

円形変換した視覚マーカによる飲料の入ったペットボトルの認識

中根 悠里

指導教員：鈴木 拓央

1 序論

現在、日本の高齢化は進んでおり、65歳以上の高齢者による夫婦のみの世帯や単身世帯が増加傾向にある。

また、多くの高齢者は加齢に伴い、口渇中枢の感受性が低下し、食事量も減ってしまうことから、脱水による熱中症など様々な健康障害を引き起こす。そこで、厚生労働省は1日の水分摂取量を2.5Lとし、こまめな水分補給を呼び掛けるためのポスターやチラシを公開している。また、高齢者看護・介護の分野でも脱水症の発症を予防するために、高齢者毎に合わせたケアマネジメントが求められている[1]。しかし、高齢者自身の水分摂取量や介護施設等の管理栄養士のような専門職の人手不足による高齢者への水分提供量が過剰となっている可能性がある。高齢者が脱水症を発症しないために、適切な水分摂取量を管理し、提供する必要がある。

本研究では、高齢者自身やそのご家族、介護関係者でも管理しやすいペットボトルを使用する。ペットボトルを冷蔵庫で管理する場合、冷蔵庫内は密であることが多いため、物体の位置情報を正確に取得することは困難であり、ロボットのハンド等で把持を行う際、ハンドを他の物体にぶつけてしまう可能性がある。また、ペットボトルに入っている飲料が水である場合、ペットボトルも透明な部分が多いため、色情報による物体検出を行うことができない。そこで、密空間でも正確な3次元空間の位置情報を取得することや容易に透明物体を検出することができる視覚マーカを用いることとする。

視覚マーカを使うことによって対象物体の一部が隠れてしまうといったマーカオクルージョンの問題がある。これらを解決するために、山盛らは、5mmサイズの小さな視覚マーカでも、高精度で位置姿勢推定が行えるようにした[2]。しかし、小さな視覚マーカを認識するためにカメラを接近させなければならないので、冷蔵庫のような密な空間ではカメラを接近させることが困難である。岡野らは、蛍光テキストや与えた蛍光ARマーカテキストや蛍光グリッドテキストを用いることで、マーカオクルージョンの問題を解消し、テキストのない物体や透明物体、鏡面物体でも認識が行えるようにした[3]。しかし、視覚マーカを作成するための蛍光塗料や紫外線を照射する装置が必要になり、導入コストがかかる。また、視覚マーカは平面上に貼る必要があるため、ペットボトルの側面に貼るとペットボトルの置く位置や向きによって視覚マーカが見えなくなることがある。そこで、ペットボトルのキャップに視覚マーカを貼ることも考えられるが、四角形の視覚マーカを丸い形のキャップに貼ろうとすると、視覚マーカのサイズが一回り小さくなってしまい、認識精度が低くなる。ペットボトルのキャップに視覚マーカを貼った場合でも認識精度が低くならないために、四角形の視覚マーカを円形に変換することで解消できるのではないかと考える。

本研究では、四角形の視覚マーカを円形に変換したものをを用いることで、冷蔵庫のような密な空間でも飲料の入ったペットボトルを認識できることを目指す。

2 提案手法

2.1 アプローチ方法

飲料の入ったペットボトルは冷蔵庫のドアポケットで管理していることを想定する。前処理として、四角形の視覚マーカを円形に変換し、ペットボトルのキャップに貼る。

提案手法の動作手順を図1に示す。まず、冷蔵庫のドアポケットにカメラを向け、画像を取得する。取得した画像から楕円検出を行い、視覚マーカを見つける。視覚マーカを見つけることができた場合、マーカ認識を行い、どの視覚マーカであるかを特定する。楕円検出で視覚マーカを見つけることができなかった場合や視覚マーカを認識することができなかった場合は、カメラの角度を変更し、楕円検出やマーカ認識を行う。視覚マーカを認識できた場合、前処理によって円形に変換した視覚マーカがどの四角形の視覚マーカに対応しているのかが分かるので、楕円検出で取得した画像の4点を用いてフレームを出力する。

四角形の視覚マーカを円形に変換する画像変換と楕円検出、マーカ認識の詳しい手法については、次節以降で述べる。

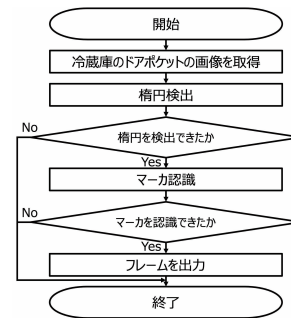


図1 提案手法の動作手順

2.2 画像変換

より大きな視覚マーカをペットボトルのキャップに貼るために視覚マーカの形を四角形から円形に変換する必要がある。本研究では、Schwartz Christoffel 変換を用いる。Schwartz Christoffel 変換とは、 z 平面の上半部を n 辺多角形の内部に写像することである。

2.3 楕円検出

ペットボトルのキャップに貼った円形の視覚マーカを検出するために、楕円検出を行う。楕円検出の動作手順を図2に示す。まず、カメラから取得したRGB画像をHSV画像に変換し、HSV毎にチャンネルを分ける。使用する視覚マーカは白と黒で構成されているので、白と黒を分けて抽出することができるV(Value: 明度)の画像を用いる。次に、Vの画像にヒストグラムの平坦化を行い、環境光による外乱の影響を減らす。ヒストグラムの平坦化後の画像のうち、設定した閾値の範囲内にある画素を白、範囲外にある画素を黒にマスクする。この後の処理を行いやすくするために、マスク後の画像の白黒を反転させる。反転させた画像から輪郭を抽出する。抽出した輪郭のうち、輪郭の大きさが設定した閾値より小さすぎるものや大きすぎるものを除外する。残った輪郭の候補で楕円フィッティングを行う。楕円フィッティングとは、2次元の点集合の二乗誤差が最小にな

る楕円を求めたものである。楕円フィッティング後の候補と事前に用意した円形の視覚マーカのテンプレート画像それぞれのヒストグラム間の距離を比較し、設定した閾値の範囲外にある候補を除外する。ヒストグラム間の距離を比較する方法として、Bhattacharyya 距離を用いる。Bhattacharyya 距離は、2つのヒストグラムが完全に一致している場合は0、完全に一致していない場合は1の値を返す。また、Bhattacharyya 距離で得た値と設定した閾値を比較する方法として、平均二乗誤差の平方根RMSE(Root Mean Squared Error)を用いる。RMSEは、値が小さいほど誤差が小さい。

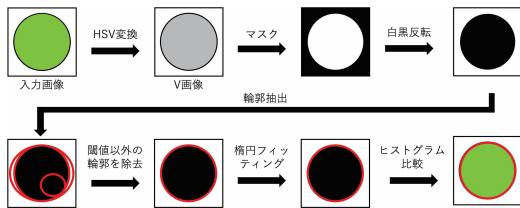


図2 楕円検出の動作手順

2.4 マーカ認識

検出した視覚マーカがどの視覚マーカであるかを特定するために、マーカ認識を行う。マーカ認識の動作手順を図3に示す。まず、2.3節で得た視覚マーカの候補とテンプレート画像をグレースケール画像に変換し、ヒストグラムの平坦化を行う。マーカの候補をテンプレート画像のサイズに合わせ、テンプレート画像を1度ずつ回転させてテンプレートマッチングを行う。プレートマッチングとは、入力画像とテンプレート画像を画素単位で比較し、類似度を算出するものである。類似度を算出する方法として、ゼロ平均正規化相互相関数ZNCC(Zeromean Normalized Cross Correlation)を用いる。ZNCCは、1の値に近いほど類似度が高い。設定した閾値よりも高く、かつ最も類似度が高かった方のテンプレート画像の視覚マーカの番号を割り当て、描画する。

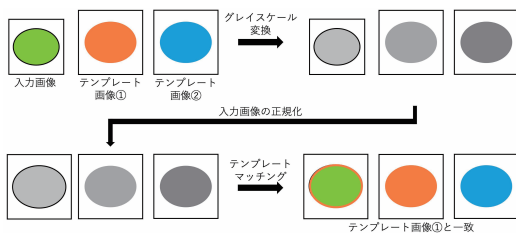


図3 マーカ認識の動作手順

3 実装

本研究では、Intel社製のRealSense Depth Camera D435を使用した。また、ロボット向けのメタ・オペレーティングシステムROS(Robot Operating System)を用いてシステムの実装を行なった。提案手法の実装には、コンピュータビジョンライブラリOpenCV(Open Source Computer Vision Library)を用いて画像処理を行なった。OpenCVで採用されているC++とPythonでプログラムを作成した。視覚マーカは2種類のARマーカを用いた。

4 実験

円形変換した視覚マーカがどの大きさであっても認識できることを確認するために、四角形の視覚マーカと円形に変換した視

覚マーカを用意し、平面上に置いた状況下で検証する。

4.1 実験方法

実験の環境を図4に示す。ペットボトルのキャップに円形変換したARマーカを貼り、冷蔵庫のドアポケットに置いた。D435は冷蔵庫から40cm、床から高さ100cmとなる位置に三脚で固定し、ARマーカが映る角度にした。20回検出を行った時のARマーカの認識精度を確認した。



図4 実験環境

4.2 結果と考察

円形のARマーカの認識成功例を図5、2つのARマーカのフレームが出力されている例を図6に示す。ARマーカ番号1は75%(17回成功)であったのに対し、ARマーカ番号2は35%(7回成功)となった。また、出力されるフレームの位置が原点のカメラ座標付近に出力されてしまうことが何度かあった。



図5 円形のARマーカの認識成功例



図6 2つのARマーカのフレームが出力されている例

視覚マーカの誤認識が多かった要因として、視覚マーカの判別方法が挙げられる。今回用いた2つの視覚マーカはマークのパターンが似ていることやペットボトルの置き方、キャップの締め具合等でマーカの見え方が変化してしまうことから判別が困難であったと考えられる。実環境下でもより精度良く視覚マーカを認識するためには、視覚マーカの判別方法の改善や回転や向きを考慮した処理の工夫が必要である。

5 結論

本研究では、円形に変換した視覚マーカを正しく判別するための検出、認識の手法を提案した。この手法により、四角形の視覚マーカより円形に変換した視覚マーカの方がどの大きさでも認識できることを確認した。視覚マーカの判別方法や回転、向きを考慮した処理を改善し、精度を向上させる必要がある。

参考文献

- [1] 阿部詠子。“高齢者の水代謝と排泄一体内水分量の変化における加齢の影響およびナトリウム過剰摂取による夜間頻尿への影響一”。日本生理人類学会誌。2022, 27巻3号, p.97-102.
- [2] 山盛航輝ほか。“見た目に影響が小さいマーカによる物体位置姿勢推定”, ヒューマンインタフェース学会論文誌, 2020, 22巻4号, p.423-432.
- [3] 岡野昭伍ほか。“蛍光テクスチャによる深層学習のための三次元情報を含む自動アノテーション手法の提案”. 日本ロボット学会誌. 2022, 40巻1号, p.71-82.