

# 「産業DXのためのデジタルインフラ整備事業」 成果報告会

- ／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
- ／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わる研究

**2025年4月23日**

**学校法人立命館**

# 本テーマの背景・目的

- イノベーションの実現とシステム全体の安全性のバランス
  - 自動運転などの新技術の導入によるイノベーションの加速が期待されている一方、それらは「System of Systems (SoS : 複数の独立したシステムが一つの巨大なシステムのように振る舞う際の系全体を捉える概念) であり、事故/ヒヤリハットのようなリスクの原因を事前に特定し、その発生を予見/防止することは非常に困難 (「未知の危険」と背中合わせ) 。
  - 「未知の危険」が生じてしまうことを前提として、社会が許容可能な安全性基準をマルチステイクホルダーでアップデートし続ける仕組みづくり (≧EU Joint Standard: 利用する企業のガバナンスも規定)

上記を踏まえ、**新技術の社会実装戦略はどうあるべきか。**  
(特に、負の影響のマネジメント、社会的受容性をどのようにガバナンスシステムとして取り入れるべきか)

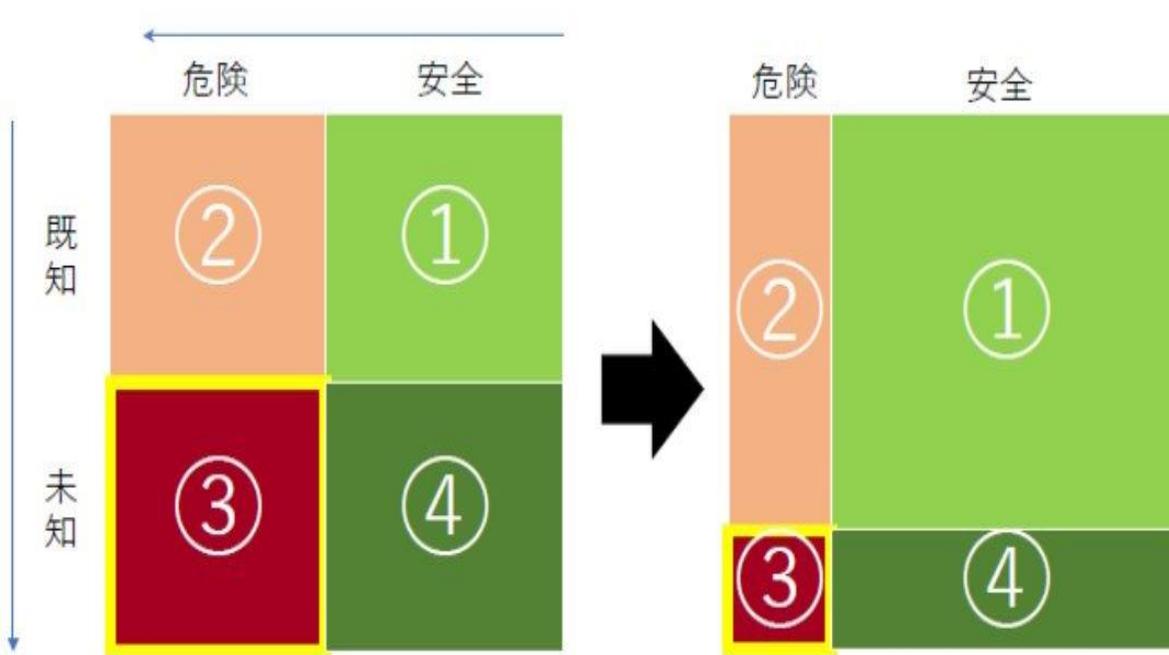
①ステークホルダーの責任の在り方 (ガバナンスにおける責任制度の設計)	②社会的受容性の在り方
--	-------------

新技術の社会実装 = 技術的ブレイクスルー + 制度設計 + 社会受容性/行動変容

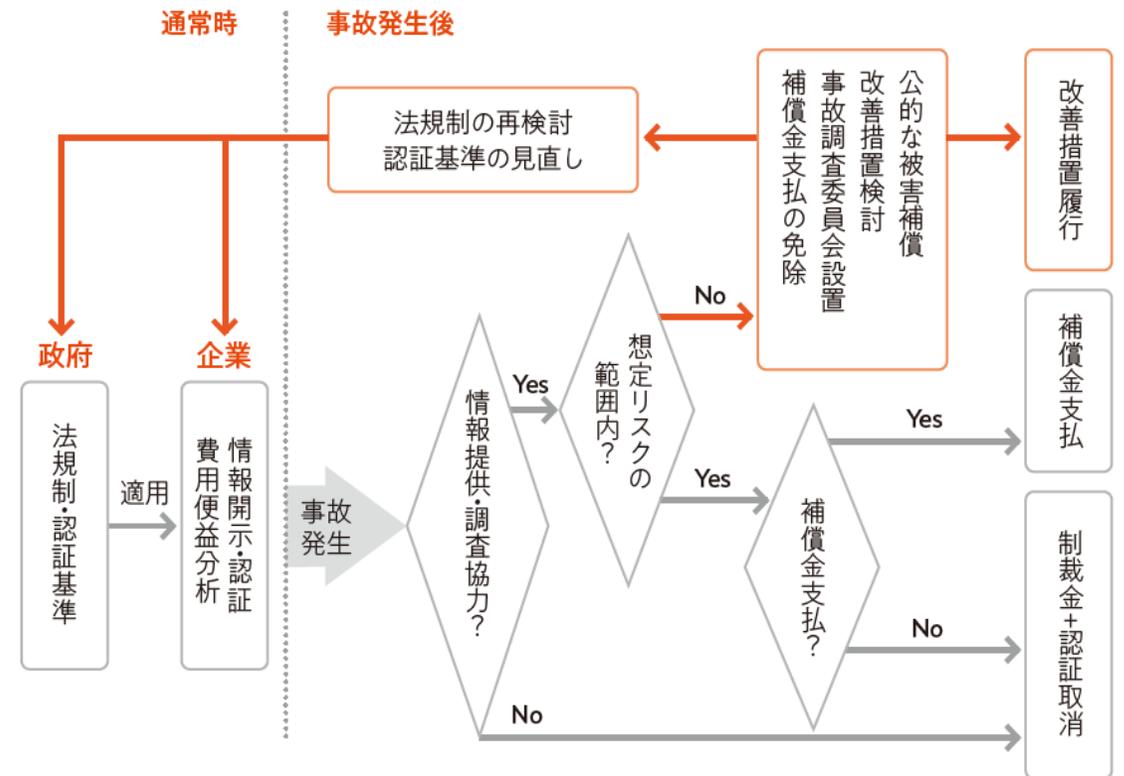
# 本テーマの背景・目的

## ① ステイクホルダー（特にイノベーター）の責任のあり方を再設計する

- 日本：特区にて実証実験しても社会実装されない（例：事故⇔結果回避義務違反 重視）
- 欧米：行為責任 ⇔ ソフトロー（例：国際標準）準拠 ⇒ 損害賠償請求免責、公的補償  
改善に資する情報開示・共有・対策 ⇒ 訴追延期合意



従来：①（既知の安全）の領域を広げていく  
⇔ 技術的な予知保全（例：ISO26262, 21448；SOTIF）を講じて ③（未知の危険）の可能性を減じても、一旦、可能性が顕在化してしまうと、事故の結果回避義務違反を重視する日本では、イノベータに過度の負担。 出典)『ISO 21448 SOTIF (2022)』より。



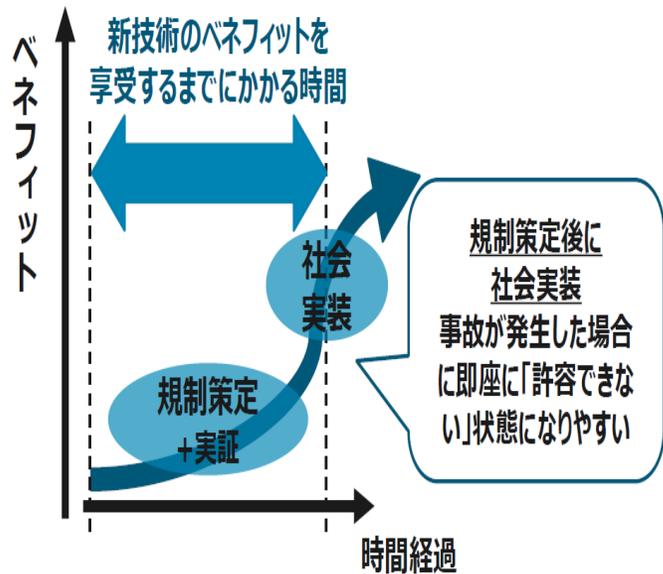
※不確実性をリスクに転換するサイクルを橙枠で示す

出典)『アジャイル・ガバナンスの概要と現状：Governance Innovation vol. 3』より。

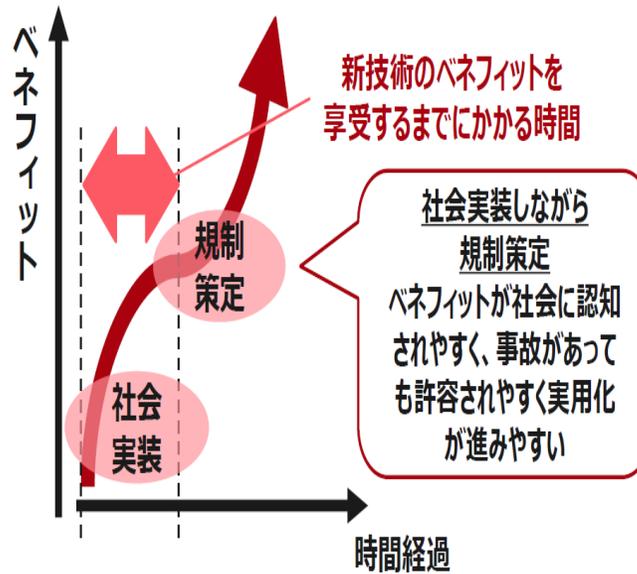
# 本テーマの背景・目的

## ② 社会的受容のあり方を再設計する

### 従来の新技術の社会実装戦略

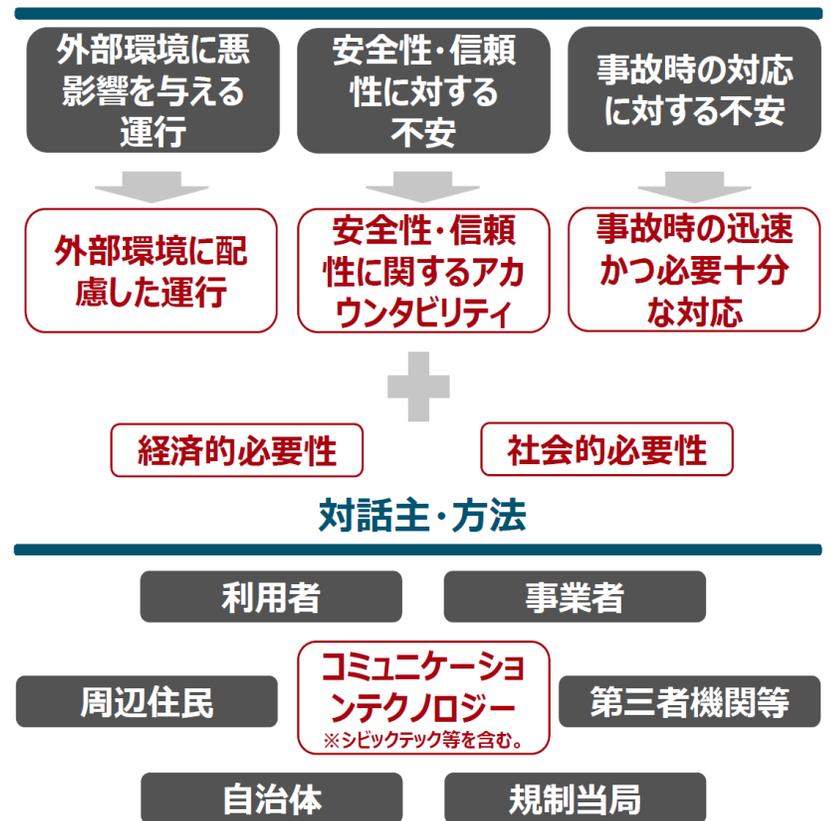


### 目指すべき新技術の社会実装戦略



VS

### 対話内容・行動



出典) 「第6回 システム オブ システムズの安全性・信頼性確保に向けたガバナンスの検討 事務局資料」 Copyright © 2021 IPA

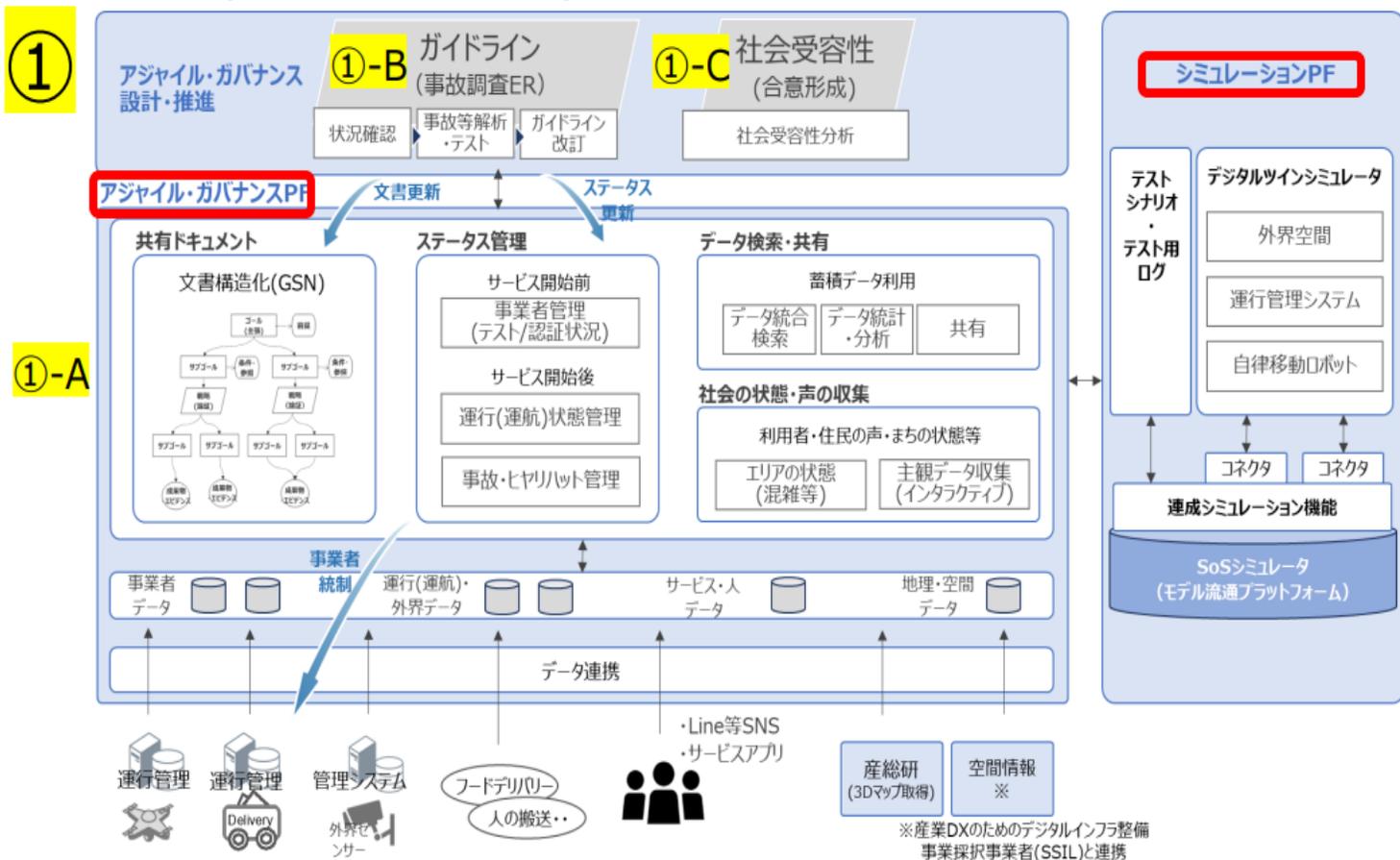


出典) 報告者撮影

# 本テーマの概要

## 事業概要

- 自律移動ロボットの運用データを収集・管理・共有する**データ連携プラットフォーム**（アジャイルガバナンス・プラットフォーム）を開発し、キャンパスでの実証実験を通じて、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・導入を図るために、**ソフトロー（SoS運用ガイドライン）**の作成や**行政組織**の設置、**社会受容性**を醸成する仕組みを構築する。
- 更なる複雑化が予想される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、実証する。



大阪いばらきキャンパスで実証実験



複数の自律移動ロボットが走行

# 実施体制

## WG体制

## 研究協力体制

### 事業統括

#### 【研究開発統括責任者】

- ・プロジェクトマネージャー  
徳田 昭雄 (立命館大学)
- ・サブマネージャー  
荒川 明夫  
(立命館大学 OIC総研DSRセンター/  
DADC)
- ・サブマネージャー  
上原 哲太郎  
(立命館大学 情報理工学部)

### 事務局

学校法人立命館 研究部 (OIC)

### 法人／施設管理

学校法人立命館 財務部／総務部

### アドバイザー

- 白坂成功 (慶応 SDM研究科)
- 稲谷龍彦 (京都大 法学研究科)
- 江間ありさ (東京大 国際高等研究所)
- 菅沼賢治 (DADC)

#### ① SoS運用データの収集・管理・共有および社会受容性に配慮した横断的「アジャイル・ガバナンスPF」事業統括兼・GL 徳田昭雄・上原哲太郎

- ①-A : 「アジャイル・ガバナンスPF」
  - ・GL 山本 寛 (立命館大学 情報理工学部)
  - ・《再委託》ソフトバンク株式会社

- ①-B : SoS運用「ガイドライン」
  - ・GL 稲葉 光行 (立命館大学 政策科学部)
  - ・山田 希 (立命館大学 法学部)
  - ・大場 光太郎 (立命館大学 総合科学技術研究機構)
  - ・日原拓哉 (大阪大学 社会技術共創研究センター)

- ①-C : 社会的受容を醸成する「デジタル共創技術」
  - ・GL 後藤 智 (立命館大学 経営学部)

#### ② SoSの安全性・信頼性評価の省力化を実現する横断的な「シミュレーションPF」

- ・GL 富山 宏之 (立命館大学理工学部)
- ・孔 祥博 (立命館大学理工学部)
- ・岡田志麻 (立命館大学理工学部)
- ・《再委託》株式会社ネクスティエレクトロニクス

- ・アストラテック株式会社
- ・国立研究開発法人  
産業技術総合研究所
- ・宇宙サービスイノベーション  
ラボ事業協同組合  
(SSIL)

- ・Kollect京都法律事務所
- ・一般財団法人  
日本品質保証機構  
(JQA)
- ・株式会社クレオテック

- ・一般社団法人  
組込みシステム技術協会  
(JASA)
- ・国立研究開発法人  
宇宙航空研究開発機構  
(JAXA)

# 実施項目ごとの目標と根拠

実施項目	概要	目標	根拠
<b>① SoS運用データの収集・管理・共有及び社会受容性に配慮した横断的な「アジャイル・ガバナンスPF」</b>			
①-A :「アジャイル・ガバナンスPF」	SoS運用時のデータ収集・管理・解析・共有が可能となるシステムの構築	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 安全運行やAGを行う上でのデータ取得タイミングや頻度の研究</li> <li>2. 事故・ヒヤリハット発生後の検証を効率化する仕組みの研究</li> <li>3. 社会受容性を醸成するデータ取得・公開方式の研究</li> </ol>	従来のシステムでは、事故発生時の原因特定への対応が困難であり、事業者の対応コスト、、責任追及の負荷が高く、SoSに適するシステムの構築が必要なため。
①-B : SoS運用「ガイドライン」	エリア特性・社会受容性を踏まえたソフトウェアの規定（SoSガイドライン）の作成と運用スキームの構築	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. SoSガイドラインの作成</li> <li>2. ガイドライン運用マニュアル整備</li> <li>3. ガイドライン普及</li> </ol>	SoSに適したアジャイルガバナンスを適用・運用するためのソフトウェア（SoSガイドライン）の導入が必要なため。
①-C : 社会受容性を醸成する「デジタル共創技術」	ユーザを含むマルチステイクホルダを包括した社会受容性の醸成	製品やサービスのリスク及び価値のバランスよい評価の仕組みの開発	SoSから生みだされるイノベーションの価値とリスクのバランスを図り、他国に比して危険回避的なリスク選好の社会風土と制度を変えていく必要のため。
<b>② SoSの安全性・信頼性評価の省力化を実現する横断的な「シミュレーションPF」</b>			
	複数システムを連成したSoSシミュレータによる安全性・信頼性評価の実施	シミュレーション関連の以下3点の開発 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 送受信コンFORMANCEテスト環境</li> <li>・ 事故再現環境</li> <li>・ テストシナリオ検証環境</li> </ul>	SoSの安全性・信頼性評価等が膨大且つ高頻度になっていくことが想定され、省力化が重要になってくるため。
<b>③ 立命館版ガイドライン及びリビングラボ運用に向けて</b>			
	ソフトウェアの規定（SoSガイドライン）に基づくアジャイルガバナンスの実施体制整備とその運用	アジャイルガバナンスに基づくテストベッドの構築と運用	従来のガバナンスでは、原因特定への対応かが困難であるため、SoSに適したアジャイルガバナンスの導入が必要なため。



# 実施項目ごとの目標達成状況

実施項目	目標（2025年3月）	成果（2025年3月）	達成度	達成の根拠／解決方針
<b>① SoS運用データの収集・管理・共有及び社会受容性に配慮した横断的な「アジャイル・ガバナンスPF」</b>				
①-A：「アジャイル・ガバナンスPF」	<ol style="list-style-type: none"> <li>安全運行やAGを行う上でのデータ取得タイミングや頻度の研究</li> <li>事故・ヒヤリハット発生後の検証を効率化する仕組みの研究</li> <li>社会受容性を醸成するデータ取得・公開方式の研究</li> </ol>	次の3点が可能になった。 <ol style="list-style-type: none"> <li>データ信頼性の定義/データ確保/管理</li> <li><b>事故やヒヤリハット発生時の短時間による状況推定</b></li> <li>配送サービスに対する主観データ解析によるサービスの社会受容性評価</li> </ol>	○	次の3点が完了しているため。インシデント発生時の検証機能について可視化用のインタフェース開発、ロボット・人の精度評価およびインシデントを検知する基準の設計、任意のエリア毎にインシデントを検知する基準を設定できる機能の開発。
①-B：SoS運用「ガイドライン」	<ol style="list-style-type: none"> <li>SoSガイドラインの作成</li> <li>ガイドライン運用マニュアル整備</li> <li>ガイドライン普及</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>2度の更新を経て<b>Ver 3.0が完成</b></li> <li>チェックリスト及び運用マニュアル完成</li> <li>普及動画の作成とアウトリーチ実施</li> </ol>	○	ガイドラインの作成と、それに基づくガバナンスの運用が首尾よく図られたため。また、アジャイルガバナンスの効果や意義についての普及活動を開始できたため。
①-C：社会受容性を醸成する「デジタル共創技術」	製品やサービスのリスク及び価値のバランスよい評価の仕組みの開発	ユーザの主観データからサービスに求められる <b>価値とリスクを評価し、ステークホルダにフィードバックする手法の開発が完了した</b>	○	便益・リスクを推定するVSN（Value Structuring Notation）と、そこから推定された結果を人々に共有・共感を得るための仕組みとして定義・開発・実装することが出来たため。
<b>② SoSの安全性・信頼性評価の省力化を実現する横断的な「シミュレーションPF」</b>				
	シミュレーション関連の以下3点の開発 <ul style="list-style-type: none"> <li>送受信コンフォーマンステスト環境</li> <li>事故再現環境</li> <li>テストシナリオ検証環境</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>事故原因調査の作業をシミュレータに置き換え、<b>実機評価テスト項目を削減</b>できた。</li> <li>テストシナリオによるシミュレーションによりSoSの安全性関連の<b>実機評価テスト項目を削減</b>できた。</li> </ul>	○	目標に対してテスト項目の削減を検証することができたため（項目数比 24%以上）。シミュレータ連携によるシミュレーション位置精度が高まったため（演算周期 0.1 S：10m/Sの移動体）。
<b>③ 立命館版ガイドライン及びリビングラボ運用に向けて</b>				
	アジャイルガバナンスに基づくテストベッドの構築と運用	担当 <b>行政部署を設置</b> し、ガイドラインに基づきアジャイルガバナンスを実現するスキーム完成。 <b>実運用</b> を前倒し実施。	○	プレ商用運用により2度のループを回し <b>ガイドラインの更新</b> を図れたため。 <b>実運用</b> については、2024年度（M社）の利用がによる運用ができたため。

# 実施項目①の成果と意義

## 主な事業成果

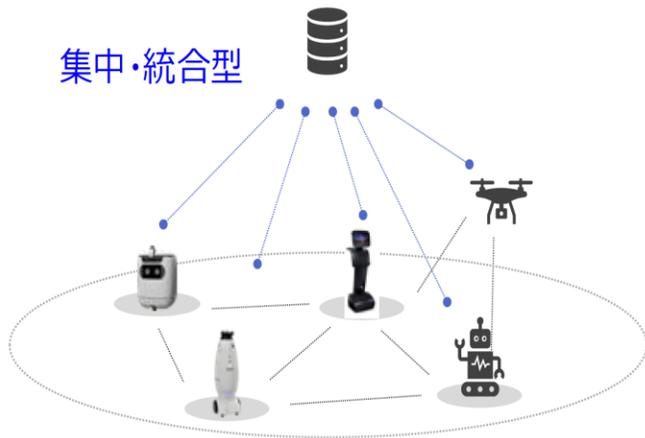
- インフラから取得するデータを解析することで、事業者データに依存することなく、第三者的にリアルタイムな状況把握が可能になること（これまでの事後・都度のやり取り → 即時のデータのやり取り）
- インシデント/ヒヤリハットに対応するガバナンスおよびソフトロー（ref. ISO13482+AI事業者ガイドライン）に基づく運用体制及びアジャイルなアップデートの仕組みを整備できた。
- ユーザーの主観データからサービスのリスクと価値をを発見する手法を開発することができた。

### これまで：全部・統合

各システム間連携・事業者からデータを取得  
（開発コスト・機微提供のハードル）

➔ 拡張性・維持コストに課題

集中・統合型



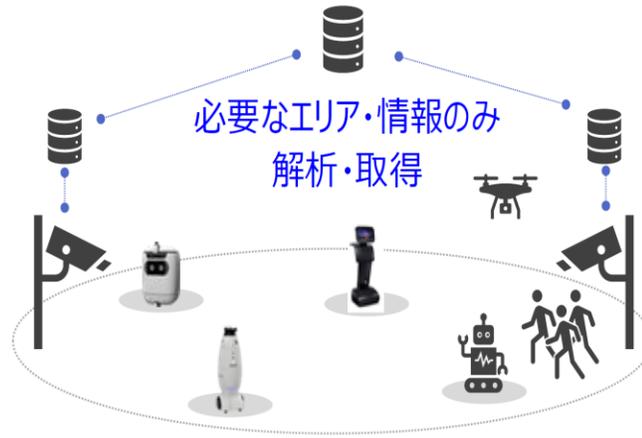
各IFやデータ形式の統一の開発が必要  
（事業者への負担大）

### 今回：限定・特化

インフラからのデータ解析・必要なデータを取得  
（設置したエリアのみ）

➔ モビリティの追加対応・維持管理がしやすい

必要なエリア・情報のみ  
解析・取得



映像解析技術・処理方法等、PF側での整備  
により、事業者負担なく展開が可能

## 内容

本ガイドラインの目的・概要	2
はじめに	2
用語定義	5
第1部 システム・オブ・システム（SoS）とは	6
第2部 SoS ガバナンスにより目指すべき社会とすべてのステークホルダが連携して取り組む事項	14
ステークホルダについて	14
SoS ガバナンスとは	15
基本理念	16
原則	16
全てのステークホルダに共通の指針	17
SoS ガバナンスの構築：アジャイル・ガバナンスを基礎とした仕組み	19
契約と法的義務について	22
第3部 各ステークホルダに関する事項	25
SoS ガバナンス実装の概要	25
SoS サービス提供側がすべき事項	27
SoS ガバナンス責任者（SoS および SoS サービスに係る最終責任者）	29
SoS プラットフォーム（SoS Developer）	31
SoS 提供者（SoS Provider）	35
サービス提供者	
SoS サービスを受け	
サービス受益者	
潜在的サービス	
イベントなどへの	
一般人が参加の	
サービスロボット	
社会受容性を高める	
補論 提言など	
【参考文献】	

SYSTEM OF SYSTEMS 運用ガイドライン：汎用版  
2025年3月31日（最終版）

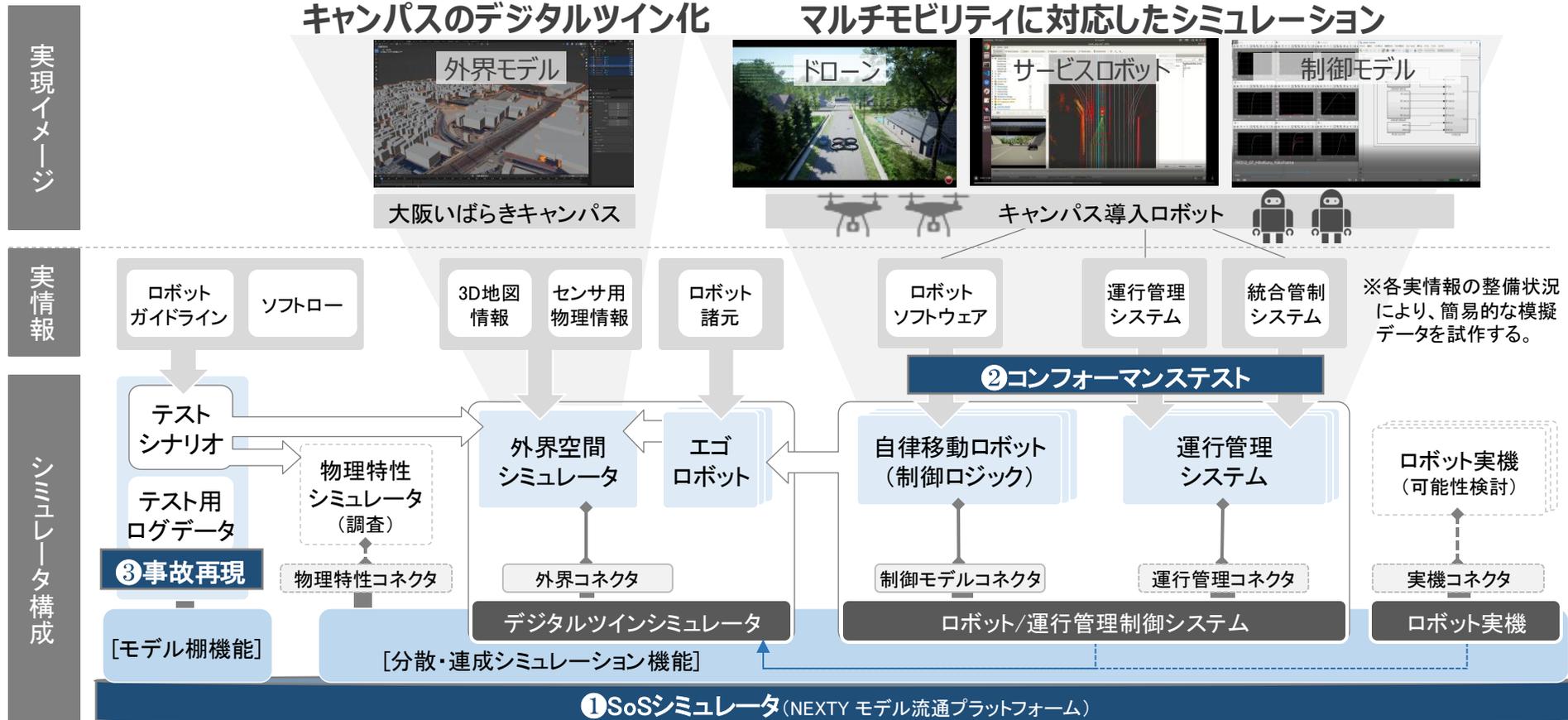


# 実施項目②の成果と意義

- 複数の自律分散型ロボットを検証する①SoSシミュレータを「モデル流通PF」を活用し実現
- 導入ロボットの情報連携機能搭載について②コンフォーマンステストと共に、各種ログからシミュレーション環境上で③事故再現方法を具体化
- 安全性・信頼性評価手法はロボットの業界で確立したものが無い為、自動車産業を参考に整備

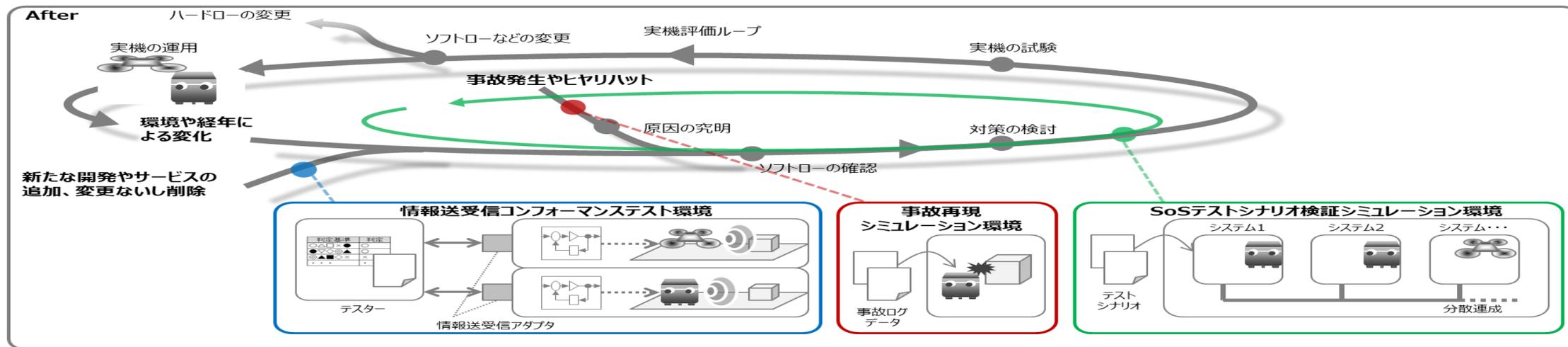
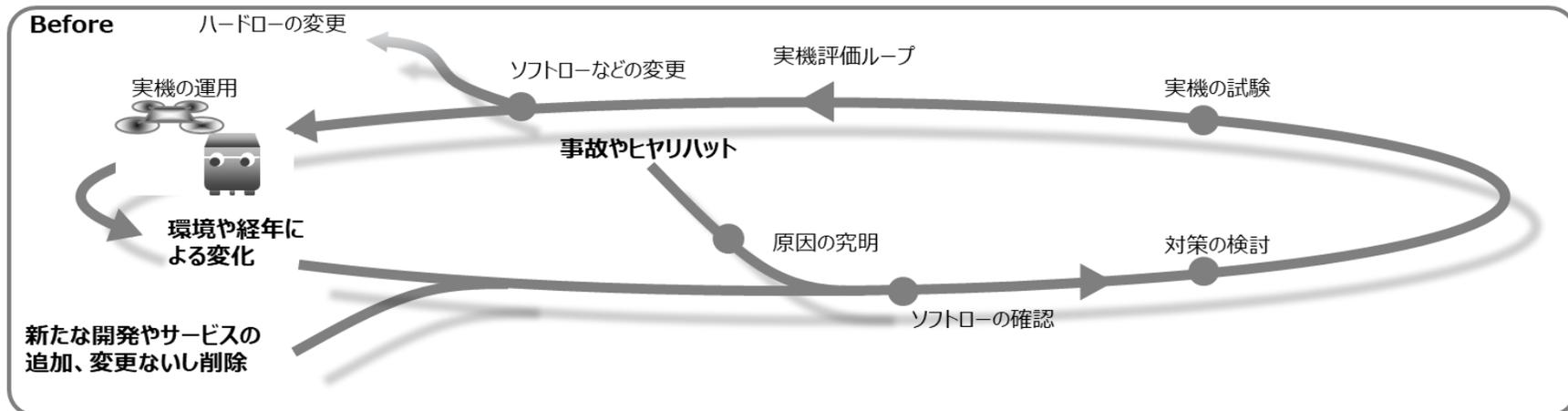
SoSシミュレータのアーキテクチャイメージ

参考取組



- 自動車(自動運転)
- 交通流観測データ等を基にした安全性評価用シナリオ
    - SAKURA Safety Assurance Kit for Reliable Autonomous Vehicles
  - 自動化システムのデータ国際標準化 OpenODD, OpenDRIVE, OpenSCENARIO等
    - ASAM
  - 自動運転安全性評価シナリオのオープンデータベース。自律移動ロボットに向けた検討の情報交換を計画
    - Safety Pool (Powered by doopen & GWMG)
- ドローン
- 自動車技術を活用・応用したドローンの制御ソフトの開発や安全性確保
    - JASA
  - ドローン空路シミュレーション/UTM
    - JAXA

# 実施項目②の成果と意義



人による作業からミュレーションへの置き換えによる省力化

複数の自律移動体の信頼性の確認に要する莫大なパターンでの試験をシミュレーションで省力化

## 課題

- 今後、サービスロボットやドローンなどの自律移動体を色々な組織や団体に普及させる為には、ASILのような安全規格、複数の移動体システム間の情報授受の基準や標準が必要であり、それらの検討や管理できる公益な団体の設立もしくは参加が必要である。

# 事業化の戦略・具体的取組: Beyond 立命館 OIC リビングラボ

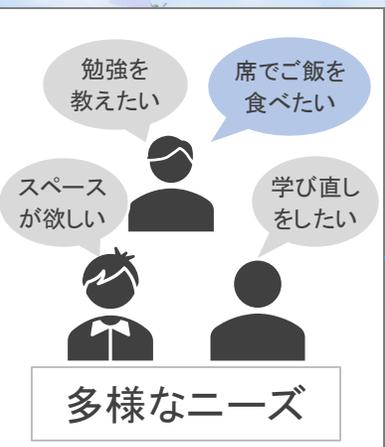


山本寛 研究室  
「SoSデータ連携PF開発」

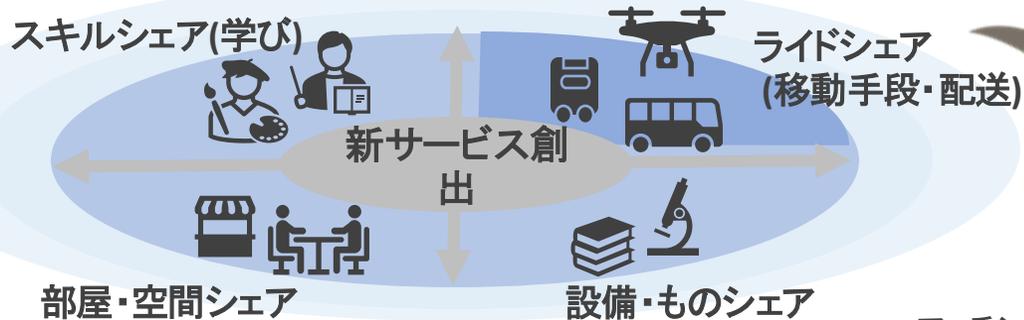
学生・市民



事業統括  
徳田昭雄  
荒川昭夫  
上原哲太郎



## ”Campus as a Service”



マッチング

マッチング



リアルタイムなデータ

フィードバック・制御



岡田志麻 研究室・富山宏之 研究室  
「ロボ&こころの距離モデリング他」

後藤智 研究室  
「VSNを用いた社会受容性測定ツール」



山田希研究室・稲葉光行研究室  
「ガイドライン更新」

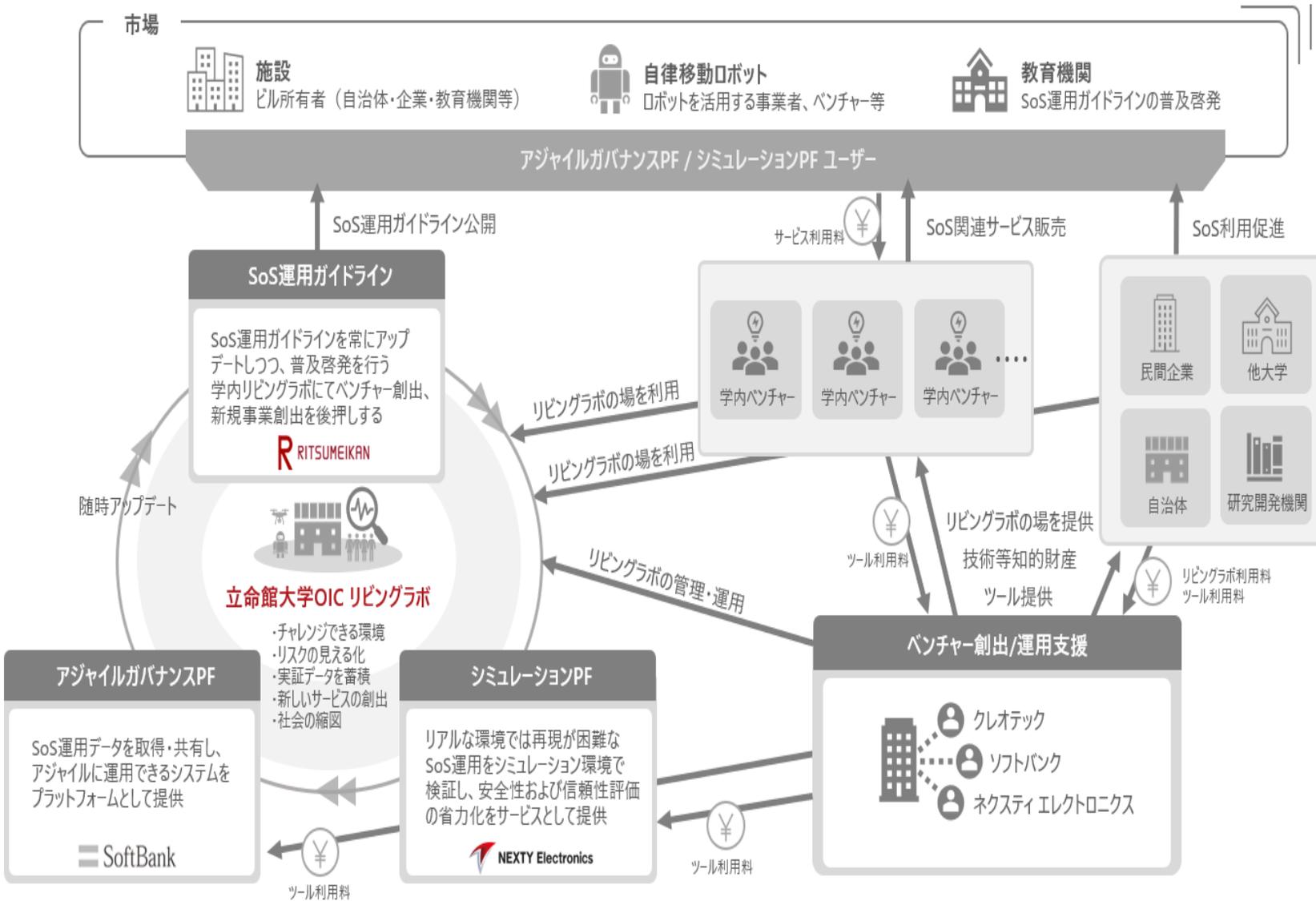


事業者



西尾信彦 研究室・村尾和哉 研究室・  
木村朝子 研究室  
「移動センシングと教室センシング」

# 事業化の戦略・具体的取組



実施項目	2025年度	2026年度	2027年度	2028年度	2029年度
ガイドライン外部公開	▶				
ガイドライン更新	▶				
テストベッド外部提供	▶				
サービス設計	▶				
外販・追加サービス設計			▶		
普及活動・営業活動	▶				

# アウトカム達成に向けた具体的取組:今後の展開

ビルOSや空間IDの取り組みとも連携しながら、様々な事業者が使いやすいデータ連携基盤として都市OSやウラノス・エコシステムへの展開・相互運用性の確保を目指す

