

# 心理的プレッシャーが知覚意思決定に与える影響の検討

## The effects of psychological pressure on perceptual decision-making

小笠原 香苗<sup>†‡</sup>, 小池 耕彦<sup>†‡</sup>  
Kanae Ogasawara, Takahiko Koike

<sup>†</sup>理化学研究所 脳神経科学研究センター, <sup>‡</sup>生理学研究所 生体機能情報解析室  
RIKEN Center for Brain Science, National Institute for Physiological Sciences  
kanae.ogasawara@riken.jp

### 概要

本研究は、プレッシャー下で能力が低下する現象が知覚意思決定課題でも生じるか、またそのメカニズムを検討した。課題成功時の報酬が低く高頻度で現れる低プレッシャー (LP) 条件と比較して、高報酬かつ低頻度な高プレッシャー (HP) 条件では正答率が低かった。また、直前の HP 条件の成功が次の HP 条件の失敗を呼び込むことが明らかになった。この結果は、HP 下の行動の記憶が次の行動の予期を惹起し、それが知覚意思決定課題の能力低下の原因である可能性を示す。

キーワード: プレッシャー, 知覚意思決定

### 1. はじめに

我々の運動パフォーマンスは、高い心理的プレッシャー下で低下することが多い (Baumeister, 1984)。この現象は一般的に「あがり」と呼ばれ、個人の能力発揮を妨げるため、対処すべき重要な問題とされている。プレッシャーによる能力低下のメカニズムに注意が関与する可能性は示唆されているが、プレッシャーにより課題への注意が不足する、あるいは過剰に注意が配分されるという真逆の仮説が提案されており、また注意が運動に影響を与える明確な機序も不明である (Beilock & Carr, 2001; Wine, 1971; Yu, 2015)。近年、プレッシャー下での注意の変調と能力低下の関係についての対立する 2 つの仮説が、高プレッシャー下での予測符号化の変調として統一的に説明されることが報告された (Harris et al., 2023)。予測符号化は、脳が予測と実際の感覚入力を組み合わせて外界を理解するプロセスである (Friston & Frith, 2015)。Harris らによれば、運動制御の背後には感覚入力と運動を結びつける予測符号化メカニズムがあり、高プレッシャー下では注意の過不足が感覚入力の重みづけを変化させ、結果として精緻な制御がおこなわれなくなり、運動能力の低下が生じる。視覚-運動協調課題と 7 テスラ機能的磁気共鳴現象画像法 (fMRI) を組み合わせた我々の先行研究では、Harris らの仮説通り、高プレッシャー下での失敗の直前に、課題に対応した運動モデル関連領域 (小脳) と知覚領域 (hMT+野) の過剰な賦活がみられ、運動結果に対する

事前の予測が知覚に変調を与えることがあがりの原因である可能性が示された (Ogasawara et al., under review)。

プレッシャー下での能力低下は、運動課題に限らず、報酬に基づく意思決定課題 (Byrne et al., 2015) や、ワーキングメモリ課題 (Sosnowski et al., 2022) でも起こる。また近年の研究は、予測符号化が脳における普遍的な情報処理メカニズムであり、意思決定のようなプロセスをも説明可能であるとする (Hodson et al., 2023)。これらを考えると、Harris らの仮説は運動の失敗のみならず、プレッシャー下でのあらゆる能力低下、たとえば意思決定の失敗などを広く説明できる可能性がある。

本研究では、プレッシャー下での能力低下を生起させるのに十分な難しさを持つ知覚意思決定課題をおこなう際に高報酬獲得のプレッシャーを与えることで、運動を伴わない能力低下メカニズムを検討した。能力低下が知覚意思決定/判断のレベルで起きたのか、報告時のボタン押しのレベルで起きたのかを切り分けるために、回答時のボタン押しについても精査した。

### 2. 方法

20 名が、8 方向のランダムドットモーション課題を用いた実験に参加した (Gold & Shadlen, 2007; Pilly & Seitz, 2009)。課題では、画面上の一定の視野内に提示された白いドットがランダムな方向に移動するが、一部のドット (ターゲット) だけは 8 方位のどれかに向かって移動する。ターゲットドットの数はコヒーレンスと呼ばれ、この量が大きいほどターゲットの移動方向を知覚しやすくなる。参加者は強制 8 肢選択課題としてターゲットの運動方向をボタン押しで回答した。1 試行は、条件名呈示 (2,000ms)、ドット呈示 (400ms)、ボタン押しによる回答 (5,000ms)、正誤フィードバック (1,000ms) で構成された。回答は 3 つのボタンを用いておこない、左右選択ボタンで 8 方位の中からドットが移動したと思う方向を選択し、最後に確定ボタンを押すことで回答完了とした。回答時間を 5,000ms と長めに設定したのは、熟慮して回答する猶予を与え、時間切

迫による押し間違いを減らすためである。50 試行で 1 セッションとした。課題は練習 (8 セッション) と本番 (5 セッション) に分かれていた。練習は、ターゲットの運動方向の判断を学習させることに加えて、本番で用いる課題の難易度を、参加者間で統制することが目的である。一般的に、課題が適度に難しい場合にプレッシャー下の能力低下が生じやすいとされている (Chib et al., 2012)。本研究では、練習の後半 4 セッション分の各刺激コヒーレンスの正答率を用いて心理物理曲線を推定し、各参加者の正答率が 50%となる点を算出し、その値を本番で用いることで「適度な難しさ」を実現した。本番では練習と全く同じ課題をおこなうが、1 試行ごとに条件を割り振り、課題に正答した際には条件に応じた金銭報酬を付与することでプレッシャーを与えた。高報酬かつ低頻度な条件ではプレッシャーによる能力低下が生じるという先行研究に則り (Smoulder et al., 2021; Ogasawara et al., under review)、正答時の報酬額が低く全体の 95% (228 試行) で出現する低プレッシャー条件 (Low pressure: LP 条件) と、正答時の報酬額が低プレッシャー条件の約 20 倍と非常に高いが全体の 5% (12 試行) でのみ出現する高プレッシャー条件 (High pressure: HP 条件) を用いた。参加者は実験前に各条件で成功時に得られる報酬額と、HP 条件の出現頻度が非常に低いことを知らされたが、具体的な出現回数は知らされなかった。これは、HP 条件の出現回数が明示されている場合、全ての HP 条件が出現したことで参加者のモチベーションが下がる可能性を排除するためである。HP 条件と LP 条件はランダムに提示したが、1 セッションに 1 回は HP 条件が提示された。また本番では、参加者が課題を正しくおこなっていることを確認するため、刺激コヒーレンスが 100%のキャッチトライアルを準備した。キャッチトライアルは LP 条件 9 試行、HP 条件 1 試行の計 10 試行である。これらは解析から除外した。全試行が終了した後、参加者は各条件について感じた不安とプレッシャーを VAS で回答した。

解析では、HP 条件で実際に不安やプレッシャーを感じていたかを検討するため、(1) VAS の条件差を算出した。そして本番のデータを用いて、(2) 条件ごとの正答率を算出することで、HP 条件で能力低下が生じたかを検討した。加えて、(3) 条件ごとに正答と誤答を分け、反応時間を算出した。また、本研究で用いたような多肢選択のランダムドットモーション課題においては、ターゲットの運動方向に対して 180 度逆向きに回答する、たとえば右から左に動いたターゲット刺激を、左から

右に動いていたと報告するという系統だった誤答が存在する (Bac & Luck, 2019; Smith et al., 2022)。本研究でもこのような誤答が生じるのか、またその生じ方に条件差があるのかを検討するため、(4) 条件ごとに誤答時の 7 方位 (正答を 0 度とし、正答からのずれが 45 度、90 度、135 度、180 度、225 度、270 度、315 度) を選択した確率を算出した。

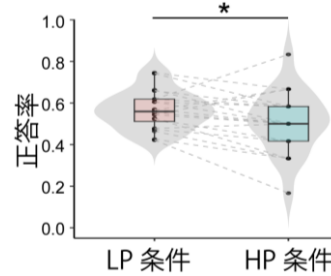
また、プレッシャー下の能力低下が予測符号化のメカニズムの変調で説明できるなら、HP 条件での失敗はランダムに発生するのではなく、何らかの形で予測が関係しているはずである。たとえば、「前回の HP 条件では成功できたけど今回の HP 条件では失敗するかもしれない」という予測/予期が、課題成績に影響を与える可能性がある。この場合、直前の HP 条件のパフォーマンス (正答/誤答) によって、次の HP 条件の正答率が異なりうる。そこで、(5) 直前の同条件試行のパフォーマンスによって次の同条件試行の正答率に差があるのか、またその差に条件差があるかを算出した。

### 3. 結果と考察

#### 主観報告

不安/プレッシャーについて  $t$  検定をおこなったところ、HP 条件では LP 条件に比べて不安が有意に高く ( $t(19) = 5.32, p < .01, d = 1.18$ )、またプレッシャーも高かった ( $t(19) = 9.88, p < .01, d = 2.03$ )。高報酬かつ低頻度の HP 条件は、有効に機能していたといえる。

図 1 条件ごとの正答率



#### 正答率

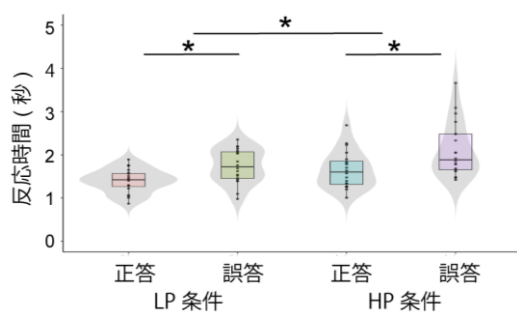
$t$  検定は、HP 条件では LP 条件に比べて正答率が有意に低いことを示しており ( $t(19) = 2.38, p = .03, d = 0.47$ ; 図 1)、知覚意思決定課題においても高プレッシャー下の能力低下は生じていた。なお、キャッチトライアルの正答率は、LP 条件で 97.2%、HP 条件で 95.0% であり、条件間に差はなかった ( $t(19) = 0.41, p = .68, d = 0.14$ )。これは、HP 条件における正答率の低下は、単

なるボタン押し間違い(運動の変調)が原因ではなく、ターゲットが見えていないという知覚の変調によって生じた可能性を示唆する。

### 反応時間

すべての参加者の全トライアルのうち、5秒以内に回答が完了しなかったのはLP条件の1試行のみであった。この試行は解析から除外した。条件(LP/HP)とパフォーマンス(正答/誤答)の2要因分散分析をおこなったところ、HP条件ではLP条件と比較して回答画面になってから回答完了までの反応時間が有意に長かった( $F(1, 19) = 19.75, p < .01, \eta_p^2 = 0.51$ ; 図2)。また、パフォーマンスの主効果がみられ、誤答は正答と比較して反応時間が有意に長かった( $F(1, 19) = 37.72, p < .01, \eta_p^2 = 0.67$ )。この反応時間をさらに詳細に検討したところ、回答画面になってから1回目のボタンを押すまでの時間は条件の主効果(HP>LP,  $F(1, 19) = 7.71, p = .01, \eta_p^2 = 0.29$ ) および正誤答の主効果(誤答 > 正答,  $F(1, 19) = 35.43, p < .01, \eta_p^2 = 0.65$ )があり、1回目のボタンを押してから回答完了までの時間でも条件の主効果(HP>LP,  $F(1, 19) = 12.94, p < .01, \eta_p^2 = 0.41$ )と、パフォーマンスの主効果(誤答 > 正答,  $F(1, 19) = 8.05, p = .01, \eta_p^2 = 0.30$ )がみられた。またボタン押しの回数も検討したが、条件の主効果( $F(1, 19) = 1.42, p = .25, \eta_p^2 = 0.07$ )、パフォーマンスの主効果( $F(1, 19) = 0.43, p = .52, \eta_p^2 = 0.02$ )どちらもみられなかった。HP条件での失敗時は反応時間が十分に長く、ボタンの押し方も変化していないことから、プレッシャーによる焦りでボタン押しが変化したことがHP条件での誤答増加の原因ではなく、参加者は熟慮しても誤答しかできなかった、つまりターゲットが見えていなかった可能性を示す。

図2 条件とパフォーマンスごとの反応時間



### 誤答となる7方位の選択確率

LP/HP条件を問わず誤答時の7方位の選択確率につ

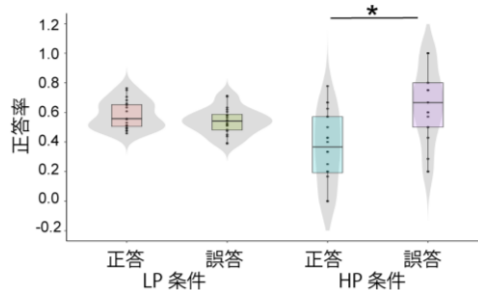
いて1要因分散分析をおこなったところ主効果がみられた。事後の検定の結果、先行研究(Bae & Luck, 2019; Smith et al., 2022)と同様に正答から180度ずれた方向の選択確率が、他の6方位と比較して有意に高かった(45度:  $t(19) = 6.38, p < .01, d = 2.08$ ; 90度:  $t(19) = 5.34, p < .01, d = 2.09$ ; 135度:  $t(19) = 7.87, p < .01, d = 2.33$ ; 225度:  $t(19) = 5.55, p < .01, d = 2.05$ ; 270度:  $t(19) = 6.38, p < .01, d = 2.35$ ; 315度:  $t(19) = 6.36, p < .01, d = 2.13$ )。この系統だった誤答の生起確率が条件によって異なるかを検討するため、180度ずれた方向を選択した確率についてt検定をおこなったが条件差はみられなかった( $t(19) = 1.20, p = .25, d = 0.37$ )。ここから、系統だった誤答にプレッシャーによる差はみられなかったといえる。

### 直前の同条件試行のパフォーマンスの影響

LP/HP条件のそれぞれで、直前の同条件試行の成功と失敗が、課題パフォーマンスに影響をするかを検討した。2要因分散分析をおこなったところ、交互作用がみられた( $F(1, 19) = 17.40, p < .01, \eta_p^2 = 0.48$ ; 図3)。単純主効果の検定の結果、HP条件では、正答後の試行では、誤答後の試行と比較して正答率が有意に低かった( $F(1, 38) = 25.78, p < .01, \eta_p^2 = 0.58$ )が、LP条件ではこの効果はみられなかった( $F(1, 38) = 0.93, p = .34, \eta_p^2 = 0.05$ )。このことは、LP条件での誤答は何らかのランダムな要素によって生じているのに対し、HP条件での誤答はそれに加えて、直前のHP条件での成功によって惹起される心理的な要因、たとえば「先ほどは成功したのだから今回も失敗はできない」といった、過度に成功を希求する心理状態が影響をしている可能性を示唆している。なお、HP条件の正答/誤答が影響を与えるのは次のHP条件の試行のみなのか、それとも次の試行がLP条件であっても影響を与えるのかを検討するため、条件(LP/HP)とパフォーマンス(正答/誤答)により、次のLP条件の試行の正答率に差があるかを検討した。その結果、条件の主効果( $F(1, 19) = 0.83, p = .37, \eta_p^2 = 0.04$ )、パフォーマンスの主効果( $F(1, 19) = 2.58, p = .12, \eta_p^2 = 0.12$ )、交互作用( $F(1, 19) = 0.01, p = .92, \eta_p^2 < 0.01$ )のどれも有意ではなかった。つまりHP条件の正誤は、次のLP条件の試行の正答率には影響しない。これはHP条件の正誤がネガティブな感情を引き起こし、それが次の試行の失敗の原因となるわけではないことを示す。これらの結果を総合すると、HP試行の間でのみ直前の課題の正誤が能力に影響を与えることから、プレッシャー下での行動の記憶がこれからおこなう課題の

結果に対する予期/予想を惹起し、それが失敗の原因となっている可能性が示唆される。

図3 条件ごとの直前の試行のパフォーマンス  
(正答/誤答) ごとの正答率



#### 4. まとめと今後の展望

本研究では、知覚意思決定課題においても、高プレッシャー下で能力低下が発生することが明らかになった。また高プレッシャー下での失敗は、低プレッシャー下でも起こる失敗の回数が単純に増加したのではなく、それとは質的に異なる失敗が発生している可能性を示唆している。今後のさらなる精査が必要ではあるが、本研究の結果は、プレッシャー下の能力低下の背後にあるメカニズムとは、直前の HP 条件のパフォーマンスによって次に始まる HP 条件での状況を予測してしまい、それが知覚に影響を与え、最終的に失敗へと結びつくというメカニズムである可能性を示す。今後は、本研究の課題を用いて脳機能計測をおこない、プレッシャー下の能力低下が生じる直前に予測符号化に関連する領域の過剰な活動がみられるかを検討することで、知覚意思決定のみならず、様々な種類のプレッシャー下の能力低下の背後にあるメカニズムの解明に迫りたい。

#### 文献

- Bae, G. Y., & Luck, S. J. (2019). Decoding motion direction using the topography of sustained ERPs and alpha oscillations. *NeuroImage*, 184, 242-255.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2018.09.029>
- Beilock, S. L., & Carr, T. H. (2001). On the fragility of skilled performance: What governs choking under pressure? *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(4), 701-725.  
<https://doi.org/10.1037/0096-3445.130.4.701>
- Byrne, K. A., Silasi-Mansat, C. D., & Worthy, D. A. (2015). Who chokes under pressure? The Big Five personality traits and decision-making under pressure. *Personality and individual differences*, 74, 22-28.  
<https://doi.org/10.1016/j.paid.2014.10.009>
- Chib, V. S., De Martino, B., Shimojo, S., & O'Doherty, J. P. (2012). Neural mechanisms underlying paradoxical performance for monetary incentives are driven by loss aversion. *Neuron*, 74(3), 582-594.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuron.2012.02.038>
- Friston, K. J., & Frith, C. D. (2015). Active inference, communication and hermeneutics. *Cortex*, 68, 129-143.  
<https://doi.org/10.1016/j.cortex.2015.03.025>
- Gold, J. I., & Shadlen, M. N. (2007). The neural basis of decision making. *Annu. Rev. Neurosci.*, 30, 535-574.  
<https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.29.051605.113038>
- Harris, D. J., Wilkinson, S., & Ellmers, T. J. (2023). From fear of falling to choking under pressure: A predictive processing perspective of disrupted motor control under anxiety. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 148, 105115.  
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2023.105115>
- Hodson, R., Mehta, M., & Smith, R. (2023). The empirical status of predictive coding and active inference. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 105473.  
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2023.105473>
- Ogasawara, K., Koike, T., Fukunaga, M., Yoshioka, A., Yamamoto, T., & Sadato, N. (under review). Neural substrates of choking under pressure: A 7T-fMRI study.
- Pilly, P. K., & Seitz, A. R. (2009). What a difference a parameter makes: A psychophysical comparison of random dot motion algorithms. *Vision research*, 49(13), 1599-1612.  
<https://doi.org/10.1016/j.visres.2009.03.019>
- Smith, P. L., Corbett, E. A., & Lilburn, S. D. (2022). Diffusion theory of the antipodal "shadow" mode in continuous-outcome, coherent-motion decisions. *Psychological Review*.  
<https://doi.org/10.1037/rev0000377>
- Smoulder, A. L., Pavlovsky, N. P., Marino, P. J., Degenhart, A. D., McClain, N. T., Batista, A. P., & Chase, S. M. (2021). Monkeys exhibit a paradoxical decrease in performance in high-stakes scenarios. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(35), e2109643118.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.2109643118>
- Sosnowski, M. J., Benítez, M. E., & Brosnan, S. F. (2022). Endogenous cortisol correlates with performance under pressure on a working memory task in capuchin monkeys. *Scientific Reports*, 12(1), 953.  
<https://doi.org/10.1038/s41598-022-04986-6>
- Wine, J. (1971). Test anxiety and direction of attention. *Psychological bulletin*, 76(2), 92.
- Yu, R. (2015). Choking under pressure: The neuropsychological mechanisms of incentive-induced performance decrements. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 9.  
<https://doi.org/10.3389/fnbeh.2015.00019>