

# 人からの接触行動認識システムを用いた人型ロボットの反応生成とそれに対する人への影響評価

## Generation of Humanoid Robot's Reaction Using Recognition System for Human Contact Behavior and Evaluation of Its Influence on Human Subject

奥田真理子<sup>1\*</sup> 高橋泰岳<sup>1,2</sup>  
Mariko Okuda<sup>1</sup> Yasutake Takahashi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 福井大学  
<sup>1</sup> University of Fukui

**Abstract:** Many robots have been developed and researched in various fields such as medicine and entertainment. It is expected that opportunities for close interaction between robots and humans will increase in the future. We equip a humanoid robot with a contact sensing type matrix sensor using e-textile and report the effect of the robot behavior on human subjects.

### 1 はじめに

近年、人間社会へのロボットの進出がめざましい。医療や娯楽、教育など様々な分野において多くのロボットが開発・研究されており、ロボットと人間が密に関わる機会が増加すると考えられる。ロボットと抱き合うとロボットに肯定的な印象を抱くようになるという報告 [1] や、人間はロボットに触られるよりも触れる方を好むという研究結果 [2] があるように、人間とロボットとの触れ合いについて様々な研究がなされている。

しかし、触覚ロボットが搭載されたロボットは少なく、搭載されていたとしても箇所が限定的であり、人間の接触に対してロボットは無反応である場合がほとんどである。人間の接触に対してロボットが拒否や感謝などの反応を示した場合、人間に及ぼす影響については不明な部分が多い。本研究では、福井工業技術センターが開発した e-テキスタイルを用いて接触種類判定システムを構築する。また、このシステムから反応行動を生成したロボットとインタラクションを行なった人間への影響について評価する。

### 2 接触感知型マトリックスセンサ

本研究では、福井大学工業技術センターが開発した e-テキスタイルを用いて、ロボットに触覚センサを搭載する。上層と下層に導電糸が配置されており、鉛直方向

に圧力がかかることで導電糸が接触し通電する仕組みとなっている (図 1)。Adafruit 社製の小型 Arduino 互換ボード群である Adafruit Feather nRF52 Bluefruit LE と、e-テキスタイルの導電糸をリード線で接続し、電子回路を構築する。回路の構築にはキーマトリックススキャンの仕組みを用いた。本研究では 6 行 12 列に配置された導線が交差した 72 個の点の状態を読み取る。図 2 に今回開発したセンサを示す。

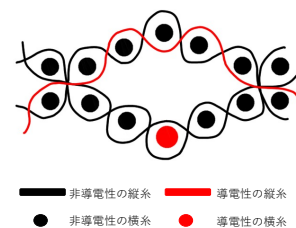


図 1: e-テキスタイルの断面模式図

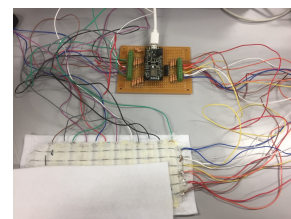


図 2: 接触感知型マトリックスセンサ

\*連絡先: 福井大学工学部機械・システム工学科  
〒910-8507 福井県福井市文京 3 丁目 9 番 1 号  
E-mail: mokuda@ir.his.u-fukui.ac.jp

### 3 接触状態認識システムの構築

接触感知型マトリックスセンサから得られるデータを基に接触判定を行う。本研究では「叩く」「押さえる」「撫でる」の3種類の接触を判定する。あらかじめ、接触があってから一定の時間までの間に、マトリックスセンサから得られるデータから計算した接触回数、重心の累計移動速度、累計レーベンシュタイン距離、接触の種類を記録する。それらを訓練データとしてロジスティック回帰分析を行い、学習結果を基にリアルタイムで判定を行う。この判定システムは、接触状態の判定まで僅かではあるが時間を要する。センサを装着したロボットが人間とインタラクションを行う状況において「叩く」のような反応に即時性が求められる接触に関しては、ロジスティック回帰分析の結果とは別に判定条件を設定する。条件は接触から0.5秒の間に累計接触回数が3未満であるとする。

### 4 インタラクション実験

人間の接触に対するロボットの反応行動の有無が人間に及ぼす影響について調査するため、マトリックスセンサをソフトバンクロボティクス社の小型ヒューマノイドロボット NAO の左上腕に搭載する。ロボットの視線は人間とのインタラクションにおいて重要であるという報告 [2][3] があるため、それぞれの条件において被験者へのアイコンタクトの有無を設定した。反応ありの条件の場合における NAO の行動、NAO の目の LED の色を表 1 に示すように設定する。

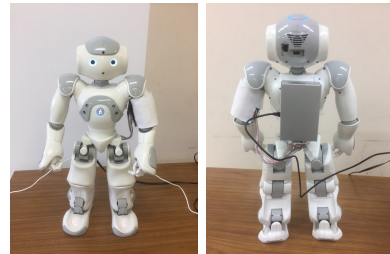
表 1: 接触状態に応じた NAO の反応行動

接触状態	反応	LED
叩く	両腕を大きく振って「いや」と発話	赤
押さえる	「何？」と発話	青緑
撫でる	左上腕を見た後、右手で頭をかく動作を行い「ありがとう」と発話	黄

被験者と目を合わせる動作と上記の動作を組み合わせたものを条件 1、反応は行わず被験者の目を見つめる場合を条件 2、被験者と目を合わせず反応のみ行う場合を条件 3、被験者の接触に対してアイコンタクトも反応も示さない場合を条件 4 とする。

被験者には口頭で実験の概要を説明する。まず実験者が NAO の左上腕に触れて 3 つの接触方法について説明する。この際 NAO は接触種類を発話するのみである。4 つの条件のうち実験者が任意に決定したもの

からインタラクションを始め、図 4 のようにそれぞれの条件下でのインタラクションを順に行う。1 つの条件下でのインタラクションを 2～3 分程度行なったのち、ロボットについてのアンケートに答える。インタラクションとアンケート記入を全 4 パターンについて行う。



(a) NAO の前面 (b) NAO の背面

図 3: 実験で使用する NAO

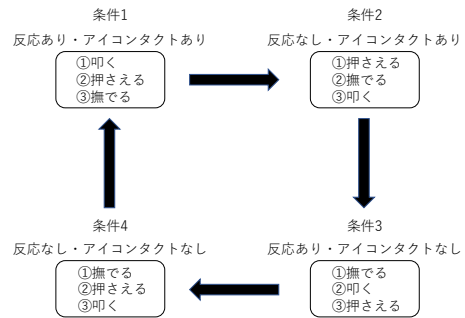


図 4: 実験の流れ



図 5: 実験の様子

### 5 実験結果

実験に参加したのは 24 人 (男性 18 人, 女性 6 人) の大学生であった。各条件下におけるアンケートの設問ごとへの平均点を図 6 に示す。また、各条件下での同一の設問を比較し、回答結果に t 検定を行なった結果を図 7 に示す。

表 2: アンケート項目  
設問

Q1 ロボットは好きだ
Q2 ロボットは親しみやすいと思う
Q3 ロボットを可愛いと思う
Q4 ロボットは友好的だと思う
Q5 ロボットは安心だ
Q6 ロボットに癒される
Q7 ロボットは温かいと思う
Q8 ロボットは頼もしい
Q9 ロボットは礼儀正しいと思う
Q10 ロボットを怖いと思う
Q11 ロボットは危害を加えてくると思う
Q12 ロボットは冷淡だと思う
Q13 ロボットは神経質だと思う
Q14 ロボットは思いやりがないと思う
Q15 ロボットをコントロール出来ると思う
Q16 ロボットは喜びを感じると思う
Q17 ロボットは怒りを感じると思う
Q18 またこのロボットに会いたい
Q19 気づいたこと、感想などあればご自由にお書きください

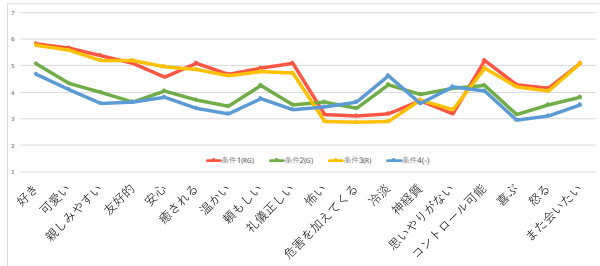


図 6: 各条件下での平均点の比較

## 6 考察

各条件下におけるアンケートの設問ごとへの平均点を図 6 に示す。図 6 の通り、「ロボットは好きだ」「ロボットに癒される」といった肯定的な設問では条件 1, 条件 3 の平均点が、「ロボットは危害を加えてくる」「ロボットは思いやりがない」といった否定的な設問では条件 2, 条件 4 の平均点が高い傾向がある。2 つの条件下での同一の設問について t 検定を行なったところ、ほとんどの設問でアイコンタクトの有無に拘らず、反応ありの条件と反応なしの条件との間に有意差が見られた。したがって、反応の有無がロボットへの印象変化に寄与したと推測される。特に「ロボットは親しみやすいと思う」「ロボットは友好的だと思う」「ロボットに癒される」「ロボットは礼儀正しい」「ロボットは冷淡だと思う」「ロボットは喜びを感じると思う」という設問では、条件 1 と条件 2, 条件 1 と条件 4, 条件 2 と条件 3, 条件 3 と条件 4 との間で  $p < 0.01$  となっており、これらの設問の回答に対して NAO の反応の有無が大きく影響を与えたと考えられる。

比較する設問	1	2	3	4	5	6
比較する条件	好き	可愛い	親しみやすい	友好的	安心	癒される
1(RG)と2(G)	*	**	**	**		**
1(RG)と3(R)						
1(RG)と4(-)	**	**	**	**	*	**
2(G)と3(R)	*	**	**	**	*	**
2(G)と4(-)						
3(R)と4(-)	**	**	**	**	**	**

比較する設問	7	8	9	10	11	12
比較する条件	温かい	頼もしい	礼儀正しい	怖い	危害を加えてくる	冷淡
1(RG)と2(G)	**	*	**	**		**
1(RG)と3(R)						
1(RG)と4(-)	**	**	**			**
2(G)と3(R)	**	**	**	*		**
2(G)と4(-)	**	**	**			**
3(R)と4(-)						

比較する設問	13	14	15	16	17	18
比較する条件	神経質	思いやりがない	コントロール可能	喜びを感じる	怒りを感じる	また会いたい
1(RG)と2(G)		*	*	**	*	**
1(RG)と3(R)						
1(RG)と4(-)	**	**	**	**	**	**
2(G)と3(R)	*		*	**	*	*
2(G)と4(-)						
3(R)と4(-)	**	*	*	**	*	**

\*  $p < 0.05$     \*\*  $p < 0.01$

図 7: t 検定の結果

## 7 最後に

本研究では e-テキスタイルを用いた接触状態認識システム本研究では接触感知型マトリックスセンサを用いて、接触状態判定システムを構築した。また、小型ヒューマノイドロボットの腕にセンサを搭載し、接触に応じた反応行動をとるロボットと人間との接触インタラクション実験を行い、ロボットの反応の有無によって人間が抱く印象が変化することが明らかになった。

現在使用しているマトリックスセンサは反応の検出が ON/OFF の 2 つの状態しか読み取ることが出来ない。加えられた力の大きさの検出が可能になれば、判定する接触状態の幅が広がる。今後の課題として、圧力の大きさを検知可能なセンサや、様々な接触状態を判定するシステムの開発、さらに印象を向上させるロボットの振る舞いの調査が挙げられる。

## 参考文献

- [1] Alexis E. Block and Katherine J. Kuchenbecker. Emotionally Supporting Humans Through Robot Hugs. In *ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, pp. 293–294. IEEE Computer Society, mar 2018.
- [2] Takahiro Hirano, Masahiro Shiomi, Takamasa Iio, Mitsuhiro Kimoto, Ivan Tanev, Katsunori Shimohara, and Norihiro Hagita. How Do Communication Cues Change Impressions of Human–Robot Touch Interaction? *International Journal of Social Robotics*, Vol. 10, No. 1, pp. 21–31, jan 2018.
- [3] Sean Andrist, Xiang Zhi Tan, Michael Gleicher, and Bilge Mutlu. Conversational gaze aversion for humanlike robots. In *ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, pp. 25–32. IEEE Computer Society, 2014.