

令和元年6月10日現在

機関番号：10101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K18339

研究課題名(和文) 眼球運動の前後での視覚世界の統合および照合にかかわる神経機構の解明

研究課題名(英文) Study of cortical mechanisms for transsaccadic memory remapping

研究代表者

稲場 直子 (INABA, NAOKO)

北海道大学・医学研究院・助教

研究者番号：20432370

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：眼が動いても安定した視覚を維持するには、「眼球運動によって生じる網膜像のブレ」と「運動の前後で生じる視覚的ギャップ」を補正し新たな視覚世界を連続的に再構成する必要がある。この神経メカニズムを明らかにするため、本研究では、眼の位置によって大脳皮質MST野の視覚応答感度にどのような変化が生じるのかを調べた。その結果、MSTニューロンがサッケード後に、「眼が動く前の視覚情報の記憶痕跡」と「眼が動いた後の眼位情報」を併せ持つことをわかった。これにより、MST野が、眼の動きの前後で生じる網膜像のずれを、眼位情報を使って補正する役割を果たしている可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により得られた知見は、私たちが絶えず行っている様々な視覚情報処理の脳内メカニズムの解明に不可欠であると同時に、脳機能障害の診断及び機能改善などに役立つことが期待されている。

研究成果の概要(英文)：After a saccade, most MST neurons respond to moving visual stimuli that had existed in their post-saccadic receptive fields and turned off before the saccade ("trans-saccadic memory remapping"). Neuronal responses in higher visual processing areas are known to be modulated in relation to gaze angle to represent image location in spatiotopic coordinates. In the present study, we investigated the eye position effects after saccades and found that the gaze angle modulated the visual sensitivity of MST neurons after saccades both to the actually existing visual stimuli and to the visual memory traces remapped by the saccades. We suggest that two mechanisms, trans-saccadic memory remapping and gaze modulation, work cooperatively in individual MST neurons to represent a continuous visual world.

研究分野：システム神経生理学

キーワード：サッケード 視覚ニューロン 受容野 MST野 視覚情報処理 運動視

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

私たちは1秒間に数回という非常に高い頻度で急速に眼を動かしている。ビデオカメラを眼と同じように動かしながら周囲の風景を撮影すると、その映像はひどくブレて何が映っているか判別することができなくなってしまう。しかし、私たちは眼を動かしても世界を安定して知覚することができる。この問題に対し、19世紀にヘルムホルツは、「ヒトの脳には、自分の意志で眼を動かした時には、その動きを補正して精確で安定した視覚情報を得る仕組みがそなわっている」と指摘した。眼を動かしても私たちの視界は全くブレないが、瞼の外側から眼球を指で押すとブレる。このことから、脳は、ヘルムホルツの指摘のように、「自分の意志で眼を動かしたときに生じる網膜像の動き」と「受動的に眼球が動いたことによって生じた網膜像の動き」を切り分けて、正しく外界の動きを知覚する機構を持っているにちがいない。自分で眼を動かしたときには世界がブレないので、この機構には眼球運動指令信号が関与していると考えられる。それでは、この神経機構は脳内のどこに備わっているのだろうか。

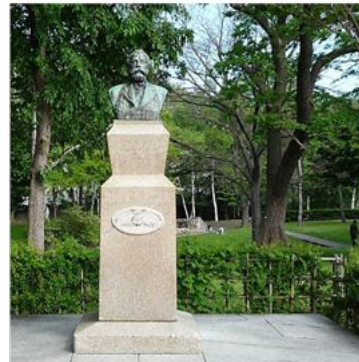
2. 研究の目的

「眼球運動中の視空間の知覚を安定的に維持する脳内メカニズム」を解明するため、私たちはこれまでに、サルの大脳後頭・頭頂連合野の一部である MST 野が、①眼が動くことによって生じる網膜像の動きの補正に関与すること(Inaba et al. 2007 J Neurophysiol. ほか)、②眼を動かす前の視覚情報の記憶を眼が動いた後に呼び起こし、眼の動きにより途切れた視覚情報を埋める仕組みに関与すること(Inaba and Kawano 2014 PNAS)を明らかにしてきた。しかし、眼が動く前の視覚情報を眼が動いた後に呼び起こすことができたとしても、眼球運動前後の視覚像は、眼が動いた大きさ分だけずれているので、網膜上で像が二重になってしまう(図1参照)。そこで本研究では、眼の位置によって、MST ニューロンの応答感度にどのような変化が生じるのかを調べることが目的とした。

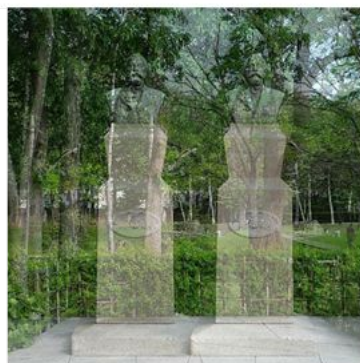
眼が動く前の網膜像



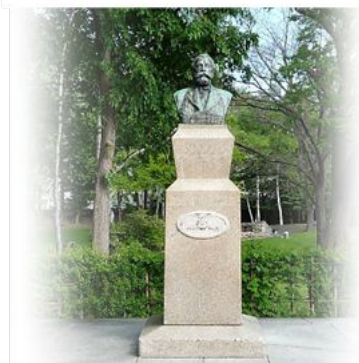
眼が動いた後の網膜像



予想される視覚世界のブレ



実際に知覚される視覚世界



眼の動きの前後の視覚像と知覚される視覚世界

3. 研究の方法

全ての実験は京都大学の動物実験委員会の承認を得て実施された。マカクサル2頭について、眼球運動課題のトレーニングを行い、これらのサルの大脳高次視覚野 MT 野 (Middle Temporal Area) および MST 野 (Medial Superior Temporal Area) からニューロン活動を記録した(図2)。

MT 野と MST 野は、視覚刺激の動きの処理に深く関係する領野である。大脳高次視覚野の神経細胞には受容野があり、それぞれの神経細胞が異なる網膜部位に映る視覚像に反応することが知られている。MT 野と MST 野のニューロンの多くは、受容野内に動く視覚刺激を呈示すると、刺激の動く方向に選択的な応答を示す。そこで、本研究では、眼球運動の前後の眼位によって、神経細胞の視覚受容野の応答感度にどのような変化が生じるのかを調べた。

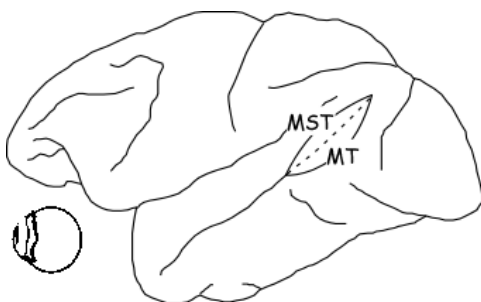


図2 MT 野と MST 野。

大脳皮質の後頭・頭頂連合野の一部である
MT 野と MST 野は「動き」の処理に関連
する領野である。

4. 研究成果

その結果、大脳皮質の後頭・頭頂連合野の一部である MST 野には、眼が動いた後に呼び起こされる過去の視覚情報の記憶痕跡と同時に、現在の眼球位置の情報を併せ持つニューロンが存在することが明らかになった。この結果は、MST 野が、眼の動きの前後で生じた2枚のずれた網膜像を、眼が動く前と後の眼球位置情報を使うことによって補正し、統合することで、滑らかで連続した視覚世界の維持に参与している可能性を示唆している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2 件)

INABA, Naoko and KAWANO, Kenji (2016)

Eye position effects on the remapped memory trace of visual motion in cortical area MST.

Scientific Reports 6:22013, 査読有

DOI: 10.1038/srep22013

稲場直子 (2015)

眼球運動と視覚認知. 「特集 パフォーマンスにつながる眼球運動」

体育の科学, 65 巻 12 月号 p878-881: 杏林書院. 査読無

〔学会発表〕(計 5 件)

稲場直子 (2017)

眼が動いても安定した視覚を得るための脳の仕組み

東北大学電気通信研究所・共同プロジェクト研究会「眼球運動を伴う視覚処理機構に関する研究」

稲場直子 (2016)

サッケード眼球運動前後の視空間定位の連続性に関わる神経機構

生理学研究所研究会「視覚の総合的理解を目指して—生理学、心理物理学、計算論」

INABA, Naoko and KAWANO, Kenji (2016)

Eye position-dependent responses to visual memory trace remapped by saccades in cortical area MST.

The 93rd Annual Meeting of the Physiological Society of Japan.

稲場直子 (2015)

「眼の動きで生じる視覚のブレを補正する神経機構」

第 113 回北海道大学ニューロサイエンス談話会

INABA, Naoko (2015)

The role of the cortical areas MT and MST in coding of visual motion during pursuit eye movements.
Japanese Neural Network Society Workshop: Data-Driven approach for understanding cerebellar mechanisms on eye movement control.

[図書] (計 1 件)

稲場直子 (2017)

「眼を動かしても外界が動いて見えないのはなぜか」ブレインサイエンス・レビュー2017
p59-76

[その他]

○ホームページ等

http://www.hokudai.ac.jp/news/20160225_med_pr.pdf

https://www.researchgate.net/profile/Naoko_Inaba

<http://researchers.general.hokudai.ac.jp/profile/ja.m4YwzLzJ-p-w7Hl9Fn9Wiw==.html>

<http://researchmap.jp/read0140270>

<https://scholar.google.com/citations?hl=en&user=Mkiiy3YAAAAJ>

○報道関連

「滑らかな視覚を維持できるのはなぜか？—脳が過去の視覚記憶と眼球の位置情報を統合している = 北大・稲場氏、京大・河野氏」
財経新聞 3/26/2016

「目の動きと脳の関係 北大助教らが解明」
十勝毎日新聞 3/18/2016

「滑らかな視界の維持に大脳皮質「MST 野」が関与 - 北大」
QLifePro 医療 NEWS 3/1/2016

「眼の動きの前後の網膜像を統合し滑らかな視界を維持する脳の仕組みを解明」
北海道大学 2/25/2016

○受賞

日本生理学会入澤彩記念女性生理学者奨励賞 (2016)

6 . 研究組織

(1)研究協力者

研究協力者氏名：河野 憲二

ローマ字氏名：KAWANO, Kenji

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。