

ヒューマンロボットインタラクションにおける 視覚センサの設計と実装

石井 健太郎[†]今井 倫太[‡]慶應義塾大学 理工学部^{†‡}科学技術振興事業団 さきがけ研究 21[‡]

概要

人とロボットがコミュニケーションをする場面において人の顔の向きをロボットが認識することは、人の注意や興味をロボットが理解するために重要である。本稿では、照明条件の違いや肌の個人差に対してロバストな肌色抽出機構を提案する。また、肌の抽出・顔の発見・顔の向きの認識の各機能を提供する視覚センサ SaFARI を設計・実装する。実験により、肌の抽出は照明条件の変化や個人差に対応できることがわかった。しかし顔の向きの認識は、さらに精度を上げていく必要があることがわかった。

1 はじめに

人とロボットがコミュニケーションを行う場面において人の顔の向きをロボットが認識することは、人の注意や興味をロボットが理解するために重要である。そこで本研究では、人の顔の向きを認識することのできる視覚センサを開発することを目的とする。

不特定の人とコミュニケーションするロボットでは、カメラから入力される肌色は場所によって照明条件が異なったり人によって肌色が異なるために、肌の抽出は非常に困難である。川戸ら [1] は、肌色ヒストグラムを用いた再帰的閾値処理によって肌色領域を抽出する手法を提案した。この手法では顔領域をほぼ完全に切り出すことができるが、肌の空間密度を評価するので狭い肌色領域を抽出することは困難である。

本稿では、照明条件の違いや肌の個人差に対してロバストな肌色抽出機構を提案する。また、提案する肌色抽出機構を用いて抽出された肌色領域の周辺や内部を探索することによって、顔の発見・顔の向きの認識を行う。

2 視覚センサ SaFARI

本研究で開発した視覚センサ SaFARI (Saturation-based Face Area Recognition Interface) は、肌の抽出・顔の発見・顔の向きの認識の各機能を提供する。

2.1 肌の抽出

図1に SaFARI で用いられている肌色抽出の処理の流れを示す。カメラからの入力画像は 256 階調の RGB 値

で与えられる。各カメラからは基準となる肌色画像を入力として受け取る。肌色領域は以下に示す 2 種類の画像処理フィルタを通すことによって抽出される。以下の式中の src , dst はそれぞれフィルタの入力と出力の RGB 各値を示す。

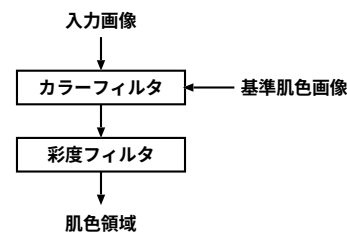


図1 肌の抽出

まず、基準肌色画像の彩度が 0 となるように RGB 値に変更を加える。基準肌色画像の RGB 各値を b とし、その平均を m とする。各画素に対して m を中心とする線形シフトを行う (式 1)。この操作によって画像中の肌色領域の彩度は 0 に近い値となり、その他の領域の彩度は 0 から離れる。

$$dst = \begin{cases} src \times (m/b) & (src \leq m) \\ 255 - (255 - src) \times (m/(255 - b)) & (src > m) \end{cases} \quad (1)$$

次に、彩度によって領域を切り分ける (式 2)。ここで $S(src)$ は各画素の彩度、 th は領域を切り分けるための彩度のしきい値である。画像の彩度は輝度に依存しないので、照明条件の違いや肌の個人差を吸収することができる。

$$dst = \begin{cases} 255 & (S(src) < th) \\ 0 & (otherwise) \end{cases} \quad (2)$$

2.2 顔の発見

抽出された肌色領域において、フレーム間差分との論理積をとり、その領域を顔の領域の候補とする。インタラクション中では人が動かないこともある。この状態に対応するため、1 度顔の領域候補となった領域は、一定のタイムアウトを設けて監視を続ける。

候補となった肌色領域の上部に髪の毛領域が存在するかを調べることで、その領域が顔であるかの判定を行う。髪の毛領域は全ての RGB 値が一定の値以下となるような黒色領域とする。

2.3 顔の向きの認識

本研究では、正面・左・右のいずれを人が向いているかを認識の対象とする。判定には髪の毛領域の分布と目の位置を用いる。

Design and Implementation of Visual Sensor for Human-Robot Interaction

[†]Kentaro ISHII

Faculty of Science and Technology, Keio University

[‡]Michita IMAI

Faculty of Science and Technology, Keio University

Precursory Research for Embryonic Science and Technology, Japan Science and Technology Corporation

一般に人の横顔には、前頭部よりも後頭部に髪の毛領域が存在する。そこで、中心から左側に多くの髪の毛領域が存在するときには右側、中心から右側に多くの髪の毛領域が存在するときには左側を人は向いているものと判定する。

左右のカメラから入力される画像は異なるので、前述の髪の毛の分布による顔の向きの出力結果が異なることがある。そこで、目の位置を探索し、判定の補助として用いた。顔の領域の内部で肌色ではなかった領域を目の候補とする。眉毛・鼻・口も候補に含まれるが、顔に対する相対的な位置関係より目を切り出す。

左右それぞれの視覚センサから髪の毛領域の分布による顔の向きと目の位置を計算した後、以下の手順にしたがって左右の情報を統合する。

1. 左右の視覚センサからの顔の向きの出力が同じ場合
→ その向きを出力する
2. 左右の視覚センサからの顔の向きの出力が異なる場合
 - (a) 一方の視覚センサからは顔が発見され、もう一方からは顔が発見されなかった場合
→ 画面の外もしくは物体の影に顔が存在しているものとみなし、顔が発見されている視覚センサの出力をそのまま出力する
 - (b) 一方の視覚センサからは左と出力され、もう一方からは右と出力された場合
→ 出力結果に誤差があるとし、認識が失敗したことを出力する
 - (c) 一方の視覚センサからは正面と出力され、もう一方からは左（または右）と出力された場合
 - i. 正面と出力された視覚センサの目の位置が正面を向いている場合
→ 正面を出力する
 - ii. 正面と出力された視覚センサの目の位置が左（または右）に偏っている場合
→ 左（または右）を出力する
 - iii. 正面と出力された視覚センサの目の位置が右（または左）に偏っている場合
→ 出力結果に誤差があるとし、認識が失敗したことを出力する

3 実験

SaFARIの有効性を検証するために以下に示す実験を行った。

3.1 実験方法

肌の色の違う被験者 10 人に対して、肌色の抽出・顔の発見・顔の向きの認識の成功数を測定した。明るい部屋・暗い部屋の照明条件の異なる 2ヶ所において測定を行った。

本研究では、コミュニケーションロボット Robovie に SaFARIを実装した。Robovie は人とのコミュニケーション機能に重点を置いて開発されたヒューマノイドロボットである。

3.2 実験結果及び考察

表 1 に、肌色の抽出・顔の向きの認識を 10 人の被験者に対して行った成功数を示す。

表 1 実験結果 (10 人の被験者に対する成功数)

	明るい部屋	暗い部屋
肌色の抽出	10	10
顔の発見	9	9
顔の向きの認識	9	5

肌色の抽出は、明るい部屋・暗い部屋ともに全ての被験者に対して成功した。このことから、彩度による肌色領域の切り分けは、照明条件の違いや肌色の個人差に対してロバストに行えることがわかった。

顔の発見は、明るい部屋・暗い部屋ともに 10 人中 9 人に対して成功した。失敗した被験者は明るい部屋・暗い部屋ともに同じであった。髪型によって髪の毛領域の分布は異なるので、個人差に対してロバストな結果を得るためにはよりよい顔モデルを利用する必要がある。

顔が発見された 9 人に対して顔の向きの認識は、明るい部屋では 9 人全員に対して成功し、暗い部屋では 5 人に対して成功した。本稿で顔の向きの認識に用いた髪の毛領域は RGB 表色形の黒色領域としている。黒色領域は輝度による影響を大きく受けるので、照明条件の変化への対応は困難であることがわかった。今後、照明条件の変化に対応する顔の向き認識機構を適用する必要がある。

4 まとめ

本稿では、照明条件の違いや肌色の個人差に対してロバストな、彩度による肌色抽出機構を提案した。さらに提案した肌色認識機構を用いて、顔の発見・顔の向きの認識の各機能を提供する視覚センサ SaFARI を設計・実装した。

SaFARI は、肌色基準入力により線形シフトされた入力画像から、彩度によって肌色を抽出する。抽出された肌色領域の上部に髪の毛領域が存在する場合には顔と判断し、髪の毛領域の分布と目の位置によって顔の向きを出力する。

実験により、肌色の抽出は照明条件の変化や個人差に対応できることがわかった。しかし顔の向きの認識は、さらに精度を上げていく必要があることがわかった。

今後、照明条件の変化に対応する顔の向きの認識機構の開発を行う予定である。また、ほかのセンサからの情報と統合することによって SaFARI を拡張し、ヒューマンロボットインタラクションのための行動モジュールを開発していく予定である。

参考文献

- [1] 川戸 慎二郎, 鉄谷 信二. 顔領域抽出を目的とした肌色モデルと肌色領域抽出. 信学技報, PRMU2001-59, pp.143-148, 2001.