

複数センサを用いた靴下ペアリング手法の検討

Study of Socks Pairing Method Using Multiple Sensors

米谷 和記† 三好 力† 広瀬 大樹†
Kazuki Maiya Tsutomu Miyoshi Daiki Hirose

1. はじめに

近年、ロボット技術の進歩にともない、家事代行ロボットの普及が進んでいる。ここで介護における家事の定義は掃除、料理、買い物、洗濯、衣類整理となっており、それぞれに代行サービスが存在している。iRobot社のRoombaに代表される掃除ロボットも一般的なものとなってきている。しかし、衣類整理に当たる「洗濯物を片付けるロボット」はあまり一般的ではない。これは、対象物である洗濯物が衣類であり、操作するたびに多種多様な形状に変化し、定型的な操作の繰り返しによる取り扱いが難しいためであると考えられる。

本研究を行うにあたり、ロボットによる洗濯物の片づけに求められる機能を分析した結果、洗濯物の分類、靴下などの小物のペアリング、収納処理に分割できることがわかった。この内靴下はペアリングされていないと使用できず、作業に手間がかかる点から、靴下のペアリングは重要度が高いと考える。よって我々は、3D情報と画像処理を用いることで靴下の折れを検知、修正しペアリングを行うシステムを開発する。

2. 洗濯物の片付け定義

本研究を行うに当たり我々は、「片付ける」という洗濯物の状態遷移の分析を行い、次の四段階に定義した。

・第一段階

全種類の洗濯物が混在して山になっている状態を第一段階とする。

・第二段階

山の中から洗濯物を1つ分離した状態を第二段階とする。

・第三段階

ペアリングされた靴下が並んでいる状態を第三段階とする。

・第四段階

すべての洗濯物の整理が完了した状態を第四段階とする。この段階は、いわゆる人間が洗濯物を片付け終えた状態と同じになる。

前述した定義の第二段階において、対象物となる洗濯物が靴下の場合の初期状態は、1枚の靴下が分離している状態、完了状態は同じ柄の靴下が重ねて置かれている状態となる。システムによるペアリングを実現するためには、対象物の形状や柄を取得しなければならない。しかし、折れが発生している場合は正しい特徴量を得ることは困難である。よって、ペアリングの前に靴下の折れを検知・修正する必要がある。

3. 提案手法

ペアリングを行うためには、靴下に発生している折れを認識し修正しなければならない。そのため本論文では、折れを検出し、折れない状態にする処理、取得した画像から色や柄の特徴を求めペアリングする処理を実装する手法について述べる。

3D画像およびRGB画像の取得は、Microsoft社のゲームコントローラであるKinectを用いて行う。これは3D画像とRGB画像の同期が容易に行えるためである。

また、本システムで使用を想定するロボットは、Roombaのように地面を移動し、靴下を「つかむ」「放す」のみ行える小型のものである。

3.1 折れ検出処理

靴下に折れが発生している場合、折れている部分の高さがほかの部分に比べて2倍程度高くなる。これを用いて靴下の折れを検出する。

まず初めに、靴下の深度画像を取得し、高低差の検出を行う。深度画像はグレースケールで表され、靴下の輝度値は靴下とKinectの距離に応じて変化する(図1)。Kinectに近いほど黒(0)に、床に近いほど白(255)になる。高低差の検出は、輝度値が閾値よりも小さいピクセルを切り出すことで行う。閾値は、靴下全体の輝度値から求めた平均値を用いる。

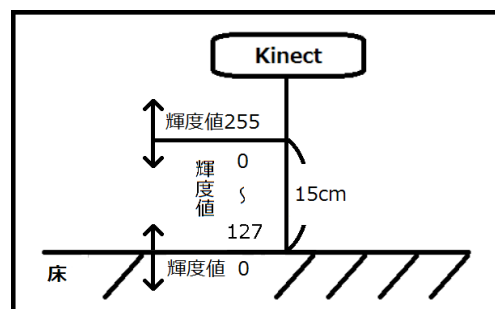


図1: 認識範囲と輝度値

次に、検出された高低差の画像から直線を検出する。それを折れが発生して可能性がある「折れ候補」とする。靴下の外周に折れ候補が存在する場合、その折れ候補を折れ箇所決定する。

最後に折れの修正を行う。把持位置は、折れ箇所の中点を通り、折れに対して垂直な直線が高低差部と交わった箇所に決定する。

そして、把持位置を折れに対して垂直な方向に移動させることでその部分の折れを修正するが、この処理は今回の論文には含まれない。

もし高低差画像や直線が検出されなかった場合は、折れ無しと判断されペアリング処理に移行する。

† 龍谷大学大学院 理工学研究科
Graduate School of Science and Technology,
Ryukoku University

3.2 ペアリング処理

折れが修正された靴下の RGB 画像を取得し、画像ヒストグラムを作成・比較することで似た柄の靴下を判断させる。

4. 実験

4.1 概要

本研究で構築したシステムによって、折れの発生位置の判定と、折れ修正後のペアリングが正しく行われるかを実験する。システムの評価は、情報探索における性能評価指数である適合率、再現率、F 値で行う。

4.2 実験手順

Kinect と靴下を配置し、折れ検出を行う。ここで、システムが取得した折れと実際に発生している折れが一致しているかを評価する。次に、折れ修正とペアリング操作を行い、正しくペアリングできているのか評価する。比較のために、折れた靴下のみ、折れていない靴下のみ、半々の 3 パターンをペアリングしそれぞれ評価する。

4.3 折れ検出結果

折れ発生位置検出実験の結果の一例を図 2～7 に示す。

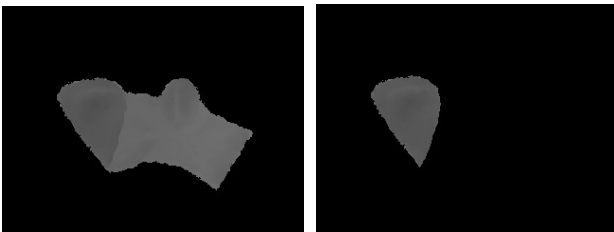


図 2: 取得深度画像

図 3: 折れ部画像

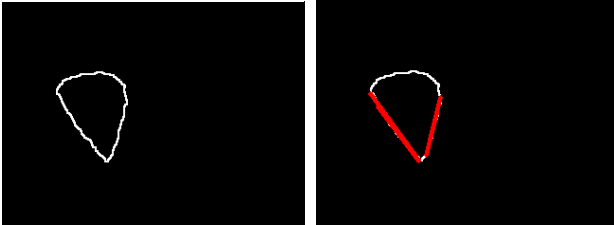


図 4: 高低差画像

図 5: 折れ候補

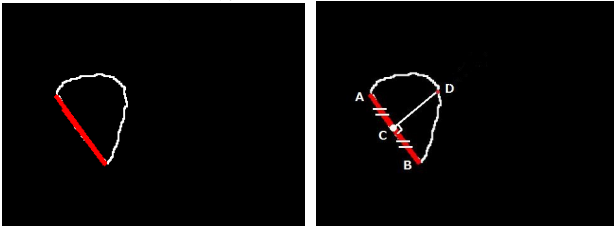


図 6: 折れ箇所

図 7: 把持位置

図 2 における閾値は 98.7 となっており、これより小さな値を持つものだけを残した画像が「厚みがある部分」を表す図 3 である。この画像に対し輪郭抽出を行ったものが、図 4 の高低差画像である。この靴下における把持位置は、図 7 より点 D に決定される。また、折れ検出の性能評価結果を表 1 に示す。

表 1: 折れ検出性能評価

適合率	再現率	F 値
0.85	0.74	0.79

4.4 ペアリング結果

ペアリング実験の結果の一例を表 2 に示す。また、ペアリングの性能評価結果を表 3 に示す。各グラフの縦軸は靴下中の各色の割合、横軸は各色の値 (0～255) となっている。

表 2: ペアリング実験一例

	入力	グラフ	出力
靴下①			1
靴下②			2
靴下③			3
靴下④			2

表 3: ペアリング性能評価

靴下の状態	適合率	再現率	F 値
折れた靴下	0.24	0.26	0.25
半々	0.37	0.42	0.39
折れていない靴下	0.80	0.75	0.77

4.5 考察

折れ検出の実験において、折れを正確に検出できなかったものは、主にストッキングのような薄手の生地であった。そのため、高低差を検知できずに「折れ無し」と判断されてしまった。これは、再現率が適合率に比べて 0.11 低いという点に表れている。

ペアリング結果より、折れていない状態でのペアリングは、折れている状態の約 3 倍の F 値を取ることとなった。これは、折れている時は隠れていた柄などを検出できるようになるためである。

5. まとめ

本論文では、3D 情報と画像処理を用いることで靴下の折れ検知と、ペアリングを行うシステムを開発した。折れ検出処理によって、折れた靴下の 74% を認識することができ、認識した折れの適合率は 85% であった。これにより、本システムによる折れ検出は有効であるといえる。また、ペアリング実験の結果も踏まえると、システム全体の精度は 70% 前後となる。

参考文献

[1] 米谷, 三好, ”画像処理による靴下ペアリング手法の検討”, 情報処理学会第 76 回全国大会講演論文集, (2014).