

## 表情刺激を用いた認知課題における ポジティブな情動伝染と意欲向上効果

### Positive emotional contagion and motivation improvement for cognitive tasks using facial expression stimuli

今井 達矢<sup>1\*</sup> 吉田 直人<sup>1,2</sup> 米澤 朋子<sup>3</sup> 榎堀 優<sup>1</sup> 間瀬 健二<sup>1</sup>  
Tatsuya Imai<sup>1</sup> Naoto Yoshida<sup>1,2</sup> Tomoko Yonezawa<sup>3</sup> Yu Enokibori<sup>1</sup> Kenji Mase<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学大学院情報学研究科

<sup>1</sup> Graduate School of Informatics, Nagoya University

<sup>2</sup> 名古屋大学未来社会創造機構

<sup>2</sup> Institutes of Innovation for Future Society, Nagoya University

<sup>3</sup> 関西大学 総合情報学部

<sup>3</sup> Faculty of Informatics, Kansai University

**Abstract:** 本研究では、認知機能改善のための認知トレーニングにおける意欲向上を目的として、感情的な表情画像を用いた表情反応課題を作成し、情動伝染による気分とモチベーションへの影響を評価した。実験の結果、怒りの画像を利用した場合と比べ、笑顔の画像を利用した場合に気分やモチベーションの評価が高く、対応する被験者の表情反応も見られた。これにより、ポジティブな表情画像の利用によるトレーニング意欲の向上ができる可能性が示された。

## 1 はじめに

現在、寿命の延伸に伴い世界的に高齢化が進み、健康に過ごすことができる健康寿命の延伸も求められている。健康な生活を送るためには身体機能や認知機能の維持・向上が必要であり、健康機能の維持・向上を目的としたトレーニングが多くの研究で注目されている。トレーニング介入による機能向上については、認知トレーニング [1][2] や身体トレーニング [3] による認知機能の改善などが報告されている。また、複数の課題を同時に実施するマルチタスクトレーニングによって、単一の課題よりも機能が向上したという研究結果も存在する [4][5]。このように、機能トレーニングが健康寿命の延伸につながることを示されている。

機能改善トレーニングにおいては、日常的に、かつ長期間継続して実施することが重要である。しかし、トレーニングで実施する課題をつまらないと感じる、長期間続けるうちに途中で飽きてしまうといった要因によって意欲の低下がおきてしまい、トレーニングが続かなくなる可能性が考えられる。岡田らの研究では、心身マルチタスクトレーニングによって、認知機能や身体機能の向上に相乗的な効果が見られたが、効果のフィー

ドバックがなく単純なトレーニングを実施した場合に、自己効力感が減少したということも報告されている [6]。そのため、トレーニング中の気分やモチベーションを改善させるための工夫が必要である。

我々は、身体・認知機能向上のためのトレーニング課題実施中の気分の向上や、トレーニング課題に対するモチベーションの維持を可能とする認知トレーニングコンテンツの開発を進めている。情動伝染という他者の感情や気分が伝染する現象 [7][8] を利用し、笑顔などのポジティブな感情的な表情を課題の中で提示することで、トレーニングを楽しく、意欲的に行えるようになるのではないかと考えた。

本研究では、認知課題における表情刺激による情動伝染の効果を検証するため、感情的な表情画像を刺激として用いた反応課題（表情反応課題）を作成した。課題の成績、主観評価アンケート、課題実施中の被験者の表情変化（表情模倣）を評価指標とした。課題で提示する表情刺激の表現感情によって条件分けを行い、これらの評価指標を条件間で比較することで、情動伝染および表情模倣の傾向が見られるかを確認した。本研究では、シングルタスク実験とマルチタスク実験の2種類の実験を実施した。シングルタスク実験では、表情反応課題においても、従来研究 [7][8] で報告されていた情動伝染および表情模倣の傾向やそれによる意欲向

\*連絡先：名古屋大学 大学院情報学研究科  
〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町  
E-mail: timai@cmc.is.i.nagoya-u.ac.jp

上効果が発生するかを確認した。また、前述したようにマルチタスクトレーニングが身体・認知機能の改善に効果的であることから、マルチタスク状況下でも情動伝染や表情模倣、意欲向上効果が発生するかを確認するため、マルチタスク実験を実施した。

## 2 関連研究

他者の感情的な表情に対する反応として、情動伝染や表情模倣などの現象が存在する。情動伝染 (emotional contagion) とは、他者の感情表現を知覚することで、自身も同じ情動状態になるという現象であり、コミュニケーションの促進などの機能を持つとされる [7][8]。例えば、話し相手が笑っているとつられて自身も楽しい気分になる、というものである。表情模倣 (facial mimicry) は、感情表現の送信者の表情と似た表情を受信者が表出するという現象であり、送信者と同じ表情を模倣することで、相手の行動や感情の理解につながるとされている。また、表情フィードバック仮説 (facial feedback hypothesis) では、感情的体験が顔表情に影響を受けるとされ [9][10]、「笑顔を作ることで楽しいという気分を感じる」といったことが言われている。情動伝染の発生については、表情模倣により相手の表情と似た表情が生成され、表情フィードバック効果によりその表情と対応した感情が発生する、という過程がメカニズムの一つとして考えられている。

情動伝染や表情模倣に関しては多くの研究がなされている。Olszanowski らの研究 [11] では、モーフィングで作成した 35 秒間の表情変化映像を見せ、映像中の人物について評価するという実験を行った。その結果、被験者は映像中人物の表現感情と同じ感情を強く感じ、その感情と対応した表情筋の EMG 活動が見られた。表情模倣についての研究では、感情的な表情が表出されている静止画像よりも、中立の表情から感情表情に変化する映像の方が強く表情模倣が発生したという結果も報告されている [12]。そのため、本研究ではモーフィングで作成した表情変化映像を刺激として視聴させる認知トレーニング課題を作成した。

本研究では、被験者の表情特徴の分析に、Facial Action Coding System (FACS) [13] の Action Unit (AU) を利用した。FACS では様々な表情筋の活動を AU として定義しており、感情的な表情の表出時に活動する表情筋と対応した AU を分析することで、表情から感情状態の判断が可能となる。一般には FACS についての知識を持った判定者が表情の画像を見て AU の表出強度を判定することが多いが、本研究では OpenFace [14] を用いて AU の表出強度を出力した。OpenFace では、複数の表情画像データセットを用いた機械学習によって AU 表出強度を判定している。

## 3 表情反応課題における情動伝染

### 3.1 実験目的

この実験では、作成した表情反応課題において、情動伝染や表情模倣、意欲向上効果が発生するかを検証した。表情反応課題で提示する刺激の表現感情の違いによって、被験者の気分評価やモチベーション、表情反応の違いが出るかを比較した。実験条件については、覚醒度が高く、情動伝染や表情模倣についての研究で多く使用される笑顔 (幸福) と怒りの感情表情を採用した。笑顔の表情刺激を提示した条件 (笑顔条件) と怒りの表情刺激を提示した条件 (怒り条件) について、次のような仮説を立てた。

- 表情模倣が発生し、笑顔条件では笑顔と対応する AU が、怒り条件では怒りと対応する AU が強く表出される
- 情動伝染が発生し、笑顔条件では、怒り条件と比べて、ポジティブな気分とモチベーションが高く、ネガティブな気分が低くなる

### 3.2 表情反応課題の詳細

表情反応課題は、画面上に表示される人物の表情を見て、その表情が最も感情的になった瞬間に写真を撮影する認知トレーニングゲームとして作成した。課題の主な流れは以下のとおりである。

最初に画面上に中立的な感情の表情 (中立顔) が 5 秒間提示されたあと、表情変化のお手本が 1 回提示される。表情は中立顔と感情を表している表情 (感情顔) との間で変化する (図 1)。お手本の後に音声と文字によるスタートの合図が示され、回答区間が開始する。回答区間では、中立顔を強度 0、感情顔を強度 100 として、表情が強くなる際の強度が 60, 70, 80, 90, 100 の 5 段階に分かれている。被験者はお手本で記憶した最も強い (強度 100 の) 表情になるタイミングを狙い、キーボードのスペースキー押下により写真を撮影する。撮影した表情の強度が高いほど高得点となり、回答区間の終了後に撮影した表情と得点を確認する (図 3)。刺激間に 1 秒間のインターバルがあり、上記を 1 セット当たり 16 回繰り返す。従来研究 [15] において作成した表情反応課題では、表情変化が一度のみであり、一度撮影すると表情変化が停止する形式であったため、感情的な表情の変化を被験者が捉えるには十分でないと考えた。そのため、表情変化のお手本を提示するほか、Michael らの論文 [11] を参考に表情変化を複数回発生させるように変更を加えた。

課題に用いた表情刺激には、ATR 顔表情データベース (DB99) [16] および AIST 顔表情データベース 2017 [17]

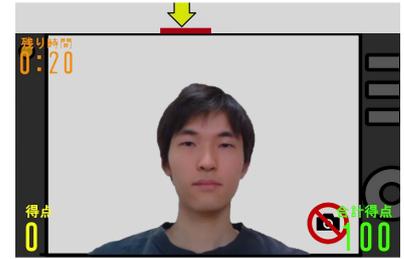


図 1: シングルタスク課題例<sup>1</sup> (左:強度 0 の中立顔, 右:強度 100 の感情顔)

図 2: マルチタスク課題例

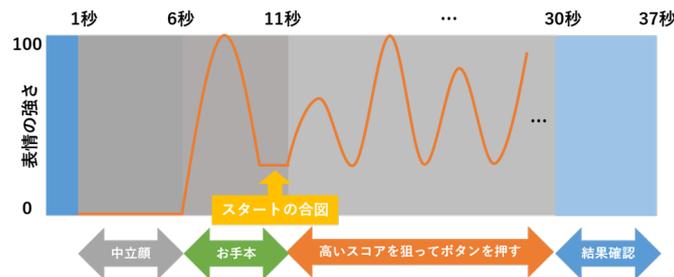


図 3: 刺激の表情変化パターン

の画像を素材とした。両データセットから男女 4 名ずつ、計 16 名の人物について、中立顔・笑顔（開口）・怒り顔（開口）の画像を採用し、笑顔と怒りの表情変化映像を線形モーフィングにより作成した。モーフィングでは顔の輪郭、眉、目、鼻、口、頬などの部位を追跡点とし、中立顔と感情顔の間で合計 60 枚（中間画像 58 枚）、フレームレート 15 の粒度とした。

の前方にあるモニターとスピーカーを通して提示した。モニターの上部にウェブカメラ（logicool HD Webcam c310n）を取り付け、実験中の被験者表情を撮影した（640 × 480, 30fps）。さらに、実験の様子を観察するため、別途被験者の斜め後方にカメラを設置して撮影した。実験担当者は被験者後方の机（図左部）に座り、被験者への指示と説明、実験用プログラムの操作、撮影用カメラの起動・停止などの操作を行った。

### 3.3 実験方式

#### 3.3.1 被験者

本実験の被験者は 30 代、40 代、50 代、60 代から各年代男女 5 名ずつ、計 40 名を対象とした。被験者の募集の際には、実験のための基本的なパソコン操作が可能であること、裸眼またはコンタクトレンズ等を使用して日常生活に支障のない視力を有していること、日本語を母国語としていること、などの要件を満たす者を対象とした。

#### 3.3.2 実験環境

実験は図 4 に示す環境で実施した。被験者は図右部にあるモニターの正面に着座し、手元のマウスとキーボードを操作することで課題やアンケートへの回答を行った。課題やアンケートなどの映像・音声は被験者

#### 3.3.3 実験手順

実験手順の概略図を図 5 に示す。実験のはじめに実験説明書の配布と口頭による実験全体の説明を行い、実験同意書への記入を行った。被験者には「認知トレーニング（脳トレ）ゲームを行い、ゲームの成績、評価アンケート、ゲーム中の様子（映像）を収集する」ことを実験の目的として説明した。その後、実験用のプログラムを起動し、実験前アンケートとして性別や年齢などの属性情報の入力を行った。属性情報の入力後に以下の手順により課題を実施した。

最初に課題前アンケートとして気分評価のアンケートを取り、次に実施する課題（認知トレーニングゲーム）と操作方法についての説明を行った。課題や操作方法については、実験担当者による口頭での説明に加え、モニター上にデモムービーを表示した。また、それぞれのゲームでできるだけ高得点を取るよう指示を行った。実験説明の後、笑顔条件、怒り条件、両方条件

<sup>1</sup>本論文では、利用規約に基づき顔表情データベース画像を掲出していない。図中の顔画像は実際の実験で使用した画像とは異なる。



図 4: 実験環境

(笑顔と怒りの表情刺激が交互に提示される) の 3 条件について、「課題前の被験者表情の撮影，課題の実施，課題後アンケートの実施」をそれぞれ実施した。課題後アンケートでは気分評価とモチベーションのアンケートを実施した。全条件の終了後に実験に対する感想のアンケートを行った。刺激の表現感情による実験条件は順序に偏りが出ないように調整を行った。課題中の人物の登場パターン，表情変化の強度パターン（60～100 の 5 段階の変化順序）はラテン方格法でナンバリングしたものを被験者ごとにランダムに割り当てた。

### 3.3.4 評価指標

実験では，課題成績，気分評価，モチベーション評価，表情特徴を評価指標とした。

表情反応課題で獲得した得点の平均値を課題成績の指標とした。平均得点が 100 に近いほどより強い感情表情を撮影できていたことを表す。

被験者の表情変化については，前述のとおり OpenFace[14] を用い，実験中にウェブカメラで撮影した被験者の顔映像から表情特徴を抽出した。OpenFace では，顔映像に対しフレームごとの各 AU の表出強度が出力される。表情変化映像を提示しているフレーム区間の中で，5 秒間の中立顔を提示している区間の平均表出強度をベースライン，表情変化が起きている区間の平均表出強度を評価対象とし，AU 強度の変化量を算出した。怒りと関連する AU として AU4 (Brow lowerer)，幸福と関連する AU として AU6 (Cheek raiser) と AU12 (Lip corner puller) を選択した。

気分評価には，藤村らの論文 [18] を参考とした。Differential Emotions Scale (DES) の日本語の情動語 16 語について各情動語の気分をどれだけ感じているかを VAS 形式 (0～100) で質問し，「幸福」「悲しみ」の評価値の平均をポジティブ感情スコア，「怒り」「悲しみ」「恐怖」「嫌悪」の評価値の平均をネガティブ感情スコアとした。モチベーション評価には，ARCS 動機づけモデル [19][20] を参考とした。ARCS 動機づけモデルは教育・

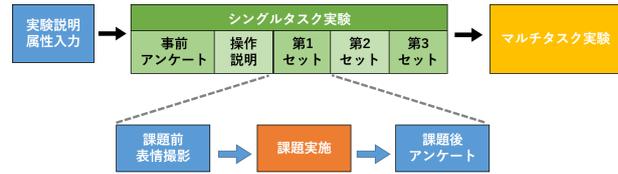


図 5: 実験手順の概略図

表 1: モチベーション評価アンケート

分類	項目
Attention	おもしろかった，興味が持てた 飽きずに続けられた 気分転換になった
Relevance	自分に合っている，親しみやすい 認知トレーニング効果がある 楽しく取り組めた
Confidence	目標が持てた うまくできた 次はもっとうまくできる
Satisfaction	取り組んだ甲斐がある やってよかった，満足できた 自分の認知能力を見直すことができた

教材に対するモチベーション評価モデルであり，面白さなどを表す Attention，やりがいなどを表す Relevance，自信を表す Confidence，満足感を表す Satisfaction の 4 要因によって構成される。本実験では，各要因について表 1 のように 3 つずつの下位要因の質問項目を作成し，VAS 形式 (0～100) で質問した下位要因の平均値を各要因の評価値として利用した。

### 3.4 データ分析方法

各評価指標の分析には，python の `scipy.stats.ttest_rel` 関数による，対応ありの t 検定で笑顔条件と怒り条件の比較を行った。また，データの傾向や考察の参考とするための補助的な指標として，pystan ライブラリによるベイズ統計を利用した。ベイズ統計では，被験者ごとに笑顔条件と怒り条件の差分値を計算し，正規分布を仮定して推定を行った。得られたサンプルから，「笑顔条件の評価値 > 怒り条件の評価値」となる確率  $P_{s>a}$  を計算した。 $P_{s>a} > 0.5$  ならば笑顔条件の評価値の方が高く， $P_{s>a} < 0.5$  ならば怒り条件の評価値の方が高いという推定結果を表す。本研究では，

$P_{s>a} \geq 0.95$ , または  $P_{s>a} \leq 0.05$  となる場合に強い差が出ていると定義する。

### 3.5 シングルタスク実験結果

各評価指標の笑顔条件と怒り条件の平均差, p 値,  $P_{s>a}$  の結果を表 2 に示す。表情反応課題成績の笑顔条件と怒り条件との条件比較では  $p = 0.37$  であり, 有意な違いは見られなかった。表情特徴の分析では, AU12 の表出強度が笑顔条件の方が有意に強くなっていた ( $p = 0.01$ ,  $P_{s>a} > 0.99$ )。AU4 と AU6 ではともに  $p > 0.10$  と有意な違いが見られず,  $P_{s>a}$  も強い差は出ていなかったが, AU4 は  $P_{s>a} = 0.12$  で怒り条件において比較的強く, AU6 は  $P_{s>a} = 0.94$  で笑顔条件において比較的強く表出されていた。気分評価におけるポジティブ感情と ARCS 動機づけモデルの Relevance の評価値は笑顔条件で有意に高く ( $p < 0.05$ ,  $P_{s>a} = 0.98$ ), ネガティブ感情の評価値は怒り条件で有意に高かった ( $p = 0.03$ ,  $P_{s>a} = 0.01$ )。Attention と Satisfaction の項目では  $p \leq 0.09$ ,  $P_{s>a} \geq 0.95$  で笑顔条件の評価値が高いという有意傾向が見られた。Confidence の項目では  $p = 0.10$ ,  $P_{s>a} = 0.94$  で比較的笑顔条件の方が高く評価されていた。

### 3.6 シングルタスク実験考察

#### 3.6.1 課題成績に関する考察

強い表情に反応できていたかを測る課題成績について, t 検定による比較では, 笑顔条件と怒り条件の間に有意な差は見られなかった。ベイズ統計では  $P_{s>a} = 0.81$  であったが, 怒り条件と笑顔条件での成績はそれぞれ  $83.69 \pm 10.31$ ,  $84.71 \pm 10.54$  であり, 平均差は  $1.02 \pm 7.33$  であったため, 大きな差ではないといえる。このことから, 主観評価や表情特徴の分析結果に対し, 表情画像の記憶のしやすさや表情変化の認識のしやすさ, 課題得点などによる影響は少ないと考えられる。

#### 3.6.2 表情特徴に関する考察

表情特徴の分析では, AU12 は笑顔条件の方が有意に強く表出されており, 認知トレーニング課題において感情的な表情刺激と対応した表情模倣が発生するという仮説を支持する結果であった。AU4 は  $p = 0.21$ ,  $P_{s>a} = 0.12$ , AU6 は  $p = 0.12$ ,  $P_{s>a} = 0.94$  であり, 表情模倣の仮説と一致する方向の差が出ていたが, 有意な差ではなかった。

表 2: シングルタスク実験結果

項目	平均差	p 値	$P_{s>a}$
表情反応課題成績	1.02 ± 7.33	0.37	0.81
AU4	-0.02 ± 0.11	0.21	0.12
AU6	0.02 ± 0.08	0.12	0.94
AU12	0.03 ± 0.06	<b>0.01*</b>	<b>1.00</b>
ポジティブ感情	8.62 ± 24.99	<b>0.03*</b>	<b>0.98</b>
ネガティブ感情	-8.09 ± 22.81	<b>0.03*</b>	<b>0.01</b>
Attention	5.62 ± 20.88	<b>0.09</b>	<b>0.95</b>
Relevance	6.30 ± 19.85	<b>0.05*</b>	<b>0.98</b>
Confidence	3.68 ± 14.66	<b>0.10</b>	0.94
Satisfaction	5.17 ± 17.27	<b>0.06</b>	<b>0.97</b>

\*  $p \leq 0.05$

#### 3.6.3 主観評価に関する考察

主観評価の分析結果では, ポジティブ感情は笑顔条件の方が有意に高く, ネガティブ感情は怒り条件の方が有意に高く評価されており, 感情的な表情刺激により情動伝染効果が発生するという仮説を支持する結果が得られた。モチベーション項目では, 全体的に笑顔条件の方が評価値が高く, Relevance で有意差, Attention と Satisfaction で有意傾向が見られ, ポジティブな表情刺激によるモチベーションの向上が見られた。

なお, 本実験では「怒り」「悲しみ」「恐怖」「嫌悪」の評価値の平均値をネガティブ感情のスコアとしていた。この各項目の比較結果を表 3 に示す。表からわかるように, 「怒り」の項目 (平均差  $-7.03$ ,  $p = 0.07$ ) よりも「恐怖」 (平均差  $-9.32$ ,  $p = 0.04$ ) や「嫌悪」 (平均差  $-11.74$ ,  $p = 0.01$ ) の項目の方が笑顔条件と怒り条件の差が大きくなっている。怒りの感情の伝染よりも, 怒りの表情に対する応答としての恐怖や嫌悪の気分が強く出ていた可能性が考えられる。

表 3: ネガティブ感情項目の比較結果

項目	平均差	p 値	$P_{s>a}$
平均値	-8.09 ± 22.81	<b>0.03*</b>	<b>0.01</b>
怒り	-7.03 ± 24.47	<b>0.07</b>	<b>0.04</b>
悲しみ	-4.06 ± 22.56	0.24	0.13
恐怖	-9.32 ± 28.61	<b>0.04*</b>	<b>0.02</b>
嫌悪	-11.74 ± 27.64	<b>0.01*</b>	<b>0.01</b>

\*  $p \leq 0.05$

## 4 マルチタスク下における情動伝染

### 4.1 実験目的

マルチタスク実験では、マルチタスク状況下において、情動伝染、表情模倣、意欲向上効果が発生するかを検証した。表情反応課題をサブタスクであるトラッキング課題と同時に実施し、提示する刺激の表現感情の違いによって、気分評価やモチベーション、被験者の表情反応の違いが出るかを比較した。

### 4.2 実験方式

マルチタスク実験はシングルタスク実験と同じ被験者に対して、シングルタスク実験の終了後に10分間の休憩をはさんで実施した。実験内での手順はシングルタスク実験と同様に行った。課題前アンケートと操作説明の後、笑顔条件、怒り条件、両方条件の3条件についてそれぞれ課題前の表情撮影・課題の実施・課題後アンケートを行い、最後に実験全体への感想のアンケートを行った。

#### 4.2.1 マルチタスク課題

マルチタスク実験では、シングルタスク実験でも実施した表情反応課題に加え、サブタスクとしてトラッキング課題を同時に実施する。表情反応課題を実施しているディスプレイの上部に矢印とバーが表示され、矢印は自動的に左右に移動する(図2)。矢印がバーからはみ出ている間は画面右下に表示されている合計得点が減り続けるため、被験者は矢印がバーの範囲内から出ないように、マウス操作によってバーを左右に移動させる。シングルタスク実験と同様にできるだけ高得点を取るよう指示を行った。

#### 4.2.2 評価指標

課題成績については、表情反応課題の平均得点に加え、トラッキング課題の成功率を指標とした。気分評価、モチベーション評価、表情特徴についてはシングルタスク実験と同じ項目を収集し評価指標とした。

表 4: マルチタスク実験結果

項目	平均差	p 値	$P_{s>a}$
表情反応課題成績	0.39 ± 5.76	0.66	0.67
トラッキング成績	-0.01 ± 0.03	0.13	0.07
AU4	-0.01 ± 0.07	0.61	0.31
AU6	0.01 ± 0.02	0.46	0.77
AU12	0.02 ± 0.09	<b>0.10</b>	<b>0.95</b>
ポジティブ感情	4.64 ± 16.99	<b>0.08</b>	<b>0.96</b>
ネガティブ感情	-1.85 ± 15.60	0.46	0.24
Attention	5.33 ± 12.37	<b>0.01*</b>	<b>0.99</b>
Relevance	2.43 ± 9.40	<b>0.10</b>	<b>0.95</b>
Confidence	1.21 ± 8.92	0.37	0.81
Satisfaction	0.56 ± 13.01	0.77	0.61

\*  $p \leq 0.05$

### 4.3 マルチタスク実験結果

各評価指標の比較結果を表4に示す。課題成績では表情反応課題、トラッキング課題ともに  $p > 0.10$  で条件間の有意な差は見られなかった。AU強度値ではAU12の表出強度が笑顔条件の方が高いという有意傾向が見られた ( $p \leq 0.10$ ,  $P_{s>a} = 0.95$ )。主観評価では、ARCS動機づけモデルのAttentionの評価値は笑顔条件の方が有意に高く ( $p = 0.01$ ,  $P_{s>a} = 0.99$ )、気分評価におけるポジティブ感情とARCSモデルのRelevanceは笑顔条件の方が高いという有意傾向 ( $p \leq 0.10$ ,  $P_{s>a} \geq 0.95$ )が見られた。

### 4.4 マルチタスク実験考察

#### 4.4.1 課題成績に関する考察

表情反応課題、トラッキング課題ともに、課題成績の有意な差は見られなかった。トラッキング課題では  $P_{s>a} = 0.07$  であったが、笑顔条件での成績は  $0.99 \pm 0.02$ 、怒り条件では  $0.98 \pm 0.05$  であり、平均差の  $-0.01 \pm 0.03$  は大きな差ではないといえる。そのため、シングルタスク実験と同様に、表情の記憶のしやすさ、表情変化の認識のしやすさ、課題得点による影響は少ないものと考えられる。

#### 4.4.2 表情特徴に関する考察

笑顔・幸福と関連するAU12については笑顔条件の方が怒り条件より高い傾向が出ていたが、AU4、AU6については有意な差は見られなかった。マルチタスク課題後の感想として「トラッキング課題の方に注意を割かれて表情に注目するのが難しかった」といったコ

メントが複数見られた。サブタスクとして実施したトラッキング課題では、矢印が常に移動を続けており、トラッキング課題に常に意識が割かれることになる。そのため、感情的な表情に対する注意が減少し、表情模倣が起きにくくなってしまった可能性がある。また、認知負荷が高い状態では感情表現に対する認識・理解が妨げられるという研究結果も報告されている [21]。トラッキング課題と表情反応課題を同時に行うマルチタスク課題では難易度や認知負荷が高くなるため、サブタスクの影響により表情模倣が起きにくくなった可能性が考えられる。

#### 4.4.3 主観評価に関する考察

Attention は笑顔条件の評価値が優位に高く、ポジティブ感情と Relevance は笑顔条件の評価値の方が高いという有意傾向が見られ、情動伝染により気分やモチベーションが向上するという仮説を部分的に支持する結果が得られた。しかし、ネガティブ感情、Confidence, Satisfaction については平均差、 $p$  値、 $P_{s>a}$  すべてにおいて十分な差は見られなかった。表情特徴についての考察と同様に、サブタスクの存在や難易度・認知負荷が高いことで情動伝染が起きにくくなった可能性が考えられる。

## 5 情動伝染を利用したマルチタスク課題に関する考察

本研究では、表情反応課題を単体で行うシングルタスク実験と、表情反応課題とトラッキング課題を同時に行うマルチタスク実験を実施した。実験の結果、マルチタスク実験ではシングルタスク実験と比べて平均差が全体的に少なくなっていた。例えば、シングルタスク実験ではネガティブ感情は平均差  $-8.09 \pm 22.81$ ,  $p = 0.03$ ,  $P_{s>a} = 0.01$ , Relevance では平均差  $6.30 \pm 19.85$ ,  $p = 0.05$ ,  $P_{s>a} = 0.98$  の有意差が出ていたのに対し、マルチタスク実験ではネガティブ感情が平均差  $-1.85 \pm 15.60$ ,  $p = 0.46$ ,  $P_{s>a} = 0.24$ , Relevance では平均差  $2.43 \pm 9.40$ ,  $p = 0.10$ ,  $P_{s>a} = 0.95$  となっている。マルチタスク実験で差が小さかったことについて、サブタスクに意識が割かれることや難易度・認知負荷の上昇の影響を挙げた。サブタスクの存在によって情動伝染効果や表情模倣が妨げられた可能性があることから、マルチタスク下において表情刺激による情動伝染効果を利用する場合には、サブタスクを表情刺激への注意を妨げないような課題形式・提示方式にする、サブタスクによる負荷を適度な範囲に抑える等の対策が必要になると考えられる。

ただし、本研究で実施したシングルタスク実験とマルチタスク実験には他にいくつかの実験要因の違いがあげられる。一つ目の違いはゲーム性の変化である。マルチタスク実験では、表情反応課題でキーボード、トラッキング課題でマウスを操作することになり、認知処理だけでなく身体動作も複数同時に行う必要がある。このことについて、「最初の実験（シングルタスク実験）より難しかった」「操作が複雑だった」「脳を使っている感覚があった」「達成感があった」等のコメントがされていた。また、もう一つの違いとして、各実験の実施順序の問題が挙げられる。本研究では、最初にシングルタスク実験を実施し、休憩を取った後に続けてマルチタスク実験を実施している。そのため、表情反応課題に対する慣れや、疲労、飽き等が発生している可能性も考えられる。以上のように、本研究のシングルタスク実験とマルチタスク実験では複数の要因の違いが存在するため、実験結果の数値を単純に比較することができないという点には注意が必要である。

## 6 おわりに

本研究では、感情的な表情変化映像を刺激として用いた認知課題における、表情模倣、情動伝染や意欲向上効果を検証した。怒りの表情を提示する条件と笑顔の表情を提示する条件との間で、気分評価、モチベーション評価、被験者の表情反応を比較し、ポジティブな情動伝染や意欲向上が見られるかを確認した。また、マルチタスク実験を実施し、マルチタスク状況下でも情動伝染や意欲向上が見られるかを確認した。

実験の結果、笑顔の表情を提示した条件の方が気分状態やモチベーションが良くなるという傾向が見られた。また、被験者表情の分析から、提示した表情の表現感情と対応した表情反応が見られた。以上のことから、感情的な表情画像による表情模倣やポジティブな情動伝染・意欲向上の効果が確認された。ただし、本研究で得られた結果は認知課題単体、または認知課題と認知課題のマルチタスクにおいて情動伝染の効果が期待できるというものであり、認知課題と身体課題を同時に行う心身マルチタスクトレーニングにおいても情動伝染の効果が発生するかどうかは明らかにできていない。健康寿命の延伸のためには認知機能と身体機能を同時に鍛えることが重要であるため、将来的には表情刺激を利用した認知課題と身体課題とのマルチタスク下で情動伝染効果を検証することが必要である。

シングルタスク実験とマルチタスク実験の違いについて、前述のとおり実験要因の違いがあるため結果を直接比較することには注意が必要だが、シングルタスク実験では仮説を支持する結果であったのに対しマルチタスク実験ではその傾向が見られない項目が一部で

見られた。機能向上のためのマルチタスクトレーニングに対する意欲向上が最終的な目的であるため、マルチタスク状況下において表情模倣や情動伝染をどのようにして発生させるか、という点も今後の課題である。

認知トレーニング課題においてポジティブな表情画像を提示することで、トレーニング中の気分改善やトレーニングに対するモチベーション向上の可能性が示された。これにより、高齢者が健康維持のためのトレーニングを楽しく、意欲的に行えるようになる。また、本研究ではトレーニング介入としての認知課題を対象としたが、一般的な脳トレゲームなどにおいても、情動伝染を利用することでより楽しめるコンテンツ設計が期待できる。また、課題そのものだけでなく、課題前後の指示やフィードバックなどを行うエージェントなどでポジティブな表情を見せることで、更なる意欲向上が期待できる。

## 謝辞

実験への協力、および日頃の研究報告の場で様々な意見をいただいた研究室の皆様には感謝いたします。

ATR 顔表情データベースは、株式会社 ATR-Promotions の使用許諾を得て使用しました。AIST 顔表情データベースは、国立研究開発法人産業技術総合研究所の使用許諾を得て使用しました。

本研究は、国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）のCOIストリーム課題「人がつながる“移動”イノベーション拠点」の支援により行われました。本研究は一部 JSPS 科研費 19K12090 の助成を受けたものです。

## 参考文献

- [1] Gates, N.J., Sachdev, P.S., Fiatarone Singh, M.A. et al: Cognitive and memory training in adults at risk of dementia: A systematic review, *BMC Geriatrics*, 11(55) (2011)
- [2] Lampit A., Hallock H., Valenzuela M.: Computerized Cognitive Training in Cognitively Healthy Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Effect Modifiers, *PLoS Medicine*, 11(11) (2014)
- [3] Smith P.J., Blumenthal J.A., Hoffman B.M., Cooper H., Strauman T.A., Welsh-Bohmer K., Browndyke J.N., Sherwood A.: Aerobic exercise and neurocognitive performance: a meta-analytic review of randomized controlled trials, *Psychosomatic medicine*, 72(3), pp.239-252 (2010)
- [4] Peruzzi A., Cereatti A., Della Croce U., Mirelman A.: Effects of a virtual reality and treadmill training on gait of subjects with multiple sclerosis: a pilot study, *Multiple Sclerosis Related Disorders*, 5, pp.91-96 (2016)
- [5] Anguera J.A., Boccanfuso J., Rintoul J.L., Al-Hashimi O., Faraji F., Janowich J., Kong E., Larraburo Y., Rolle C., Johnston E., Gazzaley A.: Video game training enhances cognitive control in older adults, *nature*, 501, pp.97-101 (2013)
- [6] 岡田直人, 横矢真悠, 山田和範, 森田純哉, 上出寛子, 吉田直人, 榎堀優, 間瀬健二: 高齢者における歩行支援ロボットを用いた心身マルチタスクトレーニングが精神的健康へ及ぼす効果の検討, *信学技報*, 119(190), pp.1-6 (2019)
- [7] Hatfield E., Cacioppo J.T., Rapson R.L.: Emotional Contagion, *Current Directions in Psychological Science*, 2(3), pp.96-100 (1993)
- [8] Hatfield E., Bensman L., Thornton P.D., Rapson R. L.: New Perspectives on Emotional Contagion: A Review of Classic and Recent Research on Facial Mimicry and Contagion, *PsychOpen*, 8(2), pp.159-179 (2014)
- [9] Tomkins S.S.: *Affect Imagery Consciousness: The Positive Affects*, Springer, New York, (1962)
- [10] Strack F., Martin L.L., Stepper S.: Inhibiting and facilitating conditions of the human smile: a nonobtrusive test of the facial feedback hypothesis, *Journal of Personality and Social Psychology*, 54(5), pp.768-777 (1988)
- [11] Olszanowski M., Wróbel M., Hess U.: Mimicking and sharing emotions: a re-examination of the link between facial mimicry and emotional contagion, *Cognition and Emotion*, 34(2), pp.367-376 (2020)
- [12] Sato W., Yoshikawa S.: Spontaneous facial mimicry in response to dynamic facial expressions, *Cognition*, 104(1), pp.1-18 (2007)
- [13] Ekman P., Friesen W.: *Facial Action Coding System: A Technique for the Measurement of Facial Movement*, Consulting Psychologists Press (1978)
- [14] Baltrusaitis T., Zadeh A., Lim Y. C., Morency L.: *OpenFace 2.0: Facial Behavior Analysis*

Toolkit, 2018 13th IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition (FG 2018), Xi'an, pp.59-66 (2018)

- [15] 今井達矢, 吉田直人, 榎堀 優, 間瀬健二: 認知トレーニング課題における気分・モチベーションへの情動伝染の効果, メディアエクスペリエンス・バーチャル環境基礎研究会, 120(160), pp.1-6 (2020)
- [16] ATR-Promotions. ATR 顔表情データベース DB99.  
<http://www.atr-p.com/products/face-db.html>
- [17] Fujimura T., Umemura H.: Development and validation of a facial expression database based on the dimensional and categorical model of emotions, *Cognition and Emotion*, 32, pp.1663-1670 (2018)
- [18] 藤村 優也, 綿貫 啓一, 楓 和憲, 侯 磊, 工藤 麻理子, 三宅 秀之: 動画視聴時のポジティブ・ネガティブ情動の心理尺度に基づく評価と脳活動計測, 日本機械学会論文集, 82(842) pp.16-00156 (2016)
- [19] 鈴木克明: 「魅力ある教材」設計・開発の枠組みについて: ARCS 動機づけモデルを中心に, *教育メディア研究*, 1(1), pp.50-61 (1995)
- [20] 鈴木克明 (1995) 『放送利用からの授業デザイナー入門～若い先生へのメッセージ～』財団法人日本放送教育協会. 第5章 授業の魅力を高める作戦 ～ARCS モデルに学ぶ(1)～.  
<http://www.gsis.kumamoto-u.ac.jp/ksuzuki/resume/books/1995rtv/rtv05.html>
- [21] Pessoa L., McKenna M., Gutierrez E., Ungerleider L.G.: Neural processing of emotional faces requires attention, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(17), pp.11458–11463 (2002)