

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.