

多人数対話場面での参加者による 身体ねじりを通じた対話への参入と持続

Effects of Robots' Body Torque on Participation and Sustaining Conversations in Multi-person Conversations

高木カレブ^{1*} 坂本孝丈¹ 市川淳¹ 竹内勇剛¹

Karebu TAKAGI¹ Takafumi SAKAMOTO¹ Jun ICHIKAWA¹ Yugo TAKEUCHI¹

¹ 静岡大学

¹ Faculty of Informatics, Shizuoka University

Abstract: 人はインタラクションを行う際に、視線やジェスチャーといった身体的シグナルを通して円滑なコミュニケーションを図っている。多人数対話においても同様に、複数人の身体的シグナルを読み取ることで他者の内部状態を推定し、対話の開始、持続、終了といった自身の行動選択を行っている。本研究では、多人数対話において他者に気を遣う場面として、既にインタラクションを行っている二者の対話に、第三者が新規参加者として参加するという状況を設定する。この時、既参加者に不快感を与えないように、既参加者の身体シグナルから忌避的であるか寛容であるかを推定し、自身の振る舞いを決定する必要がある。既参加者の内部状態を推定する身体的シグナルとして、上半身と下半身の方向付けの違いによって発生する”身体ねじり (body-torque)”と呼ばれるポスターに着目する。先行研究では、身体配置とその調整によって新規参加者が対話の参加者としての地位を得る F 陣形という概念を通して説明したものは存在していたが、各参加者の内部状態を時系列レベルで説明するものは存在していない。本研究では、新規参加者が対話に参加し、著しく対話構造が変化する場合で、既参加者である二者の身体ねじりが新規参加者の振る舞いに与える影響を調査する。本稿では、フィールド実験の結果から、対話の持続時間、ターン数、参加者の振る舞い、発話内容から身体ねじりが新規参加者に与える影響を分析する。実験の結果、対話の既参加者の身体ねじりが新規参加者の振る舞いに影響を与えることが示唆された。本研究の分析は、ロボットが複数の人間とのコミュニケーション開始する場面でのインタラクションをデザインする手がかりになると期待される。キーワード 身体ねじり、多人数インタラクション、参加枠組み、対話構造

1 はじめに

人は対人インタラクションを行うときに、表情、視線、ジェスチャーなどの身体的シグナルのやり取りによって円滑なコミュニケーションを図っている [1]。対話コミュニケーションにおいても同様に、他者の発する身体的シグナルから内部状態を推定することで、対話における自己の振る舞いを決定している。例えば、多人数対話場面で話者交替が行われる際は、現話者は期待される次話者に視線を送ることで円滑な話者交替が

行われるように調整している [2]。

本研究では、多人数対話が発生する場面において、特に他者に気を遣う場面として二者の対話に新たに第三者が新規参加者として参加する場面を想定する。このとき、新規参加者は既参加者である二者の内部状態を推定しながら自身の目的を達成する必要があるが、既参加者が常に新規参加者に対して寛容であるとは限らない。例えば、新規参加によって元々の対話が中断されることで不快を感じる既参加者がいる可能性がある。さらに、対話の参加時は歓迎してくれていたが、対話が長引くにつれて徐々に内容に飽きて元の話題に戻りたいと思う既参加者もいるかもしれない。このように、

*連絡先：静岡大学情報学部情報科学科
〒432-8011 静岡県浜松市中区城北 3-5-1
E-mail: takagi.karebu.19@shizuoka.ac.jp

二者間の対話から多人数対話へと対話構造が変化する場面では、特に新規参加者は既参加者である二者に不快感を与えないように配慮をして、対話を開始するタイミングを伺いつつ、自身の振る舞いを決定する必要がある。そして、対話の目的が達成されたのであれば、相手の内部状態を推定しながら、対話の持続あるいは終了の選択を逐次行う。

これまでの多人数インタラクションの先行研究では、Kendon(1990)は、2人以上の多人数対話が行われるとき、参加者間の身体配置とその調整によって対話への参加の度合いが変化し、それによって新規参加者が発話者としての地位を得るという対話構造の変化をF陣形という概念を通して説明している [3]。しかし実際に対話の新規参加者として対話に参加する場合は、F陣形によって説明される身体配置だけでは調整することができず、既参加者の内部状態の推定とそれに応じた自身の配慮のある振る舞いを実現する必要がある。

本研究では、対話の既参加者の内部状態を推定するための身体的シグナルとして、“身体ねじり (body-torque)” と呼ばれるポスチャーに注目する。Schegloff(1998)によると、身体ねじりとは下半身を固定したまま、上半身をひねるという人間の分岐的振る舞いのことを指す。身体ねじりにおいて、身体の各部位がどの方向に向けられているかは、人がどの活動にどの程度関与しようとしているかを知る手がかりとなるとされている。安定性の高い下半身の方向付けは主要関与に関係しており、一時的な上半身の方向付けは副次的関与に関係する [4][5]。さらに、座位会話の条件下では、参加者同士の下半身の方向付けによってF陣形が構成され、参加者たちは上半身の方向を変化させることで会話に対する関与構造の変化を反映することが知られている [6]。これらのことから対話場において、身体ねじりによって発生する上半身と下半身の方向付けは、自身に対する選好といった参加者の内部状態を示す身体シグナルの1つとして有用であるといえる。

これまでに身体ねじりを含む身体的シグナルに着目した先行研究は多く存在している。人間の視線、ジェスチャー、頭部を模して制御可能であるロボットを使用することによって、円滑なインタラクションが可能であることが検証されている [7]。高柳 (2011)によると、人と人工物が非言語のみで行う多人数対話において、顔の向きと発話タイミングは発話のアドレスを示す効果があるということが示唆された [8]。矢住 (2020)によると、身体ねじりが身体的シグナルとして認知的に影響を与える可能性が示唆されている [9]。さらに、

ロボットの非明示的な身体ねじりによって、人が無意識下で立ち位置を維持したまま、身体調整を行いF陣形を再構築することが知られている [10][11]。これらのことから、人間は身体ねじりによって自身の関与の方向を表現し、F陣形に基づき身体調整を行うことが分かっている。しかし、既に発生している対話場面における人間の視線、ジェスチャーなどの身体的シグナルに注目したものはあるが、対話の開始場面に着目したものは少ない。さらに、他者の身体ねじりの変化を身体的シグナルとして認識した参加者がどのように他者の内部状態を推定し、いかにして振る舞うかは明らかになっていない。

本研究では既参加者の身体ねじりによる身体の各部位の方向付けは、多人数対話場面においても、既参加者の内部状態を表出させ、新規参加者は無意識下でそれを読み取ることで自身の行動を変化させるという仮説を立て、それに基づいてオープンラボでの実証実験を行う。特に多人数対話場面の中でも新規参加者が対話に参加する場面に着目する。実証実験では、対面でインタラクションを行う2体のロボットに対して新規参加者が参加する状況を非明示的に誘導してインタラクションを発生させる。人間はメディアイクエーションと呼ばれるコンピュータやロボットに対してなんらかのインタラクションを行うとき、社会的な反応を無意識に示す傾向を持っているため、ロボットを利用した本実験においても人間は社会的な反応を示すと考えられる [12]。

二者の既参加者の頭部方向と胴体方向によって発生する身体ねじりの組み合わせを条件とすることで、新規参加者の対話への参加前、参加後の振る舞いや対話の継続時間、ターン数に条件ごとの差が生まれることが期待される。

本研究での分析は、多人数対話場面において複数人の参加者に対して自主的に“配慮”を伴ったインタラクションを開始するロボット、あるいは第三者がより自然な形でインタラクションに参加しやすいように振る舞う社会的なロボットの実現の手がかりになる。これらの分析を通して、よりロボットが社交性を持った知的エージェントとして認知され、人とロボットが共生する社会が実現することが期待される。

2 背景

2.1 対話の参与構造

会話に参加している人は、同じ対話に属している他者の存在を意識し、自分の集団内での位置づけを確認する。これは多人数で構成される対話場においても同様であり、参加者の役割は一律ではない。例えば、ポスター発表などで発生する対話場を想定する。このポスター発表において、発表者は「話し手」として自身の発表を行う。この時、特定の誰か1人を「受け手」として語りかける。しかし、この発表の場は「話し手」と「受け手」の二者のみで行われているとは限らない。ポスター発表の場にはいるが、話し手から直接語りかけられていない者、対話場にはいないが対話場を遠くから眺めている者あるいは盗み聞きをしている者もいるかもしれない。このような多人数対話において、参加者の役割は階層構造で表現することが可能であると考えられる。

Goffman(1981)は、会話に人が参与する手続きと参与している会話で自己と他者を調整する様子を詳細に論じ、会話における参与構造の存在を指摘した [13]。さらに、多人数で構成される対話場における参加者の参与役割を、参与を承認された者と参与を承認されていない者に大別し、次の役割に分類した [2]。

- 会話への参与を承認された者 (Ratified participant)
 - － アドレスされた者 (受け手)(Addressee)
 - － 傍参加者 (Side-participant)
- 参与を承認されていない者 (Unratified participant) = 立ち聞き者 (Overhearer)
 - － 傍観者 (Bystander)
 - － 盗み聞き者 (Eavesdropper)

承認された参加者として、対話場で現在話している人物である「話し手 (Speaker)」に対して、発話を受ける人物を「受け手 (Addressee)」と、聞き手として選ばれていない「傍参加者 (Side participant)」が存在している。さらに、承認されていない参加者として、対話を外から見ている人物を「傍観者 (Bystander)」、対話を盗み聞きしている者を「盗聴者 (Eaves-dropper)」が存在している [13]。図 1 は Goffman(1981) の考えを Clark(1996) が階層構造として図式化したものである [14][15]。対話の参与役割は話者交替が起きるたびに動的に変化し、参与役割は「話し手」「聞き手」「傍参加

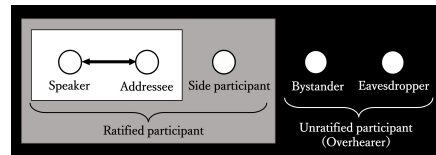


図 1: 対話の参与構造 (坊農真弓 (2004) の図を加筆, 修正)

者」の順で会話の中核を占めているという。しかし、新規参加者の対話場への「承認」は空間的あるいは身体的にどのように行われるのであろうか。

2.2 身体配置と F 陣形 (F-formation)

本節では、前節で挙げた対話への「承認」が空間的あるいは身体的に行われる手法について整理する。

Kendon(1990)によると、多人数対話が行われる際、参加者間の空間的な身体配置とその調整 (移動) によって、対話への参与の度合いが変化し、それによって新規の参加者が承認され発話者としての地位を得るといふ立位対話時の対話構造の変化を F 陣形と呼ばれる概念を通して説明している。F 陣形 (F-formation) とは二人かそれ以上の人々が面と向かうことによって、対話場を空間的に維持される相互行為レベルの行動のことである。F 陣形は対話インタラクションを理解するために重要な分析概念であり、空間を操作領域、O 空間、P 空間、R 空間に分けることで理解される。

操作領域 (transactional segment) とは、人間と人間の人間が関与しようとする対象との間に広がる空間のことを指す。人間は活動を行う際、常に自己の身体と活動の対象物との間に空間が発生する。例えば、パソコンを操作しているのであれば身体とパソコンの間の空間が活動を続けるうえで維持される空間となる。対話においても、対話の参加者との間に広がる空間が操作領域となる。多人数対話においては、参加者らの操作領域が重なり下半身の方向付けによって O 型の空間が構成される。これを O 空間と呼び、対話に承認された参加者らは自身の参与役割に関わらず、対話続ける意思がある限りこの O 空間を維持しようと身体方向の調整を行う。人間がこの O 空間を維持する働きが F 陣形を説明するうえで最も重要である。O 空間を形成する参加者の身体を配置することによって作られる外縁的な狭い輪の空間を P 空間と呼び、さらにその外側の領域を R 空間と呼ぶ。この多人数対話における身体と空間の位置関係を図 2 に示す。

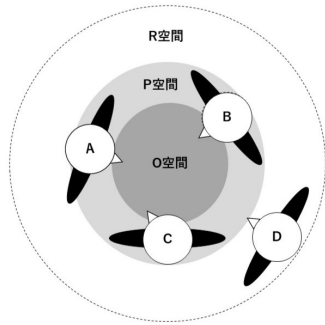


図 2: F 陣形における身体と空間



図 3: 身体ねじりと関与の方向

対話に新規参加者としての参与を試みる人物は、R 空間に留まることで既存の参加者に存在を認識されて、後に身体が P 空間に入ることによってようやく参加者として承認される。対話への参与が許されない場合、この R 空間は会話を傍観するための空間としての役割を果たす。

2.3 身体ねじり (Body torque)

身体ねじりとは、F 陣形の研究に基づいて、Schegloff(1998) が提唱したものである。下半身を固定したまま、上半身をひねるといった分岐的振る舞いのことを指し、身体の各部位 (下半身、胴体、頭部、視線) がどの方向に向けられているかは、人がどの活動にどの程度関与しているかを知る手がかりになると指摘されている [5]。図 3 に示すように、安定性の高い下半身の方向付けは主要関与 (main involvement) に関係しており、一時的な上半身の方向付けは副次的関与 (side involvement) に関係する [4][5]。

例えば、授業を受けている学生は椅子に座り基本的に黒板がある方向に身体を向いているが、近くの座席に座る友人から消しゴムを貸してほしいとお願いされるとする。この時一時的に上半身を友人の方向に向けて、消しゴムを貸すがすぐに授業に向き合う態度を示すために上半身を正面に向ける。すなわち主要関与は授業内容にあり、副次的関与は友人に消しゴムを貸すことにあると考えられる。

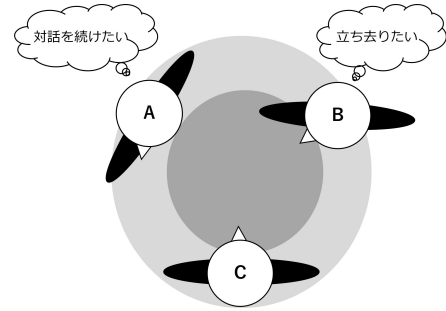


図 4: 対話場面における身体ねじりと参加者の内部状態

対話インタラクションにおいても、身体の各部位の方向付けから各参加者が対話にどれほど従事しているかが分析可能であるという仮説を立てる。図 4 を例にすると、参加者 B のように身体方向が対話場の中心から離れている場合は対話に対する関心がないため「その場から立ち去りたい」「対話を切り上げたい」という内部状態を推定することが可能である。したがって新規参加者は、相手に配慮をして対話を終わらせる行動を選択することが最適だと考えられる。一方、同様に図 4 を例にすると、参加者 A の頭部方向は対話場の中心から離れており一時的な関心は別にあるが、身体方向は対話場の中心を向いていることから対話への関心があると考えられるため「対話に引き続き参加したい」という意思が見られる。したがって新規参加者は自身の関心が続く限りは対話を継続しても相手に不快感を与えないと考えられる。

これまでに身体ねじりに着目した研究は多く行われている。矢住 (2020) によると、身体ねじりが身体的シグナルとして認知的に影響を与える可能性が示唆されている [9]。さらに、ロボットの非明示的な身体ねじりによって、人が無意識下で立ち位置を維持したまま、身体調整を行い F 陣形を再構築することが知られている [10][11]。山崎ら (2014) は科学技術館の実験により、ロボットによる身体ねじりが鑑賞者の行動に与える影響について社会的な分析を行った。その結果、ロボットが身体ねじりを行う場合にも、人が身体ねじりを行う場合と同様に、相互行為上での効果を持つことが示唆された [16]。本研究では、身体ねじりに関してまだ明らかになっていないこととして、多人数対話インタラクションにおいて、複数人の内部状態によって発生する身体ねじりが新規参加者の行動選択に与える影響を分析する。

3 実験

3.1 目的

本実験はオープンラボでイベントとして実施し、多人数対話の開始場面において既参与者の身体ねじりとそれに対する新規参与者の自然な振る舞いを調査することを目的とする。既参与者の内部状態によって表現される身体ねじりによって、新規参与者は既参与者らの内部推定を行い、そこから新規参与者の視線や身体方向といった振る舞いおよび対話の開始・持続・終了の行動選択が変化することが期待される。

条件として新規参与者が対話に参加した際の既参与者らの頭部方向と胴体方向によって発生する身体ねじりを設定する。複数の参与者に対して配慮をしなければいけない状況で、新規参与者である実験参加者の行動を観察することで条件ごとに生じる差から、人が身体ねじりによってどのように他者の内部状態を推定し、振る舞うのかを分析する。

3.2 日時

日程は2022年12月10日(土)、12月11日(日)の2日間を予備実験、12月17日(土)、12月18日(日)の2日間を本実験として計4日間にて実施した。実施時間は全日程で10:00から17:00である。

3.3 環境

3.3.1 場所

本実験では日本科学未来館の5階展示場入口前のオープンラボにてワークシートを用いたクイズイベント型の実験を実施した(図5)。

オープンラボで行う利点として、人間の自然な振る舞いを観察できることが挙げられる。本研究では人間の”配慮”を伴った話しかけを前提としているが、実験室にて行う実験ではロボットに対して話しかけること自体がタスクを行うための前提や義務となってしまう、配慮が発生しない可能性が考えられる。日本科学未来館の一般の来乗者を対象としたイベント型の実験を実施することで、年齢層やバックグラウンドに偏りのない人々の自然な振る舞いの観察が可能であり、質の高いデータの取得が期待される。

対話の既参与者として2体のロボット(CommU)をカフェカウンターに配置する。6階へ向かうエスカレー

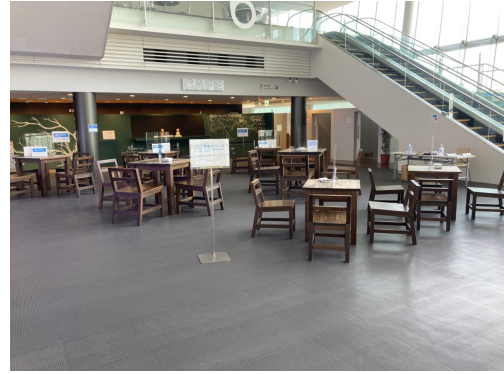


図5: 5階展示場入口前スペース

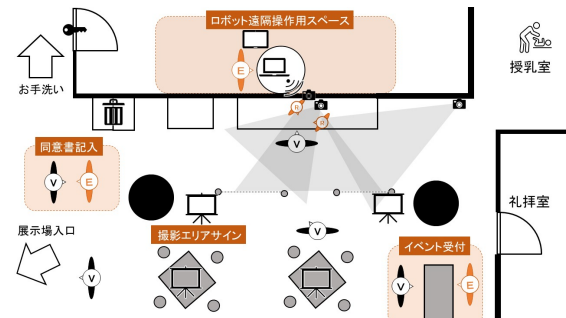


図6: 実験エリアの俯瞰図

ター横にてワークシート配布とクイズ正解のノベルティ交換を行う。実際の実験環境の俯瞰図を図6に示す。

本イベントは1名の実験者と2名の実験協力者によって実施される。Eは実施代表者と実験協力者から構成される実験者チームメンバー、Vは実験参加者、Rはロボットを表す。ロボット遠隔操作作用スペースでは、カメラと接続されたタブレットを通して実験参加者の振る舞いを観察しながら、実施代表者がロボットを操作して実験参加者との対話を行う。同意書の記入エリアでは、実験協力者が撮影範囲内に入った実験参加者に対して実験概要を説明したうえで、データ利用に関する同意書の記入をお願いする。受付では実験協力者がワークシートの配布、クイズイベントの正誤確認、景品の交換を行う(図7)。

3.3.2 機器とソフトウェア

本実験では大阪大学より貸出されているCommUパックに封入されている機器を用いる。

CommU2体はLANに有線接続され、クライアントPCはLANに無線接続をすることで2体のロボットの操作を行う。使用するHDカメラ2台は実験者の手元

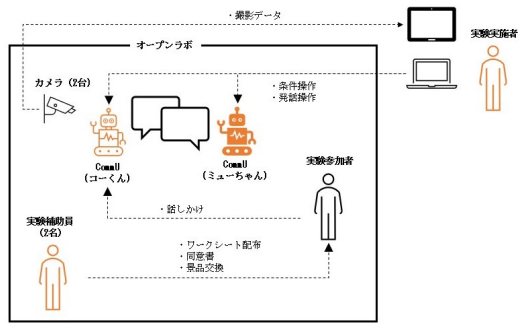


図 7: 実験の全体構造

にある HUAWEI MediaPad と無線で接続されており、アプリ「W ホームネットワークカメラ」で録画をしながらロボット近辺の往来の様子と、ロボットと対話をしている実験参加者の様子を確認することが可能である。もう 1 台のカメラはロボット操作用のクライアント PC とは異なる PC と有線接続をして、Windows カメラで撮影をしながら対話場を俯瞰で見た様子を確認をすることが可能である。

ソフトウェアは大阪大学より提供された RobotHtml-Client と呼ばれる HTML ベースのブラウザで動作するクライアントプログラムを使用して CommU を操作する。実験に使用する装置とソフトウェアを 3.3.2 と 3.3.2 に示す。

使用装置

- dynabook GX83/JLE (2 台)
- ヴィストン CommU (2 体)
- Panasonic HD カメラ KX-HDN105 (2 台)
- SANWA SUPPLY HD カメラ CMS-V43BK (1 台)
- HUAWEI MediaPad T5 AGS2-W09 (1 台)
- NEC Aterm HT100LN SW (2 台)
- BUFFALO LSW6-GT-5NS/WH (1 台)

ソフトウェア

- RobotHtmlClient
- W ホームネットワークカメラ
- Windows カメラ
- ELAN Linguistic Annotater

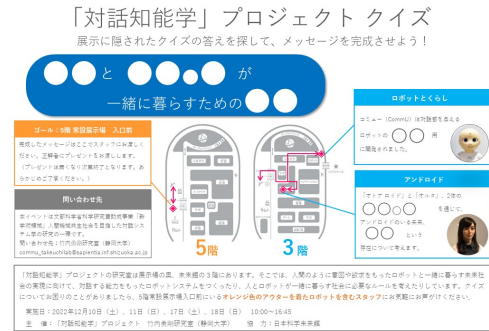


図 8: 穴埋めクイズのワークシート

3.4 課題

本実験は実証実験であることを明示せずクイズイベントとして実施し、実験参加者はイベントに参加している間に自然な形で 2 体のロボット (CommU) の対話に参加するように誘導される。

実験参加者は受付にてワークシートを受け取り、実施者によって作成された「対話知能学」に関する穴埋めクイズへの回答を進める。実験課題は、ロボットへの話しかけを義務化させることを防ぐために自力でクリアすることもできるが、誰かにヒントを聞くとよりクリアしやすくなるといった話しかけをするか否かの選択に自由度を持たせる。実験参加者はすべての問題を正しく回答し、受付に持っていくことでノベルティのカイロを受け取ることができる。実際に使用したクイズのワークシートを図 8 に示す。

2 体のロボット (CommU) はカフェカウンターに設置され、オレンジ色の服を着たロボットを「コーくん」、何も服を着ていないロボットを「ミューちゃん」と名付ける。「コーくん」は参与ロボット、「ミューちゃん」は傍参与ロボットとする。2 体の CommU は向かい合って自律的に対話をしているが、クイズイベントの参加者が否かに関わらず、実験参加者から話しかけられた際には、参与ロボットが簡単な質問の受け答えやクイズの手助けを行う。

CommU 同士の自律的な対話は内容による話しかけへの脚色を考慮し、ジェスチャーによってターンテイクキングをしながら、どうぶつ語ジェネレーター [17] によって合成された人間には理解ができない言語で対話するものとする。

実験では、参与ロボットへの話しかけを誘導するため、傍参与ロボットの名前は明示せず参与ロボットのみ「コーくん」と名付けたサインを置いて実験参加者



図 9: CommU 同士の対話の様子

が分かる形で明示する。参与ロボットは正面から顔が見える形で配置し、傍参与ロボットは実験参加者から背中が見える形で配置する（図9）。ロボットに対する話しかけの義務化や配慮のない話しかけを避けるために、ロボットが「ヒントを教える」「景品の引換場所を教える」といった役割に従事していることを明示しない。その代わりにワークシート下部に「クイズについてお困りのことがありましたら、5階常設展示場入口前にいるロボットを含むオレンジ色のアウターを着たスタッフにお気軽にお声掛けください」と記載する。

実験参加者がロボットに話しかけた際はロボットの操作を Wizard of Oz 法に切り替えて、実施代表者がカメラによって実験参加者の様子を観察しながら遠隔操作により対話を行う。ただしロボットに操作者がいることを実験参加者には教示しない。2体のロボットの頭部方向と胴体方向の組み合わせを条件として設定して、話しかけが始まるごとに決められた順番に従って条件を切り替えて実験を行う。

3.5 実験条件

条件は参与ロボットの姿勢要因、傍参与ロボットの姿勢要因の組み合わせとし、その姿勢は頭部の方向付けと胴体の方向付けによって表現される。ロボット2体の姿勢要因は次の4つである（図10）。

- 全身条件 (Whole-body) … 頭部と胴体が実験参加者に向く。
- 頭部条件 (Head) … 頭部は実験参加者、胴体はもう一方のロボットに向く
- 胴体条件 (Body) … 頭部はもう一方のロボット、胴体は実験参加者に向く。



図 10: ロボットの身体ねじり

- 無視条件 (Ignore) … 頭部と胴体が実験参加者に向く。

本実験では身体ねじりによる認知への影響を分析するため、対人距離による影響を極力なくするため、対話の既参与者と新規参与者の距離はおよそ同一になるようにロボットを配置する。対人距離は対人間における身体の距離はその対人間の関係性を表すものであり、対人距離が短くなると相手との相互に影響しあう力は大きくなる [18]。また各条件においてロボットの頭部と胴体が傾く角度は、ロボットが向かい合っている状態から実験参加者の方向に向かって約 54° 変化するものとして固定する（図11）。

ただし参与ロボットは話しかけの対応をする役割を担っているため、新規参与者から視線を外さぬように頭部が実験参加者の方を向く全身条件と頭部条件の2水準とする。参与ロボットの姿勢要因が2水準、傍参与ロボットの姿勢要因が4水準として、これらを組み合わせた8条件で実験を実施する。実験条件は事前に定められた順番で実験参加者の話しかけ毎に切り替わるように設定し、実験参加者との対話が終わるまで別の条件に切り替わることはない。実験条件は参与ロボットをA、傍参与ロボットをBとして、表1と図12に示す。

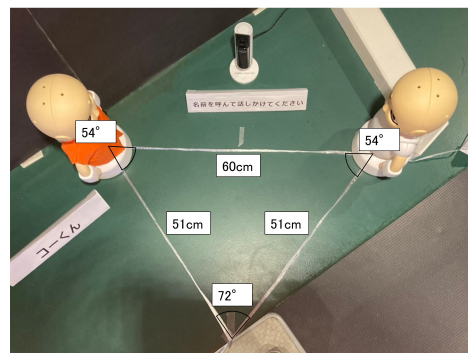


図 11: 実験環境における対人距離と角度の変化量

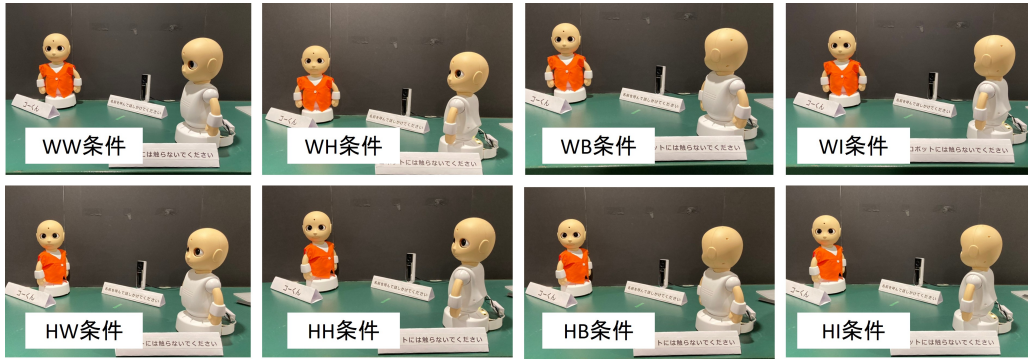


図 12: 実験条件

表 1: A と B の頭部方向と胴体方向の組み合わせ

		B			
		全身条件	頭部条件	胴体条件	無視条件
A	全身条件	WW 条件	WH 条件	WB 条件	WI 条件
	頭部条件	HW 条件	HH 条件	HB 条件	HI 条件

3.6 実験手順

実験手順を付録の図 24 に示す。2 体のロボットは実験参加者の話しかけあるいは接近があるまでは常に自律的に対話をしている。話しかけがあった場合や実験参加者がロボットに接近して対話の様子を観察する振る舞いが見られた場合は一度 2 体の頭部を実験参加者に向ける。話しかけがあった場合は受け答えをしない傍参与ロボットの存在を意識させるため、一度向き直り参与ロボットが傍参与ロボットに一言伝えた後に、再度条件の姿勢に向き直って「お待たせ、何か御用ですか」と声を掛ける。対話のターン数はここからカウントを開始する。対話は付録に示す質問リストの質問と返答の対応付けに基づいて操作者がロボットの発話を選択するが、実験参加者自身が対話の開始、継続、終了を選択する振る舞いを見るために、基本的にロボットから実験参加者に対して問いかける発話や発話を促す発話を行わない (表 2)。

4 データの記録と分析

4.1 アンケートや映像の記録方法

実験参加者とロボットのインタラクションの様子は 3 台のカメラを用いて撮影する。1 台はロボット 2 体含む対話者の参与者全員が観測可能で、対話の音声および実験参加者の視線、顔の向きからどちらのロボット

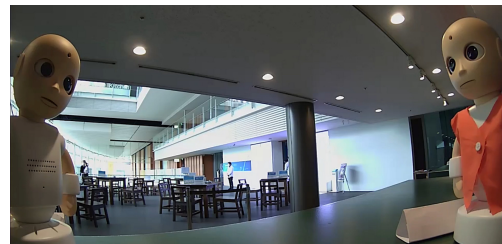


図 13: 正面からの対話映像

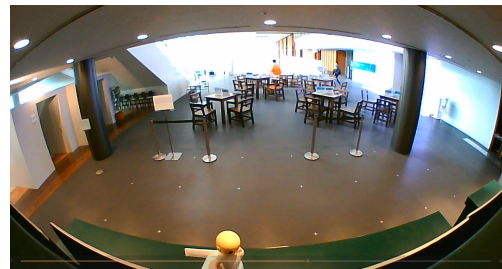


図 14: 正面からの俯瞰映像

を向いて発話しているかを観測できる位置に置く (図 13)。残りの 2 台はロボットの正面と横の高い位置に配置して、床に貼ったマーカーが映る形で実験参加者からロボットへの話しかけが行われうる範囲を俯瞰撮影し、参加者の往来、移動の軌跡といった対話への参与前と参与後の振る舞いを確認する (図 14) (図 15)。これらの撮影範囲内はポールとバミリで区切り、撮影範囲近辺には「この先、実験中につき撮影を行っています」とサインを提示する (図 16)。

実験参加者のロボットへの話しかけの有無には関わらず、撮影範囲を通過した実験参加者にラベルが貼ったノベルティを配布する。ラベルには実験説明書用 QR コード、アンケート用 QR コード、整理番号、実験実施者の連絡先を記載する (図 17)。実験の参加同意書にノベルティラベルの整理番号を記入することで、撮

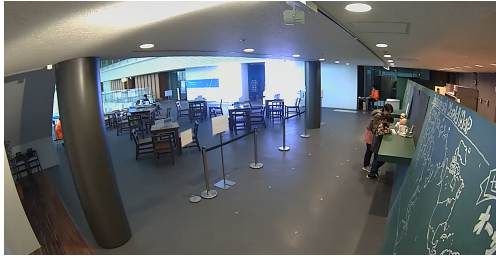


図 15: 横からの俯瞰映像



図 16: 撮影範囲のサインスタンド

影データの使用に関する同意と映像データの対応付けを行う。

4.2 データのアノテーション

取得した対話の映像データはそれぞれに対してアノテーションを行う。実験参加者に対して「男性」「女性」「男子」「女子」の4つのうちいずれかを命名し、名前が重複する場合はアルファベットを付与して区別をする。アノテーションでは、ロボットのステータス、実験参加者のステータス、ロボットの発話内容、実験参加者の発話内容（発話対象）、実験参加者の視線方向、その他の特筆すべき参加者の振る舞いを時系列的に記録する。

ロボットのステータスは自律対話姿勢/反応/条件を記録し、常にいずれか一つのステータスを持っているものとする。「自立対話姿勢」は参与ロボットと傍参与ロボットの両方が向かい合って対話をしている状態を表し、いずれの条件にも該当しない。「反応」は参加者の「話しかけ」に対して、2体のロボットが頭部を向けて「こんにちは、ちょっと待ってね」と伝えている状態を表す。「条件」は条件の姿勢に合わせて、WW/WH/WB/WI/HW/HH/HB/HIのラベルを表記する。

参加者のステータスは、映り込み/話しかけ/待機/対話/立ち去り/クイズタスク/撮影範囲外を記録し、映像

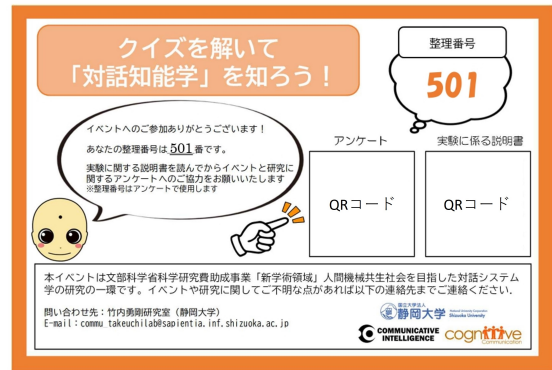


図 17: ノベルティのラベル

に映る実験参加者は常にいずれか一つのステータスを持っているものとする。「映り込み」は撮影範囲内に留まっているが対話には参加していない状態を表す。「話しかけ」は実験参加者がロボットに話しかけてからロボットが反応をするまでの状態を表す。「待機」は話しかけをした後に、ロボットが「反応」をして参与ロボットが傍参与ロボットに対して一言伝えている待ち状態のことを表す。「対話」は実験参加者自身がロボットと交互に対話をしている、あるいは同グループの他の実験参加者がロボットと対話している様子を聞いて当人もいつでもリアクションや発話ができる場にいる状態を示す。「立ち去り」は一度対話に参加していた実験参加者の全身がロボットの方を向いておらず、撮影範囲外に向かって動き出してから撮影範囲外に出るまでの状態を表す。「クイズタスク」は参与ロボットからクイズの答えやヒントを聞いて、ワークシートの穴埋めを行っている状態を表す。この状態は対話を一旦中断しているものとみなすため対話継続時間には計上しない。

発話内容はロボットの発話内容と実験参加者の発話内容をすべて記録するが、実験参加者の発話内容には必ず発話対象を明示してラベリングを行う。発話内容が聞き取れず発話対象が不明である場合は「不明」、発話対象が定まらない発話は「不特定」、ロボットの発話に対するリアクションは「リアクション」と記述し、それ以外の特定の人物、ロボットに向けられた発話は特定人物、ロボットの名前を表記する。

視線とその他の参加者の振る舞いは、実験参加者の視線と視線だけでは表現することができない「ロボットの顔を覗き込む」「ロボットに対して手を振る」「指をさす」といった振る舞いを表記する。

4.3 観察項目

データの分析指標として映像データのアノテーションから対話の持続時間とターン数、各ロボットへの発話数、参加者の発話内容（発話対象）、実験参加者の身体動作を観察し、条件ごとに共通する傾向や条件間での差を観察する。観察項目を次に示す。

- 発話開始から終了までの対話持続時間・ターン数
- 各ロボットへの発話数
- 参加者の発話内容（発話対象）
- 実験参加者の姿勢や視線、軌跡などの身体動作

4.4 仮説

人は多人数対話の既参加者であるロボットの姿勢から、既参加者らの内部状態を推定して、配慮をしたうえで対話の開始・持続・終了といった自身の振る舞いを決定するという仮説を立てる。

条件による効果は対話の持続時間とターン数、対話時の視線や姿勢、軌跡などの身体動作に変化を及ぼすことが期待される。WW 条件のように”新規参加者を受け入れている”条件は、HI 条件のように”新規参加者に対して忌避的に振る舞う”条件に比べて、持続時間が長くなるあるいはターン数が増加する傾向が表れ、両者のロボットに対して視線を配る回数が増加するという振る舞いが現れる可能性が考えられる。

それに加えて、2体のロボットの姿勢要因の組み合わせによって、話しかけの対象となる参加ロボットと話しかけの対象ではない傍参加ロボットの相互作用が現れることが期待される。新規参加者から見て2体のロボットのうち参加ロボットは用があるロボットであり、傍参加ロボットは用がないロボットになる。この2体のロボットと新規参加者の関係の差から、同様の姿勢要因であっても2体の間では同様の効果が見られない可能性が考えられる。

5 結果

本実験では対話をしているロボットの様子を見て、話しかけをせずに通過した実験参加者も1組としてカウントし、合計165組の映像データを取得することができた。そのうち研究利用の同意を得たものとロボットと対話したものをすべて計上すると取得した対話の映像データは113組である。現時点ではそのうち各条件

で3組ずつアノテーションを行い、計24組のアノテーションが完了している。

本稿ではアノテーションした24組の分析を行う。実験参加者別の対話継続時間、ロボットへの発話回数、ロボットへの合計発話時間の散布図を図18、図19、図20に示す。また、傍参加ロボットへの話しかけの有無を全8条件と特定の条件群ごとにグラフ化し、図21、図22、図23に示す。ただしXはW/H/B/Iのいずれかを表すものとする

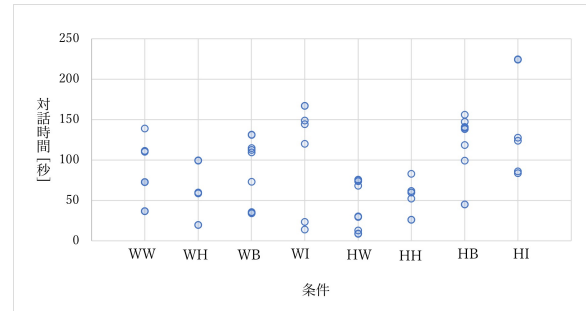


図 18: 実験参加者別の対話継続時間

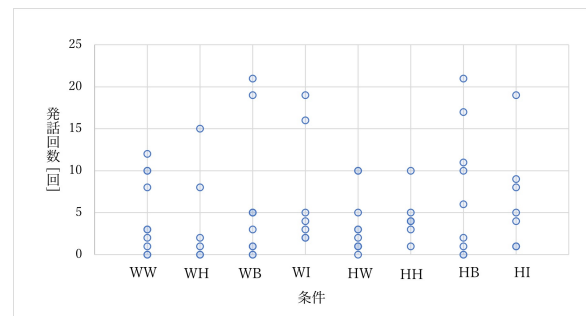


図 19: 実験参加者別のロボットへの発話回数

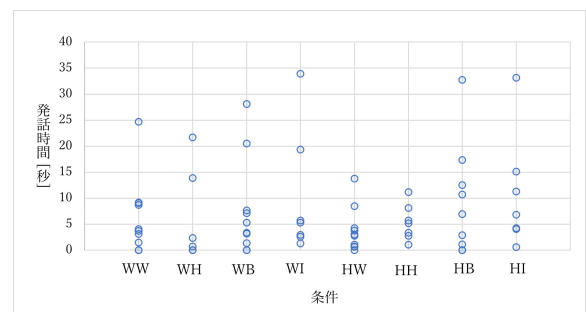


図 20: 実験参加者別のロボットへの合計発話時間

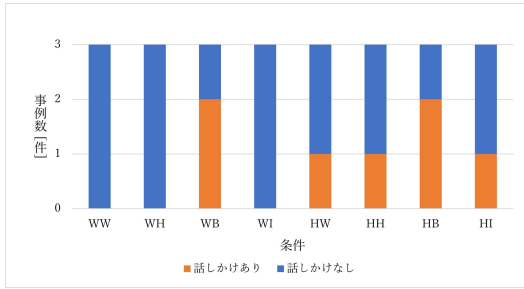


図 21: 条件ごとの傍参与ロボットへの話しかけの有無

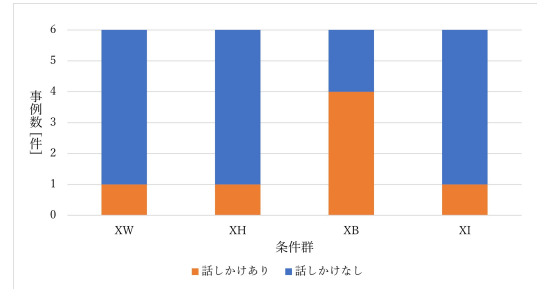


図 23: XW/XH/XB/XI 条件群での傍参与ロボットへの話しかけの有無

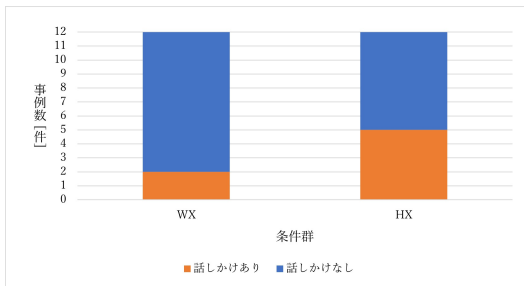


図 22: WX/HX 条件群での傍参与ロボットへの話しかけの有無

展示が常設されている日本科学未来館内であったということが理由として挙げられる。仮に実験参加者が本実験で使用された2体の CommU をロボット展示の1つとして認識したのであれば、来場者の対応を行うはずのロボットの一方が、胴体のみを向け頭部はそっぽを向いている状態に対してなんらかの違和感を抱く可能性がある。その違和感を解消して、傍参与ロボットを参与ロボットと実験参加者のインタラクションに巻き込むために話しかけを行ったと考えられる。

6 考察

本稿では掲載したデータのうち、特に傍参与ロボットへの話しかけをする組に注目して分析を行う。傍参与ロボットへの話しかけをする組は WX 条件群 12 組中 2 組、HX 条件群 12 組中 5 組と HX 条件群で比較的に多い傾向が見られた (図 22)。HX 条件での傍参与ロボットへの話しかけが比較的に多い理由は、主話者である参与ロボットの胴体方向が実験参加者の振る舞いに影響を与えた可能性が考えられる。主話者である参与ロボットの胴体の方向付けが傍参与ロボットに向いていたことから、実験参加者は傍参与ロボットを巻き込んだ対話場であると認識し、傍参与ロボットへの話しかけが発生した可能性が考えられる。

傍参与ロボットへの話しかけをする組は XW 条件群 6 組中 1 組、XH 条件群 6 組中 1 組、XB 条件群 6 組中 4 組、XI 条件群 6 組中 1 組と、XB 条件群で比較的に多い傾向が見られた (図 23) XB 条件で傍参与ロボットへの話しかけが発生した理由を 2 つ考えられる。1 つは傍参与ロボットの胴体が実験参加者の方を向いていたことから、傍参与ロボットから対話に受け入れられていると感じた、あるいは傍参与ロボットを話しかけてもよい存在 (対話の参与者) であると認識して話しかけたと考えられる。もう 1 つは実験環境がロボット

7 おわりに

現時点での分析から、多人数対話において身体性のあるエージェント (既参与者) の身体ねじりは、新規参与者の振る舞いに影響を及ぼす可能性が示唆された。

今後は引き続き映像データのアノテーションを行い、傍参与ロボットへの話しかけがあったデータの傾向がより説得力のあるものであるかを検討する。それに加えて、対話の継続時間、ロボットに対する合計発話時間、発話回数の数値的指標から、多人数インタラクションにおける既参与者である二者の姿勢が新規参与者の振る舞いにどのような影響を与えるか、統計的に条件間での差が生まれるかを分析する。

本研究での分析は、多人数対話場面において複数人の参与者に対して自主的に”配慮”を伴ったインタラクションを開始するロボット、あるいは第三者がより自然な形でインタラクションに参加しやすいように振る舞う社会的なロボットの実現の手がかりになる。これらの分析を通して、よりロボットが社交性を持った知的エージェントとして認知され、人とロボットが共生する社会が実現することが期待される。

参考文献

- [1] McNeill,D.: *Psycholinguistics: A New Approach*, Harper & Row (1987)
- [2] 高梨克也: 会話構理解のための分析単位: 参与構造, 人工知能学会誌, vol.23, No.4, pp.538-544 (2008)
- [3] Kendon,A: Conducting interaction: Patterns of behavior in focused encounters, *Cambridge University Press* (1990)
- [4] 坊農真弓: 会話構理解のための分析単位: F 陣形, 人工知能学会誌, Vol.23, No.4, pp.545-551 (2008)
- [5] Shegloff,E.A.: Body torque, *Social Research*, pp.535-596 (1998)
- [6] Goodwin,C: Time in Action, *Current Anthropology*, Vol.43, pp.S19-S35 (2002)
- [7] C.L.Sidner, C.D. Kidd, C. Lee and N. Lesh: Where to Look: A Study of Human-Robot Engagement, *Proceedings of the 9th International Conference on Intelligent User Interfaces*, pp.78-84 (2004)
- [8] 高柳侑華: 多人数音声対話場面において対話をする人工物の発話に対するアドレス判断, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J94-D, No.1, pp.33-47 (2011)
- [9] 矢住和香: 身体ねじりを伴う視線移動の社会的効果についての検討, 静岡大学総合科学研究科情報科学専攻令和 2 年度修士論文 (2020)
- [10] 川口一画, 葛岡英明, 山下淳, 鈴木雄介: ロボットによる身体ねじりが対話者の身体配置に与える影響に関する研究, 情報処理学会 インタラクシオン 2016, pp.21-28 (2016)
- [11] Kuzuoka, H., Suzuki, Y., Yamashita, J., Yamazaki, K.: Reconfiguring spatial formation arrangement by robot body orientation, *Proceedings of the 5th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, IEEE Press, pp.285-292 (2010)
- [12] Bylon Reeves Clifford Nass , 細馬宏訳: 人はなぜコンピュータを人間として扱うか「メディアの等式」の心理学, 翔泳社 (2001)
- [13] Goffman,E: *Forms of talk.*, University of Pennsylvania Press (1981)
- [14] 坊農真弓: 多人数会話における参与構造分析: インタラクシオン行動から興味対象を抽出する. *Cognitive Studies*, Vol.11, No.3, pp214-227 (2004)
- [15] Clark,H.H: *Using Language*, Cambridge, U.K., Cambridge University Press, (1996)
- [16] 山崎晶子, 荻野洋, 山崎敬一, 葛岡英明: 科学博物館における身体ひねりを用いたロボット (TalkTorque-2) と観客との相互行為の分析, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J97-D, No.1, pp.28-38 (2014)
- [17] どうぶつ語ジェネレーター, <https://animal-crossing.utakata.app/>, 2022 年 11 月 7 日.
- [18] Hall, E.T. , 日高敏隆, 佐藤信行訳: かくれた次元, みすず書房 (1970)

謝辞

本研究は, 科研費・新学術領域研究『人間機械共生社会を目指した対話知能システム学 (対話知能学)』A03 班における公募研究「対話参入時の他者への配慮を伴ったロボットの行動デザイン」(22H04862) の助成を受けたものです。ロボットをはじめとした実験機器の貸出およびインストラクション, 対話知能学ホームページへの掲載等の面でご支援をしていただきました各氏にお礼申し上げます。

本研究におけるイベントおよび実験の実施にあたって, 竹内研究室より三上永将, 山口拓巳の 2 名が実験協力者として運営に参加し, 会場設営, ノベルティの配布, 実験物品の運搬, 実験協力の同意書の配布等の面でご協力していただきました。各氏にお礼申し上げます。

また本研究におけるイベントおよび実験は日本科学未来館のオープンラボにて施設をお借りして実施されたものです。当施設で実験をするにあたって, 科学コミュニケーション室の三ツ橋知沙様には会場設営, 物品の準備, 有益なご指摘の多方面でご支援をしていただきました。その他にも来館者の誘導等の面でご協力していただいた日本科学未来館のスタッフ各氏にお礼申し上げます。

付録

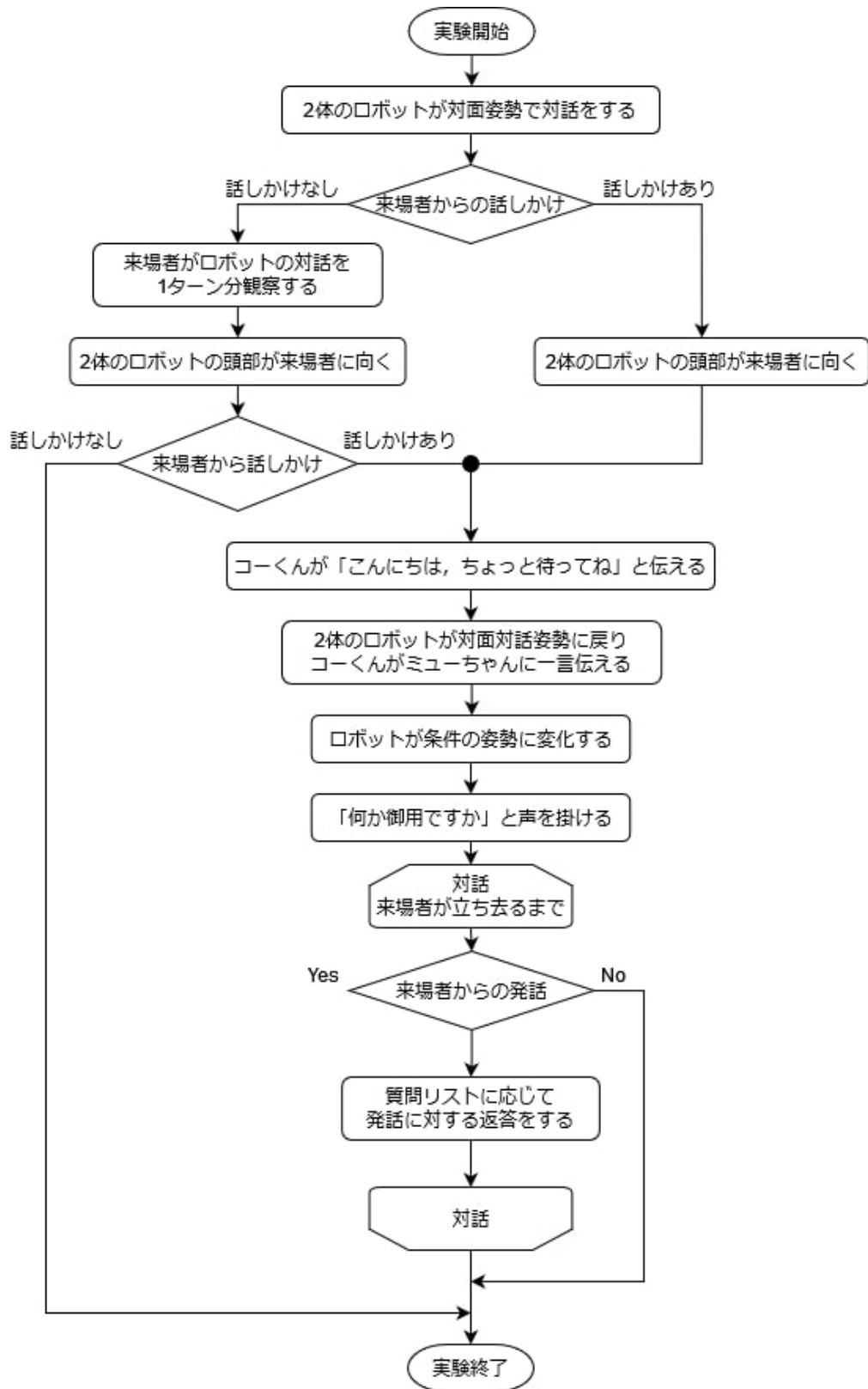


図 24: 実験の手続き

表 2: 質問リスト

あいさつと日本語以外の言語	
質問	返答
「おはよう」	「おはよう」
はじめまして	「はじめまして」
よろしく	「よろしくね」
「こんにちは」	「こんにちは」
(少し手が離せないとき)	「ちょっと待ってね」
(相手を待たせてしまったとき)	「お待たせ」
(働きかけがない場合)	「何か御用ですか」「他に何か御用ですか」
(お別れの言葉)	「さようなら」「ばいばい」「またね」「今日は来てくれてありがとう」
コーくん、ロボット語でしゃべって	(コーくんがロボット語で話す)
ミューちゃん、ロボット語でしゃべって	(ミューちゃんがロボット語で話す)
[Eng] (5秒以上働きかけがないとき)	「What's up?」「How are you?」
[Eng] 「英語で話して」「Hello」	「Hello」
[Eng] (相手を失望させたとき)	「Sorry」
[Eng] (何か英語で話されているけど理解できない)	「I am afraid I only speak a little English.」
[Eng] 「How are you?」	「I'm fine thank you.」
[Eng] 「Good bye」	「Good bye」
[Eng] (英語でほめてもらえたら)	「thank you」
[Eng] 「Nice to meet you」	「Nice to meet you, too」
基本的な質問	
質問	返答
「名前は何?」	「コーくんだよ」
「自己紹介して」	「僕の名前はコーくんだよ」「静岡から来たよ」
(ミューちゃんに関する話題が出たら)	「ミューちゃんだよ」
「この子の名前はなんているの?」	「この子の名前はミューちゃんだよ」
「どうしてミューちゃんはこっち向かないの?」	「ミューちゃんは恥ずかしがりやなんだ」
「なにしてたの?」	「ミューちゃんとおしゃべりしてたよ」
(ミューちゃんに話しかけたら)	「ごめんね、ミューちゃんはロボットの言葉じゃないとお話しできないんだ」
「好きな食べ物は何?」	「カレーライスだよ」
「嫌いな食べ物は何?」	「ピーマンだよ」
「何ができるの?」	「簡単なおしゃべりができるよ」「クイズのヒントを出すことができるよ」 「簡単な自己紹介をすることができるよ」
「好きな乗りものは?」	「新幹線だよ」
「どこから来たの?」	「静岡だよ」
「なにをするのが好き?」	「おしゃべりだよ」
「ミューちゃんと仲良し?」	「仲良しだよ」
「様子どう?」	「元気だよ」
「好きな色は何?」「好きな果物は何?」	「オレンジだよ」
「好きな動物は何?」	「キリンだよ」
「トイレはどこ?」	「トイレは左の通路にあるよ」
「ここはどこ?」	「日本科学未来館だよ」
「未来館のおすすめは何?」	「展示場3階にあるロボット展示だよ」
「シアターってどこにある?」	「この一階上の6階にあるよ」
「ヒント教えて」	「どこのヒントですか?」
「ヒント教えて」	「ヒント、あなたは人間で僕はロボット」
「ヒント教えて」	「右の3つのキーワードを真ん中の文章に当てはめると答えが完成するよ」
「CommUって何?」	「CommUは研究用に開発されたロボットだよ」
「オトナロイドとオルタって何?」	「ロボットだよ」
「ロボットと一緒に暮らす相手は?」	「人間だよ」
「どこにヒントがあるの?」	「3階展示場に行くときヒントが見つかるよ」
「景品はどこでもらえるの?」	「景品はエスカレーター横の受付でもらえるよ」
リアクション	
質問	返答
(名前を呼ばれたら)	「はい」
(共感を求められたら)	「うん」「そうだよ」「そうだね」
「○○って好き?」	「好きだよ」
(同感求められたら)	「僕もだよ」
(自慢をされたら)	「よかったね」「すごいね」
(許可を求められたら)	「いいよ」
(何かを教えてもらったら)	「そうなんだ」
(褒められたら)	「ありがとう」
「ありがとう」	「どういたしまして」
(失望されたとき、要望に応えられないとき)	「ごめんね」
「嬉しい?」と聞かれたとき	「嬉しいよ」
「楽しい?」と聞かれたとき	「楽しいよ」
(悪口や否定的な意見を言われたら)	「悲しいよ」
(少し考えればわかることを聞かれたとき)	「ちょっとまってね」
(答えられないような質問)	「わからないなあ」「しらないなあ」
(無茶ぶり、できない要望)	「それはできないよ」
(個人情報などを聞かれたら)	「ひみつだよ」「ないしょだよ」
(返答を間違えたとき)	「ごめんね、間違えた」
(聞こえなかったとき)	「聞こえなかったから、もう一度言ってね」
(よくわからない問いかけ)	「言ってることがよくわからないよ」
(未来館について分からないことを聞かれたら)	「僕にはわからないから、未来館のスタッフのかたにきいてね」
(イベントのことで分からないことがあったら)	「僕にはわからないから、オレンジ色の服を着ているスタッフさんに聞いてね」
手入力対応	
質問	返答
「今日の天気は?」	(天気を答える)
「今の時間は?」	(現在時刻を答える)
「○○ってどこに展示されてる?」	(わかる範囲で回答する)
「今日って何日?」	(当日の日付を答える)