

ドローン利活用のアーキテクチャ設計

中間報告書

独立行政法人 情報処理推進機構
デジタルアーキテクチャ・デザインセンター
自律移動ロボットプログラム
2021年7月

目次

1.はじめに	1
1.1. 本書の構成.....	2
1.2. DADC の目的と注力分野.....	2
1.3. 自律移動ロボット PG の目的と注力テーマ.....	2
2.2030 年のドローン利活用の将来ビジョン	5
3.想定するアーキテクチャ設計プロセス	8
3.1. 今回のアーキテクチャ設計の狙い.....	8
3.2. 想定するアーキテクチャ設計プロセスと 2020 年度の進捗.....	8
3.2.1. 想定するアーキテクチャ設計プロセス.....	9
3.2.2. 2020 年度の進捗.....	10
4.ドローン利活用のニーズや要求の収集と抽出	11
4.1. ステークホルダーの識別結果.....	11
4.2. 要求抽出に関する各プロセスの意図と関係性の説明.....	14
4.3. ニーズや要求の収集と抽出の実施内容.....	15
4.3.1. ステークホルダーのニーズや要求の収集.....	15
4.3.2. ドローン事業観点のユースケースからのニーズや要求事項抽出.....	20
4.3.3. ドローンを取り巻く社会のニーズや要求事項抽出.....	22
4.3.4. ニーズや要求事項抽出の二つのアプローチの相補.....	23
4.3.5. ニーズや要求の整理と課題の分析.....	24
5.今後の展望	25
5.1. 2020 年度の成果.....	25
5.2. 今後の展望.....	26
5.3. ステークホルダーとの協働.....	28
著者	29
参考文献	30

用語集

Society5.0

サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会（Society）。

狩猟社会（Society 1.0）、農耕社会（Society 2.0）、工業社会（Society 3.0）、情報社会（Society 4.0）に続く、新たな社会を指すもので、第5期科学技術基本計画において我が国が目指すべき未来社会の姿として初めて提唱された。

【出典】内閣府ホーム>内閣府の政策>科学技術政策 > Society 5.0,https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/

アーキテクチャ

システムが存在する環境の中での、システムの基本的な概念又は性質であって、その構成要素、相互関係、並びに設計及び発展を導く原則として具体化したもの。

【出典】JIS X 0170:2020 (ISO/IEC/IEEE 15288:2015)

サイバー・フィジカルシステム/CPS

デジタル世界（サイバー空間）と現実世界（フィジカル空間）をIoT関連技術で結びつけ、産業の高度化や社会的課題の解決を図る仕組。産業・医療・インフラ・エネルギー・交通・公共サービスなど、現実世界のさまざまな分野で得られる大量のデータを、デジタル世界におけるクラウドコンピューティングやビッグデータの処理技術を通じて、価値ある情報やデータとして現実世界に還元し、広く社会規模で合理化や最適化を図ることを目的とする。

【出典】"GOVERNANCE INNOVATION VER.2: アジャイル・ガバナンスのデザインと実装に向けて",<https://www.meti.go.jp/press/2020/02/20210219003/20210219003-1.pdf>

システム

ある定義された目的を達成する、要素、サブシステム、またはアセンブリを統合したまとまり。これらの要素には、製品（ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア）、プロセス、人、情報、技術、設備、サービス、およびその他のサポート要素を含む（INCOSE）。一つ以上の定められた目的を達成するために編成された相互作用する要素の組み合わせ（ISO/IEC/IEEE15288）。

【出典】デイビッド・D・ウォルデンほか編,西村 秀和 監訳 "システムズエンジニアリングハンドブック 第4版",慶應義塾大学出版会,2019年

システム オブ システムズ (system of systems)

既存の構成システムがそのままでは達成できないサービスを提供するために、相互的に作用するシステム要素の集合体。

以下の5つの特徴をもったシステムを System of Systems (SoS)と呼ぶ。

1. 運用の独立性：SoSの構成システムは個別に運用される。
2. 管理の独立性：構成システムは別々に調達され、統合される。しかし、運用中の構成システムはそのまま運用される。
3. 進化的開発：機能や目的が、追加/削除されたり途中で変更されたりするなど、開発とシステムが進化的に変化する。
4. 創発的振舞い：構成システム単独では実現できない目的を SoS として実現する。
5. 地理的な分散：構成システムが離れており、構成システム間で質量やエネルギーの物理量ではなく、情報を交換 SoS でない System を“Monolithic System”と呼ぶ。

【出典】ISO/IEC/IEEE21841:2019

Mark W.Maier,Architecting Principles for Systems-of-Systems,(1998)

”IoT時代のシステムデザインアプローチ ~いかにしてIoTシステムをデザインするか~”,

<https://www.ipa.go.jp/files/000053968.pdf>

ステークホルダー

利害関係者。システムに、権利、持分、請求権もしくは関心を持っている個人もしくは組織、またはニーズおよび期待に合致する特性をシステムが持つことに、権利、持分、請求権もしくは関心を持っている個人もしくは組織。

【出典】 JIS X 0170:2020 (ISO/IEC/IEEE 15288:2015)

要求事項

ニーズとそれに付随する制約・条件とを変換した又は表現する文。

【出典】 JIS X 0170:2020 (ISO/IEC/IEEE 15288:2015)

ライフサイクル

システム、製品、サービス、プロジェクトまたは人が作った他の実体の構想から廃止までの漸進的な発展を表す概念。

【出典】 JIS X 0170:2020 (ISO/IEC/IEEE 15288:2015)

1. はじめに

人類は、有史以来、たびたび大きな社会変化を起こしている。狩猟社会から始まる、農耕社会、工業社会、情報社会への変化は、そこに暮らす人々の生活様式に大きな変化をもたらしてきた。その変化は、人々の命と生活を守り、育み、利便や快適さを高め、さらに知的な進化を進めている。我が国では産業革命がもたらした現実空間の豊かさと、情報革命がもたらした仮想空間の豊かさを高度に融合させることでもたらされる人間中心のサイバー・フィジカルな社会を Society5.0¹と定義し、それを目指す取組みを進めている。

Society5.0 の実現を目指して 2020 年に独立行政法人 情報処理推進機構（以後 IPA と呼ぶ）に「デジタルアーキテクチャ・デザインセンター」（以後 DADC と呼ぶ）が創設された。DADC では「自律移動ロボット²」を重点的に取り組むべき分野の一つとし、これを推進する組織として自律移動ロボットプログラム（以後自律移動ロボット PG と呼ぶ）が設立された。自律移動ロボット PG では本格的な社会実装が期待されるドローン³をテーマとした。

本書が対象とするドローンは、コンピュータによる制御と通信によって空を飛ぶ無人航空機である。したがって、ドローンは仮想空間の能力を使って現実空間を移動する、サイバー・フィジカルな社会における両空間の接点となる役割を果たすことができる。ドローンが空を自由に飛ぶことを実現するため、その安全性や利便性を高めることを想定し、現実空間のセンシングと解析・判定技術の進化、運航の基盤となる特定高度の情報通信の整備推進、無人航空機の有人地帯を目視外飛行することを対象とするレベル 4 飛行⁴の実現に向けた航空法改正等、産官学でさまざまな取組みが進められつつある。

こうした取組みが、便利で豊かな生活を支える「産業」として実現されるには、各取組みが有機的に結び付いた上で、ドローン利活用の安全性・利便性・経済合理性を同時に確立していく必要がある。そのためには、目指すべき将来ビジョン⁵の確立・共有と、その実現のために必要な構成要素の整理・分析に基づいたドローン利活用を俯瞰した議論が不可欠である。自律移動ロボット PG ではさまざまなサーチ結果や未来予測から導出された将来ビジョンに基づいて、ドローン利活用の全体像（ハードウェア、ソフトウェア、システム、サービス、法制度・ルール・ガイドライン等を含むガバナンス、関連する組織等）を俯瞰する「ドローン利活用のアーキテクチャ」の設計を進めている。

¹ Society5.0 内閣府. “Society5.0 で実現する社会” https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/

² 自律移動ロボット 高度な自律性を備えた動作またはタスクを実行する移動型ロボット。

³ ドローン 無人航空機。水中ドローンなど、無人で自律移動するデバイス全般を呼ぶこともあるが、本書では無人航空機に限定して使う。ドローンは航空法 2 条 2 号に次のように定義される。「『無人航空機』とは、航空の用に供することができる飛行機、回転翼航空機、滑空機、飛行船その他政令で定める機器であって構造上人が乗ることができないもののうち、遠隔操作又は自動操縦（プログラムにより自動的に操縦を行うことをいう。）により飛行させることができるもの（その重量その他の事由を勘案してその飛行により航空機の航行の安全並びに地上及び水上の人及び物件の安全が損なわれるおそれがないものとして国土交通省令で定めるものを除く。）をいう。」

⁴ レベル 4 飛行 有人地帯における目視外飛行。【出典】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、令和 2 年 12 月、国土交通省航空局、https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/kanminkyougi_dai15/siryou1.pdf

⁵ 将来ビジョン ドローン利活用のアーキテクチャ設計の前提として置いた、将来のドローンの運用に対する仮説。

1.1. 本書の構成

本書は、自律移動ロボット PG が取り組むドローン利活用のアーキテクチャ設計のプロセスと、2020年度の活動成果について取りまとめたものである。

- 1章では、DADC と自律移動ロボット PG について述べる。
- 2章では、Society5.0 におけるドローンの将来ビジョンについて述べる。
- 3章では、アーキテクチャ設計の狙いと設計のプロセスについて述べる。
- 4章では、3章に基づくアーキテクチャ設計の各作業の結果を述べる。

各プロセスの詳細については、ステークホルダー識別を付録 A に、ステークホルダーへのヒアリングによるニーズ⁶や要求⁷の収集結果を付録 B に、ドローン事業観点のユースケースからのニーズや要求事項抽出を付録 C に、ドローンを取り巻く社会のニーズや要求事項抽出を付録 D に、それぞれ述べる。

- 5章では本書をまとめ、本活動の今後の展望について述べる。

1.2. DADC の目的と注力分野

DADC の最大の目的は、Society5.0 を形成する基盤となるシステム全体のアーキテクチャを産官学の連携の下で設計・提案するとともに、その設計のための方法論を開発・確立することである。また、この過程で見いだされる制度的・技術的な課題などを制度の見直しや各種標準の整備、さらなる研究開発等につなげていくとともに、こうした実践を通じて、アーキテクチャ設計を担う中核的な人材を育成することも重要な目的である。なお、ここでのシステムとは、人・組織や自然が動作させるものも含めた広義のシステムであり、コンピュータシステムに限った話ではないことに注意いただきたい。

DADC は、こうした活動を国際的な協力・連携も交えながら実施することで、人を中心とした自由で信頼ある国際社会の発展に寄与すべく、Society5.0 時代の新たなデジタル市場の基盤構築において中心的な役割を果たすことを目指している。

DADC では、特に①サイバー・フィジカルの両面にわたるアーキテクチャ設計、②異分野との連携、③制度・ルールを含むガバナンス改革の三つに取り組む。これを踏まえ、設立初年度である 2020 年度は、注力分野を「自律移動ロボット」「住民起点 MaaS」「スマート安全」の三つとし、それぞれにワーキンググループを設置した。(後にプログラムに改名)

DADC の目的の詳細については DADC 憲章⁸を、各ワーキンググループの詳細については DADC Web サイトの「ワーキンググループの取り組み」⁹を参照いただきたい。

1.3. 自律移動ロボット PG の目的と注力テーマ

自律移動ロボットとは、コンピュータ・通信・センサ・アクチュエータ・移動機構を有し、環境を

⁶ ニーズ (ステークホルダーニーズ) 識別されたステークホルダーがもつ必要性、欲求、要望、期待および認知された制約を記述したもの。【出所】 JIS X 0170:2020 (ISO/IEC/IEEE 15288:2015)

⁷ ニーズや要求 「ニーズ」と「要求」は別の用語だが、本書では「ニーズや要求」という一体化した用語で表現。これは、現在の作業状況ではまだニーズと要求を明確に分離できていないためである。

⁸ DADC 憲章 <https://www.ipa.go.jp/dadc/about/dadc-charter.html>

⁹ ワーキンググループの取り組み https://www.ipa.go.jp/dadc/architecture/wg_about.html

認識し、状況を判断しながら現実空間を移動するデバイスである。自律移動ロボットは人やモノを運んだり、離れた場所をセンシングしたりする能力を有し、サイバーとフィジカルをつないで Society5.0 を実現する一要素である。図 1-1 に自律移動ロボットの例を示す。本書で扱うドローンとは、これらのうち、無人で空を飛ぶことができる自律移動ロボットである。

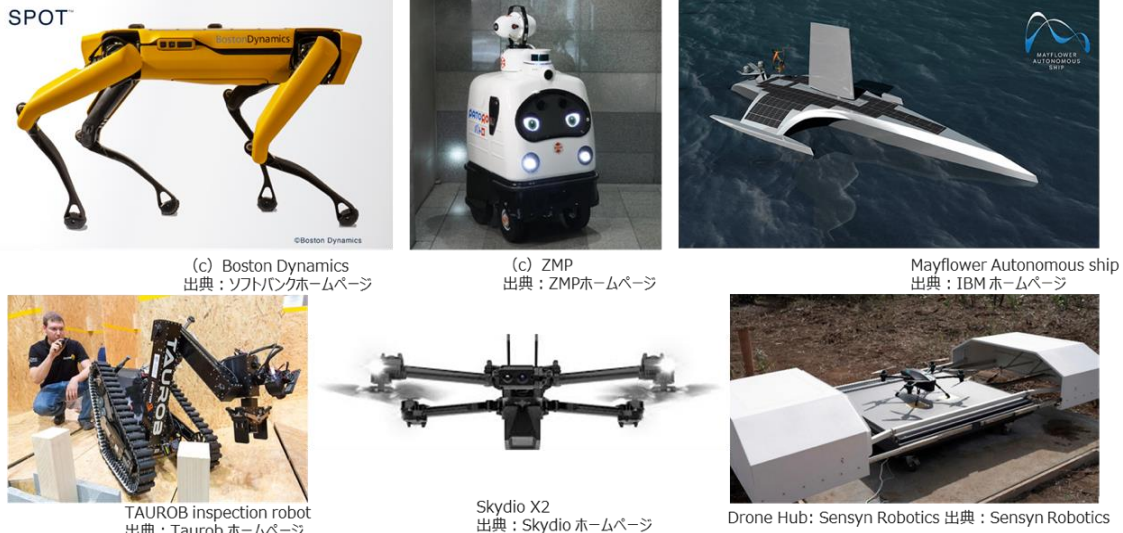


図 1-1 自律移動ロボットの例

自律移動ロボット PG の目的は、サイバー・フィジカルシステムが実現する仮想空間と現実空間の高度な融合による自律移動ロボットの安全かつ最適な運用の実現に向けたアーキテクチャの設計をすることである。

2020 年度は、国内外で社会実装が進むドローンを自律移動ロボットの先行事例として取り上げ、その産業アーキテクチャ設計に向けた将来ビジョン策定、ヒアリング、意見抽出、要求分析などを実施した。2021 年度末にドローン利活用のアーキテクチャを公開することを目指す。

1.4. 将来ビジョン実現のための方向性

図 1-2 にドローン利活用の将来ビジョン実現のための方向性について示す。現在、ドローン利活用に関わるステークホルダーが個別にそれぞれの組織の目的でロードマップを描き、現状に基づくあるべき姿に向け、ドローン利活用の形態を作り上げようとしている。しかしながら、それぞれのステークホルダーは個別にミッションがあるため、そのミッションを達成することのみを目的とすると、ニーズや要求の競合が発生するという問題がある。

そこで、ドローン利活用の将来ビジョンを明確に掲げて、各ステークホルダーのニーズや要求の競合を解消しながら、アーキテクチャ設計を行うことで、ドローン利活用の高度な社会実装を達成できる。

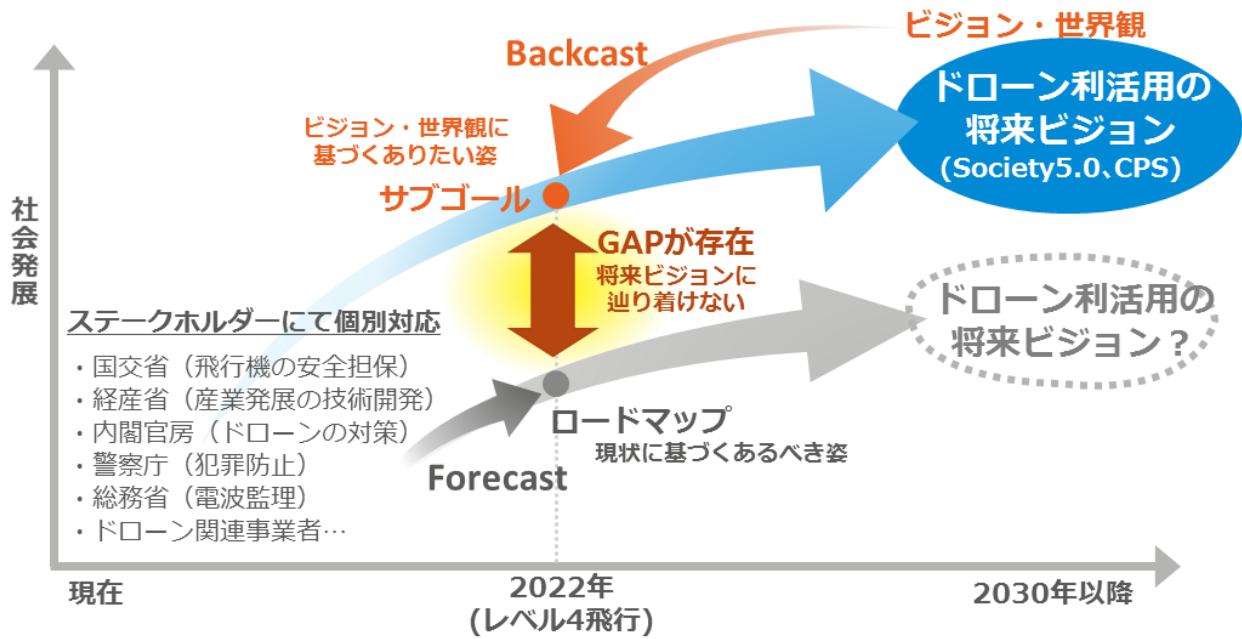


図 1-2 ドローン利活用の将来ビジョン実現の方向性

2. 2030年のドローン利活用の将来ビジョン

我々はドローン利活用として以下にフォーカスをあてる。

- ・ドローン関連のサービス利用者
- ・ドローンを利活用したサービス産業
- ・ドローンを運用するためのインフラ（機体、通信、測位、運航管理¹⁰、保険等）
- ・ドローンに関わるガバナンス（法制度・ルール等）

我々は2030年にどのようにドローンが利活用されるのかの仮説を置き、ドローンに関わるステークホルダーにヒアリングでこれを提示し、頂いたフィードバックを反映した上で、ドローン利活用の将来ビジョンを構築した。

表 2-1 に現状と2030年のドローンの運用の仮説を示す。2030年にはドローンの飛行する地域が過疎地から地方都市、大都市へと拡大している。また、飛行する空域は、無人地帯上空など限られた飛行経路やエリアから第三者上空へと広がり、承認を受けた上で自由に飛行できる範囲が拡大している。さらに低高度を飛行する空飛ぶクルマなどとの空域が共有され、ドローンが高密度¹¹で運用される。

表 2-1 現状と2030年の運用の仮説

大分類	構成要素	現状	2030年
運用の想定	飛行する地域	農地、山間地、河川等	左記に加え、地方都市、大都市等
	飛行する空域	承認をうけた飛行経路、エリア	第三者上空の自由な飛行
	空域の共有 ※高度150m以下想定	空域を分離 空港周辺等では個別の許諾	低高度を飛行する空飛ぶクルマ等も含め、 時間的な分割による空域共有
	ドローンの飛行密度	低密度	高密度
社会的受容性	セーフティ	安全性の確保	安全性が担保される 耐空性確保、被害軽減、高密度運航管理
	セキュリティ	セキュリティの確保	セキュリティが担保される
	プライバシー	プライバシー情報の漏えい防止	プライバシーが保護される
産業振興	産業戦略	実証フェーズから過疎地での運用開始	日本全国、海外展開
	ドローンサービス	過疎地域での物流 農業、点検、測量、災害調査等 ※管理された空域での飛行	都市部物流 広域の農業、点検、測量、災害調査、警備、巡視等 ※第三者上空、目視外、自律飛行
	ドローンインフラ	LTEの上空利用、広域WiFi、リモートID等	航路、ポート、5G活用、運航管理

表 2-1 に基づいて、図 2-1 のサイバー・フィジカルシステムでのドローンの運用イメージを描いた。

¹⁰ 無人航空機運航管理 無人航空機の運航を管理するための地上の体系。

¹¹ 高密度 “Unmanned Aircraft System Traffic Management (UTM) Simulation of Drone Delivery Models in 2030 Japan”, 大瀬戸他, Journal of Robotics and Mechatronics Vol.33 No.2, 2021 によると、2030年に仙台市をモデルにシミュレーションをした結果、5km×10kmの範囲で一日に16504回、ドローンが高密度に運用されるという報告がされている。

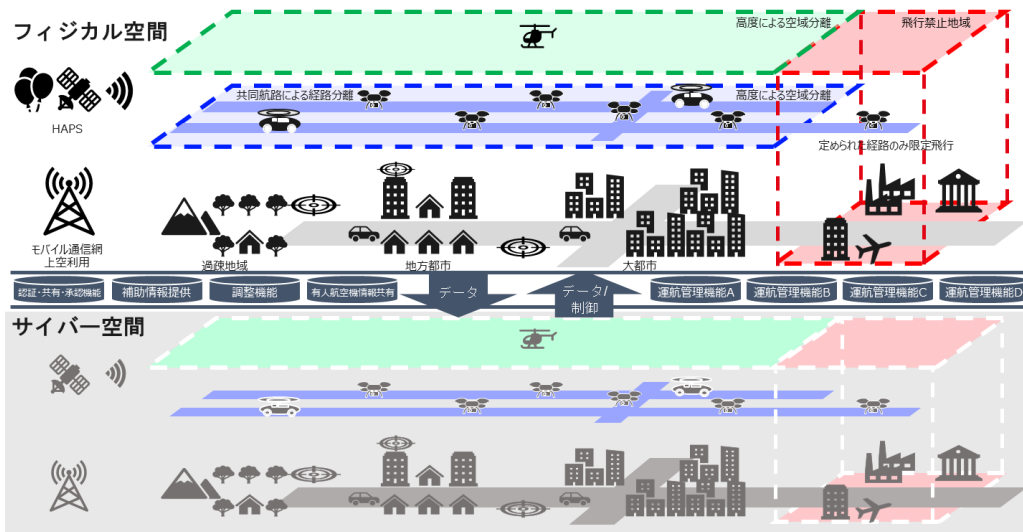


図 2-1 Society5.0 でのドローンの運用イメージ

仮想空間では現実空間の写像として、ドローンを安心・安全・効率的に運航するための情報が管理される。現実空間の情報はリアルタイムに仮想空間に反映され、仮想空間で判定された情報は現実空間にフィードバックされる。

図 2-2 にサイバー・フィジカルシステムによるドローンの運用の例を示す。サイバー・フィジカルシステムを介して、他の機体の現在位置や飛行予定の経路、飛行目的・属性情報（緊急車両か否か）等が、組織やモビリティを横断して流通・共有される。加えて気象や電波状況等の現実空間に関するデータと重ね合わせることで多角的な状況把握と判断が可能となる。サイバー・フィジカルシステムを活用してドローンを運用することで、人の介入を最小限に抑えながら、安全かつ効率的な、多数のドローンの同時運行が実現することが可能となる。

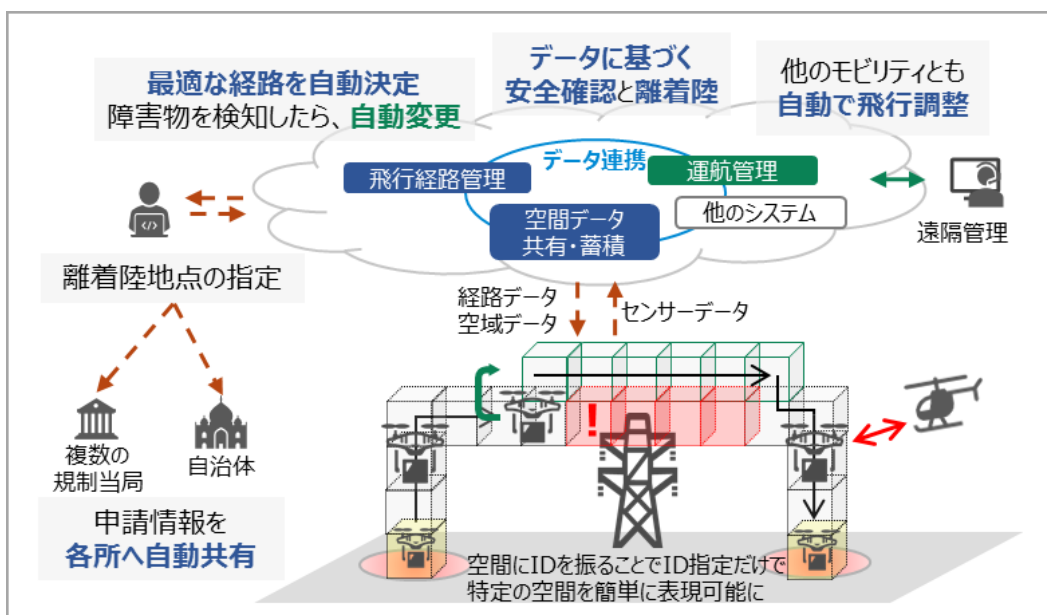


図 2-2 サイバー・フィジカルシステムによるドローンの運用の例

将来ビジョンの構築において、ヒアリングで頂いた具体的な意見については付録 B で報告する。なお、今回行ったヒアリングでは、その対象が一部のユースケースに基づく事業者に絞られているため、さらに多くのステークホルダーの協力を得て、対象範囲を拡大していく必要がある。したがって、今後この将来ビジョンは、引き続き収集する意見に基づいて随時ブラッシュアップと詳細化をしていく。

3. アーキテクチャ設計の狙いとプロセス

本章ではドローン利活用のアーキテクチャを設計する狙いと、想定した設計プロセスについて述べる。さらに 2020 年度の進捗の概要について述べる。

3.1. 今回のアーキテクチャ設計の狙い

今回のアーキテクチャ設計の狙いは以下である。

- ① 将来ビジョンに基づいた、かつ、各ステークホルダーが共通して参照できる見取り図であるアーキテクチャを設計することで、将来ビジョンの共通認識と、それに向けて足並みを揃えた取組みが可能となる。
- ② アーキテクチャ設計の過程や論拠は、構造化された図表や文書として記録される。これらを用いることで、さまざまな背景を持つステークホルダーが検証と改善に参画可能となり、広範な合意形成が可能となる。
- ③ 設計の過程や論拠があることで、社会の変容に伴った将来的な設計変更においても、その影響を分析しながら進めやすくなる。

現実空間のセンシングと解析・判定技術の進化、運航の基盤となる特定高度の情報通信の整備推進、無人航空機のレベル 4 飛行の実現に向けた航空法改正等、多種多様なステークホルダーが個別に取り組んでいる。これらの取組みを結び付けるには、将来ビジョンを共有し、多くのステークホルダーの合意形成をすることが重要である。社会・産業の健全な協調と競争を促進するために、ドローン利活用の全体を俯瞰・整理した上でその構成要素の関係性を設計したものがアーキテクチャである。

3.2. 想定したアーキテクチャ設計プロセス

産業を対象としたアーキテクチャ設計に最適な設計手法は確立されていない。そのため、我々は以下の標準を参考に検討した。

- ISO/IEC/IEEE 15288:2015 Systems and software engineering — System life cycle processes¹²
- ISO/IEC/IEEE 42010:2011 Systems and software engineering — Architecture description¹³
- ISO/IEC/IEEE 42020:2019 Software, systems and enterprise — Architecture processes

想定したアーキテクチャ設計プロセスと 2020 年度の進捗について述べる。

¹² ISO/IEC/IEEE 15288:2015 Systems and software engineering — System life cycle processes ISO/IEC/IEEE 15288:2015 を基に、技術的内容および構成を変更することなく作成した日本産業規格（システムライフサイクルプロセス (Systems and software engineering — System life cycle processes) JIS X 0170:2020 (ISO/IEC/IEEE 15288:2015)）がある。人が作り出すシステムのライフサイクルを記述するためのプロセス記述の共通的な枠組みについて規定したものの。

¹³ ISO/IEC/IEEE 42010:2011 Systems and software engineering - Architecture description システムおよびソフトウェアのアーキテクチャ記述の国際規格。

このプロセスを図 3-1 で示す。図中の括弧は本書の対応箇所を示す。

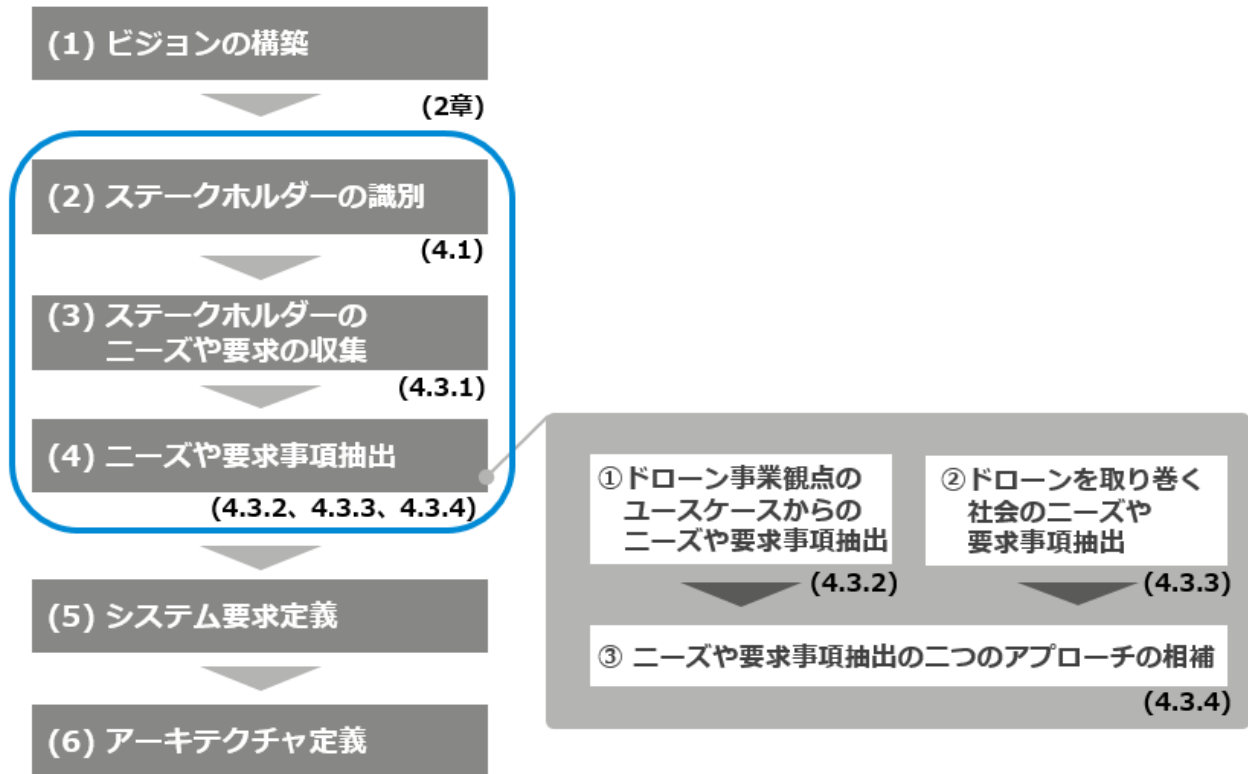


図 3-1 アーキテクチャ設計プロセス

最初に、2030年の将来ビジョンをステークホルダーと共有する必要がある。そこで、実現すべき将来ビジョンを描くために、「(1)ビジョンの構築」をする。ここで示した将来ビジョンを、(2)～(6)のプロセスにおけるインプットとして活用する。

続いて、「(2)ステークホルダーの識別」では、ドローンを取り巻く社会におけるステークホルダーの識別を行う。これは、アーキテクチャ設計にあたりステークホルダーへのニーズや要求の収集を行う上で、ステークホルダーを網羅的に把握する必要があるためである。

「(3)ステークホルダーのニーズや要求の収集」では、(2)で識別されたステークホルダーのニーズや要求をヒアリングで収集する。

「(4)ニーズや要求事項抽出」では、ヒアリングなどの結果を踏まえ、ニーズや要求事項を抽出する。この抽出は、次の三つのサブプロセスで行う。初めに、「①ドローンの事業観点のユースケースからのニーズや要求事項抽出」および「②ドローンを取り巻く社会のニーズや要求事項抽出」をそれぞれ実施する。①と②で得られたニーズや要求事項は、それぞれが別のアプローチの抽出結果であり、一致しない。そこで、「③ニーズや要求事項抽出の二つのアプローチの相補」により、相互の抽出結果を補完する。

「(5)システム要求定義」では、(3)、(4)で得られたニーズや要求を整理、検証し、システム要求として定義する。システム要求とは、ニーズや要求事項を実現するため、ステークホルダーのニーズや要

求事項を、システムに対する要求（機能、サービス等）に落とし込んだものである。

「(6)アーキテクチャ定義」では、(5)で整理されたシステム要求を社会全体や産業におけるステークホルダー、ガバナンス（法制度・ルール・ガイドライン等）の実行主体に割り当て、ドローン利活用のアーキテクチャとして定義する。

なお、これらの(1)から(6)のプロセスは、ステークホルダーに意見を求めながら、仮説と検証を繰り返し、ブラッシュアップを行う。

4. ドローン利活用のニーズや要求の収集と抽出

本章ではドローン利活用のアーキテクチャを設計する上でのニーズや要求の収集と抽出について述べる。最初に、ステークホルダーの識別結果を述べる。次に、ニーズや要求の収集と抽出に関する各プロセスと、その関係性について述べる。さらに具体的な作業としてニーズや要求の収集と抽出の結果と、これからの予定について述べる。

4.1. ステークホルダーの識別結果

ステークホルダーの識別では、具体的なステークホルダーとなる組織・人を洗い出し、ステークホルダーを識別するための役割を 25 種類に整理した。識別にあたっては、ドローンに関わる省庁¹⁵や民間の市場調査レポート¹⁶などを参考にし、ステークホルダーの役割の分類を論理的に漏れなくツリー構造で分析することで網羅性を高めた。

整理した結果を表 4-1 に示す。なお、具体的な組織・人は複数の役割を兼ねる場合がある。一例として、報道機関は「ドローンを利用する」と「報道によりドローン利活用に影響を与える」といった役割がある。

¹⁵ 特許庁「平成 30 年度 特許出願技術動向調査報告書 ドローン(平成 31 年 2 月)」特許庁が発表したドローンに関する特許出願技術動向の調査報告書。【出典】 https://www.jpo.go.jp/resources/report/gidou-houkoku/tokkyo/document/index/30_05.pdf

¹⁶ ドローン市場調査分析レポート インプレス社が発行しているドローンの市場調査に関するレポート。【出典】 春原久徳/青山祐介/インプレス総合研究所. ドローンビジネス調査報告書 2020. 株式会社インプレス 出版営業部, 2020, 481p.

表 4-1 ステークホルダー一覧

役割				具体例（組織・人）		
ドローン活用 の関係者	規制や振興する側	ルールを作る組織		1	省庁、自治体、標準化団体、業界団体、DADC等	
		ルールを運用する組織	規制する組織	2	管理監督機関、許認可機関、テロ防止を目的とした機関、裁判所、検察官、弁護士 省庁、自治体、標準化団体、業界団体等	
			振興する組織	3	技術開発に出資する機関、地場産業を振興する組織（自治体想定等）、住民課題を解決する組織（自治体想定等）、省庁、自治体、標準化団体、業界団体等	
	規制や振興される側	ドローンを活用したサービス提供者（事業者）	運航管理事業者	民間の運航管理システム（民間）運航管理事業者	4	民間の運航管理システムオペレータ・運航データ管理者・公共の運航管理システムへの運航計画登録者、運航管理技術研究開発機関等
				公共の運航管理システム（公的）運航管理統括事業者	5	公共の運航管理システムオペレータ・運航計画承認者、運航管理技術研究開発機関等
			ドローンの機体運用システムの運用者		6	機体登録者、操縦者、機体データ管理者、飛行補助者等
			機体関連事業者	機体設計・製造事業者	7	ハードウェア/システム事業者、インテグレーション事業者、部品事業者（カメラ/センサー/バッテリー、モーター等）、機体・製造技術研究開発機関等
				機体販売事業者	8	販売事業者、リース事業者、レンタル事業者等
		機体保守・点検、整備事業者		9	点検整備事業者、廃棄事業者等	
		その他	飛行付帯サービス事業者	10	保険事業者、操縦・教育・訓練事業者（ドローンスクール）、操縦代行、コンサル、人材派遣マッチング、プログラミングスクール、画像データ解析、飛行シミュレーションツール提供事業者、業務データ管理PF提供者（クラウド）等	
			情報提供事業者	11	電波情報提供事業者、通信事業者、気象情報提供事業者、地図情報提供事業者、ヘリ情報提供事業者、有人航空管制事業者	
			飛行インフラ提供事業者	12	通信インフラ提供事業者、空路事業者、ドローンポート提供事業者、テストサイト事業者、飛行インフラ技術研究開発機関等	
		ドローン活用事業者（ドローンを手段として利用する事業者）	ドローンを手の役目として利用する事業者		13	物流、農業事業者、土木事業者・建設事業者、林業事業者、災害対応事業者等
	ドローンをセンサー（目）の役目として利用する事業者		14	点検（プラント、建物・土木構造物、送電線、橋梁、トンネル、鉄塔、港湾設備）、撮影、測量、警備監視、水産業、報道・放送、不動産販売、観光映像制作、マスコミ、広域監視、保険査定、災害調査、農業事業者、土木事業者、建設事業者、林業事業者、災害対応事業者等		
	その他		15	エンタメ（飛行自体）等		
	ドローンを活用したサービス利用者（エンドユーザ）	直接的顧客		16	（物流の）送り主、（点検の）依頼主等	
		間接的顧客		17	（物流の）受取人、（点検の）対象物の持ち主等	
ドローン活用 の関係者以外	影響のない組織・人			18	—	
	影響のある組織・人	影響を与える組織・人		19	マスコミ（報道による影響）、アンチ（カウンター）ドローンの実行者（警察想定）、市民団体、民族固有の思想観・社会的な不文律などを背景とした世論の代弁者（市民）等	
		利益を得る組織・人	金銭を得る組織・人	20	金融機関・投資会社、インフラサービスの料金支払いが安くなる住民、ドローン市場調査機関等	
			金銭以外の利益を得る組織・人	物理的な利益を得る組織・人	21	地域振興の恩恵を受ける住民、犯罪抑止により守られる財産の管理者（住民）等
				心身的な利益を得る組織・人	22	自然災害から守られる住民、娯楽における感動などを享受した住民、被災時に捜索してもらう住民等
		損害を受ける組織・人	金銭的な損害を受ける組織・人		23	ドローンによって事業機会を失う組織
			金銭以外の損害を受ける組織・人	物理的な損害を受ける組織・人	24	財産（家、車、車両、家財等）への被害を受ける住民・管理者、被害を受ける施設（土地、道路、建造物等）の管理者（所有者）、イベント運営者等
				心身的な損害を受ける組織・人	25	落ちて身体への危害を心配する住民、プライバシー侵害を心配する住民、スカイダイビングやパラグライダー等の娯楽中に衝突する人、電波障害を受ける住民、騒音被害を受ける住民、健康被害を受ける住民等

整理した 25 種の役割を分類し、その相関を示したものを図 4-1 に示す。本作業を通じ、ステークホルダーは大きく五つの役割に分類できた。ステークホルダーの識別に至るプロセスの詳細については、付録 A で説明する。

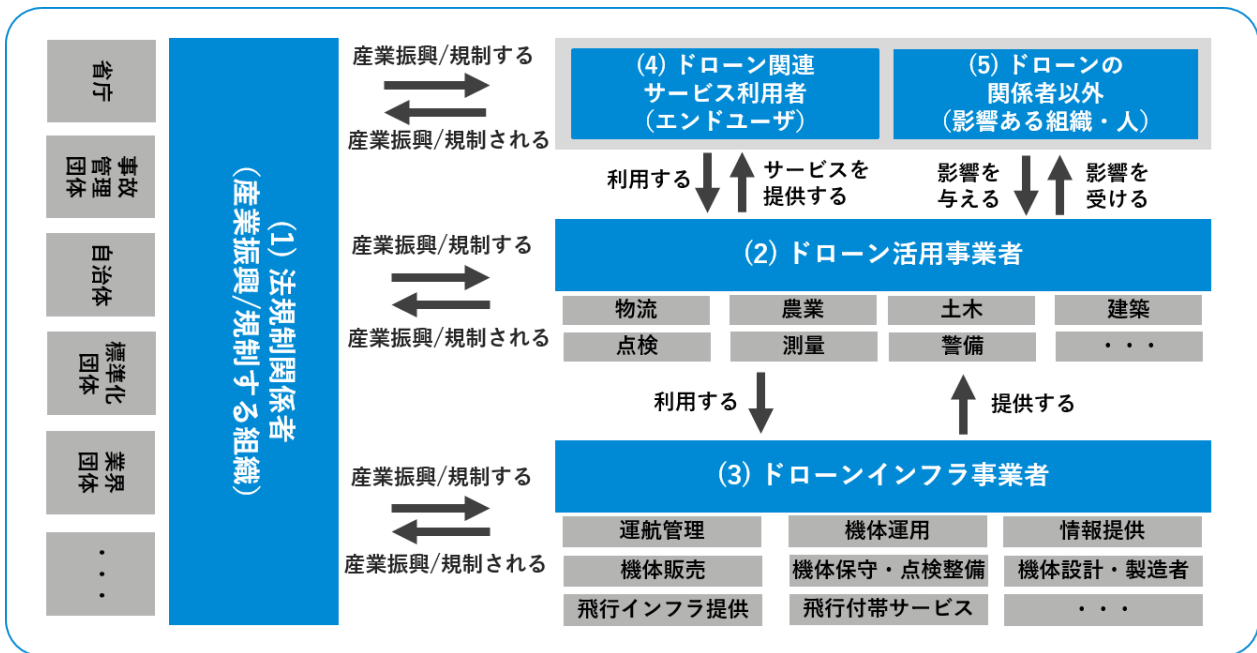


図 4-1 ステークホルダー概略関係図

- (1) 法規制関係者（産業振興/規制する組織）
さまざまな用途でドローンを活用する組織や人に対して、産業振興や規制を行う組織であり、省庁や自治体、標準化団体、業界団体等が挙げられる。省庁は管理監督機関や許認可機関の役割を含む。また、法律を運用する裁判所や弁護士も法規制関係者に含む。
- (2) ドローン活用事業者
ドローンを手や目等の代替手段として活用し、サービスを提供する事業者である。具体例として、物流事業者、橋梁などの点検事業者、エンターテインメント関連事業者等が挙げられる。
- (3) ドローンインフラ事業者
ドローン活用事業者がドローンを活用するための、付帯的なサービスを含んださまざまなインフラを提供する事業者である。具体例として、地図情報などの情報提供事業者、運航管理事業者、通信インフラなどの飛行インフラ提供事業者、機体関連事業者（開発・販売・保守等）、機体運用者等が挙げられる。
- (4) ドローン関連サービス利用者（エンドユーザ）
ドローンを活用したサービスの提供を受けるエンドユーザであり、物流における「送り主」のような直接的なユーザや「受取人」のような間接的なユーザが挙げられる。
- (5) ドローンの関係者以外（影響ある組織・人）
ドローンに直接的には関係しないが、ドローンに対して影響を与える組織・人、または、影響を受ける組織・人である。影響を与える組織・人としては、報道機関（報道による影響）や不審ドローン対策組織、市民団体等が挙げられる。影響を受ける組織・人は、金銭または物的、心身的な利益を得る、もしくは損害を受ける組織・人である。具体例として、投資会

社、犯罪抑止により守られる財産の管理者、被災時に捜索してもらう住民、ドローンによって事業機会を失う組織、財産への被害を受ける住民、プライバシー侵害を心配する住民等が挙げられる。

4.2. ニーズや要求抽出に関する各プロセスの目的と関係性の説明

本節では、ニーズや要求を抽出するプロセスの目的の説明と、プロセス間について説明する。

ステークホルダーのニーズや要求を抽出する作業では網羅性の高さが重要である。そこで、我々は、網羅性を高めることを目的に、図 4-2 の(4)の①から③に示す三つのサブプロセスで作業を進めることにした。なお、図 4-2 は、図 3-1 に示した「アーキテクチャ設計プロセス」の(3)と(4)に相当する部分である。

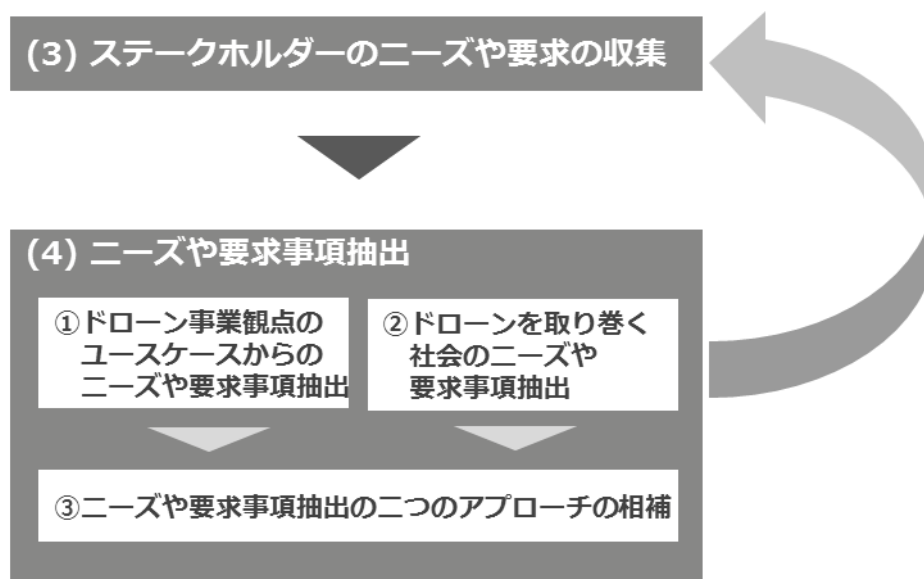


図 4-2 プロセスおよびサブプロセス間の関係性

「(3)ステークホルダーのニーズや要求の収集」の結果を「(4)ニーズや要求事項抽出」のインプットとして活用した。

「(4)①ドローン事業観点のユースケースからのニーズや要求事項抽出」は、ユースケースを積み上げることで、具体的なニーズや要求を構造的に抽出する。しかし、2020 年度末時点で想定し得ないさまざまな製品やサービスが新しいユースケースとして登場してくるため、網羅性を高めることは原理的に限界がある。そのため、「(4)②ドローンを取り巻く社会のニーズや要求事項抽出」として、関係するステークホルダーにとって、発生したら困るシナリオから抽出するアプローチを加えた。つまり、「(4)①ドローン事業観点のユースケースからのニーズや要求事項抽出」と「(4)②ドローンを取り巻く社会のニーズや要求事項抽出」は補完関係にある。

「(4)③ニーズや要求事項抽出の二つのアプローチの相補」は、二つのサブプロセスの結果を、補完するサブプロセスである。これにより、網羅性を高めたニーズや要求事項が抽出される。

ヒアリングおよび三つのサブプロセスから抽出したニーズや要求を整理した上で、ステークホルダ

一へのヒアリングなどを繰り返すことにより、網羅性や妥当性を確保できる。

4.3. ニーズや要求の収集と抽出の実施内容

本節では、ニーズや要求の収集と抽出の実施内容について述べる。

4.3.1. ステークホルダーのニーズや要求の収集

本項では、ステークホルダーのニーズや要求の収集について述べる。

4.3.1.1. 具体的な実施内容

ヒアリングの目的は、ステークホルダーの取組みや事例に関する現状と将来ビジョンを共有するとともに、ニーズや要求に関する意見を収集することにある。本項では、ニーズや要求の収集に関して説明する。

ドローン利活用に関わるステークホルダーの中で、ドローン活用事業者、ドローンインフラ事業者、法規制関係者を中心に 51 組織に対して「ドローン利活用の振興」「安心・安全の確立（社会的受容性¹⁷の確立）」という二つの観点からヒアリングを行い、ニーズや要求を収集した。

ニーズや要求のヒアリングの対象とするステークホルダーをどのように選定したかについて述べる。

ドローン活用事業者として、物流、点検、防災等に関わる事業者を選定した。2030 年、物流は個人宅への配送の一部がドローンに置き換わった際に最もフライト数が多くなると見込まれている。また、点検は橋梁などの道路インフラやプラント等でドローンの活用が急速に拡大すると見込まれている。そして、防災は実際の災害現場での活用が先行している。

ドローンインフラ事業者として、ドローン活用事業者が共通に利用する機能を提供する、機体・運航管理・通信・気象・地図情報・保険等の事業者を選定した。

これらのヒアリング内容を補足するため、ドローン活用事業者およびドローンインフラ事業者のスタートアップを支援するドローン産業への投資機関をヒアリング先に選定した。

また、法規制関係者として、ガバナンスの観点からドローンに関する法律に詳しい弁護士を選定した。

さらに、ドローン利活用全般に関わる自治体や、ドローンに関する学術的な見解を有する大学をヒアリング先に選定した。

4.3.1.2. 進捗の状況

ドローン活用事業者を中心として、各組織から 428 件の意見を得られた。意見を整理し、収集したニーズや要求の一例を示す。

（ドローン利活用の振興の切り口での発言）

- ドローン飛行の計画申請・許可取得の一元化、簡便化

¹⁷ 社会的受容性 企業・施設・新技術等が地域社会や国民の理解・賛同を得て受け入れられること。パブリックアクセプタンス。

- 現運用・管理ルールの緩和
- ドローン活用促進のための自治体の役割・裁量の拡大
- ドローン活用促進のためのガイドライン策定
- 機体間や運航管理間等の各種インターフェースの標準化
- 各種データの集約／連携を産業要求とした各種データのフォーマット統一化
- 人による作業（目視、打音検査等）と同等の機能を持った機体開発による代用促進
- 重量基準の見直し
- テストフィールドの活用・拡充

（安心・安全の確立の切り口での発言）

- 機体の安全性向上（衝突回避、防爆、操作性向上、パラシュート、通信手段の冗長化等）
- 安全を管理するための基準や制度の策定
- 事故時の責任所在や保険スキームの検討と実施
- ドローン飛行によるプライバシー侵害からの保護
- サイバーセキュリティ対策のためのガイドライン策定
- 通信帯域の改善（帯域の拡充・強化、不感地帯解消等）
- 上空電波の把握技術の向上と利用促進（情報取得、リアルタイム把握等）
- 空間利用ルールの策定（コリドー¹⁸、専用航路等）
- 運用・管理ルールの見直し（夜間飛行など）

具体的な個別ヒアリングおよび検討会によるニーズや要求の収集プロセス、収集したニーズや要求の内容、整理・分類の結果については、付録Bで説明する。

ニーズや要求を整理し、Society5.0 リファレンスアーキテクチャの分類軸にマッピングしたものを図4-3に示す。今回のニーズや要求の収集では、Society5.0 リファレンスアーキテクチャ分類軸の全てのレイヤにわたってニーズや要求があった。

「戦略・政策」については、国際競争力向上をはじめ、個々のステークホルダーが単独で検討をするよりは、産業全体での課題と捉え、取り組むことが重要であるとの意見があった。

また、「ルール」のレイヤに関して、例えば、ドローン飛行にあたっての承認プロセスの効率化、セキュリティなどへの対応ガイドライン作成等の意見があった。

¹⁸ コリドー ドローンの飛行が許可された回廊状の細長い空域。

セキュリティ・認証	機体における認証基準の策定 ②③④ セキュリティ機能（情報漏洩対策、乗っ取り対策、ログ機能、等） ①②③④	戦略・政策	戦略・政策の明示 ①②③④	人材育成 ①②③④	個別の業界振興 ①②③④	普及啓発 ①②③④	技術開発 ③④⑤
			国際競争力 ③④⑤	社会的受容性 ①②③	地域振興 ②③⑤	テストフィールド整備 ③	安全性 ③④⑤
			カウンタードローン ③④	国による免費 ③	特区活用 ③⑤	スタートアップ支援 ③	ユーザーズと技術のギャップ解消 ③
		ルール	各所への申請・許可取得の効率化（簡易化、ワンストップ化、等） ②③④	各種標準化（機体IF、機体-通航管理間IF、通航管理間IF、データフォーマット、等） ①③④	運用・管理ルールの見直し（谷間飛行、各種状況適用ルールの緩和、等） ①②③④⑤	ガイドライン策定（ブライバシー保護、サイバーセキュリティ） ①②③④	ドローン利活用への参入意欲が促進されないような制度・ルールの整備 ③
			組織	自治体の役割・裁量の拡大 ①②③④	許認可の権限を持つ中立的組織の構築 ②③	運用体制の整備 ④⑤	
		ビジネス		事故時の保険スキームの構築 ③④	経済合理性とのバランスのとれた機体の安全基準の整備 ①②③	ドローンの機体・部品の廃棄物処理の仕組み ④	コモディティ化（機体、試験・認証ビジネス） ②③④
			機能	適正な運用コストの実現 ②	機体生産に関わる産業振興 ②⑤	ドローン活用のリスク対効果明確化 ③	
		データ		上空電波の把握（情報取得、リアルタイム把握、等） ③④	機体の機能向上（衝突回避、防燥、操作性、パシエート、冗長性等） ③④⑤	各種ドローン自律移動ロボを含めた通航・運行管理機能の構築・向上 ②③④	
データ連携	データ連携のあり方の策定（政府管理データオープン化、有人機連携、等） ①②③④⑤		情報インフラの整備（動態管理機能、上空電波環境整備、3次元座標整備、地形/気象/高度情報等の向上、離着陸補助情報の整備、等） ①②③④⑤				
アセット	通信の改善（帯域の拡充・強化、不感地帯解消、等） ③④⑤	機体性能向上（長距離飛行、悪天候対応、小型軽量、防燥、コスト、産業特化） ①②③④⑤	ドローンポートの整備（難着陸・充電、退避場所、郵便部） ①③④⑤	ドローン航路の整備（様々な機体タイプの考慮、電波灯台） ②③④	海外認証可能なデバイスの整備 ④ 機体の共用 ④		

※ニーズや要求に関する意見をしたステークホルダーの分類
 ①法規制関係者（産業振興/規制する組織）
 ②ドローン活用事業者
 ③ドローンインフラ事業者
 ④ドローン関連サービス利用者（エンドユーザ）
 ⑤ドローンの関係者以外（影響ある組織、人）

図 4-3 Society5.0 のレイヤへのニーズや要求のマッピング

また、「データ」、「データ連携」のレイヤでは、全てのステークホルダーよりデータ連携の在り方の策定や情報インフラの整備に関するニーズや要求の意見があった。具体的な意見の例を表 4-2 に示す。

表 4-2 「データ連携の在り方策定」、「情報インフラの整備」に関する具体的な意見

ステークホルダー分類	意見
①法規制関係者	拡大期は事故が多く起こることが想定されるため、 事故調査 を進めていくとともに、そのデータを共有できるようにする必要がある。
	現状、ドローンなどに関して 省庁間でデータを連携 することができていない。共有できた方が良いという意識はあるが、ハード面等で課題があると考えている。
②ドローン活用事業者	2030年では、人が乗ることが可能な空飛ぶクルマなどの航空業が発展していると考えられる。それらが運航するにあたって、 自律的に運航 されるとしても人がある程度判断をすることになる。そのためのデータ連携が必要である。
	ドローンの離着陸に適した土地の抽出をデータで実施するためには、3次元地図以外にコスト計算のためのデータや気象データも必要である。
	ある組織が発注した点検業務でドローンが撮影したデータの所有権は発注した組織にある。そのため、事業者側でデータの利活用ができず、AIの学習データを作ることができない。そこがAIを作る際の制約になっている。 AI学習のための限定的なデータ連携 などある程度データの利活用に関して自由度があると良い。
	現場での 事故データの収集方法や管理 等、基本的な体制がまだ整備されていないと認識している。
	高速道路事業者とのデータ連携をする動きがある。自社（高速道路事業者）としては点検や確認が主目的であるため、他の高速道路事業者の道路データを共有いただいてもあまり活用できない。道路データそのものではなく、損傷の起因などが導き出せるような 点検データの共有 ができれば将来的に活用可能となる。
	データをオープンにすることや、特定の事業内で一部オープンにすることを データ漏洩 の観点から避けたがる事業者が多く存在する。事業者がデータを提供される側であっても、同じである。事業者に対しデータの連携を促すような仕組みがないと連携は進まない。
	都市部でドローンを広域の点検・警備・物流等に活用する場合、 ドローン機体同士の位置情報 やさまざまな インフラの位置情報 を把握できる仕組み、データの連携等が必要と考えている。
ドローンの 通信インフラの品質向上 が重要。不感地帯の解消、圏外時のバックアップ機能が欲しい。	
③ドローンインフラ事業者	2025年前後は、サービスを実施するにあたりデータ連携を重視して検討してかなければならない。
	今後色々なデータがリンクし、 機体・運航・気象等のデータ が集まってくるとリスク細分型の保険が可能となる。
	将来像の世界では、気象は既存の観測器だけではなく、飛んでいるドローンや周辺機器も含めて気象情報を相互に取得できる状況を想定している。
	2025年前後は、ドローンや周辺機器に地上の観測器からの 気象情報 をどのように生かすかが論点になる。
	2025年前後はドローンのミッションごとのアライアンスの中で位置情報の共有が現実解だと考えている。
	データ解析、分析は各社がばらばらに開発しており、 データフォーマット標準化 の必要性がある。ドローン関連ソフトウェア開発メーカ、ドローンオペレータ、機体メーカを巻き込んだ議論が必要。
	有人機とドローンの運航情報を共有 したいと要望を出しているが実現していない。有人機とドローンの運航情報を地図にプロットして情報共有し安全な運航を実現したい。
	機体が収集してくるデータをフィードバックできる仕組みがあるとさらに良い。メンテナンスに使うことが可能。
	他飛行体（有人機等）との連携 や気象情報のような誰もが必要とするデータを集積し、共有したい。
	3次元地図データ のフォーマットに共通的なものがない。粗過ぎて使えない場合や、点群のフォーマットがない場合があり、ベースになるものがない。
災害時など用途によっては、画質などは悪くてもスピード優先で リアルタイムに共有 することが重要である。	

ステークホルダー分類	意見
	<p>色々な高度のドローンがあるが、どれくらいのドローンがどのような空域を飛んでいるかがリアルタイムで判断できるようなシステムやデータ連携がないとドローンが多数、高密度で飛んでいる社会は来ないであろう。</p> <p>有人航空機の管制システム（ATM）とドローンの運航管理システム（UTM）の情報共有が必要である。</p> <p>航空局のドローンの管理システム（FISS¹⁹、DIPS²⁰）に個別で許可申請を実施するのではなく、当該データが連携し、ワンストップでの申請がスムーズに実施できると助かる。</p> <p>ドクターヘリが飛行する可能性がある場合、ドローンの飛行直前もしくは飛行中にメールが来る。事前に検知できる仕組みやデータ連携があると良い。</p> <p>事故対応するにあたって、過去どういった状態であったのか、事故後どうなっているのか、これらと比較して損害を特定する。この際、事故前から発生していた傷はないのかなどを機体の飛行実績を確認したいニーズがある。</p> <p>事故発生時の査定についてはデータ連携できれば簡素化でき、素早く対応できるため、顧客メリットになる。</p> <p>データ連携によって事故データが蓄積され、自動車などと同じように機体ごとの事故発生率が見えてくれば良い。</p>
④ドローンサービス利用者	<p>自社で飛行に必要なデータを収集した場合、膨大なコストがかかる。安価なデータ収集を実現するために、技術支援や補助もしくは共通基盤があると助かる。</p> <p>構造物やプラントなどの点検をするとき、3次元のCADデータが揃っていることは殆どない。CAD化しようとしているがコストがかかってしまうことが課題である。</p>
⑤ドローン関係者以外	<p>事故発生時に被害を受けた一般の組織・人は損害賠償を受ける必要がある。事故時の報告を怠ったり、飛行申請をしなかったりするリテラシーの低いドローン事業者が存在する。リテラシーを向上させるために事業者側のデータの連携があると良い。</p>

データ連携の在り方についての意見としては、データの標準化や組織を越えたデータの共有に関する意見があった。さらに事故発生時のデータを蓄積しドローンの運用や機体品質の向上、適切な損害賠償のための仕組みを実現すべきとの意見があった。一方、ドローンを活用した点検などのデータについても AI の学習のために共有できると良いとの意見があった。また、データ連携のために必要な情報インフラの整備に関しては、品質の高い通信インフラ、ドローンを安全に飛行するための飛行計画²¹・位置情報・気象情報・3次元地図情報・有人機情報・事故情報等の情報共有インフラの必要性についての意見があった。頂いたニーズや要求は多くのステークホルダーが関係するため、将来ビジョンであるサイバー・フィジカルシステムを踏まえ、多くのステークホルダーのニーズや要求を満足するアーキテクチャを設計する必要がある。

4.3.1.3. これからの予定

今回の結果は 51 組織という限られたステークホルダーからのニーズや要求の収集に基づくものである。今後、他のステークホルダーからも、ニーズや要求のヒアリングを継続すると同時に、ドローンサービス利用者の要求を収集する。あわせて、効率的なニーズや要求の収集方法、ステークホルダー間でのニーズや要求の共有方法を検討する。また、今回のニーズや要求の収集では、法制度・ルー

¹⁹ FISS Flight Information Sharing System. 飛行情報共有機能。国土交通省が提供するドローンの飛行情報を共有する機能。国土交通省 ドローン情報基盤システム（飛行情報共有機能）、<https://www.fiss.mlit.go.jp/top>

²⁰ DIPS Drone/UAS Information Platform System. ドローン情報基盤システム。国土交通省が提供するドローンの許可承認のためのシステム。国土交通省 ドローン情報基盤システム、<https://www.dips.mlit.go.jp/portal/>

²¹ 飛行計画 無人航空機の飛行日時、飛行経路、飛行高度、機体数および機体諸元の飛行内容に関するデータ。

【出典】JIS W 0141:2019

ル・ガイドライン等のガバナンスに関するものが挙げられた。関係する省庁、自治体とドローン利活用を発展させるガバナンスの在り方について検討する。

4.3.2. ドローン事業観点のユースケースからのニーズや要求事項抽出

本項では、ドローン事業観点のユースケースからのニーズや要求事項の抽出について、具体的な検討作業の実施の内容と、進捗の状況、そしてこれからの予定について説明する。

4.3.2.1. 具体的な実施内容

本項で述べる「ドローン事業観点のユースケースからのニーズや要求事項抽出」は、ドローン事業者のユースケースの具体化を通じて、ステークホルダーのニーズや要求事項を抽出するアプローチである。

2020年度は、拠点間物流と橋梁点検にドローンを活用する事業者を、対象とするシステムの範囲と捉えた。さらに、これら二つの事業者のドローンの運航を管理する運航管理システムを想定し、三つ目の分析対象として運航管理事業者を加えた。それぞれの事業について、将来ビジョンで示した2030年のドローン利活用を想定した上で、ライフサイクルを定義し、コンテキスト分析²²やユースケースの具体化を行った。これらを基に、ドローンを事業で飛行させるためのニーズや要求事項を抽出した。

4.3.2.2. 進捗の状況

最終的に23の要求事項を抽出し、それらを八つのグループに整理した。結果を表4-3に示す。

²² コンテキスト分析 コンテキスト(=システムと外界との関係)を分析する作業。外部から受ける影響、外部に与える影響を把握するために、相互作用のある外部要素を抽出し、どのような関係があるかを書き込む。ライフサイクルのステージごとに作成する。

表 4-3 要求事項の整理結果

(下線太字部はドローンを活用する事業者の提供するサービス固有の要求事項を示す)

要求事項グループ	要求事項
保険	保険サービスが提供されること
	事故被害者が救済されること (賠償責任保険のイメージ)
	機体損害が補償されること (機体保険のイメージ)
ID 管理	機体・パイロット・事業者の認定、ID 管理がされること
インフラ	ドローンシステムのインフラが提供されること (通信・クラウド等)
運航管理	飛行に必要な情報が提供されること (地図、気象、電波等)
	フライト計画 (飛行前調整、飛行中の調整) が管理・共有されること
	空域情報 (地図、気象、電波、NFZ ²³) が管理・共有されること
	動態情報 (測位、飛行中の情報共有、アラートの発報) が管理されること
	ドローンを飛行させられること (経路指示による自律飛行、パイロットによる操縦)
	動態情報の交換ができること (飛行中の情報共有、アラートの受信)
	飛行完了が報告、管理されること
	飛行実績が管理されること
異常対応	アラート (衝突予測などの警告) に対応できること
	異常に対応できること (衝突回避、墜落事故軽減、騒音対策)
事故対応	事故報告が報告、管理されること
	事故調査・分析がされること
機体整備	機体が適切に整備されること
	機体整備状況が管理されること
	整備証明証が発行、管理されること
<u>サービス固有</u>	<u>サービス提供のための飛行計画が立案できること (荷物運搬・点検等)</u>
	<u>飛行を活用したサービスを実現できること (荷物運搬、点検等)</u>
	<u>飛行を活用したサービスに対応できること (荷物積載、点検センサ等)</u>

表 4-3 に示すとおり、ニーズや要求事項を抽出した結果、保険、各種認証、運航管理と飛行中の異常対応、事故対応、機体整備等、複数の事業に共通したニーズや要求事項が抽出された。

なお、具体的な作業の内容については、付録 C で説明する。

4.3.2.3. これからの予定

今後、分析対象となるユースケースを積み上げ、ニーズや要求事項の補完と共通化を進めていく。

²³ NFZ No Fly Zone。飛行禁止空域、飛行制限エリア。ドローンの飛行が制限されるエリア

4.3.3. ドローンを取り巻く社会のニーズや要求事項抽出

本項では、将来ビジョンとして設定した 2030 年のドローンを取り巻く社会のニーズや要求事項の抽出について、具体的な検討作業の内容と、進捗の状況、そしてこれからの予定について説明する。

4.3.3.1. 具体的な実施内容

本項で述べる「ドローンを取り巻く社会のニーズや要求事項抽出」は、0 節にて識別された全てのステークホルダーの潜在的な懸念事項を網羅的に抽出するアプローチである。例えば、懸念事項として「ドローンが墜落することにより地上の人に被害が発生する」があった場合、その懸念事項が発生しないアーキテクチャを構築する必要がある。危害が発生すると、ドローンが危険なものという社会通念ができあがり、ドローンの社会的受容性が下がる可能性がある。そのためにも、適切に懸念事項を抽出し、その懸念事項を回避するためのシステムを作り上げることが必要である。

このアプローチでは、国際標準におけるリスクアセスメント²⁴の考え方を応用している。リスクアセスメントの本来の目的は「機体安全のためのリスクの分析、見積り、評価」である。一方、本サブプロセスは、リスクをステークホルダーが潜在的に抱く（または、抱くと想定される）懸念事項として整理した。よって、本サブプロセスにより安全上のリスクや安全要求のみを導出するのではなく、ドローン利活用における懸念事項を網羅的に抽出することになる。

実行ステップは次のとおりである。

- ① ステークホルダーの果たす／果たしたい機能、ステークホルダーにとっての役割や責任、行動原理を把握する
- ② 上記の機能や役割、行動原理等から、ドローンを活用する立場、およびドローンが活用される、もしくはその周辺環境に存在する立場の観点で、起きて欲しくないシナリオから懸念事項を抽出する

なお、①、②において、4.3.1 項におけるステークホルダーのヒアリングから得られたニーズや要求の収集結果をインプットとして使用した。

4.3.3.2. 進捗の状況

懸念事項の抽出作業の結果、以下のように四つに分類できた。この分類は、懸念事項の抽出時の抜け漏れのチェックに利用した。

- (1) ステークホルダーがドローンを活用できない。(技術・スキル、制度、人材などの欠如等)
- (2) ステークホルダーがドローンによって悪影響（直接の心身・物理的被害、経済的不利益、違法行為、活動の妨害等）を受ける。

²⁴ JIS B 9700:2013(ISO12100:2010) 機械類の安全性－設計のための一般原則－リスクアセスメント及びリスク低減(Safety of machinery — General principles for design — Risk assessment and risk reduction) JIS B9700:2013(ISO12100:2010)。ISO 12100 を基に、2010 年に第 1 版として発行された、技術的内容および構成を変更することなく作成した日本工業規格。機械類の設計において安全性を達成するときに適用される基本用語および方法論や、リスクアセスメントおよびリスク低減の原則を規定したもの。

- (3) ステークホルダーの資産（技術、制度、資金等）がドローン（およびドローンの産業）に活用できない。
- (4) 一般的に発生する、ステークホルダーにとって好ましくない事象（不正、情報不足等）がドローンに関連して発生する。

図 4-4 にこの四つの懸念事項の分類のイメージを示す。

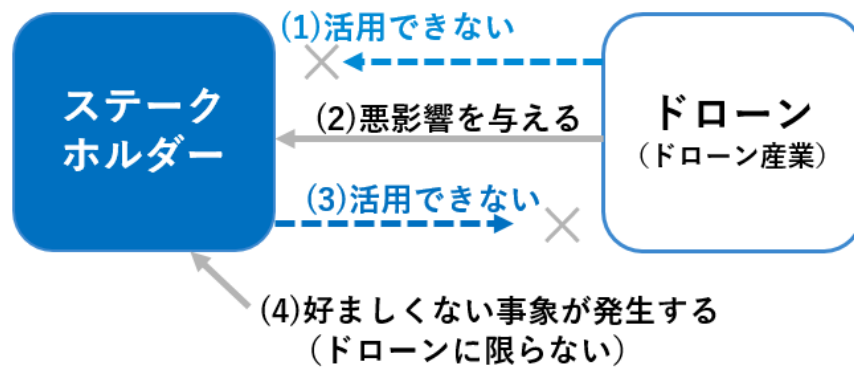


図 4-4 懸念事項の分類のイメージ

また、懸念事項に関わるニーズや要求の全体像を把握することを重視し、ステークホルダーおよび懸念事項の抽象度を高くすることで、全てのステークホルダーに対する懸念事項の網羅性を高めた。なお、具体的な作業の内容は付録 D で説明する。

4.3.3.3. これからの予定

識別された全てのステークホルダーの懸念事項を抽出する。そして、4.3.4 項で説明するように 4.3.2 項「ドローン事業観点のユースケースからのニーズや要求事項抽出」によるニーズや要求事項抽出のアプローチへフィードバックする。

4.3.4. ニーズや要求事項抽出の二つのアプローチの相補

本項では、4.3.2 項「ドローン事業観点のユースケースからのニーズや要求事項抽出」と 4.3.3 項「ドローンを取り巻く社会のニーズや要求事項抽出」の二つのアプローチの相補について説明する。相補のイメージを図 4-5 に示す。4.3.2 項のアプローチによるユースケースが、4.3.3 項のアプローチにおいて懸念事項としてニーズや要求を抽出する際の、ドローンの全体像やイメージとなる。一方で、4.3.3 項のアプローチで懸念事項として抽出したニーズや要求の中で、4.3.2 項のアプローチ（拠点間物流、橋梁点検および運航管理のユースケース）で抜けているものがあれば、ユースケースとして追加し補完する。

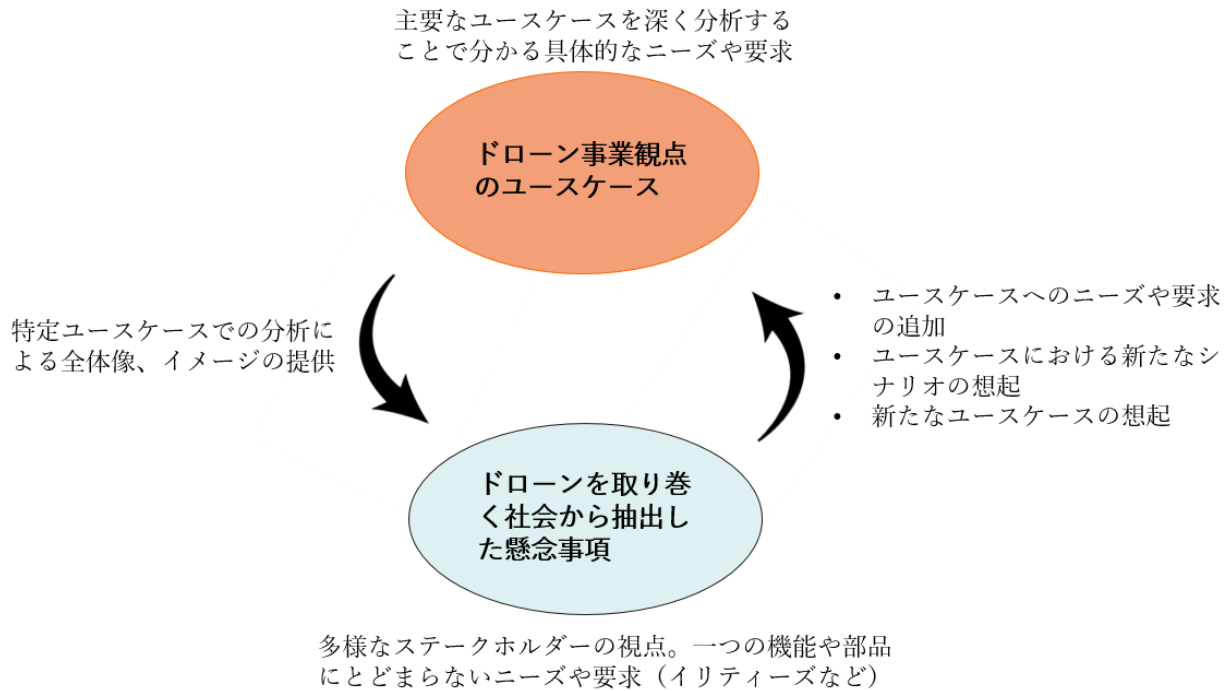


図 4-5 「二つのアプローチが相補するイメージ図」

このように、4.3.2 項と 4.3.3 項の二つのアプローチは相互に補完し合うものであり、両アプローチを採ることでドローン利活用のニーズや要求についての網羅性を高められると考えている。

本項で説明した、アーキテクチャにおけるステークホルダーのニーズや要求を抽出し「相補するプロセス」は結果を得るに至っていないため、今後報告する。

5. 2020年度の成果と今後の進め方

本章では2020年度の進捗と成果をまとめ、今後の展望について述べる。

5.1. 2020年度の成果

2020年度の活動の成果についてまとめる。

- ドローンの将来ビジョンを策定し、ステークホルダーと共有した。(2章)
- ドローン利活用のアーキテクチャを設計するプロセスを策定した。(3章、4.2節)
- ドローン利活用に関わるステークホルダーを識別した。(4.1節)
- ステークホルダーからドローン利活用に関するニーズや要求を収集した。(4.3.1項)
- 拠点間物流・橋梁点検・運航管理という三つを対象に分析し、ニーズや要求事項を抽出し、三つに横断した共通的な機能を整理した。(4.3.2項)
- ドローンを取り巻く社会の観点で懸念事項を分析し、ニーズや要求事項の網羅性を高められる見込みを得た。(4.3.3項)

5.2. 2021年度の計画

2021年度の活動の計画を説明する。図 5-1 に2021年度のアーキテクチャ設計の計画を示す。

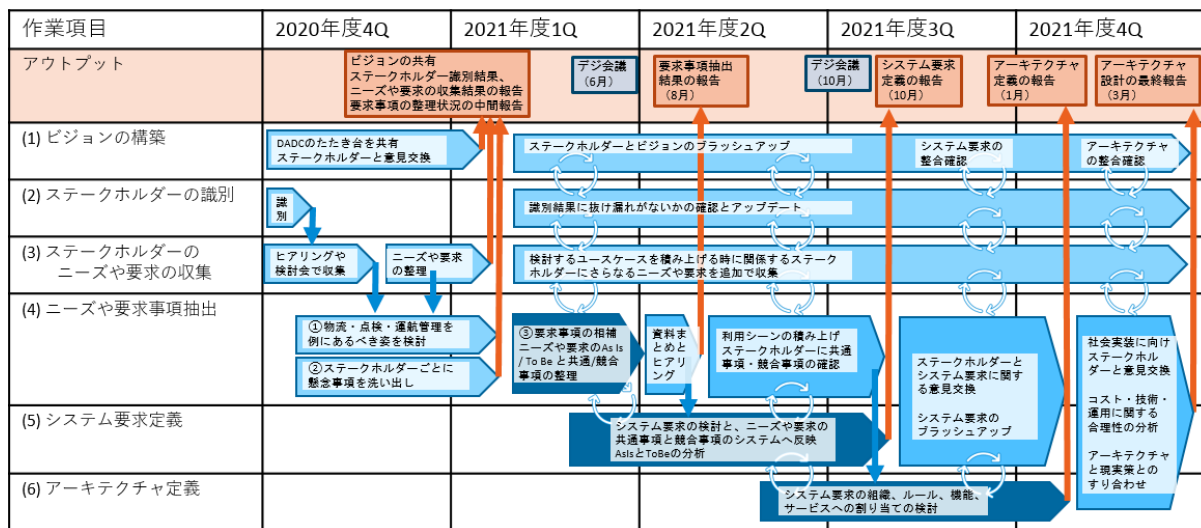


図 5-1 2021年度のアーキテクチャ設計の計画

7月を目途に「(4)③ニーズや要求事項抽出の二つのアプローチの相補」に取り組む。ニーズや要求を以下の観点で相補する。

- (ア) ニーズや要求はできる限り集約し、共通化を図ること
- (イ) ニーズや要求の相反(矛盾)を識別すること
- (ウ) ニーズや要求のプライオリティがあるものは、識別すること

次に「(5)システム要求定義」「(6)アーキテクチャ定義」を実施する。その他のプロセスは、(5)(6)のアウトプットを元にステークホルダーからのフィードバックを得る。年度末を目途にドローン利活用のアーキテクチャの公開をする。

5.3. 今後の進め方

図 5-2 にドローン利活用の実現とアーキテクチャの設計の関係性を示す。本書では2章にてドローンの将来ビジョンを示した。これが本図における「2030年のドローン利活用の将来ビジョン」にあたる。しかし、ドローンに関わる各ステークホルダーが個別に取組みを進めた場合には、要求の競合や取りこぼしが発生するため、将来ビジョンを実現できない。そこで、まず将来ビジョンを描き、その実現のための手段を設計した上で、どの機能でどの要求を取り込むのか、というアプローチにより、将来ビジョンに必要な機能と構成をモデル化することがアーキテクチャ設計であると考えられる。

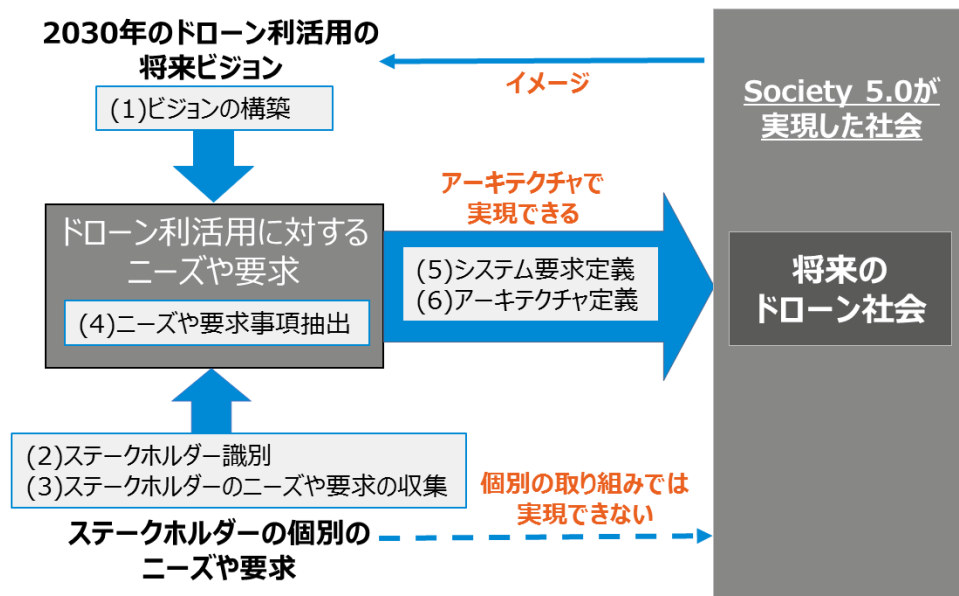


図 5-2 ドローン利活用の実現とアーキテクチャ設計

ここではドローンの飛行許諾・申請・届出を例にとり説明する。

ドローンの飛行許諾・申請・届出において、省庁は飛行許諾・申請・届出に関して法令等に則り情報やデータ（例：計画、運行情報、飛行方法等）の提供を求める。それに対応して、機体メーカーは法律やルールで義務化されたもの以外の情報やデータは運用者の選択肢として提供しており、現状では機体の動態情報（現在位置、進行方向、速度等）は提供していない状況である。一方、ドローンの運用者は状況に応じて求められる情報やデータを各省庁や自治体などにバラバラに提供している状況である。加えて運用者自らは飛行記録を管理しなければならないが、データを一元化できるものが一元化されず過剰な負担となっている。

このような現状の飛行許諾・申請・届出などの手続きの煩雑さに対する対応策の一例として手続きを代行するアプリや Web サイトのサービスにより、この負担を軽減することが考えられる。本サービ

スの機能は、ユーザの代わりに必要なデータを必要なステークホルダー（省庁、運用者、機体メーカー、土地管理者（所有者）等）へ提供する。本サービスの実現にあたって想定される課題として、①データ取得・提供方法の有無、②すべてのステークホルダー（土地の所有者等）への対応、③ルールや記載内容変更の対応、が考えられるが、個々の業界や地域で議論・実施される限り全体最適・全体調和とはならない。

つまり、個々の組織の目的に応じた検討が出発点であるため、目指すべき方向も個々の施策や技術を起点としたものにならざるを得ない。個々の施策を同時に成立させるような全体を俯瞰するビジョンがないことが課題である。

そこで全体をとらえる視点として、将来ビジョンのサイバー・フィジカルシステムによるデジタルツインが実現された社会を想定すると、ドローンや運用者、他の航空機を含む現実空間の状態が常にデータ化し、蓄積・共有できる世界観となる。これにより、ドローン運用に必要な機能はすべて仮想空間内で網羅的に実装できる。加えて、仮想空間で現実空間を把握できることから、現実空間の秩序形成に向けた支援や、全体調和・最適となるような調整、制御も可能となる。この将来ビジョンを想定した上で、飛行許諾・申請・届出などの手続きだけでなく産業界の要求を俯瞰し、機体および運用の要求（重量、用途、安全対策等）も分析する。例えば、機体識別のための機能追加をする際には、アーキテクチャ設計の手法で、ドローン運用に関わるドローンの機能を通信・識別・管理等で整理し、機体仕様と利用実態に適した機能割り当てが可能となる。

このように、「ドローン利活用の将来ビジョンを踏まえ、産業全体の要求を抽出、具体的なシステム要求を分析、機能に対してその役割を担うシステムの割り当てる」というように、ビジョンから施策・機体や機器の設計のあり方までを構造化された手順でアーキテクチャ設計することで、論点に対する解決策を試行できる。これが我々の提示しているアーキテクチャ設計のあり方である。

図 5-3 に一連の説明を示す。

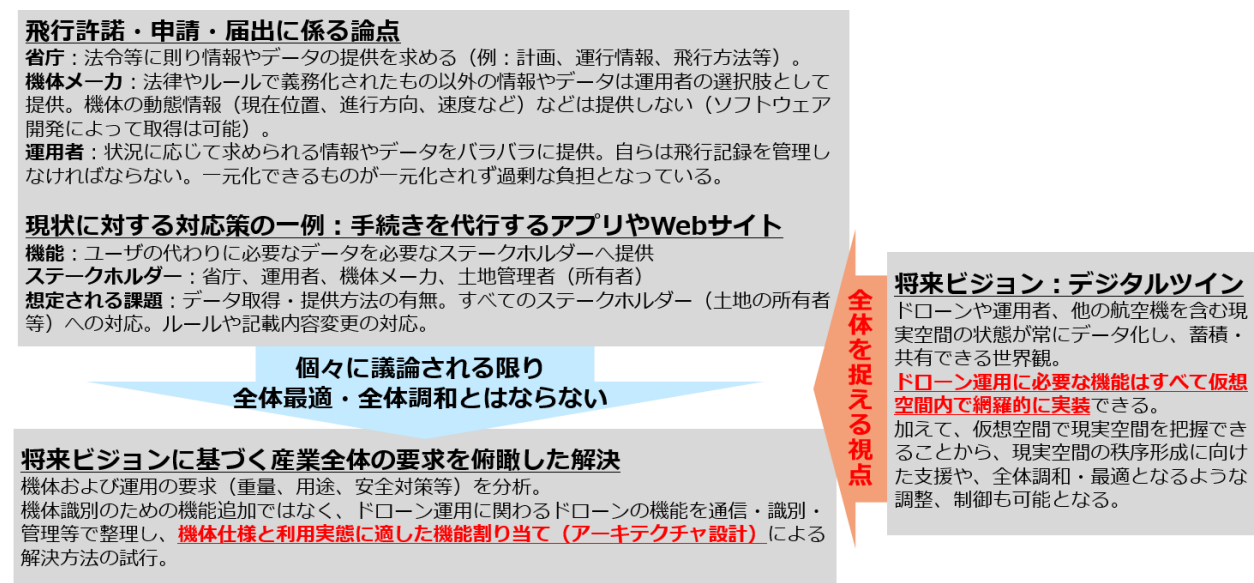


図 5-3 飛行許諾・申請・届出に係る論点とアーキテクチャ設計による解決例

5.4. ステークホルダーとの協働

今回の検討・整理の結果は 2030 年のドローン利活用の在り方をステークホルダーと検討するための初稿であり、議論に基づいて見直し、より最適なものにしていくことを前提としている。本活動を進め、ドローン利活用のアーキテクチャを描いていく上では、ステークホルダーの意見を頂きながら進めていきたいと考えている。例えばステークホルダー間で相反するようなニーズや要求については、我々から解決策を提案し、合意形成を図る。また多くの省庁や自治体、事業者が協力して解決しなくてはならないニーズや要求については、関係するステークホルダーを我々がつなぎ、解決策を提案し、意見を頂きながら合意形成を図る。

ドローン利活用の実現を目指し、関係するステークホルダーにはアーキテクチャ設計の活動に参画、協力いただけると幸いである。

著者

プログラムディレクター：南 政樹

プロジェクトリーダー：西沢 俊広

研究員：赤尾 一優

研究員：石原 裕士

研究員：鈴木 登紀子

研究員：西岡 翔志

研究員：廣海 緑里

研究員：福山 訓行

研究員：余宮 尚志

参考文献

1. 春原久徳/青山祐介/インプレス総合研究所. ドローンビジネス調査報告書 2020. 出版地不明 : 株式会社インプレス 出版営業部, 2020. ページ: 481p.
2. 首相官邸. 空の産業革命に向けたロードマップ 2020. 小型無人機に関する関係府省庁連絡会議. (オンライン) 2020年7月17日. <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/pdf/siryoushou14.pdf>.
3. 独立行政法人 情報処理推進機構 / デジタルアーキテクチャ・デザインセンター. DADC 憲章. (オンライン) 2020年5月. <https://www.ipa.go.jp/dadc/about/dadc-charter.html>.
4. ー. ワーキンググループの取り組み. (オンライン) 2020年. https://www.ipa.go.jp/dadc/architecture/wg_about.html.
5. ー. 自律移動ロボット WG 有識者会議資料. (オンライン) 2020年. https://www.ipa.go.jp/dadc/architecture/wg_report_autonomousmobilerobot_20201209.htm.
6. 内閣官房. 行政機構図 (2020.8 現在) . (オンライン) 2020年8月. https://www.cas.go.jp/jp/gaiyou/jimu/jinjikyoku/satei_01_05.html.
7. 内閣府. “Society5.0 で実現する社会”. (オンライン) 2016年. https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/.
8. 特許庁. 平成 30 年度 特許出願技術動向調査報告書 ドローン. (オンライン) 2019年2月. https://www.jpo.go.jp/resources/report/gidou-houkoku/tokkyo/document/index/30_05.pdf.
9. 国土交通省. 平成 30 年度宅配便取扱実績関係資料 (PDF 形式) . (オンライン) 2019年10月1日. <https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001310399.pdf>.
10. ISO(International Organization for Standardization). ISO 12100:2010 Safety of machinery —General principles for design — Risk assessment and risk reduction. (オンライン) 2010年11月. <https://www.iso.org/standard/51528.html>.
11. ー. ISO 21384-4:2020, Unmanned aircraft systems — Part 4: Vocabulary. (オンライン) 2020年5月. <https://www.iso.org/standard/76785.html>.
12. ー. ISO/IEC/IEEE 15288:2015 Systems and software engineering – System life cycle processes. (オンライン) 2015年5月. <https://www.iso.org/standard/63711.html>.
13. ー. ISO/IEC/IEEE 42010:2011 Systems and software engineering -- Architecture description. (オンライン) 2011年12月. <https://www.iso.org/standard/50508.html>.
14. ー. ISO/IEC/IEEE 42020:2019 Software, systems and enterprise — Architecture processes. (オンライン) 2019年7月. <https://www.iso.org/standard/68982.html>.
15. 日本産業規格(JIS). JIS W 0141:2019 無人航空機 — 用語. 2019.
16. 兼本茂、余宮尚志、入月康晴、長久保隆一、三原幸博、岡本圭史、岡野浩三. システム技術に基づく安全設計ガイド. 出版地不明 : 株式会社 電波新聞社, 2019. ISBN978-4-86406-039-4.
17. 日本産業規格(JIS). JIS X 0170 : 2020 (ISO/IEC/IEEE 15288 : 2015) システムライフサイクルプロセス. 2020.