

実ロボットによる把持物体の特徴抽出のための行動学習手法

菅ノ又 恵[†] 郷古 学[†][†] 東北学院大学 大学院 工学研究科 機械工学専攻

1 はじめに

近年、超高齢化・少子化などの問題から、様々な生活タスクを代行する汎用型ロボットの実現が求められている。ロボットが幅広いタスクに対応するためには、環境内の道具（物体）を利用することが有効であり [1]、その実現には物体識別機能が必要となる。

一般に、ロボットによる物体識別は、識別対象となる物体の情報（特徴）をロボットが自らのセンサにより取得し、予め用意されたデータベースを用いて対象を識別する。このとき、対象物体から受動的に得られる特徴のみではなく、ロボットが能動的に動いて対象の特徴を抽出し、識別することを、ロボットの能動知覚と呼び、これまでにその有効性が報告されてきた [2]。

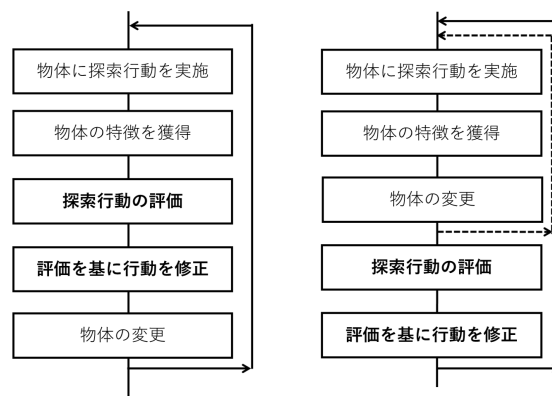
能動知覚では、特徴抽出のためのロボットの行動（探索行動）を設計する必要がある。探索行動の設計には、ロボットの身体特性や識別対象に関する事前知識を必要とする。これに対し、機械学習技術を応用して、ロボット自身に有効な探索行動を学習させる方法も検討されてきた [2, 3]。

本稿では、これまでに著者らが提案した、把持物体の識別を対象としたロボットの探索行動学習法 [3] を紹介する。さらに、ヒューマノイドロボットの実機を用いた探索行動の学習実験について報告する。

2 従来研究

これまでに、アームを有するロボットに対象物体を把持させ、それを振ったり、落としたり [4, 5] することで生じる「音」を特徴とした物体識別が検討されてきた。これらの研究では、ロボットの探索行動（振る・落とす）は、予め人間が設計している。一般に、探索行動の設計には、その行動により識別に有効な特徴抽出が可能であることが既知でなくてはならない。

これに対し、機械学習によりロボットが自律的に探索行動を学習する方法も提案されている [2]。この学習の流れを単純化したものを図 1 (a) に示す。この手法では、ロボットに識別対象となる複数の物体を一定時間ごとに提示し、それらに対して、ロボットが繰り返



(a) 従来手法 [2] の学習の流れ (b) 提案手法の学習の流れ

図 1: 従来手法 (a) と提案手法 (b) の学習フロー

返し探索行動とその修正を行い、対象物体の識別に有効な探索行動を獲得する。

同手法は、識別対象となる物体を入れ替えつつ行動の修正を行っており、学習に関わるパラメータ (ex. 探索行動の修正量など) の設定によっては、学習が不安定になり、行動が獲得できない場合がある。

3 提案手法

著者らはこれまでに、従来手法 [2] を改良し、実ロボットに適用可能な行動学習法を提案してきた [3]。この手法の学習の流れを図 1 (b) に示す。同手法は、ロボットに対して複数の物体を提示して、それぞれに同一の探索行動を実施する (図中点線のループ)。すべての物体に対して同じ探索行動を実施した後、同行動の評価と修正を行う。

この手法は従来手法 [2] に比べて、学習に用いる物体全てに、同一の探索行動を行い評価・修正するため、安定した学習が期待できる。文献 [3] では、この学習法をヒューマノイドロボットに適用し、形状の異なる 2 種類の物体の識別に有効な探索行動が学習できることを示した。

4 実験結果及び考察

4.1 実験設定

提案手法の有効性を検証するため、同手法をヒューマノイドロボットに適用し、3 種類の物体を用いた探索行動の学習を行う。

実験に用いたロボットは NAO (ソフトバンクロボティクス社製) である (図 2)。学習では、ロボットに円柱、四角柱、三角柱の積み木 (図 3) を順番に提示

Behavior learning for feature extraction from grasped objects by a real robot

[†] Megumi SUGANOMATA (s2094107@g.tohoku-gakuin.ac.jp)

[†] Manabu GOUKO (gouko@mail.tohoku-gakuin.ac.jp)
Master's program in Mechanical Engineering, Tohoku Gakuin University (†)

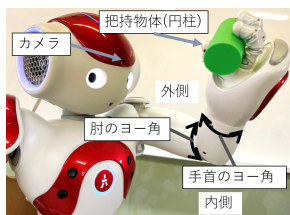


図 2: 初期姿勢におけるロボット

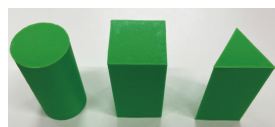


図 3: 把持物体, 円柱 (左), 四角柱 (中央), 三角柱 (右)

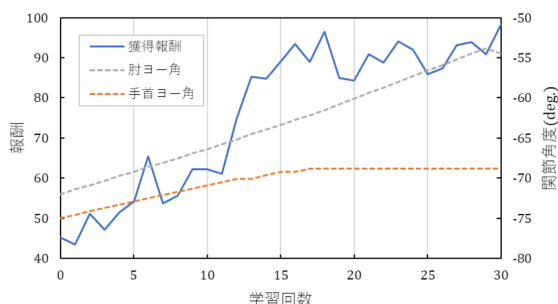


図 4: 報酬および関節角度の推移

し（把持させ）た。

物体の特徴はロボット頭部のカメラ画像から求める。カメラ画像 (30×40 画素) から 2 値画像を作成する。具体的には、カメラ画像内の黄緑色（把持物体の色）の画素に 1，それ以外の画素に 0 を割り当て、2 値化処理を行う。学習では、各積み木に対して探索行動を行い、それにより得られた 2 値画像 (1200 次元のベクトル) を特徴ベクトルと呼ぶ。

探索行動の評価には、円柱と四角柱、円柱と三角柱、四角柱と三角柱の特徴ベクトルの差（差分画像）を用いた。各組み合わせで求めた、特徴ベクトルの差のノルムの平均値を評価値とした。

行動の修正には、方策勾配型強化学習 (Policy Gradient Reinforcement Learning [6]) を用いた。学習により、物体を把持している左肘のヨー角、と左手首のヨー角の修正を行う。前述の評価値を報酬として用いることで、各物体の差異が大きくなるような探索行動（左手首と腕の姿勢）の獲得が期待できる。

ロボットの初期姿勢は、各物体の特徴ベクトルの差が小さくなるように設定した。また、学習回数（探索行動の修正回数）は 30 回とした。

4.2 結果及び考察

図 4 は報酬と学習対象とした各関節角度の推移である。報酬（評価値）が学習に伴い増加することが確認できる。また、左肘のヨー角は、肘を内側に曲げる方向へと変化し、左手首のヨー角は、手首を内側にひねる方向へと変化したのち、一定の値になった。

図 5, 6 は、ロボットが初期姿勢および学習後の姿勢における円柱と四角柱のカメラ画像（上）とそれら

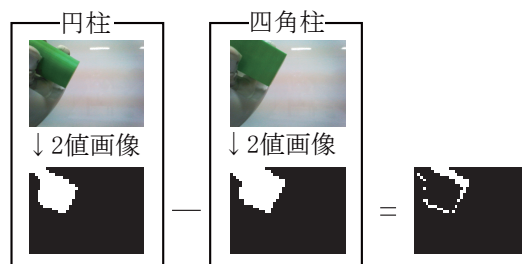


図 5: 初期姿勢でのカメラ画像と 2 値画像, 差分画像

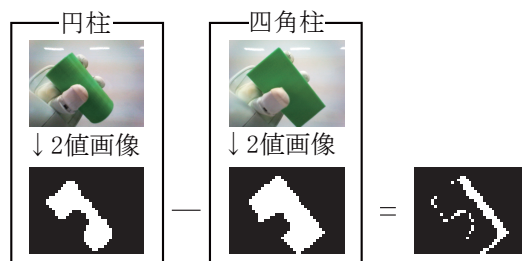


図 6: 学習した姿勢でのカメラ画像と 2 値画像, 差分画像

の 2 値画像（下）、差分画像（右下）である。これらから、各物体の特徴の差異が大きくなる姿勢が学習できていることがわかる。なお、円柱と三角柱、四角柱と三角柱においても同様の結果が得られた。

5 まとめと今後の課題

本研究では、実ロボットによる把持物体の識別を対象とした探索行動の学習法を提案し、実ロボットを用いた検証実験により、探索行動の学習が可能であることを確認した。今後は、身近な道具を識別対象とした実験を実施予定である。

参考文献

- [1] 中村, 長井, “機能と視覚的情報の関係性に基づく物体の概念モデル,” 情報処理学会論文誌 vol.51, No. 8, pp. 1413-1427, 2010.
- [2] M. Gouko, *et al.*, “Online exploratory behavior acquisition model based on reinforcement learning,” Applied Intelligence, vol. 42, issue 1, pp. 75-86, 2015.
- [3] 菅ノ又, 郷古, “把持物体の特徴抽出のためのロボットの行動学習法,” 情報処理学会第 83 回全国大会, 1Q-01, 2020.
- [4] J. Sinapov, *et al.*, “Interactive learning of the acoustic properties of household objects,” Proc. of 2009 IEEE Intl. Conf. on Robotics and Automation (ICRA 2009), pp. 2518-2524, 2009.
- [5] S. Takamuku, *et al.*, “Object category acquisition by dynamic touch”, Advanced Robotics, vol.22, pp. 1143-1154, 2008.
- [6] Nate Kohl and Peter Stone, “Policy Gradient Reinforcement Learning for Fast Quadrupedal Locomotion,” Proc. of the IEEE Intl. Conf. on Robotics and Automation (ICRA 2004), pp. 2619-2624, 2004.