

氏 名	なか がわ え しょう 中 川 恵 正
学位の種類	博 士 (文 学)
学位記番号	論文博第 462 号
学位授与の日付	平成 16 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	Mechanism of Stimulus Class Formation Between Discriminative Stimuli in Rats (シロネズミにおける刺激クラス形成の機序に関する研究)

論文調査委員 (主 査) 教 授 藤 田 和 生 教 授 櫻 井 芳 雄 助教授 友 永 雅 己

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、ラット（シロネズミ）が相互に異なる一群の刺激を等価なものとして扱うようになる学習過程—刺激クラスの形成—を分析し、その機序を明らかにしようとしたものである。

論文は 8 章から構成されている。第 1 章では、本研究において検討する問題とその理論的背景を述べた。動物の刺激クラス形成に関してはこれまで 2 つの立場から検討されている。1 つは Sidman & Tailby (1982) の提案によるもので、刺激間の関連性が対称であり、その関連性を組み合わせることにより新たな関連性を生み出すことができる刺激群を等価刺激とする立場である。もう 1 つは Green & Saunders (1998) に代表される立場で、反応を変化させずに置換可能な刺激群を等価クラスとする立場である。本論では、後者の立場を取る。

Zentall (1998) は、互いに無関係な刺激間に訓練を受けなくて生起する派生的関係（刺激クラス）の生起の証拠を得る 5 つの方法を述べている。中川 (1978) が開発した全体逆転—部分逆転手続きがそのうちのひとつとして挙げられている。従来、併行弁別、見本合わせ一致弁別 (MTS) ・不一致弁別 (OFS) (あるいは非見本合わせ)、および同異弁別の各弁別事態では、それぞれの事態での刺激クラスの形成のメカニズムが、おのおの別個の手法によって検討されてきた。しかし、この全体逆転—部分逆転手続きはこれら 3 つの弁別事態に共通に適用することが可能であり、この手続きによって、3 つの弁別事態での刺激クラスの形成を包括的に検討することができる。本研究では、シロネズミがこれら 3 つの弁別事態において刺激クラスを形成するか否かを全体逆転—部分逆転手続きを用いて検討し、3 つの弁別事態での刺激クラスの形成を包括的に説明できる新しい理論を提案した。

第 2 章では、全体逆転—部分逆転手続きを用いて、併行弁別、見本合わせ一致弁別 (MTS) ・不一致弁別 (OFS)、および同異弁別事態において、シロネズミが刺激クラスを形成するか否かを 7 つの実験で検討した。実験 1 では、直線走路を用いた go / no-go 弁別事態、実験 2 では Y-迷路を用いた同時弁別事態で、過剰訓練後、訓練時のすべての刺激—報酬関係を逆転すると、その一部を逆転するよりも早く新たな学習が生じることが示された（全体—部分逆転学習効果）。実験 3～5 では、全体—部分逆転学習効果の生起因を検討した。その結果、全体—部分逆転学習効果は過剰訓練の全体逆転学習の促進と過剰訓練の部分逆転学習の遅延と双方に起因することが明らかになった。実験 6 では、12 個の刺激セットを用いた MTS と OFS 弁別事態で、また実験 7 では、同じく 12 個の課題を用いた同異弁別事態で、全体—部分逆転学習効果が生起することを見出した。3 つの弁別手続き——併行弁別、見本合わせ一致弁別 (MTS) ・不一致弁別 (OFS)、および同異弁別事態——が同一効果を生起させることは、同一反応が割り当てられた刺激同士の結合を形成する際に関与する過程が、これら 3 課題で共通であることを示唆している。

第 3 章では、全体—部分逆転学習効果が強化密度の変化に起因するものか否かを、併行弁別（実験 8）、見本合わせ一致弁別 (MTS)（実験 10）・不一致弁別 (OFS)（実験 9）、および同異弁別事態（実験 11）で検討した。その結果、いずれの場合にも、逆転学習は強化密度の影響を受けないことが明らかになった。つまり、全体—部分逆転学習効果は、逆転学習時

における強化の随伴性変化の弁別のしやすさに起因するのではない。また、この事実も、上記3課題が共通の基礎過程を持つことを示している。

第4章では、併行弁別事態において、過剰訓練後に弁別刺激間に互換性と置換性が成立するか否かを3つの実験（実験12～14）で検討し、肯定的な結果を得た。すなわち、併行弁別事態での過剰訓練期間中に形成された刺激クラスは、互換性と置換性という刺激等価関係の2つの特性を持っていることが明らかにされた。

第5章では、見本合わせ一致弁別（MTS）・不一致弁別（OFS）、および同異弁別事態において、関係概念（一致、不一致、同一、差異の関係概念）が獲得されるか否かを、新奇刺激への転移を指標にして4つの実験（実験15～18）で検討し、肯定的な結果を得た。同時に、実験16と18の結果は、一致、不一致、同一、差異概念は共通反応を媒介体とし後続の移行課題へ転移されるという中川説の基本的な考え方を強く支持する証拠を提出した。

第6章では、9つの実験（実験19～27）によって、シロネズミの刺激クラス形成に関連した4つの問題を検討した。それらは、（1）全体－部分逆転学習効果の生起にどの程度の過剰訓練量が必要か、（2）シロネズミは何を基礎にして刺激クラスを形成するのか、（3）シロネズミは併行弁別学習事態において如何にして刺激クラスを形成するのか、（4）シロネズミは刺激布置に対して反応するのか、である。

その結果、シロネズミが刺激クラスを形成するには20日間の過剰訓練が必要であることが明らかにされた（実験19～21）。実験22～24の3つの実験によって、シロネズミにおける刺激クラス形成の決定因が共通反応であることが明らかにされた。実験25、26によって、過剰訓練期間中に、刺激クラスを構成する個々の刺激に関して、シロネズミは、学習されない刺激表象（unlearned representation）と学習された刺激表象（learned representation）の双方を獲得することが明らかにされた。また実験27からは、シロネズミが刺激布置に反応することが明らかにされた。

第7章では、併行弁別、見本合わせ一致弁別（MTS）（あるいは不一致弁別、OFS）、および同異弁別学習の3つの問題解決が同一メカニズムによってなされているか否かを6つの実験（実験28～33）で検討した。これら課題間では相互に学習の促進作用が存在し、共通のメカニズムの存在が示唆された。

第8章では、第2～7章の一連の実験の結果を基にして、新しい刺激クラス形成の理論を提出した。第2章、第3章、第6章および第7章の実験結果は、併行弁別、見本合わせ一致弁別（MTS）（あるいは不一致弁別、OFS）、および同異弁別学習の3つの弁別学習における刺激クラスの形成が同一メカニズムによって行われていることを示唆している。この事実は、既存のクラス形成の理論では説明できない。そこで論者は以下のような理論を提出した。すなわち、上記の学習課題のいずれにおいても、シロネズミはまず刺激－共通反応の結合（すなわち、同一反応が割り当てられた刺激を結合する仕方の学習）を形成する。例えば、併行弁別の場合、原学習中に、シロネズミは各弁別課題について正刺激と接近反応の結合、および負刺激と回避反応の結合を学習する。次いで過剰訓練期間中に、共通反応を基にして刺激－刺激結合を形成する（すなわち、刺激クラスの形成）。これらの刺激－刺激結合が“獲得性等価効果”を生起させる。それによって、同一結果で結合した刺激が般化を強める。すなわち、刺激－刺激結合が逆転学習において1つの正刺激（あるいは負刺激）からの別な正刺激（あるいは負刺激）への適切な反応の転移を媒介する。

刺激－刺激結合の結果、全体条件では過剰訓練後、一方の弁別の逆転がもう一方の弁別の逆転に相乗効果を及ぼす。過剰訓練期間中に形成された正刺激どうしの刺激－刺激結合によって、1つの弁別の新しい正刺激への強化がこの刺激に対する接近反応の強さを増強するのみならず、もう一方の弁別の新しい正刺激への接近反応をも増強する。同様に、新しい負刺激への無強化の結果も弁別課題間で転移する。

過剰訓練後の部分逆転条件でみられた逆転学習の遅延についても同様の説明ができる。刺激－刺激結合が存在する場合、逆転学習期間中非逆転課題の訓練を継続することが、逆転課題の新しい正刺激への接近反応と新しい負刺激への回避反応の発達を妨害するのである。

見本合わせ一致弁別（MTS）（あるいは不一致弁別、OFS）、および同異弁別学習の場合、シロネズミは刺激布置とレバ－押し反応との結合（すなわち、同一反応が割り当てられた刺激の結合の仕方を学習する）を学習し、それから、同一反応が割り当てられた刺激布置同士の結合を形成する。

刺激布置－刺激布置結合の結果、全体条件では、一方の弁別の逆転がもう一方の弁別の逆転に相乗効果を及ぼす。見本合

わせ一致弁別 (MTS) (あるいは不一致弁別, OFS), および同異弁別学習の原学習中に形成された弁別刺激の刺激布置-刺激布置結合によって, 一つの弁別の新しい正レバーへの強化はこのレバーに対する接近反応の強さを増強するのみならずもう一方の弁別の新しい正レバーへの接近反応をも増強する。同様に, 新しい負レバーへの無強化の結果も弁別課題間へ転移する。他方, 刺激布置-刺激布置結合が存在する場合, 逆転学習期間中に非逆転課題の訓練を継続することが, 逆転課題の新しい正レバーへの接近反応と新しい負レバー刺激への回避反応の発達を妨害するのである。

この新しい理論では, 弁別刺激が刺激クラスを形成するために, 3つの前提条件を必要とする。それは, (1) 2つの刺激次元の分離, (2) 刺激 (あるいは刺激布置) - 共通反応結合, (3) 刺激布置に対する反応の3つである。2つの刺激次元の分離という前提条件は, 実験25~26によって証明されている。刺激 (あるいは刺激布置) - 共通反応結合という前提条件は, 実験22~24の3つの実験によって証明されている。刺激布置に対する反応という前提条件は, 実験27によって証明されている。

本研究での一連の実験は, シロネズミが併行弁別, 見本合わせ一致弁別 (MTS) (あるいは不一致弁別, OFS), および同異弁別学習の3つの弁別学習事態で, 刺激クラスを形成し, その刺激クラスの形成メカニズムがこれら3つの弁別学習事態において同一であることを明らかにした。この事実は新しい知見である。論者はこの事実を説明するために, 刺激クラス形成の新しい理論を提唱した。

論文審査の結果の要旨

環境中のあらゆる刺激に対し, 個別に応答を学習することは不可能である。そのためヒトを含めた多くの動物は, 区別がつく複数の刺激をあえて1群にまとめ, 等価な刺激と扱うことにより, 効率的な処理をおこなっている。一般にこの過程は概念の形成と呼ばれている。

概念には「イヌ」や「親子」などのように共通な物理的・社会的特性によって定義されるものと, そうした共通特性を持たず, 行動に対して同じ機能だけを持つものがある。例えば通行止めの交通標識と赤信号, 警官の停止命令などは, 車を停止させるという共通の機能をもつ刺激である。こうした刺激群は機能的等価クラスと呼ばれている。本論文は, ラットにおいて機能的等価クラスが形成される過程を, 走路, 迷路, レバー押しなどを利用した多様な行動実験により詳細に分析し, そのメカニズムを明らかにしようとした試みである。

論文は8章から構成されている。第1章では, 本研究において検討する問題とその理論的背景が述べられる。異なる刺激が持つ等価性については, これまで2つの立場から研究がなされている。1つはSidman & Tailby (1982) の提案によるもので, 刺激間の関連性が対称であり, その関連性を組み合わせることにより新たな関連性を生み出すことができる刺激群を等価刺激とする立場である。もう1つはGreen & Saunders (1998) に代表される立場で, 反応を変化させずに置換可能な刺激群を等価クラスとする立場である。論者は後者の立場を取り, 刺激・反応・強化 (報酬) の関係を, 複数の刺激についてすべて逆転する場合と, 一部の刺激だけについて逆転する場合を比較するという独自の手法 (全体逆転-部分逆転手続き) で, 学習した刺激間のクラス化を検討していく。

第2章から第7章までが実験的検討に充てられている。第2章では, ラットが刺激クラスを形成することが7つの実験で確かめられた。まず2組の刺激の弁別を同時に同じ個体に訓練する併行弁別事態において, 学習完成後に過剰訓練を与えると, 全体逆転をおこなった場合の方が部分逆転をおこなった場合よりも, 新たな課題を早く習得することを示した。部分逆転では, 一部分の課題は元通り保存されているので, 新規に学習しなければならない課題の数は全体逆転よりも少なく, 訓練課題が独立である限りは, 全体逆転よりも早く学習が成立するはずである。実際, 学習完成直後に逆転学習をおこなうとそのような結果が得られる。過剰訓練後に得られたまったく逆の傾向は, 訓練で用いられた選択すべき複数の刺激 (正刺激) がクラスを形成したと考えなければ理解できない。すなわち, ラットは過剰訓練を付加された併行弁別事態で, 等価な刺激クラスを形成することが示された。同様の全体逆転-部分逆転手続きを用いて, 同異 (Same / Different) という刺激間の関係を手がかりにする3つの課題, 見本合わせ, 非見本合わせ, 同異弁別課題においても, 刺激クラスの形成が示されている。

第3章では, 4つの実験から, 全体逆転の効果が逆転事態における大幅な強化頻度の低下によるものではないことを, 部

分逆転する課題の割合を操作することによって確認している。また第4章では、等価クラスとなった刺激相互間の互換性と置換可能性を3つの実験によって確認している。これらの実験は、ラットが確かに等価な刺激クラスを形成したことを示すものである。

第5章では、4つの実験からラットが同異の概念を形成し、それが共通反応を媒介として生じることが示された。第6章では、9つの実験により、併行弁別において刺激クラス形成のために必要な過剰訓練量が同定されるとともに、過剰訓練期間中にラットは学習された刺激表象と直接的には学習していない対応刺激の表象を獲得していくこと、またラットは刺激全体の付置を手がかりとして利用するようになることなどが示され、ラットが刺激クラスを獲得していく過程に見られる認知的変容の一端が明らかにされた。

第7章では、過剰訓練をともなう併行弁別と同異概念の形成をもたらす前述の3つの課題間では、相互的な学習促進作用があり、これらの課題では刺激クラスの形成が同じメカニズムでおこなわれていることが示された。

第8章において、論者はこれらの実験結果を総合し、刺激クラスの形成に関する新たな理論を提示する。それは、まず報酬をもたらすあるいはもたらさないという共通の反応結果が、選択した刺激と反応の結合をもたらす。次にこの反応の共通性が、それと結合した複数の刺激間の結合を形成するというものである。これは同異概念の形成においても共通に見られる一般性の高いメカニズムであると論者は示唆する。

全体逆転-部分逆転手続きという独自の手法により、ラットが併行弁別事態において機能的等価刺激クラスを形成すること、またそのために必要な条件の1つが適切な量の過剰訓練であることを明らかにし、この事態における等価クラス形成のメカニズムを説明する新たな理論を提示したことは、学習心理学および比較認知科学における重要な貢献であると考えられる。また、過剰訓練を付加した併行弁別事態と、見本合わせ、非見本合わせ、同異弁別という同異概念の形成をもたらす学習事態において、刺激クラス形成という側面に共通性があり、相互に学習を促進する効果を持つことを示したことは、一般的な学習セット的促進による効果を完全には捨象できないにせよ、極めて興味深い知見である。

とはいえ、問題点も散見される。第1に、1つの仮説の検証に、実際これらすべての実験が必要であったか否かには若干の疑問がある。第2に、併行弁別により形成される恣意的な機能的刺激クラスと、同異という共通の刺激属性を持つ刺激のクラスとを、同列に論じてよいか疑問が残る。第3に、ラットが刺激付置を手がかりとするという事実と、個々の刺激が置換可能であることや同異概念が形成されることの間には矛盾があるようにも見受けられるが、それに対する考察が十分ではない。しかし、何よりも総計33に上る実験を総計1,000頭に上るラットを対象におこない、着実に1つの結論へと導こうとする論者の手堅い手法は賞賛に値するものであり、これらの難点を補ってなお余りあるものといえることができる。

以上審査したところにより、本論文は博士（文学）の学位論文として価値あるものと認められる。2003年12月16日、調査委員3名が本論文とそれに関連したことがらについて口頭試問をおこなった結果、合格と認めた。