

学位請求論文審査の要旨及び担当者

報告番号 乙 第 号

氏名 八賀 洋介

論文題名 「選択行動の構造と変動性：ラットの消去レバーへの選好パルス現象を軸とした実験的・数量的検討」

審査担当者

主査

慶應義塾大学文学部教授・大学院社会学研究科委員 文学博士 坂上 貴之

副査

慶應義塾大学文学部教授・大学院社会学研究科委員 文学博士 山本 淳一

弘前大学教育学部教授 博士（心理学）平岡 恭一

学識確認

慶應義塾大学文学部教授・大学院社会学研究科委員 文学博士 坂上 貴之

論文審査の要旨

八賀洋介君の学位請求論文「選択行動の構造と変動性：ラットの消去レバーへの選好パルス現象を軸とした実験的・数量的検討」について、主査および副査計3名は、2015年12月11日13時より慶應義塾大学三田校舎にて公開の形をとった審査会を開いた。以下はその報告である。

本論文は、八賀洋介君が最近続けて公刊した2本の論文を中心とする、4つの行動実験が中核となっている。これらの実験は彼が専門とする行動分析学において、選択行動の微視的な解析に関わるものであるが、結果として得られた事実は、選択行動への新しい理解の枠組みを与えるだけでなく、複数選択肢間での選択行動の時系列的な変動性についての新しい可能性を示唆するものともなっている。

論者は元来、何をもちいて行動の単位と考えればよいのかという、条件づけの対象となる行動単位の問題に深く関心を寄せていた。そこから出発して、実際に観察される行動の揺らぎ、すなわち行動変動性に関心をもち、修士論文以降はもっぱら、行動変動性に関する論文を公刊してきた。

第1部は、まずその行動変動性についての事実と議論から始まる。つまり、変動性がどのように強化随伴性の操作の結果として規則的な変容を示すのかを、蓄積された先行研究をもとに展望し、その問題を整理したうえで、基礎的研究ではこの研究と別個に発展してきた、並立スケジュール下での選択行動研究に、行動変動性の新しい研究の展開を結び付けている。一般に変動性の研究では、複数の操作対象（選択肢）への行動の時系列的「振り分け」が問題となり、たとえば餌などで強化された「振り分け」の系列は再び繰り返される一方、餌を提示しない消去スケジュール（EXT）下では行動の変動性は増すことが示されてきた。

行動変動性に対する強化随伴性の制御力の強さを決定的に示したのは Page and Neuringer (1985) であった。彼らはハトを用いて変動性の増加に対して積極的に分化強化を行うことによって、手続きで用いたパラメータに応じて変動性の程度を制御でき、変動性最大の制御下では「ランダムな」行動を示すことを報告した。強化随伴性が変動性自体の制御要因となりうることから、彼らは、行動変動性もまたオペラントであるという主張を行った。その後、この研究に刺激を受けた多数の研究がなされることになる。

このように変動性が分化強化によって形成されることに、その後の研究の中心が置かれることになったが、同時に次に示すいくつかの問題も見出された。(1) 行動変動性の定義にランダムネスの概念を用いているが、この概念を構成するものが少なくとも等確率性と独立性の性質であるとするれば、なされてきた変動性の研究は等確率性にもっぱら焦点が当てられたもので、反応系列の独立性（依存性）についての検討は不十分であった。(2) 分化強化による変動性制御がどのような過程により実現するのか、何かを学習したのか、そ

れとも何も学習できなかつた結果であるのか、といった行動変動性を生み出す基底のメカニズムの検討がなされてこなかつた。(3)セッション全体の選択結果から計算された巨視的な指標に基づいて行動変動性をオペラントとみなしてきたが、微視的なレベルでの行動推移については検討が不十分であった。そのために、新たなメカニズムや過程が見いだされれば、オペラントとみなす説明それ自体が疑問視されてしまうことになる。

こうした問題から、論者はこの領域で用いられてきた複雑な手続きと分析をできる限り単純化し、その下での行動の微視的な分析を試みるべきだと説く。具体的には、伝統的な2選択肢よりなる並立強化スケジュールでの選択行動についての、異なる視点からの再分析である。そのためには並立強化スケジュールでの選択行動研究の、過去から現在に亘る俯瞰が必要となる。第1部の次の目的は、この俯瞰並びに最新の微視的分析の研究成果の記述である。

2つの操作対象(選択肢)への反応が互いに独立したそれぞれの変動時隔強化スケジュール(VI)で強化される並立スケジュール(conc VI VI)において、両選択肢での強化比が反応比にマッチングする現象はマッチング法則とよばれ、その成立要因を探ることが20世紀後半の選択行動研究の核をなしてきた。論者は丹念にその後を追いつつ、本研究の焦点である4つの実験の理解に必須ないくつかの現象を選び出していく。例えばマッチング法則が得られる過程の1つとして、個体は瞬間瞬間での強化確率を最大化しているとの仮定があるが、そうした仮定に立つ Shimp (1966) を嚆矢とする選択行動の微視的過程の検討からは、ハトやラットの行動の変動パターンに、この最大化の仮定から予測される傾向がみられる一方、反応固執傾向など最大化が予測しない様々なパターンも介在し、時には最大化傾向を完全に覆い隠してしまうこともあった。また、Baum, Schwendiman, and Bell (1999) は最大化の検討から離れてマッチング成立時の微視的反応パターンの記述的分析を行ったところ、2つの選択肢のうち単位時間当たりの強化数の多い選択肢への滞在は長く、その一方で低い選択肢へ時々数回の反応を自発しては、すぐに再び強化数の多い選択肢へ移る Fix-and-Sample と呼ぶ傾向があることを報告した。

1990年代以降になると、安定した選択状態での行動の検討が、選択肢間での行動推移の検討に場面が変わっていった。Davison and Baum (2000, 2002) はハトを用いて1セッション内で短期的な成分ごとに強化比を変化させ、各成分変化を起点とした強化比への感度、成分内でのマッチング関係、強化間間隔ごとのマッチング関係などの各推移について、多元的な分析を提案した。このうちの強化間間隔の水準において、強化子が提示された直後に、その強化子が随伴した選択肢側へ選好が大きく偏り、時間経過とともに徐々に選好が減衰しセッション全体の強化比に近似する水準で安定する現象を見出して、これを選好パルスと名付けた。

選好パルスの生起はマッチング法則成立に関わる理論と深く関連している可能性があったため、その後精力的に検討が進められた。現在までに、強化された反応の生起が、一時的に増加したとする局所的な強化機能説、直前の強化子の位置が次の強化子の提示される選択肢位置の手掛かりになっているとする弁別機能説(e.g., Davison and Baum, 2006)、ガン

マ分布により生成した反応データへ強化タグを挿入したシミュレーションデータにおいても選好パルス現象が観察されることを指摘したアーティファクト説 (McLean, Grace, Pitts, and Hughes, 2014) の 3 つの仮説が提案されている。ただしアーティファクト説は強化子の局所効果を完全に否定しているのではなく、アーティファクト成分を差し引いたあとの残差パルスこそが真の強化子の効果であると主張している。また、選好パルスの局所効果についての比較研究から強化機能説を否定し弁別機能説を支持する報告がなされており (e.g., Cowie, Davison, and Elliffe, 2011)、現在ではこの仮説が有力なものとなっている。

第 2 部はすでに述べたように 4 つの実験報告からなっている。実験 1 では上述した選好パルス発生の仮説では説明が困難な選好パルス現象の報告をし、新たに強化子による誘導説を提案している。2 レバー (操作対象) を備えた標準的なオペラント箱において、並立変動比率 (VR) 消去 (EXT) スケジュールの下でラットの弁別訓練を行った。いずれかのレバー上のライトが強化後ランダムに点灯し、そちら側のレバーが VR で強化される一方、消灯側のレバーは EXT であった。その結果、(1) 9 割弱の反応をライト点灯側の VR レバーに自発し、弁別を獲得する一方で、1 割以上の反応を EXT レバーへ自発していた。(2) 点灯位置が切り替わった試行では、直前に強化されたレバー (現在は EXT レバー) へ選好が一時的に偏る選好パルス現象がみられた。この結果は、点灯している VR 側へ反応を切り替えず EXT 側に反応をし続ける選好パルスであったことから、弁別機能による説明は困難であった。また、アーティファクト仮説についても、結果で得られた EXT 側での選択パルスをシミュレーションできなかつた。そのため、論者は食餌のような系統発生的に重要な事象 (Baum, 2012) がそれに関連する諸活動を誘導すると考える、「強化子による誘導説」を提案した。

既存の強化機能説及び弁別機能説による説明は、それぞれ単独では実験 1 の結果を説明することができないが、それらの組み合わせによる説明ならば「強化子による誘導説」に依らず、既存のオペラントの枠組みだけで説明可能かもしれない。もし、ライトの刺激性制御は強化子提示直後から効果を持つのではなく徐々に制御力を強くするものであるとすれば、ライトによる刺激性制御の効かない間は、強化されたレバー位置を弁別刺激として反応を自発し、ライトによる刺激性制御が効力を発揮し始めたならば、今度はライトを弁別刺激として反応を自発するだろう。オペラントの 3 項強化随伴性が時間経過と共に揺れると仮定すれば、実験 1 の現象の説明が可能である。

実験 2 ではこれら誘導説と 3 項強化随伴性の揺れ仮説について仮説検証を行った。ラットを 2 群に分け、並立 VR EXT スケジュールで、低い比率から訓練を開始し安定するごとに徐々に比率を高めていく上昇系列群と、高い比率から訓練を開始し徐々に比率を低くしていく下降系列群に分けた。比率コストが高い条件下では、弁別刺激の制御はより獲得されやすいと考えられるので、下降系列群では低い比率へ移した後も、上昇系列群よりも弁別率が高くなると予想される。揺れ説が正しければ、この刺激性制御の強さの違いにより、選好パルスの生起傾向は影響を受けるはずである。結果は、群間で弁別率の高さが異なつたが、選好パルスの生起傾向に群間で目立った差は生じなかつた。一方、この結果は誘導

説とは矛盾しない。また、食餌によって強化されるオペラント行動と、食餌によって誘導されるスケジュール誘導性行動が、食餌の強化率の大きさの違いで異なった反応頻度分布を取ることが分かっているため、EXT レバーに対する強化子提示後 10 秒程度までの反応頻度を見たところ、強化率が減少するほど高くなることが観察され、この事実は誘導説を支持した。

実験 3 では、選択行動の研究でよく用いられる VI を含む並立 VI EXT スケジュールと並立 VR EXT スケジュール下の遂行の傾向比較を行うとともに、実験 1 のようにライトが弁別刺激として利用可能な条件の他に、直前の強化子が次の強化子に対する弁別刺激として利用可能な条件を設けた。いずれの条件でも強化子提示直後には EXT レバーへの選好パルスが生じ、また、VR と VI の比較では、反応率こそ異なるものの、選択行動の変動パターンは類似していた。対数生存時間指標を利用した分析から、強化レバー (VR または VI) への反応間時間分布 (バウト内分布) と反応休止時間分布 (バウト間分布) は重複する一方で、EXT レバーへの反応では 2 つの分布は分離可能であることが観察された。これは、この実験の選択行動の構造として、強化レバーへの反応自発は単一の指数分布で記述でき、EXT レバーへの反応自発は 2 つの指数分布の合成からなるバウト構造として記述できることを意味する。また、反応連の関数としての切り替え反応確率を分析したところ、強化レバーから EXT レバーへの切り替えは低確率でほぼ一定であったが、EXT レバーから強化レバーへの切り替え確率は短い反応連で高く、反応連が伸びるにしたがって減少していった。これは強化レバーに常に滞在し続けるが、時折、EXT レバーへ移り、わずかの反応を自発して、再び強化レバーへ戻るという **Fix-and-Sample** の傾向であった。更に EXT レバーへの反応連が伸びるにしたがって切り替え確率が下がり固執傾向が高まる点を捉え、論者は強化子による誘導によって生じた選好パルスが意味する EXT レバーへの長い反応連、すなわち **Win-Stay** (強化子の出た側に居続ける) 傾向と考えた。そこで、先にあげた McLean et al. (2014) のガンマ分布を使用したシミュレーションに **Win-Stay** 成分及び、**Fix-and-Sample** 傾向を組み込んで、再びシミュレーションを実施した。その結果、並立 VI VI スケジュールだけでなく、並立 VR EXT スケジュールにおける選好パルスの傾向もシミュレーションすることが可能であることを示した。

この一連の分析結果に基づき、論者は並立スケジュール下の選択行動の変動性には 2 つの基礎的過程があると考えた。1 つは、強化子提示直後の誘導の過程により生じた **Win-Stay** 成分で、もう 1 つは、その後のオペラントの過程により生じた **Fix-and-Sample** 成分である。**Win-Stay** 成分下では、オペラントの 3 項強化随伴性に従わず、直前に強化子が提示された選択肢へ行動を繰り返す。時間経過と共に 3 項強化随伴性の制御下に移ると、専ら強化レバーへ反応を自発するようになるが、時折観測気球を上げるかのように EXT レバーへ反応を自発する。彼は、この選択行動の傾向を **Win-Stay, Fix-and-Sample** モデルと名付けた。

最後の実験 4 では、今後の探索的検討として、並立 VI EXT スケジュール下でのライトによる弁別刺激の明瞭度および、左右レバーへの強化比を操作し、(1) 相対強化率の低い

レバーでは Win-Stay から Win-Shift（強化子が出なかった側へ選択を移動する）傾向に変化するか、（2）先行研究では、本実験3の結果と異なり、時々2つの選択肢ともバウト構造を仮定することがあるが、弁別刺激の明瞭度を落としていくことで、VI 選択肢と EXT 選択肢への反応が混じり合い、その結果として両選択肢ともバウト構造で記述することが妥当となるか、（3）マッチングと最大化を巡る議論では、次の強化子の位置を示す手がかりが曖昧な場合にはマッチングを示し、明瞭な手がかりが存在する場合には最大化が起きるといふ理論的観点があるが、それでは本手続きにおける弁別刺激の操作の結果は理論的予測とどの程度一致するのか、が検討された。（1）について、強化率の高いレバーへの Win-Stay 傾向は高まり、低いレバーへのパルスは喪失するが、後者においてはっきりした Win-Shift 傾向は生じなかった、したがって、強化子による誘導の性質は Win-Stay 傾向であり、条件によっては誘導がほとんど生じなくなることはあっても Win-Shift 傾向への質的な逆転は生じないことを確認した。（2）について、弁別刺激の明瞭度を下げることで、両選択肢の反応分布とも単一指数分布となった、したがって、選択行動についてバウト構造を基本として記述することの一般性へ疑問を投げかけた。（3）について、弁別刺激が不明瞭であると過小マッチングとなる一方で、弁別刺激が明瞭である条件では、ライト点灯位置が移動しなかった試行では過剰マッチング、移動した試行では過小マッチングとなった。この最大化からの逸脱傾向は、相対強化率の低い選択肢へ刺激ライトが点灯した場合でも相対強化率が高い消灯選択肢へ訪れる傾向が強いと解釈することで一貫した結果となっていると論者は考えている。

本論文第1部で論じられた、行動変動性および選択行動の最新の研究動向とその分析についてのレビューは、それだけでもって何本かの総説論文となるほどの質と量があり、そこから多くの新しい実験の計画や方法論、仮説を引き出せる内容となっている。また本論文第2部で展開された諸実験は、ここまでまとめてきたように、行動分析学の基礎的な領域、ことに選択行動の研究領域に新しい知見と斬新なアイデアを提供するものであり、そのうちのいくつかは、この研究領域の今後の発展のための1つの橋頭堡と目されるものになるといってよい。本論文の公開審査会においては、そのことを審査者が認めたうえで、なお残るいくつかの問題が提示された。以下に簡単にまとめる。

（1）全ての実験はラットを被験体として行われているが、論者が提案するモデルが、食餌といった生物学的に重要な環境事象が誘導する行動であるとする、他の種での実験的検討も必要ではないだろうか。スケジュール誘導性行動は種によって異なることが示されているし、この誘導性行動の生得的な性質に迫るためにもそうした検討が今後為されていくことが望ましい。

（2）EXT レバーへの選好パルス現象の説明で、次の強化子の位置を示す外受容刺激であるライトに従わないことから弁別機能説を除いていたが、弁別刺激が次の反応を促す機能を持つとすれば、それはライトのような視覚刺激だけに限られないのではないか。例えば、直前まで反応を繰り返していたため身体の近くにあった選択肢へ、そのコストの低さから一時的に反応を自発することもあるかもしれない。これは身体感覚のような自己受容

刺激も同様の機能を持つ可能性を示唆している。こうした広い意味での弁別刺激に対する十分な検討が尽くされていないのではないか。

(3) 選択行動の微視的な現象を記述するためにいくつかの記述的なモデルが使われているが、果たしてそうしたモデルによって解釈の十分な整合性が得られるのであろうか。伝統的な微視的モデルでは、例えば選択の規則性などの現象の予測力があつたが、Win-Stay, Fix-and-Sample モデルは、たとえば強化率の高い選択肢から「なぜ」時に低い選択肢に移るのかを説明できてはいない。そうした意味で、記述モデルから説明モデルへとより高次のレベルを目指す必要があるのではないか。

(4) 微視的な現象を記述するのに、確率分布、条件確率、対数生存関数といった道具立てを用いているが、行動変動性そのものが最終的な対象であるならば、もっと時系列に沿った分析を考えていく必要があるのではないか。選好パルスなどの新しい選択行動についての時系列的な分析は過去の知見に頼っており、そうした意味で分析の斬新さが今一つ感じられないのが残念である。

(5) 行動変動性研究の限界を、単純な並立スケジュールと個体にとって負荷の少ない選択肢間の選択行動の実験的分析によって突破しようとする点は首肯できるものの、得られた実験結果がどのように行動変動性研究の過去の知見と接続するのかが明瞭ではない。行動変動性と選択行動の各研究は、それぞれ異なる視点から出発しており、論者が指摘するような一方から他方という直線的關係というよりも、相補的な関係をなしている可能性もある。今後、得られた「強化子による誘導」というアイデアを元に、そうした接続や関係を明らかにする実験を考えてほしい。

しかしながら挙げられた4つの問題点は、いずれも行動分析学の基礎領域にとって未踏破の部分であり、解決にはまだ多くの時間が必要と考えられる。この意味で、これらの問題点は、論者の研究を踏まえ、今後の研究の方向性について提示されたものであると言える。

以上の議論に基づき、審査者一同は本論文が博士（心理学）学位を授与するに値するものと判断する。