

ロボット搭載カメラの移動に伴う反射光の変化に基づいた 透明な一包化薬の検出と取得

塚本 智紀

指導教員：鈴木 拓央

1 序論

現在、日本をはじめとする先進国の多くでは高齢化が進み、独居高齢者が増加している。これにより、薬の飲み間違いや飲み忘れが問題となっている。そこで現在、服薬状況を視覚的に確認できる薬カレンダー（図1）や薬をひとまとめに管理できる一包化（図2）などの支援ツールを用いて、服薬管理の支援がされている。しかし、問題の原因の一つは老化による認知機能や視力の低下 [1] であり、これらの支援ツールだけでは問題を十分に防ぐことができない。薬の飲み間違いや飲み忘れを防ぐためには、薬カレンダー内の一包化薬を確認し服薬管理を支援する必要がある。

多くの高齢者は老化による身体機能の低下から、薬を取りに行くことも一苦勞である。近年、生活サービス分野でのロボット活用に注目が集まっている [2]。高齢者の家庭内での自立生活をアシストする生活支援ロボットが、支援の一環として服薬状況の確認と薬の運搬をすることで、高齢者の負担を減らすと同時に服薬管理を支援できると考えた。

先行研究では薬ケースの運搬システムを提案した。RGB-Dカメラで距離情報が取得できるよう、図3のように厚みのあるケースにテープを貼り、ケースの認識と運搬を実現した。しかし、実際の環境では一包化が利用されており、一包化の袋は中身が見やすいよう透明であることが多い。偏光フィルタや超音波センサを用いることで透明な物体を検出できるが、一般家庭での生活支援を目指すロボットに透明物体の検出に特化した機器の搭載は好ましくない。そこで、多くの競技会や生活支援で利用されるRGB-Dカメラを用いる。しかし、RGB-Dカメラでの透明な物体に対して3次元点群情報（以下、点群とする）の取得は難しく、提案されている手法 [3] では、大規模なデータセットを用いた深層学習が必要である。一般的な家庭で利用するために、大規模なデータを必要としない、RGB-Dカメラによる透明物体の検出手法が必要である。

透明な物体は投光した光が拡散反射せずに正反射する性質を持つ。また、視点を移動させることで、正反射光の見え方は変化する。ロボットの台車を利用し、カメラの視点を移動させた時の正反射光の見え方の違いを利用することで、透明物体の認識が可能であると考えた。本研究では、ロボットに搭載されたRGB-Dカメラの移動に伴う反射光の変化に基づいた、透明な一包化薬の検出と取得を目指す。



図1 薬カレンダー



図2 一包化薬



図3 ケース

2 提案手法

一包化薬の運搬システムのプロセスを図4に示す。薬の取得は、競技会で多くのチームが採用し日用品の運搬に有効である吸引機構を用いる。このプロセスのうち、一包化薬の袋の検出手法以外は、従来の手法で実現可能である。一包化薬を取得するためには、一包化薬を検出する手法が必要である。

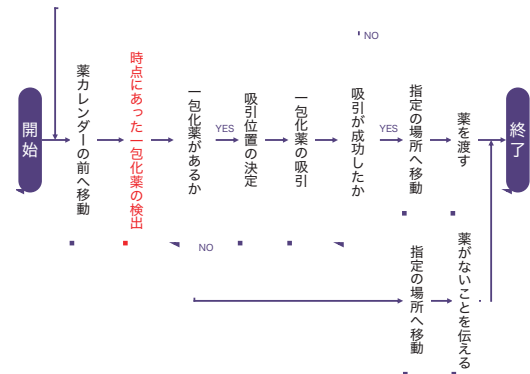


図4 一包化薬の運搬システムのプロセス

2.1 ロボットの制御

照明はスペクトルの幅が太陽光に近い白熱電球を利用する。ロボットが透明物体の正面に来たときにRGB-Dカメラへ正反射光が入射するようアームを制御する。対象の透明物体が平面であると仮定した時、対象の透明物体に対してロボットが左から右に平行に移動すると反射光も同様に左から右へ移動する。ロボットの移動距離を d [m]、移動速度を v [m/s]、RGBカメラのデータ取得間隔を Δt [s] とした時、取得データ数は $\lfloor \frac{d}{v\Delta t} \rfloor$ 、正反射光が見える割合は $\frac{v\Delta t}{d}$ である。 $v\Delta t$ [m] が透明物体の幅以下になるように制御する。

2.2 透明物体の検出

透明物体の検出手法を図5に示す。まず、入力画像群の位置合わせをする。位置合わせで利用する特徴量を位置合わせ特徴量とする。入力画像群をグレースケールに変換し、位置合わせ特徴点の検出と位置合わせ特徴量の記述を行う。最後に得られた入力画像を基準に、それぞれの画像と位置合わせ特徴点のマッチング、アフィン行列の推定、アフィン変換を行う。次に透明物体の検出における特徴量を計算する。この特徴量を透明物体の検出特徴量とする。以下、「特徴量」は透明物体の特徴量を指す。図6のように位置合わせ後の画像の1画素に着目する。画素値を昇順にソートし、中央値と最大値の差を特徴量とする。正反射光が見える画素の値は高く、それ以外の画素は一定の範囲に集まる。正反射光が見える割合を $\frac{v\Delta t}{d} < \frac{1}{2}$ に制御することで、中央値は正反射光以外の点が集まる範囲内となることを利用する。これを繰り返し、特徴マップを作成する。その後、特徴マップと検出範囲から横軸が特徴量、縦軸が画素の割合のヒストグラムを作成し、透明物体の有無を判別する。正反射光が見えない画素は特徴量が0付近に集まり、正反射光が見える画素は特徴量が0より大きい1箇所集まる。つまり、透明物体がない時は山が一つ、透明物体がある時は山が二つのヒストグラムとなる。正反射光が見えない時のヒストグラムは正規分布に近似

できる。事前に透明物体が無い時のデータのヒストグラムを正規分布で近似しておく。判別対象のヒストグラムに、近似した正規分布以外のデータがある時、透明物体があると考えられる。透明物体が無い時の特徴量が最大となる値を閾値とし、閾値以上のデータの有無から透明物体の有無を判別する。

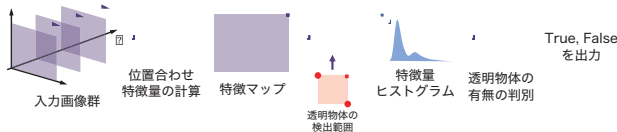


図5 透明物体の検出手法

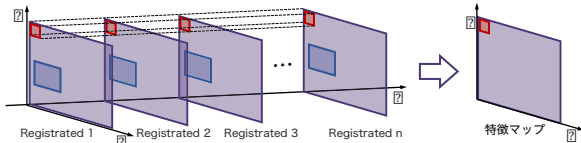


図6 特徴マップの作成

2.3 検出範囲の計算

透明物体の有無を判別するためには、透明を検出する対象の位置情報が必要である。本研究では、薬カレンダーのポケットから一包化薬の上部が出ており、一包化薬とポケットが重なっていないことを想定する。このポケットの上部の位置情報が必要である。薬カレンダーの厚みを利用して薬カレンダーの位置を推定し、ポケットの位置を計算する。ポケットの位置を計算する点群処理の流れを図7に示す。RGB-D カメラから得られる点群に対して、平面除去とセグメンテーションを行い、薬カレンダー上の点群を取り出す。薬カレンダー点群から右上と左上の点を計算し、事前に測定した薬カレンダーのポケット間の位置関係から時点に合う対象のポケットの位置を計算する。

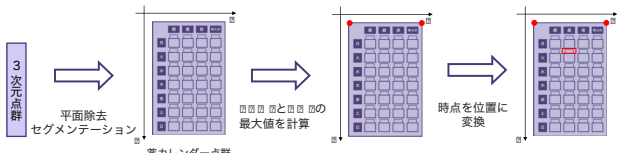


図7 点群処理の流れ

3 実装

本研究では、アームやRGB-D カメラ、全方位台車を備えており、高齢者の生活環境を大きく変えることなく生活支援が可能なロボットのHSR^{*1} (図8)を使用した。HSRに用意されているPython インターフェースやROSを利用し、ロボットを制御した。照明は100[W]の白熱電球を使用し、C++とPythonを用いて画像処理と点群処理による透明物体の検出を実装した。

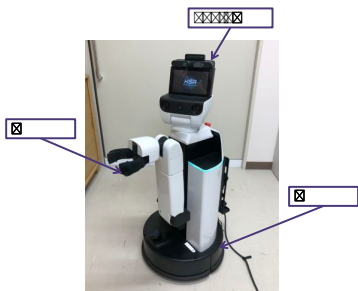


図8 HSR

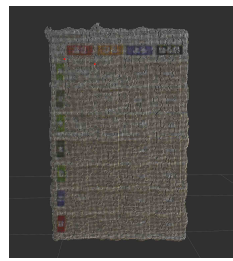


図9 薬カレンダー点群と検出位置

4 実験

薬カレンダーのポケットは中身が見えるよう透明であることが多く、ポケット同士の間隔も狭い。検出範囲を正しく計算するために、平面の上に一つの透明物体が有るという単純な環境で透明物体の検出精度を確認した。

4.1 方法

点群処理や位置合わせのために、平面の床の上に布を置き、その上に透明物体を置いた。照明を三脚で固定し、 $d = 0.45$, $v = 0.045$, $\Delta t = \frac{1}{2}$ とし、正反射光が見える割合が $\frac{1}{20}$ となるようロボットを制御した。一包化に利用できる小物ケースとクリアファイルを用いて、それぞれ異なる入力データに対して検出を20回行い、透明物体の検出精度を確認した。

4.2 結果と考察

正しく判別した割合は、透明物体が無い時85% (3回)、ケースを置いた時100% (20回)、クリアファイルを置いた時100% (20回) だった。85%の精度で透明物体の有無の判別ができたが、まだ精度は不十分である。誤検出の要因として、位置合わせの手法やヒストグラムから透明物体の有無の判別の手法が挙げられる。透明物体が無い時の特徴量ヒストグラムとガウシアンフィッティングの結果を図10に、ケースが有る時の特徴量ヒストグラムを図11に示す。透明物体が無いときは、特徴量が一定の値に集まるため、正規分布に近似することができる。ケースは小さいため特徴量の山は小さいが、透明物体が有るときは正規分布とそれ以上の特徴量の山が現れる。さらに精度を良くするためには、閾値基準のデータの有無だけでなく、ヒストグラムの形状や特徴マップの位置関係を利用するなどの工夫が必要である。

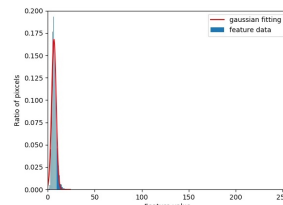


図10 透明物体が無い時の特徴量ヒストグラム

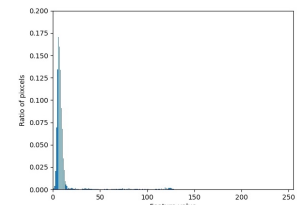


図11 ケースが有る時の特徴量ヒストグラム

5 結論

本研究では、ロボットに搭載されたRGB-D カメラの移動に伴う反射光の変化に基づいた、透明な一包化薬の検出手法を提案した。この手法により、服薬管理支援を目指した透明物体の認識を可能にした。しかし、精度はまだ十分ではなく誤認してしまう可能性がある。精度を向上するために、特徴マップの作成手法や透明物体の有無の判別に工夫が必要である。

参考文献

- [1] 秋下雅弘, “高齢者の服薬管理”, 日老医誌, Vol.47, pp.134-136, 2010.
- [2] “注目されている背景”, 総務省, <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h27/html/nc241310.html>.
- [3] Shreeyak S. Sajjan, Matthew Moore, Mike Pan, Ganesh Nagaraja, Johnny Lee, Andy Zeng, Shuran Song, “Clear grasp: 3d shape estimation of transparent objects for manipulation”, In 2020 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), pp. 3634-3642, 2020.

*1 トヨタ自動車株式会社の Human Support Robot