



未来社会創造事業 探索加速型「超スマート社会の実現」領域

サイバー世界とフィジカル世界を結ぶモデリングとAI

製造業に革新をもたらすスマートロボット技術の開発

成果発表会

令和5年12月12日

代表者	慶應義塾大学	大西 公平
分担者	京都大学大学院	森本 淳
分担者	産業技術総合研究所	山崎 啓介

日本の製造業の課題

日本の製造業が生み出す付加価値の多くは作業対象の形状や特性の変化が大きい非定型作業に依存しているが 自動化が進んでいない

一方で 現状の（力触覚のない）産業用ロボットではその実現が不可能



課題の解決：スマートロボットによる非定型作業の自動化

力触覚のあるロボットにAIを搭載しスマート化することで
非定型作業を自動化し 未来社会を創造

リアルハプティクス + AI でロボットをスマート化して製造業に革新を

● リアルハプティクス技術とは・・・

■ 触る感覚（力触覚）を数値化し伝送する技術

✓ 「聞く」(電話 19世紀)、「見る」(テレビ 20世紀)に続く「触る」感覚の伝送技術(慶大 2002年)

■ 非定型作業の自動化には力触覚が必要 ⇒ ロボットには「力触覚」が必須

✓ 力触覚が無いロボットは
対象を壊してしまう



✓ 力触覚があれば 脆弱物でも
優しく握める



Courtesy by Motion Lib Co.

リアルハプティクス(RH)の有無で 実際の作業に違いが出る

- 柔軟物、複雑なワークピース、不定形物体の作業ではRHが無いと自動化が出来ない



硬いワークピースをベルト
サンダーに押し付けること
自体が困難



ワークピースがベルト
サンダーにうまく押し
つけられて自動研削
作業が可能

- 人手による作業の自動化には 人が持っている作業スキルが必要
 - ロボットが人のスキルを習得する技術の開発 ここにRHとAIが必要

スマートロボットの開発

現状 RHで遠隔作業は可能
しかし・・・

- AIは不要で 人のスキルは作業
者の中でクローズ（取り出せない）
- 人が付きっきりの協働作業

本開発

目標 RH+AIで自立作業を実現

- AIの援用により 製造業において作業
者のスキルを習得してスマート化
- ロボット単体による自立作業
- 経済性があり導入し易いシステムを提供

国内外の動向

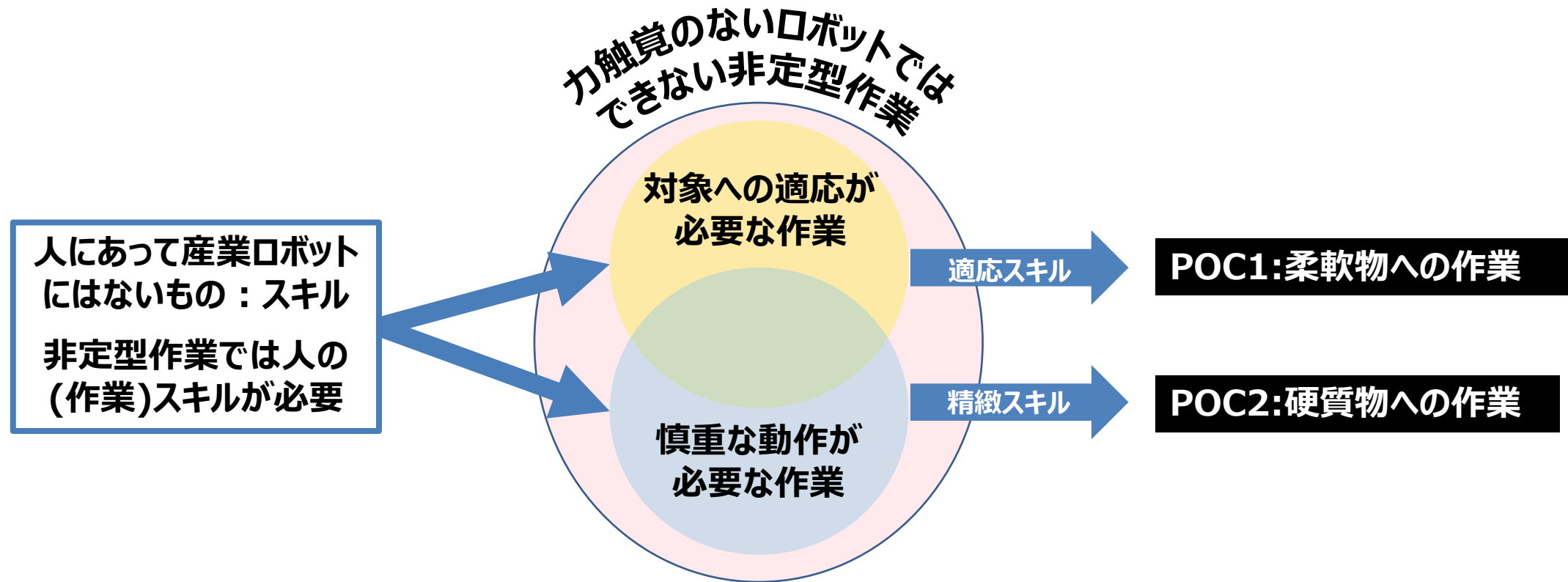
- 製造業における非定型作業のための
次世代ロボットの主要な開発動向
 - ✓ 国内 作業者との協働ロボット開発が主体
 - ✓ 国外 自立ロボットによる完全自動開発が主体
- 本PJは主に国外研究開発と競合

米国でも一般作業が可能なロボット
を開発中 （一例 下記）

<https://www.youtube.com/watch?v=cpraXaw7dyc>

ロボットに移植すべき 基本的な人のスキル

- 二つの基本スキルをスマートロボットに移植して人手による作業の自動化を検証



では、非定型作業の自動化を実現するためにはどうすればよいのか？



動作生成

- ・ リアルハプティクス
- ・ 人工知能

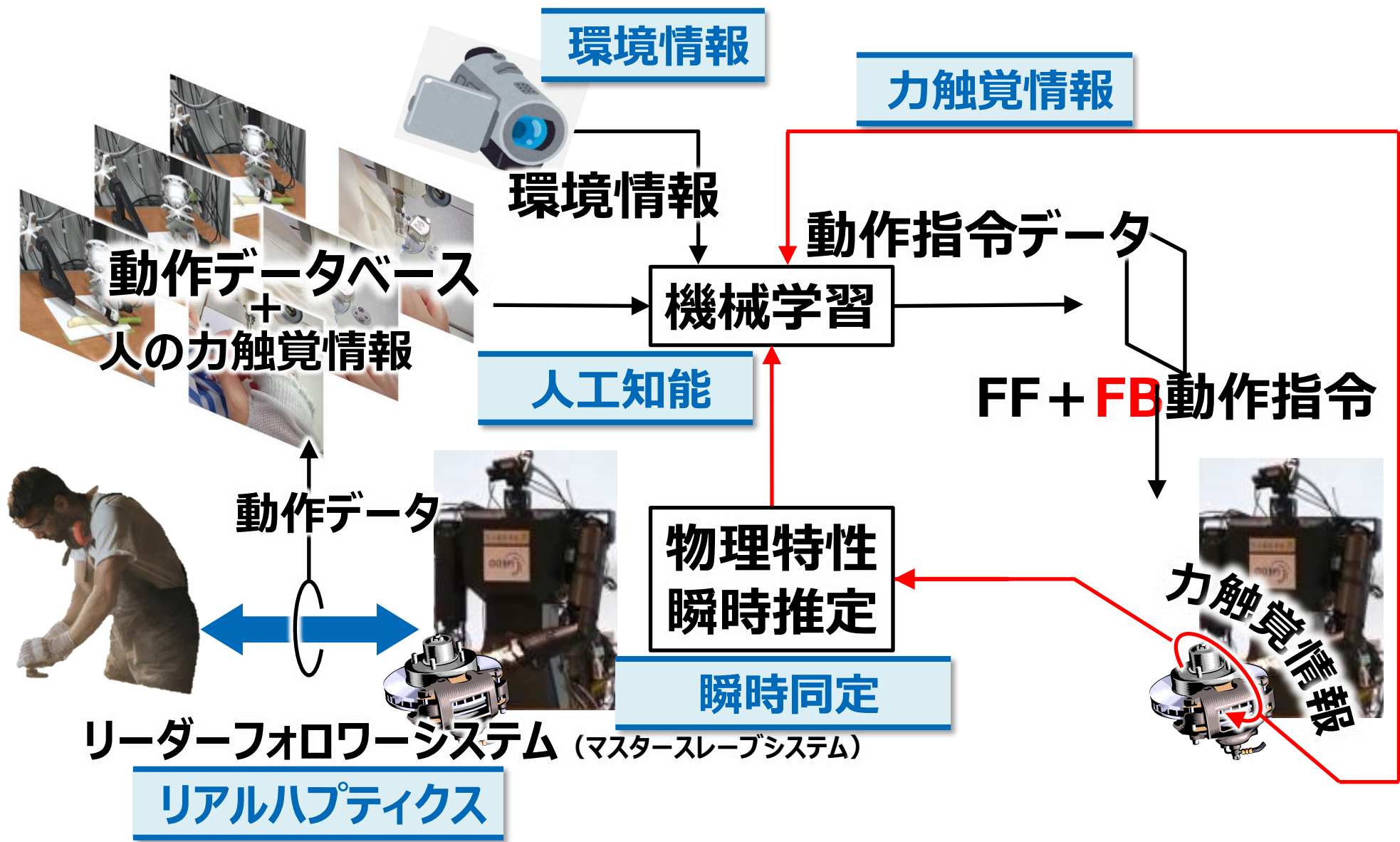
状況対応

- ・ 力触覚情報
- ・ 環境情報

特性把握

- ・ 瞬時同定

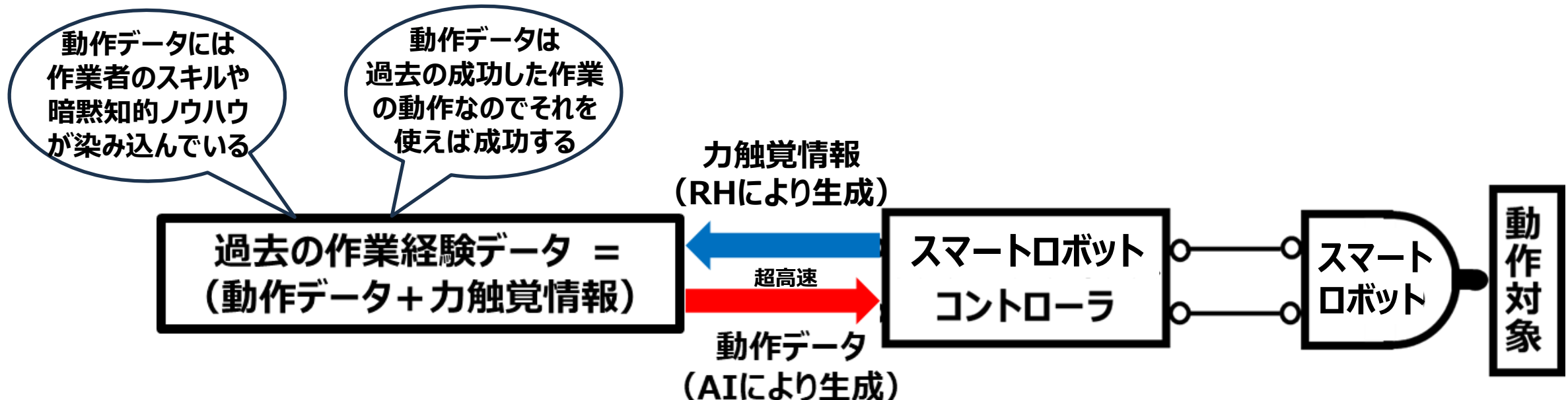
本プロジェクトで開発したスマートロボットの具体的な仕組み



RH + AI ⇒ 作業の本能的な動きをロボットで再現している

● 接触によって生じる力触覚刺激 と そこから誘起される動作反応実現がFB部で実現

- 力触覚刺激 ⇒ 力触覚情報（四つのパラメータで表される）1/1000秒以下で数値化
- 動作データ ⇒ 動作情報（四つの変数で表される）1/5000秒でただちに数値化
 - ✓ RHにより高速で得られる力触覚情報は対象の物理的情報そのものでもある
 - ✓ AIは力触覚情報（＝対象の情報）を使って過去の経験データから最もふさわしい動作を生成する
- スマートロボットシステムのFB部の機能は下のような本能的な動きの実現に相当する



スマートロボットで作業者の代理が務まるか(1)

● なぜ人手のかかる作業がロボットで自動化できなかったのか？

■ ロボットが人のように柔軟かく適応して器用な動きが出来ないからである

- ✓ 柔軟で適応的な動作をロボットで実現するに方法がなかった
 - ・ 対象の性質を瞬時に把握して過去動作記録から成功動作を呼び起こすことで実現すればよい
- ✓ 器用な動作をロボットで実現する方法論が確立しておらず実現の道が不明であった
 - ・ 器用な動作は過去の動作記録にあるのでそれを呼び起こしてそれをお手本にすればよい

■ 何が課題でどう解決したか

- ✓ ロボットが力触覚を持てなかったので対象の性質を瞬時に把握できなかった
 - ・ 力触覚を数値化し伝送するRH技術とモデルブリッジ技術を融合させることで高速（1/1000秒以下）で対象の性質を数値化し動作に反映させることに成功した
- ✓ 人の過去記憶に相当する動作データが作成できなかった
 - ・ 位置情報だけから動作を再生するための動作情報を高速（1/5000秒）で取得し精密な動作データベースを作成することに成功した

スマートロボットで作業者の代理が務まるか(2)

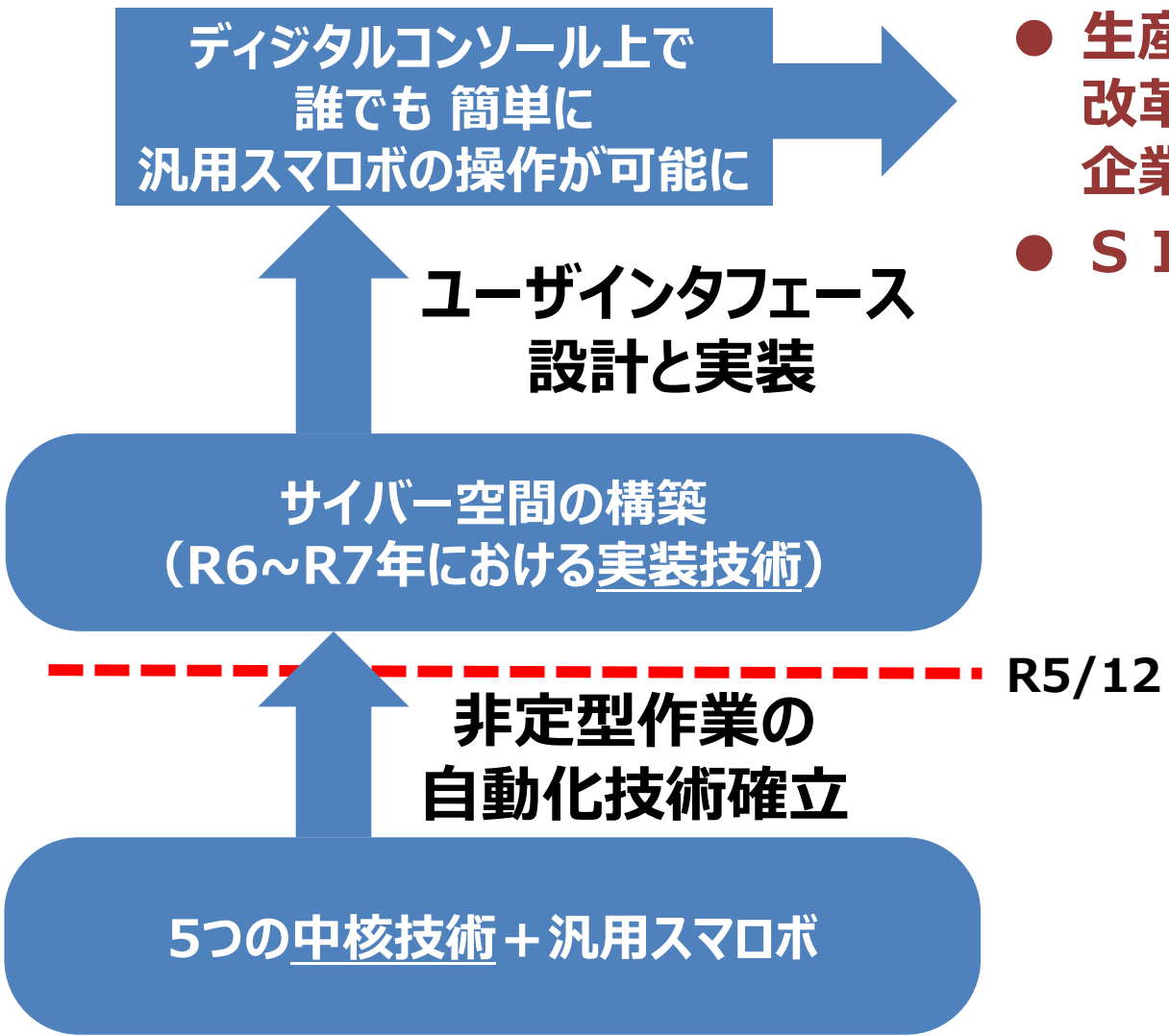
- ✓ 時々刻々変化する環境に対応する動作指令が生成できなかった
 - ・ 対象情報と現在の動作情報及び環境情報がわかればAIにより動作データベースを用いて成功する動作指令を生成できることを実証した
- ✓ ロボットはスキルを持てず自ら進歩しない
 - ・ スキルそれ自体は実体がないので、それが含まれている作業者の動作データを状況に応じて使用することで作業者の持つスキルを間接的に使えることを実証した
 - ・ ロボットが自らスキルを進化させることができるかどうかの見通しは得られているものの 実証までには至っていない (検証予定)

● 非定型作業の自動化は可能なのか

■ 慣れれば誰でもできる非定型作業については自動化可能である

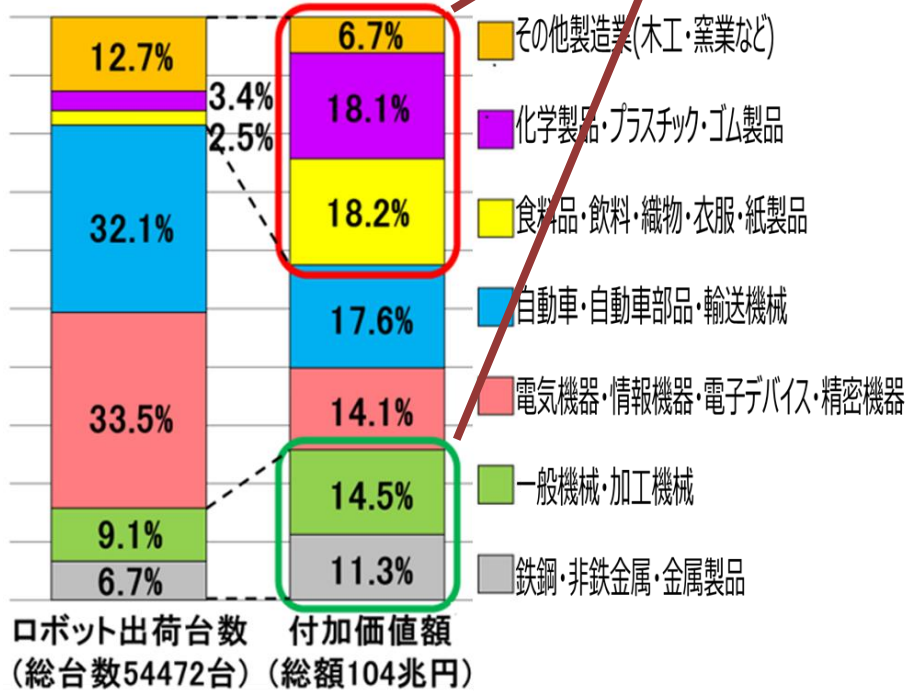
- ✓ 主な技術的な課題は乗り越えた
 - ・ 使い易さ、経済性など実装技術を確立することで産業界の受け入れが可能なスマートロボットを提案できる

本プロジェクトの成果を製造業へ展開する



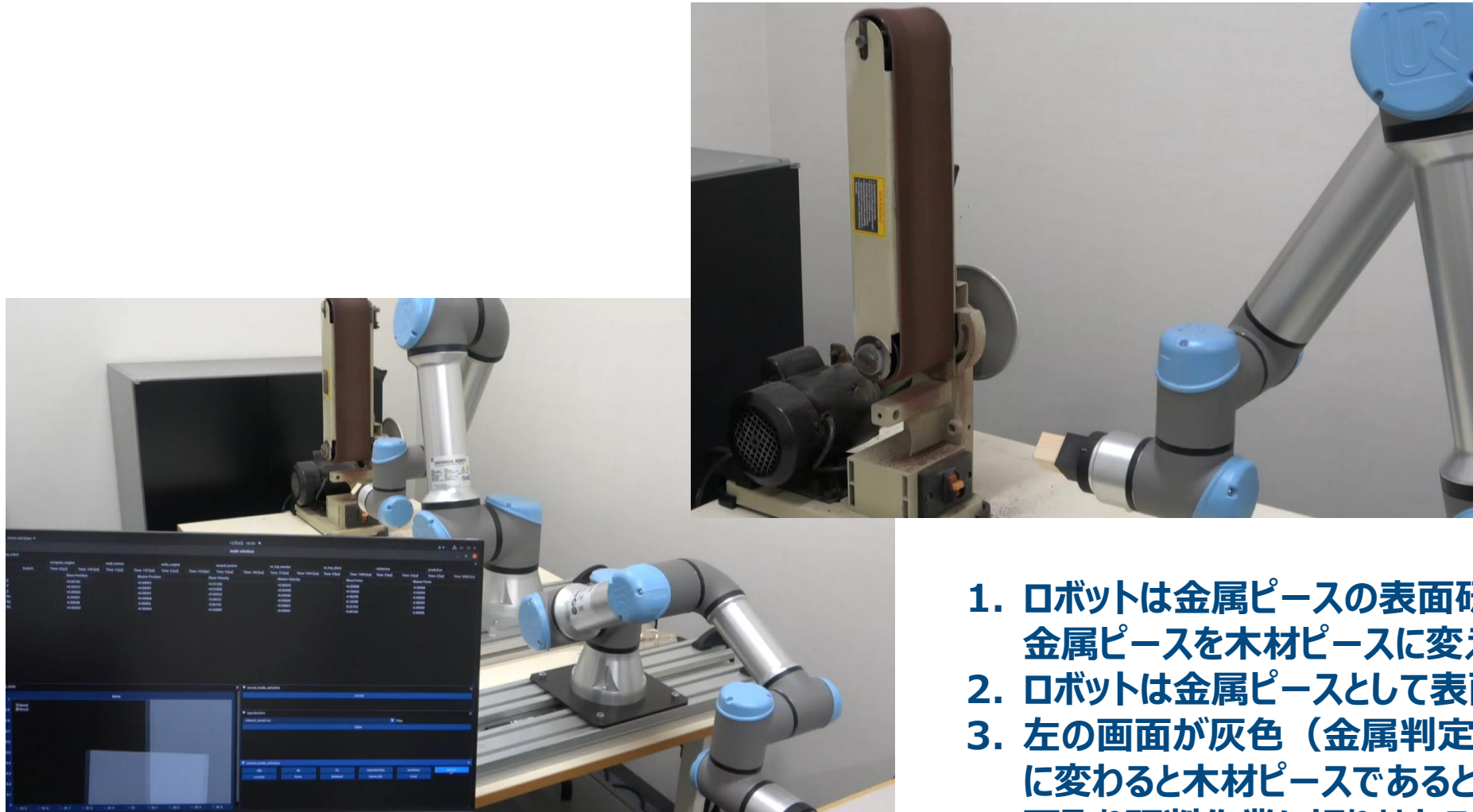
- コンソーシアム内企業(80社)
- 生産技術を改革したい企業群
- S I e r や商社

製造業の革新
30~40兆円級
インパクトの期待



本日のデモ内容

● 研磨対象の識別および識別結果に応じた動作の切り替え機能の実証実験



1. ロボットは金属ピースの表面研削を実施していたが、金属ピースを木材ピースに変えておく
2. ロボットは金属ピースとして表面研削作業を始める
3. 左の画面が灰色（金属判定）から茶色（木材判定）に変わると木材ピースであると認識し、表面研削からの面取り研削作業に切り替わる

EOF