

表情模倣による社会的結合の形成の心理学研究

—人間—人間および人間—アンドロイドによる検討—

許 鈞庭

(理化学研究所・ガーディアンロボットプロジェクト・心理プロセス研究チーム)

<要 旨>

社会的結合は人間の幸福に不可欠な心のはたらきだが、人口減少と高齢化に伴い社会的結合を感じられない人の数が増える可能性がある。我々は、表情模倣という共感的行為が社会的結合を高めることができるかどうかを、主観的評価および生理的反応を計測する心理学実験により検討した。実験デザインに現実の相互作用を取り入れ、参加者にシナリオに基づいて自然な表情を作ってもらった。審査員を務めるモデルが、参加者の表情を模倣する条件としない条件を設定した。主観的評価の結果、参加者は模倣するモデルに対して模倣しないモデルに比べて、より共感でき、より好感が持て、より親近感を感じるようになった。生理的反応において、模倣するモデルとの相互作用後に非模倣モデルの場合に比べて、唾液中のオキシトシンのレベルが高くなることが示された。こうした結果から、表情模倣が社会的結合を高めることが示される。このアプローチをアンドロイドに適用し、アンドロイドが人間に対して社会的結合を感じさせる可能性を実証的に検証することが期待される。

<キーワード>

表情模倣、共感、対人親密度、オキシトシン、社会的結合、社会的相互作用、非言語行動

【はじめに】

社会的結合は、人間の幸福において不可欠な心のはたらきである。日本を含む先進国においては今後、人口減少と高齢化に伴い、社会的結合を感じられない人の数が増える可能性がある。社会的結合を生み出す心のしくみを科学的に解明し、効果的に生み出す技術を開発することが望まれる。

社会的結合に関係する可能性があるとして我々が注目するのが、表情模倣である。先行の心理学研究から、人間は他者の表情に対して微弱な表情模倣を自動的に表出することが示されている(Dimberg, 1982)。表情模倣が強い場合には、好感度や親近感が高まっているといった報告もある(Stel & Vonk, 2010; van Baaren et al., 2004)。脳画像研究から、他者が模倣されているのを見た

きに、報酬処理に関与する脳領域が活動することも観察されている(Hsu et al., 2017)。しかし、社会相互作用中の相手の表情を意図的に模倣することで、社会的結合を生み出すことができるかは不明である。さらに、表情筋活動・自律神経系・オキシトシンホルモンといった生理的基盤への影響も調べられていない。

こうした社会的相互作用を調べる心理学研究では、人間(実験協力者)の非言語行動が統制されないという問題点が指摘される。アンドロイドを用いることで、エージェントの行動を厳密に統制して心理・生理反応を調べることが可能となる。また社会的結合については、大きな個人差があると予想される。先行研究では、自閉症傾向が、表情模倣のレベルや表情模倣の報酬処理レベルに

影響を与えることが示されている(Hsu et al., 2017)。共感特性や社会不安も、表情模倣に関係する(Hsu et al., 2018)。

本研究では、人間およびアンドロイドのエージェントが、表情模倣により社会的結合を形成できるかどうかを検証する。社会神経科学研究において現実の社会的相互作用が求められていることを踏まえ課題を設計した(Schilbach et al., 2013; Shamay-Tsoory & Mendelsohn, 2019)。主観的な反応に加えて、生理的なメカニズムも検討する。特に、オキシトシンは共感と社会的結合に関連しており、親社会的行動の重要な原因となっている(Keverne & Curley, 2004; Kirsch et al., 2005)。また社会的結合の形成を調整しうる重要な個人差である、共感特性・自閉症傾向・社会不安の影響についても調べる。本研究の知見は、社会的結合心の心理・生理メカニズムにユニークな理解を提供し、かつ人間あるいはアンドロイドが人間と社会的結合を形成する最適な方法の手がかりを提供すると期待される。こうした知見は、医療・介護・教育・サービス分野において、人間関係の質を高めることに役立つだろう。またロボット／アンドロイドは、将来において社会的パートナーとなることが期待されており、社会に役立つロボット／アンドロイドの開発にも示唆を提供する。

本稿では、人間－人間の実験結果を報告する。

【方法】

表情模倣課題は、Hsu et al. (2017) で開発された課題を修正して用いた。被験者(全 46 名女性)は、「新テレビシリーズの主演女優の面接を受けに来た」と言われ、シナリオベースで怒り、悲し、幸福などの表情を表出するように指示される(図 1)。それに対し、プロンプター越しに審査員を務めるモデルが、被験者の表情を模倣する条件としない条件を設定した。参加者は 2 つの課題に分かれ、30 個の正の感情なシナリオと 30 個の負の感情なシナリオに反応した。各課題で、参加者は異なる審査員と向き合った。模倣条件では、試行の 80% で審査員が模倣を行った(半分为正の感情、半分为負の感情)。非模倣条件では、審査員は試行の 20% しか模倣しなかった。

各課題後に被験者は、審査員がどの程度共感できるか(質問:「この審査員はどの程度共感できると思いますか?」、リッカート尺度 1~5)、審査員にどの程度好感を持てるか(質問:「この審査員のことをどの程度気に入っていますか?」、リッカート尺度 1~5)、審査員とどの程度親密度を感じるか(質問:「この審査員との距離感を最もよく表しているのは、どれでしょうか?」、リッカート尺度 1~7, 7 が最も高い親密度を示している、図 2)を評価した(Aron et al., 1992)。課題前後に唾液中のオキシトシンを計測した。また、表情筋筋電図・皮膚電気活動・眼球運動を計測した。

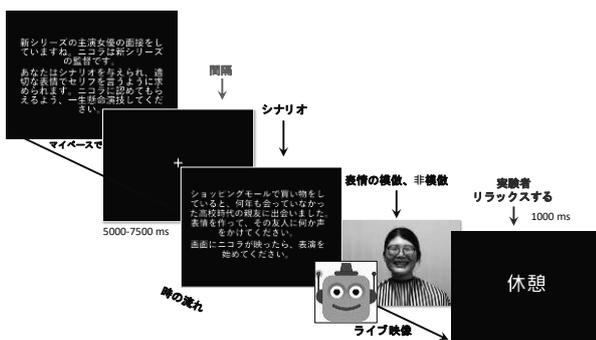


図 1: 実験課題の全体像。

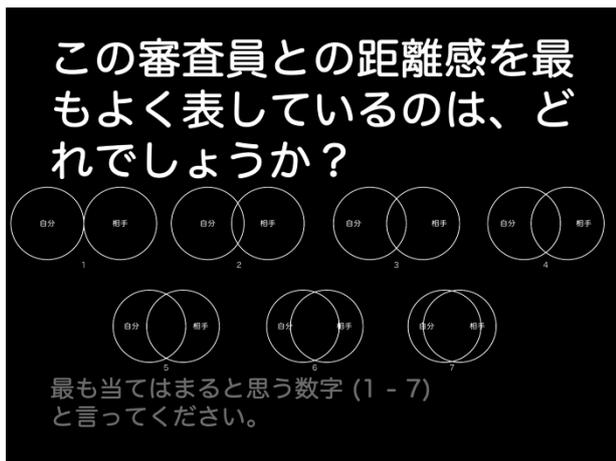


図 2：対人親近感尺度。

実験後、共感特性:対人反応性指標(Davis, 1980, 1983; Himichi et al., 2015)、共感指数(Baron-Cohen & Miyake, 2005; Baron-Cohen & Wheelwright, 2004)・自閉症傾向：自閉症スペクトラム指数(Baron-Cohen et al., 2001; Wakabayashi et al., 2004)などを質問紙で査定した。また、ラッセルの Affect Grid (Russell et al., 1989)に基づき、シナリオの「快—不快」と「活性度」の評価も収集した。

仮説として、表情模倣を受けた場合に受けなかった場合に比べて、社会的結合感が高まり、快の主観的生理的反応が喚起されることを予想した。またこうした反応は、個人特性により調整されると予想した。

統計は R を使って行った。シナリオを検証するために、シナリオ評価を用いた。各シナリオについて、全参加者の平均「快—不快」と「活性度」を平均し、Shapiro-Wilk 正規性検定を行った。「快—不快」評価が正規分布に従わないかったため、ウィルコクソンの順位和検定を行って、正の感情なシナリオと負の感情なシナリオの「快—不快」を比較した。「活性度」評価は正規分布に従ったため ($W=0.970$, $p=0.144$) から、対応あり t 検定

を行った。

そして、各課題後の参加者に対する審査員の共感できる程度、審査員の好感度、審査員に対する対人的親近感に関する評価を、模倣する審査員と模倣しない審査員で比較するために、対応ありウィルコクソンの順位和検定を行った。これら三つの評価は正規分布に従わなかった。

唾液オキシトシン分析では、課題前後のオキシトシンの変化比率を算出した。課題 1 後の測定値を課題 2 のベースラインとした。比の分布は大きく右に偏っていたため対数変換を行い、その分布は正規性の仮定に違反しなかった (模倣する課題 : $W=0.971$, $p=0.308$; 模倣しない課題 : $W=0.967$, $p=0.205$)。そして、模倣する課題と模倣しない課題前後のオキシトシンの変化率を対応あり t 検定を行った。

最後に、個人差 (対人反応性指標、共感指数、自閉症スペクトラム指数) と評価/オキシトシン変化率のパラメトリックまたはノンパラメトリック相関 (Shapiro-Wilk 正規性検定に基づく) を調べた。

今後さらに、相互相関関数、動的時間伸縮法、ベクトル自己回帰モデルを使った生理学的時系列データの分析を進める予定である。

【結果】

シナリオの評価において、参加者は正の感情シナリオ (「快—不快」=4.457) が負の感情シナリオ (「快—不快」=1.735) よりも正の感情が強く ($W=900$, $p<.0001$ 、図 3A)、正の感情シナリオ (活性度=3.868) が負の感情シナリオ (活性度=3.003) よりも活性度が高いことが示された ($t(46)=6.781$, $p<.0001$ 、図 3B)。

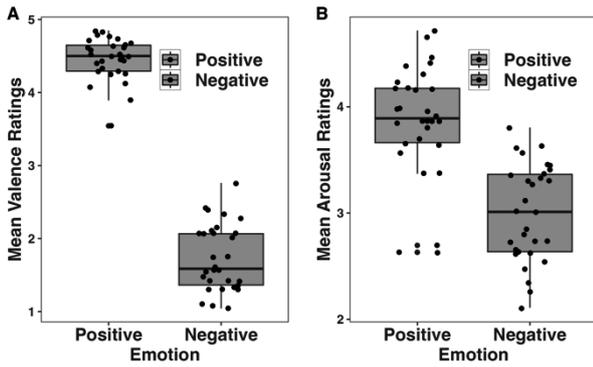


図 3：快—不快 (A) と活性度 (B) に関するシナリオ評価。

参加者は模倣するモデルをより共感的（模倣するモデル=3.500、模倣しないモデル=2.283、 $V=742$ 、 $p<.0001$ 、図 4A）、より好感が持てる（模倣するモデル=3.348、模倣しないモデル=2.283、 $V=771$ 、 $p<.0001$ 、図 4B）、より親密度を感じる（模倣するモデル=3.783、模倣しないモデル=2.217、 $V=749$ 、 $p<.0001$ 、図 4C）と評価した。

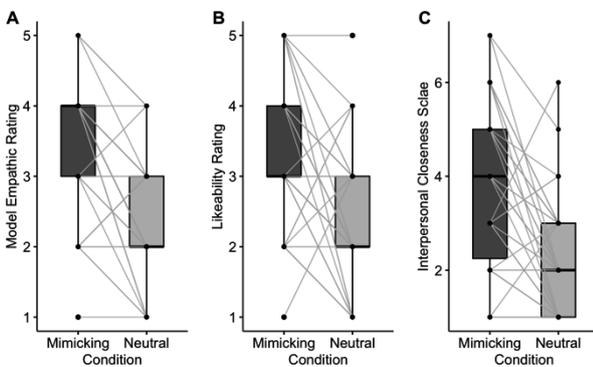


図 4：審査員がどの程度共感できる (A)、審査員にどの程度好感を持てる (B)、審査員とどの程度親密度を感じる (C) に関する審査員評価。

課題後のオキシトシン増加比率の対数変換を比較すると、模倣モデルは非模倣モデルよりも有意に唾液オキシトシンを増加させた(模倣するモデル=0.26、模倣しないモデル=0.02、 $t(45)=2.200$ 、 $p=.033$ 、図 5)。

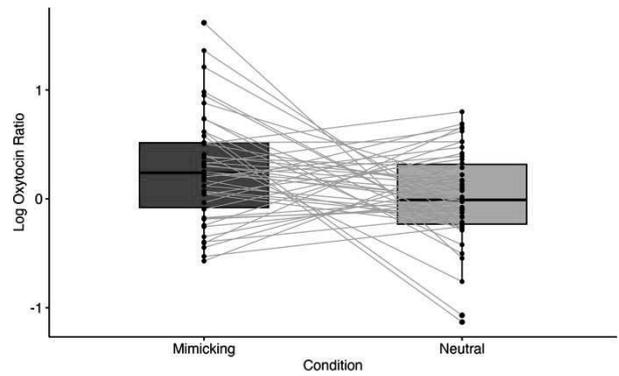


図 5：対数唾液オキシトシン変化率。

主観的評価と唾液オキシトシンとの間には、個人差（対人反応性指標、共感指数、自閉症スペクトラム指数）はあるものの、有意な相関関係は見られなかった。

【考察】

社会神経科学研究において現実の社会的相互作用が求められていることに基づき、参加者の表情を同じ部屋にいる別の同伴者に模倣させる課題をデザインした。また、複雑な感情を含むシナリオを設計し、参加者の好みに応じて自分の表情を演じられるようにした。その結果、この操作は有効であり、強い効果があることが確認された。

主観的には、参加者は一般的に、模倣するモデルをより共感的で、より好感が持て、対人的な親近感が近いと感じることがわかった。この発見は、私たちは自分と同じような人を好むというこれまでの発見と一致している(Stel & Vonk, 2010; van Baaren et al., 2004)。生理学的には、模倣するモデルとの相互作用後、唾液中のオキシチシンのレベルは、非模倣モデルとの相互作用後よりも一般的に高くなることがわかった。初めて、社会的結合の主観的・生理的測定に関する首尾一貫した図式が、模倣という行為によって引き起こされた。

明らかに、図に示すように、すべての参加者が模倣モデルに対して同じパターンの主観的・生理的反応を示したわけではない。これは個人差によって説明できたかもしれない。特に、自閉症特性の高い人は、模倣されることを好まないかもしれない。私の以前の神経画像研究では、自閉症スペクトラム指数の高い人は腹側線条体において模倣に対する社会的報酬反応が低いことが示された(Hsu et al., 2017)。しかし、自閉症スペクトラムは本研究における回答の個人差を説明することはできなかった。個人差の影響を観察するには、もっと大きなサンプルサイズが必要なかもしれない。また、自閉症スペクトラムが高い人は、事前に録画されたビデオに反応する場合と、実際の人物に反応する場合とで、反応が異なる可能性もある(Hsu et al., 2022)。このことはまた、個人差には自閉症特性や特性共感性以外にも、模倣されたときの反応の違いを引き起こす要因がある可能性を示している。

重要なのは、模倣されるというメカニズムを利用して、アンドロイドとの社会的結合を改善できる可能性を強く示唆していることだ。アンドロイドがますます日常生活に溶け込むようになる一方で、これらのエージェントが生涯の伴侶として機能するために、社会的結合をどのように効果的に構築できるかを知ることは重要である。私たちは、アンドロイドが社会的機能を提供し(Hoorn et al., 2015)、より良い社会的結合を築くことを期待している。

ガーディアン・ロボット・プロジェクトでは、アンドロイド「ニコラ」(Sato et al., 2022)のリアルタイム模倣機構の準備を進めています。単にニコラに基本的な表情を要求するのではなく、感情と表情の関係について、文化的、社会的、個人的

な違いを考慮することが重要だと考えています。この実験では、参加者が同じシナリオに対してまったく異なる表情で反応する可能性があることがわかりました。特に日本社会では、他者と接する際に、欧米文化のように負の感情な感情を露骨に表現することは一般的ではない。従って、アンドロイドは、社会的相互作用における表情の微妙な違いを捉え、反応することが重要であると考えられる。これには複雑なメカニズムが関係している。画像解析(Namba et al., 2021)により被験者の表情を解析して運動出力に変換することで、被験者の表情を模倣する。シーケンシャルな処理は、リアルタイムのビデオデータを処理する際に多くのレイテンシーを発生させ、不自然さを引き起こす可能性がある。私たちは、ニコラの擬態メカニズムを完璧させ、人間との社会的結合におけるニコラの可能性を実証的に検証したいと考えています。

自閉症の特性の個人差は、アンドロイドとのライブインタラクションにおいてより大きな役割を果たすかもしれない。自閉症者は、ロボット(Kumazaki et al., 2018)やアンドロイド(Kumazaki et al., 2020)とのインタラクションに非常に高い関心を示すことが実証されている。私たちは、自閉傾向が高い人ほどアンドロイドと社会的に結びつき、協力し合うと予想しています。

このように、この研究は、未来社会のメンタルヘルスを向上させる高い可能性を示唆している。人間と人間の相互作用において、非言語的行動を模倣することは、共感的表現として、主観的にも生理学的にも社会的親和性を向上させる可能性がある。ロボットやアンドロイドが私たちの社会により深く関わるようになるにつれて、ロボットやアンドロイドは、模倣によって人間との社会的

な絆や親和性を築き、人間、特に自閉的特性の高い人間と協力し、コンパニオンとしての社会的機能を提供するようになるだろう。これは、高齢化社会とデジタル格差社会における孤独感を和らげ、より多くの人々がより快適で生産的な社会生活を送ることになるだろう。

【参照文献】

- Aron, A., Aron, E. N., & Smollan, D. (1992). Inclusion of Other in the Self Scale and the Structure of Interpersonal Closeness. *Journal of Personality and Social Psychology, 63*(4), 596–612.
- Baron-Cohen, S., & Miyake, M. (2005). 共感する女脳、システム化する男脳. 日本放送出版協会.
<https://books.google.co.jp/books?id=2oCEAgAACAAJ>
- Baron-Cohen, S., & Wheelwright, S. (2004). The empathy quotient: An investigation of adults with Asperger syndrome or high functioning autism, and normal sex differences. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 34*, 163–175.
<https://doi.org/10.1023/B:Jadd.0000022607.19833.00>
- Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., Skinner, R., Martin, J., & Clubley, E. (2001). The autism-spectrum quotient (AQ): Evidence from Asperger syndrome/high-functioning autism, males and females, scientists and mathematicians. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 31*, 5–17.
<https://doi.org/10.1023/a:1005653411471>
- Davis, M. H. (1980). A Multidimensional Approach to Individual Differences in Empathy. *JSAS Catalog of Selected Documents in Psychology, 10*, 85.
- Davis, M. H. (1983). Measuring Individual Differences in Empathy—Evidence for a Multidimensional Approach. *Journal of Personality and Social Psychology, 44*, 113–126. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.44.1.113>
- Dimberg, U. (1982). Facial reactions to facial expressions. *Psychophysiology, 19*, 643–647. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1982.tb02516.x>
- Himichi, T., Osanai, H., Goto, T., Fujita, H., Kawamura, Y., Davis, M. H., & Nomura, M. (2015). Development of the Interpersonal Reactivity Index in Japanese. *The Proceedings of the Annual Convention of the Japanese Psychological Association, 79*(0), 2EV-

- 019-2EV-019.
https://doi.org/10.4992/pacjpa.79.0_2EV-019
- Hoorn, J. F., Konijn, E. A., Germans, D. M., Burger, S., & Munneke, A. (2015). The Unique Value Proposition of a Robot or Why we are Modelling the Wrong Things. *Proceedings of the International Conference on Agents and Artificial Intelligence - Volume 1: ICAART, 1*, 464–469.
<https://doi.org/10.5220/0005251304640469>
- Hsu, C.-T., Neufeld, J., & Chakrabarti, B. (2017). Reduced reward-related neural response to mimicry in individuals with autism. *Eur J Neurosci*, 47(6), 610–618.
<https://doi.org/10.1111/ejn.13620>
- Hsu, C.-T., Sato, W., & Yoshikawa, S. (2022). *An Investigation of the Modulatory Effects of Empathic and Autistic Traits on Emotional and Facial Motor Responses during Live Social Interactions*. PsyArXiv.
<https://doi.org/10.31234/osf.io/aqnrq>
- Hsu, C.-T., Sims, T., B., & Chakrabarti, B. (2018). How mimicry influences the neural correlates of reward: An fMRI study. *Neuropsychologia*, 116, 61–67.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2017.08.018>
- Keverne, E. B., & Curley, J. P. (2004). Vasopressin, oxytocin and social behaviour. *Current Opinion in Neurobiology*, 14, 777–783.
<https://doi.org/10.1016/j.conb.2004.10.006>
- Kirsch, P., Esslinger, C., Chen, Q., Mier, D., Lis, S., Siddhanti, S., Gruppe, H., Mattay, V. S., Gallhofer, B., & Meyer-Lindenberg, A. (2005). Oxytocin modulates neural circuitry for social cognition and fear in humans. *J Neurosci*, 25, 11489–11493.
<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3984-05.2005>
- Kumazaki, H., Muramatsu, T., Yoshikawa, Y., Matsumoto, Y., Ishiguro, H., Kikuchi, M., Sumiyoshi, T., & Mimura, M. (2020). Optimal robot for intervention for individuals with autism spectrum disorders. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 74(11), 581–586.
<https://doi.org/10.1111/pcn.13132>
- Kumazaki, H., Yoshikawa, Y., Yoshimura, Y., Ikeda, T., Hasegawa, C., Saito, D. N., Tomiyama, S., An, K., Shimaya, J.,

- Ishiguro, H., Matsumoto, Y., Minabe, Y., & Kikuchi, M. (2018). The impact of robotic intervention on joint attention in children with autism spectrum disorders. *Molecular Autism, 9*(1), 46. <https://doi.org/10.1186/s13229-018-0230-8>
- Namba, S., Sato, W., Osumi, M., & Shimokawa, K. (2021). Assessing Automated Facial Action Unit Detection Systems for Analyzing Cross-Domain Facial Expression Databases. *Sensors, 21*(12), 4222. <https://doi.org/10.3390/s21124222>
- Russell, J. A., Weiss, A., & Mendelsohn, G. A. (1989). Affect Grid: A Single-Item Scale of Pleasure and Arousal. *Journal of Personality and Social Psychology, 57*(3), 493–502. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.57.3.493>
- Sato, W., Namba, S., Yang, D., Nishida, S., Ishi, C., & Minato, T. (2022). An Android for Emotional Interaction: Spatiotemporal Validation of Its Facial Expressions. *Frontiers in Psychology, 12*, 800657. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.800657>
- Schilbach, L., Timmermans, B., Reddy, V., Costall, A., Bente, G., Schlicht, T., & Vogeley, K. (2013). Toward a second-person neuroscience. *Behavioral and Brain Sciences, 36*(4), 393–414. <https://doi.org/10.1017/S0140525X12000660>
- Shamay-Tsoory, S. G., & Mendelsohn, A. (2019). Real-Life Neuroscience: An Ecological Approach to Brain and Behavior Research. *Perspectives on Psychological Science, 14*(5), 841–859. <https://doi.org/10.1177/1745691619856350>
- Stel, M., & Vonk, R. (2010). Mimicry in social interaction: Benefits for mimickers, mimickees, and their interaction. *British Journal of Psychology, 101*, 311–323. <https://doi.org/10.1348/000712609x465424>
- van Baaren, R. B., Holland, R. W., Kawakami, K., & van Knippenberg, A. (2004). Mimicry and prosocial behavior. *Psychological Science, 15*, 71–74. <https://doi.org/10.1111/j.0963-7214.2004.01501012.x>
- Wakabayashi, A., Tojo, Y., Baron-Cohen, S., & Wheelwright, S. (2004). The Autism-Spectrum Quotient (AQ) Japanese

versions: Evidence from high-functioning clinical group and normal adults. *The Japanese Journal of Psychology*, 75(1), 78–84.

<https://doi.org/10.4992/jjpsy.75.78>