

空間内における相対的位置関係を考慮した 智能ロボットとユーザとのインタラクション

立木 翔一 金子 正秀
 電気通信大学 大学院電気通信学研究科

1. まえがき

智能ロボットとユーザとが3次元空間内でインタラクションを行う場合、ロボット、ユーザ、空間内のオブジェクトの3者の相対的位置関係の取扱いが重要である。

相手にオブジェクトの位置を示す場合、人間は「前、後ろ、左、右」等の位置関係を表す言葉を頻繁に用いる。この際、これらの位置関係を表す言葉は、ロボット、ユーザ、オブジェクトの相対的位置関係によって異なることに注意が必要である。例えば、ロボットとユーザが互いに向かい合っている場合、ユーザがロボットに対して、自分を基準にして「左」と言うか、ロボットを基準にして「左」と言うかで、実際に指す方向についての解釈が逆になる。また、相手とオブジェクトとの位置関係について、相手がオブジェクトに対してどの様な向きを向いているかによって、「前」や「右」といった指示の仕方が異なってくる。

本論文では、ロボット、ユーザ、オブジェクトの3者の相対的位置関係を考慮したインタラクションについて、具体的に検討する。

2. 相対的位置関係の把握

ロボットが相対的位置関係を把握しなければならない状況の一つとして、図1のようにロボットがユーザに指示を出し、ユーザを移動させたり、動作させたりするような場面がある。本論文ではまず、ユーザ(図2中央部)が目的とするオブジェクト(図2右下に で囲んでいる)を定め、そのオブジェクトの傍までユーザを誘導するための、ロボットによる相対的位置関係の把握、およびユーザへの指示方法を考える。

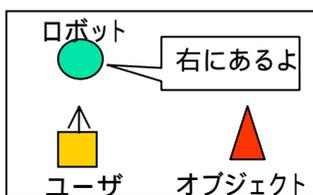


図1 ロボットから
 ユーザへの指示



図2 入力画像例

ロボットが相対的位置関係を把握するために必要な要素として、ユーザの位置や向き、ユーザの目的とするオブジェクトの位置が挙げられる。ユーザの向きの認識については、顔の向きを認識することにし、ユーザは身体と顔が同じ方向を向いていると仮定する。

3. 処理手順

ユーザの位置や向きを認識するために顔、髪領域の抽出を、またオブジェクトの位置を認識するためにオブジェクトの色抽出を行う。

(1) 肌色抽出

肌色抽出についてはGMMによる肌色分布を用いた抽出方法[1]を利用する。尤度マップとして表現された肌色候補領域に対して閾値処理により2値化を行った結果を出力画像とする。(図4参照)

(2) 顔抽出

人の顔は特別な姿勢をとらない限り身体の上にあるので、肌色抽出によって得られた結果でもっとも画面上方にある肌色領域を顔領域として取り出す。さらに、顔領域のマスク画像を距離画像と重ねることにより得られる距離画像中の顔領域に対して距離値のヒストグラムを求め、最も多くの画素を占めている距離値をユーザとカメラとの距離とする。

(3) 髪抽出

髪抽出には、コントラストフィルタによる処理とHSV表色系による閾値処理を併用する。画像全体にこのような処理を施し、顔抽出により得られた顔領域の上部にある領域のみを髪領域として抽出する。

(4) ユーザの向きの認識

ユーザの顔の向きを認識する際には、顔領域と髪領域各々の重心や、面積の大小関係を利用する。

まずユーザが前後を向いているか左右を向いているかを、髪領域の面積 a_h と顔領域の面積 a_f の面積比 r

$$r = \frac{a_f}{a_h}$$

を用いて判断する。ユーザが前を向いている場合には r は大きく、ユーザが後を向いた場合には r は小さいか0となる。また、ユーザが左右どちら

かに向いている場合、 r は1に近くなる。この情報を利用して、ユーザが前後を向いているか左右を向いているかを判断する。

また、 r の値だけでは、ユーザが左右どちらを向いているかは識別できないため、髪領域の重心の x 座標 x_h と顔領域の重心 x_f の大小関係を利用して、ユーザが左を向いているのか右を向いているのかを判断する。図3左上に示す向きの座標系の下で、次のように判定する。

$$x_f > x_h \quad \text{左向き}$$

$$x_f \leq x_h \quad \text{右向き}$$

図4にユーザの4方向の向きにおける顔領域および髪領域を示す。なお、黒い点は髪、顔領域各々の重心を表す。

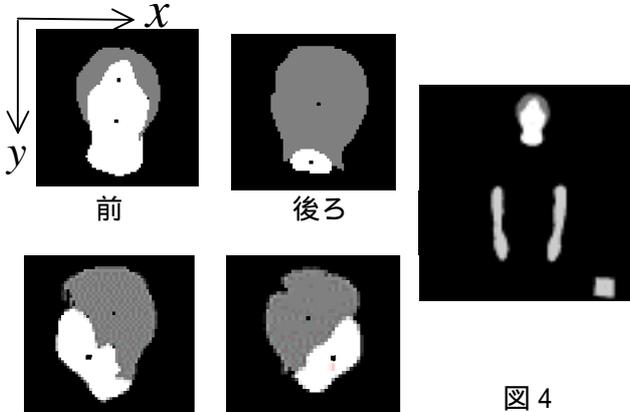


図4
図2に対する
処理結果

(5) オブジェクト抽出

オブジェクト抽出には、HSV表色系における閾値処理を利用する。事前にオブジェクトの色と名前を学習することによって、ユーザの指示したオブジェクトの色を画像上から探索する。また、得られたオブジェクト領域に対して(2)と同じようにマスク画像を生成し、距離画像中のオブジェクト領域を求め、ヒストグラムを利用してオブジェクトとカメラとの距離を求める。なお、オブジェクト抽出については本論文では、簡易な手法を用いている。

図2に対して以上の(1)~(5)の処理を行った結果を図4に示す。

4. 実験結果

(1) ユーザとオブジェクトとの相対的位置関係を考慮した指示をロボットに行かせた場合の結果例を図5に示す。画像内にユーザと対象となるオブジェクトを映した状態で、ユーザが同じ位置に座ったまま向きを変えた画像を入力すると、ロボット、ユーザ、対象との相対的位置関係を考慮

した上で、適切な指示を出力している事が分かる。(2)相対的位置関係を考慮した上で、8方向に関わる指示を出力させた例を図6に示す。なお、本処理では距離画像も利用している。

(3) 椅子を用意し、ユーザを椅子のところに誘導し座らせることを試みた結果を図7に示す。

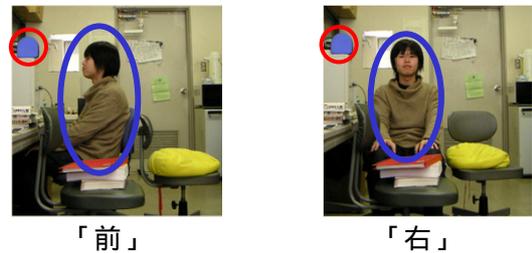


図5 相対的位置関係を考慮した適切な指示



図6 8方向によるユーザへの指示例



図7 ユーザを椅子に座らせるための指示

5. むすび

本論文では、相対的位置関係の把握の重要性について述べ、ロボットがユーザに指示するという状況において、ユーザの向きを前後左右の4方向で識別し、相対的位置関係を考慮した上でオブジェクトの位置を8方向で出力するという手法を実現した。さらに本手法の応用例を示した。今後の課題として、ロボットやオブジェクトも移動するような相対的位置関係が複雑に変化する場に対しての検討が挙げられる。

参考文献

[1] Q. Huynh-Thu, et al.: "Skin-color extraction in images with complex background and varying illumination," IEEE WACV2002, pp.280-285, 2002.12.