

# ロボットでコネクタ挿入のための 強化学習による位置合わせ

株式会社不二越

谷坂テイジ

teiji.tanisaka.vp@nachi.com

## 産業ロボット位置合わせの課題

### <背景>

- ・部材の**個体差に合わせた位置補正**の要求がある
- ・**ステレオ計測**で空間座標を認識し補正量を生成

### <課題>

- ・高精度な補正は**カメラキャリブレーションが困難**
  - ▶ 高精度な治具が多数必要で**コストが高い**
  - ▶ 高い熟練度が必要で**立ち上げと保守が困難**

## 手法・ツールの適用による解決

### <解決策>

- キャリブレーションの代替として、**強化学習**による位置合わせに最適な行動を学習・実行する自律的に学習が行われるため、
- ▶ 運用に必要な**専門知識と熟練度を低減**
  - ▶ 立ち上げ作業の作業員の**拘束時間の低減**

## ① システム概要

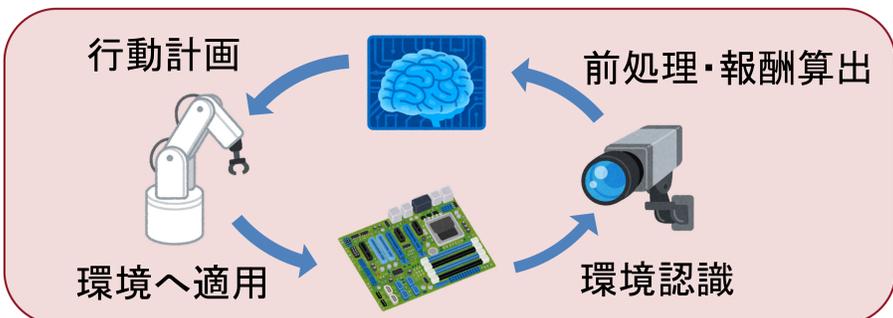
### <学習目標>

コネクタの凹凸両側の相対位置を揃える

- ▶ 揃えた後、同じ直進動作で挿入が可能のため

### <学習環境>

- ・ 環境情報はコネクタの両側の画像から抽出
  - ▶ ルールベースの画像処理での特徴点検出
- ・ エージェントはロボットの3次元並進動作を指示



### <イベント報酬>

- ・ 成功判定で大きな正の報酬
  - ▶ 理想位置で取得した環境情報とのノルムで判定
- ・ 失敗判定で大きな負の報酬
  - ▶ 実空間上の初期位置から離れた距離で判定
- ・ ステップコスト
  - ▶ 各行動サイクル毎に定量の微小な負の報酬

### <経過報酬>

以下三種類を試し、性能を比較

1. Sparse Reward
  - ▶ ステップコストを除いた途中の報酬を与えない  
現実的な時間内に**学習が収束せず**
2. Distance Based Penalizing
  - ▶ 成功判定に使用したノルムに応じた負の報酬
3. Potential Based Reward Shaping
  - ▶ 行動の前後で進捗度を求めて報酬を算出

## ② 結果・分析

### ■ Distance Based Penalizing

- 成功判定100%だが偽陽性が高い  
成功判定式 or 閾値に問題がある
- ▶ 学習が早いが局所解に陥りやすい

	判定	
	P	N
実際 P	56	0
実際 N	44	0

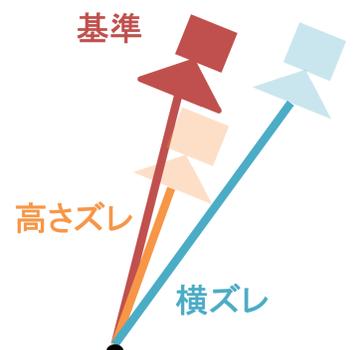
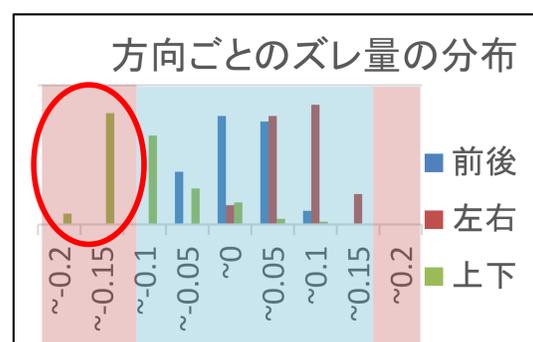
### ■ Potential Based Reward Shaping

- 成功判定が下がったが誤判定が減った  
累計では真陽性が15%上がった
- ▶ 本質解に向かわせる能力が高い

	判定	
	P	N
実際 P	71	3
実際 N	6	20

### ■ 誤判定の要因分析

位置ズレ方向ごとに集計すると、上下のズレが顕著  
カメラ角度の特性上高さズレの認識への影響が小さい



## ③ 今後の展望

- ・ 高さズレ対策
  - ▶ 高さズレに注目した特徴抽出を追加
  - ▶ ゲインによる高さズレ特徴の増幅
- ・ 姿勢のズレに対する補正対応
  - ▶ エージェントの行動空間に回転操作を追加