



Title	Contrast-dependent, contextual response modulation in primary visual cortex and lateral geniculate nucleus of the cat
Author(s)	定金, 理
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46181
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	さだかね おさむ 定 金 理
博士の専攻分野の名称	博 士 (医 学)
学 位 記 番 号	第 20069 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 18 年 3 月 24 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 医学系研究科情報伝達医学専攻
学 位 論 文 名	Contrast-dependent, contextual response modulation in primary visual cortex and lateral geniculate nucleus of the cat (大脳皮質一次視覚野および外側膝状体における刺激コントラストに依存した文脈依存的反応修飾)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 佐藤 宏道 (副査) 教 授 不二門 尚 教 授 狩野 方伸

論 文 内 容 の 要 旨

〔 目 的 〕

大脳皮質一次視覚野 (V1) ニューロンの受容野刺激に対する応答は、受容野周囲に呈示される視覚刺激によって主に抑制性の修飾を受け、この現象は周辺抑制と呼ばれる。周辺抑制の強度は刺激特徴依存的な変化を示し、刺激方位および空間周波数に関しては、受容野刺激として最適となるパラメータの受容野周囲刺激によって最大の抑制効果が生じる。初期視覚系において刺激の明るさのコントラストは入力強度と正相関し、個々の V1 ニューロンは様々なコントラスト感度を示す。しかし受容野刺激に対する応答のコントラスト感度と周囲刺激による修飾効果のコントラスト感度との関係はこれまで報告されていない。

一方、我々の研究室において過去に行われた皮質内抑制を薬理的に遮断する実験結果は、周辺抑制が皮質内の抑制性メカニズムでは説明できず、V1 への興奮性入力の下下によって生じていること、すなわち視床外側膝状体 (LGN) レベルで生じる可能性を示した (Ozeki et al. 2004)。

本研究の目的は、V1 における周辺抑制の刺激コントラスト依存性を詳細に検討すること、さらにその結果を LGN ニューロンと比較することで、周辺抑制が生じるメカニズムについて検討することである。

〔 方法ならびに成績 〕

麻酔非動化した成ネコの V1 および LGN から、ガラス微小電極を用いてニューロン活動を細胞外記録した。視覚刺激として、動物の眼前 57 cm の距離に置いた CRT ディスプレイにサイン波状に輝度変化する縞刺激を呈示した。視覚刺激の方位、空間周波数は各ニューロンの最適値に固定し、受容野刺激と受容野周囲刺激のコントラストを独立に変化させた。

まず V1 で記録した 51 個のニューロンについて、受容野刺激のみを呈示し、受容野刺激に対するコントラスト感度を調べた。次に、ニューロン活動を十分誘発する高レベルに受容野刺激コントラストを固定した条件で受容野周囲刺激を同時呈示し、受容野周囲刺激のコントラストを変化させることで抑制効果のコントラスト感度を調べた。受容野刺激のコントラスト感度と抑制効果のコントラスト感度との関係を調べた結果、両者の間に相関は見られなかった。

つまり受容野刺激に対するコントラスト感度が高い（低い）ニューロンでは抑制効果のコントラスト感度も高い（低い）、という関係は存在せず、様々な組み合わせが存在していた。上述したように、刺激の方位、空間周波数に関しては、受容野と受容野周囲の刺激特徴選択性は同様な性質を持つとする結果が報告されており、コントラスト感度に関する今回の結果はこれらの結果と異なっている。

さらに我々は、受容野刺激のコントラストを操作することで反応レベルを変化させた場合の修飾効果の振る舞いを調べた。その結果、受容野に呈示する刺激が高コントラストの場合には低コントラスト刺激の場合に比べて、その反応を抑制するために相対的に高コントラストの受容野周囲刺激が必要である傾向を示した。すなわち、抑制効果を生じる受容野周囲刺激のコントラスト範囲は、受容野に呈示する刺激のコントラストに依存してコントロールされていた。

受容野と受容野周囲のコントラスト感度の関係を LGN においても調べた結果、V1 ニューロンの場合と同様に無相関であった。また、受容野刺激のコントラストを操作した場合の修飾効果を調べた結果も V1 と同様の傾向を示し、受容野に呈示する刺激コントラストに応じて修飾効果の生じるコントラスト範囲はシフトする傾向を示した。

今回我々は受容野周囲刺激の抑制性効果のみを観察したが、他のグループの研究では主に受容野刺激が低コントラスト条件の場合に促通性の効果が生じることも報告されている。この実験結果の違いは使用した視覚刺激の違いに起因すると考えられる。今回の実験では、受容野周囲刺激として視野の非常に広域（視角 30~40 度）を覆う刺激を用いたが、促通性の効果を報告した論文では小さな刺激が用いられている。最後に我々は、V1 ニューロンについて小さなアニュラス状の受容野周囲刺激を用いた実験を行い、受容野刺激が低コントラストの場合に促通性修飾効果が見られることを確認した。この結果は、V1 ニューロンの受容野の境界部分が刺激コントラストに依存して、興奮性受容野または抑制性受容野のいずれかに組み込まれるかが変化することを示唆する。

〔 総 括 〕

今回の結果から、受容野と受容野周囲とはコントラスト感度という性質において必ずしも一致しないこと、さらに受容野に呈示する刺激コントラストに依存して抑制効果のゲインが調節される、という刺激コントラストに依存した V1 ニューロンの振る舞いが明らかとなった。さらに、LGN における実験結果は V1 での結果と同様な傾向を示し、V1 で見られた周辺抑制のコントラスト依存的な性質が LGN レベルでの応答特性を反映していることが示唆された。この結果は、ネコ V1 における周辺抑制が皮質下のメカニズムの影響を強く受けていることを示すものである。

論文審査の結果の要旨

申請者は、視覚中枢における情報処理機能を最適化するメカニズムを明らかにする目的で、ネコ大脳皮質一次視覚野における刺激文脈依存的反応修飾の刺激コントラスト（＝入力強度）依存性を解析し、その結果を視床外側膝状体における結果と比較する実験を行った。一次視覚野での主要な結果は以下の2点である。第一に、受容野周囲に呈示した刺激は受容野刺激の明暗コントラストに依存して抑制性の反応修飾効果を示した。第二に、受容野刺激に対する反応と受容野周囲による修飾効果の刺激コントラスト感度の間には相関が認められず、異なるニューロン集団の活動を基盤としていることが示唆された。視床外側膝状体における実験結果は一次視覚野の結果と同様の傾向を示し、一次視覚野で見られた上記の性質は外側膝状体の性質を反映していることが示唆された。本研究は、視床－皮質間神経回路の入出力特性が、入力状況に依存して統合的に調節されるメカニズムを明らかにしたものであり、よって本論文は学位の授与に値すると考えられる。