

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 22 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25830009

研究課題名(和文) 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の解明

研究課題名(英文) Neural mechanisms for the representation of visual space during eye movements

## 研究代表者

稲場 直子 (Inaba, Naoko)

京都大学・健康長寿社会の総合医療開発ユニット・助教

研究者番号：20432370

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：眼が動くと、網膜に映った視覚像の位置は眼の動きに伴って変化するのに、外界が動いて見えないのはなぜか。この問題に取り組むため、サルの大脳高次視覚野から神経活動を記録・解析し、これまでに、大脳皮質後頭・頭頂連合野の一部であるMST野が、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、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を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Our eyes move rapidly and with an extremely high frequency of several times per second. Yet we are able to perceive the visual world as stable and continuous despite our eye movements, unlike camera's blur. How does our brain deal with the blurry retinal images resulting from self-eye-movements? In order to understand the neural mechanisms of the visual stability irrespective of eye movements, we recorded and analyzed neural activity in the MST area, which is part of the posterior parietal cortex of macaque monkeys. We have clarified that the MST area contributes to compensate for the retinal image motion induced by smooth pursuit eye movements, and also to recall visual information, that have pre-existed before saccadic eye movement, after the eye movement.

研究分野：システム神経生理学

キーワード：サッケード 追跡眼球運動 運動知覚 視覚ニューロン 受容野 MT野 MST野 視覚情報処理

### 1. 研究開始当初の背景

眼を動かしても外界が動いているように見えないのはなぜか。私たちは絶えず、非常に速い速度で眼を動かしているにもかかわらず、周囲の景色を安定して見ることができる。眼はカメラに例えられるが、ビデオカメラを眼と同じように動かすと、撮影された映像はひどくブレたものになってしまう。この現象は昔から気づかれていて、17世紀のデカルトの著作にも記載されている。19世紀には、ヘルムホルツが、「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のではないか」と指摘した。しかし、その実態はいまだ明らかになっていない。

### 2. 研究の目的

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。本研究は、この眼の動きによるブレを補正して安定した視界をつくりだす脳内メカニズムを解明することを目的とした。

### 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1)。



図1 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。

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、眼の動きによって網膜に映った視覚像の位置が移動するとき、対応する視覚ニューロンの受容野の位置および大きさにどのような変化が生じるのか調べた。

### 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MT野のニューロンでは、受容野の位置が、単に眼の動きに伴って受動的に変化するのに対し、MST野には、眼の動きが終わった時点で、「眼が動く前の視覚情報の記憶痕跡」に関連した活動を示すニューロンが多く存在することが明らかになった。この結果は、MST野で「眼が動き出す前に受容野の中にあつた視覚情報」が想起され、MT野からMST野に供給される「その瞬間に見えている情報」との統合が起こっていることを示唆している。この実験から、MST野が、眼の動きの前後の情報を統合することで、眼が動くことによって生じる視覚像のブレを補正し、安定した、かつ、連続した視覚認知を維持する神経メカニズムに関与している可能性が示唆された。

### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計4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。

INABA, Naoko and KAWANO, Kenji  
(2014)

Neurons in cortical area MST remap the memory trace of visual motion across saccadic eye movements.  
Proc Natl Acad Sci U S A 111(21): 7825-7830,  
査読有, DOI: 10.1073/pnas.1401370111

稲場直子, 河野憲二 (2014)

サッケード眼球運動に伴う視覚の安定性の脳内機構—サル MT/MST 野ニューロン受容野の時空間マップ  
信学技報 HIP2014-55: 67-72

〔学会発表〕(計 12 件)

INABA, Naoko and KAWANO, Kenji  
(2016)

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

The 93<sup>rd</sup> 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.

INABA, Naoko (2015)

Transformation of visual motion from retinotopic to spatiotopic coordinates in the cortical areas MT and MST.

The 92nd Annual Meeting of The Physiological Society of Japan, Meeting Symposium 1, Body in the world –coordinates in the brain–.

稲場直子 (2015)

「眼の動きで生じるブレを補正して安定した視覚世界を獲得する仕組み」

平成 26 年度生理学研究所研究会

『行動システム脳科学の新展開』

INABA, Naoko and KAWANO, Kenji  
(2014)

MST neurons contribute to perceptual constancy of visual motion across saccadic eye movements.

International Symposium “Vision, Memory, Thought: How cognition emerges from neural network.

INABA, Naoko (2014)

Neural mechanisms of perceptual continuity of the visual scene during eye movements.

CiNet International Symposium “Active Vision in Natural Environments.”

INABA, Naoko and KAWANO, Kenji  
(2014)

MST neurons contribute to perceiving the visual world as continuous across saccades by memory remapping of the visual motion.

44<sup>th</sup> Annual Meeting of the Society for Neuroscience

稲場直子 (2014)

「サッケード眼球運動に伴う視覚の安定性の脳内機構 - サル MT/MST 野ニューロン受容野の時空間マップ - 」

電子情報通信学会

ヒューマン情報処理研究会 (HIP2014)

INABA, Naoko and KAWANO, Kenji  
(2014)

Spatial representation of moving visual stimulus across saccadic eye movements by MT/MST neurons.

The 37th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society

INABA, Naoko, MIURA, Kenichiro and KAWANO, Kenji (2013)

The role of visual areas MT/MST in spatiotopic integration of visual motion across saccadic eye movements.

The 36<sup>th</sup> Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society

INABA, Naoko and KAWANO, Kenji  
(2013)

Neuronal activities in cortical areas MT/MST during spatiotopic integration of visual motion across saccadic eye movements.

43rd Annual Meeting of the Society for Neuroscience

〔その他〕

○ホームページ等 (計 7 件)

[http://www.hokudai.ac.jp/news/20160225\\_med\\_pr.pdf](http://www.hokudai.ac.jp/news/20160225_med_pr.pdf)

<http://niseiri.med.hokudai.ac.jp>

[http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research/research\\_results/2014/140513\\_1.htm](http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research/research_results/2014/140513_1.htm)

[https://www.researchgate.net/profile/Naoko\\_Inaba](https://www.researchgate.net/profile/Naoko_Inaba)

<http://researchers.general.hokudai.ac.jp/profile/ja.m4YwzLzJ-p-w7H19Fn9Wiw==.html>

<http://researchmap.jp/read0140270>

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

○報道関連 (計 18 件)

「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

「キャンパス 視知覚の恒常性を研究  
北大神経生理学分野 稲場直子助教」  
北海道医療新聞 3面 12/18/2015

「京大人間図鑑 vol.07 K.U.RESEARCH」  
京都大学学術研究支援室 1/19/2015

「視野ぶれない脳の仕組み解明 京大  
過去の残像 100分の2秒間←上書き」  
読売新聞 14面 5/26/2014

「視野のぶれ補正 脳の働き一部解明  
京大のグループ」  
京都新聞 9面 5/24/2014

「京大 視覚のブレを補正する脳内メ  
カニズムを解明」  
QLifePro 医療 NEWS 5/22/2014

「京都大、眼を動かした時のブレを補正  
する脳の仕組みを解明」  
財経新聞 5/14/2014

「脳神経、視覚のブレを補正？ 京大の  
研究者ら、サルで実験」  
朝日新聞夕刊 11面 5/13/2014

「視界のぶれ補正 脳の働き解明 京  
大グループ、サルで実験」  
産経新聞 3面 5/13/2014

「視界のブレ補正 仕組みを解明」  
日本経済新聞 14面 5/13/2014

「目の動きでの視覚ブレ補正 脳の仕  
組み解明 京大」  
日刊工業新聞 19面 5/13/2014

「カメラに勝る眼の仕組み 脳がブレ  
補正 京大など」  
朝日新聞 DIGITAL 5/13/2014

「眼の動きで生じるブレを補正する脳  
内の仕組みは「MST野」にあり - 京大」  
共同通信 5/13/2014

「京大、ぶれない視界の仕組み解明 サ  
ル使い実験、科学電子版に発表」  
共同ニュース 5/13/2014

「眼を動かしても外界のブレを補正し  
て安定した視覚認知を得る仕組みを解  
明」  
京都大学 5/13/2014

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

稲場直子 (INABA, Naoko)

京都大学・健康長寿社会の総合医療開発ユニ  
ット・特定助教

研究者番号：20432370

### (2)研究分担者

( )

研究者番号：

### (3)連携研究者

河野憲二 (KAWANO, Kenji)

京都大学・健康長寿社会の総合医療開発ユニ  
ット・特任教授

研究者番号：40134530