、吊り上げ・揚収）に分類し、実海域や水槽での試験を通して、それぞれの実現可能性について確認した。
- 自律制御技術：ミッション（運用中の各フェーズ）の自動的な移行判断を可能とするため、ミッションシーケンスの整理を完了した。さらに、ミッション移行が可能かをMCS（ミッションコントロールシステム）が判断するために必要な各サブシステムの情報等を整理した。

### ②自律型無人探査機（AUV）機体性能向上技術（小型化・軽量化）

- 自動投入揚収対応AUV：CFD解析等を実施して、必要な制御が可能となるよう機体形状設計を行った。その後、制御シミュレーションを実施し、ドッキング等で要求が想定される精度で定点保持ができることを確認した。さらに、AUVの重量積算と軽量化策の検討を行い、最終的な削減目標値を設定した。
- 深深度AUV：主耐圧容器のFEMによる強度評価を終了した。また、機体挙動と制御のシミュレーションを実施するための環境を整えた。



海空無人機システムイメージ



OPVシステム飛行試験



自動投入揚収装置 PoC試験の様子

PO: 中村祐一 日本電気 (株) 主席技術主幹

研究代表機関: 東京科学大学、東北大学、(国研)量子科学技術研究開発機構

## アウトプット目標・全体計画

### 【アウトプット目標】(抜粋)

#### ①海中 (非 GNSS 環境) における高精度航法技術

非GNSS環境での高精度航法技術に必須となるジャイロスコップ、加速度計、重力勾配計等の各要素技術について、最先端技術を導入し、要素技術をインテグレートすることによって高精度化を実現し、国際競争力を有する慣性航法装置を開発することを目指す。併せて、要素技術をインテグレートした慣性航法装置としての性能を、効率よく検証可能な手法を構築するものとする。

#### ②海中における革新的センシング技術

海中の実環境において、船舶などの人工物の位置をクジラなどの大型動物と区別して特定する技術、及び急激な火山活動や人工物の接近など海底・海中の急激な変動に対しても機能不全とならずに適切に測定できるワイドダイナミックレンジなセンサーの開発に取り組む。その上で、最終的には実際の海底での性能検証を行う。また、環境変動を把握する技術として、漁業にも重要となる海水の温度や pH を計測する技術の開発や、海底火山活動などのより詳細な把握のための温度や磁場の複数情報の同時取得を可能とするマルチセンシング技術の開発を行う。

## 達成目標

### ①海中 (非 GNSS 環境) における高精度航法技術

ジャイロスコップ、加速度計、重力勾配計等の要素技術をインテグレートし、光源や回路等に由来する雑音の抑制や部品の温度依存性を最小化する等、外界からの影響を修正する技術の開発を進め、短期雑音や長期ドリフトを抑制することにより、慣性航法装置としての精度向上を目指し、5年後には 約2km/30日、10年後には 100m/30日 の精度を達成する。

### ②海中における革新的センシング技術

最終的な常時継続的海洋観測システムへの導入を視野に入れ、研究開発開始から5年後までに、プロトタイプ製作及び海中での性能実証を目指す。

## 研究開発の進捗・成果

### 【研究開発課題一覧】

#### ①海中 (非 GNSS 環境) における高精度航法技術 (2024年4月~研究開始)

研究代表者	所属・役職	課題名	進捗・成果
上妻 幹旺	東京科学大学・教授	非GNSS高精度航法装置の研究開発	各要素技術等の要件を明らかにし、INS 1号機を試作。既存設備による評価を実施し、国産 High-end機の性能を上回る結果を得た。更なる高精度化に向けて各種設備を導入中。

#### ②海中における革新的センシング技術 (2024年12月~研究開始)

研究代表者	所属・役職	課題名	進捗・成果
大兼 幹彦	東北大学・教授	量子スピンセンサを利用した海中における革新的磁気センシング技術の開発	従来型センサについてセンサチップの構造検討と試作・評価を行い、期待以上の良好な結果を得た。海中用モジュールやROV、ノイズ除去技術の仕様検討にも着手し、順調に進行中。
大島 武	(国研)量子科学技術研究開発機構・センター長	固体量子センサによる海中磁場計測ネットワーク技術の開発	磁場センシングは、ダイヤモンドNV評価系の整備、海中用センサユニットの仕様や海域試験の検討等を実施中。pHセンシングも、原理実証に向けて実験系の整備や試料準備、センサ設計に着手。

### 【ニーズ省庁・業界との調整状況】

#### ①海中 (非 GNSS 環境) における高精度航法技術

協議会の枠組みを活用し、ニーズ省庁の聞き取りと、本研究開発課題に期待する技術水準 (TRL) の確認を実施

#### ②海中における革新的センシング技術

特になし

## 当初計画からのずれ・変更点およびその影響

### ①海中 (非 GNSS 環境) における高精度航法技術

下記【今後の課題と対応】を踏まえ、計画変更を予定

### ②海中における革新的センシング技術

特になし

## 今後の課題と対応・その他の活動

### 【今後の課題と対応】

①航法技術: 実証方法については、ニーズ省庁の有効性、実現性に関する意見を踏まえ、海洋試験から地上試験に変更する。地上試験の実施方法については、ニーズ省庁と連携しつつ決定していく予定

②センシング: 実証等の共通課題に関する連携に向けた合同会議等の実施

### 【研究開発スケジュール】

#### ① 海中 (非 GNSS 環境) における高精度航法技術



#### ② 海中における革新的センシング技術



## <研究開発成果>

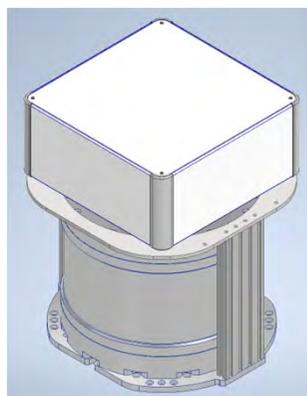
### ①海中（非GNSS環境）における高精度航法技術

#### 上妻課題

各要素技術等の要件を明らかにし、INS 1号機を試作。既存設備による評価を実施し、国産High-end機の性能を上回る結果を得た。さらなる高精度化に向けての各種設備を導入中。

#### ● 試作したINS 1号機（外観）

3軸の加速度計、3軸のジャイロスコープ、そしてFPGAによる制御系を一つのシステムとしてインテグレートしたINS1号機を試作し、既存の超精密1軸レートテーブルやEV車を用いた評価を行った。



#### ● 超精密3軸レートテーブル

超精密3軸レートテーブルの導入等により、モーションシミュレーション環境の構築を進め、超精密慣性航法装置の校正、ならびに性能評価に向けて準備中。

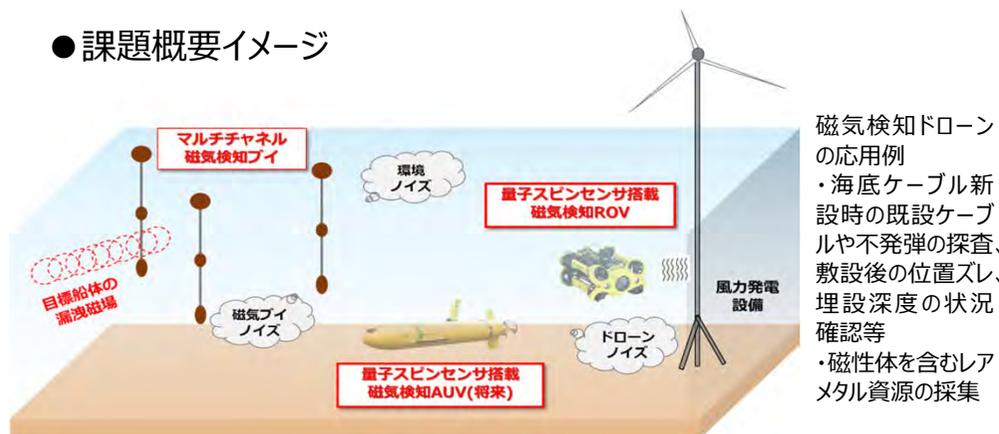


### ②海中における革新的センシング技術

#### 大兼課題

従来型センサについてセンサチップの構造検討と試作・評価を行い、期待以上の良好な結果を得た。海中用モジュールやROV、ノイズ除去技術の仕様検討にも着手。

#### ● 課題概要イメージ

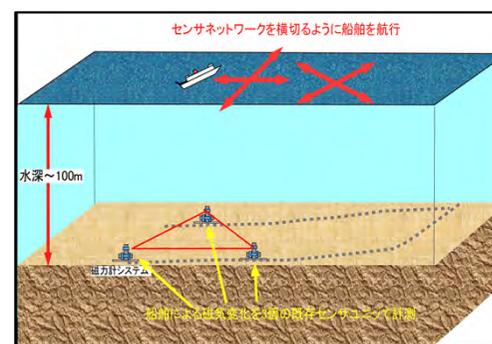


人工物検知、非破裂検査（磁場）

#### 大島課題

磁場センシングは、ダイヤモンドNV評価系の整備、海中用センサユニットの仕様や海域試験の検討等を実施中。pHセンシングも、原理実証に向けて実験系の整備や試料準備、センサ設計に着手。

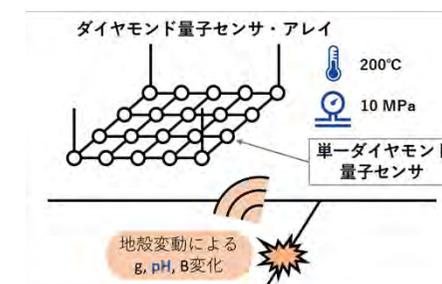
#### ● 課題概要イメージ



人工物検知（磁場）

#### 応用例

- ・磁場：海底資源探査、海中移動体の位置確認、脳や神経活動計測デバイスのウェアラブル化
- ・pH：海底資源探査、気候変動観測



海底火山モニタリング（pH）

# 先端センシング技術を用いた海面から海底に至る海洋の鉛直断面の常時継続的な観測・調査・モニタリングシステムの開発

PD：高木 健 東京大学名誉教授

実施体制： 笠谷 貴史・（国研）海洋研究開発機構、沖電気工業（株）、九州大学、  
（国研）水産研究・教育機構、（公財）日本海洋科学振興財団、（公財）笹川平和財団、早稲田大学

## アウトプット目標・全体計画

### 【10年間のアウトプット目標】（抜粋）

#### ①先端センシング技術を用いた海面から海底に至る空間の観測技術

- 最先端のセンサと伝送ケーブルから構成される先端センシングケーブル、自律型洋上航走体を組み合わせた海洋鉛直断面のモニタリングシステムの開発
- 先端センシングケーブルにより振動・音響等を高感度かつパッシブに検知するとともに、自律型洋上航走体に搭載するセンサにより水温や電気伝導度など海面から様々な環境データを観測
- 最先端のセンサが多数配置されたケーブルからリアルタイムで取得される観測データと自律型洋上航走体の観測データとを統合して逐次処理できる手法の構築

#### ②観測データから有用な情報を抽出・解析し統合処理する技術

- 先端センシングケーブルや海面からの様々なセンサが観測する多様かつ膨大な情報の中からAI・ビッグデータ解析技術等を活用し、自然物や人工物を含む物体や事象の観測・識別、通過様態（位置、速さ、移動方向など）等、有用な情報を抽出・解析できる手法を確立

## 達成目標

### 【10年間の達成目標】

#### ①先端センシング技術を用いた海面から海底に至る空間の観測技術

- 従来型ハイドロフォンと同等以上の性能を持つ光ファイバで構成されたセンサ素子、伝送ケーブル（伝送距離 300km 以上）からなる先端センシングケーブルと自律型洋上航走体を開発し、海洋鉛直断面の常時継続的な観測・調査・モニタリングシステムを構築
- 先端センシングケーブルによる振動・音響等の検知と、自律型洋上航走体の各種センサ、特に海中で上下降する水温等を観測するセンサを組み合わせ、15 km解像度/日での自動観測を実現

- データ同化とマルチモデルアンサンブルによるデータ処理により、観測データを補完する高精度（海水密度±0.1 kg/m<sup>3</sup>以下、混合層深±5 m以下）の海況解析と予測技術を組み合わせ、音響データから抽出された情報と海況解析結果を経時的に可視化する統合システムを構築

#### ②観測データから有用な情報を抽出・解析し統合処理する技術の開発

- 計15クラス（降雨・波浪・商船・艦艇・漁船等）の音源種別からなる音源カタログを構築。先端センシングケーブルで観測する海中音を対象に、音源カタログを参照することで音源の自動類別とその通過様態（位置、速さ、移動方向など）の検出技術を開発

## 研究開発の進捗・成果

### 【進捗・成果】（2024年2月～研究開始）

#### ①先端センシング技術を用いた海面から海底に至る空間の観測技術

- ケーブル試験機の設計やセンサの材質、構成等の検討が完了
- 試験機システムの敷設候補海域の主たる地元諸機関と調整し敷設に関する理解を得た
- 自律洋上航走体試作機の海域試験を行い、実践的な船体設計の見直しを確認

#### ②観測データから有用な情報を抽出・解析し統合処理する技術

- 海中音源カタログのひな型や、音源の切り出しマニュアルを作成
- 音の類別技術の関連研究を調査し、プロトタイプ案も前倒しで作成

プロジェクトのキックオフに伴うシンポジウム開催、HP開設等のアウトリーチや、懇談会等によるニーズや要件に関するヒアリングを実施し、2025年3月26日に1年目の進捗確認を実施し、PDおよび分科会委員において、目標の達成状況を確認し、ケーブル試験機の製作等への移行が可能であることを確認した。

### 【ニーズ省庁・業界との調整状況】

- 2025年5月28日 防衛装備庁によるサイトビジット兼懇談会（JAMSTEC横須賀本部）
- アメリカ合衆国国土安全保障省（DHS）との意見交換 2025年1月に実施、継続的な見交換を調整中
- 敷設候補海域の漁業者等への情報共有・ニーズヒアリング 随時実施中

## 当初計画からのずれ・変更点およびその影響

特になし

## 今後の課題と対応・その他の活動

### 【今後の課題と対応】

社会実装の担い手を見つけることが、PJの共通課題であることは全研究参加者が認識している。今後はこれまでに得られた技術的な見直しに基づき、協議会の枠組みを活用しながら官民のステークホルダーと連携し、潜在ニーズの探索や技術的な要件の深掘りを進めつつ、成果の社会実装に繋がる研究開発を推進する。

### 【研究開発スケジュール（前半5年）】

	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	2028年度
①先端センシング技術を用いた海面から海底に至る空間の観測技術						
①A: 先端センシングケーブルの開発		基本設計	試作機設計・製造	試作機敷設		
①B: 自律型洋上航走体等による複合観測技術と全水深海況解析		第1試作機製造・試験	第2試作機製造・試験・改良	敷設海域での観測		
②観測データから有用な情報を抽出・解析し統合処理する技術の開発						
②A: 環境音・人工音・生物音のハイブリッドデータを用いた海中音源加がの構築		既存データ解析	実験環境での集音	敷設域での集音		
②B: 環境音・人工音・生物音の類別技術及び物体の移動様態の検出方法の開発		2月開始	要素技術検討	プロトタイプ開発	モデルチューニング	

### 【その他の活動】

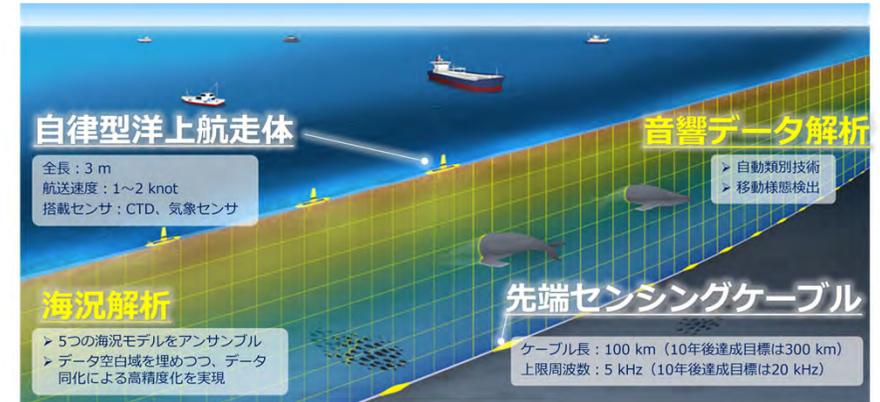
2024年9月19日 キックオフシンポジウム開催（ウェビナー形式・254名）

指定基金協議会開催：①R6年3月29日、②R7年5月21日

## <研究開発成果>

### ①先端センシング技術を用いた海面から海底に至る空間の観測技術

- ケーブル試験機の設計やセンサの材質、構成等の検討が完了
- 試験機システムの敷設候補海域の主たる地元諸機関と調整し敷設に関する理解を得た
- 自律洋上航走体試作機の海域試験を内湾、太平洋上でを行い、実践的な船体設計の見通しを確認



観測システムイメージ

### ②観測データから有用な情報を抽出・解析し統合処理する技術

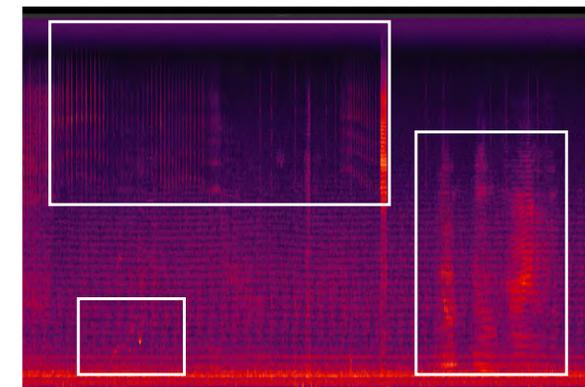
- 観測データの参照データベースとなる海中音源カタログのひな型や、音データ収集のための音源の切り出しマニュアルを作成
- 音の類別技術の関連研究を調査し、類別モデルのプロトタイプ案も前倒しで作成し、試験解析も実施



センサ試作サンプル



洋上航走体の海域試験



生物音の波形と聴取による音データ切り出し

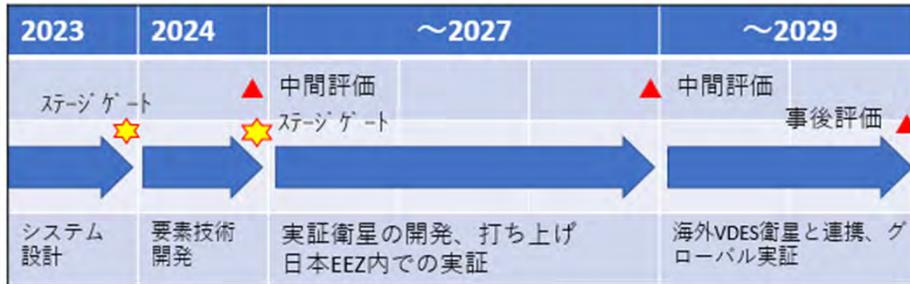
PD：中須賀真一 東京大学大学院工学系研究科 教授

実施体制：(株)IHI、(株)アークエッジ・スペース、LocationMind(株)

## アウトプット目標・全体計画

### 【アウトプット目標】

- ①システム設計 ②重要要素技術の開発 ③システム実証



## 達成目標

AIS を高度化した VDES を搭載するための衛星技術と MDA 情報の集約・共有を行うための次世代データ共有システム技術を確立する。

### <VDES 衛星技術>

重量：50kg 以下 寿命：4 年

受信信号：VDES 信号、IoT 信号

電波観測：L, S, X 及び K バンドの信号が受信可能

船舶識別分解能：1km 以下

### <次世代データ共有システム技術>

提供データ：船舶動静等の海洋状況、氷床・海洋気象、港湾管理情報、海上安全情報等

## 研究開発の進捗・成果

2024年度は予定どおり進捗した。詳細は下記のとおり。

### ①システム設計

事業化に向けた検討結果によりサービス要求を整理し、システム仕様及び開発仕様に反映した。また、衛星システム、地上局・海岸局及びデータプラットフォーム等、各要素技術の開発結果をシステム設計にフィードバックしている。設計したシステム仕様は、衛星コンステレーションを構成することで全世界的なサービス展開が可能であり、競合優位性の高い仕様となっている。

### ②重要要素技術の開発

衛星搭載アンテナ、ソフトウェア無線機器、電波発信源特定技術を含む衛星システム、信号認証、外部ネットワークとの相互接続を含むデータプラットフォーム、船舶用VDES通信機器及び海岸局等の開発、相互接続調整を進めた。

### ③システム実証

電波暗室、ヘリコプター等の地上試験に加え、軌道上実証のためにホステッドパイロードとして重要要素技術（展開アンテナ、SDR）を搭載して打ち上げを行い、機能の動作確認を実施した。さらに、海外VDES事業者及び将来的なユーザー機関と協議し、海外実証に向けた準備を進めている。

### ・中間評価、ステージゲート審査結果

中間評価：B、ステージゲート審査：継続

## 当初計画からのずれ・変更点及びその影響

概ね予定どおり進捗しており、研究開発構想に影響を与える大きな変更はない。

## 今後の課題と対応・その他の活動

2025年度は衛星・地上局・データプラットフォームのシステム統合試験を行い結果をフィードバックすることで重要要素技術の開発精度の向上に資する。

### ・国際・国内法規対応

事業化を目指す電波観測及び電波位置特定技術において、内容如何では、他者の発する通信に係る電波信号を受信・収集するという点で電波法に抵触する恐れがあるため、引き続き関係各省庁と議論を継続し調整を進める。

### ・その他の活動

セミナー実施や展示会への出展、学会での発表を通じ、本事業成果の国民生活への貢献に対する説明を実施している。また、IALA等の国際機関に参加し、研究成果の国際標準化を推進することで技術の利用普及や国際的な競争力優位性を獲得していく。

- **宇宙・航空領域**

# 光通信等の衛星コンステレーション基盤技術の開発・実証

PD : 中須賀真一 東京大学大学院工学系研究科 教授

実施体制 : (株)Space Compass、(国研)情報通信研究機構、(株)アクセルスペース、日本電気株式会社

## アウトプット目標・全体計画

### 【アウトプット目標】

下記全体計画は、研究開発構想改定を反映したもの

①システム設計 ②重要要素技術の開発 ③システム実証



## 達成目標

衛星光通信ネットワーク技術として、下記技術を開発する。

- ・光通信衛星と地球観測衛星からなる低軌道衛星に搭載される低軌道衛星間光通信技術
- ・地上局を含む通信衛星コンステレーションで使用される自動・自律運用可能な衛星コンステレーション・ネットワークシステム技術
- ・上記を搭載する高性能小型衛星技術
- ・必要な標準化技術 (コンポーネント、衛星製造技術等)

※詳細な数値目標は研究開発構想参照

## 研究開発の進捗・成果

2024年度の進捗・成果は下記のとおり。

### ②重要要素技術の開発

要求仕様に従い、低軌道衛星と地上局を含む光通信衛星コンステレーションで使用される重要要素技術について、それぞれ設計・製作及び機器の選定を行い打上げに向けて進捗を図った。

- ・小型衛星：地上試験用衛星の開発/製造を完了し、各種試験を実施した。事前実証/本番実証用衛星については衛星構体及び展開型太陽光発電パネルの基本設計を実施し、構造モデルの開発に着手した。
- ・中型衛星：光通信端末・ルータ・計算機など各機器や衛星システムの基本設計を進めている。
- ・ネットワーク統合制御技術：複数衛星コンステレーション事業者のネットワーク制御間を調整するオーケストレータ機能の基本実装を完了し、オーケストレータと衛星コンステレーション事業者間の接続試験を実施した。
- ・光地上局：サイトダイバーシティ技術及び補償光学技術の実装に向け基本設計を行った。

### ・中間評価、ステージゲート審査結果

中間評価：C、ステージゲート審査：継続

## 当初計画からのずれ・変更点及びその影響

小型事前実証衛星用光通信端末の納期遅延により事前実証衛星の打上時期を含む全体計画の変更が必要となったことに伴い、2025年4月に研究開発構想を改定。変更点は下記のとおり。

- ・実施期間を2029年度までから2031年度までの10年間に変更
- ・小型事前実証衛星の打上げを2025年度から2027年度に、小型・中型本番実証衛星の打上げを2027年度から2029年度に変更期間延長となったものの、構想上の研究開発内容の達成に影響はない。

## 今後の課題と対応・その他の活動

### ・研究開発について

新計画におけるリスク分析・評価を着実に実施し、2027年度の事前実証衛星 2機打上げ・光通信の軌道上実証に向けて開発を進める。

### ・事業化について

事業化検討の結果を本研究開発の開発仕様及び研究開発計画に確実に反映するための体制を構築し、社会実装に向けた計画の明確化を進める。

## 高感度小型多波長赤外線センサ技術の開発

PO : 中須賀 真一 東京大学大学院工学研究科 教授

実施体制 : (株)ジェネシア、(株)アイネット、JSS、住友電工(株)、浜松ホトニクス(株)

## アウトプット目標・全体計画

## 【アウトプット目標】

- ①赤外線検出器、分光デバイス及び光学系の開発
- ②多波長赤外線センサの開発 ③多波長赤外線センサの実証



## 達成目標

赤外線検出器、分光デバイス、光学系それぞれの要素技術とその組合せ技術を開発する。要素技術開発の詳細はそれぞれ下記のとおり。

- ・高画素で波長1 $\mu\text{m}$ ~5 $\mu\text{m}$ の帯域を分光撮像することが可能な「赤外線受光部」と「受光信号読み出し回路部」からなる赤外線検出器
- ・高輝度分解能に重点をおく分光デバイス LVF、高波長分解能に重点をおく分光デバイス LCFP及び観測対象に応じて電子的に透過波長や波長分解能を変更できる分光デバイス LCTF
- ・高い空間分解能に重点をおく高分解能光学系及び広い撮像範囲に性能の重点をおく広視野光学系

※詳細な数値目標は研究開発構想参照

## 研究開発の進捗・成果

2024年度は予定どおり進捗した。詳細は下記のとおり。

## ①赤外線検出器、分光デバイス及び光学系の開発

64×64画素級の赤外線受光部（多元系受光部およびT2SL型）及びADコンバータ付きのROICを試作し、これらを組み合わせ赤外線検出器を完成させた。動作試験の結果、受光波長範囲、受光感度ともに達成目標を満たした。

## ②多波長赤外線センサの開発

赤外線センサを構成する各種コンポーネントの試作、設計を実施し、1000×1000画素検出器に向けた検討を開始した。総じて順調に進捗しており、事業に影響を及ぼすような技術的な問題は無い。

## ③多波長赤外線センサの実証

・衛星データプラットフォームの構築、機能拡充を実施しているほか、地下水位推定のためのアルゴリズム開発も継続して実施した。

・宇宙実証の機会確保に向け、東京科学大学が開発する60kg級バスにホステッド・ペイロードとして赤外線検出器を搭載できるよう調整を実施中。当該衛星は2027年夏頃に打上見込み。

## ・中間評価、ステージゲート審査結果

中間評価：B、ステージゲート審査：継続

## 当初計画からのずれ・変更点及びその影響

当初計画からの大きなずれは発生していない。

- ・センサの実証機会拡充のため、HAPSを用いた新たな実証機会の検討を開始した。
- ・当初より目標としている1000×1000画素級の機械式冷凍型の検出器の開発とあわせて、安価なペルチェ冷却型のVGAサイズ(640×512画素級相当)の赤外線検出器開発にも注力することとした。
- ・上記により、実用性や社会実装性に富んだ高精度センサの開発が促進され、宇宙から地上応用まで、さらなる成果を期待できる。

## 今後の課題と対応・その他の活動

## ・研究開発について

研究開発は計画どおりに進捗しており、国内外における発表・宣伝活動による、社会的認知活動も継続的に実施している。コンソーシアム規模が大きいことから、代表幹事企業において組織運営に関わる体制強化を図る。

## ・事業化について

成果の早期社会実装に向けた活動を推進する。そのためにユーザーズを踏まえて関係機関との協議・連携を進めていく。

PD：大林 茂・東北大学 流体科学研究所 教授

実施体制：小林啓二・(国研)宇宙航空研究開発機構  
佐部浩太郎・エアロセンス(株)、小林啓二・(国研)宇宙航空研究開発機構

## アウトプット目標・全体計画

### 【アウトプット目標】(抜粋)

#### ①小型無人機を含む運航安全管理技術

- ・災害・緊急時等に有人機と無人機が救助活動等を同時に行うことができるよう自律的な衝突回避等をシステム化した運航安全管理技術及び無人機との通信が途絶しないセキュアな情報通信技術の開発を行う。
- ・小型無人機技術と統合した運航安全管理システムを実証し、その後の社会実装に繋げる。

#### ②小型無人機技術

- ・1.5時間以上の連続飛行、悪天候や昼夜対応においても支障がない飛行（離着陸を含む）、10kg以上を荷搬した飛行、最大運用高度1,000m以上の飛行など、長距離・長時間飛行が可能な航続性能と高機動性を有する垂直離着陸性能を両立する無人機の性能向上に係る技術の開発を行う。なお、目視外運用等の実現にあたり、高い飛行安全性を確保する第1種機体認証の取得を目指す。

## 達成目標

### ①運航安全管理技術（5年間）【JAXA】

- ・災害・緊急時に運用される有人機・無人機を対象に、複数の通信媒体を活用して動態・気象等の運航情報や任務関連情報を収集・統合し、安全な間隔を確保した上での有人機・無人機の連携や任務割当等の運用上の判断を支援する運航安全管理システムを開発する。防災訓練等の実環境下において、有人機用、無人機用、地上システム用それぞれの試作機を組み合わせた実証試験を行い、有人機・無人機間の安全な間隔の確保や運用上の判断支援が可能であることを確認する。

### ②小型無人機技術（2年間）

- ・【エアロセンス(株)】アウトプット目標を満足する各種性能を兼ね備えた固定翼eVTOLの無人航空機を開発し、飛行実証する。飛行制御やシステム設計、通信についても、機体認証の基準の信頼性を満たすように開発し、第一種機体認証の取得を目指す。
- ・【JAXA】アウトプット目標を満足する各種性能を兼ね備えた電動多発タンDEM・テイル翼VTOL無人機を開発し、飛行実証する。併せて機体認証安全基準に適合するためのVTOL設計・証明法を構築し、成果を産業界と共有することにより、国際競争力向上のための認証取得も目指す。さらに、有人機連携を可能にする自動化技術にも取り組む。

## 研究開発の進捗・成果

### ①運航安全管理技術

- ・能登半島地震における有人機および無人機の飛行実績を調査。災害時における運航管理の課題を整理し、有人機と無人機を一元的に管理するための業務フローを策定した。さらに、省庁・自治体が主催する大規模防災訓練において、想定する情報共有体制・情報共有項目の有効性およびユーザ候補のニーズを確認した。これらを通じ、運航安全管理技術の仕様策定において着実な成果を得た。大阪・関西万博での運用評価に向けた準備を実施した。

### ②小型無人機技術

- ・【エアロセンス(株)】ノウハウ等を蓄積するため、既存機体を用いて、国内初のVTOL機(※)の第二種型式認証を取得。フルスケール試作機の製作も完了し、飛行試験による検証を開始した。試作機の第一種型式認証についても申請を済ませ、ジャパンドローン2025にて披露した。
- ・【JAXA】風洞試験および機体特性の数学モデルによる設計解析プロセスを経て、機体の設計・製作を完了。飛行試験による検証を開始した。

※VTOL: (Vertical Take-Off and Landing) 垂直に離着陸できる航空機



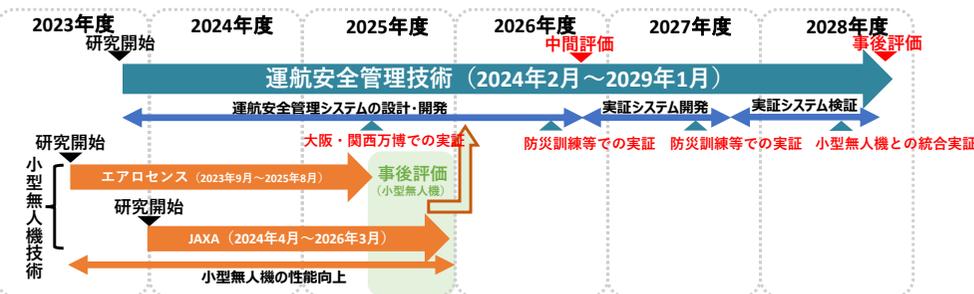
エアロセンス(株) VTOL型小型無人機 飛行試験



JAXA VTOL型小型無人機 飛行試験

## 当初計画からのずれ・変更点及びその影響

・特になし



## 今後の課題と対応・その他の活動

### ①運航安全管理技術

- ・公的機関と連携し、運用評価を実施しながらユーザーニーズを研究開発に随時フィードバックし、実用性を高め、早期の社会実装を図る。「小型無人機技術」と統合し、有人機・無人機連携システムの研究開発について、社会実験を通じて実証を行う予定。省庁や自治体が運用する有人機と小型無人機の実証実験への参加を希望している。

### ②小型無人機技術

- ・機能確認および性能評価・実証の飛行試験を実施。安全性向上対策として、危害軽減措置に対応する。2025年度に両課題について事後評価の予定。2026年度より「運航安全管理技術」への統合フェーズに移るが、社会実装にあたっては、小型無人機の飛行エリアが限られている点が課題の一つ。

## ① 運航安全管理技術【JAXA】

- 運航安全管理システムの開発に関して、運航計画管理機能、動態情報管理機能、データ管理・表示機能等の設計が完了。また、地上システム間の通信フォーマットおよびシーケンス案の基本検討を完了した。
- 災害対応に関して、令和6年能登半島地震における有人機および無人機の飛行実績を調査し、災害時における運航管理の課題を抽出。有人機と無人機を一元的に管理するための業務フローを策定した。また、災害時の有人機と無人機の連携における有効性等を検証した（右側、上から2つ目の図を参照）。
- 省庁・自治体が主催する大規模防災訓練において、情報共有体制や情報共有項目の有効性およびニーズを確認し、運航安全管理技術の仕様策定について着実な成果を得た。

## ② 小型無人機技術

### 【エアロセンス(株)】

- 1/2スケールの試作機を製作し、筐体の強度、防水機構、高ペイロード対応の駆動系、安定性等を確認。さらに、フルスケール試作機を製作し、飛行試験を開始している。
- ノウハウ等を蓄積するため、既存機体を用いて、国内初となるVTOL機の第二種型式認証を取得。開発機体での第一種型式認証も申請済み。
- 試作機をジャパンドローン2025で披露するなど、利活用に向けた認知向上を進めている。

### 【JAXA】

- 風洞試験および機体特性の数学モデルによる設計解析を経て、電動多発タンDEM・テイルト翼VTOL機の設計・製作を完了。フルスケール機での飛行試験を開始し、機体性能の確認を進めている。
- 機体認証の設計および証明方法については、関係当局の協力を得ながら検討を進めている。



災害・緊急時の運航安全管理技術運用イメージ



R6年1月6日



R6年1月7日

令和6年能登半島地震 飛行データによる検証



エアロセンス(株) VTOL機 飛行試験及び展示状況



JAXA 風洞試験と飛行試験

# 小型無人機の自律制御・分散制御技術

PO：松尾亜紀子 慶応義塾大学 理工学部 機械工学科 教授

代表実施機関：ACSL 株式会社

## アウトプット目標・全体計画

### 【アウトプット目標】

<p>研究開発項目① フィジビリティスタディー</p>	<p>2024年度</p> <p>→</p> <p>関係省庁等との協議</p> <p>→</p> <p>国内外先端技術の調査</p>	<p>自律制御・分散制御技術等の最先端技術を搭載し、関係省庁等の具体的な運用要求を実現できる小型無人機の、ハードウェア等の要素技術を開発する。開発したハードウェアには、先行事業で研究開発された自律・分散技術等を含む最先端技術のソフトウェア実装を念頭に、関係省庁等と設定する運用シナリオによって決定する実証実験を実施する。</p>
---------------------------------	--	--

## 達成目標

【達成目標】2024年度まで

フィジビリティスタディーを実施し、先行事業等との整合性を図りつつ関係省庁等との協議を通してミッションを設定し、ミッションを達成するための小型無人機の目標スペックを定め、現在不足しているハードウェアの研究開発項目を明確にする。また、既存の小型無人機製品の解析や研究開発の動向調査を行い、その調査結果より機体開発（初期型）において競争力のある技術開発の方向性を定めていく。

## 研究開発の進捗・成果

### ○関係省庁等との協議（ミッションヒアリング）

2024年度について、関係省庁とのヒアリングを行い、9つの関係府省庁・関係機関と国内外9つの民間組織有識者にヒアリング実施。“小型無人機使用の妥当性”と“ミッションの優先度”から有事、平時合わせて6カテゴリーのミッションを特定した。被災時の通信インフラ代替等のミッションが中心となることを把握。

✓主に有事：①状況把握(被災状況/河川氾濫等)、②不明者搜索、③被災時の通信インフラ代替

✓主に平時：①インフラ点検、②警備・追跡、③測量

### ○国内外先端技術調査

#### ・競合調査

自律制御での自機異常時の自動対応や衝突回避等は一部競合は実装済。1対多運航などの更なる自律制御を志向。分散制御はほぼ未実装。ミッションの分担・引継ぎなども含めた高度な分散制御に関する開発は対外的には打ち出されていない状況を把握。

#### ・技術調査

技術調査からはバッテリー性能、カメラの解像度の向上に加えて、AIモジュールの処理速度が大幅に向上する可能性が高いことを把握。これにより自律制御の性能が高まっていくものと確信。

その他調査の結果、センサー搭載のための機体構造の構築、機体サイズの小型化、搭載機器の高度化等、2030年の研究開発項目の各技術の到達点について新たに把握。

### ○競争力のある技術進化の方向性

以上の調査結果を基に国産の小型無人機開発について、「競争力のある技術進化の方向性」を打ち出した。

(1)ミッション遂行を高速化・高精度化・高効率化する、AIを用いた自律・分散制御の実装

(2)社会受容性を向上させる、第一種型式相当の安全性の強化、自動点検等の簡易性の具備、アプリなどによる拡張性の担保

(3)技術調査と競合調査を踏まえた国際的に競争力のある基本性能の定義

## 当初計画からの変更点及びその影響

- 当初計画からの変更はなし。
- 新たに公表された研究開発構想の研究開発項目②機体開発（初期型）の参考とされた。

## 今後の課題と対応・その他の活動

- 本事業は2024年度で完了。
- 本研究開発成果は、研究開発項目②機体開発（初期型）の実施に引き継ぐ予定。

## 空域利用の安全性を高める複数の小型無人機等の自律制御・分散制御技術及び検知技術

PO：浅間 一 東京大学 国際高等研究所東京カレッジ 特任教授

代表実施機関：（国研）産業技術総合研究所、大阪大学、公立はこだて未来大学、名古屋工業大学

## アウトプット目標・全体計画

## 【アウトプット目標】(抜粋)

## ①自律制御・分散制御技術

非GNSS環境や通信の途絶時にも、障害物回避や突発的な気象条件の変化に対応し、目的地まで自律的な飛行が可能となる技術と、複数の小型無人機が連携して、目標を達成するための最適な行動が自律的に取れる技術を開発し、実証デモ機群を用いた飛行実証を行う。

## ②検知技術

様々な速度で飛行する複数(10機以上)の小型無人機の位置をリアルタイムに鳥等の生物と誤認せずに検知できる技術を開発し、実証デモ機群を検知するデモンストレーションを行う。

## 達成目標

## ①自律制御・分散制御技術

【神村課題(産総研)】GNSS環境に加え、未知で複雑な環境、非GNSS、通信途絶時を含む状況においてもシームレスに複数機が協調しながら、安全かつ効率的に飛行を継続できる高度な自律制御ドローン及び自律分散協調飛行制御技術の研究開発を進め、100台規模の実機 シミュレーションと10機での現場実証を通して有効性の検証を行う。

【末岡課題(大阪大)】過酷な環境下でも自律的な群飛行を実現する革新的な制御技術・システムの構築、多様な動的環境への対応を可能とするための協調計測技術・センサシミュレーション技術の開発、群による物資の協調搬送技術、想定外の事象が発生してもタスク達成のためオペレータと連携してチームを動的に再編する技術の研究開発を進め、実証試験を行う。

【加納課題(はこだて未来大)】歩行者や動物の群れにおける衝突回避メカニズムの原理を抽出、これを利用した自律分散制御法を構築し、非GNSS環境で10機以上の無人機が密集空間で衝突回避できる測位・通信技術としての有用性をシミュレーションおよび実機で検証する。

## ②検知技術

【菅野課題(名古屋工業大)】複数台レーダーを協調動作させることによるマルチスタティック測距技術により、複数台のドローン検出とそのID識別を同時かつ同一の無線装置で実現する測距・通信融合システムの研究開発を、デバイスからシステムまで一貫して実施し、フィールド試験で実証する。

## 研究開発の進捗・成果

いずれも計画通り進捗

## ①自律制御・分散制御技術

【神村課題】災害・緊急時等に活用可能な革新的自律制御ドローン及び自律分散協調飛行制御技術の研究開発

- ・環境・マップ照合自己位置推定技術の開発：3次元LiDARを搭載した機体2台を製作、非GNSSの屋内ドローン試験場にてLiDAR-SLAMによる自己位置推定、マップ生成検証、自律障害物回避アルゴリズムの検証を実施。
- ・革新的自律制御・分散制御技術を実装した高ロバスト性ドローンの開発：現在開発中の型式認証1種機体をベースに試作機を2機開発中。高効率モーターならびに耐風性能の高いプロペラについて、国産メーカーとの共同開発中。

【末岡課題】協調・デジタルツイン技術の革新による小型無人機群システムの構築

- ・時空間外乱モデルに基づく非線形最適制御による自律飛行の実現：Ultra Wide Band 測位による飛行技術の開発。屋内での飛行実験に成功。
- ・群飛行に対応したセンサシミュレーション：4つの異なる手法によるデジタルツインの試作空間を開発。

【加納課題】動物個体間「駆け引き」に学ぶ小型無人機群の誘導・衝突回避手法の開発

- ・作り込みを経て2025年4月に研究開発を開始し、実施中。（二次募集採択課題）

## ②検知技術

【菅野課題】96GHzミリ波帯電波によるマルチスタティックイメージング技術

- ・高精度96GHz帯半導体集積デバイスの小型化・ロバスト化および通信両用フロントエンド化技術：シミュレーションおよび過去試作したTEGデータからの課題抽出および回路設計フィードバックを実施し初期仕様を決定、1次試作に向けた設計作業中。
- ・ミリ波帯マルチスタティック測距による複数対象物検出技術：識別・測距の同時実現可能を可能とする原理実証システムの調査・検討を実施、原理実証システムの具体化の概念を確定するための実験部材を選定・調達中。

## 当初計画からの変更点及びその影響

特になし

## 今後の課題と対応・その他の活動

## &lt;今後の活動と対応&gt;

達成目標および中間評価時（3年後の目標）での目標の実現に向け、各課題・研究開発項目に挙げる研究・設計・試作を進め、要素技術の確立・評価・検証と中間デモ試験を見据えた準備を進める。下記は具体的実施事項の一例。

- ・【神村課題】GNSS信号がロストした状態、LiDAR-SLAMの利用困難な環境における自己位置推定
- ・【末岡課題】非線形最適制御による自律飛行実現に向けた時空間外乱モデルに必要なスベックの洗い出し
- ・【菅野課題】ミリ波帯送信チップ、受信チップの不要な干渉低減・一体化によるデバイスサイズの小型化

## &lt;その他の活動&gt;

- ・自律制御・分散制御技術、検知技術関係者による合同イベントの開催
  - ・日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会でのオーガナイズドセッション（2025年6月）
  - ・自律制御・分散制御技術、検知技術合同ワークショップ（2025年9月予定）
- ・NEDOとの連携（自律制御・分散制御技術）
  - ・NEDOにて推進中の「『小型無人機の自律制御・分散制御技術』に関する研究開発構想」とも連携し、必要な協力を図る。

指定基金協議会開催：①R6年1月28日、②R7年5月23日（規約改正のみ）

研究開発の進捗・成果

① 自律制御・分散制御技術

【神村課題】 災害・緊急時等に活用可能な革新的自律制御ドローン及び自律分散協調飛行制御技術の研究開発

・ 環境・マップ照合自己位置推定技術の開発

屋内環境向け実験用ドローンの製作とLiDAR-SLAM技術の実装及び環境マップ生成手法の開発

3次元LiDARを搭載した機体2台を製作し、非GNSSの屋内ドローン試験場にてLiDAR-SLAMによる自己位置推定、マップ生成、自律障害物回避機能を検証した。実機ドローンシミュレータで取得したIMUセンサ情報、GPS位置情報を用いて、AIの一手法であるリザーブコンピューティングによる学習と自己位置推定性能の初期検証を実施。

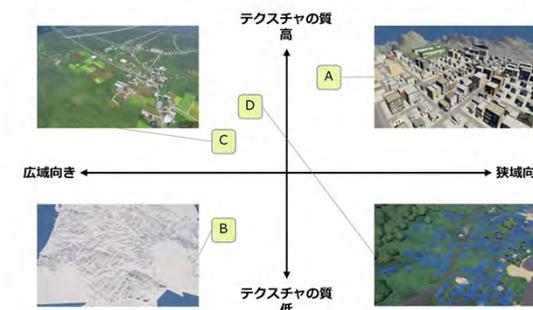


【末岡課題】 協調・デジタルツイン技術の革新による小型無人機群システムの構築

・ 群飛行に対応したセンサシミュレーション

デジタルツイン空間設計検討・（試作）開発、センサーモデルの開発（機能開発）

デジタルツインの要素を空間モデリング、機体モデリング、シミュレーションに分解し、各手法の最適な方法を整理、4つの異なる手法によるデジタルツインの試作空間を開発した。



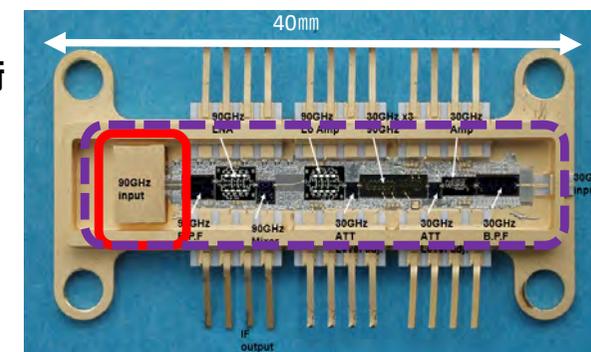
② 検知技術

【菅野課題】 96GHzミリ波帯電波によるマルチスタティックイメージング技術

・ 高精度96GHz帯半導体集積デバイスの小型化・ロバスト化および通信両用フロントエンド化技術

化合物半導体集積回路の小型化・低消費電力化

実回路では局発の逡倍器やフィルタなどの部材がボンディング接続されることで接続損失が発生。同一MMIC上に複数の回路を集積配置することで損失が低減され、過度の特性が不要となるため電圧の低減が可能となり電力効率の改善が期待された。



# 航空安全等に資する小型無人機の飛行経路の風況観測技術

PO：竹見哲也 京都大学防災研究所 教授

実施体制：メトロウエザー株式会社

## アウトプット目標・全体計画

### 【アウトプット目標】

- ①空間分解能高度化技術
- ②航空機搭載向けドップラー・ライダー開発
- ③障害物など物体の精密検知技術

### 【全体計画】

	2023年度	2024年度	2025年度
①		TRL : 4	
②		TRL : 5	
③		TRL : 4	

◆ ステージゲート

## 達成目標

- |   |  |   |
|---|--|---|
| <b>①空間分解能高度化技術</b><br>・空間分解能：1m<br>・時間分解能：10秒以内/ 1 スキャン<br>・観測距離：15km | <b>②航空機搭載向けドップラー・ライダー開発</b><br>・大きさ：30cm四方程度<br>・重量：50kg以下<br>・耐振動性：ロール・ピッチ・ヨーのリアルタイム信号処理補正<br>・TRL：5相当<br>・耐空証明の取得に向けて検討する。 | <b>③障害物など物体の精密検知技術</b><br>・空間分解能：15cm四方程度<br>・時間分解能：10秒以内/ 1 スキャン<br>・観測距離：15km |
|---|--|---|

## 研究開発の進捗・成果

### ①空間分解能高度化技術

より高分解能な符号分割多重接続（CDMA）方式により、空間分解能1mで数100mまでの大気計測を行った。また、CDMA試作機を完成させたがレーザー光源の故障により実証実験は未了。乱気流・突風の検出・可視化は未実施。

### ②航空機搭載向けドップラー・ライダー開発

ドローン搭載に向け、ドップラー・ライダーの設計図面の作成と受信されるデータを同時に動揺・速度補正する演算プログラムの設計が未達のため、ドローン搭載のため小型化したレーザー光源の開発は未達。

### ③障害物など物体の精密検知技術

AIの学習により、30%の確率で物体を識別した。既製品のレーザー光源とカメラで近距離のドローンや静止物体を捉えたが、長距離先の物体検知のためのレーザー光源の開発は未達により、実証実験を実施できなかった。

### 中間評価審査結果

中間評価：D（評価基準を達成しておらず、抜本的な改善が必要である）

## 当初計画からのずれ・変更点及びその影響

- ・ 第3回技術委員会（2024年10月）まで、度重なる目標未達が見られたことから、NEDO技術委員から中間評価時点で報告すべきデータ等進捗の提示、及び、中間評価の結果次第で中止の判断が下される可能性を示唆。
- ・ その後の中間評価（2025年3月）において、委員から中止が妥当と判断された。

## 今後の課題と対応・その他の活動

- ・ 中止の公表を行うとともに、レーザー光源の故障原因調査と今後のドップラー・ライダー開発へのフィードバックを行う。

PO : 土屋 武司 教授 東京大学

代表実施機関 : (国研) 宇宙航空研究開発機構、(株) IHI、川崎重工業 (株) (株) SUBARU、(一財) 日本航空機開発協会、三菱重工業 (株)

## アウトプット目標・全体計画

### 【アウトプット目標】

- ① 設計DXに関する研究開発
- ② 認証DXに関する研究開発
- ③ 生産DXに関する研究開発
- ④ 高度化された開発製造プロセスの統合及び共同開発実証

	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度
① 設計DX ・機体/エンジンを対象としたMBSE-MBD連携技術の開発 ・次世代航空機のリアレンスモデル構築	システムモデル/ツールの構築	検証、ガイドライン作成	システムモデル/ツールの構築	システムモデル/ツールの構築	
② 認証DX ・Regulation/MoCへのMBSE適用 ・構造/飛行性/耐雷CbAガイドライン構築	フレームワーク構築	CPのSysMLモデル化	模擬審査、ガイドライン改良、CbAツール確立		
③ 生産DX ・デジタルAPQP ・MBD/MBI連携 ・スマートサプライチェーン	プロセス構築	試作/検証	次世代航空機を想定した実証		
④ 開発製造プロセスの統合 ・デジタルシミュレーション技術 ・ネットワーク技術 ・プロセス統合	要件定義	プラットフォーム構築	先進デジタル技術の確立	プロセス統合及びプラットフォーム上での実証	

★ : ステージゲート

## 達成目標

開発した手法は、リアレンスモデルあるいはガイドラインの形に抽象化し、将来機、他分野への波及を可能とする。

- ① 設計DX : 効率的な摺り合わせ設計及び開発の大幅な効率化を実現するため、機体システムからコンポーネントまでをシステムモデリング言語で記述したシステムモデルを構築する。
- ② 認証DX : 安全性を担保しつつ、認証プロセスの効率化を実現するため、CbAの実機開発への適用を可能とする解析の信頼性保証の手順を実機データを活用した模擬的なプロセスの試行を通して構築する。
- ③ 生産DX : 生産プロセスにおいて、品質、コスト、リードタイムの改善を実現するため、エンジニアリングチェーン、サプライチェーンを合理化する生産システムを構築する。
- ④ 開発製造プロセスの統合 : 各フェーズ間でデータを相互に接続しプロセスを統合する手法を開発する。

## 研究開発の進捗・成果

### <2024年度実施内容>

研究開発2年度であり、今年度はプロセスの検証やガイドラインの完成及び成果の集約に向けた準備が目標。「認証DX」は一部目標達成を2025年度へ送ったが、十分キャッチアップが可能、全体として2025年度末中間目標を達成する見込み。

### <研究開発成果>

- ① 設計DX : 2023年度の基礎部分を基に、MBSEのシステムモデル及びMBDツールを完成、両者を連携させシステムの設計を効率的に行う設計プロセス構築を完了。設計時にひな型とするリアレンスモデルを構築するための基本ルールである標準化基準を整備。
- ② 認証DX : 認証活動における試験を代替する解析のV&V活動を本格開始。一環として、解析との比較や解析に反映する不確かさの検討に必要な情報取得するために種々の試験を準備/実施、および対応する解析を実施。
- ③ 生産DX : 2025年度のDXプラットフォーム上でのプロセス検証に向けて、2023年度に策定した仕様に基づき各種プロセス/システムの構築をほぼ完了。構築に際しては、海外OEMの動向及び関連技術動向を調査し、参考とした。
- ④ 開発製造プロセスの統合 : 海外OEMとの連携を考慮し策定した仕様に基づき、DXプラットフォームの構築を計画通り進めた

MBSE: Model Based Systems Engineering, MBD: Model Based Development, V&V : Verification & Validation, JCAB: Japan Civil Aviation Bureau, CbA: Certification by Analysis

## 当初計画からの変更点及びその影響

特になし

## 今後の課題と対応・その他の活動

2025年度は以下の取り組みを行う。

- ① 設計DX : 設計変更等を想定した場合の開発作業に要する期間をMBSE-MBD連携技術を用いない場合に比べ3割短縮させるプロセスを構築。
- ② 認証DX : CbAガイドライン案を作成し、JCABとの模擬審査等に供する準備を完了する。
- ③ 生産DX : デジタル技術を活用した複数の生産システム/プロセスを構築する。
- ④ 開発製造プロセスの統合 : 設計、認証、生産の各フェーズのプロセスをシームレスに繋ぎ海外企業とも連携するプラットフォームを構築する。  
「本プログラムのゴールを明確にすること」、「4つある項目間の連携を高めること、またその方策を検討すること」、「各項目内のサブ項目ごとの個別活動にならないよう、常に全体像を見据えて活動すること」の3点に留意し、マネジメントを行う。

### <研究発表・講演>

JAXA航空シンポジウム、第62回飛行機シンポジウム、航空機ライフサイクルDXコンソーシアム 第1回ワークショップ、第2回オープンフォーラム、AIAA Avation Forum 2024、AIAA Scitech Forum、AIAA CbA CoI Meeting等、国内40件、海外6件の対外発表を行った。

### <国際標準化活動>

SAE S-18 Committee及びその中のMBSE関連WGの活動に参画し、「民間航空機およびシステムの開発に関するガイドライン」への反映を目指す。

PO : 岡部 朋永 国立大学法人東北大学大学院教授

代表実施機関 : 株式会社IHI、(国研)JAXA、UBE株式会社 連名

## アウトプット目標・全体計画

## 【アウトプット目標】

- ① 1400℃級 CMC 材料の製造・量産技術開発
- ② 材料認証取得に向けた評価プロセスの実証

★ : ステージゲート	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度
1,400℃級CMC材料の製造・量産技術開発	技術・手法確立、条件最適化		★	実証	
材料認証取得に向けた評価プロセスの実証	規格制定、条件設定		★	実証、試験実施	

## 研究開発の進捗・成果

2024年度は、量産に向けた各種要素研究を実施し、予定通りの進捗が得られている。具体的には以下の通り。

- ① 1400℃級 CMC 材料の製造・量産技術開発
  - UBE繊維は目標強度を達成した。
  - 高速製造技術は前年度に引き続く、プリフォーム積層工程のプログラム改善により積層パス作成時間の中間目標に到達した。
  - 高速加工・検査は、X線検査装置の自動化、検査結果へのAI判定適用により、大幅な検査時間の短縮を実現した。
  - 耐環境コーティングは、施工性、耐久性の要求を満足する量産性向けプロセスの選定を完了した。
- ② 材料認証取得に向けた評価プロセスの実証
  - CMCの材料規格・工程規格制定と材料データベース構築は、初期材料データベース向けの試験を開始した。
  - CMCの要素試験および解析技術開発は、要素試験用試験片の製作を開始、一部の試験は開始した。温度勾配の強度への影響を検証するための試験を実施するとともに、温度勾配の影響を取り込める解析モデルを構築した。

## 達成目標

CMC (Ceramic Matrix Composites) の品質 : 量産仕様の製造工程を確立し、品質・歩留まりを実証のうえ、材料規格・工程規格を制定し、世界の主要航空局の認証を得るためのプロセスを確立する。

CMCの製造性 : 上記規格に沿った品質を確保したうえで、量産時の製造タクトタイム 5 分に目途をつける。

CMCの信頼性 : 確立した工程で製造した CMC の材料特性データベースを取得し、世界の主要航空局の認める統計手法に準拠して設計許容値を定める。

## 当初計画からの変更点及びその影響

特になし。

## 今後の課題と対応・その他の活動

中間目標(2025年度)に向けて、主に以下の取組に注力する。

- ① 1400℃級CMC材料の製造・量産技術開発
  - 界面特性改善が期待できる新規開発SiC繊維について、ばらつきや分散度改善等により目標強度達成を目指す。
  - 耐環境コーティングについては、コーティング施工条件にくわえてCMC表面処理条件の最適化を行い、量産性と品質の両立を目指す。
  - IHI横浜事業所のCMC製造専用棟にCMC製造設備を集約し、量産条件での製造技術実証を行い、潜在課題の抽出・解決を図る。
- ② 材料認証取得に向けた評価プロセスの実証
  - 材料・工程の認証にむけて米国機関 (NCAMPなど) との関係構築を進めるとともに熱応力・熱流体解析技術の高度化を推進し、材料試験・要素試験データを積み上げて、将来の航空局による新CMCのCertificationに耐えるうる材料データベース、設計・解析手法を構築する。
  - 特に、解析技術についてはアカデミアの専門能力活用により、更に高精度な解析手法の構築を図る。

## 超音速・極超音速輸送機システムの高度化に係る要素技術開発

PD：大林 茂・東北大学 流体科学研究所 教授

実施体制：牧野 好和・(国研)宇宙航空研究開発機構、三菱重工業(株)、東京大学、早稲田大学、慶應義塾大学、名古屋大学、東北大学

## アウトプット目標・全体計画

## 【アウトプット目標】(抜粋)

## ①超音速要素技術（低騒音機体設計技術）

●陸域上空超音速飛行を可能とする低ソニックブーム設計技術について、地上エリア全域での低ブーム化、抵抗低減設計技術の実証および機体推進系統合設計技術の実証、を実現  
●ICAOで検討されている超音速飛行に関する国際基準に関連して、騒音基準の検証を可能とするソニックブーム計測技術の獲得、気象データ計測も含む大気乱流特性量推定技術の開発・検証、実測と数値解析によるソニックブーム騒音基準の妥当性のICAOでの検証を実現

## ②極超音速要素技術（幅広い作動域を有するエンジン設計技術）

●離陸から極超音速まで連続的に作動可能なエアブリーザーエンジンの設計技術に関連し、ジェット燃料を対象として、以下を実現  
➢極超音速域で作動するスクラムジェットエンジンの作動範囲を超音速域まで低速側に拡張  
➢ラムジェットエンジンとの組合せにより離陸用ターボジェットエンジンの作動範囲を高速側に拡張  
➢離陸用ターボ・ラムジェットエンジンとスクラムジェットエンジンの切替機構を構築

## 達成目標

## ①超音速要素技術（低騒音機体設計技術）

## ●低ソニックブーム設計技術

➢超音速飛行の実証試験を実施し、計測したソニックブーム波形が低ブームの特徴を捉えていることを確認。  
➢風洞試験技術を開発し、ブーム特性に及ぼす設計効果を解析と風洞試験で実証。

## ●騒音基準検証に資する技術

➢上空と地上のブームデータと地上付近の気象データを取得し、大気乱流を考慮したソニックブームを推算。  
➢推算と飛行試験計測のデータで、ICAOの検討に応じた処理等を行い、ソニックブーム騒音基準を検討。

## ②極超音速要素技術（幅広い作動域を有するエンジン設計技術）

●スクラムジェット(SJ)低速化技術：マッハ数3～4程度（切替速度）でのSJ作動を確認。  
●ターボジェット(TJ)高速化技術：TJから外筒ラムジェット(RJ)への完全切替を実現。  
●エンジン切り替え技術：両エンジンの作動オーバーラップの範囲内で切替の実現性を示す。  
●システム検討と将来実証計画策定：飛行実証システムを想定したシステム解析を行い、実現性に照らして実証すべき技術と実証試験内容を決定。実現可能性のある実証計画を立案。

## 研究開発の進捗・成果

## ①超音速要素技術（低騒音機体設計技術）

## ●低ソニックブーム設計技術

➢実機コンセプト機を対象に、JAXAのロバスト低ブーム設計技術を適用し、ブーム観測全域で低ブーム性を維持できる超音速機形状を定義した。  
➢想定超音速機形状を縮小化し、実証すべき低ブーム波形を維持しつつ、無人機として成立するための制約条件を考慮した実証機ベースライン形状を設計し、基本設計を完了した。

## ●騒音基準検証に資する技術

➢上空ソニックブーム計測システム及び地上気象計測システムの基本設計を完了した。  
➢大気乱流関連データを飛行試験で取得するために必要な地上計測システムへの要求を決定した。

●関連業界との調整状況：航空機関連団体からなるJSR（Japan Supersonic Research）協議会にて、本課題の活動を紹介するなど、関係企業との連携も意識した取組を実施中。

## ②極超音速要素技術（幅広い作動域を有するエンジン設計技術）

●システム検討と将来実証計画策定：実証ミッション機体の一次設計として、実証ミッション内容を設定、エンジン性能の概算予測を行い、エンジン各要素への要求等を整理した。

●スクラムジェット(SJ)低速化技術：上記システム要求に沿うSJの一次設計を実施し、下限飛行マッハ数での点火・保炎可能性を示すとともに、燃焼効率改善に向けた設計・試作を進めた。

●ターボジェット(TJ)高速化技術：熱防御の成立性検討として、外部から内部への熱伝達を評価し、燃料による冷却性成立を確認した。

●エンジン切り替え技術：SJとの切り替え機構含むTJ・RJ空気取入口の一次設計を行い、CFDによる性能評価を実施した。

●関連業界との調整状況：日本航空機開発協会（JADC）を訪問し、極超音速輸送についての意見交換を行うなど、将来に向け、関係企業との連携も意識した取組を実施中。

## 当初計画からのずれ・変更点及びその影響

①超音速要素技術（低騒音機体設計技術）：特になし

②極超音速要素技術（幅広い作動域を有するエンジン設計技術）：特になし

## 今後の課題と対応・その他の活動

## ①超音速要素技術（低騒音機体設計技術）

<今後の課題> 2024年度の基本設計結果をベースに、飛行実証システム（実証機システム、母機分離システム、音響気象計測システム）の詳細設計完了を目指す。

## &lt;その他の活動&gt;

➢ICAOの環境保全委員会（CAEP）の騒音検討WGに参加し、認証手順および超音速機固有の課題を把握する等、国際的な騒音基準のルール作りへの参画に向けて対応中。

## ②極超音速要素技術（幅広い作動域を有するエンジン設計技術）

<今後の課題> 各要素技術・エンジンの設計・性能を統合し、形状二次案を得る。特に可動部導入含めた重量見積りの精度向上を目指す。

# <参考> 超音速・極超音速輸送機システムの高度化に係る要素技術開発（2024年度の主な進捗）

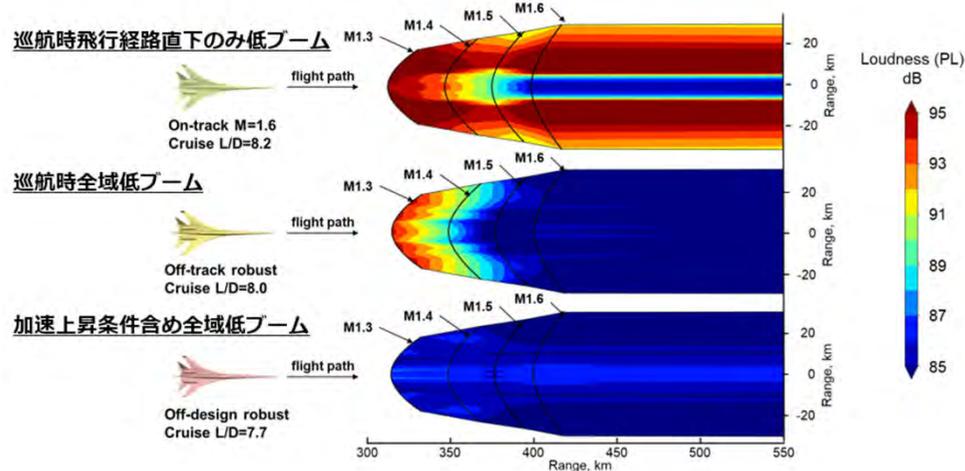
## 1 超音速要素技術 （低騒音機体設計技術）

### ● 低ソニックブーム設計技術

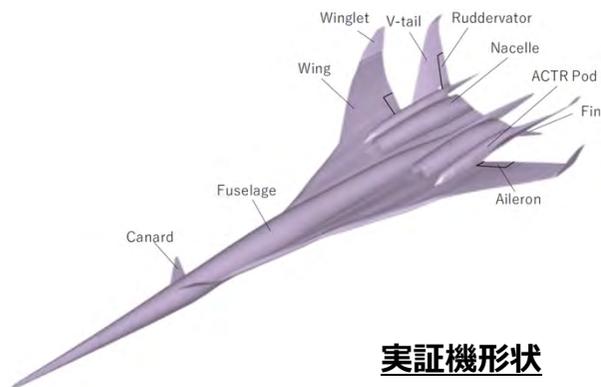
- ▶ NASA/Boeing社の実機コンセプト機を対象に、JAXAのロバスト低ブーム設計技術を適用し、ブーム観測全域で低ブーム性を維持できる超音速機形状を定義した。
- ▶ 想定超音速機形状を縮小化し、実証すべき低ブーム波形を維持しつつ、無人機として成立するための制約条件を考慮した実証機ベースライン形状を設計し、それを反映させミッション要求を満たした実証機の基本設計を完了した。

### ● 騒音基準検証に資する技術

- ▶ 大気乱流の影響外で計測する上空ソニックブーム計測システム及びその設置境界（大気境界層高さ）計測も行う地上気象計測システムの基本設計を完了した。
- ▶ 大気乱流特性量評価に必要な大気乱流関連データを飛行試験で取得するために必要な地上計測システムへの要求を検討・決定した。



ロバスト低ブーム設計効果（ブーム強度分布）



実証機形状

## 2 極超音速要素技術 （幅広い作動域を有するエンジン設計技術）

- システム検討と将来実証計画策定：実証ミッション機体の一次設計として、実証ミッション内容（離陸～巡航速度（マッハ6）まで加速～帰還）を設定、エンジン性能の概算予測を行い、エンジン各要素への要求等を整理した。

- スクラムジェット(SJ)低速化技術：SJの一次設計として、上記システム要求に沿う空気取入口、燃焼器、ノズルの一次設計を実施し、下限飛行マッハ数での点火・保炎可能性を示すとともに、燃焼効率改善に向けた設計・試作を進めた。

- ターボジェット(TJ)高速化技術：TJの熱防御の成立性検討として、ラムダクト（外筒）から内部TJ（内筒）への熱伝達を評価し、燃料による冷却性成立を確認し、TJ地上実証試験用エンジンの概念設計を行った。

- エンジン切り替え技術：SJとの切り替え機構含むTJ・RJ空気取入口の一次設計を得てCFDによる性能評価を実施した。

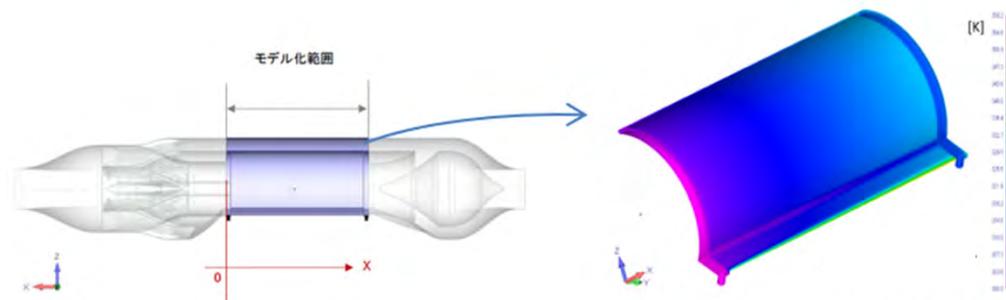


RDトーチONのみ



RDトーチON+主燃料（水素）

能力の高いSJ点火器の作動試験



実証機用TRJエンジン（左）と熱解析結果（右）

PD：原田賢哉（国研） JAXA サブPD：浅井圭介（2025/6末まで） 東北大学

実施体制：(1) (株) Space Compass、新明和工業（株）、（株）三菱総合研究所  
(2) ソフトバンク（株）

## アウトプット目標・全体計画

## 【アウトプット目標】

## (1) 海洋状況把握技術に関する研究開発

- ① 要件定義
- ② EO/IR及びSARのHW/SW開発
- ③ 運航管理システムの開発
- ④ 成層圏環境実証

## (2) 長期航行技術に関する研究開発

- ① 太陽光パネル、蓄電池技術のフィジビリティスタディ
- ② 高高度無人機の長期航行技術に関する研究開発 ★ ステージゲート/中間評価

テーマ	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	2028年度
(1)	要件定義	要素技術開発		成層圏実証	
(2)	F S	要素技術開発		成層圏実証	

## 研究開発の進捗・成果

## (1) 海洋状況把握技術に関する研究開発

- ① 要件定義：HAPS機体等の技術動向分析、公的機関、民間企業におけるユースケース調査を行い、リモートセンシングシステム、運航管理システムに関する要件定義を実施した。
- ② EO/IR及びSARのHW/SW開発：①に基づき、EO/IR及びSARシステムの要素技術、MDAシステム・統合分析プラットフォームの要素技術の基本設計を開始した。
- ③ 運航管理システムの開発：①に基づき、運航管理システムの機能や挙動について取りまとめた基本設計書を策定、画面設計を完了した。
- ④ 成層圏環境実証：高高度環境の機体設計要件を検討するとともに、システム概念設計、搭載エンジン選定、機体構造概念設計等を実施し、基本構想として取り纏めた。

## (2) 長期航行技術に関する研究開発

- ① 太陽光パネル、蓄電池技術のフィジビリティスタディ：高効率太陽電池及び高密度エネルギー電池バックについて、フィジビリティスタディを実施し、以下の項目を明確にした。
  - ・高高度無人機の長期航行を実現するための要件定義
  - ・HAPS搭載に向けた開発要素の抽出
  - ・2027年度中間目標および2028年度最終目標の設定

## 達成目標

## (1) 海洋状況把握技術に関する研究開発

- ① 既に成層圏での長期航行を実現している機体への同時搭載を前提としてユースケースを設定し、社会実装を見据えた上でEO/IR及びSARに求められる解像度等のスペックを設定する。
- ② ①を踏まえ、機体に同時に搭載を可能とするEO/IR及びSARを開発し、地上試験により設計した機能・性能を満足することを確認する。
- ③ ①を踏まえ、HAPSの離陸・上昇・移動・運用・移動・下降・着陸の各飛行プロセス単位の運航管制を可能とする運航管理システム等を開発し、シミュレーション等により設計した機能・性能を満足することを確認する。
- ④ ②③で開発するEO/IR及びSARのHW/SW、運航管理システムを成層圏環境で実証するため実証用機体及び地上システムを設計・製造する。

## (2) 長期航行技術に関する研究開発

- ① 高効率太陽光パネル及び高密度エネルギー蓄電池について、長期航行を実現するためのHAPS搭載に向けた開発要素及び達成目標の抽出を行う。
- ② 2027年度までに、蓄電池、及び太陽光パネルの成層圏模擬環境での性能試験を行い、以下を確認する。
  - i) 実測した性能値を用いて、実際にHAPSに搭載した場合の飛行性能を試算し、日本の緯度原点以上においても通年で飛行可能であること。
  - ii) 半年以上の連続運用において、耐久性を有すること。

## 当初計画からのずれ・変更点及びその影響

特になし。

## 今後の課題と対応・その他の活動

## (1) 海洋状況把握技術に関する研究開発

- ・要件定義に基づき、2025年度は各要素技術の開発を実施する。
- ・運航管理システムは、今後のアルゴリズム開発において国外の業界団体等における対外発表を念頭に置いた研究開発を行う。
- ・国際標準や国内のMDAシステム等との差別化を意識し、適宜指定基金協議会にも相談しながら研究開発を進めて行く。

## (2) 長期航行技術に関する研究開発

- ・「② 高高度無人機の長期航行技術に関する研究開発」の公募を実施、採択先を決定し要素技術の開発を開始する。

# 長距離物資輸送用無人航空機技術の開発・実証

PO：小笠原 俊夫 東京農工大学 工学研究院 教授

実施体制：(株)コントレイルズ、金沢工業大学、(株)ザクティ、(株)ジェイテクト、静岡理工科大学、(株) NTT e-Drone Technology、ヤマハ発動機(株)

## アウトプット目標・全体計画

### 【アウトプット目標】

- ①機体構想及び機体設計 ②重要要素技術の開発 ③試験機を用いた評価試験

	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	2028年度
①	機体構想の検討	詳細設計	改良設計		
②		ステージート、中間評価			
③					事後評価

## 研究開発の進捗・成果

### ①機体構想及び機体設計

・長距離飛行と高ペイロード運搬を達成するための機体構想を設定し、性能諸元、主要部品の搭載位置や重心位置などを確定させることで、基本構造設計が完了した。

### ②重要要素技術の開発

I 代替燃料で運用可能なハイブリッド動力システムの開発  
 軽量・コンパクト・高出力・低振動を実現するエンジンの基本設計が完了し、細部設計に進んだ。エンジンに取り付ける発電機の製作を行い、エンジン出力に合わせた電源マネジメントシステムの開発を実施した。

II 高出力モータ/ロータの開発  
 モータは1回目の試作品が完成し、その出力試験を実施した。試験結果から課題を洗い出し、改良設計を行った。ロータは垂直・水平ともに空力諸元が確定し、試作検討に着手した。

III 軽量構造技術の開発  
 候補材料の強度試験結果とサンドイッチ構造の試験供試体の基礎データを取得し、入手性と生産性を考慮して候補材料を9種類に絞り込んだ。

## 達成目標

現行のバッテリーやエンジン等を動力源とする無人航空機ではカバーできない長距離飛行及び高ペイロード運搬を実現するため、エンジンとバッテリー駆動モータの利点を組み合わせた高効率なハイブリッド動力システムを活用しつつ、ジェット燃料や水素、SAF等の代替燃料で運用できる動力源の開発や軽量の機体構造など、長距離物資輸送用無人航空機の実現に必要な革新的技術を開発する。

また、個々の要素技術を統合させることにより、30～50kg程度の物資を、最大1,000km程度輸送することができ、垂直離着陸可能な無人航空機を試作し、実機による実証試験を通じて技術を確立させる。

## 当初計画からのずれ・変更点及びその影響

特になし。

## 今後の課題と対応・その他の活動

### 今後の課題

- ・国内サプライチェーンの構築を考慮した機体試作のための部品メーカーを選定する。
- ・機体の飛行試験場所を確保するべく、自治体やニーズ省庁に協力を要請し実施に向けて調整を進める。
- ・シミュレーション等によりSAFや水素で運用する場合の課題を抽出し、評価試験へと着実に進める。

### その他の活動

- ・ニーズ省庁との意見交換を実施し、課題として挙げられた船上離着陸環境、耐風性、耐雨性などの自然環境対応等について、今後も継続して意見交換を行っていく。
- ・NEDOが出展したJapan Drone 2025（2025/6/4-6）にてスケール機等を展示、多くの来場者があり、想定するユースケース等の情報発信を行った。

- **サイバー空間領域**

# 人工知能 (AI) が浸透するデータ駆動型の経済社会に必要なAIセキュリティ技術の確立

PO: 松本 勉 (国研)産業技術総合研究所 フェロー

副PO: 高橋 克巳 日本電信電話(株) 社会情報研究所 主席研究員

研究代表機関: 東北大学、国立情報学研究所、東京科学大学、(株)KDDI総合研究所

## アウトプット目標・全体計画

### 【アウトプット目標】

AI セキュリティに関する必要な知見蓄積や、知識・技術体系を整理するとともに、具体的なシステムを対象としたプロトタイプの実証実験を実施する。併せて、産学官の複数の研究チームにより基盤的な研究開発を行う中で、全国的な情報発信や研究者間の連携を促し、その後の展開あるいは社会実装に繋げていく。

## 達成目標

AIセキュリティのリスク、即ちAIによってもたらされる負の影響に対応するための技術の獲得や知識・技術体系の整理を目指す。

- AIの情報システムの側面に着目し、AIが攻撃され、AIシステムの機能や性能などが損なわれることに対応する、AI システムへの攻撃（脅威）とAIシステムの開発者や管理者のための防御に関する技術を獲得する。
- AIの人や社会といった外部へ作用する側面に着目し、AIシステムの悪用と、AIを利用する・AIに接する人や社会のための防御（回避）、またはAIの開発者や管理者のためのAI システムの悪用自体を困難にする技術を獲得する。
- AIセキュリティのリスクに関する知識や技術の体系化を行う。

## 研究開発の進捗・成果

### 【研究開発課題一覧】 2024年12月～研究開始

類別	研究代表者	所属・役職	課題名	進捗・成果
一般研究開発	本間 尚文	東北大学・教授	AIハードウェアセキュリティ基盤技術の開発	ハードウェアに対する物理計測・前処理等もしくはデータ解析等にAIを駆使する物理攻撃手法の開発に向けた評価環境構築と関連技術調査・基礎検討を実施した。
データ基盤構築支援型研究開発	越前 功	国立情報学研究所・教授	SYNTHETIQ X: フェイク情報拡散の防御と予防を実現する研究基盤	ユニモーダルメディアを対象に、フェイク情報の生成手法、拡散を防御・予防する手法に関して、基本的な技術仕様を検討した。
	佐久間 淳	東京科学大学・教授	大規模言語モデルのミスライメントに対するレッドチームリング基盤	「偽情報」に関するアノテーションガイドラインの作成とトライアルを実施。敵対的評価データ基盤の攻撃アルゴリズムの構築、レッドチームレームワークの仕様策定を進めた。
知識・技術の体系化研究	披田野 清良	株式会社KDDI総合研究所・セキュリティ部門 エキスパート	安心安全なAI利活用の為の知識・技術の体系化と知識集約環境構築	知識・技術の体系化と知識集約環境の構築によってAIセキュリティに関する情報を提供するWebサイトの公開・運用を開始した。

## 当初計画からのずれ・変更点およびその影響

特になし

## 今後の課題と対応・その他の活動

### 【今後の課題と対応】

- 本間課題: 最新のAIを用いたこれから出現する可能性のある攻撃に対する防御の検討
- 越前課題: コンペティションは広く実施するため、PO・副POが支援。成果の社会実装にあたり、提供範囲によっては、倫理的又は制度的な規範に反するおそれも考慮
- 佐久間課題: LLM自体の進化に追従した評価方法を持続的に検討
- 披田野課題: AISIやIPAとの連携も模索。広報、課題間連携活動はJSTと連携

### 【研究開発スケジュール】

3年目に中間評価としてSG評価を実施。通過した課題は、5年目に事後評価を実施。



### 【その他の活動】

- 2025年7月26日に第1回全体会議（非公開）を対面・オンラインハイブリッドで開催予定



# サプライチェーンセキュリティに関する不正機能検証技術の確立 (ファームウェア・ソフトウェア)

PO: 松本 勉 (国研)産業技術総合研究所 フェロー

研究代表機関: (株)FFRIセキュリティ、(国研)産業技術総合研究所、岡山大学、国立情報学研究所

## アウトプット目標・全体計画

### 【アウトプット目標】

#### ①不正機能の意図性に関する評価手法

多様な過去の事例 (100 件以上) の分析に基づき、不正機能が意図的に埋め込まれた可能性を 2 段階以上で評価するツールを開発する。

#### ②ソフトウェア構成の情報を活用した不正機能の検証手法

不正機能の検証の効率化・高度化につながるソフトウェア構成情報を活用した不正機能検証ツールを開発する。

#### ③システム・サービスのレジリエンス性の確保に関する手法

重要インフラ分野における制御システムについて、インシデント発生時のシステム・サービスへの影響を最小限に留めるためのツールを開発する。

## 達成目標

### ①不正機能の意図性に関する評価手法

過去の事例の分析により、不正機能の体系化・類型化を行うとともに、不正機能が意図的に埋め込まれた可能性を評価する方法論を整理し、ツール化するための開発・実証を行う。

### ②ソフトウェア構成の情報を活用した不正機能の検証手法

OSSのみではなくプロプライエタリソフトウェアも対象に、ソフトウェア構成情報を活用した不正機能検証の効率化・高度化の方法論を整理し、ツール化するための開発・実証を行う。

### ③システム・サービスのレジリエンス性の確保に関する手法

重要インフラ分野における制御システムについて、インシデント発生時のシステム・サービスへの影響を最小限に留めるために、残存リスクを最小化するための対策候補を自動的に生成・提案する方法論を整理し、ツール化するための開発・実証を行う。

## 研究開発の進捗・成果

【研究開発課題一覧】 ①: 2025年4月～研究開始、②及び③: 2024年9月～研究開始

手法	研究代表者	所属・役職	課題名	進捗・成果
①不正機能の意図性に関する評価手法	金居 良治	(株)FFRIセキュリティ・専務取締役 最高技術責任者 兼 ナショナル・セキュリティ事業本部長	不正機能の意図性評価に関する方法論整理及び評価ツールの開発	※2025年4月研究開始 本課題は研究開始して間もないため、参考情報として【研究開発課題一覧】にのみ掲載
②ソフトウェア構成の情報を活用した不正機能の検証手法	森 彰	(国研)産業技術総合研究所・研究チーム長	バイナリー静的解析による不正機能および脆弱性の検証技術の研究	バイナリー静的解析で、実機器のファームウェアに潜む脆弱性の網羅的検出が可能なることを確認
	山内 利宏	岡山大学・教授	脆弱性と不正機能検知によるサプライチェーンセキュリティのリスク評価手法の研究開発	有用なソフトウェア構成情報の取得手法や脆弱性推定手法の検討。SCAツールの評価指標の検討
③システム・サービスのレジリエンス性の確保に関する手法	高倉 弘喜	国立情報学研究所・教授	サイバー攻撃下の抗堪性を確保するインフラ運用支援システムの実現	医療機関ネットワーク・機器向け観測制御方式、模擬ネットワークの設計着手

### 【進捗・成果】

2025年3月に各研究代表者とPO/分科会委員が面談して進捗確認を行い、各研究開発課題とも1年目の目標を達成していることを確認した。

## 当初計画からのずれ・変更点およびその影響

特に無し

## 今後の課題と対応・その他の活動

### 【今後の課題と対応】

#### ②ソフトウェア構成の情報を活用した不正機能の検証手法

- 開発手法の有効性を実証する実験環境の整備
- 低コストで有用なソフトウェア構成情報を取得するプログラムの開発

#### ③システム・サービスのレジリエンス性の確保に関する手法

- 実稼働中の医療情報ネットワーク (京大病院) 内に、プロトタイプシステムの実装開始

### 【研究開発スケジュール】



### 【その他の活動】

- 2025年10月20日にシンポジウム開催予定
- 2025年夏頃、本構想のHP公開予定



# 半導体・電子機器等のハードウェアにおける不正機能排除のための検証基盤の確立

PO：江崎 浩 東京大学 サブPO：中村 宏 東京大学

実施体制：(国研)産業技術総合研究所/リンテック(株)、(株)SCU、東京大学、神戸大学

## アウトプット目標・全体計画

### 【アウトプット目標】

- ①半導体設計フェーズにおける検証
- ②半導体製造フェーズにおける検証
- ③ソフトウェア印加フェーズにおける検証
- ④電子機器設計・製造・運用フェーズにおける検証

2023年度	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	2028年度
		中間評価（ステージ）			終了時評価
要件定義／評価手法の確立		標準化、パイロット実証			

## 達成目標

### (1)アウトプット目標のうち中間評価（ステージ：2025年度）における達成目標

半導体・電子機器等のハードウェアのライフサイクルの各フェーズにおける不正機能検出に必要な検証技術の開発や検証手法の構築。  
 ⇒計画通り進捗し達成、ステージ審査（6/2）にて継続決定。  
 評価内容：要素技術探索・開発は順調な成果。  
 プロジェクト後半では、計画的な社会実装と産業界での普及に向けてのプロモーション、標準化及びその具体的な手続き、アカデミック面の成果に限らず産業的な成果と普及の実現が重要。  
 引き続き、着実な実施を期待。

### (2)アウトプット目標のうち最終年（～2027年度）における達成目標

検証技術の最適化と検証体制の構築。

## 研究開発の進捗・成果

2024年度については、予定通りの進捗が得られている。具体的には以下の通り。

### ①半導体設計フェーズにおける検証

・ガロア体乗算器やAES※等を対象とした検証技術の検証適用範囲をさらに拡張することに成功した。また、形式検証ツールの開発を行い、2025年5月に形式検証ツールver.1.0を完成し、評価を開始した。2025年9月までにver1.0の評価を完了予定。  
 ※AES:Advanced Encryption Standard

### ②半導体製造フェーズにおける検証

・半導体・電子機器事業者より提供される実製品について、要求外の機能の混入あるいは設計データの改竄が無いことを確認する検出方法を検討した。また、実機の評価ターゲットとして、AES暗号回路に考案したハードウェア Trojan を仕込んだ複数回路を搭載した半導体チップが完成した（2025年3月）。

### ③ソフトウェア印加フェーズにおける検証

・有識者ヒアリング等に基づき、保護資産の定義、脅威抽出、およびセキュリティ機能導出を行った結果、セキュリティ要求仕様書の第0版を作成した。

### ④電子機器設計・製造・運用フェーズにおける検証

・相互監視・機械学習による不正検知手法の方針を取りまとめ、学習用データ収集環境を構築し、データを収集中。また、その収集を行ったデータを用いて、改竄検知位相学習モデルの構築に着手した。

## 当初計画からのずれ・変更点及びその影響

研究開発構想からのずれや変更点は特になし。

## 今後の課題と対応、その他の活動

### (1)今後の課題と対応

#### ①技術開発の継続

計画通り進捗中、推進を継続。

#### ②パイロット実証を進める

開発した技術を、より実地的な対象・状況に適用する。

#### ③標準化や外部組織との連携

連携の試みを継続中、状況に応じて柔軟に対応する。（JEITA、SEAJ等）

### (2)その他の活動

人工物メトリクスに関する日本工業規格（JIS X 22387）のJIS化プロセスを進めた結果、2024年11月20日にJISが制定・発行・公示された。

## アウトプット目標・全体計画

### 【アウトプット目標】

- ① 強固な鍵管理によるデータセキュリティ技術
- ② データの保護と流通の自動化技術
- ③ 経路特性保証型のクラウドネットワーク技術

開発テーマ	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	2028年度
① (HSM除く) ②, ③	要件定義 / 標準手法の確立		開発・プロトタイプ実証		事後評価	
① (HSMのみ)	要件定義 / 標準手法の確立		中間評価 (ステージゲート)	開発、パロッド実証、標準化		事後評価

## 達成目標

### (1) アウトプット目標のうち①、②、③の達成目標 (～2025年度)

異なるセキュリティレベルを有する複数のクラウドサービスを、安全・安心かつ円滑に活用して行くための基盤技術(HSM※1に関するものを除く)の確立、および実サービスとしてのクラウド基盤の構築。またHSMに関しては、国際的なセキュリティ基準 (FIPS※2等) を参照した要求仕様の策定や設計を行うとともに、評価手法を構築する。

※1 HSM: Hardware Security Module

※2 FIPS: Federal Information Processing Standard

### (2) アウトプット目標のうち最終年の達成目標 (～2027年度)

異なるセキュリティレベルを有する複数のクラウドサービスを安全・安心かつ円滑に活用するための、鍵管理を厳格化するハードウェア技術を含めた各技術を実サービスとして実装したクラウド基盤の構築。

## 研究開発の進捗・成果

2024年度については、予定通りの進捗が得られている。具体的には以下の通り。

### ① 強固な鍵管理によるデータセキュリティ技術

- ・最新の NIST PQC 標準化状況をふまえて、NEDO研究開発期間及び事業化期間 (想定) におけるPQC標準化対応タイミングを見直し、研究開発実施計画を修正した。
- ・HSM技術は、基本設計以降、主にソフト機能、ハード機能に研究項目を振り分けて、開発方法をフェーズ管理で実施することとし、目標を再設定した。スケジュールも変更して開発を進め、2024年度の目標を達成している。事業計画に関しては、市場状況、顧客ヒアリングをもとに分析を実施、新規分野との連携協議も実施して事業計画を策定した。

### ② データの保護と流通の自動化技術

データ提供者及びデータ利用者が利用するポータル機能と、データ利用制御技術との連携開発において、開発ボリュームの再精査を行い、スケジュールを見直した。

### ③ 経路特性保証型のクラウドネットワーク技術

標準化に関して、詳細な状況分析や、PO/SPOとの議論も踏まえて、分析範囲や研究の手順の見直しを行った。そのため、当初計画と比べて前後している項目があるが、全体としては予定通りの進捗が得られている。

★ステージゲート審査：計画通り進捗し達成、ステージゲート審査 (6/2) にて継続決定。  
評価内容：当該技術の国産化という達成目標に対して概ね順調に進捗、継続に問題なし。  
国内にも市場があり、日本、アジアを足掛かりとし欧米へ展開していく事業戦略も評価。

## 当初計画からのずれ・変更点及びその影響

研究開発構想からのずれや変更点は特になし。

## 今後の課題と対応、その他の活動

### 今後の課題と対応

#### ① 強固な鍵管理によるデータセキュリティ技術

・開発する鍵管理ソフトウェア技術がニーズに即していることを確認するため、利用者鍵管理モデル毎にポイントを定めて開発を行い、総合検証にて実証する。

・HSM：社会実装に向けて、ハイブリッドクラウドの上流にあたるベンダと早期に接続確認を実施し、動作検証を実施する。また、その他既存HSMユーザとのPoCを早期実施し、フィードバックや業務連携を進める。

#### ② データの保護と流通の自動化技術

2025年度前半には研究環境内の基本機能開発 (プロトタイプ) を完了させ、後半には外部接続・実証を進める。

#### ③ 経路特性保証型のクラウドネットワーク技術

実験環境について、実験環境構築と計測詳細化を同時に進めており、2025年度に実データ取得とともに検証を開始する予定である。

## アウトプット目標・全体計画

### 【アウトプット目標】

- ①サイバー空間の情報を収集・調査する状況把握力の向上
- ②サイバー攻撃から機器やシステムを守る防御力の向上
- ③共通基盤の整備
- ④セキュアな量子情報通信技術の開発

### 【全体計画】

テーマ	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	2028年度	2029年度
①		★	★	★		★
②		★	★	★		★
③		★	★	★		★
		要件、手法、仕様、基礎技術等の確立		社会実装に向けた機能実証		
④		★	★			
		中間評価 (ステージング)		事後評価		
		専用DSP機能の検証実験		試作機による早期実装検証		

## 研究開発の進捗・成果

2024年度は予定通りの進捗が得られている。具体的には以下の通り。

①AIによるマルウェアの自動分類システムを試作した。OSシステムや攻撃の早期発見システムの要件定義の着手、取り扱う脅威情報の整理を実施した。

②AIを用いた脆弱性探査の課題と、ファジング結果のトリアージ技術の知見の整理、ペネトレーションフレームワーク技術の要件定義、PQCの実装の着手、ユニバーサルデジタルセンサを使用したプロトタイプ実装等の耐タンパー技術調査と評価を実施した。

③情報収集基盤の試作と動作確認及び高度サイバー人材の評価管理手法及び管理プロセスに関する調査を実施した。

④位相変調(PSK)と直交振幅変調(QAM)を適用し、長距離化、大容量化を見据えたQNSCデジタルコヒーレント方式や関連要素の詳細設計に着手した。最終的な目標速度を視野に入れたデバイスの選定を実施した。鍵管理システムの仕様化を行った。光ワイヤレス通信の開発方針の決定を行った。

①②③及び④について、早期の社会実装に向けて複数の想定ユーザ(省庁等)への説明及びユーザが期待する技術のヒアリングを行った。

## 当初計画からのずれ・変更点及びその影響

なし。

## 達成目標

### (1)アウトプット目標のうち①、②、③の最終年の達成目標(～2029年度、図1)

- ①AIを活用した高度かつ未知の攻撃の早期発見技術の確立と、攻撃者やサイバー空間の情報を収集する技術の社会実装
- ②AIを用いた脆弱性の検知・評価技術、PQCのSW/HW実装技術、ペネトレーションテスト等の検証手法自動化技術等の社会実装と耐タンパー要素技術の開発とガイドラインの策定
- ③共通基盤の構築と高度サイバー人材の評価・管理に関する技術や方法の展開

### (2)アウトプット目標のうち④の最終年の達成目標(～2027年度)

- ④QNSCシステム(図2)構成の確立と、単波長10Gbps以上の試作機による有効性の検証、光波長多重による100Gbps以上の伝送の見通しを得る。光ワイヤレスの可能性を実証する。

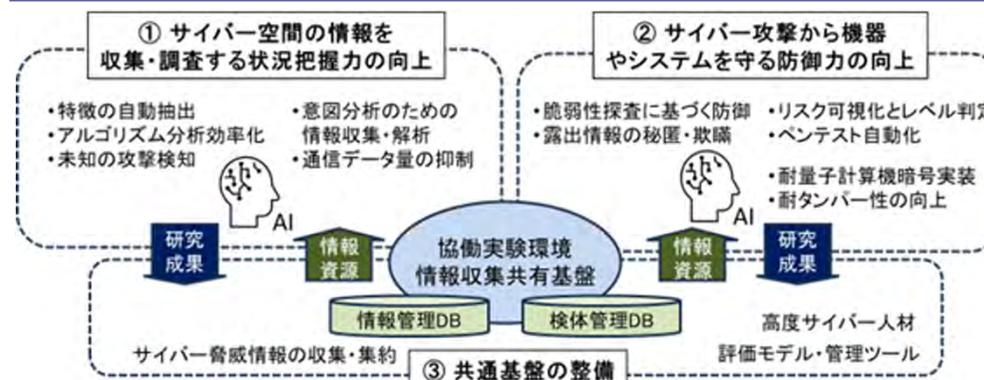


図1 研究開発項目①②③の達成目標

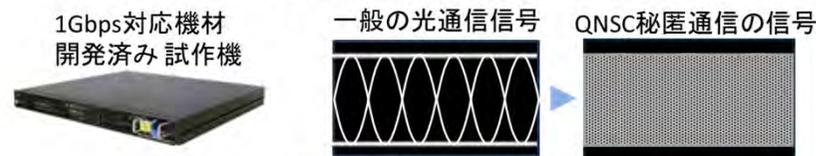


図2 研究開発項目④の達成目標

## 今後の課題と対応・その他の活動

1. 早期社会実装に向け、想定ユーザへの説明及び技術要件ヒアリングを継続する。
2. AIを含むグローバルな技術動向を常時チェックし、研究開発に取り込む。
3. 社会実装の最終イメージに沿った成果に向けて各研究開発項目を連携する。

## 偽情報分析に係る技術の開発

PO：鈴木 潤（東北大学）

実施体制：富士通株式会社

## アウトプット目標・全体計画

## 【アウトプット目標】

- (1) 要件定義
- (2) 偽情報検知技術
- (3) 偽情報評価技術
- (4) 偽情報検知/評価システム化技術

## 【全体計画】

テーマ	2024年	2025年	2026年	2027年
(1)	ユースケース、技術動向の調査、要件定義の検討			
(2)	偽情報検知手法の確立	中間評価（ステーション）	開発・検証	事後評価
(3)	偽情報評価手法の確立	中間評価（ステーション）	開発・検証	事後評価
(4)	偽情報検知/評価システムの仕様確定	中間評価（ステーション）	システムの構築・検証	事後評価

## 研究開発の進捗・成果

2024年度は、偽情報対策技術の要素技術開発とシステム化に向け、要件定義と基盤構築を推進。具体的には以下の通り。

1. **要件定義**：重点分野の選定、対策技術動向調査、ユースケース検討を実施し、機能要件抽出とシステム構成を導出。関係省庁/有識者との意見交換も実施。
2. **偽情報検知技術**：ディープフェイク音声検知では、大規模データで事前学習した基盤モデルの追加学習により、高精度な未知生成手法の検知を実現。メディア理解技術として属性抽出、追跡、行動情報抽出技術を試作。発信位置検証技術では、ネットワーク遅延時間を用いた位置推定技術と画像からの位置推定精度向上に向けた誤推定削減方式を設計。エンドースメント管理基盤は基本設計と標準化動向を調査。
3. **偽情報評価技術**：SNSデータに基づき、情報拡散ネットワーク特徴量取得API群を開発。X全量ポスト分析基盤を構築し、論争的トピック抽出や情報変容・改変抽出手法を検討。
4. **偽情報検知/評価システム化技術**：SNS投稿の文脈一致判定と真偽判定を組み合わせた総合真偽判定アルゴリズムを考案・実装。オーケストレーション機能、モジュール型ファクトチェック説明UIの基本設計を実施。日本語LLMの研究開発では、言語モデルの継続事前学習とハルシネーション抑制技術の評価。IoTセンサーデータを用いた真偽判別手法も考案。

## 達成目標

## 【中間目標】（2025年度）

SNS投稿等をターゲットにメディア毎の情報分析(画像/映像/音声)から総合真偽判定/影響度評価までの各技術を統合した偽情報対策システムの第一版を構築する。さらに対象とする情報のカテゴリーを絞りこみ、組織ユーザーと連携してユーザ評価やシステム評価により効果を検証する。

## 【最終目標】（2027年度）

各技術の改良や拡充を行うとともに、対象分野を複数に拡大し、組織ユーザーが実業務で活用できるシステムを構築する。

## 当初計画からの変更点及びその影響

研究開発構想からの変更は無し

## 今後の課題と対応・その他の活動

## 【今後の課題と対応】

要件定義の結果を踏まえて、以下のとおり実施する。

- 偽情報対策システム第一版の開発（2025年度末まで）
- 組織ユーザーと連携したトライアル（2025年度実施）
- 対象分野の拡充、エコシステムの拡大（2026年度）
- 実業務で活用可能なシステムの構築（2027年度）

## 【その他の活動】

- 2025年7月31日に公開シンポジウム開催(予定)

- **領域横断**

# ハイパワーを要するモビリティ等に搭載可能な次世代蓄電池技術の開発・実証

PO：安田 和明（国研）産業技術総合研究実施体制：（株）東芝

## アウトプット目標・全体計画

### 【アウトプット目標】

- ①高入出力・長寿命・高安全化のためのリチウムイオン電池用材料開発
- ②高入出力プロトタイプセルの開発及び試作検証
- ③重機・建機・船舶を想定した性能シミュレーション
- ④システム（パワートレイン）での性能実証

	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度
①リチウムイオン電池用材料開発	材料・電池構成技術開発	ステージゲート	中間評価		
②セルの開発及び試作検証	プロトタイプセル設計		プロトタイプセル試作検証		
③性能シミュレーション	重機・建機、船舶システムシミュレーション				事後評価
④システムでの性能実証			バック化、バック評価、パワートレイン実証		

## 達成目標

### 【中間目標】（2025年度）

大型モビリティへの適用を見据え、容量10Ah級、400Wh/L<sup>※1</sup>以上のエネルギー密度をもったセルを試作し、10kW/Lの入力密度、5kW/Lの出力密度、5Cレート以上での充電受入性の確保、-30～70℃と広い温度域での作動性能の確保、さらには10万サイクル<sup>※2</sup>の寿命確保を満足する機能検証を行う。

### 【最終目標】（2027年度）

量産を見据えたセルのテストサンプルを用意し、パック化を行う。また、大型モビリティのパワートレインを模擬した地上試験にて機能を実証する。

※1 素子エネルギー密度（電極体の容量ベース）

※2 △SOC50%、維持率80%、外挿による予測値も可

## 研究開発の進捗・成果

2024年度は、予定通り進捗。具体的には以下の通り。

①高入出力・長寿命・高安全化のためのリチウムイオン電池用材料開発  
量産化を見据え、高性能ニオブチタン酸化物（NTO）材料の中量合成条件を確立、実証した。また、性能向上を目的としたNTO材料への添加元素を決定し、その効果を確認した。

②高入出力プロトタイプセルの開発及び試作検証  
開発したNTO材料を用いて小型1Ahセルを試作、ステージゲート目標で掲げる電池性能を実証した。NTO材料の中量塗液製造技術を確立、目標性能を達成するセルの仕様・製造条件を決定し、10Ah以上のプロトタイプセルを試作し、釘刺し試験にてハザードレベル3以下の安全性を実証した。

③重機・建機・船舶を想定した性能シミュレーション  
2024年度は、移動式港湾クレーン、小型内航フェリーを対象とし、シミュレーションモデルを策定した。一般的な液系リチウムイオン電池に対して、本事業リチウムイオン電池を採用した場合のTCOやCO2排出量の低減効果を算出した。

また、成果の社会実装に向けて、関係省庁と、想定ユースケースにおける蓄電池ニーズや関連政策、性能シミュレーション結果についての意見交換を実施した。

ステージゲート審査（2025年1月15日）：継続  
理由：1Ahセルにより、全ての項目でステージゲート目標を達成し、実用化が期待されることから、事業を継続すべきと判断した。

## 当初計画からのずれ・変更点及びその影響

特になし

## 今後の課題と対応・その他の活動

今後は、性能シミュレーションにおいて、より高い優位性が確認できた鉦山トラックと小型内航フェリーを対象とし、これらへの搭載を想定した条件で電池パックの性能実証を実施する。

2025年度は、モジュール／パックの構想設計及びモジュールの基本性能評価を実施する。高入出力・長寿命・高安全を実現するために、冷却性能と絶縁耐圧の両立が課題であり、コンセプト段階からこれらを考慮して設計を行う。

関係省庁やユーザー企業との議論を継続し、有望な適用先の検討及び社会実装に向けた取組を推進する。

# 宇宙線ミュオンを用いた革新的測位・構造物イメージング等応用技術

PO: 中野 貴志 大阪大学 核物理研究センター センター長

代表実施機関: 大阪大学(3件)、高エネルギー加速器研究機構(3件)、東京都立大学、名古屋大学、東京大学

## アウトプット目標・全体計画

### 【アウトプット目標】(抜粋)

#### <測位・時刻同期 (PNT) 技術>

GNSS通信が不可能な海底や建物内部・地下などの環境下で位置情報取得や時刻同期が可能な技術体系の整理を目指した要素技術開発、ならびにさらにミュオンを用いたPNT技術の実装(小型化等)に向けた要素技術の高度化を行う。加えて、シミュレーションによる技術の妥当性検証も併せて行う。

#### <構造物イメージング技術>

ミュオンを用いた火山活動や自然現象の観測、インフラやコンテナの検査精度の向上を目指し、構造物イメージングに必要な技術の高度化と、人工的にミュオンを生成する可搬システムの開発、および関連技術の高度化を行う。加えて、シミュレーションによる技術の妥当性検証も併せて行う。

## 達成目標

- 【大田課題】50psレベルの精度をもった有線時刻同期システム検証、各種検出器対応の小型読み出し回路の開発、高速データ転送・処理アルゴリズムの開発と実証
- 【石川課題】火山現場にて使用可能な時刻・二次元位置を読み出し用MRPCの開発、MRPCの大型化とガス置換不要化の達成
- 【梅垣課題】X線ピクセル検出器の大型化と元素分布可視化システム構築
- 【角野課題】ミュオン測定システムの高精度実証、低消費電力100W未満のシステム実現、一般提供可能なハード・ソフトウェアのパッケージ化
- 【河村課題】TESの高エネルギーX線対応と検出器、標準線源使用による校正法の確立、元素分析・化学分析に向けた基礎データの取得
- 【下村課題】再加速技術、ミュオン発生加速器の小型化技術による小型で人工的に生成した高強度のミュオンによるイメージングシステム全体の妥当性検証
- 【野海課題】大型エアロゲル放射体と高速データ処理によるミュオンの飛来方向と運動量のオンラインマッピング化、高運動量ミュオンビームでμRICHの性能実証
- 【森島課題】新型原子核乾板・読取装置を組合わせたシステムの構築と実証、原子核乾板工程の省力化・迅速化・高精度化達成
- 【高橋課題】高分解能Glass GEM検出器の試作とミュオン計測性能の確認、ミュオン計測装置の小型化・軽量化と高測位分解能の達成

## 研究開発の進捗・成果

### 【研究開発課題一覧】

(課題の技術分類) 1:測位・時刻同期(PNT)技術、2:構造物イメージング技術、3:1,2の両方につながる技術

研究代表者	所属・役職	研究開発課題名	進捗・成果
大田 晋輔 (技術分類:1)	大阪大学・准教授	仮想測位基準点を構築する即時分散データ処理技術	空気シャワーのシミュレーション、時刻同期システムの開発、光センサ用ASICの製造等を実施した。
石川 貴嗣 (技術分類:2)	大阪大学・教授	時刻と二次元位置を同時に測定する高抵抗板検出器の開発	MRPCの高圧電極素材を探索、位置分解能を評価するとともに、電場勾配を抑制する小型スパーサーの導入にも成功した。
梅垣 いづみ (技術分類:2)	高エネルギー加速器研究機構・助教	ミュオン特性X線を用いた元素分布の可視化技術の開発	CdTeピクセル検出器の性能ばらつきを定量化、ハイブリッド型Siピクセル検出器用センサーの試作機を開発した。
角野 秀一 (技術分類:2)	東京都立大学・教授	運動量測定による汎用高分解能ミュオンラジオグラフィシステムの開発	モジュール化した永久磁石の磁場解析を実施した。また、ミュオン位置検出器の概念設計を行った。
河村 成肇 (技術分類:2)	高エネルギー加速器研究機構・特別教授	超伝導転移端マイクロカメラを用いた宇宙線ミュオンによる超高分解能元素分析	J-PARCでの実験に向けた諸準備を進めた。また、標準線源によるエネルギー校正手法の開発を進めた。
下村 浩一郎 (技術分類:2)	高エネルギー加速器研究機構・教授	小型で人工的に高強度のミュオンを生成するコア技術の開発	小型ミュオン源/加速器の基礎検討、シンクロサイクロトロン加速方式の概念設計等を実施した。
野海 博之 (技術分類:2)	大阪大学・教授	可搬型広角ミュオン4元運動量計測装置と高運動量ミュオン源の開発	集光器一体型冷却機構つき受光面の機械設計を実施した。増厚エアロゲル制作に成功。
森島 邦博 (技術分類:2)	名古屋大学・准教授	宇宙線ミュオン構造物イメージングのための原子核乾板の要素技術開発	原子核乾板の長期特性改善、感度評価手法のアルゴリズムを開発した。
高橋 浩之 (技術分類:3)	東京大学・教授	Glass GEMによる革新的高分解能ミュオンイメージング検出器の研究開発	280μmピッチのGlass GEMを用いた宇宙線ミュオンの測定を行った。また、130μmピッチでの設計を進めた。

## 当初計画からの変更点及びその影響

特になし

## 今後の課題と対応・その他の活動

- 【大田課題】衛星測位が困難な環境において、空気シャワー面を使用した時刻同期によって高精度での測位を実現し、仮想基準点の増加を通じた測位精度の大幅な向上を目指す。
- 【石川課題】火山内部の透視を可能とする素粒子実験用検出器に二次元位置読み出し機能を付加した高抵抗板検出器MRPCの開発、実際の火山観測現場で使用可能な大型で可搬性のある検出器の開発を目指す。
- 【梅垣課題】日本独自の多チャンネル半導体イメージャー技術を進展させ、大型施設でしか実現できなかったミュオン特性X線を用いた元素分布の可視化技術を高度化・小型化することを目指す。
- 【角野課題】運動量測定が可能なコンパクトなミュオンラジオグラフィシステムの開発を目的に、モジュール化によって分割運搬と現地組立が可能な設計と、ポータブル電源で運用できる低消費電力の実現を目指す。最終的にはソフトウェアとハードウェアを一般に提供可能なパッケージ化とする。
- 【河村課題】TESは従来の検出器より30倍以上の分解能を持つため、バックグラウンドに埋もれずに特性X線の観測が可能。この技術のポータブル化により、宇宙線ミュオンによる汎用非破壊分析法としての開拓を目指す。
- 【下村課題】インフラ構造物やコンテナ内部を非破壊で透視する技術の革新を目指し、高強度のミュオンを人工的に生成する小型システムの開発を行う。必要となるミュオンの再加速技術と小型ミュオン発生加速器の確立に重点を置き進める。
- 【野海課題】高エネルギーミュオンの運動量を測定し、広い角度領域で飛来方向を捉えることができるリングイメージングチェレンコフ検出器(RICH)を活用した可搬型ミュオン測定装置(μRICH)の開発を目指す。日本唯一となる高エネルギーミュオンビームラインの整備も計画。
- 【森島課題】名古屋大学独自技術である原子核乾板を用いて宇宙線ミュオンイメージングの高度化を目指す。新型原子核乾板と自動飛跡読取装置を開発し、最適な検出器設計技術を確立する。加えて、検出器の製造から解析までの各工程の自動化と効率化を狙う。
- 【高橋課題】日本発の気体放射線イメージング技術であるGlass GEM検出器をミュオン測位技術に応用。先端半導体技術を用いた集積回路と組み合わせ、高分解能測定システム開発、低コストでのcmオーダーの高分解能・高効率のミュオン位置測定実現を目指す。

<その他の活動> 2024年9月2日に公開シンポジウム開催済み

## アウトプット目標・全体計画

### 【アウトプット目標】

#### ○研究開発項目① 高出力ファイバーレーザー

#### ○研究開発項目② 高品質・高出力な半導体レーザー

研究開発項目		2024年	2025年	2026年	2027年	2028年
研究開発項目①	マイルストーン				△中間評価	△事後評価
	PBGF開発	設計・製造技術		融着技術	改良設計	
	SM-FL開発	試作・評価				試作・評価
研究開発項目②	マイルストーン					
	フィジビリティスタディ	市場動向調査	※調査研究の結果を踏まえて検討			
		技術開発の方向性検討				

研究開発のスケジュール ☆ : ステージゲート

## 研究開発の進捗・成果

### ○研究開発項目① 高出力ファイバーレーザー

全固体型PBGFの設計技術の開発、全固体型PBGFの製造技術の開発、全固体型PBGFの $A_{eff}$ 拡大特性の把握、全固体型PBGFの融着接続技術の開発、全固体型PBGFの試作評価、高出力SM-FLの開発を実施中。特に、中間評価機体の光学設計/構成要素(コンバイナ/筐体/電気・制御)を検討。高ビーム品質と高出力駆動の両立が可能なMOPA(Master Oscillator Power Amplifier)型発振器の基本構成を検討し、増幅用Ybファイバー、モードフィルタ等の光学設計、コンバイナの構造設計を実施中。また、最終評価機体の構成部品である1020nm帯レーザーダイオードモジュールの試作・評価を行い、現時点での目標値を満足。

### ○研究開発項目② 高品質・高出力な半導体レーザー

半導体レーザーのうちフォトニック結晶レーザー(PCSEL)により、既存のものでは限界のあった、小型チップで $1\text{GWcm}^{-2}\text{sr}^{-1}$ 以上の高出力(高輝度)化等が実現され、レーザー加工分野やセンシング分野でのゲームチェンジャーが期待できることを調査研究にて明らかにした。特に、小型化・低コスト化が課題である車載用LiDARの光源としてPCSELの優位性を確認し、さらに、自動運転の普及に伴い、LiDAR及び光源となる半導体レーザーの需要が見込まれることを確認した。以上を基に、半導体レーザーの目標スペックと開発項目を設定した。

## 達成目標

### ○研究開発項目① 高出力ファイバーレーザー

(中間目標) ~2026年

現在上市されているシングルモードファイバーレーザーで最も出力が高いIPG Photonics製の10kW級をベンチマークとして、同等の性能。

(最終目標) ~2028年

- ・レーザー出力 : 11kW 以上
  - ・ビーム品質 ( $M^2$ ) : 2 以下
  - ・デリバリーファイバーの長さ : 10m以上
  - ・エネルギー(電気-光)変換効率 : 38%以上
- ※ユースケース、ニーズ等を踏まえて、それぞれの項目間でのトレードオフを実施済。

### ○研究開発項目② 高品質・高出力な半導体レーザー ~2024年度

将来的な社会実装に向けた国内外の先端技術や需要等の市場動向、それらを踏まえた要求スペックや研究開発項目の特定等を行う。

## 当初計画からの変更点及びその影響

### ○研究開発項目① 高出力ファイバーレーザー

市場調査結果より、最終目標性能のレーザー出力をベンチマーク機種と同等以上へ引き下げ、デリバリーファイバー長と変換効率を引き上げるのが効果的と判断し変更した。レーザー出力とデリバリーファイバー長はトレードオフの関係にあり影響は無いが、変換効率の引き上げは影響があるため各要素の設計を見直すことで達成を図る。

## 今後の課題と対応・その他の活動

### ○研究開発項目① 高出力ファイバーレーザー

2025年度は2026年の中間評価に向けて、全固体型PBGFの設計パラメータの最適化、試作・特性評価、信頼性評価、構成品開発・評価等を行う。具体的には主に以下を目指す。

- ・ $A_{eff}$ 拡大時の設計自由度を考慮した周期構造の設計パラメータの最適化
- ・PBGF 破断強度評価方法の検討と現状性能の検証
- ・ $A_{eff}1000\mu\text{m}^2$  (基準値)を有するPBGFの試作
- ・ロボットアームに適用可能な外装ケーブルの設計
- ・PBGF/CMSの構造を検討
- ・中間評価機体の構成要素(筐体/電気・制御)の試作評価

また、今後の事業化、市場獲得に向け、国内外の競合他社動向調査を行うとともに、外部有識者を交えた委員会等を開催し潜在ユーザーの発掘、ニーズの取り込みを行う。

### ○研究開発項目② 高品質・高出力な半導体レーザー

本調査結果を踏まえ、本格研究開発への移行を検討する。

# 重希土フリー磁石の高耐熱・高磁力化技術／準安定非平衡化合物を基とする新規永久磁石の開発

PO：中村 崇（福岡県リサイクル総合研究事業化センター），小野 寛太（大阪大学）

代表実施機関：国立研究開発法人 産業技術総合研究所

## アウトプット目標・全体計画

### 【アウトプット目標】

アウトプット目標	2024～2027年	中間評価	2027～2029年
① Sm-Fe 系高鉄濃度希土類非平衡化合物磁石とそれを用いた電動モーターの研究開発	等方性ボンド磁石の製造技術開発		
	焼結磁石実現に向けた原理検証		
	電動モーターへの適用性検証		
② 完全レアアースフリー磁石の製造プロセス開発	成形技術開発		
	ナノ磁粉成形の基盤技術開発		
	モーター設計開発		
①②共通 重希土フリー磁石開発に向けた共通基盤技術開発	異方性バルク磁石の新規プロセス開発		
	規則化／不規則化の制御プロセスの探索		

## 達成目標

各種ネオジム磁石を代替できるSm-Fe系磁石やFe-Ni磁石の製造プロセス開発を目標とする。

### 【中間目標（2026年度）】

- 等方性ネオジムボンド磁石を代替可能な磁石（室温での最大エネルギー積 110kJ/m<sup>3</sup>）の開発。

### 【最終目標（2028年度）】

- 高配向化・高密度化技術により耐熱性ネオジム焼結磁石の代替を可能にする特性（200℃で磁気エネルギー積 120kJ/m<sup>3</sup>）を持つ磁石の製造プロセス開発。

## 研究開発の進捗・成果

### ① Sm-Fe 系高鉄濃度希土類非平衡化合物磁石とそれを用いた電動モーターの研究開発

ボンド磁石における合金組成や製造条件が特性に与える影響を調査し、保磁力の向上や量産化に向けた開発指針を得た。特に、コバルト（Co）の量を50%削減できることが判明した。また、焼結磁石の開発においては、異相の発現がない緻密化の見通しが得られ、電子論計算を用いて焼結に対する熱安定化添加元素を選定した。さらに、開発した磁石のドローンやEV用モーターへの適用性を検証するため、解析および実機評価技術の準備を進めた。

### ② 完全レアアースフリー磁石の製造プロセス開発

配向可能なFe-Ni磁粉のスケールアップ合成に成功した。また、本磁粉を配向造粒する技術を開発し、この造粒粉から異方性ボンド磁石が得られることを実証した。さらに、焼結磁石相当の高充填化の可能性を明示し、高充填磁石の保磁力向上に向けて、粒界相候補材料を選定した。

### ①②共通 重希土類フリー磁石開発に向けた共通基盤技術開発

Sm-Fe異方性焼結磁石を作製する新技術として、熱間強加工法と還元拡散法を試み、可能性を実証した。一方でL1<sub>0</sub>-FeNi磁粉合成の新技術として従来の窒化法からリン化による方法に可能性を見出した。また、コンビナトリアル薄膜法による高速組成最適化研究を準備中である。

## 当初計画からの変更点及びその影響

- 研究員の追加  
産総研 2 名、東北大 1 名、大同特殊鋼 2 名  
⇒ 研究加速のため負の影響なし
- 研究開発構想の変更はなし

## 今後の課題と対応・その他の活動

- ① Sm-Fe 系高鉄濃度希土類非平衡化合物磁石とそれを用いた電動モーターの研究開発  
磁粉の中量試作に着手し、高密度化のため、成形・熱処理工程の最適化や添加物の検討を行う。また、開発磁石を使ったドローン用・EV用モーターの設計を行う。
- ② 完全レアアースフリー磁石の製造プロセス開発  
配向造粒体の性能向上と、その成形工程の最適化を行い、高配向・高充填の両立を図る。高充填磁石保磁力向上のため、粒界相形成プロセスを検討する。加えて、シミュレーションによるモーター設計環境を構築する。
- ①②共通 重希土類フリー磁石開発に向けた共通基盤技術開発  
熱間強加工法、還元拡散法、熱プラズマ法の加工条件の最適化などを行い、これら手法による実用的な焼結磁石の実現性を検討する。一方で、Fe-Ni磁石の高効率合成法を薄膜レベルでの実現を目指す。

PO : 財満 鎮明 名城大学 教授 / 名古屋大学 名誉教授

代表実施機関 : (株)ノバルクリスタルテクノロジー、三菱電機(株)、(一財)ファインセラミックスセンター

## アウトプット目標・全体計画

## 【アウトプット目標】

本事業では、低コスト6インチ $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>エピウエハ、 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>向け非破壊欠陥検査技術、3.3 kV以上のパワーデバイス、オール $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>パワーモジュールの動作実証を目指す。

	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	2028年度
$\beta$ -Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> エピウエハおよびパワーデバイス、パワーモジュールの開発			中間評価、ステージゲート		終了時評価
	結晶成長技術開発、エピ技術開発 欠陥検出技術開発、デバイス設計 モジュール設計			低コスト6インチウエハ製造の実証、欠陥分類技術の実証、高耐圧デバイス・モジュールの実証	

## 研究開発の進捗・成果

2024年度は予定通り進捗した。詳細は下記の通り。

- $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>結晶成長技術の開発**  
原料連続供給型引下げEFG法の装置製作を終え、正常動作を確認。バルク結晶のスライス加工速度を数倍上げて目立った品質低下がないことを確認。
- $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>エピ技術の開発**  
高速成膜装置の装置コンセプトを定め、詳細設計に着手。更なる成膜コスト低減や高精度ドーピングを目指した成膜方式比較実験に着手し、基本条件の取得を進めた。
- $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>欠陥検査技術の開発**  
欠陥検出に適した位相差顕微鏡の仕様を設計し、開発。固有の欠陥配列を検出できることを確認。
- $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>パワーデバイスの開発**  
トランジスタ試作に向けたマスク準備、ヘテロ/ホモpn接合形成技術、アクセプタ不純物ドーピング技術の基礎検討を実施。堆積酸化膜によるMOS界面の評価を実施。
- $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>パワーモジュールの開発**  
従来のモジュール実装技術を $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>に適用して初期的な信頼性試験まで実施し、実装の課題を抽出。

## 達成目標

## 【5年間の達成目標】

- 6インチ以上のパワー半導体向け $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>バルク結晶のための低コスト育成技術を開発する。既存の $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>結晶成長技術と比較し、50%以上の低コスト化を目標とする。
- 6インチ以上かつエピ膜のキラ欠陥密度が0.1個/cm<sup>2</sup>以下の $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>エピウエハ製造技術を開発する。成膜スループットは従来技術の3倍を目標とする。
- $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>ウエハの非破壊欠陥検出・分類技術を構築する、
- 本事業の成果である $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>エピウエハを用いて、耐圧3.3 kV以上でSiCの1/2以下のオン抵抗を実現する $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>トランジスタを開発する。また、デバイスの信頼性向上、さらなる高耐圧化（例えば6.5 kV以上など）を実現するための技術を開発する。
- $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>高耐圧トランジスタ素子を複数並列配置したパワーモジュールを開発する。

## 当初計画からの変更点及びその影響

変更なし

## 今後の課題と対応・その他の活動

## 【今後の課題】

2025年度は計画通り研究開発を進めていく。具体的には、

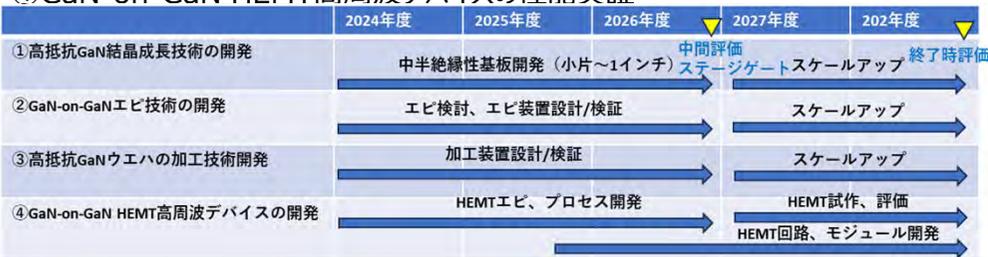
- 原料連続供給型引き下げEFG法による結晶成長の実証
- 高速エピ成膜装置の設置完了
- 位相差顕微鏡による欠陥検出実証
- トランジスタ基本素子の試作評価や各種要素技術の構築
- モジュールでの定常・過渡熱抵抗の検証

などを中心に取り組む。

## アウトプット目標・全体計画

### 【アウトプット目標】

- ① 半絶縁性GaN結晶のアモノサーマル法による高スループット成長技術開発
- ② 低転位密度GaN基板に適したGaN-on-GaNエピ技術の開発
- ③ 半絶縁性バルクGaN基板のスライス加工技術の開発
- ④ GaN-on-GaN HEMT高周波デバイスの性能実証



## 研究開発の進捗・成果

2024年度は、GaN成長、加工検討、デバイスプロセス検討を実施し、予定通りの進捗が得られている。具体的には以下の通り。

- ① 高抵抗GaN結晶成長技術の開発
  - ・アモノサーマル法によるGaNへの補償ドーピング検討を行い、ドーパントのGaNへの取り込みと成長結晶の半絶縁性化に成功した。また、バックグラウンドドナーである酸素濃度の減少につながる成長技術を確認した。
- ② GaN-on-GaNエピ技術の開発
  - ・GaNエピとGaN基板の界面におけるSiパイルアップ濃度の低減に成功した。また、有機金属気相成長法で成長したGaN膜のカーボン濃度低減技術を確認した。
- ③ 高抵抗GaNウエハの加工技術開発
  - ・スライスダメージ、スライス時間、カーフロス観点で、スライス装置のメーカーデモテストを行い、スライス装置を選定した。
- ④ GaN-on-GaN HEMT (高電子移動度トランジスタ) 高周波デバイスの開発
  - ・高抵抗GaN/低抵抗GaN基板を用いたGaN-on-GaN デバイス開発のため、エピ・プロセス技術の研究開発を進めた。AlGaNバックバリア層の成長条件の検討、オーミックコンタクトプロセス技術の検討、GaN基板加工する裏面工程のプロセス条件の検討を行った。

## 達成目標

### 【5年間の達成目標】

- ・4インチ以上の高周波デバイス向け高抵抗 GaN バルク結晶成長技術を開発する。既存の高抵抗 GaN 結晶成長技術と比較し、50%以上の生産性改善を目標とする。
- ・4インチ以上かつエピ膜の貫通転位密度が  $1 \times 10^5 \text{cm}^{-2}$  以下の高周波デバイス向け GaN-on-GaN エピウエハを開発する。
- ・高抵抗 GaN 結晶の高速スライス技術を開発する。
- ・75V 以上での高電圧での高周波動作を可能とする HEMT デバイスを開発する。また、既存の GaN-on-SiC デバイスをしのぐ高効率化を実証する。

## 当初計画からの変更点及びその影響

変更なし

## 今後の課題と対応・その他の活動

2025年度は、2024年に開発した各要素技術の最適化を行い、中間目標(2026年度)に向けて、主に以下の取り組みに注力する。

### 【今後の課題】

- ① 高抵抗GaN結晶成長技術の開発
  - ・アモノサーマル法によるGaNへの補償ドーピングに用いるリアクターのスケールアップ、実証用アモノサーマル装置の設置、稼働を行い、半絶縁性GaN結晶成長検討を加速する。
- ② GaN-on-GaNエピ技術の開発
  - ・ホモエピ制御技術開発を加速し、エピ装置設計開発を行う。
- ③ 高抵抗GaNウエハの加工技術開発
  - ・スライス装置の導入作業を行い、半絶縁性GaN基板の加工工程の最適化とコスト検証を開始する。
- ④ GaN-on-GaN HEMT (高電子移動度トランジスタ) 高周波デバイスの開発
  - ・GaNチャネル層及びAlNスペーサ層のエピ技術検討、オーミックリセスプロセスの検討、GaN基板を加工する裏面工程の条件等、各ユニットプロセスの条件を確認する。

- **バイオ領域**

# 生体分子シーケンサー等の先端研究分析機器・技術

PO: 杉山 弘 京都大学 物質-細胞統合システム拠点 特任教授

研究代表機関：東京大学（3件）、大阪大学、京都大学、東京科学大学

## アウトプット目標・全体計画

### 【アウトプット目標】

本構想では、既存のシーケンサーと比較して簡便なサンプル処理により、DNA 配列の読み取りはもとより、修飾 RNA、ペプチド・タンパク質や糖鎖など、既存技術では直接の読み取りが困難な生体分子について、直接的な配列解析技術開発に取り組む。また、膨大な配列情報を高速で解析可能な基盤の整備にも取り組む。解析速度及び精度、網羅性、コスト等において、競争力を担保することでその後の展開あるいは社会実装につなげていく。

## 達成目標

### 【5年間の達成目標】

ペプチド、DNAについては従来よりも簡便なサンプル処理技術を構築し、DNAのみならず、既存の技術では直接の読み取りが困難なペプチドやRNAの直接的な配列解析技術の開発に取り組むとともに、配列情報を高速で解析可能な基盤を整備する。  
 以上により、生体分子情報の解析技術において重要な要素である、解析速度及び精度、網羅性、コスト等において、競争力を担保する。

## 研究開発の進捗・成果

### 【研究開発課題一覧】 2024年4月～研究開始

対象	研究代表者	所属・役職	課題名	進捗・成果
ペプチド	相川 春夫	東京大学・助教	タンパク質の非破壊シーケンシングのためのN/C末端ラベル化法の開発	ラベル化剤の開発に向けた条件等の最適化において知見を獲得。
ペプチド	上村 想太郎	東京大学・教授	トランスコン型ナノア計測法による1分子ペプチドシーケンサーの開発	高速AFMを用いてトランスコンによるタンパク質の膜透過の観察に成功。
ペプチド	谷口 正輝	大阪大学・教授	ナノギャップ生体分子シーケンサーの研究開発	プロトタイプ機の開発や、計測チップと計測装置の評価指標にて前倒しで目標値を達成。
DNA, 修飾RNA, RNA構造体, ペプチド, ヒストン	かおる 山本	京都大学・講師	集積化DNAリカミナシによるトランスクリプトームシーケンシングの開発	新規ナノアの作製と化学修飾の評価や分離デバイスを開発を実施。
DNA, RNA, ペプチド	真島 豊	東京科学大学・教授	無電解金めっきナノア温度可変シーケンサーによる長鎖DNA・RNA・ペプチドの解読	ELGPナノア作製の導入開発、ペプシドに向けたライブラリ開発、システム開発を実施。
DNA, エピゲノム	三浦 史仁	東京大学・特任教授	空間多重エピゲノム解析技術の開発と実用化	エピゲノム解析に向けたMTaseの多品種生産に関して前倒しで目標を達成。

### 【進捗・成果】

各課題についてPO/分科会委員による進捗確認を行い、当初計画により設定した1年目の目標を達成していることを確認し、必要に応じて研究費を増額するなど、研究加速に向け機動的な見直しを図った。

### 【ニーズ省庁・業界との調整状況】

BioJapan2024において、開発した生体分子シーケンサーのプロトタイプを展示し、企業等の関心を集めた（谷口課題）

## 当初計画からのずれ・変更点およびその影響

特になし

## 今後の課題と対応・その他の活動

### 【今後の課題と対応】

- 欧米の装置に依存しているなかで、どのように棲み分けし、オールジャパン体制で基礎研究段階から最終的に社会実装に繋げていくかが大きな課題である。
- そのためには、各課題で閉じることなく、課題間の情報交換や連携を密に行う必要があるため、それらの促進に向けて合宿形式の全体会議を実施する予定である。

### 【研究開発スケジュール】

2025年にはステージゲート評価を実施し、進捗が順調な課題については本格研究予算の増額を行うなど、研究加速を図る等のマネジメントを行う。



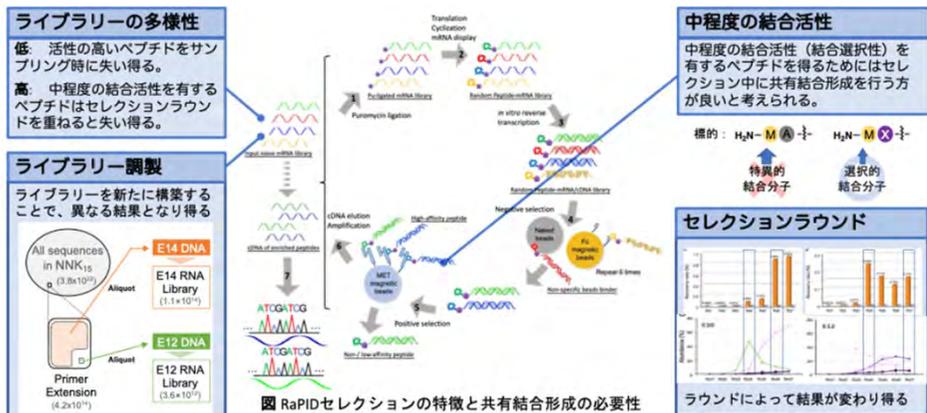
### 【その他の活動】

- 2024年6月10日 公開シンポジウム開催済み

## <研究開発成果>

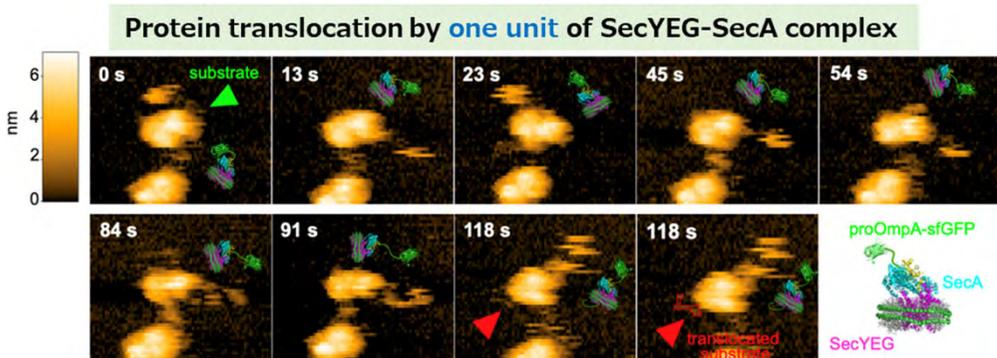
### 相川課題

ラベル化剤の開発に向けた条件の最適化において知見を得るなど、研究開発が順調に進捗している。



### 上村課題

高速AFM(Atomic Force Microscope)によるタンパク質の1分子膜透過をリアルタイム観察に成功するなど、研究開発が順調に進捗している。



### 谷口課題

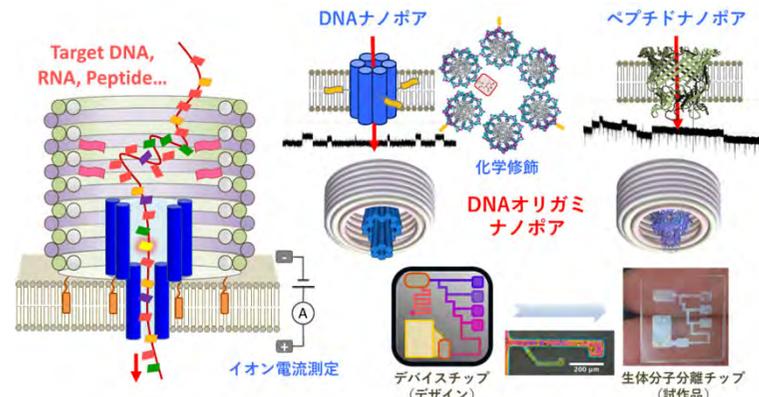
プロトタイプ機の開発や、計測チップと計測装置の評価指標にて前倒しで目標値を達成するなど、研究開発が順調に進捗している。



図.生体分子シークエンサーのプロトタイプ機

### ナマシヴァヤム課題

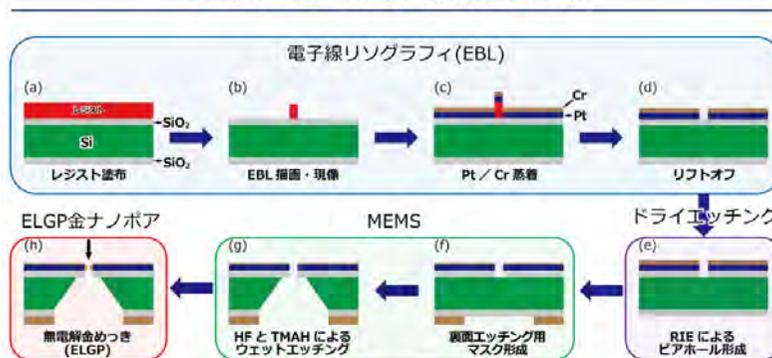
鋭敏なシーケンシングに向けた、新規ナノポアの作製と化学修飾の評価や分離デバイスの開発を実施するなど、研究開発が順調に進捗している。



### 真島課題

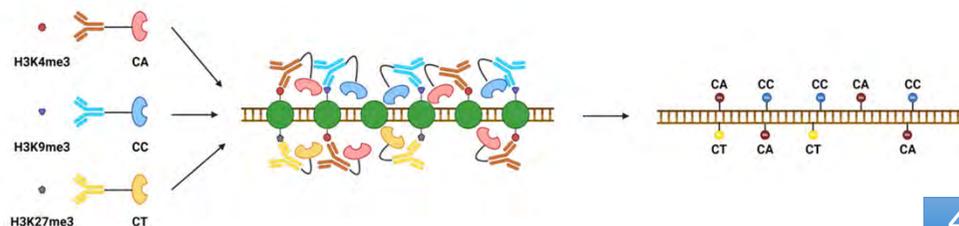
無電解金めっき(ELGP)ナノポア作製のプロセス開発、ベースコートに向けたライブラリ開発、システム開発を実施し、研究開発が順調に進捗している。

### ELGP金ナノポア作製プロセス



### 三浦課題

エピゲノム解析に向けたMTaseの多品種生産に関して前倒しで目標を達成するなど、研究開発が順調に進捗している。



PD：内田 和久（国立大学法人神戸大学） 実施体制： 項目①：ノーベルファーマ（株）、項目②：京都大学、キヤノン（株）、佐竹マルチミクス（株）、ミナリスアドバンスセラピーズ（株）、東京慈恵会医科大学、山梨大学、千葉大学

## アウトプット目標・全体計画

### 【アウトプット目標】

血液内の血小板を活性化させ効率的に凝集させる血小板凝集促進製剤や長期間の備蓄を前提とした人工血小板についての開発、またそれらの生産技術や緊急時に現地で連続的に生産する技術も併せて開発し、実用化することを目指す。また、人工血小板の現地連続生産技術開発に付随して、低分子医薬品の連続製造技術の開発、実用化も目指す。

	2023	2024	2025	2026	2027	2028
①血小板凝集剤の開発		非臨床試験	ステージゲート 臨床試験			
②人工血小板の開発			製造技術開発	ステージゲート	臨床試験	

## 達成目標

### ①「安全性の高い血小板凝集剤の開発」

血小板凝集剤開発については、2028年度までに心臓血管外科領域、救急領域、産婦人科領域におけるヒトへの投与について、有効性及び安全性の確認を行う。安定製造基盤技術については、血小板凝集剤開発の進捗を踏まえ、2027年度までに「医薬品及び医薬部外品の製造管理及び品質管理の基準に関する省令」に定められる品質基準に準拠した製造方法を確立する。

### ②「汎用性の高い人工血小板の開発」

2026年度までに高効率生産プロセスを確立させ、臨床試験を経て、2028年度までにユニバーサルな血小板の開発を行う。

## 研究開発の進捗・成果

### ①「安全性の高い血小板凝集剤の開発」

#### 1. 血小板凝集剤開発

2024年度は主に動物実験モデルの確立および非臨床試験を予備的にを行い、薬効、安全性、薬物動態を確認した。

#### 2. 安定製造基盤技術開発

各種管理基準に則った生産体制の整備のため、製造条件や品質管理の方法の検討をおこなった。

### ②「汎用性の高い人工血小板の開発」

・マスターセル樹立のための検証試験および作製方法の最適化決定。

・バイオリクターの開発およびスケールアップシミュレーションを実施。拡大培養・濃縮洗浄装置間をシームレスに繋ぐ設計や動作検証を実施。

・上記装置の製造現場への設置、マスターセルバンク確立のためのトレーニングの実施。今後の開発に使用するリサーチセルバンクの製造を完了。

・動物実験モデルの確立のための検証試験と試験先への技術移管を一部実施。

・治験実施機関でワーキンググループを起動し、共通の臨床プロトコルの素案策定。

・事業主体となる企業探索及び実用化のシナリオ検討を実施。

## 当初計画からのずれ・変更点及びその影響

### ①「安全性の高い血小板凝集剤の開発」

ステージゲートについては、各種手続きの遅れにより採択時期が当初予定よりも遅れたため（2024年9月採択、同年10月契約締結）、事業が一定程度進捗する2026年に実施予定に変更。なお、変更後のステージゲートの時期については、事業進捗等を踏まえ関係者間で協議の上決定したため、本変更による影響はない。

### ②「汎用性の高い人工血小板の開発」

概ね計画通り実施中。

## 今後の課題と対応・その他の活動

### ①「安全性の高い血小板凝集剤の開発」

2024年度内に実施した試験から得られた結果をもとに、引き続き製剤製造・品質試験を実施する。製剤の最適化を進め、薬事承認のため、動物において有効性及び安全性等の確認を行う非臨床試験の実施や、ヒトにおいて有効性及び安全性等の確認を行う臨床試験を実施する。

### ②「汎用性の高い人工血小板の開発」

2026年度中の臨床試験入りを見据え、血小板の品質を確立するとともに、製造プロセスの作りこみ、装置開発を行っていく。また、出口戦略を明確化し、引き続き事業化の主体となる企業との連携を探索する。