

# 呼吸位相が視覚刺激の知覚処理に及ぼす影響

水原 啓太

呼吸は息を吸うこと(吸気)と息を吐くこと(呼気)が交互に生じる、周期性をもった自律神経活動である。呼吸の最も重要な生理学的機能は、酸素を体内に取り入れてエネルギー代謝を行い、それによって産出された二酸化炭素を外界に排出することである(本間, 2009)。自然呼吸は、脳幹の橋や延髄にある呼吸中枢によって制御されている。他方、人は呼吸のリズムや深さを意識的に変えたり、息の吸いはじめや吐きはじめのタイミングを随意的に調整したりできる。この点は心拍や消化といった他の自律神経活動ではなく、呼吸のユニークな特徴である。

多くの人は習慣的に鼻呼吸をしている。鼻呼吸が難しいときには口呼吸をするが、口呼吸では体内に入る気流に適切な温度と湿度が与えられなかったり、菌やウイルスが肺に届いてしまったりする。ヒトを含めた哺乳類は周囲の匂いを嗅ぐことによって、生存に必要な外界情報を取得できる。たとえ匂いがなかったとしても、鼻から空気が入ることによって、嗅覚ニューロンは気流による機械刺激を検出する(Grosmaître et al., 2007)。この信号は嗅球や梨状皮質を通して、扁桃体や海馬といったさまざまな脳領域に伝わる。

呼吸位相によって自律神経系の活動バランスは変化する。自律神経系は大きく分けて、交感神経系と副交感神経系があり、互いにバランスをとりながら活動している。心臓に対する迷走神経支配は、息を吸うと抑制され、息を吐くと回復する。このため、息を吸うと副交感神経活動が一時的に抑制されて、心拍数が増加し、息を吐くと副交感神経活動が一時的に優位になり、心拍数が減少する。

自律神経系は生命維持機能を担うだけでなく、中枢神経系で行われる外界事象の知覚や認知にも影響を与えるという知見が近年集まりつつある。その多くは呼吸のリズムやペース、あるいはため息をつくことがネガティブ感情の抑制や認知課題成績の向上に及ぼす影響に注目していた(例えば, De Couck et al., 2019; Vlemincx & Luminet, 2020)。本研究では、そのような先行研究を踏まえたうえで、息を吸っている間・吐いている間という呼吸位相が、視覚刺激の検出感度に及ぼす影響について検証した。

実験1では、先行研究(Perl et al., 2019; Zelano et al., 2016)に従って、鼻から息を吐くときよりも息を吸うときのほうが、視覚刺激の弁別精度が高まるという仮説を検証した。呼吸は自律的な活動であるが、随意的な調節によっても制御されている(Herrero et al., 2018)。そのため、視覚刺激の提示タイミングを吸気位相に合わせることで、パフォーマンスが促進されるかどうかを検討した。対提示された恐怖表情と真顔から恐怖表情を選ぶ恐怖表情弁別課題と、対提示されたコントラストの異なるガボールパッチから高いほうを選ぶコントラスト弁別課題を実施した。実験参加者( $N = 28$ )は自然に鼻呼吸をしながら、息の吸いはじめ、もしくは吐きはじめにボタンを押すことで刺激を提示した。刺激の提示時間は100 msで、ボタン押しから500 ms遅れて提示された。参加者は、息の吸いはじめにボタンを押す試行(吸気位相条件)と息の吐きはじめにボタンを押す試行(呼気位相条件)を交互に行い、試行間は1周期以上あけるように求められた。実験の結果、恐怖表情や高コントラストのガボールパッチを正しく選べた割合は、吸気位相条件と呼気位相条件との間で差がなかった。

実験2は、実験1の実験手続きを修正して行った。実験1では、参加者がボタンを押してから500 ms後に刺激が提示されたので、息の吸いはじめや吐きはじめのタイミングから遅れて刺激が提示された可能性がある。そこで、刺激の提示タイミングを、参加者がボタンを押した直後に修正した。また、吸気位相条件と呼気位相条件は交互ではなく、ブロックごとに分けた。36名が実験に参加した。実験1と同様に、

恐怖表情や高コントラストのガボールパッチを正しく選べた割合に呼吸位相間での差は認められなかった。しかし、参加者の平均呼吸周期時間や呼吸オンセット-刺激オンセット間隔(息の吸いはじめや吐きははじめからボタンを押す時間までに要した時間)は、息を吐くときよりも息を吸うときのほうが短かった。この効果は、注意や運動といった要因の影響であると考えられた。もし、参加者が息の吐きははじめよりも吸いはじめに行動を合わせようとしたときにすばやくボタンを押すことができたのであれば、刺激提示のためのボタン押しは呼気位相条件よりも吸気位相条件のほうが簡単だった可能性がある。これらの結果から、実験 1 と実験 2 で用いた実験パラダイムでは、視覚刺激の弁別の正確さにおける呼吸位相の影響は認められないことが示唆された。しかし、呼吸位相が視覚刺激の検出感度に及ぼす効果がまったく認められないのではなく、注意系や運動系といった要因に覆われて消えてしまった可能性も考えられた。

実験 3 では、刺激を参加者のボタン押し後ではなく、2-5 s のランダムな時間間隔で提示することによって、呼吸位相が視覚刺激の検出感度に及ぼす影響を検討した。また、呼吸位相が視覚刺激の知覚処理に及ぼす影響を調べるために、視覚刺激の提示に対する事象関連電位 (event-related potential: ERP) を記録した。外部刺激の知覚/認知処理は呼気位相よりも吸気位相で促進されるため (Perl et al., 2019), 呼気位相よりも吸気位相のほうが ERP 振幅が大きくなるという仮説を立てた。36 名が実験に参加した。実験の結果、恐怖表情弁別課題では、正しく恐怖表情を選べた割合は息を吐くとき(平均 59.9%)よりも吸うとき(平均 62.1%)に提示された刺激に対して高かったが、コントラスト弁別課題では正答率に差が認められなかった(吸気位相と呼気位相のどちらも平均 72.5%)。ERP 振幅については、どちらの弁別課題でも呼吸位相の主効果は認められなかった。これらの結果から、息を吐くときよりも吸うときのほうが情動性を含む視覚刺激の知覚感度が高まることと、その効果は皮質下での処理が基盤となっている可能性が示唆された。

3 つの実験から、呼吸位相が視覚刺激の知覚処理に及ぼす影響は、被験者の行動とは関係なく刺激が提示される場合で、情動性を含む視覚刺激を用いたときにのみ認められることが示された。さらに、皮質神経活動を反映する ERP には差が認められなかったことから、その影響は皮質ではなく皮質下経路で生じる可能性が示唆された。今後は、呼吸位相の影響が恐怖表情以外の情動知覚にも拡張できるかを検討することや、機能的磁気共鳴画像法を用いて皮質下の脳領域に及ぼす影響を調べる必要があるだろう。(基礎心理学)