

ロボットのタスク依存・非依存の行動が及ぼす ロボットの印象やユーザ体験への影響の調査

Investigating the impression of robots and user experience influenced by task-related or task-unrelated behavior of robots

茶本 有記^{1*} 岡藤 勇希^{2,3} 松村 耕平¹
Yuki Chamoto¹ Yuki Okafuji^{2,3} Kohei Matsumura¹
馬場 惇^{2,3} 中西 惇也³
Jun Baba^{2,3} Junya Nakanishi³

¹ 立命館大学

¹ Ritsumeikan University

² 株式会社サイバーエージェント

² CyberAgent, Inc.

³ 大阪大学

³ Osaka University

Abstract: 新たな労働力として、サービスロボットが活用され始めている。しかし多くの事例では、特定のタスクに依存した行動のみをロボットに実装することが多く、タスクに非依存な行動が実装されることは少ない。一般的に、非手段的な機能でもユーザ体験を向上させる要因となることが知られているため、ロボットにおいてもタスクに非依存な行動がユーザ体験を向上させる可能性がある。そこで本研究では、ロボットの対話タスク依存の行動と対話タスク非依存の行動を抽出し、それらの行動がロボットの印象やユーザ体験に及ぼす影響を調査することを目的とする。ビデオ評価による実験を実施した結果、対話タスク依存の行動はロボットの機能性やロボットによるストレスに影響を与え、ユーザの感じるストレスを減らすと同時に、ユーザのロボットとの対話に関する期待に応えられることが示された。また、対話タスク非依存の行動はユーザとロボットのより強い関係性の構築に影響を与え、ロボットとの対話に関する期待を超えるユーザ体験を与えることが示唆された。

1 はじめに

日本において少子高齢化による労働力不足が問題となっており、その解決策として、ロボットの活用への期待が高まっている。その中でも、人間と対話し、サービスを提供するコミュニケーションロボットの開発が活発に行われている。一例として、ホテルや商業施設にコミュニケーションロボットを設置することで、ユーザに新たな形でサービスを提供するための実験が行われている [1, 2]。それらの実験では、ロボットがどのような動作を行えば、通行人がロボットに対して興味を持ち、立ち止まるのかということや、様々なインタラクションの方法によるユーザの反応の違いが調査されている。

先行研究において、ロボットとインタラクションを

するユーザが感じるロボットの印象や、インタラクション自体のユーザ体験に関する調査が行われている [3, 4, 5, 6]。[3] では、ユーザとロボットが協力して棚にオブジェクトを収納するタスクにおいて、ロボットに発話に合わせたジェスチャーを付与することで、ロボットについて友好的や熱心である、コミュニケーション能力が高いというような印象を与えることが報告されている。[4] では、ロボットが挨拶という能動的な行動を行うことによるロボットの印象の違いを調査した。その結果、ロボットの能動性や親和性、意図性に影響を与えることが報告されている。[5] では、ホテルでのサービスロボットが「おはよう」や「良い1日を」のような挨拶をしたり、2台のロボットがホテル周辺の情報を話したりすることによって、ユーザに安心感や孤独感のなさ、明るさ、あたたかさを与えたことが報告されている。[6] では、ユーザがロボットの誘導をするタスクを行い、ロボットがユーザの指示に従って正しく動

*連絡先： 立命館大学情報理工学部
滋賀県草津市野路東 1-1-1
E-mail: is0512vp@ed.ritsumeikai.ac.jp

く場合とそうでない場合のユーザ体験を調査した。その結果、ロボットがユーザの指示に正しく従う場合にはユーザに対してポジティブな感情を与え、そうでない場合にはネガティブな感情を与えることが報告されている。

一般的に、インタラクティブなデバイスにおいては、ユーザ体験を向上させる要素は実用的な品質 (Pragmatic Quality) と快楽的な品質 (Hedonic Quality) に分けられる [7]。実用的な品質は、デバイスの使い方の明快さやタスクを速く行う効率性、安全にタスクを実行する信頼性などが影響する。一方で、快楽的な品質は、デバイスの使用の意欲を起こさせる刺激やユーザの興味をひく新規性が影響することが知られている。特に快楽的な品質の中には、親密さ [8]、喜びや楽しさなど [9]、非手段的であり、タスクの遂行や達成とは無関係な側面が多く含まれる。先に挙げた先行研究の多くは、特定のタスクに関連したロボットが満たすべき行動を実装しており、その行動がユーザに与える印象や体験を評価している。しかし、ロボットの開発において、タスクに依存する行動だけを設計すると、実用的な品質を向上させることができる一方で、タスクに依存しない快楽的な品質は向上させることができないため、ユーザに与える印象や体験を一定以上は向上させない可能性が考えられる。例えば、商業施設の案内ロボットは、ユーザに店舗の情報を提供することはできるが、雑談対話をすることができない場合、ユーザ体験を一定以上向上させないことが考えられる。実際に、ユーザが家庭用コミュニケーションロボットの使用を拒否する理由の一つとして、ロボットが与えられた仕事をこなすだけの道具のように感じるからという意見があったことが報告されている [10]。このように、タスクに非依存なユーザの行動に対してロボットは反応することができず、ロボットの印象やユーザ体験が向上しない可能性がある。そのため、ロボットにおいても、快楽的な品質を向上させるための行動設計が必要である。しかしながら、ユーザ体験を向上させるロボットの行動はタスクに応じて異なると考えられ、どのようなタスクに非依存な行動をロボットに実装すればよいかは明確には分かっていない。またそのような行動によって、どの程度ロボットの印象やユーザ体験に影響を与えるかも不明である。

そこで本研究では、タスクの中でも街中で対話することを目的としたロボットを対象として、対話そのものに依存したロボットの行動と、対話そのものには依存しないロボットの行動を先行研究における実験から抽出する。そして、それらの行動がロボットの印象やユーザ体験にどの程度影響を及ぼしているのかを比較することを目的とする。なお、本研究において、ロボットの目的である対話を継続・成立させるために必要なロボットの行動を「対話タスク依存の行動」とし、対

話を継続・成立させるためには不必要であるロボットの行動を「対話タスク非依存の行動」と定義する。

2 インタラクション中の対話タスク非依存なユーザの行動の抽出

2.1 概要

ロボットの対話タスク依存の行動と対話タスク非依存の行動によるロボットの印象やユーザ体験への影響を検証するにあたり、ロボットにどのような対話タスク非依存の行動を実装すべきかが明確ではない。そのため、ロボットとインタラクション中のユーザの行動から、対話の継続・成立には関係のないユーザの行動(ユーザの対話タスク非依存の行動)を抽出する。その上で、頻出するユーザの対話タスク非依存の行動にロボットが反応をすることを、ロボットの対話タスク非依存の行動とした。本研究では、先行研究の複数のフィールド実験において、実際にロボットとユーザが対話をしている状況から、ユーザの対話タスク非依存の行動を観測した。

2.2 手法

先行研究における実験データの中から [11, 12, 13], ユーザとロボットが対話をしている様子の動画を解析し、対話中にユーザが起こす対話タスク非依存な行動を著者の2人がリストアップした。解析した動画に出現するロボットはそれぞれ、通行人に対してロボットからインタビューを行う、商業施設内でロボットがあるコンテンツの紹介をする、ロボット2台でコンテンツを紹介するというユーザとの対話を目的とする3種類のインタラクションがデザインされていた。動画から、ロボットとインタラクションをする計741人の様子を解析した。

2.3 結果

2.2節で述べた動画を解析し、観測されたユーザの対話タスク非依存な行動とその行動をとった人数を表1に示す。これらの行動のうち非言語的な特徴に着目し、出現頻度が高く、ロボットが反応を返すことが特に重要であると考えられる行動を評価対象として選んだ。

本研究では、表1に示すように、「指をさす」・「手を振る(対話の途中)」・「手を振る(離脱時)」・「ロボットを撮影する」・「ロボットを触る」・「ロボットの顔に手をかざす」に対して、ロボットが反応を返すようにした。この反応を、ロボットの対話タスク非依存の行動とする。

表 1: 観測されたユーザの対話タスク非依存の行動の結果

対話タスク非依存の行動	人数	評価対象
指をさす	66	○
笑う	50	×
手を振る (対話の途中)	42	○
手を振る (離脱時)	40	○
ロボットを撮影する	24	○
つぶやく	22	×
ロボットを触る	18	○
ロボットの顔に手をかざす	17	○
手を挙げる	7	×
うなづく	5	×
首を傾げる	3	×
ピースをする	2	×
拍手する	1	×

3 ビデオ評価による実験の設計

3.1 概要

ロボットの対話タスク依存の行動と対話タスク非依存の行動を比較し、それぞれの行動がロボットの印象やユーザ体験に及ぼす影響を評価する。実環境でロボットと自由にインタラクションをすると、評価対象となるユーザの行動が現れるかどうかの統制がとれない。そのため、ユーザとロボットが対話をする動画を制作し、動画を視聴してもらうことで評価した。ロボットに関する研究において、ビデオ評価を利用した実験は先行研究でも行われている [14, 15]。特に、[14]では、ロボットと人間のインタラクションに関する実験において、ビデオでのロボットの評価と実環境でのロボットの評価が中程度から高程度で一致したことが確認された。このことから、本実験で得られる結果は、実環境で行った場合と同様の結果になる可能性がある。

3.2 ビデオシナリオ

ロボットとの対話シナリオは、街中に設置されている1台のロボットが、2人のユーザにインタビューをする設定とした。はじめに遠くから、ロボットが「こんにちは、僕とお話しようよ」と呼びかけており、その呼びかけに対してユーザが反応し、ロボットに近づく。その後、ロボットとの対話が始まり、「出身地はどこですか」、「好きな食べ物は何か」等の質問をする。ユーザの返答に対して、ロボットは「そうなんだ」や、「○○が好きなんだ」という簡単な反応をする。インタビューの質問は全部で11問ある。また、動画は全体を通してユーザの一人称視点になっている。

表 2: 実験条件

条件 1	対話タスク依存の行動あり・対話タスク非依存の行動あり
条件 2	対話タスク依存の行動あり・対話タスク非依存の行動なし
条件 3	対話タスク依存の行動なし・対話タスク非依存の行動あり
条件 4	対話タスク依存の行動なし・対話タスク非依存の行動なし

3.3 実験条件

本実験は、表 2 のように、ロボットの対話タスク依存の行動あり・なし、対話タスク非依存の行動あり・なしの4条件 (2 × 2) で行う。上記のシナリオにおけるロボットの対話タスク依存の行動は、対話が継続・成立させるためのロボットの行動と定義しているため、質問に対するユーザの返答に正しく反応を返す行動とする。対話タスク依存の行動がなしの条件の場合、ロボットがユーザの返答を聞き取れない状況や聞き間違える状況が発生させる。

ロボットの対話タスク非依存の行動は、2.3 節で述べたように、6つのユーザの対話タスク非依存の行動に対して反応を返すという行動である。対話タスク非依存の行動がなしの条件の場合、6つのユーザの行動に対して反応を返さない。

3.4 インタラクションデザイン

本実験では、Vstone 社のヒューマノイドロボット Sota を使用した。Sota は卓上型のロボットであり、腕や肩を動かしたり、頭や体を回転させたりすることが可能である。また、音声を利用して人間と対話することもできるロボットである。Sota に本実験で使用する動作を実装した。

対話タスク依存の行動がなしの条件の場合、11問の質問のうちユーザの返答を聞き取れない状況を3回発生させ、聞き間違いを3回行う。3回の聞き間違いのうち1回は、聞き間違いをしたまま質問を複数回行う。

対話タスク非依存の行動が有りの条件の場合、「指をさす」という行動に対しては、「来てくれてうれしい!」という言葉と共に、図 1 (1) のような万歳をするジェスチャーをする。「手を振る (対話の途中)」という行動に対しては、「見えてるよ!」という言葉と共に、図 1 (2) のような両手を振るジェスチャーをする。「手を振る (離脱時)」という行動に対しては、「また来てね!」という言葉と共に、図 1 (3) のような手を振るジェスチャーをする。「ロボットを撮影する」という行動に対しては、「かわいく撮ってね」という言葉と共に、図 1 (4) のようなポーズをとるジェスチャーをする。「ロボットを触る」という行動に対しては、「触らないでよ!」という言葉と共に、図 1 (5) のような片手を挙げるジェスチャーをする。「ロボットの顔に手をかざす」というユーザの行動に対しては、「前が見えないよ!」という言葉と共に、図 1 (6) のような手を挙げて首を振るジェスチャー

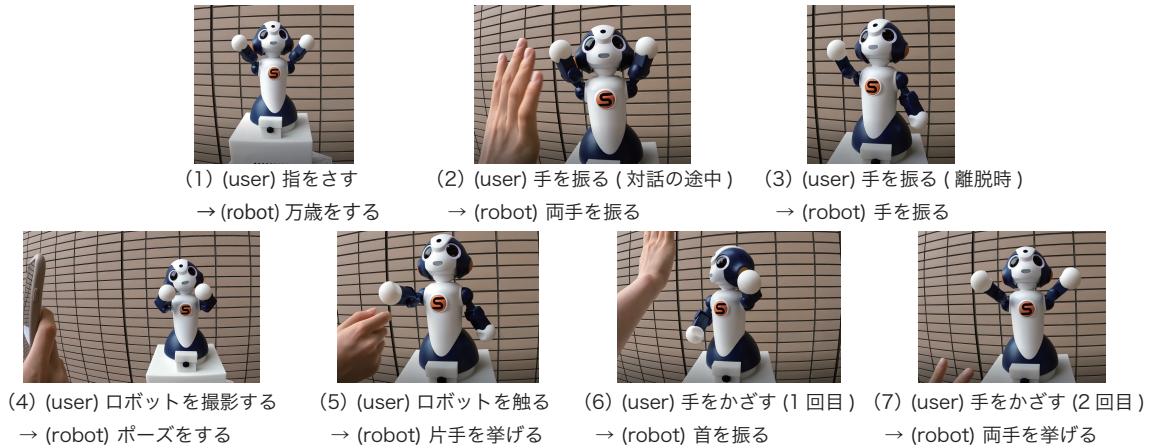


図 1: ユーザの対話タスク非依存な行動に対する反応動作の一部

をしたり、「見えてるってば!」という言葉と共に、図 1 (7) のような両手を挙げるジェスチャーをししたりする。また、対話全体でこれらのユーザの対話タスク非依存の行動は 7 回発生する。7 回のうち、「指をさす」・「手を振る (対話の途中)」・「手を振る (離脱時)」・「ロボットを撮影する」・「ロボットを触る」という行動は 1 回ずつ発生し、「ロボットの顔に手をかざす」という行動が 2 回発生する。1 人称視点の動画の場合、「ロボットの顔に手をかざす」という行動が伝わりにくかったため、2 回行うことで強調した。

3.5 評価方法

本実験では、制作した 4 つの動画を用いて、ロボットの印象とユーザ体験をアンケートにて評価する。アンケートによる評価は、ソーシャルロボットのユーザ体験を評価するとき主に用いられている手法である [16]。評価方法として、Scheffe の一対比較法 (原法) を利用する。4 条件から任意に選ばれた 2 条件の動画を視聴して比較し、アンケートを通して評価値を決定する。比較を行う組み合わせは、各研究対象者ごとにランダムで設定する。

ロボットの印象とユーザ体験に関するアンケートの質問項目を表 3 に示す。これらの質問の各項目に対して、表 4 の基準に従って回答してもらおう。なお、質問の項目は、先行研究における実験のアンケートの質問項目を参考にした [11, 17]。表 3 の「優秀だ」、「機能的である」、「威圧的である」、「役に立つ」は、全回答から有効となる回答を判別するためのダミー質問としている。これらの 4 つのダミー質問は、各条件の動画の最後に回答をしないように指示をしており、これらの項目に 1 つでも回答をしている場合、その研究対象者の回答を無効とする。

クラウドソーシング上にて計 1056 件 (男性: 575 件, 女: 472 件, 回答なし: 9 件) の回答を得た。そのうち、ダミー質問にすべて回答しなかった回答数 (有効回答数) は 706 件 (男性: 393 件, 女: 308 件, 回答なし: 5 件) であり、有効回答率は 66.9 %であった。研究対象者には 50 円の謝金を払った。Scheffe の一対比較法 (原法) を利用するために各組み合わせの回答数を合わせる必要があるため、各組み合わせの回答数を回答日時が早い順から 40 件ずつに統一し、計 480 件の回答で解析を行った。

本研究の統計検定はすべて 5 %有意水準で実施し、多重検定をする際にはボンフェローニ補正を用いた。また、下位検定はヤードスティックを利用した。

4 結果

4.1 ロボットの印象

ロボットの印象に関する平均嗜好度の結果を図 2 に示す。図 2 の横軸は、平均嗜好度の値を表している。本実験では、平均嗜好度が高いほど、研究対象者にとってその項目がより当てはまるというように解釈する。また、ロボットの印象に関する平均嗜好度の結果を分散分析を用いて条件間の差を比較した結果、全ての項目において、条件間に有意差があった。図 2 より、条件 1 はロボットの印象が最も良いということが確認できた。条件 4 は、多くの項目で、ロボットの印象が悪いということが確認できた。条件 2 と 3 は、項目によって、どちらの方がロボットの印象が良いのか異なることが示された。

得られた結果からさらに、対話タスク依存の行動と対話タスク非依存の行動によるロボットの印象への影響を調べる。対話タスク依存の行動による影響を調べるにあたり、条件 1 と 2 を対話タスク依存の行動ありと

表 3: アンケートの質問項目

	ロボットの印象			ユーザ体験	
質問内容	Q1: どちらのほうが、このロボットは○○だと思うか			Q2: 動画を視聴して、あなた自身はどちらのほうが○○であると感じたか	
質問項目	人間的だ 感じの良い あたたかい こちらに興味がある 魅力的だ 優しい	親密だ 話しやすい 有能だ 愉快だ 信頼できる 好きだ	不快だ 見ていていららする 優秀だ* 機能的である* 威圧的である* 役に立つ*	満足した 楽しかった 興味をもった 驚いた 飽きた いらいらした	退屈だった 悲しかった 不安に感じた

*ダミー質問

表 4: 評価値 (回答の選択肢)

評価基準	評価値
Aのほうが非常にそう思う	+2
Aのほうがまあそう思う	+1
同じくらいそう思う	0
Bのほうがまあそう思う	-1
Bのほうが非常にそう思う	-2

A: 最初に視聴する動画

B: 後に視聴する動画

表 5: 対話タスク依存の行動によるロボットの印象の分散分析の結果

項目	平均嗜好度		分散分析の結果	
	行動あり	行動なし		
人間的だ	0.100	-0.100	$F(1, 318) = 10.379$	$p = .001$ *
感じの良い	0.292	-0.292	$F(1, 318) = 129.379$	$p < .001$ *
あたたかい	0.116	-0.116	$F(1, 318) = 20.763$	$p < .001$ *
こちらに興味がある	0.222	-0.222	$F(1, 318) = 58.765$	$p < .001$ *
魅力的だ	0.244	-0.244	$F(1, 318) = 87.008$	$p < .001$ *
優しい	0.153	-0.153	$F(1, 318) = 40.122$	$p < .001$ *
親密だ	0.130	-0.130	$F(1, 318) = 20.585$	$p < .001$ *
話しやすい	0.316	-0.316	$F(1, 318) = 128.942$	$p < .001$ *
有能だ	0.503	-0.503	$F(1, 318) = 424.060$	$p < .001$ *
愉快だ	0.061	-0.061	$F(1, 318) = 5.513$	$p = .019$
信頼できる	0.427	-0.427	$F(1, 318) = 324.705$	$p < .001$ *
好きだ	0.230	-0.230	$F(1, 318) = 109.965$	$p < .001$ *
不快だ	-0.284	0.284	$F(1, 318) = 189.137$	$p < .001$ *
見ていていららする	-0.389	0.389	$F(1, 318) = 318.838$	$p < .001$ *

* $p < .004$ ($= 0.05/14$)

し、条件3と4を対話タスク依存の行動なしとする。また、対話タスク非依存の行動による影響を調べるにあたり、条件1と3を対話タスク非依存の行動ありとし、条件2と4を対話タスク非依存の行動なしとする。

対話タスク依存の行動の有無のロボットの印象の平均嗜好度および分散分析の結果を表5に示す。表5より、対話タスク依存の行動の有無では「愉快だ」の項目以外で有意差が見られ、行動ありの方がロボットの印象が良いということが確認できた。また、対話タスク非依存の行動の有無のロボットの印象の平均嗜好度および分散分析の結果を表6に示す。表6より、対話タスク非依存の行動の有無では「優しい」「信頼できる」「不快だ」「見ていてイライラする」以外の項目で有意差が見られ、多くの項目で行動ありの方がロボットの印象が良いということが示された。

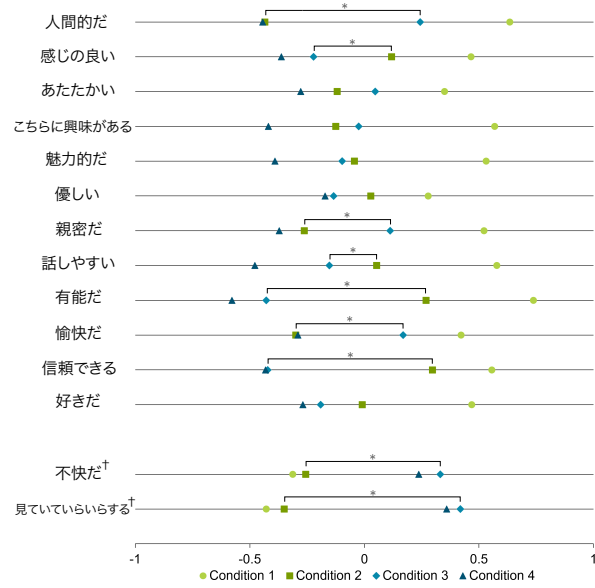


図 2: ロボットの印象の平均嗜好度の結果。†は負の値がポジティブな評価で、それ以外は正の値がポジティブな評価を示す。*は条件2・3間の有意差を示す。

表 6: 対話タスク非依存の行動によるロボットの印象の分散分析の結果

項目	平均嗜好度		分散分析の結果	
	行動あり	行動なし		
人間的だ	0.439	-0.439	$F(1, 318) = 289.555$	$p < .001$ *
感じの良い	0.122	-0.122	$F(1, 318) = 19.927$	$p < .001$ *
あたたかい	0.198	-0.198	$F(1, 318) = 57.677$	$p < .001$ *
こちらに興味がある	0.272	-0.272	$F(1, 318) = 87.669$	$p < .001$ *
魅力的だ	0.217	-0.217	$F(1, 318) = 64.061$	$p < .001$ *
優しい	0.072	-0.072	$F(1, 318) = 7.267$	$p = .007$
親密だ	0.317	-0.317	$F(1, 318) = 132.392$	$p < .001$ *
話しやすい	0.213	-0.213	$F(1, 318) = 50.090$	$p < .001$ *
有能だ	0.155	-0.155	$F(1, 318) = 24.154$	$p < .001$ *
愉快だ	0.295	-0.295	$F(1, 318) = 143.909$	$p < .001$ *
信頼できる	0.067	-0.067	$F(1, 318) = 5.722$	$p = .017$
好きだ	0.139	-0.139	$F(1, 318) = 35.503$	$p < .001$ *
不快だ	0.009	-0.009	$F(1, 318) = 0.140$	$p = .708$
見ていていららする	-0.005	0.005	$F(1, 318) = 0.029$	$p = .864$

* $p < .004$ ($= 0.05/14$)

4.2 ユーザ体験

ユーザ体験に関する平均嗜好度の結果を図3に示す。図3の横軸は、平均嗜好度の値を表している。ユーザ

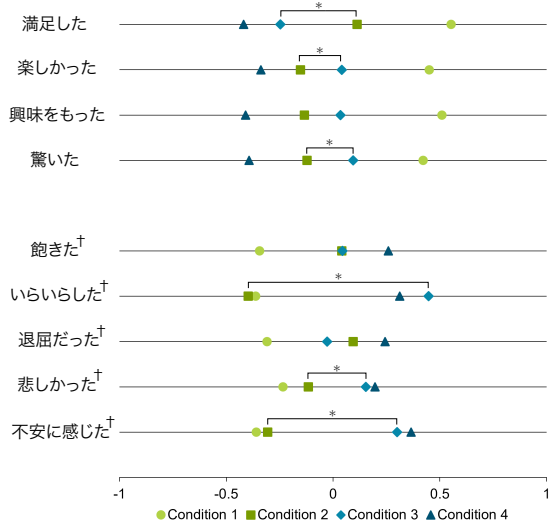


図 3: ユーザ体験の平均嗜好度の結果。†は負の値がポジティブな評価で、それ以外は正の値がポジティブな評価を示す。*は条件 2・3 間の有意差を示す。

表 7: 対話タスク依存の行動によるユーザ体験の分散分析の結果

項目	平均嗜好度		分散分析の結果	
	行動あり	行動なし	F(1, 318)	p
満足した	0.333	-0.333	191.695	p < .001 *
楽しかった	0.148	-0.148	28.880	p < .001 *
興味をもった	0.188	-0.188	49.177	p < .001 *
驚いた	0.150	-0.150	36.235	p < .001 *
飽きた	-0.152	0.152	49.500	p < .001 *
いらいらした	-0.380	0.380	361.344	p < .001 *
退屈だった	-0.108	0.108	24.627	p < .001 *
悲しかった	-0.175	0.175	93.903	p < .001 *
不安に感じた	-0.333	0.333	230.948	p < .001 *

* p < .006 (= 0.05/9)

体験に関する平均嗜好度の結果を分散分析を用いて条件間の差を比較した結果、全ての項目において、条件間に有意差があった。図 3 より、条件 1 はユーザ体験が最も良いということが確認できた。条件 4 は、多くの項目で、ユーザ体験が悪いということが確認できた。条件 2 と 3 は、項目によって、どちらの方がユーザ体験が良いのか異なることが示された。

得られた結果からさらに、ロボットの印象と同様に、対話タスク依存の行動と対話タスク非依存の行動によるユーザ体験への影響を調べる。対話タスク依存の行動の有無のユーザ体験の平均嗜好度および分散分析の結果を表 7 に示す。表 7 より、対話タスク依存の行動の有無では全ての項目において有意差が見られ、行動ありの方がユーザ体験が良いということが確認できた。また、対話タスク非依存の行動の有無のユーザ体験の平均嗜好度および分散分析の結果を表 8 に示す。表 8 より、「いらいらした」・「悲しかった」・「不安に感じた」以外の項目で有意差が見られ、多くの項目で行動ありの方がユーザ体験が良いということが示された。

表 8: 対話タスク非依存の行動によるユーザ体験の分散分析の結果

項目	平均嗜好度		分散分析の結果	
	行動あり	行動なし	F(1, 318)	p
満足した	0.153	-0.153	33.378	p < .001 *
楽しかった	0.245	-0.245	85.083	p < .001 *
興味をもった	0.272	-0.272	107.732	p < .001 *
驚いた	0.258	-0.258	126.473	p < .001 *
飽きた	-0.150	0.150	43.323	p < .001 *
いらいらした	0.042	-0.042	2.443	p = .119
退屈だった	-0.169	0.169	59.825	p < .001 *
悲しかった	-0.041	0.041	4.951	p = .027
不安に感じた	-0.030	0.030	1.371	p = .0243

* p < .006 (= 0.05/9)

5 考察

表 5, 7 の結果から、対話タスク依存の行動によって、ユーザにロボットのポジティブな印象を与え、ネガティブな印象を感じさせにくい傾向があると同時に、ポジティブなユーザ体験を増加させ、ネガティブなユーザ体験を減少させることが示された。「優しい」や「有能だ」の印象の項目に関しては、[3, 6] と同様の結果であり、「楽しかった」や「いらいらした」、「悲しかった」のユーザ体験の項目に関しては [5, 6] と同様の結果が得られた。また表 6, 8 の結果から、対話タスク非依存の行動によって、ユーザにロボットのポジティブな印象を与える傾向があると同時に、ポジティブなユーザ体験を増加させ、飽きや退屈というネガティブなユーザ体験の要素を減少させることが考えられる。

本実験の結果より、対話タスク依存の行動や対話タスク非依存の行動によるロボットの印象やユーザ体験への影響は確認できた。しかし、ロボットの印象やユーザ体験を構成する様々な要素について、対話タスク依存の行動と対話タスク非依存の行動のどちらの影響が強いかわからない。このことを明らかにするために、条件 2 (対話タスク依存の行動あり・対話タスク非依存の行動なし) と条件 3 (対話タスク依存の行動なし・対話タスク非依存の行動あり) を下位検定で比較した結果を用いてグループ分けをする。ロボットの印象については、図 2, 表 5, 6 の結果を使用する。また、ユーザ体験については、図 3, 表 7, 8 の結果を使用する。ロボットの印象とユーザ体験ともに、表 3 の各項目を G1 ~ G5 の 5 つのグループに分類した。分類基準の詳細を以下に示す。なお影響は、ポジティブな方への影響のみを考える。影響の強弱は平均嗜好度の結果をもとに、ポジティブな要素は平均嗜好度の値が大きい方を、ネガティブな要素は平均嗜好度の値が小さい方を、影響が強い方として判断した。

- G1: 対話タスク依存の行動の有無と対話タスク非依存の行動の有無の両方に有意差がある。かつ平均嗜好度の条件 2・3 間に有意差がない (同程度の影響)。
- G2: 対話タスク依存の行動の有無と対話タスク非

表 9: ロボットの印象・ユーザ体験の各項目の分類結果

	ロボットの印象	ユーザ体験
G1 (依存&非依存 > なし)	あたたかい・こちらに興味がある・魅力的だ・好きだ	興味をもった・飽きた・退屈だった
G2 (依存 > 非依存 > なし)	感じの良い・話しやすい・有能だ	満足した
G3 (非依存 > 依存 > なし)	人間的だ・親密だ	楽しかった・驚いた
G4 (依存 > 非依存 & なし)	見ているいらいらする・信頼できる・不快だ	いらいらした・悲しかった・不安に感じた
G5 (非依存 > 依存 & なし)	愉快だ	なし

依存の行動の有無の両方に有意差がある。かつ平均嗜好度の条件 2・3 間に有意差があり、対話タスク依存の行動の方が影響が強い。

- G3: 対話タスク依存の行動の有無と対話タスク非依存の行動の有無の両方に有意差がある。かつ平均嗜好度の条件 2・3 間に有意差があり、対話タスク非依存の行動の方が影響が強い。
- G4: 対話タスク依存の行動の有無のみに有意差がある。かつ平均嗜好度の条件 2・3 間に有意差がある (対話タスク依存の行動の方が影響が強い)。
- G5: 対話タスク非依存の行動の有無のみに有意差がある。かつ平均嗜好度の条件 2・3 間に有意差がある (対話タスク非依存の行動の方が影響が強い)。

ロボットの印象とユーザ体験の各項目の分類結果を表 9 に示す。G1 から、対話タスク依存・非依存の行動は、ロボットの印象である「あたたかさ」、「魅力的だ」、「話しやすい」、「好きだ」のように、人間とロボットの関係性を最低限構築するために必要な要素に同程度の影響を与えるということが考えられる。また、「興味」や「退屈」を含めた飽きに関するネガティブなユーザ体験に影響を与えるということが考えられる。

G2 と G4 から、対話タスク依存の行動は、「有能」や「信頼」のように、タスクに関するロボットの機能性を向上させるための要素や、「いらいら」や「不快」のように、ロボットからのストレスに関する要素に対して、対話タスク非依存の行動よりも強い影響を与えることが考えられる。タスクに依存したロボットの行動でエラーが起きると、人はフラストレーションがたまるということが先行研究で報告されており [18]、同様の結果が得られたこととなる。また、「いらいら」や「悲しさ」、「不安」のように、ストレスに関するネガティブなユーザ体験や、「満足」のようにユーザのロボットとの対話に関する期待に応えたときに感じる要素に対して、対話タスク非依存の行動よりも強い影響を与えることが考えられる。コミュニケーションロボットとの会話がスムーズでない場合、ユーザの悲しみが強くなることが報告されており [19]、類似した結果が得られた。

G3 と G5 から、対話タスク非依存の行動は、「人間的」や「親密」、「愉快」のように、人間とロボットの関係性をより強く構築するために必要な要素に対して、

対話タスク依存の行動よりも強い影響を与えることが考えられる。また、「楽しみ」や「驚き」のように、ユーザのロボットとの対話に関する期待を超えるための要素に対して、対話タスク依存の行動よりも強い影響を与えることが考えられる。一般的なインタラクティブなデバイスにおいては、非手段的な機能によってユーザ体験の中でも快楽的な品質を向上させることが示されているが [7]、ロボットにおいても同様に、対話タスク非依存の行動により、快楽的な品質に影響することが示された。また、タスク依存の行動によって向上する「満足」に比べて、タスク非依存の行動によって向上する「楽しみ」や「驚き」は覚醒度が高いことが知られている [20]。そのため、ロボットがタスク非依存の行動をすることによって、ユーザにより強い快感情を伴った体験を与えることができると考えられる。

これらの結果より、ロボットにタスク依存の行動のみを実装することによって、実用的な品質が向上していることから、タスクを実行するための機能的な印象を与え、ユーザは目的が達成されることによる満足感を得ることが考えられる。一方で、ロボットにタスク非依存の行動を実装することによって、より人間的な印象を与え、ユーザはインタラクション自体の楽しさを得ることが考えられる。そのため、コミュニケーションロボットとユーザの関係構築が重要な状況では、タスク依存の行動だけでなく、タスク非依存の行動を実装していくことが非常に重要となることが考えられる。

6 おわりに

本研究では、ロボットのタスク依存の行動とタスク非依存の行動を抽出し、それらの行動がロボットの印象やユーザ体験への影響を調査することを目的とした。特に、街中で対話することを目的としたロボットを対象とし、対話タスク依存の行動と対話タスク非依存の行動に焦点を当てた。その結果、対話タスク依存の行動は、ロボットの機能性やロボットからのストレスに関する印象に影響を与えたり、ストレスに関するネガティブなユーザ体験やユーザのロボットとの対話に関する期待に応えたときの感情に影響を与えることが分かった。対話タスク非依存の行動は、ユーザとロボットのより強い関係性を構築するために必要な印象に影響を与えたり、ユーザのロボットとの対話に関する期待を超え

るための感情に影響を与えることが分かった。つまり、対話タスク非依存の行動にはロボットとユーザーの関係性をより強いものにする感情を促進させる可能性があるため、実装する利点があるということがいえる。

本研究で行った実験は、ユーザーと対話することをロボットのタスクとして定義したが、実環境で使われるロボットには対話以外のタスクも存在する。そのため、本実験で得られた結果が、対話以外のタスクの場合でも同様の結果を得ることができるのかということは検証が必要であると考えられる。

また、本研究では、ロボットが反応を返すべきユーザーの対話タスク非依存の行動を6つ取り上げたが、6つより少ない場合でも本実験を同じような結果を得られる可能性はある。しかし、その6つのうちの行動に反応するだけで良いのかということは分かっていない。そのため、ユーザーの対話タスク非依存の行動のうち、ロボットが最低限反応すべき行動を明確にすることに対して検証の余地がある。

参考文献

- [1] Yuki Okafuji, Yasunori Ozaki, Jun Baba, Asano Kitahara, Junya Nakanishi, Kohei Ogawa, Yuichiro Yoshikawa, and Hiroshi Ishiguro. "Please listen to me: How to make passersby stop by a humanoid robot in a shopping mall". In *Companion of the 2020 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, pp. 381–383, 2020.
- [2] Yadong Pan, Haruka Okada, Toshiaki Uchiyama, and Kenji Suzuki. "Direct and indirect social robot interactions in a hotel public space". In *2013 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO)*, pp. 1881–1886, 2013.
- [3] Maha Salem, Katharina Rohlfing, Stefan Kopp, and Frank Joublin. "A friendly gesture: Investigating the effect of multimodal robot behavior in human-robot interaction". In *2011 RO-MAN*, pp. 247–252, 2011.
- [4] Akiho Okada and Midori Sugaya. "Impression evaluation for active behavior of robot in human robot interaction". In *Human-Computer Interaction. Novel User Experiences*, pp. 83–95, 2016.
- [5] Junya Nakanishi, Itaru Kuramoto, Jun Baba, Ogawa Kohei, Yuichiro Yoshikawa, and Hiroshi Ishiguro. "Can a humanoid robot engage in heartwarming interaction service at a hotel?". In *Proceedings of the 6th International Conference on Human-Agent Interaction*, pp. 45–53, 2018.
- [6] Elizabeth Broadbent, Bruce MacDonald, L. Jago, M. Juergens, and O. Mazharullah. "Human reactions to good and bad robots". In *2007 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp. 3703–3708, 2007.
- [7] Martin Schrepp, Andreas Hinderks, and Jörg Thomaschewski. "Applying the user experience questionnaire (ueq) in different evaluation scenarios". In *Design, User Experience, and Usability. Theories, Methods, and Tools for Designing the User Experience*, pp. 383–392, 2014.
- [8] Bill Gaver and Heather Martin. "Alternatives: Exploring information appliances through conceptual design proposals". In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 209–216, 2000.
- [9] Morten Hertzum. "Images of usability". *International Journal of Human-Computer Interaction*, Vol. 26, No. 6, pp. 567–600, 2010.
- [10] Maartje de Graaf, Somaya Ben Allouch, and Jan van Dijk. "Why do they refuse to use my robot? reasons for non-use derived from a long-term home study". In *Proceedings of the 2017 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, pp. 224–233, 2017.
- [11] 牧田昌大, 岡藤勇希, 松村耕平, 馬場惇, 中西惇也. "公共空間において恥ずかしさがロボットの利用に与える影響の調査". HAI シンポジウム, 2022.
- [12] Joichiro Amada, Yuki Okafuji, Kohei Matsumura, Jun Baba, and Junya Nakanishi. "Investigating the crowd-drawing effect, on passersby, of pseudo-crowds using multiple robots". *Advanced Robotics*, Vol. 0, No. 0, pp. 1–10, 2022.
- [13] Taichi Sakaguchi, Yuki Okafuji, Kohei Matsumura, Jun Baba, and Junya Nakanishi. "An estimation framework for passerby engagement interacting with social robots". *arXiv preprint arXiv:2206.02394*, 2022.
- [14] Sarah Woods, Michael Walters, Kheng Lee Koay, and Kerstin Dautenhahn. "Comparing human robot interaction scenarios using live and video based methods: towards a novel methodological approach". In *9th IEEE International Workshop on Advanced Motion Control, 2006*, pp. 750–755, 2006.
- [15] Risa Maeda, Dražen Brščić, and Takayuki Kanda. "Influencing moral behavior through mere observation of robot work: Video-based survey on littering behavior". In *Proceedings of the 2021 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, pp. 83–91, 2021.
- [16] Elaheh Shahmir Shourmasti, Ricardo Colomo-Palacios, Harald Holone, and Selina Demi. "User experience in social robots". *Sensors*, Vol. 21, No. 15, 2021.
- [17] Yuki Okafuji, Sichao Song, Jun Baba, Yuichiro Yoshikawa, and Hiroshi Ishiguro. "Influence of collaborative customer service by service robots and clerks in bakery stores". *arXiv preprint arXiv:2212.1068*, 2022.
- [18] Manuel Giuliani, Nicole Mirnig, Gerald Stollnberger, Susanne Stadler, Roland Buchner, and Manfred Tscheligi. "Systematic analysis of video data from different human-robot interaction studies: a categorization of social signals during error situations". *Frontiers in Psychology*, Vol. 6, , 2015.
- [19] Naruki Shirahama, Satoshi Watanabe, Fumiko Ikegami, Naofumi Nakaya, and Yukio Mori. "A study on the impression received from the response of a communication robot". *Proceedings of the 5th IAAE International Conference on Intelligent Systems and Image Processing 2017 (ICISIP2017)*, No. SS1-5, pp. 356–363, 2017.
- [20] James A. Russell. "A circumplex model of affect". *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 39, No. 6, pp. 1161–1178, 1980.