

追従ロボットとの共存に向けた位置関係に因るユーザの心理的影響調査

前原 啓太† 穴久保 拓磨†† 藤波 香織†††

† 東京農工大学 工学部 情報工学科 †† 東京農工大学 大学院 工学府 情報工学専攻

††† 東京農工大学 大学院 工学研究院 先端情報科学部門

1 はじめに

日常生活において移動ロボットに求められる機能の1つに人物追従が挙げられる。ロボットが人間の挙動を認識し適切な追従行動を行うことは、日常生活にロボットが浸透するために極めて重要といえる。人同士のコミュニケーションにパーソナルスペースという快適に対話するための距離感が存在するように、人とロボットのインタラクションに関してもパーソナルスペースが存在することが分かっている [1]。そこで本研究では、追従ロボットの追従距離と角度がユーザに与える心理的影響を理解し、ユーザにとって最適な追従距離と角度を明らかにすることを目指す。そして、日常生活に浸透する追従ロボットを開発することを目的とする。人物追従において追従ロボットが人に与える心理的影響に関する研究は多くなく、Shanee らによる追従角度が人に与える心理的影響の調査 [2] では、広角度での追従精度が低く十分に信頼性のある結果には至っていない。

2 人物追従ロボット

2.1 方針

2.1.1 任意位置で追従するロボット

1章で述べた研究目的を満たす追従ロボットの要件として正確に指定した任意の位置で追従する必要がある。したがって、ロボットの追従方式や使用するセンサなどに制限されず、様々な追従形態に対応出来なければならない。またユーザの背面だけではなく、側面での並走も行えるシステムを実現する。

2.1.2 ユーザとのインタラクション

追従ロボットに必要な機能を設計するための事前調査を行ったところ、ユーザはロボットを気にした時のみロボットからのフィードバックを求めることが分かった。そこで、ユーザがロボットを振り返って見た際に、ロボットからユーザに対して何らかの反応を返す機能を実装する。

2.2 システム概要

2.2.1 追従ロボット

移動ロボットには YujinRobot 社の開発用ロボット TurtleBot2 [3] を用いる。また、2.1.1 項で述べたように、様々な追従形態に対応させるため、追従動作は高速かつロボットとユーザが広角度の場合でも正確な制御が求められる。カメラ画像からの人物検出では、撮影範囲が狭いためユーザを見失う可能性が高い。そこで、広範囲の距離を高速に測定することが可能な測域センサを利用する。これにより、ロボットの側面にユーザがいる場合においても検出することが可能となる。開発した追従ロボットを図1に示す。



図1: 追従ロボット

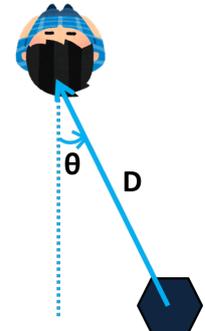


図2: ロボットと人の位置関係

2.2.2 追従制御

移動ロボットの追従方式としてユーザに向かって進む方向追従と、ユーザの通り道をなぞるように追従する経路追従が一般的に用いられている。Rachel らは、人間と背後にいるロボットの動きによる社会的認識を調査するために、レーザによる人物追従装置を利用した方向追従と経路追従を行った [4]。アンケート調査の結果、被験者は方向追従の方が自然で人間的であると感ずることが分かった。そこで移動ロボットの追従制御方式は方向追従で行う。また図2において、ユーザの背面方向とロボットの角度 θ を追従角度、直線距離 D を追従距離と定義する。本研究で用いる追従ロボットの追従精度を計測した結果、追従距離の誤差は平均 0.17 m 、標準偏差 0.06 m となった。追従角度の誤差は平均 2.13° 、標準偏差は 4.94° となった。

2.2.3 顔認識

2.1.2 項で述べたように、ユーザとのインタラクションとしてユーザがロボットの方を振り向いた際に声をかける動作を行う。そのためロボットは、Kinect から取得した RGB 画像を用いて顔認識を行い、Turtlebot2 と接続したノート PC から音声発話を行う。

3 評価実験と考察

3.1 評価因子の決定

追従ロボットに対する主観的評価を行うために SD 法を用いたアンケート調査を行う。ロボットの主観的評価を行った先行研究 [5][6] を参考に、「気が利く」や「やさしい」などの 24 種類の形容詞対を選定した。被験者 24 人に実際の追従ロボットを理解させるために、被験者に 10 m の距離を歩かせ、その真後ろ ($\theta=0^\circ$) をロボットに追従させた。その後、アンケートによって関わりのある形容詞をまとめるため因子分析を行った。

因子数は堀の研究 [7] を参考に 3 つとした。統計分析には HAD [8] を利用し、最小二乗法とプロマックス回転を組み合わせて因子分析を行った。その結果、形容詞対は後述の 6 種類となった。第一因子は「感じの良い」「親しみやすい」というロボットに対する親しみを感じさせるまとまりとなったため、「親和性因子」と名付ける。また、第二因子は「便利な」「気が利く」というロボットの追従動作に関する利便性についてのまとまり

An experiment on psychological effects of user due to positional relationship for coexistence with following robot

† Keita MAEHARA †† Takuma ANAKUBO ††† Kaori FUJINAMI
†, ††, ††† Department of Computer and Information Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology

となったため、「利便性因子」と名付ける。さらに、第三因子は「軽やかな」「扱いやすい」というロボットの存在に対する快適さを表すまとまりとなったため、「快適性因子」と名付ける。

3.2 実験概要

ロボット追従時の追従距離と角度が与える影響を調査するためのユーザ実験を行った。評価因子の実験に参加した24名のうちの10名の被験者に10mの距離を直進してもらい、距離と角度のパラメータを変化させて追従を行う。その後、6つの形容詞対について7段階評価でアンケートを行った。また、各因子はそれぞれ独立しているため、それらを組み合わせて評価するには各因子の重要度を比較すれば良い。そこで、ユーザが追従ロボットに求める因子の重要度を7段階評価でアンケートを行った。

距離パラメータはウェーバー・フェヒナー則を参考に2の指数の値を取るように0.5, 1.0, 2.0mとした。角度パラメータは先行研究[1][2]を参考に-90, -60, -45, -30, 0, 30, 45, 60, 90°とした。なお、追従角度の粒度と対称性に関する事前実験を行い、その結果から有意な差が得られなかった角度パラメータを除外し、角度パラメータを0, 45, 90°に減らした。したがって、評価実験では距離パラメータ0.5, 1.0, 2.0mと角度パラメータ0, 45, 90°を組み合わせて実験を行う。この際、組み合わせによる順序効果を打ち消すために昇順と降順の2組みに分けて半数ずつ行った。

3.3 実験結果

ユーザ実験の結果より、各ユーザにおいて正規化を行った値の平均値を表1に示す。また、因子の重要度についても得られた結果を正規化し、平均を求めた値を表2に示す。これらの結果から、各パラメータにおける追従時の評価値を算出する。評価値は、アンケート結果におけるそれぞれの因子の値と重要度の値の積の和を取る。これを表3に示す。

表1: ユーザ実験のアンケート結果

距離 [m]	角度 [°]	評価項目		
		親和性	利便性	快適性
0.5	0	0.088	0.106	0.114
	45	0.114	0.114	0.115
	90	0.141	0.125	0.106
1.0	0	0.104	0.109	0.112
	45	0.118	0.128	0.118
	90	0.128	0.126	0.104
2.0	0	0.098	0.094	0.110
	45	0.104	0.095	0.109
	90	0.105	0.101	0.112

表2: 因子の重要度

因子	親和性	利便性	快適性
重要度	0.315	0.372	0.313

表3: 追従パラメータの評価値の算出

距離 [m]	0.5			1.0			2.0		
	角度 [°]	0	45	90	0	45	90	0	45
評価値	0.103	0.115	0.124	0.109	0.122	0.120	0.100	0.102	0.106

3.4 考察

表3より、最も評価値が高い組み合わせは追従距離0.5mの角度90°、すなわち最も近くを並んで進む状態での追従であり、次いで、1.0mの45°、3番目に1.0mの90°という結果になった。理由として、45°や90°の広角度での追従は常に目の端でロボットの存在

を確認出来るため、安心感があることが分かった。また、犬などのペットと散歩する場合と同様の距離感であるため、日常生活に受け入れられやすいと考えられる。反対に、追従距離が2.0mの場合や角度が0°の場合では評価値が低くなる事が分かる。アンケートでの回答と合わせて考察すると、まず距離が2.0mの場合ではユーザとロボットの距離が遠すぎると感じるため、ロボットの利便性因子の評価が低くなる事が分かった。また、角度が0°の場合の追従では、振り返らなければロボットを見る事が出来ないことに加え、追従時の走行音が迫って来るように聞こえる。これにより恐怖心が生まれ、親和性因子の評価値が下がるためと考えられる。しかし、分散分析を行ったところ、角度と距離による有意な評価値の違いは見られなかった。本実験では、被験者数が少なく個人差の影響を受けやすかったため、今後は被験者を増やして実験を行う予定である。

4 おわりに

本論文では、人物追従ロボットを開発し、追従ロボットの距離と角度がユーザに与える心理的影響の調査を行い、ロボットを主観評価するための3つの因子を発見した。そして、ユーザにとって最適な追従距離と角度を定義した結果、近距離かつ広角度での追従はユーザにとって評価が高く、反対に遠距離や背後からの追従では評価が低くなる事が分かった。これにより、特定の追従状態におけるユーザの感情をある程度推定することが可能となり、状況に合わせたインタラクションを行うことが出来るようになる。

本調査ではユーザとロボットが1対1の環境で行われたが、実際の環境では他者が存在する公共の空間で利用されることが推定される。現在の音を用いたロボットからの反応では、ロボットとの距離によってユーザを感じる音の大きさに差が出ることに加え、ユーザは他者の存在をより意識することが考えられる。そこで今後の発展として、他者には気付かれない形でロボットの反応をユーザに伝えるために、携帯型や装着型デバイスと連携したフィードバック機構を実装する。

謝辞

本研究の一部は、文部科学省特別経費「持続可能社会に向けた知的情報空間技術の創出」の支援を受けた。

参考文献

- [1] N.Koji, et al. Personal distance against mobile robot. *The Japanese Journal of Ergonomics*, Vol. 35, No. 2, pp. 87–95, 1999.
- [2] Honig S Shanee, et al. The influence of following angle on performance metrics of a human-following robot. In *Proc. of RO-MAN'16*, pp. 593–598, 2016.
- [3] YUJIN ROBOT. Kobuki. <http://kobuki.yujinrobot.com/> (2017/12/29 アクセス).
- [4] G.Rachel, et al. Natural person-following behavior for social robots. In *Proc. of HRI'07*, pp. 17–24, 2007.
- [5] 神田崇行, 他. 人間-ロボット間相互作用にかかわる心理学的評価. *日本ロボット学会誌*, Vol. 19, No. 3, pp. 362–371, 2001.
- [6] 依田光正, 他. 主観的評価に基づく移動ロボットのすれ違い行動アルゴリズム. *日本機械学会論文集 C 編*, Vol. 66, No. 650, pp. 3380–3387, 2000.
- [7] 堀啓造. 因子分析における因子数決定法, 2005.
- [8] 清水裕士. フリーの統計分析ソフト had: 機能の紹介と統計学習・教育, 研究実践における利用方法の提案. 2016.