

ロボットによる人間親密度の空間マッピングとインタラクションへの適用

田崎豪[†] 松本祥平[†] 大庭隼人[‡] 村瀬昌満[‡] 大谷拓[‡] 駒谷和範[†] 尾形哲也[†] 奥乃博[†]

[†] 京都大学大学院情報学研究科知能情報学専攻

[‡] 京都大学工学部情報学科

1. はじめに

近年、多くのヒューマノイドロボットが開発され、人間との共生の機会が増し、ロボットと人間とのソーシャルインタラクションが不可欠となっている。このようなインタラクションの高度化のためには、ロボットが環境を理解し、適切な対象に注意を向けることが重要である。例えば、池田ら [1] は床すべてにセンサをはりめぐらせることで人物の正確な位置同定を行なっている。神田ら [2] は、特定の人間を追跡するために対象外の人間をノイズとして扱うことで、特定人間検出率を高めている。我々は、ロボットとインタラクションを行う人間との距離に応じて使用モジュールを変更することで、効率的な人間同定を行った [3]。

しかし、人間の位置同定を目的とした研究は多くあるものの、ロボットに装着された簡易なセンサで、環境が変化しても正確に人物の位置を同定することは非常に難しい課題として残っている。また、複数の人間がいるときに注意を向ける人間(パートナー)を選択する手法についても検討されてこなかった。

我々は従来の研究のように人間を中心に据えるのではなく、人間の存在度も考慮した「空間」を中心に据え、空間にマッピングした親密度に応じて、ロボットにインタラクションパートナーを選択させる。これにより、ロボットが自分の好きな場所、嫌いな場所に応じて挙動を変えられるので、実環境下で複数の人間と同時にインタラクションをとってもパートナーに分かりやすく、親しみやすい印象をもたせることができると期待される。さらに、親密度空間マップに基づいた挙動選択は、人間だけでなく物体に対する挙動選択へも容易に拡張できる。また、場所を中心に考えているので、人間を見失った場合にも頑健な挙動生成が可能になる。

2. 親密度空間マップの設計

2.1 親密度空間マップ

ロボットが親密な場所を判断するために、図1のようにロボット周囲の空間をセルに分割する。セルの分割方法は、人間同士のコミュニケーションをとる距離と親密性の関係をまとめた近接学 [4] に基づく。つまり、距離が近いほど人間が積極的にインタラクションを行なうので、ロボットから近い距離は詳細に分割し、距離が遠くなるにつれて粗いセルにするようにした。また、ロボットに近い場所から数えて r 番目の距離にあり、ロボットの左手から時計回りに θ 番目の位置にあるセルをセル (r, θ) と呼ぶ。

2.2 モジュール統合による人間存在度の定義

ロボットが人間の位置を知覚するモジュール触認識、音源定位、顔定位は、各々機能や能力が異なっている(表1)。同定精度は一般的な同定モジュールを用い、人間の

平均的な手の長さ、声の大きさ、顔の大きさから実験的に得た。(1) 右半身がさわられたとき、(2) ある方向から音がなったとき、(3) ある位置に顔があるとき、各々の知覚モジュールの有効範囲は親密度空間マップ上のセルにそれぞれ図1のようにマッピングできる。

センサ k から時刻 t_{k0} に人間同定情報があったとき、時刻 t においてそのセンサは、有効範囲内にあるセル (r, θ) に対して式(1)で与えられる人間存在度 $L_{k,t,r,\theta}$ をマッピングしている。ここで添字 k はセンサの種類(3種類なので $k=1,2,3$)、 d_k はセンサ k の時間による減衰率である。 t_{k0} は入力のために更新される。

$$L_{k,t,r,\theta} = \exp[-d_k(t - t_{k0})] \quad (1)$$

表1: 入力モジュールの特徴

モジュール	利点	欠点	同定精度
触認識	近距離判断 信頼度高	方向曖昧	50cm 以内 ± 45 度
音源同定	方向判断 光の影響小	混合音に弱い	3m 以内 特定方向
顔定位	方向判断 距離判断	照明影響大	特定距離 特定方向

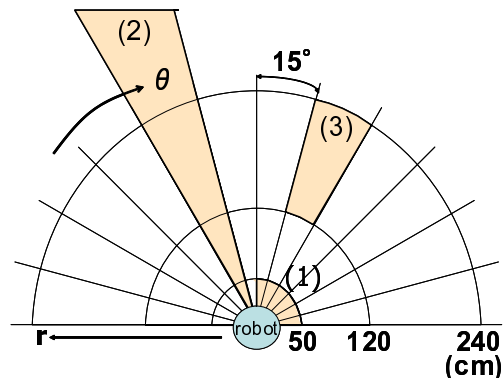


図1: 知覚モジュールからの人間存在度マッピング

2.3 刺激と人間存在度による親密度の定義

親密度空間マップは、知覚センサから得られた人間存在度およびセンサからの刺激の質によって構築、更新される。刺激の質として例えば、ロボットは触認識モジュールによって、叩かれたといった不快な刺激や、撫でられたといった快い刺激を識別できる。触認識モジュールからの位置情報が曖昧であるので、ロボットに最も近い位置にあるセルの中で、人間存在度が最大のところからその刺激が行なわれていると仮定し、選択されたセルに式(1)と同様な式(2)で与えられる快度 $C_{t,r,\theta}$ をマッピングする。ここで c は刺激の種類を表し、快い刺激であれば1、逆は-1とする。 t_{c0} は入力のために更新される。

$$C_{t,r,\theta} = c \times \exp[-d_c(t - t_{c0})] \quad (2)$$

人間存在度と快度の重みつき和によって時刻 t におけるセル (r, θ) の親密度 $I_{t,r,\theta}$ を式(3)で定義する。ここで、

Spatial Mapping of Friendliness with People by Humanoid and Its Application to Humanoid Human Interaction: Tsuyoshi Tasaki, Shohei Matsumoto, Hayato Ohba, Masamitsu Murase, Taku Ohya, Kazunori Komatani, Tetsuya Ogata, and Hiroshi G. Okuno (Kyoto Univ.)

W_L 、 W_C はそれぞれ人間存在度、快度の重みとする。

$$I_{t,r,\theta} = W_L \times \sum_{k=1}^3 L_{t,r,\theta} + W_C \times C_{t,r,\theta} \quad (3)$$

3. 親密度空間マップに基づくヒューマンロボットインタラクション

3.1 ヒューマノイドロボット SIG2

本研究のテストベッドとして、図2中央に示すヒューマノイドロボット SIG2 を使用した。SIG2 の入力センサは、頭部と上半身に装着された肌センサ、頭部にある1対ずつのマイクとカメラである。出力や挙動装置として、スピーカと3自由度の首のモーターを用いる。

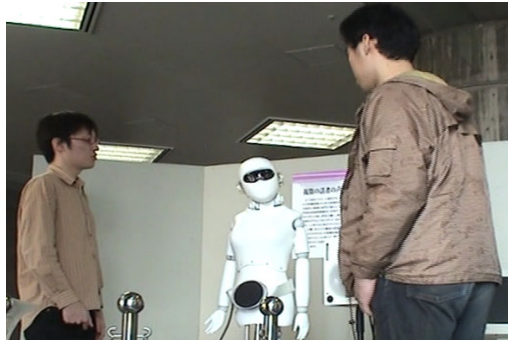


図 2: SIG2 との実験風景 (京都大学総合博物館)

SIG2 には入力モジュールとして、触認識、音声認識、顔定位、音源定位が実装されている。触認識は接触部位と2種類の刺激(叩く、撫でる)の違いを認識できる。また出力モジュールは、接触応答、ゲーム対話、親密人間選択動作、顔方向追跡動作、音源方向追跡動作である。

3.2 親密度空間マップを用いたインタラクションの設計

SIG2 上に実装した親密度空間マップを用いたインタラクションパートナーの選択システムを図3に示す。

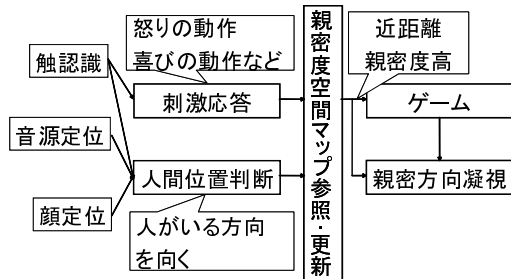


図 3: インタラクションシステム

SIG2 は以下のように動作する。

1. 各入力から計算された方向へ顔を向ける(触認識モジュールからの入力の場合刺激の質、接触部位に応じた接触応答を行う)。
2. 親密度空間マップを参照した後に更新を行う。
3. 入力が、快よい刺激であったとき、50cm 以内にあるセルの、参照された人間親密度が閾値よりも高ければ音声対話ゲームを行う。該当するセルが無ければマップ上で最も親密度が高い方向を凝視する。

4. 親密度空間マップを利用したインタラクションの印象評価

4.1 評価実験の目的と手順

親密度空間マップを用いたパートナー選択手法が、インタラクションの場に居合わせた人間に分りやすく、親

しみやすい印象を与えているか否かで本手法の有効性を評価した。そのため我々は、京都大学総合博物館に SIG2 を設置し、訪れた 20-54 歳の男女 27 名に SIG2 とインタラクションを行なってもらいアンケートをとった。インタラクションは2回行い、SIG2 はそれぞれの試行において異なる行動方式を用いる。一方は、親密度空間マップを用いた行動方式である。もう一方は親密度にかかわらず態度を変えず、センサから定位情報があればそちらを向き、近くに人がいればとにかくゲームを行なう行動方式である。アンケートは、それぞれの試行ごとに答えてもらう。アンケート内容はロボット印象評価法 [5] と同じく SD 法に基づく、7 段階 28 項目形容詞対であり、ポジティブ側が高くなるように数値化した質問紙を用いた。

4.2 印象評価実験結果と考察

アンケートの因子分析の結果、[5] の因子を参照すると「分りやすい」「好きな」等を含む第1因子、「優しい」「親しみやすい」等を含む第2因子については、両者の行動方式の印象点が比較できることが判明した。第1、第2因子について2種類の行動方式の印象点平均を表2に示す。t検定の結果、有意水準 0.05 で両因子とも親密度空間マップを用いた方がポジティブな形容詞側に評価されていることが確認できた。第1因子の印象点が高かった要因は、人間がインタラクションパートナーを選ぶ際も用いる、好き、嫌いといった単純な行動基準が、インタラクションを行った被験者の直感と通じていたためであると思われる。第2因子について、親密度に基づいて行動しない場合は、動作が単純になったため評点を下げたと考えられる。

表 2: 印象点評価の比較

行動方式	第1因子		第2因子	
	平均	分散	平均	分散
マップあり	4.59	2.50	4.79	0.94
マップなし	4.35	3.06	4.65	0.73

5. おわりに

本稿では、実環境下においてパートナーを発見、選択する手法として、インタラクションの「空間」に着目した親密度空間マップを報告した。また、本手法によるパートナー選択の結果、頑健で分りやすいインタラクションを実現した。今後は、複数人数のグループ対話などでより親しみが持てるインタラクションが行なえるよう、パートナー発見後の動作学習、生成を行いたい。

謝辞 本研究の一部は、科研費、21 世紀 COE プログラム、SCAT 研究助成の支援を受けた。

参考文献

- [1] 池田徹志, 石黒浩, 浅田稔: “ユビキタスセンサ環境におけるカメラと床面上の接触センサを統合した人間追跡”, 情報処理学会関西支部環境知能研究会報告, B07, pp.117-120, Oct. 2003.
- [2] 塩見昌裕, 宮下敬宏, 石黒浩, 神田崇行: “異種センサ情報の統合に基づく MCMC を用いた人間追跡”, 情報処理学会関西支部大会講演論文集, pp. 113-116, 2003.
- [3] Tsuyoshi Tasaki Shohei Matsumoto, Hayato Ohba, Mitsuhiko Toda, Kazunori Komatani, Tetsuya Ogata, and Hiroshi G. Okuno: “Dynamic Communication of Humanoid Robot with multiple people Based on Interaction Distance”, ROMAN 2004, pp.71-76, 2004.
- [4] Hall, E. T.: “Hidden Dimension. Doubleday Publishing”, ISBN 0385084765, 1996.
- [5] 神田崇行, 石黒浩, 石田亨: “人間-ロボット間相互作用に関わる心理学的評価”, 日本ロボット学会誌, Vol.19, No.3, pp.362-371, 2001.