

自発的脳活動が視覚意識に与える影響の検討

1225126 藤井貴宏 【 認知神経科学研究室 】

A study of the effect of ongoing brain activation on visual awareness

1225126 FUJII, Takahiro 【 Cognitive Neuroscience Lab. 】

1 はじめに

絵や写真などの視覚刺激を知覚する際に視覚野に賦活が見られるなど、外部からの刺激に対して脳のある領域が賦活する。一方で、人間の脳内では外部からの刺激がない場合でも自発的な活動が行われており、そのメカニズムは未知の部分が多い [1]。そこで本研究では、連続フラッシュ抑制 (Continuous Flash Suppression : CFS) と呼ばれる視覚現象を用い、顔の認識に関わる脳領域である紡錘状回顔領域 (Fusiform Face Area : FFA) の自発的脳活動 (Low Frequency Fluctuation : LFF) に注目することで、LFF が視覚意識にどのような影響を与えるかを検討する。ここで CFS とは、片方の目に連続して点滅する画像を呈示した際に、もう片方の目に呈示される視覚刺激の知覚が一定時間抑制される現象である [2]。そのような現象を用い、本研究では「人の顔画像と点滅するモンドリアン柄の画像から成る CFS において、顔の像を知覚する時と知覚しない時の FFA の LFF を比較すると、知覚する時の方が高まっている」という仮説を立て、検証した。

2 実験

2.1 使用した装置およびソフトウェア

実験には MRI 装置を使用した。撮像条件は スライス数=72, TR=0.743ms, multi band factor=8, voxel size=2mm * 2mm * 2mm とした。さらに両眼に異なる画像刺激を呈示するために偏光フィルター付きメガネを用い、MRI 内の被験者から応答を受け取るためにボタンコントローラーを用いた。また、刺激作成及び制御には MATLAB 上で動作する Psychtoolbox を使用した。

2.2 被験者

健康な大学生 9 名 (男性 7 名, 女性 2 名, 18~22 歳) に対して実験を行った。実験を行う前に、実験の手順と内容の説明をそれぞれの被験者に対して同等に行った。

2.3 CFS 刺激

空間周波数及び輝度をほぼ同等にした 10 種類の人の顔画像を元に、明るさを 7 段階に分けた計 70 種類の顔画像を CFS で抑制される側の刺激として用いた。また、50 種類のモンドリアン柄の画像を用意し、その中からランダムに選ばれた 35 枚の画像を 100ms ごとに点滅させた

ものを CFS で抑制する側の刺激として用いた。

2.4 刺激呈示テスト

CFS で呈示する顔画像の明るさによって顔の知覚に個人差があった。そのため、CFS 刺激を呈示して BOLD 信号を計測する実験 (CFS scan) で使用する顔画像の明るさを被験者ごとに決定する刺激呈示テストを行った。この刺激呈示テストでは作成した 7 段階の明るさの顔画像の内、明るい方の 4 段階の明るさのものをそれぞれ 5 枚ずつ用い、計 20 枚の顔画像を CFS 刺激に使用した。また、CFS 刺激は 3.5 秒とし、顔画像は 20 種類からランダムで選ばれ、0.5 秒間かけてフェードインした。そのような顔画像とモンドリアン画像の点滅による CFS 刺激を被験者 1 人につき 20 回呈示し、1 度の呈示ごとに顔画像が見えた程度を「全く見えなかった」、「どちらともいえない」、「はっきり見えた」の 3 択の中から 1 つを選択してもらった。その選択結果から、3 つの選択肢がより均等に選択されている明るさの顔画像を CFS scan で使用した。また、刺激呈示前には合図として赤い注視点を 1 秒間呈示し、刺激呈示終了から選択画面まで 2 秒間の注視点を呈示した。さらに、選択画面終了から次の試行の合図まで 2 秒間の注視点を呈示した。

2.5 CFS scan

CFS scan は CFS 刺激を呈示している際の BOLD 信号を計測するために行った。CFS scan で用いる顔画像は、事前に行った刺激呈示テストの結果を元に決定した明るさのものを 1 ラン目で使用し、2 ラン目以降は前のランで選択肢が偏った場合のみ顔画像の明るさを変更した。実験の大まかな流れは刺激呈示テストと同様だが、この CFS scan では刺激呈示終了から選択画面までの長さを 6 秒間に、選択画面終了から次の試行の合図までの長さを 5~8 秒間のランダムに変更し、20 試行を 1 ランとして 1 人当たり 3~4 ラン行った。また、刺激呈示テストと同様に、CFS 刺激は 3.5 秒間とし、1 度の CFS 刺激呈示ごとに顔画像が見えた程度を「全く見えなかった」、「どちらともいえない」、「はっきり見えた」の 3 択の中から選択してもらった。

2.6 Localizer scan

Localizer scan は被験者ごとの FFA を同定するために行った。被験者には顔の画像を 1 枚 2 秒で 0.5 秒の間

隔をあけ、10枚連続で呈示した。その後、15秒の間隔をあけて、同様に物の画像を10枚連続で呈示した。ここまでの流れを1ブロックとして被験者1人につき4回繰り返した。また、10枚連続で呈示される画像の中に2つ前と同じ画像が1度だけ呈示されるため、被験者にはその時にボタンを押してもらった。

3 解析手法

まず、実験により得られた全てのfMRIデータに前処理を行った。続いてMATLAB上で動作するSPM12を使用して以下の式(1)のような一般線形モデルによる解析を行い、CFS scanにおける視覚刺激や応答による脳活動や、頭部の動きによるノイズ、白質ノイズを除去した。その後、Localizer scanで得られたデータを元に、被験者ごとに左右のFFA座標を同定し、その座標を中心とした半径5mmの球状の領域をVOI(FFA)とした。最後に、そのVOIに対してBOLD信号でのLFFの周波数帯域であるとされている0.01~0.1Hzのバンドパスフィルタを適用することでLFFを抽出した。なお、9名の被験者の内1名は全ての試行で同じ選択肢を選択していたため、解析から除外した。

$$y = \beta_1 x_1 + \dots + \beta_n x_n + e + \varepsilon \quad (1)$$

- y = BOLD 信号
- β_n = 重み (コントラスト)
- x_n = 説明変数 (条件 n)
- e = 頭部の動きや白質によるノイズ
- ε = LFF を含むその他信号

4 結果

CFS 刺激が呈示される3秒前から6秒後のLFFを選択結果ごとに分け、被験者間で平均した(図1)。続いて、刺激呈示中のLFFは刺激に対する応答が含まれる可能性があるため、刺激呈示前のLFFに注目した。本研究では特に、刺激呈示前1.5秒間のLFFに選択結果を要因とする有意差があるか検討した。そのために有意水準5%として反復測定分散分析を行った結果、3群の平均値に選択結果を要因とする有意差は認められなかった($F(2, 14) = 3.73, p = 0.49$, 図2)。

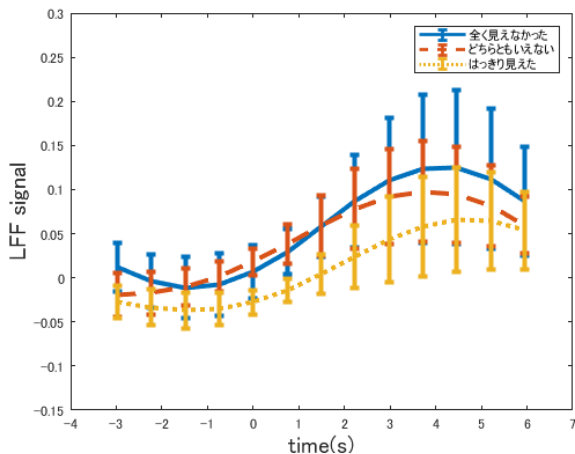


図1 CFS 刺激呈示3秒前から6秒後のLFF

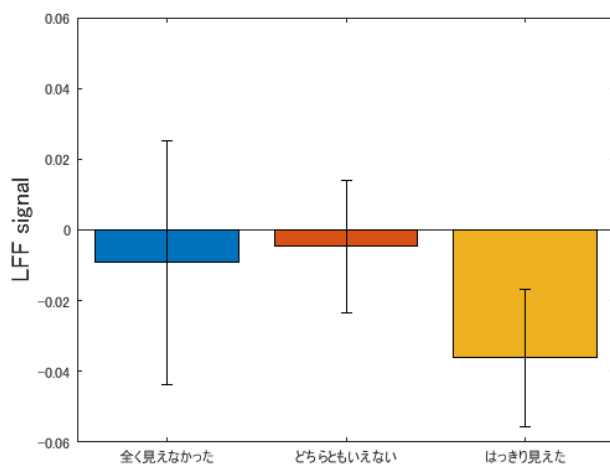


図2 CFS 刺激呈示直前の1.5秒間のLFF

5 考察・まとめ

本研究では、「人の顔画像と点滅するモンドリアン柄の画像から成るCFSにおいて、顔の像を知覚する時と知覚しない時のFFAのLFFを比較すると、知覚する時の方が高まっている」という仮説を立て、検証した。CFS刺激が呈示される前後のFFAのLFFを選択結果ごとに分けた結果、「はっきり見えた」が選択された試行のLFFは他の試行と比較して低い傾向にあった(図1)。また、刺激呈示前1.5秒間のLFFを平均した結果からも同様のことが分かる(図2)。しかし、刺激呈示前1.5秒間のLFFの反復測定分散分析の結果、3つの試行間のFFAのLFFに有意差は認められなかった。

また、刺激呈示テストで3つの選択肢がより均等に選ばれた顔画像をCFS scanで用いたが、実際にCFS scanを行うと数名の被験者において選択結果に偏りがあった。その原因として、実験中に被験者が刺激に慣れたことが考えられる。今回行ったCFS scanは、顔を呈示する目と顔画像の明るさが一定であったため、今後は様々な明るさの顔画像を両目にランダムに呈示するなどして刺激に対する慣れを回避することが必要である。

参考文献

- [1] Michael, D. F. et al. Intrinsic Fluctuations within Cortical Systems Account for Intertrial Variability in Human Behavior. *Neuron* 56, 171-184(2007).
- [2] Tsuchiya N, Koch C. Continuous flash suppression reduces negative afterimages. *Nature Neuroscience* 8, 1096-1101(2005).