



「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－

不定形物操作システムの研究開発

平成29年 3月29日

信州大学 山崎 公俊

奈良先端科学技術大学院大学 松原 崇充

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

研究開発の目的

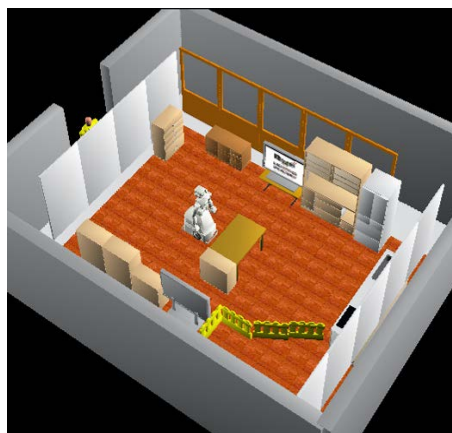
- 不定形物（布，紐，紙）に関わる作業の自動化
 - 家事（例：洗濯物を干す，畳む）
 - 製造（例：家電製品の配線）
 - 物流（例：郵便物の封入）
- 不定形物操作の自動化には大きな効果が見込まれる

**自動機械に搭載すべき
「不定形物の操作技能」の確立**

ロボットによる物体操作

• 定形物(剛体)の場合

- 実世界の物体をセンシング ⇒ 仮想世界のモデルに反映
- 仮想世界で物体操作 ⇒ 実世界で動作実行



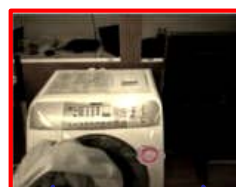
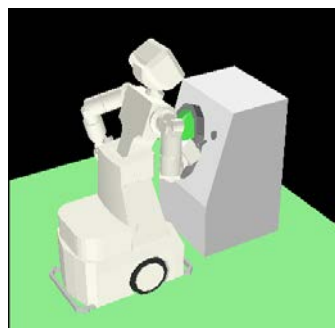
仮想世界



現実世界

Yamazaki et al., 2008

- ・形状
- ・見た目
- ・可動部
- ・把持箇所

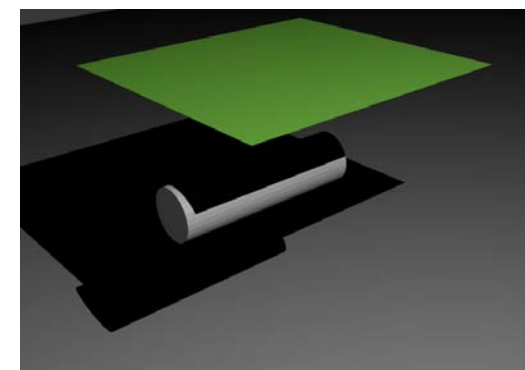


認識
作業計画
操作



ロボットによる物体操作

- 不定形物(柔軟物)の場合
 - 実世界の物体をセンシング **難** 仮想世界のモデルに反映
 - 仮想世界で物体操作 **難** 実世界で動作実行
- CG等による不定形物の表現
 - 見た目にはそれらしいが, 現実とは異なる
- 何が難しい?
 - **ロボットに操作のための知識を与えること**
 - 認識: 現状 (形・動き etc.) を知る
 - 作業計画: 形状変移を創造する
 - 操作: 不定形物を所望の形状にする



本研究のアプローチ

知識化が難しい「不定形物」を操作可能にするために

- 認識：部分形状・部分変化を認識

衣類の引っ張り認識
布生地を展開操作

- 作業計画：操作手順の自動計画

紐の変形作業
布製品の畳み行動

- 操作：定形化操作の導入

輪ゴムかけ
衣服のハンガーかけ

- 環境整備

- 不定形物の物理シミュレーションの改善

不定形物の状態認識

注目部位の観測と重畳関係知識による状態認識

これまでの不定形物操作

「現形状を認識しながらの操作」が難しい



本研究の目標

- ・ 部位・動きの認識手法の提案
- ・ 重畳関係に基づく状態の理解

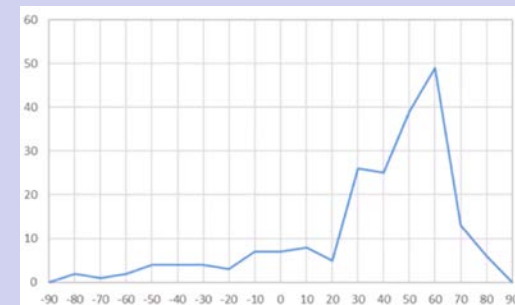
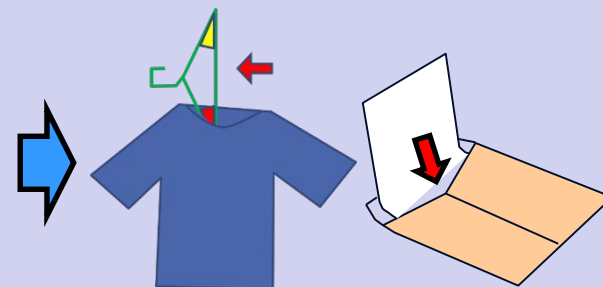


提案方式

- ・ 重なり関係の推定
 - ・ 隠蔽状態の予測による作業状態の記述
 - ・ 挿入作業の状態認識を可能に
- ・ 布の操作状態の推定
 - ・ シワ・ノビ強調処理と動的形状記述
 - ・ 引っ張り状態の詳細な記述を可能に

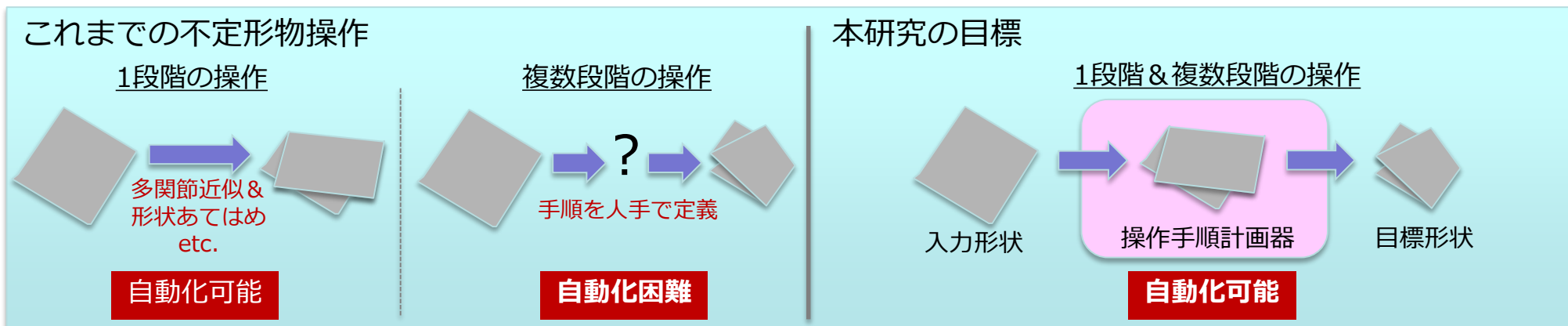


相互重畳モデル
(ICRA2013)

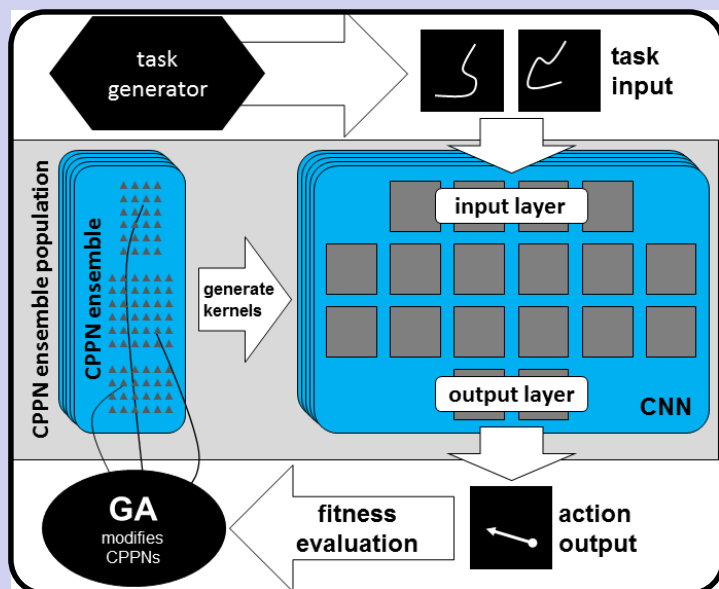


操作手順の計画

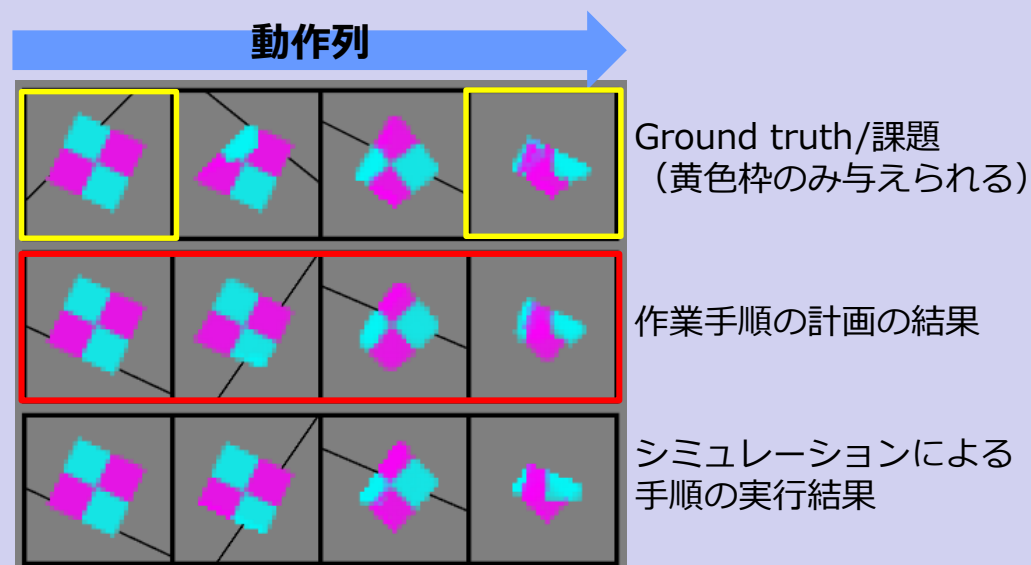
- 「自由度を無限に持つ物体」について「有限回の操作手順」を自動決定



提案方式：「初期状態画像」と「目標状態画像」から「操作方法」を出力するDNN（※）



紐状物体の作業計画器の学習（ROBIO2016）



※Deep Neural Network

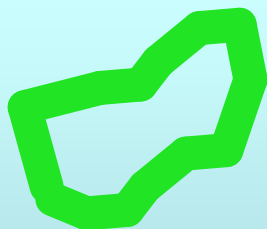
操作方法の獲得

- 操作方法を工夫して剛体に近い状態を作る

これまでの不定形物操作

不定形性を直接考慮

- 状態変化が多様
- 計測が困難

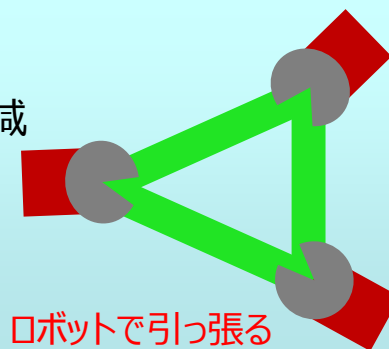


輪ゴムの例

本研究の目標

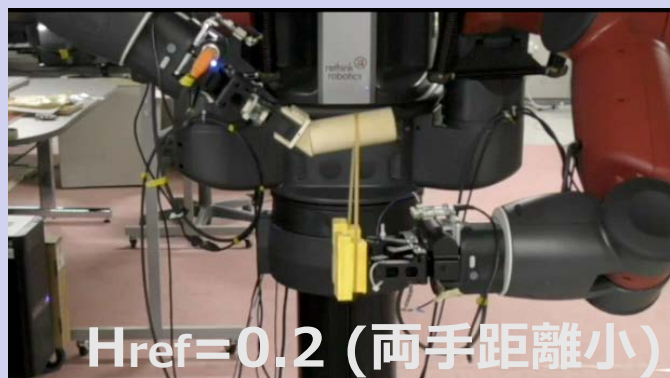
張力を加えて不定形性を低減

- 状態変化が単調
- 計測が容易
- 摩擦による接点の固定化

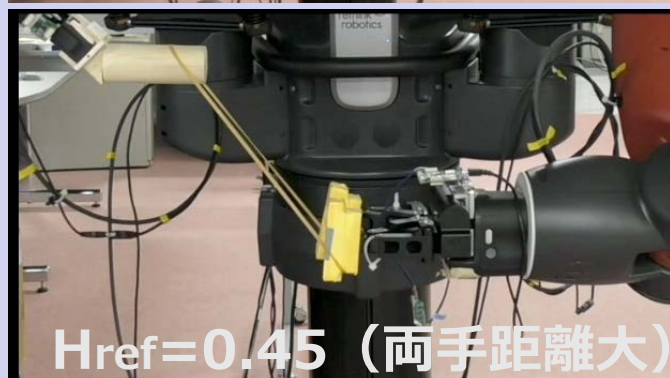


ロボットで引っ張る

提案方式：張力を加えつつ操作した教示データを利用して、物体への輪ゴムかけスキルを実現

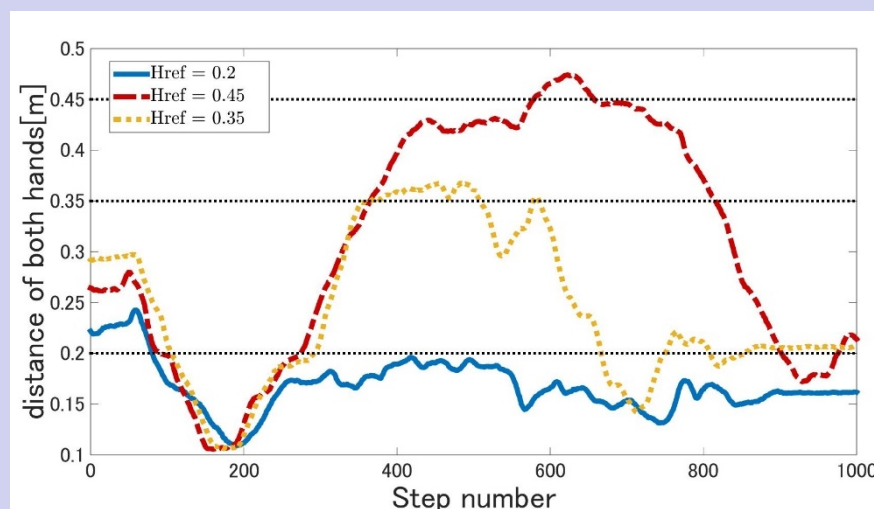


$H_{ref}=0.2$ (両手距離小)



$H_{ref}=0.45$ (両手距離大)

双腕ロボットによる輪ゴムの2重かけ



コスト関数により両手間の距離を調整可能

- 不定形物の現実的なふるまいをシミュレーションできる手段の構築

これまでの不定形シミュレーション

ロボット用として適切なシミュレータが存在しない

- 現実的なふるまいとの差異
 - 不定形物の摩擦
- 表現が難しいケースが存在
 - 曲げグセ

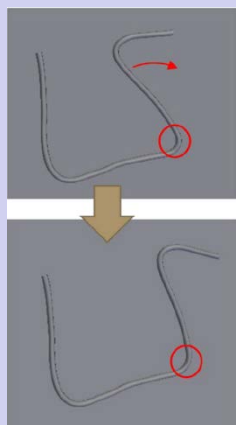


本研究の目標

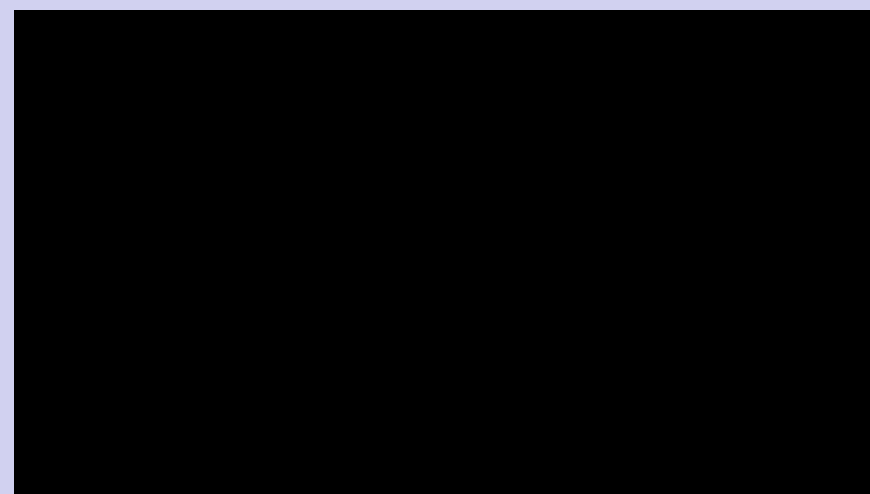
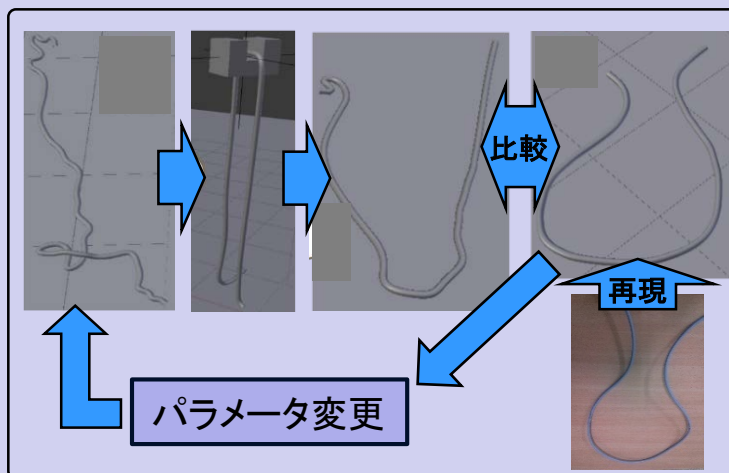
- 不定形物の表現の拡張 → 実機実験の負荷軽減



- 対話的開発環境の整備
- 曲げグセ等をシミュレーションする方法
- シミュレーション環境下での作業計画

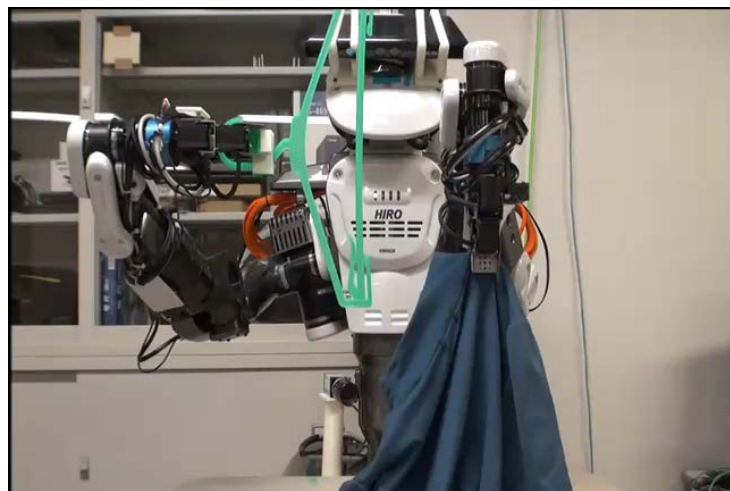


曲げグセの表現



線状柔軟物の操作手順計画の様子

不定形物操作の実現



ハンガーかけ
(布の変形+伸びの考慮)



封筒への紙挿入
(不定形物の差し込み操作)



矩形布製品の展開
(布の現形状に基づく行動選択)



Tシャツの折り畳み
(ハンガーから畳みまで一貫作業, 全身行動)

まとめと今後の展開

- 目標：不定形物（布・紐・紙）に関わる作業の自動化
 - 認識：部分形状・部分変化を認識
 - 作業計画：操作手順の自動計画
 - 操作：定形化操作の導入
- 今後の展開
 - 各研究開発項目の高度化
 - 実ロボットによる性能検証
 - 研究成果の「不定形物操作モジュール」化
 - 家事・製造・物流等での実用化