

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 31 日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26560468

研究課題名(和文)脳磁図を用いた無意識的顔認知処理機構の研究

研究課題名(英文)A magnetoencephalographic study on unconscious face processing

研究代表者

飛松 省三(Tobimatsu, Shozo)

九州大学・医学研究院・教授

研究者番号：40164008

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：無意識的な顔認知は、非言語性コミュニケーションの基盤である。健常人を対象に、サブリミナル(sub)刺激とオンセット両眼視野闘争(ON-BR)時の脳磁場反応を計測した。Subでは刺激を左右の視野に極く短時間(16 ms)呈示したが、有意な活動変化は認めなかった。ON-BRでは、顔と物体(サル)での知覚交代時に右の紡錘状回顔領域(FFA)の反応に差がみられ、ヒトの顔に対する反応(M170)が家やサルに比して減弱しないことが分かった。つまり、視野闘争が起こり、顔の見えが意識に上がるときには、FFAが活動することにより意識に上がることが分かった。以上、無意識的顔認知の時間的流れの一端が解明できた。

研究成果の概要(英文)：Our aim was to elucidate the neural mechanisms of unconscious face processing by using magnetoencephalography (MEG). We used the two different visual stimuli: one was subliminal (Sub) presentation of the face (16 ms) and the other was onset binocular rivalry (ON-BR). Sub did not induce the significant activations of the primary visual cortex. However, ON-BR showed the significant effect on the right fusiform face area (FFA). We did not detect the M170 when the face image was suppressed, although this component was clearly present when awareness for the face was initiated. We also found a significant difference in the latency of the M170 (human < monkey < house). Taken together, our findings indicate that face stimuli are imperative for evoking the M170 and that the right FFA plays a critical role in human face awareness. Therefore, unconscious face processing is generated in the right FFA.

研究分野：Clinical Neurophysiology

キーワード：顔認知 無意識処理 両眼視野闘争 サブリミナル知覚

1. 研究開始当初の背景

我々は意識的に見ようとせずとも相手の顔を選択し、詳細に相手の顔や表情の動きを認識出来る(非言語性コミュニケーション)。申請者は新学術領域研究「学際的研究による顔認知メカニズムの解明」(H21~H24)で、ヒトの顔認知処理の時系列的特性を事象関連電位(ERP)で研究してきた(飛松:事象関連電位を用いた顔認知機構の解明. Brain Nerve, 64:717-726, 2012)。

視覚情報は、網膜→外側膝状体→1次視覚野(V1)→側頭葉紡錘状回(V4, FFA)と処理され、意識に上る視覚情報処理を行う(図1)。一方、V1をバイパスする網膜→中脳上丘→視床枕→扁桃体という意識的に知覚されない皮質下経路がある。扁桃体は皮質経路による詳細な情報処理が終了する前に、皮質下経路を介した意識に上らない速い情報処理を行い、表情認知に関わる(Tamietto & de Gelder: Neural bases of the non-conscious perception of emotional signals. Nat Rev Neurosci 11:697-709, 2010)。申請者は、非意識下から視覚的気づきに至るまでに、顔認知に関連して特殊な情報処理が行われており、それを時空間分解能に優れた脳磁図(MEG)で解明しようと考えた。

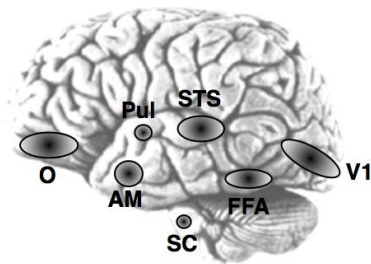


図1 顔の同定と表情認知に関わる脳部位 1次視覚野(V1)、紡錘状回顔領域(FFA)、上側頭溝(STS)、扁桃体(AM)、眼窩前頭回(O)、視床枕(Pul)、上丘(SC)

2. 研究の目的

視覚認知研究は主として気づき・注意に伴う認知現象を扱うが、その処理は無意識的な様々な視覚情報処理に支えられ、非言語性コミュニケーションの基盤となっている。この潜在的な視覚情報処理の相互作用を解明するには、物理的には存在しているのに気づきを伴わない刺激呈示法を用いなければならない。本研究では無意識的顔認知過程に焦点を絞り、サブリミナル刺激と両眼視野闘争に

対する神経活動を全頭型脳磁図で計測する。事象関連電位、神経オシレーション、脳部位間の相互作用をネットワーク解析する。サブリミナル知覚では無意識的なボトムアップ処理過程、両眼視野闘争では、意識の中身へのアクセスの脳内基盤を解明することを目指す。

3. 研究の方法

<研究組織>

飛松(代表者)は研究全般の遂行と総括を行う。共同研究者の前川は、大学院学生(久米、茶谷、稲水)を指導しながら、MEGの記録や信号解析を行う。

<計測・解析法>

視覚刺激を呈示後、306ch MEGで計測する(図2左)。各試行でのERP、誘導 γ 振動を計測し、ネットワーク解析を行う。以上より、時空間的な意識に上らない顔の気づきの過程を解明する。

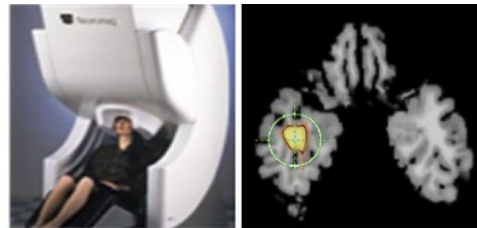


図2 MEG(左)と海馬傍回(右)の活動

<実験手続き>

A. サブリミナル(Sub)刺激

① 被検者: 右利き 20~40歳の健常な男女各10人。

② 視覚刺激: サイン波格子、文字、顔(中立、恐怖、幸福)を半側視野に与える(図3)。サイン波格子は最も単純な図形で、音で例えるなら純音である。要素的刺激なのでV1賦活に効果的である。サイン波格子、文字、顔の輝度やコントラストは、画像工学的にできる限り等しくなるよう調節する。ランダムに30%出現するようプログラムする。

③ 教示: 被検者には薄暗い磁気シールドルーム内で楽椅子に座り正面スクリーンに標的刺激(列車10%)が呈示されたらボタンを押すように指示する(図3)。これは、被検者の覚醒度を保つためとタスクをきちんと実行しているかの確認のためでもある。標的刺激の場合は、半側視野ではなく中心部に呈示

する。得られた脳磁場信号に、空間フィルタ法を応用することにより、脳深部構造(扁桃体など)の弱い信号を検出する(Chatani et al: 30th International Epilepsy Congress, Montreal, June 24, 2013, 図2右)。

④ 刺激呈示と後方マスク課題: Sub 刺激は 16 ms、閾上の場合には 320 ms の呈示とする。刺激呈示の前後に 1 秒のマスク画像を挟んでランダムに各画像 100 個ずつ呈示する(図3)。これにより、サブリミナル呈示では、被検者は刺激を受容できない。一方、閾上では刺激をきちんと認識できる。

⑤: 左右差: 振幅の側化指数 laterality index (LI) = (L-R)/(L+R) (値が正のときはL優位、負の時はR優位)で定量化する。

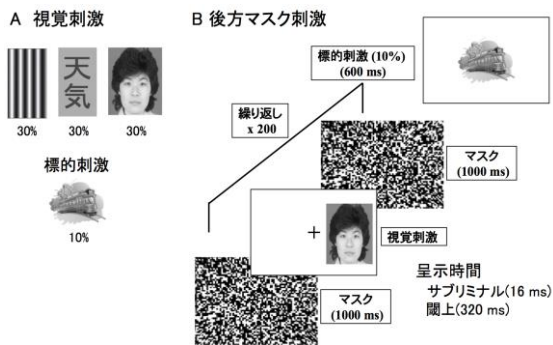


図3 視覚刺激と後方マスク刺激 A: 10%の頻度で出現する標的刺激に対してボタン押しをさせて、覚醒度を一定に保つ。Bではサブリミナル呈示を担保するために、マスク刺激で刺激を認知させないようにする。

B. 両眼視野闘争(BR)刺激

① 被検者: 右利き健常成人(20-35歳)を対象とする。1年目はγ振動の場所がどこに起こり、どの様に変化するのか予測できないので、探索的に5名の被検者に繰り返し実験に参加してもらい、定量解析を行う準備をする。次年度以降は、被検者を増やし、決定したROIを中心に解析する。

② 視覚刺激: 赤、緑及び赤・緑融合画像(ヒト、家、サル)を作成する(図4A)。作被検者は赤緑メガネを装着し、刺激画面中央に呈示された赤緑融合画像を固視する。融合画像を2分程度持続的にみせると知覚交替が起こる(図4B)、その切り替わりのタイミングがランダムなので、それを制御するため、刺激開始(onset)にほぼ同期した onset BR

(ON-BR)(図4C)を用いる。短時間(600ms<)の呈示をすると刺激開始時に同期した視野闘争がおこる。ON-BRでは左右の眼に異なるもの(顔/サル、顔/家)を見せると、どちらか片方の眼が見ているものだけが意識に上り、もう片方の眼が見ているものは意識に上らない。これと比較するために偽視野闘争(pseudo-rivalry)を対照として比較する。これは、赤緑融合画像ではなく、赤あるいは緑画像を呈示することにより、知覚交替を制御する。画像のコンテンツ処理の違いにより非意識下の脳内処理が検討できる。

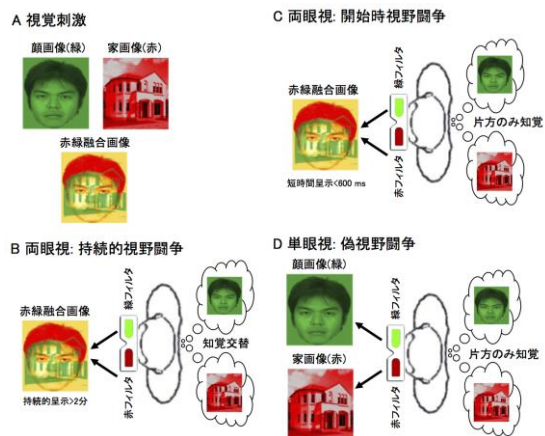


図4 両眼視野闘争

顔/サル、顔/家の赤緑融合画像(A)を赤緑メガネでみると(B)、単眼に与えられた顔/サル、顔/家の知覚交替現象が起こる。この切り替わりのタイミングを制御するためON-BRを用いる(C)。対照として単眼視の偽視野闘争(D)を用いる。

<脳磁場反応解析>

② データ解析:

i) 加算平均波形: Sub刺激、ON-BR刺激では刺激の呈示開始と同期したERPが得られるので、通常のERP解析(特にP100m、N170m)を行う。
ii) 誘発γ振動: 加算しない生波形のγ振動は、既報(Hagiwara et al. 2010)に準じて時間-周波数分析(ウェーブレット解析)を行い(図5)、センサ同士の位相の同期性と相関の強さとして位相同期度(phase-locking value, PLV)を求める。“見え”の知覚とその持続時間を計測すると共にボタン押し前後の脳磁場反応を解析する。

③ 関心領域(ROI)としては、情報の入り口であるV1、V4以外に扁桃体、前頭眼窩野、側頭-頭頂接合部などで構成される社会脳を中心に解析を進める(図1)。

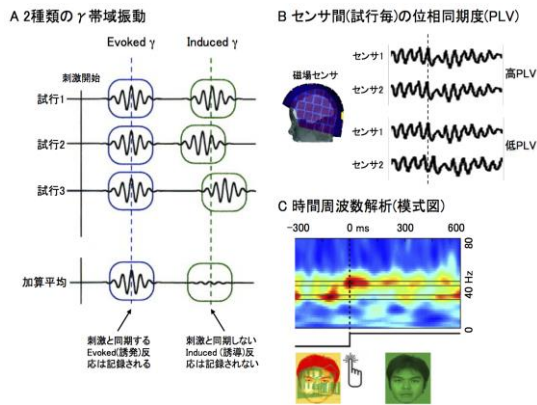


図5 γ 帯域振動の概念図(A)、位相同期度の測定法(B)、時間周波数解析の模式図(C)
 刺激と同期する誘発 γ は加算平均しても記録されるが、誘導 γ は非同期なので、記録されない(A)。そのため一施行毎の生波形の位相同期度(PLV)を計算して誘導 γ を解析する(B)。ON-BRで出現する誘発 γ の時間周波数解析を示す(C)。Sub刺激では刺激開始時点トリガーにして、その前後の解析を行う。

4. 研究成果

無意識的な顔認知は、非言語性コミュニケーションの基盤である。健常人を対象に、サブリミナル(sub)刺激とオンセット両眼視野闘争(ON-BR)時の脳磁場反応を計測した。Subでは刺激を左右の視野に極く短時間(16 ms)呈示したが、有意な活動変化は認めなかった(学会発表4, 6)。ただし、閾上刺激では、顔は、右半球有意の情報処理を行っていることが分かった(図6)。現在、論文を作成中である。

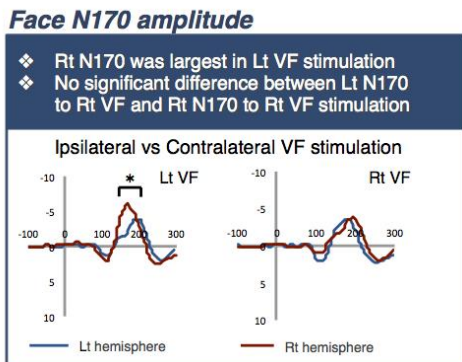


図6 N170の側方化 左視野に呈示した顔刺激の方が右視野刺激のそれよりもN170振幅が明らかに大きい。

先行プライム刺激を与えて、脳の活動を事象関連電位で計測すると、あいまい顔画像の活動が明瞭化された(図7)。学会発表(業績4)するとともに現在、論文を作成中である。

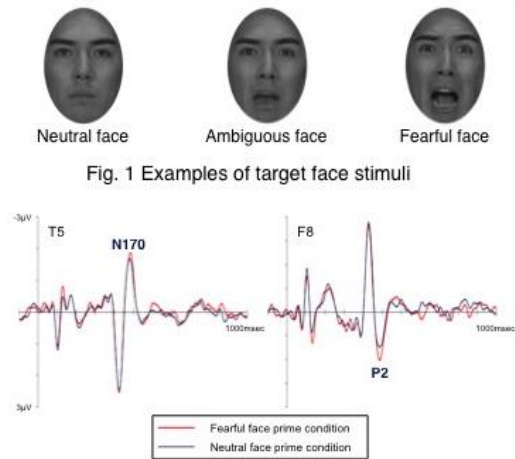


図7 あいまい顔画像に対する脳活動 先行プライム刺激を与えると活動が明瞭化する。

顔が脳の中でいつ、どこで意識的に知覚されるかについては、よく分かっていない。そこで、両眼視野闘争(ON-BR)とそれを模した間欠的な疑似視野闘(Pseudo-rivalry: PR)の条件下で、脳磁図を用いて顔認知が脳の中でいつ、どこで始まるのかを探索した。ヒトの顔、サルの顔およびコントロール刺激である家の3種類の画像を用いた(図8)。

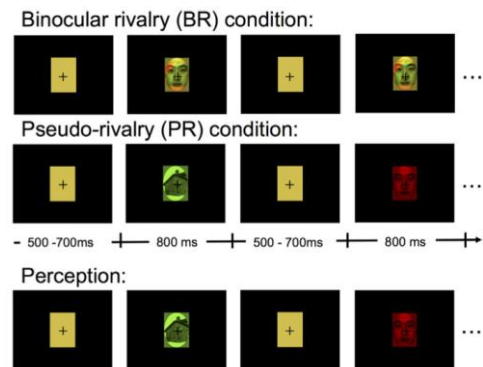


図8 ON-BRとPR時の知覚交代

PR条件においてM130というこれまでの研究ではほとんど報告されていない成分を認めた(図9)。顔の刺激を視覚的に認知した時、紡錘状回顔領域(fusiform face area: FFA)で顔認知に関連するM170成分が明瞭に記録された。この成分はヒトの顔に対して他の刺激よりも潜時が短かった。M170は、どちらの条件においても、主に右半球優位に見られた。

BR 条件では、M130 振幅は顔や家といった刺激の視覚的な物理的特性とは関係なく、右半球優位に大きかった。一方、BR 条件では顔のイメージが抑制されている時には M170 が特定できなかった。しかしながら、顔が知覚されると M170 は明瞭に出現した(図 10)。さらに、M170 潜時は刺激の種類ごとに差があり、ヒト、サル、家の順で有意に短いことが分かった。以上の結果より、M170 の誘発には顔に対する気付きが重要であり、右 FFA はヒトの顔の認識に極めて重要な役割をもつことが示された。

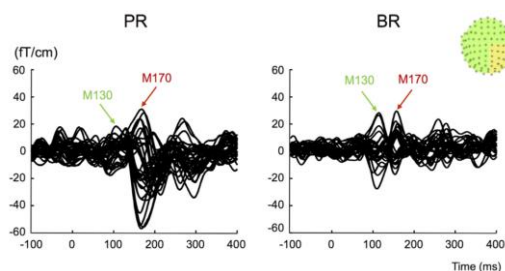


図 9 ON-BR と PR 時の M130 と M170 の反応特性

つまり、視野闘争が起こり、顔の見えが意識に上るときには、FFA が活動することにより、意識に上がることが分かった。以上、非意識下から視覚的気づきに至るまでの、顔認識に関連した意識に上らない情報処理機構の時空間的流れの一端が解明できた。

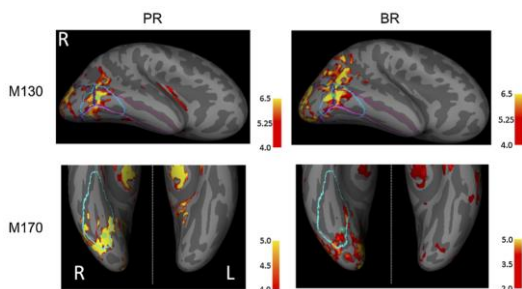


図 10 M130 と M170 の電流源推定。M130 は FFA の近傍、M170 は FFA に推定された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

1. Kume Y, Maekawa T, Urakawa T, Hironaga N, Ogata K, Shigyo M, Tobimatsu S. Neuromagnetic evidence that the right fusiform face area is essential for

human face awareness: An intermittent binocular rivalry study. *Neurosci Res*, 109: 54-62, 2016.

[学会発表] (計 4 件)

1. Takamiya N, Maekawa T, Yamasaki T, Ogata K, Yamada E, Tanaka M, Tobimatsu S: A high-density ERP study on right hemispheric superiority in face recognition. SFN 2015, ct. 17, 2015. Chicago, USA.
2. Takamiya N, Maekawa T, Yamasaki T, Ogata K, Yamada E, Tanaka M, Tobimatsu S: A high-density ERP study on right hemispheric superiority in face recognition. 2015 ICME International Conference on Complex Medical Engineering, June 18, 2015, Okayama, Japan.
3. Tanaka M, Maekawa M, Ogata K, Takamiya N, Yamada E, Tobimatsu S: Electrophysiological correlates of subliminal affective face processing. SFN 2015, Oct. 17, 2015. Chicago, USA.
4. 久米迪子, 前川敏彦, 浦川智和, 緒方勝也, 廣永成人, 執行真旗, 飛松省三: 顔の視覚的な気づきに右紡錘状回は重要である: 脳磁場反応解析. 第 33 回日本基礎心理学会. 2014 年 12 月 6 日, 東京.
5. 飛松省三: 視覚情報処理機構-網膜から高次視覚野まで. 第 44 回日本臨床神経生理学会学術大会. 2014 年 11 月 19 日, 福岡.
6. Tobimatsu S: Exploring Biomarkers by Clinical Neuroimage in Neurology: The State-of-the-Art Applications. First International Taiwanese Congress of Neurology, May 8, 2015, Taipei, Taiwan.

[図書] (計 1 件)

飛松省三 (著): ここに気をつける! 誘発電位ナビ ~はじめの一步から臨床と研究のヒントまで~ 南山堂, 印刷中.

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称:

発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（計 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

飛松 省三 (TOBIMATSU, Shozo)
九州大学大学院医学研究院・臨床神経生
理学分野・教授
研究者番号：40164008

(2) 研究分担者

前川 敏彦 (MAEKAWA, Toshihiko)
九州大学大学院医学研究院・臨床神経
生理学分野・共同研究員
研究者番号：40448436

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

()