

Title	変動比率スケジュールと変動時隔スケジュールの比較検討： 強化随伴性の時間枠をめぐる微視-巨視論争
Sub Title	
Author	丹野, 貴行(Tanno, Takayuki)
Publisher	慶應義塾大学大学院社会学研究科
Publication year	2009
Jtitle	慶應義塾大学大学院社会学研究科紀要：社会学心理学教育学： 人間と社会の探究 (Studies in sociology, psychology and education : inquiries into humans and societies). No.68 (2009.) ,p.260- 266
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	学事報告：学位授与者氏名及び論文題目：博士
Genre	Departmental Bulletin Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN0006957X-00000068-0260

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

博士（心理学）〔平成21年1月14日〕

甲 第3016号 丹野 貴行

変動比率スケジュールと変動時隔スケジュールの比較検討： 強化随伴性の時間枠をめぐる微視－巨視論争

〔論文審査担当者〕

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

渡辺 茂

副査 駒澤大学文学部教授

文学博士

小野 浩一

副査 日本大学大学院総合社会情報研究科人間科学専攻教授

博士（心理学）

眞邊 一近

内容の要旨

行動に強化子を随伴させると、その後その行動は生起しやすくなる。これはThorndike (1911) 以来の疑いのない知見である。しかしこの場合における随伴とは、どの程度の時間枠だと考えれば良いだろうか。それは微視的か、それとも巨視的か。この“微視 - 巨視論争”はこれまで、フリーオペラント型回避場面、並立選択場面、そして変動比率 (variable-ratio: VR) スケジュールと変動時隔 (variable-interval: VI) スケジュールの比較場面においてその検証が行われてきた。本研究はこのうちの最後の場面での実験的検討を通して、上記の問いに対する現段階での回答を提供するものである。

本稿は序論、本論、結論で構成されており、それぞれ内容は次の通りである。まず序論第1章では、「研究の目的と背景」として、VRスケジュール下とVIスケジュール下での反応遂行にはどのような違いが見られているか、それに対して微視と巨視の観点からはどのような説明がもたらされているのかを解説し、最後に、本研究が目指す3つの観点を挙げる。続く本論では、その3つの問いに対応した3つの章（第2・3・4章）において、それらを実験的に検証した結果を報告していく。それぞれのタイトルは、第2章は「VR-VI反応率差の制御変数の解明に関わる実験報告」、第3章は「VR-VI間の弁別と選好に関わる実験報告」、そして第4章は「ヒトを用いた実験報告」である。そして結論では、まず第5章「総合考察」において、本論でのそれらの結果から得られた結論を述べる。そして最後に第6章「微視－巨視論争における論点の推移」において、微視 - 巨視論争の背景にあるものや、その近年の移り変わりを論じ、最後に今後進むべき方向性を提案して終わりとする。

〔序論部〕

VR-VI反応率差場面における微視的理論とは、強化直前の反応間時間 (interresponse time: IRT) という接近性変数に依拠する、IRT強化理論である。スケジュールの性質上、強化直前IRTはVRに比べVIで長くなりやすい。これより、長いIRTがVIで増加し、VR-VI反応率差がもたらされると説明す

る。これに対し同場面における巨視的理論とは、反応率と強化率の相関性に依拠する、R-R (response-reinforcer) 相関理論である。VRでは反応率と強化率が相関するが、VIではある程度の反応率に亘り強化率は一定である。そしてこの違いに対して被験体は感度をもつために、VRではより高反応率となり、VR-VI反応率差がもたらされると説明する。

このVR-VI反応率差に対し本研究では、次の3つの点に注目した。すなわち、(1) VR-VI反応率差の制御変数と、その実現メカニズムのより詳細な解明、(2) 反応率に代わり弁別と選好を用いた、その制御変数もたらす行動への効果の一般性の検証、(3) これらの問題のヒトでの検証、であった。これまでVR-VI反応率差は完全な解明を見ておらず、これより(1)が必要であった。また、微視 - 巨視論争の一検証場面としてVR-VI反応率差を眺めた場合、反応率で示された結果が果たして他の行動でも成り立つのかどうかという、ある種の心理的等価の視点が必要だと考えられ、ここから(2)を設定した。そしてそういった検討にヒトを用いた例が少なく、また先行研究を見る限り動物とヒトで結果が異なる可能性が考えられ、これより(3)を設定した。

[本論部]

まず(1)について論じた第2章では、VR-VI反応率差の制御変数は強化直前IRTという接近性変数であることと、そしてその強化直前IRTが行動へ及ぼすメカニズムが、これまで以上に詳細に解明された。実験1では、強化率を等しくしたVR、VI、RPI (regulated probability interval)、Tand VI DRH (tandem VI differential-reinforcement of high rate)、NF (negative feedback) という5つのスケジュールを、単一被験体法により検証した。この実験は、IRT強化理論とR-R相関理論の予測が従来よりも極端に異なるNFスケジュールを加えた上で、これまでのVR-VI反応率差研究を系統的に追試したものであった。そしてその結果は、それらすべてのスケジュール下において、IRT強化理論の予測に一致する反応率が示された。また実験2では、VR-VI反応率差の微視的な側面を検討した。まず分析的検討として、VR-VI反応率差がすでに確認されていたデータを、対数生存関数プロットおよびカットオフIRT法を用いて再分析した。その結果、(a) 反応はそれが集中的に自発されるバウト期とその間の休止期に分類できる、(b) 強化直前IRTの違いがバウト内反応率を変容させ、それがVR-VI反応率差へとつながっている(c) バウトへの時間配分はVRとVIで差が見られない、の3点が明らかとなった。次に、休止に相当する選択肢を付加した並立場面とすることで、バウトと休止を実験的に分離した実験2Aと実験2Bを行なったところ、そこからも上記の分析結果を支持する結果が得られた。

次に(2)について論じた第3章では、接近性変数をそろえれば、それは個体にとって心理的に等価となることが確認された。実験3では、見本合わせ手続きによるスケジュールの弁別を行わせ、強化直前IRTに基づくDRHとDRL (differential-reinforcement of low rate)、VRとDRL、そしてVRとVIの弁別が示された。またこれに続く実験4では、訓練次第では、その強化直前IRTのさらに1つ前のIRTである強化直前々IRTに基づく弁別も可能となることが示された。これは、これまでIRT強化理論の反証例となっていた、先行研究におけるTand VI DRHスケジュール下での非統一的な結果が、接近性変数の観点から説明可能であることを示唆するものであった(これについては後ほど触れる)。一方実験5では、もう1つの従属変数として、選好を検討した。こちらではそもそもVRとVIの間で選好が示されず、またそれらに対する接近性変数や相関性変数の影響も見られなかった。

しかし上記の、接近性変数のみが重要とする結果は、すべてラットを被験体とした実験から得られたものである。そして(3)について論じた第4章での、ヒトを用いた検討では、それを否定する結果が得

られた。まず反応率については、実験1の部分的追試として行なった実験6において、RPIスケジュール下での反応率がVIと同程度となることが示された。これは、ヒトではVR-VI反応率差がR-R相関理論のみによって説明されることを意味している。ただし質問紙への回答を見る限り、少なくともVIスケジュール下では、接近性変数に基づき反応していた可能性もみられた。また実験3・4の追試となるヒトでのスケジュール弁別についても、確定的な見解を述べられる段階には至らなかったが、少なくとも接近性変数のみに基づくモデルは正しくないことが示唆された。

論文審査要旨

丹野貴行君の学位請求論文「変動比率スケジュールと変動時隔スケジュールの比較検討：強化随伴性の時間枠をめぐる微視－巨視論争」について、主査および副査計4名は、2008年12月17日15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。

1章は論文の序論となっており、行動分析学での研究の位置づけ、研究の沿革、関連要因の整理、理論的立場の違いが述べられていて、最後に著者の注目する3つの研究上の観点が紹介される。2, 3, 4章はこの3つの観点に対応する実験的、数量的分析が述べられており、5章において総合的にこれらが考察される。6章では本研究をあらためて行動分析学の中に位置づけ、今後の展望を行っている。

行動分析学の一研究領域では、環境に働きかけ、その結果伴う環境事象によって影響を受けるオペラント行動を対象としている。とりわけオペラント行動を規定している、行動への環境事象の伴い方（強化随伴性）は、強化スケジュールの名の下にこれまで盛んに研究されてきた。一般に特定の行動（反応）に随伴した環境事象は、もしそれが行動を増加させれば強化子と呼ばれ（たとえば空腹な動物にとっての餌がそれに当たる）、その増加という事態は強化と呼ばれるが、ヒトを含む動物個体の自発するオペラント反応の頻度に応じて強化子が随伴される比率（ratio）スケジュールと、前の強化子提示からの経過時間に応じたオペラント反応の出現に対して強化子が随伴される時隔（interval）スケジュールの2つは、強化スケジュール研究のみならず、ほとんどすべての動物の行動研究で用いられてきたもっとも基本的なスケジュールといってよい。実際には、自発頻度や経過時間の値がいつも一定しているものを固定（fixed）、変動するものを変動（variable）スケジュールと名づけ、比率と時隔との組み合わせである固定比率（FR）、固定時隔（FI）、変動比率（VR）、変動時隔（VI）の計4つのスケジュールを様々な形で配置することで、行動の制御や予測の為の実験的分析を行っている。

さて、VR、VIの2つの強化スケジュールは、実際に経験してもわかるように、個体にとっては自発された反応に対してランダムに強化子が随伴するものとなっているので、一見区別がつかない。しかしながらこれまでの研究が明らかにするところでは、両者の時間あたりの強化子の提示頻度（強化率）をそろえて比較すると、常にVRスケジュールの方がVIスケジュールに比べて時間あたりの反応自発頻度（反応率）が高くなる。その理由を探し求める研究がVR-VI反応率差の研究と呼ばれ、実験的分析に携わる研究者にとって、古くて新しい、そして魅力的な研究分野となっている。これまで集積されたこの分野での過去の知見の上に、コンピュータによる最新の制御技術と新しい数量的な分析の力を借りて、新たなページを切り開いたのが、丹野君の学位請求論文である。

1. 研究の目的と背景

1章では、VRスケジュールとVIスケジュールでの反応遂行にはどのような違いが見られているか、それに対して環境と行動の相互作用を分析する微視的ならびに巨視的観点からはどのような説明がもた

らされているのかを解説し、本研究が注目する3つの観点を挙げている。

VR-VI反応率差場面における微視的理論とは、強化直前の反応間時間 (interresponse time; IRT) という接近性変数に注目し、このIRTの強化によって説明を行うIRT強化理論である。両スケジュールの性質上の違いから、強化直前IRTはVRに比べVIで長くなりやすく、このことから、長いIRTがVIで増加する一方短いIRTがVRで増加し、その結果、VR-VI反応率差がもたらされると説明する。これに対し巨視的理論とは、反応率と強化率の相関に依拠する、R-R (response-reinforcer) 相関理論である。すなわちVRでは反応率を上げれば強化率も上昇するという意味で両者が相関しているが、VIでは反応率を上昇させても強化率は一定であり、この相関性変数 (両者の相関の違い) に被験体が感度をもつために、VRではより高反応率となりVR-VI反応率差がもたらされると説明する。

本研究では、VR-VI反応率差に対し次の3点に注目した。すなわち、(1) VR-VI反応率差の制御変数の同定とその差を生み出す機構のより詳細な解明、(2) 反応率差への直接的な制御以外の実験場面である弁別と選好両場面への、制御変数もたらす効果の一般性の検証、(3) 以上の目的についてのヒトでの検証、であった。(1) は、これまでなされた研究ではVR-VI反応率差について互いに矛盾する結果が見られ、いまだ完全な解明がはたされていないために必要であった。(2) は、反応率で示された両スケジュールの違いを説明する制御変数が、弁別や選好といった他の行動場面でも成り立つのかどうかを問うことの必要性から設定した。そして(3) は、ルールの生成や記憶のスパンなどの点からヒト以外の動物とヒトとで結果が異なる可能性がある一方で、ヒトを用いた先行研究の例が少ないために、これを検討しようと考えた。

2. VR-VI反応率差の制御変数の解明に関わる実験報告

2章では、VR-VI反応率差の制御変数が強化直前IRTという接近性変数であることと、全体の反応をそれが集中的に自発されるバウト期とその間の休止期とに分けて分析することで、その強化直前IRTが行動へ及ぼす機構がVRとVIで異なることが明らかにされた。実験1では、強化率を等しくしたVR, VI, RPI (regulated probability interval), tand VI DRH (tandem VI differential-reinforcement of high rate), NF (negative feedback) という5つのスケジュールを、単一被験体法により検証した。この実験は、IRT強化理論とR-R相関理論からの予測がいつそう極端に分化するNFスケジュールを加え、これまでのVR-VI反応率差研究を系統的に追試したものであった。結果は、IRT強化理論の予測に一致していた。実験2では、VR-VI反応率差の微視的な側面を数量的に分析した。VR-VI反応率差がすでに確認されていたデータを、対数生存関数プロットおよびカットオフIRT法を用いて再分析した結果、(a) 反応はそれが集中的に自発されるバウト期とその間の休止期に分類できる、(b) 強化直前IRTの違いがバウト内反応率を変容させ、それがVR-VI反応率差へとつながっている、(c) バウトへの時間配分はVRとVIで差が見られない、の3点が明らかとなった。次に、独立した2つのスケジュールが同時に働く並立スケジュール場面で、一方をVIスケジュールに固定し、他方にVR, VI, tand VI DRHの各スケジュールにおいて、それぞれの選択肢への反応割合等を検討したところ、同様な結果が得られた。

3. VR-VI間の弁別と選好に関わる実験報告

3章では、弁別や選好の場面で、接近性変数をそろえた強化スケジュールは個体にとって心理的に等価となることが確認された。弁別場面を取り扱った実験3では、見本合わせ手続きによるスケジュールの弁別を行わせ、強化直前IRTに基づくDRHとDRL (differential-reinforcement of low rate), VRと

DRL, そしてVRとVIの弁別が可能であることが示された。またこれに続く実験4では, 訓練次第では, その強化直前IRTのさらに1つ前のIRTである強化直前々IRTに基づく弁別も可能となることが示された。これまでIRT強化理論が強化直前IRTしか取り扱っていないことから, この結果はこの理論の新たな拡張可能性を示唆する。たとえば先行研究におけるtand VI DRHスケジュール下では一貫性のない結果が得られていたが, 強化直前々IRTという新たな接近性変数を導入することで説明が可能である。選好場面を取り扱った実験5では, 従属変数として選好を検討したが, 先行研究では見られていたVRへの選好が観察されず, それらに対する接近性変数や相関性変数の影響も見られなかった。

4. ヒトを用いた実験報告

ここまで得られてきた強化直前, 強化直前々IRTへの強化子の随伴という接近性変数のみが重要であるとする結果は, すべてラットを被験体とした実験から得られたものである。ヒトを用いた4章の検討では, それを否定する結果が得られた。まず反応率については, 実験1の部分的追試として行なった実験6で, RPIスケジュール下での反応率がVIと同程度となることが示され, ヒトではVR-VI反応率差がR-R相関理論のみによって説明されることを示唆した。ただし質問紙への回答からは, 少なくともVIスケジュールで, 接近性変数に基づいて反応していた可能性があった。また実験3・4の追試となるヒトでのスケジュール弁別である実験7でも, 確定的な見解を述べられる段階には至らなかったが, 少なくとも反応率差を接近性変数のみに基づいて説明するモデルは正しくないことが示唆された。

5. 総合考察

5章では, VR-VI反応率差に関わる結論と数量的モデルによる仮説のシミュレーションについて述べた。ここまで得られてきた結果を総合的に判断するに, VR-VI反応率差の説明において, 動物では接近性変数のみに依拠したモデルが妥当であり, 一方ヒトの場合では, 接近性変数と相関性変数の両方への感度があると考えられる。したがってこの2つの変数に関わる関数の結果に重みがつけられ, 何らかの規則性に従って重みが調整されているとするモデルが考案可能である。

現在のところ接近性変数に関わる関数を提供するのは強化直前々IRTをも含めた拡張されたIRT強化理論であり, 相関性変数に関わる関数を提供するのは最適化理論を考案することができる。ここで提案された拡張IRT強化理論は次のような仮定に基づくものである。強化直前々IRTにも強化効果が見られた以上, そのさらに1つ前や2つ前, 強化子提示がなされたIRTから見て2つ前や3つ前のIRTにも, おそらく強化効果は及んでいるものと考えられる。その効果は, 強化子の提示から遡る時間が長くなるにつれて徐々に減少していく遅延強化関数の導入が適当であろう。指数分布型の遅延強化効果を, 従来のIRT強化理論に取り込んだモデルをコンピュータ・シミュレーションにより検討したところ, 先行研究で示されていたtand VI DRH下での一貫性のない結果を, これまでの説明力を損なうことなく, その指数分布のパラメータ値の変化として統一的に説明できることが示された。

6. 微視-巨視論争における論点の推移

そして最後の6章では, VR-VI反応率差をめぐる問題の根幹にある, 微視的理論対巨視的理論間の論争(微視-巨視論争)そのものについて論じている。微視-巨視論争は近年急速に変化を遂げている。本研究で扱ったような行動の因果関係の探求に関わるこれまでの論争に対し, 行動をより良く理解するためにはどのような時間スケールで分析すべきかという研究アプローチに関わる微視-巨視論争が近年盛んになっている。本論文では, 微視-巨視論争の発端はどちらかといえば後者にあり, 個々の反応と強化に注目する従来の微視的な見方に対し, Herrnstein (1970) や Baum (1973) らが, 全体の反

応率と強化率という巨視的なスケールでの分析へと移行させようとした動きだったのではないかと考えている。そしてその論拠として、因果関係がその巨視的なスケールにあることを示そうとしたために (e.g., Herrnstein & Hineline, 1966), 本稿で扱ったような因果関係をめぐる微視 - 巨視論争が起こったのだと論じている。そして研究アプローチをめぐる微視 - 巨視論争を乗り越えていくうえで、(熱力学が古典力学に還元されることを示した) 統計物理学における“粗視化”という概念を利用することをすすめる。すなわち、目的に応じて分析スケールを粗くするという“粗視化”の方法をもちい、行動研究の目的に応じて行動の予測と制御に資する適切なスケールで見ることが重要であるとの立場を論じることで論文を終えている。

丹野君によって遂行された実験は、VR-VI反応率差についての領域で得られた知見に基づいて注意深く準備され、また伝統的な行動分析学の単一被験体法に基づく方法論にのっとり、長期間のセッション数よりなる確実な手法で結果を得ている。さらに数量的な解析やシミュレーションを交えることで、その結果の妥当性をいっそう高めることに成功している。本論文の元となった実験や考察の一部は、すでに6本の論文として、国内外の査読のある学会誌で公表されており、そのこともこれらの成果の高度な学術的貢献を物語っている。これらの点に関し、審査員一同もまた、本論文の内容とその水準を、高く評価するものである。

しかしその一方で、内容の手堅さゆえの問題点もある。実験結果の総合的な考察や展開において、ある場面ではきわめて保守的で折衷的な結論に落ち着いている点がそれである。殊にThorndikeの「効果の法則」から始まる微視的アプローチについては、マッチングの法則を巡るHerrnsteinの「効果の法則」の再解釈の意味するところをもっと丁寧に描き、当時考案されたT- τ システムといったIRTの微視的な制御に関わる強化手続きなども含めたより深い考察が必要との批判があった。また接近性変数と相関性変数のそれぞれに基づく関数に重みをつけた線形結合によって反応率、弁別、選択といった行動事象を捉えようという提案も、線形である必然性についての根拠が希薄で、ある種の折衷的なアイデアである感をぬぐえない。公開審査会で議論された研究アプローチにおける微視-巨視論争の展開についても、微視的アプローチ=動力因(至近要因)と巨視的アプローチ=目的因(究極要因)という図式に、丹野君が主張する“粗視化”がどのような役割を果たすのかが説得的に述べられたとは言いにくい。

審査会ではそのほかに以下のような問題点が指摘され、それらへの回答があった。

(1) ヒトとヒト以外の動物との実験結果の違いをどう捉えるか: ラットでは接近性変数に基づく解釈が、ほとんどの実験結果を説明する一方、ヒトでは相関性変数に基づく解釈も必要とされる結果が得られたが、両者で異なるルール支配行動、記憶容量といった要因がどのように関わっているのかが分析不足である。特定のスケジュールへの感受性だけで接近性-相関性変数の関わりを決定しているが、反応形成過程の分析、ヒトのオペラント行動の詳細な実験的制御、IRTの変動性を高めるようなルール支配行動の形成などの手段を使って、研究を深めていくことが重要である。

(2) 接近性変数と遅延強化モデルとの架橋をどうつなぐか: 強化直前IRTならびにその1つ前の強化直前々IRTへの分化強化や弁別が可能であることから、接近性変数に関わる関数として遅延強化モデルを採用している。すべてのIRTへの強化の効果が、強化までの距離で決定されるこのモデル以外に、反応連鎖などを考慮に入れた別の候補も検討すべきである。

(3) 微視-巨視論争における「時間枠」が意味する内容をどう考えるか: 時間枠として考えられるものには、実験手続きとしての時間枠、動物の感受性によって設定される時間枠、分析単位としての時間

粹といった、少なくとも3つのものが区別されるが、論文ではこの3つをはっきりと区別せずに用いており、論争の中でこの3つが果たしてきた役割についても触れられていない。

(4) 反応のバウト期と休止期の今後の実験的分析をどうするか：本論文ではこの2つの期間を数量的解析によって分離し、VRとVIの反応率差を生み出す微視的な機構を明らかにしようとしたが、実験的分離については完全なものなされたとはいえない。また強化間時間の分布と両期との関係を探る研究など、より基礎的な実験的研究がなされなくてはならない。

このように、本論文でとりあげた微視-巨視論争に内在する諸問題が、様々な形をとって議論の対象となったが、これらはいずれも本論文が明らかにした基礎的知見の集積に対し少しも障碍となるものではなく、むしろ今後検討していかなければならない新しい研究テーマを議論を通して生み出すよい機会となっていたといえる。以上の点を鑑み、審査員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。

博士（心理学）[平成21年2月23日]

甲 第3053号 橋本 照男

The Neural Mechanism of Stability in Memory Retrieval

[論文審査担当者]

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

小嶋 祥三

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

渡邊 茂

副査 日本大学大学院総合科学研究科教授

歯学博士

泰羅 雅登

内容の要旨

Accumulation is the basis of learning, and repeated practice can make the retrieval process more efficient. The facilitation of the retrieval process that results from repetition has not been well examined. In the EXPERIMENT I, the effects of repetition on a cued recall test were investigated using event-related functional magnetic resonance imaging (fMRI). In the study, participants intentionally encoded semantically unrelated visual word pairs, which were presented on the left side as a cue and on the right side as a target. In the first test, participants were presented with the left side cue and they attempted to recall its association from the study phase. After 20 minutes, the second test was performed, using the same method. Participants responded orally during the gap between image acquisitions and no feedback was given. The mean proportion of correct responses was 60% for the first test and 67% for the second test. Measures of neural activity showed greater responses in the second test than in the first in the right dorsolateral prefrontal, left inferior parietal, and posterior cingulate