

ロボットの失敗頻度が親しみやすさに及ぼす影響

Effect of failure frequency on familiarity with robot

大谷 空遊希† 麻生 智史† 勝川 慶一† 西崎 友規子†
Ayuki Ohtnai Satoshi Asou Keiichi Katsukawa Yukiko Nishizaki

1. 背景

近年、人々の生活の中にさまざまな形でロボットが進出している。例として、三菱東京 UFJ 銀行大阪中央支店では 2015 年に来店客と簡単な会話ができる人型ロボット“NAO” (Aldebaran Robotics) を試験配置した[1]。また回転ずしチェーンのはま寿司は 2016 年、人型ロボット“Pepper” (ソフトバンク) を導入し、主に来店客の受付業務に活用した[2]。さらにソフトバンクとソフトバンクロボティクスは 2016 年、“Pepper”を活用した世界初となるロボットだけで接客する携帯電話ショップを期間限定で東京にオープンした[3]。また、人型ロボットを用いた講義動画配信システムの開発[4]など、ロボットの使用される場面も多様化し、今後さらにロボットが私たちの生活に密接に関わってくることが考えられる。したがって、人とロボットの間に、いかにしてアドバンテージを生み出しそれを享受できるような関係を構築できるかが今後ますます重要になってくる。

人とロボットが相互構成的な関係を築く試みとして、あえて完璧な機能を実装しない“弱いロボット”に関する研究が行われている。相互構成的な関係とは、だれかに助けてもらったときうれしく感じる一方で、助けた側もよいことをしたことによって価値を得るといったように「他を支えつつ、同時にその存在によって価値づけられる」関係性であるとされる[5]。一例として、ゴミ箱ロボットに関する研究[6]がある。あえてゴミを拾うアームを付けないことで機能的な不完全さを持ったゴミ箱ロボットが、その振る舞いによって人の協力行動を引き出すことが示されている。また、実験参加者は協力行動を行うことで「良いことをした」という満足感を感じたという結果が得られている。このように、“弱いロボット”は人とのインタラクションを促進し、相互構成的な関係を築き、人に満足感を与える可能性がある。

一方、加藤ら[7]は、人と協力してコンピュータゲームを行うロボットの失敗の有無によって、ロボットに対する印象や第三者への行動が変化するか検討した。結果として、失敗するロボットとプレイした実験参加者は期待値を有意に上回る割合で、第三者に対して協力行動を行うことが示された。

さらに、谷郷ら[8]は、ロボットが店舗の紹介において、スライドを送り間違える、言葉を言いよどむなどの不完全な振る舞いをした場合、ロボットに対する印象やその後のロボットに対する行動が変化するかどうか検討した。その結果、不完全な振る舞いをするロボットの方が完璧なロボットよりも、有意に「人間的」で「親しみやすい」印象を持たせることがわかった。

また、優秀な人間が失敗をすると親しみやすさが向上するという効果 (Pratfall Effect) がある[9]が、Mirmigらはこれが人とロボット間のインタラクションにおいても生じることを示しており、失敗するロボットの有用性を支持している[10]。

これらのことから、ロボットにあえて機能的な不完全さを持たせたり、ロボットの振る舞いに失敗を演出したりすることは、ロボットに対するよい印象変化や他者への振る舞いの変化に効果があると考えられる。しかしながら、失敗の具体的な内容や頻度についての詳細な検討はまだなされていない。そこで本研究では、失敗の頻度がロボットに対する印象変化に及ぼす影響について実験的に検討した。

2. 本研究の目的

前述したとおり、店頭で来店客の対応を行うロボットは急速に普及している。本研究では、今後さらにその需要が高まることが予想される商品紹介用のロボットを想定して検討を行う。

谷郷らの実験でのロボットによる店舗紹介は 1 分あたり 1 回の頻度で失敗行動が設定されたが、これが適切な失敗頻度であるかについての検討はなされていない。ロボットの失敗が親しみやすさを引き出す有効な手段であるとしても、過剰な回数の失敗行動によってロボットの振る舞いに対して違和感が生まれ、悪い印象を与えることも考えられる。また、失敗回数は最小限に留める方が実際の運用を考えた際にも望ましい。このような観点から、ロボットの失敗行動から親しみを得るにあたって、必要となる最低限度の失敗回数が明らかになれば有用なものとなる。

そこで本研究は、谷郷らの研究で用いられた 1 分あたり 1 回の頻度の失敗を基準として、それよりも低い頻度で失敗をする場合に、ユーザのロボットに対する親しみやすさに影響があるか実験的に調べることを目的とする。

3. 実験方法

3.1 実験参加者

43 人の大学生・大学院生 (年齢 18-24, $M 21.4$, $SD 1.50$, 男性 27 名, 女性 16 名) が実験に参加した。実験参加者のロボットに対する印象の個人差が実験に及ぼす影響を抑えるために、本実験より 1 日以上前に、Google Form を用いて、ロボット否定的態度尺度 (NARS) [11] への回答を求めた。その内容を表 1 に示す。

NARS は、ロボットに対する否定的態度を測定するため

の心理尺度として開発されたものである。NARS の心理尺度としての妥当性は、社会調査および心理実験によって確認されており、「NARS - S1 :ロボット対話否定的態度(6項目)」、「NARS - S2 :ロボット社会的影響否定的態度(5項目)」、「NARS - S3 :ロボット対話感情否定的態度(3項目)」で構成された計 14 項目からなる。各項目には「とても当てはまる」を 5 点、「全く当てはまらない」を 1 点とした 5 件法を用いる。「NARS - S1」の 1 - 6 項目と「NARS - S2」の 7 - 11 項目は、得点が高いほど否定的態度が大きいことを示し、「NARS - S3」の 12 - 14 項目は、得点が低いほど否定的態度が大きいことを示す(逆転項目)。これらの得点(一部逆転処理含む)を合計した得点を、その実験参加者の否定的態度の得点とする。

なお、本実験は京都工芸繊維大学のヒトを対象とする研究倫理審査委員会からの承認を受けて実施した。

表 1 ロボット否定的態度尺度 (NARS)

NARS-S1: ロボット対話 否定尺度 1.就職してロボットを利用するような職場にまわされるかもしれないと考えると、不安になる。 2.ロボットと聞いただけで、もうお手上げの気持ちだ。 3.人が見ている前でロボットを利用すると、恥をかきそうだ。 4.人工知能とか、ロボットによる判断といった言葉を聞くと不愉快になる。 5.私は、ロボットの前に立っただけで、とても緊張してしまうだろう。 6.ロボットと会話をすると、とても神経過敏になるだろう。
NARS-S2: ロボット社会的 影響否定的態度 7.もしロボットが本当に感情を持ったら不安だ。 8.ロボットが生き物に近づくと、人間にとってよくないことがありそうな気がする。 9.ロボットに頼りすぎると、将来、何か良くないことが起こりそうな気がする。 10.ロボットが子供の心に悪い影響を与えないか心配だ。 11.これからの社会は、ロボットによって支配されてしまいそうな気がする。
NARS-S3: ロボット対話感情 否定的態度 12.ロボットと会話すると、とてもリラックスできるだろう。* 13.ロボットが感情を持ったら、親しくなれるだろう。* 14.感情的な動きをするロボットを見ると、気分がいやされる。*

(*逆転項目)

3.2 実験計画

ロボットの失敗頻度の影響を検討するために、3つの異なる失敗頻度条件を設定した。失敗無しの M0 条件、失敗 2 回 (0.5 回/1 分) の M2 条件、失敗 4 回 (1 回/1 分) の M4 条件である。実験参加者を NARS 得点の平均値および分散の値が群間で等しくなるよう 3 グループに分け、1 要因 3 水準の実験参加者間計画とした(表 2)。なお、3 つのグループを Group - M0 (N = 15), Group - M2 (N = 14), Group - M4 (N = 14) とする。ただし、Group - M2 の実験中にロボットの不具合が生じたため、分析に用いた Group - M2 のデータは N = 13 とした。

表 2 NARS 得点による実験参加者のグループ分け

	NARS	
	M	SD
Group-M0	2.23	0.29
Group-M2	2.34	0.40
Group-M4	2.58	0.33

3.3 実験手続き

3.3.1 商品紹介の内容

ロボットによる商品紹介の様子を図 1 に示す。

紹介する商品として、椅子(サンワダイレクト スタンディングチェア, 図 2)を用いた。福井らは、大学生は雑貨やファッション用品等に比べて椅子には高い興味を持たない傾向があることを明らかにしている[12]。これより、商品に対する評価に過大な嗜好が加わらないことが期待できると考え、商品紹介として椅子を選択した。さらに、実験参加者の商品に対する経験や慣れの差を可能な限り排除するために、一般的になじみがないと考えられる、背もたれがなく座面が動く椅子を採用した。



図 1 商品紹介の様子



図2 商品紹介の対象とした椅子

“弱いロボット”に関する複数の先行研究[13][14]に倣い、商品紹介におけるロボットの発話はすべて、敬語ではなく砕けた話し方(〇〇だよ、〇〇してね等)に設定した。

商品紹介の一回当たりの時間は、予備実験を行い実験参加者が長すぎるとも短すぎるとも感じなかったと回答した4-5分程度の長さで設定した。Group-M0は4分12秒、Group-M2は4分36秒(失敗にかかる時間0分24秒)、Group-M4は4分56秒(失敗にかかる時間0分44秒を含む)とした。

商品紹介中の失敗行動の内容はスライドの送り間違いである。失敗直後には失敗を反省するような発話(「あっ、ごめん、間違えてさっきのスライドを見せちゃった」等)を演出した。

3.3.2 実験環境

ロボットは、Anki社のビークル型ロボットであるCOZMOを使用した。川合ら[15]は、「失敗に対するリアクションがないと、実験参加者はロボットが反省していないように感じてしまう恐れがある」という示唆があったと報告した。COZMOは顔がディスプレイに表示されるため感情が表現しやすく、川合らによって指摘された点を回避できると考えた。また、人型ロボットの導入が進む昨今では、人型エージェントと接した経験の個人差が大きく、印象の統制が難しくなることから、COZMOを採用した。音声については、COZMOの発声がやや聞き取りにくく、長文を話すのが難しい点から、音声を入力文字読み上げソフト(VOICELOID2 結月ゆかり)で作成した。COZMOが話しているように見せるため、COZMOはディスプレイ(BENQ LCD Monitor)正面の台の上に置き、その台の中にスピーカー(eMeetLuna)を設置して音声を流した(図3)。

図3に実験中の実験参加者の様子を示す。実験者から観察されているという感覚が実験参加者の行動に影響を与えることを防ぐために、実験参加者スペースには暗幕で囲まれた空間を用いた。実験スペースには、COZMO、ディスプレイ、スピーカー、実験参加者が撮影されていることを意識しないように、背後から実験の様子を記録するWebカメラ

(SROSS)を設置した。

また、COZMOとスライドの操作は実験参加者から見えないよう暗室の外の実験者スペースから行った。



図3 実験中の実験参加者の様子

3.3.3 評価方法

3.3.3.1 印象評価

商品紹介の前後に行ったロボットに対する印象評価の質問内容を表3に示す。商品紹介の前に行った調査では、最初に挨拶だけを行ったCOZMOに対する印象の評価を求めた。商品紹介の後に行った調査は、商品紹介を終えた段階でのCOZMOに対する印象の評価を求めた。

最初の8項目には7件法を用いた。なお、この8項目は印象評価のための質問であり、その具体的な内容は黒川[16]の研究をもとに福井らが作成したものを引用した。この得点が高いほど、COZMOに対する印象が高いことを示す。

次の項目は、COZMOを事前に知っているかを調査するために1~4の選択肢を用いた。また選択肢4については、自由記述とした。最後の項目は、具体的な印象や意見を求めるために自由回答とした。

表3 印象評価

印象評価 (7件法で評価)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 心の狭い, 広い 2. 暗い, 明るい 3. しつこい, さっぱりした 4. 親しみにくい, 親しみやすい 5. 意地悪な, 親切な 6. 感じの悪い, 感じの良い 7. ユーモアのない, ユーモアのある 8. 意地っ張りな, 素直な
COZMOに関する 予備知識 (選択回答)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 見たことがありよく知っている 2. 見たことはあるがよく知らない 3. 初めて見た 4. その他(自由記述)
その他 (自由回答)	<p>ロボットに対して抱いた印象やその他気づいたことなど何かありましたらご自由にお書きください</p>

3.3.3.2 行動評価

実験終了後に実験参加者の様子を記録した映像を確認し、商品紹介の前後に行われる COZMO からの挨拶に対する実験参加者の反応を、反応ありと反応なしの 2 つに分類した。反応ありと判断した実験参加者の行動とは、発声して挨拶に応答する、会釈をする、手を振るといったものであった。反応の有無は目視での判断となるため、恣意的な判断を防ぐために、まず実験参加者 1 人のデータにつき 2 名の分析者が個別に判断を行った。2 名の分析結果に相違が生じた場合は、3 人目の分析者が判定を行うこととしたが、実際には相違は生じなかった。

3.3.4 実験の流れ

実験参加者は実験スペースに入室すると、COZMO から挨拶(「こんにちは。今日はよろしくね。」と発話)を受けた。ロボットに対する印象評価の質問紙に回答し、COZMO による椅子の商品紹介を開始された。

商品紹介の後、実験参加者は再度ロボットに対する印象評価の質問紙に回答した。実験者は実験スペースの中に商品紹介で紹介した椅子の現物を運び込み、謝礼の準備と称して、3 分間、実験参加者を 1 人にした。実験参加者が 1 人になると、COZMO が「興味があったら、その椅子触っても良いよ。今日はどうもありがとう。またね。」と発話し、椅子を触ることを促した。ただし、椅子の持ち込みは、同時に行った別の研究で行動評価を見るために行った。

実験は 1 名につき 20 - 25 分で完了した。

4. 実験結果

4.1 印象評価

ロボットに対する印象評価について、実験後から実験前の得点を差し引いた値を変化量として算出した。基本統計量を表 4 に示す。まず、失敗頻度ごとの印象の変化について調べるために、実験前後の印象評価の各項目について得点の変化量をとって一要因分散分析を行ったところ、「ユーモア」において、有意な主効果の傾向が認められた ($F(2, 39) = 3.04, p = .06$)。多重比較の結果、図 4 に示すよ

うに、Group - M4 は Group - M0 と比べて得点が大きくなる傾向が見られた ($p = .07$)。

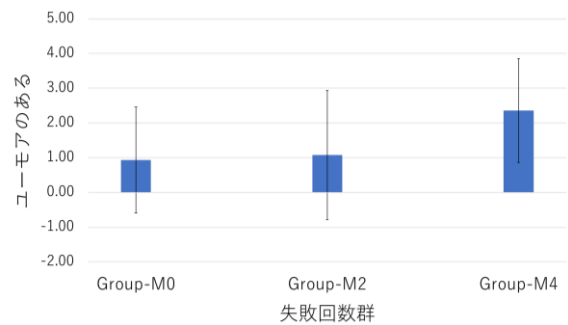


図 4 実験前後におけるユーモアの得点の変化量

次に、失敗頻度と親しみやすさの関係を調べた。

Christoph ら[17]は、ロボットの Likability(好ましさ)を、関連性のある 5 つの質問群「好き、嫌い」「親しみやすい・親しみにくい」「親切的な・不親切的な」「感じの良い・感じの悪い」「良い・ひどい」とし、それらの回答を平均することで算出していた。本実験ではこれに倣い、今回使用した質問項目のうち、特に親しみと関連が深いと考えられる 3 つの質問項目「親しみやすい・親しみにくい」、「親切的な・意地悪な」、「感じの良い・感じの悪い」の回答の各項目の得点を平均して用いることとした。以降、これを「親しみやすさ得点」と呼ぶ。表 5 は、「親しみやすさ得点」の 3 グループの基本統計量である。一要因分散分析の結果、3 グループ間に有意な差は認められなかった ($F(2, 39) = 0.01, p = .99$)。

表 5 親しみやすさ得点

	M	SD
Group-M0	0.51	1.35
Group-M2	0.59	1.71
Group-M4	0.52	1.39

表 4 ロボットに対する印象評価の得点の変化量

	心の広い		明るい		さっぱりした		親しみやすい		親切的な		感じの良い		ユーモアのある		素直な	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
Group-M0	0.93	0.77	1.47	1.15	-1.07	2.17	0.73	1.77	0.60	1.78	0.20	1.64	0.93	1.53	0.60	1.08
Group-M2	1.15	1.61	1.08	0.92	-0.92	2.40	0.69	1.77	0.69	1.98	0.38	1.69	1.08	1.86	-0.15	1.51
Group-M4	0.43	0.90	1.29	1.58	-1.57	1.72	0.64	1.95	0.43	1.12	0.50	1.64	2.36	1.49	0.64	1.04

4.2 ロボット否定尺度との関係

親しみやすさに関して、個人特性との関係を調べるために、NARS 得点と印象評価の「親しみやすさ得点」の変化量との相関分析を行った。

「親しみやすさ得点」について、Group - M0 では NARS との得点の間に中程度の相関がみられた。 $(r = -.40, p = .15)$ また、Group - M4 では NARS との得点の間に中程度の相関がみられた $(r = .48, p = .08)$ 。その他の項目に関しては、有意な相関は認められなかった。

4.3 行動評価

商品紹介の前後でのロボットの挨拶に対する反応について、録画データの不備があったため、分析に用いた Group - M0, Group - M2, Group - M4 のデータはそれぞれ $N = 15$, $N = 13$, $N = 12$ とした。

商品紹介後の行動評価について、反応無しを 0 点、反応ありを 1 点として得点化した。商品紹介前後の行動評価の基本統計量を表 6 に示す。失敗頻度と商品紹介後の行動評価の関係性を調べるために、一要因分散分析を行ったところ、3 グループ間に有意な差は認められなかった。 $(F(2, 37) = 0.01, p = .99)$ 。

表 6 商品紹介後の行動評価

	M	SD
Group-M0	0.07	0.25
Group-M2	0.08	0.27
Group-M4	0.08	0.28

5. 考察

本研究の目的は、ロボットが少ない頻度（1 分当たり 1 回未満）で失敗した場合でも、親しみやすさが向上するのかが明らかにすることであった。実験の結果から、「親しみやすさ」については失敗頻度との間に有意な関連は認められなかったが、失敗がない場合と比較して、1 分間に 1 回失敗する場合の方が、有意にユーモアを感じさせることが分かった。

この結果は、2 分に 1 回の失敗（Group - M2）では失敗行動が印象評価の向上に有効に作用せず、1 分に 1 回の失敗（Group - M4）では有効に作用したと捉えることができる。つまり、失敗行動によりロボットの印象評価を向上させるには、失敗の頻度は少なくとも 2 分に 1 回を上回る必要が

あることが分かった。

行動評価では有意な差が認められなかった。原因として、商品紹介後に紹介した椅子の実物を実験参加者の披露したため、COZMO ではなく椅子に関心が移ってしまったことが考えられる。また、ロボットの発話内容によって実験参加者の反応も変化することが考えられるので、発話内容については事前に検討する必要がある。

今回の実験では最大の失敗頻度が 1 分に 1 回であったため、ポジティブな影響を引き起こす失敗頻度の上限については明らかにできていない。失敗の頻度が増加すると、逆にネガティブな印象を引き起こす可能性は十分考えられるので、今後、ロボットの印象評価を向上させる適切な失敗頻度の範囲について検証を重ねていくことが望ましい。

また、本実験の元来の目的からは離れるものの、失敗しない商品紹介を受けたグループでは NARS と印象評価の得点の変化量の間にも負の相関がみられた。また、1 分間に 1 回失敗する商品紹介を受けたグループについては、NARS と印象評価の得点の変化量の間にも正の相関がみられた。上記の相関から、ロボットに否定的な態度を持つ人はロボットの失敗行動によって親しみやすさの向上を図りやすい一方、もともとロボットに対する印象が悪くない人に対しては失敗行動が必ずしも親しみやすさに有効に働いてくわけではない可能性があることが示唆された。これは今後失敗するロボットが普及していく中で考慮すべき重要なポイントとなる可能性があり、さらに検討を進める必要がある。

参考文献

- [1] 産経ニュース :大阪の銀行にあらわれた接客ロボット「NAO (ナオ)」とは(オンライン), 入手先
<<https://www.sankei.com/article/20150721-FHSQDN3VABMEPGZPUSAYONHODQ/>>(参照 2021 - 07 - 17)。
- [2] 食品産業新聞社ニュース WEB :はま寿司「Pepper」全店導入で従業員の負担軽減 海外展開への貢献に期待も(オンライン), 入手先
<<https://www.ssnpc.co.jp/news/foodservice/2018/08/2018-0807-1404-14.html>>(参照 2021 - 07 - 17)。
- [3] ソフトバンク株式会社 :世界初！ ロボットだけで接客する携帯電話ショップを期間限定でオープン(オンライン), 入手先
<https://www.softbank.jp/corp/group/sbm/news/press/2016/20160127_01/>(参照 2021 - 07 - 19)。
- [4] 永田正樹, 磯部千裕, 李芷君, 山崎國弘, 長谷川孝博, 井上春樹 : 人型ロボットを用いた講義動画配信システム「SUPICE」の開発, 学術情報処理研究, 21 巻, 1 号, p. 3-12(2017)。
- [5] 岡田美智男 : 人とのかかわりを指向する〈弱いロボッ

ト)とその展開, 日本ロボット学会誌, 34巻, 5号, p. 299 - 303, (2016).

[6]佐田 和也, 山際 康貴, 岡田 美智男:ゴミ箱ロボットにおける<弱さ>の表出について, ヒューマンインタフェース学会論文誌, 18巻, 3号, p. 219 - 228(2016).

[7]加藤 卓馬, 谷郷 力丸, 有川 魁人, 末次 雄介, 廣田 敦士, 村田 義人, 市川 淳, 西崎 友規子:不完全なロボットとのインタラクションが第三者への利他行動に与える影響, *Proc.HAI シンポジウム*(2017).

[8]谷郷力丸, 高橋卓見, 廣田敦士, 早川博章, 岡夏樹, 西崎友規子:失敗を演出したロボットはヒトと円滑な関係を築くか, 情報処理学会関西支部支部大会講演論文集, 4p(2016).

[9]Aronson, E., Willerman, B. and Floyd, J. : The effect of a pratfall on increasing interpersonal attractiveness, *Psychonomic Science* ,Vol. 4, pp. 227–228 (1966).

[10]Mirnig, N., Stollnberger, G., Miksch, M., Stadler, S., Giuliani, M., & Tscheligi, M. :To err is robot : How humans assess and act toward an erroneous social robot, *Frontiers in Robotics and AI*, Vol. 4(MAY), pp. 21(2017).

[11]野村 竜也, 神田 崇行, 鈴木 公啓, 山田 幸恵, 加藤 謙介:Human - Robot Interaction (HRI) における人の態度・不安・行動, 日本知能情報ファジィ学会ファジィシステムシンポジウム講演論文集 第 26 回ファジィシステムシンポジウム(2010).

[12]福井 将人, 浜田 深生, 草野 泰輝, 小寺 祥平, 谷郷力丸, 田中 一品, 西崎 友規子, 岡 夏樹:ヒトとロボットの位置関係がロボットへの印象および商品への興味に影響するか, 情報処理学会関西支部支部大会講演論文集, p. 4(2018).

[13]西脇 裕作, 岡田 美智男:〈言葉足らずな発話〉が備える共創的インタラクションを生み出す余地について, 人工知能学会 第 82 回 言語・音声理解と対話処理研究会(2018).

[14]松下 仁美, 香川 真人, 山村 祐之, 岡田 美智男:非流暢性を伴うロボット (Talking - Ally) の発話調整方略とその聞き手に対する適応に関する研究, ヒューマンインタフェース学会論文誌 2018 年 20 巻 2 号 p. 255 - 268(2018).

[15]川合 巧人, 徳丸 正孝:協力関係におけるロボットの不完全さが人に与える印象の調査, 第 36 回ファジィシステムシンポジウム(2020).

[16]黒川光流:初対面時の会話において部屋の環境が発話および印象に及ぼす影響, 富山大学人文学部紀要 Vol.43, pp. 23 - 34, (2005).

[17] Christoph B., Dana K., Elizabeth C. and Susana Z. :Measurement instruments for the anthropomorphism, animacy, likability, perceived intelligence, and perceived safety of robots. *International Journal of Social Robotics*, Vol. 1, No. 1, pp. 71 - 81(2009).