

氏 名 野口 泰基

学位（専攻分野） 博士（理学）

学位記番号 総研大甲第 911 号

学位授与の日付 平成 17 年 9 月 30 日

学位授与の要件 生命科学研究科 生理科学専攻
学位規則第 6 条第 1 項該当

学位論文題目 Temporal dynamics of visual priming and masking
effects in the higher visual regions of human brain

論文審査委員 主 査 教授 小松 英彦
教授 柿木 隆介
教授 定藤 規弘
助教授 長峯 隆（京都大学）

論文内容の要旨

目の前のディスプレイに2つの視覚刺激が数十ミリ秒から数秒の間隔をおいて連続で提示されたとき、我々の脳の視覚野は2つの刺激それぞれに対して個別の神経応答を示す。これら2つの神経応答は基本的に相互に独立だが、刺激の特性によっては神経応答間の相互作用 (interaction) が生じることが先行研究から知られている。例えば1番目と2番目の視覚刺激が同一のものであったとき、2番目の刺激に対する神経応答は1番目の刺激に対するそれよりも減衰したものになる (priming 効果、以下 PE)。また別の例として、2番目の刺激が1番目の刺激の直後に提示されたとき、単独では問題なく認識できる1番目の刺激が2番目の存在によって認識されにくくなるという現象も知られている (backward masking 効果、以下 BME)

このような2刺激間の相互作用は従来心理学を中心とした研究によって報告されてきたが、近年これらの現象の根底にある脳の仕組みを脳機能イメージングの手法を用いて解明しようとする試みがなされている。その結果、上で挙げた PE や BME の裏には、脳の中で物体認識や形状認知に関わる視覚腹側領野 (ventral visual regions) での活動パターンの変化が関わっているということが明らかになってきた。ただしこれらイメージング研究はその殆どが機能的磁気共鳴画像法 (fMRI) を使ったものであり、高度な空間分解能を持つ一方で時間分解能の方は必ずしも高くない (数秒単位)。結果 ventral visual region における活動変化がこれらの知覚現象を説明するのに重要であるということは示唆されるものの、そこにおける神経活動の変化をミリ秒単位で捉えることは、従来なかなか行われてこなかった。

このような背景を踏まえ、本研究では時間分解能に優れる脳磁計 (MEG) を用い、2つの視覚刺激間の相互作用に伴う脳の活動変化が検討された。実験1では PE をテーマとして扱い、ヒトの視覚腹側路において PE が起こったとき、MEG で捉えた視覚野の反応にどのような変化が生じるかが調べられた。被験者には2つの文字刺激 (アルファベット) を連続で提示し、2つ目の文字に対してそれが母音であるか子音であるかの判断を行うよう求めた。その際1つ目と2つ目で同じ文字刺激が提示される条件 (SAME) と異なる文字刺激が提示される条件 (DIFF) の2種類の条件を設けた。SAME における2番目の文字刺激への反応は PE を受けているのに対し、DIFF におけるそれは PE の影響を受けない。よって両者の視覚反応を比較することにより、PE に伴う視覚野の反応の変化を調べることができると考えられる。2つの反応を比較した結果、まず PE を受けた視覚反応は、受けていない反応に比べて有意に小さなピーク振幅を示すことが観察された。これは fMRI 等を用いた先行研究と共通する結果である。さらに今回、時間分解能に優れた MEG を用いることによって、反応のピーク潜時の方でも PE による有意な潜時の短縮が起こっていることが明らかになった。またこれら脳反応の2つの変化と行動指標 (母音・子音判断課題における被験者の反応時間) との間の相関を調べたところ、行動指標と有意な相関を持つのはピーク振幅ではなくピーク潜時の方であることが示された。以上の結果は、(1) 視覚腹側路における PE が従来提唱されていた反応強度の低下に加え、時間的速化を伴うこと、(2) 従来心理学研究で報告されてきた PE に伴う行動指標の変化 (反応時間の短縮) の背景には、今回報告された視覚性反応の時間的速化が関与すること、などを示している。

一方後半の実験2ではもう1つの相互作用である BME の脳内機構が調べられた。1番目の刺激 (target) と2番目の刺激 (mask) を連続で提示し、target の知覚が単独提示時よりも有意に減少しているときの視覚反応を MEG で観察した。その結果、BME により target の知覚が阻害されていると

きは、target に対する視覚野の反応が通常時に比べ、2 つの面での活動変化を示すことが明らかになった。1 つは神経反応のピーク振幅の減少であり、これは従来の fMRI 実験の結果と一致する。もう 1 つは神経活動のピーク潜時の短縮であり、BME が顕著なときほど神経反応のピーク潜時は短くなることが観察された。このピーク潜時の短縮は、BME によって視覚野の反応がより早い段階で収束に向かっていることを示唆する。つまり BME では target の直後に mask が提示されるために、脳に置ける target への反応が mask への反応によって時間的に中断され、その結果今回のようなピーク潜時の短縮が引き起こされたと考えられる。さらに PE の実験と同じく、行動指標である target の識別率とピーク振幅・ピーク潜時との相関を調べたところ、行動指標と有意な相関を示すのはピーク潜時ではなくピーク振幅であることが明らかになった。以上の結果より、(1) 視覚腹側路における神経活動において、BME は従来提唱されていた反応強度の低下に加え、反応の時間的な変化を引き起こすこと、(2) BME の特徴である target 刺激の認識率低下の背景には、PE とは逆に反応強度の低下の方が関与していること、が示された。

論文の審査結果の要旨

申請者の研究は、脳磁図(MEG)を用いて、視覚刺激の時間的な相互作用によって生じる知覚の変化の神経機構を調べたものである。第1の実験では2つの視覚刺激が数十ミリ秒から数秒の間隔をおいて連続で呈示した時に、2回目の刺激の識別の成績が向上するプライミング効果について調べた。第2の実験では、2つの視覚刺激を0から数百ミリ秒の間隔で呈示した時に、2回目の刺激の識別の成績が低下するマスキング効果について調べた。識別すべき刺激はランダムドットの動きによって作られた文字パターンであるが、いずれの実験においても、単一双極子推定の結果、物体認識や形状認知に関わるとされる大脳皮質腹側の紡錘状回付近に活動が観測された。運動によって作られたパターン刺激を用いたことにより、輝度成分による初期視覚野の活動の混入を防ぐことができたものと考えられる。次に、有意な活動の記録された脳磁計のセンサーから活動の平均波形を求め、プライミング効果やマスキング効果との関連を分析した。プライミング効果に関しては、1回目の刺激と2回目の刺激が同じであった場合では異なっていた場合に比べて、反応のピーク振幅とピーク潜時の両方が小さくなっていることが明らかになった。このうちピーク潜時の変化が行動上の変化と相関していた。一方、マスキング効果に関しては、1回目の刺激と2回目の刺激の時間間隔の減少に伴って識別の成績が低下するが、この時にやはりピーク振幅とピーク潜時の減少が観察された。しかしプライミング効果と異なり、行動と相関していたのはピーク振幅の変化であった。これまで機能的磁気共鳴画像法(fMRI)により複数刺激の時間相互作用に伴う脳活動の変化を調べた研究はあるが、今回の研究は時間解像度の高い脳磁図を用いて行った初めての研究であり、その結果活動の時間特性の変化を詳細に分析することが可能となり、活動の潜時の変化が行動に見られる変化と関わっている可能性を示すことができた。この結果は、認知心理学の重要な問題であるプライミングやマスキングの脳内機構について重要な新しい知見を提供するものであり、申請者の論文は学位論文として十分にふさわしい内容であるものと審査委員会の委員全員一致で判定した。