

# 自律移動ロボット将来ビジョン検討会 事務局提出資料

2023年2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)

## 第5回検討会で議論するスコープ

---

- 第1回～第4回検討会で議論した内容を踏まえて、自律移動ロボットアーキテクチャ設計報告書を纏めて、2022年7月にデジタル庁に提出した。
- 同報告書に基づいて、実証・開発を開始するとともに、社会実装を推進するための政策的な枠組みの検討を開始した。
- 第5回検討会では、社会実装を見据えて、

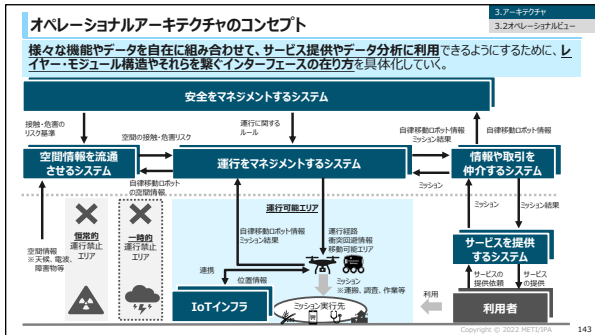
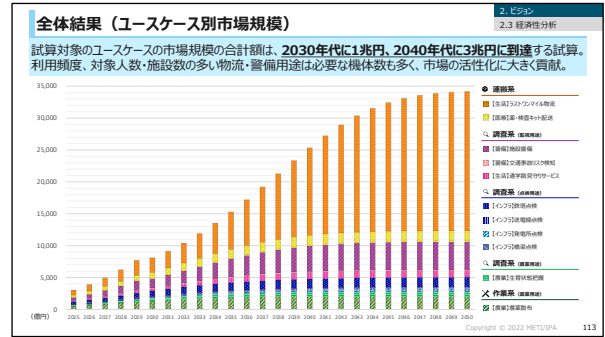
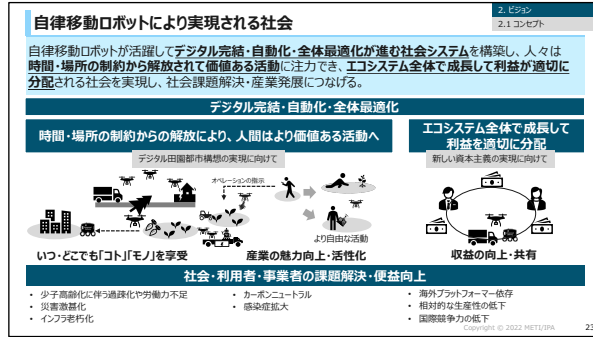
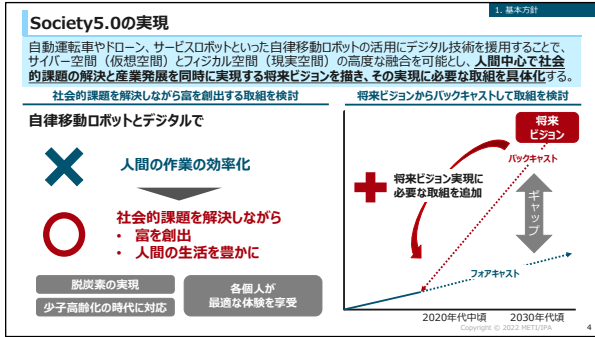
(1) 実証・開発の進め方に関する御意見

(2) 社会実装の推進に向けて検討すべき論点に関する御意見

を頂きたい。

# 自律移動ロボットアーキテクチャ設計報告書の振り返り (1/3)

自律移動ロボットアーキテクチャ設計報告書では、本検討会を通して、**将来ビジョンからバックキャストして検討を行う基本方針のもと、将来ビジョンを描き、ユースケースの社会価値・経済価値分析に基づく経済規模の算定**を行い、**アーキテクチャコンセプト、必要な取組**をお示した。



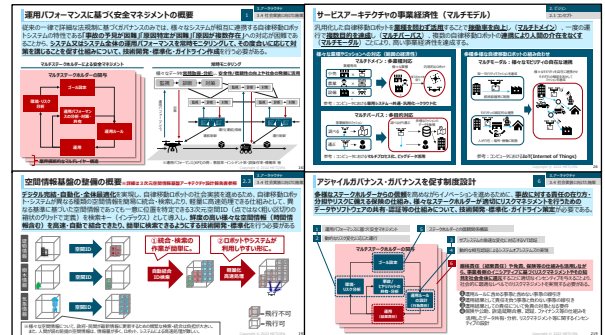
### 3.アーキテクチャ

#### 3.4 社会課題解決に向けた取組

#### 施策一覧

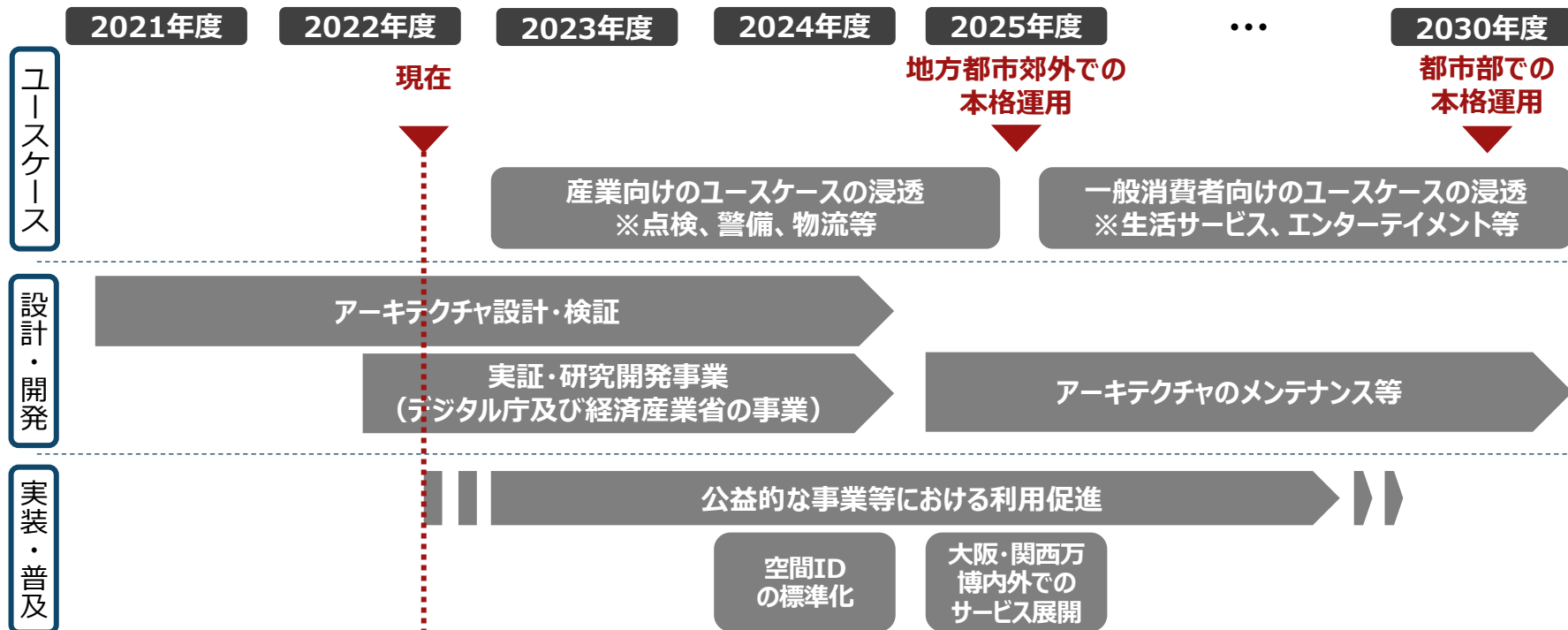
1 運用パフォーマンスに基づく安全管理	2.1 動的かつ精緻なリスク評価基準の整備
2 動的なリスク変化に応じた運行	2.2 動的なリスク変化に応じた運行管理
3 サブシステムの急速な変化に対応するVT*検証	2.3 空間情報基盤の整備
4 動的な相互認証によるシステム間連携の実現	
5 ステークホルダーとの信頼関係構築	
6 安全とインバジョンを両立するデジタルガバナンス	7.1 インフラの共同整備・共同利用
7 Robot as a Serviceの実現	7.2 機能の組み合わせを実現するモジュール化
8 利用・投資を促進するインセンティブ・エンフォースメント	8.1 中長期的な利用計画の公表・履行
9 アーキテクチャの継続的な更新	9.2 アーキテクチャに基づいたシステム調達
10 リーダー・アーキテクト・プロフェッショナルの育成	

Copyright © 2022 METI/IPA



# 自律移動ロボットアーキテクチャ設計報告書の振り返り（2 / 3）

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・普及に関する取組を進めるというロードマップを示した。



# 自律移動ロボットアーキテクチャ設計報告書の振り返り（3 / 3）

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掘りする範囲を拡大する旨を示した。

今回主として検討した範囲    検討を広げる範囲

フェーズ



- ① 普及を促進する**ビジネスモデル**の検討
- ② 通信を含めた**IoTインフラの在り方**の検討

地域



- ③ **国外への展開に向けた戦略**の検討

モビリティの種類



- ④ **サービスロボット・自動走行車**に主眼を置いたアーキテクチャの検討

# 実証・開発に関する取組の全体像

デジタル時代の新しいインフラとして**3次元空間情報基盤等を整備することで点検や物流等の在り方を変革**することを目指し、**2022年度には屋内外のドローンやサービスロボット等**に関する実証・開発を開始した。**2023年度から自動運転車、スマートビル等**に関する実証・開発を新たに開始する予定。

## 屋外（3次元空間情報基盤の開発）

上空



ドローンによるインフラ点検の自動化



ドローンによる物流の自動化



ドローン航路や3D都市モデルの整備

地上

※2023年度から自動運転車をユースケースに実証・開発を開始予定



災害情報の可視化

地下



建設機械による掘削の自動化

地下埋設物照会の自動化

地下埋設物（通信、電力、ガス、水道）のデジタル化

## 屋内（3次元空間情報基盤の開発）

建物

※2023年度からスマートビルの実証・開発を開始予定



バーチャルスポーツ観戦



サービスロボットによる自動配送



建設ロボットの屋内外制御



建設現場関連システムの連携



建物内ナビゲーション

and more

屋内3D地図の整備

# 社会実装に向けた取組の全体像

- 政府では地域の生活基盤やコミュニティを支え、維持するために、デジタルを活用したサービス（例：ドローンによる生活必需品の自動配送）提供に必要な基盤を整備する。とりわけ空間移動を伴うデジタルサービスの基盤は、本来的に地域横断的にしか整備できず、また、道路などの物理インフラと制御システムを並行して整備していくことが必要。
- DADCに産学官の叡智を結集し、デジタル社会に必要な**ハード・ソフト・ルールの全体像を整理したアーキテクチャ**を作成し、事業者や関係機関とシステム間連携等に係る実証を進める。このアーキテクチャに沿って官民が効率的、効果的な投資を行うことで、全国津々浦々にデジタル化の恩恵を享受できるよう、**デジタル社会実装基盤を全国に整備するための長期計画を策定**する。あわせて、整備方針や進捗状況の**フォローアップを行う会議体を設置**し、計画の実効性を高める。

※計画の策定にあたっては、既存計画や施策との整合性についても留意する

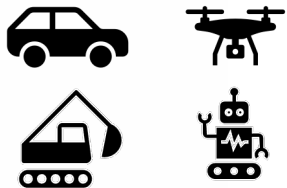
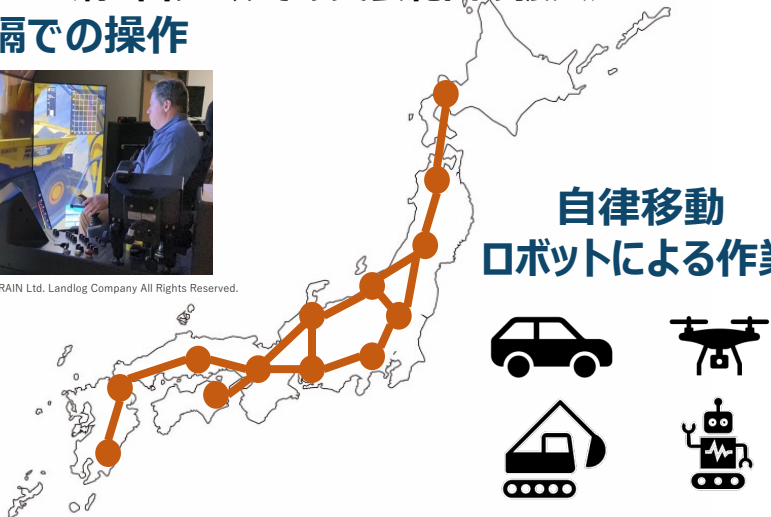
## ＜線・面レベルでの実装範囲の拡大＞

### 遠隔での操作

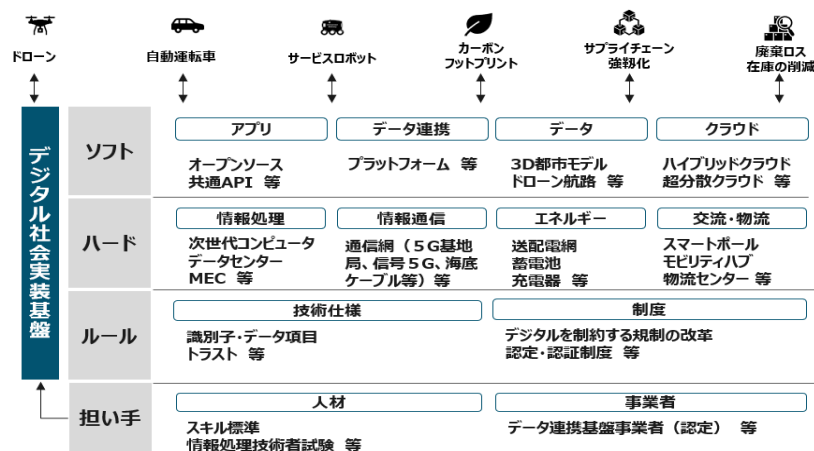


© 2022 EARTHRAIN Ltd. Landlog Company All Rights Reserved.

### 自律移動 ロボットによる作業



## ＜デジタル社会実装基盤の構成要素＞



※上記の表における具体例については、データセンター等、複数の項目にまたがるものがあるものの、便宜的に一つの項目に記載している。

# 空モビリティ、サービスロボット、自動運転車における各取組の進捗状況

全体		A アーキテクチャ設計の方向性					
施策	空モビリティ	サービスロボット		自動運転車			
ビジョン・ユースケース		D サービスロボット ユースケース分析		F 自動運転車 検討			
1 運用パフォーマンスに基づく安全マネジメント	B 海外動向調査 ・ 空モビリティ アーキテクチャ スタディグループ	E NEDO事業					
2 動的なリスク変化に応じた運行				C NEDO事業			
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の実現							
5 ステークホルダーとの信頼関係構築							
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	G		京都大学との共同研究				
7 Robot as a Serviceの実現				F 自動運転車 検討			
8 利用・投資を促進するインセンティブ・エンフォースメント							
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SSIONALの育成	H		DADCによる人材の公募によるリポルピングドア				

DADC検討

共同研究

開発・実証



# 空モビリティ、サービスロボット、自動運転車における各取組の進捗状況

全体		A アーキテクチャ設計の方向性		
施策	空モビリティ	サービスロボット	自動運転車	
ビジョン・ユースケース		D サービスロボット ユースケース分析	F 自動運転車 検討	
1 運用パフォーマンスに基づく安全マネジメント	B	E NEDO事業		
2 動的なリスク変化に応じた運行	C NEDO事業			
3 サブシステムの急速な変化に対応するVT*認証	海外動向調査			
4 動的な相互認証によるシステムオープンシステムズの実現	空モビリティ アーキテクチャ スタディグループ			
5 ステークホルダーとの信頼関係構築				
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	G	京都大学との共同研究		
7 Robot as a Serviceの実現			F 自動運転車 検討	
8 利用・投資を促進するインセンティブ・エンフォースメント				
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SSIONALの育成	H	DADCによる人材の公募によるリポルピングドア		

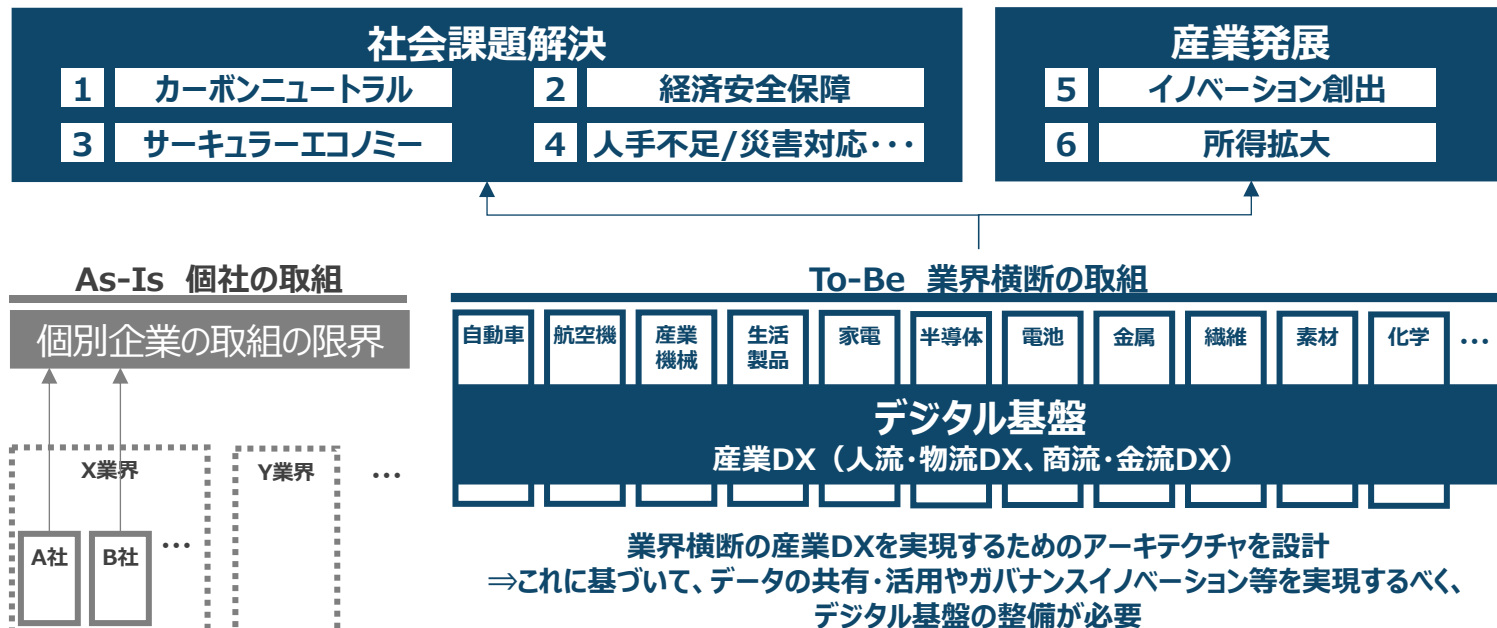
DADC検討

共同研究

開発・実証

# 社会課題解決・産業発展を実現するデジタル社会の構築

- サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）が高度に融合するSociety5.0時代に、産業・社会全体に新たな付加価値を生み出し、併せて、社会課題解決を同時に実現するデジタル社会を構築していくには、現状の個別企業や個別産業ごとのDXだけでは限界あり。業界横断の取組として、まずは人流・物流や商流・金流のDXを実現していくことが必要。
- このため、産業・社会全体に求められるアーキテクチャ（見取り図）を描きながら、個別産業ごとの「タテ」の垣根を超えて、それぞれの産業が利用可能な「ヨコ」のデジタル基盤を整備していくことが重要。



# 社会・顧客ニーズに機動的に対応するため企業間の共創を促進

VUCA（Volatility・Uncertainty・Complexity・Ambiguity）の時代に目まぐるしく変わる**社会や顧客のニーズの変化を捉えて迅速に対応できるような機動性・柔軟性の高い産業構造を実現することが鍵**となる。これを実現するため、ニーズの変動に応じて即座に**企業を跨いで知恵を結集してサービスを安く早く簡単に構築できるような仕組みとしてエコシステムのイネーブラーの構築**を検討する。

## 皆で作れる



企業や部署を跨いで、データを分析しながら、各者が知恵やシステム等を持ち寄りながら試行錯誤して、新しいサービスを構築できる。

## たくさん売れる



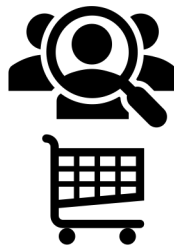
エコシステムの拡大やレコメンド機能等の整備により、多くのユーザーに適正な価格でサービスを提供することができる。

## 簡単に作れる



サービス構築に必要な標準やツール、試行環境等を整備することで、企業は簡単にサービスを構築できる。

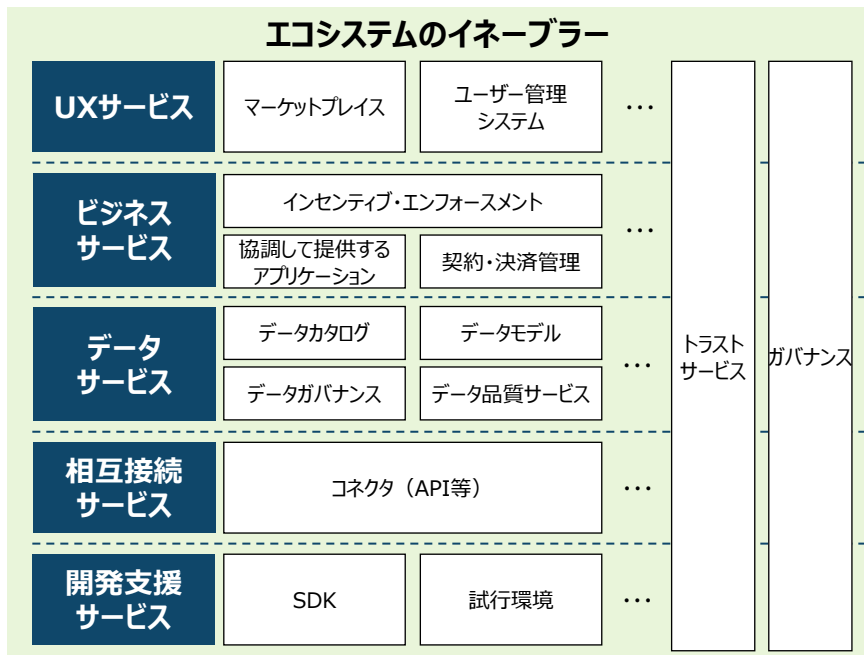
## 安く良いものを買える



エコシステムの拡大やレコメンド機能、トラストサービス等の整備により、品質が保証された自分に最適なサービスを安価に調達することができる。

# エコシステムのイネーブラーの構成要素

多くのプレーヤーが参画して安く早く簡単にサービスを提供できるようにするためのエコシステムのイネーブラーに必要な構成要素について検討を進めていく。



サービスの選択を容易にするマーケットプレイスや利用者・提供者を管理するサービスを提供する

多くのプレーヤーが協調的に利用するアプリケーションや契約・決済の管理を行うサービスを提供する

データ構造・型式を共通にすることで連携を容易にし、データの検索性を高めるとともに、データガバナンスに関するルール等を提供する

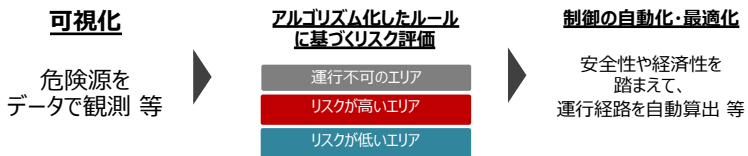
モジュール化したサービス・システムの連携や、データ連携を容易にするサービスを提供する

モジュール化したサービス・システムをアジャイルに組合せ、サービスの開発・試行を容易にするサービスを提供する

# エコシステムのイネーブラーを構成するガバナンスイノベーション

- 従来の一律で詳細なルールに基づくガバナンスのみでは、**社会・ユーザーのニーズや技術がダイナミックに変化**するとともに、**様々なシステム（モビリティ、IoTインフラ等を含む）が相互に連携するシステム・オブ・システムズ**に対応することが難しい。
- そのため、**各システムのデータを可視化して、アルゴリズム化したルールに基づいて、制御を自動化・最適化**するとともに、**事故時（ヒヤリハット含む）の原因究明や対策を即座に講じることや、システムやデータに関するトラストを保証する仕組みを構築**するなど、データを活用したEBPMを実践する前提で、ガバナンスの在り方を変革することが必要。
- こうした取組について実効性を確保するため、**マルチステークホルダーで継続的に改善を行うことをインセンティブ付ける、損害賠償責任や刑事制裁の在り方を含む法制度の改革**も必要。

## データを活用したガバナンスのイメージ



## 自律的・継続的改善をインセンティブ付ける制度の例

### • 免責条件付厳格責任

民事厳格責任（≠無過失責任）を採用することで、（裁判所等の国家ではなく）システムの開発・供給主体が、自ら適切なガバナンス手法を見出し、実施するインセンティブを与えられる。他方で、過度な萎縮効果を避けるべく、適切なガバナンスを構築しリスクの探索・特定活動を適切に行っていたにもかかわらず認識できなかったリスクが発現した場合には責任を免れる。

### • 訴追延期合意制度 (Deferred Prosecution Agreement (DPA))

企業が犯罪事実を認め、捜査に協力し、また再発防止策と被害回復措置等をとること、制裁金（民刑事及び行政制裁並びに不正により得た利益の剥奪など）を支払うこと等を条件に、検察官が企業の訴追を延期することを企業と合意するという手続。これにより、被害弁済・原因究明・構造的問題を含む原因の解消による再発防止の実践等が確保される。DPAにおいては、企業を「よき市民 good citizen」とすること、すなわちシステムとしての企業を改善することがより積極的に目指されている。

# 自律移動ロボットにより社会課題解決・産業発展を促進する

本検討会での議論を通して、自律移動ロボットの将来ビジョンをまとめてきた。今後は、空モビリティ、サービスロボット、自動運転車を活用したモビリティサービスの提供、及び空モビリティ、サービスロボット、自動運転車それぞれの運行に関するアーキテクチャを具体化していく。

ビジョン（人間の生活を豊かにつつ、社会課題解決及び産業発展を実現）

## モビリティサービス

移動先サービス

人流サービス

物流サービス

エコシステムの  
イネーブラー

×

空モビリティ  
運航サービス

エコシステムの  
イネーブラー

×

サービスロボット  
運行サービス

エコシステムの  
イネーブラー

×

自動運転車  
運行サービス

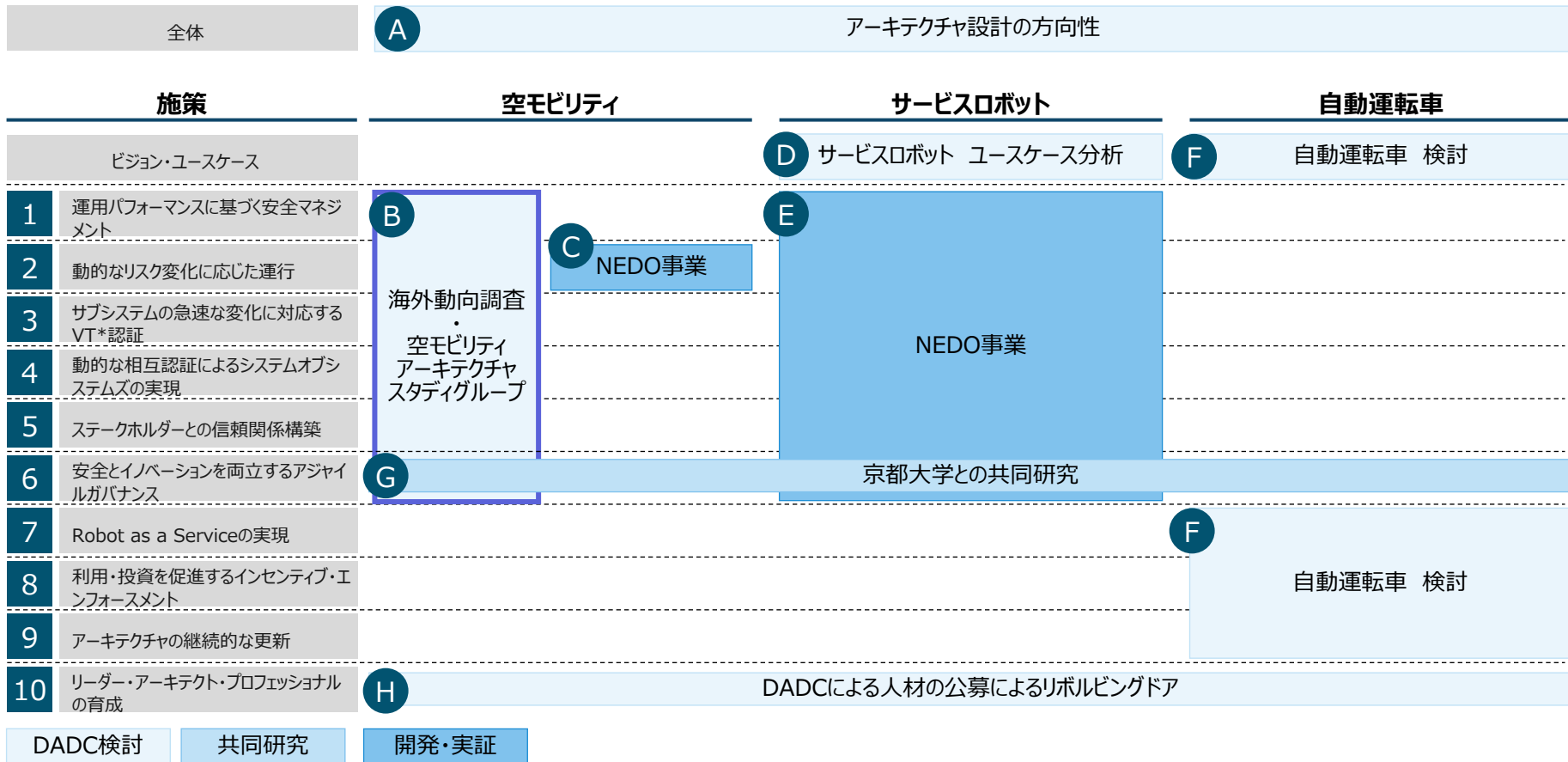
エコシステムの  
イネーブラー

- 2022年7月自律移動ロボットアーキテクチャ設計報告書により、自律移動ロボットの将来ビジョンを整理

- 需要と供給力を踏まえて、人・物の移動が最適となるオペレーションやそれを実現するシステム（需給最適化）の検討を行う。
- 移動先のサービス、人流・物流サービスの役割分担等について検討を深めていく。

- ソフト・ハード・ルールといったインフラを充実（インフラリッチ化）させることで、開発から運行までの安全性・信頼性の向上やコスト低減・ビジネス機会創出を促す。そのためにも、ソフト・ハード・ルール・モビリティの役割分担等について検討を深めていく。

# 空モビリティ、サービスロボット、自動運転車における各取組の進捗状況



DADC検討

共同研究

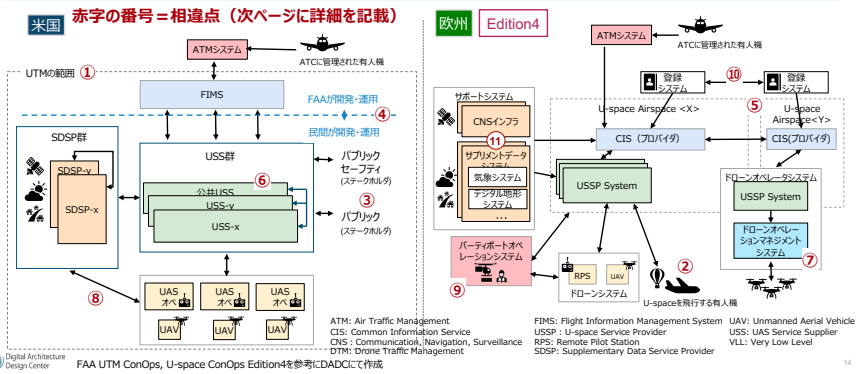
開発・実証

# 海外動向調査によるドローン運航に必要な機能及び論点整理

ドローンの運航管理サービスレイヤーのアーキテクチャを具体化するために、**米国及び、欧州の運用コンセプトの調査**を行い、**ドローン運航に必要な機能及び、論点整理**を実施し、DADCホームページに2022年12月に公開。抽出した論点ごとに海外の規制や実装状況の調査を行い、**本結果をインプットにステークホルダと連携しアーキテクチャを具体化**していく。

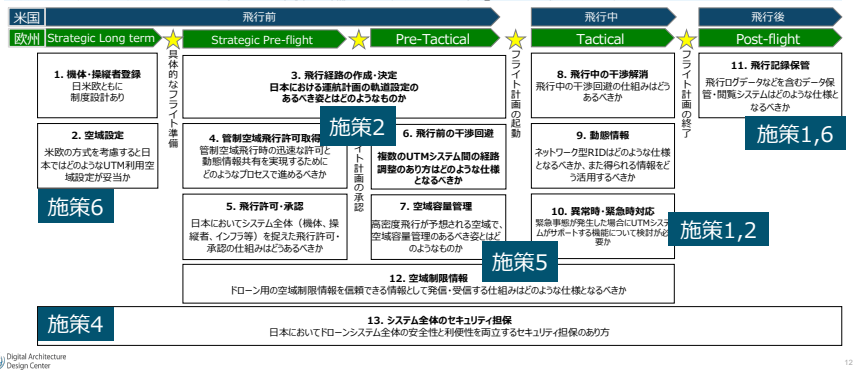
## アーキテクチャの比較

米国のアーキテクチャの特徴は官民の役割分担が明確な点、欧州は加盟国毎にアーキテクチャが違う事を意識した表現をしている点特徴的である。



## 米・欧ConOps調査から導出した論点と施策の関係性

全体に関わる論点として、ルール策定のあり方とUTMシステムが担う機能の定義について検討が必要である。各機能については「①米・欧の機能に対し日本では検討されていない、または検討範囲が狭いと思われる機能」、「②米・欧のアーキテクチャが異なり、日本での方向性を論じる必要がある機能」について検討が必要である。





# 空モビリティ、サービスロボット、自動運転車における各取組の進捗状況

全体		A アーキテクチャ設計の方向性					
施策	空モビリティ	サービスロボット		自動運転車			
ビジョン・ユースケース		D サービスロボット ユースケース分析		F 自動運転車 検討			
1 運用パフォーマンスに基づく安全マネジメント	B 海外動向調査 ・ 空モビリティ アーキテクチャ スタディグループ	E NEDO事業					
2 動的なリスク変化に応じた運行				C NEDO事業			
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ープンシステムズの実現							
5 ステークホルダーとの信頼関係構築							
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	G		京都大学との共同研究				
7 Robot as a Serviceの実現				F 自動運転車 検討			
8 利用・投資を促進するインセンティブ・エンフォースメント							
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SSIONALの育成	H		DADCによる人材の公募によるリポルピングドア				

DADC検討

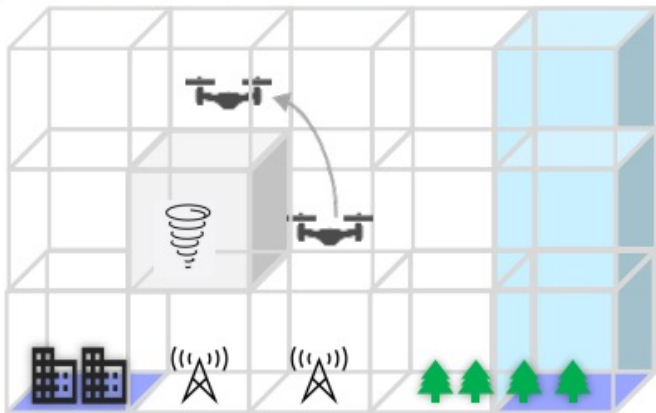
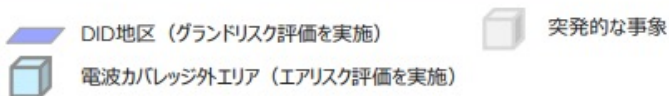
共同研究

開発・実証

# 動的なリスク変化に応じた運行の概要

飛行計画作成に当たっては、地物等の空間占有情報と、気象/規制/電波/人流等のエアリスク・グランドリスクの算出に必要な情報を空間/時間に紐付いた状態で利用する。また、運行管理（離着陸/飛行）時は、飛行計画時に入手した情報から変化がある場合には、即時的な情報共有が必要となる。

## 複数情報の空間への紐づけのイメージ



飛行時には、静的な情報に加え、突発リスクに対応するためのリアルタイムな情報連携が必要

## 空間IDの活用・期待効果

### 空間IDの活用

- 鉄塔/建物等の3次元形状データ(CityGML等)を3次元空間の占有情報へ変換し、ドローン飛行計画作成に活用
- 空間占有/気象/人流/電波等の様々な座標(2D,3D)系/フォーマットの情報を、統一的な空間に紐づけることにより、飛行計画作成時の情報検索を効率化
- 情報更新頻度の違いに応じた情報共有(Pullによる検索/Pushによる変化有の通知)方式による飛行計画時と飛行時での空間IDの活用

### 期待効果

- 飛行計画作成時における、ドローン運行者の情報入手を効率化
- 各種情報のタイムリーな提供による、ドローンの安全で効率的な運行への貢献

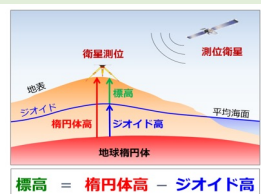
空間IDに紐付けられる情報に対する要求の整理や、標準的なガイドラインの整備が必要

# 3次元空間ID

**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（点ではなく荒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）**を高速に自動的に結合できたり、簡単に検索できるようにする**技術開発・標準化**を行う。

## ① 空間ボクセルを配置する高さの基準面

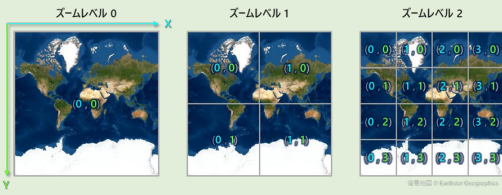
空間ボクセルを配置する基準面は**ジオイド面**とする。  
(標高値が空間ボクセルの高さの値となる。)



出典: [https://www.gsi.go.jp/buturisokuchi/grageo\\_geoid.html](https://www.gsi.go.jp/buturisokuchi/grageo_geoid.html)

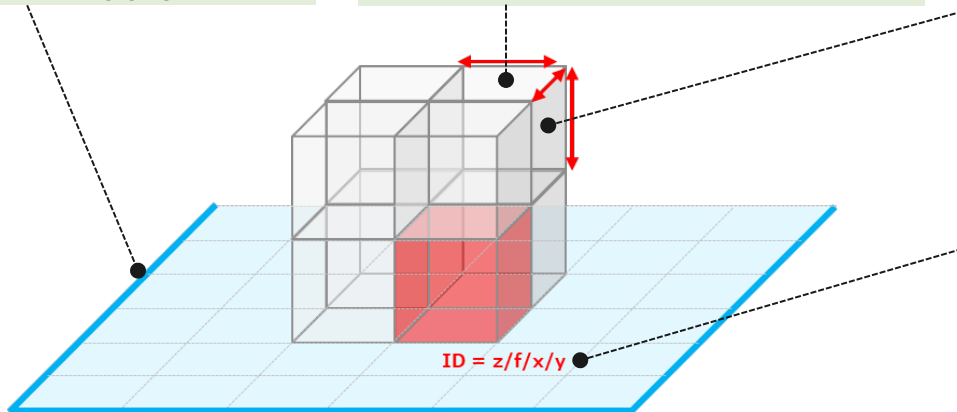
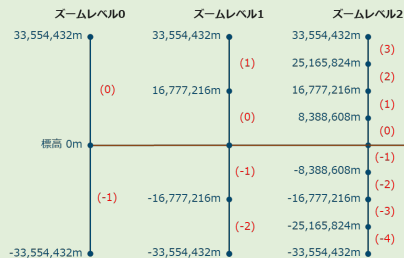
## ②-1 空間の分割方式（水平方向）

地球のほぼ全体をカバーする領域をズームレベル0とし、ズームレベルが1つ増えるごとに**4分割**を繰り返す。(XYZタイルと同様の分割方式)



## ②-2 空間の分割方式（鉛直方向）

標高0m〜±33,554,432mをズームレベル0とし、ズームレベルが1つ増えるごとに**2分割**を繰り返す。



## ③ IDの形式

以下の構成要素をスラッシュ(/) で連結した配列とする。

{z} : ズームレベル

{f} : 標高(鉛直方向)インデックス

{x} : 経度(東西方向)インデックス

{y} : 緯度(南北方向)インデックス

{z}/{f}/{x}/{y}

# 空間情報基盤

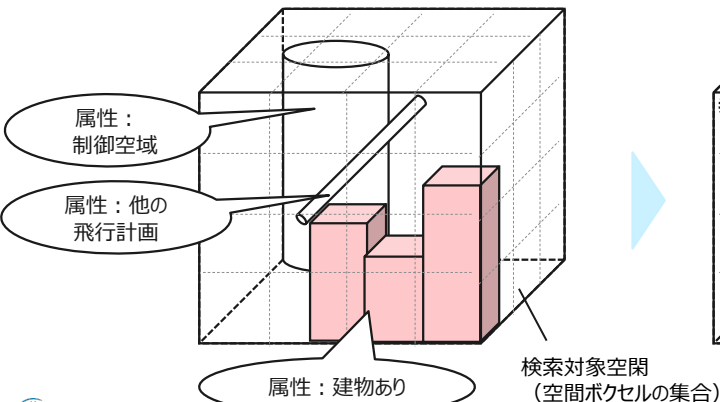
空間IDおよび空間IDに関連付けられた属性情報により構成された空間ボクセルの情報を保有し、検索・更新等の機能により、これらの情報を利用者間で共有可能とする仕組みとして、空間情報基盤を開発中。

## <主な機能>

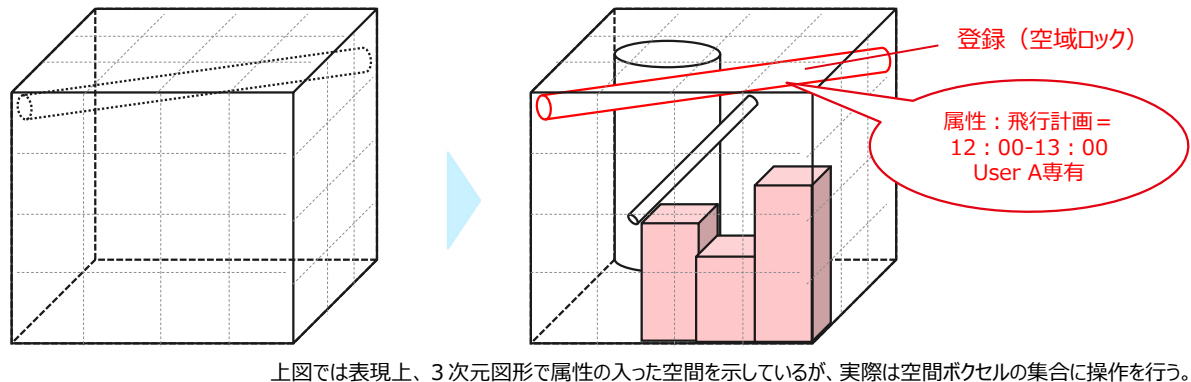
- ① 検索条件に合致する空間ボクセル（集合）を検索する機能
- ② 空間ボクセル内に含まれる属性値を抽出する機能
- ③ 空間ボクセル集合に属性値を登録・更新する機能
- ④ 空間ボクセルを削除する機能
- ⑤ 特定のインターフェースファイルから、空間ボクセル集合に属性値を一括登録するインポート機能

## <機能利用例：ドローンの飛行計画>

### Step1 空間情報基盤①の機能で 飛行不可空域を検索

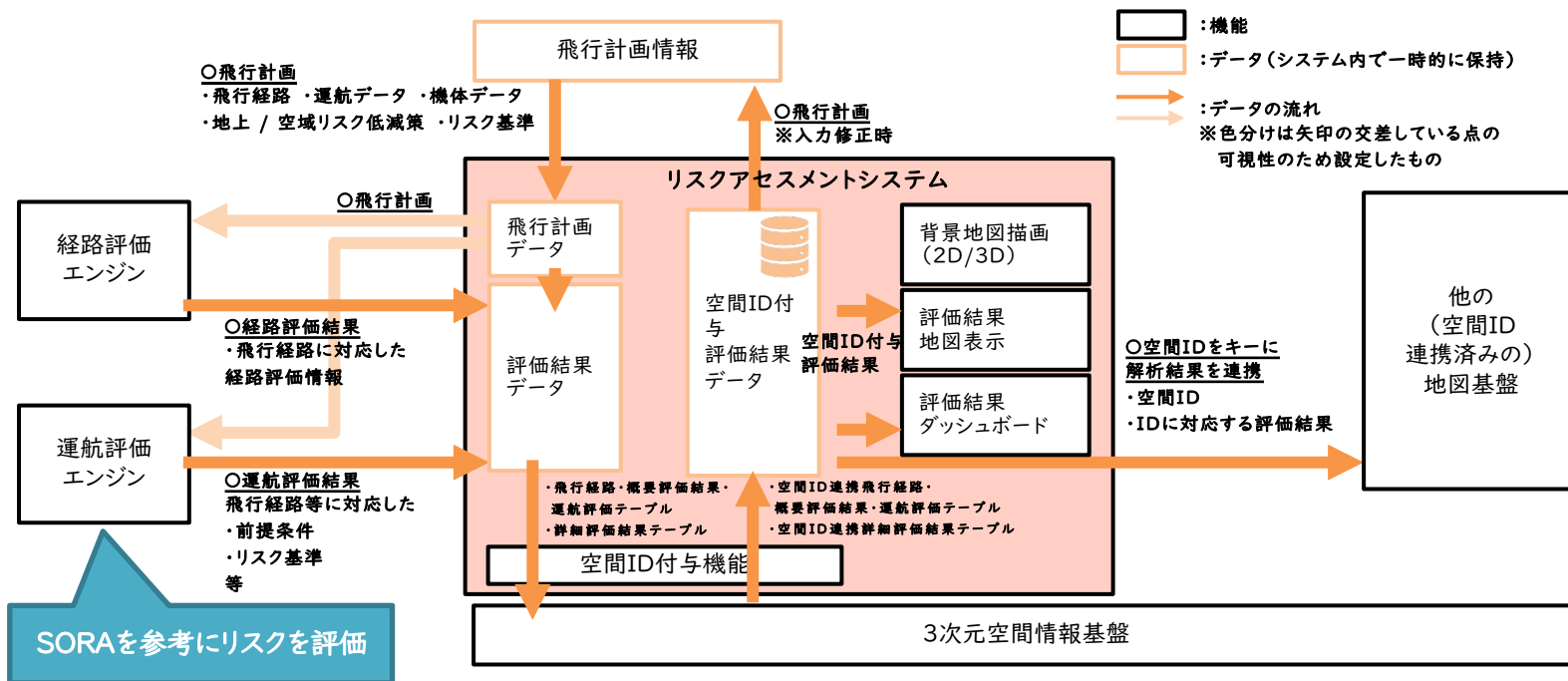


### Step2 検索結果を基にコースを設計（利用者）



# リスクアセスメントシステム概要

入力したドローンの飛行計画情報に対し、経路評価及び運航評価を行い、評価結果データを空間IDと紐づけ、評価結果を地図上に可視化、及び結果を他の地図基盤で参照するために書き出すシステム



出所：産業DX事業受託者 株式会社 ゼンリン

# 空モビリティ、サービスロボット、自動運転車における各取組の進捗状況

全体		A アーキテクチャ設計の方向性			
施策	空モビリティ	サービスロボット		自動運転車	
ビジョン・ユースケース		D サービスロボット ユースケース分析		F 自動運転車 検討	
1 運用パフォーマンスに基づく安全マネジメント	B	E NEDO事業			
2 動的なリスク変化に応じた運行		C NEDO事業			
3 サブシステムの急速な変化に対応するVT*認証	海外動向調査				
4 動的な相互認証によるシステムオープンシステムズの実現	空モビリティ アーキテクチャ スタディグループ				
5 ステークホルダーとの信頼関係構築					
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	G	京都大学との共同研究			
7 Robot as a Serviceの実現				F 自動運転車 検討	
8 利用・投資を促進するインセンティブ・エンフォースメント					
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	H	DADCによる人材の公募によるリボルビングドア			

DADC検討

共同研究

開発・実証

# サービスロボット検討状況

サービスロボットに関する「価値」や「基幹とすべきユースケース」等の各論点について御意見いただきたい。

## 論点

## 方向性

論点  
1

様々なモビリティやヒトと比較したとき  
サービスロボットの価値とは

ロボットは、「使い勝手の良さ」「デジタルとの相性」  
「高信頼性」を武器に、ヒトが苦手な業務を  
担う存在になるのではないかな。

論点  
2

サービスロボットの普及を考えたとき  
基幹とすべきエリア・ユースケースは

「社会受容性」「競争性」「経済性」の3観点から、  
複合施設や医療福祉施設が適切ではないかな。

## ※検討対象

人と同じ空間で  
運搬や作業を行う **サービスロボット** のうち **自律移動** するもの (主に家庭で利用する個人用ロボットは除外)  
(ISO13482にて定義)

### ○ 検討対象 (例)



自律型配膳ロボット  
<https://www.softbankrobotics.com/>



無人配送ロボット  
<https://journal.meti.go.jp/p/16210/>



清掃ロボット  
<https://www.ryutsuu.biz/>

### × 検討対象外 (例)



産業用ロボット  
<https://www.fanuc.co.jp/>



家庭用お掃除ロボット  
<https://www.irobot-jp.com/roomba/>



AGV (誘導型無人搬送車)  
<https://www.kyodo-robot.com/>



装着型ロボット  
<https://www.daido-life.co.jp/>

# サービスロボットの価値

**ヒトが苦手なこと・担うべきでないことをサービスロボットが担うことで心身の豊かさを提供するほか、安価・大量に利用できる存在となれば、既存ビジネスの採算性向上だけでなく、空間的制約を解消する新たなビジネスが考えられる。**

## 1 ヒトが苦手なことを担う。

ヒトの持つ弱点をロボット・デジタルが担う・補うことで、**高品質・高信頼**なサービス提供、**心身の豊かさ**を提供

○ロボットの特性とユースケース例

使い勝手の良さ	デジタルとの相性	高信頼性
<p>嫌なことがない 代替の用意が容易</p> <p><b>高リスク作業</b> 健康被害や危害リスクのある人物・事象への対応</p> <p><b>需要波動への対応</b> イベントや突発事象時の欠員はロボットが補完</p>	<p>データ活用が容易 機能拡張が可能</p> <p><b>不審者・不審行動の検知</b> データを活用し、非入居者の侵入や異常挙動を検知</p> <p><b>些細な状態異常の検知</b> センサーを活用し、設備異常や事象発生を早期検知</p>	<p>能力が一定 欲がない</p> <p><b>病院での薬・食事の誤投与チェック</b> 運搬時に品目・重量等をチェックして、誤投与を防止</p> <p><b>中立・客観的な状況記録</b> 属人によらない、中立・客観的な目線での判断・記録</p>

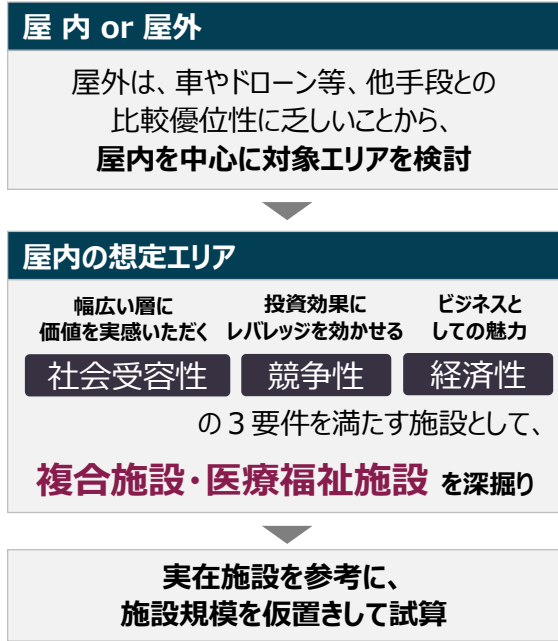
## 2 安価・大量に利用できる。

今後、サービスロボットの価格が下落して**採算性が向上**すれば、人手不足の影響を受けずに、**ニーズのあるあらゆる場所で十分な労働力を確保**することができる可能性

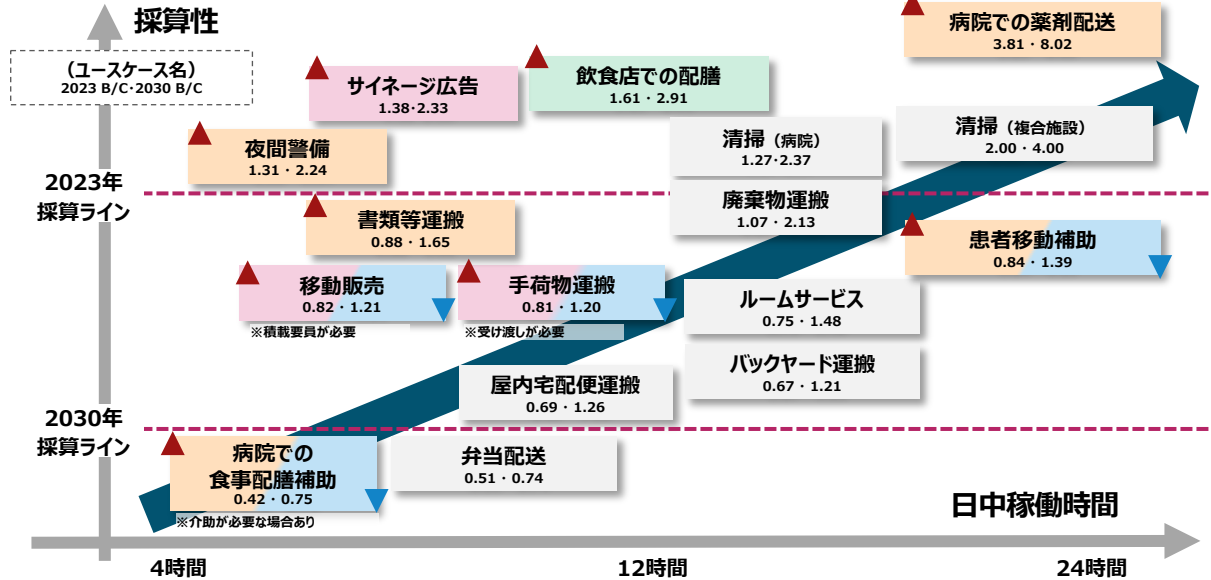


# エリア評価

車やドローン等、他手段との比較優位性を考え、**屋内を中心に**対象施設を検討。「社会受容性」「競争性」「経済性」の3観点から、**複合施設・医療福祉施設に焦点を当て、ユースケースの採算性を検証**



## ユースケースを洗い出し費用対便益 (B/C) を試算しマッピング



### 採算性を▲押し上げる要因

- “新たな収益源の獲得”
- “高単価人材の単純労務軽減”
- “近距離内での高密度運用”

### 採算性を▼押し下げる要因

- “人の補助や別途設備が必要”

※信頼性の向上等の定性的価値は便益額計算に含んでいないため、採算性≠価値であることは留意

# マルチユースによる採算性改善（食事系ユースケースの場合）

「飲食店内での食事配膳」以外のユースケースは**単独での採算性に乏しい**が、**マルチユースで昼食以外の時間帯を有効活用することで採算性が改善**されることを確認

「飲食店内での食事配膳」以外のユースケースは単独での採算性に乏しい

<p><b>商業</b> 🏢</p> <p><b>飲食店内での食事配膳</b></p> <table border="1"> <tr><td>ピーク帯</td><td>昼食時</td></tr> <tr><td>純便益</td><td>730万円/月</td></tr> <tr><td>B/C</td><td><b>1.61</b></td></tr> <tr><td>必要台数</td><td>73台</td></tr> </table>	ピーク帯	昼食時	純便益	730万円/月	B/C	<b>1.61</b>	必要台数	73台	<p><b>ホテル</b> 🏨</p> <p><b>ルームサービス</b></p> <table border="1"> <tr><td>ピーク帯</td><td>朝・夜</td></tr> <tr><td>純便益</td><td>△14万円/月</td></tr> <tr><td>B/C</td><td><b>0.75</b></td></tr> <tr><td>必要台数</td><td>2台</td></tr> </table>	ピーク帯	朝・夜	純便益	△14万円/月	B/C	<b>0.75</b>	必要台数	2台	<p><b>オフィス</b> 🏢</p> <p><b>軽食等移動販売</b></p> <table border="1"> <tr><td>ピーク帯</td><td>昼過ぎ</td></tr> <tr><td>純便益</td><td>△62万円/月</td></tr> <tr><td>B/C</td><td><b>0.82</b></td></tr> <tr><td>必要台数</td><td>6台</td></tr> </table>	ピーク帯	昼過ぎ	純便益	△62万円/月	B/C	<b>0.82</b>	必要台数	6台	<p><b>オフィス</b> 🏢 <b>住居</b> 🏠</p> <p><b>飲食店外への弁当配送</b></p> <table border="1"> <tr><td>ピーク帯</td><td>昼前</td></tr> <tr><td>純便益</td><td>△89万円/月</td></tr> <tr><td>B/C</td><td><b>0.51</b></td></tr> <tr><td>必要台数</td><td>9台</td></tr> </table>	ピーク帯	昼前	純便益	△89万円/月	B/C	<b>0.51</b>	必要台数	9台
ピーク帯	昼食時																																		
純便益	730万円/月																																		
B/C	<b>1.61</b>																																		
必要台数	73台																																		
ピーク帯	朝・夜																																		
純便益	△14万円/月																																		
B/C	<b>0.75</b>																																		
必要台数	2台																																		
ピーク帯	昼過ぎ																																		
純便益	△62万円/月																																		
B/C	<b>0.82</b>																																		
必要台数	6台																																		
ピーク帯	昼前																																		
純便益	△89万円/月																																		
B/C	<b>0.51</b>																																		
必要台数	9台																																		

マルチドメイン・マルチパーパスで運用すると、採算性が改善

<p><b>4ユースケースをマルチドメインで運用した場合</b></p>	ピーク帯	平準化	<p><b>さらにサインージ広告をマルチパーパスで実施した場合</b></p>	ピーク帯	平準化
	純便益	910万円/月		純便益	990万円/月
	B/C	<b>1.70</b>		B/C	<b>1.75</b>
	必要台数	75台		必要台数	75台

※数値は試算上仮定した1複合施設あたり

**+ マルチモーダルで施設外と繋がれば、更に改善の余地あり**

# 市場規模予測

マルチユースにより2030年には多くのユースケースがビジネス化。**2040年代に1兆円、2050年代に2兆円**規模の市場規模と試算。「いつでもどこでも」の世界が実現できれば、より大きな価値に。経済価値に加え、**安全・信頼の確保も価値**。

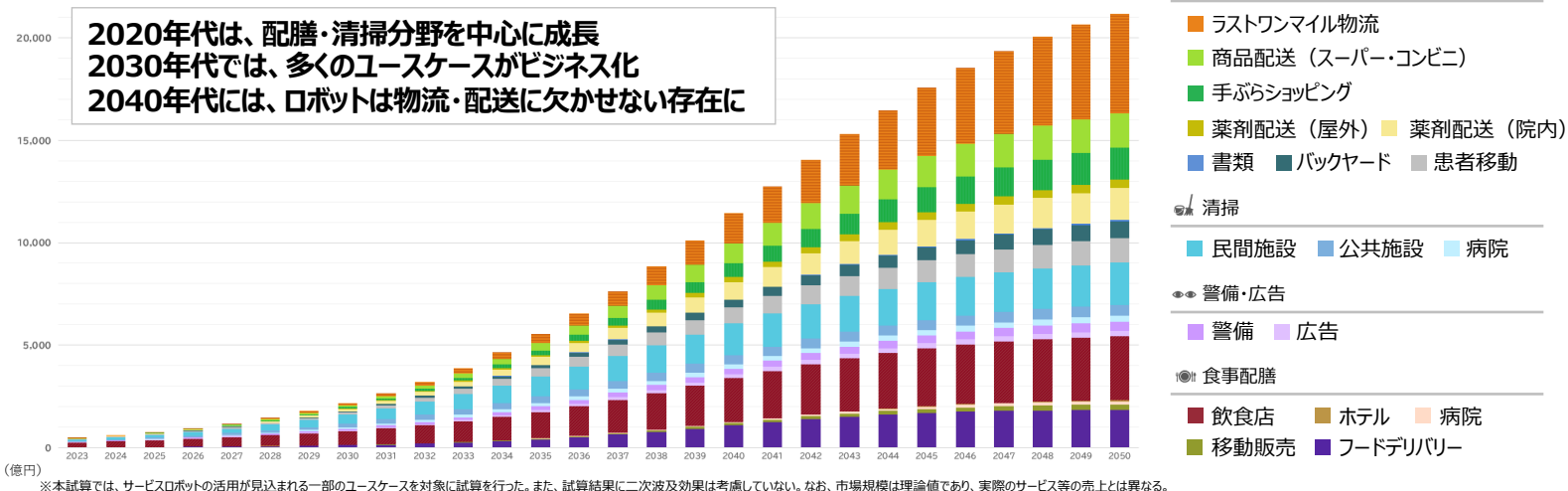
## サービスロボット市場規模

### 便益

経済価値  
+  
社会価値

### 費用

インフラ費  
+  
運行費



## + 追加要素

さらに、**ロボットが機能・施設間の距離を仮想的に縮めることができれば、選択の自由とシェアが促され、**

**いつでもどこでも必要な「モノ」が手に入る自由**

**商業施設は「陳列」型空間から「体験」型空間へ**

試したい商品はロボットが次々に運んでくる。

**「モノ」のサブスクリューサービス**

あらゆる商品や私物はボタンひとつで貸し借り可能になる。

**いつでもどこでも必要な「食」が手に入る自由**

**好きな場所で好きな食を**

話題の料理をどこでもロボットが運んでくる。

**フードロス削減**

ロボットがエリア内・施設内で食材を融通できる。

# サービスロボットの社会実装に向けた検討の方向性

前述の便益の成立するユースケースを便益を成立させるために、協調して提供すべき機能・データ・インタフェースの規定、複数バンダーの一括した運行管理やオペレーションの規定、ビル設備との連携、管理の異なるエリアをまたがる運行、マルチユースへの対応等が社会実装に向けて必要と考えられる。

## 便益の成立する ユースケース

### 提供価値

ヒトが担うべきでない業務や、ヒトには困難な業務を担う

### 提供場所

複合施設  
医療施設

### 前提条件

マルチユース  
近接ビル間の移動

## ユースケースを実現する アーキテクチャの検討

### As-Is運用プロセスの分析

実証・事例を踏まえて作成

### To-Be運用プロセスの分析

ユースケースを踏まえて作成

システムへの要求事項

### システムアーキテクチャの作成

協調、競争領域を定義し、エコシステムを構築可能なアーキテクチャの検討

### 課題

### 先行仕様・ 技術要素調査

## 社会実装ロードマップと推進体制の作成

## ユースケース実現に 向けた主な課題の例

1

協調して提供すべき機能・データ（地図等）・インタフェース

2

複数バンダーのロボットの一括した交通管制やオペレーションルール

3

既存ビルを含めた設備との連携方法

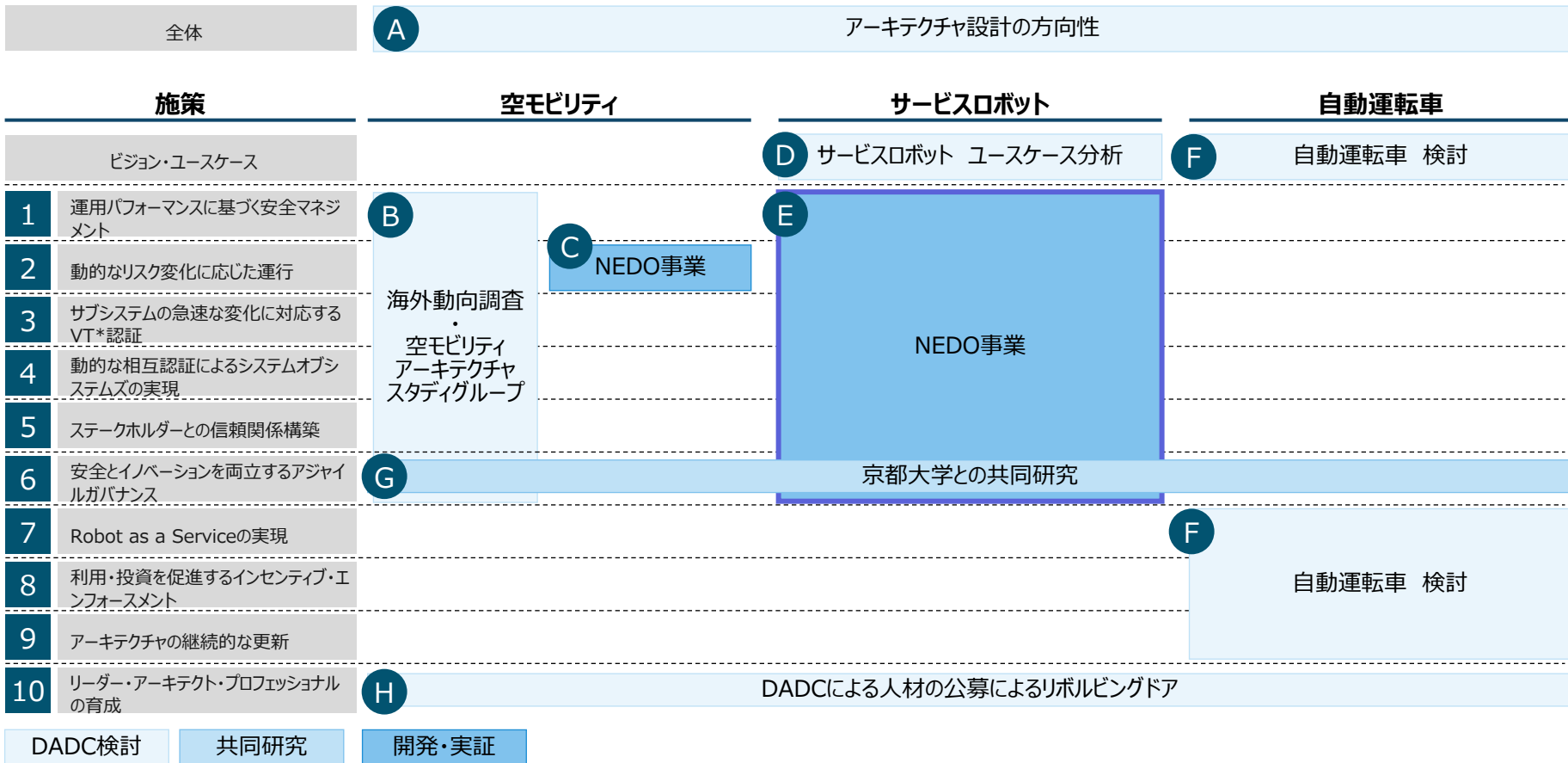
4

管理の異なるエリア（ビル間等）をまたがる運行方法

5

マルチユースへの対応

# 空モビリティ、サービスロボット、自動運転車における各取組の進捗状況



DADC検討

共同研究

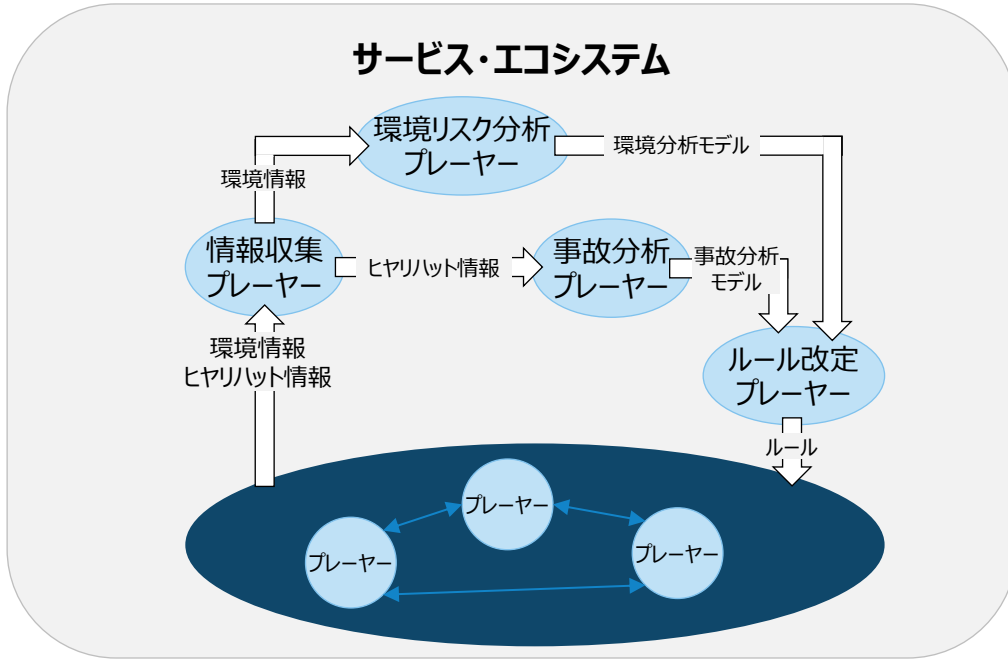
開発・実証

# NEDO事業（立命館大学）

施策1「運用パフォーマンスに基づく安全マネジメント」、施策3「サブシステムの急速な変化に対応するVT認証」、施策5「ステークホルダーとの信頼関係構築」、施策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」に関して、NEDO事業において、**要素技術のみならず社会システムそのものまでを対象に開発・実証**を行っていく。

## 適切なリスクマネジメント促進するアーキテクチャ（運用保守時）

## NEDO産業DXのためのデジタルインフラ整備事業



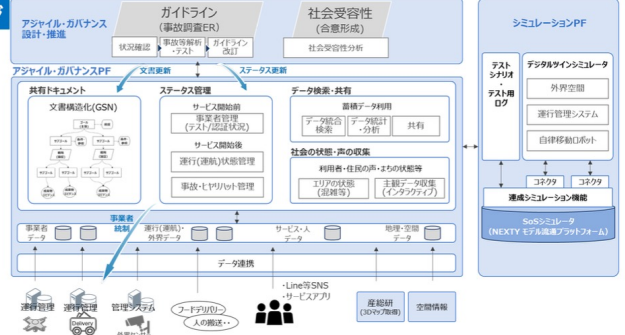
SoS時代のシステムの安全性 信頼性とイノベーションの両立に向けた  
デジタルインフラ整備及びガバナンスのあり方に係る研究開発

学校法人立命館

### 事業概要

- ・ 自律移動ロボットの運用データ及びガバナンスに係るデータの収集・管理・共有のための基盤を開発し、キャンパス内のユースケースを題材に、有効性を検証する。また、マルチステークホルダーによるアジャイルガバナンスの方法を研究し、ガイドラインの整備や社会受容性プロセスの共創の仕組みを構築する。
- ・ 更なる複雑化が予想されるSystem of Systems (SoS) におけるシミュレーションの省力化（自動化）に向けて、複数のロボットや異なる管制システムのシミュレータを連繋させた横断型のシステム連成シミュレーション技術を開発し、実証する。

### 事業イメージ



出所：NEDO「産業DXのためのデジタルインフラ整備事業／複雑なシステム連携時に安全性及び信頼性を確保する仕組みに関する研究開発」に係る実施体制の決定について

# 空モビリティ、サービスロボット、自動運転車における各取組の進捗状況

全体		A アーキテクチャ設計の方向性			
施策	空モビリティ	サービスロボット	自動運転車		
ビジョン・ユースケース		D サービスロボット ユースケース分析		F 自動運転車 ユースケース分析	
1 運用パフォーマンスに基づく安全マネジメント	B		E		
2 動的なリスク変化に応じた運行		C NEDO事業			
3 サブシステムの急速な変化に対応するVT*認証	海外動向調査		E NEDO事業		
4 動的な相互認証によるシステムオープンシステムズの実現	空モビリティ アーキテクチャ スタディグループ				
5 ステークホルダーとの信頼関係構築					
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	G		京都大学との共同研究		
7 Robot as a Serviceの実現				F	
8 利用・投資を促進するインセンティブ・エンフォースメント				自動運転車 アーキテクチャ検討	
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SSIONALの育成	H		DADCによる人材の公募によるリポルピングドア		

DADC検討

共同研究

開発・実証

# 自動運転サービスにおける政策方針と現状

政策方針として具体的な数値目標を掲げ無人自動運転サービスの実装を推進している。一方で低速走行でも事故や実験の中止要請も起きており、**実用化に向けての課題は自動車だけで解決するのは難易度が高い。**

## 政策方針

### デジタル田園都市国家構想総合戦略

(令和4年12月23日閣議決定)の内容抜粋

### 無人自動運転移動サービスの社会実装の推進

地域限定型の無人自動運転移動サービスについて、**2025年度を目途に50か所程度、2027年度までに100か所以上**の地域で実現するため、研究開発から実証実験、社会実装まで一貫した取組を行うとともに、これに向けて意欲ある全ての地域が同サービスを導入できるようあらゆる施策を講ずる。

物流の担い手不足解消や物流効率の向上に向け、**2025年度頃の高速道路におけるレベル4自動運転トラック**の実現、**2026年度以降の社会実装**を目指した取組を行う。また、これに向けて、車両単独では対応できない事象を特定し、その対策を検討する。

(経済産業省製造産業局自動車課、国土交通省自動車局技術・環境政策課)

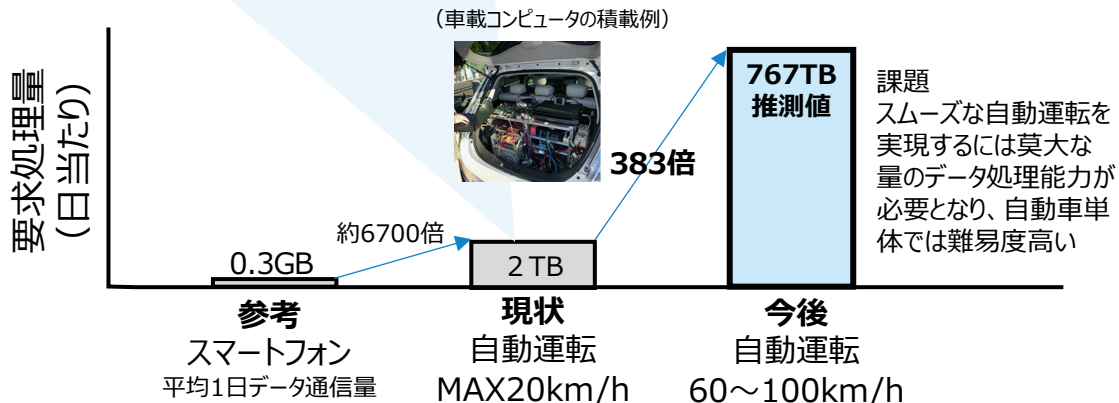
## 事事故例と自動運転に必要なデータ処理量の推移

### ①国内事事故例 2019年

自動運転車両が時速約14キロで市道を走行中に後続車両の車線変更がきっかけで進行すべき方位を誤検知して急操舵。一般車両と接触し実験中止。

### ②海外最新事例 2023年1月

サンフランシスコ市がCruiseやWaymoの自動運転車が路上急停止や緊急サービス活動を妨害したことを受けて、自動運転の中止を要請。



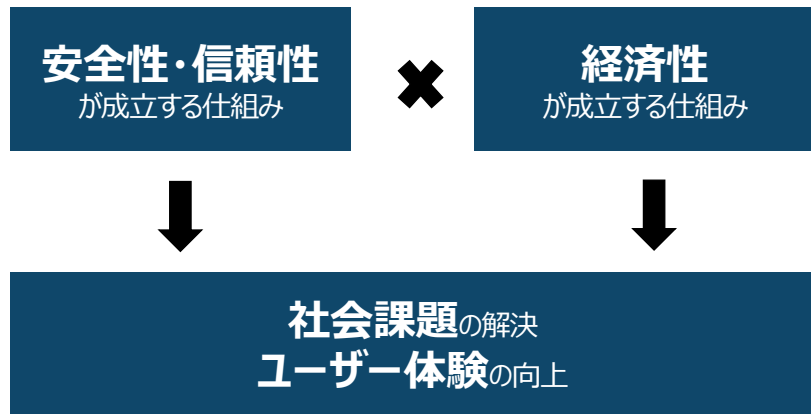


# 自動運転車の社会実装に向けた検討の方向性（1/2）

ユーザーへの社会的・経済的な価値の提供からインフラまで、自動運転車を用いたサービスを提供する社会的なシステム全体のアーキテクチャについて、安全性・信頼性や経済性を満たすよう、ビジネス、オペレーション、データ、システム等の様々な観点から設計していく。

## 安全性・信頼性及び経済性の両立

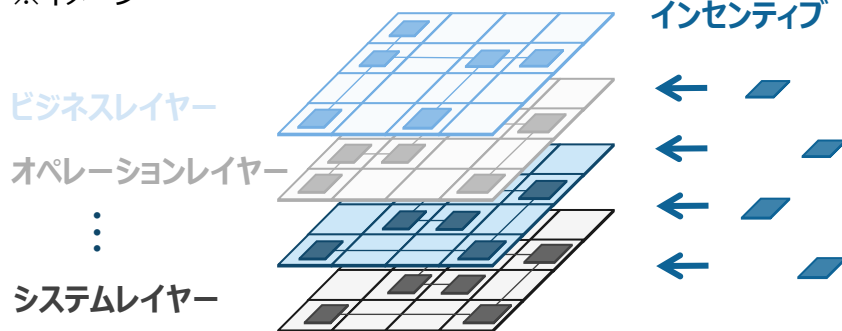
- 安全性・信頼性及び経済性を両立する仕組みを構築することで、社会実装の実現に繋げる。



## システム全体のアーキテクチャを検討

- 国内外の先行している取組を活用しながら、運用者の異なる多数のシステムが連携するシステム・オブ・システムズの観点から、システム間の連携方法や改修・追加が必要なシステム等の具体化を行う。

※イメージ

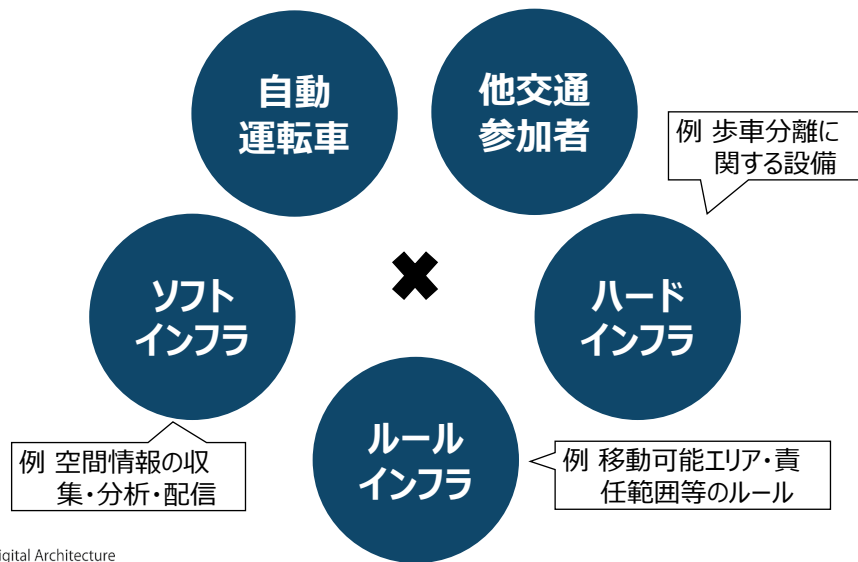


# 自動運転車の社会実装に向けた検討の方向性（2/2）

アーキテクチャ設計に当たっては、自動運転車を運行させる観点（モビリティ運行の観点）と自動運転車等を利用してサービスを提供する観点（モビリティサービスの観点）に分けて、それぞれ検討を進めていく。

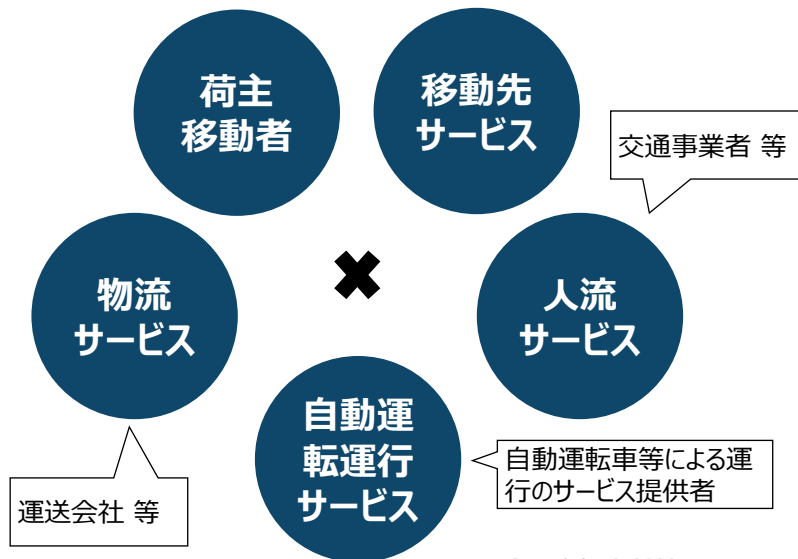
## モビリティ運行の観点～インフラリッチ化～

- ソフト・ハード・ルールといったインフラを充実（インフラリッチ化）させることで、自動運転車の開発から運行までの安全性・信頼性の向上やコスト低減・ビジネス機会創出を促す。そのためにも、ソフト・ハード・ルール・自動運転者の役割分担について検討を深めていく。



## モビリティサービスの観点～需給最適化～

- 需要と供給力を踏まえて、人・物の移動が最適となるオペレーションやそれを実現するシステム（需給最適化）の検討を行う。
- 移動先のサービス、人流・物流サービス、自動運転運行サービスの役割分担について検討を深めていく。



# 空モビリティ、サービスロボット、自動運転車における各取組の進捗状況

全体		A アーキテクチャ設計の方向性			
施策	空モビリティ	サービスロボット		自動運転車	
ビジョン・ユースケース		D サービスロボット ユースケース分析		F 自動運転車 検討	
1 運用パフォーマンスに基づく安全マネジメント	B	E			
2 動的なリスク変化に応じた運行		C NEDO事業			
3 サブシステムの急速な変化に対応するVT*認証	海外動向調査	NEDO事業			
4 動的な相互認証によるシステムオープンシステムズの実現	空モビリティ アーキテクチャ スタディグループ				
5 ステークホルダーとの信頼関係構築					
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	G 京都大学との共同研究				
7 Robot as a Serviceの実現				F	
8 利用・投資を促進するインセンティブ・エンフォースメント				自動運転車 検討	
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SSIONALの育成	H DADCによる人材の公募によるリボルビングドア				

DADC検討

共同研究

開発・実証

# 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（2022年度の実施内容）

2022年度には、多様なステークホルダーとの連携促進のために他国のルール整備・実装等の取組について規制当局等の意見交換の実施や、海外におけるガバナンスアーキテクチャ設計に関する実地調査や国内の取組の情報発信を行った。また併せて、研究開発事業を開始した。

## ● ステークホルダーとの連携促進

システムによる自動的なモニタリングの導入や、各主体による適切なガバナンスを促すための制裁・責任・保険システムの全体像等について、**欧州のDACUSプロジェクトやスイスにおけるU-Spaceのルール整備及び実装等の具体的な取組に係る意見交換**

※その検討成果の一部を自律移動ロボット将来ビジョン検討会最終報告書で公開

## ● 海外におけるガバナンスアーキテクチャ設計に関する実地調査及び国内の取組の情報発信

**EUI（欧州大学院）、スイス、オーストリア、デンマーク、アメリカ合衆国**にて、自律移動ロボットシステムのアーキテクチャ設計に関連する調査、ネットワークングを実施

## ● 研究開発事業の開始（詳細はP30参照）

NEDOの産業DXのためのデジタルインフラ整備事業／複雑なシステム連携時に安全性及び信頼性を確保する仕組みに関する**研究開発（採択事業者：立命館大学）による実践を通じたガバナンス・アーキテクチャの検討**を開始

## デジタル時代の規制の在り方について海外の動向調査や国内の取組の情報発信を実施

### <米国>

OECD及びGeorge Washington Universityが主催したシンポジウム及びワークショップである、“Agile Governance for Our Future”に登壇。OECDから2021年に公表された“Recommendation of the Council for Agile Regulatory Governance to Harness Innovation”の中で、データに基づくアジャイルでアウトカムベースの規制の方向性について、世界各国の事例を把握するとともに我が国の取組を紹介。

### <イタリア（欧州大学院）>

“Summer School on Agile Governance”に講師として参加し、AIシステムや政府の管理するデータ等に関するアジャイル・ガバナンスの枠組みの妥当性を議論。特にAIシステムや政府の管理するデータについてアジャイルなガバナンスが必要である旨を確認した。

### <スイス>

チューリヒ大学法学部教授陣と、CPSガバナンスに関するワークショップを開催し、AIガバナンス及び知的財産権設計の観点を中心に議論。また、スイスの航空当局から、EUのU-Spaceに関連する規制パッケージと同様の規制を導入しつつ、SUSI（Swiss U-Space Implementation）という取組において、UTMの実装を民間企業と進めており、その中で、フライトの自動認可のシステムが既に開発されていること等について聴取。

### <オーストリア>

ウィーン大学教授陣とワークショップを開催。自律移動ロボットの実装においても大きく影響し得る法規として、EUがドラフトを進めるAI法や、伝統的な知的財産法体系の内容に関する硬直性や垂直性が問題として指摘され、それを解決するアプローチとして、日本の提案するアジャイル・ガバナンスの枠組み及びそれに則った公的機関（DADC等）によるガバナンスアーキテクチャの整理が極めて重要であることなどを議論した。

### <デンマーク>

CPSの実装を支援するデンマークビジネス当局を訪問し、当地での公共サービスにおけるAIの活用や、公共的なデータプラットフォームのガバナンス等について聴取。

# 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（2023年度の実施予定内容）

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、「京都大学との共同研究における社会的な仕組み・制度の検討」と「立命大学によるにおける複雑なシステム連携時に安全性及び信頼性を確保する仕組みに関する研究開発」の取組を連動させることで、実効的な技術開発・標準化・ガイドライン策定を進める。

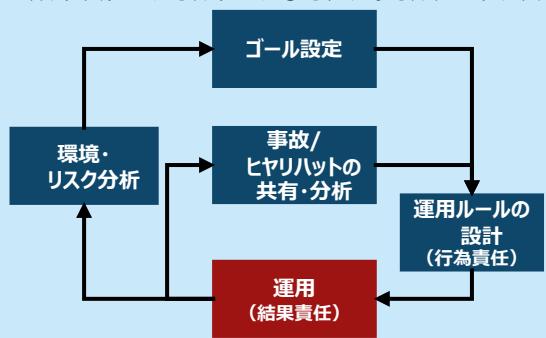
## 京都大学との共同研究

- 実社会において責任分担・リスクマネジメント・データ共有等を適切に行うために必要な仕組みや制度について検討（責任制度・保険制度等の設計、データ共有に関するインセンティブ設計等）を行う。

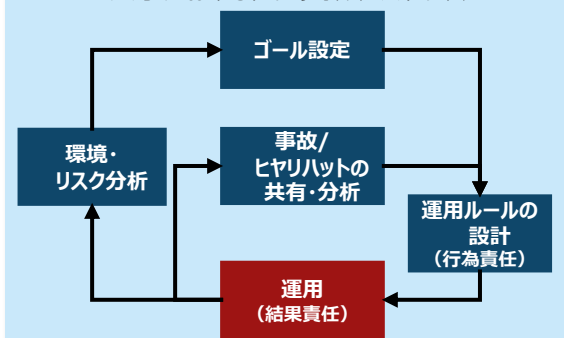
## 立命館大学による研究開発

- 自律移動ロボットの運用データ・ガバナンスに係るデータの収集・管理・共有のための基盤を開発し、キャンパス内でのユースケースを題材に、有効性を検証する。マルチステークホルダーによるアジャイル・ガバナンスの方法を研究し、ガイドラインの整備や社会受容性プロセスの共創の仕組みを構築。
- 更なる複雑化が予想されるSystem of Systems (SoS) におけるシミュレーションの省力化（自動化）に向けて、複数のロボットや異なる管制システムのシミュレータを連成させた横断型のシステム連成シミュレーション技術を試作し、実証。

### マルチステークホルダーによるアジャイルガバナンス



### 大学におけるアジャイルガバナンス



# 空モビリティ、サービスロボット、自動運転車における各取組の進捗状況

全体		A アーキテクチャ設計の方向性			
施策	空モビリティ	サービスロボット		自動運転車	
ビジョン・ユースケース		D サービスロボット ユースケース分析		F 自動運転車 検討	
1 運用パフォーマンスに基づく安全マネジメント	B 海外動向調査 ・ 空モビリティ アーキテクチャ スタディグループ	E NEDO事業			
2 動的なリスク変化に応じた運行		C NEDO事業			
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ープンシステムズの実現					
5 ステークホルダーとの信頼関係構築					
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	G 京都大学との共同研究				
7 Robot as a Serviceの実現			F 自動運転車 検討		
8 利用・投資を促進するインセンティブ・エンフォースメント					
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SSIONALの育成	H DADCによる人材の公募によるリポルピングドア				

DADC検討

共同研究

開発・実証

# DADCによる人材公募によるジョブ型雇用

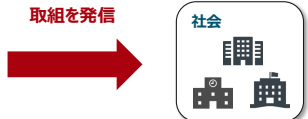
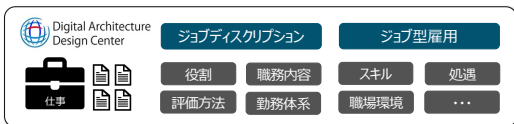
求める人物の役割やスキル、職務内容等を明確に定義して、**ジョブディスクリプション（職務記述書）**に基づく**ジョブ型雇用**を行う取組をDADCにおいて率先して開始した。例えば、**プロジェクト統括責任者（年収1,200～1,600万円）**をはじめとした**5つの職種で公募**を行っている。

## リーダー・アーキテクト・プロフェッショナル育成の方向性

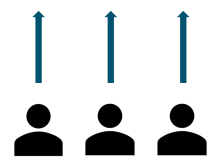
### リーダー・アーキテクト・プロフェッショナルの育成の取組の方向性(1/3)

10 3.アーキテクチャ  
3.4 社会実装に向けた施策

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。



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。



Copyright © 2022 METI/IPA 264

出所：自律移動ロボットアーキテクチャ設計報告書

## ジョブディスクリプションに基づくジョブ型雇用の実践

**【プロジェクト統括責任者】 産業を跨ぐデジタル社会のアーキテクチャ（見取り図）をデザインする**

年収：1200万円～1600万円

**仕事内容**

- 1.アーキテクチャ設計等の全体マネジメント  
担当するプロジェクトについて、次に掲げる各事項を総括・推進する  
(1)ビジョンの策定  
(2)アーキテクチャの設計  
(3)ロードマップの策定  
(4)実証事業、研究開発事業、実装事業との連携
- 2.プロジェクトマネジメント  
担当プロジェクトにおけるアーキテクチャ設計等に伴う以下活動を効率的かつ効果的に進められるよう、「リソース」「工程（進捗）」「品質」のマネジメントを総括・推進する。  
<共通領域の活動>  
・企画、実証 実証内容の検討とディレクション  
・マーケティング ユースケース分析、経済性分析、市場を活性化化するビジネスモデル、インセンティブ/エンフォースメント策の検討  
・社会実装推進 アーキテクチャの社会への普及とその結果のアーキテクチャ設計へのフィードバック  
・プロモーション 各種チャネルを利用したプロジェクトの認知度向上  
<個別担当領域向け活動>  
・プロジェクト状況の把握と、論点整理及び方向性の立案  
・検討結果の取りまとめ及び、資料作成のディレクション  
・会議体の運営  
・国際標準、規制の動向把握と国際標準化戦略の立案  
・標準化委員会への参画

出所：ビズリーチ 公募・特集サイト（DADC公募）より一部抜粋

<https://www.bizreach.jp/job-feed/public-advertising/6lfxqbd/>

Copyright © 2023 METI/IPA



デジタルアーキテクチャデザインセンター  
<https://www.ipa.go.jp/dadc>

**IPA** Better Life  
with IT