

## ReAMoプロジェクト シンポジウム

### 研究・調査開発項目①性能評価手法の開発

#### (1)ドローンの性能評価手法の開発

次世代空モビリティの安全認証および社会実装に求められる  
性能評価手法に関する研究開発

**実施者名**：東京大学、長岡技術科学大学、  
筑波大学、BIRD INITIATIVE(株)

**再委託**：会津大学、日本海事協会、電通国際情報サービス  
一橋大学、慶応義塾大学、産業技術総合研究所、  
電子航法研究所、国立情報学研究所

2023年3月10日

# 1.事業概要説明

# 研究開発項目①(1)性能評価手法の開発

## 次世代空モビリティの安全認証および社会実装に求められる性能評価手法に関する研究開発

### 事業内容

次世代空モビリティの許可承認や運用に必要な、安全性に関する証明／認証方法を研究開発し、航空業界の標準化のコミュニティと協調し、国内外で標準化活動を実施

- ① 無人航空機の第一種/第二種 機体の認証の認証ガイドラインの開発
- ② 無人航空機の運用に必要な安全管理に関する研究開発
- ③ 無人航空機のフライトシミュレーターの安全認証に必要な要件の研究開発
- ④ 無人航空機の運航の安全性の評価法の研究開発

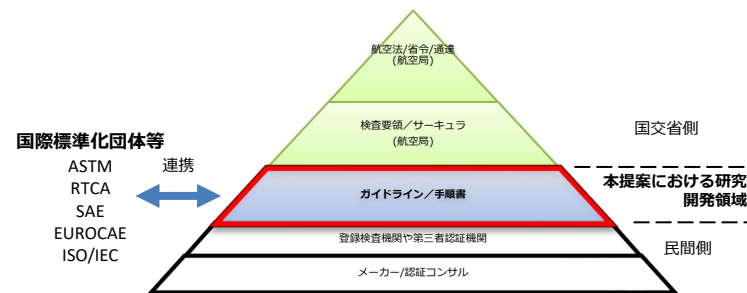
### 実施体制

提案者：東京大学①②③④、長岡技術科学大学②、筑波大学③、BIRD INITIATIVE④

再委託：日本海事協会①、会津大学①、電通国際情報サービス①②③、一橋大学②、慶應義塾大学②、産業技術総合研究所④、電子航法研究所④、国立情報学研究所④

### 達成目標

- ① 第一種の無人航空機に対応した許可承認のためのガイドラインの完成
- ② 分野別安全として災害対応、測量、点検、物流、農業等に対応した、無人航空機のレベル4に対応するガイドを作成
- ③ 実証実験等を行い、抽出した要件の妥当性確認を完了する
- ④ m対n(複数人の操縦者／運航者で複数機の無人航空機)の運航への対応



①研究開発するガイドライン/手順書の位置づけイメージ

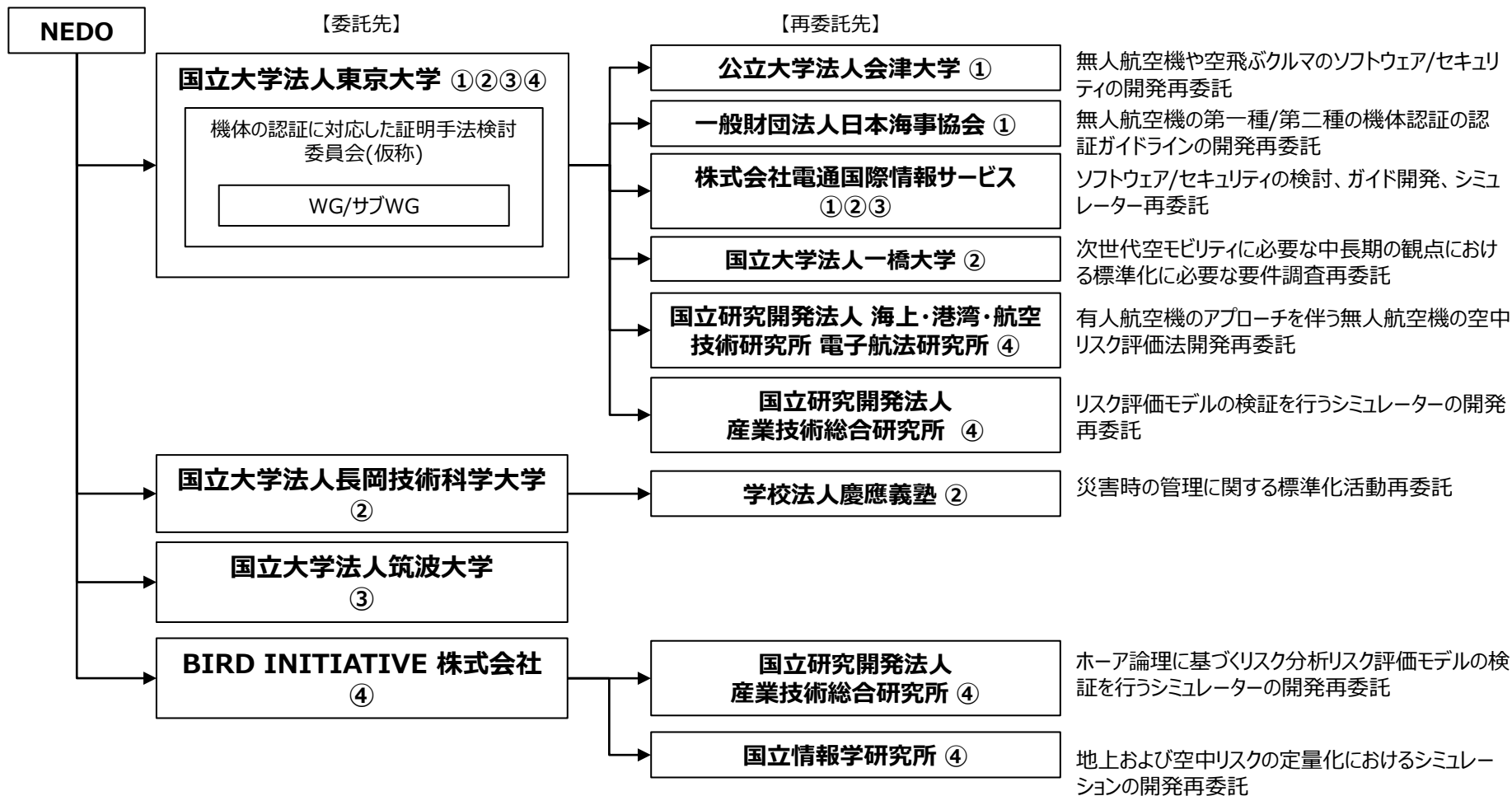


③のシミュレータの要件に関する研究イメージ

# 研究開発項目①(1)ドローンの性能評価手法の開発

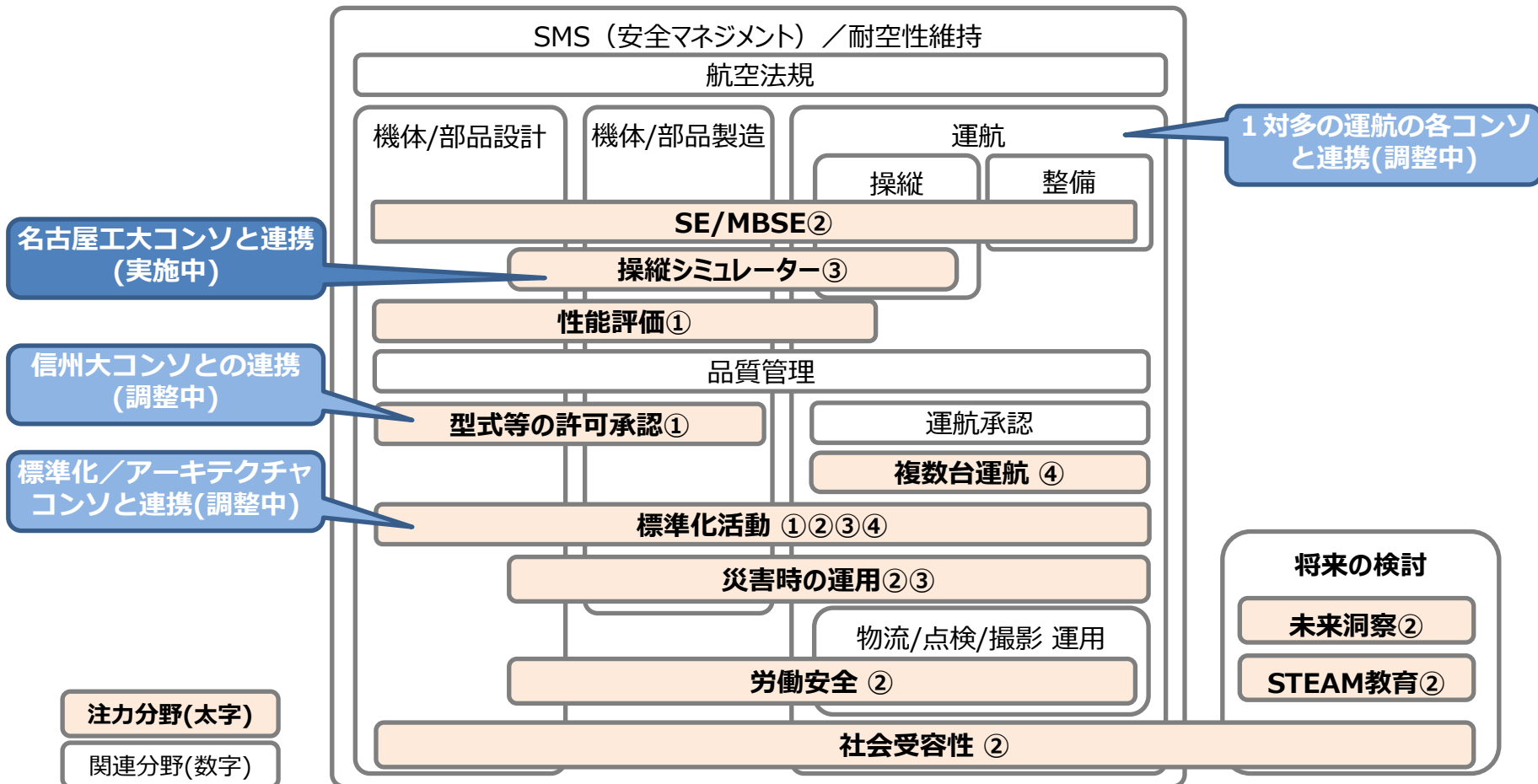
## 次世代空モビリティの安全認証および社会実装に求められる性能評価手法に関する研究開発

### 実施体制



# 【補足】各テーマの役割と関係性と、他コンソとの関係性イメージ

- ① 無人航空機の第一種/第二種の機体認証の認証ガイドラインの開発：東大、会津大、海事協会、電通国際
- ② 無人航空機の運用に必要な安全管理に関する研究開発：長岡技大、東大、電通国際、慶應大、一橋大
- ③ 無人航空機のフライトシミュレーターの安全認証に必要な要件の研究開発：筑波大、東大、電通国際
- ④ 無人航空機の運航の安全性の評価法の研究開発：東大、Bird、産総研、ENRI、NII



## 2.今年度(2022年度)の取組内容と成果

# 2022年度の取り組み内容と成果の概要

事業内容項目	2022年度の取り組み内容	本年度の成果概要（2022年2月末）
<b>①-(1) 無人航空機の第一種/第二種 機体の認証の認証ガイドラインの開発</b> 担当：東京大、会津大、ISID、海事協会	DRESS事業の課題を踏まえて、円滑なWG/サブWGの立ち上げ	<ul style="list-style-type: none"> <li>委員会/WG/サブWGの立ち上げ準備実施</li> <li>勉強会等の実施</li> <li>WGの周知活動を実施</li> </ul>
<b>①-(2) 次世代空モビリティに必要なソフトウェア/セキュリティの調査研究</b> 担当：会津大、東京大、ISID		
<b>②-(1) 機体/運行/整備等のガイド整備</b> 担当：長岡技大、東京大、ISID	各機体メーカーや飛行従事者や運行管理者などに対して、講演会等を実施	<ul style="list-style-type: none"> <li>有人航空機の運航講習/調査を実施</li> </ul>
<b>②-(2) 各種リスクの実態調査</b> 担当：長岡技大、東京大	産業化で必須な労働安全の基本情報として、個人保護具の有効性調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>個人保護具の実験データ取得</li> <li>衝撃着火性の実験実施</li> <li>ASMT E54.09にて実施内容説明</li> </ul>
<b>②-(3) 社会受容性と妥当性確認</b> 担当：慶應大、長岡技大、一橋大、東京大	大規模災害発生後の調査活動を想定した、社会受容性について調査・分析 中長期の社会受容性の調査・分析	<ul style="list-style-type: none"> <li>自治体ヒアリングを実施(三重県他)</li> <li>ワークショップ実施等</li> </ul>
<b>③-(1) 無人航空機のパイロットのライセンス付与のシミュレーター研究開発</b> 担当：東京大、筑波大、ISID	ドローンスクール・官公庁等の業界への実態調査を実施	<ul style="list-style-type: none"> <li>ドローンスクールへのユーザーヒアリング実施</li> </ul>
<b>③-(2) 無人航空機のパイロットの業務訓練用のシミュレーター研究開発</b> 担当：筑波大、東京大、ISID		<ul style="list-style-type: none"> <li>消防・防衛等へのヒアリング実施</li> <li>訓練シナリオ検討</li> </ul>
<b>④無人航空機の運航の安全性の評価法の研究開発</b> 担当：東京大、BIRD、産総研、ENRI、NII	1対多に関する欧米の制度等動向の調査の実施、地上および空中モデルの検討について中間報告	<ul style="list-style-type: none"> <li>1対多に関する欧米の制度等動向の調査の実施</li> <li>地上および空中モデルの検討</li> </ul>
標準化活動	<ul style="list-style-type: none"> <li>RTCA/ASTM/SAE/EUROCAE/ISOの動向調査</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>RTCA/ASTM/SAE/EUROCAE/ISOのいくつかのWGの動向調査を実施</li> </ul>

### (1) 無人航空機の第一種/第二種の機体認証の認証ガイドラインの開発

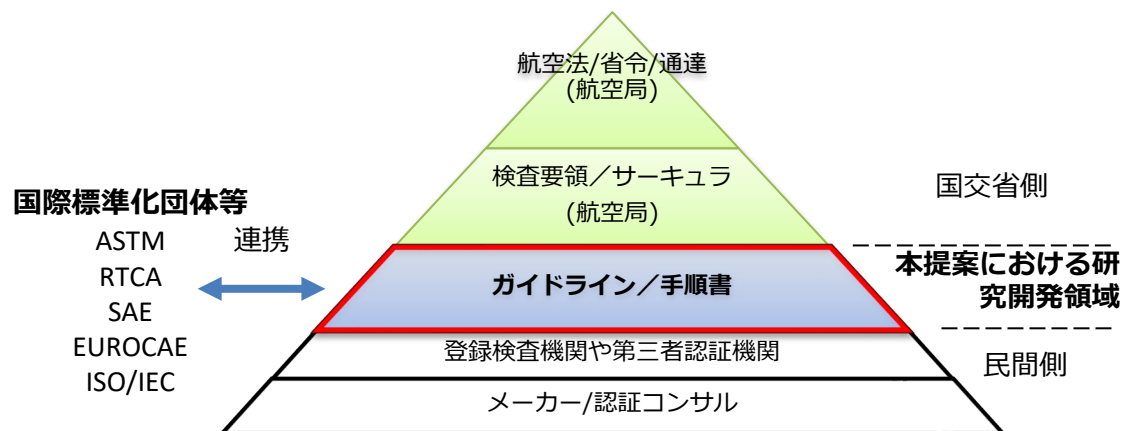
(担当：東京大学、電通国際情報サービス、会津大学、日本海事協会)

- 無人航空機の許可承認に関わる証明方法の手順書等を開発する
- 委員会/WGを立上げ、国交省側と民間側の橋渡しを目指した、ガイドラインや手順書作成を目指す

### (2) 次世代空モビリティに必要なソフトウェア/セキュリティの調査研究

(担当：会津大学、東京大学、電通国際情報サービス)

- 航空先進国の欧米でも、ソフトウェアやセキュリティは発展途上であり、標準化活動を通じて情報収集と国内の状況に対応したガイドライン等の作成を目指す



① 研究開発するガイドライン/手順書の位置づけイメージ



# テーマ① 無人航空機の第一種/第二種 機体の認証の

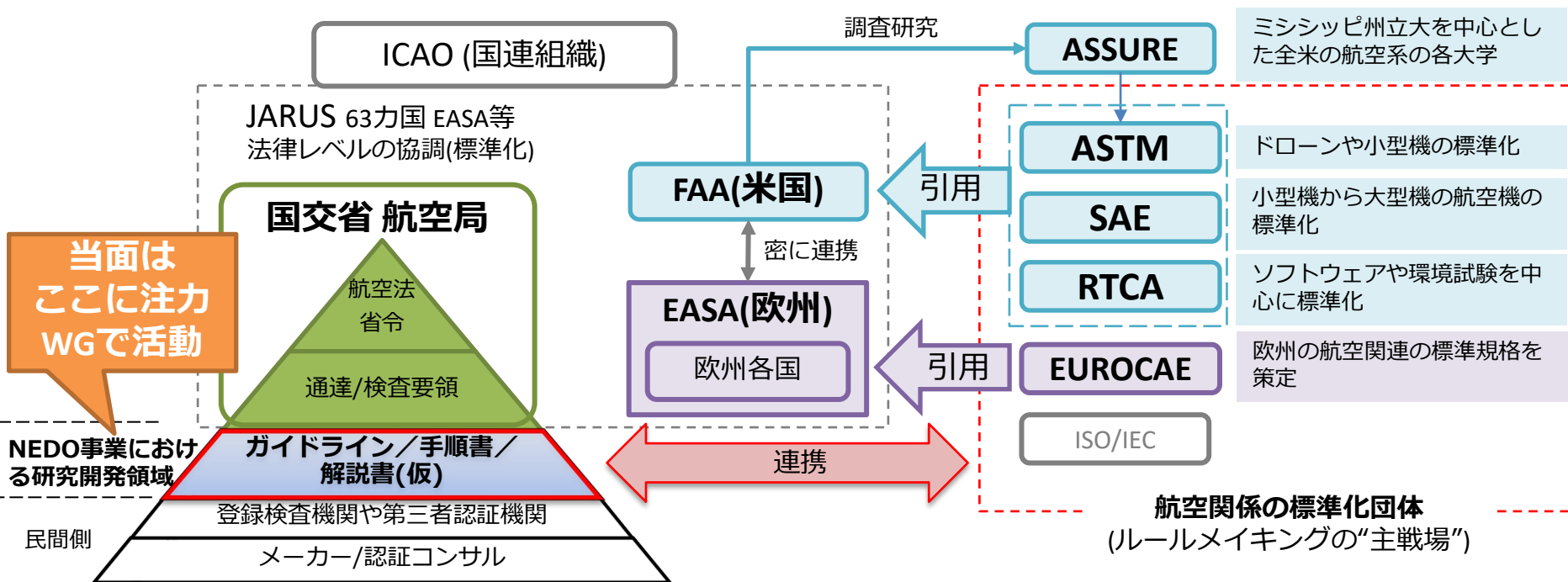
## 認証ガイドラインの開発：【目指す標準化活動】

### ● 航空局の基準に対する、証明方法の標準化活動

- 本来であれば研究サイドは、標準化活動に活用可能なエビデンスづくりが必要だが、当面制度設計に注力

### ● 海外展開をみすえた事業者に対して、必要な支援策としての活動

- 各国の規制当局との、将来の相互認証を目指すための海外との標準化（均一化）



ReAMoでの研究開発「イメージ」

第二種型式認証に対応した“手順書(仮)”を、WG活動を通じて業界と共に2023年度中に

# テーマ① 無人航空機の第一種/第二種 機体の認証の 認証ガイドラインの開発：【2022年度の取り組み内容と成果】

- 目的：国交省側と民間側の橋渡しを目指した、ガイドラインや手順書、解説書 等を作成する
- 2022年度：
  - 2023年度中に第二種の型式/機体認証の手順書(仮)の作成を目指した「委員会/WG/サブWG」の立ち上げ準備実施中
  - 2～3月（隔週）「WG立ち上げ準備会合」にて、2023年3月まで「どんな議論をすべきか？」を議論中(図1)
  - WG/サブWGには、機体メーカー、運航事業者/操縦者、官公庁の方々にも参加を打診



図1 「WG立ち上げ準備会合」の様子

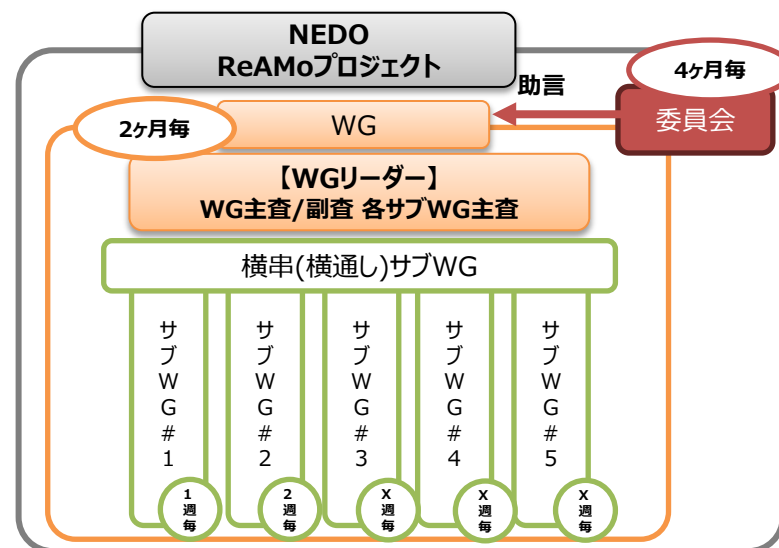


図2. 4月からの委員会/WG/サブWGの体制(案)

# テーマ① 無人航空機の第一種/第二種 機体の認証の 認証ガイドラインの開発：【2022年度の取り組み内容と成果】

## 機体側の議論の活動状況を、運航や操縦者側への周知のために活動を実施

時期	説明先	実施内容
2022年12月	計測自動制御学会 SI2022	キーノートスピーチにて、ドローンの研究に携わる研究者に標準化や「WG/サブWG」活動を周知
2022年11月	「無人航空機の型式 認証等の手続き」に 関する勉強会	手続きのに関する通達文書の勉強会を開催、オンライン参加：約180名、3月まで収録を事後配信中（2月末時点で約600名視聴）
2023年2月	航空自衛隊 第3回 無 人航空機活用に係る 官民意見交換会	国交省枠における型式認証の取得した機体開発を目指している、防災用ドローンの開発事業者の企業や調達者にReAMoプロジェクトの概要を説明
2023年2月	NEDO DRESS WG/サ ブWGの報告会	旧NEDOプロジェクト(DRESSプロジェクト2022年12月まで)における、各サブWGの活動報告会を実施し、意見交換を実施（図1） ハイブリッド参加：合計約140名（オンライン約120名、対面約20名）



図1 DRESSのWG/サブWGの報告会の様子(2月)

コンソメンバーや協力企業の協力により、SAE、EUROCAE、ASTM、ISO等の海外標準化動向調査を実施

## 【概要】

### (1) 機体/運行/整備等のガイドラインの整備

(担当：長岡技術科学大学、東京大学、電通国際情報サービス)

- MBSE:Model Based Systems Engineering等の手法を用いて、俯瞰的・系統的に情報をガイドラインに統合
- 整備したガイドラインの有効性を評価するため、各機体メーカーや飛行従事者や運行管理者などに対して、講演会等を実施しフィードバックを得る

### (2) 各種リスクの実態調査 (担当：長岡技術科学大学、東京大学)

- 産業化で必須な労働安全の基本情報として、個人保護具の有効性調査を行う
- 想定標準化活動先： ASTM E54.09 、 ISO (各個人保護具)

### (3) 社会受容性と妥当性確認

(担当：慶應義塾大学、長岡技術科学大学、一橋大学、東京大学)

- 地方自治体らと協力し、津波・台風等の大規模災害発生後の調査活動を想定した、ドローン利用の社会受容性について調査・分析や、中長期の社会受容性の調査・分析

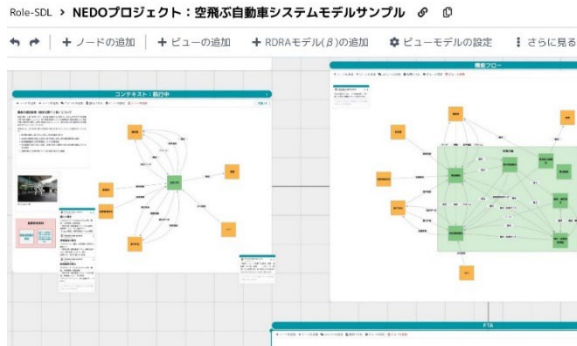


図1. MBSEのイメージ

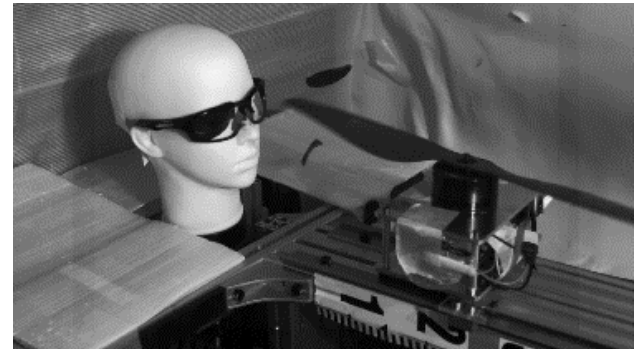


図2. プロペラに対する保護メガネの有効性調査実験

## 【2022年度の取り組み内容と成果】

### (1) 機体/運行/整備等のガイド整備

- **目的：**ドローンの開発/運用に必要な、安全管理/MBSE等の教材について、各種講習会/講演会等の調査を実施し、実態に即したガイドライン(教材)を開発する

2022年度実績	2023年度予定
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 主に機体メーカーの方々を中心に45名の協力者に対して、有人航空機の運航側の講習(SMS/航空法/品質管理等)/調査等を実施 (協力：日本航空技術協会)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 無人航空機の運航・操縦・調達者等に、範囲を拡大して調査実施を検討中</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 機体設計/製造の講習を3月16日に実施予定 (協力：三菱航空機)</li> </ul>	

### 無人航空機(ドローン)の開発・運用に必要なガイドライン(教材)開発

#### <有人航空機の既存教材>

- ① 航空一般
- ② 航空法規
- ③ 品質管理 <基礎編>
- ④ はじめてでもわかるヒューマンファクター
- ⑤ SMS (安全マネジメント)

#### <2022年度>

ドローンの設計・製造メーカーを中心に45名

#### <2023年度以降>

運航事業者も追加検討

#### <無人航空機の教材開発>

- 機体設計、MBSE、航空法規、品質管理、ヒューマンファクター、SMS、整備等々

## 【2022年度の取り組み内容と成果】

### (2) 各種リスクの実態調査

- **目的：** UASの運用の労働安全に必要な、個人保護具に関する基本的情報を、実験・調査を通じて明らかにする

2022年度実績	2023年度予定
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 15～20インチのプロペラを個人保護具等のリスク評価実験（図1）</li> <li>• 個人保護具の各工業会と、標準化について協議を開始</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 30～40インチのプロペラの個人保護具等を対象に実験</li> <li>• 関係者による研究会を開催</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 衝撃時の着火に関する実験実施（図2）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 防爆性の検証のために、可燃性ガス内での着火実験を実施</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ASTM E54.09 WGでの意見交換実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 引き続き海外標準化団体と連携</li> </ul>



図1 個人保護具に対するリスク評価

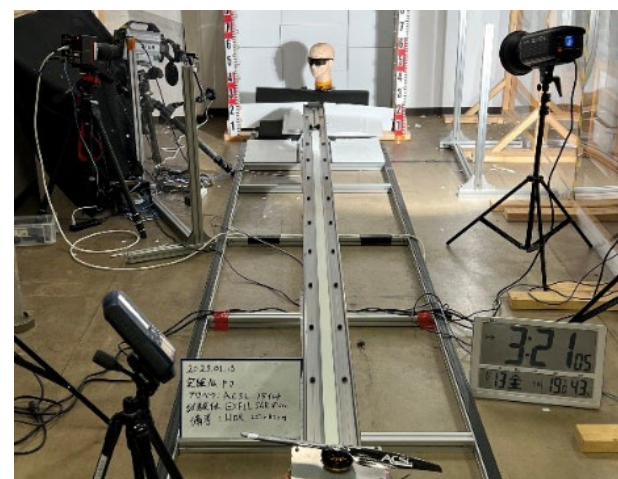


図2 衝撃着火性の実験の様子

## 【2022年度の取り組み内容と成果】

### (3) 社会受容性と妥当性確認

・ 目的：

1. 地方自治体によるドローン災害対応手順を標準化
2. ドローンの複数のシナリオを提示する

2022年度実績	2023年度予定
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 自治体（三重県志摩市）にて、地震・津波などの災害で、離島が孤立した場合のシナリオを想定し、小型ドローンでの空からの調査活動を実施（図1）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 警察・消防・海上保安等の機体・システムの標準化活動に求められる要素について、ステークホルダーとの対話を実施</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 未来洞察/シナリオプライニングのワークショップを実施（図2）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2022年度の結果を元に継続してワークショップ等を実施予定</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ STEAM教育の調査</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 調査結果の報告会を開催予定</li> </ul>



図1 三重県志摩市 英虞湾・間崎島をドローンで空から調査



図2 ワークショップ実施(2月)

＜参加者＞  
 JAXA、産総研、  
 IPA、三菱重工、  
 東芝、自治体、  
 大学 等

# テーマ③ 無人航空機と空飛ぶクルマのフライトシミュレーターの安全認証に必要な要件の研究開発：【概要】

## (1) 無人航空機の操縦のライセンス付与のシミュレーターの要件研究

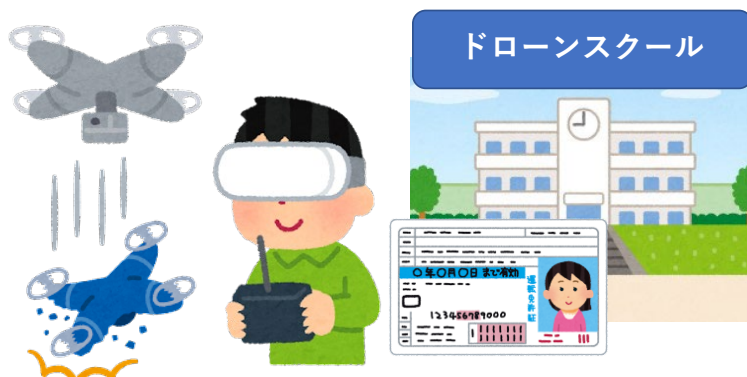
(東京大学、筑波大学、電通国際情報サービス(ISID))

- 無人航空機の一等／二等ライセンスを取得に特化した、操縦技能維持に必要な最低限の評価用シミュレーターの要件や機能、性能の抽出と標準化に関する研究開発を実施する(図1)
- 想定標準化活動先：ISO TC16/SC20 他

## (2) 無人航空機のパイロットの業務訓練用のシミュレーターの要件の抽出研究

(筑波大学、東京大学、電通国際情報サービス(ISID))

- 警察や消防などの官公庁やインフラ点検の業務で用いる訓練用のシミュレータとして、どんな要件が必要かの抽出と、標準化に関する研究を実施する(図2)
- 名工大コンソらの「制約環境下におけるドローンの性能評価法の研究開発」の実施者と、共同で意見交換会や、悪天候を模擬した試験設備での飛行試験を模索
- 標準化活動先：ASTM E54.09



(1) ライセンス取得時のシミュレーター



(2) 官公庁(消防・警察・海保等)や点検事業者向けの悪天候時等の訓練用シミュレーター



# テーマ③ 無人航空機と空飛ぶクルマのフライトシミュレーターの安全認証に必要な要件の研究開発：【2022年度の取り組み内容と成果】

## (1) 無人航空機の操縦のライセンス付与のシミュレーターの要件研究

- 目的：ドローンスクールで使用するシミュレータの要件を明らかにする
- 目標：一等／二等ライセンスを取得、操縦技能維持に必要な評価用シミュレーターの要件や機能、性能の抽出し標準化する

## (2) 無人航空機のパイロットの業務訓練用のシミュレーターの要件研究

- 目的：災害時に飛行するドローンパイロットの訓練シミュレータの要件を明らかにする
- 目標：発災72時間に悪天候下で飛行させる従事者の訓練シミュレータに必要な要件や機能、性能を抽出する

2022年度実績	2023年度予定
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 国内外のドローンスクールに対するアンケート調査や、意見交換会の実施</li> <li>• 有人航空機のフライトシミュレーターの調査やヒアリングを実施（東京航空計器 他）(図1)</li> <li>• 消防関係者等へのヒアリング、無人航空機の運用実態の調査</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 研究会/勉強会を立ち上げて継続的に意見交換</li> <li>• 研究用シミュレータの試作</li> </ul>



図1 有人航空機のフライトシミュレーターの調査  
(ご協力：東京航空計器)



図2. 訓練シナリオ検討

# テーマ④ 無人航空機の運航の安全性の評価法の研究開発：

## 【概要】

### ■ 中間目標（2024年度）

- 操縦者1に対して、多(n)機の運航の安全評価に資するモデルを構築し、シミュレーターおよび一部のシナリオに対して実機を利用した飛行試験を行うことでモデルの検証を行う
- 検証の過程において、規制当局や国内産業団体、国際標準団体に知見を共有する

### ■ 最終目標（2026年度）

- 操縦者多(m)に対して、多(n)機の運航の安全評価に資するモデルを構築し、シミュレーターおよび一部のシナリオに対して実機を利用した飛行試験を行うことでモデルの検証を行う
- 検証の過程において、規制当局や国内産業団体、国際標準団体に知見を共有する

アウトプット	事業内容（サブテーマ）	運航リスクのモデル化			運航リスク評価手法の実用化	
		地上リスクのモデル化 & 評価	空中リスクのモデル化 & 評価	統合	諸外国の標準的手法の調査および標準規格化動向の調査	成果の国内外展開
1. 安全に効果的で効率的な実装が可能な無人航空機の運航の安全性の評価法研究開発	東京大学					
2. 離散的な解析を伴う無人航空機の地上および空中リスク評価法開発	BIRD INITIATIVE					
3. 地上リスクの定量化におけるシミュレーションの開発	国立情報研究所					
4. ホーア論理に基づくリスク分析リスク評価モデルの検証を行うシミュレーターの開発	産総研人工知能研究センター					
5. 有人航空機のアプローチを伴う無人航空機の空中リスク評価法開発	電子航法研					
6. リスク評価モデルの検証を行うシミュレーター及び複数の実機を運航させる大空間実証システムの開発	産総研インダストリアルCPS研					

### ＜実態担当＞

東京大学（再委託：電子航法研究所（ENRI）、産業技術総合研究所（産総研））、  
BIRD INITIATIVE（再委託：産業技術総合研究所、国立情報学研究所（NII））

## 【2022年度の取り組み内容と成果】

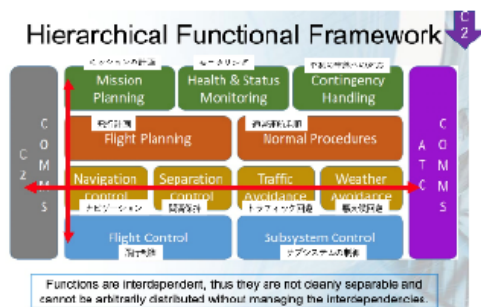
### (1) 諸外国の標準的手法の調査および標準規格化動向の調査

- NASA Multi-Vehicle (m:N) Working Group, SESAR 3, Drone Enable 2022の議論を調査し、m:N実現に関わる研究・議論の内容など、研究を進める上での方向性の確認を実施
- 運航を性格づけるフレーム案や、OSEDの設定要素、TLSの欧州での考え方など重要な知見を得た

### (2) 運航リスクのモデル化

- 全体会議を重ねることで、サブテーマ1～6の作業のイメージを共有・すり合わせを実施
- モデル化を始める上での、具体的なユースケースの案を考え、評価を行うための前提条件や情報の可用性を検討
- 機体や外部システムの自律・信頼性レベル、取得可能な空域・地上情報、空中リスクについて検討する範囲、機体のdynamicsに関するモデルの有無など、前提の設定と情報の収集を引き続き行っていく予定

- 前提詳細に関わる要素
  - 誰がどう判断するか



	UAS-UAS	UAS-MANNED	
Number of accidents (per flight hour)	—	1.0E-07 – 1.0E-09	SFSAR standards for manned aviation
Number of fatal injuries to third parties on ground (per flight hour)	1.0E-06	—	SORA proposals
Number of impacts on ground (Infrastructures) (per flight hour)	1.0E-03 – 1.0E-07	—	Proposals for other type of systems

将来的にはTLS設定にもっとデータが必要

## 3. 次年度以降の取り組み

# 2023年度以降の取り組み

事業内容	2023年度以降の取り組み
<p>①-(1) 無人航空機の第一種/第二種の機体認証の認証ガイドラインの開発 担当：東京大、会津大、ISID、海事協会</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>機体の認証のガイドライン/手順書検討の委員会/WG/サブWGの立ち上げ</li> <li><b>第二種の機体に対応した手順書/解説書(仮) Ver.1を作成 (2024年3月まで)</b></li> <li>第一種の機体に対応したガイドラインや手順書等の検討</li> </ul>
<p>①-(2) 次世代空モビリティに必要なソフトウェア/セキュリティの調査研究 担当：会津大、東京大、ISID</p>	
<p>②-(1) 機体/運行/整備等のガイド整備 担当：長岡技大、東京大、ISID</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>機体メーカー/操縦/運航事業者らに対する講習/調査の実施(2023年度)</li> <li>ガイドラインの整備(2024年度)</li> <li>MBSE/SEコンテンツ整備</li> </ul>
<p>②-(2) 各種リスクの実態調査 担当：長岡技大、東京大</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>産業化で必須な労働安全の基本情報として、個人保護具の有効性調査</li> <li>防爆ドローンを想定した着火/爆発実験実施 (2023~2024年度)</li> </ul>
<p>②-(3) 社会受容性と妥当性確認 担当：慶應大、長岡技大、一橋大、東京大</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>大規模災害発生後の調査活動を想定した、社会受容性について調査・分析</li> <li>中長期の社会受容性の調査・分析</li> <li>大規模なワークショップの実施</li> </ul>
<p>③-(1) 無人航空機のパイロットのライセンス付与のシミュレーター研究開発 担当：東京大、筑波大、ISID</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ドローンスクール・官公庁等の業界への実態調査を実施</li> <li>調査結果を踏まえた研究会の実施 (2023年度)</li> </ul>
<p>③-(2) 無人航空機のパイロットの業務訓練用のシミュレーター研究開発 担当：筑波大、東京大、ISID</p>	
<p>④無人航空機の運航の安全性の評価法の研究開発 担当：東京大、BIRD、産総研、ENRI、NII</p>	<p>1対多に関する欧米の制度等動向の調査の実施、地上および空中モデルの検討について中間報告</p>
<p>標準化活動</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SAE/RTCA/ASTM/EUROCAE/ISOの動向調査</li> <li>2022年度に実施した調査についての「報告会」「お話し会」を早々に実施</li> </ul>