

# 社会階層のあるグループ討論において、ロボットが上位者の支配的影響を抑制する効果

## The Effect of Robots in Suppressing Dominant Influences from Superiors in Group Discussions with Social Hierarchies

小村和輝<sup>1,2\*</sup> 山田 誠二<sup>2,1</sup>

尾崎 公美<sup>3</sup>

Kazuki Komura<sup>1,2</sup> Kumi Ozaki<sup>3</sup> Seiji YAMADA<sup>2,1</sup>

<sup>1</sup> 総合研究大学院大学

<sup>1</sup> The Graduate University for Advanced Studies, SOKENDAI

<sup>2</sup> 国立情報学研究所

<sup>2</sup> National Institute of Informatics

<sup>3</sup> 浜松医科大学

<sup>3</sup> Hamamatsu University School of Medicine

**Abstract:** 本研究は、社会階層のある集団討論において、ロボット介入が上位者の発言独占を抑制し、発言を均等にできるか検討したものである。医師と学生 30 名を対象に、会話型ロボット SOTA を用いた実験を実施した。各グループは上位者（経験豊富な医師）1 名と下位者（学生または若手医師）2 名で構成し、医療現場の AI 導入について議論を行った。実験条件として、ロボットのアクションを行う相手を変える 3 条件を導入した。実験結果から、階層構造を理解したロボット介入は上位者の満足度を損なうことなく発言時間に影響を与える可能性が示された。また、無介入条件でのみ発言の均等性と下位者の満足度に相関が見られ、ロボット介入が発言に関するストレスを軽減した可能性が示唆された。本研究は、階層構造のある集団においてロボット介入が会話の均等化に寄与する可能性を示した点で、ヒューマンロボットインタラクション研究に新たな知見を提供するものである。

## 1 はじめに

現代社会では、小グループによるブレインストーミングなどの議論が、ますます重要な役割を果たすようになってきている [12]。グループの問題解決パフォーマンスを決定づける要因として、Woolley らの研究は、会話におけるターンテイキングのバランスが重要であることを示している。

近年、小グループでのディスカッションを支援するロボットや AI の研究が注目を集めている [9, 11, 13]。しかし、これらの研究の大半はメンバー間の社会的関係性を考慮していない。特に、グループ内の階層的關係性では、上位者の意見が強く反映される一方で、下位者は発言を控える傾向があり [5, 6]、この傾向は文化的な境界を超えて見られる現象である [2]。

本研究では、医療現場において医師を中心とした強い

階層關係が観察され、それが問題解決に悪影響を及ぼす可能性があることを考慮し [8]、会話ロボット SOTA が階層的なグループ内での議論のダイナミクスに与える影響を検討した。大学病院と大学から募集した経験豊富な医師（上位者）と、学生もしくは経験の少ない医師（下位者）、合計 30 名を対象に実験を実施。3 人 1 組のグループで、ロボットによる介入が上位者と下位者の間のコミュニケーションバランスの改善に与える影響を検証した。

## 2 関連研究

### 2.1 階層的關係性におけるグループ会話のダイナミクス

階層的關係性は、会話におけるターンテイキングや発言時間に影響を与える主要な要因として考えられている [2, 3]。Gibson らの研究では、上位者が他者の発話中でも発言権を主張する一方、下位者は発言を避ける傾向が

\*連絡先： 総合研究大学院大学/国立情報学研究所  
〒 101-8430 東京都千代田区一ツ橋 2 丁目 1 番地 2 号  
E-mail: kazukikomura@nii.ac.jp

あることが明らかになった。Biselら [1] は「Hierarchical mum effect」という、不都合な情報や望ましくない情報が下位者から上位者に伝達されにくくなる現象を指摘している。これは組織の意思決定や問題解決能力に重大な影響を及ぼす可能性がある。

## 2.2 グループに介入するロボット

Tennentら [10] の研究では、ロボットがバックチャネリングやファシリテーション行動を通じて、発言の少ないメンバーの参加を促し、グループディスカッションのパフォーマンスを向上させることが実証された。Correiaら [3] は、グループベースの感情を表現するロボットがチーム内の信頼関係を強化できることを示し、Traegerら [11] の研究では、人間型ロボットの介入がチームメンバーの心理的安全性を高め、より開かれた対話を促進する効果があることが明らかになった。これらの研究は、チーム内でのロボットの振る舞いがグループダイナミクスに影響を与えることができることを実証している。

## 3 提案手法

階層構造を持つグループ討論におけるロボットの介入効果を検証するため、本研究では2つの主要な仮説を設定した。1つ目は、ロボットが社会的階層性を考慮した行動をとることで、グループメンバーの参加レベルがより均一になるという仮説である。2つ目は、このような介入によってもグループメンバーの満足度は低下しないという仮説である [4]。これらの仮説は、上位者の専門知識や経験を活かしながら、下位者の積極的な参加を促すという課題に基づいている。

実験システムは、SOTA ロボットを中心に構築された。SOTA は身長 28 センチメートルの子ども型ロボットで、LED による感情表現、2 自由度の手のジェスチャー、胴体の回転が可能である。システムは主に2つのコンポーネントで構成されている。1つ目はマイクロフォンアレイからの入力処理システムで、テーブル中央に設置されたマイクロフォンが音声方向を検出し、発話者の位置関係を把握する。2つ目は SOTA への行動指示システムで、HTTP 通信を用いてリアルタイムで制御される。

階層構造を持つグループ討論におけるロボットの介入効果を検証するため、本研究では2つの主要な仮説を設定した。1つ目は、ロボットが社会的階層性を考慮した行動をとることで、グループメンバーの参加レベルがより均一になるという仮説である。2つ目は、このような介入によってもグループメンバーの満足度は低下しないという仮説である [4]。これらの仮説は、上位者の専門知識や経験を活かしながら、下位者の積極的な参加を促すという課題に基づいている。

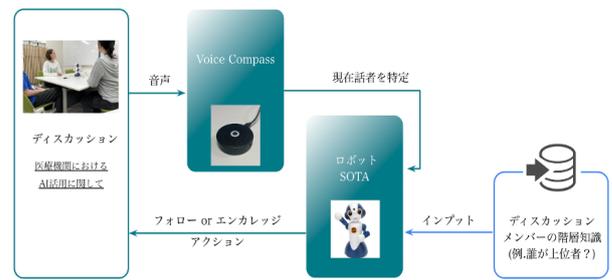


図 1: システムフロー図

実験システムは、SOTA ロボットを中心に構築された。SOTA は身長 28 センチメートルの子ども型ロボットで、LED による感情表現、2 自由度の手のジェスチャー、胴体の回転が可能である。システムは主に2つのコンポーネントで構成されている。1つ目はマイクロフォンアレイからの入力処理システムで、テーブル中央に設置されたマイクロフォンが音声方向を検出し、発話者の位置関係を把握する。2つ目は SOTA への行動指示システムで、HTTP 通信を用いてリアルタイムで制御される。ロボットには2種類の主要な行動を実装した。1つ目は発話者に対するバックチャネリング（フォローアクション）で、0.1 秒間隔での音声検出に基づき、連続する3回中2回同じ方向から音声を検出された場合に実行される。先行研究 [3] に基づき、150 ミリ秒の遅延を設けることで、より自然な反応を実現した。2つ目は発話量が最も少ない参加者への発言促進（エンカレッジアクション）で、1分ごとに該当者の方向に回転し、両手を開いて「どう思いますか？」と声をかける。

実験条件として、以下の3条件を設定した：

1. Hierarchical 条件：ロボットは社会的階層構造を理解し、上位者を意図的に無視して下位者2名に対してのみ行動する
2. General 条件：階層を考慮せず、全員に対して均等に行動する
3. No-movement 条件：動作も発話もせず、存在のみのベースライン条件

これらの条件検証のため、医療機関から経験豊富な医師 10 名（上位者）と学生または若手医師 20 名（下位者）を募集した [8]。3人1組（上位者1名、下位者2名）のグループを構成し、医療現場における AI の導入に関する課題について 10 分間の議論を実施した。評価指標として、発話時間、発話回数、グループ内での発話の公平性、そして参加者の満足度を測定した。

## 4 実験結果

まず、本実験の操作確認（マニピュレーションチェック）を実施した。上位者に対する「隣の人が目上の人だと思えますか？」という質問では全員が否定的な回答を、下位者からは全員が肯定的な回答を得た。さらに、二要因三水準の分散分析により、発話時間 ( $F(2, 27) =$

18.95,  $p < .001$ , partial  $\eta^2 = .584$ ) とターン数 ( $F(2, 27) = 10.03$ ,  $p < .001$ , partial  $\eta^2 = .426$ ) の両方で階層的役割の主効果が確認され、上位者が会話を支配する傾向が統計的に示された。発話時間に関する分析では、上位者の発話時間について、ロボットのアルゴリズム条件で有意な主効果が見られた ( $F(2, 18) = 4.49$ ,  $p = .026$ , partial  $\eta^2 = .333$ )。事後検定の結果、Hierarchical 条件と General 条件の間 ( $t(9) = 2.89$ , adj. $p = .053$ )、および Hierarchical 条件と No-Movement 条件の間 ( $t(9) = 1.90$ , adj. $p = .089$ ) で有意傾向が確認された。一方、下位者の平均発話時間では条件の有意傾向のある主効果が示された ( $F = 3.38$ ,  $p = .057$ , partial  $\eta^2 = .273$ ) が、事後検定ではいずれの条件間でも有意な差は見られなかった。ターンテイキングについては、上位者のターン数 ( $F = 6.12$ ,  $p = .019$ , partial  $\eta^2 = .344$ )、下位者の平均ターン数 ( $F = 2.25$ ,  $p = .134$ , partial  $\eta^2 = .200$ ) とともに、条件による有意な主効果は認められなかった。また、上位者の満足度についても条件間で有意な差は見られなかった ( $F(2, 18) = .340$ ,  $p = .716$ , partial  $\eta^2 = .036$ )。特筆すべき点として、発話時間とターンの均等性と満足度の相関分析では、無介入条件においてのみ、発話時間の均等性が下位者の満足度と有意な正の相関を示した ( $r = .674$ ,  $p = .032$ )。この結果は、ロボットによる介入が下位者の発言のしやすさに関するストレスを軽減した可能性を示唆している。これらの結果は、階層構造を持つグループにおいて、ロボットの介入が上位者の発話時間に影響を与えつつ、参加者の満足度を維持できる可能性を示している。特に Hierarchical 条件での効果は、社会的階層を考慮したロボットの介入の有効性を示唆するものである。

## 5 考察

本実験では、すべてのグループにおいて明確な階層関係が観察され、上位者が会話を主導する傾向が確認された。階層考慮介入条件下では、上位者の発話時間に対する影響が示唆されたが ( $F(2, 18) = 4.49$ ,  $p = .026$ , partial  $\eta^2 = .333$ )、事後検定では条件間で明確な有意差を見出すことはできなかった。一方、上位者の満足度には条件間で変化が見られず ( $F(2, 18) = .340$ ,  $p = .716$ , partial  $\eta^2 = .036$ )、ロボット介入が満足度を損なうことなくグループ内の会話に影響を与える可能性が示された。

特に興味深い発見として、発話の量的側面と質的側面で異なる結果が得られた。上位者と下位者の発言回数 (ターン数) については条件間で有意な差が見られなかった一方で、発話時間については条件による影響が確認された。この結果は [6] が指摘する階層的コミュニケーションの課題に対して、技術的なアプローチから新

たな解決の可能性を示唆している。

この知見は、Gillet ら [7] や Zhang ら [14] による先行研究とも整合性を示している。今後の課題として、より複雑な対話機能の実装や、医療分野以外での検証 [8]、異なるロボットでの検証などが挙げられる。特に、単純な発話時間の均等化だけでなく、発話に伴う心理的負担の軽減にも注目した介入設計の必要性が示された。

## 6 結論

本研究は、実社会の問題解決場面において階層構造が頻繁に観察され、そのような状況では下位者が上位者と比較して発言が少なく、発話ターンも少なくなる傾向があることに着目した。この課題に対し、ヒューマン・ロボットインタラクション (HRI) および計算機支援による協調作業 (CSCW) の分野の知見を活用し、グループ内の社会的階層関係に基づいたロボットの行動を設計した。具体的には、上位者を無視しつつ下位者に対して単純な行動を行うことで、グループ内の参加を平準化し、上位者の支配的な振る舞いを抑制するアプローチを提案し、実験によってその効果を検証した。

研究の結果、グループ内の社会的階層を考慮したロボットの行動が、会話を支配しがちな上位者の発話時間に影響を与えることが示された。しかしながら、当初の目的であった社会的階層を考慮した行動が上位者の支配的な振る舞いを効果的に抑制できるかという点については、さらなる詳細な研究が必要である。今後、ロボットはますます私たちの生活に浸透していくことが予想され、一対一のインタラクションだけでなく、グループ設定でのロボットとの関わりも増加するだろう。日常生活の多くを小グループで過ごす私たちにとって、特に問題解決場面において、グループ内の社会的関係を考慮したロボットのデザインには大きな可能性がある。そのため、社会的関係をどのように考慮し、適切な行動をとるべきかについての研究を継続することは極めて重要である。これにより、人間とロボットが混在するグループにおいて、より良い議論を促進するためのインタラクションのあり方についての理解を深めることができるだろう。

## 参考文献

- [1] R S Bisel, A S Messersmith, and others. Supervisor-subordinate communication: Hierarchical mum effect meets organizational learning. *The Journal of Business*, 2012.

- [2] P Brown and S C Levinson. Politeness: Some universals in language usage. *Cambridge university press*, Vol. 4, , 1987.
- [3] Filipa Correia, Samuel Mascarenhas, Rui Prada, Francisco S Melo, and Ana Paiva. Group-based emotions in teams of humans and robots. pp. 261–269, 2018.
- [4] Ludmila Dudasova, Martin Vaculik, Jakub Prochazka, Petra Svitavska, and Gregory Patton. Causality of the satisfaction-performance relationship: A task experiment. *European Journal of Psychological Assessment*, Vol. 19, No. 1, pp. 48–66, 2023.
- [5] M Hamit Fişek, Joseph Berger, and Robert Z Norman. Participation in heterogeneous and homogeneous groups: A theoretical integration. *American Journal of Sociology*, Vol. 97, No. 1, pp. 114–142, 1991.
- [6] David R Gibson. Taking turns and talking ties: Networks and conversational interaction. *American Journal of Sociology*, Vol. 110, No. 6, pp. 1561–1597, 2005.
- [7] Sarah Gillet, Ronald Cumbal, André Pereira, José Lopes, Olov Engwall, and Iolanda Leite. Robot gaze can mediate participation imbalance in groups with different skill levels. *Proceedings of the 2021 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction(HRI)*, 2021.
- [8] Emma Kearns, Zuneera Khurshid, Sabrina Anjara, Aoife De Brún, Brendan Rowan, and Eilish McAuliffe. P92 power dynamics in healthcare teams – a barrier to team effectiveness and patient safety: A systematic review. *BJS Open*, Vol. 5, , 2021.
- [9] Gabriel Skantze, Martin Johansson, and Jonas Beskow. Exploring turn-taking cues in multi-party human-robot discussions about objects. 2015.
- [10] Hamish Tennent, Solace Shen, and Malte Jung. Micbot: A peripheral robotic object to shape conversational dynamics and team performance. pp. 133–142, 2019.
- [11] Margaret L Traeger, Sarah Strohkorb Sebo, Malte Jung, Brian Scassellati, and Nicholas A Christakis. Vulnerable robots positively shape human conversational dynamics in a human – robot team. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 117, No. 12, pp. 6370–6375, 2020.
- [12] Donald J Treffinger, Scott G Isaksen, and K Brian Stead-Dorval. *Creative problem solving: An introduction*. Routledge, 2023.
- [13] Marynel Vázquez, Elizabeth J Carter, Braden McDorman, Jodi Forlizzi, Aaron Steinfeld, and Scott E Hudson. Towards robot autonomy in group conversations: Understanding the effects of body orientation and gaze. pp. 42–52, 2017.
- [14] Alex Wuqi Zhang, Ting-Han Lin, Xuan Zhao, and Sarah Sebo. Ice-breaking technology: Robots and computers can foster meaningful connections between strangers through in-person conversations. 2023.