

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 6 日現在

機関番号：14401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24700325

研究課題名(和文) 1次視覚野神経細胞の周辺抑制によるテクスチャ立体視情報処理の検討

研究課題名(英文) Texture stereopsis through surround suppression in V1 neurons

研究代表者

佐々木 耕太 (Sasaki, Kota)

大阪大学・生命機能研究科・助教

研究者番号：40467501

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,800,000円、(間接経費) 540,000円

研究成果の概要(和文)：私たちは両眼網膜像のわずかな差異を手がかりに奥行きを知覚することができる。こうした能力は両眼立体視と呼ばれ、脳の神経細胞がどのような計算を行うことで実装しているのか、盛んに研究されている。

これまで、1次視覚野という脳領野の神経細胞において、明るさに対する両眼立体視の計算メカニズムが明らかになりつつある。それに加え、この研究では、テクスチャに対する両眼立体視と、ダビンチ立体視(両眼対応がとれないことにより生じる立体視)の計算メカニズムを一部解明することができた。

研究成果の概要(英文)：Depth can be perceived by a slight difference between the two retinal images. How do single neurons in the brain compute depth to contribute to stereoscopic perception?

It has been well understood that simple cells in primary visual cortex encode stereoscopic information by their structural difference in receptive fields between the two eyes. This study has revealed that similar neuronal mechanism can be used for texture stereopsis; some neurons in primary visual cortex had texture receptive fields whose structures were dissimilar between the two eyes. In addition, I found that some monocular neurons actually receive strong inhibitory inputs from the eye which does not elicit the responses. These cells may contribute to da Vinci stereopsis where stereoscopic perception arises because of no correspondence between the two eyes.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：脳神経科学・神経科学一般

キーワード：受容野 両眼立体視 テクスチャ 両眼視差 逆相関法

1. 研究開始当初の背景

(1)ネコやサルの1次視覚野の多くの神経細胞において、興奮応答を引き起こす領域(古典的受容野)の近傍には抑制応答を引き起こす領域(周辺)がある。この抑制現象は視野における側抑制で、周辺抑制と呼ばれる。

(2)古典的受容野と周辺領域が神経細胞の最適方位にそって並んでいれば途切れた線分(および縞模様)を検出するのに役立つ、最適方位と直行する方向に並んでいればその方向における縞模様の境界を検出するのに役立つというのが、周辺抑制が発見された頃からの考え方である。

2. 研究の目的

(1)1次視覚野単純型細胞においては、細胞によって古典的受容野の構造が左右眼でさまざまに異なることによりそれぞれ違った両眼視差に対して選択的に応答することになり、立体視情報を符号化している。これと似たような仕組みで、すなわち、テクスチャ受容野の構造が左右眼で異なることにより周辺抑制を示す細胞がテクスチャに対する立体視情報を担っている可能性を検討した。

3. 研究の方法

(1)麻酔・不動化したネコとサルの1次視覚野において、タングステン微小電極による単一ユニット記録を行った。新たに開発したテクスチャ刺激を呈示し、記録した細胞応答から両眼視差選択性と左右眼のテクスチャ受容野をそれぞれ求めた。テクスチャ受容野を求める方法は、逆相関法と逆フーリエ変換を利用した新規の方法である。

(2)グレーティングパッチを古典的受容野とその周りに同時に呈示することにより、新規刺激、解析法により得られたテクスチャ受容野が妥当なものであるか検証した。

(3)得られたテクスチャ受容野を左右眼で比較することで、神経細胞がテクスチャ立体視の情報処理を担っているか検討した。

4. 研究成果

(1)代表的な1次視覚野神経細胞について、テクスチャ刺激に対する左眼における応答を図1に示す。テクスチャ刺激の位相(エンベロープの位相)をそれぞれのパネルの左上に示してある。応答の強さ(カラーコードで示してある)に注目すると、位相が180度異なる刺激に対して、応答の強弱が逆転していることがわかる。このことは、逆フーリエ変換により興奮領域(古典的受容野に相当する)と周辺抑制を生じる領域を再構成できることを示している。

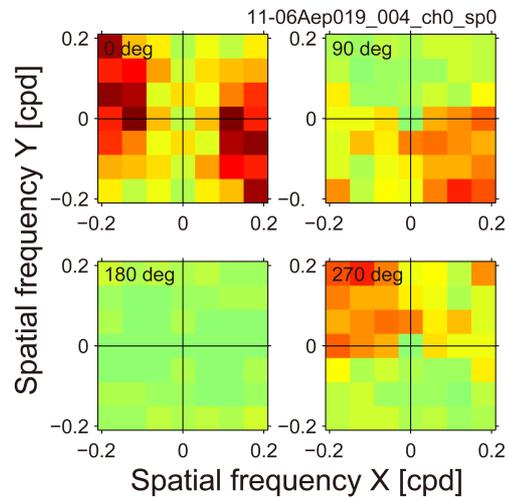


図1 テクスチャ刺激に対する、代表的な1次視覚野神経細胞の応答例(片眼)

(2)先に示したようなテクスチャ刺激に対する応答を逆フーリエ変換することにより、テクスチャ受容野を両眼について得ることができた。3つの神経細胞について、それぞれのテクスチャ受容野を図2に示す。赤色で興奮応答(すなわち、古典的受容野における応答)を、青色で抑制応答(すなわち、周辺領域における応答)を示す。

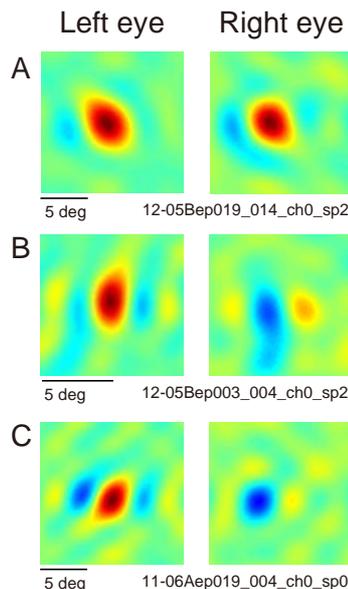


図2 代表的な3つの1次視覚野神経細胞における、テクスチャ受容野

Aの神経細胞では、左右眼いずれにおいても、興奮領域の左下側に抑制領域があり、テクスチャ受容野の構造が似ている。それに対し、Bの神経細胞では、左眼においては興奮領域の左右に弱い抑制領域があり、右眼においては興奮領域の左側に強い抑制領域があることからわかるように、左右眼のテクスチャ受容野の構造が異なっている。また、Cの神経

細胞においては、右眼では抑制領域のみが計測された。

(3)以上のように計測されたテクスチャ受容野が妥当なものか検討するため、いくつかの神経細胞については、古典的受容野とその周りの様々な位置にグレーティングパッチを同時に呈示して応答を記録した。図2Aの細胞について、この刺激を左眼において呈示した様子の模式図と記録した応答を図3に示す。図3左図において、中心からの距離は応答の大きさに相当し、中心からの角度は周辺領域に呈示したグレーティングパッチの位置に対応する。

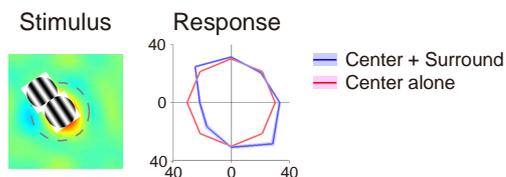


図3 この研究により開発したテクスチャ受容野計測法の妥当性の検証

図3左図から、古典的受容野と左下側にグレーティングパッチを呈示する(Center+Surround条件)と、古典的受容野だけにグレーティングパッチを呈示したとき(Center alone条件)よりも応答が弱くなることわかる。この結果は、テクスチャ受容野を計測した結果と一致する(図2A左眼)。

(4)テクスチャ受容野の構造は、左右眼で異なることがあることがわかった。1次視覚野の単純型細胞は、古典的受容野の構造が左右眼で異なることにより、明るさで定義される両眼視差を符号化している。これと似た仕組みで、1次視覚野神経細胞はコントラストで定義される(テクスチャ)両眼視差を符号化していることが考えられる。

(5)また、それぞれの眼に刺激を呈示して応答を記録するという従来の方法では単眼性細胞と判定されるものの、実際には、応答しないと思われていた眼には強い抑制応答がある細胞もあった(図2C)。このような神経細胞は、本来、両眼性細胞と判定されなくてはならない。

1次視覚野神経細胞はあまり自発発火しないので、特別な方法によらない限り抑制応答を記録することは困難(不可能)で、これまで抑制応答が見落とされがちであった。この研究では、両眼テクスチャ刺激を呈示したことで神経細胞のベースラインの発火頻度を高めることができたので、抑制応答を計測することができたと考えられる。

(6)片眼から興奮入力(と抑制入力)を受け、他方の眼からは抑制性入力のみを受ける両眼性神経細胞は、da Vinci 立体視に積極的に貢献すると考えられる。なぜなら、これらの神経細胞にとって、両眼網膜像に対応がない場合(da Vinci 立体視を生じる刺激)が最適刺激となるからである。

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 2件)

Ohzawa I, Tanaka H, Sasaki KS. 視覚質感に関わる特徴抽出. *生体の科学*. 査読無 **63**(4), 276-283 (2012).

<http://ej.islib.jp/ejournal/2425101298.html>

Ohzawa I, Sasaki KS. 初期視覚野の神経生理. *Clin Neurosci*. 査読無 **30**(8), 874-878 (2012).

<http://www.chugaiigaku.jp/item/detail.php?id=845>

[学会発表](計 11件)

Sasaki KS, Ohzawa I. Contrast response functions are identical at multiple spatiotemporal frequencies within single neurons in primary visual cortex. *Soc. Neurosci. Abstr.* Program No. 359.14 (2013). 2013/11/9-13. San Diego, USA.

Baba M, Sasaki KS, Ohzawa I. V1 complex cells pool multiple disparity detectors tuned to different spatial frequencies. *Soc. Neurosci. Abstr.* Program No. 161.17 (2013). 2013/11/9-13. San Diego, USA.

Hosoya H, Sasaki K, Ohzawa I. Estimating invariant dimensions in V2. *CNS2013*. (2013). 2013/7/13-18. Paris, France.

Baba M, Sasaki K, Ohzawa I. Analysis of V1 disparity-selective neurons in the spatial frequency-phase difference domain. *Neuro 2013*. P2-1-145 (2013). 2013/6/20-23. Kyoto, Japan.

Kato D, Sasaki K, Ohzawa I. A degraded Gabor wavelet simulation for diagnoses of Posterior Cortical Atrophy. *Neuro 2013*. P2-1-138 (2013). 2013/6/20-23. Kyoto, Japan.

Sasaki KS, Ohzawa I. Sbspace mapping in Gabor wavelet domain. *Neuro 2013*. P2-1-137 (2013). 2013/6/20-23. Kyoto, Japan.

Inagaki M, Sasaki KS, Hashimoto H, Ito M, Asakawa K, Ohzawa I. Application of Gabor wavelet domain reverse correlation to visual neurons in macaque V2. *Neuro 2013*. P2-1-130 (2013). 2013/6/20-23. Kyoto, Japan.

Hosoya H, Sasaki K, Ohzawa I. Estimating invariant dimensions in V2. *Neuro 2013*. O1-6-6-3 (2013). 2013/6/20-23. Kyoto, Japan.

Takeuchi R, Ikezoe K, Sasaki KS, Saito Y, Fukazawa Y, Fujita I. マカカ属サル視覚皮質における両眼視差情報伝達様式-二光子励起イメージングによる検証の試み. *脳と心のメカニズム 第13回冬のワークショップ*. W14 (2013). 2013/1/9-11. Rusutsu, Japan.

Sasaki KS, Ohzawa I. Interocular comparisons of texture receptive fields of V1 neurons. *Soc. Neurosci. Abstr. Program No. 570.09* (2012). 2012/10/13-17. New Orleans, USA.

Sasaki KS, Ohzawa I. Texture receptive field mapping using contrast-modulated gratings. *Neurosci. 2012*. P1-e25 (2012). 2012/9/18-21. Nagoya, Japan.

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://ohzawa-lab.bpe.es.osaka-u.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐々木 耕太 (SASAKI, Kota)

大阪大学・生命機能研究科・助教

研究者番号：40467501

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし