

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

東京大学、長岡技術科学大学、筑波大学、Intent Exchange

(再委託：会津大学、日本海事協会、電通総研、電子航法研究所、神戸大学)

2026年5月13日

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

1.事業概要説明

1. 事業概要説明

1-(1). 研究開発の背景・実施体制



社会課題、背景

ドローンの社会実装、産業促進には、**機体システム／操縦／運用**に関する**合理的な安全確保措置**と**社会受容性拡大**が大きな課題である

本事業の実施内容、事業体制

本事業では、機体システム／操縦／運用に関する合理的な安全確保措置と、社会受容性拡大に向け、次の4つのテーマに取り組む。

テーマ①：無人航空機の第一種/第二種の機体の認証に関連する文書開発（機体）

テーマ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（安全管理）

テーマ③：無人航空機のフライトシミュレータの安全認証に必要な要件の研究開発（操縦）

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（運航）

- ・実施者：東京大学①②③④（④は2024年度まで）、長岡技術科学大学②、筑波大学③・④（2025年度から）、Intent Exchange社④
- ・再委託：2024年度まで／日本海事協会①、会津大学①、電通総研①②③、一橋大学②、慶應義塾大学②、産業技術総合研究所④、国立情報学研究所④、電子航法研究所④、2025年度から／日本海事協会①、会津大学①、電通総研①、産業技術総合研究所④、電子航法研究所④、神戸大学④

本事業の目標達成により与えるインパクト

- ・ドローン事業の拡大に貢献
- ・ドローンの安全確保により、事故対応等に必要な経費、機会喪失を抑制
- ・社会受容性の拡大により、ドローン社会実装を加速化

1. 事業概要説明

1-(2). 研究開発の目的：ドローン安全確保のための制度

機体システム・操縦・運用のそれぞれに制度が存在。

無人航空機は多様な利用方法が想定される。合理的な安全確保のためには、実用に即して、個々の制度のアップデートおよび制度間のリスク管理の統合が必要。

機体システム

<航空法：機体認証／型式認証>

- ・第一種機体認証／型式認証（カテゴリーⅢ）
- ・第二種機体認証／型式認証（カテゴリーⅡ）

操縦

<航空法：無人航空機操縦者技能証明等>

- ・一等無人航空機操縦士（カテゴリーⅢ）
- ・二等無人航空機操縦士（カテゴリーⅡ）

運用

<航空法：制度整備中>

- ・ 運航管理
 - ・ すべての飛行：審査要領※、事故報告の義務、救護義務、等
 - ・ 許可承認が必要な飛行
 - 飛行計画の通報
 - 飛行日誌の作成 等
 - ・ カテゴリーⅡ/Ⅲ リスク評価の実施
- <その他考慮すべき事項>
 - ・ 安全配慮義務、保険 等

※ 無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領

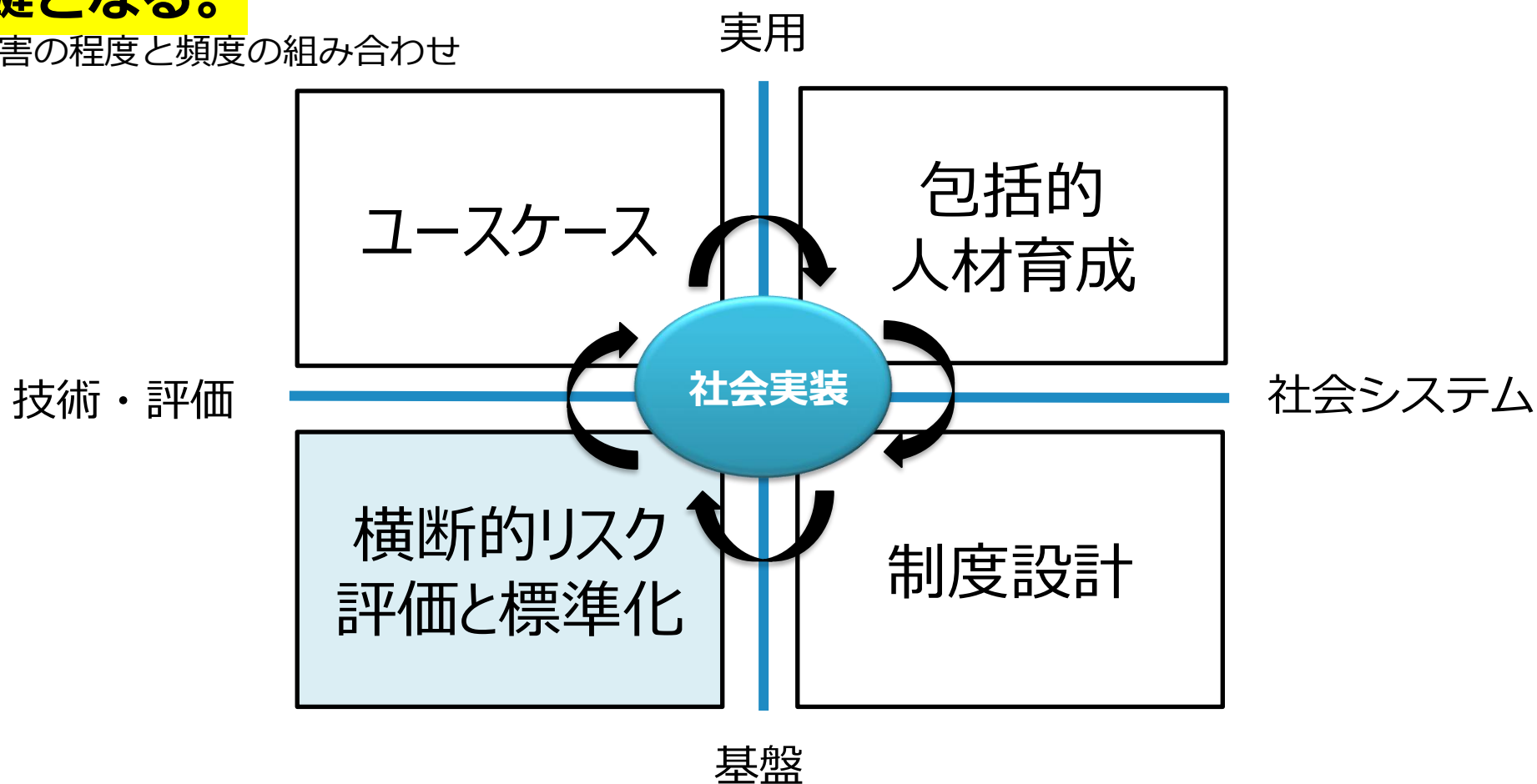
1. 事業概要説明

1-(2). 研究開発の目的：ドローン安全確保のための制度

社会実装に向けては、制度だけではなく、以下のような要素が必要。

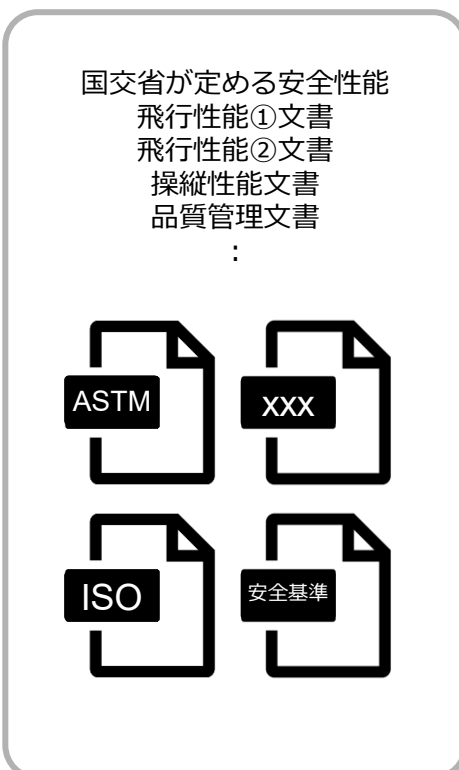
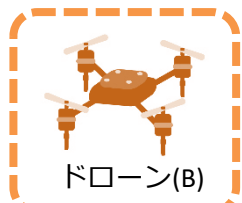
特に、機体システム・操縦・運用の3要素を実用（ユースケース）に応じて、横断的にリスクを評価し、確実な安全対応策の研究開発とその標準化を行うことが実装加速の鍵となる。

(注) リスクは被害の程度と頻度の組み合わせ



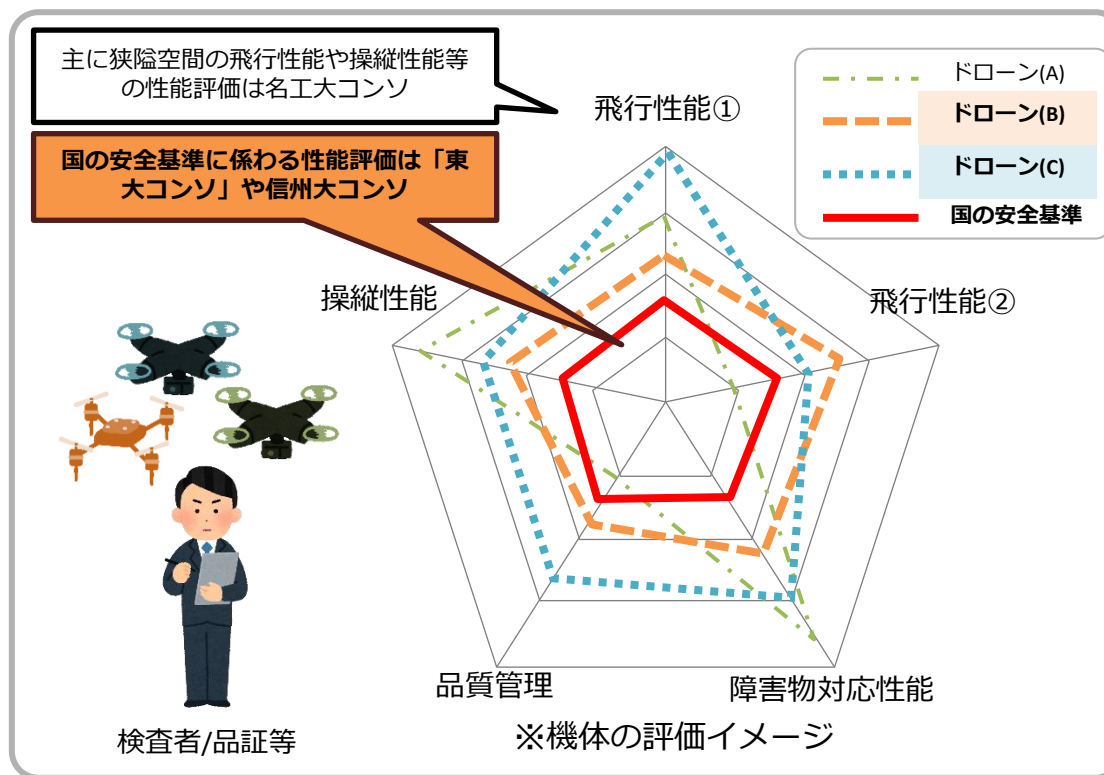
【参考】ドローンの「性能評価」研究とは？

- 対象作業に対して、備えておくべき「要素的・基本的な性能」を、評価比較するための標準的な方法(枠組み)
- 「国」(国交省)が定める「安全性能」を踏まえて、「検査者や調達者」等が必要とする標準的な「モノサシ」を定める研究
 - 東京大学コンソは国の安全基準を対象、名工大コンソは狭隘空間等を中心としたモノサシづくりを研究開発 (一部安全基準に関する項目アリ)



(1) 選定候補

(2) 各種性能評価手法の文書



(3) 性能評価・検査



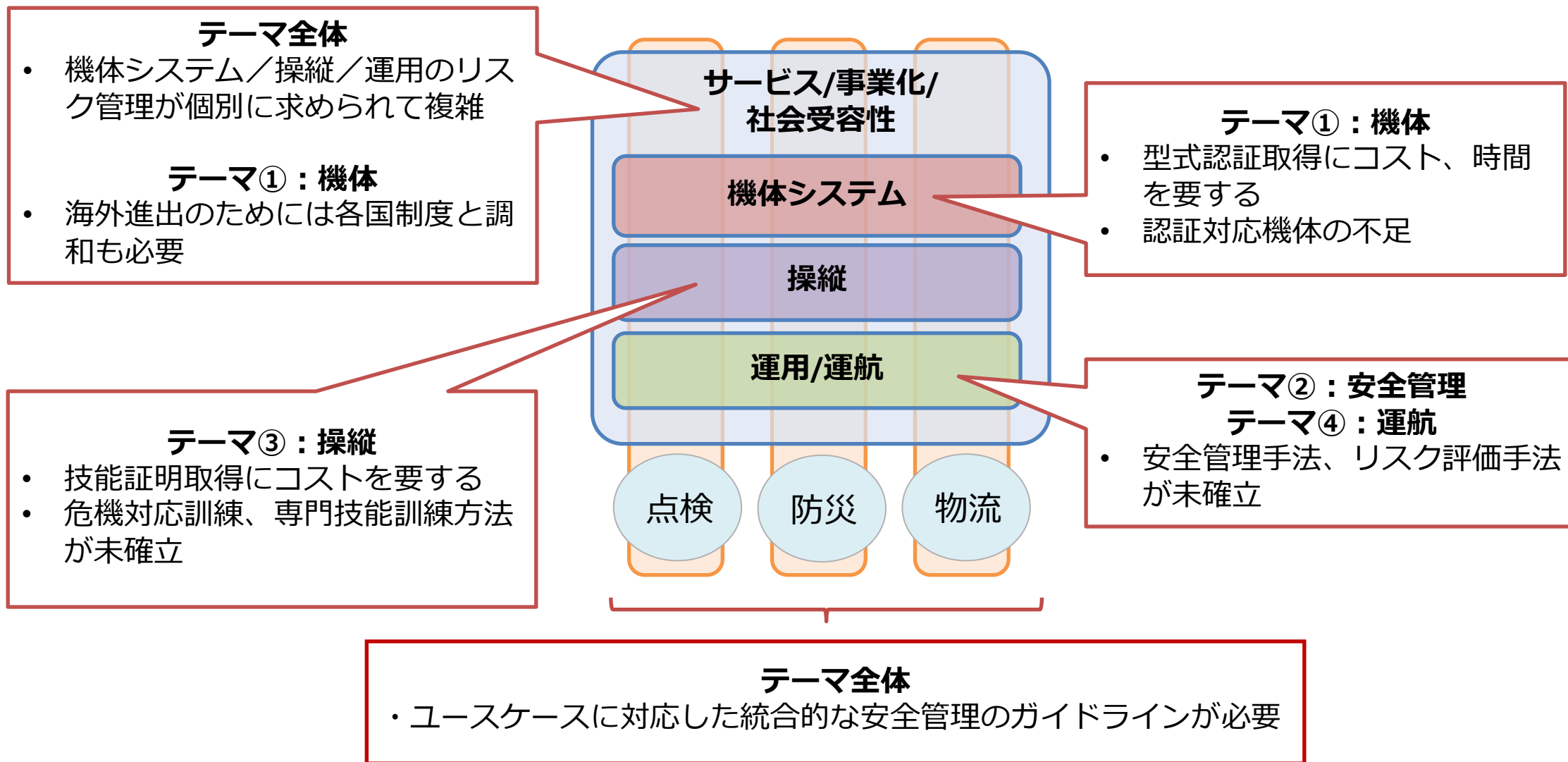
(4) 機体選定

ドローンの調達時における「安全基準や性能評価」文書との関係性のイメージ図

1. 事業概要説明

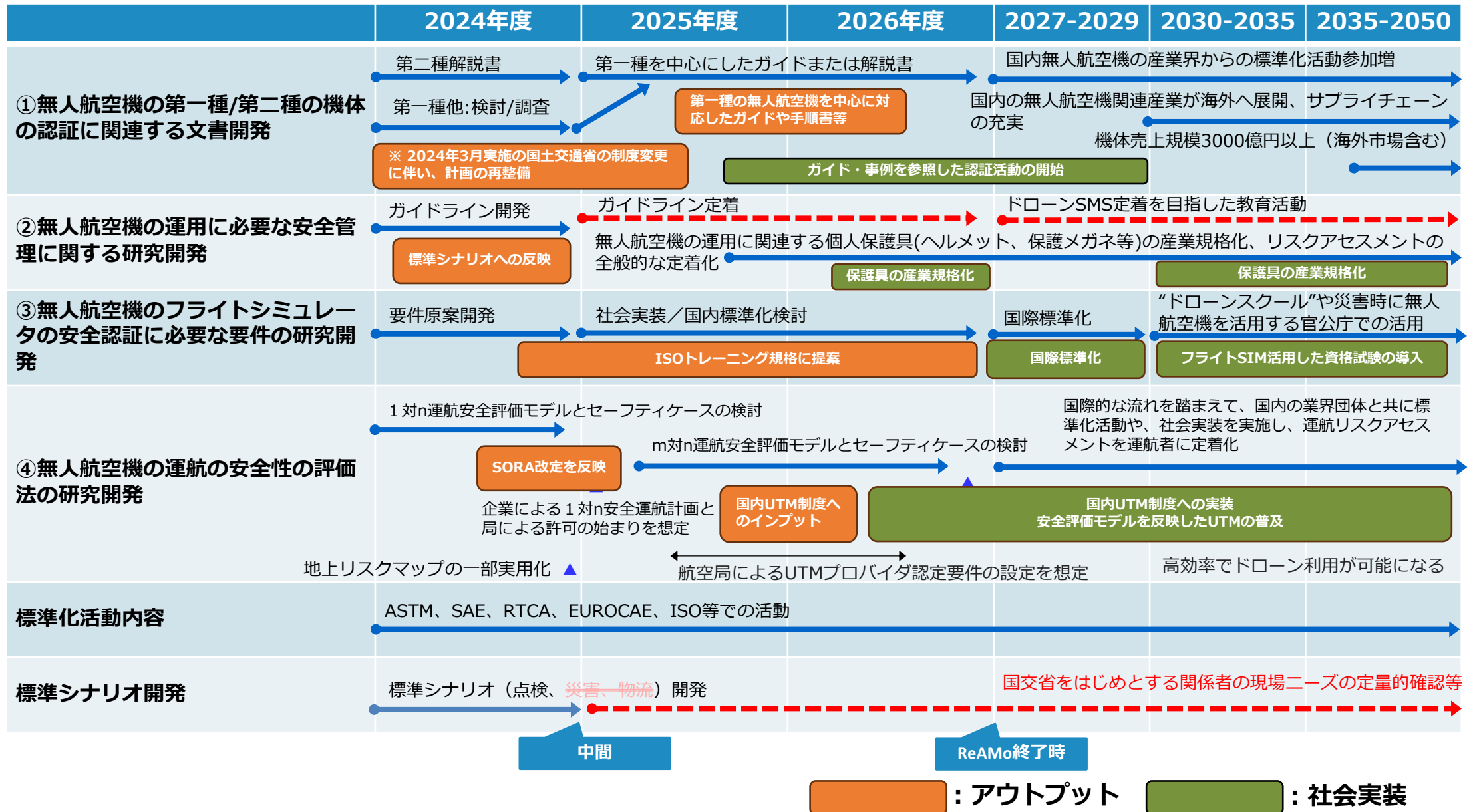
1-(2). 研究開発の目的：各テーマの解決すべき課題

ドローンの社会実装のためには、リスクに応じた効率的な安全確保が不可欠



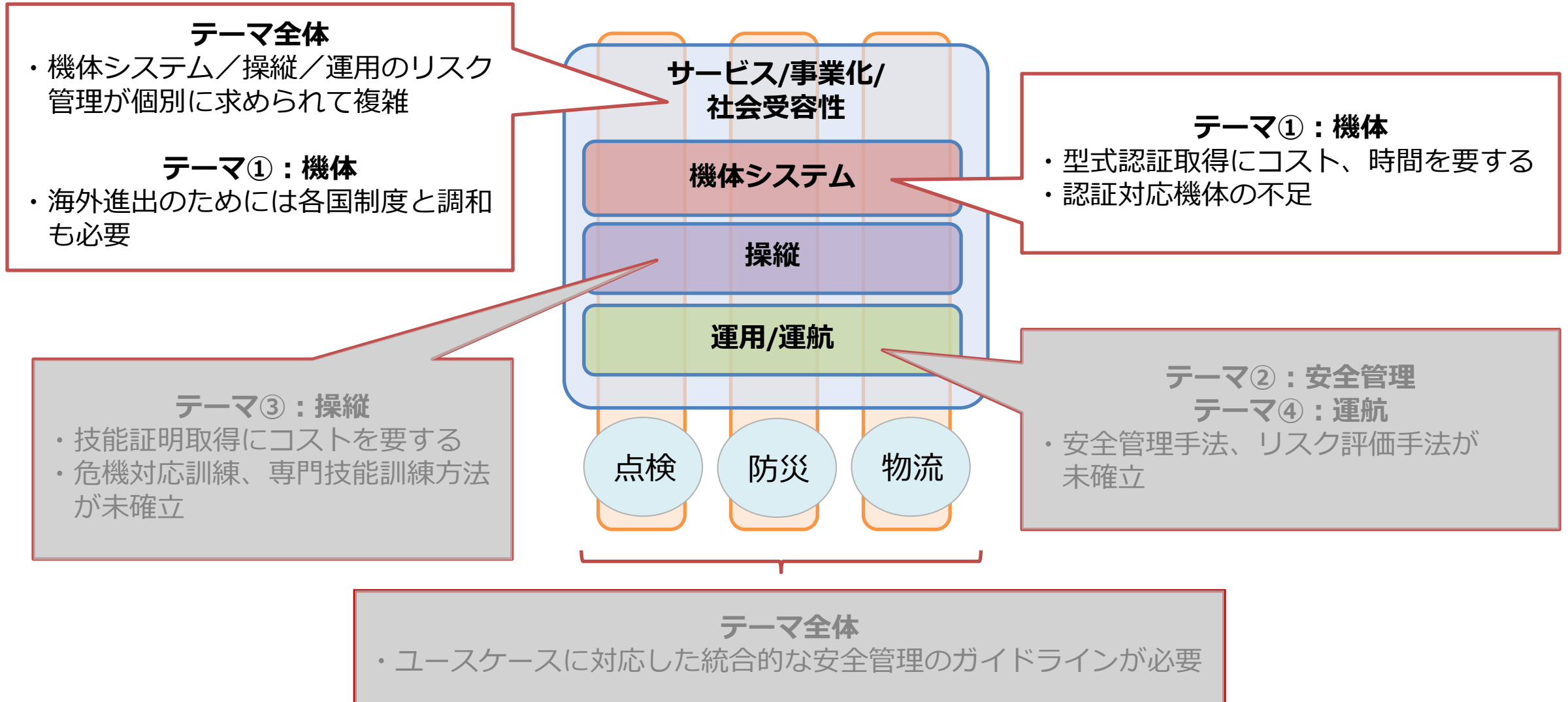
1. 事業概要説明

1-(3). 実施スケジュールと社会実装の時期と到達度予定



2.2025年度までの取組内容と成果

・ テーマ①



2. 2025年度までの取組内容と成果

① 無人航空機の第一種/第二種の機体の認証に関連する文書開発

課題：型式認証取得にコスト、時間を要する → 型式取得促進

機体システム

1. 第一種型式認証「安全基準の解説と提案」の第1版を2025年7月に発行
第二種型式認証「第二種型式認証において作成する書類の事例集（ドラフト）」を2025年11月に発行（WGのみ公開）



第一種型式認証「安全基準の解説と提案」Ver.1をReAMoホームページにて公開(2025年7月)

2. WG、TF、委員会を開催し産官学で議論を実施

2024年度から進め方や体制を修正し、Regulation(規制)に対応した標準化活動を実施

インストラクション/ワークショップでは、航空局や工業会と連携して実施

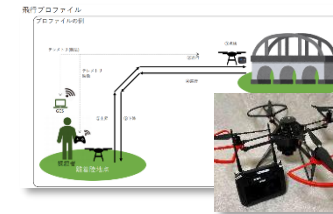


事例検討WG

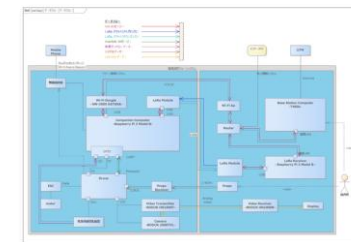
3. 無人航空機のソフトウェア/セキュリティに関する研究開発を実施

『自律化・AI』に関するシステムのモデリング開発

第一種/第二種に対応した、安全性評価プロセス教育教材を開発（ドラフト）し、展示会等で配布。



TFを通じての標準化活動を実施



2. 2025年度までの取組内容と成果

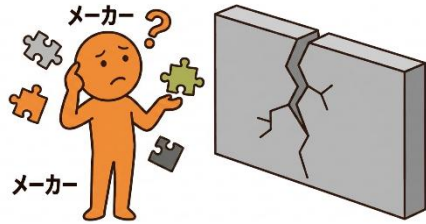
① 無人航空機の第一種/第二種の機体の認証に関連する文書開発



機体システム

認証における文書開発の役割と意義

現状と課題：認証取得の壁



- 安全基準の抽象度が高く、具体的な要件が不明確
- CONOPSの解像度を高めるのに時間を要する
- 登録検査機関/航空局との個別調整に膨大な時間とコスト
- 事業予見性が低く、開発意欲が低下



本文書開発により

- 安全基準への対応の業界ナレッジ（共通知）化
- 認証プロセスにおいて考慮すべき点の明確化による開発・申請の期間短縮、コスト削減を目指す

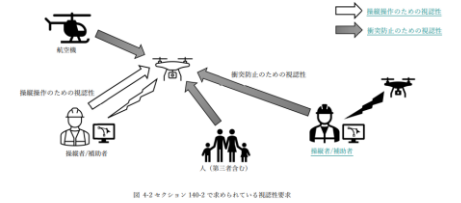
→ 機体認証／型式認証の取得を検討した機体メーカーの**8割が解説書を参照**

2025年度に開発した文書の例

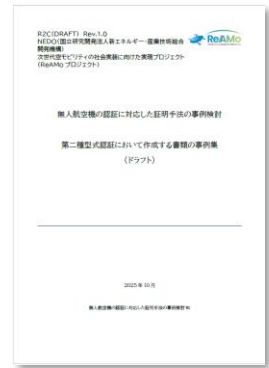


第一種を対象とした文書 (ReAMoホームページに掲載)

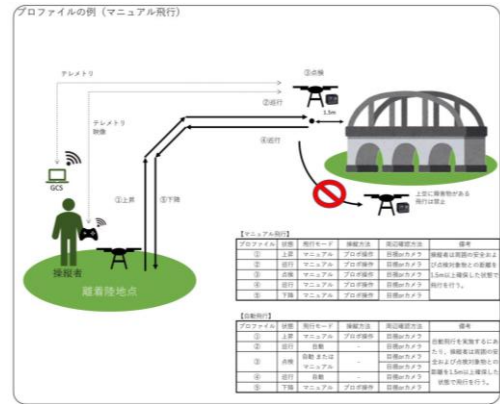
| Sec. No | タイトル | 意図明確化の有無 |
|---------|------------------------|---|
| 001 | 設計概念書 (CONOPS) | 必要なし：航空局ガイドラインの内容で十分 |
| 005 | 定義 | 本資料で意図を記載及び提案を記載 |
| 100 | 無人航空機に関する 信号の監視と送信 | 本資料で意図を記載 |
| 105 | 無人航空機の安全な運用に 必要な関連システム | 本資料で意図を記載 |
| 110 | ソフトウェア | 本資料で意図を記載 |
| 115 | サイバーセキュリティ | 本資料で意図を記載 |
| 120 | 緊急時の対応計画 | 必要なし：航空局ガイドラインの内容で十分 |
| 125 | 雷 | 議論保障：現状の日本の業務動向から議論先送り |
| 130 | 悪天候 | 議論保障：現状の日本の業務動向から議論先送り |
| 135 | 重要な部品 | 必要なし：航空局ガイドラインの内容で十分 |
| 140-1 | 構造 | (a) 必要なし：航空局ガイドラインの内容で十分 (b) 必要なし：航空局ガイドラインの内容で十分 (c) 議論保障：現状の日本の業務動向から議論先送り (d) 本資料で意図及び提案を記載 |
| 140-2 | 打光、表示等 | 本資料で意図及び提案を記載 |
| 140-3 | 自動操縦系統、ホメタ等 | 本資料で意図及び提案を記載 |
| 140-4 | 危険物輸送 | 必要なし：航空局ガイドラインの内容で十分 |
| 140-5 | 飛行記録の記録 | 議論保障：現状の日本の業務動向から議論先送り |
| 140-6 | ビストン駆動機及び燃料系統 | 議論保障：現状の日本の業務動向から議論先送り |
| 200 | 無人機で飛行可能な 場所 | 必要なし：航空局ガイドラインの内容で十分 |
| 205 | ICAO | 必要なし：航空局ガイドラインの内容で十分 |
| 300 | 耐着陸及び信頼性 | (a) 以外必要なし：航空局ガイドラインの内容で十分 (b) 議論保障：現状の日本の業務動向から議論先送り |
| 305 | 応じ得る高度 | 本資料で意図を記載 |
| 310 | 雷及び閃光 | 必要なし：航空局ガイドラインの内容で十分 |
| 315 | 機体試験 | 必要なし：航空局ガイドラインの内容で十分 |
| 320 | 訓練の検証 | 必要なし：航空局ガイドラインの内容で十分 |



第一種型式認証に適用される安全基準を対象に各基準の要求意図を解説。



第二種を対象とした文書 (WGにのみ公開)



具体的な機体に対する申請書作成プロセスを検討。安全基準対応には運航条件と機体性能をセットで考える必要があることを明確化。

2. 2025年度までの取組内容と成果

2025年度の具体的な成果

- **第一種型式認証：**
「安全基準の解説と提案（第1.0版）」を公開(2025年7月)

- **第二種型式認証：**
「第二種型式認証において作成する書類の事例集（ドラフト）」を公開 (2025年11月/WGにのみ公開)

型式認証の取得促進を目的に、抽象度の高い安全基準を解説する第一種文書と、具体的な事例に基づき実務適用を検討する第二種文書の開発を産官学のWGで実施

- **インストラクション動画公開**
 - ・ **第9回：**認証の基礎
 - ・ **第10回：**最新の安全基準・ガイドライン解説
第二種型式認証取得への道のり

WG活動や文書開発の前提となる専門知識の共有やリテラシーの底上げを図るためのインストラクションを実施し、認証基盤の整備を推進

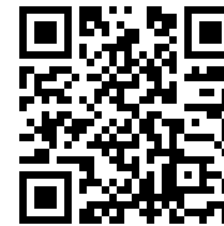


機体システム

<https://reamo.nedo.go.jp/topics/3686>



第一種を対象とした文書 (ReAMoホームページに掲載) 第二種を対象とした文書 (WGにのみ公開)



第9回

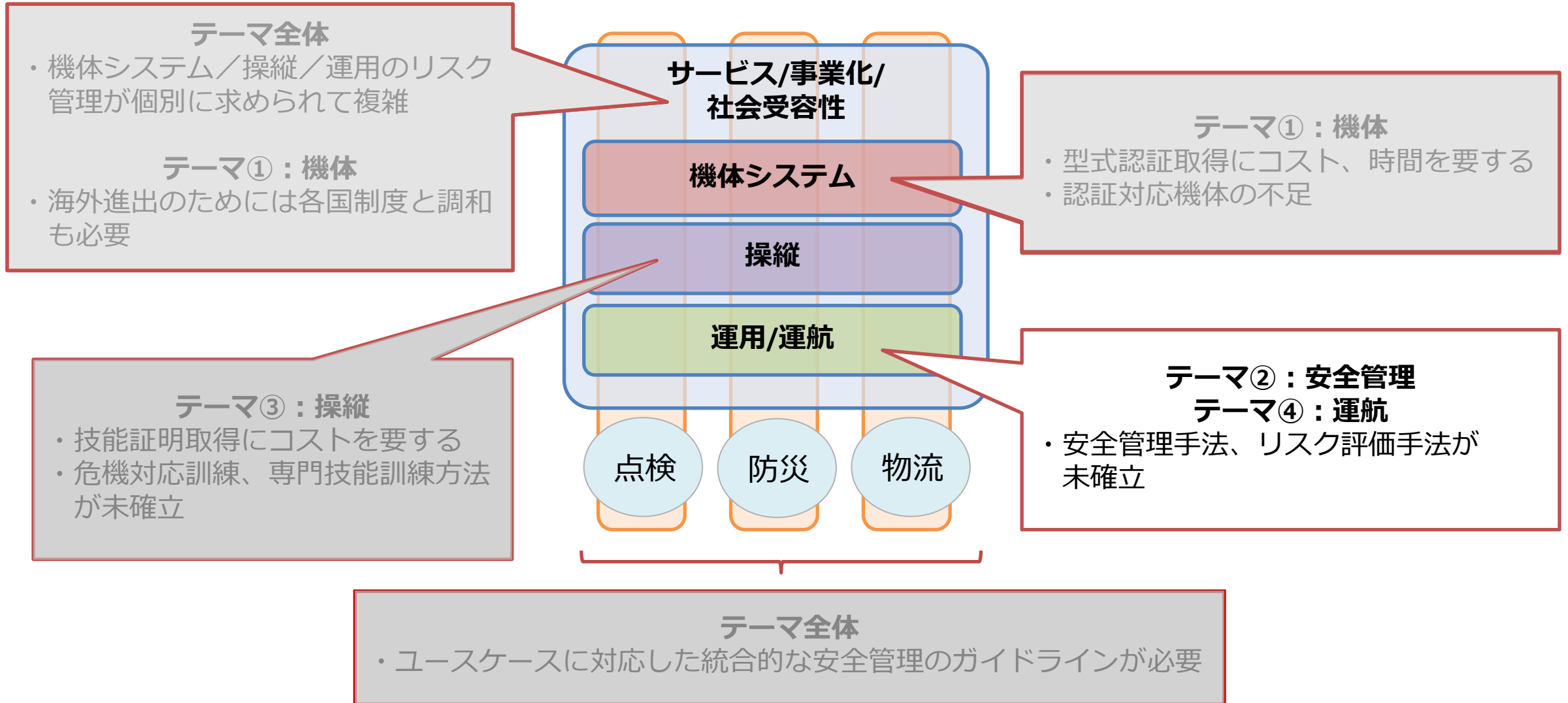
<https://reamo.nedo.go.jp/topics/3746>



第10回

<https://reamo.nedo.go.jp/topics/4232>

・ テーマ②



2. 2025年度までの取組内容と成果

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

課題：安全管理手法、リスク評価手法が未確立

運用/運航

1. ドローン運用ガイドマップ

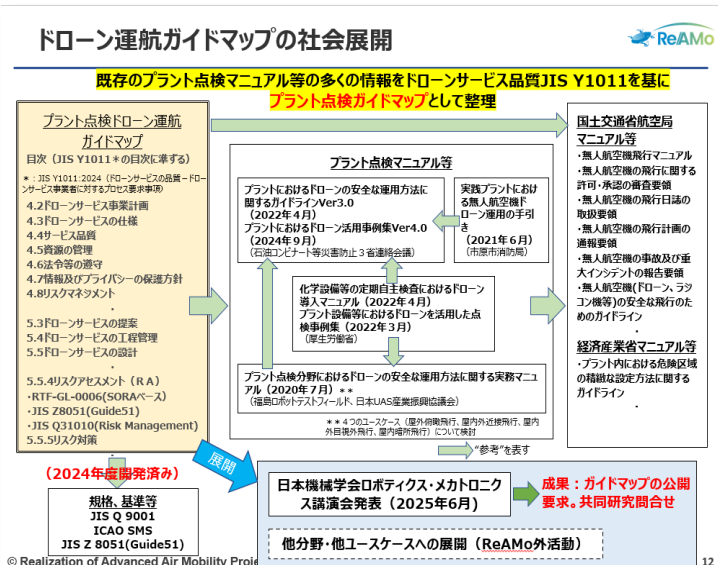
安全安心なドローンビジネスの持続的拡大および安全を考慮しない不適切な運用による風評拡大防止を目的として開発

- ドローン運用ガイドマップ (プラント点検ガイドマップ)
- システムズエンジニアリング入門教材

2. 個人保護具に関する研究開発

ドローンに適した個人保護具の普及促進を目的。国土交通省 航空局が実施する、無人航空機操縦者技能証明取得者を対象とする、更新講習の「視聴覚教材」に「追加の保護方策」に関する動画を提供

- プロペラのリスク
- 個人保護具(保護メガネ等)による (登録が完了した更新講習機関に対し2025年春から航空局より配布)



ドローン事業者向け
システムズエンジニアリング入門教材

① なぜシステムズエンジニアリングが必要か？
② 認証の進め方とアウトプット
③ システムの安全設計
④ システムズエンジニアリングの全体像
⑤ ドローン設計開発におけるシステムズエンジニアリング適用

株式会社レヴィ

2-2-3 実際の事例とその教訓 ~個人用保護具の重要性に関する検証動画~

<無人航空機のプロペラによる人体への影響>

- プロペラによる**指の切断、失明**事例
- NEDOによる、**リスク評価**の研究

※NEDO：国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

更新講習機関における動画

1. プラント点検ドローン運用ガイドマップ

運用/運航

ドローン事業の安全安心な持続的発展のために次を実施

- ① 「プラント点検ドローン運用ガイドマップ」を2025年7月に学会発表
電力事業者とガイドマップ利用の共同研究実施開始
- ② これまでの実験結果を元にドローンの運用に必要な、保護推薦基準を産業ヘルメット工業会関係者と検討中
- ③ 「ドローン労働安全セミナー」をハイブリッド（対面/福岡）にて実施
(2026年3月、協力：九電ドローンサービス)

ドローン運航ガイドマップ

ドローンサービスの品質及び安全
確保のためのガイドマップ
～プラント点検編～

2025年3月

国立大学法人 長岡技術科学大学

| ドローン運用 | 運用者 | ドローン | 運用環境 | 運用時間 | 運用距離 | 運用高度 | 運用速度 | 運用重量 | 運用用途 |
|--------|-------|---------|-----------|-------------|---------------|-----------------|-------------------|---------------------|-----------------------|
| 1.1 | 1.1.1 | 1.1.1.1 | 1.1.1.1.1 | 1.1.1.1.1.1 | 1.1.1.1.1.1.1 | 1.1.1.1.1.1.1.1 | 1.1.1.1.1.1.1.1.1 | 1.1.1.1.1.1.1.1.1.1 | 1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1 |

産業用ヘルメット規格の有効性

ドローン運用に対する産業用ヘルメット規格の有効性
(20inch以下のプロペラを搭載しているドローンを前提)

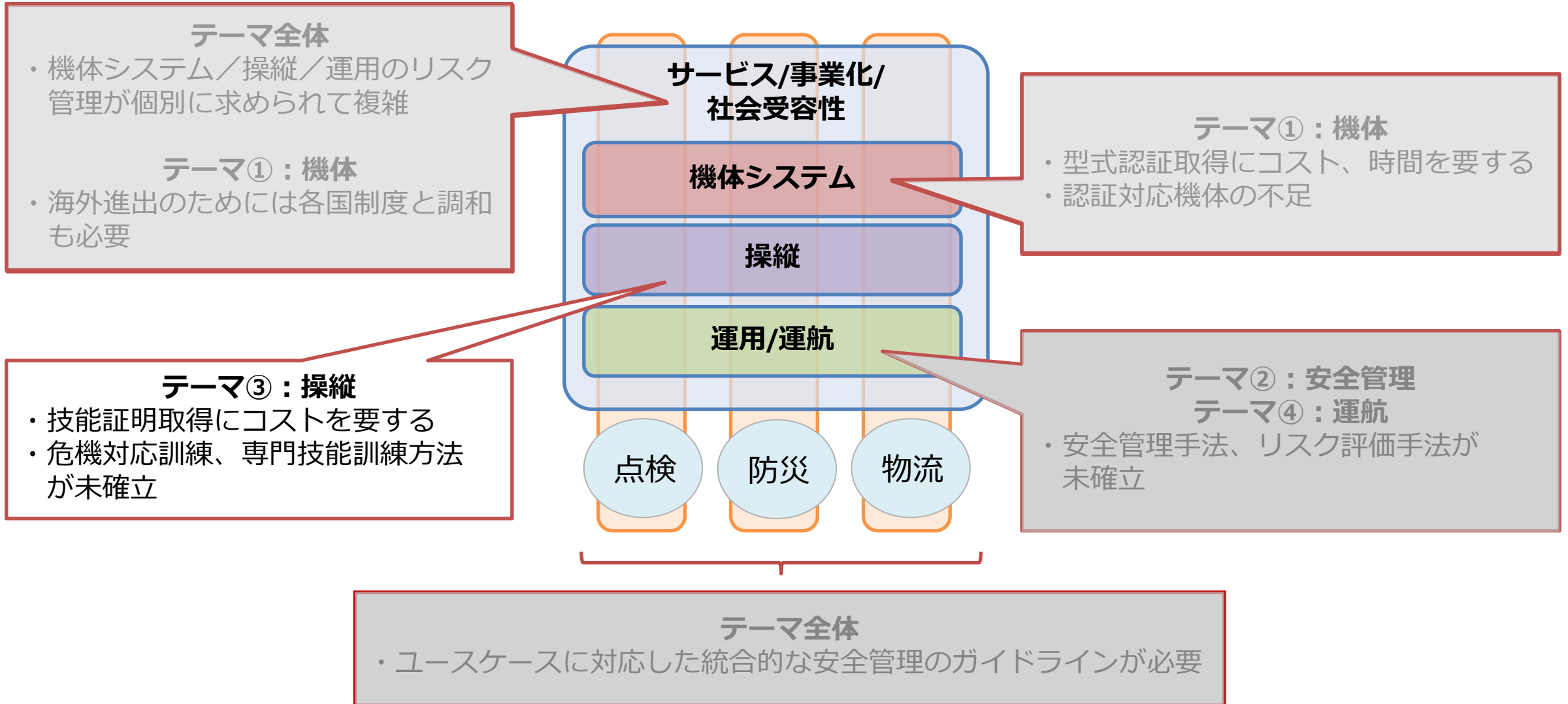
| 要件 | 耐貫通性 | | 衝撃吸収性 | |
|---------------------|------------|------------------------------|------------|----------------------------------|
| | 産業用ヘルメット規格 | ドローンのプロペラ衝突に対する効果 | 産業用ヘルメット規格 | ドローンのプロペラ衝突に対する効果※ |
| 衝突位置 | 飛来・落下物 | 効果あり | 飛来・落下物 | 効果あり |
| 頭頂部 | 飛来・落下物 | 効果あり | 飛来・落下物 | 効果あり |
| 頭頂部以外(前頭部、後頭部、側頭部*) | 墜落時保護用 | 充分な効果なし | 墜落時保護用 | 効果あり |
| *側頭部は耐貫通性のみ要求 | | 飛来・落下物(頭頂部)と同等の性能要件が必要と考えられる | | ※高速飛行するドローン本体の衝突はその運動エネルギーから検討予定 |

評価

- 頭頂部：現行の飛来・落下物規格適合で効果あり
- 頭頂部以外
 - ・ 衝撃吸収性：現行の墜落時保護用適合で効果あり
 - ・ 耐貫通性：性能要件の強化が必要 ⇒ 実現のためには要求性能、試験方法などの追加検討が必要となり、ReAMo期間内での具体的評価は困難

© Realization of Advanced Air Mobility Project 26

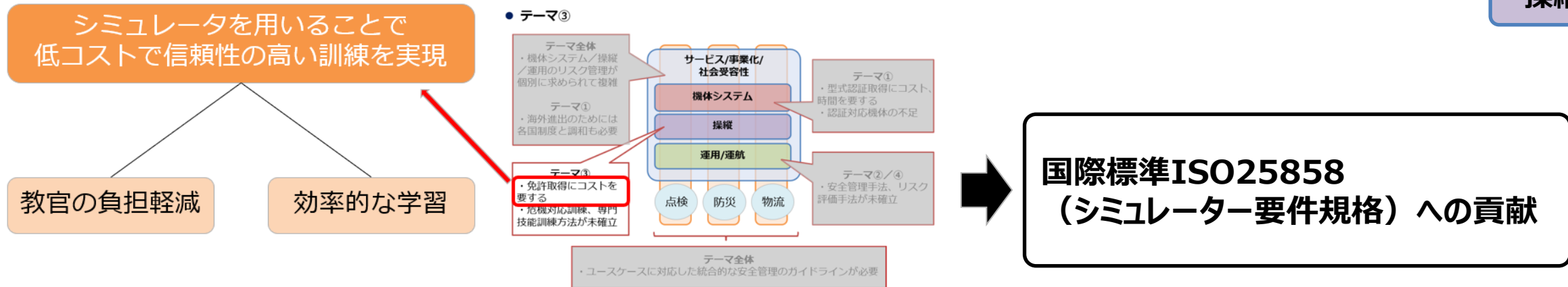
・ テーマ③



2. 2025年度までの取組内容と成果

③ 無人航空機のフライトシミュレータの安全認証に必要な要件の研究開発

操縦



① 技能証明（二等）取得訓練への有効性実証



ドローンスクール等において安価・効率的に訓練サービスを提供するために、最低限満たすべきシミュレータの要件と性能を抽出して、実効性の高い要件としてまとめ、シミュレータの構成案として具体的に提示し、実証する。

② 高度な操縦機能訓練（危機対応・専門技術訓練）への適応性確認



業務飛行を想定し、無人航空機の飛行をヒト・モノ・コトの観点から詳細に分類した体系を構築。
無人航空機シナリオを含むシミュレータを試作し、STM(Standard Test Method)の訓練を行った成果を実機訓練にスムーズに接続することができるか等の検討を行う。

課題：危機対応訓練、専門技能訓練方法が未確立

操縦

■ 技能証明取得訓練への有効性実証

：シミュレータでの飛行操縦において、ディスプレイサイズが小さくなると成績が悪くなる結果を得、**航空局のガイドラインに整合**するとともに、大きすぎることの弊害も確認した。

■ 高度な操縦機能訓練への適応性確認

：消防士を対象として、シミュレータを用いた訓練を行い、実機訓練と同様に訓練を行えることを確認した。

■ 標準化活動

：スクール講師やシミュレータメーカ技術者を含む関係者間で意見交換を行う研究会を開催。
研究開発データや意見交換等で得た知見を**ISO25858（シミュレータの要件規格）のドラフト作成に提供**

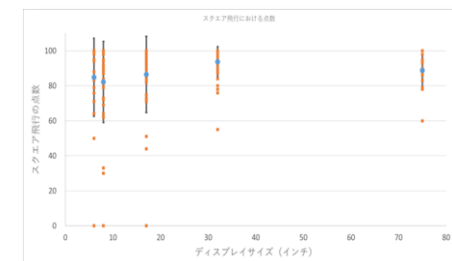


図1. ディスプレサイズの違いによる試験結果 (上)サイズ違いの結果、(下)実験の様子



図2. 消防士を対象とした訓練の様子



図3. 関係者による研究会の様子

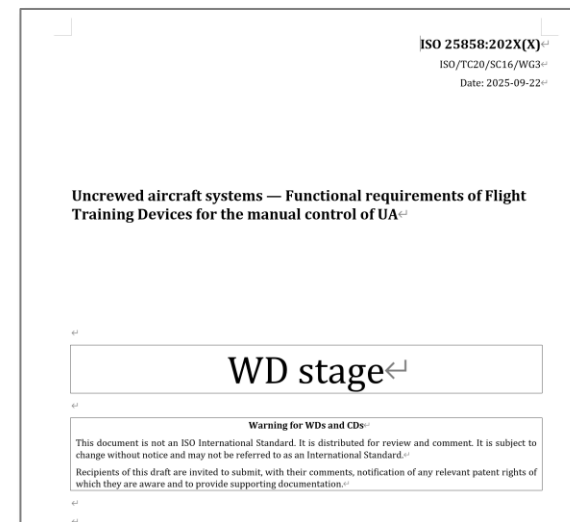
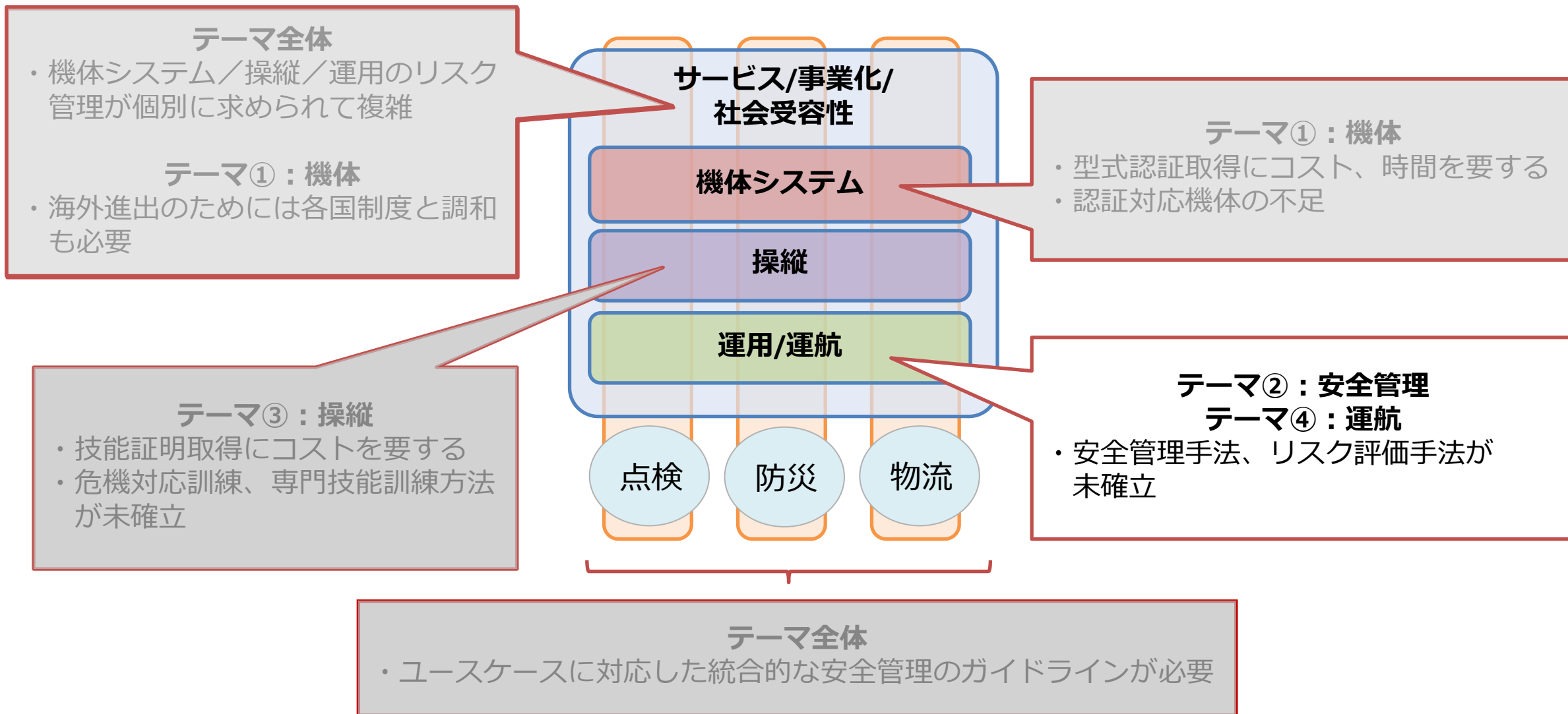


図4. ISOに提案中のドラフト版

・ テーマ②

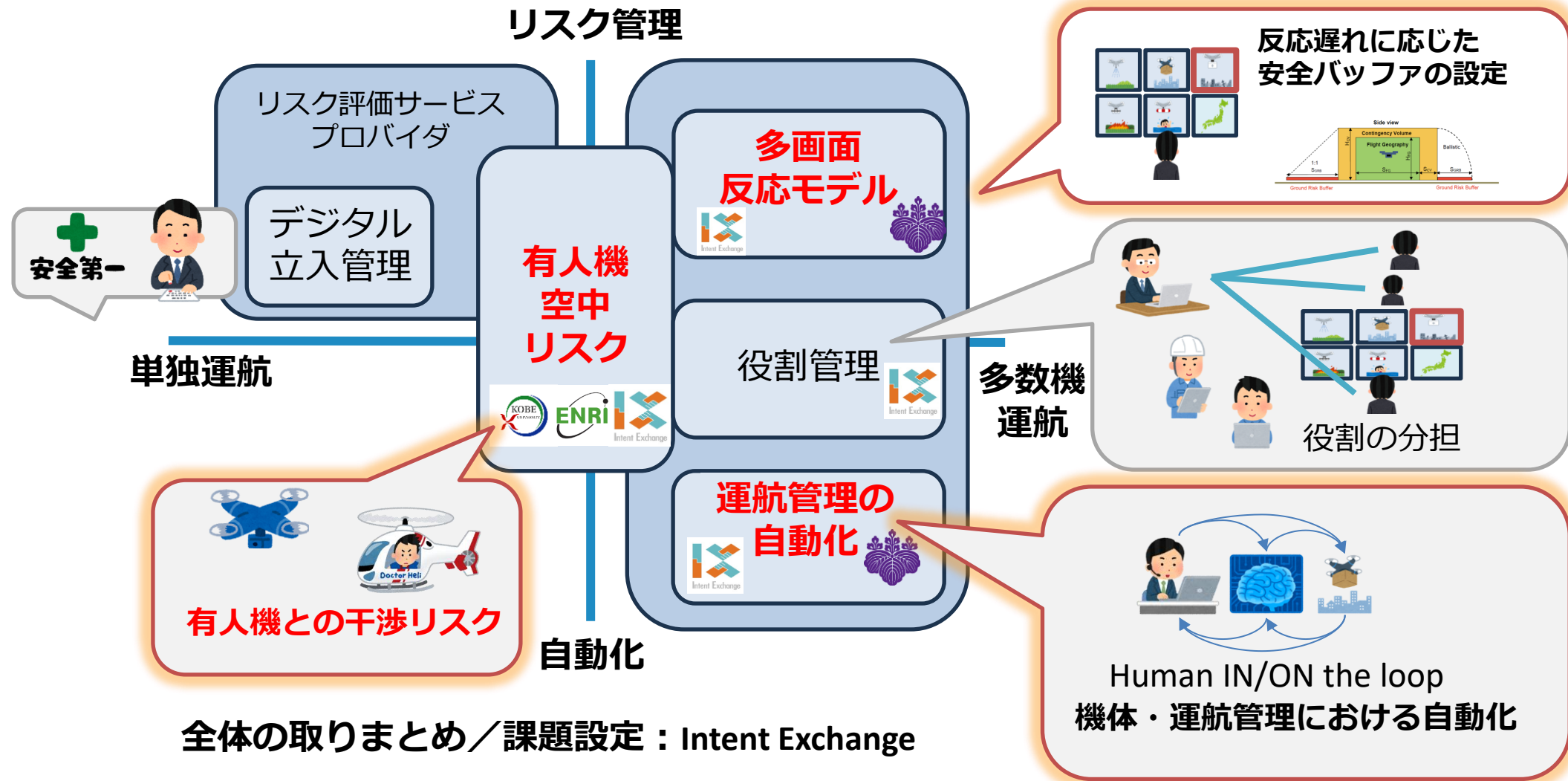


2. 2025年度までの取組内容と成果

2025年度の具体的な成果：実施体制とテーマ

有人機空中リスク評価：有人機と無人機が混在する空中リスクを最小化するリスク評価の枠組みの策定
m:N運航におけるリスク評価：多数機同時運航ガイドラインに貢献するリスク評価の枠組みの策定

運用/運航



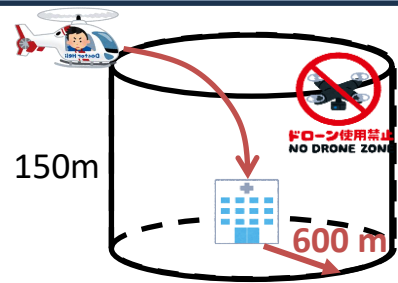
- Intent Exchange
- 筑波大学
- ENRI：電子航法研究所
- KOBE：神戸大学

2. 2025年度までの取組内容と成果 2025年度の具体的な成果

■ 空中リスク評価（飛行前リスク低減）

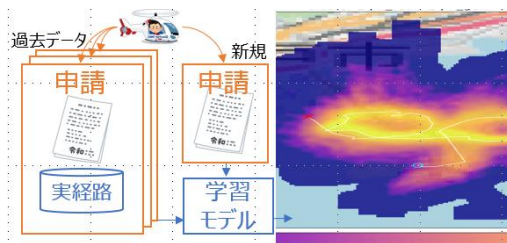
有人機との空中リスク回避のために、運航前に申請される2つの情報から、**どの空域を、ドローン飛行禁止とすべきか？** についてのモデル作成を開始した

場外離着陸場（79条ただし書き）



離着陸実績データから
ジオフェンスのサイズ決定

最低安全高度以下（81条ただし書き）



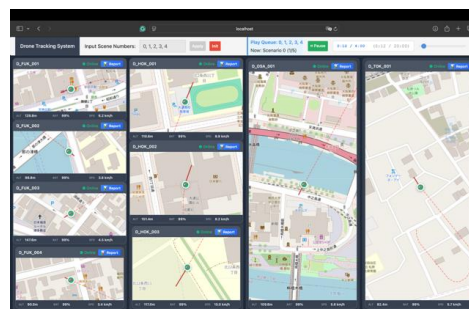
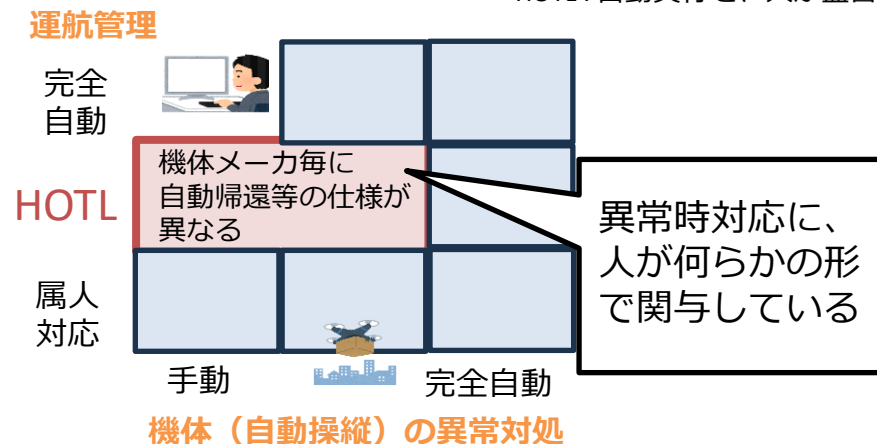
申請と過去データからモデル学習。これと申請情報から飛行エリア推定し、ジオフェンスを設定

■ m:N運航におけるリスク評価

運用/運航

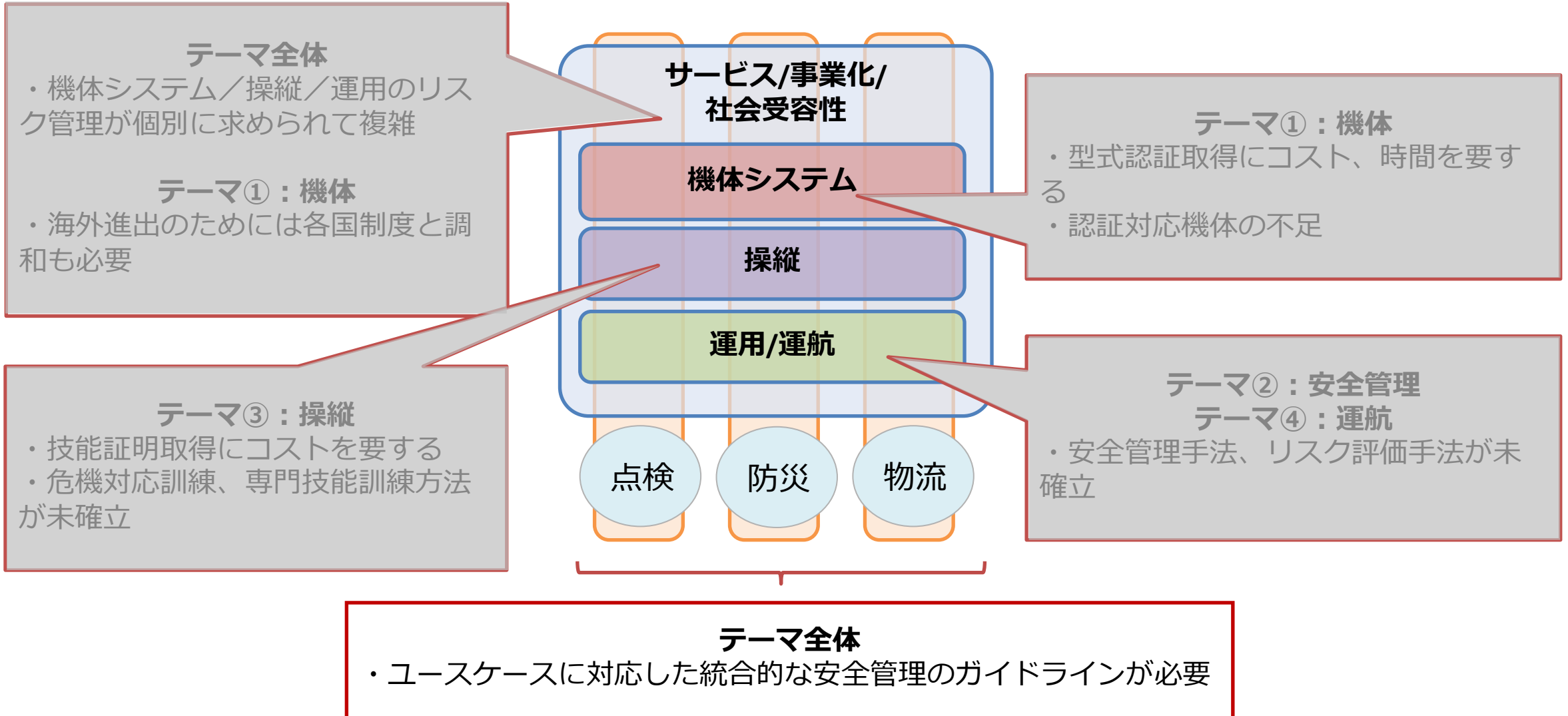
機体・運航管理の自動化に向けたHITL/HOTL※を実現するためのルールエンジンの開発に着手した

※HITL：自動実行に、人の承認/修正が必要
HOTL：自動実行を、人が監督する必要



ビジネスモデルに基づく「エリア×機体数」の最適化に向け、運航監視画面を用いた反応データの取得に着手。

・ テーマ全体



2. 2025年度までの取組内容と成果 東京大学コンソーシアムシンポジウム

“ReAMo東大コンソ” シンポジウム

- 開催日/場所：2025年9月12日開催/東京大学工学部11号館HASEKO-KUMA HALL・ラウンジ
- 目的：コンソ内において各テーマの相互理解、コンソ外に対して、実施内容を周知する。
「ワークショップを通じた対話による創発の場づくり」
- 内容：午前) 東大コンソならびに各テーマのこれまでの成果と今後2年間の取り組みについて報告
午後) 前半は、テーマの現状や課題感について付箋を用いたワークを通じて共有。
後半は東大コンソのありたい姿・あるべき姿を対話し、今後について意見交換を実施。



分野連携による合理的な安全達成
(安全の責任明確化)

社会受容性の向上による
利用分野の拡大

標準化

ユース
ケースの
実証

エコシス
テムの
形成

個別の取り組みの
集約・マッピング
による業界全体の
共通認識の形成

説得力のある
ユースケースの
提示

多様な人材が集まり
率直に議論できる
「創発の場」の提供

2. 2025年度までの取組内容と成果 展示会出展による研究成果の普及

「JapanDrone展2025」「国際ドローン展2025」「第4回ドローンサミット」
「危機管理産業展2025」等に名工大コンソと共同出展を実施し、今年度も引き続き出展予定

展示会名：「JapanDrone展2025」

期間：2025年6月4～6日@幕張メッセ

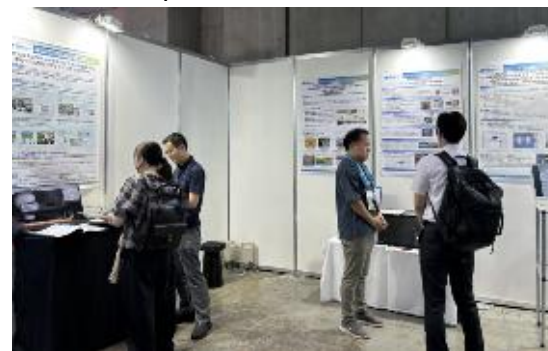
主な来場者：ドローン導入/調達官公庁、インフラ点検事業者等



展示会名：「国際ドローン展2025」

期間：2025年7月23～25日@東京ビッグサイト

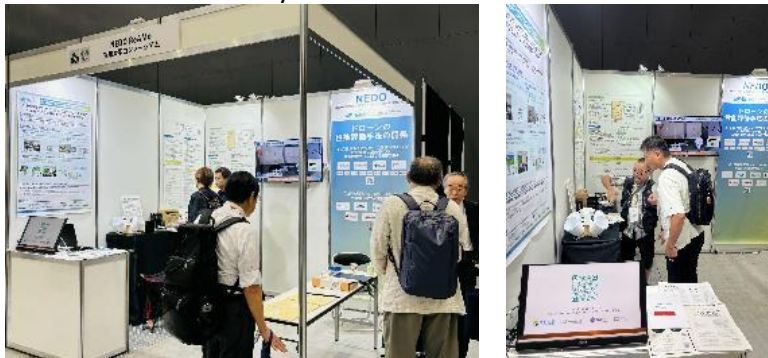
主な来場者：ドローン導入/調達官公庁、機体メーカー等



展示会名：「第4回ドローンサミット」

期間：2025年9月24～25日@ポートメッセ名古屋

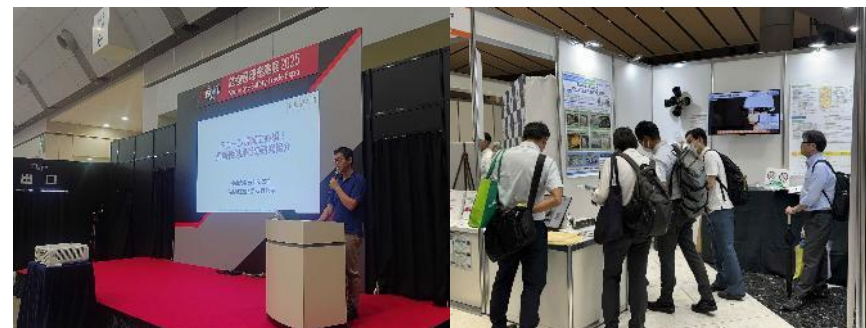
主な来場者：ドローン導入/調達官公庁、機体メーカー等



展示会名：「危機管理産業展2025」

期間：2025年10月1～3日@東京ビッグサイト

主な来場者：ドローン導入/調達官公庁、インフラ点検事業者等



3. 今年度(2026年度)以降の取組内容

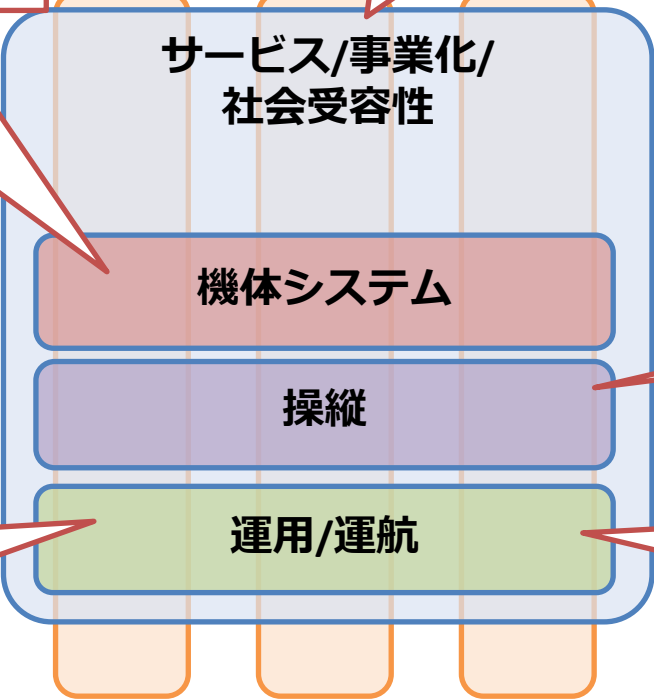
3. 今年度(2026年度)以降の取組内容

① 第一種型式認証の文書開発
WGやTF活動の継続
インストラクションや
ワークショップの開催

シンポジウムや展示会出展
自主セミナー等の啓発活動

議論要否項目一覧 (WG合意)

| Sec. No. | タイトル | 規格/規格の番号 | 規格の更新 | 規格の更新 | 更新 |
|----------|---------------------------|---|--|--|--|
| 005 | 運用性(ComOp) | | 議論必要あり | 議論必要あり | 必要なし |
| 100 | 無人機に付随する機体の監視 | | 議論必要あり | 議論必要あり | 必要なし |
| 105 | 無人機空域の安全な運用に 必要な機体システム | | 議論必要あり | 議論必要あり | 必要あり(可能な限り) |
| 110 | ソフトウェア | ASTM F333-22 or ETCA DO-328 (DALI) | 議論必要あり | 議論必要あり | 必要あり |
| 115 | ソフトウェアセキュリティ | ETCA DO-328 | 議論必要あり | 議論必要あり | 必要あり |
| 120 | 緊急時の対応計画 | ETCA DO-362 | 議論必要あり | 議論必要あり | 必要あり |
| 125 | 電 | ETCA DO-377 | 議論Pending | 議論Pending | 必要なし |
| 130 | 機体 | | 議論必要あり | 議論必要あり | 必要あり |
| 135 | 重要な部品 | | 議論必要あり | 議論必要あり | 必要あり |
| 140 | 構造 | (例) ASTM F322-22 | 1. 議論必要あり 2. 議論必要あり 3. 議論必要あり 4. 議論必要あり | 1. 議論必要あり 2. 議論必要あり 3. 議論必要あり 4. 議論必要あり | 1. 必要あり 2. 必要なし 3. 必要なし 4. 議論必要あり |
| 145 | 灯式、表示等 | ASTM F326-19 | 議論必要あり | 議論必要あり | 議論必要あり |
| 146 | 自動操縦システム、カメラ等 | DAA: ASTM F3427/3426-20 | 議論必要あり | 議論必要あり | 議論必要あり |
| 148 | 自律機転送 | | 議論必要あり | 議論必要あり | 必要なし |
| 149 | 自律機転送 | ASTM F328-17 | 議論Pending | 議論Pending | 必要なし |
| 149 | ヒストン自動機及び燃料系統 | | 議論必要あり | 議論必要あり | 必要なし |
| 200 | 無人機空域飛行機 | FAA 14 CFR Part 23 Appendix A 航空法第97条第1項 飛行機 の13.5A | 議論必要あり | 議論必要あり | 必要なし |
| 205 | ICA | FAA Order 8130.5A | 議論必要あり | 議論必要あり | 必要あり(可能な限り) |
| 300 | 航空性及び運用性 | | 議論Pending (epr) | 議論必要あり | 必要あり |
| 305 | 航空機性能 | | 議論必要あり | 議論必要あり | 必要あり |
| 310 | 航空機性能 | DODAA: ASTM F3427/3426-20 | 議論必要あり | 議論必要あり | 必要あり(可能な限り) |
| 315 | 航空機性能 | | 議論必要あり | 議論必要あり | 必要あり |
| 320 | 航空機性能 | ASTM F3426-20 | 議論必要あり | 議論必要あり | 必要あり |



③ シミュレータの研究開発
研究会の実施

② 個人保護具標準化活動
労働安全セミナー



④ 空中リスク評価



テーマ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

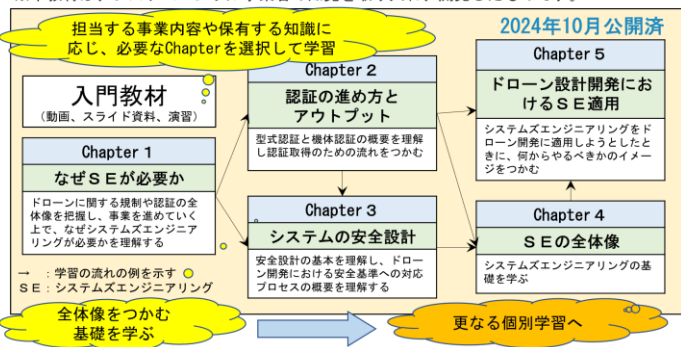
テーマ② リーダー

長岡科学技術大学 木村哲也

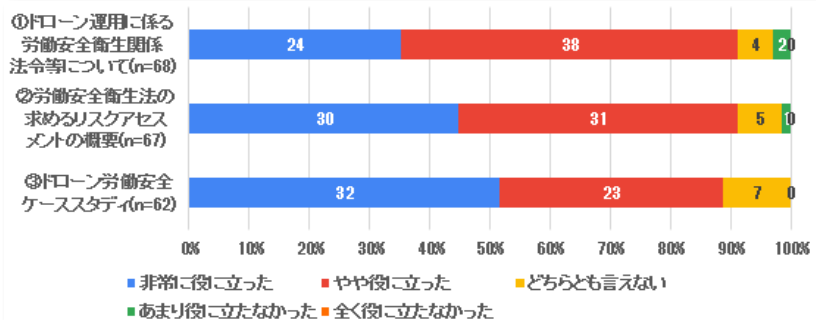
テーマ②：2025年度までの取組内容と主な成果 無人航空機の運用に必要な安全管理に関する研究開発

テーマ②-(1) 機体/運行/整備等のガイドラインの整備 システムズエンジニアリング入門教材の開発

目的：ドローンの多様な運用と安全性の両立を実現させる上で、重要となるシステムズエンジニアリング（SE）の考え方や安全設計の基礎知識を自主的に短時間で学ぶ
対象者：新たにドローン開発事業に参画又は担当する人（主に中小の事業者）、システムズエンジニアリングの考え方を学びたい人、安全設計の基礎を学びたい人等
※本教材は、システムコンサル事業者の知見を取り入れ、開発したものです。



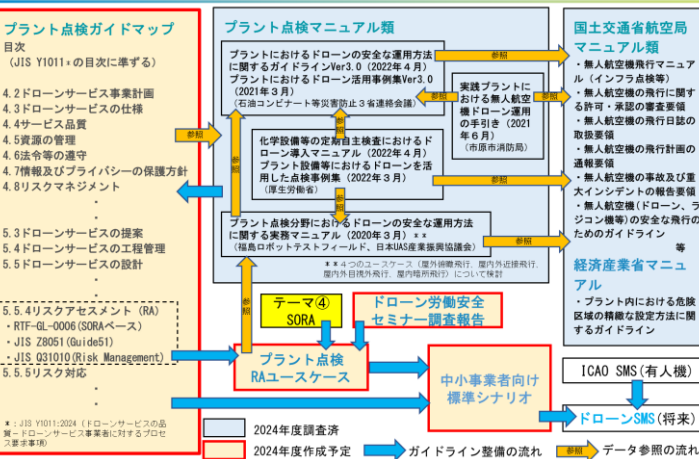
SE入門教材として公開



「ドローン労働安全セミナー」

2024/11/7 東京開催 117名（ハイブリッド）
2026/3/7 福岡開催 約100名（ハイブリッド）
リスクアセスメント中心の内容で 9割が好評価

テーマ②-(1) 機体/運行/整備等のガイドラインの整備 プラント点検分野におけるガイドラインの整備



ドローンサービス品質JISに基づくプラント点検ガイドマップと中小企業向け標準シナリオの開発



【社会受容性と妥当性確認】

- ・ガイドライン策定に向けた調査・分析、地方自治体等との意見交換
- ・災害時における緊急輸送などの事例集作成
- ・ドローン利活用の未来像に関するコンセプト動画視聴前後の印象変化の調査を、新技術普及の視点で研究し、ユーザーコミュニケーション手法を検討

2-2-3 実際の事例とその教訓 ～個人保護具の重要性に関する検証動画～

<無人航空機のプロペラによる人体への影響>

- プロペラによる指の切断、失明事例
- NEDOによる、リスク評価の研究



※NEDO：国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

プロペラ衝突時の個人保護具の評価実験映像を安全啓発教材として航空局に提供 (2025年春公開)



消防ドローン訓練の実態調査

ドローン産業の安全安心な持続的発展を支える安全管理手法を多面的に研究開発

1. プラント点検ドローン運用ガイドマップ

再掲



「プラント点検ドローン運用ガイドマップ」を2025年7月に学会発表。
電力事業者とガイドマップ利用の共同研究実施開始

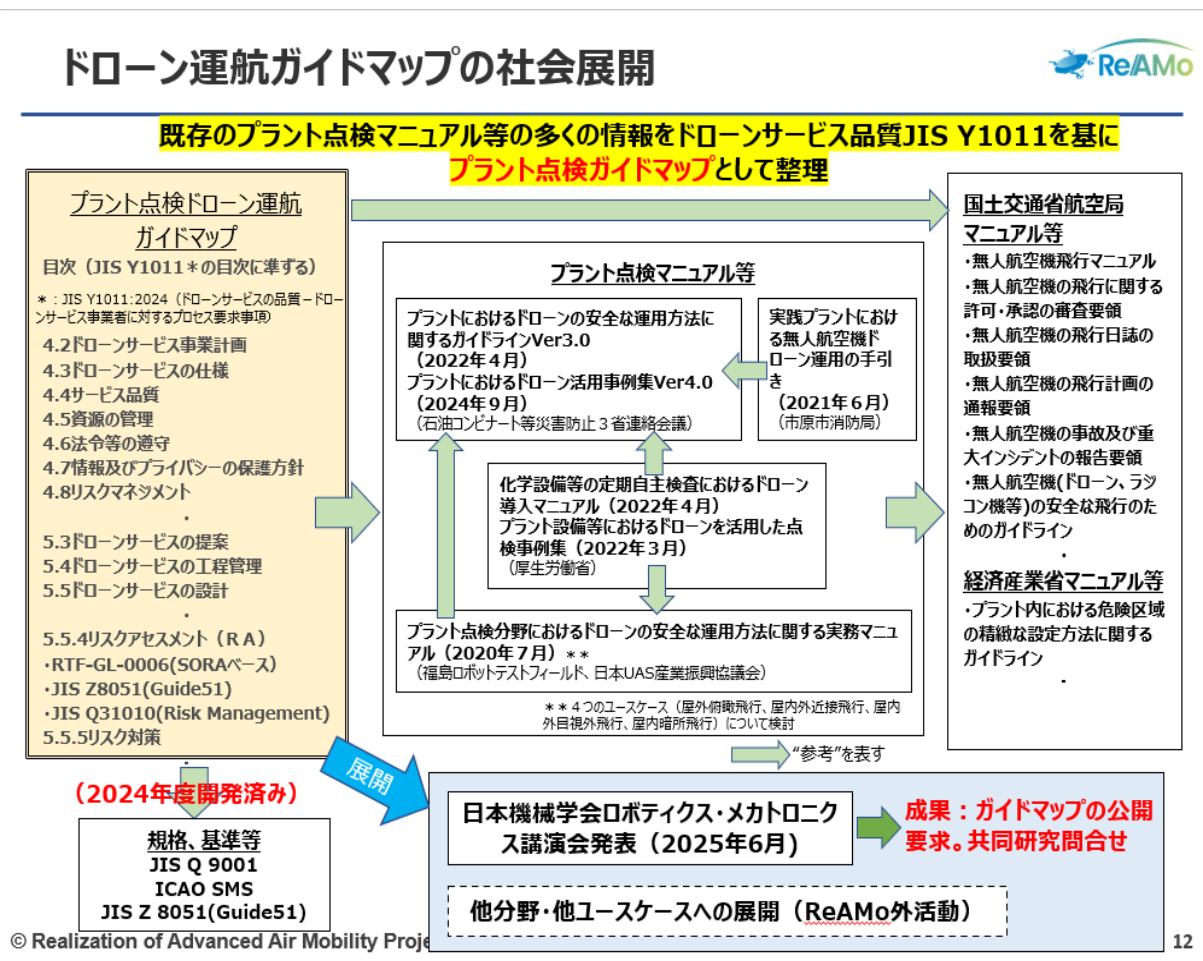
ドローン運航ガイドマップ

ドローンサービスの品質及び安全
確保のためのガイドマップ
～プラント点検編～

2025年3月

国立大学法人 長岡技術科学大学

| 本ガイドマップの参考とする項目及び種別 (注3) | | | | プラント点検事例集 | | |
|--|---|--|--|---|---|--------------|
| 名称 | 3省連絡会議 ガイドライン | 市原市消防局 運用の手引き | 厚生労働省 導入マニュアル | 福島ART 実務マニュアル | 3省連絡会議 事例集 | 厚生労働省 事例集 |
| 各航空機マニュアル ドローンマニュアル 承認審査要領 目録取得要領 計画通報要領 事故報告要領 点検ガイドライン 点検ガイドライン 点検ガイドライン | | | | | | |
| 3省連絡会議ガイドライン | 3省連絡会議ガイドライン | 3省連絡会議ガイドライン | 3省連絡会議ガイドライン | 3省連絡会議ガイドライン | | |
| 3省連絡会議ガイドライン | 3省連絡会議ガイドライン | 3省連絡会議ガイドライン | 3省連絡会議ガイドライン | 3省連絡会議ガイドライン | | |
| 承認審査要領 | 2.2操縦者の要件(通常運 航空機の飛行経路 無人航空機を飛行 するために必要な知識 | 補足事項：2.2操縦者の 要件 資料11a:操縦者検定 (基本操縦者認定) 資料11b:操縦者検定 (上級操縦者認定) | 2.4.1操縦者の要件 | 2.1.1運用者 3.1屋外俯瞰飛行_運用者 4.1屋内外近接飛行_運用 者 5.2屋内俯瞰飛行_運用者 6.2屋内外目視外飛行_運 用者 | ② 屋外での実 証事業(2020年 型) 操縦者技能の 評価方法の明確 化 (参考)自社の 操縦者技能の評 価方法 | |
| 1.5.2.2 人員の能力の管 理 | *人員能力管理 表 | [許可・承認審査要領] 4-3無人航空機を飛行さ せる者に関する飛行 経路・知識・能力確認書 | 資料3a:操縦者に必要な 力量評価表(ドローン運 用事業者用) 資料3b:操縦者に必要な 力量評価表(自社養成操 縦者用) | | | |
| 1.5.2.3 人員の能力の確 得、維持及び向 上の活動の記録 | 人員の能力の確 得、維持及び向 上の活動の記録 | [飛行マニュアル] 2.無人航空機を飛行させ る者の訓練及び遵守事項 [飛行目録取得要領] 6.(1)飛行記録 (様式1)飛行記録 [飛行マニュアル] 3.安全を確保するために 必要な体制 [許可・承認審査要領] 4-3無人航空機を飛行させ る者の安全を確保するた めに必要な体制 | | | | |
| 1.5.2.4 人員計画 | *人員計画 | | 2.4.2飛行体制① | | | |



2. 各種リスクの実態調査：個人用保護具等

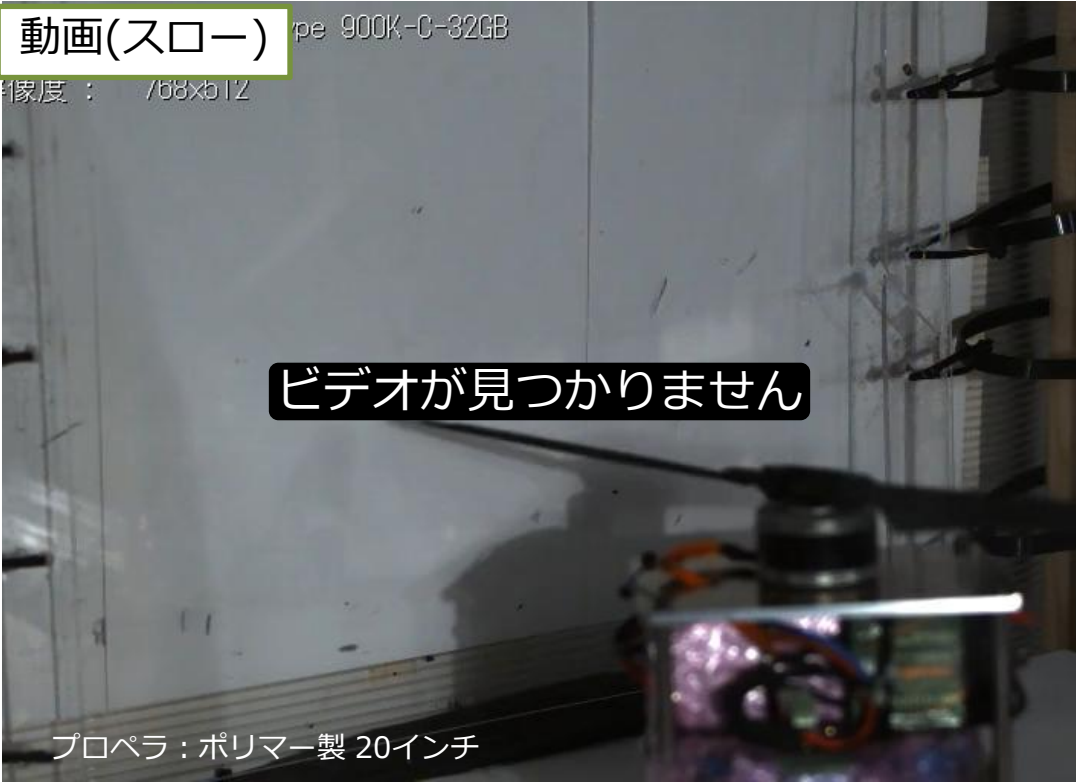

【目的】 無人航空機の運用に必要な「労働安全の観点」で個人用保護具(PPE)等に関する基本的情報を、実験・調査を通じて明らかにし、性能評価試験法を研究開発

【内容】 保護メガネやヘルメット、保護手袋、ネット等に、10～40インチのプロペラを衝突させて、プロペラのリスクと共に保護能力(リスク低減の効果)等の確認を、2017年から合計700回以上の実験を実施し確認中

| 失明リスク → 保護メガネ | 指切断リスク → 手袋 |
|--|--|
| <p>動画(スロー) <small>RGB</small></p>  <p>保護メガネの規格非対応のサングラスの事例</p> | <p>動画(スロー)</p>  |
| 頭部リスク → ヘルメット | 試験飛行全般リスク → ネット(網)/ 透明板 |
| <p>動画(スロー)</p>  |  |

2. 各種リスクの実態調査：個人用保護具等

■「透明シールド」の防護性能の評価実験 「アクリル」「ポリカーボネート」板の防護性能の評価実験を実施

| 【アクリル板 3mm】 | 【ポリカーボネート板 3mm】 |
|---|---|
| <p data-bbox="165 349 675 449">動画(スロー) <small>pe 900K-C-32GB</small> 解像度: 1920x1080</p>  <p data-bbox="433 706 968 756">ビデオが見つかりません</p> <p data-bbox="216 1063 649 1106">プロペラ：ポリマー製 20インチ</p> <p data-bbox="242 1120 1108 1170">プロペラとの接触直後にアクリル表面が破碎</p> | <p data-bbox="1324 349 1592 406">動画(スロー)</p>  <p data-bbox="1477 1120 2242 1170">板を貫通せず表面に傷を残すにとどまる</p> |

【アクリル板】 ガラスのような飛散をするため、**リスク増大の可能性アリ**
【ポリカーボネート板】 高い防護性能

2. 各種リスクの実態調査：個人用保護具等

これまでの実験/評価により、安全規格に準拠した個人保護具を着用することで、リスク低減が期待できることを確認

【保護メガネの主な規格例】

JIS T8147

EN166 B

ANSI Z87.1



【ヘルメットの主な規格例】

型式検定合格標章(労検マーク)

JIS T8131

EN397



各種個人用保護具等の性能評価手法の研究開発を実施し、
引き続きドローンの安全な利用に貢献

テーマ④
**無人航空機のフライトシミュレータの安全
認証に必要な要件の研究開発**

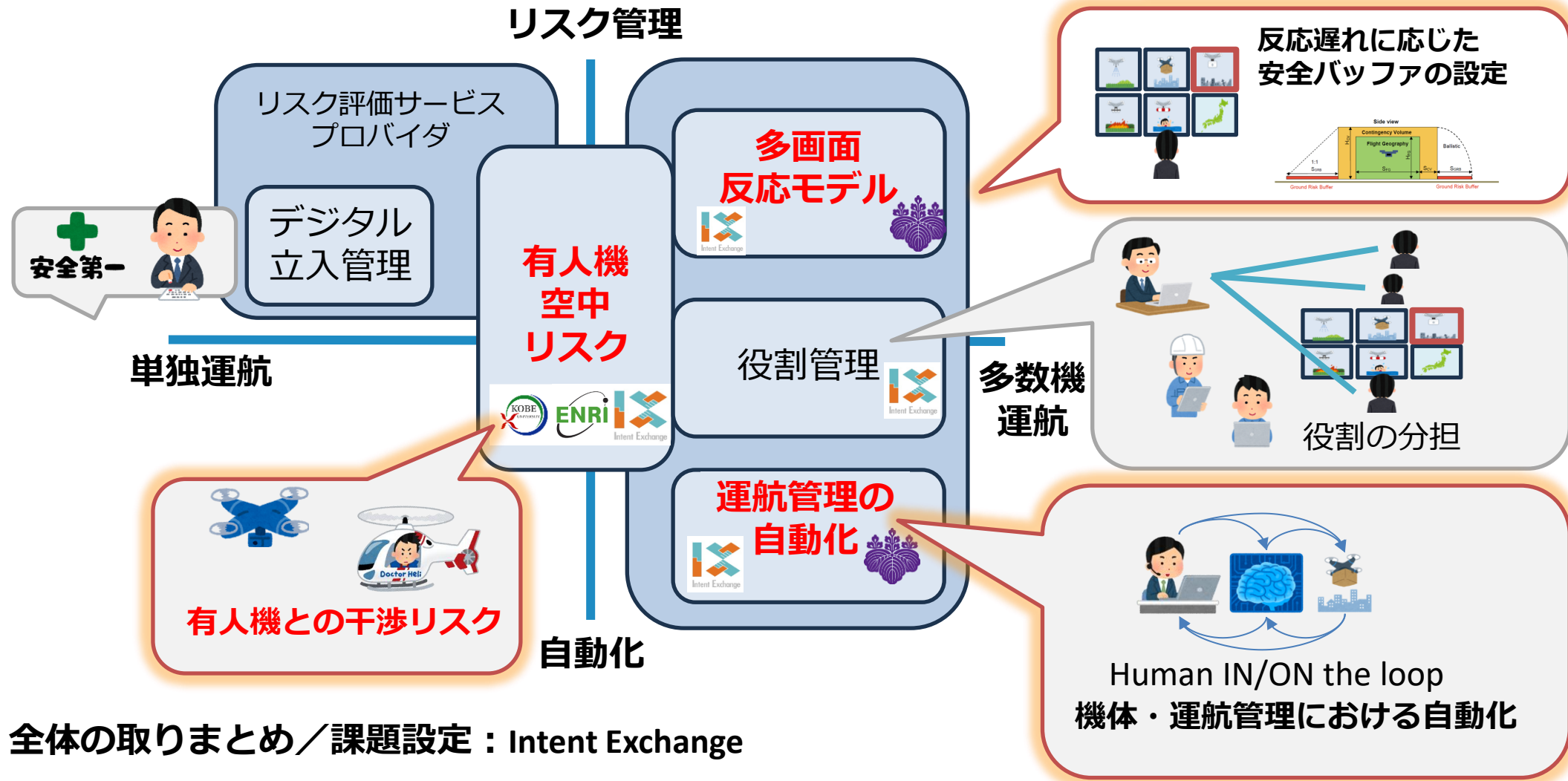
テーマ④ リーダー

Intent Exchange 中台慎二

2. 2025年度までの取組内容と成果

2025年度の具体的な成果：実施体制とテーマ

有人機空中リスク評価：有人機と無人機が混在する空中リスクを最小化するリスク評価の枠組みの策定
m:N運航におけるリスク評価：多数機同時運航ガイドラインに貢献するリスク評価の枠組みの策定



- : Intent Exchange
- : 筑波大学
- : 電子航法研究所
- : 神戸大学

全体の取りまとめ／課題設定：Intent Exchange

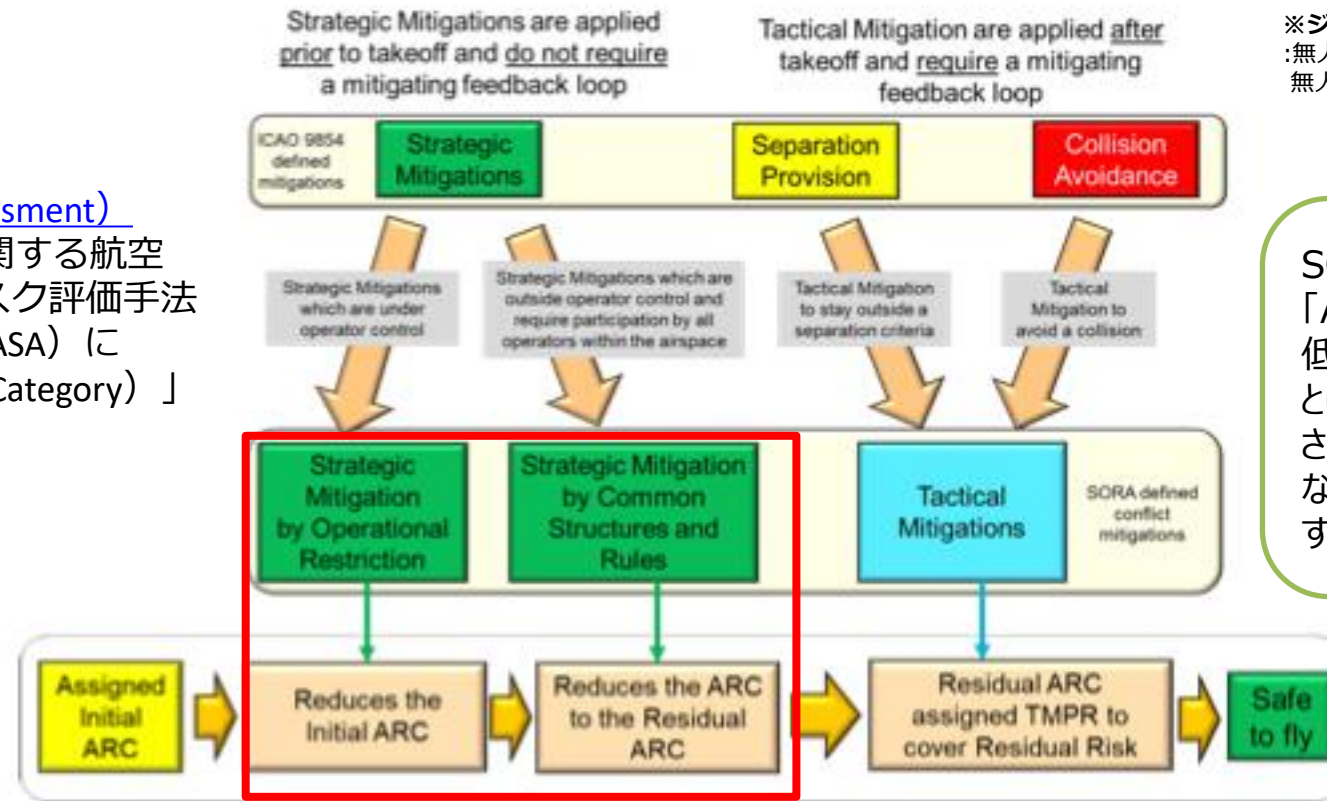
概要： 有人機との空中リスク回避を目的として、運航前に申請される2つの情報から「どの空域を、ドローン飛行禁止とすべきか？」（ジオフェンス※設定）についてのモデル作成

SORA※

※SORA (Specific Operations Risk Assessment)

：無人航空機(UAS)のルール策定に関する航空当局間会議(JARUS)が提唱したリスク評価手法で、主に、欧州航空安全機関 (EASA) における「特定カテゴリ (Specific Category)」に適用される評価手法。

空中リスク (ARC)



※ジオフェンス機能
:無人航空機の飛行範囲を制限する機能。
無人航空機の侵入を禁止する「見えない壁」。

SORAにおいてジオフェンスは、「ARC (空中リスク)」を低減させるための戦略的緩和策として非常に重要。さらに、ジオフェンスをUTM制度などで、デジタルに共通ルール化することで、さらに安全性が高まる。



飛行前リスク低減(Strategic Mitigation)

Figure 1; SORA Air-Conflict Mitigation Process

Source : JARUS SORA Annex C

有人機の低高度運航に関する申請情報をもとに、飛行制限を無人機側に科す

有人機が低高度を飛行し、リスクが高くなる運航で、申請書がある運航

場外離着陸場 (79条ただし書き)

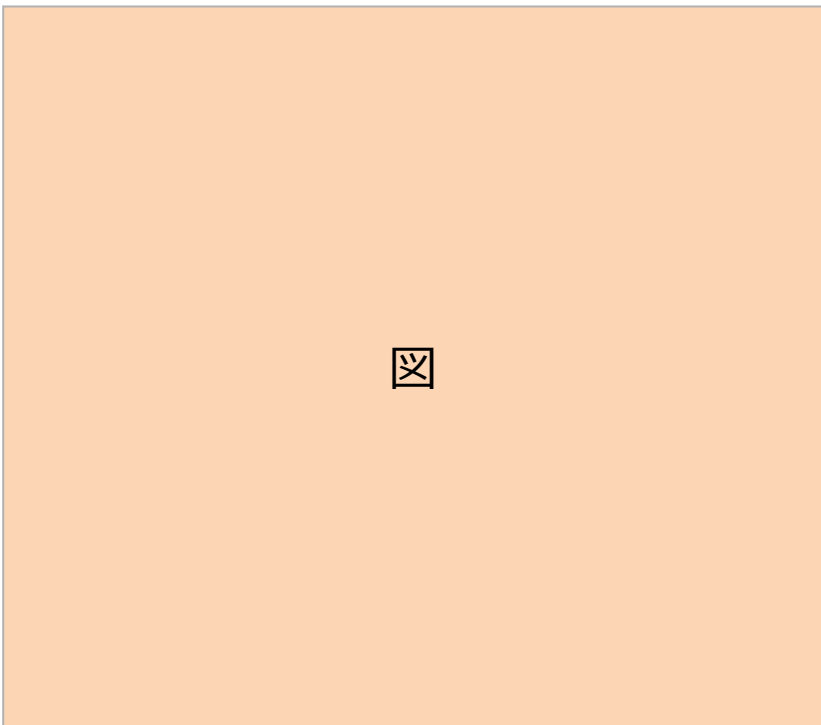
最低安全高度以下の運航 (81条ただし書き)

課題：有人機の離着陸場周辺にジオフェンス※₁を設定することで、ドローンと有人機の衝突リスクを下げることが可能であるが、ジオフェンスのサイズについて定量的に決定する方式がない

場外離着陸場 (79条ただし書き)

有人機が低高度を飛行し、リスクが高くなる運航で、申請書がある運航

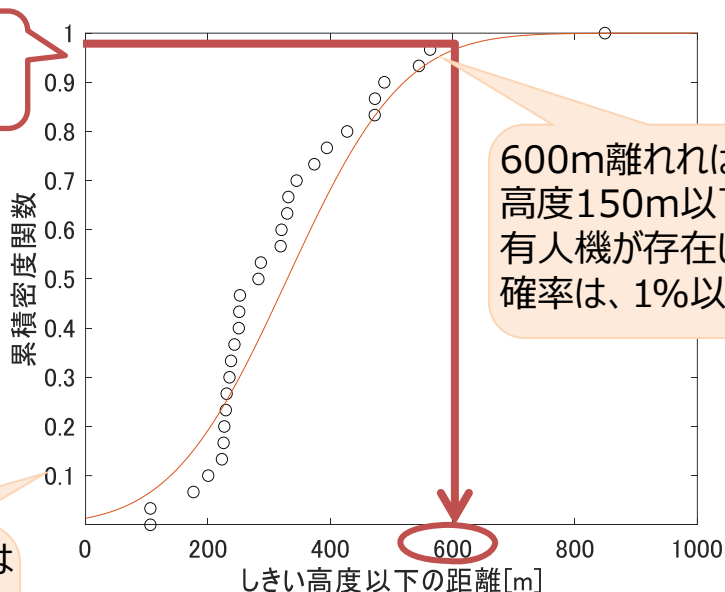
最低安全高度以下の運航 (81条ただし書き)



離着陸実績データから、ジオフェンスのサイズ決定

TLOS※₂等から決める確率

例：10⁻² = 1%



※最低安全高度=150mとした時の例

600m離れば、高度150m以下に有人機が存在している確率は、1%以下

200m離れたところでは高度150m以下に有人機が存在している確率は、90%程度



※₂ TLOS (Target Level of Safety) : 目標安全水準。無人航空機の運用において「許容される最大の事故発生確率」を定量的に示した指標のこと。

有人機が低高度を飛行し、リスクが高くなる運航で、申請書がある運航

場外離着陸場 (79条ただし書き)

最低安全高度以下の運航 (81条ただし書き)



全航連「ヘリコプターの運航制限と低空域における運航実態について」

事業用ヘリコプターの飛行時間の約半分は、低高度空域で活動

https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/air_mobility/pdf/002_02_05.pdf

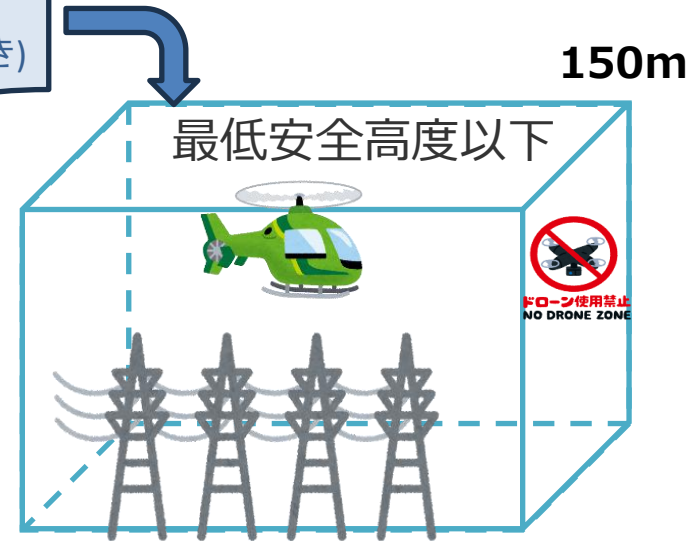
| 作業 | 典型高度 | 最低安全高度以下の割合 |
|----------|----------|-------------|
| 農薬散布 | 5~10 m | ほぼ100% |
| 送電線点検 | 10~60 m | 大部分 |
| 測量・パトロール | 30~100 m | 一部 |
| 消防・吊り下げ | 低高度+巡航 | 中程度 |
| 遊覧・輸送 | 300 m以上 | ほぼ0% |

NECコンソと連携して実証

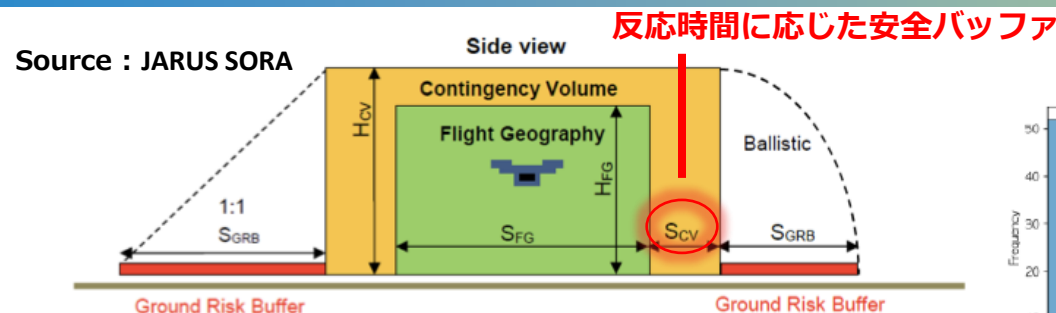
- ・ NECコンソ：
ジオフェンスサイズの導出
- ・ 東大コンソ：
UTMによるジオフェンス設定

申請書から、ジオフェンスを設定すべきエリアを計算し、UTMで設定

申請書 (81条但し書き)

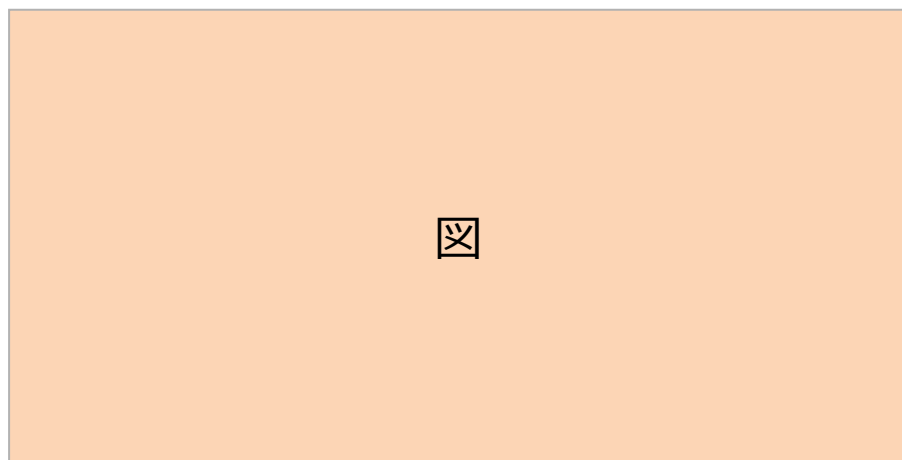


2. 2025年度までの取組内容と成果/2025年度の具体的な成果 多画面運航における、反応時間に応じた安全バッファ設定

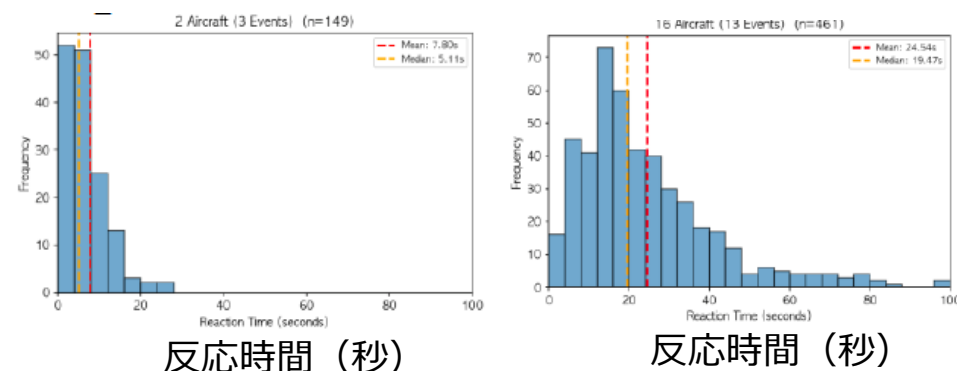


反応時間に応じた安全バッファ

SORAでは、**Contingency Volume**(緊急対応領域) の
主要項 (**反応時間 x 運航速度**) にて**反応速度 1秒と仮定**
→ ・運航者の環境に応じた実測の必要性
・画面数の増加に伴う、**反応速度の低下**

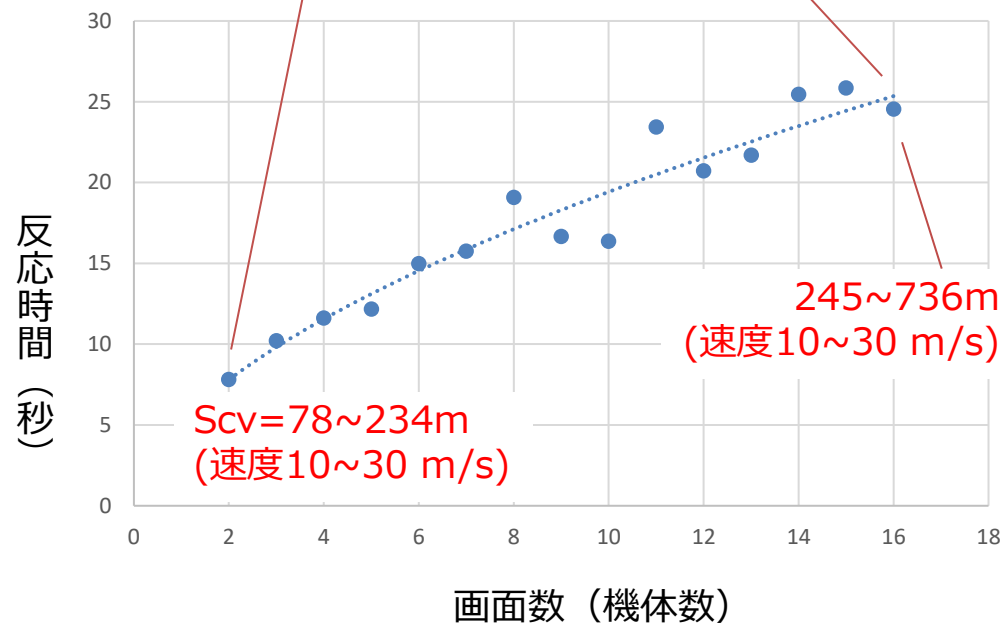


複数機同時運航時の異常発生に対する反応時間



反応時間 (秒)

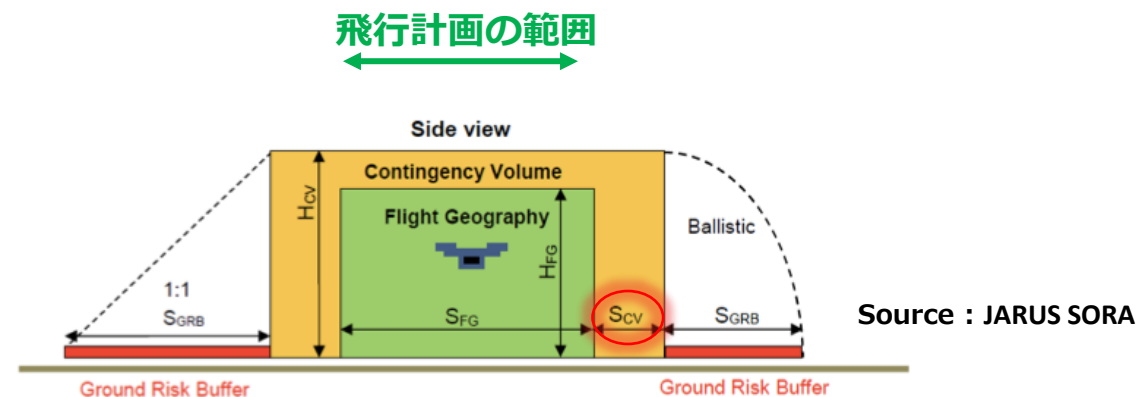
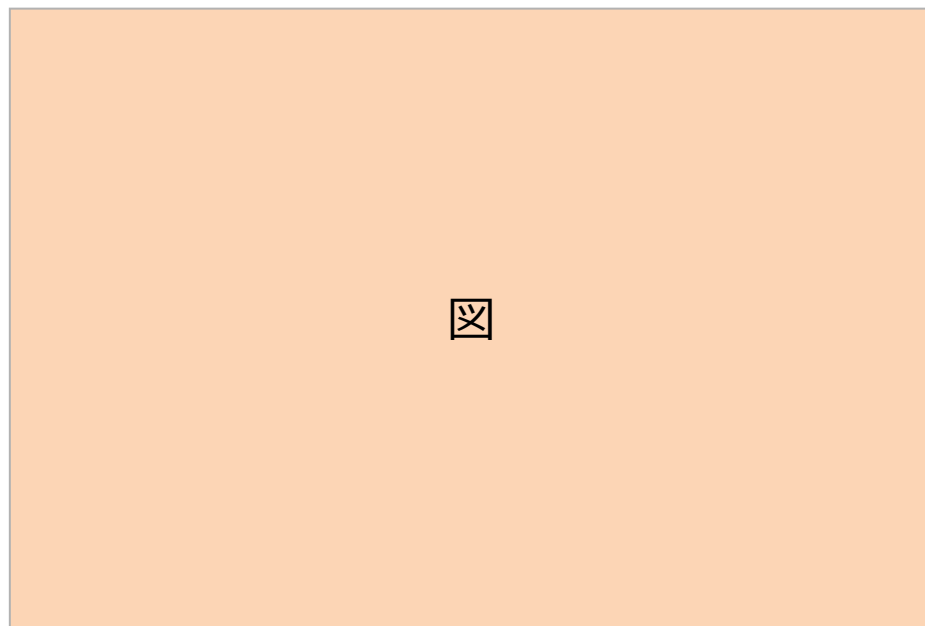
反応時間 (秒)



「エリア単位でのレベル4飛行」への反映

現状のエリア単位の飛行は、人口密度グリッドの境界をそのまま、飛行可能な空域の区切りとしているが、SORAが本格的に導入されると、Contingency Volume（緊急対応領域）と落下分散を考慮する必要がある。すなわち、現状のエリア単位の方法では、地上リスクが低く見積もられてしまう可能性がある。

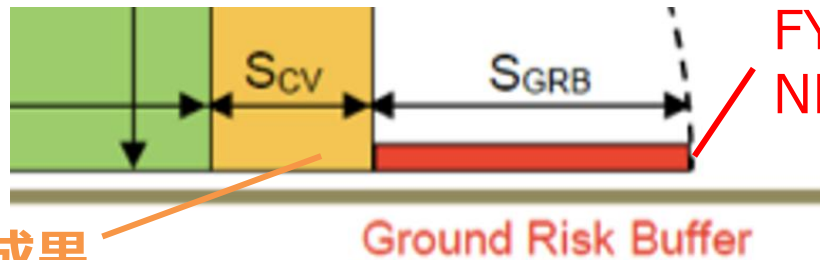
現状 **レベル4 × エリア単位飛行** **⇒** 今後 **SORA本格導入**



飛行計画の範囲
人口密度を評価すべき範囲

今後、我が国でも、この領域の精緻な評価が必要

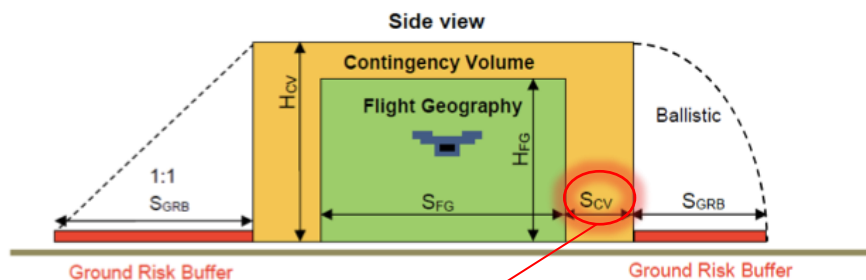
多数機同時運航においても、安全な地上リスク評価がされるよう、ガイドラインへの反映を進める。



FY23, 24の研究成果
NEDO ドローン航路成果

本研究の成果

2. 2025年度までの取組内容と成果/2025年度の具体的な成果 運航の自動化による多数機運航の実現



SORAでは、**Contingency Volume**
(緊急対応領域)計算にて、
適切に自動化設定されていれば、
反応速度=0と扱える

HITL: 人が介在するので、
多画面運航の測定モデルを利用
HOTL: 人が介在しないので、0にできる

1対10など、多数機を管理する
上で、運航管理の自動化は必須

HITL/HOTL※実現のための
ルールエンジンの開発
自動実行中に、運航者による
介入を可能とする

☒

イベント発生と、対応をルール
(ECAルール)として保存・管理

※HITL : 自動実行に、人の承認/修正が必要
HOTL : 自動実行を、人が監督する必要



次世代空モビリティの社会実装に向けた実現プロジェクト