

ロボットとの共同制作は価値を変えられるのか？ コラージュ共同制作に関する初期研究

岩田 実莉^{†1} 塩見 昌裕^{†2} 滝口 哲也^{†1}

概要：本研究は、社会的ロボットが芸術作品の制作過程において人間と共同制作する可能性を検討することを目的とする。本研究では、人間とロボットが共同でコラージュ作品を制作できるシステムを開発し、その有効性について初期的な評価を行った。本システムは、ロボットによる素材選択および配置といった介入機能を備えており、これらが人間の操作と統合されることで、共同的な創作プロセスを実現している。実験では、12名の参加者が4条件を体験し、完成した作品に対する価値評価およびシステムに対する主観的評価を行った。その結果、ロボットの存在や介入機能の有無によって、知覚された作品価値に有意な差は認められなかった。一方で、女性参加者はロボットとの共同制作に対して、より肯定的な評価を示す傾向が見られた。これらの結果は、創造的活動におけるロボット介入の影響を理解する重要性を示すとともに、芸術分野における人間-ロボット共同制作システムの設計指針を検討するための基礎的な知見を提供するものである。

1. 初めに

社会的ロボットは、人間の創造性を置き換える存在ではなく、それを補完する共同パートナーとして、創造的・文化的分野において注目されつつある。これまでのHRI研究では、音楽学習 [1-3]、絵画 [4-6]、アート鑑賞 [7-9]、博物館ガイド [10-12] といった芸術活動において、ロボットの関与が参加者のエンゲージメントを高めたり、新たなインタラクションを生み出したりすることが示されてきた。芸術は、創造性を促進し、包摂的な関与を支援するという点において、社会的関与が期待される分野でもある。

芸術的なアプローチの中でも、コラージュ制作は人間-ロボット共同制作の研究に特に適している。コラージュは、探索、意思決定、共有された意味生成を促すことの出来る、開放的かつ柔軟性の高い創作活動であり [13]、創造性研究においても頻繁に用いられてきた [14,15]。たとえば、コラージュ制作中にロボットが人間と共同制作することで、予期しない素材の導入や意思決定に対する外部からのアイデアの投げかけなど、創作プロセスに独自の影響を与える可能性がある。このような共同制作は、参加意欲を高め、新たな視点を喚起するとともに、芸術表現への遊び心あるアクセスしやすい入り口を提供し得る。しかしながら、HRI分野においてコラージュ制作は、いまだ十分に検討されていない。既存の芸術支援ロボットの多くは、描画や楽器練習、会話型鑑賞といった構造化されたタスクに焦点を当てている。一方で、素材選択、構成、身体的操作といったコラージュ特有の多段階的な創造プロセスに、ロボットがどのように参加し、意味のある影響を与え得るのかについては、ほとんど明らかになっていない [16]。そのため、ロボットのような人工的存在と共同して制作された作品の価値

が、どのように捉えられるのかは依然として不明である。

以上を踏まえ、本研究では、人間とロボットが共同して作品を制作するコラージュ共同制作ロボットシステムを開発した (図1)。本システムでは、人間とロボットの双方が素材を選択することで共同作者性を実現し、ロボットの振る舞いが共同的創作体験にどのような影響を与えるかを検討している。さらに、本研究では、開発したシステムに対する嗜好および完成作品の価値評価について、予備的な主観的評価を実施した。本研究は、ロボットによる創造性支援研究の発展に貢献するとともに、コラージュにおける人間-ロボット共同制作の可能性に関する基礎的な知見を提供するものである。



図1: コラージュ共同制作システム

2. システム構成

2.1 概要

図2に、本研究で用いたシステム構成を示す。本システムは、社会的ロボット、ディスプレイ、コラージュ共同制作システム、およびコラージュ制作に用いる素材データベースから構成される。以下に各要素の詳細を述べる。

^{†1} 神戸大学/ATR

^{†2} ATR

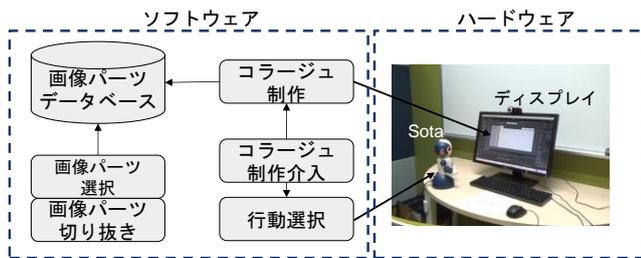


図 2: システム構成図

2.2 ハードウェア：ロボットとディスプレイ

本研究では、高さ約 28cm の卓上型社会的ロボット「Sota」を使用した。本ロボットは、2 自由度の腕を 2 本備え、LED による目と、発話と同期して点灯する口部 LED を有する。発話は音声合成ソフトウェアにより生成した。ロボットの横には 27 インチのモニタを設置し、コラージュ共同制作システムを表示した。

2.3 ソフトウェア：コラージュ共同制作

本実験では、Unity を用いて開発したコラージュ共同制作システムを使用した。本システムは以下の 6 つの機能から構成される：

1. 画像パーツ切り出し機能
2. 画像パーツ選択機能
3. コラージュ制作機能
4. コラージュ制作介入機能
5. 行動選択機能
6. データ記録機能

2.3.1 画像パーツ切り出し機能

公開 API を用いて、複数の美術館のデジタルコレクションからパブリックドメイン (CC0) の美術作品を取得した。各作品に対して、物体検出機能を備えた画像認識モデルを用い、自動的にオブジェクトを抽出した。抽出された領域は、透過背景を持つ PNG 形式で保存した。検出されたオブジェクトのうち、面積が最大のもを素材として採用し、極端に小さいものや意味的価値が低いと判断される低解像度の領域は除外する。

2.3.2 画像パーツ選択機能

本システムは、コラージュ制作に用いる画像データベースを保持している。システム起動時に、これらの画像の一部が読み込まれ、コラージュ用パーツとして利用可能となる。

2.3.3 コラージュ制作機能

利用者は、提示された画像リストから任意の要素を選択し、メインキャンバス上に自由に配置および操作できる。操作可能な機能には、移動、回転、拡大縮小、重なり順の調整、削除、キャンバスのリセット、および最終画像の書き出しが含まれる。

2.3.4 コラージュ制作介入機能

本システムでは、ターン制に基づいてコラージュ制作へ介入するよう設計している。介入ターンにおいてシステム

は、利用可能なパーツリストから 1 つのパーツをランダムに選択し、配置位置、サイズ、回転角度、および配置アニメーションの時間を、あらかじめ定義された範囲内でランダムに決定する。各変数の決定後、選ばれたパーツがアニメーション付きでキャンバス上に配置される。

本研究では、キャンバスの現在の状態は考慮されておらず、介入は完全にランダムに行われる。介入のタイミングは 3.7~4.2 秒の範囲でランダムに決定され、介入間隔のばらつきが参加者の体験に影響を与えないよう配慮した。参加者は、出現したパーツを自由に再配置および操作することができる。

2.3.5 ロボット行動選択機能

ロボットが制作過程に介入する際には、配置されるパーツに基づいてロボットの行動が選択される。具体的には、パーツの初期位置と最終配置位置の傾きを算出し、その値を数値情報としてロボットに送信する。ロボットはこの値に基づいて行動を決定し、パーツ配置と対応した動作を行う。パーツ配置開始位置をキャンバス左端中央に固定し、ロボットの行動は、上、右上、右、右下、下の 5 種類から選択される。

3. 実験

3.1 条件

本実験では、2 つの要因を設定した。1 つ目は**手法要因 (2 水準：単独制作/共同制作)**、2 つ目は**デバイス要因 (2 水準：ロボットなし/ロボットあり)**である。

手法要因に関して、単独制作条件では、ターン制システムは使用されず、作品制作中に外部からの介入は一切行われなかった。一方、共同制作条件では、2.3 節で述べたコラージュ共同制作システムを使用する。

デバイス要因に関して、ロボットなし条件では、ロボットは使用せず、コラージュ共同制作システムによる音声のみを外部スピーカーから再生した。ロボットあり条件では、ソーシャルロボットが参加者の前に配置され、コラージュ共同制作システムが作動していない間は、ロボットが待機動作を行った。

3.2 評価指標

本実験の目的に基づき、独自に設計した主観評価指標を用いた。システム自体に対する評価とし好ましさ (preference) を測定し、システムを用いて制作された作品の価値の変化に対する認知を測る指標として価値 (value) を用いた。すべての評価項目は、0~10 の 11 段階尺度で回答され、0 が最も否定的な評価、10 が最も肯定的な評価を示すものとする。

3.3 実験環境

本実験は、研究室環境において実施された。実験は 2 つの部屋で構成されており、Room 1 ではコラージュ制作を行い (図 3)、Room 2 では主観評価アンケートへの回答を行っ

た。実験中、部屋に入室するのは参加者のみとする。Room 1には、モニター、椅子、机が設置され、参加者の行動は2台のカメラによって記録された。Room 2には、ノートPC、椅子、机が設置されていた。制作セッション中は、モニターおよびロボットが参加者の正面に配置され、参加者は着席した状態で、コラージュ制作および鑑賞を行った。

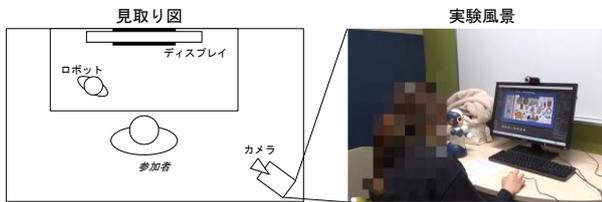


図3: 実験環境

3.4 参加者

本実験には12名が参加した。男女比は均等であり、年齢範囲は33歳から54歳、平均年齢は45.58歳、標準偏差は7.42であった。参加者は美術経験などの背景に関係なく、無作為に募集された。

3.5 手順

本実験のすべての手続きは、所属機関の研究倫理審査委員会の承認を得て実施された。参加者はまず、実験に関する説明を読んだ。本実験では、被験者内計画を採用し、各参加者は4条件すべてを体験する。条件および作品の提示順は、順序効果を最小化するためにカウンターバランスされた。各制作セッションは約7分間であり、終了後に主観評価への回答を行った。実験開始後、参加者は割り当てられた条件に応じて、ロボットあり、スピーカーのみ（音声提示）、または単独でコラージュ作品を制作した。共同制作条件では、コラージュシステムが共同モードで動作し、参加者の操作5回につき1回の割合でシステム介入が発生するように設定された。

創作テーマや制作上の制約は設けず、参加者は自身の美的嗜好に基づいて自由に作品を制作した。画像パーツについては、選択の偏りを避けるため、データベース内の画像を複数のサブフォルダに均等に分配した。システム初期化後、対応するサブフォルダから重複なしでランダムに30枚（本実験における設定数）を読み込んだ。利用可能な画像数が設定数に満たない場合は、フォルダ内すべての画像を使用した。

4. 結果

4.1 主観評価結果

嗜好および価値に対する評価について、手法要因、デバイス要因、および性別要因を独立変数とした3要因混合分散分析（ANOVA）を実施した（図4）。

嗜好（Preference）

分散分析の結果、以下の交互作用が有意であった。

デバイス要因 × 性別要因: $F(1, 10) = 5.623, p = 0.039$, 偏 $\eta^2 = 0.360$

手法要因 × 性別要因: $F(1, 10) = 6.537, p = 0.029$, 偏 $\eta^2 = 0.395$

手法要因 × デバイス要因: $F(1, 10) = 11.425, p = 0.007$, 偏 $\eta^2 = 0.533$

一方で、デバイス要因、手法要因、および性別要因の主効果はいずれも有意ではなく、その他の交互作用についても有意差は認められなかった。事後比較の結果、デバイス要因 × 性別要因に関して、女性はロボットなし条件よりもロボットあり条件において、嗜好評価が有意に高かった ($p = 0.039$)。また、女性は男性と比較して、ロボットあり条件を高く評価する傾向が見られた ($p = 0.090$)。手法要因 × 性別要因に関しては、女性が提案手法を男性よりも高く評価する傾向が示された ($p = 0.054$)。一方、男性は提案手法よりも既存手法を好む傾向が見られた ($p = 0.078$)。手法要因 × デバイス要因については、ロボットあり条件において、提案手法が有意に高い嗜好評価を示した ($p = 0.005$)。

価値（Value）

価値評価については、デバイス要因、手法要因、および性別要因のいずれについても有意な主効果は認められず、いずれの交互作用も有意ではなかった。

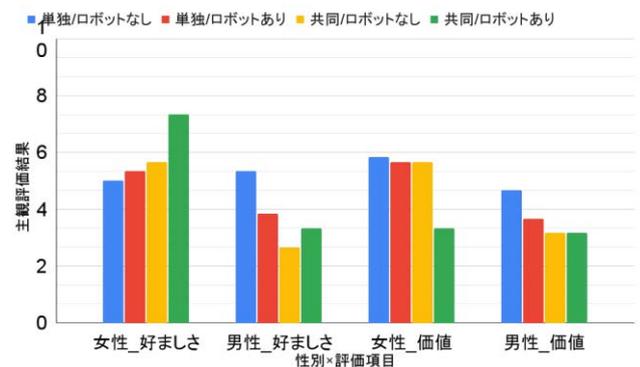


図4: 主観評価結果

5. 考察

主観評価の結果から、ロボットシステムに対する評価および作品評価の双方において、性差に関連する複数の有意な違いが明らかになった。これらの差異には、主に2つの要因が関与していると考えられる。

第一の要因は、ロボットに対する認知の性差である。本システムでは、ロボットが簡単な発話を伴いながらパーツをキャンバスに配置するため、社会的相互作用の感覚が生じやすい。先行研究では、女性はこのような関係の支援をより肯定的に解釈する傾向がある一方で[17]、男性は同様の行動を「制御されている」「干渉されている」と捉え、心理的リアクタンス理論に基づく反発を示す可能性があることが指摘されている[18]。また、ロボット不安に関して、男性は「制御される」あるいは「干渉される」文脈におい

て、より強い懸念を示しやすいたことが報告されている[19]。本研究におけるロボットの介入も、共同的支援というよりは、一方的な制御として解釈された可能性がある。

第二の要因は、芸術的タスクへの取り組み方における性差である。本実験におけるロボットの介入は、参加者にとって予期しない変化として機能した。計画主導型の作業スタイルを持つ個人にとっては、このような予期せぬ行為は作業の中断として認識され、不快感を生じさせる可能性がある。一般に、女性は探索的で柔軟な創作アプローチを取りやすいのに対し、男性は構造化され、一貫性のある作業遂行を好む傾向があるとされており[20]、これらの傾向が、本研究における主観評価の性差を説明する一因である可能性であると考えられた。

6. 結論

本研究では、ロボットとのコラージュ共同制作が、作品評価およびシステムに対する印象に与える影響を検討した。その結果、介入手法やロボットの存在が、完成作品の価値評価に有意な差をもたらすことは確認されなかった。一方で、特に女性参加者においては、ロボットとの共同がより肯定的に評価される傾向が示された。これらの結果は、ロボット支援型創作システムの設計において、利用者の個人特性や創作過程の動的な性質を考慮する必要性を示している。同時に、本研究は、ロボットが人間の創造性を拡張・補完する共同パートナーとなり得る可能性を示唆するものである。

謝辞 実験実施に協力いただいたスタッフに感謝する。本研究は JST ムーンショット型研究開発事業 JPMJMS2011、および JSPS 科研費 (JP25K00838, JP25H01161, JP24K21327) の助成を受けた。原稿作成にあたり、著者らは文章表現の調整および一部の図の作成に ChatGPT (OpenAI, GPT-5.1) を使用した。著者らはすべての内容を確認・修正し、論文の責任を負う。

参考文献

- [1] R. Martinez-Roig, M. Cazorla, and J. M. Esteve Faubel, "Social robotics in music education: A systematic review," *Frontiers in Education*, vol. 8, 2023.
- [2] H. Song, E. I. Barakova, J. Ham, and P. Markopoulos, "The impact of social robots' presence and roles on children's performance in musical instrument practice," *British Journal of Educational Technology*, vol. 55, no. 3, pp. 1041-1059, 2024.
- [3] R. Matsusaka, M. Shiomi, and T. Takiguchi, "Effects of Listening Behaviors of a Social Robot on Adult's Motivation and Performance in Piano Practice," in 2024 33rd IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (ROMAN), pp. 1029-1034, 2024.
- [4] M. D. Cooney, and M. L. R. Menezes, "Design for an Art Therapy Robot: An Explorative Review of the Theoretical Foundations for Engaging in Emotional and Creative Painting with a Robot," *Multimodal Technologies and Interaction*, vol. 2, no. 3, pp. 52, 2018.
- [5] C. Gomez Cubero, M. Pekarik, V. Rizzo, and E. Jochum, "The Robot is Present: Creative Approaches for Artistic Expression With Robots," *Frontiers in Robotics and AI*, vol. 8, 2021.
- [6] C. Jansen, and E. Sklar, "Exploring Co-creative Drawing Workflows," *Frontiers in Robotics and AI*, vol. Volume 8 - 2021, 2021.
- [7] K. Pitsch, T. Dankert, R. Gehle, and S. Wrede, "Referential practices. Effects of a museum guide robot suggesting a deictic 'repair' action to visitors attempting to orient to an exhibit," in 2016 25th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN), pp. 225-231, 2016.
- [8] A. Axelsson, and G. Skantze, "Do You Follow? A Fully Automated System for Adaptive Robot Presenters," in Proceedings of the 2023 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, Stockholm, Sweden, pp. 102-111, 2023.
- [9] M. Iwata, M. Shiomi, and T. Takiguchi, "A Robot that Supports Collaborative Art Appreciation through Visual Thinking Strategies," in 2025 34th IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN), pp. 1678-1684, 2025.
- [10] M. Shiomi, T. Kanda, H. Ishiguro, and N. Hagita, "Interactive Humanoid Robots for a Science Museum," *IEEE Intelligent Systems*, no. 2, pp. 25-32, 2007.
- [11] B.-A. Rhee, F. Pianzola, and Y.-E. Seo, "An empirical study of visitors' engagement with a museum robot guide and a mobile audio guide: a case study in South Korea," *Museum Management and Curatorship*, pp. 1-21.
- [12] N. Gasteiger, M. Hellou, and H. S. Ahn, "Deploying social robots in museum settings: A quasi-systematic review exploring purpose and acceptability," *International Journal of Advanced Robotic Systems*, vol. 18, no. 6, pp. 17298814211066740, 2021.
- [13] T. M. Amabile, "Social psychology of creativity: A consensual assessment technique," *American Psychological Association*, 1982, pp. 997-1013.
- [14] W. Niu, and R. J. Sternberg, "Cultural influences on artistic creativity and its evaluation," *International Journal of Psychology*, vol. 36, no. 4, pp. 225-241, 2001.
- [15] M. Giancola, M. Palmiero, and S. D'Amico, "Field dependent-independent cognitive style and creativity from the process and product-oriented approaches: A systematic review," *Creativity Studies*, vol. 15, no. 2, pp. 542-559-542-559, 2022.
- [16] Y. Qin, Y. Li, and E. Cheon, "Encountering Robotic Art: The Social, Material, and Temporal Processes of Creation with Machines," in Proceedings of the 2025 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. Article 934, 2025.
- [17] L. Liddon, R. Kingerlee, and J. A. Barry, "Gender differences in preferences for psychological treatment, coping strategies, and triggers to help-seeking," *British Journal of Clinical Psychology*, vol. 57, no. 1, pp. 42-58, 2018.
- [18] Z. E. Seidler, J. Rosenberg, S. M. Rice, D. Kealy, J. L. Oliffe, and J. S. Ogradniczuk, "Peering behind the mask: The roles of reactance and gender in the relationship between self-esteem and interpersonal problems," *Clinical Psychology & Psychotherapy*, vol. 28, no. 4, pp. 844-851, 2021.
- [19] T. Nomura, T. Suzuki, T. Kanda, and K. Kato, "Altered attitudes of people toward robots: Investigation through the Negative Attitudes toward Robots Scale," in Proc. AAAI-06 workshop on human implications of human-robot interaction, pp. 29-35, 2006.
- [20] J. BAER, and J. C. KAUFMAN, "Gender Differences in Creativity," *The Journal of Creative Behavior*, vol. 42, no. 2, pp. 75-105, 2008.