

氏 名 渡 邊 昌 子

学位（専攻分野） 博士(医学)

学 位 記 番 号 総研大甲第413号

学位授与の日付 平成11年3月24日

学位授与の要件 生命科学研究所 生理科学専攻

学位規則第4条第1項該当

学 位 論 文 題 目 Human Face Perception Traced By Magneto- and
Electro- encephalography

論 文 審 査 委 員 主 査 教 授 小松 英彦
教 授 伊佐 正
教 授 柿木 隆介
助 教 授 松山 清治
教 授 加藤 元博（九州大学）

Face perception is considered to be one of the most important factors of daily life in animals. There are many studies concerning face perception, using microelectrodes in monkeys and the face-specific neurons are found in the temporal cortex, mainly in the superior temporal sulcus (STS) and convexity of the inferior temporal (IT) cortex. In clinical studies, prosopagnosia is usually produced by lesions in the bilateral hemispheres, but its symptoms can also be produced by damage to the right hemisphere alone. In normal subjects, there have been various reports concerning the neural basis of the processing of face perception using electroencephalography (EEG) recorded from the scalp, from the cortical surface or from the intracerebral regions, and using positron emission tomography (PET) and functional magnetic resonance imaging (fMRI). As in the animal studies, the importance of the STS and IT, particularly the latter, was reported. Bilateral hemispheres were activated in most reports, but a large number of studies reported the dominance of the right hemisphere.

Magnetoencephalography (MEG) has the theoretical advantages of localizing brain dipoles due to reduced effects caused by cerebrospinal fluid, skull and skin, and its excellent temporal resolution is much higher than those of fMRI and PET. Therefore, the detailed temporal processing of information can be identified only by MEG and EEG. However, multiple areas including the primary visual cortex may be activated in response to face stimuli, and their activities must be temporally overlapped. To explore this concept, they used spatio-temporal multiple dipole models for analyzing MEG, and recorded EEG simultaneously. The objective of this study was to determine the temporal and spatial information traces of face perception in humans by MEG and EEG.

They used 5 different visual stimuli, *face with opened eyes*, *face with closed eyes*, *eyes*, *scrambled face*, and *hand*, and they were shown in random order. Subjects were asked to count the number of *hand* stimuli. To analyze the complicated brain responses to visual stimuli, they used brain electric source analysis (BESA) as the spatio-temporal multiple source model. In MEG recording, the 1M and 2M components were identified in all subjects. The 1M was recorded to all kinds of stimuli but the 2M was recorded only to *face* and *eyes*. The 2M was recorded from the right hemisphere in all subjects, but in only 5 of 10 subjects from the left hemisphere. The mean peak latencies of the 1M and 2M were approximately 132 and 180 msec, respectively. The interpeak latency between 1M and 2M was approximately 48 msec on average but the interindividual difference was large. The 2M latency to *eyes* was significantly longer than that to *face*, and there was no significant difference of the 2M latency between *face with opened eyes* and *face with closed eyes*. The 1M was generated in the primary visual cortex in the bilateral hemispheres, and the 2M was generated in the inferior temporal cortex, around the fusiform gyrus. In the EEG recording, face-specific

components, positive at the vertex and the negative at the temporal areas were clearly recorded. The EEG results were fundamentally compatible with the MEG results. The amplitude of the component recorded from the right hemisphere was significantly larger than that from the left hemisphere. These findings suggest that the fusiform gyrus plays an important role in face perception in humans and that the right hemisphere is more dominant. Face perception takes place approximately 48 msec after the primary response to visual stimulation in the primary visual cortex, but the period of information transfer to the fusiform gyrus is variable among subjects. Detailed temporal and spatial analyses of the processing of face perception can be achieved with MEG.

The important findings identified in the present study are summarized as follows;

- (1) The IT areas around the fusiform gyrus are activated in response to *face* and *eyes* stimulation. This area did not respond to *scrambled face* nor *hand* stimulation. There was no significant difference of ECD location among *face with opened eyes* and *closed eyes*, and *eyes*. Activities in the STS were not clearly identified.
- (2) The period between the peaks of the 1M and 2M, which probably indicated the period of information transfer from the primary visual cortex to the IT area, was about 48 msec, but the inter-individual difference was large.
- (3) The IT in the bilateral hemispheres were activated in about half of the subjects, but only the right IT was activated in the other half. The amplitudes of the EEG components recorded from the right hemisphere were significantly larger than those from the left hemisphere.
- (4) Regarding the effects of *eyes*, there was no significant difference in latencies and amplitudes between *face with opened eyes* and *face with closed eyes*, but the responses to *eyes* were significantly longer in latency than those to *face with opened* and *closed eyes* ($P < 0.01$). When using the simple gray background as *eyes* stimuli, the number of subjects who showed clear responses to *eyes* was much increased, compared with the experiment when using *scrambled face* as the background.
- (5) Recording EEG and MEG simultaneously was very useful to elucidate the generating mechanisms of both EEG and MEG components.

論文の審査結果の要旨

「顔の認知」はヒトの社会的行動において極めて重要な視覚刺激である。その脳内機構に関しては、サルを用いた研究により下部側頭葉に顔パターンの特徴検出に関わると考えられるニューロンが存在することが示されている。またヒトにおいても後頭側頭部腹側皮質領域の損傷で相貌失認が起きること、正常人で顔知覚時に紡錘状回付近に活動が生じることが PET（陽電子断層画像法）や fMRI（機能的磁気共鳴断層画像法）などの非侵襲脳活動計測により示されている。しかし、ヒトで顔パターンの情報処理が大脳皮質一次視覚野からどのような時間経過を経て紡錘状回に伝えられるのかを調べた研究はなかった。申請者は顔認知に関わる脳内情報処理過程に関して脳磁図と脳波を用いて詳細に検討を行った。

実験は健常成人 12 名を被験者とし、①開眼正面向きの顔、②閉眼正面向きの顔、③目（①から目の部分のみ切り抜いて単一な背景の上においたもの）、④無意味図形、⑤手、の 5 つを刺激画像として用いて、これらを被験者が見た時の脳活動の比較を行うことにより、顔に特異的な活動とそれ以外の活動の分離を行った。右あるいは左の各半球の後下側頭部に脳磁計を置き脳磁図を記録した。同時に、頭頂中心部、両側後下側頭部の 3 ヶ所から脳波を記録した。

脳磁図では最も潜時の短い 2 つの成分（1M と 2M）に関して解析を行った。全ての条件で潜時 130-170ms の 1M 成分が認められた。右半球での記録では、2M 成分（潜時 180-220ms）は無意味図形及び手の視覚刺激では不明瞭で、顔刺激及び目刺激に対して特異的に認められた。1M 成分と 2M 成分のピーク間の時間間隔には大きな個人差があった（27-84msec）。開眼顔刺激と閉眼顔刺激の結果に明らかな違いは認められなかった。目刺激での 2M 成分の潜時は顔刺激と比較し有意に大きかった。1M 成分の脳内磁場双極子は両側半球の第 1 次視覚野、2M 成分の双極子は紡錘状回付近に位置推定された。左半球での記録では、1M 成分は右半球の結果と同様に全ての条件で認められたが、2M 成分が認められたのは 12 名中 5 名のみであった。

脳波では、すべての被験者で、顔刺激及び目刺激に対して特異的に、頭頂中心部では陽性、後下側頭部では陰性の明瞭な位相逆転を示す成分（潜時 180-220msec）が認められた。各成分のピーク潜時は 2M 成分のピーク潜時と比較し有意に大きかった。振幅には左右差があり右半球から記録された成分の振幅が左と比べ有意に大きくなっていった。

左右半球の紡錘状回における顔に特異的な反応と、第一次視覚野での非特異的な反応との時間差に大きな個人差があったことは、顔パターンの皮質内での処理時間の個人差を示すものと考えられる。右半球の紡錘状回での活動が左半球より安定して出現したことは、顔情報の処理において右半球が中心的な役割を演じることを示唆している。目刺激に対して反応の潜時が大きかったことは、顔処理の初期段階では各構成部分よりも「全体としての顔」が先に検出されるという可能性を示唆している。また脳波の方が脳磁図より優位に潜時が大きかったことは、脳磁図の 2M 成分は紡錘状回における「顔特異的反応」を純粋に反映しているのに対し、脳波は紡錘状回以外の他の脳部位の活動も反映している可能性を示唆している。これらの結果は脳磁図の持つ高い時空間分解能を顔認知過程の研究に有効に活用して得られたものであり、申請者の論文は、学位論文として十分ふさわしい内容

であるものと審査委員会の委員一致で判定した。

さらに、学問的背景や関連分野や研究動向についての口頭試問を行ったが、いずれに対する応答も満足すべきものであった。本論文は英語で書かれており、また申請者を筆頭著者とする2編の英語論文が既に刊行されていることから、英語力も十分なものであると判定した。以上、総合的に判断し学位を取得するに足る水準に十分達しているものと判断した。