

Q 学習を用いたロボットアームによる物体持ち上げの誤差補正

1. はじめに

近年、工場や工事現場などでロボットアームの導入が進んでいる。物体位置を把握するのにカメラがよく用いられるが、物体の側面や影などの影響や座標系の変換誤差により、単純な物体領域の重心座標を与えただけでは物体をうまく持ち上げられない場合がある。

先行研究として Kinect の距離センサを用いて物体上面の中心座標を推定する手法[1]が提案されているが、実際にアームを動作させた際のアームとカメラの誤差が解決できていない。また、アームの動きに強化学習を取り入れた手法[2]も提案されているが、シミュレータ上のみで実際の動作は行っていない。そこで、本研究では強化学習の一つである Q 学習を用いて誤差の補正を行い、実際にロボットアームで物体を持ち上げるための方法について提案する。

2. 提案手法

2.1 Q 学習を用いた物体持ち上げの誤差補正

Q 学習とは強化学習の一つで、コンピュータ自身が試行錯誤を繰り返し、集めたデータから高い報酬を得る行動を学習する手法である。アルゴリズムは式(1)で表される。

$$Q(s_t, a_t) \leftarrow (1-\alpha)Q(s_t, a_t) + \alpha (r_{t+1} + \gamma \max_{a_{t+1}} Q(s_{t+1}, a_{t+1})) \quad (1)$$

上式において、 s は状態、 a は行動、 r は報酬、 $Q(s, a)$ は行動価値、 α は学習率、 γ は割引率を表す。

本研究では画像から抽出した物体位置に対してランダムな補正値を加え、実際にアームで物体を持ち上げられたかどうかを報酬として与えることで、場所に応じた最適な補正値を求める。状態は対象物体の位置、行動は物体位置に加える補正値とし、報酬は物体持ち上げの成否によって決定する。

2.2 実行環境

本研究ではロボットアーム DOBOT Magician と USB カメラを使用する。カメラはアームの可動域全体が映るようにアームの斜め上に設置して物体を撮影する (図 1)。前準備として撮影した画像から色情報を用いて対象物体を抽出し、その重心座標を取得する (図 2)。また、事前に平面上の 4 色のマーカーを用いてキャリブレーションを行っておき、画像座標からロボット座標に変換する。ただし、座標変換を 2 次元平面に限定しているため、実際には物体の高さや側面の見え方によって誤差が発生する。

2.3 物体の持ち上げ判定

学習を自動的に行うため、カメラ画像を用いて物体持ち上げの成否を判定する。持ち上げの前後の画像から物体領域を

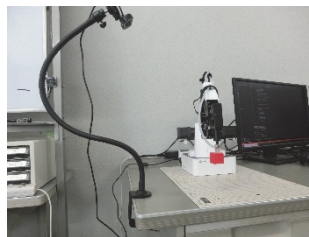


図 1 実行環境

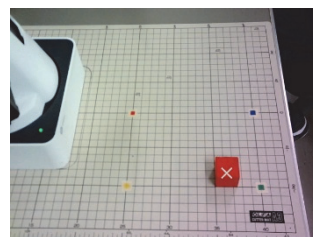


図 2 カメラ画像

抽出し、その重心座標の差を求める。設定した閾値を超えていれば持ち上げに成功したと判断し、その時の行動に対して正の報酬を与える。また、閾値を超えていなければ持ち上げに失敗したと判断し、その時の行動に負の報酬を与える。

3. 評価実験

実際にアームを動かして学習を行い、最適な補正値を求める評価実験を行った。対象物体は一辺 25mm の赤色立方体を用いた。学習時間を短縮するため物体位置は 2 か所に限定し、カメラ画像の左上でアームに近い位置と、画像右下でアームから遠い位置の 2 か所に設定した。行動は x 軸方向、 y 軸方向ともに -5, -3, 0, +3, +5 (mm) の 5 通り、計 25 通りとした。アームを動かす回数は 30 回とし、行動がランダムな補正値によることを考慮して同様の条件で実験を 3 回行った。

実験の結果、各回ごとに補正値に若干の違いはあったが、画像左上では画像下側への補正値、画像右下では画像左側に動かす補正値を学習し、いずれも持ち上げは成功した。これにより、場所ごとに適切な補正値を学習できていることが確認できた。

4. おわりに

本研究では Q 学習を用いて誤差の補正を行い、ロボットアームで物体を持ち上げるための方法を提案した。実験の結果、学習した 2 か所でそれぞれ最適な補正値を獲得し、物体の持ち上げに成功した。今後の課題として、同じ色の物体が複数ある場合の対応や、形状が複雑な物体に対応するための状態や行動の拡張、学習時間の短縮などが挙げられる。

【参考文献】

- [1] 前田健翔：Kinect を用いたロボットアームのための吸着対象物体の 3 次元位置推定，福岡工業大学情報工学部情報工学科卒業論文，2022 年
- [2] 恒川英里 他：画像認識に基づくロボットの行動を制御する強化学習の取り組み，情報処理学会第 77 回全国大会講演論文集，pp. 349-350，2015 年