

令和3年度産業経済研究委託事業
(自律移動ロボット又はデジタル技術を活用した
モビリティの将来像の具体化に関する調査)

報告書

目次

目次	1
報告書の全体概要	2
仕様書との対応	6
1. 基礎調査	7
1.1 先行類似レポートの整理	8
1.2 産業構造の変革を実現する技術・ビジネスモデル調査	14
1.3 社会課題と解決の方法の調査	45
2. 将来ユースケース作成	49
2.1 対象分野設定・年度設定	50
2.2 アーキテクチャ構造化	51
2.3 視覚化	52
2.4 関係者ヒアリング	55
3. ロードマップ作成	60
3.1 国内外ロードマップ	62
3.2 課題整理と手段定義	71
3.3 目標・共通指標の定義	71
3.4 ロードマップ作成	72
4. 将来推計	77
4.1 推計の前提条件	78
4.2 将来推計の総括	84
4.3 導入・運用に必要なシステムのコスト整理	86
4.4 用途別の計算結果	87

事業背景と目的

- デジタル技術等が進展してフィジカル及びサイバーの融合が進むSociety5.0においては、データを収集してフィジカル及びサイバーを制御するための基盤を構築していくことが産業発展において重要である。さらには、こうしたデジタル技術を活用した取組は社会的課題の解決に繋がる可能性がある。このうち、モビリティ分野については、ドローンやサービスロボットをはじめとした自律移動ロボットの普及、需要と供給の制御や三次元空間情報の活用をはじめとしたデジタル技術の進展が進むなど、フィジカル及びサイバーの融合が産業発展や社会的課題の解決に与える影響が大きいと考えられる。
- モビリティ分野においてSociety5.0を実現するためには、産業構造の変革を通じて産業発展や社会的課題の解決を進める将来像をユースケースや定量的な効果を具体的に示しながら、様々なステークホルダーの共通理解を得た上で、その実現に向けたアーキテクチャを設計して、その実現までのロードマップを描くことが必要である。本調査では、このうち将来像の具体化を行うことを目的とする。
- ドローンやサービスロボットをはじめとした自律移動ロボットやデジタル技術については、その利用が進み始めているが、既存事業の補助的な役割での利用の場合が多い。本調査事業では、2030年以降を念頭に、こうした自律移動ロボットやデジタル技術が様々な事業において中心的に利用されて産業発展や社会的課題の解決に繋がる将来像を具体化していく。
- その具体化に当たっては、自律移動ロボットやデジタル技術を起点にその普及を目指すという視点や業界毎の縦割りの視点で検討を進めるというよりは、自律移動ロボットやデジタル技術も活用しながら、モビリティや業界を横断して産業構造を抜本的に変革して産業発展や社会的課題の解決を進めて、人々の暮らしを豊かにするといった視点のもとで、様々なステークホルダーがその実現に向けて共感・共創できるような将来像を具体化していく。

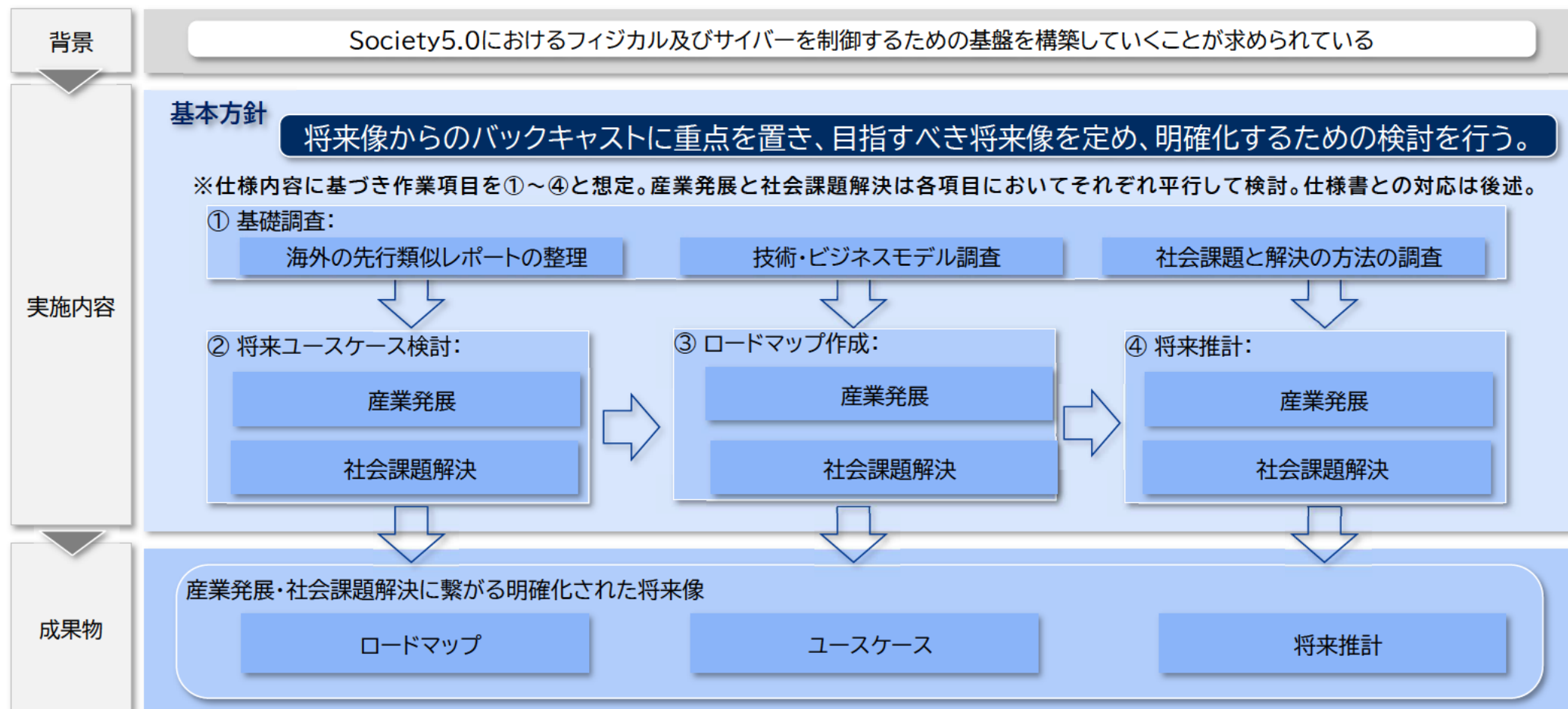
報告書の全体概要

背景・目的・実施内容

背景： デジタル技術等が進展してフィジカル及びサイバーの融合が進むSociety5.0においてフィジカル及びサイバーを制御するための基盤を構築していくことが産業発展において重要である

目的： 自律移動ロボットやデジタル技術が様々な事業において中心的に利用されて産業発展や社会的課題の解決に繋がる将来像を具体化していく。

本報告書のポイントを以下に示す。



業務内容と全体フロー

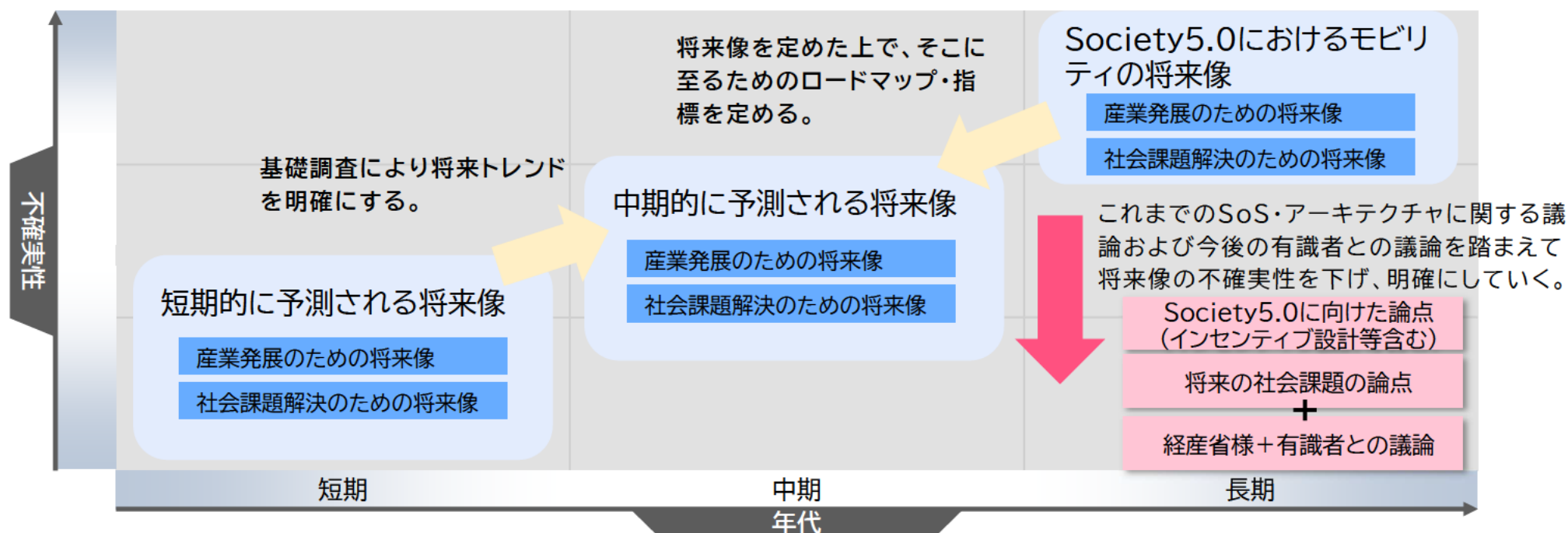
仕様項目の再構成により対応する項目：
仕様項目(3)(ア)、(3)(エ)、(3)(オ)

- 想定する業務内容と全体のフローを示す。
- **仕様項目(1)～(3)について、全てを網羅する形で以下の業務内容①～④を実施する。**
- アウトプットについては、**各業務内容において産業発展・社会課題解決を目指したものそれぞれを作成する。**



将来像策定に向けた検討フロー

将来像からのバックキャストに重点を置き、目指すべき将来像を定め、明確化するための検討を行う。



各作業内容

短期

中期

長期

(1)基礎調査

現状と将来トレンドや将来の推計手法を調査

将来像作成に繋がる論点整理

(2)将来ユースケース作成

将来像を重点的に作成

(3)ロードマップ作成

(2)バックキャスト・フォアキャストのバランスの取れたロードマップを作成

(4)将来推計

短期・中期の確固たる定量的部分は明確化

根拠を明確にし、将来像作成

(3)不確かな将来推計について明確な想定根拠を持って定量化を行う。

将来像策定に向けたアウトプットイメージ

全体報告書ポイント: 将来像に向けて関係者が政策形成や事業立案に活用できるよう直感的にわかりやすいアウトプットを作成
過去に当社では様々なロードマップ・ユースケース・将来推計を実施してきており、効率的にアウトプットを作成可能
各アウトプットについて産業発展と社会課題解決を目指すものをそれぞれ作成

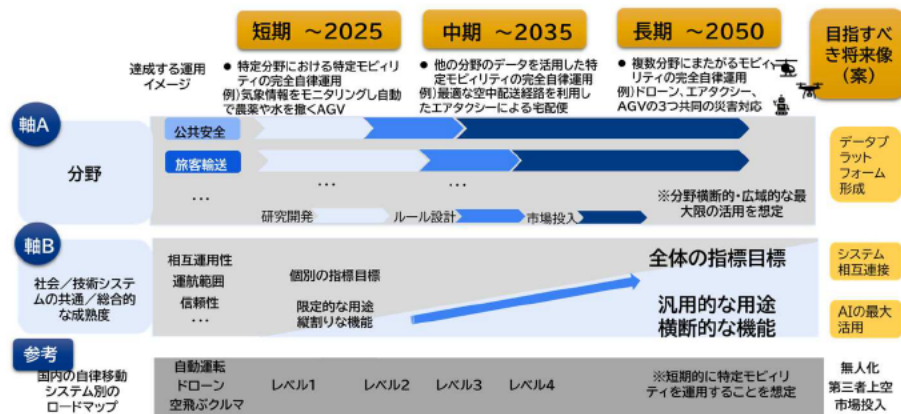
(1)基礎調査

》基礎調査の成果物イメージ1: 海外の先行類似レポートの整理

調査項目	対象	各項目の概要・論点・国内への示唆等
ドローン・空飛ぶクルマに関するロードマップ・将来運用コンセプトの動向調査		● XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX ● XXXXXXXXXX ● XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
ロボットに関するロードマップ・将来運用コンセプトの動向調査		● XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX ● XXXXXXXXXX ● XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
MaaS・自動運転に関するロードマップ・将来運用コンセプトの動向調査		● XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX ● XXXXXXXXXX ● XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

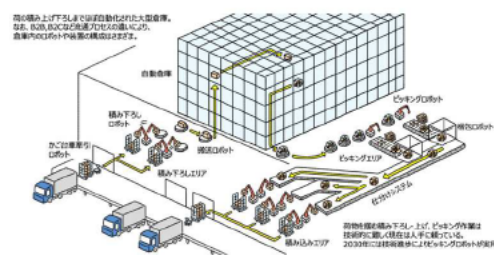
(3)ロードマップの作成

》ロードマップの成果物イメージ1：
産業分別の産業発展・社会課題上の産学官が取り組むべき施策・指標ロードマップ

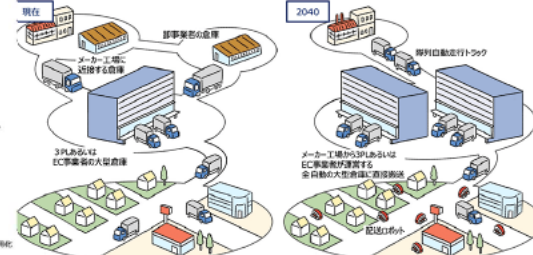


(2) 将来ユースケース作成

》ユースケースの成果物イメージ1: 自動化が進んだ大型物流倉庫

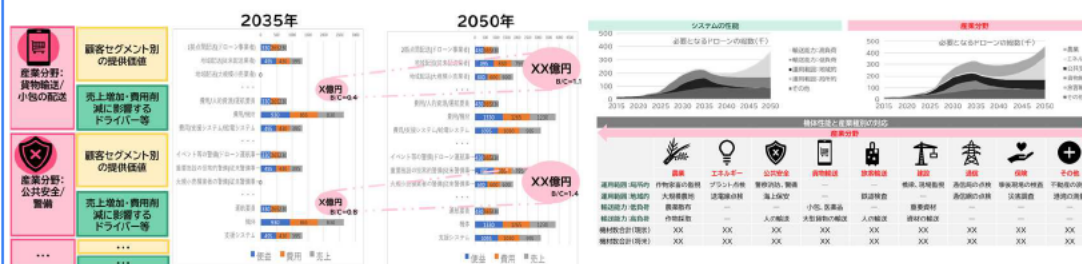


》ユースケースの成果物イメージ2: 完全自動化した大型倉庫に物 流プロセスを集約



(4)将来推計

》将来推計の成果物イメージ1:
バリュー・コスト構造の全体像の明確化



》将来推計の成果物イメージ2： 用途別に流通する機材数の現在と将来

1. 基礎調査

1.1 先行類似レポートの整理



1.1 先行類似レポートの整理

将来推計に関するレポートの整理結果一覧

- 国内の組織・企業が公開しているドローン及びサービスロボットに関連する市場規模の将来推計結果を整理した。

調査対象レポート

- ・ インプレス総合研究所:ドローンビジネス調査報告書2021
- ・ インプレス総合研究所:水中ドローンビジネス調査報告書2021
- ・ 矢野経済研究所:スマート農業国内市場規模推移と予測
- ・ 東京都戦略政策情報推進本部:東京都における産業用ドローンの市場規模の推計と予測
- ・ マーケティング・データ・バンク:MDB有望市場予測レポート
- ・ 富士経済:プレスリリース(農林水産ビジネスの最前線と将来展望2020)
- ・ 富士経済:プレスリリース(次世代物流ビジネス・システムの実態と将来展望 2018)
- ・ 富士経済:プレスリリース(エネルギーデジタルビジネス市場の現状と将来展望 2020)

1.1 先行類似レポートの整理

将来推計に関するレポートの整理結果一覧

- 国内の組織・企業が公開しているドローン及びサービスロボットに関連する市場規模の将来推計結果を示す。

レポート名	経済推計	市場の対象範囲	推計の前提条件
	推計データ [億円] (推計年度)		
インプレス総合研究所： ドローンビジネス調査報告書2021	6,468 (2025)	国内ドローンビジネスに関する機体市場・サービス市場・周辺サービス市場の合計市場規模。	● 機体市場は、業務用機体の販売金額。 ● サービス市場は、業務提供企業の売上高。 ● 周辺サービス市場は消耗品の販売額、保守費用、人材育成や任意保険等の市場規模。
インプレス総合研究所： 水中ドローンビジネス調査報告書2021	38 (2023)	国内の産業用水中ドローンビジネスに関する機体市場における市場規模。	● パーツやセンサー、アクセサリ費用を含めた機体の国内での販売金額を対象とする。軍事用途の機体は含まない。
矢野経済研究所： スマート農業国内市場規模推移と予測	606.19 (2027)	国内スマート農業市場に関する市場規模。	● 事業者の売上高を積み上げた市場規模。 ● 農機・ドローンなどのハードウェア本体は市場規模に含まれていない。
東京都戦略政策情報推進本部： 東京都における産業用ドローンの市場規模の推計と予測	965 (2030)	東京都に限る産業用ドローンに関するサービスプロバイダ市場、メーカー市場、周辺サービス市場の合計市場規模。	● 産業用ドローンの市場規模のうち、サービス・製品の提供先が東京都内のユーザーとなる売上の総和として推計。
マーケティング・データ・バンク： MDB有望市場予測レポート	70 (2025)	国内水中ドローンに関する機体市場における市場規模。	● 機体本体とケーブルやコントローラー等の付属品を合わせた国内販売金額を対象に推計。
富士経済： プレスリリース(農林水産ビジネスの最前線と将来展望2020)	1,697 (2030)	国内スマート農業・水産業・畜産業におけるスマート化につながる施設やシステム、機器、サービスに関する合計市場規模。	● 専門調査員による参入企業および関連企業・団体などへのヒアリングおよび関連文献調査、社内データベースを併用して推計。
富士経済： プレスリリース(次世代物流ビジネス・システムの実態と将来展望 2018)	25 (2025)	国内物流向けドローン市場規模	● 記載なし
	38,743 (2025)	国内次世代物流システム・サービス市場規模及び日系メーカーの海外実績の合計値	
富士経済： プレスリリース(エネルギーデジタルビジネス市場の現状と将来展望 2020)	12,296 (2035)	デジタル技術を活用するエネルギー関連サービスの国内市場規模。	● 記載なし
	7.5 (2035)	ドローンによる送配電・鉄塔点検サービスの国内市場規模。	
農林水産省： 令和2年度 フードテック振興に係る調査委託事業の報告書	785,000 (2050)	フードテック(農業用機械・精密農業・調理家電・スマートキッチン)に係る国内市場規模。	● 統計資料より求めた市場の成長率に対し、消費者アンケートで把握したフードテックの消費者受容性を用いて、市場全体でフードテックが代替し得る市場規模を算出。

1.1 先行類似レポートの整理

農業分野における各社の将来推計の比較

- 農業分野に関しては、インプレス総合研究所、矢野経済研究、富士経済、農林水産省が市場規模に関するレポートを作成・公開している。

レポート名	経済推計		市場の対象範囲	推計の前提条件
	推計データ [億円] (推計年度)			
インプレス総合研究所： ドローンビジネス調査報告書2021 ^[1]	940 (2025)		※国内ドローンビジネス市場における農業分野のサービス市場規模	● 機体市場は、業務用機体の販売金額。 ● サービス市場は、業務提供企業の売上高。 ● 周辺サービス市場は消耗品の販売額、保守費用、人材育成や任意保険等の市場規模。
矢野経済研究所： スマート農業国内市場規模推移と予測 ^[2]	484.52 (2025)	606.19 (2027)	※スマート農業における国内市場規模	● 事業者の売上高を積み上げた市場規模。 ● 農機・ドローンなどのハードウェア本体は市場規模に含まれていない。
富士経済： プレスリリース(農林水産ビジネスの最前線と将来展望2020) ^[3]	1,024 (2030)		※スマート農業におけるスマート化に繋がる国内市場規模	● 記載なし
	99.2 (2030)		※農業用ドローン及びドローン活用サービスに限る国内市場規模	
農林水産省： 令和2年度 フードテック振興に係る調査委託事業の報告書 ^[4]	6,000 (2050)		※精密農業(農業用ロボット・ドローン)における国内市場規模	● 統計資料より求めた市場の成長率に対し、消費者アンケートで把握した消費者受容性により、市場全体でフードテックが代替し得る市場規模を算出。

出所)以下の出所に基づき三菱総合研究所作成

[1]インプレス総合研究所,「ドローンビジネス調査報告書2021」, <https://research.impress.co.jp/topics/list/drone/623>(閲覧日2022/3/14)

[2]アイティメディア(株), MONOist, <https://monoist.itmedia.co.jp/mn/articles/2110/18/news042.html>(閲覧日2022/03/14)

[3]株)富士経済,「農林水産ビジネスの最前線と将来展望 2020」, <https://www.fuji-keizai.co.jp/file.html?dir=press&file=21003.pdf&nocache>(閲覧日2022/03/14)

[4]農林水産省,「フードテックに係る市場調査」, <https://www.maff.go.jp/j/kanbo/attach/pdf/ftitaku-9.pdf>(閲覧日2022/03/14)

1.1 先行類似レポートの整理

エネルギー・通信分野における各社の将来推計の比較

- エネルギー・通信分野に関しては、インプレス総合研究所、富士経済が市場に関するレポートを作成・公開している。

レポート名	経済推計	市場の対象範囲	推計の前提条件
	推計データ [億円] (推計年度)		
インプレス総合研究所： ドローンビジネス調査報告書2021	1,715 (2025)	※国内ドローンビジネス市場におけるインフラや設備の点検分野のサービス市場規模	● 機体市場は、業務用機体の販売金額。 ● サービス市場は、業務提供企業の売上高。 ● 周辺サービス市場は消耗品の販売額、保守費用、人材育成や任意保険等の市場規模。
富士経済： プレスリリース(エネルギーデジタルビジネス市場の現状と将来展望 2020)	12,296 (2035)	※デジタル技術を活用するエネルギー関連サービスの国内市場規模	● 記載なし
	7.5 (2035)	※ドローンによる送配電・鉄塔点検サービスの国内市場規模	

出所) 以下の出所に基き三菱総合研究所作成

[1] インプレス総合研究所, 「ドローンビジネス調査報告書2021」, <https://research.impress.co.jp/topics/list/drone/623> (閲覧日2022/3/14)

[2] 富士経済グループ, 「エネルギーデジタルビジネス市場の現状と将来展望 2020」,
https://www.fuji-keizai.co.jp/press/detail.html?cid=20124&view_type=1 (閲覧日2022/03/14)

1.1 先行類似レポートの整理

物流分野における各社の将来推計の比較の比較

- 国内の各組織・企業が公開しているドローン及びサービスロボットの物流分野における市場の将来推計結果を以下の表に示す。
- 各社の予測値に大きく差異がある理由としては、推計年度の違い及び市場の対象範囲による違いが挙げられる。富士経済の国内次世代物流システム・サービス市場規模にはロボティクス以外にも物流サービス全般が市場範囲に含まれているため予測値が大きい。

レポート名	経済推計	市場の対象範囲	推計の前提条件
	生データ [億円] (推計年度)		
インプレス総合研究所： ドローンビジネス調査報告書2021 ^[1]	797 (2025)	※国内ドローンビジネス市場 における物流分野のサービス 市場規模	● 機体市場は、業務用機体の販売金額。 ● サービス市場は、業務提供企業の売上高。 ● 周辺サービス市場は消耗品の販売額、保守費用、人材育成や任意保険等の市場規模。
富士経済： プレスリリース(次世代物流ビジネス・システムの実態と将来展望 2018) ^[2]	25 (2025)	※国内物流向けドローン市場 規模	記載なし
	38,743 (2025)	※国内次世代物流システム・ サービス市場規模 (次世代物流システム:ロボティクス、 IoT、AI等) (次世代物流サービス:トラックシェア リング、倉庫シェアリング、製品回収・修理 サービス、通販フルフィルメントサー ビス、低温物流サービス)	

出所)以下の出所に基づき三菱総合研究所作成

[1]インプレス総合研究所,「ドローンビジネス調査報告書2021」, <https://research.impress.co.jp/topics/list/drone/623>(閲覧日2022/3/14)

[2]富士経済グループ,「次世代物流ビジネス・システムの実態と将来展望 2018」,

https://www.fuji-keizai.co.jp/press/detail.html?cid=19006&view_type=1(閲覧日2022/3/14)

1.1 先行類似レポートの整理

その他分野に関する各社の将来推計の比較

- 公共安全/エンタメ/建設分野におけるドローン及びサービスロボット市場に関して、インプレス総合研究所の試算した将来推計結果の比較を以下の表に示す。
- 2社間の各分野の予測値に開きがある理由としては、市場の対象範囲としてインプレス総合研究所はドローンに限った試算をしている点と推計年度の違いが大きな要因に挙げられる。

レポート名	公共安全	エンタメ	建設	市場の対象範囲	推計の前提条件
	推計データ [億円] (推計年度)	推計データ [億円] (推計年度)	推計データ [億円] (推計年度)		
インプレス総合研究所： ドローンビジネス調査報告書 2021 [1]	139 (2025) ※防犯分野の市場規模	91 (2025) ※空撮分野の市場規模	247 (2025) ※土木・建築分野の市場規模	※国内ドローンビジネス市場における各分野のサービス市場規模	● 機体市場は、業務用機体の販売金額。 ● サービス市場は、業務提供企業の売上高。 ● 周辺サービス市場は消耗品の販売額、保守費用、人材育成や任意保険等の市場規模。

出所)以下の出所に基づき三菱総合研究所作成

[1]インプレス総合研究所,「ドローンビジネス調査報告書2021」, <https://research.impress.co.jp/topics/list/drone/623>(閲覧日2022/3/14)

A drone is shown in the upper right quadrant, flying over a city at night. The city lights are visible in the background, and a prominent light trail from a highway curves through the lower right portion of the image. The drone is a quadcopter with a camera mounted underneath.

1. 基礎調査

1.2 産業構造の変革を実現する技術・ビジネスモデル調査

1.2.1 自動運転に関する技術・ビジネスモデル調査

1.2.2 サービスロボットに関する技術・ビジネスモデル調査

1.2.3 ドローンに関する技術・ビジネスモデル調査

1.2 産業構造の変革を実現する技術・ビジネスモデル調査

国内外動向まとめについて

- 以下の表に示す項目別にモビリティ種類・対象国別に国内外動向を整理した。

- ✓ 対象とするモビリティ： ドローン・サービスロボット・自動運転車
- ✓ 対象国：日本、米国、欧州、中国・インド

項番	大分類	項目	とりまとめ内容
1-1	ビジョン・ユースケース	ビジョン	国や国に準じる団体として自動移動体の普及に向けたビジョンや方向性特徴点、社会課題解決との関係性など
1-2		ユースケース	先行して進めているユースケースなど
1-3		組織	普及に向けて中心となっている運営主体や状況
2-1	機能	機体・機体制御	機体単体の提供主体がだれか、機体単体として制御を考えている範囲
2-2		全体制御	機体の識別や運行管理など外部から制御・管理する機能について分散管理・集中管理などの考え方
2-3		インフラ(サイバー)	機体が自動走行する上で有効なサーバ上でのインフラ機能の整備・検討状況 例)信号連携、経路計画、走行ログ管理、空間情報…など 制御システムやサーバスシステムで使用可能な外部情報(空間ID、地理空間ISO、ダイナミックマップなど)の整備も含む
2-4		インフラ(フィジカル)	機体の自動走行時や運用する上で、影響あるフィジカルなインフラの整備主体と整備状況や移動体が可能通信環境とその通信環境の整備提供主体など 例):道路・歩道、空港、充電ステーション、通信環境…など
3-1	ガバナンス・国際標準	制度・法律	移動体が自律移動するための法律やルールなどの整備状況
3-2		安全基準、責任、その他	機体の安全基準と運用時の安全基準、操作者の安全基準、安全を担保する方法などについて国内基準や国際基準の整備状況 有事の時の責任の在り方や補償についての方針や検討状況
4-1	産業振興	実証実験の状況	実用化に向けた実証実験などの状況
4-2		商用利用の状況	商用導入されている事例や事業化に向けた状況
4-3		社会受容性に関する取組	社会受容性に関して検討や実装などを行っている団体や企業

1.2.1 自動運転に関する技術・ビジネスモデル調査

国内外の動向整理(自動運転)とまとめ

- 日本は、オーナーカー分野や機体等標準化で強みがある。
- 日本企業の市場拡大の観点では、海外空間情報分野プラットフォーマー、海外サービスカー機体が脅威。

赤字:日本の強み 青字:日本の弱みまたは海外の脅威

	日本の特徴	海外の動向
ビジョン・ユースケース	行政主導で標準化への取組、ビジョン・ユースケース、実証を検討。	アメリカは民間・ビジネス主導でビジョン形成。EU・中国は行政主導でビジョン策定。
機能	- 機体等標準化でWP-29の議論をリード。 - オールジャパン体制で高精度3次元地図の整備（測量）を進める枠組を形勢。	- 信号協調等や空間情報等について標準化が進む動きはない。 - 国際的なレベルでの自動運転車両に関する技術基準は、国連の自動車基準調和世界フォーラム(WP.29)において議論。
ガバナンス・国際標準	行政・業界団体連携の上、安全基準等の国際標準化に向けた活動が推進。	標準化はEUでは動きがあるが、アメリカ・中国ではそこまで重視されていない状態。
産業振興	オーナーカー分野でのL3実用化を先駆けて実現。他方、サービスカー分野や、L4等実証からの実用化に課題。	- 各種実証・実用化が進む。 - 空間情報分野はHERE・TomTomが海外のスタンダード。サービスカー機体は、Amazonの自動運転システム活用・無人トラック配送実現等事例あり。
	日本の強みの更なる強化	海外動向への対応
日本の取るべきアプローチ	- 日本の市場拡大のため、機体・地理空間情報・ガバナンスの標準化及び海外への発信を推進。 - オーナーカー分野の実用化をさらに推進するような制度設計等が必要。	- 国産車メーカーに日本の地図を採用するため、海外プラットフォーマー地図の流入やガラパゴス化防止の検討が必要(地図のアジア圏でのシェア拡大等)。 - サービスカー分野については、海外に対応するために機体開発が必要。

1.2.1 自動運転に関する技術・ビジネスモデル調査

国内外の動向整理(自動運転)目指すべき方向性(1)

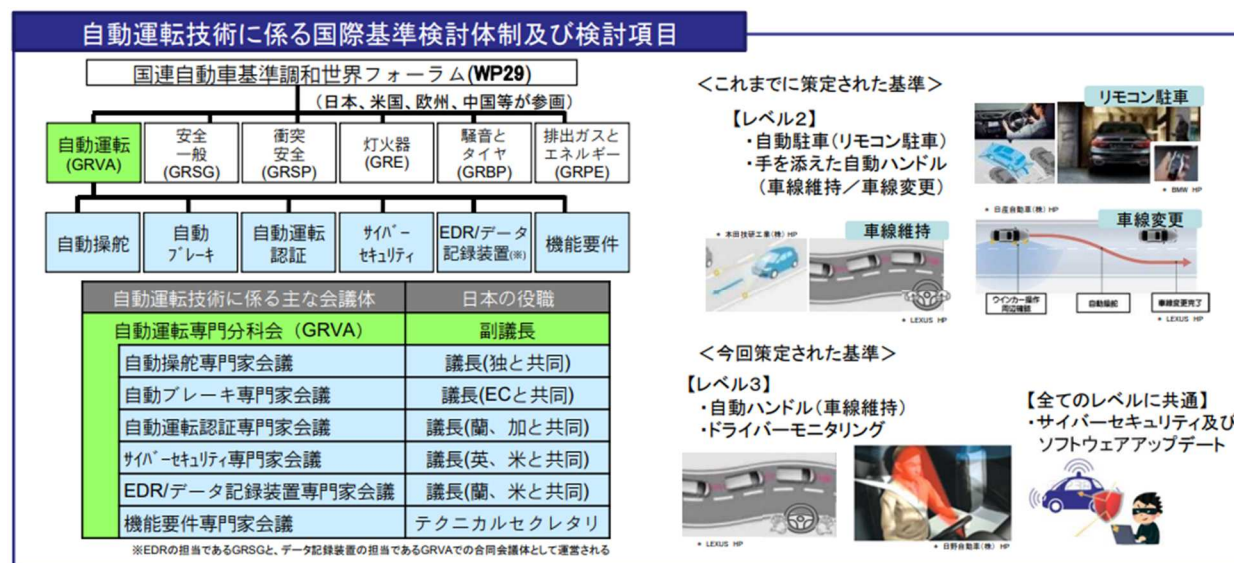
日本の市場拡大のため、機体・地理空間情報・ガバナンスの標準化及び海外への発信を推進

日本はWP29における標準化議論をリード。機体・地理空間情報・ガバナンス(安全基準等)について議論を引き続きリードすることで、国産車両・地図等の国際的展開を有利としていくことが望ましい

国際的なレベルでの自動運転車両に関する技術基準は、国連の自動車基準調和世界フォーラム(WP.29)において議論されている。
令和2年6月に、自動運行装置(レベル3)に係る国際基準が初めて成立。

<成立した基準>

- ・ 少なくとも注意深く有能な運転者と同等以上のレベルの事故回避性能
- ・ 運転操作引継ぎ警報を発した場合、運転者に引き継がれるまでの間は制御を継続。運転者に引き継がれない場合はリスク最小化制御を作動させ、車両を停止
- ・ ドライバーモニタリングシステムの搭載。システムの作動状態記録装置の搭載
- ・ サイバーセキュリティ対策
- ・ シミュレーション試験、テストコース試験、公道試験及び書面審査を適切に組み合わせた適合性の確認



出所)以下の出所に基き三菱総合研究所作成

- [1]国土交通省、令和2年6月25日「自動運行装置(レベル3)に係る国際基準が初めて成立しました」、<https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001350036.pdf>(閲覧日2022/1/28)
- [2]国土交通省、「自動運行装置の国際基準の概要」、<https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001350036.pdf>(閲覧日2022/1/28)
- [3]国土交通省、「自動運転に係る国際基準検討体制の概要」、<https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001350039.pdf>(閲覧日2022/1/28)

1.2.1 自動運転に関する技術・ビジネスモデル調査

国内外の動向整理(自動運転)目指すべき方向性(2)

オーナーカー分野の実用化をさらに推進するような制度設計等が必要。

- ホンダは世界で初めてレベル3の自動運転機能を搭載した車両を発売

世界に先駆けてのレベル3自動運転車両の発売には、レベル3の型式登録・商品化に関係する制度設計について、企業と行政にて対話をしながら実施の上、発売を行ったという背景あり。

例：メーカーの技術限界、性能限界について
行政がヒアリングの上基準を決定

- 今後もオーナーカー分野での実用化を推進する制度設計を官民連携で実施することが望ましい

上記の例を鑑み、レベル3の発展、その後のレベル4実装に向けた制度設計を、個社単位での官民連携の上実施していくことを推奨することが望ましい。

また定めたルール案について、先に述べたWP29での発信・協議、標準化を見込むことも併せて実施が望ましい。



出所)以下の出所に基つき三菱総合研究所作成

[1](株)講談社ビーシー, ベストカーWeb, 「世界初 自動運転レベル3実現! 「Honda SENSING Elite」搭載 新レジェンドに「ホンダらしさ」を見た!」,
<https://bestcarweb.jp/feature/column/276913>(閲覧日2022/03/14)

1.2.1 自動運転に関する技術・ビジネスモデル調査

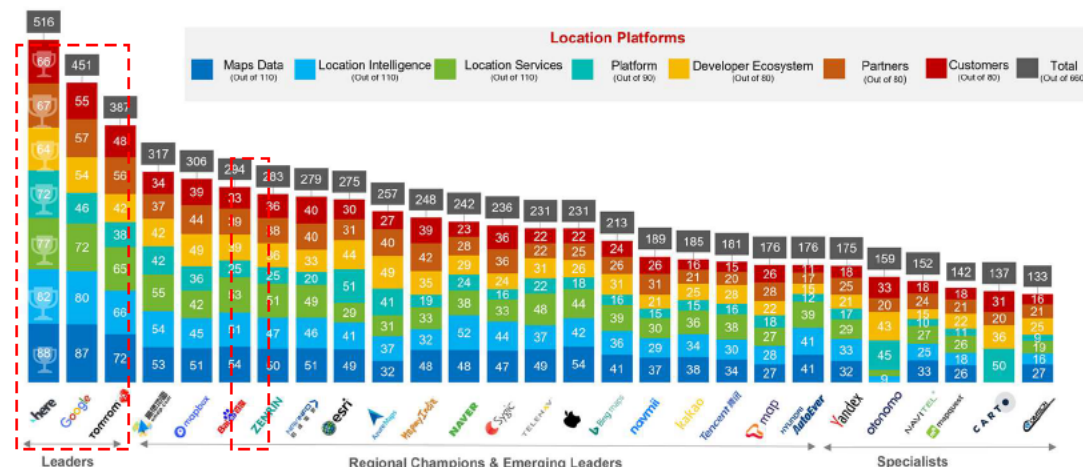
国内外の動向整理(自動運転)目指すべき方向性(3)

国産車メーカーに日本の地図を採用するため、海外プラットフォーマー地図の流入やガラパゴス化防止の検討が必要(地図のアジア圏におけるシェア拡大等)。

- 欧州・米国を中心に、here, Google, tomtomが自動運転用位置情報分野で台頭

上記3社が世界の自動運転用スコアリングでトップ。特にhereは欧州・米国でシェアを拡大。日本のメーカーはゼンリンが7位にランクイン等。

- 国外車だけでなく、国産車にも国内地図を利用してもらう施策が必要



位置情報プラットフォームのスコアリング
(項目: マップデータ、ロケーションインテリジェンス、ロケーションサービス、データプラットフォーム、開発者エコシステム、パートナー、利用者数の成長率)

国産車は海外輸出も検討するため、国産の地図情報仕様がガラパゴス化し世界シェアが小さい場合、国産地図を採用しない可能性も考えられる。また、ガラパゴス化は技術発展にも逆効果。

このような事態を防ぐため、①日本地図仕様がガラパゴス化することを防止するアーキテクチャ設計
②日本地図のアジア圏におけるシェア拡大・マーケット拡大 を図る必要がある。

出所) 以下の出所に基き三菱総合研究所作成

[1] Counterpoint, 「HERE Maintains the Location Platform Leadership, Ahead of Google, and TomTom in 2021」,
<https://www.counterpointresearch.com/maintains-location-platform-leadership-ahead-google-tomtom/>(閲覧日2022/03/14)

[2] ヤフー(株), Yahoo! JAPAN「位置情報サービスで、Googleを抑え1位となったプラットフォームとは?」,
<https://news.yahoo.co.jp/articles/8509447b22809bca03dc34199a0898e898039e94>(閲覧日2022/03/14)

1.2.1 自動運転に関する技術・ビジネスモデル調査

国内外の項目別動向整理(1/4)

1. ビジョン・ユースケース

日本、米国、欧州および中国・インドの動向を整理した。

	日本	米国	欧州	中国・インド
ビジョン	行政主導で標準化を実施している。 自動運転システムの開発・普及及びデータ基盤の整備を図ることにより、2030年までに「世界一安全で円滑な道路交通社会」を構築・維持することを目指すことを掲げる（官民ITS構想・ロードマップ2020）。	民間主導で、ビジネスの芽があるところから実施を進めている。 ガイドラインにより、ユーザーとコミュニティの保護、効率的な市場の促進、組織的な取り組みの促進を標榜	国ごとに違いがあり、国境を跨いだ検討もある状況。このため、通信・車両の標準化を実施。標準化を目指したユースケースの議論も活発に行われる。 EUのモビリティ戦略のキー概念は「サステナブル&スマート」。EUの交通システムが環境保護とデジタル化を達成し将来的な危機に対してレジリエントであるための基盤を構築する。	（中国） 大規模な政策や、都市政策の中に自動運転が位置付けられる。 ・2015年に習近平指導部が掲げる産業政策「中国製造2025」のロードマップに自動運転・コネクテッドカーが位置付けられる。 ・2020年2月、自動運転関連の最新計画「スマート自動車イノベーション発展戦略」を11省合同で発表。技術開発からインフラ整備、法律整備まで含む総合的な計画を策定。
ユースケース	行政主導でユースケース議論を実施。 例：東京臨海部実証実験 公道における信号情報提供、高速道本線合流支援、公共交通システム（自動運転バス）（国内外のメーカー、大学、ベンチャー企業等が参加）	ユースケースはWeymo等民間が投資の上進めており、民間色が強い。 一方、CAVは政府主導、AVIはOEM主導 ガイドラインは、連邦政府、州政府がそれぞれ主導する。	行政主導。行政が予算を付け、インフラ・車両を開発している。 各分野の開発において国際機関によるファンドが充実している。 ・欧州委員会 ・Horizon2020等	行政主導。中央政府の方針に沿って地方政府がユースケースを進める ・自動車部品産業パーク ・公道テストの具体的な手続き等の策定 ・公道テストの推進
組織	・内閣官房・デジタル庁（司令塔連携） ・自動走行システム推進委員会（産学官協同） ・警察庁、総務省、経済産業省、国土交通省、文部科学省他関係省庁（府省庁連携） ・NEDO（PD・推進委員会の補佐、調査・分析等）	合衆国運輸省（USDOT） 国立科学技術評議会 連邦道路庁 州・地方政府 民間	欧州委員会（EC） 国連欧州経済委員会（UNECE） EU自動車部門技術委員会（TCMV） 産学連携（Horizon2020の道路交通自動化事業）	国家发展改革委員会 工業信息化部、国务院、交通部、など省横断の合同体制 地方政府 官民連携（自動車メーカーとIT業界の提携強化。バaidu、テンセント、アリババ等インターネット企業、ファーウェイ、大唐等通信・携帯電話企業）

1.2.1 自動運転に関する技術・ビジネスモデル調査

国内外の項目別動向整理(2/4)

2. 機能

日本、米国、欧州および中国・インドの動向を整理した。

	日本	米国	欧州	中国・インド
機体・機体制御	機体ないしその制御（集中型 / 分散型の違い等）は国による明確な差はなし。 国際的なレベルでの自動運転車両に関する技術基準は、国連の自動車基準調和世界フォーラム（WP.29）において議論されており、国際的に協調していこうという動きあり。 日本について、自動運行装置等の基準化に向けて、ルール案の提示等、官民協力体制でWP.29の議論をリードしている（国土交通省令和2年6月25日）。また、自動車メーカーが強く、オーナーカー分野では機体検討先行。一方、サービスカー（バス等）の車体開発は遅れ。			
全体制御	全体制御について、空間ID等、静的地図の扱いは日本では議論中。 地図データ仕様の世界共通化も進める。	信号協調について、議論はしているものの、地図と紐づけた議論には至らない。 連邦政府と州で役割分担があり、州の間でも取組レベルが異なる。連邦政府レベルで地図データの整備の標準化、共有化の必要は指摘されており、NSF（国立科学財団）などが地図開発への支援を行う（米国交通運輸省 Automated Vehicles3.0）。	HereやTomtomがOEMに対し信号情報を結合し送受信する、という発想は持っているが、どういう形態でマッピングしようとしているかは見えてきていない。これから議論が進む領域。またはHere等メーカー内で閉じていて協調領域にはならない。	中国は共産国家である背景から、「全体制御」「インフラ（サイバー・フィジカル）」いずれも、政府主導でスマートシティ化・インフラ整備、都市単位での全体連携を推し進める場合あり。
（サイバー）インフラ	地理空間情報は競争領域であるが、測量部分についてオールジャパン体制で実施。 自動運転の基礎技術として高精度3次元地図の整備（測量）を民間事業者がオールジャパン体制で進める。 地図整備部分については、日本は各自動車メーカーの色が強く、各事業者が整備。	各メーカーにより差。Weimolは自主的に点群データを取得・自己位置推定、地図作成の仕組みを持つ等の特性がある。	地理空間情報について、HERE・TomTomの2社が独占的立場でありデファクトを形成。 HEREやTomTomのような地図ベンダー、コンチネンタルやボッシュといったサプライヤーがOEMよりも影響力が強い。 Here, TomTomの2大地図メーカーにフォーマットをまとめていく意向がないため、国としてフォーマットをまとめていく方針にはならない。	
（フィジカル）インフラ	車両側での制御実施を前提にし、車両だけでは解決しきれない部分をインフラ側で対処する考え方。 概ね、どの国も同様の考え方。			

1.2.1 自動運転に関する技術・ビジネスモデル調査

国内外の項目別動向整理(3/4)

3. ガバナンス・国際標準

日本、米国、欧州および中国・インドの動向を整理した。

	日本	米国	欧州	中国・インド
制度・法律	・2018年4月「自動運転に係る制度整備大綱」(内閣官房IT総合戦略本部)が策定され、各省において制度整備が進められている。 ・2019年5月「道路運送車両法・道路交通法」の改正法が成立(2020年4月施行) ・2020年5月「自動運転の運行を補助する施設の道路空間への整備等に関する道路法の一部改正」が成立(同年11月施行)	・アメリカ合衆国運輸省(USDOT)による“Autmated Vehicle”はガイドラインであり、法的拘束力はない。 ・連邦運輸省と協力しながら、サイバーセキュリティや商用車の自動運転等、中長期的なテーマや課題に関する検討を進めている。	・国連欧州経済委員会(UNECE)が法規制作業の中心を担う。 ・2014年3月欧州各国が加盟するウィーン道路交通条約改正(自動運転への道を開く。国連の車両規制に適合しているか、自動運転の手動切り替えorスイッチオフできる場合に交通機関での使用可)	(中国) 2015年以降、中央政府、地方政府から通信インフラ、スマート交通、公道テスト、インターネットセキュリティ、運転手の責任など多くの分野で、産業支援策や産業指導のガイドラインが整備されつつある。
安全基準、責任、その他	標準化を重視しているため、議論が活発。業界団体と連携し国際標準化を進めている。ISO(国際標準化機関)において、ダイナミックマップ3件、HMI3件の報告書を行った(第1期2014-2018年)	標準化を重視せず、自社・自国においてサービスが進むことを重視。 (政府担当は、デジュール・デファクトいずれにしても標準化の必要性は認識しているものの、EUほどISOへの働き方は強くない)	標準化を重視しているため、議論が活発。国連欧州経済委員会(UNECE)協定の中でEUでの車両の承認に特化した立法の枠組みはないが、自動運転、コネクテッドカーの車両認定は既存のEU指令(2007/46 / EC)で大部分が適している。	標準化を重視せず、自社・自国においてサービスが進むことを重視。 ただし、2021年6月28日工業和信息化部による自動車分野の標準の策定・改正の方針を定めた「2021年自動車標準化工作要点」では、国際的な標準の策定に積極的に関与する方針。中国の標準を国際基準として採用するための取り組みも水面下で進む。(中国米商工会)

1.2.1 自動運転に関する技術・ビジネスモデル調査

国内外の項目別動向整理(4/4)

4. 産業振興

	日本	米国	欧州	中国・インド
実証実験の状況	政府主導でユースケース・実証実施 経済産業省、国土交通省が連携し、「自動運転レベル4等先進モビリティサービス研究開発・社会実装プロジェクト（RoAD to the L4）」を立ち上げている。	商用利用を見越した実証が進む。民間投資が広がる。 USDOTは実証実験に助成を行う。大学、大学研究所、地方行政機関が助成を受け実験を行っている（それぞれの実験に民間企業が参加） スマートシティ構想など広域の公共プロジェクトで、福祉要素が強いものでは（低所得者へのサービス等）、行政機関が主導してUSDOTから資金供与を受け、ベンチャー企業と提携して実証実験を行い、実用化している例もある。	政府主導でユースケース・実証実施 自動運転に関する立法、ガイドライン作成等正式な意思決定を行うのは欧州委員会レベルだが、European Partnershipを基本体制に行政も含め、様々なステークホルダーの参加による自動運転社会を構築しようとしており、パートナーシップからの報告書も積極的に行われている。	政府主導。政府声かけのもとアリババ等大規模企業が参画し、都市・モビリティを整備、実証 2021年10月に北京市が公道テストの実施細則を発表し、北京市「無人化」公道試験が開始された。
商用提供の状況	オーナーカー分野では、Hondaによるレベル3の世界に先駆けた商用化、行政にて足並みを揃えたレベル3認定基準設定を実現。 一方、行政での実証後実導入に向けた取組は不十分で、RoADtotheL4等の検討が進む。 ユースケース・実証で先進技術を検証、社会受容性のある分野で商用提供。 「無人自動運転サービスの実現及び普及に向けたロードマップ」では走行環境の類型により自動運転サービスの開始時期に差があるとしている。	商用提供に積極的。 米ライドシェア大手のLyft（リフト）が、「自動運転タクシー」を、2023年までにラスベガスで開始 Waymoは運転手なしの完全自動走行車の配車サービスを開始（2020年10月～）	実証実験を契機に多様な企業で商用利用に向けた動きが進む。 完全自動運転社会を2030年代に実現するための工程表（ロードマップ）を発表 概ね2020年代半ばまでに高速道路での自動運転を、2020年代半ば～2030年代に都市での完全自動運転実現を想定している。	政府主導。政府声かけのもとアリババ等大規模企業が参画し、都市・モビリティを商用化 バйдゥが北京市内の公道の一部で有料の自動運転タクシーを開始（中国初）。 2030年までに自動運転タクシーを計100都市で展開する方針
社会受容性に関する取組	社会受容性はどの国でも大きく取り上げ切れていないものの、日本は風土として重視される傾向	一部事業においては、社会受容性よりもビジネスの先進性が重視される傾向（テスラ等）	社会受容性はどの国でも大きく取り上げ切れていないものの、欧州は風土として重視される傾向	中国は社会主義国家であるため社会受容性は軽視される

1.2.2 サービスロボットに関する技術・ビジネスモデル調査

国内外の動向整理(サービスロボット)とまとめ

- 米国・中国は予算とガバナンスの柔軟性で市場規模拡大。
- 機能の国際標準化、実用化推進等で対抗が必要

赤字:日本の強み 青字:日本の弱みまたは海外の脅威

	日本の特徴	海外の動向
ビジョン・ユースケース	自動配送ロボットの早期普及をビジョンに掲げ、実証等を官民連携で推進。	国・行政主導で実証およびプロジェクトを実施。
機能	民間メーカ主導で機体や個別機体制御等各機能を実装。また、必要なインフラ(サイバー・フィジカル)は議論開始。ただし各項目の標準化の動き進まず、各メーカーの負荷大	- ロボットの屋内・歩道利用については検討・実装が進むが集中管理実現等発展的な動きはまだ見られない - 機体の国際的な寡占は未発生
ガバナンス・国際標準	法制度緩和、安全基準、保障について検討が進む。ただし国際標準化の議論は進まず	- 米国は州レベル、欧州・中国は国レベルで基準を作成 - 米国・中国は社会受容性の観点より産業振興を重視しており、実証に応じて柔軟に規制緩和等を実施できている
産業振興	- 配送サービス等多様な技術で実証が進む。実用化の推進に向け集中投資が求められる - 売上高ベースで他国に劣後(全体市場規模約112億ドル、日本約51億円(2018))	米国は大企業のR&D予算、中国は国営ベンチャーへの投資等大規模な投資により、開発、自治体の実証受入を促進
	日本の強みの更なる強化	海外動向への対応
日本のアプローチ	サービスロボットについて法規制緩和、安全基準、保障面について検討を進め国際標準化等に繋げ、国産商品の強み明確化・展開を促進する	- 屋内・屋外双方において、インフラ面の課題・必要要件を把握し、標準化及び整備を図ることでメーカーの負荷を下げる - 特区におけるインフラ整備等、実用化推進に向けた集中投資を行う

1.2.2 サービスロボットに関する技術・ビジネスモデル調査

国内外の動向整理(サービスロボット)目指すべき方向性(1/3)

米国・中国は予算とガバナンスの柔軟性で市場規模拡大。日本も機能の国際標準化、実用化推進等が必要になる。

- 米国は大企業のR&D予算、中国は国営ベンチャーへの投資等大規模な投資により、開発、自治体の実証受入を促進
- 米国・中国は社会受容性の観点より産業振興を重視。実証に応じて柔軟に規制緩和等を実施できている
 - ・ 一部米国メーカーは、ロボット製造からオペレーションまで一気通貫で行うビジネスモデルを展開。利用者のハードルが低い。
 - ・ 公道走行可能なエリアあり(米国、中国)。
 - ・ 中国で実用が進む中型機(1台で複数運搬)については、2019年ヤマトホールディングスが出資を決定する等、海外機体の事業者導入が進んでいる。
- 日本は、規制緩和等について社会受容性に留意しながら実施する必要がある。併せて、大企業等の予算投入が進まない状況にあるため、市場規模では不利。
→米国・中国に対抗するためには、生活スタイルの提案及び都市単位での規制緩和(例:XaaSとセットとする)、国際標準策定による国産機体等の品質アピール等が必要



1.2.2 サービスロボットに関する技術・ビジネスモデル調査

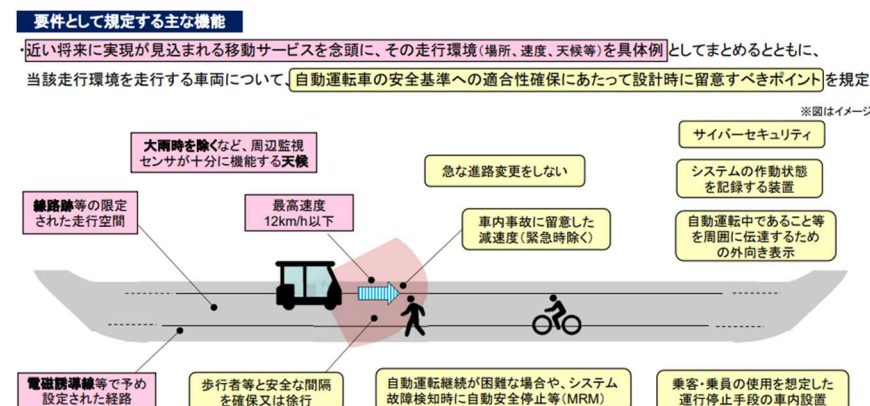
国内外の動向整理(サービスロボット)目指すべき方向性(2/3)

サービスロボットについて法規制緩和、安全基準、保障面について検討を進め
国際標準化等に繋げ、国産商品の強み明確化・展開を促進する

- 国交省・警察庁等各主体により法制度および規制緩和を検討。実装を進める中で安全基準についても検討し国際標準を狙うことで、国内メーカーの強みを確保することが望ましい。
- 国土交通省はラストマイル自動運転車両システムのガイドラインを策定(2020年)

国土交通省によるラストマイル自動運転車両システムのガイドライン

走行環境(場所、速度、天候等)を具体例としてまとめるとともに、当該走行環境を走行する車両について、自動運転車の安全基準(令和2年4月「自動運行装置に係る保安基準」)への適合性確保にあたって設計時に留意すべきポイントを規定



- 警察庁は「多様な交通主体の交通ルール等の在り方に関する有識者検討会」を設置し(令和2年7月)、電動モビリティに関して新たな交通ルールを検討中。

出所)以下の出所に基き三菱総合研究所作成

[1]国土交通省、「ラストマイル自動運転車両システムのガイドラインを策定しました!」, <https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001354515.pdf> (閲覧日2022/03/14)

[2]国土交通省、「ラストマイル自動運転車両システム」ガイドライン概要」, <https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001354516.pdf> (閲覧日2022/03/14)

[3]国土交通省、「ラストマイル自動運転車両システム基本設計書」, <https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001354517.pdf> (閲覧日2022/03/14)

1.2.2 サービスロボットに関する技術・ビジネスモデル調査

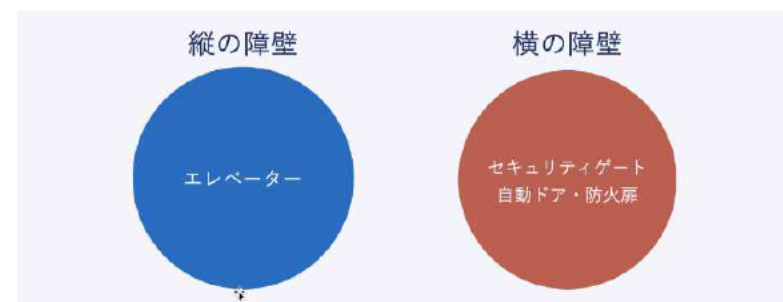
国内外の動向整理(サービスロボット)目指すべき方向性(3/3)

屋内・屋外双方において、インフラ面の課題・必要要件を把握し、標準化及び整備を図ることでメーカーの負荷を下げる。

- インフラ面の標準化が進んでいない。例えば屋内では自動ドア・エレベーターとロボットの連携が標準化されておらず、各メーカーがビルごとに対応する必要性あり

自動ドア・エレベーターとロボットの連携が標準化されていないことで、

- ・メーカーの負担が大きい
- ・メーカーが開発した仕様をバンダーロックインすることにより同じビルで他メーカーのロボットが走行できない等の課題が発生。



サービスロボットの費用対効果を落とす2つの障壁(非公開資料)

- 特区制定により、社会受容性の高いエリアでインフラ整備・運行管理を試行する等、課題解決及び実用化に向けた取り組みが必要

メーカーの負荷を下げるため、「社会受容性の高いエリアでの実施」「インフラの標準化」等の条件を満たした環境での事業化が必要。

特区制定による課題の洗い出し及び解決が実用化に向けた策として検討される。



個別実証から
エリア単位実装
へ

出所)以下の出所に基つき三菱総合研究所作成

[1]本田技研工業(株),「Hondaと楽天が自動配送ロボットの走行実証実験を共同で開始」, <https://www.honda.co.jp/news/2021/c210719.html>

(閲覧日2022/03/14)

[2]ソフトバンク(株),「日本初、自動走行ロボットと信号機の連携による屋外配送に成功」,

https://www.softbank.jp/corp/news/press/sbkk/2021/20210615_01(閲覧日2022/03/14)

1.2.2 サービスロボットに関する技術・ビジネスモデル調査

国内外の項目別動向整理(1/4)

1. ビジョン・ユースケース

日本、米国、欧州および中国・インドの動向を整理した。

	日本	米国	欧州	中国・インド
ビジョン	・物流の社会課題解決にむけ、早期に自動配送ロボットの普及を目指す ・新しい配送方式による利便性の高い社会実現 (自動走行ロボットを活用した配送の実現に向けた官民協議会)	人とロボットが共生する世界の到来を前提に、「ロボットとのコミュニケーションに関わる技術の研究開発（ティーチング・インターフェース等）」や「ロボットとの協働を前提としたワーカーの育成」を提言 ・ロボットの実証事業は長期間実施され、有益なデータの収集と製品改良に貢献できるよう各州で取組まれている ・一部の州では、先進的な州の法令に沿う形で、今後州法を見直す動きがある	「Horizon2020」において、金融危機後のEU経済の土台を築くために、「研究室から産業へ、そして市場へ」を掲げ、産学連携によるイノベーション創出の取組みに対し、770億ユーロを助成。	・中国政府の政策「中国製造2025」において、産業用ロボットを中心にロボットの積極的活用が目指されている。中国の家電メーカーがドイツのロボットメーカー大手 KUKAを買収するなど、国外からの技術開発の取り込みも加速中。 ・国内で有益な企業を育て、国際標準化に向けた国内標準の申請を視野に国際競争力強化を狙う。企業の取組みを見守る姿勢で、企業側に自由度を与えている（中国）
ユースケース	走行場所とサービスの組み合わせで検討 ・物流におけるラストワンマイル（宅配用自動走行ロボット）	初期は大学敷地内や小売店などの私有地エリアから実証を開始し、近年公道走行に着手	ロボットについては、33のプロジェクトを実施（年間2億ユーロを助成）。	無人小売販売ロボットを公園などで展開（中国-KFC）
組織	・官民連携した組織で検討 (自動走行ロボットを活用した配送の実現に向けた官民協議会・WG) 国土交通省、NEDO、警察庁	米国運輸省道路交通安全局(NHTSA)、公共事業局(WPA)、運輸局(DOT)、標準化団体(NIST、ASTM、ANSI 等)	Horizon2020のプロジェクト SPARC“Strategic Research Agenda for Robotics in Europe”は、産学官連携 SPARC（研究開発を支援する官民パートナーシップ2014年6月～） 欧州委員会 企業 研究機関	国務院、産業情報局

1.2.2 サービスロボットに関する技術・ビジネスモデル調査

国内外の項目別動向整理(2/4)

2. 機能

日本、米国、欧州および中国・インドの動向を整理した。

	日本	米国	欧州	中国・インド
機体・機体制御	・民間メーカ主導で機体や機体制御を開発（機体の走行性能に関して） ・遠隔監視・操作については各民間企業にて開発 ・主たるメーカは、ZMP、Honda、Tier4 など	・ブレーキシステム、視認性向上機能、他移動体への通知機能 ・今後、自律移動車両として扱う場合の要求事項(リアルタイム性)を担保し、通信面でのセキュリティ担保が求められる	EUのHorizon2020における33のプロジェクトには、遠隔監視等機体制御系の技術開発、実証プロジェクトも含む。	中国では中型機実装が進行。段差を乗り越え、屋内外を相互移動する機能(中国-YOURS)
全体制御	・ロボット全体を制御する機能なし ・ドローンと同様に機体識別（リモートID活用）や運行管理の必要性の声あり	段階的に近接監視から遠隔監視に移行できる よう法令で定義	EUレベルのロボットに関するロードマップでは、自動走行ロボットに限らず、オープンで標準化したシステム構築が目指されているが、具体的方針は未確認。	建物・都市単位でロボット網を構築。今後導入は考えられると史料
インフラ (サイバー)	・歩行空間ネットワーク（国土交通省）をロボットの経路計画に使用できないか検討 ・空間IDを活用した制御の検討開始 ・自動運転と同様にダイナミックマップの活用を検討	・Mobility Data Specification (MDS) というシステムを使用してサンノゼ市の運輸局にロボットの位置情報を共有 (Kiwi)	EU全体では統一的な動きは見られない。 ※個別企業事例も含め文献・情報はなく、必要に応じ今後ヒアリング調査が必要	今後、自律移動車両として扱う場合の要求事項(リアルタイム性)を担保し、通信面でのセキュリティ担保が求められる（中国）
インフラ (フィジカル)	・ロボットが走行しやすい歩道や道路などの検討はじまる（安全・安心な空間、ユニバーサルデザイン検討 国交省） ・ロボットを運用する上での駐車スペース、充電場所、保守点検の仕組みなど必要性あり ・屋内では自動ドア・エレベーターとの連携が課題 ・サービスロボットで使用する帯域は、通信キャリア主導で整備されたLTEや5Gなどの公共通信網利用が主流	・Harmonize Mobility（カナダの企業）がISO/1488（TC204）のISOプロジェクトのリーダーとして、ロボットの歩道利用に関して標準化を進めている	Horizon2020の自動走行ロボットプロジェクトLMADは、個別国レベルで専用レーンを作る動きがあるものの（例：仏では2022年9月から「自動運転車」について、専用レーン、専用区画での運行となる）、都市部のラストワンマイル自動配送ロボットに関しては、まだ比較的小さな市場であり、専用レーン等を構築することはかなりの挑戦である見解を示す。インフラ構築はそれがコストに比して利点があると証明されるまで、既存の都市インフラに適応する必要がある、としている。	現時点での生産コストは市場期待と乖離しているため、今後は標準化された体系的な生産プロセスを介する必要があると検討される（中国）

1.2.2 サービスロボットに関する技術・ビジネスモデル調査

国内外の項目別動向整理(3/4)

3. ガバナンス・国際標準

日本、米国、欧州および中国・インドの動向を整理した。

	日本	米国	欧州	中国・インド
制度・法律	自律配送ロボットをPDD or ADV (※)で区分けし、PDDはさらに速度・重量・活用用途で、ADVは既存自動車型式 (共通) ・歩道自動走行車として歩道を走行することで法制度の見直し検討中 (警察庁)	・PDD (Personal Delivery Device) に関する法律を州単位で設定 ・データ開示は実証事業者個々に委ねられているが、一部の州では技術仕様に関する情報開示を求める地域があり、データについてもGPS、写真データ、走行データの開示を求めている地域がある	EU加盟各国で法整備が検討されているが、EU統一の法整備が目指されている。公共スペースでの配送ロボットについての規制は整備されていない。	サービス型低速無人自動車の種類 (貨物流通、飲食物配送、道路清掃、監視パトロール) を規定し、自動運転能力や通信安全能力などの主要項目について技術的要求事項や試験方法を定めた団体標準を整備 (中国)
安全基準、責任、その他	・製品サイズ(重量含む)によって求められる安全性は異なる ・安全基準については歩道自動走行車として民間主導で検討開始 ・保障については損害保険会社内で検討中	・10万ドル以上の賠償責任保険に入ることがを要求する州が多いが、保険加入者の定義は州により異なる ・交通ルールを破った場合、50ドル以下、20ドル以下などの罰金が科される(州により異なる)	EUではRoboLawプロジェクトとして (2012～2014年) 複数の大学が参加するロボティクスに関する倫理、法、分類、哲学的考察、規制ガイドラインについて研究を行った。	過酷な気象環境に耐えうる仕様でない車両 配送の代替は困難 各企業は団体標準の技術要求に則り製品を開発 (中国)

1.2.2 サービスロボットに関する技術・ビジネスモデル調査

国内外の項目別動向整理(4/4)

4. 産業振興

日本、米国、欧州および中国・インドの動向を整理した。

	日本	米国	欧州	中国・インド（可能であれば）
実証実験の状況	国として民間等支援の上実証実施 ・自動走行ロボットを活用した新たな配送サービス実現に向けた技術開発事業（NEDO） 自動倉庫 ・現在建設中のイオンの大型自動倉庫では、24時間稼働のピッキングロボットにより、ネットスーパーが取り扱う最大5万品目の商品群から約6分で50商品のピッキングが可能となる見込み。	・初期は大学敷地内や小売店などの私有地エリアから実証を開始し、近年公道走行に着手 ・ロボットの実証事業は長期間実施され、有益なデータの収集と製品改良に貢献できるよう各州で取組まれている	EUはHorizon2020の枠組みでラストワンマイルの配達を担う自動走行ロボットの実証プロジェクトに資金提供を行う（例：ELIPORTプロジェクト）。ただし、公道における実証実験が行われている段階にあるものの、Horizon2020による配達ロボットの実証への助成件数はまだ少ない。 EIT（欧州イノベーション・技術機構）も企業が配送、通信企業等と連携して実施するラストワンマイルの自動走行配達ロボット実証への資金提供を行う（EITもHorizon2020の資金提供を受ける）。	当初は団地などの法令に抵触しない範囲から始め、現在は公道走行の実証を推進
商用提供の状況	・随伴型ロボットが歩道走行できるようになったので民間企業で検討開始 ・自動走行ロボットの公道での商用適用はなし ・自動走行ロボットを活用したサービスのマネタイズに課題あり	・ホテル内や飲食店において、自動走行運搬、モバイルオーダーなどの商用提供が進む	Starshipテクノロジー（本部は米）がイギリス、エストニア（開発拠点）でラストワンマイル配達ロボットを実装している。	配送ロボットだけではスケールしないと見込み、商業化の拡大シナリオを検討している 小型の自律配送ロボットは自律制御機能の大規模な実証と捉え、実証を終えたのち、大型化・別用途での展開を模索
社会受容性に関する取組	・自動走行ロボットを活用した新たな配送サービス実現に向けた技術開発事業（NEDO）で検証 ・国民に対するアンケートによる分析（多様な交通主体の交通ルール等の在り方に関する有識者検討会 警察庁）	実証等において、訴訟リスクへの対処あり：事業者とオペレーターに一般賠償責任保険への加入義務	SPARC“Robotics2020 Multi-Annual Roadmap For Robotics in Europe”（前出）では、人間とロボットの安全な相互作用の基準化が課題として挙げられている。 EUのラストマイル自動配送ロボットプロジェクトLMADでは各国で必ずしも自動配送ロボットが支持されていないとして、安全性、人口密度、仕事奪われることの懸念を挙げている。人が実際に配送ロボットを見る機会が増えることで理解が促進されるとしている。	企業が独自に実証を進めている状況を加味し、数年以内に法整備を進める可能性あり

1.2.3 ドローンに関する技術・ビジネスモデル調査

国内外の動向整理(ドローン)とりまとめ

- 日本では官から民への支援体制は十分構築されている。人とロボットの共存ビジョンと国際標準化を意識して法改正や制度の在り方検討を行うことが重要である。
- 世界ではのマネタイズが共通課題となっており、ビジネスモデルの構築がキーとなる。

赤字:日本の強み

青字:日本の弱み
または海外の脅威

	日本の特徴	海外の動向
ビジョン・ユースケース	・飛行場所とサービスの組み合わせで検討し、早期に社会課題を解決する	・人とロボットが共生する世界の到来を前提(米)国からの積極的な資金支援と実証実験の推進(欧)海外技術の取り込み(中)
機能	・ 民間メーカ主導で機体・制御機能を開発中 ・ 機体識別機能や運航管理へのニーズあり ・ ロボットと人間が共存するサイバー/フィジカル空間を検討	・ リアルタイム性を確保した遠隔監視技術の開発、利用のネットワーク化に注力。(米・中)都市インフラ整備の検討(欧) ・ 通信面でのセキュリティ担保を重要課題として認識(米・中)
ガバナンス・国際標準	・ 第三者上空飛行に関する規制の見直しを官で実施。積荷の重量区分ごとの安全基準と保険を民間主導で実施	・ 地域ごとに安全や賠償基準が委ねられ統一されていない(米) ・ 安全基準に関する地域あるいは業界の基準を作成中(欧・中)
産業振興	・ 自動走行ロボットを活用したサービスのマネタイズに課題あり ・ 国が民間等を支援の上で実証を実施。NEDOによる自動走行ロボットを活用した新たな配送サービス実現に向けた技術開発事業を推進	・ 法律に抵触しない範囲、限定的な土地を利用した実証実験を推進(米・欧・中) ・ ラストワンマイル等、市場規模が小さいと見込まれる商業運航について生産コストのバランスが課題(欧・中)
	日本の強みの更なる強化	海外動向への追従
日本の取るべきアプローチ	・ 国からの適切な支援を実施し、メーカーによる実証・機体開発・保険の在り方の検討を推進 ・ 人間とロボットの日常空間での共存を促進するための法整備やドローン分野を参考にした運航管理や機体識別の体系を検討する	・ 人とロボットが共生する世界の到来を前提としたバックキャスト式のビジョンを持つこと ・ 業界基準の作成や国際標準化を見据えた技術開発の支援や海外技術の積極的な取り込みにより研究開発を加速 ・ 市場規模の資産により導入メリットが高い市場から商業化を実施

1.2.3 ドローンに関する技術・ビジネスモデル調査

国内外の項目別動向整理(1/4)

1. ビジョン・ユースケース

日本、米国、欧州および中国・インドの動向を整理した。

	日本	米国	欧州	中国・インド
ビジョン	・内閣府・経産省・国交省をはじめとする官公庁でドローンの利活用の促進・社会実装と空飛ぶクルマ空の産業革命を目指す (ドローン：小型無人機に係る環境整備、空飛ぶクルマ：空の移動革命に向けた官民協議会)	・航空局（FAA）とNASA等が主導し目視外・自律の第三者上空飛行と夜間飛行を伴うドローンビジネスの普及拡大を目指す ・新しい配送方式による利便性の高い社会実現（FAA UAS Integration Program）	・航空局（EASA）とSESARが共同し欧州全体における目視外・自律の第三者上空飛行と夜間飛行を伴うドローンビジネスの普及拡大を目指す ・新しい配送方式による利便性の高い社会実現（SESAR Joint Undertaking Projects）	・中国では2017年より議会（全国人民代表大会）より“New Generation Artificial Intelligence (AI) Development Plan”にドローンを重点分野としてAIを取り入れる将来ビジョンを示す ・インドでは航空局（DGCA）が手動ソフトウェアベースのエコシステム全体最適化を図るDrone Ecosystem Policy Roadmapの工程を示す
ユースケース	現在は、農業・空撮が主流であり、今後物流・インフラ点検・警備等への拡大が予想されている。 ・ 農業・林業分野における測量・農薬散布 ・ エネルギー・公共安全分野における監視 ・ エンタメ・建設分野における空撮・測量 ・ 防災・気象分野における空撮・データ収集 ・ ドローンによる物流配送	・ 農業・林業分野における測量・農薬散布 ・ エネルギー・公共安全分野における監視 ・ エンタメ・建設分野における空撮・測量 ・ 防災・気象分野における空撮・データ収集 ・ ドローンによる物流配送	・ 農業・林業分野における測量・農薬散布 ・ エネルギー・公共安全分野における監視 ・ エンタメ・建設分野における空撮・測量 ・ 防災・気象分野における空撮・データ収集 ・ ドローンによる物流配送	・ 農業・林業分野における測量・農薬散布 ・ エネルギー・公共安全分野における監視 ・ エンタメ・建設分野における空撮・測量 ・ ドローンによる物流配送
組織	・官民連携した組織で検討 (小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会、空の移動革命に向けた官民協議会)	・米国全土を通じ官民連携した組織で検討（FAA UAS Integration Program）	・欧州全体を通じ官民連携した組織で検討（SESAR Joint Undertaking Projects）	・中国政府・インド政府が示すビジョンの基で、規制緩和、補助金や実証試験場等の整備を通じた国政府の支援を受けながら企業連合が検討

1.2.3 ドローンに関する技術・ビジネスモデル調査

国内外の項目別動向整理(2/4)

2. 機能

日本、米国、欧州および中国・インドの動向を整理した。

	日本	米国	欧州	中国・インド
機体・機体制御	・産業用の中型・自律飛行型のドローンの機体・機体制御ソフトの開発を行う複数のベンチャーが存在（ACSL等）	・産業用の中型・自律飛行型ドローンの機体・機体制御ソフトの開発を行う複数のベンチャーや大手が存在（Matternet、Google等）	・小型ドローンの機体・機体制御ソフトの開発を行う複数のベンチャーが存在（Parrot等）	・中国・インドの両者において小型ドローンの機体・機体制御ソフトの開発を行う大手・ベンチャーが存在（DJI、TAS等）
全体制御	・機体識別（リモートID活用）や運航管理の制度・システムの整備が進行中	・機体識別（リモートID活用）や運航管理の制度・システムの整備が進行中	・機体識別（リモートID活用）や運航管理の制度・システムの整備が進行中。 ・運航管理については欧州各国の実装状況をモニタリングしており、特にポーランドが先行。	・中国では要件を詳細化したクラウドベースの運航管理の制度・システムの整備が進行中。 ・インドにおいて運航管理の制度・システムの整備が導入済。
インフラ（サイバー）	・複数機のリアルタイムの衝突回避を集中管理により支援する仮想空域（UTM）の実装が構想されているが、運用方法が定まっておらず、未だ実証試験の段階。 （NEDO DRESS）	・異なるUTMサービス間でも複数機の飛行計画の重複を分散管理により支援するディスカバリ機能が構想されており、航空局（FAA）の後方支援を受けながら、Google発ベンチャーのWing等を中心に国際標準化団体（ASTM）による標準化が進行 （Inter USS/DSS）	・異なるUTMサービス間でも複数機の飛行計画の重複回避やリアルタイムの衝突回避を集中管理により支援する仮想空域（U-Space）の実装が構想されており、SESARによる運用構想（ConOps）および実証試験に加えて、EASAにおいて具体的な制度整備の検討が進行中	・中国では異なるUTMサービス間でも複数機の飛行計画の重複回避を支援するクラウドベースの運航管理のシステム（UOMS）の整備が進行中。 ・インドでは異なるUTMサービス間でも複数機の飛行計画の重複回避を集中管理により支援するDigital Sky Platformが実装済。このシステムを通じて四次元座標を取得しない限りドローンは離陸ができない仕組みとなっている。
インフラ（フィジカル）	・目視外飛行や複数機のリアルタイムの衝突回避を支援する機上システム（レーダや光学センサ）、地上局（RTK等）の導入が構想されているが、運用方法が定まっておらず、実証試験の段階。 ・ドローンを運用する上での離着陸場スペース、充電場所、保守点検の仕組み等の必要性あり ・ドローンで使用する帯域は、通信キャリアが整備するLTEや5Gなどの公共通信網利用が主流	・目視外飛行や複数機のリアルタイムの衝突回避を支援する地上の監視インフラと、悪用への対策を行うカウンタードローンシステムの導入が、発電所、イベント、空港等で進行。 ・ドローンを運用する上での離着陸場スペース、充電場所、保守点検の仕組み等の必要性あり。 ・ドローンで使用する帯域は、通信キャリアが整備するLTEや5Gなどの公共通信網利用が主流	・目視外飛行や複数機のリアルタイムの衝突回避を支援する地上の監視インフラと、悪用への対策を行うカウンタードローンシステムの導入が、発電所、イベント、空港等で進行。 ・ドローンを運用する上での離着陸場スペース、充電場所、保守点検の仕組み等の必要性あり。 ・ドローンで使用する帯域は、通信キャリアが整備するLTEや5Gなどの公共通信網利用が主流	・中国では目視外飛行や複数機のリアルタイムの衝突回避を支援するためのADS-BやBeidou GNSS等の自動フィードバックシステムやジオフェンスソフトウェアの実装を一部用途に義務付け。 ・ドローンを運用する上での離着陸場スペース、充電場所、保守点検の仕組み等の必要性あり。 ・ドローンで使用する帯域は、通信キャリアが整備するLTEや5Gなどの公共通信網利用が主流

1.2.3 ドローンに関する技術・ビジネスモデル調査

国内外の項目別動向整理(3/4)

3. ガバナンス・国際標準

日本、米国、欧州および中国・インドの動向を整理した。

	日本	米国	欧州	中国・インド
制度・法律	・機体認証、操縦士ライセンス、運用ルール（リスクアセスメント等）の3つに基づく高リスク運航の制度を検討中（航空局） ・目視外・自律の第三者上空飛行は例外的に個別審査で認めるとしているが実績はなし	・既に整備している操縦士ライセンスに加えて、新たに創設する機体認証、運用ルール（リスクアセスメント等）の3つに基づく高リスク運航の制度を策定中（航空局） ・目視外・自律の第三者上空飛行は例外的に個別審査で認めるとしており実績あり	・機体認証、運用ルール（リスクアセスメント等）の3つに基づく高リスク運航の制度を発行し、2022年に施行予定（航空局） ・目視外・自律の第三者上空飛行は例外的に個別審査で認めるとしており、スイスにおいて実績あり	中国・インドの両者において主に重量別にルールが整備。中国では運航管理システムに接続することと毎秒の飛行データのログを要件として人口密集地上空の飛行を一部用途を除き許可。インドでは250g未満を除き全てのドローンに同様の要件を課している。
安全基準、責任、その他	・飛行に関する確認義務や点検の義務について操縦士の責務が航空施行規則（236条の4）で規定 ・ドローン商用飛行の事業認可の制度は存在なし ・保険の加入義務はないが、飛行申請時の参考事項として記入を要求	・商業飛行に関する確認義務や点検の義務について操縦士の責務が航空施行規則（14 CFR part 170）で規定。また、ドローン商用飛行の事業認可の制度が存在（part 135） ・個別審査に基づく例外的な飛行（part 333）および商業飛行（part 170、part 135）の場合に限り保険の加入を義務付け	・飛行リスクに応じて飛行をOpen, Specific, Certifiedに区分し、特にSpecific及びCertifiedでは飛行に関する確認義務や点検の義務について操縦士の責務を航空施行規則で規定（UAS.SPEC.050, EU規則 2019/947） ・20kg以上のドローンに保険の加入を義務付け ・欧州各国が付加的な安全基準や責任を規定	・中国では250g以上の全てのドローンに保険の加入を義務付け。また、ドローン商用飛行の事業認可の制度が存在。 ・インドでは250g未満を除き全てのドローンに保険の加入を義務付け

1.2.3 ドローンに関する技術・ビジネスモデル調査

国内外の項目別動向整理(4/4)

4. 産業振興

日本、米国、欧州および中国・インドの動向を整理した。

	日本	米国	欧州	中国・インド
実証実験の状況	・経産省・NEDOのロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクトを通じて運航管理システム等の実証試験が進行中 ・全国を通じて自治体個別の実証も物流・配送・防災等の分野で進行。東京都では都心部初の配送実証が2021年11月より開始。	・航空局（FAA）・NASAのUAS Integration Programを通じて主要な州にて運航管理システム等の実証試験が進行中	・航空局（EASA）・SESAR（官民協議体）のプロジェクトを通じて欧州各国にて運航管理システム等の実証試験が進行中	・インドではメーカによるドローン製造を牽引するための国プロジェクトを始動（Production Linked Incentive Scheme (PLI) Scheme）
商用提供の状況	・特に農業と建設における利用が盛ん。 ・数カ月間、ドローンによる離島配送の試験的な商用適用あり ・BtoCやドローンを利用した配送サービスにのマネタイズに課題あり	・特に軍、エンタメ、建設における利用が盛んである。 ・カリフォルニア州等の極一部の州においてドローンによる医薬品配送の商用適用あり（BtoB） ・BtoCや医薬品を除くドローンを利用した配送サービスにのマネタイズに課題あり	・特に軍、エンタメ、建設における利用が盛んである。 ・スイス等の極一部の国においてドローンによる医薬品配送の商用適用あり（BtoB） ・BtoCや医薬品を除くドローンを利用した配送サービスにのマネタイズに課題あり	・中国ではドローンと地上走行ロボットを同時に活用した飲食店からのドローン配送サービスが存在。 ・インドでは特に農業用が盛んであり、2020年から2024年にかけて数千のドローンによる農地測量の政府支援プロジェクトが始動。
社会受容性に関する取組	・経産省によるドローン及び自動配送ロボットの利活用促進に向けたアンケートを2021年9月より実施 ・MRIによる空飛ぶクルマに関する社会受容性について6万5,000人以上へのアンケートを2020年8月実施	・Wingによる、オンデマンド配送実証を実施したバージニア州における、ドローン配達に関する世論調査を2020年秋に実施（回答者821人）	・Klauser & Pedrozoによる、スイスでの用途別・エリア別のドローンに対する社会受容性のアンケートを2019年に実施（回答者1,050人）	・特になし

1.2.3 ドローンに関する技術・ビジネスモデル調査

国内外の動向整理(ドローン):国内動向

【日本】ビジョン: 官民共同でドローン・空飛ぶクルマの社会実装を目指す

内閣府・経産省・国交省をはじめとする官公庁でドローンの利活用の促進・社会実装と空飛ぶクルマの産業革命を目指す(ドローン:小型無人機に係る環境整備、空飛ぶクルマ:空の移動革命に向けた官民協議会)

● 離島・山間部でレベル4を実現し、その後、人口密度の高い地域、多数機同時運航

- 環境整備:機体認証と操縦ライセンス導入に向けた詳細スケジュールの提示、第一種機体の基準検討の速やかな実用化、上空における通信の確保
- 技術開発:「複数事業者による多数機同時運航」の実現に向けた技術開発、機体認証の取得容易化のための試験方法の開発や産業規格化
- 社会実装:事業採算性の確保を前提とした物流の実用化、防災対策の確立と自治体の連携強化

● 航空機、空飛ぶクルマも含めた一体的な“空”モビリティ施策への発展・強化

- 環境整備:民間サービスを活用したワンストップ化の推進
- 技術開発:機体の国内外での活用の促進
- 社会実装:実施地域の拡大



空の産業革命に向けたロードマップ2021

出所)以下の出所に基き三菱総合研究所作成

[1]内閣官房内閣広報室、「空の産業革命に向けたロードマップ2021」,

https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/kanminkyougi_dai16/siryou4.pdf (閲覧日2022/2/16)

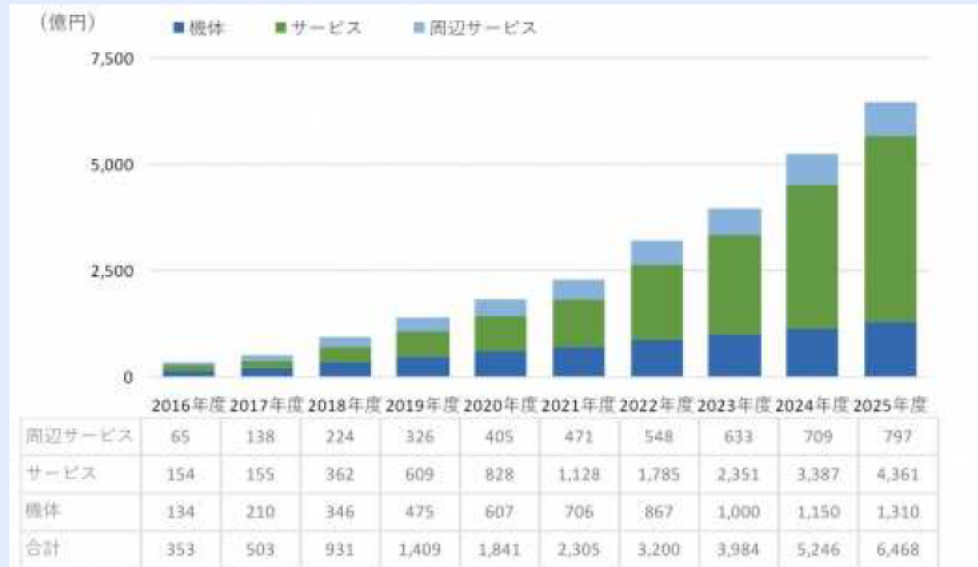
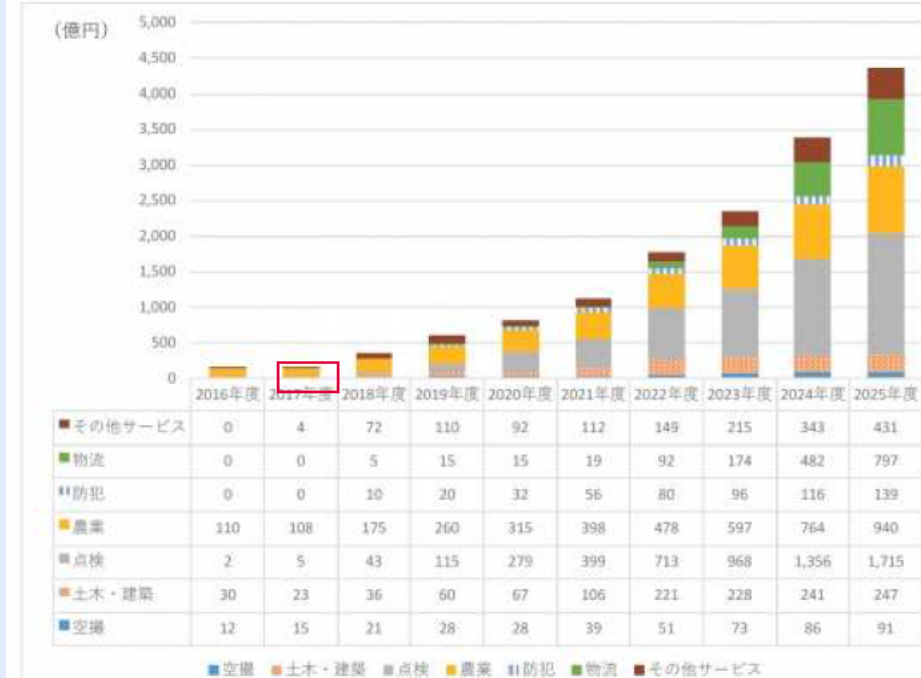
1.2.3 ドローンに関する技術・ビジネスモデル調査

国内外の動向整理(ドローン):国内動向

【日本】ユースケース:農業・空撮から物流・インフラ点検・警備への拡大が予想

現在は、農業での活用が主流であるが、今後インフラ点検・物流への拡大が予想されている。

- ・ 農業・林業分野における測量・農薬散布
- ・ エネルギー・公共安全分野における監視
- ・ エンタメ・建設分野における空撮・測量
- ・ 防災・気象分野における空撮・データ収集
- ・ ドローンによる物流配送



出所) 以下の出所に基き三菱総合研究所作成

[1]インプレス総合研究所,「ドローンビジネス調査報告書2021」, <https://research.impress.co.jp/topi>(閲覧日2022/3/14)cs/list/drone/623
(閲覧日2022/2/16)

1.2.3 ドローンに関する技術・ビジネスモデル調査

国内外の動向整理(ドローン):国内動向

【日本】組織:官民連携した組織により社会実装を推進

官民連携した組織で検討

(小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会、空の移動革命に向けた官民協議会)

● 次世代航空モビリティの早期展開に向けた体制強化

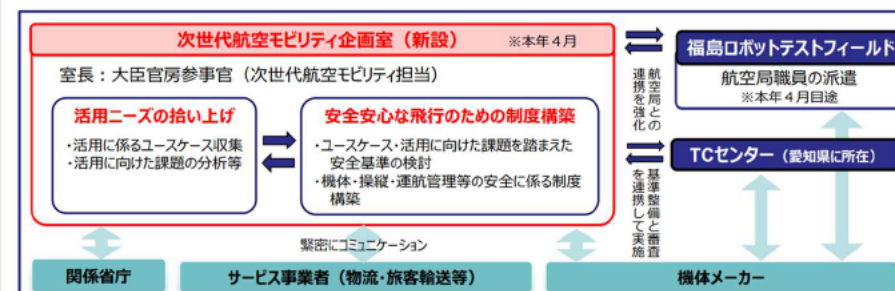
- 次世代航空モビリティに係る事務を一元的に担う「次世代航空モビリティ企画室」を航空局に設置
- 福島ロボットテストフィールドに航空局職員を派遣することで、試験飛行等に対し現場で規制面の助言を行う等のサポートを行う
- 航空機技術審査センター(TCセンター)と連携し、安全審査を円滑かつ早期に行うとともに、メーカーに対する必要な助言や開発・実用化を後押し。

次世代航空モビリティの早期展開に向けた体制強化について 国土交通省

ドローンのレベル4*(2022年度目標)・**空飛ぶクルマの事業開始**(2023年目標)を実現し、より高度・幅広い場面で
の利活用を推進するため、 ※レベル4:有人地帯上空での目視外補助者なし飛行

- ◆ 本年4月、これら次世代航空モビリティに係る事務を一元的に担う「**次世代航空モビリティ企画室**」を航空局に設置。次世代航空モビリティに係る具体的な活用ニーズを踏まえた安全基準の整備等の制度構築を推進。
- ◆ **福島ロボットテストフィールドに航空局職員を派遣**(本年4月目標)することで、試験飛行等に対し現場で規制面の助言を行う等のサポートを行い、技術開発の促進や同テストフィールドの活用にも貢献。
- ◆ **航空機技術審査センター(TCセンター)と連携し**、安全審査を円滑かつ早期に行うとともに、メーカーに対する必要な助言や開発・実用化を後押し。

➡ アフターコロナの時代に対応した**次世代航空モビリティサービスの早期展開**を強力に推進



出所) 以下の出所に基づき三菱総合研究所作成

[1] 国土交通省, 「次世代航空モビリティの早期展開に向けた体制強化について」, <https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001389988.pdf>
(閲覧日2022/2/16)

1.2.3 ドローンに関する技術・ビジネスモデル調査

国内外の動向整理(ドローン):国内動向

【日本】機体・機体制御:日本国内で複数のベンチャーが存在

産業用の中型・自律飛行型のドローンの機体・機体制御ソフトの開発を行う複数のベンチャーが存在(ACSL等)

● ACSL、VFR が共同で社会実装可能な物流用ドローン機体の開発に着手

- ACSL と VFR は、両社の知見や技術的な強みを掛け合わせることでドローン物流の現場で活躍できる水準の機能・性能に最適化されたドローンを早期に開発していくことを目指す
- ACSLは、2018年11月に、日本郵便株式会社と日本で初めての補助者なし目視外飛行(Level3)の承認を得て、福島県の郵便局間の輸送を行う。2019年から2020年には、ANAホールディングスと長崎県における離島間物資輸送を実施し、羽田空港からの遠隔操縦に成功
- ACSL と VFR は 2020年5月より産業用ドローンの本格的な普及のための課題解決を目指し協業を開始、既にACSL の既存機体(PF2、Mini 等)のアップデートに取り組んでいる。
- 並行して用途特化型の新機体の共同開発に向け、労働力不足解消のニーズが高い物流用機体の開発を行うことを決定



VFR と ACSL が共同で行った
災害調査の様子

出所)以下の出所に基き三菱総合研究所作成

[1]VFR(株),「ACSL、VFRが共同で社会実装可能な物流用ドローン機体の開発に着手」, <https://vfr.co.jp/articles/201110-deliverydrones/>
(閲覧日2022/2/16)

1.2.3 ドローンに関する技術・ビジネスモデル調査

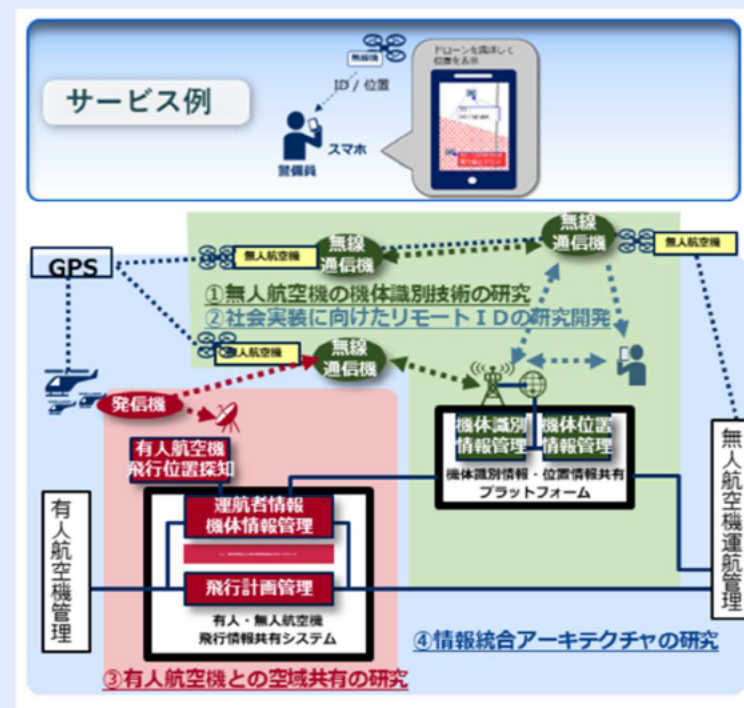
国内外の動向整理(ドローン):国内動向

【日本】全体制御:機体識別(リモートID活用)や運航管理の制度・システムの整備が進行中

特に機体識別(リモートID活用)や運航管理の制度・システムの整備が進行している。

● 遠隔からの機体識別および有人航空機との空域共有に関する研究開発

- 無人航空機の安心・安全な運航に向け、ドローンを遠隔から識別するための通信技術・デバイスの開発、無人航空機と空域を共有する有人航空機との飛行計画や機体情報などの共有、これらの運行管理を拡張する情報統合アーキテクチャの検討など、様々な課題を解決するための研究開発を実施。
- 2021年に福島RTFで成果を実証



出所)以下の出所に基き三菱総合研究所作成

[1] 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構, 「遠隔からの機体識別および有人航空機との空域共有に関する研究開発」,
<https://nedo-dress.jp/introduction/introduction-2-1-14> (閲覧日2022/2/16)

1.2.3 ドローンに関する技術・ビジネスモデル調査

国内外の動向整理(ドローン):国内動向

【日本】インフラ(サイバー):運航管理システムの社会実装を進めている

複数機のリアルタイムの衝突回避を集中管理により支援する仮想空域(UTM)の実装が構想されているが、運用方法を検討している段階であり、実証試験を実施している。
(NEDO DRESS)

● 国内最大規模、全国13地域で同時に飛行するドローンの運航管理に成功

- NEDO、KDDI、パーソルプロセス&テクノロジーは、国内最大規模の全国13地域で計52機のドローンを同時に飛行させ運航管理を行う実証実験を2021年10月27日に実施し、成功
- 運航管理システムが機能・オペレーションの両面から全国で運用可能であり、複数のドローンが飛び交う上空で衝突回避などの管理業務を行えることを確認した
- 今後は、レベル4の実現に欠かせない運航管理システムの社会実装に向けて解決すべき課題の洗い出し、持続可能なビジネスモデルの確立に向けた運航管理要件の具体化や、それらを進めるためのガイドライン作成に取り組む(2022年1月に作成予定)



事業全体のイメージ

出所)以下の出所に基き三菱総合研究所作成

[1]国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構,「国内最大規模、全国13地域で同時に飛行するドローンの運航管理に成功」,
<https://nedo-dress.jp/news/2855.html>(閲覧日2022/2/16)

1.2.3 ドローンに関する技術・ビジネスモデル調査

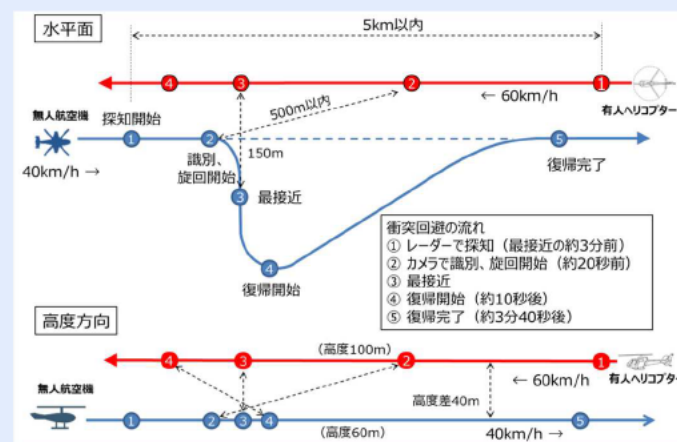
国内外の動向整理(ドローン):国内動向

【日本】インフラ(フィジカル):ドローンポート単体の開発は進むが、実際の設置場所は今後定まる

- 目視外飛行や複数機のリアルタイムの衝突回避を支援する機上システム(レーダや光学センサ)、地上局(RTK等)の導入が構想されているが、運用方法が定まっておらず、実証試験の段階。
- ドローンを運用する上での離着陸場スペース、充電場所、保守点検の仕組み等の必要性あり。
- ドローンで使用する帯域は、通信キャリアが整備するLTEや5Gなどの公共通信網利用が主流。

● 世界初、相対速度100km/hでの無人航空機の衝突回避試験を実施

- NEDO、(株)SUBARU、日本無線(株)、日本アビオニクス(株)、三菱電機(株)、(株)自律制御システム研究所は、福島県、南相馬市、(公財)福島イノベーション・コースト構想推進機構の協力のもと相対速度100km/hでの中型の無人航空機の自律的な衝突回避試験を世界で初めて実施
- カメラやレーダーなどを搭載した中型の無人航空機が40km/h程度で飛行し、正面から60km/h程度で前進飛行してくる有人ヘリコプターを感知し、自律的に衝突を回避する飛行試験を行った



衝突回避試験の詳細

出所)以下の出所に基き三菱総合研究所作成

[1] 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構, 「世界初、相対速度100km/hでの無人航空機の衝突回避試験を実施」,
https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101167.html (閲覧日2022/2/16)

1.2.3 ドローンに関する技術・ビジネスモデル調査

国内外の動向整理(ドローン):国内動向

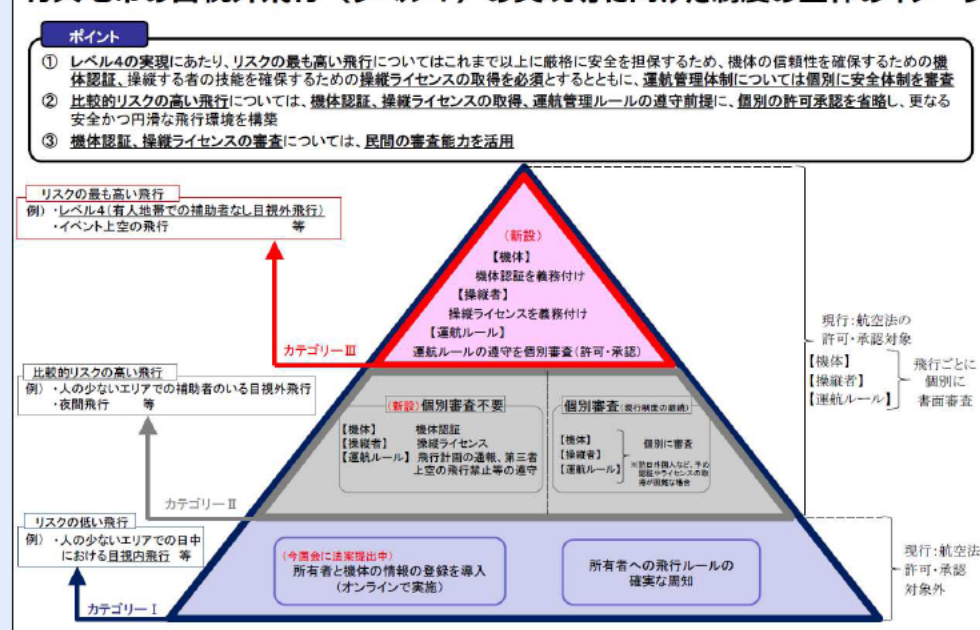
【日本】制度・法律:レベル4運航実現に向けて、機体認証、操縦士ライセンス、運用ルールそれぞれの制度設計中

- 機体認証、操縦士ライセンス、運用ルール(リスクアセスメント等)の3つに基づく高リスク運航の制度を検討中(航空局)
- 目視外・自律の第三者上空飛行は例外的に個別審査で認めるとしているが実績はなし

● 有人地帯(第三者上空)での目視外飛行(レベル4)の実現に向けた制度整備

- 無人航空機の安全基準への適合性(設計、製造過程、現状)について検査する機体認証制度を創設
- 型式認証を受けた機体(主に量産機)については、機体毎に行う機体認証の際の検査の全部又は一部が省略
- 機体認証及び型式認証は、第一種(レベル4相当)と第二種に区分

有人地帯の目視外飛行(レベル4)の実現等に向けた制度の全体のイメージ



出所)以下の出所に基き三菱総合研究所作成

[1]内閣官房小型無人機等対策推進室,「レベル4飛行の実現に向けた新たな制度整備等」,

https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/kanminkyougai_dai16/siryou1.pdf(閲覧日2022/2/16)

1. 基礎調査

1.3 社会課題と解決の方法の調査



1.3 社会課題と解決の方法の調査

社会課題と解決の方法の調査

- 様々な社会課題を分析・整理し、各分野における重要性や将来性を考慮した上でイノベーションによる解決が期待される社会課題を提起。
- モビリティについても既に社会課題を整理しており、経済効果（ポテンシャルインパクト）も算出済み。
- 過去の研究成果・推計手法・根拠の整理に加え、海外文献等も確認し、社会課題がないか整理を行う。

》社会課題一覧



》モビリティに関する社会課題(例)

※物流・警備といった分野別にもう1段階細分化したものを作成する。

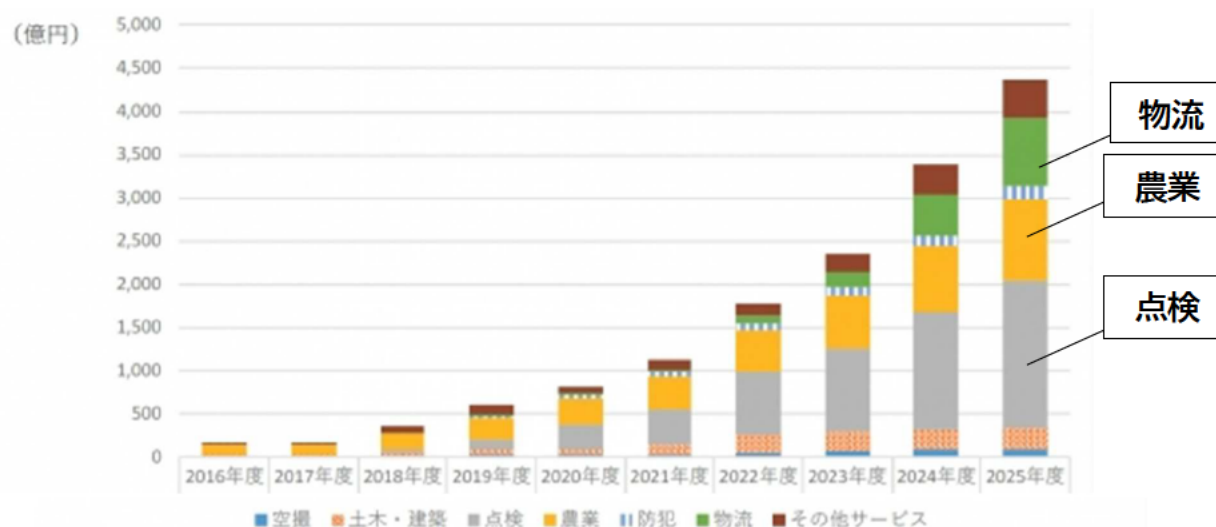
社会課題	解決策	ポテンシャルインパクト (国内)
交通渋滞による経済損失と環境悪化	ICT活用によるおよびモビリティの多様化による交通量の分散化(デマンドサイドマネジメント:DSM)	2.8兆円
交通弱者の増大	新たな交通ネットワークの形成(交通事業者とサービス事業者の連携による「目的型MaaS」等)	9,100億円
移動せずに移動目的を果たすニーズ増	リアルとデジタルが融合したSociety5.0社会の構築(CEM(カスタマー・エクスペリエンス・マーケティング)の実現等)	1,160兆円
...	...	...

出所)イノベーションによる解決が期待される社会課題一覧、三菱総合研究所未来共創イノベーションネットワーク

1.3 社会課題と解決の方法の調査

対象ユースケースの選定

- 2015年より経産省が推進する「ロボット新戦略」ではロボットの貢献が期待される分野として「ものづくり」、「サービス」、「医療福祉」、「農業」、「インフラ・災害対応・建設」を位置付けている。
- またインプレス総合研究所のドローンビジネス市場規模調査より、売上高が大きく、自律移動ロボットの導入により特に経済効果が期待される分野として「農業」、インフラ施設等の「点検」、「物流」が挙げられる。
以上の共通項目及びロボットの活用により社会課題の解決につながる分野として「医療福祉」、「農業」、「災害対応」、「インフラ（電気・ガス・水道）」を選定する。
- 社会課題の選定に当たっては、MRI作成「イノベーションによる解決が期待される社会課題一覧」に挙げる社会課題から、自律移動ロボットの普及とDADCの描く将来ビジョンの実現による貢献が特に期待される社会課題を挙げる。



▲インプレス総合研究所作成 ドローンビジネス市場の分野別市場規模

出所) 以下の出所に基き三菱総合研究所作成

[1]インプレス総合研究所,「ドローンビジネス調査報告書2021」, <https://research.impress.co.jp/topics/list/drone/623> (閲覧日2022/03/16)

[2]日本経済再生本部,「ロボット新戦略」, https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/robot_honbun_150210.pdf (閲覧日2022/03/16)

1.3 社会課題と解決の方法の調査

社会課題の一覧

- MRI作成「イノベーションによる解決が期待される社会課題一覧」より自律移動ロボットに関連する課題をピックアップした。

分野	目次番号	社会課題	解決策
医療福祉	1-①	生活習慣病による健康長寿の阻害	予兆把握技術と重症化防止対策
	1-②	がん患者数の増加、治療の限界	超早期発見。精密な治療の提供
	1-③	医療・介護サービスに対するキャパシティ不十分	ロボットを導入した介護等業務の効率化
	1-④	自立維持が困難な高齢者の増加	介護ロボット等の開発による介護負担の軽減
	1-⑤	メンタルヘルスを損なう人の増大	ロボットによるメンタル支援やモチベーション向上
	1-⑥	パンデミックの頻発・深刻化	ドローンによる医療品の運搬
水・食料・農業	2-①	食品事故・事故等の対策コストが増大	サプライチェーン全体を通じた信頼性向上
	2-②	食料供給力の低下	ロボットとの作業分担により作業負担の軽減
	2-③	人口増に伴う食糧調達困難	食料需要増に対応した供給確保
	2-④	食品ロス・食料廃棄の弊害が深刻化	生産・供給・消費の効率化、廃棄物の削減・活用
	2-⑤	利用可能な水資源の不足	水インフラ機能の確保・機能向上
	2-⑥	「食」から得られる幸福感の変容	「モノ」から「コト」に着目した食の多様化
エネルギー・環境	3-①	エネルギー供給の持続可能性への不安	分散型の新しいエネルギーシステムとしてEV等の導入
	3-②	民生・産業部門の電化・省エネが不十分	民生・産業部門の電化・省エネを促すソリューション
	3-③	家庭での省エネ、脱炭素が不十分	行動変容を促す情報提供とインセンティブ付与
	3-④	資源のリサイクル、有効利用が不十分	ロボット選別等によるリサイクルの効率化
	3-⑤	環境の汚染・破壊、生物多様性の損失	大気・水質・土壌汚染対策、生態系の保全
モビリティ	4-①	交通渋滞による経済損失と環境汚染	ICT活用による交通量の最適化
	4-②	交通弱者の増大	新たな交通ネットワークの形成
	4-③	車中心社会による負の効果	人間中心のまちづくり(交通事故と環境汚染対策)
	4-④	需要増加に対する物流キャパシティ不足	物流における各サプライチェーンの効率化
	4-⑤	移動せず移動目的を果たすニーズ増	リアルとデジタルの融合したSociety5.0社会の構築
災害対応・インフラ	5-①	自然災害に対する備え、対応が不十分	革新的技術や社会システムの活用した国土強靱化
	5-②	インフラ老朽化への対応の遅れ	インフラの効率的なメンテナンスと集約化
	5-③	空き家の増加がもたらす都市荒廃	空き家の資産化・活用を地域の活性化に結び付ける
	5-④	社会インフラの活用・維持は非効率	多角的な視点による社会インフラの高度化
教育・人材育成	6-①	環境による教育機会の格差	ロボット、ドローンを活用したプログラミング学習
	6-②	リカレント教育の機会が不足	時代に適合したリカレント教育機会・学びの場の提供
	6-③	情報の氾濫と偏りがもたらす諸問題	バイアスのないオープンな会話の機械・チャネル提供
	6-④	AI社会に適した人財の育成機会が不足	人間ならではの能力の再定義と育成環境の提供

2. 将来ユースケース作成

2.1 対象分野設定・年度設定

2.2 アーキテクチャ構造化

2.3 視覚化



2.1 対象分野設定・年度設定

ユースケースの外観

- 活用が可能と想定される分野を洗い出した。
- 自律移動ロボットが実現可能な作業から運搬・調査・作業に分類している。

	インフラ/公共						第一次産業			第二次産業		第三次産業					
	災害対応	警察	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		バッテリーの 運搬	点検資材 の運搬	ごみ・資源 回収		農作物の 輸送	木材の 輸送	海産物の 輸送	資材搬出	資材搬入	病室への 配膳	商品 搬入出	送迎	席案内	生活物資 輸送	バーチャル 旅行
			水の運搬	修繕資材 の運搬			農薬肥料 水散布				作業補助	薬・検体 の配送	手荷物 運搬	部屋への 案内	配膳	洗濯 代行	
			ガスの 運搬									生活物資 輸送		食事配膳		ペット散歩 代行	
調査	被害状況 把握	危険運転 検知追跡	鉄塔電柱 の点検	線路の 点検	不法投棄 監視	水量調査	生育状態 把握	生育状態 把握	生育状態 把握	鉱脈調査	作業状況 監視	遠隔診療	防犯	清掃	酔客検知	通学 見守り	トラブル 監視
	要救助者 捜索	バト ロール	電線点検	道路の 点検		人流調査			漁業被害 の検知	作業状況 監視	不審者 侵入検知				食い逃げ 追跡		
			下水道の 点検	橋梁の 点検		気象調査				不審者 侵入検知							
作業	初期消火				清掃		鳥獣対策	鳥獣対策	養殖池の 給餌			院内清掃 消毒	陳列	受付	調理	料理 代行	空撮
	応急処置						収穫	植付け	養殖池の 清掃			遠隔診療 補助		ベッド メイク		清掃 代行	広告宣伝
	要救助者 救助						種苗 植え付け	寒伏せ 雪払い	藻の除去							雪下ろし 代行	観光案内

2.2 アーキテクチャ構造化

ユースケース検討 作成の方針とポイント

作成方針：関係各主体が、これまでの施策との違い及び自身の役割を意識し、アクションを誘発

プロジェクト大方針への理解促進
(アーキテクチャ構築の重要性)



アーキテクチャ及び将来像を示す
イラスト

各分野主体の役割明確化
(分野＝災害対応、農業、インフラ点検、医療)



分野ごとのTo-Beユースケースを示す要素
をイラストに追記

キーワード（含める要素）

自律移動ロボットにより実現される社会・ユースケース

- ・デジタル完結・自動化・全体最適化が進む社会システム
- ・時間・場所の制約から解放されて価値ある活動に注力
- ・エコシステム全体で成長し利益を適切に分配

サービスを支える仕組み

- ・デジタル完結、自動化、全体最適化
→自律分散協調＋必要時の集中管理
- ・自律移動ロボットが移動しやすい社会の構築
→機械判読可能情報、3次元空間ID、意味情報付加

デジタルアーキテクチャ

ビジネスアーキテクチャ

ガバナンスアーキテクチャ

2.3 視覚化

ユースケース作成のターゲットおよびメッセージ

自治体、民間企業（一般市民含む）などを対象に、プロジェクト全体への理解を促進し、各自の役割を提示

自治体

一般市民

企業
(ユースケース関連主体)

- 将来ユースケース、および
- アーキテクチャ作成・検討の必要性を提示
- ガバナンスの在り方を提示

- 将来ユースケース、および
- アーキテクチャ作成・検討の必要性を提示
- ガバナンスアーキテクチャや
- ビジネスアーキテクチャへの
- 参画方針を提示

- 将来ユースケースの種別を提示し参画を促進
- フィジカル空間におけるMultiXの必要性を提示
- サイバー空間の要素を提示
- ビジネスアーキテクチャの要素を提示

- ユースケースとアーキテクチャの関係性を図示
- アジャイルガバナンス等、ガバナンスのイメージを図示

- ユースケースとアーキテクチャの関係性を図示
- ガバナンスアーキテクチャ、ビジネスアーキテクチャの要素を図示

- ユースケース種別を提示
- MultiXコンセプトの図示
- サイバー空間要素の図示
- ビジネスアーキテクチャの要素を図示

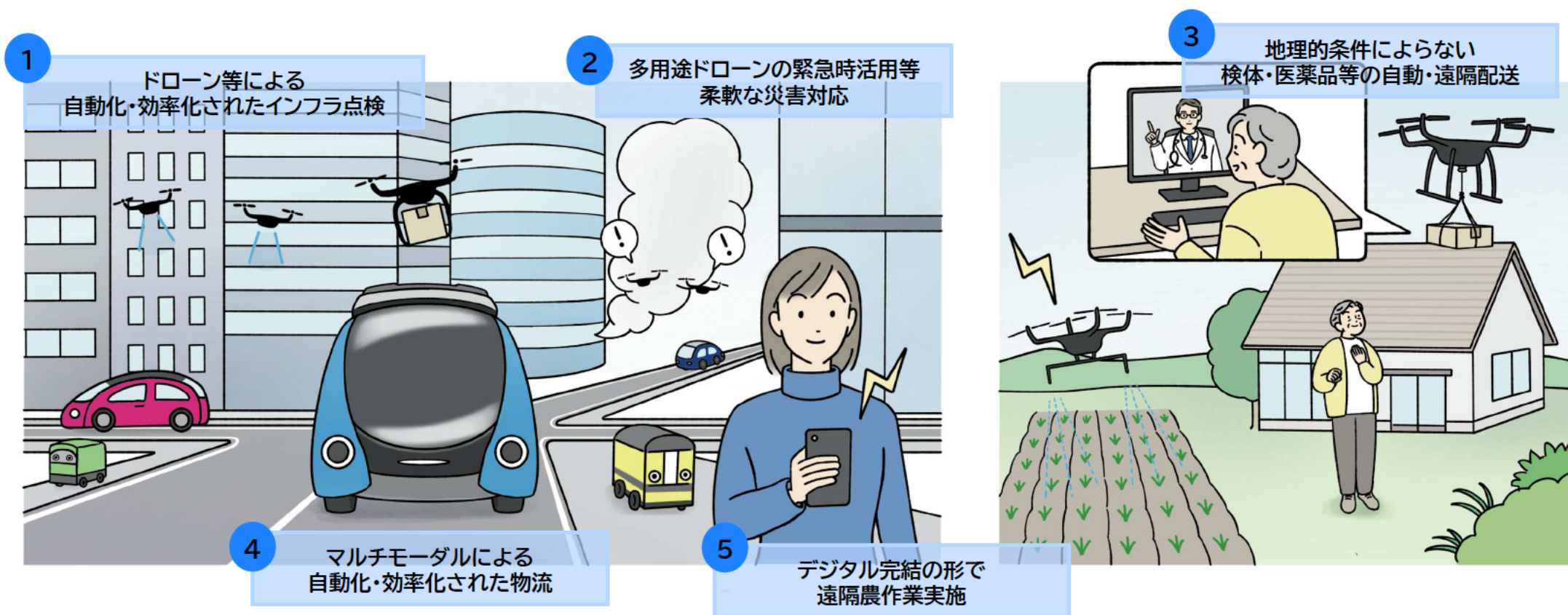
2.3 視覚化

自律移動ロボットにより実現される社会(1/2)

実現を目指す将来像＝ デジタル完結・自動化・全体最適化

ユースケース(①～⑤等)の実現 により

- 時間・場所の制約からの解放、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



2.3 視覚化

自律移動ロボットにより実現される社会(2/2)

将来像を支える仕組み

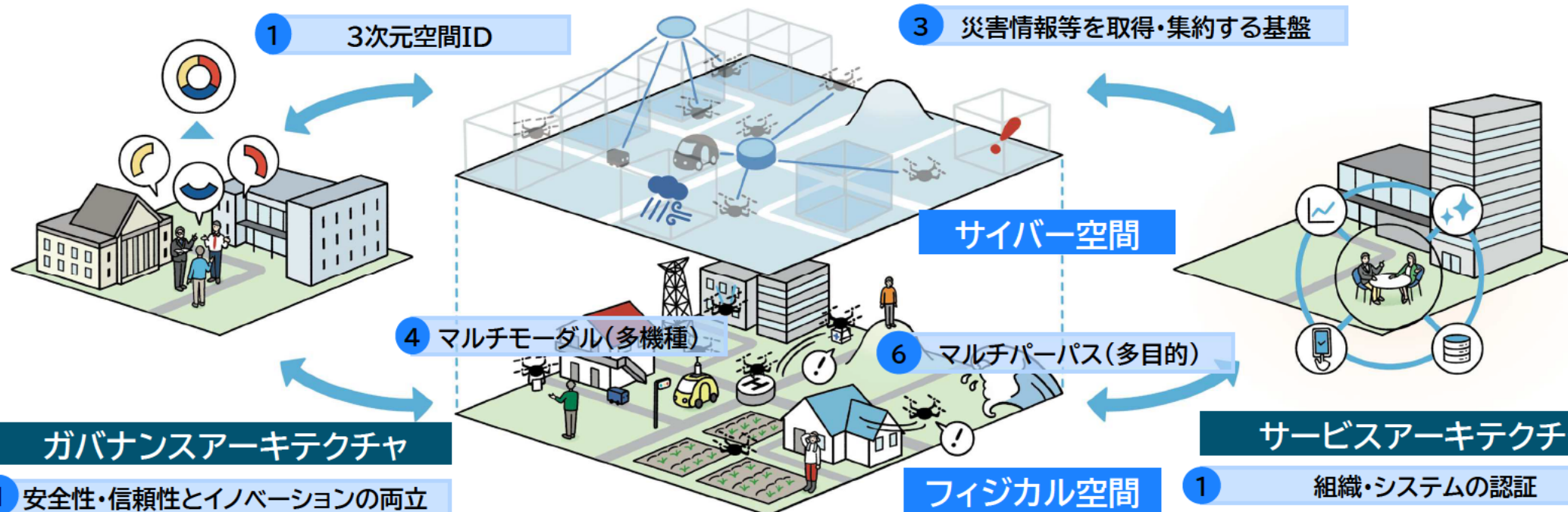
デジタル・サービス・ガバナンス等の各アーキテクチャおよび
それを踏まえた仕組みの構築により将来像を実現

デジタルアーキテクチャ

2 機体位置情報を把握・フィードバックする仕組み

1 3次元空間ID

3 災害情報等を取得・集約する基盤



ガバナンスアーキテクチャ

- 1 安全性・信頼性とイノベーションの両立
- 2 多様なステークホルダーでの対話
- 3 結果責任と行為責任の在り方具体化

サービスアーキテクチャ

- 1 組織・システムの認証
- 2 インセンティブ・エンフォースメント
- 3 投資を促進する仕組み
- 4 デファクト・デジュールスタンダード戦略

2. 将来ユースケース作成

2.4 関係者ヒアリング



2.4 関係者ヒアリング

ヒアリングの実施

- ヒアリング先として複数企業および自治体を選定し、現在の業務内容からを踏まえたユースケースや障壁と感じるところ、協調分野とすべき内容等についてヒアリングを実施した。
- ヒアリング先は、以下の観点から網羅的に選定した。

業界(モビリティ種別)

ドローン

サービスロボット

自動運転・MaaS

レイヤー上の役割分類

エリア提供

分野別活用
(ユースケース)

ガバナンス

IoTインフラ

機体・制御

データ化

2.4 関係者ヒアリング

ヒアリング質問項目概要

- ヒアリングは以下の項目について実施した。

ユースケース（サービス・活用例）について

（事業内容も踏まえて）顧客や社会のニーズに応えることができ、将来的に広く社会に普及しそうなユースケースとして、どのようなものが考えられるか

社会実装に向けて

- ・市場参入・形成に向けたマイルストーン
- ・ビジョンの実現にあたって、協調領域として整備すべき分野、データ
- ・データの融通を促すインセンティブや仕掛けへの知見や要望等
- ・ビジョンの実現にあたって、障壁となりそうな点、注意が必要な点は
- ・ビジョン実現にあたっての認証・国際標準化・ガバナンスへの意見や、それらに対する懸念

2.4 関係者ヒアリング

ヒアリング質問項目概要

- 各主体から主に下記のような意見が得られた。

回答(例)	ドローン	サービスロボット	自動運転・MaaS
将来的に普及が予想されるユースケース	【移動(人・物)】 ✓ ショッピングモールからの自動配送 ✓ 医療用品配送 【点検・監視・設備・情報収集】 ✓ 高所等のひび割れ発見 ✓ 工場・水力発電所・鉄塔のメンテナンス ✓ ガソリンスタンド等へのドローンステーション構築・点検活用 【その他】 ✓ 観光活用 ✓ 農業活用(AIによる牧場の雑草発見・スポット農薬散布)	【移動(人・物)】 ✓ 屋内物流(オフィス、マンション等) ✓ ロボット・ドローン間等の荷物受け渡し	【移動(人・物)】 ✓ ラストワンマイル輸送 ✓ 高速道路・幹線道路の自動運転バス・トラックによる長距離輸送

2.4 関係者ヒアリング

ヒアリング質問項目概要

- 各主体から主に下記のような意見が得られた。

回答(例)	ドローン	サービスロボット	自動運転・MaaS
協調領域とすべき分野・データ	【分野】 ・ドローンの安全性能 ・電波品質 ・広域運行する場合のインフラ、基地網 ・ドローンを用いた点検のマニュアル等 ・人材育成 【データ】 ・位置測位のためのボクセル ・安全を担保するためのデータ連携	【分野】 ・インフラサイドの整理 ・業態・お金の流れの整理 ・屋内マップの標準仕様 【データ】 ・人(第三者)とロボットの意思疎通方法整理	—
ビジョン実現への障壁	・国産機体の性能限界 ・地域課題等のニーズとのマッチング ・規制緩和に加えた国等の投資的なてこ入れ ・海外機体の認証・導入スケジュール ・無人航空機 / 無操縦者航空機の区分明確化 ・自動化の実現 ・各業務プロセスの、ドローン導入を踏まえた再整理・再定義	・協調領域・基盤技術が未整理であることで開発技術障壁が高い ・ステークホルダー間の責任分解が未整理である	—
ガバナンス上の懸念	・官民両方のデータを使用する際、データの瑕疵による事故等の責任分解の検討 ・技術が育たない産業構造の解消 ・飛行許可の為の申請等、事前作業の効率化	・自己位置推定の性能を計測するための基準等、技術的基準の検討 ・海外で既に取り組まれている様々な動きの情報収集、把握	—

3. ロードマップ作成

3.1 国内外ロードマップ整理

3.2 課題整理と手段定義

3.3 目標・共通指標の定義

3.4 ロードマップ作成



3. ロードマップ作成

ロードマップ作成の検討手順

- 以下の手順で情報収集・分析・ロードマップ作成を実施した。
- STEP3における検討結果を踏まえてSTEP4を策定した。

章	検討手順	内容
3.1	情報収集	● 自律移動ロボット、無人航空機、空飛ぶクルマ、自動運転車に関する国内・国外のロードマップやウェブページを参考に以下の情報を収集 ①中～長期的ビジョンの在り方を記載 ②期待される技術要素 ③産官学連携が必要な取組み ④国内の状況
3.2	課題整理と手段定義	● モビリティ分野の変革を実現する手段の定義 ①連携を阻むボトルネックの把握(技術面・制度面など) ②変革を実現するための手段とその使い方の定義
3.3	目標の定義 共通指標の作成	● 2ステップで得た情報をもとに、モビリティの完全自律制御×複数分野にまたがる活用の観点で実現できるサービスや運用事例をリストアップ ● 分野横断で活用できる社会システムの成熟度指標を策定する
3.4	ロードマップの作成	● 現行の各分野におけるロードマップを比較し、その差分を抽出 ● 社会実装にあたり必要な環境整備(ルールやスキームの在り方)などの手段を記載する

3.1 国内外ロードマップ整理

情報収集サマリ

産業分野	ビジョンの在り方	期待される技術要素	産官学の連携の取り組み	国内の状況
ロボット (自律移動／産業用)	データを蓄積により、ロボットがを情報端末化することでまったく新しいサービスの付加価値の源泉になる(2030年～)	● 人工知能 ● センシング ● 通信技術	● 規制緩和 ● 人材育成 ● メーカーとユーザーのマッチング支援 ● ベストプラクティスの共有	● 分野ごとの縦割りな規制が存在 ● 自律移動ロボットは公道で走行禁止
ものづくり産業	データ収集、蓄積、分析予測により制御と最適化が進む(2040年)工場・生産ラインへの利用を想定	● 人工知能 ● センシング ● 通信技術	● 人材育成 ● 新たなサプライチェーンの枠組みの在り方 ● 先行事例の共有	● スマート化に向けたステップ・コストが不明のため導入しにくい
自動運転車	遠隔監視のみによる自走運転サービスが普及し商業化がすすむ(2025年) 将来的には人によるシステム介入なしで運転を行うシステムを想定(2030年～)	● 操作UI(人間工学) ● センシング(認識・判断) ● 通信技術(5Gや信号協調、セキュリティ対策) ● 地図・地形データの蓄積(3D地図)	● 安全性評価(実証実験・運用体制構築、リスク評価) ● 情報共有体制、サイバーセキュリティ対策 ● 国際標準化(通信周波数関連) ● AIやIT分野の人材開発	● 歩行者に課すルールが未制定 ● 自動運転中の責任分担の在り方 ● 国民への理解促進と合意形成の在り方に課題あり
無人航空機	第三者上空飛行の解禁(2023年)より人口密度の高い地域にてより多くの機体の同時飛行の実現(～2030年)	● センシング ● 通信技術(リモートID、運航管理システムの開発)	● 通信技術の開発や実証実験の実施 ● メーカー、事業者を含めた制度設計、調整を実施 ● 運航管理システムの開発	● 機体認証、免許の制度を策定中 ● 飛行リスクの評価や運航の在り方に関して業界の合意が必要
空飛ぶクルマ	実証実験の開始(2023年～) 商業運航の開始(2025年～) 物の移動⇒人の移動(地方)⇒人の移動(都市)、救急搬送や娯楽への活用への拡大(2025年～)	● 機体の電動化 ● 電波通信の利用 ● センシング(有人航空機との情報連携など)	● 安全・騒音・環境への配慮 ● 交通ルールの在り方 ● 各所との調整 ● 遠隔操作・自律性の技術開発 ● 他のヘリポートでの共同運航	● 機体・免許制度に関して検討中 ● 無人航空機と有人航空機の両方の差分を比較して取りまとめることが必要

3.1 国内外ロードマップ整理

調査対象文献

分野	内容	発行者
ロボット	第4次産業革命期におけるIoT・ロボット導入促進調査「ものづくりスマート化ロードマップ調査」	経済産業省 中部経済産業局
	自動走行ロボットの社会実装に向けて	経済産業省 商務・サービスグループ 消費・流通政策課 物流企画室
	2030年代に実現したい未来の姿と実現に向けた工程イメージ	総務省 情報通信審議会 情報通信政策部会
自動運転車	自動走行ビジネス検討会「自動走行の実現に向けた取組報告と方針」報告書概要	経産省製造産業局、国交省自動車局、自動走行ビジネス検討会
ドローン	空の産業革命に向けたロードマップ	小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会
	空の移動革命に向けたロードマップ	空の移動革命に向けた官民協議会

3.1 国内外ロードマップ整理

自律移動ロボットの開発動向

- ラストワンマイル配送の代替補助手段として、自動走行ロボットによる配送が検討・社会実装がされている
- 日本においては、【物流業界】分野でのニーズが高く、自動化による【省力化】の役割を期待されている
- 社会実装のためには、法整備と実証試験をもとに、運航安全の在り方・受容性の確保を盛り込んだガイドライン案の作成が必要

検討されている自律移動ロボットの種類と活用例

自動走行型	自動追従型
- カメラ画像やGPS情報等を基に周辺状況 を認識し、自律的に目的地等へ移動 - メーカー例 ZMP(日) Starship、Robby、Marble(米) DeutschePostDHL※1(独) ※1 自律走行型、自動追従型の両機能を搭載 物流・オンデマンド宅配・警備業務(セキュリティ対策)、清掃業務	- 追従すべき対象(人)をセンサーで認識 し、先導して動く対象を追従する形で移動 - メーカー例 Doog(日)や中西金属工業(日) 主に室内での利用を想定しており、大学と連携して開発中 物流・農作物運搬・移動販売

社会実装における課題

法規制面の課題	現行法制下では自動走行ロボットの公道走行ができない
機体の安全性の確認	自動走行ロボットの安全性がいまだ確認されていないことから、実証実験を行う必要がある (走行場所、走行速度、機体重量などを考慮)
複数機体の同時運航	複数の自動走行ロボットが存在するケースへの懸念(異なるメーカーの自動走行ロボットが接近した場合のコミュニケーション等)
社会におけるすべての人への配慮	歩行者の安全確保に関する懸念(視覚障害者等とのコミュニケーション等)

出所)以下の出所に基つき三菱総合研究所作成

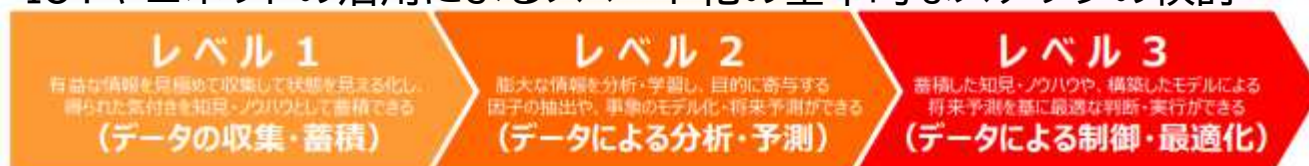
[1]経済産業省,「自動走行ロボットの社会実装に向けて」平成31年3月,[siryous5.pdf \(kantei.go.jp\)](#)(閲覧日2022/3/14)

3.1 国内外ロードマップ整理

第4次産業革命期におけるIoT・ロボット導入に関する検討

- 2040年のモノづくりを洞察したレポートによれば、IoT・ロボットの導入に関して、データ収集、蓄積、分析予測により、データを用いた制御と最適化が進む。
- 使用する技術としては、人工知能、センシング、通信技術であり、自動化・モジュール化を進め、サプライチェーン全体を通じて情報・モノがつながり、消費者までつながるネットワークが実現する

IoTやロボットの活用によるスマート化の基本的なステップの検討



外部環境変化の全体像

分類	項目	内容
技術	自律化	人工知能、センシング、通信技術等の発達により、モノの自律化が進展する(自動走行が可能となるなど)
	モジュール化	電装化は電子機器と同様にモジュール化をもたらす。自動車メーカー各社も部品共有化によるコストダウンを狙い、モジュール化 設計を推し進める
	デジタル化	IoTやIndustry4.0といった取組により、サプライチェーンおよびエンジニアリングチェーンのすべての情報がデジタル化され分析可能になる。同時にネットワーク速度・演算速度はボトルネックではないレベルに高速化する。IoTは広くサービス業にまで波及する。
	AIの普及	AI技術が革新的に進化し、安価なアプリケーションが開発されることで誰でも簡単に利用できるようになる。論理解のある問題についてはすべてAIで解くことができる。
消費者ニーズ	消費者需要に対応するための 製品のネットワーク化	すべての製品はネットワーク接続し、それを活用した製品設計が求められる。トレーサビリティも完全に求められるようになる。
	デジタル・カスタマイズマーケティングの究極化	望む消費者においては、全ての保有物・利用物、使用状況、購買履歴がデジタル化・共有化される。

出所) 以下の出所に基き三菱総合研究所作成

[1] 経済産業省, 第4次産業革命期におけるIoT・ロボット導入促進調査 「ものづくりスマート化ロードマップ調査」 2017年3月, [000093.pdf \(meti.go.jp\)](#) (閲覧日2022/3/14)

3.1 国内外ロードマップ整理

自動運転のロードマップ

- 自動運転システムの最終レベルとして、システムが運転手の代わりにすべての動的タスクを実行し、作業継続が困難な状態であっても人によるシステム介入に頼らずにタスクの継続ができることと定義する
- システムによる省力化(人的リソースや業務効率化)が期待される
- 検討の範囲の拡大の流れ
 - ・ 2025年をめどに、遠隔監視のみによる自動運転サービスを普及させる。
 - ・ サービス形態としては以下のケースが2020年以降、検討されている。
 - ラストマイル自動走行実証(遠隔無人小型モビリティやBRTなどのバス路線)
 - トラック隊列走行実証実験(トラック幹線輸送サービス)
 - 道の駅等を拠点とした自動運転事業(小型モビリティ)

性質	短期的目標	長期的目標
運航地域	限定的空間かつ第三者が不在の空間(工場、空港、廃線区間など)	より広域かつ第三者がいる空間へ(自動者専用の高速道路→幹線道路や生活道路など)
監視状況	監視あり(運転手あり)	遠隔監視のみ(運転手なし、車内乗務員のみ)
走行速度	低速移動	高速移動

● 社会実装における課題

ヒューマンシステム	遠隔動作指令者の技能、非常時の対応方法、遠隔型自動運転システムが備えるべき操作インターフェイス
制度	遠隔監視又は遠隔操作における車両台数に応じた運用体制の在り方、定め方 自動運転中の事故に関するサービス事業者と製造者間の責任分担の在り方 サービス事業における法人と運転手個人間の責任分担の在り方
社会インフラ	遠隔監視又は遠隔操作における通信遅延解消のため5Gの活用 自動運転車の技術・性能や走行環境等に応じたインフラとの連携(信号協調、V2X等) 公道(特に都市部)において安全に乗り降り又は荷下ろしを行う場所の確保
受容性	(特に都市部・一般道において)多数のステークホルダーとの協力や合意形成の在り方 周囲の車両/歩行者に対する、自動運転中であることや次の行動等に関する表示など外部インターフェイスの在り方 交通ルールを守らない歩行者等への自動運転車の対応の在り方

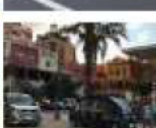
出所)以下の出所に基づき三菱総合研究所作成

[1]自動走行ビジネス検討会、「自動走行の実現に向けた取組報告と方針」報告書概要 Version4.0 2020年5月12日、[20200512_02.pdf \(meti.go.jp\)](#)

(閲覧日2022/3/14)

2. 無人自動運転サービスの実現及び普及に向けたロードマップ^⑥

- OEM/サービス事業者へのヒアリングにて実証状況や今後のサービス実現時期の見込みを明らかにし、「無人自動運転サービスの実現・普及に向けたロードマップ」として落とし込んだ。

走行環境の類型		サービス形態	2019年度末まで	短期 (2020年度～2022年度頃まで)	中期 (2023年度～2025年度頃まで)	長期 (2026 年度頃以降)
A	【参考】 閉鎖空間 (工場・空港・港湾 等の敷地内等)	低速 中速	 ・敷地内移動・輸送サービス	(実証実験) ・数カ所の工場・空港等において、小型カートやバス等による技術実証(門真市(実運用中)、羽田・中部空港等)	数カ所の工場等で遠隔監視のみの自動運転サービスを開始、徐々に対象を拡大 ・1:Nの遠隔監視を実施	遠隔監視のみ ・2025年度目途に十カ所以上の工場等で遠隔監視のみの自動運転サービスが普及 ・遠隔監視におけるN数を増加
		限定空間 (廊下・BRT専用区間等)	低速	 ・小型モビリティ移動サービス	(実証実験) ・廊下等での小型カートによる長期実証(永平寺) ・1:Nの遠隔操作・監視を実施	1カ所程度で遠隔操作及び監視有の自動運転サービスを開始し、徐々に対象を拡大 ・1:Nの遠隔操作及び監視を実施
		中速	 ・BRT、シャトルバスサービス	(実証実験) ・数カ所において、バスによる技術実証(ひたちBRT、気仙沼線BRT等)	車内保安運転手有(常時又はTOR対応のみ) ・1カ所程度の専用道区間で車内保安運転手有(TOR対応のみ)による自動運転サービスを開始 ・その他区間ではTOR対応以外も行う車内保安運転手有で運用	遠隔監視のみ又は車内乗務員のみ ・2025年度目途に十カ所以上で遠隔監視のみ又は車内乗務員のみ自動運転サービスが普及 ・遠隔監視におけるN数を増加 ・車内乗務員有の場合、車内サービスを提供
C	自動車専用空間 (高速道路・自動車専用道)	高速	 ・トラック幹線輸送サービス	(実証実験) ・後続車有人隊列走行、後続車無人システムの技術実証(新東名等)	車内保安運転手有(常時又はTOR対応のみ)による隊列走行 ・2021年度、車内保安運転手有での有人隊列走行を商業化。以降、発展型として車内保安運転手有(TOR対応のみ)での有人隊列走行の開発・商業化。併せて、後続車無人隊列走行の商業化を推進 ・路車間通信等インフラとの連携、トラックの運行管理の推進	車内乗務員のみ(一部無人) ・2025年度以降に商業化 ・車内乗務員は乗車するが、隊列形成時には一部無人も
D	交通環境整備空間 (幹線道路等)	中速	 ・都市エリアタクシーサービス ・基幹バスサービス	(実証実験) ・数カ所において、タクシー、バスによる技術実証(お台場、みなとみらい、北九州空港周辺等)	車内保安運転手有(常時又はTOR対応のみ) ・車内保安運転手有(常時)の自動運転サービスを開始し、一部は車内保安運転手有(TOR対応のみ)の自動運転サービスへと移行 ・1エリア当たりの車両数を数台～十台以上の規模に拡大	遠隔監視のみ又は車内乗務員のみ ・2025年度目途に遠隔監視のみ又は車内乗務員のみ自動運転サービスを数カ所で開催 ・1:N遠隔監視を実施 ・車内乗務員有の場合、車内サービスを提供
		低速	 ・小型モビリティ移動サービス	(実証実験) ・数カ所において、自動運転実証を実施(北谷町、道の駅実証等)	遠隔操作及び監視 ・1カ所程度で遠隔操作及び監視有の自動運転サービスを開始し、徐々に対象を拡大 ・1:Nの遠隔操作及び監視を実施	遠隔監視のみ ・2025年度目途に十カ所以上で遠隔監視のみの自動運転サービスが普及 ・遠隔監視におけるN数を増加
E	混在空間 (生活道路等)	低速	 ・ラストマイルタクシーサービス ・フィーダーバスサービス	(実証実験) ・数カ所において、バス等による実証実験を実施(地方都市等)	車内保安運転手有(常時又はTOR対応のみ) ・車内運転手有の運転サービスを開始し、一部は車内保安運転手有(TOR対応のみ)の自動運転サービスに移行 ・1エリア当たりの車両数を数台～十台以上の規模に拡大	遠隔監視のみ又は車内乗務員のみ ・2026年度以降に遠隔監視のみ又は車内乗務員のみ自動運転サービスを開始し、徐々に対象を拡大
		中速				

注1：当該ロードマップは、事業者からのヒアリング結果を参考として作成。
実現に向けた環境整備については、今後の技術開発等を踏まえて、各省庁において適切な
時期や在り方について検討し、実施する。
注2：サービス開始とは、一定の収入(乗客からの運賃収入に限らず、自治体・民間企業等
による間接的な費用負担も含む。)を得て継続的に輸送等の事業を行うことを言う。
注3：各類型における無人自動運転サービスの実現時期は、実際の走行環境における天候や
交通量の多寡など様々な条件によって異なることを認識。

無人自動運転サービス実現の早期化及びサービスエリア拡大に向けた対策の例

- ①地域住民との協力や合意形成(自動運転車の走行への配慮)
- ②交差部・乗降所等におけるインフラとの連携(信号情報の提供、専用発着場の整備等)
- ③遠隔監視のみの自動運転サービスが難しい交差部・乗降所等の一部区間における遠隔運転手有の自動運転サービスとの組み合わせ

による走行環境整備

3.1 国内外ロードマップ整理

無人航空機・空飛ぶクルマに関するロードマップ

【無人航空機】

- 2023年に第三者上空での目視外飛行が開始することを受け、現在、物品輸送を伴う実証実験や事業運航のための各種制度整備が進行中である。
- 検討の範囲の拡大の流れ
 - ・ インフラ点検や農業、各種モニタリングへの活用の実証実験が進められている。
 - ・ 2023年から、離島や山岳での輸送⇒人口密度の高い都市での物品輸送の順で運航が拡大
 - ・ 災害対応、医療や救急への活用も想定される

【空飛ぶクルマ】

- 2025年から商業運航が本格開始する
- 2023年に第三者上空での目視外飛行が開始することを受け、空飛ぶクルマに関して実証実験・事業運航のための各種制度整備が必要。
- 検討の範囲の拡大の流れ
 - ・ 2025年から2030年にかけて物品輸送⇒人の移動(地方)⇒人の移動(都市)の順で運航が拡大
 - ・ 観光用の地方での二次交通から始まり、都市と地方を結ぶ定期便や、都市上空でのオンデマンド運送が実現される(エアタクシーなど)
 - ・ 災害対応、医療や救急への活用も想定される
- 操縦士が乗り込まず旅客運送を行うような、より高度な自動飛行も検討されている

運航環境の整備	総合的な運航管理体制の構築 関係各所との調整 交通ルールの在り方(空域利用など) 運用環境に応じたビジネスモデルの在り方と安全性基準(国際標準との協調ふくむ)	
認証関連	多様な機種の登録、安全性の確保 操縦士の技量の在り方	有人機と同等の安全性・静粛性をもとめるための検討 静粛性のため、電動化をふくむ機体開発と認証
社会インフラ	通信のための電波利用環境 遠隔操作・自律性の確保 飛行できる場所の制限など	通信のための電波利用環境 遠隔操作・自律性の確保 ヘリポートや空港との共同運用
社会的受容性	無人航空機により達成できる社会ニーズを満たすことで、社会的な受容性を確保することが重要	2030年にかけて都市部での運航を実用化する試みから、安全・騒音・環境への配慮が必要

空の産業革命に向けたロードマップ2021 レベル4の実現、さらにその先へ

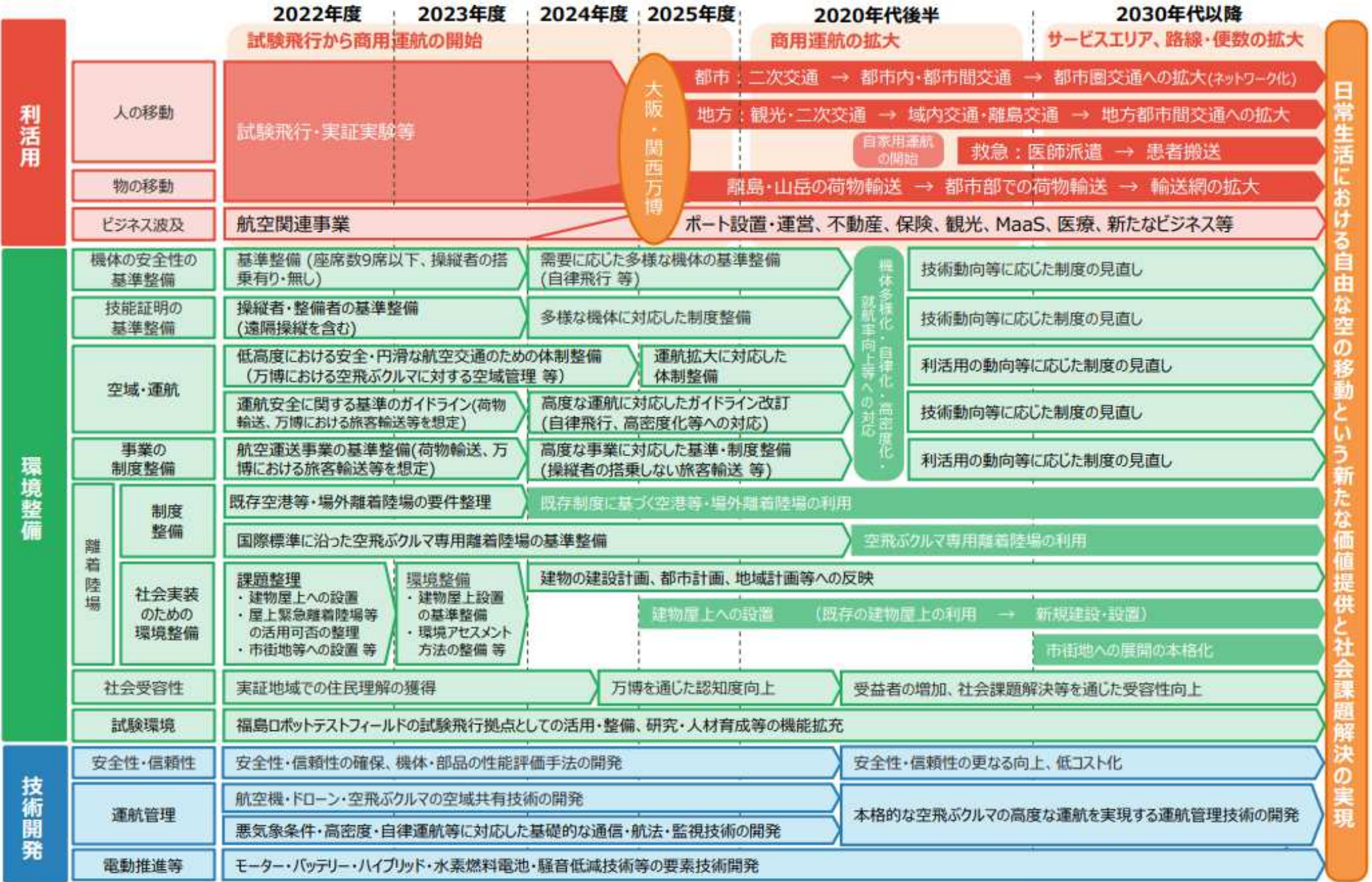
2021年6月28日
小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会



出所) [1]内閣官房内閣広報室, 「空の産業革命に向けたロードマップ2021」, [siryou4.pdf \(kantei.go.jp\)](#) (閲覧日2022/3/14)

空の移動革命に向けたロードマップ(改訂案)
2022年3月18日 空の移動革命に向けた官民協議会

このロードマップは、いわゆる“空飛ぶクルマ”、電動・垂直離着陸型・自動操縦の航空機などによる身近で手軽な空の移動手段の実現が、都市や地方における課題の解決につながる可能性に着目し、官民が取り組んでいくべき技術開発や制度整備等についてまとめたものである。



日常生活における自由な空の移動という新たな価値提供と社会課題解決の実現

3.2 課題整理と手段定義/3.3 目標・共通指標の定義

課題整理と手段の定義および共通目標の設定

- モビリティおよびロボット活用の将来像を実現する方向性として、AI技術・センシング技術をモビリティやロボットに適用する
- ボトルネックとしては、縦割りな分野規制、社会受容性の確保、必要な事例共有、通信やデータ面での技術開発が挙げられる。
- 「安全安心の向上」・「社会の連結」・「産業効率化」を目標に掲げる。

実現すべき社会	付加価値	ボトルネック部分	変革を実現するための手段	手段の使用方法
すべての人が使いやすい	安全・安心	- 法規制の在り方 - 新たな技術の社会受容性	- 業界の合意形成 - 大衆へのユースケースの展開およびメリットの説明	- 産業界の開発ニーズ業界のマッチング - 大衆とのコミュニケーション、アイデア募集や交換会
つながる	利便性向上	- 縦割り分野の改善 - 技術上の課題(物理的安全の確保・サイバーセキュリティ対策)	- 物理的構造／アーキテクチャの設計 - 人工知能(データの蓄積と学習)・センシング技術・通信技術の高度化	- モビリティによる物理空間の連携 - データによる情報空間の連携
人と技術の役割分担	産業効率化	- 人材育成の不足 - コスト試算 - 事例共有不足	- AIやセンシング技術のデータハンドリング方法の開発 - 自動・手動の分界点の考察	- 自動化への移行 - 効率化の余地がある部分の検討

3.4 ロードマップ作成

ロードマップの検討手順および位置付け

- 国内に存在するロードマップを整理することで分野横断的な比較を実施できるようなロードマップを作成。
- 以下の観点でロードマップ策定に関する課題発見を行い、今後の統合的なロードマップ策定の基礎とする。

①状況整理

現状国内に存在する
ロードマップを横並び
での整理を実施



②課題発見

分野ごとのロードマップをみなおし

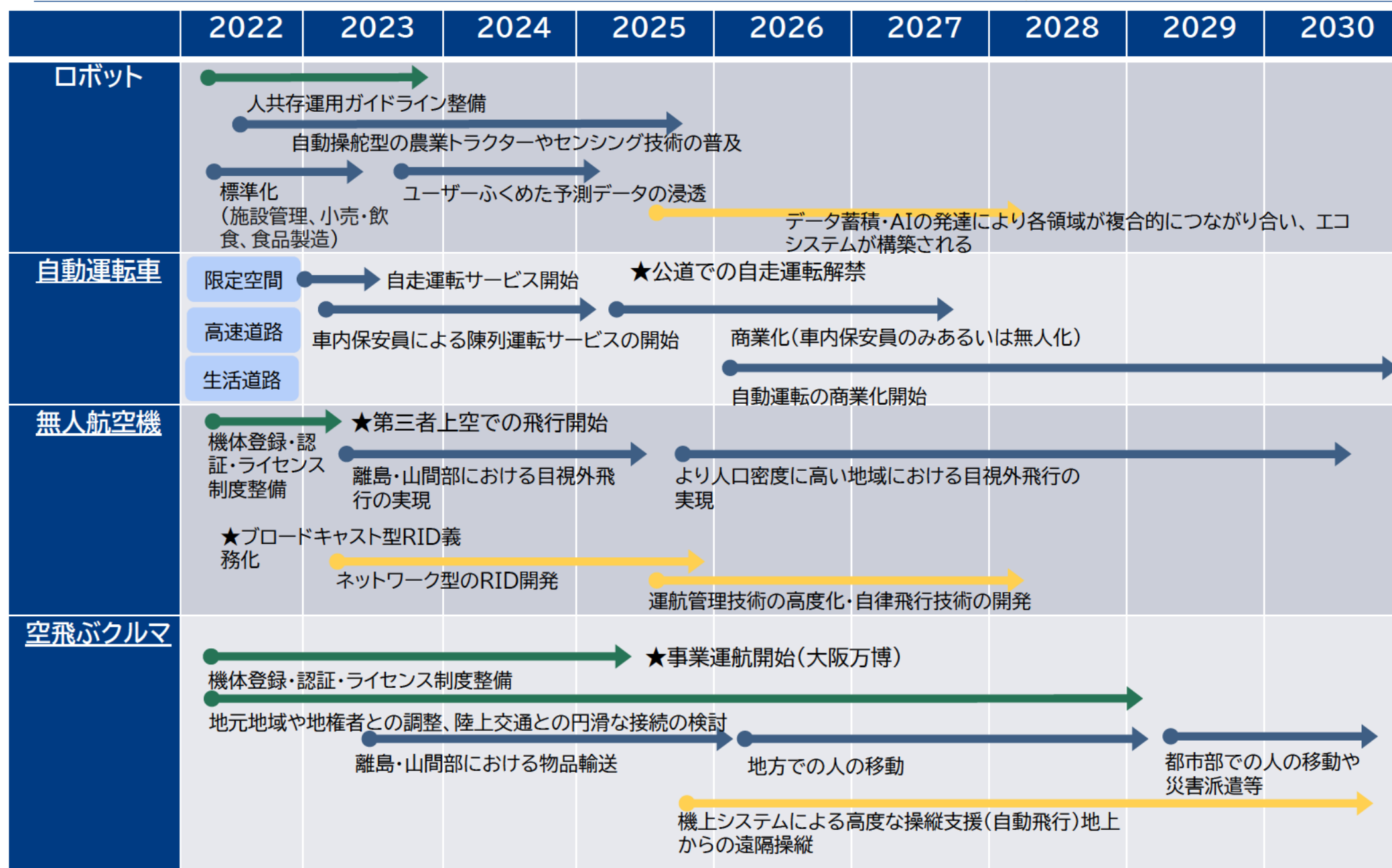
- ・ 検討が足元数年のみで進んでいない分野や、他の分野と比較して検討が必要な個所がないか
- ・ ほかの分野で検討ができている技術を当該分野でも検討することができないか

(今後の課題)

バックキャスト型で実現したい社会像から
サービスやモビリティの在り方を規定

3.4 ロードマップの検討

現状の分野別ロードマップの整理



3.4 ロードマップの検討

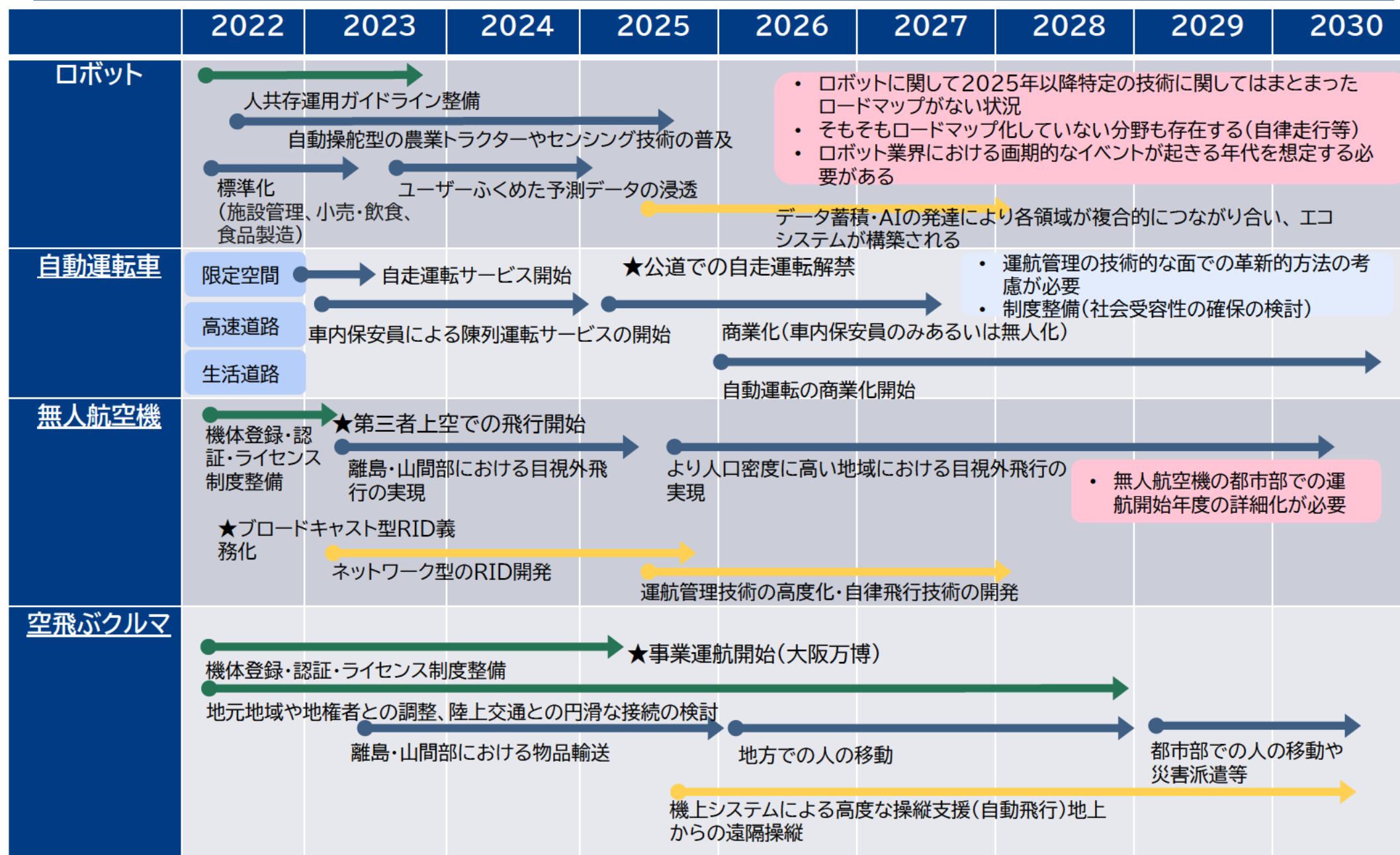
(参考)ロードマップ作成時の参考資料一覧

- ロボット分野
 - ✓ [1]農業ロボット:農林水産省,「各技術のロードマップ」, [190607-3.pdf \(maff.go.jp\)](#) (閲覧日2022/3/14)
 - ✓ [2]ロボット(施設管理、小売・飲食、食品製造):経済産業省,「ロボットフレンドリーな環境構築のための取組案」, [20200928002-1.pdf \(meti.go.jp\)](#) (閲覧日2022/3/14)
 - ✓ [3]AI技術:人工知能技術戦略会議,「人工知能の研究開発目標と産業化のロードマップ」, [人工知能の研究開発目標と産業化のロードマップ \(nedo.go.jp\)](#) (閲覧日2022/3/14)
 - ✓ [4]自律移動ロボット:経済産業省,「自動走行ロボットの社会実装に向けて」, [siryou5.pdf \(kantei.go.jp\)](#) (閲覧日2022/3/14)
- 自動運転車
 - ✓ [5]関連情報:東洋経済新報社,東洋経済ONLINE「2025年「自動運転レベル4」に立ちはだかる壁」, [2025年「自動運転レベル4」に立ちはだかる壁 | 自動運転 | 東洋経済オンライン | 社会をよくなる経済ニュース \(toyokeizai.net\)](#) (閲覧日2022/3/14)
- 無人航空機・空飛ぶクルマ
 - ✓ [6]内閣官房内閣広報室,「空の産業革命に向けたロードマップ2021」, [siryou4.pdf \(kantei.go.jp\)](#) (閲覧日2022/3/14)
 - ✓ [7]経済産業省,空飛ぶクルマロードマップ, [空飛ぶクルマをふくむロードマップ20181220007 01.pdf \(meti.go.jp\)](#) (閲覧日2022/3/14)

3.4 ロードマップの検討

分野ごとの比較をした際の各ロードマップの課題

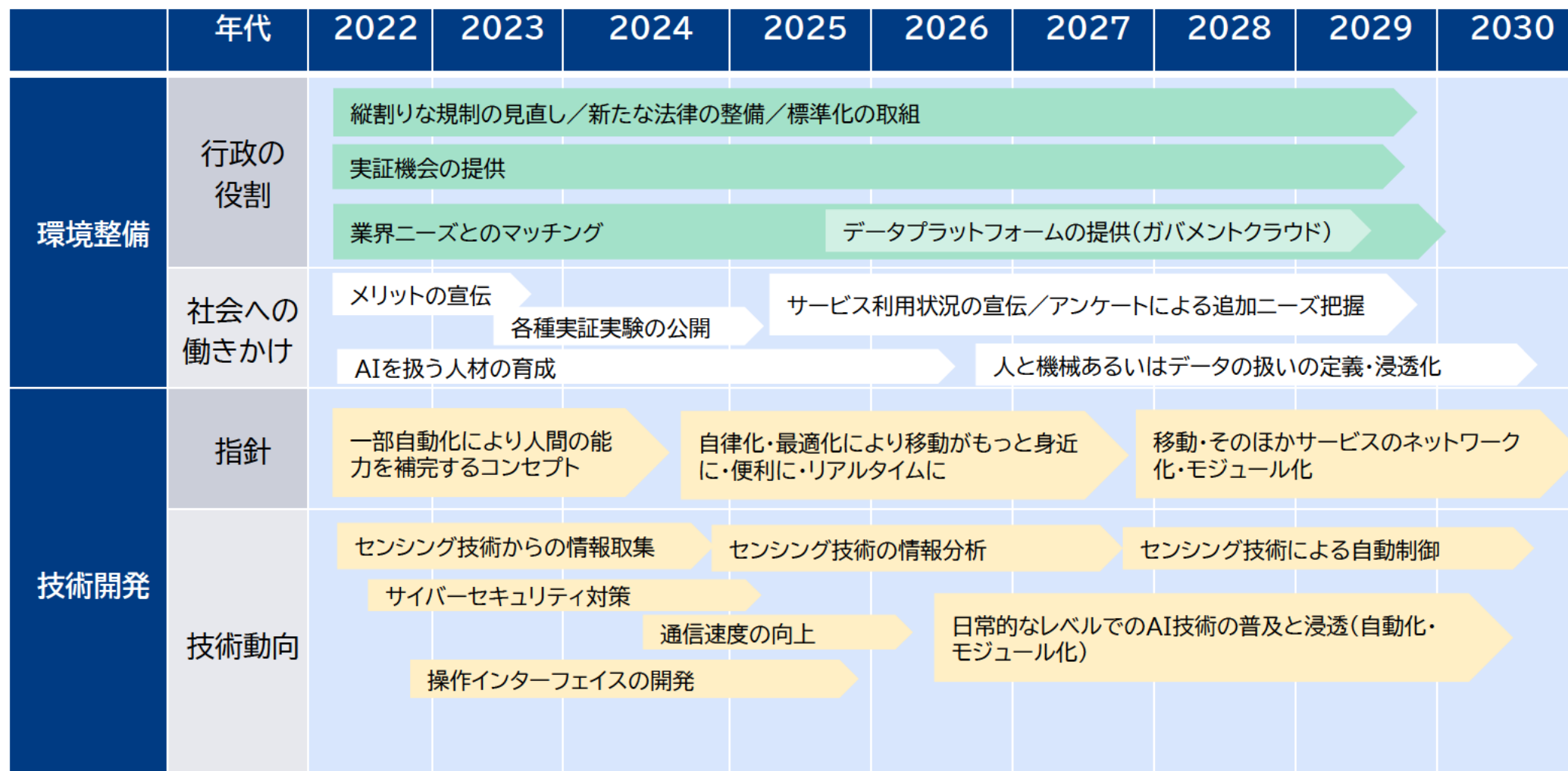
凡例:各ロードマップの課題



3.4 ロードマップの検討

(参考)モビリティを取り巻く環境をまとめた線表

- 今までのロードマップ調査をもとに制度整備と技術開発において2022年から2030年までに実施が必要となる項目を定めた。



4. 将来推計

4.1 推計の前提条件

4.2 将来推計の総括

4.3 導入・運用に必要となるシステムのコスト整理

4.4 用途別の計算結果



4.1 推計の前提条件

費用便益分析の概要(分析の方針)

- 自律移動ロボットのサービスについて「公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針」に基づき、費用便益分析を実施。

▼ 費用便益分析のフロー

ケース設定

- ・withケース : 自律移動ロボットのサービスあり
- ・withoutケース: 自律移動ロボットのサービスなし

便益の計測

消費者便益
事業者便益
供給者便益

費用の計測

・機体費
・設備費

評価指標の算出

純現在価値(NPV)、費用便益比率(CBR)、経済的内部収益率(EIRR)

▼ 費用便益分析の前提条件

項目		内容
評価対象		自律移動ロボットのサービス ※withケースとwithoutケースの比較で評価
評価算出条件	評価期間	2021年～2050年
	評価基準年	評価実施年(2021年)
	社会的割引率	4.0%
計上項目	便益[B]	利用者便益、供給者便益、残存価値
	費用[C]	機体費 設備費

4.1 推計の前提条件

費用便益分析の前提条件

- 計算実施の前提条件を以下のとおり設定する。
 - 評価期間は、サービス提供期間、リソースの整備期間・耐用年数等を考慮し2050年時点まで対象とする。
 - 費用、便益の計測は年単位で実施し、各年度内発生便益、費用は全て年末計上とする。
 - 将来の費用便益の現在価値化を行うための社会的割引率は、「技術指針」に沿って4%とする。
 - 将来推計をバックキャストで行うため、サービスの効果が最も大きく見込まれる2050年時点の試算をまず行う。その上で、サービスが未整備の2021年から2050年にいたるまで順次整備されていくにつれての便益費用推計を行う。
- サービスの効果は以下の2つに大きく分けられる。本費用便益分析においては、整備後の効果である「施設効果」のみを対象とし、「事業効果」は対象としない。
 - サービスの整備段階に発生する「事業効果」
 - サービスの整備後に発生する「施設効果」
- 費用便益分析の対象となる効果は、貨幣換算可能な効果（便益）である。
 - サービスの利用により関係者（事業者・供給者・消費者）に発生する便益の和、すなわち国民経済的な便益
 - 貨幣換算が難しい項目については、費用便益分析の対象から除くことが一般的であるが、定量化可能な効果については可能な限り貨幣換算を行うこととする。

4.1 推計の前提条件

費用便益分析の算定項目と基準値

- 算定項目ごとに便益・費用項目毎に基本的な算出式を定めて試算する。
- 便益の算出に当たっては、自律移動ロボットを活用することによる効用増加・費用削減に一定の前提を置く。

項目	便益費用項目	算定項目	基本的な算出式(例)
事業者の便益	事業上の効用増加	収益増加	施設の稼働時間向上(停止時間×単価)
	事業上の費用削減	要員費・労働費の削減	削減数×人件費単価
		設備費の削減	施設数×維持費用
		燃料費・消耗品費の削減	削減量×燃料費
	消費者の機会増	移動時間・サービス提供待ち時間短縮	移動短縮時間×時間価値
	安全性の向上	人的損失、事故・犯罪損害額の減少	損失防止数×損失額
事業者のOPEX	機体	機体の維持費・人件費	維持管理費用の合計
	設備	充電ポート・データセンター等維持費	維持管理費用の合計
事業者のCAPEX	機体	機体の導入費用	項目別の購入費用合計
	設備	充電ポート・データセンター等の購入費用	項目別の購入費用合計

(注)費用便益分析では、OPEXはマイナス便益、CAPEXは費用に相当。

事業者の便益にはエコシステム全体の成長など大きな効果が期待できるものがあるが、ここでは明確に見込める効果に限定している。

4.1 推計の前提条件

分析対象のユースケース

- 7分野18ユースケースを効果が大きいものとしてピックアップし、経済効果の試算を行った。

※試算に含まれていないユースケースを含めると更に効果が大きくなる。

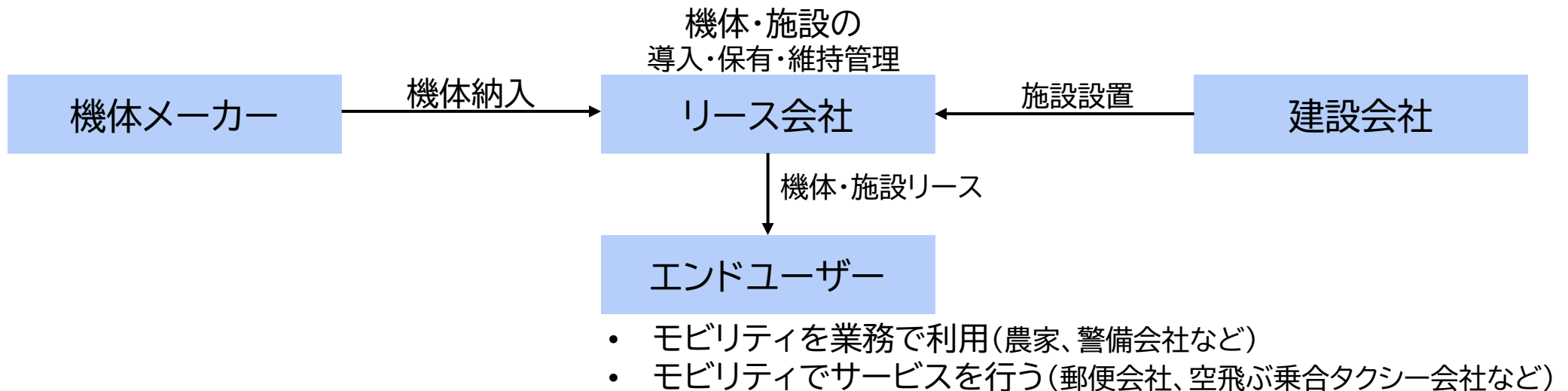
試算対象																	
インフラ/公共						第一次産業			第二次産業		第三次産業						
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	
災害 対応	警察	電気 ガス 水道	運輸	ごみ処理 清掃	環境 調査	農業	林業	水産業	鉱業	建設 製造業	医療 福祉	小売	宿泊	飲食	生活	エンタメ	
運搬	避難所へ 物資輸送	バッテリー の運搬	点検資材 の運搬	ごみ・資源 回収		農作物の 輸送	木材の 輸送	海産物の 輸送	資材搬出	資材搬入	病室への 配膳	商品 搬入出	送迎	席案内	生活物資 輸送	バーチャル 旅行	
		水の運搬	修繕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

4.1 推計の前提条件

費用便益分析の前提条件

- モビリティ(ドローン・空飛ぶクルマ・小型モビリティ)の機体・施設(離発着場(ポート)・格納庫・通信基地局・データセンター)は、リース会社が導入・保有・維持管理して、エンドユーザーにリースすると想定

- エンドユーザーは、リース会社にリース料金を支払って、モビリティを使用する。
- エンドユーザーは、モビリティを業務で利用する主体(農家、警備会社など)、およびモビリティでサービスを行う主体(郵便会社、空飛ぶ乗合タクシー会社など)。



- 社会全体の費用・便益は、リース会社の費用・便益と、エンドユーザーの費用・便益の合計値

- エンドユーザーがリース会社に支払う「リース料金」は、リース会社がエンドユーザーに提供する「モビリティ使用权」と相殺されるので、費用・便益の項目には現れない。

4.1 推計の前提条件

将来推計：感度分析の対象シナリオ

- 上位・中位・下位の3種類のシナリオを想定し、今後将来変更が可能性がある部分について感度分析を実施し、算出した。
- マルチパーパス・ドメイン運用は、分野間で機体および拠点を共用する形で反映した。

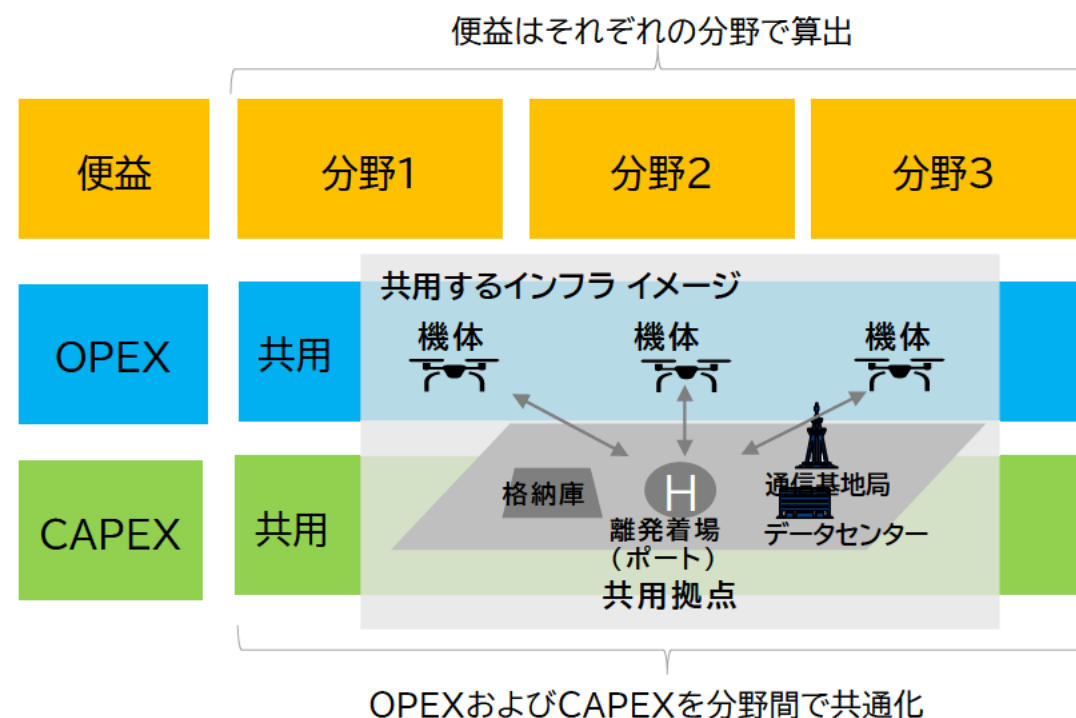
感度分析の対象シナリオ

- 機体数：2050年に必要となる自律移動ロボット数を推計しているが、変動の可能性がある、推計値を20%増減。
- マルチパーパス運用：分野間で機体および拠点を共用することの施策導入有無を確認。
- 将来人件費：人件費は現在の水準で推計しているが、将来少子高齢化の影響で変動がある可能性がある。20%増減値。

対象シナリオ	感度分析の内容		
	機体数	マルチパーパス・ドメイン運用	将来人件費
上位ケース	20%増	○	20%増
中位ケース	—	○	—
下位ケース	20%減	—	20%減

マルチパーパス・ドメイン運用の推計への反映イメージ

マルチパーパス・ドメイン運用の対象となる分野間で機体・ポート等を共通利用することとし、分野間のOPEXおよびCAPEXをまとめて計上。

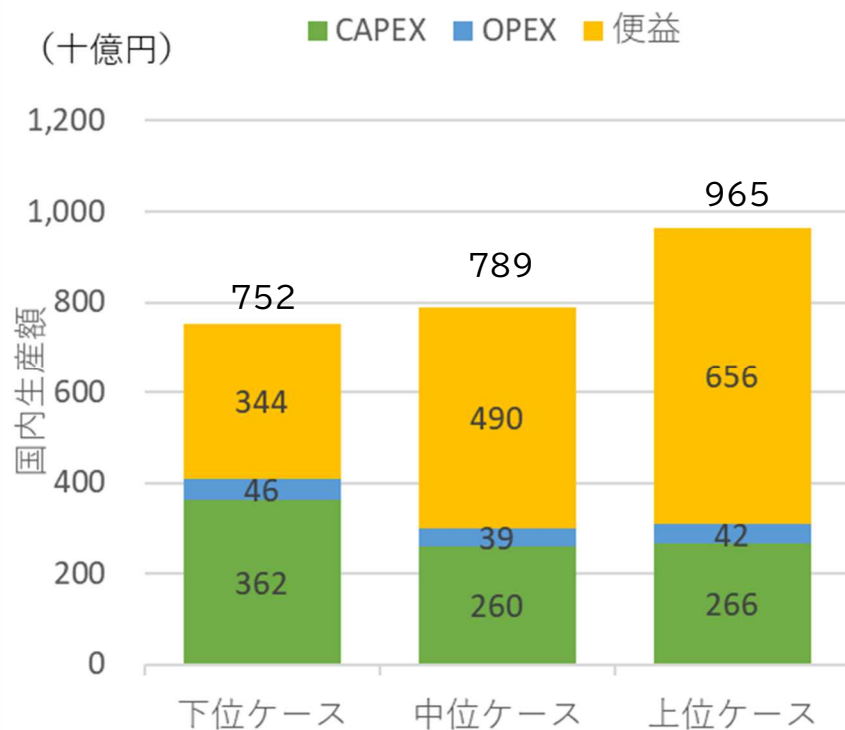


4.2 将来推計の総括

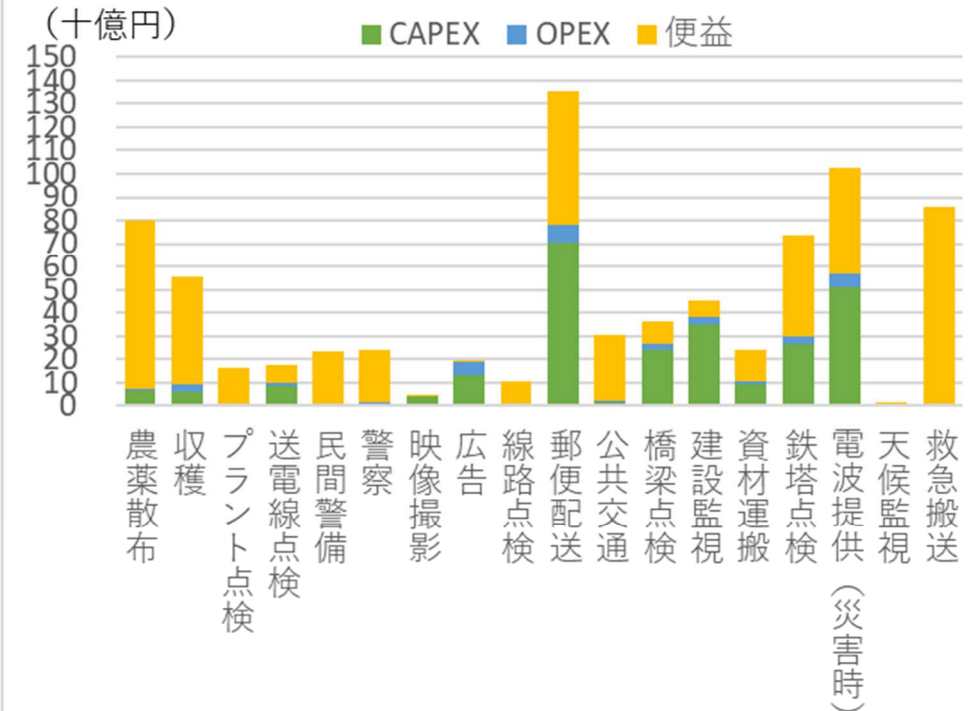
将来推計 算出結果

- 自律移動ロボットの将来像が実現された2050年時点において7,520億円～9,650億円※の経済効果(国内生産額合計)を見込む。※他産業への波及効果は除いた経済効果。
- 分野別の集計では、農業(農薬散布収穫)・災害時の電波提供・救急搬送の効果が大きい。郵便配送も便益が大きい。車両・人手代替のためにはCAPEXの負担が大きい。

経済効果(国内生産額合計)



分野別集計結果(中位ケース)



4.2 将来推計の総括

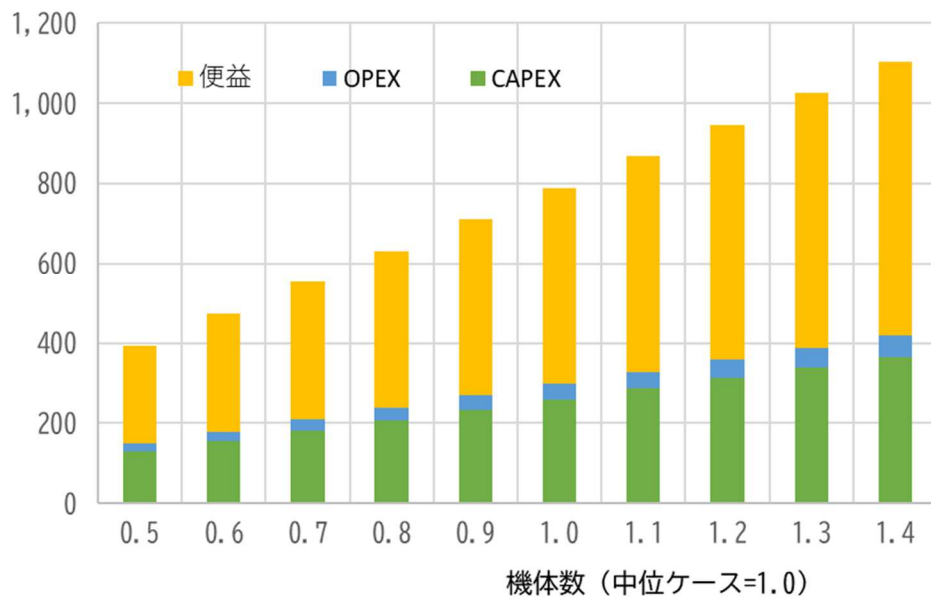
将来推計 個別項目の感度分析

- 自律移動ロボットの導入数が予測よりもさらに増えた場合には、経済効果も増加する。
- 現在想定している導入数が1.4倍となった場合には、1兆1,040億円※の経済効果となる。
- 少子高齢化により人件費が1.4倍となった場合には、9,060億円※の経済効果となる。

※他産業への波及効果は除いた経済効果。

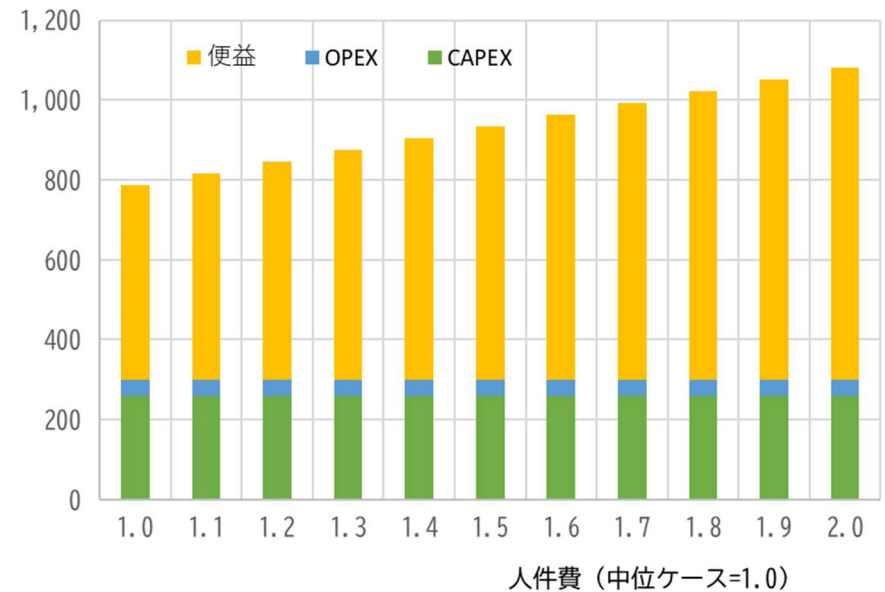
自律移動ロボット導入数と国内生産額の関係

国内生産額（十億円）



少子高齢化による人件費高騰と国内生産額の関係

国内生産額（十億円）



4.3 導入・運用に必要となるシステムのコスト整理

導入・運用に必要となるシステムのコスト整理

- 拠点のコスト(イニシャルコスト)は、1拠点あたり約14.4百万円と見積もった。
- 離発着場は、発売されているドローンポートの価格を参考に8.4百万円と見積もった。
- 離発着場は、通信基地局の導入費用を参考に6.0百万円と見積もった。

拠点のコスト(イニシャル+ランニング)

	導入費用(1年あたり) (イニシャルコスト) 百万円	年間維持管理費用 (ランニングコスト) 百万円
離発着場	8.40	0.84
通信基地局	6.00	0.60
計	14.40	1.44

4.4 用途別の計算結果

将来推計：分野別算出結果（農薬散布の例）

- 現在農薬散布を実施している農地を対象に、発生する要員費用・労働費用を削減できるものとして便益を算出。
- 農薬散布で、799.9億円の経済効果（国内生産額合計）を見込む。

分類	項目	下位	中位	上位	単位	計算式
前提条件	対象面積	3,622	3,622	3,622	千ha	②
	機体数	368	459	551	機	③
	拠点（移動式）数	459	459	459	拠点	④
	1千haあたり要員費・労働費削減	16.0	20.0	24.0	百万円	⑤
便益	全面積の要員費・労働費削減	57,952	72,440	86,928	百万円	⑥ = ⑤ x ②
	合計	46,362	72,440	104,314	百万円	⑦ = ⑥
OPEX	機体	0.2	0.2	0.2	百万円	⑧
	全機体の年間維持管理費用	74	92	110	百万円	⑨ = ⑧ x ③
	設備	1.44	1.44	1.44	百万円	⑩
	全拠点の設備の年間維持管理費用	662	662	662	百万円	⑪ = ⑩ x ④
	合計	735	753	772	百万円	⑫ = ⑨ + ⑪
CAPEX	機体	0.4	0.4	0.4	百万円	⑬
	全機体の1年あたり導入費用	147	184	221	百万円	⑭ = ⑬ x ③
	設備	14.4	14.4	14.4	百万円	⑮
	全拠点の設備の1年あたり導入費用	6,616	6,616	6,616	百万円	⑯ = ⑮ x ④
	合計	6,763	6,799	6,836	百万円	⑰ = ⑭ + ⑯
便益合計		45,627	71,687	103,542	百万円	⑱ = ⑦ - ⑫
国内生産額合計		53,859	79,993	111,921	百万円	⑲ = ⑦ + ⑫ + ⑰

（注）需要が十分にあり、機体・拠点の稼働率が100%の場合を想定している。

未来を問い続け、変革を先駆ける

MRI 三菱総合研究所