



思い通りに動かせないと感情の抑制が効かなくなるか？ VR ハンド操作における sense of agency と情動 self-control の関連について

What Happens to Emotional Self-Control When You Can't Move as Intended?
Exploring the Sense of Agency in VR Hand Tasks and Emotional Self-Control

来間千晶¹⁾, 栗田雄一²⁾

Chiaki RAIMA and Yuichi KURITA

1) 東京国際大学 人間社会学部 (〒350-1197 埼玉県川越市の場北 1-13-1, craima@tiu.ac.jp)

2) 広島大学大学院 先進理工系科学研究科 (〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1, ykurita@hiroshima-u.ac.jp)

概要：人間拡張下の sense of agency (SoA) の低下にともない、動作にかかる self-control (SC) の負担が増大し、自我消耗という心理状態になりやすいと考えられる。本研究では Unity および VR システムを用いたボール投げ課題を動作 SC 課題として用い、SoA と動作 SC を操作・測定した。続いて実施した刺激画像に対する情動 SC 課題では、顔の表情価に基づいて情動の SC について評価を試みた。実験結果より、高負荷の動作 SC が要求されるテストで、SoA 低下により主観的自我消耗が増大すること、動作 SC 課題の自我消耗は情動 SC 課題の自我消耗も増大しう傾向が示された。一方、SoA 操作効果や情動反応の個人差についてはさらなる検証が必要である。

キーワード：運動主体感, 自己制御, 感情制御, バーチャルハンド

1. 緒言

フィジカル空間のみならずバーチャル空間での人間拡張下の身体の使い方は依然未知である。人間拡張下で自分の身体やサイバネティック・アバターの運動制御を行なう際、self-control が必要であり、その必要性が過大になる場合がある。self-control とは、ある基準や長期目標に合わせて思考や感情や行為を変えること、衝動的な反応に抵抗することを指す [1]。

動作にかかる self-control を左右する背景として、VR 環境下での行為やその結果に対する sense of agency (SoA) が関与すると考えられる。SoA とは、“ある行為を自分自身が意図的に引き起こす、またはコントロールしているという感覚や意識的経験”を指す[2,3]。VR 環境下で運動する場合には、運動意図や運動の結果の予測と実運動が乖離し、運動制御上の誤差が発生することで SoA が低下するとされる。その誤差の解消のためには動作の self-control を要すると考えられる。特に、VR 環境下で得られる感覚・知覚フィードバック情報の誤差については、フィジカル空間での人の運動出力から発生するものだけでなく、VR システムやユーザーインターフェースの応答に起因するものも

重畳する。本研究の実験課題では後者を実験操作要因として設定し、VR 内のバーチャルハンドに対する SoA がその動作の self-control に及ぼす影響について着目する。

なお、人はいつでも効率的な self-control をすることができるとは限らない。人が基準や長期目標に到達するための適切な self-control をすることができなくなってしまうメカニズムについては、resource model [4], process model [5], dual systems model [6] などで説明されてきた。このうち、resource model に基づいて考えると、VR 環境下で過剰な self-control を行なってしまった場合、心理資源の消耗である「自我消耗」が起こり、さらなる self-control の失敗を招くと予想される。Self-control の低下については様々な様相で表出することが示されており、中でも本研究では情動の self-control における自我消耗について検証する。

したがって本研究の目的は、VR 環境下における SoA および動作の self-control, 情動の self-control における自我消耗の関連性について探索的に検討することとした。

2. 方法

2.1 実験参加者

日本国内の大学および研究参加情報サイト (<https://www.jikken-baito.com>) に募集情報を掲示し、以下の条件に該当する者を募集した：18～39歳である、視覚機能に疾患・怪我がなく VR 用ヘッドマウントディスプレイを使用できる、両手に疾患や怪我がなく VR 用コントローラを操作できる、日本語でのインタビューやアンケートに回答できる、自由意思により本研究に協力できる。応募者の内、募集条件と合致した 8 名 (female=2, male=6, 24.63 ± 4.06 years old) を実験参加者とした。実験課題に先立ち、セルフコントロール尺度短縮版の邦訳 (BSCS-J: 全 13 項目, 5 件法リッカート尺度) [7] による心理検査を行なった。本実験参加者の BSCS-J 得点の平均値は 40.000, 標準偏差は 7.348 であり、やや self-control に優れていたと考えられる。なお、全実験参加者よりインフォームド・コンセントを取得した。

2.2 実験プロトコル

本研究では動作 self-control 課題として、Unity 環境内での VR ハンド操作および CG ボール投球課題を採用した (図 1)。VR システムは VIVE Pro 2 (HTC 社製) を使い、右手のコントローラで投球用ボールの把持およびターゲットボールへの狙準をするものとした。コントローラによる VR ハンド操作方法は、トリガーの押下に応じて VR ハンドの母指を除く 4 指を屈曲、トラックパッドの接触位置に応じて母指を屈曲するものとした。なお、現実空間での投球動作は椅座位での下手投げに限定した。

コントローラ操作方法の確認後、練習試行として 60 トライアル行なった。休憩後、テスト試行として 30 トライアル行なった。各試行完了後に SoA および自我消耗の測定を行なった。SoA の測定には先行研究 [8, 9] で用いられた質問項目を応用した (e.g., 「自分がバーチャルハンドの細かい動きをコントロールできているように感じた」)。3 項目の質問に対し、回答形式はリッカートの 7 件法 (-3: まったくあてはまらない～+3: 非常によくあてはまる) を用いた。自我消耗の測定には、先行研究 [10] を参考に設定した、4 つの主観評価項目 (e.g., 「どのくらいバーチャルハンドを動かすことに努力を要すると感じましたか?」) について、リッカート 7 件法 (1: まったく～4: どちらともいえない～7: 非常に) で回答を求めた。

テスト試行では SoA 操作要因として 4 水準の実験条件を設定した。Unity の TimeScale の設定値に基づき、1.00 (練習試行と同値), 0.75, 0.50, 0.25 条件を設定し、被験者間計画にてランダムに割り当てた。テスト試行開始前に「白ターゲットボールにできるだけ近付けるように青ボールを投げてください」「CG ハンドの動きを乱さないようにスムーズに投球してください」と指示し、これを動作 self-control 教示とした。併せて、両ボールの停止位置間の距離、および CG ハンドの投球動作をパフォーマンス評価対象とする旨を実験参加者に伝えた。

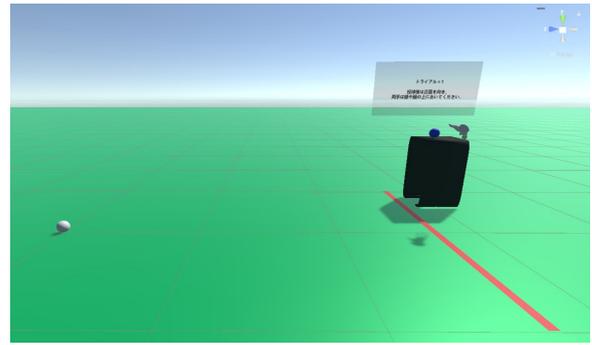


図 1: VR 空間内の動作 self-control 課題環境。右方台上の青いボールは投球用ボール、左方の白いボールはターゲットボール。台付近のテキストボードでは課題教示文を掲示した。

続いて、表情 self-control 課題では、感情刺激として the Open Affective Standardized Image Set (OASIS) [11] から選定した 80 点の画像セットを用いた。「画像を見ていかなる気持ちを感じたとしても、それを表情には出さず、無表情をキープしてください」と指示し、これを情動 self-control 教示とした。情動 self-control 教示画面 5sec, 注視画面 1sec, 刺激画像 10sec の順に繰り返し提示し、約 21 分間課題を行なった。課題中の実験参加者の表情はウェブカメラで記録した。表情 self-control 課題終了直後、自我消耗の測定を行なった。

self-control 課題および心理状態測定を完了した後は、各課題中の self-control について問う半構造化インタビューを実施した。

2.3 データ解析

本稿では次の測定指標を中心に論じる。まず、質問紙法による SoA および自我消耗について、測定ごとに各質問項目の回答値の平均を算出した。本稿ではサンプルサイズが限定的であるため、質問紙法で収集した主観報告データについては単回帰分析を予備的に実施した。なお、外れ値の検討のため、単回帰モデルごとに Cook's distance を算出し、サンプルサイズ $n = 8$ に対する $4/n$ の閾値を超えるプロットを除去した。最終的な回帰直線 (図 4) は外れ値を除去したデータセットを用いて実施した。

また、情動 self-control 課題時の表情の解析には心 Sensor (シーエーシー社) を用いた。Neutral 値が 95%以上であれば無表情と判断し、これを下回れば情動表出とした。課題時間あたりの情動表出が起こった割合を求め、これを表情からみた自我消耗の指標とした。

3. 結果および考察

図 2 に動作 self-control 課題の練習試行およびテスト試行における実験参加者ごとの SoA 得点を示した。実験参加者全体の傾向として、練習試行よりもテスト試行にかけて SoA が低下していることが示された。ただし、本実験で設定した TimeScale の数値に応じて、SoA 得点自体が増加する傾向や練習試行からテスト試行にかけての SoA 変化

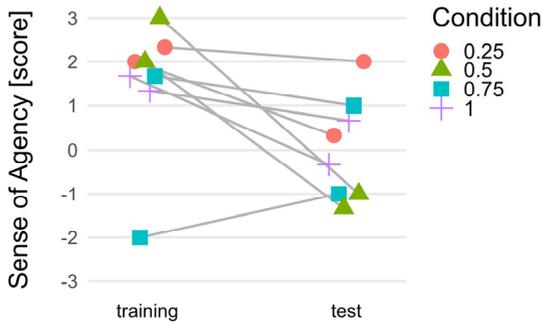


図 2: 動作 self-control 課題の練習試行 (training) およびテスト試行 (test) における実験参加者ごとの sense of agency 得点のプロット。「●」は 0.25 条件, 「▲」は 0.50 条件, 「■」は 0.75 条件, 「+」は 1.00 条件でテスト試行を実施した参加者であることを表す。

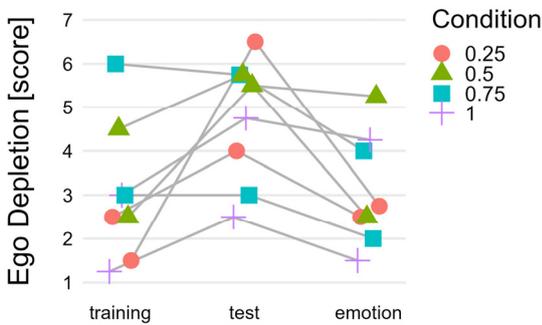


図 3: 動作 self-control 課題の練習試行 (training) およびテスト試行 (test), 表情 self-control 課題 (emotion) における実験参加者ごとの自我消耗得点のプロット。マーカの定義は図 2 と同様。

量が減少する傾向はなかった。

図 3 には動作 self-control 課題の練習試行, テスト試行, および表情 self-control 課題における実験参加者ごとの自我消耗得点を示した。0.75 条件を除き, 練習試行からテスト試行にかけて自我消耗が大きくなる傾向が示された。さらに, テスト試行に着目すると, SoA から自我消耗得点への回帰直線は負の傾きを示した ($\beta = -0.655$, 図 4 上)。よって, より動作 self-control の要求が強くと SoA が下がりうるテスト試行に取り組むにあたり, SoA が低いほど主観的に感じる自我消耗が増大することが示された。

また, 動作 self-control 課題終了後よりも情動 self-control 課題の方が自我消耗が小さい傾向にあった。Self-control における resource model では, 先行する self-control で心理資源を消費した場合, それとは異なる self-control が必要な場合でも自我消耗が起こりうる主張されていた [12]。しかし, 本課題では動作 self-control から情動 self-control に変わり self-control を要求し続けたが, 個人内の変動からみれば, 実験参加者が主観報告した自我消耗がより重度になることはなかった。ただし, 実験参加者全体のテスト試行の自我消耗得点から情動 self-control 課題の自我消耗得点へ

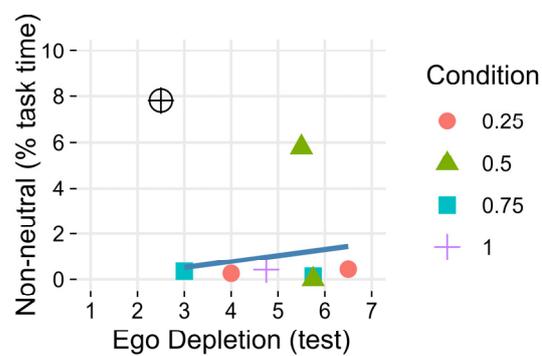
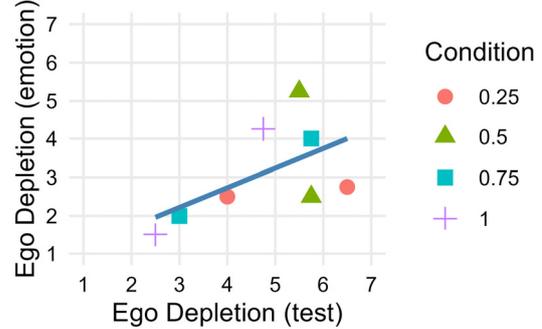
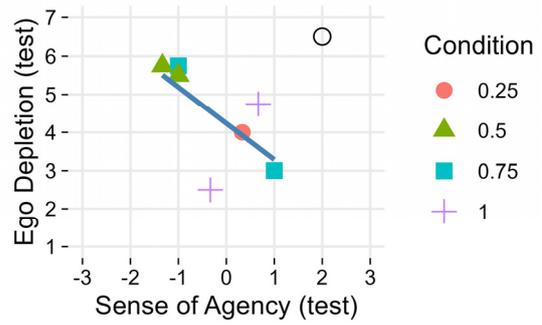


図 4: 動作 self-control 課題のテスト試行の Sense of agency と自我消耗得点 (上), 自我消耗得点 (中) または情動 self-control 課題時間あたりの情動表出 (下) と情動 self-control 課題の自我消耗得点の実験参加者ごとのプロットおよび回帰直線。マーカの定義は図 2 と同様。ただし, 白抜き丸でマークしたプロットは外れ値とした。

の回帰直線は正の傾き ($\beta = 0.570$) を示した (図 4 中)。したがって, 実験参加者の主観報告に基づいていけば, 動作 self-control 実行による自我消耗を高く感じるほど, 情動 self-control での自我消耗も高く感じる傾向がみられた。

情動 self-control における自我消耗得点からの回帰直線 (図 4 下) については, $\beta = 0.154$ の正の傾きを示したことから, ごくわずかながら表情抑制が効かなくなる傾向にあった。しかし, 表情解析により算出された Neutral 値の平均は $1.901 \pm 3.077\%$ であり, 表情での情動表出はほとんどされていなかったといえる。実験参加者のインタビューでは, 「そこまで表情を変えないっていうのにそんなに苦勞はしなくて」(実験参加者 4, 0.50 条件), 「刺激画像に含まれていた害虫や死体など」見慣れてるんで。映画とかよく見るんで。」(実験参加者 1, 1.00 条件) といった発言が得

られた。一方で、「多分虫3回出たと思うんですよ。(中略)3回目完全に見つづけてました。もう無理って思って。」(実験参加者7, 0.25条件)といった発言も得られた。本実験の刺激画像セットにより喚起された情動反応に対してself-controlを行っていた実験参加者もいれば、self-controlの対象となるはずの情動反応自体が起りにくかった実験参加者もいたことがうかがえる。よって、情動反応のself-controlにおける自我消耗について検討するにあたり、情動反応の個人差を考慮したより妥当性の高い心理モデルについて検討する必要があるといえよう。

4. 結言

本研究の目的は、VRハンドによるCGボール投球課題を用い、SoAおよび動作のself-control、課題後の情動self-controlにおける自我消耗の関連性について探索的に検討した。その結果、動作self-controlの要求が強い中で投球パフォーマンスをテストされる場合、SoAが低いほど主観的に感じる自我消耗が増大することが示された。さらに、主観報告による指標では、テスト時の自我消耗を高く感じるほど、その後の情動self-controlでの自我消耗も高く感じる傾向がみられた。ただし、実際に表情の抑制ができなくなるという自我消耗の表出については明確な傾向はみられなかった。加えて、今回設定したSoA操作条件による影響については明確な特徴は推察されず、VR環境に内在しSoAに影響する要因の再考が課題となった。さらに、画像提示による情動反応の個人差を踏まえてモデルを検討する必要がある。また、本稿では一部の変数間の単回帰分析において、少数のサンプルサイズの中で外れ値処理を行なった。したがって、より妥当性および信頼性の高い変数間の関連モデルの確立については、今後より大規模なサンプルにて検証を継続する。

謝辞 本研究は東京国際大学特別研究助成を受けて遂行された。

参考文献

- [1] R. F. Baumeister, "Ego depletion and self-control failure: An energy model of the self's executive function," *Self Identity*, vol. 1, no. 2, pp. 129–136, 2002.
- [2] S. Gallagher, "Philosophical conceptions of the self: Implications for cognitive science," *Trends Cogn. Sci.*, vol. 4, no. 1, pp. 14–21, 2000.
- [3] Y. Sato, T. Kawase, K. Takano, C. Spence, and K. Kansaku, "Body ownership and agency altered by an electromyographically controlled robotic arm," *R. Soc. Open Sci.*, vol. 5, no. 5, 172170, 2018.
- [4] M. Muraven, D. M. Tice, and R. F. Baumeister, "Self-control as a limited resource: Regulatory depletion patterns," *J. Pers. Soc. Psychol.*, vol. 74, no. 2, pp. 774–789, 1998.
- [5] A. L. Duckworth, R. E. White, A. J. Matteucci, A. Shearer, and J. J. Gross, "A stitch in time: Strategic self-control in high school and college students," *J. Educ. Psychol.*, vol. 108, no. 3, pp. 329–341, 2016.
- [6] M. Inzlicht, K. M. Werner, J. L. Briskin, and B. W. Roberts, "Integrating models of self-regulation," *Annu. Rev. Psychol.*, vol. 72, pp. 319–345, 2021.
- [7] 尾崎由佳, 後藤崇志, 小林麻衣, 沓澤岳, "セルフコントロール尺度短縮版の邦訳および信頼性・妥当性の検討," *心理学研究*, vol. 87, no. 2, pp. 144–154, 2016.
- [8] A. Kalckert and H. H. Ehrsson, "Moving a rubber hand that feels like your own: A dissociation of ownership and agency," *Front. Hum. Neurosci.*, vol. 6, p. 40, 2012.
- [9] A. Kalckert and H. H. Ehrsson, "The moving rubber hand illusion revisited: Comparing movements and visuotactile stimulation to induce illusory ownership," *Conscious. Cogn.*, vol. 26, pp. 117–132, 2014.
- [10] C. Englert, B. N. Persaud, R. R. D. Oudejans, and A. Bertrams, "The influence of ego depletion on sprint start performance in athletes without track and field experience," *Front. Psychol.*, vol. 6, p. 1207, 2015.
- [11] B. Kurdi, S. Lozano, and M. R. Banaji, "Introducing the Open Affective Standardized Image Set (OASIS)," *Behav. Res. Methods*, vol. 49, pp. 457–470, 2017.
- [12] R. F. Baumeister, K. D. Vohs, and D. M. Tice, "The strength model of self-control," *Curr. Dir. Psychol. Sci.*, vol. 16, no. 6, pp. 351–355, 2007.