接近動作を伴うコミュニケーションロボットとの 交流における印象評価

Impression evaluation on interaction with a communication robot with mobility

仲野 寛康 (室蘭工大) ○学 石田 純 (室蘭工大) 正 花島 直彦 (室蘭工大)
正 山下 光久 (室蘭工大) 正 疋田 弘光 (室蘭工大)

Hiroyasu NAKANO, Muroran Inst. of Tech
Jun ISHIDA, Muroran Inst. of Tech
Naohiko HANAJIMA, Muroran Inst. of Tech
Mitsuhisa YAMASITA, Muroran Inst. of Tech
Hiromitsu HIKITA, Muroran Inst. of Tech

This paper addresses impression evaluation of the communication robot from an aspect of approaching motion. From technical progress in recent years, we can expect that a robot will play an active part in our life. Coexistence of people and robots needs communication such as movement, a sound, gesture, and so on. For this reason, we build a communication robot system which play rock-paper-scissors including approaching motion. From the result of this game, we conducted the investigation and analysis of the impression which people receive from a robot.

Key Words: Robot, Interaction, Communication, Game of rock-paper-scissors, Subjective

1. はじめに

近年のロボット技術の進歩により、人がロボットと関わる機会が増加している。ロボットの進歩は、以前から使用されていた産業ロボットだけではなく、ぬいぐるみロボット[1]や腕・視線を用いるロボット[2]といった人とのコミュニケーションを行うロボットの実現を目指した研究が行われている。また、これらコミュニケーションロボットは、機械的な性能のみならず、人間の心理的な評価も考慮される必要があり、現在研究が進んでいる[3]。

我々の過去の研究では、ベイジアンネットワーク(BN:Bayesian Network)をもちい、人とのコミュニケーションの中から好印象を与える動作を学習するロボット[4]について研究を行った。

本研究では、コミュニケーションロボットの接近動作の違いに着目し、ロボットが移動する場合とそうでない場合のジャンケンゲームを通じたコミュニケーションから、人がロボットに対してどのような印象を持つかを主観調査により調べ、解析する。

2. コミュニケーションロボット

2.1 コミュニケーションロボット概要

図1と図2は、研究に用いたコミュニケーションロボットである。コミュニケーションロボットは、ボディ、ロボットアーム、移動台車、測域センサなどにより構成されている。

Fig.1 Overview of communication robot
(Left: Whole image, Right: Robot arm)

2.2 コミュニケーションロボットの各システム

2.2.1 測域センサ

測域センサとは、レーザを照射し距離を測るセンサである。今回使用した「URG-04LN(北洋電機株式会社製)」は、照射部分を回転させ対象物までの距離と方向を取得し、二次元的な距離データを取得している。測定距離範囲 4m, 測定範囲 270°, 走査時間 100ms/scan, 角度分解能 360°/1024, PC との通信は USB と RS-232C, 質量 160g である。

2.2.2 移動台車

移動台車には独立2輪型移動ロボット「LABO-3(Applied AI Systems社製)」を採用している。リアルポートを用いPCとの通信が可能で、あらかじめ移動速度や車輪回転方向などを設定しておき、LABO-3を制御することが可能である。

2.2.3 ボディ

ボディは、(株)ミスミの縦20mm, 横20mmのアルミフレームより組み上げている。ボディ内部は上段にロボットアーム肩部のモータとシャフト、中段にドライブとコントローラ、パーソナルコンピュータ、下段にバッテリーを搭載している。

2.2.4 ロボットアーム

ロボットアームは、人の腕を模した3自由度(図1右)で、肩から肘が25cm, 肘から腕の先が20cmある。図1右のように関節が連動する。また、1つのアームの重量は約3kgである。

Fig.2 Control scheme of communication robot

3. ロボットの提示動作

3.1 ロボットの動作環境

ロボットの動作環境を上から見ると図3のようになっている。ロボットは Left, Middle, Right のいずれかから出発して、Stop の位置まで移動する。これを接近ありの条件とする。接近なしの条件では、移動させずに初めから Stop の位置から始める。次に、あらかじめ録音したロボットの発する声(女性の声)に合わせてじゃんけんをする。じゃんけんは3回で1セットとする。ロボットのプログラムのフローチャートは図4のようになっている。以下フローチャートの説明をする。

Fig.3 Topview of experimental environment

3.2 測域センサによるセンシング1回目

本研究で用いたコミュニケーションロボットは、測域センサが人の脚を検出することによって人の位置を判断している。ただし、実験空間には被験者しか存在せず、コミュニケーションロボット動作開始位置と被験者の位置が図3のようにほぼ確定しており、その距離は約2500mmである。このため、図4のように1回目のセンシング時には、1500mm~3000mm の範囲内に距離データが存在するとき、その距離データと方向データを採用データとして別に保存する。この抽出を検出範囲全てに行うことで採用データ群を作成する。採用データ群の距離データと方向データの算術平均をそれぞれ人までの平均距離、平均方向とする。

3.3 測域センサによるセンシング2回目以降

測域センサの走査時間が一周 100ms と高速であるため、次の測定までに人は大きく移動しないものと考え、2回目以降のセンシングでは、前回のセンシング時に求められた平均距離の±100mmを採用データ範囲としてデータの選定を行う。人の足までの距離が500mm以下になったら、停止命令を送信し接近を終了する。

3.4 平均距離が500mm以下

次に、平均距離が、500mm以下になった時に平均方向が $87^{\circ} \sim 93^{\circ}$ の範囲であるか判定し、この範囲に入るように移動台車に動作指令を送信し方向を変化させる。これにより、コミュニケーションロボットの正面が、被験者を向いた状態で停止する。ただし、ロボットの正面と被験者の正面が向き合うとは限らない。

3.5 LABO-3 への移動命令

移動台車は、測域センサにより求められた平均距離と平均方向に対応して左右の車輪の動作方向と速度を変化させる。あらかじめPCに左右それぞれの車輪の動作方向と速度のパターンをテーブルに設定しておき、場面に応じてテーブルを参照して命令を移動台車に送信することで移動台車を制御している。たとえば、コミュニケーションロボットと被験者との距離が遠いときはスピードを上げる、ロボットが人の方向を向いていないときは人の方を向くなどである。

3.6 ジャンケンゲーム

移動台車の接近によりコミュニケーションロボットが被験者の約500mm 手前に接近した後に音声誘導を伴いながらジャンケンゲームを行う。初めロボットアームは、腕の先を床に向けた状態である。ロボットが音声で「じゃん・けん・ぽん」と言った後、被験者が押しボタンを使い手役を入力する。被験者がスイッチを押すとすぐにロボットアームが動き手役を出し(手役:図5)動作が完了する。ロボットアームは安全性を考慮して、動作を遅く設定してあるため、被験者がボタンを押してからロボットアームの動作が終了するまで数秒間かかる。ジャンケンの勝敗については、コミュニケーションロボットが音声で知らせしてくれる。このジャンケンを行うことを1ゲームとしている。

Fig.4 Flow chart

Fig.5 A game of rock-paper-scissors
(Left: rock, Middle: paper, Right: scissors)

4. 接近動作に着目した心理的評価実験

4.1 実験方法

被験者は、インフォームドコンセントを行った7～49歳の男性11名、女性5名の計16名である。実験は、1人ずつ行ない、被験者はイスに楽な姿勢で座ってもらう(位置:図3のSubject)。被験者に、被験者が出す手役に対応するスイッチ及び、ロボットの出す手役に対応するアームの動き(図5)を確認してもらう。確認後、ランダムに実験条件から1つを選択し、実験条件を変えて前節のジャンケンゲームを3回ずつ行う。各条件が終了するごとに毎回、被験者は14形容詞対から構成されたSD法の質問用紙に回答する。

5. 実験結果・考察

5.1 平均値からの印象評価

16名の被験者の14形容詞対を用いたSD法による主観評価が得られた。各形容詞対についての7段階尺度(3, 2, 1, 0, 1, 2, 3)の設定をポジティブな形容詞側が高くなるように1から7まで数値化した。

図6は、接近なしと接近ありの場合における各形容詞対の平均値のプロットである。「安心な」「好き」「愉快な」などで、高い値になっていることから、ロボットの動作は、被験者に対して好意的な印象を与えていることが分かる。接近なしと接近ありの平均値の変化形状は、ほぼ同様の変化を示している。これにより、接近動作を加えることでの人の受ける印象は、さほど変化しないと分かる。また、「速い」「遅い」と「派手な」「地味な」の2つの形容詞対の平均値が、他の値よりも低めである。これは、実験中における危険性を考慮しコミュニケーションロボットの移動速度を減少させたことと、機器の接続状態を隠すためにプラスチックカバーを付けていたため、ロボットが地味に見えたためであると考えられる。

Fig.6 Average of subjective evaluation

5.2 主観評価による因子分析

形容詞対をいくつかの因子にまとめるため、主観評価データの因子分析を行った。因子分析に関するクロンバックの α 信頼性係数は0.929であり、因子分析に問題無い水準であるといえる。反復主因子法より共通性の初期値1と仮定し、バリマックス回転を採用した結果、固有値が1以上である3因子が得られた。表1に因子負荷量を示す。第1因子は「軽やかな」「豊かな」「柔らかい」「好き」などの負荷量の大きさが負の方に高かった。そこで、この因子はロボットの機械的な重たい動きが嫌悪感を与えたと解釈し「嫌悪性」因子と名付けた。第2因子は「暖かい」「愉快な」などの負荷量が高かったため、被験者自身の快、不快に基づく情緒的な評価を行っているとして解釈し「親近性」因子と名付けた。第3因子は「派手な」「複雑な」などの負荷量が高かった。そこで、ロボットの動作の多様性に関わると解釈し、「多様性」因子と名付けた。図7は、実験条件ごとの因子得点による箱ひげ図である。また、バーレット検定により全ての因子は有意水準5%で等分散性が認められた。この結果より、各因子の検定に一元配置分散分析を用いた。

Table 1 Factor loading after varimax rotation

No.	形容詞対	嫌悪性	親近性	多様性	共通性
8	軽やかな・重々しい	-0.894	0.222	0.006	0.849
7	豊かな・乏しい	-0.871	0.279	0.071	0.842
6	柔らかい・堅い	-0.864	0.398	-0.013	0.904
9	快適な・不快な	-0.830	0.211	0.107	0.745
2	速い・遅い	-0.706	0.133	0.257	0.583
1	安心な・不安な	-0.683	0.464	-0.091	0.69
4	やさしい・こわい	-0.657	0.617	-0.049	0.814
3	好き・嫌い	-0.625	0.534	-0.127	0.693
5	賢い・愚かな	-0.566	0.553	-0.076	0.632
11	暖かい・冷たい	-0.534	0.691	0.226	0.814
14	愉快な・不愉快な	-0.351	0.689	0.004	0.598
13	静かな・うるさい	-0.028	0.463	0.149	0.237
12	派手な・地味な	-0.308	0.075	0.730	0.626
10	複雑な・単純な	0.133	0.058	0.659	0.463

因子負荷量の二乗和

5.62

2.71

1.16

寄与率

40.17

19.36

8.26

累積寄与率

40.17

59.53

67.79

Fig.7 Box-and-whisker plots

(Upper Center : Factor I,

Under left : Factor II, Under right : Factor III)

検定の結果、各因子とも有意水準5%で平均値に有意差がないとされた。これらより、ロボットの移動条件を変化させることで人の印象に影響を与えるほどの有意差を導き出すことができないことが分かった。これは、実験条件の違いが少なすぎたことなどが考えられる。しかし、図7の嫌悪性因子(Factor I)では、平均値を比較するとStopはそれ以外に比べて中央値がやや小さいことが分かる。これより、接近動作が人に多少なりとも嫌悪感を与えたものと読みとれる。

5.3 接近時と静止時の差異に関する分析

次に、接近無しの静止時の評定値を基準として、接近時の評定値との差異を求め、これを形容詞対ごとに分析する。この差を評定差と呼ぶことにする。接近時の評定値が大きいときに、評定差が正となるようにした。評定値は被験者間でかなりばらつきがあるが、評定差を計算することで、ある程度ばらつきを抑えられる。

全ての被験者のうち静止時の実験を行ったのは 13 名であった。これらの被験者は接近時の実験を 2 回行っているため、評定差のデータは 1 名につき 2 件となる。したがって形容詞対ごとに 26 の評定差データが得られた。

図 8 にこれらの箱ひげ図を示す。「安心な、不安な」など 6 つの形容詞対で 0 付近に密に分布している。それ以外の 8 つの形容詞について、評定差の平均値が 0 に等しいという帰無仮説に対して t 検定を行った。表 2 に 8 形容詞対における、評定差の平均値、t 値、両側検定の p 値を示す。

有意水準 5% で差があったのは、「暖かい、冷たい」の形容詞対である。この評定差の平均値は負であることから、接近時の方が静止時よりも冷たい印象を与える傾向があるといえる。この傾向は図 6 の評定値全体の平均値のグラフにも表れている。実験前の仮説では「近寄る」という行動が被験者に親しみを与えると考えていたが、逆の印象となっていたようである。ロボットの接近動作の様子が機械的な印象を与えたか、じゃんけんの結果などの別の要因が働いたためかもしれない。

この他には「賢い、おろかな」「派手な、地味な」においてやや有意差がみられる。評定差の平均値から、接近時の方が静止時よりもやや賢く、やや地味な印象を与える傾向があると読み取れる。接近時は、測域センサで被験者のいる方向を探して近づくという動作が加わるので、接近動作がないよりはより賢い印象を与えたと解釈できる。そういう意味では、接近時の方が動作は派手な印象を与えようであるが、逆にやや地味な印象を与えたようである。これはロボットの移動速度が遅かったせい、じゃんけんなどの別の要因が働いたためかもしれない。

今回の実験では、人とロボットのコミュニケーションが行われる状況下での、接近動作の有無による印象の違いを調べるのが目的であったが、被験者はロボットとのじゃんけんにも注意を向けていたようである。実際、質問紙の自由記述欄には、何件かじゃんけんゲームに対するコメントが書かれていた。接近動作の有無は印象の違いを与えていたはずであるが、形容詞対によっては、接近動作よりもむしろじゃんけんのタスクが主に評価されていたことも考えられる。また、評価のタイミングがじゃんけんの直後だったので、評価が接近動作よりもじゃんけん引きずられた可能性もある。

Table 2 Result of t test for difference of rating values between approaching and motionless

adjective (positive)	mean	t value	p value
速い	-0.038	-0.16	0.88
やさしい	0.23	1.2	0.23
賢い	0.42	1.7	0.094
豊かな	-0.12	-0.62	0.54
複雑な	0.12	0.46	0.65
暖かい	-0.35	-3.1	0.0043
派手な	-0.31	-1.9	0.073
静かな	-0.19	-0.63	0.53

6. おわりに

本研究では動作に接近を加えることにより人がロボットから受ける印象を調査し、考察を行った。因子分析により 3 つに因子を抽出することができた。また、実験条件の違いにより平均値の有意差が顕著ではなかったが、全体的に好意的な印象を与えていた。さらに評定差について考慮すると、接近時の方が静止時よりも「冷たい」「地味な」などの印象を与えている傾向があった。これは、ロボットの速度や実験状況が原因とも考えられ、どのような場合でもロボットの接近動作が人に対して不快に感じさせるかは、今後の実験でさらに詳しく調べる必要があると考えられる。

参考文献

- [1] 柴田崇徳: “人とロボットの身体的インタラクションを通じた主観的価値の創造—アザラシ型メンタルコミットロボットの研究開発—”, 日本ロボット学会誌, Vol.18, No.2, pp200-203, 2000.
- [2] G.Cheng and Y.Kuniyoshi: “Complex Continuous Meaningful Humanoid Interaction: A Multi Sensory-Cue Based Approach,” Proc. IEEE International Conference on Robotics and Automation,, Volume 3, pp.2235-2242, 2000.
- [3] 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
- [4] 山下航平, 花島直彦, 山下光久, 疋田弘光: “インタラクションロボットへの BN ベース内部モデルの適用”, 日本機械学会, ロボティクス・メカトロニクス部門講演会'07, 2P1-F01, 2007

Fig. 8 Boxplot of rating differences for each adjective pairs