

複数台のロボットによるゆるやかなファシリテーション Gentle and Balanced Facilitation with Multiple Robots

牧野 倫太郎^{1*} 岡藤 勇希¹ 高橋 治輝¹ 松村 耕平¹
Rintaro Makino¹ Yuki Okafuji¹ Haruki Takahashi¹ Kohei Matsumura¹

¹ 立命館大学
¹ Ritsumeikan University

Abstract: 議論の場で参加者全員が合意した意思決定を行うには、全員が積極的に発言し、多様な視点を議論に反映させることが重要である。そのため、発言機会の均等化と話しやすい環境の提供を目的として、ファシリテータが置かれることが多い。しかし、ファシリテーションが弱い場合には発言機会の偏りが生じ、逆にファシリテーションが強すぎると参加者が自由に発言しにくくなるという課題がある。本研究では、この課題を解決するため、発言機会の均等化と発言のしやすさのバランスが取れた「ゆるやかなファシリテーション」を提案する。机上を動くロボットが参加者に近づくことで、議論の流れを妨げることなく、ゆるやかに発言を促すことを目指す。本論文では、このアプローチが発言機会の均等化と話しやすさに与える影響を検証した。その結果、ロボットなし条件と比較して、ロボットの存在が発言のしやすさを損なうことなく、発話時間のばらつきを低下させる、一定の発話均等化効果が示された。

1 はじめに

議論の場において、参加者全員が合意した意思決定を行うためには、全員が積極的に発言し、多様な視点を議論に反映させることが重要である。この目的のため、会議には中立的な立場から進行を制御するファシリテータが置かれることが多い。ファシリテータの役割の一つに、状況に応じて特定の話者の発言を促し、発言機会を均等化することがある。

発言機会を均等化する最も単純な方法の一つとして、参加者ごとに発言時間を事前に設定する手法が考えられる。この手法では、全員の発言時間が均等に確保されるものの、自由なタイミングで活発な議論を行うことが制限され、かえって話しにくさを感じる可能性がある。発言機会の均等化に関する先行研究 [1] では、発話の偏りを検知し、エージェントが音声によって発話の少ない参加者に発言を促す手法が提案されている。しかし、音声による介入が適切なタイミングや内容で行われない場合、参加者がそれを無視することが示されており、発言促進の効果が十分に得られない。また、音声による介入は会話の流れを中断するおそれがある。

会話の流れを中断しないよう、共有ディスプレイを用いてグラフ形式で発話量を可視化する手法も提案されている [2]。この手法では、発話の多い参加者が発言を控える傾向が見られたが、発話の少ない参加者の発

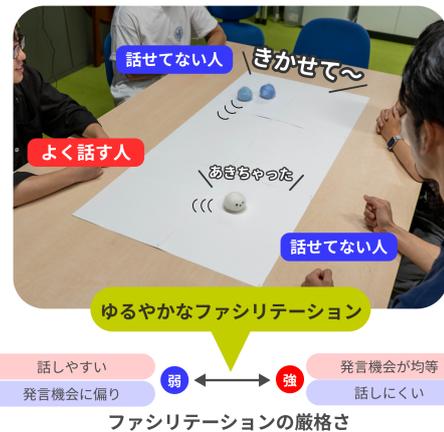


図 1: 本研究の概要

言を促進する効果は確認されていない。したがって、単に参加者への発話量の情報を提示するのみでは、発言機会の均等化を十分に達成することはできていない。

このように、発言機会の均等化と話しやすさのバランスを取ることは難しい。具体的には、ファシリテーションが弱い場合には発言機会の偏りが生じ、逆にファシリテーションが強すぎると参加者が自由に発言しにくくなるという課題がある。

そこで本研究では、発言機会の均等性と発言のしやすさのバランスが取れた「ゆるやかなファシリテーション」を目指し、複数台の小型ロボットを用いたファシ

*連絡先: 立命館大学情報理工学研究所
〒567-8570 大阪府茨木市岩倉町 2-150
E-mail: is0578ps@ed.ritsumei.ac.jp

ロボットの外見



ロボットの動作

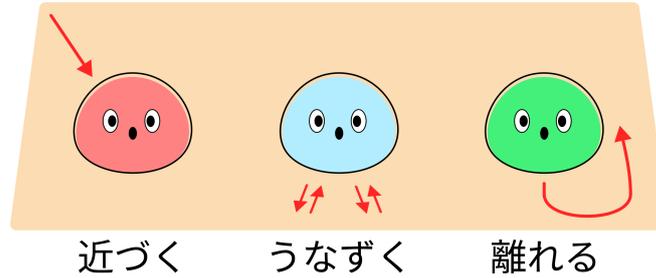


図 2: ロボットの外見と動作

リレーションシステムを提案する。

本システムでは、音声ではなく小型ロボットが特定の参加者に近づき動きで注目を集め、発言を促進する(図 1)。このアプローチにより、会話の流れを損なうことなく、自然に発言を促すことが可能になると考えられる。また、小型ロボットの台数が増えることで、より多くのロボットが集まり、注目をさらに集めることで発言機会の均等化の効果が高まる可能性がある。

2 提案手法

2.1 インタラクシオンデザイン

本研究では、机上で動く小型ロボットによって、ゆるやかなファシリテーションを実現することを目指す。想定する会話の場面は、参加者の社会的な立場が異なり、司会進行役がいるような会議ではなく、参加者が対等な立場で自由に意見を交わす場である。アイスブレイクやブレインストーミングのような、発言の順序が決まっておらず、全ての参加者に意見が求められる状況を想定する。

発言機会の均等化を図るため、ロボットはあたかも話を聞きたくて寄ってくるかのように振る舞い、参加者が自発的に発言するきっかけをつくる。これにより、周囲の視線が誘導され、自然な形で発言が促されることが期待される。この発言権の提示手法は、ボールの動きによってターンテイキングを示す手法 [3] と同様に、参加者へ動作の意図が伝わりやすいと考えた。単に発言に関する情報を提示するのではなく、ロボットが能動的に働きかけることで、より効果的な発言促進を目指す。また、ロボットの台数を増やすことで注目を集めやすくなり、発言がさらに促進される可能性がある。

話しやすさを損なわないよう、音声で「話して」と直接指示するのではなく、ロボットの動きによって発言を促す。このアプローチにより、参加者が話の流れ

を中断してまでファシリテーションに従う必要がないよう配慮する。

ロボットの動作は主に 3 種類ある(図 2)。まず、特定の参加者に「近づく」ことで注目を集め、前後に細かく動く「うなづく」動作を行い発言を促す。一定時間が経過すると「離れる」ことで次の参加者へと移動する。また、「近づく」と「離れる」の間のアイドル動作として、机の中央付近(どの参加者にも近くない位置)でゆっくり回転する動作を行う。

2.2 実装

本システムでは、過度な擬人化を避けつつ、卓上を移動できることを要件とし、SONY 社製の小型キューブロボット toio¹を採用する。ファシリテータロボットの実装方法として、人間に近い外見のロボットを用いることも考えられる [4,5]。しかし、擬人化されたロボットは、その発言や動作に対する社会的能力への期待が大きくなり、実際の挙動とのギャップが生じると、ロボットの印象が悪化することがある [6]。toio はキューブ型のロボットであり、生物らしさが低いため、そのままの外見ではロボットが「話を聞きたがっている」ことを直感的に伝えるのが難しい。そのため、3D プリンタで作成した外装を装着し、目を取り付けることでロボットの視線方向が分かりやすくなるように工夫する。このデザインにより、図 2 に示すように、適度な生物らしさを持たせることを目指す。

toio は底面の読み取りセンサを用いて、専用のプレイマット上のパターンを認識し、絶対位置を取得できる。この機能を活用し、参加者の座る位置と組み合わせることで、指定した参加者のもとへ移動するように制御する。プログラムには Python を使用し、制御用 PC から Bluetooth Low Energy 通信を介して toio を操作する。

¹toio: Sony, <https://toio.io>

3 実験

3.1 概要

2章で提案したロボットを用いて実験を実施する。実験では、ロボットの有無および台数が発言機会の均等化と話しやすさに及ぼす影響を検証し、さらに参加者の個人特性がロボットの介入に対する反応にどのような違いをもたらすかを分析することを目的とする。

会議の場において、小型ロボットが参加者に接近することで、発言機会の均等化が可能か、および、発言のしやすさに影響を与えるか、を調査する。また、ロボットの台数が発言機会の均等化に及ぼす影響についても検討する。

ロボットの介入に対する参加者の反応は個人によって異なると考えられる。例えば、ロボットの接近を「聴衆の増加」として捉え、発言意欲が高まる参加者もいれば、「発言しなければならぬ」という圧力として受け取る参加者もいる可能性がある。また、会議の場において、会話の流れを意識して発言機会を調整するファシリテータ的な役割を担う人と、自身の発言に集中する人も存在する。このような違いにより、ロボットの動きをどのように解釈し、発話行動に結びつけるかは参加者ごとに異なると考えられる。例えば、ロボットを「他者への発言を促すシグナル」として活用する人もいれば、「自身が発言するきっかけ」として利用する人もいるかもしれない。そこで、本実験では、参加者の性格特性やファシリテータとしての行動特性がロボットの介入に対する反応にどのような影響を及ぼすかについても分析する。

3.2 実験タスク

参加者は4人1組で10分間の合意形成ゲームに取り組む。具体的には、砂漠、雪山、宇宙などの特定の状況下で、生存に必要なアイテムの優先順位を決定するタスクを実施する。このタスクは、全員で合意に至る必要があるため、各参加者が平等に発言することが求められる。このタスクを用いることで、発話時間が均等かどうかを定量的に評価できると考える。なお、このタスクはロボットが会話タスクに与える影響を調査する先行研究 [7] においても用いられている。

3.3 実験条件

本実験では、ロボットの有無とその台数を変化させた3つの条件を設定する。先行研究 [8] によれば、人がロボットを集団として認識する最小数は3台であるとされている。これを踏まえ、ロボットなし、ロボッ

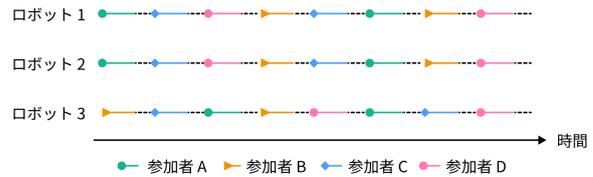


図 3: ロボット 3 台の場合の動作シナリオ例

表 1: グループごとの実験条件

| | 1回目 | 2回目 | 3回目 |
|--------|-----|-----|-----|
| グループ A | なし | 1台 | 3台 |
| グループ B | 1台 | 3台 | なし |
| グループ C | 3台 | なし | 1台 |

ト1台、ロボット3台の条件を比較し、ロボットの台数が発話行動に与える影響を分析する。

実験では、ロボットが発言を促すために、参加者の位置へと約3秒をかけて移動し、その後約30秒間うなづく動作を行うことで発言を促進する。この動作を10分間の実験時間内で発言を促す対象の参加者を逐次変更しながら20回程度実施する。

ロボットの動作パターンは参加者ごとの発話量によらず、事前に決めたシナリオに従い、各参加者に対して均等に発言を促すように制御する。これにより、特定の参加者に偏ることなく、すべての参加者のロボットに対する反応を分析する。

ロボットが3台の場合の動作シナリオを図3に示す。横軸の時間に対して、各ロボットがどの参加者に接近するかを示している。時間によっては、3台のロボットが異なる参加者の前に移動することもあれば、全てのロボットが同じ参加者の前に移動することもある。このシナリオでは、各ロボットが異なる参加者の前に移動する場合と、3台すべてが同一の参加者の前に移動する場合の両方を含む設計とした。

3.4 実験手順

実験参加者は20代の学生12名（男性10名、女性2名）である。これを4人ずつ3グループに分ける。各グループは4人で合意形成ゲームを実施する。参加者間の関係性が実験結果に影響を与えないよう、各グループにおいて2名以上が初対面となるように設定する。

実験の順序効果を考慮し、表1に示すように、各グループで異なる順番で条件を実施する。

実験は、自己紹介、実験前アンケート、実験タスク、実験後アンケート、インタビューの順に進行する。初対面の参加者が含まれるため、緊張感が発言機会の均

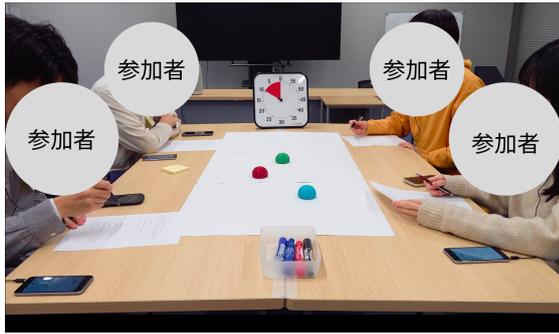


図 4: 実験環境の例

等化や話しやすさの評価に影響を与えることを避けるため、実験開始前に短時間の自己紹介の時間を設ける。

その後、参加者の性格特性を把握するために、人間の性格特性の分類法である Big Five 尺度のアンケート [9] を用いて性格特性を測定する。

次に、ロボットの動作に関する説明を行い、「このロボットはあなたの方話を聞いており、話が聞きたいと思っている方へ近づいたり離れたります。」と教示する。この説明により、参加者がロボットの動作意図の理解を助ける。なお、ロボットが近づく動作による発言の強制は行わない。

実験のメインタスクでは、参加者はまず 2~3 分間の個人作業を行い、アイテムと状況が書かれた手元の用紙から、生存に必要なアイテムの優先順位を決定する。その後、各グループは 10 分間の議論を行い、グループとしての合意形成を目指す。議論終了後には、参加者に対して条件ごとのアンケートを実施し、会議に対する印象とロボットの評価を回答させる。これを表 1 に示した順序で行う。

全ての条件終了後、実験後アンケートとして、参加者がどの程度ファシリテータとして活躍したかを主観的に評価させる。この評価から参加者のファシリテータとしての行動特性がロボットの介入に対する反応にどのような影響を及ぼすかを分析する。

さらに、各条件における評価理由を理解するために、参加者にインタビューを実施する。

3.5 実験環境

本実験の環境の例を図 4 に示す。実験は、4 名の参加者が 1 つの机を囲む形で実施する。机の大きさは、対面に 2 名ずつ着席できる程度であり、特定の座席配置のルールは設けない。ロボットの移動範囲は、A3 サイズのマット 6 枚 (約 1200mm × 600mm) を組み合わせた専用のプレイエリア内 (図中央の白い範囲) である。

実験の様子は、後の動画分析のためにカメラで録画する。発言の詳細な分析を可能にするため、各参加者

表 2: 条件ごとアンケートの質問項目

| | |
|----|--------------------------|
| Q1 | 会議において積極的に発言できたか |
| Q2 | 発言したいことがあるができなかった |
| Q3 | 発言しやすい環境だったか |
| Q4 | 発言をしなければならぬというプレッシャーを感じた |
| Q5 | 他の参加者に発言を譲る機会があったか |
| Q6 | ロボットが議論に参加していると感じた |
| Q7 | ロボットが議論の妨げになると感じた |
| Q8 | ロボットが発言をサポートしてくれている |

表 3: 実験後アンケート

あなたは会議において (以下の質問項目に続く)

1. 参加者の発話量のバランスを取った
2. 論点を整理した
3. 結論を出そうとした
4. 発話を促した / 質問をした
5. 根拠とともに賛成や反対の意見を言った
6. あいづちなどの肯定的な反応を示した

にはピンマイクを装着してもらい、個別の音声データを収集する。これにより、各参加者の発話時間や頻度を正確に記録し、発言の傾向を定量的に評価できる。

3.6 評価手法

発話時間は、実験の録画データを基に計測した。発話回数ではなく発話時間を指標とする理由は、発話回数と発話時間には相関があると考えられる一方、発話回数では同時の発話があった場合の発話交替や、発話の区切りに対しての基準が曖昧となる可能性があるためである。発話時間の計測に際しては、会話フィラー (例:「あー」「えー」) を除いた発話時間を測定する。また、複数の参加者が同時に発話した場合、発話の重なりを認め、それぞれの発話時間を独立したデータとして記録する。発話時間のばらつきを評価するため、各グループの条件ごとに発話時間の標準偏差を算出し、分析を行う。

話しやすさおよびロボットが与える影響を評価するため、実験条件ごとに、7 段階のリッカート尺度 (1-全くそう思わない, 7-非常にそう思う) を用いてアンケートを実施する。アンケート項目を表 2 に示す。Q1~Q5 は会議の印象を評価する項目であり、全条件で回答する。Q6~Q8 はロボットに対する評価であり、ロボットあり条件のみ回答する。

実験前の Big Five 尺度のアンケート [9] に加えて、実験後には、ファシリテーションスキルを測る先行研究 [10] を参考に、会議中のファシリテータとしての行

動を評価する7段階のリッカート尺度（1-全くそう思わない，7-非常にそう思う）のアンケートを実施する（表3参照）。また，各条件における評価理由を理解するために，条件ごとアンケートの評価値が条件間で異なる項目について，その理由を参加者それぞれに尋ねる。

4 結果

4.1 アンケート結果

ロボットなし，ロボット1台，ロボット3台の各条件ごとのアンケート結果の平均値を図5に示す。エラーバーは標準誤差を表す。

話しやすさに関する項目の結果を見ると，Q1およびQ3の評価値は「4-どちらでもない」を上回っていた。このことから，すべての条件において参加者は「積極的に発言することができた」ことが示され，また「発言しやすい環境であった」ことがわかる。一方で，Q2の評価値は「4-どちらでもない」よりも低かった。これにより，いずれの条件においても「発言したいことがあるにもかかわらず発言できない」という状況にはならなかったことが示される。

また，発言機会の均等化に関連する項目として，Q4およびQ5の評価値は「4-どちらでもない」を下回っていた。このことから，すべての条件において参加者全体の評価としては「発言にプレッシャーを感じておらず」，また「発言を譲る機会があるとは感じていない」とわかる。そこで，ロボットの台数によるプレッシャーや発言促進効果の違いを検討するため，Q4およびQ5において評価値が「4-どちらでもない」よりも高く，「発言にプレッシャーを感じた」または「発言を譲る機会があった」と回答した参加者に限定して分析を行った。表4にQ4およびQ5に対する肯定意見の人数を示す。Q4の結果を見ると，ロボットの数が增多につれて「発言しなければならないというプレッシャーを感じる」傾向があることがわかった。また，Q5の結果からは，ロボットの有無によって「他の参加者に発言を譲る機会がある」と感じる傾向が示された。

ロボットの印象に対する結果を詳細に分析すると，Q6およびQ8の評価値は「4-どちらでもない」よりも低く，参加者は「ロボットが議論に参加している」と感じておらず，また「ロボットが発言をサポートしている」とも認識していないことが明らかになった。加えて，Q7の評価値も「4-どちらでもない」よりも低く，ロボットが「議論の妨げになっている」とは認識されていないことが示された。

なお，分散分析の結果，いずれの質問項目においても条件間で有意な差は確認されなかった。

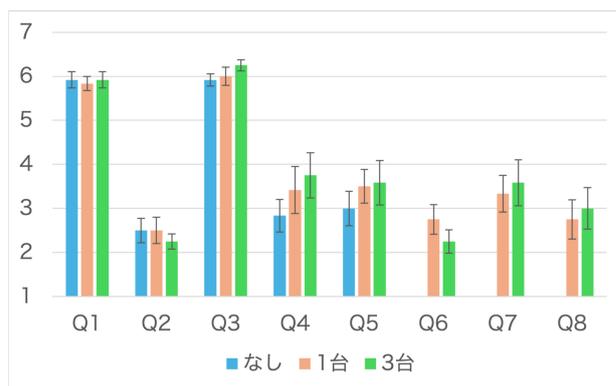


図5: 条件ごとアンケートの結果

表4: Q4, Q5 に対して評価値が5以上の人数

| 質問項目 | なし | 1台 | 3台 |
|-----------------|----|----|----|
| Q4. プレッシャーを感じるか | 1人 | 4人 | 6人 |
| Q5. 発言を譲る機会があるか | 2人 | 4人 | 4人 |

4.2 動画分析

ロボットの導入によって発言機会の均等化が促進されたかを検証するため，参加者ごとの発言時間を計測した。図6に，グループごとの発言時間を示す。図中のX印は平均値，箱中の線は中央値，ひげは最大値と最小値を示す。

図から，すべてのグループにおいて，ロボットが存在する条件（1台および3台）では，ロボットなしの条件と比較して発言時間のばらつきが小さくなる傾向が読み取れる。

発言時間のばらつきを評価するため，各グループの条件ごとに標準偏差を算出し，表5に示す。例えばグループAにおいては，ロボットなし条件では57.18だった標準偏差は，ロボット1台条件においては43.50，ロボット3台条件では32.22となっている。この傾向は他の2グループにも共通する。

この結果は，ロボットが発言機会の均等化に一定の寄与をしていることを示している。ただし，ロボットの台数が1台から3台に増加しても，さらなる均等化の効果，すなわち，ロボットの台数が増加することで注目が集まり，発言が促進されること，は確認できなかった。

実際にロボットの動作に言及されている場面では，グループAにおいて「そっち行かれた、じゃあそっち」と発言を譲る様子や，グループBにおいて，「お、来た」とロボットが来たことを発言のきっかけとする様子も観察された。

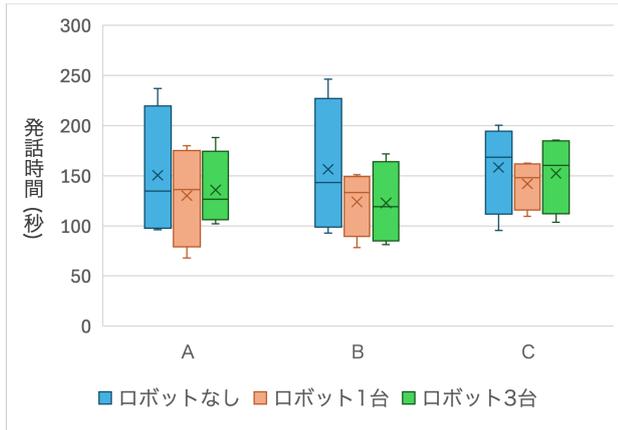


図 6: グループごとの発話時間

表 5: グループごとの発話時間の標準偏差 [s]

| | なし | 1台 | 3台 |
|--------|-------|-------|-------|
| グループ A | 57.18 | 43.50 | 32.22 |
| グループ B | 58.79 | 28.31 | 35.82 |
| グループ C | 38.98 | 21.58 | 34.03 |

4.3 性格特性とファシリテーションスキル

本実験はグループ単位でのタスクを対象としているため、Big Five 指標のうち「外向性」に着目し、議論への影響を検討した。ロボットなし条件を基準とした参加者ごとの発話時間の変化率を算出し、性格特性のうち外向性と、ファシリテーションスキルのスコアが最も高い者をファシリテータと定義し、表 6 に示す。黄色の行はロボットなし条件において最も発話時間が長かった参加者を示し、各項目の赤字は各グループ内で最も発話の減少率が高い、または外向性スコアが高い参加者を示している。

この結果から、ロボットなし条件では、発話時間が最も長い参加者の発話が、ロボットの導入によって抑制されていることが示された。また、これらの参加者はグループ内で外向性が高い、またはファシリテータとして活動していたことがわかる。

動画分析および図 6 の結果から、各グループにおいて発話時間の均等化に対する影響が異なる傾向が見られ、ロボットの活用方法にも差があることが明らかとなった。そこで、グループごとの参加者特性を分析し、特に「外向性」が議論に与える影響を検討する。表 7 には、各グループの外向性の平均値および、7 段階評価における参加者の分布 (低: 1.0~2.5, 中: 3.0~5.0, 高: 5.5~7.0) を示す。この結果から、グループ C が最も外向性が高く、グループ B が最も外向性が低いグループであると考えられる。

表 6: 発話時間の変化率と性格特性
(行頭の○はファシリテータを示す)

| | なし | 1台 | 3台 | 外向性 |
|------|-------------|--------------------|--------------------|-----|
| A1 | 1:36 | 2:40 (67%) | 1:42 (6%) | 2 |
| A2 | 3:57 | 1:52 (-53%) | 3:08 (-21%) | 4.5 |
| ○ A3 | 2:47 | 3:00 (8%) | 2:14 (-20%) | 6 |
| A4 | 1:42 | 1:08 (-33%) | 1:59 (17%) | 2.5 |
| ○ B1 | 4:06 | 2:24 (-42%) | 2:52 (-30%) | 4.5 |
| B2 | 2:49 | 2:31 (-11%) | 2:22 (-16%) | 3 |
| B3 | 1:57 | 1:18 (-33%) | 1:37 (-17%) | 3 |
| B4 | 1:33 | 2:03 (33%) | 1:21 (-12%) | 3.5 |
| C1 | 2:40 | 2:41 (0%) | 3:03 (14%) | 4.5 |
| ○ C2 | 2:57 | 2:42 (-8%) | 2:17 (-22%) | 5 |
| C3 | 3:20 | 2:16 (-32%) | 3:05 (-7%) | 7 |
| C4 | 1:35 | 1:49 (15%) | 1:44 (9%) | 4 |

表 7: グループごとの外向性

| | 平均 | 低 | 中 | 高 |
|--------|-----|----|----|----|
| グループ A | 3.8 | 2人 | 2人 | - |
| グループ B | 3.5 | - | 4人 | - |
| グループ C | 5.1 | - | 3人 | 1人 |

4.4 インタビュー結果

ロボットの影響をより詳細に把握するため、アンケートの評価理由について、特にロボットを理由として言及した参加者の回答を分析する。

Q4の発言をしなければならないというプレッシャーの理由についての質問では、4名が「3台の方がより強くプレッシャーを感じる」と回答し、1名が「ロボットの台数による差は感じない」、1名が「台数に関係なくプレッシャーを感じない」、さらに1名が「3台の方がむしろ気にならない」と回答した。ただし、残りの参加者は「ロボットの動きがあまり気にならない」と回答している。この理由としては、「相手の顔を見て話していると、テーブル上でのロボットの動きが気にならない」ということがあげられた。

Q5の発言を譲る機会があったかの理由についての質問では、1名が「自身の前に近づいたときだけ気になる」と答えた参加者がいる一方で、1名が「ロボットが向かっている人にも目が行く」と回答した参加者もいた。このことから、「自身の発話のきっかけ」としてロボットを活用するタイプと、「他者への発話を促すきっかけ」として活用するタイプの二つが存在することが示唆される。

5 考察

発言機会の均等化に与える影響として、動画分析の結果(図6)から、ロボットの導入によって発言時間のばらつきが小さくなることが確認された。しかし、ロボットの台数を増やしても、その効果が強まることはなかった。一方で、アンケートとインタビューの結果から、ロボットの存在を意識している参加者においては、3台の方が影響が大きいと感じられる傾向が見られた。この結果は、条件ごとアンケートQ6において、ロボットが議論に積極的に参加しているという感覚が低かったことと関連すると考えられる。つまり、ロボットの存在感が十分でないことが、台数の増加による効果の限定性に影響している可能性がある。

話しやすさへの影響については、条件ごとアンケートのQ1~Q3の結果から、ロボットが話しやすさに対して悪影響を与えていないことが示された。また、Q7の結果より、ロボットの存在が議論の妨げになっていないことが確認された。これは、ロボットがゆるやかなファシリテーションとして機能し、発話を促進しながら「話しやすい環境」を維持できているためと考えられる。

インタビューの結果から、多くの参加者が「ロボットの動きがあまり気にならない」と回答したことから、ロボットの存在感自体は小さいく、与える影響も小さいと考えられる。しかし、ロボットを意識している参加者にとっては、台数が多い方が気になりやすいことが分かった。特に、3台のロボットすべてが自身に近づく場合にはプレッシャーを強く感じる傾向が見られた。一方で、3台の方が1台ごとのプレッシャーが分散することで、むしろ気にならないと感じる参加者もいることが示された。

性格特性とファシリテーションスキルの結果から、ロボットなし条件では、発話時間が最も長い参加者の発話が、ロボットの導入によって抑制されていることが明らかになった。これらの参加者は、グループ内で外向性が高い、またはファシリテータとして活動していたことがわかった。また、発話量の多い参加者の発話が相対的に制限される傾向があることは、先行研究[2]と同様の結果であった。グループごとの外向性の違いに着目すると、グループCは外向性が高く、ロボットがない条件でも発話時間の標準偏差が低かった。つまり、すべての参加者が積極的に発言できる環境では、ロボットの影響は限定的でありながら、議論の活発さを妨げることもないと考えられる。一方で、外向性が低いグループAおよびグループBでは、ロボットの介入によって発言機会の均等化が促進された。このように、議論が活発な場合にロボットの行動が無視される傾向があることは、先行研究[1]の結果とも一致している。ただし、条件ごとアンケートやインタビューの結果か

ら、参加者がロボットを意図的に無視することに対して否定的な感情を抱いたりしているわけではないことが示唆された。

6 まとめ

本研究では、会議における発言機会の均等化と話しやすさの両立を目指し、小型ロボットを用いた「ゆるやかなファシリテーション」の手法を提案し、その効果を検証した。具体的には、ロボットが参加者に近づくことで発話を促すシステムを実装し、ロボットなし・1台・3台の条件で比較実験を行った。

実験の結果、ロボットが存在することで発話時間のばらつきが低下し、一定の発話均等化効果が示された。一方で、ロボットの台数を増やすことによる追加効果は明確には認められず、発話の促進に与える影響には個人差があることが示唆された。また、ロボットが議論の妨げにはならなかったものの、議論に積極的に関与しているとは認識されにくかった。これは、ロボットの社会的存在感が不足している可能性を示している。

今後の展望としては、第一に、ロボットのデザインや動作を調整し存在感を高めることで、参加者の認識により強く影響を与える設計の検討が必要である。第二に、発話量だけでなく、議論の質や発話の内容を反映するため、参加者がシステムに対してフィードバックを行える仕組みを導入することが求められる。第三に、多様な参加者の特性を考慮し、近づく動作によって発話を促進するだけでなく、参加者に応じて機能を切り替えて対応することも必要だと考える。

以上より、本研究はロボットによるゆるやかなファシリテーションの可能性を示すとともに、その設計における課題を明らかにした。今後の研究では、より効果的な介入方法を探ることで、ロボットが人間の議論を支援する新たなアプローチの確立を目指す。

参考文献

- [1] Nishimura Ryunosuke, Iharada Risa, Sugamoto Yuya, Ishii Yutaka, Mochizuki Toshio, and Egi Hironori. Discussion support agent system to promote equalization of speech among participants. *International Conference on Computers in Education*, Dec. 2023.
- [2] Joan Morris DiMicco, Anna Pandolfo, and Walter Bender. Influencing group participation with a shared display. In *Proceedings of the 2004 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work, CSCW '04*, p. 614-623, New York, NY, USA, 2004. Association for Computing Machinery.
- [3] Carolyn Fu, Kritika Dhanda, Marc Exposito Gomez, Haeyoung Kim, and Yan Zhang. Turntable: Towards more equivalent turn-taking. In *Proceedings*

of the *Eleventh International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, TEI '17, p. 609–615, New York, NY, USA, 2017. Association for Computing Machinery.

- [4] Yoichi Matsuyama, Iwao Akiba, Shinya Fujie, and Tetsunori Kobayashi. Four-participant group conversation: A facilitation robot controlling engagement density as the fourth participant. *Computer Speech and Language*, Vol. 33, No. 1, pp. 1–24, 2015.
- [5] Shogo Ikari, Yuichiro Yoshikawa, and Hiroshi Ishiguro. Multiple-robot mediated discussion system to support group discussion. In *2020 29th IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*, pp. 495–502, 2020.
- [6] Minae Kwon, Malte F. Jung, and Ross A. Knepper. Human expectations of social robots. In *2016 11th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, pp. 463–464, 2016.
- [7] Hamish Tennent, Solace Shen, and Malte Jung. Micbot: A peripheral robotic object to shape conversational dynamics and team performance. In *2019 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, pp. 133–142, 2019.
- [8] Ricarda Wullenkord and Friederike Eyssel. The influence of robot number on robot group perception —a call for action. *J. Hum.-Robot Interact.*, Vol. 9, No. 4, July 2020.
- [9] 小塩真司, 阿部晋吾, Pino Cutrone. 日本語版 ten item personality inventory (tipi-j) 作成の試み. *パーソナリティ研究*, Vol. 21, No. 1, pp. 40–52, 2012.
- [10] 木村一男. パフォーマンステストの評価尺度の開発: フェシリテーションスキルの弁別性と実施可能性. *JACET 関東支部紀要*, Vol. 9, pp. 42–62, 2022.