

顔認識に介入するトップダウン処理

(Top-down Processing Intervening in Face Recognition)

2026年1月

博士（工学）

小林 優吾

豊橋技術科学大学

2026年 1月 6日

情報・知能工学専攻	学籍番号	第 193325 号	指導教員	南 哲人
氏名	小林 優吾			中内 茂樹

論文内容の要旨 (博士)

博士学位論文名	顔認識に介入するトップダウン処理
---------	------------------

(要旨 1,200 字程度)

ヒトの顔は、個人の同定や感情の読み取り、健康状態の把握など、社会的コミュニケーションにおいて多くの情報を提供する媒体である。これまでの視覚研究において、顔認識は特異的な脳内処理メカニズムを有することが明らかにされてきた。Haxby et al. (2000) のモデルに代表されるように、顔認識は初期の構造的符号化を行う顔検出のシステムに加え、顔の不変的な側面（個人の識別など）と可変的な側面（表情や視線など）を処理するシステムが、それぞれ連携して機能していると考えられている。近年の研究では、これらのシステムは視覚からの入力であるボトムアップだけでなく、注意や知識、経験などの高次な処理（トップダウン処理）から影響を受けることが示唆されている。本論文では、トップダウン処理が顔認識に与える影響の解明を目指し、「視覚刺激に対する主観的な顔らしさの評価（顔パレイドリア現象）」と「観察者自身の身体的行動（接近・回避行動）」という二つの観点から検討した。

まず、トップダウン処理が顔検出、特に「顔パレイドリア現象（顔ではない物体を顔として錯覚する現象）」の脳内処理のどの段階に影響するかを検討した。実験では、単純図形（円・三角・四角）の配置のみを操作することで物理的特性を統制した刺激を作成し、その「顔らしさ」の評価と脳波（EEG）計測を行い、事象関連電位（ERP）として解析した。重回帰分析を用いた解析の結果、主観的な顔らしさの評価値は、顔のパーツの処理（部分処理）と関係のあるERP成分である左半球のN170、顔のパーツの配置の処理（構成的処理、全体処理）を反映するP2、およびN2、N400と有意に関連していることが明らかとなった。特に、顔のパーツに該当する単純図形の形状は変化していないにもかかわらず、部分処理の促進が示唆された。この結果は、物理的な入力情報だけでなく、配置によって生じる「顔らしさ」というトップダウン的な解釈が、顔の部分処理を促進させていることを示唆するものである。

次に、観察者自身の身体的行動という文脈が表情認識に与えるトップダウン的な影響について検討した。従来の研究では、表情認知が接近・回避行動を引き起こす因果関係の議論が主であったが、本研究ではその逆の因果関係、すなわち「行動が認知を変容させる」可能性について、VR空間を用いた心理物理実験により検証した。実験では、参加者または顔モデルが接近・回避行動を行った直後に、顔モデルの表情（怒り・幸せ・恐怖）を判断させた。その結果、参加者が自ら顔モデルを回避した際に、その顔をより「怒り」として認知する傾向が見られた。また、回避行動はネガティブな表情の認知を促進し、接近行動はポジティブな表情の認知を促進する傾向が見られた。さらに、モデルとの距離が近い状況下では、他者が接近してくる場合に、その表情を脅威（怒り）として検出する傾向が示された。これらの結果は、自身の行動や対人距離といった身体的・空間的文脈が、扁桃体などを介して表情認知処理にトップダウン的な調整を与えていることを示唆している。

以上、本研究は顔パレイドリア現象と身体行動から顔認識のプロセスを検討することで、トップダウン処理がどのように顔認識に影響するかを明らかにした。具体的には、顔の全体処理が初期の視覚処理段階における顔の部分処理に影響を与えること、そして、自身の接近・回避行動が表情の感情価の解釈を変容させることを示した。これらの知見は、顔認識が単なる受動的な情報の受け取りではなく、観察者の主観的な解釈や身体的な行動文脈によって動的に変調される能動的なプロセスであることを示すものである。

Date of Submission (month day, year) : January 6th, 2026

Department of Computer Science and Engineering	Student ID Number D193325	Supervisors Tetsuto Minami Shigeki Nakauchi
Applicant's name Yugo Kobayashi		

Abstract (Doctor)

Title of Thesis	Top-down Processing Intervening in Face Recognition
-----------------	---

Approx. 800 words

Human faces serve as a medium that provides a wealth of information in social communication, including the identification of individuals, the reading of emotions, and the assessment of health status. Previous vision research has revealed that face recognition involves specific neural processing mechanisms. As represented by the model of Haxby et al. (2000), face recognition is considered to function through the coordination of a system for face detection, which performs initial structural encoding, and systems that process the invariant aspects of faces (such as identity) and the changeable aspects of faces (such as expression and eye gaze). Recent studies suggest that these systems are influenced not only by bottom-up processing from visual inputs but also by top-down processing derived from higher-order cognitive processes such as attention, knowledge, and experience. This thesis elucidates the influence of top-down processing on face recognition by investigating two distinct perspectives: the subjective evaluation of "face-likeness" in visual stimuli (face pareidolia) and the observer's own physical actions (approach-avoidance behavior).

First, I investigated which stages of brain processing are affected by top-down processing during face detection, specifically on "face pareidolia"—a phenomenon where non-face objects are perceived as faces. In the experiment, I created stimuli with controlled physical properties by manipulating only the spatial configuration of simple geometric shapes (circles, triangles, and squares). I recorded electroencephalography (EEG) while participants evaluated the "face-likeness" of these stimuli and analyzed the data as event-related potentials (ERPs). Multiple regression analysis revealed that subjective face-likeness ratings were related to the N170 component in the left hemisphere, which is related to the processing of facial parts (featural processing); the P2 component, reflecting the processing of facial parts arrangement (holistic processing); and the N2 and N400 components. Notably, although the shapes of the simple geometric figures corresponding to facial parts did not change, the results suggested a facilitation of featural processing. This implies that the top-down interpretation of "face-likeness," generated by the configuration, facilitates the processing of facial parts, rather than the processing being driven solely by physical input information.

Next, I investigated the top-down influence of the observer's own physical actions, serving as a behavioral context, on facial expression recognition. While extensive research has shown that facial expressions can trigger approach or avoidance behaviors, the reverse causal relationship, whether action influences perception, has remained largely unexplored. To test this, I conducted a series of psychophysical experiments using Virtual Reality. Participants performed approach or avoidance movements (or observed a face model doing so) and subsequently judged the emotional intensity of the face model (e.g., Happy vs. Angry, Happy vs. Fear). The results demonstrated a clear modulation of expression perception by behavioral context. First, when participants actively avoided a face, they were more likely to perceive it as "Angry," suggesting that the act of avoidance enhances the detection of threat-related signals. Second, a general trend was observed where avoidance behaviors facilitated the perception of negative emotions, while approach behaviors facilitated the perception of positive emotions. Furthermore, this modulation was sensitive to distance; when a face model approached the participant at a short distance, it was more readily perceived as "Angry," indicating a defensive mechanism to detect immediate threats. These findings suggest that motor actions and spatial contexts serve as top-down cues that adjust the interpretation of emotional signals, likely involving neural substrates such as the amygdala that integrate spatial and emotional information.

In conclusion, this study elucidated how top-down processing influences face recognition by examining the face recognition process through the phenomenon of face pareidolia and physical actions. Specifically, it demonstrated that holistic face processing influences featural processing at early visual processing stages, and that one's own approach-avoidance behaviors alter the interpretation of the emotional valence of facial expressions. These findings indicate that face recognition is not merely a passive reception of information but a top-down process dynamically modulated by the observer's subjective interpretation and behavioral context.

目次

第1章	序論	1
1.1	研究背景	1
1.1.1	顔認識	1
1.1.2	トップダウンによる顔認識への影響	2
1.2	本論文の目的	4
1.3	本論文の構成	4
第2章	刺激の顔らしさが脳活動に及ぼす影響	7
2.1	はじめに	7
2.2	実験方法	9
2.2.1	実験参加者	9
2.2.2	実験刺激	9
2.2.3	実験手順	10
2.2.3.1	前実験	10
2.2.3.2	本実験	11
2.2.4	解析手法	11
2.3	実験結果	12
2.3.1	前実験	12
2.3.2	本実験	12
2.4	考察	14
2.5	本章の結論	16
第3章	接近・回避行動が表情認知を調整する	19
3.1	はじめに	19
3.1.1	背景	19
3.1.2	実験概要	21
3.2	実験1：幸せ顔と怒り顔	21
3.2.1	実験方法	22
3.2.1.1	実験参加者	22
3.2.1.2	実験環境	22
3.2.1.3	実験刺激	22

3.2.1.4	実験手順	23
3.2.1.5	解析手法	24
3.2.2	実験結果	25
3.2.3	考察	26
3.3	実験2：幸せ顔と恐怖顔	26
3.3.1	実験方法	27
3.3.1.1	実験参加者	27
3.3.1.2	実験環境	27
3.3.1.3	実験刺激	27
3.3.1.4	実験手順	27
3.3.1.5	解析手法	27
3.3.2	実験結果	27
3.3.3	考察	28
3.4	実験3：距離による変調	28
3.4.1	実験方法	28
3.4.1.1	実験参加者	28
3.4.1.2	実験環境	29
3.4.1.3	実験刺激	29
3.4.1.4	実験手順	29
3.4.1.5	解析手法	29
3.4.2	実験結果	29
3.4.3	考察	30
3.5	本章の総合考察	30
第4章	総括	35
4.1	得られた知見	35
4.2	顔検出・顔パレイドリア現象とトップダウン処理	35
4.3	表情認知とトップダウン処理	36
4.4	結論	37
参考文献		39
謝辞		47
研究業績目録		49

目次

1.1.1	Haxby et al. (2000) の提案した顔認識モデル	2
1.3.1	本論文の構成	5
2.2.1	図形を用いた刺激の例	10
2.2.2	前実験のパラダイム	10
2.2.3	本実験パラダイム	11
2.3.1	標準偏回帰係数が有意な部位のトポグラフ	13
2.3.2	標準偏回帰係数が有意な部位のトポグラフ (一部抜粋)	14
3.1.1	実験の概要	21
3.2.1	実験に用いた顔 3D モデル	23
3.2.2	実験手順と参加者の様子	24
3.2.3	実験結果	25

1 | 序論

1.1 研究背景

1.1.1 顔認識

ヒトの顔を認識することは現代社会のコミュニケーションに欠かせないものである。ヒトの顔は多くの情報を提供する。互いの顔を見れば互いが誰であるか認識することができ、表情から感情を読み取り、視線から注意の向きを読み取り、顔色から体調を読み取ることができる。

ヒトは顔を視覚でとらえて脳内で認識するが、顔は他の視覚による認識と比べても特異である。脳活動を計測できる機能的磁気共鳴画像法 (fMRI: functional Magnetic Resonance Imaging) 研究により脳には顔を認識することに特化した脳部位の存在が確認されている [1, 2]。さらに脳の発達の視点で見ても特異であり、乳児は他の視覚刺激と比較して顔に注意を向けやすい傾向にある [3]。

前述の顔の特性から視覚の研究の中でも顔に焦点を当てるものは多い。それら先行研究の知見から顔認識の処理を理解するためのモデルが考案されている。Haxby et al. (2000) は脳内で顔認識のどの処理をどの部位で行っているかを理解するためのモデルを考案した (図 1.1.1) [4]。このモデルは顔認識の処理を、顔の検出、表情など顔の可変的な側面の処理、個人の特徴など顔の不変的な側面の処理の3つに分けて考えている。これら3つの処理するシステムをコアシステムと呼び、コアシステムと連携して発話の際の口の動きや、情動、視線の方向の正確な認識などを促進する部位を拡張システムと呼ぶ。それぞれのシステムは次のような脳部位が該当するとされている。

- コアシステム
 - 下後頭回 (IOG: Inferior Occipital Gyri)
 - * 最初に顔の特徴を知覚する。後述の上側頭溝と外側紡錘状回に接しており、これら2つの領域に信号を送っていると考えられている。
 - 上側頭溝 (STS: Superior Temporal Sulcus)
 - * 変化する顔の特性 (表情, 口唇発話, 視線など) を符号化する。口唇読解でも活性化することから、顔, 声, 動きなど異なる次元の相互作用がこの領域で行われると示

唆されている。

– 外側紡錘状回 (Lateral Fusiform Gyrus) / 紡錘状顔領域 (FFA: Fusiform Face Area)

* 不変の顔の特徴（個人の特定など）を符号化する。

• 拡張システム

– 頭頂間溝 (Intraparietal Sulcus)

* 空間の注意を処理しており，観察する顔の視線の先に注意を向けるときに活動する。

– 上側頭回 (Superior temporal gyrus) / 聴覚野 (Auditory Cortex)

* 言語理解を促進する読唇術を行うことで活性化する。

– 扁桃体 (Amygdala) / 島 (Insula) / 辺縁系 (Limbic System)

* 表情の情動を処理する。恐怖の表情に対して扁桃体，嫌悪の表情に対して前島皮質が反応する。

– 前側頭葉 (Anterior Temporal)

* 個人の同一性，氏名，などの記憶を処理する。

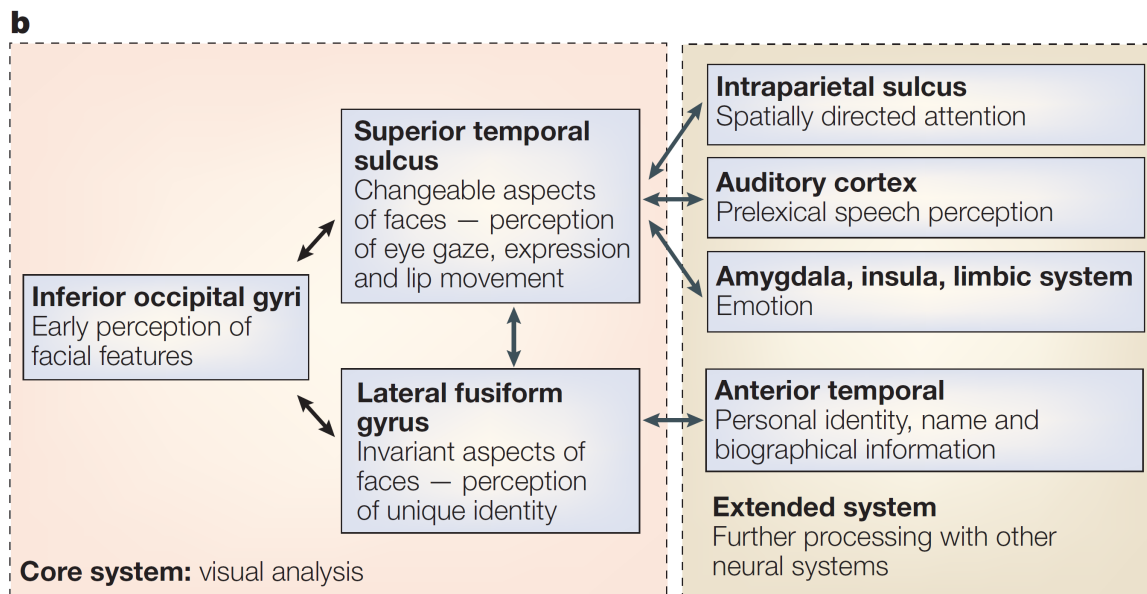


図 1.1.1: Haxby et al. (2000) の提案した顔認識モデル (Calder and Young (2005) より引用) [4, 5]

1.1.2 トップダウンによる顔認識への影響

顔に限らず脳内の処理を変化させる要因は大きく分けて2つある。1つは感覚からの入力に基づくボトムアップ処理，もう1つは注意や知識，経験などの高次な処理によるフィードバックに基づくトップダウン処理である。表情認知で例えると，眉の角度や口の形など視覚の物理的な特徴による表情の推測はボトムアップ処理であり，前後の会話の文脈による表情の推測はトップダウン処理で

ある。

異なる刺激を見た時の反応を比較する一般的な心理物理実験で考慮できるのはボトムアップ処理の影響のみである。しかし、現実では対照の刺激の周りの環境や、自身の直前の思考など多くのトップダウンとなりうる要因が存在する。

トップダウン処理は表情認知に影響を及ぼすことが知られており、Haxby et al. (2000) の拡張システムをはじめ [4]、視線、体の姿勢、声のトーン、その場の背景、周囲にいる他人の顔、受け取り手の性格や人種の偏見など様々な要因から影響を受ける [6]。例えば認識する顔の視線が表情認知に影響を与える。怒りの表情は視線をこちらに向けている場合により強い表情に見えさらに認識されやすく、恐怖の表情は視線をそらしている場合に同様の変化が起きる [7-11]。

さらにトップダウン処理は顔検出にまで影響を与える可能性がある。なんでもない物体を意図せず顔として認識してしまう現象を顔パレイドリア現象という。例えば天井の汚れや空の雲の一部分が無意識に顔に見えてしまうことである [12]。この顔パレイドリア現象は言い換えれば過剰な顔検出能力の表れである。顔パレイドリア現象は「目、鼻、口」といった顔要素の配置に関連しているため [13]、比較的低次の認知過程と考えられてきた。しかし、いくつかの研究では顔パレイドリア現象はトップダウン処理の影響を受けることが示唆されている。fMRI を用いた研究では実験参加者がランダムなノイズの画像の中に顔が見えたとき、顔認知に関係のある右紡錘状顔領域と、認知機能に関係のある前頭前野が活性化すると報告されている [14]。これに対して前頭前野からのトップダウンの信号を右紡錘状顔領域が受けとり処理していると考察している。さらに、別の先行研究もトップダウン処理が顔パレイドリア現象に介入することを示唆している [15]。この研究では実験参加者が視覚刺激の顔らしさを判断するタスクと顔らしさに関係のないタスクを行う瞳孔計測実験が行われた。結果より、顔らしさに関係のないタスクを行った際に顔らしさ認知を生じにくくするために強い抑制が行われることを報告した。同時に、顔らしさを判断するタスクにおいて、刺激呈示後の散瞳量が大きいことも報告した。

トップダウン処理が顔認知に影響を与えることは示唆されているが、まだ不明な点も多い。顔検出、特に顔パレイドリア現象はトップダウン処理の影響を受けることが示唆されているが、顔パレイドリア現象における脳内の処理のどの段階に影響を与えるのかは明らかになっていない。また、表情認知に影響を与える認知的な要因は多く知られているが、まだ知られていない要因があるかもしれない。特に、発見されている認知的な要因は刺激の特徴やそれを取り巻く背景など外部的なものが多く、表情を認知するヒトの内的な要因はあまり考慮されていない。

1.2 本論文の目的

本論文ではトップダウン処理による顔認知への影響を明らかにすることを目的とする。

上記の目的を達成するために、まずはトップダウン処理が顔検出、特に顔パレイドリア現象にどのように影響するかを調べる。特に、脳内処理のどの段階に影響しているのかを解明する。そのために、実験参加者が無意味な図形の配置を観察しているときに、脳波 (EEG: Electroencephalography) を計測する実験を行った。実験参加者はその図形の配置に対して顔らしさの評価を行った。無意味図形を刺激として用いることで EEG, 特に解析に用いる事象関連電位 (ERP: Event-Related Potential) に影響を与えるコンテキストや輝度のコントラストなどを統制した。

さらに、表情認知に影響を与えるトップダウン処理を発見する。我々は表情を認知する側のヒトの行動、特に接近・回避行動が表情認知に影響するのではないかと仮説を立て、これをトップダウンの認知的要因として採用した。接近・回避行動とは対象の刺激へ向かって物理的に近づいたり離れたり、手を伸ばしたり遠ざけたりすることを指す。この接近・回避行動は単語がポジティブであるかネガティブであるかの評価や [16, 17], 画像に対する同様の評価に影響を与える [18]。しかし、表情認知に影響を与えることは示されていない。この接近・回避行動が表情認知に影響を与えるか調べることにより、新たに表情認知に影響を与えるトップダウン処理を発見することを目指す。

1.3 本論文の構成

図 1.3.1 に示すように、本論文は全 4 章で構成される。第 2 章では顔パレイドリア現象のメカニズムを脳活動から検討した実験について説明する。第 3 章では接近・回避行動が表情認知に影響を与えるか調べた実験について説明する。最後に第 4 章では本論文の総括を述べる。

1章 序論	
大目的	トップダウン処理による顔認識への影響を明らかにする
目的	<ol style="list-style-type: none"> 1. トップダウン処理が顔パレイドリア現象の脳内処理のどの段階に影響しているのか調べる 2. 接近・回避行動が表情認知に影響を与えるか調べる
2章 刺激の顔らしさが脳活動に及ぼす影響	
実験	ランダムな配置の図形の顔らしさを評価 顔らしさと脳活動の相関を解析
結果	顔パレイドリア現象と顔の部分処理の相関を示唆
3章 接近・回避行動が表情認知を調整する	
実験	参加者もしくは顔3Dモデルが接近・回避行動を行い 顔3Dモデルの表情を評価
結果	接近によって顔3Dモデルの表情をよりポジティブ 回避によってよりネガティブに評価する傾向が見られた
4章 総括	
知見	<ol style="list-style-type: none"> 1. トップダウン処理が顔検出に顔の部分処理に影響することを示唆 2. 接近・回避行動は表情認知に影響を与える
結論	トップダウン処理による顔認識への影響を明らかにした

図 1.3.1: 本論文の構成

2 | 刺激の顔らしさが脳活動に及ぼす影響

この章の実験は以下の論文にまとめられ公開されている。

小林 優吾, 谷山 祐真, 中内 茂樹, 南 哲人: “顔パレイドリア現象の強度が脳活動に及ぼす影響”, 日本感性工学会論文誌, Vol. 21 No. 1, pp. 33-39, [10.5057/jjske.TJSKE-D-21-00035](https://doi.org/10.5057/jjske.TJSKE-D-21-00035), 2022.

本章の著作権は日本感性工学会著作権規程に従い日本感性工学会に帰属する。日本感性工学会は日本感性工学会著作権規程に従い著作物を利用することに対して、異議申し立て、あるいはこれを妨げることをしないとしている。本章の内容は上記の論文を一部改変して掲載したものであり日本感性工学会に届け出を行った。

本章の実験は科研費 20H04273, 19H0119 の援助により行われた。

2.1 はじめに

ヒトは優れた顔認識能力を有している。例えば、ピントが合っていない顔の写真やイラストでも、それが誰なのかを同定することができる。また、顔に特異的に反応するニューロンや脳領域が存在することが知られており [1, 2, 19], 脳の構造からも、顔は特異的に処理されるといえる。しかし、この顔認識能力は実際のヒトの顔以外にも作用することがあり、例えば乳児ですら、天井の汚れや、空の雲などの一部分が、意図せず顔に見えてしまう現象が確認されている [12]。

このように、顔でない物体に対して、誤って顔と認識してしまう現象を顔パレイドリア現象という。この顔パレイドリア現象はヒトの認知や行動に影響を与えるものとして知られており、例えば、顔らしい刺激はほかの刺激と比べて検出性能が向上することや、顔らしく見える車に対して、その様子が

威圧的であれば歩行者の行動が慎重になることなどが挙げられる [20, 21]. また、顔パレイドリアを含む広告はより消費者の注意を引くことが明らかになっており、マーケティングの分野などへの応用が期待される [22]. そのため、顔パレイドリア現象はなぜ生じるかを検討するための研究が多く報告されている [23, 24]. そのような研究の内、事象関連電位 (ERP: Event-Related Potential) に着目した研究が報告されている. この ERP は何らかの刺激を受け取ったとき、または何らかの動作を行った時の脳波の成分を見る手法であり、脳部位と脳波のピークが観測されるタイミングから脳内の処理を説明する. その ERP から顔パレイドリア現象の解明を試みる研究では、顔との関連性が報告されている ERP 成分の P1 成分、N170 成分、N250 成分等において調査が行われ、顔パレイドリア現象が生じると N170 の振幅が顔らしくない物体に比べて大きくなること [24]、刺激を上下反転した際に P1 成分、N170 成分の振幅が変化する度合いと刺激の顔類似度に相関があることが明らかとなった [25].

前述の先行研究のように顔パレイドリア現象に関係する ERP 成分を調査する際、顔パレイドリア現象以外のコンテキストを含む画像が刺激として使用されてきた [24]. 例えば、野菜と花を組み合わせる顔に見えるような絵を描いたアルチンボルド作の「ウェルトゥムヌスとしての皇帝ルドルフ 2 世像」では、顔以外にも様々な野菜や花といったコンテキストを含んでいる. 刺激のコンテキストや空間周波数、コントラストは ERP 成分に影響を及ぼすことが報告されている. 例を挙げると、見慣れた顔というコンテキストによって N400 成分が生じる [26]、空間周波数が低い、またはコントラストが大きい場合 P1 成分の振幅が大きくなる、などが報告されている [27]. これらの変数が ERP に影響を与え、調査する顔パレイドリア現象に関係する ERP 成分と区別がつかなくなる可能性があるため、刺激間で統制する必要がある.

そこで、刺激に単純な図形を用いて、コンテキスト、空間周波数、コントラストを統制した顔パレイドリア現象を引き起こすような刺激 [25] を生成し、顔パレイドリア現象に関係する ERP 成分を調べる.

どの脳部位のどの ERP 成分が顔パレイドリア現象に関係しているかを調査する解析手法として、本実験では重回帰分析を用いる. これまで分類器を用いて脳波から実験参加者の顔と車の識別能力を予測する研究が報告されている [28]. この先行研究では、モデル内の変数の重要さを示す指標からタスクに関係する ERP 成分が表れる時間窓と脳部位を予測している. よって、顔パレイドリア現象の誘発を予測するモデルを生成することで、顔パレイドリア現象に関係する ERP 成分が表れる時間窓と脳部位を予測できると考えられる. 本実験では重回帰を用いてモデルを作成し、変数の重要さを表す指標は標準偏回帰係数を用いることにする.

2.2 実験方法

本実験では、顔パレイドリア現象に関係する ERP 成分の特定を目的に、刺激の顔らしさ評価と脳波計測を行った。また、脳波計測実験で使用する刺激を選定するための前実験を行った。脳波計測実験後、顔らしさ評価を脳波から予測する重回帰モデルを作成することで顔パレイドリア現象に関係する ERP 成分を推測した。

2.2.1 実験参加者

脳波計測実験に使用する刺激選定のための前実験では、健康な男性 20 名（年齢 22 - 25 歳，平均年齢 22.9 歳，標準偏差 0.9 歳）が実験に参加した。本実験では前実験と同じ参加者に実験を依頼した。本実験では前実験に参加した 20 名のうち、顔らしさ評価の偏りが大きく、本実験で使用する刺激を選定できなかった 1 名，本実験に参加できなかった 2 名を除外した男性 17 名（年齢 22 - 24 歳，平均年齢 22.8 歳，標準偏差 0.7 歳）が参加した。解析には、脳波データの 50 % 以上が使用できないと判断された 2 名を除外した 15 名の参加者のデータで行った。全ての実験参加者は、実験内容についての十分な説明を受け、参加を同意した上で実験を行った。なお、本実験は国立大学法人豊橋技術科学大学人を対象とする研究倫理審査委員会の承認を受けて行った。

2.2.2 実験刺激

実験刺激は図 2.2.1 に示すような灰色の大きな円とその内側の黒い小円 2 つ，三角と四角 1 つずつから構成されていた。大きな円は直径視野角 5.00° ，小円は直径 1.25° ，三角は一辺 1.25° の正三角形，四角は一辺 1.25° の正方形であった。

刺激として、顔らしい刺激，ランダムな刺激，顔らしくない刺激の 3 種類を作成した。ランダムな刺激は中間の顔らしさを補うために作成した。顔らしい刺激はランダムな位置に三角，三角を中心に左上角度 45° ，右上 45° の位置に小円，下に四角をそれぞれ三角から直線距離が視野角 1.25° 以上の位置に配置した。小円，三角，四角は全て大きな円からはみ出さないよう配置した。ランダムな刺激は小円，三角，四角それぞれを重なり合わないよう，大きな円の中のランダムな位置に配置した。顔らしくない刺激は小円，三角，四角を正方形に配置した。図形間の中心はランダムで，図形間の距離は視野角 1.25° 以上に設定した。小円，三角，四角は全て大きな円からはみ出さないよう配置した。

小円，三角，四角の配置によって，顔らしい刺激を 50 枚，ランダムな配置の刺激を 150 枚，顔らしくない刺激を 50 枚用意した。また，ディスプレイに呈示される視覚刺激の背景輝度は 46 cd/m^2 とした。刺激は MATLAB 2020b (MathWorks, Natick) 上のツールボックス，Psychtoolbox 3 [29] に

よって呈示した。

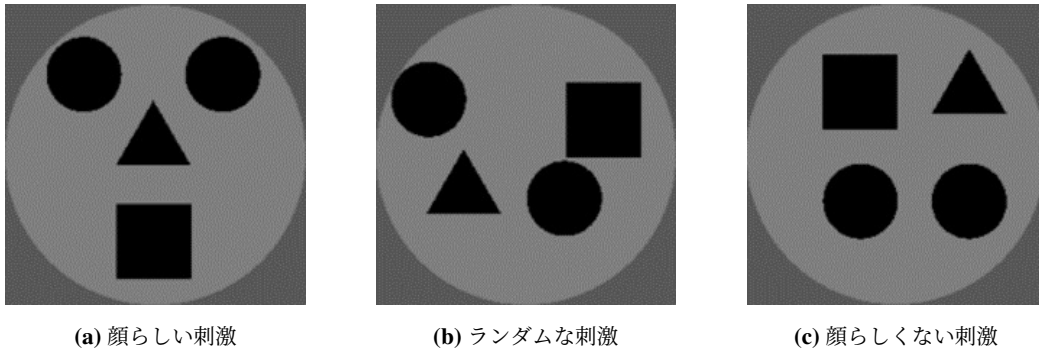


図 2.2.1: 図形を用いた刺激の例

実験に用いる刺激の例. 小円, 三角, 四角の配置によって顔らしい刺激を 50 枚, ランダムな刺激を 150 枚, 顔らしくない刺激を 50 枚生成した.

2.2.3 実験手順

2.2.3.1 前実験

前実験は, 暗室のシールドルームで行われ, 刺激は LCD モニタ (VIEWPixx, VPixx Technologies Inc., 解像度: 1920 × 1200 pixels, Frame Rate: 120 Hz) によって実験参加者に呈示された. 実験の流れを図 2.2.2 に示す. 刺激間の間隔 (ISI: Inter Stimulus Interval) として灰色の背景を 1.0 s 呈示, 固視点を 1.0 s 呈示後, 刺激呈示と同時に刺激の顔らしさ応答用の数直線を呈示した. 実験参加者は手元のキーパッドの 4 と 6 を用いて, 呈示されている数直線上のカーソルを左右に動かし, Enter を押すことで顔らしさを 1 - 5 で応答した. 顔らしければ 5, 顔らしくなければ 1 を応答するように説明した. これを 1 試行として, 50 試行を 1 セッション, 計 5 セッション行った. 刺激は 250 枚用意し, ランダムな順番で全て 1 回ずつ呈示された. 刺激の呈示には MATLAB 2020b (MathWorks, Natick) 上のツールボックス, Psychtoolbox 3 を用いた [29].

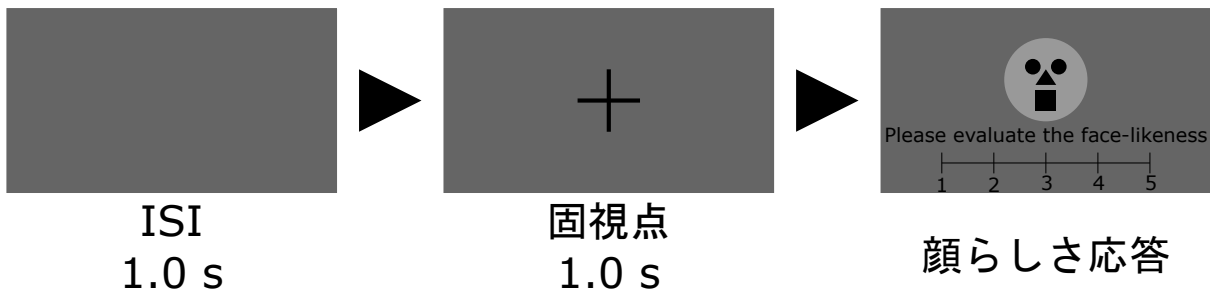


図 2.2.2: 前実験のパラダイム

グレーの背景, 固視点, 刺激の順に呈示される. 数直線上のカーソルを操作して顔らしさを応答した後, 次の試行にうつる.

2.2.3.2 本実験

脳波から顔らしさ評価を予測する重回帰モデルを作成するために、刺激の顔らしさ評定と脳波計測実験を行った。実験は前実験と同一環境で実施された。参加者は課題遂行中、視距離が 60 cm になるように顎台で頭部を固定した。実験の流れを図 2.2.3 に示す。ISI として灰色の背景を 1.0 s 呈示、固視点を 1.0 s 呈示、刺激を 0.5 s 呈示、ブランクとして背景を 1.0 s 呈示した後、刺激の顔らしさ応答用の数直線を呈示した。実験参加者は手元のキーパッドの 4 と 6 を用いて、呈示されている数直線上のカーソルを操作し、Enter を押すことで顔らしさを 1 – 5 で応答した。これを 1 試行として、70 試行を 1 セッション、計 4 セッション行った。脳波は実験の間常に計測しており、解析には刺激呈示 0.1 s 前から刺激呈示 0.7 s 後までを用いた。刺激は、実験参加者が前実験で評価した顔らしさより、1 – 5 各段階でそれぞれで 7 枚ずつランダムに選定され、各刺激 8 回ずつ呈示された。脳波計測には、BioSemi 社の 64-channel ActiveTwo system を用い、サンプリング周波数 500 Hz で全 64 channel を計測した。解析では応答に 20 s 以上かかった試行を除外した。

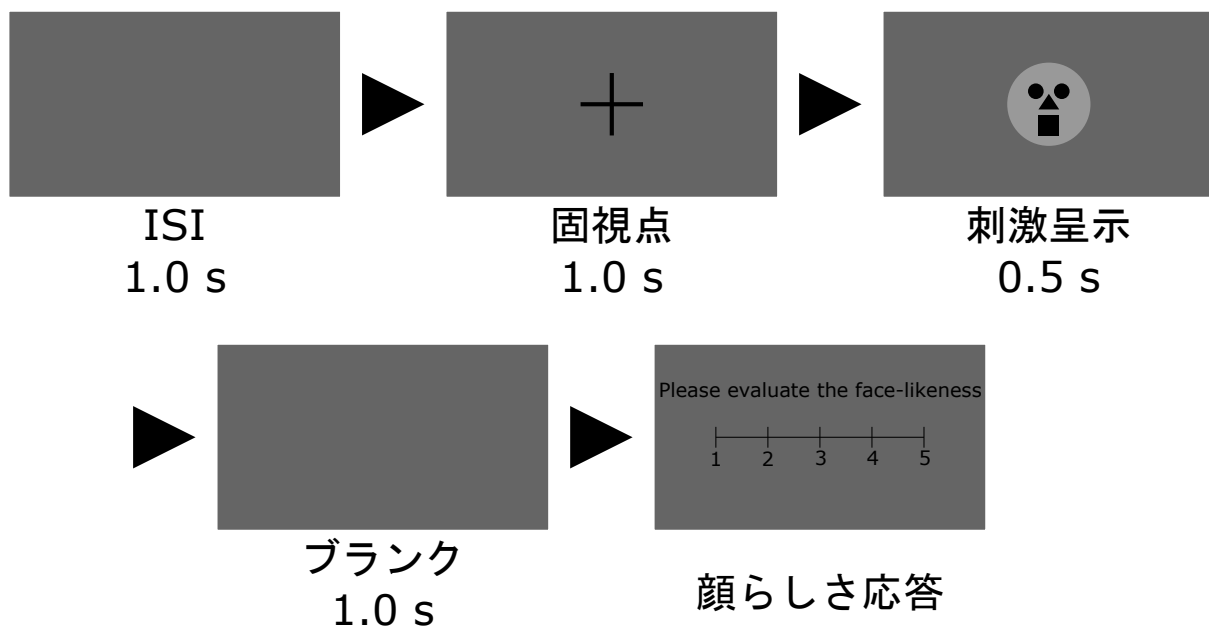


図 2.2.3: 本実験パラダイム

グレーの背景、固視点、刺激、グレーの背景、顔らしさを応答するための数直線の順に呈示される。顔らしさを応答した後、次の試行にうつる。

2.2.4 解析手法

ERP 解析

刺激呈示 0.1 s 前から 0.7 s 後までの脳波データを解析対象とし、MATLAB 2019b (MathWorks,

Natick) を用いて脳波解析を行った。計測した脳波データには 0.1 – 30 Hz のバンドパスフィルターを適用し、全電極の平均によるリファレンスを行った。その後、Artifact Subspace Reconstruction (ASR) 法によってまばたき等によるアーチファクトの補正を行った。各チャンネルの刺激呈示から 0.1 s 前までをベースライン区間とし全体から差し引くことでベースライン補正を行った。

重回帰分析

「ERP 解析」に示す処理を行った 64 電極の脳波を実験参加者ごとに z スコア化し、ウィンドウ幅 50 ms、シフト幅 50 ms の時間窓で 0 ms から 650 ms 間を区切り、時間窓内の平均値を求めることで、64 電極 × 13 時間窓 = 832 個の変数を作成した。これらの変数を実験参加者ごとに、各変数に対して z スコア化を行なった。これらの 832 個の z スコア化した変数を説明変数、刺激に対する実験参加者の顔らしさ評価値を目的変数として重回帰モデルを作成した。同じ刺激でも顔らしさ評価が異なる可能性があるため、同じ刺激の呈示を 8 試行分行い、平均せず 1 試行ずつ学習させた。説明変数がどれだけ目的変数に影響しているかを表す標準偏回帰係数が有意な変数を、顔らしさに関係する変数とし、その変数を構成している電極と時間窓を顔パレイドリア現象に関する ERP 成分と推測した。

2.3 実験結果

2.3.1 前実験

顔らしさ評価を実験参加者、評価値ごとに集計した結果、顔らしさ評価 3 と 4 を応答した回数が少ない傾向にあった。本実験では、顔らしさ評価 1 – 5 をそれぞれ同じ枚数に統一するため、どれか一つでも応答回数が少ない評価値がある場合、使用できる刺激の数も減少する。本実験では刺激条件ごとの刺激枚数を 7 枚ずつに統一し、顔らしさ評価 4 の応答回数が 7 回に満たない実験参加者 1 名を本実験では除外した。

2.3.2 本実験

行動データ

前実験によって選定された刺激が、本実験で同程度の顔らしさ評価になっているかを確認するために、統計的ベイズ推定を用いた 2 標本 t 検定を行い、ベイズ因子を導出した。帰無仮説 H_0 と対立仮説 H_1 は次のように設定した。

H_0 前実験と本実験の顔らしさ評価に差がない

H_1 前実験と本実験の顔らしさ評価に差はある

検定より、帰無仮説 H_0 はもっともらしさを表す尤度が対立仮説 H_1 の 17.4 倍であり、帰無仮説 H_0 が強く支持される ($BF_{01} = 17.4$)。よって、前実験と本実験の顔らしさ評価に差はないと考えられる。

ERP

64 電極 \times 13 時間窓 = 832 個の変数から顔らしさ評価を予測する重回帰モデルを作成し、モデルの標準偏回帰係数を求めた。モデルは有意に顔らしさ評価を説明していた ($R^2 = .283, p < .001$) [30]。変数を構成している電極と時間窓に、標準偏回帰係数をプロットしたトポグラフを図 2.3.1 に示す。ここで、標準偏回帰係数が有意ではなかった電極を 0 として表示している。標準偏回帰係数が正であれば、変数を構成している電極と時間窓の脳電位は顔らしさと正の線形関係があることを示し、負であれば負の線形関係があることを示す。また、標準偏回帰係数の絶対値が大きいほど、脳電位と顔らしさの関与が強くなることを表している。

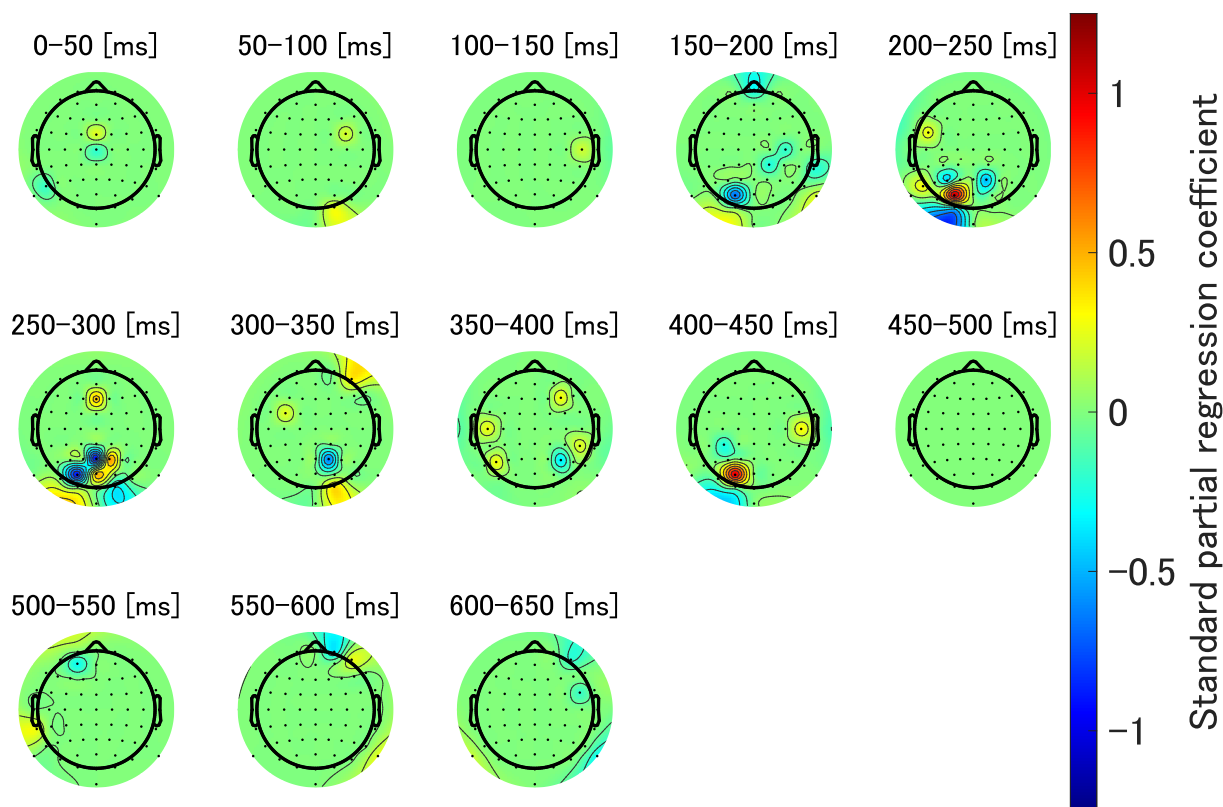


図 2.3.1: 標準偏回帰係数が有意な部位のトポグラフ

刺激を見た際の ERP を 50 ms の時間窓で平均し、刺激に対する顔らしさ評価を予測する重回帰モデルを作り、標準偏回帰係数を求めた。標準偏回帰係数が有意 ($p < .05$) な電極、時間窓のみ、標準偏回帰係数をトポグラフにプロットした。

いくつかの電極と時間窓で有意な標準偏回帰係数がみられた。ここで、ERP成分が発生することが知られている電極と時間窓を抜粋して図 2.3.2 に示す。

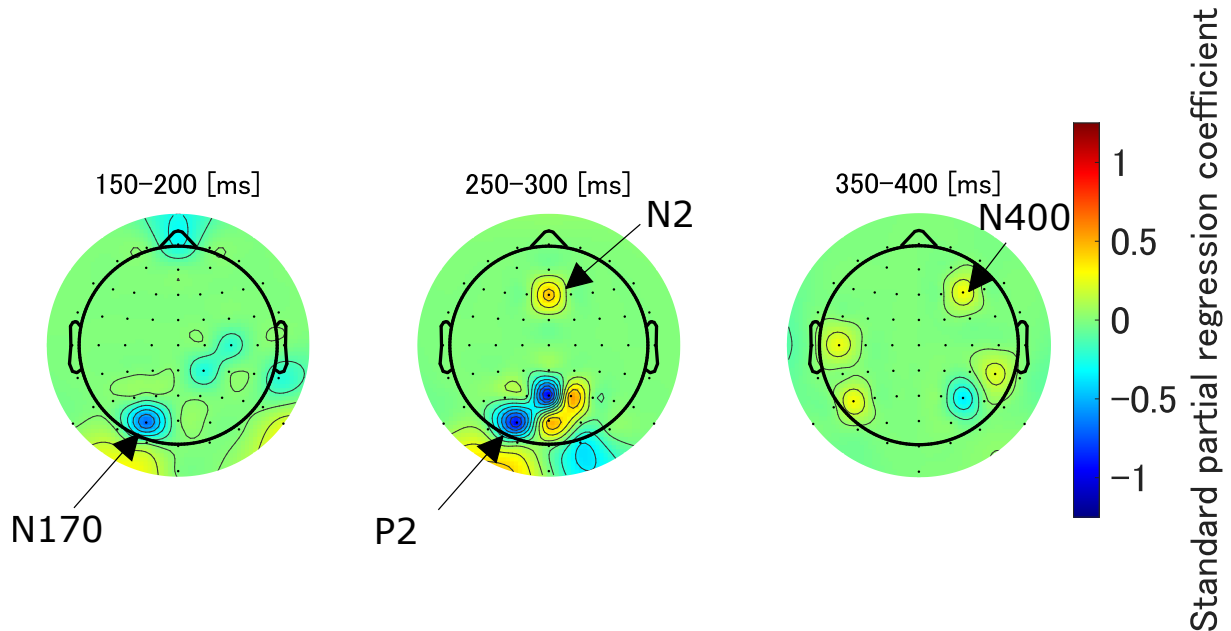


図 2.3.2: 標準偏回帰係数が有意な部位のトポグラフ (一部抜粋)

図 2.3.1 の標準偏回帰係数のうち、ERP成分が発生することが知られている電極、時間窓を抜粋した。

図 2.3.2 において標準偏回帰係数が有意な部分である 150 - 200 ms の左後側頭部は N170 成分の影響だと考えられる。同様に、250 - 300 ms の前頭部は N2 成分、後側頭部は P2 成分、350 - 400 ms の右前頭部は N400 成分の影響だと考えられる。また、350 - 400 ms の側頭部の複数箇所に標準偏回帰係数が有意な部分が表れていることが確認できる。

標準偏回帰係数は N170 と P2 が負、N2 と N400 が正である。標準偏回帰係数と各 ERP 成分の符号が一致すると、顔らしさ評価が高くなるほど ERP 成分の振幅が大きくなる。N170, N2, N400 はネガティブ方向の振幅を持ち、P2 はポジティブ方向の振幅を持つ。これを踏まえると、N170 は顔らしさ評価が高くなると振幅が大きく、N2, P2, N400 は顔らしさ評価が低くなると振幅が小さくなる。また、右脳半球よりも左脳半球で N170 の標準偏回帰係数が強いことから、左脳半球の N170 は右脳半球の N170 より顔らしさに関与していることが確認できる。

2.4 考察

本実験では空間周波数、コントラストを統制した刺激を用いることにより、これらの変数が ERP に影響を及ぼすことを防ぎつつ、脳波計測実験を行い、重回帰分析を用いることで顔パレイドリア現

象に影響する ERP 成分を網羅的に予測し、推定した。結果、150 – 200 ms の左後側頭部、250 – 300 ms の前頭部と後側頭部、350 – 400 ms の右前頭部において標準偏回帰係数が有意であった。これらは、それぞれ N170, N2, P2, N400 成分の影響だと考えられる。また、300 – 350 ms の右後側頭部、350 – 400 ms の側頭部、200 – 250 ms の左後側頭部、400 – 450 ms の左後側頭部に標準偏回帰係数が有意な部分が表れていることが確認できた。

N170

150 – 200 ms の左後側頭部には N170 成分が影響していると考えられる。図 2.3.2 より、N170 は顔らしさ評価値が高くなるほど振幅が大きくなり、N170 が顔らしさに関与していることが明らかとなった。N170 は顔処理に対して発現することが知られており、顔を見た際、また顔らしいものを見た際に振幅が大きくなることが知られている [23, 31]。また、右脳半球で発現する N170 成分は顔の全体処理に起因し、左脳半球で発現する場合は顔のパーツのような部分処理に起因することが報告されている [23]。このことから、顔パレイドリア現象は部分処理による関与が大きいこと、すなわち丸、三角、四角が顔のパーツとして認識できるかが顔パレイドリア現象に関与していることが示唆される。

この部分処理は刺激のパーツの配置によって促進されたと考えられる。本実験では刺激のパーツの配置のみを操作した。パーツそのものの形など部分処理に該当する操作は行っていない。

N2

250 – 300 ms の前頭部には N2 成分が影響していると考えられる。図 2.3.2 より、N2 は顔らしさ評価値が高くなるほど振幅が小さくなることが確認された。N2 は応答の葛藤によって発現することが知られており、応答の難易度が高い場合に、どのように応答すべきか葛藤し、認知負荷が増大することで振幅が大きくなることが知られている [32]。実験参加者は刺激の顔らしさを評価するように指示されており、顔らしさの低い刺激を呈示されたとき、タスク遂行のために無理に顔に見ようとすることで認知負荷が増大し、N2 の振幅が大きくなったと考えられる。

P2

250 – 300 ms の左後側頭部、300 – 350 ms の右後側頭部には P2 成分が影響していると考えられる。図 2.3.2 より、P2 は顔らしさ評価値が高くなるほど振幅が小さくなることが確認された。P2 成分は顔の全体処理（目と目の間の間隔など）よりも特徴的顔処理（目そのものの形）が優先されるときに大きな振幅を示すと報告されている [33]。つまり、結果は顔らしさ評価値が高くなることで

全体処理が優先されたことを示唆している。この結果は、実験刺激の丸、三角、四角の顔らしい配置が全体処理を促進したことを示唆する。

部分処理を主張する N170 と異なる主張に思えるが、P2 が示すのは比率であるため、部分処理も促進したが、全体処理もより促進したと解釈できる。

N400

350 - 400 ms の右前頭部には N400 成分が影響していると考えられる。図 2.3.2 より、N400 は顔らしさ評価値が高くなるほど振幅が小さくなることが明らかとなった。N400 は刺激の曖昧さによって発現することが知られており、複数の見え方を持つ刺激を呈示した際に振幅が大きくなることが知られている [34]。このことから、顔らしさ評価が低い刺激は曖昧に知覚されることで N400 振幅が大きくなり、顔らしさ評価が高い刺激は顔と知覚されることで曖昧性が消失し、N400 振幅が小さくなることが示唆された。

その他の時間・部位

350 - 400 ms の側頭部には紡錘状回の顔領域 (FFA: Fusiform Face Area) が影響していると考えられる。FFA は fMRI を用いた研究で、顔を見た際に活性化することが報告されており、顔とそれ以外の刺激で FFA の活動が異なることが知られている [2]。このことから、本実験の顔らしさが高い刺激を顔として認識することで、顔らしさ評価が低い刺激と差が表れたと考えられる。

200 - 250 ms の左後側頭部には N170 成分が関係していると考えられる。N170 成分は顔を見た際に、それ以外のものを見た際と比べ、潜時が早くなると報告されている [31]。よって、顔らしさ評価が高い刺激で N170 成分の負の振幅からの戻りが早くなり、より高い電位となり、標準偏回帰係数が正で有意に現れたと考えられる。

400 - 450 ms の左後側頭部については、一致する文献が見受けられないため、さらなる調査が必要である。

2.5 本章の結論

まとめると、左後側頭部 N170 と、N2 と P2 と N400 が顔パレイドリア現象に関係している可能性を示した。また、顔パレイドリア現象は顔の部分処理が関与している可能性、この部分処理はパーツの配置によって促進される可能性を示した。さらに、目と目の間の間隔などの全体処理が関与している可能性を示した。加えて、顔パレイドリア現象が生じることにより曖昧な図形に意味を与える可能

性を示した.

3 | 接近・回避行動が表情認知を調整する

この章の実験は以下の論文にまとめられ公開されている。

Yugo Kobayashi, Hideki Tamura, Shigeki Nakauchi, Tetsuto Minami: “Facial expression recognition is modulated by approach - avoidance behavior”, *International Journal of Affective Engineering*, Vol. 24 No. 3, pp 235-266, [10.5057/ijae.IJAE-D-24-00049](https://doi.org/10.5057/ijae.IJAE-D-24-00049), 2025.

本章の内容は上記の論文を一部改変して掲載したものであり、クリエイティブ・コモンズ 表示-非営利 4.0 国際 (CC BY-NC 4.0) ライセンスの下で提供されている。

本章の実験は科研費 22K17987, 21K21315, 20H05956, 20H04273, 公益財団法人日東学術振興財団, 豊橋技術科学大学 2024 年度博士後期課程学生のための研究費支援の援助により行われた。

3.1 はじめに

3.1.1 背景

コミュニケーションは現代社会に不可欠な側面である。ヒト対ヒトのやり取りには、表情やボディランゲージといった言語的および非言語的な手がかりの両方が含まれる。認知科学および心理学は、表情およびそれが個人の行動に与える影響の研究を盛んに行っている。例えば、表情認知は、接近・回避行動として知られる、誰かに接近するかまたはその人から後ずさりするかの速度および決定に影響を与える。

例えば、ヒトは怒っている他者よりも笑顔の他者に向かってより速く動く傾向がある [35]。加え

て、笑顔の他者よりも怒っている他者からより大きな距離を維持する傾向がある [36, 37]. 表情に対する接近・回避行動は、「実際の歩行」や「レバーによる疑似的な接近・回避」といった方法を用い、個人の特性や動機付けといった様々な観点から調査されてきた。

ヒトは一般的にポジティブな表情には接近し、ネガティブな表情は回避する傾向があり [38], これは個人の特性によって調節される。例えば、抑うつ症状の個人は、表情に対する接近・回避行動の動機付けはより弱くなる [39]. 加えて、対人関係に敏感な個人は、他の個人と比較して、幸せおよび中立的な表情の顔を回避するよりも速く接近する [40]. 他の研究では、ヒトは怒った表情で接近してくる刺激に対して、他の認知的プロセスを迂回し、自動的に防御反応を引き起こすことが示唆されている [41]. 接近・回避行動は、表情だけでなくポジティブおよびネガティブな画像にも応じて変化し [42], 情動的な構成要素が接近・回避行動に影響を与えることを示唆している。

この関係性は生理学的指標を用いても調査されてきた。第一に、家族、食物、自然、および性的な刺激といった快適または望ましい状況は、欲求システムによって動機付けられる接近行動を引き起こし、これは生理学的には、初期のわずかな心拍の減速に続き中期に加速、高い興奮であれば皮膚コンダクタンスの増加と共に検出される [43]. 第二に、ヒトや動物への攻撃、切断された身体の写真、および汚染といった危険または脅威的な状況は、防御システムによって動機付けられる回避行動を引き起こし、これは生理学的には、増加した皮膚コンダクタンス [43, 44] および持続的な心拍数の減速（ただし、差し迫った脅威に応答して心拍数は加速する可能性がある）によって検出される [43].

ここまで、表情認知が接近・回避行動にどのように影響を与えるかを説明してきた。しかし、他の先行研究では、行動もまたヒトの認知に影響を与え得ることが報告されている。例えば、実験参加者は、ポジティブおよびネガティブな単語 [16, 17] または画像 [18] を、手で自身に近づけたり遠ざけたりしながら分類するよう求められた。実験参加者とターゲットとの間の相対的な動きが、刺激の知覚される感情価に影響を与えた。他のいくつかの研究 [45] もまた、実験参加者の行動に応じた認知の変化を報告しており、行動と認知の間の関連性が双方向的である可能性を示唆している。

接近・回避行動が認知に影響を与えるメカニズムは、複数の観点から議論されてきた。ポジティブな刺激に接近する、またはネガティブな刺激を回避するといった、流暢な行動の実行が、刺激のよりポジティブな評価につながるということが報告されている [18]. さらに、動機付けと一致した行動をとることは、評価においてポジティブなバイアスを誘発することが示されている [18, 46]. そのほかに、認知的な変化は、実験参加者が接近する対象には注意を向け、回避する対象からは注意をそらすこと [47], ならびに防御反応による覚醒の高まり [43, 44] によって説明されるかもしれない。

ここで「接近・回避行動は表情認知に影響を与えるか？」という問いを立てた。まだ明確にされて

いない身体運動と表情認知の関係があるかもしれない。多くの研究が表情認知が接近・回避行動にどのように影響を与えるかを調べてきたが、ここでは身体運動の一つの接近・回避行動が、認知に影響を与えるかもしれないと仮説を立てた。接近・回避行動と同時に生じる表情認知に焦点を限定した。

3.1.2 実験概要

自身の行動が表情認知に与える影響を明らかにするために、接近・回避行動を用いた3つの実験を実施した。図 3.1.1 は本章の実験の簡単な概要を示している。具体的には、ヘッドマウントディスプレイ (HMD: Head Mounted Display) を装着した実験参加者は、仮想現実 (VR: Virtual Reality) 空間内で次の4条件のうちいずれかの行動するよう指示された。1) 実験参加者が3D顔モデルに接近する(前方1 m)、2) 回避する(後方1 m)、3) 実験参加者が3D顔モデルに接近される、または4) 回避される。その後、実験1および3では幸せか怒り、実験2では幸せか恐怖の2つの選択肢から3D顔モデルの表情を回答するよう求められた。加えて、実験3では、実験参加者と3D顔モデル間の距離を縮め、この関係性が距離によって変化するかどうかを示した。

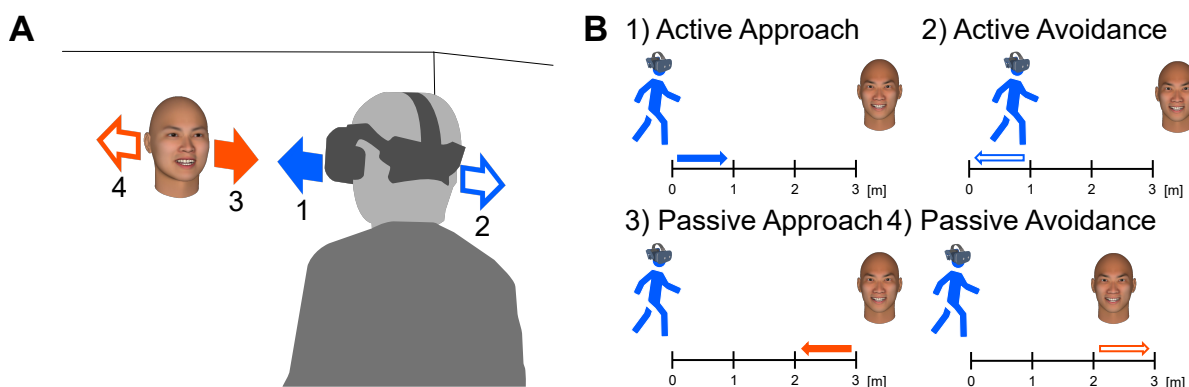


図 3.1.1: 実験の概要

A) 実験中の VR 空間のイメージ, B) 各条件の参加者と顔モデルの位置関係

3.2 実験 1：幸せ顔と怒り顔

我々は接近・回避行動が幸せな表情と怒りの表情の認知に影響を与えるかどうかを最初に検討した。いくつかの先行研究は、実験参加者が利益に接近し危害を回避することを示唆している [42, 43, 48]。したがって、実験参加者はモデルに接近するときにモデルの表情をより幸せに認知し、回避するときにより怒っていると認知すると我々は仮説を立てた。さらに、他者が実験参加者に接近する場合、実験参加者が他者を不快であると認知する距離は、実験参加者が他者に接近する場合と比較して大きい [37]。この逆の因果関係が成立する場合、実験参加者は自分に接近するモデルをより怒っていると

認知するであろう。

3.2.1 実験方法

3.2.1.1 実験参加者

実験には男性 24 名が実験参加者として参加した（平均年齢 23.25 歳，標準偏差 0.83）。後述する主観的等価点 (PSE: Points of Subjective Equality) の外れ値（いずれかの実験条件で平均から 2 標準偏差以上の逸脱があるデータ）に該当する 2 名の実験参加者を以後の解析から除外した。本章の実験では，行動による表情認知の変化は性別の差によって調整されないという仮定に基づいて実験を実施した [49]。標本サイズは G*Power (version 3.1.9.7) を使用して統計的検出力解析を実行することによって決定された [50, 51]。方向条件（接近または回避）と主体性条件（能動的または受動的）を含む実験参加者内 2 要因分散分析の交互作用と設定し，パラメーターは次の通りであった：効果量 $f = 0.25$ ， $\alpha = .05$ ，検出力 = 0.80。全実験参加者に手順の詳細を説明した後，書面によるインフォームドコンセントを得た。国立大学法人豊橋技術科学大学人を対象とする研究倫理審査委員会は，実験手順を承認した (2021-2)。

3.2.1.2 実験環境

実験刺激の呈示には，HTC VIVE Pro Eye HMD（片目当たりの解像度 1440×1600 pixels，リフレッシュレート 90 Hz，視野角 110° ）と，Windows 10 PC (Core i7-11700, RAM 32 GB) を用いた。実験に用いられたソフトウェアには，Unity 2021.1.25f1 および Steam VR 1.24.6 が含まれる。実験参加者の応答はテンキーを用いて記録された。VR 空間上の座標情報を取得するため，実験参加者の腰に 1 個の VIVE Tracker (3.0) が取り付けられ，実験エリアの隅には 4 台の Steam VR Base Station 2.0 が設置された。

3.2.1.3 実験刺激

刺激として使用された 56（7 水準の表情 \times 8 個の個体顔）のヒトの顔の 3D モデルは，FaceGen Modeller Core 3.29 (Singular Inversions Inc., 2021) を用いて生成された。幸せと怒りの 7 水準の表情の静的な 3D モデル（図 3.2.1 A）は，パラメーター “Expression Anger” を 2 から 8 に，“Expression SmileOpen” を 8 から 2 に設定することで作成した。ここではパラメータを “Angry Levels 2 – 8” と表す。幸せと怒りは，先行研究との比較のために選択された [35]。FaceGen の表情の一部は，おおよそ意図された表情として認知されてきた [52]。8 個の個人顔は，“East Asian racial group” と “Any sex” の設定を用いて生成された。ソフトウェアの不具合により，Identity 7 の顔は実験 1 では呈示されなかった。代わりに，Identity 6 の顔が意図された回数の 2 倍で呈示された。しかしながら，表情

はいずれの条件間にも差がなかったため、これは結果の解釈に影響を与えないと考える。

顔刺激の垂直サイズは平均 28.6 cm，水平方向は平均 19.1 cm であった。2 m の距離において，垂直の視野角は平均 8.2° ，水平の視野角は平均 5.5° であった。3 m の距離において，垂直の視野角は平均 5.5° ，水平の視野角は平均 3.7° であった。これらの測定は，Blender の測定ツールを用いて手動で測定した。距離は Unity 単位で測定され，1 単位は 1 m に等しいとして定義して換算した。

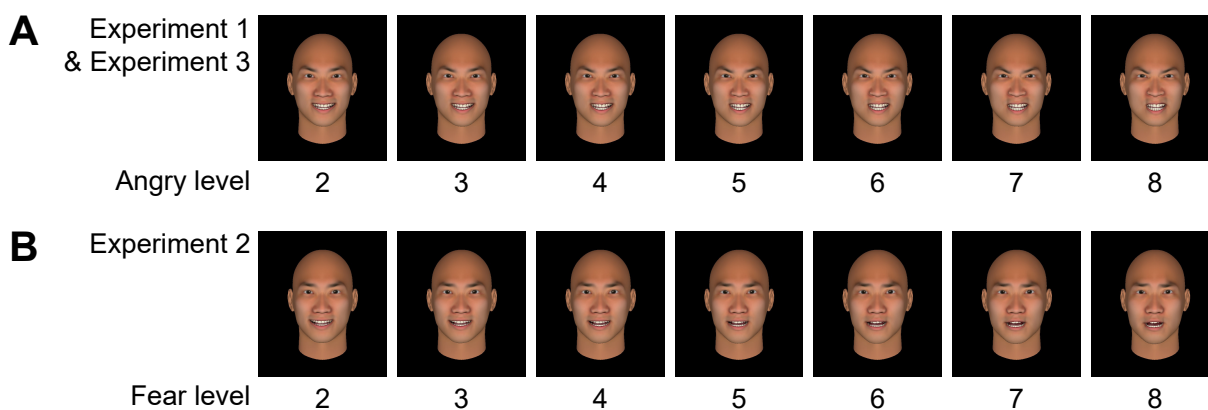


図 3.2.1: 実験に用いた顔 3D モデル

モデルは 7 段階の表情パターンを用いた。A) 実験 1 と 3 のモデルの表情はでは幸せと怒りの間，B) 実験 2 では幸せと恐怖の間から生成した。

3.2.1.4 実験手順

手続きを図 3.2.2 A 示す。実験参加者は HMD と腰にトラッカーを装着し，手にはキーパッドを持ち（図 3.2.2 B），灰色の背景 ($25\text{cd}/\text{m}^2$) の VR 空間内に立っていた。1 試行における実験参加者が行う手順は次の通りであった。1) 実験参加者は，地面の白い正方形を参照点として部屋の中央へ移動した。2) 注視点が 1 秒間呈示された。3) テキスト教示が 1 秒間呈示された。4) 顔刺激が行動を完了するまで呈示された。5) 反応画面が呈示された。

課題には「接近または回避」×「実験参加者または顔刺激の移動」の 4 つの条件があった。テキスト教示が“Who: Avatar”であればモデルが行動し，“Who: You”であれば実験参加者が行動しなければならなかった。さらに“Move: Forward”と教示されていれば行動は接近，“Move: Backward”と教示されていれば回避であった。顔刺激は，接近条件では実験参加者から 3 m 離れた位置に，回避条件では 2 m 離れた位置に呈示され，その後 1 m の移動が行われた。この距離は，他者が接近した場合と実験参加者が接近した場合の両条件で，実験参加者が他者に対して不快感を感じなかった距離に基づいて決定した [37]。

HMD 座標を参照することにより，顔刺激は実験参加者の顔とほぼ同じ高さに呈示された。顔刺激

の移動速度は 0.8 m/s であった。実験参加者は、顔刺激の表情に対して “Happy” か “Angry” の二択をテンキーパッドを用いて応答した。4 セッション（1 セッションあたり 56 試行）が実施された。すべての刺激と条件はランダムな順序で実行された。実験に先立ち、実験参加者は本実験と同じ 4 条件で最も幸せと最も怒りの表情を用いて、8 試行からなる練習課題を行った。実験は、実験参加者が部屋に入ってから出るまで、およそ 1 時間を要した。実験参加者は、セッション間に HMD を取り外して任意の長さの休憩を取ることを許可された。休憩を含めて、課題はおよそ 45 分かかった。

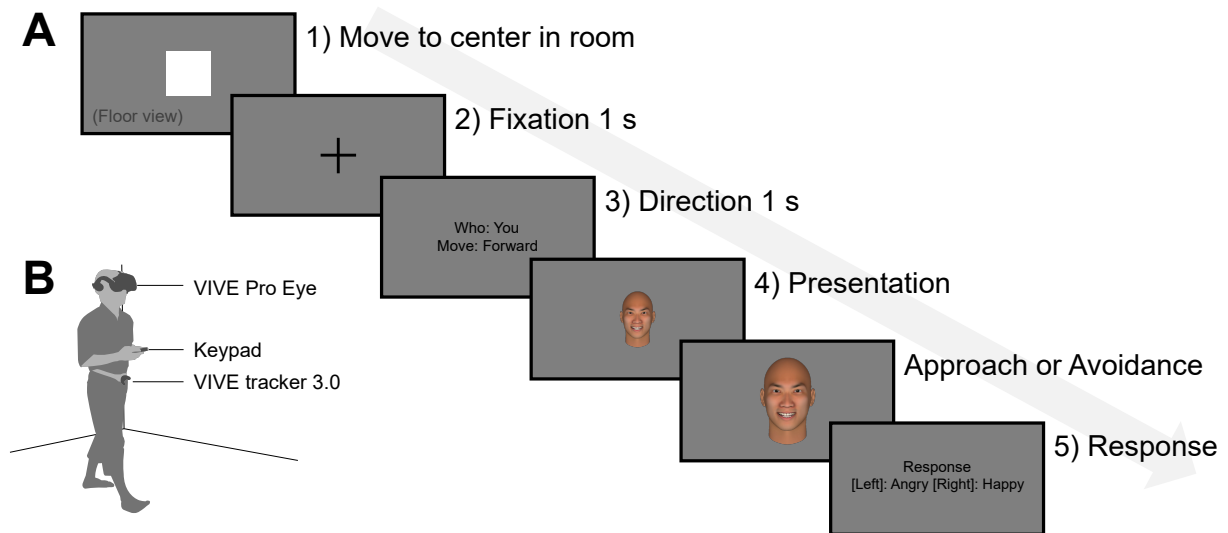


図 3.2.2: 実験手順と参加者の様子

A) 実験の手順 ,B) タスク遂行中の実験参加者の様子

3.2.1.5 解析手法

データは MATLAB R2021b を用いて分析された。実験中に生じた予期せぬアーティファクトの影響を排除するため、次の基準を用いて試行が除外された。1) 実験参加者が行動した条件においてトラックの座標が得られなかった。2) 実験参加者が左右に 50 cm 以上移動した。3) 実験参加者が教示と反対方向に 50 cm 以上移動した。4) 応答または行動のいずれかが 10 秒以上かかった。5) 刺激呈示時間の 90 % の間、実験参加者が視角 30° 以内に正面をとらえていなかった。平均して、実験参加者 1 人あたり 1.05 試行が除外された（標準誤差 = 0.43）。

各条件においてモデルのどの表情が判断されやすいかを求めるために主観的等価点 (PSE: Point of Subjective Equality) を算出した。まず、「Angry」応答の割合を、各実験参加者、各条件、各「Angry level」で算出した。次に、x 軸「Angry level」 y 軸「Angry」応答の割合を表す心理物理曲線を、各条件、各実験参加者でフィッティングした。このフィッティングは、ロジスティック関数と Palamedes Toolbox [53] を用いて計算された。この心理物理曲線から、我々は「Angry」応答と「Happy」応答

の割合がそれぞれ 50% になる「Angry level」を算出した。この「Angry level」が PSE である。PSE の値が高いことは、「Angry」応答が 50% に達するためにより高い「Angry level」が必要であることを示し、「Angry」応答がより少なく、実験参加者が「Happy」と応答する傾向が強いことを意味する。逆に、PSE の値が低いことは、「Angry」応答がより低い「Angry level」で 50% に達することを示し、実験参加者が「Angry」と応答する傾向が強いことを意味する。PSE の比較のための統計解析は JASP [54] を用いて行った。さらに、多重比較には Bonferroni 補正を用いた。

3.2.2 実験結果

実験 1 では、最も Happy な表情として設定された顔は 89.2% の割合で Happy であると判断され、最も Angry な表情として設定された顔は 79.4% の割合で Angry であると判断された。

図 3.2.3A は、各条件の PSE 値を示す。PSE 値は次の通りであった：能動的接近（平均 6.144、標準誤差 0.243）、受動的接近（平均 6.197、標準誤差 0.276）、能動的回避（平均 5.498、標準誤差 0.256）、および受動的回避（平均 6.452、標準誤差 0.431）。全条件の平均は 6.073 であった。我々は、方向条件（接近と回避）と主体性条件（能動と受動）の 2 要因の反復測定分散分析を行った。方向条件は主効果を示さなかった ($F(1, 21) = 0.528, p = .475, \eta_p^2 = 0.025$)。対照的に、主体性の条件では有意な主効果が認められた ($F(1, 21) = 5.299, p = .032, \eta_p^2 = 0.201$)。これは、顔モデルが動いた場合と比較して、実験参加者自身が動いた場合の方が怒りがより認知されやすかったことを意味している。

さらに交互作用が認められた ($F(1, 21) = 4.457, p = .047, \eta_p^2 = 0.175$)。下位検定の結果、自身の回避と相手の回避に差が認められた ($t(21) = 3.122, p = .019, \text{Cohen's } d = 0.612$)。これは自身が回避するほうが他者が回避するときよりも、顔刺激をより怒りと認知したことを意味している。

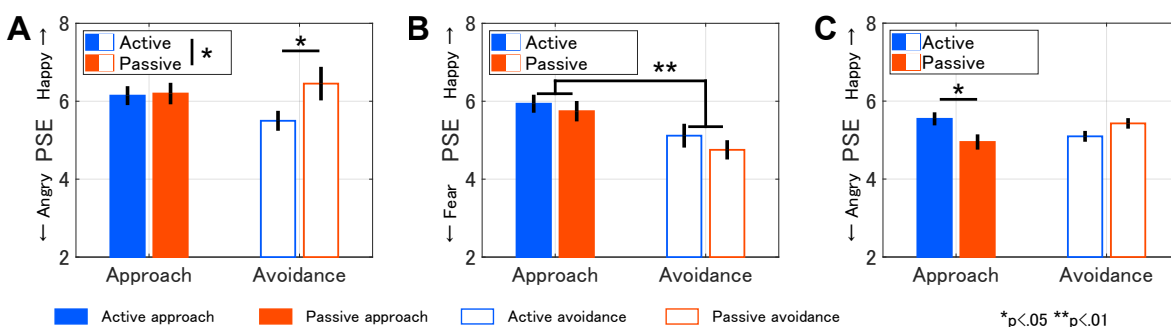


図 3.2.3: 実験結果

“Active”は参加者が行動した条件を、“Passive”は刺激が動いた条件を示す。PSEは主観的等価点(Point of subjective equality)を示す。A) 実験 1：縦軸は PSE を示し、値が小さいほど刺激の表情をより怒りと知覚したことを示す。B) 実験 2：縦軸は PSE を示し、値が小さいほど刺激の表情をより恐怖と知覚したことを示す。C) 実験 3：形式は A) と同様。エラーバーは標準誤差を示す。

3.2.3 考察

実験 1 では、実験参加者あるいは 3D 顔モデルが VR 空間で接近・回避行動を行った後、実験参加者はその顔モデルの表情に応答した。顔モデルの表情は、Happy から Angry の間で 7 段階に変化させたものを用いた。結果として、顔モデルが回避した場合と比較して、自身が回避した場合に顔モデルの表情はより怒りとして認知された。これは、同じ遠ざかるという視覚情報であっても、自身の回避の運動が加わることで他者の表情をより怒りと認知することを示す。この結果は、「表情認知が行動に影響を与える」先行研究とは逆の因果関係、すなわち「行動が表情認知に影響を与える」が成立することを示唆している。

顔モデルが回避したときに実験参加者がモデルの表情を怒りとして認知しなかった理由は、実験参加者が動かずにモデルから距離を取ることができたためであると考えられる。先行研究は怒りと回避の結びつきを支持しており、その目的は脅威となる他者から距離を維持することであると述べている [55]。この条件では、動くことなく目的が達成されるため、実験参加者は怒りを認知するために他者に脅威を感じる必要がなかったと考えられる。

さらに、モデルが接近したときに実験参加者がモデルの表情をより怒りとして認知しなかったのは、実験参加者とモデル間の距離が大きいためであったと考えられる。先行研究は、参加者から、もしくは他者がもう一方に向かって接近した際に参加者が不快感を感じる距離を調べたが、より大きな距離を示した他者からの接近の条件でも参加者と他者の距離は平均 1.6 m であった [37]。この距離は、認知された脅威に対する防御空間として定義される [56]。実験 1 において、実験参加者とモデルの間の距離は 2.0 から 3.0 m の範囲であり、これはどちらの条件においても実験参加者が脅威を感じなかった距離である可能性がある。よって、1.6 m 距離では脅威に差がなかったため、誰が接近したかにかかわらず、表情認知に差はなかったと考えられる。

実験 1 の結果は、実験 2 の仮説「私たちから遠ざかる他者の表情はより恐怖として認知されやすいという」を立てる。実験 1 は、実験参加者が他者を回避するとき、その他者の表情はより怒り（脅威の表情）と認知されることを示した。脅威を与える側と脅威を受ける側を逆にすると、接近・回避行動による表情認知の変調は変わるのだろうか。実験 2 では他者が脅威にさらされて、恐怖の表情を浮かべながら回避することを想定する。実験 1 の怒りと同様にネガティブであり、脅威という視点では対照である恐怖の表情を用いて、さらなる洞察を得ようと試みた。

3.3 実験 2：幸せ顔と恐怖顔

実験 2 では、「自身を回避する他者は恐怖の表情を浮かべていると認知される」と仮説を立てた。

3.3.1 実験方法

3.3.1.1 実験参加者

実験 1 と同様の方法でサンプルサイズを決定し、男性 24 名が参加した（平均年齢 22.00 歳，標準誤差 1.22）。実験 1 と同じ基準に基づき，4 名の実験参加者が以降の解析から除外された。手続きの詳細を説明した後，すべての実験参加者から書面による同意を得た。国立大学法人豊橋技術科学大学人を対象とする研究倫理審査委員会が実験手続きを承認した (2022-20)。

3.3.1.2 実験環境

実験環境は実験 1 と同一であった。

3.3.1.3 実験刺激

図 3.2.1B は実験 2 で使用された刺激を示す。これらは Angry の表情が Fear の表情に変更された点を除いて実験 1 と同一であった。Happy と Fear は，先行研究 [38] との比較のためにも選択された。

3.3.1.4 実験手順

手順は，選択肢が Happy と Angry の代わりに Happy と Fear であった点を除き，実験 1 と同一であった。

3.3.1.5 解析手法

実験 1 と同様の手法で解析を行った。除外された試行の数は参加者平均 0.95 試行（標準誤差 = 0.22）であった。各実験参加者，各条件で刺激の Fear レベルに対する実験参加者が「Fear」と答えた割合に基づき PSE を算出した。

3.3.2 実験結果

実験 2 において，最も Happy な表情として設定された顔は 90.0 % の割合で Happy と判断され，最も Fear な表情として設定された顔は 86.9% の割合で Fear と判断された。

図 3.2.3B は各条件の PSE の値を示す。PSE の値は次の通りであった：能動的接近（平均 5.936，標準誤差 0.231），受動的接近（平均 5.744，標準誤差 0.262），能動的回避（平均 5.116，標準誤差 0.306），および受動的回避（平均 4.753，標準誤差 0.247）。全条件の平均は 5.387 であった。方向条件には主効果が認められた ($F(1, 19) = 12.767$, $p = .002$, $\eta_p^2 = 0.402$)。これは行動の主体に関係なく回避では他者をより Fear と認知しやすく，接近ではより Happy と認知することを意味している。

対照的に、主体性条件では主効果は認められず ($F(1, 19) = 1.564, p = .226, \eta_p^2 = 0.076$), 交互作用も認められなかった ($F(1, 19) = 0.176, p = .680, \eta_p^2 = 0.009$).

3.3.3 考察

実験 2 では、実験 1 と同様に、実験参加者は接近・回避行動を行った後、3D 顔モデルの表情に応答した。顔モデルの表情は、Happy から Fear の間で 7 段階に変化させたものを用いた。結果は、自身と他者の距離が小さくなる時に他者の表情を Happy として、距離が大きくなる時に Fear として認知しやすいことを示唆する。これらの結果は、笑顔のヒトと恐怖のヒトを比較すると、前者の方がより接近しやすいことを示す先行研究 [38] の傾向と一致する。今回の結果を言い換えると、実験参加者は他者へ接近することで他者の表情をポジティブと認知し、回避することでネガティブと認知したといえる。

しかし、仮説に反して、回避における主体性条件間には差は認められなかった。恐怖の対象が恐怖の表情を見た人と認知しなかったから仮説が支持されなかったと考える。代わりに、実験参加者はこの表情を、周囲の脅威に怯えて同情を求める人々の表情として解釈したと再考する。同情はより速い接近行動を誘発するという報告 [57] もこの考えをサポートする。もし逆の因果関係が成り立つならば、接近行動が同情を呼び起こし、実験参加者は他者の表情を恐怖として認知するようになると考える。しかし、恐怖の表情よりも笑顔の表情の方が接近行動とより強く結びついているため [38], これは成り立たなかった。この逆の因果関係の結果として、接近行動は実験参加者に他者の表情をよりポジティブなものとして認知させ、一方、回避行動は表情をより恐怖なものとして認知させたと考える。

3.4 実験 3：距離による変調

実験 3 では、刺激から実験参加者までの距離を 0.2 m から 1.2 m の範囲に変更し、距離の影響を検討した。我々は実験 3 では、実験 1 と同様の方法で仮説を立てた。

3.4.1 実験方法

3.4.1.1 実験参加者

サンプルサイズは実験 1 と同様の方法で決定し、男性 24 名が実験に参加した（平均年齢 22.46 歳、標準偏差 1.26）。実験 1 と同じ基準に基づき、4 名の実験参加者が後続の解析から除外された。全て実験参加者から、実験手続きの詳細を説明した後、書面によるインフォームド・コンセントを得た。国立大学法人豊橋技術科学大学人を対象とする研究倫理審査委員会が実験手続きを承認した (2022-21)。

3.4.1.2 実験環境

実験環境は実験 1 と同一であった。

3.4.1.3 実験刺激

図 3.2.1A に実験 3 で使用した刺激を示す。これらは実験 1 と同じものであった。

3.4.1.4 実験手順

実験参加者と顔モデル間の距離が 2.0 – 3.0 m から 0.2 – 1.2 m に変更された点を除き、手続きは実験 1 で使用したものと同一であった。この距離は、他者が接近した場合と実験参加者が接近した場合の両方の条件において、実験参加者が他者に対して不快感を感じる距離として設定した [37]。

3.4.1.5 解析手法

実験 1 と同様の手法で解析を行った。除外された試行の数は参加者平均 0.95 試行（標準誤差 = 0.22）であった。

3.4.2 実験結果

実験 3 において、最も Happy な表情として設定された顔は 89.0 % の割合で Happy と判断され、最も Angry な表情として設定された顔は 94.8 % の割合で Angry と判断された。

図 3.2.3C は各条件の PSE の値を示す。PSE の値は次の通りであった：能動的接近（平均 5.545, 標準誤差 0.168）、受動的接近（平均 4.951, 標準誤差 0.195）、能動的回避（平均 5.096, 標準誤差 0.139）、および受動的回避（平均 5.428, 標準誤差 0.135）。全条件の平均は 5.255 であった。実験 3 における全条件の平均は、実験 1（6.073）よりも低かった。

主体性条件 ($F(1, 19) = 0.855$, $p = .367$, $\eta_p^2 = 0.043$) および方向条件 ($F(1, 19) = 0.007$, $p = .935$, $\eta_p^2 = 3.622 \times 10^{-4}$) において主効果は認められなかったが、交互作用が認められた ($F(1, 19) = 12.855$, $p = .002$, $\eta_p^2 = 0.404$)。下位検定の結果、自身の接近と相手の接近に差が認められた ($t(19) = 3.100$, $p = .022$, Cohen's $d = 0.733$)。これは、実験参加者が顔モデルに接近した場合よりも、顔モデルが実験参加者に接近した場合の方が、顔モデルの表情をより怒りと認知しやすかったことを意味している。

しかし、実験 1 とは異なり、能動的回避と受動的回避の間に有意な差は認められなかった ($t(19) = 1.734$, $p = .547$, Cohen's $d = 0.410$)。これは、実験 1 で示唆された「顔モデルが実験参

加者を避けた場合よりも、実験参加者が顔モデルを避けた場合のほうが、より怒りと認知されやすい」は他者が実験参加者から遠い状況においてのみである可能性がある。

3.4.3 考察

実験3では、実験1と同様に、実験参加者は接近・回避行動を行った後で3D顔モデルの表情に応答した。モデルと実験参加者間の距離は実験1よりも小さかった。結果は、実験参加者が顔モデルに接近した場合よりも、顔モデルが実験参加者に接近した場合の方が、顔モデルの表情をより怒りと認知することを示した。

これは実験参加者が接近してくる他者によって脅威を感じたためであると考えられる。表情認知が接近行動に影響を与えた先行研究では、実験参加者がアバターに接近した場合よりも、アバターが実験参加者に接近した場合の方が、個人が他者からより大きな対人距離を維持するという結果が示されている [37, 58, 59]。加えて、他の研究では、実験参加者が生理学的指標および防御反応によって他者の接近に対して脅威を感じたことをサポートしている [41, 44]。これらの研究は、その原因を実験参加者が他者との距離を制御できなかったことにあると考えている [58]。

実験1の結果は、顔モデルが実験参加者を回避したときよりも、実験参加者が顔モデルを回避したときの方が、実験参加者が顔モデルの表情をより怒りと認知したことを示している。しかし、この効果は実験3では観察されなかった。これらの結果は、接近・回避行動が表情認知に与える影響は距離によって異なることを示唆している。

3.5 本章の総合考察

本章では接近・回避行動が表情認知に影響を与えるかどうかを明らかにするために3つの実験を実施した。実験1では、他者に接近すると他者の表情をより友好的な幸せの表情と認知する、回避すると他者の表情をより驚異的な怒りの表情と認知すると仮説を立てた。結果より、自身の回避運動によって他者の表情をより怒りと認知することが示唆された。実験2では、自身から回避する他者の表情は恐怖として認知すると仮説を立てた。結果より、行動の主体が自身か他者かに関わらず回避するときに他者の表情をより恐怖と認知することが示唆された。実験3では、自身と他者の距離が小さければ他者が自身に接近すると他者の表情をより怒りとして認知すると仮説を立てた。結果より、自身と他者の距離が小さい場合に、他者の接近運動によって他者の表情をより怒りと認知することを示唆した。実験1および2において、実験参加者は接近時には他者の表情をポジティブなものとして、回避時にはネガティブなものとして認知する傾向があった。しかし、実験1では方向条件の主効果はなく、例外として、実験参加者を回避するモデルの表情は、より怒っているとは認知されなかった。

我々は、実験参加者が動かずに他者から距離を取ることができた場合、他者を脅威として認知する必要がないからであると考えた。加えて、実験3では、距離が小さいとき、自身が他者を回避しても他者の表情をより怒りと認知する傾向はみられなかった。したがって、距離に応じて、表情認知に影響を与える行動は変化する可能性がある。これらの結果は、「表情認知が接近・回避行動に影響を与える」という従来の因果関係と、「接近・回避行動が表情認知に影響を与える」という逆の因果関係の両方の認知的処理を示している。

我々は、表情に対する接近・回避行動を無意識に学習した結果として、接近・回避行動が表情認知に影響を与えるようになったと仮定する。表情はヒトがそれを意識していないときでさえ接近・回避行動を調節する [38]。さらに、ポジティブおよびネガティブな刺激に対する接近・回避行動は、生物学的観点から説明されてきた [42, 43, 48]。したがって、表情に対する接近・回避行動を無意識に学習する十分な機会があると考えられる。我々の知見は、「空間-感情メタファー (Space-Valence Metaphor)」と呼ばれる類似の現象によっても支持されている [60–62]。これは、「上」や「利き手側」を望ましいものと、「下」や「非利き手側」を望ましくないものと関連付ける認知的特徴である。利き手が関与することから後天的な学習の結果であることを示唆している [60]。

本章の実験ではポジティブな表情とネガティブな表情の関係のみを調査した。注目すべきことに、同情や挑戦を含む社会的要因もまた、接近・回避行動に影響を与える [38, 57, 63, 64]。同情の文脈を含む悲しみや恐怖の表情は、怒りや嫌悪のような他のネガティブな表情よりも接近行動を速くさせる [38, 57]。そのため、ネガティブな表情（例：怒りと恐怖）を直接比較することによって、どの社会的要因が接近・回避行動に影響を与えるかを調査する必要がある。

実験1および2の結果を、接近・回避行動が刺激への注意を調節し、それぞれ注意を増加または減少させることを示す先行研究 [47] と比較する。接近行動によって引き起こされる注意の増加は、実験参加者がターゲットの表情をよりポジティブなものとして認知するよう導く可能性があり、一方で、回避行動による注意の減少は、実験参加者が表情をよりネガティブなものとして認知する原因となる可能性がある。加えて、実験1における、実験参加者を回避するモデルの表情が怒りとして認知されにくかったという知見は、防御反応の減少に起因する可能性がある。同様に、実験3における、近距離で実験参加者に接近するモデルの表情が怒りとして認知されやすかったという知見は、防御反応の増加に起因する可能性がある。さらに、流暢な行動や動機付けられた行動と一致する行動は、ターゲットのよりポジティブな評価につながるものが先行研究で報告されている [18, 65]。しかし、これらの効果は本章のパラダイム内では検証できなかった。これらの先行知見が表情の知覚にも拡張できるかどうかを調査することは、接近・回避行動が情動認知にどのように影響を与えるかについての我々の理解をさらに深めるだろう。

本章の実験にはいくつかの限界がある。刺激は髪や身体のない顔の 3D モデルであった。接近・回避行動は個人の物理的状態 [63] や社会的要因 [66] によって影響を受けるため、モデルに身体を追加することは価値ある洞察を提供する可能性がある。したがって、3D モデルに髪や身体を追加し、より現実的な環境を提供することによってより頑健な知見を得ることができる。

動作なし条件は、行動と表情認知の関係を明確にするのに役立つであろう。我々は実験 2 の結果を、接近行動が回避行動よりも「幸せ」として認識されやすいと解釈した。これらの結果を動作なし条件における PSE と比較することは、接近行動が表情認知を調整したのか、あるいは回避行動が表情認知を調整したのかを明確にするであろう。

中立的な表情は、特定の行動によってどの表情が影響を受けるかを評価するのに役立つ。各実験では 2 つの表情を比較した。実験 1 では、PSE が低下したときに、怒り認知が促進されたのか、笑顔認知が抑制されたのかを区別できなかった。加えて、表情を関連付ける行動は、比較される別の表情に応じて、接近または回避によって変化し得る [38]。例えば、怒りは幸せと比較すると回避が速いが、恐怖と比較すると接近が速い。中立的な表情を別の表情と比較することは、特定の行動がその表情にのみ基づいて影響を及ぼしたかどうかを検証するのに役立つ。

本章の実験は性差を調査しなかった。我々は、表情認知に性差はないという仮定の下で実験を実施した [49]。しかし、いくつかの報告では差が存在することを示唆している [67]。本章の実験では、接近・回避行動によって引き起こされる表情認知の変化に性差がないと結論付けることはできないため、女性を対象とした同様の調査も実施するべきである。

本章の実験は 0.2 - 1.2 m および 2.0 - 3.0 m という限定された距離で実施された。一般化された理論を確立するためには、異なる距離でのさらなる実験が必要である。

本章の結果は文化によって異なる可能性がある。米国では、人々は社会的に非関与的な情動をより強く経験する傾向があるのに対し、日本では、人々は社会的に関与的な情動をより強く経験する傾向がある [68]。さらに、北米の人々は接近志向の情報に焦点を当てる傾向があるのに対し、東アジアの人々は回避志向の情報に焦点を当てる傾向がある [69]。情動経験と志向性におけるこれらの文化差は、接近・回避行動が表情認知に与える影響の違いにつながる可能性があり、さらなる調査が必要である。例えば、社会的に関与的な情動を経験することが少なく、他者への同情が弱い文化では、接近行動と他者の恐怖表情との関連性が減少するかもしれない。これにより、実験 2 で観察された、実験参加者が接近行動を通じてモデルの表情をより幸せであると知覚した効果が、より顕著になる可能性がある。

今後の研究では、接近・回避行動と表情認知の関係を駆動するメカニズムを明らかにすべきである。接近・回避行動を実行するとき、身体運動によって視覚情報と身体感覚が同時に変化する。本章の結果は、視覚情報または身体感覚のいずれかが表情認知に影響を与えていることに起因する。この効果に対してどちらの手がかりが優位であるかを検証するために、実験参加者が自身の身体感覚を維持しながら接近または回避を知覚する、ベクション (Vection) を強化するビデオを呈示する実験が考案できる。この条件が本章の実験と同じ結果を示した場合、視覚情報が表情認知の認知的処理を駆動する不可欠な手がかりであると確認できる。あるいは、身体的な接近・回避運動を VR 空間内のモデルと同期させ、実験参加者と同じだけモデルを動かすことで、視覚情報を保持することもできる。さらに、親密さ [70] や信頼 [66, 71] といった他の形態の認知も、接近・回避行動に影響を与える。本章の実験のように逆の関係が見つかれば、これらの他の形態の認知も接近・回避行動によって影響を受けるであろう。加えて、対人距離（行動）と心理的距離（認知形態）は薄暗い照明下で小さくなるため [72]、室内光が接近・回避行動の他の認知的形態に与える影響の調節についても考慮すべきである。

本章では、行動が表情認知にどのように影響を与えるかを調査するために、接近・回避行動と表情認知を組み合わせた3つの心理物理実験を実施した。結果は、接近するときには他者の表情をよりポジティブなものとして、回避するときにはよりネガティブなものとして認知する傾向が見られた。加えて、近距離では他者が接近する際にはその表情をより怒りとして認知するように影響が変化した。これらの知見は、接近・回避行動が、生物学的本能に根差した無意識の学習により、表情認知と強く結びついている可能性を示す。

4 | 総括

4.1 得られた知見

第2章では配置の異なる無意味図形を用いることで顔パレイドリア現象のメカニズムを調査した。その結果、左後側頭部 N170 と、N2 と P2 と N400 が顔パレイドリア現象に関係している可能性を示した。また、顔パレイドリア現象は顔の部分処理が関与している可能性、この部分処理はパーツの配置によって促進される可能性を示した。さらに、目と目の間の間隔などの全体処理が関与している可能性を示した。加えて、顔パレイドリア現象が生じることにより曖昧な図形に意味を与える可能性を示した。

第3章では自身の行動が他者の表情認知に影響を与えるかを調査した。その結果、自身の接近・回避行動が表情認知を変えることが明らかとなり、参加者が接近するときには他者の表情をポジティブなものとして、回避するときにはネガティブなものとして認知されることが示唆された。加えて、近距離で他者が接近する際には、より怒りの表情として認知されるよう関係性が変化した。

4.2 顔検出・顔パレイドリア現象とトップダウン処理

第2章の知見より、トップダウン処理が顔検出、特に顔パレイドリア現象の脳内処理のどの段階に影響しているのか検討する。この実験では刺激内の顔のパーツに該当する図形の形状、つまり顔の部分処理に該当する変更をしておらず、パーツの配置、つまり顔の全体処理に該当する変更のみを行った。しかし、実験参加者が刺激の顔らしさを高く評価すると顔の部分処理と関連する左後側頭部 N170 の振幅が大きくなった。これは、刺激の変化によるボトムアップ処理ではなく、トップダウン処理が顔の部分処理を促進したことを示唆する。これにより、トップダウン処理が刺激呈示後約 170 ms で行われる顔のパーツの処理に影響することが示唆される。

顔の部分処理を促進したのは顔の全体処理ではないかと考える。全体処理が部分処理を促進することは先行研究から示されており [73]、例えば顔のパーツを記憶し思い出す際に顔全体の文脈があるとより成績がよくなる [74]。全体処理と部分処理が統合されるまでの流れは脳領域の観点からも

検討されている。まず、顔が呈示されてから 100 - 110 ms で顔への視線の移動が開始される [75]。これは V1 や V2 といった初期視覚領域で周波数スペクトル情報など低レベルな視覚手掛かりに依存して行われるとされている [76]。次に、後頭顔領域 (OFA: Occipital Face Area) で顔を構成する個々の要素 (眼, 鼻, 口など) の形状を独立して分析する部分処理と、顔を構成するパーツ間の空間的な関係性 (目と目の間の距離など) を分析する全体処理が行われる。紡錘状回顔領域 (FFA: Fusiform Face Area) はこの部分処理と全体処理の統合をおこなう。なお、後頭顔領域はそれぞれ Haxby et al. (2000) のモデルの下後頭回に、紡錘状回顔領域は外側紡錘状回に対応している [4]。

第 2 章の結果は顔の全体処理と部分処理の統合が顔のパーツの変更をせずとも行われることを示し、全体処理が部分処理を促進する可能性を ERP の観点から示した。

4.3 表情認知とトップダウン処理

第 3 章では自身の接近・回避行動が表情認知に影響を与えることを示し、新たに表情認知に影響を与えるトップダウン処理を発見した。自身の接近・回避行動がどのような処理をたどって表情認知に影響を与えたのか考察する。接近・回避行動が表情認知に関与するのであれば、表情認知に関わる脳部位のいずれかで接近・回避行動の情報が統合されているはずである。この部位は扁桃体であると考えられる。

Haxby et al. (2000) のモデル (図 1.1.1) に基づくと表情を符号化する上側頭溝はそれ以外の様々な部位と連携をとっている [4]。

- 顔の検出：下側頭回
- 個人の特定など：外側紡錘状回, 紡錘状顔領域
- 視線の処理など：頭頂間溝
- 読唇術など：上側頭回, 聴覚野
- 情動の意味処理：扁桃体, 島, 辺縁系

一方で、接近・回避行動が認知に影響を与える際の経路は明らかになっていないが、扁桃体の関与が示唆されている。扁桃体は、静止する顔と比べて接近する顔に対して活性化する [77]。さらに、遠ざかる顔と比べても接近する顔に対して活性化し、感情を含む文脈で対人距離の調整に関わっていると示唆されている [78]。顔に限らず、迫りくる驚異的な刺激に対して活性化する [79, 80]。アカゲザルを対象にした研究でも、接近・回避行動と扁桃体の関係が示されており、扁桃体を損傷したサルは恐怖反応を引き起こす刺激に対して回避反応が弱い傾向にある [81, 82]。また、個人間でのコミュニ

ケーションにも影響し、社会的相互作用をとる時間が短くなる [83].

扁桃体で表情の情動を理解する際に、接近・回避行動による影響を受け、認知する表情が変化したと考える。この扁桃体は接近・回避行動以外にも言語的文脈や顔の背景にある情報などのトップダウン処理を表情認知と結び付けているとされている [6]。第 3 章の結果は、扁桃体で表情認知と結びつく情報を新たに示すものである。

4.4 結論

本研究ではトップダウン処理による顔認知への影響を明らかにすることを目的に実験を行った。結果、トップダウン処理は早期の顔検出から影響を与える可能性があること、自身の状態を含む多様なトップダウン処理が影響を与えることを示した。

参考文献

- [1] Nancy Kanwisher, Josh McDermott, and Marvin M Chun. The fusiform face area: a module in human extrastriate cortex specialized for face perception. *Journal of neuroscience*, 17(11): 4302–4311, 1997.
- [2] Nancy Kanwisher, Frank Tong, and Ken Nakayama. The effect of face inversion on the human fusiform face area. *Cognition*, 68(1):B1–B11, August 1998.
- [3] Mark H Johnson, Suzanne Dziurawiec, Hadyn Ellis, and John Morton. Newborns’ preferential tracking of face-like stimuli and its subsequent decline. *Cognition*, 40(1-2):1–19, 1991.
- [4] James V Haxby, Elizabeth A Hoffman, and M Ida Gobbini. The distributed human neural system for face perception. *Trends in cognitive sciences*, 4(6):223–233, 2000.
- [5] Andrew J Calder and Andrew W Young. Understanding the recognition of facial identity and facial expression. *Nature Reviews Neuroscience*, 6(8):641–651, 2005.
- [6] Matthias J Wieser and Tobias Brosch. Faces in context: A review and systematization of contextual influences on affective face processing. *Frontiers in psychology*, 3:471, 2012.
- [7] David Sander, Didier Grandjean, Susanne Kaiser, Thomas Wehrle, and Klaus R. Scherer. Interaction effects of perceived gaze direction and dynamic facial expression: Evidence for appraisal theories of emotion. *European Journal of Cognitive Psychology*, 19(3):470–480, May 2007.
- [8] Reginald B. Adams, Nalini Ambady, C. Neil Macrae, and Robert E. Kleck. Emotional expressions forecast approach-avoidance behavior. *Motivation and Emotion*, 30(2):177–186, June 2006.
- [9] Reginald B. Adams and Robert G. Franklin. Influence of emotional expression on the processing of gaze direction. *Motivation and Emotion*, 33(2):106–112, June 2009.
- [10] Reginald B. Adams Jr. and Robert E. Kleck. Perceived gaze direction and the processing of facial displays of emotion. *Psychological Science*, 14(6):644–647, 2003.
- [11] Reginald B. Adams and Robert E. Kleck. Effects of direct and averted gaze on the perception of facially communicated emotion. *Emotion*, 5(1):3–11, 2005.
- [12] Masaharu Kato and Ryoko Mugitani. Pareidolia in infants. *PLOS ONE*, 10(2):e0118539, February

- 2015.
- [13] Nouchine Hadjikhani, Kestutis Kveraga, Paulami Naik, and Seppo P Ahlfors. Early (m170) activation of face-specific cortex by face-like objects. *Neuroreport*, 20(4):403–407, 2009.
- [14] Jiangan Liu, Jun Li, Lu Feng, Jie Li, Ling friend Tian, and Kang Lee. Seeing Jesus in toast: Neural and behavioral correlates of face pareidolia. *Cortex*, 53:60–77, April 2014.
- [15] 二瓶 裕司, 南 哲人, and 中内 茂樹. パレイドリア現象における瞳孔径応答. 日本感性工学会論文誌, 17(1):169–175, 2018.
- [16] Mark Chen and John A. Bargh. Consequences of automatic evaluation: immediate behavioral predispositions to approach or avoid the stimulus. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 25(2):215–224, February 1999.
- [17] Roland Neumann and Fritz Strack. Approach and avoidance: The influence of proprioceptive and exteroceptive cues on encoding of affective information. *Journal of personality and social psychology*, 79(1):39–48, 2000.
- [18] Sergio Cervera-Torres, Susana Ruiz Fernández, Martin Lachmair, Matthias Riekert, and Peter Gerjets. Altering emotions near the hand: Approach–avoidance swipe interactions modulate the perceived valence of emotional pictures. *Emotion*, 21(1):220–225, February 2021.
- [19] M.E. Hasselmo, E.T. Rolls, G.C. Baylis, and V. Nalwa. Object-centered encoding by face-selective neurons in the cortex in the superior temporal sulcus of the monkey. *Experimental Brain Research*, 75(2), April 1989.
- [20] Kohske Takahashi and Katsumi Watanabe. Seeing objects as faces enhances object detection. *i-Perception*, 6(5):2041669515606007, October 2015.
- [21] Wilhelm K. Klatt, Alvin Chesham, and Janek S. Lobmaier. Putting up a big front: Car design and size affect road-crossing behaviour. *PLOS ONE*, 11(7):e0159455, July 2016.
- [22] Gianluigi Guido, Marco Pichierri, Giovanni Pino, and Rajan Nataraajan. Effects of face images and pareidolia on consumers’ responses to print advertising: An empirical investigation. *Journal of Advertising Research*, 59(2):219–231, June 2019.
- [23] Stéphanie Caharel, Arnaud Leleu, Christian Bernard, Maria-Pia Viggiano, Robert Lalonde, and Mohamed Rebaï. Early holistic face-like processing of Arcimboldo paintings in the right occipito-temporal cortex: Evidence from the N170 ERP component. *International Journal of Psychophysiology*, 90(2):157–164, November 2013.
- [24] Alice M. Proverbio and Jessica Galli. Women are better at seeing faces where there are none:

-
- an ERP study of face pareidolia. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 11(9):1501–1512, September 2016.
- [25] Yuji Nihei, Tetsuto Minami, and Shigeki Nakauchi. Brain activity related to the judgment of face-likeness: Correlation between EEG and face-like evaluation. *Frontiers in Human Neuroscience*, 12:56, February 2018.
- [26] François Guillem, Monica Bicu, and J. Bruno Debruille. Dissociating memory processes involved in direct and indirect tests with ERPs to unfamiliar faces. *Cognitive Brain Research*, 11(1):113–125, March 2001.
- [27] Andrea De Cesarei, Serena Mastria, and Maurizio Codispoti. Early spatial frequency processing of natural images: An ERP study. *PLoS ONE*, 8(5):e65103, May 2013.
- [28] Koel Das, Barry Giesbrecht, and Miguel P. Eckstein. Predicting variations of perceptual performance across individuals from neural activity using pattern classifiers. *NeuroImage*, 51(4):1425–1437, July 2010.
- [29] Mario Kleiner, David Brainard, and Denis Pelli. What’s new in psychtoolbox-3?, 2007.
- [30] 水本篤 and 竹内理. 効果量と検定力分析入門—統計的検定を正しく使うために—. メソドロロジー研究部会報告論集, 1:47–73, 2011.
- [31] R. J. Itier. N170 or N1? Spatiotemporal differences between object and face processing using ERPs. *Cerebral Cortex*, 14(2):132–142, February 2004.
- [32] Jonathan R. Folstein and Cyma Van Petten. Influence of cognitive control and mismatch on the N2 component of the ERP: A review. *Psychophysiology*, 45(1):152–170, January 2008.
- [33] Hailing Wang, Shichun Guo, and Shimin Fu. Double dissociation of configural and featural face processing on P1 and P2 components as a function of spatial attention. *Psychophysiology*, 53(8):1165–1173, May 2016. Publisher: Wiley.
- [34] M. G. Filippova, O. V. Shcherbakova, and Y. Y. Shtyrov. It is not what you think it is: ERP correlates of verbal and non-verbal ambiguity processing. *Neuroscience and Behavioral Physiology*, 50(3):306–314, March 2020.
- [35] John F. Stins, Karin Roelofs, Jody Villan, Karen Kooijman, Muriel A. Hagenars, and Peter J. Beek. Walk to me when I smile, step back when I’m angry: emotional faces modulate whole-body approach–avoidance behaviors. *Experimental Brain Research*, 212(4):603–611, August 2011.
- [36] Andrea Bonsch, Sina Radke, Heiko Overath, Laura M. Asche, Jonathan Wendt, Tom Vierjahn, Ute Habel, and Torsten W. Kuhlen. Social VR: How personal space is affected by virtual agents’
-

- emotions. In *2018 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, pages 199–206, Reutlingen, March 2018. IEEE. ISBN 978-1-5386-3365-6.
- [37] Gennaro Ruggiero, Francesca Frassinetti, Yann Coello, Mariachiara Rapuano, Armando Schiano Di Cola, and Tina Iachini. The effect of facial expressions on peripersonal and interpersonal spaces. *Psychological Research*, 81(6):1232–1240, November 2017.
- [38] Andrea Paulus and Dirk Wentura. It depends: Approach and avoidance reactions to emotional expressions are influenced by the contrast emotions presented in the task. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 42(2):197–212, February 2016.
- [39] Li Cao, Xiaoguang Yang, Zongling He, Hong Li, and Yi Lei. Effects of depressive symptoms on regulating emotional goals: Preferences for distinct facial emotions. *Biological Psychology*, 179:108539, April 2023.
- [40] Stefanie Duijndam, Nina Kupper, Johan Denollet, and Annemiek Karreman. Social inhibition and approach-avoidance tendencies towards facial expressions. *Acta Psychologica*, 209:103141, September 2020.
- [41] Mariachiara Rapuano, Tina Iachini, and Gennaro Ruggiero. Interaction with virtual humans and effect of emotional expressions: Anger matters! *Journal of Clinical Medicine*, 12(4):1339, February 2023.
- [42] J.F. Stins and P.J. Beek. Organization of voluntary stepping in response to emotion-inducing pictures. *Gait & Posture*, 34(2):164–168, June 2011.
- [43] Margaret M. Bradley, Maurizio Codispoti, Bruce N. Cuthbert, and Peter J. Lang. Emotion and motivation I: Defensive and appetitive reactions in picture processing. *Emotion*, 1(3):276–298, 2001.
- [44] Giulia Ellena, Simone Battaglia, and Elisabetta Ladavas. The spatial effect of fearful faces in the autonomic response. *Experimental Brain Research*, 238(9):2009–2018, September 2020.
- [45] Tom F. Price, Carly K. Peterson, and Eddie Harmon-Jones. The emotive neuroscience of embodiment. *Motivation and Emotion*, 36(1):27–37, March 2012.
- [46] Andreas B. Eder and Bernhard Hommel. Anticipatory control of approach and avoidance: An ideomotor approach. *Emotion Review*, 5(3):275–279, July 2013.
- [47] Angela I Renton, David R Painter, and Jason B Mattingley. Differential deployment of visual attention during interactive approach and avoidance behavior. *Cerebral Cortex*, 29(6):2366–2383, June 2019.

-
- [48] Karin Roelofs, Alessandra Minelli, Rogier B. Mars, Jacobien Van Peer, and Ivan Toni. On the neural control of social emotional behavior. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 4(1): 50–58, March 2009.
- [49] Marialaura Di Tella, Francesca Miti, Rita B. Ardito, and Mauro Adenzato. Social cognition and sex: Are men and women really different? *Personality and Individual Differences*, 162:110045, August 2020.
- [50] Franz Faul, Edgar Erdfelder, Albert-Georg Lang, and Axel Buchner. G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39(2):175–191, May 2007.
- [51] Franz Faul, Edgar Erdfelder, Axel Buchner, and Albert-Georg Lang. Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behavior Research Methods*, 41(4):1149–1160, November 2009.
- [52] Martin Schulte-Rüther, Hans J. Markowitsch, Gereon R. Fink, and Martina Piefke. Mirror neuron and theory of mind mechanisms involved in face-to-face interactions: a functional magnetic resonance imaging approach to empathy. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(8):1354–1372, August 2007.
- [53] Nicolaas Prins and Frederick A. A. Kingdom. Applying the model-comparison approach to test specific research hypotheses in psychophysical research using the Palamedes Toolbox. *Frontiers in Psychology*, 9:1250, July 2018.
- [54] JASP Team. JASP (Version 0.16.3), 2023. [Computer software].
- [55] Bradley Fawver, Chris J. Hass, Stephen A. Coombes, Stephen K. Trapp, and Christopher M. Janelle. Recalling fearful memories modifies approach and avoidance behavior based on spatial context. *Emotion*, 22(3):430–443, April 2022.
- [56] Michael S.A. Graziano and Dylan F. Cooke. Parieto-frontal interactions, personal space, and defensive behavior. *Neuropsychologia*, 44(13):2621–2635, 2006.
- [57] Abigail A. Marsh, Nalini Ambady, and Robert E. Kleck. The effects of fear and anger facial expressions on approach- and avoidance-related behaviors. *Emotion*, 5(1):119–124, 2005.
- [58] Tina Iachini, Yann Coello, Francesca Frassinetti, and Gennaro Ruggiero. Body space in social interactions: A comparison of reaching and comfort distance in immersive virtual reality. *PLOS ONE*, 9(11):e111511, November 2014.
- [59] G. Ruggiero, M. Rapuano, A. Cartaud, Y. Coello, and T. Iachini. Defensive functions provoke similar psychophysiological reactions in reaching and comfort spaces. *Scientific Reports*, 11(1):
-

- 5170, March 2021.
- [60] Daniel Casasanto. Embodiment of abstract concepts: Good and bad in right- and left-handers. *Journal of Experimental Psychology: General*, 138(3):351–367, 2009.
- [61] Daniel Casasanto and Katinka Dijkstra. Motor action and emotional memory. *Cognition*, 115(1): 179–185, April 2010.
- [62] Kyoshiro Sasaki, Yuki Yamada, and Kayo Miura. Post-determined emotion: motor action retrospectively modulates emotional valence of visual images. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1805):20140690, April 2015.
- [63] Jennifer L. Hammer and Abigail A. Marsh. Why do fearful facial expressions elicit behavioral approach? Evidence from a combined approach-avoidance implicit association test. *Emotion*, 15(2):223–231, April 2015.
- [64] Laura Kaltwasser, Kerry Moore, André Weinreich, and Werner Sommer. The influence of emotion type, social value orientation and processing focus on approach-avoidance tendencies to negative dynamic facial expressions. *Motivation and Emotion*, 41(4):532–544, August 2017.
- [65] Andreas B. Eder, Anand Krishna, Albrecht Sebald, and Wilfried Kunde. Embodiment of approach-avoidance behavior: Motivational priming of whole-body movements in a virtual world. *Motivation Science*, 7(2):133–144, June 2021.
- [66] Elisa Pellencin, Maria Paola Paladino, Bruno Herbelin, and Andrea Serino. Social perception of others shapes one’s own multisensory peripersonal space. *Cortex*, 104:163–179, July 2018.
- [67] Erin B. McClure. A meta-analytic review of sex differences in facial expression processing and their development in infants, children, and adolescents. *Psychological bulletin*, 126(3):424–453, 2000.
- [68] Shinobu Kitayama, Batja Mesquita, and Mayumi Karasawa. Cultural affordances and emotional experience: socially engaging and disengaging emotions in Japan and the United States. *Journal of Personality and Social Psychology*, 91(5):890–903, 2006.
- [69] Takeshi Hamamura, Zita Meijer, Steven J. Heine, Kengo Kamaya, and Izumi Hori. Approach—Avoidance motivation and information processing: A cross-cultural analysis. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 35(4):454–462, April 2009.
- [70] Andrea Paulus and Dirk Wentura. Threatening joy: Approach and avoidance reactions to emotions are influenced by the group membership of the expresser. *Cognition and Emotion*, 28(4):656–677, May 2014.
- [71] Alexander Todorov. Evaluating faces on trustworthiness: An extension of systems for recognition

-
- of emotions signaling approach/avoidance behaviors. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1124(1):208–224, March 2008.
- [72] Atsuo Ishikawa and Takashi Kusumi. How do the indoor illumination levels affect social and cognitive behaviors? *International Journal of Affective Engineering*, 21(3):169–179, 2022.
- [73] Nancy Kanwisher and Galit Yovel. The fusiform face area: a cortical region specialized for the perception of faces. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 361(1476):2109–2128, 2006.
- [74] James W Tanaka and Martha J Farah. Parts and wholes in face recognition. *The Quarterly journal of experimental psychology*, 46(2):225–245, 1993.
- [75] Sébastien M Crouzet, Holle Kirchner, and Simon J Thorpe. Fast saccades toward faces: face detection in just 100 ms. *Journal of vision*, 10(4):16–16, 2010.
- [76] Sébastien M Crouzet and Simon J Thorpe. Low-level cues and ultra-fast face detection. *Frontiers in psychology*, 2:342, 2011.
- [77] Anne Schienle, Albert Wabnegger, Florian Schöngassner, and Verena Leutgeb. Effects of personal space intrusion in affective contexts: an fMRI investigation with women suffering from borderline personality disorder. *Social cognitive and affective neuroscience*, 10(10):1424–1428, 2015.
- [78] Joana B Vieira, Tamara P Tavares, Abigail A Marsh, and Derek GV Mitchell. Emotion and personal space: Neural correlates of approach-avoidance tendencies to different facial expressions as a function of coldhearted psychopathic traits. *Human brain mapping*, 38(3):1492–1506, 2017.
- [79] Dean Mobbs, Jennifer L Marchant, Demis Hassabis, Ben Seymour, Geoffrey Tan, Marcus Gray, Predrag Petrovic, Raymond J Dolan, and Christopher D Frith. From threat to fear: the neural organization of defensive fear systems in humans. *Journal of Neuroscience*, 29(39):12236–12243, 2009.
- [80] Dean Mobbs, Rongjun Yu, James B Rowe, Hannah Eich, Oriol FeldmanHall, and Tim Dalgleish. Neural activity associated with monitoring the oscillating threat value of a tarantula. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(47):20582–20586, 2010.
- [81] Eliza Bliss-Moreau, Jessica E Toscano, MD Bauman, William A Mason, and David G Amaral. Neonatal amygdala lesions alter responsiveness to objects in juvenile macaques. *Neuroscience*, 178:123–132, 2011.
- [82] Christopher J Machado, Andy M Kazama, and Jocelyne Bachevalier. Impact of amygdala, orbital frontal, or hippocampal lesions on threat avoidance and emotional reactivity in nonhuman primates.
-

Emotion, 9(2):147, 2009.

- [83] Eliza Bliss-Moreau, Gilda Moadab, Melissa D Bauman, and David G Amaral. The impact of early amygdala damage on juvenile rhesus macaque social behavior. *Journal of cognitive neuroscience*, 25(12):2124–2140, 2013.

謝辞

本研究は、研究室の方々、そのほか自身の周りの方々のご指導、ご協力、ご支援があってまとめあげたものです。学部頃から、研究のご指導ご鞭撻をはじめ、授業や、そのほか悩みなどでお世話をいただいた豊橋技術科学大学 情報・知能工学系 南哲人教授、中内茂樹教授、田村秀希助教、日根恭子准教授に心から感謝申し上げます。加えて、研究室での生活や運営の面でご協力、ご支援いただいた視覚認知情報学研究室 秘書 河合由紀子氏、中村愛氏に心から感謝致します。学部の研究のご指導ご鞭撻、並びに本研究のきっかけをくださった谷山祐真氏に深く感謝申し上げます。他にも様々なご指導ご協力いただきました修了生の先輩方に感謝申し上げます。また、研究生活の苦楽を共にし、心の支えとなった同期、後輩の皆さんに感謝致します。学会で様々な意見をくださった先生方、学生方に感謝します。本研究は実験あつてのものです。快く協力してくださった実験参加者の皆様に感謝申し上げます。生活を支えてくださった家族に感謝の意を表します。最後に、大学、研究生活の支えとなって頂いた全ての方々に感謝の意を表します。ここに記すことのできない個人的な感謝を研究室に保管する製本版に掲載します。

研究業績目録

査読付き学術論文

- Yugo Kobayashi, Hideki Tamura, Shigeki Nakauchi, Tetsuto Minami: “Facial expression recognition is modulated by approach – avoidance behavior” , International Journal of Affective Engineering, Vol. 24, No. 3, pp 235-266, 2025.
- 小林 優吾, 谷山 祐真, 中内 茂樹, 南 哲人: “顔パレイドリア現象の強度が脳活動に及ぼす影響” , 日本感性工学会論文誌, Vol. 21, No. 1, pp. 33-39, 2022.

査読付き国際会議

- Yugo Kobayashi, Hideki Tamura, Shigeki Nakauchi, Tetsuto Minami: “Perception of angry facial expressions is enhanced by somatosensory cues for avoidance” , 46th European Conference on Visual Perception, Aberdeen, Scotland, 25 – 29 Aug 2024.
- Yugo Kobayashi, Hideki Tamura, Shigeki Nakauchi, Tetsuto Minami: “Facial expression recognition modulated by forward and backward steps in virtual reality” , 45th European Conference on Visual Perception, Paphos, Cyprus, 27 – 31 Aug 2023.

国内学会発表

- Yugo Kobayashi, Hideki Tamura, Shigeki Nakauchi, Tetsuto Minami: “Facial expression recognition is modulated by approach – avoidance behavior” , 第 20 回日本感性工学会春季大会 査読セッション, 京都工芸繊維大学, 2025 年 3 月 5 - 7 日.
- 小林 優吾, 田村 秀希, 中内 茂樹, 南 哲人: “回避行動に内在する視覚・体性感覚の変化と怒り顔認知の増強” , 日本視覚学会 2023 年夏季大会, 徳島県郷土文化会館, 2023 年 9 月 18 - 20 日.
- 小林 優吾, 田村 秀希, 中内 茂樹, 南 哲人: “接近・回避行動が笑顔・恐怖の表情認知に与える

影響”, 日本視覚学会 2022 年夏季大会, 金沢大学, 2022 年 9 月 5 - 7 日.

- 小林 優吾, 田村 秀希, 中内 茂樹, 南 哲人: “能動的・受動的な接近行動が表情認知に与える影響”, 日本視覚学会 2022 年冬季大会, オンライン, 2022 年 1 月 19 - 21 日.
- 小林 優吾, 谷山 祐真, 中内 茂樹, 南 哲人: “顔パレイドリア現象の強度が脳活動に及ぼす影響”, 第 23 回日本感性工学会大会, オンライン, 2021 年 9 月 2 - 4 日.