

トウフのようなクリーチャ〈トウフ〉と その原初的なインタラクションについて

Sociable Creature "TOUFU" and its Primitive Interaction

塚本浩祐^{1*} 石川将輝¹ 西脇裕作¹ 都丸武宜¹ 岡田美智男¹

Kosuke Tsukamoto¹, Masaki Ishikawa¹, Yusaku Nishiwaki¹, Takenori Tomaru¹ and Michio Okada¹

¹豊橋技術科学大学 情報・知能工学系

¹Department of Computer Science and Engineering, Toyohashi University of Technology

Abstract: Recently, minimally designed information appliances and social robots are expanding as a smart speaker concept. In this study, we discuss the primitive interaction approach of our minimally designed social robot "TOUFU" that resembles Japanese Tofu. We designed several types of simple utterance responses for Tofu, and investigated which utterance responses would lead "lifelikeness", "communicability", "social connection", etc., through a subjective evaluation experiment.

1 はじめに

2014年にAmazon.comから発売された〈Amazon Echo〉を始めとして、Appleの〈Apple HomePod〉、Googleの〈Google Home〉などのスマートスピーカやAIスピーカと呼ばれる情報機器が数多く発売されている。これらの製品には、人を手助けすることを目的としたパーソナルアシスタント機能が搭載されており、音声を紹介した情報機器とのコミュニケーションを可能としている。

スマートスピーカやAIスピーカのデザインを見てみると、これらの製品は非常にシンプルな形状をしていることに気付くことができる。これまで世の中で普及してきたロボットの多くは、犬や猫などの動物の姿を模したロボットや、人の姿を模したヒューマノイドロボットであった。このように、スマートスピーカやAIスピーカのデザインは、これまで普及してきたロボットのデザインとは対極にあるものであると言えるだろう。

筆者らもこれまで、ソーシャルなロボットのミニマルデザインやその原初的なインタラクションデザインについて議論するために、トウフのような姿かたちをした〈トウフ〉と呼ぶクリーチャの構築を進めてきた。

本発表では、この〈トウフ〉への語り掛けに対する、いくつかのタイプの随伴的な応答をデザインし、

どのような応答が「生き物らしさ」や「疎通性」「社会的なつながり」などを引き出すかを主観評価実験によって調べた結果を述べる。

2 研究背景

2.1 人と関わるロボットのデザイン

人との関わりを持つロボットの開発では、様々なデザインのロボットの構築が進められてきた。例えば、アザラシ型ロボットの〈パロ〉[1]やソニーが販売していたペット型ロボットの〈AIBO〉[2]のように動物の姿かたちを模したロボットがある。また、ソフトバンクの〈Pepper〉[3]のように人の姿を模したヒューマノイドロボットもある。

上述したようなロボットのデザインは、実在する動物や人が持つ姿や機能を手本とし、模擬しようとした結果生まれたものであり、これは「実体としての同型性」を追求しようとするアプローチであると言える。

これとは反対に、ロボットの姿や形をよりシンプルにしていく、あるいは抽象化していくというアプローチもある。ロボットのデザインをシンプルにすることで周囲との関係性を顕在化し、その周囲との関係性のあり方を人に近づけていくというアプローチである。これは、「実体としての同型性」を追求するアプローチに対して、「関係としての同型性」を追求したアプローチと呼ばれている[4]。この考え方に基づいてデザインされているロボットの例として、

*連絡先：豊橋技術科学大学情報・知能工学系
〒441-8122 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1
Email: tsukamoto@icd.cs.tut.ac.jp

岡田らの提案した〈Muu〉[5] や、小嶋らの提案した〈Keepon〉[6] がよく知られている。

2.2 スマートスピーカ

情報通信技術や音声認識技術の飛躍的な発展により、スマートスピーカや AI スピーカと呼ばれる情報機器が普及し始めている。これらの製品には、人を手助けすることを目的としたパーソナルアシスタント機能が搭載されており、音声によるやり取りを通じてインターネット上のニュース情報の取得や、自分のスケジュールの確認、連携する IoT 機器の操作などを行うことができる。

スマートスピーカや AI スピーカを利用するために音声によるやり取りを必要とする一方で、こうした機器に対して「話しかけにくさ」を感じるユーザもいるかと思われる。これは、スマートスピーカや AI スピーカがあくまで情報機器の延長としてデザインされており、人に対する志向性の表出や社会性の表示などのソーシャルな性質が足りないために生じている問題なのではないかと筆者らは考えている。また、これらの機器とのコミュニケーションはお互いに正確に情報を伝え合うことを目的としており、情報を伝える側、伝えられる側あるいは命令を下す側、それに従う側というような一方的な関係を生みだしやすいという問題もある。

2.3 ロボットとのコミュニケーションにおけるミニマルデザイン

ロボットのデザインだけではなく、ロボットとのコミュニケーションについてもシンプルにしていく、あるいは抽象化していくというアプローチがある。

一般的に、ロボットとのコミュニケーションでは身振りや手振り、視線や表情などの様々なモダリティを伴った自然な関わりが期待されている。これは「足し算としてのデザイン」に基づく考え方であり、より豊かに正確に情報を伝えることを目的とした「伝達的なコミュニケーション」を指向している。その一方で、言語的な情報やモダリティを可能な限りそぎ落としていく「引き算としてのデザイン」に基づく考え方もある[4]。

ロボットとのコミュニケーションにおいて「引き算のデザイン」を考えたとき、ソーシャルなロボットに必要な要素であると考えられる「生き物らしさ」や「疎通性」、「社会的なつながり」を残したまま、どこまで引き算できるのかはまだ十分に明らかになっていない。そこで本研究では、人の発話に対する

ロボットのシンプルな応答パターンをいくつか用意して、ロボットとの生き物らしさや人らしさを感じさせる原初的なインタラクションはどのようなものなのかを検討することにした。

2.4 シンプルな応答

2.4.1 ビープ音

ロボットがとりうるシンプルな応答の一つとして、ビープ音による応答が考えられる。

小松らは、コンピュータから提示されたビープ音のような人工的な音であっても、基本周波数や発話時間長に特定の変化を加えることで、聞き手に対してコンピュータの態度を推定させることが可能であることを示している[8]。また小松らは、ロボットの発話に対して補完的に発せられるビープ音の解釈が、無意識的に行われる可能性があることを指摘している[9]。

しかし、ビープ音は機械の内部状態を知らせる音としてよく使われているために、常に機械的な印象がつかまとう。そのため、生き物らしさを指向するソーシャルなロボットにおいてビープ音を利用することは不適切であると考えられる。

2.4.2 非分節音

ビープ音の他に考えられるシンプルな応答として考えられるのが、非分節音による応答である。

非分節音とは「まだその意味が十分に分節化されておらず、特定のシンボルとしての意味を備えていない言語音」のことを言う。非分節音の例として、乳幼児の発する喃語や、クレアートのアニメーションで知られる『ピングー』[10] の「ピングー語」が挙げられる。「ピングー語」は、『ピングー』に登場するペンギンを模したキャラクター同士が会話を行う際に用いる独自の言語である。そのため、会話の内容そのものの意味は、私たち人にとって不明瞭であり、何を話しているのかを完全に理解することはできない。しかし、キャラクター達の置かれている状況やお互いの関係性などを手がかりとして、私たちはその意味を解釈することが可能である。

この非分節音に着目した研究として、鈴木ら[13][14]の研究や藤井ら[11]の研究などがある。特に鈴木らの研究は、非分節音による反響的模倣に着目しており、人から発せられた発話のプロソディを、画面上のクリーチャが非分節音を用いて模倣する割合が大きくなるほど、そのクリーチャに対して共感的な感情を抱く可能性を示唆している[13]。そのた

め、実体を持ったクリーチャが、人から発せられた発話を非分節音により反響的に模倣することで、人とクリーチャとの間に疎通性や社会的なつながりを生み出すことができる可能性が高いと考えられる。

3 トウフのようなクリーチャ 〈トウフ〉

本研究では、研究用のプラットフォームとして〈トウフ〉と呼ばれるクリーチャを用いる。〈トウフ〉は、吉池らが構築した〈Sociable PC〉[7]から、一般的なパソコンとしての機能や役割を取り除き、ソーシャルなロボットとしての側面のみを取り出したロボットである。本章では、〈トウフ〉のデザインやシステム構成について紹介する。

3.1 〈トウフ〉のデザイン

図1に〈トウフ〉の外観を示す。〈トウフ〉はその名前の通り、トウフのような形と感触を持つクリーチャである。〈トウフ〉は、「ミニマルデザイン」の考え方に基づいてその身体がデザインされており、顔や目や手足を持たない。本研究のように、人の発話に対して非常にシンプルな応答を行うロボットが人のような姿や形をしていた場合、実験参加者が予測するロボットの機能と、実際のロボットの機能との間のギャップによって、実験参加者がロボットに対して抱く印象に対して悪影響を与える可能性がある(=適応ギャップ[11])。そのため、本研究を行うためのプラットフォームとして、実験参加者がロボットの持つ機能について、予測することの難しい姿や形をしているロボットである〈トウフ〉を用いる。

3.2 ハードウェア構成

〈トウフ〉のハードウェア構成図を図2に示す。〈トウフ〉は内部に他者との身体配置の調整を行うためのサーボモータを2つ、うなずくような動作や首を振るような動作などの、社会的表示を行うためのサーボモータを3つ備えている。これらのサーボモータは、〈トウフ〉の内部に設置されているベアボーンミニ PC に接続され、プログラムによりその動作を自由に制御することが可能である。また、内部にマイクロホンとスピーカを搭載しているため、〈トウフ〉単体での音声によるインタラクションを可能としている。ベアボーンミニ PC として、GIGABYTE 製の BRIXGB-BXi7H-4500 を利用している。CPU は Intel Corei7-4500U 1.8GHz/3.0GHz であり、4GB のメ



図1: 〈トウフ〉の外観

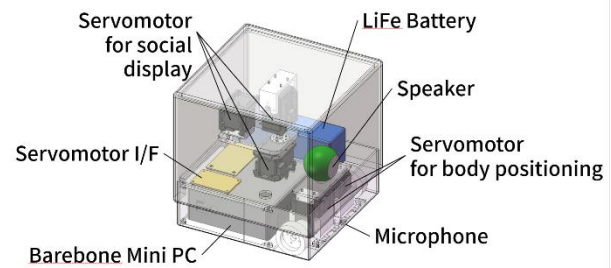


図2: 〈トウフ〉のハードウェア構成

モリと、ストレージとして 128GB の SSD を搭載している。

3.3 〈トウフ〉とのインタラクション

〈トウフ〉は人からの語り掛けに対して、うなずいたり、ビーブ音による応答を返したり、人の発話をプロソディのレベルで反響的に模倣した非分節音による応答を返したりするというシンプルなインタラクションを行うことが可能である。このように非分節音的な音を用いたインタラクションを行うことにより、コミュニケーションの持つ原初的な側面について議論することが可能となる。ここでは、人の発話を反響的に模倣した非分節音の生成手法について説明を行う。

人の発話を反響的に模倣した非分節音の生成手法として、先行研究で用いられている手法[13][14]を簡略化したものを利用している。その概略を図3に示す。図3について簡単に説明を行う。マイクロホンから入力された音声信号を 16kHz、16bit で A/D 変換する。得られた音声信号を用いて、時系列ごとの対数音声パワーを算出する。その計算結果を基に、閾値を用いて音声区間の検出を行う。検出した音声区間ごとに、音声区間の対数音声パワーの振幅を、

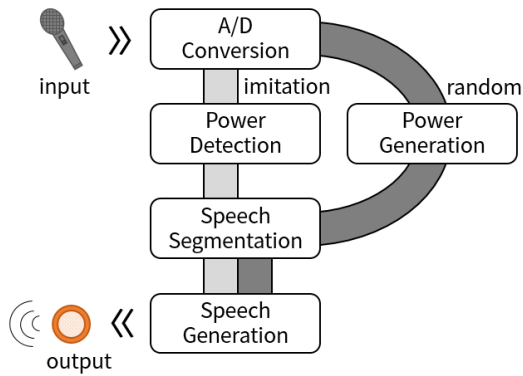


図 3: 人の発話を反響的に模倣した非分節音の生成手法

生成する非分節音の周波数成分に変換する処理を行う。このとき、複数のサイン波を組み合わせた波形を利用して周波数成分への変換を行う。最後に、変換によって生成された音声の振幅を、入力された人の音声の大きさに重ね合わせる処理を行い、人の発話を反響的に模倣した非分節音を生成する。

4 実験

4.1 実験概要

本実験の目的は、人からの語り掛けに対する〈トウフ〉の随伴的な応答が、「生き物らしさ」や「疎通性」、「社会的なつながり」などに与える影響を調査することである。

今回の実験では、後述する実験条件に従うように複数のビデオクリップを作成した。そして実験参加者に対して、これらのビデオクリップの印象について評価してもらうことで、ロボットの「生き物らしさ」や「疎通性」、「社会的なつながり」を感じさせるインタラクションはどのようなものであるかを検討することにした。

4.2 実験条件

実験条件を表 1 に示す。人からの語り掛けに対する〈トウフ〉の随伴的な応答として、音声による応答を返さないもの（無音）、ビープ音による応答を返すもの、非分節音による反響的模倣を行うものの 3 つのシンプルな応答をデザインした。さらに、〈トウフ〉の発話時間長が評価に影響を与えるのではないかと考え、先行する人の発話時間長の 20% の長さの応答を返すもの、80% の長さの応答を返すものの 2 つの条件を設定した。それぞれの条件の詳細について、以下に述べる。

表 1: 実験条件

		要因	
		人の発話時間長に対する〈トウフ〉の発話時間の割合	
		20%	80%
要因 音の種類	無音	条件 1	
	ビープ音	条件 2	条件 3
	非分節音による反響的模倣	条件 4	条件 5

4.2.1 条件 1: 無音

本条件では、〈トウフ〉は先行する人の発話に対して音声を用いた応答を行わない。しかし、人の発話に対して随伴的にうなずくような動作を行う。うなずく動作は、人の一発話が終了した 300 ミリ秒後に行い、うなずきを開始してから 500 ミリ秒でうなずく動作を完了するものとする。

4.2.2 条件 2: ビープ音 (20%),

条件 3: ビープ音 (80%)

本条件では、〈トウフ〉は先行する人の発話に対してビープ音による応答を行う。このとき〈トウフ〉が発するビープ音の長さは、条件 2 の場合、先行する人の発話時間長の 20% の長さとなり、条件 3 の場合は 80% の長さとなる。例えば、条件 2 において人が 1000 ミリ秒の発話を行った際に、〈トウフ〉は 200 ミリ秒の長さのビープ音による応答を行う。また、ビープ音と同時にうなずくような動作を行う。ビープ音は、人の一発話が終了した 300 ミリ秒後に発するものとする。

4.2.3 条件 4: 非分節音による反響的模倣 (20%),

条件 5: 非分節音による反響的模倣 (80%)

本条件では、〈トウフ〉は先行する人の発話を反響的に模倣した非分節音による応答を行う。このとき〈トウフ〉は、条件 4 の場合、先行する人の発話の先頭から 20%、条件 5 の場合は先行する人の発話の先頭から 80% を反響的に模倣した非分節音による応答を返す。例えば条件 5 において、人から〈トウフ〉に対して「こんにちは」という発話が行われた場合、〈トウフ〉は「こんにち」の部分反響的に模倣した非分節音を発する。非分節音は、人の一発話が終了した 300 ミリ秒後に発するものとする。

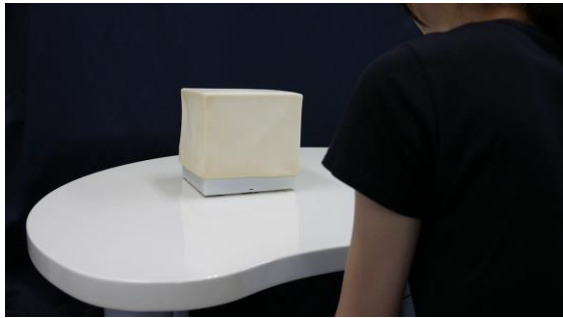


図 4: ビデオクリップの様子

表 2: 人と〈トウフ〉の会話スクリプト

人	:「あーあ、疲れた」
トウフ	:条件に従った応答
人	:「お腹空いたな」
トウフ	:条件に従った応答
人	:「今日は何食べようかな」
トウフ	:条件に従った応答
人	:「何食べる？」
トウフ	:条件に従った応答
人	:「冷奴にする？」
トウフ	:条件に従った応答
人	:「それとも湯豆腐？」
トウフ	:条件に従った応答

4.3 ビデオクリップ

4.2 節で述べた実験条件に合わせ、5 種類のビデオクリップを作成した。それぞれのビデオクリップは、それぞれ条件 1 から条件 5 の実験条件に対応しており、各ビデオクリップの再生時間はおよそ 30 秒程度となっている。

ビデオクリップの様子を図 4 に示す。全てのビデオクリップには、人と〈トウフ〉がお互いに向かい合うような配置となって映っている。それぞれのビデオクリップにおいて、人は〈トウフ〉に対して語り掛けを行う。〈トウフ〉は人からの語り掛けに対して、実験条件に従った応答を返す。人が〈トウフ〉に対して語り掛ける内容は、全てのビデオクリップで同一であり、その内容は表 2 に示す通りである。

〈トウフ〉は、それぞれのビデオクリップにおいて同一の身体的な振る舞いを行う。具体的には、人が〈トウフ〉に対して語り掛けてないときには、3600 ミリ秒の周期で左右に小さく揺れるような振る舞いをし、人が語り掛けるとすぐに人の顔を見つめるような振る舞いを行う。そして人の語り掛けが終わると、〈トウフ〉は小さくうなづくような振る舞いを行う。

4.4 質問紙

各ビデオクリップにおける、人と〈トウフ〉とのやりとりの印象について評価を行うために、表 3 に示すような質問項目を用意した。実験参加者は、全ての項目に対して 5 段階 (5:そう思う, 4:少しそう思う, 3:どちらともいえない, 2:あまりそう思わない, 1:そう思わない) で評価を行う。また動画に対して抱いた印象や感想について、自由記述による回答を任意で求めた。

表 3: アンケート項目

記号	質問内容
Q1	〈トウフ〉に生き物らしさを感じた
Q2	〈トウフ〉の振る舞いは機械的に感じた
Q3	〈トウフ〉に意思を感じた
Q4	〈トウフ〉は人の話を聞いていた
Q5	〈トウフ〉は人の話を理解していた
Q6	〈トウフ〉に親しみを感じた
Q7	〈トウフ〉と人との間につながりを感じた
Q8	〈トウフ〉と人は心が通い合っているように感じた
Q9	〈トウフ〉にかしこさを感じた
Q10	〈トウフ〉と人との会話は楽しそうだった

5 結果と考察

5.1 有効回答者数

18 歳から 44 歳の男女 16 名 (男性 11 名, 女性 5 名) から有効な回答が得られた。平均年齢は 22.1, 標準偏差は 6.1 であった。

5.2 印象評価に対する分析

人の発話に対する〈トウフ〉の応答の違いが、人と〈トウフ〉のやりとりの印象にどのような影響を与えたのかを調査するために、音の種類 (無音, ビープ音, 非分節音による反響的模倣) と音の長さ (20%, 80%) を要因とする二要因の分散分析を実施した。表 4 に各質問項目における条件ごとの平均値と標準偏差, 分散分析の結果を示す。

分散分析の結果, 全ての質問項目において音の種類を要因とする主効果が確認できた。また Q7 において音の種類と音の長さを要因とする交互作用が確認できた。Q7 を除いた全ての質問項目において Bonferroni 法による多重比較検定を, Q7 については単純主効果の検定と Bonferroni 法による多重比較検定を実施した。

表 4: 印象評価の分散分析結果

質問項目	分散分析		
	音の種類 F(2,15)	音の長さ F(1,15)	交互作用 F(2,15)
Q1. 〈トウフ〉に生き物らしさを感じた	22.77**	n.s.	n.s.
Q2. 〈トウフ〉の振る舞いは機械的に感じた	19.33**	n.s.	n.s.
Q3. 〈トウフ〉に意思を感じた	15.41**	n.s.	n.s.
Q4. 〈トウフ〉は人の話を聞いていた	10.18**	n.s.	n.s.
Q5. 〈トウフ〉は人の話を理解していた	8.78**	n.s.	n.s.
Q6. 〈トウフ〉に親しみを感じた	13.71**	n.s.	n.s.
Q7. 〈トウフ〉と人との間につながりを感じた	12.34**	n.s.	9.75**
Q8. 〈トウフ〉と人は心が通い合っているように感じた	12.92**	n.s.	n.s.
Q9. 〈トウフ〉にかしこさを感じた	7.02**	n.s.	n.s.
Q10. 〈トウフ〉と人の会話は楽しそうだった	20.34**	n.s.	n.s.

*: p<0.05, **: p<0.01

5.3 生き物らしさについて

Q1 および Q2 は 〈トウフ〉の生き物らしさや機械らしさについて尋ねる質問であった。これらの質問の多重比較結果を図 5 に示す。

図 5 より、実験参加者は非分節音による反響的模倣で応答を返す 〈トウフ〉に対して、無音やビーブ音による応答を返す 〈トウフ〉よりも生き物らしさを感じていることが分かる。非分節音は、言語的な情報が失われたものではあるが、人の発話を模倣したものであるため、プロソディのレベルでは人らしさや生き物らしさが残っていると考えられる。実験参加者は、非分節音に残る人らしさや生き物らしさを感じ取り、このような評価に繋がったのではないだろうか。

また、有意差は見られないものの、実験参加者はビーブ音により応答を返す 〈トウフ〉を機械的であると捉えていることが分かる。ミニマルなコミュニケーションにおいては、コミュニケーションの手が

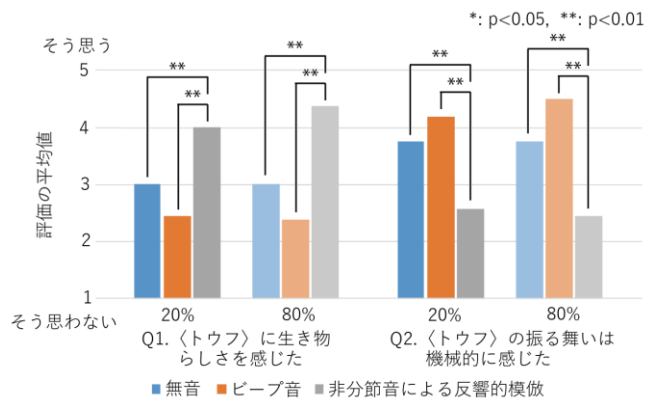


図 5: 生き物らしさに関する質問項目の多重比較

かりをそぎ落としすぎるにより、ロボットが本来持つ生き物らしさを損なわせ、機械的な印象を与えてしまう恐れがあると考えられる。

5.4 疎通性について

Q4, Q5, Q8 は、人と 〈トウフ〉の疎通性について尋ねる質問であった。この質問の多重比較結果を図 6 に示す。

図 6 より、無音やビーブ音で応答を返す 〈トウフ〉に対して、非分節音による反響的模倣で応答を返す 〈トウフ〉の疎通性に関する評価が高くなっていることが分かる。

他者の発話を繰り返して模倣する行為は、相手の振る舞いに自分の身体を重ね、自分の感じ取っていることから相手の感じ取っていることを理解しようとする「成り込む」という行為である[12]。条件 5 において、疎通性に関する質問項目の評価が高くなっているのは、実験参加者が 〈トウフ〉の相手のことを理解しようとしている姿勢を感じ取っていたためではないかと考えられる。

一方で、模倣の割合が短い条件 4 においても疎通性に関する質問項目の評価は高くなっている。この条件に関する自由記述の回答結果を見てみると、「人がしゃべっているのに対して返事をしてるように感じた」、「返事はしているが、YES/NO などの単純な返事だった」というような回答がなされており、条件 4 の非分節音は、単純な相槌や YES/NO のような簡単な返答として実験参加者から捉えられていることが分かる。このため、実験参加者は人と 〈トウフ〉のやりとりがスムーズに進んでいるように感じ、疎通性に関する評価が高くなったのではないかと考えられる。

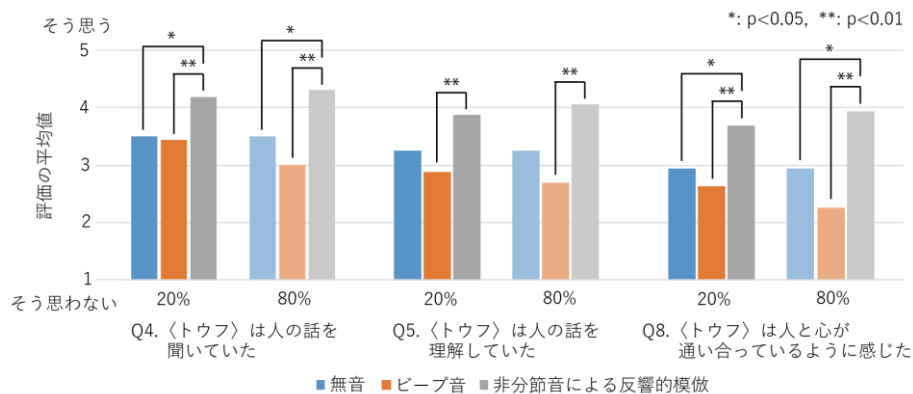


図 6: 疎通性に関する質問項目の多重比較

5.5 社会的なつながりについて

Q6 および Q7 は、人と〈トウフ〉の社会的なつながりについて尋ねる質問であった。これらの質問の多重比較結果を図 7 に示す。

図 7 のグラフより、Q7 においてビーブ音 (80%) で応答を返す〈トウフ〉よりも、ビーブ音 (20%) で応答を返す〈トウフ〉の評価が高くなっていることが分かる。また、無音やビーブ音で応答を返す〈トウフ〉に対して、非分節音による反響的模倣で応答を返す〈トウフ〉の評価が高くなっていることが分かる。

藤井ら[11]は、人の発話に随伴するロボットの発話の継続時間長が長い場合、会話の円滑さに悪影響を及ぼすという報告を行っている。ビーブ音 (80%) がビーブ音 (20%) よりも低評価となっているのは、発話時間長の長いビーブ音による応答が、やりとりの円滑さに影響を及ぼしたために、人と〈トウフ〉との間の社会的なつながりまで損なわれたと考えられる。

一方で、非分節音による反響的模倣に対する評価にはこのような傾向は見られていない。非分節音による反響的模倣は、発話の継続時間長が長いにも関わらず、やりとりの円滑さを損なわないという可能性が示唆された結果であるといえる。

6 おわりに

筆者らは、ソーシャルなロボットのミニマルデザインやその原初的なインタラクションデザインについて議論するために、トウフのような姿をした〈トウフ〉と呼ぶクリーチャの構築を進めてきた。

本発表では、この〈トウフ〉への語り掛けに対する随伴的な応答として、音声による応答を返さないもの (無音)、ビーブ音により応答を返すもの、非分

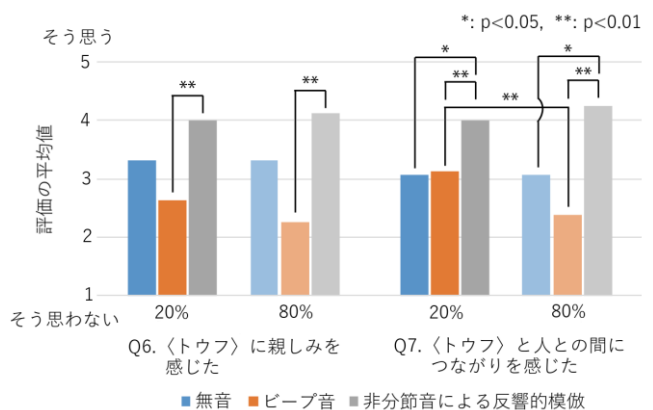


図 7: 社会的なつながりに関する質問項目の多重比較

節音による反響的模倣で応答を返すものをデザインし、どのような応答が「生き物らしさ」や「疎通性」、「社会的なつながり」などを引き出すかを主観評価実験によって調べた。

その結果、生き物らしさに関する質問項目では、無音やビーブ音による応答と比較して、非分節音による反響的模倣での応答に対する評価が高くなることが分かった。今回の実験で使用した非分節音には、プロソディのレベルでは人らしさや生き物らしさが残っていると考えられ、これが〈トウフ〉に生き物らしさを感じさせる要因になったと考えられる。

疎通性に関する質問項目でも同様に、無音やビーブ音による応答と比較して、非分節音による反響的模倣での応答に対する評価が高くなった。

さらに、社会的なつながりに関する質問項目においても同様の傾向が見られたが、発話時間長が長いビーブ音では、その評価が低くなることが分かった。これは、時間長の長いビーブ音による応答が、やりとりの円滑さに悪影響を及ぼしたために疎通性を損なった可能性がある。一方で、非分節音による反響

的模倣に対する評価にはこのような傾向は見られておらず、非分節音による反響的模倣は、発話の継続時間長が長いにも関わらず、やりとりの円滑さを損なわないという可能性が示唆された結果であるといえる。

今回の実験では、〈トウフ〉の発話時間長が評価に影響を与えるのではないかと考え、先行する人の発話時間長の 20%の長さの応答を返すもの、80%の長さの応答を返すものの 2 つの時間的な条件を設定した。しかし実験の結果、〈トウフ〉の発話時間長が評価に及ぼす影響は確認できなかった。これは、実験参加者に提示した動画の再生時間が 30 秒程度と短く、実験参加者が〈トウフ〉の応答に対して十分に適切な評価を行えなかった可能性もある。

また、今回の実験は人と〈トウフ〉のやりとりを第三者の視点からみて、評価を行ったものである。そのため、実験参加者が実際に〈トウフ〉とのインタラクションを行った場合には評価が変わる可能性も考えられる。今後は、これらの点に留意したうえで、再度実験を行いたいと考えている。

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金（基盤研究(B) 26280102）の助成を受けて行われている。ここに記して感謝申し上げたい。

参考文献

- [1] <http://paro.jp/>
- [2] 藤田雅博: エンタテインメントロボット : AIBO, 映像情報メディア学会誌, Vol. 54, No. 5, pp. 657-661 (2000)
- [3] <https://www.softbank.jp/robot/>
- [4] 岡田美智男, 松本信義, 塩瀬隆之, 藤井洋之, 李銘義, 三嶋博之: ロボットとのコミュニケーションにおけるミニマルデザイン, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 7, No. 7, pp. 189-197 (2005)
- [5] Okada M., Sakamoto S., Suzuki N.: Muu : Artificial Creatures as an Embodied Interface, *SIGGRAPH 2000*, p. 91 (2000)
- [6] Kozima H., Nakagawa C., Yasuda Y.: Children-robot interaction: a pilot study in autism therapy, *Progress in Brain Science*, Vol. 164, pp. 385-400 (2007)
- [7] 吉池佑太, 岡田美智男: ソーシャルな存在とは何か : Sociable PC に対する同型性の帰属傾向について, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 7, No. 2, pp. 189-197 (2005)
- [8] 小松孝徳, 長崎康子: ビープ音からコンピュータの

態度が推定できるのか?: 韻律情報の変動が情報発信者の態度推定に与える影響, ヒューマンインタフェース学会誌, Vol. 7, No. 1, pp. 19-25 (2005)

- [9] 小松孝徳, 山田誠二, 小林一樹, 船越孝太郎, 中野幹生: Artificial Subtle Expressions: エージェントの内部状態を直感的に伝達する手法の提案, 人工知能学会論文誌, Vol. 25, No. 6, pp. 733-741 (2010)
- [10] <http://www.pingu.jp/>
- [11] 藤井洋之, 岡田美智男: ヒトとロボットとの社会的相互行為の組織化--随伴性による発話連鎖, 情報処理学会論文誌, Vol. 46, No. 3, pp.879-887 (2005)
- [12] 岡田美智男: 社会的な相互行為とそのリアリティを支えるもの, 岡田美智男, 三嶋博之, 佐々木正人 共編: 『身体性とコンピュータ』, 共立出版 (2000)
- [13] 鈴木紀子, 竹内勇剛, 石井和夫, 岡田美智男: 非分節音による反響的な模倣とその心理的影響, 情報処理学会論文誌, Vol. 41, No. 5, pp. 1328-1338 (2000)
- [14] 鈴木紀子, 箕一彦, 竹内勇剛, 岡田美智男: 非分節音を用いた人間 : コンピュータ間の相互作用における発話速度の変化とその効果, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 5, No. 1, pp. 113-122 (2003)