

新技術説明会

日 時：R6年12月17日（火） 11:30-11:55

場所：JST東京本部別館 1Fホール

難把持物体（麺類等）の装置／システムおよび制御方法

林 英治

九州工業大学大学院情報工学研究院 知的システム工学研究系・教授
未来社会ロボット実装センター 副センター長

1. 企業ニーズ、社会的ニーズ、市場に対するニーズと動向、経緯

研究開発背景

市場と技術動向

2. 研究開発の内容・達成目標

研究開発全体構想

現有システム

開発する技術や製品等の新規性や独自性、優れている点

研究開発項目と目標／課題と解決方法

研究開発項目

ピック&プレイスモーションの深層強化学習ユニット

難把持物体低反発食品のハンド設計ユニット

AR導入支援構築ユニット

3. 研究開発の計画と実施体制

研究開発スケジュール

大学等研究機関等の役割分担

4. 今後の展開

補助終了後の事業化へ向けた計画・構想

市内産業への寄与、企業への技術移転

生産性向上に資するロボット技術であり、地域企業に提供し、ロボット導入促進と最新技術を展開することは急務である。

このような先進的技術開発は、

産業分野では食品、農業、物流など幅広いニーズを有し、企業も高い関心を示し、共同・協力体制を個別に築いている。

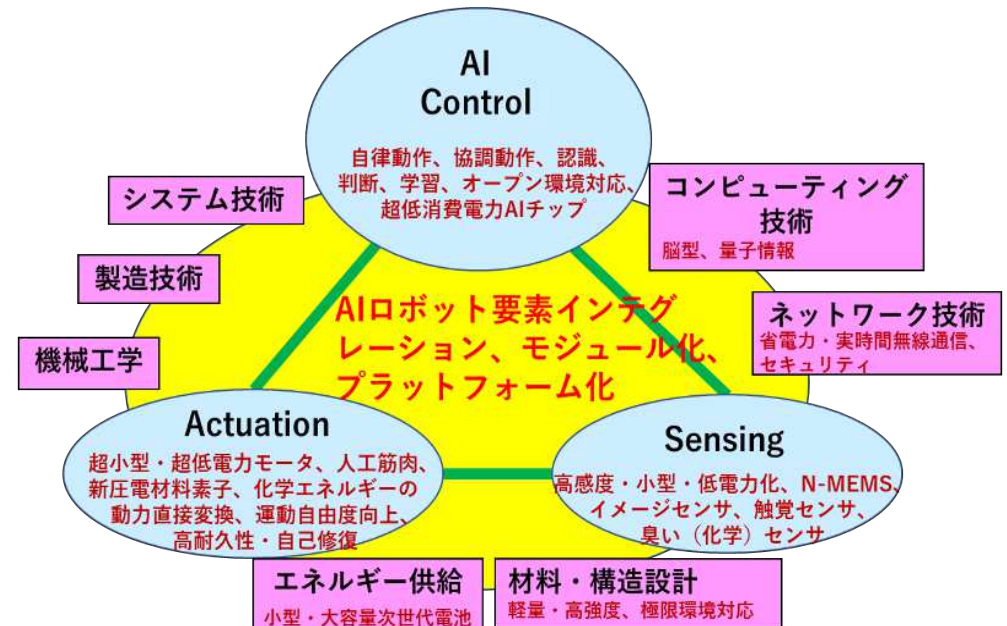
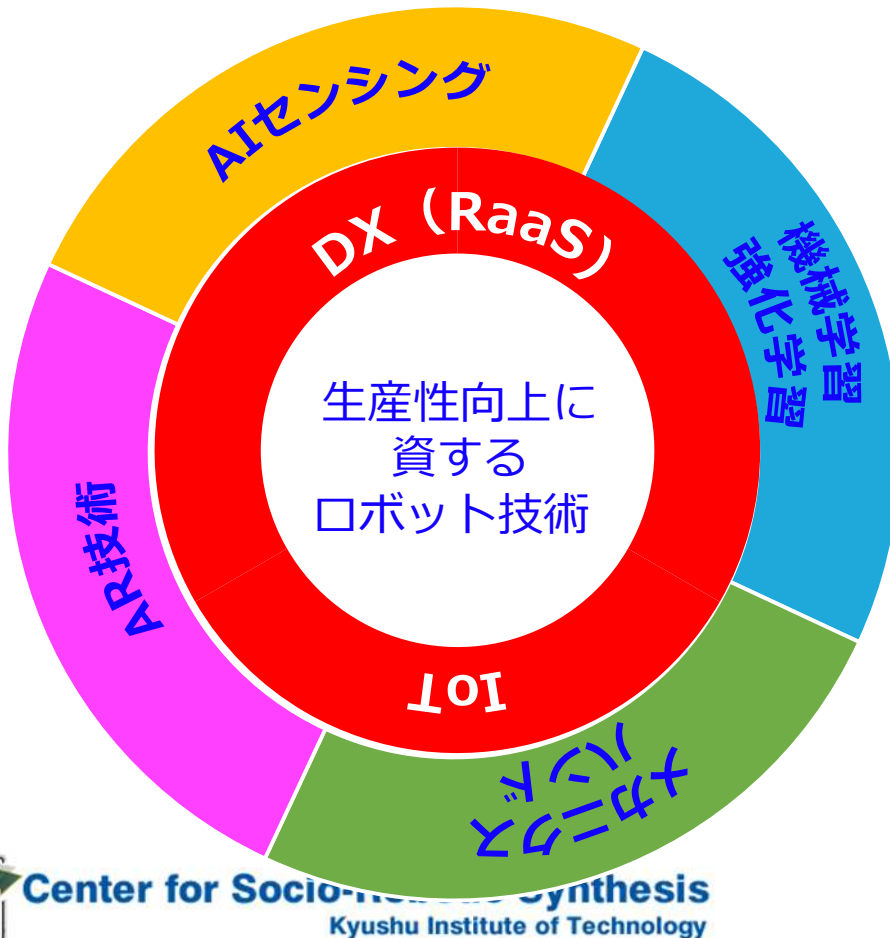
これまでの実績（地方創生事業：安川電機のほか）

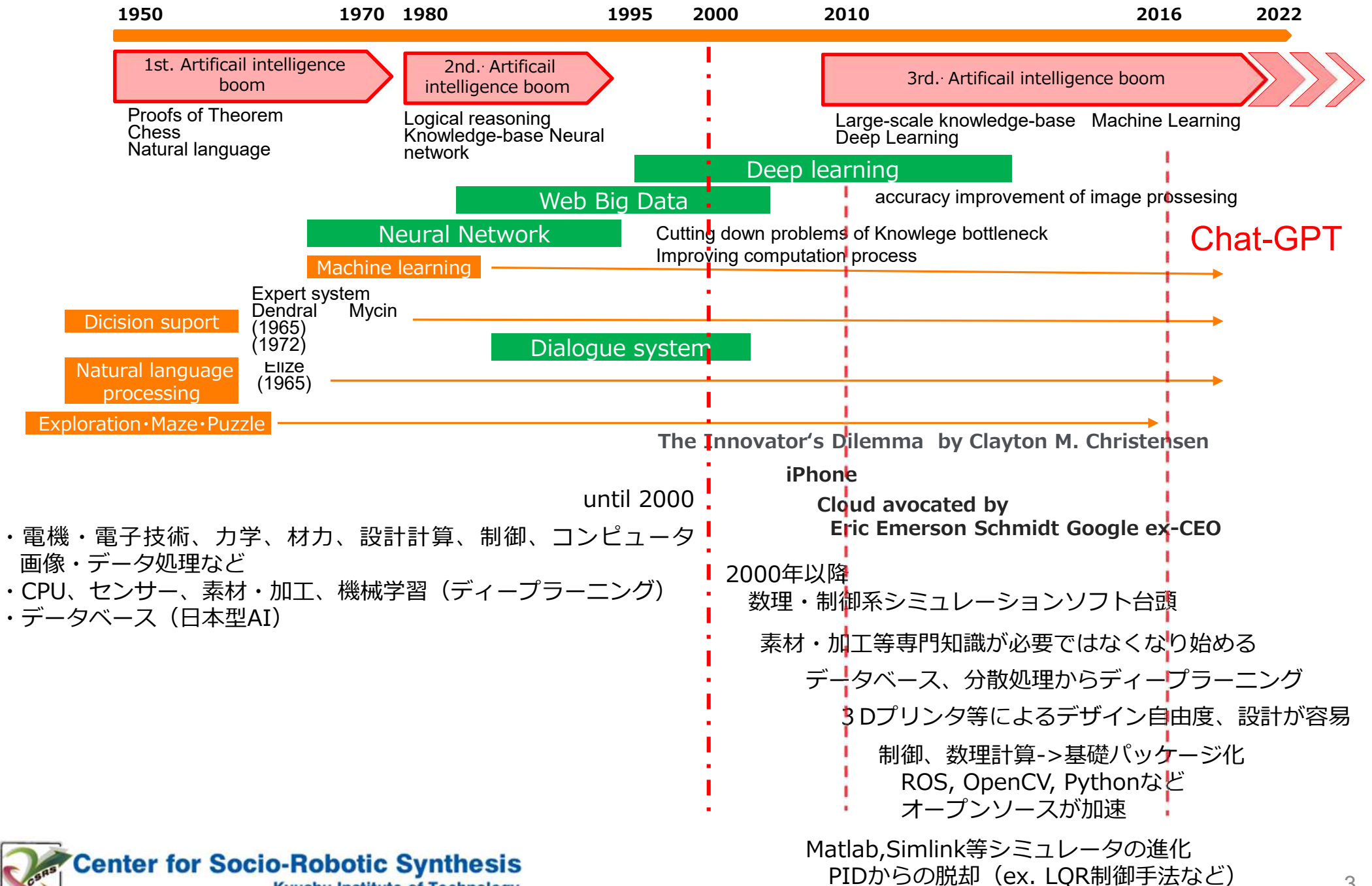
K社、T社、C社、I社、O社、M社など多数、JST:SDGsの達成に向けた共創的研究開発プログラム

近年の情報処理技術の向上により、

Simulation to Real (Sim to Real)
への転換を可能な限り進展させる必要性

先端的ロボット技術と親和性のよいハンド





- ・電機・電子技術、力学、材力、設計計算、制御、コンピュータ画像・データ処理など
- ・CPU、センサー、素材・加工、機械学習（ディープラーニング）
- ・データベース（日本型AI）

- 2000年以降
- 数値・制御系シミュレーションソフト台頭
- 素材・加工等専門知識が必要ではなくなり始める
- データベース、分散処理からディープラーニング
- 3Dプリンタ等によるデザイン自由度、設計が容易
- 制御、数値計算->基礎パッケージ化
ROS, OpenCV, Pythonなど
オープンソースが加速
- Matlab, Simlink等シミュレータの進化
PIDからの脱却 (ex. LQR制御手法など)

概略

ピック&プレイスの自律作業化は深層強化学習が一般的であるが、**難把持物体（スパゲティなどの紐状物体、トマト、低反発食品のももなど）**は、最適な把持動作と一体的な深層強化学習が必要である。本テーマでは、提案するハンド/把持動作による**難把持物体の高精度な自律作業化**を目的として取り組む。

現状

Easy TO Useを標語に、設置から稼働まで30分以内で行えることを目標として、昨年度は産業用ロボットの「教示レス」を実現するための技術開発を行ってきた。一方で、ロボット導入を考える企業、あるいは、技術導入を考える企業は下記項目を求めている。

- (1) 熟練工の技術
- (2) 多品種少量生産（同一作業サイクルが短い）
- (3) 掴みにくい物体
- (4) ロボット設置の可否などの課題を抱える。

上記課題への対応技術

- (1)(2)(3)作業動作、対象物体認識、状態・量の推定 >> AIセンシング・処理、強化学習法
(4) AR技術（Augmented Reality）

- ・スパゲティのような紐状柔軟物体の定量把持が難しい難把持物体を対象として、把持動作方法、把持ハンドとともに改良を重ね、50g把持精度10%以内（スパゲティ1本約2g）を達成
- ・弁当詰作業の設置から稼働までの大幅に時間短縮し、システム学習時間（GPU 2台構成で3日程度）を除けば、そのような時間内で稼働を可能

(1)～(4)の課題を解決し、高い生産性を目指すために、

- ✓ これまで開発した深層強化学習の精度向上による熟練工スキルと同等な自律作業化を提供する。
- ✓ 一般的な固形物はディープラーニングのデータセットと強化学習法で最適な把持とピック&プレイス（ロボットアーム軌道、姿勢を含む）を可能とする。

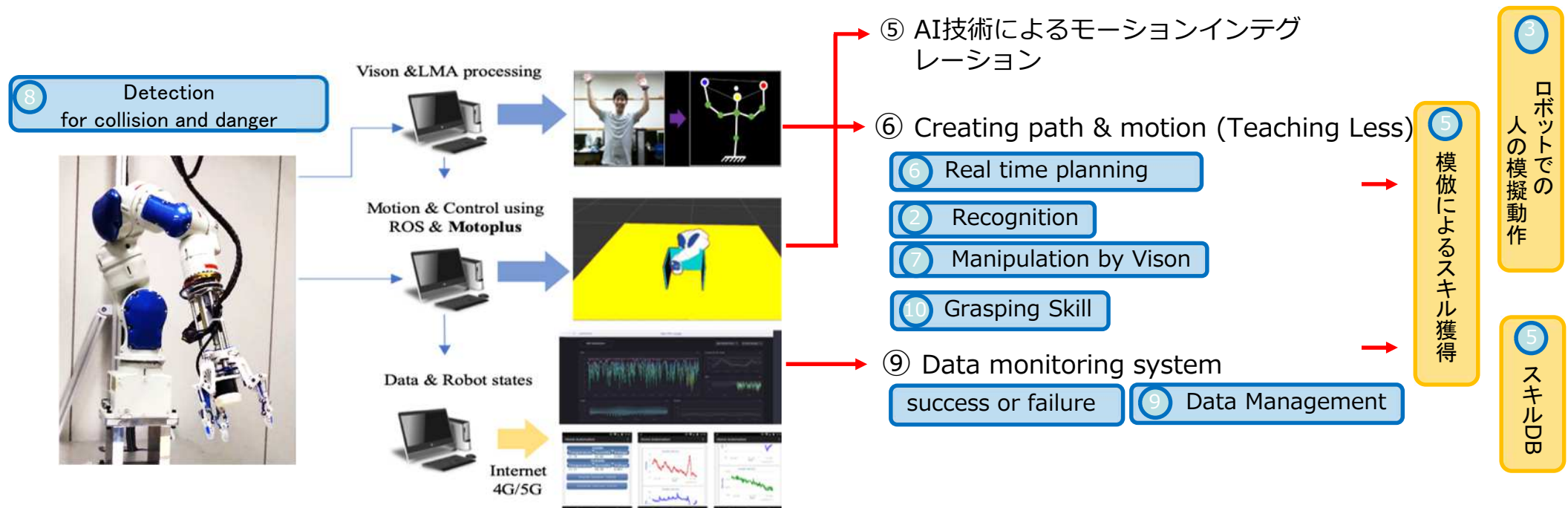
そして、

- ✓ スパゲティなどの紐状物体、いちご・もも・トマトなど柔軟物体などの難把持物体を対象とするハンドの構築
- ✓ ARとの連動

①②各種センサによる行動認識

④非電磁アクチュエータ

⑧環境内認識システム



Yaskawa Robot SIA5F

2018年-2027年（補助期間2022年度まで）

北九州市ロボットテクノロジーを活用した地方大学・地域産業創生事業

安川電機、九州工業大学連携

2019年-2022年（公財）北九州産業学術推進機構 受託研究

2020年-2023年 JST-RISTEX シナリオ創出

【発明者】

【住所又は居所】 福岡県北九州市戸畑区仙水町 1 番 1 号 国立大学法人九州工業大学内

【氏名】 林 英治

【特許出願人】

【識別番号】 5 0 4 1 7 4 1 3 5 【氏名又は名称】 国立大学法人九州工業大学

【請求項 1】 作業領域内の食品、物体を把持し、所定のトレイ（場所に）に置くピック&プレイスを自律作業する自律作業ロボットで、紐状物体（麺類）、低反発物体を含む物体を認識し、規定量をピック&プレイスすることを特徴とする自律作業ロボット

【請求項 2】 ピック&プレイスする手段は、スカラー型／アーム型ロボットに、RGB-Dカメラ、ハンドを利用してピック（把持）する物体位置を測位する測位手段と、ピックした物体の重量計、トルクセンサを利用して定量把持する手段およびプレイスする手段、強化学習（機械学習、深層学習）による経路計算を行う経路計算手段、3Dモデル／シミュレーションプラットフォーム、モバイル機器によるAR（Augmented Reality）仮想作業状態提示手段、と有していることを特徴とする自律作業ロボット

【請求項 3】 測位手段

【請求項 4】 定量把持する手段およびプレイスする手段

【請求項 5】 経路計算手段

【請求項 6】 仮想作業状態提示手段

先行事例

【発明の名称】 分配装置、盛付システム及び学習データ生成装置

特許第7044366号 株式会社ケー・デー・イー

- ・物体と特性（色、形、特に、果物の場合、色に含まれる硬さなど）階層的構造で関連づけて学習させるディープラーニングと、確率的頻度で起きる紐状物体の状態を制御し、S.D値±10%程度、定量把持誤差±10%以内回数を80%以上に高める。
- ・低反発食品のピック&プレイスを提供し、中小規模で行われている作業／生産工程の効率をあげ、少人力化を提供し、事業継承に繋がる生産性向上を目指す
- ・3Dモデル構築が容易なUnity、リアルロボット動作のROSを構成したARシステムは、ロボット導入コスト低減（企画、計画から設置、稼働まで）となる時間とコストを飛躍的に抑え、さまざまなロボット、ハンド、作業の企画、計画と設置時の作業性、生産性のギャップを最小化。
- ・ディープラーニング、物体量推定、深層強化学習、ARシステム技術を個別に、あるいは、ワンパッケージとしての提供を可能とし、ひいては、クラウドエッジによるDXを構築すれば、産業用ロボットのスタートアップのコア技術となりえる独自性を有する。

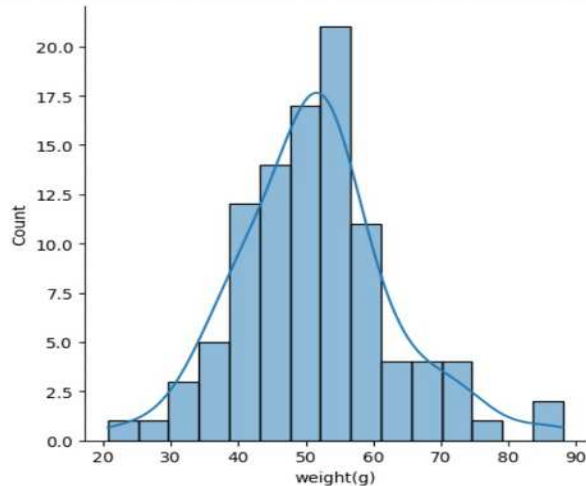


図 把持量頻度例



図 把持時のからまり



(1) ピック&プレイスモーションの深層強化学習ユニット

- (a) 深層強化学習内ポリシーネットからロボット動作解像度を 10^{-4} ～ 10^{-6} とする。
- (b) Cropping プロセスによる表層抽出および重量推定誤差を10%以内とする。
- (c) 平均誤差10%以内、S.D値10～15%以内として、定量把持誤差10%以内とする回数を70から80%に向上させ、トレー内スパゲティのほぐし処理を加えて80%以上とする。

課題と解決方法

- (a)(b)に関しては、深層強化学習時間は階層化が多層になれば、当然、学習時間が増えるが、これまでの研究成果により、解像度が重要であることが示されている。Policy Networkのルールで多入力観測データ環境と最適なGPU利用による高速化を図りながら、高解像度な画像処理プロセスを構成し、評価関数、学習回数の最適値を導きながら解決する。
- (c)に関しては、最終的にはトータルなシステムとして、正規分布している定量把持特性において、トレー内スパゲティをほぐすなど人が紐状物体を定量把持する動作を模倣し、効果的な動作を考察し、解決していく。

(2) 難把持物体低反発食品のハンド設計ユニット

- (a) 小型カメラによる光学式接触を認知できるハンドを製作する。
- (b) 低反発食品の形状を変化させることなく把持を可能とする。

課題と解決方法

- (a) シミュレーションベースで最適なセンサ取付位置を同定することができれば、画像処理プロセス（データセット、前処理）を含むディープラーニングの知見や技術はすでにあり、既存システムを活用して解決する。
- (b) 低反発食品の形状を変化させないハンド弾性構造を見出し、接触タイミングを明らかにしながら、最適値とともに解決する。

(3) AR導入支援構築ユニット

- (a) ピック&プレイス動作のSIM/Real、Real/SIMの双方向動作を実現する。
- (b) 深層強化学習ユニットと連動させ、クラウドシステムの構築を行う。

課題と解決方法

- (a)(b)ともに、技術的なアプローチや保有技術は十分にあり、これまでの知見をベースに早期に構成し、ユーザーが利用可能なアジャイル環境を構築し、解決する。

Management

Open Platform

Analysing

User

Cloud-based Service

Control

Path-
Planning

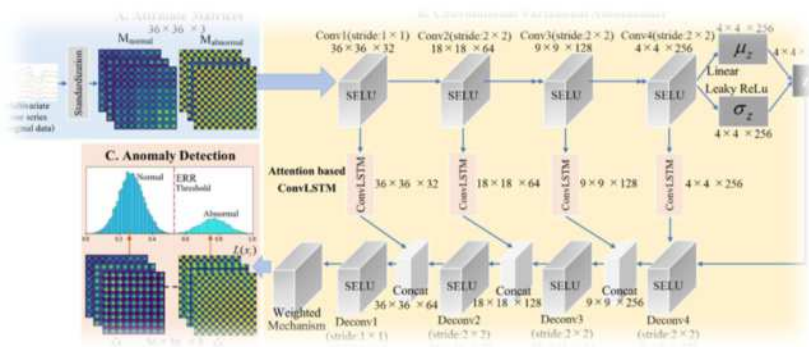
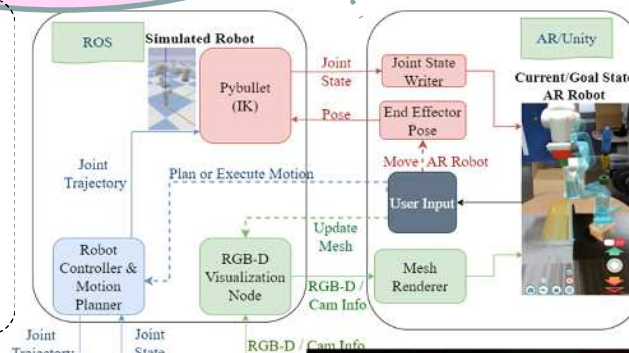
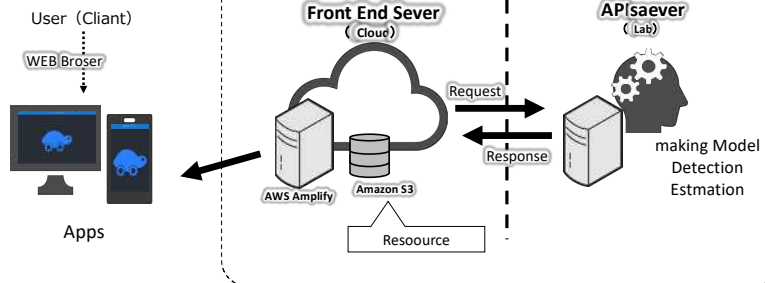
AR

Param
eter

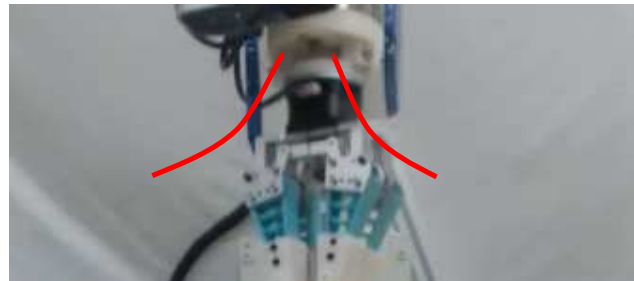
Info

Sinario
Program

VPN



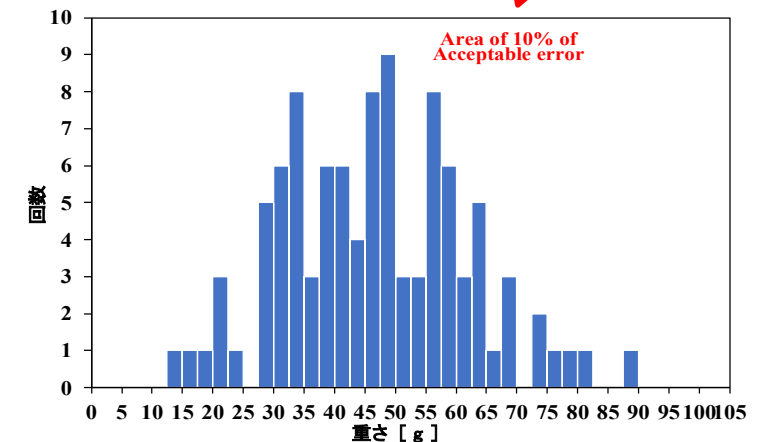
難把持物体用ハンド
スパゲティなどの紐状物体
いちご・もも・トマトなど柔軟物体



(a) 提案する把持法

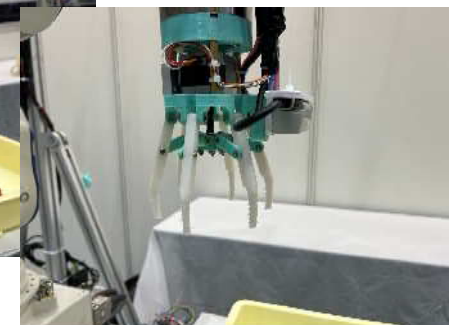


(b) 従来の把持法

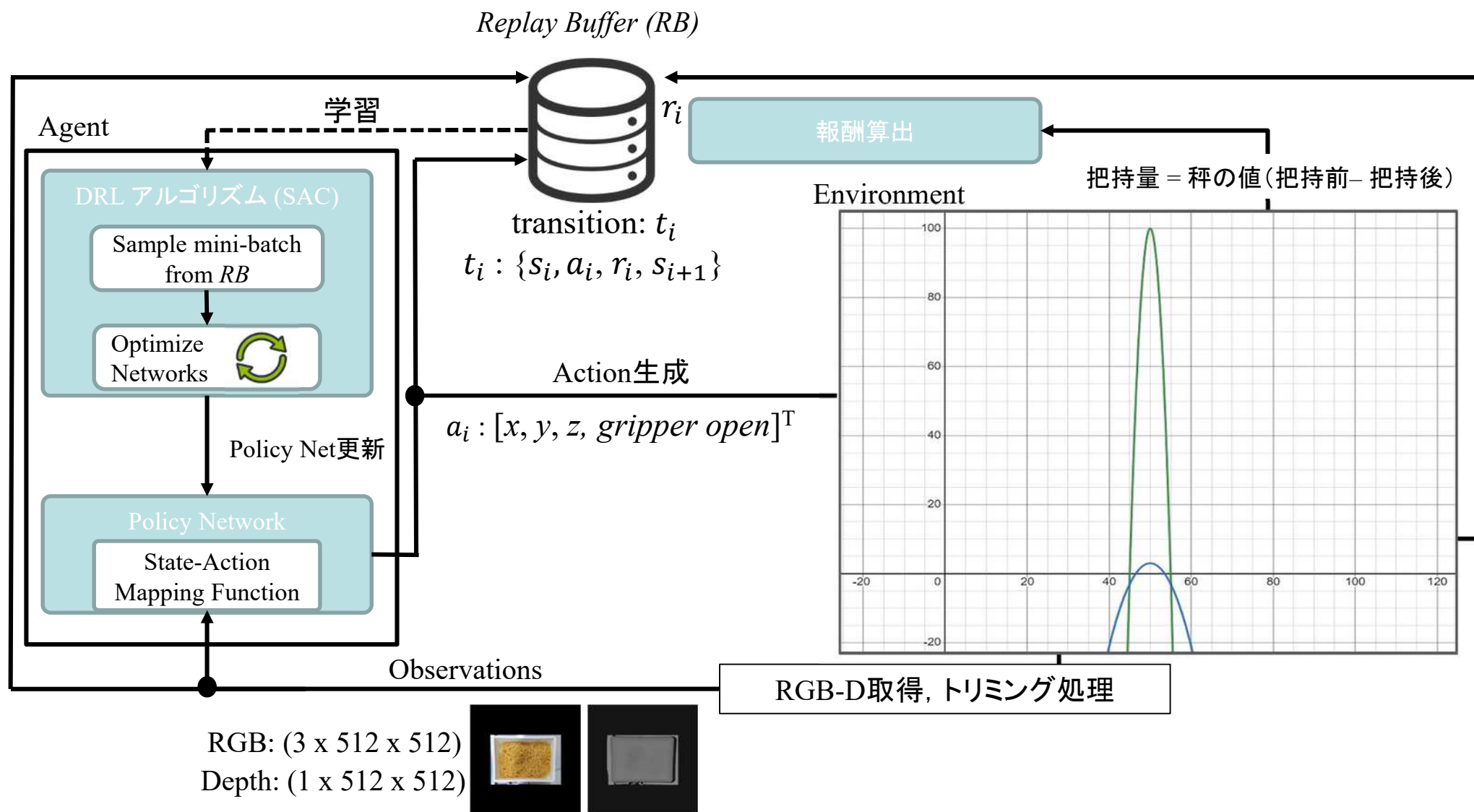


- 試行実験により観察を行い、深さ3-5mm以上（スパゲティ1本の直径2mm程度）差し込んで把持すると、絡まりが頻発することがわかった。そのため、深さ3mm以内でスパゲティを表面から剥離するような把持手法（倣い動作）を考案した。

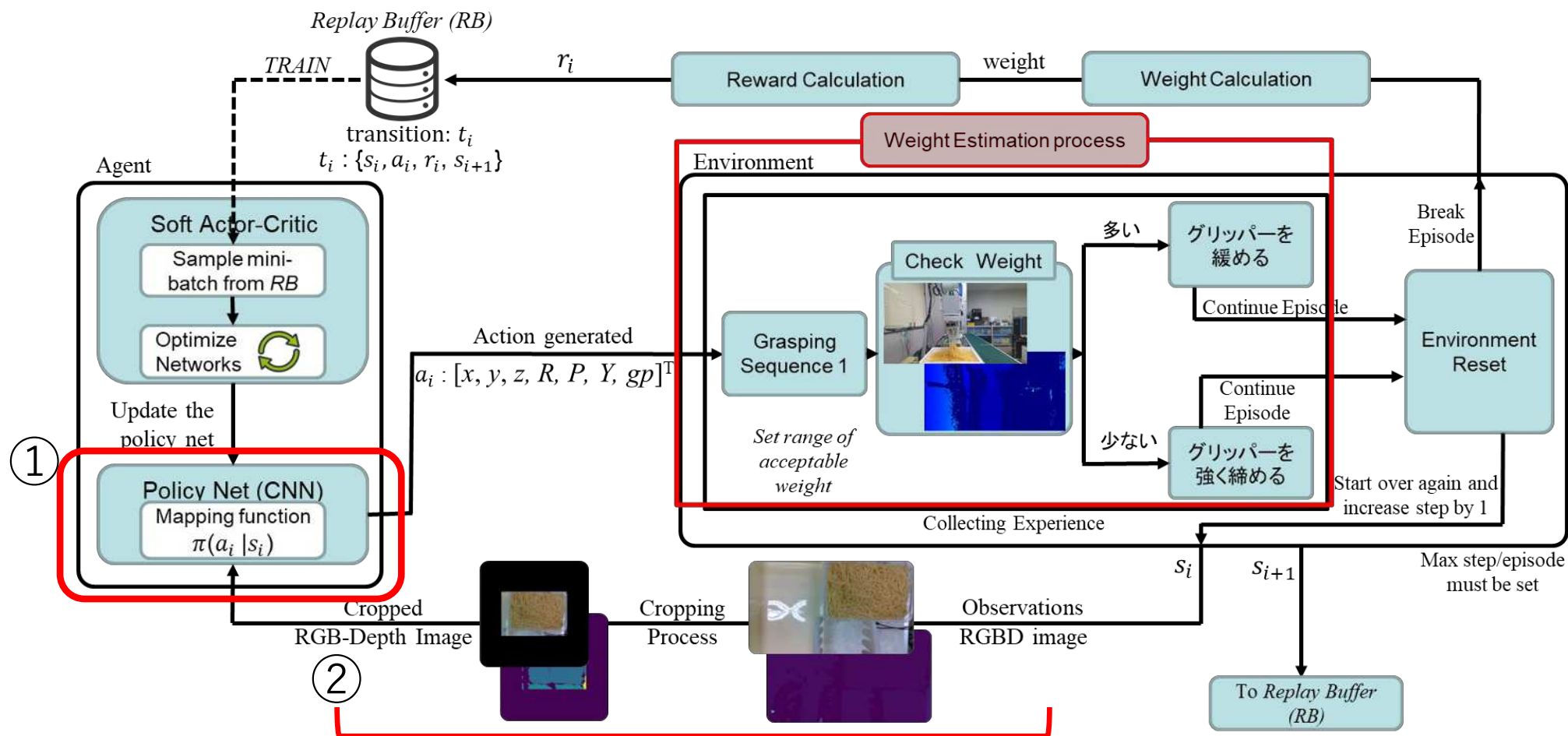
- 把持動作中の把持力の強弱による把持量の調整



■ DRLシステムによる指定量把持学習



①Croppingプロセス ②ポリシーネット

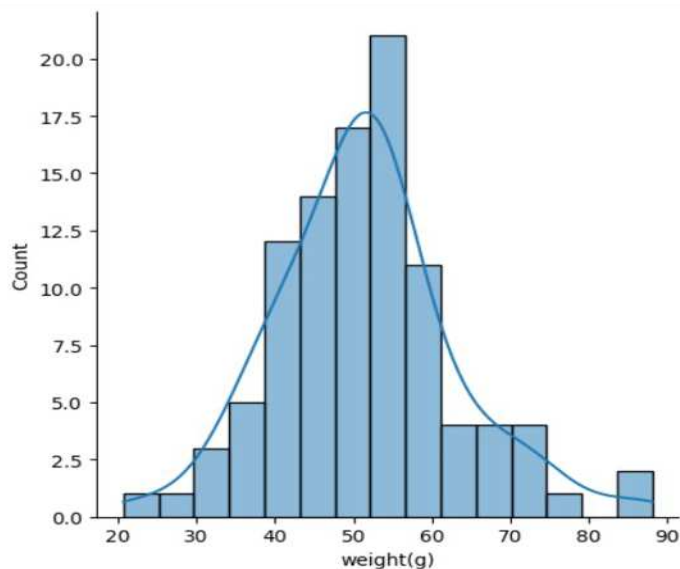


把持中の重量推定システムをDRLに組み込むことで可能なアクションが増える



定量把持の精度向上

① Croppingプロセス

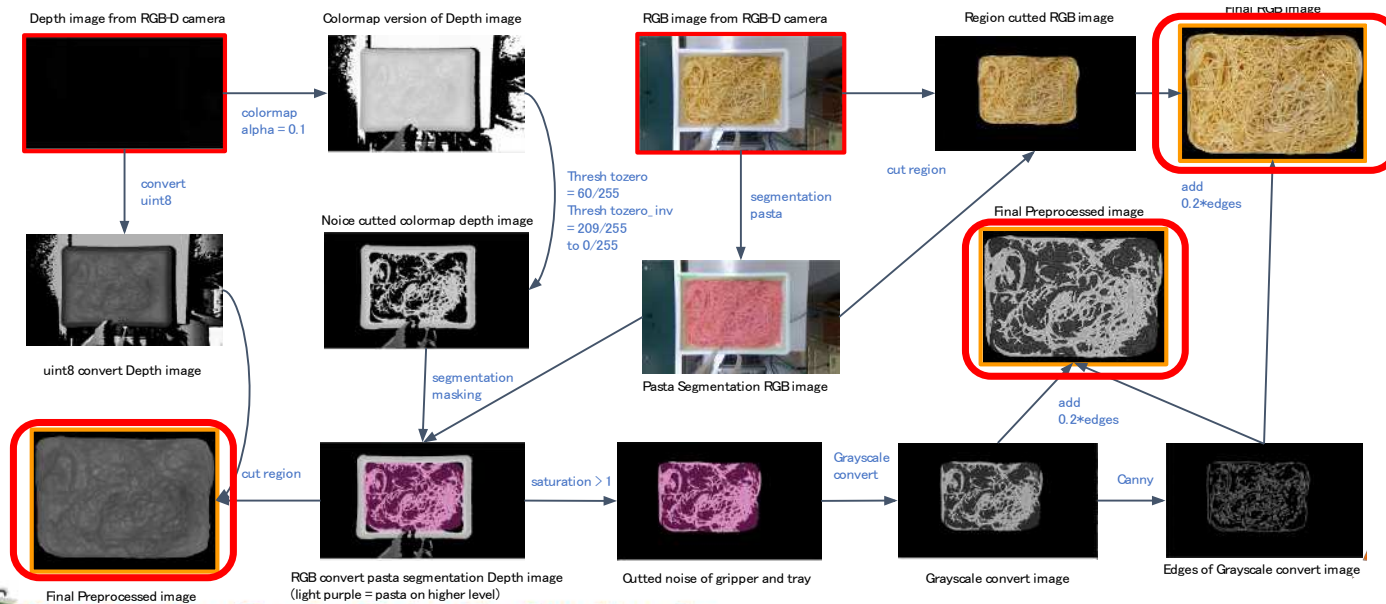


- ・ 紐状物体の把持特性が正規分布傾向を示す。
- ・ $\pm 10\%$ 外では、左図の絡まりが過大・過小に発生する。



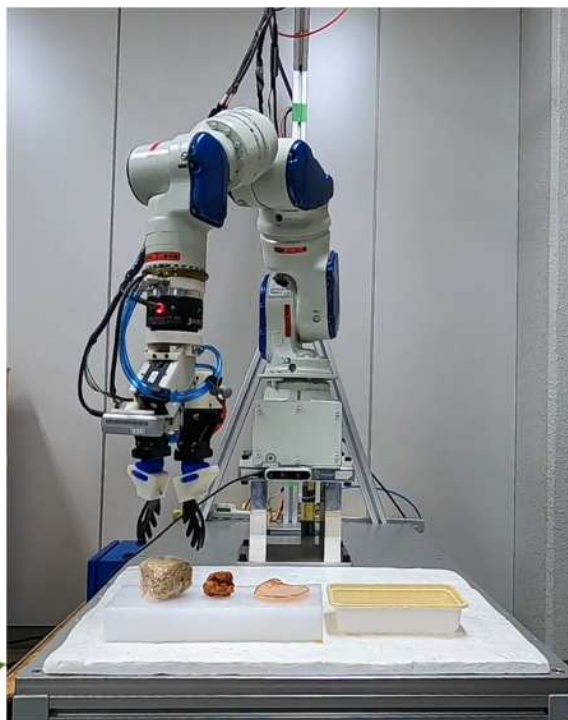
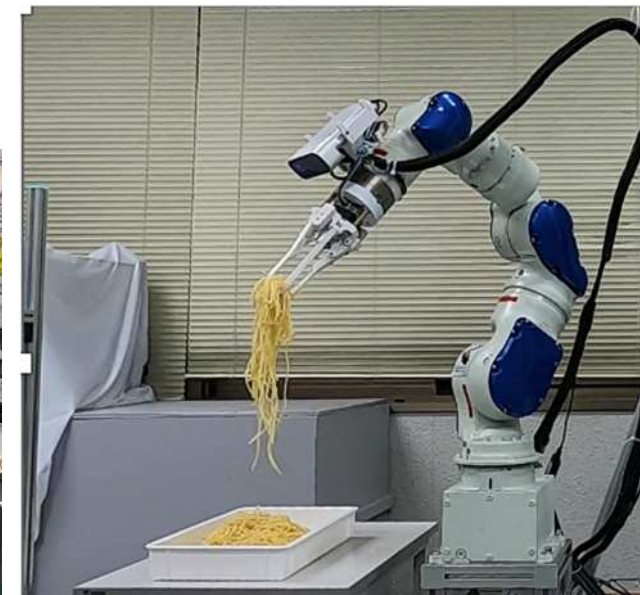
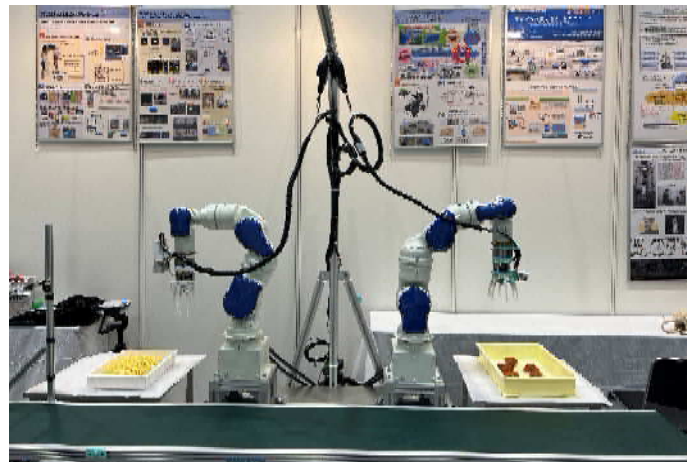
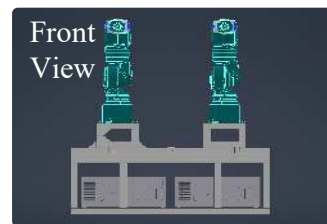
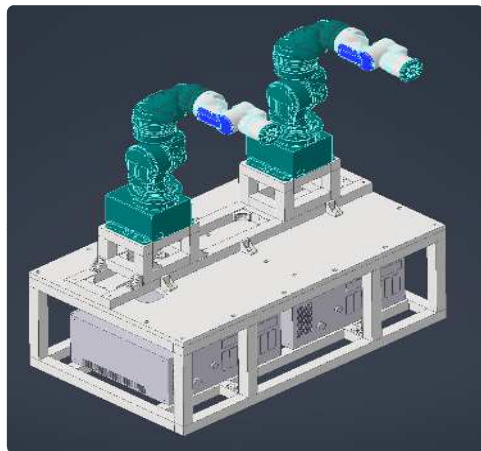
図2 把持時のからまり

把持量頻度例

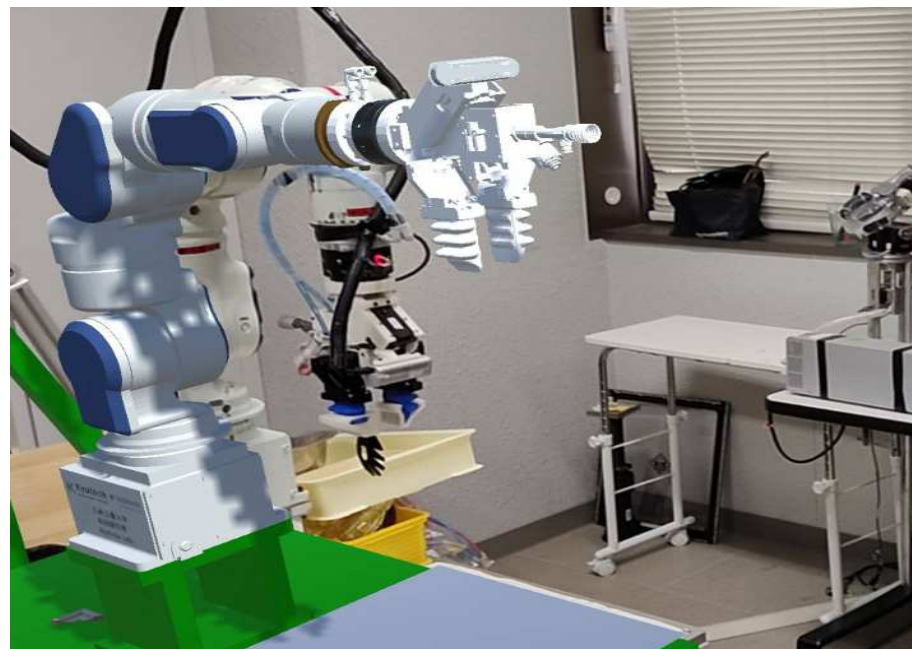
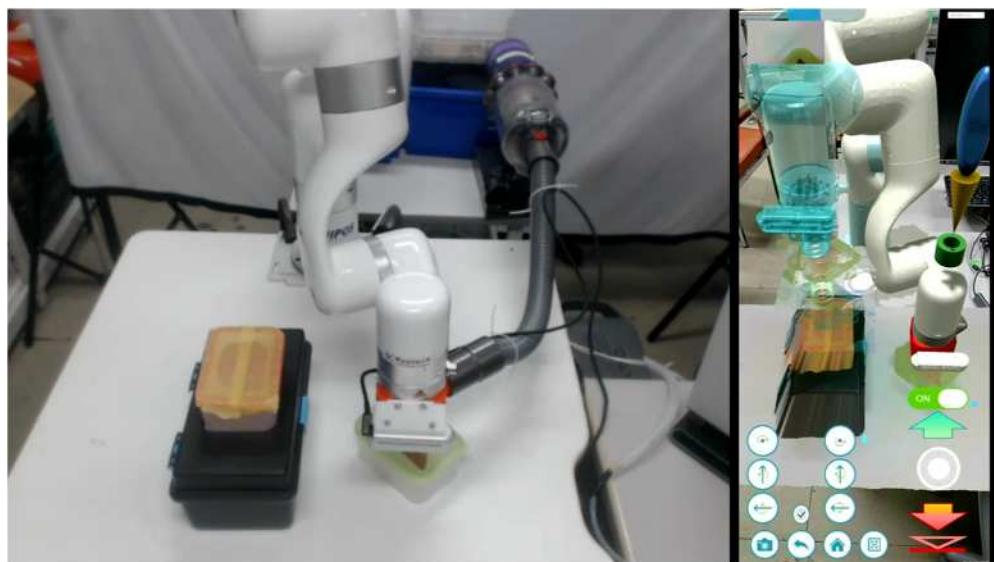


- ・ 把持量精度を高めるために、紐状物体の状態を詳細に把握する画像処理を手法を考案

➤ Dual Arm化によるマルチタスク対応



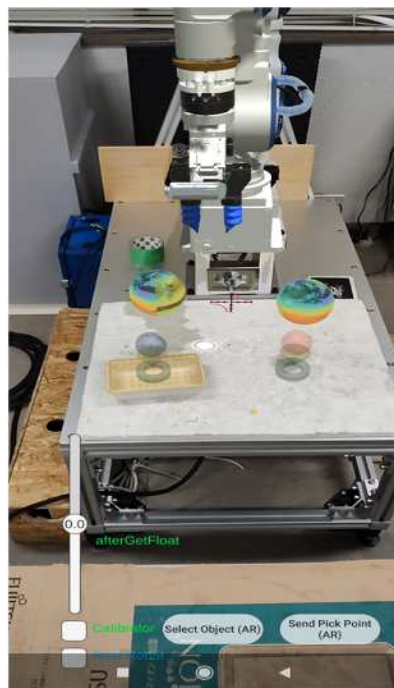
AR技術要素および構成



Recognizing



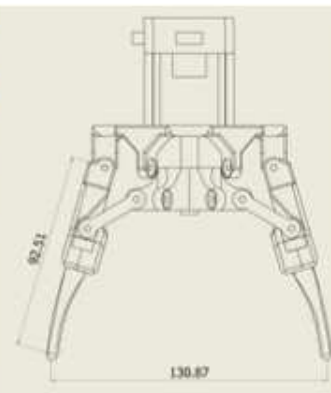
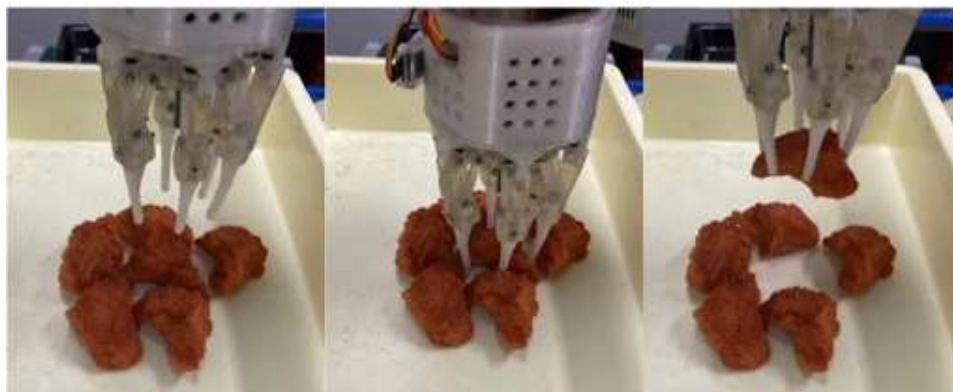
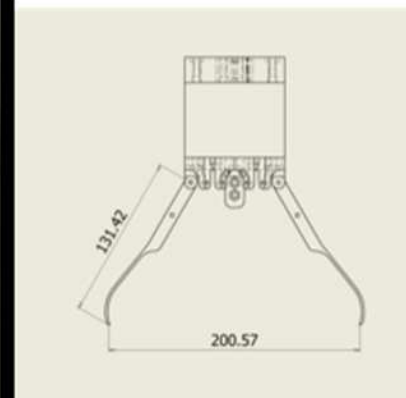
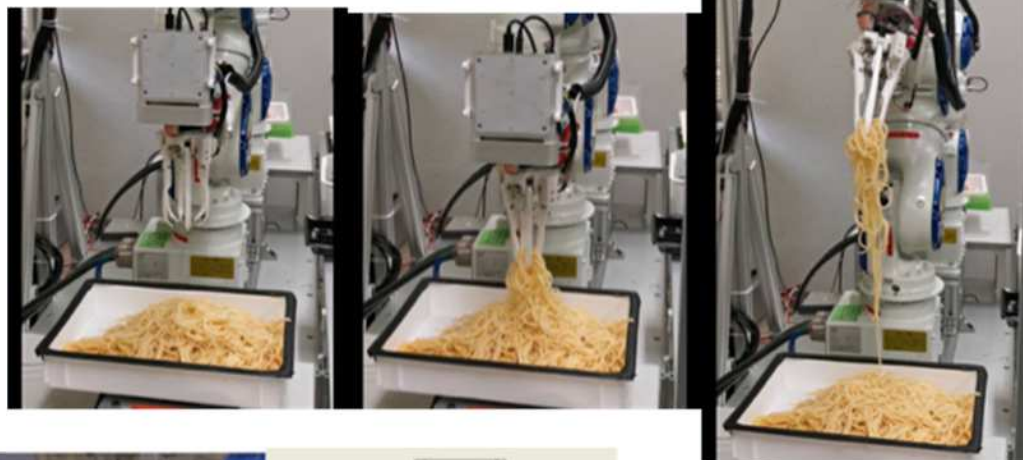
Creating Plan&Path



Could points in AR

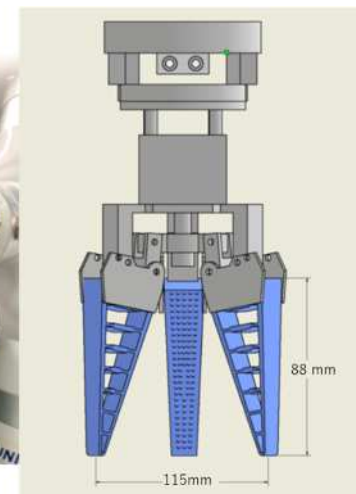
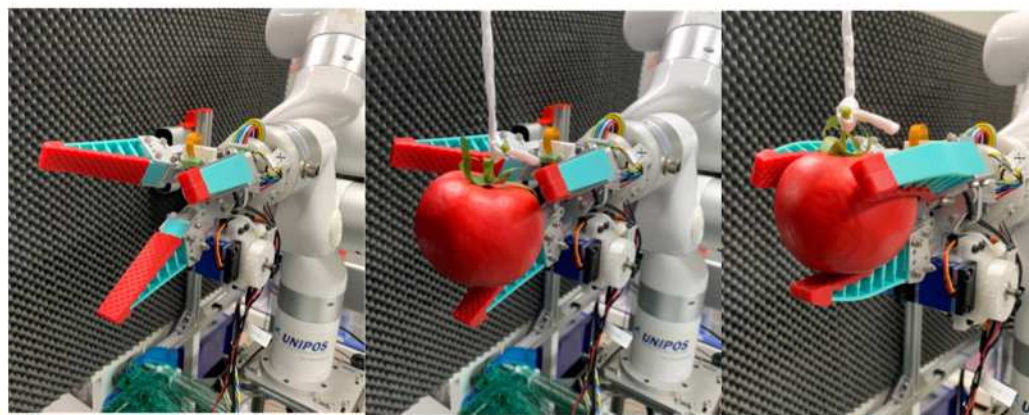


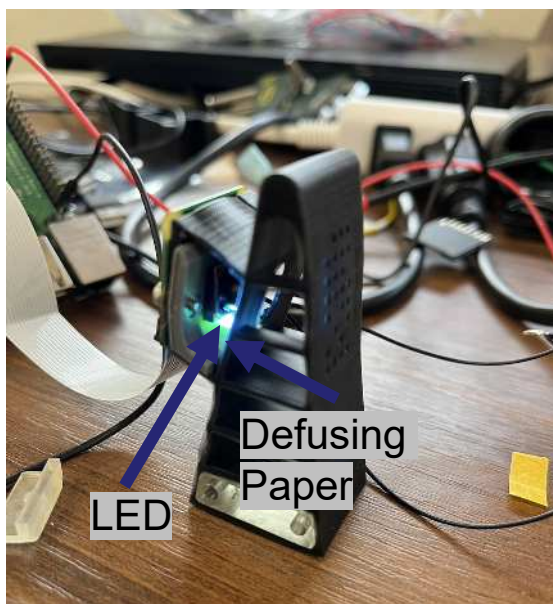
スパゲティーなどの
紐状物体



唐揚げなどの物体

トマトなどの柔軟物体



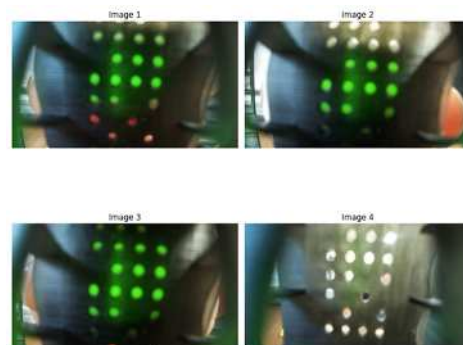


Design light controlled system

- Use LED strip
- Defuse with color paper
- Avoid direct reflection ray to camera

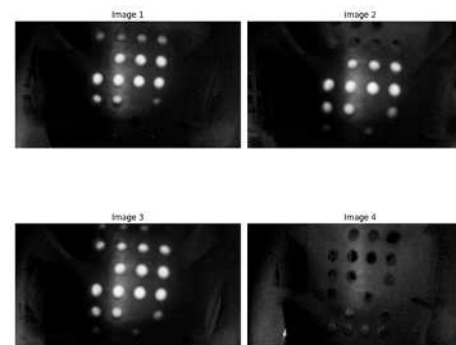


RAW IMAGE



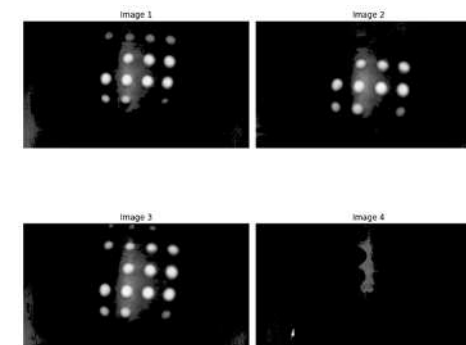
Control sample
(no touch)

EXTRACT COLOR



Control sample
(no touch)

THRESHOLDING



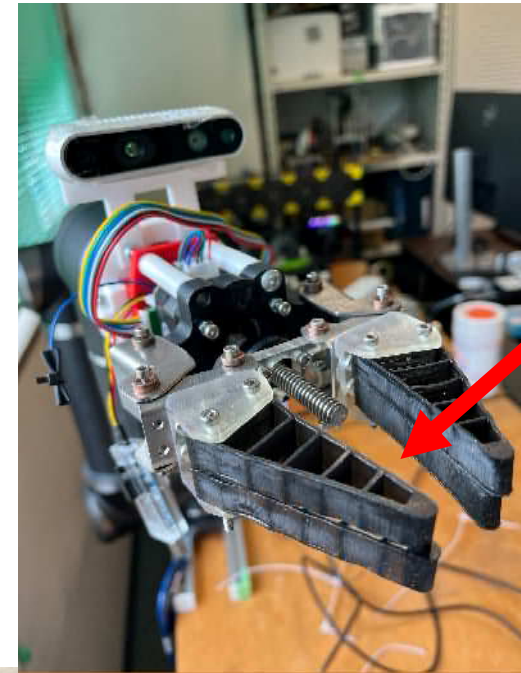
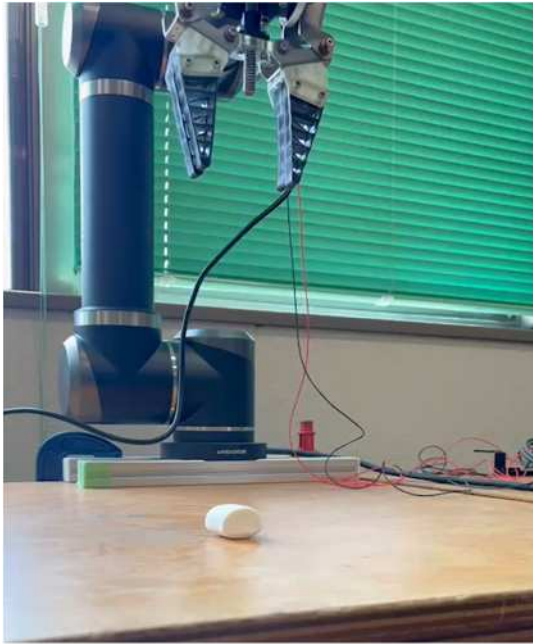
Control sample
(no touch)

RAW IMAGE



AFTER PROCESS





Multi-layer
Fin-ray

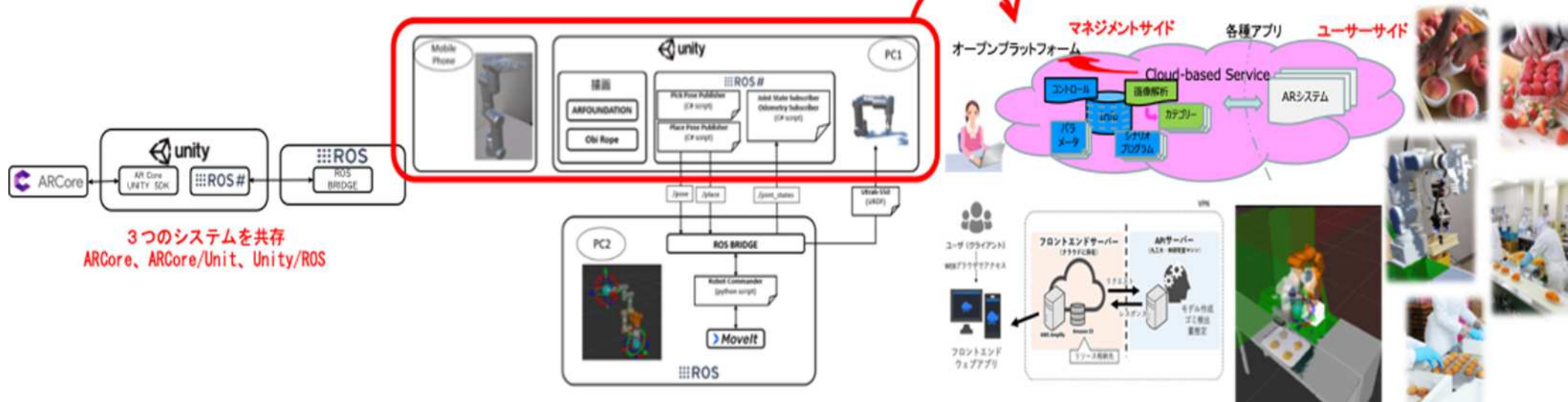


3つのシステムを構築したアーキテクチャ

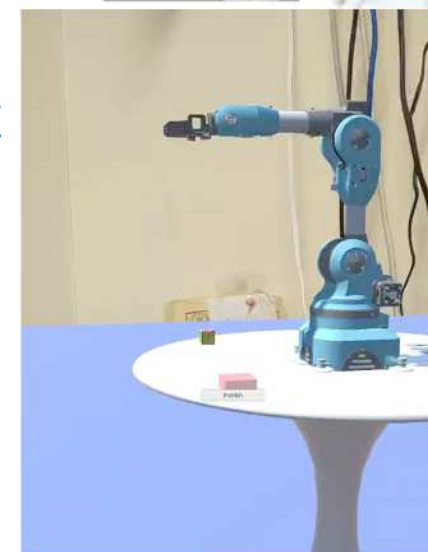
ARによるシミュレーション、実ロボットによる動作を双方向の実現を目指す

Unity内：モデル構築、オブジェクト投影、UIの表示、シミュレーション表示

ROS内：ROSへのロボット制御パラメータ送受信、そして、ロボット動作計画と動作

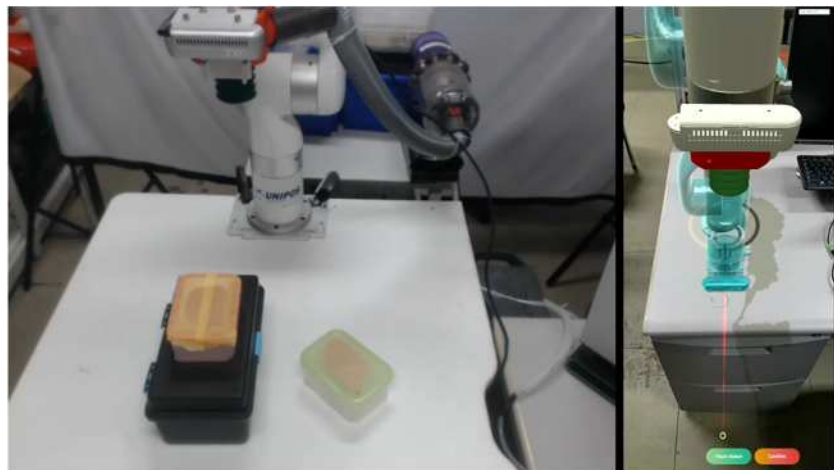
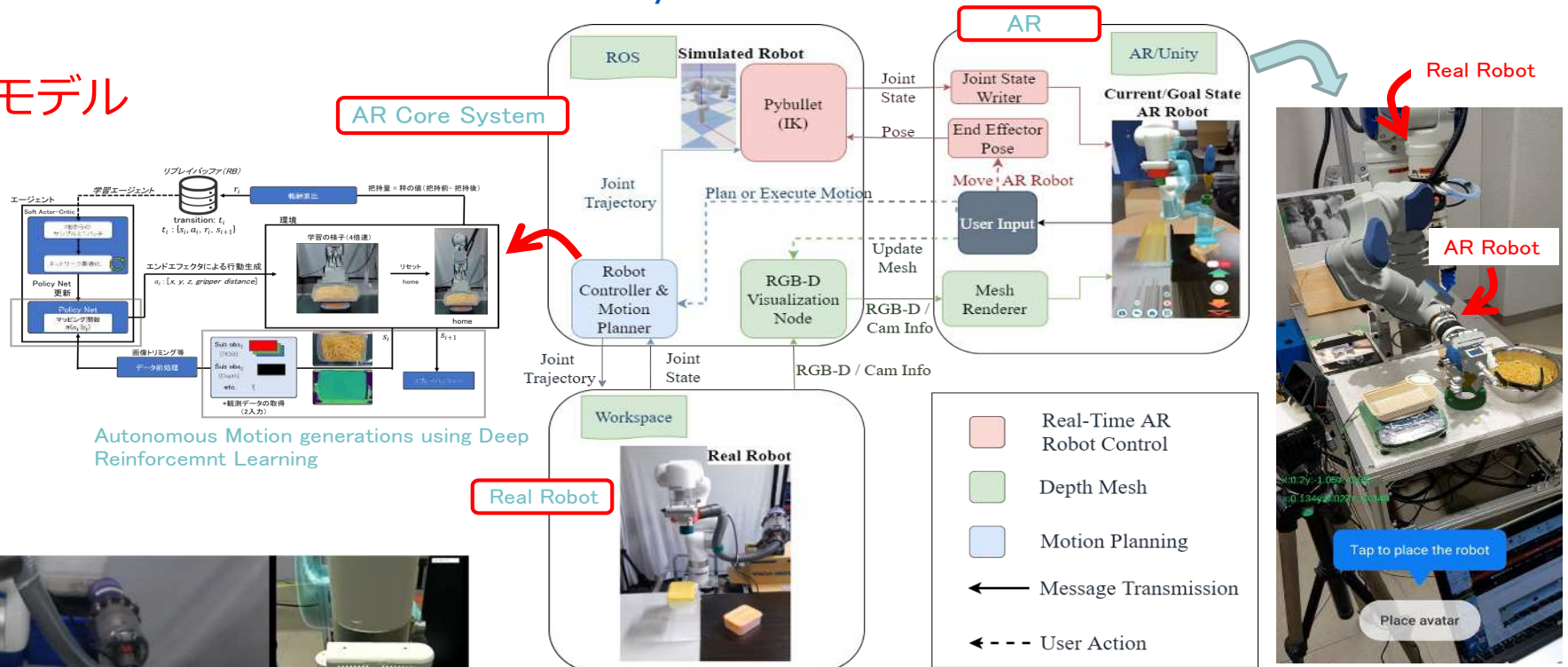


ROS,Unityのシステムにおけるシミュレーションに関わるAR Foundationおよびパラメータ開発を行なっている。



- DXクラウドに組込まれるAR連動として、図に示すように、ARコアシステムを搭載し構成
- 一般的に、ROSとの親和性を考えるとGazeboやUnityのシミュレーションシステムと連動

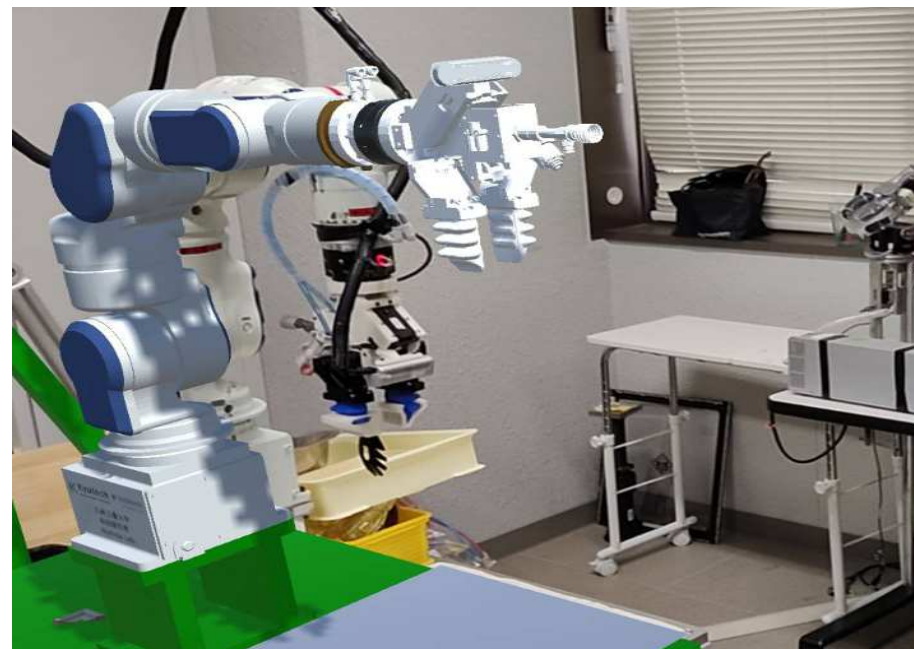
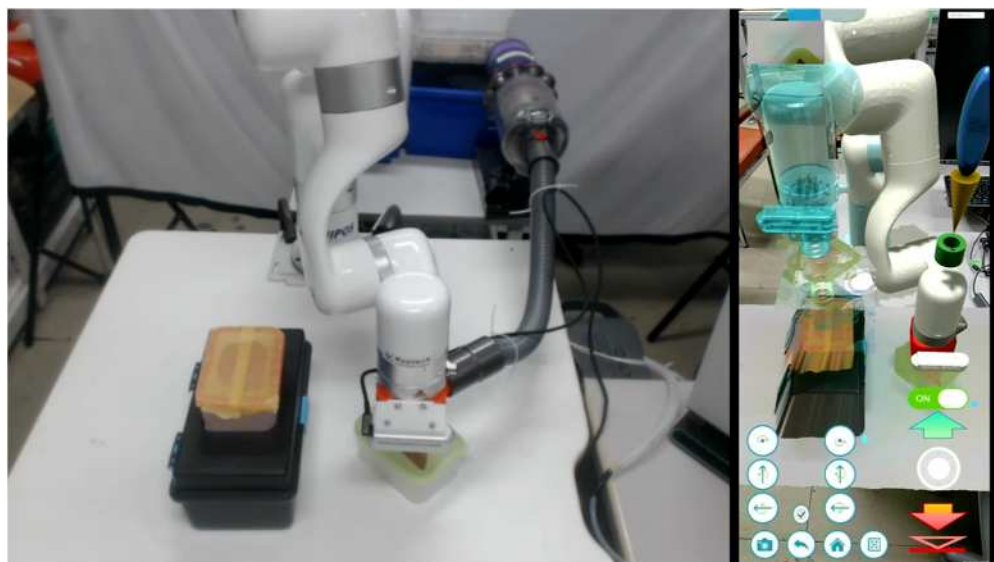
昨年度モデル



ROS,Unityのシステム親和性、安定性があまりよくない状況が続いている。

- Creating Autonomous System Combining AR&Cloud with Deep Reinforcement Learning
- C++, ROS, Python, OpenCV, Gazebo, Unity, AWS etc. are required

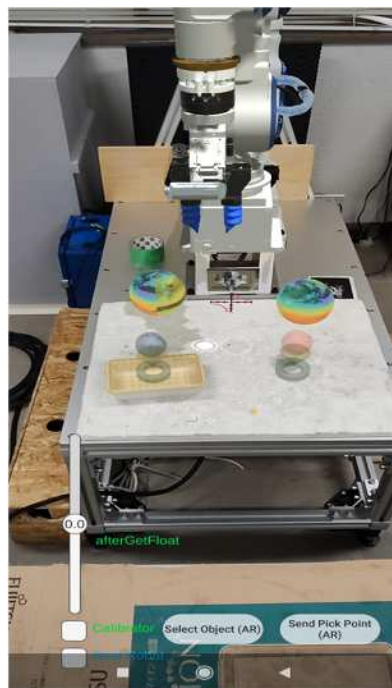
Connected AR



Recognizing



Creating Plan&Path



Could points in AR



産業への寄与、企業への技術移転

特許によるアドバンテージ、技術移転による**地域企業の技術力向上**

クラウドエッジシステムで導入計画から稼働までのシミュレーション、稼働後のロボットモニタリング、他工程へのロボット利用をオンラインで設定することが可能となる。

労働力不足の解消

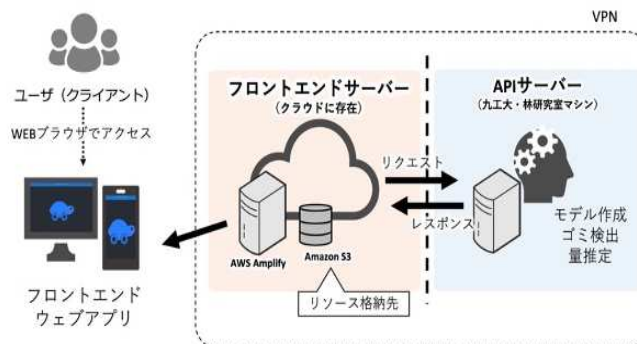
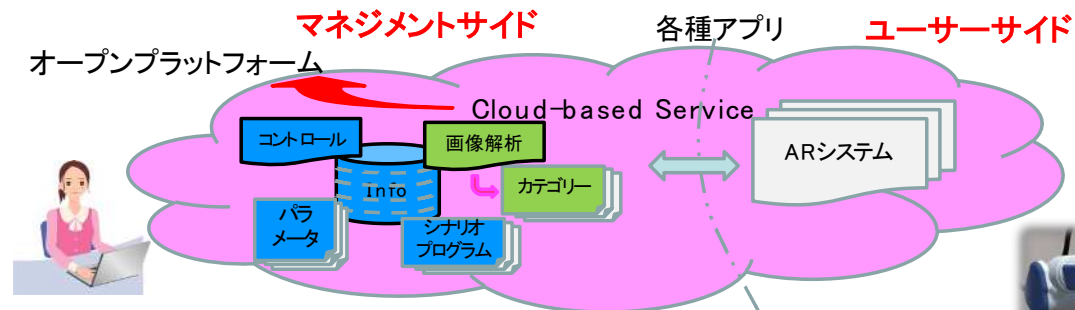
多品種・短期間工程への対応

クラウドエッジを運営する会社、本特許を核としたスタートアップ（ベンチャー含む）を実現。

雇用の創出

街の活性化

新たな産業分野創出



- 紐状物体（麺類）の課題は重要であり、上記方法の技術により克服できると考えている。
- 本技術の難把持物体のピック&プレイス技術は、先端的であり、企業とはまずフィージビリティ研究をともにを行い、先端技術の理解と共に包括性を共有していくことを希望。
- また、各種工場、物流、農林水産業のAI系技術の開発中の企業、産業ロボットや自動／自立化分野への展開を考えている企業には、本技術の導入や要素技術が有効と思われる。

九州工業大学
イノベーション本部 産学イノベーションセンター

技術相談窓口

Tel : 093-884-3499

Email : chizai@jimu.kyutech.ac.jp

Webサイト : <https://www.ccr.kyutech.ac.jp/ask/>

終了