

自律移動ロボットアーキテクチャ設計報告書

2022年7月

経済産業省/デジタルアーキテクチャ・デザインセンター (DADC)

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

1. 基本方針

Society5.0の実現

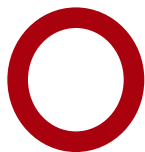
自動運転車やドローン、サービスロボットといった自律移動ロボットの活用にデジタル技術を援用することで、サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）の高度な融合を可能とし、**人間中心で社会的課題の解決と産業発展を同時に実現する将来ビジョンを描き、その実現に必要な取組を具体化する。**

社会的課題を解決しながら富を創出する取組を検討

自律移動ロボットとデジタルで



人間の作業の効率化



社会的課題を解決しながら

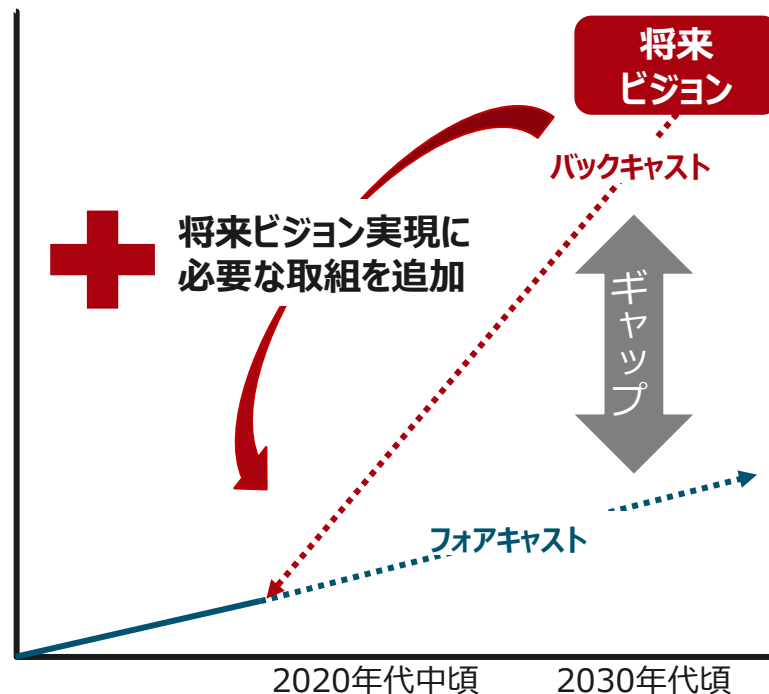
- ・ 富を創出
- ・ 人間の生活を豊かに

脱炭素の実現

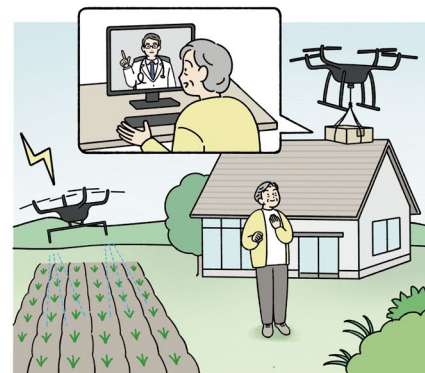
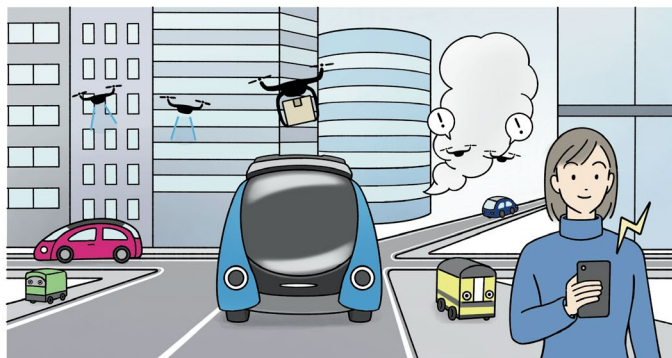
少子高齢化の時代に対応

各個人が
最適な体験を享受

将来ビジョンからバックキャストして取組を検討



Society5.0の実現に向けた取組



アジャイルガバナンス

デジタルツイン

as-a-Service



人間が行う作業を自律移動ロボットで代替することの限界

農業：圃場管理や農作業の代替



出所：photoAC

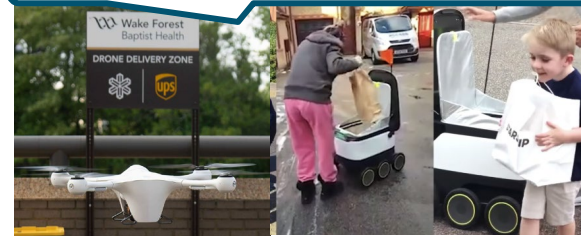
インフラ保守：人間による点検の代替



出所：IBERDROLA

物流：既存物流網の補完

離島・山間部にニーズはあるが需要量は限定的



大量かつ高密度の移動は発生しない

大量かつ高頻度のニーズはない

現在の延長線上で制度・技術改善を続ければ十分に対応可能

大きなビジネスが成立しない

現在のニーズをもとに人間の作業を自律移動ロボットで代替するという発想では、
自律移動ロボットが活躍する場は限定的

➡ 自律移動ロボットが大量・高密度・高頻度に活躍する将来ビジョンは描く必要があるのか、必要があるとしても具体的に描くことが可能か。

イノベーションが生活や働き方を一新してきた歴史

これまで、我が国においては、現在の生活や働き方のビジョンを牽引しながら主導的に実現するような牽引者・担い手が出現しておらず、生活や企業活動は外国の製品やサービスが前提となっている。その結果として、我が国産業は、どれだけ働いても富むことができない「デジタル小作人」となってしまったのではないか。



スマートフォンは
便利そうではあるが、
ガラケーで十分だろう。



iPhone
Google Pixel
...



**スマートフォン
がないと
生活できない。**



クラウドはセキュリティが不安
大企業はオンプレミス
だろう。



AWS
Google Cloud
Microsoft Azure
...



**政府も大企業も
クラウドを導入
している。**

日本から自律移動ロボットが活躍する将来を実現できなかった場合

海外で実現した便利なイノベーションを輸入して、
外国のドローンや自動走行車ばかりを利用

又は

少子高齢化に伴う人手不足のため、
物流等が経済成長の足枷になるおそれ



出所：Tesla

Teslaの自動運転車



出所：Amazon

Amazon Prime Air



出所：Starship Technologies

Starshipの配送ロボ



人手不足で
十分にモノを
運べない。

日本の空も地上も
外国のドローンや車
ばかりで、ルールや
インフラまで外国企
業が提供している。



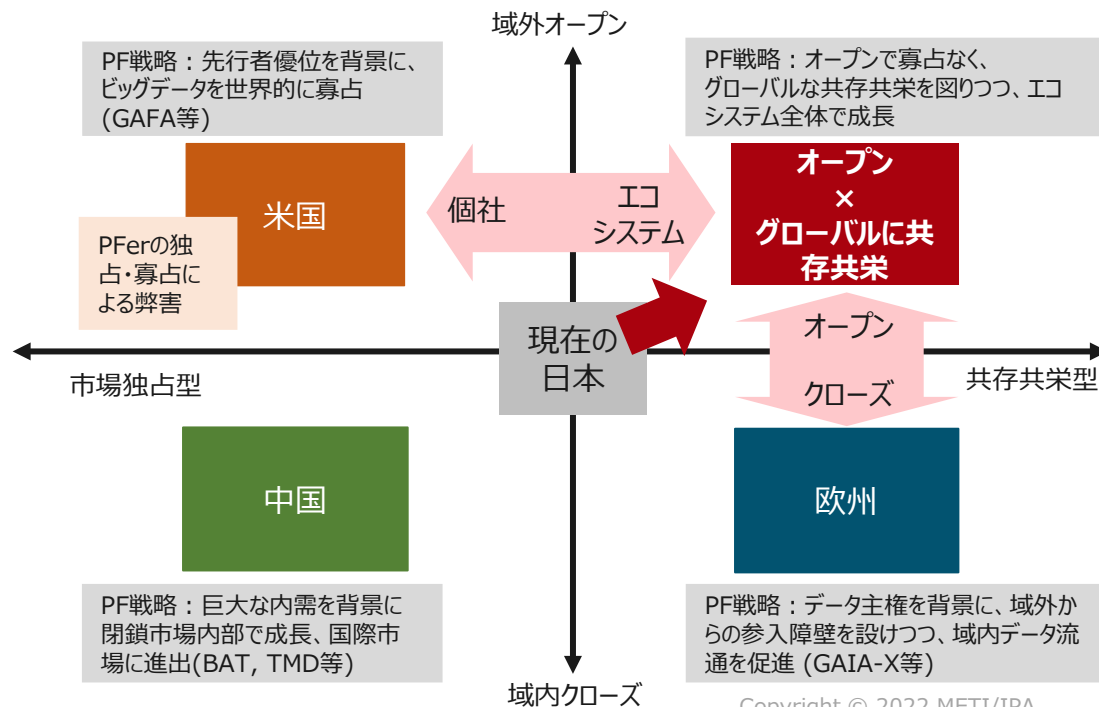
配送料が高い！
配送が遅い！



グローバル競争の中で我が国産業が成長するための方向性について

特定の国や企業が利益を独占することなく、地域内外の国・企業等のプレイヤーが、デジタルインフラ（後述）の上で、ニーズに応じた提供価値を磨き、自由に最適な相手と取引して価値提供することで、**中小規模のプレイヤーも含めて皆が「公正に利益を享受して共存共栄」しながら、高い水準で「社会的課題の解決・経済発展」を実現するような価値共創型のエコシステム**をグローバルに構築することが重要。

欧州	<p>国を跨ぐ巨大な欧州の経済圏を統合した上で、官主導で、社会的課題にフォーカスしたテーマを設定し、域内企業に有利なルール(デジュール・スタンダード)を設定することで、米中に対抗している。</p>
米国	<p>国内外で市場原理を徹底して追求する、という過程で成長したグローバル巨大資本企業が市場を寡占。</p>
中国	<p>巨大な内需とコスト安を背景に、官によって統制・保護しながら民間企業を育て、外需獲得を目指している。</p>



Society5.0において分野横断で共通して目指す世界のイメージ

1 社会、消費者、事業者の全ての課題解決や便益向上を実現

- 1 脱炭素や少子高齢化に伴う社会的課題を解決する
- 2 個別最適化された“コト”を「いつでも」「どこでも」「誰でも」享受できる
- 3 ニーズを叶える提供価値を大きく増やしなが、フィジカルでのコストを劇的に減らす

2 企業の壁を越えてエコシステム全体で成長し、貢献した事業者が適切に利益を享受

- 1 取引や提供機能の情報規格を統一するなどして各機能をモジュール化する
- 2 顧客と提供者を繋ぐプラットフォームを様々な企業が切磋琢磨しながら担う
- 3 機能を組み合わせた新しいサービスの迅速提供や最適な相手との直接的な取引を実現

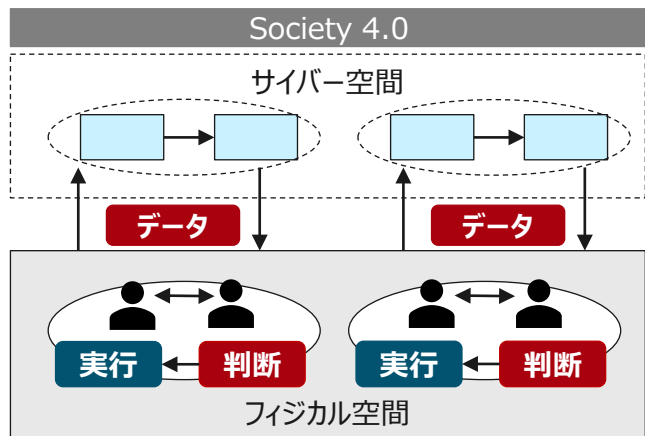
3 ステークホルダーのニーズを満たす最適なフィジカルの動きをサイバー上で導き実現

- 1 フィジカル情報を統一の情報規格（ID・属性等）でデジタル化してデータスペースを整備
- 2 データの入出力・参照を通じて実世界の取引や行為を制御するデジタルインフラを整備

社会、消費者、事業者の課題解決や便益向上を実現（一般論）

As-Is

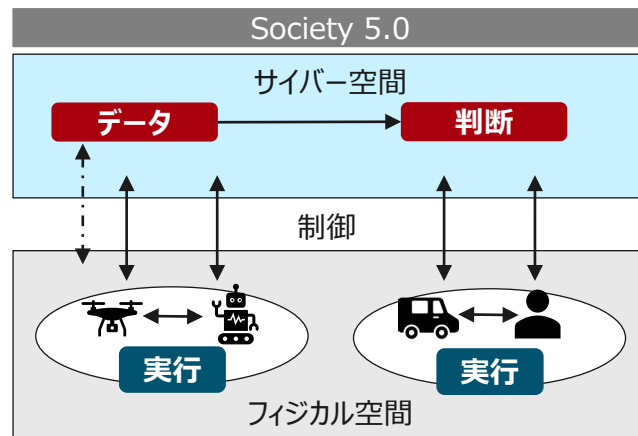
- (A) 少子高齢化による、**商圈（需要）と産業（供給）のギャップ発生**に伴い、社会的なインフラが非効率化
- (B) **規模の経済等を活かした低コスト化が産業競争の基調**であり、消費者は画一的な“モノ”を享受
- (C) **オペレーションの精度向上に多大な労力**を払って付加価値を向上



人からアクセスしてサービス・情報を取得し、人による判断でオペレーションを行う。

To-Be

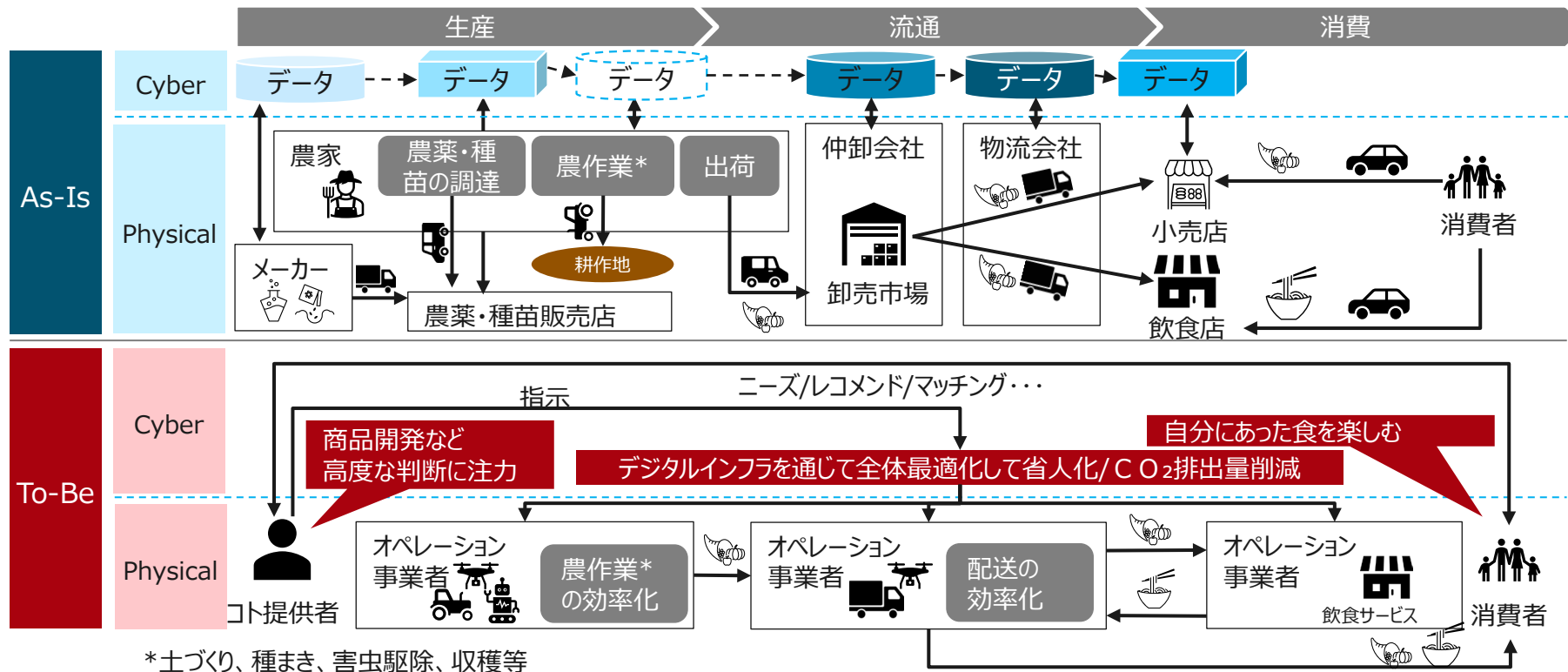
- (A) 人の制約を受けずに、**ロボットやA Iを大きく活用しながら社会システム全体を効率化**して、脱炭素や少子高齢化といった社会課題を解決する
- (B) **マッチング精度を産業競争の基調**として、個別最適化された“コト”を「いつでも」「どこでも」「誰でも」享受
- (C) **オペレーションを自動化して高度な判断に注力**することで、提供価値を増大させながら、フィジカルでのコストを削減する



フィジカル空間の状況をサイバー空間上で把握して判断を行い、サイバー空間上でコミュニケーションを行いながら、フィジカル空間へ反映。

社会、消費者、事業者の課題解決や便益向上を実現（参考例）

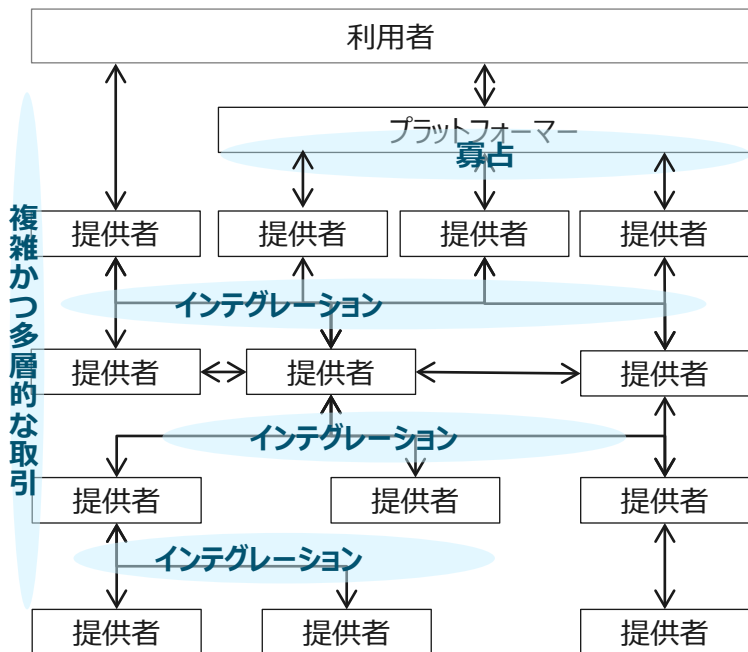
個別の配送や農作業を単に自律移動ロボットへ置き換えるだけでは効率的でない場合が多いが、「自分にあった食を楽しむ」ということを実現するための最適な形として、商流をダイレクトに結んだ上で、自動車やドローン、配送ロボット等を適切に組み合わせることで、**供給網全体として圧倒的にパフォーマンスを上げるという発想**で取り組むことが重要。



エコシステム全体で成長し、貢献した事業者が適切に利益を享受（一般論）①

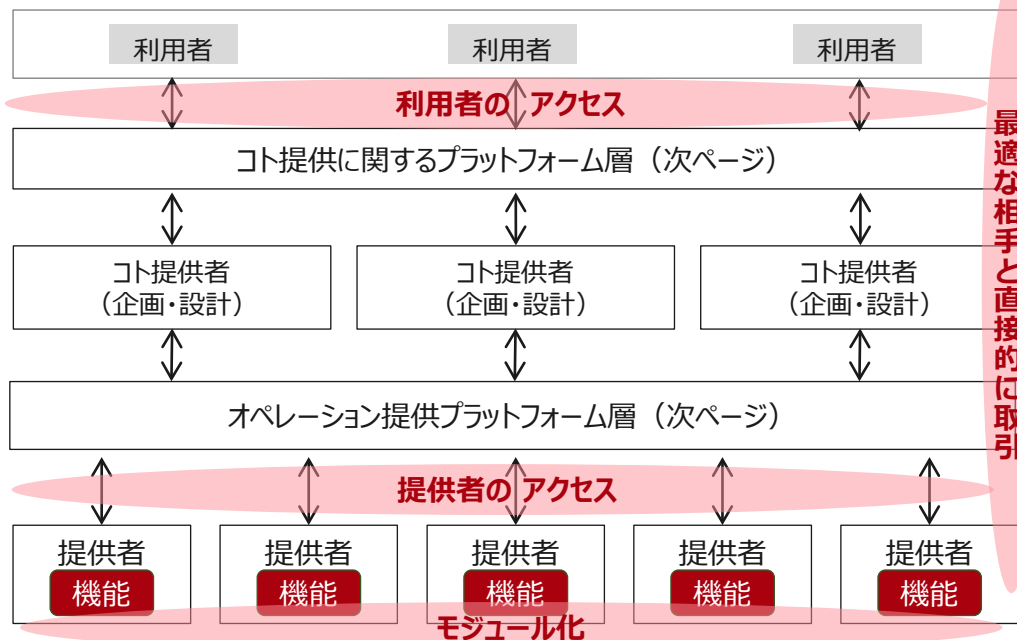
As-Is

- (A) **機能のインテグレーションの労力**が大きく、個社で商品・サービスを開発・提供
- (B) **ネットワーク効果を活かして**、プラットフォーマーが寡占
- (C) **複雑かつ多層的な取引関係**で下請けが不利な状況

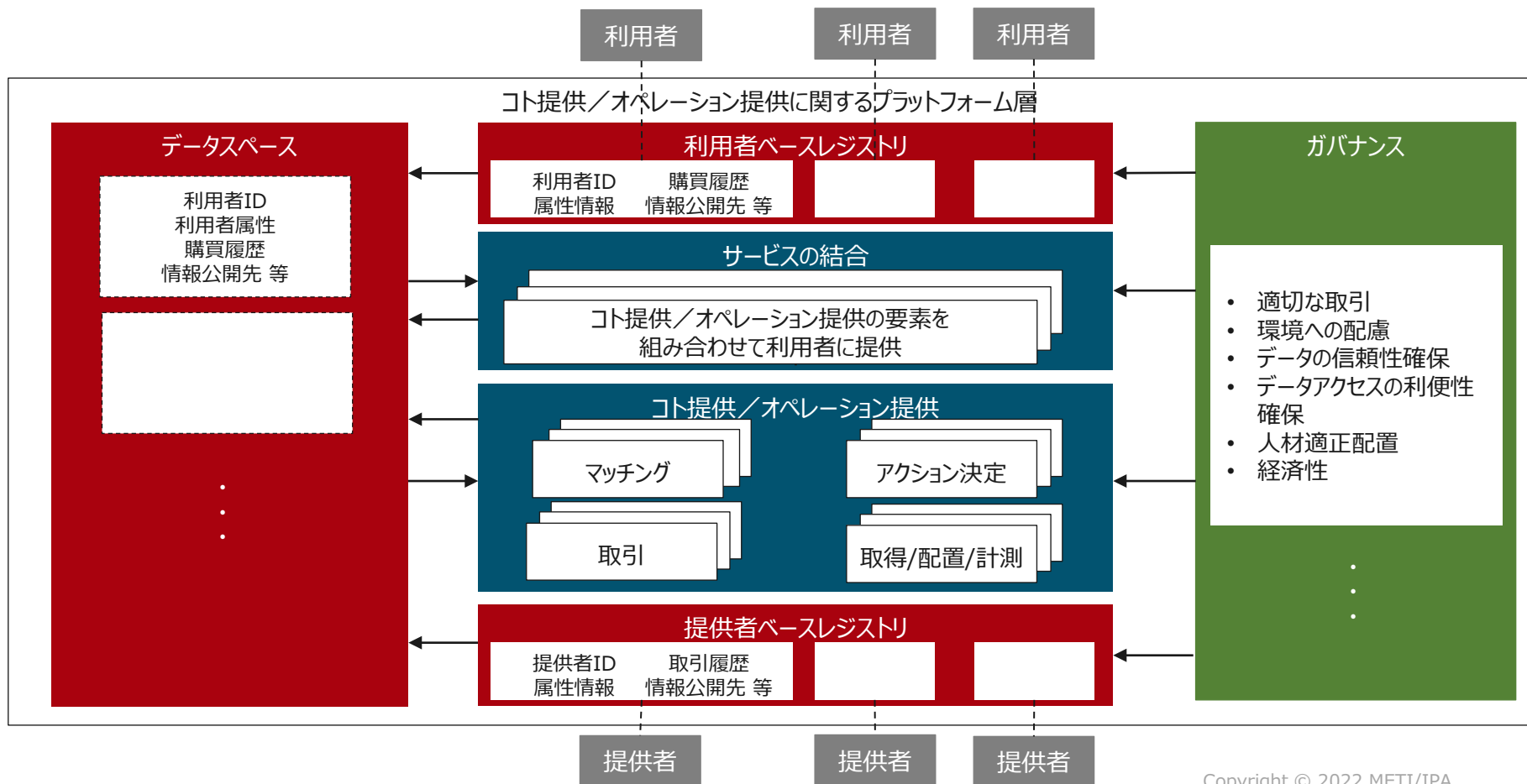


To-Be

- (A) **機能のモジュール化**により、企業同士が強みを連携させて商品・サービスの開発・提供におけるイノベーションを加速
- (B) 同意の上で、**どの利用者・提供者にもアクセス可能とすることでネットワーク効果を薄めて**寡占を抑制し、プラットフォーマー間の競争を促進
- (C) **最適な相手と直接的に取引**できるようにし提供者が適切に利益を享受

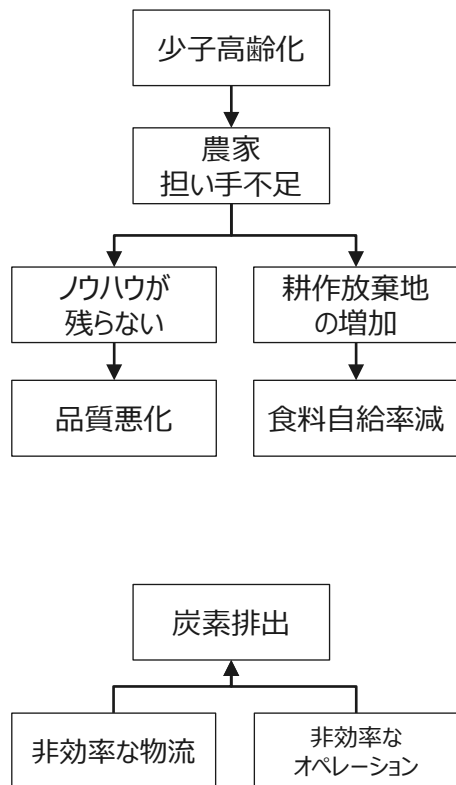


エコシステム全体で成長し、貢献した事業者が適切に利益を享受（一般論）②

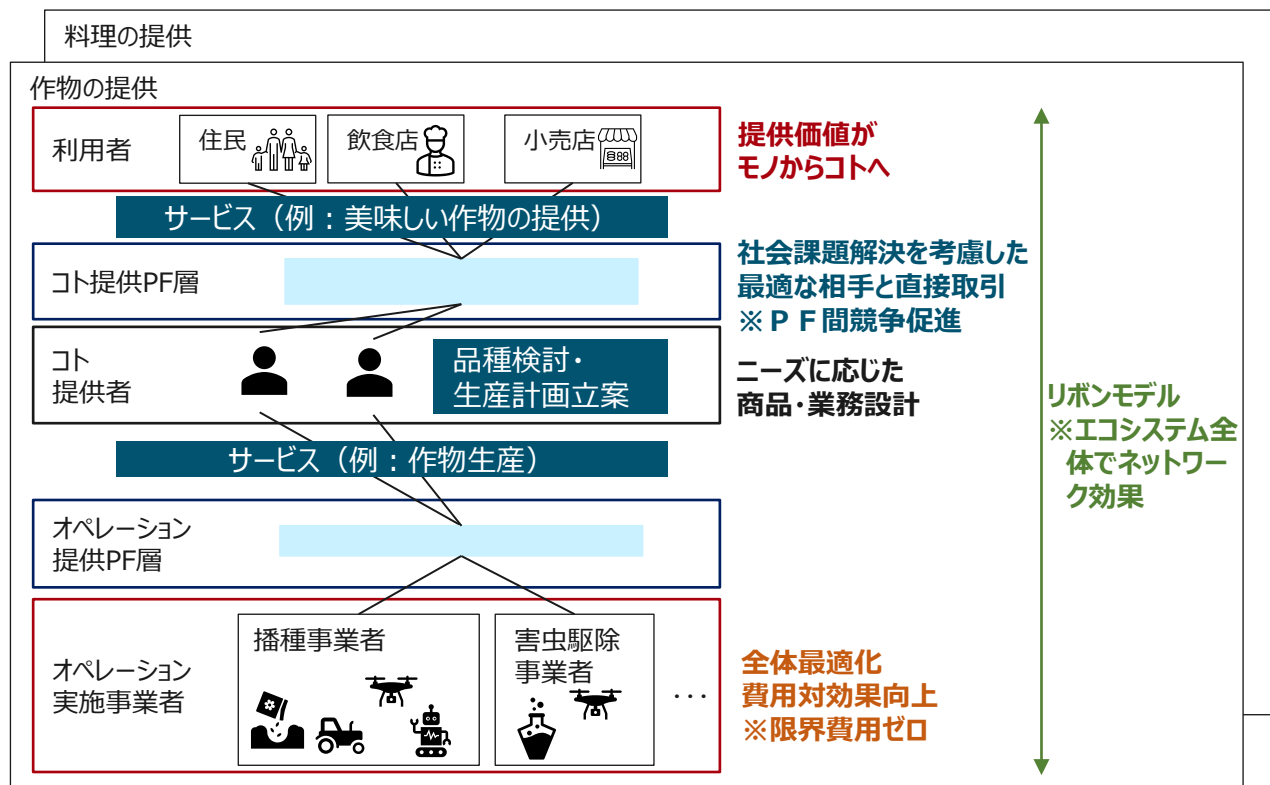


エコシステム全体で成長し、貢献した事業者が適切に利益を享受（参考例）

社会課題



実現の仮説

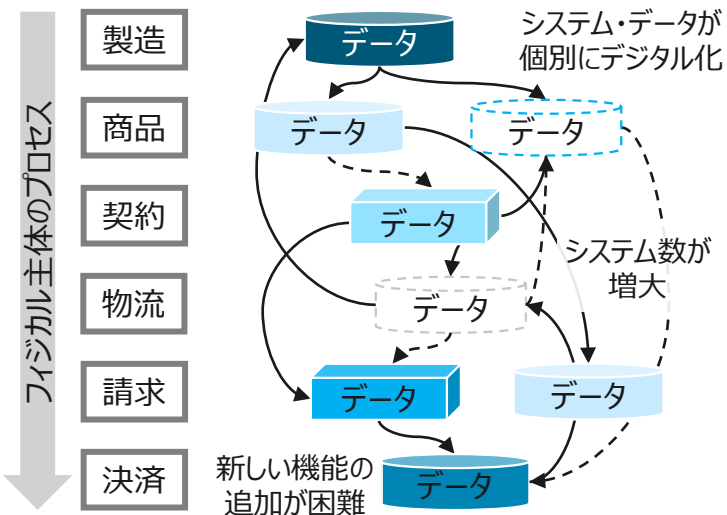


フィジカルでの最適な活動をサイバー上で導き実現（一般論）

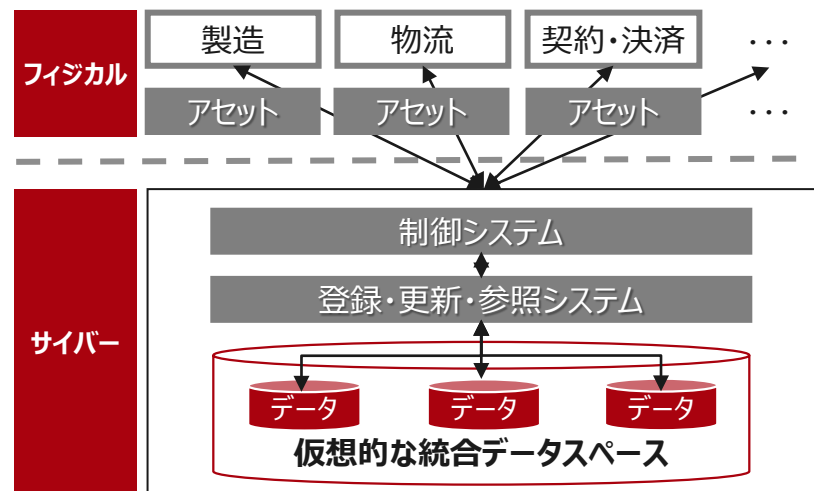
フィジカルとサイバーを融合させてSociety5.0を社会実装する際に、実世界での取引や行為をIT(デジタル)に置換していると、システム連携のための連携労力が大きく、データスペースの実現は難しい。

ヒト、モノ、空間等のデータ化における情報規格(ID・属性等)を統一する等して、インターネットのような**仮想的な統合データスペース**を設計し、**データの入出力・参照を通じて実世界の取引や行為を制御するデジタルインフラ**を整備し、データスペースを活用した**社会全体のデジタル化**を実現する。

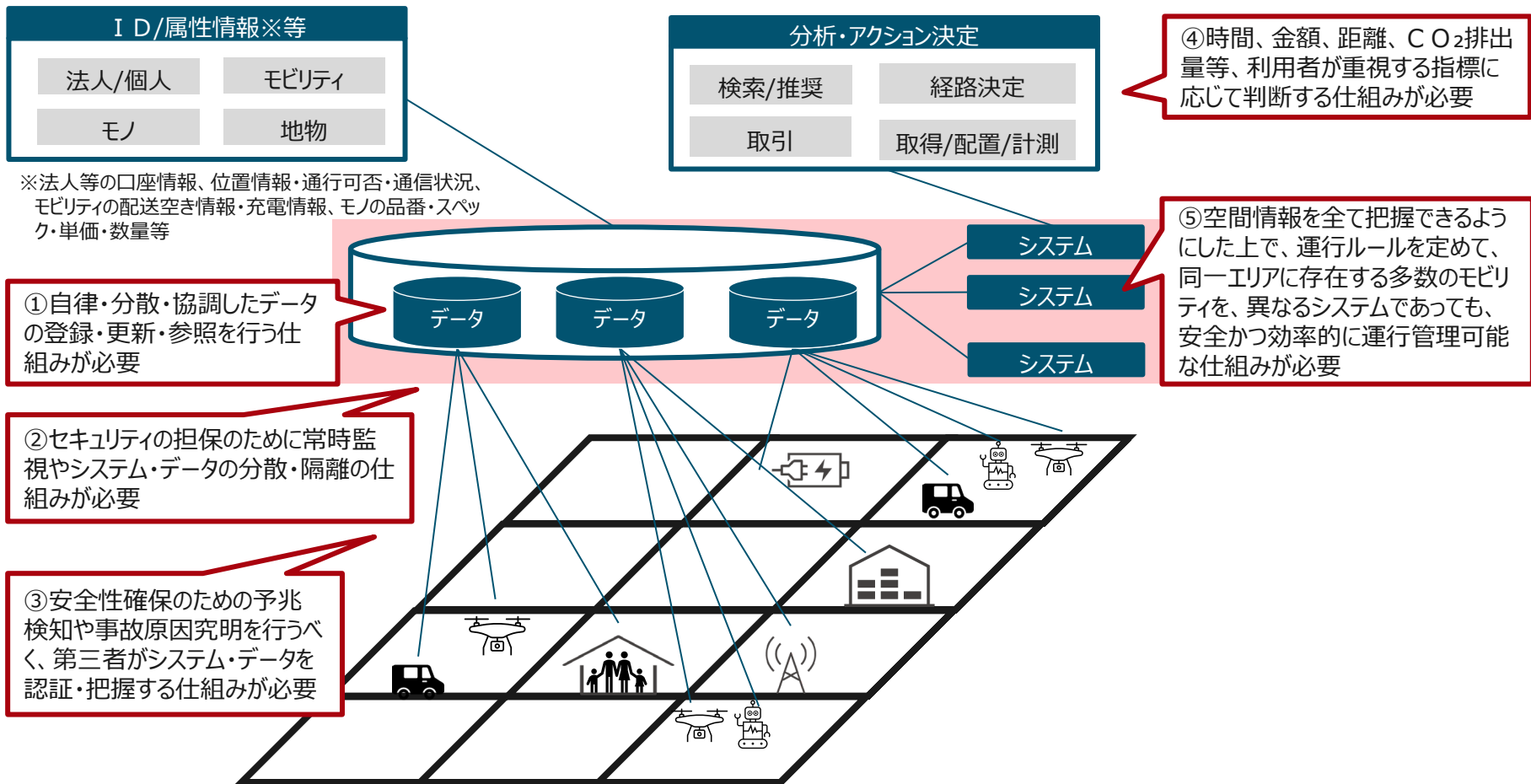
現状： フィジカルをデジタルに置換



目指す将来像： サイバーとフィジカルの高度な融合



フィジカルでの最適な活動をサイバー上で導き実現（参考例）



自律移動ロボットが活躍する将来ビジョンを描くことは可能か

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

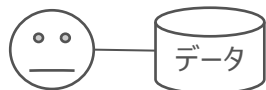


長期・多額の
投資が必要

IoTインフラ



認証



責任ルール



新しい
ガバナンスが
必要

リスクマネジメント



コミュニケーション



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

各章の関係性

2. ビジョン

2.1 コンセプト

実現する

2.2 ユースケース

導出する

2.3 経済性分析

アウトカム指標

3. アーキテクチャ

3.1 ストラテジービュー

実現する

実現する

実現する

ケーパビリティ

導出する

アウトプット指標

実現する

実現する

3.2 オペレーショナルビュー

オペレーション

3.3 サービスビュー

実現する

サービスレベル

実現する

3.5 ロードマップ

実現する

実現する

3.4 社会実装に向けた施策

実現する

3.6 残課題一覧

2. ビジョン

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

各章の関係性

2. ビジョン

2.1 コンセプト

実現する

2.2 ユースケース

導出する

2.3 経済性分析

アウトカム指標

3. アーキテクチャ

3.1 ストラテジービュー

実現する

ケーパビリティ

導出する

アウトプット指標

実現する

実現する

3.2 オペレーショナルビュー

オペレーション

実現する

3.3 サービスビュー

実現する

サービスレベル

実現する

3.5 ロードマップ

実現する

実現する

3.4 社会実装に向けた施策

実現する

3.6 残課題一覧

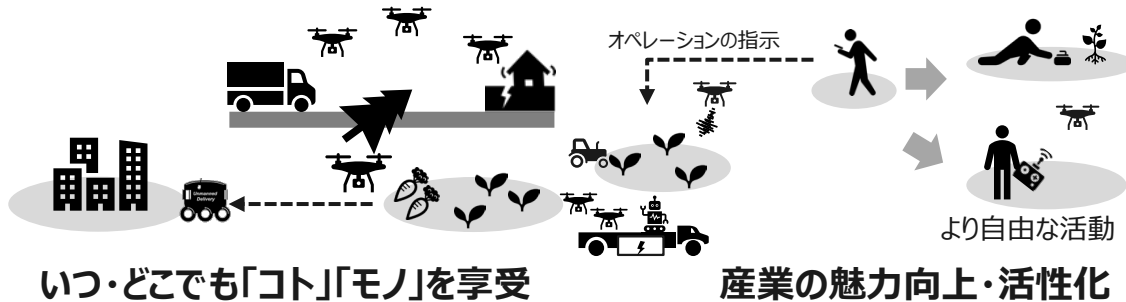
自律移動ロボットにより実現される社会

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

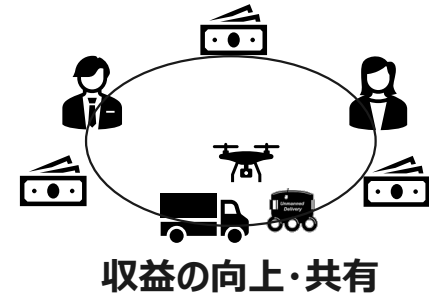
時間・場所の制約からの解放により、人間はより価値ある活動へ

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



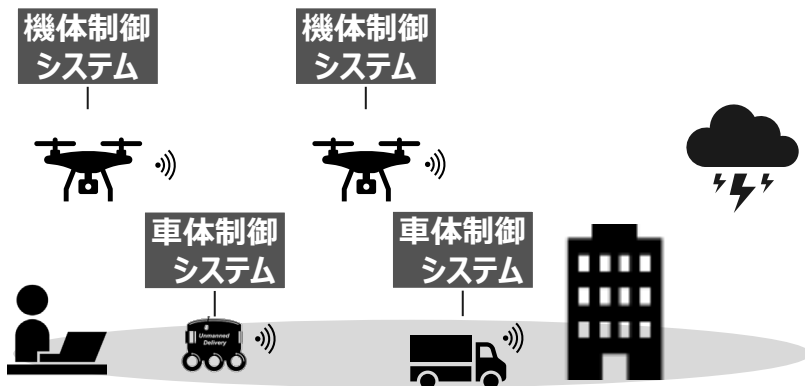
社会・利用者・事業者の課題解決・便益向上

- ・ 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

デジタル完結・自動化・全体最適化

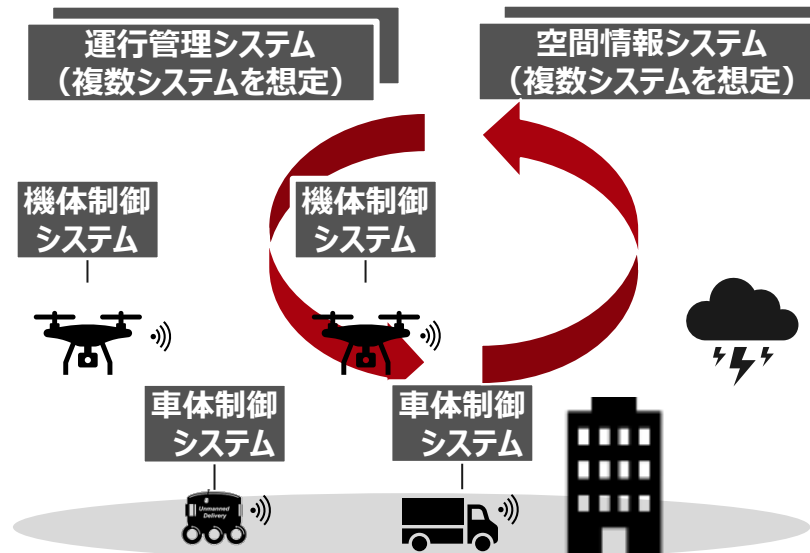
自動運転車、ドローン、自動配送ロボット等の自律移動ロボットを個別に安全に運行するための開発競争を日本を含め世界中で、多くの企業が促進。これに加え、システム・データの連携基盤（業務システムとの連携を含む）の整備により、**企業の壁を越え、自律移動ロボットの活躍によりデジタル完結・自動化・全体最適化して安全性・効率性・効果を飛躍的に高める社会システムを実現し、グローバルに展開する。**

人間によるオペレーション・個別最適化



デジタル完結・自動化・全体最適化

「自律・分散・協調的な仕組み」を基調としつつ、必要に応じて「集中的な仕組み」を部分的に含められるアーキテクチャを想定



自律移動ロボットが移動しやすい社会の構築

人間がモビリティを運転して移動する社会から、モビリティが自律的に移動する社会に変革するためには、自律移動ロボット・関連システムが空間を空間的・時間的・意味的に広くデジタルの形で効率的かつ高品質に認識して判断・行動できる仕組みを整備していく必要がある。

人間による運転

モビリティの自律移動

空間情報

主体

- 人間が読みやすい情報

- 機械可読な情報も必要

空間

- 二次元方向の情報ベース

- 高さ方向への拡張

時間

- 現在の情報がベース

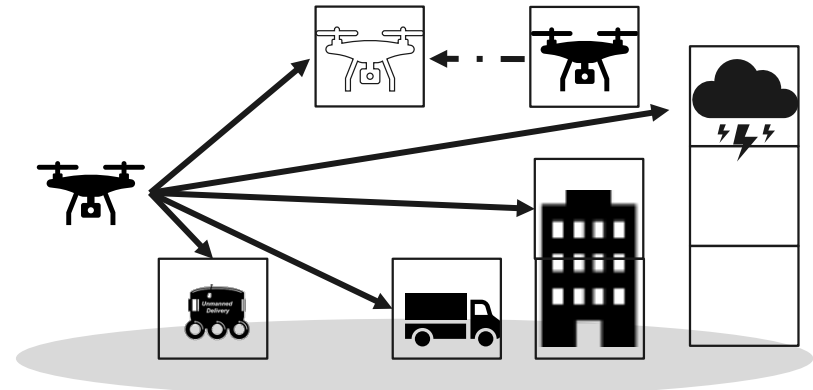
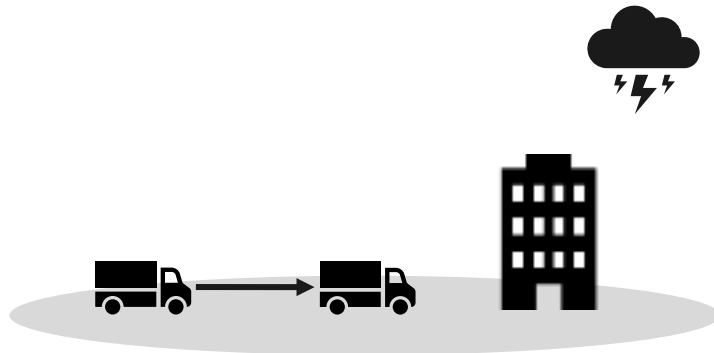
- 過去・未来への拡張

意味

- 人間が見て解釈できる情報がベース

- 意味情報の付加が可能に

運行者
位置…

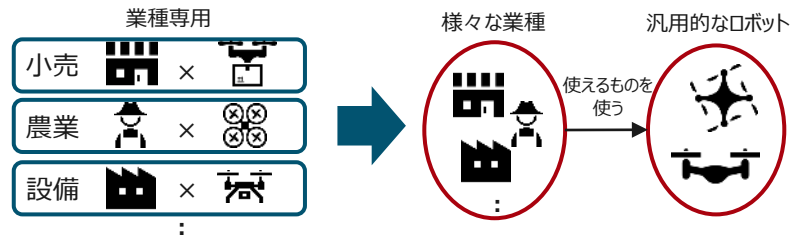


サービスアーキテクチャの事業経済性（マルチモデル）

汎用化した自律移動ロボットを**業種を問わず活用**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）**ことにより、高い事業経済性を達成する。

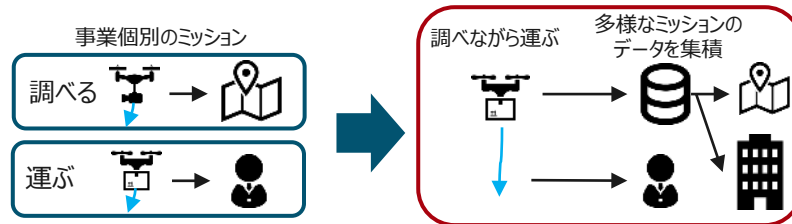
様々な業種やミッションへの対応（範囲の経済性）

マルチドメイン：多業種対応



参考：コンピュータにおける専用システム→共通・汎用化→クラウド化

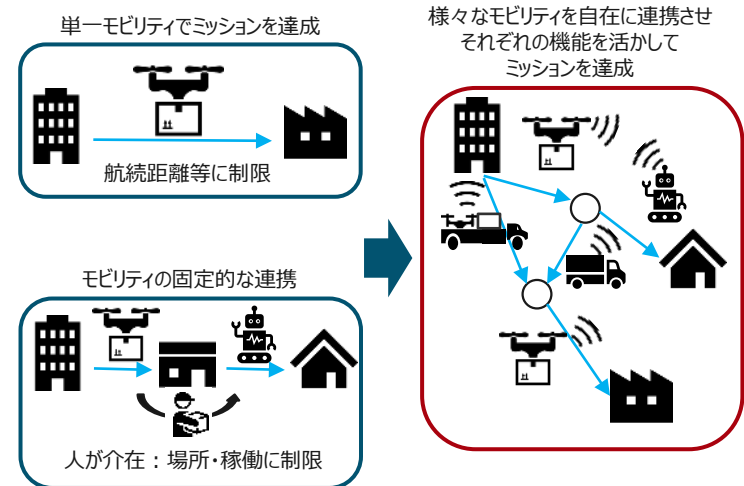
マルチパーパス：多目的対応



参考：コンピュータにおけるマルチプロセス化、ビッグデータ活用

多種多様な自律移動ロボットの組み合わせ

マルチモーダル：様々なモビリティの自在な連携



参考：コンピュータにおけるIoT(Internet of Things)

各章の関係性

2. ビジョン

2.1 コンセプト

実現する

2.2 ユースケース

導出する

2.3 経済性分析

アウトカム指標

3. アーキテクチャ

3.1 ストラテジービュー

実現する

ケーパビリティ

導出する

アウトプット指標

実現する

実現する

3.2 オペレーショナルビュー

オペレーション

実現する

3.3 サービスビュー

実現する

サービスレベル

実現する

3.5 ロードマップ

実現する

実現する

3.4 社会実装に向けた施策

実現する

3.6 残課題一覧

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 の運搬	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 要救助者 捜索	危険運転 検知追跡 広域監視 巡回警備 見守り	鉄塔電柱 の点検 電線点検 下水道の 点検 発電設備 の点検	線路の 点検 道路の 点検 橋梁の 点検	不法投棄 監視	水量調査 人流調査 気象調査 公害調査 土地調査	生育状態 把握	生育状態 把握	生育状態 把握 漁業被害 の検知	鉱脈調査 作業状況 監視 不審者 侵入検知	作業状況 監視 不審者 侵入検知	遠隔診療	防犯	清掃	酔客検知 食い逃げ 追跡	通学 見守り	トラブル 監視
作業	電波中継 応急処置 要救助者 救助 避難誘導	交通誘導		清掃	清掃		鳥獣対策	鳥獣対策	養殖池の 給餌 養殖池の 清掃 藻の除去			院内清掃 消毒 遠隔診療 補助	陳列 ベッド メイク	受付 調理	料理 代行 清掃 代行 雪下ろし 代行	料理 代行 清掃 代行 観光案内	空撮 広告宣伝 観光案内 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）

1	基本方針						
2	ビジョン	2.1	コンセプト				
3	アーキテクチャ	2.2	ユースケース	2.2.1	災害対応		
4	検討体制及びプロセス	2.3	経済性分析	2.2.2	警備		
				2.2.3	インフラ（電気・ガス・水道・運輸）		
				2.2.4	農業		
				2.2.5	医療		
				2.2.6	小売・飲食・生活		
				2.2.7	エンターテイメント		

災害対応に関する課題

ライフライン断絶時でも命を守るため、**強靱かつ柔軟な災害対策・被災者支援の仕組み**が必要。

ライフラインの断絶

各種ライフラインの**機能不全が想定**される。道路損壊時、避難所や医療現場、被災箇所等へ**救援物資を供給する手段の確保**が課題。

■過去事例

2016年 熊本地震

盛土の崩壊や落石・岩盤崩壊等により、約200箇所で開催止めが発生

2018年 西日本豪雨

一般道路のみで約1481区間の通行止めが発生

出所：国土交通省「熊本地震による被災及び復旧状況」[平成30年7月豪雨について]

■将来想定

首都直下地震では、発災後1週間で、食料約3,400万食、飲料水約1,700万Lの不足が見込まれている。救援物資を確実に供給するため、**供給ルートの冗長性が求められる**

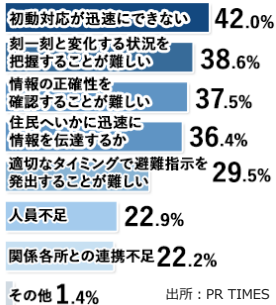
出所：内閣府「首都直下地震の被害想定と対策について」

情報不足

情報の輻輳、人手不足等、様々な理由により、**正確な情報の入手が困難になると想定**。迅速かつ適切な意思決定の障壁となりうる。

■自治体の防災・災害担当者が課題と感じていること

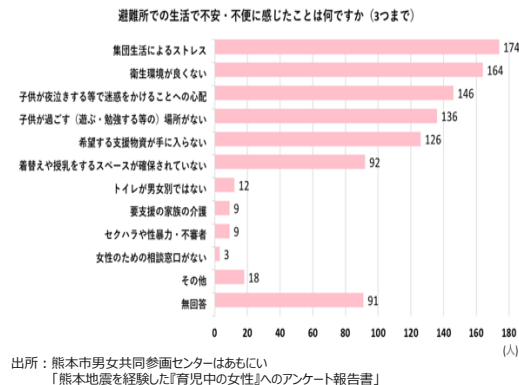
災害発生時に直面する課題は何ですか？(複数回答可)



避難所生活での不安・不便

避難所生活は、肉体的・精神的な負担が大きく、**被災者へのケアが必要**。治安・衛生をどのように維持するかも課題となる。

■熊本地震で『育児中の女性』が避難所生活で不安を感じたこと



空路やロボットの活用により、**ライフラインを維持する仕組み**が必要

ロボットが迅速に被災地の情報を集め、**正確・迅速に判断ができる仕組み**が必要

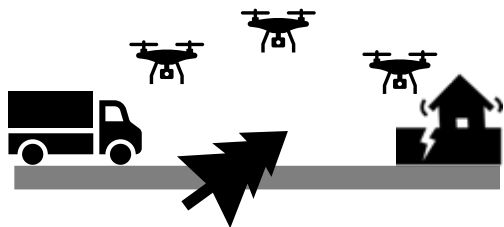
ロボットが**避難所での不安軽減やストレス緩和に貢献する仕組み**が必要

災害対応に関するTo-Beユースケース

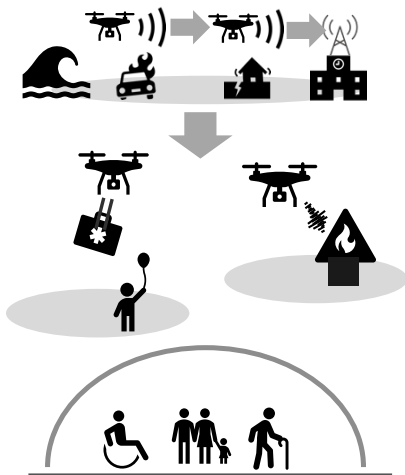
平時は物流・点検等のサービスで活用している自律移動ロボットを、**災害時には集中管理**して被害状況把握、避難誘導、物資輸送に活用することで、**早期の避難・救助・復旧が可能**となり、**人は被災者のケア・支援等に時間を使う**ことができる。

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

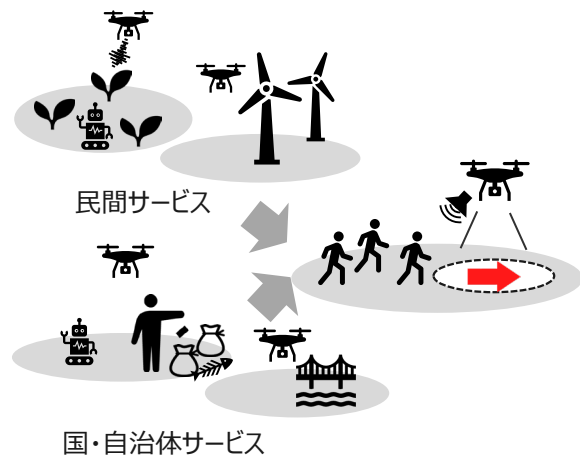
エコシステム全体で成長して
利益を適切に分配



迅速な物資配送の実現



人は被災者のケア・支援を実施



平時に利用しているロボットの活用

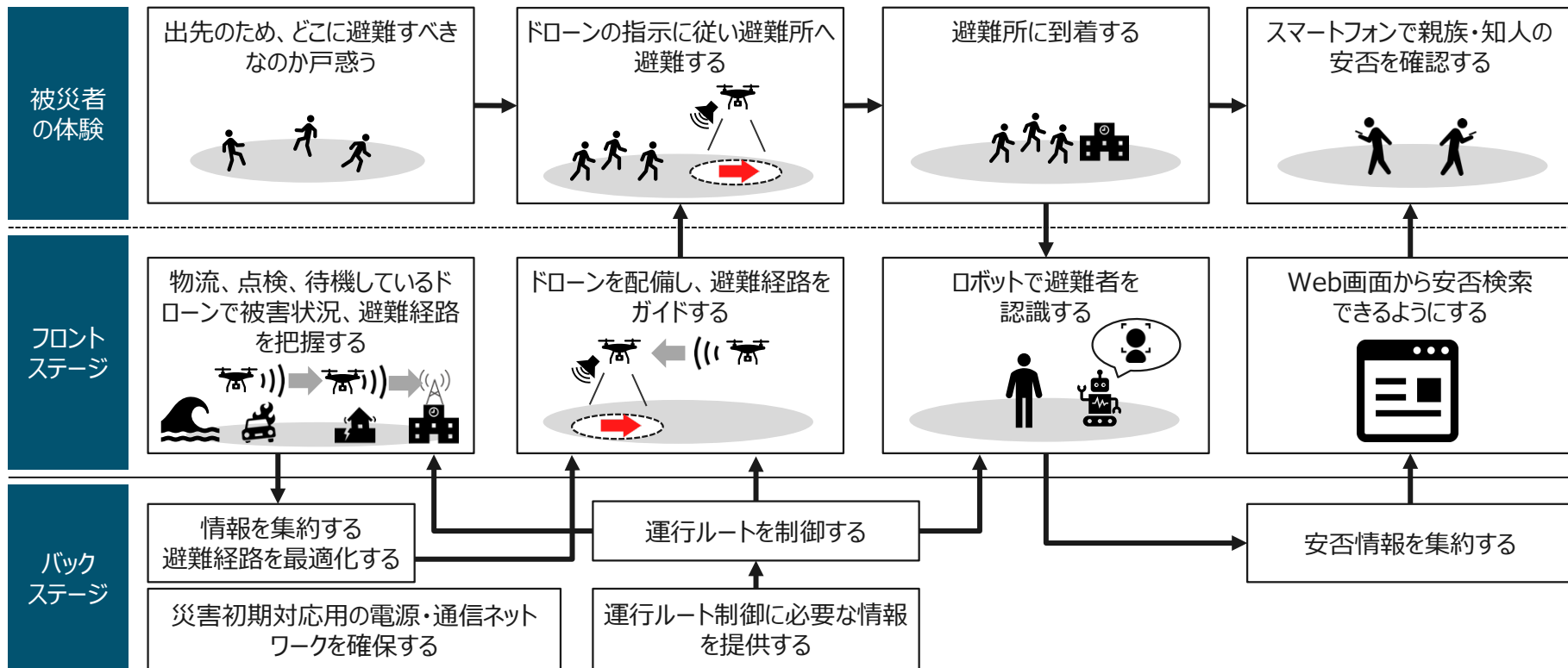
災害対応に関するTo-Beユースケースの全体像

ロボットの活用により、**迅速かつ安全**に情報を収集・整理して、対策を講じることができる。



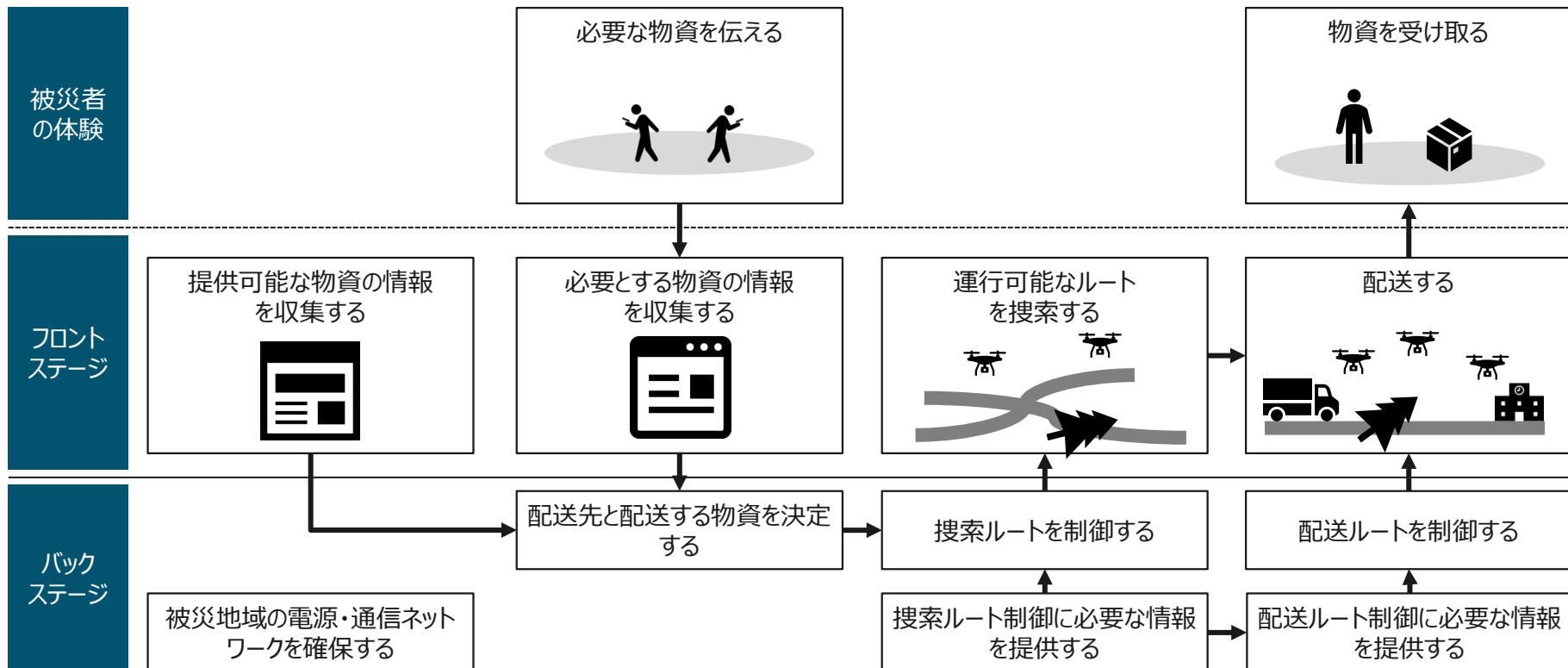
地震発生時における避難のユーザーエクスペリエンス

地震発生時における避難対応において、自律移動ロボットを活用することで、迅速な避難誘導・安否情報の収集が可能になる。



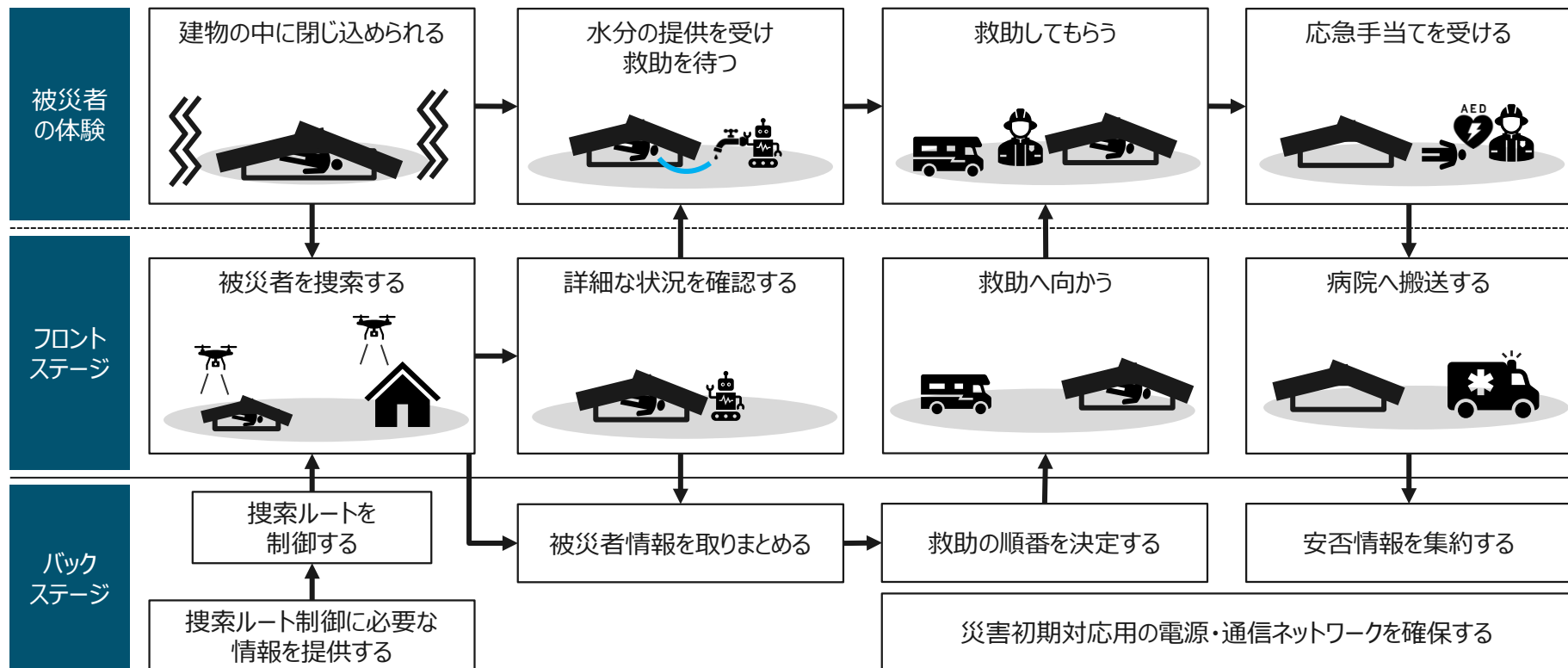
地震発生時における物資輸送に関するユーザーエクスペリエンス

避難所への物資輸送において、必要かつ提供可能な物資を収集し、自律移動ロボットにより走行可能な道路を把握し、避難所へ物資を届けることが可能になる。

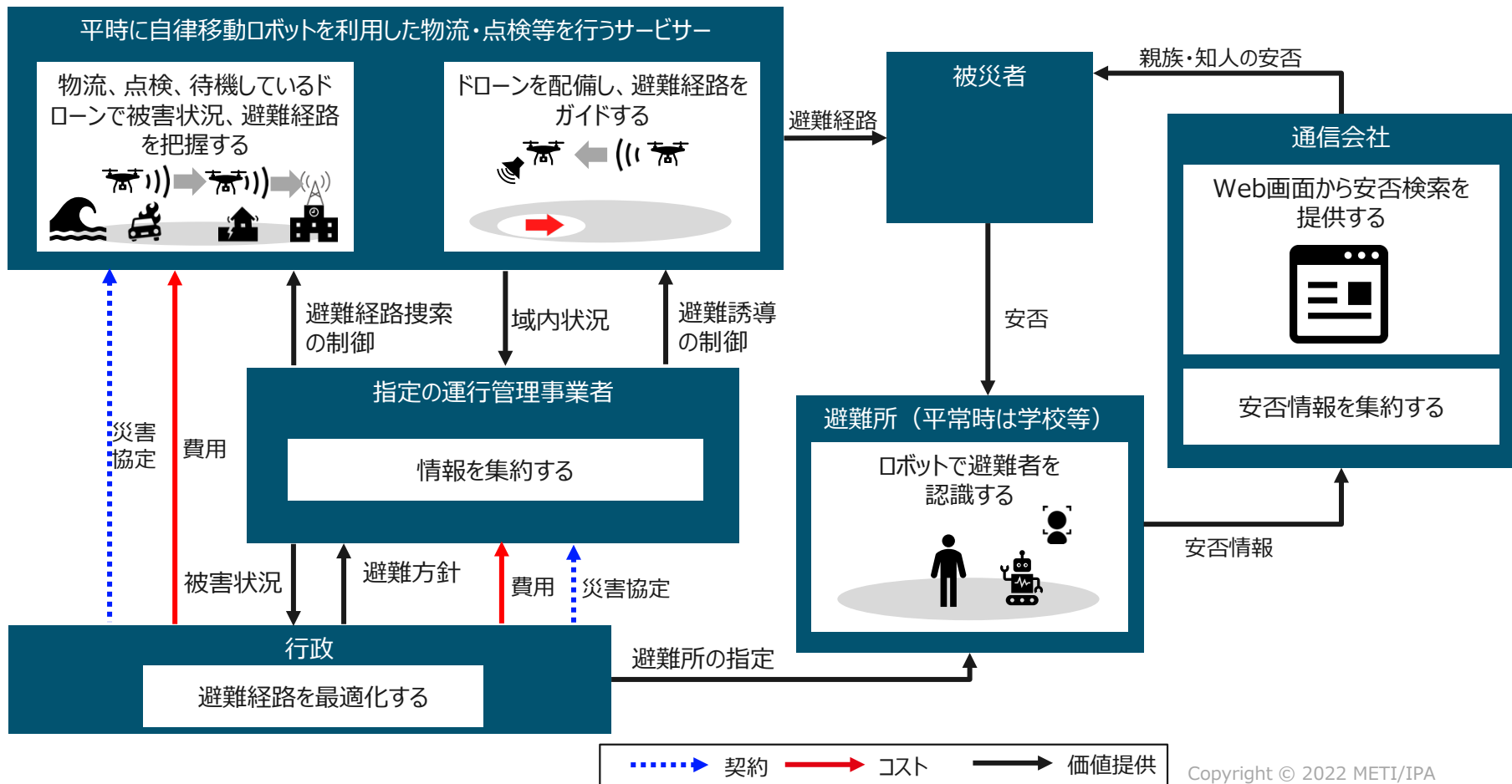


地震発生時における救助作業のユーザーエクスペリエンス

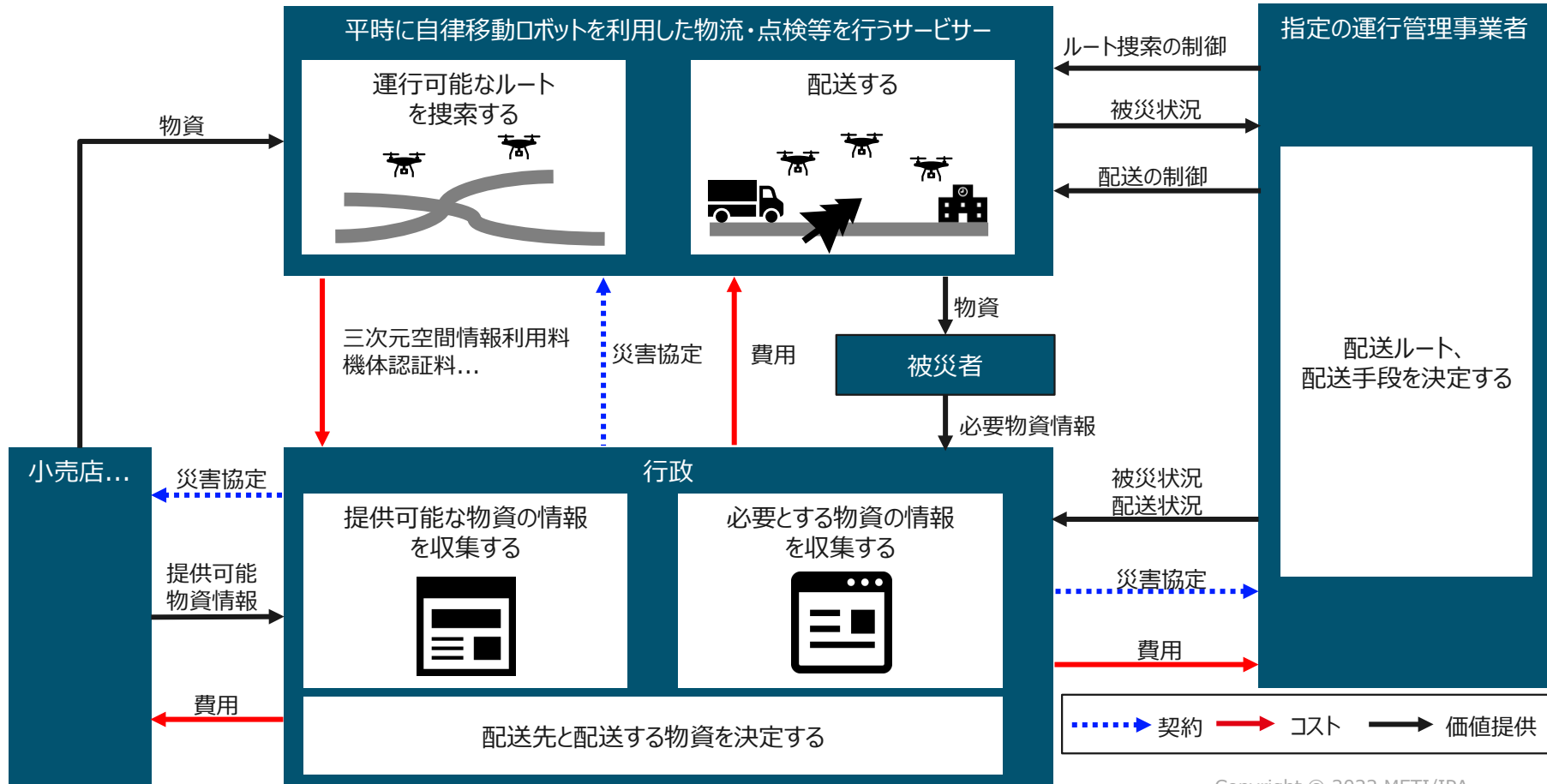
自律移動ロボットを活用して、被災者の搜索、状況の把握、救助の順番の決定、救助、病院への搬送、安否情報の把握が可能になる。



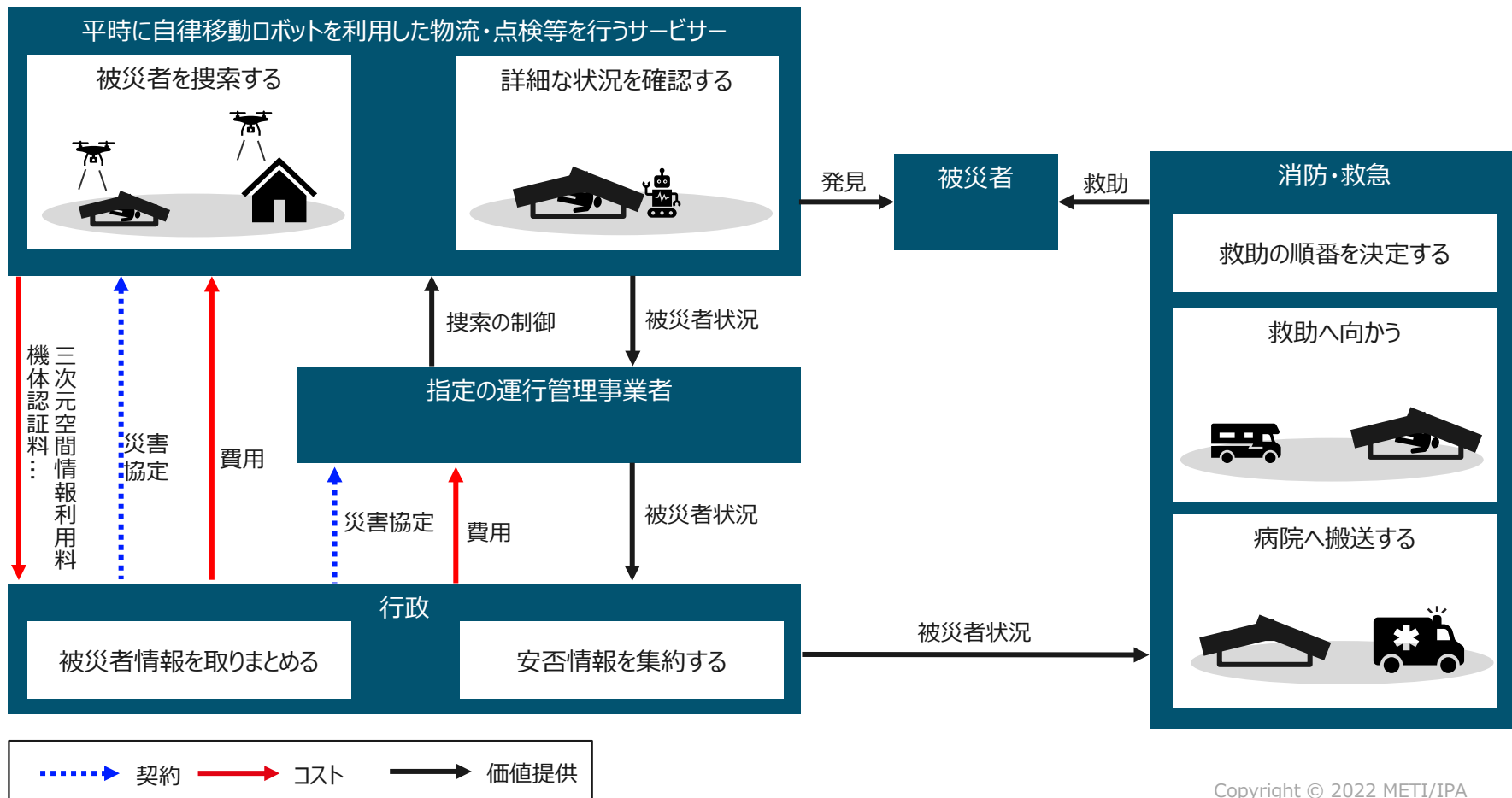
地震発生時における避難に関連するステークホルダー



地震発生時における物資輸送に関連するステークホルダー



地震発生時における救助作業に関連するステークホルダー



災害対応関連事業者・団体からのユースケースに関するご意見

	評価	言及ユースケース	ご意見	凡例	
				○	○
		A-5 詳細な被害情報収集	重要。被災箇所を迅速かつ詳細に特定することができれば、その分、 救助作業・復旧作業に早く取り掛かることができる。 (建設コンサル事業者)	○	妥当なユースケース
		A-1 ロボットの集中管理	重要。災害時だけのためにロボットを準備することはコスト面で現実的に困難だが、 平常時・災害時ともに活用できるなら導入しやすくなる。 (測量事業者、自治体)	○	妥当だが運用面で障壁あり
		A-5 A-6 被害情報収集	重要。平常時に建物・施設の情報を収集し、それと被災後に収集した情報を比較することで、被災箇所を迅速かつ正確に特定することができる。(自治体)	○	妥当だが技術面で障壁あり
		A-8 避難所支援	重要。現状、救援物資を輸送するための手段を確保することが負担となっている。ドローン等が担ってくれるとその 負荷が軽減される。 (自治体)	○	妥当だがコスト面で障壁あり
妥当性	運用	A-1 ロボットの集中管理	発災後、運用中のロボットを災害用途に優先充当する際に、 混乱を招かないようにしなくてはならない。発災時の運用方法(ルール・役割分担・必要数量等)を関係者間で事前に整理しておく必要がある。 (測量事業者、気象事業者、リース会社)	○	
	運用	A-4 情報の一元管理	組織が縦割り では、現場での情報共有や人的・物的リソースの配分が円滑に進まない。円滑な協力体制の構築には 人の指揮システムのアーキテクチャ が必要となる。(気象事業者)	○	
	運用	A-4 情報の一元管理	多くの情報が収集される中、担当者が必要とする 情報を取捨選択して活用する難しさ が障壁となる。 カーナビやスマートフォンと連携 し随時担当者が必要な情報を選別して受けられるとよい。(自治体)	○	
網羅性		代表的なユースケースは記載されている。(防災関連団体)			

災害対応×自律移動ロボットに関する先進事例

災害時に必要な、情報収集・意思決定・運行管理等のタスクを、一括管理/支援するソリューション提供が進む。加えて、ドローンによる空撮画像をAIにより画像処理し、救助者や対象物を検知する取組も存在。

ユースケース	初動対応	物資輸送	物資輸送	情報収集
フィールド	沖縄県南城市 (沖縄県総合防災訓練)	埼玉県秩父市	大分県日田市	全国13地域 (三重県志摩市等)
サービス提供	NTTドコモ	西武ホールディングス JP楽天ロジスティクス	Blue Innovation	KDDI ウイザー・ユース (監視システム)
運航管理	NTTドコモ (通信) イームズロボティクス(操縦)	ゼンリン アズコムデータセキュリティ	Blue Innovation・ 京セラ・NTTドコモ	JAXA (シミュレータ) 国際航業 (解析)
機体メーカー	イームズロボティクス	JP楽天ロジスティクス (機体提供)	ACSL	複数

出所：NTTドコモ「沖縄県総合防災訓練にて、セルラードローンを用いた物資輸送、および映像伝送の実証実験に成功」

出所：ドローンジャーナル「秩父市生活交通・物流融合推進協議会、複数モビリティを融合した配送実証に成功」

出所：ドローンジャーナル「ブルーノバージョン」「災害用ドローンポートシステム」の実証実験を大分県日田市で実施」

出所：国際航業ニュースリリース「全国13地域をつなぐ運航管理システムのもと、複数のドローンによる災害調査の実証実験を実施」

1	基本方針							
2	ビジョン	2.1	コンセプト					
3	アーキテクチャ	2.2	ユースケース	2.2.1	災害対応			
4	検討体制及びプロセス	2.3	経済性分析	2.2.2	警備			
				2.2.3	インフラ（電気・ガス・水道・運輸）			
				2.2.4	農業			
				2.2.5	医療			
				2.2.6	小売・飲食・生活			
				2.2.7	エンターテイメント			

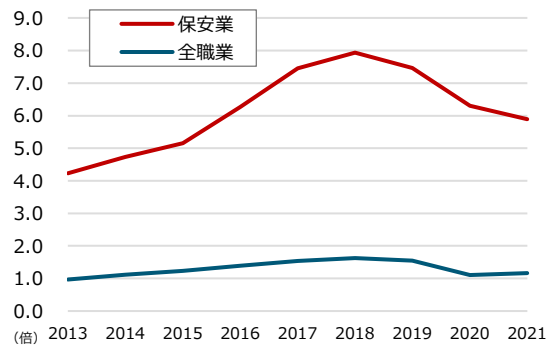
警備に関する課題

ロボットでヒトの作業を**代替・補助することによる省力化・安全性向上**に加え、広域監視や遠隔での多地点監視等、ロボットの**特徴を活かし警備の質や生産性を高める仕組みが必要**。

労働力不足

他業種と比較して、保安業（警備等）は有効求人倍率が高く、**労働力不足**の状態が続いている。

有効求人倍率の比較（保安業・全職業）



出所：e-stat「一般職業紹介状況（職業安定業務統計）」を元に作成

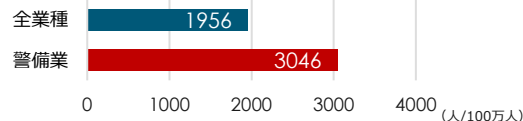
原因として主に**体力的な負担の大きさ**、**給与の低さ**が挙げられている。

- ・ 体力的な負担が大きいため (26.5%)
- ・ 仕事内容の割に給与が低いから (26.1%)

出所：テック総合研究所「警備業で今後も継続したいが約4割！理由は「希望に合った日程」、しくない理由は「割に合わない給与」

■ 体力的な負担

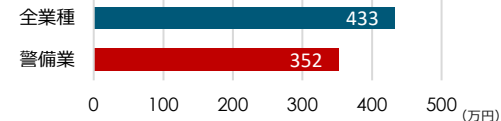
100万人あたりの年間労災死傷者数（死亡災害及び休業4日以上の死傷災害）



警備業の年間労災死傷者数は全業種平均の約1.5倍
この水準は建設業とほぼ同等（3107人/100万人）

■ 給与待遇

平均給与比較



人手不足であり、労災リスクが大きいのに関わらず、
平均給与は業種平均を下回る

ロボットの活用により、警備を効率的に行い**省力化**する仕組み

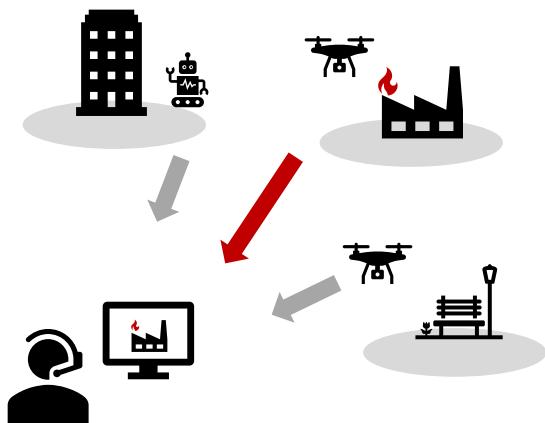
ロボットが**危険個所**や**過酷な環境**での**警備**を代替する仕組み

ロボットの活用により、**警備の質**や**生産性を高める**仕組み

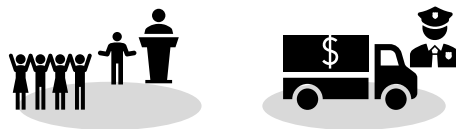
警備に関するTo-Beユースケース

自律移動ロボットを活用することで、**遠隔かつ効率的に**警備業務を行えるようになり、人は**対人業務等の高度な作業に集中**することができるようになる。

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



遠隔で複数拠点を監視



人は計画や対人業務に注力

エコシステム全体で成長して
利益を適切に分配



利用者



警備サービス

定点監視
サービス

巡回警備
サービス

...

プラットフォーム



オペレーター

モジュール化により成長を実現

警備に関するTo-Beユースケースの全体像

ロボットやデータの活用により、異常の早期発見や省力化が可能となり、**より低コスト**かつ、**より高いレベル**で人や設備の安全安心を確保できる。

1号業務 (施設警備・巡回警備等)

2号業務 (交通誘導・雑踏警備等)

3号・4号業務 (貴重品輸送、ホテイングガード等)

運搬

■ 資機材の運搬



警備機材運搬

事業者間シェア

その他物流用途
(宅配・農作物・医薬品等)

他業種とモビリティをシェアしつつ、
警備に必要な機材を自動で運搬・配置

B-1

■ 貴重品輸送



貴重品を、無人で運搬することで
強奪リスクを低下

B-5

調査

■ 巡回警備



人を配置しにくい箇所を中心に、
ロボットが**24時間**巡回警備し、
不審者への警告や追跡を行う

B-2

■ 有事の駆けつけ



事案検知後、**空路を活用して**
即座に現場に駆けつけ、遠隔で
状況を把握する

B-3

■ 広域監視

通学路
(見守り)空港
(エアリスク監視)高速道路
(危険運転監視)イベント会場
(要人警護)

B-6

上空から俯瞰して異常や危険がないかを監視し、関係箇所へ適宜情報を共有することで、
警備の質の向上・警備員の負荷軽減を行う

作業

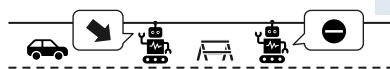
■ データ連携



多様なセンサー、ロボットからの情報を連携し、
最適なロボット・警備員の配置やルートを決定

B-4

■ 交通誘導



ロボット間で連携し、最適な交通整理を行う

B-7

■ 注意喚起・警告

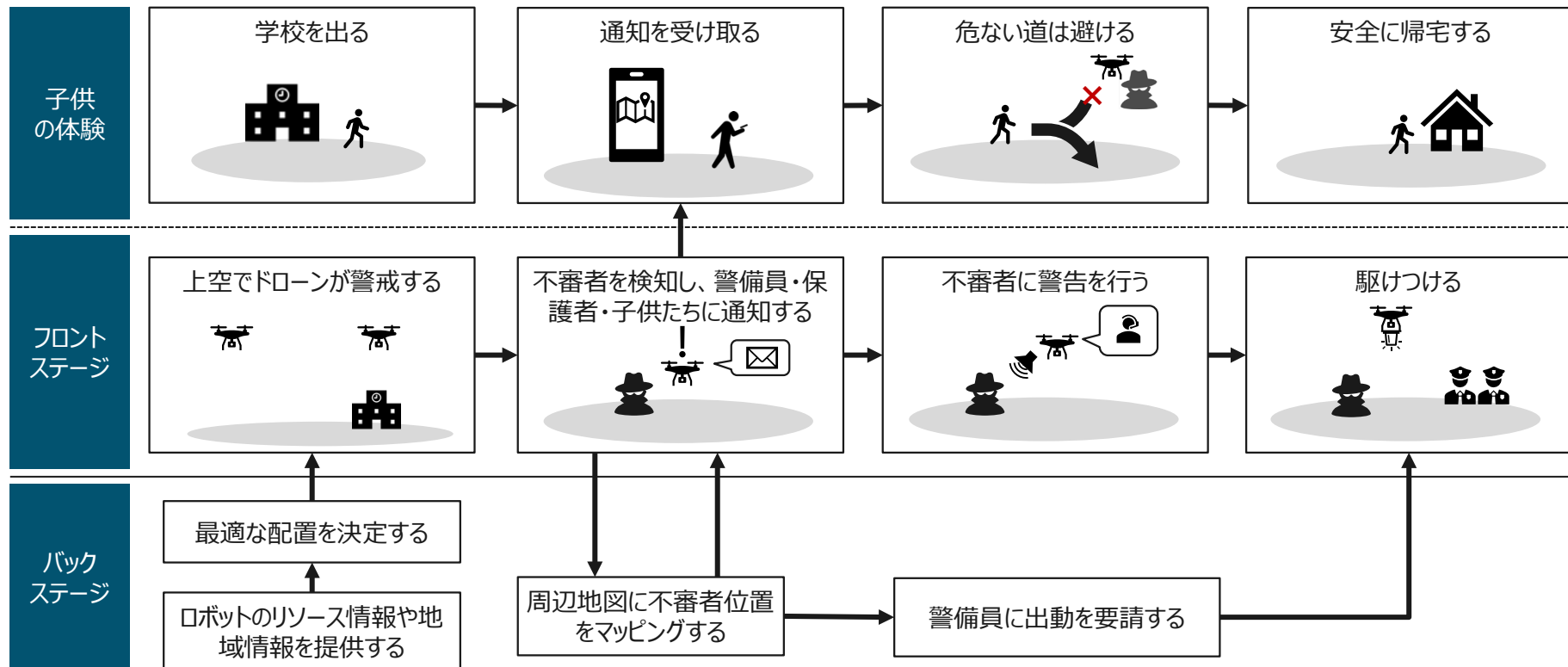


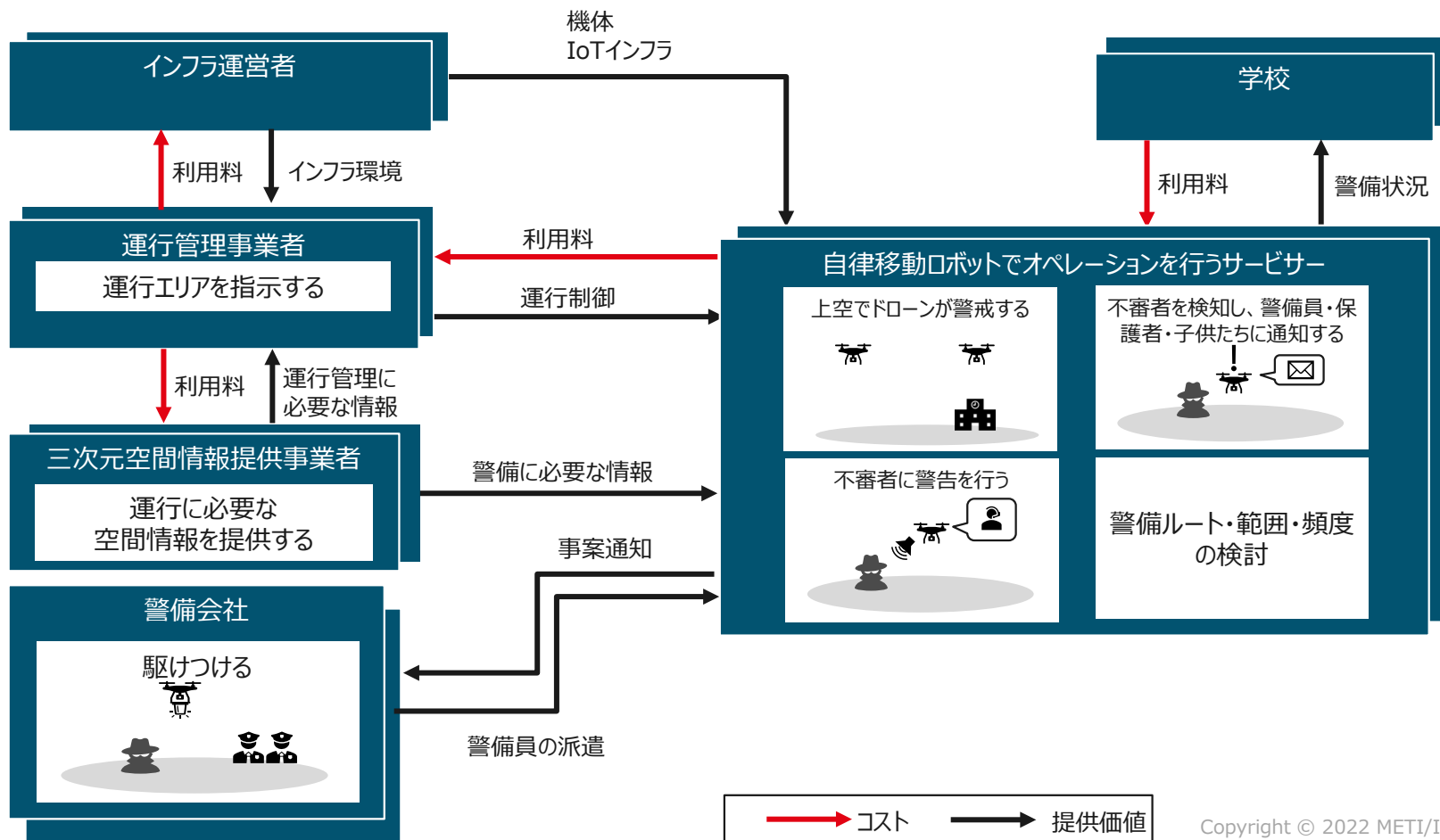
危険箇所への誤侵入や
不審者等への警告を行う

B-8

通学路見守りのユーザーエクスペリエンス

通学路の見守りに関して、自律移動ロボットを活用することで不審者の検知、迅速な警備員の駆け付け、安全な帰宅ルート判断が可能となり、子供たちの安全を確保できる。





警備関連事業者・団体からのユースケースに関するご意見

	評価	言及ユースケース	ご意見	凡例	
				○	○
				○	妥当なユースケース
				✕	妥当だが運用面で障壁あり
				✕	妥当だが技術面で障壁あり
				☒	妥当だがコスト面で障壁あり
妥当性		B-6 広域監視	重要。 広域監視はドローンの強み の一つ。ドローンによる通学・ストーカー・独り歩きの見守り等もありうる。		
		B-6 状態監視	重要。ロボットによる撮影・解析技術が進歩し、監視の全自動化が進むと、不法投棄等、 状態監視的な使い方の価値が高まる と考えられる。		
		B-2 巡回警備	重要。ロボットは測位・暗所・高温等の 人にはできない領域や場所 で活躍するのではないか。ロボットには 就業時間の制約や能力のばらつきがない ことも強みとなる。		
		B-3 有事の駆けつけ	重要。 高速に移動できることはドローンの強み の一つ。 有事にいち早く駆けつけることで、これまで以上の安心感を提供できる。		
		✕ 技術 B-6 状態監視	ドローンの 航続時間 が短いことが障壁となる。気球のようなドローンがあると 長時間高所から定点監視 ができてよい。		
		○ 運用 全般	ロボットでは様々な事象に 柔軟に対応できない ことが障壁となる。イベント等、人の多い箇所は 人が警備 するといった 役割分担 をするとよい。		
	✕ 技術 全般	まだロボットの 技術・受容性等が成熟していない 。当面は、 人のサポートとして活用 し、複数人での警備の一部や上空からの情報収集等をロボットに担わせるのが良いだろう。			
網羅性		考えられるユースケースは概ね記載されている			

(警備事業者)

警備×自律移動ロボットに関する先進事例

ドローンを利用した巡回・監視や、サービスロボットを利用した施設警備等のソリューション提供が進む。AIによる異常検知や映像のリアルタイム監視による、警備員との連携を前提とした取組が中心となっている。

ユースケース	ライフセーバーサポート	巡回警備	巡回警備、点検業務	巡回警備
	<p>パトロール、立ち入り禁止の呼び掛け、赤外線カメラによる人命救助等を実施</p> 	<p>巡回警備と不審者発見時の追従/帰還</p> 	<p>巡回警備、点検業務等をロボットで実施。異常検知時は常駐警備員と連携して対応</p> 	<p>人による巡回業務の代替として自律飛行ドローンで巡回し、遠隔で監視</p> 
フィールド	神奈川県湘南エリア	兵庫県姫路市	—	—
サービス提供	JDRONE	セコム	セコム	ALSOK
運航管理	JDRONE	KDDI	セコム	ALSOK
機体メーカー	JDRONE (DJI社のカスタマイズ)	—	セコム、znug design、株式会社ソフトワーク	Skydio、JIW

出所：ドローンジャーナル「公安、官公庁への訓練実績を活かしたJDRONEのドローン運用サービス」

出所：ドローンジャーナル「JAL、セコムなど、レベル4に向け都府県市においてドローン実証実験を実施」

出所：PR TIMES「公共空間と調和するセキュリティロボット「cocobo」を発売」

出所：ドローンジャーナル「ALSOK、インフラ点検向け空撮サービス・ドローン自動巡回サービスを開始」

1	基本方針						
2	ビジョン	2.1	コンセプト				
3	アーキテクチャ	2.2	ユースケース	2.2.1	災害対応		
4	検討体制及びプロセス	2.3	経済性分析	2.2.2	警備		
				2.2.3	インフラ（電気・ガス・水道・運輸）		
				2.2.4	農業		
				2.2.5	医療		
				2.2.6	小売・飲食・生活		
				2.2.7	エンターテイメント		

インフラ（電気・ガス・水道・運輸）に関する課題

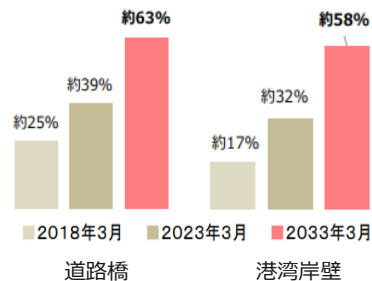
ヒトからロボットへのシフトに加え、連続的なデータ収集・分析・活用による予知保全が必要。

加速する老朽化と技術人材の不足

高度経済成長期に建設された
インフラの老朽化が進む。

点検・巡視がなされていない施設が
既に一定数存在している状態

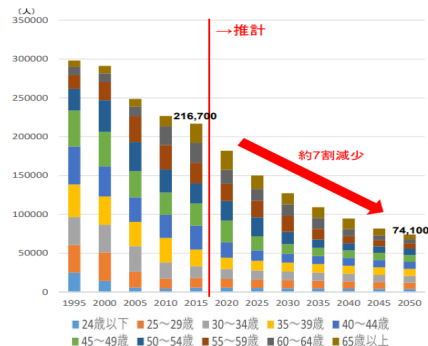
■ 建設から50年以上経過する施設の割合



出所：国土交通省「国土の長期展望」中間とりまとめ 参考資料
出所：厚生労働省健康局水道課「今後の水道施設の更新等について」

既に人材不足の影響が深刻化しており、
今後さらなる人材不足が想定される。
作業時間が深夜の場合等、労働条件が
厳しい場合は一層人材確保が困難。

■ インフラの維持管理に携わる建設系技術者予測



出所：国土交通省「国土の長期展望」中間とりまとめ 参考資料

点検危険箇所の状態把握

鉄塔や山間地、高架橋等の高所、
プラントや水道管等の狭小エリアは、
人手による目視での状況把握が困難であり、
労災リスクが高いだけでなく、場合によっては
安全確保のための稼働停止が必要。

■ 高所、水中、地中にある構造物の例



高架橋梁橋桁



斜面・法面



共同溝



栈橋の杭

出所：国土交通省「過疎地等における物流サービスの現状分析 及び検討にあたっての問題意識について」

人に代わり、ロボットが**効率的かつ
自律的**に点検を行う仕組みが必要

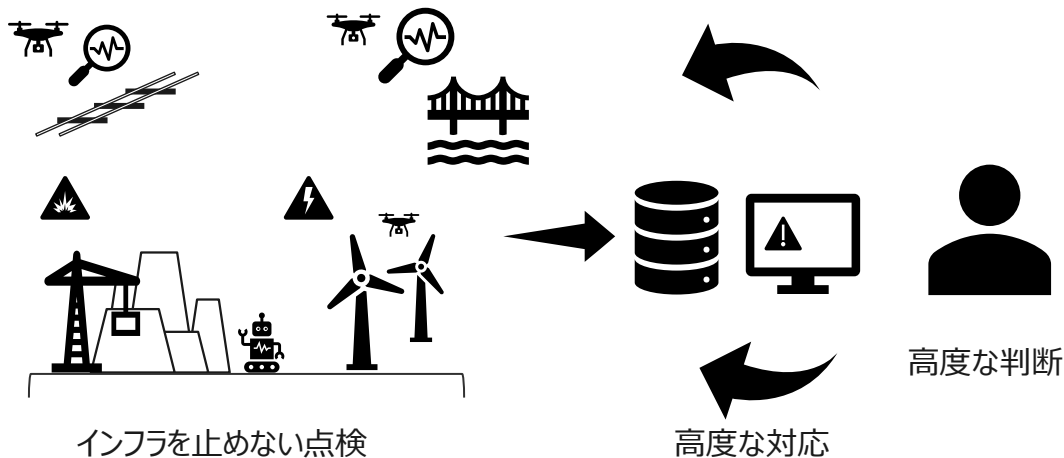
ロボット・センサーの活用により、劣化進行が
トレースされる**予知保全**の仕組みが必要

危険な作業はロボットが担い、**安全かつ
稼働停止を伴わず**に点検する仕組みが必要

インフラ（電気・ガス・水道・運輸）に関するTo-Beユースケース

自律移動ロボットが、平時から広域かつ高速に設備状態を把握しておくことで、データを活用した劣化進行の追跡、最適な措置が可能となり、点検に伴うダウンタイムが軽減されることに加え、人は危険作業や夜間作業から解放され、判断に注力することが可能となる。

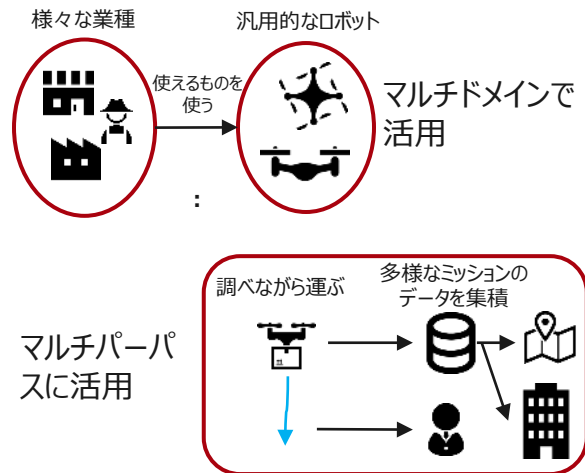
時間・場所の制約からの解放により、人間はより価値ある活動へ



危険箇所・夜間作業からの解放

人は高度な判断・対処を実施

エコシステム全体で成長して
利益を適切に分配



高機能ロボットの事業者間シェア

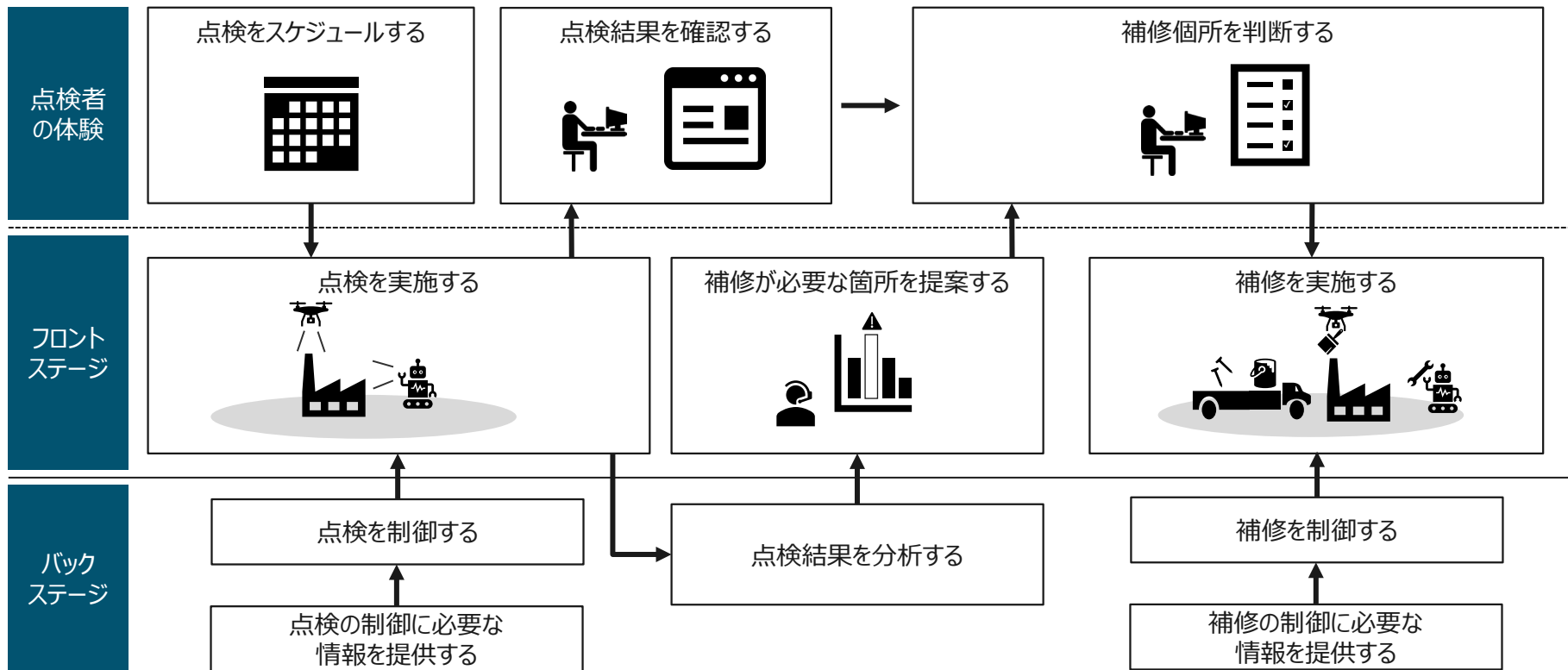
インフラ（電気・ガス・水道・運輸）に関するTo-Beユースケースの全体像

自律移動ロボットや蓄積したデータの活用により、**点検効率の向上・リスク低減・迅速な対応**が可能。



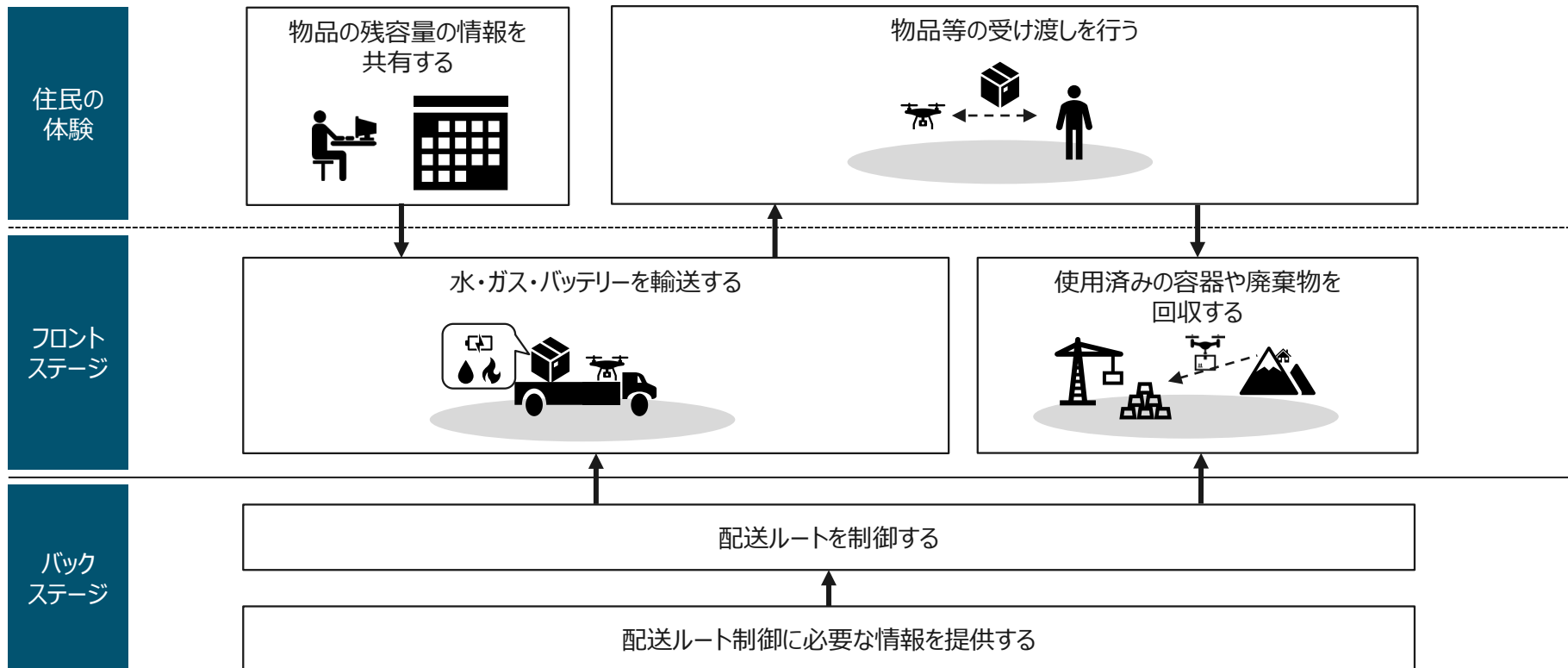
定期設備点検のユーザーエクスペリエンス

自動で高頻度に設備を点検し、補修が必要な箇所に都度対処することで、長期的な修繕コストを押さえつつ、危険作業も抑制できる。

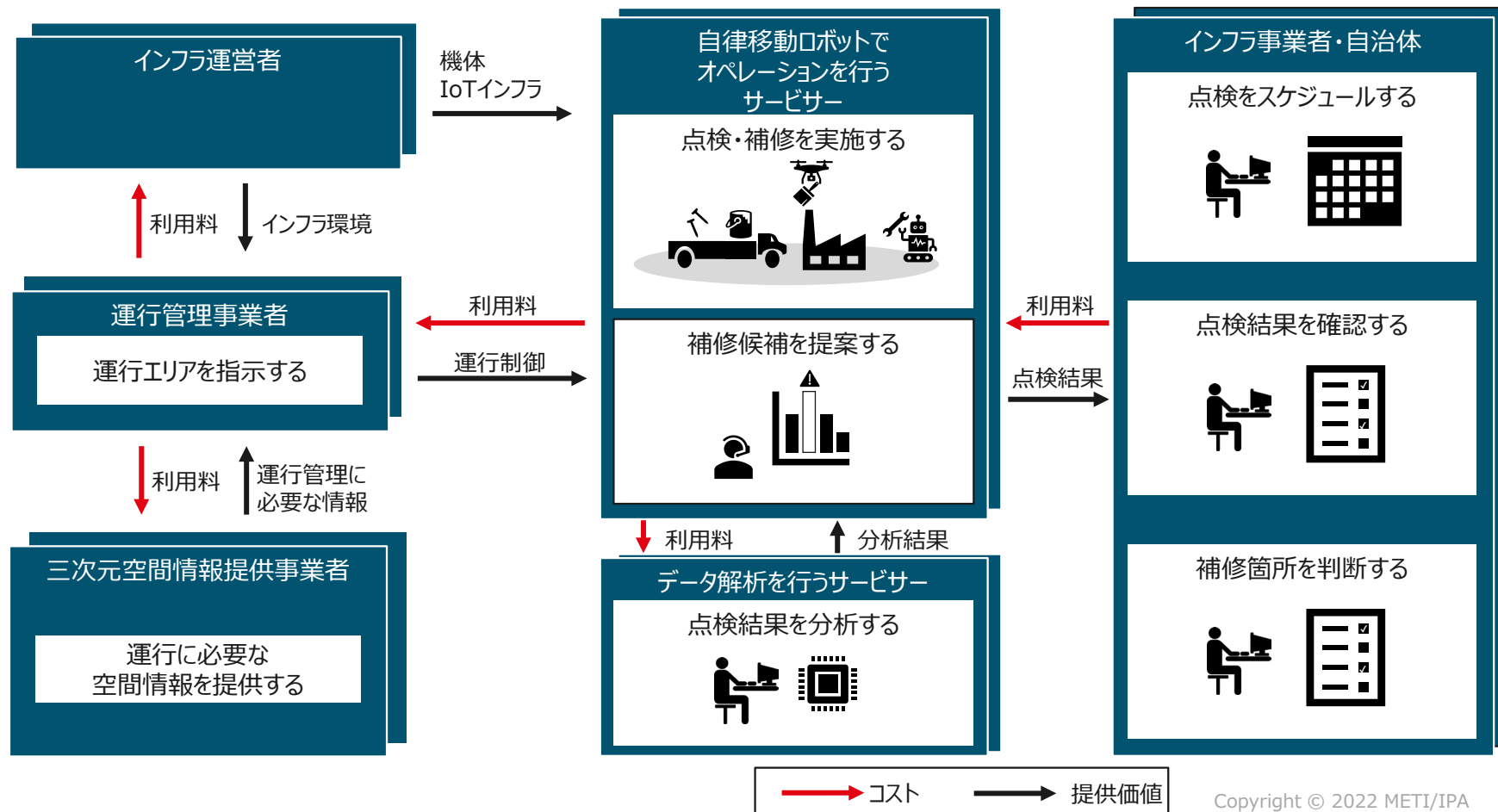


地域のライフライン維持のユーザーエクスペリエンス

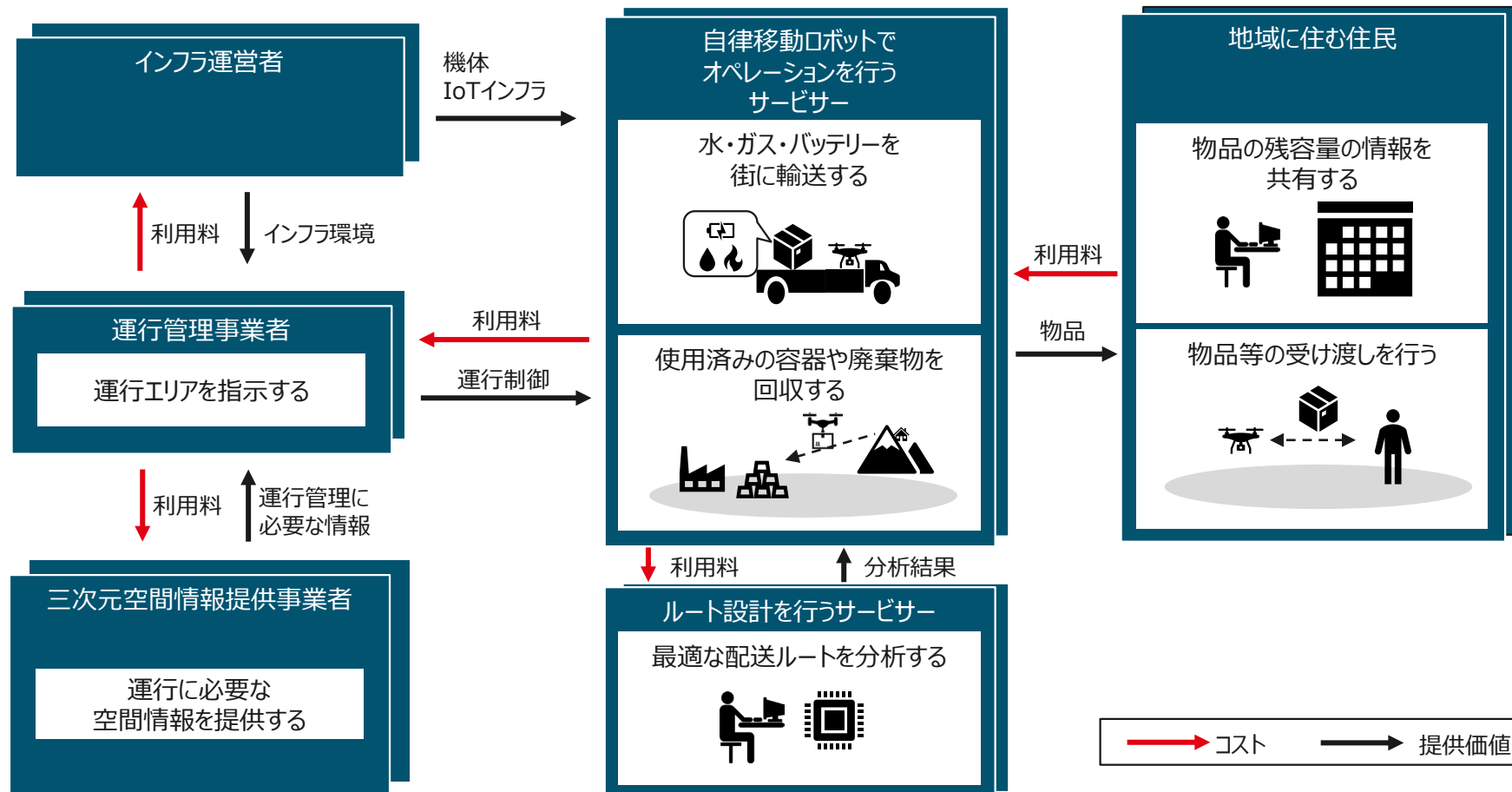
自律移動ロボットを活用することにより、従来ではコスト高になっていた山小屋や離島等のライフラインの維持に必要なコストが低減され、利用者の利便性も向上する。



定期設備点検に関連するステークホルダー



地域のライフライン維持に関連するステークホルダー



インフラ関連事業者・団体からのユースケースに関するご意見

	評価	言及ユースケース	ご意見	凡例	
				⦿	⊗
				⦿	妥当なユースケース
				⊗	妥当だが運用面で障壁あり
				⊗	妥当だが技術面で障壁あり
				⦿	妥当だがコスト面で障壁あり
妥当性		C/D-9 巡視・点検	重要。画像データの収集は事業者を問わずに実施でき、シェアもしやすいため、 業界横断で実施すべき 。ビッグデータを活用した予防保全が可能になれば、 故障件数を減らすことができる 。		
		C/D-13 稼働停止の抑制	重要。点検による送電停止は、逸失利益損失に加え、 計画立案や顧客との調整作業が発生し、大きな負担 である。稼働停止時間が抑制されれば、この負担も解消される。		
		C/D-12 危険作業の代替	重要。高所や夜間等の危険作業は、労働力人口減少に伴い、作業員の確保が今後ますます困難になることが予想されるが、そういった 危険作業をロボットが担ってくれると、事業者も作業員も助かる 。		
		C/D-9 巡視・点検	重要。AIによる画像解析を用いてドローンで撮影したデータの確認を自動化すれば、 全て自動で完結し、点検にかかるコストを減らす ことができる。		
		C/D-3 山間地への輸送	重要。山間地ではドローンを活用すれば工事の資機材を 陸路・ヘリよりも安価に運搬 できる可能性がある。		
	コスト C/D-8 巡視・点検	現状、情報収集のための コスト、特に通信費が高い ことが障壁となる。他の情報収集の手段として人工衛星がある。時間と場所の制約があるが、安価である。 役割分担 すると良い。			
	技術 C/D-8 巡視・点検	巡視・点検は長距離の撮影が必要となるため、ドローンの 航続距離の短さ が障壁となる。 移動型の拠点 のようなものを使うと解決できるのでは。			
	運用 C/D-2 臨時点検	分野間のロボットのマルチユースでは、 需要偏在 が障壁となり、使いたいときに使えない可能性がある。マルチユース自体はコスト低減に効果があるため、 まずは業種内でのシェア からステップ的に広がるのでは。			
網羅性		考えられるユースケースは概ね記載されている			

インフラ（電気・ガス・水道・運輸） × 自律移動ロボットに関する先進事例

人手により実施してきた点検の代替として自律移動ロボットによる画像診断・打音検査等の導入が進んでいる。一方で、ロボットが点検可能な対象が限られており、対象範囲の拡大が今後の課題。

ユースケース	橋梁点検 非GPS環境での打音検査 	プラント点検 情報収集・履歴管理の高度化 ・石油タンク点検 ・煙突点検 ・栈橋点検 	送電線点検 送電線上を航路（空の道）として活用 	風力発電機点検 ルート作成から、診断、レポート作成までを自動化 
フィールド	(実証実験)	千葉県市原市 (コスモ石油千葉製油所)	埼玉県秩父市	風力発電機67基 (Jパワー全国4地域8箇所)
サービス提供	(実証実験)	センシンロボティクス	グリッドスカイウェイ	Jパワー
運航管理	NEC	センシンロボティクス	グリッドスカイウェイ	KDDI
機体メーカー	ACSL	ACSL	ACSL、ルーチェサーチ	PRODRONE

出所：Tech Note 「ドローンを用いた打音検査：TECHNO-FRONTIER 201 8国際ドローンシボジウムレポート」

出所：センシンロボティクスニュースリリース「センシンロボティクス、コスモ石油株式会社 千葉製油所と共同で、ドローンによる監視システムの実装化に向けた実証実験を実施」

出所：・グリッドスカイウェイHP「航路プラットフォーム」
・ACSL NEWS RELEASE「グリッドスカイウェイ有限責任事業組合のドローン目視外飛行の実用化に向けた実証に参画しました」

出所：KDDI トピックス「Jパワーから風力発電設備67基のドローン自動点検を受託、再生可能エネルギー設備の点検効率化を推進」

1	基本方針						
2	ビジョン	2.1	コンセプト				
3	アーキテクチャ	2.2	ユースケース	2.2.1	災害対応		
4	検討体制及びプロセス	2.3	経済性分析	2.2.2	警備		
				2.2.3	インフラ（電気・ガス・水道・運輸）		
				2.2.4	農業		
				2.2.5	医療		
				2.2.6	小売・飲食・生活		
				2.2.7	エンターテインメント		

農業に関する課題

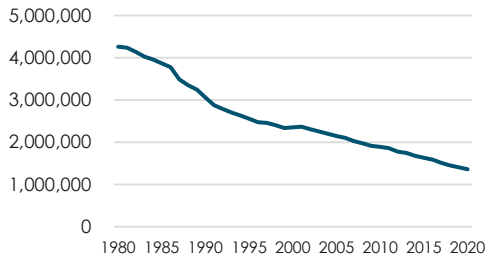
自律移動ロボット及びデータを活用して作業を自動化・効率化し、人は高度作業や指導、品種改良に集中することで、生産性や付加価値を高めることが必要。

従事者の減少

農業従事者が減少し続けており、
今後**さらなる担い手不足**が懸念されている
(2025年には、2010年比△22%見込み)

出所：農林水産省 農業構造の展望について

■ 農業従事者の推移

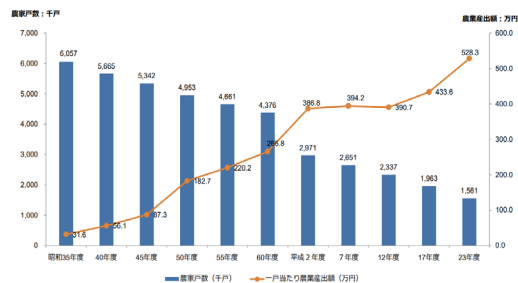


出所：農林水産省 農林業センサス 「年齢別基幹的農業従事者数」を元に作成

労働生産性

1戸当たりの産出額は増加傾向にあるが、
**自給率向上・競争力強化の観点からも、
さらなる生産性向上**が求められる

■ 農業戸数と一戸あたり農業産出額の関係

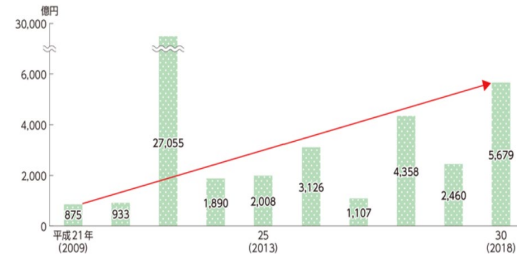


出所：内閣官房行政改革推進本部事務局 「第3回データ資料集【農業】」

天候リスク

天候要因による農林水産関係の被害額は
近年増加傾向にあり、2018年は5,679億
円に達する。

■ 農林水産関係被害額



資料：農林水産省調べ
注：平成31 (2019) 年1月28日時点

出所：農林水産省 「平成30年度 食料・農業・農村白書」

ロボットが作業を行い、農業従事者は
判断や指示に集中できる仕組みが必要

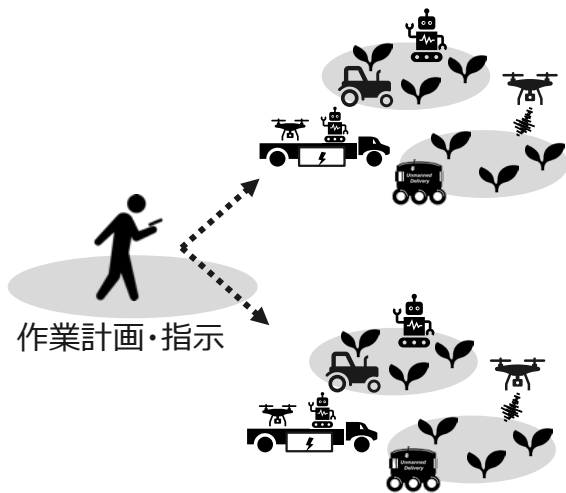
ロボット・センサー等が収集した**データに
基づき、生産計画を立案**することで、
収益を向上する仕組みが必要

天候被害が見込まれる場合、ロボットが
緊急に収穫・作物保護等を行い、
天候リスクを低減する仕組みが必要

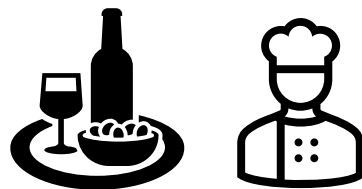
農業に関するTo-Beユースケース

自律移動ロボットのオペレーションのモジュール化を図り、プラットフォームを介して組み合わせて利用することで費用対効果の高い農業サービスを実現し、オペレーターが相応の対価を得ながら、利用者は遠隔で多くの圃場管理や事業開発・経営等に専念することができる。

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



遠隔で多くの圃場管理を実現



収穫した作物でレストランを経営



付加価値の高い農作物作り・品種改良

農業を行いつつ様々な活動を実現

エコシステム全体で成長して
利益を適切に分配



利用者



農業サービス

稲作
サービス

土作り
サービス

...

プラットフォーム

オペレーター



モジュール化により成長を実現

農業に関するTo-Beユースケースの全体像

ロボット・データの活用により、ハイリターン（収量増加）ローリスク（天候リスク低減）化が可能。

■ 生産の最適化（ハイリターン化）

コト提供者
（農家）

- クラウドサーバーを管理するかのよう、**遠隔地から複数/大規模**の農地を一括管理
- 農家はヒトでしか出来ない部分（品種改良等）に注力し、**高機能化・差別化を図る**

G-1



情報



収穫物

■ 農業を身近な存在に

消費者
コト
提供PF

PFを通じ、生育農作物の情報を提供
スマホから好みの農家/ブランドへ出資

G-2

■ 天候リスクの低減（ローリスク化）

最適な生産計画（パッケージ）の提案



オペレーション
提供PF
（生産計画）

精緻な**データに基づき**、
想定収益・リスク等を考慮した
生産計画を検討・提案

G-3

区画	作物	作付面積	予想収量	最大収益	リスク評価
1	人参	20	B
2	大豆	50	C

データ： 需給バランス・環境（土壌・水・天気）
先物価格・モジュール利用料等

ロボット/センサーが収集する
地理情報等を活用し、AIが分析

リスク低減パッケージ



オペレーション
提供PF
（リスク低減）

風水害や冷害、干ばつ等の天候被害に
備えた保険商品（作業パッケージ）を提供。

G-4

金銭補償だけでなく、被害自体の軽減を狙う

- 対台風パッケージ ￥.../a
- 不作時買取り補償 ￥.../kg

モジュール化された農作業



オペレーション
（ロボット）

農業に関する基本作業はモジュールサービス化され、
自律移動ロボットが自動で行い、省力化/収量増加/労災減を実現
※ロボットはシェアされ、**アセット稼働率を最大化**

G-5

運搬		農業・肥料・水散布		収穫物運搬
調査		警備（鳥獣等）		収穫時期判断
作業		土作り作業		植付け作業

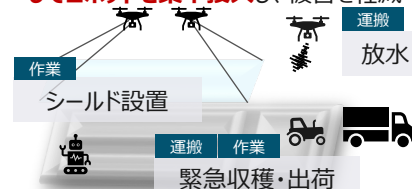
被害低減作業



オペレーション
（ロボット）

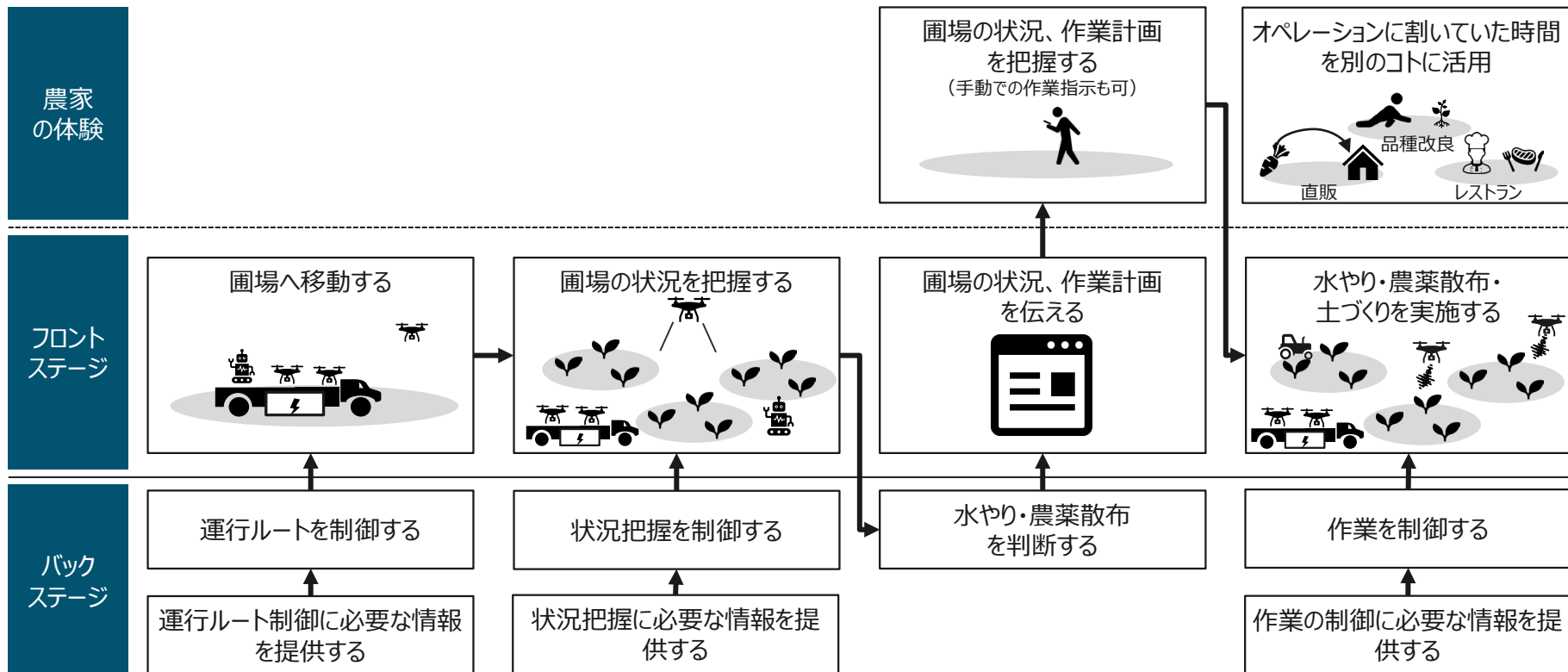
天候被害が見込まれる場所に、**業種を跨いで調整してロボットを集中投入**し、被害を軽減

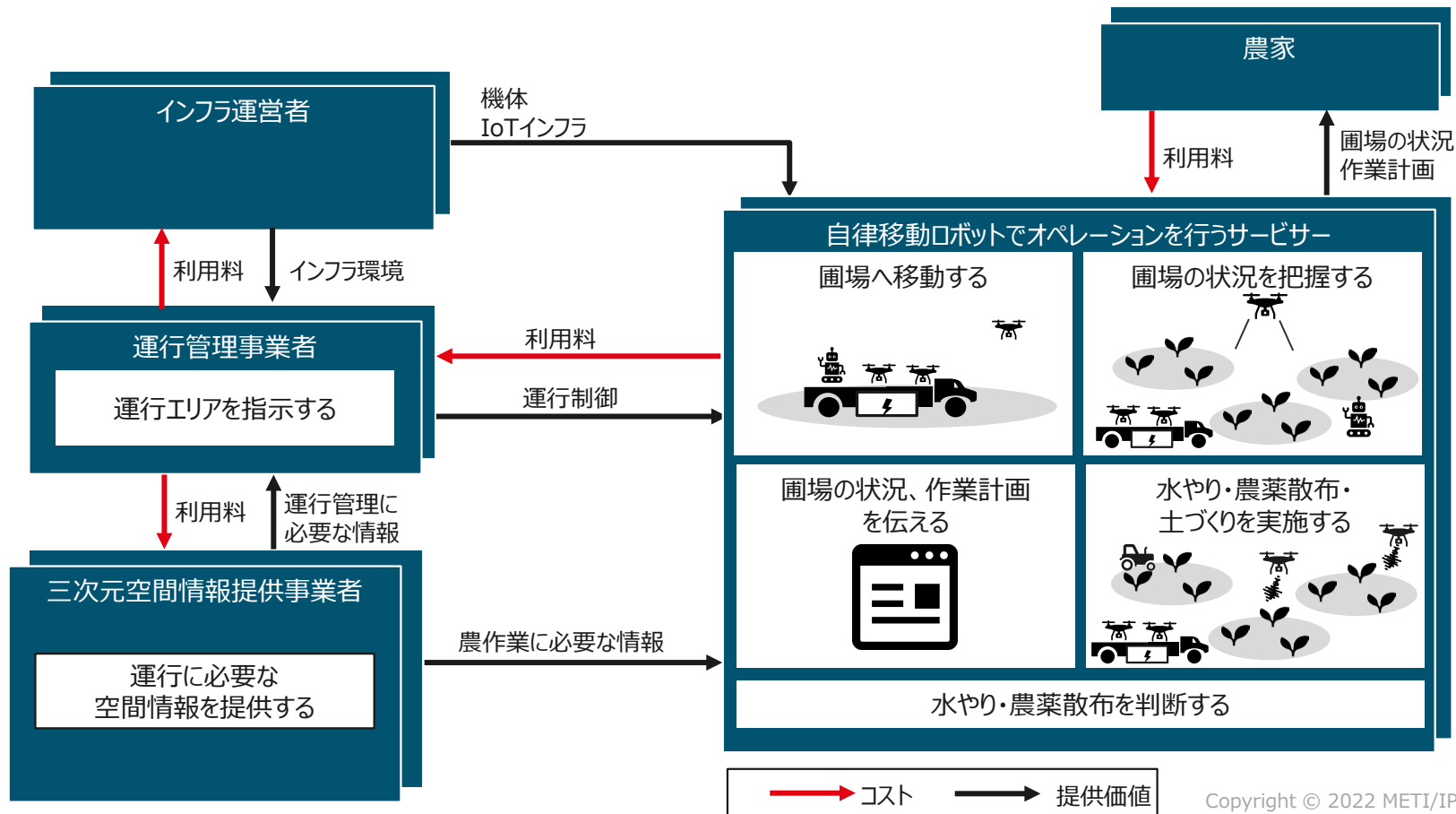
G-6



圃場管理におけるユーザーエクスペリエンス

農家の圃場管理において、重作業等のオペレーションを自律移動ロボットが行うことにより、今までオペレーションに割いていた時間を価値ある別のコトに活用できる。





農業関連事業者・団体からのユースケースに関するご意見

	評価	言及ユースケース	ご意見	凡例	
				○	妥当なユースケース
				⊗	妥当だが運用面で障壁あり
				✕	妥当だが技術面で障壁あり
				⊞	妥当だがコスト面で障壁あり
妥当性		G-5 農薬散布	重要。「自動化」のメリットに加えて、必要な箇所のみ散布することで 農薬の使用量が減る 、散布中に 作業員が農薬を浴びなくて済む といったメリットもある。		
		G-3 育成状態監視	重要。生育状態を精緻に把握することで、適宜適切な処置が可能になり、 収穫量増加 が期待できる。		
		G-5 農作物の運搬	重要。ドローンの速さを活かし、 取れたての農作物を消費者に届ける ことができる。他のモビリティ、例えば飛行機や新幹線と組み合わせることで、 より遠くまで届けることもできる 。		
		G-5 農作業全般	重要。農作業のロボット化は、効率化だけでなく、 労災抑制の観点からも重要 。		
	✕ 技術	G-5 肥料散布 農作物の運搬	ドローンの ペイロードが小さい ことが障壁となる。肥料や収穫は重量があるため、 サービスロボットやeVTOL 等のペイロードが大きいモビリティの方が向いている。		
○ 運用	G-5 農薬散布	ドローンで 農薬散布ができない農作物がある ことが障壁となる。果実・葉の裏等に農薬を噴霧する必要があるものは上空からの散布は向かないため、 サービスロボット の役割となる。			
✕ 技術	G-5 農作業全般	サービスロボットを使う場合は、 農地の形、道の狭さ・傾き・段差 等が障壁となる。 ロボットが働きやすいインフラが必要 となる。			
⊞ コスト	G-3 育成状態監視	衛星と比較して、ドローンは 高額（特に通信費） 。ただ、 衛星 は曇ると撮影できないので、 役割分担 すると良い。			
網羅性		代表的なユースケースは記載されている。			

(農業向けドローン事業者)

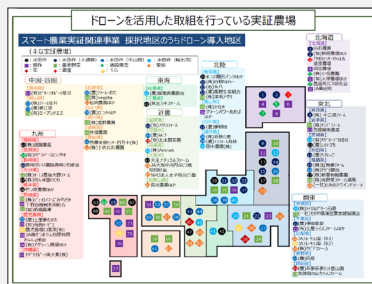
農業×自律移動ロボットに関する先進事例

スマート農業では全国的にドローンが活用されており、特に農薬・肥料散布やセンシングにおいて盛んに導入されている。大規模化・自動化対象範囲の拡大が課題。新たなビジネスモデルが開発されつつある。

ユースケース

農薬散布・センシング

日本全国でのスマート農業の取組状況



出所：農林水産省「スマート農業実証プロジェクトにおけるドローンの活用について」

農作物配送

15kg相当の野菜をドローンに積載し、農家間を経由しながら道の駅まで運ぶ実証実験



出所：当別町HP「ドローンを活用した農作物運搬実証実験について」



出所：農林水産省「令和3年度農業分野におけるドローンの活用状況」

新ビジネスモデル

スマート農業提供の代わりに全量買取、マッチング



出所：株式会社オプティムHP「農業×IT」の未来戦略 スマートアグリワード



出所：株式会社オプティムHP「ドローン農薬散布防除サービス」

フィールド

日本全国

北海道当別町

佐賀県、新潟県、石川県 等

サービス提供

個人あるいは農業組合

ブルーイノベーション

オプティム

運航管理

なし、あるいは、営農管理用パッケージ製品

ブルーイノベーション

オプティム

機体メーカー

ciRobotics、DroneWorkSystem、イームズロボティクス、クボタ、プロドローン、TEAD、ヤマハ発動機 等

SkyDrive

オプティム

1	基本方針						
2	ビジョン	2.1	コンセプト				
3	アーキテクチャ	2.2	ユースケース	2.2.1	災害対応		
4	検討体制及びプロセス	2.3	経済性分析	2.2.2	警備		
				2.2.3	インフラ（電気・ガス・水道・運輸）		
				2.2.4	農業		
				2.2.5	医療		
				2.2.6	小売・飲食・生活		
				2.2.7	エンターテイメント		

医療に関する課題

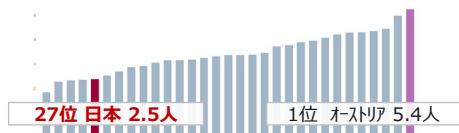
ロボット・IoTの活用により、医療関係者の負担や感染リスクを低減する仕組みが必要。

医療従事者の不足

医師・看護職員が不足。今後は、**介護人材不足も深刻化**し、2025年には約55万人不足する見込み

出所：厚生労働省「第7期介護保険事業計画に基づく介護人材の必要数について」

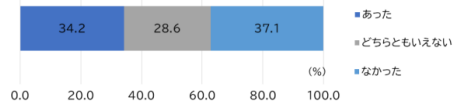
■ 国別の人口1000人当たりの医者数



OECD31カ国の中でも、日本は27位と低水準

出所：OECD Data

■ コロナ禍で看護職員の不足を感じた看護管理者・病院の割合



3割を超える看護管理者・病院が**看護職員の不足**を感じている

出所：公益社団法人 日本看護協会
「看護職員の新型コロナウイルス感染症対応に関する実態調査【看護管理者・病院】集計結果」

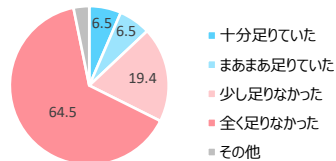
少ない労働力の中で
より多くの患者を担える仕組みが必要

保健所の人手不足

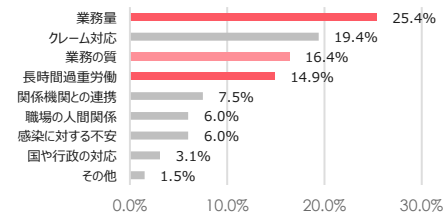
コロナ禍で、**保健所の人員不足**が顕在化。過剰な業務量に**職員もストレス**を感じている。

■ 感染拡大期（4月）の保健所の職場実態調査

○ 人材の充足度合い



○ 職員のストレス要因



出所：日本自治体労働組合総連合「感染拡大期（4月）の保健所の職場実態調査（中間報告）」

保健所の**業務負担を低減**する仕組みが必要

遠隔診療への対応遅れ

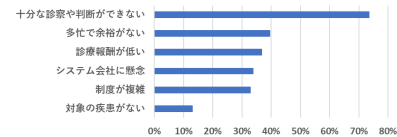
パンデミックによる経済損失（中程度以上の場合）は、世界で5,700億ドル/年とされる。未知の感染症を含め、対処方について、**遠隔診療等の体制整備が必要**

出所：Library of Medicine「Pandemic influenza preparedness and health systems challenges in Asia: results from rapid analyses in 6 Asian countries」

■ 遠隔診療の課題

様々な理由から、遠隔診療に対応する医療機関は、全体の15.2%と低水準（2021年4月時点）

出所：総務省「令和3年情報通信白書」



出所：東京医師会「オンライン診療に対する医師の不安と患者の期待」を元に作成

■ 遠隔服薬指導の課題例（上位5件）

- ・端末の操作に不慣れな患者がいる
- ・通信環境や端末等の用意が必要である
- ・お薬手帳の確認がにくい
- ・薬剤の送付に負担がかかる
- ・薬剤の受け渡しに時間を要する

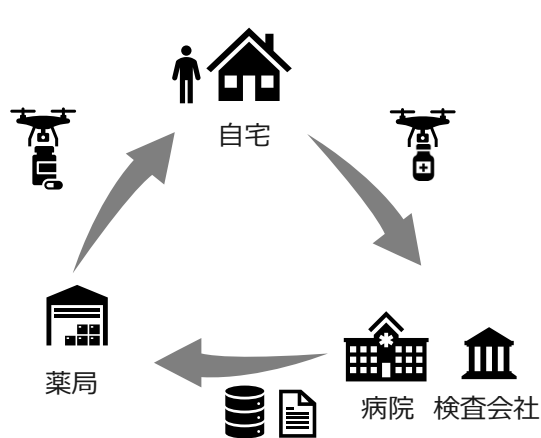
出所：中央社会保険医療協議会「令和2年度診療報酬改定の結果検証に係る特別調査」

IoTの導入により、非接触でも十分な診療・服薬指導が受けられる仕組みが必要

医療に関するTo-Beユースケース

遠隔医療と自律移動ロボットを組み合わせ、接触機会を低減することで、**感染症の拡大を抑制**しつつ、医療機関・患者・配送手段を全体最適・効率的にマッチングすることで、**医師の不足や偏在を解消**し、家にいながら必要な医療を受けられるようになる。

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

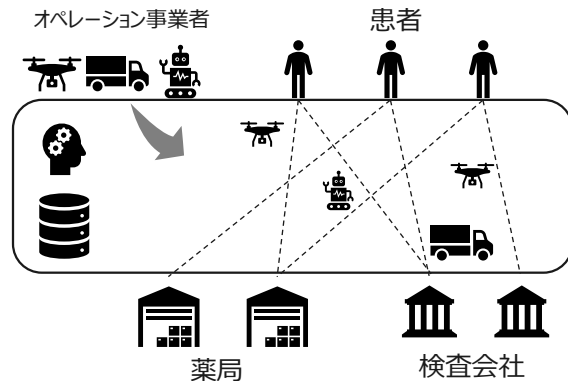


遠隔で完結する医療を実現



人は遠隔診療や服薬指導に注力

エコシステム全体で成長して
利益を適切に分配



医療機関や配送手段を自動マッチング
することで医療を効率化・省力化

ロボットの効率的運用

医療に関するTo-Beユースケースの全体像

自律移動ロボットを活用することで、検査から自宅療養までを遠隔・非接触で完結することができ、感染症流行下の**感染抑止**や**人手不足の解消**に寄与できる。

検査・診療

自宅療養

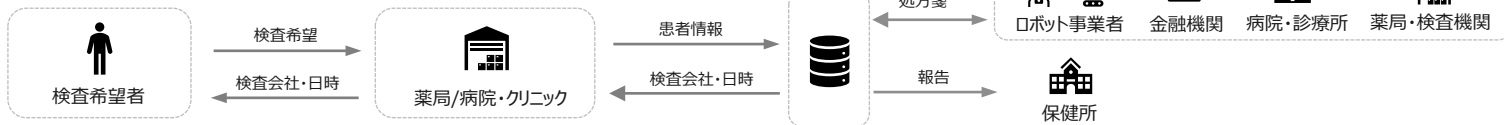
入院

■迅速・安全な検査・診療

■患者・薬剤師負担の低減

■院内感染の抑制・省力化

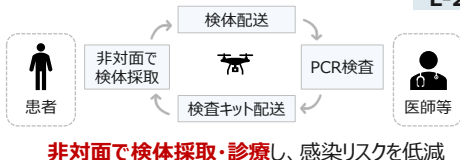
- 検査対象者・医療機関・薬局・ロボットの情報を集約して**自動で最適にマッチング**
- 医療・個人データを連携し**漏れなくデータを収集、患者の手間も削減**



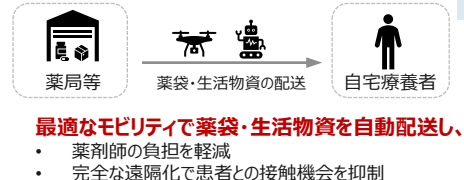
L-1

オペレーション
提供PF

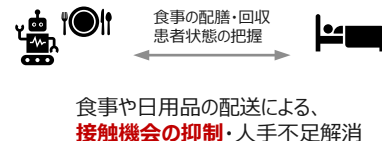
L-2



L-3



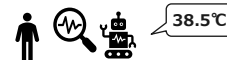
L-4



オペレーション
(ロボット)
運搬
調査
作業

- サーモカメラでの体温測定等、診療を支援
- 顔色・心拍・動き等のバイタル状態監視により、病状の急変に早期対応

L-5



検査キット・薬袋・生活物資配送とセットで遠隔診療を支援

- 遠隔診療環境**を整え、患者の負担を軽減
- 医師・薬剤師の**感染リスクを低減**
- 経過観察**により患者の安心感を醸成

L-6

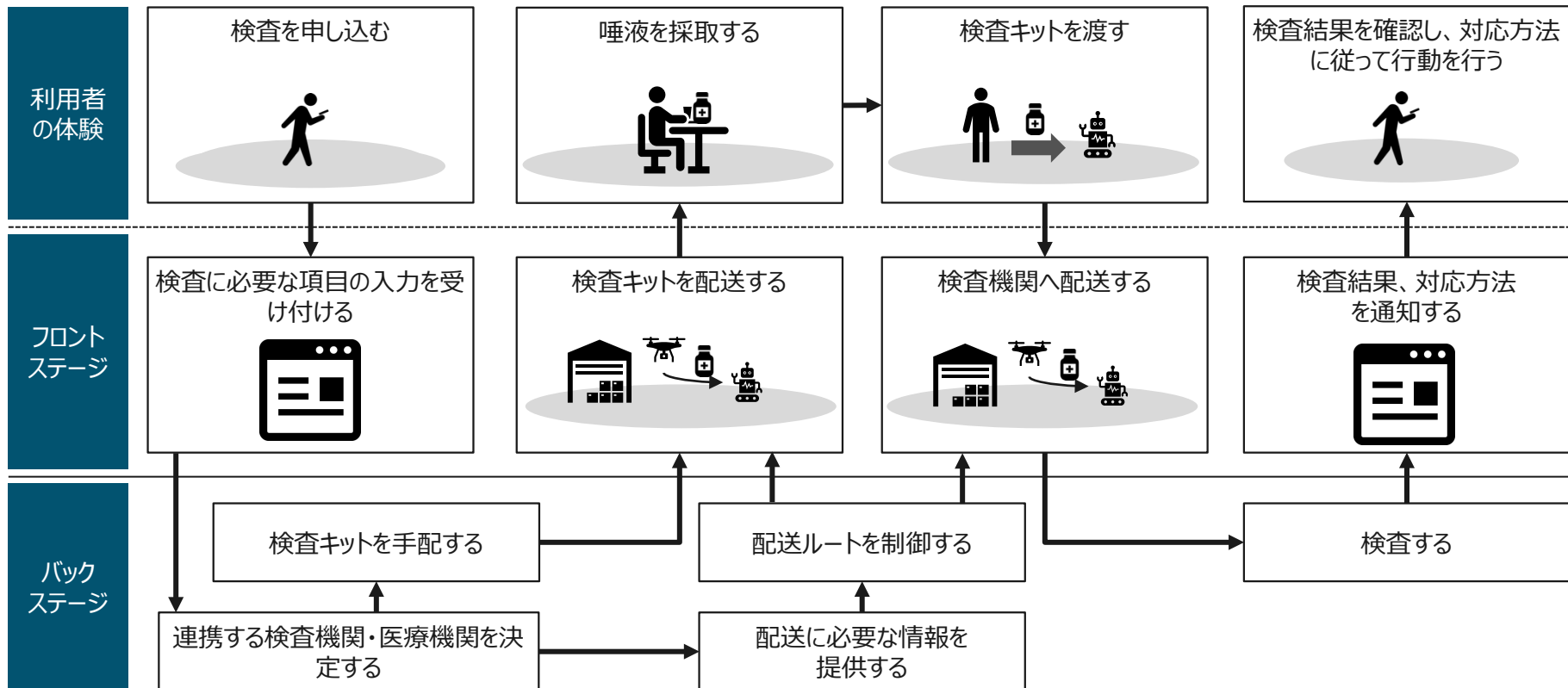


L-7



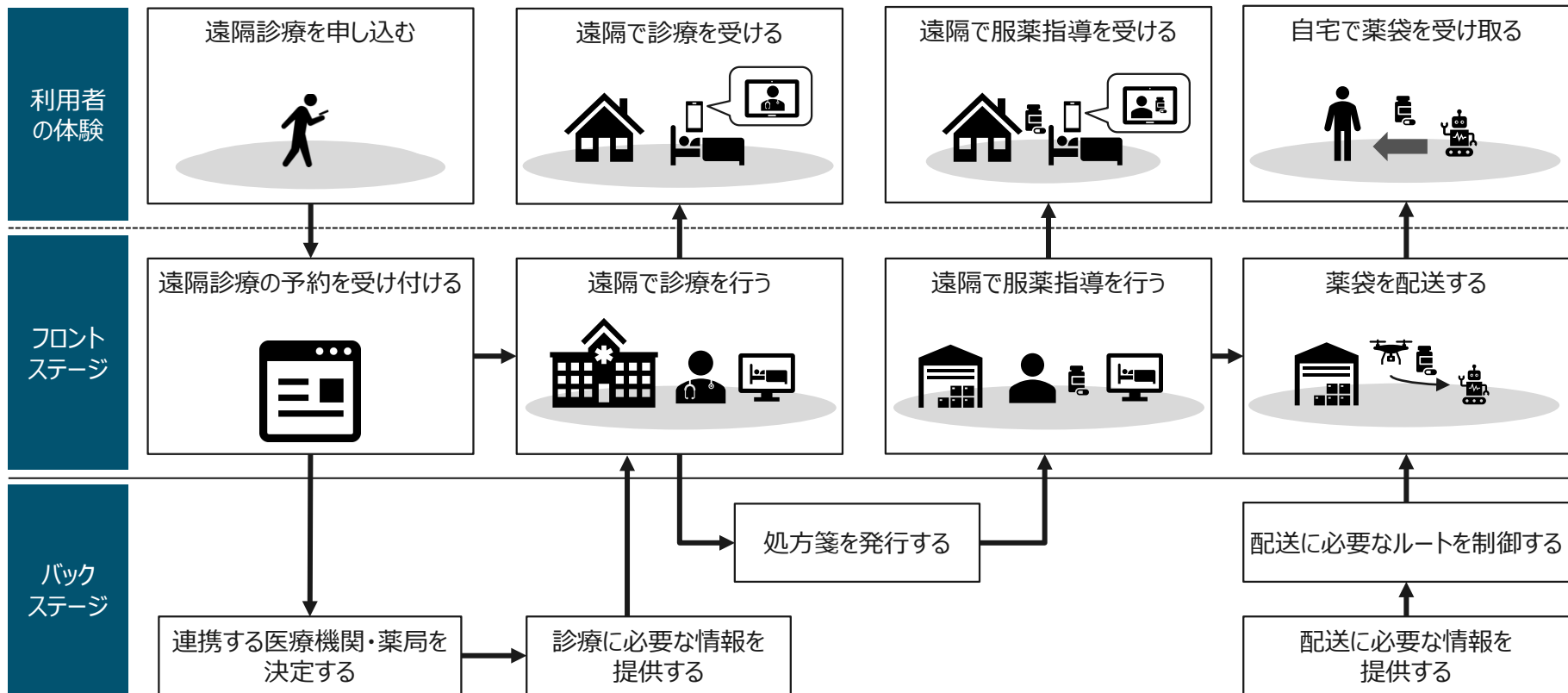
感染検査のユーザー体験

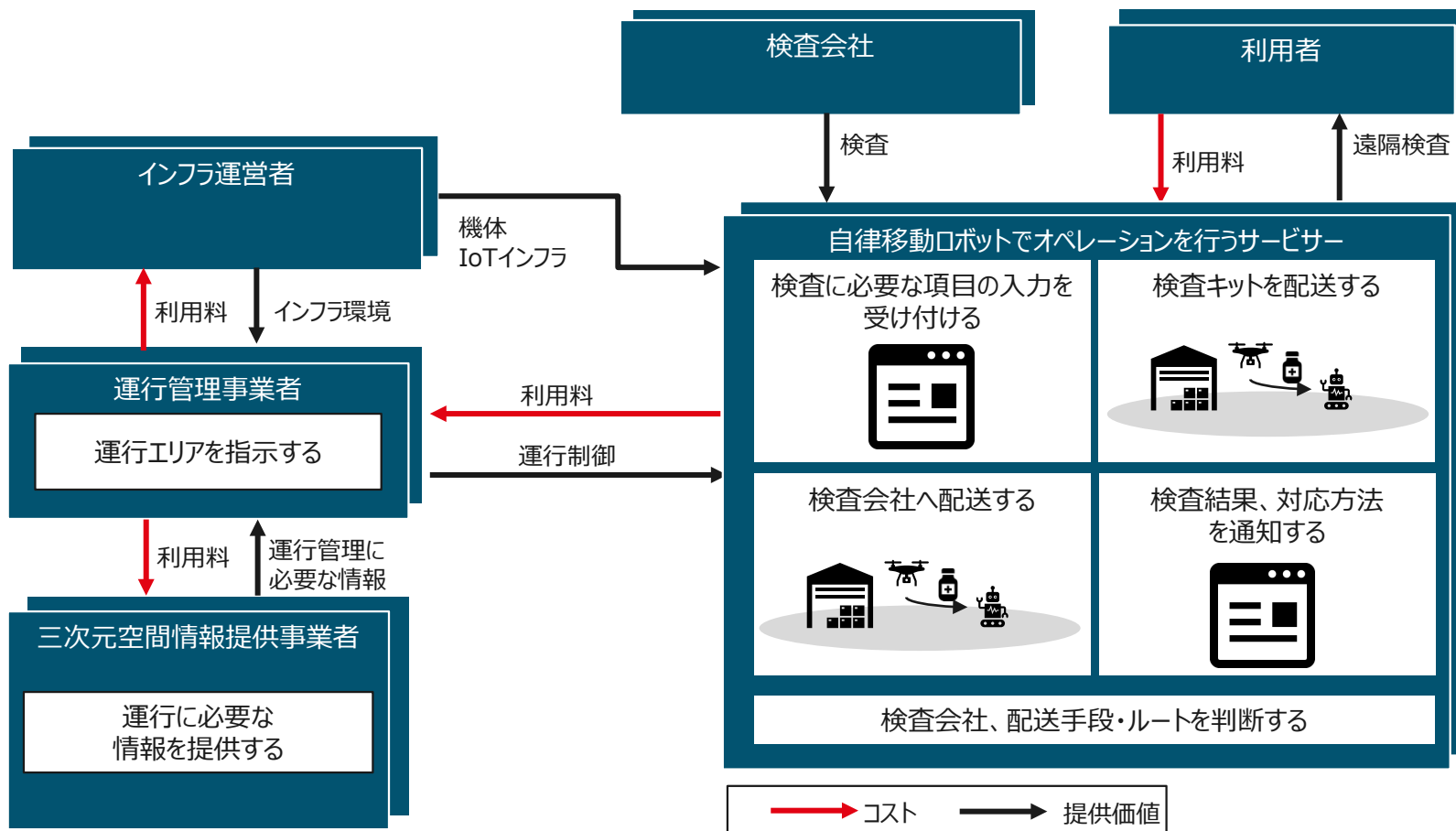
自律移動ロボットを活用し、非接触で診療することで、感染リスクを低減できる。



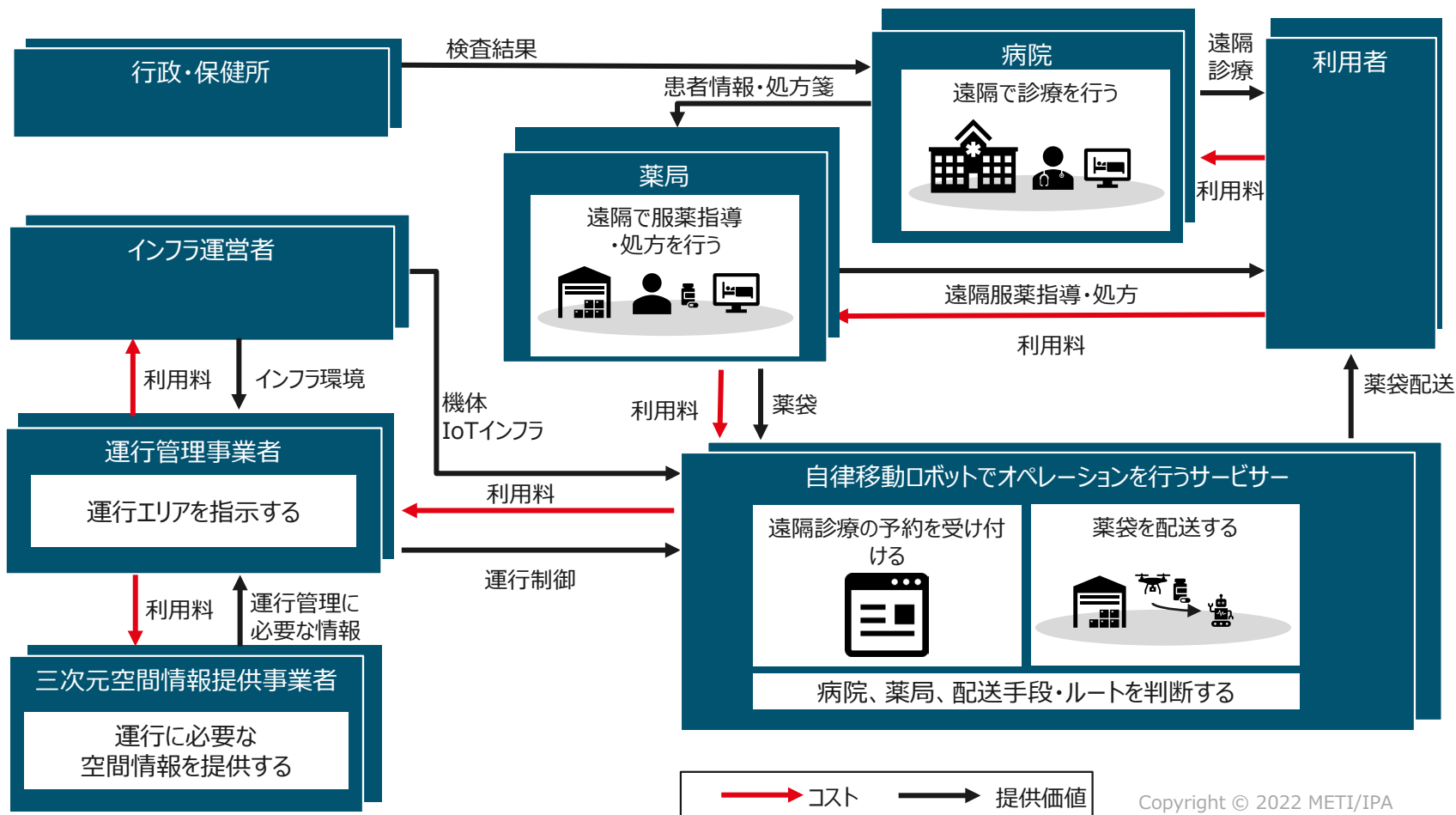
自宅療養のユーザー体験

自律移動ロボットを活用し、遠隔で診療・薬袋配送を行うことで、自宅療養時の不安解消に繋がる。






自宅療養におけるステークホルダー



医療関連事業者・団体からのユースケースに関するご意見

	評価	言及ユースケース	ご意見	凡例	
				○	妥当なユースケース
				⊗	妥当だが運用面で障壁あり
				×	妥当だが技術面で障壁あり
				⊖	妥当だがコスト面で障壁あり
妥当性		L-3 薬袋・生活物資の配送	重要。遠隔医療は、薬の処方方法が課題だが、そこをロボットが担うと、全く外出しなくて良くなるので、 外出する負荷が減るだけでなく、非接触による安心感も得られる。		
		L-5 バイタル情報の取得	重要。ロボット・IoT機器を組み合わせると正確にバイタル情報を得ることができれば、 遠隔診療の質を向上 できる。		
		L-2 検体の配送	重要。自宅にいながら、感染症やその他様々な病気の検査が出来る環境が整備されると、国民の 健康管理の意識の向上・心理的負荷の軽減 につながる。		
		L-6 経過観察	重要。治療の途中で患者が投薬をやめてしまい病状が重篤化することがあるが、自宅にいながらの経過観察が容易になれば、この問題の解消に繋がり得る。		
		L-7 清掃・消毒	重要。感染症の場合は院内の清掃・消毒の徹底が特に求められ、 新たなビジネス になる可能性もある。		
	 運用	L-1 データ連携	現状、 保健所は手一杯の状態、新たな作業を依頼するのは困難 。保健所へは最後の結果報告のみとすると、Win-Winとなり、スムーズに実現できるのではないか。		
網羅性		感染症対応のユースケースについて網羅的に良く纏められている。			

(医療コンサル事業者)

医療×自律移動ロボットに関する先進事例

遠隔診療、オンライン服薬指導と連動した医薬品配送の実証実験・実運用が開始されている。
 検体の運搬による患者と非接触を維持した状態での検査等への活用も期待される。

ユースケース	医薬品配送	血液検体搬送	医薬品配送＋オンライン服薬指導	
フィールド サービス提供 運航管理 機体メーカー	3D地図を活用した 医薬品配送  石川県加賀市 トラジェクトリー	医療過疎地域において、 血液検体を輸送  広島県大崎上島町 広島大学、NTTドコモ、 インフォコム NTTドコモ ciRobotics	オンラインでの診療・服薬指導、 医薬品配送までを一気通貫して 非対面で実施  愛知県美浜町、南知多町 名鉄グループドローン共同事業体 知多厚生病院 KDDI プロドローン	オンライン診療後に処方箋・ 医薬品を配送し、服薬指導 のデモンストレーションを実施  北海道旭川市 ANA、旭川医科大学 アインホールディングス ANA エアロセンス

出所：加賀市プレスリリース「北陸初、「ドローン観光ビジネス」の可能性を探る「ドローン空撮体験ツアー」の実証実験を行います。」

出所：広島大学NEWS RELEASE「ドローンを利用した医療過疎地域における緊急血液検体搬送の研究開発に係る実証実験の実施」

出所：日本調剤ニュースリリース「日本調剤、ドローンによる離島への医薬品配送の飛行実験に参画～非対面方式による一気通貫のオンライン診療実現に向けた体制を構築～」

出所：日通総合研究所ニュースリリース「国内初、オンライン診療・オンライン服薬指導と連動したドローンによる処方箋医薬品配送の実証実験について」

1	基本方針						
2	ビジョン	2.1	コンセプト				
3	アーキテクチャ	2.2	ユースケース	2.2.1	災害対応		
4	検討体制及びプロセス	2.3	経済性分析	2.2.2	警備		
				2.2.3	インフラ（電気・ガス・水道・運輸）		
				2.2.4	農業		
				2.2.5	医療		
				2.2.6	小売・飲食・生活		
				2.2.7	エンターテインメント		

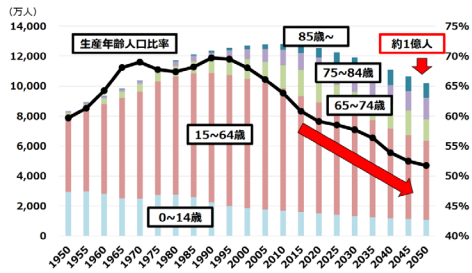
全ての住民がロボットの恩恵を享受でき、**豊かな生活ができる社会**の実現が必要。

人材不足への対応

今後、労働力人口のさらなる減少が見込まれており、既に人材不足が顕著な業界（物流、飲食、福祉等）では、**現状のサービスレベルが維持できない可能性**がある。特に、中山間地域等の地方部の状況は深刻で、地域格差にもつながりうる。

■ 生産年齢人口の予測

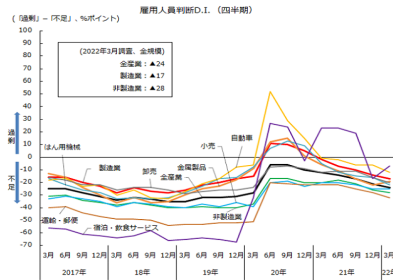
生産年齢人口は2030年には6,875万人となり、現在より500万人以上減少する



出所：経済産業省「人生100年時代に対応した「明るい社会保険改革」の方向性に関する基礎資料」

■ 生産年齢人口の予測

コロナ前は宿泊・飲食従事者が不足。運輸・郵便業は、慢性的な人材不足が続く。



出所：日本銀行「全国企業短期経済観測調査（短観）」

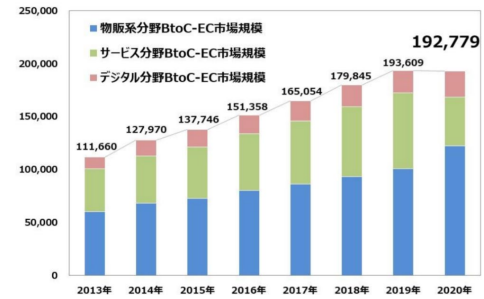
需要増への対応

配送サービスの需要は増加傾向。

ネットスーパー等の登場により、少量・多頻度・短納期の生活圏内の配送需要も高まりつつある。

■ BtoC-EC市場規模の推移

コロナの影響もあり、物販系EC市場は一層成長。



出所：経済産業省「令和2年度 産業経済研究委託事業（電子商取引に関する市場調査）報告書」

ロボットを活用して
労働人口減少を補う仕組みが必要

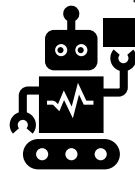
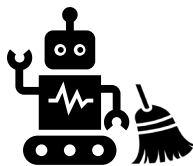
生活に密着したロボットが、**人々の生活を豊か**にする仕組みが必要

まちづくりに組み込まれていくことで
公共・地域のサービスが拡大する**しくみ**が必要

小売・飲食・生活に関するTo-Beユースケース

自律移動ロボットが活躍することによって、**より自由・快適な暮らし**が可能になる。加えて、自律移動ロボットが必要なものを必要な時に届けることが可能となり、**モノを所有する必要性から解放**される。

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



余裕



生活の質



生産性

日常の様々なシーンでロボットが活躍

人はより自由・より快適な生活

エコシステム全体で成長して
利益を適切に分配

これまで：“所有”がステータス



大容量の収納



広いキッチン



家事スペース

これから：“所有”から“オンデマンド”へ



ロボットが

1 km先のモノを1分で届ける世界

所有せずとも必要なときにすぐ届く

小売・飲食・生活に関するTo-Beユースケースの全体像

様々な自律移動ロボットの連携によって、生活関連の様々な作業が**人手を介さずに実施**されることで、人々に**時間の余裕が生まれ、より自由な活動が可能**になる。

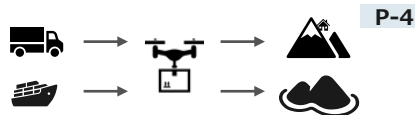
運搬

■ 買い物代行



様々なロボットが連携し、最適な方法で迅速に配達

■ 物資輸送



山間地・離島等の陸路が不便な場所へ
人手を介さず自動的に荷物を配送

P-5



最適なルート/モビリティを組み合わせ、
数時間以内に荷物を配送

調査

■ 通学見守り



通学路、人通り、治安等の情報を加味して**自動で最適な見守りルート**を決定し、
他用途のロボットと連携して子供の通学を見守る

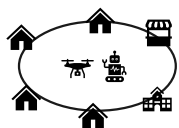
■ 混雑調査



街中で稼働している自律移動ロボットが
道路の混雑情報を共有

作業

■ 地域内リソースシェア



地域内でロボットをシェアし、
業種横断で様々な用途で活用することで、
稼働率を上げコストを削減

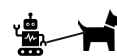
■ 清掃



P-7

自律移動により
最適なルートで清掃

■ ペット散歩

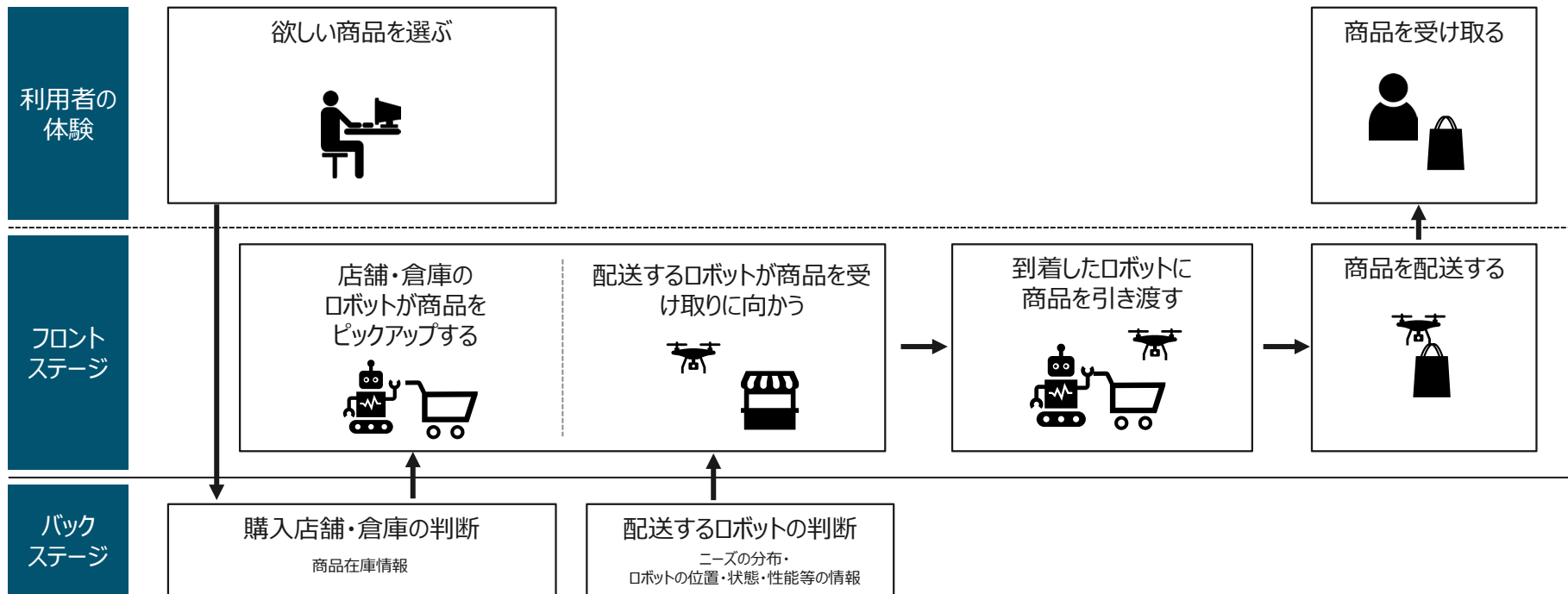


P-8

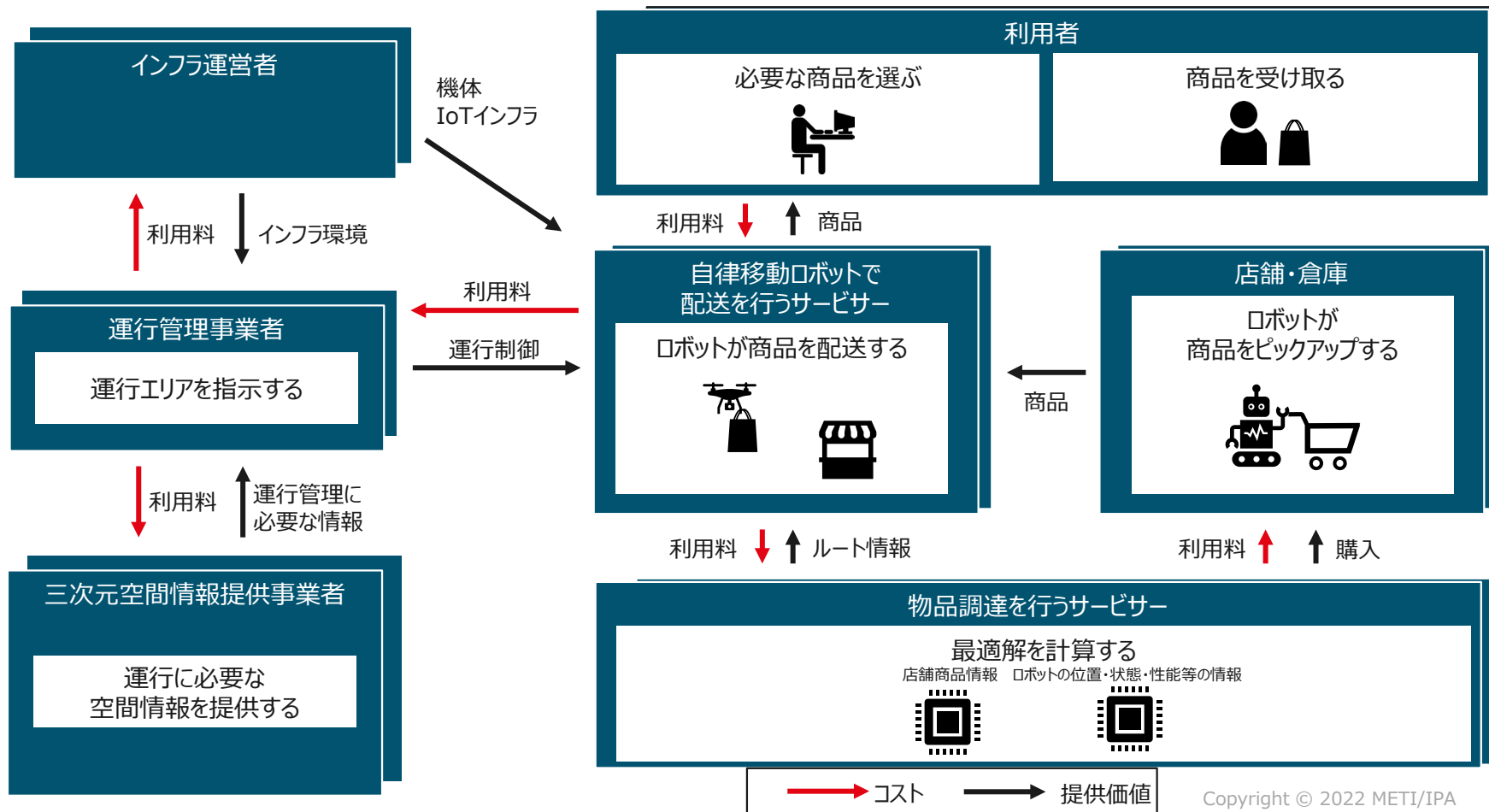
都合がつかない際に
ペットの散歩を代行

買い物代行に関するユーザーエクスペリエンス

様々な自律移動ロボットを相互に連携させることで、人は**買い物の手間から解放**されることに加え、必要なものが**必要なときに届き、物やキッチン・収納等の家具・家財を所有する必要性が減る。**



買い物代行に関連するステークホルダー



生活関連事業者・団体からのユースケースに関するご意見

	評価	言及ユースケース	ご意見	凡例	
		P-4 P-5 物資輸送	ドローンの速さを活かし、これまでにない 新たな価値提供 が可能と考えている。	○	妥当なユースケース
		P-4 物資輸送	労働人口減少（特に過疎地域）への対応 として、配送におけるロボット活用は必要になってくるだろう。	×	妥当だが運用面で障壁あり
妥当性	運用	P-4 物資輸送	住民への荷物の渡し方 が課題となる。ロボットが配送しやすい受取ボックスの設置や、荷物の空中投下を住民がどこまで許容してくれるか。それによって、今後のインフラ整備が変わってくるだろう。	×	妥当だが技術面で障壁あり
	運用	P-5 高速物資輸送	他社モビリティとの組合せは魅力的だが、リソースや配送時間等、 会社間の調整が負担 となる部分もある。	Ⓜ	妥当だがコスト面で障壁あり
	コスト	P-4 物資輸送	ロボットの通信費、離着陸場や充電設備の コストが高い ことが障壁となる。これらが安価になって、はじめて労務費や設備費の削減に繋がってくる。		
	技術	P-4 物資輸送	サービスロボットは 速度が遅く、配送効率の低さ が障壁となる。 建物内や特定の地域・設備内等の運用 の方が良いだろう。		
	技術	P-4 離島への物資輸送	ドローンは ペイロードが小さい ことや 通信費が高い ことが障壁となる。ペイロードの大きい 無人ボート等 と、役割分担すると良い。		
網羅性		概ねユースケースの検討の方向性はあっている。			

(物流事業者)

小売・飲食・生活×自律移動ロボットに関する先進事例

各地で食品や生活物資等の配送実証が行われている。先進的な事例として、異なるロボット（ドローン・配送ロボット）を組み合わせた配送実証も行われている。

ユースケース	屋外デリバリー	施設内デリバリー	施設内デリバリー	ロボットの組み合わせ
	<p>アプリからの注文でお弁当を 病院へ配送</p> 	<p>ECサイトからの注文でマン ションの屋上へ配送</p> 	<p>アプリからの注文を受け、 施設内の飲食店の商品を配送</p> 	<p>ドローンと配送ロボットを 組み合わせた郵便物配送</p> 
フィールド	神奈川県横須賀市	千葉県千葉市	愛知県常滑市 (イオンモール常滑)	東京都奥多摩町
サービス提供	出前館、吉野家	JP楽天ロジスティクス	三菱電機、イオンモール	日本郵便
運航管理	ACCESS	JP楽天ロジスティクス	三菱電機、イオンモール	日本郵便
機体メーカー	エアロネクスト	楽天、CIRC（共同開発）	Cartken	ACSL（ドローン） ZMP（配送ロボット）

出所：ドローンビジョン 「ドローンで牛丼配達実験 日本初のオンデマンド配送を横須賀市でエアロネクストなど実施」

出所：ドローンジャーナル 「JP楽天ロジスティクスのドローンが超高層マンションの屋上に荷物を配送」

出所：ドローンジャーナル 「三菱電機とイオンモール、自律走行ロボットによる商品配送サービスの実証実験を開始」

出所：ドローンジャーナル 「日本郵便、日本初のドローンと配送ロボットが連携した荷物配送実験」

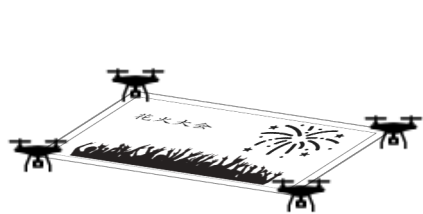
1	基本方針						
2	ビジョン	2.1	コンセプト				
3	アーキテクチャ	2.2	ユースケース	2.2.1	災害対応		
4	検討体制及びプロセス	2.3	経済性分析	2.2.2	警備		
				2.2.3	インフラ（電気・ガス・水道・運輸）		
				2.2.4	農業		
				2.2.5	医療		
				2.2.6	小売・飲食・生活		
				2.2.7	エンターテイメント		

エンタメに関するTo-Beユースケース

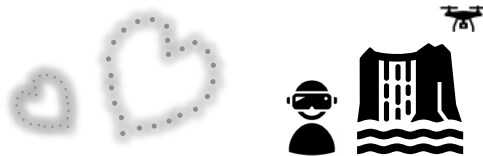
自律移動ロボットを活用することで、今まで活用されていなかった**新たな空間を利用した広告やアート**が作られ、人は**今までにない新たな体験**を楽しむことができる。

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

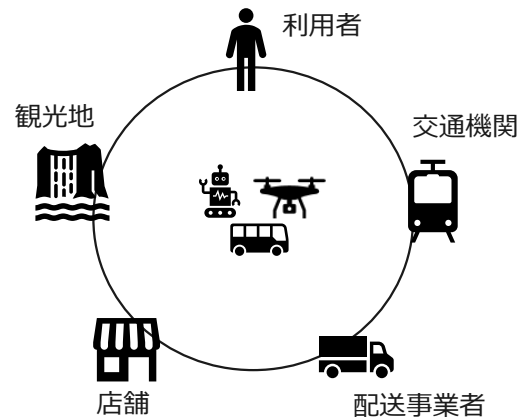
エコシステム全体で成長して
利益を適切に分配



新たな空間を利用した広告を実現



新たな体験の実現



簡単に様々な体験を楽しむ

地域の活性化

エンタメに関するTo-Beユースケースの全体像

広告やエンターテインメント分野に自律移動ロボットやデジタルを活用することで、**新たな「体験」の創出、空間の新たな利用価値の創出等**が可能になり、**事業機会の創出、地方の活性化を図れる。**

広告

■ 都会上空での移動するアートや広告



Q-1

空間を活用し、**場所・時間に応じて最適な広告**を表示

運搬

調査

作業



Q-2

個人情報に留意しながら、広告に対する反応や人通り、個人の属性に応じて**最適な広告を表示**



Q-3

ドローンを組み合わせたアート等、**新しい空間の活用**の促進と**感動体験の生成**

エンターテインメント

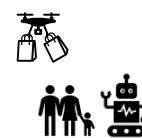
■ 新たな顧客体験

猛暑でも
ドローン日傘が
熱中症を予防



Q-4

観光客の**誘導**や
案内をしつつ、
荷物も運搬し、
顧客体験を向上



Q-5



Q-6

イベントを**多角的に撮影**し
好きな角度からの映像を提供

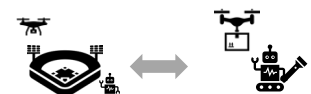


Q-7

ドローンとVRを組み合わせた、
新たな旅行・ゲーム体験を提供

**人が近づけない場所からの
写真・映像撮影**により、
観光地や映像コンテンツの
魅力を向上

Q-8

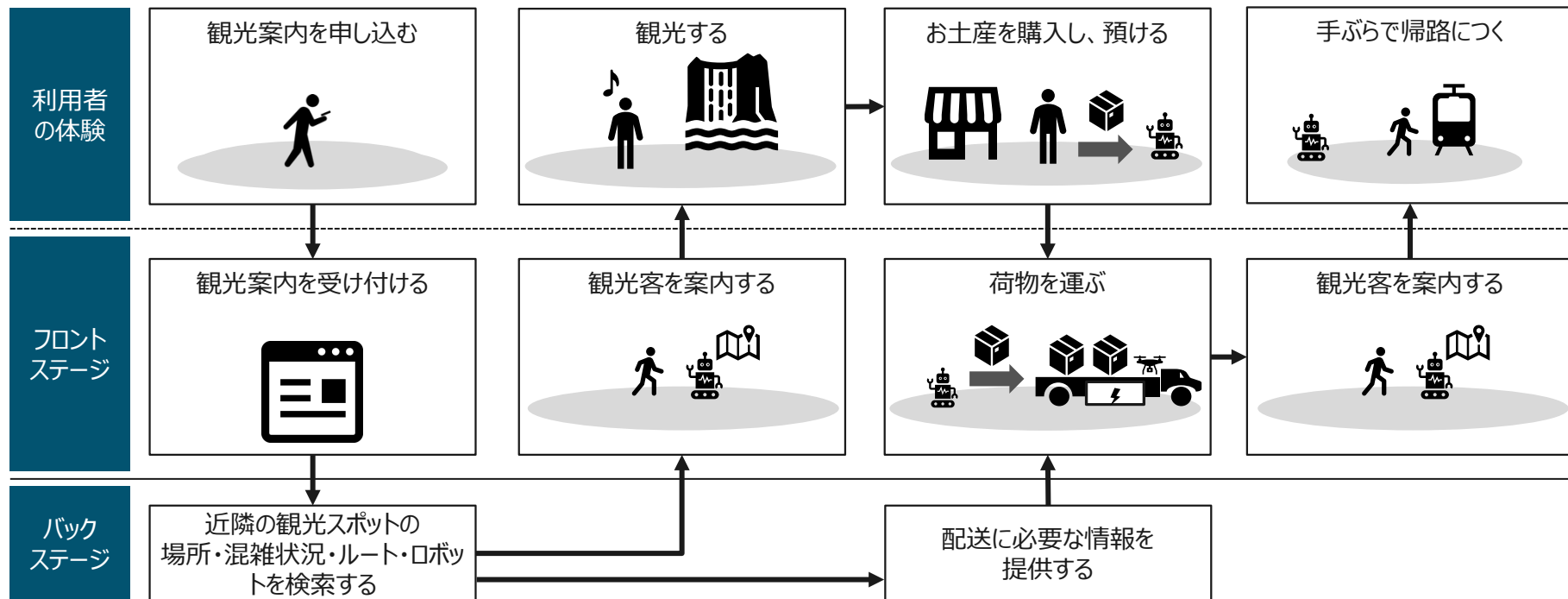


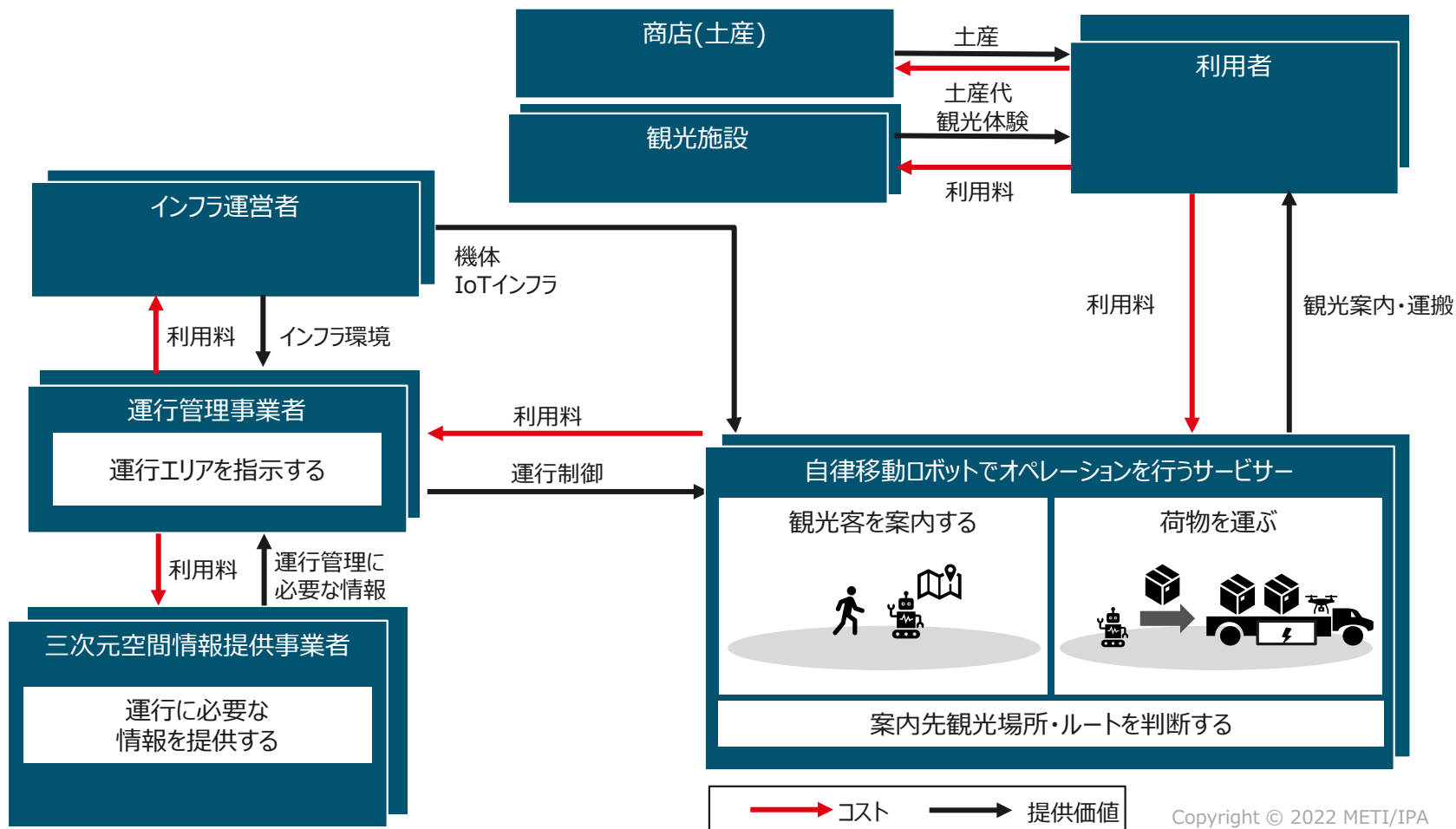
Q-9

イベントの開催時間外は、**他用途で活用**し、
ロボットの稼働率を向上

観光地での誘導・運搬のユーザー体験

ロボットを活用することで、観光先での煩わしい荷物運搬や混雑から解放され、より満足度の高い観光体験を得られる。





エンタメ関連事業者・団体からのユースケースに関するご意見

	評価	言及ユースケース	ご意見	凡例	
				☑	☒
				☑	妥当なユースケース
				☒	妥当だが運用面で障壁あり
				✕	妥当だが技術面で障壁あり
				☒	妥当だがコスト面で障壁あり
妥当性		Q-1 広告の運搬・表示	重要。上空は目立つため、人が多いところで 高い広告効果 が期待できる		
		Q-6 イベント等の空撮	重要。イベント主催者等からの空撮依頼も多く、実際に 需要がある 。		
		Q-8 空撮映像コンテンツ作成	重要。クレーン車と比較し、ドローンは高度や設置の自由度が高いため、 短時間でより良い映像 が撮影できる。		
		Q-8 空撮映像コンテンツ作成	重要。特に地方ロケ等で、空撮は 需要が高い 。		
		運用 Q-6 イベント空撮等	イベント会場での空撮は、 飛行できる機体や立ち入り禁止エリアの設置の制約 により、企画した撮影を断念するケースがある。安全の確保を前提に 柔軟なルール であれば、よりチャレンジングな試みも実行しやすくなる。		
		運用 Q-6 イベント空撮等	ドローンの飛行に関する申請について、 承認までの時間が長い ことが障壁となる。現状のテレビ放送番組用の撮影等は数日前に依頼されるものも多く、機会損失が発生している。 業界の業務変革が、承認までの時間の短縮 ができるとよい。		
網羅性		考えられるユースケースは概ね記載されている			

(空撮事業者)

エンタメ×自律移動ロボットに関する先進事例

オンラインでの観光(映像配信)や、ドローンを使った名所の撮影等が盛んに行われている。ドローンを用いたデジタルショーのほか、スポーツ分野では、映像配信だけではなく戦術分析等にも利用されている。

ユースケース	オンライン花見	デジタルショー	サッカートレーニング空撮
	<p>全国の桜の名所を撮影し、配信/映像制作</p>  <p>※1</p>	<p>500機のドローンを制御し、空中に観光名所を描く等のショーを披露</p>  <p>※2</p>	<p>トレーニングを空撮し、戦術分析や配信に使用</p>  <p>※3</p>
フィールド	日本全国の桜の名所	シンガポール	サッカーチームキャンプ地
サービス提供	ドローンエンタテインメント	エイベックス・エンタテインメント	湘南ベルマーレ
運航管理	-	-	-
機体メーカー	ドローンエンタテインメント	-	-

出所：Fドローンビューン 「オンライン花見」開催は3月27日 Fドローンエンタメが桜の空撮映像など生配信」

出所：Fドローンビューン 「500機のドローンがマーライオンを投影！ シンガポールで「STAR ISLAND」のカウントダウン」

出所：Fドローンジャーナル 「湘南ベルマーレ、戦術分析のためトレーニングにドローンを導入」

各章の関係性

2. ビジョン

2.1 コンセプト

実現する

2.2 ユースケース

導出する

2.3 経済性分析
アウトカム指標

3. アーキテクチャ

3.1 ストラテジービュー

実現する

実現する

実現する

ケーパビリティ

導出する

アウトプット指標

実現する

実現する

3.2 オペレーショナルビュー

オペレーション

3.3 サービスビュー

実現する

サービスレベル

実現する

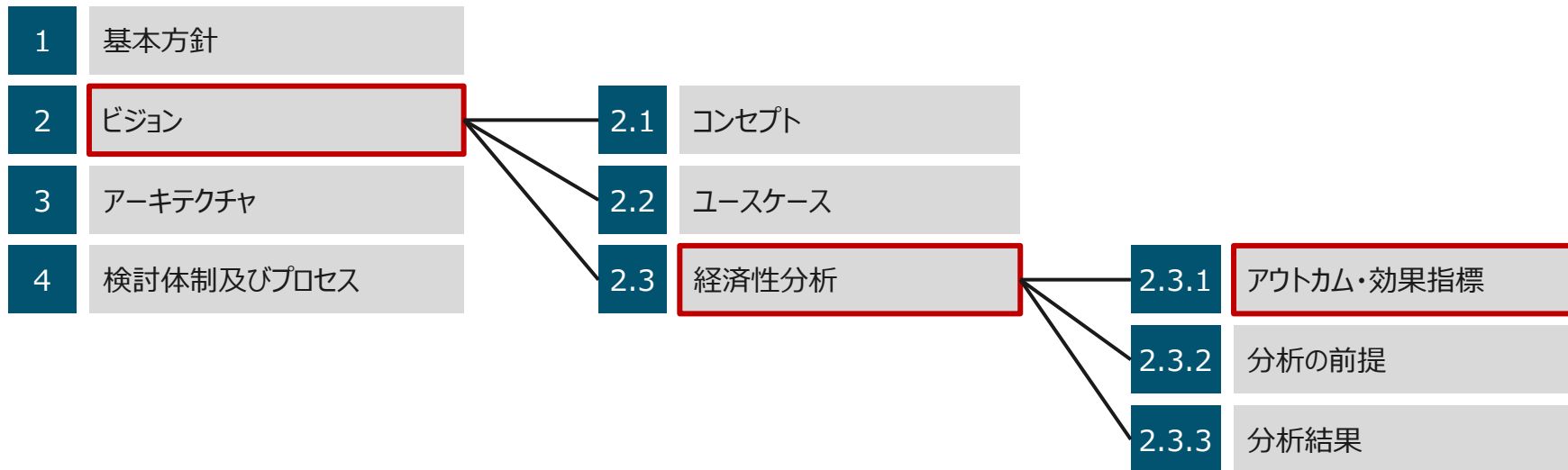
実現する

3.5 ロードマップ

実現する

3.4 社会実装に向けた施策

3.6 残課題一覧



アウトカム・効果指標の考え方

課題・ユースケースから**社会価値（少子高齢化、災害・感染症、生活の質）、経済価値（収益増加、安全性向上、労務費削減、設備費削減）**の視点でアウトカムを整理。**自律移動ロボット・デジタルシステムを活用しながら、その他のあらゆる手段も組み合わせるアウトカムの指標を改善する方法を具体化することが必要。**

2.2.X 分野X（防災etc...）

課題



ユースケース

アウトカム・効果指標

社会価値



少子高齢化



災害・感染症



生活の質

経済価値



収益増加



安全性向上

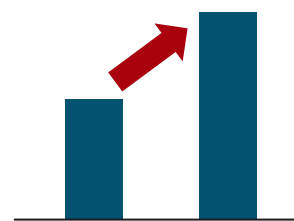


設備費削減



労務費削減

ユースケース実証・運用



様々な手段の
活用
運用の工夫



経済性分析における便益算定対象とする項目






自律移動ロボットを通じて、単に既存事業を改善するのみならず、自律移動ロボットの強みを生かした新たな価値の創出、豊かで安全安心な社会への貢献の実現を目指す。

経済価値	既存事業の改善	収益増	ロボットを活用したCPSの実現で 業務効率を最適化	ロボットが24時間・自動で稼働し、 生産増・逸失利益減
		費用減	ロボットへの業務置換えにより 労務費を削減	自律“移動”ロボットの活用で 固定設備費を削減
	新たな価値	自動化	自動化によるコストメリット “安さ”ビジネス	顧客接点の増加 “いつでもどこでも”ビジネス
		空の活用	空路の活用 “早さ”ビジネス	空からの目の活用 “見つける”ビジネス
社会価値	安心	危険作業のロボット化で 労災を防止	ドローン等による精緻なリスク検知で 事件・事故を抑制	
	豊かな生活	自動化（時間・場所からの解放）で 人間はより価値ある活動を	災害・事故時にドローン等を活用し 被災から早期復旧	







災害分野におけるアウトカム・効果指標例（社会価値）

	課題	対策	アウトカム		効果指標	関連 ユースケース
社会 価値	避難の遅れによる 人命喪失	自律移動ロボットを活用 した避難誘導	 災害・感染症	逃げ遅れの防止 避難方向の 間違い防止	避難完了時間 避難所到着者数	A-1 A-7
	救助の遅れによる 人命喪失	自律移動ロボットを活用 した搜索支援	 災害・感染症	搜索遅れによる 死亡者の低減	72時間以内 の救助率	
	情報収集の遅れによる 意思決定・対応の遅延	自律移動ロボットによる 迅速な被災情報の収集	 災害・感染症	迅速な情報収集 による早期復旧	ライフライン復旧日数	A-1 A-4
	ライフライン断絶による 救援物資供給の遅れ	自律移動ロボットを 活用した救援物資輸送	 災害・感染症	避難所へ必要な 物資の迅速な 供給	物資取得までの時間 必要な物資の取得率	A-1 A-2
	避難時の空き巣被害	自律移動ロボットを 活用した監視	 災害・感染症	避難時の空き巣 被害の低減	避難時の空き巣 被害件数	A-8






災害分野におけるアウトカム・効果指標例（経済価値）

	課題	対策	アウトカム		効果指標	関連 ユースケース
経済 価値	ライフライン復旧の遅延	自律移動ロボットを 活用した被害箇所特定・ 資機材運搬	 収益増加	ライフラインの 早期復旧	ライフライン 復旧日数	A-1 A-3
	ライフライン復旧 の人手不足		 労務費削減	作業員の低減	作業員数 ロボット化率	
	被害箇所特定にかかる 足場等の設備設置費用		 設備費削減	足場等の設備費 の低減	足場等の設備費 の削減率	A-5
	復旧時の二次災害		 安全性向上	二次災害件数の 低減	復旧による 二次災害件数	
	保険金査定に 時間・コストがかかる		自律移動ロボット による被害の調査	 労務費削減	被害調査時間・ コストの削減	被害調査時間 被害調査人員数



警備分野におけるアウトカム・効果指標例

	課題	対策	アウトカム		効果指標	関連 ユースケース
社会 価値	危険運転の増加	自律移動ロボットによる広域監視	 安全性向上	煽り運転の抑制 スピード違反の抑制	煽り運転起因の事故 件数 スピード違反起因の事故 件数	B-6
	犯罪の防止	自律移動ロボットによる見守り	 安全性向上	犯罪被害の抑制	登下校中の事案件数 ストーカー被害件数	B-6 B-8
	警備時の労働災害の発生	危険箇所警備の 人手から自律移動 ロボットへの置き換え	 安全性向上	労災件数の低減	警備に伴う 労災件数	B-2 B-6 B-7 B-8
経済 価値		自律移動ロボットによる交通誘導	 労務費削減	交通誘導の 人件費の削減	交通誘導の 人件費	B-7
	労働力不足	自律移動ロボットによる自動監視・巡回	 労務費削減	監視・巡回の 人件費の削減	監視・巡回の 人件費	B-2 B-3
		自律移動ロボットによる 機材の自動運搬	 労務費削減	運搬の 人件費の削減	運搬の 人件費	B-1





インフラ（電気・ガス・水道・運輸）におけるアウトカム・効果指標例（点検）

	課題	対策	アウトカム	効果指標	関連 ユースケース	
社会 価値	危険箇所点検時の 労働災害の発生	危険箇所作業の 人手から自律移動 ロボットへの置き換え	 安全性向上	労災件数の低減	点検に伴う 労災件数	C/D-12
	点検に伴う 設備稼働停止	設備を稼働させたまま 自律移動ロボットが 点検を行う	 収益増加	点検による ダウンタイムの低減	点検による 稼働停止時間	C/D-13
経済 価値	設備故障時の 経済損失	自律移動ロボットを活用 した点検頻度増による 予兆保全	 収益増加	故障による ダウンタイムの低減	故障による 稼働停止時間	C/D-2 C/D-5 C/D-9 C/D-10 C/D-14
	点検技術者の 確保が困難	自律移動ロボットを 活用した点検の 自動化・支援	 労務費削減	作業員の低減 作業効率の増加	ロボット化率 作業員の点検時間	C/D-4 C/D-8
	点検のための足場等の 設備投資・設置時間 がかかる	自律移動ロボットを 活用した点検の効率化	 設備費削減	足場等の 点検設備費の低減	足場等の 点検設備費の 削減率	






インフラ（電気・ガス・水道・運輸）におけるアウトカム・効果指標例（配送）

	課題	対策	アウトカム		効果指標	関連 ユースケース
社会 価値	僻地・山間地では ライフラインが整備 できず生活が不便	自律移動ロボットによる ガス・水・バッテリーの配送	 生活の質	居住移転の自由 の維持	転入者数 転出者数 来訪者数	C/D-11
経済 価値	僻地・山間地ほど ライフライン維持に 要するコストが高額		 設備費削減	インフラ維持費 の削減	インフラ維持費 削減率	C/D-3

農業分野におけるアウトカム・効果指標例

	課題	対策	アウトカム		効果指標	関連 ユースケース
社会 価値	耕作放棄地の増加	自律移動ロボットの活用により遠隔から広範囲の圃場管理	 少子高齢化	耕作放棄地の減少	耕作放棄地面積	G-1
			 労務費削減	少数の人員で広域の圃場管理を実現	単位面積あたりに必要な要員数 ロボット化率	
経済 価値	労働生産性の向上が困難	自律移動ロボットによる精緻なデータ取得・活用による生産	 収益増加	生産効率向上	単位面積あたりの収穫量	G-3 G-4
			 設備費削減	就農者の収益向上	設備費	G-5 G-6




医療分野におけるアウトカム・効果指標例

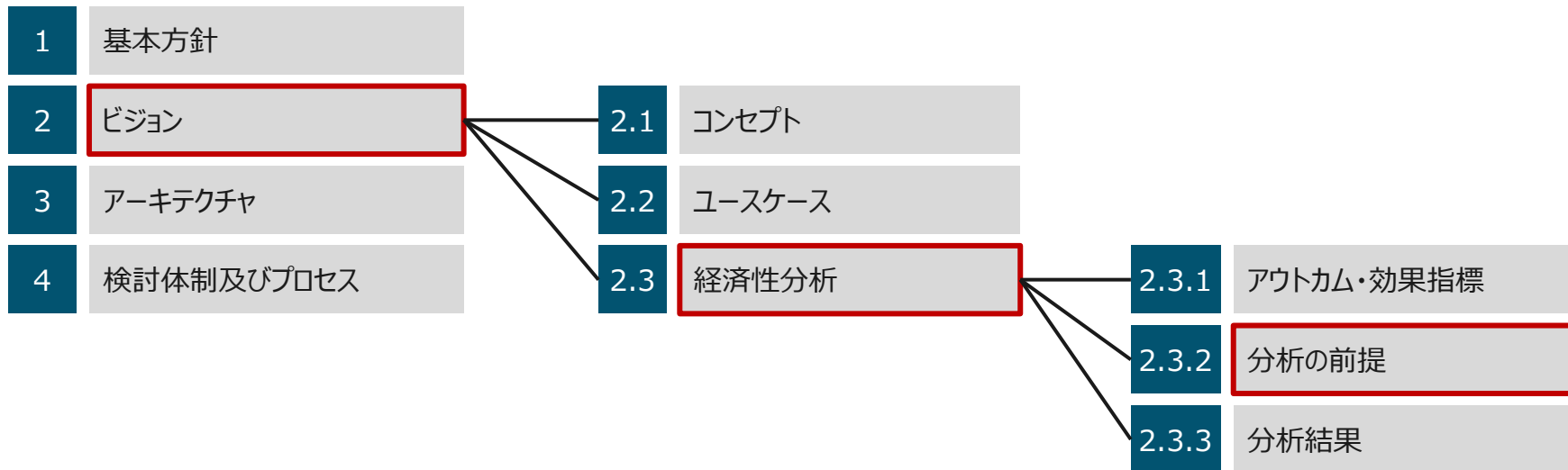
	課題	対策	アウトカム	効果指標	関連 ユースケース
社会 価値	検査・連絡等の 対応遅れによる不安		 災害・感染症	対応遅れによる不 安の解消	連絡・診察・検査 までの所要時間 L-1 L-5
			 災害・感染症	感染拡大の防止	濃厚接触者数
経済 価値	感染症対応による 収益悪化	自律移動ロボットを 活用した遠隔による 検査・診療	 安全性向上	検査・診療時 の感染抑制	医療従事者 の感染者数 L-1 L-2 L-3 L-4
			 設備費削減	感染対策に利用 する防護服等 の費用削減	防護服等の 費用 L-6 L-7
			 収益増加	感染症対応による 人手不足の解消	1人あたりの 感染症対応者数

小売・飲食・生活分野におけるアウトカム・効果指標例

	課題	対策	アウトカム	効果指標	関連 ユースケース	
社会 価値	認知症患者の徘徊 通学時の不審事案	自律移動ロボット による見守り	 少子高齢化	認知症患者の徘徊者の早期発見 不審事案の抑制	不審事案数 認知症患者の徘徊時間	P-2
	買い物難民の増加	自律移動ロボット による買い物代行	 少子高齢化	買い物難民の削減	買い物困難者数	M-1 O-1 P-1
経済 価値		自律移動ロボット による移動販売	 収益増加	販売機会の増加	売上	M-1 O-1 P-1
	仕入れ・配達の コスト削減		 労務費削減	仕入れ・配達の 時間・人件費の 削減	仕入れ・配達時間 仕入れ・配達の人件費	M-1 O-1 P-1 P-4 P-5
		自律移動ロボット による仕入れ・配達	 設備費削減	仕入れ・配達の 車両コストの削減	仕入れ・配達の 車両等の設備費	M-1 O-1 P-1 P-4 P-5
	配達時の事故の増 加		 安全性向上	配達時の 事故の削減	配達時の 事故件数	M-1 O-1 P-1 P-4 P-5

エンターテインメント分野におけるアウトカム・効果指標例

	課題	対策	アウトカム	効果指標	関連 ユースケース	
経済 価値	—	自律移動ロボットを活用した新たな「広告」	 収益増加	新たな広告ビジネスモデルの創出	自律移動ロボットを活用した広告費	Q-1 Q-2 Q-3
	—	自律移動ロボットを活用した新たなエンターテインメント体験の創出	 収益増加	新たなエンターテインメントモデルの創出	自律移動ロボットを活用したエンターテインメント数	Q-4 Q-6 Q-7
	—	自律移動ロボットを活用した新たな旅行体験の創出	 収益増加	新たな旅行モデルの創出	自律移動ロボットを活用した旅行モデル数	Q-5 Q-8

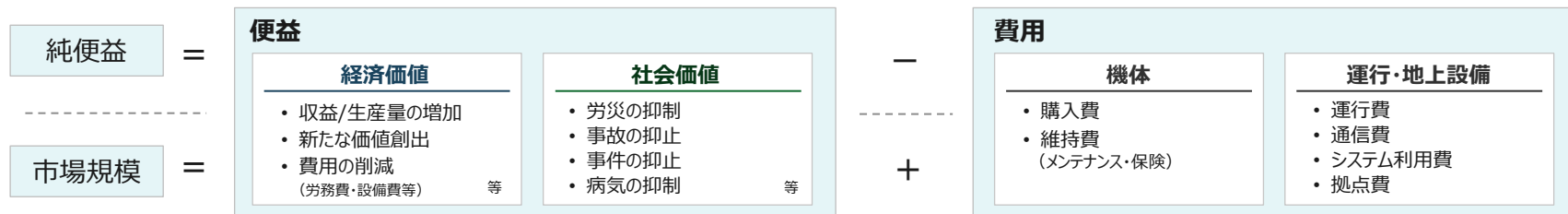


試算対象

7分野16ユースケースを対象に便益及び市場規模を算定し、その妥当性・将来性を検証する。

※ドローン、サービスロボット、自動車といった自律移動ロボットを活用したユースケースは数多あると想定されるが、本試算では、ドローンを中心に一部のユースケースを対象に試算を行った。また、試算結果に二次波及効果は考慮していない。なお、市場規模は理論値であり、実際のサービス等の売上とは異なる。

試算項目



試算対象ユースケース

■ 災害

[A-4] 早期状況把握

調査系

[A-8] ドローン基地局による無線中継

作業系

※「災害」は、人命救助・復興の観点から、便益と費用を単純比較することが必ずしも適当でないことから、経済規模の年次推移試算の対象外としています

■ 警備

[B-1] 施設警備

調査系

[B-2] 交通事故リスク検知

調査系

■ インフラ（電気・水道・ガス・運輸）

[C/D-8] 鉄塔点検

調査系

[C/D-8] 送電線点検

調査系

[C/D-9] 発電所点検

調査系

[C/D-8] 橋梁点検

調査系

■ 医療

[L-3] 薬・検査キットの配送

運搬系

■ 農業

[G-5] 農薬散布

作業系

[G-3] 上空からの生育状態把握

調査系

■ 小売・飲食・生活

[P-1] ラストワンマイル物流

運搬系

[P-2] 通学路見守りサービス

調査系

■ エンタメ

[Q-6] 空撮

[Q-7] VRバーチャルツアー

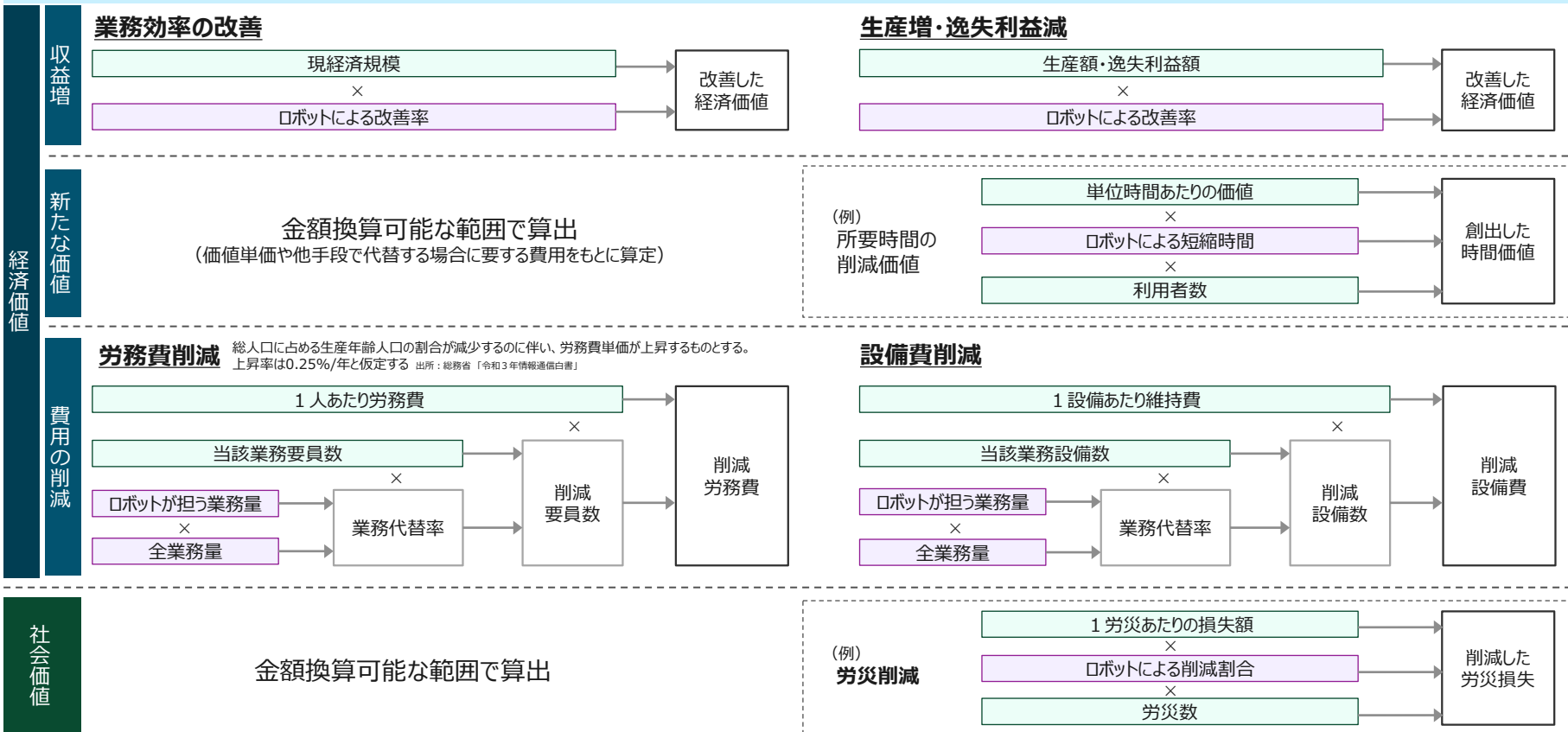
[Q-3] ショー

※「エンタメ」は、将来需要の見通しが不透明であることから、潜在的経済規模のみの算定としています

算定方法 - 便益

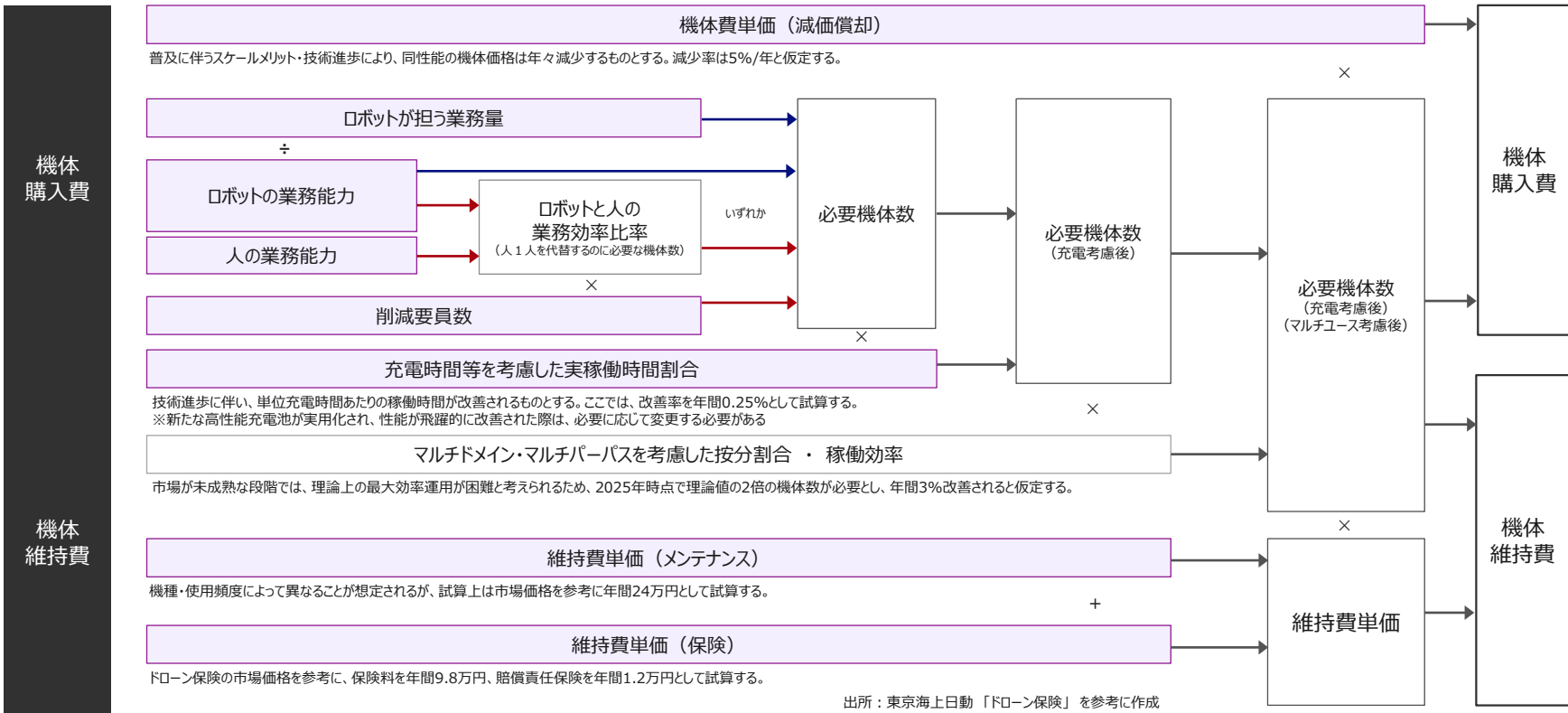
凡例 … 統計・論文等
 … ヒアリング・Web等を参考にした仮定値

便益（経済価値・社会価値）は、統計・ヒアリング等から得られた情報を用いて、以下に倣い算定する。



凡例 … 統計・論文等
 … ヒアリング・Web等を参考にした仮定値

機体費用 (購入費・維持費) は、統計・ヒアリング等から得られた情報を用いて、以下に倣い算定する。

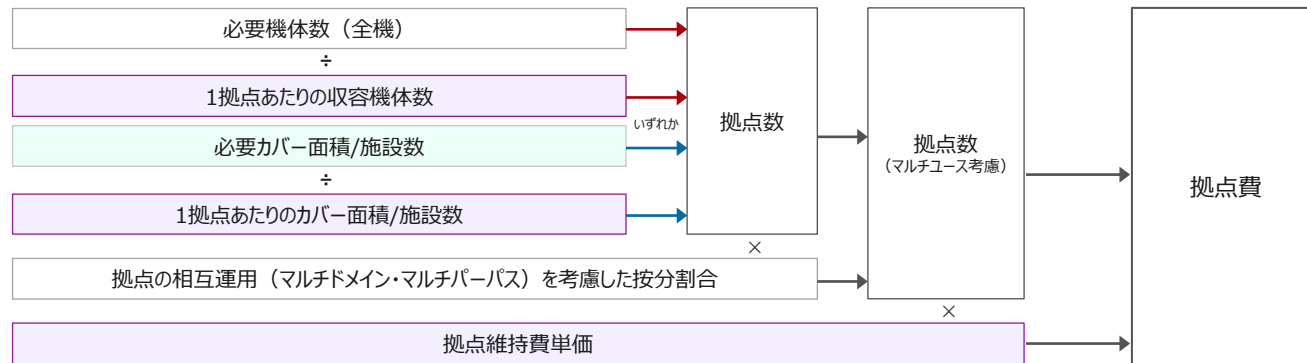


算定方法 - 費用 (運行・地上設備)

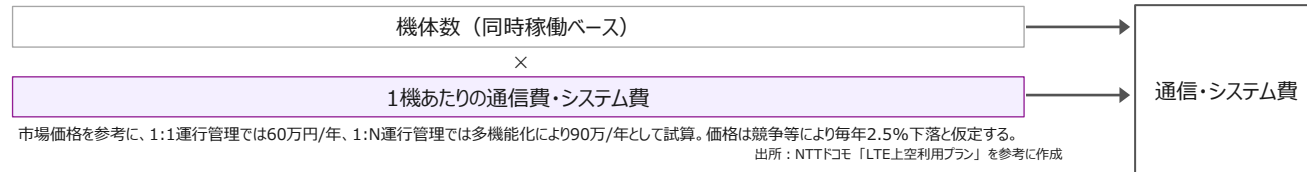
凡例 … 統計・論文等
 … ヒアリング・Web等を参考にした仮定値

拠点費等は、統計・ヒアリング等から得られた情報を用いて、以下に倣い算定する。

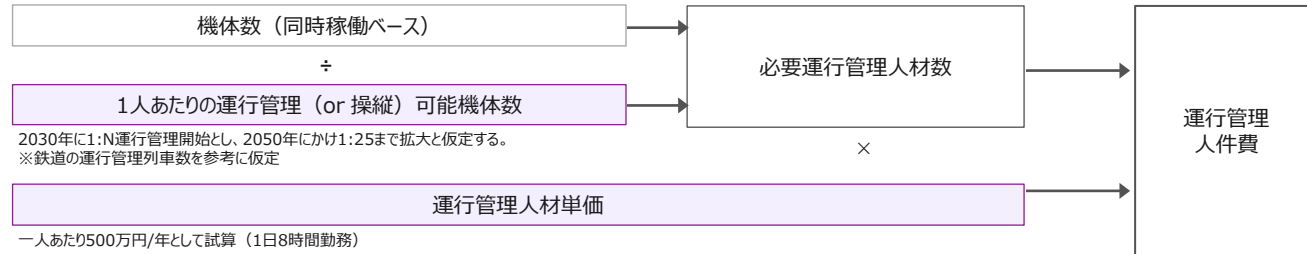
拠点



通信システム



運行管理 人件費



ユースケースごとに定める前提条件

ユースケースによって、ビジネス化・社会実装の時期、使用する機体、拠点が異なることが想定されるため、使用条件等を考慮し、複数の選択肢から最も適切なものを選択して試算する。

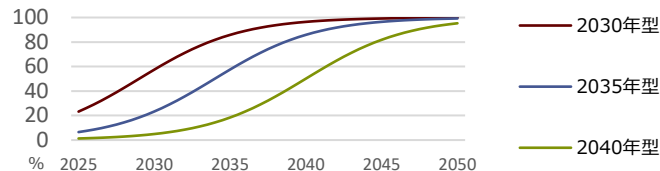
成長パターン（ロボット導入率推移）

ユースケースごとに、3パターンの導入率で便益を試算し、2040年までの総純便益が最も優れたパターンを採用

例)

採用	成長パターン	便益計
	2030年型の場合	-535億
✓	2035年型の場合	820億
	2040年型の場合	370億

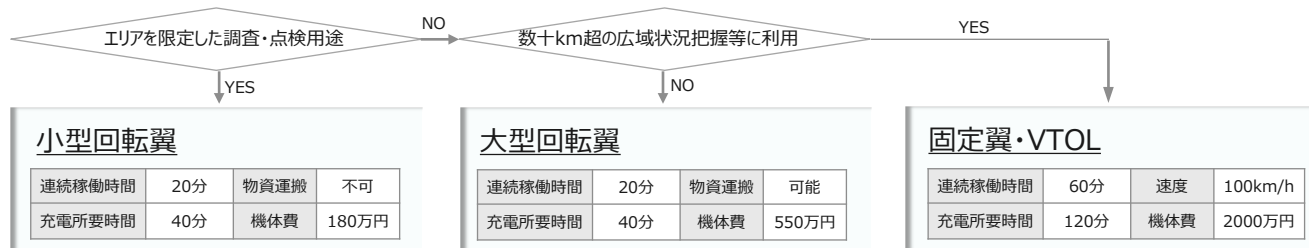
ユースケースごとに
設定した導入率の
達成度



機体

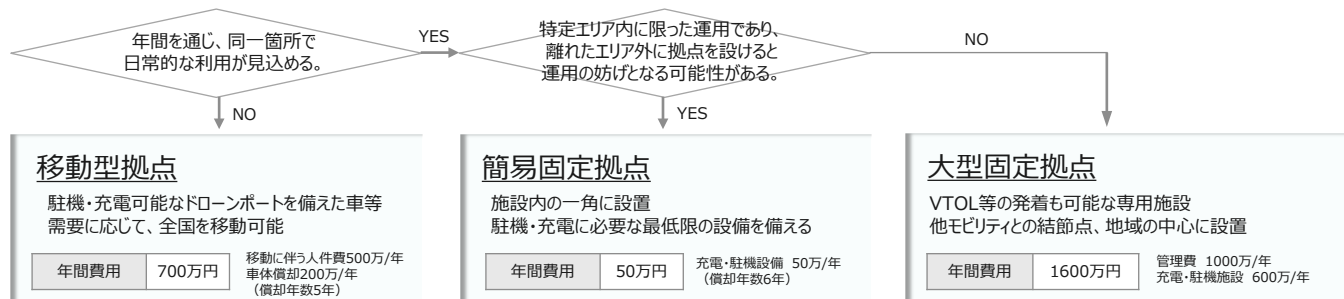
使用条件に合わせ、3種類のドローンの中から適したものを選択

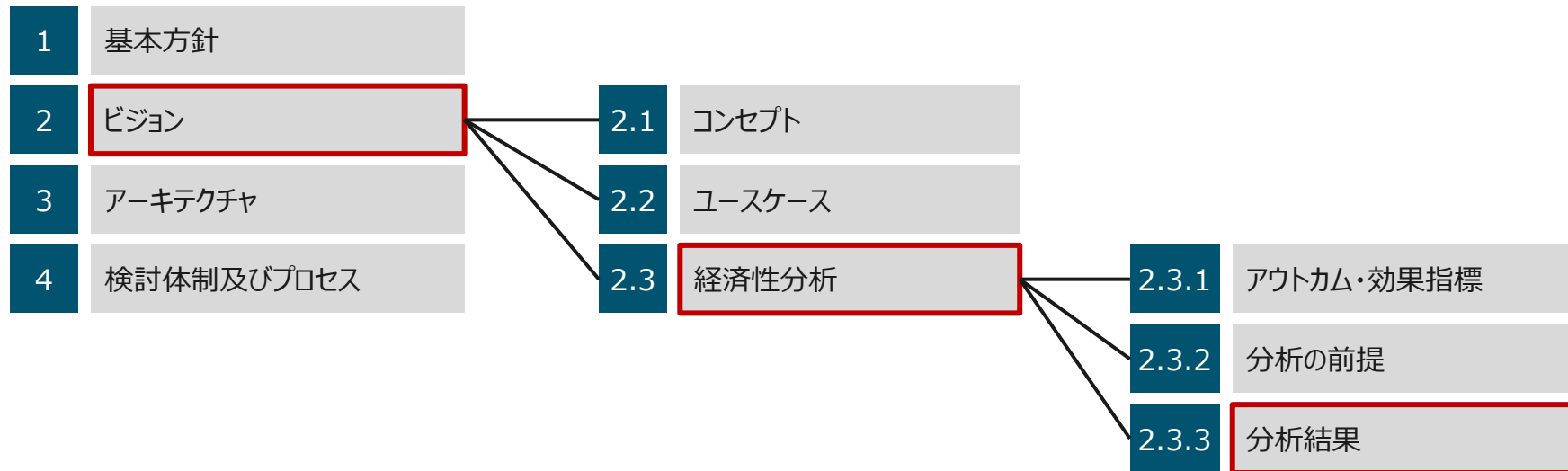
※実際には積載量や使用環境で数値は変動する場合があるが、試算に当たっては一律の値を使用する。



拠点

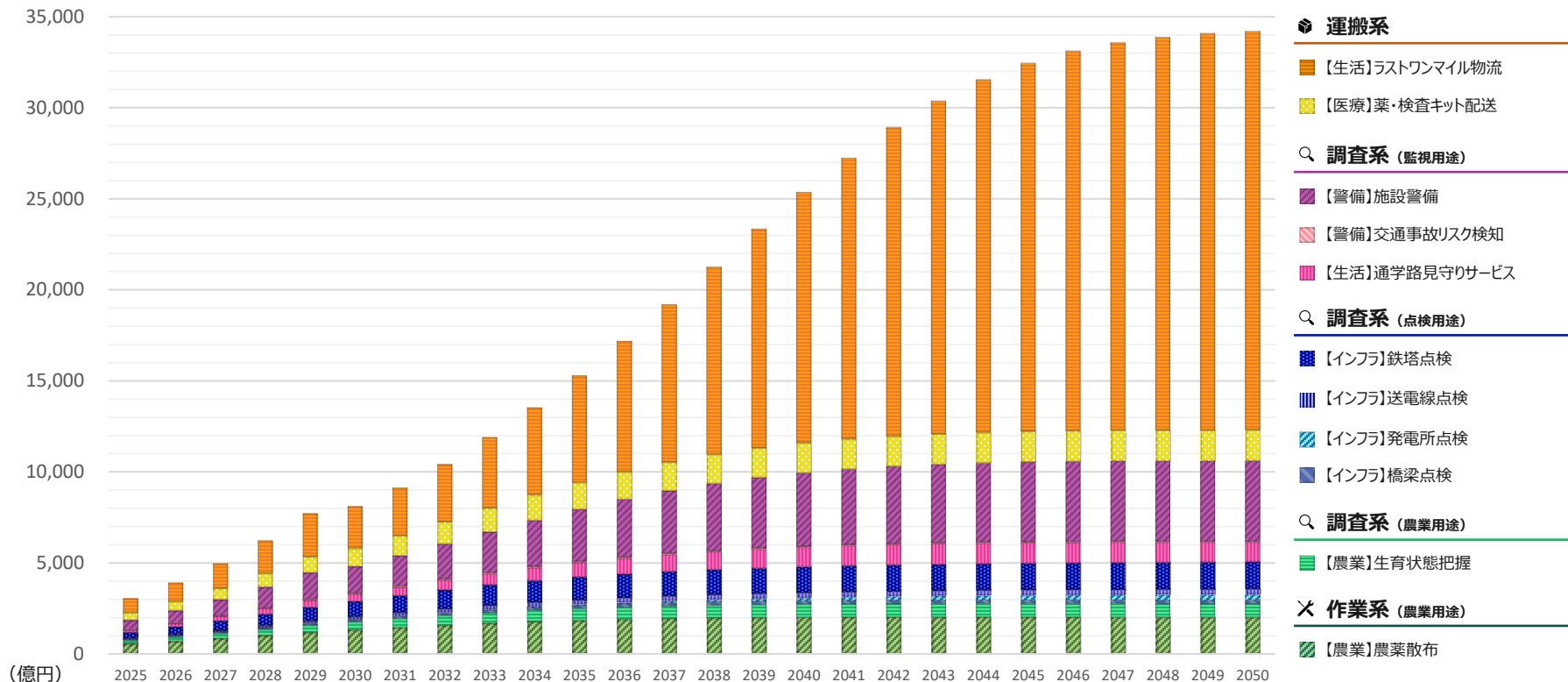
使用条件に合わせ、3種類の拠点の中から適したものを選択





全体結果（ユースケース別市場規模）

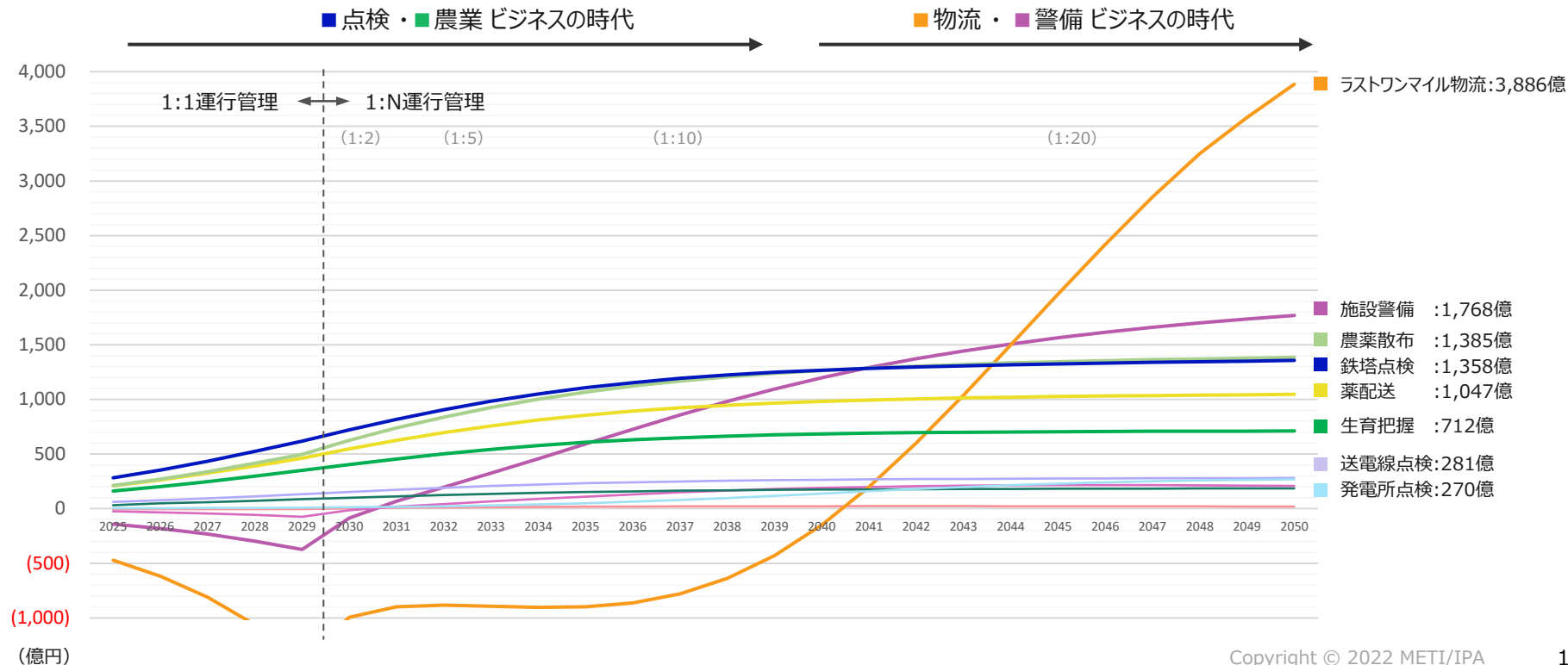
試算対象のユースケースの市場規模の合計額は、**2030年代に1兆円、2040年代に3兆円に到達する試算。**
 利用頻度、対象人数・施設数の多い物流・警備用途は必要な機体数も多く、市場の活性化に大きく貢献。



全体結果（ユースケース別純便益）

2020年代後半は点検・農業の分野を中心に自律移動ロボットの活用が進み、2030年代からは警備の分野が伸長し、2040年代には物流の分野での自律移動ロボットの活用が中心になると試算。

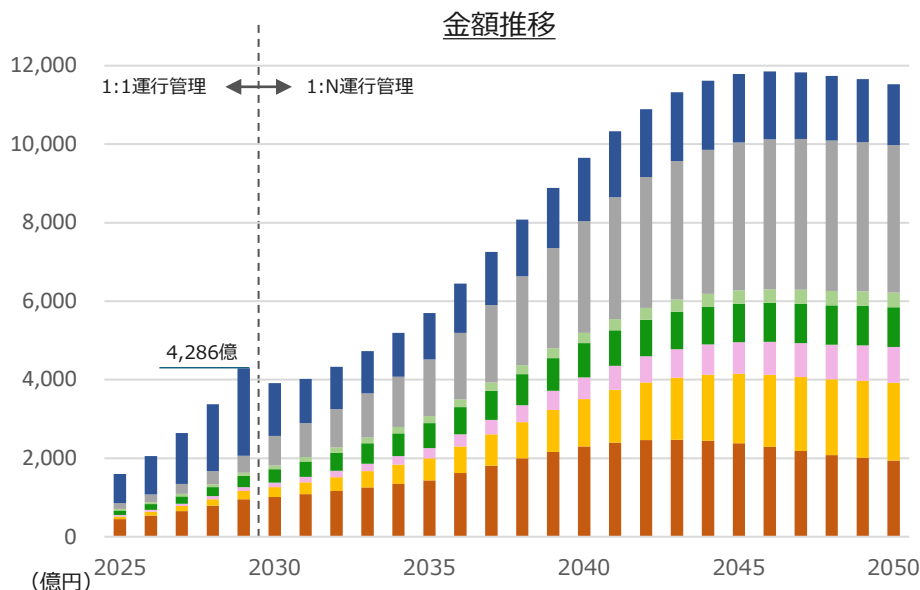
※マクロには便益がマイナスであっても、ミクロには便益がプラスになる場合もあることには要留意。



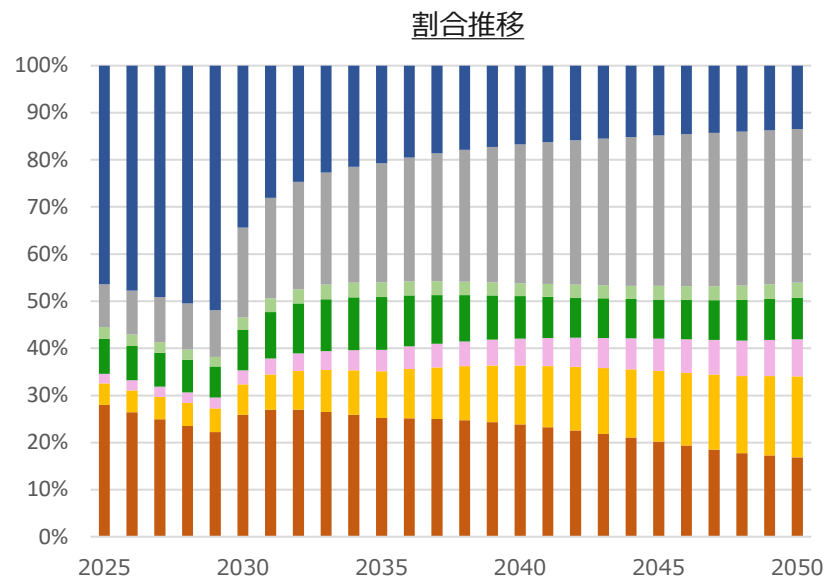
費用割合

1:1運行管理では運行管理人件費の負担が大きく、1:N運行管理実現後は通信・システム利用料の割合が大きくなる試算。また、機体数の増加に従い機体整備・保険市場も活性化とする試算。

■ 減価償却による試算



■ 機体購入費 ■ 機体維持費（整備） ■ 機体維持費（保険）
■ 拠点設置費 ■ 拠点維持費 ■ 通信・システム利用料
■ 運行管理人件費



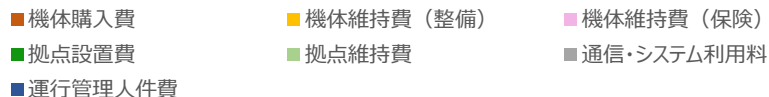
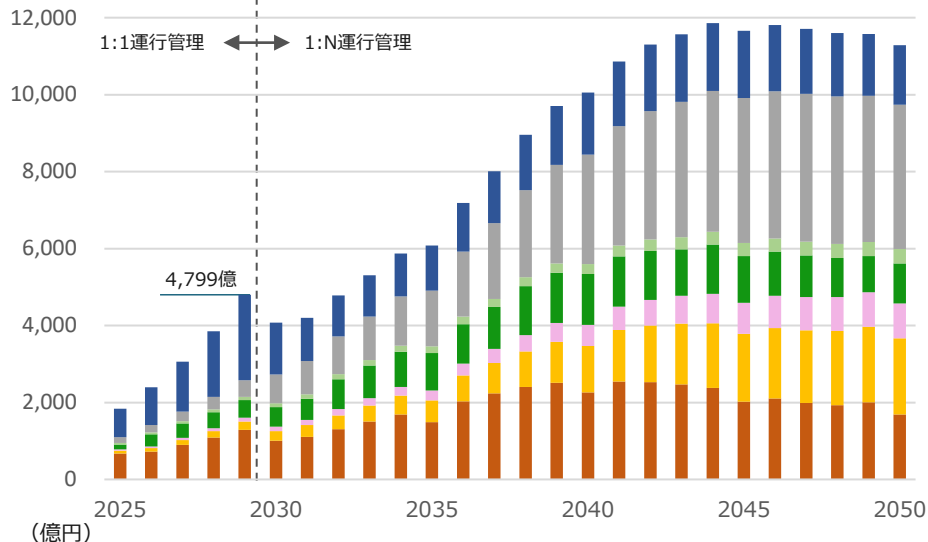
■ 機体購入費 ■ 機体維持費（整備） ■ 機体維持費（保険）
■ 拠点設置費 ■ 拠点維持費 ■ 通信・システム利用料
■ 運行管理人件費

費用割合

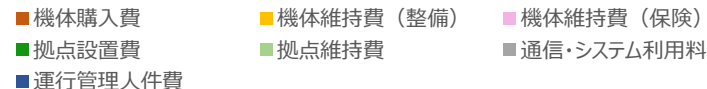
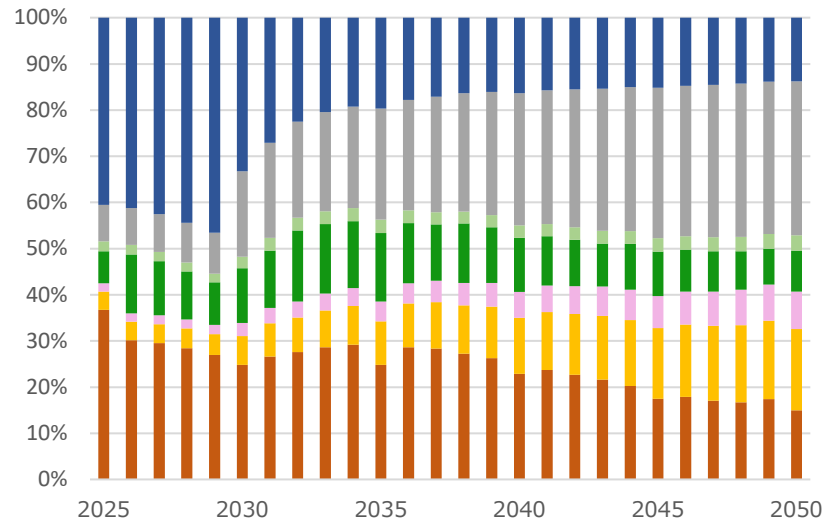
1:1運行管理では運行管理人件費の負担が大きく、1:N運行管理実現後は通信・システム利用料の割合が大きくなる試算。また、機体数の増加に従い機体整備・保険市場も活性化とする試算。

■ 調達時、資産として一括計上した場合の試算

金額推移



割合推移



迅速・正確な情報収集は災害対応において重要。発災時、平時体制から災害時体制に速やかに移行できる体制が重要。

ユースケース A-4 早期状況把握

成長曲線

-

機体

大型回転

拠点

-

想定 ドローンを活用した迅速な被害状況収集により、少しでも早い救助・復旧を狙う。

早期復旧による経済価値

被害情報収集の短縮所要時間

12時間

×

単位時間あたりの早期復旧価値

1000億円/日

=500億円

現状: 14時間

- 東日本大震災時、福島県の一般道路被害情報収集までの時間をもとに仮定
出所：福島県HP「平成23年東北地方太平洋沖地震による被害状況速報」
- 発災: 11日14時46分 → 道路通行止め情報の全容把握: 12日13時
※県道の通行止め箇所のピーク値（98箇所）を速報した時間を全容把握と仮定する。
- うち、23時～7時（8時間分）を除き、収集に要した時間を14時間とする。



目標: 2時間

- 首都直下型地震時の第一回災害対策本部会議を発災2時間としている。
出所：東京都「首都直下地震等対処要領（改訂版）」
- その時点で道路・鉄道の被害状況把握が完了していることを目指す。

東海・東南海地震の基幹交通施設の機能損傷に伴う推定経済損失額から引用

出所：京大防災研究所年報 第47号B 平成16年4月「巨大地震災害時の交通施設の機能低下に起因する社会経済損失の計量化に関する研究」

必要な機体数（2都道府県分）

東海・東南海地震発生時、静岡県・山梨県内の道路の損壊状況を2時間で調べるのに必要な機体数を算定

※用途からは、固定翼型が最も高効率と考えられるが、平時とのマルチ運用を考慮し、最もポピュラーな大型回転翼と仮定する。

静岡県・山梨県の国道・県道総延長

4870km

出所：静岡県「県管理道路の現状」

出所：山梨県統計データバンク

÷

1台あたりの収集距離

36km/台

=408台

時速54km、バッテリーを考慮し、1台あたり40分撮影可能と仮定

×

充電時間を考慮した必要台数

3倍

凡例 … 統計・論文等
 … ヒアリング・Web等を参考にした仮定値

通信インフラは、正確・迅速な情報収集の観点から必須。陸路寸断でも維持できる体制整備が重要。

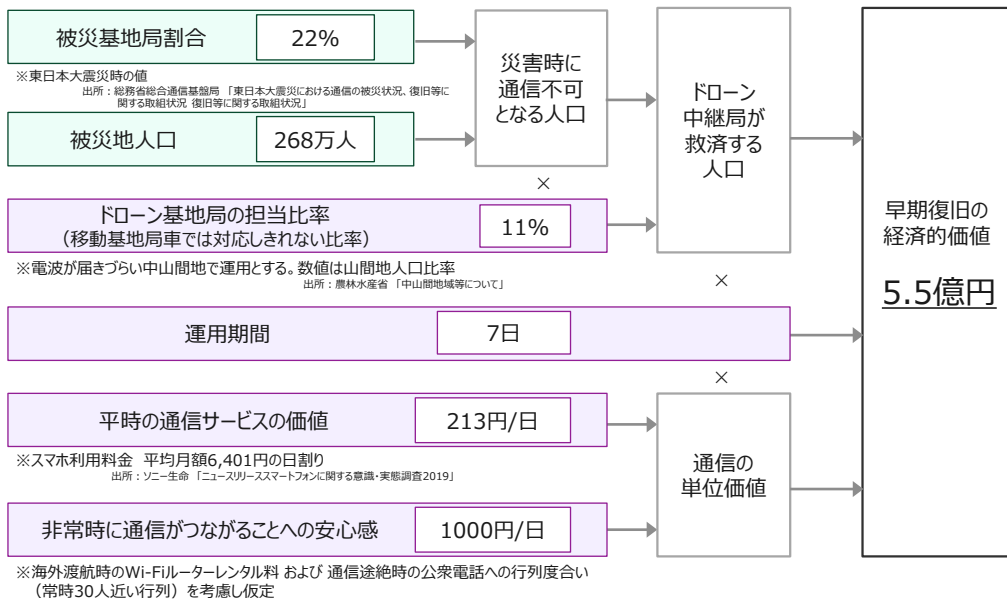
ユースケース A-5 ドローン基地局による無線中継

成長曲線 - 機体 専用機体 拠点 -

想定 大規模地震（土砂災害・津波等）により基地局が被災。失われた通信インフラを、ドローン中継基地局が補完

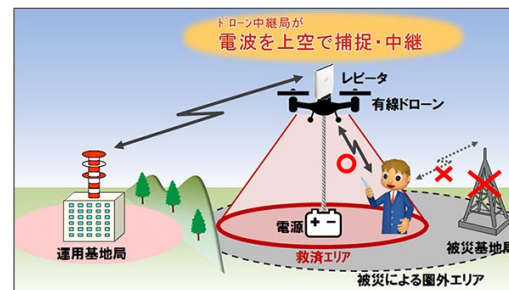
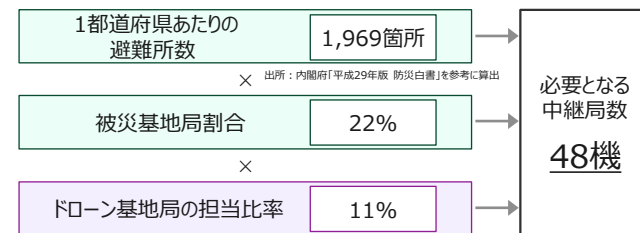
通信インフラの価値

日本を47等分した架空の1都道府県が被災と仮定
 移動基地局車との併用体制とし、電波が届きづらい中山間地（人口割合11%）をドローン基地局が担当と想定
 停波基地局の大部分が回復するまでの1週間を運用期間とする。



機体数

避難所にドローン中継基地局を設置すると仮定



株式会社NTTドコモによる運用イメージ

出所：NTTドコモ 報道発表資料「ドローン中継局」の運用を全国で開始
 -災害時の迅速なエリア復旧をめざす- <2022年2月9日>

凡例 … 統計・論文等
 … ヒアリング・Web等を参考にした仮定値

1:N運行管理がビジネス化の要件と推定。労務費の削減に加えて、深夜労働からの解放等の社会的価値も考えられる。

ユースケース B-2 施設警備

成長曲線

2035年型

機体

小型回転

拠点

簡易固定型

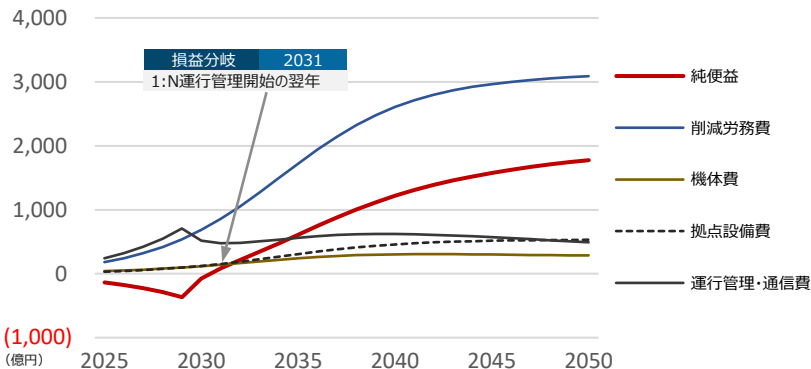
想定 これまで人手により実施してきた1号警備業務（施設巡回警備等）の一部をロボット・ドローンにより実施する。

2030年（導入率8%）

2050年（導入率33%）

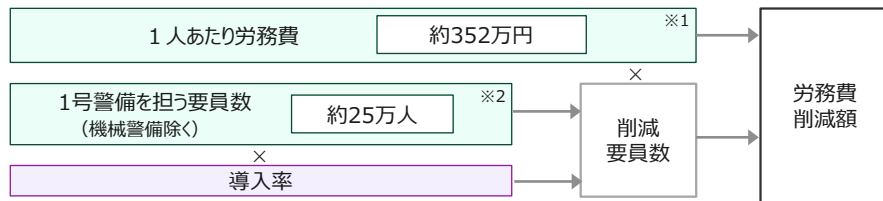
労務費減	2030年	2050年
機体（購入+保守）	132 億円	297 億円
拠点等設備	124 億円	531 億円
運行管理・通信	517 億円	495 億円

純便益 -87 億円 1,768 億円



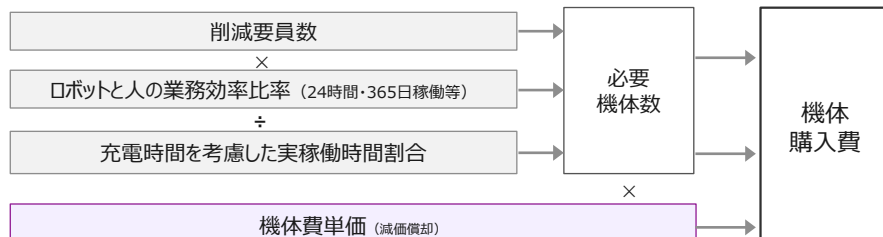
労務費削減額

ヒアリングで得られた「おおむね3人に1人が置き換わっていくのではないかと」の意見を参考に導入率を設定。対象は1号警備（施設の巡回警備等）のうち、機械警備（センサー等を活用した遠隔警備）を除いたものとした。



機体購入費

施設ごとに簡易固定拠点を設置。複数施設の巡回は行わず、1施設1機体の割合でを配備すると仮定。その上で人と比較したドローンの稼働効率、充電所要時間を考慮した上で必要数を算出



※1 出所：厚生労働省「資金構造基本統計調査」を参考に作成（試算時は生産労働人口減に伴う人件費上昇を考慮）
 ※2 出所：警察庁生活安全局生活安全企画課「令和2年における警備業の概況」を参考に作成。（警備員数のうち、該当警備員数を警備区分の比率より算出）

凡例 … 統計・論文等
 … ヒアリング・Web等を参考にした仮定値

空からの網羅的監視による抑止力を期待。自動運転が普及し、危険運転の絶対数が減少すれば市場は縮小の可能性。

ユースケース B-5 交通事故リスク検知

成長曲線 2030年型 機体 固定翼 拠点 大型固定 (5%負担)

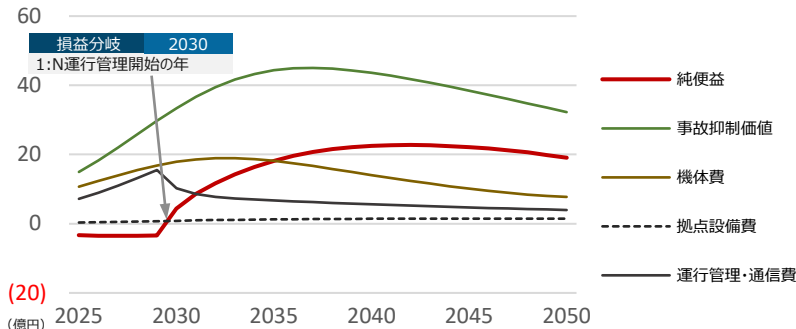
想定 スピード違反・危険運転等の事故リスクを、ドローンが空中から早期に発見・通報し、抑止力として活用する。

2030年 (導入率57%)

2050年 (導入率100%)

事故抑止	2030年 (導入率57%)	2050年 (導入率100%)
機体 (購入+保守)	18 億円	8 億円
拠点等設備	1 億円	1 億円
運行管理・通信	10 億円	4 億円

純便益 4 億円 (2030年) / 19 億円 (2050年)

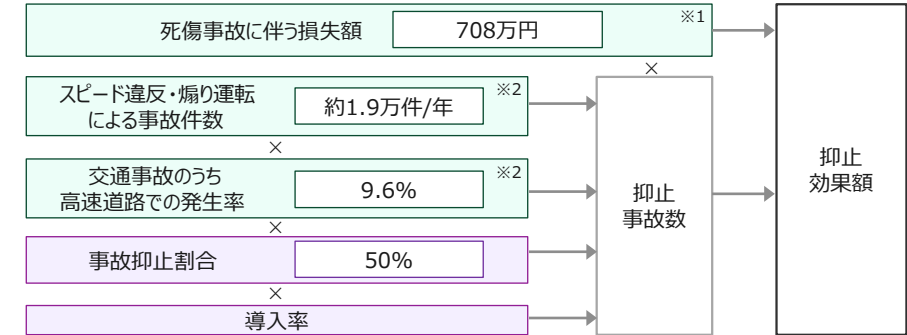


(20)
(億円)

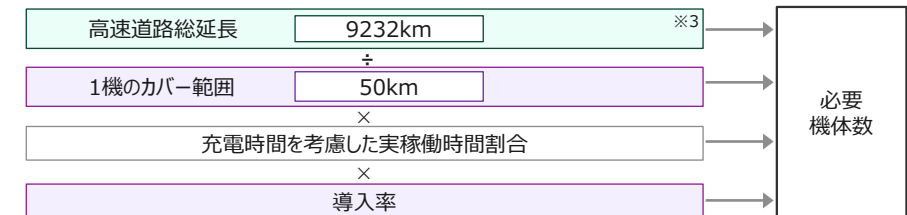
※1 出所：内閣府「交通事故の被害・損失の経済的・社会的影響に関する調査」を参考に1死傷事故の平均損失額を算出
 ※2 出所：内閣府「平成17年版交通安全白書」、SankeiBiz「あり運転の摘発数、昨年は1万5千件を上回る危険運転いまだ横行か」を参考に、スピード違反・あり運転の事故比率を乗じたもの
 ※3 出所：国土交通省「道に関する各種データ集」

交通事故抑止効果額

高速道路上空をドローンが巡回することで、スピード違反・危険運転に伴う事故を抑制する。
 なお、自動運転の普及に伴い、スピード違反・危険運転等の発生件数は年間2%減少するものとする



必要機体数



凡例 … 統計・論文等
 … ヒアリング・Web等を参考にした仮定値

人手による巡視と比較して効率を向上。1:1運行管理でも黒字の試算。

ユースケース C/D-8 送電線点検（巡視）

成長曲線

2030年型

機体

小型回転

拠点

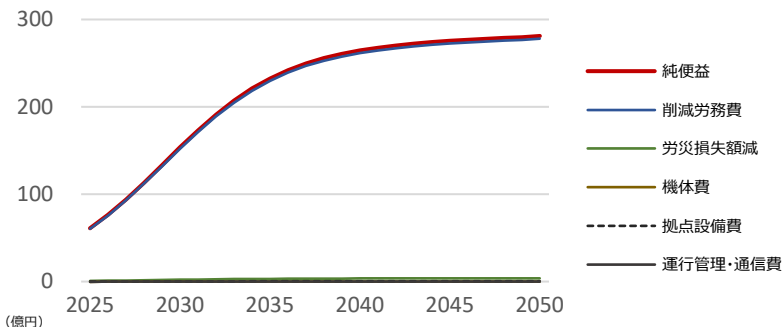
移動型

想定 これまで人手で実施してきた送電線点検（巡視）を、遠隔地からの運行管理により実施する。

2030年（導入率57%）

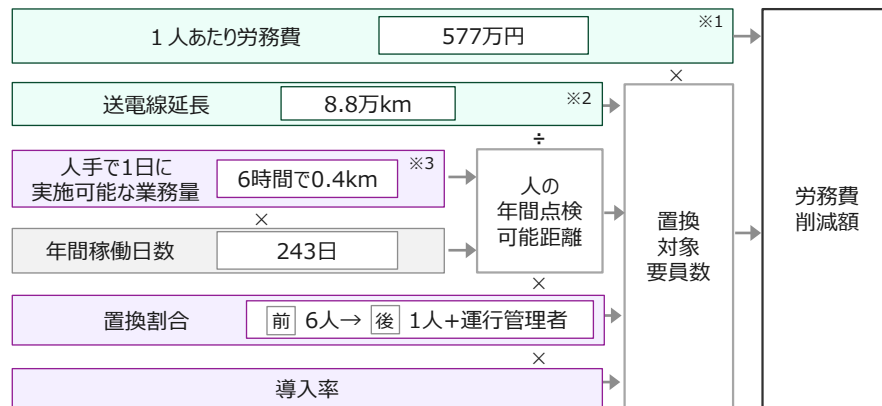
2050年（導入率100%）

労務費減	152 億円	278 億円
労災減	2 億円	4 億円
コスト		
機体（購入+保守）	0.1 億円	0.1 億円
拠点等設備	0.2 億円	0.4 億円
運行管理・通信	0.2 億円	0.1 億円
純便益	154 億円	281 億円



労務費削減額

ドローンの導入により、必要要員数が6人→2人（技術者+運行管理者）になると仮定。



※1 出所：厚生労働省「賃金構造基本統計調査」を参考で作成（試算時は生産労働人口減に伴う人件費上昇を考慮）

※2 出所：電気事業連合会「FEPC INFOBASE」

※3 出所：電気新聞「架空地線点検、ドローンが自動追尾、関西電力が試験導入へ」

必要機体数

ドローンの導入により、1日40km（年間1.5万km）の外観点検が可能になると仮定。巡視頻度は年間1回※4とする。その場合、17機で対応可能（充電のための予備機を含む）

※4 出所：経済産業省 令和元年台風15号における鉄塔及び電柱の損壊事故調査検討ワーキンググループ 第二回資料

凡例 … 統計・論文等
 … ヒアリング・Web等を参考にした仮定値

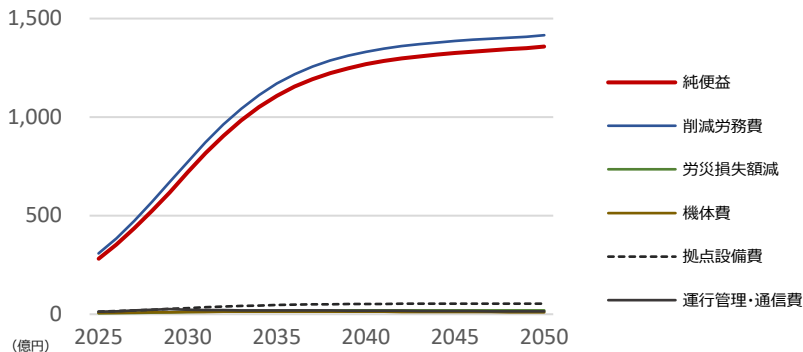
送電線同様、人手による巡視と比較して効率が向上。労災防止の観点からも重要。

ユースケース C/D-8 鉄塔点検

成長曲線 2030年型 機体 小型回転 拠点 移動型

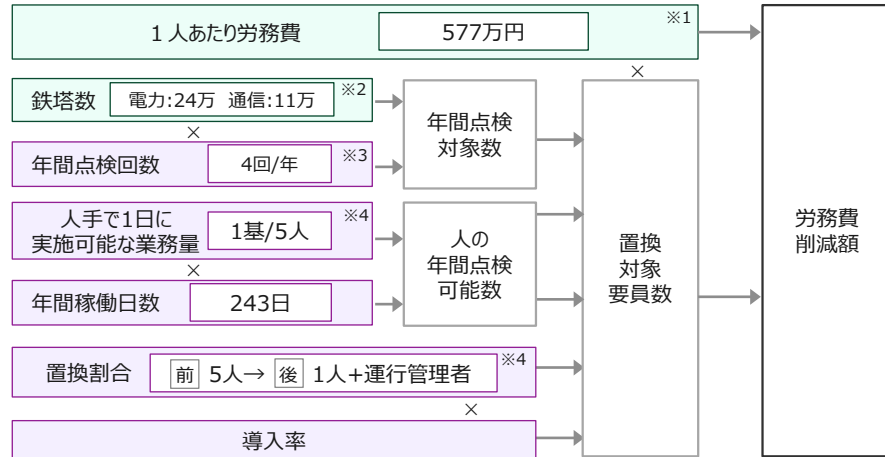
想定 通信業・電力業において、これまで人手で実施してきた鉄塔点検（巡視）を、遠隔地からの運行管理により実施する。

	2030年（導入率57%）	2050年（導入率100%）
労務費減	773 億円	1,415 億円
労災減	12 億円	20 億円
コスト		
機体（購入+保守）	11 億円	10 億円
拠点等設備	31 億円	54 億円
運行管理・通信	22 億円	14 億円
純便益	721 億円	1,358 億円



労務費削減額

ドローンの導入により、必要要員数が6人→2人（技術者+運行管理者）になると仮定。



- ※1 出所：厚生労働省「賃金構造基本統計調査」を参考に作成（試算時は生産労働人口減に伴う人員上昇を考慮）
- ※2 出所：経済産業省「鉄塔・電柱に係る技術基準を定める現状について」、ニューズイッチ「ドコモ・KDDI・ソフトバンク、基地局点検でドローン機能強化急ぐ」を参考に、全国の通信鉄塔数を試算
- ※3 出所：秋田県電業事業部安全規程
- ※4 出所：建設通信新聞「[テラドローン]鉄塔・煙突・橋梁など点検サービス「Terra Inspection」を開始 点検作業が大幅に短縮」

必要機体数

ドローンでは1日4基の外観点検が可能と仮定し算定。その場合、約2200機必要（予備機含む）

凡例 … 統計・論文等
 … ヒアリング・Web等を参考にした仮定値

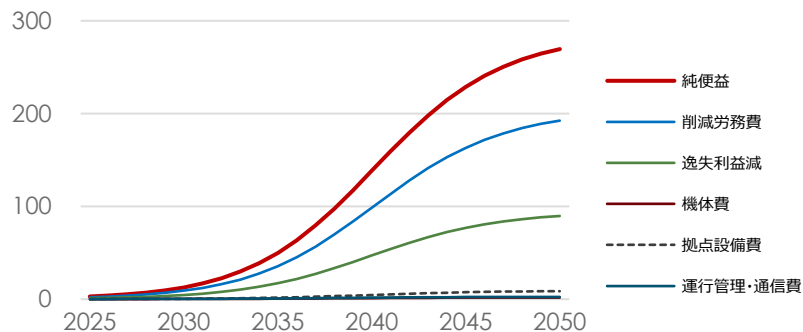
ドローンの活用により、労務費の削減に加え、点検に伴う稼働停止時間（発電ロス）を削減することが可能。

ユースケース C/D-13 風力発電所点検

成長曲線 2040年型※ 機体 小型回転 拠点 移動型
※成長曲線は、風力発電の普及予測に近い2040年型としています

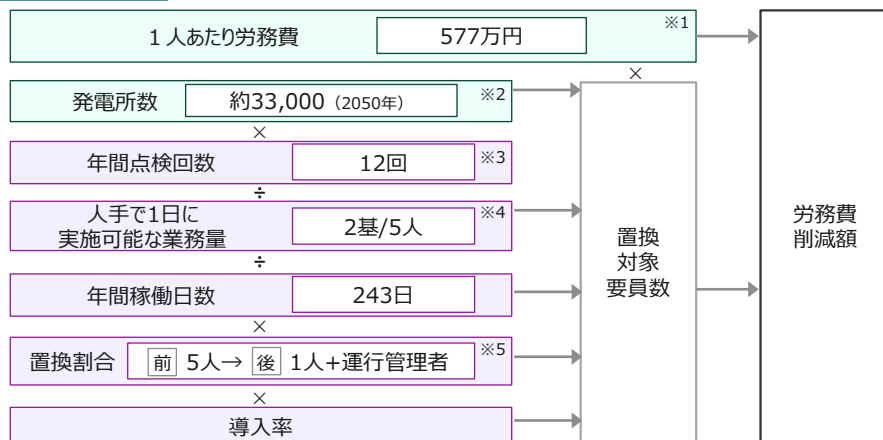
想定 風力発電所をドローンで点検することで、労務費の削減のほか、点検に伴う稼働停止時間を最小限に。

	2030年（導入率5%）	2050年（導入率100%）
労務費減	9 億円	193 億円
逸失利益減	5 億円	90 億円
コスト		
機体（購入+保守）	0.1 億円	2 億円
拠点等設備	0.4 億円	9 億円
運行管理・通信	0.3 億円	2 億円
純便益	13 億円	270 億円



(億円)

労務費削減額



※1 出所：厚生労働省「賃金構造基本統計調査」を参考に作成（試算時は生産労働人口減に伴う人員上昇を考慮）
 ※2 出所：環境省「風力発電の導入見込額について」を元に、50000MWを1基1.5MWでまかなうとして算定
 ※3 出所：経済産業省「新エネルギー発電設備事故対応・構造強度ワーキンググループ資料」「風力発電設備に係る保安確保のあり方について」
 ※4 出所：ドローンジャーナル「テラドローン、SLAM技術による自律飛行を活用した風力発電設備向け点検サービスを開始」
 ※5 出所：建設通信新聞「【テラドローン】鉄塔・煙突・橋梁など点検サービス「Terra Inspection」を開始 点検作業が大幅に短縮」

逸失利益減少

2050年の国内風力発電量を5万MW※2、1500kW風車1基の年間発電量300万kWhと仮定※6。1kWh単価を30円とした場合、年間換算で3兆円。

ドローンの導入により、停止時間が3時間/月から0.75時間/月になると仮定※7（稼働時間を0.31%改善）

※6 出所：日本風力開発株式会社 FAQ
 ※7 出所：電気新聞「関西電力がドローン洋上自律飛行に成功。風力A1自動点検へ前進」

凡例 … 統計・論文等
 … ヒアリング・Web等を参考にした仮定値

人件費に加え、点検に必要な点検車・足場等の設置費用減が見込める。全国行脚により、高効率に運用が可能。

ユースケース C/D-8 橋梁点検

成長曲線 2030年型 機体 小型回転 拠点 移動型

想定 全国各地の橋梁点検を、遠隔地からの運行管理により実施する

2030年（導入率57%）

2050年（導入率100%）

労務費減
設備費減

106 億円

194 億円

コスト

機体（購入+保守） 1 億円

1 億円

拠点等設備 3 億円

5 億円

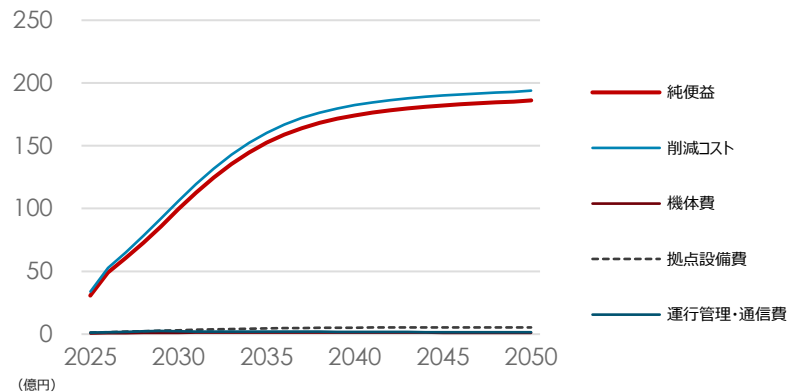
運行管理・通信 2 億円

1 億円

純便益

100 億円

186 億円



労務費・設備費削減額

規模によって点検コストが異なるため、以下のように分類のうえ、削減効果を試算。点検間隔は5年に1回として算定。

	点検コスト	×	数	=	計
長大橋 (100m超)	約162万		2.2万		355億 (5年)
中小橋 (15m-100m)	約27万		14.2万		390億 (5年)
橋 (15m以下)	約4万		39.5万		166億 (5年)

※1 出所：日本データサービス株式会社「点検支援技術を活用した橋梁点検業務」

※2 以下より、準備段階を除く、点検段階での直接人件費・直接経費を算定。数値は調査時点のものであり、試算には、生産労働人口減に伴う人件費高騰を考慮
 出所：構造工学論文集 Vol.62A(2016年3月)「市町村の橋梁点検業務の費用分析と対策について」
 出所：国土交通省 道路局 国道・技術課「橋梁定期点検業務等積算基準（暫定版）」

機体数

長大橋のドローンの点検に要する時間が約1時間※1であることから、1日あたり4橋梁の点検が可能と仮定。

拠点数

全国を行脚するとし、移動型拠点を採用。効率性を考慮し、1機（+予備機）あたり1台の移動拠点とする

凡例 … 統計・論文等
 … ヒアリング・Web等を参考にした仮定値

手動操縦でもビジネスとして成立。散布時に農薬を浴びずに済む、炎天下での作業が軽減される等、負担軽減も魅力。

ユースケース G-5 農薬散布

成長曲線 2030年型 機体 大型回転 拠点 移動型

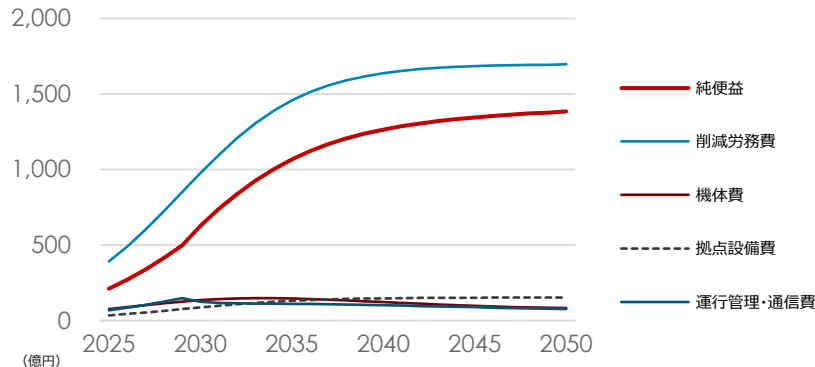
想定 全国各地の農薬散布を、遠隔地からの運行管理により実施する。

2030年（導入率29%）

2050年（導入率50%）

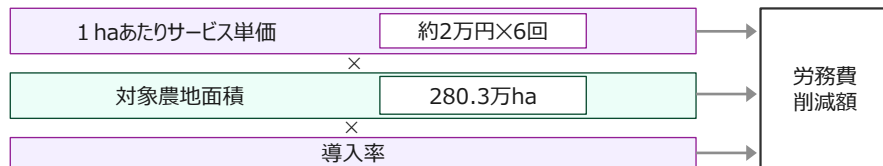
労務費減	975 億円	1,698 億円
機体（購入+保守）	136 億円	83 億円
拠点等設備	88 億円	153 億円
運行管理・通信	126 億円	77 億円

純便益	626 億円	1,385 億円
-----	--------	----------



労務費削減額

- ・全国434.9万haの耕作地のうち、以下の作物（280.3万ha）を対象とし算定（水稲・4麦・大豆・甘藷・牧草・青刈りとうもろこし・ソルゴー・そば・なたね・一番茶・さとうきび）
- ・農薬散布回数は品種や生育状況等、諸条件により回数が大きく異なるが、試算上年間6回として算定
- ・他分野と異なり、人を雇用せずに自ら農作業に従事しているケースが多い上、農作業のうち農薬散布にかかる労務費を求めることが困難なため、現在の農薬散布サービスの価格を参考に、「代行に払っても良いコスト = 労務価値」として算定する。



機体数

対象の半数を占める稲の生育に合わせ、半年間で6回の散布を行えるような機体数を算定する。ドローンの散布能力は15分/ha、準備・農薬補給を含めた稼働時間を1日8時間とした。 ※1

※1 出所：農林水産省生産局技術普及課「令和2年度農業分野におけるドローンの活用状況」

拠点数

全国を行脚するとし、移動型拠点を採用。効率性を考慮し、1機（+予備機）あたり1台の移動拠点とする。

凡例 … 統計・論文等
 … ヒアリング・Web等を参考にした仮定値

生産規模が大きいため、わずかな改善でも大きな経済価値が見込める。多くの農家が気軽に利用できる環境整備が必要。

ユースケース G-1 上空からの生育状態把握

成長曲線

2030年型

機体

大型回転

拠点

移動型

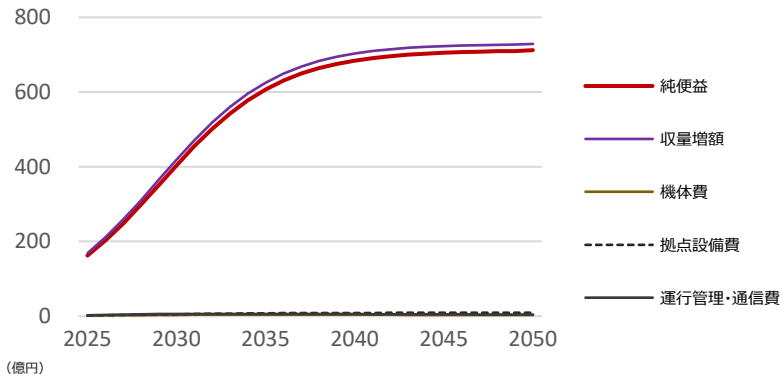
想定 ドローンの活用により生育状態を連続的かつ網羅的に把握し、適宜適切な措置を施すことで生産量増加を狙う。

2030年（導入率29%）

2050年（導入率50%）

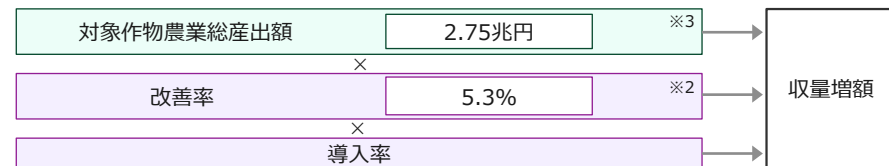
収量増加		419 億円	729 億円
コスト	機体（購入+保守）	4 億円	3 億円
	拠点等設備	5 億円	9 億円
	運行管理・通信	6 億円	4 億円

純便益 404 億円 712 億円



収量増加額

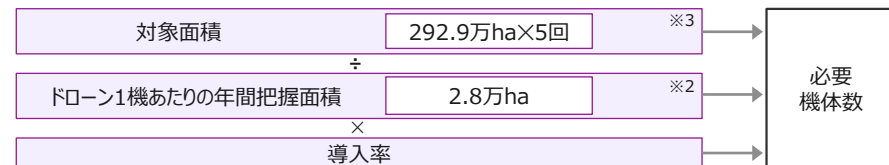
- ・露地栽培等、空中からの状況把握可能な作物が対象であることから、全国434.9万haの耕作地のうち、水田（236.6万ha）および普通畑の半数（56.3万ha）を試算対象とする。※1
- ・適宜適切な措置（追肥等）による収量増率は5.3%とする。※2



※1 出所：農林水産省「令和3年耕地面積」
 ※2 出所：計測と制御 第55巻第9号 2016年9月号「ドローンによる圃場生育評価と無人ヘリによる可変追肥システムを利用した水稲の収量・品質改善について」
 ※3 出所：農林水産省「令和2年 農業総産出額及び生産農業所得（全国）」

機体数

- ・把握のための撮影回数は年間5回とし、米の生育する5ヶ月間（5月～9月）内に完了できる機体数が必要とする。
- ・作物により追肥回数は異なるものの、2～3回が比較的多い。追肥時期1回につき2回の飛行が必要と仮定する。
- ・雨の日は除外する（5月～9月の雨日数割合約1割）※4
- ・ドローンの空撮能力は50ha/時間※5とし、日照時間・移動時間等を考慮し200ha/日とする。



※4 出所：日立市天気相談所「天気の出現割合」（1953年から2012年）
 ※5 出所：農林水産省「ほ場単位の生育診断が可能な汎用型ドローンを利用した広域モーターセンシング」

凡例 … 統計・論文等
 … ヒアリング・Web等を参考にした仮定値

遠隔医療の普及に伴い、薬の配送需要が高まると想定。感染症の場合は非接触による安心・感染抑制価値も見込める。

ユースケース L-3 遠隔診療における薬・検査キットの配送

成長曲線

2030年型

機体

大型回転

拠点

簡易固定型

想定 遠隔診療により自宅での診察が一般的になった際、処方薬や検査キットの提供手段として、ドローンが配送（薬・検体）を担う想定。

2030年（導入率57%）

2050年（導入率100%）

労務費削減

305 億円

558 億円

不安解消

469 億円

816 億円

コスト

機体（購入+保守）

26 億円

16 億円

拠点等設備

170 億円

296 億円

運行管理・通信

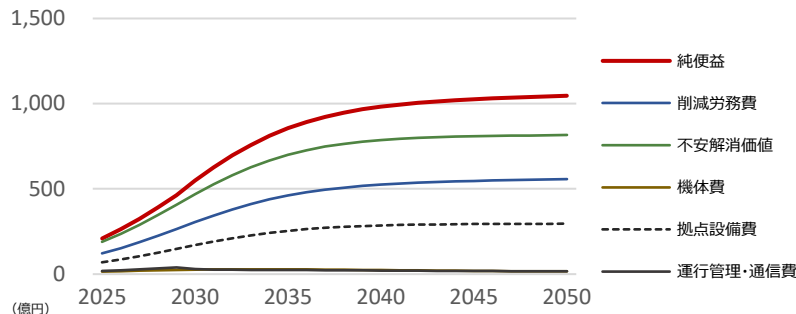
29 億円

15 億円

純便益

549 億円

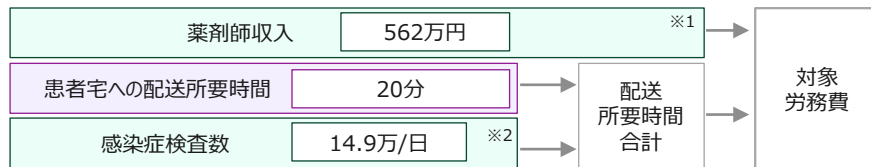
1,047 億円



※新型コロナウイルスやインフルエンザ等、非接触による診察が好ましい感染症が、毎年、2022年と同程度発生した場合の想定

労務費削減額

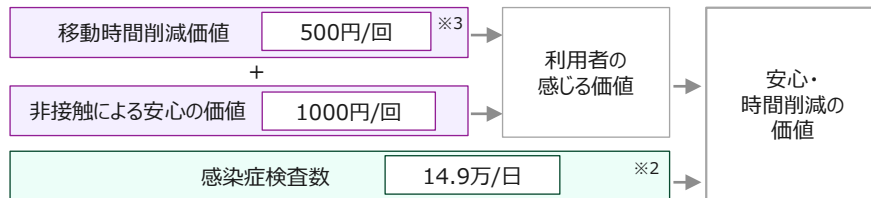
患者が外出できない（感染症疑い）のため、遠隔診療時での処方薬・検査キットを薬局職員（薬剤師）が患者宅まで届けざるをえない場合を想定。



※1 出所：厚生労働省「賃金構造基本統計調査」を参考に作成（試算時は生産労働人口減に伴う人員上昇を考慮）

※2 出所：厚生労働省 オープンデータ より2022年1月～5月のPCR検査数をもとに算定

不安解消・所要時間低減



※3 出所：日本経済新聞「ネット診療の患者負担割合 平均900円加算、普及阻む」を参考に作成

拠点数

全国の薬局（59,163箇所）に簡易固定型拠点を設置するとして算出

凡例 … 統計・論文等
 … ヒアリング・Web等を参考にした仮定値

配送コストが人手を下回るのは2040年頃と予測。ロボット等による配送を前提としたインフラ/環境整備が普及の前提。

ユースケース P-1 ラストワンマイル物流

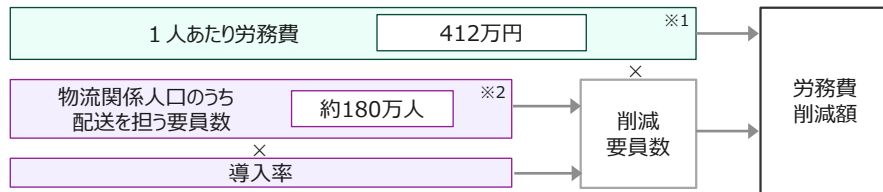
成長曲線 2040年型 機体 大型回転 (90%負担) 拠点 大型固定 (90%負担)

想定 これまで人手で実施してきた配送業務（ラストワンマイル）の一部を、ドローン・サービスロボットで代替する。

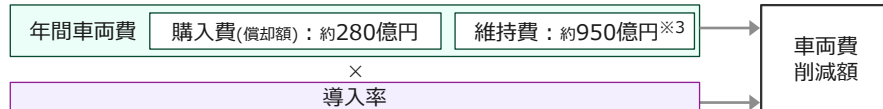
	2030年 (導入率0.5%)	2050年 (導入率10%)	
労務費減	356 億円	7,519 億円	
車両費減	6 億円	117 億円	
速達価値	288 億円	5,230 億円	
労災減	1 億円	12 億円	
コスト	機体 (購入+保守)	964 億円	4,097 億円
	拠点等設備	16 億円	326 億円
	運行管理・通信	1,263 億円	4,569 億円

労務費削減額

労働力人口の減少を補うペースでロボット・ドローンを導入し、2050年に導入率10% (人員ベース) に達すると仮定

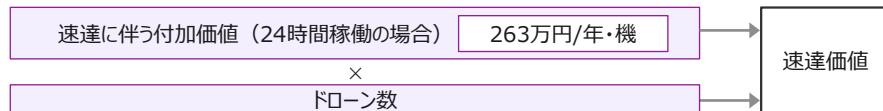


車両費削減額

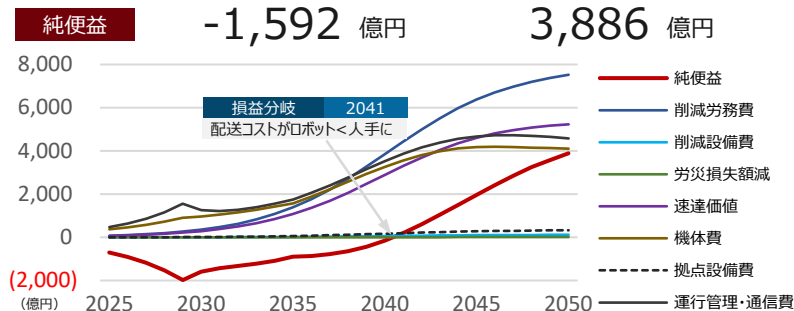


速達価値

ドローン (空路) を活用した速達が300円相当の付加価値と仮定。配達可能個数は1時間あたり3個とした。取扱い貨物の1/3を付加価値対象とし、稼働可能時間は～2030年は12時間/日、2035年～は24時間/日人口減少に伴う取扱い貨物量の減少を年間0.5%で考慮する (その他要因によるニーズ変動は考慮外とする)



※1 出所: 厚生労働省「賃金構造基本統計調査」を参考にして作成 (試算時は生産労働人口減に伴う人員上昇を考慮)
 ※2 出所: 全日本トラック協会「日本のトラック輸送産業 現状と課題」を参考にして作成 (196万人のうちの9割を実際の配達に従事と仮定)
 ※3 出所: 3事業者 (佐川急便・ヤマト運輸・日本郵便) の公表する車両 (小型貨物・軽貨物・二輪) 保有台数に一般的な車両価格を乗じて試算



凡例 … 統計・論文等
 … ヒアリング・Web等を参考にした仮定値

プライバシー等の課題はあるものの、上空からの網羅的な子供の保護は、抑止力の観点からも社会的価値があると想定。

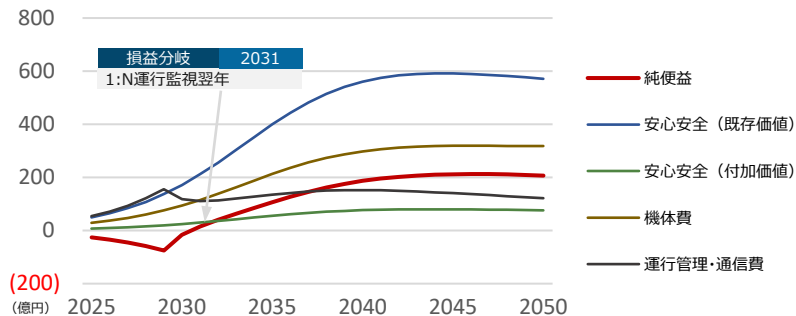
ユースケース P-2 通学路見守りサービス

成長曲線 2035年型 機体 大型回転 (20%負担) 拠点 大型固定 (0%負担)

想定 小学校を対象に、ドローンが登下校時間帯を中心に通学路等を見守ることで、不審事案を抑止。

	2030年 (導入率12%)	2050年 (導入率50%)
安心安全 (既存価値の代替)	172 億円	571 億円
安心安全 (付加価値)	24 億円	76 億円
コスト		
機体 (購入+保守)	92 億円	316 億円
拠点等設備	— 億円	— 億円
運行管理・通信	118 億円	122 億円

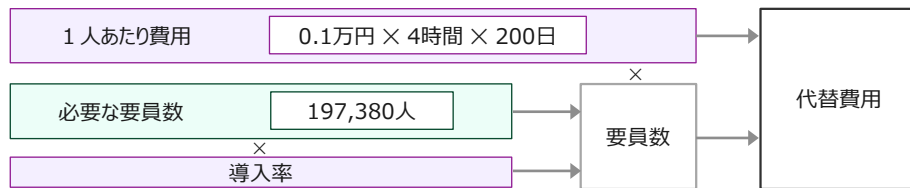
純便益 -14 億円 209 億円



(200)
(億円)

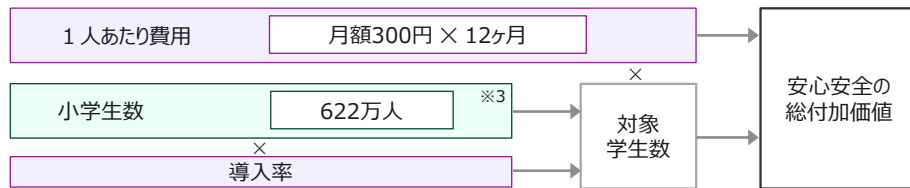
安心安全 (既存価値の代替)

全国19,738の小学校を対象。※1 見守りを人手で行う場合の費用をもとに効果を算出。学校周辺の見守りには、1校あたり10人が必要、年間の登校日数を200日と仮定した。



安心安全 (付加価値)

ドローンの活用で、上空からの網羅的監視、映像の記録等の付加価値が見込め、その価値を月額300円と仮定。対象の小学生数は、少子化の影響を考慮する(年率-1.5%)※2



※1 出所: e-stat 政府統計の総合窓口 (2019年時点)
 ※2 出所: 株式会社ファンオンライフ Education Career354 「[2020年版]小学校の児童数の推移に関する統計まとめ!」
 ※3 出所: 文部科学省 「学校基本調査」

凡例 … 統計・論文等
 … ヒアリング・Web等を参考にした仮定値

正確な経済価値推定は困難であるが、「空間」の活用による新たなコンテンツの可能性を検討。

ユースケース Q-6,8 空撮

想定 ドローンを活用した上空からの映像により、TV番組価値が向上すると仮定

空撮の価値 15万円/番組	×	TV番組本数 168本/日	×	年間日数 365日	=	92億円
------------------	---	------------------	---	--------------	---	------

※ヒアリングより得られた示唆 ※NHK総合・Eテレ・在京キ-5局
30分以上の番組数を1日24本と仮定

ユースケース Q-7,8 VRバーチャルツアー

想定 観光地にいる自らの分身ドローンを遠隔操作し、旅行気分をVRで体感。観光地や現地店舗への移動・購入も可能

利用者数 150万人/年	×	サービス利用額 + 現地経済効果 5,000円 + 5,000円	=	150億円
-----------------	---	-------------------------------------	---	-------

※オンライン体験ツアーの利用者数が年間約15万人
ドローンを遠隔操作し、VR上で体感できる価値を約10倍とした
出所：PR TIMES「HISオンライン体験ツアー体験者数15万人突破」

※「オンラインツアー」参加者1回あたりの有料ツアーへの支払総額中央値
VRで遠隔買い物できることによる経済効果を5,000円とした
出所：三菱UFJリサーチ&コンサルティング「オンラインツアー」の現状および市場規模について

ユースケース Q-3 ショー

想定 数百機のドローンを用いたショー、または空間を活用したショーを実施することで、テーマパークの売上が増加すると仮定

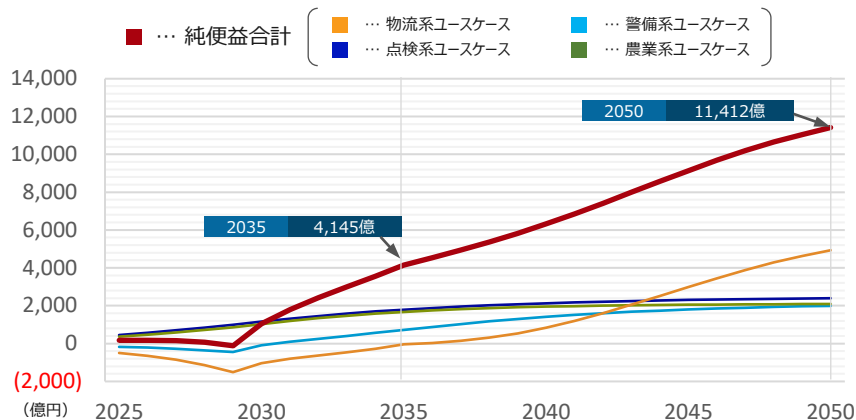
テーマパーク売上 8595億	×	売上増加効果 3.8%	=	326億円
-------------------	---	----------------	---	-------

※コロナ禍前の値
出所：トラベルボイス「遊園地・テーマパークの売上半減、最新決算では赤字6割、売上高トップはオリエンタルランド」

※国内テーマパーク入園者数推移をもとに、期間イベントによる入園者数押し上げ効果を38%と仮定。
空中を活用したショーにより、その1割（3.8%）が見込めると仮定

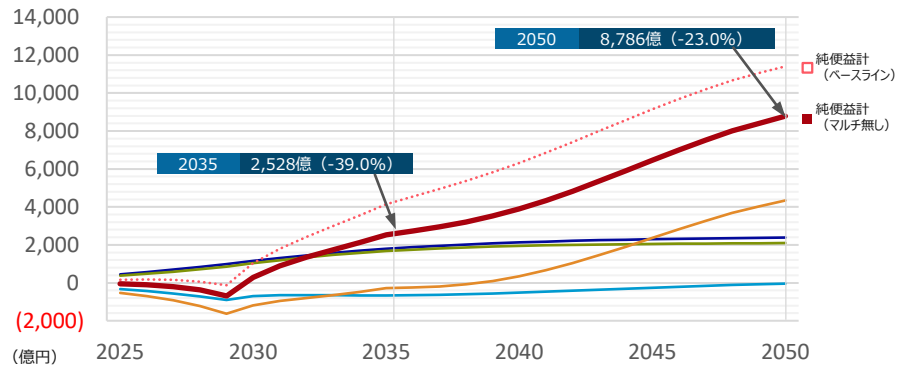
パラメータ変動が純便益に及ぼす影響

ベースライン



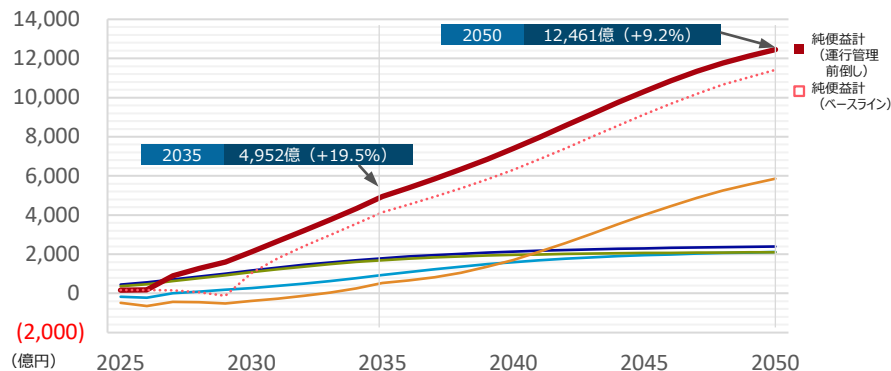
◆ マルチユースとしない場合

マルチの恩恵が大きい公共用途（見守り・危険運転監視等）を中心に便益が悪化



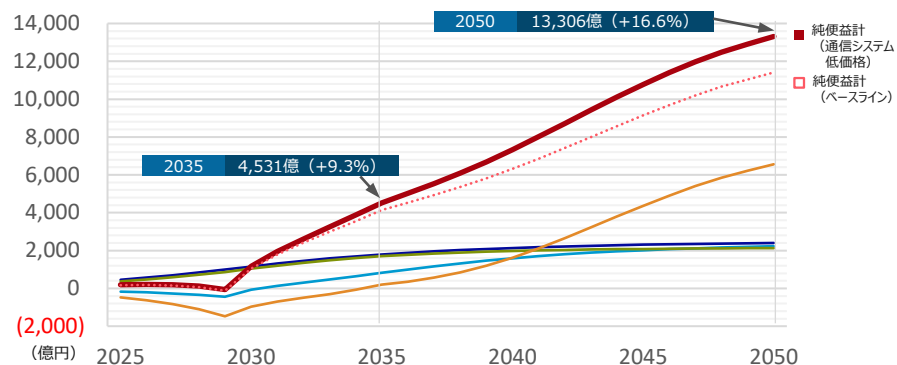
▶ 1:N運行管理開始が2027、2050年の運行管理機体数/人を25→50とした場合

物流・警備の純便益の黒字化が前倒しになり、2030年を待たずにビジネス活性化



▶ 通信・システム費60万/年→50万/年、価格下落率2.5%/年→5%/年とした場合

費用に占める通信・システム費の割合が大きくなる2040年代以降の便益が大きく改善



3. アーキテクチャ

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

各章の関係性

2. ビジョン

2.1 コンセプト

実現する

2.2 ユースケース

導出する

2.3 経済性分析

アウトカム指標

3. アーキテクチャ

3.1 ストラテジービュー

実現する

ケーパビリティ

導出する

アウトプット指標

実現する

実現する

3.2 オペレーショナルビュー

実現する

オペレーション

3.3 サービスビュー

実現する

サービスレベル

実現する

実現する

3.5 ロードマップ

実現する

3.4 社会実装に向けた施策

実現する

3.6 残課題一覧

各章の関係性

2. ビジョン

2.1 コンセプト

実現する

2.2 ユースケース

導出する

2.3 経済性分析

アウトカム指標

3. アーキテクチャ

3.1 ストラテジービュー

実現する

実現する

実現する

ケーパビリティ

導出する

アウトプット指標

3.2 オペレーショナルビュー

実現する

実現する

オペレーション

実現する

サービスレベル

3.5 ロードマップ

実現する

実現する

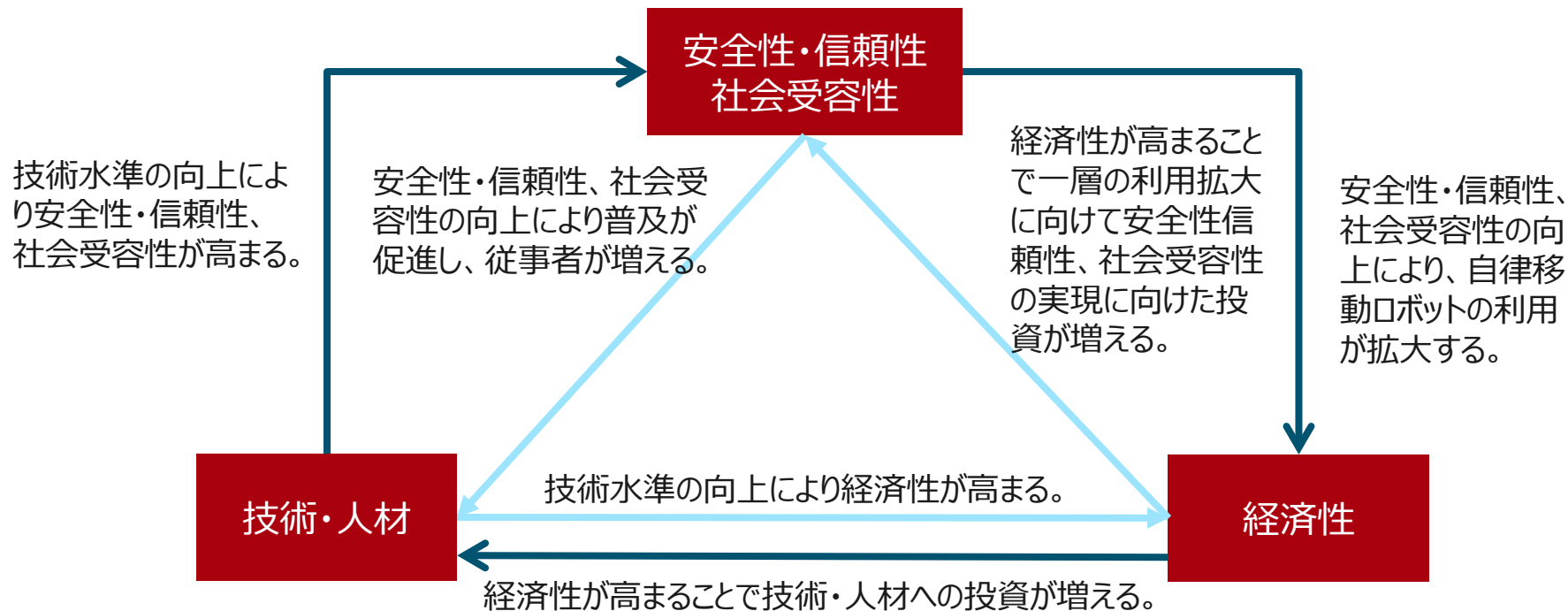
3.4 社会実装に向けた施策

実現する

3.6 残課題一覧

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。



安全性・信頼性・社会受容性を高めるアウトプットとケーパビリティ

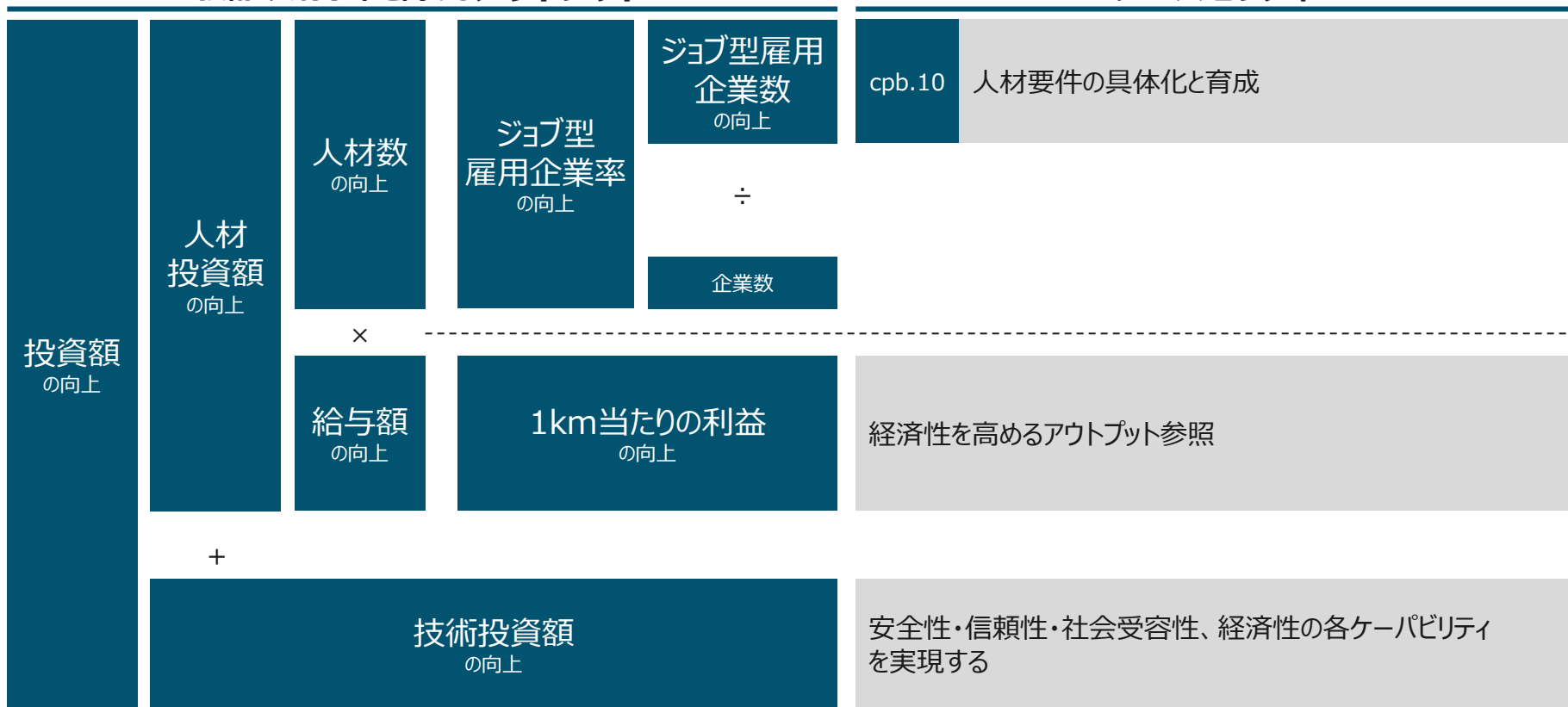
安全性・信頼性・社会受容性を高めるアウトプット

ケーパビリティ

事故率 の低減	年間の 事故件数 の低減	=	ヒヤリハット件数 の低減	÷ 300 (ハインリッヒの法則)		cpb.4	
		=	外的要因による 事故の低減	ハードウェア要因 (環境等)	cpb.1	外部リスク変化に応じた動的な運行	運用データ 共有による 安全性・経 済性の向 上
				ソフトウェア要因 (セキュリティ侵害等)	cpb.2	相互認証による信頼性の確保	
			内的要因による 事故の低減	ハードウェア要因 (設計ミス、経年劣化等)	cpb.3	ゴールベースの安全性の確保	
		ソフトウェア要因 (設計ミス、オペミス等)					
	÷		総運行距離				
苦情率 の低減			苦情件数の低減		cpb.5	不安の解消と価値の説明	
					cpb.6	事故時の迅速かつ十分な対応	
		÷	総運行距離				

技術・人材水準を高めるアウトプット

ケーパビリティ



安全性・信頼性・社会受容性に関する要求事項

ケーパビリティ

要求事項

cpb.1	外部リスク変化に応じた動的な運行	<ul style="list-style-type: none"> ● 接触・危害のリスクに応じて、<u>時間的に動的に、空間的に細かい粒度でリスクを設定</u> ● <u>設定したリスクに応じて自律移動ロボットが運行</u> ● 運用データの分析等により<u>継続的にルールを改善</u>
cpb.2	相互認証による信頼性の確保	<ul style="list-style-type: none"> ● <u>システム同士の相互認証</u>によりなりすまし、データ改ざん、アクセス権の侵害を防止 ● 技術・システムの悪用、データ流出などを防止することで<u>犯罪や経済安全保障に対応</u>
cpb.3	ゴールベースの安全性の確保	<ul style="list-style-type: none"> ● 設計プロセスにとらわれず、<u>結果に基づいて安全性を論証</u> ● 安全性が適切なレベルであることを示すために、<u>シミュレータによるバーチャルテスト</u>を活用
cpb.4	運用データ共有による安全性・経済性の向上	<ul style="list-style-type: none"> ● <u>運用パフォーマンス（運行時間・距離に応じた事故件数等）を常時モニタリングし、パフォーマンスに応じて対策を実施</u> ● <u>ヒヤリハット情報を共有</u>し、社会全体で安全性を向上 ● 運用を監視し、故障時の原因特定・切り離しを行い、他システムへの影響を最小限化
cpb.5	不安の解消と価値の説明	<ul style="list-style-type: none"> ● <u>運行に対して責任を持つ主体、運行に関する情報を明示し、周辺住民、自治体などマルチステークホルダーとの対話を通じて、周辺住民の理解を得たエリア・時間で運行</u> ● リスクマネジメントに関する<u>判断基準・取組事項・パフォーマンス</u>を共有し、<u>ステークホルダーとの対話</u>も踏まえて、取組・パフォーマンスを改善
cpb.6	事故時の迅速かつ十分な対応	<ul style="list-style-type: none"> ● 事故時の責任関係や対応を<u>明確化</u> ● 事故時の責任を<u>迅速かつ着実に履行</u>

経済性、技術・人材に関する要求事項

ケーパビリティ

要求事項

cpb.4

運用データ共有による安全性・経済性の向上

- 運用データをより価値のある製品・サービスの企画/設計や、効率的なインフラの配置に活用

cpb.7

利用計画公表に対するインセンティブの付与

- 大口の利用者が中期的な利用・整備を計画して公表・履行

cpb.8

モジュール化した機能を組み合わせたサービスの容易な実現

- 個別機能のモジュール化やインターフェースにおけるデータモデルの標準化等を行うことで、全体のシステムを変更しなくともモジュール単位で新たな技術を導入
- サービス提供者が豊富な種類の中からニーズにマッチした品質の自律移動ロボットサービスを使い勝手よく安価に利用

cpb.9

共同利用・共同整備

- IoTインフラやデータ・システム等を共用して稼働率・稼働範囲を向上・拡大

cpb.10

人材要件の具体化と育成

- 人材要件を具体化
- 経験や意欲を有する人材を獲得
- 企業、自治体、大学、中・高・高専、専門学校等で人材を育成

各章の関係性

2. ビジョン

2.1 コンセプト

実現する

2.2 ユースケース

導出する

2.3 経済性分析

アウトカム指標

3. アーキテクチャ

3.1 ストラテジービュー

実現する

ケーパビリティ

導出する

アウトプット指標

実現する

実現する

3.2 オペレーショナルビュー

オペレーション

実現する

3.3 サービスビュー

実現する

実現する

サービスレベル

実現する

3.5 ロードマップ

実現する

3.4 社会実装に向けた施策

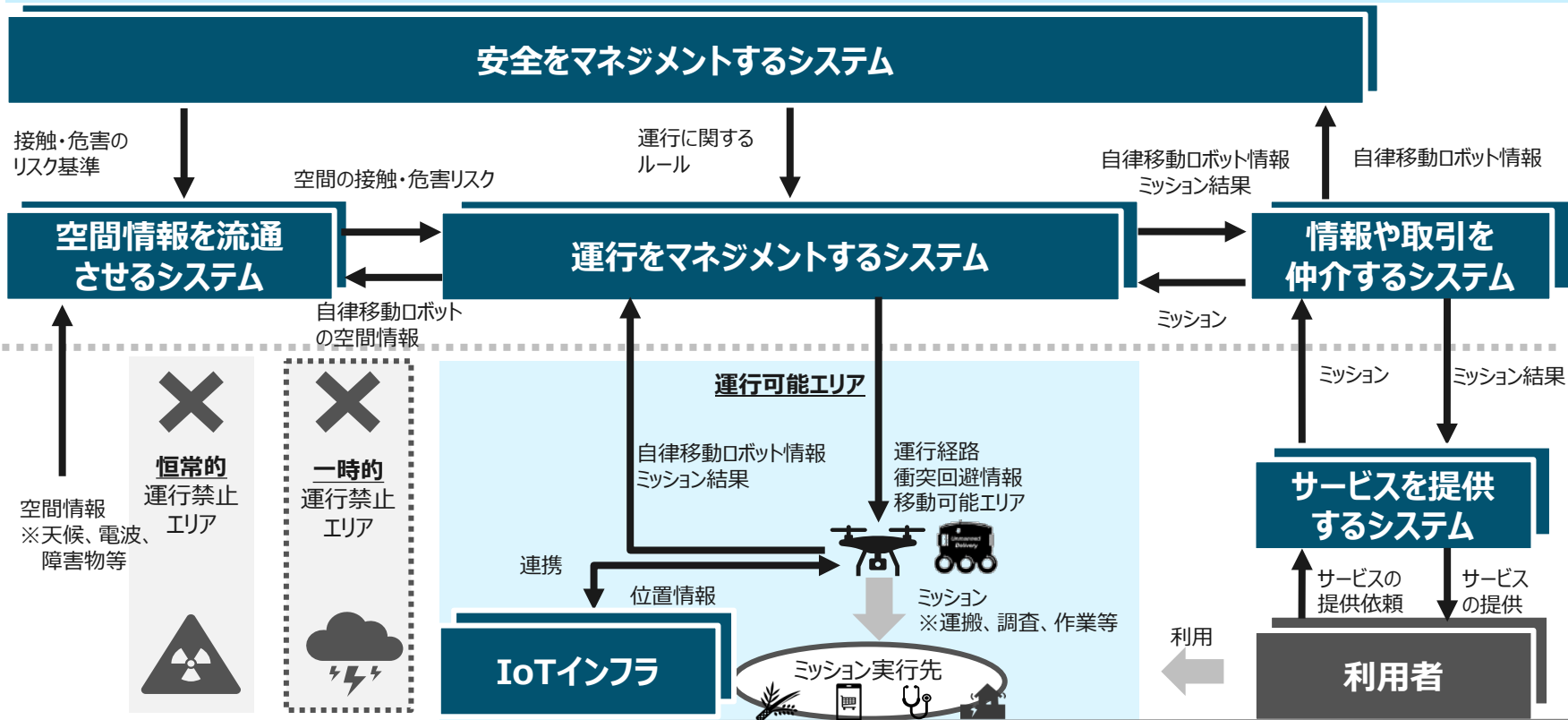
実現する

3.6 残課題一覧

オペレーショナルアーキテクチャのコンセプト

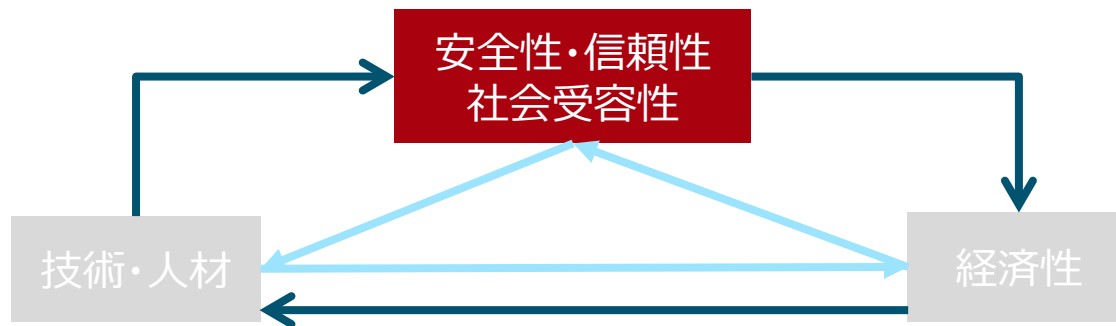
様々な機能やデータを自在に組み合わせ、サービス提供やデータ分析に利用できるようにするために、レイヤー・モジュール構造やそれらを繋ぐインターフェースの在り方を具体化していく。

安全をマネジメントするシステム



考慮すべき安全性・信頼性に関するリスク

安全性・信頼性を損なう主なリスクとして、墜落・衝突による人・財産への危害、サービス停止・情報流出により利用者が不利益を受けてしまうことが考えられる。安全性および信頼性のリスクに対して、対策のコンセプトを定義した上で詳細化が必要。



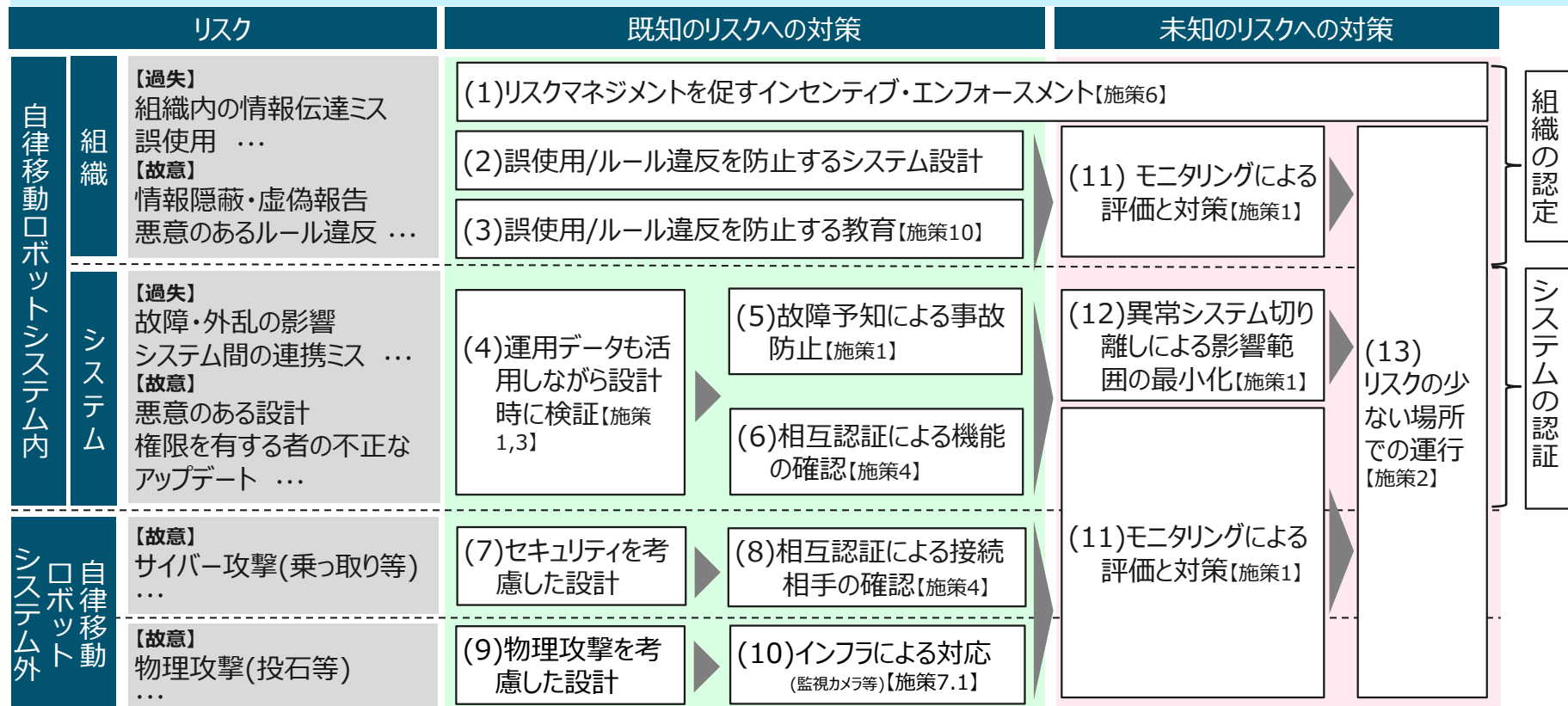
出所: 本書3.1ストラテジービュー【自律移動ロボット普及のためのストラテジー】

想定される主なリスク

安全性	墜落・衝突により人やモノに対する自身や自身の持つ財産へ危害を加えてしまう	A
信頼性	サービス停止・情報流出により利用者が不利益を受けてしまう	B
社会受容性	施策5で取り扱う	

墜落・衝突による人・財産への危害へ対処する安全コンセプト

自律移動ロボットの安全性を確保するために、墜落や衝突によって人や財産に危害を加えるリスクに対して未知のリスクへの対処も考慮した多層的な対策を具体化していく。



利用者が不利益を受けるリスクに対処する信頼性確保コンセプト

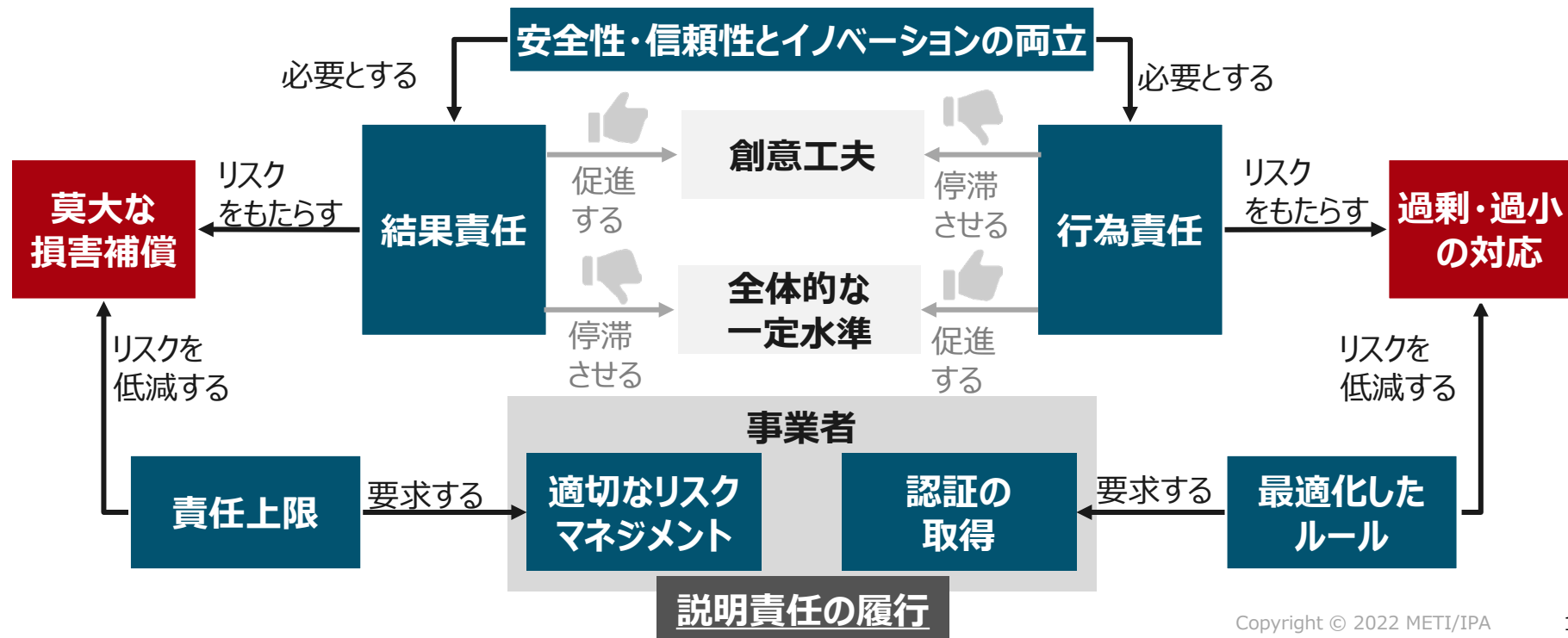
自律移動ロボットの信頼性を確保するために、利用者が不利益を受けてしまうリスクに対して対策を具体化していく。

リスク		対策	
自律移動ロボットシステム内	組織	【過失】 誤ったサービス提供 誤使用 …	(1)リスクマネジメントを促すインセンティブ・エンフォースメント【施策6】
		【故意】 サービス停止 情報流出 …	(2)誤使用/ルール違反を防止するシステム設計 (3)誤使用/ルール違反を防止する教育【施策10】
		(14)収益性が低い地域でもサービスが提供される仕組み(ユニバーサルサービス等)	(11) モニタリングによる評価とカイゼン【施策1】
自律移動ロボットシステム内	システム	【過失】 故障・外乱の影響 システム間の連携ミス …	(12)異常システム切り離しによる影響範囲の最小化【施策1】
		【故意】 悪意のある設計 権限を有する者の不正なアップデート …	(4)運用データも活用しながら設計時に検証【施策1,3】 (6)相互認証による機能の確認【施策4】
自律移動ロボットシステム外	自律移動	【故意】 通信妨害等のサイバー攻撃 盗難等の物理攻撃 …	(10)インフラによる監視と対策(監視カメラ等)【施策7.1】 (11) モニタリングによる評価と対策【施策1】
		(15) サービス継続のためのシステムの冗長化	

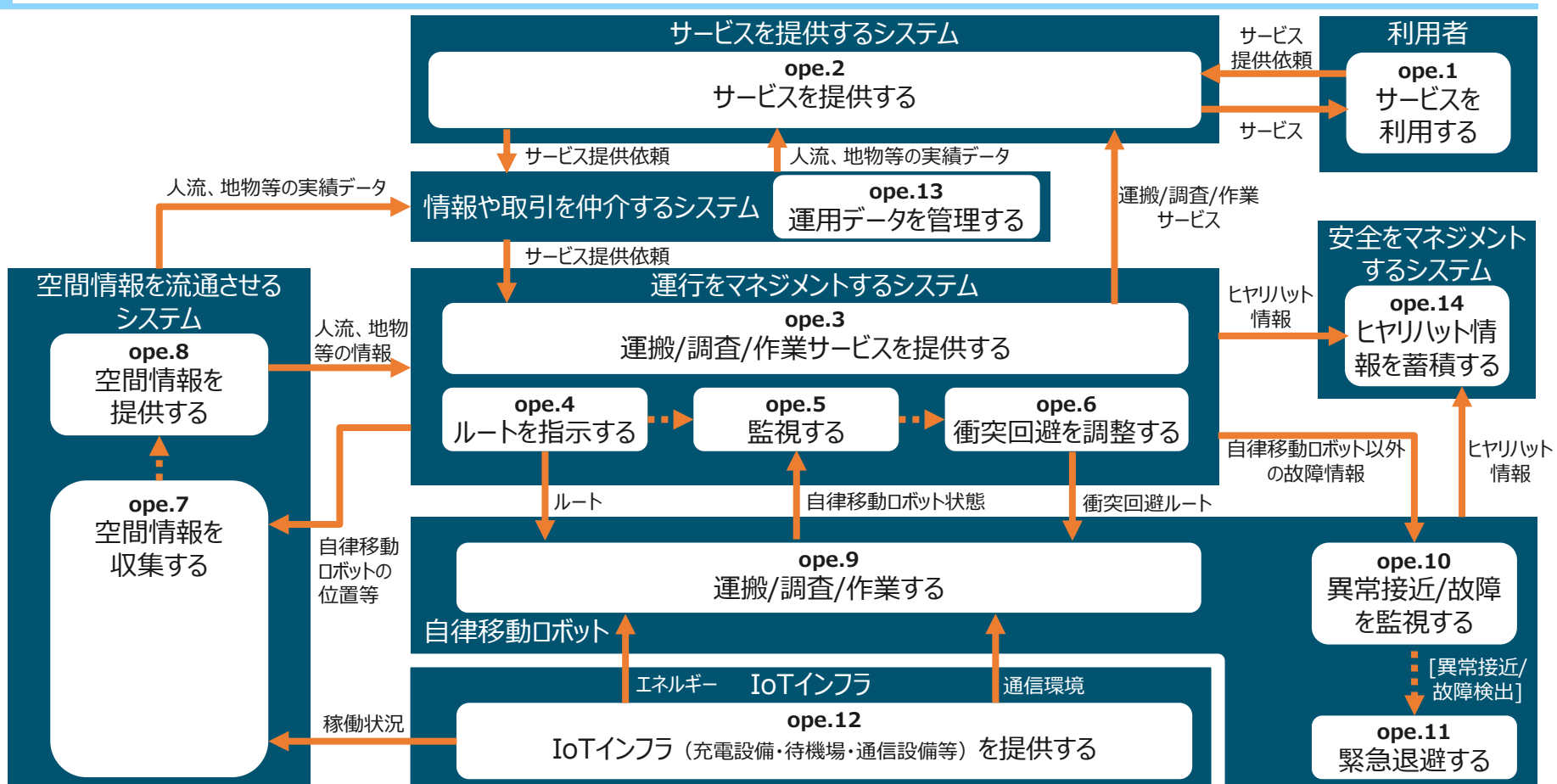
凡例：信頼性のみ対策

ガバナンスアーキテクチャのコンセプト

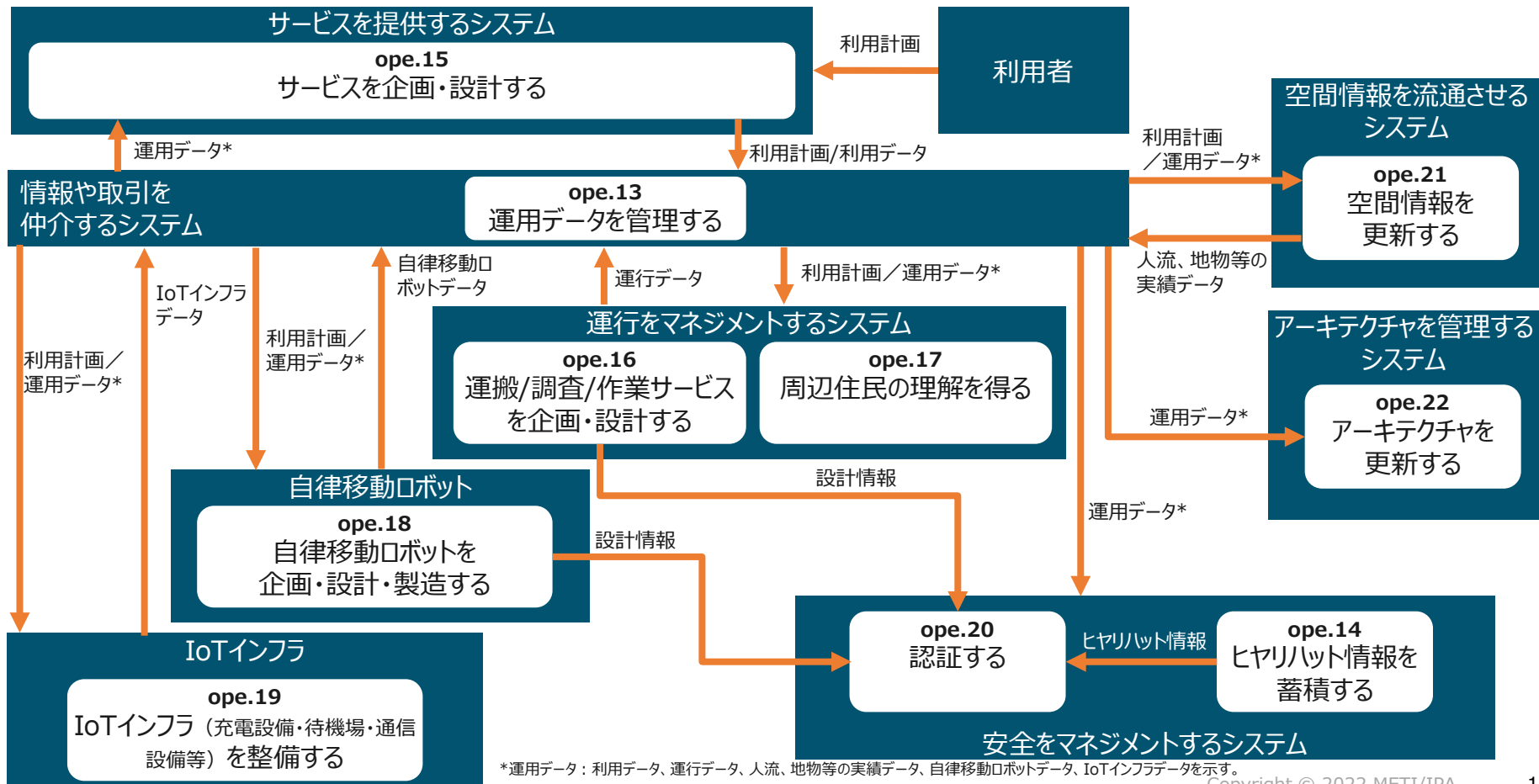
様々なシステムが相互に連携して、各システムの更新頻度が高くなり、さらにはAIによる判断が増大していく中で、安全性・信頼性を高めながらイノベーションを促すガバナンスを実現するために、多様なステークホルダーで対話しながら、結果責任と行為責任の在り方を具体化していく。



オペレーショナルビュー（運用フェーズ）



オペレーショナルビュー（企画・設計・保守フェーズ）



各章の関係性

2. ビジョン

2.1 コンセプト

実現する

2.2 ユースケース

導出する

2.3 経済性分析

アウトカム指標

3. アーキテクチャ

3.1 ストラテジービュー

実現する

ケーパビリティ

導出する

アウトプット指標

実現する

3.2 オペレーショナルビュー

実現する

オペレーション

実現する

3.3 サービスビュー

サービスレベル

実現する

実現する

3.5 ロードマップ

実現する

実現する

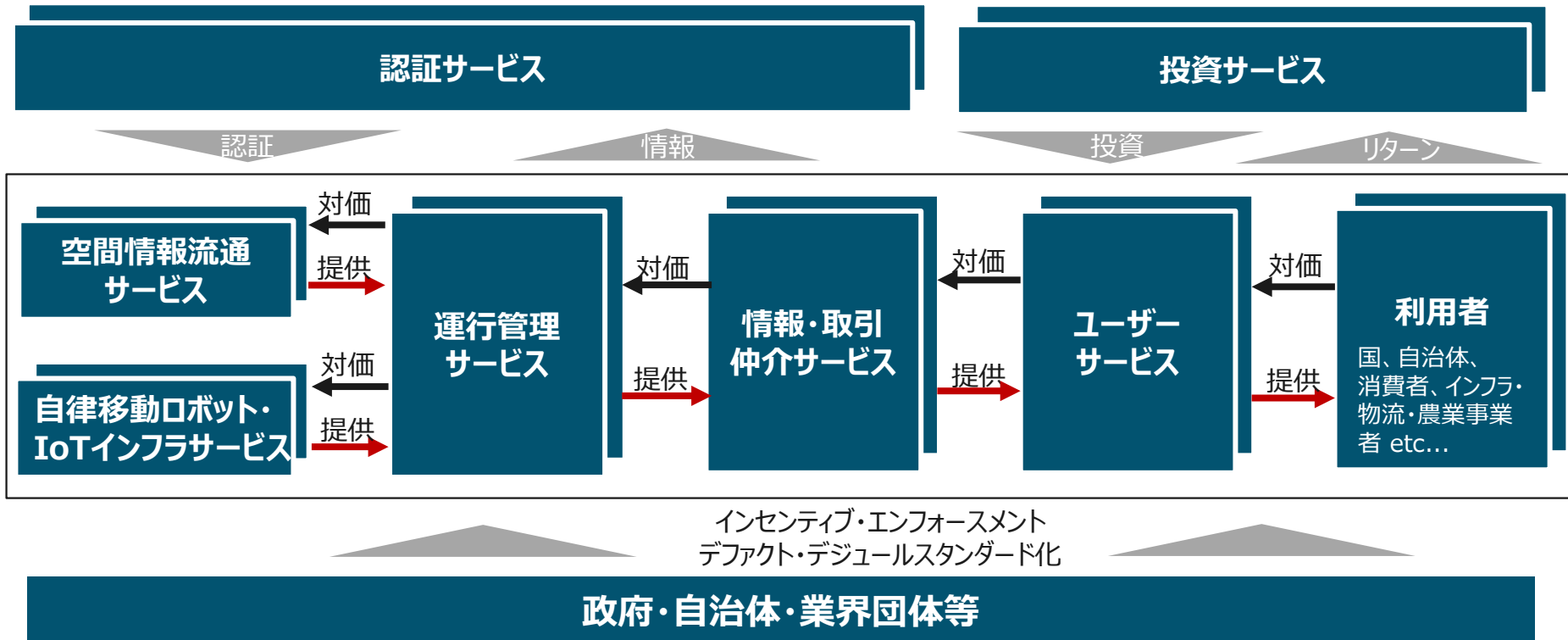
3.4 社会実装に向けた施策

実現する

3.6 残課題一覧

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。



各章の関係性

2. ビジョン

2.1 コンセプト

実現する

2.2 ユースケース

導出する

2.3 経済性分析

アウトカム指標

3. アーキテクチャ

3.1 ストラテジービュー

実現する

ケーパビリティ

導出する

アウトプット指標

実現する

3.2 オペレーショナルビュー

実現する

オペレーション

実現する

3.3 サービスビュー

実現する

サービスレベル

実現する

3.5 ロードマップ

実現する

実現する

3.4 社会実装に向けた施策

実現する

3.6 残課題一覧

ケーパビリティを実現するための施策

ケーパビリティ		オペレーション		施策	
cpb.1	外部リスク変化に応じた動的な運行	ope.4	ルートを示す	2.1	動的かつ精細なリスク評価基準の整備
		ope.5	監視する	2.2	動的なリスク変化に応じた運行管理
		ope.6	衝突回避を調整する		
		ope.7	空間情報を収集する	2.3	空間情報基盤の整備
		ope.8	空間情報を提供する		
		ope.21	空間情報を更新する		
cpb.2	相互認証による信頼性の確保	ope.2	サービスを提供する	4	相互認証
		ope.3	運搬/調査/作業サービスを提供する		
		ope.7	空間情報を収集する		
		ope.8	空間情報を提供する		
		ope.12	IoTインフラを提供する		
		ope.13	運用データを管理する		
		ope.14	ヒヤリハット情報を蓄積する		

安全とイノベーションを両立する
 アジャイルガバナンス

ケーパビリティを実現するための施策

ケーパビリティ		オペレーション	施策	
cpb.3	ゴールベースの安全性確保	ope.15 サービスを企画・設計する	3	サブシステムの急速な変化に対応するVT*認証
		ope.16 運搬/調査/作業サービスを企画・設計する		
		ope.18 自律移動ロボットを企画・設計・製造する		
		ope.19 IoTインフラを整備する		
		ope.20 認証する		
cpb.4	運用データ共有による安全性・経済性の向上	ope.2 サービスを提供する	1	運用パフォーマンスに基づく安全マネジメント
		ope.3 運搬/調査/作業サービスを提供する		
		ope.4 ルートを指示する		
		ope.5 監視する		
		ope.6 衝突回避を調整する		
		ope.7 空間情報を収集する		
		ope.8 空間情報を提供する		
		...		

安全とイノベーションを両立する
アジャイルガバナンス

6

ケーパビリティを実現するための施策

ケーパビリティ	オペレーション	施策
<p>cpb.4</p> <p>運用データ共有による安全性・経済性の向上</p>	<p>...</p> <p>ope.9 運搬/調査/作業する</p> <p>ope.10 異常接近/故障を監視する</p> <p>ope.11 緊急退避する</p> <p>ope.12 IoTインフラを提供する</p> <p>ope.13 運用データを管理する</p> <p>ope.14 ヒヤリハット情報を蓄積する</p> <p>ope.15 サービスを企画・設計する</p> <p>ope.16 運搬/調査/作業サービスを企画・設計する</p> <p>ope.18 自律移動ロボットを企画・設計・製造する</p> <p>ope.19 IoTインフラを整備する</p> <p>ope.20 認証する</p> <p>ope.21 空間情報を更新する</p>	<p>1</p> <p>運用パフォーマンスに基づく安全マネジメント</p> <p>6</p> <p>安全とイノベーションを両立する デジタルガバナンス</p>

ケーパビリティを実現するための施策

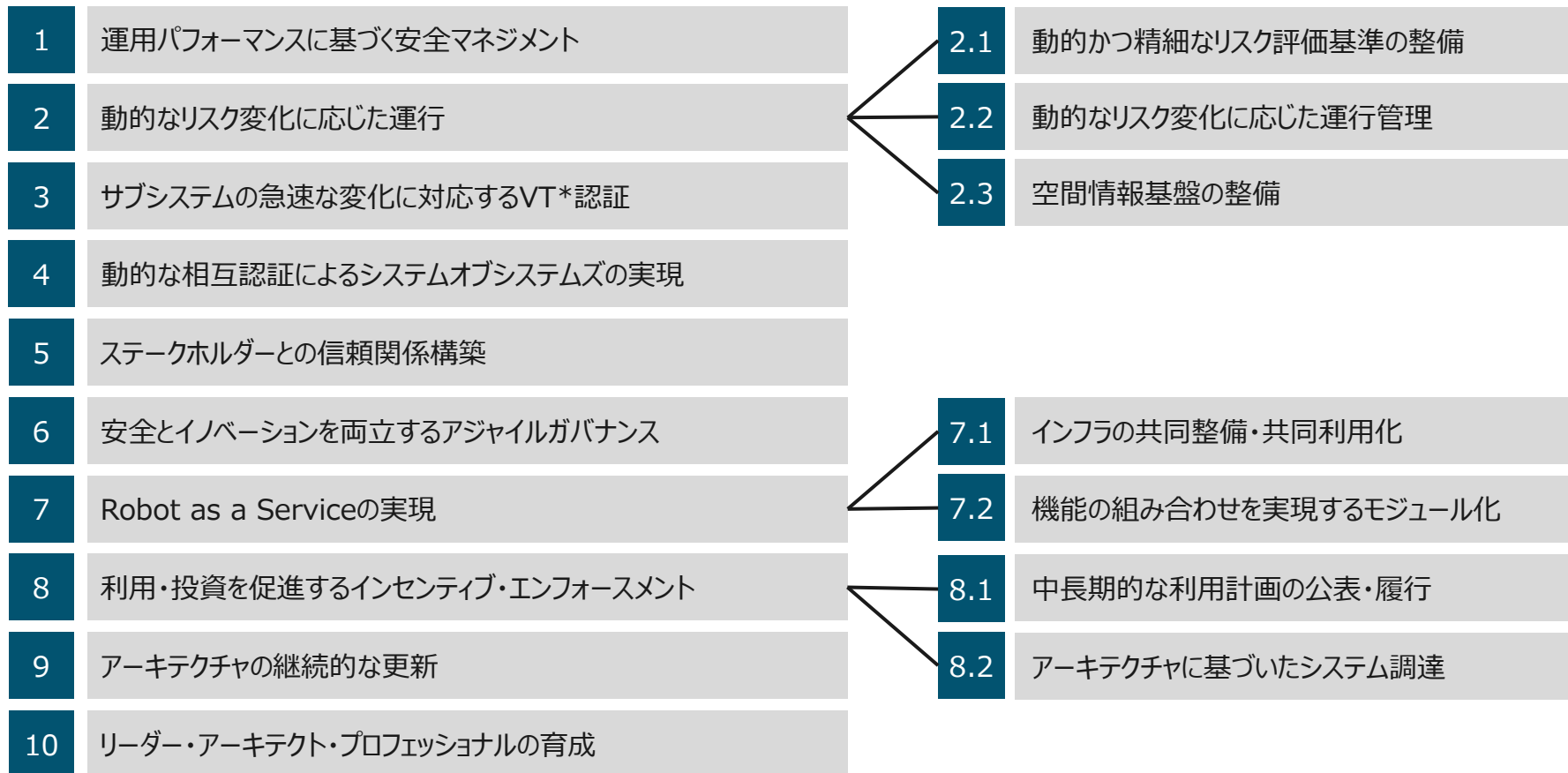
ケーパビリティ		オペレーション		施策	
cpb.5	不安の解消と価値の説明	ope.17	周辺住民の理解を得る	5	ステークホルダーとの信頼関係構築
cpb.6	事故時の迅速かつ十分な対応			6	安全とイノベーションを両立するアジャイルガバナンス
cpb.7	利用計画公表に対するインセンティブの付与	ope.1	サービスを利用する	8.1	中長期的な利用計画の公表・履行
cpb.8	モジュール化した機能を組み合わせたサービスの容易な実現	ope.15	サービスを企画・設計する	7.2	機能の組み合わせを実現するモジュール化
		ope.16	運搬/調査/作業サービスを企画・設計する		

ケーパビリティを実現するための施策

ケーパビリティ	オペレーション	施策
cpb.9 共同利用・共同整備	ope.3 運搬/調査/作業サービスを提供する ope.4 ルートを指示する ope.5 監視する ope.6 衝突回避を調整する ope.7 空間情報を収集する ope.8 空間情報を提供する ope.9 運搬/調査/作業する ope.12 IoTインフラを提供する ope.13 運用データを管理する	7.1 インフラの共同整備・共同利用化

ケーパビリティを実現するための施策

ケーパビリティ	オペレーション	施策
cpb.10 人材要件の具体化と育成	<ul style="list-style-type: none">ope.15 サービスを企画・設計するope.16 運搬/調査/作業サービスを企画・設計するope.18 自律移動ロボットを企画・設計・製造するope.19 IoTインフラを整備するope.20 認証するope.21 空間情報を更新するope.22 アーキテクチャを更新する	10 リーダー・アーキテクト・プロフェッショナルの育成



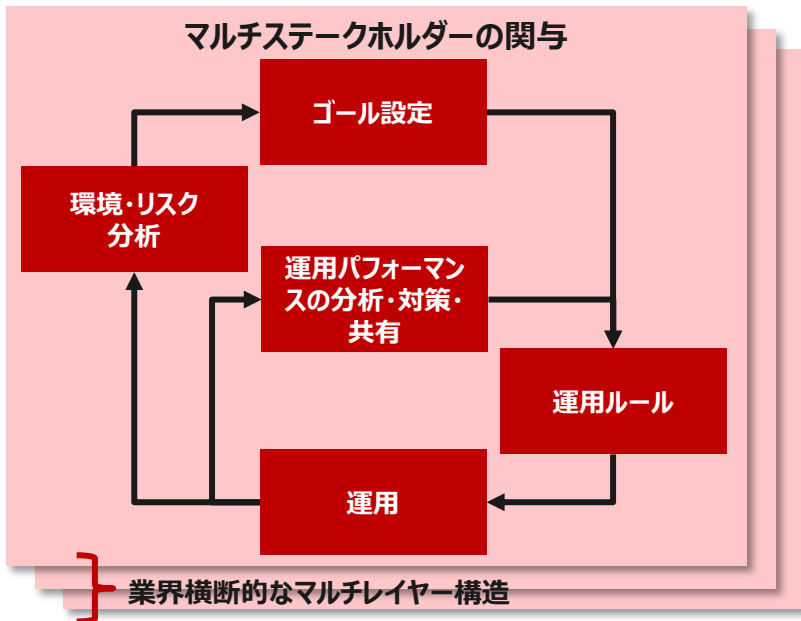
*VT: バーチャルテスト



*VT: バーチャルテスト

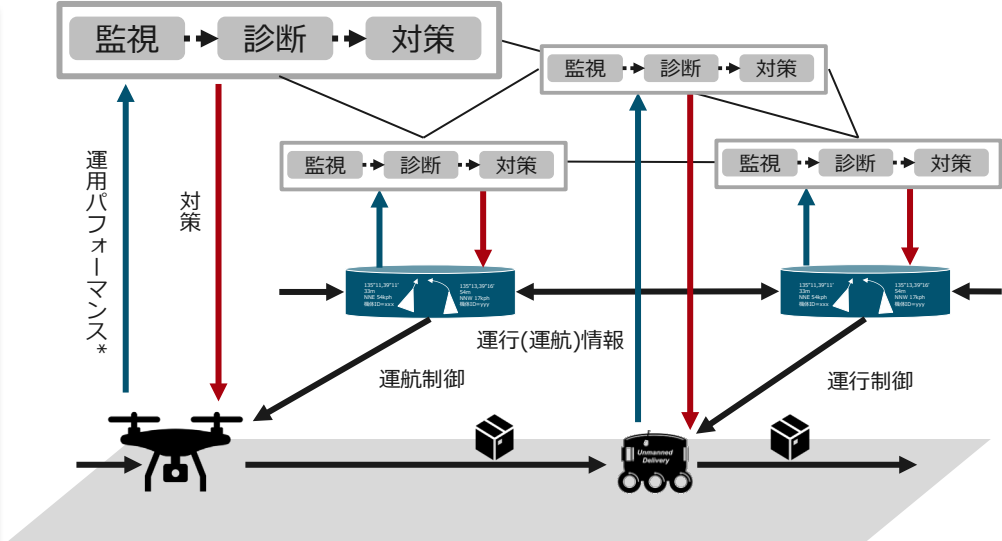
従来の一律で詳細な法規制に基づくガバナンスのみでは、様々なシステムが相互に連携する自律移動ロボットシステムの特徴である「事故の予見が困難」「原因特定が困難」「原因が複数存在」への対応が困難であることから、システム又はシステム全体の運用パフォーマンスを常時モニタリングして、その度合いに応じて対策を講じることを促す仕組みについて、技術開発・標準化・ガイドライン作成を行う必要がある。

マルチステークホルダーによる安全マネジメント



常時モニタリング




様々なデータを常時取得・分析し、安全性/信頼性の向上や社会の発展に活用



※運用パフォーマンス(KPI)の例：事故率・インシデント率・誤操作率・稼働率等



バリューチェーンにおける経営上の課題（1/2）

バリューチェーンにおける**経営上のKGIを達成するため**には、商品企画～設置フェーズでは**新価値創造機会**、**効果的な製品開発による安全性向上**、**設備投資費削減**に利用するデータを共有する仕組みが必要となる。

ライフサイクル	経営上影響が 大きいと想定されるKGI	必要な活動	必要な 運用データの仮説	現状の課題
商品企画	 収益増 新たなサービス提供による売上の向上	業界の最新動向や運用データを活用して、新サービスを検討する機会を増やす	<ul style="list-style-type: none"> ・国内外の最新動向 ・サービス利用状況 ・稼働状況 	技術開発・サービスの新価値創造や安全性向上に必要な運用データを収集する仕組みがない
製品設計	 安全性向上 効果的な製品開発による安全性向上	安全を確保するための検証に必要な運用データを効率よく集める	<ul style="list-style-type: none"> ・運用で得られた実環境データ 	
調達/製造	 効率的な設備投資 効率的な設備配置による設備投資費用削減	稼働状況を加味した資産の最適配置	<ul style="list-style-type: none"> ・稼働率 ・異常動作率 	最適な設備配置に必要な運用データを収集する仕組みがない
建設・組立・設置				

バリューチェーンにおける経営上の課題（2/2）

バリューチェーンにおける**経営上のKGIを達成**するためには、運用・保守のフェーズでは**設備修繕費削減のために設備の稼働状況を収集、安全性向上のためにヒヤリハット情報を共有、ビジネス機会損失防止のために異常の原因を早急に特定・共有・切り離し**といった仕組みが必要となる。

ライフサイクル	経営上影響が 大きいと想定されるKGI	必要な活動	必要な 運用データの仮説	現状の課題		
運用 保守	 修繕費 削減	設備の稼働率向上 による修繕費削減	運用に関わる事業者 による継続的な運用 の評価と改善	・稼働率 ・異常動作率	運用データの共有方法と データを活用した評価方 法が不明確	C
	 信頼獲得 によるサー ビス利用 数増	安全性向上による サービス利用数増	リアルタイムなヒヤリハッ ト情報の共有とそれに 基づく改善	・ヒヤリハット情報	リアルタイムにヒヤリハッ ト情報を共有する仕組みが ない	D
	 ビジネス機会 損失防止	安心醸成により社 会受容性を高めて サービス利用数増	地域住民への安全 性・信頼性の啓発	・稼働率 ・ヒヤリハット情報	安全性を住民に伝えるた めの運用データを活用す る仕組みがない	施策 5
	 ビジネス機会 損失防止	異常発生時の早 期復旧によるビジネ ス機会損失の防止	異常発生時の早期影 響範囲特定と切り離 しによるサービス継続	・稼働情報 ・稼働継続可否 ・異常原因情報	運用データに基づき異常 の原因を早急に判断して 状況を共有する仕組みが ない	E

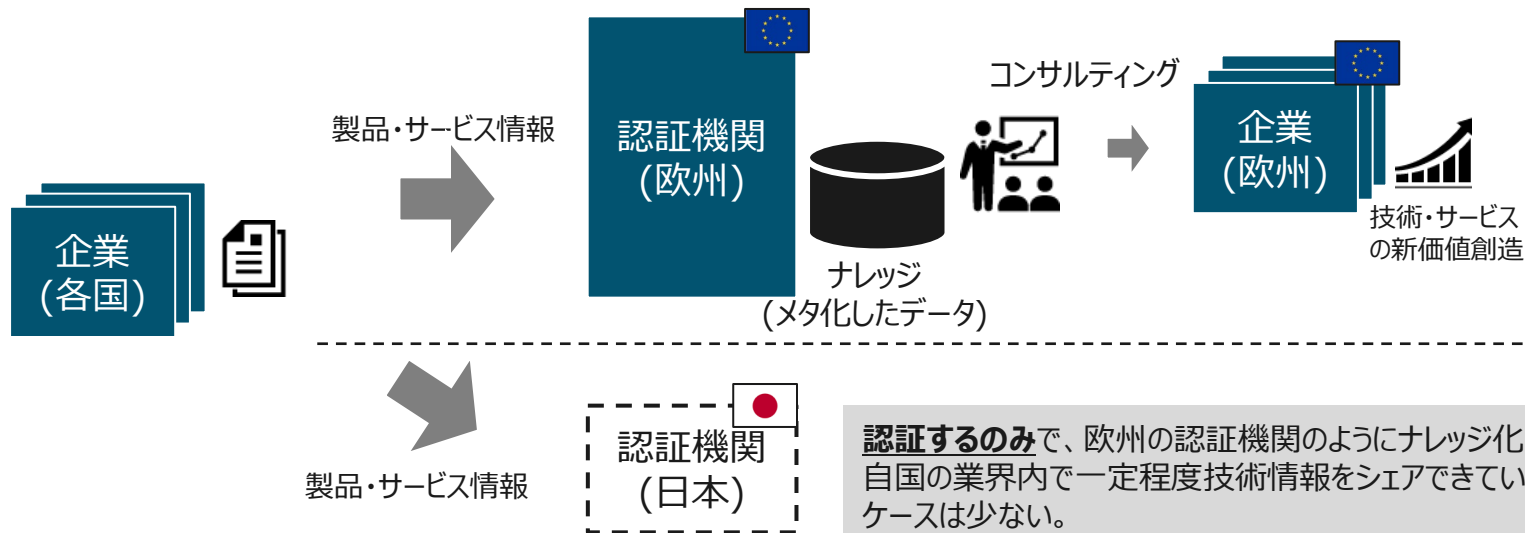
イノベーション促進の国内外動向事例として、欧州メーカーは、欧州の認証機関のコンサルティングサービスを通じ、一定程度相互に技術情報をシェアすることで、業界全体の技術開発を進展させている。

認証

認証機関による製品・サービスの認証を実施

コンサルティング

認証機関のコンサルティングサービスを通して、
欧州の業界内で一定程度技術情報をシェア

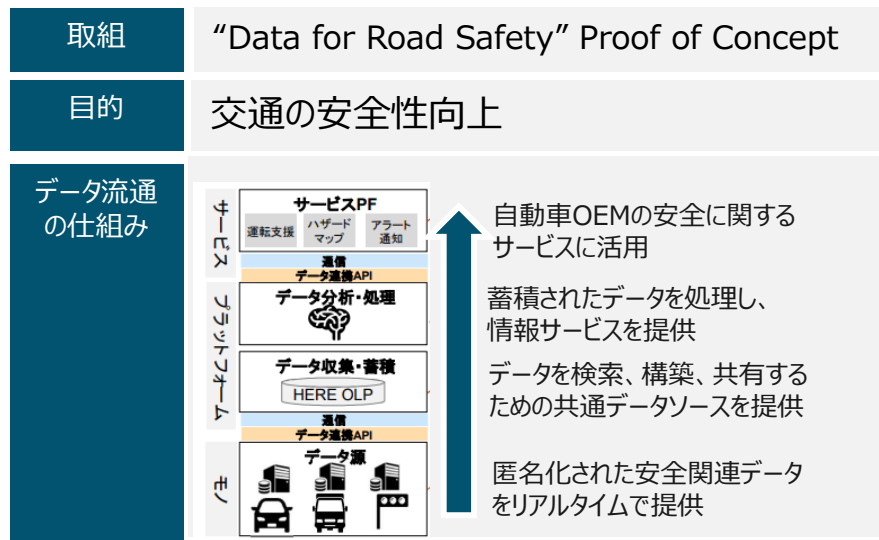


自動車業界では、自動車の**走行データをリアルタイムに収集し、サービス創出や技術開発に活用**している。特に欧州では、官民連携により、**企業を跨いで安全に関する走行データを共有**することで、**業界全体での安全性向上**に向けた取組がなされている。

自動車の走行データ活用例

データの種類	データ項目例	データ所有権	データコントロール権	主な利活用例
走行位置データ	GPS/走行距離・時間/走行ルート 等	OEM	個人	交通規制や都市設計
運転特性データ	走行速度/運転支援機能利用履歴 等	OEM	個人	リスク管理/保険料算定
外部センサデータ	カメラ映像/Lidar・Radar識別内容 等	OEM	個人	機械学習技術の向上
車両診断データ	エンジンパフォーマンス/タイヤ空気圧 等	OEM	個人	車両整備/製造技術開発
身分識別データ	名前/性別/年齢/保険情報 等	個人	個人	パーソナライズされたサービスの提供
アプリデータ	ダウンロード済アプリ/利用中アプリ 等	個人	個人	車載インフォテインメントの提供

官民連携により企業を跨いでの走行データ共有例



自転車のシェアサイクルポートを、利用実態や将来需要を考慮した最適な箇所に設置するため、走行日時や位置情報等の自転車プローブデータを活用することが検討されている。

■ 利用状況データを活用したシェアサイクルポートの設置計画

① 走行データを収集



データ収集



② 走行データを分析

<走行ルートの可視化データ>



出典：前橋市作成

<走行ルート動態データ>



出典：前橋市作成

<走行ルートの狭域分析>



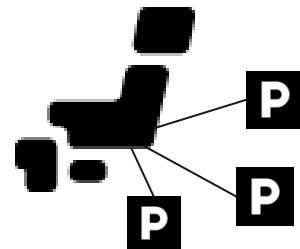
出典：前橋市作成

<走行ルートの中域分析>



出典：前橋市作成

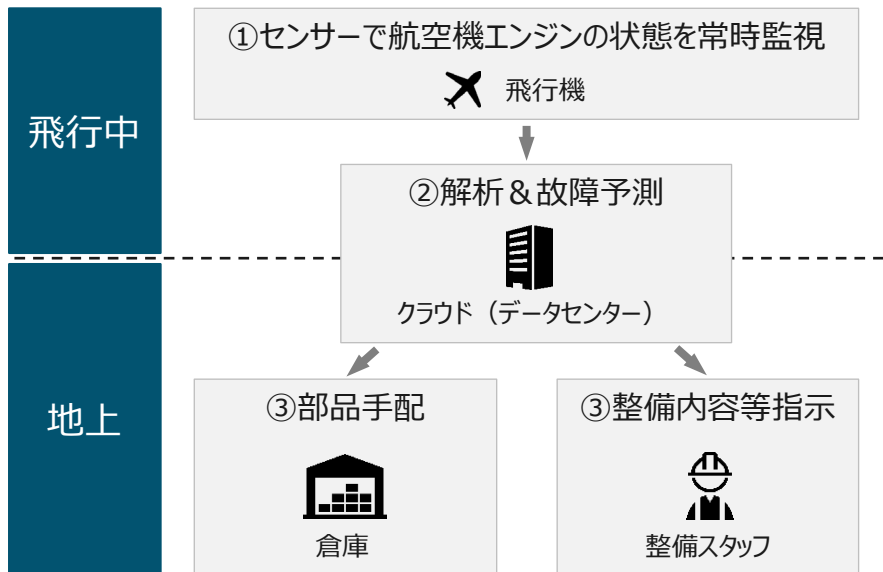
③ 最適なシェアサイクルポートの設置



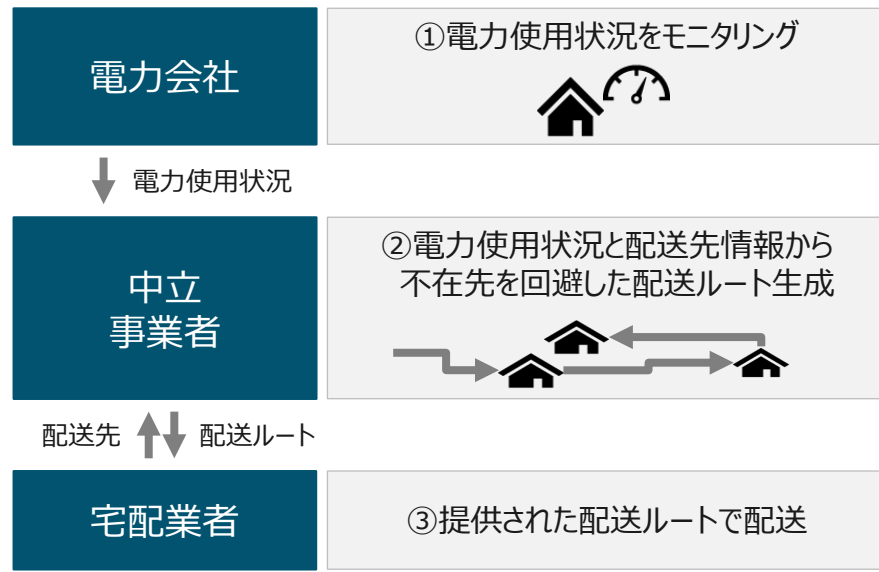
- ・走行データを分析し今後の需要を予測
⇒シェアサイクル事業化及び運用に活用
(サイクルポート設置、走行距離、走行日時等)
- ・走行データを元に道路利用状況を把握
⇒自転車利用環境整備、向上に役立つ

航空機エンジンに取り付けた**センサー情報をクラウドに常時送信し、故障の予兆を解析**することで、**故障を未然に防止**する取組が行われている。また、**企業間共有による運用データの活用事例**として、電力会社と配送業者で、電力使用状況から不在状況を予測し、最適なルートで配送を行う実証が行われている。

リアルタイムモニタリングによる故障の未然防止事例



企業間共有による運用データ活用事例



出所:経済産業省 資源エネルギー庁「電力データの有効活用について」

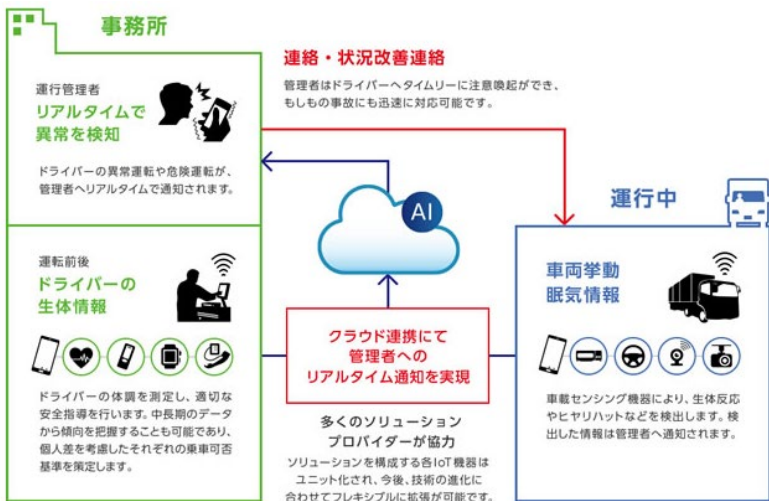
自動車の輸送分野では、**車両挙動やドライバーの状態をリアルタイムでモニタリングし、事故の未然防止**に取り組んでいる。また、ヒヤリハット情報を活用した事故の未然防止に関するガイドライン（国交省）では、**リスク管理手順**だけでなく、ヒヤリハットレベルを決める**評価軸**も定義している。

ヒヤリハットのリアルタイム監視の事例

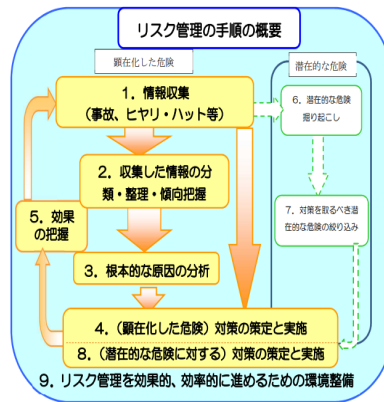
センサー等を用いて、ドライバーの**体調や運転挙動に関する情報**をリアルタイムで収集。ヒヤリハットを検出した際は、ドライバーに対して、**タイムリーに注意喚起**を行い、**事故を未然に防ぐ**取組が行われている。

ヒヤリハットを収集するガイドラインの事例

国交省は、運輸事業者に対して事故、ヒヤリハット情報を効果的に収集するためのガイドラインが提示している。**リスク管理手順**だけでなく、ヒヤリハットレベルを決める**評価軸**、**対策の優先度**も定義されている。



リスク管理の手順



ヒヤリハットレベルを決める評価軸

- ① その危険が発生する可能性の大きさ
- ② 危険が事故につながった場合の影響の大きさ

評価結果に基づく対策優先度マトリクス

		影響の大きさ			
		甚大 4	大 3	中 2	小 1
発生可能性	頻繁 4	A (1)	A	B (5)	C (6)
	比較的多い 3	A (4)	A	B	C
たまに 2	まれに 1	A (7)	B	C	D (3)
	まれに 1	B	C (2)	D (8)	D

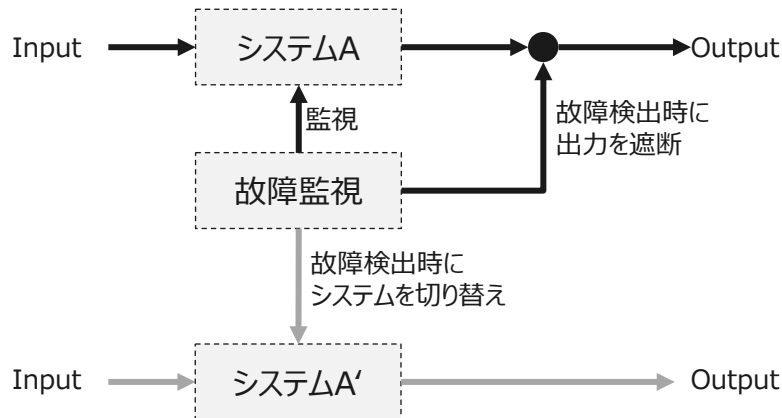
各欄の中のAからDの記号は、対策を取る優先順位を表します。

- A: 最優先で対策を取る。
- B: Aの次に対策を取る。
- C: 費用対効果が良ければ対策を取る。

安全性が要求されるシステムでは、異常を検知した際には**自動的に故障範囲を切り離すことで、安全性を確保する**設計が一般的である。また、マルチステークホルダー化が進むIT分野では、発生したインシデントの情報を、**リアルタイムに共有するシステム**が検討されている。

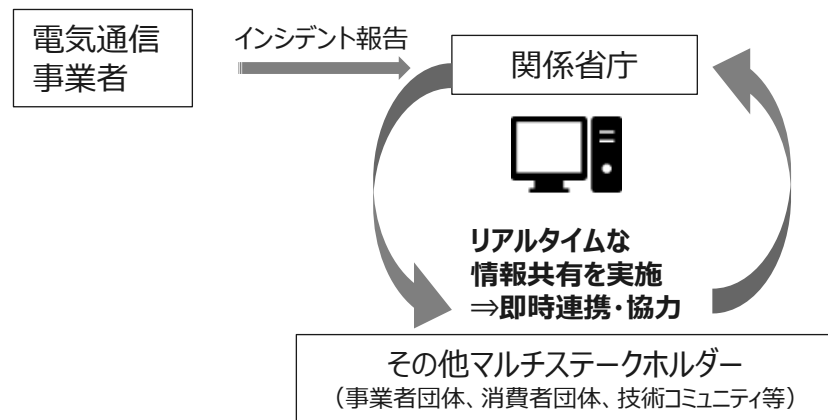
安全性が要求されるシステムの安全設計事例

特に安全性が要求されるシステムでは、**システムの異常を検知した際は、自動的に故障範囲を切り離すことで安全性を確保する**設計が行われている。



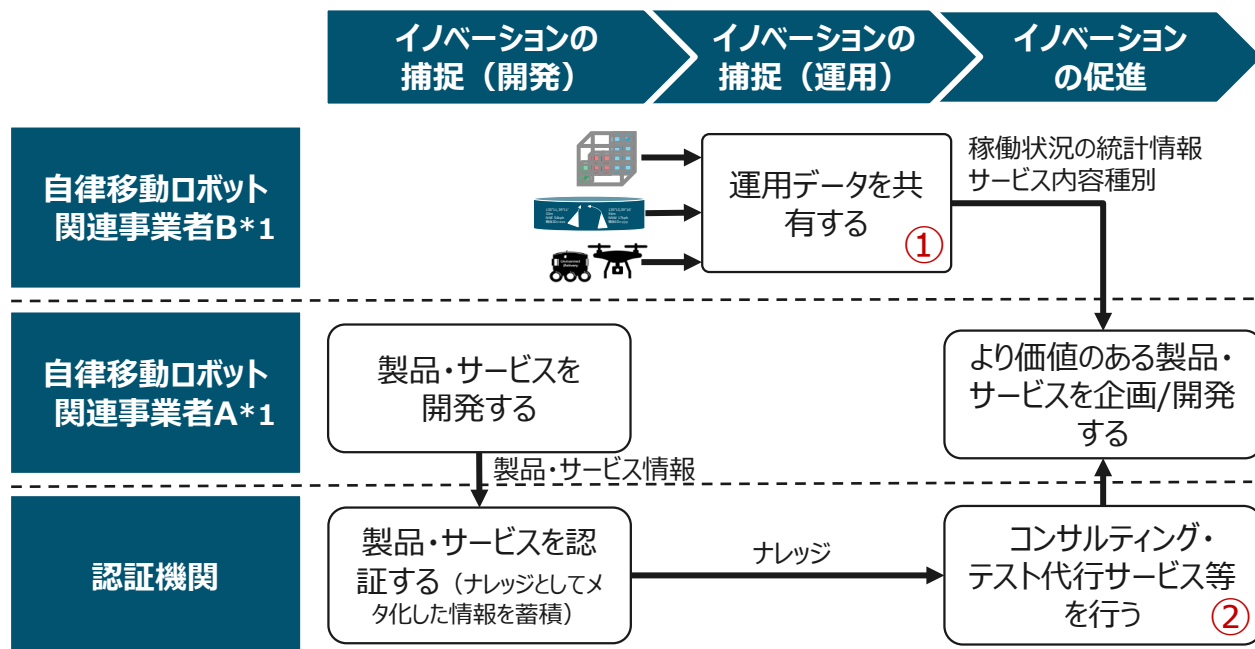
インシデント情報のリアルタイム共有事例

ステークホルダー間で故障情報の共有・分析を容易にするため、**ダッシュボード機能を備えた報告システムを整備**するといった、報告制度のDX化の推進が検討されている。



運用データの事業者間共有や、認証機関のナレッジ蓄積等により、イノベーションに必要な情報を蓄積し、それらを活かした新たなサービスや新たな技術が生まれるような仕掛けが必要。関連する事業者間で、共有するデータ項目・範囲・手段を具体化するほか、認証機関の担い手、ビジネスモデルを検討していく。

ユースケース



取組の方向性

① 運行データを活用したイノベーションの促進

関連する事業者間で共有すべきデータ項目と共有範囲、共有手段を検討していく

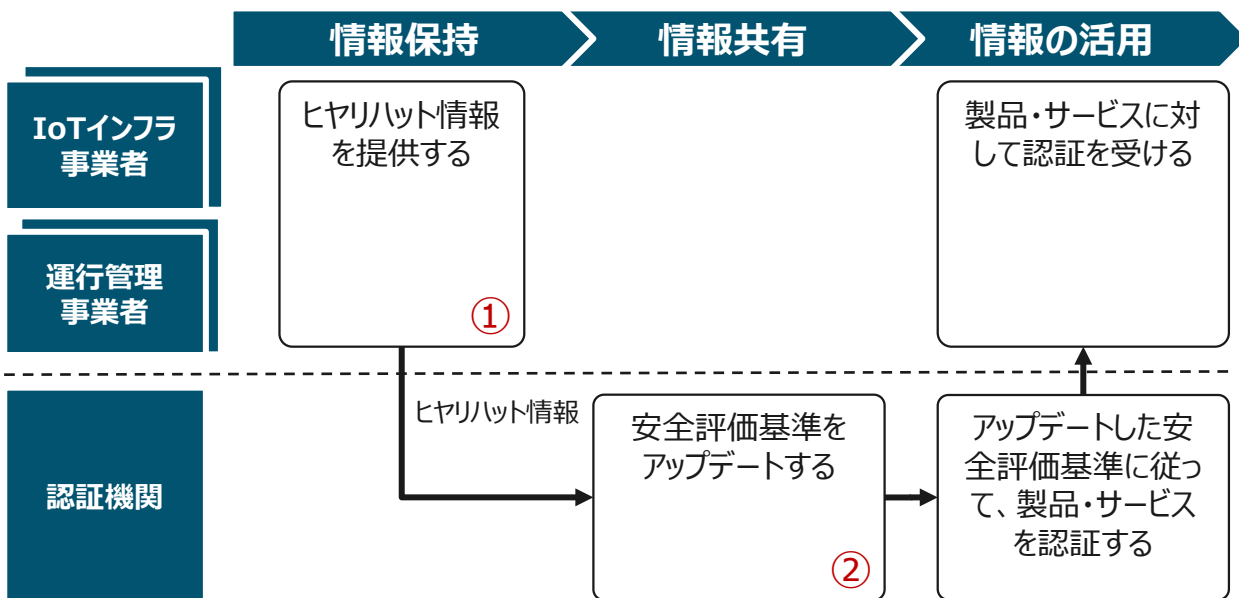
② 認証機関を活用したイノベーションの促進

認証機関を活用したイノベーションサイクルを実現するために、認証機関のビジネスモデルや担い手を検討をしていく

*1：自律移動ロボット関連事業者＝サービス事業者、情報仲介事業者、運行管理事業者、IoTインフラ事業者、空間情報事業者

一度の事故が、企業の信用失墜を招くのみならず、自律移動ロボット産業の衰退に繋がる可能性がある。それを防止するためには、業界全体のヒヤリハット情報を、認証機関の安全評価基準に継続的に反映する必要がある。今後、共有すべきヒヤリハット情報の内容・共有範囲・共有手段を検討していく。

ユースケース



取組の方向性

①ヒヤリハット情報の共有

共有すべきヒヤリハット情報の内容・共有範囲・共有手段を検討していく

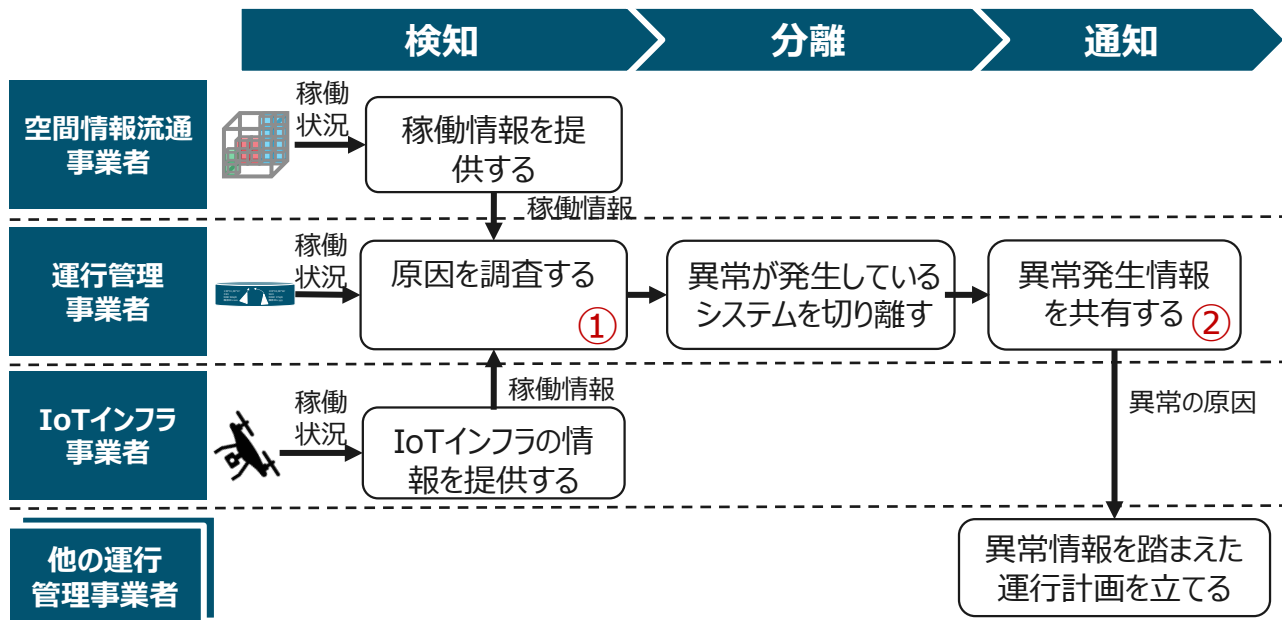
②ヒヤリハット情報の活用

ヒヤリハット情報を、認証機関の安全評価基準に継続的に反映するためのガイドライン策定を検討していく

様々なシステムが相互に連携するシステムでは、1つのシステムの異常の影響が他のシステムに波及しやすく、システム全体に大きな影響を及ぼす。それにより、**信頼性の低下、ビジネス機会の損失**が発生しかねない。異常の影響を最小限の範囲に留めるには、**データを共有・活用し、早期に原因を特定**する必要がある。今後、共有すべきデータ項目・共有範囲・共有方法を検討していく。

ユースケース

取組の方向性

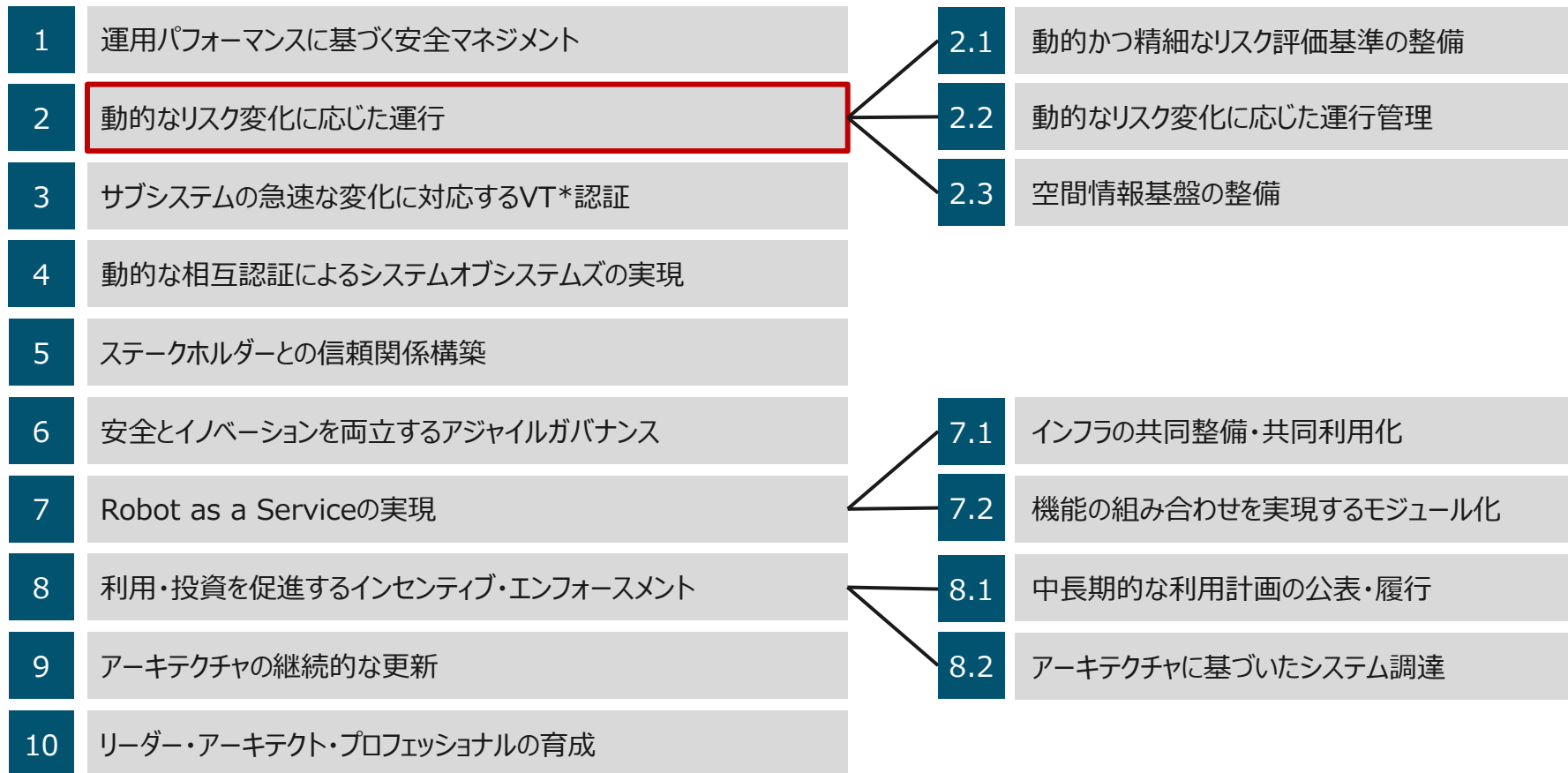


① 異常発生時の原因特定

故障発生時、誰がどのデータを用いて原因を特定すべきなのか検討していく

② 異常情報のリアルタイム共有

異常情報を、リアルタイムで共有するための手段を検討していく

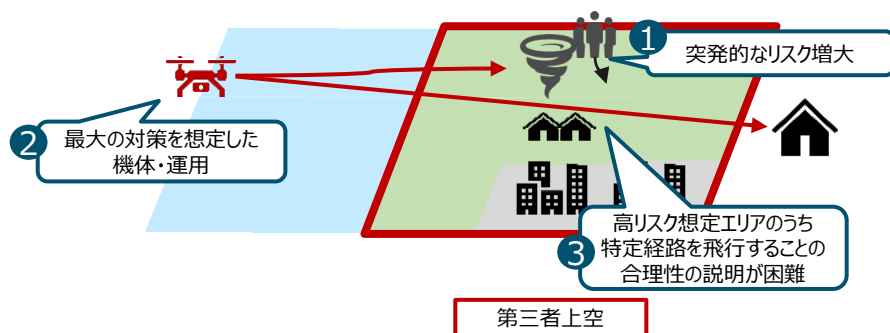


*VT: バーチャルテスト

デジタル技術を活用して、システム全体の安全性・信頼性を高めながらイノベーションを促すため、**空中・地上のリスク要因を動的に観測し、デジタル技術を活用して時間的・空間的に精細にリスクを評価した上で、リスクに応じた安全性を確保して運用する仕組みについて、技術開発・標準化・ガイドライン作成を行う必要がある。**

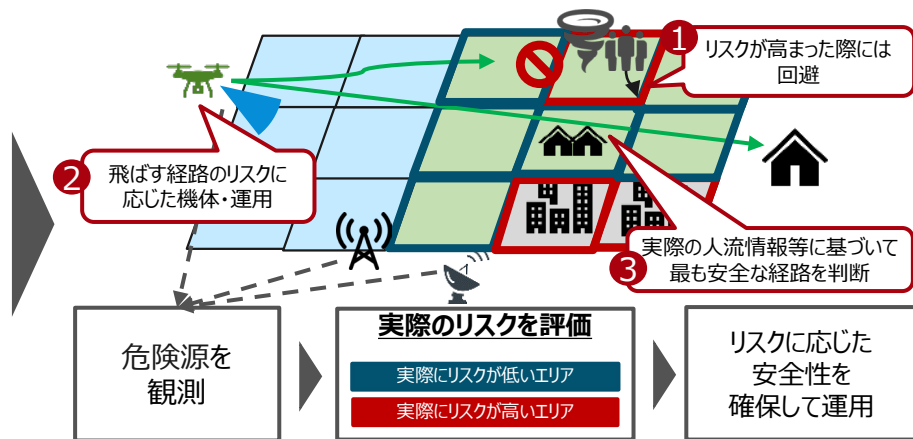
ドローンのケース

レベル4(カテゴリーIII)の初期運用イメージ



- 1 **突発的なリスク増大**のおそれ
- 2 **常に最大のリスクを想定した**機体・運用(操縦者・体制)
- 3 **安全対策の合理性を説明しにくく**、住民の理解や許可承認等を得る活動が長期化・高コスト化するおそれ

動的で精細なリスク評価に基づく運用イメージ

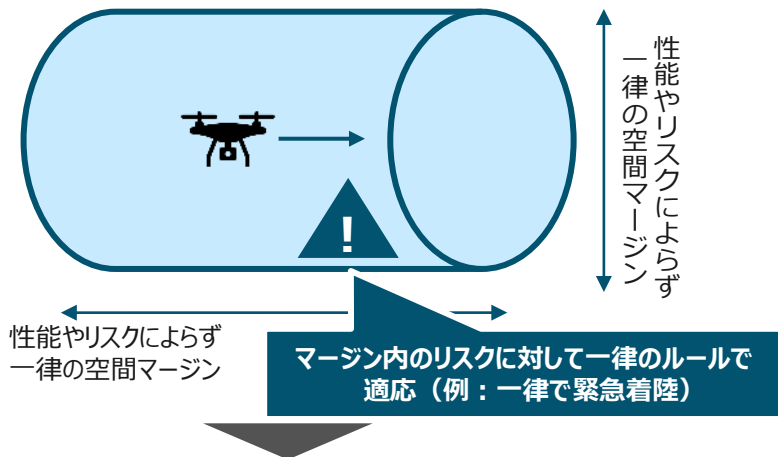


- 1 リスク増大を観測し、**適切に運用することで安全性向上**
- 2 **実際のリスクに対応した**機体・運用(操縦者・体制)
- 3 **エビデンスに基づく安全対策**となるため、合理性を説明しやすくなり、住民や規制当局等と対話しやすくなる(包括許可等)

リスクを動的（時間軸）かつ詳細（空間軸/意味軸）に捉えることで、安全性を保ちながら運用を拡大することが可能となる。一方で、動的かつ詳細にリスクを捉え、運用に適時反映するためには、機体や情報システム等のソフトウェアが果たす役割が大きくなるため、これらを考慮したリスク評価と運用の検討が必要である。

As-Is : 統ルールのもとで広いマージン確保

運用方法、機体性能、リスクの種類や大きさによらず、一律の規制が適用される運用

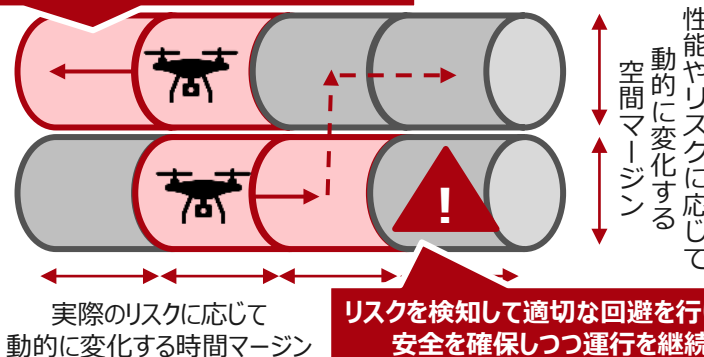


複数機運用、高密度運用、自律運用等の
自律移動ロボットに将来求められるユースケースには対応困難

To-Be : 動的な観測に基づく、安全かつ効率的な空間利用

システムによる空間のリアルタイムな把握と、運用におけるシステム活用により、安全確保と空間利用の高度化を両立

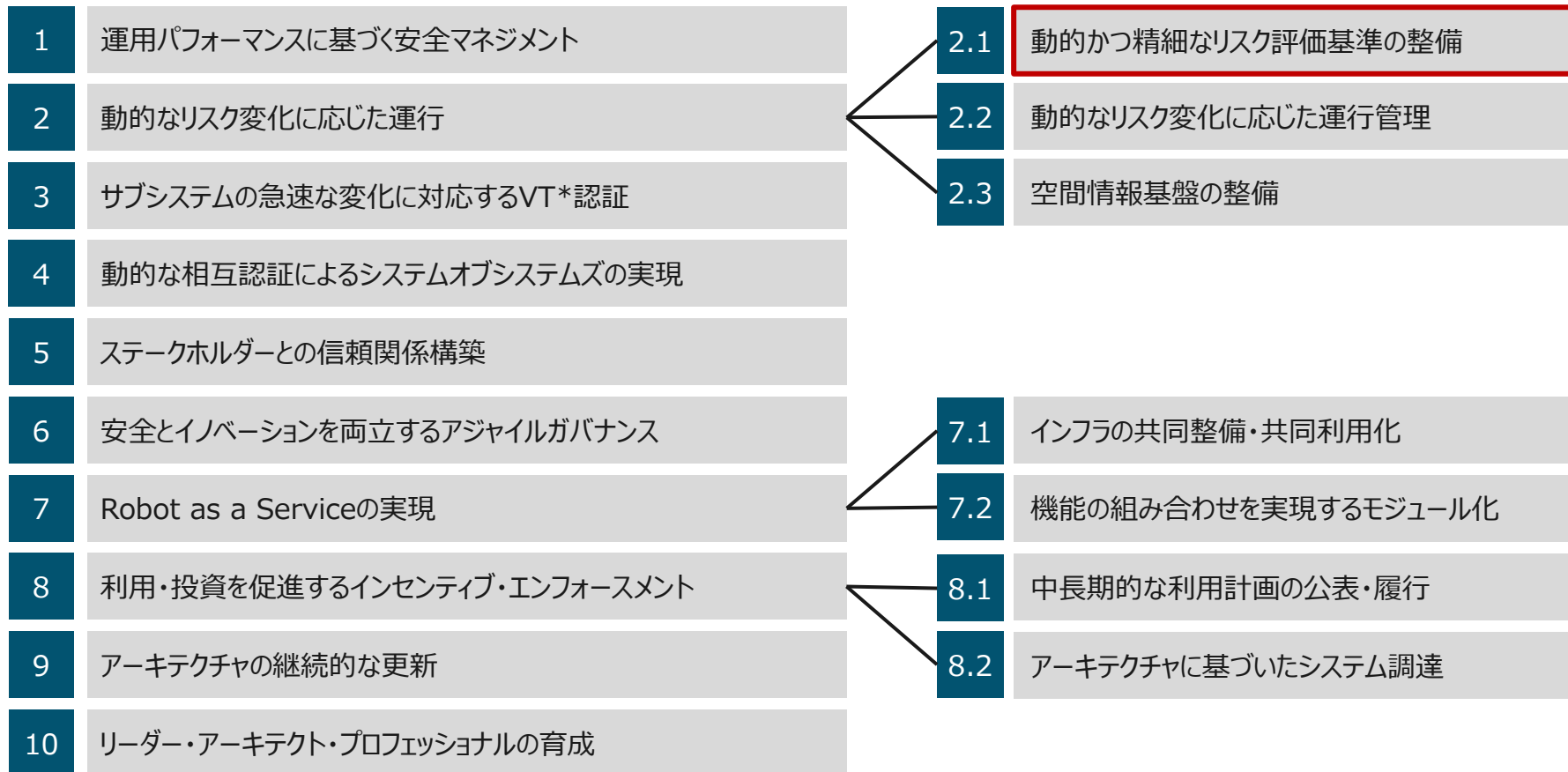
一律な規制の制約を受けないため
空間の利用効率向上



空間のリスクをリアルタイムに把握 ⇒施策2.1

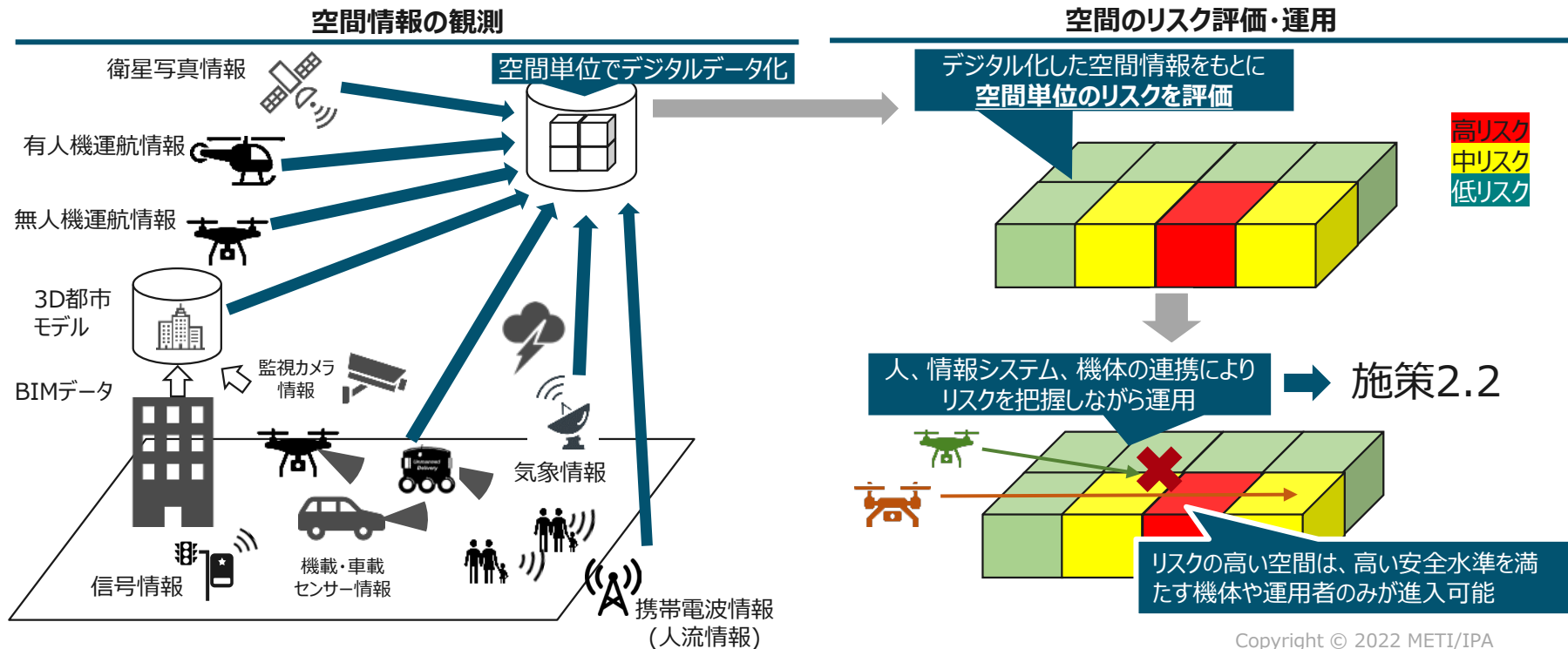
機体機能や情報システムを活用した運用 ⇒施策2.2

空間情報を流通させる基盤の整備 ⇒施策2.3



*VT: バーチャルテスト

空間のリスクをリアルタイムに把握するために、構造物や気象、電波、モビリティ(サービスロボット・ドローン等)、地上の人流等の空間情報を観測し、統合・共有する技術開発を行うとともに、**移動する空間のリスク評価基準を策定・標準化する**必要がある。



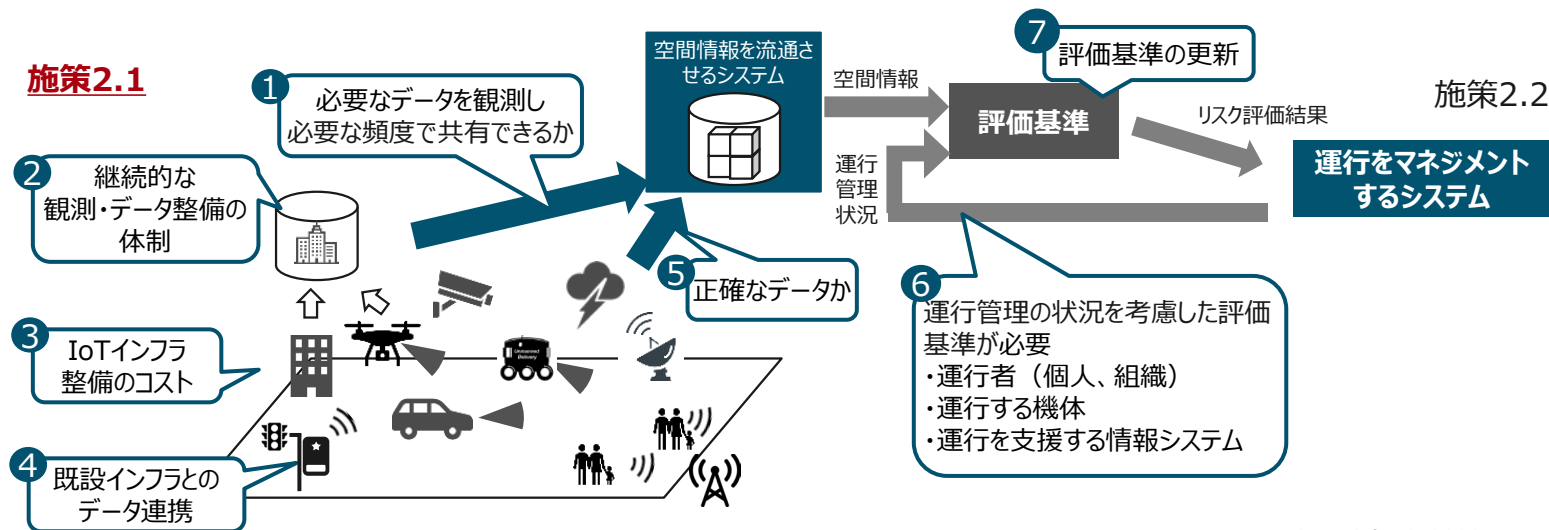
安全な運行に必要な空間情報を観測・共有するフィジビリティ、空間情報を整備するコストが課題。加えて、運行管理の構成要素である「運行者×機体×情報システム」を統合したリスク評価基準の検討が十分ではないことも課題。

空間情報の観測に関する課題

1. 空間情報の動的な観測、共有のフィジビリティが未確立
2. 空間情報の継続的な観測、データ化を実現する体制が未確立
3. リスクを観測するIoTセンサー等の整備費用の負担が大きい (→施策7.1)
4. IoTインフラとの連携手法が未確立 (→施策7.1)
5. 空間情報の品質や真正性の担保が必要 (→施策1、4)

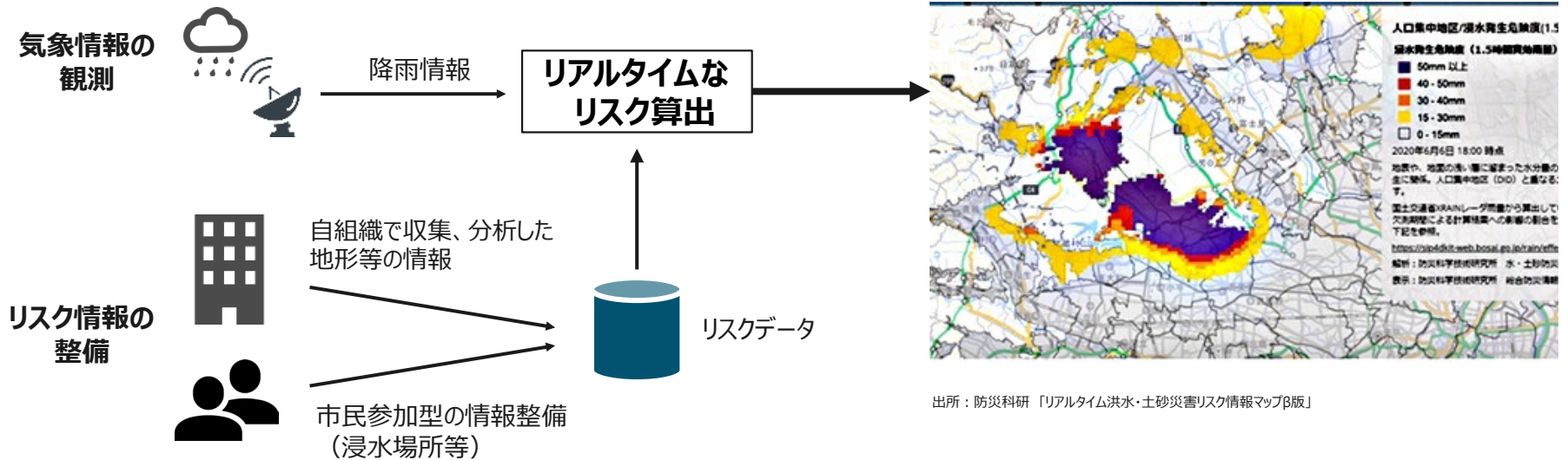
リスクの評価に関する課題

6. 運行者×機体×情報システムを統合したリスク評価基準の検討が不十分
7. 技術革新や運用高度化に対応した評価基準の策定・更新が必要 (→施策1、6、9)



災害分野では、**気象等の情報を動的に観測し、リアルタイムにリスク算出を行い、空間情報として提供する取組が行われている。**

リアルタイム洪水・土砂災害リスク情報マップ(β版) (防災科研)



出所：防災科研「リアルタイム洪水・土砂災害リスク情報マップβ版」

航空機・自動車分野では、センサーを搭載したモビリティが空間情報を観測・送信し、自動処理した上で他モビリティに共有することで、コストを抑えながら観測密度を高める取組が行われている。

機体センサーによる自動リスク算出(日本航空、ウェザーニューズ)

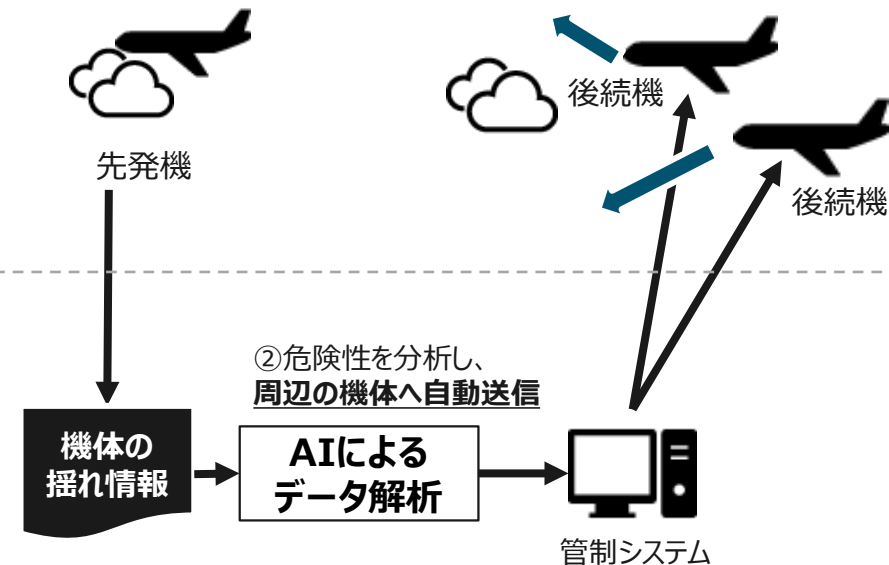
車両センサーによる自動交通情報算出(ホンダ)

モビリティ

データ分析

①機上から機体の揺れ等の観測データを管制に**自動送信**

③後続機にて**事前に安全対策の実施**

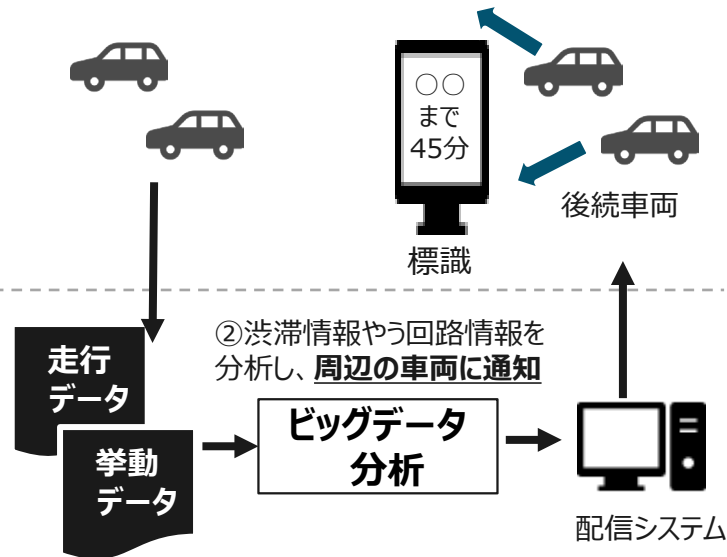


出所：日本航空株式会社プレスリリース

「JALとウェザーニューズ、航空機の揺れによる影響を未然に防ぐ仕組みを共同構築」を参考に作成

①自社車両のセンサー情報をデータセンターに**自動送信**

③後続車両は**渋滞回避等の対応**



出所：本田技研工業株式会社ニュースリリース

「Hondaドライブデータサービス「旅行時間表示サービス」を8月より提供開始」を参考に作成

ドローン運航のリスクアセスメント手法として、2017年にJARUS*¹から**SORA(Specific Operation Risk Assessment)**が発行され、**ドローン運航のリスク評価と、リスクに応じた運用の標準手法**として各国に参照されている。現在、欧州の航空当局を中心に、実運用を踏まえた課題整理と、見直しの動きが進められている。

SORAによるリスク評価手順の概略(SORA Ver2.0時点)

地上第三者への危害リスク評価

- 【入力パラメータ】
- ・飛行エリアの人口密度
 - ・目視内飛行か目視外飛行か
 - ・機体の運動エネルギー
 - ・運用上の特別な注意有無
- 【出力】
- ・1～11（11段階）[*²]

有人機への危害リスク評価

- 【入力パラメータ】
- ・高度
 - ・運航空域の種類
- 【出力】
- ・a～d（4段階）

統合評価

運航のリスクを
I～VIの6段階[*³]で算出

運用でのリスク低減

- ・機体調達時の配慮
 - ・情報システムの品質確保
 - ・オペレーターの教育
 - ・組織管理 等
- これらの低減策を、統合評価の結果に応じて実施

課題

無人機同士の衝突が未考慮

人口密度のパラメータが定性的

都市部のユースケースが未考慮

第三者との安全離隔距離が未定義

EU内での運用が不統一

[*¹]JARUS (The Joint Authorities for Rulemaking of Unmanned Systems) : 各国の航空当局によるドローン運用の検討組織

[*²]地上第三者へのリスク評価(GRC : Ground Risk Class)は1～10だが、Final GRC Determinationの考慮を含めた最大値は11

[*³]GRCが8以上の場合はSORA適用不可となり、より厳密なリスク管理が必要のため、厳密には7段階

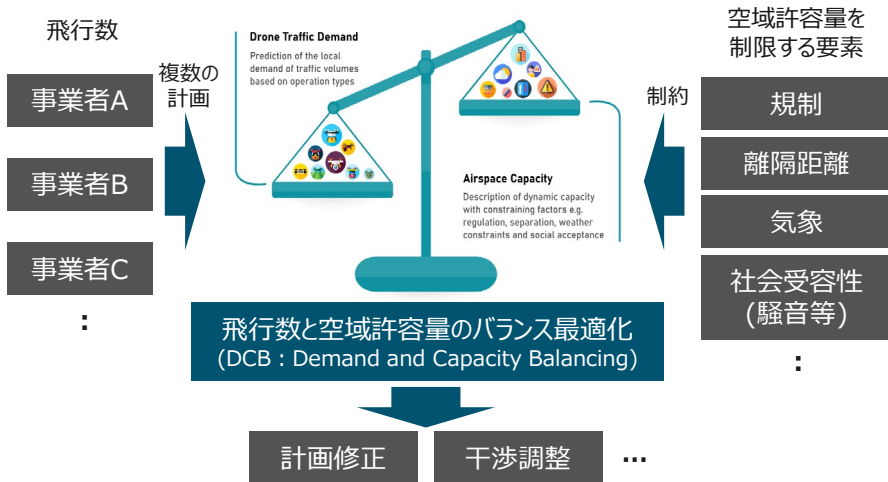
動的なリスク情報を用いた運行に関する国内外動向

欧米では、ドローン運航のユースケース複雑化・高度化に対応するため、SORAに加えて、**動的なリスク情報を用いてドローンの運航管理を行う研究開発**が進められている。

欧州：DACUS (Demand and Capacity Optimisation in U-Space)

複数事業者による空域共有を前提に、飛行数と、安全性・社会受容性に基づいて空域ごとに許容される飛行密度(空域許容量)の最適化を目指す研究開発プロジェクト。

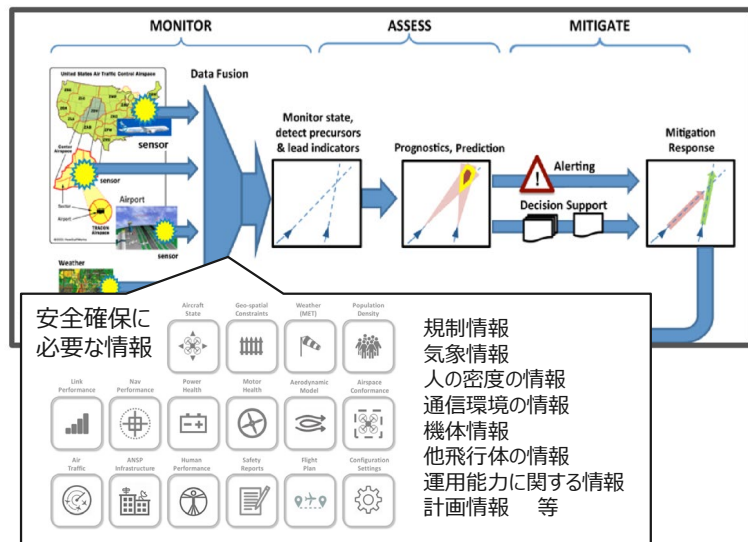
リアルタイムな調整プロセスの検討、運用コンセプトの検討、コンセプト実証のためのモデル検討が進められている。



出所：DACUSコンソーシアム HP

米国：ISSA (In-time System-wide Safety Assurance)

安全上の問題の早期検知と対応を実現するため、様々な情報をリアルタイムに観測・統合・評価し、リスク低減のための情報を運用者に通知するコンセプトで、実現に向けた研究開発が進められている。



出所：NASA [In-Time System-Wide Safety Assurance (ISSA)]

空間情報の動的な観測・共有は、情報の更新頻度や要求精度が高いほど難易度が高くなるため、**ベネフィットとコストの観点を踏まえた更新頻度・要求精度の具体化**を検討していく。また、空間情報を継続的に観測するため、**様々なモビリティやデバイスの活用によるデータ観測**についても検討していく。

空間情報のフィジビリティ検討

ドローンの場合、巡航時や離着陸時は、リアルタイムかつ高精度な空間情報が必要となり、観測・共有の難易度が高くなる。技術的なフィジビリティに加え、提供難易度に見合うリスク低減効果の有無が、フィジビリティ評価の重要指標となる。

ドローンの安全運航のための、空間情報の想定ユースケース

要求される空間情報の精度・リアルタイム性

低 高

低

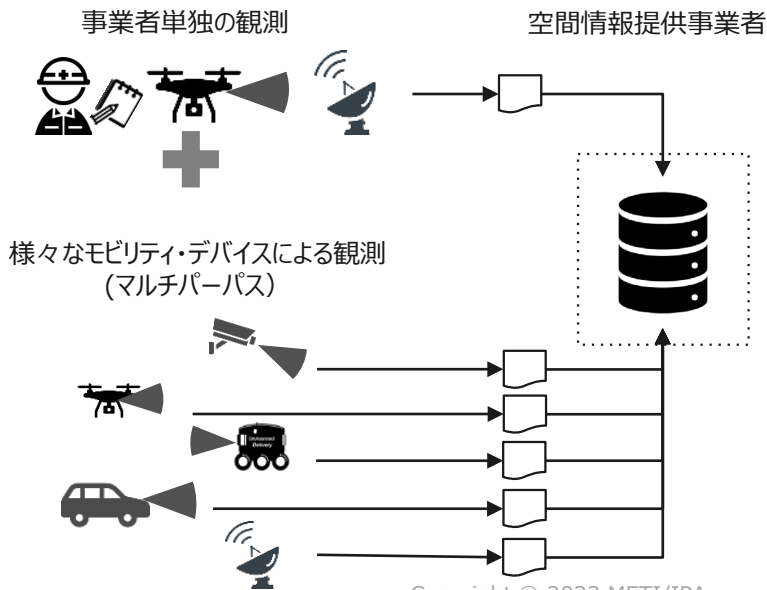
空間情報の更新頻度

高

	ルート設計時	巡航時	離着陸時
地物情報 (地図、3D都市モデル)	地形、地物との衝突回避 離着陸場等の位置確認	地形、地物との衝突回避 離着陸場等の位置確認	-
規制情報 (法的な飛行禁止エリア等)	計画段階での 規制エリアへの侵入回避	飛行中の規制エリアへの侵入回避 事件、事故、災害等による規制エリア変更への対応	-
電波情報 (上空電波、GPS干渉等)	電波途絶の回避	- (電波強度は自機で常時確認している想定)	-
人流情報 (携帯位置情報、カメラ情報 等)	人流が多いエリアの回避	突発的な人流増への対応	離着陸場周辺の 人流確認
気象情報 (風、雲、霧等の情報)	悪天候の回避	気象急変への対応	離着陸場の 気象条件取得
経路計画情報	計画段階での 経路干渉回避・調整	飛行中の 経路干渉回避・調整	-
動態情報 (無人機・有人機の 現在地情報)	-	飛行中の 経路干渉回避・調整 不審機体の発見・監視	離着陸場空域の 混雑状況把握

様々なモビリティやデバイスによる空間情報の収集

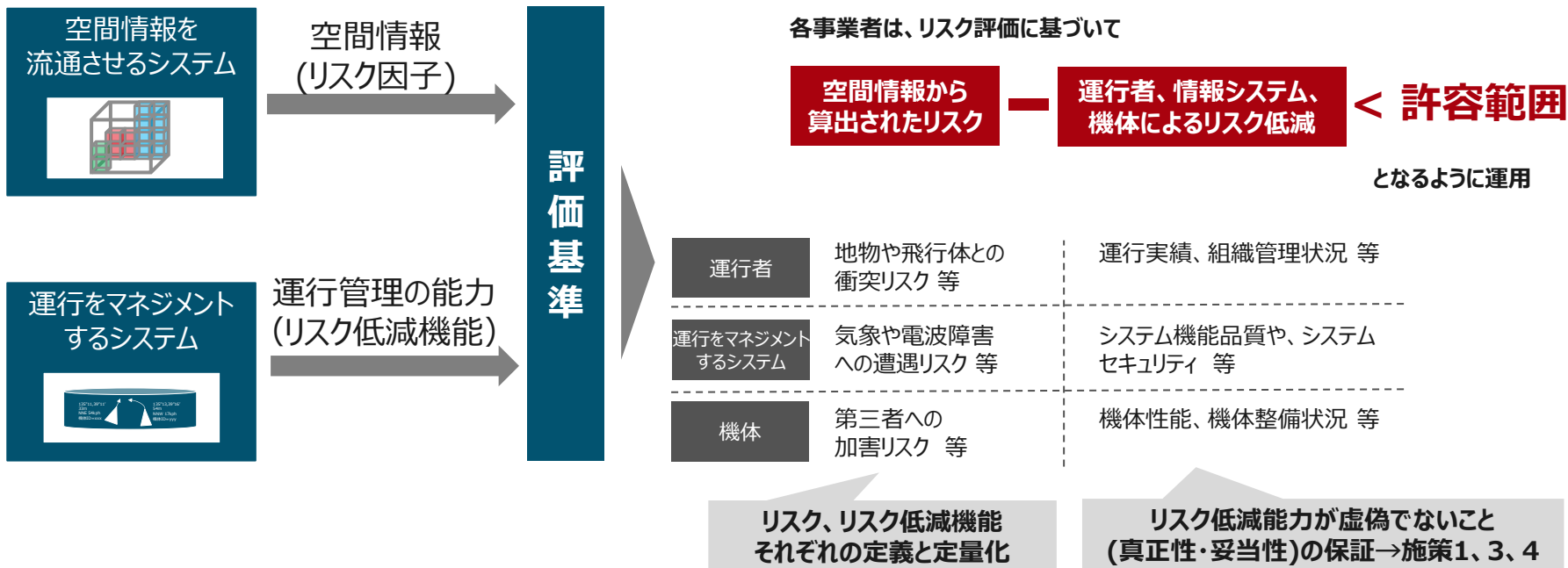
収集・統合の可否や、情報の精度、効率的に集約するための標準化施策、技術開発の要否等について検討していく。

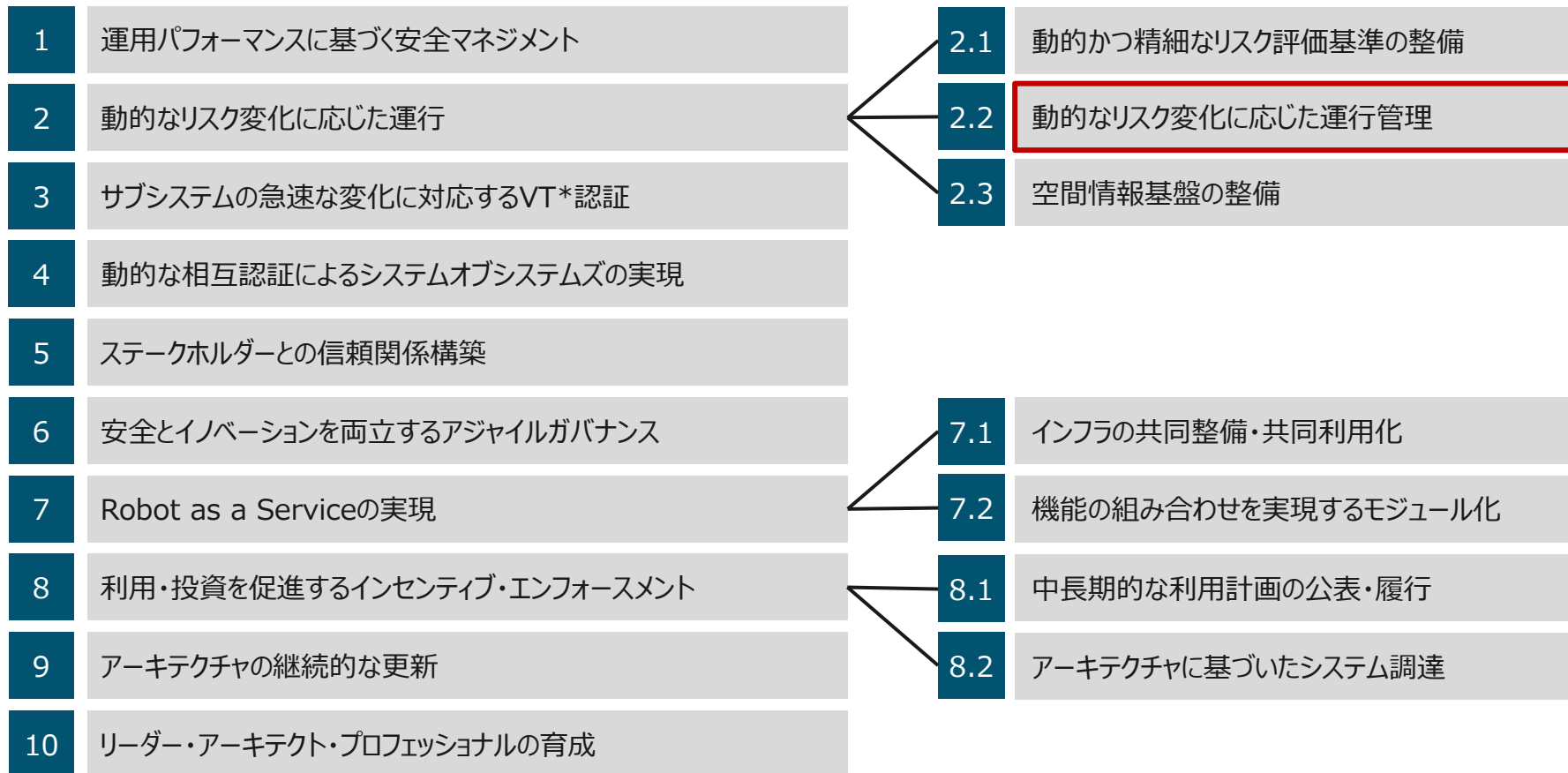


動的かつ精細なリスク評価基準の整備の取組の方向性(2/2)

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。実現にあたっては、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。

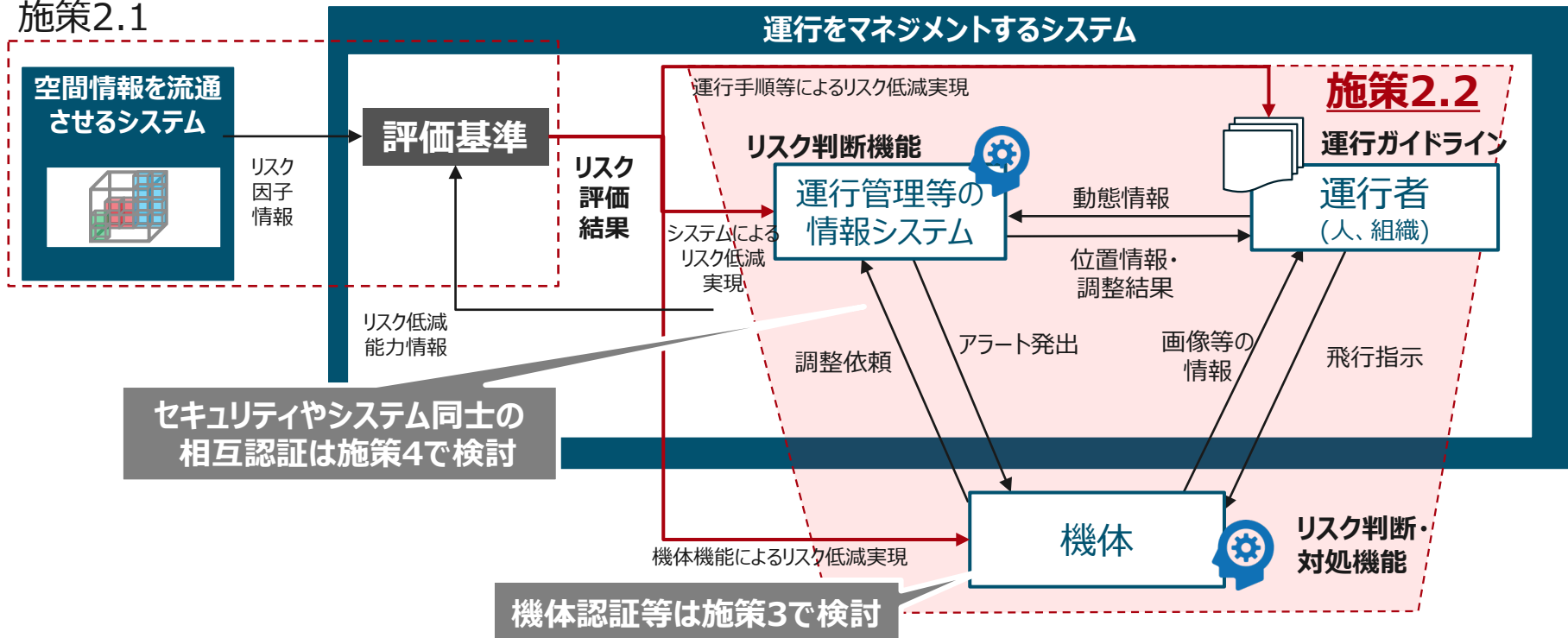




*VT: バーチャルテスト

施策2.1で述べたリスク評価に基づく運行を実現するため、**運行者×情報システム×機体**を総合的に捉えたうえで、**運行管理の技術開発やガイドライン作成**を行う。

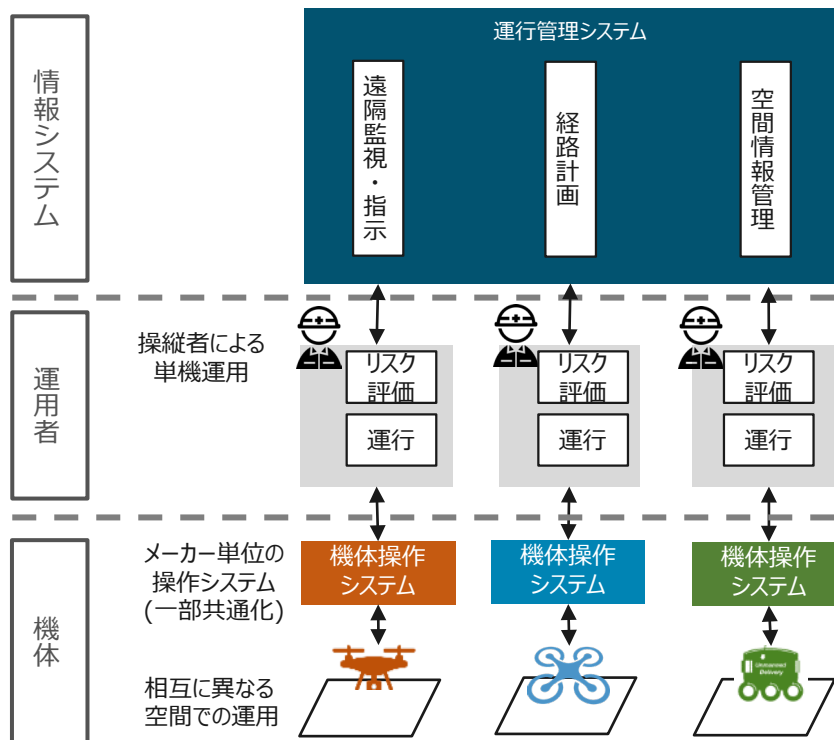
施策2.1



動的なリスク変化に応じた運行管理の課題

運用の高度化や自動化を踏まえた**リスク低減を実現する運行管理の全体像の検討**や、干渉調整、機体への危険回避指示等を実現するための**システム相互連携の検討**が必要である。

人間の状況把握能力に基づく運用



運用の高度化・自動化

(従来)

- 他の機体とは空間を共有しない前提
- 操縦者の認知能力の範囲(1人1機)での運用

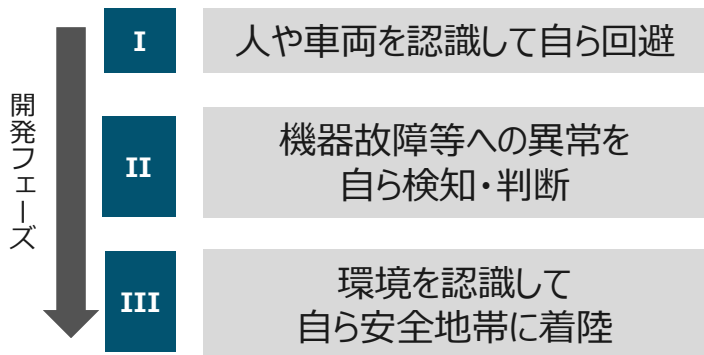


(今後)

- 他の機体と空間を共有する前提 (相互把握・調整が発生)
- 自律移動ロボットや情報システムの機能を活用した、1人複数機運用やリアルタイムな状況変化への対応

ドローン分野では、ドローン運航管理システムと連携しながら自律運航する機体のPoCが段階的に進められている。

NEDO「人工知能技術適用によるスマート社会の実現」における自動化の技術開発フェーズ

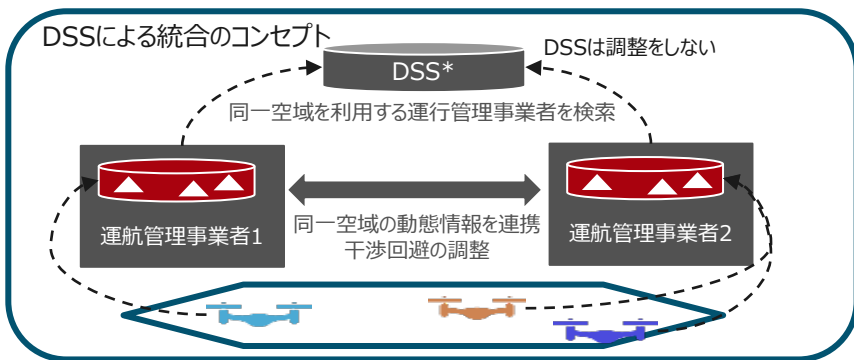


出所：NEDO 「人工知能技術適用によるスマート社会の実現」

ドローン分野では、運行管理システムを連携するための「DSS*」がASTMで標準化され、米国等の運用に取り入れられつつある。国内では実証実験によってシステム間連携のフィジビリティは確認できているが、標準化等の検討は今後という状況。

DSSによる運行管理システムの連携(統合管理)

ドローンの運航管理事業者間を連携するための技術仕様であるDSSが、ASTM WK63418 “New Specification for UAS Traffic Management (UTM) UAS Service Supplier (USS) Interoperability”として標準化されている。



米国次期ConOpsにDSSの概念を取込 (2022年発行予定)

オープンソースによる実装(InterUSS)



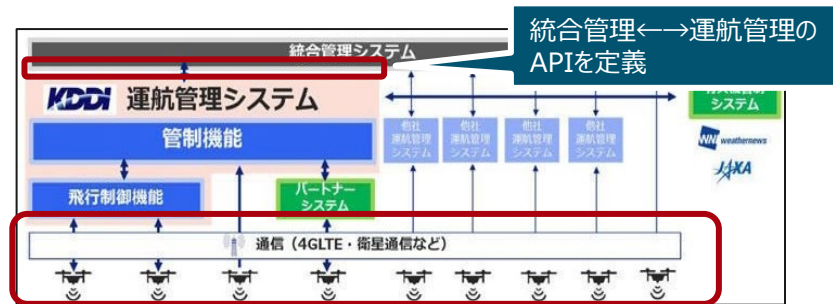
スイス等の社会実装に適用

出所：UAS Traffic Management (UTM) Field Test (UFT) InterUSS Platform (github)

国内実証実験 (NEDO等)

*DSS: Discovery and Synchronization Service

複数のシステム接続パターンで実証実験を実施。機体からの動態情報送信、統合管理システムと運航管理システム間の接続といった一部の機能については実証事業の成果としてAPI公開等を実施済み。統合管理システムの在り方等については継続的な検討、検証が必要。



機体→システム：動態情報送信の共通APIを定義
システム→機体：実証実験では未定義。
機体ベンダーの競争領域でもあり、国際的にも標準化等の目立った動きはない

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」の機能分担のあり方や、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

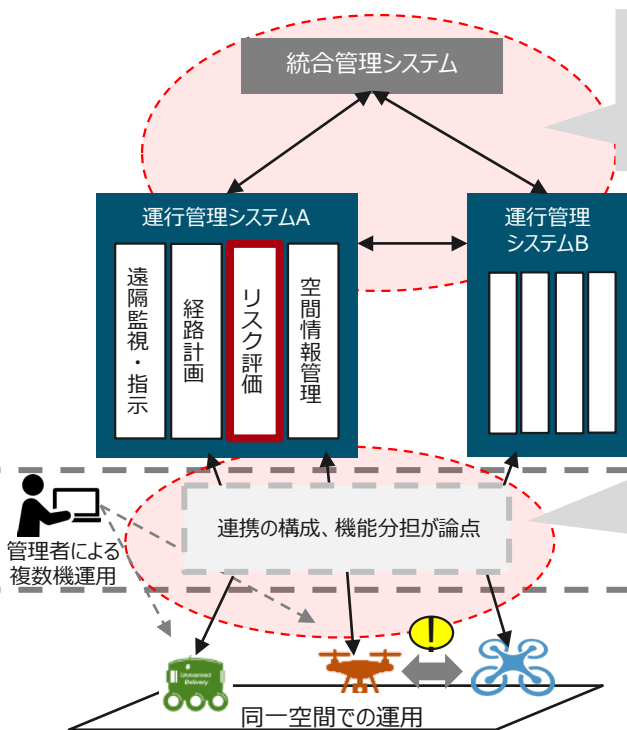
複数機運用に求められる運用技術の検討

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



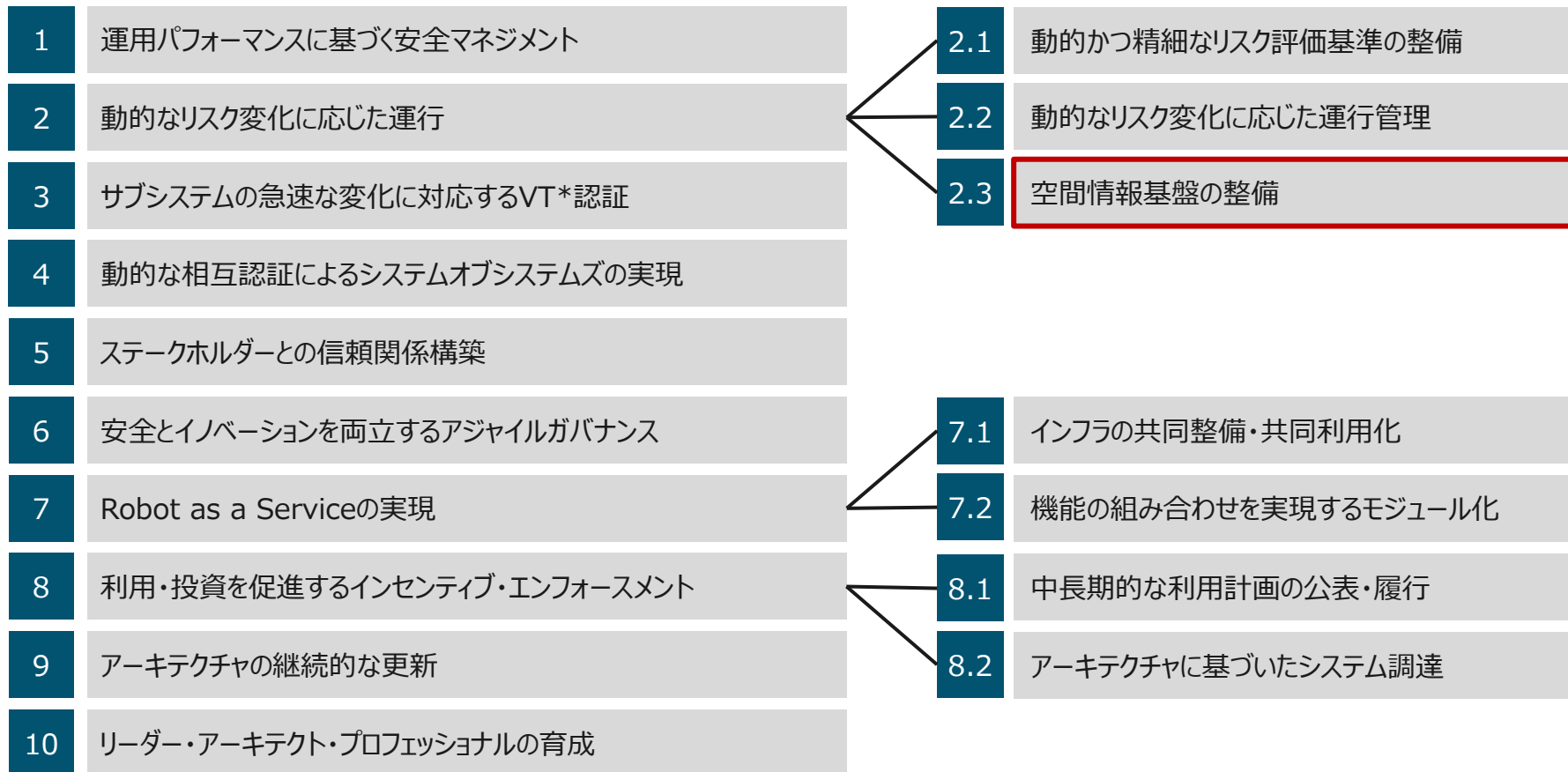
運行管理システム間の連携(統合管理)の検討

- ・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・インターフェースのあり方の検討

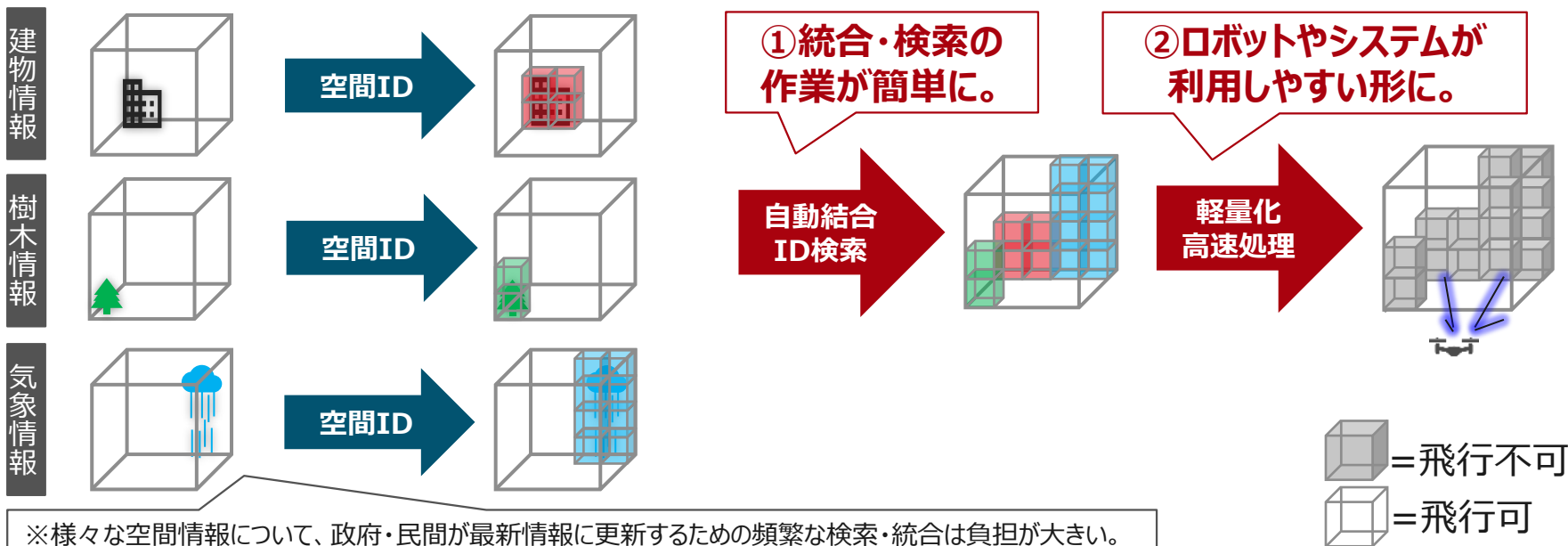


*VT: バーチャルテスト

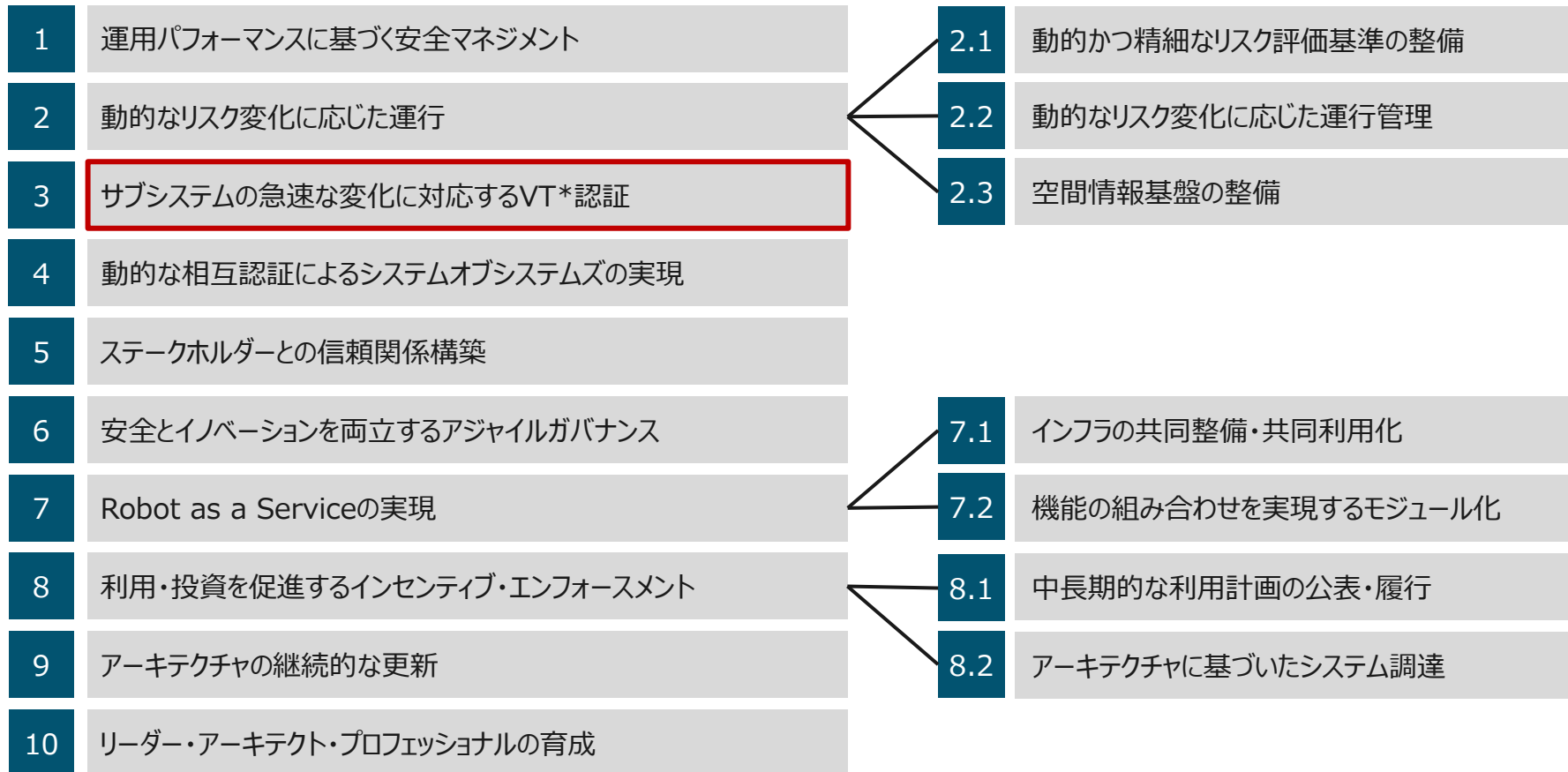
空間情報基盤の整備の概要

※詳細は3次元空間情報基盤アーキテクチャ設計報告書参照

デジタル完結・自動化・全体最適化を実現し、自律移動ロボットの社会実装を進めるため、自律移動ロボット・システムが異なる種類の空間情報を簡易に統合・検索したり、軽量に高速処理できる仕組みとして、異なる基準に基づいた空間情報であっても一意に位置を特定できる3次元空間ID（点ではなく粗い区切りの箱状のグリッドで定義）を検索キー（インデックス）として導入し、**鮮度の高い様々な空間情報（時間情報含む）**を**高速・自動で結合できたり、簡単に検索できるようにする技術開発・標準化**を行う必要がある



※様々な空間情報について、政府・民間が最新情報に更新するための頻繁な検索・統合は負担が大きい。また、人間が読む前提の空間情報は、情報量が多く、ロボット、システムによる高速処理が難しい。

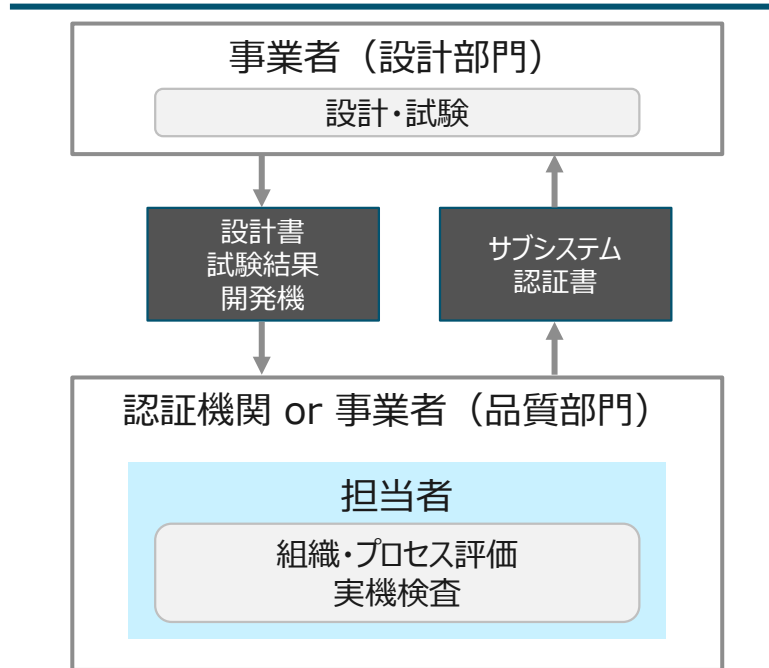


*VT: バーチャルテスト

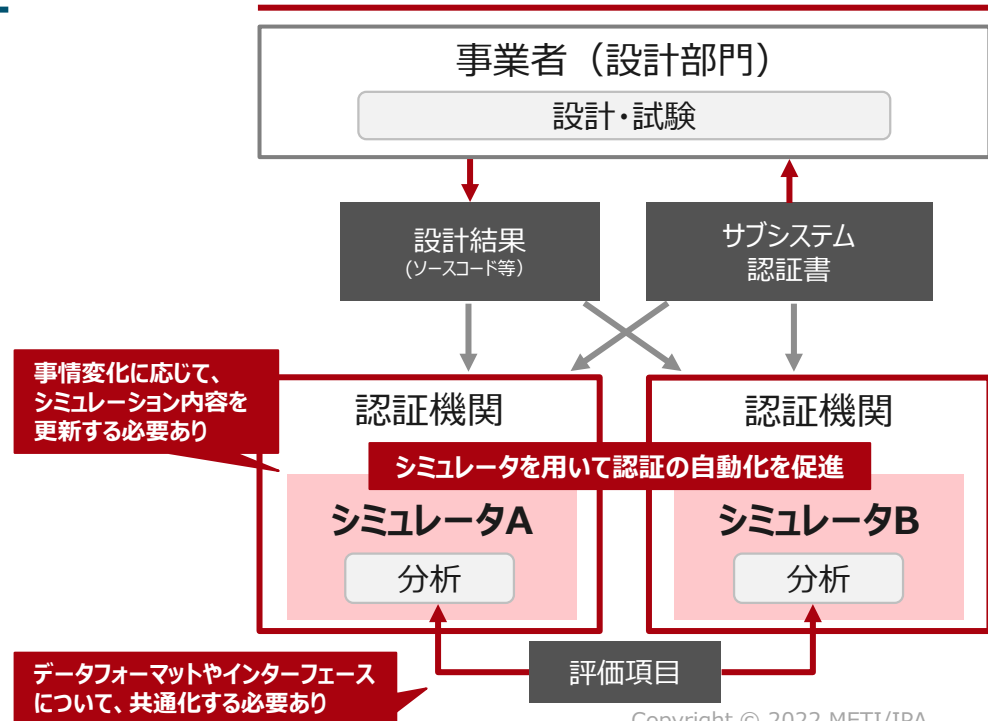
サブシステムの急速な変化に対応するVT*認証の概要

様々なシステムが相互に連携して、各システムの更新頻度が高くなり、さらにはAIによる判断が増大していく中で、システム全体の安全性・信頼性を高めながらイノベーションを促すため、シミュレータ等を用いてシステムの認証の自動化を促進する仕組みについて、技術開発・標準化を行う必要がある。

As-Is : 認証



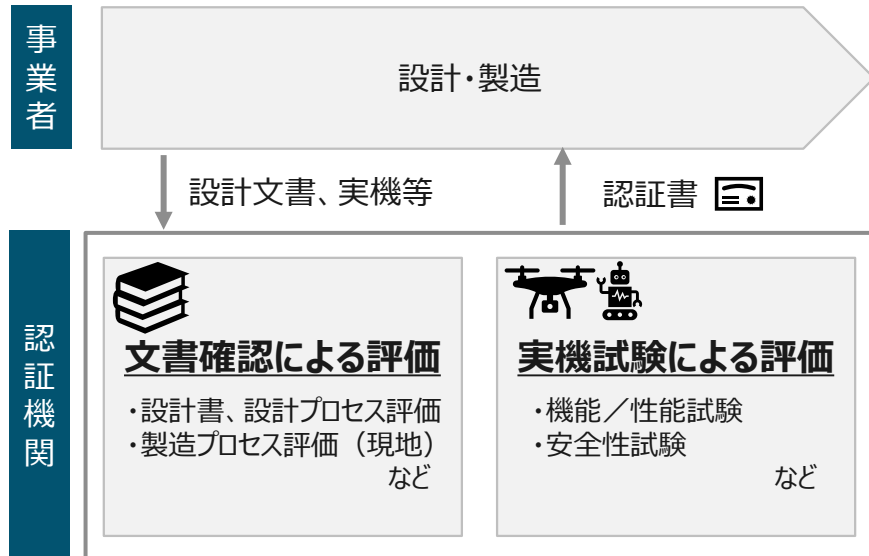
To-Be : VT認証



自律移動ロボットにおける現状の安全論証の課題

実機試験による評価だけでは、現実で発生する可能性がある全てのケースを網羅的に実施することができないので、設計文書や試験結果などにより安全性を確認（プロセス認証）している。しかし、プロセス認証では、安全性を論証するために膨大な文書作成が必要になり、時間とコストがかかる。

プロセス確認による安全論証



プロセス確認による安全論証の課題

プロセス認証では時間とコストがかかる

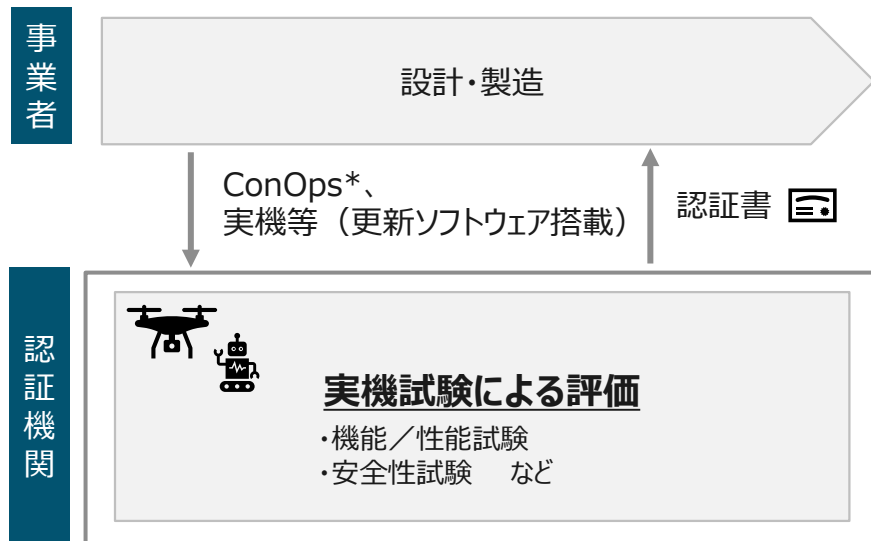
プロセス認証においては、計画書・設計文書・図面/ソースコード・試験結果等の膨大な文書を作成し、それぞれのトレーサビリティを確保しながら、製品/サービスが安全であることを論証する必要がある。

実機試験をベースにした安全論証
についても検討が始まっている

ソフトウェア更新時における安全論証の課題

ソフトウェア更新時における安全論証において、型式認証時と同等の実機試験による評価では、**評価のたびに発生する時間的、コスト的な負担が大きいことが想定される**。また、実機試験だけでは網羅的な試験が困難なため、**試験項目や条件選定の妥当性を確認することが困難**。

ソフトウェア更新時における安全論証



*ConOps(Concept of Operations)：運用に関する基本概念と対象範囲文書

ソフトウェア更新時における安全論証の課題

期間とコストの負担が大きい

長時間の実機試験により、**時間的、コスト的な負担がかかり**、高頻度の更新が想定されるシステムでは適用が困難な可能性がある。

試験項目や条件設定が困難

運用条件やシステム特性に基づいて試験項目を作成するため、**網羅的な試験が困難**。また、**試験項目や条件設定の妥当性を確認することが困難**。

自動車の安全認証規格（ANSI*/UL4600）では、プロセス認証ではなくゴールベースでの安全性の認証が求められている。この規格では、設計プロセスの柔軟性が許容されており、なぜ安全であるのかを、証拠（分析、シミュレーション、実機試験等）により論証することが重要視されている。

自動車の安全認証規格（ANSI*/UL4600）

発行時期	2020年4月	分野	自動運転の安全論証、自律走行製品の安全評価規格
特徴	・ <u>セーフティケース</u> を規格策定の中心に位置付け ・「自動運転が十分に安全であると論証する構造化された方法」を提示する、 <u>ゴールベースドアプローチ</u>		

セーフティケースによる論証

セーフティケースは①**要求**(安全の達成)→②**論証**→③**証拠**の3つの要素で構成された安全論証の方法

(例)

- ①**要求** … 自動運転車は歩行者に衝突しない
- ②**論証** … 自動運転車は歩行者を検知し止まる
- ③**証拠** … 検出と回避テストの結果

ゴールベースドアプローチ

- 自動運転車がなぜ安全であるのか、その証明（**証拠による論証**）を求める。
- **設計プロセスの柔軟性を許容**する。論証できればよく、**特定の設計プロセス、特定の技術にとらわれることはない**。検証方法も指定しない。
- 分析、**シミュレーション**、テストコース、公道試験の組み合わせでシステムの**安全性が適正なレベルで確保されていること**の**論証**を求めている。

シミュレーションテストのオープンスタンダード化事例

自動車業界では、国際標準化団体ASAM*を設立し、シミュレーションテストのオープンスタンダード化を進めている。これにより、設計チーム間、およびOEM、サプライヤー、規制当局等の異なる組織間でシナリオ等のコンポーネントの再利用、共有を実現し、自動運転システムの安全性と開発効率の向上を目指している。

○シミュレーション規格例

フォーマット

OpenDRIVE

XMLで道路網を記述するための共通仕様。道路、車線、標識、信号等を記述。

- ドライブシミュレーション
- 交通シミュレーション
- センサーシミュレーション

OpenCRG

路面の詳細な状態を記述するための共通仕様。OpenDRIVEを補完する規格。

- タイヤシミュレーション
- 振動シミュレーション
- ドライブシミュレーション

シナリオ

OpenSCENARIO

車両の複雑な操作や歩行者の動き等の動的な情報のエンコードのための標準シナリオ仕様（XML）。ツール間のシナリオ転送が可能。

- ドライブシミュレーション
- 交通シミュレーション

インターフェース

OSI

自動運転機能とドライブシミュレーションフレームワーク間のインターフェース。シミュレーションモデルデータの交換が可能。

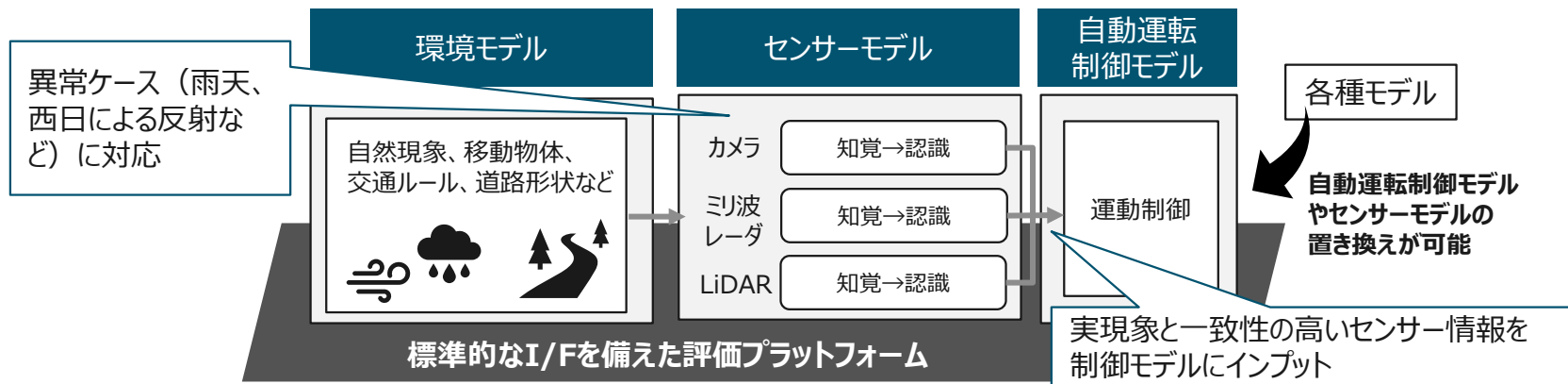
- ドライブシミュレーション
- センサーシミュレーション

シミュレータを活用した自動走行評価の事例

自動車の自動運転システムにおいて様々な交通環境下で再現性の高い安全性評価を行うため、実現象と一貫性の高いセンサーシミュレーションモデルの研究開発、実証が進んでいる。

戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期／自動運転（システムとサービスの拡張）

テーマ	仮想空間での自動走行評価環境の整備手法の開発	期間	2018年度～2020年度
目的	<ul style="list-style-type: none"> 自動運転システムの安全性評価の効率化を目指し、仮想空間上で安全評価環境を構築する。 実現象との一貫性の高いセンサーモデルを構築し、シミュレーションによる自動走行評価の妥当性を確認する。 		

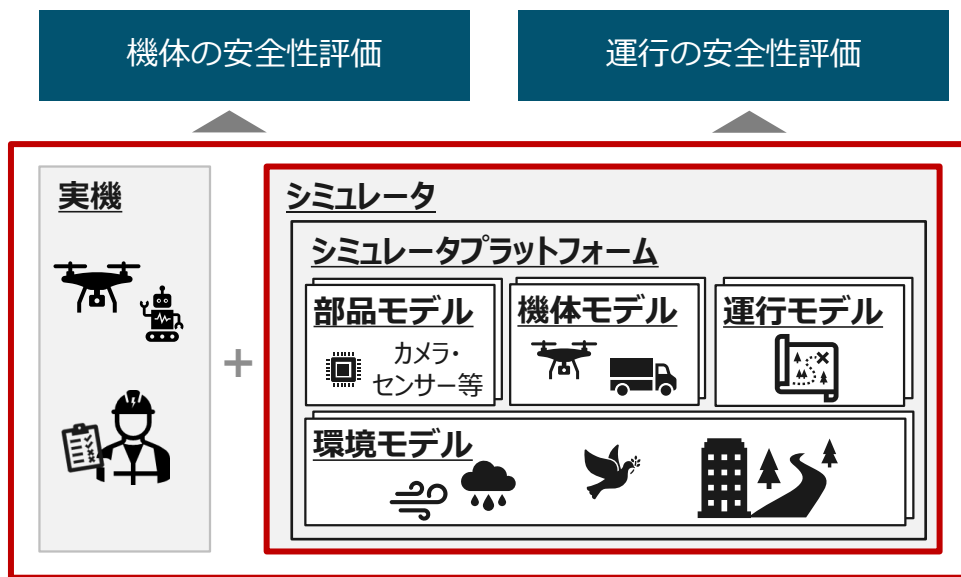


出所：戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期自動運転（システムとサービスの拡張）／仮想空間での自動走行評価環境整備手法の開発
令和2年度報告書を元に作成

VTによる安全性評価に関する取組の方向性

システム全体の安全性・信頼性を高めながらイノベーションを促すために、シミュレータを活用したVTによる安全性評価の検討を行う。シミュレータはプラットフォーム上に環境・部品・機体・運行モデルを利用者が適宜組み合わせて利用できる仕組みを検討していく。

シミュレータによる安全性評価モデル



安全性評価項目

運用データ（事故・ヒヤリハット情報等）による評価項目策定

取組の方向性

シミュレータによる評価モデル

異常条件やイレギュラーケースなど実機では実施困難なケースをシミュレータで行うなど、シミュレータを活用した効率的な評価モデルを検討していく。

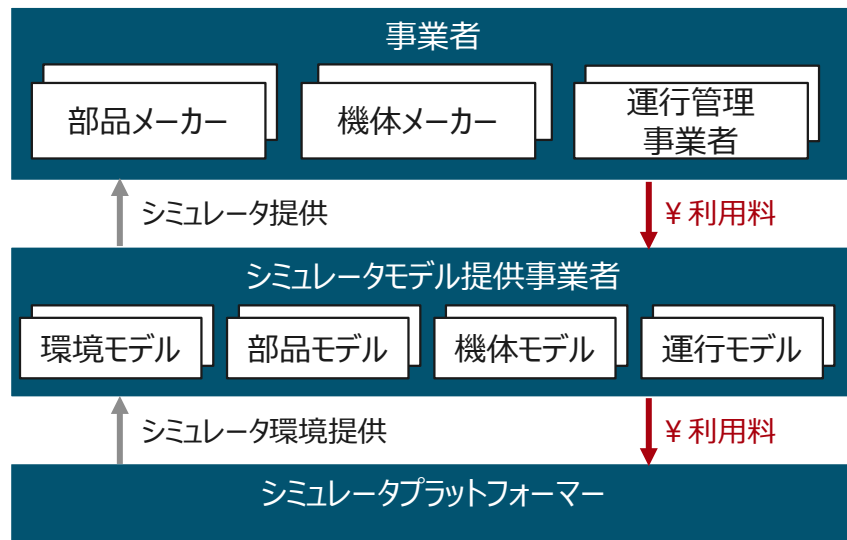
シミュレータの検討

プラットフォーム上に環境・部品・機体・運行モデルを利用者が適宜組み合わせて利用できる仕組みを検討していく。

VTによる安全性評価に関する事業モデルの方向性

VTによる安全性評価の**役割分担**、プラットフォーム上から環境・部品・機体・運行モデル等を自由に選択可能とする**シミュレータの提供方法**を含めた**事業モデルを検討**していく。

VTによる安全性評価の事業モデル案

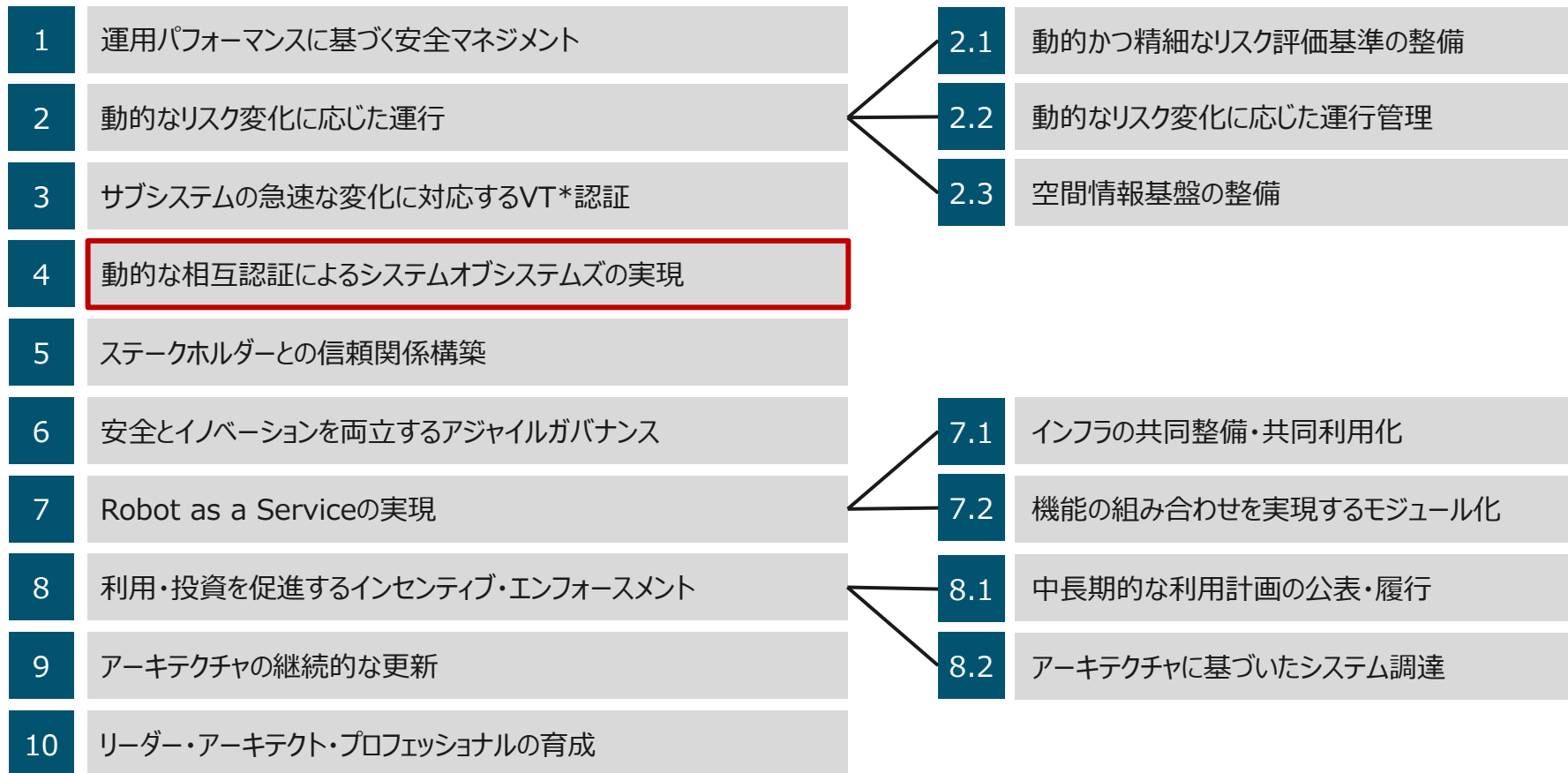


取組の方向性

事業モデルの方向性

VTによる**安全性評価の事業モデルを検討**していく。

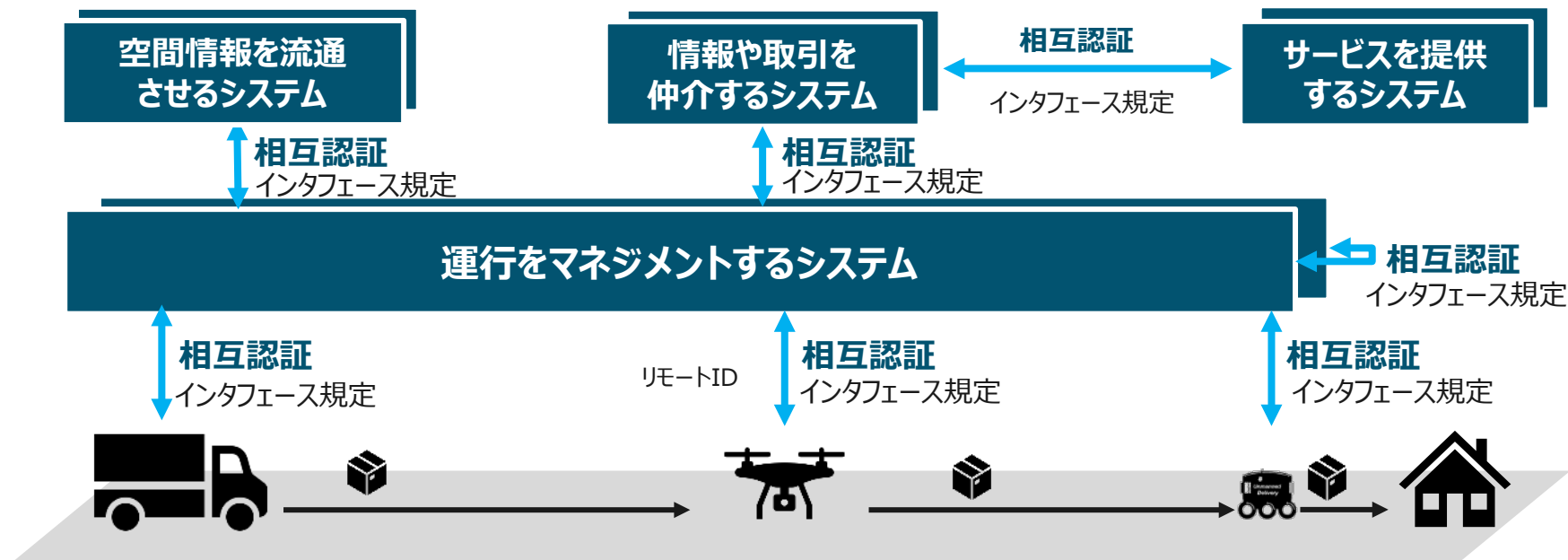
- シミュレータの提供においては、**プラットフォーム上に環境・部品・機体・運行モデルを提供し、利用者が自由に組み合わせて利用可能な事業モデル**を検討していく。



*VT: バーチャルテスト

動的な相互認証によるシステムオブシステムズの実現の概要

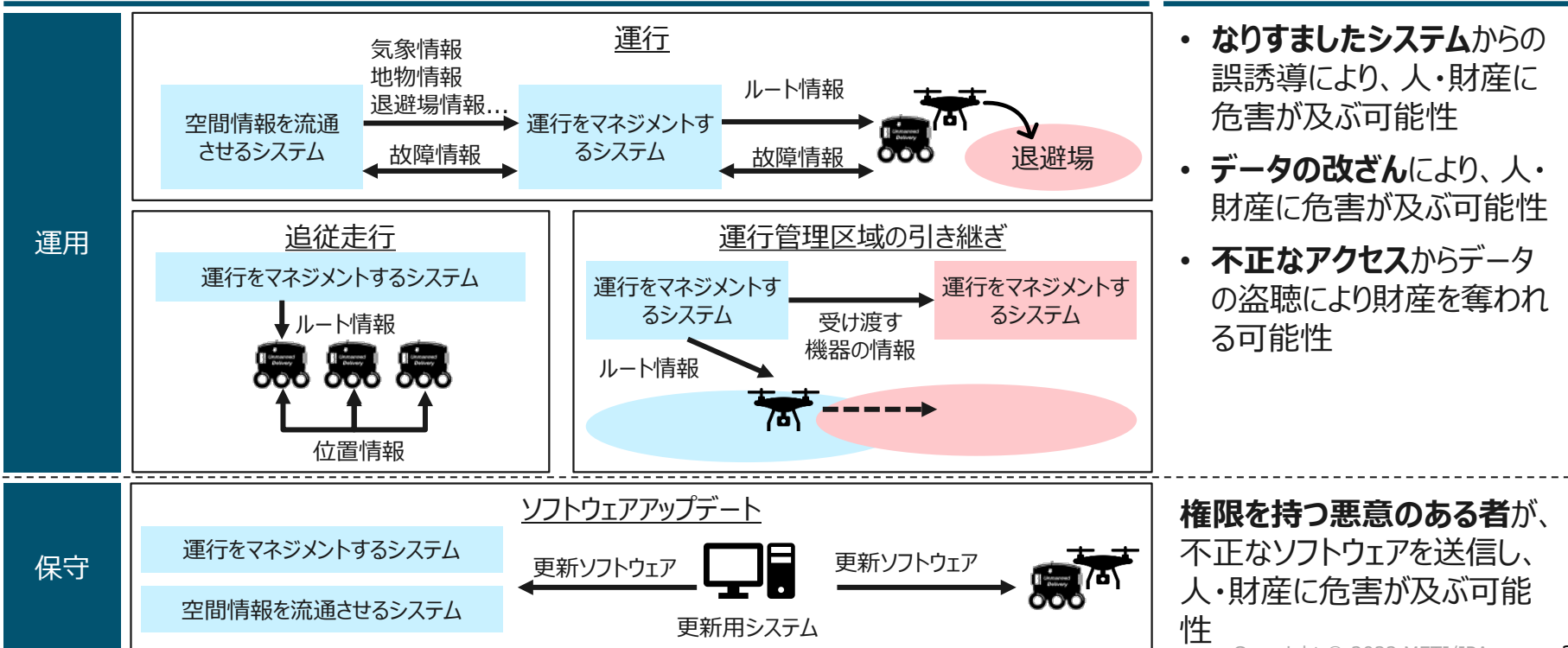
様々なシステムが相互に連携して、各システムの更新頻度が高くなり、さらにはAIによる判断が増大していく中で、システム全体の安全性・信頼性を高めながらイノベーションを促すため、**システム同士が相互に認証する仕組み（ドローンの場合はネットワーク型リモートID等）**について、**技術開発・標準化**を行う必要がある。



なりすましたシステムやデータの改ざん、また権限を持つ悪意ある者による不正なソフトウェアアップデートにより、自律移動ロボットの不正な制御が懸念され、人・財産への危害を加えられるおそれがある。

ユースケース

課題



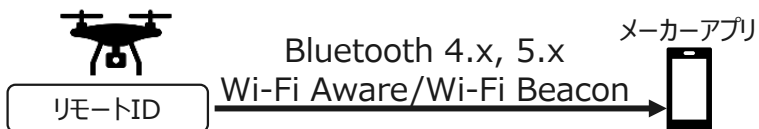
ドローンにおけるリモートIDに関する国内外動向

ドローンのデジタルナンバープレート(リモートID)の搭載義務化が進んでいる。さらに、リモートIDを活用しセキュアに相互認証する規格 (IETF RFC9153、InterUSS Project) の策定も進んでいる。

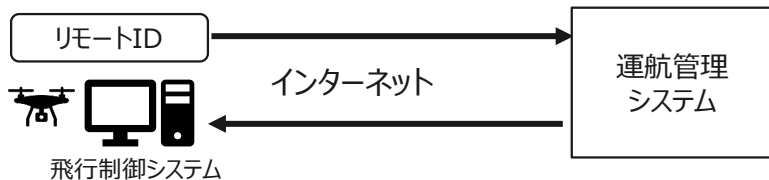
ドローンを識別するためのメッセージ規格

ASTM F3411では**ブロードキャスト型/ネットワーク型**のメッセージ規格を策定

電波で報知
(ブロードキャスト型リモートID)



ネットワーク経由で通知
(ネットワーク型リモートID)

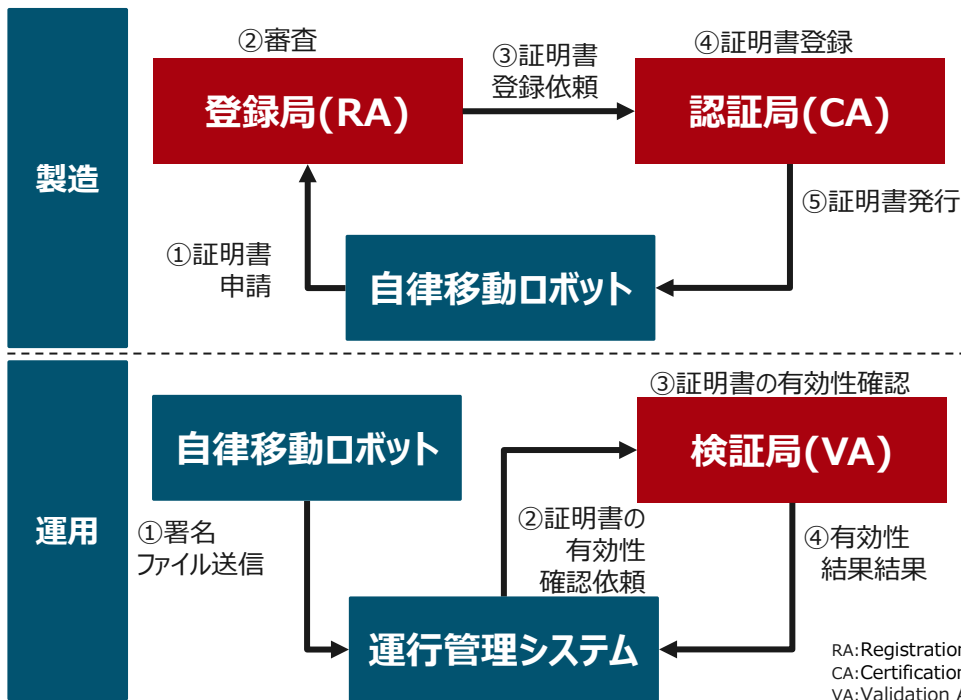


ドローンを識別するための通信プロトコル規格

	RFC9153	InterUSS Pj
規格	リモートIDと追跡のための通信プロトコル標準仕様	高信頼、安全、スケーラブルな相互運用を実現するためのオープンソース
組織	IETF	Linux Foundation
ASTM規格	準拠	準拠
セキュリティ(なりすまし)	対策済	対策済
ステータス	規格策定中 22/02ドラフト版公開	ソースコード公開済 (会員限定)

ドローンにおいて運用が開始されるリモートIDをネットワーク接続し相互認証に利用して問題ないか、関連システムや他モビリティにて同様の仕組みで成り立つかを検討していく。

相互認証を実現する仮説



取組の方向性

システム間の相互認証

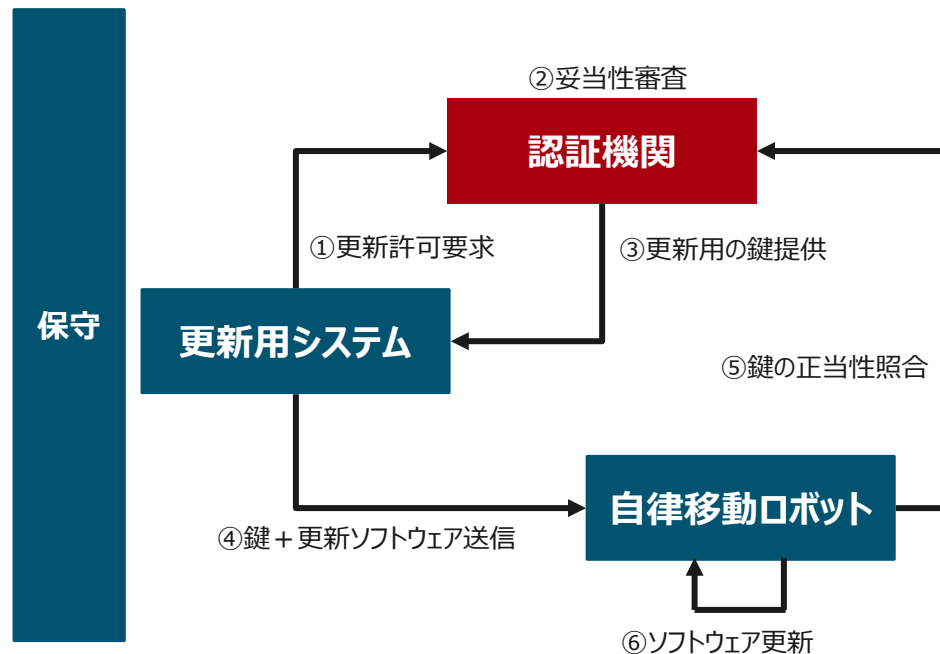
ドローンにおいてはリモートID仕様が策定され、ブロードキャスト型の運用が始まっているが、ネットワーク型となり相互認証に活用した場合に、リアルタイム性、相互運用性、セキュリティ等の観点で問題がないか検討していく。

ドローン機体以外の関連システムや他モビリティにおいて、リモートIDと同様の仕組みを検討していく。

動的な相互認証における取組の方向性(2/2)

権限を持つ悪意のある者による不正なソフトウェア更新を防ぐために、**妥当性を判断し許可を出す仕組みと担い手**を検討していく。

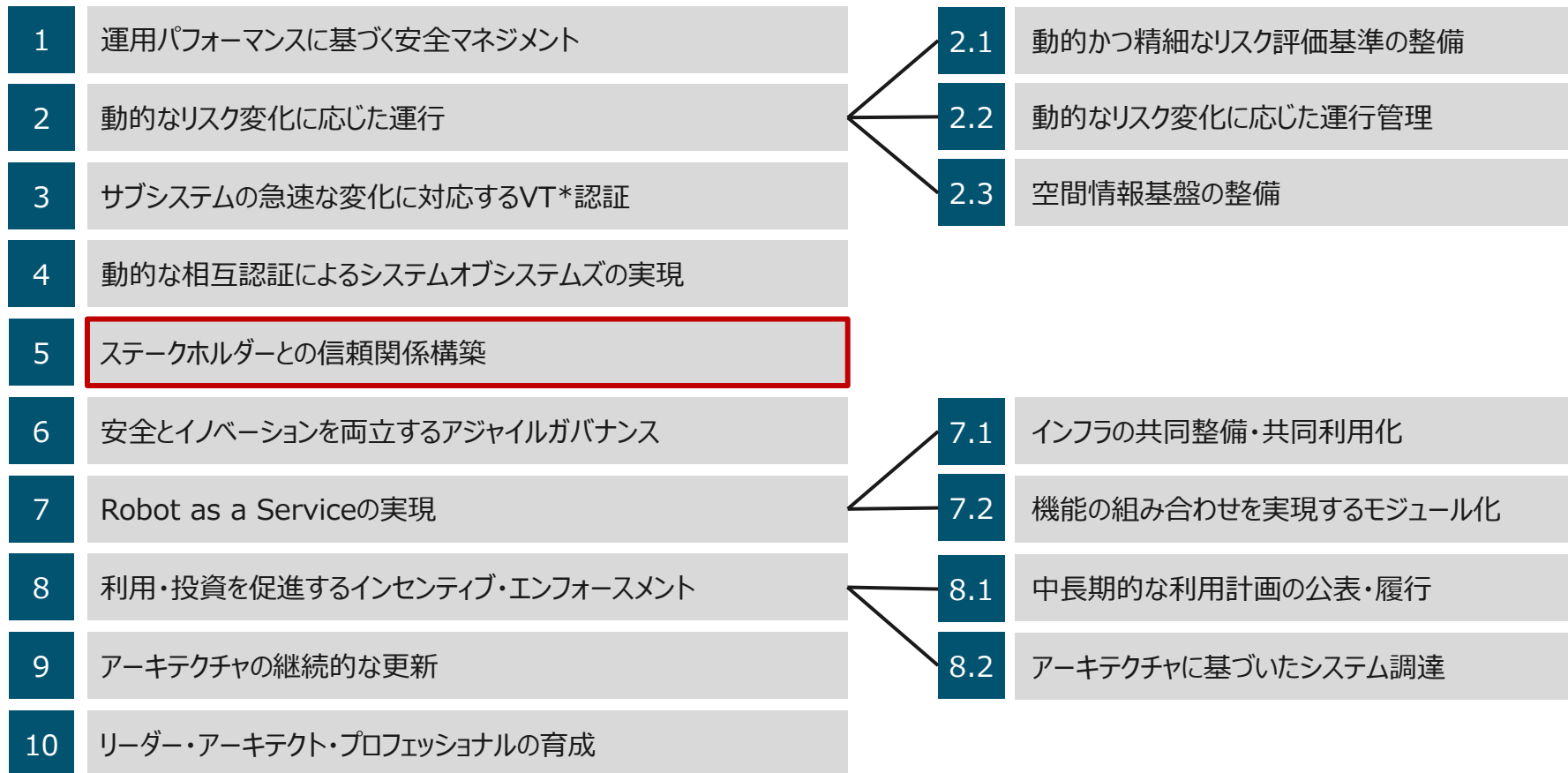
不正なソフトウェア更新を防止する手段の仮説



取組の方向性

権限を持つ悪意のある者によるソフトウェア更新

安全性の観点から**妥当と判断されたソフトウェアだけが更新できる仕組み**や、**妥当性の判断を行う担い手**を検討していく。



*VT: バーチャルテスト

ステークホルダーとの信頼関係構築の概要

多様なステークホルダーからの信頼を高めながらイノベーションを進めるために、ステークホルダーと双方向の対話を行いながら、自律移動ロボットによる価値とリスクを共有するとともに、ステークホルダーの懸念の解消を促進する仕組みについて、検討・技術開発・ガイドライン作成が必要である。

AS-IS

リスクの過大評価



価値の過小評価

会社を信用できるの？

危ないのでは？

事故が起きたら？

自分には関係ない

不安の増大

価値認識の低下

不安・懸念を
相談できない・
解決されない

騒音

景観

プライバシー懸念

各種権利侵害

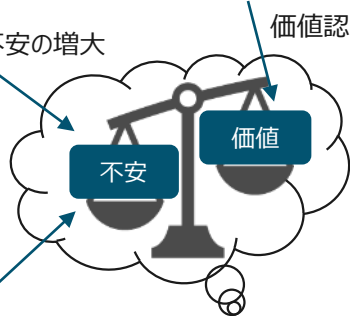
危険な飛行・走行

障害者への配慮

公共空間での共存

廃棄方法

不安・不信感の
増大



事業への不信

多くのステーク
ホルダーが不信



利用の停滞→事業困難

TO-BE

正しいリスク評価



正しい価値評価

事業者の健全性

実際リスクに応じた運用

事故対応の取組

安全性・信頼性の説明

不便の解決

災害時の安心

より豊かな生活の実現

価値事例の見える化・共有

不安の
軽減

価値認識の向上

不安・懸念を
相談でき、
解決される

シビックテック等も
用いながら相談可能



事業者・関係機関等への
対応指示



不安・
不信感の
増大防止

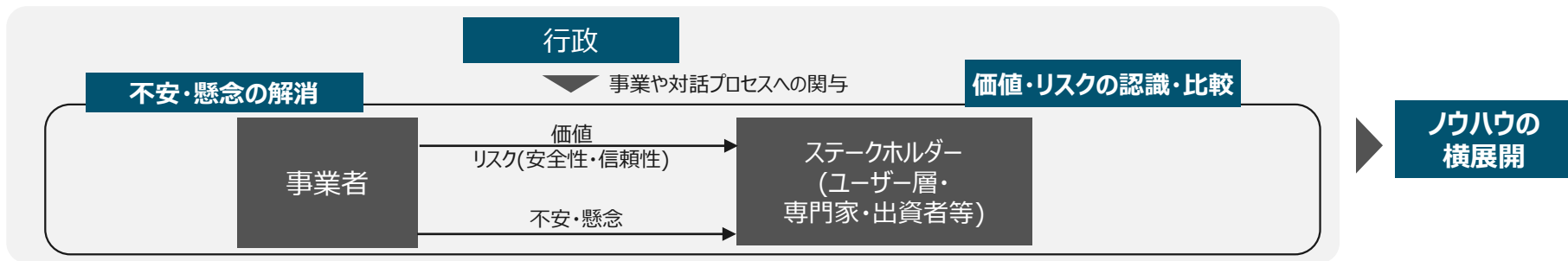
事業への信頼

多くのステーク
ホルダーが信頼



利用の拡大→事業継続

信頼関係の構築には、事業者とステークホルダー間の継続的な双方向対話が不可欠である。対話プロセスの構築においては、個人・地域ごとの差異による合意形成の難しさ、適切なリスク開示のあり方、不安や懸念をサービス改善につなげ、解決する仕組みの構築、および構築したプロセスの横展開が課題となる。



価値・リスクの認識・比較

- ・ ステークホルダーや地域ごとに考え方が異なるため、ニーズの定義、リスクの説明、合意形成活動を**事業者のみで担うことが難しい**。
- ・ **ユーザーの関心が低く**、説明や合意形成の場を作れない。
- ・ 価値やリスクの合意ができて、**採算がとれず、サービスを継続できない**。
- ・ リスクに関する**正しい情報がステークホルダーに開示されない**ことで、不信感を招く。
- ・ 専門家ではないユーザー層にとって、**リスクの適切な理解は困難**である。

不安・懸念の解消

- ・ ステークホルダーの**不安・懸念**を事業者に伝える**適切な仕組み**がないと、ステークホルダーの不満が募り、信頼関係を損ねる。
- ・ 複数企業が参入する場合、ステークホルダーの不安・懸念を、**一事業者のみで解消することが難しい**。

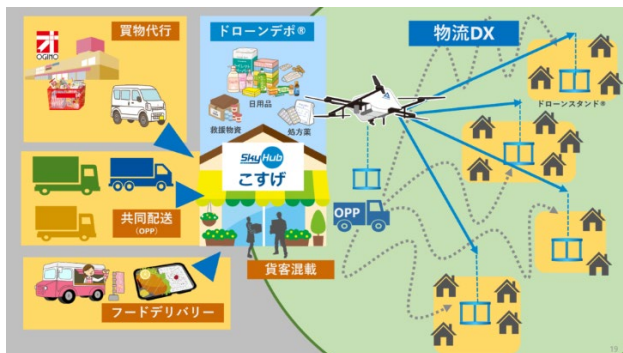
ノウハウの横展開

- ・ **他地域での取組**に関する**情報が少ない**。また、地域毎に制約条件が異なるため、他地域での取組を**そのまま参照できない**。

様々な分野において、Face to Face、SNSといったマルチチャネルでステークホルダーからの共感獲得に繋がる取組が行われている。

Face to Face による共感の獲得

山梨県小菅村ドローン配送 (セイノーホールディング、エアロネクスト)



小菅村への荷物を物流各社共同でまとめて運び、村内に新しく設置した「ドローンデポ」に集約。村内にある8つの集落へ、陸路、ドローン配送、貨客混載等の様々な方法を組み合わせて配送するモデル。

住民の共感獲得に向けて、Face to Faceでの取組を実施している。

- 住民とのコミュニケーション（説明会、ドローンの飛行体験等）を複数回実施。
- 地域おこし協力隊や役場の支援を得ながら、住民・役場との安全面に対する意見交換会を毎週実施。
- 説明会参加について、社員総出で一人一人に挨拶周りを実施。

出所：株式会社エアロネクストHP「山梨県小菅村のドローン定期配送でわかったこと - 過疎地を救う次世代インフラ「新スマート物流“SkyHub®”」全国展開を見据えて」

SNSを活用した広報活動による共感の獲得

無印良品



出所：株式会社良品計画 twitter

BUZZMAFF ばずまふ (農林水産省)



出所：youtube BUZZMAFF ばずまふ (農林水産省)

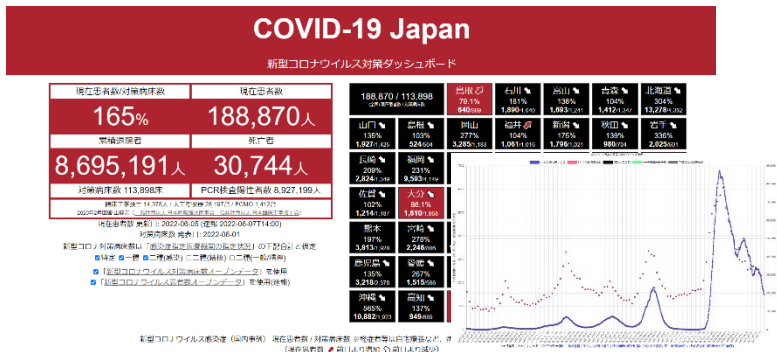
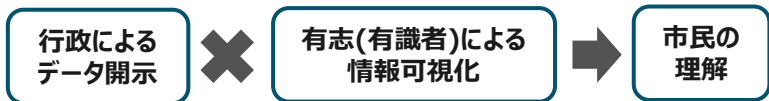
SNS等を利用して**企業や担当者の想いを伝え、共感したファン（ユーザー層）による拡散（口コミ）**でユーザー層にリーチする取組が行われている。

様々な分野で、行政によるデータの公開、公開データを活用した民間による情報提供サービスの運用、ステークホルダーからのフィードバックを得て提供サービスに反映する取組等が行われている。

オープンデータを活用した情報提供

新型コロナウイルス対策ダッシュボード

日本国内の新型コロナウイルスの感染者数、病床数とその使用率等を47都道府県ごとに一覧で確認できるダッシュボード。厚生労働省から公開されているオープンデータをもとに、有志により作成、運用されている。



行政関係者、専門家、事業者、操縦者、開発者等の専門性の高いユーザー(プロユーザー)同士の情報交換や共同作業では、**プロユーザーのオープンコミュニティ**が重要な役割を果たしている。ただし、短期的にはコミュニティの盛り上げ、中長期的には運営リソースの確保が課題となる。

自律移動ロボットにおけるプロユーザーのコミュニティ活動

UIC2(UAM Initiative Cities Community)

欧州を中心とするUAM先進自治体の連絡会。UAMに関する課題や解決の情報交換を主な目的とし、都市計画におけるUAM導入のガイドライン等も発行。日本からは三重県が参画。コミュニティリードはエアバス社員が務めており、企業競争力確保の側面もある。



出所 : An official website of the European Union, Smart Cities Marketplace Urban Air Mobility (UAM)

InterUSS

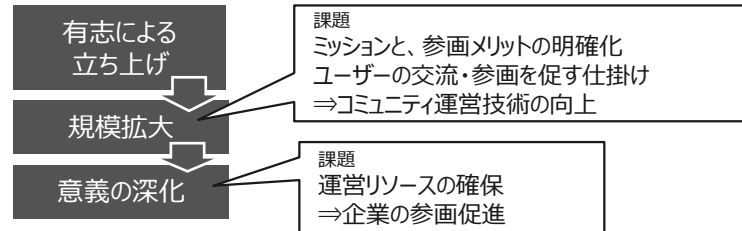
無人航空機の運航管理におけるDSSの仕様を策定するオープンソースコミュニティ。Google Wing、AirMap、Uber等の企業のほか、スイス連邦民間航空局(FOCA)等の公的機関も参画。



出所 : The Linux Foundation, The Linux Foundation to Host Open Source Project for Drone Aviation Interoperability

コミュニティの運営

ボランティアによるオープンコミュニティ運営



ボランティア以外のプロユーザーコミュニティ運営事例

サービサーによる運営

BtoBソフトウェアベンダー等のユーザーコミュニティ

cybozu community

日立ITユーザ会

プラットフォームによる運営

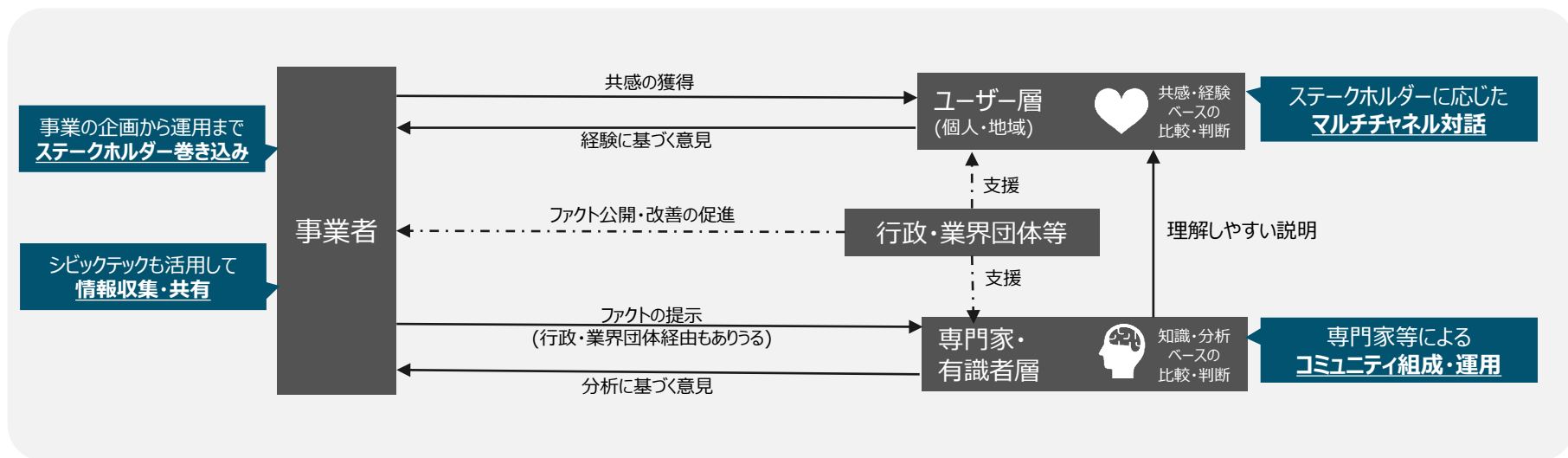
プロユーザー向けプラットフォームのコミュニティ機能

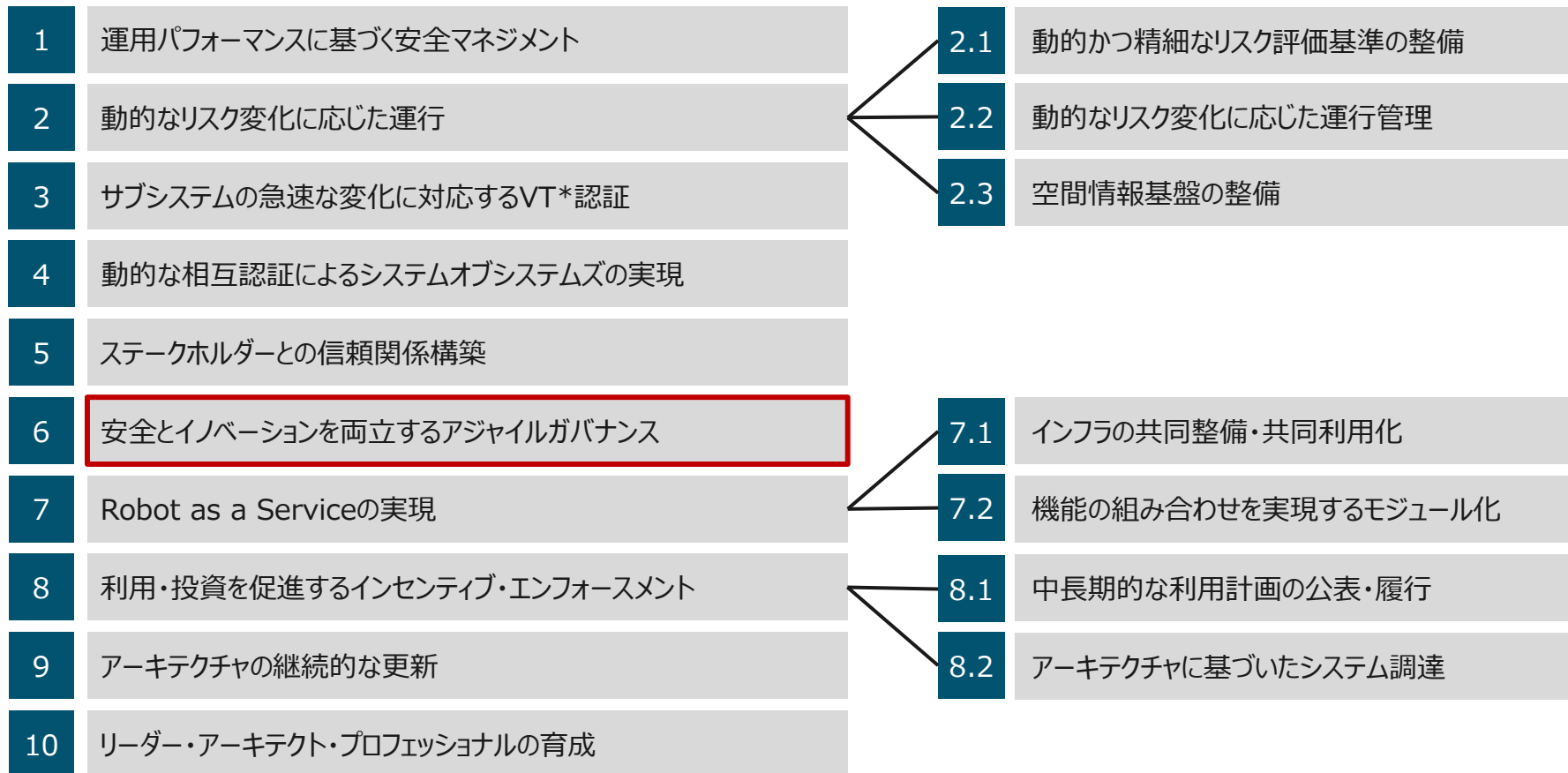
m3.com (医療関係者)

弁護士ドットコム (弁護士等)

出所 : cybozu community HP
日立ITユーザー会HP
M3.comHP
弁護士ドットコムHP

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。





*VT: バーチャルテスト

多様なステークホルダーからの信頼を高めながらイノベーションを進めるために、事故に対する責任の在り方・分担やリスクに備える保険の仕組み、様々なステークホルダーが適切にリスクマネジメントを行うためのデータやソフトウェアの共有・認証等の仕組みについて、技術開発・標準化・ガイドライン策定が必要である。

1 運用パフォーマンスに基づく安全マネジメント

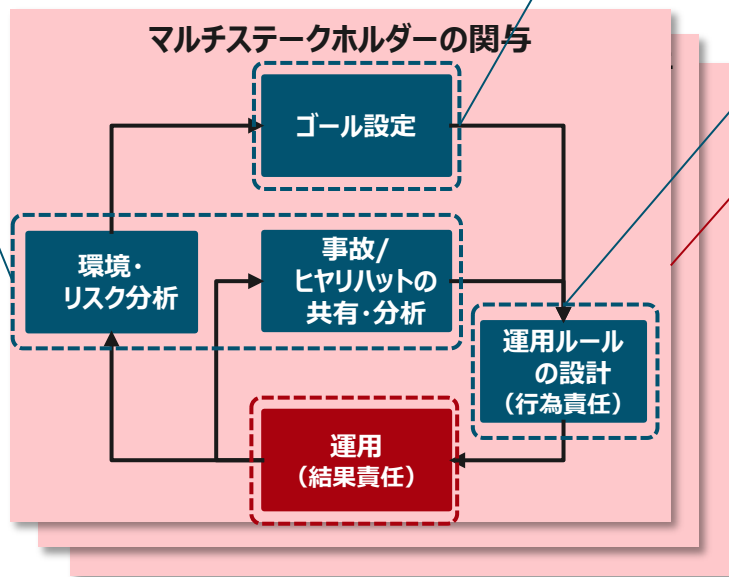
2 動的なリスク変化に応じた運行

5 ステークホルダーとの信頼関係構築

3 サブシステムの急速な変化に対応するVT認証

4 動的な相互認証によるシステムオブシステムズの実現

6 厳格責任（結果責任）や免責、保険等の仕組みも活用しながら、事業者側のイニシアティブに基づくリスクマネジメントやその知見を社会全体に還元することに適切なインセンティブを与えることより、社会的に最適なレベルでのリスクマネジメントを実現する必要がある。



- ① 運用ルールに含める事象と含めない事象の線引き
- ② 運用結果として責任を負う事象と負わない事象の線引き
- ③ 運用結果としての責任について免責の対象となる要件
- ④ 保険や公助、訴追延期合意、認証、ファイナンス等の仕組みを活用したデータ共有・分析、リスクマネジメント等に関するインセンティブの設計

著しく変化が速く、予測困難かつ統制困難であるSociety5.0において、伝統的なガバナンス観では十分に対応しきれないおそれがある。

Society5.0を迎えるに当たっての変化

	Society4.0以前	Society5.0
日常生活とデジタル技術の関係	フィジカルとサイバーが分離	フィジカルとサイバーが一体化
信頼の対象	有体物 (ヒト・モノ)	無体物 (データ・アルゴリズム)
判断の主体	ヒトのみ	AI・システムの影響が拡大
システムの状態	安定的	流動的
結果の予見・統制可能性	予測・統制可能な領域が多い	予測・統制不能な領域の拡大
責任主体	特定しやすい	特定が困難
支配力の集中	集中しやすい	より集中しやすい
地理的関係性	ローカルまたはグローバル	ローカルかつグローバル

伝統的ガバナンス観

- 完全な「国家理性」を基礎とする法治主義
- 均質な理性的市民の共同体
- 国家と市民の「垂直的」関係性



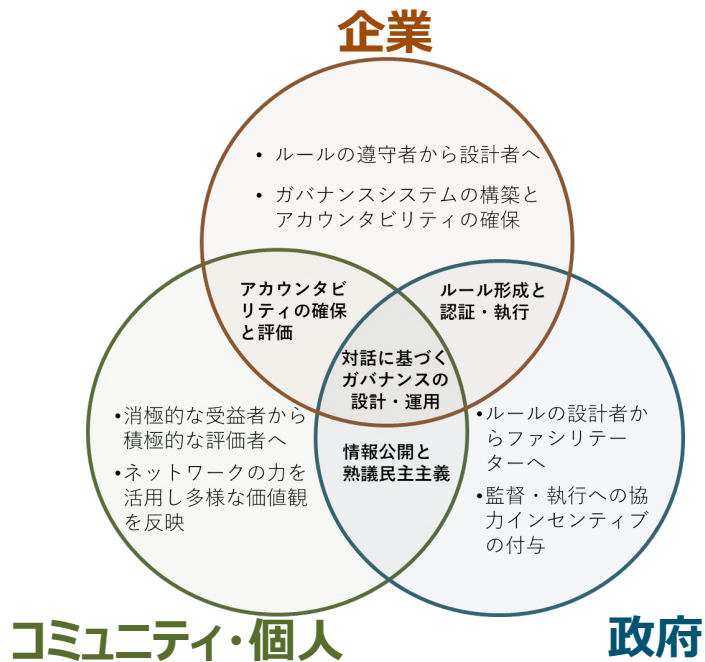
出所：Thomas Hobbes, "Leviathan"



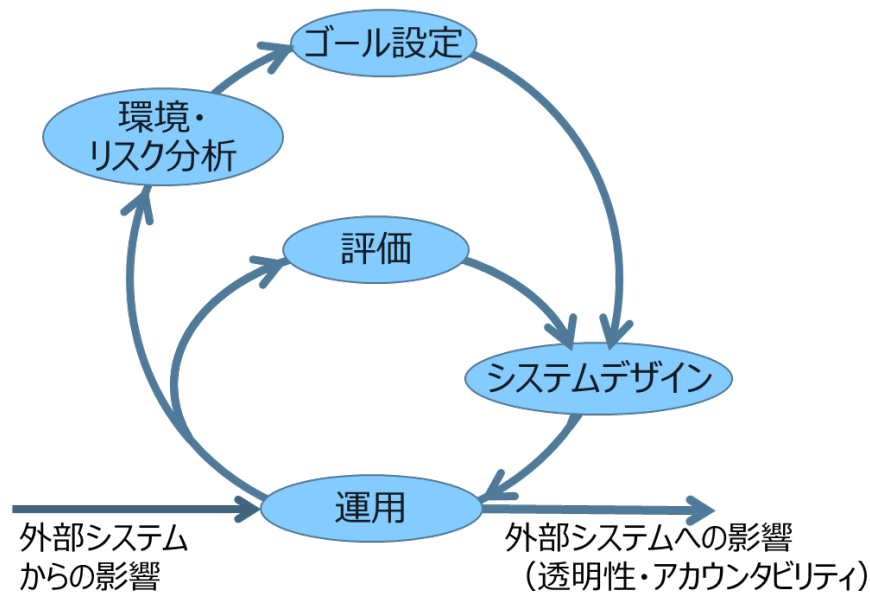
安全とイノベーションを両立するアジャイルガバナンスの国内外動向 6

経済産業省において、ガバナンスイノベーションに関する報告書を整理して、その中で、マルチステークホルダーアプローチやアジャイルガバナンスの二重サイクルを提言している。

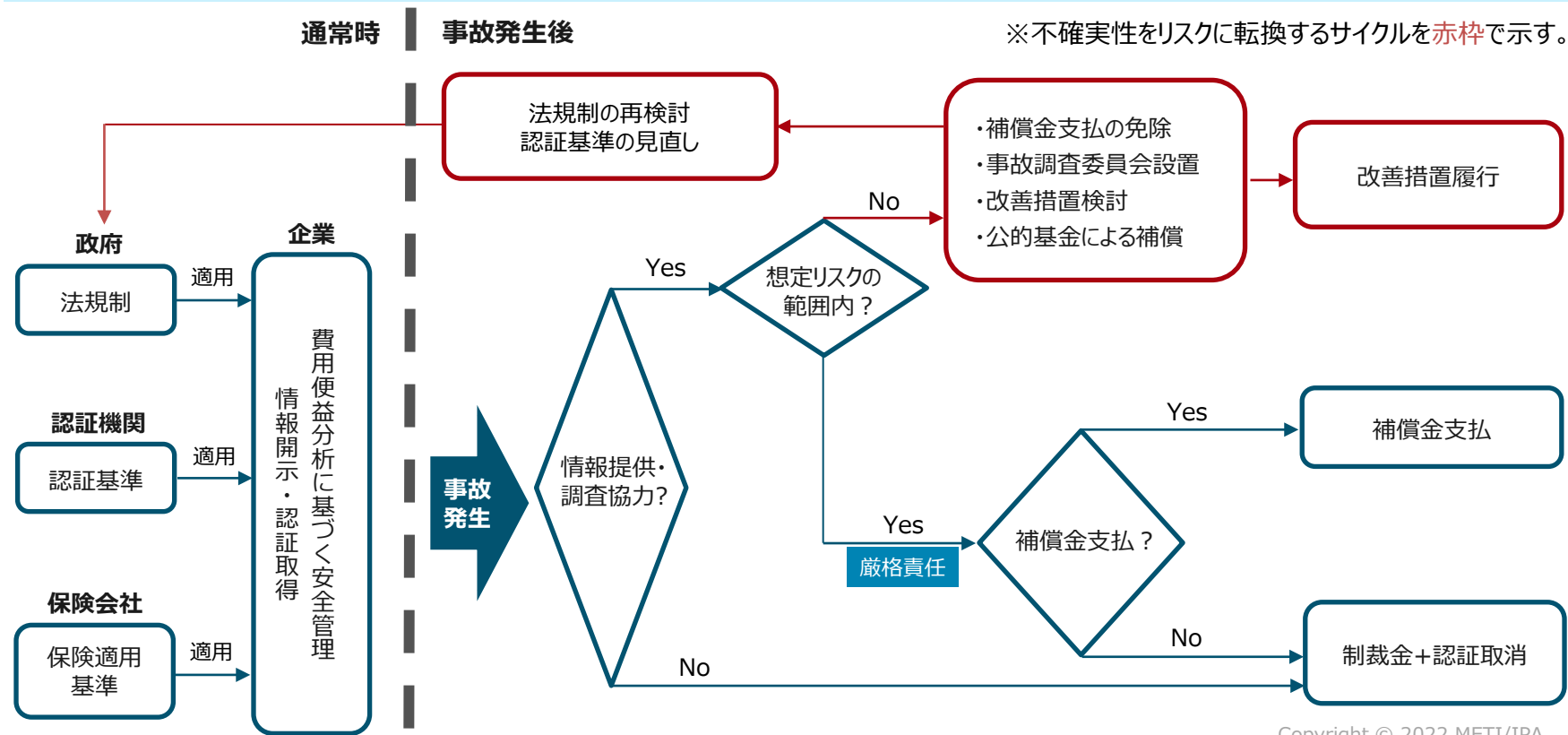
マルチステークホルダーアプローチ

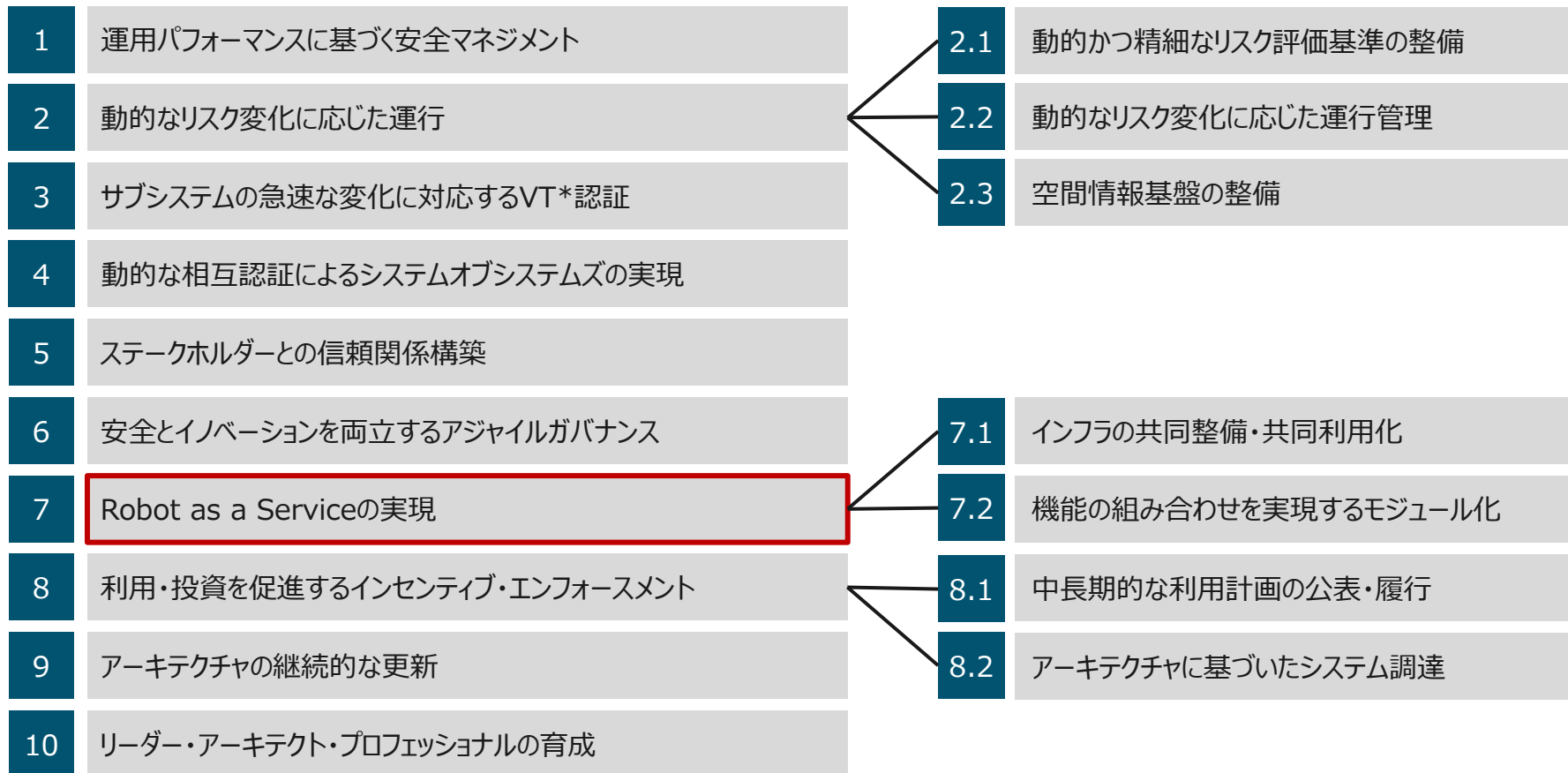


アジャイルガバナンスの二重サイクル

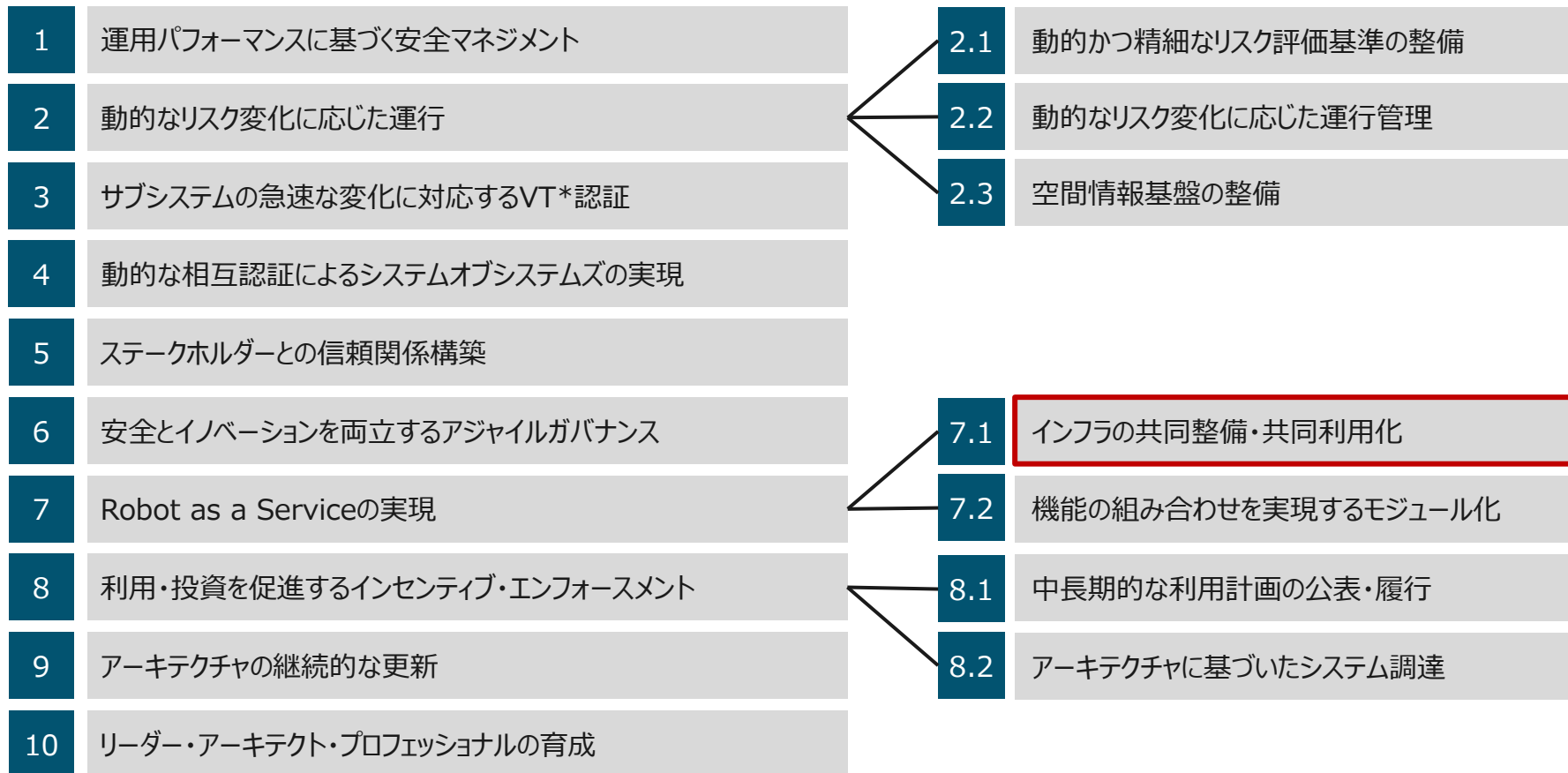


企業が安心してイノベーションの実装を行うとともに、そこから得られる学びを規制や基準の設計に活用できるようにするために、事故が発生した場合に以下のような責任フローが適用される制度設計を検討していく。





*VT: バーチャルテスト



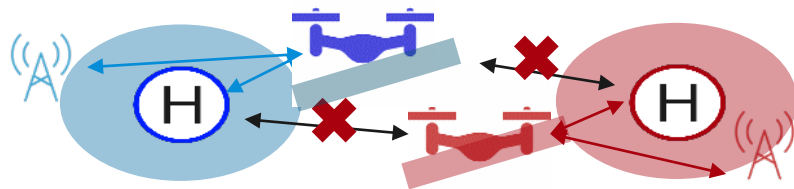
*VT: バーチャルテスト

インフラの共同整備・共同利用化の概要

デジタル完結・自動化・全体最適化を実現し、自律移動ロボットの社会実装を進めるため、**整備負担の大きいIoTインフラ（離着陸場、充電インフラ等）**については、**共同整備・共同利用を行うことができるように技術開発・標準化等**を行う必要がある。

As-Is : 個別の整備・利用

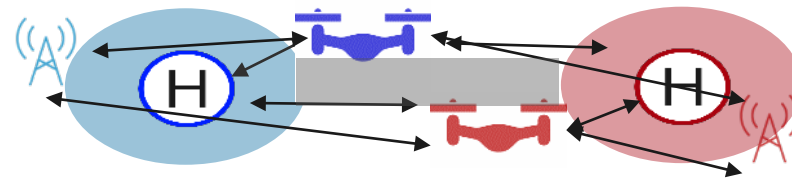
離着陸場、リスク低減措置がなされたエリア(航路)、電波等の設備と、それらを利用するための機体仕様等を個別に整備



- 個別にIoTインフラの開発・調達・管理を行うことは**非効率**となるおそれ
- **1つあたりのIoTインフラの利用者数が限られる**ため、投資・費用回収が難しくなるおそれ
- 共同利用に移行しようとしても、**インターフェースの仕様等の違いにより、再投資**が必要となるおそれ





















To-Be : 共同整備・利用

離着陸場、リスク低減措置がなされたエリア(航路)、電波等の設備を必要に応じて共同整備・共同利用できるよう、**仕様等を予め共通化**



- IoTインフラの整備を業とする事業者は、**効率的なアセット調達・管理**を行うことができる
- **1つあたりのIoTインフラの利用者数が増える**ため、投資・費用回収が行いやすくなる
- IoTインフラの開発を業とする事業者は、**仕様共通化による効率的な調達や、シェアの拡大**が行いやすくなる

社会実装に向けた議論が進んでいる自動車(自動運転車両)では、ロボットとの通信対象を6種別に分類している。この分類をもとに、サービスロボット・ドローンの運行のために必要なIoTインフラを整理した。ロボットと双方向通信するものに加え、ITS無線路側機のように、ロボットへの情報発信のみを行うものも含めている。

R2X※1通信種別 主な役割	共通インフラ	サービスロボット用インフラ	ドローン用インフラ※2 (ドローンとの直接通信、 運航管理システム経由の通信を想定)	(参考) 自動車の通信先
①R2I (Infrastructure) 運行経路の安全確保	 通信機器	 ITS無線路側機 (信号情報)  監視カメラ  駐機場	 離着陸場  緊急退避場  リスク低減措置エリア 情報集約された空間	路側機等
②R2N (Network) 運行環境取得 自己位置把握	 3D都市 モデル  空間情報  気象情報	 道路  BIMデータ	 衛星測位情報  運航管理システム	クラウドサービス等 (通信中継点を經由)
③R2V (Vehicle) 他移動体情報取得	 その他モビリティ	 優先車両	 他の飛行体 (優先機体含む)	自動車・その他ロボット等
④R2G (Grid) 動力確保	 充電ステーション			充電ステーション
⑤R2P (People)	 スマホ	 ウェアラブル機器	※個人が所有するデバイスのため、インフラの共同整備・共同利用化議論の対象外とする。	歩行者 (スマートフォン/ウェアラブル機器等)
⑥R2D (Device)				スマートフォン、タブレット等

※1 R2XはRobot to Xの略。自律移動ロボットと他の何か(自動車、インフラ機器等)間の接続や、一方もしくは双方向の連携を総称する技術を指す。Xには通信先の種別が入る。

※2 ドローンが必要な情報・設備についてはU-spaceのサービス内容、ARCのBVLOS運用の規制作成委員会の提言内容を参考とした。

自律移動ロボットにおけるIoTインフラの課題

自律移動ロボットが利用するIoTインフラについて、機能配置やI/F等の規格の標準化が進んでいるものの、**部分的であり網羅性に欠ける**。また、「利用者の利便性を向上し、普及させるためには何が必要か」という**バックキャスト視点での取組の検討が十分にはなされていない**といった課題がある。

R2X(※)通信種別 主な役割	通信先	課題（①技術開発⇒②整備・普及⇒③共同整備・共同利用）	
①R2I (Infrastructure) 運行経路の安全確保	<ul style="list-style-type: none"> ITS無線路側機(信号情報) 監視カメラ 駐機場 通信機器 離着陸場 リスク低減措置エリア 	①技術開発 ②整備・普及 ③共同整備/利用	インフラ間の接続I/Fの標準化、信号情報・監視カメラ等認識手段の検討が途上 整備に係る費用、信号情報共有等の仕組みの検討が途上 インフラが持つ機能の分担や運用条件の標準化が途上
②R2N (Network) 運行環境取得 自己位置把握	<ul style="list-style-type: none"> 道路 BIMデータ 3D都市モデル 空間情報 気象情報 衛星測位情報 運行管理システム 	②整備・普及	サービスロボット用の車道、歩道、街のデータ、建物データ整備が途上 ※運行環境取得に関連する空間情報、気象情報、運行管理システム、ドローンの自己位置把握のための衛星測位情報は [施策2 動的なリスク変化に応じた運行] で扱う。
③R2V (Vehicle) 他移動体情報取得	<ul style="list-style-type: none"> 優先車両 その他モビリティ 他の飛行体 	①技術開発 ②整備・普及	モビリティ間の情報連携を可能にする機能・I/Fの標準化が途上 優先車両等への対処方法、混雑時等の対応方法の検討が途上
④R2G (Grid) 動力確保	<ul style="list-style-type: none"> 充電ステーション 	①技術開発	競争力のある統一規格の不在

ドローンポート等の一部のIoTインフラでは、国際標準化等に関する取組が行われている。

離着陸場

■ ドローンポート国際標準化

2023年度中のドローンポートの国際標準化を目指し、ISO/TC20/SC17のWGの議論を日本がリード。離着陸場の機能を標準化する計画。

出所：首相官邸 小型無人機に関する関係府省庁連絡会議資料
「2. ドローンの利活用促進に向けた技術開発について」

■ 多機能な離着陸場 (TOAプロジェクト)

自動充電、開閉機構、位置決め機構、精密着陸の機能を持った国産のドローンポートが開発され、技術開発が進捗している。



出所：
Take Off Anywhere プロジェクトHP
株式会社A C S L プレスリリース 『「Take Off Anywhere」プロジェクトが国産ドローンポートを発表』

通信機器

■ スマートポールの導入実証と配送ロボット連携 (東京都)

スマートポールは、5Gアンテナ基地局、高速Wi-Fi及びセンサー等の様々な機能を備えた次世代都市インフラであり、西新宿エリア等で設置が進められている。活用事例として、自動追従パレットサービス「Furiuri」を用いたロボット弁当搬送がある。



【ポール型 (イメージ)】



【サインポール型 (イメージ)】



出所：
東京都デジタルサービス局 「5Gを活用した先端技術実証フィールドの構築に向けた取組」
ロボスタ 「歩道を動く搬送ロボットの弁当販売「Furiuri」、西新宿で実施中 5G活用事業の一環」

ITS無線路側機(信号情報)

ロボットがリアルタイムに信号機の信号情報(灯色状態・残時間)を受信する手段として、ITS無線路側機を核とする路側インフラの検討が進められている。



出所：警視庁HP

リスク低減措置エリア

必要な機能の検証

監視カメラ

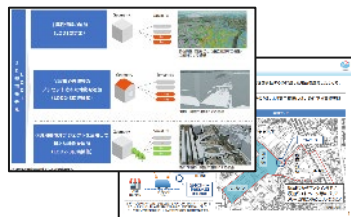
- ・カメラ情報の活用可能性検討
- ・情報処理の手段検討

3次元空間情報をデジタル化して都市開発やモビリティに活用する取組が行われている。

Project PLATEAUや自動走行ロボットの走行実験
(国土交通省)



Project PLETEAUにて3D都市モデル、また配送ロボットの走行支援を目的とした走行実験にてバリアフリー情報を整備し、オープンデータとして公開している。



出所：Project PLATEAU HP

自動運転向けの高精度地図の整備
(ダイナミックマップ基盤株式会社 ほか)



一般道路を含めた道路全般の高精度3次元地図データの整備を実施。地図データの整備にあたっては、様々な主体が保有するデータを活用する方向で取組を進めている。



出所：ダイナミックマップ基盤株式会社 HP

大手町・丸の内・有楽町地区
スマートシティ化計画



スマートシティの提供サービスを支える基盤として、デジタルマップや様々なデータの収集・蓄積・抽出等を実施する統合データ基盤の構築を実施する。

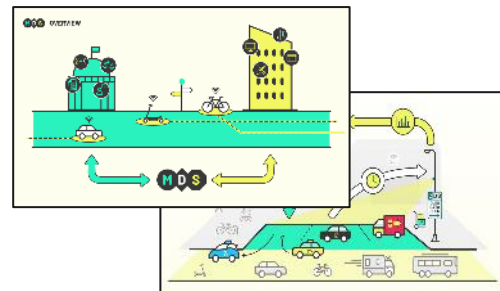


出所：都市再生有識者懇談会 第5回資料
「大手町・丸の内・有楽町地区におけるエリアマネジメント型スマートシティの取組について」

MDS (Mobility Data Specification)
+Kiwibot(アメリカ)



MDSは、OMF(Open Mobility Foundation)により提供され、世界100都市以上で使用されているオープンソースのデジタルプラットフォームである。都市とモビリティサービスプロバイダーとの間の通信とデータ共有を標準化し、規制当局を含めたマルチステークホルダー間の情報共有をサポートしている。



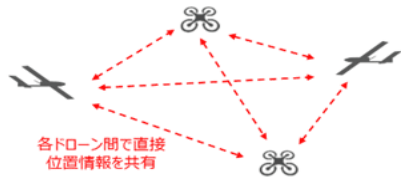
出所：Open Mobility Foundation HP

同一種類のモビリティ間で、緊急車両・機体の情報を取得する取組が行われている。

ドローン同士の直接通信 (情報通信研究機構)



無線局を通じてドローン同士が直接に位置情報等を通信するシステム。ドローンと有人ヘリコプターの間でも利用可能。先導するドローンに追従する飛行や、相互に接近を回避した後に予定した経路に復帰する試験飛行に成功。



ドローンの機体間通信システム

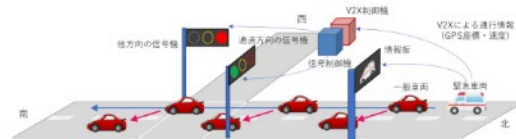
出所：国立研究開発法人情報通信研究機構 プレスリリース
「世界初、ドローン同士の直接通信で自動追従群飛行と自律接近回避に成功」

緊急車両優先システムの実証実験 (インド共和国)



優先車両

日本で規格化され、世界標準規格ともなっているUHF帯V2X通信技術を活用した緊急車両優先システムの実証実験を実施。V2X通信機を搭載した緊急車両が、V2X通信機を設置した交通情報板へ接近すると通信が行われ、情報板へ緊急車両の接近が表示される。



出所：株式会社ゼロ・サム プレスリリース
「インド共和国アーメダバード市における、UHF帯V2X通信技術を活用した緊急車両優先交通信号機システムの実証実験」の実施について」

緊急機体の情報共有 FOSTER-CoPilot (株)ウェザーニューズ) 優先機体



優先機体

ドクターヘリのリアルタイムな飛行位置情報の把握が可能になるサービス。現在は全ドクターヘリに搭載されている。イリジウム衛星通信を用いているため、無線の不通エリアでも機上-地上間のコミュニケーションが維持できる。



出所：株式会社ウェザーニューズHP

バッテリーや充電器の規格に関する標準化の取組が進められている。一方で、**規格の乱立と規格間の競争**が生じており、デファクトスタンダードの獲得が課題となっている。

自社製品間でのバッテリー共用化 (マキタ)



自社製品間のバッテリー共用化を進めており、2022年4月時点では18V規格の共用バッテリーを、ロボット掃除機を含めた347モデルの製品にて利用可能となっている。

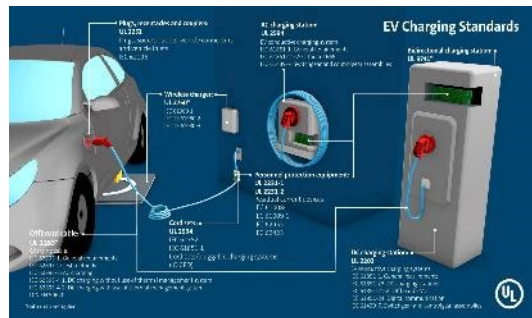


出所：株式会社マキタHP「2022総合カタログ」

EV向け充電ステーションの規格化と動向



EV事業領域では、国際電気標準会議 (IEC) にて充電ステーション等が標準化されており、EVメーカーは安全性と性能、相互運用性に関する基準として、本規格を参照している。



出所：UL LLU (Underwriters Laboratories Limited Liability Company) HP

EV向けの急速充電機規格の比較



急速充電機の規格には大きく4タイプがあるが、自動車メーカーによって異なり、アップデートによるシェア獲得競争が行われている。

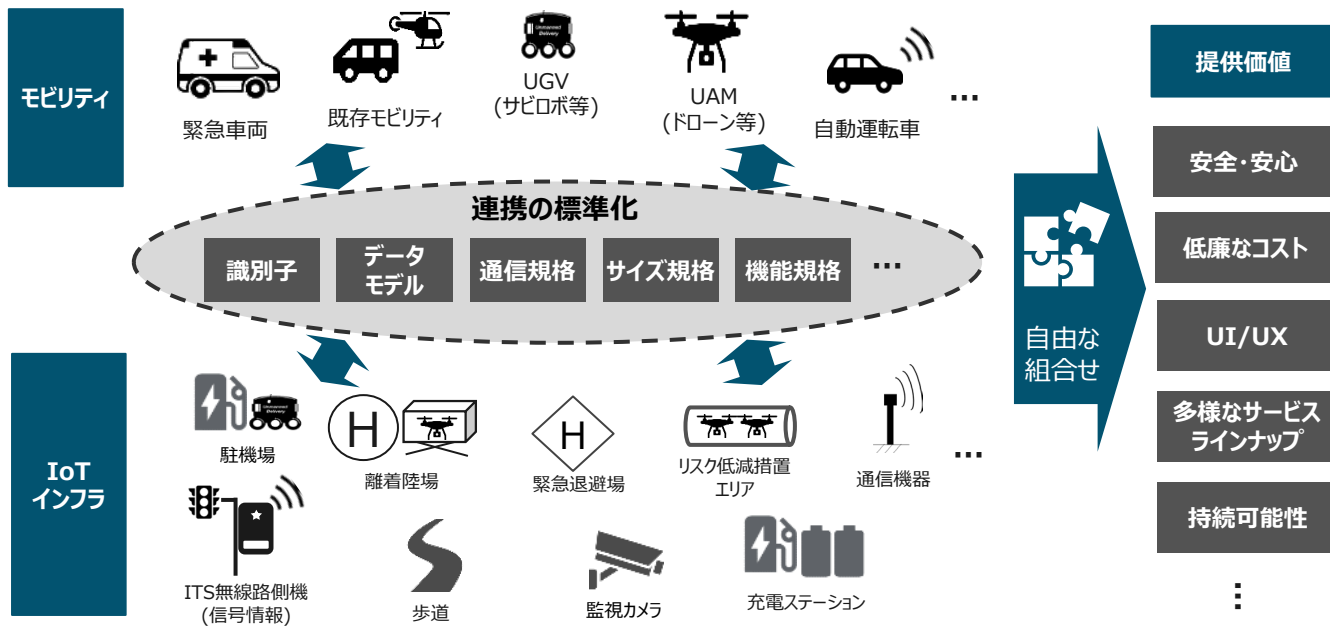
主要急速充電器規格の概要

規格名	関連団体	出力 (kW)	通信規格	主要急速充電器メーカー	主要自動車メーカー	主要導入地域
CHAdeMO	CHAdeMO協議会 (策定)	50, 90, 100	CAN	東光高岳、新電元工業、ニチコン、トリテック、ABB	日産自動車、三菱自動車工業、トヨタ自動車、ホンダ	日本、欧州、北米
CCS1	CharIN (策定)、Electrify America (設置・普及)	50 ~ 350	PLC	ABB、エファセック、トリテック	フォルクスワーゲン、アウディ、ボルシェ、BMW、ダイムラー、フォード、ゼネラルモーターズ、クライスラー	北米、オーストラリア
CCS2	CharIN (策定)、Ionity EU (設置・普及)	50 ~ 350	PLC	ABB、エファセック、トリテック	フォルクスワーゲン、アウディ、ボルシェ、BMW、ダイムラー、フォード、ゼネラルモーターズ、クライスラー	欧州
GB/T	中国電力企業連合会 (策定)	50 ~ 150	CAN	青島特来電、星星充電、普天新能源	BYD、北汽汽車、上海汽車、吉利汽車	中国
スーパーチャージャー	テスラ (策定・設置・普及)	72, 145, 250	CAN	テスラ	テスラ	米国、欧州、日本、中国

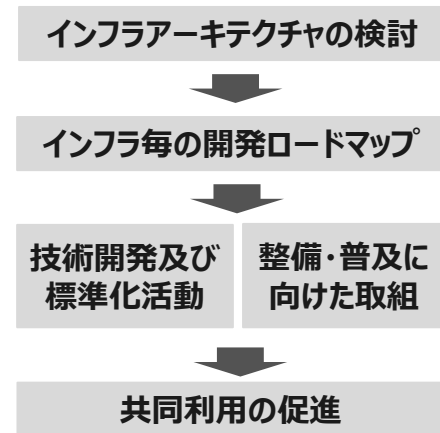
出所：電子デバイス産業新聞「EV普及のキは急速充電器」

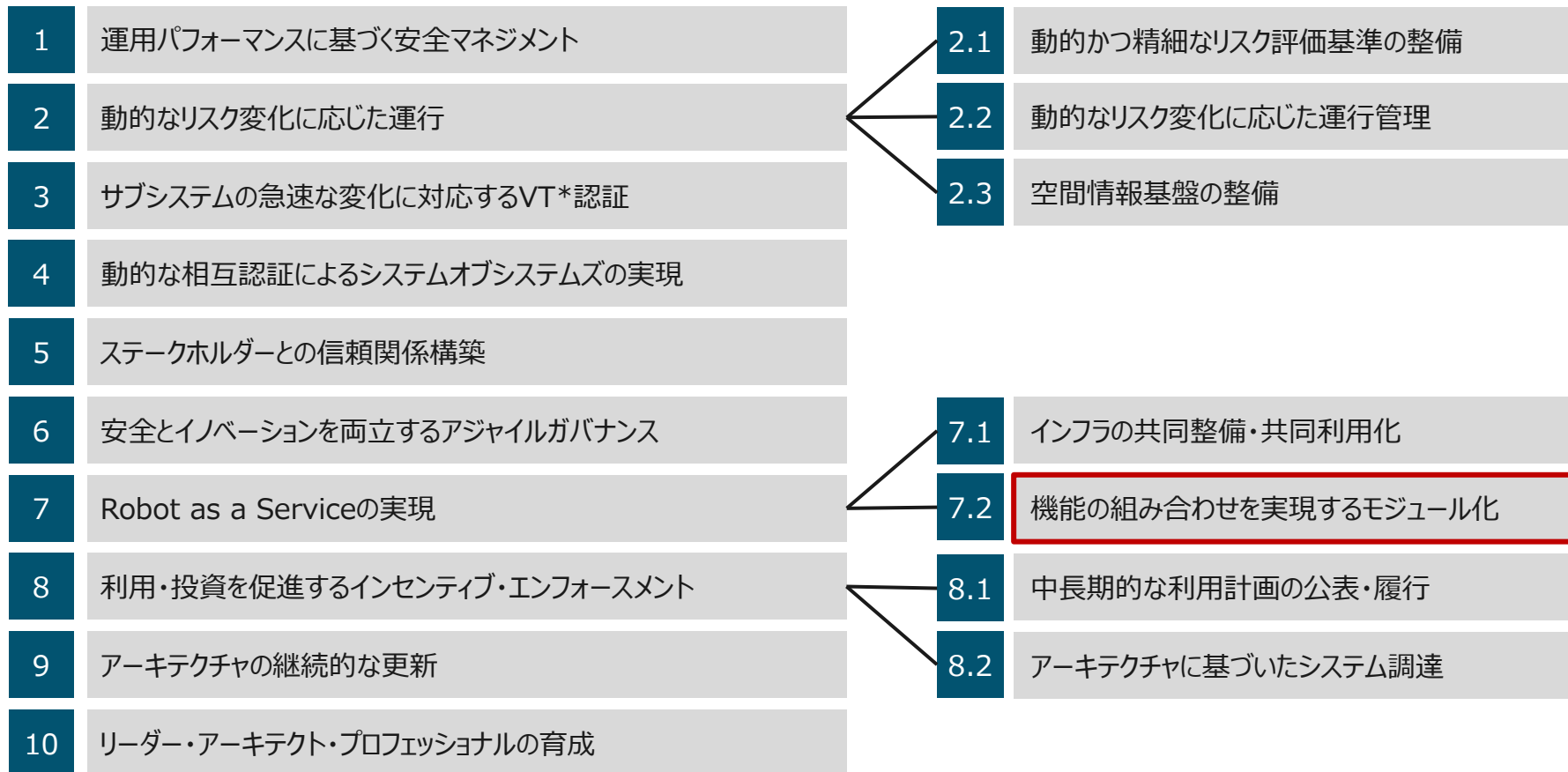
安全かつ効率的な運行を実現するために、IoTインフラの積極的な利活用を念頭に、モビリティとIoTインフラ側の機能分担の明確化を検討していく。また、利用者のニーズに応じた柔軟なインフラサービスの提供を目指して、各インフラを自由に組み合わせることができるように、移動式・可搬式のインフラ等も視野に入れ、インフラ連携の規格の整備を検討していく。

モビリティ・機能の自由な組み合わせのイメージ

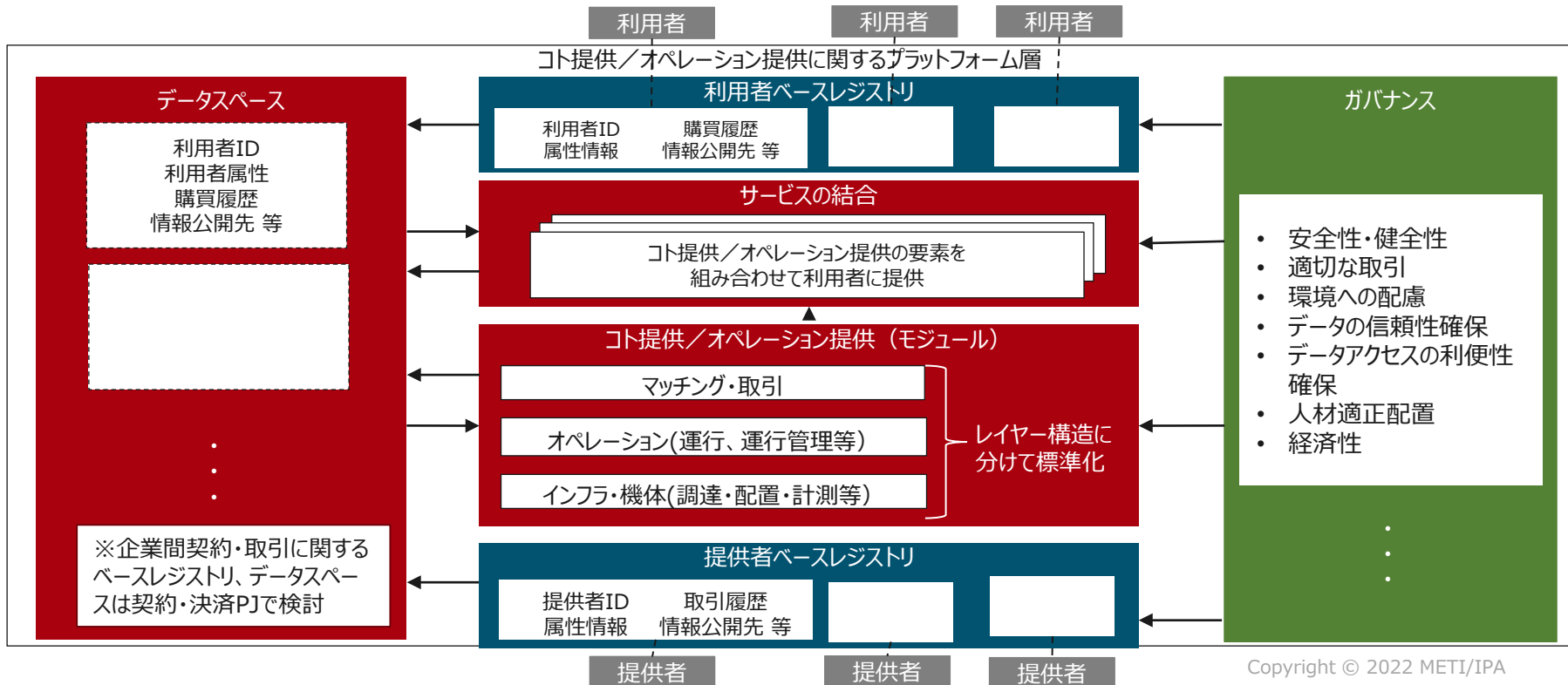


検討の進め方のイメージ





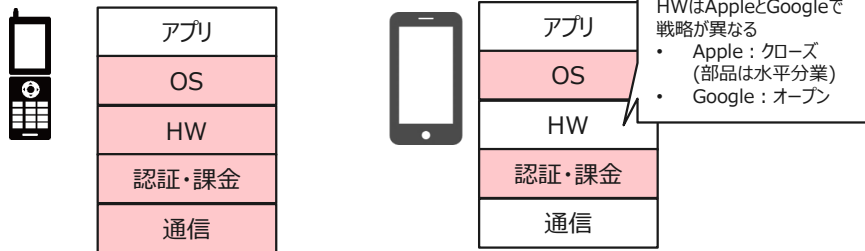
デジタル完結・自動化・全体最適化を実現し、自律移動ロボットの社会実装を進めるため、**システム全体のレイヤー構造・モジュール構造のアーキテクチャ**を設計した上で、**様々なモジュールを自由に組み合わせ**てサービスを提供できる仕組みについて、**研究開発・標準化・ガイドライン作成**を行う必要がある。



外国企業は、オープン／クローズ戦略を立てて、グローバルな水平分業を可能とするオープンなプラットフォームを構築し、様々な事業者自由にサービスを構築させることでオープンイノベーションを生み、サービス価値向上と規模拡大を実現し、利益・情報の多くを掌握している。一方、我が国では企業内垂直統合による価値向上を強みとしてきたため、**企業の枠を超えてビジネスモジュールの組み合わせを実現するプラットフォームの検討・整備が十分には進んでいない。**

グローバルプラットフォームに対する国内事業者の限界

フィーチャーフォンの垂直統合モデルは、国内独自標準をベースとした国内プラットフォーム形成には成功した。しかし、スマートフォンが提供するグローバルかつオープンなコンテンツには劣後。



国内キャリアの垂直統合に基づく、ローカルなPF

国内では成功

OSと認証・課金を握りグローバルにオープン化されたPF

グローバルで成功

垂直統合 ← → 水平分業

出所：総務省「平成24年度情報通信白書」を参考に作成

個別にモジュール化した際の課題

UX

データやサービスが個別に提供されるため、どのようなモジュールがあるかわからず、組み合わせを設計できない。また、同じ情報をモジュールごとに入力する、データ形式を合わせるという手間がかかる。

例：運行計画を提出する際、関連組織(行政、運用事業者、保険事業者、インフラ事業者等)がそれぞれ異なる様式、手続きで提出を求めため、手続きやデータ変換に手間がかかる。

ガバナンス

情報が複数モジュール間で共有されるため、個人情報保護が難しくなる。

例：エンドユーザーの個人情報を必要としないモジュールにも、情報が共有されてしまう懸念がある。一方で、法令等で用途を厳しく規制するという方法では、使い勝手が悪くなる。

安全・安心

ロボットの来歴や、モジュール内プロセス、モジュール間同士の取引の健全性等を追跡・確認する方法がないため、安全・安心を担保できない。

例：利用するモジュールの品質(ロボットの整備状況や、運用体制等)を直接確認できないため、リスクの低い作業しか任せられなくなり、利活用拡大が難しい。

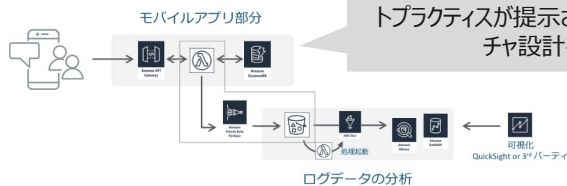
メガクラウドベンダーが自社クラウド基盤のサービスカタログを広く公開して開発の効率化を図っているが、その対象は個社のサービス利用に限定される。また、国内でも、行政分野では、データカタログ作成が進められているが、データの機械可読性の低さやフォーマット不統一等の問題が指摘されている。

クラウドサービスにおけるサービスカタログ

サービスカタログの整備やモデルとなるシステムアーキテクチャの例示により、開発効率を高めているが、別のサービスカタログ(別のクラウドベンダー)を跨ぐ利用は難しい。



クラウドサービスの
モジュール一覧



出所: AWS

オープンデータのデータカタログ

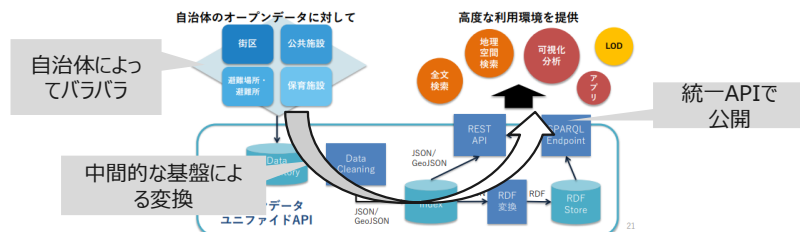
データカタログの整備により、データの活用を促進しているが、フォーマット不統一等により、データ保有者(自治体等)を跨ぐデータの活用は難しい。



データの種類、データ
フォーマットやライセンス等
は自治体に依存

出所: データカタログサイト(内閣官房)

対応例: 中間的な基盤によるデータ変換

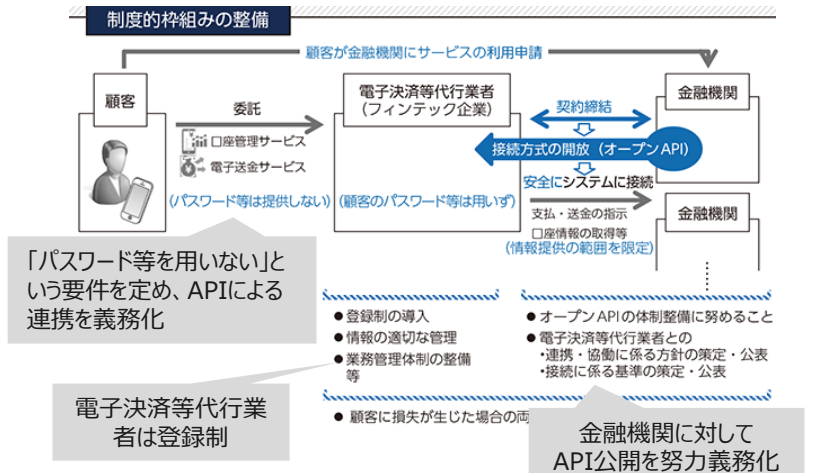


出所: 公益財団法人九州先端科学技術研究所「ISITのオープンデータの取り組みについて」

金融・決済分野では、UXと消費者保護両立の視点から、改正銀行法等で、金融機関のAPI公開が押し進められている。一方で、各銀行でデータ仕様やAPI仕様が揃っておらず、FinTech事業者からは**共通仕様のAPI制定を求める動き**がある。

金融・決済分野のモジュール化推進

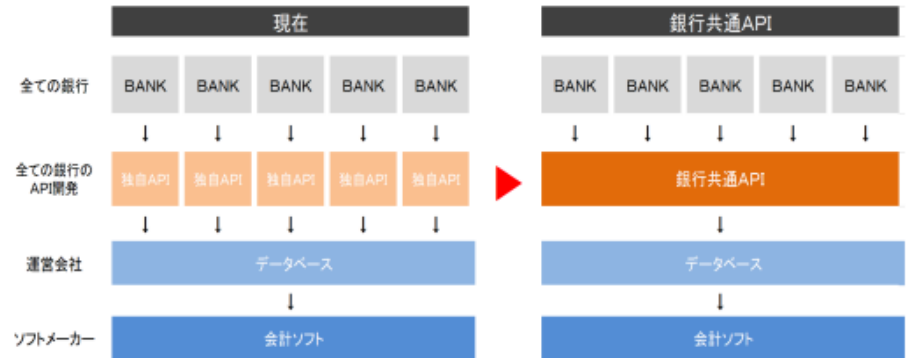
従来の個社間連携では顧客に成り代わってアクセスするため、FinTech事業者が顧客のパスワード等を得てしまう問題があった。平成29年改正銀行法で「利用者から当該利用者に係る**識別符号等**を取得することなく**当該銀行等**に係る**電子決済等代行業者**を営む」ことを定めて、顧客情報の保護を図っている。
また、サービス品質確保のためのサービス事業者(電子決済等代行業者)の登録制度と、オペレーション事業者である**金融機関**には**API公開の努力義務**を課した。



出所：金融庁「平成28年度金融レポート」

APIの標準化

FinTech事業者や会計ソフトウェアメーカーから構成される一般社団法人フィンテックガーデンでは、「銀行ごとにAPIが異なり、API呼び出しを相手行毎に実装している」「APIが読み取りに限られており、預金振込等の書き込みについてAPI化が進んでいない」という課題認識のもと、**金融機関に対して銀行共通仕様のAPIを提案**している。

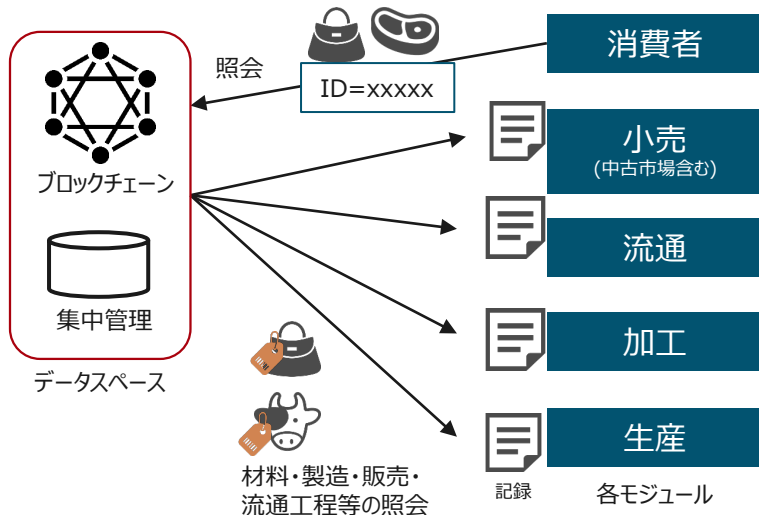


出所：一般社団法人フィンテックガーデン「銀行共通API開発研究会」

分業型のサプライチェーンを持ち、プロダクトの品質が特に重要な食品、医薬品、高級ブランド業界等を中心に、サプライチェーン全体で個体管理を行い、**複数のモジュールを横断してトレーサビリティを確保する取組**が行われている。

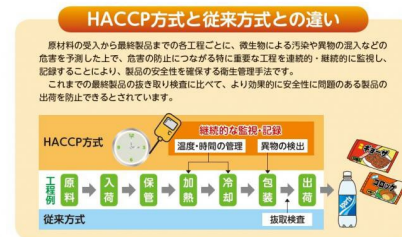
プロダクトの個体管理

モエ ヘネシー・ルイ ヴィトンでは、ブラダ、カルティエ等と共同で「オーラ」ブロックチェーンコンソーシアムを立ち上げ、**ブロックチェーンにより高級ブランド品や宝飾品の個体管理**を実施。製造、販売、中古市場といった様々なステークホルダーが関与するプロダクトライフサイクル全体の追跡を可能とすることで、**真贋確認や、製造における人権保護や動物愛護**といったライフサイクル全体でのガバナンスを確保。食品分野では、2003年に、肉牛に個体識別番号を振る牛トレーサビリティ法が制定されている。**肉牛の個体識別番号は、(独)家畜管理センターによって集中管理**されている。



トレーサビリティの確保

トレーサビリティには、サプライチェーンを構成する各モジュール内部での移動を管理する内部トレーサビリティと、モジュール間の移動を管理するチェーントレーサビリティがある。食品分野では、**食品衛生法において、HACCPによる内部トレーサビリティの確保**が全事業者に対して原則義務化されている。また、米については、**米トレーサビリティ法によるチェーントレーサビリティの確保**が義務づけられている。



HACCP
危害予測(HA)に基づく重要管理点(CCP)の測定と記録による衛生管理

出所：厚生労働省HP

米トレーサビリティ制度がスタート!



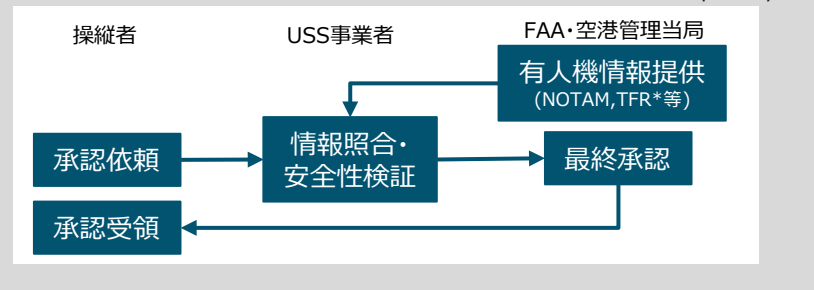
出所：農林水産省HP

米国では、運行管理事業者が提供する計画作成アプリ内において、ドローンを空港近傍で飛行させるための承認手続きや1日単位の保険加入手続きが統合されており、各種手続きのデジタル完結を行っている事例がある。



空港近傍の飛行をFAAに申請する場合、**LAANC***による自動申請・即時承認サービスを利用可能

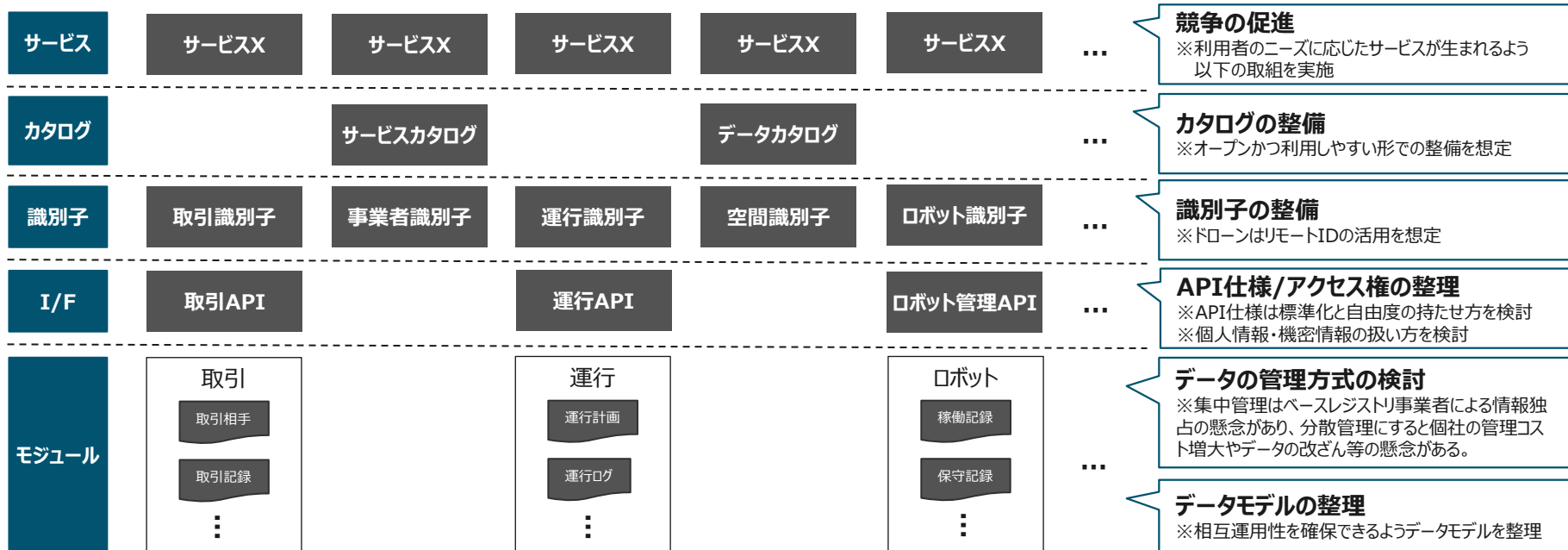
*LAANC : Low Altitude Authorization and Notification Capability

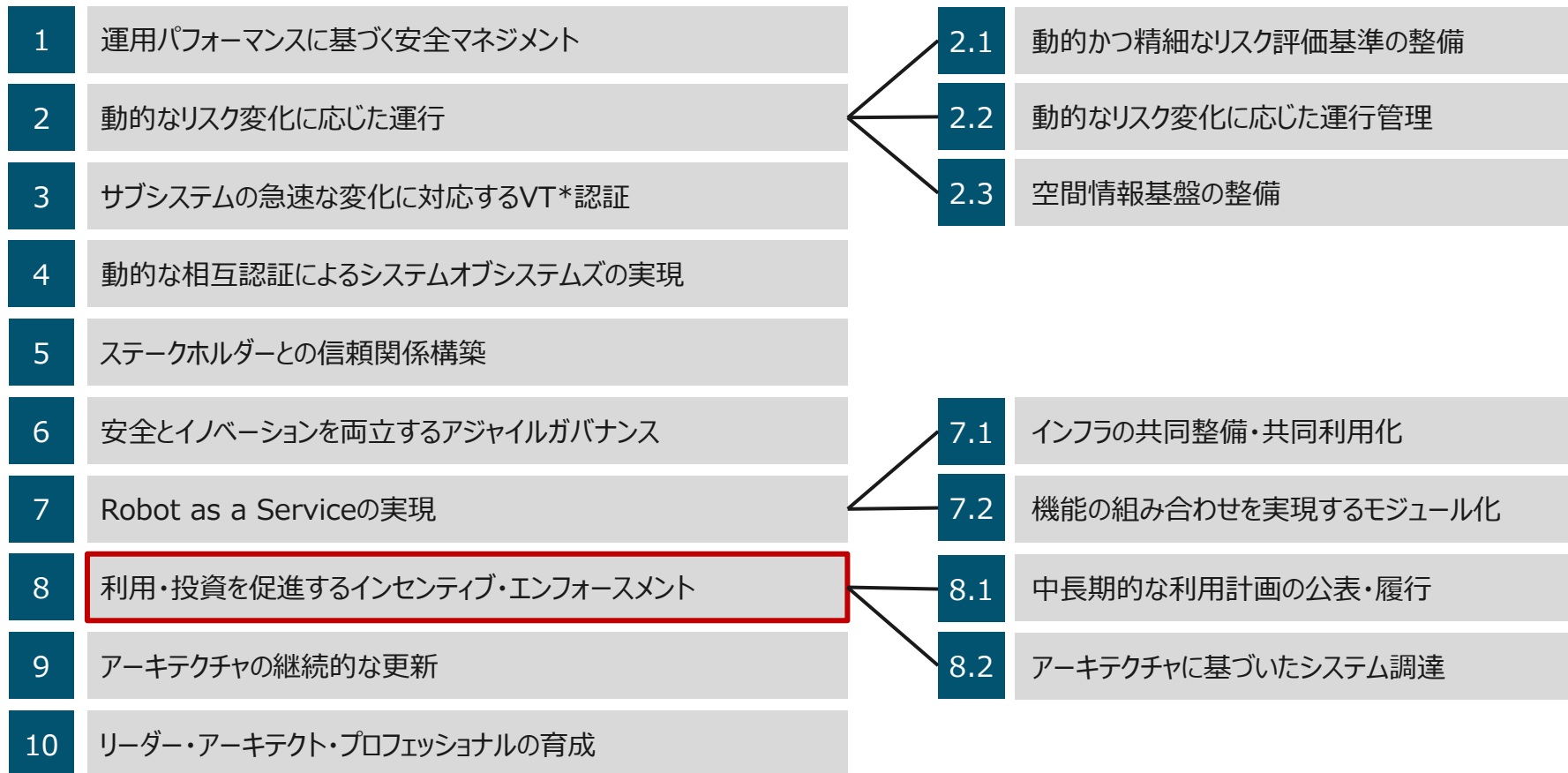


*NOTAM(Notice to Airmen) : 航空機の安全運航に関する情報
TFR(Temporary Flight Restrictions) : 航空機の一時的な運航制約

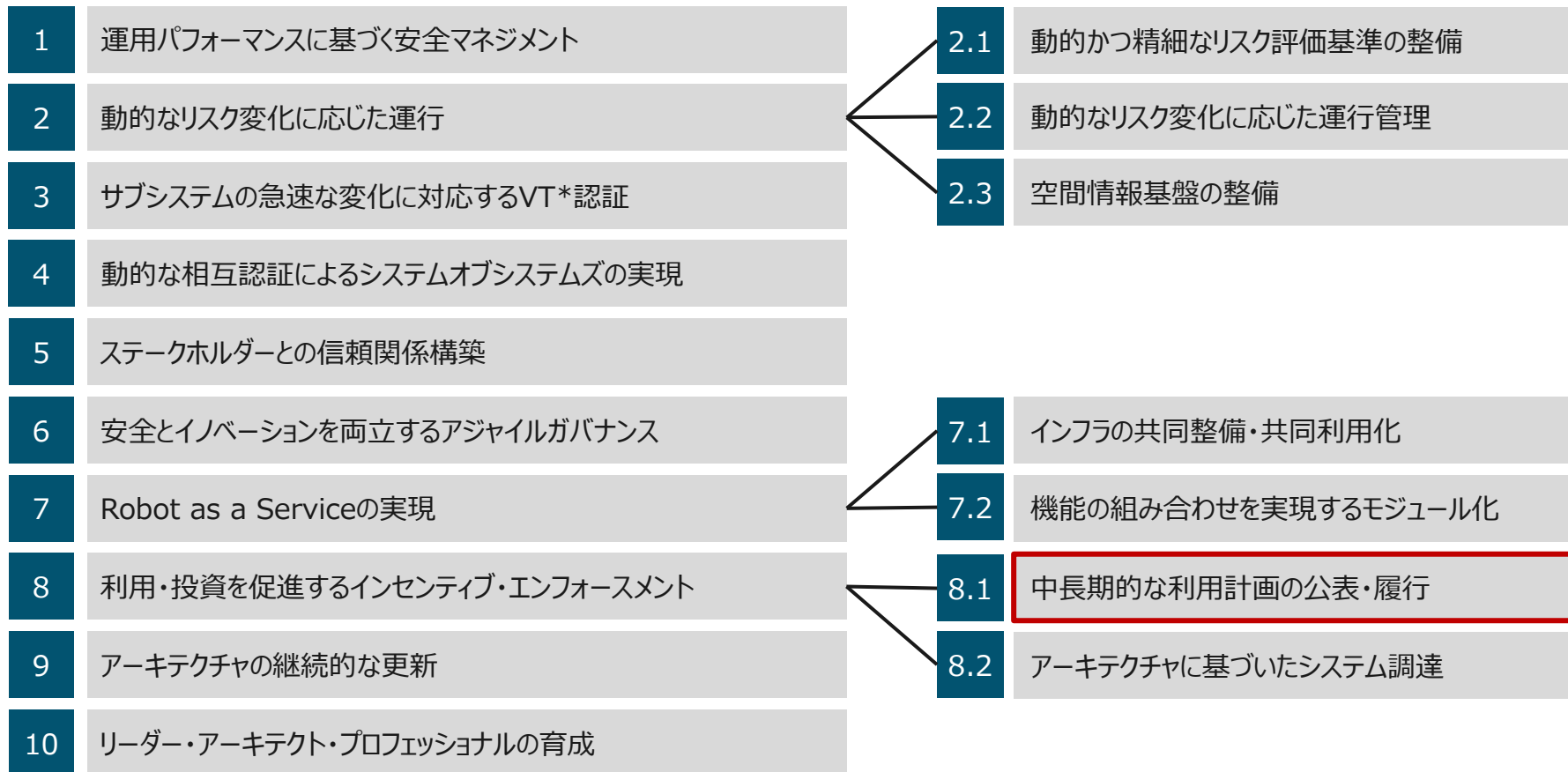
Drone-Insurance.com(AirMap社と協業)が提供する1日単位のオンデマンド・ドローン保険

モジュールを組み合わせたサービスの提供やトレーサビリティの確保を実現するために、サービス・データのカタログやAPI、識別子の整備について検討していく。

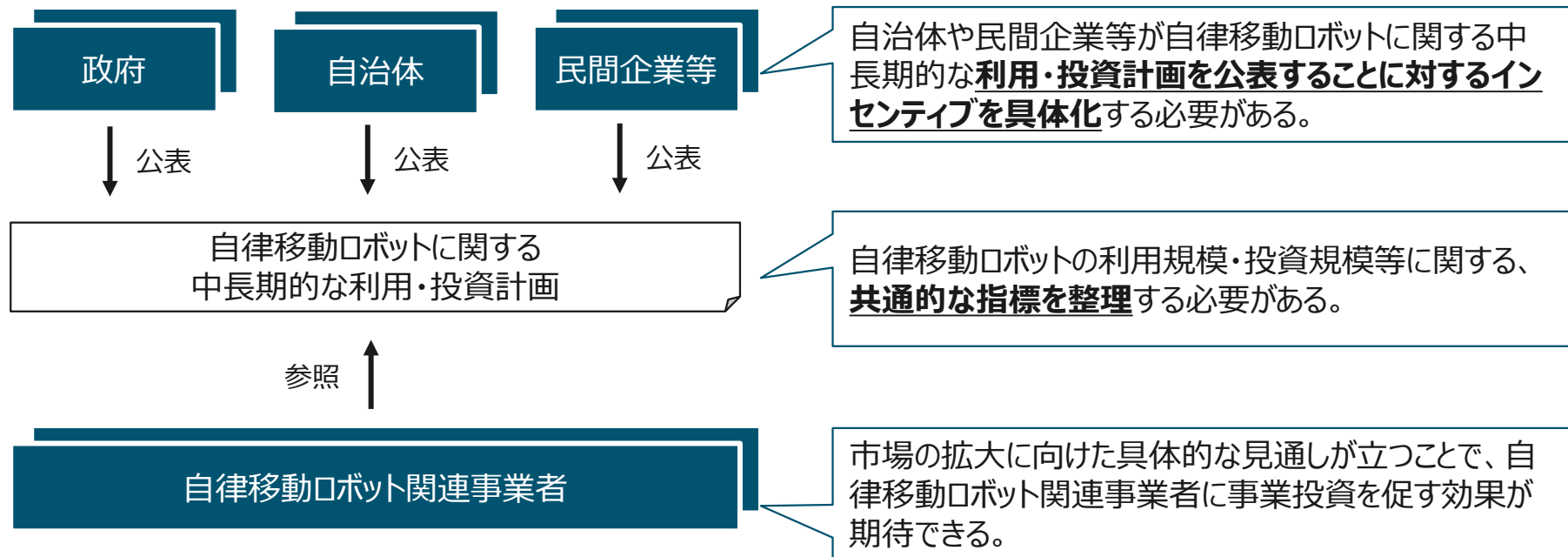




*VT: バーチャルテスト



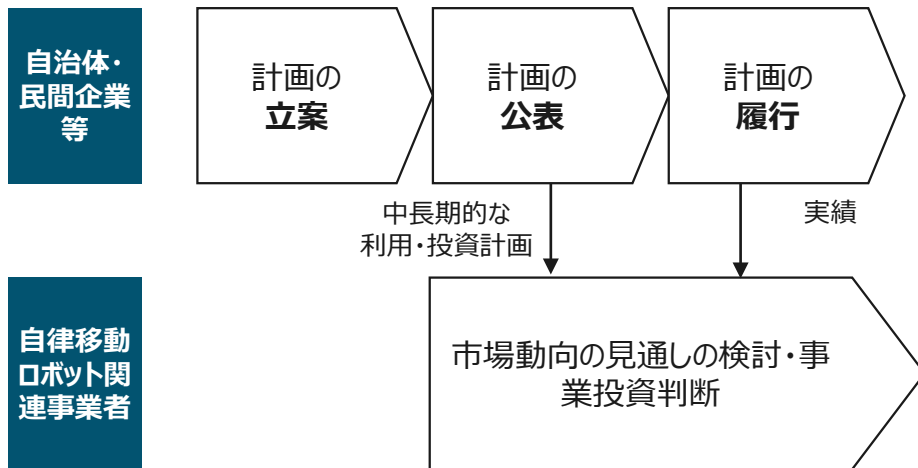
デジタル完結・自動化・全体最適化を実現し、自律移動ロボットの社会実装を進めるため、自律移動ロボットの利用状況を示す指標を設定した上で、政府・自治体・民間企業等に中長期的な利用・投資計画の公表・履行を行う仕組みを整備する必要がある。



事業投資判断には自律移動ロボットを活用する企業の利用計画/実績を把握する必要があるが、利用計画公表のインセンティブが明確/十分でない状況においては、**利用計画が立案/公表/履行されない可能性**がある。また、利用計画の指標が曖昧で統一されていない場合、公表されても**有効活用できない可能性**がある。

事業投資判断のプロセス

自律移動ロボット関連事業者が事業投資を積極的に行うには市場の動向(ニーズ)を把握する必要がある。そのため、各企業の利用計画や実績を参照する。



利用計画の公表・履行で想定される課題

1 利用計画が立案/公表/履行されない可能性

利用計画の立案・公表は個々の自治体・民間企業等が独自に判断している。自治体・民間企業によっては計画の**立案/公表/履行にメリットを感じず**、計画を**立案/公表/履行しない可能性**がある。

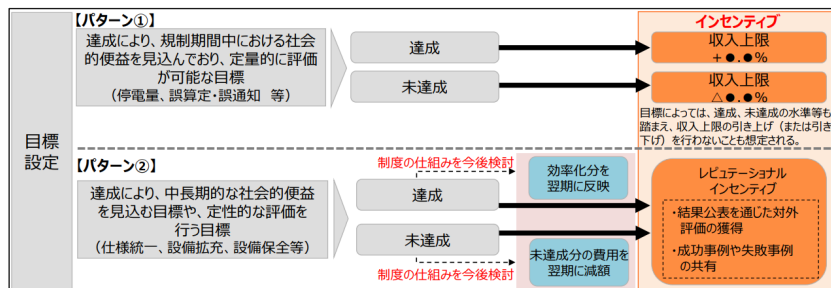
2 利用計画から市場動向を把握できない可能性

公表された計画にある指標が**事業者・業種ごとに統一されていない**、または指標の**社会的・経済的な価値が分かりにくい場合**、計画を参照する事業者が計画を**有効活用できない可能性**がある。

電力の託送料金制度やグリーン成長戦略では、**計画の達成状況等に応じた収入上限の緩和や税制優遇等のインセンティブ**を設定することで、利用計画の立案・公表・履行を促している。また託送料金制度では評価項目を例示し成果を画一的に評価できようしている。

電力の託送料金制度

送配電事業者が作成した計画に基づき、達成状況を評価し、達成状況に応じて収入上限を変動させる



出所：経済産業省「託送料金制度（レベニューキャップ制度）中間とりまとめ 詳細参考資料」

2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略

「2050年カーボンニュートラル」の実現に向け枠組みや政策、実行計画を策定する

税制優遇の例

産業競争力強化法の計画認定制度に基づき、以下①②の設備導入に対して、**最大10%の税額控除又は50%の特別償却**を措置する（改正法施行から令和5年度末まで3年間）。

投資を促す例

イノベーション・ファイナンスは、**投資家向けに脱炭素化イノベーションに取り組む企業の見える化**（ゼロエミ・チャレンジ：今年10月時点で320社）を行っており、今後**分野の拡大**を図るとともに、投資家と企業との**対話の場を創設**。

出所：経済産業省「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」

利用計画の公表・履行に関するポイント

1 計画を公表することで成果に応じて収益を上げられる。

2 定量的・定性的な目標に対し評価項目の例が提示されている。

利用計画の公表・履行に関するポイント

1 計画認定制度に基づき設備導入の税率優遇等を行う。

1 イノベーションに取り組む事業者の見える化、投資家や政策立案者との対話の場の創設で投資を呼び込む。

利用計画の立案/公表/履行を促すために、市場の導入期は金銭的なインセンティブを働かせ、徐々に非金銭、市場によるインセンティブへ遷移するような、市場の成熟度に合わせたインセンティブ設計を検討していく。

1 立案/公表/履行を促すインセンティブの設計

インセンティブの種類

政府によるインセンティブ	金銭	計画・実績に応じた金額を優遇することで直接的にインセンティブを付与する。 <small>(例) コストの価格転嫁許可、税制優遇等</small>	※1 ※2
	非金銭	計画・実績に応じて、公的機関が事業者の認定を行い、投資を促すことで間接的にインセンティブを付与する。 <small>(例) 事業者の認定制度等</small>	※1
市場によるインセンティブ		投資家に対して、計画・実績の経済的価値を事業者・業種横断かつ誰にでも分かる指標で提示することで、投資を促す。	

取組の方向性

1 立案/公表/履行を促すインセンティブの設計における取組

- 市場の成熟度合いに合わせたステップごと・業種ごとのインセンティブの設計
- 計画・実績評価のための指標の検討(2)

※1 計画・実績の評価には特定の事業者・業種に有利/不利にならないような公平性が求められるため、事業者・業種を跨ぎ価値を定量的に測れる指標が必要となる。

※2 業種によりマネーフローが異なるため、業種ごとに適切なインセンティブを設計する。

自律移動ロボットを活用した活動のアウトカムを分野横断的に評価し、産業を活性化することをゴールとし、段階に応じて**評価指標、データ収集方法、評価指標の計算方法等**を検討していく。

2 利用計画の評価指標の設定

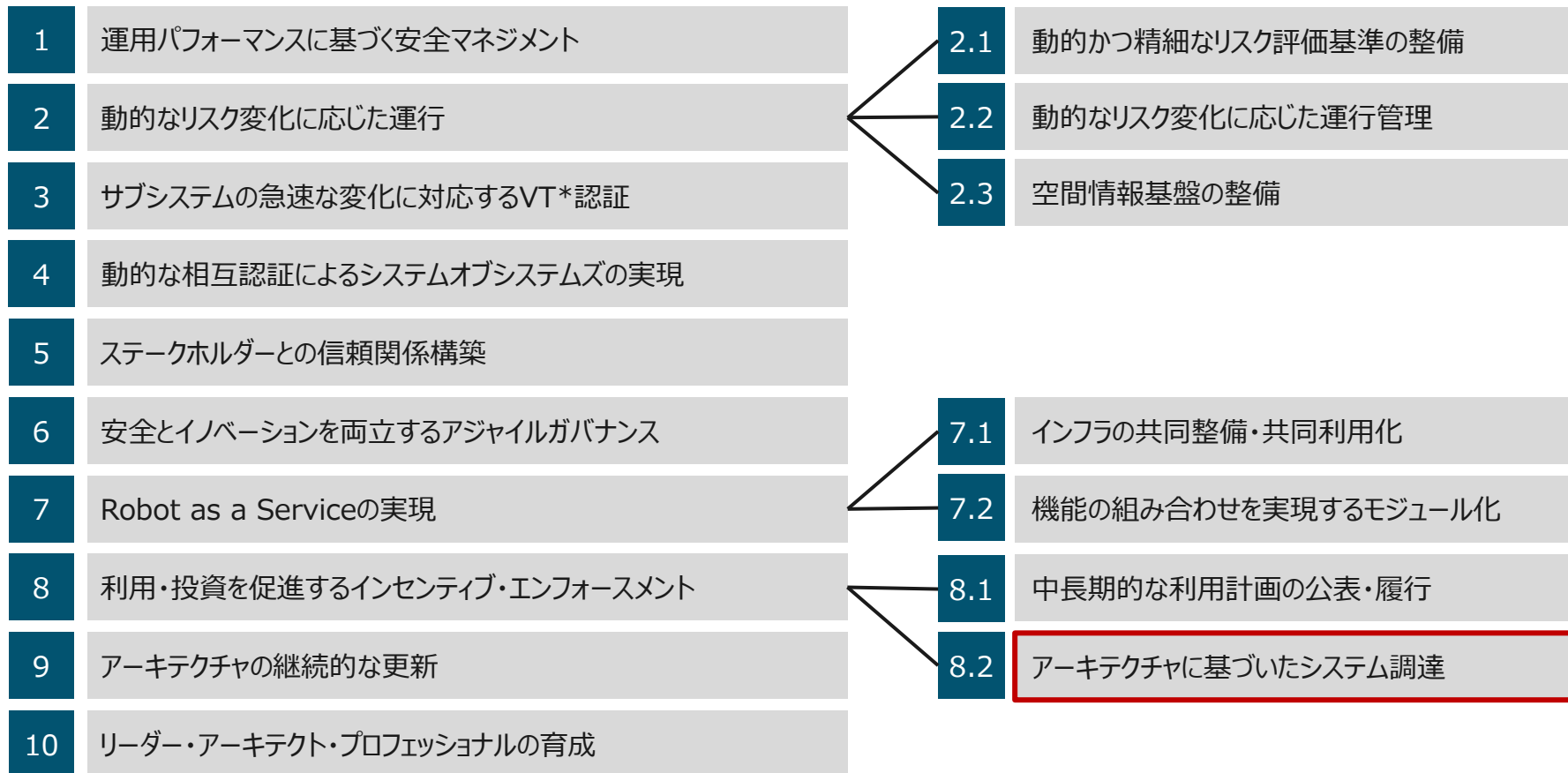
評価指標の種類

インプット	アウトプット	アウトカム	
		経済的価値	社会的価値
・ロボット数 ・航路距離 ・離発着場数 等	・運行回数 ・運行時間 ・運行距離 等	・自動化率 ・サービス提供範囲 ・ダウンタイム 等	・労災件数 ・事件・事故件数 ・復旧日数 等

取組の方向性

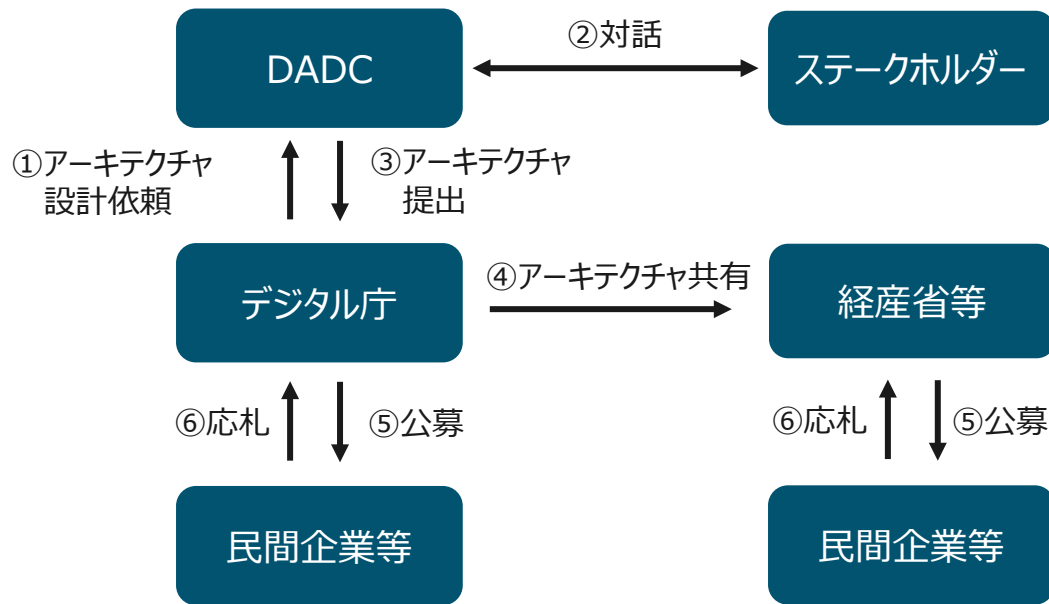
2 評価指標の設定における取組

- ・ 評価指標の検討
- ・ 評価指標の算出に必要なデータ項目/データ収集方法(IF/データアクセス権)の検討
- ・ 評価指標の計算方法の検討



*VT: バーチャルテスト

デジタル完結・自動化・全体最適化を実現し、自律移動ロボットの社会実装を進めるため、DADCが設計したアーキテクチャを踏まえて、政府が自律移動ロボットに関する情報システムを整備する仕組みが必要である。

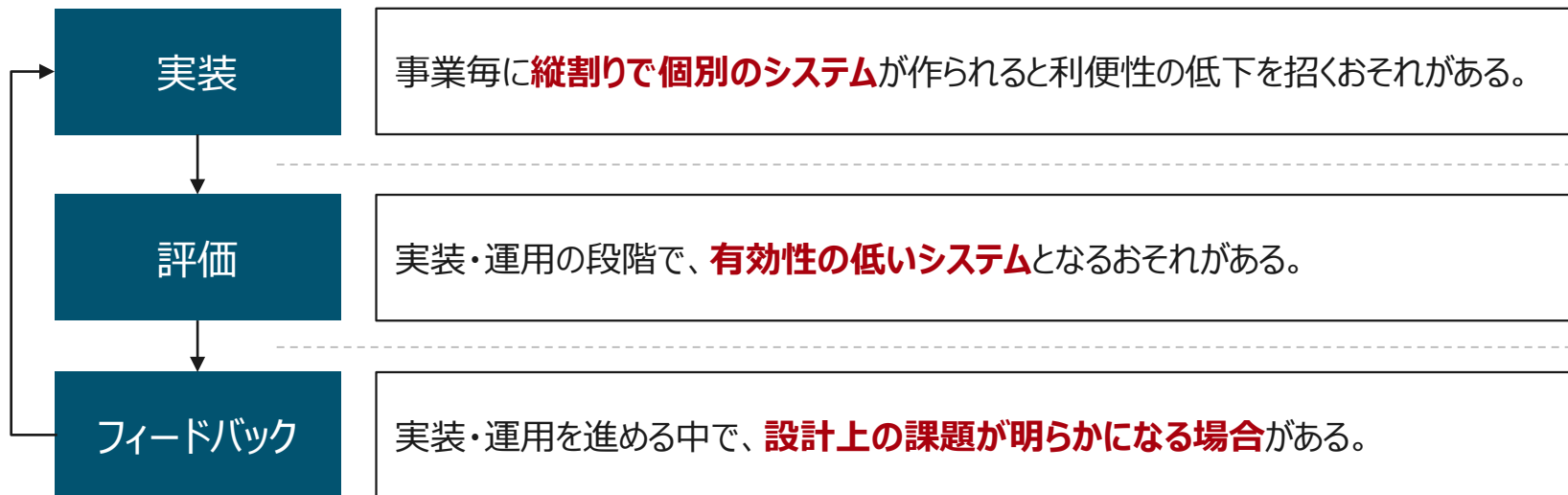


自律移動ロボットに関する公募にあたっては、DADCが設計したアーキテクチャに準拠

アーキテクチャに基づいたシステム調達の課題

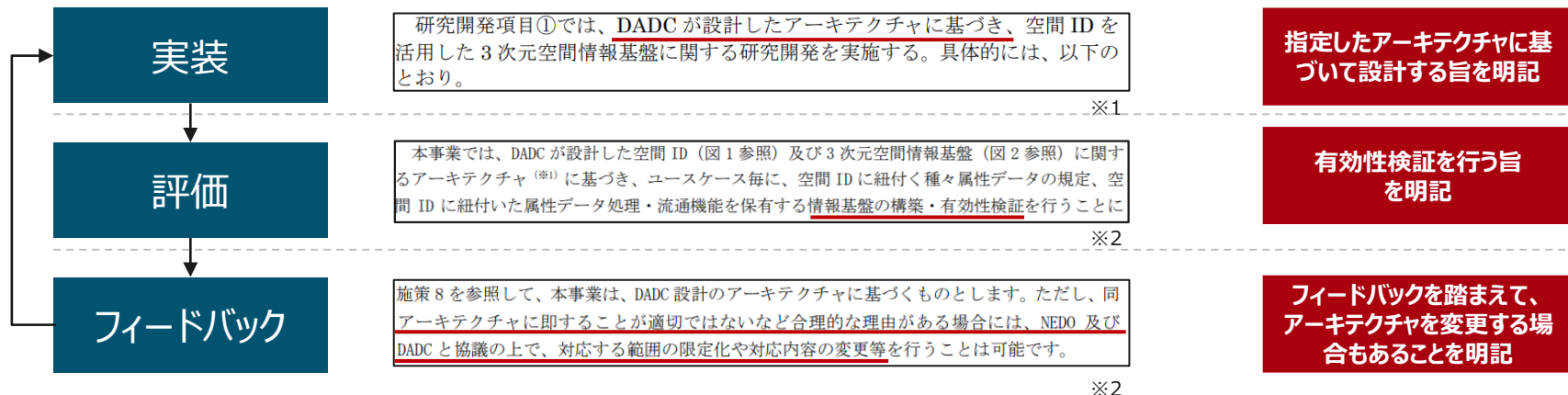
相互運用性が確保されないままに、**縦割りのシステムが乱立すると、利便性の低下を招くおそれがある。**
また、全体最適を考慮したアーキテクチャを設計しても、**実装・運用を経て、はじめて明らかになる設計上の課題**もあり、**有効性の低いシステム**となるおそれがある。

課題



デジタル庁及び経済産業省の関係事業において、DADCで設計したアーキテクチャに基づいた調達を実施している。その際には、アーキテクチャに基づいて実装すること、有効性検証を実施すること、アーキテクチャへのフィードバックを実施することとしている。

産業DXのためのデジタルインフラ整備事業の基本計画・公募要領抜粋

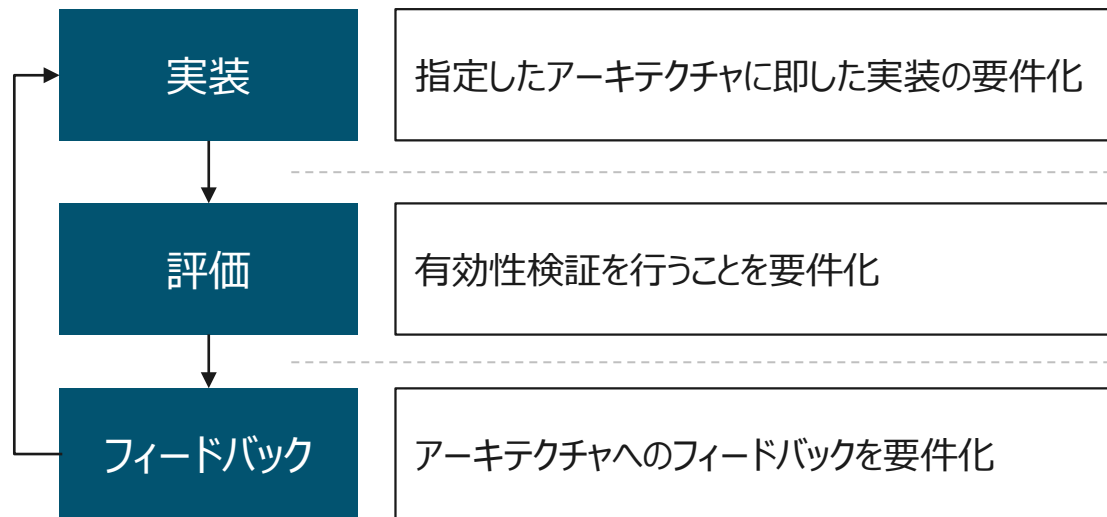


※1 出所：NEDO 「産業 DX のためのデジタルインフラ整備事業」基本計画

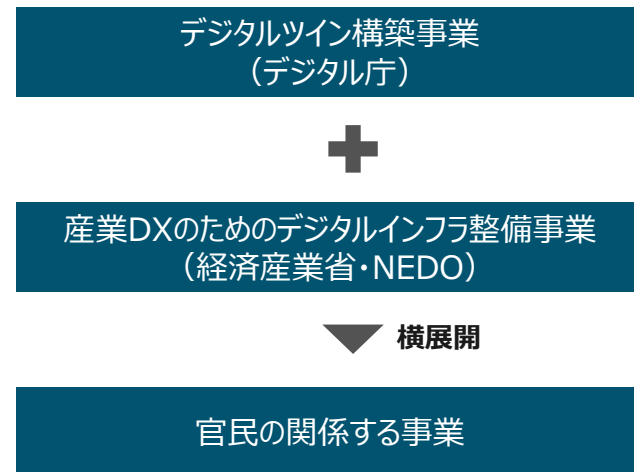
※2 出所：NEDO 「産業 DX のためのデジタルインフラ整備事業」3次元空間情報基盤に関する研究開発／空間 ID を活用した 3次元空間情報基盤の開発」に係る公募要領

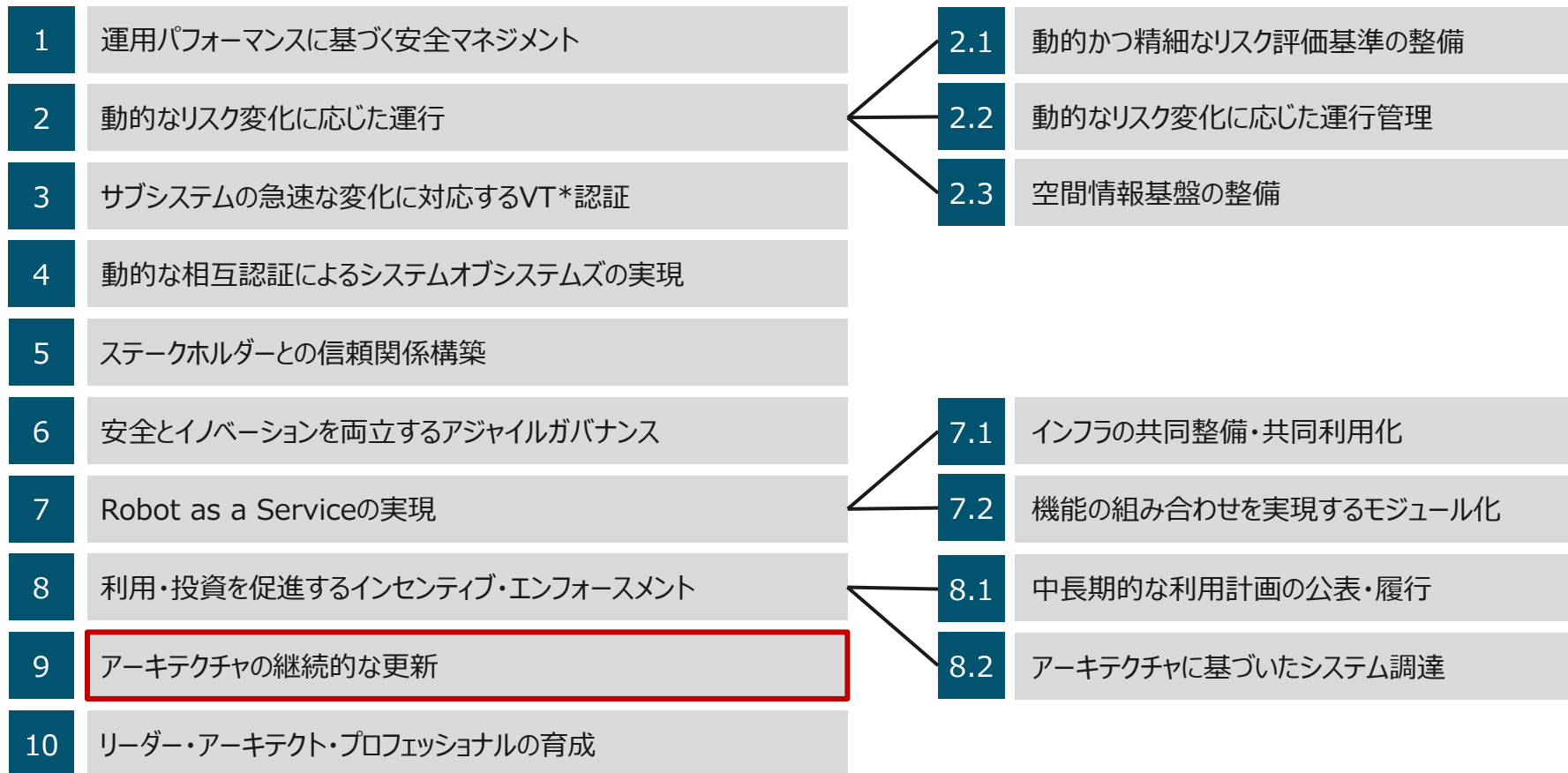
設計したアーキテクチャに即してシステムを調達する仕組みについて、経済産業省・NEDOやデジタル庁の事業において、**他の行政機関や民間企業におけるシステム調達でも同様の仕組みの活用**を促すために、**実装・評価・フィードバックの好循環を回すノウハウを形式知化して情報発信する取組**について検討していく。

実装・評価・フィードバックの好循環



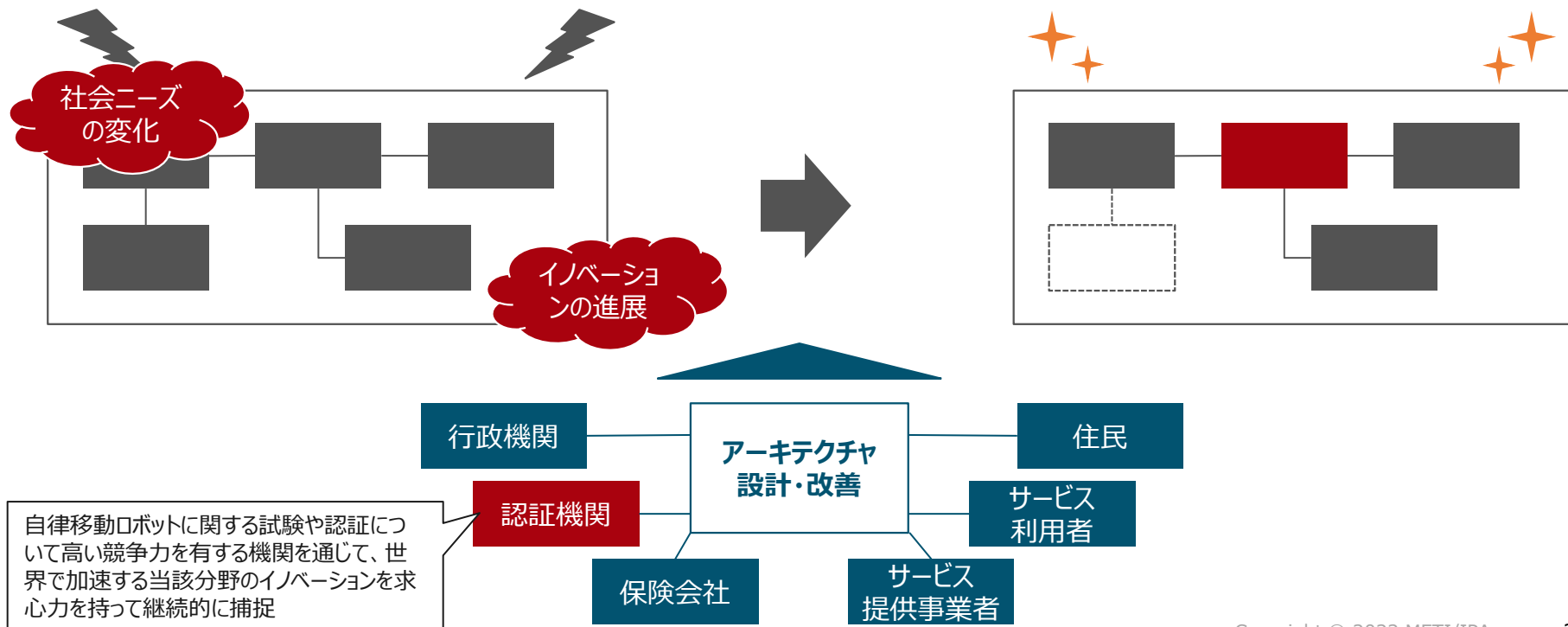
実践と横展開



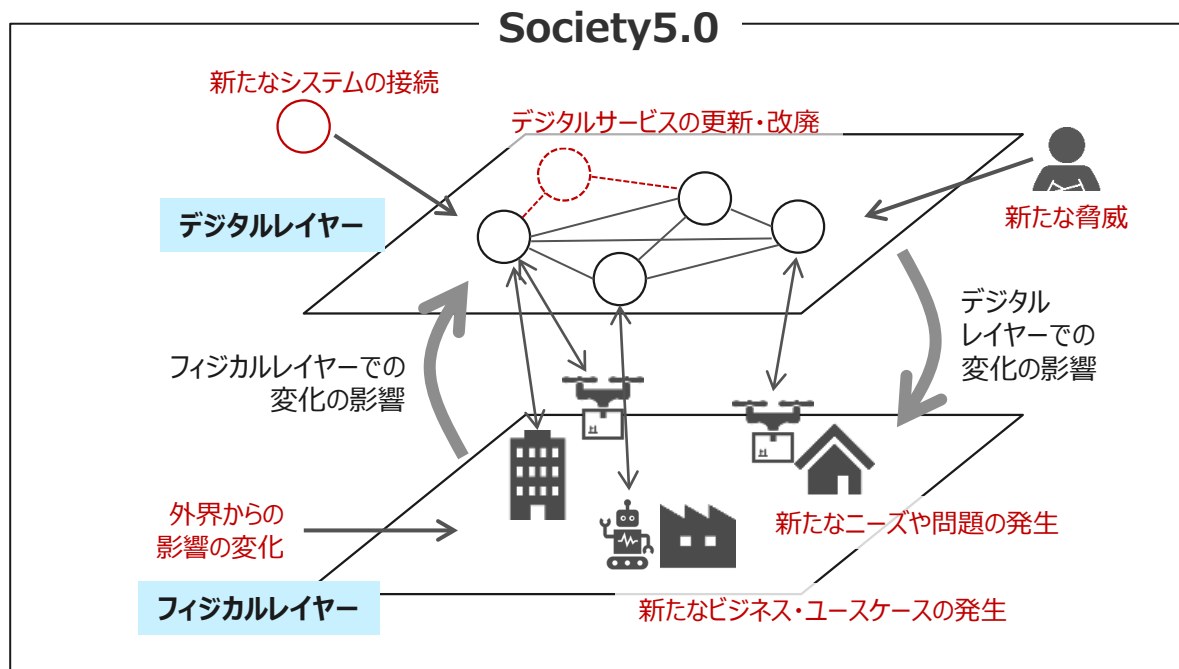


アーキテクチャの継続的な更新の概要

急激に進む社会ニーズの変化やイノベーションの進展を踏まえて、リーダーを中心にアーキテクトやプロフェッショナルが集まり、プロジェクト単位で、時代・場所等に応じて最適な形で自律移動ロボットの社会実装を進めるため、社会ニーズやイノベーションの動向を踏まえて、デジタル、サービス、ガバナンス等の観点から全体のアーキテクチャを見直し続ける仕組みを構築する必要がある。



真のアーキテクチャは現実世界(Society5.0)の中にあり、それは構成システムの変化、接続されるシステムの変化等によって日々更新される。複雑かつ動的に変化するSociety5.0の状態及び外界からの影響をモニタリングしてシステムとして把握し、あるべき状況をもたらすアーキテクチャを更新し、必要に応じて新たな対策を講じる継続的な取組が必要となる。



状況を把握し
システムとして
理解する



目指す状況
を実現させるため
活動する



アーキテクチャ
管理チーム

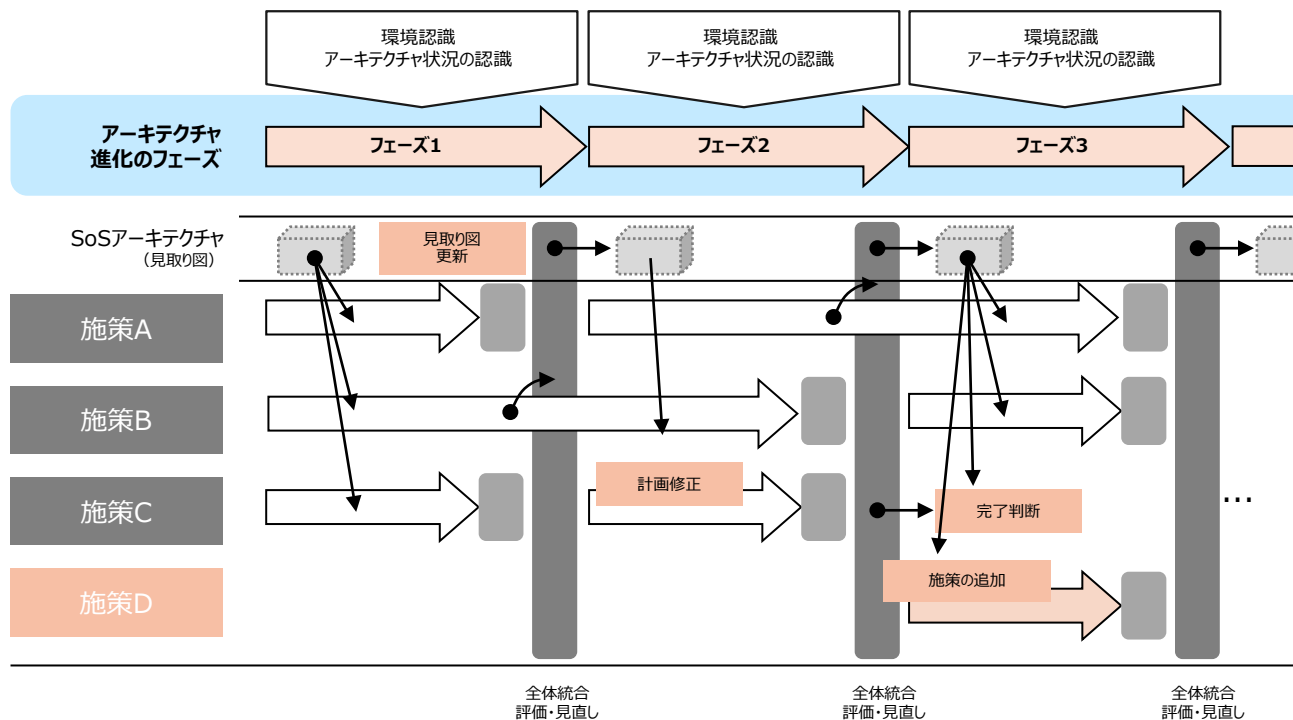


Society5.0
アーキテクチャ

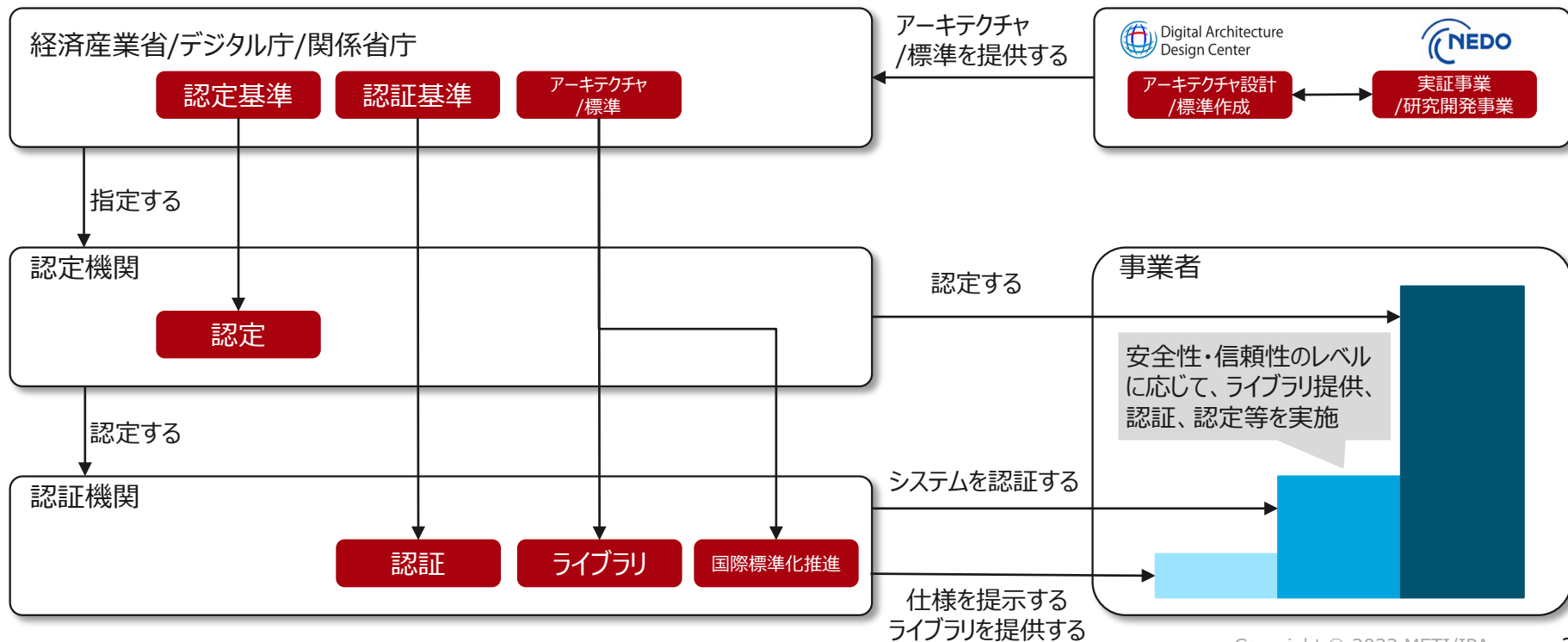


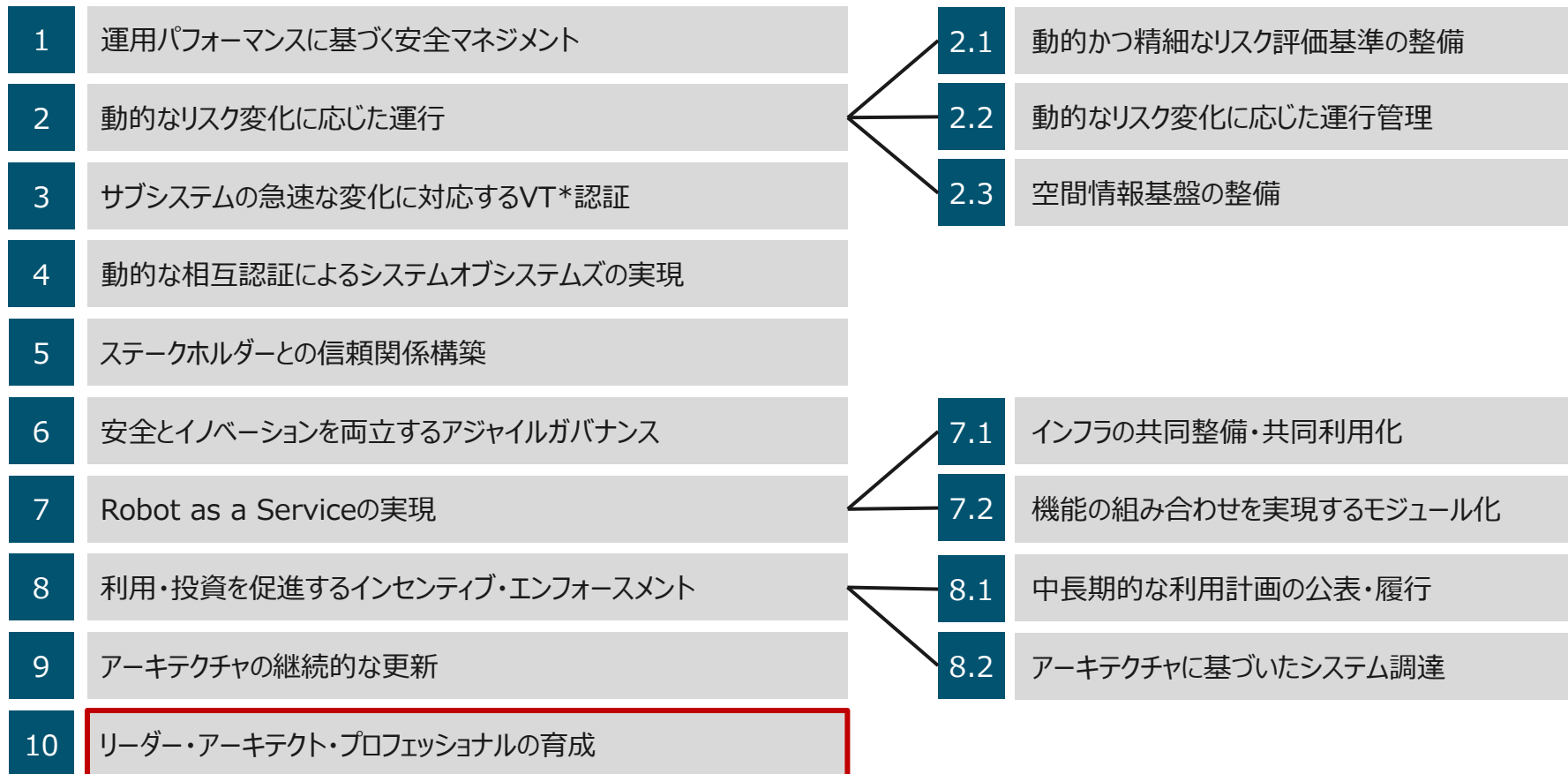
ビジョンやアーキテクチャ設計の
更新を行い、必要な施策を計
画する

MITのRhodesらが、環境が変化する中で、企業・組織が適切に意思決定を行い成長を続けるために、時間的な区間ごとに戦略を区切り、**アーキテクチャを評価・修正する方法をEpoch-Era分析**として示している。



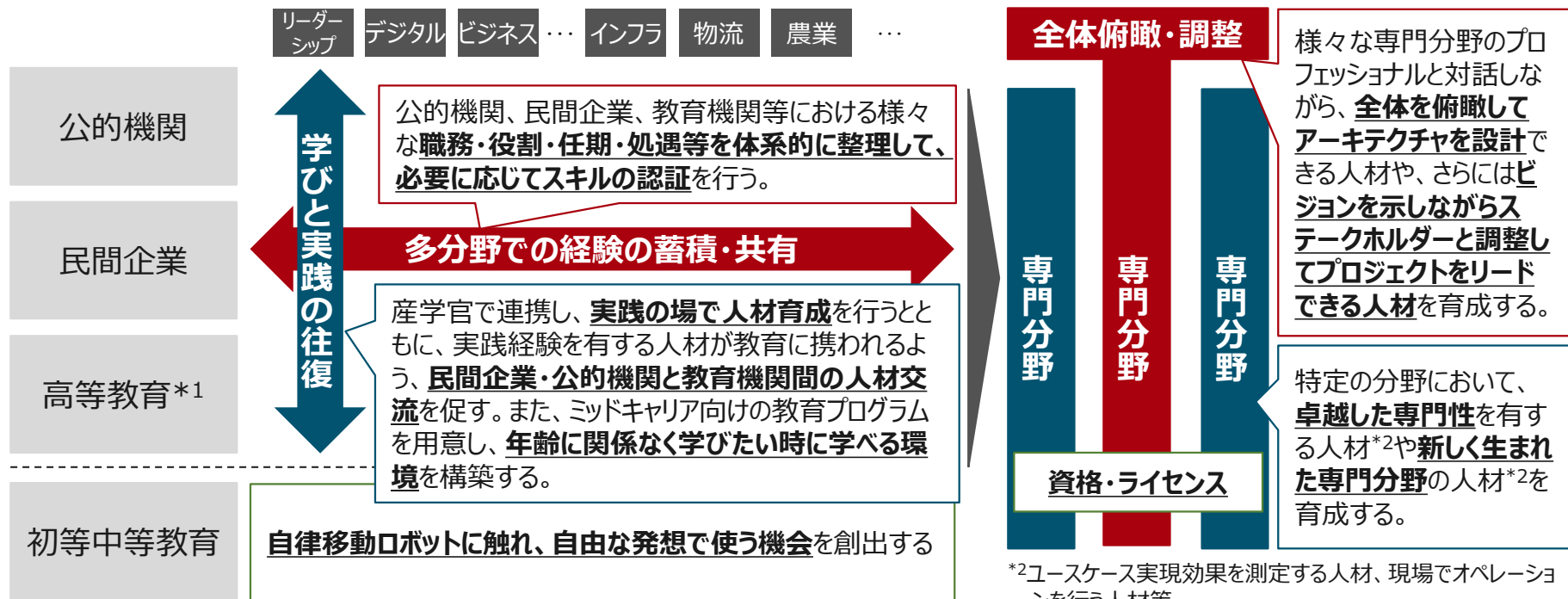
運用者の異なる多数のシステムが連携する中において、**安全性・信頼性を含むトラストを確保しながら、モジュール化・相互運用性の確保を通じてイノベーションを促し、グローバル展開も実現するために、データ連携に関するシステムの認証や、その運営を行う事業者の認定等を行う仕組みを構築していくことが重要。**





*VT: バーチャルテスト

急激に進む社会ニーズの変化やイノベーションの進展を踏まえて、**リーダーを中心にアーキテクトやプロフェSSIONALが集まり、プロジェクト単位**で、時代・場所等に応じて最適な形で自律移動ロボットの社会実装を進めるため、**実践と学びの往復や多分野での経験の蓄積・共有、スキルの認証（資格等）を通じて人材育成・活躍の好循環**を生み出す仕組みを作る必要がある。

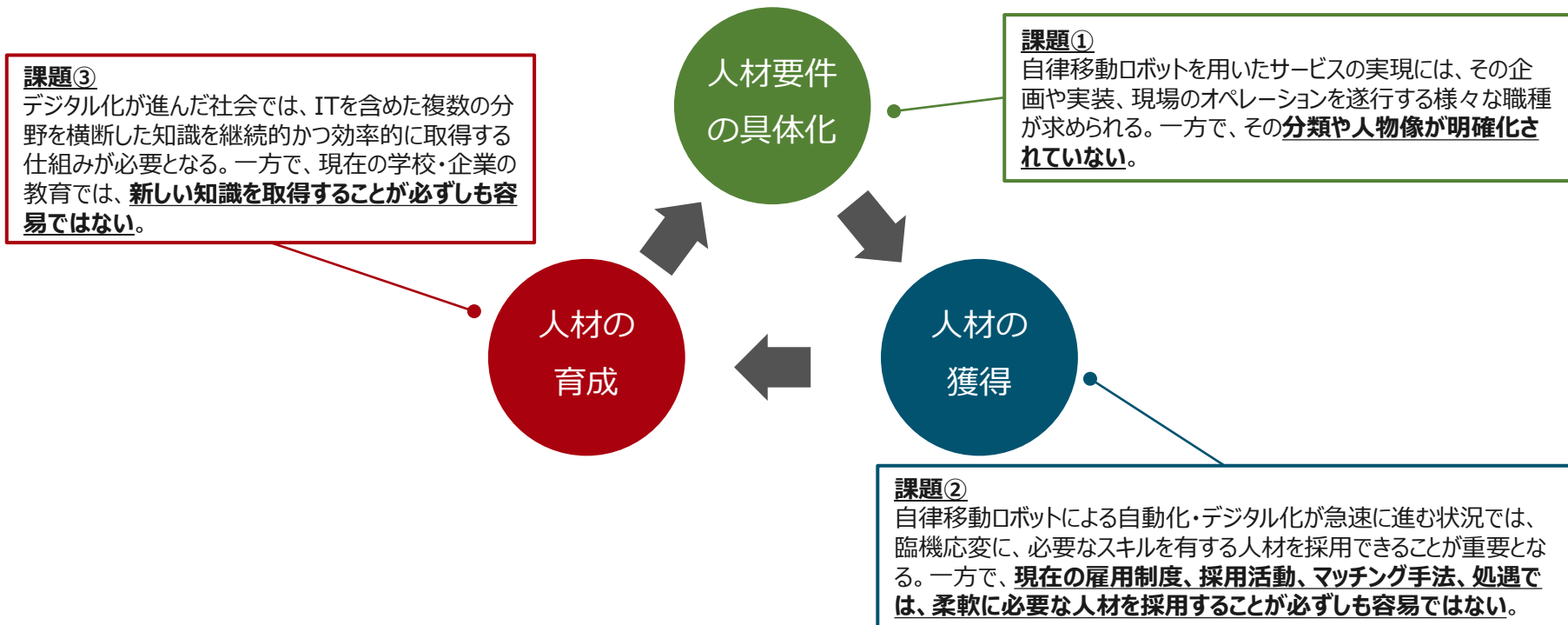


*1大学、高等専門学校、高等学校

*2ユースケース実現効果を測定する人材、現場でオペレーションを行う人材等

発展が見込まれる自律移動ロボット分野においては、様々な職種において人材の不足が懸念される。人材の充実には、以下の課題に対し、その関連を考慮した総合的な視点から対応を進める必要がある。

自律移動ロボット人材充実に向けた要件

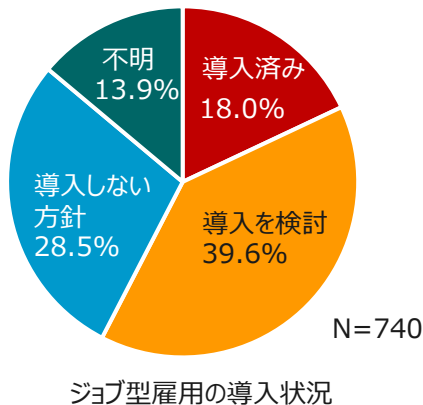


人材要件の具体化に関する国内外動向

企業のグローバル化やデジタルトランスフォーメーションの推進に伴い、グローバル市場での競争力の向上を目的に、**職務及び職務遂行能力等をジョブディスクリプションとして明確に定義し、職務に適材人材を割り当てるジョブ型雇用の導入**が始まっている。

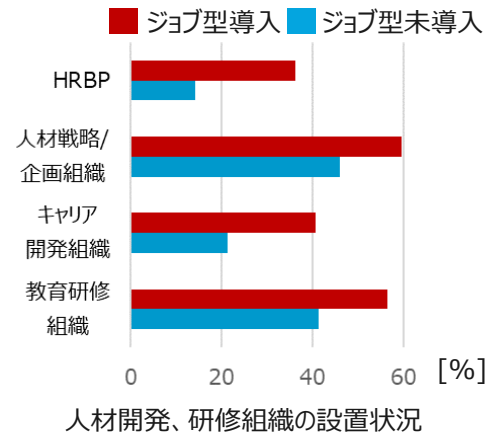
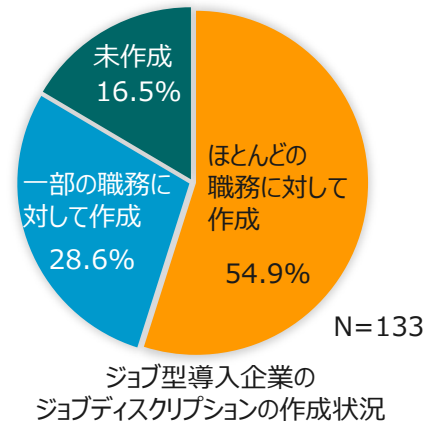
ジョブ型雇用の導入状況

ジョブ型雇用の導入している企業は約2割に留まり、十分には普及していない。



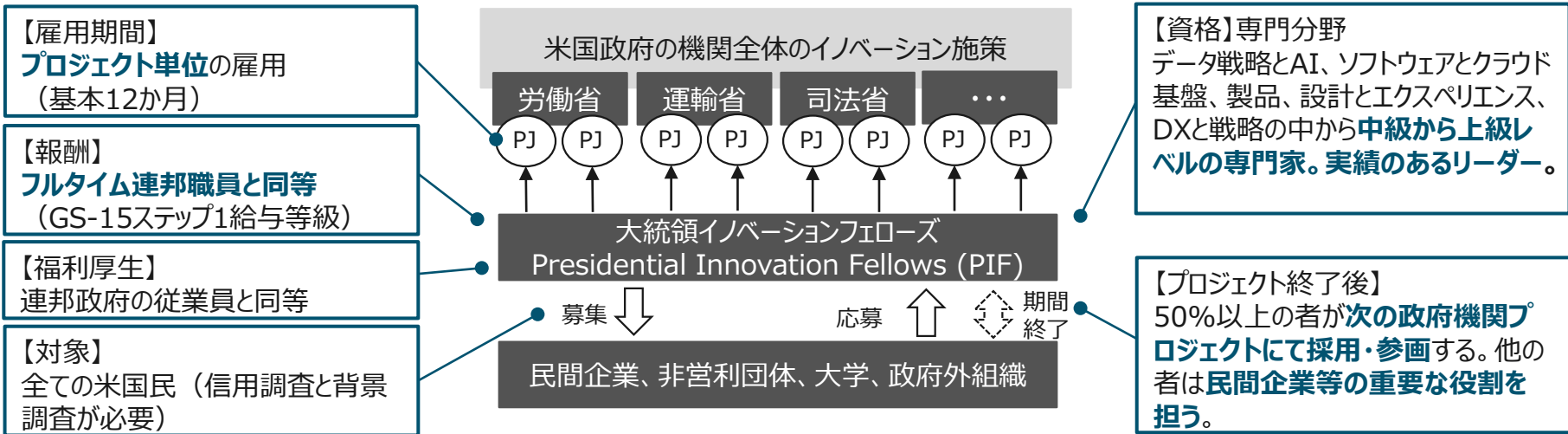
ジョブディスクリプションの整備と人材開発組織の設置

ジョブ型導入企業の多くは、**ジョブディスクリプションが整備され、また、キャリア及び人材開発組織の設置**も進んでいる



リボルビングドア実践組織の人材獲得事例（米国PIF）

米国では、官公庁と民間企業との間で人材が流動的に行きかう、リボルビングドアを実践する組織であるPIF（大統領イノベーションフェローズ）において、**プロジェクト単位の雇用**、**連邦政府職員と同等の待遇**、**人材要件の明示**に加え、**市場における人材価値の向上（キャリア形成）**を提示することで、効果的なマッチングを実現している。

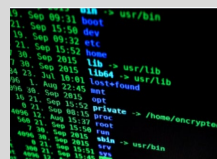


（プロジェクト事例）

COVID-19の中、遠隔医療の認識と採用を加速（100万人以上の医療提供）



FBIのリスク管理を民間セクターで実施し、脅威を低減するエコシステムを定義



自動運転の安全性、効率、モビリティを向上させるオープンソーステクノロジーの開発



初等中等教育の学生を対象にした自律移動ロボットの**体験学習**、高等教育の**学生と民間企業の共同実証による実践の場における学習**、**社会人（ミッド・キャリア層）を対象にした学び直し**の機会創出が国内外で行われている。

自律移動ロボットに触れ、自由な発想を培う人材育成の事例

FAA STEM Aviation & Space Education では、**航空宇宙分野における次世代の人材育成**を目的に、主に**小学生～高校生を対象にした教育プログラム**を準備、推進している。

高校生を対象とした「Real World Design Challenge」では、**学生チームが米国の主要産業が直面している技術的な課題に取り組む**。

2022年テーマ
Airspace
Integration of
UAS Package
Delivery

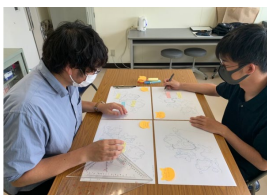


出所：FAA STEM AVSEEDホームページ

実践の場における人材育成の事例

広島商船高専と自律航行システムを開発する株式会社イトノットが**共同で、実証実験を実施**。小型船をコンピューター制御で自律航行させ、離島間で商品を運ぶ。

技術研究のみならず、**学生に対して基礎的な技術教育、水上デマンド交通の管理や運航の考え方の教育も実施**。

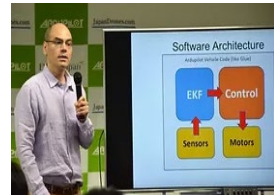


出所：広島商船高等専門学校ホームページ TOPICS

社会人の学びなおし（リカレント、リスキング）の事例

Japan Drones(株)とドローン・ジャパン(株)が協働事業として、**ドローンエンジニア向けの人材育成事業**を行っており、**社会人のリカレント教育**を推進している。

プログラミング、機体の製作を通じて機体制御、ログ解析等の**スキル習得（リスキング）** 機会の提供と、開発者の**グローバルコミュニティの形成**も行っている。

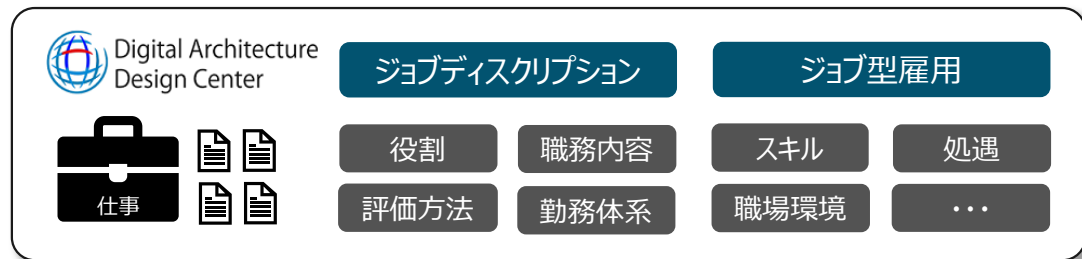


出所：ドローンジャパン(株)ホームページ

リーダー・アーキテクト・プロフェSSIONALの育成の取組の方向性(1/3)

10

人材の獲得に向けて、求める人物の役割やスキル、職務内容等を明確に定義して、**ジョブディスクリプション（職務記述書）**に基づく**ジョブ型雇用**をDADCにおいて率先的に実践して、その取組内容の社会への発信について検討していく。さらに普及促進のため、将来的にはスキルを認証する仕組みを検討していく。



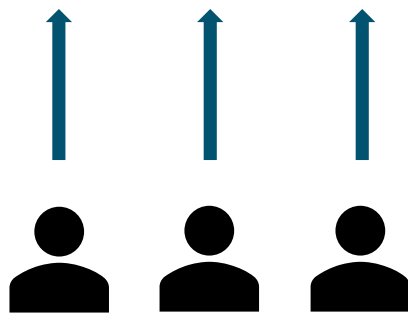
取組を発信



社会



将来的にはスキルを認証する仕組みを構築することで、DADCに限らず、幅広い企業において、ジョブディスクリプションやジョブ型採用を行うことに繋げていく。



リーダー・アーキテクト・プロフェSSIONALの育成の取組の方向性(2/3)

10

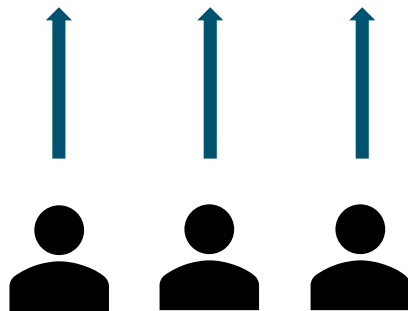
自律移動ロボット産業は、今後大きく成長することが期待されるが、現在は十分な規模を有さない。こうした状況を踏まえ、産業の魅力を高めるために老若男女関係なく、能力・成果に応じて、他の既存産業の相場より好処遇（報酬、役割、機会等）を設定するとともに、多様なライフスタイル・価値観に応えられるように兼業を含めて自由・柔軟な働き方ができる環境を整備することを検討していく。さらに、検討のみならず、DADCが率先的に実践し、取組内容を発信することで、社会への普及を促進することを検討していく。



取組を発信

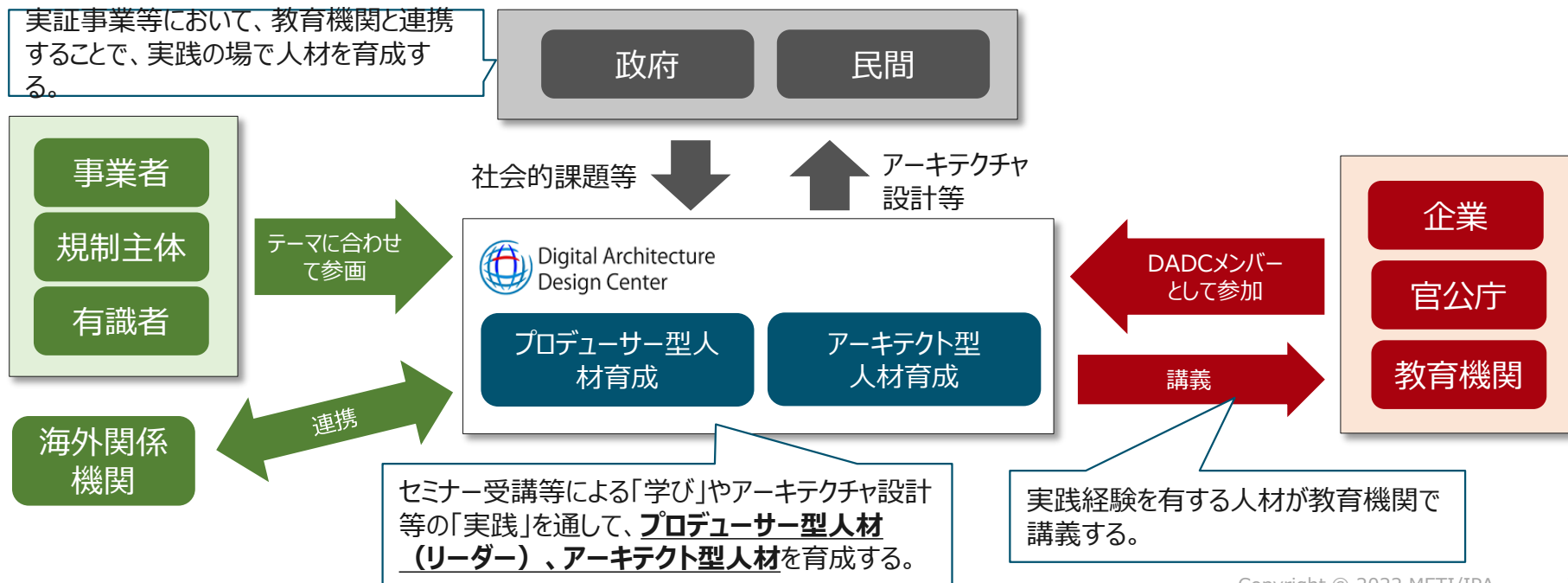


社会



リーダー・アーキテクト・プロフェSSIONALの育成の取組の方向性(3/3)

産学官が連携し、実践の場での人材育成を行うとともに、実践経験を有する人材が教育に携われるよう、**民間企業・公的機関と教育機関間の人材交流**を促す方策を検討していく。また、**全体を俯瞰してアーキテクチャを設計**できる人材や、さらには**ビジョンを示しながらステークホルダーと調整してプロジェクトをリード**できる人材を育成する方策を検討していく。



各章の関係性

2. ビジョン

2.1 コンセプト

実現する

2.2 ユースケース

導出する

2.3 経済性分析

アウトカム指標

3. アーキテクチャ

3.1 ストラテジービュー

実現する

ケーパビリティ

導出する

アウトプット指標

実現する

3.2 オペレーショナルビュー

実現する

オペレーション

実現する

3.3 サービスビュー

実現する

サービスレベル

実現する

3.5 ロードマップ

実現する

3.4 社会実装に向けた施策

実現する

実現する

3.6 残課題一覧

アーキテクチャの実装（施策の実施）の具体的な進め方

自律移動ロボットのアーキテクチャに即して、ステークホルダーが個別の施策を具体化して、デジタル完結・自動化・全体最適化を具現化する**自律移動ロボットを活用した社会システムを2025年度までに社会実装**し、その後は、運用で得られた知見をもとに改善し、社会への普及を促進することを検討していく。

アーキテクチャ設計

政府の依頼を受けて、ステークホルダーと連携しながら**DADCが実施**

ガイドライン・標準策定等

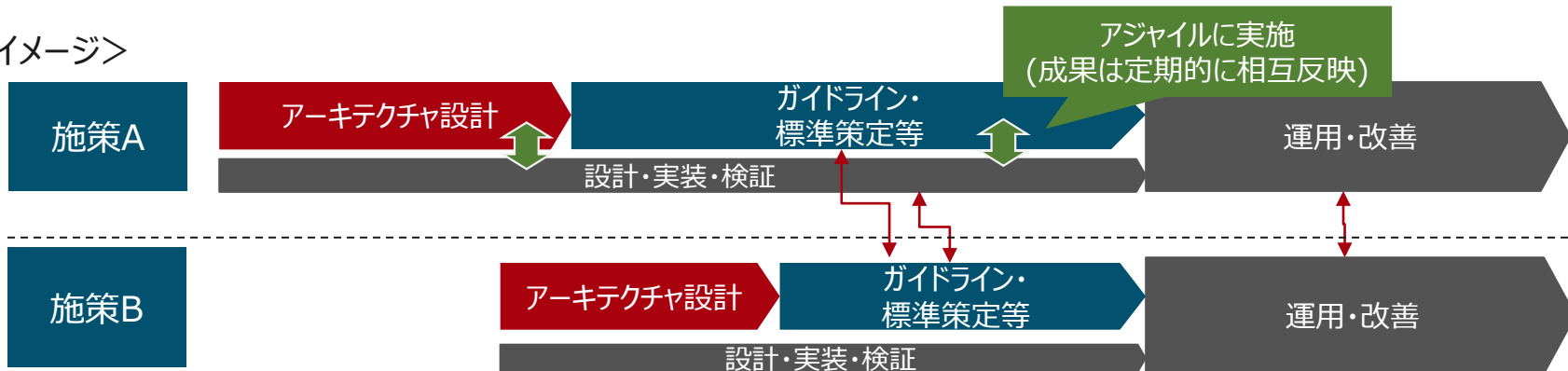
政府・DADCと連携しながら**研究開発機関・業界団体等**が実施※
（ガイドライン・標準策定に当たっては必要に応じて研究開発を行う。）

設計・実装・検証/運用・改善

協調領域は政府・研究開発機関・業界団体等が、**競争領域は民間企業等**が実施※

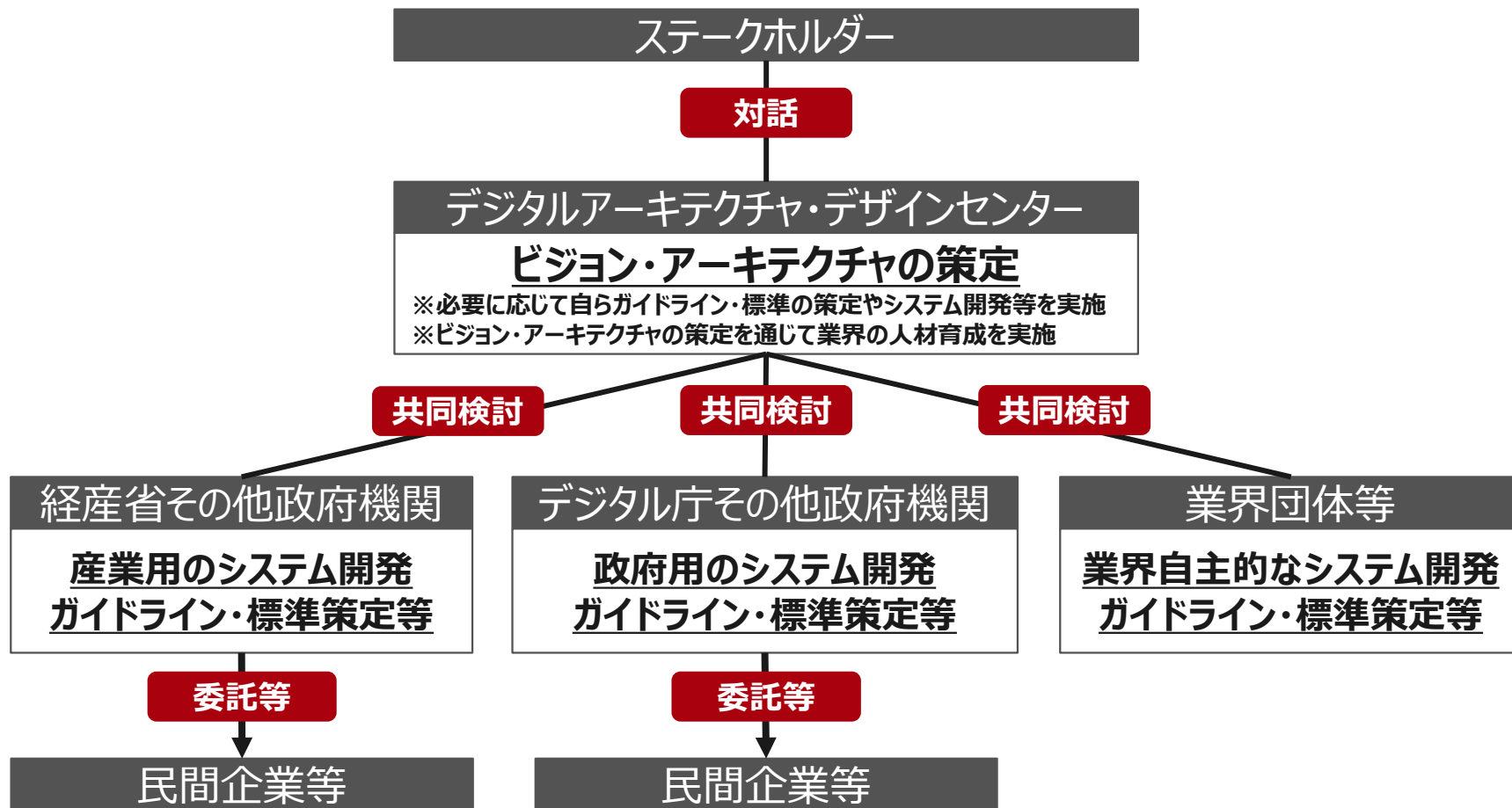
※施策間の連携が必要な場合はDADCがハブとなって連携を支援

<イメージ>



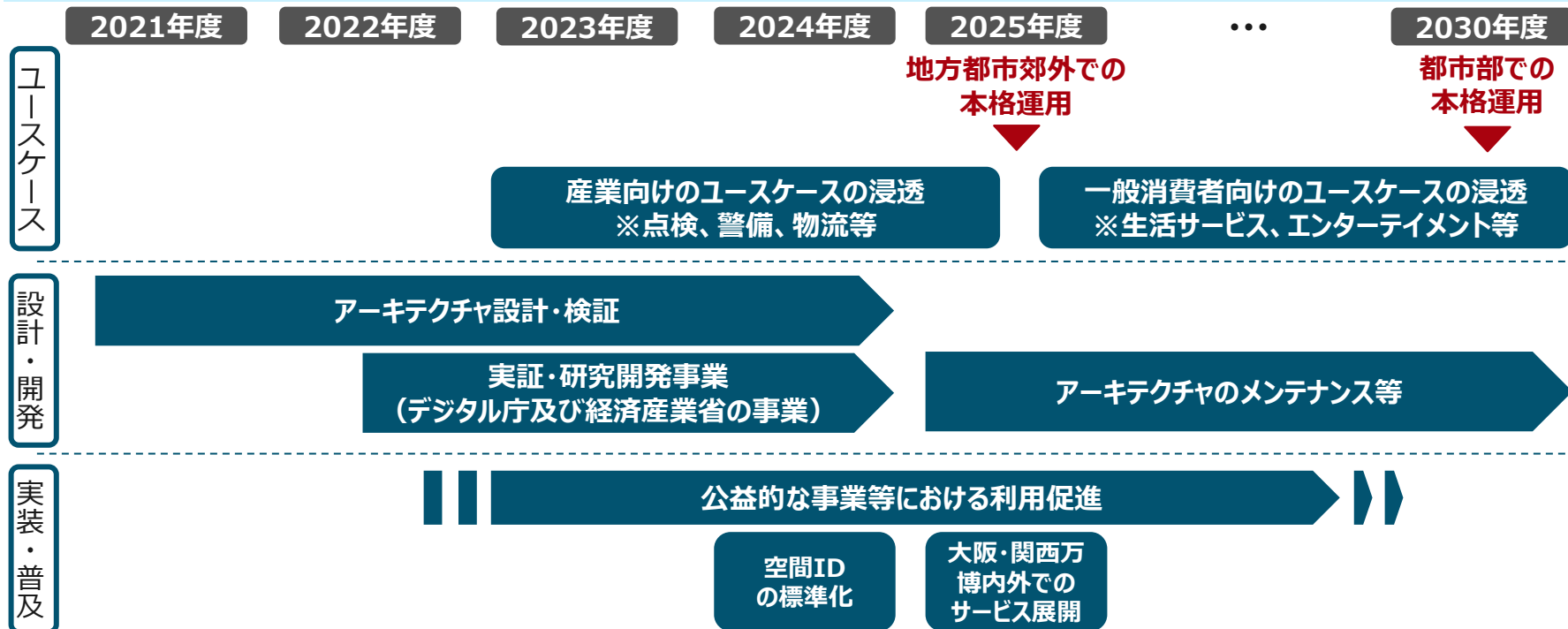
施策Aの開発状況を踏まえて実施

アーキテクチャの実装（施策の実施）を行うための推進体制



ロードマップの概要

2025年度までに地方都市郊外で、2030年度までに都市部で、自律移動ロボットが本格的に使われる社会を実現するべく、ユースケースの具体化、設計・開発、実装・普及に取り組むことを想定。



2021年度はドローンを中心にアーキテクチャを設計し、2022年度からは地上モビリティのアーキテクチャ設計も進めていく。また、土地系ベースレジストリや3D都市モデル（PLATEAU）や地理院タイル、ビルOS、次世代取引基盤等の関連分野との連携も継続的に深めていく。

ロードマップ^o (1/3 : 安全性・信頼性)

FY2022

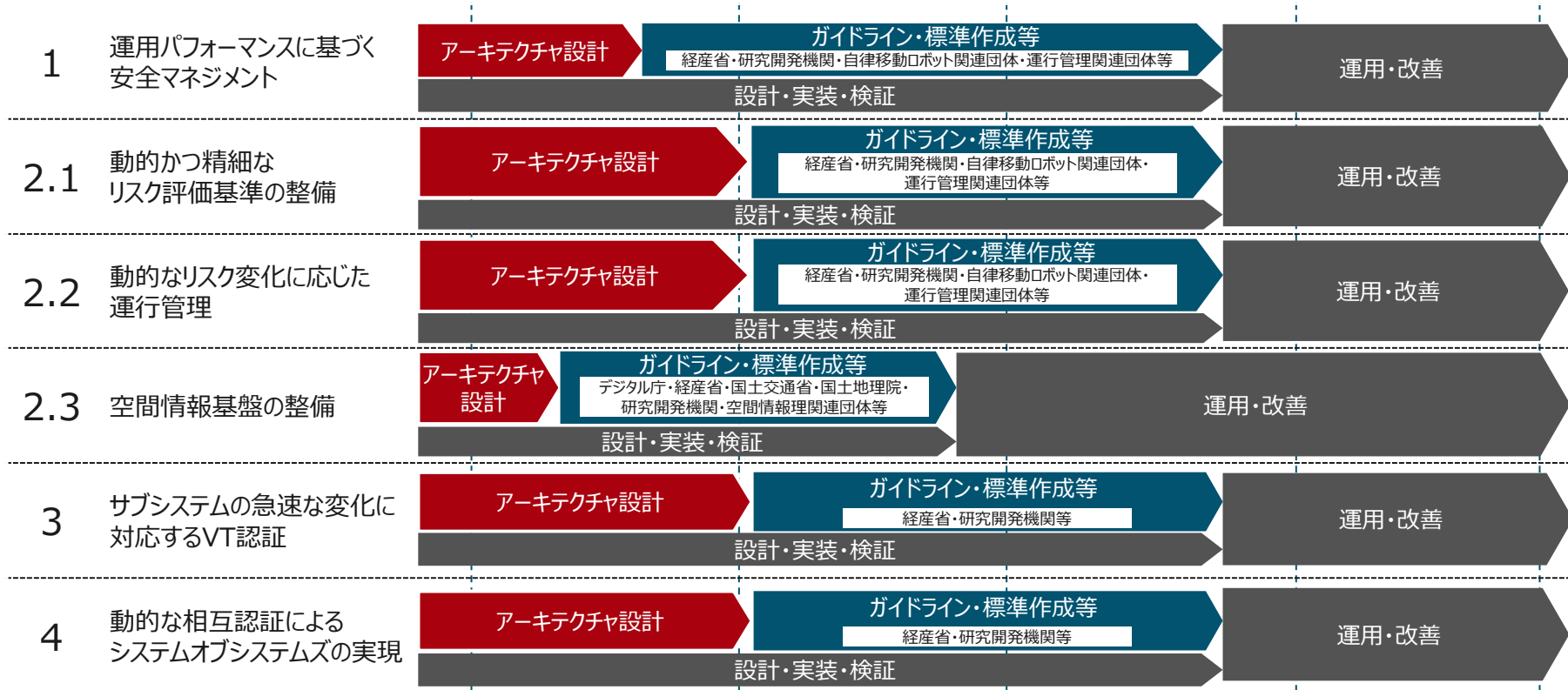
FY2023

FY2024

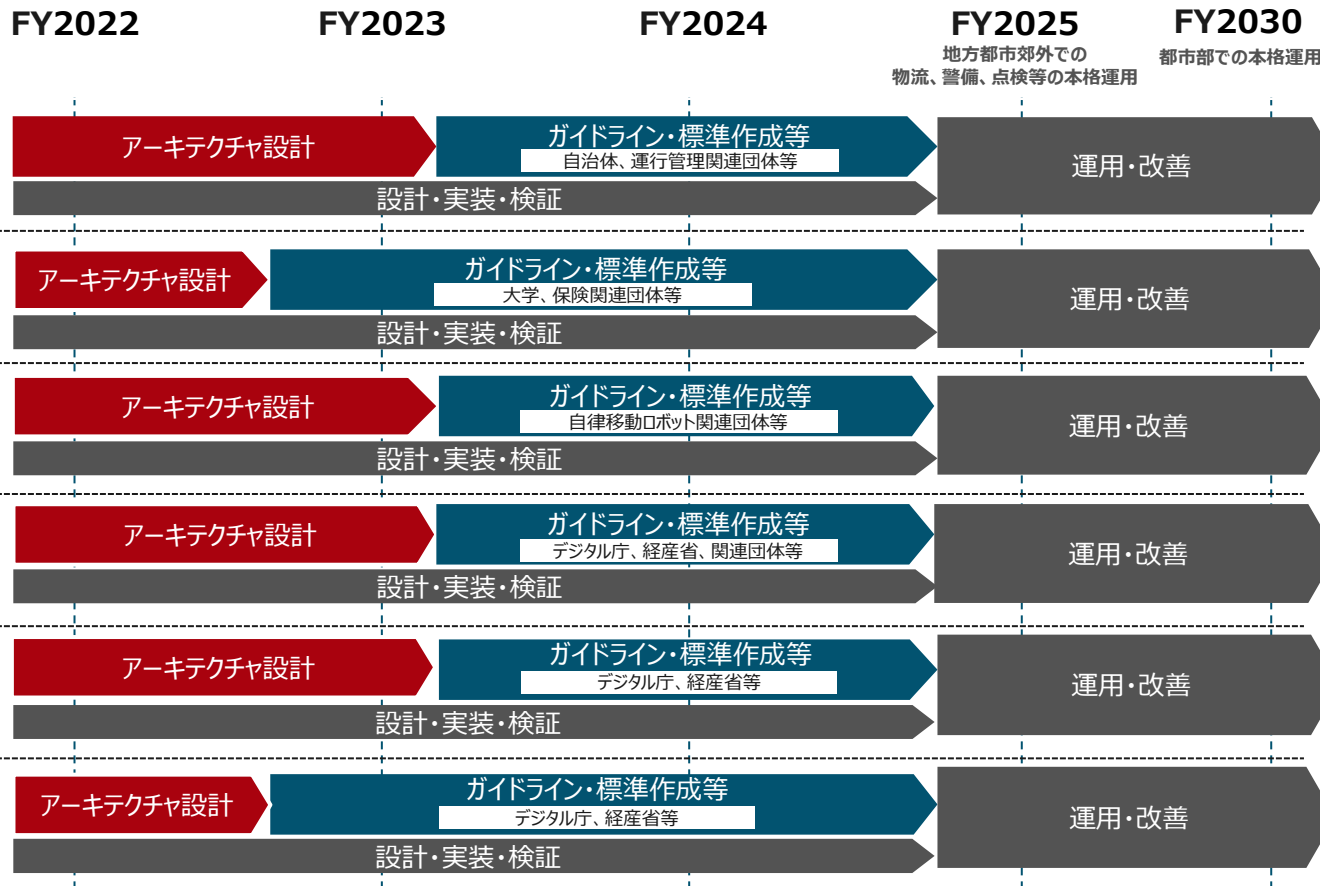
FY2025

FY2030

地方都市郊外での
物流、警備、点検等の本格運用
都市部での本格運用



ロードマップ^o (2/3 : 社会受容性及び経済性)



ロードマップ° (3/3 : 技術・人材)

FY2022

FY2023

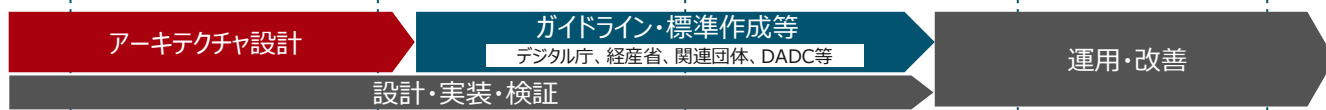
FY2024

FY2025

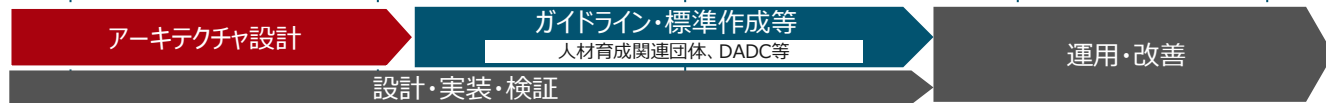
FY2030

地方都市郊外での
物流、警備、点検等の本格運用
都市部での本格運用

9 アーキテクチャの
継続的な更新



10 リーダー・アーキテクト・
プロフェッショナルの育成



各章の関係性

2. ビジョン

2.1 コンセプト

実現する

2.2 ユースケース

導出する

2.3 経済性分析

アウトカム指標

3. アーキテクチャ

3.1 ストラテジービュー

実現する

ケーパビリティ

導出する

アウトプット指標

実現する

実現する

3.2 オペレーショナルビュー

実現する

オペレーション

3.3 サービスビュー

実現する

サービスレベル

実現する

実現する

3.5 ロードマップ

実現する

3.4 社会実装に向けた施策

実現する

3.6 残課題一覧

主な残課題

これまでの検討ではアーキテクチャの中で、実証・開発フェーズにおける空のモビリティに主眼を置き検討を行ってきた。今後は時間・空間・検討対象の観点で検討を深堀する範囲を拡大する。

今回主として検討した範囲 検討を広げる範囲



4. 検討体制及びプロセス

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

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

4. 検討体制及びプロセス

デジタル庁からDADCに対するアーキテクチャ設計の依頼文

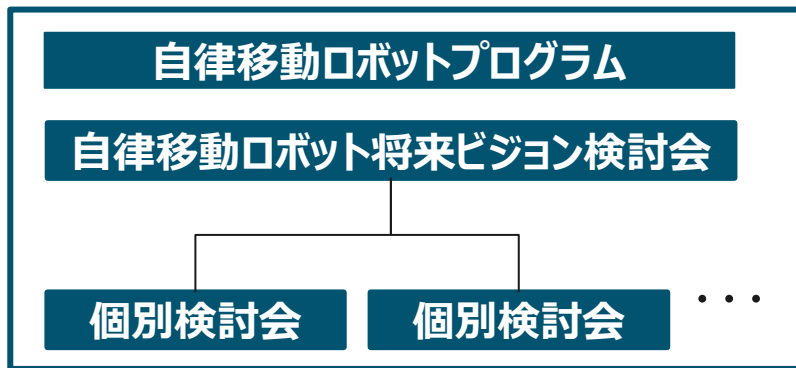
情報処理の促進に関する法律に基づき、デジタル庁からDADCに対して、自律移動ロボットのアーキテクチャ設計について検討を依頼。当該依頼を踏まえて、DADCは、経済産業省の支援のもとで、検討体制を構築して、検討を進めていく。

- ・ **自律移動ロボットのうち無人航空機及び車両（以下「無人航空機等」という。）について**、我が国において中長期的には年間500万フライトを上回るなど活用され、**社会的課題の解決や産業の発展につながる将来像を具体化**し、その実現に必要なベース・レジストリ、三次元空間地図、運行管理システム、飛行・運転制御システム、機体等状態管理システム、取得情報分析システムなど、**運用及び管理を行う者が異なる複数の関連する情報処理システムとの連携の仕組み（アーキテクチャ）を描いて令和4年7月までに提出**し、その後、整備すべきデータ連携基盤の具体的な仕様を作成すること。
- ・ その際、①**無人航空機等及び周辺環境に関するデータの収集及び伝達の仕組み**（三次元空間地図を相互にリファレンス可能とするために必要な基準の設定、三次元空間地図のリアルタイム性の確保やリアルタイム性を確保できない場合の代替となる仕組み、自律移動ロボットの利用者や所有者を認証する仕組み、自律移動ロボットが互いを認識するためのID等の仕組み、鳥や有人機等のリアルタイムでの飛行情報を把握する仕組み、様々な運行システムの運用を前提とした際に必要な標準通信規格の特定、APIやデータフォーマットの仕様の具体化、脆弱性情報、飛行禁止・停留可能区域情報、障害物情報（信号機、標識、電柱・電信柱の位置・形状、送配電線など）、通信環境情報（ある空間においてLTEが使用できるかどうか等）、運行者情報、資格情報、機体情報（空間座標、機種、ソフトウェアバージョン、電池残量、LTE通信（操縦・映像伝送）の可否など）、インフラメンテナンス関連情報（点検・修繕の計画・報告・修繕に関する情報など）、農業関連情報（播種、施肥、農薬散布、害獣監視、生育状況、収穫量に関する情報など）、物流関連情報（集荷、配達、所要時間に関する情報など）のデータ収集・伝達の仕組み等）**を含めた無人航空機等を利用するためのデジタルインフラ**、
- ・ ②自律移動ロボットを取り巻く環境の変化に柔軟にデータ連携基盤を対応させるために必要な、**環境・リスク分析、ゴール設定、システムデザイン、運用、評価、改善といったサイクルを、マルチステークホルダーで継続的かつ高速に回転させていくための仕組み**、
- ・ ③既に存するデータやシステムの実態を踏まえデータ入力・連携を可能な限り簡易に行えるようにするとともに、データ連携基盤を通じた運用がタイムラグなどを生じずに軽快に行えるようにするなど、データ連携基盤を使用するユーザーの**ユーザービリティを向上するための仕組み**、
- ・ ④**プライバシーやサイバーセキュリティを確保**（機微な情報の漏えい防止、データの悪用防止、データ改ざん等によるシステム全体への影響の防止等）するための仕組みについても検討を行うこと。
- ・ また、無人航空機等に関するISO規格や米国ASTM規格など**国際基準・標準の動向を把握し、整合を図る**こと。

アーキテクチャ設計・検証/実証等の体制

DADCにおいて設計したアーキテクチャに基づいて、**経済産業省・NEDO、デジタル庁において、実証・研究開発・調査研究を進めていく。**DADCは、**実証等の取組がアーキテクチャに即しているかについて確認するとともに、取組状況を踏まえてアーキテクチャの検証を行い、必要に応じて設計を見直していく。**

アーキテクチャ設計・検証



ロードマップに即して、施策の「アーキテクチャ設計」を順次実施していく。

ユースケースを用いた実証等を実施する場合には、**アウトカム指標・目標を設定した上で、その実現に向けて自律移動ロボットのアーキテクチャに即し、スモールスタートで長期的にユースケースを運用し、課題・改善点を抽出することによってアーキテクチャの改善・具体化に繋げる。**

実証・研究開発・調査研究等



ロードマップに即して、施策の「ガイドライン・標準作成等」を順次実施していく。

産学官の叡智を結集して取組を推進するための全体スキーム

司令塔 デジタル庁

主な役割

- ・関係省庁との調整
- ・政府のシステムに関わるルールを整備
- ・政府のシステムの開発や運用を実施

連携

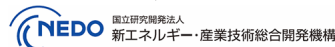
主催省



経済産業省

主な役割

- ・産業に関わるルールを整備
- ・民間企業向けのシステムの開発や導入を支援
- ※NEDOと連携して実施

国立研究開発法人
新エネルギー・産業技術総合開発機構

連携

関係省庁

- ・内閣官房
- ・警察庁
- ・総務省
- ・国土交通省
- ・国土地理院 等

情報処理の促進に関する法律
第五十一条第一項第八号
に基づく**依頼**



自律移動ロボットに関する
アーキテクチャ等を**提出**



自律移動ロボットに
関する検討を**支援**

Digital Architecture
Design Center

齊藤 裕
センター長
ファナック株式会社顧問

自律移動ロボットプログラム

報告

助言

検討会

【有識者 + 関係省庁】



自律移動ロボットに関する検討の具体化に
優れたリーダーシップ・専門性を有する人材が**参画**



民間企業 / 教育機関



経済産業省

Ministry of Economy, Trade and Industry



Digital Architecture
Design Center