「ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト／
無人航空機の運航管理システム及び衝突回避技術の開発／
地域特性・拡張性を考慮した運航管理システムの実証事業」

運航管理システムを使ったドローン運航ビジネスの姿

令和4年2月24日

発行元：国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究・制作：パーソルプロセス＆テクノロジー株式会社、KDDI 株式会社

目次

はじめに 3
背景と目的 3
適用範囲 3
本資料利用時の注意事項 3
本資料上での用語の定義 4
1．ドローン運航ビジネスの可能性 5
1－1．これまでのドローン運航ビジネス 5
1－2．レベル 4 実現に向けた法規制の整備 7
1－3．レベル 4 実現で広がるビジネスの可能性 9
2．運航管理システムの活用 10
2－1．運航管理システムとは 10
2－2．運航管理システムがビジネスに与える変化 13
2－3．運航管理システムに関する国際的な定義 24
3．ビジネスモデル構築方法の具体例 28
3－1．顧客価値を定める 28
3－2．地域の特性を理解する 30
3－3．プロセスを確立する 33
3－4．経営資源を確認する 37
3－5．利益の見通しを立てる 37
付録1．ユースケース別追加事項 42
付録2．空域別追加事項 48
付録3．運航体制と位置情報管理機能の段階的発展の見通し 50

はじめに

背景と目的

我が国においては、諸外国と同様にドローンの普及が進んでいる。2021 年 6 月 4 日に成立した「航空法等の一部を改正する法律」では、第三者上空での補助者なし目視外の飛行（レベル 4）の実現に向けた制度改訂が決まり、2022 年度中の実現に向けて、制度と技術の両面で準備が加速している。

飛行するドローンが増加すると、ドローン同士や有人機との衝突リスク、飛行ルート下の住民との係争リスクも高まると想定される。そのため、飛行ルートを事前に調整する機能や、飛行中に衝突リスクを伝達する機能、住民向けに情報公開を行う機能などが必要となる。こうした機能を提供するものとして、運航管理システムの整備が官民で進んでいる。

運航管理システムは、ドローンオペレータや運航事業者のビジネスを変える可能性がある一方、運航管理システムの認知・理解は必ずしも進んでいない。

本資料は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)が実施したプロジェクト「ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト／無人航空機の運航管理システム及び衝突回避技術の開発／地域特性・拡張性を考慮した運航管理システムの実証事業」で実施した実証実験の結果に基づき、運航管理システムを使用した飛行、特に運航管理システムが不可欠となるであろうレベル 4 で飛行するドローンによるビジネス提供のあり方を示すことで、より多くのドローン運航に関わる企業が、今後のドローン運航の環境変化を捉えて自社ビジネスの拡大に繋げる一助となることを目指している。同時に、ドローンを活用したサービス提供を受ける顧客、特に法人顧客となる事業者等に対しても、レベル 4 飛行の実現がもたらす影響やその利点を理解するために必要な情報を可能な限り様々な視点から提供できるように配慮した。

適用範囲

前述の通り、本資料は、運航管理システムを用いたドローンサービスの提供を開始しようとする民間事業者及び地方自治体等を対象に、2022 年度に制度上可能となるレベル4の飛行によってサービスが行われることも視野に入れて作成されたものである。サービス提供開始後は、各実施者がサービスの実態に応じてマニュアルや実施基準を定め、運用することが期待される。また、本資料は、ドローンを活用したサービス提供を受ける顧客、特に法人顧客となる事業者等による閲覧も視野に入れて作成されている。

本資料は、運航管理システムによってドローンの運航事業者間で、ドローンの位置情報が共有されるようになった状態で、運航管理システムを使いレベル 4 でドローンを飛行させる場合を想定して作成されている。そのため、本資料公開時には、まだ一般に提供されていないサービスやシステムに関する記載が含まれる。

本資料利用時の注意事項

本資料の利用にあたっては、以下の点にご留意ください。

- 本資料は、「ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト／無人航空機の運航管理システム及び衝突回避技術の開発／地域特性・拡張性を考慮した運航管理システムの実証事業」を受託した、パーソルプロセス＆テクノロジー株式会社と KDDI 株式会社が研究・制作したものである。本事業で実施した実証実験の結果と、実証実験に参加した事業者や自治体の意見をもとに、将来の運航管理システムを利用したドローンビジネスの想定される姿を紹介するものであり、運航管理システムや関連する法制度が本資料に記載された通りに整備されることを約束するものではない。
- 本資料を利用した結果生じた損害に対して、国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）、パーソルプロセス＆テクノロジー株式会社及び KDDI 株式会社は一切の責任を負わない。
- 本資料の内容は、予告なしに変更する場合がある。

本資料上での用語の定義

用語	本資料上での定義
ドローン	遠隔操作又は自動操縦により飛行させる、人が乗ることができない回転翼または固定翼(VTOL 機を含む)の航空機をその重量に関わらず「ドローン」と呼ぶ。
有人機	操縦士が中に乗り込んで操縦することで飛行するヘリコプター（回転翼航空機）と飛行機（固定翼機）と呼ぶ。
オペレータ	ドローンを操縦する任に就く者をオペレータと呼ぶ。
レベル 3	無人地帯上空をオペレータの目視外且つオペレータ以外の補助員による監視を行わない状態でドローンが飛行する状態をレベル 3 と呼ぶ。
レベル 4	有人地帯上空をオペレータの目視外且つオペレータ以外の補助員による監視を行わない状態でドローンが飛行する状態をレベル 4 と呼ぶ。

１．ドローン運航ビジネスの可能性

１－１. これまでのドローン運航ビジネス

2015 年（平成 27 年）に航空法が改正され、ドローンの飛行の許可・承認制度が創設された。ドローンの飛行形態には図 1 に示すように 4 種類あり、2021 年現在では、レベル 3 までが許可されている。

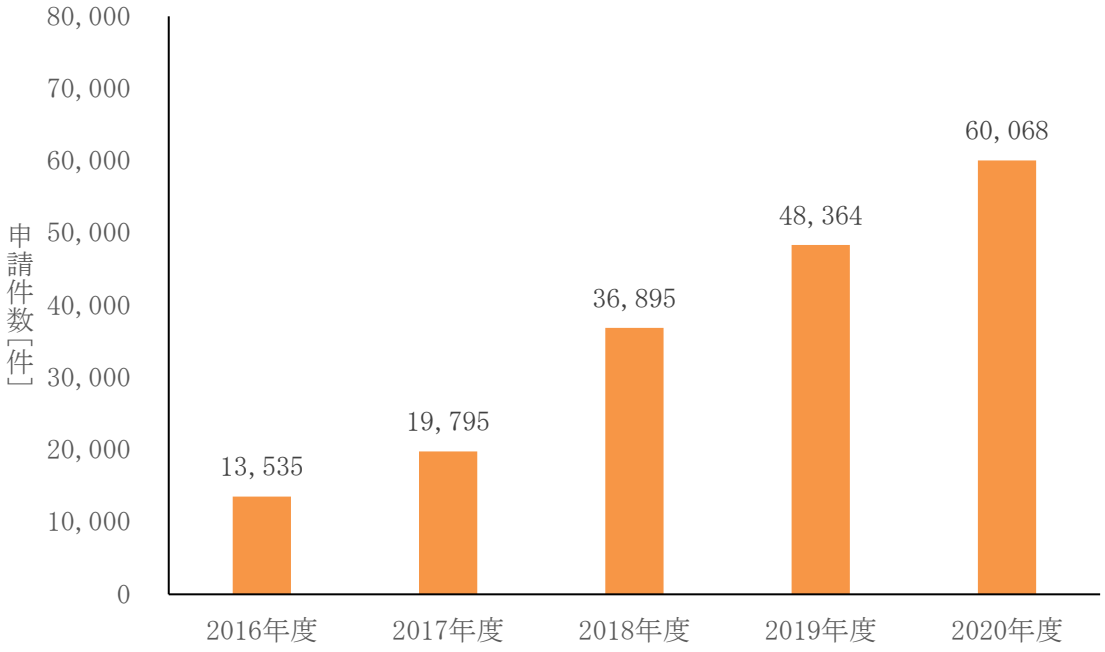
レベル 1 では、映像制作会社による空撮や高速道路の橋梁点検など、オペレータがドローンを目視しながらマニュアル操縦するものである。レベル 2 では、農薬散布や土木測量など、オペレータがドローンを目視しながら、ドローンが自動・自律飛行するものである。レベル 3 では、過疎地域での物資輸送など、無人地帯においてオペレータの目視外でドローンが飛行するものである。2021 年現在では、レベル 3 の実証実験が全国で行われている。例えば、2021 年 1 月に三重県志摩市にある離島では、楽天株式会社が本土と離島間のスーパーの商品配達の実証実験を行った[1]。

出所：「無人航空機のレベル4の実現のための新たな制度の方向性について」国土交通省航空局 2020 年 12 月

図 1 ドローンの飛行形態

[1] 「楽天、自動飛行ドローンによる配送サービスを離島で提供」楽天　2021 年 1 月

図 2 に示すように、ドローンの飛行許可申請数は年々増加しており、2020 年度には約 6 万件の申請があった[2]。機体や制御システムの進化、規制緩和や運航管理システムの整備などにより、ドローンを活用できる場面は今後もさらに増加することが予想される。



引用:「無人航空機飛行に係る許可承認申請件数の推移」国土交通省 2021 年 6 月

図 2 ドローンに係る許可承認申請件数の推移

[2]「無人航空機飛行に係る許可承認申請件数の推移」国土交通省

1－2. レベル 4 実現に向けた法規制の整備

●航空法等の一部を改正する法律案

背景・必要性

○航空ネットワークを支える航空会社や空港会社等は、新型コロナの甚大な影響が長期化。このまま赤字経営が続くと、機材等の供給体制の縮減により**ネットワークが縮小し、ポストコロナのネットワーク拡大にも支障**。

➡ **航空ネットワークを維持・確保するため、需要回復に速やかに対応できる供給体制・需要回復後の成長投資の確保に向けた支援措置が必要**。

○近年保安検査に関するトラブルが発生。将来の航空需要の増大が見込まれる中、航空機や空港を標的としたテロ等の脅威を防ぎ、**航空機の旅客等の安全を確保する**必要。

➡ **航空機に搭乗する旅客に確実に検査を受検させる仕組み等が必要。**

○幅広い用途に無人航空機を有効活用し、多くの人が利便性を享受するためには、**有人地帯での補助者なし目視外飛行（レベル４）の実現が必要不可欠**。成長戦略実行計画※において、**レベル４の目標時期を2022年度目途**とすることが明記。※令和元年6月21日閣議決定

➡ 第三者の上空を飛行することができるよう、**無人航空機の飛行の安全を厳格に担保する仕組み等が必要**。

改正案の概要

1．航空ネットワーク確保のための方針の策定・支援の実施（航空法及び民活空港法の一部改正）

○ 国土交通大臣は、世界的規模の感染症の流行等により航空運送事業に甚大な影響が発生し、航空ネットワークの確保に支障を来すおそれがあると認められる場合、利用者利便の確保等の観点から、**航空運送事業基盤強化方針を策定**。

●本邦航空会社	●空港会社（国管理コンセッション空港の運営権者）
本邦航空会社は、方針を踏まえ、**航空運送事業基盤強化計画を策定**し、同計画の実施状況を定期的に国へ報告。 （※令和３年度は、本邦航空会社の空港使用料を減免）	国は、方針に基づき、国管理コンセッション空港の運営権者に対し、当該運営権者が行う空港整備事業に対する**無利子貸付を実施**。

2．保安検査等の確実な実施に向けた制度整備（航空法の一部改正）

○ 国土交通大臣は、航空機等に対する**テロ等の危害行為防止のための基本方針**を策定。
○ クリーンエリアに立ち入る旅客等に対する**保安検査や預入手荷物の検査を義務付け**。　等

3．無人航空機のレベル４実現に向けた制度整備　（航空法の一部改正）

○ 有人地帯での補助者なし目視外飛行（レベル４）の実現に向け、
- **機体の安全性に関する認証制度（機体認証）**
- **操縦者の技能に関する証明制度（操縦ライセンス）**を創設。

○ **第三者上空での飛行（レベル４が該当）**は、①**機体認証を受けた機体**を、②**操縦ライセンスを有する者**が操縦し、③国土交通大臣の**許可・承認**（運航管理の方法等を確認）を受けた場合、実施可能に。

4．無人航空機の許可・承認の合理化・簡略化　（航空法の一部改正）

○ **これまで許可・承認を必要としていた飛行**は、①**機体認証を受けた機体**を、②**操縦ライセンスを有する者**が操縦し、③飛行経路下の第三者の立入りを管理する措置の実施等の運航ルールに従う場合、原則、**許可・承認を不要**に。

○ 無人航空機を飛行させる者に対し**事故等の報告等**を義務付け。　等

【参考】現行の航空法において許可・承認を要するもの
（１）無人航空機の飛行にあたり許可を必要とする空域
○ 航空機の航行の安全に影響を及ぼすおそれのある空域
○ 人又は家屋の密集している地域の上空
（２）無人航空機の飛行にあたり承認を必要とする飛行の方法
○ 夜間飛行　　○ 目視外飛行
○ 人又は物件から30m以上の距離を確保できない飛行　等

5．運輸安全委員会による無人航空機に係る事故等調査の実施（運輸安全委員会設置法の一部改正）

○ **無人航空機に係る事故等**について、新たに**運輸安全委員会の調査対象**に。　等

【目標・効果】
○航空運送事業基盤強化方針を定め、航空会社等に対して必要な支援を行うことにより、航空ネットワークの確保を図る。
（KPI）国内線の運航便数を2021年度末にコロナ前対比100%まで回復
○機体の安全性確保及び操縦者の技能確保の導入等により有人地帯での補助者なし目視外飛行（レベル4）の実現を可能とし、また、現行の個別審査の手続きの合理化・簡略化を図ることにより、無人航空機の利活用全般の拡大を図る。
（KPI）2022年度中にレベル4の飛行を実現
飛行毎の個別審査件数について制度導入（2022年度）から5年間で半減（参考：2019年度3万8000件）

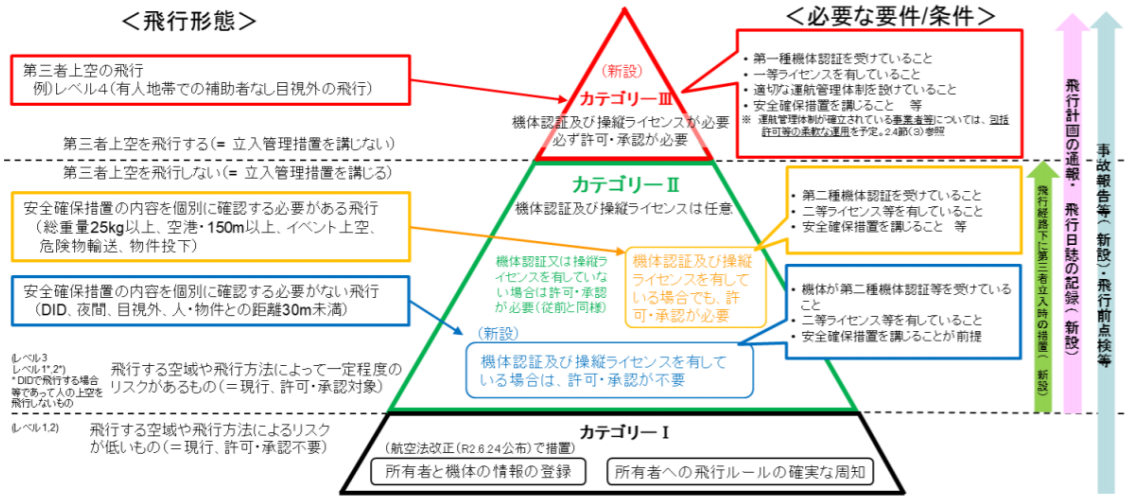
出所：「航空法等の一部を改正する法律案を閣議決定　概要」国土交通省 2021 年 3 月

図 3　改正航空法の概要

2021 年 6 月 4 日には「航空法等の一部を改正する法律」が成立した。この法改正の施行により、機体の安全性を認証する制度（機体認証制度）と操縦者の技能を証明する制度（技能証明制度）が創設される予定である。無人航空機の有人地帯における目視外飛行（レベル4）の実現に向けた検討小委員会中間とりまとめ[3]では、ドローンの飛行を「リスクの最も高い飛行（カテゴリーⅢ）」、「比較的リスクの高い飛行（カテゴリーⅡ）」、「リスクの低い飛行（カテゴリーⅠ）」の 3 種類に分類し、レベル4の様に「リスクの最も高い飛行（カテゴリーⅢ）」を行うオペレータには、第一種機体認証と一等ライセンスの取得、安全確保措置などを義務付けていく方針である。

一方、「比較的リスクの高い飛行（カテゴリーⅡ）」では、第二種機体認証と二等ライセンスを有し、安全確保措置が講じられている場合、個別審査不要とされる飛行（DID、夜間、目視外、人・物件との距離 30m 未満）については、許可・承認を不要とする案が示されている。これは、現行の個別審査の手続きの合理化・簡略化を図ることを目的としているものである。

これらのルールは、ドローンの運航の安全を担保するのみならず、オペレータ・運航事業者のビジネスの在り方に大きな影響を与えるため、今後の動向に注意が必要となる。



出所：「無人航空機の有人地帯における目視外飛行（レベル4）の実現に向けた検討小委員会　中間とりまとめ」国土交通省交通政策審議会 2021 年 3 月

図 4 飛行リスクに応じた各カテゴリーの飛行形態と要件/条件のイメージ

また、同中間とりまとめでは、運航管理のあり方として、運航管理はドローンを安全に飛行させるためのルール（遵守事項）に従うとともに、気象情報や機体の状態等の情報を適切に収集し、目的地までの飛行の安全を確保し、ドローンの運航の安全を管理する措置であると記載されている。

なお、こうした運航管理措置については、運航管理システムを活用することも有効であるが、運航管理システムの主要機能や活用方法については「**2. 運航管理システムの活用**」に記載している。

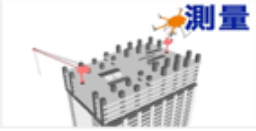
3 「無人航空機の有人地帯における目視外飛行（レベル４）の実現に向けた検討小委員会中間とりまとめ」国土交通省　航空局　次世代モビリティ企画室/航空機安全課　2021 年 3 月

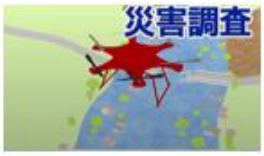
1－3. レベル 4 実現で広がるビジネスの可能性

前述の通り、2022 年度中に改正航空法が施行されることで、都市部など第三者上空をオペレータが目視外飛行させることが可能となる。具体的には、市街地への物資輸送や有人施設・イベントでの警備・空撮、有人地帯上空の飛行を伴う複数箇所の空撮や点検、災害時の救助活動や救援物資輸送などのユースケースが可能となる。オペレータや運航事業者にとっては、ビジネスの拡大に繋がるため、今後整備される制度の確認や後述する運航管理システムの活用方法の検討が推奨される。また、ドローンを活用したサービス提供を受ける顧客にとっては、サービスの提供を受けられる場面が増えるため、これまでドローンを頼りにすることができなかった場面での新たなサービス提供の可否について、ドローンの運航事業者と再度検討することが有用と言える。

具体的には、表 1 に示すようなビジネスをレベル 4 で行うことができるようになると考えられる。

表 1 レベル 4 実現で広がるビジネスの可能性（ユースケース別）

分類	イメージ	新たなビジネスの可能性
物流		• 市街地、中山間地域、離島等における玄関先への医薬品や食料品等の配送
警備		• 有人のイベント施設、広域施設、離島の警備 • 有人地帯における害獣や密猟者対策 • 有人の海浜を含む広範囲を飛行する海難捜索
空撮		• 有人地帯に位置する観光名所等の空撮 • 有人の海浜を含む広範囲の漂流・漂着ごみ調査 • スポーツチームの戦術分析を目的とした試合の空撮
測量		• 有人地帯上空の飛行を伴う建設現場などの測量 • 有人地帯上空の飛行を伴う森林資源量調査
点検		• 有人地帯上空の飛行を伴う、橋梁、砂防ダム、煙突、工場設備の点検 • 有人地帯上空の飛行を伴う、人工林の苗木、獣害防護柵、崩落しやすい法面等の点検
農業		• 集落周辺から点在する耕作地へ有人地帯上空を通過して行う農薬散布 • 町内に点在する耕作地の作付け状況や農作物の生育状況をまとめて確認

		• 有人地帯に位置する耕作地への害獣侵入の確認
災害		• 市街地や孤立集落等での災害時の救助活動や救援物資輸送 • 住民が残っている被災地の被害状況の確認 • ドローンに取り付けたスピーカーの音声による災害発生後の市街地等の上空からの避難誘導

２．運航管理システムの活用

２－１．運航管理システムとは

飛行するドローンが今後も増加すると、ドローン同士や有人機との衝突の危険性が高まる。そのため、旅客機の航空管制のように、ドローン間や有人機との飛行ルートの調整や衝突回避の支援が必要となる。また、飛行ルート下の住民などにとって、上空を飛行している機体が許可・適正管理されたものかは強い関心事項となる。そこで、運航管理(UTM: Unmanned Aircraft System Traffic Management)システムの導入が準備されている。運航管理システムの定義や具体的な機能・役割は各国・各機関で異なるが、オペレータや運航事業者にとっては主に以下のようなサービスを提供するものとなる。

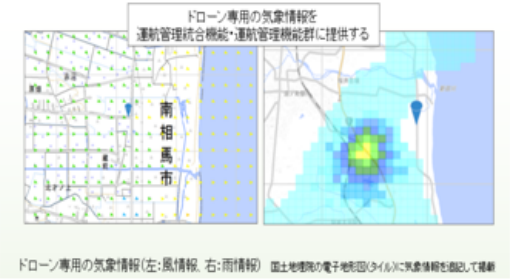
①無人機衝突リスク軽減		フライトルート作成	• 気象や制限情報が反映された2D/3D地図上でのフライトルート作成を支援
		各種アラートの発信	• 自機及び近接他機の位置情報の提供 • 計画逸脱・衝突(他機・地表接近 等)のアラート発信
		ドローンの遠隔監視・制御	• 目視外であってもドローンが自律飛行できる遠隔監視・制御機能の提供
②各種申請簡素化		各種登録	• 機体登録(型式・機体認証・リコール・整備状況 等) • 操縦者登録(技能証明 等)
		飛行許可・承認申請	• 飛行計画の申請・申請結果受領 • 電波利用の申請・申請結果受領
		報告・管理	• 飛行日誌(実績・整備状況等) の作成・報告支援 • 事故情報(日時・場所・事故概要等) の作成・報告支援
③飛行に必要な情報の提供		空域情報の提供	• 空域情報(飛行禁止・有人機等)の提供
		地図・気象・通信環境の提供	• ドローンの運航条件 (地形や気象・通信環境等) の提供

図 5 運航管理システムが提供する機能

本資料は図 6 が示すようなアーキテクチャで運航管理システムが構築されることを想定して作成された。これ以降の説明の中で、単に「運航管理システム」と記す場合には、特に断りのない限り、この図が示すアーキテクチャで実装された運航管理システムを指すものとする。

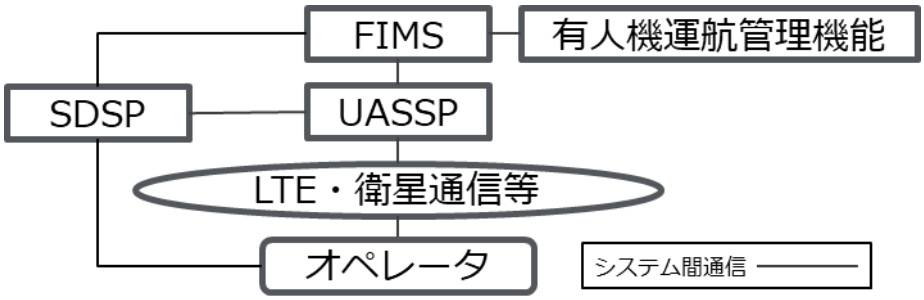


図 6 本資料が想定する運航管理システムのアーキテクチャ

システムの構成要素は表 2 が示す通り。

表 2 本資料が想定する運航管理システムの構成要素

構成要素	構成要素の説明
FIMS	• Flight Information Management System • 複数の UASSP から送信される情報を統合し、必要に応じて各 UASSP へ各種情報を送信する。 • 運航管理統合機能とも呼ばれる。
UASSP	• Unmanned Aircraft System Service Provider • オペレータに対してドローンの運航に必要となる機能や情報を提供する役割を持つ。 • ドローンの運航に必須の機能や情報のみならず、オペレータを支援するための補助的な機能や情報も提供する。 • 運航管理機能とも呼ばれる。
SDSP	• Supplementary Data Service Provider • FIMS やオペレータに対してドローンの運航を補助するための各種情報を提供する。 • SDSP が提供する情報として気象情報や地図情報等が挙げられる。 • 情報提供機能とも呼ばれる。
有人機運航管理機能	• 有人機の運航管理を行う各種機能の総体を表している。有人機の飛行に関する情報は FIMS、UASSP を経由してオペレータへ送信される。
LTE・衛星通信等	• ドローンが UASSP へ現在地情報等を送信するために活用する手段を表している。 • 飛行中のドローンと有線通信を行うことはできないため、無線通信を活用する必要がある。
オペレータ	• 運航事業者に属し、ドローンの操縦やドローンの運航管理を担う者。

特に断りのない限りこれ以降の説明は、ドローンのオペレータが UASSP を介して、ドローンの運航前に必要な各種申請作業の簡素化、気象情報や地図情報の入手、ドローン運航中の他のドローンの接近や計画逸脱アラートの受信、運航終了後の飛行日誌の作成と記録等が効率的に行えるようになった状態を想定したものである。

2－2. 運航管理システムがビジネスに与える変化

運航管理システムを活用することで、「①ビジネスの拡大」、「②オペレーションの効率化」、「③安全な運航」といった変化がもたらされる。

表 3 運航管理システムがビジネスに与える変化

①ビジネスの拡大	• 自機を含む周辺機体の情報を把握できることで、目視外での自動・自律運航や高頻度・高密度運航が可能に
②オペレーションの効率化	• 各種登録・申請支援により、オペレーションの効率化が可能に
③安全な運航	• 気象・地図情報・有人機情報に基づいた、より安全な運航が可能に

①ビジネスの拡大

①-1.運航の高頻度・高密度化

運航管理システムが実装されると、自機だけではなく、周辺を飛行する機体の情報が把握できるようになる。そのため、これまでは目視内に限定して行っていた飛行も安心して目視外飛行できるようになる。他機との接近が運航管理システムから事前に通知されるようになると、確保すべき空間・時間的バッファーが縮小されるため、より高頻度・高密度な運航が可能となる。そのため、サービス提供できる範囲や内容、量の拡大が見込まれる。サービス提供を受ける顧客にとっては、1日にサービスを利用できる回数や同時に同じ地域で利用できるサービスの量が増えることによって、より多くの業務をドローン運航事業者に依頼することができるようになる。

①-2.多様化するニーズへの対応

ドローンの社会実装が進むにつれ、ニーズが多様化されることが想定される。例えば、警備や物流などでは時間通りの定期運航だけでなく顧客の突発的ニーズに対応するオンデマンド運航も想定される。これらは運航管理システムによって自機・他機を調整することによって可能となるサービスである。また、近距離のサービスだけでなく遠隔地からの操作が増えることも想定され、運航管理システムが提供する自動・自律運航機能はビジネス拡大の技術的基盤となる。サービスを受ける顧客にとっては、突発的な要求にもドローンの運航サービスが応えてくれるようになることで、サービスを利用できる場面が増えるだけでなく、運航管理システムの自動・自律運航機能の実現によって、ドローン運航事業者の事業所が付近に置かれていない地域においても、ドローンの運航サービスを受けられるようになる可能性がある。

①-3.運航データの蓄積・二次利用

運航管理システムの特徴の一つに運航データの一元管理がある。これまでは各オペレータが個別に保有していた運航記録等が必要に応じて利用可能となる。自機の活用状況のリアルタイムでの把握や PDCA での活用、また運航記録に応じた保険制度の設計などドローンビジネス全体の発展のために運航データが活用されることが見込まれる。

②オペレーションの効率化

②-1. 運航管理システムの変化

運航管理システムの活用による主な効果として、飛行計画作成や飛行申請の効率化がある。これまでオペレータは、国土交通省が提供する機体登録や飛行許可申請、飛行ルート申請に加え、携帯電話事業者などへの申請を個別に行ってきた。また、ドローンや有人機との飛行ルート重複を統合的に確認する手段はなく、空域の制限や地図情報、気象情報などを入手するサービスも個別に存在していた。そのため、これらの申請やサービス利用には多くの手間がかかり、ビジネス上の制約となっていた。

今後は、運航管理システムの整備に伴い、民間の UASSP が申請や情報のプラットフォームを提供することで、申請や飛行に関連するサービスをワンストップで利用できるようになる。参考として、国内で運航管理システムを提供する事業者の例を表 4 に整理した。

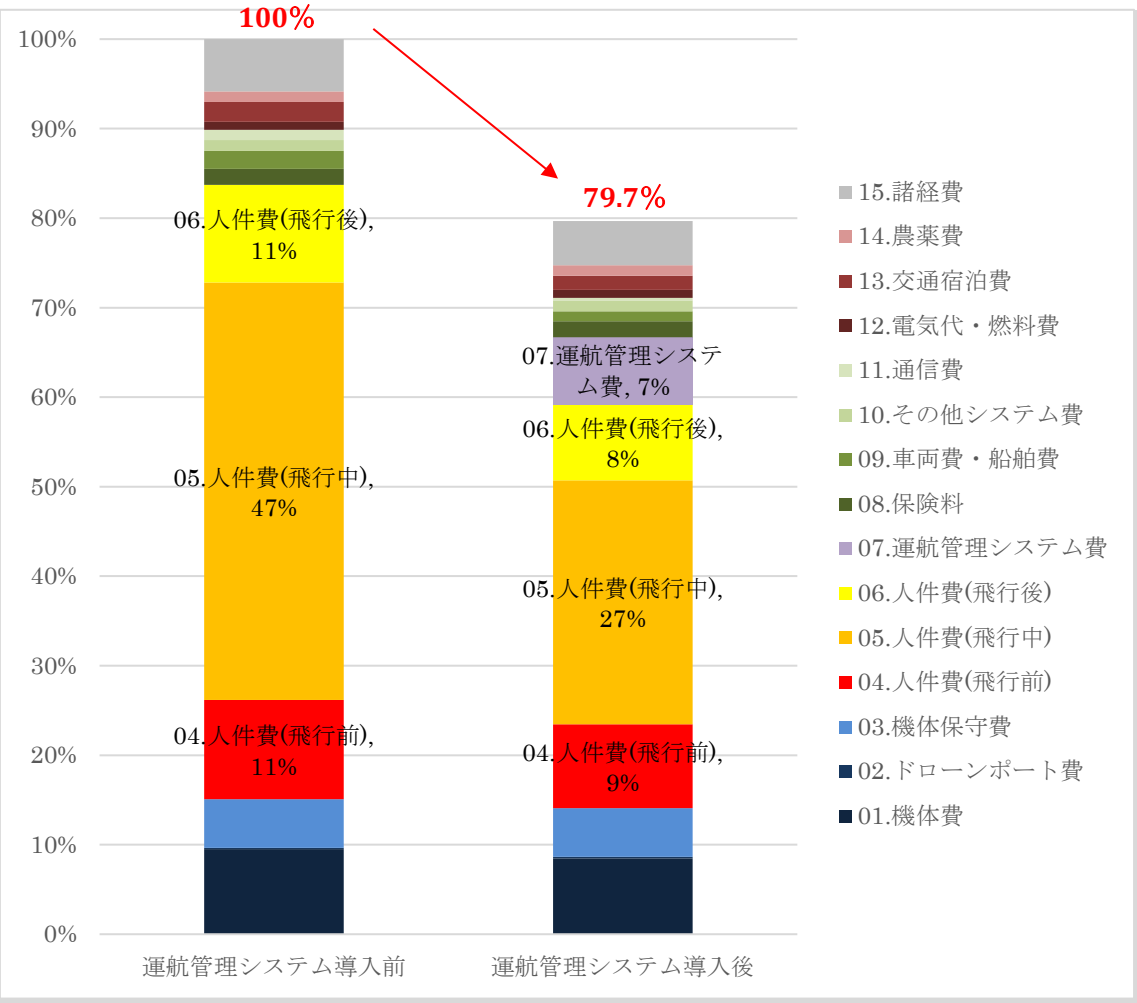
表 4 国内の運航管理システムを提供する事業者の例

事業者名	サービス紹介ページへのリンク
A.L.I. Technologies	https://ali.jp/business/cate3/
NTT データ	http://www.airpalette.net/ja/utm
NTT ドコモ	https://www.nttdocomo.co.jp/biz/service/docomosky/
KDDI	https://smartdrone.kddi.com/
テラドローン	https://utm.terra-drone.net/
日立システムズ	https://www.hitachi.co.jp/products/defense/drone/
ブルーイノベーション	https://www.blue-i.co.jp/advantage/bep/
楽天	https://corp.rakuten.co.jp/news/press/2017/1207_01.html (プレスリリース)

②-2. 運航管理オペレーションの構築

運航管理システム導入により、飛行前及び飛行中の安全管理が効率化する。現状は他機の接近や計画逸脱アラート等を運航管理者がコミュニケーションツールでオペレータに連携しているが、運航管理システム導入により運航管理システムから発せられる通知がオペレータに直接届くようになり、オペレーションの効率化が図られる。

②-3. オペレーションの効率化による費用削減



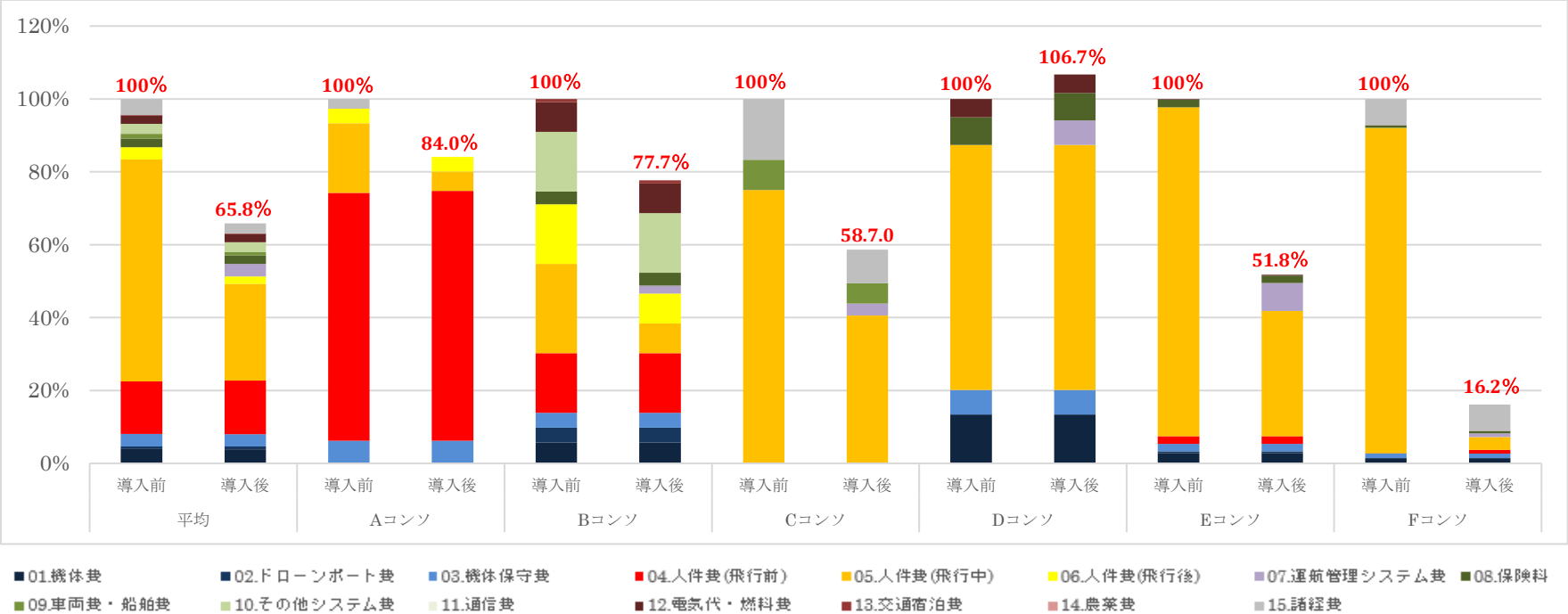
グラフ 1 NEDO 実証[4]における運航管理システム導入前後の費用比較(全ユースケース[5])

運航管理システムの導入により、各種申請や登録の簡略化や、目視外飛行時でもドローンが衝突したり予定していた飛行経路から逸脱してしまったりするリスクを軽減できるようになることで、飛行中のドローンを常時監視する補助者の削減等が実現し、それによってオペレーション効率化による人件費を中心とした費用削減効果が見込まれる。グラフ 1 は、ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクトにおける、運航管理システム導入前後の費用比較であるが、導入前後で約 20%の費用削減効果があることが示されている。以下、各ユースケースの費用比較を以下に示す。

4 ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト無人航空機の運航管理システム及び衝突回避技術の開発地域特性・拡張性を考慮した運航管理システムの実証事業

5 NEDO 実証における 7 ユースケース「物流、警備、空撮、測量、点検、農業、災害」の平均値

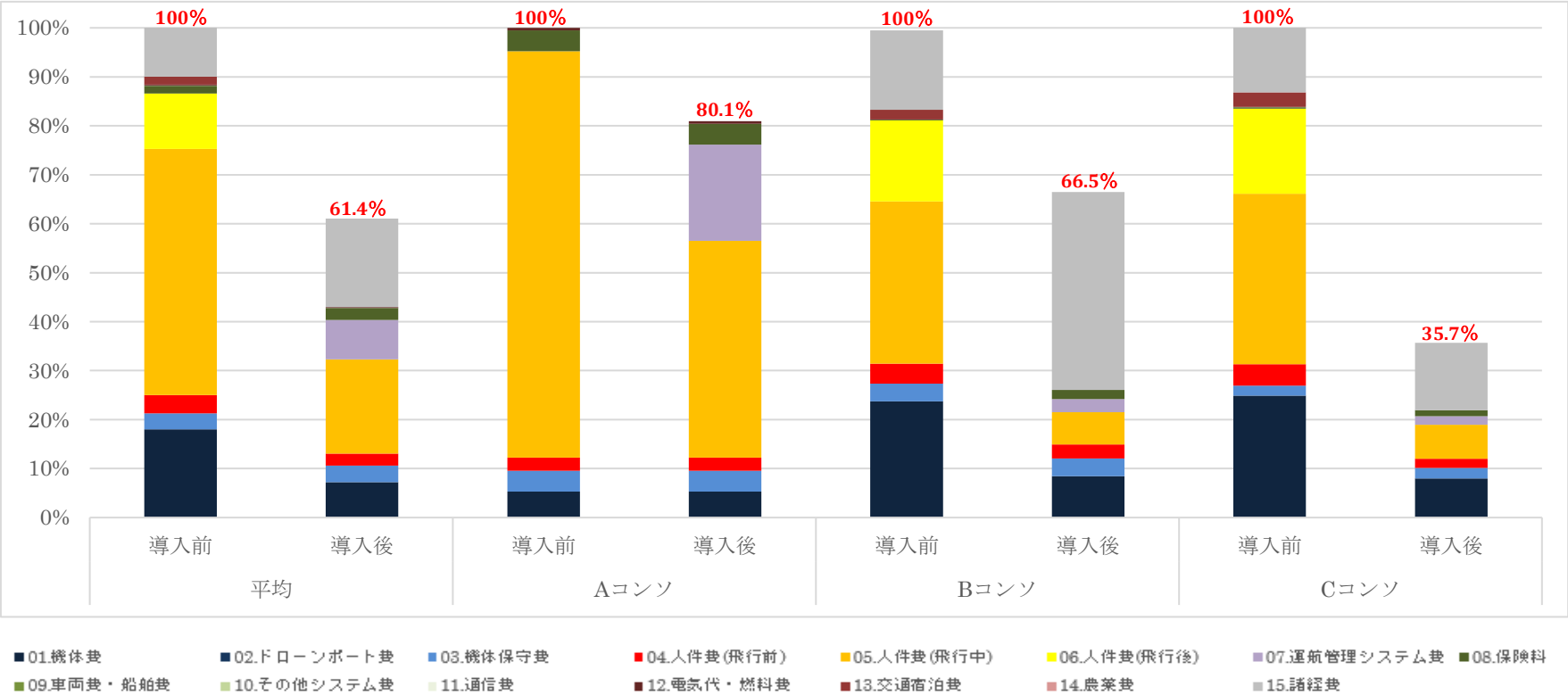
②-3-a. 物流



グラフ 2 物流ユースケース

物流のユースケースにおいては、平均で約 35%の費用削減効果が示された。最大で F コンソにおいては 84%削減された一方で、D コンソは 7%の微増となっている。構造的に既存の人件費率の多寡や運用環境の状況により、削減率も左右される傾向にある。D コンソは離島の岸から岸までをドローンが往復することを想定しており、既存でも補助者の配置を想定していない特殊なケースであった。それ以外のコンソ、特に F コンソは既存の人件費率が 90%以上と非常に高かったため削減率も高く、今後運航管理システムの活用が期待される分野である。

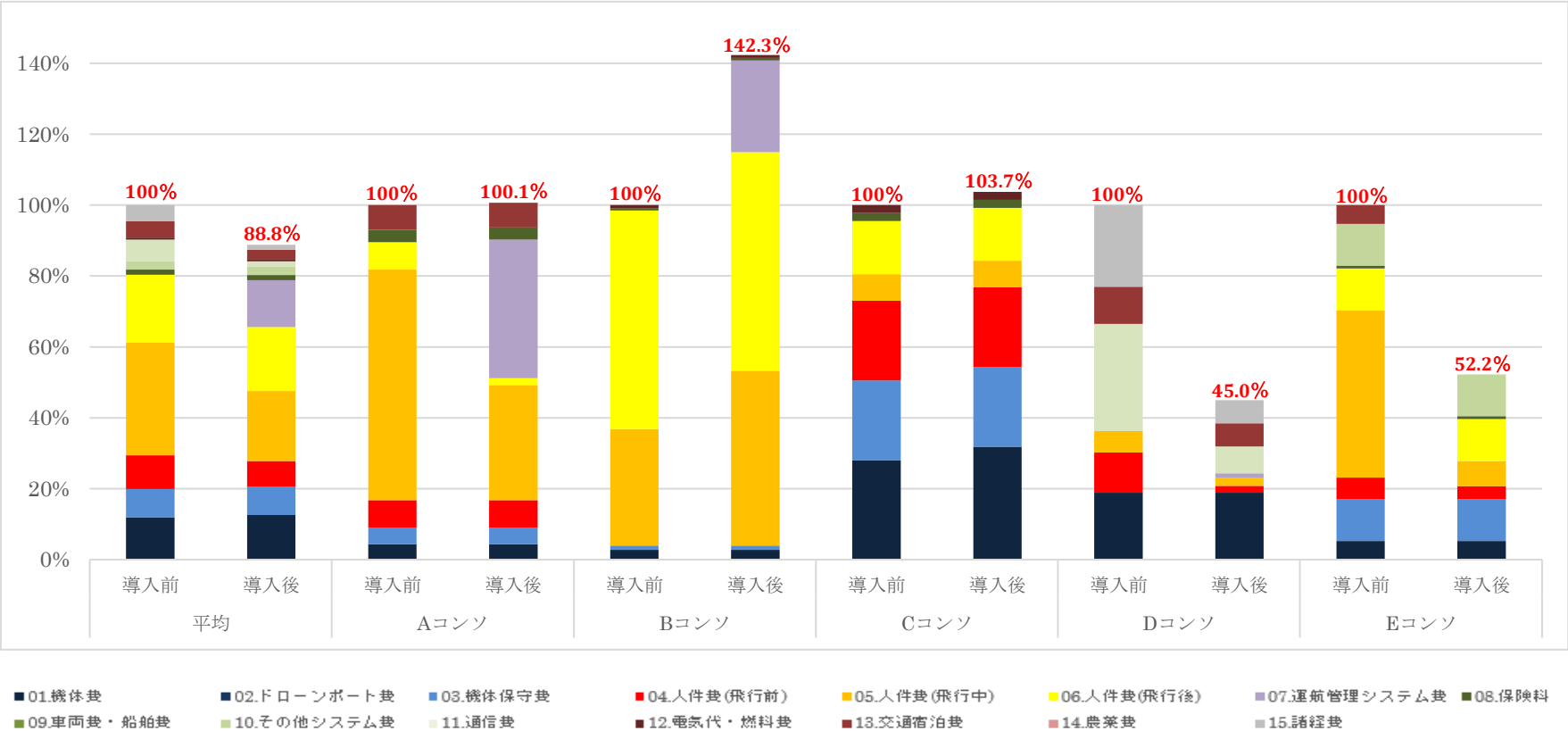
②-3-b. 警備



グラフ 3 警備ユースケース

警備のユースケースにおいては、平均で約 39%の費用削減効果が示された。全コンソ共にフライトに関連する人件費が削減されたことで費用削減効果が得られている。特に B･C コンソは飛行中の人件費が半減しているのに加え、飛行後の報告等の人件費が自動化による削減効果がでている。

②-3-c. 空撮

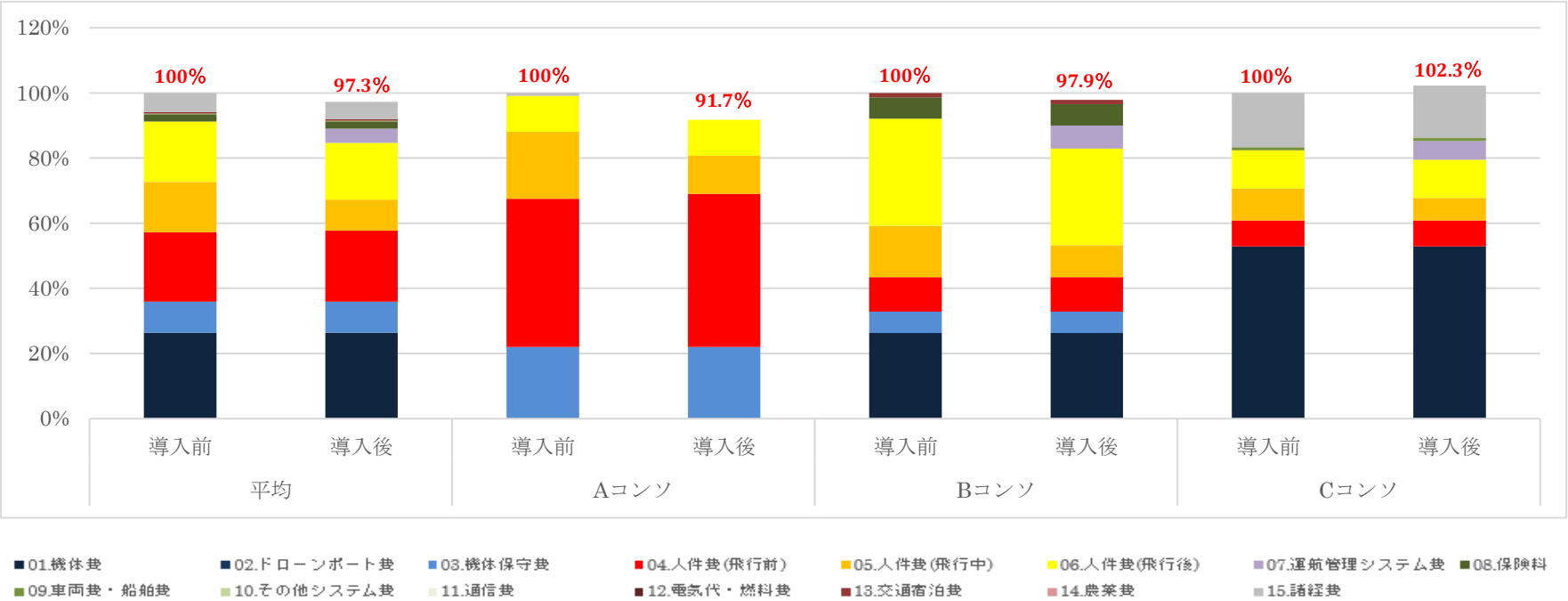


グラフ 4 空撮ユースケース

空撮のユースケースにおいては、平均で約 11%の費用削減効果が示された。空撮業務は撮影対象・場所による差異が大きい。例えば、削減幅が一番大きい D コンソはフライトに係る人件費の削減だけでなく、車両費や諸経費等の人数が減ることで副次的な費用削減効果が見込まれている。一方で B

コンソは海上の空撮を想定しており、これは、運航管理システムの利用の有無や飛行のレベルによらず、初めから補助者を配置せずにドローンを飛行させることが前提となっているユースケースである。従って運航管理システム導入による人件費の削減は見込めず、運航管理システム費用の分だけ追加費用が発生する構造となっている。

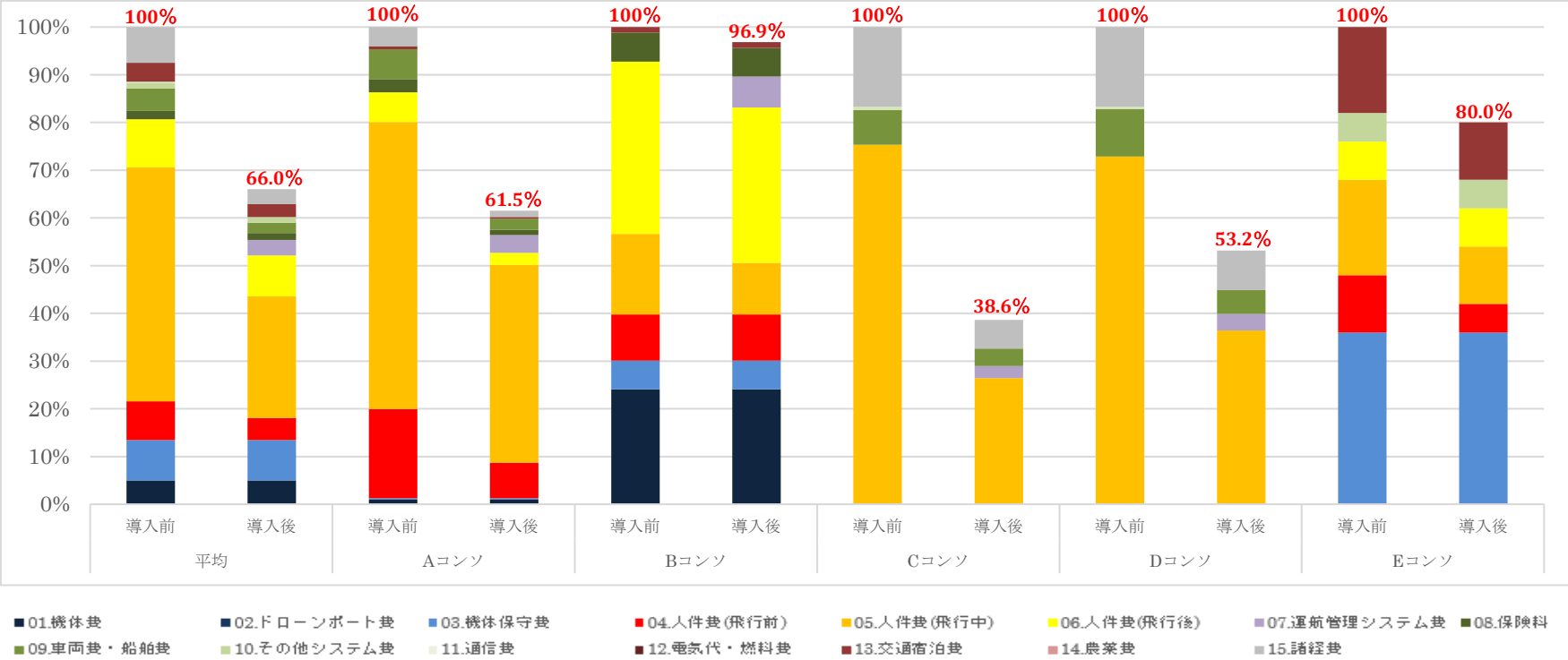
②-3-d. 測量



グラフ 5 測量ユースケース

測量のユースケースにおいては、平均で約 3%の費用削減効果が示された。A コンソにおいては人件費が 8%削減された一方で、C コンソは 2%の微増となっている。これは C コンソが狭小な地域の測量を最低人数で実施いるため人件費の削減余地が少なく、運航管理システム費用の追加分を吸収しきれなかった事に起因する。実運用に至っては、大規模な現場での利用拡大が進むことでより運航管理システムの導入効果が期待できる。

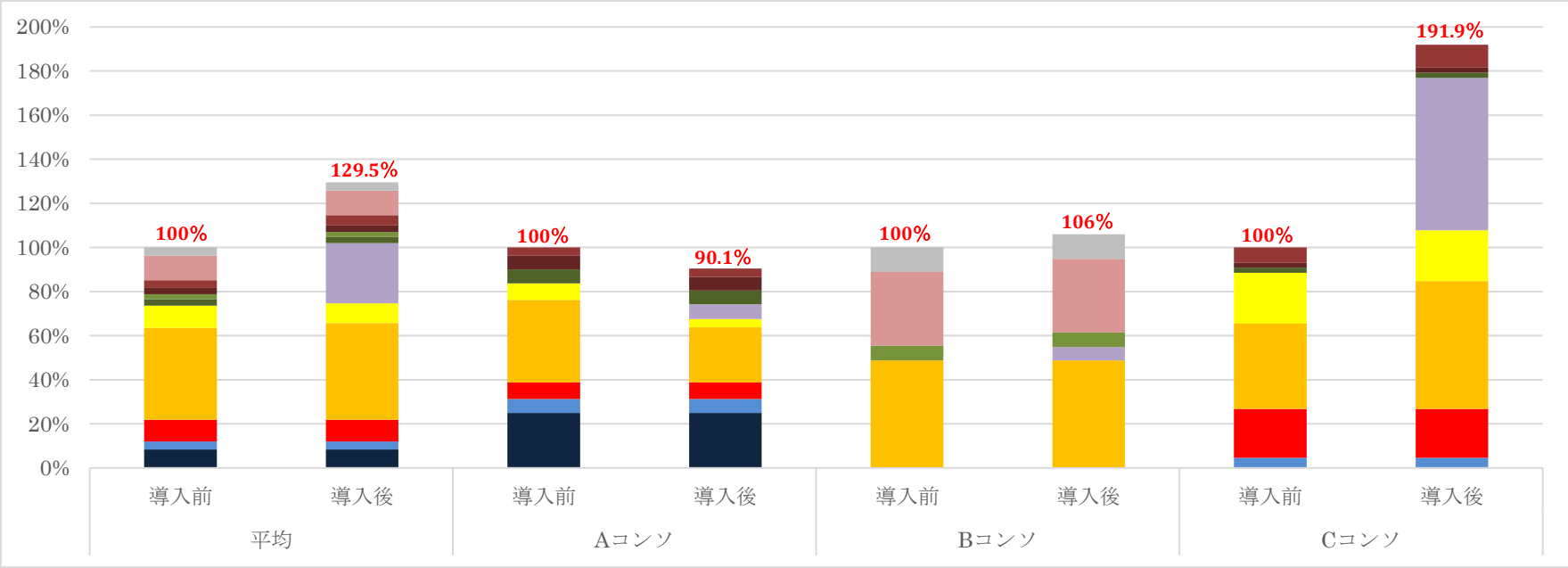
②-3-e. 点検



グラフ 6 点検ユースケース

点検のユースケースにおいては、平均で 34%の費用削減効果が示された。導入前の人件費率によって削減幅の大小はあるものの、すべてのケースにおいて運航管理システムの導入による費用削減効果が期待できる。既存の費用構造として機材費用の割合が多い(人権比率が低い)コンソは削減幅が小さく、逆に人件費率が高い C・D コンソは削減率が高い傾向にある。

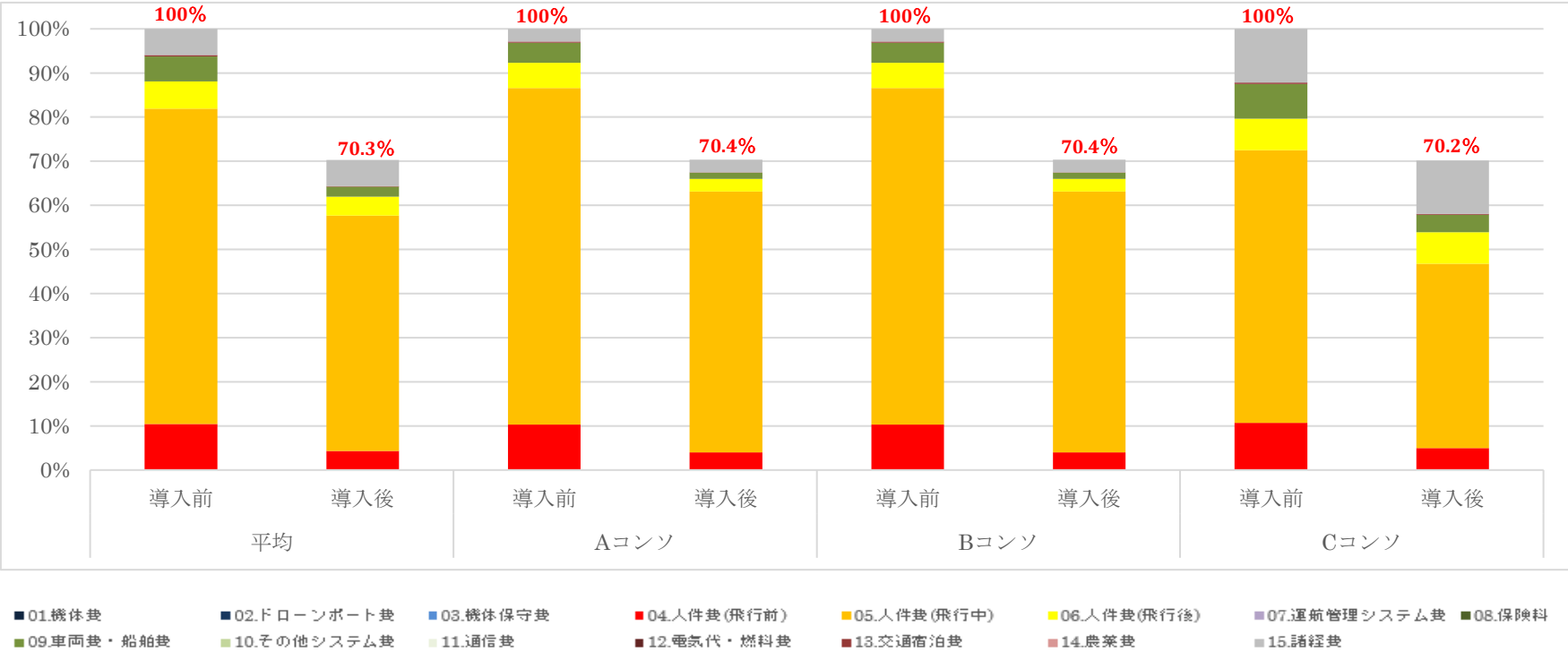
②-3-f. 農業



グラフ 7 農業ユースケース

農業のユースケースにおいては、平均で約 30%の費用増加が示された。農業の現場においては最小人数で作業を実施しており、レベル2の飛行（目視内飛行）では人件費削減効果を見込むのは難しい。レベル3・4により農地に行く時間・人数を減らすことで今後費用削減効果を期待していきたい分野である。なお、本データにおける C コンソの導入後の費用が突出しているのは、農地作付けのケースであり、既存サービスの実態として年一回程度しか依頼がないため、コスト構造上では運航管理システム利用料の割合が大きくなってしまうためである。

②-3-g. 災害対策



グラフ 8 災害対策ユースケース

災害対策ユースケースにおいては、平均で約 30%の費用削減効果が示された。導入前の人件費率によって削減幅の大小はあるものの、すべてのケースにおいて運航管理システムの導入による費用削減効果が示されている。災害対策ユースケースにおいては飛行前の調整が他のユースケースよりも既存業務でかかっている傾向にあり、運航システム導入により飛行中・飛行後だけでなく、飛行前調整の費用の削減効果も得られている。

③安全な運航

③-1. ドローンの運航条件（地形や気象）の把握

ドローンが安心・安全に飛行するために、ドローンの飛行に影響を与える地形情報（3 次元地図）及び風や雨等の気象条件を適切に把握する必要がある。運航管理システムとこうした情報を提供するシステムが連携することで、周辺地域の 3 次元地図情報やドローンの飛行高度に応じた気象情報（風・雨）を把握できるようになる。

③-2. 有人機（ヘリコプター）情報の連携

有人機情報に関しては、例えば国内全ドクターヘリがウェザーニューズ社「FOSTER-CoPilot」で機体の位置情報を管理、運航可否判断支援を行っている。また消防防災ヘリには、D-NET システム（JAXA）を搭載している。今後、運航管理システムにこうした有人機情報を連携することで衝突リスクの軽減が期待される。運航管理システムが、有人機情報との連携を実現することにより、有人機が飛来する頻度の高い地域においても顧客が安心・安全にサービスの提供を受けられるようになる可能性がある。

2－3. 運航管理システムに関する国際的な定義

本項では、国際民間航空機関(ICAO)が示す運航管理システムの定義・サービスと米国航空局(FAA)が公表している運航管理システムの構成を紹介する。これにより、運航管理システムは政府や民間が単独で提供するシステムを指すのではなく、政府や民間それぞれが提供するシステムの集合体であることが理解できる。

ICAO では運航管理システムを “A system that provides UTM through the collaborative integration of humans, information, technology, facilities and services, supported by air, ground or space-based communications, navigation and surveillance.”、「人間、情報、技術、設備、サービスの協調的な統合を通じてドローンの運航管理を提供するシステムであり、空中、地上、または宇宙との通信、ナビゲーション及び監視によってサポートされる。」と定義している[6]。抽象的な表現ではあるがドローンの運航管理をするためには、必要となる様々な要素で運航管理システムが成り立っていることを表現している。

また、ICAO では運航管理システムが提供する各種サービスを表 5 のように定義している。なお、この表では各種サービスをドローンの登録から飛行中、各種情報提供まで順に整理した。

登録では、オペレータが機体情報を登録する。飛行計画では、他の機体の情報等を取得して自機の飛行計画を作成する。また、飛行計画に対して規制当局が飛行許可を提供する機能も運航管理システムに含まれる。飛行中には、飛行経路の監視や衝突回避機能を提供する。また各種情

[6] “Unmanned Aircraft Systems Traffic Management (UTM) – A Common Framework with Core Principles for Global Harmonization Edition 3” ICAO

報提供として、気象情報や規制・地上設備などを含む地理情報も提供する。

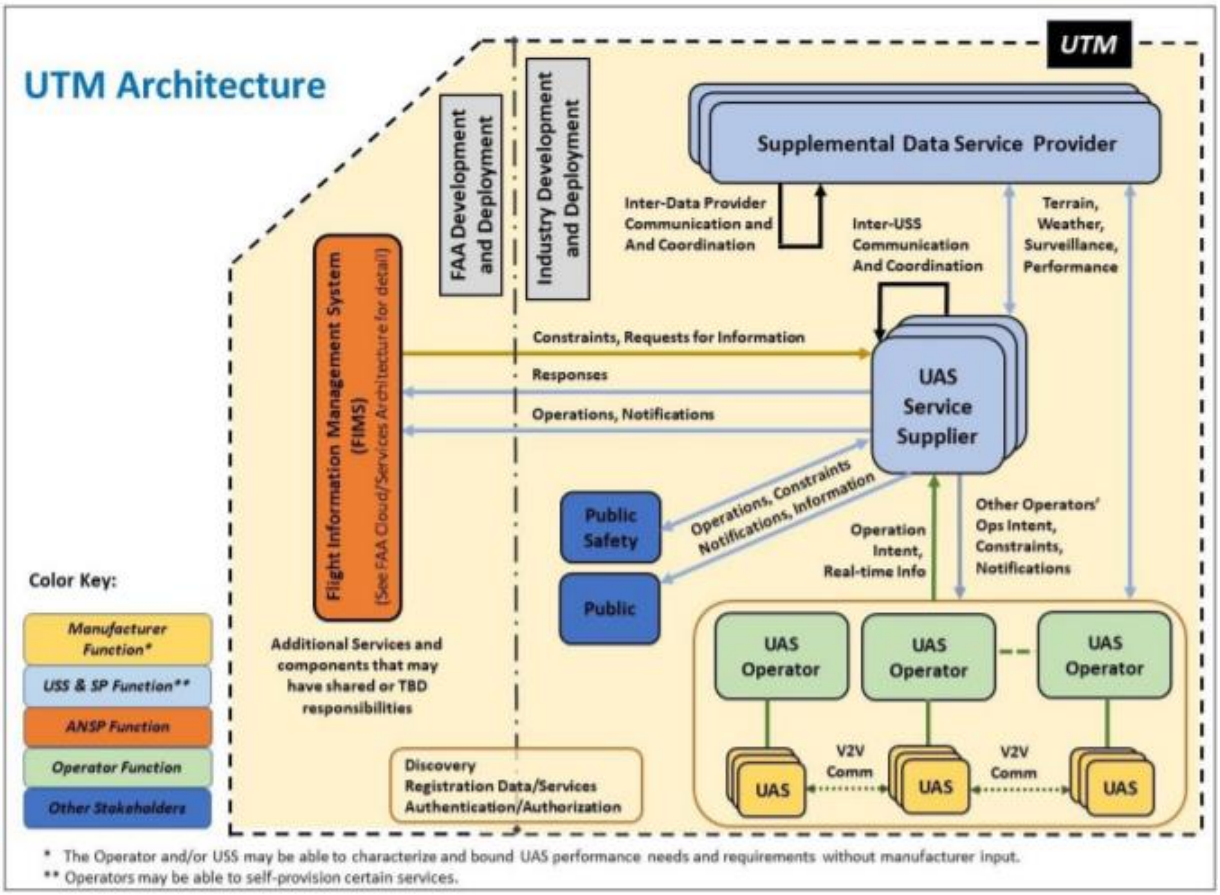
表 5 UTM の各種サービスの定義

カテゴリー	項目	定義
登録	登録サービス (Registration service)	オペレータがドローンを登録し、UTM がドローンに関連する必要なデータを UAS に対して提供するサービス。
	識別サービス (Identification service)	個々のドローン及び関連する国籍と登録情報が識別することを可能にするサービス。
飛行計画	航空情報サービス (Aeronautical information service)	UTM 利用者に対して規制、飛行場とヘリポート、空域・ルート、計器飛行方式、無線航法援助施設、障害物、地理情報などに関する情報を提供するサービス。
	ディスカバリーサービス (Discovery service)	UTM 利用者に対して、特定の空間における様々なレベルの情報(他の機体の運航計画・状況や気象情報など)を提供するサービス。
	飛行計画作成サービス (Flight planning service)	オペレータに対して飛行前に安全性の確保、空域管理、空域制限及び飛行計画の完了のために飛行空間、経路、及び軌道を調整及び最適化するサービス。(ただし、既存の有人航空機の運航計画を参照する機能はない)
	制限管理サービス (Restriction management service)	民間航空当局(CAA)または航空航法サービスプロバイダー(ANSP)からオペレータ及びリモートパイロットへ指令(安全に関する速報など)と、空域の制限をオペレータに伝えるサービス。
	戦略的衝突回避サービス (Strategic deconfliction service)	ドローン運航の飛行空間、経路または軌道の調整、交渉、優先順位付けで構成されるサービスで、飛行中のドローンの空中衝突の可能性を最小限に抑えるためのサービス。
飛行許可	空域認証サービス (Airspace authorization service)	規制当局からオペレータに空域認証(飛行許可)を提供するサービス。
飛行中	有人航空機からの戦術的分離サービス (Tactical separation with manned aircraft service)	ドローンが有人航空機と十分に距離を保つため、有人航空機に関するリアルタイムの情報をオペレータに提供するサービス。
	追跡及び位置情報サービス (Tracking and location service)	ドローンの正確な位置に関する情報をオペレータ及び UTM システムにリアルタイムで提供するサービス。

	衝突勧告及び警報サービス (Conflict advisory and alert service)	ドローンの他の機体(有人または無人)への接近性に関する示唆的または指示的な情報、警報をリアルタイムにリモートパイロットに提供するサービス。
	適合性監視サービス (Conformance monitoring service)	オペレータまたはリモートパイロットに対して飛行空間、経路または軌道との不適合(経路からの逸脱など)をリアルタイムで監視及び警告するサービス。
	ルート修正サービス (Dynamic reroute service)	オペレータに対して、飛行経路からの逸脱を最小限にしながら空中衝突の可能性を最小限に抑え、空域制限に最も準拠するため飛行空間、経路または軌道に変更を加えるリアルタイムのサービス。このサービスには、ドローンが飛行中の飛行空間、経路または軌道の調整、交渉、優先順位付けが含まれる。
各種情報提供	気象サービス (Meteorological service)	個々のオペレータ/リモートパイロットまたは他の UTM サービスに、各機能の実行に必要な気象情報を提供するサービス。

米国連邦航空局(FAA)では、運航管理システムの全体像を図 7 の様に整理している。ドローンに関する飛行計画や運航情報、衝突回避に関する情報を一元管理する Flight Information Management System(FIMS)[7]や飛行に関する気象情報や地形情報、監視情報などを提供する Supplementary Data Service Provider(SDSP)[8]、運航全般に責任を負う人や法人である Operator が安全にドローンを飛行できるように飛行計画作成や申請、飛行経路の最適化、飛行監視などを担う Unmanned Aircraft System Service Supplier(USS)、Operator などの要素が連携したエコシステムと捉えている。オペレータや運航事業者は USS を通じて、運航情報や規制情報、飛行ルート作成支援などのサービスを受けながら飛行を実施する。なお、FIMS は飛行制限などの機能を担うため FAA が管轄し、SDSP や USS などは民間事業者が担うとされている。したがって、Operator は複数の USS 事業者の中から USS を選択して、ドローン飛行を行うことが想定されるため、USS 事業者間で、機能・価格面で競争が促進される。

[7] https://nedo-dress.jp/wp-content/uploads/2018/09/kenkyuu_006.pdf
[8] https://www.faa.gov/uas/research_development/traffic_management/media/UTM_ConOps_v2.pdf



出所:「Concept of Operations v 2.0」Federal Aviation Administration 2020 年 3 月

図 7 FAA UTM Architecture

表 6 FAA UTM Architecture の構成要素

構成要素	機能
FIMS	FAA が管轄し、運航情報や空域制限情報を USS に提供する。
SDSP	地形や障害物、気象、監視、制約など関する情報を USS に提供する。
USS	運航情報や規制情報、飛行経路作成支援などを Operator に提供する。
UAS Operator	機体の運航全般に責任を負う個人または団体。

３．ビジネスモデル構築方法の具体例

前述の通り、レベル 4 が可能となること、運航管理システムを活用することで、ドローン運航ビジネスの在り方は大きく変化する。そのため、オペレータ・運航事業者は、こうした変化を踏まえたビジネスモデルの検討が求められる。

ビジネスモデルは、顧客価値を定めた後、地域特性の理解、サービス提供プロセスの設定、活用する経営資源の確認、損益の試算を行うことによって設定することができ、それぞれが後続の「3－1．顧客価値を定める」、「3－2．地域の特性を理解する」、「3－3．プロセスを確立する」、「3－4．経営資源を確認する」、「3－5．利益の見通しを立てる」に対応している。プロセスの確立、活用する経営資源の確認、利益の試算は互いに依存関係があるため、ビジネスモデルを作り上げていく中で繰り返し行う場合がある。本章で紹介するビジネスモデルの設定手順を図示すると図 8 の通り。

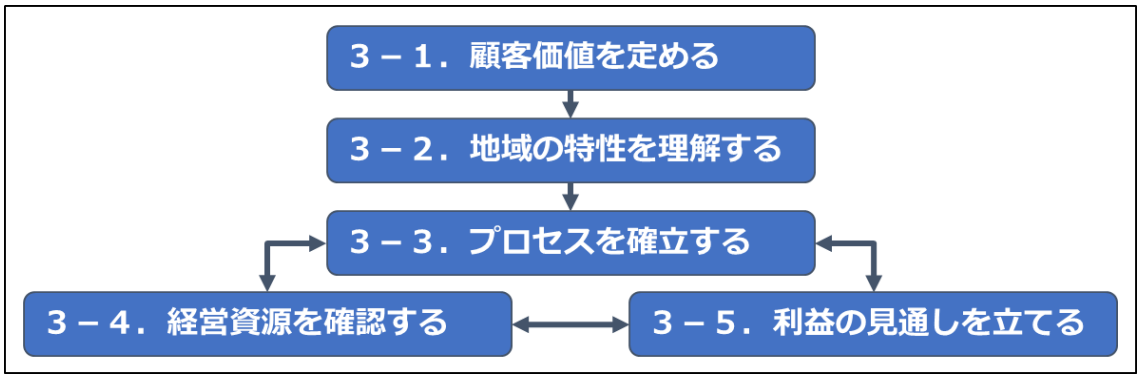


図 8 ビジネスモデルの設定手順

なお、運航管理システムが提供するサービスの活用を想定してビジネスモデルを設定するために必要な情報も以降の節の中に掲載する。

３－１．顧客価値を定める

サービスの設定

まず、サービスを提供する顧客と提供するサービスの内容を設定し、ドローンを活用したサービスの価値をサービスの提供を受ける顧客の目線から定義する。

■ 作業手順

1. **サービスを提供する顧客を設定する**
   - 地域が抱えている課題を見つけ出す。
   - 課題に対するこれまでの取り組みを評価する。
   - 課題の原因を明らかにする。

2. **提供するサービスの内容を設定する**

・ 地域が抱えている課題の解決策となるドローンを活用したサービスの内容を決める。

3. **サービスの価値をサービスの提供を受ける顧客の目線から定義する**

・ 既存のサービス提供方法に対する相対的な優位性をドローンによるサービス提供の価値として認識する。

この時、ドローン以外にもサービスの提供手段があるかを確認し、代替手段がある場合にはそれらと比較した時のドローンを活用したサービスを想定した場合、その相対的な価値も明らかにする。

レベル 4 で飛行するドローンによるサービス提供の利点として、作業時間の短縮やサービス提供に必要な人員数の削減、高頻度でのサービス提供等が可能になること等が挙げられるため、表 7 の例のように、既存の手段よりも相対的に高い価値が認められると考えられる。

表 7 ドローンを利用することにより相対的に高い価値が認められるサービスの例

サービスの概要	サービスの価値
作付け状況把握	中山間地域など、直接支払制度や経営所得安定対策等を目的とした地域一帯の作付け確認は、カメラを搭載したドローンを使用して行うことにより、従来の実地調査による方法に比べて作業時間が短縮し必要な人員を減らすことができる。
警察・消防の現場確認	事件や火災等の発生した通報を受け、警察官や消防職員が現場へ駆けつけるより先にドローンを現場に到着させることにより、従来の方法に比べて、より早く現場状況の確認や増援の要否等を判断することができる。
離島への物資輸送	輸送をドローンで行うことにより、離島への生活必需品の配達が従来の船舶による海上輸送と比較して短時間になる。
観光地での物資輸送	交通渋滞の発生しやすい観光地に位置する宿泊施設、小売業者、商店等と集配地点の間の物品配達手段の一部が自動車からドローンに置き換えることにより、手土産やリネン類等、観光客と旅館の双方が必要とする物品配達時間が短縮される。
密猟監視	密猟者の監視をカメラ搭載したドローンを使用して行うことにより、監視者が密猟者から直接危害を加えられる危険性がなくなる。

レベル 4 で飛行するドローンを用いることで、サービスの価値を高める要素としては様々な事項を挙げることができるが、主な要素として「作業時間の短縮」、「作業の省力化」、「安全性の向上」の 3 種類を挙げることができる。

これら 3 種類の要素は完全に独立するのではなく、図 9 が表すように互いに重なり合うものと考えられ、3 種類の要素のうちいずれか 1 種類のみによってその価値が高められるサービスもあれば、それらの要素が組み合うことでその価値が高められるサービスもある。例えば、ドローンによる「離島への物資輸送」サービスでは、主に作業時間の短縮がそのサービスの価値を高める要素となるが、「作付け状況把握」サービスをレベル 4 で飛行するドローンを活用して提供する場合、作業時間の大幅な短縮だけでなく、必要な人員が減ることによる作業の省力化も可能になる。また、「警察・消防の現場確認」サービスをレベル 4 で飛行するドローンを活用して提供する場合には、

初動の迅速化に加えて、作業の安全性の向上を期待できる点がサービスの価値を高める要素となる。

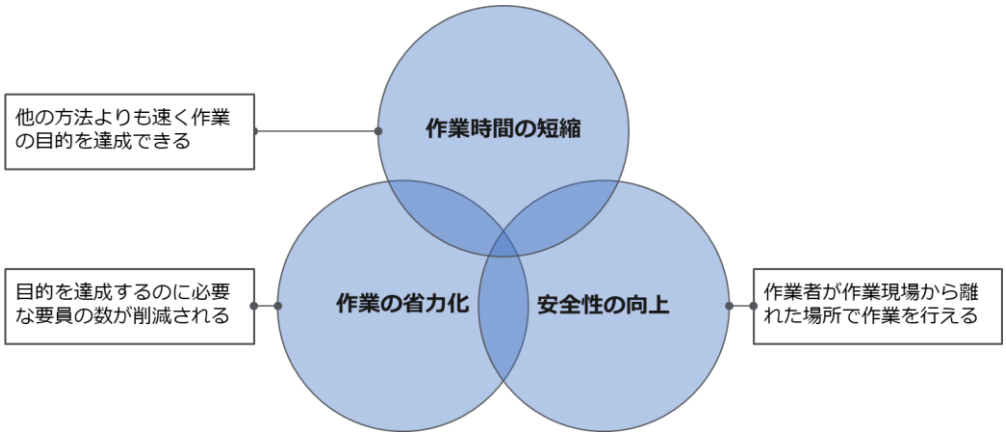


図 9 サービスの価値を高める要素のイメージ

これらの要素の 1 種類以上を満たすようなサービスを立案できれば、そのサービスを持続的に提供できるビジネスモデルを策定しやすくなると考えられる。

3－2. 地域の特性を理解する

ビジネスモデルを設定するためにはドローンを活用してサービス提供の制約になるような地域の特性を事前に把握する必要がある。

■ 作業手順

1. **地権者・施設管理者・住民の理解を醸成する**
   - ドローンを運航させる予定の地域における地権者、施設管理者、住民に事業計画を説明する。

2. **通信環境を確認する**
   - LTE をドローンとの通信に利用する場合には電波調査を行う。
   - LTE を使用できない場合には衛星通信の利用を検討する。
   - GNSS 衛星からの電波信号の受信状況を確認する。

3. **気象と気候を確認する**
   - ドローンの飛行の妨げとなる風、雨、気温、霧に関する地域特有の性質を確認する。

4. **地形・障害物等を確認する**
   - 標高データや現地踏査によってドローンを飛行させる地域の地形、鉄塔、橋梁の位置や高さなどを把握する。

地権者・施設管理者・住民の理解醸成

自治体と協力しながら、ドローンを運航させる予定の地域における地権者、施設管理者、住民に事業計画を説明しドローンが飛行することに対する賛同を得る必要がある。第三者上空を飛行するレベル 4 においては、より住民に理解が必要不可欠であり、賛同を得ないままドローンを飛行した場合、自治体やオペレータへ寄せられる苦情の対応に追われるなど、円滑に業務を行うことができなくなる可能性がある。必要に応じて回覧や配達地域指定郵便等を組み合わせ、ドローンの飛行が行われることを地域全体に十分に周知する。地域によっては、ドローンを飛行させようとする事業者からの相談に専門的に対応できる担当者を置く自治体も存在する。

通信環境の確認

運航管理システムを使用してドローンを運航させるためには、飛行中のドローンの位置情報が運航管理システムに途切れることなく送信される必要がある。長距離を飛行するドローンとの主な通信手段として、衛星通信と LTE 通信の 2 種類がある。

LTE 通信は、衛星通信と比較して一般的に高速かつ大容量の通信が可能であるものの、山や高層ビル等で電波が遮られるなどの理由で地上での不感エリアも少なくない。従って、ドローンとの通信に LTE を使用する場合には電波調査を行い、ドローンが飛行する予定の上空で電波を受信できることを事前に確認しておく必要がある。特に周囲を標高の高い山で囲まれた渓谷や海岸線から離れた洋上等では、LTE の電波を受信しにくい場合があるため注意が必要。ドローンに LTE 通信機器を搭載し、実際に飛行予定の経路上で LTE 電波が受信できることを確認することもできるが、携帯電話事業者に電波調査を依頼することも可能。携帯電話事業者は、自社で保有する基地局の位置等の情報をもとに行うシミュレーションか、地上または上空で専用の機器を活用して行う現地調査によって電波の強さを測定する。飛行予定の経路周辺の LTE 電波が弱い場合は、飛行経路を変更するか、衛星通信等の代替手段を採用する。

衛星通信は、LTE 通信と比較して一般的に通信速度や伝送遅延の面で劣るものの、LTE 通信網が整備されていない地域においては、ドローンの位置情報を運航管理システムに送信する手段として有効である。特に沿岸から離れた海上の広い範囲をドローンが飛行する必要がある場合には、衛星通信の利用を検討する必要がある。

運航管理システムにドローンの位置情報を送信するためには、飛行中のドローンに取り付けられている GNSS 衛星受信機が常に測位衛星からの電波信号を受信できる状態でなければならないため、予定している飛行ルート上をドローンに目視内飛行させて GNSS 衛星からの電波信号の受信状況を確認する必要がある。特に建築物や山林等の遮蔽物に囲まれた場所では、電波信号を受信できる GNSS 衛星の数が少なくなることが多い。また、電波信号を受信できる GNSS 衛星の数は、同一の時点でも時間帯や天気によって変化する可能性がある。

気象と気候の確認

ドローンを運航させる予定の地域における気象と気候の特徴を理解する。

特に、下表に挙げた気象や気候の特徴は、ドローンが運航できる日数や時間帯を制限する可能性がある。事前飛行計画・飛行時に、運航管理システムを活用して気象と気候を確認することで安全性が向上する。

表 8 注意すべき気象や気候

分類	詳細
風	飛行中の墜落や障害物との衝突の可能性が高まるため、一定以上の風速が観測される中でのドローンの運航は避ける必要がある。地形的条件によって、毎年特定の時期に以下のような強風が観測される地域もある。 （例）台風接近による強風、海岸付近や海上における強風、局地風など。
雨	防水加工の施されていないドローンを雨天の中で運航させると機体が故障する可能性があるため、雨天の場合には飛行を取りやめる必要がある。地域によっては年間降水量が他の地域と比較して多かったり、天気が変わりやすかったりする場合がある。
気温	気温が高い場合には、ドローンやその他機材がオーバーヒートする恐れがあり、気温が低い場合には、ドローンのバッテリー電圧の低下が発生する恐れがある。
霧	霧の発生によって視界が遮られ、ドローンに搭載されたカメラによる撮影が困難となる場合がある。その場合、FPV によるドローン周辺の状況確認も難しくなる。また、防水加工の施されていないドローンが霧の中を通過すると故障の原因になる可能性がある。また、霧の中を飛行中、ドローンに搭載されているビジョンセンサー等が誤作動して機体が正常に動作しなくなる可能性がある。特に山々に囲まれた盆地では、濃霧が発生しやすい傾向にある。

ドローンを運航させる予定の地域における気象と気候の特徴は、一般財団法人日本気象協会、株式会社ウェザーニューズ等の予報業務許可事業者や気象庁が提供する過去の観測データを調べることによって把握することができる。

表 9 気象観測データの提供元の例

観測データの提供元	URL
気象庁	https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php （過去の気象データ検索）
一般財団法人日本気象協会	https://tenki.jp/past/ （過去の天気）
株式会社ウェザーニューズ	https://labs.weathernews.jp/ （Labs Channel）

また、一般財団法人日本気象協会に、市町村単位よりも詳細なレベルでの風速・風向のシミュレーションを依頼することもできる。

地形・障害物等の確認

ドローンを飛行させる地域における地形とドローンの飛行障害となる鉄塔や橋梁の位置や高さを把握する。

場所によっては、標高に大きな差がある山間部や離島等の上空を飛行する必要がある場合、ドローンの対地高度が 150m を超える可能性があり、対地高度 150m 以下で飛行している場合と比べて運航中に有人機と遭遇する可能性が高まる。また、常に対地高度 150m 以下を飛行させるためには、標高が分かる地形図を確認しながら高度を含めた飛行経路を慎重に計画する必要がある。また、周囲を山林で囲まれた場所では、ドローンが高度を下げる離発着場所や緊急着陸場所で LTE の基地局や GNSS 衛星との通信が困難となる場合がある。

ドローンの飛行を予定している場所の周辺に、鉄塔、送電線、橋梁、高層建築物、背の高い樹木等がある場合には、障害物センサー等により衝突を未然に防ぐことができることを確認するか、それらの障害物を迂回するように飛行経路を調整する等の対応を検討する。

標高データは、国土地理院や株式会社ゼンリン等の地図の作成を行っている機関・事業者から提供を受けることができる。

表 10 標高データの提供元の例

標高データの提供元	URL
国土地理院	https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php（基盤地図情報ダウンロードサービス）
株式会社ゼンリン	https://www.zenrin.co.jp/product/category/technology/drone/index.html

3－3. プロセスを確立する

必要な作業の認識

サービス提供に必要な作業を認識し、各作業の所要時間と前後の依存関係からプロセスの全体像とサービス提供の 1 サイクルにかかる時間を把握する。

■ 作業手順

1. **必要な作業を認識する**
   - 各種申請や調整が必要な地域の関係者を把握し、各種申請と調整にかかる時間と労力を見積もる。
   - サービスの提供者と被提供者を認識する。
   - サービスの提供者と被提供者の行う作業を列挙し時系列で整理する。
   - 作業にかかる所要時間を見積もる。
   - サービス提供の 1 サイクルにかかる時間を試算する。

サービス提供に必要な作業には、ドローンの飛行に直接関わる作業のみならず、顧客がサービスを必要としてからサービスの提供が終わるまでの全ての作業が含まれる。また、ドローンの緊急着陸や墜落への対応もプロセスの一部として認識する。プロセスの関係者はサービスの受け手と

サービス提供者の 2 種類に分類し、それぞれの中に異なる関係者が想定される場合には更に細分化し、各作業は関係者のいずれかが行うものとする。サービス提供プロセスの所要時間が長い場合には、ドローンの稼働率の低下とそれによる費用の回収率の低下が起こり得る点に注意が必要となる。例えば、サービス提供プロセスの所要時間が長くなる可能性がある場合として、ドローンを飛行させる地域やドローンの特性などが理由で有人機と離着陸場所を共用せざるを得ず、有人機の離着陸がドローンの離陸よりも優先されるために、ドローンの飛行準備完了後すぐに離陸ができない場合が考えられる。また、ドローンが飛行中に撮影した映像を着陸後に取り出し、再度ドローンを映像の撮影作業に向かわせるまでに時間を要する場合なども考えられる。

なお、運航管理システムの導入により、サービスの提供プロセスには表 11 のような変化が予想される。現在行われているプロセスが、変更・軽減される可能性が高いため、ルールや運航管理システムの整備状況の確認が求められる。

表 11 運航管理システム導入によるサービス提供プロセスの変化

各種申請	• 飛行許可申請、飛行計画申請、その他申請について、UASSP がワンストップ窓口となることで、各種申請にかかる工数が減少する。 • 飛行計画の重複の解消が運航管理システム上で自動的に行われるようになる。
運航管理	• 他のドローンや有人機の情報、飛行禁止・制限情報、気象・地図情報等を UASSP 経由で確認できるようになる。 • ドローンの運航を遠隔地から行えるようになり、現場への移動する作業員の数が減る、または移動自体が不要になる。 • 飛行中のドローンを作業員が直接監視する必要がなくなる。
その他	• 飛行記録の作成・保管が運航管理システム上で自動化される。 • ユースケースに合わせた画像分析などのサービスにより業務が効率化する。

ドローンを飛行させる前に空域や施設の利用に必要な許可申請を関係する組織に対して行う必要がある。許可申請が承認されるまでに比較的長期間を要するものも存在するため、ドローンの飛行自体にかかるオペレーションのプロセスに付随して必要となる申請受理までの期間を予め見積もっておかなければ、予定していた日時や条件での飛行が行えなくなる可能性がある。

表 12 既存の申請先・申請内容例

申請先分類	申請先	申請内容	許可取得時間 （過去実績・参考値）
官公庁を含む公的機関	自治体	漁港等の自治体施設の使用許可の取得	約 2 週間程度
	航空局/空港事務所	ドローンの飛行に関する許	約 1 か月程度

		可・承認申請書	
	警察	道路使用許可	2 時間程度
施設管理者等の民間団体や個人	組合（漁業組合　等）	組合管理施設やその上空利用の同意（漁港や築）	1 日
	地域住民	実証実験実施の案内	2 週間
	有人機団体	飛行の連絡	2 時間

ドローンの飛行経路や飛行の条件によっては、調整が必要となる関係組織には表 12 に示される代表的なものの他に、以下のような組織との調整が必要になる例もある。

- 国交省の航空交通管制部や空港事務所
- 県の空港管理事務所
- 海上保安庁の海上保安部
- 消防庁または消防署
- 自衛隊の部隊

サービスの受け手	サービスの提供者		所要時間（分）
	オペレータ	配達作業員	
オンラインで注文・配達依頼・入金		注文・配達依頼・入金の確認	10
		商品の梱包	10
	商品の積み込み		5
	運航管理システムへの飛行計画の登録		15
	無人航空機の離陸準備		10
	無人航空機の離陸		15
	無人航空機の運航管理		
	異常を検知した場合には【緊急時対応】へ		
	無人航空機の着陸		
	荷下ろし		
商品配達通知確認		メールによる商品配達完了通知	1
商品の受け取り			-
メール本文のURLから商品受け取り通知		商品受け取り通知確認	1
	無人航空機の帰還		15
	機体の格納・点検と整備　飛行記録作成		10
		合計所要時間(分)	92

【緊急時対応】

確認した異常の種類	対応方法	目標時間
FIMSとの通信途絶	ドローンの現在地が把握できる場合には飛行経路を変更して帰還させる。 出来ない場合には付近の緊急着陸場所または、安全な場所へ着陸させる。	ドローンの着陸まで30分以内
ドローンとの通信途絶	関係者へ連絡し自動帰還を待つ。FIMSとの通信が途絶えている場合には飛行ログを確認し、通信が途絶える直前のドローンの位置を確認する。自動で帰還しない場合には墜落の可能性があるため通信が途絶した場所を中心に捜索を行う。	ドローンの回収まで60分以内
通信途絶以外の異常	バッテリーと機体状況確認し、飛行経路を変更して慎重に帰還させる。または緊急着陸場所へ着陸させる。	ドローンの着陸まで30分以内

図 10　サービス提供プロセスの一例

3－4. 経営資源を確認する

経営資源の認識

サービスを持続的に提供するために必要となる全ての経営資源を認識する。

■ 作業手順

1. **経営資源を認識する**
   - ドローンによるサービスを持続的に提供するために必要となる基本的な経営資源(ヒト、モノ、カネ)を全て認識する。
   - レベル 4 の飛行を行う場合は、必要となる機体認証と操縦ライセンスを取得する。

必要となる経営資源の具体例を下表に掲載する。特に前述の航空法改正により、機体認証を受けた機体や操縦ライセンスを有するオペレータの育成・確保が重要となる。また、運航管理システムを活用していくことで、これまで必要であった経営資源が不要または削減されるケースも発生する。例えば、目視外飛行における補助者の削減や申請業務のワンストップ化による申請業務担当者の工数の軽減が該当する。

表 13 経営資源の具体例(レベル4の飛行を行う場合を想定)

ヒト	一等技能証明を持つオペレータと運航管理担当者 ドローンの運航に直接関わらない業務スタッフなど
モノ	第一種機体認証を受けたドローン本体、ドローンのバッテリー、ドローンの位置情報を運航管理システムに送信するための装置及びその他のドローンに搭載する機器(レーザー測量装置、カメラ、荷物固定装置、通信装置)、運航管理システムを利用するために必要な機材及びその他のドローンの運航に関連する機材(ドローンで取得した画像処理用のアプリケーション、レベル 4 で飛行するドローンを安全に着陸させるために設置するドローンポート等)など
カネ	オペレータ育成費、機体購入費、機体保守費、運航管理システム利用費、人件費、電気代・燃料費、機体保険料、積荷保険料、交通宿泊費、事務所費など

表 14 機体認証と操縦ライセンスの種類

機体認証	操縦ライセンス
• 第一種機体認証 • 第二種機体認証	• 一等技能証明書 • 二等技能証明書

レベル 4 での飛行を行うためには、飛行毎に許可・承認が必要となるが、その際には、ドローンが第一種機体認証を受けていることと、オペレータが一等技能証明書を交付されていることが要件として課せられる予定。

3－5. 利益の見通しを立てる

損益の試算

「3－3. プロセスを確立する」と「3－4. 経営資源を確認する」で設定したサービスの提供プロセスと活用できる経営資源をもとに損益を試算し、サービスを持続的に提供することが可能であるか確かめる。

災害発生時の対応や公的なサービス等の収益を期待しないサービスの場合でも、確保できる予算と費用のバランスを確認することで、サービスの実現可能性を確かめることができるだけでなく、提供できるサービスの量を確認することもできる。

■ 作業手順

1. **損益を試算する**
   - サービス提供にかかる全ての費用項目を認識する。

・ 費用の性質（固定費または変動費）に応じて、計画しているサービスの提供量から各項目の費用を試算し合算する。
・ サービス提供量と価格から売り上げを試算する。
・ 見込まれる費用と売上比較してサービス提供が持続可能であることかを確認する。

2. **ビジネスモデルを見直す**
・ 収益構造に問題がある場合にはサービスの提供体制を見直す。
（ルール改正や利用する運航管理システムの機能の変化などにより、プロセスや経営資源、コストに変化が生じる場合にもその都度サービスの提供体制を見直す必要がある。）

費用項目の認識

ビジネスモデルが現実と乖離することを避けるためには、サービス提供にかかる全ての費用を認識する必要がある。運航管理システムを使い飛行するドローンを活用したサービスを提供する際にかかる一般的な費用項目の一覧を表 15 に示す。

表 15 主な費用項目一覧

初期費用	人件費	関係者への運航計画の説明にかかる費用
		各種申請にかかる費用
	機材関連費用	ドローン本体購入費
		バッテリー購入費
		ペイロード関連費(カメラ・レーザー・農薬　等)
		ドローンポート購入費
		ドローンが取得したデータの分析等に活用するソフトウェア購入費
運営費用	人件費	関連機関への連絡にかかる費用
		飛行計画の登録にかかる費用
		ドローンの運航と運航管理にかかる費用
		ドローンの点検・飛行準備にかかる費用
		飛行記録作成にかかる費用
		データ解析・処理費用(オルソ作成費用等)
	機材関連費用	交換用バッテリー購入費
		ドローン保守費
		運航管理システム利用費、サーバー費
		電気代・燃料費
		機体保険料
		通信費
	その他の費用	積荷保険料
		交通宿泊費、車両費、海上監視船舶費
		事務所費
		業務委託費

サービス提供量・運航回数・売上・費用の関係

損益を試算する際には、サービスの提供量、ドローンの運航回数、売上、費用は互いに連動している点を考慮する。単位時間当たりに提供するサービスの量をサービス提供に使用するドローンの台数で割ると、ドローンの単位時間当たりに必要な運航回数が導かれる。この単位時間当たりに必要な運航回数と、「3－3. プロセスを確立する」で確認したサービス提供プロセスの所要時間を比較すると、サービス提供に最低限必要なドローンの台数が分かる。そのため、サービスの提供量を増やせば売上を伸ばすことができる一方で、それに伴い必要なドローンの台数も増加し、運航にかかる人件費等の変動費とドローンを含む機材購入にかかる固定費の両方が増加する。

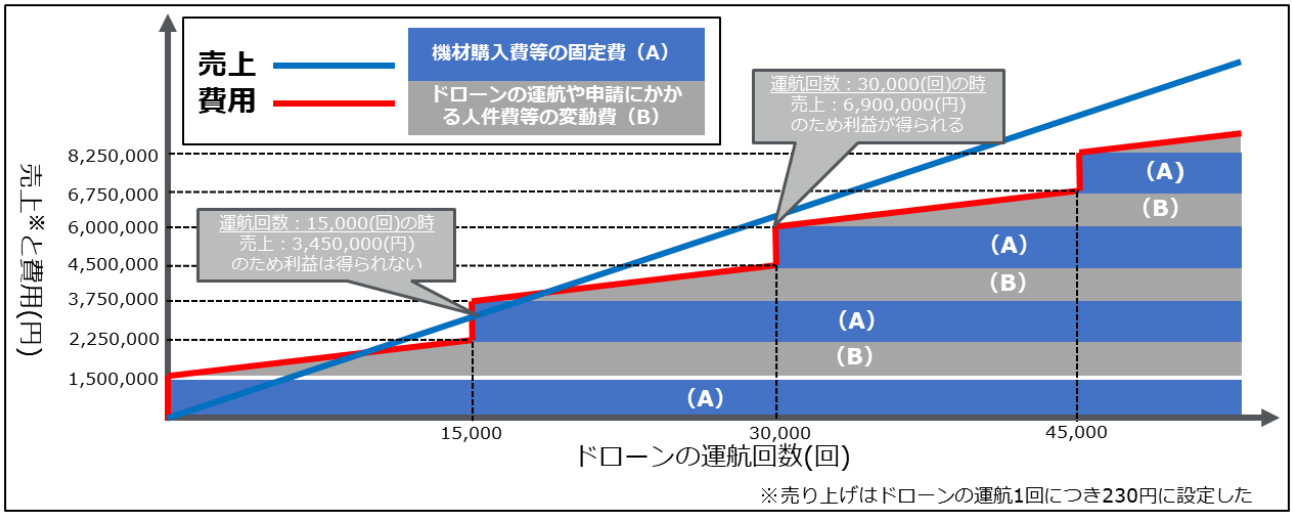


図 11 運航回数と売上・費用の関係

一般的に、人件費はドローンの運航にかかる費用全体に占める割合が大きくなることが多く、これは運航管理システムの利用の有無に基本的には依らない。そのため、費用を大幅に削減するためには、作業の省力化に取り組む必要がある。作業の省力化を実現するための方法として、運航管理システムを活用した申請作業の簡素化や飛行中の補助者の削減、1 人のオペレータによる複数のドローンの一斉飛行等が考えられる。省力化が可能な作業とその省力化の方法の具体例を表 16 に掲載する。

表 16 省力化が可能な作業と省力化の方法の具体例

省力化が可能な作業	省力化の方法
申請作業の簡素化	• 運航事業者側で運航管理システム経由での申請作業を自動化するためのシステムを構築する。 • UASSP の機能の一つとして、申請作業を自動化する機能の提供を受ける。
飛行中の補助者の削減	• 運航管理システムを使ってレベル 4 でドローンを運航させる。 • 補助者を配置する代わりに看板の設置等により第三者の立入りを制限する。あるいは第三者上空を通過しない飛行経路を設定する。
1 人のオペレータによる複数のドローンの一斉飛行	• ドローンを定められた経路に沿って自動航行させ、複数の運航中のドローンから直接または運航管理システム経由で送られて来る位置情報や各種計画等の監視を1か所で行える体制を構築する。

表 17 利益試算の一例(ドローンによる物流サービスの場合)

科目				金額（円）
売上	① 売上の合計　単価×機数×運航回数1日の営業時間×1年間の営業日数 ⇒　700(円) × 5(機) × 2(回/時間) × 12(時間/日) × 250(日)			**21,000,000**
費用	初期費用	機体購入費 ÷ 減価償却年数 ⇒　1,000,000(円) × 5(機) ÷ 5(年)		1,000,000
		ドローンポート購入費 ÷ 減価償却年数　⇒　1,000,000(円) × 2(箇所) ÷ 5(年)		400,000
		関係者との調整にかかる費用 ÷ 費用回収期間　⇒　時給2,000(円) × 80(時間) ÷ 5(年)		32,000
		オペレータのライセンス取得費 ÷ 費用回収期間 ⇒　一人当たり150,000(円) × 3(人) ÷ 5(年)		45,000
	(A) 初期費用の合計			1,477,000
	運営費用	機体保守費　機体購入費×保守費割合　⇒　5,000,000(円) × 10(%)		500,000
		運航管理システム利用費※ (単年分)　⇒　売上21,000,000(円) × 1.5(%)		315,000
		人件費	飛行前　1回当たりの費用 × 回数 ⇒　時給2,000(円) × 0.1(時間) × 30,000(回)	6,000,000
			飛行実施　1回当たりの費用 × 回数 ⇒　時給2,000(円) × 0.1(時間) × 30,000(回)	6,000,000
			飛行後　1回当たりの費用 × 回数 ⇒　時給2,000(円) × 0.05(時間) × 30,000(回)	3,000,000
		人件費合計		15,000,000
		その他の費用	電気代・燃料費	1,200,000
			機体保険料	150,000
			積荷保険料	180,000
			事務所賃料	1,200,000
		その他の費用合計		2,730,000
	(B) 運営費用の合計			18,545,000
	②　費用の合計　(A) + (B)			**20,022,000**
営業利益　(① - ②)				**978,000**

※ 運航管理システム利用費の試算方法はあくまで例として記載している。
実際に損益を計算する際には、利用する運航管理システムに合わせて利用にかかる費用を見積もる必要がある。

表 17 に掲載した利益試算結果は、サービスを持続的に継続できる収支構造を示している。

試算結果がサービスを持続的に継続できる収支構造となったのは、以下に示すように各項目の金額の設定を行ったことにより、売上の上昇率(売上(円)/ドローンの運航回数(回))が費用の上昇率(費用/ドローンの運航回数(回))をある一定上の差をもって上回るように各金額を設定することができたためである。

- サービスの単価はやや高額な 700 円に設定した。
- 各ドローンは 1 時間に 2 回ずつ、毎日 12 時間常に稼働することを前提とした。
- 1 年のうちドローンが稼働できる日数を 250 日間に設定した。
- UASSP の機能を活用した申請作業の簡略化を見込んで、飛行前の作業時間を 1 回当たり 0.1 時間に設定した。
- 1 人のオペレータが同時に 5 機のドローンを運航するという前提で、飛行中の作業時間は 1 回あたり 0.1 時間に設定した。
- UASSP の機能を活用した飛行記録の自動作成等を見込んで、飛行後の作業時間を 1 回あたり 0.05 時間に設定した。
- 時給は 2000 円とやや低めに設定し、さらに変動費とした。

ビジネスモデルの見直し

収益構造を精緻化するためには、互いに関係のある「3－3. プロセスを確立する」、「3－4. 経営資源を確認する」、「3－5. 利益の見通しを立てる」を繰り返し行うことによりサービスの提供体制を見直し、サービスを持続的に提供できる収益構造を確立する必要がある。特に以下のような場合には、ビジネスモデルの見直しが必要になる。

プロセスの修正

設定したプロセスに沿ってドローンの運航を行う実証実験を実施した結果、ドローンの離陸準備に当初の想定よりも時間を要することが分かった。これによって、ドローンの 1 日あたりのフライト回数が想定よりも少なくなることが予想される。そのため、「3－3. プロセスを確立する」を再度行った後、後続の「3－4. 経営資源を確認する」と「3－5. 利益の見通しを立てる」もやり直し、ビジネスモデルを見直すことが必要になる。

経営資源の変化

二等技能証明書を持つオペレータが第二種機体認証を受けたドローンを活用してレベル 3 でドローンを運航させていたが、このオペレータが一等技能証明書を取得し、第一種機体認証を受けたドローンを操縦することとなった。これによってレベル 4 でのドローンの飛行が可能になるため、飛行できる空域の拡大やより効率的な飛行経路への変更できるようになるとともに、プロセスの変更に合わせて損益構造も変化することが予想される。従って、「3－4. 経営資源を確認する」と合わせて「3－3. プロセスを確立する」と「3－5. 利益の見通しを立てる」もやり直すことにより、ビジネスモデルを見直すことが必要になる。

収益構造の見直し

損益を試算した結果、営業利益が赤字となり、サービスを持続的に提供できないことが判明した場合、売上や費用の各項目の前提となる金額の設定を見直すだけでは営業利益を黒字にすることができず、プロセスや経営資源の前提条件を変更する必要がある場合が考えられる。従って、「3－3. プロセスを確立する」と「3－4. 経営資源を確認する」を「3－5. 利益の見通しを立てる」と合わせてやり直すことにより、ビジネスモデルを見直すことが必要になる。

その他の場合

ルール改正や利用する運航管理システムの機能の変化などにより、プロセスや経営資源、コストに変化が生じる場合には見直しが必要となる。運航管理システムに保存されている運航回数・ルート等のログを分析（時間や場所の傾向等）することで、ビジネスモデルの見直しに役立てる事も可能である。

付録１．ユースケース別追加事項

本項では、「ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト／無人航空機の運航管理システム及び衝突回避技術の開発／地域特性・拡張性を考慮した運航管理システムの実証事業（2020-2021 年度）」で実施された実証実験を元に、ユースケース特有の留意すべき事項を記載する。同事業では、全国 13 か所で運航管理システムに接続しながら様々なユースケースの社会実装を想定した実証実験が行われた。実証実験結果から、警備ユースケースの場合の飛行計画やドローンの現在地情報の開示範囲の調整や点検ユースケースの場合のドローンと点検対象やその周辺の構造物への衝突防止策の検討等が必要となることが分かった。これらは、運航管理システムや機体、飛行制御に関する技術やルールの変化によって対応の要否が変わるため、最新の状況を継続的に確認いただきたい。各ユースケースの実施方法などを詳細に説明したガイドラインやマニュアルが存在する場合には、リンクも掲載しているため、必要に応じて参照していただきたい。

付録1－1. 物流

ユースケース特有の留意事項

レベル 4 の実現と、運航管理システムの実装で、物流を目的とするドローンの飛行は増加が見込まれる。一方で、1 件あたりの単価が低いため、ビジネスとして成立させるためには、自動化や高頻度運航が必要となる。そのため、以下の様な点にも留意して、ビジネスモデル検討・オペレーションを行うことが推奨される。

- 河川や沿岸部上空が物流ドローンの飛行ルートに活用されやすく、複数事業者が運航する場合は飛行計画の重複が発生しやすいため、事前の連絡手段を確保しておく
  連絡手段を確保できない場合、先に飛行計画を登録している事業者に対して、飛行計画の調整を申し出ることが出来ず、物流ドローンの飛行に適した特定の場所と時間帯におけるドローンの運航を断念しなければならなくなる可能性がある。
- 今後のルール整備や機体の性能向上に合わせ、1 人のオペレータが複数のドローンを同時運航できる体制を検討する
  1人のオペレータにつき1機のドローンまでしか運航できない体制でのサービス提供を継続した場合、物流サービスの価格が割高になって同業他社との同様のサービス分野での競争力が低下する可能性がある。また、運送回数がオペレータ数によって制約を受けることにより、運送依頼数の増加に柔軟に対応することが難しくなる可能性もある。
- 配送先で荷物を受け取る人員が必要となる場合、ボランティアや副業として対応してもらえる人材を確保するなど、固定費を抑制した体制を構築する
  配送先で荷物を受け取るための人件費が固定費となる場合、サービス提供にかかる費用の削減が難しくなり、その結果として物流サービスの価格が割高になり同業他社との同じサービス分野での競争力が低下する可能性がある。
- 物流用途以外（空撮等）にも活用できる機体を用意できる場合には、そのような機体を活用することで、収益源を多様化する。
  物流用途で使用するドローンを他の業務に使用することが出来ない場合、運送依頼数の季節性の減少などにより一時的に物流業務に使用されないドローンの購入と維持にかかる費用を回収するために運送サービスの費用を割高に設定せざるを得なくなり、同業他社との同じサービス分野での競争力が低下する可能性がある。

関連するガイドライン

物流に関しては、レベル3飛行によりドローン物流事業を計画する者を対象として下記に示すガイドラインが公開されている。他ユースケースとの相違点として、荷物等の管理や責任主体・保険等が物流特有の事項として記載されている。また、医薬品配送は配送物の性質上、特性に応じた対応が求められる為個別のガイドラインが公

開されている。採算性確保の観点として、複数の配送先の荷物を同時に搭載する荷物の混載、帰り荷の確保及び年間を通じた定常的な需要を押さえ採算の基礎となる貨物を確保することの有効性が記載されている。

表 18 物流ユースケースに関連するガイドライン

発行者	ガイドライン名 概要	リンク
国土交通省	ドローンを活用した荷物等配送に関するガイドライン Ver.2.0 レベル 3 飛行によりドローン物流事業を計画するための具体的な手続きと関係法令等(航空法、道路交通法・道路法、河川法、自然公園法等を含む)が記載されている。	https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/kanminkyougi_dai16/betten2.pdf
JUIDA	無人航空機による物流に関するガイドライン ドローンによる物流を実施する際に物流業者が責任を負う事項、関連法令等(航空法、民法、小型飛行機等飛行禁止法等を含む)、認可及び届け出先、及び継続議論すべき課題が記載されている。	https://uas-japan.org/cms/wp-content/uploads/2019/11/JUIDA_distribution_guideline.pdf
内閣官房 厚生労働省 国土交通省	ドローンによる医薬品配送に関するガイドライン ドローンの実証事業において、薬局開設者又は医療機関の開設者がドローンを用いて処方箋により調剤された薬剤を患者に配送する場合、及び卸売販売業者がドローンを用いて医薬品を医療機関等に配送する場合を対象に、ドローン活用時の留意事項が記載されている。	https://www.mlit.go.jp/common/001411070.pdf

付録1－2. 警備

ユースケース特有の留意事項

レベル 4 の実現と運航管理システムの実装によってドローンの警備業務での活用が盛んに行われるようになることが期待される。一方で、警備業務にドローンを活用する場合に特有の課題に対応する必要があるため、以下のような点に留意してビジネスモデル検討・オペレーションを行うことが推奨される。

- 運航管理システムを使って飛行するドローンで警備を行う場合には、飛行計画や位置情報に具体的な用途や社名などを含めない、あるいは位置情報を伏せて飛行空域のみを共有する等の対応が可能であるか事前に検討する。
  ドローンの飛行計画や現在地等に関する詳細情報が第三者に公開されると、ドローンの監視を意図的に避けることが可能になり、不審者の発見や逃走中の容疑者の捜査等の警備の目的を達成することが難しくなる可能性がある。
- 発見した不審者の追跡をドローンが行う場合には、不審者を追跡中のドローンが、当初計画していた飛行範囲外の空域を飛行せざるを得ない場合が想定される。そのため、周辺の飛行禁止区域や提出済みの他のドローンの飛行計画の確認、周辺地域の地権者との調整を事前に行った上で、可能であれば飛行計画の再登録を行う等の対応をドローンの運航中に行い、警備業務を行う。
  周辺の飛行禁止区域や提出済みの他のドローンの飛行計画の確認、周辺地域の地権者との調整を事前に行った上で、可能であれば飛行計画の再登録を行う等の対応を行わなかった場合、周辺を飛行するドローンとの衝突や周辺地域の地権者等とのトラブルが発生する可能性がある。

関連するガイドライン

警備に関しては、施設警備業務(1 号業務)におけるドローンを活用した定時巡回業務及びセンサー発報箇所の現地確認業務を対象として下記に示すガイドラインが公開されている。警備業法で規定された警備業務の実施は、都道府県公安委員会の認定を受けた警備業者に限定されるので注意が必要である。ガイドラインでは、警備業法に規定された①施設警備、②雑踏警備、③警備輸送、④身辺警護のうち、①施設警備について記載されている。ドローンは「高機動性」、「俯瞰的視点」など、人による警備では得ることができない機能を提供することから、人的警備を省力的、効率的に代替する技術として期待されている一方で、個人情報保護や固定カメラ・警備員巡回とのコスト優位性等の課題も残っている。

表 19 警備ユースケースに関連するガイドライン

発行者	ガイドライン名 概要	リンク
JUTM	**警備分野における無人航空機の安全な運用方法に関するガイドライン** 施設警備業務(1 号業務)におけるドローンの利活用方法と関係法令(航空法、電波法、警備業法)が記載されている。	https://v.gd/K2Kusn (短縮 URL)

付録1－3. 空撮

ユースケース特有の留意事項

大規模なイベント上の催し物会場上空での空撮を行う場合には、同じ目的で他の事業者が付近でドローンを飛行させる可能性がある点に留意し、必要に応じて飛行開始前に事業者間で飛行空域の重複を避けるための調整を行う。

事業者間で飛行空域の重複を避けるための調整を行わない場合、同一の空域に複数の事業者が飛行させるドローンが集中し、ドローン同士の異常な接近や衝突の危険性がある。また、撮影した映像に他社のドローンが映り込む可能性もある。

関連するガイドライン

空撮に関しては、国際イベント等の催し物会場における空撮業務を対象として下記に示すガイドラインが公開されている。カメラによって個人情報にあたるものを撮影する可能性があることから、個人情報保護法の規制の下実施することが記載されている。ワイヤーカム等を用いて上空の撮影を行うことができない国際イベント等の催し物会場、観客や通行人等の第三者が飛行経路下に存在しないことが確認できる場所や一部エリアでの飛行が想定し記載されている。操縦形態は目視内での手動操縦と目視外の FPV(ドローンの一人称視点)による手動操縦を想定し記載されている。

表 20 空撮ユースケースに関連するガイドライン

発行者	ガイドライン名 概要	リンク
JUTM	**国際イベント等の催し物における空撮・救急医療分野での無人航空機の安全な運用方法に関するガイドライン**	https://v.gd/pauyXx (短縮 URL)

	国際イベント等の催し物での空撮とAED搬送におけるドローンの活用方法 におけるドローンの活用方法、及び 関係法令（航空法・電波法・個人情報保護法・重要施設の周辺地域の上空 における小型無人機等の飛行の禁止に関する法律等）が記載されている。	

付録1－4. 測量

関連するガイドライン・マニュアル

測量に関しては、国土地理院が公共測量を対象として下記に示すガイドラインが公開している。公共測量以外の測量作業など、同様の条件下においてドローンを使用する場合においても、このガイドラインを準用することが可能である。一方で、例えば公共施設の管理や災害状況の把握など、その他の目的や作業においてドローンを使用する場合には、運航方法や、使用する機種、運航条件などが大きく異なる場合もある。日本写真測量学会では国土地理院とは別途、測量会社が自ら定めるべき安全基準をガイドラインとして公表している。

表 21 測量ユースケースに関連するガイドライン

発行者	ガイドライン・マニュアル名 概要	リンク
日本写真 測量学会	**測量調査に供する小型無人航空機を安全に運航するための手引き** 測量調査をドローンで行う際に留意すべき事項（行動規範、法律の順守、個人情報やプライバシーへの配慮、ドローンの取り扱い方法を含む）が記載されている。	http://www.jsprs.jp/pdf/UAV20150525.pdf
国土地理院	**公共測量における UAV の使用に関する安全基準** 運航時の総重量が 25kg 未満のバッテリーで駆動するマルチローターを使用して、公共測量作業を行う上で留意すべき事項（運航条件、ドローンの要件、運航体制・手順、ドローンの取り扱い方法、及び関係資料リンク集を含む）が記載されている。	https://psgsv2.gsi.go.jp/koukyou/public/uav/doc/anzen_kijun_160330.pdf
国土地理院	**UAV を用いた公共測量マニュアル（案）** ドローンによる空中写真を用いた数値地形図作成・三次元点群作成の運用基準とカメラキャリブレーション実施記録等の標準様式が記載されている。	https://www.gsi.go.jp/common/000186712.pdf
国土地理院	**UAV 搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル（案）** ドローンに搭載するレーザスキャナを用いた公共測量の際に、測量作業の発注者と測量業者のそれぞれが参照できる標準的な作業方法が記載されている。	https://psgsv2.gsi.go.jp/koukyou/public/uavls/doc/uavsl_manual.pdf

付録1－5. 点検

ユースケース特有の留意事項

ドローンによる点検を行う場合、点検対象を詳しく調べるために点検対象にドローンを接近させる場合がある。

そのためドローンによる点検を行う際には、点検の対象とその周辺にある障害物等に対してドローンの障害物検知機能が正常に動作することを事前に確認する必要がある。
ドローンの障害物検知機能が正常に動作しなかった場合、ドローンが誤って接触・衝突することによって点検対象やその周辺の構造物等を破損し、その結果それらの所有者から損害賠償請求を受ける等することにより事業の継続の妨げとなる可能性がある。

関連するガイドライン・マニュアル

点検に関しては、コンビナート等の石油精製、化学工業（石油化学を含む）等のプラント内において、カメラ等を装備したドローンの飛行を行い、カメラによる撮影等を行う行為を対象として下記に示すガイドラインが公開されている。点検に関するガイドラインの特徴として、航空法・電波法だけではなく、点検に係る労働安全衛生法・高圧ガス保安法・消防法といった関連法下における取り扱いについても記載されている。

表 22　点検ユースケースに関連するガイドライン

発行者	ガイドライン名 概要	リンク
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** 通常運転時、設備開放時等、及び災害時におけるコンビナート等のプラント内でドローンによる撮影等を行う方法と、関連法令等（航空法、電波法、労働安全衛生法、高圧ガス保安法、消防法、プラント内における危険区域の精緻な設定方法に関するガイドライン）が記載されている。	https://www.meti.go.jp/press/2019/03/20200327009/20200327009-2.pdf

付録1－6. 農業

ユースケース特有の留意事項

ドローンによる農薬散布をレベル 4 で行う際には以下の様な点に注意してビジネスモデル検討・オペレーションを行うことが推奨される。

- レベル 4 でドローンによる農薬散布を行う場合には飛行経路を事前に吟味し、農薬散布用ドローンが飛行する地上付近の風速が許容範囲内であることを農薬散布開始前に SDSP から提供される情報を用いて確認する必要がある。
  飛行経路の吟味や風速の確認を怠った場合、農薬を散布対象の圃場以外に誤って散布したり、散布した農薬が風で飛散したりすることによって、水質汚染や第三者への健康被害、物件汚損を引き起こす可能性がある。また、既に散布が終わっている作物に農薬が飛散することにより、農薬の残留濃度が基準値を超えて出荷停止となる可能性もある。
- 必要に応じてドローンへの障害物検知センサーの取り付けを検討する。
  農薬散布を行う場合、ドローンを対地高度 2m 前後の低空で飛行させることになるため、障害物検知センサーを備えていないドローンをレベル 4 で飛行させると、その他の業務を目的とした飛行では問題にならないような背の低い構造物等と接触する可能性がある。

関連するガイドライン

農業に関しては、農薬や肥料の散布を対象として下記に示すガイドラインが公開されている。農薬の空中散布は、防除作業の負担軽減及び生産性の向上に資する技術として期待されており、近年、当該散布の実施面積は

、増加傾向にある。一方で農薬や肥料の散布は、航空法が制限を行う物件投下及び危険物輸送にあたることから、実施に当たっては地方航空局長への飛行許可申請・承認が必須となる点注意が必要である。また農薬を使用する者は、農薬取締法に基づき農作物や人畜、周辺環境等に被害を及ぼさないようにする責務を有するとともに、関係通知に沿った安全かつ適正な使用に努める必要がある。

表 23 農業ユースケースに関連するガイドライン

発行者	ガイドライン名 概要	リンク
国土交通省	**無人航空機飛行マニュアル(夜間・目視外・30m・危険物・物件投下)空中散布を目的とした申請について適用** 農用地等においてドローンによる空中からの農薬、肥料、種子等の散布を行うために必要となる、ドローンの点検・整備の方法、ドローンを飛行させる者の訓練及び遵守事項、及び安全を確保するために必要な体制が記載されている。	https://www.mlit.go.jp/common/001301400.pdf
農林水産省	**無人マルチローターによる農業の空中散布に係る安全ガイドライン** 無人マルチローターを用いた農薬の空中散布を安全かつ適正に実施する方法、事故発生時の対応方法、及び空中散布に関係する機関の役割が記載されている。	https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/boujyo/attach/pdf/120507_heri_mujin-132.pdf
石川県農林水産部	**農業用ドローン安全確保の手引き** 農業用ドローンを安全かつ効率的に運用するために導入前後に必要な知識やノウハウ(ドローンの定義・種類・特徴・使用場面、農業用ドローンに関連する法令・規制、安全な運用方法、事故発生時の対応を含む)が記載されている。	https://www.pref.ishikawa.lg.jp/nousei/oshirase/documents/doron-tebiki2.pdf

付録1－7. 災害対策

ユースケース特有の留意事項

災害発生時のみの運用を目的としてドローンと運航管理システムを導入するのではなく、平時の業務に利用できるドローンを災害対策にも利用することにより、災害対策を計画している地域内にドローンを運航するための体制を常時敷いておくことができ、災害への速やかな対応が可能となる。具体的には以下のような効果が期待できる。

- 地域の特性を考慮した、最適な飛行経路に関する知見を平時から蓄えておくことができる。
- ドローンの操縦・運航管理技術の向上が図れる。
- 災害発生前の地域の状況をドローンを用いて記録しておくことで、災害発生後の被害状況を正確に把握することができる。

また、災害対策を目的としたドローンの導入にかかる投資額を回収することができる点も、災害対策に使用できるドローンを平時から運用しておくことの利点の一つであると考えられる。

関連するガイドライン・その他資料

日本無人機運行管理コンソーシアム(JUTM)が作成し公開を予定している「災害時におけるドローン活用ガイドライン」では、災害時におけるドローンの活用方法の全体像が包括的に論じられる。これに対し、NEDO DRESS プロジェクトの Web ページで公開されている「災害時におけるドローン活用ガイドライン」では、災害時に想定される運航管理システムを用いたドローンによる対応方法がオペレータ向けに説明されている。

表 24 災害対策ユースケースに関連するガイドライン

発行者	ガイドライン・その他資料名 概要	リンク
JUTM	**災害時におけるドローン活用ガイドライン** 無人機を含む航空運用調整の役割を災害対策本部内に設け、政府と自治体が一定のルールに則り、災害対策にドローンを安全に活用する方法が記載される。	-
NEDO	**災害時におけるドローン活用ガイドライン** ドローンが災害対応に役立つシーンと役立てるための手順が記載されている。 なお、このガイドラインは本資料と同様に NEDO が実施した。「ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト／無人航空機の運航管理システム及び衝突回避技術の開発／地域特性・拡張性を考慮した運航管理システムの実証事業」で実施した実証実験の結果に基づき作成されている。	本資料と同じ Web ページに掲載

付録２．空域別追加事項

付録2－1. 河川

河川には河川法が適用される。河川区域とは、河川を管理するために必要な区域で、基本的には堤防と堤防に挟まれた間の区域をいう。ドローンを活用した荷物等配送に関するガイドライン Ver.1.0 にて、上空を単に通過する場合は、原則、手続き不要であると整理されている。一部 DID 地区に含まれる河川・河川で実施されるイベント・水質への影響が顕著なものの輸送等は事前に確認が必要である。また、河川区域や河川保全区域において、短期間、且つ大規模な工作物の設置を伴わない使用をする場合は、所管する県の建設事務所へ河川の一時使用届を提出する必要がある。

https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/pdf/siryou17.pdf

付録2－2. 道路

道路には道路交通法・及び道路法上が適用される。道路とは、高速自動車国道・国道・都道府県道・市町村道のことで、一般交通の用に供される。ドローンを活用した荷物等配送に関するガイドライン Ver.1.0 にて、上空を単に通過する場合は、原則、手続き不要であると整理されている。ただし、業務飛行などでドローンを公道で離発着

させる場合、事前に道路使用許可を取得しておく必要がある。

https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/pdf/siryou17.pdf

付録2－3. 港湾

港湾には、港則法及び海上交通安全法と港湾法及び漁港漁場整備法が適用される。港湾区域は、経済的に一体の港湾として管理運営するために必要な最小限度の区域について、国土交通大臣又は都道府県知事が港湾管理者に対して認可した水域である。ドローンを活用した荷物等配送に関するガイドライン Ver.1.0 にて、上空を単に通過する場合は、原則、手続き不要であると整理されている。ただし、港湾・漁港を含め、条例で飛行の許可を求めている場合もある為、各港湾・漁港の確認が必要である。

https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/pdf/siryou17.pdf

付録2－4. 山間部

山間部には、自然公園法と国有林野の経営管理に関する法律が適用される。ドローンを活用した荷物等配送に関するガイドラインVer.1.0 にて、上空を単に通過する場合は、原則、手続き不要であると整理されている。ただし、ドローンの飛行や離着陸に伴い、ドローンポートなどの工作物や看板を設置する場合は、自然公園法に基づく許可申請又は届出が必要となる場合がある。

https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/pdf/siryou17.pdf

付録2－5. 私有地

私有地には、民放が適用される。民法においては、「土地の所有権は、法令の制限内において、その土地の上下に及ぶ。」(第 207 条)と規定されているが、その範囲は、一般に当該土地を所有する者の「利益の存する限度」とされている。このため、第三者の土地の上空をドローンが飛行することが直ちに所有権の侵害にあたる訳ではないと解されている。

この場合の土地所有者の「利益の存する限度」が如何なる範囲かについては、一律の高さとして設定されるものではなく、当該土地の建築物や工作物の設置状況、事業活動の状況など具体的な使用態様に照らして判断されることとなる。

https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/kanminkyougi_dai16/betten2.pdf

付録2－6. 重要施設及びその周囲

重要施設及びその周囲には、小型無人機等飛行禁止法が適用される。重要施設の対象は、①国の重要な施設等、②外国公館等、③防衛関連施設、④空港、⑤原子力事業所の五つである。重要施設及びその周囲おおむね 300m の周辺地域の上空における小型無人機等の飛行が原則として禁止されている。

https://www.npa.go.jp/bureau/security/kogatamujinki/index.html

民法第 207 条との整合性「土地の所有権は、法令の制限内 において、その土地の上下に及ぶ」

一般的な解釈では、土地所有権は、所有者の「利益の存する限度」内で及ぶとされており、土地の上空の飛行が直ちに所有権を侵害する訳ではない。多様な利活用の形態に鑑みれば、一律の基準の設定は有益でない可能性がある。航空機等の上空利用の実態も踏まえ、当面は落下、騒音、プライバシー等の住民の心配・懸念に対応し、理解を得る取組を推進、引き続き、諸外国の動向調査等を実施する方針が政府から示されている。

https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/kanminkyougi_dai13/siryou1.pdf

従って、第三者の土地の上空を飛行する場合には、現地調査や、土地の所有者や周辺住民、自治体の担当者などとの調整が重要となる。

付録３．運航体制と位置情報管理機能の段階的発展の見通し

運航形態の発展が位置情報管理機能を必要とする

レベル 4 でドローンの飛行を行う場合においても、1 人のオペレータが複数のドローンの運航を同時に管理する運航形態が将来認められるようになると予想される。このような運航形態が認められた場合、ドローンを用いたサービスが提供しやすくなることで、ドローンを飛行させるオペレータとそのオペレータを擁する運航事業者数が増加すると予想される。それに伴って、時間的・空間的に接近した飛行計画が運航管理システムに登録されるようになり、飛行計画と実際の飛行の差異が、異なるオペレータが管理するドローン同士の意図しない接近を引き起こす可能性が高まる。

1 人のオペレータが複数のドローンの運航を同時に管理する場合には、オペレータが全ての機体から送られて来る位置情報や機体に取り付けられたカメラの映像を常に監視し続けることはできない。そのため、運航管理システムが各ドローンの位置情報を自動的に確認し、他のドローンとの衝突の恐れのあるドローンのオペレータに対しては、軌道修正や一時停止を要することを示す警告情報を送信することが必要とされるようになる。また、飛行計画から逸脱して飛行することは、このような衝突の危険性を増すため、飛行前に登録されている飛行計画から大きく逸脱しているドローンのオペレータに対しても、軌道修正を要することを示す傾向情報を同様に送信することが必要とされるようになる。

こうしたドローンのオペレータの要望に応えるようにして、運航管理システムに、位置情報を用いたドローンの衝突を事前に防ぐため警告情報の提供機能が、運航管理システムの段階的な発展とともに実装されることが期待されている。

運航管理システムは運航体制とともに段階的に発展する

運航管理システムの機能はその全てが一斉に提供されるようになるわけではなく、一部の機能から段階的に実装されていくものと考えられている。図 12 は、2022 年度以降に予想される、運航管理システムとオペレータの運航形態の段階的な発展の様子を示したものであり、位置情報を用いたドローンの衝突を事前に防ぐため警告情報の提供機能は、この図中の Step3 で実現される機能に該当する。

			Step1	Step2	Step3	Step4	Step5
無人機の管理	飛行前	計画調整	○	○	○	○	○
		計画交渉（直接）		○	○	○	○
		計画交渉（自動）				○	○
	飛行中	動態情報提供			○	○	○
		回避方法提案					○
有人機の管理	飛行中	動態情報提供	○	○	○	○	○
		回避方法提案					○

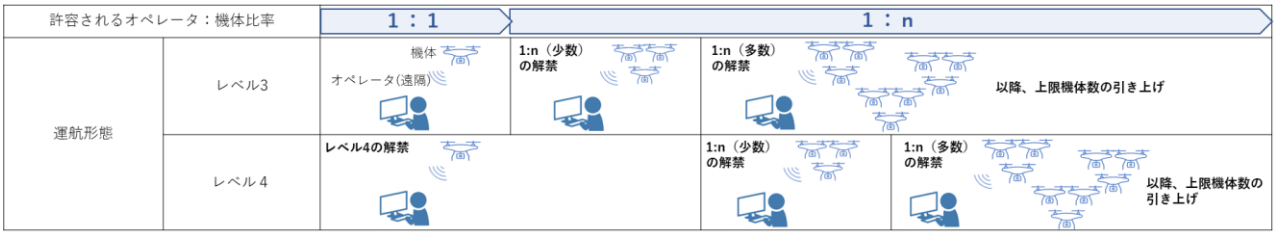


図 12 運航管理システムと運航形態の発達予想

Step1 から Step2 までの段階では、位置情報を用いた機能は運航管理システムから提供されないため、ドロー

ンの位置情報を運航管理システムへ送信する必要は無い。一方、Step3 以降の段階に到達した後は、レベル 3、レベル 4 のいずれの場合でも、ドローンの位置情報を運航管理システムに送信し、オペレータや運航事業者同士が互いの管理するドローンの運航状況を常に確認できる状態を保つ必要がある。これによって、ドローン同士の意図しない接近や飛行経路の逸脱を回避することができるようになる。