

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：11301

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2010～2013

課題番号：22330198

研究課題名(和文)並列運動視処理の機能と役割

研究課題名(英文)The functions and roles of parallel motion processes

研究代表者

塩入 諭 (Shioiri, Satoshi)

東北大学・電気通信研究所・教授

研究者番号：70226091

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 15,100,000円、(間接経費) 4,530,000円

研究成果の概要(和文)：運動方向選択的順応効果およびマスキング実験を行い、異なる速度に感度を2種類の運動検出器の特性の違いおよびそれらの相互作用について、心理物理およびfMRI実験によって検討した。その結果、2種類のシステムの時空間周波数特性の相違点を明らかにし、遅い運動に感度を持つシステムが腹側経路で、速い運動に感度を持つシステムが背側経路で処理される可能性を示した。

さらに、日常生活における網膜への画像入力 of 統計的性質の調査から、自身が運動する場合に高い時間周波数成分の刺激を受ける傾向があることを示した。これらの結果は、2つの運動システムは、異なる脳部位に存在し、異なる機能を持つ可能性を示す。

研究成果の概要(英文)：Human visual system is suggested to have two kinds of visual motion mechanisms that differ in their most sensitive velocity. However, the mechanisms of very slow motion, and its interaction with the fast motion are unclear. We addressed these issues with a direction selective adaptation technique in both psychophysical and fMRI methods, and with a masking technique in psychophysics.

Psychophysical results showed that there are two different motion systems with different spatiotemporal tunings. fMRI results showed that the two motion systems exist in different visual areas: first motion system in MT+ and slow motion system in V4.

We also investigated the spatiotemporal stimulation on retina in everyday life. The results showed tendency that the stimulation extends to high temporal frequencies when people are moving comparing with when people are immobile. These results may indicate that the two different motion systems exist at different cortical sites and works for different functions.

研究分野：実験心理学

科研費の分科・細目：感覚・知覚

キーワード：運動視 運動検出器 視覚 心理物理 視覚経路 fMRI 脳科学 順応

1. 研究開始当初の背景

動きをみる脳機能である運動視は、速度処理以外にも対象の分離、立体形状の理解、追従眼球運動の制御など、特性の異なる複数の処理を含む。それらは人間の様々な活動に関連する様々な異なる機能であり、その理解は人間の脳の情報処理過程の解明にも、映像情報の伝達や表示システムの設計への応用にも重要である。運動視は、視覚処理の2大系路のひとつ、大細胞経路/行動経路によって伝達、処理されると考えられていたが、研究代表者らはその考えでは説明できない視覚現象を発見した。それは、運動残効の高周波優位というものであり、いわゆる大細胞経路/行動経路の特性を示す運動機構と異なる空間特性を示した。静止運動残効の高周波優位とは、低周波数縞と高周波数縞を重ねて逆方向に運動した後の残効は、高周波縞の残効が優位となる現象である。そこで、「運動視=大細胞経路」との認識に対しての修正が必要と考え、速い運動に感度を持つメカニズムと遅い運動に感度を持つメカニズムが独立して存在するとの着想にいたった。一方、静止運動残効の高周波優位は、眼球運動への運動残効の影響にも同様にみられることを見いだした。これは、遅い運動検出器と速い運動検出器の区別は、行動経路と認識経路の2分とは異なる分類である可能性を示す。このように、2種類の運動検出器が関連する機能、処理経路とも明確ではなく、脳活動計測、心理物理および日常生活において受容する信号の解析を通しての検討が、研究当初の課題であった。

2. 研究の目的

本研究では、心理物理、脳活動計測、自然画像統計解析の3つの手法を用い、複数の運動処理機構の構造、特性、機能を明らかにすることを目的とした。そのために、脳活動計測と心理物理実験から代表者らが調査している2種類の運動処理系の特性の神経基盤を調べた。さらに、それらの結果と網膜像の統計的性質と運動視特性の関連を検討することが目的であった。

3. 研究の方法

(1) 心理物理実験では、マスキング実験により、想定される速い運動検出器と遅い運動検出器の時空間周波数特性を測定する。被験者に運動する格子縞をテスト刺激として呈示し、その運動方向の応答から、それに重畳されたマスク刺激の妨害効果を測定する(図1)。マスク刺激の時空間周波数を変化することで、テスト刺激を検出する運動検出器の時空間感度特性を調べる。特に、2つの運動検出器を明確に分離するために、低速で動く空間的に高周波の縞と高速で動く空間的に低周波の縞をテスト刺激として用いた。

(2) 脳活動記録に関しては、fMRI によって

2つの運動検出器に関連する応答を各視覚野で計測した。運動方向選択性を調べるために順応刺激を用い、運動残効を心理物理応答と脳活動で計測した。脳活動の記録のためには、明確な応答が必要であり、代表者らが開発した応答時間を利用する方法を用いた。

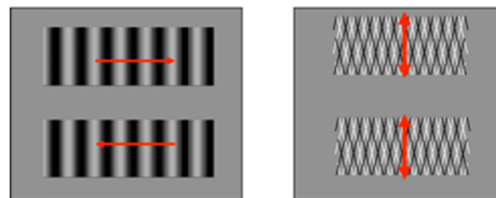
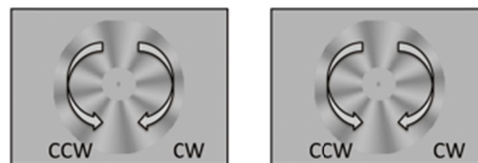


図1 テスト刺激(左)とマスク刺激(右)。特定の周波数と速度のテストに対して、複数空間周波数と速度の組合せのマスク刺激を用いて妨害効果を測定。眼球運動の影響を避けるために、上下の縞は反対方向に運動した。



順応刺激

テスト刺激

図2 fMRI 計測中に順応刺激(9-15s)、テスト刺激(3s)を呈示し、テスト刺激の方向判断の応答時間を計測。順応刺激、テスト刺激とも時計回り、反時計回りの2種類あり、それらを組合せた4条件で実験。さらに、空間周波数と速度の異なる2種類の刺激(遅い刺激と速い刺激)の4種類の組合せで実験を繰り返す。

4. 研究成果

(1) マスキング実験の結果から、遅い運動刺激の検出は、時間的には4Hz、空間的には1-2cpd付近に感度を持つメカニズムによってなされるのに対して、速い運動刺激の検出は、時間的には10Hz、空間的には0.5cpd付近に感度を持つメカニズムによってなされることが明らかにされた(図3)。示された特性から、2つのシステムが明らかになったが、この実験からは、遅い運動検出器と形状認識システムとの関連はわからない。そこで追加実験として、刺激の検出課題を用いたマスキング実

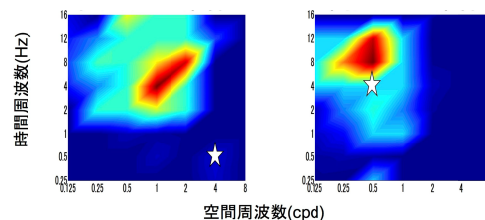


図3 マスキング実験結果。遅いテスト刺激(左)と速いテスト刺激に対する、それぞれの時空間条件マスクの妨害効果。印がテスト刺激の時空間周波数。

験を行った。そこでは、上下のいずれかに縞が呈示されその検出に対する妨害効果を計測した。妨害効果は、空間周波数はテスト刺激と同じ時に効果が大きく、時間周波数については選択性があまりないというもので、運動課題と全く異なる結果であった。これらの結果は、遅い運動の検出器は、形状認識とは異なるもので、視覚処理の2系路の分類とは一致しない。

(2) fMRI 実験では、遅い刺激と速い刺激の間の順応効果の転移に注目した。心理物理実験においては、順応とテストが共通の刺激であった場合に、感度低下が大きいことが示された。fMRI の測定結果について、それぞれのテストに対して心理物理実験の結果と同じ傾向を示す部位を同定するための解析を行った。その結果、一部の視覚野で、心理物理実験と類似した結果が得られた。運動視に特化した視覚野といわれる MT 野では、速いテスト刺激に対して、速い順応の後の方が遅い運動順応の後よりも応答低下が大きい(順応効果が大きい)傾向が、形状認識に関わる処理を担うといわれる V4 野では、遅いテスト刺激に対して、遅い順応の後の方が大きな応答低下を示す傾向がみられた(図4)。

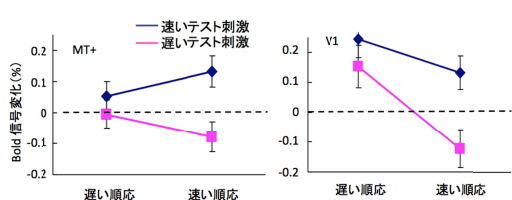


図4 MT+ (左) と V4 (右) の運動方向選択的順応効果。遅い運動と速い運動の順応とテストの組合せによって選択的順応効果を計測。

fMRI 計測の結果は、速い運動が大細胞経路で、遅い運動が小細胞経路で処理されていることを示唆する。心理物理実験の結果を合わせて考えると、小細胞経路においては、形態処理に加えて運動処理も行われている可能性を示唆する。

以上の結果は、比較的遅い運動処理をする脳内メカニズムが存在することを意味する。そのような処理と日常生活において、我々が接する視覚情報の関係を確認するために、例として歩行、バイク乗車、階段登り、会話に対する網膜像を解析した(自然統計解析)。その結果、いずれにおいても、時間的、空間的に低周波に多くの成分を持つが、会話以外では高い時間周波数成分が比較的多い。全3者はいずれも行動している場面であり、そこで受容する速い運動成分を大細胞/行動経路で処理するのは理にかなっていると思われる。

その他、関連する研究として、以下の成果を得た。

心理物理学および生理学的な視覚的注意の計測方法を確立し、それらを用いて空間的広がりを計測した。その結果、視角で数度程度の広い範囲に広がることを明らかにした。

奥行運動、色覚の基本特性、色と運動の結合など初期視覚処理メカニズム特性について検討した。

自身の運動情報が、運動知覚、視覚探索能力、空間配置や運動表象学習などの視覚情報処理に与える影響を明らかにした。

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 14 件)

1. R. Nakashima and S. Shioiri, Why do we move our head to look at an object in our peripheral region? Lateral viewing interferes with attentive search, *PLoS One* Vol. 9 (3) pp.1-7, 2014 (査読有)
DOI:10.1371/journal.pone.0092284
2. K. Matsumiya and S. Shioiri, Moving one's own body part induces a motion aftereffect anchored to the body part, *Current Biology*, Vol. 24 (2) pp. 165-169, 2014 (査読有)
DOI:http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2013.11.034
3. S. Shioiri, T Yamazaki, K Matsumiya, I Kuriki, Rotation-independent representations for haptic movements, *Scientific reports*, Vol. 3, 2595, pp. 1-7. ,2013 (査読有)
DOI:10.1038/srep02595.
4. Y Kashiwase, K Matsumiya, I Kuriki, S Shioiri, Temporal Dynamics of Visual Attention Measured with Event-Related Potentials, *PloSone* Vol. 8 (8), e70922, 2013 (査読有)
DOI:10.1371/journal.pone.0070922
5. T. Tsuchiai K. Matsumiya, I. Kuriki and S. Shioiri, Implicit learning of viewpoint-independent spatial layouts, *Frontiers in Psychology*, Vol. 3, 207 pp. 1-10, 2013 (査読有)
DOI:10.3389/fpsyg.2012.00207.
eCollection 2012.
6. S. Shioiri, K. Matsumiya K. Matsubara, Isolation of two binocular mechanisms for motion in depth: A model and psychophysics. *Japanese Psychological Research* Vol. 54 (1), 16-26, 2012 (査読有)
DOI:10.1111/j.1468-5884.2011.00503.x
7. Y Kashiwase, K Matsumiya, I Kuriki, S Shioiri, Time courses of attentional modulation in neural amplification and synchronization measured with steady-state visual evoked potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience* Vol. 24 (8) 1779-1793 2012 (査読有)

- DOI:10.1162/jocn_a_00212. Epub 2012 Feb 23.
8. S. Shioiri, M. Yoshizawa, M. Ogiya, K. Matsumiya, H. Yaguchi, Low-level motion analysis of color and luminance for perception of 2D and 3D motion. Journal of Vision Vol. 12 (6) 33 1-14 2012 (査読有) DOI:10.1167/12.6.33.
 9. Y. Hyodo, S. Takahashi, I. Ohashi, Y. Shimpuku, K. Matsubara, K. Matsumiya and S. Shioiri, Control of Subjective Depth by Quantified Monocular Depth Cues of Contrast and Spatial Frequencies, SID Symposium Digest of Technical Papers Vol. 43 (1), pp. 812-815, 2012 (査読有) DOI:10.1002/j.2168-0159.2012.tb05909.x
 10. T. Inamura 1, S. Shioiri, S. Tsujimura, and H. Yaguchi, A nonlinear two-stage model for color discrimination, Journal of Optical Society of America A Vol. 28 (4), pp. 704-712, 2011 (査読有) DOI:10.1002/j.2168-0159.2012.tb05909.x
 11. M. Harasawa, M. and S. Shioiri, Asymmetrical brain activity induced by voluntary spatial attention depends on the visual hemifield: A functional near-infrared spectroscopy study. Brain and Cognition, Vol. 75 (3), pp. 292-298, 2011 (査読有) DOI:10.1016/j.bandc.2011.01.006
 12. I. Kuriki, S. Nakamura, P. Sun, K. Ueno, K. Matsumiya, K. Tanaka, S. Shioiri and K. Cheng, Decoding color responses in human visual cortex, IEICE Trans. Fundamentals Vol. E94-A (2) pp. 473-479, 2011 (査読有) http://search.ieice.org/bin/summary.php?id=e94-a_2_473
 13. S. Shioiri, K. Yamamoto, H. Oshida, K. Matsubara and H. Yaguchi, Measuring attention using flash-lag effect. Journal of Vision, Vol. 10 (19) 10, pp.1-13, 2010 (査読有) DOI:10.1167/10.10.10.
 14. T. Yamazaki, K. Matsumiya, I. Kuriki and S. Shioiri, The influence of spatial representation in pointing task (in Japanese). Vision, Vol. 22 (3) pp. 149-163, 2010 (査読有) <http://www.visionsociety.jp/VISION/vol22/no3/VISION220301.pdf>
- [学会発表](計 10 件)
1. H. Honjo, Y. Kashiwase, R. Tokunaga, K. Matsumiya, I. Kuriki, S. Shioiri, Spatial characteristics of visual attention estimated by SSVEP, Asia-Pacific Conference on Vision, 2012 年 7 月 13 日, Incheon, Korea
 2. I. Kuriki, K. Horiuchi, R. Tokunaga, K. Matsumiya, S. Shioiri, Color induction from surround color under interocular suppression, Asia-Pacific Conference on Vision, 2012 年 7 月 13 日, Incheon, Korea
 3. S. Shioiri, T. Tsuchiai, K. Matsumiya, I. Kuriki, Viewpoint dependent and independent contextual cuing effect, Vision Sciences Society, 2012 年 5 月 15 日, Naples, Florida, USA
 4. S. Shioiri, T. Yamazaki, K. Matsumiya, I. Kuriki, Visual and haptic mental rotation, 12th International Multisensory Research Forum, 2011 年 10 月 18 日, Fukuoka
 5. S. Shioiri, K. Matsubara, K. Matsumiya, Isolation of binocular cues for motion in depth, Asia-Pacific Conference on Vision, 2011 年 7 月 18 日, Hong Kong
 6. S. Shioiri, T. Mano, K. Matsumiya, and I. Kuriki, Eye movement differences between implicit and explicit contextual cuing effects, Association for the Scientific Study of Consciousness, 2011 年 6 月 11 日 Kyoto, Japan,
 7. Y. Kashiwase, K. Matsumiya, I. Kuriki, S. Shioiri, Attention boosts neural population response via neural response synchronization, Vision Sciences Society, 2011 年 5 月 8 日, Naples, Florida, USA
 8. S. Shioiri, K. Matsumiya, M. Ogiya, Color and luminance for motion-in-depth, Vision Sciences Society, 2011 年 5 月 8 日, Naples, Florida, USA
 9. T. Harada, S. Shioiri, I. Kuriki and K. Matsumiya, Spatiotemporal characteristics of fast and slow motion detectors, Asia-Pacific Conference on Vision, 2010 年 7 月 23 日, Taipei, Taiwan
 10. S. Shioiri and K. Matsumiya, Comparing the static and flicker MAEs with a cancellation technique in adaptation stimuli, Vision Sciences Society, 2010 年 5 月 7 日, Naples, Florida, USA
- [図書](計 1 件)
1. 塩入 諭, 大町真一郎, 画像情報処理工学, 朝倉書店, pp. 1-67, 2011
- [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://www.riec.tohoku.ac.jp/~shioiri/SHIOIRI/Welcome__Japanese.html
6. 研究組織
- (1)研究代表者
 塩入 諭 (SHIOIRI SATOSH)
 東北大学・電気通信研究所・教授
 研究者番号: 70226091
- (2)研究分担者
 栗木 一郎 (KURIKI ICHIRO)
 東北大学・電気通信研究所・准教授
 研究者番号: 80282838
 松宮 一道 (MATUMIYA KAZUMICHI)
 東北大学・電気通信研究所・助教
 研究者番号: 90395103
- (3)連携研究者 なし