

笑い場面におけるソーシャルワーカーの非言語行動スキルの対話ロボットへの実装の検討

A Study on Implementation of Nonverbal Behavioral Skills of Social Workers in Laughing Situations to Interactive Robots

森木海翔*1
MORIKI Kaito

楊潔*1
YANG Jie

菊池浩史*1
KIKUCHI Hirohumi

菊池英明*1
KIKUCHI Hideaki

*1早稲田大学
WASEDA University

本研究ではソーシャルワーカー (SW) と高齢者の対話映像を分析して、低頻度だが SW が笑い場面で上半身を大きく仰け反って笑う非言語行動による対面スキルを明らかにした。その SW の対面スキルと人間が笑う時に伴う上下振動を制御指針として対話ロボットに実装した。そして、対話ロボットの身体動作の大きさが異なる振る舞いが人に与える印象を、笑い場面の対話実験で調査した。分析を通して、身体動作が大きい方が良い印象を与えることが示唆された。

1. はじめに

現在日本は超高齢社会であり、高齢者の人口は年々上昇傾向である [1]。それに伴って高齢者の認知症有病率も年々上昇しており、2025 年には高齢者の 20%が認知症であるという推計がある [2]。そのため、認知症の予防や進行抑制が必要とされている。認知症の予防や進行抑制の方法の一つに對話コミュニケーションがある。對話を行うことで脳が活性化されるからである [3]。そのため介護施設では、介護士やボランティア、ソーシャルワーカーによる傾聴對話が行われている。しかし忙しさなどから十分な人員と時間の確保がされていない [4] [5]。そこで、高齢者の話し相手になる対話ロボットの活躍が期待されている [6]。

介護施設では介護士やソーシャルワーカーが高齢者とコミュニケーションをする際に、身振りや手振り、ボディランゲージなどの、身体動作を用いて大きく反応するような非言語的なコミュニケーションスキルが用いられている [4] [7]。それは、高齢者が音声による感情理解課題の正答率が若年者に比べて有意に低く、高齢者に対して音声だけでは意図したことが伝わりにくいために [8]、介護士やソーシャルワーカーは身体動作の非言語的なコミュニケーションスキルも用いて高齢者とのコミュニケーションを円滑にしているからと考えられる。また、人間同士の對話であれば、「大きく反応する」ことで、「話を聞いてもらえるという実感を与える」ことも明らかになっている [9]。一方、対話ロボットの振る舞いが人に与える印象の研究として、対話ロボットの発話量、相槌の頻度、相槌の種類などが人に与える印象の研究 [10] や、道案内における対話ロボットの目線や腕のジェスチャ等が人に与える印象の研究 [11] がある。以上のように、対話ロボットが人とコミュニケーションを取る上で検討が必要な身体動作の動きに着目した研究は多いが、高齢者とコミュニケーションをするうえで必要な、対話ロボットの身体動作の振る舞いの大きさが人に与える印象の研究は多くない。そこで本研究では、ソーシャルワーカーの具体的な非言語行動スキルを明らかにした上で、人間同士の對話で有効に働く大きな身体動作を伴う振る舞いを対話ロボットに実装し、対話ロボットの身体動作の大きさが異なる振る舞いが人に与える印象を調査する。

また、対話ロボットの身体動作の振る舞いのタイミングが異



図 1: SW : 通常場面



図 2: SW : 笑い場面



図 3: ロボット : 通常場面



図 4: ロボット : 笑い場面

なると、対話ロボットが人に与える印象が変わることが考えられる。実際にこれまで人間と対話ロボットや対話システムなどの機械との對話において、システムの相槌などの応答のタイミングは人間の話しやすさにとって重要であるとされており、多くの研究がされている [12][13]。そこで、本研究でも対話ロボットの身体動作の大きさが異なる振る舞いに加えて、異なるタイミングによる応答が人に与える印象も調査する。

2. ソーシャルワーカーの非言語行動スキル

ソーシャルワーカーと認知症高齢者の対話映像から、ソーシャルワーカーが笑い場面で、低頻度ではあるものの上半身を大きく仰け反って笑う非言語行動による対面スキルを用いていることがわかった (図 1~図 2)。使用した対話映像は、科研費研究課題「認知症高齢者に有効なソーシャルワーク面談のプロ

トコル開発」の研究の一環として撮影された映像である。

身体動作を用いた非言語のコミュニケーションスキルを使用して高齢者に配慮を行うことと、職歴の長さには相関があり、職歴が長いソーシャルワーカーはそのスキルを使用した配慮の意識が高い [7]。今回の映像では、10年以上の経験を持つプロのソーシャルワーカーが、笑い場面で上半身を大きく仰け反って笑う非言語行動を行っていた。以上の理由からその非言語行動をソーシャルワーカーのスキルとして見做し、対話ロボットの振る舞いとして実装を行なった。

また、今回は笑い場面においてスキルの観察が見られたため、本実験でも笑い場面を扱うこととした。

3. ロボット対話実験

3.1 目的と仮説

本実験では、対話ロボットの身体動作の大きさが異なる振る舞いが人に与える印象を調査することを目的としている。そこで、人間同士の対話において「大きく反応する」ことで相手に「話を聞いてもらえるという実感を与える」ことが、人間と対話ロボットの対話においても同様であるかを検討する。また、相槌について、人間同士の対話と人間と対話ロボットの対話の両方において、発話者が発話途中でも聞き手はオーバーラップして相槌を打つことが自然である [12][13]。そこで、人間と対話ロボットの笑い場面における笑いの動作のタイミングについても、人間による面白い話の落ちの発話途中で対話ロボットがオーバーラップして笑う動作をすることで対話相手により良い印象を与えることができると考えられる。そこで、笑う動作のタイミングによる「話を聞いてもらえるという実感を与える」効果についても検討を行う。それらを元に本実験では以下の2つを仮説とした。

1. 人間と対話ロボットの対話において、「大きく反応する」ことで相手に「話を聞いてもらえるという実感を与える」度合いが増加する。
2. 人間と対話ロボットの対話において、人間が面白い話の落ちを発話した直後に聞き手である対話ロボットがオーバーラップして笑う動作を行った場合に、相手に「話を聞いてもらえるという実感を与える」度合いが増加する。

3.2 実験概要

本実験では、Wizard of Oz 法 (以下、WOZ 法) による対話実験を行なった。被験者が対話ロボットに面白い話を共有し、その話の落ちの部分でロボットの異なる振る舞いによる印象を回答してもらった。被験者は大学 (院) 生 9 人であった。対話ロボットの振る舞いは、ソーシャルワーカーのスキルを用いて大きな反応を行う「大」条件と、それと対照する小さな反応を行う「小」条件の2種類とした。また、対話ロボットの反応のタイミングは、被験者が落ちを言った直後にオーバーラップして反応する「オーバーラップ」条件と、被験者が落ちが含まれた発話文を全て言い切った直後に反応する「非オーバーラップ」条件の2種類とした (図 5)。反応の振る舞い2種類と、反応のタイミングの2種類を組み合わせた合計 4 種類の動作による比較を行なった。被験者は全ての条件の対話実験を2回ずつ、合計 8 対話に参加した。対話実験の様子を図 6 に示す。

実験の流れは以下の通りである。

1. デモ対話と対話練習

実験者によるデモ対話を観察し、その後被験者も一度練習する。



図 5: 対話ロボットの反応タイミングの制御



図 6: 対話実験の様子

2. 対話実験

シチュエーションに従って、ロボットと対話をする。

3. 印象評価

対話が終了するたびに、「話を聞いてもらえるという実感」の度合いを回答する。「話を聞いてもらえるという実感」の度合いは、1~100 のスケールのスライダーを用いて回答を行う (図 7)。

低  高

図 7: 「話を聞いてもらえるという実感」の度合いの回答に使用したスライダー

3.3 対話ロボットの選定

対話ロボットは SHARP 株式会社の開発用ロボホン (SR-X002)[14] を使用した。開発用ロボホンでは、搭載されているモーションに加え、専用の「Motion Works for ロボホン」という Windows のアプリケーションを使用することで、使用者が意図している任意のモーションをロボットに容易にプログラムすることが可能である。また、開発用ロボホンは人間のように五体を所持しており、ソーシャルワーカーの身体動作の振る舞いを適用することができる。以上の理由から、開発用ロボホンが妥当であると判断した。

3.4 シチュエーション

本実験では、シチュエーション対話を採用し、対話ロボット主導による対話実験を行なった。シチュエーション対話とは、実験者が用意した「友人から聞いた笑ってしまうような面白い話」を被験者にあらかじめ覚えてもらい、その話をロボットにも共有する対話である。本実験で用意した面白い話の長さは 100 文字程度である。

原稿を読みながら対話を行うシナリオ対話では、被験者の当事者意識は低くなってしまいう可能性がある。また被験者が原稿

を読むことに集中してしまい、本実験で重要なロボットの身体動作を見逃す可能性があるという問題がある。それに対して、当事者意識が高い自由対話では、実験時間やロボットの反応回数などの条件を統制することが難しい。また、自由対話であると被験者自身が経験した面白い話を思い出してもらう必要があり、被験者への負担が大きい。

以上の理由から、本実験ではシチュエーションによる対話とした。シチュエーション対話であれば、実験時間や話の内容など、対照実験の印象評価に影響を与える要素をある程度統制できる。また、内容を覚えてもらうことで被験者の口調や発話速度等は被験者の普段使用しているものに近くなり、より当事者意識を持つことができると考えられる。シチュエーションは、インターネット上で面白い話としてまとめられているものから、学生でも面白いと感じるようなものを用意した [15] [16] [17] [18]。しかし、被験者ごとに面白いと感じる内容は異なることが推測される。そこで、シチュエーションを6種類用意し、被験者にその中から特に面白いと感じたものを4種類選んでもらう措置をとった。シチュエーションの一部を以下に示す。

- シチュエーションの例
友人が以前美容院に行った時に隣の席で小学生がカットしていた。美容師に「もみあげはどうしますか?」と聞かれた小学生が「とりあえず揉んどいてください」と言った。

3.5 対話ロボットの制御

3.5.1 笑いに伴う振る舞い

笑いに伴う振る舞いとして、「大」条件の振る舞いと、「小」条件の振る舞いの2つを用意した。

「大」条件である大きな反応の振る舞いは以下の二つを制御指針として実装した(図3~4)。

1. ソーシャルワーカーと認知症高齢者の対話映像から明らかになった、ソーシャルワーカーの大きく仰け反るように笑う非言語行動スキル
2. 人間は笑っている時に上下方向に震える [19]

「小」条件の小さな反応の振る舞いは、上下方向への震えを無くし、「大」条件と比較して控えめな仰け反りとした。「小」条件の動作を検討する際に、「大」条件の大きさの75%、50%、25%の割合の動作も検討したが、対話ロボットの直立二足の重心を保つことが難しく、自然性が損なわれた動作となった。そこで、「大」条件の1つ目の指針を控えめにし、2つ目の指針を採用しないことで、差をつけることとした。

ロボットの笑いに伴う発話は、両条件とも「あはは、おもしろーい!」という同じ発話を行うように統制した。

3.5.2 笑い以外の振る舞い

笑いに伴う発話以外にロボットが行う発話は以下の3つである。

1. 対話開始の合図である「こんにちは。面白い話を教えてね。」
2. 被験者が発話中に行う相槌の「うんうん」
3. 対話終了の合図である「面白い話をありがとう。また話そうね。」

対話開始の合図、そして対話終了の合図の動作は、開発用ロボホンに標準で搭載されている、「おはよう」と言いながら手

をあげる動作と、「ありがとう」と言いながらお辞儀をする動作を組み合わせて、各発話に合うように調整した。また、相槌である「うんうん」の動作についても、標準で搭載されている2回うなづく相槌動作を用いた。

また、予備実験において、相槌の「うんうん」の発話の音量が大きいため被験者の発話が止まってしまうことが何度か生じた。その問題に対処するために、予備実験にて被験者の発話を遮らない相槌の音量を確認し、調整することで対処した。

3.5.3 音声のイントネーション調整

ロボホンの発話の標準のイントネーションは、日本語母語話者である実験者が不自然に感じてしまうイントネーションとなっている。そこで、SHARP 株式会社公式で配布している KanaHighLow ツール [20] を使用して、日本語母語話者が聞いても不自然ではないようにイントネーションの調整を行った。

3.5.4 応答のタイミングの制御

応答のタイミングについて、発話内容ごとに以下に記す。

- 相槌である「うんうん」
被験者が発話をしている時に、実験者が適切だと感じたタイミングで行う。本実験はシチュエーションによる対話を行うので、被験者ごとに発話される言葉が少し異なる。そこで相槌のタイミングを統制してしまうと、対話が不自然になる可能性がある。以上の理由から、本実験では実験者が適切だと感じたタイミングで相槌を打つこととした。実験者は応答タイミングが安定するように事前に練習を繰り返し行った。
- 「あはは。おもしろーい!」の振る舞いのタイミング
被験者が落ちのある発話を行なったら、オーバーラップ条件と非オーバーラップ条件(図5)に従い、実験者が操作して応答する。
- 対話終了の合図である「面白い話をありがとう。また話そうね。」
「あはは。おもしろーい!」の発話を行なった後に、それに付随して自動的に応答するように調整した。また、「あはは。おもしろーい!」の発話と「面白い話をありがとう。また話そうね。」の間が自然になるように調整した。

4. WOZ 法による対話ロボットの操作

対話ロボットの操作は、Android アプリケーションの「ロボホンモーションコントローラー」でスマートフォンと無線で繋ぎ、スマートフォン上から行なった。スマートフォンの操作画面を図8に示す。ロボットの各発話と動作のペアを、図8にある「7f000001」などのIDで管理している。IDをタップすることで、ロボットはそのIDに登録されている発話と動作を行う。図6の実験の様子通り、実験者と被験者の間にホワイトボードを挟み、被験者から見えない位置で操作を行なった。ロボホンの操作方法は以下の通りである。

1. 被験者がシチュエーションを覚え、準備が整い次第、ID「7f000001」に登録してある対話開始の合図を行い、ロボット主導で対話を開始した。
2. 被験者が発話中に、ID「7f000002」に登録してある相槌を行なった。
3. 被験者が落ちのある発話をした後、ID「7f000002」の振る舞い「大」、または「7f000003」の振る舞い「小」を図

5のタイミングに従って操作した。振る舞いが終わった後、続けて対話終了の合図を行うようにし、対話終了の合図を行なった。

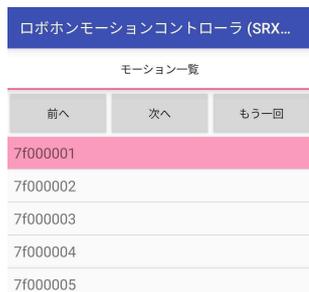


図 8: Android アプリケーションによるロボホンの操作画面

5. 結果

被験者 9 人による合計 72 データを用いて分析を行った。仮説 1 と仮説 2 を検証するために、対話ロボットの応答の振る舞い(大、小)の 2 水準と、応答タイミング(オーバーラップ、非オーバーラップ)の 2 水準を要因とし、「話を聞いてもらえるという実感」の度合いの得点を従属変数とする 2×2 の被験者内二要因分散分析を行なった。その結果、振る舞いの主効果が、1%水準で有意に見られた ($F(1,17)=22, p<.001$)。しかし、応答タイミングの主効果は見られなかった ($F(1,17)=0.24, p=.630$)。また、振る舞いと応答タイミングの交互作用の傾向が見られた ($F(1,18)=3.36, p=.084$) (表 1)。また、4 種類の各条件の、「話を聞いてもらえるという実感」の度合いの散らばりと平均点はそれぞれ図 9、図 10 のようになった。

交互作用が見られなかったため、振る舞いの「大」と「小」の 2 水準で対応のある t 検定を行なった。その結果 2 水準の間に 1%水準で有意差が見られた ($p<.001$) (表 2、図 11)。

以上から、人間と対話ロボットの対話において、「大きく反応する」ことで相手に「話を聞いてもらえるという実感を与える」度合いが増加するという仮説 1 は支持された。また、仮説 2 の笑いのタイミングについて、「話を聞いてもらえるという実感を与える」度合いには振る舞いと交互作用で有意傾向ではあるものの、主効果も含めて有意差は見られず支持されなかった。

表 1: 応答の振る舞いと応答のタイミングを要因とする被験者内二要因分散分析の結果

| S.V | SS | df | MS | F | p値 |
|-----------|----------|----|---------|-------|----------|
| 振る舞い | 6253.35 | 1 | 6253.35 | 22.00 | <.001 ** |
| タイミング | 42.01 | 1 | 42.01 | 0.24 | .630 |
| 交互作用 | 728.35 | 1 | 728.35 | 3.36 | .084 + |
| 誤差(subj) | 10690.90 | 17 | 628.88 | | |
| 総計(Total) | 29189.65 | 71 | | | |

+ $p<.01$ * $p<.05$ ** $p<.01$

6. 考察

今回の実験結果から、人間同士の対話と同様に、人間と対話ロボットとの対話においても、「大きく反応すること」で相手に対して「話を聞いてもらえるという実感を与える」ことが

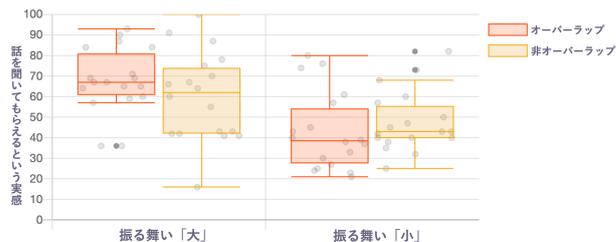


図 9: 4 条件の「話を聞いてもらえるという実感」の度合いの散らばり



図 10: 4 条件の「話を聞いてもらえるという実感」の度合いの平均

示唆された。実験後、対話ロボットに 2 種類の振る舞いがあったことに気付いていた被験者の一人から「ロボットの動作が大きいと安心する」という発言があった。一方で、実験終了後に対話ロボットの 2 種類の振る舞いについて気付いていない被験者も 3 人程度存在した。このことから、対話ロボットの大きな振る舞いに気付いていなくても、人間は対話相手の動きから対話相手に抱く印象が変わる可能性があることが示唆された。一方で、本研究では高齢者にも使いやすい対話ロボットの構築を目指しているが、今回の実験の被験者は全て大学(院)生に限定された。ソーシャルワーカーのスキルである仰け反るような大きな反応が、高齢者にも有効かどうか、今後改めて検討する必要がある。高齢者は認知機能が若者よりも低く、対話ロボットの振る舞いの差異に気付くことが難しいことが考えられる。しかし、本実験では対話ロボットの振る舞いの差異に気付かなかった人でも大きな反応が有効であったため、高齢者にも同様に有効であることが期待できる。

また、オーバーラップと非オーバーラップのタイミングの条件について、「話を聞いてもらえるという実感」の度合いに振る舞いと交互作用で有意傾向は見られたものの、主効果も含めて統計的に差があるとは言えなかった。これは、オーバーラップ条件で被験者が発話をしている途中で話を遮ってしまう音量で「あはは。おもしろーい！」という発話をしたためだと考えられる。我々は、予備実験において相槌である「うんうん」の音量は、被験者発話を遮らないように調整したものの、「あはは。おもしろーい！」という発話の音量は調整しなかった。実際に、オーバーラップ条件での対話実験中、被験者のうちの一人に、落ちを言った直後、発話を全て言い切っていないうちにロボットが遮るように反応したため、「まだ言い終わっていないのに。」という独り言を言った被験者がいた。以上から、反応の発話の音量についても、「話を聞いてもらえるという実感」に影響を与えた可能性が考えられる。相手の発話を遮らない音量に調整したうえで、オーバーラップして大きな反応をすることで、オーバーラップ条件が非オーバーラップ条件よりも「話を聞いてもらえるという実感を与える」ことができる

表 2: 振る舞い「大」、「小」の 2 水準における対応のある t 検定の結果

| 水準 | 平均値 | 標準偏差 | t値 | p値 |
|---------|-------|--------|--------|-----------|
| 振る舞い「大」 | 64.00 | 19.16 | 4.87 | < .001 ** |
| 振る舞い「小」 | 45.36 | 16.97 | | |
| | | +p<.01 | *p<.05 | **p<.01 |

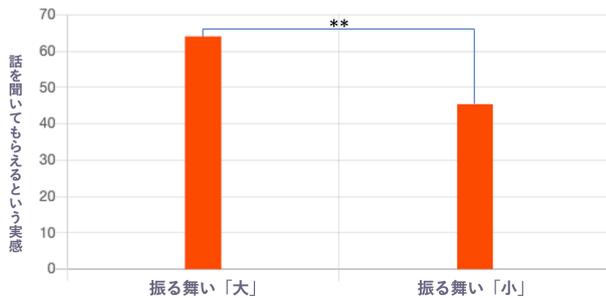


図 11: 振る舞い「大」、「小」の「話を聞いてもらえるという実感」の度合いの平均

という結論になった可能性が考えられた。

7. おわりに

本研究では、ソーシャルワーカーと高齢者の対話映像を分析して、ソーシャルワーカーが笑い場面で、低頻度ではあるものの上半身を大きく仰け反って笑う非言語行動による対面スキルを用いていることを明らかにした。そのソーシャルワーカーの対面スキルと人間が笑う時に伴う上下振動を制御指針として対話ロボットに振る舞いを実装し、対話ロボットの身体動作の大きさが異なる振る舞いが人に与える印象を、笑い場面の対話実験で調査した。分析を通して、人間同士の対話と同様に、人間と対話ロボットの対話においても身体動作が大きい方が「話を聞いてもらえるという実感を与える」ことが示唆された。

今後の課題として、対話ロボットの大きな反応の頻度についても検討をする必要がある。また、高齢者を被験者として実験を行い、高齢者に対しても有効かどうかを検証することが考えられる。今回の実験で得た知見を活用し、対話ロボットの振る舞いの自動化を目指す。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP19H01577 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 総務省統計局. 統計トピックス no.121 統計からみた我が国の高齢者. <https://www.stat.go.jp/data/topics/pdf/topics121.pdf>, 2019. (2021/01/08 閲覧).
- [2] 内閣府. 平成 29 年版高齢社会白書 (概要版). https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2017/gaiyou/pdf/1s2s_03.pdf, 2017. (2021/01/08 閲覧).
- [3] 大武美保子. 認知症予防回復支援サービスの開発と忘却の科学共想法により社会的交流の場を生成する会話支援サービス. 人工知能学会論文誌, Vol. 24, No. 6, pp. 569–576, 2009.
- [4] 大庭輝. コミュニケーションを通じた認知症のアセスメント. 高齢者のケアと行動科学, Vol. 23, pp. 2–10, 2018.
- [5] Ryuji Yamazaki, Hiroko Kase, Shuichi Nishio, and Hiroshi Ishiguro. A conversational robotic approach to dementia symptoms: Measuring its effect on older adults. In *Proceedings of the 7th International Conference on Human-Agent Interaction, HAI 2019, Kyoto, Japan, October 06-10, 2019*, pp. 110–117, 2019.
- [6] 大川弥生. 介護分野におけるコミュニケーションロボットの活用に関する大規模実証試験報告書. Technical report, Technical report, 国立研究開発法人産業技術総合研究所, 2017.
- [7] 山田紀代美, 西田公昭. 介護スタッフが認知症高齢者に用いるコミュニケーション技法の特徴とその関連要因. 日本看護研究学会雑誌, Vol. 30, No. 4, pp. 4,85–4,91, 2007.
- [8] 齊藤千晶, 中村篤. 加齢が感情音声からの感情及び言語的情報の理解に与える影響. 日本音響学会誌, Vol. 76, No. 5, pp. 262–268, 2020.
- [9] 宮澤幸希, 常世徹, 榊井祐介, 松尾智信, 菊池英明. 音声対話システムにおける継続欲求の高いインタラクションの要因. 電子情報通信学会論文誌 A, Vol. 95, No. 1, pp. 27–36, 2012.
- [10] 山本賢太, 井上昂治, 中村静, 高梨克也, 河原達也. 人間型ロボットのキャラクタ表現のための対話の振る舞い制御モデル. 人工知能学会論文誌, Vol. 33, No. 5, pp. C–I37–1, 2018.
- [11] 小野哲雄, 今井倫太, 石黒浩, 中津良平ほか. 身体表現を用いた人とロボットの共創対話. 情報処理学会論文誌, Vol. 42, No. 6, pp. 1348–1358, 2001.
- [12] 西村良太, 中川聖一ほか. 応答タイミングを考慮した音声対話システムとその評価. 研究報告音声言語情報処理 (SLP), Vol. 2009, No. 22, pp. 1–6, 2009.
- [13] 岡登洋平, 加藤佳司, 山本幹雄, 板橋秀一. 韻律情報を用いた相槌の挿入. 情報処理学会論文誌, Vol. 40, No. 2, pp. 469–478, feb 1999.
- [14] SHARP 株式会社. ロボホン. <https://robohon.com/product/robohon/sr-x002/customer.php>, 3 2018. (2021/01/08 閲覧).
- [15] 笑うメディアクリエイター. 思い出し笑いが止まらない! 学生時代の爆笑エピソード 7 選. <https://curazy.com/archives/223971>, 9 2018. (2021/01/08 閲覧).
- [16] こぐま速報. 【爆笑】オチが秀逸で面白いエピソードまとめ. <https://kogusoku.com/archives/3333>, 4 2017. (2021/01/08 閲覧).

-
- [17] ailovei. 絶対に笑える面白い話ベスト 50 選 (まとめ). <https://ailovei.com/?p=26114>, 9 2016. (2021/01/08 閲覧).
- [18] 永遠の大学生 | ゲーム・小説・バイト・おもしろ・動物のメディア. 面白い話ベスト 85 個を一挙紹介! <https://www.eternalcollegest.com/entry/omoshiroi-hanashi>, 4 2020. (2021/01/08 閲覧).
- [19] 船山智, 港隆史, 石黒浩ほか. 操作者の笑い声に基づく遠隔操作型アンドロイドの笑い動作生成. 情報処理学会論文誌, Vol. 58, No. 4, pp. 932-944, 2017.
- [20] SHARP 株式会社. ロブリックの説明ページに tips を追加しました. <https://robohon.com/apps/robrick.php#tips>, 12 2019. (2021/01/08 閲覧).