

色の好みは自発的行為に対する運動主体感に影響するか？ Does color preference affect sense of agency over voluntary action?

村上 久[†], 井澤 玲[‡], 西山 雄大[§], 秋吉 政徳[‡]

Hisashi Murakami, Rei Izawa, Yuta Nishiyama, Masanori Akiyoshi

[†]東京大学, [‡]神奈川大学, [§]長岡技術科学大学

The University of Tokyo, Kanagawa University, Nagaoka University of Technology

hisashi.murakami@mail.u-tokyo.ac.jp

Abstract

Sense of agency refers to the feeling that one's voluntary actions produce external sensory events. Previous studies have reported that the sense of agency is enhanced by high-level narrative processes when positive outcome is caused by one's own actions. However, recent studies showed that low-level sensorimotor processes also would be bases of such emotional modulations. The intentional binding paradigm is usually used for implicit estimate of the sense of agency. However, most previous studies employed auditory stimulus rather than visual stimulus as sensory input for the paradigm. Particularly, for visual stimulus, how different colors affect the degree of the sense of agency has not been investigated. In this thesis, we first constructed an experimental setup to quantitatively measure the effect of color presentation as visual stimulus on the sense of agency. Second, we presented different color presentations with different valences as outputs of participant's voluntary actions, and examined how they influence on the sense of agency. Then, we found that the sense of agency would be enhanced when presenting colors with neutral valences.

Keywords — sense of agency, intentional binding, color preference

1. はじめに

運動主体感 (sense of agency) とは、外的な感覚的事象が自発的行為により生み出されたとする感覚である。運動主体感は他の誰でもないわたしの身体感覚・イメージを構成する上で身体所有感と並んで近年最も重要視されている[1]。身体における自他の分離は一見自明なものに思えるが、統合失調症患者は自分の行動を他者に帰属されるが故に幻覚が起こると考えられ、また定型者においても例えば二人羽織やコックリさん等の状況においては、自身が起こした運動か否か簡単にわからなくなることが考えられる[2,3]。運動主体感は、こうした自他の区別と混同に本質的に関わると考えられる。

また、自身の運動により肯定的な結果が起こった場合、そうでない場合に比べ、その運動主体感がより高まることが知られている。こうした運動結果の感情価 (ポジティブ・ニュートラル・ネガティブ) による主体感への影響は、従来、高次の言語処理によって引

き起こされると考えられてきた[4]。しかし近年、こうした影響が、より低次の身体感覚処理がベースとなり起こり得るとする研究が報告されている[5]。ここでは運動主体感の評価方法として広く研究されている意図的結合パラダイム (IBパラダイム; Intentional binding paradigm) が用いられた (IBパラダイムについては後述)。これにより、自発的行為の結果として、ネガティブな音声 (悲鳴など) が感覚入力として得られた時、ポジティブ (歓声など)、またニュートラルな場合に比べ、より弱い運動主体感が得られたとされた。このような IBパラダイムにおける研究では、感覚入力として用いられるのは主に聴覚刺激であり、視覚刺激が用いられることは殆どない。特に色を刺激とする場合については検証がされていない。

そこで本研究では、まず色を用いた視覚刺激をフィードバックとする運動主体感を評価可能な実験系を構築した。そして、ヒトの自発的行為に対して異なる感情価を持つ色を提示し、運動主体感に及ぼす影響を検証した。具体的には、色の感情価が運動主体感に与える影響について、「人の自発的行為に対してポジティブな色を提示した場合の方が運動主体感を向上させる」という作業仮説を立て検証した。

2. 方法

本研究では色の好みと運動主体感の関係を研究するため、第一に色の印象評定課題実験を行い、その結果に基づき、色をそれぞれの感情価 (ポジティブ・ネガティブ・ニュートラル) によって分類した。第二に、IBパラダイムをベースとして、印象評定課題で得られた各感情価の色を感覚入力刺激とする時間推定課題実験を行った。

2.1 印象評定課題

各感情価の色を選定するため、色の好みに関する先行研究にならひ[6,7]、Berkeley Color Project の 32色を対象とする印象評定課題を予備実験として行った。被験者 (n=17) は、色に対して持つ印象 (ポジティブ・ネガティブ) を-100 から 100 までの値で評価した。

この結果から、評価値の最も高い・0 付近・最も低い、4色（計 12 色）を選択し、夫々ポジティブ・ニュートラル・ネガティブ条件における色の提示刺激とした。

2.2 時間推定課題

2.2.1 色を用いた意図的結合パラダイム

実験は、視力が正常（コンタクトレンズ、眼鏡着用による矯正視力を含む）で若年健常者 17 名を対象として行った。

運動主体感を間接的に評価可能な IB (Intentional binding) パラダイムを用いた。IB とは、自身の行為とそれによる行動結果に因果関係を認めるとき、ヒトが両者の時間感覚を短く推定する、という現象である。本パラダイムでは被験者は、時計を見ながら任意のタイミングでキーを押し、その 250ms 後にブザー音が鳴らされる。その後被験者は、キー押し（もしくはブザー音）開始時に、時計の針がどこにあったかを報告する。結果として、被験者はキー押しから音の提示までを短く推定する。これは意図的なキー押しとその結果としてのブザー音が因果的に結合されることで引き起こされ、それ故に時間間隔のシフト量が運動主体感の指標として考えられている[5, 8-11]。

本研究では、ブザー音の代わりに、時間推定を行うための時計が映し出されたディスプレイの背景色を変化させることで、視覚刺激を提示する手法を用いた（図 1）。

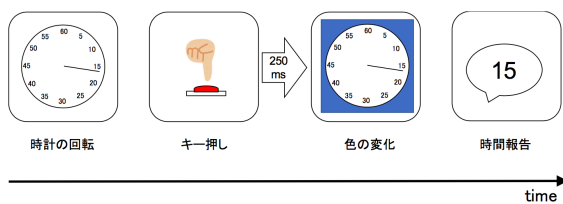


図 1 色を感覚入力とする IB パラダイム

2.2.2 実験ブロック構成

本研究の意図的結合パラダイムは以下のように 4 ブロックから構成されている（図 2）。

1. ベースライン：キー押し報告
被験者は、回転する時計の針を見ながら、任意のタイミングでキー押し動作をする。その後、キー押し開始時に時計の針がどこにあったかを報告する。
2. ベースライン：色変化報告

被験者が、回転する時計の針を見ていると、ランダムなタイミングでディスプレイの背景色が変化する。その後被験者は、色変化開始時に時計の針がどこにあったかを報告する。

3. オペラント：キー押し報告
被験者は、回転する時計の針を見ながら、任意のタイミングでキー押し動作すると、その 250ms 後にディスプレイの背景色が変化する。その後被験者は、キー押し開始時に時計の針がどこにあったかを報告する。
4. オペラント：色変化報告
被験者は、回転する時計の針を見ながら、任意のタイミングでキー押し動作すると、その 250ms 後にディスプレイの背景色が変化する。その後被験者は、色変化開始時に 時計の針がどこにあったかを報告する。

従来研究の聴覚刺激を用いた実験同様、キー押し報告におけるベースラインからのシフト量 Action binding と色変化報告におけるベースラインからのシフト量 Effect binding を運動主体感の評価指標とした。

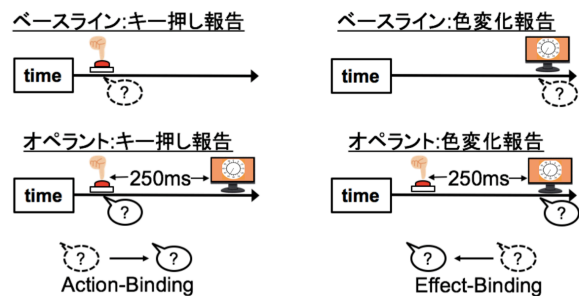


図 2 実験ブロック構成

2.2.3 実験手順

被験者は、ポジティブ・ニュートラル・ネガティブの 3 つの条件において、意図的結合パラダイムの 4 つのブロックに取り組んだ。課題全体は、キー押し報告セッションと色変化報告セッションの 2 つのセッションに分割されており、セッション内のブロックは音報告及び色変化報告のいずれかで統一されている。各ブロックは、24 試行（4 色 × 6 試行）で構成されており、さらに 12 試行の 2 つのサブブロックに分割されている。また、カウンターバランスをとるため、ブロック内で提示される色は、完全にランダムになっており、サブブロック間で均一にならないように設定した。ベースラインキー押し報告ブロック

は、すべての条件で共通の 1 ブロックとして取り扱っているため、課題全体で 10 ブロックで構成されている。被験者は、計 240 試行の課題に取り組み、各ブロック開始前には、課題を理解するために 5 回の練習試行に取り組んだ。また被験者には、課題に対する注意を確認するために、サブブロック内においてどの色が最も多く提示されたかを報告してもらった。セッション内では、感情価による効果を最大化するために、一つの条件においてベースライン及びオペラントブロックを連続して取り組むように設定した。また、セッション（キー押し報告・色変化報告）、条件（ポジティブ・ニュートラル・ネガティブ）、ブロック（ベースライン・オペラント）の順序は被験者内で統一され、被験者間では均一になるように調整した。

2.2.4 統計検定

異なる条件（ポジティブ・ニュートラル・ネガティブな色の提示）において、夫々の時間収縮量を比較した。3群の比較には Benjamini and Hochberg 補正による対応のある t 検定を用いた。

3. 結果

まず印象評定課題の結果としては、先行研究[5,6]と同様の結果が得られた（図3）。

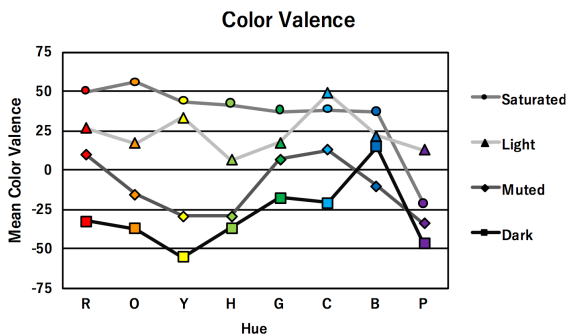


図3 印象評定課題の結果

そこで、方法で述べたとおり、評価値の最も高い・0 付近・最も低い、4色（計 12 色）を選択し、夫々ポジティブ・ニュートラル・ネガティブ条件における色の提示刺激とした。

以上の条件において、色における IB パラダイムに基づいた時間推定課題を行なった。結果として、いずれの条件においても時間収縮が確認され、聴覚刺激をフィードバックとする先行研究と同様の結合効果が得られた。

続いて各条件間の差に関して、Effect binding においてはいずれの条件においても差がなかった。一方で Action binding においては、ニュートラルが他の二つに対して結合効果が高い傾向にあった（positive vs neutral: $P=0.066<0.1$; positive vs negative: $P=0.904$; negative vs neutral: $P=0.066<0.1$ ）（図4）。

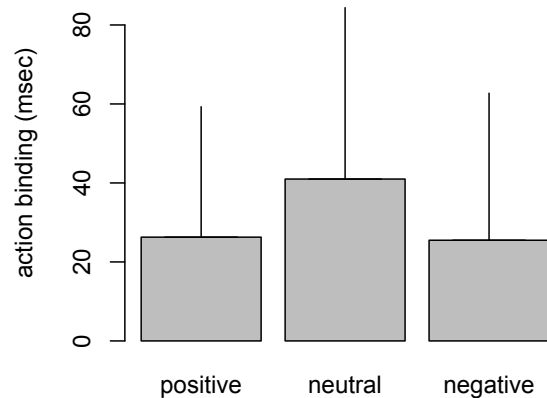


図4 Action binding の結果

4. 議論

今回の実験では、ポジティブ・ネガティブ条件間で有意差が得られず、むしろ両者よりもニュートラル条件において時間収縮量が大きくなる傾向が得られた。このことは、自発的行為の結果として得られる感覚入力（ポジティブであれネガティブであれ）感情価を持つ視覚刺激である場合よりも、ニュートラルな視覚刺激である場合のほうが、運動主体感を高めることを示唆する。従って、否定的な行動結果が運動主体感を高めるという既存研究の報告とは異なる結果になった。

言語処理における高次認知に比べ、聴覚や視覚といった感覚はより低次認知によって処理にされるが、こうした感覚処理をベースとする感情価と操作感の関係は近年明らかになったばかりであり、大部分が未解明であると言える。既存研究では言語処理の場合の場合と類似してネガティブな感覚入力が操作感を減じさせたが、本研究はこれとは異なる結果となった。これについてどのように考えられるだろうか。まず従来研究が感覚入力として聴覚刺激を用いていたことに対して、本研究では視覚刺激を用いたことを考える必要があるだろう。人の視覚や聴覚では、夫々V1野やA1野などの低次処理から徐々に、階層的に高次領野へ情報が伝達されることが知られる。視覚と聴覚の両者は、このような構造を持ちながらも、一般には、視覚の方が高次認知との結びつきがより強く神経系が複雑であるが

故に処理速度が聴覚よりも低いと考えられる。以上を踏まえた上で、本研究の結果を考えると以下のような解釈が考えられる。すなわち、従来の聴覚刺激の場合と異なり、視覚刺激においては、その処理にかかる時間の都合上、感情価を持つ感覚入力（ポジティブかネガティブかの）処理が一旦保留され、むしろその効果が抑制されている可能性がある。他方、感情価の無いニュートラル条件においては処理が保留されることなく、その結果相対的に最も運動主体感を感じたと考えることができる。

なお、本研究においては、色の評定に対して感情価のみを用いた。しかし、人の感情は感情価（ポジティブ・ネガティブ）に加え、覚醒度（興奮・沈静）という2つの次元で構成されると考えられており、行動結果の覚醒度を考慮した実験を行うことで、今後より詳細に検証していく必要がある。

参考文献

- [1] S. Gallagher (2000) "Philosophical conceptions of the self: implications for cognitive science", *Trends in Cognitive Sciences*, 4(1), 14 - 21.
- [2] D. M. Wegner (2002). "The illusion of conscious will" MIT Press.
- [3] D. M. Wegner (2003) "The mind's best trick: How we experience conscious will" *Trends in Cognitive Sciences*, 7(2), 65-69.
- [4] J. Greenberg, T. Pyszczynski, J. Burling and K. Tibbs (1992) "Depression, self-focused attention, and the self-serving attributional bias" *Pers. Individ. Dif.* 13, 959-965.
- [5] M. Yoshie, P. Haggard (2013) "Negative emotional outcomes attenuate sense of agency over voluntary actions", *Current Biology*, 23, 2028 - 2032.
- [6] S. E. Palmer, K. B. Schloss (2010) "An ecological valence theory of human color preference", *Proceedings of the National Academy of Science*, Vol.107, No.19, pp.8877 - 8882.
- [7] K. Yokosawa, K. B. Schloss, M. Asano, & S. E. Palmer (2016) "Ecological Effects in Cross - Cultural Differences Between US and Japanese Color Preferences" *Cognitive science*, 40(7), 1590-1616.
- [8] P. Haggard, S. Clark and J. Kalogeras, (2002) "Voluntary action and conscious awareness", *Nature Neuroscience*, 5(4), 382 - 385.
- [9] J. F. Christensen, M. Yoshie, S. Di Costa, and P. Haggard (2016) "Emotional valence, sense of agency and responsibility: A study using intentional binding" *Consciousness and cognition*, 43, 1-10.
- [10] J. W. Moore, D. Lagnado, D. C. Deal, P. Haggard (2009) "Feelings of control: contingency determines experience of action" *Cognition*, 110(2), 279-283.
- [11] J. W. Moore, & S. S. Obhi (2012) "Intentional binding and the sense of agency: a review" *Consciousness and cognition*, 21(1), 546-561.