

家庭用品の把持領域や自由度の情報を含む 3D モデルデータを用いたホームロボットの物体認識手法

Object Recognition Method for Home Robot Using 3D Model Data
Including Grasp Area and Degree of Freedom Information of Household Items

仙石 凌也 (都市大) 学 栗島 直弘 (都市大) 徳永 夏帆 (都市大)
正 佐藤 大祐 (都市大) 正 金宮 好和 (都市大)

Ryoya SENGOKU, Tokyo City University, sengoku@rls.mse.tcu.ac.jp
Naohiro KURISHIMA, Tokyo City University, kurishima@rls.mse.tcu.ac.jp
Natsuho TOKUNAGA, Tokyo City University, tokunaga@rls.mse.tcu.ac.jp
Daisuke SATO, Tokyo City University, sato@rls.mse.tcu.ac.jp
Yoshikazu KANAMIYA, Tokyo City University, nenchev@tcu.ac.jp

In order for a robot to handle household items, it is necessary to grasp the kind, position, shape, etc. We utilize the object recognition method based on detailed 3D shape models. However, the 3D model is only shape information and there is no structure information. Therefore, it is difficult to recognize the variable part depending on DOF of household items. In this paper, when using the detailed 3D model matching method using Point Pair Feature (PPF), we create model data with grasp areas and DOF information on household items required for operation and propose an object recognition method of home robot with it.

Key Words: Home robot, Object recognition, Surface matching

1 緒言

複数の家庭内作業を遂行するためには、家庭用品の操作を行わなければならない。その際には家庭用品の扱い方を考慮した作業動作生成が必要となる。これまでに我々は、コップや箱のようなプリミティブ形状で定義できる家庭用品の構造と扱い方を記述した知識モデルという独自のデータベースを提案し、ホームロボットによる家庭用品の把持・操作を実現してきた [1]。

しかし、椅子のようなプリミティブ形状で表現が困難な家庭用品に対しては知識モデルを記述することができず、適応することができていなかった。そのために複雑な形状の家庭用品の認識とそれらを操作して扱う家庭内作業を可能とするため、詳細な 3D モデルを用いることで認識システムを拡張した。また、ロボットによる把持動作に利用する把持領域情報や自由度を持った家庭用品に対する自由度情報を付与したデータによって構築する。

2 家庭用品の扱い方を考慮した物体認識システム

本研究では、以下に示す二つの認識手法を有した物体認識システムを利用している。一つ目は、プリミティブ形状で表現ができるコップや取っ手の付いたマグカップ、直方体の箱などの家庭用品を知識モデルを用いることで認識する手法である。知識モデルとは家庭用品の構造や扱い方を記述したデータベースである。

二つ目は、椅子などのプリミティブ形状では表現が困難な家庭用品を PPF と呼ばれる特徴量を用いて詳細な 3D モデルをマッチングする Surface Matching [2] を利用して認識する手法であり、詳細な 3D モデルとそのモデルに対する特徴量のデータ構造によって構成される。ここで詳細な 3D モデルとは、点群データに面データであるメッシュデータを付加したものである。RGB センサによって取得した RGB 画像データに対して Convolutional Neural Network (CNN) を用いた物体検出アルゴリズム Single Shot MultiBox Detector (SSD) [3] を利用し、家庭用品の種類とセンサ内で物体が検出された範囲を取得する。取得した種類によって、上記の二つの認識手法を切り替えている。

本稿では、二つ目の詳細な 3D モデルをマッチングする手法で用いる形状データ構造に扱う家庭用品に対する把持領域と自由

度に関する情報を付与することを提案する。把持領域情報は、ロボットによる家庭用品の把持の際の把持位置評価の指標となる。また、家庭用品の自由度情報は、自由度によって生じる可変部分を考慮した形状マッチングを可能とする。

3 3D モデルに付与する情報

各家庭用品の詳細な 3D モデルとその 3D モデルから抽出した PPF によるハッシュテーブルの他に、ロボットののための把持領域や家庭用品の自由度情報について付与することで、家庭用品のモデルデータが作成される。以下、そのデータ構造について示す。

3.1 把持領域情報

普段の生活で人間が家庭用品を扱う際、各家庭用品によってそれぞれのおよそ決まった位置を持ち、中にはその位置を扱うことが前提とされた設計になっている家庭用品も存在する。例えば、背もたれ付きの椅子では背もたれ部分であったり、ふたのついていない小さなゴミ箱ではその縁部分である。ロボットが家庭用品の扱う位置も、人間が普段扱っている位置を用いることが妥当であると、その普段扱う範囲をその家庭用品を扱う上でロボットハンドが把持する位置として推奨する領域を定め、把持計画で利用する把持推奨領域と呼ぶ。

3.2 自由度情報

家庭用品の中には自由度を持つものが存在する。椅子を例に上げると、座面部分の回転と高さ調整ができる椅子では、座面部分と足部分をつなぐ軸周りの回転とその軸方向の移動が存在する。詳細な 3D 形状モデルは本質的には点群データであるため、自由度情報を付加することは困難である。そこで自由度により可変となる部分において、その家庭用品の詳細な 3D モデルを分割する。この分割したモデルを用いた自由度の存在するモデルのマッチングについて、前述の椅子を例にその流れを示す。ここで分割したそれぞれの部分的なモデルをパーツと呼ぶ。

まず、基準となるパーツ (ベースパーツ) のみの詳細な 3D モデルによってマッチングする。ベースパーツは椅子では背もたれ

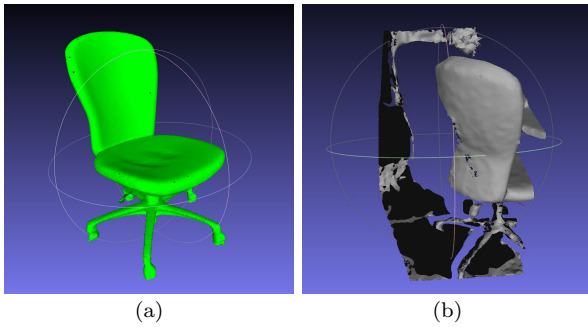


Fig.1 Input files of Surface Matching.: (a) chair model data and (b) scene data.

や座面の部分とし、可変部パーツを脚部分とする。次に、マッチングした位置姿勢から可変部パーツでのマッチングを再度行う。現状このマッチングではICPのみを用いている。その理由としては次に示す二つが挙げられる。一つ目の理由は、ベースパーツのマッチングによって十分に近い位置までモデルデータを移動し近づけるができていないことである。二つ目の理由は、シーンデータ取得の際に現状では脚部の点群が正確に取得できない可能性があるため、その点群によるPPF作成が正確に行えない可能性が高く、PPFを用いた詳細な3Dモデルによるマッチングには不向きであることである。

可変部パーツのマッチングの際にそのまま位置姿勢の変換を行うと、ベースパーツとの位置関係が可変部を考慮しても正確にならない。これは、ベースパーツとの関連情報が存在せず、点群処理のみを行うために起こる問題である。そのため、可変部パーツの位置姿勢を変換する際に、各軸回りの回転と軸方向の並進に対してのみ変換を行うことで問題を解決した。椅子の場合、座面部と脚部をつなぐ椅子の軸の中心をモデルデータの z 軸とし、その軸回りの回転と軸方向の並進のみを変換する。これにより自由度を持つ家庭用品のマッチングを可能とした。

3.3 付与したデータ構造

付与情報と構築したデータ構造の詳細を椅子を例に示す。データはファイル構造を持ち、それぞれの詳細は以下ようになる。

- chair.ply
 - chair_recommended.ply
 - chair_variable.ply
 - chair_base.ply
 - chair.h5

1. chair.ply: 実物の椅子全体を深度センサを用いて3D再構成し、作成した詳細な3DモデルのPLYファイル
2. chair_recommended.ply: 椅子の詳細な3Dモデルから把持推奨領域のみを切り出した3DモデルのPLYファイル
3. chair_variable.ply: 椅子の詳細な3Dモデルから可変部(足部)パーツを切り出した3DモデルのPLYファイル
4. chair_base.ply: 椅子の詳細な3Dモデルからベースパーツを切り出した3DモデルのPLYファイル
5. chair.h5: 椅子の3Dモデルから抽出したPPFによって構築したハッシュテーブルや投票処理に必要な情報、自由度情報が保存されたHDF5ファイル

4 物体認識システムの確認実験

4.1 実験条件

構築してきた物体認識システムを用い、座面の高さや向きが変えることのできる自由度を持った椅子に対して、モデルデータとシーンデータのマッチングと把持推奨領域の位置姿勢の取得までの流れの確認実験をした。

Fig. 1にマッチングさせる椅子のモデルデータとマッチングするシーンデータを示す。RGB-Dセンサで取得した画像データ

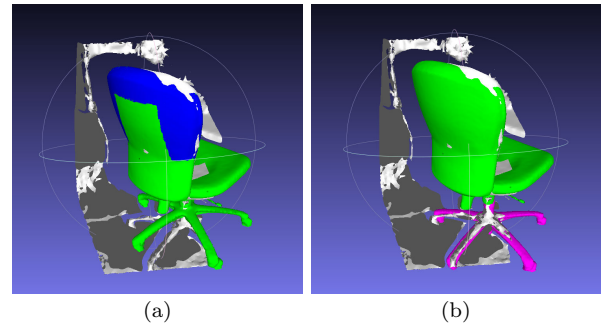


Fig.2 Matching data using granted information.: (a) blue area is recommended grasp area and (b) pink area is parts area.

からSSDによって椅子の範囲を検出し、その範囲外をトリミングして得られた点群データをシーンデータとする。本実験ではRGB-DセンサにMicrosoft社のKinectV2を用い、椅子を机に入れ、背もたれの一部が見えている状態をシーンデータとした。シーンデータの点群をメッシュ化し、法線ベクトルを推定した。Fig. 1 (b)にメッシュ化したシーンデータを示す。推定した法線ベクトルから得られるPPFを用いて、マッチングを行った。

4.2 実験結果

マッチング結果をFig. 2に示す。このマッチングによってモデルデータの位置姿勢を最終的に決定した変換行列を利用することで、Fig. 2 (a)に青い領域で示す把持推奨領域の位置姿勢も取得することができた。

また、椅子の足部も一致させた結果をFig. 2 (b)にピンクの領域で示す。

Fig. 2 (b)に示した領域に一致させる際、本実験では、モデルとした椅子の持つ自由度のうちICPによって回転方向に 15.6° 、椅子の高さ方向に 80 mm 、可変部パーツを移動させることによってマッチングすることが確認できた。これらは椅子の座面の高さを一番低くした状態で、モデルを作成した際の足部の姿勢を基準とした変化量である。よって、可変部分の変化量を取得が可能であることを確認できた。

各家庭用品のモデルとして変化可能な成分以外を除去しているため、実際の家庭用品で表現可能な各パーツの位置姿勢となる。しかし、可変部分のマッチング精度はICPのアルゴリズムに依存するものであり、距離単位で表現は困難である。

5 結言

把持領域情報と自由度情報を付与した、各家庭用品の詳細な3Dモデルのデータベースを構築した。本稿ではその代表として、自由度を持った背もたれ付きの椅子での認識結果を示した。これにより、自由度による可変部を含む詳細な3Dモデルのマッチングが行え、可変部に対する認識も行うことができた。また、把持推奨領域による把持計画に利用する領域情報の付与も行った。

今後の課題として、本稿で示したデータ構造を複数の家庭用品について構築することで、家庭用品のデータベースを構築すること、複数のパーツによって複数の可変部が存在する家庭用品に対する認識手法の確立が挙げられる。

参考文献

- [1] 永田, 新良喜, 原田, 山野辺, 中村, 佐藤, 金宮, “知識モデルを用いた日用品のセマンティック把持”, 日本機械学会論文集, vol. 81, no. 829, pp. 15–00227, 2015.
- [2] B. Drost, S. Ilic, “3D Object Detection and Localization Using Multimodal Point Pair Features”, Second Joint 3DIM/3DPVT Conf.3D Imaging, Modeling, Processing, Visualization & Transmission (3DIMPVT), pp.9–16, 2012.
- [3] W. Liu, D. Anguelov, D. Erhan, C. Szegedy, S. Reed, C. Fu, A. C. Berg, “SSD: Single Shot MultiBox Detector”, European Conf. Comput. Vision, pp. 5, 2016.