

令和6年8月2日（金）  
研究開発ビジョン検討WG（第13回）

# 各事業の進捗状況報告

---

- サイバー空間領域
- 領域横断
- バイオ領域

# ハイブリッドクラウド利用基盤技術の開発

PO：江崎 浩 東京大学 サブPO：中村 宏 東京大学

実施体制：（株）NTTデータグループ、東芝インフラシステムズ（株）、（株）インターネットイニシアティブ、  
（国研）産業技術総合研究所/（株）インターネットイニシアティブ

## 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（ステージート）	開発、プロトタイプ実証、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）※1

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いくための基盤技術(HSM※2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※3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 ①のHSMは中間評価年度における達成目標

※2 HSM:Hardware Security Module

※3 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。

## 研究開発概要・進捗・成果

2023年度については、システム構築、システム検証に向けて要件定義を実施し、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強固な鍵管理によるデータセキュリティ技術

・OSS※4等の市中技術の調査結果をもとに、脆弱性が低く、オンプレミスおよび、クラウド環境で利用可能、かつユーザによる自立的な鍵管理実現のための鍵管理システム、モニタ技術、暗号ライブラリの要件定義を完了し、システム検証の準備を完了した。※4 Open Source Software

・HSM技術は、セキュリティ標準であるFIPS140-3準拠対応に向けた要件抽出、既存製品のベンチマーク、市場動向調査をもとに製品仕様定義、暗号アルゴリズム、ユーザビリティの要件定義を実施。国内産で堅牢で透明性と市場性を兼ね備えたHSMの製品設計の準備を完了した。

### ②データの保護と流通の自動化技術

データ提供者とデータ利用者の間で合意する利用条件やルール設定における支援方式と、このルールに基づいた、データ連携処理、データ制御処理の自動化方式の検討を完了し、複数のデータ提供者とデータ利用者間でデータの重要度やアクセス制御情報に応じて、安全にデータ流通を行うシステムのアーキテクチャ設計を完了した。

### ③経路特性保証型のクラウドネットワーク技術

通信路の暗号化だけでなく、使用される通信路の独立性など通信路がそなえる経路性を保証できる、経路特性保証に関わる要求分析、システム化に向けた要件解析を完了した。

## 今後の課題・その他の活動

### (1)今後の課題

2024年度課題に対する取り組みは以下の通り。

#### ①強固な鍵管理によるデータセキュリティ技術

- ・要求仕様より評価環境を構築し、特に非機能要件となる性能面からシステム検証を行う。
- ・要求仕様をもとにHSMのシステム設計を実施し、製品試作を開始する。並行して、事業戦略の柱としてのFIPS認定の製品への作りこみと認定の準備をすすめる。

#### ②データの保護と流通の自動化技術

- ・アーキテクチャ設計をもとに、技術検討を完了し、詳細設計およびシステム開発を行い、システム検証を開始する。今後の成果の展開に向けて相互運用性の対応を進める。

#### ③経路特性保証型のクラウドネットワーク技術

- ・要件解析より、仕様をモデル化、詳細設計、およびシステム設計を行いシステム検証につなげる。また、今後の成果の展開に向けて、経路特性の定義を「業務アプリケーションからみた通信が、想定通りの特性の通信経路を通過して通信相手に到達すること」という広い意味に定義、システム検証を行う。

### (2)その他の活動

#### ①強固な鍵管理によるデータセキュリティ技術

- ・海外の主要な標準化機関と連携して、標準仕様に対して意見・提言できる活動を行う。
- ・事業化の展開に向けて、FIPS標準などに準拠対応を行う。

#### ②データの保護と流通の自動化技術

- ・事業化、標準化に向けた取り組みとして、国内データ連携基盤と連携し、標準化を推進する。

#### ③経路特性保証型のクラウドネットワーク技術

- ・クラウド関連の標準化団体にヒアリングを行い、ユーザーニーズをシステムに取り込むとともに、標準化を推進する。

## 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（ステージゲート）			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（ステージゲート: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。
- (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。

## 研究開発概要・進捗・成果

2023年度については、不正機能検証の確立に向けて事前検討を実施し、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半導体設計フェーズにおける検証

- 形式手法のAES※暗号等への適用範囲拡大に成功した。また、アナログ回路の物理特性の異常値を検定する初期結果を得た。先端攻撃に対しては、レーザー攻撃を検知するデジタルセンサの基本設計を完了した。※AES:Advanced Encryption Standard

## ②半導体製造フェーズにおける検証

- 設計データの処理手順の調査を行い、有りうる不正機能の挿入機会を調査し、その検出方法を検討した。また、不正機能の物理解析のためのチップの論理設計を完了した。

## ③ソフトウェア印加フェーズにおける検証

- チップベンダーへのヒヤリングや既存のセキュリティ要求仕様の調査を行い優先的に検討すべき課題を抽出した。

## 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、不正機能を検知する機能の設計開発方針を決定した。また、人工物メトリクス（インクジェット印字およびレジスト倒壊パターン）による個体IDの識別性を実験により検証し、合わせて実装性を検討した。

## 今後の課題・その他の活動

## (1)今後の課題

コンソーシアム型の実施体制であるため、各フェーズの研究検証チーム間で目標・成果をコンソーシアムで共有し、研究開発の相乗効果の最大化を図る。また、事業展開に向けて、各フェーズで半導体製造企業等と連携して、成果の展開を推進する。2024年度の課題に対する取り組みは、以下の通り。

## ①半導体設計フェーズにおける検証

- 形式手法のツールを開発する。また、半導体のチップ設計において、デジタル回路/アナログ回路の物理特性にて不正検出の可否を検証する。

## ②半導体製造フェーズにおける検証

- マスク製造工程やウエハ製造工程で不正機能防止のための技術検証を行う。

## ③ソフトウェア印加フェーズにおける検証

- 要求仕様とともに、ユースケースおよびモデルを特定し、セキュリティの保証要件を策定する。

## ④電子機器設計・製造・運用フェーズにおける検証

- 不正機能を検知するためのシステムの設計・開発を行う。人工物メトリクス（インクジェット印字およびレジスト倒壊パターン）による個体IDの識別のための実機とシステムを開発する。

## (2)その他の活動

- ISO/IEC 15408をベースとするセキュリティ要求仕様の策定や評価手順の策定などを進め、国際的な展開を視野にいれた活動を推進する。
- 人工物メトリクスに関する日本工業規格（JIS X 22387）の原案を作成し、将来の検証体制構築に資する活動として推進する。

# 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）産業技術総合研究所

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	スタンダート	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

## 研究開発概要・進捗・成果

2023年度は、材料・プロセス開発、電極・セル設計、性能シミュレーションを実施し、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**  
高結晶性のニオブチタン酸化物（NTO）の微粒子合成に成功し、目標とする容量や出力性能の改善を確認した。高入出力、長寿命、高安全の両立のため、電池の材料構成や材料改良方針を検討し、その効果を検証した。

**②高入出力プロトタイプセルの開発及び試作検証**  
電気化学モデルを構築し、電極設計、セル設計の最適化を実施した。ハイレートサイクル実試験結果をベースに劣化予測モデルによる寿命推定手法を策定した。製造技術として、NTO粒子の均一塗液分散技術を少量塗液で確立した。量産試作に適した電極加工プロセス及び放熱性の良いタブ形状を決定した。

**③重機・建機・船舶を想定した性能シミュレーション**  
2023年度は鉱山トラックを対象とし、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。

## 今後の課題・その他の活動

2024年度は、2023年度に開発した各要素技術の最適化と製造プロセスのスケールアップを行う。目標性能が得られる電池仕様を確定し、小型1Ahセルによる性能実証を行う。具体的には、以下の通り。

- ・材料、プロセスの最適化を図り、目標性能が得られる電池仕様（適用材料、電極設計、セル設計）を確定する。
- ・上記の電池仕様に基づき、小型1Ahセルを試作し、電池性能を実証する。
- ・NTO合成プロセス、均一塗液分散プロセスのスケールアップを行う。
- ・大型10Ah級セルを試作し、放熱性の機能検証を行う。
- ・重機・建機・船舶を想定した性能シミュレーションを2種類実施する。

2025年度以降は、NTO材料のスケールアップ条件の適正化を実施し、容量10Ahのプロトタイプセルを試作・性能実証を行う。開発したセルをパック化し、大型モビリティパワートレインにおける、電池パックへの入出力パターンを模擬したパック評価設備で、性能実証を行う。

様々な領域での大型モビリティへの適用を目指し、開発電池の特徴を活かした電動化の提案、性能シミュレーションによる従来電池に対するメリットの提示を行い、社会実装に向けた取組を推進する。

# 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、東京大学、大阪大学、京都大学、東京工業大学、東京大学

## アウトプット目標・全体計画

**【アウトプット目標】**  
 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

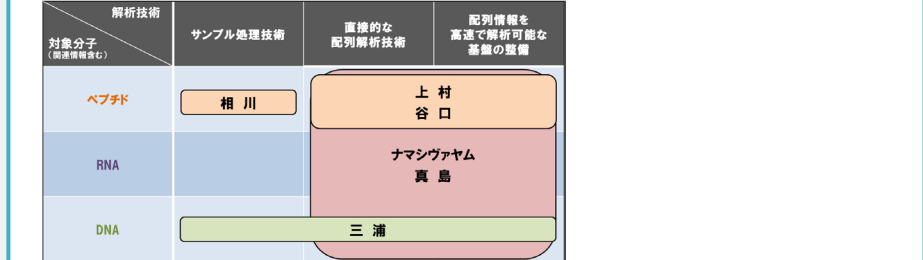
**【5年間の達成目標】**  
 ペプチド、DNAについては従来よりも簡便なサンプル処理技術を構築し、DNAのみならず、既存の技術では直接の読み取りが困難なペプチドやRNAの直接的な配列解析技術の開発に取り組むとともに、配列情報を高速で解析可能な基盤を整備する。  
 以上により、生体分子情報の解析技術において重要な要素である、解析速度及び精度、網羅性、コスト等において、競争力を担保する。

## 研究開発概要・進捗・成果

**【研究開発課題一覧】** 作り込みを経て2024年4月に研究開発を開始し、実施中。

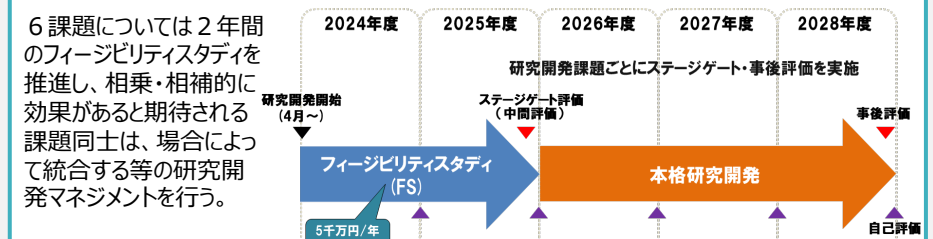
対象	所属・役職	研究開発課題名	研究代表者
ペプチド	東京大学 大学院理学系研究科・助教	タンパク質の非破壊シーケンシングのためのN/C末端ラベリ化法の開発	相川 春夫
ペプチド	東京大学 大学院理学系研究科・教授	トランスロコン型ナノポア計測法による1分子ペプチドシーケンサーの開発	上村 想太郎
ペプチド	大阪大学 産業科学研究所・教授	ナノギャップ生体分子シーケンサーの研究開発	谷口 正輝
DNA、修飾RNA、RNA構造体、ペプチド、ヒストンテール	京都大学 高等研究院物質-細胞統合システム拠点[CeMS]・講師	集積化DNAオリガミノポアによるトランスクリプトームシーケンシングの開発	ガネシュ・バンティアン・ナマシヴァヤム
DNA、RNA、ペプチド	東京工業大学 科学技術創成研究院・教授	無電解金めっきナノポ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	真島 豊
DNA、エピゲノム	東京大学 大学院新領域創成科学研究科・特任教授	空間多重エピゲノム解析技術の開発と実用化	三浦 史仁

## 【開始時点での研究開発セグメント】



## 今後の課題・その他の活動

- 【今後の課題】**
- ・【東京大 相川】5種類以上の標的配列を同時にラベル化出来るようなユニバーサルなラベル化材の開発
  - ・【東京大 上村】トランスロコン再構築系ナノポア計測技術の開発
  - ・【大阪大 谷口】高い再現性で高シグナル頻度を与えるナノ構造の開発、高SN比・高時間分解能を与える計測装置の開発
  - ・【京都大 ナマシヴァヤム】生体分子シーケンスのためのDNAオリガミノポアのコア技術の開発
  - ・【東工大 真島】無電解金めっきナノポアによる長鎖DNA/RNA/ペプチドの解読達成のためのベースコール技術の開発
  - ・【東京大 三浦】空間多重エピゲノム解析実現のための基盤技術の開発



**【その他の活動】**  
 ・2024年6月10日 公開シンポジウム開催済み

- **海洋領域**

PD：高木 健・東京大学大学院 新領域創成科学研究科 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)

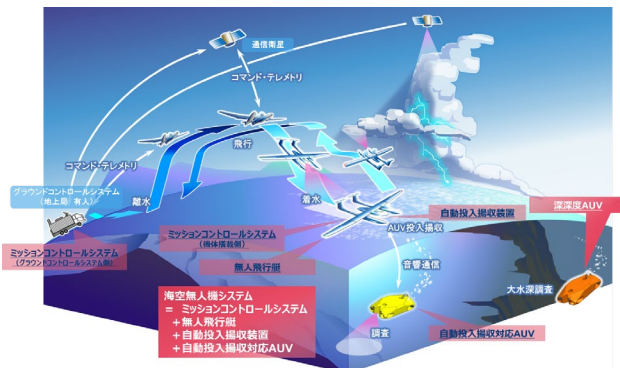
## 研究開発概要・進捗・成果

### 【研究開発概要】

海底調査能力と小型軽量化を両立したAUV、そのAUVを自動で投入・揚収可能な装置を備え、広域に運搬可能な無人飛行艇、それらを組み合わせた無人の海洋調査システム「海空無人機」を開発する。さらに、海空無人機に加え、大水深で定点調査が可能な「深深度AUV」も同時に開発し、日本の広大なEEZを従来よりも格段に効率的かつ機動的に調査可能となる、無人機技術を確立する。

### 【進捗】

作り込みを経て2024年4月に研究開発を開始し、実施中。



システム全体のイメージ図

## 今後の課題・その他の活動

### 【今後の課題】

- 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：自動離着水システムのための海面評価技術等の開発
  - 自動投入揚収装置：AUVを自動揚収するための誘導・ドッキング・揚収技術の開発
  - 自律制御技術：海空無人機の自動化を実現するための各要素技術及び統合制御技術の開発
- ②自律型無人探査機（AUV）機体性能向上技術（小型化・軽量化）
  - 自動投入揚収対応AUV：自動投入揚収装置とのドッキングのための位置制御技術の開発
  - 深深度AUV：大水深耐圧の技術及び短時間潜航のための姿勢制御技術の開発

### 【研究開発スケジュール（前半5年）】

	SG評価		SG評価		SG評価
	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目
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）	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目
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日にキックオフシンポジウム（一般対象）をウェビナー形式で開催予定



# 量子技術等の最先端技術を用いた海中（非GPS環境）における高精度航法技術

PO：中村祐一 日本電気（株） 主席技術主幹

研究代表機関：東京工業大学

## 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、非GNSS環境での高精度航法技術に必須となるジャイロ스코ープ、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。具体的な慣性航法装置の精度は、非GNSS環境が30日程度連続する状況を想定し、5年後を目途に、現在仏国の企業から販売されている慣性航法装置の精度（1海里/360時間（約2km/15日間））を超える約2km/30日の精度を実現することを目標とし、最終的には、100m/30日よりも高精度な慣性航法装置を実現することを目標とする。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。

## 達成目標

ジャイロ스코ープ、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 の精度を達成する。

10年後には 100m/30日 の精度を達成する。

## 研究開発概要・進捗・成果

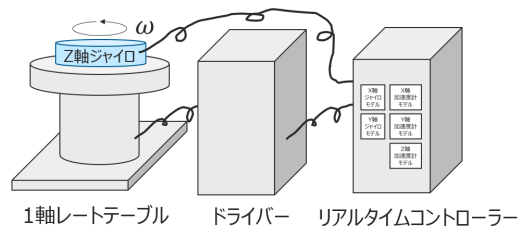
### 【研究開発概要】

慣性航法の要素技術となるジャイロ스코ープ、加速度計、重力勾配計について、自らの先行研究成果を活かした開発を進める。慣性航法では加速度、角速度といった「ベクトル」の超精密測定が求められるが、この課題に対しHardware In the Loop Simulation（HILS）に代表される Model Based Systems Engineering（MBSE）を駆使した研究を進める。本事業では「現場で使えるシステム」のインテグレーションに努め、それにより、「量子技術等の最先端技術を用いた海中（非GPS環境）における高精度航法技術」に関する研究開発構想の実現を目指す。

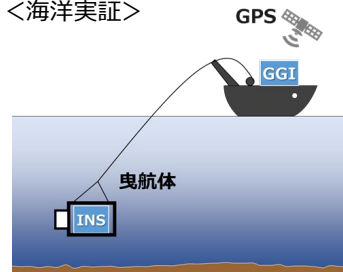
### 【進捗】

作り込みを経て2024年4月に研究開発を開始し、実施中。

<航法HILS>



<海洋実証>



## 今後の課題・その他の活動

### 【今後の課題】

- ジャイロ스코ープ：精度向上のための雑音・ドリフト低減技術の開発
- 加速度計：精度向上のための雑音・ドリフト低減技術の開発
- 重力勾配計：精度向上のための加速度計由来の出力誤差の抑制技術の開発
- 慣性航法装置：要素技術を組み合わせた際の高精度化技術の開発

### 【研究開発スケジュール】

アウトプット目標	2km/30日			100m/30日		
年度	2024	2025	2026	2027	2028	~2033
慣性航法装置 (INS)	1号機の試作と評価	2号機の試作と評価	3号機の試作と評価	4号機の試作と評価	5号機の試作と評価	試作と評価の繰り返し

# 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・東京大学大学院 新領域創成科学研究科 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・音響等が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  $\pm 0.1 \text{ kg/m}^3$  以下、混合層深  $\pm 5 \text{ m}$  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

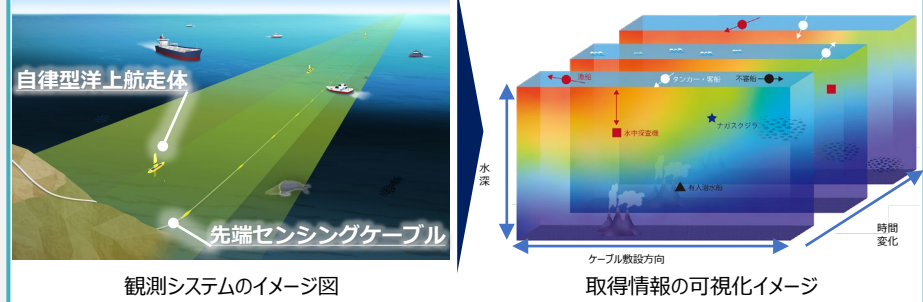
## 研究開発概要・進捗・成果

### 【研究開発概要】

光ファイバーハイドロフォンを備えた先端センシングケーブルと洋上観測を行う自律型洋上航走体を開発し、海面から海底に至る空間の常時継続的な観測・調査・モニタリングシステムを構築する。また、観測された音響データを用いて機械学習による音源の自動類別技術を確立し、類別された音源の移動様態の把握も目指すとともに、観測される海況情報から全水深海況把握を可能とする。これらを組み合わせることで、海洋の鉛直断面を通過した物体の個体識別、通過様態（位置、速さ、移動方向など）を時刻履歴とともに把握し、背景となる海況解析結果と合わせて可視化できる統合システム「海洋音響・海況観測解析システム」を構築する。

### 【進捗】

作り込みを経て2024年2月に研究開発を開始。①敷設候補海域での関係機関との現地調整を継続的に実施すると共に、開発する機器の設計に必要な要件定義や資機材調達を行い、部分的な試作や試験を開始。②既存データの収集とそれらの特徴抽出を試験的に実施。



第13回研究開発ビジョン検討ワーキンググループ（2024年8月2日）

## 今後の課題・その他の活動

### 【今後の課題】

- 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**
  - 先端センシングケーブルの開発：先端センシングケーブルを構成するセンサ素子および伝送ケーブルの開発
  - 長期観測可能な自律型洋上航走体の開発、マルチモデルアンサンブルによる海況解析技術の開発
- 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**
  - 既存データも統合し個体識別に必要な様々な音源（生物音／環境音／人工音）の取得
  - 取得した音の類別、及び移動様態を推定する技術の開発

### 【研究開発スケジュール（前半5年）】

	SG評価		中間評価		SG評価
	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目
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	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目
②A：環境音・人工音・生物音の「パッシブ」データを用いた海中音源カタログの構築	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	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日にキックオフシンポジウム（一般対象）をウェビナー形式で開催予定

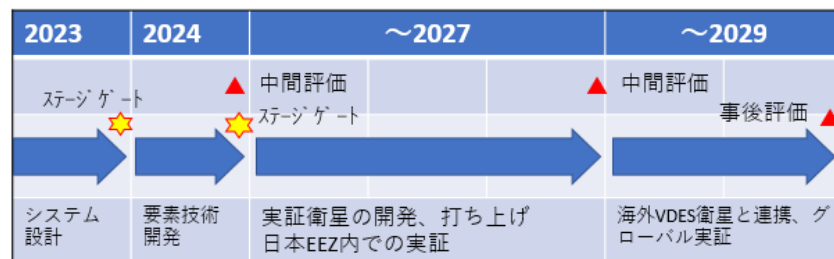
PD：中須賀真一 東京大学大学院工学系研究科 教授

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

## 研究開発概要・進捗・成果

2023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

サービス要求を明確化するとともに、サービスを実現するための衛星システム、地上局・海岸局及びデータプラットフォームのシステム設計を実施し、VDESとMDAの衛星仕様を明確にするとともに各システムの開発仕様と重要要素技術の開発目標を定めた。

## ②重要要素技術の開発

システム設計からフローダウンされた要件定義に基づき、衛星搭載アンテナ及びソフトウェア無線機器のプロトタイプ設計・試作、VDES信号処理システムの設計、電波発信源の位置特定機能開発に使用するシミュレータ構築及びアルゴリズムの検討、データプラットフォームの開発、船舶用搭載機器の試作、信号認証機能のアルゴリズム開発を進めており、順調に進捗している。

## ③システム実証

実証衛星の打ち上げに向けて、衛星バス及びミッション機器の設計を進め、2025年度以降の打ち上げロケット調達の調整を進めた。加えて、地上局の配置を検討し、候補地の現地調査を進めた。さらに、海外VDES衛星との接続に向け、海外衛星事業者や海外地上局との調整を進めた。

第13回研究開発ビジョン検討ワーキンググループ（2024年8月2日）

## 今後の課題・その他の活動

2024年度は重要要素技術の開発を実施し、地上での実証を終了させる。開発した重要要素技術は2025年度以降に打ち上げる実証衛星、地上局及びデータプラットフォームに実装する。

## ・国際・国内法規対応

衛星からのVDE送信の実現のため、ITUにて規定されているVDESにおける特別な国際周波数調整の早期完了が課題であり、引き続き関係省庁の協力を得ながら調整を進める。

## ・事業化について

想定ユーザーとの対話を通じて国内外の市場動向・技術動向を見ながら、早期の技術確立、宇宙実証を進めるとともに、事業化に向けた事業戦略・事業計画の検討活動を促進する。

## ・その他の活動

学会での発表、展示会への出展や高専での講義等を通して、本プログラムの実施内容や宇宙開発等について、想定ユーザーへのアピールや一般国民に向けた情報発信を実施している。

また、信号認証等の日本独自の技術も実装し、日本版VDESの国際的な競争力向上に向けた取り組みも進めている。

指定基金協議会開催：第1回 2023年7月26日

- **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

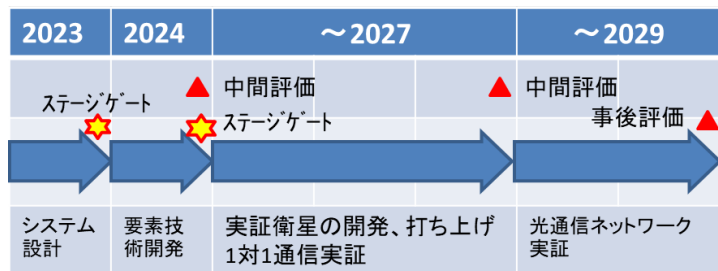
PD：中須賀真一 東京大学大学院工学系研究科 教授

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】

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

## 研究開発概要・進捗・成果

2023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

複数軌道面の小型・中型衛星による光通信衛星コンステレーション、観測データを生成する地球観測衛星、データ受信やタスクコマンド送信を行う地上局及び衛星データプラットフォームの最適な構成及び光通信衛星コンステレーションの管制、光又はRFリンクの制御、衛星光通信ネットワークの運用制御等を統合的に行うネットワーク統合制御システムの機能・性能を検討し、衛星光通信ネットワークシステムの要求仕様を設定した。上記に加えてD2D (Device to Device)通信を使ったエリアの拡大やV2X (Vehicle to Everything)なども含めたユースケース検討や最新トレンドを踏まえた機能・性能要求の反映を行った。

## ②重要要素技術の開発

システム設計で設定した要求仕様に従い、低軌道衛星に搭載される要素技術と、地上局を含む光通信衛星コンステレーションにおける要素技術について、それぞれの仕様を策定し機器の選定並びに2025、2027年度の打上げに向けたロケット調達の調整を進める等の進捗を図った。

## 今後の課題・その他の活動

2024年度は重要要素技術の開発を実施し、地上での実証を終了させる。開発した重要技術は、2026年度以降に打ち上げる光通信衛星及び地球観測衛星のサブシステム、コンポーネントに実装する。

## ・研究開発について

小型衛星開発における一部部材の納期遅延等に対し、適切な対応による目標達成に向けた計画の策定を進めていくとともに、中型衛星においては、詳細な機器設計により質量・電力の増加に対応しつつ、目標達成に向けた検討を進める。

## ・事業化について

本研究成果によるサービスの利用開拓に向け、官公庁・企業へのヒアリングを実施し、顧客課題等に対する光衛星コンステのニーズの精査等を踏まえユースケースの実現性評価を進めた。今後はより具体的なシナリオ策定を進める。また、上記想定ユーザーとの対話等を通じて国内外の市場動向・技術動向を見ながら、早期の技術確立、宇宙実証を進めると共に、事業化に向けた事業戦略・事業計画の検討活動を促進させる。具体的には、社内検討態勢を強化するとともに部外力を活用し、競合分析、サービスの提供スキームの検討、事業・運用体制組成等の事業化に向けた活動を実施する。

## 高感度小型多波長赤外線センサ技術の開発

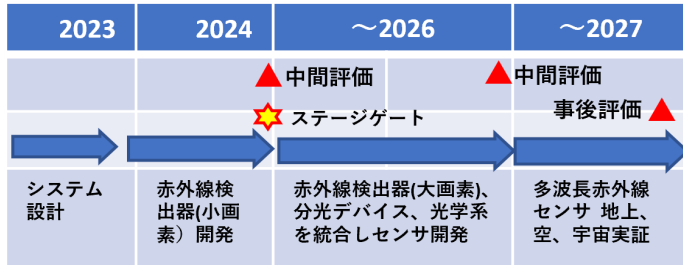
PO：中須賀 真一 東京大学大学院工学研究科 教授

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

## 研究開発概要・進捗・成果

2023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

赤外線受光部について概ね計画通り進捗し、受光部からの信号読み出し回路ROICを設計した。分光デバイスについては試作を実施し、各種特性を確認した。光学系については各種仕様の検討を実施した。

## 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

HISUIデータ等の各種校正データも利用可能な解析・データプラットフォームの開発については、初期システムを本事業で構築した独自のクラウドシステム上で動作するように改修・移植を実施した。湿地環境等において取得される赤外観測データを対象に大気補正アルゴリズムを開発中である。リモセンドローンの開発においては、仕様検討・ワーキンググループを設立し標準 I 型機の仕様を定めた。

第13回研究開発ビジョン検討ワーキンググループ（2024年8月2日）

## 今後の課題・その他の活動

2024年度は重要要素技術である赤外線検出器（小画素）を開発し、必要な機能・性能及び諸特性の計測を行う。2026年度までに画素サイズを1000×1000画素まで拡大した赤外線検出器を試作する。

## ・研究開発について

研究開発の進捗状況は、総じて順調で計画通りに進捗しており、国内外における発表・宣伝活動による、社会的認知活動も積極的に行っている。

## ・事業化について

当プロジェクトの事業化にむけ、各セグメントに向けた販売戦略を描く必要がある。特に、公的利用での拡大に向けては、開発するセンサで実現できることを明確にしつつ、ユーザーの利用ニーズをつかんでいく必要がある。カーボンクレジットは市場の拡大が見込まれるため、認証制度に必要なスペックを明確にし、関係各社とも連携をとりながら制度設計から議論を進めていくことが課題となることから、センサを利用したCO<sub>2</sub>排出のモニタリングにより、カーボンクレジットへの展開を検討していく必要がある。

指定基金協議会開催：第1回 2023年7月25日

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ていく。

#### 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1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デム・テイルト翼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。

## 研究開発概要・進捗・成果

### 【研究開発課題一覧】

#### 運航安全管理技術

課題名	研究代表者	研究代表機関	研究開発期間
災害・緊急時等に活用可能な運航安全管理システムの開発	小林 啓二 (航空技術部門 航空利用拡大イノベーションハブ マネージャ)	(国研)宇宙航空研究開発機構	令和6年2月 ～令和11年1月

#### 小型無人機技術

課題名	研究代表者	研究代表機関	研究開発期間
次世代固定翼型VTOL機の開発	佐部 浩太郎 (代表取締役社長)	エアロセンス株式会社	令和5年9月 ～令和7年8月
災害・緊急時等に活用可能な小型VTOL無人機技術の研究開発	小林 啓二 (航空技術部門 航空利用拡大イノベーションハブ マネージャ)	(国研)宇宙航空研究開発機構	令和6年4月 ～令和8年3月

### 【進捗・成果】

#### ■小型無人機技術

- ・【エアロセンス(株)】中型モデルでの原理試作、第一種機体認証に向けたシステム構成の検討・基本設計等を推進。
- ・【JAXA】作り込みを経て2024年4月に研究開発を開始し、実施中。

### 【参考事項】

#### ■運航安全管理技術

・「令和6年能登半島地震」において、石川県庁内で被災地を飛行する各機体のモニターが可能となるように、開発中システムの前身である「D-NETシステム」を提供し、当システムの活用により救援活動の状況をリアルタイムで把握できる等の成果を得た。さらに、D-NET技術を活用した現行システムの運用支援を行い、現行システムを使用している航空隊において被災地状況の把握等が可能となるよう支援した。

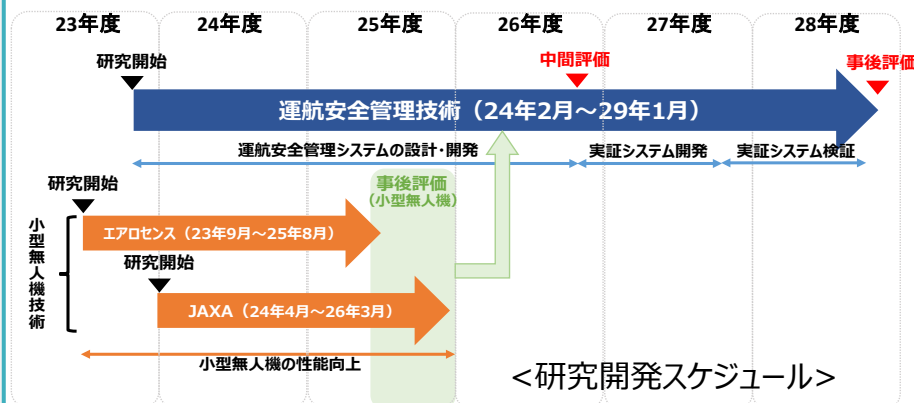
## 今後の課題・その他の活動

### ■運航安全管理技術

- ・「令和6年能登半島地震」において、「航空機運用総合調整システム（FOCS）」が有人機の運航管理・情報共有ツールとして非常に有効に活用されたことから、今後の研究開発の加速化に向けては、能登半島地震で活動された航空機について関係省庁が有するFOCS情報（位置情報等）の提供について協力が得られるよう調整を進める。
- ・2025年度の大阪・関西万博において、システムの一部機能を活用する実証を予定。

### ■小型無人機技術

- ・研究開発期間終了時に、評価・精査した上で、「運航安全管理技術」へ統合を予定。



## 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、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

- ・【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。
- ・【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。

## ②検知技術

- ・【名工大】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。

## 研究開発概要・進捗・成果

## 【研究開発課題一覧】

## ①自律制御・分散制御技術

課題名	研究代表者	研究代表機関	研究開発期間
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	神村 明哉 (情報・人間工学領域 研究チーム長)	(国研)産業技術総合研究所	令和6年4月 ～令和11年3月
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	末岡 裕一郎 (大学院工学研究科 助教)	大阪大学	令和6年4月 ～令和11年3月

## ②検知技術

課題名	研究代表者	研究代表機関	研究開発期間
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	菅野 敦史 (大学院工学研究科 教授)	名古屋工業大学	令和6年4月 ～令和11年3月

## 【進捗】

作り込みを経て2024年4月に研究開発を開始し、実施中。

## 今後の課題・その他の活動

## 【今後の課題】

## ①自律制御・分散制御技術

- ・【産総研】中型・大型ドローン100機程度の自律分散編隊飛行の実現を念頭に、大規模通信ネットワークによる情報共有、大規模群制御、障害物や他ドローンの認識・回避、非GNSS下での自己位置推定とマッピング、外乱下におけるドローンの安定化制御、大規模シミュレーション環境、運用技術等の検討及び研究開発に取り組む。
- ・【大阪大】デジタルツイン技術を革新、活用しながら、自律飛行技術、複数機の協調技術、想定外対応が可能な運用技術についても既存技術を革新する研究開発を推進し、目標達成を目指す。

## ②検知技術

- ・【名工大】96GHz帯ミリ波を用いたマルチスタティック測距を実現し、想定するユースケースでの活用を可能とするため、i)ミリ波帯デバイス技術、ii)複数対象物検知技術、iii)クロック同期技術、iv)低遅延応答技術といった4項目の先端的・革新的研究開発を推進する。

## 【その他の活動】

## ①自律制御・分散制御技術

- ・現在二次募集の選考を実施中であり、採択課題が決定した場合は、既に研究開発を開始した2課題と併せて推進していく。
- ・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（内閣府・経済産業省）とも連携し、必要な協力を図る。

## ②検知技術

- ・米国土安全保障省（DHS : Department of Homeland Security）の政策レポート作成に研究代表者が協力した。（2月のオンライン会議、4月のリアル会合にて、7か国（米国、英国、オーストラリア、日本、スウェーデン、シンガポール、ニュージーランド）の専門家が集まって議論した。）



# 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：古本 淳一・メトロウェザー株式会社

## 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程度<br>・時間分解能：10秒以内/1スキャン<br>・観測距離：15km程度 | <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 |
|---|--|---|

## 研究開発概要・進捗・成果

### ①空間分解能高度化技術

研究開発構想に基づき、周波数連続変調(FMCW)方式により近距離の風況観測を実現した。他方、研究開発を進める中で、FMCW方式は近距離で高精度な観測、符号分割多重接続(CDMA)方式は遠距離でより高分解能な観測ができることが判明した。SG審査委員会では、高性能化が見込めるため、両方式を組み合わせた研究開発を継続することが妥当であるとの意見で一致した。

### ②航空機搭載向けドップラー・ライダー開発

型式証明を取得するためのハードウェア・ソフトウェア要件を明らかにするとともに、試験方法・試験基準などをクリアするノウハウを持つ連携先企業との提携準備を進めた。

### ③障害物など物体の精密検知技術

研究開発構想に基づき、既存のドップラー・ライダーを改修し近距離の物体検知を実現した。他方、国際情勢の不安定化の影響を受けて、本研究開発に用いる海外からの製品調達の遅れにより、これに代わる新たな調達先の選定作業が発生し時間を要することから、SG審査委員会では研究開発を継続して実施することが妥当であるとの意見で一致した。

## 今後の課題・その他の活動

**①空間分解能高度化技術** 及び **③障害物など物体の精密検知技術**  
 2024年度は、①はFMCW方式に加えて、遠距離の観測はCDMA方式を採用し研究開発を進める、③は調達先を海外から国内に切り替える等の最大限の努力を行いつつ検知技術の向上を図り、2025年度までには達成目標を実現する。

### ②航空機搭載向けドップラー・ライダー開発

ドップラー・ライダーを航空機に搭載するためには型式認証の取得が必要である。そのため、航空機への機器搭載実績や認証取得のノウハウを有する国内メーカーと協力関係を締結。具体的内容について議論を進めていく。

### その他の活動

・「経済安全保障に係る産業・技術基盤強化アクションプラン（2023年10月）」による「技術優位性確保のためのサプライチェーン強化」の一環として、ドップラー・ライダーの中核部品について、海外製品を使用する場合のリスクを考慮し、国内メーカーと共同で国産化を進めていく。

・今年度後半に予定する中間評価に向けて、適切な評価が得られるよう、PO・メトロウェザー株式会社と連携をして、研究開発マネジメントを進めていく。

# 航空機の設計・製造・認証等のデジタル技術を用いた開発製造プロセス高度化技術の開発・実証

PO：李家 賢一 東京大学

実施体制：(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

- 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 ★：ステージゲート

	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度
<b>①設計DX</b> ・機体/エンジンを対象としたMBSE-MBD連携技術の開発 ・次世代航空機のリファレンスモデル構築		システムモデル/ツールの構築	検証、ガイドライン作成 <span style="color: yellow;">★</span>	システムモデル/ツールの構築	
<b>②認証DX</b> ・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 <span style="color: yellow;">★</span>	模擬審査、ガイドライン改良、CbAツール確立	
<b>③生産DX</b> ・デジタルAPQP ・MBD/MBE連携 ・スマートサプライチェーン		プロセス構築	試作/検証 <span style="color: yellow;">★</span>	次世代航空機を想定した実証	
<b>④開発製造プロセスの統合</b> ・デジタルスレッド技術 ・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 <span style="color: yellow;">★</span>	プロセス統合及びプラットフォーム上での実証	

## 達成目標

- 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。最終的には、開発した手法をリファ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。

## 研究開発概要・進捗・成果

### <2023年度実施内容>

研究開発初年度として、開発するプロセスの要件定義や、システムモデルやツールの初度案の構築等を実施し、計画通りの進捗が得られている。

### <研究開発成果>

- ①設計DX：2024年度からのMBSE-MBD連携フローの試行に向けて、システムモデルおよび接続するMBDツールの初度案を完成させた。また設計で用いるリファレンスモデル構築に向けて標準化基準の骨子を作成した。
- ②認証DX：試験を代替する解析についての検証活動を2024年度から本格的に開始するため、流体／構造等の解析、検証試験計画の策定／供試体準備を行い、またJCABを交えて解析信頼性保証プロセスの勉強会を開催し、CbAガイドライン作りの準備作業を行った。
- ③生産DX：2025年度のプロセス構築に向け、主にプロセスの構想設計を実施した。また海外OEMの動向及び関連技術動向を調査して構想設計に反映した。（海外OEMの面談調査を4回実施）
- ④開発製造プロセスの統合：2025年度のプロセス構築に向け、主にシステム要件の詳細化を実施した。

MBSE: Model Based Systems Engineering, MBD: Model Based Design, JCAB: Japan Civil Aviation Bureau, CbA: Certification by Analysis

## 今後の課題・その他の活動

2024年度、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する。
- 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、航空機ライフサイクルDXコンソーシアムのオープンフォーラム等を活用し、本プログラムの研究成果等を発信していく。

### <国際標準化活動>

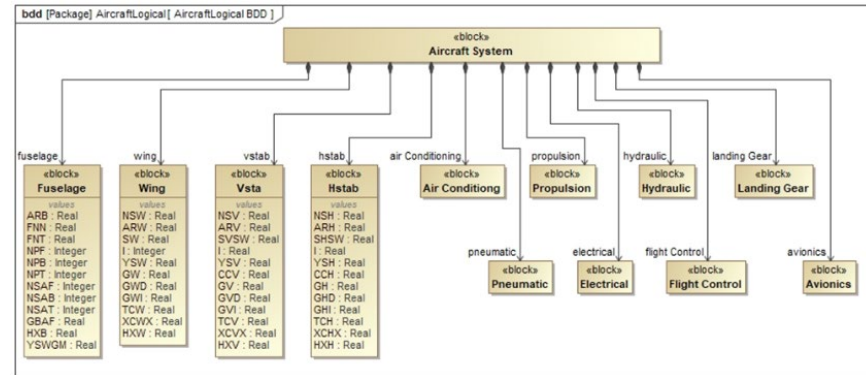
SEA S-18 Committee及びその中のMBSE関連WGの活動に参画し、「民間航空機およびシステムの開発に関するガイドライン」への反映を目指す。

# 航空機的设计・製造・認証等のデジタル技術を用いた開発製造プロセス高度化技術の開発・実証

## <研究開発成果>

### ① 設計DX

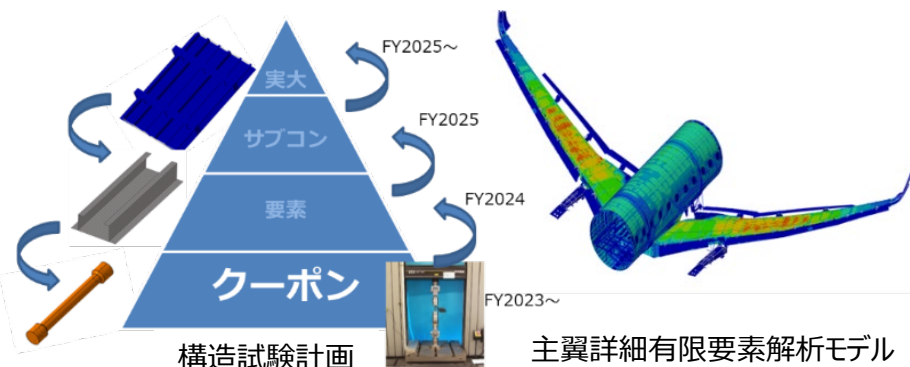
2024年度からのMBSE-MBD連携フローの試行に向けて、システムモデルおよび接続するMBDツールの初度案を完成させた。また設計で用いるリファレンスモデル構築に向けて標準化基準の骨子を作成した。



航空機システムのシステムモデル例（ダイアグラム）

### ② 認証DX

試験を代替する解析についての検証活動を2024年度から本格的に開始するため、流体／構造等の解析、検証試験計画の策定／供試体準備を行い、またJCABを交えて解析信頼性保証プロセスの勉強会を開催し、CbAガイドライン作りの準備作業を行った。



構造試験計画

主翼詳細有限要素解析モデル

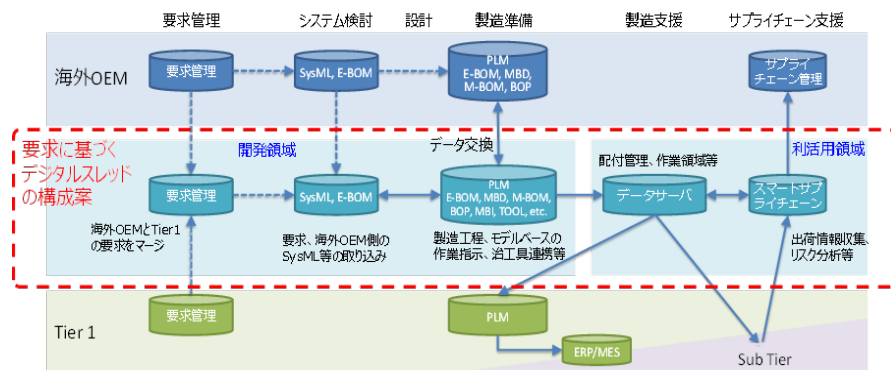
### ③ 生産DX

2025年度のプロセス構築に向け、主にプロセスの構想設計を実施した。また海外OEMの動向及び関連技術動向を調査して構想設計に反映した。（海外OEMの面談調査を4回実施）

### ④ 開発製造プロセスの統合

2025年度の生産DXとの接続試験実施に向けて、主にシステム要件の詳細化を実施した。

MBSE: Model Based Systems Engineering, MBD: Model Based Design, JCAB: Japan Civil Aviation Bureau, CbA: Certification by Analysis



デジタルスレッド構成案

PO：岡部 朋永 国立大学法人東北大学大学院教授

実施体制：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

- 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	

## 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。

## 研究開発概要・進捗・成果

2023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
  - 繊維界面コーティングは、繊維分散と後処理の有効性を確認した。
  - 高速製造技術は、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を大幅に短縮した。
  - 高速加工・検査は、X線源とX線検出器の組み合わせと構成を評価し、構築するシステム構成の絞り込みを行った。
  - 耐環境コーティングは、マイクロ組織分析により密着性および緻密性を確保する条件の最適化を見出した。
- 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、材料規格検討に向け影響が大きい特徴量を特定するとともに、300本超の初期材料データベースの試験計画を立案し、製造を開始した。
  - CMCの要素試験および解析技術開発は、解析手法を検討し定式化を進めるとともに、模擬材による予備試験を実施した。

## 今後の課題・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）

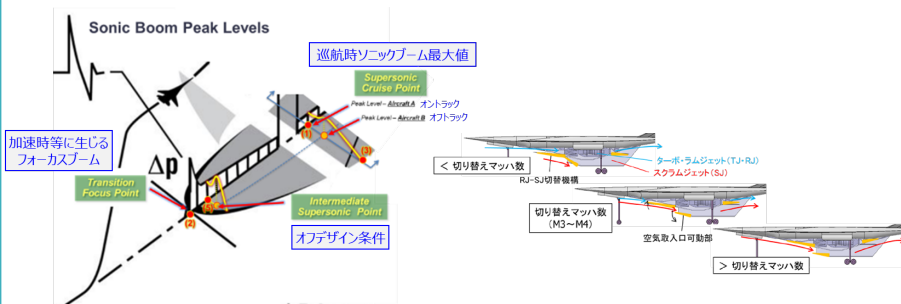
- 低ソニックブーム設計技術
  - 超音速飛行の実証試験を実施し、計測したソニックブーム波形が低ブームの特徴を捉えていることを確認。
  - 風洞試験技術を開発し、ブーム特性に及ぼす設計効果を解析と風洞試験で実証。
- 騒音基準検証に資する技術
  - 上空と地上でのソニックブーム波形データと地上付近の気象データを取得し、大気乱流の影響を考慮したソニックブーム推算を実施。
  - 推算結果と飛行試験時の計測結果を用いて、ICAOの検討動向に応じたデータ処理等を行い、ソニックブーム騒音基準を検討。

### 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：エンジン切り替えを想定するマッハ数3~4程度でのSJの作動を確認。
- ターボジェット(TJ)高速化技術：同軸配置のTJから外筒ラムジェット(RJ)への完全切り替えを実現。
- 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り替えが済むことを示す。
- 実証計画策定を含むシステム検討：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。

## 研究開発概要・進捗・成果

本研究開発では、陸域上空超音速飛行可能な超音速機の実現を目指して、ソニックブームが観測されるエリア全域での低ソニックブーム化を可能とする設計技術を飛行実証し、国際騒音基準策定に貢献する。また、低速から極超音速まで幅広い作動域を有するエンジン技術の獲得を目指して、**複合エンジンシステムの要素技術を地上実証する。**  
作り込みを経て2024年4月に研究開発を開始し、実施中。



想定騒音基準で求められるエリア全域での低ソニックブーム性

極超音速用エンジンイメージ

## 今後の課題・その他の活動

### ＜研究開発スケジュール＞

	中間評価				事後評価
	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目
(1) 超音速機(低騒音化技術)					
課題(1)A：低ソニックブーム設計技術	低ブーム等の設計	実証機適用			飛行試験 設計検証
課題(1)B：飛行実証技術	実証機等の設計		製造		
課題(1)C：騒音基準検証に資する技術	ソニックブーム計測技術・推算技術等の開発				騒音基準検討
(2) 極超音速機(複合化エンジン技術)					
課題(2)A：スクラムジェット低速化技術	要素技術検討、試験設備整備		試験体設計製作、単体試験		
課題(2)B：ターボジェット高速化技術	要素技術検討、試験設備整備		試験体設計製作、単体試験		
課題(2)C：エンジン切り替え技術	要素技術検討、試験設備整備		試験体設計製作、実証試験		
課題(2)D：システム検討と将来計画	概念設計検討、将来計画検討				将来計画策定

・**超音速要素技術**では、低ブーム・抵抗低減技術等の開発・実証機適用、飛行実証機等の設計・製造、ソニックブーム計測・推算技術等の要素技術開発を進めた上で飛行実証試験を実施。  
・**極超音速要素技術**では、前半はスクラムジェット低速化、ターボジェット高速化、エンジン切り替えの各要素技術開発とともに実証機エンジンシステムの概念設計を行い、後半は**地上試験用供試体の設計製作・実証試験**を実施。

