

第3回ドローンアーキテクチャ検討会 事務局提出資料

2022年8月17日

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)

本日のご報告内容

1. **アーキテクチャ検討の意義**
2. **アーキテクチャ設計報告書の概要**
3. **アーキテクチャの検討の進め方**
4. **まとめ**

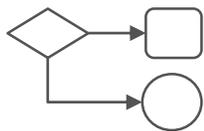
1. アーキテクチャ検討の意義

アーキテクチャ検討の意義（報告書*より引用・一部変更）

各者が個別に自律運行に必要なサービスインフラを整備することは困難

社会全体で取り組むべきアーキテクチャを設計し、各者が役割を担うことが成功の鍵

運行支援基盤 情報基盤



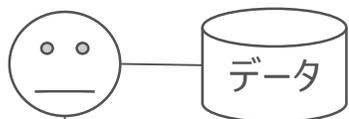
長期・多額の投資が必要

IoTインフラ



標準化や共通化が必要

認証



責任ルール



共通ルール等の整備が必要

リスクマネジメント



コミュニケーション



保険



- 1 ビジョン実現に必要な機能を具体化
- 2 協調領域と競争領域に機能を分類
- 3 機能の担い手や関係性をデザイン
- 4 必要な環境整備に関する取組を具体化
- 5 各担い手が自らの役割を遂行

(*)本資料中で単に「報告書」と記した場合「自律移動ロボットアーキテクチャ設計報告書」を示す

2. アーキテクチャ設計報告書の概要

「自律移動ロボットアーキテクチャ設計報告書」の構成

2022年7月にデジタル庁に提出した。

自律移動ロボットアーキテクチャ設計報告書ダウンロードリンク <https://www.ipa.go.jp/dadc/architecture/pdf/pj_report_autonomoumobilerobot_doc_202206_1.pdf>

報告書の構成

アーキテクチャ設計書（自律移動ロボット全体アーキテクチャ編 etc...）

1. 基本方針

2. ビジョン

2.1 コンセプト

2.2 ユースケース

2.2.1 分野X

2.2.1.1 課題分析

2.2.1.2 TO-BEユースケース

2.2.1.2.1 全体像

2.2.1.2.2 ユーザーエクスペリエンス

2.2.1.2.3 ビジネスモデル

2.2.1.2.4 机上検証

2.2.1.3 先進事例

2.3 経済性分析

4. 検討体制及びプロセス

3. アーキテクチャ

3.1 ストラテジービュー

3.2 オペレーショナルビュー

3.3 サービスビュー

3.4 社会実装に向けた施策

3.4.1 施策X

3.4.1.1 概要

3.4.1.2 課題

3.4.1.3 国内外の動向

3.4.1.4 取組の方向性

3.5 ロードマップ

3.6 残課題一覧

用語集

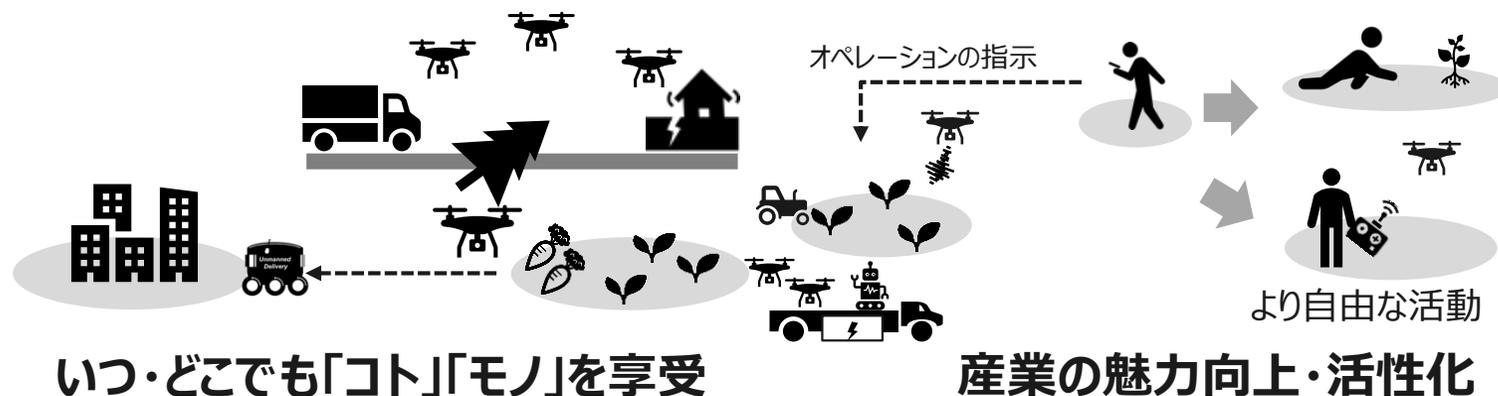
自律移動ロボットにより実現される社会

自律移動ロボットが活躍してデジタル完結・自動化・全体最適化が進む社会システムを構築し、人々は時間・場所の制約から解放されて価値ある活動に注力でき、エコシステム全体で成長して利益が適切に分配される社会を実現し、社会課題解決・産業発展につなげる。

デジタル完結・自動化・全体最適化

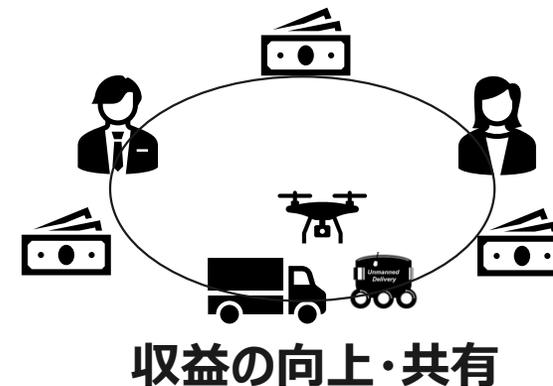
時間・場所の制約からの解放により、人間はより価値ある活動へ

デジタル田園都市構想の実現に向けて



エコシステム全体で成長して利益を適切に分配

新しい資本主義の実現に向けて



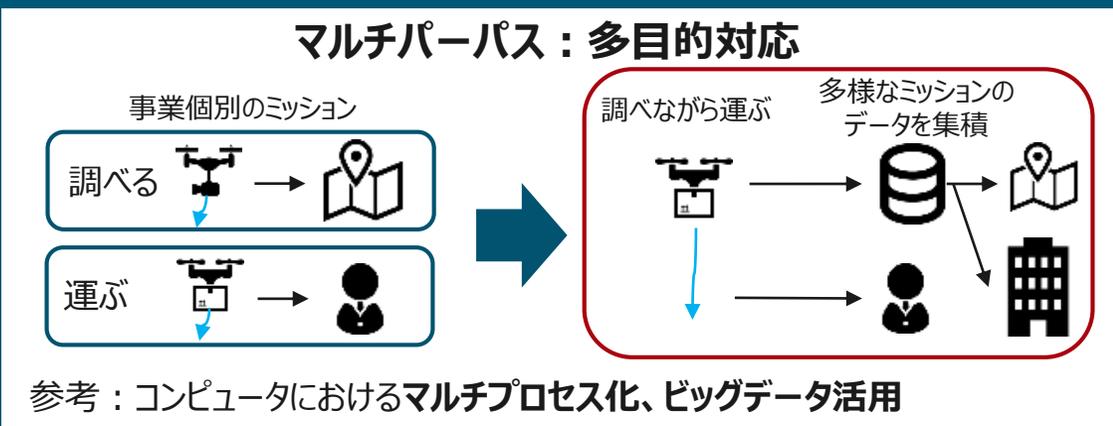
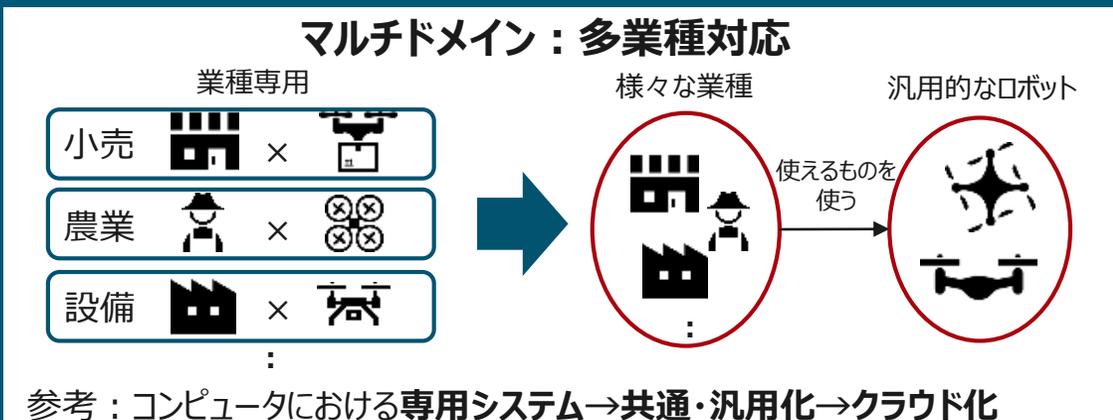
社会・利用者・事業者の課題解決・便益向上

- 少子高齢化に伴う過疎化や労働力不足
- 災害激甚化
- インフラ老朽化
- カーボンニュートラル
- 感染症拡大
- 海外プラットフォーム依存
- 相対的な生産性の低下
- 国際競争力の低下

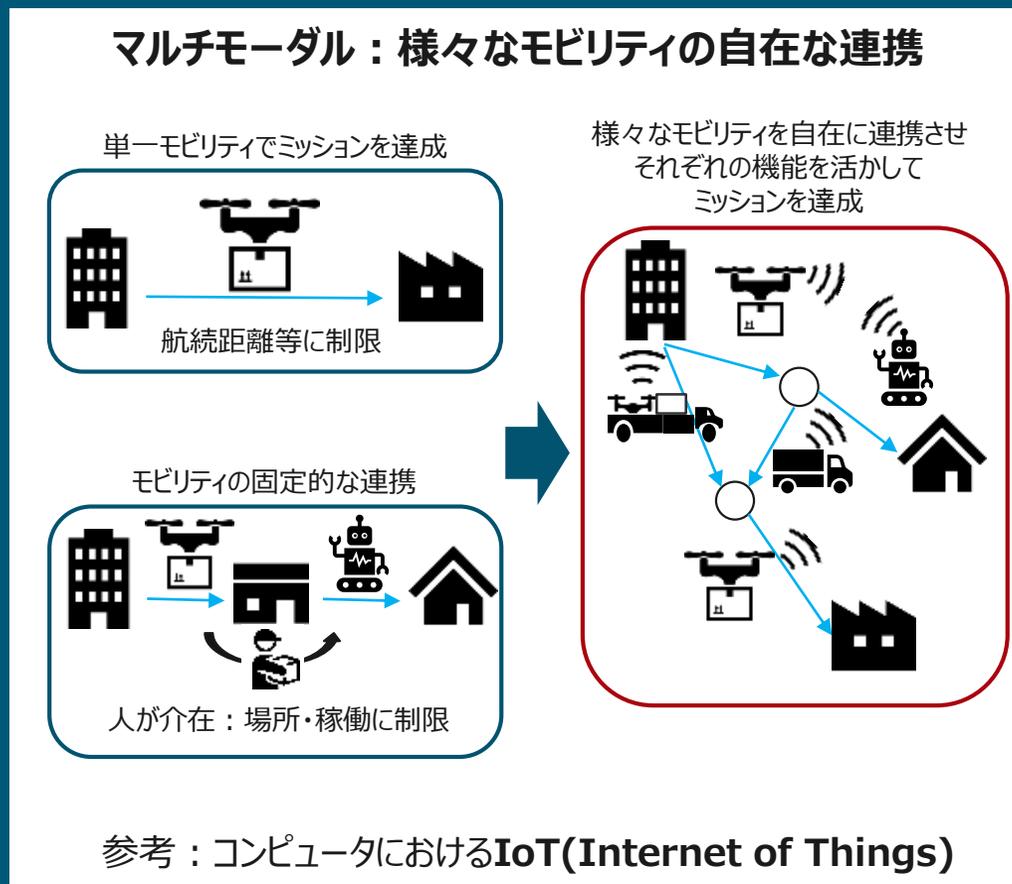
サービスアーキテクチャの事業経済性（マルチモデル）

様々なミッションへ同一の自律移動ロボットを活用することで稼働率を向上し（マルチドメイン）、一度の運行で複数目的を達成し（マルチパーパス）、複数の自律移動ロボットの連携により人間の介在をなくす（マルチモーダル）により、高い事業経済性を達成する。

様々な業種やミッションへの対応（範囲の経済性）



多種多様な自律移動ロボットの組み合わせ



ユースケースの概観

* …次ページ以降で詳述

	インフラ/公共						第一次産業			第二次産業		第三次産業						
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	
	災害 対応*	警備*	電気 ガス 水道*	運輸*	ごみ処理 清掃	環境 調査	農業*	林業	水産業	鉱業	建設 製造業	医療* 福祉	小売*	宿泊	飲食*	生活*	エンタメ*	
運搬	避難所へ 物資輸送	貴重品 の輸送 資機材 の輸送	バッテリー の運搬 水の運搬 ガスの 運搬	点検資材 の運搬 修繕資材 の運搬 代替輸送	ごみ・資源 回収		農作物の 輸送 農薬肥料 水散布	木材の 輸送	海産物の 輸送	資材搬出	資材搬入 作業補助	病室への 配膳 薬・検体 の配送 生活物資 輸送	商品 搬入出 手荷物 運搬	送迎 部屋への 案内 食事配膳	席案内 配膳	生活物資 輸送 洗濯 代行 ペット散歩 代行	バーチャル 旅行	
調査	被害状況 把握	危険運転 検知追跡	鉄塔電柱 の点検	線路の 点検	不法投棄 監視	水量調査	生育状態 把握	生育状態 把握	生育状態 把握	鉱脈調査	作業状況 監視	遠隔診療	防犯	清掃	酔客検知	通学 見守り	トラブル 監視	
	要救助者 捜索	広域監視	電線点検	道路の 点検		人流調査			漁業被害 の検知	作業状況 監視	不審者 侵入検知				食い逃げ 追跡			
		巡回警備	下水道の 点検	橋梁の 点検		気象調査				不審者 侵入検知								
		見守り	発電設備 の点検			公害調査												
作業	電波中継	交通誘導		清掃	清掃		鳥獣対策	鳥獣対策	養殖池の 給餌			院内清掃 消毒	陳列	受付	調理	料理 代行	空撮	
	応急処置						収穫	植付け	養殖池の 清掃			遠隔診療 補助		ベッド メイク		清掃 代行	広告宣伝	
	要救助者 救助						種苗 植え付け	寒伏せ 雪払い	藻の除去							雪下ろし 代行	観光案内	
	避難誘導						土作り	間伐 伐採	梱包								ドローン ショー	

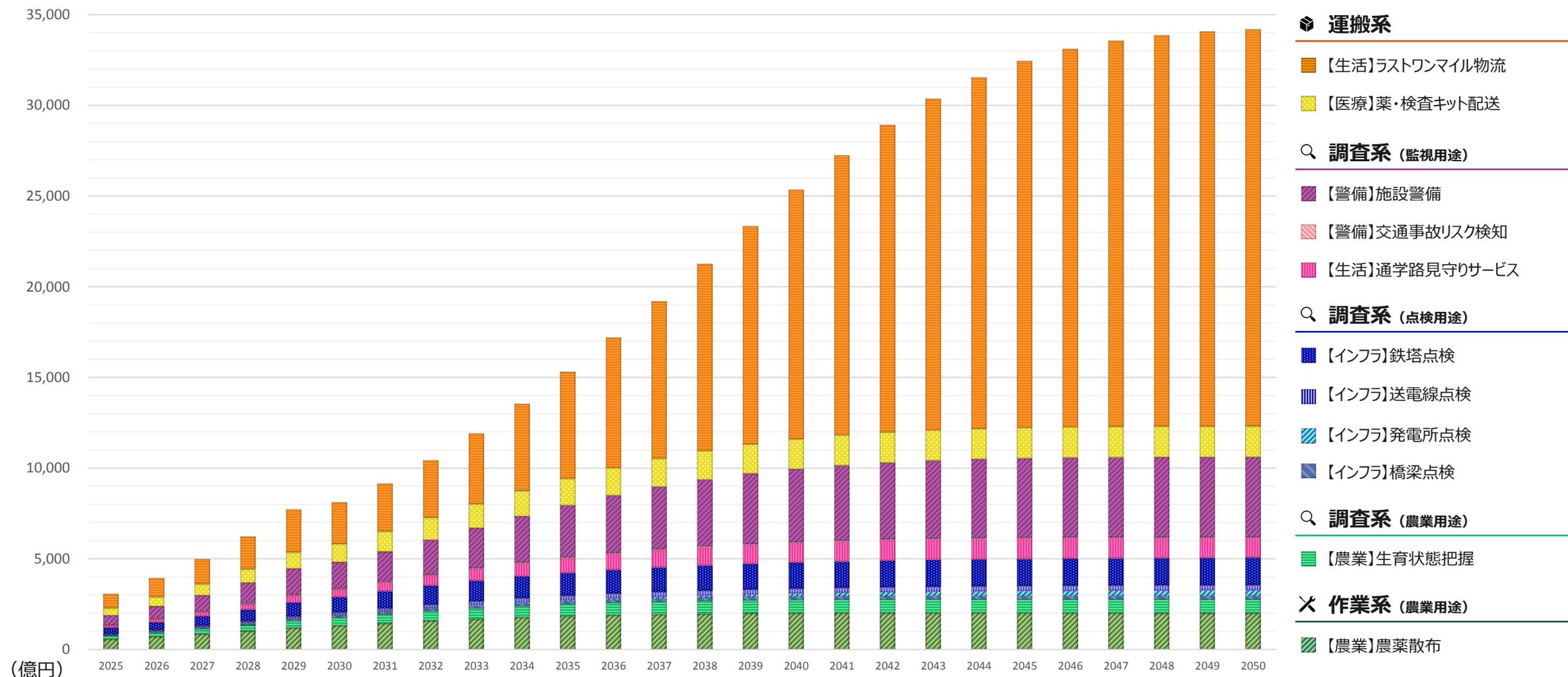
ユースケースの机上検証

中間報告書で提示した各分野のユースケースについて、以下の観点から各分野の関連事業者・団体にヒアリングを実施。全体を通じて、次のような御意見をいただいた。各ユースケースごとの詳細は、次ページ以降に記載する。

妥当性	問い	ユースケースの実現性はどうか。実現あたっての障壁として、どのようなものが考えられるか
	御意見	<p>実現性</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 労務費の削減、効率化だけでなく、働く人や利用者の安心・安全、負担軽減も重要（インフラ・農業、医療） ○ AI、IoT機器、他のモビリティ等との連携により、さらなる価値が見込める（インフラ、農業、医療、生活） <p>実現の障壁</p> <p>運用面・技術面・コスト面の3点についての多くの御意見を頂いた</p> <ul style="list-style-type: none"> 運用面 <ul style="list-style-type: none"> ・平時と災害時のロボットの流用では、運用方法を関係者間で事前に整理しておく必要がある（災害） ・分野間のマルチユースでは、需要偏在への対応がポイントとなるだろう（インフラ、生活） 技術面 <ul style="list-style-type: none"> ・ペイロードが小さいため、他のモビリティ・ロボットとの役割分担が必要だ（農業、生活） ・ロボットが働きやすいインフラの整備が必要だ（農業、生活） コスト面 <ul style="list-style-type: none"> ・通信費の高さがネックとなっている（インフラ、農業、生活）
網羅性	問い	社会的・経済的に重要なユースケースが漏れていないか
	ご意見	考えられるユースケースは概ね記載されている（全分野）

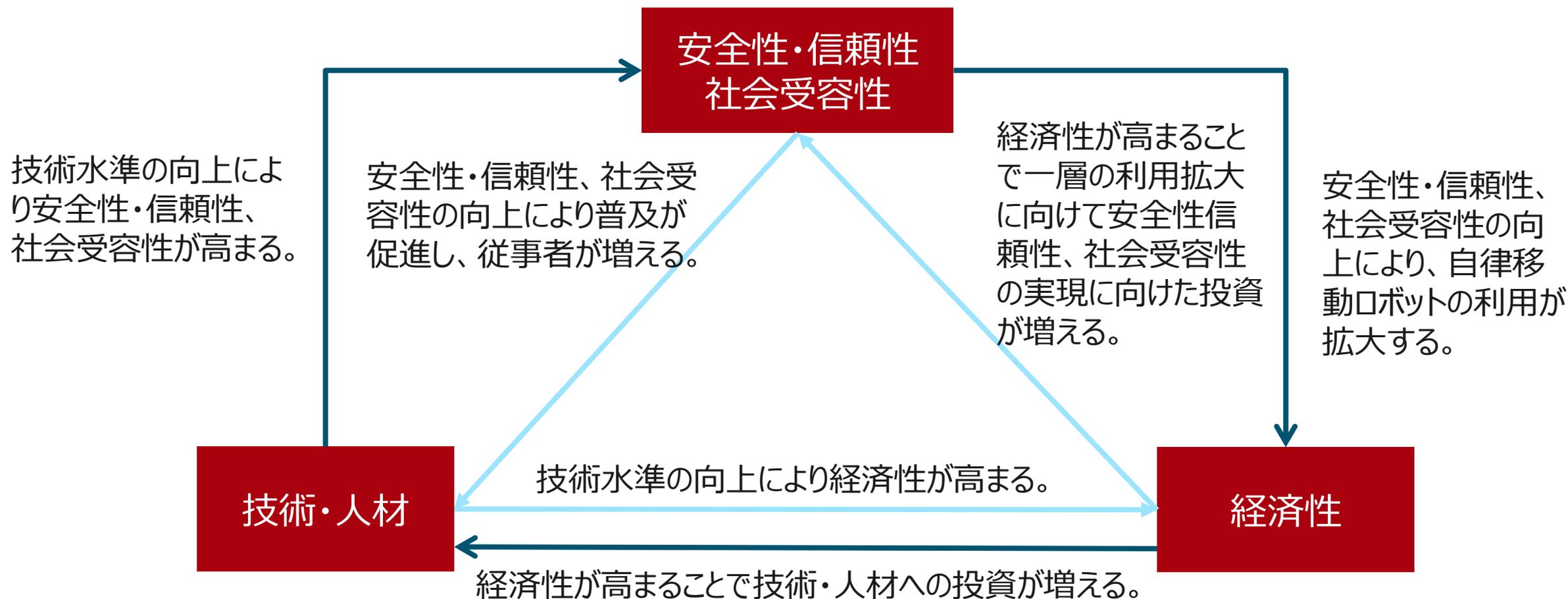
全体結果（ユースケース別市場規模）

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と予測。



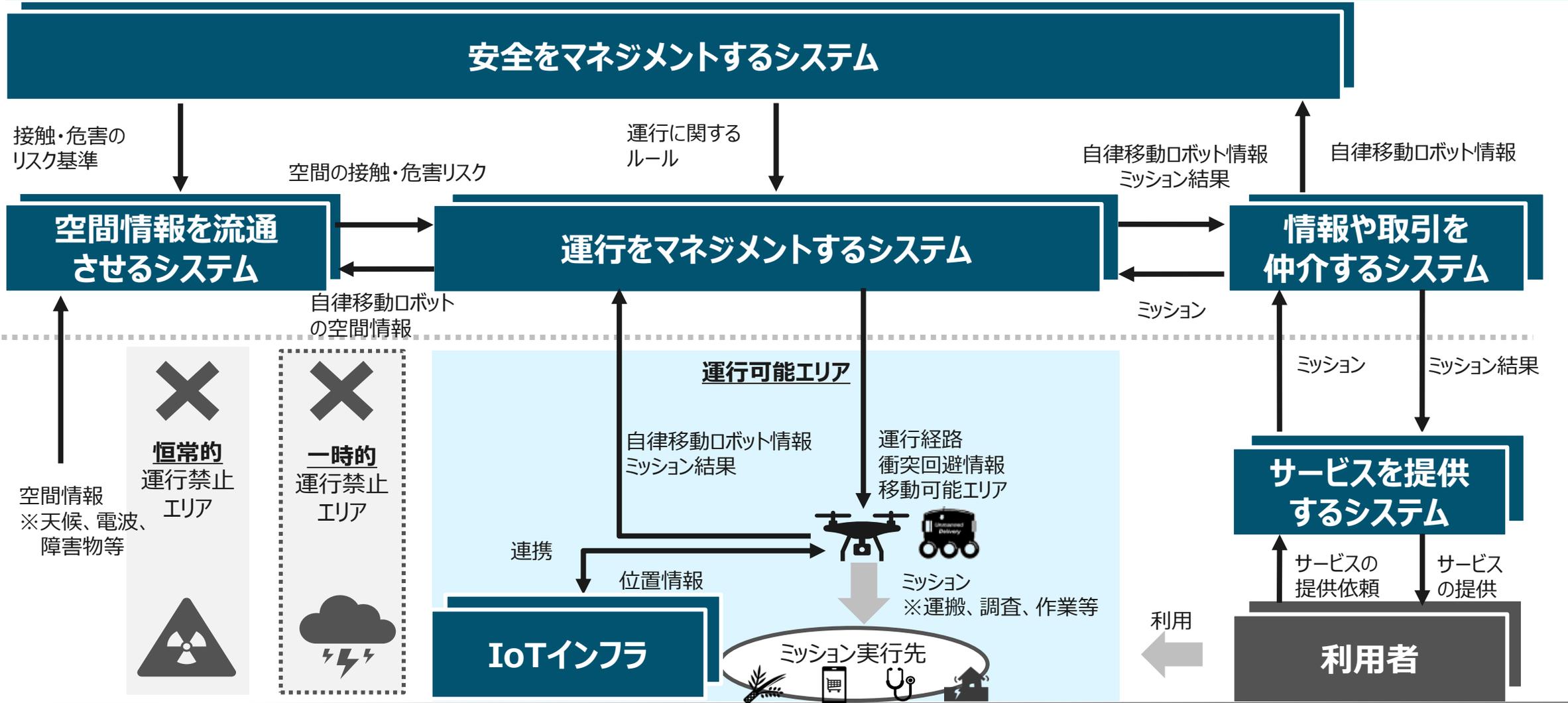
自律移動ロボット普及のための戦略

多様な自律移動ロボットを分野横断・多用途で活用することで、**安全性・信頼性、社会受容性、経済性、技術・人材**を相乗的に高める**ポジティブループ**を回していくことが重要。この際、**ユースケースの検討を通じて得られた経済効果をドライバー**とすることで、**ポジティブループが回り始めていく**と考えられる。

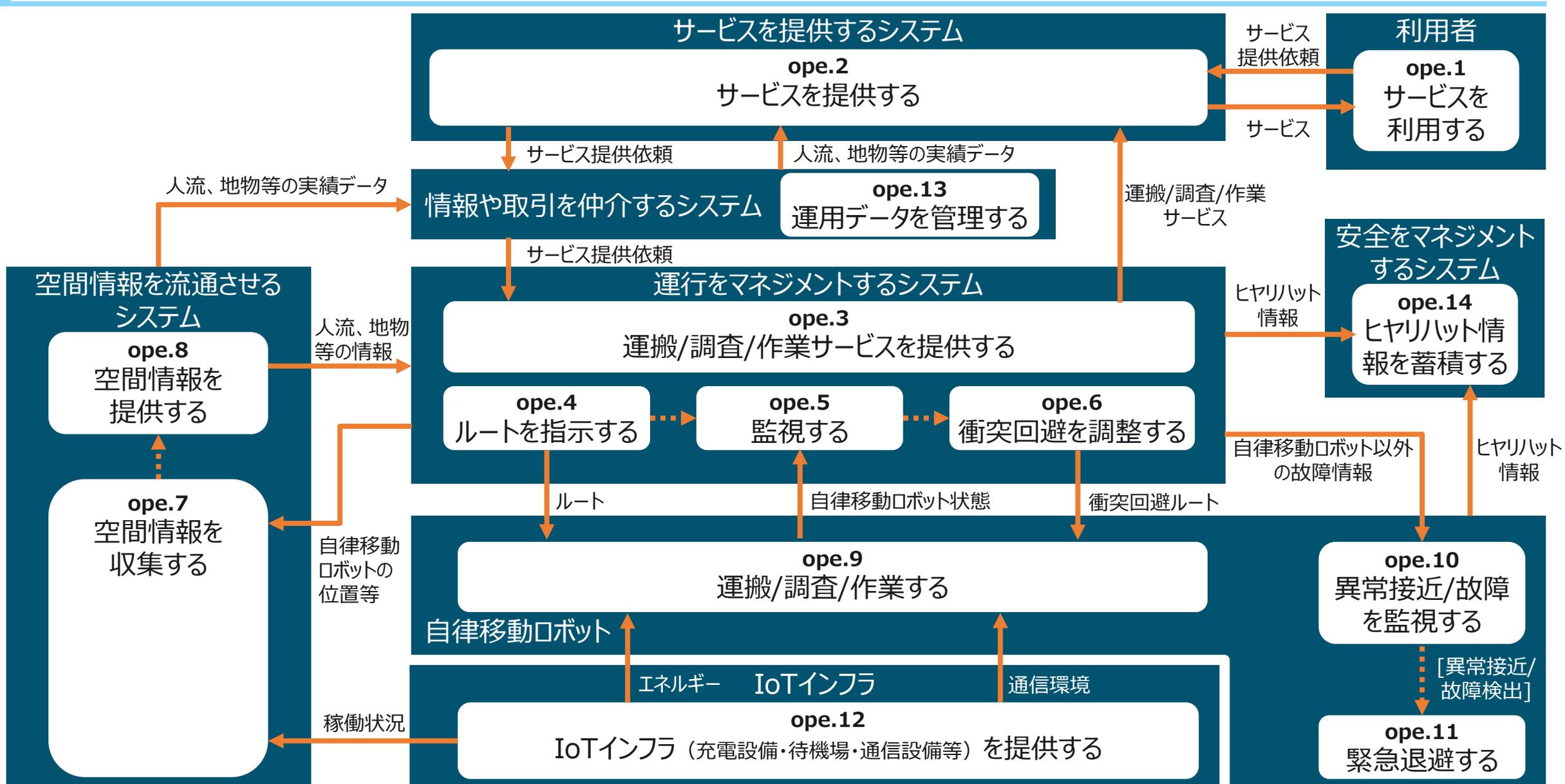


オペレーショナルアーキテクチャのコンセプト

様々な機能やデータを自在に組み合わせ、サービス提供やデータ分析に利用できるようにするために、レイヤー・モジュール構造やそれら繋ぐインターフェースの在り方を具体化していく。

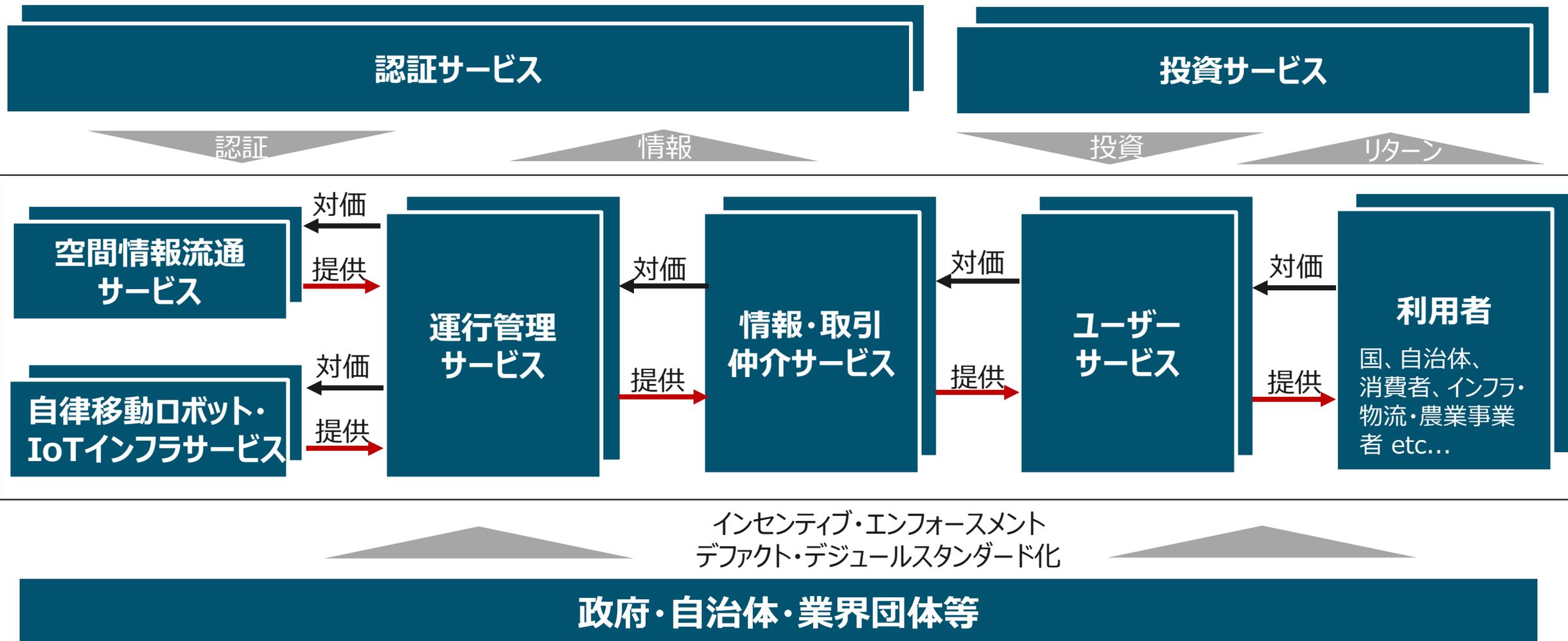


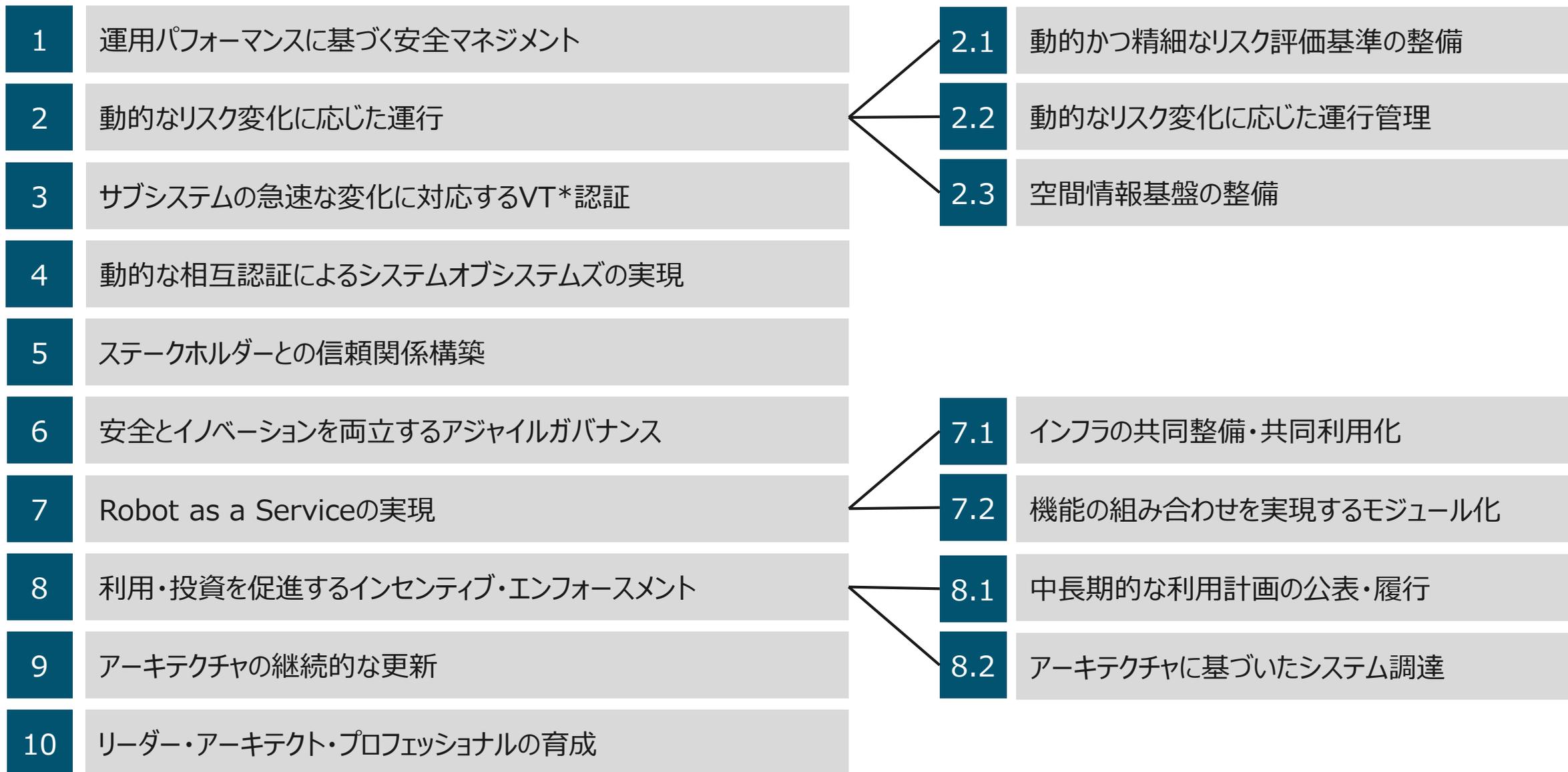
オペレーショナルレビュー（運用フェーズ）



サービスアーキテクチャのコンセプト

品質、安全性・信頼性、価格に優れておりニーズにマッチした多種多様なサービスが提供・利用されるために、組織・システムの認証、インセンティブ・エンフォースメント、投資の促進、デファクト・デジュールスタンダード化の在り方を具体化していく。





*VT: バーチャルテスト

これまでの議論とコメント（安全性・信頼性、社会受容性の観点）

安全性・信頼性に関しては、空中・地上リスク評価のあり方や災害時も含めた運航管理、データを用いた安全性・信頼性向上、さらに、それらの社会実装についてコメントいただいた。

社会受容性に関しては、ドローンの価値とリスクについて住民等ステークホルダーとの対話の必要性、事故対応時に事業者への過度な負担が発生することの懸念についてコメントいただいた。

分類		検討テーマと主なコメント		報告書の施策番号
安全性 ・ 信頼性	外部リスク への対処	HW (環境)	動的なリスクに対応した運航管理（SG①） 施策2 動的かつ精細なリスク評価と対応運航管理システム・機体・運用コンセプト <ul style="list-style-type: none"> 空中リスク・地上リスクの評価のあり方と安全性・信頼性および経済合理性を両立する運航管理方法の確立、さらに、社会実装に向けた環境整備とそのプロセスの確立が必要 災害時の運航管理方法の確立が必要 	データを用いた 安全性・信頼性確立 (SG②) 飛行情報共有・ 分析技術の開発 ● 運航データ・事故データを安全性・信頼性向上に活用すべき
		SW (サイバー攻撃等)	SoSを踏まえたサイバーセキュリティへの対応 施策4 ● 安全な飛行のために最新のファームウェアにアップデートしておくことが重要	
	内部リスク への対処	HW	システムの安全性・信頼性論証 施策3	
		SW		
社会受容性			社会受容性の確立（SG②） ドローンの価値理解・住民の不安への対応 施策5 <ul style="list-style-type: none"> 平常時・災害時におけるドローンの価値とリスクについて、自治体と連携した住民等ステークホルダーとの対話が必要 	
			事故時の対応の確実化 施策6 ● 事業者に対する過度な責務が発生しない責任の所在と範囲の明確化が必要	

これまでの議論とコメント（経済性、技術・人材の観点）

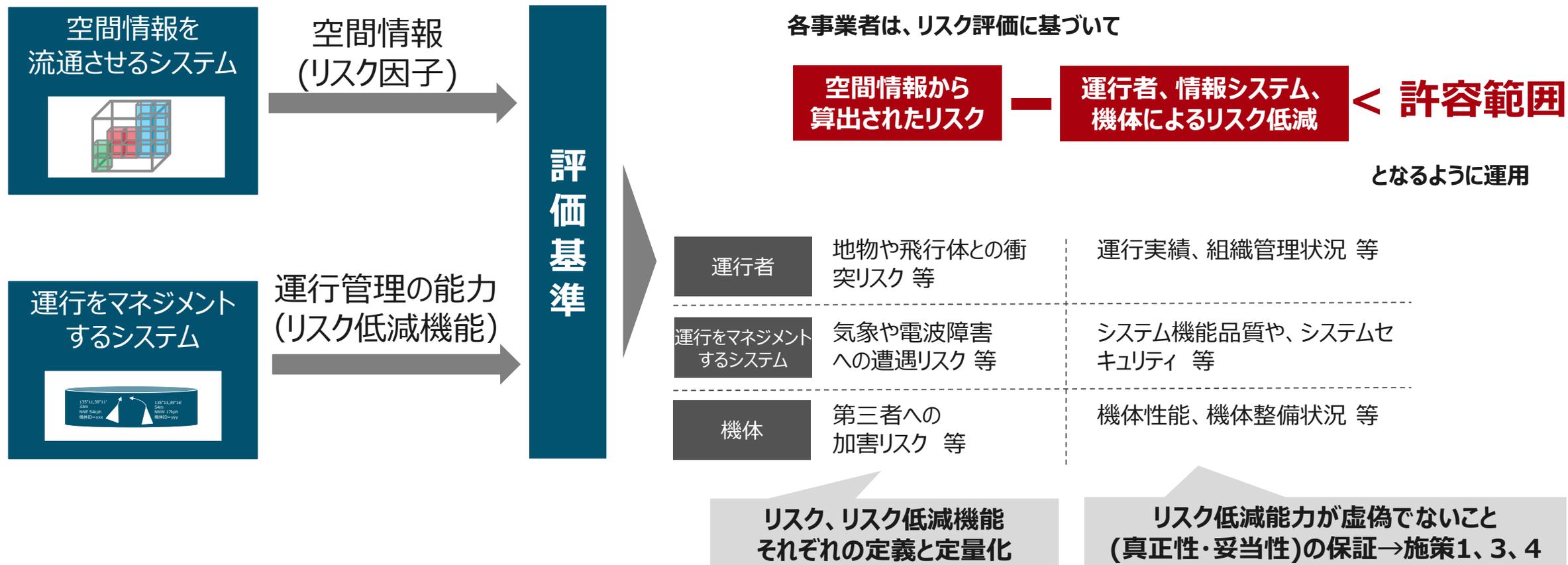
経済性に関しては、政策も含めた市場拡大の後押し、モビリティとインフラの連携のインターフェースや相互運用方法の標準化による新たな価値創出およびコスト削減、さらに、データを用いたイノベーション創出等のコメントをいただいた。
 技術・人材に関しては、各テーマにおける技術開発の必要性と人材育成の重要性についてコメントをいただいた。

分類		検討テーマと主なコメント		報告書の施策番号
経済性 (利益の向上)	売上拡大	市場拡大 (客数増加)	政策的な市場拡大の後押し 施策8 ドローン導入のインセンティブやエンフォースメント ● ドローンビジネスとコスト構造の分析および国による戦略的なドローンの活用やインフラの整備を含めた産業振興が必要	データを用いたイノベーションや効率化の実現 飛行情報共有・分析技術の開発 ● 運航データ・事故データを保険や新サービスに活用することが必要 施策1(A,B)
		価値向上 (単価増加)	価値あるサービスの提供 (SG②) 施策7.2 サービス提供に必要な各処理のモジュール化(as-a-Service化)の実現 ● 各モビリティとインフラの組合せによる価値創出、および、他業種とのサービス連携によるイノベーション創出につなげることが必要	
	費用削減	モノの費用	IoTインフラの共同利用・共同整備 (SG③) 施策7.1 共同利用・共同整備を実現するための標準化の実現 ● 各モビリティとインフラとのインターフェースや相互運用方法の標準化が必要	
ヒトの費用				
技術・人材		人材育成 施策10 ● 人材の育成が必要	技術開発 テーマ毎に実施	

動的かつ精細なリスク評価基準の整備の取組の方向性(2/2)

2.1

空間情報と、運行の構成要素である「運行者・情報システム・機体」等を総合的に考慮したリスク評価基準を検討していく。実現に当たっては、空間情報から導出されるリスクの定義・定量化と、運行管理が持つ運行者、情報システム、機体によるリスク低減機能の定義・定量化、また、それらの真正性や妥当性保証について検討していく。



動的なリスク変化に応じた運行管理の取組の方向性

自律移動の技術水準向上を加味しながら、運行管理を構成する「運用者、情報システム、機体」の機能分担の在り方や、その中でも動的なリスク評価に基づく安全な運用を実現するために情報システムが持つべき機能の具体化と、システム間連携の標準化を中心について検討していく。

運行管理の検討

技術水準向上を考慮した、正常時、異常時それぞれの役割分担検討
 ※法的責任や補償のあり方等、ガバナンス面は施策6で検討

動的なリスク評価を運用に反映する手法の検討

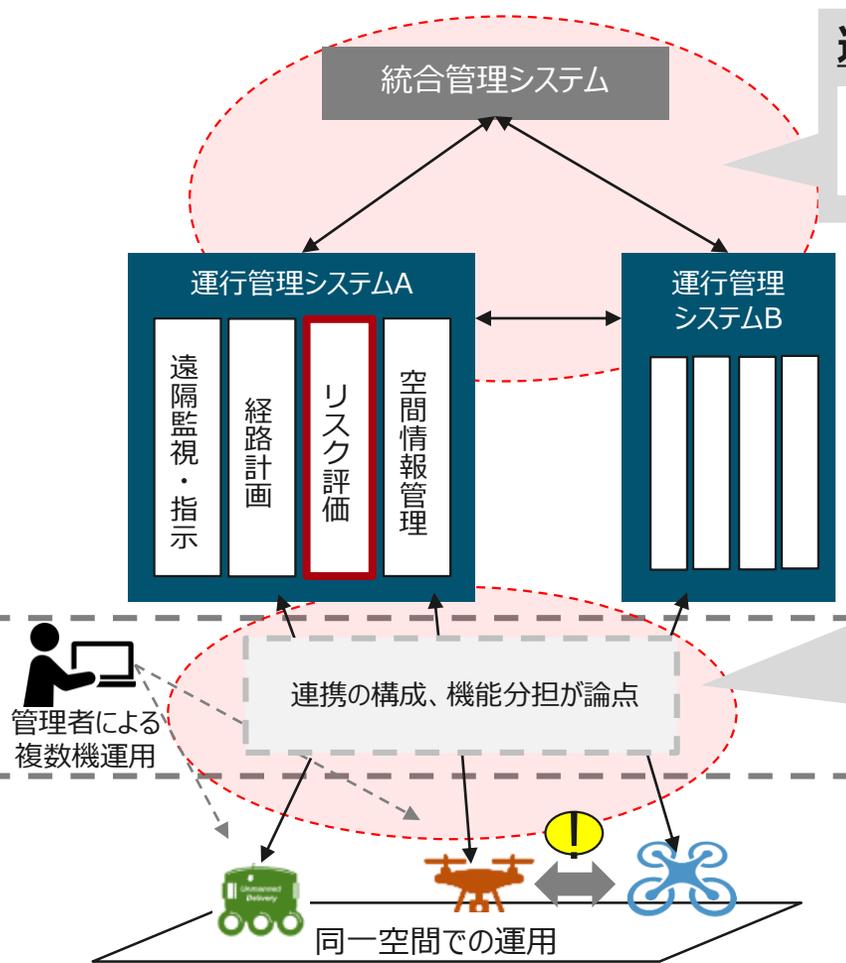
複数機運用に求められる運用技術の検討

OTA、AIを考慮した機体、システムの認証のあり方検討→施策3で検討

情報システム

運用者

機体



運行管理システム間の連携(統合管理)の検討

- 空間の密度に応じた最適な統合方式の検討
- 空間情報を流通させる仕組み(施策2.3)の活用検討

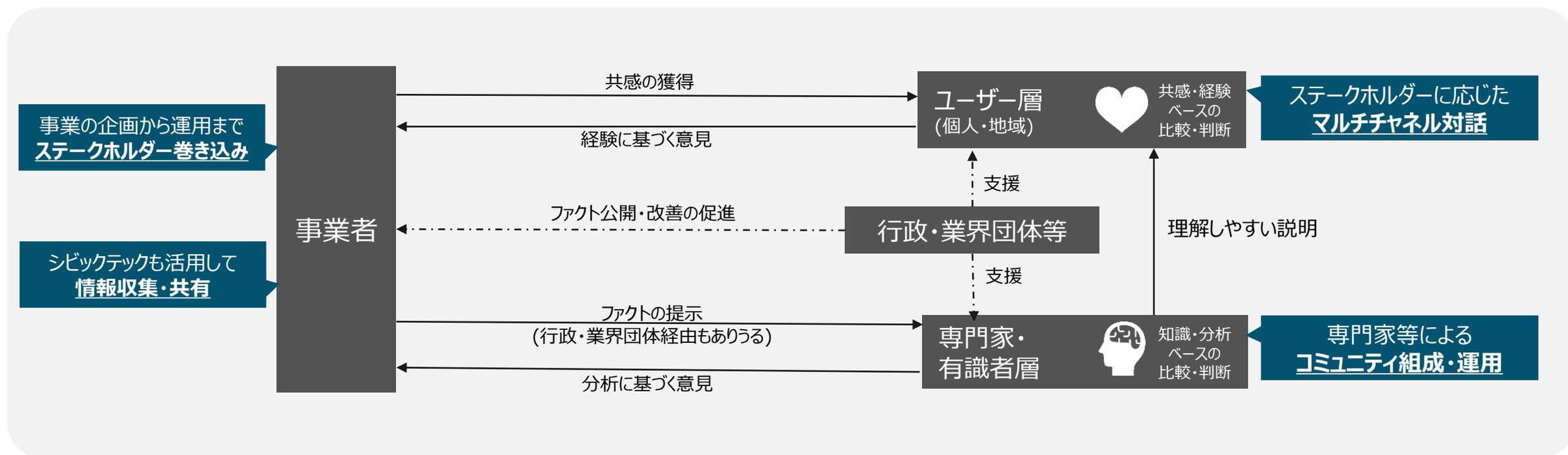
システムと機体間の連携の検討

システムと機体間の連携のアーキテクチャ整理

様々なメーカーの機体が、適切に運行管理システムと連携するための、機能・インタフェースの在り方の検討

ステークホルダーとの信頼関係構築における取り組みの方向性

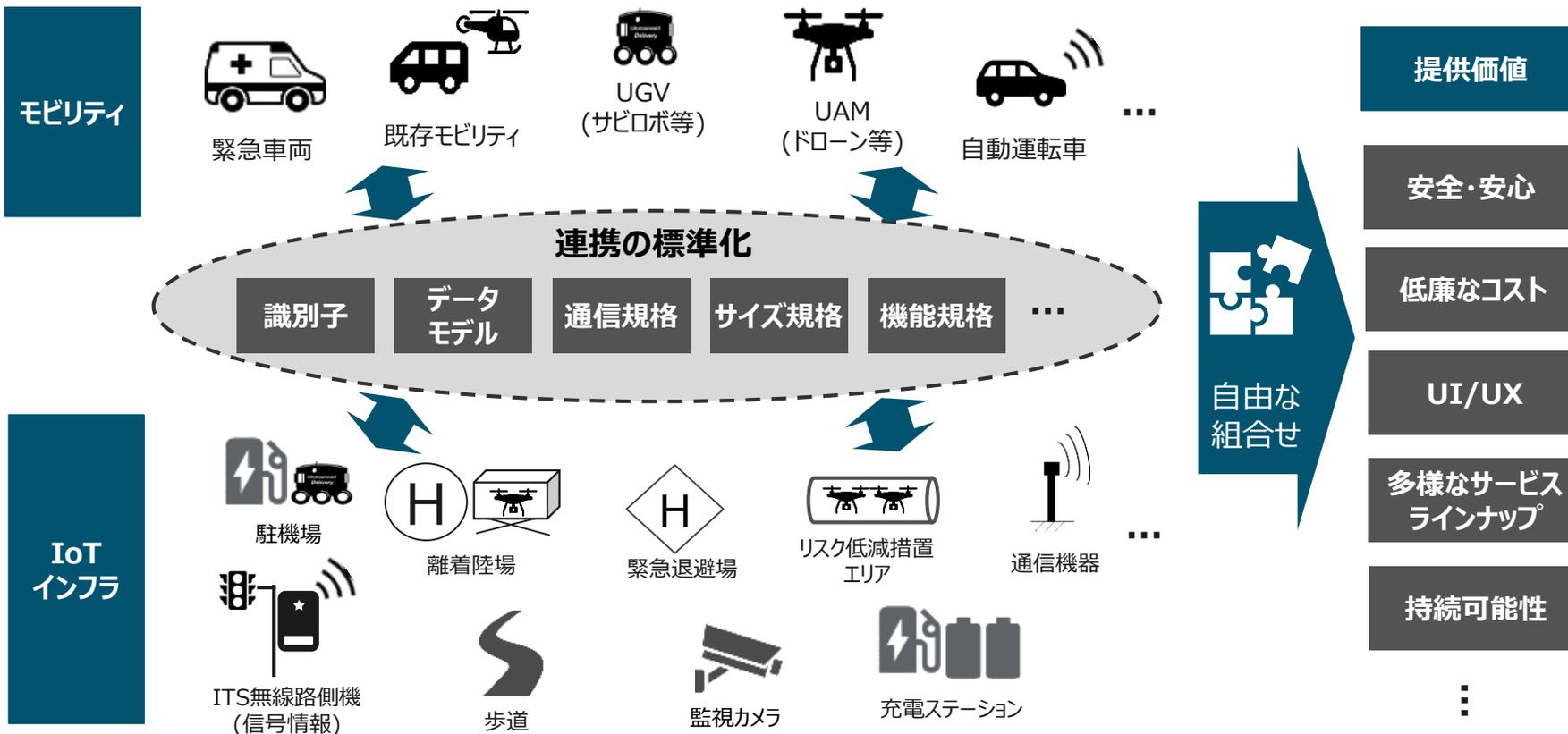
ユーザー層からの「共感獲得」とファクトに基づく「リスク評価」の2つの目標を実現するために、事業へのステークホルダーの巻き込み、事業者による情報収集・共有、ステークホルダーとのマルチチャネルでの対話、専門家等のコミュニティによるリスク分析といった仕組みを検討していく。



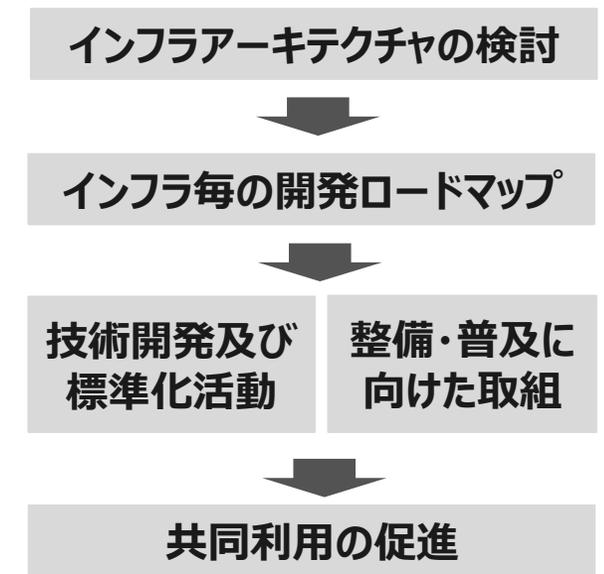
インフラの共同整備・共同利用化の取組の方向性

安全かつ効率的な運行を実現するために、IoTインフラの積極的な利活用を念頭に、モビリティとIoTインフラ側の機能分担の明確化を検討していく。また、利用者のニーズに応じた柔軟なインフラサービスの提供を目指して、各インフラを自由に組み合わせることができるように、移動式・可搬式のインフラ等も視野に入れ、インフラ連携の規格を整備を検討していく。

モビリティ・機能の自由な組み合わせのイメージ



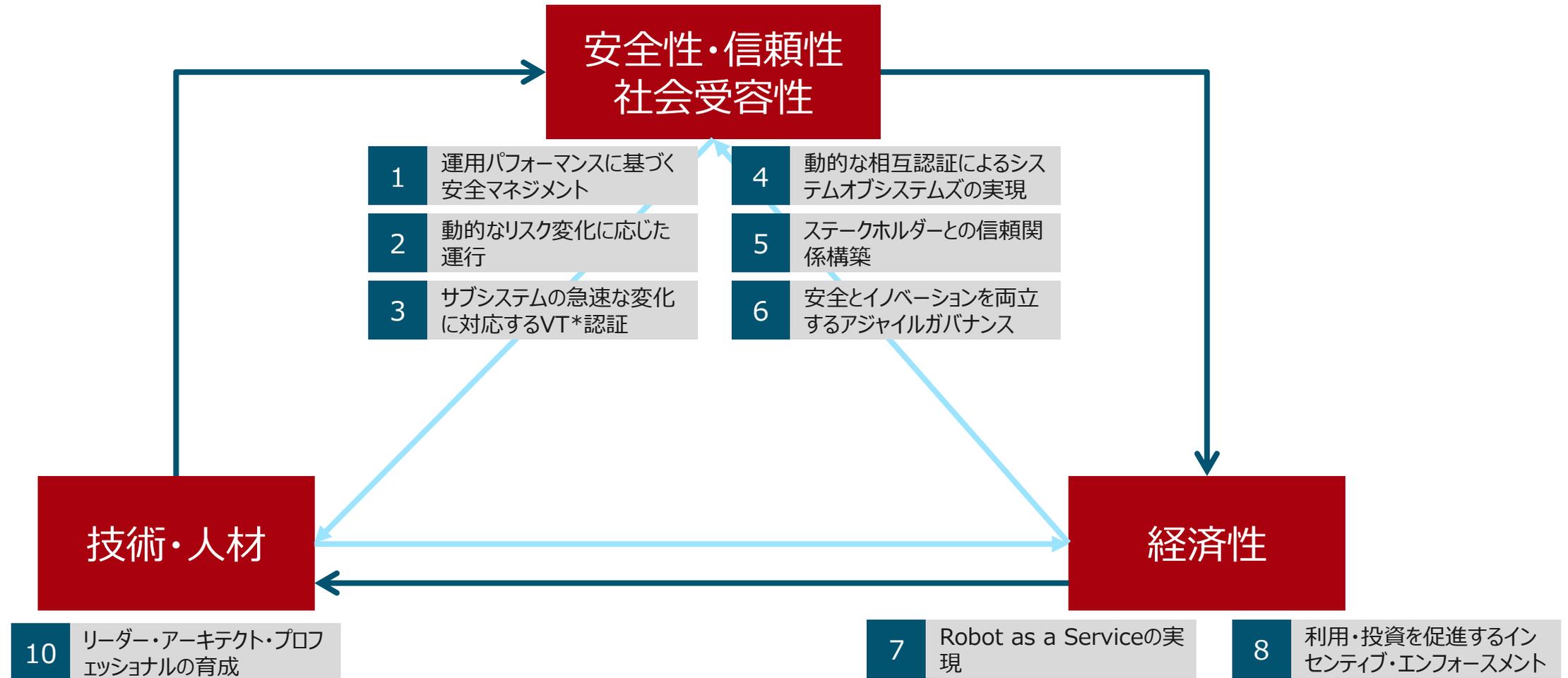
検討の進め方のイメージ



3. アーキテクチャの検討の進め方

ドローン社会実装を加速する検討テーマ

ドローン普及の加速には安全性・信頼性・社会受容性、経済性、技術・人材を相乗的に高めることが重要。**安全性・信頼性・社会受容性を高める施策1～6**、**経済性を高める施策7～8**、**技術人材を高める施策10**について、**社会実装に向けた具体化を本検討会・スタディグループのテーマ**として、検討を深めていく。

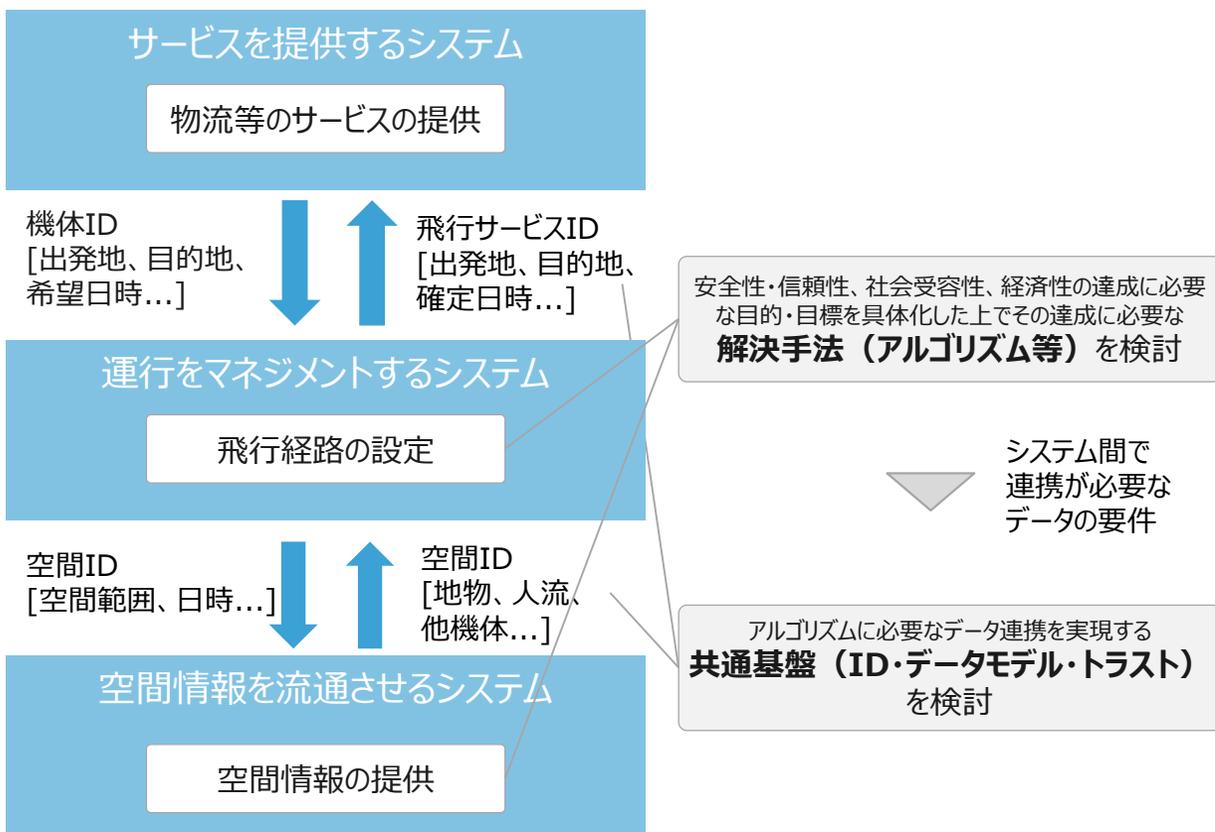


社会実装に向けた検討テーマを具体化する検討会・スタディグループの構成

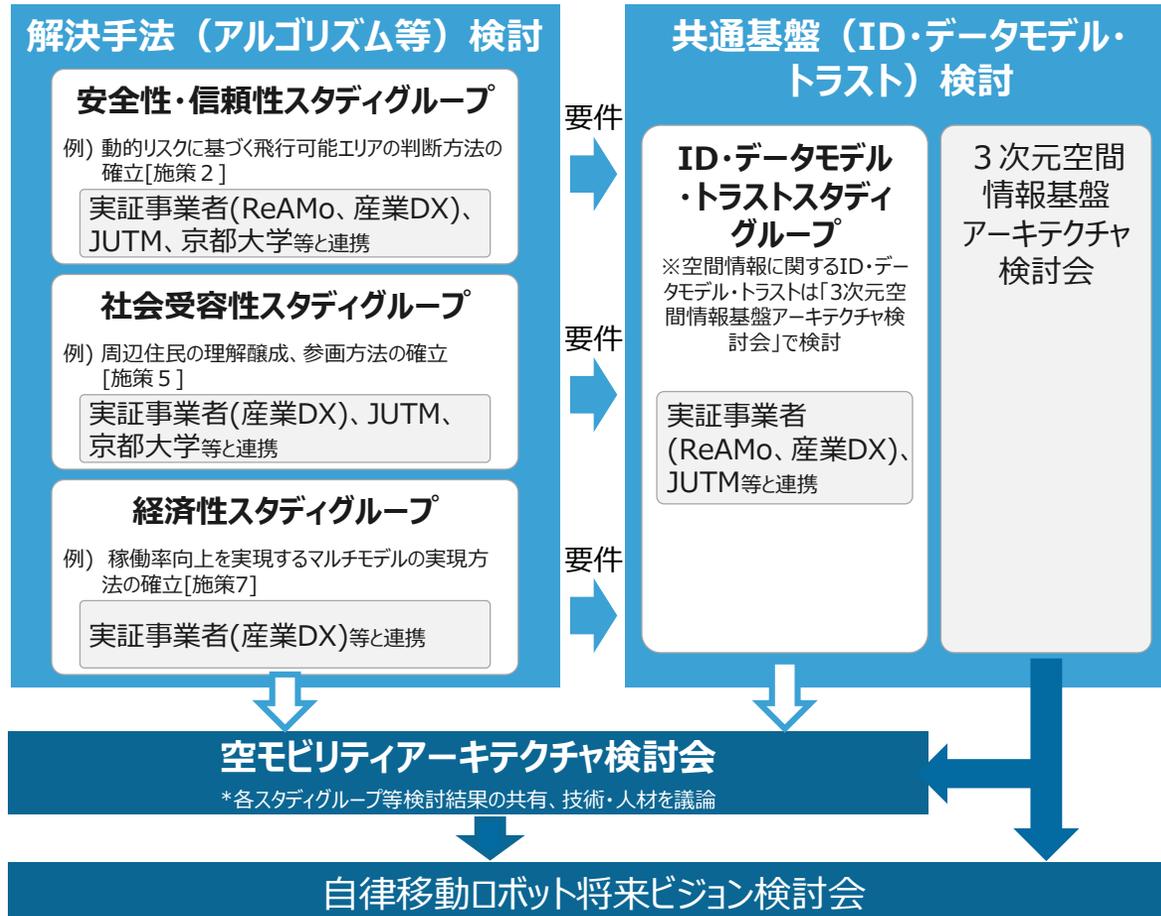
安全性・信頼性、社会受容性、経済性のそれぞれの達成に必要な目的・目標を実現する解決手法（アルゴリズム等）やその解決手法に必要なデータに関する要件を検討するスタディグループと、その要件を達成するため共通基盤（ID・データモデル・トラスト）について検討するスタディグループ及び検討会を設置する。

検討会・スタディグループにおける検討事項

ドローン 飛行計画の決定におけるオペレーショナルビューの一例



検討会・スタディグループの構成案



4. まとめ

皆様からの意見を踏まえアーキテクチャの設計を進め、報告書の取りまとめを実施した。

今後は社会実装に向けたアーキテクチャの具体化を進めるとともに、NEDOの産業DX事業等においてアーキテクチャの検証を行う。

そのために、各施策について「安全性・信頼性」「社会受容性」「経済性」「人材・技術」の面から深掘りすべく、複数のスタディグループを組成して、実証事業や制度設計につながる検討を進める。

皆様へのお願い事項

- スタディグループの議論への参加をお願いしたい。
- 各テーマに対する具体的なソリューションについて、参加者の皆様が考えているアイデアや、国内外の最新動向などの共有をお願いしたい。



Digital Architecture
Design Center