

# 換気カプセル式デジタル発汗計を用いた定位反応の検討

—刺激の反復提示による馴化とその回復について—

今 井 章 (信州大学人文学部)  
 新 堂 光太郎 (信州大学人文学部)  
 大 橋 俊 夫 (信州大学医学部)

キーワード：定位反応，発汗反応，瞳孔反応，馴化

## 問 題

日常生活において我々は、珍しいもの、新奇 (novel) なものには注意を向けるが、見慣れたもの、ありきたりなものに対してはあまり注意を向けることは無い。つまり、すでに慣れたもの、新奇でなくなったものとは、その刺激が多数回、反復提示されることによって馴化 (habituation) が生じたため、と心理学的には理解することができる。では、珍しいもの、新奇な刺激に出会った時、我々はどのような反応を示すのだろうか。

この、新奇刺激の提示に対して最初に出現する反応は今日では、定位反応 (orienting response; OR) と呼ばれており、これまで多くの研究がなされてきた。この OR は、イヌの条件反射の実験中に、ロシアの生理学者 Pavlov (1927) が最初に発見したといわれている。Pavlov は、実験中のイヌが実験室に入ってくる新奇刺激 (ここでは、実験助手) に対して耳をそば立てたり、その刺激の方向へ向き直ったりする様子から、この反応を“何であるか反射 (what-is-it? reflex)”あるいは“探求 (investigatory) 反射”と呼んだ。このことから理解されるように、OR は、提示された新奇な刺激に対して、その刺激処理を促進するようにはたらくものと考えられている。

その後、やはりソビエトの心理学者である Sokolov (1963) は、OR の適応的意義に注目し、OR と知覚との関係を結びつけた体系的研究を行った。Sokolov は、ヒトを対象とした実験から、刺激の新奇性のみではなく、有意性 (significance) に対しても OR が出現することを示し、反復提示後の刺激の変化に対してだけでなく、例えば、個人の名前や教示による課題関連刺激など、我々にとって意味のある刺激に対しても OR が出現することを実験的検討から示した。

この OR に関してはこれまで、自律系生理反応をその指標として取得した研究が非常に多い。中でも精神性発汗部位といわれている手掌面から導出した皮膚電気反応 (galvanic skin response; GSR)、あるいは皮膚伝導反応 (skin conductance response; SCR) は、OR としての特徴要件である刺激の反復提示による馴化を示すこと (Sokolov, 1963)、反復提示後の新奇刺激に対して鋭敏に回復すること (Barry, 1996; O'Gorman, Mangan, & Gowen, 1970) などの知見が、研究の初期から高い再現性と共に明らかにされており、妥当かつ信頼できる指

標として最近においてもよく用いられている (Marois, Labonte, Parent, & Vachon, 2018; Steiner & Barry, 2011)。筆者らも、これまで SCR を指標とした OR 研究を行ってきており (今井, 1988, 1991, 1992, 1993, 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002; Imai, 1990, 1991, 1998; 今井・木田・間野・古賀, 1988; 今井・木田・鈴木・間野・古賀, 1989, 1990), SCR が反復刺激の提示に対する馴化を示すこと, 刺激変化に対する回復や有意な刺激に対して出現することなど, OR の指標としての基準を十分に満たす結果を示す一方で, 例えば, 眼球の凝視時間についての検討 (今井, 1993) では, 馴化の様相が明確に示されないなど, その他の自律系, 行動系反応では指標としての有効性が明確ではないことを明らかにしてきた。

この SCR は, 皮膚表面のエクリン腺 (eccrine gland) における精神性の発汗作用を基礎としつつ, 皮膚の状態との相互作用によって惹起されると考えられている (Dowson, Schell, & Filion, 2017; Edelberg, 1972)。したがって, SCR の生起はエクリン腺での汗腺活動と密接に関係しているはずであるが, 精神性発汗反応そのものを測定した OR 研究は皆無である。手掌面の測定部位におけるエクリン腺について, それが開いているか閉じているかというエクリン腺の活動数と SCR との関係調べた研究 (Freedman, Scerbo, Dawson, Raine, McClure & Venables, 1994) は認められるものの, 刺激の提示に対してリアルタイムで汗腺が開孔しているか非開孔かを調べているわけではないため, 特に刺激誘発性の SCR との関係が確立しているとはいえない。

そこで本研究では, 精神性発汗反応を直接, 測定して, 発汗反応が OR の指標として妥当であるかどうかを検討することを目的とした。近年, 大橋の研究グループ (百瀬・坂口・大橋, 2010) は, 持ち運びも容易であり, 皮膚表面からの発汗を簡便かつ精密に測定するための流量補償方式換気カプセル型デジタル発汗計を開発している。この発汗計を用いれば, 皮膚表面から簡便に発汗量を測定することが可能である。

さらに本研究では, 瞳孔の変化についても検討することとした。瞳孔の変化はその開口部の径を測定することによって捉えられる自律系の反応であるが, やはり古くから心理学者の興味を引いてきた (Hess & Polt, 1960)。瞳孔径が OR の指標として検討された研究では, 刺激の反復提示に対する反応の馴化は認められたものの, 刺激変化に対する OR の回復が示されなかった (Stelmack & Siddle, 1982; Steiner & Barry, 2011) ことから, その指標としての妥当性に疑問を呈している研究はある。しかし, より最近の研究 (Marois et al., 2018) では, 刺激の反復提示に対する馴化とその回復過程が認められることから, 指標として有用性が示されている。そこで, 本研究でも, もう一つの指標の可能性を瞳孔径についても探ることとした。

以上のことから, 本研究では精神性発汗反応と瞳孔径とを測定し, 両測度を比較しながら, OR の指標として両反応が妥当であるかどうかを検討することを目的とした。

## 方 法

**実験参加者** 男女大学生18名 (年齢18-22歳, 平均21.0歳, 女子11名) を後述の実験群と統制群の2群にランダムに9名ずつ配置した。なお, いずれの参加者も定位反応についての知識は有しておらず, このような実験に参加することは初めてであった。

**刺激** 聴覚刺激を用いた馴化—脱馴化パラダイムを採用した。刺激はPC (MacBook ProMD213) を用いて、刺激提示ソフト (Psychopy ver.1.90.1) により、スピーカー (SONY PCVA-SP2) から提示した。馴化刺激として周波数が1,000 Hz (43.0 dB SL) の純音を、脱馴化刺激として周波数が1,500 Hz (63.5 dB SL) の純音を用いた。PCディスプレイ上には、Psychopy ソフトウェアを用いて作成した開始の合図、および注視点を提示した。また、純音の提示も同じソフトウェアを用いて制御し、20-30 s で変動する刺激間隔で提示された。

**発汗反応および瞳孔径の計測と数量化** 生理反応として発汗反応と瞳孔径を測定した。発汗反応は、流量補償方式換気カプセル型発汗計 (スキノス SKN-2000) によってサンプリングレート10 Hz でデジタル化し、データ収録用 PC (SONY VAIO VGN-TT91JS) に収録した。

発汗量は、刺激提示前の発汗量を基礎発汗量 (BS) とし、刺激提示後0-5秒後に出現した最大のピーク発汗量 (PS) との差分値を求め、刺激誘発性の発汗反応量 (ES) とした。すなわち、 $ES = PS - BS$  である。瞳孔径は、電子瞳孔計 (浜松ホトニクスイリスコーダデュアル) を用いて、サンプリングレート60 Hz でデジタル化して収録した。瞳孔径についても、刺激提示前の瞳孔径を基礎瞳孔径 (BP) とし、刺激提示後0-5秒後に出現したピークの瞳孔径 (PP) との差分値を求め、刺激誘発性の瞳孔径 (EP) とした。すなわち、 $EP = PP - BP$  である。

**手続** 実験に任意で参加した協力者に対して、事前に実験参加の同意書を読み上げ、自由意志にもとづく署名によって実験参加の意志を確認した。実験参加者へは、開眼して実験中に提示される音刺激を静かに聞いてもらうこと以外、特別な課題はないことを教示した。さらに、実験中、可能な限りまばたきや身体の動きを控えてもらうよう要請した。

教示後、実験参加者の非利き手の拇指手掌面へ、発汗量測定のための円形プローブを両面テープで固定して装着した。瞳孔径は、注視点提示用 PC ディスプレイと実験参加者の間に置かれた木製パネルに固定された瞳孔径計測用のゴーグルを装着することで測定された。実験参加者は高さ調整が可能な椅子に座り、実験中は注視点を凝視し続けること、また、身体を可能な限り動かさないように教示した。

馴化—脱馴化パラダイムを用いて、両群に馴化期として10試行、純音刺激が反復提示された。その後、第11試行目がテスト期であり、実験群に対しては脱馴化刺激の1,500 Hz 音が提示された。統制群に対しては、馴化刺激の1,000 Hz 音がそれまでと同様に提示された。

## 結 果

### 発汗反応

Figure 1には、実験群と統制群の馴化期、および、テスト期における発汗の変化量が図としてプロットされている。なお、図中、馴化期データは2試行平均を1ブロックとして示されている。

Figure 1に認められるように、実験群、統制群ともに馴化期では、刺激反復に伴う反応の減衰が示されているようである。平均的な反応量は統制群において大きく出現しているが、

実験群との差異は明確ではない。そこで、群×ブロックの分散分析を行ったところ、ブロックの主効果のみが有意傾向 ( $F(1, 16) = 3.55, p = .066, \eta_p^2 = .051$ ) であったが、群の主効果 ( $F(1, 16) = 0.863, p = .367, \eta_p^2 = .182$ )、および交互作用 ( $F(4, 64) = .562, p = .501, \eta_p^2 = .034$ ) は有意とはならなかった。

テスト期の両群の発汗反応には、Figure 1からは大きな差異を読み取ることはできない。統制群では、ほぼ反応量が0に等しいが、実験群については若干、脱馴化のような反応の回復が出現しているようでもある。そこで、群間差について、テスト期の発汗量と第5ブロックの発汗量との差分値を求めて分散分析を行ったところ、有意な結果は得られなかった ( $F(1, 16) = 2.32, p = .147, \eta_p^2 = .147$ )。

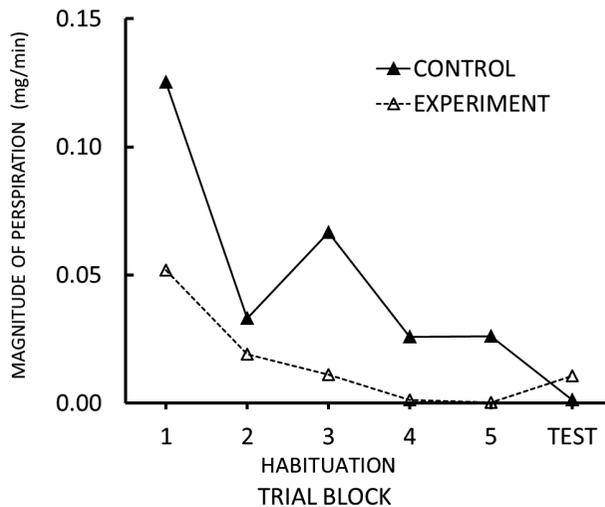


Figure 1 The magnitude of perspiration for experimental and control groups plotted as a function of the block of two trials for habituation (1 to 5), and of the trial for test.

### 瞳孔反応

Figure 2には、実験群と統制群の馴化期、および、テスト期における瞳孔径の変化量が、Figure 1と同様に示してある。なお、瞳孔反応については、実験群の参加者1名で記録上の不備が生じたため、実験群については8名分のデータに基づいている。

Figure 2には、実験群、統制群ともに、馴化期の刺激提示初期に大きく誘発されていた瞳孔の散大反応が、反復提示に伴い徐々に瞳孔変化が少なくなっているようである。しかし、発汗反応と同様の群×ブロックの分散分析を行ったところ、群の主効果 ( $F(1, 15) = 1.111, p = .309, \eta_p^2 = .074$ )、ブロックの主効果 ( $F(1, 15) = 1.958, p = .113, \eta_p^2 = .131$ )、および交互作用 ( $F(4, 60) = 0.499, p = .736, \eta_p^2 = .033$ ) はいずれも有意とはならなかった。

テスト期の両群の瞳孔反応では、Figure 2からは、実験群において統制群に比較し大きな反応回復が認められるようである。そこで、群間差について発汗反応と同様、テスト期の瞳

孔反応量と第5ブロックの瞳孔反応量との差分値を求めて分散分析を行ったところ、有意な結果は得られなかった ( $F(1, 15) = 2.32, p = .147, \eta_p^2 = .147$ )。

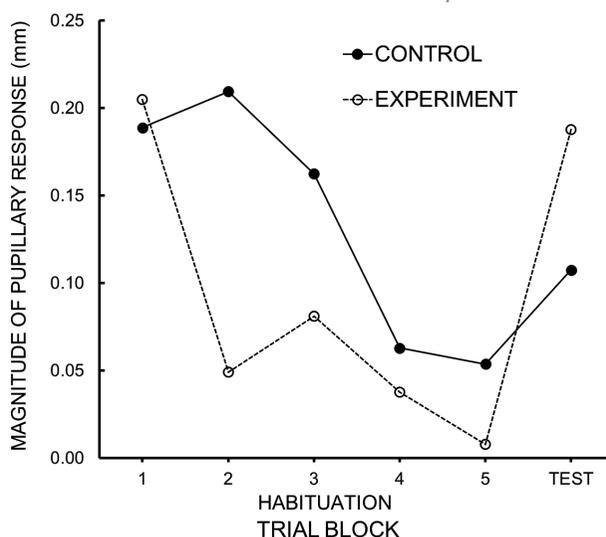


Figure 2 The magnitude of pupillary response for experimental and control groups plotted as a function of the block of two trials for habituation (1 to 5), and of the trial for test.

## 考 察

本研究では、精神性発汗反応を測定して、発汗反応がORの指標として妥当であるかどうか、併せて、瞳孔反応がORの指標として妥当であるかについても検討することを目的とした。これまで、ORの指標としては、SCRが最も頻繁に用いられてきた。このSCRは皮膚からの精神性発汗を基礎としていると考えられてきたが、発汗量を直接的に測定したOR研究はほとんどない。

しかし近年、大橋の研究グループ(百瀬他, 2010)は、皮膚表面からの発汗量を簡便かつ精密に測定するためのデジタル発汗計を開発していることから、この装置を使用して皮膚表面からの発汗量を測定することとした。本研究では、このデジタル発汗計を用いて、精神性発汗がORの指標として妥当かどうかを検討した。

加えて、本研究では、瞳孔径の変化についても検討することとした。瞳孔径はORの指標としては否定的な研究(Stelmack & Siddle, 1982; Steiner & Barry, 2011)もある一方で、最近では、反復提示に対する馴化とその回復過程が認められた研究(Marois et al., 2018)が報告されており、その有用性が示唆されている。

そこで、本研究では、精神性発汗としての発汗量、および瞳孔径を測定し、ORの指標としての妥当性について検討した。以下に両指標についての結果について考察してみたい。

発汗量については、刺激の反復提示による反応馴化が有意ではなかったものの、有意傾向

( $p=.066$ ) が認められた。したがって、OR の反応特徴としての馴化については、ほぼ基準を満たすことができるといえよう。しかし、その後の刺激変化に対する OR の回復については認められず、実験操作としての新奇性に対する OR の回復は示されなかった。一方、これまでの研究では、SCR を指標とした研究においても、刺激変化が SCR の反応回復をもたらさなかったことは報告されている (Bernstein, 1969; O'Gorman et al., 1970)。以上のことから、精神性発汗反応については、刺激変化に対する反応の回復が明確には認められなかったものの、馴化が生じていたことから、OR の指標としての可能性は示されたといえる。

瞳孔径の反応量については、刺激の反復提示による反応馴化は有意ではなく、また、その後の刺激変化に対する反応の回復についても明確に示されなかった。Figure 2には、初期の増大した反応が、刺激反復に伴い反応量が減少しているようにみられるが、この減少については有意ではなかった。また、テスト期には、刺激変化による反応回復も実験群において増大しているようにみえるが、この反応回復についても統制群とは有意差は認められなかった。以上の結果を考察すると、これまでと同様 (Stelmack & Siddle, 1982)、瞳孔径には OR としての反応特徴は認められない可能性が強いと考えられる。

ところで、我々のこれまでの研究 (例えば、今井, 1988; Imai, 1990, 1991) では、SCR を指標とした場合、刺激の反復に伴う反応馴化の傾向や、実験群と統制群とのテスト試行における群間差は、各群の実験参加者として10名程度で認められてきた。本実験で用いた刺激や手続きは、著者らの諸研究とは異なっており単純に比較することはできないものの、10名には満たない9名であったが、発汗反応については反応馴化の傾向が示された。しかし、瞳孔反応には試行に伴うデータの減衰はグラフ上では見られたものの、その結果は有意ではなかった。また、刺激変化に対する反応回復は、発汗反応も瞳孔反応と共に明確には示されなかった。皮膚の電気現象は個人差の大きいことが指摘されており (新美・鈴木, 1986)、また、精神性発汗を担うエクリン腺の分布について個人差が大きい (大橋・宇尾野, 1993) ことも確認されている。したがって、さらに多くのデータを積み重ねて、より精緻な検討を引き続き行なう必要があろう。

## 付 記

本研究は、第1著者と第3著者の指導の下、第2著者が2019年度に提出した信州大学人文科学部卒業論文の実験1に基づき、再分析と再構成を行ない論文としてまとめ直したものである。また、本研究の一部は、日本心理学会第83回大会 (2019年9月13日) において発表された。

## 引用文献

- Barry, R. J. (1996). Preliminary process theory: Towards an integrated account of the psychophysiology of cognitive processes. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 56, 469-484.
- Bernstein, A. S. (1969). To what does the orienting response respond? *Psychophysiology*, 6, 338-350.

- Dowson, M. E., Schell, A. M., & Filion, D. L. (2017). The electrodermal system. In J. T. Cacioppo, L. G. Tassinary, & G. G. Berntson (Eds.). *Handbook of psychophysiology*. (4th ed., pp. 217-243). UK: Cambridge University Press.
- Edelberg, R. (1972). Electrical activity of the skin: Its measurement and uses in psychophysiology. In N. S. Greenfield & R. A. Sternbach (Eds.). *Handbook of psychophysiology*. (pp. 367-418). New York: Holt, Rinehart, & Winston.
- Freedman, L. W., Scerbo, A. S., Dawson, M. E., Raine, A., McClure, W. O., & Venables, P. H. (1994). The relationship of sweat gland count to electrodermal activity. *Psychophysiology*, *31*, 196-200.
- Hess, E. H., & Polt, J. M. (1960). Pupil size as related to interest value of visual stimuli. *Science*, *132*, 349-350.
- 今井章 (1988). 定位反応における刺激提示のモダリティと課題教示の効果 心理学研究, *59*, 30-36.
- 今井章・木田光郎・間野忠明・古賀一男 (1988). 低圧低酸素環境下におけるヒトの定位反応 名古屋大学環境医学研究所年報, *39*, 136-141.
- 今井章・木田光郎・鈴木初恵・古賀一男・間野忠明 (1989). 低圧低酸素環境下におけるヒトの定位反応 (第2報) 名古屋大学環境医学研究所年報, *40*, 89-94.
- 今井章・木田光郎・鈴木初恵・古賀一男・間野忠明 (1990). 低圧低酸素環境下におけるヒトの定位反応 (第3報) 名古屋大学環境医学研究所年報, *41*, 104-109.
- Imai, A. (1990). Effects of overt and covert task instructions and stimulus modality on orienting response recorded by electrodermal indices. *Japanese Psychological Research*, *32*, 192-199.
- 今井章 (1991). 定位反応に及ぼす内示反応と外示反応の課題教示の効果—単一モダリティでの刺激提示事態について— 名古屋大学文学部研究論集111・哲学37, 103-112.
- Imai, A. (1991). Effects of overt and covert tasks on orienting response under unimodal and bimodal stimulations. *Perceptual and Motor Skills*, *73*, 1203-1215.
- 今井章 (1992). 定位反応に及ぼす内示反応と外示反応の課題教示の効果(2)—複数モダリティでの刺激提示事態について— 名古屋大学文学部研究論集114・哲学38, 151-160.
- 今井章 (1993). 課題教示における定位反応の指標としての凝視時間 名古屋大学文学部研究論集117・哲学39, 135-144.
- 今井章 (1995). 刺激情報価が皮膚電気性及び視覚性の定位反応と処理資源配分に及ぼす効果 信州大学人文学部人文科学論集, *29*, 29-39.
- 今井章 (1996). 刺激情報価が皮膚電気性及び視覚性の定位反応と処理資源配分に及ぼす効果(2) 信州大学人文学部人文科学論集<人間情報学科編>, *30*, 13-25.
- 今井章 (1997). 刺激情報価が皮膚電気性及び視覚性の定位反応と処理資源配分に及ぼす効果(3) 信州大学人文学部人文科学論集<人間情報学科編>, *31*, 89-99.
- Imai, A. (1998). Relation between electrodermal- and visual-orienting responses and processing resource allocation. *Perceptual and Motor Skills*, *86*, 434-434.
- 今井章 (1999). 定位反応と処理資源配分との関係—刺激提示モダリティの違いを手がかりとして— 信州大学人文学部人文科学論集<人間情報学科編>, *33*, 61-70.
- 今井章 (2000). 定位反応と処理資源配分との関係(2)—複数モダリティにおける提示事態での検討— 信州大学人文学部人文科学論集<人間情報学科編>, *34*, 27-36.
- 今井章 (2001). 定位反応と処理資源配分との関係(3)—複数モダリティ提示事態での運動反応負荷の効果— 信州大学人文学部人文科学論集<人間情報学科編>, *35*, 9-18.

- 今井章（2002）. 定位反応と処理資源配分との関係(4)—単一モダリティ提示事態での運動反応負荷の効果— 信州大学人文学部人文科学論集<人間情報学科編>, 36, 31-40.
- Marois, A., Labonte, K., Parent, M. & Vachon, F. (2018). Eyes have ears: Indexing the orienting response to sound using pupillometry. *International Journal of Psychophysiology*, 123, 152-162.
- 百瀬秀哉・坂口正雄・大橋俊夫（2010）. 1チャンネル流量補償方式携帯型発汗計の開発 発汗学, 17, 21-23.
- 新美良純・鈴木二郎編（1986）. 皮膚電気活動 星和書店
- 大橋俊夫・宇尾野公義（1993）. 精神性発汗現象—測定法と臨床的応用— スズケン医療機器事業部
- O'Gorman, J. G., Mangan, G. L., & Gowen, J. A. (1970). Selective habituation of galvanic skin response component of the orientation reaction to an auditory stimulus. *Psychophysiology*, 6, 716-721.
- Pavlov, I. P. (1927). *Conditioned reflex*. Oxford: Pergamon Press.
- Sokolov, E. N. (1963). *Perception and the conditioned reflex*. Oxford: Pergamon Press.
- Steiner, G. Z., & Barry, R. J. (2011). Pupillary responses and event-related potentials as indices of orienting reflex. *Psychophysiology*, 48, 1648-1655.
- Stelmack, R. M., & Siddle, D. A. T. (1982). Pupillary dilation as an index of the orienting reflex. *Psychophysiology*, 19, 706-708.

# ORIENTING RESPONSE AS INDEXED BY SWEATING RESPONSE USING FLOW CONTROL DIGITAL PERSPIRATION METER

Akira IMAI<sup>1</sup>, Kotaro SHINDO<sup>2</sup>, Toshio OHHASHI<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Division of Arts, Institute of Social Sciences, Shinshu University

<sup>2</sup> Department of Psychology, Faculty of Arts, Shinshu University

<sup>3</sup> School of Medicine, Shinshu University

## ABSTRACT

It was examined whether orienting response (OR) might be indexed by sweating response and dilation of pupil response. A simple habituation-dishabituation paradigm was employed that the 1,000 Hz of pure tone was presented ten times and then it was replaced by the 1,500 Hz pure tone at the 11th trial. The magnitude of sweating response decreased in response to the stimulus iteration, although this tendency was remained marginal. The recovery of the sweating response was not significant. The dilation of pupil response also decreased as repeated stimulation, but this decrement was not significant. The recovery of the dilation seemed to appear, but this tendency was also insignificant. The sweating response might be regarded as an index of the OR. It is difficult to conclude that the dilation of pupil response may or may not be considered as an index of OR, because of divergent individual differences of the response. Further study should be needed to examine possibility of the pupil response as an index of OR.

**Key words:** orienting response (OR), sweating response, pupil response, habituation

(2019年10月31日受理, 11月15日掲載承認)

