



「次世代人工知能・ロボット中核技術開発」
(人工知能分野) 中間成果発表会
－人間と相互理解できる人工知能に向けて－

AI for ロボットの概要

平成29年 3月29日

産業技術総合研究所／大阪大学

原田 研介

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

ヒトから学び、ヒトを活かすロボットを目指して



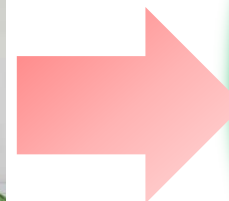
工場（製品組立）



工場（部品供給作業）



家事



問題

- 新しい作業に即座に対応できない

例

- 製品製造における変種変量生産
- 家庭環境における多種多様な家事作業

- **製造現場における部品供給・製品組立（原田発表）**
 - 技術的課題
 - ヒトの作業動作の蓄積と再利用
 - 動作計画に基づくロボットの新たな作業への適応

- **家庭環境における日常生活動作（尾形、山崎発表）**
 - 技術的課題
 - モデルフリーで作業対象や環境変化に対応
 - 操作のための知識の獲得

- **共通の要素技術：コンピュータビジョン（橋本発表）**
 - 技術的課題
 - 一般物体認識や機能認識のためのデータや知識モジュールの構築

- **製造現場における部品供給・製品組立（原田発表）**
 - 技術的課題
 - ヒトの作業動作の蓄積と再利用
 - 動作計画に基づくロボットの新たな作業への適応
- **家庭環境における日常生活動作（尾形、山崎発表）**
 - 技術的課題
 - モデルフリーで作業対象や環境変化に対応
 - 操作のための知識の獲得
- **共通の要素技術：コンピュータビジョン（橋本発表）**
 - 技術的課題
 - 一般物体認識や機能認識のためのデータや知識モジュールの構築

目標

ロボットに与えられた新たな作業に対し、ロボット自身が考えて対応するシステムの構築

H29年度の目標

FSで構築したシステムをより実用的なものとするために

- ・各種DBの充実化
- ・動作再生のみによる状況認識を必要としない模倣学習
- ・難識別対象物の認識など、物体識別の高精度化
- ・机の上に1枚置かれた衣類の折り畳み

H30年度の目標

FSで構築したシステムを実用化に耐えうるものとするために

- ・バラ積みのピッキングから組み立てまで一連の動作検証
- ・センサフィードバックの実装
- ・深層学習モデルによる状況認識を必要とする模倣学習
- ・洗濯籠に数枚入った衣類の折り畳み

最終目標(平成31年度)

実際の製造工場や実際の家庭における運用を想定した試験

- ・実際の工場環境における検証
- ・家庭環境における検証

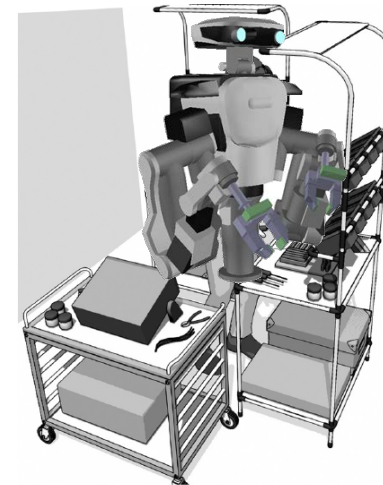
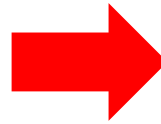
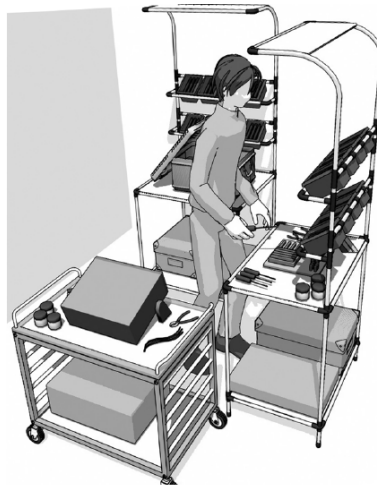
共通的に利用可能なモジュール構成
生活支援ロボット（模倣学習、柔軟物操作）
産業用ロボット

- 動作計画モジュール（産総研、阪大）
 - 把持動作DB（産総研、阪大、金沢大）
 - 物理シミュレータモジュール（産総研）
- ロボット動作系モジュール**

- 対象物認識DB（中部大、中京大）
 - 視覚認識モジュール（中部大、中京大、阪大）
 - 三次元センシングモジュール（産総研）
- 視覚系モジュール**

- 機械学習モジュール（信州大、奈良先端大、阪大、産総研）
 - 模倣学習モジュール（早稲田大）
- 学習系モジュール**

セル生産のロボット化に立ちはだかる課題



複雑な双腕動作を手動で生成

部品棚からピッキングできない
⇒ パーツフィーダ

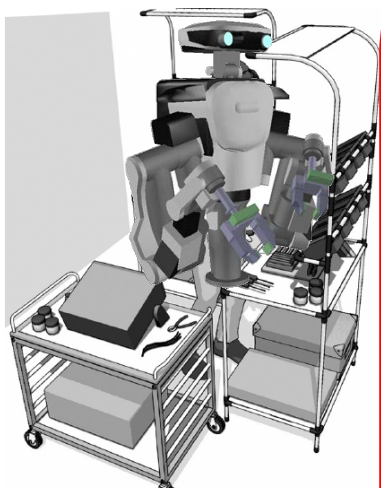


組み立てられない
⇒ 専用ハンド＋ツールチェンジャ

難作業の存在
⇒ 自動化できる工程は限定的



変種変量生産で製品・製造工程が変わる度に再構成



・部品棚からピッキングできない
⇒ パーツフィーダ

➡ 箱からのピッキング

・複雑な双腕動作を手動で生成

➡ 組み立て作業動作の自動計画

変種変量生産で製品・製造工程が
変わる度に再構成

➡ ヒトの作業動作獲得・再利用
適応・学習技術
センサフィードバック

・組み立てられない
⇒ 専用ハンド、ツールチェンジャ

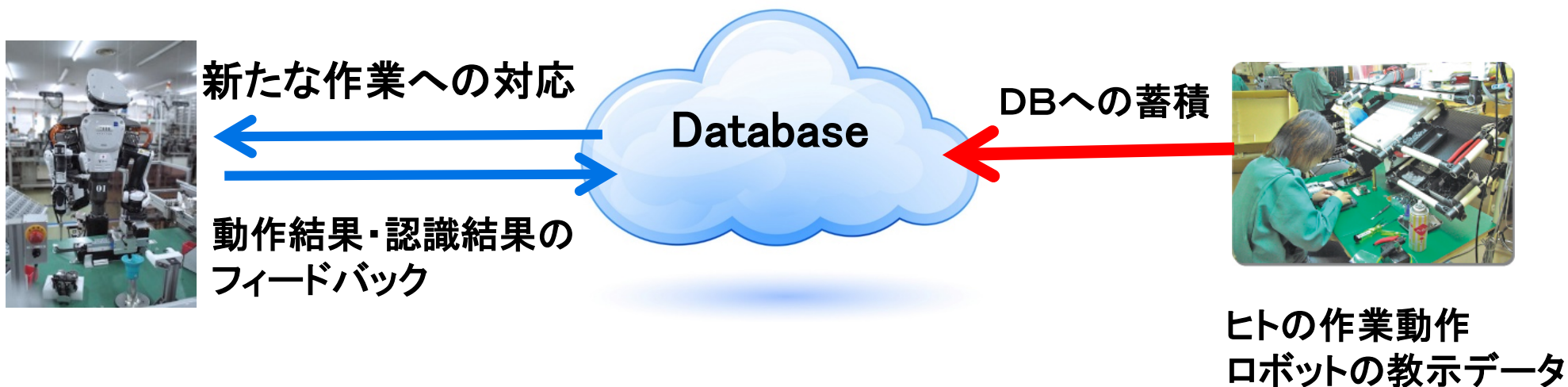
➡ 汎用ハンド

・難作業の存在
⇒ 自動化できる工程は限定的

➡ 複雑形状・柔軟対象物のマニピュレーション

技術課題を解くための手段

DBに情報を蓄積し、修正・再利用により、動作の多様性や柔軟性を獲得



問題解決のポイント

- ・ダウンロードする情報の選択
- ・なるべく多くの動作パラメータを自動計画
- ・新たな作業に適応するための機械学習
- ・センサフィードバック

問題解決のポイント

- ・動作の蓄積・再利用の容易さ

FSではプロトタイプシステムの構築

アプローチ

多様なマニピュレーション動作を再利用可能な形式で記述

例：物体把持・操作

道具の操作

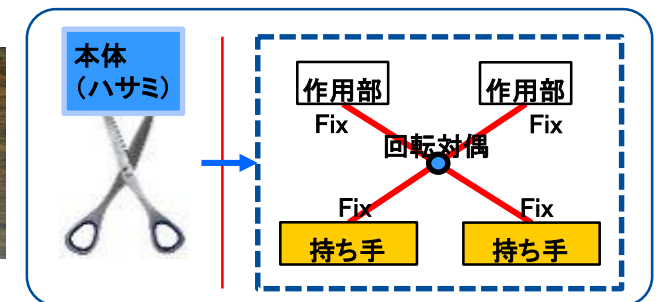
道具を介した物体操作

双腕動作

技術のポイント

作業の階層化

物体の操作・道具の使い方の記述方法



実装形式の定義：Yaml形式

作業 (work): 一つまたは複数のタスクから構成される一連の作業全体

タスク (task): 作業工程に対応するレベル

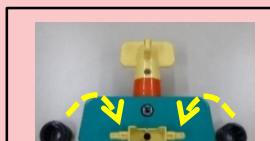
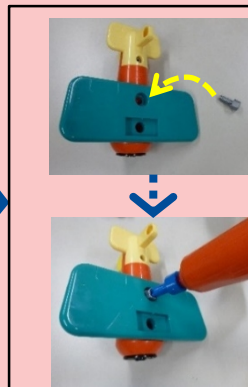
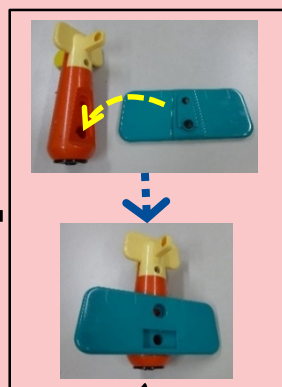
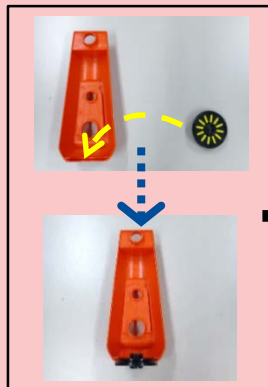
操作対象の物体とタスクを実現するための動作列や条件を記述

動作 (action): 再利用可能なまとまりのある動作単位, スキル記述のレベル

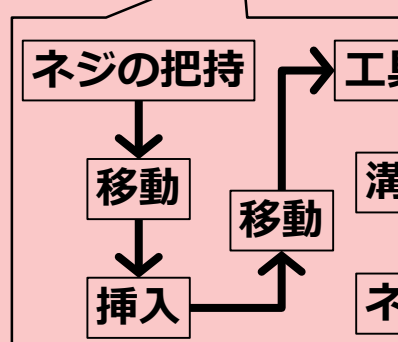
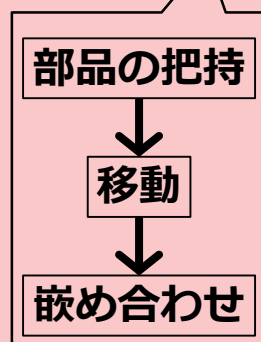
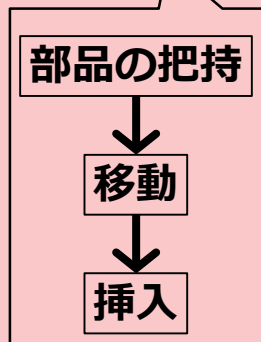
作業



タスク

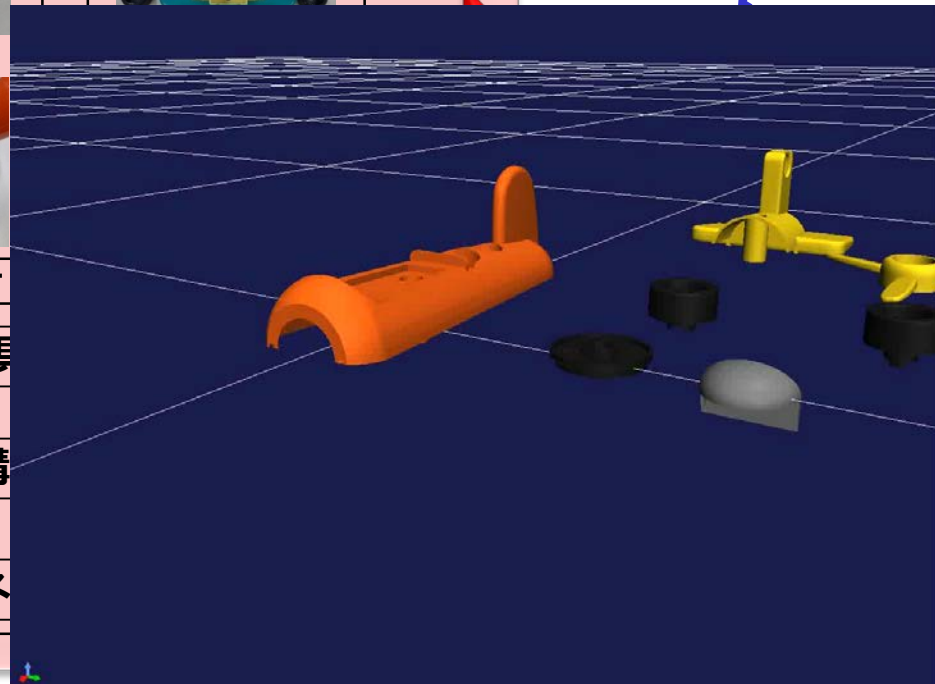


動作



```
type: work
name: "AirplaneAssembly"
objective: "Assembly a toy airplane"
objects:
  - toyAirplane.yaml
  - driver.yaml
sequence:
  - insertPropellerBaseToBody.yaml
  - assembleAirPlaneBodyParts.yaml
  - ...
```

```
type: task
name: "insertPropellerBaseToBody"
objective: "Insert a propeller base to a body part"
objects:
  - propellerBase.yaml
  - upperBody.yaml
sequence:
  - grasp***.yaml
  - move+++yaml
  - insert###.yaml
```



過度にヒトを拘束せずに、容易に多数の作業動作を獲得する

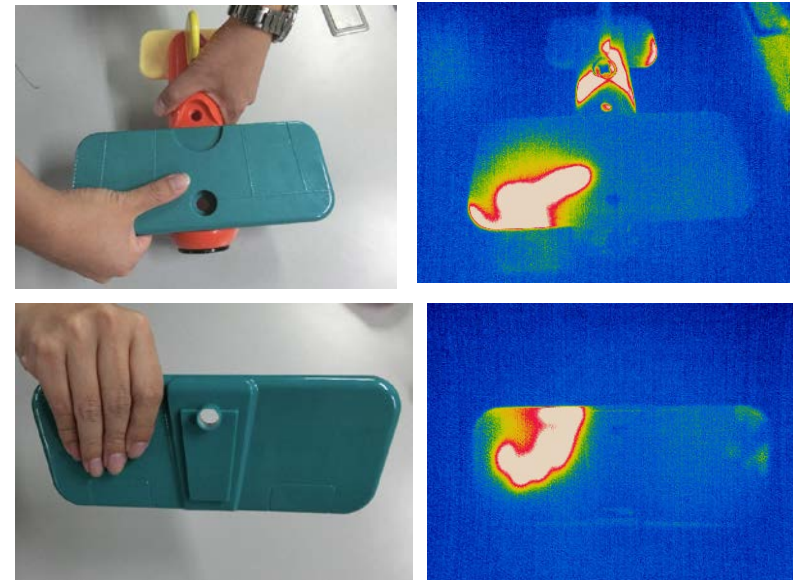
位置情報の獲得



技術のポイント

- ・パーティクルフィルタを用いた指先のカラーマーカ+対象物のARマーカのトラッキング
- ・対象物の使われ方を考慮したモデル化

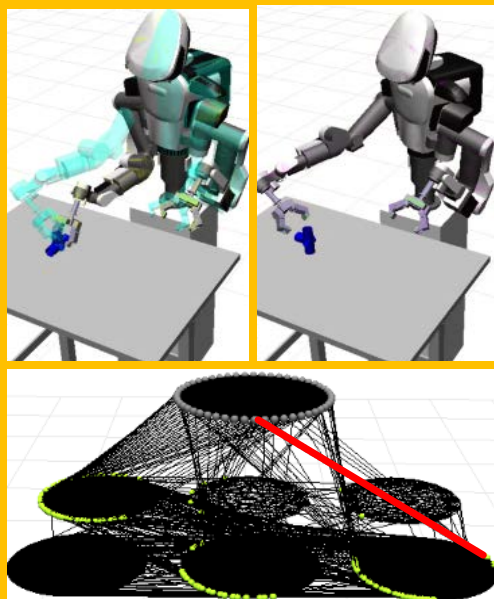
力情報の獲得



技術のポイント

- ・熱痕跡画像を用いた把持形態と力の入れ具合の獲得

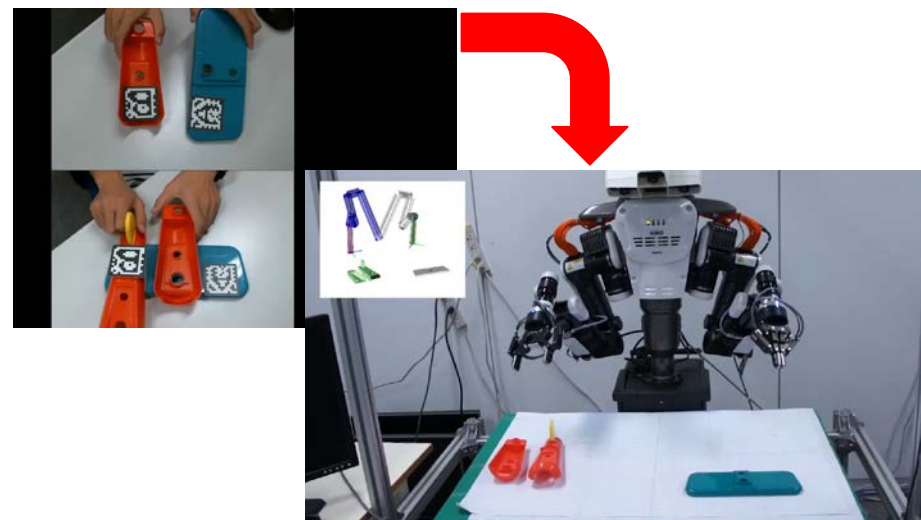
把持姿勢、作業手順、ロボット動作、ツール選択の同時計画



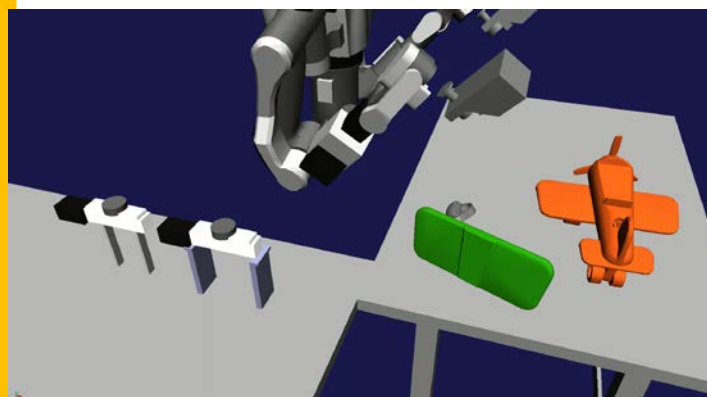
技術の新規性

探索のためのグラフを動的に生成・削除

把持姿勢、作業手順、動作軌道、ツール選択の同時計画を実現



ヒト動作を参照した計画
#動作プリミティブの始点と終点情報のみを利用

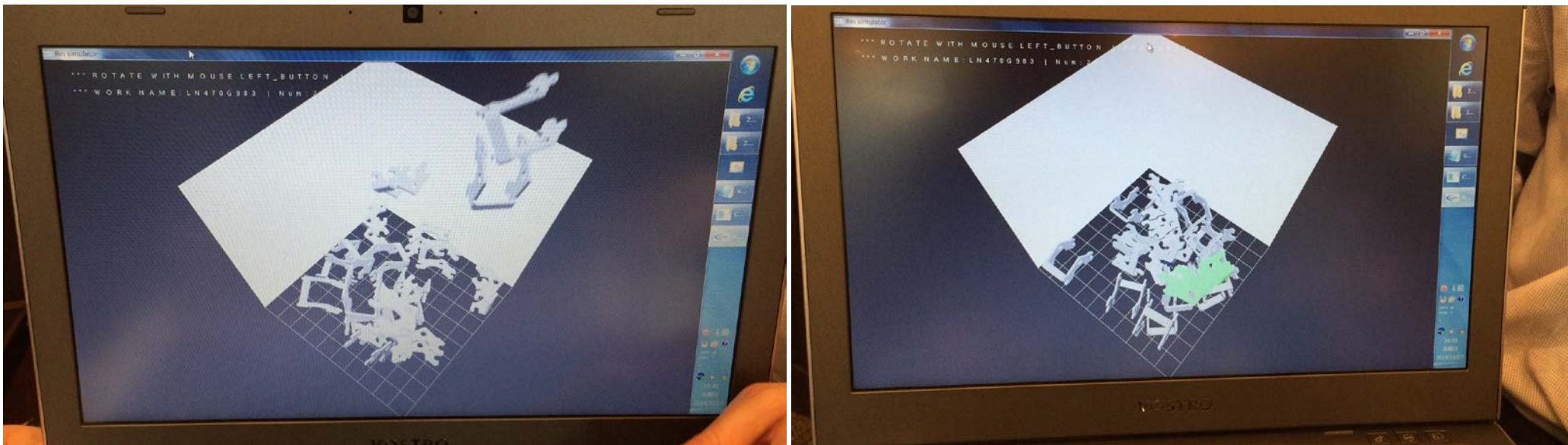


自動的なツール選択

A Mid-level Planning System for Object Reorientation

Weiwei Wan¹, Hisashi Igawa², Kensuke Harada^{1,3}, Zepei Wu¹,
Kazuyuki Nagata¹, Hiromu Onda¹, Yamanobe Natsuki¹, and Yasuyo Kita¹
¹The Manipulation Research Group, National Inst. of AIST
²Hokkaido Research Organization
³Osaka University

配列、組立、ツール利用のデモ



技術的特徴

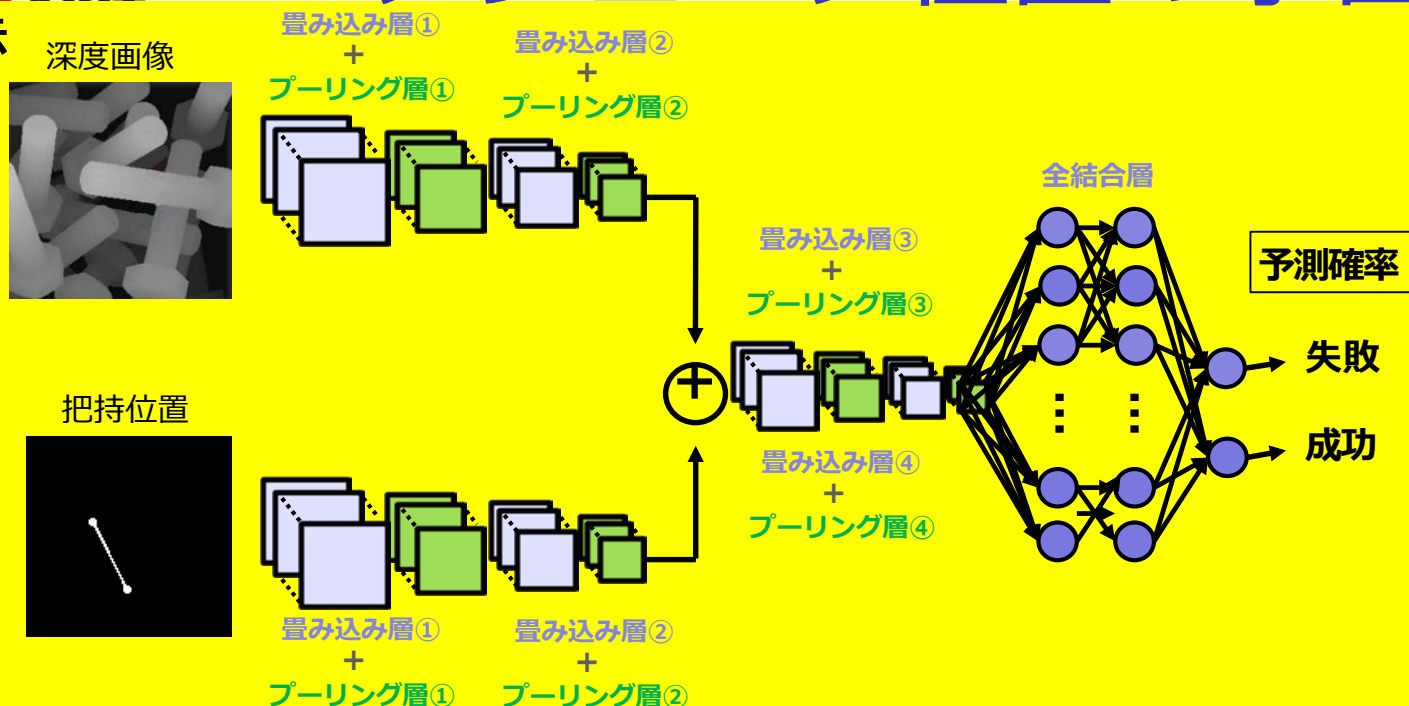
シミュレーションによる効率的な学習データの収集

動力学エンジンとしてPhysXを利用

モデルに複数の直方体を当てはめ直方体同士での干渉
チェック ⇒ 計算時間の節約

アプローチ位置の学習

手法



技術的特徴

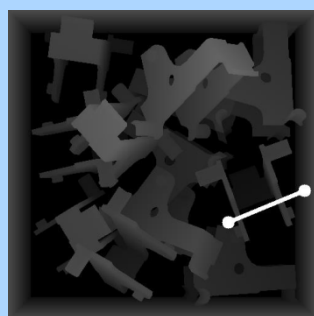
CNNを使ったアプローチ位置探索

シミュレータを使って効率的に学習データを獲得

シミュレータの近似誤差をある程度カバー可能(赤の箇所)

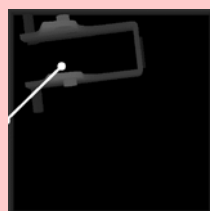
結果

アプローチ位置の推定

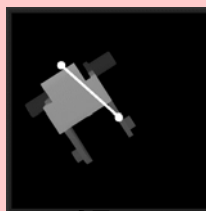


予測:0.98

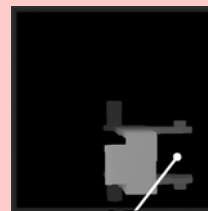
把持成功確率



正解:1
予測:0.88



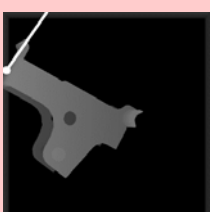
正解:1
予測:0.66



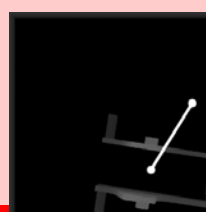
正解:1
予測:0.80



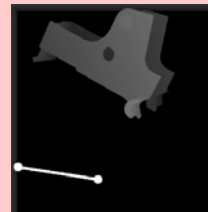
正解:1
予測:0.28



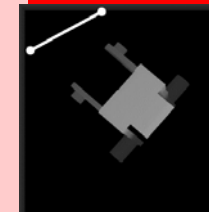
正解:0(接触あり)
予測:0.0



正解:0(接触あり)
予測:0.99



正解:0(接触なし)
予測:0.0



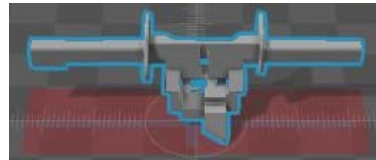
正解:0(接触なし)
予測:0.0

成果

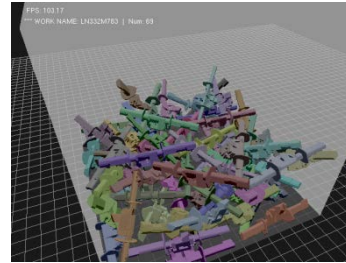
一つの部品に対してピックアップの成功率を予測できることを確認

シミュレータによるハンド設計

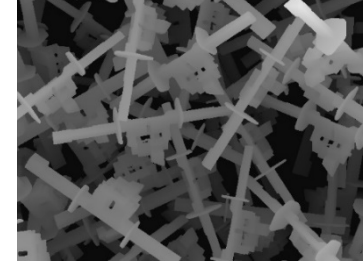
シミュレータ



CADモデル

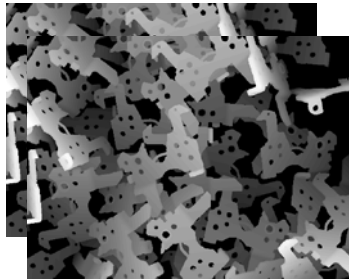


ばら積み

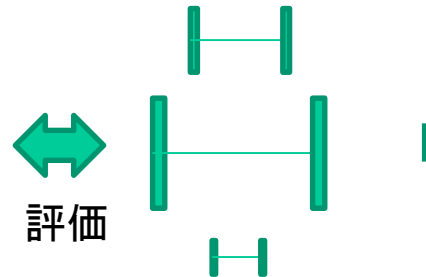


距離画像

ハンド設計



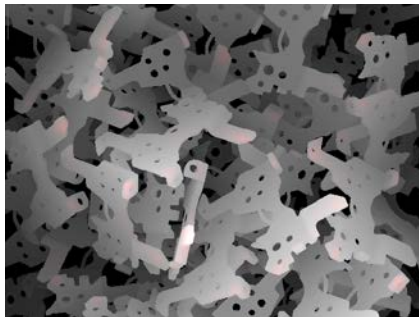
複数シーンの距離画像



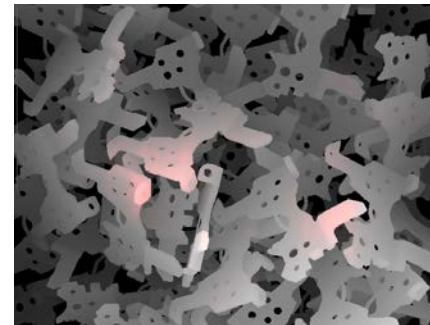
複数のハンドモデル

最適なハンド

シーンのGraspabilityの評価



開き幅: 狭い



開き幅: 広い



技術的特徴

シーン全体における把持可能性 (Graspability) 評価
Graspabilityに基づいたハンドの設計パラメータの導出

おわりに

- AI for ロボットの概要の説明をおこなった
- シナリオのうち、製品製造における部品供給・組み立てに関して説明をおこなった