

カードゲームの心理戦における表情の頻度分析

長澤 颯音^{†1} 角 薫^{†2}

公立はこだて未来大学^{†1} 公立はこだて未来大学^{†2}

1. はじめに

近年、表情認識技術の進展により、感情認識システムがさまざまな分野で活用されている。特に、Azure Face API, OpenFace, FaceReader などのツールは、顔の表情から感情を識別することを可能にし、マーケティング、教育、メンタルヘルス、セキュリティ分野での応用が進んでいる。しかし、これらのシステムは、自然な表情の識別を主な目的としており、意図的に操作された表情（例：ブラフや感情の抑制）が適切に認識されないことが課題とされている[1, 6]。

顔の表情を体系的に分析する手法として、Ekman and Friesen によって提案された Facial Action Coding System (FACS) [7, 8] が広く用いられている。FACS は、顔の動きを Action Unit (AU) という基本要素に分解し、それぞれの AU の組み合わせから感情を識別する標準的な分析手法である。この手法は、心理学や生理学の研究にとどまらず、アニメーション、ゲーム開発、医療診断などの分野においても、人間の表情の詳細な解析や感情推定の基盤として活用されている[2, 3]。しかし、心理戦のような場面における意図的な表情操作には十分に対応できるとは限らない。

ポーカーや交渉といった心理戦を伴う状況では、プレイヤーは感情を隠したり、逆に欺瞞的な表情（ブラフ）を用いたりする。Ekman によれば、感情は特定の AU によって表出されるが、心理戦における表情の操作は、これらの AU の出現頻度や組み合わせを変化させる可能性がある[5]。さらに、Pentland は、非言語的なシグナルが社会的な相互作用において重要な役割を果たすことを指摘[15]しており、心理戦の場面における表情操作の分析には、従来の感情認識手法を超えたアプローチが求められる。

本研究では、心理戦における表情データと生体情報（心拍数）の分析を通じて、ブラフの際の特徴的なパターンを明らかにすることを目的とする。具体的には、

1. 心理戦を伴うカードゲームの実験を通じて、プレイヤーの表情と生体情報を収集する。
2. FACS を用いて、感情やブラフ時の AU 出現頻度を解析し、特徴的なパターンを特定する。
3. 心拍数データを統計的に分析し、ブラフ時における生理的反応の変化を検証する。
4. 表情と生体情報の相関を分析し、ブラフの自動検出に向けた基礎的知見を得る。

本研究の成果は、将来的にアフェクティブコンピューティングの分野におけるブラフの自動検出に応用できる可能性がある。例えば、カードゲームの補助システムとして、プレイヤーの心理状態をリアルタイムで解析することで、新しい戦略支援の実現が期待される。本論文では、まず関連研究について述べ、その後、実験方法を詳述する。続いて、実験結果を示し、結果の考察を行う。最後に、本研究の結論と今後の展望を述べる。

2. 関連研究

表情認識技術は、近年のコンピュータビジョンおよび機械学習の進展により大きく発展している。従来の心理学的研究では、Ekman の Facial Action Coding System (FACS) に基づく表情分析が広く用いられ、基本感情の分類が行われている[8]。近年では、FACS を機械学習技術と組み合わせることで、より精度の高い自動表情認識システムが開発されており、リアルタイムの感情推定や欺瞞行動の検出にも応用されている[1]。

2.1 表情認識と心理戦

表情認識に関する研究の多くは、自然な感情表現を対象としており、意図的に操作された表情（例：ブラフや隠された感情）を分析する研究は限定的である[13]。特に、心理戦を伴う状況では、プレイヤーが意図的に表情を操作し、相手を欺く戦略を取ることが一般的であり、このようなケースでは既存の感情認識システムの精度が低下することが報告されている[9]。

ポーカーなどの対人ゲームにおいては、表情や非言語的な手がかりがプレイヤーの戦略に与える影響が注目されており、FACS に基づく分析を行った研究も存在する[9]。これらの研究では、プレイヤーが意図的に表情を操作し、ポジティブな表情（微笑み）を用いて相手を欺いたり、逆にネガティブな表情（困惑・緊張）を抑制したりする戦略を取ることが示唆されている。しかし、表情だけでなく生体情報（心拍数や皮膚電気活動など）のデータを統合して分析する試みはまだ少ない。

2.2 生体情報と心理状態

感情認識においては、表情の変化とともに生体情報の測定が重要な役割を果たす。特に心拍数（HR）や皮膚電気活動（EDA）は、感情やストレス状態の指標として利用されるこ



図 1. 実験の実施風景



図 2. アノテーションツールの画面キャプチャ

とが多い[11]. 過去の研究では、緊張やストレスの増加に伴い、心拍数や皮膚電気活動の変化が顕著に現れることが報告されている[20].

一方で、ブラフのように意図的に感情を隠す状況では、表情と生体情報の間にギャップが生じる可能性がある。例えば、顔には微笑みのようなポジティブな表情が現れていても、心拍数や EDA が増加している場合、それは欺瞞の兆候として解釈される可能性がある[10]. このような表情と生理的反応の乖離を分析することで、ブラフの検出精度を向上させることが期待される。

2.3 アフェクティブコンピューティングにおける位置づけ

アフェクティブコンピューティングは、人間の感情をコンピュータが理解し、適切に対応することを目指す研究分野[16]であり、感情認識技術はその中心的な要素である[9]. 従来の感情認識システムは、一般的な感情状態（喜び、怒り、驚きなど）を分類することに重点を置いてきたが、心理戦のような意図的に感情を操作する状況に対しては、十分な対応がなされていない。

本研究のように、心理戦における表情と生体情報の特徴を統合的に分析することは、アフェクティブコンピューティングの領域において重要な貢献となる。特に、ブラフのような欺瞞的な表情を検出するためには、表情認識技術と生理データを組み合わせたマルチモーダル解析が有効であると考えられる。本研究の成果は、将来的にリアルタイムの感情解析システムや、対人ゲームにおける戦略支援システムの開発につながる可能性がある。

2.4 ブラフ検出の試み

近年のアフェクティブコンピューティングの分野では、ブラフの検出に関する研究が進められている。機械学習を活用した研究では、表情の微妙な変化（マイクロエクスプレッション）や生体情報のパターンを分析することで、欺瞞の識別を試みている[4]. また、近年の研究では、ディーラーニングを用いた手法が表情や生体情報のパターン認識において有望な結果を示している[12].

しかし、既存の研究では、心理戦における表情と生体情報を統合的に分析した研究は限られている。本研究では、FACS に基づく AU の分析と生体情報の測定を組み合わせることで、心理戦におけるブラフの特徴を明確にし、将来的な自動認識システムへの応用を目指す。

3. 実験で使用するシステム

本研究では、心理戦における表情の特徴と生体情報の変化を分析するために、カードゲームを用いた実験を行った。実験では、被験者の表情データと心拍数を記録し、心理戦の状況下での表情の変化やブラフ時の特徴を定量的に評価した。

3.1 実験概要

本研究の目的は、心理戦における表情と生体情報の特徴を明らかにし、ブラフの識別に寄与する基礎データを提供することである。これを達成するために、大学生 12 名（男性 7 名、女性 5 名）を対象とし、カードゲームを通じてデータを収集した(図 1). 各被験者には、4 試合の対戦を行ってもらい、その間の表情データおよび生体情報（心拍数・皮膚電気活動）を記録した。実験は約 60 分間で、試合の実施に加えて、事前アンケート、試合後アンケート、およびアノテーション作業を含んでいる。

3.2 実験環境

3.2.1 OpenFace

本研究では、表情認識の方法として、OpenFace を用いた。OpenFace [1] は、Tadas Baltrušaitis 氏が MultiComp Lab との共同研究により開発した自動表情運動検出システムであり、オープンソースとして公開されている。このシステムは、表情分析や視線追跡などの研究分野で広く利用されており、任意のカメラ、写真、映像ファイルから詳細な顔の動作情報を取得できる点が特徴である。

具体的には、68 個の顔の特徴点（目、口、鼻、眉、顎などの部位の位置情報）、顔の向き、17 種類の Action Unit (AU) 要素、視線情報などを抽出することができる。被験者の表情

をより正確に捉えるため、カメラはテーブル中央および各被験者の正面に設置し、試合中の表情をリアルタイムで記録した。

3.2.2 アノテーションツール

本研究では、試合中の参加者が感じた感情や表情の偽装（ブラフ）を記録してもらうために、感情・ブラフアノテーションツールを使用した。このツール[18, 19]は、参加者が映像を見ながら感情やブラフを直感的にラベル付けできる仕様になっている。「感情」をラベル付けするページ、「ブラフ」をラベル付けするページの 2 種類を作成した(図 2)。

ラベル付けの方法は、該当ボタン（例：喜び、驚き、困惑、緊張など）をクリックするとタイムライン上に矢印が表示され、ドラッグで範囲指定や調整をする形となっている。このツールにより、被験者自身が感じた感情をより正確に記録することができ、ラベル付けされたデータは JSON 形式で保存された。データには、動画ファイル名、動画の総再生時間、各注釈の開始時間と終了時間、感情やブラフの種類、およびラベル ID（ツール内での識別用）が含まれている。

3.2.3 使用したカードゲーム

本実験で使用するカードゲームは、「じゃんけん」を題材にしたカードゲームである。このカードゲームは、yutanisiguchi 氏[14]が開発した既存のアプリであり、手札は「グー」「チョキ」「パー」のいずれかと、1 から 10 までの得点が書かれたカードが 2 枚ずつ含まれている。

このカードゲームを使用した理由として、まずルールの覚えやすさが挙げられる。本ゲームは「じゃんけん」というシンプルで馴染み深い基礎ルールに基づいており、参加者は即座に理解できるため、心理戦や駆け引きに集中しやすい。また、心理戦の誘発がしやすい点も重要である。お互いの手札が常に公開されているため、相手の選択肢や戦略を予測する要素が含まれており、ブラフを含めた高度な駆け引きを促進する。

実験では、あらかじめ決められた組み合わせの手札 4 試合分を用意した(表 1)。これにより、各プレイヤーが全ての状況を均等に体験できるようにし、公平性を確保した。また、手札を事前に設定することで運の要素を排除し、相手の手札を読む必要性を強調することで、心理戦を促進することを期待している。

表 1 実験で使用したカードの組み合わせ

試合数	順番	1 枚目	2 枚目	3 枚目	4 枚目
1 試合	先行	パー, 3	グー, 5	チョキ, 7	無
	後攻	パー, 3	グー, 5	チョキ, 7	無
2 試合	先行	グー, 3	チョキ, 5	パー, 7	無
	後攻	グー, 7	チョキ, 5	パー, 3	無
3 試合	先行	グー, 2	グー, 3	パー, 4	無
	後攻	グー, 4	グー, 5	チョキ, 9	無
4 試合	先行	パー, 4	チョキ, 3	チョキ, 3	グー, 9
	後攻	パー, 7	チョキ, 4	チョキ, 4	グー, 6

3.2.4 Big Five 性格特性 (TIPI-J)

加えて、実験参加者の Big Five 性格特性を測定するために、TIPI-J [21]を使用してアンケートを作成した。TIPI-J とは、Big Five 性格特性の 5 因子（外向性、協調性、勤勉性、神経性傾向、開放性）を 10 項目で測定する尺度である Ten Item Personality Inventory の日本語版である。アンケートの各項目は 1（あまりそう思わない）から 5（とてもそう思う）の 5 段階評価とした。

3.2.5 OpenSignals

本研究では、生体データの収集および解析において OpenSignals (pluX) [17] を使用した。OpenSignals は、BITalino などの生体センサーデバイスと連携し、リアルタイムで心拍数 (HR) や皮膚電気活動 (EDA) を記録・解析するためのプラットフォームである。

このシステムは、データの視覚化やエクスポート機能を備えており、実験中に取得した生理データの精度を高めるのに貢献した。

3.3 実験手順

実験は、事前説明と同意取得の後、事前アンケートを実施し、次に生体情報測定のためのセンサー装着とキャリブレーションを行った。その後、カードゲームの試合を実施し、試合後アンケートとアノテーション作業を行った。まず、被験者には実験の目的と手順について説明し、データの匿名化やプライバシー保護に関する同意書に署名を求めた。その後、被験者の性格特性や心理戦の経験に関する情報を収集するために、事前アンケートを実施した。

本実験の結果に基づき、心理戦における表情の特徴と生体情報の変化を明らかにする。次章では、実験の結果を示し、統計的解析を行う。

4. 結果

本章では、実験で得られたデータを整理し、アンケート結果、表情データの分析結果、生体データの分析結果について詳細に報告する。

4.1 アンケート結果

4.1.1 実験前アンケート結果

本研究では、心理戦における表情の役割を明らかにするため、実験前に参加者へアンケートを実施した。質問内容は、性別、カードゲームの経験、心理戦の得意・不得意、表情操作のスキル、相手の表情を読む能力、心理戦における表情の重要性 についてである。

(1) カードゲームの経験

自由記述形式で「得意なカードゲームのジャンル」を尋ねたところ、ポーカーを挙げた参加者が最も多く、次いで「シャドウバース」「エボルブ」「バトルスピリッツ」といったトレーディングカードゲーム (TCG) のプレイヤーが見られた。また、「神経衰弱」などの記憶系カードゲームを挙げる回答もあった。このことから、本研究の参加者には、対戦型カードゲームに慣れている者もいれば、戦略的なゲームに不慣

れな者も含まれていることが分かる。

(2) 心理戦や表情操作の得意・不得意

心理戦に関連するスキルとして、「人をだますことの得意さ」「表情を作ることの得意さ」「相手の表情をうかがう能力」について、4段階評価で回答を求めた。

「人をだますことが得意か？」の質問に対して、「得意」と答えた者(4点)はいなかったが、「やや得意」(3点)と回答した参加者は6名(50%)、「やや苦手」(2点)は1名(8.3%)、「苦手」(1点)は5名(41.7%)であった。これにより、参加者の中にはブラフ(嘘をつく行為)に苦手意識を持つ者が一定数存在することが示された。

「表情を作ることが得意か？」の問いでは、「やや得意」(3点)が最も多く8名(66.7%)を占め、「苦手」と答えた者はいなかった。この結果から、参加者の大半がある程度意図的に表情を操作する能力を持っていることが示唆される。

「相手の表情をうかがうことが得意か？」の質問では、「やや得意」(3点)と答えた者が8名(66.7%)、「得意」(4点)が1名(8.3%)となった。これにより、ほとんどの参加者が心理戦において表情を手がかりにする意識を持っていることが分かった。

(3) 心理戦における表情の重要性

「心理戦では、相手の表情を読むことが重要か？」という質問に対し、83.4%の参加者が「非常に重要である」と回答し、「ある程度重要である」と答えた者を含めると、全体の91.7%が表情の重要性を認識していた。これにより、ほぼ全員が心理戦において表情が重要な要素であると認識していることが確認された。

この結果から、参加者は心理戦における表情の重要性を強く認識している一方で、ブラフを得意とする者と苦手とする者に分かれることが示された。また、表情の操作能力や他者の表情を読むスキルにも個人差が見られることから、心理戦における表情の役割はプレイヤーごとに異なる可能性がある。この点を踏まえ、本研究では表情データと生体情報を組み合わせた分析を通じて、心理戦のブラフに関するパターンを明らかにすることを目指す。

4.1.2 試合後アンケート結果

試合後に実施したアンケートでは、プレイヤーが心理戦をどのように体験したか、ブラフの成功率、相手の表情の影響について調査した。

(1) ブラフの成功率と表情操作

ブラフを行ったプレイヤーに「平常を装うことができたか？」と尋ねたところ、74% (23名) が「できた」と回答し、26% (8名) が「できなかった」と回答した(表 2)。この結果から、多くの参加者がブラフを成功させたと感じていたものの、約 1/4 の参加者は表情をコントロールしきれずに相手に見破られる可能性があったことが示唆される。

また、「相手が嘘をついていると感じたか？」という質問では、33% (16名) が「感じた」と回答し、67% (32名) は

「感じられなかった」と回答した(表 2)。これにより、心理戦において相手のブラフを正確に見抜くことは容易ではないことが分かる。

(2) 質問の効果と心理戦の緊張感

試合中に質問を行ったプレイヤーのうち、「質問が効果的だった」と感じた者は 52% (15名) で、「効果がなかった」と感じた者は 48% (14名) であった(表 7)。また、「質問された際に緊張したか？」という問いには、48% (14名) が「緊張した」と回答し、42% (10名) が「緊張しなかった」と回答した(表 2)。

これらの結果から、心理戦では質問の有効性がケースバイケースであり、また、質問されることが必ずしも全てのプレイヤーに緊張をもたらすわけではないことが示された。

(3) プレイヤーの優位性の認識

「相手より優位にいたと感じたか？」の質問では、44% (21名) が「優位に感じた」と回答し、56% (27名) は「優位に感じなかった」(表 2)。この結果から、プレイヤーの多くは試合中に心理的な優位性を強く感じていなかったことが分かる。この傾向は、心理戦が互いに相手の動きを推測し合うバランスの取れた戦略的な要素を含んでいることを示唆する。

表 2 試合後アンケート (Q4～Q11) の回答結果

質問内容	選択肢 1 できた	選択肢 2 できなかった
Q4(嘘をついた時、平常を装うことはできましたか?)	23(74%)	8(26%)
	効果的だった	効果がなかった
Q5(自分の質問は効果的だったと思いますか?)	15(52%)	14(48%)
	緊張した	緊張しなかった
Q6(質問されたとき緊張しますか?)	14(48%)	10(42%)
	すぐ答えた	すぐ答えられなかった
Q7(質問に対してすぐ答えましたか?)	15(63%)	9(37%)
	答えられた	答えられなかった
Q8(質問に対して自信をもって答えましたか?)	18(75%)	6(25%)
	感じた	感じられなかった
Q9(相手が嘘をついていると感じましたか?)	16(33%)	32(67%)
	予想できた	予想できなかった
Q10(相手の手を予想できましたか?)	24(50%)	24(50%)
	感じた	感じなかった
Q11(相手より優位にいたと感じましたか?)	21(44%)	27(56%)

4.1.3 実験後アンケート結果

実験全体が終了した後、被験者に対して心理戦の難しさや、表情が試合結果に与えた影響についてのアンケートを実施した。

(1) 表情が試合結果に与えた影響

「表情を利用して試合に勝てたか？」という質問に対し、41.7% (5名) が「勝てた」と回答し、25% (3名) が「どちらともいえない」と回答、また 25% (3名) が「勝てなかつ

った」と回答した(表 3)。このことから、表情を駆使して試合に勝利したと感じた者が一定数存在する一方で、表情が結果に直結しなかったと感じる参加者もいたことが分かる。

(2) ゲームのルールの難易度

「カードゲームのルールは複雑だったか？」という問いには、50% (6 名) が「単純」と回答し、33.3% (4 名) が「やや単純」と回答するなど、約 8 割の参加者がルールを理解しやすいと感じていた(表 3)。このことから、本研究のカードゲームのルールは、心理戦に集中しやすい設計であったことが示唆される。

(3) 心理戦の発生頻度

「心理戦が起こったと感じたか？」の質問には、58.3% (7 名) が「感じた」と回答し、25% (3 名) が「やや感じた」と回答した(表 3)。この結果から、本研究のゲーム環境において、ほとんどの参加者が心理戦を実感していたことが分かる。

表 3 実験後アンケート (Q1~Q3) の回答結果

質問内容	選択肢 1	選択肢 2	選択肢 3	選択肢 4
	1(負けた)	2	3	4(勝てた)
Q1(表情を利用して試合に勝てましたか?)	3 (25%)	3 (25%)	1 (8.3%)	5 (41.7%)
	1(単純)	2	3	4(複雑)
Q2(カードゲームのルールは複雑でしたか?)	6 (50%)	4 (33.3%)	1 (8.3%)	1 (8.3%)
	1(感じない)	2	3	4(感じた)
Q3(心理戦が起こったと感じましたか?)	0 (0%)	2 (16.7%)	3 (25%)	7 (58.3%)

4.2 表情データ分析結果

本研究では、OpenFace を用いて取得した顔の表情データを分析し、各感情およびブラフ時の Action Unit (AU) の出現頻度を比較した。まず、各ラベルごとの AU の頻出頻度比率を算出し、各被験者の全試合の平均 AU 頻出頻度を 1 としたときの各感情ラベルごとの AU 頻出頻度比率をグラフ化した (図 3~7)。

分析の結果、特定の AU (例: AU12, AU6) の頻度が、ブラフ時や喜びの表情で高くなる傾向が確認された (図 3, 図 7)。特に AU12 (口角の引き上げ) や AU6 (頬の上昇) は、心理戦において高頻度に出現し、ポジティブな印象を与える表情が戦略的に使用されている可能性が示唆された。一方で、緊張時には AU4 (眉を寄せる動き) の頻度が増加する傾向が見られた (図 6)。また、驚きや困惑の表情においても、他の感情と異なる AU の出現パターンが確認された (図 4, 図 5)。

さらに、t 検定を用いて有意差を検証した結果、特定の AU において有意な差が見られた。特に AU12 や AU6 の頻度

が高まること、心理戦においてポジティブな印象を意図的に活用する戦略として機能している可能性を示している。

4.3 生体データ分析結果

本研究では、心理戦における生理的变化を検討するために、BITalino を用いて心拍数 (HR) を測定・解析した。

ブラフ時と通常時の心拍数の平均値を比較した結果、ブラフ時の平均心拍数 ($M = 89.50, SD = 6.57$) は、平常時 ($M = 87.31, SD = 7.89$) よりわずかに高い傾向を示した。しかし、対応のある t 検定の結果、有意な差は認められなかった ($t(7) = 1.56, p = 0.16$)。また、ブラフ時と平常時の心拍数には強い正の相関が見られた ($r = 0.865$)。

さらに、標準偏差の分析から、ブラフ時の心拍数のばらつき ($SD = 6.57$) は平常時 ($SD = 7.89$) よりも小さいことが確認された。これは、ブラフ時には心理的な負荷がかかり、心拍数が一定の範囲に収束しやすい可能性を示唆する。一方で、平常時の心拍数はより個人差が大きく、リラックス状態や集中度合いによってばらつきが生じたと考えられる。

これらの結果を踏まえると、心拍数の変化だけではブラフを識別するには不十分であり、皮膚電気活動 (EDA) や表情データなど他の生体情報と組み合わせた分析が必要である。今後、より多様な生理指標 (例: 脳波・視線データ) を統合的に解析し、心理戦時のブラフ検出精度を向上させることが求められる。

4.4 表情と生体データの関係

最後に、表情データと生体データの相関を分析し、心理戦における表情の特徴と生理的反応の関係を調査した。その結果、ブラフ時と平常時の心拍数には強い正の相関が見られたが、t 検定の結果、AU12 (微笑み) の頻出頻度と心拍数の上昇、およびブラフ時の表情と生体反応の間に明確な統計的関係は確認されなかった (図 8)。この結果は、サンプル数が比較的少ないことに起因する可能性があり、今後の研究では、より多くの被験者を対象としたデータ収集を行うことで、実験結果の精度を向上させることが求められる。

一方で、ブラフ時には AU12 (微笑み) の頻度が高まる一方で、生理的には心拍数の上昇が見られる傾向が示唆された。これがさらに検証されれば、心理戦においてプレイヤーが意図的にポジティブな表情を演出しながらも、内面では緊張を感じている可能性が示されることになる。今後、これらの特徴を活かし、心理戦における欺瞞の検出や、感情認識システムへの応用が期待される。

5. 考察

本章では、実験結果をもとに、心理戦における表情と生体情報の特徴について考察し、ブラフ時の表情と生理的反応の関係、心理戦の戦略としての表情操作、そして本研究の意義と今後の課題について論じる。



図 7. AU 頻出頻度比率 (グラフ la elID5)

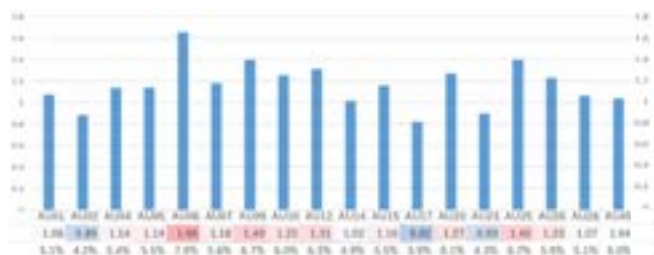


図 3. AU 頻出頻度比率 (喜び la elID1)

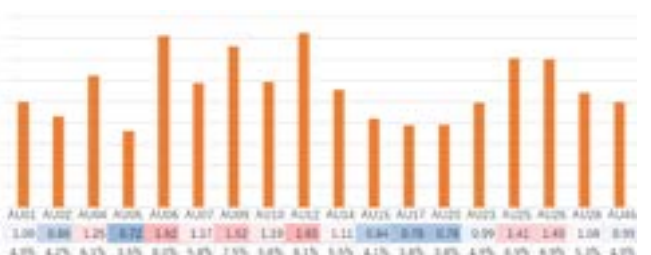


図 4. AU 頻出頻度比率 (驚き la elID2)

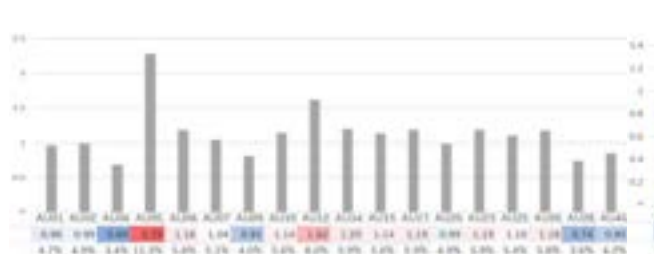


図 5. AU 頻出頻度比率 (困惑 la elID3)



図 6. AU 頻出頻度比率 (緊張 la elID4)

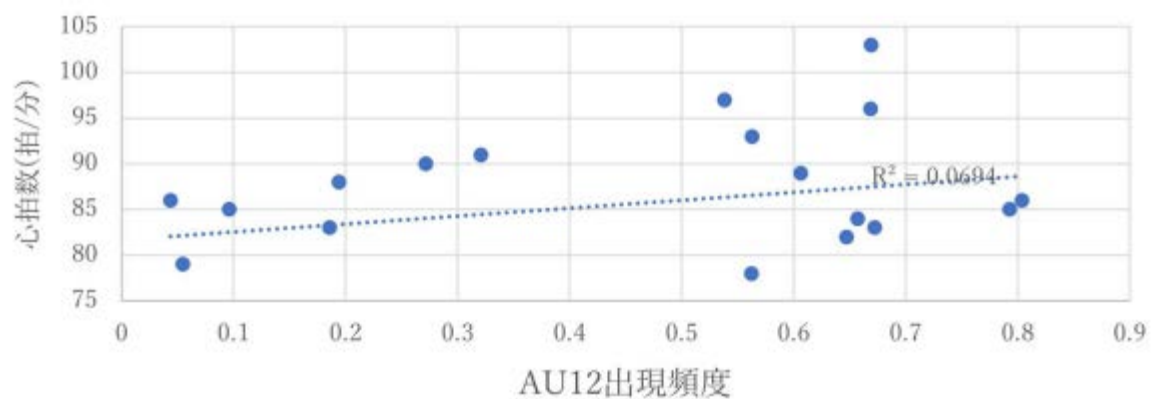


図 8. AU12 の頻出頻度と心拍数の関係

5.1 ブラフ時の表情と生体反応の特徴

実験結果から、心理戦におけるブラフ時には特定の表情パターンが高頻度で発生することが確認された。特に、AU12（口角の引き上げ）と AU6（頬の上昇）は、ブラフ時に有意に多く出現することが示された。これらの動きは、一般にポジティブな感情（喜びや安心感）と関連が深いため、プレイヤーが意図的にポジティブな印象を演出しようとする可能性がある。

一方で、生体データの分析結果から、ブラフ時には心拍数（HR）の上昇傾向が見られたが、統計的に有意な差とはなかった。

この結果は、心理戦において、プレイヤーが内面の緊張を隠しながら、意図的に表情を操作する戦略を取っていることを示している。特に、表情の変化と生体データの乖離は、ブラフの識別に重要な要素となる可能性がある。

5.2 心理戦の戦略としての表情操作

ブラフを成功させるためには、プレイヤーが相手に対して信頼感や安心感を与える表情を作り出すことが求められる。本研究では、ブラフ時に AU12（微笑み）や AU6（頬の上昇）が多用されることが確認されており、プレイヤーは作り笑いをを用いて対戦相手を欺こうとする可能性がある。

また、驚きの感情を示す AU25（口を開く）や AU26（顎の下げ）も、ブラフ時に一定の頻度で見られた。これは、相手に「意外な展開である」と思わせるための演技的な要素が含まれている可能性がある。さらに、困惑のラベルが付与された場面では、AU12（微笑み）が頻繁に見られたことから、困惑を笑顔でごまかす行動も心理戦において利用されている可能性がある。

一方、緊張を示す AU9（鼻のしわ寄せ）や AU4（眉を寄せる動き）は、心理戦の中で相対的に抑制されていることが確認された。このことから、プレイヤーは意図的にネガティブな感情の表出を抑えることで、相手に心理的な手ごかりを与えないようにしていると考えられる。

5.3 本研究の意義と今後の課題

本研究は、心理戦における表情操作の実態を定量的に明らかにした点で意義がある。特に、ブラフ時の表情パターンと生理的反応の関係性を示したことにより、将来的に心理戦のブラフ検出や感情認識システムへの応用が期待できる。

5.3.1 ブラフ検出への応用

本研究の結果を活用することで、表情認識技術を用いたブラフ検出システムの構築が可能になると考えられる。特に、AU12（微笑み）や AU6（頬の上昇）と、生体データ（EDA）の変化を組み合わせることで、プレイヤーが「ポジティブな表情を見せながらも緊張している状態」を自動的に検出できる可能性がある。

将来的には、機械学習を活用し、心理戦のシナリオに応じたブラフ検出アルゴリズムを開発することで、ポーカーなどの対戦ゲームにおける AI の強化や、対人交渉における支援システムへの応用が期待される。

5.3.2 実験デザインの改良

本研究では、被験者数が 12 名と比較的少数であったため、今後はより多くの参加者を対象とした実験を実施し、データの一般化可能性を高める必要がある。また、被験者の個人差（性格特性や経験）による影響も考慮する必要がある。

特に、Big Five 性格特性と表情操作の関係性をさらに詳細に分析することで、プレイヤーの個人的な特性に基づいた心理戦の傾向を明らかにすることができると考えられる。

5.3.3 他の生体情報の活用

本研究では、主に心拍数を用いたが、今後は脳波（EEG）や筋電（EMG）、皮膚電気活動（EDA）を組み合わせた解析を行うことで、より詳細な心理的負荷の測定が可能になると考えられる。また、視線追跡技術を導入することで、プレイヤーがどのタイミングで相手を観察しているかを分析し、心理戦の戦略をさらに深く理解することができる。

6. 結論

本研究では、心理戦における表情と生体情報の特徴を分析し、ブラフ時の表情の特徴と生理的变化を明らかにした。主な知見は以下のとおりである。

- ブラフ時には AU12（微笑み）や AU6（頬の上昇）が有意に増加する。
- 心拍数には統計的に有意な変化は認められなかったが、ブラフ時と平常時の心拍数には強い正の相関が見られた。
- プレイヤーは意図的にポジティブな表情を作ることで、相手を欺こうとする戦略を取っていた。
- 困惑や驚きを装う行動もブラフの一部として活用される可能性がある。
- 心理戦において、表情と生体データの乖離はブラフ検出において重要な要素となる。

これらの結果を踏まえ、今後の研究では、より多様な被験者データを収集し、機械学習を用いたブラフ識別モデルの精度向上を図るとともに、さらなる生体情報を統合した心理戦の包括的な分析を行う。

参考文献

- [1] T. Baltrušaitis, "OpenFace 2.2.0: A Facial Behavior Analysis Toolkit," 2019. Available at: <https://github.com/TadasBaltrušaitis/OpenFace/wiki>.
- [2] M. S. Bartlett, G. Littlewort, M. Frank, and K. Lee, "Automatic decoding of facial movements reveals deceptive pain expressions," *Current Biology*, vol. 24, no. 7, pp. 738–743, 2014.
- [3] J. F. Cohn, Z. Ambadar, and P. Ekman, "Observer-based measurement of facial expression with the Facial Action Coding System," in J. A. Coan & J. J. B. Allen (Eds.), *The Handbook of Emotion Elicitation and Assessment*, pp. 203–221, Oxford University Press, 2007.
- [4] Z. Deng, X. Zhang, and Y. Fu, "Spotting deception from facial micro-expressions," *IEEE Transactions on Affective Computing*, vol. 10, no. 4, pp. 532–545, 2019.
- [5] P. Ekman, *Emotion in the Human Face*, Cambridge University Press, 1982.
- [6] P. Ekman, 顔は口ほどに嘘をつく, 河出書房新社, 2006.
- [7] P. Ekman, 表情分析入門, 誠信書房, 1987.
- [8] P. Ekman and W. V. Friesen, *Facial Action Coding System (FACS)*, APA PsycTests, 1978.
- [9] M. G. Frank, "The ability to detect deceit: A meta-analysis," *Journal of Applied Psychology*, vol. 91, no. 1, pp. 1–8, 2006.
- [10] R. E. Jack, "Facial expressions of emotion are not culturally universal," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 109, no. 19, pp. 7241–7244, 2012.
- [11] J. Kreibig, "Autonomic nervous system activity in emotion: A review," *Biological Psychology*, vol. 84, no. 3, pp. 394–421, 2010.
- [12] Y. Li, M. Xu, and H. Tang, "Deep learning for human affect recognition: The state of the art," *IEEE Transactions on Affective Computing*, vol. 13, no. 1, pp. 1–18, 2022.
- [13] D. Matsumoto and H. S. Hwang, "Microexpressions and deception," *Journal of Nonverbal Behavior*, vol. 35, no. 2, pp. 95–109, 2011.
- [14] niente, "じゃんけんカードバトル公開しました," note, 25 Feb. 2020. Available at: <https://note.com/niente0520/n/n06815c69a3de>. [Accessed: 16 Jan. 2025].
- [15] A. P. Pentland, *Honest Signals: How They Shape Our World*, MIT Press, 2008.
- [16] R. W. Picard, *Affective Computing*, MIT Press, 1997.
- [17] pluX, "OpenSignals," 2025. Available at: <https://www.pluxbiosignals.com/pages/opensignals>.
- [18] T. J. Tiam-Lee and K. Sumi, "Adaptive feedback based on student emotion in a system for programming practice," in *International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, Springer, 2018, pp. 243–255.
- [19] T. J. Tiam-Lee and K. Sumi, "Analysis and prediction of student emotions while doing programming exercises," in *International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, Springer, 2019, pp. 24–33.
- [20] B. Verschuere, G. Meijer, and E. Merckelbach, "Autonomic and behavioral responses to lying and truth telling in children and adults," *Journal of Experimental Psychology: Applied*, vol. 24, no. 3, pp. 373–386, 2018.
- [21] 小塩真司・阿部晋吾, "日本語版 Ten Item Personality Inventory (TIPI-J) 作成の試み," *パーソナリティ研究*, vol. 21, no. 1, pp. 1–10, 2012.