

総 説

脳科学的アプローチによる顔認知過程の解明

三木 研作 竹島 康行 森 久子 鈴木 寿摩
高見精一郎 森田 一三 上村 治 柿木 隆介

総 説

脳科学的アプローチによる顔認知過程の解明

三木 研作¹ 竹島 康行² 森 久子³ 鈴木 寿摩³
高見精一郎³ 森田 一三³ 上村 治⁴ 柿木 隆介²

要旨

本総説では、電気生理学的手法の代表的なものである脳波と脳磁図を用いた顔認知過程に関する研究を紹介し、(1) 顔認知に関連する脳活動、(2) 視線が異なる顔に対する脳活動、ならびに、(3) 表情をもつ顔を見た際の脳活動の経験やトレーニングによる変化を整理した。

脳磁図を用いて、開眼している顔と閉眼している顔を提示した際の顔認知に関連する脳部位とその時間的動態を検討した研究では、画像提示後約 180 ミリ秒後に明瞭な誘発脳磁場成分 (2M) がみられた。この成分の発生部位は、顔認知に関連する紡錘状回に相当する下側頭部であり、この成分の頂点潜時 (画像提示後から振幅が最大になるまでの時間) に関して、開眼ならびに閉眼している顔の間には有意な差がみられなかった。加えて、開眼している顔、閉眼している顔ならびに目のみの画像を提示して誘発される脳磁場成分を比較したところ、この 2M 成分の頂点潜時は、顔 (開眼している、閉眼している) を提示したときに比べ、目のみの時に有意に長くなっていた。これらの結果から、顔画像提示後約 180 ミリ秒後にみられる顔認知に特異的に関連する下側頭部の活動は、顔を検出する、つまり、「顔である」と認知する過程を反映していると示唆された。

また、目が真正面を向いた顔、目が左を向いた顔、目が右を向いた顔を提示して、脳波を用いて視線の方向による脳活動の違いを検討した。画像提示後、左右の側頭部では、すべての条件で明瞭な誘発脳波成分 (N190) がみられた。右側頭部では、目が右を向いた顔に対する N190 成分の最大振幅が、目が真正面を向いた顔に比べて有意に大きくなっていた。また、目が左を向いた顔に対する N190 成分の最大振幅は、目が真正面を向いた顔と比べ、有意差はみられなかったものの大きい傾向があった。左側頭部では、目が右を向いた顔ならびに目が左を向いた顔に対する N190 成分の最大振幅は、目が真正面を向いた顔と比べ、有意差はみられなかったものの大きい傾向があった。この研究における N190 成分は、主に上側頭溝の活動を反映している可能性があり、視線がそれることに対して無意識的ならびに自動的にヒトの注意が向くことにより、上側頭溝の活動が活発になるためではないかと示唆された。

加えて、表情をもつ顔を見た際の脳活動の経験やトレーニングによる変化を検討した。この研究では、他者との接点が多い、つまり、顔を見る経験が増え、顔から情報を得るトレーニングを重ねている旅館で接客業に携わっているおもてなし群の女性 21 人と接客業に関わったことのないコントロール群の女性 19 人について、無表情の顔、笑った顔ならびに怒った顔を提示した際の脳波成分を比較検討した。その結果、無表情の顔に対しては右後頭部で、怒った顔に関しては左右後頭部で、P100 成分の最大振幅がおもてなし群のほうで有意に大きくなっていた。一方、左右側頭部で明瞭にみられた N170 成分の頂点潜時ならびに最大振幅には 2 群間で有意な差はみられなかった。これらの結果から、経験やトレーニングにより顔認知過程の早い段階で脳の活動に変化が生じる可能性が示唆された。

キーワード 脳波 脳磁図 顔認知 表情 視線

¹ 愛知医科大学看護学部 統合生理学

² 自然科学研究機構 生理学研究所

³ 日本赤十字豊田看護大学

⁴ 社会福祉法人杏嶺会 一宮医療療育センター

はじめに

我々は、日常生活において相手の顔から得られる様々な情報を活用している。その情報には、視線や表情があり、これらは日常生活におけるコミュニケーションのうちの非言語コミュニケーションの代表的なものである。我々は、相手の視線や表情から相手の心情を読みとったりすることで、相手との円滑な関係を築くことにつなげている。

顔の認知過程に関しては、古くから心理学の分野で研究が進められてきた (Bruce and Young, 1986)。また、近年は、非侵襲的な脳機能計測法を用いたヒトを対象とした研究が行われるようになってきている。その計測法の中で、脳波はミリ秒単位の時間分解能を持ち、被験者への身体的負担も少なく長時間の計測も可能である。そのため、脳波は認知情報処理過程の時間的動態を検討するのに有用であり、脳波を用いた顔認知に関する研究も数多い。

顔認知に関する研究では、顔画像を提示して行うことから、顔認知に関連する視覚情報処理過程を検討する研究が主となっている。顔認知に関連する振幅が陰性（脳波がマイナス側に振れる）の脳波成分に N170 成分というものがある (Bentin et al., 1996)。N170 成分の以下のような特徴から、この脳波成分は、顔認知に特異的な脳活動を反映しているとされている。(1) 顔を提示した際に、顔提示後約 170 ミリ秒後に左右側頭部の電極で明瞭にみられる。(2) 顔を提示した際の N170 成分の振幅は、他の物体（いす、車など）を提示した際に比べ大きい。(3) 正立した顔を提示した際の N170 成分は、倒立した顔を提示した際に比べ、その頂点潜時（画像提示後から振幅が最大になるまでの時間）が早くなる。(4) 顔を提示した際の N170 成分の頂点潜時は、目のみなどを提示した際に比べ、その頂点潜時は早くなる。

また、顔画像に限らずあらゆる視覚刺激を提示した際に、提示後約 100 ミリ秒後に左右の後頭部の電極に明瞭にみられる振幅が陽性（脳波がプラス側に振れる）の脳波成分に P100 成分というものがある。この P100 成分は、明るさなどの情報処理に関わる視覚情報処理の初期の段階を反映していると考えられている。加えて、P100 成分は、いろいろな視覚刺激がある中から重要な視覚刺激を選択的に処理するため

に必要な選択的注意の影響を受け、その注意によって P100 成分の振幅が大きくなることも知られている (Hillyard, Vogel, and Luck, 1998)。

一方、脳活動に伴う磁場変動を計測する脳磁図は、優れた時間分解能ならびに空間分解能を持ち、顔認知に関連するそれぞれの脳部位とそれらの時間的動態を検討することが出来、脳磁図を用いることにより顔認知過程の解明が進むようになった。

本総説では、電気生理学的手法の代表的なものである脳波と脳磁図を用いた顔認知過程に関する研究を紹介し、顔認知の特性を検討する。

顔認知に関連する脳活動

主に脳波を用いて顔認知過程の時間的動態を検討した研究が行われてきたが、渡辺らは、空間分解能ならびに時間分解能に優れた脳磁図を用いて、開眼している顔と閉眼している顔を提示した際の顔認知に関連する脳部位とその時間的動態を検討した (Watanabe et al., 1999a)。画像提示後約 100-120 ミリ秒後に明瞭な誘発脳磁場成分 (1M) がみられた。この成分は、顔認知に対して特異的な脳活動を反映したものではなく、明るさなどの初期視覚情報処理を反映するもので、この成分の発生部位は、初期視覚野に相当する後頭部であった。続いて、画像提示後約 180 ミリ秒後に明瞭な誘発脳磁場成分 (2M) がみられた。この成分の発生部位は、空間分解能に優れた磁気共鳴画像法を用いた研究で顔認知に特異的に関連することが明らかとなった紡錘状回に相当する下側頭部であった。また、この 2M の頂点潜時は開眼している顔と閉眼している顔との間で有意な違いはみられなかった。加えて、開口している顔ならびに閉口している顔を提示して同様の研究を行った (Miki et al., 2004)。この 2 つの画像に対しても、前述の渡辺らの研究と同様に、画像提示後約 180 ミリ秒後にみられた顔認知に特異的に関連する下側頭部の活動を反映した成分 (M170) に関して、2 つの画像の間に有意な違いはみられなかった。

一方、開眼している顔、閉眼している顔ならびに目のみの画像を提示して誘発される脳磁場成分を比較したところ、画像提示後 180 ミリ秒後にみられる誘発脳磁場成分 (2M) の頂点潜時は、顔（開眼している、閉眼している）を提示したときに比べ、目のみの時に

有意に長くなっていた (Watanabe et al., 1999b)。これらの脳磁図を用いた研究 (Watanabe et al., 1999a & 1999b, Miki et al., 2004) から、顔画像提示後約 180 ミリ秒後にみられる顔認知に特異的に関連する下側頭部の活動は、顔を検出する、つまり「顔である」と認知する過程を反映していると考えられた。

視線が異なる顔に対する脳活動

下側頭部は、顔の検出に関連していることが明らかになったが、顔の持つ情報には、目や口などの顔のパーツから得られるものがある。中でも、特に重要なものに視線がある。自身に対して興味がある、また、自身に対して嫌悪感があるなど、相手の視線の方向から相手の心情をくみ取ることが出来る。そこで、目が真正面を向いた顔、目が左を向いた顔、目が右を向いた顔を提示して、脳波を用いて視線の方向による脳活動の違いを検討した (Watanabe et al., 2004)。画像提示後、左右の側頭部の脳波電極では、すべての条件で明瞭な誘発脳波成分 (N190) がみられた。右側頭部では、目が右を向いた顔に対する N190 成分の最大振幅が、目が真正面を向いた顔に比べて有意に大きくなっていた。また、目が左を向いた顔に対する N190 成分の最大振幅は、目が真正面を向いた顔と比べ、有意差はみられなかったものの大きい傾向があった。左側頭部では、目が右を向いた顔ならびに目が左を向いた顔に対する N190 成分の最大振幅は、目が真正面を向いた顔と比べ、有意差はみられなかったものの大きい傾向があった。今までの研究で、側頭部に存在する上側頭溝は視線の検出などに関与していること (Puce et al., 1998)、ならびに、顔の変化を検出するのに重要な役目を担っていることが示されてきた。これらの先行研究から考慮すると、この研究における N190 成分は、主に上側頭溝の活動を反映している可能性があり、視線がそれていることに対して無意識的ならびに自動的にヒトの注意が向くことにより、上側頭溝の活動が活発になるためではないかと考えられた。

表情をもつ顔を見た際の脳活動の経験やトレーニングによる変化

表情も視線と同様に、ヒトが日常生活で他者とのコ

ミュニケーションを取る際の大事なツールとなっている。表情をもつ顔画像を提示した脳波を用いた研究では、明るさなどの初期視覚情報処理を反映した P100 成分や顔認知に特異的な脳活動を反映した N170 成分が表情の種類によって影響を受けることが示されてきた (Hinojosa et al., 2015)。一方で、顔認知過程を反映する脳活動は年齢によって変化していくことが示された (Miki et al., 2015)。この年齢による変化は、単純な経年による脳の成熟によるだけでなく、年齢を経るにつれ他者との接点が多くなること、言い換えると、顔を見る経験が増え、顔から情報を得るトレーニングを重ねていくことが影響しているのではないかとされている。そこで、他者との接点を多く積んでいる接客業に携わっている人の表情をもつ顔に対する脳活動の特徴を、接客業に携わったことのない人と比較検討した (Miki et al., 2022)。健常成人女性 40 名を被験者とし、蒲郡市の温泉宿泊施設で接客に携わっている 21 名のおもてなし群と接客業に携わったことのない 19 名のコントロール群の 2 群に分けて、無表情の顔、笑った顔ならびに怒った顔を提示した際に左右後頭部の脳波電極で明瞭にみられる P100 成分と、左右側頭部の脳波電極で明瞭にみられる N170 成分を表情別に比較検討した。

脳波成分に関して、すべての被験者でそれぞれの表情をもつ顔画像を提示した際に、画像提示後約 125 ミリ秒後に左右後頭部の電極で明瞭な P100 成分がみられた。この P100 成分の頂点潜時では、それぞれの群の間で有意な差はみられなかった。一方、P100 成分の最大振幅では、おもてなし群でコントロール群に比べ有意に大きくなっていた。特に、無表情の顔に対しては右後頭部において、また、怒った顔に対しては左右後頭部において、おもてなし群の P100 成分がコントロール群に比べ有意に大きくなっていた。

また、すべての被験者でそれぞれの表情をもつ顔画像を提示した際に、画像提示後約 190 ミリ秒後に左右側頭部の電極で明瞭な N170 成分がみられた。N170 成分に関しては、その頂点潜時ならびに最大振幅は、それぞれの顔画像において 2 群の間に有意差はみられなかった。

この研究の結果から、他者との接点が多く、顔を見る経験や顔から情報を得るトレーニングを意識的ならびに無意識的に多く行ってきたであろう接客業に携

わっている人の顔の情報処理がその処理の早い段階において、他者との接点が多くなく、意識的ならびに無意識的な経験やトレーニングを多く行ってきていない接客業に携わったことのない人とは異なる可能性が示された。ただし、もともと接客業に携わっている人が、接客業に携わったことのない人に比べ、表情に対して無意識に注意を向ける素養をもっている可能性も否定はできない。よって、表情をもつ顔に対する脳活動の特徴が、経験やトレーニングによるものか、それとも、もともとの素養によるものであるかを今後検討していく必要がある。

まとめ

本総説では、時間分解能に優れた脳波ならびに脳磁図を用いて、顔がどのように情報処理をされているかを、視線の異なる顔や表情をもつ顔に対する顔認知過程を反映する脳活動を検討し、顔認知過程の特徴を整理した。我々の研究も含めた知見を総合すると、今後日常生活における対人コミュニケーションの研究や共感性の研究への応用が期待できる。その応用を推し進めるために、今までのような脳活動の計測のみならず、脳活動を修飾する経頭蓋電気刺激法などを用いて、更なる顔認知過程の解明が望まれる。

謝辞

この総説は、JSPS 科研費 JP17K12101、ならびに、学校法人日本赤十字学園「赤十字と看護・介護に関する研究助成」の助成を受けたものである。

参考文献

- Bruce V, Young A. (1986). Understanding face recognition. *Br J Psychol*, 77 (3). 305-327.
- Bentin S, Allison T, Puce A, et al. (1996). Electrophysiological Studies of Face Perception in Humans. *J Cogn Neurosci*, 8 (6). 551-565.
- Dennis TA, Malone MM, Chen CC. (2009). Emotional face processing and emotion regulation in children: an ERP study. *Dev Neuropsychol*, 34 (1). 85-102.
- Hillyard SA, Vogel EK, Luck SJ. (1998). Sensory gain control (amplification) as a mechanism of selective attention: electrophysiological and neuroimaging evidence. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 353 (1373). 1257-1270.
- Hinojosa JA, Mercado F, Carretié L. (2015). N170 sensitivity to facial expression: A meta-analysis. *Neurosci Biobehav Rev*, 55. 498-509.
- Puce A, Allison T, Bentin S, et al. (1998). Temporal cortex activation in humans viewing eye and mouth movements. *J Neurosci*, 18 (6). 2188-2199.
- Miki K, Watanabe S, Kakigi R, et al. (2004). Magnetoencephalographic study of occipitotemporal activity elicited by viewing mouth movements. *Clin Neurophysiol*, 115 (7). 1559-1574.
- Miki K, Takeshima Y, Kida T, et al. (2022). The ERP and psychophysical changes related to facial emotion perception by expertise in Japanese hospitality, "OMOTENASHI". *Sci Rep*, 12 (1). 9089.
- Watanabe S, Kakigi R, Koyama S, et al. (1999a). Human face perception traced by magneto- and electro-encephalography. *Brain Res Cogn Brain Res*, 8 (2). 125-142.
- Watanabe S, Kakigi R, Koyama S, et al. (1999b). It takes longer to recognize the eyes than the whole face in humans. *Neuroreport*, 10 (10). 2193-2198.
- Watanabe S, Miki K, Kakigi R. (2002). Gaze direction affects face perception in humans. *Neurosci Lett*, 325 (3). 163-166.

A Neurophysiological Approach to Face Perception

MIKI Kensaku¹, TAKESHIMA Yasuyuki², MORI Hisako³, SUZUKI Suma³, TAKAMI Seiichiro³,
MORITA Ichizo³, UEMURA Osamu⁴, KAKIGI Ryusuke²

¹Integrative Physiology, Aichi Medical University, Nagakute, Aichi, Japan

²National Institute for Physiological Sciences, Okazaki, Aichi, Japan

³Japanese Red Cross Toyota College of Nursing, Toyota, Aichi, Japan

⁴Ichinomiya Medical Treatment and Habilitation Center, Ichinomiya, Aichi, Japan

Abstract

In this review, we introduce our studies on the processes of the face perception by electroencephalography (EEG) and magnetoencephalography (MEG), namely: (1) the brain activity related to the process of the face perception, (2) the brain activity related to the process of the eye gaze perception, and (3) the characteristics of the brain activity related to the process of the facial emotion perception in Japanese expertise of the hospitality, OMOTENASHI.

In the first study, we investigated the brain activity related to the process of face perception by MEG. After the presentation of a face with opened eyes and the face with closed eyes, a clear component (2M) was identified around 180 ms, and reflected the activity of the inferior temporal area related to the process of the face perception. The 2M latency was not significantly different between the faces with opened eyes and closed eyes. In addition, we investigated the activity of the inferior temporal area of the face with opened eyes, the face with closed eyes, and eyes. The 2M latency were significantly longer for eyes than the faces with opened eyes and closed eyes. These results showed that the activity of the inferior temporal area was related to the process of detecting the face.

In the second study, we investigated the brain activity related to the process of the eye gaze perception by EEG. We used the following stimuli: (1) a face with the eyes gazed at the viewer (straight eyes), (2) a face with the eyes averted to the left (left averted), and (3) a face with the eyes averted to the right (right averted). After the presentation of each stimulus, a clear component (N190) was identified in the right and left temporal areas. In the right temporal area, N190 was significantly larger for right averted than straight eyes, and slightly larger for left than straight eyes. In the left temporal area, N190s were larger for right averted and left averted than straight eyes. We speculated that N190 in this study mainly reflected the activity of the superior temporal sulcus (STS), and therefore, these results showed the activity of STS was enhanced by the unconscious and automatic attention to eye gaze of others.

In the third study, we investigated the characteristics of the brain activity related to the process of the facial emotion perception in Japanese expertise of the hospitality, OMOTENASHI by EEG. Forty subjects were divided into an OMOTENASHI group that worked at inns and were considered to represent the ideals of OMOTENASHI and a CONTROL group without experience in the hospitality industry. We presented neutral, happy, and angry faces to investigate P100 and N170 event-related potential (ERP) responses. Regarding ERPs, the maximum amplitude of P100 was significantly larger for a neutral face in the right occipital area for the OMOTENASHI group than in the CONTROL group. Furthermore, it was significantly larger for an angry face in both occipital areas for the OMOTENASHI group than in the CONTROL group. However, the peak latency and maximum amplitude of N170 were not significantly different between the OMOTENASHI group and the CONTROL group in either temporal area for each emotion condition. These results showed that workers at inns may more quickly notice the facial emotion of guests due to their hospitality training and/or that hospitality expertise may increase attention to emotion.