

# 家庭用小型片付けロボットのための 物品センサデータライブラリの構築

## Sensor Data Library of Everyday Use Objects for Tidying Robots

正山崎 公俊 (信州大) 花井 亮 (産総研) 下坂 正倫 (東大)

\*Kimitoshi YAMAZAKI (Shinshu Univ.), Ryo Hanai (AIST), Masamichi Simosaka (The Univ. of Tokyo)  
kyamazaki@shinshu-u.ac.jp

This paper describes a sensor data library that collect measurement results that captured everyday use objects. We selected dozens of objects which people need to manipulate, and collect sensor data with several different settings of sensor poses and background. 40 series of objects were selected, and color images, range images, and reflection intensity images were captured. We aim to make the sensor data library to use recognition function mounted on compact robot that assists human daily life.

*Key words:* Sensor data library, everyday use objects.

### 1 はじめに

日常生活において、物を拾いあげる、運ぶ、床やテーブルを掃除する等の作業は、体を大きく動かすことや、住居内を広く動き回ることを必要とする。これらを自動機械で代替することができれば、身体に不自由を抱える人にとって有用であると考えられる。また、労働年齢層の人々が家事に割く時間を減らすことができ、結果として社会の生産的労働力を高めることにつながる。

筆者らは、上述のような作業を行う支援型ロボットの実現を見据え、自走式の小型ロボットによる物品の取り除けや運搬に着目している。本研究の目的は、日常環境下に存在する物品の知識を定義するための材料となるセンサデータライブラリを構築することである。本稿では、物品を選定し、それらを実際にあり得る視点・照明条件・背景によって計測したデータセットについて報告を行う。

近年、普及が進んでいる自律型支援ロボットとして、床上の埃を除去する小型の掃除ロボットがある [12, 13]。このような自動機械が広く受け入れられている理由として、筆者らは以下の二つがあると考えている。すなわち (i) 「埃を除去する」という、単純ではあるが日常的な作業を利用者に負荷をかけずに達成できる点、(ii) シンプルな機構で機械を構成できるため比較的安価に製作できる点、である。自動機械を日常社会へ普及させることを考えたとき (i) における「利用者に負荷をかけずに作業を達成する」特長を損なうことなく (ii) と同様にシンプルな機構にまとめることは、重要な条件である。これらを満たす小型ロボットが適切な生活支援作業を行えるようになれば、普及が進みやすく、自立した社会生活の実現が促進されると考える。

### 2 掃除・片付け作業の自動化における従来のアプローチ

生活環境下で動作する自律型支援ロボットでは、認識対象となりうる物品や事象の多様さが課題である。文献

[12, 13] に示した実用段階の自律型支援ロボットは、認識を簡便なものに止めるアプローチによりこの課題を回避している。埃以外の対象が存在する場合は、ぶつかった後に避けるか、上を乗り越えて走行することで作業を続行している。そのため、ロボットが走ることでできる環境を確保することが、使用するための前提条件となる。

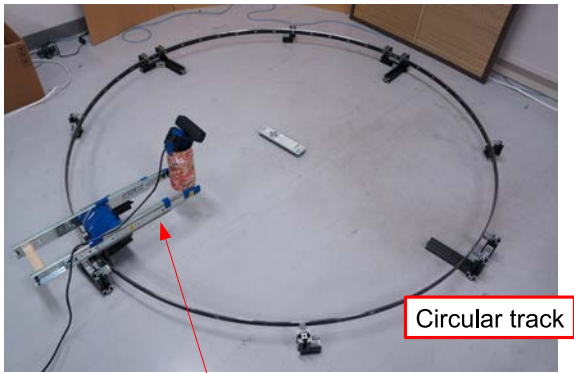
### 3 物品の選定基準

本研究開発では、床上やテーブル上で動作する小型作業ロボットを用いて、物品の取り除けや運搬を行わせることを想定する。この場合、従来手法で認識がしやすい物体、例えばテクスチャの多い剛体のみならず、光沢物や不定形物体、液体などを認識対象とする必要があり、認識対象となりうる物品や事象の多様さが課題である。しかしながら従来技術の多くは、上述したように二つのアプローチ（認識対象を限定する、もしくは認識しやすい対象を選ぶ）でこの困難さを回避しており、それ故にロボットができる作業は少数に限られている。

そこで本研究では、多種の認識対象が存在することを想定して、それらの発見と種別を行うことを目指す。認識対象は、認識の容易さではなく、日常生活における操作要求の高さに基づいて選出する。そこで、身体が不自由な人々が自動機械に操作してもらいたい物品群 [2, 7] を一つの指標とし、そのようなニーズに基づいた認識対象の選定を行う。

### 4 従来の物体認識研究におけるデータセット

画像や三次元形状データを入力としたカテゴリ認識には、多くの従来研究が存在する [1, 3, 4, 5, 8]。これらの研究でよく取られるアプローチは、画像や形状等のデータセットを研究者間で共有し、それらに対して高い性能を示す特徴量や識別器を構築するものである。文献 [8] では従来の画像ベース物体認識研究を整理して紹介しているが、多くの研究が PASCAL VOC [9] や Flickr、動画等の公開データセットを用いて評価を行っている。三次元形



Sensor mounter (enables to slide along radial direction)

Fig. 1: A capturing system

状データに関しても同様で、Princeton Shape Benchmark [10] 等のデータセットを用いた評価が行われている。一般環境で動作するロボットを考慮したデータセットも存在する [16]。

本研究の認識対象と比較的近いデータセットとして ALOI [11] がある。照明による見えの違いが考慮されており、対象物品の中には光沢物や透明物が含まれている。ただし、データの質を考慮してか撮影条件をよく整えているため、手法の定量的評価には向いているが、これで良い評価を得られた手法が実際の生活環境においても有効であるかどうかは不明である。

## 5 計測方式と保存データ形式

使用するセンサとして、Creative Senz3D [14] を選択した。Fig. 1 に示すように、センサデータ取得のため、蛍光灯が複数設置された部屋内に直径 1500 mm の円形レールを設置し、そこに半径方向へ伸縮可能なアームを搭載した。センサを床面から高さ 300 mm に設置し、物品とセンサの間の水平距離を 200 mm, 400 mm, 600 mm とした場合において、一つの物品につき 30 度ごと 12 視点からセンシングを行った。40 種類 80 個の物品、4 種類の床、2 種類の照明条件を設定した。床面の種類は、フローリング、カーペット、タタミ、リノリウムである (Fig.2)。物品の選定は、日常生活で拾い上げの要望が高いものを対象として主に文献 [2] から選定した上で、さらに床面やテーブル上によく存在しうる物品をいくつか加えた。Fig. 3 に種類一覧を示す。

この物品群には、ガラスのコップやメガネ、ペットボトルなどの透明部位を含む物体や、スプーン、フォーク、ナイフなどの反射の強い金属物が存在する。また、コインやストローなどの小型物体や、布製品や鍵束などの不定形物体が含まれている。これらは、テクスチャの多い物品、立体形状の物品、反射の強い物品等、様々なまとめ方が可能である。識別器を構成するときには、上述のような特性の何に注目して特徴量を実装するかが一つの焦点になると思われる。

カテゴリ認識を目的として物品のセンサデータを取得するとき、よくとられるアプローチは、センサと照明を固定したうえで、回転雲台上で動かされている物品を撮



Fig. 2: Four types of background

影する方法である。この場合、照明の方向や物体への光の当たり方がよく調整されたうえでデータ取得がなされることが多い。一方で、本研究ではセンサ側を動かす方針を採り、照明については物品上に太陽光が直射するような場合を除き、敢えて一般的な状況でセンサデータ取得を行うことにした。

Creative Senz3D は Time of Flight (ToF) 形式の 3 次元距離画像センサであり、QVGA (320 × 240) サイズの距離画像と反射強度画像、720p HD (1280 × 720) のカラー画像が取得可能である。他の三次元距離画像センサと比較して、センサとの距離が 0.15 m 離れていれば三次元距離計測が可能であるところが特徴である。本研究では、高精度の識別を行うために近い視点からセンサデータを得ることが望ましいことから、本センサが適していると考えた。

上述の条件で計測を行い、23,040 のセンサデータを得た。また、物品がおかれていない状況のセンサデータについても、今後の特徴量と識別器の研究にとって必要と考え、取得した。なお、それぞれの視点においては、上述の三種類のデータに加え、カラー画像の画素を距離画像上にマッピングして色つき三次元点群を作成するための対応付けデータも保存した。これらは Intel Perceptual Computing SDK を利用して、Windows 上で実装された。なお、カラー画像については ppm 形式、反射強度画像と距離画像については浮動小数点を並べた xml ファイルとして保存した。これらは OpenCV の形式に沿った保存方法であるため、OpenCV を用いることで読み込みが可能である。

## 6 おわりに

本稿では、日常環境下に存在する物品の知識を定義するための材料となるセンサデータライブラリの構築について述べた。物品とセンサの選定、様々な視点・照明条件・背景の設定について述べ、40 種類の日用物品について計測したセンサデータライブラリについて報告を行った。

今後の課題として、各カテゴリの物品数を追加することがある。また上述のセンサデータライブラリを利用して特徴量と識別手法を研究し、識別器を構築する。そして、それを物体操作能力を持つ自走式のロボットに搭載することで、本研究の有効性と有用性を示していく。



リモコン	薬瓶	メガネ	歯ブラシ
フォーク	スプーン	ペットボトル	練り歯磨き
コップ	皿	椀	携帯電話
ミニタオル	本	札	ハガキ
ストロー	鍵束	ナイフ	靴
ペン	タッパ	カード	コイン
櫛	水筒	靴下	財布
雑誌	缶	ハサミ	新聞
腕時計	バッグ	ライター	ケーブル
電源タップ	コップ	髪留め	紙屑

Fig. 3: A list of target objects

## Acknowledgement

本研究の一部は総務省戦略的通信研究開発推進事業 (SCOPE) No.132104001 の支援により行われた。

## 参考文献

- [1] C. Akgul, B. Sankur, Y. Yemez and F. Schmitt: "3d model retrieval using probability density-based shape descriptors," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 31, pp. 1117-1133, 2009.
- [2] T. Deyle, T. Chen, J. D. Glass, C.C. Kemp: "A list

of household objects for robotic retrieval prioritized by people with ALS," IEEE Int'l Conf. on Rehabilitation Robotics, pp. 510-517, 2009.

- [3] T. Gevers, C. Snoek: "Evaluation of Color Descriptors for Object and Scene Recognition," IEEE Trans. On Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.32, pp. 1582 - 1596, 2010.
- [4] C. Liu, L. Sharan, E. Adelson, and R. Rosenholtz: "Exploring Features in a Bayesian Framework for Material Recognition," in Proc. of IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 239 - 246, 2010.
- [5] D. Pangercic, V. Haltakov, M. Beetz: "Fast and Robust Object Detection in Household Environments Using Vocabulary Trees with SIFT Descriptors," in Proc. of IEEE/RSJ Int'l Conf. on Intelligent Robots and Systems, 2011.
- [6] B. Pitzer, M. Styer, C. Bersch, C. DuHadway, J. Becker: "Towards perceptual shared autonomy for robotic mobile manipulation," in Proc. of Int'l Conf. on Robotics and Automation, pp. 6245 - 6251, 2011.
- [7] 斎藤, 橋本, 池田, 山本, 畠中: 「生活支援ロボット HSR の試作と実証評価」, 日本ロボット学会学術講演会予稿集, 3C2-2, 2012.
- [8] 柳井啓司: 「一般物体認識の現状と今後」情報処理学会論文誌: コンピュータビジョン・イメージメディア, Vol. 48, No. SIG16, pp. 1-24, 2007.
- [9] The Pascal Visual Object Classes Homepage: <http://pascalvin.ecs.soton.ac.uk/challenges/VOC/>
- [10] Princeton Shape Benchmark: <http://shape.cs.princeton.edu/benchmark/>
- [11] Amsterdam Library of Object Images <http://staff.science.uva.nl/~aloi/>
- [12] iRobot 社 Roomba: <http://www.irobot-jp.com/>
- [13] 東芝 ロボットクリーナー: [http://www.toshiba.co.jp/living/lineup/cleaners/0163\\_k2\\_pic\\_01.html](http://www.toshiba.co.jp/living/lineup/cleaners/0163_k2_pic_01.html)
- [14] Creative Senz 3D: <http://blog.laptopmag.com/intel-creative-senz3d-camera>
- [15] Intel Perceptual Computing SDK <http://software.intel.com/en-us/vcsources/tools/perceptual-computing-sdk>
- [16] household object database: [http://wiki.ros.org/household\\_objects\\_database](http://wiki.ros.org/household_objects_database)
- [17] OpenCV <http://opencv.org/>