

平成 21 年 5 月 20 日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19530656
 研究課題名（和文） マスキングを利用した視覚情報の時空間統合と知覚形成のメカニズムに関する研究
 研究課題名（英文） A study using a masking on mechanism underlying spatiotemporal integration of visual information and formation of percept
 研究代表者
 七五三木 聡（SHIMEGI SATOSHI）
 大阪大学・医学系研究科・准教授
 研究者番号：20271033

研究成果の概要：

初期視覚系ニューロンの受容野刺激に対する応答は、容野内に提示された刺激と同じ特徴の刺激が受容野周囲にあることで強く抑制される（受容野周囲抑制）。これによって、視野中の一様なパターンの情報が落ち、周囲とは異質の情報が残ることで、物体の輪郭などの情報が効率的に抽出されると考えられている。このように、受容野周囲抑制は、網膜の段階で細かく分けて符号化された視野情報を空間的に統合して、より広い範囲の視野情報として脳内表現するための基本的な仕組みを調べるのに好都合のモデルである。本研究により、受容野周囲抑制のメカニズムは一つではなく、受容野外側の近傍と遠方とでは、異なる神経回路が関与すること、すなわち、空間的に異なる範囲の視野情報は、異なる神経メカニズムによってニューロン応答に反映されることが明らかになった。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2008年度	1,700,000	510,000	2,210,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：神経科学

科研費の分科・細目：心理学・実験心理学

キーワード：感覚・知覚

1. 研究開始当初の背景

一次視覚野（V1）や外側膝状体（LGN）など

の初期視覚系に位置するニューロンは、受容野刺激に対する応答が、受容野周囲の刺激布置に依存して、主に抑制性の反応修飾（受容

野周囲抑制) を受けることが知られているが、その神経メカニズムは明らかでない。

2. 研究の目的

ネコ・サルを用いて、初期視覚領野ニューロンの刺激文脈依存的反応修飾の時空間特性およびその神経メカニズムを明らかにする。

3. 研究の方法

麻酔非動化したネコおよびサルの視覚野および外側膝状体 (LGN) より単一ニューロン活動を記録して、視覚生理実験を行なう。グレーティングパッチを用いて最適な刺激属性および受容野サイズを決定後、受容野刺激応答に対する受容野外アニュラス刺激の修飾効果を定量的に解析する。受容野内外の刺激はいずれもドリフトしない静的刺激として呈示し、両刺激の呈示開始時間を系統に変化させ、また、アニュラスの図形特徴 (刺激方位、空間周波数、位相、コントラスト) も変化させることで、刺激文脈依存的修飾の時空間特性を詳細に解析する。受容野周囲抑制に抑制性伝達物質 GABA がどのように関与するのかを調べるために、抑制性神経伝達物質 GABA の受容体アゴニストを電気泳動的に注入し、LNGおよびV1ニューロンそれぞれの反応を解析する。

4. 研究成果

一次視覚野 (V1) や外側膝状体 (LGN) などの初期視覚系に位置するニューロンは、受容野刺激に対する応答が、受容野周囲の刺激布置に依存して、主に抑制性の反応修飾 (受容野周囲抑制) を受けることが知られている。このような応答特性の形成には、少なくとも、

1) LGN との双方向性結合、2) V1 内の層間結合、3) V1 内の側方結合、4) 高次視覚野との双方向性結合、など V1 の活動に主たる貢献をしている神経回路の複雑な機能連関の関与が指摘されているが、未だ明らかになっていない。そこで本研究は、静止グレーティング刺激を用い、ネコ V1 ニューロンにおける受容野外刺激による抑制性反応修飾の時空間特性について検討した。その結果、受容野外近傍を刺激することで起こる短潜時 (~40ms) かつ一過性の抑制成分 (早期成分) と、受容野中心から視角 8 度以上の広範囲にわたり、刺激サイズに依存した抑制強度の増加および抑制潜時の短縮 (90ms ~45ms) を生じる持続的な抑制成分 (後期成分) の 2 種類の抑制があることを見出した。このような V1 における反応修飾に、LGN ニューロンの活動がどのように関与するのかを調べるために、麻酔・非動化したネコの LGN から単一ニューロン活動を細胞外記録し、V1 での実験で用いた静止グレーティング刺激を用いて受容野周囲刺激による反応修飾の時空間特性を検討した。その結果、多くのニューロンにおいて短潜時 (25 ~40ms) で応答の抑制が観察された。その抑制の空間加算を生じる範囲は視角 6 度 (半径) 以内と狭く、また、刺激サイズに依存した抑制潜時の短縮は観察されなかった。これは、V1 ニューロンにおける早期抑制成分の性質とよく対応し、その根拠となっていると考えられた。一方、後期成分に相当する抑制は LGN ニューロンにほとんど見られなかったことから、V1 以降の皮質神経回路の関与が示唆された。

次に、LGN ニューロンにおける受容野周囲抑制の神経メカニズムを明らかにするために、単一神経細胞記録法と電気泳動的薬物投与法を組み合わせ、神経活動記録中のニューロ

ンに、GABA_A 受容体の拮抗薬である Bicuculline を細胞外投与し、その効果を検討した。その結果、多くの細胞において受容野周囲抑制効果の約 30%程度が Bicuculline によって解除された。このことから、受容野周囲抑制には、LGN 内での GABA_A 受容体を介したメカニズムとそれ以外のメカニズムの二つから生じていることが明らかになった。そこで、それらの異なるメカニズムが、視野のどの程度の空間的範囲から生じているのかを検討するために、受容野外を様々なサイズで刺激し、それらにより生じる応答減弱に対する Bicuculline の効果を検討した。その結果、受容野外側の近傍（視角 1 度未満）からの抑制は Bicuculline によって解除されるが、さらに外側の刺激によって生じる応答減弱は解除されないことが明らかになった。受容野周囲抑制は、網膜の段階で細かく分けて符号化された視野情報を統合して、より広い範囲の視野情報として脳内表現するための機能的意義が考えられている。本研究より、そのような空間的に異なる範囲の視野情報は、異なる神経メカニズムによってニューロン応答に反映されることが明らかになった。

5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 1 件)

Watakabe A, Komatsu Y, Sadakane O, Shimegi S, Takahata T, Higo N, Tochitani S, Hashikawa T, Naito T, Osaki H, Sakamoto H, Okamoto M, Ishikawa A, Hara S, Akasaki T, Sato H and Yamamori T (2008) Enriched expression of serotonin 1B and 2A receptor genes in macaque visual cortex and their bidirectional modulatory

effects on neuronal responses. Cerebral Cortex. doi:10.1093/cercor/bhn219

[学会発表](計 11 件)

岡本正博、内藤智之、原真一郎、七五三木聡、佐藤宏道 (2008) ネコ外側膝状体における刺激方位選択性の時間的ダイナミクス. Neuroscience 2008 (第 31 回日本神経科学大会)(東京国際フォーラム)

原真一郎、内藤智之、岡本正博、七五三木聡、佐藤宏道 (2008) 静止グレーティング刺激に対するネコ外側膝状体ニューロンの受容野周囲抑制の性質. Neuroscience 2008 (第 31 回日本神経科学大会)(東京国際フォーラム)

七五三木聡、石川理子、木田裕之、原真一郎、岡本正博、内藤智之、尾崎弘展、佐藤宏道 (2008) シンポジウム「中枢神経のシステム回路：最近の進歩」：初期視覚系における広域視野情報を統合する神経活動. 第 113 回日本解剖学会全国学術集会 (大分大学)

Shimegi S, Ishikawa A, Kida H, Sato H (2007) Strength of surround suppression changes in proportion to the response magnitude in cat V1. Soc Neurosci Abstr 506.6 (San Diego Convention Center)

七五三木聡、石川理子、木田裕之、阪本広志、佐藤宏道 (2007) ネコ一次視覚野ニューロンの受容野周囲刺激による反応抑制は受容野刺激応答強度の時間変化に比例して変化する. Neuro2007 (第 30 回日本神経科学大会)(パシフィコ横浜)

岡本正博、内藤智之、原真一郎、七五三木

聡、佐藤宏道 (2007) ネコ外側膝状体における刺激方位選択性の時間的ダイナミクス. 視覚科学フォーラム (鹿児島大学)

原真一郎、岡本正博、内藤智之、七五三木聡、佐藤宏道 (2007) ネコ外側膝状体ニューロンの一様輝度刺激に対する応答の空間加算性. 視覚科学フォーラム (鹿児島大学)

Sato H, Shimegi S, Ishikawa A, Kida H, Skamoto H (2007) Two types of surround suppression with different spatiotemporal properties in cat V1. IBRO (Melborne Exhibition & Convention Center, Australia)

定金理、渡我部昭哉、小松勇介、七五三木聡、内藤智之、尾崎弘展、佐藤宏道、山森哲雄 (2007) サル一次視覚野における 5-HT1B および 5-HT2A受容体の活動依存的な修飾効果. 第 84 回日本生理学会大会(大阪国際交流センター)

阪本広志、松本絵理子、七五三木聡、佐藤宏道 (2007) fMRIによる視覚マスキング「メタコントラスト」関連領野の検討. 第 84 回日本生理学会大会 (大阪国際交流センター)

七五三木聡、石川理子、木田裕之、阪本広志、佐藤宏道 (2007) Spatiotemporal dynamics of suppressive response modulation in cat V1. 第 84 回日本生理学会大会(大阪国際交流センター)

〔図書〕(計 1 件)

七五三木聡 (2009) 第 2 章 トレーニングと視覚. 宮村実晴(編) 身体トレーニングの科学. 真興交易医書

6 . 研究組織

(1)研究代表者

七五三木 聡 (SHIMEGI SATOSHI)
大阪大学・医学系研究科・准教授
研究者番号：20271033

(2)研究分担者

(3)連携研究者