

平成 31 年 4 月 10 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H03748

研究課題名(和文) 行動発現に内在する眼球運動と関連した視覚処理機構の解明

研究課題名(英文) Visual mechanisms for eye movements in the guidance of action

研究代表者

松宮 一道 (Matsumiya, Kazumichi)

東北大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：90395103

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：眼を動かすと網膜像が動くが、視覚世界は静止して知覚される。本研究は、視覚世界が静止して知覚される新たな処理機構を発見し、過渡的な視覚信号における選択的促進機構の存在を明らかにした。さらに、自分の手の気づき(身体意識)において、身体所有感覚と身体位置感覚の二つの処理過程があることを明らかにし、眼球運動システムが身体位置の脳内表現にアクセスすることがわかった。これらの成果は、眼と手の運動と関連した視覚情報処理の理解を促進し、運動障害者のリハビリテーションの方略デザインにおける設計指針を与えると考える。

研究成果の学術的意義や社会的意義

我々は、眼を動かしても視覚世界は安定していると知覚する。この視野安定機構は、視覚研究における重要な未解明問題の一つである。本研究は、眼球運動前後の視野統合において輝度に基づいた過渡信号を選択的に促進する新たな機構があることを発見し、視野安定機構の理解を進展させた。また、自分の手と感じる感覚と手があると感じる感覚は同じ処理過程であると仮定されていたが、本成果により、これらの感覚は異なる処理過程に基づくと示された。これは、たとえ義手を自分の手と感じて、義手をうまく制御できない可能性があることを示唆しており、運動機能回復のリハビリテーションにおいて指標作成の新たなガイドラインを提供できる。

研究成果の概要(英文)：Retinal motion occurs when we move our eyes, but we perceive the stable visual world. The present study found a novel visual mechanism for perceived stability, and indicates that there exists a selective facilitation mechanism for transient visual signals. Furthermore, we found that there are two separate systems for ownership and localization of body parts in the perceptual system. The eye-movement system can access to the perceptual representation of body localization. These findings provide an important advance in understanding visual mechanisms for eye movements in the guidance of action, and may improve the design of rehabilitation for patients of motor paralysis.

研究分野：心理物理学

キーワード：視覚と行動 眼球運動計測 バーチャルリアリティ 身体意識

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

従来は行動学習に関わる視覚処理を、眼球運動を考慮しない受動的な処理過程であると捉えてきたが、最近では日常の行動には眼球運動を伴う能動的な視覚処理が介在しているという枠組みが提案されている。本研究では、この新しい枠組みを採用し、未だ明らかにされていない手の運動発現に内在する眼球運動と関連づけられた視覚処理の機序解明を目指す。本研究では、手の運動発現に内在する眼球運動と関連した視覚処理の機序解明を目標とした。

2. 研究の目的

(1) 手の運動中に視覚目標の位置を変えるという操作をしばらく繰り返し適応させると、視覚目標の位置が変化しなくても、視覚目標が変位していた位置に手を伸ばすようになるという現象が報告されており、手と眼球運動の協調運動においても、眼球運動後の視覚信号の操作が重要であることが考えられる。そこで、本研究では、眼球運動後の視覚信号の変位における知覚処理機構を詳細に調べることを行った。

(2) 手の運動を発現するときに、眼球運動システムは脳内の身体表象にアクセスしているのだろうか？この問題を処理するにあたり、脳内の身体表象を行動応答から調べることを行った。

(3) 脳内の身体表象が眼球運動システムとどのような関係があるかを調べた。

3. 研究の方法

(1) サッカード時に標的を一時的に消失させると変位検出能力が改善する(ブランク効果)。また、サッカード時に標的を一時的に消失させ、周囲の刺激の位置をずらすと、周囲の刺激でなく標的の変位が知覚される(ランドマーク効果)。これら二つの効果は、サッカード後の標的の一時的消失による輝度情報の過渡的な変化によって引き起こされる。サッカード時は、通常、過渡信号に感度をもつシステムは抑制されていると考えられているが、サッカード後の一時的消失がこの過渡信号に感度をもつシステムを活性化させている可能性がある。この可能性を検証するために、標的の輝度コントラストがブランク効果とランドマーク効果に及ぼす影響を調べた。もし過渡システムがサッカード時の変位検出に関わっているのであれば、ブランク効果とランドマーク効果の強度が輝度コントラストに依存して変化することが予想される。

(2) 脳内の身体表象の行動指標として、自分の手と感じるかという評価指標(身体所有感)と、自分が動かしたと思った位置に手があるか(身体定位)という評価指標の二つがあり、これら二つの指標が同じ処理過程かどうかを調べるために、被験者自身の手は見えないようにし、その代わりにコンピュータグラフィックスにより作成された手(CGハンド)を提示し、CGハンドに対して身体所有感を制御できる実験環境を構築した。さらに異なる感覚情報を統計的に最適な方法で統合する最尤推定モデルを適用し、知覚応答とモデルの振る舞いを比較した。

(3) (2)と同様の実験装置を使い、被験者自身の手は見えないようにし、その代わりにコンピュータグラフィックスにより作成された手(CGハンド)を提示し、CGハンドに対して身体定位(自分の身体があると感じる場所)を制御した。被験者が感じている手に向かって眼球運動を行うと、どこに眼球が動くかを調べた。

4. 研究成果

(1) 視野安定機構には、輝度の過渡信号を利用して正確に位置判断する機構と、背景に対する相対的な位置を判断する機構の二つが存在する可能性が示唆された。前者の機構は、過渡信号が呈示されることで、網膜位置信号に加えて眼球位置信号が用いられることで正確な位置判断を可能にしていると思われる。一方、後者の機構は、眼球位置信号を用いず、網膜位置信号だけを用いてサッカード前後の視野統合を行っていると考えられる(図1)。

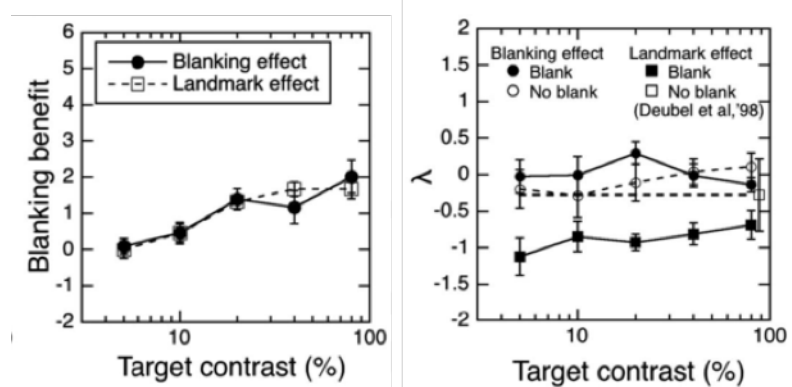


図1. ブランク効果とランドマーク効果の比較 (Matsumiya et al., *Vision Res.*, 2016)。

(2) 自己身体の気づきを評価する際には、「自分の身体であると感じる」(身体所有感)という質問票を使った主観的評価と、「自分の身体があると感じる場所」(身体定位)を知覚的に判断する客観的評価の二つがあり、これらの評価された結果は、極めて相関が高いため、同じ処理過程を反映していると仮定されていた。それに対して本研究では、被験者自身の手は見えないようにし、その代わりにコンピュータグラフィックスにより作成された手(CGハンド)を提示し、CGハンドに対して身体所有感を制御した。さらに異なる感覚情報を統計的に最適な方法で統合する最尤推定モデルを適用することで「自己身体の気づき」のメカニズムを解明し、一つの統合処理過程とする従来

の仮定とは異なり、自分の身体であるという気づきには、「これは自分の手だ(who)」と感ずる身体所有感、「自分の手はここにある(where)」と感ずる身体定位を認識する二つの処理過程が存在することを明らかにした(図2)。

(3) 眼球運動は知覚している主観的な右手の位置に向かうことが明らかになった。感ずている手の位置は、意識的な身体処理を通して得られることから、眼球運動は意識的な身体表現であるボディ・イメージにアクセスしていることが示唆される。これは、運動機能障害を克服する鍵を握る身体意識を可視化する上で、眼球運動の利用が重要であることを示している。

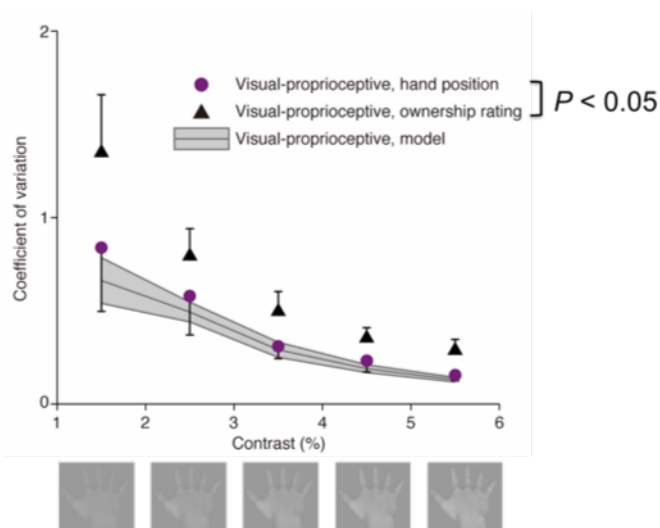


図2. 視覚情報のノイズの影響が、身体定位は最尤推定モデルの振る舞いと一致するが、身体所有感は一貫せず、系統的にずれる (Matsumiya, *Sci. Rep.*, 2019)。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 13 件)

- 1) Matsumiya, K., Sato, M., Shioiri, S.: “Contrast dependence of saccadic blanking and landmark effects”, *Vision Research*, 査読有, Vol. 129, 1-12, 2016.
- 2) Shioiri, S., Honjo, H., Matsumiya, K., Kuriki, I.: “Visual attention spreads broadly but selects information locally”, *Scientific Reports*, 査読有, 6:35513; DOI:10.1038/srep35513, 2016.
- 3) 伊師華江, 松宮一道: “L 字型画面が映像鑑賞に及ぼす影響-視聴者に配慮したテレビの速報表示画面デザインへ向けた検討-”, *日本感性工学会誌*, 査読有, Vol. 15, No. 7, 687-691, 2016.
- 4) 鬼沢直哉, 松宮一道, 羽生貴弘: “ストカスティック演算に基づく省エネルギー脳型 LSI 設計技術”, *IEICE Fundamentals Review*, 査読無, Vol. 11, No. 1, 28-39, 2017.
- 5) 松宮一道: “European Conference on Eye Movements 参加報告”, 査読無, *VISION*, Vol. 29, No. 4, 145-147, 2017.
- 6) 松宮一道: “眼球運動と視知覚”, *視覚の科学*, 査読無, Vol. 39, No. 2, 21-26, 2018.
- 7) Boga, K., Leduc-Primeau, F., Onizawa, N., Matsumiya, K., Hanyu, T., Gross, W.: “A generalized stochastic implementation of the disparity energy model for depth perception”, *Journal of Signal Processing Systems*, 査読有, Vol. 90, 709-725, 2018.
- 8) Shioiri, S., Kobayashi, M., Matsumiya, K., Kuriki, I.: “Spatial representations of a viewer’s surroundings”, *Scientific Reports*, 査読有, 8:7171; DOI:10.1038/s41598-018-25433-5, 2018.
- 9) Onizawa, N., Katagiri, D., Matsumiya, K., Gross, W., Hanyu, T.: “An Accuracy/Energy-Flexible Configurable Gabor-Filter Chip Based on Stochastic Computation with Dynamic Voltage-Frequency-Length Scaling”, 査読有, *IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems*, Vol. 8, No. 3, 444-453, 2018.
- 10) Gross, W., Onizawa, N., Matsumiya, K., Hanyu, T.: “Application of Stochastic Computing in Brainware”, *IEICE Nonlinear Theory and Its Applications*, 査読有, Vol. 9, No. 4, 406-422, 2018.
- 11) Shioiri, S., Hashimoto, K., Matsumiya, K., Kuriki, I., He, S.: “Extracting the orientation of rotating objects without object identification: object orientation induction”, *Journal of Vision*, 査読有, Vol. 18, No. 9, Article 17, 1-12, 2018.
- 12) Matsumiya, K.: “Separate multisensory integration processes for localization and ownership of body parts”, *Scientific Reports*, 査読有, 9:652; <https://doi.org/10.1038/s41598-018-37375-z>, 2019.
- 13) 伊師華江, 松宮一道: “情報表示のためのテレビ画面デザインに関する視聴者ニーズの定性的把握”, *日本感性工学会誌*, 査読有, (採録)

[学会発表] (計 51 件)

- 1) Matsumiya, K., Nishikawa, R., Kuriki, I., Shioiri, S.: “Measurement of attentional modulation in space near hand using flash-lag effect”, *The 1st International Symposium on Embodied-Brain Systems Science (EmboSS)*, The University

- of Tokyo, Tokyo, May 8-9, 2016.
- 2) Shioiri, S., Nishikawa, R., Matsumiya, K., Kuriki, I.: “Visual attention around invisible hands”, Vision Sciences Society (VSS), Florida, USA, May 13-18, 2016.
 - 3) Miura, T., Matsumiya, K., Kuriki, I., Shioiri, S.: “Division of Spatial Attention Examined by Evoked Potentials”, Asia-Pacific Conference on Vision (APCV), Fremantle, Australia, July 14-17, 2016.
 - 4) Shioiri, S., Ishii, K., Matsumiya, K., Kuriki, I.: “Measuring the spotlight of moving attention”, Asia-Pacific Conference on Vision (APCV), Fremantle, Australia, July 14-17, 2016.
 - 5) Ishi, H., Matsumiya, K.: “Analysis of gaze patterns in viewing videos with a news flash”, The 31st International Congress of Psychology (ICP2016), Yokohama, Japan, July 24-29, 2016.
 - 6) 松宮一道: “身体意識と身体近傍空間”, 生理学研究所研究会「視知覚の総合的理解を目指してー生理学, 心理物理学, 計算論」, 愛知県・生理学研究所岡崎コンファレンスセンター, 2016年6月9, 10日.
 - 7) Kazumichi Matsumiya: “Voluntary action and the coding of visual space”, 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Orland, FL, August 16-20, 2016.
 - 8) Kai Miyamoto, Yasuhiro Hatori, Kazumichi Matsumiya, Ichiro Kuriki, Satoshi Shioiri: “Implicit learning of a penalty rule in visual search”, 平成28年度電気関係学会東北支部連合大会, 宮城県・東北工業大学, 2016年8月30-31日.
 - 9) Takumi Miura, Kazumichi Matsumiya, Ichiro Kuriki, Satoshi Shioiri: “Correlation analysis of EEG signals for divided attention”, 平成28年度電気関係学会東北支部連合大会, 宮城県・東北工業大学, 2016年8月30-31日.
 - 10) 朱 冰一, 塩入 諭, 栗木一郎, 松宮一道: “空間配置に対する潜在学習の探索順序効果”, 電子情報通信学会技術研究報告 (ニューロコンピューティング研究会), Vol. 116, No. 313, NC2016-34, pp. 9-13, 2016.
 - 11) 野々村 萌, Chia-huei Tseng, 松宮一道, 栗木一郎, 塩入 諭: “錯覚の手の位置への視覚的注意”, 電子情報通信学会技術研究報告 (ヒューマン情報処理), Vol. 116, No. 377, HIP2016-67, pp. 29-32, 2016.
 - 12) 伊師華江, 松宮一道: “L字型画面における速度表示が観察者の映像認知に及ぼす影響”, 第18回日本感性工学会大会, 東京都・日本女子大学, 2016年9月9-11日.
 - 13) 松宮一道, 佐藤雅之, 塩入 諭: “サッカー後のターゲットブランクによる視覚輝度経路の選択的促進”, 第8回多感覚研究会, 東京都・早稲田大学, 2016年11月19-20日.
 - 14) Wei Wu, 松宮一道, 栗木一郎, 塩入 諭: “A motion in depth model based on inter-ocular velocity difference -Estimation of motion direction of motion in depth-”, 日本視覚学会2017年冬季大会, 東京都・NHK放送技術研究所, 2017年1月18-20日.
 - 15) Kuriki, I., Maemura, W., Matsumiya, K., Shioiri, S.: “Difference in brain activities for unique and cardinal hues investigated by fMRI”, The 13th Asia-Pacific Conference on Vision (APCV2017), Tainan, Taiwan, July 13-17, 2017.
 - 16) Shioiri, S., Yuan, Z., Matsumiya, K., Kuriki, I.: “Modeling the learning process of object locations in natural scenes”, The 13th Asia-Pacific Conference on Vision (APCV2017), Tainan, Taiwan, July 13-17, 2017.
 - 17) Miura, T., Matsumiya, K., Kuriki, I., Shioiri, S.: “Measuring attentional facilitation related to preparation of hand movements”, The 13th Asia-Pacific Conference on Vision (APCV2017), Tainan, Taiwan, July 13-17, 2017.
 - 18) Wu, W., Matsumiya, K., Kuriki, I., Shioiri, S.: “Predicting direction of motion in depth by a model with lateral motion detectors”, The 13th Asia-Pacific Conference on Vision (APCV2017), Tainan, Taiwan, July 13-17, 2017.
 - 19) Nonomura, M., Tseng, C.H., Matsumiya, K., Kuriki, I., Shioiri, S.: “Shift of visual attention to the illusory hand location”, The 13th Asia-Pacific Conference on Vision (APCV2017), Tainan, Taiwan, July 13-17, 2017.
 - 20) Matsumiya, K., Sato, M., Shioiri, S.: “Selective facilitation of the luminance visual pathway by postsaccadic target blanking”, The 19th European Conference on Eye Movements (ECEM2017), Wuppertal, Germany, August 20-24, 2017.
 - 21) Matsumiya, K., Sato, M., Shioiri, S.: “Contribution of Luminance-based Transient Signals to Transsaccadic Integration”, The 5th International Symposium on Brainware LSI, Sendai, Japan, February 23-24, 2018.
 - 22) 松宮一道: “身体化された視知覚 -人間の視知覚処理における身体の影響-”, 第2回人工知能学研究会, 宮城県・東北大学, 2017年2月21日.
 - 23) 松宮一道: “身体近傍空間の視知覚における身体意識の役割”, 第11回内部観測研究会, 東京都・早稲田大学, 2017年2月25, 26日.
 - 24) 松宮一道, 野々村萌, 栗木一郎, 塩入 諭: “感じている手の位置が身体注意に与える影響”, 第4回身体性システム領域全体会議, 鹿児島県・霧島国際ホテル, 2017年2月27日-3月1日.
 - 25) 伊師華江, 松宮一道: “L字型画面が動画映像の印象評価に及ぼす影響の予備的分析”,

- 第 12 回日本感性工学会春季大会, 大阪府・上田安子服飾専門学校, 2017 年 3 月 29 日-30 日.
- 26) 塩入 諭, 朱 冰一, 松宮一道, 栗木一郎: “時系列ターゲットに対する文脈手掛かり効果”, 日本視覚学会 2017 年夏季大会, 島根県・島根大学, 2017 年 9 月 6-8 日.
 - 27) 高倉健太郎, 後藤直人, Chia-huei Tseng, 松宮一道, 栗木一郎, 塩入 諭: “フラッシュラグ効果を用いた質感知覚の時間特性に関する検討”, 日本視覚学会 2017 年夏季大会, 島根県・島根大学, 2017 年 9 月 6-8 日.
 - 28) Kazumichi Matsumiya: “Bodily awareness and the coding of visual space”, RIEC International Symposium, Tohoku University, Sendai, November 18-19, 2017.
 - 29) 松宮一道: “身体意識と身体近傍空間”, 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 2017, 宮城県・仙台国際センター, 2017 年 12 月 20-22 日.
 - 30) 前村和貴子, 栗木一郎, 松宮一道, 塩入 諭: “ヒト視覚野におけるユニーク色と枢軸色の脳活動パターン解析”, 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 41, No. 9, HI2017-60, pp. 29-32, 2017.
 - 31) 任 薇静, 栗木一郎, 松宮一道, 塩入 諭: “fMRI 順応を用いた色運動情報と輝度運動情報の相互作用に関する検討”, 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 41, No. 9, HI2017-61, pp. 33-36, 2017.
 - 32) 松宮一道, 佐藤雅之, 塩入 諭: “サッカー変位抑制におけるブランク効果とランドマーク効果の比較 -信号検出理論による分析-”, 電子情報通信学会技術研究報告 (ヒューマン情報処理), Vol. 117, No. 259, HIP2017-71, pp. 65-68, 2017.
 - 33) 坂井拓美, 羽鳥康裕, 方 昱, 松宮一道, 栗木一郎, 塩入 諭, David Whitney: “継時刺激効果に対する頭部方向の影響”, 電子情報通信学会技術研究報告 (ヒューマン情報処理), Vol. 117, No. 375, HIP2017-90, pp. 35-38, 2017.
 - 34) 野々村萌, Chia-huei Tseng, 松宮一道, 栗木一郎, 塩入 諭: “身体の運動が身体性注意に与える影響”, 日本視覚学会 2018 年冬季大会, 東京都・工学院大学, 2018 年 1 月 17-19 日.
 - 35) 及川 諒, Chia-huei Tseng, 松宮一道, 栗木一郎, 塩入 諭: “手の動きが追従眼球運動に与える影響”, 日本視覚学会 2018 年冬季大会, 東京都・工学院大学, 2018 年 1 月 17-19 日.
 - 36) 高野修平, 松宮一道, Chia-huei Tseng, 栗木一郎, 塩入 諭: “サッカー前後の情報統合に関する前後刺激のコントラスト依存性—ブランキング効果を用いた検討—”, 日本視覚学会 2018 年冬季大会, 東京都・工学院大学, 2018 年 1 月 17-19 日.
 - 37) 松宮一道: “運動視から見た知覚と行動”, 東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究会「脳内の並列情報処理」, 宮城県・東北大学, 2018 年 2 月 16 日.
 - 38) Wang, H., Tseng, C.H., Matsumiya, K., Kuriki, I., Shioiri, S.: “The evaluation of images based on human preference with convolutional neural networks”, The 14th Asia-Pacific Conference on Vision (APCV2018), Hangzhou, China, July 13-16, 2018.
 - 39) Shioiri, S., Zhu, B., Matsumiya, K., Kuriki, I.: “Implicit learning of layout sequences”, The 14th Asia-Pacific Conference on Vision (APCV2018), Hangzhou, China, July 13-16, 2018.
 - 40) Wu, W., Tseng, C.H., Matsumiya, K., Kuriki, I., Shioiri, S.: “A pooling model based on inter-ocular velocity for human perception of motion direction in depth”, The 14th Asia-Pacific Conference on Vision (APCV2018), Hangzhou, China, July 13-16, 2018.
 - 41) 高野修平, 松宮一道, Chia-huei Tseng, 栗木一郎, Heiner Deubel, 塩入 諭: “サッカー統合に及ぼすコントラストの影響—サッカー前後の比較—”, 日本視覚学会 2018 年夏季大会, 茨城県・つくば市文部科学省研究交流センター, 2018 年 8 月 1-3 日.
 - 42) 高倉健太郎, Chia-huei Tseng, 松宮一道, 栗木一郎, 塩入 諭: “質感と初期視覚特徴の間の時間周波数特性の違いに関する検討”, 日本視覚学会 2018 年夏季大会, 茨城県・つくば市文部科学省研究交流センター, 2018 年 8 月 1-3 日.
 - 43) 日下怜美, Wei Wu, Chia-huei Tseng, 松宮一道, 栗木一郎, 塩入 諭: “奥行き運動方向弁別の心理物理実験についての再評価”, 日本視覚学会 2018 年夏季大会, 茨城県・つくば市文部科学省研究交流センター, 2018 年 8 月 1-3 日.
 - 44) 小野 真, Chia-huei Tseng, 松宮一道, 栗木一郎, 塩入 諭: “定常的誘発脳波を用いた視聴覚注意の空間分布の計測”, 日本視覚学会 2018 年夏季大会, 茨城県・つくば市文部科学省研究交流センター, 2018 年 8 月 1-3 日.
 - 45) Matsumiya, K.: “Fundamental Technologies for Visualizing Body-in-Mind Based on Gaze Behavior and Supporting Body Optimization”, JST-ISSIP Workshop, San Jose, CA, USA, August 27, 2018.
 - 46) 伊師華江, 松宮一道: “情報表示の画面デザインに関するニーズ調査データの予備的分析”, 第 20 回日本感性工学会大会予稿集, P-48, pp. 1-2, 2018.
 - 47) 松宮一道: “心の中の身体と視覚”, 第 40 回東京大学心理学研究室セミナー, 東京都・東京大学, 2018 年 6 月 4 日.
 - 48) 松宮一道: “身体意識と視覚”, 第 23 回日本バーチャルリアリティ学会全国大会, 宮城県・東北大学, 2018 年 9 月 19-21 日.
 - 49) 王 皓, 松原和也, 和田有史, 羽鳥康裕, Chia-huei Tseng, 松宮一道, 栗木一郎, 塩入 諭: “The Estimation of Higher-order Image Features with Convolutional Neural Networks”, 日

- 本視覚学会 2019 年冬季大会, 神奈川県・神奈川大学, 2019 年 1 月 29-31 日.
- 50) 笹田拓臣, 西川遼太, Chia-huei Tseng, 松宮一道, 栗木一郎, 塩入 諭: “手周辺注意への利き手の影響”, 日本視覚学会 2019 年冬季大会, 神奈川県・神奈川大学, 2019 年 1 月 29-31 日.
 - 51) 日下怜美, Wu We, Chia-huei Tseng, 松宮一道, 栗木一郎, 塩入 諭: “奥行き運動方向と単眼運動処理”, 日本視覚学会 2019 年冬季大会, 神奈川県・神奈川大学, 2019 年 1 月 29-31 日.

〔図書〕(計 2 件)

- 1) 感覚・知覚ハンドブック (誠信書房)、「4 章 3 節 両眼視の諸現象」の執筆を担当 (近刊)。
- 2) 図説 視覚の科学 (朝倉書店)、「4 章 注意と行動」の執筆を担当 (近刊)。

〔産業財産権〕

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
取得年 :
国内外の別 :

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.cp.is.tohoku.ac.jp>

プレスリリース

- 1) <http://www.tohoku.ac.jp/japanese/2016/10/press20161018-01.html>
- 2) <http://www.tohoku.ac.jp/japanese/2018/05/press20180509-01-ushiromomirume.html>
- 3) <https://www.jst.go.jp/pr/announce/20190125/index.html>
- 4) <https://www.tohoku.ac.jp/japanese/2019/01/press-20190125-01-matsumiya.html>
- 5) https://www.tohoku.ac.jp/en/press/research_20190320_infSCI.html

国外 web サイト

- 1) <https://www.sciencedaily.com/releases/2016/11/161115094635.htm>
- 2) https://www.eurekalert.org/pub_releases/2016-11/tu-hva111416.php
- 3) <https://www.sciencedaily.com/releases/2018/05/180510115056.htm>
- 4) https://www.eurekalert.org/pub_releases/2018-05/tu-eit050918.php
- 5) <https://www.alphagalileo.org/en-gb/Item-Display/ItemId/177458?returnurl=https://www.alphagalileo.org/en-gb/Item-Display/ItemId/177458>
- 6) <https://www.sciencedaily.com/releases/2019/04/190404104407.htm>
- 7) https://www.eurekalert.org/pub_releases/2019-04/tu-waw040419.php

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名 : 塩入 諭

ローマ字氏名 : (SHIOIRI, satoshi)

所属研究機関名 : 東北大学

部局名 : 電気通信研究所

職名 : 教授

研究者番号 (8 桁) : 70226091

※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。