

氏 名 近 藤 秀 樹

学位（専攻分野） 博士（理学）

学 位 記 番 号 総研大甲第481号

学位授与の日付 平成12年3月24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4条第1項該当

学 位 論 文 題 目 Relation between the neuron activities in cortical
area V4 and the metacontrast masking

論 文 審 査 委 員 主 査 教 授 伊 佐 正
教 授 小 松 英 彦
教 授 森 茂 美
助 教 授 金 桶 吉 起
教 授 藤 田 一 郎（大阪大学）

論文内容の要旨

Metacontrast masking is a phenomenon in the visual perception in which two brief visual stimuli, the test and mask stimuli, follow each other in rapid succession, which causes the test stimulus to become less visible or invisible even though the test and mask stimuli do not spatially overlap. In the present study, he investigated the relation between the neuron activities in cortical area V4 in the macaque monkey and the metacontrast masking in order to understand how the activities of V4 neurons correlate with the perception of the visual stimulus. First, he conducted psychophysical experiments of the metacontrast masking in human subjects. He found that the visibility of the test stimulus was suppressed when the interval between the onset of the test and mask stimuli (stimulus onset asynchrony; SOA) was within a certain range. Maximum suppression of perception of the test stimulus occurred when the SOA was about +30 to 50 ms and became gradually weaker with the increase in the SOA. The suppression lasted up to about 100 to 200 ms in the positive SOA. In the negative SOA, there was little inhibition of perception. Secondly, he conducted unit recording experiment in area V4 of macaque monkeys. In this part of the study, he studied the temporal characteristics of suppression in area V4 using a visual stimulus for metacontrast masking. Visual responses of V4 neurons to a brief test stimulus presented within the receptive field were recorded, and the effect of a mask stimulus that did not spatially overlap the test stimulus was examined. Responses to the test stimulus were suppressed by the mask stimulus, which either preceded or followed the test stimulus. To study the temporal characteristics of suppression, the SOA between the test stimulus and the mask stimulus was varied. Maximum suppression gradually weakened as the SOA increased. The suppression effect of the mask stimulus lasted on average about 77 ms in the negative SOA (forward masking) and 65 ms in the positive SOA (backward masking). These results indicate that surround suppression in V4 neurons has considerable temporal width, which is longer than that previously reported in areas V1 and V2. When he compared the time course of suppression in V4 neurons with that in the perception in psychophysical experiments, he found that there were two differences. First, the inhibition occurred only in the positive SOA in the psychophysical experiments but the inhibition was found in both positive and negative SOA in the response of V4 neurons. Secondly, the duration of inhibition was longer in the positive SOA in the perceptual metacontrast masking than in the activities of V4 neurons. These results indicate that the activities of V4 neurons do not parallel the perception in metacontrast masking. However, the longer duration of suppression of V4 neurons compared with neurons in V1 and V2 which are located earlier in the visual processing suggest that activities in V4 may represent an intermediate stage of conversion of visual signals which finally makes the time course of neural responses resemble to the perception in the metacontrast masking.

論文の審査結果の要旨

「メタコントラスト・マスクング」とは、2種類の異なる図形が視野内で隣接して短い間隔において連続提示されたときに、最初のテスト刺激の認知が後から提示されるマスク刺激によって抑制されるという良く知られた心理現象である。しかし、このような現象がどのような脳内機序で起きているのかは明らかでない。

申請者は、ヒトの心理物理実験とサルの大脳皮質視覚関連領域からの単一ニューロン活動記録を組み合わせて、この「メタコントラスト・マスクング」の脳内機序の解明を試みた。

まず、ヒトの被験者を対象として、テスト刺激とマスク刺激の間隔(Stimulus onset asynchrony; SOA)を系統的に変化させたときにテスト刺激が認知される主観的認知の程度を定量化して調べたところ、SOAが+30-50msの時にマスクングの効果は最大となり、それ以上に長くなるとマスクング効果は弱くなった。また、SOAが0ms以下の時にはマスクングは起きなかった。また中心視野付近ではマスクング効果は弱く、周辺ほど強いという傾向が見られた。また、テスト刺激とマスク刺激を異なる色にすると、マスクング効果は消失するという結果を得た。次にこのような心理物理学的現象の脳内機構を知るために覚醒マカザルの大脳皮質V4野から単一ニューロン活動記録を行い、そのニューロンの受容野にテスト刺激を提示し、そのテスト刺激と空間的に重複しないマスク刺激を様々なSOAで提示して、テスト刺激によって活性化されたニューロン活動に対する影響を調べた。するとマスクング効果は0msで最大となり、効果の持続時間の平均はマスク刺激が先行する場合77ms、テスト刺激が先行する場合65msであった。これらの結果は、従来知られているV1,V2野の周辺抑制効果よりかなり長く、より心理物理学実験で観測されたマスクングの時間経過に近いものであった。しかし、またサルV4野のニューロン活動をヒトの心理物理学実験の結果とを比較すると、(1)ニューロン活動では抑制が正と負の両方のSOAで見られたこと、(2)テスト刺激とマスク刺激の色を変えても、弱いながらも抑制効果が見られた。という差が見られた。以上の結果より、V4野のニューロン活動はメタコントラスト・マスクングにおける認知をそのまま説明できるものではなかったが、V1,V2野のニューロン活動に比してより認知に近いという特徴が見られ、V4野の活動はメタコントラスト・マスクングの認知を生成するための視覚情報の変換過程の中間的段階にあるということが示唆された。またV4野ニューロンの中でもテスト刺激に対する反応が長時間続くタイプのニューロンの遅い反応成分がメタコントラストマスクング効果における認知に関係するのではないかと示唆する結果も得た。

本研究は周辺抑制がどのようにメタコントラストマスクングに関与するか、そしてその過程におけるV4野の位置づけを明らかにした研究で、感覚から認知への変換過程に関する重要な知見であると高く評価できる。従って本申請論文は学位論文として十分にふさわしいと委員会の委員全員一致で判断された。

学位論文の内容の説明が終わった後に、研究の背景、実験方法、さらに関連する分野についての知識、今後の研究方向などについて質問したが、自身の研究内容だけでなく、研究の背景、解析手法について十分な理解があると判断された。さらに本論文の内容をもとにした論文は既に国際学術誌に受理されており、当該研究分野において高く評価されてい

る。また、本論文は明快な英語で論理的に書かれてあり、申請者の英語の能力が研究者として十分であると判断した。

以上の点から、申請者は学位を取得する水準に達していると審査委員会は判断した。