

第11回 自動車機能安全カンファレンス2023

人とAIが共進化する 未来の安全担保への取り組み

※AI : Artificial Intelligence (人工知能)

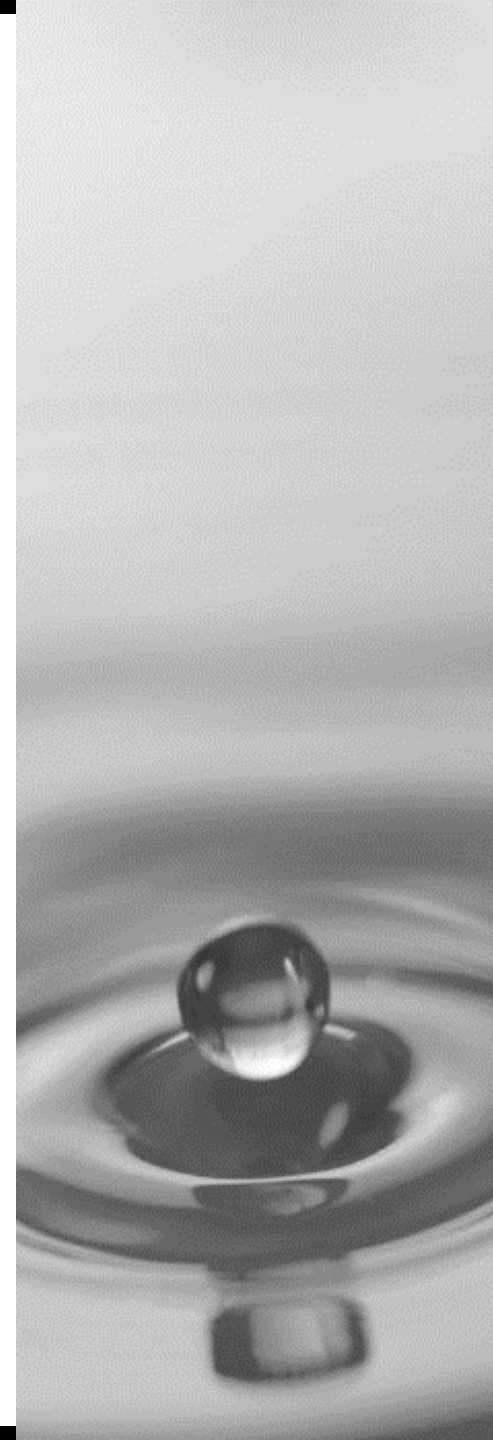
2023年12月6日

株式会社イマジナリー 取締役

株式会社ヴィッツ サービスデザイン事業領域 執行役員

HMCES Project プロジェクトリーダー

森川 聡久



自己紹介

安全性・信頼性の高い組み込みシステム開発が得意分野

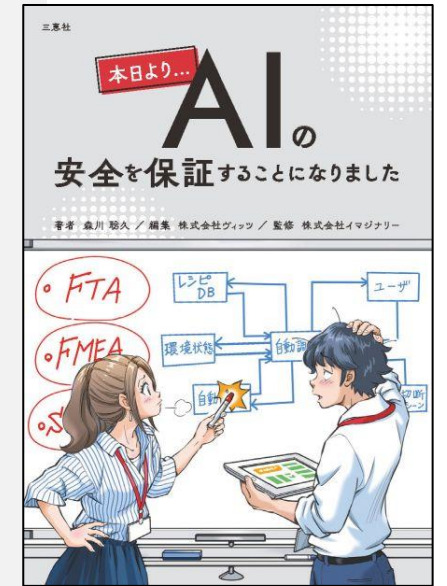


略歴

- 情報家電の組み込みソフト新規開発、車載系ソフトPF開発などを主に経験
- 2006年より機能安全開発に着手。2010, 2012年に機能安全プロセス認証取得を成功に導く
- 機能安全/製品安全/AI安全を中心に事業を牽引（国内100社以上の支援実績）
- AIの機能安全規格適合方法を整理し、国際的に技術提案（テクニカルペーパー公開）
- ISO/IEC JTC1 SC42 WG3にて、AIの機能安全規格（ISO/IEC TR 5469）策定に貢献
- 2022年11月：AIシステムの安全保証対策のポイントを、ストーリー仕立てで解説した本を出版

外部団体活動：

- 2007年～2013年：組み込みシステム技術に関するサマールワークショップ(SWEST)実行委員（内2008年～2012年 運営委員長）
- 2011年～現在：システム開発文書品質研究会(ASDoQ)運営委員
- 2013年～現在：MISRA-C研究会メンバ
- 2016年～現在：IoT住宅普及に向けた住宅設備機器連携の機能安全に関する国際標準化および普及基盤構築 規格作成WG委員会 オブザーバ
- 2017年～現在：組み込みシステム開発技術研究会(CEST)幹事
- 2019年～現在：AIプロダクト品質保証コンソーシアム(QA4AI)メンバ
- 2019年～現在：AI国際標準化 ISO/IEC JTC1/SC42 WG3エキスパート



2022/11/14発売
(Amazonより)



2022/7/1発売
(PDFのみ、日本規格協会より)

本日の概要

既存の安全規格やAI関連法規（整備進行中）等だけではカバーしきれない、
人とAIの共進化社会が目前に迫っている → **HMCES Project**にて課題解決中



活動概要
を紹介

■ 共進化社会における追加課題（AIシステムの既知の課題は省略）

• システムの進化による技術課題

• 常時更新（進化）し続けるシステムの品質安全保証

- 特定のベースラインに対して検証不可（リスク分析や検証を高速実施する方法が不明）

• 想定外の振る舞いをするシステムの品質安全保証

- SOTIF/機能安全での異常事象だけで不足がないと言えるか？
- 利用者が機械の進化に気づかないケースがある
- 予見可能な進化を止める方法がない
- 発生した深刻な事象から復帰する具体的な手順や方法論が確立されていない

• 人間との協調による課題

- 人間の振る舞いは特定困難なものが多い（個々の価値観で違いが生じる）

本日はご紹介する内容

1. 人とAIが共進化する未来社会

2. AIシステムの安全性立証技術の開発
(SEAMSプロジェクト)



3. 人間社会とAIの共進化を下支えする基盤技術の開発
(HMCESプロジェクト)



<注意事項>

今回ご紹介する弊社の活動は、まだ標準化や技術確立されていない新しい領域へのチャレンジでございます。
そのため、弊社の活動内容や考え方が正しいか否かは、現時点では未知でございますので、あくまで1つの参考としてご活用ください。

1. 人とAIが共進化する 未来社会

我々が思い描く未来社会

【日本の重要課題】

- ① **生産性低下** (少子高齢化→労働人口激減、勤務時間短縮、etc)
- ② **幸福を感じにくい社会** (世界幸福度ランキング低(54→47位)、国際的なプレゼンス低、etc)

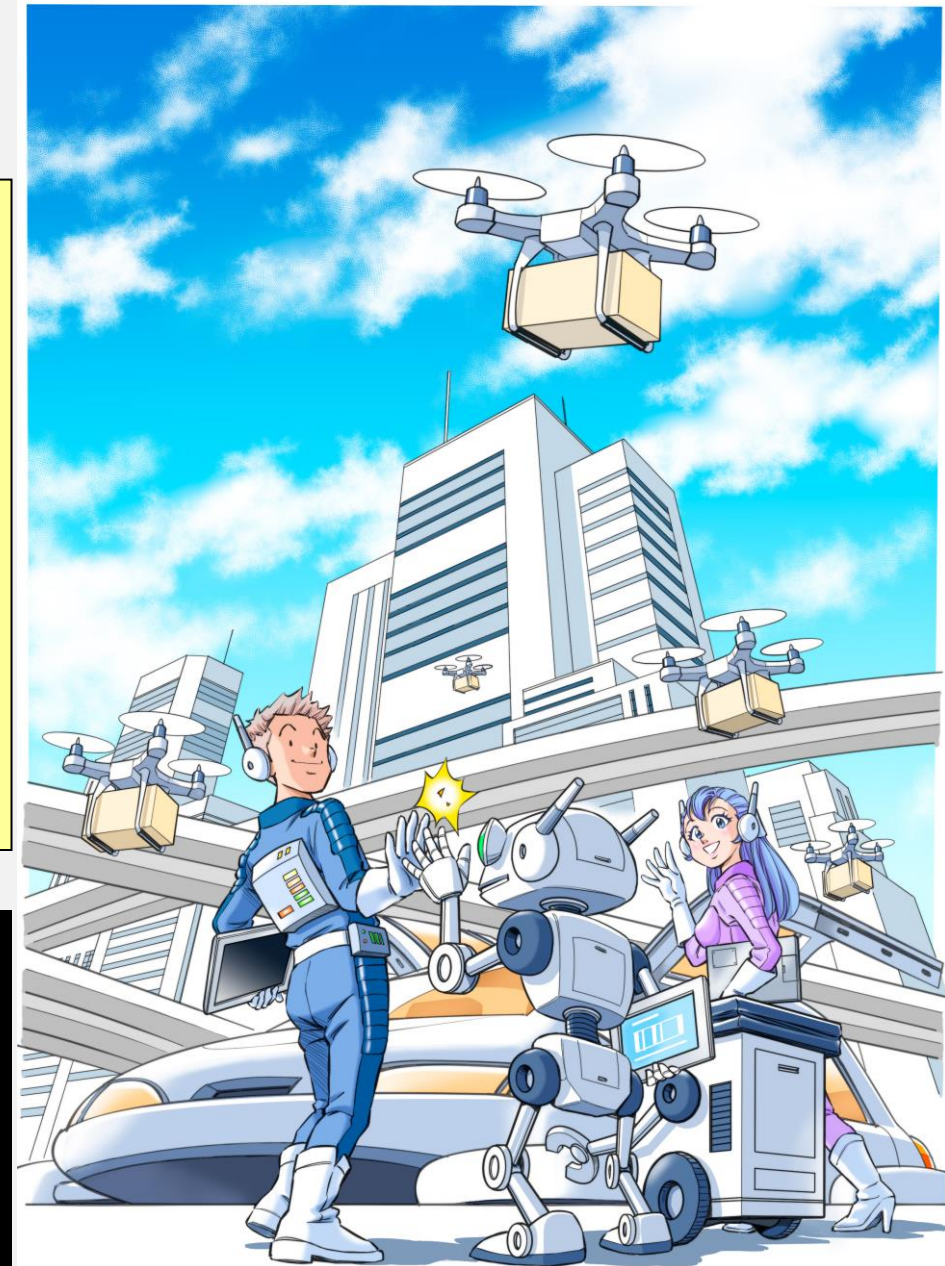
大
変
革

【未来社会の理想像】

人と機械(AI)の『**高度な共生社会**』の実現
(**個々人に最適化**されながら、人間社会の**生産性・利便性・安全性・幸福**が**改善**し続ける)

人・機械(AI)・社会の『**共進化**』が必須だろう

- ① AIシステムの継続的な高度化【機械(AI)の進化】
- ② 個々の人間の価値観・行動の変化【人間の進化】
- ③ 社会基盤・生活様式など、社会システムの継続的な変革【人間社会/環境の進化】



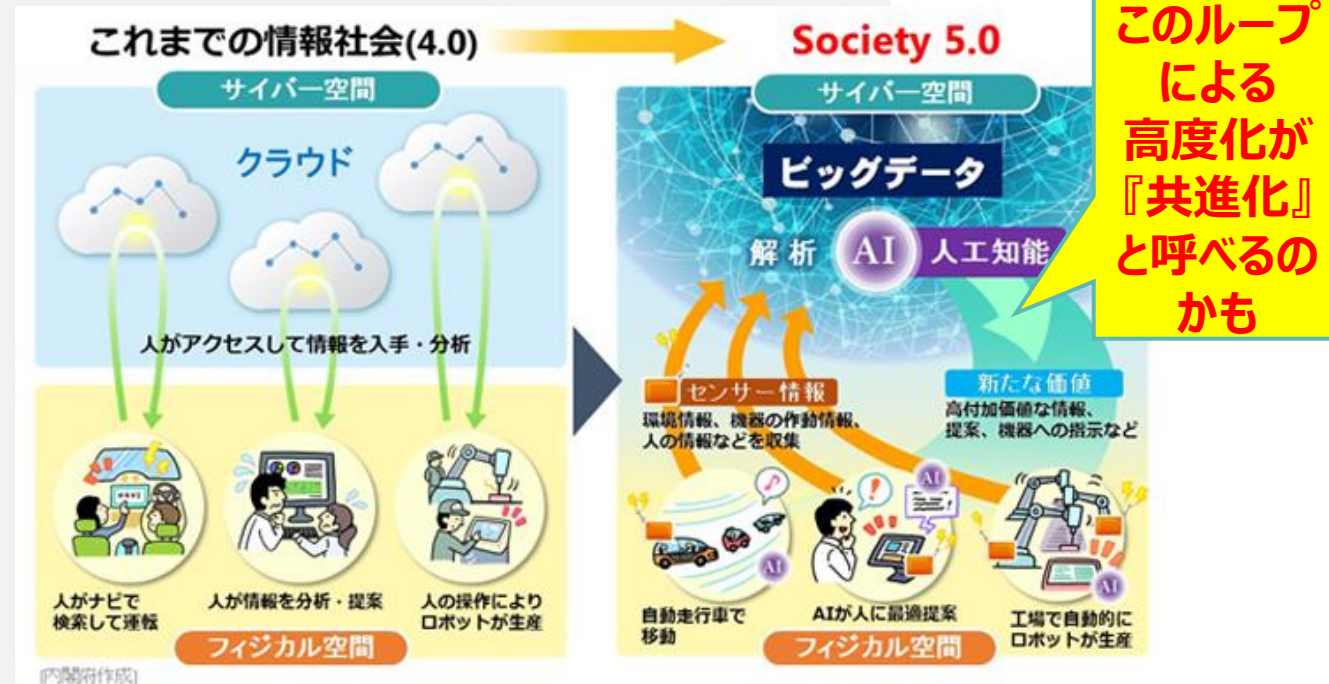
人・機械・人間社会の『共進化』の例：スマホの普及

Step	進化対象	進化の概要
1	機械	<ul style="list-style-type: none">iPhoneは、十数年前に登場した際には、限られた操作手段しかなかった。（進化が未知のままスタート）バージョンアップを重ねて、機能や操作方法が改善された。
2	人	<ul style="list-style-type: none">人間側が操作に慣れてきた。
3	機械	<ul style="list-style-type: none">人が無理なく使えるようになったため、機能を無理なく増やしていった。
4	人間社会	<ul style="list-style-type: none">他社製スマホも発売され、スマホを持つことが当たり前に普及した。
5	人・機械	<ul style="list-style-type: none">豊富な機能を、応用活用するようになった。簡単にアプリを作ることができるようになった。（⇒機械側の機能拡充）
6	人間社会	<ul style="list-style-type: none">働き方の改善（ツールによる効率化、場所の自由、コミュニケーション手段の改善、etc）子供でもビジネスへの参入が容易に（簡単にアプリ開発が可能、etc）

『共進化』はSOCIETY5.0を実現するための重要技術

※引用：内閣府による説明サイトより (https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/index.html)

- Society 5.0とは
 - サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を**高度に融合させたシステム**により、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会（Society）
- Society 5.0による**人間中心**の社会
 - Society 5.0では、ビッグデータを踏まえたAIやロボットが今まで人間が行っていた作業や調整を代行・支援するため、日々の煩雑で不得手な作業などから解放され、**誰もが快適で活気に満ちた質の高い生活**を送ることができるようになります。



- 国際的には**Industry 5.0**として、欧米中にて取り組み活発化

人とAIが共進化する未来社会の安全を立証するには？

G01 : 人と機械(AI)の『高度な共生社会』
の安全が維持できている

S01 : 想定条件内 (人が機械を (便利な道具として) 使う関係)
と未知条件時 (人と機械が共進化する関係) の両面の安全を担保

SEAMS + 3D Simulator
自動運転レベル4の安全

SEAMS

AIシステムの機能安全

G11 : 人/機械/
環境の持続的な変
化が生じても安全
を維持できている

共進化社会を
支える安全技術



G12 : 現在のAIシステム+人+環境
の安全が検証済みである

G21 : SOTIF対応

G22 : AIシステムの機能安全対応

G31 : AIコンポーネント
の機能安全対応

G32 : AI&非AIコンポーネ
ント統合の機能安全対応

G33 : 非AIコンポーネント
の機能安全対応

従来の機能安全

【課題】
既存標準(国際規
格等)では未対応

2. AIシステムの 安全性立証技術の開発 (SEAMSプロジェクト)



SEAMS



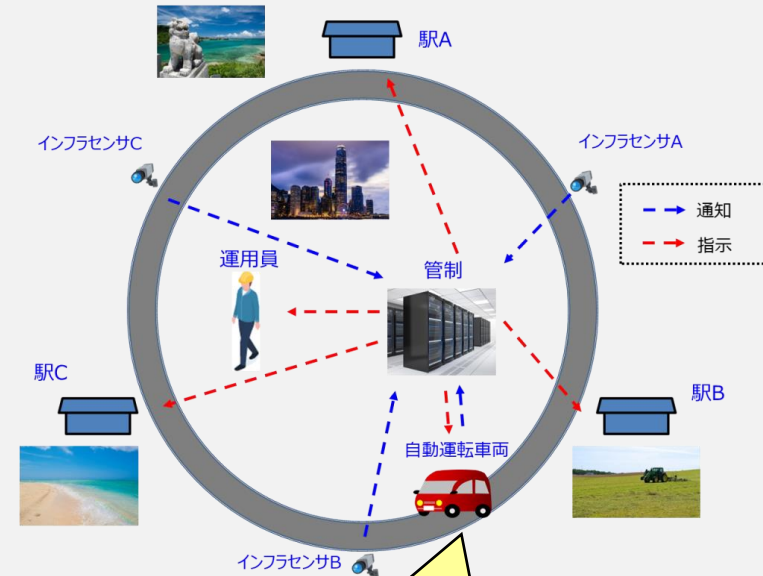
SEAMSプロジェクト <https://www.seams-p.jp/>

中部経済産業局 平成29年度 戦略的基盤技術高度化支援事業 (2017年10月~2020年3月)

SEAMS 「自律的自動運転の実現を支える人工知能搭載システムの安全性立証技術の研究開発」

パイロットシステムを対象にした
具体的な分析・設計・評価の実施

リゾート地における無人輸送サービス
自動運転車両による限定区内輸送システム



**ドライバ無しの自動運転車両
(自動運転レベル4)
最高速度 50km/h**

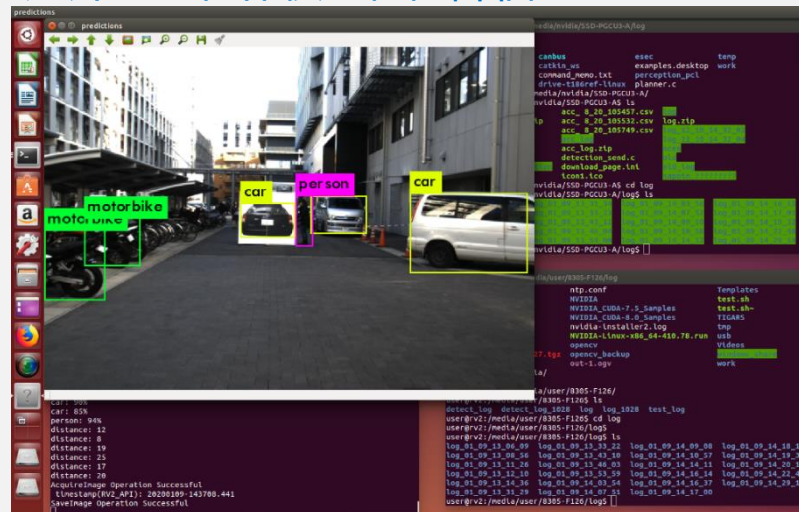
自動運転仮想検証システムViViDを用いた試験



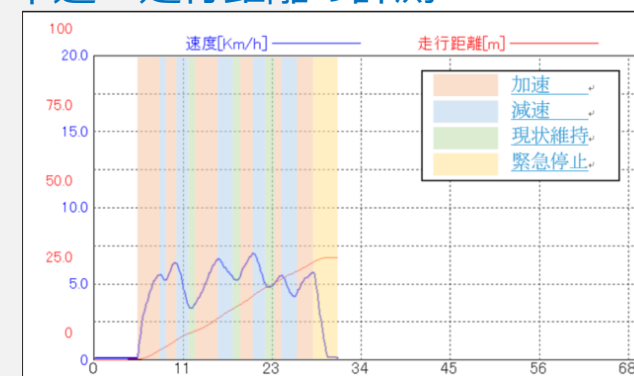
シャーシダイナモ施設における動作確認および走行試験



屋外での物体検出性能評価



車速・走行距離の計測



シミュレータ環境及び自動運転車両 (ゴルフカート) を用いた実機環境で、実証実験を実施

SEAMSガイドラインが提供するもの

SEAMSガイドラインが提供する主な技術要素

- AIシステムの機能安全設計・評価技術
- AIシステムの説明性の高い開発・学習プロセス
- 信頼できる機械学習の構築方法、評価方法
- AIの説明可能なモデリング手法
- DNNのトレーサビリティ手法
- 機械学習のデザインパターン、アンチデザインパターン
- 不確実性分析方法
- AIのサイバーセキュリティ対応
- 各種最新AI標準のまとめ
- 自動運転システムの安全性立証技術
- 他

実開発を踏まえて
開発者が楽になるもの
を開発者目線で整備

AIシステムの 安全基準適合支援ツール (SEAMSガイドライン)

- 手順書
- テンプレート
- チェックリスト
- 技術カタログ
- 開発成果物作成例
- 検証ツール など

自動運転やAIシステムの安全基準適合支援ツール（総称：SEAMSガイドライン）

開発者が実活用可能な「**具体的な設計/評価手順**」「**実施事例**」「**ツール**」などを提供

ガイドライン名称（AI安全）	種別	活用効果
AI搭載システムの安全設計ガイドライン	技術カタログ 開発プロセス	・AI搭載システムの設計・評価方法、プロセス構築方法、各国規制対応などの安全技術を総合的に習得
自動運転AIのUL4600への適合方法	解説書 チェックリスト	・UL4600のAI要求に適合するための具体的な対応方法を習得
GDPRに対応するためのAIのホワイトボックス化方法	解説書	・GDPR要求に適合するための、さまざまなAIのホワイトボックス化技術について習得
AI搭載システムの欧州CEマーキングへの適合方法	解説書 チェックリスト	・将来CEマーキング要件に組み込まれるであろう欧州AI規制（EU AI Act）への適合方法を習得
AI規制対象国への適合方法（対象国：シンガポール／マルタ／ドバイ／カナダ）	解説書 チェックリスト	・対象国の規制に適合したAIシステムの構築方法を習得
AIモデルを機能安全規格(ISO26262,IEC61508)に適合するための 定量評価 方法	手順書	・AIモデルの具体的な定量評価手順に従うことで、機能安全適合AIとして評価
AIモデルの開発文書 テンプレート・チェックリスト・作成例	テンプレート 具体事例	・AI開発プロセス構築時の参考・ベースとして活用 ・AI開発の説明性向上の参考として活用

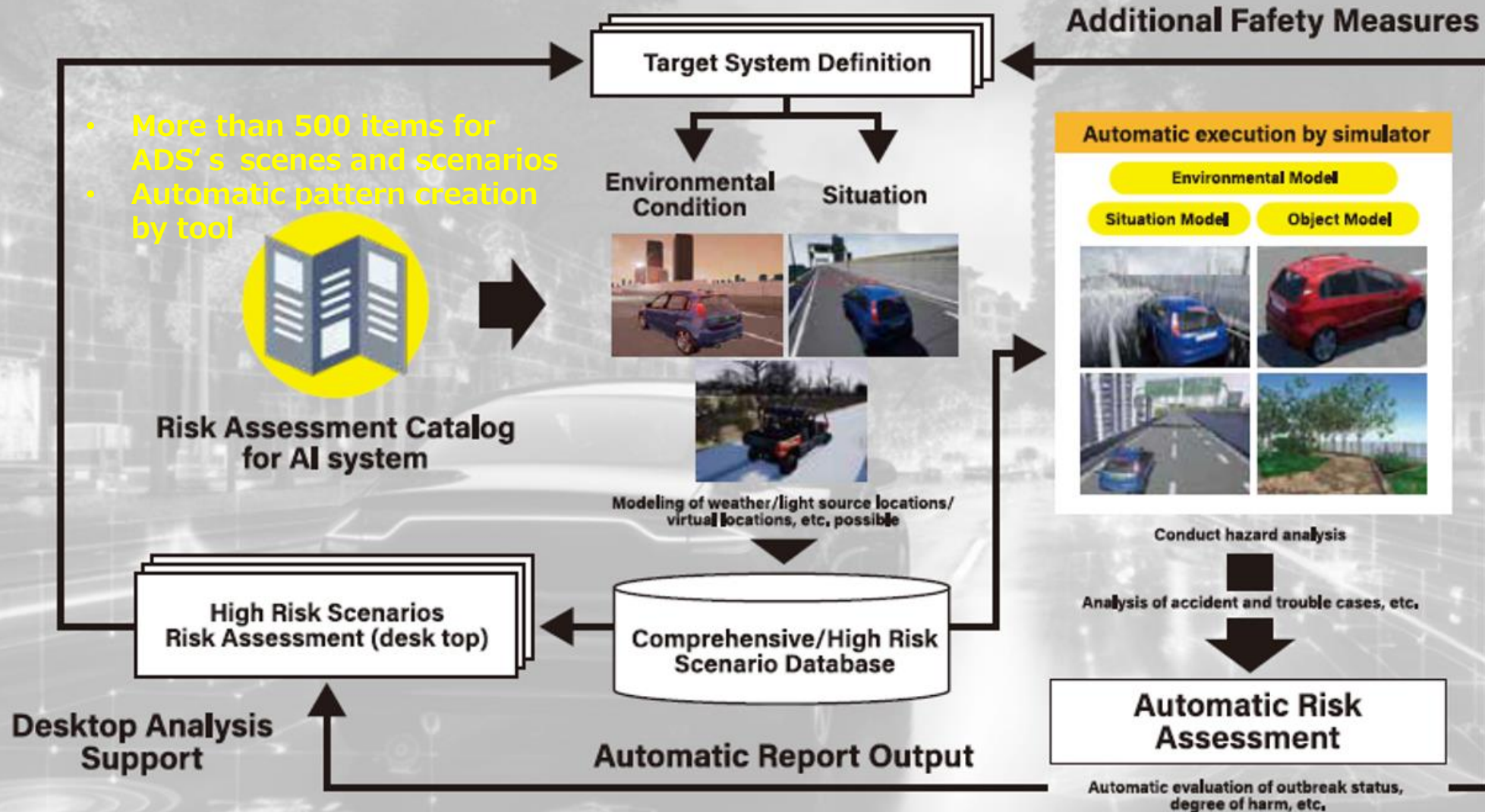
自動運転やAIシステムの安全基準適合支援ツール（総称：SEAMSガイドライン）

ガイドライン名称（自動運転安全）	種別	活用効果
ODDのための自動運転用リスク評価カタログ	ツール	<ul style="list-style-type: none"> 自動運転の検証シナリオの網羅性を保証 爆発する検証パターンを効率化し、検証コストを削減
自動運転レベル4システムの安全設計事例	具体事例	<ul style="list-style-type: none"> 国際認証機関の相場観を踏まえた自動運転システムの安全設計、安全性論証の具体策を習得
ISO21448(SOTIF)対応のための効率的なSTAMP/STPA実施方法	手順書	<ul style="list-style-type: none"> 自動運転システムに対する網羅的且つ効率的なSTAMP/STPAの実施ノウハウを習得

【NEW】

ガイドライン名称（AIシステム開発支援）	種別	活用効果
既存のAI開発支援プラットフォーム	調査報告書	<ul style="list-style-type: none"> AI開発をこれから始める方向けに、多大な種類が存在する既存のAI開発支援プラットフォーム（29種類）のベンチマーク結果
人間とAIの協調に関する技術	調査報告書	<ul style="list-style-type: none"> AIシステムをこれから導入・運用する方向けに、先進的な研究結果（14の技術文書）を踏まえた運用上の要件を提供
人間とAIの協調システムの運用環境構築方法	調査報告書	<ul style="list-style-type: none"> AIシステムを運用されている方向けに、システムの状態の見える化と分析の効率化を促進し、運用を改善するための環境構築方法として、4つのパターンを提示
物体検出AIモデルの検出性能の分析報告書	実施事例	<ul style="list-style-type: none"> 既存の物体検出AIの特性（主に誤検出する苦手条件）を分析した結果事例。AIの弱点を把握し、改善するための指針を提示

The Case of Automotive Development



3. 人間社会とAIの共進化を 下支えする基盤技術の開発 (HMCESプロジェクト)



【再掲】人とAIが共進化する未来社会の安全を立証するには？

G01 : 人と機械(AI)の『高度な共生社会』
の安全が維持できている

S01 : 想定条件内 (人が機械を (便利な道具として) 使う関係)
と未知条件時 (人と機械が共進化する関係) の両面の安全を担保

SEAMS + 3D Simulator
自動運転レベル4の安全

【課題】
既存標準(国際規格等)では未対応

G11 : 人/機械/
環境の持続的な変化が生じても安全
を維持できている

共進化社会を
支える安全技術



G12 : 現在のAIシステム+人+環境
の安全が検証済みである

SEAMS

AIシステムの機能安全

G21 : SOTIF対応

G22 : AIシステムの機能安全対応

G31 : AIコンポーネント
の機能安全対応

G32 : AI&非AIコンポーネ
ント統合の機能安全対応

G33 : 非AIコンポーネント
の機能安全対応

従来の機能安全

「機械の潜在能力を持続的に向上させる 共進化(Co-evolution)ガイドラインの研究開発」

従来技術の課題

要求の継続的な変化に追従できない
 技術の進化に伴い、人々の満足する閾値は変化しつづけている。要求の持続的な変化を充足させるためのガイドラインが整備されていない

機械と人の最適配置ができない
 機械と人は区別されており、協働するための仕組みは整備途上にある

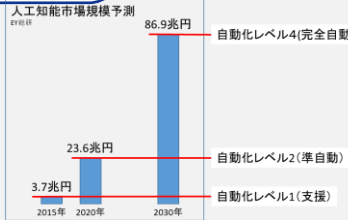
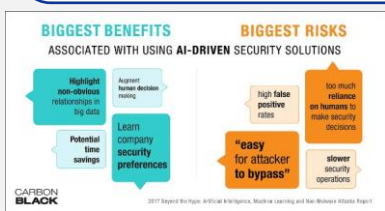
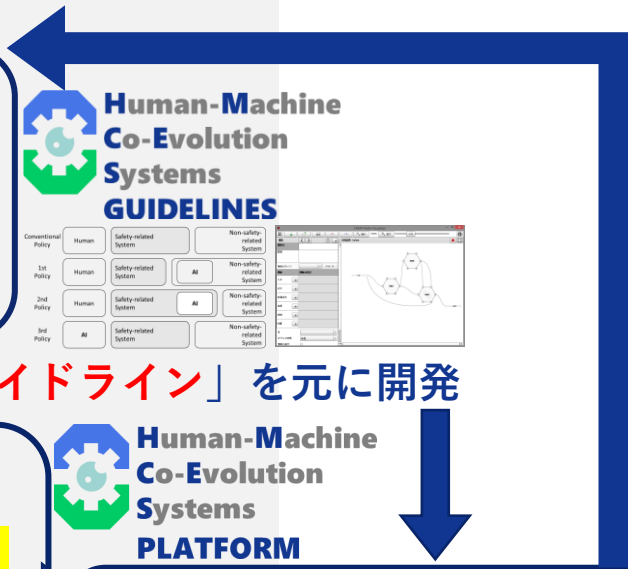
人工知能への信頼不足
 人工知能への期待感は年々向上し、革新を起こすことを期待されているが、正しく技術が評価されるためのルール・法整備が遅れている

人と機械の協働を実現することで「共進化」を推進

新技術による解決

機械の潜在能力を持続的に向上させる共進化ガイドライン
「HMCESガイドライン」
 人-機械が共に進化することで、生活環境、労働環境の改善を実現し、安全・安心を実現する工程を明確にする

人と共に進化する機械向け共進化プラットフォーム
「HMCESプラットフォーム」
 HMCESガイドラインに則した共進化を実現するためのプラットフォームを開発、オープンソースとして一般公開し、利用企業の参入障壁とコストを下げる。



課題

- ・ 要求の変化に対して柔軟な変化ができない
- ・ 人-機械のすみ分けによる最適化の阻害
- ・ 人工知能の活用が不十分な状況

川下企業の課題

- ・ 変化しつづける製品への要求への追従ができない
- ・ イノベーションを起こすための土台構築が難しい

特徴

- ・ 人-機械が協働できる環境の実現を支援
- ・ 持続可能な改善を提供し、DXの架け橋となる技術
- ・ 投資額を抑えるためのオープンソース提供

川下企業のメリット

- ・ ソフトウェアによる製品の高付加価値化の実現
- ・ 生産性、安全性が向上することで社内変革を実現



研究実施体制

※アドバイザー/オブザーバーとして
ご協力いただける企業様募集中！

中小企業庁



公益財団法人
中部科学技術センター
(管理法人)

研究実施機関

株式会社イマジナリー(PL)
(機能安全)



国立大学法人 名古屋大学(SL)
(安全・セキュリティ)



UNIVERSITY

株式会社ヴィッツ (システム設計)
株式会社アトリエ (安全工学)



合同会社Gomes Company (人工知能実装)

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
(協調安全)



川上・川下ネットワークを
利用したコンソーシアム活動
産官学連携による推進

アドバイザー

スズキ株式会社

人-機械の協調制御の助言

株式会社アイシン

人-機械のコミュニケーションの助言

三菱電機 情報技術総合研究所

産業機械知見による助言

一般財団法人 日本自動車研究所

安全・サイバーセキュリティに関する助言

コベルコ建機株式会社

建設機械知見による助言

株式会社UL Japan

品質・安全の専門家視点での助言

オブザーバー

(未登録協力者)

株式会社明電舎

自動運転などの安全性評価システム開発者視点での助言

DNV ビジネス・アシュアランス・ジャパン株式会社


認証機関という安全の専門家の視点での助言

株式会社日立製作所

自動制御システムの研究従事者の視点での助言

「共進化社会を支える安全技術」の構築に向けて

HMCES Projectでは、既存の関連技術を参考に**実用に向けた整理**を行い、**システム開発適用**と、**ガイドやプラットフォームの整備**を進めております。

技術要素	技術課題	既存の関連技術
人と機械間の信頼関係構築技術・協調技術	<ul style="list-style-type: none">・人間の状態の測定と評価方法・お互いの信頼関係の評価方法・人間と機械間の通信・情報共有方法・お互いが進化（変化）し続ける状況での適切な進化のあり方	<ul style="list-style-type: none">・Human-Machine Teaming (HMT)・人間の行動分析学・協調安全・AI倫理（各種AI標準化文書）
信頼できるAI	<ul style="list-style-type: none">・AIの信頼性保証技術（検証の十分性、学習データの妥当性、安全論証方法など）・AIの信頼性保証に要する膨大なコスト・労力	<ul style="list-style-type: none">・AIの性能高度化・AIの品質安全立証技術 (SEAMSガイドライン)  SEAMS
自ら学習し成長するAIと更新技術	<ul style="list-style-type: none">・成長し続けるAIの信頼性の担保方法・成長し続けるAIの継続的更新方法	<ul style="list-style-type: none">・AIの性能高度化・強化学習・DevOps
未知の未来に対する安全安心を担保する技術	<ul style="list-style-type: none">・未知事象への安全保証/安全論証方法	<ul style="list-style-type: none">・レジリエンスエンジニアリング (Safety II)・協調安全

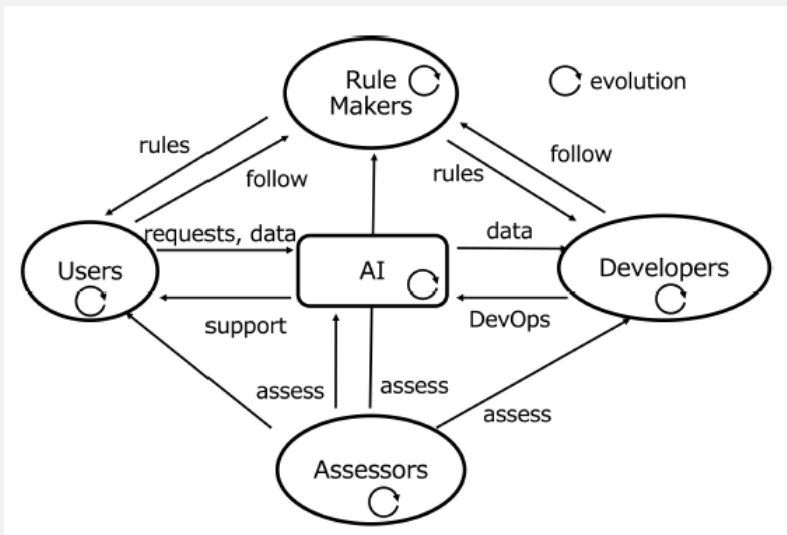
※太字はHMCES Projectにて注力している技術

【研究実績】 共進化ガイドブックのドラフト作成&コメント獲得

- 共進化システムの定義、共進化システムを構成するステークホルダの定義を整理
- 共進化システムライフサイクルの定義を、ISO/IEC 23053のAIシステムライフサイクルをベースに整理
- 共進化システムライフサイクルの各フェーズ毎に、人-機械の共進化に必要な要件を整理
- 共進化ガイドブックを国際学会（SafeComp2023）のプレゼン&ポスターブースにて紹介し、国際的な専門家からのフィードバックコメントを獲得

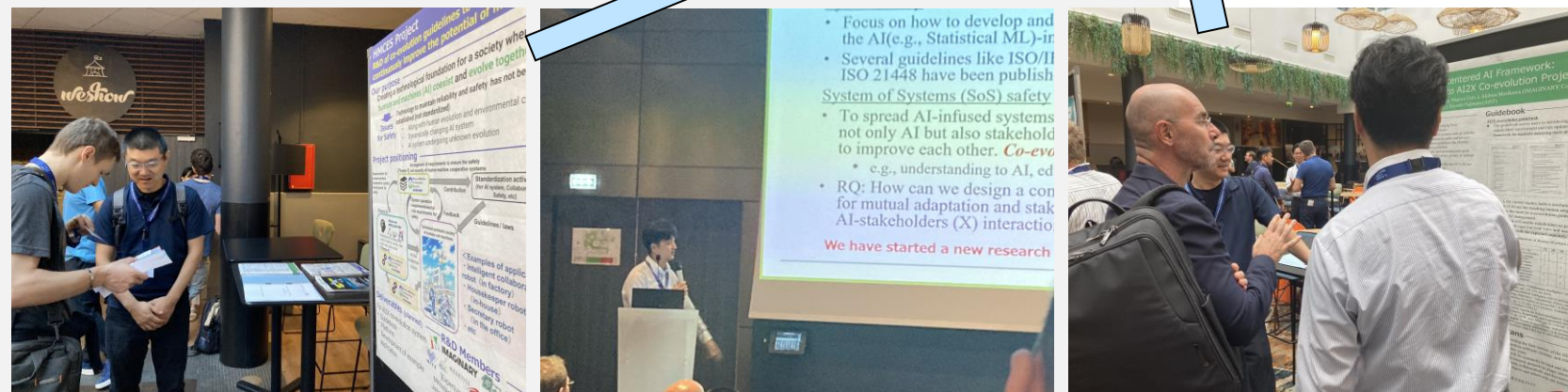
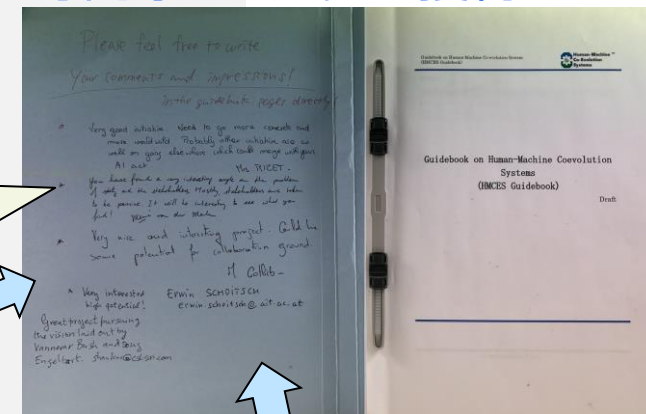
■ 研究活動ならびにガイドブックを紹介し、専門家から意見を獲得

■ 共進化システムとステークホルダの定義



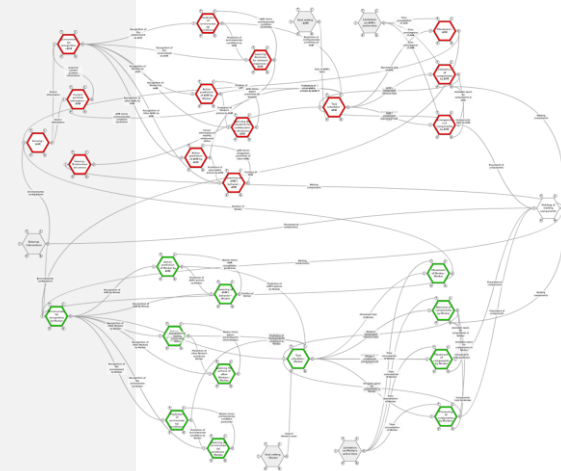
<主なコメント整理>

- 本活動の必要性などポジティブな評価
- 類似研究活動とのコラボ/融合希望
- 技術課題：ステークホルダ毎（異なる立場）の説明責任方法、PFの機能への期待



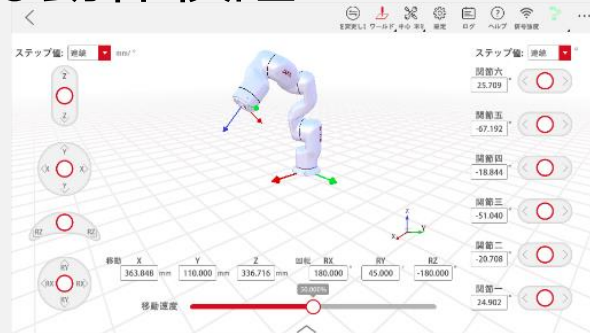
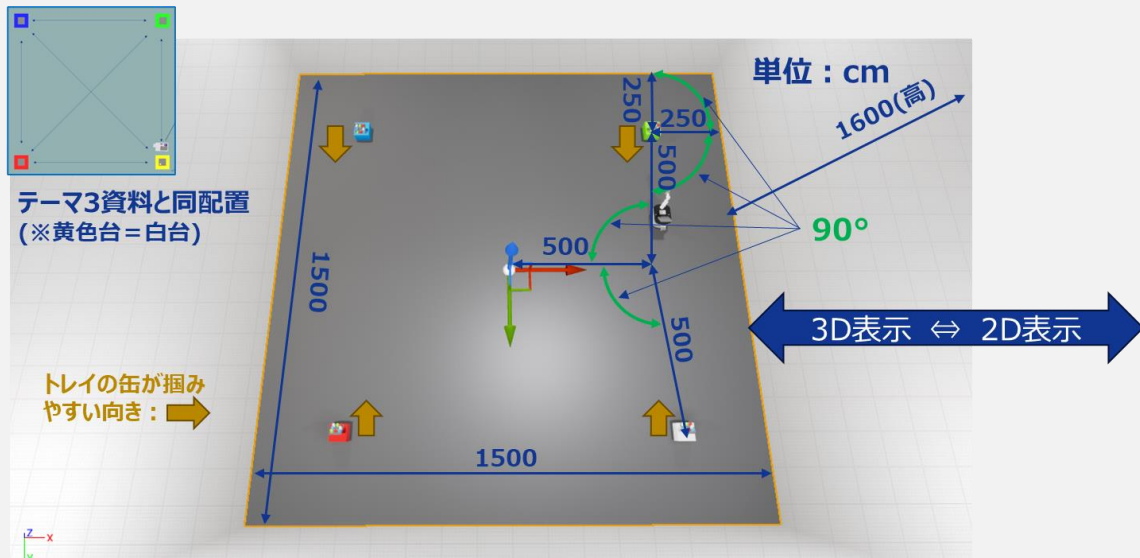
【研究実績】共進化システムの検証手法開発の取り組み

- ・ 2023年9月 欧州の安全の知見者と技術検討実施
- ・ 変化し続けるシステム、未知のシステムに対し、安全性を検証する手法について、具体的なアプリケーションを題材に検討
- ・ 獲得技術
 - ・ 共進化システムを分析・評価するための**モデリング、分析・評価方法**のコツ
 - ・ 共進化システムの安全性を**形式検証**するための方法
- ・ 今後、共進化ガイドブックにフィードバック予定

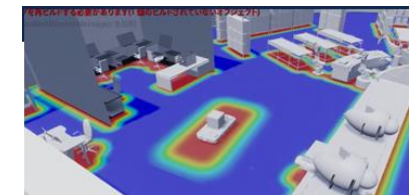


【研究実績】共進化パイロットシステム開発ならびに評価

- 共存・協働ロボット開発
 - システム構成：手（アームロボット）、足（自律搬送ロボット）、目（カメラ）、耳&口（AIコンシェルジュアプリ）
- 人とロボットが、共通空間にて、分担しながら業務を実施
 - 拠点での作業 + 拠点間の移動
- 人のスキル向上、ロボットの性能向上等のお互いの変化に応じ、共に振る舞いが進化
- 仮想空間上に同様システムを構築し、柔軟な動作検証
- 現在、仮想空間上に人のモデルを構築中



極力忠実に仮想化



① K-DIVE® (= 遠隔操縦)



K-DIVE®

- ・ 重機の遠隔操作システムと稼働データを用いた現場改善ソリューション
- ・ 建設業界の課題を解決するため、「誰でも働ける現場」への変革を支援
- ・ 現場で働く人を起点とした、3つの価値を提供

本質的な安全性の確保

現場生産性の向上

多様な人材の活用

現在

Phase 1

固定ヤードでの作業



金属スクラップヤード・
産廃処理ヤード・
土砂ピットなど、
固定ヤードの重機を
遠隔操作。

2025年開始予定

Phase 2

一般土木現場での作業



一般土木現場や
造成現場など、
工期の短い現場の
重機を遠隔操作。

Phase 3

マッチングサービス



効率的な人材育成を
サポートし、
就業者の裾野拡大に
貢献。

サービス開始に向けて開発推進中



コクピットから操作

通信



遠隔重機

② 自動運転

- ・ 複数の重機を自動運転するシステムで現場生産性を格段に向上。
- ・ ゼネコン様との協調で実現場を見据えた施工管理や安全ルール化等も推進。



1人で2台同時の自動運転を達成



タブレットから指示

通信



自動運転重機

遠隔と自動運転の組合せで人の生産性を向上し、働く人が活躍できる建設現場を目指す！

【支援事例】ラピュタロボティクス(株)様 自動フォークリフト

- 荷物を自動でピック ➡ 搬送 ➡ ドロップ
- 活用場所：物流業倉庫、製造業倉庫、製造業生産ラインなど
- 複数台の自動フォークリフトが同時に稼働
- **作業者と自動フォークリフトの完全共存空間における安全性確立中**
- 機能安全をアジャイル開発で柔軟に対応し、高い生産性を実現！



入庫／出庫作業

仮置き場～棚への搬送／棚からのピッキング*～仮置き場への搬送

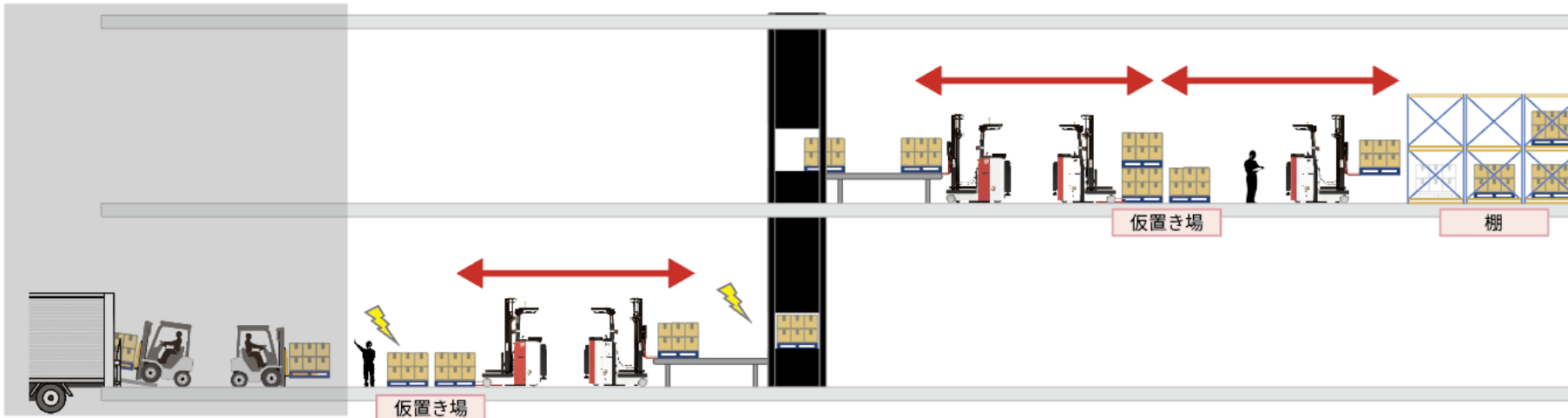
荷卸し／荷積

仮置き・検品

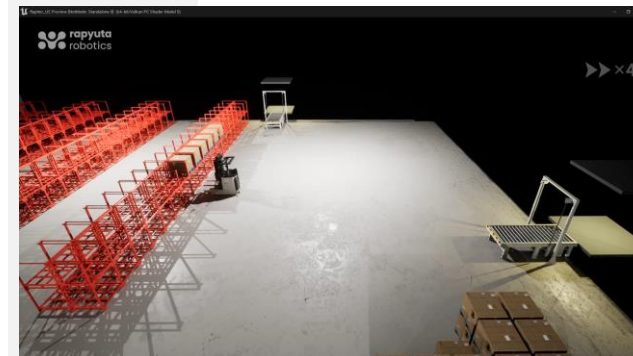
仮置き⇔垂直搬送機

垂直搬送機⇔仮置き

格納／ピッキング

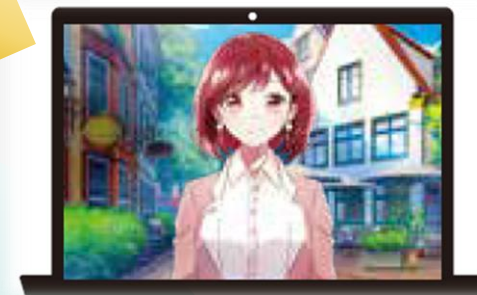


※自動フォークリフトでの格納を前提とする



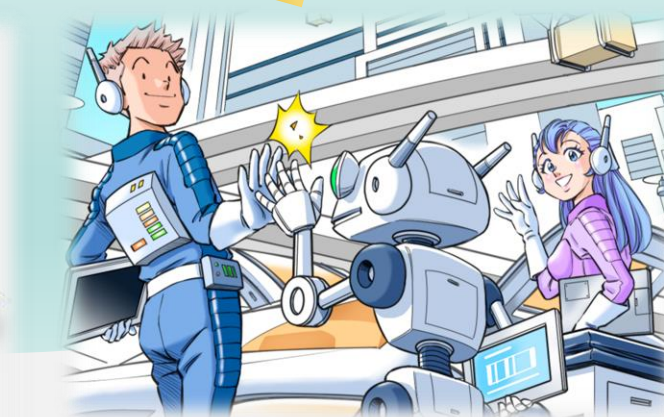
まとめ

当社グループの保有する安心安全を担保する技術を結集して 我々は未来社会に貢献してまいります



<主な技術支援>

- ・ツール/マテリアル販売
- ・コンサルティング
- ・研修講師
- ・エンジニアリング
- ・評価、監査
- ・システム構築



THANK YOU!

株式会社イマジナリー

☎ +81 50 5211 5282

取締役

✉ morikawa@imaginary-inc.jp

森川 聡久

🌐 www.imaginary-inc.jp