

ReAMoプロジェクト シンポジウム

実施者名：東京大学コンソーシアム

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**

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、一橋大学、
慶應義塾大学、産業技術総合研究所、電子航法研究所、国立情報学研究所)**

1.事業概要説明

1. 事業概要説明

1-(1). 研究開発の背景

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。

- 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
- 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

また、ドローン事業の早期立ち上げを目的に4テーマを連携させたユースケースごとの「標準シナリオ」の開発を検討する。

・実施者：東京大学①②③④、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



合理的な安全確保のためには
**機体システム・操縦・運用の3要素での
安全対策とリスクに応じた安全対応が必要**

(注) リスクは被害の程度と頻度の積

機体システムは
機体（ドローン本体）
+ 関連システム（遠隔操縦システム 等）

飛行リスクのカテゴリ概要

カテゴリーⅢ	許可承認必要 - レベル4飛行など
カテゴリーⅡ	原則*許可承認必要 * 空港等周辺、物件投下など
カテゴリーⅠ	許可承認不要

機体システム

操縦

運航は飛行のみ、運用は
ミッション全体を含む

運用

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。

飛行リスクのカテゴリ概要

カテゴリⅢ	許可承認必要 - レベル4飛行など
カテゴリⅡ	原則*許可承認必要 * 空港等周辺、物件投下など
カテゴリⅠ	許可承認不要

機体システム

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

操縦

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

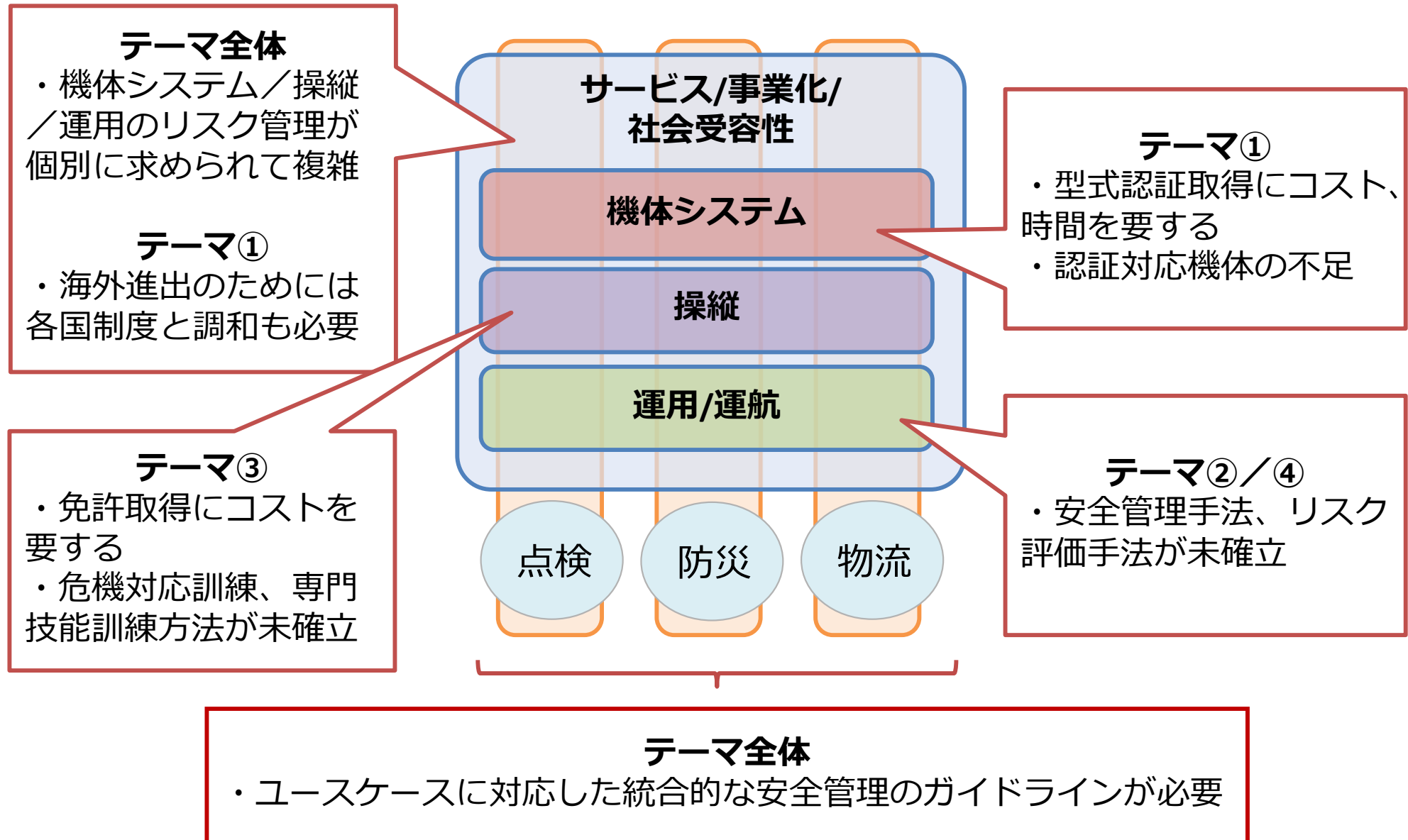
運用

- ・運航管理
 - －すべての飛行
 - >事故報告の義務
 - >救護義務
 - －特定飛行
 - >飛行計画の通報
 - >飛行日誌の作成
 - －カテゴリⅢ
 - >リスク評価の実施
- ・安全配慮義務
- ・保険

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). 研究開発の実施体制

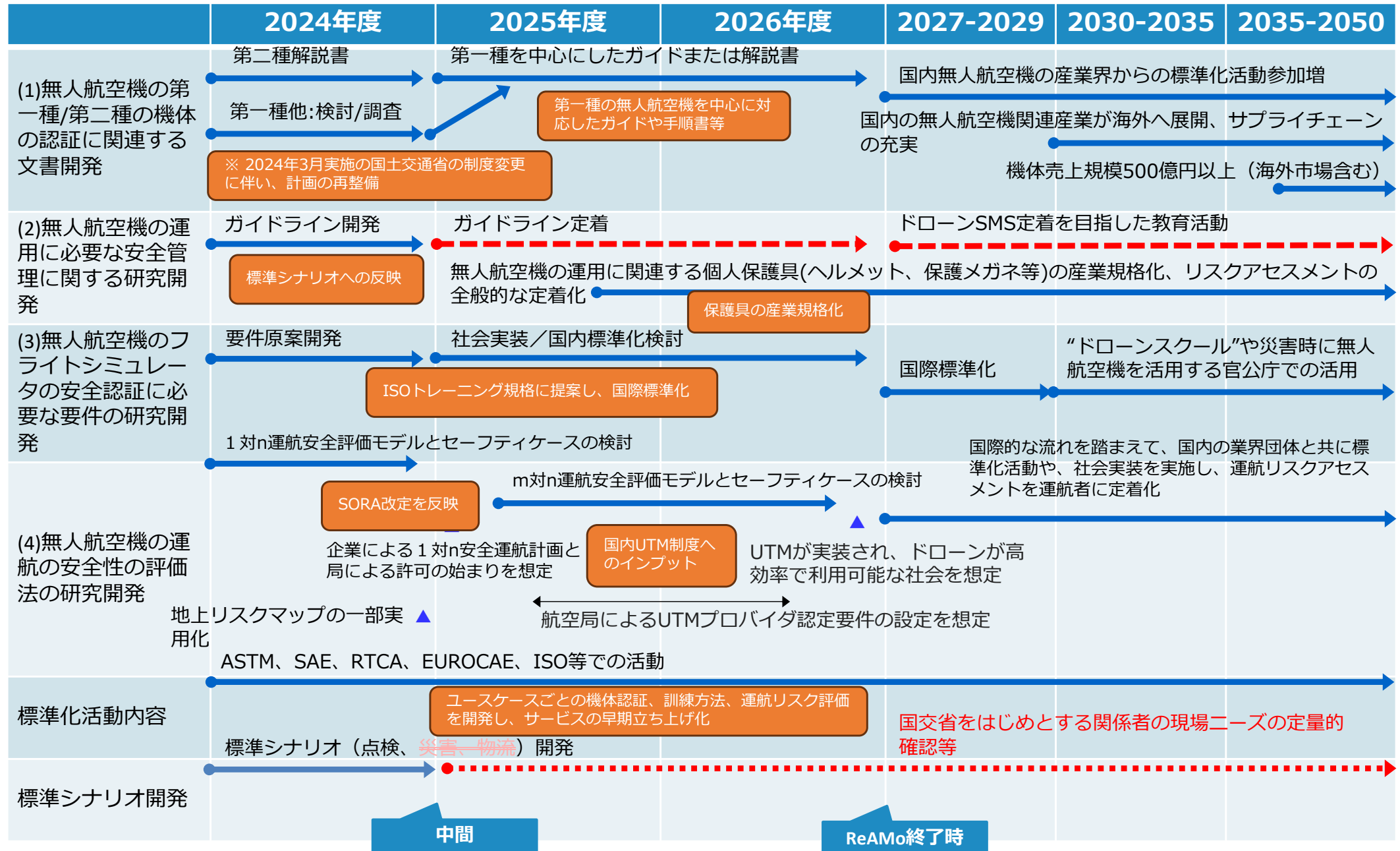


	2022～2024年度	2025～2026年度
(1)無人航空機の第一種/第二種の機体の認証に関する文書開発	東京大学 日本海事協会（再委託） 会津大学（再委託） 電通総研（再委託）	東京大学 日本海事協会（再委託） 会津大学（再委託） 電通総研（再委託）
(2)無人航空機の運用に必要な安全管理に関する研究開発	長岡技術科学大学 電通総研（再委託：2022～2023年度） 一橋大学（再委託） 慶應義塾大学（再委託） 東京大学	長岡技術科学大学 東京大学
(3)無人航空機のフライトシミュレータの安全認証に必要な要件の研究開発	筑波大学 電通総研（再委託） 東京大学	筑波大学 電通総研（再委託） 東京大学
(4)無人航空機の運航の安全性の評価法の研究開発	東京大学 Intent Exchange 産業技術総合研究所（再委託） 電子航法研究所（再委託） 国立情報学研究所（再委託）	Intent Exchange 電子航法研究所（再委託） 神戸大学（再委託） 筑波大学（※）

※筑波大学のシミュレーションの知見を活用

1. 事業概要説明

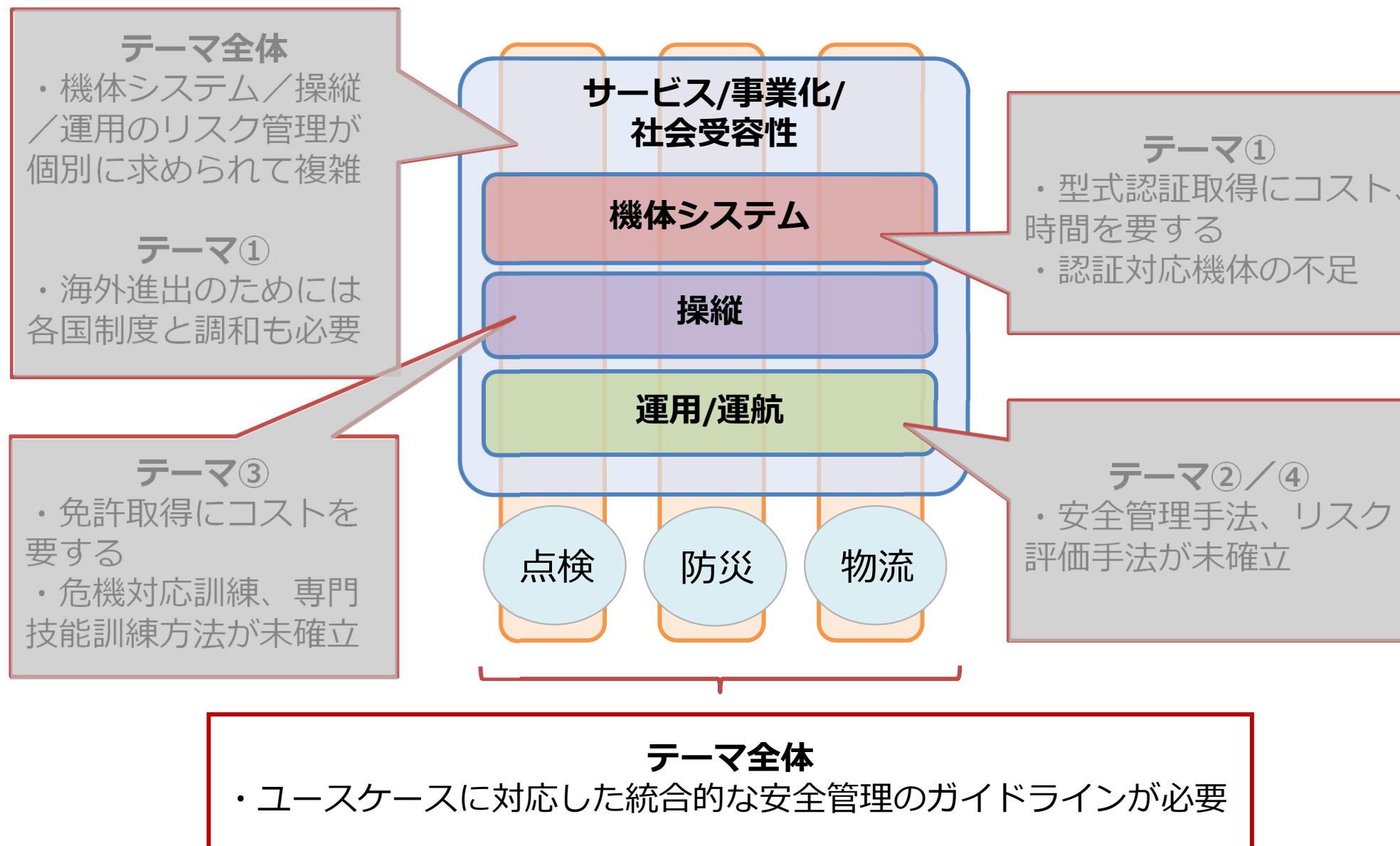
1-(3). 実施スケジュールと社会実装の時期と到達度予定



2.2024年度までの取組内容と成果

2024年度までの取組内容と成果

・ テーマ全体



2. 2024年度までの取組内容と成果 標準シナリオ

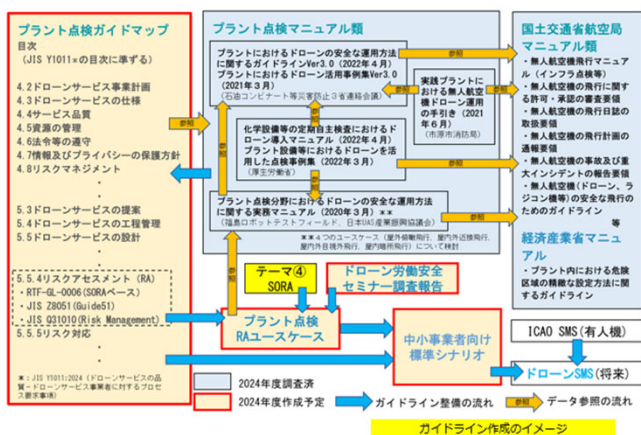
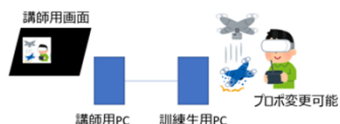
具体的内容

ドローン点検をユースケースとして、
各テーマの知見をもとに、具体的に考慮すべき事項や課題点の洗い出しを行った

7. 点検作業トレーニング

・点検において必要となる操縦技能
(3/3)

- 1. 点検を対象として、求められる技能を要素に分解する
 - ✓ 分析表は作成済み
- 2. 1のうち、実機での訓練が望ましい部分と、シミュレータでの訓練が望ましい部分とを仕分ける
 - ✓ 故障時のデータなどは取得済み
- 3. 2のうち、シミュレータでの訓練が望ましい部分について、シミュレータ活用のグッドプラクティスを例示する
 - ✓ Real Flightを用いた構成案



サービス/事業化/
社会受容性

機体システム

操縦

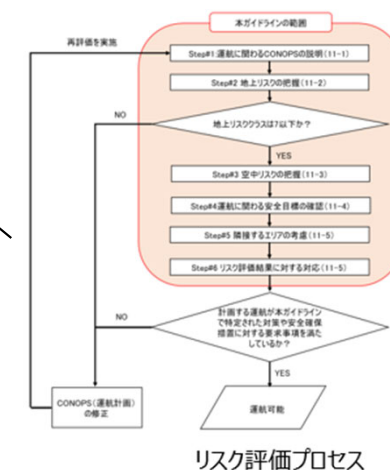
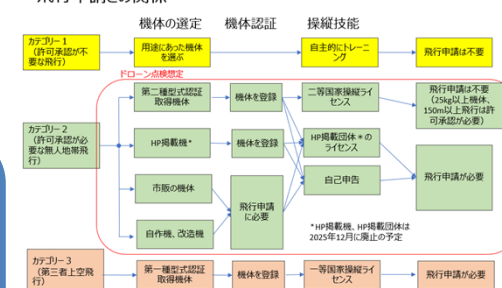
運用/運航

点検

防災

物流

・飛行申請との関係



2. 2024年度までの取組内容と成果 標準シナリオ



具体的内容

ドローン点検関係者への ヒアリング等をもとに フローやCONOPS、関連法令等 について整理を実施

ドローン点検標準シナリオの構成

1. ドローン点検標準シナリオの意義、用語の定義、ステークホルダーの定義
2. ドローン点検運航に関するCONOPS
3. ドローン点検に関する法令、省令、条例等
4. 点検用機体に関するCONOPS
5. 点検用機体認証、型式認証
6. 点検作業に必要な操縦技能
7. 点検作業トレーニング（シミュレータ利用含む）
8. ドローン点検リスク分析、リスク管理
9. 点検用運用／運航マニュアル
10. 作業安全確保
11. ドローン点検に関する現状と将来展望、技術ロードマップ、人材養成

協力頂いた関係者

- ・機体メーカ（ドローンWORKシステム）
- ・ドローン点検事業者（A社）
- ・プラント事業所（B製紙、C電力、D社）
- ・Eテストサイト

1.3 ステークホルダーの定義

ドローン点検に関係する主なステークホルダーの現状の課題と標準シナリオがもたらす主なメリットを整理する

ステークホルダー	現状の課題	標準シナリオのメリット
機体メーカ	・機体型式認証が困難	・利用状況が整理され、CONOPS作成が効率化 ・機体型式認証事例により型式認証が加速化
操縦者	・国家／民間ライセンス取得も点検に必要な技能が不明確	・点検に必要な技能が明確化され、シミュレータ利用法も示され、必要な技能が効率よく取得可能
ドローンサービス事業者	・現状では航空法での事業者の役割が明確でない	・JIS Y1011 ¹⁾ に関連してサービス品質が保証できる ・労働安全確保措置の明確化
点検を必要とする事業者、自治体	・ドローン点検の詳細が不明確	・ドローン点検の全体像が明確化 ・点検の効率化、DX化に貢献
航空局	・特定飛行における許可承認が多数	・許可承認の手続きが効率化
地域住民	・ドローン飛行への不安がある	・安全確保、地域住民への説明などの標準化により社会受容性が向上

1.3 ステークホルダーの定義

ドローン点検に関係する主なステークホルダーの現状の課題と標準シナリオがもたらす主なメリットを整理する

2.1 ドローン点検のフロー（例）



2.3 CONOPSの例

・EASAがリスク評価のために示したCONOPSをドローン点検に当てはめる。

- 1) 運用の性質および関連リスク
ドローン点検がどのような飛行を行い、それに伴うリスクを整理する。
- 2) 運用環境および予定されている運用の地理的範囲
ドローン点検を行う地域の、地形、障害物、天候、電波環境および、周囲に空港や航空機の離着陸場があるかを整理する。
- 3) 使用される技術的手段
ドローン点検に予定されている機体、遠隔制御装置、点検に使用するセンサーなどの特徴、性能、制限事項などを整理する。
- 4) 運用に与える要員の能力、役割、責任
操縦者、補助者、安全管理者などの能力や資格を把握するのみならず、健康、疲労面の管理や、能力の維持向上の計画も整理する。
- 5) リスク分析および特定されたリスクの低減方法
ドローンの飛行に関するリスク分析手法として SORA¹⁾ がありますが、それ以外でも使用するリスク分析手法と、それにより導かれるリスク低減方法を整理する。
- 6) 機体の整備
機体の整備計画を整理する。機体メーカから提供された整備方法を参考にすることが出来る。

注）飛行安全上のリスクのみならず、プライバシーや情報の保護、飛行による騒音発生、災害等非常時の対応方法に関しても項目を作成することが望ましい。

2.1 ドローン点検のフロー

ドローン点検の作業フローを作成し、CONOPS作成の準備をする

2.3 CONOPS

ドローン点検事業を安全に効率よく推進できるための運用概念を整理する

ユースケース	相当レベル	国交省	厚労省	経産省	総務省消防庁	総務省	消費者庁	その他
①点検 (2024年度)	1~2	航空法 建築基準法	石油コンビナート等災害防止法 省庁連絡会議 (総務省消防庁、厚生労働省、経済産業省) プラントにおけるドローンの安全な運用方法に関するガイドラインVer3.0 2022年4月 https://www.fdma.go.jp/laws/tutatsu/items/20220420_kiho1.pdf	労働安全衛生法 電気用品安全法（PL法）	消防法	電波法	製造物責任法	・小型無人機等飛行禁止法（禁飛区） ・道路交通法（警備庁） ・個人情報保護法（個人情報保護委員会）

3 ドローン点検に関連する文書等

ドローン点検に関連する法令等を整理する

2024年度までの取組内容と成果

・ テーマ①

テーマ全体

- ・ 機体システム／操縦／運用のリスク管理が個別に求められて複雑

テーマ①

- ・ 海外進出のためには各国制度と調和も必要

テーマ③

- ・ 免許取得にコストを要する
- ・ 危機対応訓練、専門技能訓練方法が未確立

サービス/事業化/ 社会受容性

機体システム

操縦

運用/運航

点検

防災

物流

テーマ①

- ・ 型式認証取得にコスト、時間を要する
- ・ 認証対応機体の不足

テーマ②／④

- ・ 安全管理手法、リスク評価手法が未確立

テーマ全体

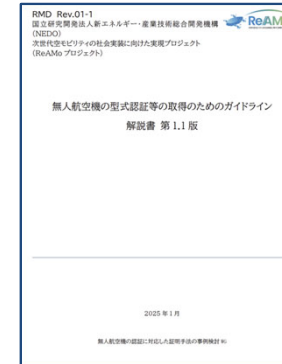
- ・ ユースケースに対応した統合的な安全管理のガイドラインが必要

2. 2024年度までの取組内容と成果

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



1. 第二種の解説書の初稿を2024年4月に発行し、2025年1月にVer.1.1へ更新

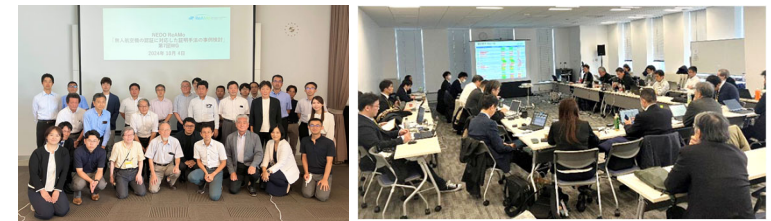


無人航空機の(第二種)機体の型式認証等の取得のためのガイドライン解説書 Ver.1.1公開(2025年1月)

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

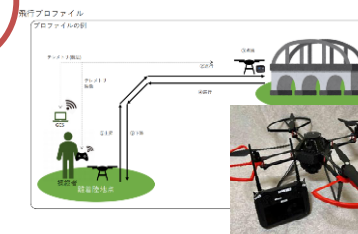


事例検討WG

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

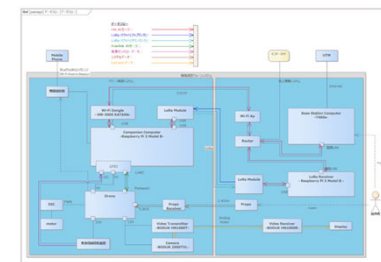
第一種/第二種に対応した、安全性評価プロセス教育教材を開発 (ドラフト)



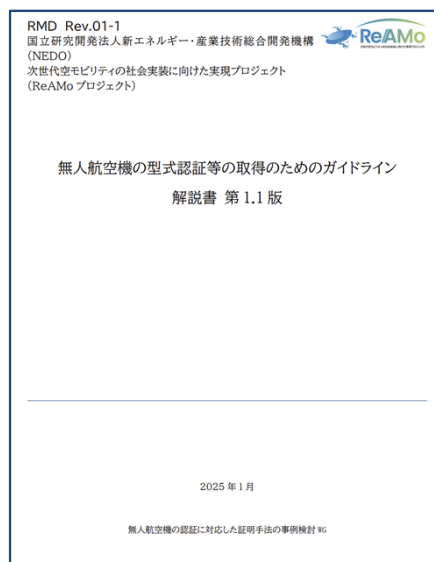
議論要否項目一覧

項目	議論要否	議論要否理由	議論要否項目	議論要否理由
1. 無人航空機の型式認証等の取得のためのガイドライン解説書 Ver.1.1公開(2025年1月)	必要	無人航空機の型式認証等の取得のためのガイドライン解説書 Ver.1.1公開(2025年1月)	必要	無人航空機の型式認証等の取得のためのガイドライン解説書 Ver.1.1公開(2025年1月)
2. WG、TF、委員会を開催し産官学で議論を実施	必要	WG、TF、委員会を開催し産官学で議論を実施	必要	WG、TF、委員会を開催し産官学で議論を実施
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	必要	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	必要	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

TFを通じての標準化活動を実施



2. 2024年度までの取組内容と成果 2024年度の具体的な成果



無人航空機の(第二種)機体の型式認証等の取得のためのガイドライン解説書 Ver.1.1公開(2025年1月)



WGへ参加
ご希望の方は
こちらから



NEDO ReAMo 第8回 (2024年度第2回) インストラクション「適合性証明計画 (CP)」

インストラクション動画公開

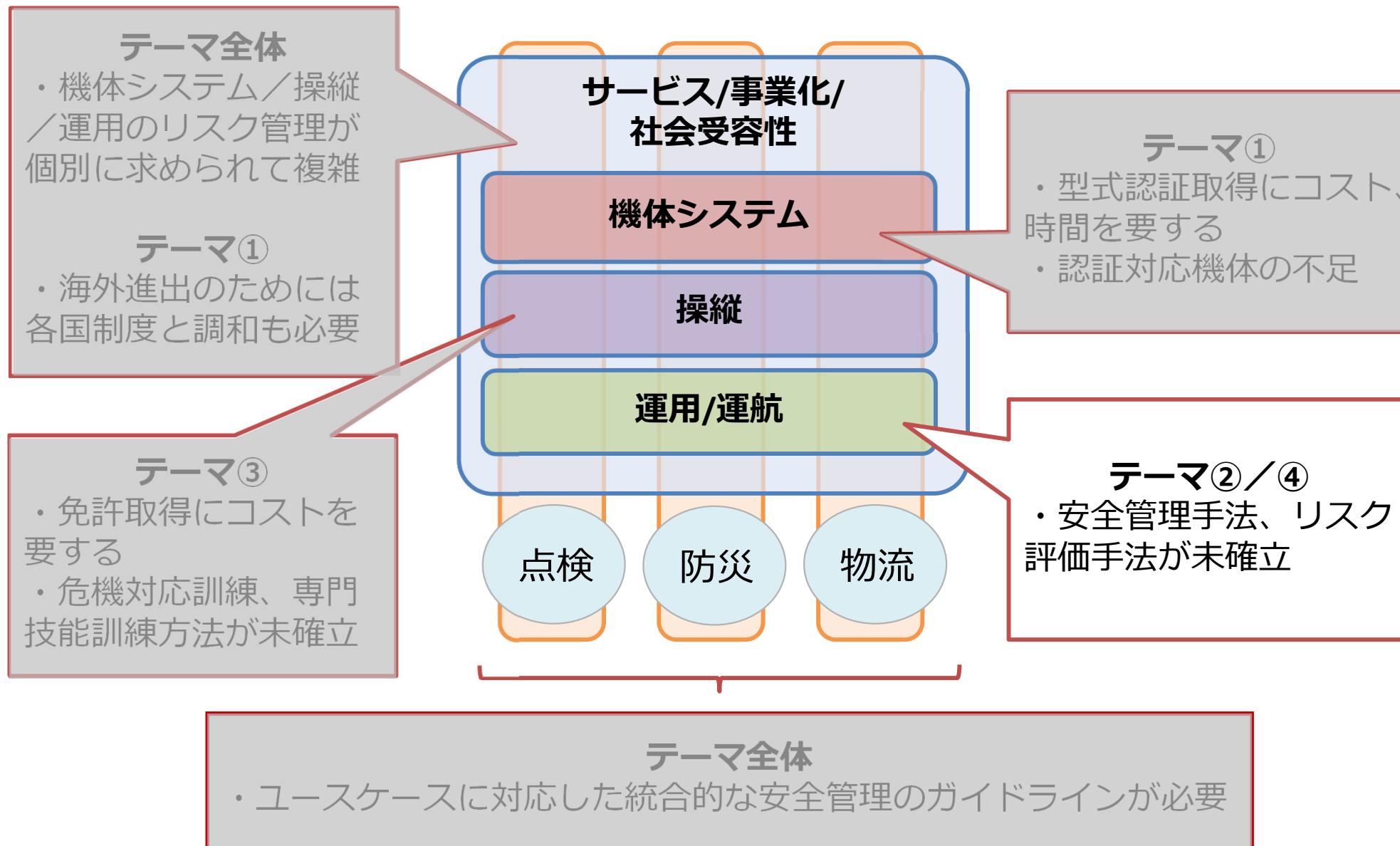
第7回

第8回



2024年度までの取組内容と成果

・ テーマ②

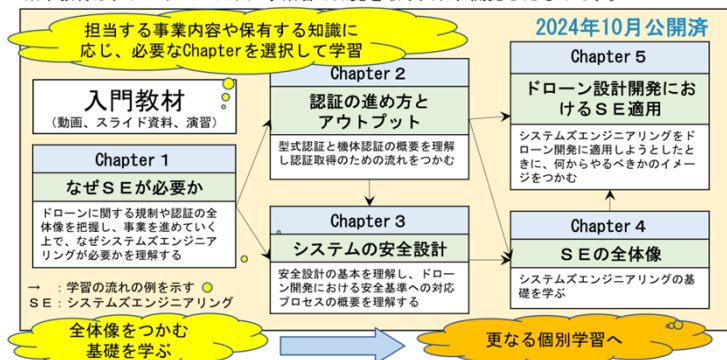


2. 2024年度までの取組内容と成果 無人航空機の運用に必要な安全管理に関する研究開発

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

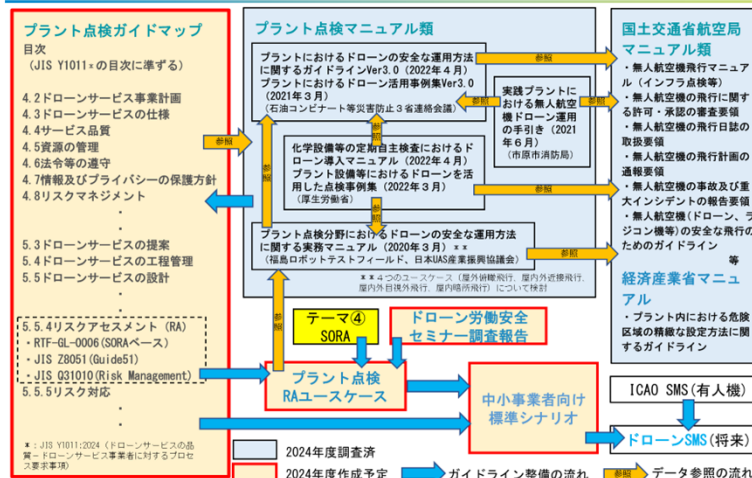


目的：ドローンの多様な運用と安全性の両立を実現させる上で、重要となるシステムズエンジニアリング（SE）の考え方や安全設計の基礎知識を自主的に短時間で学ぶ
対象者：新たにドローン開発事業に参画又は担当する人（主に中小の事業者）、システムズエンジニアリングの考え方を学びたい人、安全設計の基礎を学びたい人等
 ※本教材は、システムコンサル事業者の知見を取り入れ、開発したものです。



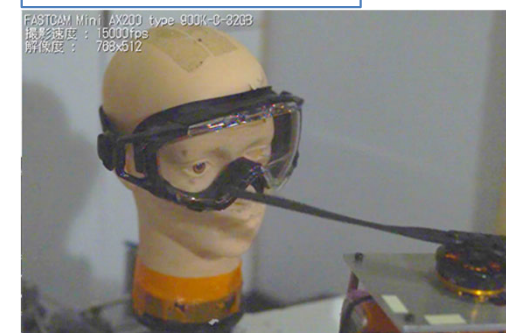
SE入門教材として公開

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

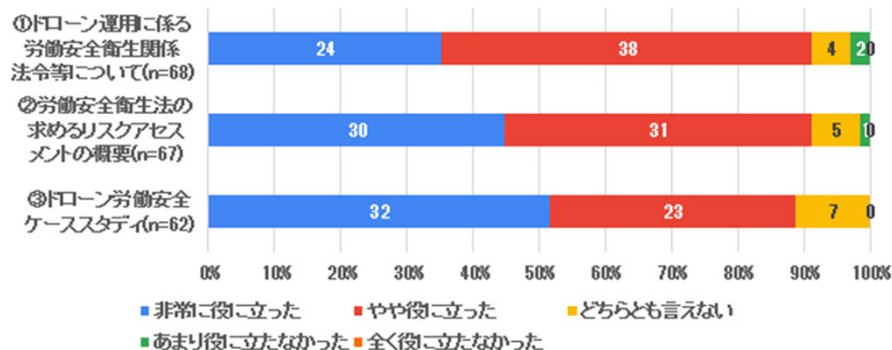


ドローンサービス品質JISに基づくプラント点検ガイドマップと中小企業向け標準シナリオの開発

提供映像イメージ



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年春頃 公開予定)



ドローン労働安全セミナー2024/11/7
 ハイブリッド117名参加 (対面17名、リモート90名)
 リスクアセスメント中心の内容で9割が好評価

【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



消防ドローン訓練の実態調査

2. 2024年度までの取組内容と成果

2024年度の具体的な成果

- 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、
「プロペラのリスク」
「個人保護具(保護メガネ等)による追加の保護方策」
に関する動画を提供
(登録が完了した更新講習機関に対して2025年春頃から航空局より配布予定)

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

更新講習機関が実施する無人航空機 操縦者技能証明
取得者 更新講習の「視聴覚教材」に実験結果映像等を提供

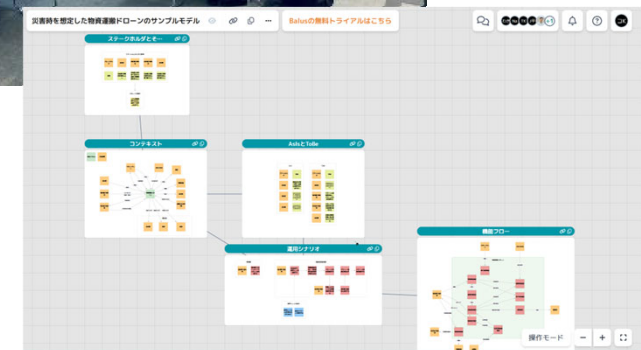
2. 2024年度までの取組内容と成果

2024年度の具体的な成果

- システムエンジニアリング入門講座をReAMoホームページに公開
- テーマ①と連携して、本教材を事前課題とした「SE(System Engineering)の基礎とCONOPS作成」のワークショップを実施。



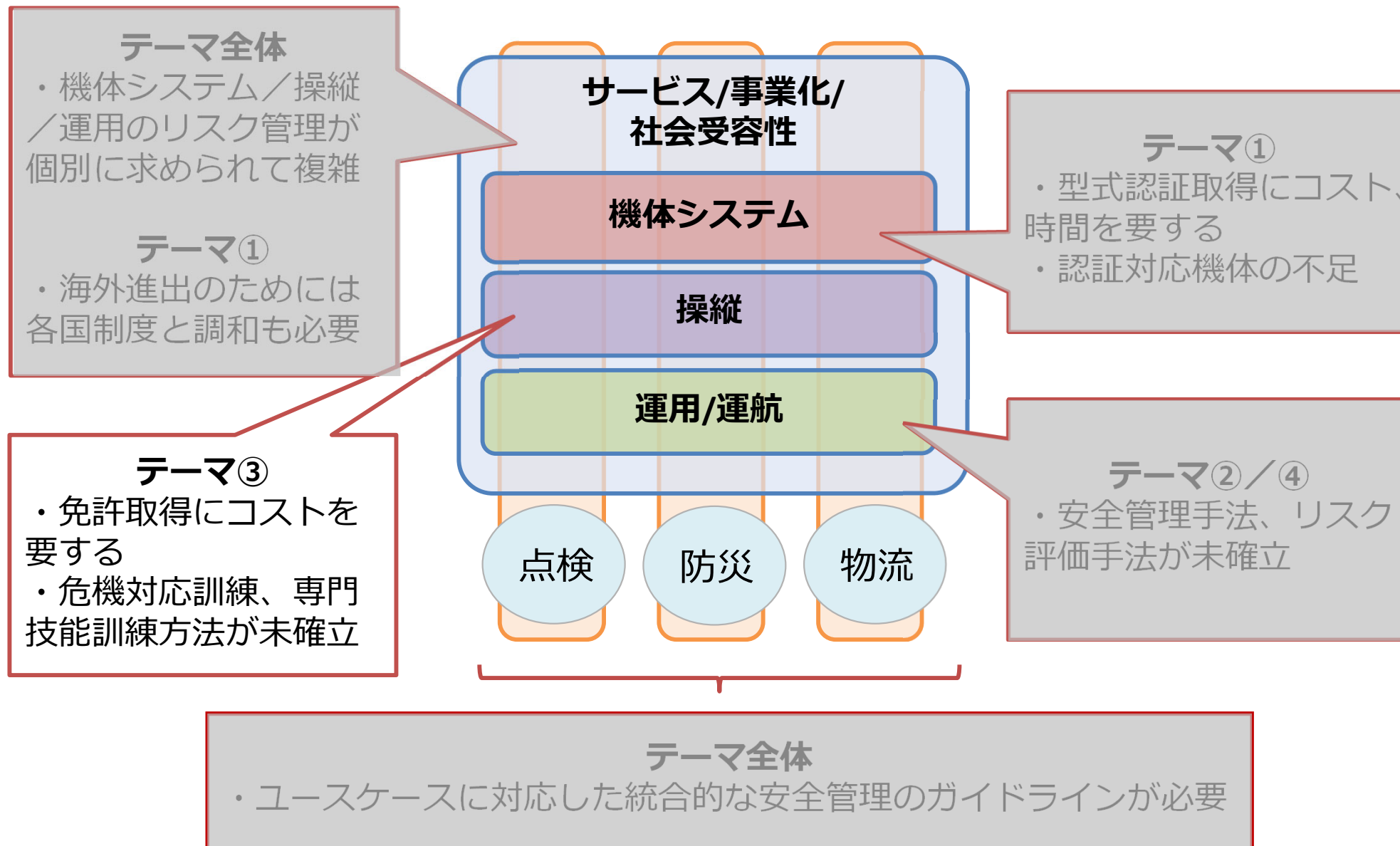
システムエンジニアリング入門教材



2025年1月24日(金)に国土交通省航空局
航空機技術審査センター会議室にて
SEの基礎とCONOPS作成ワークショップを実施。

2024年度までの取組内容と成果

・ テーマ③





20



10



30

都市部における
災害時インフラ
点検を想定した
シナリオ例

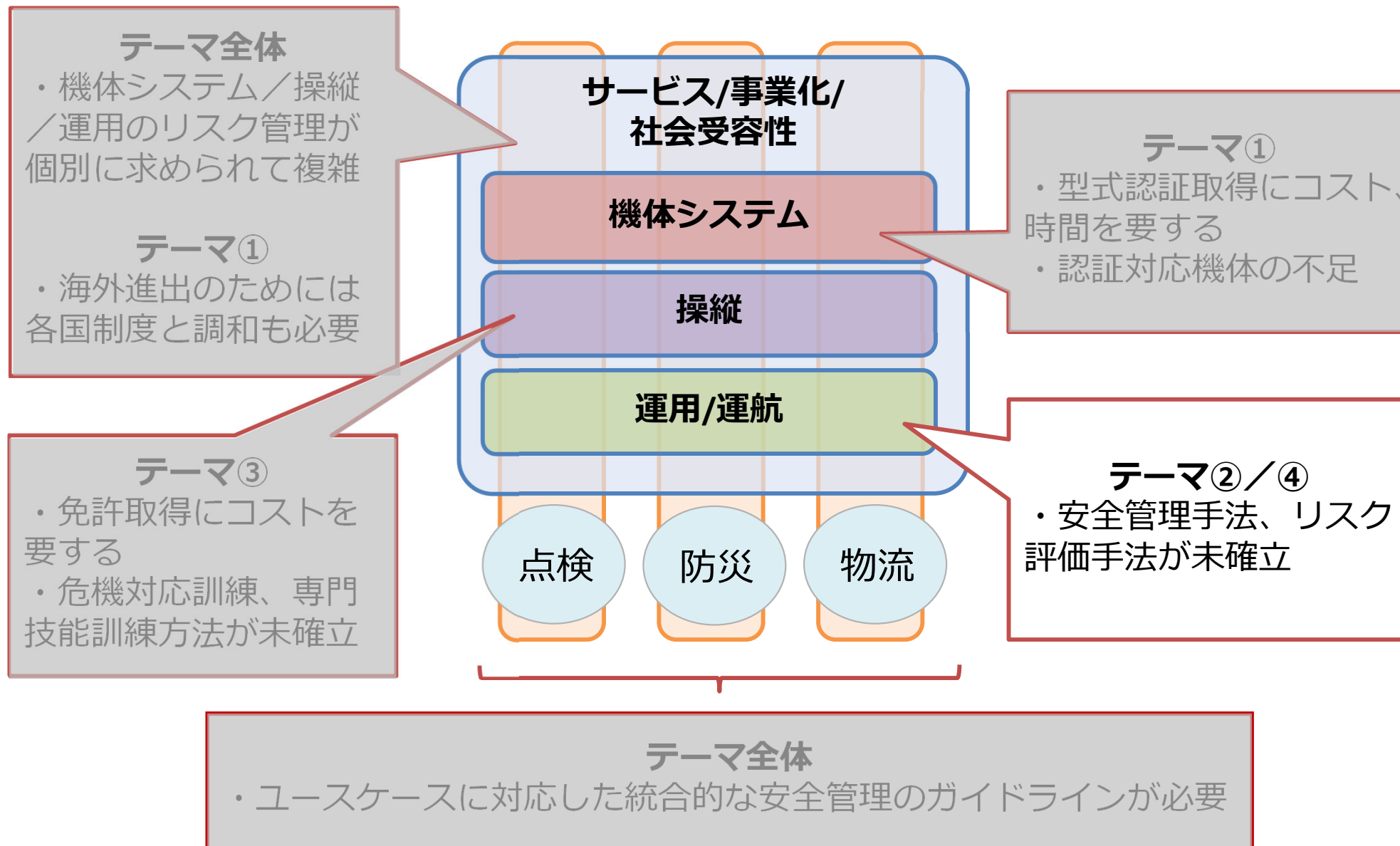
The composite image illustrates a disaster scenario simulation. The top left shows a map of a city area with a red line indicating a disaster scenario. The top right shows a 3D rendering of a highway interchange. The bottom left shows a photograph of a person operating a simulation system, with a monitor displaying a 3D model of the highway interchange.

© Realization of Advanced Air Mobility Project ReAMo 東京大学コンソーシアム シンポジウム

20

2024年度までの取組内容と成果

・ テーマ④

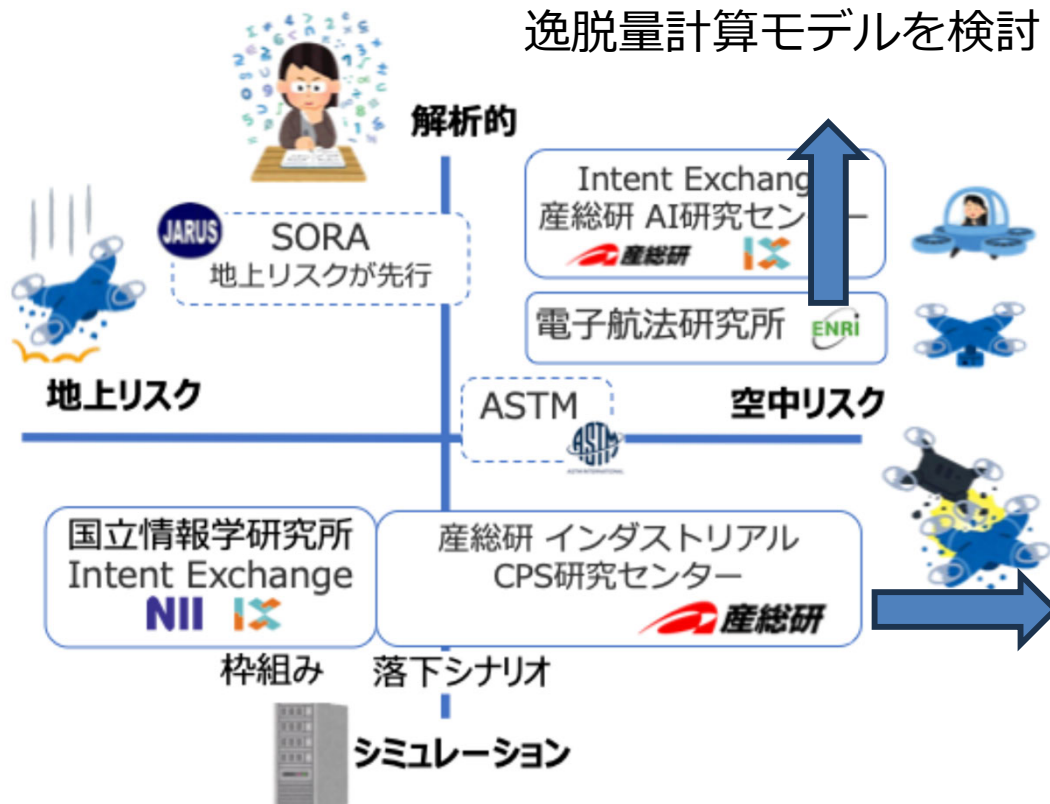


2. 2024年度までの取組内容と成果 無人航空機の運航の安全性の評価法の研究開発

IWAC2024では、
セッション企画を行い、
IX、東大、電子航法研、
産総研、NIIの成果を発表

Parameters	Explanation	Values
S_y	Lateral separation	200 m
v	Flight speed	25 m/s
λ_y	Width of UAS	2 m
Ω	Deviation frequency	10^{-2} times/flight hour
θ	Deviation angle	Uniform [0, 90]
Δt	Time to resolve conflict	Erlang distribution with $k = 2$, ave = 30 s
y	Distribution of core	Normal deviation with 20 m of SD

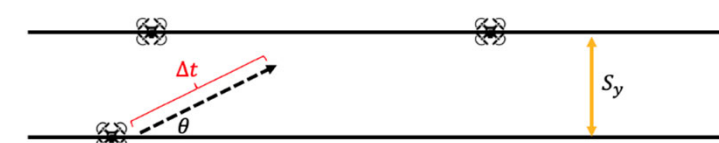
電子航法研と神戸大学では1:n
シナリオにおける航路からの
逸脱量計算モデルを検討





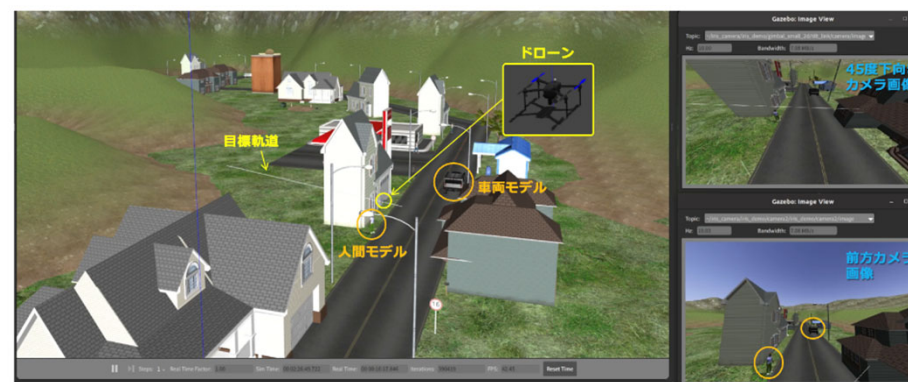
Scenario of large deviation

- A straight deviation with a constant angle of θ is assumed.
- The UAS operator makes an action to resolve the conflict once the UAS starts deviation.
 - UAS starts deviating
 - Operator receives position report
 - up to frequency of position report
 - Operator notices deviation
 - Operator sends command
 - Command reaches UAS
 - UAS changes trajectory
- After spending the time of Δt , two UAS are assumed to be free of conflict.



産総研CPSでは1:nシナリオ運航
シミュレーション環境を検討

フライトシミュレータ画面

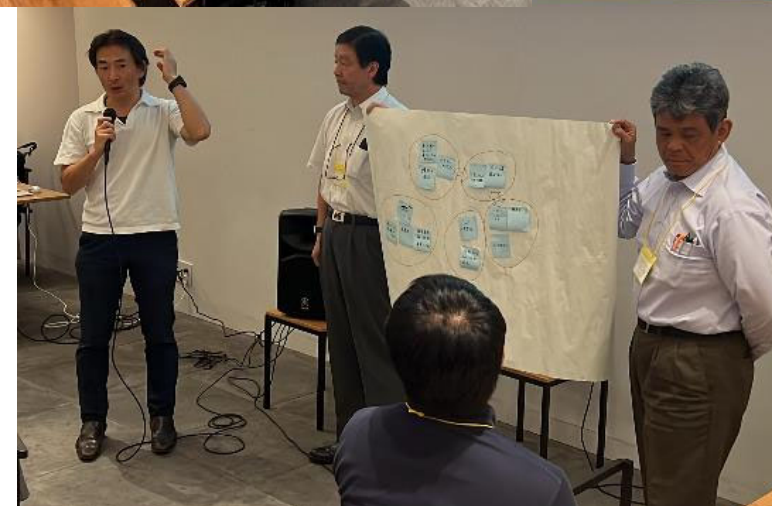


GAZEBOベースのシミュレータ

2. 2024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

- ・ 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
- ・ 内容：各テーマ、各実施者単位で実施内容を説明
- ・ 開催日/場所：年2回の開催（2024年4月2日、2024年9月26日）



2. 2024年度までの取組内容と成果 展示会への出展

「国際ドローン展2024」「危機管理産業展2024」に名工大コンソと共同出展を実施

展示会：「国際ドローン展2024」

期間：2024年7月24～26日

場所：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



展示会：「危機管理産業展2024」

期間：2024年10月9～11日

場所：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



3.今年度(2025年度)以降の取組内容

シンポジウムや展示会出展 自主セミナー等の啓発活動

サービス/事業化/ 社会受容性

機体システム

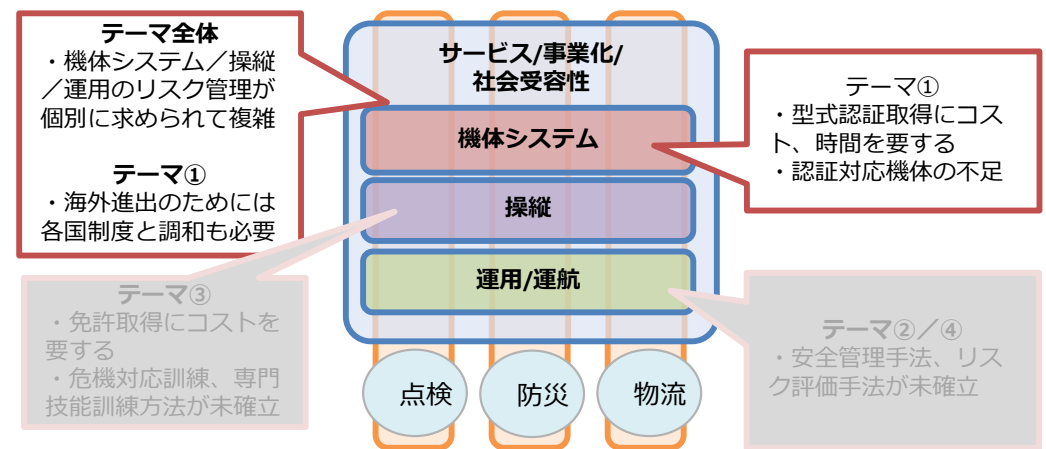
操縦

運用/運航



④空中リスク評価





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

テーマ①リーダー

東京大学 五十嵐広希

テーマ①：活動全般の説明

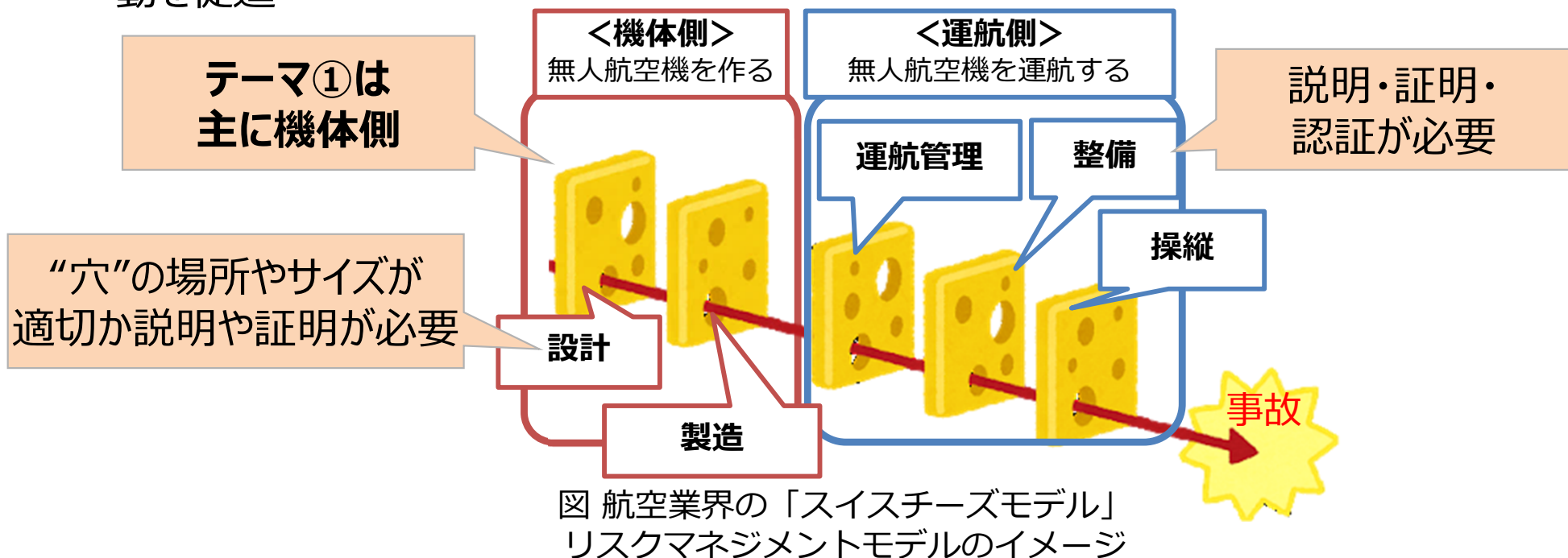
・目的：

- ドローン(無人航空機)の「型式認証」に対応した文書等の研究開発

「規制」に適合した「認証」のための支援文章を、産官学で作る

・これまでのアウトプット：

- 「無人航空機の認証に対応した証明手法の事例検討WG(事例検討WG)」を開催し解説書(Ver.1.1)を作成し、TFの活動、インストラクション/ワークショップ開催し標準化活動を促進



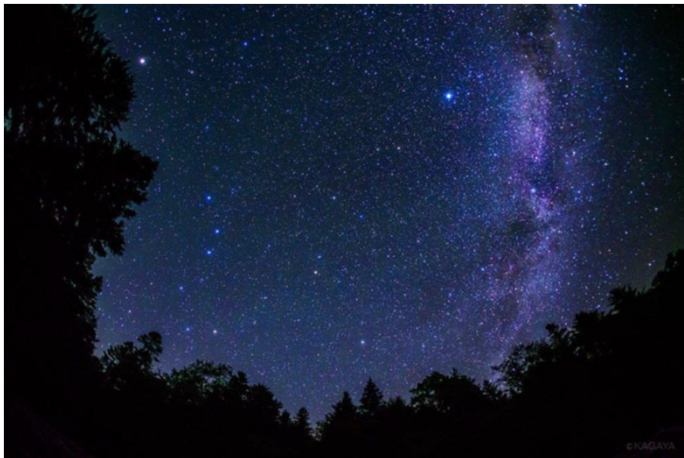
1. 航空産業は、安全について「管理・証明」が必要

- SMS、耐空証明、型式証明/型式認証、運航承認、技能証明 等々

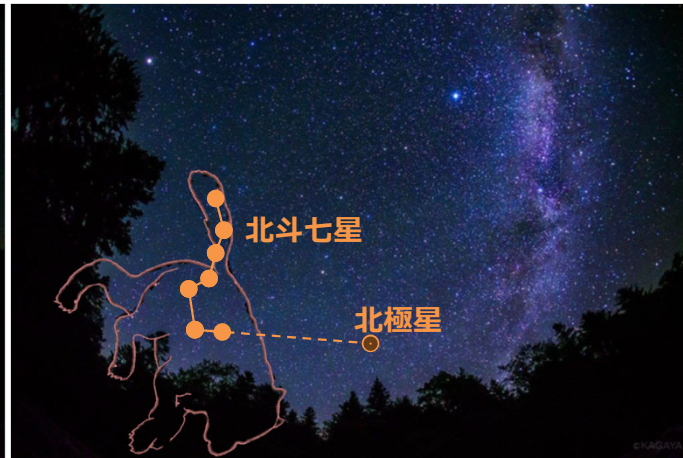
2. 設計メーカーや運航者等により安全性の「証明」が必要 国(航空局)は事業者が示した証明の「適合性」を確認する

- 申請者(メーカー/運航者等) : Show Compliance (適合していることを説明する)
- 検査者(国や検査機関等) : Find Compliance (適合していることを確認する)

• 例「北極星を映した写真を提出すること」の要求に対する証明



星の写真としては綺麗である
北極星が発見しにくい(探すの大変)



星座で「探し方」を説明
発見できる人と出来ない人が居る



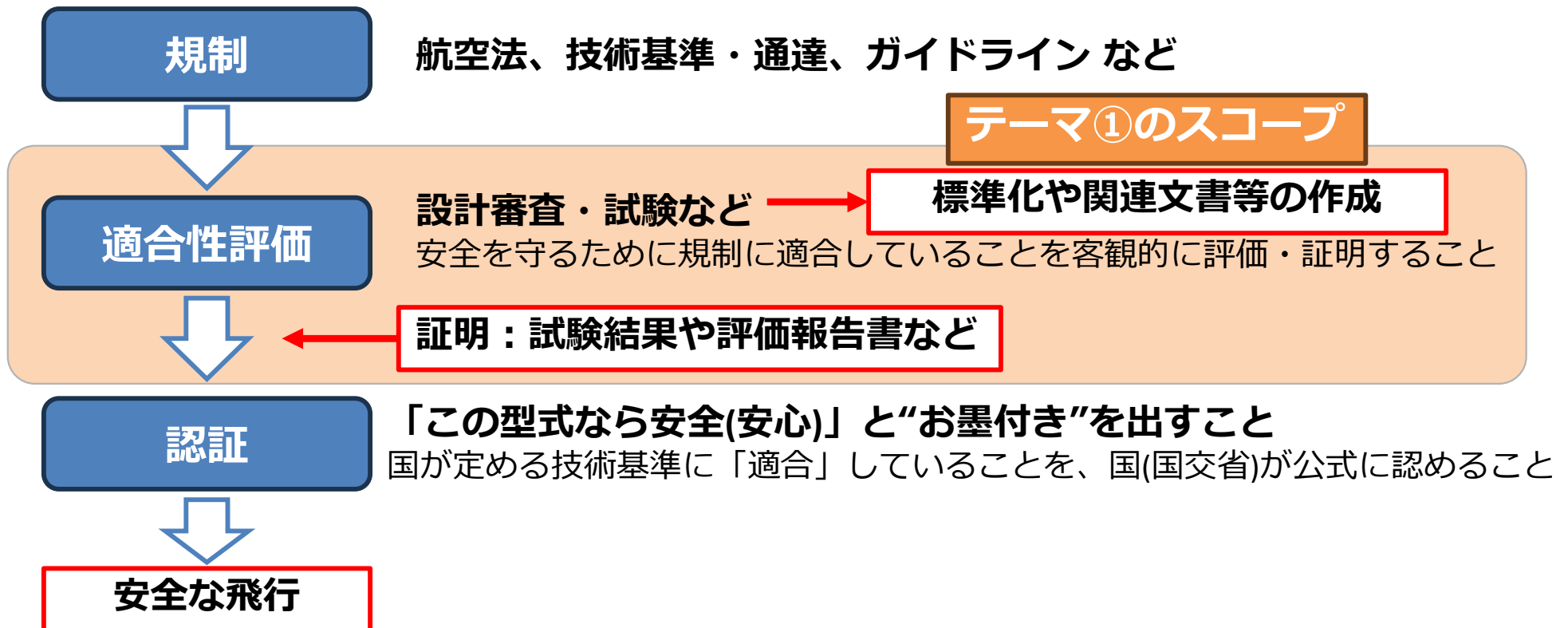
多くの星は実際に観る状態と異なる
しかし、北極星を簡単に発見できる

「証明」は分かりやすい方が良い、「示し方」は一つではない

“認証”とは？

- ・ 国が定める安全基準等に適合していることを、国(国交省)や検査機関が検査し、認めること

➤ 検査のためには、安全基準に「適合」しているかを、評価・証明し「認証」を受ける必要がある



テーマ①では審査や試験に活用可能な文書等を作成中

【参考】“認証機関”とは？

・「認証」は、一般的には「第三者」が実施

➤ 第一者：供給者、機体メーカー、部品メーカー、輸入商社 等

✓ISO/IEC 17050適合性評価－供給者適合宣言

➤ 第二者：調達者、運航者 等

➤ 第三者：国(監督官庁)、第三者認証機関(民間)、検査機関、研究機関 等

✓ISO/IEC 17020～25 適合性評価－検査を実施する各種機関 関係

✓ISO/IEC 17065 適合性評価－製品，プロセス及びサービスの認証を行う機関に対する要求事項

✓ISO/IEC 17067 適合性評価－製品認証の基礎



Federal Aviation
Administration



ClassNK

JQA 一般財団法人
日本品質保証機構



bsi.

Etc.

第三者の認証機関が適合性を評価することで「安全」を確認

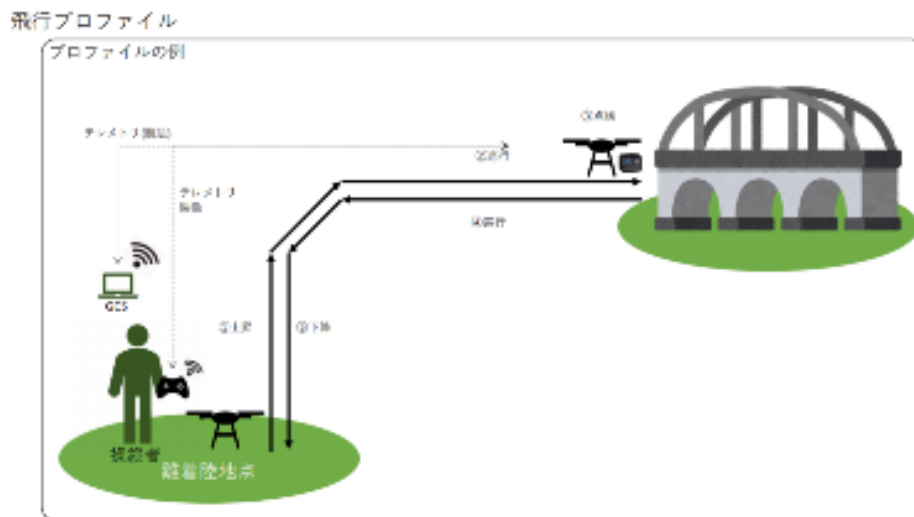
※ 航空分野においては、欧州では認証にISO/IECで標準化/形式知化された文書の活用が進んでいるが、他の国や地域においては同等な文書で運用

※ NEDOやJST、中小企業庁などの予算執行団体は研究開発の「支援や伴走」のための組織であり、第三者認証機関・検査機関とは違う

第二種 事例検討TF(タスクフォース)

・第二種の型式申請に必要な文書の“事例”を作成

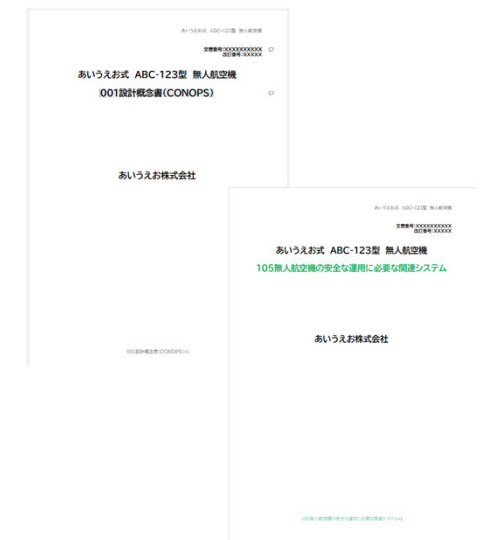
- 2024年度より「解説書の事例検討TF」を開催し、第二種の型式申請に有効な文書を産官学で開発中
- 航空局「無人航空機の型式認証等の取得のためのガイドライン」の「型式認証の申請書に添付すべき書類」等の記載事例を開発
- 実機をベースに「インフラ点検、目視内飛行」を基本として検討
- 夏頃に「事例検討WG」に対してドラフト版を展開予定



想定するCONOPS (飛行プロファイル)



想定する実機
(ドローンWORKシステム社提供)



事例集イメージ

第一種 適合性検討TF

・第一種の適合性証明方法(MoC)として既存規格の適合性を検討

- 航空に関連する国際標準化団体(ASTM/SAE/RTCA/EUROCAE/ISO 等)で発行済み、または予定されている規格文書が、日本の第一種の型式認証としての適合性証明方法(MoC)として採用できるかどうかの検討
- 第一種の具体的な認証要求内容の確認作業等を実施
- 2025年5月頃にTFで議論した結果を“中間報告”として公開予定

議論要否項目一覧



Sec. No	タイトル	航空局ガイドラインに記載の関連業界標準/規格文書など	解釈議論の要否	MoC議論の要否	要求解釈解説の要否
001	設計概念書 (ConOps)		議論必要なし	議論必要なし	必要なし
005	定義		議論必要なし	議論必要なし	必要なし
100	無人航空機に係る信号の監視と送信		議論必要なし	議論必要なし	必要あり (可能なら)
105	無人航空機の安全な運用に必要な関連システム		議論必要あり	議論必要あり	必要あり
110	ソフトウェア	ASTM F3153-22 or RTCA DO-178 (DAL D)	議論必要あり	議論必要あり	必要あり
115	サイバーセキュリティ	RTCA DO-326 ASTM F3532-22	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	RTCA DO-362 RTCA DO-377	議論必要なし	議論必要なし	必要あり
125	雷		議論Pending	議論Pending	必要なし
130	悪天候		議論Pending	議論Pending	必要なし
135	重要な部品		議論必要なし	議論必要なし	必要あり
140-1	構造	(d) : ASTM F3322-22	(a) 議論必要なし (b) 議論必要なし (c) 議論Pending (d) 議論必要あり	(a) 議論必要なし (b) 議論必要なし (c) 議論Pending (d) 議論必要あり	(a) 必要あり (b) 必要なし (c) 必要なし (d) 議論必要あり
140-2	灯火、表示等	ASTM F3298-19 FAA AC 20-74	議論必要あり	議論必要あり	議論必要あり
140-3	自動操縦系統、カメラ等	DAA: ASTM F3442/F3442M-20	議論必要あり	議論必要あり	議論必要あり
140-4	危険物輸送		議論必要なし	議論必要なし	必要なし
140-5	飛行諸元の記録	ASTM F3228-17	議論Pending	議論Pending	必要なし
140-6	ピストン発動機及び燃料系統		議論Pending	議論Pending	必要なし
200	無人航空機飛行規程	ASTM F2908-18 FAA 14 CFR Part 23 Appendix A 耐空性審査要領第II部 飛行機の付録A FAA Order 8110.54A	議論必要なし	議論必要なし	必要なし
205	ICA		議論必要なし	議論必要なし	必要あり (可能なら)
300	耐久性及び信頼性		議論必要なし	議論必要あり	必要あり
305	起こり得る故障		議論必要あり	議論必要あり	必要あり
310	能力及び機能	(5)DAA: ASTM F3442/F3442M-20	議論必要なし	議論必要なし	必要あり (可能なら)
315	疲労試験		議論必要なし	議論必要あり	必要あり
320	制限の検証	ASTM F3478-20	議論必要なし	議論必要あり	必要あり

安全基準の各項目の議論の可否一覧



(左)TFでの議論の様子 (右)TFの中間報告素案

ReAMo C1 MoC-1 Rev.NC

第一種型式認証：安全基準の解釈と一部提案

2025年4月

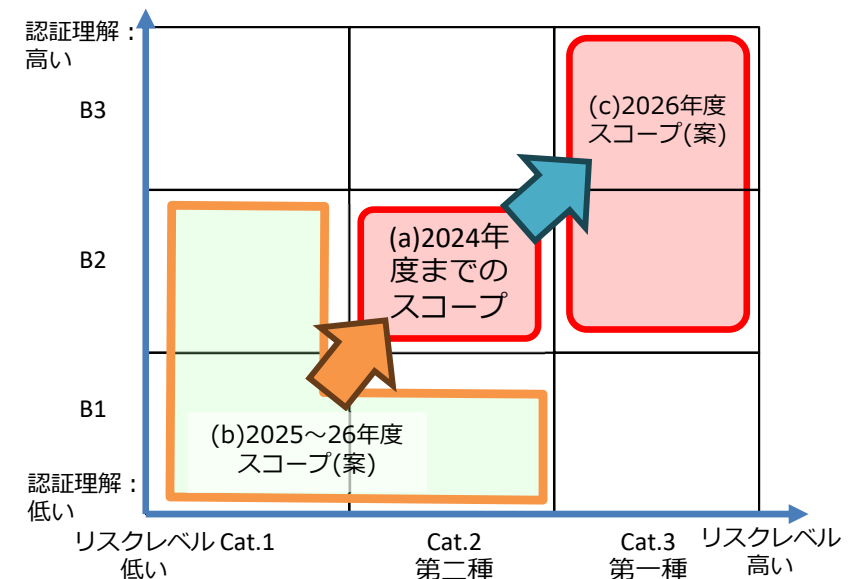
適合性検討 TF (C1 MoC TF)

- WGやTFでの意見交換の促進を目的に、型式認証に関するインストラクション(Instr.)やワークショップ(WS)を実施

- これまでに機体メーカーを中心に、合計約500名弱が参加
- Instr. : 適合検査・試験立会、§115サイバーセキュリティ、§300耐久性及び信頼性 等を実施
- WS : 適合検査・試験立会のロールプレイを実施
- **2025年度からは想定参加者のスコープを適宜変更して実施予定**



インストラクション/ワークショップの様子



Inst./WSへの想定参加者のイメージ図

【参考】「認証」のよくある間違い

1. ドローン(認証対象機器)を持っていけば、認証機関が “良い/悪い”を判断してくれる！

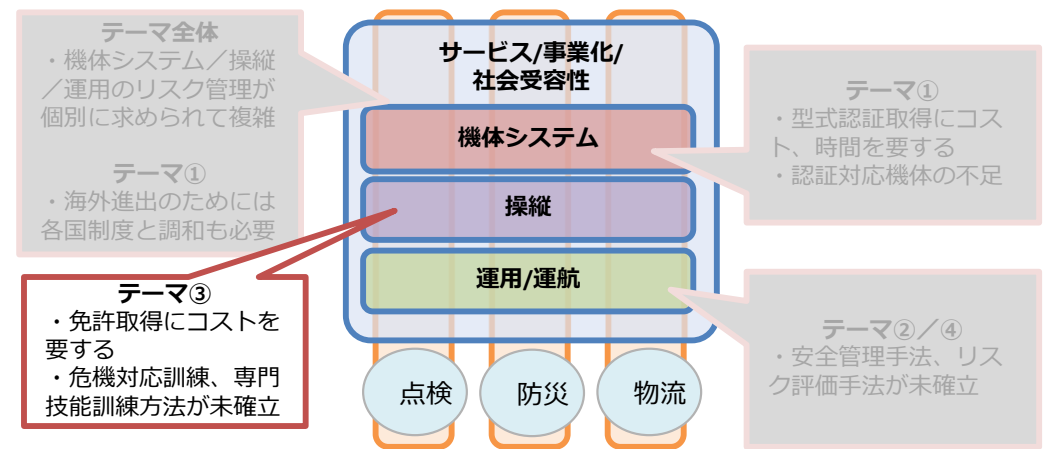
➤ 認証機関はお医者さんみたいに(安全性を)“診断”してくれる！

- ・ 検査・認証機関は「基準に合っているかを評価する」立場
「どう作れば合格するのか」を教えたり、設計を支援する立場ではない
- ・ 検査・認証機関は「答えを教える人」ではなく「答え合わせをする人」

2. お金を払って検査を受けるんだから、 “検査を通るためのアドバイス”を受けるのは当然！

- ・ 検査・認証機関は中立性を保つために技術的なアドバイスは控える必要がある
- ・ 「どうすれば通るか」には基本的に答えてくれない

【テーマ①で取り組む意味】
産官学で“問題の解き方”を議論し、支援文書等を開発
型式認証の取得促進を目指す



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

テーマ③ リーダー
筑波大学 伊藤誠

現状の問題点について

シミュレータを用いることで
低コストで信頼性の高い訓練を実現

教官の負担軽減

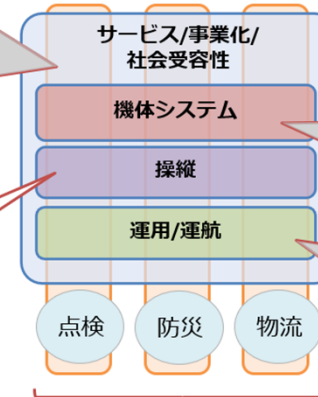
効率的な学習

● テーマ③

テーマ全体
・機体システム／操縦／運用のリスク管理が個別に求められて複雑

テーマ①
・海外進出のためには各国制度と調和も必要

テーマ③
・免許取得にコストを要する
・危機対応訓練、専門技能訓練方法が未確立



テーマ①
・型式認証取得にコスト、時間を要する
・認証対応機体の不足

テーマ②／④
・安全管理手法、リスク評価手法が未確立

テーマ全体
・ユースケースに対応した統合的な安全管理のガイドラインが必要

メリット

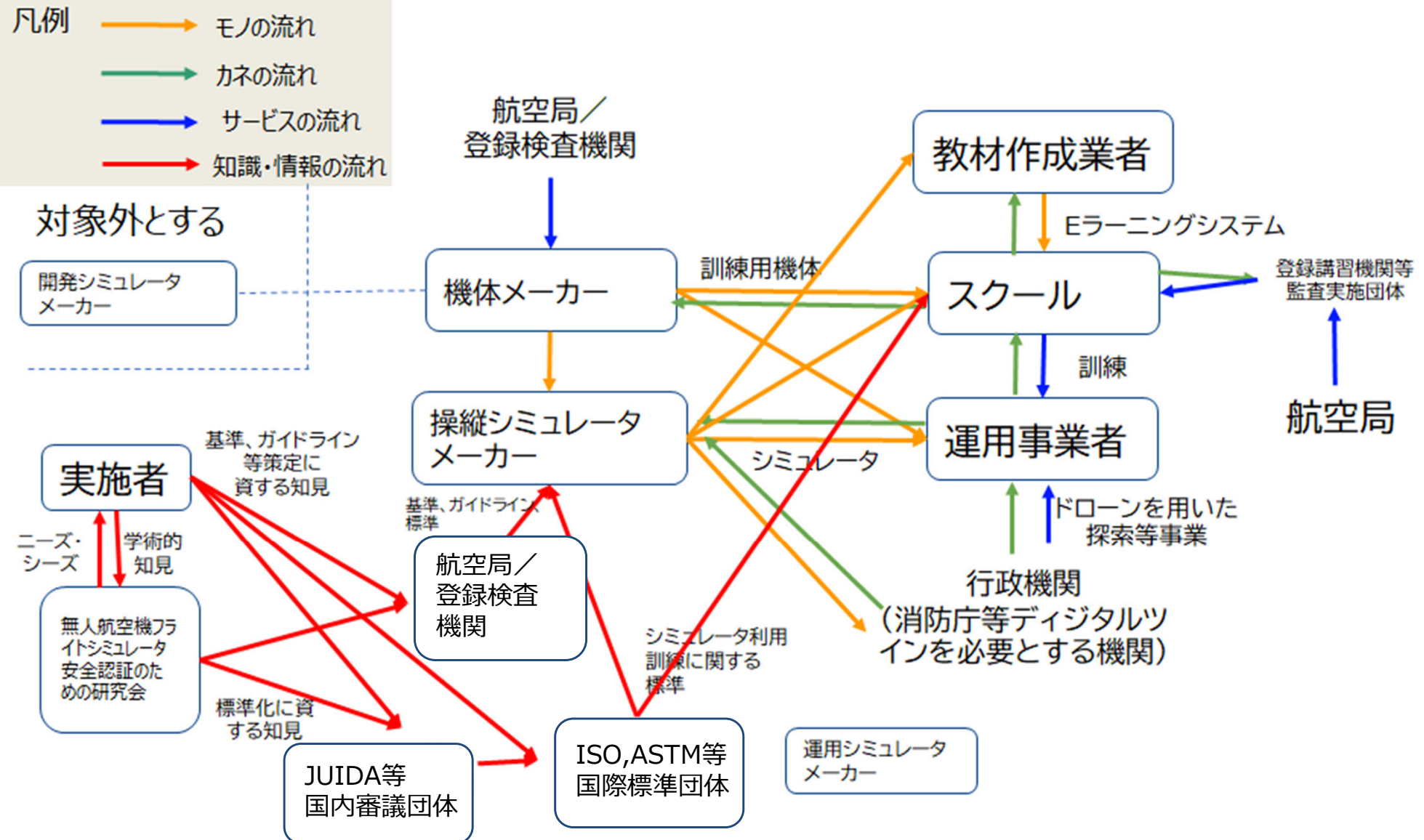
- 天候に左右されずに訓練が実施できる
- 訓練場所や講師の確保の負担が軽減できる
- 受講者が空いてる時間に繰り返し訓練ができる
- 特に初学者においては不慣れな機体操作による機体破損への危惧などの心理的抵抗が低減される

■ 本研究の目的

：ドローンスクールにおいて安価・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する。

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 要件抽出にあたってのステークホルダー

想定しているビジネスアーキテクチャ、エコシステム



多様なステークホルダーとシミュレータ研究会等を通じて議論を実施

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 重要な要件と具体的な構成案



国家ライセンス取得訓練用シミュレータの重要な要件と具体的な構成案

重要な要件	研究から得られた知見	具体的な構成案
飛行模擬の精度	これまでの研究会における議論から、飛行模擬の精度の良否の判断は（若干名による）エキスパートジャッジでよい。	今回はRealFlight(RF)をベースに構成。
送信機	使用する実機と同一が望ましいが、必須ではないと考える（特に二等レベル）。	今回はRFで標準的に使われるInterlinkを用いた。ただし、RFで、一部のコントローラを置き換える方法も今回構築し、DJIの一部のコントローラでRFを操縦できることを確認した。
映像 （特に奥行き知覚）	奥行き知覚を適切に認識できるように映像を提示することが必要。	画面サイズを十分に大きくするか、VRゴーグルを活用することが有効と考えられる。 →今回はVRゴーグルを使用
フィードバック	飛行の良否を客観的に知覚できる方法が提供されるべき。	飛行ログを保存し、事後に提示する。あるいは、飛行中に、視点を変えて提示する方法もありうる。 今回は、飛行中の視点変更を主に活用。
飛行条件・外乱	風等の天候の変化は可能な限り表現できることが望ましい（ただし二等では必須ではない）。	—
音声	飛行音を提示すべきとの意見は強い。 一方、音声を提示するシミュレータでも、操縦者の位置に応じて音量や方向を適切に変更しているものばかりではない。音声を提示しないものもある。	—

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研究開発

②2024年度成果 具体内容 – シミュレータ構成案

訓練効果を高める工夫

- 視点の動的な変更
 - **自機の位置を客観的に確認させる**
- 講師と訓練生とが仮想空間を共有
 - 訓練生が飛行している様子を、講師用画面では別角度から見ることはできる。
 - └ これを受講生に見せれば受講生が自身を客観視できる
 - 訓練生用ドローンとは別に、講師用ドローンも同一空間内で飛行し、模範を示せる
- 試験を見据えた一連の流れの体験

講師用画面
【ディスプレイ】



訓練生画面
【VR】



実際の様子

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研究開発
②2024年度成果 具体内容 – シミュレータ構成案

訓練効果を高める工夫

動画



実際の訓練に適用

- **目的**
 - 今回提案した構成案が、実際のスクールにおける二等訓練に効果があるかを検証する。
- **方法**
 - 実施場所： Aドローンスクール
 - 参加者： 無人航空機操縦経験を持たない6名
 - 訓練内容：
 - 初心者向け3日間の訓練コースのうち、1日目の訓練をシミュレータを用いて行う
 - 2, 3日目は、通常の訓練通り実機（屋外）で行う
本実験では、飛行軌跡の分析も行いたかったためAutel EVO IIを使用した。
 - 4日目に、実技試験を実際と同様に行う
- **結果**
 - 6名全員が、最終の実技試験に合格した。
 - 国の認める「訓練時間の4割まで」の範囲でシミュレータでの訓練を認めている部分において、本シミュレータによる訓練で代替可能であると確認。
 - 訓練のごく初期の機体取り扱いを安全に行える意味でもシミュレータ使用の効果有
- **今後検討すべき課題**
 - 飛行ログの事後フィードバックを今回実施できなかったため、別途、有効性の検討が必要。
 - 飛行中に視点を変えて訓練生に現在位置に理解させることがしばしばあり、この指導の有効性について、追加の検討が必要。
 - 講師側はVRの機器の操作にしばしばまごつくことがあり、スクールへのスムーズな導入に際しては、操作のしやすさ・わかりやすさが課題となり得る。（ただし、十分に訓練の実用性には供することができるといえる）
 - 2, 3日目の悪天候対応や、自習等の活用の検証が課題

画面サイズがもたらす遠近感への影響の検討

・ 目的

- ・ 航空局策定のシミュレータ要件に記載されている画面サイズに着目し、画面サイズが操縦の精度にもたらす影響を評価する

・ 方法

- ・ NDD社製SkyAceを用い、スクウェア飛行を実施（映像は操作者視点）
- ・ ディスプレイ（各人 各条件を2回実施）
 - ・ 視野角70度を確保した大型ディスプレイ
 - ・ 24インチディスプレイ
 - ・ タブレット端末
 - ・ スマートフォン

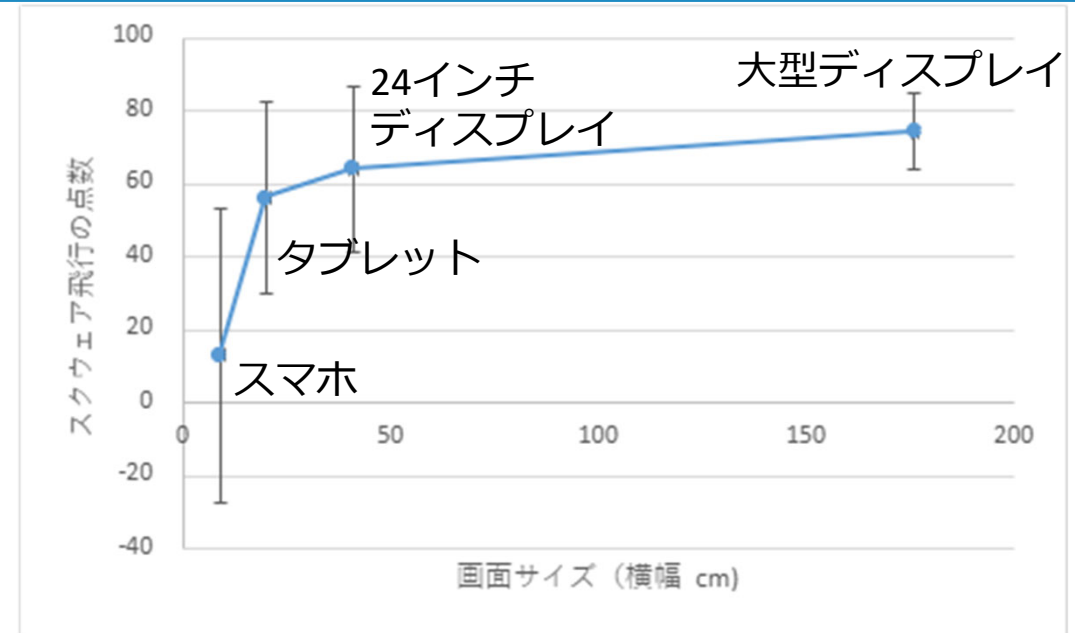
・ 結果(中間的)

- ・ 右図の通り

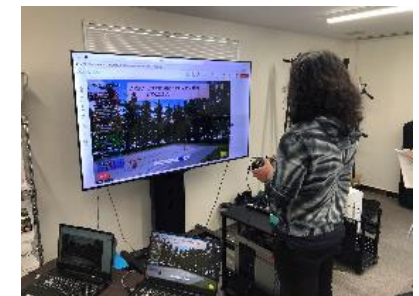
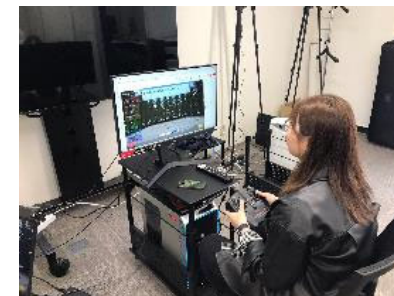
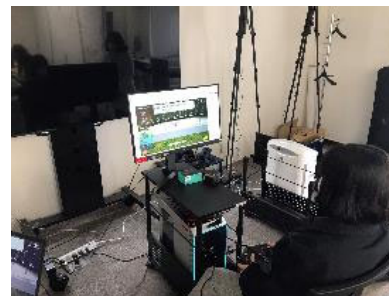
・ 考察

初期検討として、画面サイズによってスクウェア飛行の点数の得点傾向の差が発生し、奥行き知覚が悪くなり始めている

2025年度に追加実験を実施し、精緻なエビデンスを蓄積する



縦軸は、SkyAceの評点で評価したもの



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研究開発

②2024年度成果 具体内容 – 遠隔訓練の検討

遠隔訓練の検討

背景

- 訓練生がスクールに通うことが困難な場合や、業務訓練等高度な技術を教えることのできる人材が限られている場合などに、遠隔での訓練を行いたいニーズが存在している。

目的

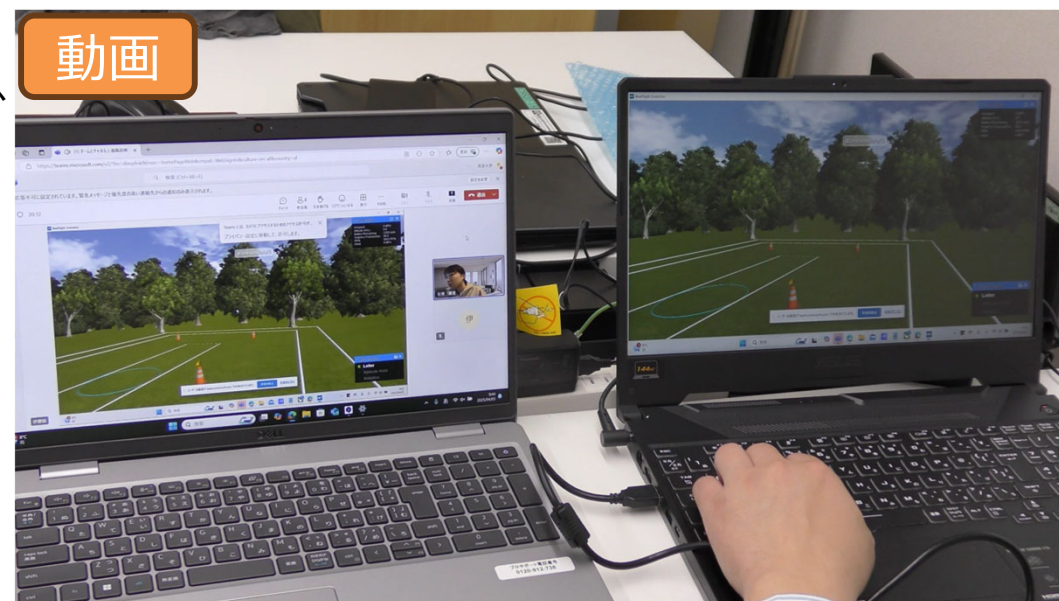
- 遠隔環境下でシミュレータ訓練を行うことを想定し、シミュレーションシステムとしての必要な機能を探求する

方法

- Real Flightのmultiplayer機能を利用し、環境設定を色々変えつつ、実際に訓練行為を行う

結果(中間的)

- 遠隔訓練をシミュレータで実施するには指導者と受講者の意思疎通が課題となる。
- 指導者画面を受講者が閲覧することで客観的な飛行技術を把握出来、改善の力ギとなる。
- 繰り返しの練習を必要とする技能訓練には遠隔訓練は有効となる可能性あり。



動画

Zoom等会議ツール

Zoom等会議ツール

