

皮膚電気条件づけ

——その意義と研究動向——

沼田恵太郎・宮田 洋

1. はじめに

「パヴロフの犬」という言葉がある。帝政ロシア時代の生理学者 I. P. Pavlov はイヌの消化腺活動に関する研究において、唾液分泌量と分泌時間が口の中に入れられた食餌の種類と量の関数であることを発見した。さらに彼はその研究を通じて、餌皿をみたり、飼育員の足音をきいたりしただけで、イヌが唾液を分泌することを見出した。つまり、食物といった生物学的に重要な刺激に誘発される反応は、それに時間的に接近して呈示された刺激によっても誘発されるようになる。この現象は、現在では古典的条件づけ (classical conditioning) として広く知られている⁽¹⁾。

古典的条件づけの実験事態では、無条件反応 (unconditioned response : UR) を喚起する刺激、すなわち無条件刺激 (unconditioned stimulus : US) に先行して、条件刺激 (conditioned stimulus : CS) を呈示する。このような操作を繰り返すと、条件刺激に対して無条件反応に類似した反応、すなわち条件反応 (conditioned response : CR) が出現するようになる。古典的条件づけで用いられる反応は、唾液分泌や内臓運動などの自律反応の他、眼瞼反応

(1) I. P. Pavlov は 1904 年、この消化に関する研究によって「ノーベル生理学・医学賞」を受賞した。消化から条件反射による大脳両半球の活動の研究に至る経緯については、宮田 (2009) による総説を参照されたい。なお、本稿では「反射」に対して、「反応」という用語を用いる。

や屈曲運動といった筋運動も含めて多岐にわたる。これらの事実は、古典的条件づけが生体の行動変容における基本原理であることを裏づけるものであるといえる⁽²⁾。

古典的条件づけの研究文脈では、Pavlov (1927) の時代に用いられた唾液分泌に代わって、皮膚電気活動が盛んに用いられてきた。皮膚電気活動は非常に鋭敏な指標であり、そのうえ、条件反応の獲得が容易で、短時間で大量の実験結果を収集できるという利点がある。そのため、古典的条件づけの実験事態で用いられた反応は、種々の自律反応の中で皮膚電気活動が最も多い。後述する条件反応の獲得に関する論争の中で一時は研究が低迷したものの、近年は種々の近接領域との関連が指摘され、研究数は再び増加の一途を辿っている。

本稿ではまず皮膚電気活動について触れ、その古典的条件づけに関する一般的手続きと最近の研究動向について述べた後に、当該領域の学術的な意義について考察を行う。次節では、はじめに発汗と皮膚電気活動について述べる。

2. 皮膚電気活動

2.1. 発汗と皮膚電気活動

精神的に緊張すると、手に汗をかく。手汗で答案がにじむため、ハンカチを握りしめて、試験に臨む受験生も少なくない。その一方で、夏場に止めどなく溢れる不快な発汗もある。前者は精神性発汗、後者は温熱性発汗と呼ばれている。精神性発汗の部位は手掌と足底であり、温熱性発汗の部位は手掌と足底を除いた全身の皮膚である。このうち、精神性発汗は生体が緊急時に対処する行

(2) その他の行動変容における基本原理として、道具的条件づけ (instrumental conditioning) が挙げられる。しかし、本稿では紙幅の関係のため、道具的条件づけについては触れない。なお、古典的条件づけと道具的条件づけという用語は Hilgard & Marquis (1940) に基づいているが、その他にパヴロフ型条件づけとソーネダイク型条件づけという用語 (Rescorla, 1967)、S 型あるいはレスポナデント条件づけ、R 型あるいはオペラント条件づけという用語 (Skinner, 1938) がある。

動、すなわち闘争－逃走反応（fight or flight response）と密接に関連するといわれている（Cannon, 1929）。例えば、闘争時の手掌発汗は手から離れないように道具をしっかりと握るという目的に適うものであり、逃走時の足底発汗は地面をける際の摩擦を大きくするという目的に適うものである。また、肌が汗で湿れば切り傷をはじめとする外傷を受け難くなるという利点もある。なお、精神性発汗は太古の祖先の名残、つまり環境に対する行動的適応による進化の産物だと考えられている（Edelberg, 1972）。他方、全身の温熱性発汗は体温の過上昇を防ぎ、体温の恒常性（homeostasis）を維持するための生理的な反応である。温熱性発汗なしに、生命活動を維持することは不可能である。どちらも生体の生存にとって重要な機能であるが、心理学の研究では精神性発汗が研究対象となることが多い。

これら精神性の発汗を電氣的にとらえたものが、皮膚電気活動（electrodermal activity：EDA）である。皮膚電気活動の測定方法には、（1）手掌や手指に装着した一对の電極間に微弱な電流を流し、皮膚の見かけ上の抵抗変化を調べる通電法と、（2）電流を流すことなく、一对の電極間の電位差を直接測定する電位法の2種類がある。例えば、前者は人体を電球のフィラメント、後者は電池の一種とみなしていると考えれば理解しやすい⁽³⁾。いずれも交感神経支配下の汗腺活動を電氣的に測定し、被験者の情動状態や認知活動、情報処理過程を分析・評価する方法である。なお、皮膚電気活動についてはこれらの方法と対応して、細やかな分類がなされている。そのため、次項では皮膚電気活動の分類について触れる。

2. 2. 皮膚電気活動の分類

皮膚電気活動は電氣的に記録される時系列データであり、波形状の変化を示す。通電法あるいは電位法のいずれを使用した場合でも、その記録上には急速な反応と緩徐な基線の変動が観察される。例えば、前者は海に石を投げたとき

(3) 測定方法の詳細については、新美・鈴木（1986）、Boucsein（1992）、Roy, Boucsein, Fowles and Gruzelier（1992）が参考になる。

に生じる水しぶきのようなものであり、後者は潮の満ち引きによる潮位の変化のようなものと考えれば理解しやすい。

図1は測定方法に基づいた皮膚電気活動の分類をカテゴリー別に示している。通電法で測定される反応には、皮膚抵抗反応（skin resistance response：SRR）と皮膚コンダクタンス反応（skin conductance response：SCR）がある。また通電法で測定される緩徐な基線の変動には、皮膚抵抗水準（skin resistance level：SRL）と皮膚コンダクタンス水準（skin conductance level：SCL）がある。抵抗反応と抵抗水準、コンダクタンス反応とコンダクタンス水準の相違は測定単位のみであり、いずれも通電法によって得られるという点では同じである⁽⁴⁾。抵抗反応と抵抗水準をあわせて皮膚抵抗変化（skin resistance change：SRC），コンダクタンス反応とコンダクタンス水準をあわせて皮膚コンダクタンス変化（skin conductance change：SCC）と呼ぶ。電位法

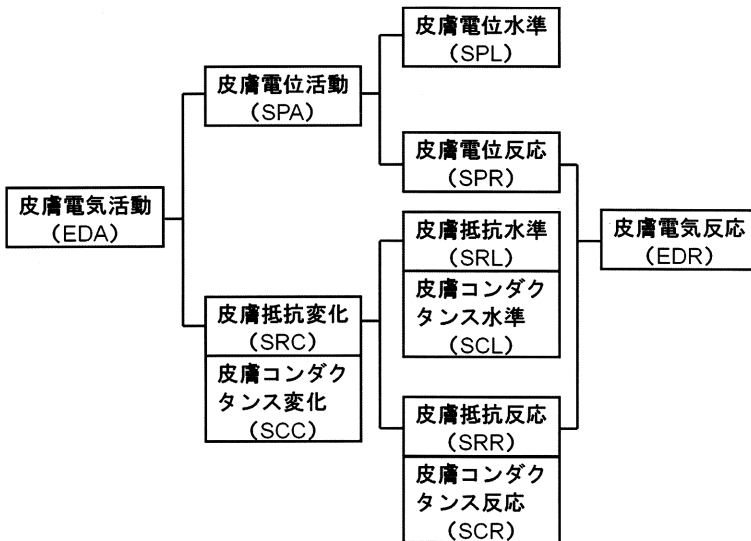


図1 皮膚電気活動の分類。測定方法と対応して、分類がなされている。

(4) コンダクタンスは抵抗の逆数であり、その単位はジーメンズ（siemens：S），あるいはモー（mho： Ω ）である。

で測定される反応には皮膚電位反応 (skin potential response: SPR) があり, 同じく電位法で測定される緩徐な基線の変動には皮膚電位水準 (skin potential level: SPL) がある。電位反応と電位水準をあわせて, 皮膚電位活動 (skin potential activity: SPA) と呼ぶ。

米国精神生理学会の勧告もあり (Fowles, Christie, Edelberg, Grings, Lykken, & Venables, 1981), 従来の研究では SRC あるいは SCC の測定が常套手段であったが (e.g., 古武・多河, 1951; 古武・宮田, 1973; 鴨野・宮田, 1974), 生体生理現象の測定に関するエレクトロニクスの進歩に伴って, SPA を測定する研究も増加している (e.g., 山崎・渡辺・新美, 1969; 山本・畑山, 2005)。なお, 皮膚電気活動という用語は, SRC と SCC, および SPA の総称として用いられることが多い。また, 通電法による反応 (SRR, SCR) や電位法による反応 (SPR) を総称して, 皮膚電気反応 (electrodermal response: EDR) と呼ぶことも多い⁽⁵⁾。また, 先述のとおり, 刺激呈示に対応して生じる急速な反応は誰が観察してもそれを同定できる。しかし, 外部刺激がない条件下でも反応が出現する場合もある。このような反応を自発性反応 (spontaneous response) と呼び, 測定方法にしたがって, 自発性 SRR, 自発性 SCR, 自発性 SPR と分類することも多い。

もっとも, 近年の生理心理学あるいは心理生理学的研究では, SCC が用いられることが一般的である。この背景には, (1) SPA の波形は複雑であることが多く, その振幅を発汗量の測度と単純に考えることができないこと, (2) SRC は発汗量と負の相関をもつため, データとして処理し難いこと, などの理由がある (中野, 2005)。なお, 古典的条件づけの実験事態では, SCC の中でも SCR が用いられることが多い。ただし, これらの研究の中には SCR のみを分析しているものもあれば, SCR に加えて SCL や自発性 SCR を検討

(5) 少し古い関連文献では, 精神電気反射 (psychogalvanic reflex: PGR) あるいは皮膚電気反射 (galvanic skin reflex: GSR) という用語も見受けられるが, 本質的には皮膚電気反応 (electrodermal response: EDR) と同義である。しかしながら, これらの用語を使用すべきではないという勧告もあり (Boucsein, 1992), 現在ではこれらの用語はほとんど使用されていない。

しているものも見受けられるため、条件づけの指標は研究目的に応じて吟味されるという表現が適切かも知れない。

上記のように、これまでは皮膚電気活動について触れてきた。次節では、皮膚電気活動の古典的条件づけに関する一般的手続きについて述べる。

3. 皮膚電気条件づけ

3.1. 条件づけの一般的手続き

3.1.1. 条件刺激と無条件刺激

皮膚電気活動の条件づけは、皮膚電気条件づけ（**electrodermal conditioning**）と呼ばれる。皮膚電気条件づけに用いられる条件刺激としては、純音やブザーなどの聴覚刺激、図形や表情などの視覚刺激が一般的である。例えば、Hovland（1937）は純音の場合、1000 Hz で閾値より 40 dB 大きい音を標準としている。また、最近では Gao, Raine, Venables, Dawson and Mednick（2010）が、60 dB の純音を条件刺激として用いている。余りに強い刺激を条件刺激として用いると、その条件刺激に対して無条件性の反応が生じるため、適当な強度の刺激を選ぶことが必要となる。他方、無条件刺激としては、指先や手首への電気刺激が最も一般的である。そのため、皮膚電気条件づけの実験は、そのほとんどが被験者にとって不快なものとなるために、嫌悪条件づけ（**aversive conditioning**）の事態となる。電気刺激が広く用いられることの背景には、（1）刺激強度の決定が容易であること、（2）安定した無条件反応が喚起され、無条件刺激に対する慣れ（**habituation**）が生じにくいこと、などの理由がある。しかし、実験に対する倫理的な配慮から、無条件刺激として強音を用いることもある。ただし、この場合は慣れが大きいという難点がある。なお、無条件刺激として電気刺激や強音を用いた実験事態は、恐怖条件づけ（**fear conditioning**）と呼ばれることも多い。

3.1.2. 条件刺激と無条件刺激の時間的布置

さらに、皮膚電気条件づけの研究文脈では、上記のような刺激内容に加え

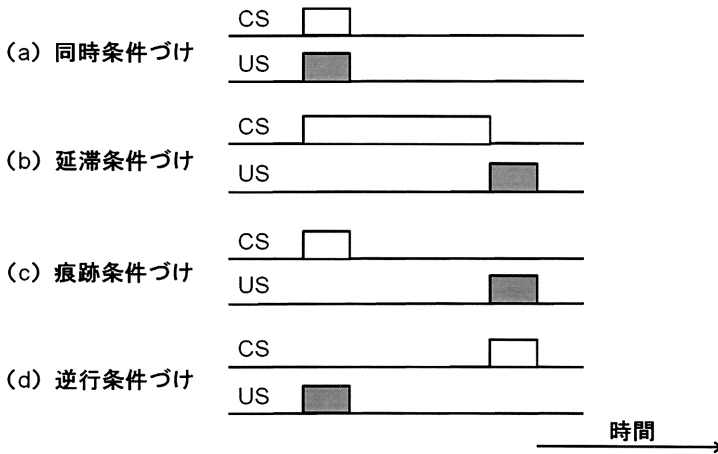


図2 条件刺激と無条件刺激の時間的布置による手続きの分類。(b) 延滞条件づけでは、無条件刺激の呈示が終結するまで、条件刺激が呈示され続けることもある。

て、条件刺激と無条件刺激を対呈示する際の時間的布置も重要となる。時間的布置は図2に示すように、同時、延滞、痕跡、および逆行条件づけの4種類に分類される。(a) 同時条件づけ (simultaneous conditioning) では条件刺激と無条件刺激は同時に対呈示される。また、(b) 延滞条件づけ (delayed conditioning) では条件刺激は無条件刺激に時間的に先行して呈示され、かつ条件刺激の呈示は少なくとも無条件刺激が呈示されるときまで持続する。一方、条件刺激は無条件刺激に先行呈示されるものの、条件刺激の呈示が無条件刺激の呈示前に終結する際の時間的布置は、(c) 痕跡条件づけ (trace conditioning) と呼ばれる。そして、(d) 逆行条件づけ (backward conditioning) では条件刺激と無条件刺激の時間的布置が逆転し、無条件刺激が時間的に条件刺激に先行して呈示される。皮膚電気条件づけに限らず、その他の古典的条件づけの実験事態においても、条件反応の獲得速度や獲得される反応の大きさは、延滞条件づけ、痕跡条件づけ、同時条件づけの順に小さくなり、逆行条件づけでは獲得そのものが困難となる。このような背景から、皮膚電気条件づけの実験では延滞条件づけの手続きを用いることが一般的である。

3. 1. 3. 実験セッションの構成

皮膚電気活動は非常に鋭敏な指標である。したがって、その他の反応の条件づけに比べて、セッション構成は複雑なものとなっている。無条件刺激として電気刺激を用いる場合は、皮膚抵抗値の個人差が大きいため、被験者間で物理的に同強度の電気刺激が用いられることは少なく、むしろ通常は被験者毎に“痛みはないが不快な”強度に調整される。この強度調整が終わると、条件刺激に対する無条件性の反応を除去するために、条件刺激を単独呈示する順応（慣れ）試行が一定回数、あるいは条件刺激に対する無条件性の反応が2～3回程連続してみられなくなるまで行われる。この順応試行の前後には、各被験者の反応水準を調べるために、無条件刺激を数回呈示することもある。続いて条件刺激と無条件刺激の対呈示による条件づけが、試行間間隔（intertrial interval: ITI）が30～60秒ほどで10～20試行続けられる⁽⁶⁾。条件反応が獲得されると、条件刺激が単独で呈示される消去（extinction）の試行に移る場合もある。なお、消去到移行しない場合は、その時点での条件刺激と無条件刺激の関係性について言語報告（verbal report）を被験者に求める場合が多い。

このように皮膚電気条件づけの実験では、順応、条件づけ、消去と続くセッション構成が一般的である。しかし、この後に再び条件づけ試行と消去試行を繰り返したり、条件反応を消去した後に中断をはさんで条件反応の自発的回復（spontaneous recovery）の程度を調べるなど、研究目的によっては数日にわたる複雑なセッション構成が採用されることも多い。

3. 1. 4. 対照条件の設定

皮膚電気条件づけの実験では、順応期で条件刺激に対する無条件性の反応を除去したとしても、続く条件づけ期で無条件刺激が呈示されると、鋭敏化（sensitization）によって再び条件刺激に対して無条件性の反応が生起するように

(6) 古典的条件づけの実験事態では、試行間間隔は固定ではなく、一定の区間内で変動させる手続きが用いられることが多い。なぜなら、もしも試行間間隔を固定した場合は、その時間経過が条件刺激のひとつとして作用するためである。この現象は、時間的条件づけ（temporal conditioning）と呼ばれている。

なることが多い。このような場合、条件づけ試行で条件刺激に対して反応が生じたとしても、それが条件性の反応なのか鋭敏化による無条件性の反応なのかを区別することが困難である。そのため、被験者間実験計画では条件刺激と無条件刺激の無作為な統制 (**random control**) 手続きが、被験者内実験計画では分化条件づけ (**differential conditioning**) 手続きが、条件反応の獲得をみるための対照条件として採用されてきた。しかしながら、**Rescorla (1967)**は無作為な統制手続きを用いた対照群の条件刺激が、その直後には無条件刺激が呈示されないという安全信号として働くために、反応が必要以上に抑制されることを指摘した。彼はこの問題を考慮し、条件刺激と無条件刺激の真に無作為な統制 (**truly random control: TRC**) 手続きをより優れた対照群として提案した。この対照群では条件づけを受ける実験群と同じ試行間間隔で、条件刺激と無条件刺激が無作為に配分され、条件刺激の呈示後に生じる事象内容、すなわち無条件刺激の有無や、それらが呈示されるまでの時間が全く偶然に決定される。

3. 1. 5. 条件反応の数量化

皮膚電気活動をはじめとする自律反応の条件づけは、筋運動とは異なる特徴を持っている。皮膚電気条件づけにおいて条件反応の獲得過程を分析する場合は、反応の振幅 (**amplitude**)、潜時 (**latency**)、および一定期間内での生起頻度 (**frequency**) などの変化を記録する (図 3 参照)。この中でも特に、振幅値は条件反応の大きさを表す測度として、数量化の対象となることが多い⁽⁷⁾。振幅値はほとんどの場合、コンダクタンス単位で測定され、開平方変換 (**square root transformation**) あるいは対数変換 (**logarithmic transformation**) が施された後に、統計解析にかけられることになる。なお、この場合に

(7) 図 3 が示すように、頂点時間 (**peak time**) や 1/2 回復時間 (**half recovery time**)、回復時定数 (**recovery time constant**) など振幅や潜時以外にも様々な測度がある。なお、曲線下面積 (**area under the curve: AUC**) はこれらの情報すべてを含んでおり、意思決定課題における被験者の皮膚コンダクタンス反応を解析する際に、最もよく用いられている (e.g., **Finger & Murphy, 2011**; **Naqvi & Bechara, 2006**)。

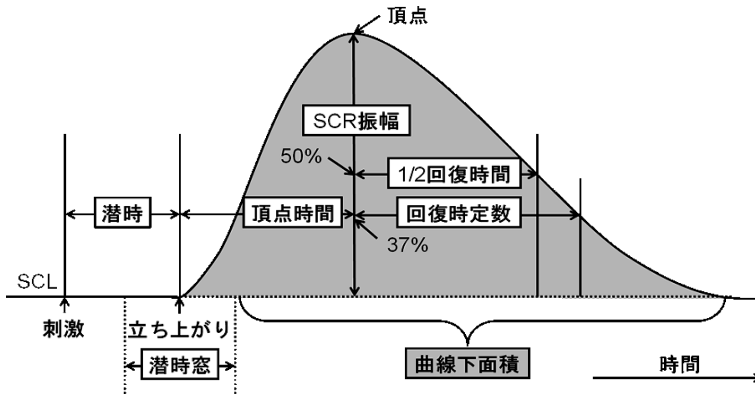


図3 皮膚コンダクタンス反応の測度。刺激を呈示してから反応が立ち上がるまでの潜時は2秒前後に集中するため、潜時窓は1～3秒の間に設定されることが多い。なお、50%や37%という数値は、SCR振幅を100%とした場合の相対値である。

は先に述べた対照条件で得られた振幅値との比較により、はじめて条件反応量を決定することができる。

また、皮膚電気条件づけでは比較的少ない試行数で条件反応が最大となることが多く、その過程も漸増型をとることは稀である。他方、消去期では反応が比較的単調に漸減することが知られている。上記の振幅値の変化のみならず、消去抵抗 (**resistance of extinction**)、つまり条件刺激の呈示に対して反応が生起しなくなるまでに要した試行数もまた、条件反応の大きさの指標となる場合がある⁽⁸⁾。

上記のように、本項では皮膚電気条件づけで用いられる一般的手続きについて述べてきた。次項では、皮膚電気条件づけに関する最近の研究動向のうち、条件反応の獲得に関する諸問題について述べる。

- (8) しかしながら、消去抵抗が条件反応の大きさを適切に表しているか否かについては疑問の余地がある。たとえば、Humphreys (1940) は条件刺激と無条件刺激が稀にしか対呈示されない場合に消去抵抗が高くなる、部分強化消去効果 (**partial reinforcement extinction effect: PREE**) の存在を指摘している。消去抵抗を条件反応の大きさの指標とする場合は、条件づけの内容を十分に考慮する必要がある。

3. 2. 条件反応の獲得

3. 2. 1. テスト試行の挿入

先に述べたように、皮膚電気条件づけの実験では延滞条件づけが常套手段として用いられている。ただし、延滞条件づけ（あるいは痕跡条件づけ）の手続きを採用する場合には、条件刺激の呈示から無条件刺激の呈示までの時間間隔、すなわち刺激間間隔（*interstimulus interval*: ISI）を考慮する必要がある。眼瞼条件づけなどの筋運動の場合は、0.5 秒程度の間隔で条件反応は最大となることが報告されているが（Kimble, Mann, & Dufort, 1955）、自律反応である皮膚電気条件づけの場合でも同様の結果が得られていることから（White & Schlosberg, 1952）、最適の刺激間間隔は 0.5 秒とみなされてきた。

しかしながら、このような短い刺激間間隔を用いた条件反応の獲得過程を分析するためには、条件刺激のみを単独呈示するテスト試行を、条件づけ試行の間に挿入することが必要となる。なぜなら、このような条件下では条件刺激の呈示と無条件刺激の呈示の間隔が SCR の反応潜時よりも短いために、その刺激間間隔中に観察された反応が、条件刺激に対する条件反応であるか無条件刺激に対する無条件反応であるかを区別することができないからである（図 4 参照）。ただし、このような条件下でテスト試行を挿入したとしても、この問題が直ちに解決されるわけではない。なぜなら、このようなテスト試行では呈示されていたはずの無条件刺激が除去されているために、それまでの条件づけ試行とは異なる新奇な試行となり、定向反応（*orienting response*: OR）が

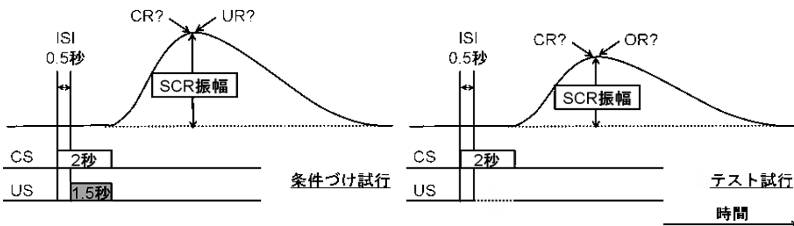


図 4 テスト試行の挿入例（White & Schlosberg, 1952）。0.5 秒などの比較的小さい刺激間間隔を用いた場合は、条件づけ試行やテスト試行における反応が、何によるものなのかを特定できない。

生起するからである (Sokolov, 1963)。つまり、この場合は刺激間隔中に観察された反応が、条件刺激に対する条件反応であるか無条件刺激がないことに対する定位反応であるかを区別することができない。このように、条件反応をみるためのテスト試行で、条件反応以外の反応成分が混入することは望ましいことではない⁽⁹⁾。さらに、この方法では1試行毎に条件反応の獲得過程を調べることができない。そのため、近年の研究では0.5秒といった短い刺激間隔ではなく、8秒などのSCRの反応潜時よりも十分に長い刺激間隔を用いて、条件づけ試行中に生起する反応から条件反応を測定し、その獲得過程を分析することが試みられてきた (e.g., Prokasy & Ebel, 1967; Stewart, Stern, Winokur, & Fredman, 1961)。

3.2.2. 複合反応の分析

しかしながら、数秒にわたる長い刺激間隔を用いると、その中で複数の峰をもつ複合反応が生起するため、「どの峰をもって条件反応とすべきか？」という問題が生じる (図5参照)。Stewart et al. (1961) では7.5秒の刺激間隔を用いて、条件刺激の呈示後1~4秒の間に生じる第一間隔反応(first inter-

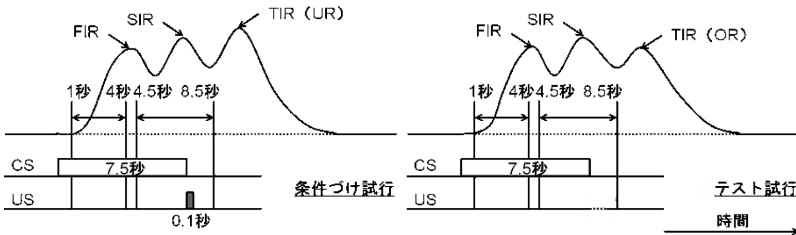


図5 複合反応の分析例 (Stewart, Stern, Winokur & Fredman, 1961)。7.5秒といった比較的長い試行間隔を用いた場合は、無条件刺激の呈示による反応、つまり第三間隔反応 (third interval response: TIR) を確認できる。もしも、テスト試行を挿入した際にこの反応がみられたならば、それは無条件刺激が呈示されなかったことによる定位反応と断定できる。

(9) このような条件下で得られた振幅値が条件反応であるか否かという論争は、皮膚電気条件づけの研究を一時的に低迷させることにつながった。Furedy and Poulos (1977) はこのような議論を、「燻製ニシン」のようなものだと、痛烈に批判している。その経緯については、鴨野 (1992) による総説を参照されたい。

val response : FIR) を鋭敏化による反応, 続いて条件刺激の呈示後 4.5～8.5 秒の間に生じる第二間隔反応 (second interval response : SIR) を条件性予期反応 (conditioned anticipatory response : CAR) と定義し, この条件性予期反応をもって「真の条件反応」であるとみなしている⁽¹⁰⁾。しかし, 対照条件との比較において条件刺激と無条件刺激の対呈示による効果が認められれば, それが条件反応であるとする操作的定義に従い, 複合反応全体を条件反応とみなす研究者も多い (e.g., Kimmel, 1964 ; Pineles, Orr & Orr, 2009)。

なお, これらの立場が SCR という一過性の反応を指標としたのに対し, SCL や自発的 SCR などの持続性の変動を指標とした研究もある。例えば,

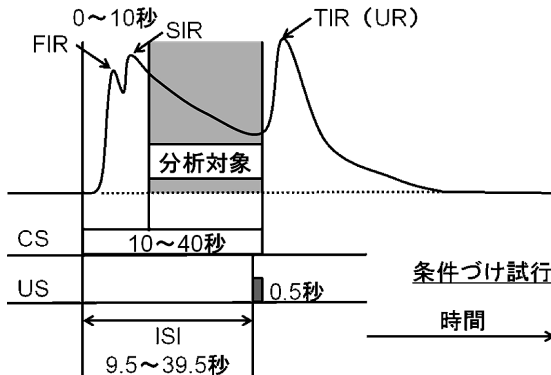


図 6 持続性条件反応 (Lovibond, 1992)。条件刺激の呈示直後から 10 秒までの期間を除外した残りの試行間隔における, (1) 皮膚コンダクタンス水準の差分 (Δ SCL), (2) 自発の変動 (spontaneous fluctuation : SF), の 2 種類がその測度となる。彼らは無条件反応の 5% を基準値とし, それを超えた反応の生起頻度を自発の変動と定義した。なお, その後に行われた実験ではテスト試行を用いたものも見受けられるが, その測度はほとんど (1) で統一されている (e.g., Lovibond, 2003 ; Mitchell & Lovibond, 2002)。

(10) その後, 鴨野・宮田 (1974) は第二間隔反応が条件性の反応であることを確認している。しかし, 彼らはそれぞれの間隔反応が異なる反応成分を反映していることを示唆するに留まり, 第二間隔反応のみをもって「真の条件反応」とみなすことには否定的な見解を示している。なお, 最近の研究では条件刺激の呈示時間を 8 秒に設定し, 第一間隔反応を条件刺激の呈示後 1～4 秒, 第二間隔反応を 4～9 秒の間に生じる反応として定義することが多い (Pineles, Orr & Orr, 2009)。

Lovibond (1992) は刺激間間隔を 9.5～39.5 秒の間で変動させた延滞条件づけの手続きを用いて、条件刺激の呈示直前と刺激間間隔中の SCL, あるいは自発的 SCR の差分によって条件反応を定義することを試みている (図 6 参照)。彼は条件刺激と無条件刺激の連合が形成されている場合、条件刺激の呈示中には条件反応が生じ続けると考え、条件刺激の呈示直後から 10 秒までの期間に生じた反応成分を一過性の条件反応、その期間を除外した残りの試行間間隔で生じた変動成分を持続性の条件反応と定義し、後者がより無条件刺激の信号としての条件刺激の機能を反映すると主張している。

3. 2. 3. 反応成分の心理学的な意義

皮膚電気条件づけにおける条件反応の獲得とその同定に関する問題は容易に結論を導くことはできない。しかし、ここで重要なのは「何をもって条件反応とするか?」だけでなく、「それぞれの反応成分は何を反映しているか?」を考慮することであるともいえる (鴨野, 1992)。例えば、第一間隔反応を鋭敏化による反応、第二間隔反応を条件性予期反応とみなす立場があることは先に述べたとおりである。近年の研究では、前者が注意の過程を反映すること (Prokasy & Raskin, 1973), および後者が予期の過程を反映することが (Öhman, 1979), それぞれ示唆されている。また、後者の成分については嫌悪刺激への応答性を弱める方略, あるいは準備であるという見解もある (Cheng, Richards & Helmstetter, 2007)。さらに, Lovibond (1992) が指標とした持続性の変動は、第一間隔反応や第二間隔反応といった一過性の反応よりも、不安 (anxiety) などの情動的側面を反映していると考えられることができる。このように「各反応成分が何を反映しているか?」を考慮することは、条件反応が持っている心理学的な意義を見出すことにつながる。研究目的に応じて指標となる反応成分を選択することは、条件反応の獲得とその同定に関する問題に対して、ひとつの解決策を示すものであると思われる。

このように、本項では条件反応の獲得とその同定に関する諸問題について触れてきた。以降ではこの議論に基づいてなされてきた、最近の研究動向について述べる。次項ではまず、古典的条件づけの実験事態における最も重要な問題

のひとつである刺激競合について述べ、その展望について考察を行う。

3. 3. 刺激競合

先に述べたように、皮膚電気活動は非常に鋭敏な指標である。したがって、その他の反応の条件づけに比べて、技術的な方法に関する議論が活発であったことは否めない。しかしながら、近年はこれらの議論を基礎として、理論研究が盛んに行われるようになったことを強調しておきたい。

古典的条件づけ理論の正否は、刺激競合（**stimulus competition**）あるいは手がかり競合（**cue competition**）の事態をいかに説明できるかにかかっている。刺激競合とは、ある条件刺激が無条件刺激と対呈示されているにもかかわらず、それ以外に別の条件刺激も存在しているために、条件反応が認められないことをいう。この事態は「対呈示の回数が増えるほど、条件づけは強まる」という直観や実験的事実に反するものであり、条件刺激がもつ機能をその背景となる文脈（**context**）との相互作用の中で検討する必要性を示している⁽¹¹⁾。そのため、このような事態を複合条件づけ（**compound conditioning**）の問題と呼ぶことも多い。表 1 は代表的な刺激競合事態の手続きを、前項で述べた獲得と対応させて示したものであるので参照されたい。

3. 3. 1. 隠蔽

隠蔽（**overshadowing**）とは、複数の条件刺激を複合して無条件刺激と対呈示した際に、それぞれの条件刺激に対する反応が、各条件刺激を単独で無条件刺激と対呈示した場合に比べて小さくなる現象である。隠蔽はイヌの唾液条件反応の実験で見出されたものであり（**Pavlov, 1927**）、これまでに膨大な実験的検討がなされてきた。当然のことながら、皮膚電気条件づけの実験でも確認がなされており、後述する阻止の対照条件あるいは対照群として用いられるこ

(11) これらの事実は、条件刺激と無条件刺激が共生起していれば条件づけが成立するという、随伴性（**contingency**）の概念に疑問を投げかけており、興味深い示唆をいくつも含んでいる。刺激競合と古典的条件づけ理論の展開については、今田・中島（2003）を参照されたい。

表 1 代表的な刺激競合事態の実験手続き

群	訓練 1	訓練 2	テスト	結果
獲得		X-US	X?	CR
隠蔽		AX-US	X?	CR
阻止	A -US	AX-US	X?	cr
逆行阻止	AX-US	A -US	X?	cr
隠蔽解除	AX-US	A	X?	CR

注) A と X は条件刺激を, US は無条件刺激を表す。また, 「CR」は「CR」よりも, 「CR」は「cr」よりも大きいことを, それぞれ表す。なお, 実際の実験では各現象と対応して, 様々な対照条件が設定される。

とが多い (e.g., Kimmel & Bevill, 1991, 1996 ; Hinchy, Lovibond, & Ter-Horst, 1995)。

3. 3. 2. 阻止

阻止 (blocking) とは, あらかじめ条件刺激と無条件刺激を対呈示しておく, その後この条件刺激と別の条件刺激を複合して対呈示した際に, 付加された条件刺激に対する条件反応がみられなくなる現象である。阻止はラットの恐怖条件づけの実験で見出されたものであり (Kamin, 1968), 隠蔽と並んで多く検討がなされてきた。この現象は Rescorla and Wagner (1972) をはじめとする, 古典的条件づけ理論の変換点となったことで知られている。なお, 阻止については皮膚電気条件づけの実験でも確認がなされているが, それらの中で条件反応の完全阻止 (full blocking) が示された研究はごく僅かであり (Mitchell & Lovibond, 2002), ほとんどの研究では部分阻止 (partial blocking) が示されたに過ぎない (e.g., Kimmel & Bevill, 1991, 1996 ; Hinchy et al., 1995)。さらに, 阻止そのものの確認に失敗した例も複数報告されていることから (e.g., Davey & Singh, 1988 ; Lovibond, Siddle, & Bond, 1988), 皮膚電気条件づけの研究文脈で阻止を確認することは容易ではないという見解もある (Arcediano, Ortega & Matute, 1996)⁽¹²⁾。

(12) このような考えに基づき, Arcediano, Ortega and Matute (1996) はラットを対象とした恐怖条件づけの実験 (Estes & Skinner, 1941) を参考に, ヒトの条件性抑制 (conditioned suppression) の再現を試みている。最近では, この課題を応用した刺激競合の検証も行われつつある (沼田・嶋崎, 2010)。

3. 3. 3. 逆行阻止

逆行阻止 (**backward blocking**) とは阻止の手続きを逆転させたものであり、複合刺激と無条件刺激を対呈示した後に、一方の条件刺激のみを無条件刺激と対呈示すると、訓練されていない他方の条件刺激に対する条件反応が減弱する現象である。逆行阻止はラットの恐怖条件づけの実験で見出されたものであるが (Kamin, 1968)、近年までは無条件刺激の生物学的重要性 (**biological significance**) を弱める特殊な手続きを用いない限り、この現象は生じないと考えられてきた (e.g., Miller & Matute, 1996; Urushihara & Miller, 2010)。なお、皮膚電気条件づけの研究文脈では、そのような手続きを用いなくてもこの現象が生じたという報告が、僅かながら報告されているが (Mitchell & Lovibond, 2002)、その研究例は十分とは言えない⁽¹³⁾。

3. 3. 4. 隠蔽解除

隠蔽解除 (**unovershadowing**) あるいは隠蔽からの解放 (**release from overshadowing**) は逆行阻止の手続きを一部変更したものであり、複合刺激と無条件刺激を対呈示した後に、一方の条件刺激のみを単独呈示すると、訓練されていない他方の条件刺激に対する条件反応が増強する現象である。隠蔽解除はラットの恐怖条件づけの実験で見出されたものであるが (Kaufman & Bolles, 1981)、逆行阻止と比較するとその確認は容易であると考えられている。なお、皮膚電気条件づけの研究文脈では、少数の実験で確認がなされているが (Lovibond, 2003)、逆行阻止と同様にその研究例は十分とは言えない。逆行阻止と隠蔽解除の現象では、訓練されていない条件刺激に対する反応が変化することから、これらを回顧的再評価 (**retrospective revaluation**) の事態と呼ぶことも多い。

3. 3. 5. 古典的条件づけ理論の試金石

刺激競合事態に関する研究は古典的条件づけ理論の精緻化という観点から、非常に重要であるといえる。なぜなら、表 2 が示すようにこれらの現象は特

(13) 生物学的重要性という概念については、川合・久保 (川合) (2008) や漆原 (2010) が参考になる。

定の理論でしか予測できないからである。それらの理論は、刺激競合が情報の入力段階で生じると考えるもの（e.g., Dickinson & Burke, 1996 ; Van Hamme & Wasserman, 1994）と、情報の出力段階で生じると考えるもの（Miller & Matzel, 1998）の2つに大別される。ところが、実際のところそれらの検証は、動物を対象とした研究、あるいはヒトを対象とした随伴性判断（contingency judgment）の研究によるところが大きい⁽¹⁴⁾。一方、これまで述べてきたように、皮膚電気条件づけの研究文脈では、その研究例は依然として十分とは言えない。恐らくその背景には、（1）阻止などの基本的な刺激競合の確認が難しいこと、（2）被験者の条件反応と言語報告との間にしばしば不一致がみられるために、結果全体の包括的な説明が難しいこと、などの問題があると推察される。前者は指標の鋭敏性、後者は被験者の意識性に起因する問題として、解釈することができよう。しかしながら、このような問題点があったとしても、それらは皮膚電気条件づけの実験が刺激競合の検証に適さない

表2 刺激競合事態に対する古典的条件づけ理論の予測

	隠蔽	阻止	逆行阻止	隠蔽解除
Rescorla and Wagner (1972)	○	○	×	×
Mackintosh (1975)	○	○	×	×
Pearce and Hall (1980)	○	○	×	×
Wagner (1981)	○	○	×	×
Pearce (1987)	○	○	×	×
Miller and Matzel (1988)	○	○	○	○
Van Hamme and Wasserman (1994)	○	○	○	○
Dickinson and Burke (1996)	○	○	○	○

注) ○はその現象を予測可能であることを、×は予測不可能であることを、それぞれ表す。

(14) 随伴性判断とは「ああすればこうなる」という事象間の随伴性の学習過程を検討する実験事態である。実際の実験では、被験者は手がかりと結果の共生起の情報を与えられた後に、これらの事象間の関係について判断を求められる。このような課題構造は、古典的条件づけにおける条件刺激と無条件刺激の対呈示と類似しており、隠蔽や阻止をはじめ両者で類似した現象も確認されている（e.g., 沼田・太田・嶋崎, 2011；沼田・嶋崎, 2009）。

ことを直ちに意味するわけではない。例えば、指標が鋭敏であるということは実験結果に様々な要因が交絡する危険性を孕むものの、それと同時に行動変容の過程を詳細に査定できる可能性を含んでいる。また、指標間の不一致については包括的な説明に困難を伴うものの、その知見は「刺激競合はどの段階で生じるか」を考えるための足掛かりになる（嶋崎，2009）。むしろ、「刺激競合はなぜ生じるか？」という未解決の問題を明らかにするためには、この実験事態を積極的に活用していく必要があるとさえ言えるだろう。今後の展望として、皮膚電気条件づけの研究文脈における、刺激競合のさらなる検討が期待される。

3. 4. 随伴性意識の役割

ヒトを対象とした古典的条件づけの実験事態では被験者に様々な言語報告を求めることができる。これは動物の実験事態にはない利点のひとつであると言える。とりわけ、皮膚電気条件づけの研究文脈では、条件刺激と無条件刺激の随伴性意識（contingency awareness）を分析することによって、条件反応の形成過程に関する活発な議論が展開されてきた。このような議論は前項で述べた刺激競合の問題とも密接な関係がある。本節では、随伴性意識の役割をめぐる議論を整理し、古典的条件づけにおける「条件反応と認知」の関係について考察を行う。

3. 4. 1. 随伴性意識があるから条件反応は生じる？

例えば、被験者があらかじめ条件刺激と無条件刺激の随伴性を知らされていると、条件反応の獲得や消去が促進される（Grings & Lockhart, 1963）。また、消去期に移行する際に、無条件刺激を呈示するための電極を被験者から外すと、条件反応の消去が急速に生じる（Hall & Prior, 1969）。これらの事実は、条件刺激と無条件刺激に関する被験者の認知的要因が、古典的条件づけにおいて重要な役割を果たしていることを示唆している。

この見解を支持するものとして、条件刺激と無条件刺激の関係性に気づいた被験者では条件反応がみられ、気づかなかった者には条件反応がみられないと

いう報告もある。例えば、Dawson and Furedy (1976) は随伴性意識が形成されなければ古典的条件づけは生じないが、このような認知の程度と条件反応量は必ずしも正の相関関係にないことから、随伴性意識は条件反応の獲得にとって必要条件であるが、十分条件ではないことを主張している。しかしながら、Schell, Dawson, and Marinkovic (1991) は条件刺激と無条件刺激の随伴性が意識化されることは、古典的条件づけにとって必要条件でないという、逆の見解を示している。

3. 4. 2. 随伴性意識がなくても条件反応は生じる？

随伴性意識が古典的条件づけにおいて重要な役割を果たしているという見解がある一方で、Öhman and Soares (1993) は恐怖関連刺激 (**fear-relevant stimulus**) を用いた巧妙な実験を行い、随伴性意識がなくても条件反応が生じることを報告している。彼らはヘビやクモなどの画像を条件刺激、電気刺激を無条件刺激として用いて、皮膚電気条件づけの実験を行った。ここで興味深いのは、条件刺激はわずか 30 ミリ秒しか呈示されておらず、さらに条件刺激の呈示直後にはその認識を妨害するためのマス킹刺激が呈示されていた点である。つまり、逆行マス킹 (**backward masking**) の手続きによって、この実験の被験者は恐怖関連刺激の存在を言語化できないにもかかわらず、それに対する条件反応を示した。この効果は恐怖関連刺激では観察されるものの、花やキノコの画像などの恐怖非関連刺激 (**fear-irrelevant stimulus**) では観察されなかった。また、同様の知見はヘビやクモなどの小動物だけではなく、怒りなどの表情を条件刺激とした場合でも報告されている (Esteves & Öhman, 1993)。このような傾向については、Seligman (1970) が提唱した準備性 (**preparedness**) の概念との関連が指摘されており、進化上の産物であるという見解が示されている (Öhman & Mineka, 2001)。

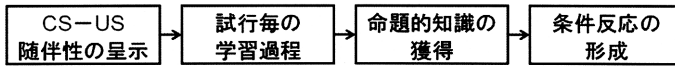
また Baeyens, Eelen, and Crombez (1995) は、条件刺激と無条件刺激の随伴性意識を前提としない実験事態として、評価条件づけ (**evaluative conditioning**) を挙げている。彼らは「好き－嫌い (**like-dislike**)」という主観的感情評価を条件反応の指標とした場合、(1) 随伴性意識がなくても条件反応が

生じること、および(2)消去期において条件反応がなかなか消去されないことを、それぞれ明らかにしている。これらの知見から、彼らは古典的条件づけには、無条件刺激を予期するための信号学習 (signal learning) と、「好き－嫌い」を条件刺激に付与するための評価学習 (evaluative learning) の、2つの機構があることを示唆している。これは近年の評価条件づけ研究における主要な考えとなっている (e.g., De Houwer, 2007; 片桐, 2001; 中島, 2006 a, 2006 b)。

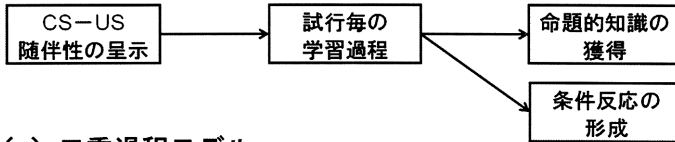
3. 4. 3. 随伴性意識の役割に関するモデル

先述のように、随伴性意識が古典的条件づけにおける決定因であるか否かについては大きく意見が分かれている。Lovibond and Shanks (2002) や Lovibond (2003) は随伴性意識に関する文献をまとめ、考えられる条件反応の形成過程を図7に示す3つの型に分類している。(a) 命題モデル (propositional model) では、試行毎の学習過程によって獲得された随伴性意識が条件反応を形成することが仮定されている (Lovibond, 2003)。このモデルでは、対呈示によって得られた条件刺激と無条件刺激の連合によって、「もし A ならば B である」という抽象化された命題的知識が獲得され则认为。例えば、「もし条件刺激があるならば無条件刺激がある」という言語表象が形作られることが、この場合の命題的知識の獲得に相当する。この場合は当然のことながら、命題的知識の反映である随伴性意識が生じなければ、条件反応は生じないことになる。一方、(b) 連合モデル (associative model) では対呈示によって試行毎の学習過程が作用し、その結果として命題的知識と条件反応の形成が独立になされることが仮定されている (Dickinson & Burke, 1996)。このモデルでは、条件刺激と無条件刺激の連合が条件反応と同時に命題的知識をも形成すると考える。この場合、命題的知識は条件反応の原因とはみなされないことになる。そして、(c) 二重過程モデル (dual-process model) では対呈示によって高次(顕在的)な学習過程と低次(潜在的)な学習過程が働き、前者によって命題的知識が、後者によって条件反応が形成されることが仮定されている (e.g., Razran, 1955; Squire, 1992)。この場合では、条件反応は低次な学習

(a) 命題モデル



(b) 連合モデル



(c) 二重過程モデル

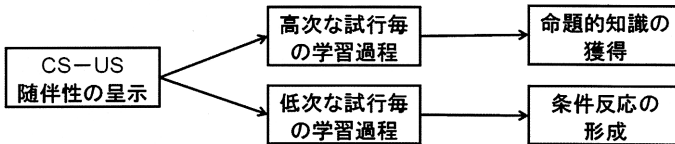


図 7 随伴性意識の役割に関する 3 つのモデル。命題的知識の獲得の位置づけが、それぞれ異なっている。

過程に基づいて形成されるため、高次な学習過程の結果である命題的知識が生じなかったとしても、条件反応は生じることになる。

要約すると、(a) や (b) のモデルでは随伴性意識と条件反応との一致を、(c) のモデルではこれらの不一致を、それぞれ説明できることになる。なお、(a) と (b) の違いは、教示などによる命題的知識の操作が、条件反応の形成に影響を与えるか否かである。その後になされた研究において、彼らは一貫して (a) のモデルを支持しているものの (Mitchell, De Houwer & Lovibond, 2009)、近年では(c)のモデルを支持する知見も得られており (Shultz & Helmstetter, 2010)、その見解は一致していない。また、このような議論は眼瞼条件づけの研究文脈でも活発になされているが、未だに決着をみていない (e.g., Manns, Clark, & Squire, 2002; Shanks & Lovibond, 2002; Wiens & Öhman, 2002)。今後の展望として、ヒトを対象とした古典的条件づけの実験事態を用いた、随伴性意識の役割に関するさらなる検討が期待される。

4. 学術的な意義

これまで述べてきた内容から明らかなように、皮膚電気条件づけの研究文脈には条件反応の獲得や刺激競合、随伴性意識の役割などの取り組むべき課題が残されている。しかしながら、条件反応の獲得や刺激競合事態に関する問題は心理生理学や学習心理学と、随伴性意識の役割に関する問題は認知心理学との関連が深く、生体の行動理解において重要な示唆を含んでいることは間違いない。これらの点を考慮する限り、皮膚電気条件づけが多産性に富む有用な実験事態であることに疑いの余地はない。さらに、近年ではあたかもこの事実を裏づけるかのように、神経科学や精神医学といった近接領域との関連が指摘されている。本節では、皮膚電気条件づけと神経科学、または精神医学との関連について概観を行い、当該領域の学術的な意義について考察を行う。

4. 1. 神経科学との関連

米国では 1990 年代を「脳の 10 年 (A decade of the brain)」とし、脳の研究を国全体で推進することが宣言された。わが国でも脳の研究は盛んに行われており、現在ではメディアにおける広報活動も広く行われている。fMRI をはじめとする研究手法の発展により、まさにいま、脳の機能としての「心」の研究は活発化しつつある。

そもそも、皮膚電気条件づけをはじめとする古典的条件づけの実験事態は、神経科学的な研究との親和性が高い。それには (1) 古典的条件づけの手続きが比較的単純であることや、(2) 条件反応の獲得や消去が容易であること、(3) 研究対象となる種々の現象について膨大な知見が蓄積されてきたこと、といった理由がある。このような背景から、古典的条件づけは脳の働きを調べるための方法として、現在もなお盛んに用いられている。

皮膚電気条件づけに限定すれば、条件反応が注意や結果予期、あるいは情動と関連する脳神経系の影響を受けることについて疑いの余地はない。とりわ

け、近年の病態研究や fMRI 研究では、恐怖条件づけにおける扁桃体の重要性が指摘されている (Critchley, 2002)。例えば、条件づけの初期における条件反応量と、扁桃体の活性化量は有意に相関することが知られている (LaBar, Gatenby, Gore, LeDoux & Phelps, 1998)。また、扁桃体の他には内側前頭前皮質 (Barbas, Saha, Rempel-Clower & Ghashghaei, 2003)、中前頭回 (Carter, O'Doherty, Seymour, Koch & Dolan, 2006)、海馬 (Knight, Smith, Cheng, Stein & Helmstetter, 2004)、島 (Shi & Davis, 2001) などの関連も指摘されている。

さらに、これらの研究領域において、古典的条件づけは意思決定の障害におけるリスク認知の問題 (Bechara, Damasio, Damasio, & Anderson, 1994) と関連づけられることも多く、それらに共通する神経基盤についての解説もなされている (Dawson, Schell & Courtney, 2011)。このように、古典的条件づけは近接領域の発展を促す基盤技術として脚光を浴びつつある。また、神経科学的な手法を併用することで、刺激競合や随伴性意識などの未解決の問題についても、行動実験とは異なる視点から接近できることは間違いない。古典的条件づけの実験事態を用いた神経科学的な研究は、今後さらに増加することが予想されよう。

4. 2. 精神医学との関連

昨年のはじめ、世界で最も権威のある学術雑誌のひとつである **Nature** の巻頭を「精神障害の 10 年 (A decade for psychiatric disorders)」という論説が飾った。世界的にも精神疾患研究の重要性の認識が高まっている好例であろう。しかしながら、精神障害者そのものを対象とした研究は氷山の一角であるともいえる。基礎研究という土台なくして、社会貢献を目指すことは不可能である。

そもそも、皮膚電気条件づけをはじめとする恐怖条件づけの実験事態は、精神医学的な研究との親和性が高い。それには (1) 条件反応の獲得が恐怖症などの精神障害のモデルとみなせることや、(2) 条件反応の消去に関する技法

が暴露療法（*exposure therapy*）など問題行動の治療に関する新しい知見を提供してきたこと、などの理由がある。

最近の研究として Schiller, Monfils, Raio, Johnson, LeDoux and Phelps (2010) は、電気刺激を無条件刺激とした皮膚電気条件づけの実験において、消去後にみられる自発的回復をほぼ完全に抑制する手続きを報告している。自発的回復の例が示すように、消去は既に獲得された条件反応が失われる過程ではなく、条件反応の抑制を獲得する過程であると考えられてきた。この考えによれば、自発的回復の出現は獲得した抑制が時間経過に伴って失われたために生じた結果と解釈される。しかしながら、彼らは条件刺激のみを呈示した後に 10 分程実験を中断し、その直後から消去を再び行くと自発的回復は全く生じないことを見出している。しかも、その効果は 1 年以上持続することが示されている。これは既存の記憶内容を新たに書き換える学習であり、これまで考えられてきた単なる抑制の学習ではないと、彼らは主張している。このような手続きは記憶の再固定時の消去訓練（*extinction training during reconsolidation*）と呼ばれており、心的外傷後ストレス障害（*posttraumatic stress disorder* : PTSD）などの精神障害の治療に応用できる可能性がある（Quirk, Paré, Richardson, Herry, Monfils, Schiller & Vicentic, 2010）⁽¹⁵⁾。

さらに、皮膚電気条件づけに関しては PTSD だけでなく（Wessa & Flor, 2007）、社会不安障害や（Lissek, Levenson, Biggs, Johnson, Ameli, Pine & Grillon, 2008）、パニック障害（Michael, Blechert, Vriends, Margraf & Wilhelm, 2007）などの不安障害の患者を対象とした研究も行われており、いわゆる健常者との学習成績の違いが一貫して示されている。このような試みは不安障害の病態理解について、新しい知見を提供するものであるといえる。

わが国では 1995 年 1 月 17 日に阪神淡路大震災や、同年 3 月 20 日に地下

(15) 消去の問題としては自発的回復の他に、脱抑制（*disinhibition*）や復元（*renewal*）、復帰（*reinstatement*）などが挙げられる。これらの現象は心理臨床における恐怖症状の再発（*return of fear*）との関係が深いとされており、盛んに研究が行われてきた。その詳細については、中島（2007）を参照されたい。

鉄サリン事件，2011年3月11日には東日本大震災が発生している。また，津波や台風といった自然災害，学校現場における殺傷事件なども後を立たない。今後，古典的条件づけの実験事態を用いた精神医学的な研究は，さらにその重要性を増すことが予想される。

5. お わ り に

本稿では，皮膚電気活動について触れた後に，その古典的条件づけに関する一般的手続きと最近の研究動向について概観し，最後に当該領域の学術的な意義について考察を行った。皮膚電気活動は，種々の心理学的な要因を反映する鋭敏な生理指標であると同時に，被験者の意思で制御することが難しい客観指標でもある。そのために，古典的条件づけの過程を調べるための信頼性の高い指標として，広く用いられてきた経緯がある。これまで述べてきたように，皮膚電気条件づけの研究文脈には取り組むべき課題が残されているものの，最先端の研究を支える基盤技術として様々な領域で活用がなされている。

さしあたり，当該領域で今後取り組むべき課題のひとつは，刺激競合の問題と随伴性意識の役割に関する問題である。本稿で紹介したように，刺激競合についての検討は未だ十分ではなく，その発生機序については不明な点も多い。今後の展望として，種々の刺激競合を検証し，その機構を明らかにすることが重要である。また，皮膚電気条件づけの研究文脈では，被験者の条件反応と言語報告の間にしばしば不一致がみられることも見逃してはならない。このような実験的事実は，古典的条件づけにおける随伴性意識の役割の再認識を促すものであり，ヒト実験を行う意義そのものであると言える。今後の展望として，条件反応と言語報告の関係について調査し，それらの背後にある過程を明らかにすることも重要な課題と言えるだろう。この試みにおいては刺激競合の事態を用いて，それぞれの在り方を調べることがひとつの鍵となるだろう。これまでに得られてきた知見を包括的に説明することは現時点では困難であるが，さらなる実験事実の収集がその作業を可能にすることは間違いない。

また、近接領域への貢献という意味では、自発的回復をはじめとする消去の問題に取り組むことも重要であろう。その歴史こそ古いものの、消去の機構については未解明の点が多い。しかし、この問題については心理学と神経科学、あるいは精神医学との連携によって、さらなる発展が期待できると思われる。いわゆる消去の技法とは心理学者が有している方略の中で、特定の精神障害を「治す」ための唯一の手段であると言っても過言ではない。条件づけ研究から社会貢献を目指すためには、消去の問題を避けて通ることはできない。

そして本稿では最後に、12世紀フランスの思想家 Bernard of Chartres による、「巨人の肩の上に立つ (Standing on the shoulders of giants)」という言葉に触れておきたい。現代の学問は多くの研究の蓄積の上に成り立つという意味である。研究領域を拓いた先人の努力なくして、最先端の研究を行うことはできない (川合, 2010)。その証左として、過去の古典的条件づけに関する知見の蓄積は、確かにわれわれの心理学研究の一端を支えている (宮田, 1997)。古くて新しい皮膚電気条件づけという実験事態の中で、今後に達成されるであろう発展を願ってやまない。

引用文献

- Arcediano, F., Ortega, N., & Matute, H. (1996). A behavioral preparation for the study of human Pavlovian conditioning. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **49B**, 270–283.
- Baeyens, F., Eelen, P., & Crombez, G. (1995). Pavlovian associations are forever : On classical conditioning and extinction. *Journal of Psychophysiology*, **9**, 127–141.
- Barbas, H., Saha, S., Rempel-Clower, N., & Ghashghaei, T. (2003). Serial pathways from primate prefrontal cortex to autonomic areas may influence emotional expression. *BMC Neuroscience*, **4**, 25.
- Bechara, A., Damasio, A. R., Damasio, H., & Anderson, S. W. (1994). Insensitivity to future consequences following damage to human prefrontal cortex. *Cognition*, **50**, 7–15.
- Boucsein, W. (1992). *Electrodermal activity*. New York : Plenum Press.
- Cannon, W. B. (1929). *Bodily changes in pain, hunger, fear and rage : An ac-*

- count of recent researches into the function of emotional excitement. New York : Appleton-Century-Crofts.
- Carter, R. M., O'Doherty, J. P., Seymour, B., Koch, C., & Dolan, R. J. (2006). Contingency awareness in human aversive conditioning involves the middle frontal gyrus. *NeuroImage*, **29**, 1007–1012.
- Cheng, D. T., Richards, J., & Helmstetter, F. J. (2007). Activity in the human amygdala corresponds to early, rather than late period autonomic responses to a signal for shock. *Learning & Memory*, **14**, 485–490.
- Critchley, H. D. (2002). Electrodermal responses : What happens in the brain. *Neuroscientist*, **8**, 132–142.
- Davey, G. C. L., & Singh, J. (1988). The Kamin “blocking” effect and electrodermal conditioning in humans. *Journal of Psychophysiology*, **2**, 17–25.
- Dawson, M. E., & Furedy, J. J. (1976). The role of awareness in human differential autonomic classical conditioning : The necessary-gate hypothesis. *Psychophysiology*, **13**, 50–53.
- Dawson, M. E., Schell, A. M., & Courtney, C. G. (2011). The skin conductance response, anticipation, and decision-making. *Journal of Neuroscience, Psychology, and Economics*, **4**, 111–116.
- De Houwer, J. (2007). A conceptual and theoretical analysis of evaluative conditioning. *The Spanish Journal of Psychology*, **10**, 230–241.
- Dickinson, A., & Burke, J. (1996). Within-compound associations mediate the retrospective revaluation of causality judgements. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **49B**, 60–80.
- 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.
- Estes, W. K., & Skinner, B. F. (1941). Some quantitative properties of anxiety. *Journal of Experimental Psychology*, **29**, 390–400.
- Esteves, F., & Öhman, A. (1993). Masking the face : Recognition of emotional facial expressions as a function of the parameters of backward masking. *Scandinavian Journal of Psychology*, **34**, 1–18.
- Finger, B., & Murphy, R. O. (2011). Using skin conductance in judgment and decision making research. In M. Shulte-Mecklenbeck, A. Kühberger & R. Ranyard (Eds.), *A handbook of process tracing methods for decision research : A critical review and user's guide* (pp. 163–184). New York : Psychology Press.
- Fowles, D. C., Christie, M. J., Edelberg, R., Grings, W. W., Lykken, D. T., &

- Venables, P. H. (1981). Committee report : Publication recommendations for electrodermal measurements. *Psychophysiology*, **18**, 232–239.
- Furedy, J. J., & Poulos, C. X. (1977). Short interval classical SCR conditioning and stimulus-sequence-change-elicited OR : The case of the empirical red herring. *Psychophysiology*, **14**, 351–359.
- Gao, Y., Raine, A., Venables, P. H., Dawson, M. E., & Mednick, S. A. (2010). The development of skin conductance fear conditioning in children from ages 3 to 8 years. *Developmental Science*, **13**, 201–212.
- Grings, W. W., & Lockhart, R. A. (1963). Effects of “anxiety-lessening” instructions and differential set development on the extinction of the GSR. *Journal of Experimental Psychology*, **66**, 292–299.
- Hall, P. S., & Prior, C. R. (1969). The cognitive factor in the extinction of a conditioned GSR. *Psychonomic Science*, **16**, 74.
- Hilgard, E. R., & Marquis, D. C. (1940). *Conditioning and learning*. New York : Appleton-Century-Crofts.
- Hinchy, J., Lovibond, P. F., & Ter-Horst, K. M. (1995). Blocking in human electrodermal conditioning. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **48B**, 2–12.
- Hovland, C. I. (1937). The generalization of conditioned responses. IV. The effects of varying amounts of reinforcement upon the degree of generalization of conditioned responses. *Journal of Experimental Psychology*, **21**, 261–276.
- Humphreys, L. G. (1940). Extinction of conditioned psychogalvanic responses following two conditions of reinforcement. *Journal of Experimental Psychology*, **27**, 71–75.
- 今田寛 (監修)・中島定彦 (編) (2003). 学習心理学における古典的条件づけの理論－バヴロフから連合学習研究の最先端まで－. 東京：培風館.
- Kamin, L. (1968). “Attention-like” processes in classical conditioning. In M. R. Jones (Ed.), *Miami symposium on the prediction of behavior : Aversive stimulation* (pp. 9–31). Coral Gables, FL : University of Miami Press.
- 鴨野元一 (1992). 皮膚伝導度反応の古典的条件づけにみる新たな展望－Furedy, J. J. の煙燻ニシンにこたえて－. 川崎医療福祉学会誌 (川崎医療福祉大学), **2**(1), 127–132.
- 鴨野元一・宮田洋 (1974). 条件性ヒフ電気反応の形成にみられる諸問題－とくに、複合反応の分析を中心として－. 人文論究 (関西学院大学), **24**(1), 16–43.
- 片桐雅義 (2001). Evaluative Conditioning は特異な学習か. 宇都宮大学国際学部研究論集 (宇都宮大学), **11**, 23–36.

- Kaufman, M. A., & Bolles, R. C. (1981). A nonassociative aspect of overshadowing. *Bulletin of the Psychonomic Society*, **18**, 318–320.
- 川合伸幸 (2010). 温故知新：新発見を促す大きな基盤テクニックとしての条件づけ。中島定彦・澤幸祐 (企画), 動物学習研究の方法論を考える－条件づけ研究事始－, 日本心理学会第 74 回大会, WS078.
- 川合伸幸・久保 (川合) 南海子 (2008). ヒトと動物の回顧的推論について. 認知科学, **15**, 378–391.
- Kimble, G. A., Mann, L. I., & Dufort, R. H. (1955). Classical and instrumental eyelid conditioning. *Journal of Experimental Psychology*, **49**, 407–417.
- Kimmel, H. D. (1964). Further analysis of GSR conditioning: A reply to Stewart, Stern, Winokur and Fredman. *Psychological Review*, **71**, 160–166.
- Kimmel, H. D., & Bevill, M. J. (1991). Blocking and unconditional response diminution in human classical autonomic conditioning. *Integrative Physiological and Behavioral Science*, **26**, 132–138.
- Kimmel, H. D., & Bevill, M. J. (1996). Blocking and unconditional response diminution in human classical autonomic conditioning. *Integrative Physiological and Behavioral Science*, **31**, 18–43.
- Knight, D. C., Smith, C. N., Cheng, D. T., Stein, E. A., & Helmstetter, F. J. (2004). Amygdala and hippocampal activity during acquisition and extinction of human fear conditioning. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, **4**, 317–325.
- 古武弥正・宮田洋 (1973). 人間の条件反応 (心理学モノグラフ 13). 東京：東京大学出版社.
- 古武弥正・多河慶一 (1951). 人間における電気性皮膚条件反射の延滞について. 心理学研究, **22**, 1–6.
- LaBar, K. S., Gatenby, J. C., Gore, J. C., LeDoux, J. E., & Phelps, E. A. (1998). Human amygdala activation during conditioned fear acquisition and extinction: A mixed-trial fMRI study. *Neuron*, **20**, 937–945.
- Lissek, S., Levenson, J., Biggs, A. L., Johnson, L. L., Ameli, R., Pine, D. S., & Grillon, C. (2008). Elevated fear conditioning to socially relevant unconditioned stimuli in social anxiety disorder. *American Journal of Psychiatry*, **165**, 124–132.
- Lovibond, P. F. (1992). Tonic and phasic electrodermal measures of human aversive conditioning with long duration stimuli. *Psychophysiology*, **29**, 621–632.
- Lovibond, P. F. (2003). Causal beliefs and conditioned responses: Retrospective reevaluation induced by experience and by instruction. *Journal of Experimen-*

- tal Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **29**, 97–106.
- Lovibond, P. F., & Shanks, D. R. (2002). The role of awareness in Pavlovian conditioning: Empirical evidence and theoretical implications. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **28**, 3–26.
- Lovibond, P. L., Siddle, D. A. T., & Bond, N. (1988). Insensitivity to stimulus validity in human Pavlovian conditioning. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **40B**, 377–410.
- Mackintosh, N. J. (1975). A theory of attention: Variation in the associability of stimuli with reinforcement. *Psychological Review*, **82**, 276–298.
- Manns, J. R., Clark, R. E., & Squire, L. R. (2002). Standard delay eyeblink conditioning is independent of awareness. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **28**, 32–37.
- Michael, T., Blechert, J., Vriends, N., Margraf, J., & Wilhelm, F. H. (2007). Fear conditioning in panic disorder: Enhanced resistance to extinction. *Journal of Abnormal Psychology*, **30**, 612–617.
- Miller, R. R., & Matute, H. (1996). Biological significance in forward and backward blocking: Resolution of a discrepancy between animal conditioning and human causal judgment. *Journal of Experimental Psychology: General*, **125**, 370–386.
- Miller, R. R., & Matzel, L. D. (1988). The comparator hypothesis: A response rule for the expression of associations. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol.22, pp. 51–92). San Diego, CA: Academic Press.
- Mitchell, C. J., De Houwer, J. & Lovibond, P. F. (2009). The propositional nature of human associative learning. *Behavioral and Brain Sciences*, **32**, 183–198.
- Mitchell, C. J., & Lovibond, P. F. (2002). Backward and forward blocking in human electrodermal conditioning: Blocking requires an assumption of outcome additivity. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **55B**, 311–329.
- 宮田洋 (1997). 関西学院大学心理学研究室と生理心理学. 生理心理学と精神生理学, **15**, 43–50.
- 宮田洋 (2009). Pavlov のノーベル生理学・医学賞について. 生理心理学と精神生理学, **27**, 225–234.
- 中島定彦 (2006a). 商品広告と古典的条件づけ－研究展望 (1)－. 行動科学, **45**(2), 51–64.
- 中島定彦 (2006b). 商品広告と古典的条件づけ－研究展望 (2)－. 行動科学, **45**(1),

27–36.

- 中島定彦 (2007). 条件反応の消去. *Brain Medical*, **19**, 33–38.
- 中野良樹 (2005). 生理指標の基礎と感情研究への応用, 佐藤香 (編), 感情現象の諸相 (第1章, pp. 1–25). 京都: ナカニシヤ出版.
- Naqvi, N. H., & Bechara, A. (2006). Skin conductance: A psychophysiological approach to the study of decision making. In C. Senior, T. Russell & M. S. Gazzaniga (Eds.), *Methods in mind* (pp. 103–122). Cambridge: MIT Press.
- 新美良純・鈴木二郎 (編) (1986). 皮膚電気活動. 東京: 星和書店.
- 沼田恵太郎・太田麻里奈・嶋崎恒雄 (2011). ヒトの随伴性学習における復元効果の実験的検討. *行動科学*, **49**, 115–124.
- 沼田恵太郎・嶋崎恒雄 (2009). ヒトの随伴性学習における2次の回顧的再価値化の実験的検討. *心理学研究*, **80**, 54–60.
- 沼田恵太郎・嶋崎恒雄 (2010). ヒトの随伴性学習における潜在制止の文脈特異性. 関西心理学会第122回大会発表論文集, 55.
- Öhman, A. (1979). The orienting response, attention, and learning: An information-processing perspective. In H. D. Kimmel, E. H. van Olst, & J. F. Orelebeke (Eds.), *The orienting reflex in humans* (pp. 443–471). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Öhman, A., & Mineka, S. (2001). Fear, phobias, and preparedness: Toward an evolved module of fear learning. *Psychological Review*, **108**, 483–522.
- Öhman, A., & Soares, J. J. F. (1993). On the automatic nature of phobic fear: Conditioned electrodermal responses to masked fear-relevant stimuli. *Journal of Abnormal Psychology*, **102**, 121–132.
- Pavlov, I. P. (1927). *Conditioned reflex: An investigation of the physiological activity of cerebral cortex* (G. V. Anrep, Trans.). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Pearce, J. M. (1987). A model for stimulus generalization in Pavlovian conditioning. *Psychological Review*, **94**, 61–73.
- Pearce, J. M. & Hall, G. (1980). A model for Pavlovian learning: Variations in the effectiveness of conditioned but not of unconditioned stimuli. *Psychological Review*, **87**, 532–552.
- Pineles, S. L., Orr, M. R., & Orr, S. P. (2009). An alternative scoring method for skin conductance responding in a differential fear conditioning paradigm with a long-duration conditioned stimulus. *Psychophysiology*, **46**, 984–995.
- Prokasy, W. F., & Ebel, H. C. (1967). Three components of the classically conditioned GSR in human subjects. *Journal of Experimental Psychology*, **73**, 247–

256.

- Prokasy, W. F. & Raskin, D. C. (Eds.) (1973). *Electrodermal activity in psychological research*. New York : Academic Press.
- Quirk, G. J., Paré, D., Richardson, R., Herry, C., Monfils, M. H., Shiller, D., & Vicentic, A. (2010). Erasing fear memories with extinction training. *Journal of Neuroscience*, **30**, 14993–14997.
- Razran, G. (1955). Conditioning and perception. *Psychological Review*, **62**, 82–95.
- Rescorla, R. A. (1967). Pavlovian conditioning and its proper control procedures. *Psychological Review*, **74**, 71–80.
- Rescorla, R. A., & Wagner, A. R. (1972). A theory of Pavlovian conditioning : Variations in the effectiveness of reinforcement and nonreinforcement. In A. H. Black & W. F. Prokasy (Eds.), *Classical conditioning II : Current research and theory* (pp. 64–99). New York : Appleton-Century-Crofts.
- Roy, J. C., Boucsein, W., Fowles, D. C., & Gruzelier, J. H. (1992). *Progress in electrodermal research*. New York : Plenum Press.
- Schell, A. M., Dawson, M. E., & Marinkovic, K. (1991). Effects of the use of potentially phobic CSs on retention, reinstatement, and extinction of the conditioned skin conductance response. *Psychophysiology*, **28**, 140–153.
- Schultz, D. H., & Helmstetter, F. J. (2010). Classical conditioning of autonomic fear response is independent of contingency awareness. *Journal of Experimental Psychology : Animal Behavior Processes*, **36**, 495–500.
- Seligman, M. E. P. (1970). On the generality of the raw of learning. *Psychological Review*, **77**, 406–418.
- Shanks, D. R., & Lovibond, P. F. (2002). Autonomic and eyeblink conditioning are closely related to contingency awareness : Reply to Wiens and Öhman (2002) and Manns et al. (2002). *Journal of Experimental Psychology : Animal Behavior Processes*, **28**, 38–42.
- Shi, C., & Davis, M. (2001). Visual pathways involved in fear conditioning measured with fear-potentiated startle : Behavioral and anatomic studies. *Journal of Neuroscience*, **21**, 9844–9855.
- Schiller, D., Monfils, M. H., Raio, C. M., Johnson, D. C., LeDoux, J. E., & Phelps, E. A. (2010). Preventing the return of fear in humans using reconsolidation update mechanisms. *Nature*, **463**, 49–53.
- 嶋崎恒雄 (2009). ヒトとヒト以外を隔てるもの－実験心理学の立場から－. 認知科学, **16**, 148–153.
- Skinner, B. F. (1938). *The behavior of organism : An experimental analysis*. New

- York : Appleton-Century-Crofts.
- Sokolov, E. N. (1963). *Perception and the conditioned reflex*. Oxford : Pergamon Press.
- Squire, L. R. (1992). Memory and the hippocampus : A synthesis from findings with rats, monkeys, and humans. *Psychological Review*, **99**, 195–231.
- Stewart, M., Stern, J. A., Winokur, G., & Fredman, S. (1961). An analysis of GSR conditioning. *Psychological Review*, **68**, 60–67.
- 漆原宏次 (2010). 古典的条件づけにおける刺激競合現象の応用に関する諸問題. 行動科学, **49**, 19–30.
- Urushihara, K., & Miller, R. R. (2010). Backward blocking in first-order conditioning. *Journal of Experimental Psychology : Animal Behavior Processes*, **36**, 281–295.
- Van Hamme, L. J., & Wasserman, E. A. (1994). Cue competition in causality judgments : The role of nonpresentation of compound stimulus elements. *Learning and Motivation*, **25**, 125–151.
- Wagner, A. R. (1981). SOP : A model of automatic memory processing in animal behavior. In N. E. Spear & R. R. Miller (Eds.), *Information processing in animals : Memory mechanism* (pp. 5–47). Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.
- Wessa, M., & Flor, H. (2007). Failure to extinction of fear response in posttraumatic stress disorder : Evidence from second-order conditioning. *American Journal of Psychiatry*, **164**, 1684–1692.
- White, C. T., & Schlosberg, H. (1952). Degree of conditioning of the GSR as a function of the period of delay. *Journal of Experimental Psychology*, **43**, 357–362.
- Wiens, S., & Öhman, A. (2002). Unawareness is more than a chance event : Comment on Lovibond and Shanks (2002). *Journal of Experimental Psychology : Animal Behavior Processes*, **28**, 27–31.
- 山本直宏・畑山俊輝 (2005). 効率的な発汗時における皮膚電位反応陰性波成分の減少と陽性波成分の増大. 生理心理学と精神生理学, **23**, 217–226.
- 山崎勝男・渡辺尊巳・新美良純 (1969). 条件づけ過程にみられる皮膚電位反射波形の特異性. 心理学研究, **40**, 98–102.

——沼田恵太郎 大学院文学研究科博士課程後期課程——

——宮田 洋 名誉教授——