

## 【資 料】

## 部分強化における強化子出現の規則性と反応の持続性 — シミュレーション実験による消去抵抗の比較検討 —

内田雅人

Regularity of reinforcement and the persistence of operant response

— A simulation experiment on the resistance to extinction —

Masato UCHIDA

### 要旨

**研究の目的** 強化スケジュールにおける強化子出現の規則性とオペラント反応の持続性の関係を消去抵抗を指標として、コンピュータ上のシミュレーション実験によって検討した。**研究計画** コンピュータ上の仮想実験でラットのレバー押しを部分強化 (VR、FR、VI、FI) か連続強化 (CRF) で条件づけし、強化子出現の規則性の違いと消去時の反応の持続性の関係を比較した。**場面** オペラント条件づけのシミュレーション実験ソフトを用いて、仮想ラットのレバー押し反応と消去抵抗を測定した。**被験体** 仮想ラットを5匹ずつ5群に配置した。**独立変数の操作** 変率強化 (VR)、定率強化 (FR)、変時隔強化 (VI)、定時隔強化 (FI)、連続強化 (CRF) の強化スケジュールを用いた。**行動の指標** 消去基準に達するまでのレバー押し反応数、所要時間、反応間時間 (IRT) を測定した。**結果** 消去期の反応数と消去に至るまでの所要時間の違いが確認された。消去1日目には、短いIRTがVR群とFR群に多く、VI群には長いIRTが多いという特徴が確認されたが、消去2日目以降はどの群のIRT分布もCRF群に類似したパターンへと変化していった。**結論** 強化子出現が不規則で強化期から消去期への条件変化が明瞭でない変動型スケジュールは、その変化が明瞭な固定型もしくは連続強化スケジュールよりも消去抵抗を高めることが確認された。

**キーワード：**オペラント反応、強化子出現の規則性、シミュレーション実験、消去抵抗、部分強化スケジュール

**Key Words :** operant response, regularity of reinforcement, simulation experiment, resistance to extinction, partial reinforcement schedule

### 問題と目的

オペラント反応を維持する部分強化スケジュールは、強化が反応に依存した率強化スケジュール (Ratio schedules) と、時間経過に依存した時隔強化スケジュール (Interval schedules) に分けられ、さらに強化が規則的に起こる固定型スケジュール (Fixed schedules) と不規則的に起こる変動型スケジュール (Variable schedules) に分けられる。これらの組み合わせから、定率 (FR ; Fixed Ratio)、変率 (VR ; Variable Ratio)、定時隔 (FI ; Fixed Interval)、変時隔 (VI ; Variable Interval) の各部分強化スケジュー

ルが構成される。それぞれのスケジュールで維持されたオペラント反応には、特徴的なパターンが見られ、消去（強化が停止される）に際しては、連続強化（CRF；Continuous Reinforcement）で維持されていた場合と消去抵抗が異なり、また部分強化スケジュールの種類によっても消去の進行が異なることはよく知られている（堀・伊藤・河嶋・小清水・小山・森山・坂上，1989；レイノルズ，1978；杉山・島宗・佐藤・マロット・マロット，1998）。

部分強化スケジュールの構成を強化の随伴性について比較すると、強化が反応に依存した率強化スケジュール（FR、VR）のうち、FRスケジュール下の反応と結果の随伴関係は一定で規則的であるように操作されているが（たとえば、FR10スケジュールならば、10回の反応に対して強化子が1回出現する）、VRスケジュールでは反応と結果の随伴関係は不規則になるように操作されている（たとえば、VR10スケジュールの場合、1回の反応に対して強化子が出現することもあれば、19回の反応に対して強化子が出現することもあり、平均すれば10回に1回の強化子出現となる）。これら2つのスケジュールには反応と結果の規則性に違いがあり、結果の予告性に違いが生じると考えられる。また、強化が時間経過に依存した時隔強化スケジュール（FI、VI）でも、FIスケジュールでは反応とその結果の随伴関係に加えて時間経過と結果の間に一定で規則的な関係が操作されているが（たとえば、FI60sスケジュールの場合、前回の強化子出現から60秒経過した時点での反応に対して強化子が出現する）、VIスケジュールでは時間経過と結果の関係が不規則的になるように操作されている（たとえば、VI60sスケジュールなら、前回の強化子出現から1秒後の反応に対して強化子が出現することもあれば119秒後の反応に対して強化子が出現することもあり、平均すれば60秒に1回の強化子出現となる）。これら2つのスケジュールでは、時間経過と結果の規則性の違いから、結果の予告性が異なると考えられる。それぞれの部分強化スケジュールでの反応率の一般的な比較では、VRスケジュール下の反応率がFRスケジュール下の反応率を上回っている。また、VIスケジュール下の反応率はFIスケジュール下の反応率を下回っている。

これらのことから、反応と結果の随伴性に加えて強化子出現の規則性という要因が加わることによって、反応率の高さ（あるいは低さ）がもたらされると考えられる。すなわち、VRスケジュールでは、強化子の出現は変動的であるが、強化子の出現は自発された反応数に依存するので、間断なく反応を続けることが多くの強化子確保につながることで学習される。FRスケジュールでは、強化子の出現と反応数の間に固定された関係があるので、既定数の反応が遂行されれば必要とする強化子は得られる<sup>i</sup>。また、FIスケジュールでは、反応と結果の随伴性に加えて、強化子の出現は規則的な時間経過に依存する。一定の時間が近づくとつれて間断なく反応することは効率的な強化子確保につながることで、一定時間の後半部分に加速的な反応増加が見られる<sup>ii</sup>。VIスケジュールでは、強化子の出現と時間経過の関係が変動的なため、強化子出現の明瞭な予告手掛かりがないうえに、反応と強化子の随伴関係はあるものの強化子の出現が反応数に依存するものではないので、結果的に効率的な強化子獲得は低頻度の反応と結びつきやすい<sup>iii</sup>。

強化期には以上のような反応とその結果の随伴関係の学習が形成されていき、強化が停止される消去期には強化期に形成された随伴関係の学習が新しく構成し直されると考えられる。すなわち、消去期には、強化の非随伴についての新しい学習が形成され、それによって反応の停止（消去）が生じると考えられる。したがって、消去期の反応の持続性（消去抵抗）には、強化期に学習される反応と結果の構造の違いが反映されると考えられる。

本研究では、4つの部分強化と連続強化における強化子出現の変動性の違いに着目し、反応維持に用いられる強化スケジュールの違いと消去過程における反応の持続性の違いをパーソナルコンピューター上のシミュレーション実験によって比較検討した。

実験は、以下の計画によって進められた。

パーソナルコンピューター上のシミュレーションソフトを用いて、連続強化スケジュールと基本的な4種の部分強化スケジュールによって維持されたラットのレバー押し反応を消去し、異なる強化スケジュールにおいて経験される強化子出現の規則性の違いを独立変数として、消去期の反応の持続性を従属変数として比較する。このことによって、レバー押し反応の強化期にそれぞれの強化スケジュールで学習された強化子出現の規則性の違いによる反応の持続性の違いを検討する。強化期において強化子出現の予告性が低いほど、消去期に反応と強化子の随伴性が絶たれたことへの状況変化の手がかりが明瞭ではなく、強化の非随伴性の学習が阻害され、その学習の進展に時間を要すると考えられる。そのことによって消去の進行は遅延され、反応が持続しやすいと考えられる。反応の持続性が強いのは、強化子出現の予告性が低い変動型スケジュールであり、逆に反応の持続性が弱いのは、予告性の高い連続強化であると推測される。すなわち、VIまたはVRが最も反応持続的で、つぎにFIまたはFRが持続的であり、CRFが最も持続性が弱いというふうに違いが現れることが推測される。以下この仮説を検証した。

## 方 法

パーソナルコンピューター上でのオペラント条件づけシミュレーションソフトで設定した仮想実験を実施した。

### 被験体

オペラント条件づけシミュレーションソフトで設定した仮想ラット25匹。強化スケジュールに応じて5匹ずつ、5群に分けられた。

### 装置

パーソナルコンピューター (SONYノートパソコンVAIO VPCEA2AFJ、OS: Windows7) (以下、パソコンと略記する) 1台。

オペラント条件づけシミュレーションソフト「Sniffy the virtual rat Pro Version 3.0」(Alloway, T., Wilson, G., and Graham, J., 2012)。

シミュレーションソフトが起動すると、パソコンディスプレイ上にラット用スキナー箱が表示され、その中でバーチャルラット (スニフィ) がレバー押しを遂行する様子を観察することができた。これと並行して、ディスプレイ上に表示される累積記録を通して、レバー押し行動の進行状況を随時確認することができた。

### 手続き

実物のラットを用いたオペラント条件づけの一般的な実験と同様に、実験者は、バーチャルラットと累積記録を観察しながら以下の手続きを進めた。

**レバー押し行動の形成と維持** 5つの群の被験体は、いずれもマガジントレーニングからシェーピングへと進み、連続強化を経験した後、それぞれ5種のうち1つの強化スケジュールへ移行された。

4種の部分強化スケジュールと連続強化スケジュールの内容は以下のとおりであった。

部分強化スケジュールの最終パラメータは、それぞれ1分間あたりの強化数がおよそ1強化となるように設定された。

FRスケジュール: レバー押し反応の数に依存し規則的に強化子が提示された。最終的にFR33スケジュールで維持された。

VRスケジュール: レバー押し反応の数に依存し変動的に強化子が提示された。最終的にVR72スケ

ジュールで維持された。

FIスケジュール：レバー押し反応と時間経過に依存し規則的に強化子が提示された。最終的にFI60sスケジュールで維持された。

VIスケジュール：レバー押し反応と時間経過に依存し変動的に強化子が提示された。最終的にVI50sスケジュールで維持された。

CRFスケジュール：レバー押し反応に依存して強化子が毎回提示された。

**シェーピングと行動維持のセッション内容** セッションの区切りは、シミュレーションソフトの実験条件設定コマンド“Time Out”により、実物ラットを実験用ケージからホームケージへ戻す手続きに相当する操作が行われ、1日に1セッションを実施することと等価とみなされた。

強化セッション1－シェーピングから連続強化へ－：漸次接近法によりレバー押し反応が形成され、レバー押し反応が安定して自発されるようになってから、連続強化を30分間継続した時点で終了された。

強化セッション2－連続強化から部分強化スケジュール①へ－：連続強化から4種の部分強化スケジュールの一つに切り替えられ、最終パラメータに到達してから30分間継続した時点で終了された。連続強化条件では、60分間継続した時点で終了された。

強化セッション3～6－部分強化スケジュール②～⑤－：4種の部分強化スケジュールの最終パラメータで60分間継続した時点で終了された。

部分強化スケジュールの最終パラメータが1分間当たり1強化相当に設定され、60分間でセッションが終了されたので、これに合わせて連続強化条件でも、60強化を経験した時点でセッションが終了された。

**消去** セッション開始時から強化子は提示されず、レバー押し反応の消去抵抗が測定された。消去抵抗の指標として、5分間の自発反応数が2反応以下となることが消去基準とされ、消去基準に至るまでの所要時間、反応数、レバー押し反応の反応間時間（IRT；Inter Response Time）が測定された。

**消去過程のセッション内容** 消去セッション1～4（消去1日目～4日目と表記）：無強化のセッションが4日間繰り返された。消去セッションは、累積記録上で消去基準となったことが確認された時点で終了された。

**消去抵抗の指標の測定** IRTは、シミュレーションソフトにより記録されたデータが、エクセル2003（Microsoft社 Excel 2003）の数値データに変換されて用いられた。所要時間は、IRTの数値データを加算することによって算出された。反応数は、IRTの測定で用いられた反応数によって算出された。4日間の消去セッションにおける消去抵抗の変化が5群間で比較された。

## 結果の処理

消去抵抗測定値の集計と5つの群間の差の検定には、エクセル2003が用いられた。

## 結 果

### 消去基準に至るまでの反応数

消去基準に至るまでの群ごとの平均反応数を表1、図1に示した。一要因分散分析により有意差が見られ、LSD法による多重比較の結果、消去1日目では、VR群が、FI群、FR群、VI群、CRF群よりも、また、FI群がFR群よりも有意に高い数値を示した。またCRF群は、他のどの群よりも有意に低い数値を示した（ $F(4,20) = 496.25, p < .05$ ;  $Mse = 39670.66, p < .05$ ）。消去2日目と3日目では、VR群が、FI群、FR群、VI群、CRF群よりも、また、FR群が、FI群、VI群、CRF群よりも有意に高い数値を示した（2日目： $F(4,20) = 695.49, p < .05$ ;  $Mse = 540.54, p < .05$ 、3日目： $F(4,20) = 365.28, p < .05$ ;  $Mse = 128.86$ ,



$p<.05$ )). 群間の差は、セッションを重ねるごとに縮まり、消去4日目には有意差はなくなった(図1)。

表1 消去基準に至るまでに自発された反応数

	消去1日目	消去2日目	消去3日目	消去4日目
VR	4876.60	698.20	264.80	25.20
FR	575.20	365.20	146.00	22.80
VI	390.60	66.80	42.20	25.00
FI	889.00	115.40	57.20	25.00
CRF	93.00	61.40	39.20	23.80

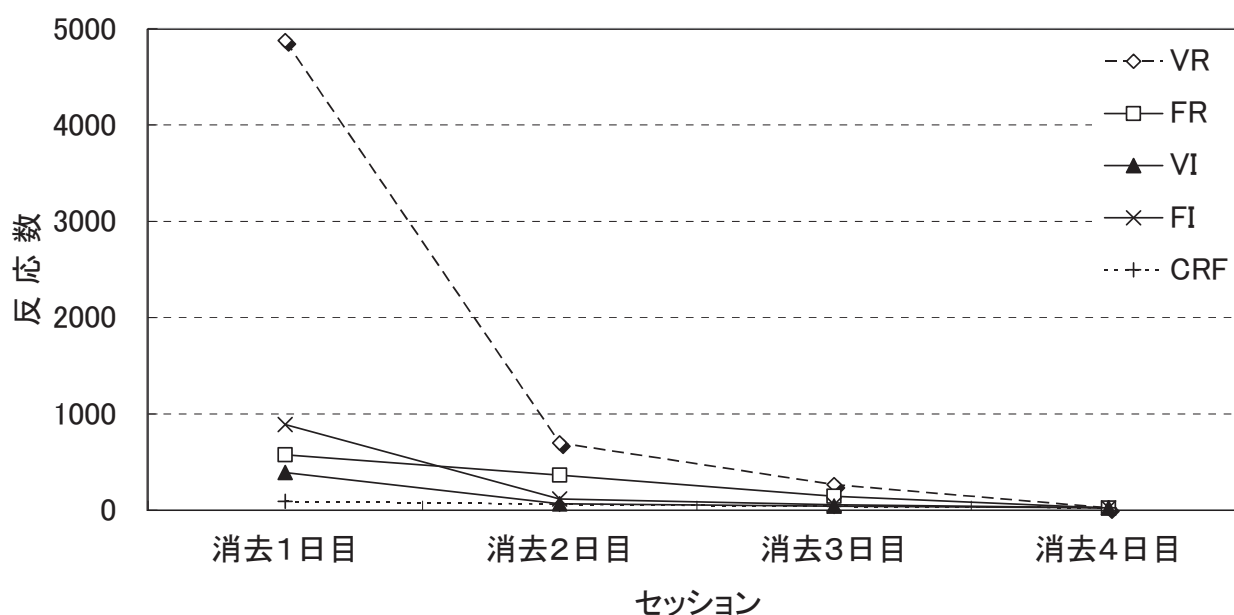


図1 消去基準に至るまでに自発された反応数

#### 消去基準に至るまでの所要時間

消去基準に至るまでの群ごとの平均所要時間を表2、図2に示した。一要因分散分析により有意差が見られ、LSD法による多重比較の結果、消去1日目では、VI群、VR群が、FI群、FR群、CRF群よりも有意に高い数値を示した。また、CRF群は、他の群よりも有意に低い数値を示した ( $F(4,20) = 69.16, p < .05$ ;  $Mse = 122.40, p < .05$ )。消去2日目では、VR群が、FR群、FI群、VI群、CRF群よりも有意に高い数値を示した。また、FR群とFI群の間に有意な差はなく、VI群はCRF群とともに、他の群よりも有意に低い数値を示した ( $F(4,20) = 69.15, p < .05$ ;  $Mse = 11.31, p < .05$ )。消去3日目では、VR群が、FR群、VI群、FI群、CRF群よりも有意に高い数値を示した。また、FR群はVI群、FI群、CRF群よりも有意に高い数値を示し、VI群、FI群、CRF群の間に有意な差はなくなった ( $F(4,20) = 21.53, p < .05$ ;  $Mse = 4.83, p < .05$ )。群間の差は、セッションを重ねるごとに縮まり、消去4日目には有意差はなくなった(図2)。

表2 消去基準に至るまでの所要時間（分）

	消去1日目	消去2日目	消去3日目	消去4日目
VR	91.84	41.31	21.85	8.56
FR	25.90	26.49	17.39	9.27
VI	105.41	11.63	12.84	10.13
FI	38.87	16.95	12.81	9.63
CRF	12.97	11.98	10.41	8.84

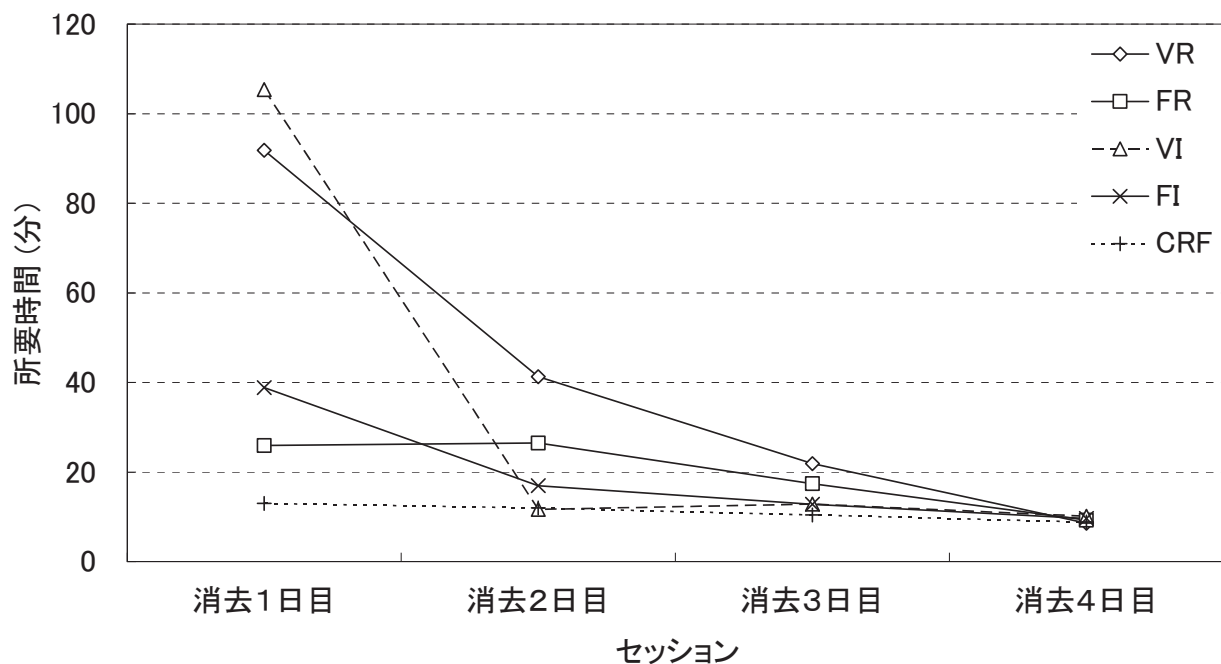


図2 消去基準に至るまでの所要時間（分）

### 消去基準に至るまでの反応間時間（IRT）の分布

消去基準に至るまでの各群での平均IRTの度数分布を率（%値）に換算して表3に示した。IRTは、1秒未満、1秒以上5秒未満、5秒以上10秒未満、10秒以上30秒未満、30秒以上60秒未満、60秒以上に分けられた。

図3は、消去1日目について、それぞれの度数分布の率を群ごとに示したものである。

VR群では、IRTが1秒未満の反応は83.1%、5秒未満の反応は96.3%を占め、30秒以上の反応は0.1%であった。VI群では、IRTが1秒未満の反応は22.6%、5秒未満の反応は48.4%を占め、30秒以上の反応は16.9%であった。IRTが1秒未満の反応が全反応に占める割合（%値）について一要因分散分析を行った結果、有意差が見られた（ $F(4,20)=291.243, p<.05$ ）。また、IRTが30秒以上の反応が全反応に占める割合について一要因分散分析を行った結果、有意差が見られた（ $F(4,20)=67.195, p<.05$ ）。

IRTが1秒未満の反応が占める割合の比較では、どの群の間においても有意差があった（LSD法を用いた多重比較： $Mse=9.754, p<.05$ ）。IRTが30秒以上の反応の割合については、VI群がCRF群よりも、また、VI群とCRF群が他のどの群との比較においても有意に大きかった（LSD法を用いた多重比較： $Mse=3.678, p<.05$ ）。

表3 消去1日目から4日目までの群ごとの平均IRTの度数分布(%)

消去1日目	<1 s	1<5	5<10	10<30	30<60	60s<
VR	83.1	13.2	3.1	0.6	0.0	0.1
FR	75.7	16.3	4.7	2.0	0.5	0.8
VI	22.6	25.8	7.6	27.2	13.3	3.6
FI	67.4	21.6	7.7	2.7	0.2	0.5
CRF	53.6	25.4	6.9	8.2	2.2	3.7
消去2日目						
VR	57.2	24.9	10.6	6.4	0.4	0.5
FR	58.2	26.6	8.6	4.9	0.9	0.8
VI	54.9	24.3	5.1	9.7	2.7	3.3
FI	51.5	26.7	6.2	9.4	2.2	4.0
CRF	52.8	24.2	7.5	7.5	2.9	5.1
消去3日目						
VR	53.2	26.7	10.9	7.1	1.2	1.0
FR	47.2	26.3	12.2	10.0	2.4	1.9
VI	39.4	23.0	9.1	14.4	7.3	6.8
FI	40.7	31.1	7.7	11.3	3.5	5.7
CRF	43.0	24.6	6.6	14.2	4.5	7.1
消去4日目						
VR	35.7	22.2	8.7	18.3	5.6	9.5
FR	29.3	29.5	10.5	15.2	4.5	11.0
VI	27.9	28.5	7.1	19.8	4.0	12.7
FI	30.3	27.0	7.3	17.7	4.8	12.8
CRF	35.4	31.0	4.2	12.6	7.6	9.2

(<1s:1秒未満, 1<5:1秒以上5秒未満, 5<10:5秒以上10秒未満, 10<30:10秒以上30秒未満, 30<60:30秒以上60秒未満, 60s<:60秒以上)

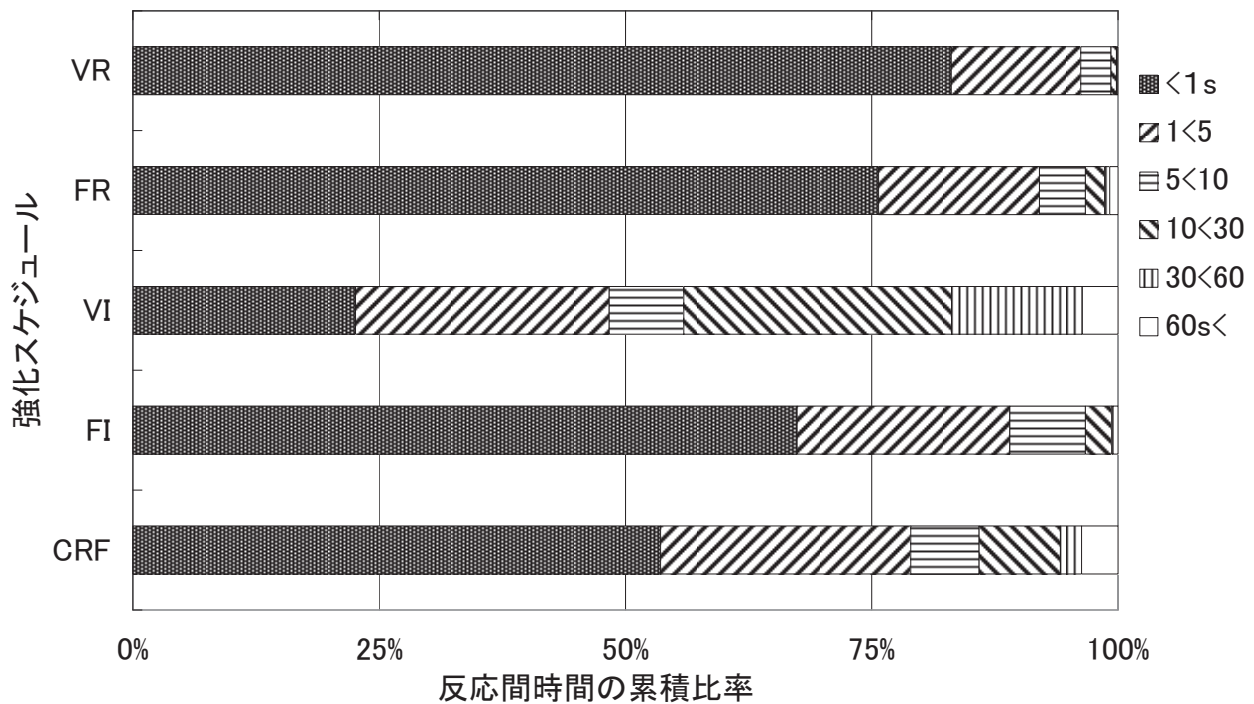


図3 消去1日目の反応間時間の分布

図4は、強化期最終日（消去前日）における各群のIRTの分布である。消去1日目のIRTの分布パターンが、消去前日のパターンに酷似していたことがわかる。CRF群は消去前日には1秒未満のIRTは見られなかったが、5秒未満のIRTの比率は消去1日目とほぼ同じであった。VI群で10~30秒、あるいは30秒以上のIRTの比率が大きいことも消去1日目と共通していた。

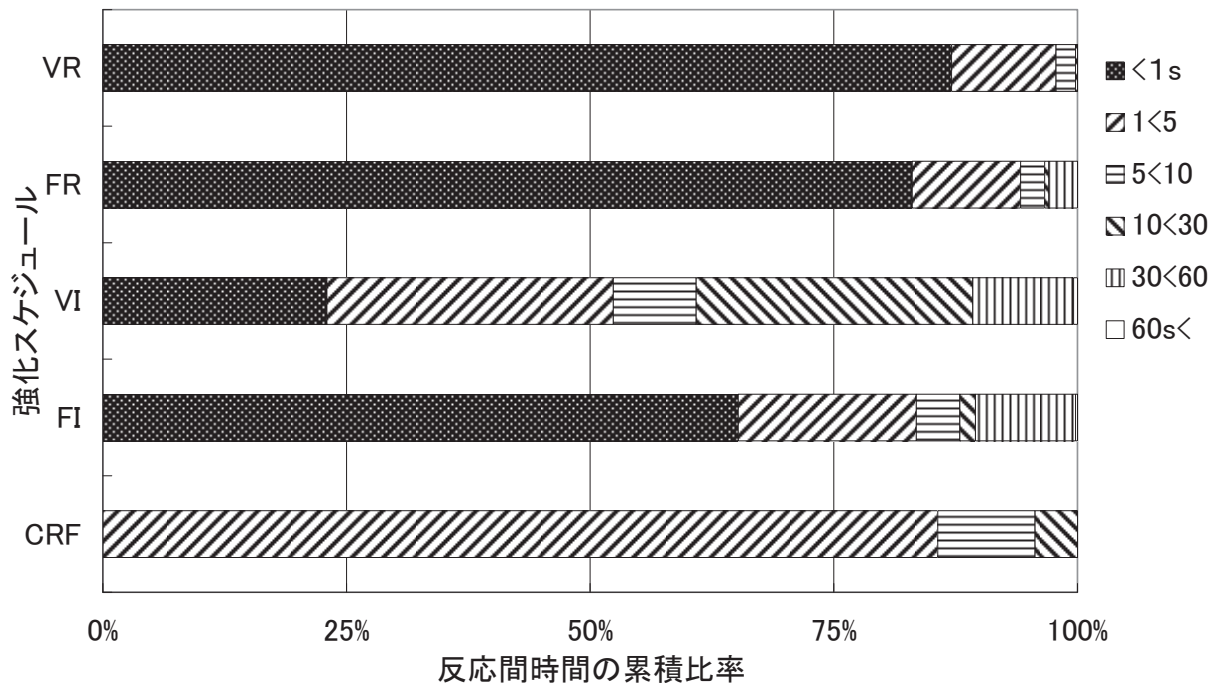


図4 消去前日の反応間時間の分布

図5は、消去2日目における各群のIRTの分布である。消去1日目の特徴はなくなり、ほぼ一様な分布になった。VI群で5秒未満のIRTが増加した。

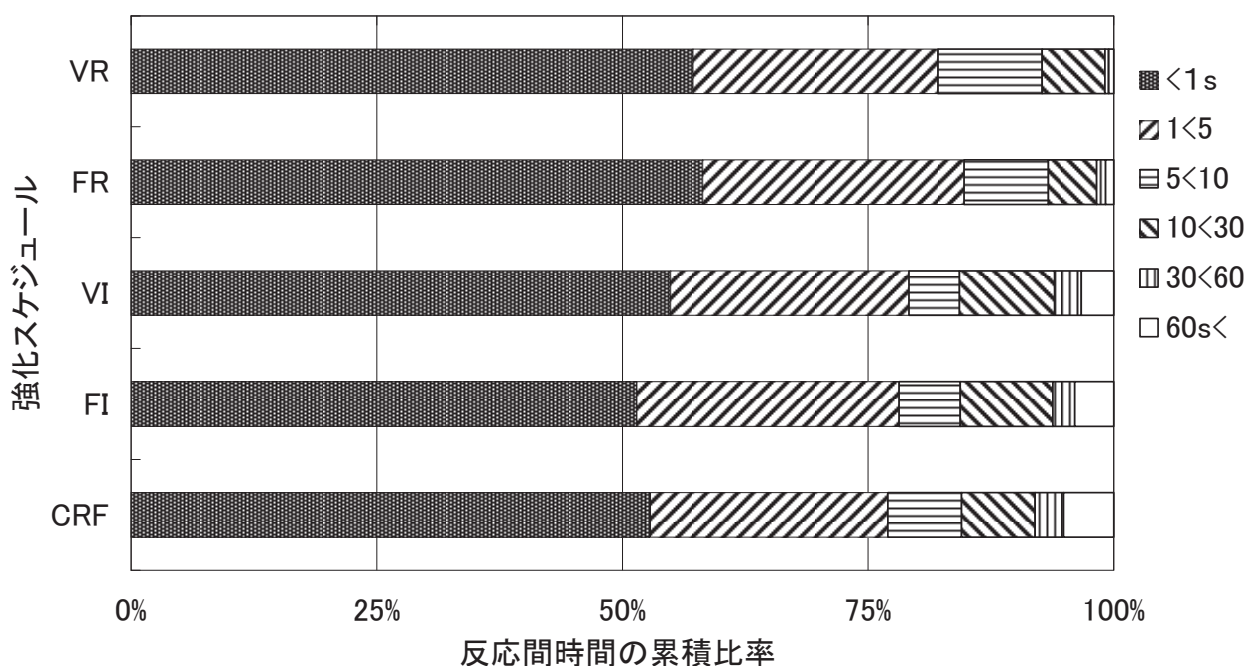


図5 消去2日目の反応間時間の分布



図6は、消去最終日のIRTの分布パターンである。どの群にも30秒以上の長いIRTの割合が大きくなった。

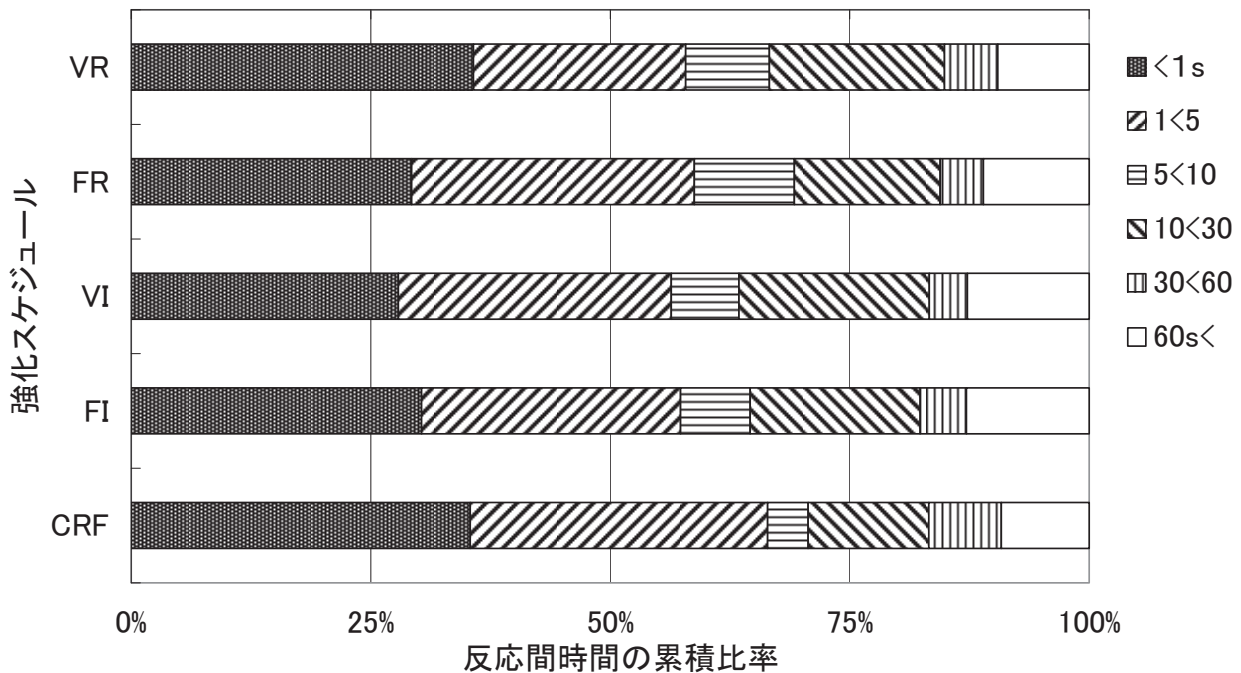


図6 消去4日目の反応間時間の分布

#### 強化期から消去期への移行における反応率（1分間あたりの反応数）の漸減

消去前日の反応率を100%とした消去1日目、2日目、3日目、4日目の反応率の変化を見ることによって、部分強化スケジュールごとの反応の持続性を比較した（図7）。

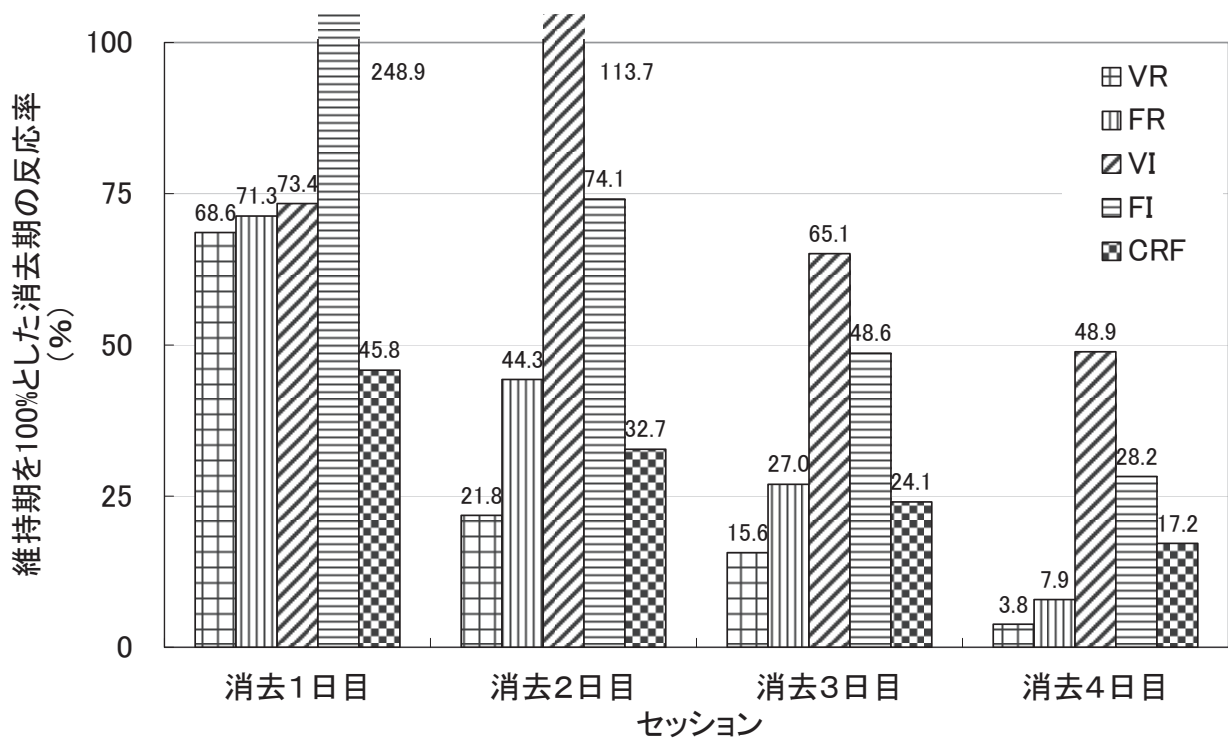


図7 反応維持期を100%とした消去期の1分間反応率の減少傾向

VI群は強化期からもともと反応率が低い、消去2日目以降においては5群中で最も高い持続性が認められた。他の群はCRF群と同様の漸減傾向を示した。(消去1日目にFI群が248.89%という値を示したが、原因は不明である。)

強化期の反応率は、消去期に消去セッションが進行するに伴って総じて減少していった。消去抵抗の指標を比較すると、所要時間ではVI群とVR群が有意に長く、反応数ではVR群が有意に多いことが確かめられたが、消去期における群内の反応率の変化はいずれの群においても一様の漸減傾向を示すものであった。

## 考 察

レバー押し反応の強化スケジュールの違いによって、特徴的な消去期の行動パターンが見られた。消去1日目に自発された反応数は、VR群が他の群よりも有意に多く反応し、CRF群の反応数は他の群よりも有意に少なかった(表1)。また、消去に至るまでの所要時間では、VI群とVR群の間に有意差はなく、これら2群は他の群よりも有意に長い時間を要した(表2)。

連続強化で維持されていた反応(CRF群)の消去抵抗は、部分強化で維持されていた反応よりも有意に低いことがわかった。反応すれば必ず強化されていた強化期から、反応しても一切強化されない消去期への移行は、部分強化から消去期への移行よりも状況の変化が明瞭である。CRF群の消去抵抗が部分強化群よりも有意に低かったことは、このような状況変化の手がかりの明瞭さを反映したものと考えられる。

消去1日目において、VR群は、1秒未満のIRTの割合が他の群よりも有意に大きいことがわかった。VI群は、1秒未満のIRTの割合が他の群よりも有意に小さく、30秒以上のIRTの割合は他の群よりも有意に大きかった。1秒未満のIRTが全IRTに占める割合を群ごとに比べると、 $VR > FR > FI > CRF > VI$ (降順)という順に並んだ。また、30秒以上のIRTについては、 $VI > CRF > FI > FR > VR$ (降順)という順になった。消去1日目のIRT分布パターンは、強化期最終日(消去前日)における各群の分布パターンに酷似していた。VRスケジュールでは、短いIRTを持った反応の分化強化の、また、VISスケジュールでは長いIRTを持った反応の分化強化の随伴性が、それぞれ学習される可能性が指摘されているが(小野, 2005)、このようなIRTの分布は、本実験の強化期最終日と消去1日目で同じように確認された。消去1日目には強化期の強化随伴性の学習が残存しており、強化非随伴の学習が形成されるまでは行動上に効果が残ると推察される。

消去2日目の所要時間にも有意差があり、 $VR > FR > FI > VI = CRF$ の順に並んだが、VI群はCRF群と同様の短い時間で消去基準に達していた。ただし、消去の判断基準が5分間に2反応以下と設定されていたことから、もともと反応率の低いVI群においてはその基準が満たされるのは容易なことと考えられ、他の群を含めた考察とは区別されるべきであろう。

消去2日目のIRTの分布を見ると、1日目の特徴はなくなり、どの群もCRF群と似たパターンに変化していることがわかる(表3の2日目、図5)。VI群で、1秒未満と5秒未満のIRTが増加したのは、消去過程で観察される反応バースト<sup>iv</sup>が推察される。このような反応傾向は、CRF群の強化最終日と消去1日目の比較によっても観察された(図3、図4)。消去4日目には群間の差は認められなくなった(図6)。

消去2日目には各群のIRTの分布パターンが類似してきていることが確認されたが、これは消去前日まで反応を維持していた強化随伴性の消失が消去1日目を費やして学習され、強化随伴性の消失に関する新たな学習の効果が2日目になって現れたためと考えられるかも知れない。

しかし、VR群に2日目以降にも有意に高い消去抵抗が観察されたのは、強化の不規則性の経験の関与が推察される<sup>v</sup>。各群のIRTの分布パターンは消去セッションを重ねるごとにCRF群のパターンに類似した

形となり、差は見られなくなったが(図5、図6)、消去抵抗には依然群間に有意差があり(反応数については、2日目:VR>FR>FI>VI=CRF、3日目:VR>FR>FI>VI=CRF、所要時間については2日目:VR>FR>FI>VI=CRF、3日目:VR>FR>FI=VI=CRFであった)、4日目によやく差はなくなった。

つまり、強化期と消去期との状況変化の明瞭さが強化スケジュールによって方向づけられた反応パターンの変更に依存するだけならば、VR群は消去過程に移行してからの反応パターンの変化が明らかだったので(すなわち、強化期には短いIRTが強化につながっていたが、消去期にはその関係が絶たれたという明瞭な変化があった)、CRF群と同程度かそれ以上に速やかに消去が進展したと思われる。しかし、実際は、VR群の消去抵抗はCRF群のみならずFR群とFI群よりも大きいことが確認された。また、FR群とFI群は部分強化条件であるが、これら2群はVR群よりもCRF群に近い消去抵抗を示していた(図1、図2)。

このような結果は、強化期に経験された強化事象の到来に規則性があるか否かが、のちの消去抵抗の大きさに影響することを示唆している。すなわち、強化期の強化随伴性に含まれる結果の予告性の明瞭度が消去期の反応持続性に影響しているものと考えられる。

以上、オペラント条件づけのシミュレーション実験ソフトを用いた仮想実験から、オペラント反応強化期において経験される強化の随伴性に加えて、強化の規則性あるいは不規則性による予告性の確かさが消去期における反応の持続性に影響を与える可能性について検討することができた。本実験では、強化子出現の手掛かりとなる事象の規則性を操作的に定義することが十分であったとはいえない。今回シミュレーション実験によって得られた課題をもとに、反応と結果の予告的關係の操作を検討し、さらに掘り下げた研究を現実空間で展開していく必要がある。

## 註

- i このスケジュールが高い比率に設定された場合に見られる強化後休止(強化子出現後にレバー押しの休止が見られる)は、一定数の反応とその結果との強化随伴性が学習されて現れる自己ペースによるオペラント行動の一種と推察される。
- ii 累積記録上にスキヤロップとよばれる扇の輪郭に似た型の反応パターンとして現れることが知られている。
- iii 時間経過という手掛かり(弁別刺激)と強化随伴性の関係の学習(弁別学習)が成立することによってもたらされると考えられる。
- iv 強化から消去に移行したときに観察される一時的な反応数の増加。反応暴発とも呼ばれる。
- v 強化の不規則性に関しては、VI群にも同様に効果があったと考えられるが、すでに述べたように、VI群ではスケジュール特有の低反応率が生じるため、消去データは比較には適さないものとして考察対象から除外された。

## 引用文献

- Alloway, T., Wilson, G., and Graham, J. *Sniffy the virtual rat Pro Version 3.0.*, Wadsworth, 2012, 259 p.127-163, p.171-189
- 堀耕治・伊藤正人・河嶋孝・小清水妙子・小山令子・森山哲美・坂上貴之・小川隆監修. 行動心理ハンドブック, 培風館, 1989, 393 p.51-93
- 小野浩一. 行動の基礎―豊かな人間理解のために―, 培風館, 2005, 372 p.104-152
- レイノルズ, G. S. 浅野俊夫(訳). オペラント心理学入門―行動分析への道―. サイエンス社, 1978, 161 p.26-54, p.64-101
- 杉山尚子・島宗理・佐藤方哉・マロット, R. W.・マロット, M. E. 行動分析学入門. 産業図書, 1998, 386 p.58-131, p.240-256

**Abstract**

*Study objectives:* This study aimed to clarify the effect of regularity of reinforcement on the durability of operant response. *Design:* Virtual rats' lever-pressings were supported by 5 reinforcement schedules. Afterward the resistance to extinction was compared. *Setting:* The experiment was carried out on a PC using simulation software. *Subjects:* 25 virtual rats were divided into 5 groups. *Independent variables:* Reinforcement schedules of VR72, FR33, VI50 s, FI60 s, and CRF were used. *Measures:* Total number of responses, session time, and IRT in the extinction phase were measured. *Results:* Total responses of each group were put in descending order of  $VR > FI > FR = VI > CRF$ , and  $VI = VR > FI = FR$ ,  $FI > CRF$ ,  $FR = CRF$  with respect to the session time. Short IRTs in the VR and FR groups and long IRTs in the VI group were observed only on the first extinction day. *Conclusion:* There was strong resistance to extinction in the VR and VI groups, because the change from reinforcement phase to extinction phase was less distinguishable.

内田 雅人 (和洋女子大学人間・社会学系准教授)

(2013年10月15日受付)