

スキーマの活性化に伴う感情喚起が単純反応時間課題の反応時間に与える影響：瞳孔散大と反応時間に着目した検討

The effect of schema-induced emotional arousal on reaction time in simple reaction time task: A study on pupil diameter and reaction time

渡邊 咲花¹, 下條 志巖², 林 勇吾³

Emika Watanabe, Shigen Shimojo, Yugo Hayashi

¹立命館大学大学院人間科学研究科, ²立命館グローバル・イノベーション研究機構, ³立命館大学総合心理学部

¹Graduate School of Human Science, Ritsumeikan University, ²Ritsumeikan Global Innovation Research Organization,

³College of Comprehensive Psychology, Ritsumeikan University

jr0576fp@ed.ritsumei.ac.jp

概要

生理的反応を生じさせない要因が認知処理を高める現象は、記憶の影響を受けていると考える。本実験は、スキーマに伴う感情喚起が人の認知処理を高めるかを知覚反応に焦点を当てて検討した。実験の結果、反応時間と瞳孔径に差はなかったが、スキーマ活性化刺激があるとき、一部で反応時間と瞳孔径に負の相関が見られ、瞳孔が散大するほど反応時間が短縮したことがわかった。これより、スキーマの活性化に伴う感情喚起が注意を焦点化し知覚反応を高める可能性が示唆された。

キーワード：スキーマ, 瞳孔径, 知覚反応

1. 問題

生理的な反応を生じさせない外的要因でも認知処理が変化することがある。実際には効果のない物質であっても、摂取時に認知機能に影響を与えるという教示を与えると、注意が向上することが示されている (Colagiuri & Boakes, 2010)。これは、プラセボ効果と呼ばれ、思い込みによって生じている。この現象は、認知的要因によって実際には効果のない外的要因が認知処理や行動に影響を与えることを示唆している。

本研究では、この現象が記憶メカニズムの影響を受けていると考え、その可能性について検討する。人の認知処理を変化させる認知的要因には、記憶が挙げられる。記憶が人の行動や認知処理に影響を与える仕組みとして、本研究では、スキーマの活性化が認知処理を高めるかを検討する。スキーマとは、経験を基に形成された知識構造のことである (Ngu & Phan, 2022)。本研究では、外的要因が知識を通して人の行動や認知処理に影響を与えるかに焦点を当てるため、スキーマを「物事に関する知識で、宣言的記憶内に保存された知識構造」と定義する。スキーマの活性化は、関連する感情や行動を生起しやすくする (Bartrams, 2020)。実際に、記憶想起時には外部刺激によって内受容感覚が変化し、内受

容感覚を受けて感情が変化する (Matsumoto et al., 2022)。このように、スキーマの活性化は人に影響を与えることが示されており、本研究ではスキーマの活性化が人の認知処理に影響を及ぼす可能性について検討する。

スキーマの活性化に伴う感情喚起は、認知処理に影響を与える可能性がある。感情の分類方法の1つである円環モデル (Russell, 1980) では、感情は覚醒と快不快の2軸で構成される。この感情の快不快と覚醒は認知処理に影響を与えることが示されている。例えば、感情の覚醒は時間知覚を通して判断に影響を与える (Zho et al, 2022)。そのため、スキーマに伴う感情喚起は認知処理に影響を与える可能性がある。

感情喚起は様々な生理的変化を生じさせるが、スキーマの活性化に伴う感情喚起の生理指標は、感情と記憶検索の両方を反映する瞳孔径が利用できると考える。感情喚起はいくつかの生理的指標によって測定されるが、本研究では瞳孔径に焦点を当てる。瞳孔径は、交感神経によって支配されており、感情の覚醒によって散大する (Bradly et al., 2008)。さらに、記憶検索時にも瞳孔径は青斑核 (LC) のノルエピネフリン含有ニューロンの活動を反映して散大する (Joshi et al., 2016)。以上より、瞳孔径は感情喚起と記憶検索の両方を反映し、スキーマ活性化の指標として活用できる可能性がある。

これより、本研究では、スキーマの活性化により認知処理が高まるかについて、感情喚起の観点から検討する。これまで述べてきたことから、Colagiuri & Boakes (2010) で見られたような、思い込みが認知処理を高める現象のメカニズムとしてスキーマによる感情喚起があると考えられる。スキーマの活性化による感情喚起と記憶検索に瞳孔径が反応することを踏まえると、外的要因によりスキーマが活性化した場合、瞳孔径が散大し課題パフォーマンスも高まると考える。

2. 目的と仮説

本研究では、スキーマを活性化させる刺激として、記憶検索の手がかりとなる嗅覚刺激に焦点を当てる。嗅覚刺激は関連する意味記憶を活性化する (Lawless and Engen, 1977)。例えば、洗剤に関連する嗅覚刺激が洗浄に関連する語彙を活性化し、行動も増加させた (Holland et al., 2005)。ここではスキーマからの検討はないが、関連する語彙の活性化は意味記憶の活性化を示唆しており、嗅覚刺激によって関連するスキーマが活性化する可能性が考えられる。

活性化させるスキーマは、知覚反応を向上させる刺激としてコーヒーを利用する。コーヒーに関連する特徴は、知覚反応を向上させる (Fukuda & Aoyama, 2017)。Madzharov et al. (2018) では、実際にコーヒーの嗅覚刺激が課題パフォーマンスを高めることが示されている。このことから、コーヒーに関連する刺激は、スキーマを活性化させ認知処理を向上させる可能性がある。

これまでの議論から、スキーマの活性化に伴う感情喚起が認知処理を向上させる可能性があることが考えられるが、実際に外的要因が認知処理を高めるメカニズムについては明瞭ではない。そのため、本研究ではまず実験 1 として、スキーマの活性化によって呈示された刺激に反応する知覚反応が速くなるのか、およびスキーマの活性化と感情喚起、知覚反応の向上に関連があるかを検討する。実験 1 での仮説は、スキーマの活性化に伴う感情喚起により知覚反応が向上するである。

3. 方法

3.1. 実験参加者

実験参加者は 63 名 (男性 20 名, 女性 42 名, その他 1 名) で、平均年齢は 19.75 ($SD = 1.83$) だった。実験参加者は月に 1 回はコーヒーを摂取している学部生を対象に、実験参加の報酬として成績に加算されるクレジットを提供する学内の制度を用いて募集した。

実験参加者のうち、実験条件に合致しない参加者 8 名、課題のエラーが 20% 以上の参加者 7 名、全ての試行に回答しなかった参加者 1 名、瞳孔径が測定できなかった参加者 2 名、瞳孔径の欠損率が 40% 以上の参加者 3 名、反応時間が外れ値に該当した参加者 5 名 (うち 1 名は瞳孔径の欠損率で除外対象の参加者) の合計 25 名を除外した。ただし、反応時間のみの分析では瞳孔径での除外対象者を含め、瞳孔径のみの分析では反

応時間が外れ値の参加者を含めて分析を行った。実験条件に合致しない参加者は、質問紙を用いて確認し、コーヒーを月に 1 回以上摂取していないと回答し、かつ摂取理由が無回答の参加者を対象とした。反応時間の外れ値は、セッションおよび条件ごとに第 1 四分位数から四分位範囲を 1.5 倍した値を引いた値を最小値、四分位範囲を 1.5 倍した値を第 3 四分位数に足した値を最大値とし、この範囲外のデータを外れ値とした。実験は、嗅覚刺激の有無の 1 要因の参加者間計画であった。この研究は、総合心理学部・人間科学研究科における研究倫理審査委員会によって承認された (2022-psy-049)。

3.2. 装置

本実験では、嗅覚刺激を呈示するための香り噴射装置 (Aroma Shooter®2)、課題を行うデスクトップパソコン (Windows OS)、瞳孔径を測定する眼球運動測定器 (Tobii Pro X2-30) を用いた。香り噴射装置は、嗅覚刺激を任意のタイミングで呈示することができる装置のことである。実験では、C# のプログラミング言語を用いて 1 秒ごとに 0.5 秒間呈示されるように設定した。

3.3. 材料

本実験では、香り噴射装置にセットして使用するアロマカートリッジ (アロマジョイン)、実験条件に合致するかの確認のためコーヒーの摂取頻度や摂取理由を回答する質問紙、単純反応時間 (Simple Reaction time) 課題 (以下、Simple RT 課題とする) を用いた。

Simple RT 課題はプログラミング言語 (C#) を用いて作成した。課題は、パソコンの画面の中央部に 1 秒から 2.5 秒の間のランダムな間隔でアスタリスクが呈示された。スペースキーが押されるとアスタリスクが消え、再度アスタリスクが呈示された。実験参加者は、アスタリスクが呈示されたらできるだけ速くキーを押すように教示された。課題は、練習試行 10 試行と本試行 100 試行から成る全 110 試行を 1 セッションとした。

3.4. 従属変数

従属変数は Simple RT 課題の反応時間と瞳孔径の平均値であった。反応時間は、刺激が呈示されてからキーが押されるまでの時間を用いた。反応時間は、参加者ごとに各セッションの平均反応時間を算出した。反応時間が 0 秒以下および 1 秒以上の試行はエラーとしてデ

ータから除外した。瞳孔径は、参加者およびセッションごとの平均を使用した。

3.5. 手続き

最初に実験についての説明と同意を行った。その後、眼球運動測定器のキャリブレーションを行い、1分間瞳孔径を測定した後、ベース課題として Simple RT 課題を1セッション行った。ベース課題終了後、眼球運動の測定を終了し、再度眼球運動の測定を開始して、本課題として Simple RT 課題を3セッション実施した。本課題では、セッションの間に約1分間の休憩があった。本課題中、嗅覚刺激あり条件では嗅覚刺激が1秒ごとに0.5秒間呈示され、休憩中も呈示されていた。香りなし条件では本課題中、アロマカートリッジを装着しない状態で香り噴射装置を稼働させた。最後に、コーヒーに関する質問紙に回答してもらい、実験は終了した。

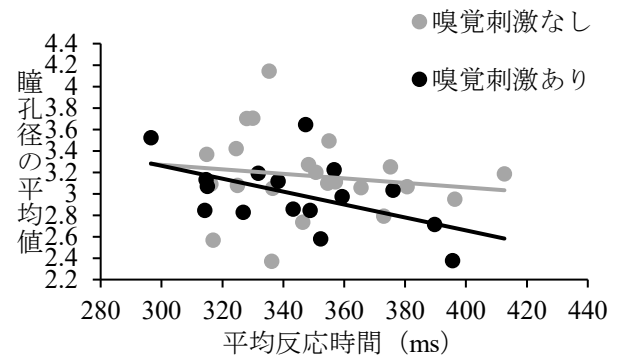
4. 結果

スキーマの活性化によって知覚反応が速くなるかを検討するために、平均反応時間を従属変数、嗅覚刺激の有無を独立変数として t 検定を行った。分析の結果、全てのセッションにおいて有意な差は見られなかった（セッション1: $t(40)=0.73, p=.47, d=0.24$, セッション2: $t(40)=0.39, p=.70, d=0.13$, セッション3: $t(40)=0.36, p=.72, d=0.11$ ）。加えて、スキーマの活性化によって瞳孔径が変化するかを確認するために、瞳孔径の平均値に対して嗅覚刺激の有無を独立変数とした t 検定を行った。分析の結果、全てのセッションにおいて有意な差は見られなかった（セッション1: $t(40)=1.28, p=.21, d=0.42$, セッション2: $t(40)=1.34, p=.19, d=0.45$, セッション3: $t(40)=1.09, p=.28, d=0.36$ ）。

感情喚起と課題のパフォーマンスが関連しているのかを調べるために、瞳孔径の平均値と Simple RT 課題の反応時間に対して条件ごとおよびセッションごとに相関分析および、相関が有意か確認するために無相関検定を行った。セッション1において、嗅覚刺激なし条件では、ほとんど相関が見られず、有意でもなかった（ $t(20)=-0.35, p=.73, r=-.08$ ）。嗅覚刺激あり条件では弱い負の相関が見られたが有意ではなかった（ $t(14)=-0.89, p=.39, r=-.23$ ）。セッション2において、嗅覚刺激なし条件では、ほとんど相関が見られず有意でもなかった（ $t(20)=-0.64, p=.53, r=-.14$ ）。嗅覚刺激あり条件では弱い負の相関が見られたが有意ではなかった

（ $t(14)=-1.39, p=.19, r=-.35$ ）。セッション3における相関分析を行った結果を Figure 1 に示す。嗅覚刺激なし条件ではほとんど相関が見られず有意でもなかった（ $t(20)=-0.65, p=.52, r=-.14$ ）。嗅覚刺激あり条件では有意な中程度の負の相関が見られた（ $t(14)=-2.28, p=.04, r=-.52$ ）。

Figure 1 セッション3の平均瞳孔径と反応時間の相関



5. 考察

外的要因によるスキーマの活性化が感情を喚起して認知処理を高めるのかについて、知覚反応に焦点を当てて実験を行った。実験の仮説は、スキーマの活性化に伴う感情喚起により知覚反応が速くなるであった。実験の結果、反応時間および瞳孔径に差はなかった。しかしながら、セッション3において実験条件で瞳孔径と反応時間に有意な負の相関が見られ、仮説は一部で支持された。以下に、反応時間と瞳孔径に差がなかったにもかかわらず、実験条件で反応時間と瞳孔の相関が見られたことについて考察する。

セッション3において実験条件で反応時間と瞳孔径に相関が見られた理由について、スキーマの活性化に伴う感情喚起が瞳孔を散大させ、反応時間を短縮したと考える。スキーマの活性化は関連した感情を喚起させる (Matsumoto et al., 2023) こと、瞳孔が感情喚起により散大する (Bradley et al., 2008) ことから、一部の参加者でスキーマが活性化し感情が喚起されたと考えられる。感情喚起が注意を焦点化する (Passoa et al., 2012) という指摘に基づいて、スキーマの活性化に伴う感情喚起が課題に集中させ反応時間を短縮したと考える。

しかしながら、条件ごとの反応時間と瞳孔径には差がなかったことから、嗅覚刺激を呈示された参加者全体でスキーマの活性化が生じたわけではなかったと言える。セッション3で見られた相関からは、スキーマ

の活性化が反応時間を短縮することが伺える。それにもかかわらず、条件ごとの反応時間と瞳孔径に差が見られなかったのは、全ての参加者でスキーマが活性化したわけではなかったのだと考えられる。

本実験の課題として、以下の2つが挙げられる。まず、スキーマが活性化した参加者と活性化しなかった参加者がいたことが考えられ、嗅覚刺激がスキーマを活性化させる刺激として十分ではなかった可能性がある。そのため、よりスキーマを活性化させることができる刺激を検討する必要がある。次に、本実験では、知覚反応のみに焦点を向け、洞察や創造性といった複雑な認知処理への影響はわからない。このことから、より複雑な処理を要する課題に対してスキーマの影響が見られるかを検討する必要がある。

以上の2点を踏まえて、実験2の計画を以下のように立てる。実験2では、知覚反応よりも複雑な処理として、知覚運動学習に焦点を当てる。また、嗅覚刺激の他にコーヒーに関するスキーマを活性化させる手がかりとしてデカフェコーヒーの摂取を用いる。これより、実験2では、手がかりの多さがスキーマを活性化させやすくするのか、スキーマの活性化による感情喚起が知覚運動学習を促進させるかを検討する。実験課題は系列反応時間 (Serial Reaction Time) 課題 (以降、Serial RT 課題) を用いる。Serial RT 課題は、画面に呈示された4つの正方形のどれかの上に刺激 (☆) が呈示されるという課題で、実験参加者には刺激が呈示されたらできるだけ速く正確に刺激呈示位置に対応するキーを押すことを求める。課題は、練習試行と学習試行で構成し、練習試行はランダムな順序、学習試行は12試行分の決まった順序で正方形の上に刺激が呈示される。実験は、嗅覚刺激の有無とデカフェコーヒーの摂取の有無の2要因の参加者間計画であり、サンプルサイズは検定力を0.80、有意水準を0.05としてG*power3を用いて算出した55名を超える人数を予定している。以上より、課題をSerial RT 課題に変更、および手がかりの多さを独立変数として加えて実験2を実施する。

文献

- Bertrams, A. (2020). A schema-activation approach to failure and success in self-control. *Frontiers in Psychology, 11*, 2256. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.02256>
- Bradley, M. M., Miccoli, L., Escrig, A. M., & Lang, J. P. (2008). The pupil as a measure of emotional arousal and autonomic activation. *Psychophysiology, 45*(4), 602–607. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2008.00654.x>
- Colagiuri, B., & Boakes, A. R. (2010). Perceived treatment, feedback, and placebo effects in double-blind RCTs: An experimental analysis. *Psychopharmacology, 208*(3), 433–441. <https://doi.org/10.1007/s00213-009-1743-9>
- Fukuda, M., & Aoyama, K. (2017). Decaffeinated coffee induces a faster conditioned reaction time even when participants know that the drink does not contain caffeine. *Learning and Motivation, 59*, 11–18. <https://doi.org/10.1016/j.lmot.2017.07.002>
- Joshi, S., Li, Y., Kalwani, M. R., & Gold, I. J. (2016). Relationships between pupil diameter and neuronal activity in the locus coeruleus, colliculi, and cingulate cortex. *Neuron, 89*(1), 221–234. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2015.11.028>
- Holland, R. W., Hendriks, M., & Aarts, H. (2005). Smells like clean spirit: Nonconscious effects of scent on cognition and behavior. *Psychological Science, 16*(9), 689–693. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2005.01597.x>
- Lawless, H., & Engen, T. (1977). Associations to odors: Interference, mnemonics, and verbal labeling. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory, 3*(1), 52–59. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.3.1.52>
- Madzharov, A., Ye, N., Morrin, M., & Block, L. (2018). The impact of coffee-like scent on expectations and performance. *Journal of Environmental Psychology, 57*, 83–86. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2018.04.001>
- Matsumoto, N., Watson, A. L., Fujino, M., Ito, Y., & Kobayashi, M. (2022). Subjective judgments on direct and generative retrieval of autobiographical memory: The role of interoceptive sensibility and emotion. *Memory & Cognition, 50*(8), 1644–1663. <https://doi.org/10.3758/s13421-022-01280-8>
- Ngu, H. B., & Phan, P. H. (2022). Developing problem-solving expertise for word problems. *Frontiers in Psychology, 13*, 725280. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.725280>
- Pessoa, L., Padmala, S., Kenzer, A., & Bauer, A. (2012). Interactions between cognition and emotion during response inhibition. *Emotion, 12*(1), 192–197. <https://doi.org/10.1037/a0024109>
- Russell, A. J. (1980). A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology, 39*(6), 1161–1178. <https://doi.org/10.1037/h0077714>
- Zho, L., Yang, Y., & Li, S. (2022). Music-induced emotions influence intertemporal decision making. *Cognition and Emotion, 36*(2), 211–229. <https://doi.org/10.1080/02699931.2021.1995331>