

自己選択による観察学習は運動誤差をどの程度許容するのか? —行動科学と神経科学的観点からの情報処理メカニズムの解明—

廣光佑哉

同志社大学研究開発推進機構・スポーツ健康科学部

1. 緒言

観察学習とは、運動学習時に手本となるモデルを観察することで、その運動を学習するという技法である(Bandura, 1969, 1999). また、観察学習は運動スキルを学習する際に、学習者へ情報を伝達するために最も頻繁に使用される方法でもあり(Williams & Hodges, 2005), スポーツなどの練習場面で情報を伝達するための有用なツールである(Hodges et al., 2007). 近年の研究では、視聴する映像を学習者が自己選択する事で、観察した映像と学習者自身の運動イメージとの認知的な乖離が緩和される事を示した(Hiromitsu & Ishikura, 2021). また乖離が小さくなるほど、運動課題に対する動機づけや、運動パフォーマンスの向上に寄与する事も示唆されている.

自己選択による運動学習への影響の背景には観察時の情報処理機能の効率化が関与していると考えられる. 例えば、複数ある練習条件の中から 1 つの条件を自己選択し練習を行った場合、ワーキングメモリの負荷に関与する頭頂から前頭にかけての脳波の周波数帯域(θ 波)の活動が他者選択された場合よりも高かった事が報告されている (Jaquess et al., 2020). また、Hansen et al (2011)が行った研究では、キータッピング課題を行い、フィードバックの機会を選択できる場合(選択群)と選択できない場合(非選択群)を比較した結果、キータッピングの正確性に差異はなかったが、安定性(Variable error)およびミスタッピングは選択群が他の群と比較して最も改善されたと報告している. この結果について、Hansen et al. (2011)は選択することにより、学習者はエラー検出が強化される可能性を示唆しており、自己選択が脳内の情報処理を強化し、学習に寄与していると考えられる.

一方、映像選択後にヒトはどのように情報を知覚し、認知しているのかは不明瞭である. また、これまでの自己選択の研究では、選択によって線条体や前帯状皮質といった報酬に関与する部位が活性化する事が報告されているが(e.g., Murayama et al., 2015), 選択後にヒトが体験した出来事に対してどのように知覚・認知処理をしているかは明らかでない.

そこで本研究課題では、学習時に自己選択した映像の観察に対して意図的に強度の異なる誤差情報を発生させ、それに伴う反応や行動の修正が学習に貢献もしくは阻害するかについて検討した. さらに、そのメカニズムとして、映像観察時の脳波(Electroencephalogram; EEG)を記録し、事象関連電位(event-related potentials; ERP)の解析を行った. ERP の成分として、課題に対する深い情報処理を調査するため、エラー関連陰性電位(error-related negativity; ERN)およびエラーポジティビティ(error-positivity; Pe)を用いた. ERN はエラー検出に関わる陰性電位であり、ERN の増大は内的なエラー検出や注意の持続を反映している. Pe はエラーの評価やエラーの意識的な気づきに関わる心的過程を反映する陽性電位である. Pe の増大はエラーへの意識的な気づきを反映している. 本研究では、先行研究(e.g., Hansen et al., 2011; Jacquess et al., 2020)の知見から、自己選択をした場合、エラーに対する情報処理はエラーが無い場合よりも増大すると仮説を立てた. また ERN に関しては、自己選択した場合に非選択よりも振幅が増大すると予想した.

2. 研究 1

2.1. 研究方法

2.1.1. 実験参加者

実験課題に未経験な 18~30 歳の大学生および大学院生 28 名(男性 16 名, 女性 12 名, 平均年齢 22.43 歳, SD=1.69)を対象とした。実験参加者に視覚に支障がないことは事前に口頭で確認した。

2.1.2. 課題と装置

実験環境を図 1a に示す。本実験は薄暗くした実験室内で、実験参加者を座位姿勢、あご台(竹井機器工業株式会社, T.K.K.903a)に頭部を固定した状態で実験を実施した。刺激提示用のモニター(BENQ, XL2540-B)は実験参加者から 70cm 離れた箇所に設置した。また、反応装置(chronos serial response box, Psychology software tools inc.)は実験参加者の右手側 16 cm の位置に設置した。実験参加者に対して、キータッピング課題の映像を観察させ、デモ映像とテスト映像が同じ速度か否かを判断する課題を行わせた。本課題は、反応装置内に埋め込まれた 5 つのボタンを(左端を 1, 右端を 5 とした), 決められた順序, そして指定された時間に一致することを目標に押す課題である。本実験では、パターン A(順序; 3-2-5-1-4, 時間; 1800ms), B(順序; 4-5-2-3-1, 時間; 2550ms), そして C(順序; 1-3-4-2-5, 時間; 3000ms)の 3 種類の異なるパターンを観察させた(図 1b 参照)。この時, デモ映像(先行刺激)とテスト映像(標的刺激)に分かれ, 標的刺激では先行刺激と比較して誤差の生じる映像を提示した。標的刺激で生じる誤差は先行刺激と比較して, 0ms, 50ms, そして 100ms 遅い映像であった。

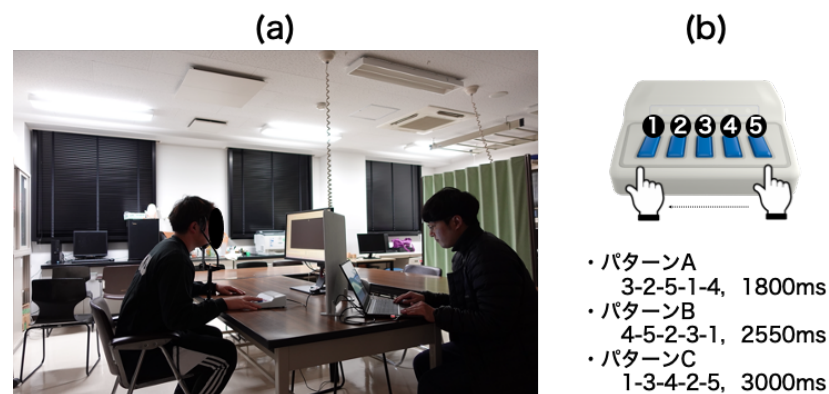


図 1 実験環境 (a) と課題装置 (b)

2.1.3. 手続き

本実験の手続きは図 2 に示す。実験参加者に対して, 実験中は反応装置の 3 キーに示指, 5 キーに中指を添えるように指示した。まず, 実験参加者に対して, 選択条件と非選択条件をランダムな順序で実施した。選択条件は, 実験参加者に視聴する映像をパターン A から C のいずれかの中から, 視聴したい映像を反応装置上の 3(A), 4(B), 5(C)のボタンを押して選択させた。非選択条件では, 「実験者が選択中・・・」と記載された画面を 5sec 提示し, ソフトウェア上でランダムに視聴する映像を決定した。なお, 実験参加者には実験者が映像を決定していると偽教示した。各映像のパターンは 8 回ずつ視聴させ, 選択条件では映像を選択できる残り回数をモニターに表示した。選択後のプロトコルは両条件共通であった。視聴するパターンの映像を再生することを 500ms 提示し, 注視点(i.e., 十字)を 500ms 提示後, 先行刺激映像を 1 回提示した。再び注視点(十字)を 500-1200ms 提示し, 標的刺激映像を 1 回提示した。映像終了直後, 実験参加者に対して, 先行刺激映像と比較し

て標的刺激映像が遅いか同じかを 1.5sec 以内に決定させた。遅いと感じた場合は反応装置上で「3」を、同じだと感じた場合は「5」を押すように求めた。

以上のプロトコルを両条件 72 試行(1 ブロック 24 試行×3)行い、1 ブロックごとに 1 分間、3 ブロック終了時に 3 分間の休憩を設けた。なお両条件はランダムな順序で提示した。

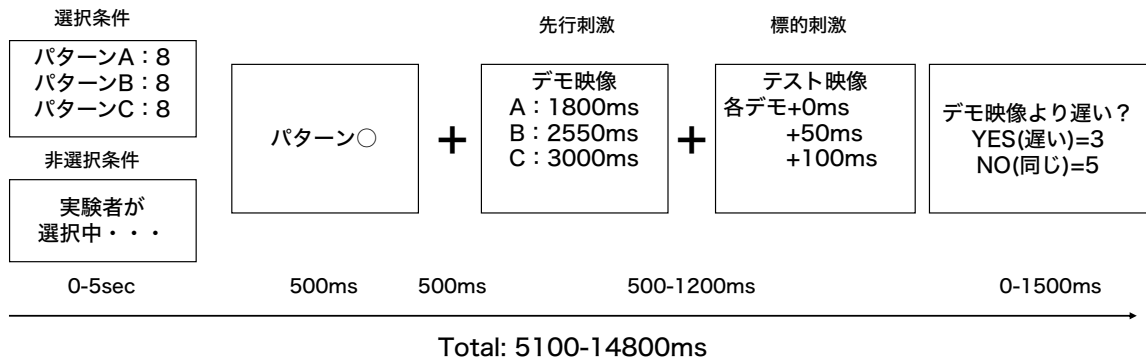


図 2 実験プロトコル

2.1.4. 分析方法

1500ms を超過した回答・反応時間は分析から除外した。正答率および反応時間を分析するために、選択条件(選択条件, 非選択条件)と誤差条件(0ms, 50ms, 100ms)を被験者内因子とした二要因分散分析を行った。

2.2. 結果

2.2.1. 正答率

正答率の結果を図 3a へ示す。分析の結果、誤差の主効果が確認された($F(2, 54) = 68.42$, $p < .01$, $\eta_p^2 = 0.72$)。多重比較の結果、誤差 0ms($Mean = 73.93$, $SD = 13.92$)と比較して 50ms($Mean = 30.26$, $SD = 13.98$)と 100ms($Mean = 41.27$, $SD = 19.38$)は正答率が低く、100ms より 50ms の方が正答率は低い事が示された。一方で、選択の主効果および交互作用はないことが示された (*n.s.*)。

2.2.2. 反応時間

反応時間の結果を図 3b へ示す。分析の結果、有意な選択の主効果が認められ ($F(1, 27) = 12.99$, $p < .01$, $\eta_p^2 = 0.33$)、非選択条件($Mean = 456.91$, $SD = 171.06$)は選択条件($Mean = 531.51$, $SD = 205.60$)よりも反応時間が短いことが示された。一方で、誤差の主効果および交互作用はないことが示された(*n.s.*)。

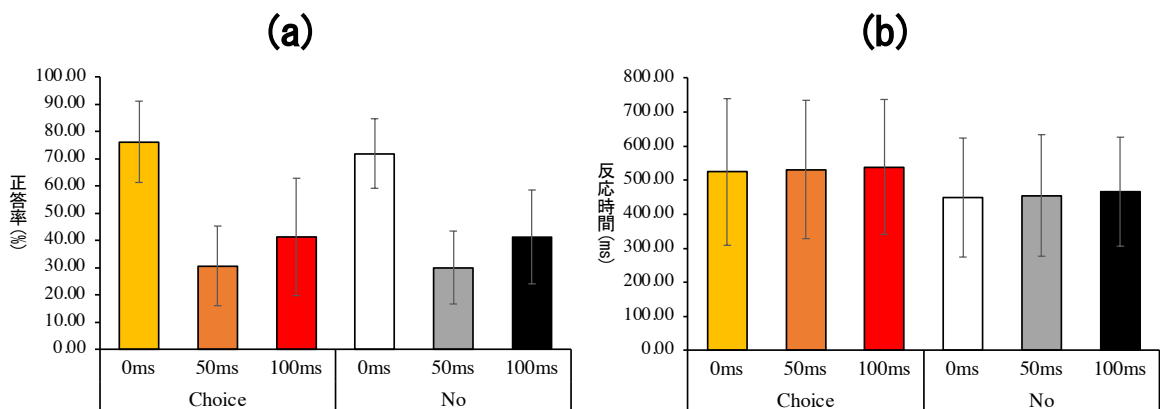


図 3 (a) 正答率, (b) 反応時間

2.3. 考察

本実験は映像選択の有無がヒトの知覚情報処理に及ぼす影響を検討する事を目的として、誤差の異なる映像を視聴させる知覚判断課題を行った。その結果、映像選択を伴う場合、選択をしない場合と比較して反応時間が遅延する事が示された。一方で、正答率に選択の影響はなく、誤差に対しては選択の有無に関わらず類似した反応を示す事が確認された。学習初期における選択は認知的負荷を高めることが知られている(e.g., Bund and Wiemeyer, 2004; Couvillion et al., 2020; Jaquess et al., 2020)。本研究の選択条件における反応時間の長さは、映像選択が観察対象に対してより注意、あるいは意識を向けている(i.e., トップダウン処理を優先する)ことを示唆しており、認知的負荷について報告した先行研究の意見を支持しているだろう。

これまで、選択は情報処理を深くし(Janell et al., 1995; Jacquess et al., 2020)、課題への関与(i.e., エンゲージメント)を高める事が示唆されてきた(e.g., Hooyman et al., 2014; Sullivan-Toole et al., 2017)。本研究の結果は、映像選択を伴う事によって、非選択より時間をかけて判断していることを示している。選択は非選択と比較して、ワーキングメモリの関与が活発になる事が報告されている(Couvillion et al., 2020; Jacquess et al., 2020)。つまり、選択した場合、ヒトは観察した映像をより多量に処理、あるいはシミュレートしている可能性が考えられる。

3. 研究 2

3.1. 研究方法

3.1.1. 実験参加者

実験課題に未経験な 18~32 歳の大学生および大学院生 15 名(男性 13 名, 女性 2 名, 平均年齢 23.07 歳, $SD=3.39$)を対象とした。実験参加者の視覚に支障がないことは事前に口頭で確認した。なお、ERP の解析に関して、瞬き等のアーティファクトにより十分な加算回数が得られなかった 3 名のデータは解析から除外した。ただし、正答率および反応時間のデータに関しては除外した 3 名のデータも分析へ組み込んだ。

3.1.2. 課題と装置

本実験は薄暗くした実験室内で、実験参加者を座位姿勢にし、実験を実施した。刺激提示用のモニター(BENQ, XL2540-B)は実験参加者から 110cm 離れた箇所に設置した。また、反応装置(Chronos serial response box, Psychology software tools inc.)は実験参加者の右前 35 cm の位置に設置した。なお、本実験課題は実験 1 と同様に行った。

3.1.3. 手続き

本実験の手続きは図 4 に示す。本実験では、映像選択から先行刺激と標的刺激の判断までの手続きは研究 1 と同様であった。なお、選択条件の選択可能な回数は各パターン 10 回であった。選択反応後、500ms 注視点を表示し、成否(○ or ×)を 1000ms 表示した。この選択反応後の区間を対象に ERP を収録した(詳細は 3.1.5. 分析方法を参照)。

以上のプロトコルを両条件 150 試行(1 ブロック 30 試行×5)行い、1 ブロックごとに 1 分、5 ブロック終了時に 3 分間の休憩を設けた。なお、両条件はランダムな順序で提示した。

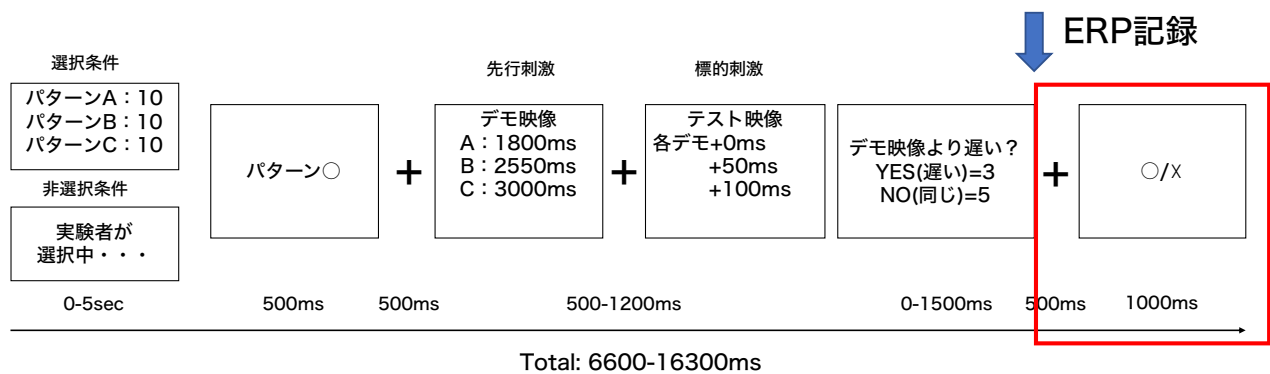


図 4 実験プロトコル

3.1.4. 脳波の測定

EEG および眼電位(electrooculogram: EOG)は Polymate pro (ミュキ技研, Japan)を用いて測定した。EEG は国際 10-20 法(Jasper, 1958)に則り, EEG キャップ(g-GAMMAcap, ニホンサンテック, Japan)を用いて頭皮上 15 部位(F3/F4, F7/F8, C3/C4, P3/P4, T5/T6, O1/O2, Fz, Cz, Pz)より導出した。脳波はサンプリングレート 1000Hz(ハイパスフィルタ 0.016Hz, ローパスフィルタ 100Hz)で記録した後, オフラインで MP Viewer Pro System(version. 1.22, ミュキ技研, Japan)を用いて 500Hz(ハイパスフィルタ 0.03Hz, ローパスフィルタ 60Hz)にダウンサンプリングした。グラウンド電極は AFz 部位に設置し, 基準電極は両耳朶(A1, A2)とした。瞬きおよび眼電位の脳波への混入を観察するために, 垂直 EOG は左眼窩下 1 cm, 水平 EOG は右眼角外の延長線上 1 cm から記録した。電極は Ag/AgCl 電極を用い, 電気抵抗値は実験を通して 10 k Ω 以下に維持された。

3.1.5. 分析方法

1500ms を超過した回答・反応時間は分析から除外し, 平均値を算出した。正答率および反応時間について, 選択条件(選択, 非選択)と誤差条件(0ms, 50ms, 100ms)の繰り返しのある二要因分散分析を行った。

脳波の分析は Map1200B(ver.3.00, ニホンサンテック, Japan)を用いた。フィードバック(FB)時点は反応装置により測定し, E-prime3.0 から TTL(Transistor-Transistor Logic)信号を Polymate pro に出力する事で FB 時点 EEG データを同期した。

ERN, Pe はフィードバック提示時点を基点として FB 提示前 200ms から FB 提示後 600ms の区間が解析対象として実験参加者ごとに抽出した。FB 前 200ms を基線として EOG や体動の混入を検出した後, 80 μ V 以上および -80 μ V 以下の試行を除外し, 加算平均法により選択条件の成功試行(Choice-correct)および失敗試行(Choice-error), そして非選択条件の成功試行(No-correct)および失敗試行(No-error)の ERN, Pe をそれぞれ算出した。平均加算試行数は Choice-correct で 73.00 回, Choice-error で 53.67 回, No-correct で 71.42 回, No-error で 54.50 回であった。

ERN 振幅について, 頭皮上の分布に基づき Fz, F3, F4, Cz, C3, C4 の 6 部位を平均化する事で, 前頭中心部として 1 領域にまとめ, FB 時点から 100ms の区間平均電位(Potts et al, 2011)を求めた。Pe 振幅も同様に, Cz, C3, C4 を中心部の 1 領域にまとめ, FB 後の 200ms から 350ms の区間平均電位(Potts et al., 2011)を求めた。

ERN および Pe 振幅について, 選択条件(選択条件, 非選択条件)と成否条件(correct, error)

の繰り返しのある二要因分散分析を行った。

3.2. 結果

3.2.1. 正答率および反応時間

正答率および反応時間の結果を図5に示す。

まず、正答率について、有意な交互作用が見られた($F(2, 28) = 5.28, p < .05, \eta_p^2 = 0.27$)。多重比較の結果、50ms条件において選択条件($Mean = 58.82, SD = 10.45$)が非選択条件($Mean = 51.36, SD = 7.48$)よりも正答率が高い事が示された。また選択条件において、0ms($Mean = 47.29, SD = 10.93$)と比較して50ms($Mean = 58.82, SD = 10.45$)および100ms($Mean = 64.24, SD = 13.10$)で正答率が高いことが示された。非選択条件では、0ms($Mean = 51.98, SD = 9.56$)および50ms($Mean = 51.36, SD = 7.48$)より100ms($Mean = 62.40, SD = 8.10$)の正答率が高い事が明らかとなった。

次に反応時間について、選択条件と誤差条件の主効果、そして交互作用は有意な値を示さなかった(*n.s.*)。

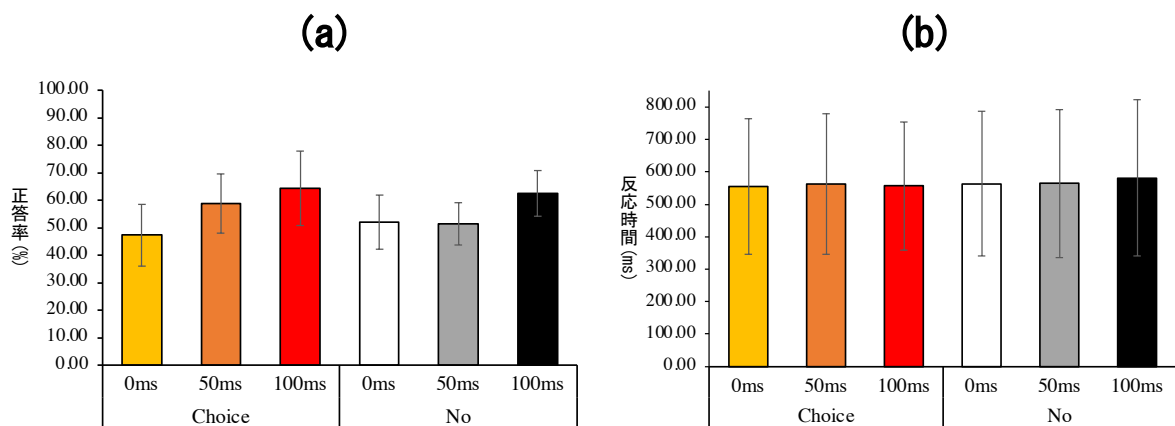


図5 (a) 正答率および(b) 反応時間 ($N=15$)

3.2.3. ERN および Pe

図6は各条件における各部位の総加算平均波形を示している。ERNについて、選択条件での有意な主効果が見られた($F(1, 11) = 5.28, p < .05, \eta_p^2 = 0.31$) (図7b参照)。選択条件($Mean = 1.07, SD = 1.27$)は非選択条件($Mean = 0.53, SD = 1.05$)に比べ、振幅値が大きい事が示された(i.e., 選択条件のERNは小さい)。なお、成否条件の主効果および交互作用はないことが示された。

一方、Peについて、選択条件、成否条件、そして交互作用に有意な違いは認められなかった(*n.s.*) (図8b参照)。

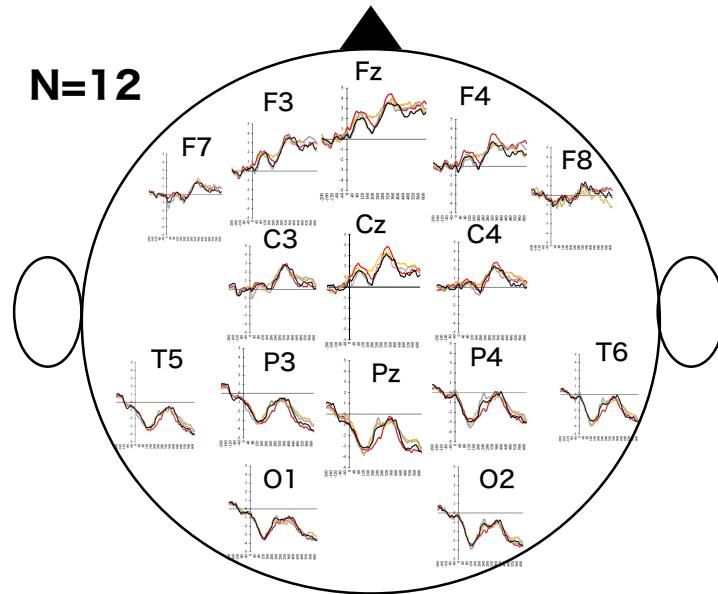


図6 各部位における総加算平均波形 (N=12)

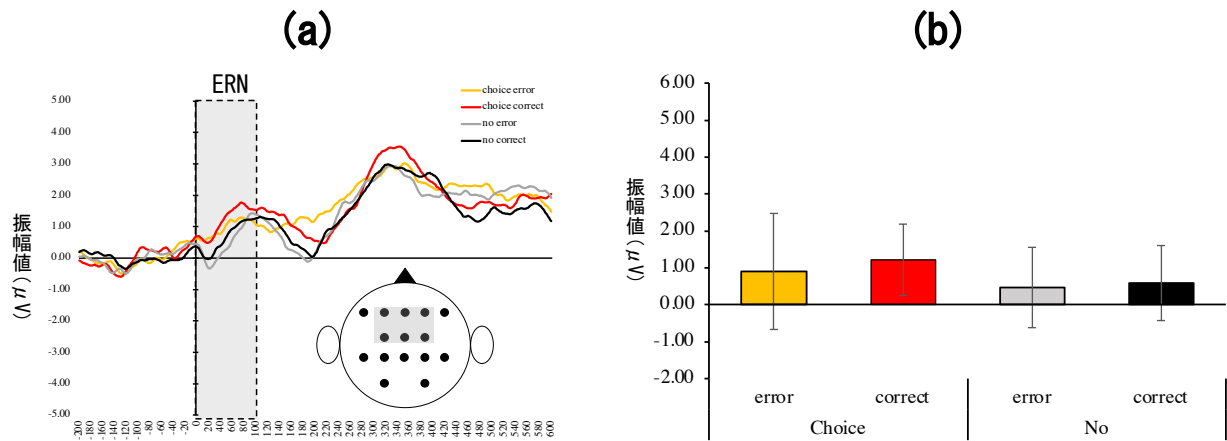


図7 (a) ERN 総加算平均波形および(b) ERN 区間平均

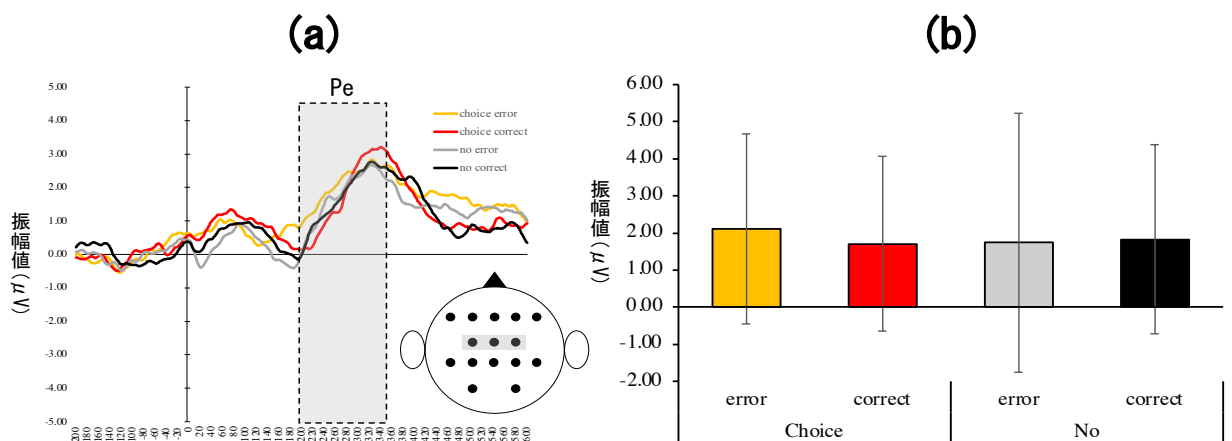


図8 (a) Pe 総加算波形および(b) Pe 区間平均

3.3. 考察

本実験の結果、知覚判断課題について、0ms の誤差条件において選択条件は非選択条件よりも正答率が高く、反応時間に差はなかった。また ERP に関して、選択条件が非選択条件より

も ERN の区間平均電位が大きく、 Pe は条件間に差異がないことが示された。これらの結果は、選択時は非選択時よりも小さな誤差に対して比較的気づきやすいが、FB 時の脳-神経反応は緩慢となっていることを示唆している。

知覚判断課題の正答率について、選択条件間での差異が生じた。これは Hansen et al (2011)の報告した自己選択に伴うエラー検出の強化を支持する結果と言える。一方で、研究1の結果とは異なった。これらの結果の差異は、実験参加者に対して成否の FB を与えた事が関与していると考えられる。試行回数なども影響している可能性もあるため、時系列データの分析を行い、さらなる検討が必要である。

ERN はエラーに対してより活動が増加すると報告されている(e.g., Thoma and Bellebaum, 2012)。しかしながら、我々の予想に反して、本実験では成否条件に関わらず、選択条件は非選択条件よりも ERN の活動が小さいことが示された。この結果について、選択後、FB を処理する際にヒトは注意が小さくなる可能性を示している。選択の効果の一つに“コントロールの錯覚”(Illusion of control) (e.g., Murayama et al., 2016; Rose et al., 2012)という現象が生じる事について報告されている。コントロールの錯覚とは、ヒトが任意のモノを選択することによって、その事象をコントロールしているという感覚を指す。コントロールの錯覚が生じることにより、ヒトは主観的な痛みを和らげ(Rose et al., 2012)、失敗に対する反応が肯定的になる(Murayama et al., 2015)ことが報告されている。本実験では、非選択条件下では選択条件下と比較して ERN が増大しており、映像選択はエラー検出(i.e., ERN)を小さくすることを示唆している。

一方で、 Pe の反応は選択や成否による影響が見られなかった。この結果は、FB 時のエラーに対する意識的な気づきや失敗の重要性の認知には関与しないことを示唆している。一方で、Kim et al. (2019)の報告では非選択の場合、 Pe の増大が見られたと報告しており、彼らの報告と乖離している。 Pe や ERN は金銭報酬を用いる事でより顕著に増大する事が知られており、今後は金銭報酬を課題に取り入れた比較も検討をする必要があるだろう。

4. 総合考察

本研究は、学習時に自己選択した映像の観察に対して意図的に強度の異なる誤差情報を発生させ、それに伴う反応や行動の修正が学習に貢献もしくは阻害するかについて検討した。さらに、そのメカニズムとして、映像観察時の ERP の解析を行い、認知処理過程への影響も検討した。本研究の結果、FB がない状態での選択は情報処理において、知覚判断の成功率の向上へ寄与しないが、反応時間が遅延する。一方で、FB を伴う場合、選択は小さな誤差に対しての知覚判断の成功率が選択しない場合よりも向上し、FB 時のエラー検出(ERN)が小さくなる事が明らかとなった。

これらの結果は、映像選択によるエラー検出が非選択時よりも緩慢になることを示唆している。選択は学習者の感情や反応を肯定的にし(e.g., Lemos et al., 2017; Murayama et al., 2015)、視聴する映像と学習者の認知的乖離を緩和する(Hiromitsu & Ishikura, 2021)ことを報告した研究結果と関連する。そのため、映像選択により与えられる情報を肯定的に捉えた結果(i.e., ERN の減衰)、課題パフォーマンスが一部向上したと考えられる。

5. 結言

本研究では、選択による学習効果の背景を調べるために2つの実験を行った。その結果、

運動観察時に、学習者自身の課題への積極的関与は、運動時に細かな違いを認識しやすくするが、FB時のエラーの認知は減衰する傾向を示した。これらの結果は、運動学習場面において映像選択を活用することで、エラー情報への知覚判断とエラー検出に対してヒトは特異的な知覚・認知情報処理をしている事を示唆している。

一方で、選択時のERNの減衰について本研究では時系列での効果は検討していなかった。近年の研究報告では、エラー検出(ERN)のための脳資源は日数を経ることで徐々に減少し、それが内部モデルの構築を示唆する事が報告されている(Osugi et al., 2022)。自己選択した映像視聴のエラー検出についても、時系列の効果を検討する事で運動学習への寄与をより明確に示すことが可能となるだろう。今後の課題として、エラー情報を得る前の準備状態の脳活動や注意の向き(e.g., 視線など)を検討し、選択により生じる認知情報処理が学習へ寄与するメカニズムについて、より詳細な検討を行う。これらの検討を通して、より学習者個人に最適な学習方略の提案に繋げる。

参考文献

- Bandura, A. (1969). Social-learning theory of identificatory processes. In Goslin (Ed.) (pp. 213–262). *Handbook of socialization theory and research*: Chicago: Rand McNally.
- Bandura, A. (1999). Social cognitive theory : An agentic Albert Bandura. *Asian Journal of Social Psychology*, 2(1), 21–41. <https://doi.org/10.1111/1467-839X.00024>
- Bund, A., & Wiemeyer, J. (2004). Self-controlled learning of a complex motor skill: Effects of the learners' preferences on performance and self-efficacy. *Journal of Human Movement Studies*, 47(3), 215–236.
- Couvillion, K. F., Bass, A. D., & Fairbrother, J. T. (2020). Increased cognitive load during acquisition of a continuous task eliminates the learning effects of self-controlled knowledge of results. *Journal of Sports Sciences*, 38(1), 94–99. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1682901>
- Hansen, S., Pfeiffer, J., & Patterson, J. T. (2011). Self-control of feedback during motor learning: Accounting for the absolute amount of feedback using a yoked group with self-control over feedback. *Journal of Motor Behavior*, 43(2), 113–119. <https://doi.org/10.1080/00222895.2010.548421>
- Hiromitsu, Y., & Ishikura, T. (2021). Effects of learners' choice of video self-modeling on performance accuracy and perceived cognitive consistency. *Journal of Physical Education and Sport*, 21(3), 1284–1293. <https://doi.org/10.7752/jpes.2021.03163>
- Hodges, N., Williams, A. M., Hayes, S., & Breslin, G. (2007). What is modelled during observational learning? *Journal of Sports Sciences*, 25(5), 531–545. <https://doi.org/10.1080/02640410600946860>
- Hooyman, A., Wulf, G., & Lewthwaite, R. (2014). Impacts of autonomy-supportive versus controlling instructional language on motor learning. *Human Movement Science*, 36, 190–198. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2014.04.005>
- Janelle, C. M., Kim, J., & Singer, R. N. (1995). Subject-Controlled Performance Feedback and Learning of a Closed Motor Skill. *Perceptual and Motor Skills*, 81(2), 627–634. <https://doi.org/10.1177/003151259508100253>
- Jaquess, K. J., Lu, Y., Iso-Ahola, S. E., Zhang, J., Gentili, R. J., & Hatfield, B. D. (2020). Self-Controlled Practice to Achieve Neuro-Cognitive Engagement: Underlying Brain Processes to Enhance Cognitive-Motor Learning and Performance. *Journal of Motor Behavior*, 52(5), 544–557.

- <https://doi.org/10.1080/00222895.2019.1651245>
- Jasper, H.H. (1958) The Ten-Twenty Electrode System of the International Federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 10, 371-375.
- Kim, Y., Kim, J., Kim, H., Kwon, M., Lee, M., & Park, S. (2019). Neural mechanism underlying self-controlled feedback on motor skill learning. *Human Movement Science*, 66(April), 198–208. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2019.04.009>
- Lemos, A., Wulf, G., Lewthwaite, R., & Chiviacowsky, S. (2017). Autonomy support enhances performance expectancies, positive affect, and motor learning. *Psychology of Sport and Exercise*, 31, 28–34. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2017.03.009>
- Murayama, K., Matsumoto, M., Izuma, K., Sugiura, A., Ryan, R. M., Deci, E. L., & Matsumoto, K. (2015). How self-determined choice facilitates performance: A key role of the ventromedial prefrontal cortex. *Cerebral Cortex*, 25(5), 1241–1251. <https://doi.org/10.1093/cercor/bht317>
- Murayama, K., Izuma, K., Aoki, R., & Matsumoto, K. (2016). “Your Choice” Motivates You in the Brain: The Emergence of Autonomy Neuroscience. In *Recent Developments in Neuroscience Research on Human Motivation* (Vol. 19, pp. 95–125). Emerald Group Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/S0749-742320160000019004>
- Osugi, K., Yokota, Y., & Naruse, Y. (2022, October). Modulation of error-related negativity under construction of internal model. In *2022 IEEE International Conference on Metrology for Extended Reality, Artificial Intelligence and Neural Engineering (MetroXRINE)* (pp. 116-120). IEEE.
- Potts, G. F., Martin, L. E., Kamp, S. M., & Donchin, E. (2011). Neural response to action and reward prediction errors: Comparing the error-related negativity to behavioral errors and the feedback-related negativity to reward prediction violations. *Psychophysiology*, 48(2), 218–228. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2010.01049.x>
- Rose, J. P., Geers, A. L., Rasinski, H. M., & Fowler, S. L. (2012). Choice and placebo expectation effects in the context of pain analgesia. *Journal of Behavioral Medicine*, 35(4), 462–470. <https://doi.org/10.1007/s10865-011-9374-0>
- Sullivan-Toole, H., Richey, J. A., & Tricomi, E. (2017). Control and effort costs influence the motivational consequences of choice. *Frontiers in Psychology*, 8, 1–15. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00675>
- Thoma, P., & Bellebaum, C. (2012). Your error’s got me feeling - How empathy relates to the electrophysiological correlates of performance monitoring. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, 1–6. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00135>
- Williams, A. M., & Hodges, N. J. (2005). Practice, instruction and skill acquisition in soccer: Challenging tradition. *Journal of Sports Sciences*, 23(6), 637–650. <https://doi.org/10.1080/02640410400021328>