



2024年2月27日

有人機・無人機の運航調和にむけた意見交換会

「Level4」と「空域共有」

株式会社ACSL 社長付 伊藤康浩



Autonomous Control System Laboratory

「自律制御システム研究所」



MISSION

Liberate humanity through technology

技術を通じて、
人々をもっと大切なことへ

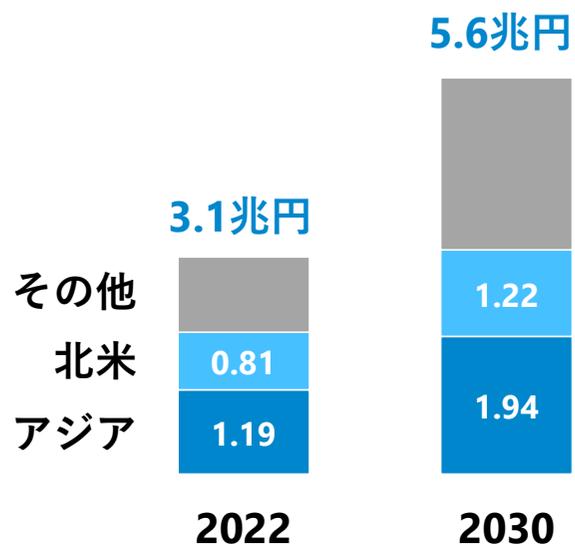
VISION

Revolutionizing social infrastructure by pursuing cutting-edge robotics technology

最先端のロボティクス技術を追求し、社会インフラに革命を

2030年には5兆円規模の市場が台頭する見通し

世界のドローン市場規模¹



国内のドローン機体市場



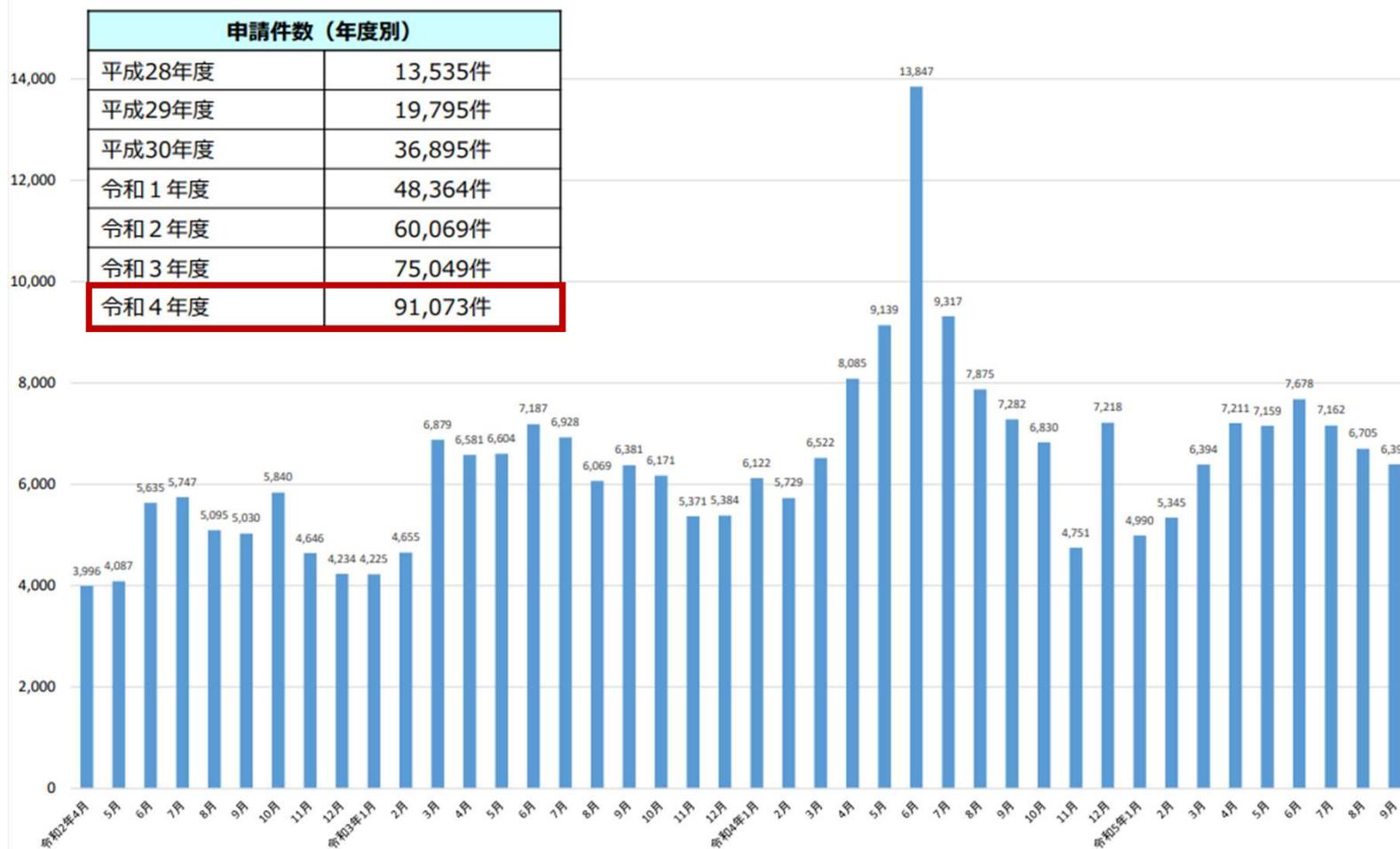
1: Drone Industry Insights (100円/ドル換算)

2: 下記情報を基に、用途ごとに対象となる設備、施設、サービス等の総数、利用頻度、機体単価などを仮定し当社推計
国土交通省「物流を取り巻く動向について」 「インフラメンテナンスを取り巻く状況」
内閣官房「国土強靱化に関する民間市場の規模の推計について」
経済産業省/デジタルアーキテクチャ・デザインセンター (DADC) 「自律移動ロボットアーキテクチャ設計報告書」

3: インプレス総合研究所「ドローンビジネス調査報告書2023」

市場環境（航空法 許可・承認申請件数）

無人航空機飛行に係る許可承認申請件数の推移（令和2年1月～令和5年9月）



※令和4年11月7日より開始したDIPS2.0による12月5日以降の申請事前受付分は同年12月の値に含む。

市場環境（「カテゴリー」の創設）

リスク高

リスク低

| 区分 | 要件 |
|---------------|---|
| <p>カテゴリーⅢ</p> | <ul style="list-style-type: none"> 「第三者上空飛行」を行う場合 + <u>目視外(補助者なし)飛行の実施</u> = 「Level 4」 |
| <p>カテゴリーⅡ</p> | <ul style="list-style-type: none"> 「第三者上空飛行」を行わず、 国土交通大臣による許可承認申請が必要となる飛行を行う場合 <div data-bbox="638 774 1227 1013"> <p>(A) (B) (C) ... 航空機の航行の安全に影響をおよぼすおそれがある空域 (法132条の85第1項第1号) (D) ... 人または家屋の密集している地域の上空 (法132条の85第1項第2号)</p> <p>※空港等の周辺、150m以上の空域、人口集中地区 (DID) 上空の飛行許可 (包括許可含む。) があっても、緊急用務空域を飛行させることはできません。無人航空機の飛行をする前には、飛行させる空域が緊急用務空域に設定されていないことを確認してください。</p> </div> <div data-bbox="1265 758 2116 1125"> <p>(飲酒時の飛行禁止) (飛行前確認) (衝突予防) (危険な飛行の禁止)</p> <p>(夜間飛行) (目視外飛行) (30m未満の飛行) (人等上空飛行) (危険物輸送) (物件投下)</p> </div> |
| <p>カテゴリーⅠ</p> | <ul style="list-style-type: none"> 許可承認申請を必要としない飛行を行う場合 ただし、100g以上の機体を飛行させる場合は「機体登録」のうえ、「リモートID」により登録番号等の発信が必要 |

市場環境（2022年度制度改正）

有人地帯での目視外(補助者なし) 飛行（＝「Level 4」）により制度基盤が完成

産業用ドローン市場の分類



出典: 「小型無人機の利活用と技術開発のロードマップ」 2016年4月28日 小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会

国内唯一の第一種型式認証機体としてLv4実証に機体を提供

2023年3月に当社機体(PF2-CAT3)が日本で初めて第一種型式認証を取得 国内におけるLv4の3事例すべてにおいて当社機体を提供

日本郵便

- 2023年3月、奥多摩郵便局配達区内において日本郵便が実施した「ドローンによる配送」に、PF2-CAT3を提供
- 総飛行距離約4.5km、1.0kgの荷物を約9分(レベル3比40%短縮)で輸送することに成功



提供機体

ANAホールディングス

- 2023年11月に沖縄県久米島町にてANAホールディングスが実施
- 食料品を、約2.3km離れた注文者の自宅まで配送するラストワンマイル物流



提供機体

KDDIスマートドローン

- KDDIらが実施した日本で初めて医薬品をドローンのレベル4飛行で輸送する実証にPF2-CAT3を提供



ドローンが着陸する様子

「Level4」本格化に向けた取組



| 項目 | 物流専用機(想定スペック) | 現行レベル4機体 (PF2-CAT3) |
|------------|---------------------|----------------------|
| 機体サイズ | 約1.5m × 1.7m × 0.5m | 1.2m × 1.0m × 0.6m |
| 最大離陸重量 | 24.9kg | 9.8kg |
| 積載サイズ | 3辺合計100サイズ程度 | 3辺合計60サイズ程度 |
| 最大飛行距離 | 約35km | 約10km(標準大気状態における参考値) |
| 配送物の収納・切離し | 機体上部から収納、下部から切離し | 機体下部から取付け、切離し |

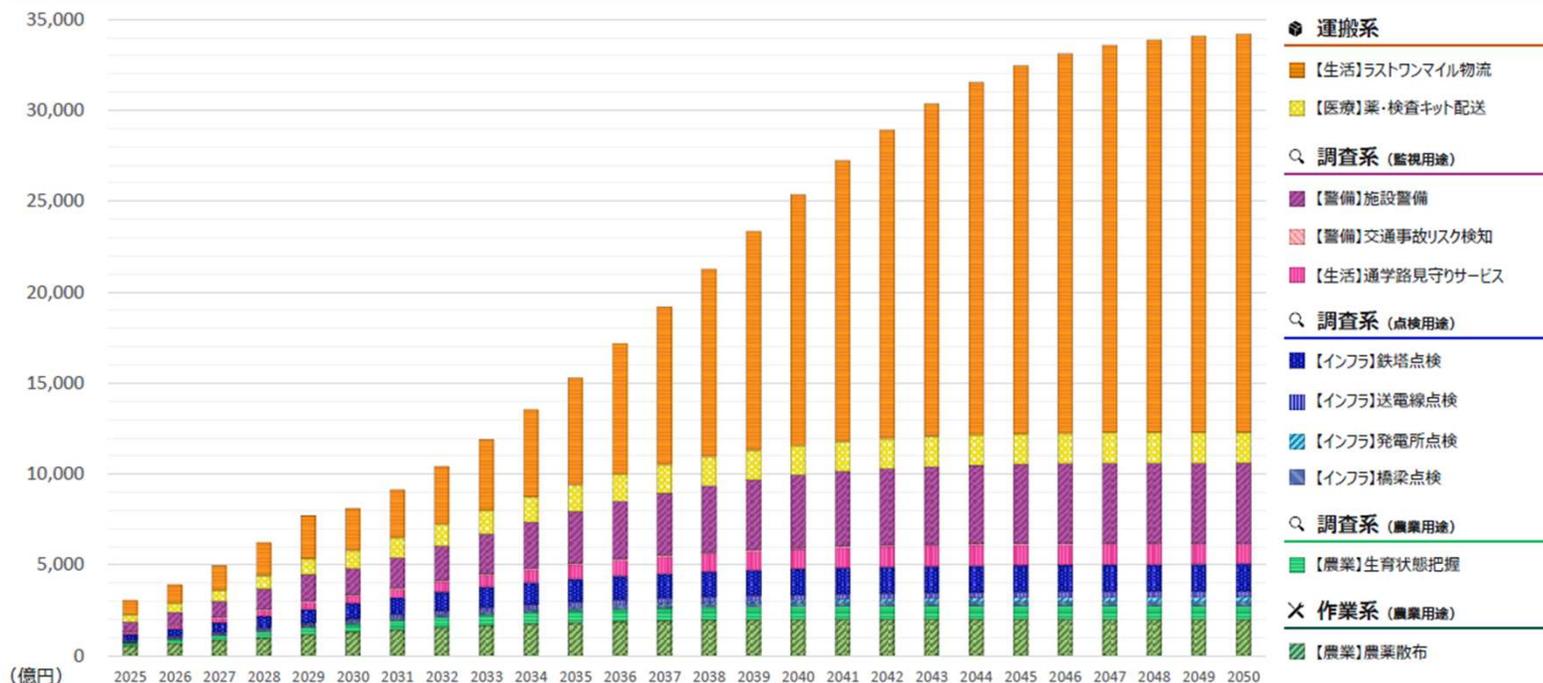
市場環境（国内市場規模推計） ※注：UGVの市場推計含む

「Level3」・「Level4」の実装拡大 = 成長のキードライバー

全体結果（ユースケース別市場規模）

2. ビジョン
2.3 経済性分析

試算対象のユースケースの市場規模の合計額は、**2030年代に1兆円、2040年代に3兆円に到達する試算。**
利用頻度、対象人数・施設数の多い物流・警備用途は必要な機体数も多く、市場の活性化に大きく貢献。



Copyright © 2022 METI/IPA

出典: 経済産業省/DADC「自律移動ロボットアーキテクチャ設計報告書」(2022年7月)
[20220927_policies_mobility_report_02.pdf \(digital.go.jp\)](https://www.digital.go.jp/20220927_policies_mobility_report_02.pdf)



「空域共有」の現状

航空機とのニアミス事案

日時：2016年1月31日

場所：千葉県印西市 印旛沼付近上（航空法の許可不要の空域）

事象：無人航空機（ラジコン機）とドクターヘリが接近。ドクターヘリ運航者からの報告によると、高度150m付近、ラジコン機との目視距離は15～25m。ラジコン機は、ドクターヘリの前方左側をほぼ垂直に降下し通過。



- ✓ 2018年：「レベル3」実現においては、有人機運航者(民間、ドクヘリ、警察、消防等) への **事前の飛行計画の情報提供及びNOTAM発出が飛行許可承認申請の要件化**
- ✓ 2019年：航空局の **FISS(現在はDIPSに統合)による飛行情報の共有** がスタート
- ✓ 2022年：改正航空法施行により **許可承認申請を要する飛行は「飛行計画の通報」が義務化**

飛行Levelに応じて対応が必要となる追加リスク

定義

「Level1」飛行
= 目視内での操縦飛行

「Level2」飛行
= 目視内での自動飛行

「Level3」飛行
= 無人地帯における
目視外（補助者なし）飛行

「Level4」飛行
= 有人地帯における
目視外（補助者なし）飛行



【差分】

「人間(操縦者or補助者)が
機体を目視しているか否か」

人間が直接見していない
= 地上 + 空中リスク増



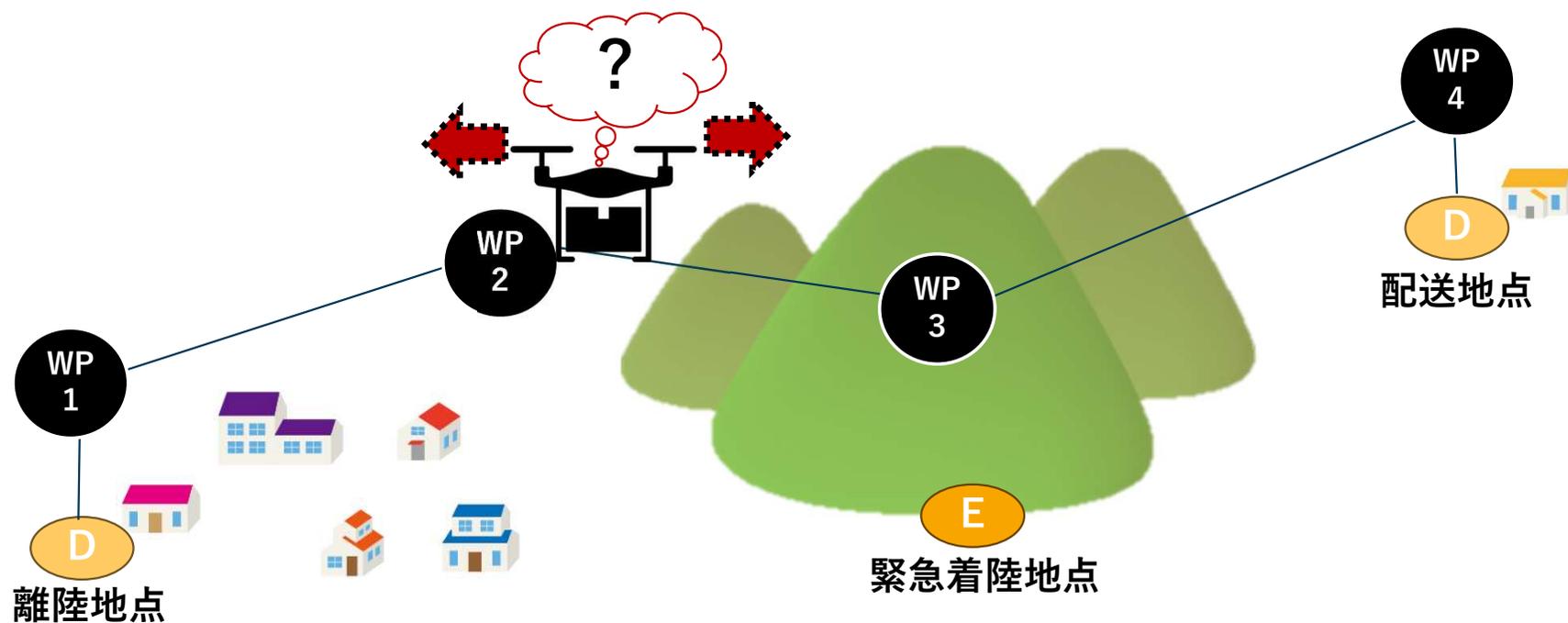
【差分】

「“第三者”の立入管理措置を
講じているか否か」

飛行経路下に人がいる可能性
= 地上リスク増

「Level4」 運航設計において想定すべき事項

- ・ 第三者リスク
- ・ 目視内/外
- ・ バッテリー残量
- ・ エラー事象
- ・ 機体のWP / 進行方向
- etc.



対有人機(VFR)の運航設計は、実は「レベル3」と同等

「Level4」飛行の許可承認要件

Level 4 飛行を含む「カテゴリーⅢ」飛行は、

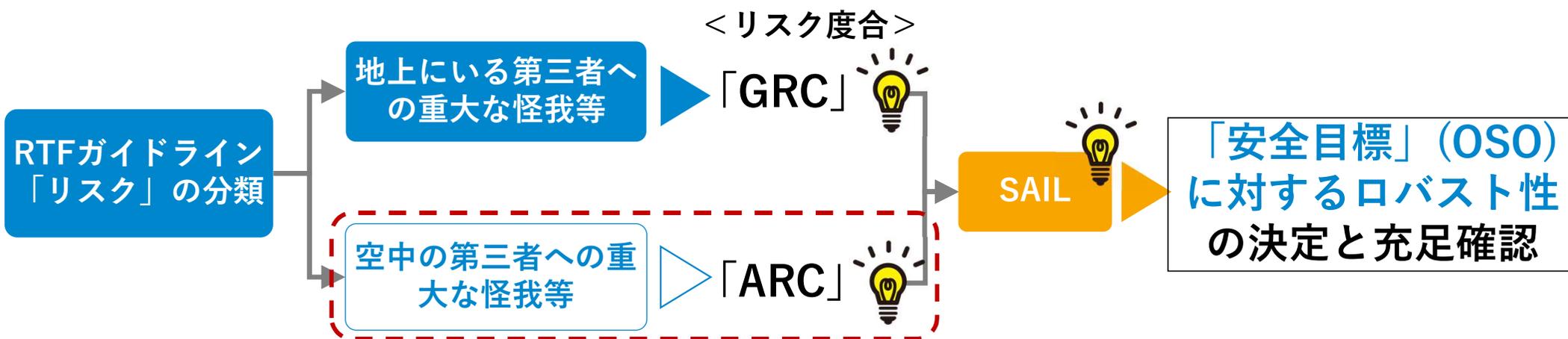
- 一等無人航空機操縦士の技能証明を受けた者が、
- 第一種機体認証を受けた無人航空機を飛行させる場合であって、
- 飛行の形態に応じたリスク評価結果に基づく飛行マニュアルの作成を含め、国土交通省航空局が運航の管理が適切に行われていることを確認して、
- **許可・承認を受けた場合**に限ります(※)。

※国土交通省航空局HP「無人航空機の許可・承認手続き」を参考に一部編集

■ 「リスク評価(アセスメント)」とは？

- ✓ 無人航空機の安全な運航を支援するため、**運航形態に応じて想定されるリスクとそれに応じた安全目標を導くための評価**
- ✓ 航空局の審査要領においては、**福島RTFの「安全確保措置検討のための無人航空機の運航リスク評価ガイドライン」の活用を推奨**
- ✓ RTFの「ガイドライン」は、JARUS（Joint Authorities for Rulemaking of Unmanned System）が発行し、主に欧州で使用されているリスク評価手法である**”SORA（Specific Operation Risk Assessment）”**を基に、日本の無人航空機制度との整合を図り作成

- 地上リスククラス(GRC)の判定と軽減策の確認
- 空中リスククラス(ARC)の判定と「戦略的対策」 / 「戦術的対策」の確認
- SAIL毎に求められるロバスト性充足の確認



「ARC」の判定

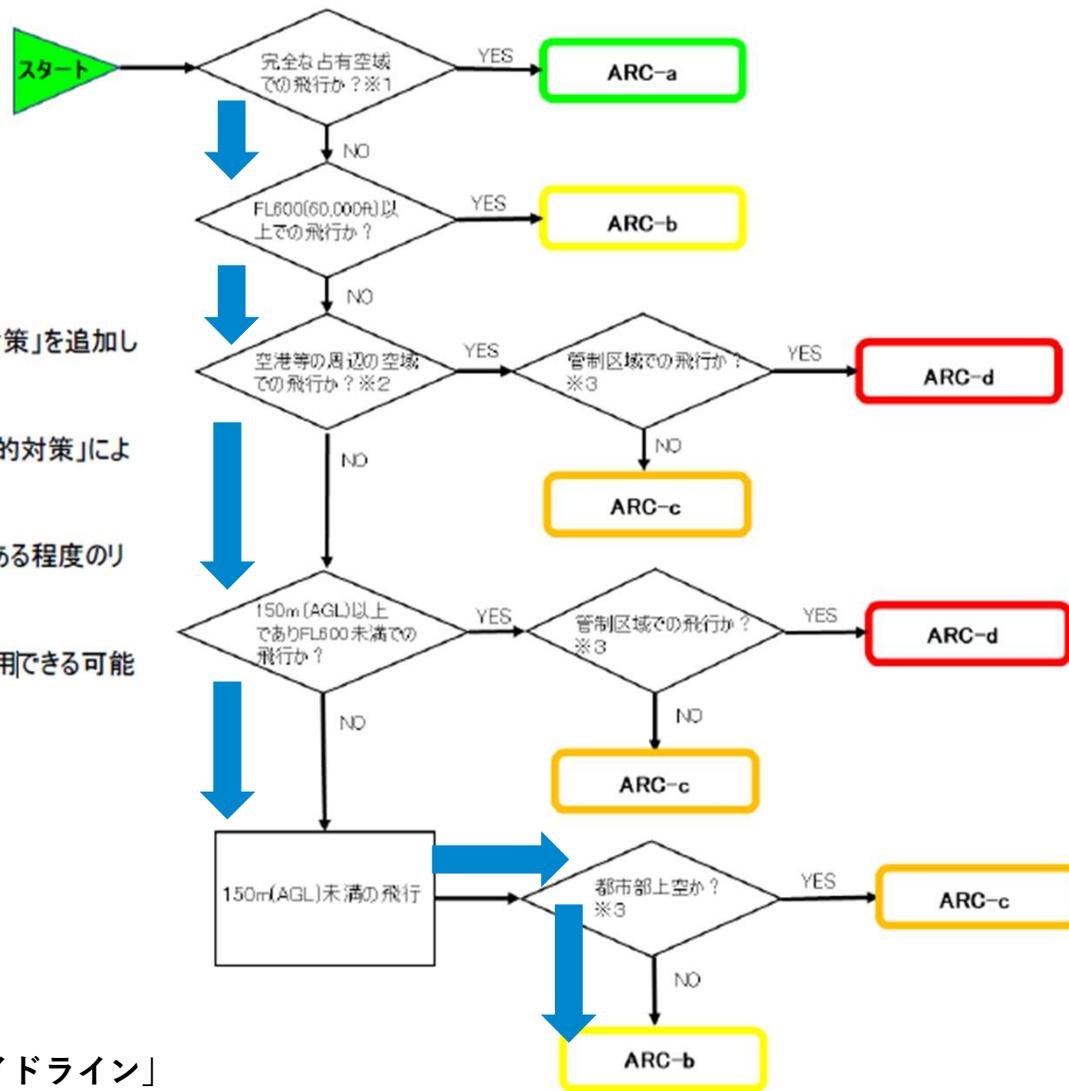
各空中リスククラス(ARC : Airspace Risk Class)は以下に示すような空域です。

ARC-a: 有人航空機との遭遇率が非常に低いと考えられ、衝突リスクが「戦術的対策」を追加しなくても許容される空域です。

ARC-b: 有人航空機に遭遇する可能性は低いが無視できない空域であり、「戦略的対策」によりリスクの大部分に対処することができます。

ARC-c: 有人航空機に遭遇する可能性が高い空域ですが、「戦略的対策」によりある程度のリスクに対処することができます。

ARC-d: 有人航空機との遭遇する可能性が高い空域であり、「戦略的対策」が利用できる可能性が非常に低い空域です。



※引用：福島ロボットテストフィールド
「安全確保措置検討のための無人航空機の運航のリスク評価ガイドライン」

「ARC」 判定後のポイント

「戦略的対応」と「戦術的対応」によるARCの変化を確認

戦略的対策

- 飛行前に有人航空機と遭遇する確率やリスクにさらされている時間を減らすことを目的とした対策や運用制限

戦術的対策

- 無人航空機を目視内で飛行し有人航空機との衝突を回避する方法
- 外部的な手段をとって有人航空機との衝突を回避する方法
- 航空管制等のシステムを利用して有人航空機との間隔を維持する方法
- 衝突回避システムを利用した方法
- 無人航空機の機上や地上、あるいはその両方に存在する検知・回避システムを利用して有人航空機との衝突を回避する方法

< リスク評価（例） >

- ARCを引き下げるには至らないが、以下の措置により対策
 - ✓ 付近に存在するヘリポート以下の高度を常に飛行
 - ✓ 通常は航空機が稜線以下を飛行しないことを運航者へ確認
 - ✓ 想定される運航者との連絡・調整体制の確立

- 以下の措置により対応
 - ✓ レベル3までと同等の有人機検知機能及び監視方法を実施
 - ✓ 電波調査によるC2リンクの遅延許容値の確認
 - ✓ 運航マニュアルに定めた運航手順による衝突リスク軽減

※引用：福島ロボットテストフィールド
「安全確保措置検討のための無人航空機の運航のリスク評価ガイドライン」



Topics

① 「Level3.5」 の創設

- ✓ 既に利活用が定着している「点検」「測量」の「広域化」によるユースケース拡張
- ✓ 審査迅速化との相乗効果により「物流」に加え、公的機関による「災害対応」等の社会実装深化
- ✓ 今後のLv4の本格化に向けた、業界全体でのLv3.5による知見集積が加速

01

ユースケース拡張



「Lv.1・2」→「Lv.3」による
活用領域拡大+コスト効率向上

02

社会実装深化



「適切な制度活用」を前提とした
「安心・安全」+「定常的」
な利活用の拡大

03

「レベル4」本格化



「レベル4」の活用本格化に向けた
「遠隔・自動・補助者なし」
に関する業界全体での知見蓄積

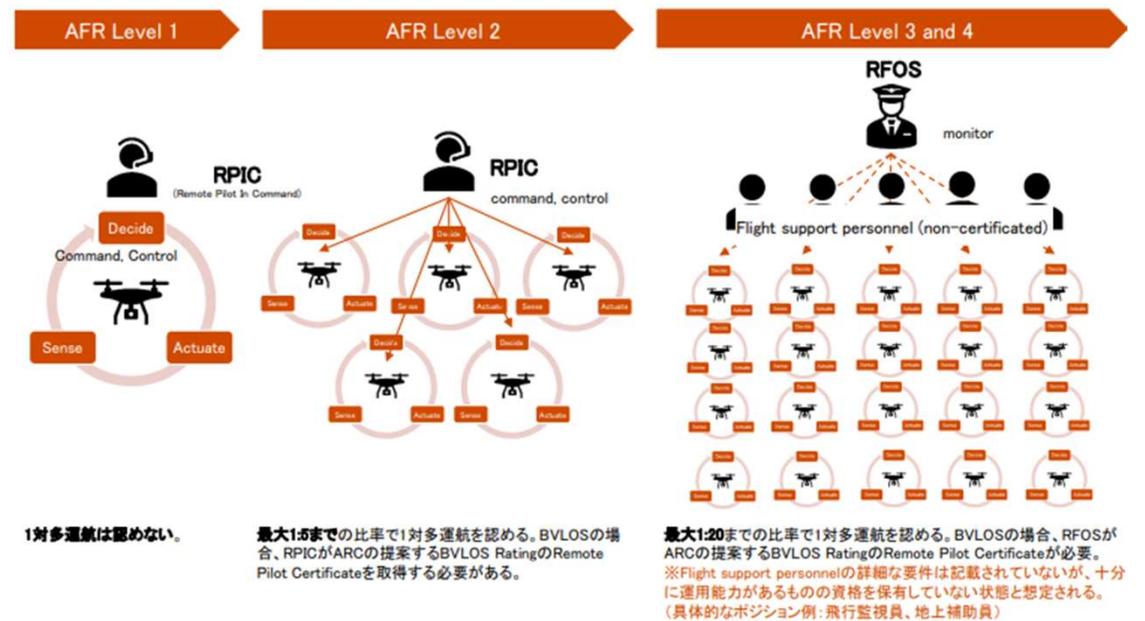
②複数機体の同時運航

- 米国では、2022年3月にBVLOS ARC (Aviation Rulemaking Committee) が提言を公表
- BVLOS(目視外飛行)に関するルール("Part108"案)が2025年までに施行される可能性
- 日本では「目視外飛行」の制度整備を先行したが、米国では目視外飛行を前提とした複数機体の同時運航についても目視外飛行の解禁と併せて実現される見通し

• AFR (AutoFlightRule) リスクマトリックス

| 自動化レベル | フライトコントロール | 人の役割・資格 |
|---|--|--|
| AFR 4 Human out-of-loop | 飛行中の介入が不可能 | (未定義) |
| AFR 3 Human over-the-loop 飛行中の人の介入が不要 | <ul style="list-style-type: none"> システムが下記を行う。その際、パイロットによる戦術的なやり取りはない ルート選択 フライト開始/終了 移動命令 不測の事態への対応 ただし、異常時対応のため監視者 (RFOSまたはリモートパイロット) を置く場合もある | <ul style="list-style-type: none"> 事業者が下記のいずれかを有する リモート航空会社証明 (Remote Air Career Certificate) リモート運航証明 (Remote Operating Certificate) 農業用運航証明 (Agricultural Operating Certificate) 下記のいずれかを配置する。配置された者は、システム固有の訓練を受ける必要がある RFOS ⇒RFOSがBVLOSのリモートパイロット証明を有する場合、RPICまたはNon-certificatedの人員を監督することが可能 RPIC ⇒BVLOSを含むリモートパイロット証明保有者 |
| AFR 2 Human on-the-loop 異常時中断のため人が介入 | <ul style="list-style-type: none"> リモートパイロットはソフトウェアを通じて制御を行う。直接操作はしない リモートパイロットは機体を監視し、必要な場合介入を行う | <ul style="list-style-type: none"> 事業者認証についてはAFR 3と同様 ※ただし、免除申請を受けている場合を除く AFR 3と基本的に同様だが、RFOSがNon-certificatedの人員を監督することはできない |
| AFR 1 Human-in-the-loop 人がドローンを手動制御 | <ul style="list-style-type: none"> パイロットがリアルタイムに手動入力することで飛行を制御する ホバリング、ホーム帰還など、一部自動化機能を有する | <ul style="list-style-type: none"> 個人が下記のいずれかを有する sUASリモートパイロット証明 (EVLOS/Shielded operationsの追加知識含む) BVLOS区分を含むリモートパイロット証明 |

AFR Level毎の一対多運航イメージ



②複数機体の同時運航

- 「1:n運航」の実現に向けた技術的な検証に向け、2023年9月18日、FAAは米Zipline社に対しBVLOS(目視外飛行)飛行を認可
- Zipline社は複数機の同時運航の安全性確保の1つとして、受信機や音響センサーによる他の有人機やドローンとの衝突回避機能を実装し有効性を検証

(参考) ZiplineのDAA(Detect And Avoid)の内容は以下のとおり。

Zipline's robust safety system includes more than 500 preflight safety checks, strategic route design, and redundant flight-critical systems. Its onboard perception system uses **ADS-B transponders that identify aircraft in the nearby airspace**, as well as **an acoustic avoidance system that uses small, lightweight microphones** to detect and avoid other aircraft flying up to **two miles away in all directions**, including during the dark of night and in challenging weather.



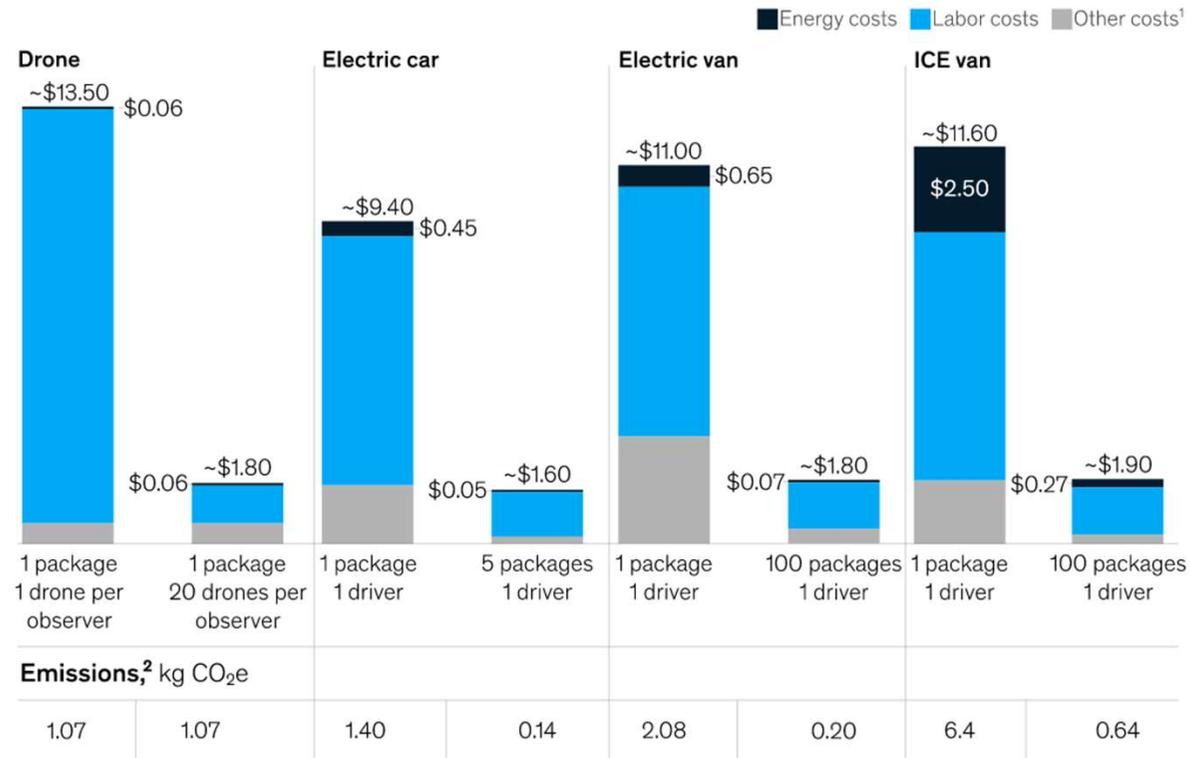
(引用)

<https://www.faa.gov/newsroom/faq-authorizes-zipline-deliver-commercial-packages-beyond-line-sight>
<https://www.flyzipline.com/newsroom/news/announcements/faq-authorizes-zipline-to-fly-bvlos>

② 複数機体の同時運航

Drones could become cost competitive with other transport modes.

Example breakdown: unit delivery costs and emissions for a five-mile delivery of a 216-cubic inch package (six inches per side)



(出展)

・ Drones take to the sky, potentially disrupting last-mile delivery (January 3, 2023)
<https://www.mckinsey.com/industries/aerospace-and-defense/our-insights/future-air-mobility-blog/drones-take-to-the-sky-potentially-disrupting-last-mile-delivery>

③UTMSの活用



出典: 小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会 (2022年8月3日)
https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/kanminkyougi_dai18/gjisisidai.html

ディスクレームー



本資料の取り扱いについて

本書の内容の一部または全部を株式会社ACSLの書面による事前の承諾なしに複製、記録、送信することは電子的、機械的、複写、記録、その他のいかなる形式、手段に拘らず禁じられています。

Copyright © 2024 ACSL Ltd.

本資料には、当社に関する見通し、将来に関する計画、経営目標などが記載されています。これらの将来の見通しに関する記述は、将来の事象や動向に関する当該記述を作成した時点における仮定に基づくものであり、将来の結果を保証するものではなく、リスクや不確実性を内包するものです。実際の結果は環境の変化などにより、将来の見通しと大きく異なる可能性があることにご留意ください。

上記の実際の結果に影響を与える要因としては、国内外の経済情勢や当社の関連する業界動向等が含まれますが、これらに限られるものではありません。

本資料に含まれる当社以外に関する情報は、公開情報等から引用したものであり、かかる情報の正確性、適切性等について当社は何らの検証を行っておりません。

また、別段の記載がない限り、本資料に記載されている財務数値は、日本において一般に認められている会計原則に従って表示されています。

ACSL