

情動的共感が他者感情推定時の生理反応に与える影響

Effect of affective empathy on physiological responses for facial expression recognition

前川 亮, 乾 敏郎
Toru Maekawa, Toshio Inui

追手門学院大学
Otemon Gakuin University
t-maekawa@otemon.ac.jp

Abstract

There are two possible mechanisms of understanding others' emotion, cognitive process and empathic process. Currently, some evidences suggest that emotional empathy is caused by embodied simulation. So, it is expected that emotion recognition is related to mimicry throughout emotional empathy. In this study, we focused on the individual differences in the capacity of emotional empathy, then investigated the influence of empathy on mimicry while emotion recognition. Participants estimated emotion of facial expressions and filled questionnaires about emotional empathy. During the task, we recorded facial muscle activity, heart rate, sweating and skin temperature. Results showed that there are significant correlations between the emotion estimation scores and the biological signals only in a low empathy group. This result is consistent with the result of the previous research that automatic mimicry was inhibited by social context. Thus, it is suggested that mimicry affect to emotion recognition but high empathy individuals inhibit superficial mimicry.

Keywords—emotion recognition, empathy, physiological signals

1. 背景

私たちは社会生活を営む中で円滑なコミュニケーションを行うためには、相手の感情を適切に読み取ることが必要である。他者の感情を理解するために様々な手掛かりが用いられているが、Mehrabian [1]によると、コミュニケーションにおける感情的な情報伝達は、言語によるものはわずか7%で、ほとんどが表情や身振りなどに代表される非言語によるものであり、なかでも55%が表情によるという。また、Ekman [2]は、多文化間で表情認知の比較研究を行った結果から、文化に特有の感情もあるが、喜び・悲しみ・怒り・嫌悪・恐れ・驚きの基本的な感情を表情から判断する仕方は文化を超えてほぼ同じであると主張している。さらに、他者の表情を認知する能力はかなり早期から発達していると考えられており、生後4か月から8か月の間に眉しかめとほほ笑みの表情に対して異なる反応を示す

ようになり[3]、1歳ごろから親の表情から肯定・否定の信号を受け取ることができるようになる[4]。すなわち、表情の認知は人が普遍的に備える機能であり、他者の感情を理解する際に重要な手掛かりとなっているといえる。

表情からの感情推定において、相手と同様の感情を体験することで感情推定を行うプロセスがあるとする仮説が提案されている[5, 6]。他者の表情が呈示されると、まず自動的な表情や身体・生理状態の模倣が生じ、それによって他者の感情状態を自己が体験することで他者感情を推定できるようになるというものである。この仮説の特徴は、相手の表情を認知してから身体状態が変化するのではなく、先に身体状態が変化してそれによって相手の感情を推定できるようになるとしていことである。自らの体で相手の身体状態をシミュレートすることから体現的シミュレーション仮説と呼ばれている[7]。体現的シミュレーションの行動実験による証拠として、Ponari, et al. [8]の実験が挙げられる。この研究では、参加者は口で棒を銜えることで口角の表情筋活動を制限されながら、他者表情推定課題を行った。その結果、棒を銜えた条件で感情推定の精度が低下することが明らかになった。つまり、自らの表情表出が阻害されると、他者の感情推定がうまくいかなくなることを示している。また、他者の感情推定が苦手とされる自閉症スペクトラム障害者は健常者に比べて表情の模倣が少ないことが示されており[9]、このことも、自らの表情表出が感情推定に必要なことを示唆している。

このような仕組みの実現には相手の表情・身体状態を自動的に模倣するシステムが必要であるが、その神経生理学的な根拠と考えられているのがミラーニューロンシステムである[10]。他者の行為を見たときと自分自身で同様の行為をおこなっているときで、どちらも同じように活性化する神経細胞群がミラーニューロンと呼ばれる[11]。ミラーニューロンは共感性とも関連

があるとされている[6, 12, 13]。共感とは相手と同じ感情を経験する能力であり、ミラーニューロンによって観察した他者の身体状態を自分の感情として経験できるからである。例えば Gazzola, et al. [14]は、共感性指数が高い人ほど他者の手の動きに対するミラーニューロンの活動が高いことを示している。また、共感能力が劣るとされる自閉症児はミラーニューロンを含む領域の活動が弱いとされる[15]。したがって、表情推定時の身体反応と共感性はどちらもミラーニューロンの働きを基礎としており、強い関連があることが推測される。前川ら[16]は、表情推定時の表情筋電、心拍数、発汗を計測し、女性において、情動的共感性によって表情推定時の生理反応が異なることを明らかにした。しかし、表情表出[17]や、感情的な生理反応[18]、共感的能力[19]には性差があることが知られている。そこで本研究では、新たに男性参加者を用いて、共感性の個人差が生理反応の個人差として表れるかどうかを検討した。

2. 方法

2.1. 参加者

男性 14 名が実験に参加した (18-22 歳, 平均 19.0 歳)。参加者は事前に実験に関する説明を受け、文書により参加に同意した。実験終了後に参加に対する報酬として QUO カード 1,000 円分を受け取った。

2.2. 装置

刺激は 27 インチ液晶ディスプレイ (DELL, 2560×1440 pix) に呈示した。参加者は防音室でディスプレイの前に座って課題を行った。視距離は他者との会話時の自然な距離として、パーソナルスペースの定義[20]を参考に 120cm とした。実験の制御、応答の記録には PsychoPy [21, 22]を用いた。

課題中の表情筋活動、心拍、発汗反応を、NeXus-10 MK II (Mind Media) を用いて記録した。筋電計測には直径 6mm の AgCl 表面電極 (ユニークメディカル, EPA-12) を使用し、Fridlund and Cacioppo [23]の計測方法に従って、皺眉筋 (眉を動かす筋肉) と大頬骨筋 (口角を上げるための筋肉) に電極を設置した。筋活動電位は刺激呈示とは異なるパソコンで Bio Trace+ (Mind Media) を用いて 2048Hz で記録した。また、左手の人差し指に光電式指尖容積脈波

(Photoplethysmography, PPG) センサーを、中指と薬指に皮膚伝導反応 (Skin Conductance Response,

SCR) センサーを装着した。サンプリングレートはそれぞれ、128Hz, 32Hz, 32Hz だった。参加者は右手でマウスを操作し、課題中はなるべく頭部および左手を動かさないように教示された。

2.3. 刺激

刺激は、京都大学 こころの未来研究センター (Kyoto Research Center, KRC) が作成した「KRC 表情画像データベース (2013)」の表情画像から選択し加工した。画像の選択には KRC の表情画像に関する調査のデータを使用し、幸福表情と怒り表情の表情弁別結果と表情評定結果から感情表出が強いと考えられる 6 名 (男性 3 名, 女性 3 名) の画像を選択した。

本研究では感情の強度の影響を探ることが目的の一つであるため、2 種類の表情画像の中間の感情を表す表情画像を作成した。中間表情の作成にはモーフィングと呼ばれる画像合成技術を使用した。モーフィングでは単純なオーバーラップによる合成とは異なり、特徴点を基に変形していく間の画像を補完することで自然な合成画像を作成することができる。モーフィングを幸福表情—中性表情、怒り表情—中性表情の間で各 6 段階 (0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%) で行い、計 66 枚の画像を作成した (図 1)。

さらに、表情以外の影響をなるべく排除するため、すべての画像の顔が切れない最小の縦長の楕円形の枠を作成し、画像に当てはめて切り抜いた。画像の大きさは、日本人頭部寸法データベース 2001 [24]を参考に実際の人間の顔の大きさに近くなるように、14.4 cm×18.0 cm (6.8 deg×8.5 deg) とした。

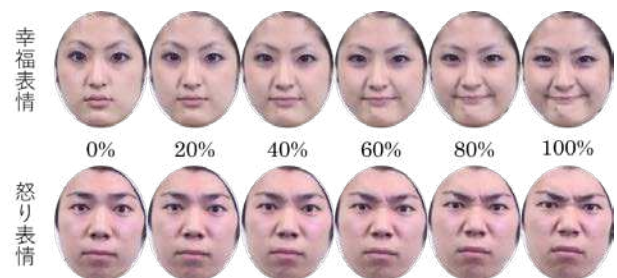


図 1 刺激に用いたモーフィング画像の例

2.4. 手続き

参加者の課題は呈示された表情画像の感情を推定することであった。応答には Affective Slider (AS) [25]を用いた。AS は Russell [3]の感情二次元モデルに基づき、「感情価 (Valence)」と「覚醒度 (Arousal)」の二次元で感情評定を行うためのツールである。各次元について、評定を行うためのスライダーと軸を説明す

るための顔を模したアイコンが表示される。参加者はスライダーを動かすことで、アナログ尺度で二次元の評定を行うことができる。各軸の文字による説明は表示されないが、本研究ではそれぞれのアイコンの概念を Lang and Bradley [26]の教示を和訳した教示を用いて事前に説明した。また、本試行前に練習試行を行い、参加者の AS への理解を確認した。練習試行では、平均的な人の評定値のデータが公開されている International Affective Picture System [18, 26, 27]の画像を用い、参加者の評定が大きくずれていた場合は再度教示を行った。

試行は次のような流れで行われた。最初に固視点が表情画像の呈示される位置の中心に 2 秒間呈示された。次に、画面上部（中心より 3.3 deg 上に移動した位置）に表情画像が 3 秒間呈示された。その後、画面下部に応答用の AS が呈示され、参加者はマウスを使って表情画像の感情を推定した。応答に時間制限はなく、参加者は任意のタイミングで応答をした。応答後、1 秒後に次の試行が始まった。刺激は各表情画像を 1 回ずつ、合計 66 試行を行った。

参加者は生理反応記録装置を装着し、練習課題 8 試行を行った後、生理反応の安定のため、3 分間の安静時間をとった。その後、本課題 66 試行を行い、最後に質問紙への回答をした。

2.5. 質問紙

共感性の測定には鈴木・木野[28]の多次元共感性尺度を使用した。共感性は大きく、他者の心理状態を正確に理解する能力である認知的共感性と、他者の心理状態に対する代理的な情動反応を示す情動的共感性に分類されている[29]。この尺度では他者の心理状態に対する「認知」と「情動」の反応傾向をそれぞれ「他者指向性」・「自己指向性」という視点から弁別的に推定する。本研究では、他者の表情を観察した際に生じる生理反応の違いを調べることから、情動的共感性と強く関りがあると考えられ、特に情動的共感性得点に着目した。質問紙は全部で 24 問の質問からなり、5 件法で 1 から 5 までを 5 段階で回答した。回答には約 5 分を要した。

2.6. 解析

表情筋電は、オフラインで、20-500Hz のバンドパスフィルタをかけ、ハムフィルタをかけてノイズを除去した後、1/16 秒の範囲で二乗平均平方根を計算して、筋電位の振幅を求め、1/10 秒の範囲でスムージングし

た[23, 30]。さらに、固視点呈示時点をベースラインと考え、試行ごとに固視点呈示時間の 2 秒間の平均筋電を引いた。その後、表情画像の呈示される 3 秒間のうち、呈示開始 1 秒後から 2 秒後の値を平均して、各試行の表情筋活動の代表値とした。代表値計算後、参加者ごとに標準偏差の 2 倍を超える試行を外れ値として除外した。皺眉筋は全 924 試行中 48 試行を除外し、大頬骨筋は全 924 試行中 50 試行を除外した。

PPG は、オフラインで、波形の最大ピーク（R ピーク）間隔時間を計算し、その逆数を心拍数とした[31, 32]。心拍数は 128Hz で計算し、その後 1/10 秒の範囲でスムージングを行った。最後に筋電と同様に、固視点呈示時間の 2 秒間を引き、表情画像の呈示される 3 秒間を平均して、試行の心拍数とした。SCR も同様に、ベースラインを引いた後、表情画像呈示後の 6 秒間を平均して代表値とした。また、心拍、SCR においても、代表値計算後に標準偏差の 2 倍を超える試行を除外した。除外した試行数は、心拍 49 試行、SCR 52 試行だった。

3. 結果

参加者を多次元共感性尺度の情動的共感性得点の高低によって 2 群に分けた。群分けは、得点の大きい順に並べ、高群、低群が同数になるように、7 名ずつに分けた。高群の平均評定値は 3.7 ± 0.17 、低群の平均評定値は 3.1 ± 0.25 だった。

次に、モーフィング率ごとに生理反応と感情評定値を平均し、その相関係数を計算した（図 2）。関連の計算は生理反応 4 種類×感情評定値 2 種類×共感性群 2 群で 16 通り行い、Benjamini-Hochberg 法[33]による有意水準の補正を行った。その結果、低共感性群において皺眉筋活動と感情価評定値 ($r = .79, p = .004$)、大頬骨筋活動と感情価 ($r = .70, p = .017$)、SCR と感情価 ($r = .71, p = .014$) の 3 通りの組み合わせで有意な相関関係がみられた (p 値は補正前)。また、心拍数と感情価評定値の間に弱い相関がみられた ($r = .60, p = .051$)。図 2 の右列にこれらの生理反応と感情評定値の組み合わせを示す。また、図 2 の左列は同じ組み合わせの高共感性群の結果を表しているが、いずれも有意な相関関係は見られない(皺眉筋: $r = .57, p = .068$, 大頬骨筋: $r = .02, p = .95$, 心拍数: $r = .38, p = .25$, SCR: $r = .46, p = .15$)。したがって、低共感性群では感情推定に応じて身体状態の変化が起きているのに対し、高共感性群ではそうした変化がないことがわかる。

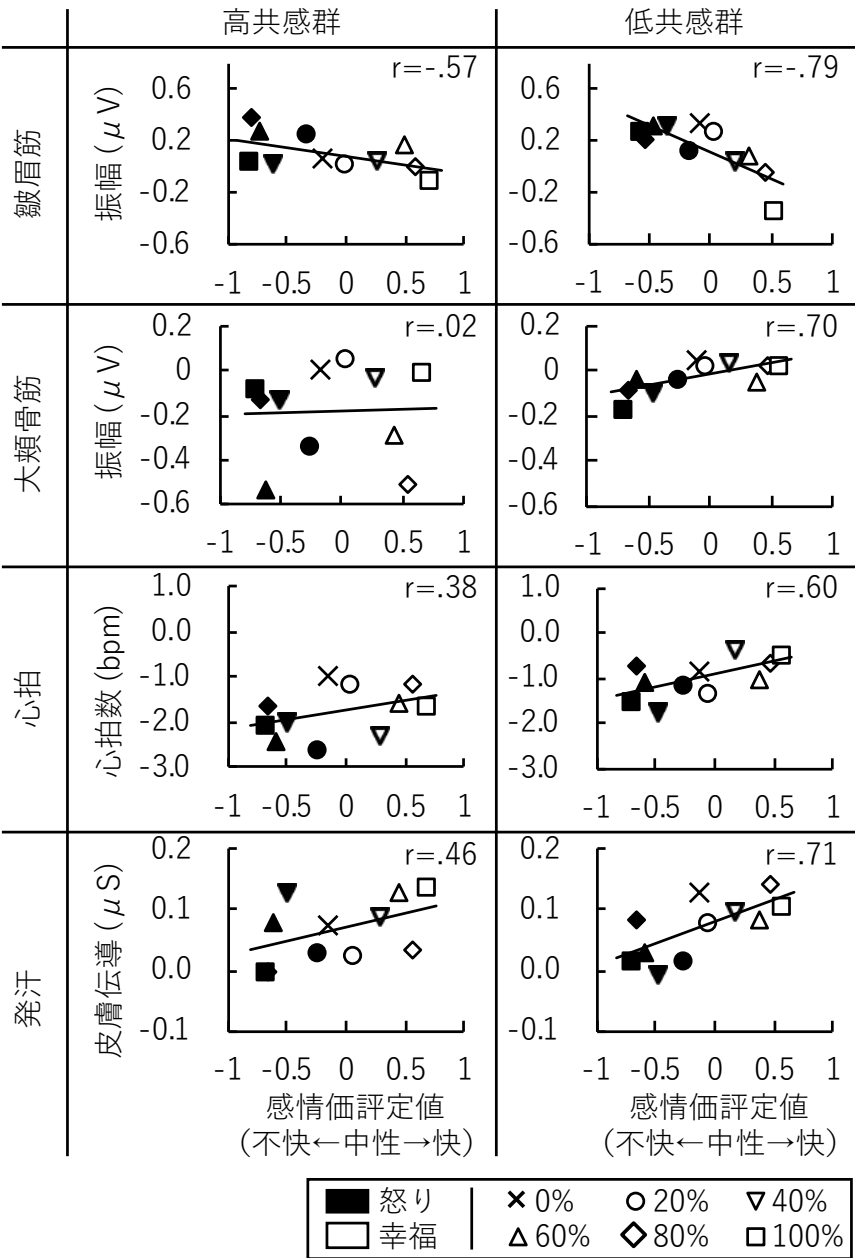


図 2 生理反応と表情評定値の相関

各シンボルは形がモーフィング率を表し、色（白・黒）が刺激画像の感情の種類を表す。各図右上の数値は相関係数を示す。

4. 考察

本実験では、共感性が低い群において、感情価が高い、つまり幸福に感じる表情を観察した際に、皺眉筋活動が低下し、大頬骨筋活動が増加し、SCRが増加するという結果が得られた。人は感情を生起すると、自立神経により生理的身体状態が変化し、また無意識に表情が変化することが知られている。これまでに行われた研究からは、おおむね、快感情を生じたときには笑顔を作る大頬骨筋の活動が増加し、不快な感情を感

じたときには眉をしかめるために皺眉筋の活動が増加するとされている[18, 23, 34]。また、表情模倣に関する研究でも、幸福表情を観察した際には大頬骨筋がより強く活動し、怒りや悲しみの表情を観察した際には皺眉筋が活動することが示されている[35-37]。本研究における皺眉筋および大頬骨筋の変化は、過去の研究結果と一貫しており、参加者が刺激表情を正しく認知し、模倣もしくは共感をしていることが確認できる。

一方で、心拍とSCRに関しては、状況が比較的あいまいであり、快感情・表情に対して、心拍数が増加す

るという結果や[18, 27], 逆に心拍数が減少するという結果が報告されている[38, 39]。また, 心拍数の周波数成分が自律神経活動を反映しており, 感情によって変化するという考えも広く支持されている[40]。SCR では, 感情価よりも覚醒度の影響が多く報告されており, 覚醒度が高い時に強い SCR が生じると考えられているが[18, 41], 快刺激呈示時に SCR が増加するという報告もある[42]。本研究では, 心拍数, SCR とともに, 感情価に伴って増加し, 覚醒度との相関は見られなかった。その理由の一つとして, 参加者の感情の抑制の影響が考えられる。感情を生起させる刺激の呈示時に, 感情表現を抑制させると生理反応が減少する[42]。幸福表情の他者に対面する場面と, 怒り表情の他者に対面する場面を考えると, 怒り表情を相手にするときには自らの感情を抑制した方が関係の悪化につながりにくい。参加者は経験によって, 表情に対する感情の制御を無意識に学んでおり, そのために, 怒り表情観察時の生理反応が弱くなったと考えることも可能である。

次に, 共感性による群分けの結果, 共感性の低い群において高い群よりも強い身体反応が生じるという結果が得られた。この結果は前川ら[16]と一貫している。これは直観に反する結果であるが, 模倣の抑制作用を考慮することで説明できる。模倣はあらゆる状況で一樣に生じるのではなく, 相手との関係や感情の種類によって異なっており, 例えば, 幸福表情の模倣は誰にでも生じるが, 悲しみ表情の模倣は親しい人にしか生じないことが報告されている[43]。つまり模倣は純粹に自動的かつ反射的なものではなく, 文脈によってはブレーキがかかることもある。共感性の高い人は, 模倣の表出・抑制をよく制御しており, 社会的相互作用の維持や調整に有効に活用していると考えられる。

参考文献

- [1] A. Mehrabian, (1971), *Silent messages* vol. 8: Wadsworth Belmont, CA.
- [2] P. Ekman, (1993), "Facial expression and emotion," *American Psychologist*, vol. 48, pp. 384-392.
- [3] J. A. Russell, (1991), "Culture scripts and children's understanding of emotion," in *Children's understanding of emotion*, C. Saarni and P. L. Harris, Eds.: Cambridge University Press, pp. 293-318.
- [4] C. A. Nelson, (1987), "The recognition of facial expressions in the first two years of life: Mechanisms of development," *Child Development*, pp. 889-909.
- [5] V. Gallese, (2005), "Embodied simulation: From neurons to phenomenal experience," *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, vol. 4, pp. 23-48.
- [6] V. Gallese, (2009), "Mirror neurons, embodied simulation, and the neural basis of social identification," *Psychoanalytic Dialogues*, vol. 19, pp. 519-536.
- [7] 鈴木敦命, (2014), "表情認知と体現的シミュレーション," *心理学評論*, vol. 57, pp. 5-23.
- [8] M. Ponari, M. Conson, N. P. D'Amico, D. Grossi, and L. Trojano, (2012), "Mapping correspondence between facial mimicry and emotion recognition in healthy subjects," *Emotion*, vol. 12, p. 1398.
- [9] S. Yoshimura, W. Sato, S. Uono, and M. Toichi, (2015), "Impaired overt facial mimicry in response to dynamic facial expressions in high-functioning autism spectrum disorders," *Journal of Autism and Developmental Disorders*, vol. 45, pp. 1318-1328.
- [10] G. Di Pellegrino, L. Fadiga, L. Fogassi, V. Gallese, and G. Rizzolatti, (1992), "Understanding motor events: a neurophysiological study," *Experimental Brain Research*, vol. 91, pp. 176-180.
- [11] M. Jeannerod, M. A. Arbib, G. Rizzolatti, and H. Sakata, (1995), "Grasping objects: the cortical mechanisms of visuomotor transformation," *Trends in Neurosciences*, vol. 18, pp. 314-320.
- [12] M. Iacoboni, (2009), "Imitation, empathy, and mirror neurons," *Annual Review of Psychology*, vol. 60, pp. 653-670.
- [13] L. Carr, M. Iacoboni, M. C. Dubeau, J. C. Mazziotta, and G. L. Lenzi, (2003), "Neural mechanisms of empathy in humans: a relay from neural systems for imitation to limbic areas," *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol.

- 100, pp. 5497-502.
- [14] V. Gazzola, L. Aziz-Zadeh, and C. Keysers, (2006), "Empathy and the somatotopic auditory mirror system in humans," *Current Biology*, vol. 16, pp. 1824-1829.
- [15] M. Dapretto, M. S. Davies, J. H. Pfeifer, A. A. Scott, M. Sigman, S. Y. Bookheimer, *et al.*, (2006), "Understanding emotions in others: mirror neuron dysfunction in children with autism spectrum disorders," *Nature Neuroscience*, vol. 9, pp. 28-30.
- [16] 前川亮・朝倉暢彦・乾敏郎, (2017), "情動的共感が他者感情推定時の身体状態に及ぼす効果," *日本認知心理学会第15回大会*, 東京.
- [17] U. Dimberg and L. O. Lundquist, (1990), "Gender differences in facial reactions to facial expressions," *Biological Psychology*, vol. 30, pp. 151-9.
- [18] P. J. Lang, M. K. Greenwald, M. M. Bradley, and A. O. Hamm, (1993), "Looking at pictures: Affective, facial, visceral, and behavioral reactions," *Psychophysiology*, vol. 30, pp. 261-273.
- [19] L. Christov-Moore, E. A. Simpson, G. Coudé, K. Grigaityte, M. Iacoboni, and P. F. Ferrari, (2014), "Empathy: Gender effects in brain and behavior," *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, vol. 46, pp. 604-627.
- [20] E. T. Hall, (1966), *The hidden dimension*. Garden City, N.Y.: Doubleday.
- [21] J. W. Peirce, (2007), "PsychoPy—psychophysics software in Python," *Journal of Neuroscience Methods*, vol. 162, pp. 8-13.
- [22] J. W. Peirce, (2009), "Generating stimuli for neuroscience using PsychoPy," *Frontiers in Neuroinformatics*, vol. 2, p. 10.
- [23] A. J. Fridlund and J. T. Cacioppo, (1986), "Guidelines for human electromyographic research," *Psychophysiology*, vol. 23, pp. 567-589.
- [24] 河内まき子・持丸正明, (2008), "日本人頭部寸法データベース 2001." 東京: 産業技術総合研究所 デジタルヒューマン工学研究センター.
- [25] A. Betella and P. F. Verschure, (2016), "The Affective Slider: A Digital Self-Assessment Scale for the Measurement of Human Emotions," *PLoS One*, vol. 11, p. e0148037.
- [26] P. Lang and M. M. Bradley, (2007), "The International Affective Picture System (IAPS) in the study of emotion and attention," in *Handbook of emotion elicitation and assessment*, J. A. Coan and J. J. B. Allen, Eds.: Oxford University Press, pp. 29-46.
- [27] M. M. Bradley, M. Codispoti, B. N. Cuthbert, and P. J. Lang, (2001), "Emotion and motivation I: defensive and appetitive reactions in picture processing," *Emotion*, vol. 1, p. 276.
- [28] 鈴木有美・木野和代, (2008), "多次元共感性尺度 (MES) の作成," *教育心理学研究*, vol. 56, pp. 487-497.
- [29] M. H. Davis, (1983), "Measuring individual differences in empathy: Evidence for a multidimensional approach," *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 44, pp. 113-126.
- [30] J. H. Lawrence and C. De Luca, (1983), "Myoelectric signal versus force relationship in different human muscles," *Journal of Applied Physiology*, vol. 54, pp. 1653-1659.
- [31] J. E. Naschitz, S. Bezobchuk, R. Mussafia-Priselac, S. Sundick, D. Dreyfuss, I. Khorshidi, *et al.*, (2004), "Pulse transit time by R-wave-gated infrared photoplethysmography: review of the literature and personal experience," *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, vol. 18, pp. 333-342.
- [32] J. Allen, (2007), "Photoplethysmography and its application in clinical physiological measurement," *Physiological Measurement*, vol. 28, pp. R1-R39.
- [33] Y. Benjamini and Y. Hochberg, (1995), "Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to multiple testing," *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, pp. 289-300.
- [34] P. Ekman and E. L. Rosenberg, (1997), *What the face reveals: Basic and applied studies of spontaneous expression using the Facial Action*

Coding System (FACS): Oxford University Press.

- [35]U. Dimberg and M. Petterson, (2000), "Facial reactions to happy and angry facial expressions: Evidence for right hemisphere dominance," *Psychophysiology*, vol. 37, pp. 693-696.
- [36]K. Rymarczyk, C. Biele, A. Grabowska, and H. Majczynski, (2011), "EMG activity in response to static and dynamic facial expressions," *International Journal of Psychophysiology*, vol. 79, pp. 330-333.
- [37]J. Künecke, A. Hildebrandt, G. Recio, W. Sommer, and O. Wilhelm, (2014), "Facial EMG responses to emotional expressions are related to emotion perception ability," *PLoS One*, vol. 9, p. e84053.
- [38]P. Ekman, R. W. Levenson, and W. V. Friesen, (1983), "Autonomic nervous system activity distinguishes among emotions," *Science*, vol. 221, pp. 1208-1210.
- [39]H. D. Critchley, P. Rotshtein, Y. Nagai, J. O'Doherty, C. J. Mathias, and R. J. Dolan, (2005), "Activity in the human brain predicting differential heart rate responses to emotional facial expressions," *Neuroimage*, vol. 24, pp. 751-62.
- [40]R. McCraty, M. Atkinson, W. A. Tiller, G. Rein, and A. D. Watkins, (1995), "The effects of emotions on short-term power spectrum analysis of heart rate variability," *American Journal of Cardiology*, vol. 76, pp. 1089-1093.
- [41]S. Khalfa, P. Isabelle, B. Jean-Pierre, and R. Manon, (2002), "Event-related skin conductance responses to musical emotions in humans," *Neuroscience Letters*, vol. 328, pp. 145-9.
- [42]J. J. Gross and R. W. Levenson, (1997), "Hiding feelings: The acute effects of inhibiting negative and positive emotion," *Journal of Abnormal Psychology*, vol. 106, p. 95.
- [43]P. Bourgeois and U. Hess, (2008), "The impact of social context on mimicry," *Biological Psychology*, vol. 77, pp. 343-352.