

Title	Relationship between Excitation and Inhibition Underlying Size Tuning and Contextual Response Modulation in the Cat Primary Visual Cortex
Author(s)	尾関, 宏文
Citation	大阪大学, 2004, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46067
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、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏 名 お 尾 関 宏 文

博士の専攻分野の名称 博 士 (医 学)

学 位 記 番 号 第 1 8 9 4 5 号

学 位 授 与 年 月 日 平成 16 年 6 月 23 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第 4 条第 2 項該当

学 位 論 文 名 Relationship between Excitation and Inhibition Underlying Size Tuning and Contextual Response Modulation in the Cat Primary Visual Cortex
(一次視覚野ニューロンのサイズチューニングおよび刺激文脈依存的反応調節における興奮と抑制の関係)

論 文 審 査 委 員 (主査)

教 授 佐藤 宏道

(副査)

教 授 津本 忠治 教 授 福田 淳

論 文 内 容 の 要 旨

〔 目 的 〕

大脳皮質一次視覚野 (V1) ニューロンは、受容野内に呈示された視覚刺激の傾き、長さ、空間周波数などに選択的な応答を示す。この刺激特徴選択性の形成メカニズムについてはすでに多くの研究がなされており、視床外側膝状体 (LGN) からの求心性線維の受容野が特定の傾きをなすように配列して V1 ニューロンに収束することによって方位のバイアスがもたらされ、さらに皮質内メカニズムにより選択性が強化されていることが分かっている。一方、V1 ニューロンの応答は、受容野刺激によってのみ決まるのではなく、受容野周囲に呈示された刺激の方位や空間周波数に依存して抑制性の修飾を受けることが分かっている (たとえば、Akasaki et al. 2002)。この抑制の強さは受容野周囲に呈示する刺激サイズに依存しており、また、観察下のニューロンの受容野刺激と同じ方位および空間周波数の刺激を受容野周囲に呈示することにより最大の抑制を生じる。このことから、受容野周囲刺激による抑制性修飾のメカニズムとして、刺激特徴選択性を同じくする V1 のニューロン間で形成される皮質ネットワークが関係し、興奮と抑制の活動バランスが抑制優位に傾くことがその原因となっている可能性が考えられる。

本研究では、受容野周囲刺激による抑制性修飾のメカニズムを明らかにすることにより、受容野および受容野周囲を含めた V1 ニューロンの広域情報統合の仕組み、皮質内の興奮と抑制の相互作用のあり方を理解することを目的とした。

〔 方法ならびに成績 〕

受容野周囲刺激による抑制性修飾のメカニズムとして興奮性及び抑制性入力量の変化の関係を明らかにすべく、麻酔非動化したネコ V1 のニューロン活動を細胞外記録し、抑制性神経伝達物質ガンマアミノ酪酸 (GABA) の A 型受容体拮抗薬ビククリン (bicuculline methiodide) をイオン泳動投与したときの反応修飾の変化を調べた。視覚刺激として、ネコの眼前 57 cm に設置した 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。刺激サイズと反応強度の関係を調べたサイズチューニングテストにおいて、ビククリン投与は記録ニューロンの発火頻度を増大させたが、受容野周囲抑制の強度およびチューニングカーブの形はほとんど変化しなかった。また、受容野周囲刺

激の方位に依存した抑制性修飾の方位チューニングについても、チューニングカーブはピククリンによる影響を受けなかった。これらの結果は、皮質内抑制の増加が受容野周囲抑制のチューニングをつくっているのではないことを示している。また、ピククリン投与中のチューニングを興奮性入力チューニング、ピククリン投与による反応の増分を抑制性入力チューニングとして、両者の関係を調べた。その結果、興奮性入力と抑制性入力チューニングはきわめて類似しており、受容野周囲抑制がおきているときは興奮だけでなく抑制の入力量も小さいことから、受容野周囲刺激のサイズ及び方位に対するチューニングは皮質ネットワークに与えられる興奮性入力のレベルで形成されていることが示唆された。

V1における受容野周囲刺激による修飾作用の原因として、LGNのレベルですでに修飾現象が存在していることが考えられる。そこで、麻酔非動化したネコのLGNニューロンの活動を細胞外記録し、V1ニューロンの記録時に用いたパラメータの縞刺激を呈示し、刺激サイズチューニングを調べた。その結果、LGNでV1に類似したチューニングカーブが観察された。以上の結果から、V1の受容野周囲抑制は受容野周囲刺激が皮質内抑制をドライブすることにより生じるのではなく、LGNにおける抑制性修飾がV1への入力減少をもたらし、V1内ネットワークによって修飾作用の刺激チューニングが増強されていると考えられる。

[総 括]

本研究から、V1の受容野周囲刺激による反応抑制はLGNの活動低下を反映したものであることが分かった。また、V1における抑制の役割について、興奮と抑制は協調的に働き、皮質内抑制が積極的にV1の反応特性をつくっているのではないことが理解された。

しかし、LGNとV1あるいはV1内のネットワークのあり方について、まだ多くのことが分かっていない。本研究および赤崎らの研究(2002)から、LGNよりもV1入力層が、V1入力層よりも出力層の方が受容野周囲刺激による抑制が強いこと、抑制を受ける受容野周囲の範囲の広いことなどが分かっている。また、V1ニューロンは受容野周囲刺激の方位や空間周波数に対して明確な抑制性チューニングを示すのに対して、LGNのニューロンは弱い選択性しか示さない。これらは、受容野周囲抑制を強化するメカニズムとして皮質内ネットワークの関与を強く示唆しており、今後の検討が必要である。

論文審査の結果の要旨

大脳皮質一次視覚野(V1)のニューロンは、受容野に呈示された視覚刺激に対する応答が、受容野周囲に同時に呈示された刺激によって抑制性修飾(周囲抑制)を受ける。しかし、そのメカニズムについては明らかでなく、皮質内抑制が周囲抑制を作っていると考えられてきた。そこで、申請者は、麻酔下のネコV1において、抑制性神経伝達物質GABAのA型受容体阻害薬bicucullineをイオン泳動投与し、記録下ニューロンに対する抑制性入力を遮断したときの周囲抑制の変化の程度を調べた。サイン波状に輝度変化するグレーティング(縞)の円形パッチを視覚刺激として用いた場合、平均4-5°の受容野を超えて直径15°前後の範囲から抑制効果が観察され、縞の方位が受容野刺激と周囲刺激で類似しているほど抑制が強いことが分かっている。これらのいずれについても、bicuculline投与は周囲抑制を変化させなかった。この結果は、皮質内抑制が周囲抑制を作っているのではないことを示している。申請者は、周囲抑制の原因を明らかにすべく、V1に入力する外側膝状体(LGN)ニューロンについて、刺激サイズに対する選択性を調べた。LGNはV1と同様のサイズ選択性をもっているものの、V1のサイズ選択性はLGNだけでは説明できないことが分かった。

本研究は、V1の周囲抑制のメカニズムについて、皮質内抑制が直接的に皮質ニューロンに抑制をかけているのではないことを厳密にコントロールされた実験により初めて証明し、さらに、LGNからV1への入力減少が周囲抑制の原因になっていることを示した。これらの結果は、視覚情報処理系の機能構築における視床-皮質間結合および皮質内神経回路の機能を理解する上で極めて重要であり、本研究が学位に値するものと認める。