

食産業ロボットシステムの未来を考える

～SIPプロジェクト事例紹介とレストラン実証実験～

立命館大学 理工学部 教授 川村 貞夫

SIP第2期フィジカル空間デジタル信号処理基盤

**CPS構築のための
センサリッチ柔軟エンドエフェクタシステム開発と実用化**

立命館大学 山形大学 (株)人機一体 (株)チトセロボティクス

2018年度～2022年度

研究代表者 立命館大学/チトセロボティクス 川村 貞夫

1. 対象分野

接触作業を伴う低労働生産性の産業分野が数多く存在



食品製造業

農林水産業 服飾産業 中小製造業など

多様な形状, 柔軟物, 多様な環境での
物体ハンドリングは困難

ICTのみでは解決できない作業が残る
労働力不足問題

現状ロボットの課題

- ・現状の産業用ロボットは接触作業は苦手
- ・重量, 摩擦, 変形など力学のモデルとデータ不足
- ・剛体ハンド 特定の対象物のみハンドリング可能

認識, 機構/制御, 実用化の複合問題

一つの技術開発では解決できない

本プロジェクトの複合的問題解決アプローチ

認識問題

(多種多様な対象物と変動環境)

センサ, AI, クラウド

機構/制御問題

(確実/高速ハンドリング)

ソフト材料, 制御

実用化問題

(低価格/高信頼性/利用便利)

3Dプリンタ, プリンティドエレ, ビジネスモデル

材料, センサ, アクチュエータ, 機構, 制御, 画像処理, AI, システム, IoT, クラウド, ビジネス, ルール作り

山形大学, 明治大学, 金沢大学, 立命館大学, 奈良先端大学院大学, 関西大学, 大阪工業大学, 九州大学, iRoobo

異分野結集チームによるSI (システムインテグレーション) 研究開発

C空間とP空間を繋ぐSSES

現状のエンドエフェクタ

- ・低機能
- ・高重量
- ・触覚などセンサなし
- ・IoT化されず
- ・高剛性
- ・高価格
- ・安全基準なし

力学基盤作業にはCPギャップ存在
GAFA 視聴覚情報PF化
力学基盤作業 日本の優位性



現状



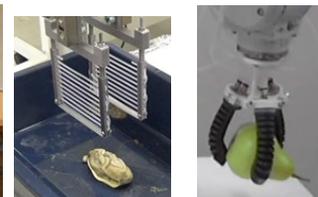
食産業 農林水産業
中小製造業など

ハンドリング作業
労働集約型産業

労働者不足

ロボット接触技術未成熟
IoT化遅れ

SIP目標



My-IoT
サブII連携

物の知識
作業戦略

物のデータベース

フィジカル空間

サイバー空間

ロボット

エンドエフェクタ
利用知識

AI学習

エンドエフェクタ

エッジコンピューティング

センサ

MSM
マルチセンサモジュール

PreMSM

サブII連携

SSES-PF/接触基盤ロボット技術開発

食産業 農林水産業 保守点検 30程度の事業化例達成
(SSES:MSMおよびMy-IoTを含めた全体のハンドリングシステム)

2023年3月

SSES成果
活用事業

30程度実現

SI（システムインテグレーション）？

- ・既存要素を繋げばよいか？ → 繋ぎ方に時間/費用大きく発生
- ・最適化された要素の組み合わせは？ → システム最適化が必要
- ・既存要素がシステムによって有用か？ → システムのための要素開発が必要

例 野球チーム

9人のメンバーに年俸の高い選手ばかりを集めたチームが強いか？
組み合わせ（システム化）の方策が成績に重要

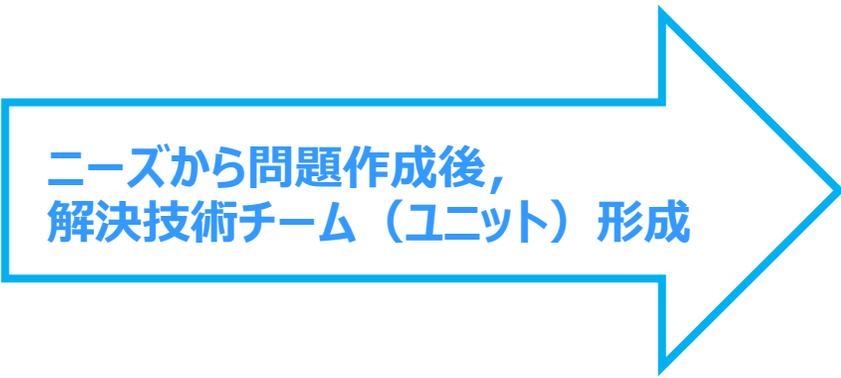
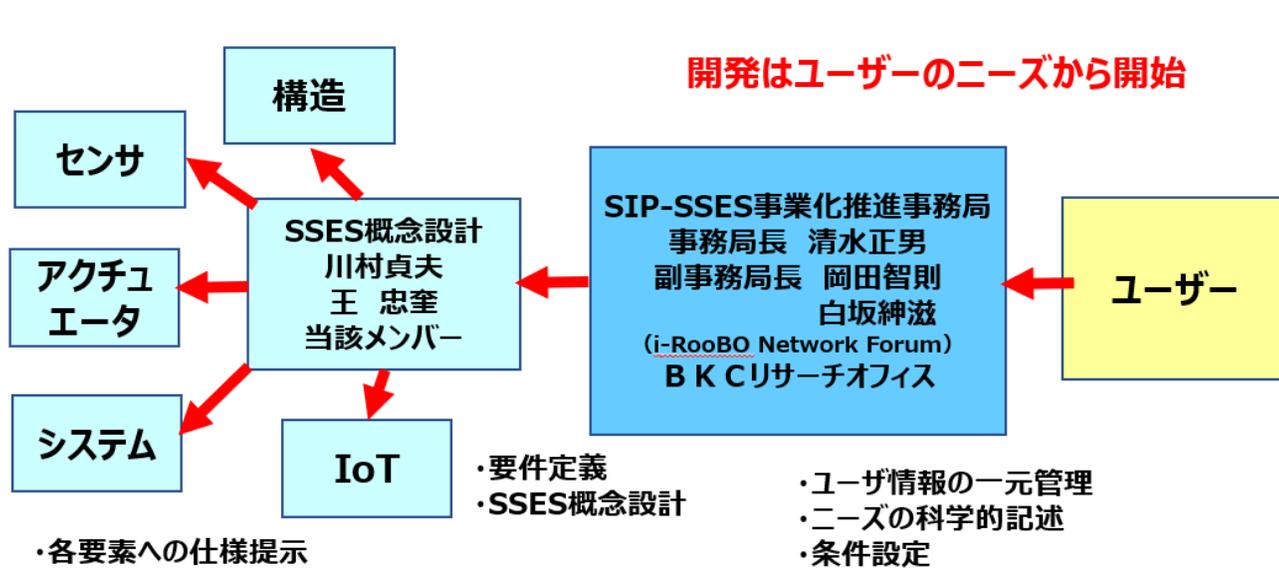
本プロジェクト方針

- ・システム化に不足する要素は新たに開発（エンドエフェクタなど）
- ・システム最適化の技術開発（要素を容易に繋げる方法など）
- ・システム設計からの異分野結集チーム運営

2. 推進体制

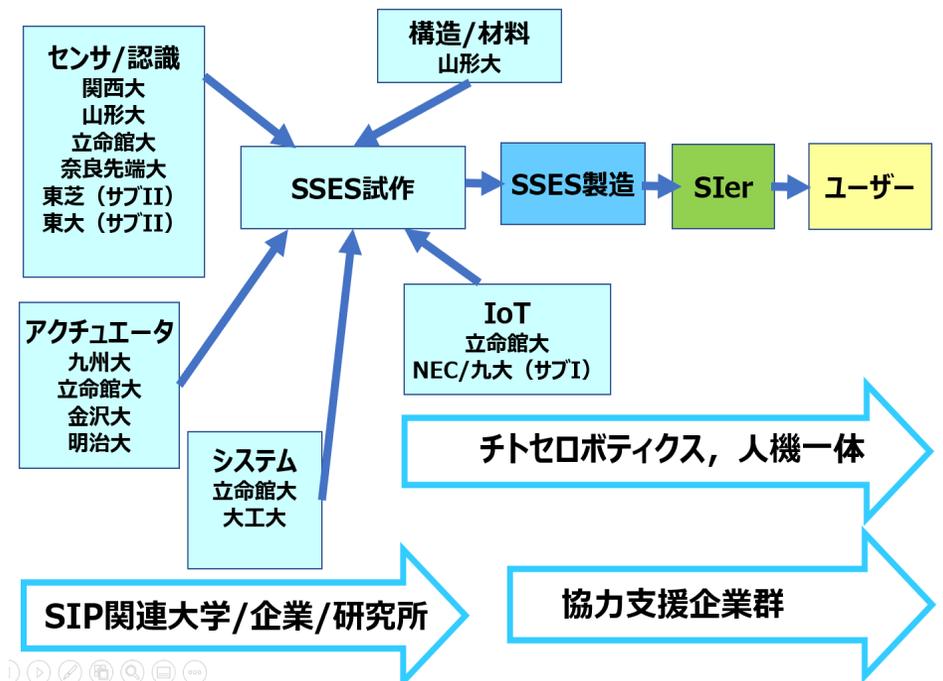
ニーズ駆動問題作成

現場ニーズから共通問題を作成し実用化



2021年度から試作システムを重点化

研究開発ユニット



試作システムから事業化へ

情報発信/収集機能強化

オープン/クローズド戦略

技術移転方法検討

成果拡大協力企業 (2021年度から開始)

SIコーディネート作業



アドバント株式会社
代表取締役社長 岡田智則



Robots Town株式会社
代表取締役社長 白坂紳滋

本事業にご協力頂ける企業/法人などは事務局にご連絡ください。

協力支援企業/法人 140社程度

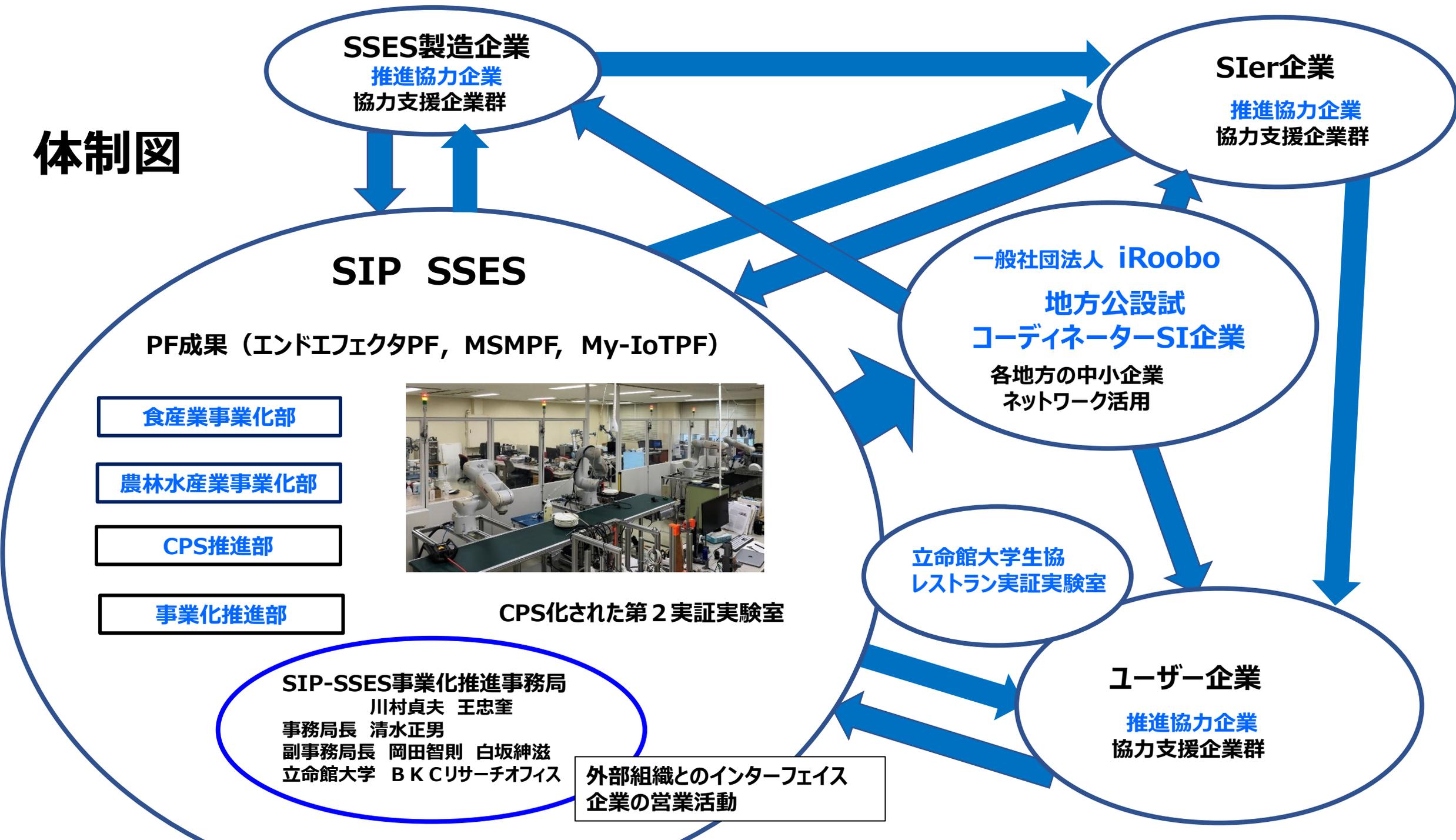
役割 ・情報提供 ・材料提供 ・機器提供 ・技術者協力・実証実験フィールド提供



推進協力企業/法人 (2021年度から開始)

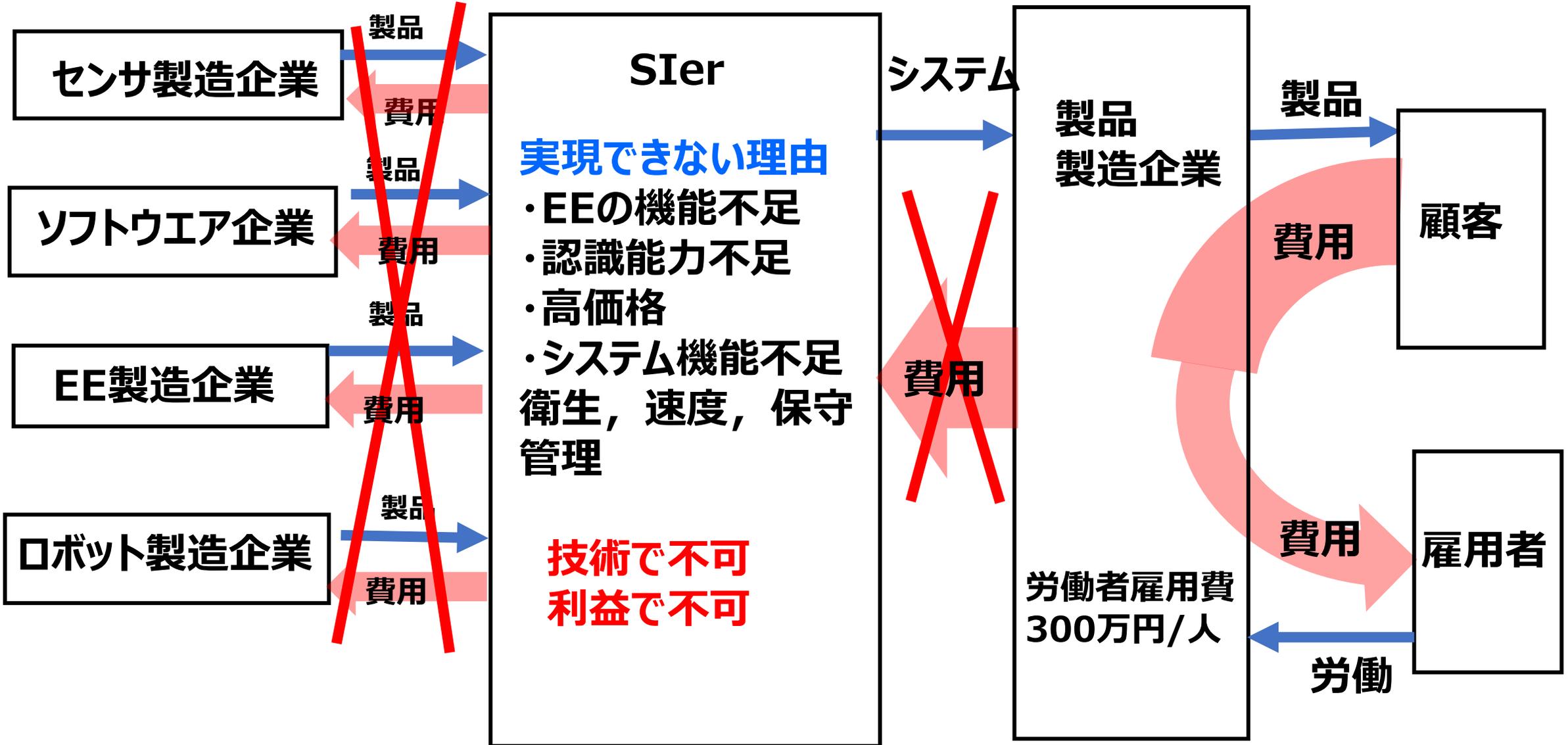
役割 ・PrePF実証実験を企業が主体的に実施 ・発展的な共同研究を実施 ・成果PFの製造/販売 ・成果知財の活用

体制図

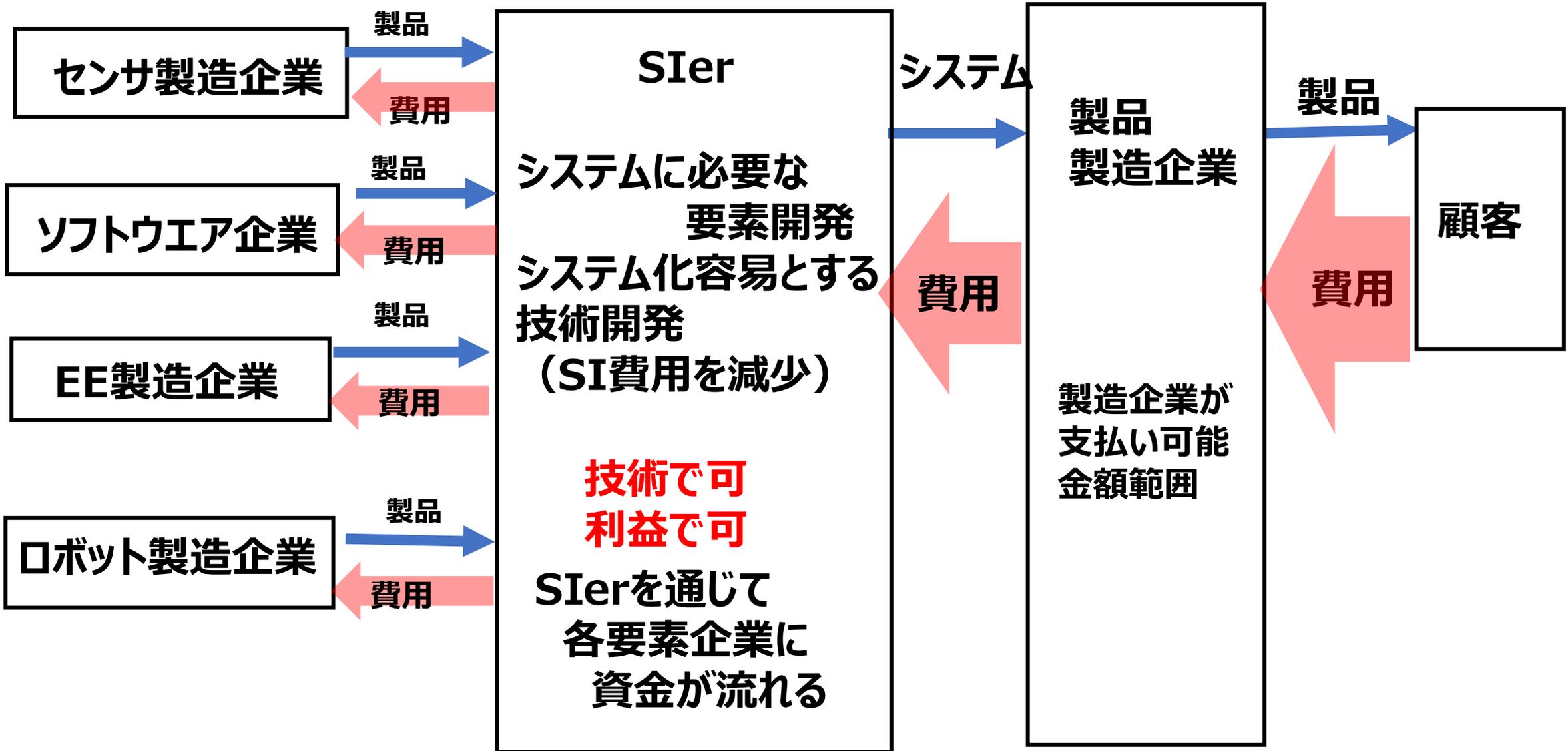


3. 問題整理

ロボット普及困難状況



SIPプロジェクト目標



SIP事業化成功 =

EE

$([SIP-EE] + [既存EE]) \times [製造企業]$

X

SC

$[SIP-SC] \times [製造企業]$

X

SI

$[SIer] + [ユーザ]$

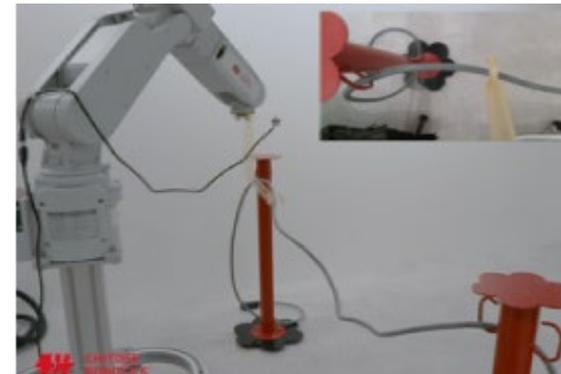
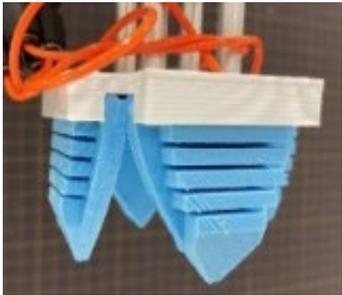
EE (エンドエフェクタ)
困難なハンドリング実現

SC(システムコンポネント)
SIの負担低減 低価格化

SIerの利益増大
自動化導入数増
新SIer参入
ユーザ直接利用

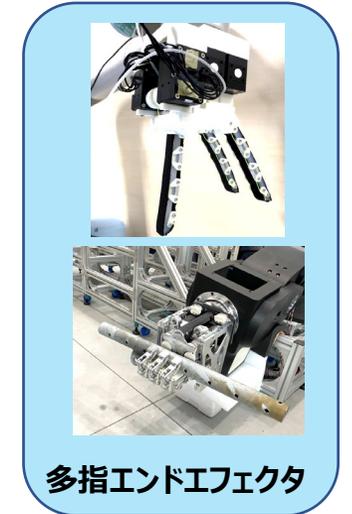
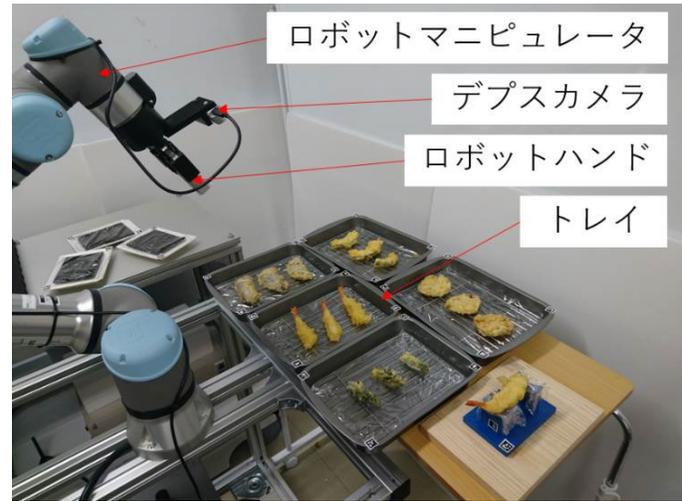
SC例

IoT, クラウド, ROS 2, NodeRed,
MSM, DB, アクチュエータユニット,
ビジュアルフィードバックなど



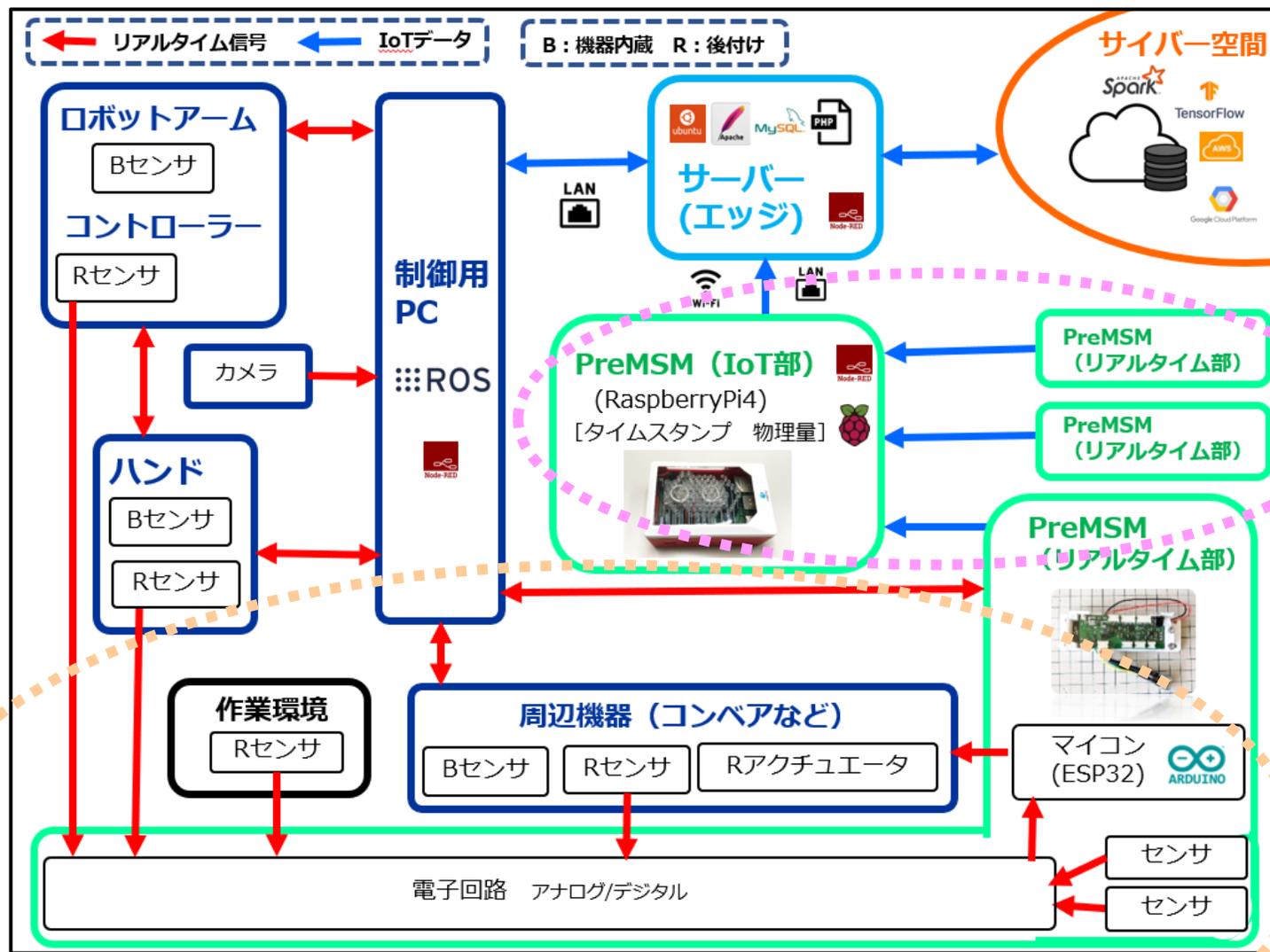
4. 開発例

EE センサ利用技術/エンドエフェクタ開発



3DプリンティングによるSSE試作
実利用柔軟エンドエフェクタの製造に3Dプリンタの有用性確認

SC MSM (マルチセンサモジュール)



<https://sip-ses.net/>

外部サーバー利用HP立ち上げ完了

各種センサ情報を簡単にクラウドへつなぐ
フィジカル空間データを簡単にサイバー空間へ

HPから利用者が必要情報をダウンロード
・ハード情報 ・アプリケーション

PreMSM実証実験開始中
(ご興味ある方はご連絡下さい.)

機械的接触, 変形, 摩擦などの
情報が重要

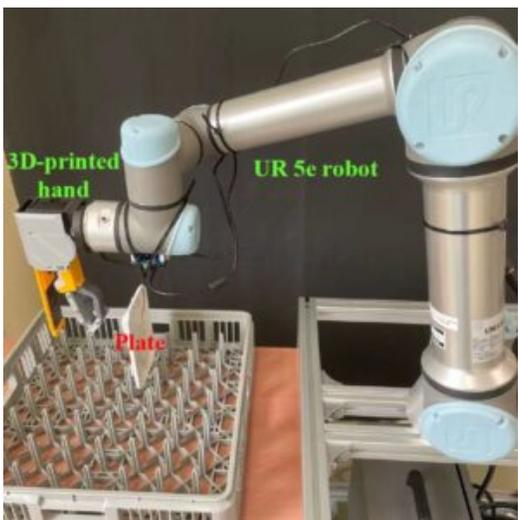
各種既存センサ 新センサなど活用

従来よりもセンサ種類, センサ数を増やして, ビッグデータから見えなかった物, 状況を見える化

SC ROS2/NodeRed オープンソフトウェア

センサ数多い センサ種類多い アクチュエータ数多い 関連機器多い
システム化のためのプログラム開発負担大きい

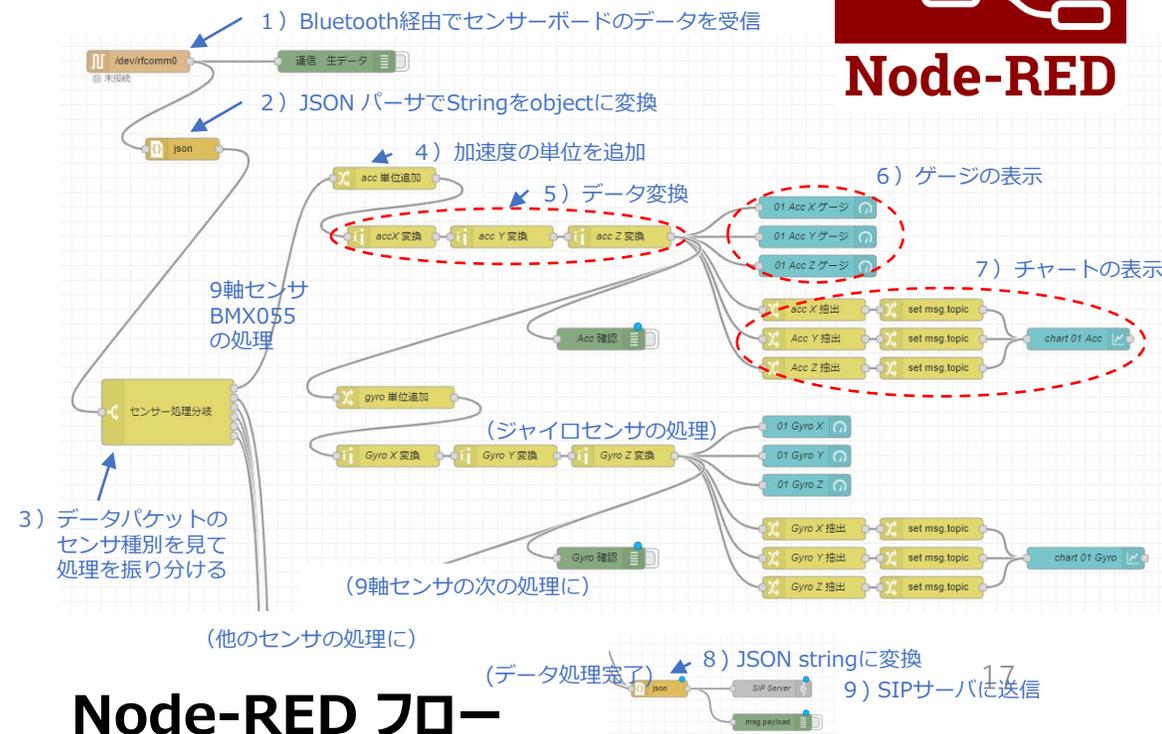
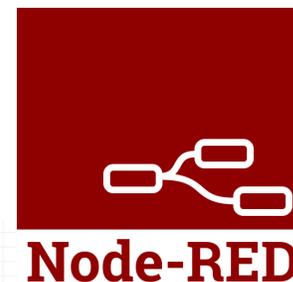
オープン化されたミドルウェア 本プロジェクト ROS2 NodeRed



ROS

ROS 2 によるロボット/ハンド制御

ROS2 : 企業ニーズに合うロボットソフトウェア
ROSよりもリアルタイム性, セキュリティなどで優れている



Node-RED フロー

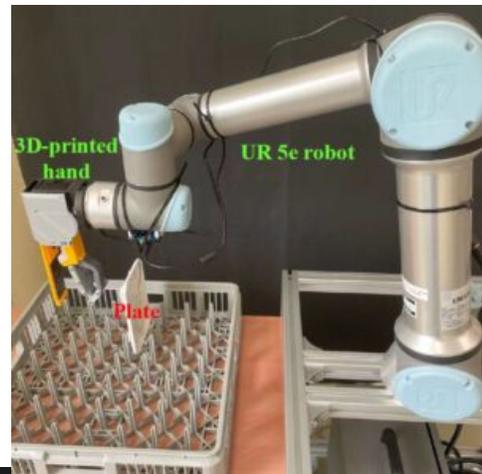
ROS2 クラウド上プログラムのオープン化

①URロボットと自作EE（Robotis社モータユニット）をROS2で制御 食器のハンドリングと実現

（9月日本ロボット学会で発表）

A ROS 2-Based Robotic System for Picking-and-Placing Tasks

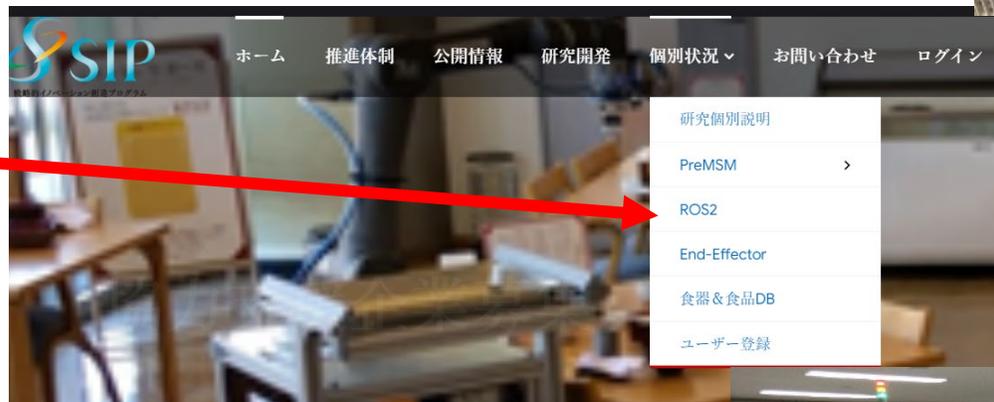
*Zhe QIU (Ritsumeikan Univ.), Kaito YAMAMOTO (Meiji Univ.), Hiroaki ARAKI (Meiji Univ.), Zhongkui WANG (Ritsumeikan Univ.), Ryuta OZAWA (Meiji Univ.), Sadao KAWAMURA (Ritsumeikan Univ.)



②ROS2プログラムをHPで公開中

<https://sip-sse.net/>

2021.9. SIP専用HPを外部サーバーに開設



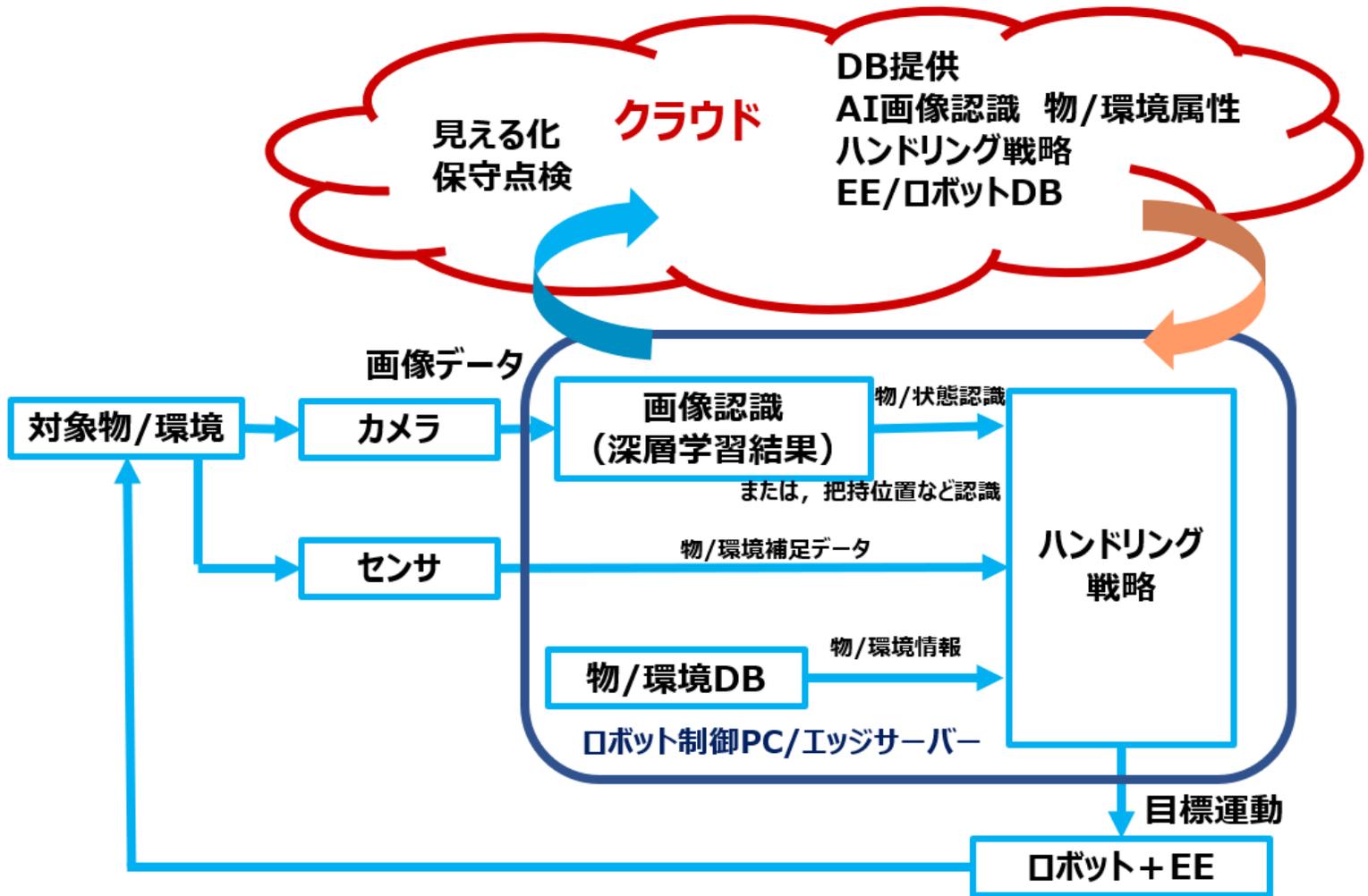
③ROS2利用による産業用ロボットの制御

- ・模擬弁当製造ライン（スカラロボット6台）のシステム化
- ・デンソーウェーブ社（推進協力企業）と共同作業中

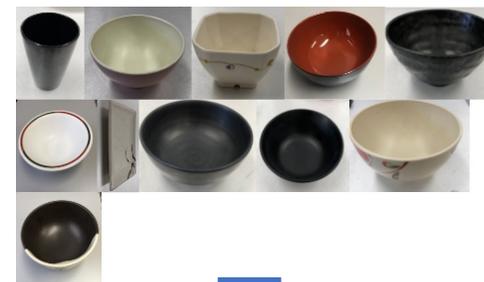
今後も様々な機器のプログラムをROS2で作成して公開予定



SC AI/データベース



AI食器認識
残飯, 食器以外物
接続, 重なり複雑
AIにより認識可能



食器DB利用
食器幾何情報
事前登録可能



ロボット運動制御
目標位置姿勢決定

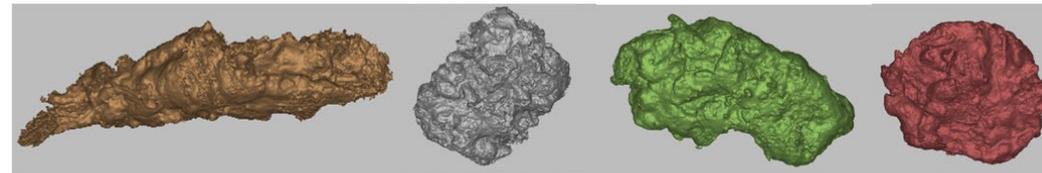
クラウド利用メリット

- ・計算機パワー
- ・遠隔情報処理
- ・データ収集
- ・データ維持管理

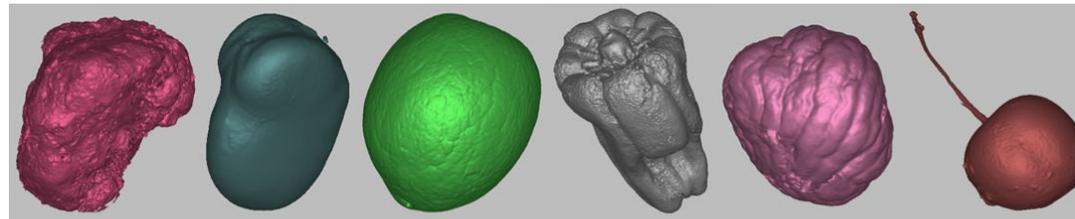
食器/食品/農林水産物の形状/重量/粘弾性/摩擦特性のDB化



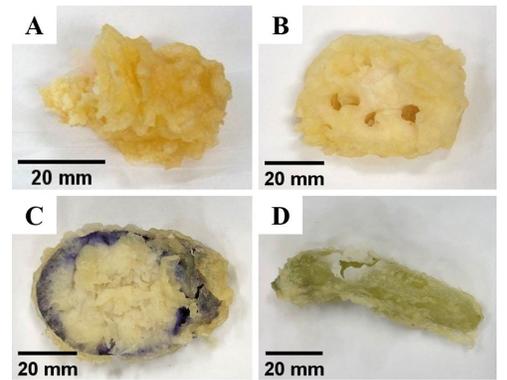
3次元形状計測 (ピーマン)



天ぷら: エビ ナス カボチャ サツマイモ



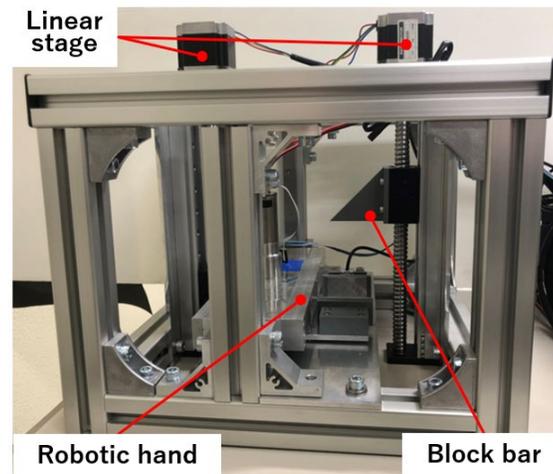
唐揚げ 空豆 梅 ピーマン 栗 さくらんぼ



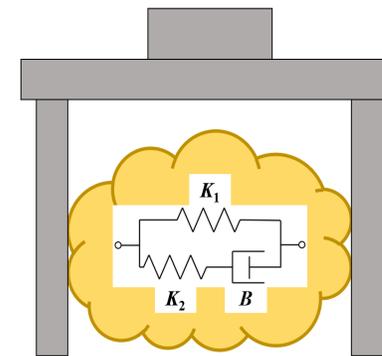
Z. Wang, et al.,
Journal of Food Engineering,
310:110707, Elsevier, 2021



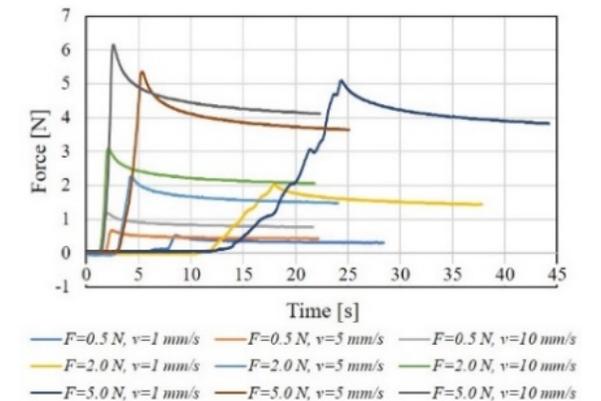
生牡蠣の弾性計測



独自開発粘弾性計測装置

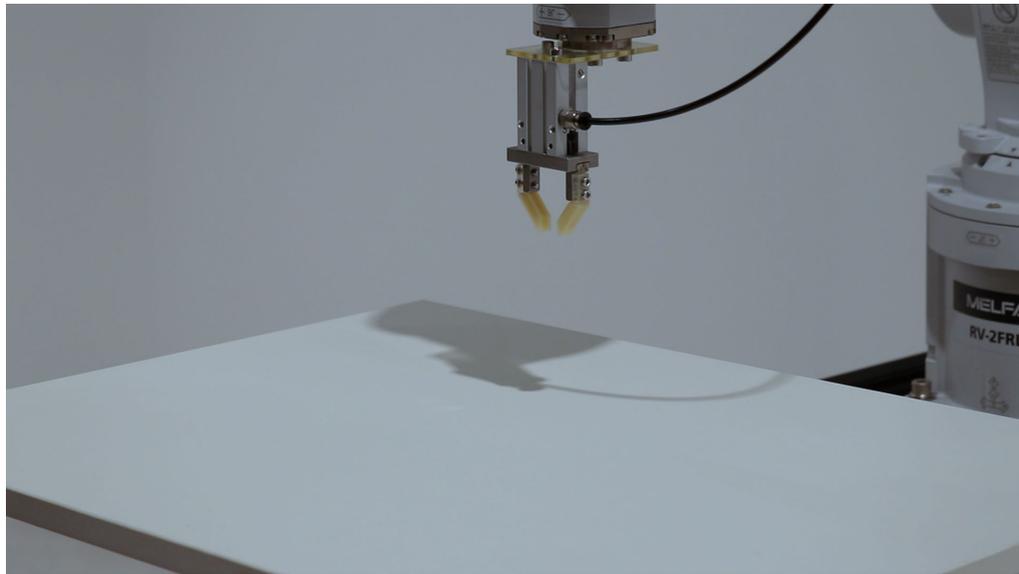


3要素粘弾性モデル



日本ロボット学会産学連携調査研究委員会
食品サンプル規格標準化WG 企画 参加

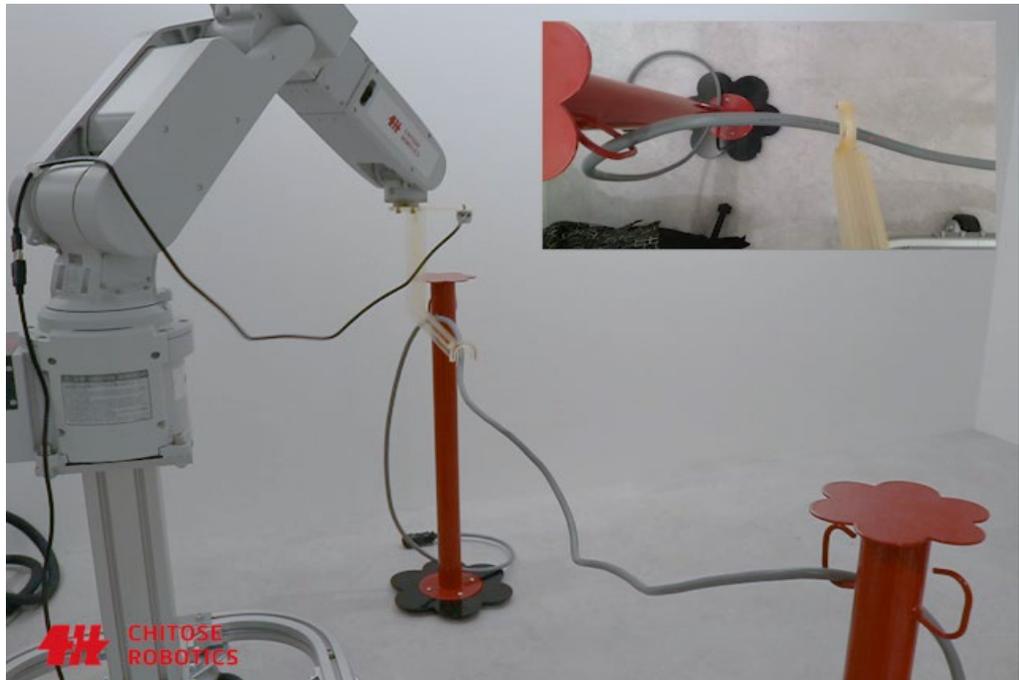
SC キャリブレーションレスビジュアルフィードバック(チトセロボティクス)



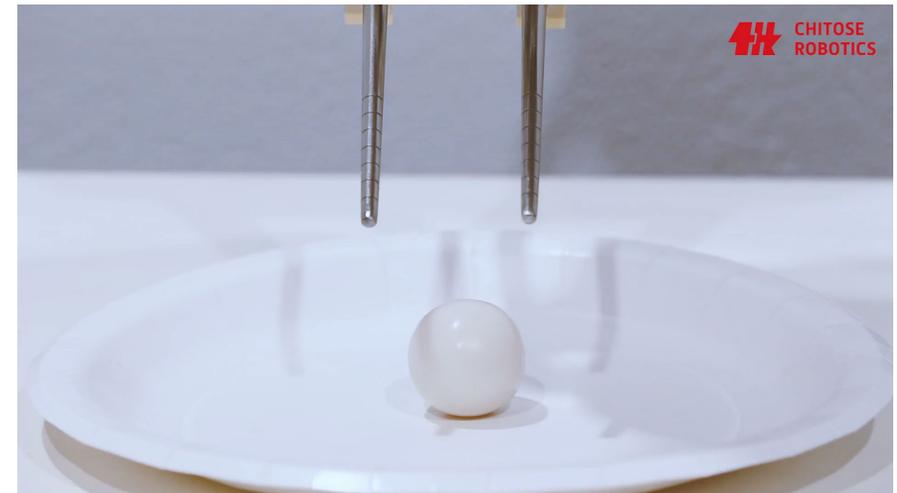
針穴糸通し作業
ビジュアルフィードバック制御
厳密キャリブレーション不要



食品用ハンドリングシステム (パン)
ビジュアルフィードバック制御によるハンドリング
フードテックジャパン展示 中西製作所 x チトセロボティクス



不定形ケーブルトラッキング作業
ビジュアルフィードバック制御
厳密キャリブレーション不要



箸ハンド
ビジュアルフィードバック制御
高精度食品ハンドリング

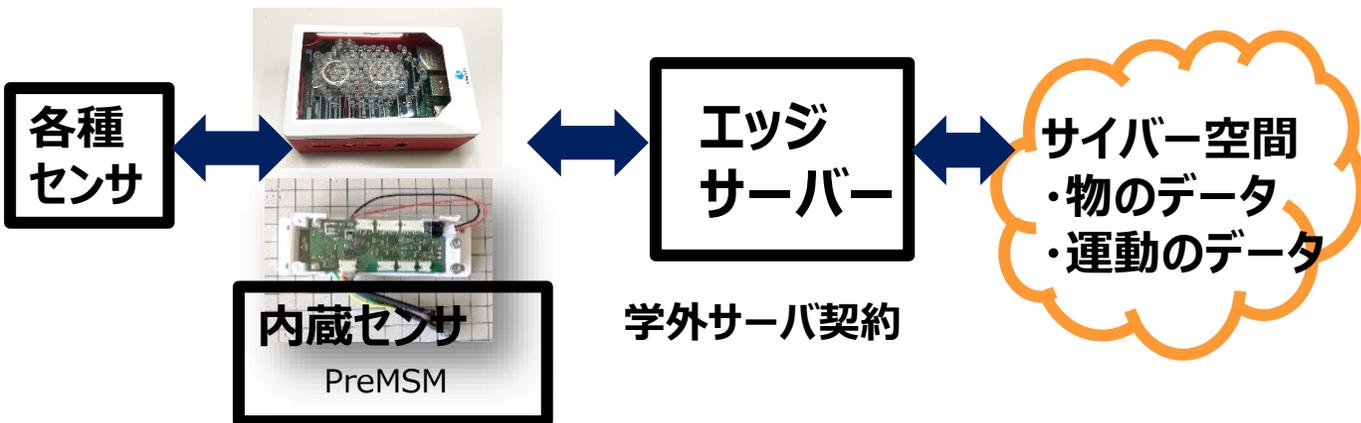
システム実証例 全実験室CPS化



生協食堂食器
返却コンベア



生協教職員用レストラン2021年から営業中止
第3実証実験室として常時利用可能



第3実証実験室



第1実証実験室 食品製造模擬ライン



第2実証実験室 食品盛り付けシステム

レストランホール
93㎡
客席40~50
厨房 25㎡
食洗場 25㎡



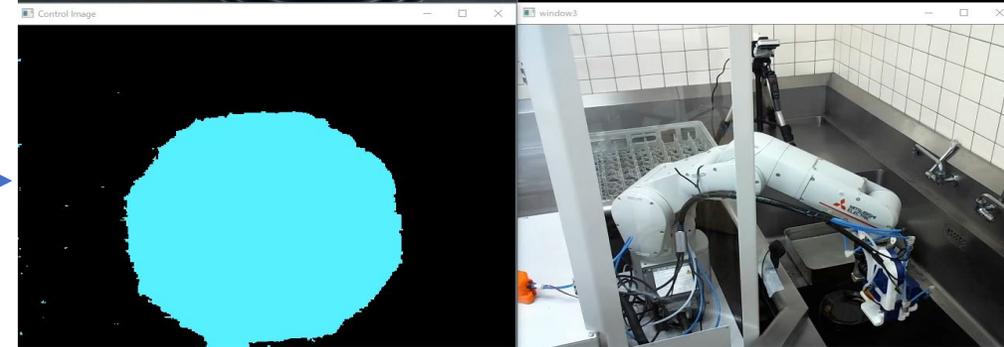
システム化 限定条件では7件程度が目標に到達



食品盛り付け実証例 モータ電流制御による柔軟性

高さ情報既知

今回
環境との接触は
想定せず
把持方向のみ柔軟



高さ情報未知

環境との接触を
想定して
把持方向と
他の方向に柔軟

食洗器への食器投入実証例

空気圧ベローズ平行構造による
全方向への柔軟性



宴会後の下膳作業自動化 空気圧圧力制御による柔軟性

5. おわりに

(1) 合目的エンドエフェクタ開発の重要性

- ・開閉グリップと人型ハンドの二極化 産：既存グリップ 学：人型ハンド
目的に合ったEEの多様性が必要
- ・ロボットなど定義のあいまい性，研究者の甘え，事業者の理解不足
制限の無い汎用機械は存在しない。
- ・問題づくりの重要性 ロボットで実現か？環境で実現か？
作業者の完全な代替をロボットで実現する必要はない
類似状況 車輪と道路
- ・半導体や自動車などロボットは異なり，要求機能が多様

(2) システムインテグレーションの価値を産官学が重視

官 SIの国家プロジェクト推進

- ・SIは日本の強み
- ・単独ベンチャーでは困難（欧米/中国に対応可能）

産 SIに十分な対価の支払い

- ・商習慣の改革 社会的認知向上
- ・SIに適した要素製造 世界的長期的には製造企業にメリット

学 学術としての評価 「設計科学」構築

- ・SIの科学が学術としてのロボティクスの基盤
 - ・実現するシステムの妥当性の説明
 - ・他の諸分野と異なる独立した学術分野であることの証明

ご連絡

[1] MSM利用 (オープン技術)

- ・HPでハード設計方法公開
- ・HPからソフトウェアダウンロード可能
- ・実証実験希望者募集中です。

[2] 協力支援企業/法人, 推進協力企業/法人など ご興味ある方は事務局までご連絡ください。

sses@st.ritsumei.ac.jp

ご清聴に感謝申し上げます。

ご意見, ご質問など よろしくお願いいたします。