

扉操作における二次元視覚画像を用いた成否判定

○長濱虎太郎（信州大学） 山崎公俊（信州大学）

1. はじめに

少子高齢化社会を支える生活支援ロボットへ期待されている機能として、家具や部屋の扉の操作が挙げられる。そこで著者らは、ロボットが扉を操作するための認識行動システムの研究をおこなってきた。文献 [1] ではカラー距離カメラを用いた扉の三次元形状モデリング手法とインタラクティブな扉操作方法の教示システムを、文献 [2] では扉操作方法の自律推定システムを提案した。

しかしロボットによる扉操作においては、ドアクローザからのトルクや、動作生成のための扉の幾何モデルと実際の扉の形状の誤差、そしてロボット自身の移動誤差などにより、ロボットが取っ手から手を滑らすなどし、目的の開閉状態を達成できないという失敗が起き得る [1]。この問題に対しては、扉の操作中あるいは操作後に成否判定と失敗復帰をおこなうことで、扉操作の成功率向上が期待できる。ただし扉の操作中にはロボットは扉に近づいているため、扉が一般的な赤外光を用いた距離カメラの計測可能範囲外になってしまうという問題がある。

そこで本研究では、二次元視覚画像を入力として、扉操作の成否判定をおこなう手法を提案する。

2. 二次元視覚画像を用いた成否判定法

図 1 に、扉操作の成否判定の処理の流れを示す。扉操作前には、ロボットは扉が距離カメラの計測範囲内になるよう移動することができる。そこで文献 [1] の手法により、扉の三次元形状モデリングと、操作のための動作パラメタ計算をおこなう。しかし距離情報が得られにくい操作中あるいは操作後には、扉の三次元形状モデルと、扉の角度ないし引き出し量 θ から、成否判定用の二次元扉特徴を生成する。そして二次元視覚画像とのマッチングにより成否判定をおこなう。

図 2 に、成否判定のための特徴量抽出とマッチングの流れを示す。扉操作前の視覚画像 (図 2, A) から生成した扉の三次元形状モデルを用い、扉を θ だけ操作した後の扉の見え方を計算する (図 2, B)。ここからロボットのカメラに近いエッジ ($E(\theta)$) を抽出し、距離変換をおこない、成否判定用の扉特徴とする (図 2,

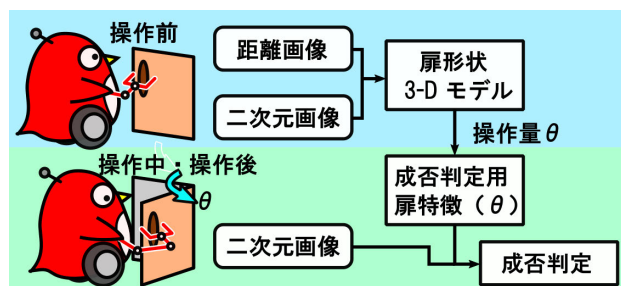


図 1 扉操作の成否判定の処理の流れ

D の白色部)。そして扉操作中あるいは操作後の視覚画像 (図 2, C) についても、エッジ抽出をおこなう (図 2, D の赤線)。抽出されたエッジ上の点のうち、モデルから生成したエッジ $E(\theta)$ に近い各点に対して、エッジ $E(\theta)$ までの距離が近いほど高いスコアを足して行き、合計値をエッジ $E(\theta)$ のピクセル数で割り正規化したものを、成否判定のためのスコアとする。このスコアが閾値以上の場合に成功と判定するものとした。

3. 成否判定実験

生活支援ロボットが右ヒンジの扉と引き出しを操作している際に、操作に成功している 7 回と、操作に失敗している 13 回の合計 20 回について、提案手法により成否を判定する実験をおこなった。結果、全ての試行において、成功している場合は成功と判定され、失敗している場合は失敗と判定された。成否判定の正解率は 100% であった。なお図 2 に示したのは、引き出しを 20 cm 引き出す操作に成功した場合の成否判定の処理であり、この試行でも正しく「成功」と判定されている。本実験により、提案手法の有効性が明らかとなった。

4. おわりに

本稿では、ロボットの扉操作のための成否判定法を提案した。本手法は二次元視覚画像を入力とすることで、ロボットが扉の操作中あるいは操作後に扉へ近づいている際にも成否判定をおこなえる利点がある。提案手法は、評価実験により有効であることが明らかとなった。本提案手法を用いて失敗検知および失敗復帰行動をおこなうことで、扉操作の成功率を向上できると考えられる。

参考文献

- [1] K. Nagahama, K. Takeshita, H. Yaguchi et al., “A Learning Method for a Daily Assistive Robot for Opening and Closing Doors Based on Simple Instructions,” Proc. of the 2018 IEEE Int’l Conf. on Automation Science and Engineering, pp. 599-605, 2018.
- [2] K. Nagahama, K. Takeshita, H. Yaguchi et al., “Estimating Door Shape and Manipulation Model for Daily Assistive Robots based on the Integration of Visual and Touch Information,” Proc. of the 2018 IEEE/RSJ Int’l Conf. on Intelligent Robots and Systems, pp. 7660-7666, 2018.

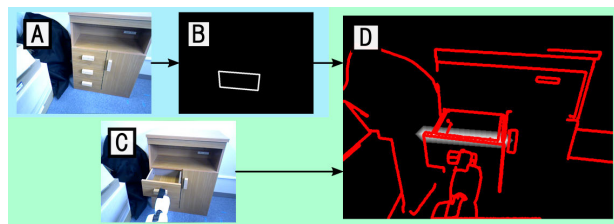


図 2 二次元エッジ特徴量を用いた成否判定