

離散試行事態における
オペラント選択行動の微視的分析

平岡 恭一

目 次

頁

第1章 オペラント選択行動研究の展望	1
第1節 確率学習に関する研究	3
第2節 マッチング法則に関する研究	4
第3節 微視的最大化に関する研究	9
第4節 巨視的最大化に関する研究	16
第5節 系列的反応パターン形成に関する研究	22
第6節 微視的分析の理論的検討	27
第2章 研究の目的と一般的方法	35
第1節 研究の目的	35
第2節 研究方法の一般的特徴	37
第3章 種々の強化スケジュールにおける微視的最大化過程の検討	40
第1節 確率学習事態での検討 (実験1)	40
第2節 並列スケジュールの特徴をもつ離散試行事態での検討 (実験2)	47
第3節 系列反応パタンの形成と強化随伴性 (実験3)	59
第4章 微視的強化随伴性に関連する諸要因の効果	69
第1節 絶対的強化確率水準の効果 (実験4)	69
第2節 強化確率の微視的変動の効果 (実験5)	79
第5章 微視的過程と巨視的過程の関連	94
第1節 確率学習事態での検討 (実験6)	95
第2節 並列スケジュールの特徴をもつ離散試行事態での検討 (実験7)	100
第6章 総合的考察	107
第1節 オペラント選択行動における微視的過程	107
第2節 今後の研究課題	113
引用文献	120

第1章

オペラント選択行動研究の展望

行動の研究は、現代心理学の中で非常に重要な位置を占める。行動をレスポ
ンデント（応答的）行動と、オペラント（自発的）行動とに分類した B. F.
Skinnerは、特に後者を重要視している。人間の行動の多くはオペラント行動で
あり、またオペラント行動は環境に積極的に働きかけるという性質をもつこと
からも、その重要性を知ることができよう。自然の中での、あるいは日常生活
におけるオペラント行動は、一見非常にランダムで予測不可能なものに見え、
そこに法則性を見いだすことは困難である。ところが、いったん実験室で条件
を統制し、行動を調べてみると、法則性が見いだされることが多くなる。そし
て同様に実験室での行動を調べるにしても、反応の種類が1つしかない単一反
応事態よりは、反応の種類が複数存在し、それらを選択肢とした選択場面の方
でむしろ法則性が得られやすい傾向がある。例えばCatania(1963)は、ハトに
つつき窓（キー）をつつかせ、時々穀物報酬で強化する実験において、キーを
1個とし、継時的に報酬の量（提示時間）を何段階かに変化させる条件では、
報酬の量と1分当たりのキーつつき反応数の間に、明確な法則性を見いださな
かった。一方、同じ実験でキーを2つ用意し、それぞれに対する反応に対して
様々な報酬量を割り当てた選択場面においては、報酬量と1分当たりの反応数
の間に直線的関係が見られたのである。また、Mazur(1987)も指摘するように、
すべてのオペラント行動は、選択行動であるともいえる。上述の例(Catania,
1963)で言えば、反応キーが1つだけの場合も、反応するかしないかの選択事
態であると思なすことができるであろう。そして、そのような分析方法を採る
ことによって、行動に法則性が見いだせるかもしれないのである。このように、
オペラント行動研究の中で、選択行動を研究することは非常に意義のあること
と言えよう。

以上のようにオペラント行動の研究は、近年、特に選択行動を取り上げるこ
とで著しい進歩を遂げたが、その中で、2つの異なる水準での行動分析が重要

な問題となってきた。そのひとつは巨視的分析の立場であり、そこでは、オペラント行動は長いスパンでみた法則に支配されており、そのような比較的長い期間を通じて観察された水準で分析されるべきだ、とされる。もうひとつは微視的分析の立場であり、これによれば、行動は比較的短いスパンでみた法則に支配されているのであるから、巨視的水準で見いだされた法則も、結局は微視的行動の副産物にすぎない、とされる。従ってこの立場では、微視的分析によって巨視的行動の機構が明らかにされるといわれている（平岡, 1989 の展望参照）。

具体例として、スキナー箱の中のラットが、2つのレバーからなる選択事態において、報酬を求めて繰り返し選択反応をする場面を考えてみよう。巨視的分析の立場は、長期間にわたる選択反応のデータを総合し、各レバーに対する反応の割合に関する法則性を問題にする。一方、微視的立場は、このような巨視的にみた選択の割合も、比較的短期間に何度もレバーを切り替えて反応した結果として生じたものであるとし、むしろレバー間のそのような切り替え行動の法則性を問題にするのである。

行動分析学の立場から書かれた近年の学習や行動のテキストブック(e.g., Domjan & Burkhard, 1986; Mazur, 1994; Schwartz, 1989)の中の選択行動の章には、様々な行動理論が紹介されている。その主なものは、マッチング理論(matching theory)、巨視的最大化理論(molar maximizing theory)、微視的最大化理論(momentary or molecular maximizing theory)、そして改善理論(melioration theory)である。これらは分析の水準から、前2者を含む巨視的理論と、後2者を含む微視的理論とに分けられている。本章では、本研究を進める上で重要と思われる選択行動の諸理論をめぐる研究について概観し、考察を加えたい。

第1節 確率学習に関する研究

オペラント選択行動に関する初期の研究は、いわゆる確率学習の研究と密接な関係をもっているため、まずこれを概観することから始めたい。

動物を用いた典型的な確率学習実験では、離散試行が用いられ、毎試行2つの選択肢のどちらか一方に強化子が割当てられるが、その割当て方は一定の確率に基づき(例えば、左 .70、右 .30)、その系列順序は無作為である。このような事態において、動物が2つの選択肢に対してどのような割合で反応するかを調べる研究が行われる中で、常に、基本的反応方略を巡る議論が、研究の枠組みとして大きな役割を果たしてきた(Estes, 1962; Bitterman, 1965; Sutherland & Mackintosh, 1971)。それは、動物は、原理的に確率マッチング(probability matching)を示すのか、最大化(maximizing)をするのかという問題である。確率マッチングとは、2つのうち一方の選択肢に対する反応の割合が、その反応の相対的強化確率に一致するという現象である。この現象は、数学的学習理論(Estes, 1959)による予測と一致することから、一躍注目を浴び、多くの研究を生んだ。一方、最大化とは、この場合、強化確率の高い方の選択肢に一貫して反応する方略のことである。

これら2種類の行動のうち動物がどちらをとるかは、種、動機づけ状態、実験手続きなどによって異なるが、特に、ある試行で動物がたまたま、強化の割り当てられていない選択肢に反応したときに、その試行内で、もう一方の選択肢に対して訂正反応をさせるという手続(訂正法、correction procedure)をとると、確率マッチングが生じ易いことが報告されている(Sutherland & Mackintosh, 1971; 平岡, 1977a)。一方、この訂正反応を行わない非訂正法のもとでは、ほとんど常に最大化が起こる。そしてこれらの事実もまた数学的学習理論から予測されるものであった(Estes, 1959)。さらに、種による差異については、学習の比較心理学的研究(Bitterman, 1965)の中で検討された。それによると、訂正法のもとで、ラットなどの哺乳類は典型的には最大化を示すが、時折、確率マッチングを示すこともある。一方、キンギョなどの魚類は常

に確率マッチングを示すという。

ところで、確率マッチングは、そもそも、ひとつの行動原理として認められるのであろうか。確率マッチングを予測する数学的学習理論の検証を目的として行なわれた実験研究では、確かに、予測と一致する結果を見いだしている (Lauer & Estes, 1954; Robbins & Warner, 1973)。しかし、これらの実験では比較的試行数が少ない傾向があり、その後も訓練試行を続けると、遂行はマッチングレベルよりもむしろ最大化の傾向を見せることが指摘されている (Estes, 1962)。Shimp (1970) は、訂正法の中でも最も確率マッチングの生じ易いと思われる再試行訂正法 (次の試行で訂正させる手続) を用い、比較的長期間 (100 試行 × 100 日) の確率学習訓練を行った。その結果、訓練の初期には確率マッチングが見られたが、訓練が進むにつれて被験体は最大化の傾向を見せ始め、終了時には高確率側にほぼ一貫した反応を示したのであった。これらを含む多くの事実により、確率学習における動物の基本的行動パターンは最大化の傾向であるとする研究者は多い (例えば、Herrnstein, 1970; Mackintosh, 1974; Shimp, 1975)。確率マッチングはしたがって、学習の途中でみられる一過性の現象であり、注意の欠如など、学習要因の影響による産物と考えることができるであろう (Sutherland & Mackintosh, 1971)。

第2節 マッチング法則に関する研究

オペラント行動、なかんずく並列スケジュールを用いた選択行動の研究は、マッチング法則 (matching law) の発見 (Herrnstein, 1961) によって、著しく進歩した。つまりこの法則によってこの領域における最大の問題のひとつとも言える“強化と行動の関係は如何”という問いに対し、定量的かつかなり普遍的な答えが可能になったのである。すなわち、反応の単位時間当りの相対頻度が強化のそれと一致するという関係 (マッチング) を割合としてとらえた式

(1)、および、それらを比の形にしてそれぞれのその対数をとった

$$\frac{P_1}{P_1 + P_2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (1)$$

(Pは反応、Rは強化、添え字は選択肢を示す)

“一般マッチング法則” [(式2)、Baum, 1974] によって、並列スケジュールにおける生活体の選択行動を広く記述できることが報告されている (de Villiers, 1977; Baum, 1974, 1979)。

$$\log \frac{P_1}{P_2} = a \log \frac{R_1}{R_2} + \log b \quad (2)$$

(Pは反応、Rは強化、a, bは定数)

Herrnstein(1970)はさらにこの関係〔式(1)〕を、強化が反応を強める仕方を表す“定量的な効果の法則”の定式化と認め、いくつかの仮定を加えて単一スケジュールおよび多重スケジュール (multiple schedule; 1種類の反応に対し、複数のスケジュールが継時的に交替で有効となり、各スケジュールに対し異なる弁別刺激が提示される) における行動を予測した (de Villiers & Herrnstein, 1976も参照)。この時点でマッチング法則は単なる記述的關係式にとどまらず、ひとつの理論モデルの性格をもったと言えよう。すなわち、Herrnsteinの見いだしたマッチング関係それ自体が強化と反応の関係を規定する一般的行動原理であって、生活体は様々な強化スケジュール事態において、そもそもこの関係を満足するように行動する、と考えられたのである。

ところが、Shimp(1966)が指摘したように、マッチング法則とは相容れないと考えられる現象が存在する。それは確率学習における最大化傾向、および並列変動比率スケジュール [concurrent variable-ratio variable-ratio schedule; 予め決められた回数(不定)だけ反応すれば強化されるスケジュールが、複数の選択肢に割り当てられている。以下“並列VRVRスケジュール”と表す。] におけるVR値(平均して何回反応したら強化されるかを示す数)の小さい方のスケジュールへの一方的な反応 (Herrnstein & Loveland, 1975) である。これらの諸現象に対してマッチング理論家たちはどう対応しているであろうか。彼らはこれらの実験結果もマッチング関係と矛盾しないと主張する (Herrnstein &

Loveland, 1975; Herrnstein, 1979)。というのは、一方の選択肢に反応が集まった場合、訂正法つき確率学習事態を除いて、反対側における反応数と強化数が共に0となるので、マッチングの関係式はあたりまえに(trivially) 満足されるからである。ただし微視的最大化と異なり、強化可能性の高い方に一貫して反応するという予測をすることはできない。以上の論理は、強化確率が微視的に変化するように作られたスケジュール(例えばShimp, 1966; Hale & Shimp, 1975; Williams, 1972) にも当てはまるとされる。したがって、もし全体的にみてマッチング関係が得られなくても(Silberberg & Williams, 1974)、選択反応が微視的随伴性に従って変化していれば、マッチング理論への反証とはならない(Herrnstein, 1979)。このようにマッチング理論は、ある事態では微視的強化構造について最大化理論と似た考え方をする。しかし、標準的な変動間隔スケジュール [variable-interval schedule; 直前の強化からある時間(不定)経過後の最初の反応が強化される。以下“VIスケジュール”と表す。] 事態になると、様子は一変する。マッチング理論は、このスケジュールを等質(homogeneous) なものとして、微視的分析を退け、巨視的にみたマッチング行動のみを主張するのである。その根拠は、ほとんど常にマッチング関係が見いだされるにもかかわらず、次節で述べるように、スケジュール間の切り替え反応に対する強化確率が高くなっても、切り替え確率が変化しないという事実である(例えばNevin, 1969; Heyman, 1979; Williams, 1985)。もし、VIを含む並列スケジュール事態で確かな微視的反応構造が発見されれば、巨視的マッチング関係はそれより基本的な微視的最大化の過程によって説明される二次的なものである、という主張に強い支持を与えることになる。

ところで、巨視的レベルでのマッチング法則 [式(1)、Herrnstein, 1970; 1979] には、そもそもいくつかの限界があった。その1つは、並列VRVRスケジュールや確率学習事態において、強化可能性のより高い選択肢に対する一方的な選択行動を予測できないことである。2つめの限界は、マッチング関係式はすでに均衡点にある漸近的行動を記述するのみで、どのようにして安定状態に達するのかという力動的過程については何も言えないことである。

Herrnstein & Vaughan(1980)は、次式で表される均衡化の過程を提唱し、こ

$$R_D = (R_1 / t_1) - (R_2 / t_2) \quad (3)$$

の過程を改善(melioration)と名付けた。ここで R_i (i はスケジュールを表し、 $i = 1, 2$)は各スケジュールで得た強化数、 t_i は各スケジュールでの反応に要した時間である。したがって、 R_D は各スケジュールでの強化率(以下、局所強化率と呼ぶ)の差を表していることになる。いま、 R_D が正なら t_1 が、負ならば t_2 がそれぞれ増えるように、被験体はその時間を再配分して行くとしよう。すると最終的には、局所強化率の差がゼロになったところで行動が安定し、この時、定義上、時間測度のマッチング関係(Baum & Rachlin, 1969)が成立する。このように、改善理論は、上述のマッチング法則が記述できなかった、均衡点に至る力動的過程について述べており、マッチング法則の限界の1つを克服している。

改善理論は、局所強化率を等しくするという行動原理に基づいて、並列変動間隔スケジュール [concurrent variable-interval variable-interval schedule ; 独立なVIスケジュールが複数の選択肢に割り当てられている。以下“並列VIVIスケジュール”と表す。]におけるマッチングに至る過程を記述するのであるが、同時に並列VRVR事態における最大化様の行動も予測する。この事態では、局所反応率が等しく、各スケジュール内で常に一定であると仮定すれば、 C_i を単位時間あたりの強化数として、 $R_i = C_i t_i$ が成立する。これを式(3)に代入すると、式(4)を得る。

$$R_D = C_1 - C_2 \quad (4)$$

C_i は比率スケジュール値に依存し、仮にスケジュール1の比率値の方が小さいとすると、 t_i と独立に $C_1 > C_2$ が成り立つ。すると改善は常に t_1 を増やして行くことを要求するので、行動の変化は、スケジュール1に一方的に反応するようになるまで続くのである。確率学習事態での行動や、一般にみられる道具的反応の形成の過程も、これと基本的には同じように説明することができる(Herrnstein, 1982)。このようにして改善理論は、一方的な選択が生じるときに、どちらが選択されるかを予測でき、上述の限界の第2点を克服している。

Vaughan(1981)は、巨視的最大化理論（次節参照）や“マッチングからのずれ仮説”（生活体は、常にマッチング法則からのずれが最小になるように行動する、という仮説）に対して、改善理論を支持する実験結果を報告している。

改善理論は、以上のように、マッチング理論がもつ限界を克服するものの、他に1つの大きな問題点を抱えている。それは、式(3)が適用される時間の幅、すなわち生活体がどれくらいの時間で局所的強化率を評価し、 t_1 と t_2 を調整しているのかが明かでないことである。Vaughan(1981)はこれを実験操作上4分としたが、果してそれ以外の評価時間でも改善の過程がみられるであろうか。この点は、微視的最大化との関係を考えたとき特に重要な問題となる。

Silberberg & Zirriax(1985)は、Vaughan(1981)の実験と原理的には同様であるが、 t_1 と t_2 の評価時間として、4分と6秒の2つの条件を設けた実験を行った。この実験では、ある評価時間（4分または6秒）での配分時間が一方のキーに偏って（75%以上）いた場合は、次の時間間隔における強化率が反対側のキーで著しく高くなるが、そうでない場合（25~75%）は強化率に差がないという強化随伴性が用いられた。実験結果は、4分条件ではVaughan(1981)と同様、改善の予測に一致して、局所強化率の差の小さい25~75%の選択に落ち着いた。しかし6秒条件では、微視的最大化（ここではモレキュラ最大化、本論文p.11参照）の予測する選択肢の交替反応がみられたのであった。このことは、評価時間がある程度長い場合にのみ改善の過程が働くのであって、数秒程度の短い時間では、微視的最大化が生じることを示唆している。

そうなると、改善の過程が、それより基本的かつ微視的な、微視的最大化の結果生じたものだと説明される可能性が出てくる。Silberberg & Zirriax(1985)は、自分たちの実験結果の詳細な分析とコンピュータ・シミュレーションの結果に基づいて、改善がそれより微視的なモレキュラ最大化によって説明可能であると主張している。改善の過程は、マッチングより微視的であると言われるが(Herrnstein & Vaughan, 1980; Timberlake, 1987)、それでも微視的最大化に比べるとまだ“巨視的”なようである。

第3節 微視的最大化に関する研究

1. 初期の研究

第1節で述べたように、確率学習の研究は、最大化の傾向を典型的な行動パターンとみる方向に進んで来た。一方、自由反応事態におけるオペラント条件づけの分野では、これと一見逆の方向に研究が進行していた。すなわち、第2節に述べたように、Herrnstein(1961)によって並列V I V Iスケジュールにおけるマッチング法則が発見されたのである。強化の変数として、確率と相対頻度の違いがあるとはいえ、一方は強化の多い方に一貫して反応すると予測し(確率学習)、他方は強化比と一致するように行動すると述べる(自由反応事態)。この違いは大きな問題である。

Shimp(1966, 1969)はこの問題を解決しうる新しい仮説を提唱した。それは、“生活体は選択反応をする時点で、強化確率の最も高い選択肢に反応する傾向がある”という微視的最大化の概念である。彼はこれを“モメンタリ最大化(momentary maximizing)”と名づけた。この考え方は確率学習と並列V R V Rスケジュールにおける行動を直接に説明できる。つまり、これらの事態では強化確率が一方の反応選択肢において常に他より高いので、常にこの側への一方的な反応が予測され、その傾向が確かめられている(Shimp, 1970; Herrnstein & Loveland, 1975)。一方、並列V I V Iスケジュールにおける遂行としてのマッチングは、この事態にあつて、各選択肢の強化確率が、常に一定というわけではなく、刻一刻変化する点に着目して説明される。V Iスケジュールでは、そのスケジュールに反応し続けなくても、所与の時間が経てば強化が準備されるため、並列V I V Iスケジュールの一方にしばらく反応し続けた後では、時々もう一方のスケジュールでの強化確率の方が高くなっているという性質がある。被験体はこの強化確率の変化に従って、反応する選択肢を刻々変えていくことにより、全体としてマッチングを示すと考えられる。したがって、この理論においては、マッチングは選択行動の基本原理ではなく、それより基本的な微視的最大化の過程に支配された行動を平均することによる、いわば副産物と

いうことになる。

Shimp(1966, Exp. 3)は、並列V I V Iスケジュールによく似た構造をもつ離散試行手続きにおいて、選択行動の微視的構造を研究した。この手続きは、毎試行何れかの選択肢に強化子が準備される確率が.25、その準備された強化子が各選択肢に振り分けられる比が3:1というものであり、さらにいったん強化子が準備されると、実際に投与されるまでそれは保留され、次の強化子は準備されなかった。Shimpはこの実験の結果、全体遂行としてマッチングを見だし、さらに系列統計量を用いた微視的反応分析により、最大化によって予測される反応系列とかなり一致する系列依存性を得た。また彼は、微視的最大化原理に基づいて選択行動をコンピュータ・シミュレートし、データによく合う結果を得ている。これらの結果はすべて微視的最大化仮説を支持するものと考えられた。

しかしながら、これと異なる結論に導く研究が、Nevin(1969)により、ハトを用いて行われた。彼は強化スケジュールとして、並列V I 3分V I 1分スケジュールを用いたが、自由反応を許さず、試行間隔(I T I)6秒の離散試行手続きを用いた。これにより、強化随伴性を通常の並列V I V Iスケジュールと同様に保ちながら、反応系列の微視的分析を容易に行うことができる。全体的結果、すなわち相対反応頻度と相対強化頻度の関係は、Shimpの実験と同様マッチングであった。Nevinはさらに、V I 1分キーに対する連続反応連の長さの関数としてV I 3分キーへ反応を切り替える確率、及びその切り替え反応に対する強化確率を求めた。この関数をグラフにしたものを“切り替え確率曲線”と呼ぶ。並列V I V Iスケジュールの性質として、V I 3分キーへの切り替えが強化される確率は、V I 1分キーへの連続反応連の長さと共に上昇していった。微視的最大化理論に従うならば、この場合V I 1分キーに連続して長く反応すればするほど、その後の反対側キーへ反応切り替えをする確率が高くなるはずであると、彼は予測した。結果はその逆であった。つまり、切り替え確率曲線はむしろ下降していったのである。この結果は、少なくともNevinの研究においては、ハトが微視的な強化随伴性構造に敏感でなく、それを追跡

する行動をしていないことを示唆する。Nevin は、これらの結果から、モメンタリ最大化のような微視的反応構造は、マッチングが起こるのに必要な条件ではないと結論した。

以上の2つの研究は、主な結果の違いが微視的系列的反応が生じているか否かのみであるにもかかわらず、理論的に重要な意味をもっている。すなわち、Shimp(1966)の研究は、動物の基本的行動原理が、モメンタリ最大化という微視的な過程に基づくものであり、巨視的にみたマッチング関係はその単なる副産物に過ぎないとする立場を支持する。一方 Nevin(1969)の研究結果は、マッチングそのものが基本的行動原理であって、動物は相対強化頻度と一致するように相対反応頻度を割り振るのだとする、マッチング理論の考え方(Herrnstein, 1970, 1979)と一致するのである。

Shimp(1966)とNevin(1969)の実験結果の違いについては様々な原因が示唆されている。Silberberg & Williams(1974)は、I T Iの長さの違いによる先行反応の記憶の差を、原因として指摘した。またSilberberg, Hamilton, Ziriaux & Casey(1978)は、反応系列分析の測度の違いに着目し、両方の実験の追試をしたデータを2つの測度で分析した。その結果、系列統計量の分析(Shimpの測度)ではどちらの実験のデータも微視的最大化に一致する傾向をもつ系列依存性を示したが、切り替え確率曲線(Nevinの測度)は、両方とも若干の下降傾向を示したのである。これに対し Nevin(1979)はNevin(1969)のデータをShimpの方法で再分析し、モメンタリ最大化によって予測される反応系列に一致しない系列依存性を見いだした。この点について Houston & McNamara(1981)は、Nevin(1969)で用いられたV Iスケジュールが算術展開型であり、これにおいて予測される最大化系列は Nevinが考えた系列とは異なる可能性を示唆している。さらに訓練量の違いも考えられている(Silberberg & Ziriaux, 1982)。

2. 切り替え間時間分析とスイッチング・ライン分析

Shimp(1966)の用いた系列統計量は、後述のように、理論値と必ずしもよく一致しないし、Nevin(1969)の切り替え確率曲線も、上述のように、微視的最

大化の過程が存在するとしてもそれを表現しえない、という問題をもっている。さらに両方とも離散試行反応を対象としているので、自由反応事態での行動の分析には限界がある。

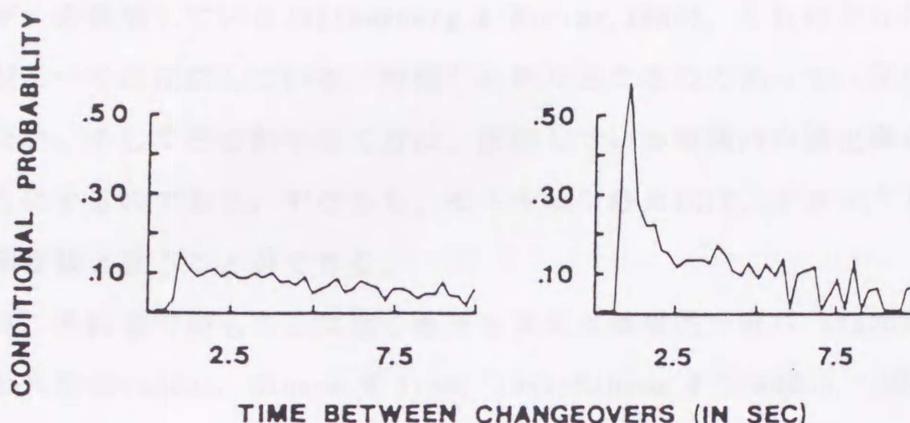


図1-1 切り替え間時間分析による並列VI VIデータの一例
 左パネルはVI 1分スケジュール、右パネルはVI 3分スケジュールにおける切り替えの条件付き確率を示す。
 (Silberberg et al., 1978, Fig. 4 より抜粋)

以上のような観点から、Silberbergら (Silberberg et al., 1978; Silberberg & Ziriox, 1982) は、新たに、切り替え間時間 (interchangeover time, ICT) による分析を提唱した。図1-1は、並列VI VIスケジュールにおける一方のキーへの反応切り替え後、再び元のキーへ反応を切り替える確率を、切り替え間時間の関数として描いたものである。VI 1分のキーの条件付き切り替え確率の分布は比較的平らであるが (左パネル)、一方、VI 3分キーでは、分布が短いICTの方に片寄っていて、このキーでの滞在時間が比較的短いことが多いことを物語っている (右パネル)。Silberberg & Ziriox (1982) は、コンピュータ・シミュレーションにより、VI 1分キーではそのキーでの強化確率がICTの関数としてあまり変化しないが、VI 3分ではこのキーに切り替えた直後には他キーを大きく上回る強化確率 (1.0に近い) が得られ、ICTが長くなるにつれて強化確率が急激に低下 (殆ど0にまで) することを見いだした。

このように I C T 確率分布と強化確率とが密接に対応することから、彼らは動物が、並列 V I V I スケジュールにおける微視的な強化随伴性に敏感で、これを追跡していると主張した。さらに彼らは、モメンタリ最大化に代わる最大化原理として新たに“モレキュラ最大化(molecular maximizing)”なる微視的行動モデルを提唱している(Silberberg & Ziriax, 1985)。それによれば、動物はスケジュールに反応している“時間”を割り当てるのであって、反応そのものではない。そしてその割り当て方は、反応している時間内の強化率が最大になるようにするのである。すなわち、モレキュラ最大化は、モメンタリ最大化の時間測度版とすることができる。

一方、それまでのものとは全く観点を変えた微視的分析が Staddonらによって行われた(Staddon, Hinson & Kram, 1981; Hinson & Staddon, 1983a, 1983b)。彼らによれば、確率一定型の V I スケジュールにおいて、任意の反応が強化される確率は、最終(直前)反応(それが強化されたかどうかにかかわらず)からの時間の関数として式(5)のように記述されるという。

$$p(R | t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (5)$$

ここで、左辺は直前の反応からの時間 t 後に強化 R が準備される確率、 λ はスケジュール上の V I 強化率である。並列 V I V I スケジュールにおける各スケジュール(添え字 1、2)での強化確率は、

$$p(R | t_1) = 1 - e^{-\lambda_1 t_1} \quad (6)$$

$$p(R | t_2) = 1 - e^{-\lambda_2 t_2} \quad (7)$$

となる。式(6)と式(7)が等しいときの t_1 と t_2 の関係を求めると、式(8)のようになり、これは図 1-2 の直線を表す。この直線をスイッチング・

$$t_2 = t_1 \lambda_1 / \lambda_2 \quad (8)$$

ライン(switching line)と呼ぶ。 $t_2 > t_1 \lambda_1 / \lambda_2$ であれば(直線よりも左上の領域)、スケジュール 2 での強化確率の方が高く、 $t_2 < t_1 \lambda_1 / \lambda_2$ であれば(同じく右下の領域)スケジュール 1 の確率の方が高い。もし並列 V I V I スケジュールにおける反応が、完全に微視的最大化に従っているとすれば、ス

スケジュール1に対する反応は全てスイッチング・ラインの左上の領域に、一方スケジュール2への反応は、全部右下の領域に分布するはずである。したがって、データにそのような傾向があれば、微視的最大化（ここでは特にモメンタリ最大化）を反映しているといえる。図1-2は、並列V I V Iスケジュールにおける実際の選択行動の例である。左右のパネルはそれぞれ異なったスケジュールと結びついた反応選択肢キーに対する反応を示し、点1個が1反応に対応する。対角線付近の空白は、スケジュール選択の切り替え時にはどちらの選択肢に対しても反応が起こらないことを反映したものである。左右のパネルの点の分布ははっきり違っている。左パネルでは、スイッチング・ラインの下側で、つまりこの選択肢での強化確率の方が高いときに、反応の大部分が生じているが、右パネルでは、逆に上側での反応が多い。この結果は、動物が強化確率の差に敏感に反応していることを示しており、モメンタリ最大化の過程を別な角度から見せてくれる。

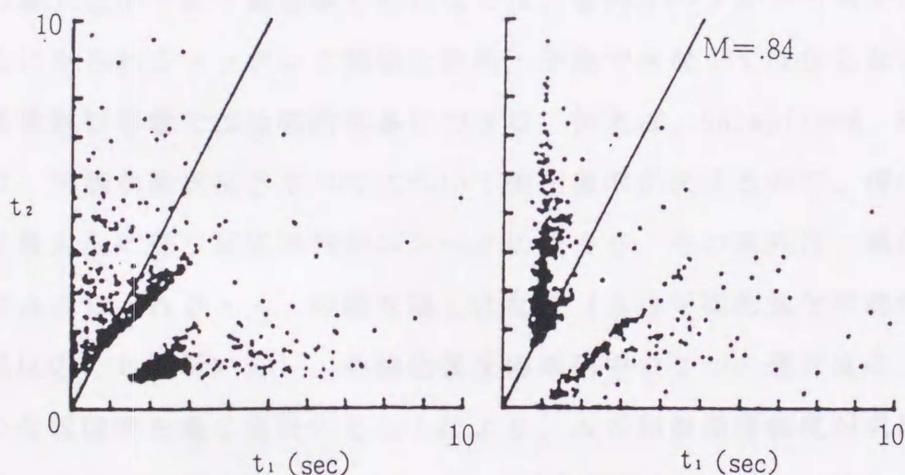


図1-2 スイッチング・ライン分析による並列V I V Iデータの一例
 左パネルがスケジュール1 (V I 1分)、右パネルがスケジュール2 (V I 3分)を表す。 t_1 と t_2 については本文参照。
 (Hinson & Staddon, 1983a, Fig. 4 より抜粋)

このように目でみる分析よりも、さらに厳密な分析を可能にする指標 (M値、

パネル右上) が次に考案された。それは、各反応について、その時点での選択肢間の強化確率の差を計算し、この差を最大化に従っている反応のみについて合計し、それを全反応の確率差を合計したもので割るのである。すべての反応が最大化に従っていれば $M=1.0$ 、全反応が非最大化反応であれば $M=0.0$ 、ランダムならば $M=0.5$ となる。図1-2のM値は.84とかなり高いことに注目されたい。Hinson & Staddon(1983b)はこの指標を用いてさまざまな分析をする中で、マッチングとの関係を調べ、マッチングからのずれが最小になった時にM値が最大になることを示した。これは、モメンタリ最大化が起こることによってマッチングが生じる可能性を示唆している。Hinson & Staddonによるスイッチング・ライン分析は、自由反応事態におけるモメンタリ最大化の基準を明確にし、その測度を確立した点で、微視的選択過程の理解に大きな貢献をしたといえよう。

3. 微視的最大化によるマッチング関係の予測

微視的最大化が一般行動理論であるならば、並列オペラント・スケジュールで普遍的にみられるマッチング関係を説明・予測できなくてはならない。この予測は離散試行事態では比較的容易にできる。例えば、Shimp(1966, Exp. 3)の実験では、可能な選択反応すべてについて強化確率が決まるので、彼のいうモメンタリ最大化に従う反応系列がユニークに決まる。その系列は、強化後次の強化までA A B A A B・・・の繰り返しになる(Aは平均的強化可能性の高い方の選択反応、Bは低い方)。各強化後反応系列中の2つの選択反応(A, B)数にその生起確率を乗じ合計することにより、Aの相対期待頻度が求められる。

Shimpは、この値の漸近値が.75となって、強化頻度比 3:1 と一致し、モメンタリ最大化がマッチングを予測することを示したのである。

一方、自由オペラント事態における並列V I V Iスケジュールになると、こう簡単にはいかない。モメンタリ最大化は定義上、いつ反応をすればよいかを命令しないので、最大化に従う反応系列が決まらないからである。しかし、反応の仕方に制限を加えるならば、ある程度の予測が可能となる。Staddon et

a1. (1981) は、反応が一定間隔で起こると仮定することによって、最大化系列が決定されることを、上述のスイッチング・ライン分析によって見だし、それに基づいてコンピュータ・シミュレーションによるのではなく、純粹に数式計算により、マッチングに近い結果を得た。このことから、われわれは、実際の反応が等間隔反応の回りにランダムに分布すると仮定するならば、自由反応マッチングを予測できるかもしれない。さらに彼らは、反応が完全にランダムに起こるという仮定の下に、スイッチング・ライン分析に基づいた統計的分析（コンピュータ・シミュレーション）を行い、並列 V I V I および並列変動間隔変動比率スケジュール（concurrent variable-interval variable-ratio schedule；V I スケジュールと V R スケジュールがそれぞれ複数の選択肢に割り当てられている。以下“並列 V I V R スケジュール”と表す。）について、通常よくみられる一般マッチング関係（Baum, 1974）に合う結果を得た。また Silberberg & Zirriax (1982) も、同様に反応の生起の仕方に制限を加えたコンピュータ・シミュレーションにより、モレキュラ最大化がマッチングを予測することを示している。

第4節 巨視的最大化に関する研究

1. 理論の概要

巨視的最大化とは、比較的長い期間（例えば1実験セッション）にわたって、全ての選択肢を合計した強化が最大になるように行動する過程をさす。この巨視的最大化、または類義語の最適化（optimization）の考え方自体は、比較的早くから選択研究の文献に現れてきた（伊藤, 1983; Silberberg & Williams, 1974; Staddon, 1968）。ここでは、もっとも包括的と思われる Rachlinらによる経済学的最大化理論（Rachlin, Battalio, Kagel & Green, 1981; Rachlin, Green, Kagel & Battalio, 1976; Rachlin, Kagel & Battalio, 1980）について簡単にまとめたい。

経済学的最大化理論は、経済学的消費者行動理論の論理をほぼそのまま、オ

ペラント・スケジュール行動に適用する。経済学でいう効用関数における品物 (commodities) は、各スケジュールで提示される強化子や、その他の測定されない強化子などに対応させられる。通常の並列スケジュール事態においては、各スケジュールで提示される強化子は互いに同じものなので、代替性が高いと考えられる。一方、水と餌というように、それぞれが一定の割合で消費される場合は、取り替えがきかず、代替性は非常に低いものとなるであろう。

経済学でいう品物に対応するものは、実験操作上の強化子のみとは限らない。Rachlin(1978)や Rachlin & Burkhard(1978)によれば、強化スケジュール事態は一般に、道具的行動、完了行動、その他の行動(レジャー)からなる空間として記述される。これら3つの活動に費やす時間が品物として働き、全体効用が最大になるようにその組合せが決定され、行動として現れるのである。さらに、このような3次元空間に、経済学でいう無差別曲線が存在することも、実証されている(Burkhard, 1982)。

消費者行動理論における予算に該当する制約は、オペラント行動においても存在する。それは強化スケジュールによって課せられ、行動と強化の関係を記述したフィードバック関数(Baum, 1973)で表される。並列スケジュールでいえば、各スケジュールに対し、いわば予算である反応や時間をどれだけ分配するかによって、全体としての強化がどれだけ得られるかという関係を表す。

最大化も同様に、フィードバック関数という制約の範囲内で、効用が最大になるように、巨視的時間配分としての行動の組合せを決定する過程であると定義される。何が最大化されるかは、効用関数の品物として何を考えるかに依存する。品物の組合せとして並列スケジュールの各要素スケジュールからの強化子を考えるなら、最大化されるものは2つのスケジュールを合わせた全体強化率である。Rachlin, et al.(1980)によれば、全体強化率の最大化は(9)式のように、一般マッチング法則(generalized matching law)に帰着するという。

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{x_1}{x_2} \left(\frac{C_1}{C_2} \right)^y \quad (9)$$

ここでTは時間測度の選択反応、Cは強化、mはスケジュールの性質を表わす

パラメータ、 x は強化子の価値を示す。

最大化理論は(9)式の中の指数 y に対し、代替性という特別な意味を与えており、これにより質の異なった強化子間の選択事態への積極的適用が可能になる。最も劇的な例はHursh(1978)の実験である。彼はアカゲザルに対し並列V I V Iスケジュールの一方のスケジュールに従って餌、他方に従って水を与えたところ、指数 y がおよそ-10の値をとる一般対応法則を見いだした(切片は対数軸において正の大きな数)。この y 値は、一方の選択肢の相対強化率を増すとその側の相対反応率が下がることを意味し、厳密なマッチング法則($y=1$)とは逆の関係を表すので、Rachlin et al. (1980)はこの現象を逆マッチング(anti-matching)と名付けた。この結果はハトでも確認されている(Baum, 1979)。これらの知見は、餌と水の代替性が非常に低いと考えることによって直感的に理解できる。すなわち、これら2つの品物はほぼ一定の比率で摂取されねばならないので、例えば餌の提示率が上がると、それに対する反応は増えずに、反対側の水を得るための反応が増えるのである。

最大化理論はこのように、一般マッチング法則により記述されるいかなる範囲の行動も一貫した論理で説明できる。従ってこの理論においては、一般マッチング法則は、単にマッチング行動からのずれを査定するためのもの(Baum, 1974)ではなく、それ自体、法則としての積極的な意味をもつのである。Rachlinらは、最大化理論が、 $y=1$ の場合(マッチング法則)のみを基本行動原理とするマッチング理論に比べ、この点でより一般的であり、マッチング理論による予測は最大化の一部である、と主張している。Baum & Nevin(1981)は、同じ質のものを強化子とした場合にも、時々アンダーマッチング(undermatching)が見いだされることから、 y に代替性の意味を与えることに反対しているが、Rachlin et al. (1981)はこれに対し、選択反応の違いを含めて考えると、同質な強化子の場合も完全には代替的ではないので、アンダーマッチングが起こるのかもしれないと反論している。

2. 実証的検討

以上述べた Rachlinらの巨視的最大化理論は、これまでどのような実証的検討を受けてきたのであろうか。代表的な並列スケジュールについて展望したい。

1) 並列V I V Iスケジュール。この事態でみられる行動はほぼマッチングと認められるので(de Villiers, 1977)、理論的には、最大化がマッチングを予測するかどうかの問題となる。以下に示す様々な理論的立場からV Iスケジュールのモデルが提出され、強化の最大化とマッチングの関係が論議されてきた。

V Iスケジュールにおける反応と強化の関係(フィードバック関数)は一般に原点を通り負に加速された増加関数となる。これを表現するのに例えば Rachlin et al. (1980)はベキ関数を用い、一般マッチング法則〔式(9)〕を予測した(坂上, 1997参照)。

Staddon & Motheral(1978)は、V Iスケジュールのフィードバック関数として、双曲線を採用した。彼らは、並列V I V Iスケジュール事態における全ての反応が、時間的に全くランダムに起こる単一の指数分布からの標本である、と仮定し、数式演算によって強化最大化の行動を求めたところ、マッチングを得た。

これに対しHeyman(1979)は、並列V I V Iスケジュールの各要素スケジュールにおける反応率(局所反応率)が切り替え反応率と大きく異なった値を示すこと等から、これら2種類の反応が異なった分布に従うと仮定する。この仮定に従い、Heyman & Luce(1979)は、さらに単純化のため、局所反応率が非常に高く、切り替え後最初の反応によって準備されていた強化子が得られる場合以外は、強化が準備後すぐ得られると仮定して、モデルをつくった。彼らはシミュレーションによって、並列V I 60秒 V I 180秒 スケジュールにおける強化率最大化時の遂行を予測したところ、無限に早い切り替え反応の時はスケジュール間の時間配分とプログラム上の相対強化率との一致が見られるが、切り替え率が低くなるにつれて、マッチング法則との不一致が大きくなっていくことを見いだした。

以上の2つのモデルは、ある分布に従ってランダムに反応がなされると仮定するなど、反応の仕方に単純化の仮定を設けているが、Houston & McNamara

(1981)は、これらの仮定自体が真の最大化（最適化）を妨げているとして、そのような仮定を一切もたないモデルを提出した。彼らのモデルは、直前反応からの時間の関数としての強化確率に基づいて最大化遂行を求めており、通常の選択実験でよく用いられる“切り替え遅延”（changeover delay, COD；選択反応が切り替えられてから一定時間、強化を延期する手続）も導入している。その結果、彼らの予測は厳密なマッチング法則とは決して一致しないが、一般マッチング法則は当てはまるものであった。

以上の3つのモデルを見ると、非常に単純化した仮定の下では最大化がマッチングに導くことを示すことができるが、仮定がより複雑で現実に近いものになるほど、マッチング法則に一致しない予測をするように思われる。しかしその差はそれほど大きなものではなく、一般にこのスケジュールのもとでは、巨視的最大化はほぼマッチングを予測しているといえよう。

2) 並列V I V Rスケジュール。この事態では、マッチング理論と最大化は、明らかに異なる予測をする。マッチング理論は強化比と反応比の一致を予測するが、最大化理論は、強化率の最大化を考える時、強化比に比べV R側に大きくバイアスのかかったマッチング関係を予測するのである。そのバイアス係数は、Rachlin(1978)によれば $1/m$ （ m はV Iに対応するスケジュール定数、式9参照）であり、Baum(1981)によれば、V Rスケジュールの比率値の平方根になるという。このV R側へのバイアスは直観的にも理解できる。つまりV Iスケジュールでは、強化後平均して一定時間が経たないと次の強化子が準備されないで、待っている間にV R側に高率で反応して多くの強化子を得、たまにV I側に反応して、準備されている強化子を得てくるという反応パターンが、効率よく全体強化率を高くできるのである。

実際のデータはどうであろうか。Herrnstein & Heyman (1979)は、一方のキーが有効スケジュールを切り替えるためのキーで、もう一方のキーに反応すると、その時そのキーで有効となっているスケジュールに従って強化されるという事態(Findley, 1958)を用いて、並列V I V Rにおける選択行動を調べたところ、ほぼマッチングを見だし、最大化の予測するV R側への大きなバイア

スを得なかった。この結果は理論的に非常に重大な問題をはらんでおり、並列 V I V R 及びその変形スケジュールを用いた多くの実験的研究を生むに至ったが、おおむねマッチング法則と一致した結果が得られている (DeCarlo, 1985; Heyman & Herrnstein, 1986; Vyse & Belke, 1992; Williams, 1985)。

これに対し、最大化理論を擁護する見解もいくつか見られている。Houston & McNamara (1981) と Staddon & Motheral (1978) は、自然界における採餌行動の観点から、動物は進化の過程で、ある事態に限って強化の最大化を生むような、より基本的な行動メカニズムを獲得している可能性を示唆した。つまり自然界における採餌環境と類似した実験的環境でのみ、強化最大化が見いだされるだろうという。この考え方は、自然界におけるエサの摂取可能性に、時間の指数関数で表されるものがあること (e. g., Davies & Houston, 1981) を考えると興味深い。すなわち最大化が支持される並列 V I V I スケジュールでは、強化確率が両方のスケジュールについてこの関数で表現されるが、この関数によらないスケジュール (V R) を含む並列 V I V R では強化最大化が支持されないのである。

また最近、Rachlin (1995) は、動物が強化までの遅延の小さい方を選ぶという衝動性 (impulsiveness) を含めて考えると、上述の並列 V I V R スケジュールにおける結果を説明できるとしている。すなわち、V R スケジュール上でしばらく反応した後で V I へ切り替えると、V R よりも強化遅延が短くなるので、こちらのスケジュールへの切り替えが多くなるであろう。するとこれは、強化率の最大化が予測するほど大きな V R へのバイアスを生まず、多くの結果と一致するのである。

3) その他のスケジュール. Mazur (1981) の実験では、1 個の V I タイマの、あるインターバルが経過した後に、赤と緑のどちらか一方のキーに反応すると、両方のキーのライトが消えるようになっており、それがどちらのキーであるかは確率 50% ずつであった。キーライトが消えると強化が与えられ、その確率は条件 1 では、赤と緑どちらのキーに反応した時も 1.0 であるが、条件 2 では緑の場合 1.0、赤の場合 0.1 であった。このような事態での強化率最大化方略は

単位時間中にできるだけ多くキーライトを消すことであるから、条件1、2にかかわらず、赤と緑のキーを頻繁に大体同回数つつくことである。これは条件によるキー選択の違いを予測しない。一方マッチング理論は条件2において緑キーへの選好を予測するので、条件間に大幅な変化が期待されるであろう。結果は最大化理論を支持しなかった。ハトは、全体強化率がかなり下がるにもかかわらず、条件2ではマッチングの方向へ移動していったのである。この他にも、選択事態において強化最大化による予測を支持しないデータには事欠かない(e.g., Herrnstein & Vaughan, 1980; Vaughan, 1981; Vaughan & Miller, 1984)。

一方、単一スケジュール事態では、複数スケジュール間の選択事態とは様子が一変し、最大化理論が対応理論に優っている(Baum, 1981)。例えば、強化率を等しくしても、VRスケジュールにおける反応率が、一般にVIスケジュールのそれを大きく上回るという現象(Catania, Matthews, Silverman, & Yohalem, 1977)や、VRスケジュールにおいて、VR値が小さくなるにつれて途中までは反応率が上昇するが、ある点から逆に下がるという現象(Green, Kagel, & Battalio, 1982)などを、経済学的最大化理論はうまく説明できる。

第5節 系列的反応パターン形成に関する研究

ここでの系列的反応パターンとは、いくつかの異なるカテゴリーに属する反応が、系列的に同じ順序でくり返し生じたものをさす。選択学習事態では、例えば右あるいは左というような選択肢に対する反応が時系列的にいくつか並んだ、選択反応の系列的パターンを繰り返し生み出すことを学習することになる。生活体は、このような反応パターンをどの程度まで学習できるのか、また、そのようなパターンを要求する強化随伴性に対してどの様に反応するのか、などに関する多くの研究が行なわれてきた。

これらの研究は、微視的分析の研究と非常に密接な関連があると考えられる。すなわち、微視的分析は、選択肢間の行動の全体的分配そのものよりは、時々

刻々変化する選択行動の移り変わりを問題にする。そしてこの選択行動の推移は、いくつかの行動のサイクルが繰り返されるという形をとることが少なくない。するとこれは系列的パターンと同様の問題になり、パターン形成の諸研究は、微視的分析の研究に対し、多くの有益な示唆を与えると思われる。実際、微視的分析を問題とした研究のいくつかは、この問題を系列パターン形成の問題として扱っている (Fetterman & Stubbs, 1982; Stubbs, Fetterman, & Dreyfus, 1987)。

選択事態における系列的反応パターン形成に関する研究分野としては、より初期に行なわれた交替学習の研究と、比較的あとに生まれたオペラントスケジュールとしての研究があげられよう。以下に、被験体として、ラットとハトを用いた研究を中心に、これら2つの研究分野について概観することにする。

1. 交替学習の研究

交替学習は、選択事態において、通常2つの選択肢に対する反応を決まった数だけ産出する学習である。単純交替学習では、右左右左…というように、それぞれの反応を一回ずつ行なって交替していくことが要求され、二重交替学習では、右右左左右右左左…というパターンが要求されるわけである。

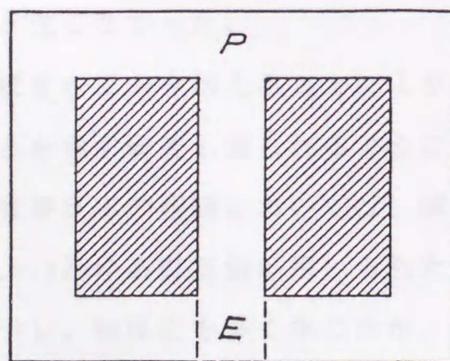


図1-3 時間迷路 (Hunter, 1920より改変; Pは選択点、Eは給餌点兼出発点を示す)

このような学習に関する最初の研究は、Hunter(1920)の時間迷路の研究であるといわれる。時間迷路は、図1-3のような一単位の迷路型の装置であり、被験体のラットはこの中の選択点を繰り返し通過して、右または左に曲がる反応の系列を訓練される。その結果、ラットは左右…の単一交替を学習できることが示されたが、二重交替学習はできなかった。しかしながらこの研究では、10回の反応の系列をひとまとめとして、その中で厳密に二重交替を示している必要があったので、かなり困難な課題であったといえよう。さらに、Hunter & Nagge(1931)は、ラットの二重交替学習は全く不可能ではないが、非常に困難であることを示している。

その後は迷路ではなく、スキナー箱においてレバー押し反応を用いた研究が多くなったが、やはり、単一交替に比べ、二重交替の学習の著しい困難さが指摘されることが多い。Khavari(1970)は2レバー型スキナー箱において、ラットの単一交替と二重交替学習を比較した。その結果、単一交替反応はかなり多く見られたが、二重交替学習はこれよりかなり困難で、正反応は5割に満たなかった。Travis-Neideffer, Neideffer, & Davis(1982)によれば、単一交替は80%の試行で生じるが、二重交替になると、右右左左の4試行系列反応に対して強化が与えられる場合、そのような二重交替系列反応の割合は、50%程度まで低下する。さらに、同じ研究で二重交替の系列が8試行まで延長された場合、すなわち例えば右右左左右右左左という完璧な8反応系列のみが強化される場合には、二重交替は殆ど生じなかった。

一方、様々な訓練手続きの工夫を加えることにより、ラットにおいて二重交替学習が可能であることを示す研究も見られるようになった。Schlosberg & Katz(1943)による二重交替反応の訓練においては、被験体が誤反応をした場合に反対側の反応を許す、いわゆる訂正法が用いられた。被験体のラットは、初め単一交替反応を多く示し、誤反応を多く生じたが、学習が進むと共に二重交替反応をするようになった。ある被験体は、右右左左を1系列として30系列以上正反応を続けたという。また、Warburton & Heise(1972)においても、二重交替学習は非常に困難であり、ラットは初め交替反応を示したが、左左右右の

系列反応の後にブラックアウトを挿入することにより、正反応が飛躍的に多くなることを見いだされた。

以上をまとめると、第1に、ラットにおいては、単一交替に比べて、二重交替学習の著しい困難性をあげねばならない。このことはラット以外の種においても同様に言えることで、例えば、アカゲザルにおいてさえも、二重交替の学習には数百試行を要することが報告されている(Liversey, 1969)。第2に、そのように困難な二重交替学習であるが、訂正反応を許すことによって強化を得る機会を増やしてやったり、強化子やブラックアウトなどの外的刺激によって系列を短く文節に区切ったりする、手続き上の工夫によって、かなり容易になるといえるようである。

2. オペラントスケジュールとしての系列反応パターン学習

交替反応に関する研究は、動物が様々な交替反応を学習できるか、どのくらい長い交替系列を生み出せるか、そして、どのような手続きがこの種の学習を容易にするかなどを問題にしてきたようである。これに対しオペラントスケジュールの枠組みの中では、様々な系列を強化した場合にそれぞれの系列が増加するかどうか、すなわちそのような反応系列は、機能的反応単位、つまりひとつのオペラントとなり得るかかどうか、単位となるならばその単位に対する強化はどのような影響を及ぼすかなどについて研究されてきた。

そのような研究の最初のもものは Catania(1971)による実験であろう。彼はスキナー箱においてハトを変動間隔(VI)スケジュールで強化した。ただし通常の訓練とは異なり、強化を得るためには、一定の反応系列(例えば一定回数右に反応した後に左に反応する、また右左左右と反応するなど)が要求された。このような訓練手続きでは、強化の直前に特定の反応系列が生じていることになるのでそのような系列が形成されるであろう。しかしながらこの研究で分析されたのは2つの選択肢に対する反応率の比のみであり、様々な反応系列がどのように形成されていたのかが明らかにされていなかった。このことは、反応系列パタンの形成という点からは問題であろう。そのような方法的問題を克服

するため、Grayson & Wasserman(1979)は、離散試行事態において1試行の中で2回のキーつき反応をさせ、右右、右左、左右、左左の可能な4種類の系列のうち1つを強化した。その結果、どの系列を強化した場合にも、圧倒的に多く出現した反応系列はその直接強化された系列であった。またそれよりずっと少ないけれども、二番目に多い系列は、右左及び左右の系列を強化した場合には、それぞれ左左及び右右であり、右右及び左左を強化した場合には、それぞれ左左及び右右であった。この結果は、2つの反応からなる系列がひとつのオペラントとなり、機能的反応単位として働くことを示している。

Grayson & Wasserman(1979)の研究は、1つの系列のみを連続強化したものであるが、2つの系列をそれぞれ異なるスケジュールによって強化する、すなわち並列スケジュール事態ではどのような行動がみられるであろうか。

Fetterman & Stubbs(1982)は2反応系列を用いてこの問題に取り組んだ。彼らは、2反応系列として可能な4つの系列のうち、例えば左左と左右をまとめて1つの反応とし、残りの右右と右左をまとめてもう1つの反応として、それぞれのグループをさまざまな並列V I V Iスケジュールで強化して、選択事態を構成した。その結果、2つの反応系列グループ間の反応頻度比と強化比が一致していた。さらに、Stubbs, et al. (1987)は3反応系列を用いて、考えられる8種類の系列のうち4つをまとめて1つの反応グループとし、残りの4系列をもう1つのグループとして、2つのグループを並列V I V Iスケジュールで強化したところ、2反応系列の場合と同様、反応比と強化比の一致を見た。これは、並列V I V Iスケジュールにおいて通常見られるマッチングであり、このことは、反応系列もまた、個々の反応と同様、ひとつのオペラントとして機能することを、さらに強く示唆しているといえよう。

これまでの訓練事態とは幾分異なった手続きを用いて、Schwartz(1980)は、新しい観点から系列反応パタンの形成の問題に接近している。その訓練手続きとは次のようなものである。彼は、通常の装置と同様2つのキーを備えたスキナー箱を用いたが、左側の壁に、5×5の行列の形になったランプの集まりが取り付けられていた。各試行の始まりには、2つのキーと、行列ランプの一番

左上のランプが点灯する。ハトが左キーをつつくと点灯ランプは1つ下へ移動し、右キーをつつくと1つ右へ移動した。すなわち左右のキーをそれぞれ4回、合計8回つつくと一番右下のランプが点灯することになるが、その時点で、どのような順序で左右のキーをつついたかに関わらず、強化が与えられた。その結果被験体は、特定の反応系列を発達させた。この結果は、被験体が反応系列を学習すること、そしてそのような学習は、特定の系列が選択的に強化されない場合にも生じることを示している。そのような反応系列は、いったん学習されると、異なる強化スケジュールに移行した場合にも、特に消去下においてさえも、崩壊しなかったことが別の研究(Schwartz, 1981)で報告されているが、これは、学習された系列の頑健性を示しているであろう。さらに別の研究では、ある一定の系列がF Iスケジュールで強化される場合には、このスケジュール下で通常見られる累積曲線のスキヤロップが得られた (Schwartz, 1982)。この知見は、上述の他のスケジュールを用いた研究と共に、反応系列がひとつの反応単位、またはオペラントを形成することを示唆している。

第6節 微視的分析の理論的検討

1. 微視的最大化理論の長所と問題点

微視的最大化理論は、反応する時点での、もしくは比較的短い時間間隔内での強化が、できるだけ多く得られるように行動するという単純な原理に基づいて、広範なデータを説明できる魅力的な理論である。上述のように、この理論は、マッチング理論に対して互角の勝負をしている。その上、同じ最大化の過程に基づく巨視的最大化理論 (Rachlin, et al., 1981) と比較しても、次のような優れた点をもつ。

第1に微視的最大化理論は、通常よく実験に用いられる動物にとっても無理のないような理論構成をしている。巨視的最大化は、比較的長い時間(1実験セッションなど)を通じての最大化に基づくので、最大化達成のためには、例えば1セッション当りの自らの行動配分とその結果としての強化率を覚えてお

かなくてはならないだろう。しかしハトなどの動物にそれだけの記憶力があるとは今のところ考えられない。さらに、選択研究に最もよく用いられる並列 V I V I スケジュールにおける、選択行動と全体強化率の関係を描いたスケジュール関数を見ると、最大値付近はかなり平坦な曲線となり、多くの場合、理論的最大値付近からかなりずれても、巨視的強化率はそれほど低くならない (Heyman, 1983)。この僅かな差を検知するだけの知覚的能力が動物にあるかどうかは、甚だ疑問である。これに対し、微視的最大化は、一種の弁別学習を要求するのみなので、それほど高度の記憶力を必要としないであろう。さらに、微視的強化随伴性は、普通かなり大きな強化確率差を示すので (Silberberg & Ziriox, 1982; Williams, 1985)、動物にとっても検知し易いと思われる。

第2の長所は、微視的最大化に基づく予測が、様々な事態において経験的に支持されることである。例えば、並列 V I V R スケジュールにおいて、強化の巨視的最大化はマッチングを予測せず、経験的支持を得ないが (Herrnstein & Heyman, 1979)、一方微視的最大化は、反応率がかなり高いと仮定すればマッチングを予測し、実験結果と一致する (Staddon, et al., 1981)。このほかにも2つの最大化を選択場面で比較した実験がいくつかあるが、何れも微視的最大化の予測が支持されている (Boelens, Kop, Nagel & Slangen, 1986, Exp. 2; Silberberg & Williams, 1974; Staddon, 1968)。

以上のように多くの長所を持つ微視的最大化理論であるが、同時に問題点も抱えている。そのひとつは、微視的最大化の過程そのものの実証が、著しく困難なことである。次項で述べるように、微視的最大化を最も直接的に表現すると思われる切り替え反応の分析は、この過程をうまく捉えることができない。

Silberberg & Ziriox (1982) は、完全な微視的最大化が起こっていても、切り替え確率曲線 (10頁参照) にはそれが反映されないことを、コンピュータ・シミュレーションによって“証明”し、批判の矛先をかわそうとしている。しかしこの微視的な過程を実験的な分析によって、完全でないまでもそれに近い形で検証しない限り、大きな問題として残るであろう。

2つ目の問題点は、この理論の適用が、選択事態としては専ら単純並列スケ

ジュールに限られていることである。例えば、もう1つの重要な選択研究事態である、並列連鎖スケジュールにおける分析は殆どなされていない。また、強化量や強化の遅延等の諸次元における選択行動については、理論的には可能性が示唆されてはいるが(Shimp, 1969)、実際には殆ど適用されていない。巨視的マッチングの立場からは、早くからこれらの事態での分析が行われてきた(de Villiers, 1977)。微視的最大化理論が一般行動理論であろうとするならば、これらの事態への体系的な適用が望まれるであろう。

2. 切り替え行動の分析について

微視的最大化理論の検証に当たっては、常にスケジュール間の切り替え行動が重要な測度として取り上げられてきた。それは次の3つの理由によると考えられる。理由の第1は、切り替え行動が、並列V I V Iスケジュールを始めとする多くの強化随伴性において、微視的最大化によって要求され、直観的にも訴えること。第2に、マッチングの予測に反応系列が大きな役割を果たすが、これには当然切り替え反応が含まれる。第3に、微視的最大化に対する反論証拠が、殆ど切り替え反応の条件付き確率に関するものである。

切り替え反応についてより詳しく考察するために、まず問題の発端となったShimp(1966)の実験、及びSilberberg et al. (1978)によるShimpとNevin(1969)の実験の追試における、系列統計量の結果を、切り替え反応の観点からみてみよう。

表1は、各実験における最大化系列内の各反応の条件付き確率を、抜き出して示したものである。以下の分析でも、平均的強化確率の高い方の選択肢への反応をA、低い方への反応をBとする。いずれのデータも、B1回した後ですぐAに戻る確率は最大化理論値の1.0にかなり近いが、A→Bの切り替えについてはそれよりずっと低く、最大化の系列に従っていない。つまり多強化の選択肢から少強化側への切り替え反応は、強化確率の変化を良く追跡していないということになる。

表 1 - 1 Shimp(1966)の実験、およびSilberberg et al. (1978)による ShimpとNevin(1969)の実験の追試における、最大化系列反応の条件付き確率。Aは強化可能性が高い方の選択肢への反応、Bは低い方への反応を示す。各確率は先行2反応の条件付きとしたが、先行反応数によって大きな違いはない。

最大化系列 条件付き確率	… B → A	→ A	→ B	→ A …
	$p(A BA)$	$p(B AA)$	$p(A AB)$	
最大化理論値	1.00	1.00	1.00	
Shimp	.63	.49	.97	
Shimp追試	.60	.46	.95	
Nevin追試	.62	.26	.82	

このように、微視的最大化仮説を支持すると解釈されてきた系列統計量のデータでさえ、実は、切り替え反応の一部分しかその仮説に一致していないことが考えられる。 Silberberg et al. (1978)は、系列統計量の結果に最大化傾向を認めたが、切り替え確率曲線にはこれを認めなかったので、微視的反応構造がみられるかどうかは測度によって異なると述べた。しかしながら、上述の分析によれば測度による差はあまりなく、 Shimpと Nevinの結論の違いはただ、 $B \rightarrow A$ の切り替え確率が高いことに着目するか (Shimpの系列統計量)、 $A \rightarrow B$ の切り替え確率がA連の長さと共に上昇しないことを重視するか (Nevinの切り替え確率曲線)の違いに過ぎないことが示唆される。さらに、Silberberg et al. (1978, Figure 1) による切り替え確率分布は、ShimpとNevin実験の両方の追試において、 $B \rightarrow A$ の確率が第1 B反応後に非常に高く、その後B反応連と共に低下することを示しており、これは上の議論と一致する。

以上の諸結果及び Silberberg et al. (1978)のICT分析の結果 (図1-1)を総合すると、並列V I V Iスケジュールにおける動物の切り替え行動の姿が浮かび上がってくる。それは、基本的には多強化の選択肢に反応し続けつつ、時折 (いつかは明らかでない) 反対側の選択肢へ切り替えて、短期間の反応

(離散試行では通常1回)をした後に元の選択肢に戻るという行動パターンである。このイメージはデータを良く記述し、ある程度微視的の最大化原理にも一致する。すなわち、少強化側反応の強化確率は、切り替え後第1反応の後では急激に低下し、反対側より低くなってしまいうので、すぐ元のスケジュールに戻る事が最大化に合うのである。しかしながら疑問は残る。逆方向の、多強化側選択肢から少強化側への切り替え(A→B)をコントロールしているのはいったい何なのであろうか。

考え方は2つある。1つは、データからそのまま、動物はB→Aという切り替えの強化随伴性には非常に敏感で良くこれに統制されるが、逆のA→Bについては全く鈍感でほぼ出鱈目に切り替えていると仮定することである。しかしこれはB→Aの切り替えルールのみではマッチングを予測できないという点で不十分である。Shimpの実験(1966, Exp. 3)の例で言えば、B1個の後でAに切り替わることは言えても、その前後にAが2個連続することを導くことができないのである。さらに、Staddonらのスイッチングライン分析の結果によっても、完全なランダム性は否定されよう。

2つ目として、A→Bの切り替えは基本的に微視的の最大化に従っていると仮定してみよう。最大化原理に従いながら、切り替え曲線の上昇が得られないということは可能であらうか。可能である。たとえば、自由反応並列V I V Iスケジュールにおける微視的の最大化行動をコンピュータシミュレートし、一方の選択肢に対する反応連の長さの関数として、切り替え確率をプロットした結果は、はっきりした上昇傾向を示していない(Silberberg et al., 1978; Staddon et al., 1981; Silberberg & Zirriax, 1982)。おそらくこれは、普通シミュレーションにおいてはランダムな反応を仮定するために、切り替え反応の変化が反応連と独立になってしまうためであらう(Hinson & Staddon, 1983a)。しかしこの推論も、反応間時間を一定とした離散試行事態には適用されない。特にShimp(1966)の実験では、微視的の最大化は、多強化側での一定数の反応の後、厳密に切り替え反応を要求する。しかしデータはこれを支持していない。それなのに何故マッチングがみられるのであろうか。 Silberberg と Williams

(1974)は、動物は最大化系列を学習するが、実行の段階で前の反応を忘れてしまうので、最大化系列の回りでランダムに反応してしまうと考えた（エラー付き最大化仮説）。この仮説はたくさんの反応を平均して得られるマッチング関係をうまく説明できる。さらに、 $A \rightarrow B$ の切り替え反応にのみエラーが多いのは、次のように考えることができる。それは、普通A反応連は2つ以上続くために忘却の影響を受けやすいことと、Aの強化確率が平均的に高いために、Bの強化確率が一時的にそれより高くなったとしても、その差は比較的小さく、追跡しにくいことによるのである。しかし、動物が最大化系列を確かに学習しているという証拠はまだ得られていない。

切り替え反応を含む分析は、動物の選択行動の微視的側面をある程度解明した。残るは $A \rightarrow B$ の切り替えルールの証拠をつかむことである。これをしない限り、前節で述べたマッチングの理論的予測に対して経験的な支持が得られず、微視的最大化理論は完璧な理論にならない。切り替え反応分析の有用性については疑問視する立場もある（例えば、Shimp, 1982）が、将来もし、新しい測度が開発されるなりして、この過程の確実な証拠が得られるならば、巨視的マッチング理論に対する強力な反論になるのみならず、選択行動全体の解明に大きく貢献することであろう。

3. 行動の微視的分析の重要性

巨視的過程、特に巨視的最大化と、微視的過程との関係について、Hinson & Staddon(1983a)は面白い例え話を紹介している。いまある盲目の人が丘の頂上を目指しているとす。この人にとって、頂上に至る直接の経路を見いだすことは至難である。しかし自分の周りの坂の様子を調べ、とりあえず最も急な方向へ進むことはできるであろう。これによって最も高い頂上へは必ずしも到達できないかもしれないが、少なくとも何らかの頂点にたどりつくことができると思われる。そのような方略を丘登り(hill-climbing)と呼ぶ。この話は巨視的分析と微視的分析の例えとなる。例えばセッション全体を通じてみた強化が最大になるように行動する（巨視的最大化）のは難しいが、ある限られた刺激

状況（時間的手がかりなど）における短期的な（微視的）最大化は比較的容易かもしれないし、それほど悪い結果には至らないであろう。同様に、マッチング法則に一致するように、数セッションにわたる行動を調節するのは困難であろうが、比較的短い時間について、強化の多い方へ行動を増やしていった（つまり改善）、結果的にマッチングに至るのはより容易かもしれない。マッチング法則や巨視的最大化は上述の例ではなんらかの頂点に当り、行動の最終的な定常状態を意味している。一方微視的最大化や改善は丘登りの方略に当り、頂点（定常状態）に達するのにどうすればよいかを教えてくれるという意味で、行動のメカニズムを提示している。この点で微視的分析は非常に重要な意義をもっているといえよう。

1950年代から続く確率学習研究において、主な概念枠組みとなってきたマッチングと最大化が、巨視的最大化も含めてオペラント選択行動の研究の方向を決めるのにも主要な役割を果たしているのは、興味深いことである。これら2つの行動原理は、物を選ぶという心理の、何か根元的なものを表しているのかも知れない。

もし、オペラント選択行動の理論として、巨視的マッチングしかなかったならば、我々は、様々な強化スケジュールのもとでの行動について、今よりずっと乏しい知識しかもたなかったであろう。一口に“マッチングがみられた”と言っても、実際には様々な行動様式が可能である。マッチングは生活体の行動に関して、あまり多くの情報を与えてはくれないのかもしれない（Houston & McNamara, 1981; Staddon & Motheral, 1978）、動物が実際何をやっているのかをもっと細かに調べないと、本当の理解にはつながらないのかもしれない（Timberlake, 1982）。微視的分析がその方向で果たす役割は、小さくないといえよう。例えば改善理論の発展に、モメンタリ最大化をはじめとする微視的最大化理論の影響が、大きく作用したであろうことは否めない。

巨視的マッチング理論と微視的最大化理論の間に起こった選択行動を巡る議論には、その後様々なモデルが参入し、いろいろな角度からの接近が試みられるようになった。それらのモデルの中にも、かなり微視的な水準と思われる理

論化がみられる（例えば、Myerson & Miezin, 1980 のキネティックモデル、Horner & Staddon, 1987 の報酬追跡モデルなど）。微視的最大化理論を始め、これらの理論のさらなる発展が期待される。その中で、よりよくデータに一致する新しい反応ルールに基づく理論の出現も、大いに期待されるもののひとつであろう。

本研究は、オーストリア学派の微視的理論について、これまでの研究のよ
うなことをもとにしてその発展を促すかもし。また、オーストリア学派
の、長期、及び短期の視点を取り入れて、微視的行動論の二つに分けて
その発展を求めようとするものであり、選択理論の行動分析の学とオーストリア
学派の接点を探るものである。さらには、本研究は、オーストリア学派
の二つの学派的な立場をとりながら進められる。

第一に、オーストリア学派の立場から、微視的個人化理論、特にオーストリア学派の
立場は、「選択時に現れた標準の高低の選択型にほかならない」という仮定を
行動理論に適用して、様々な行動現象を説明する。また生活体の行動を二つの
層に分けるという仮定にたもつ可能性をもつ、強力な理論である。しかし、
この理論は、その理論的仮定となる微視的個人化の理論そのものの正当性が
ある。という問題点をもつ。長期的仮定、特にオーストリア学派を基本とした
理論とオーストリア学派の理論とを対比する。そこで本研究ではまず、第一の目的として、
この理論をより明らかにしようとする試みが行われ、検証を要する。これ
により、微視的理論に関する研究の発展の基盤がより固まると考えらる。この
問題は、第二層で検討される。

第二に、これまで微視的理論に関する研究は、微視的個人化理論にほかな
らずこの理論の予測の検証に限られてきたことがあつた。このことは、これま
での研究が、選択時に現れた標準の高低の選択型と二つの仮定を適用して来たこと
を意味している。しかしながら本研究は、微視的個人化理論を適用しているのは、この
仮定のみではないかもしれない。例えば、同じように一方の標準の高低の選択
型と二つの仮定を用いた場合でも、その結果的な標準の高低の選択型と二つの

第2章

研究の目的と一般的方法

第1節 研究の目的

本研究は、オペラント選択行動の微視的過程について、これまでの研究の道すじをたどることによってその到達点を明らかにし、さらに、新たな実験手続き、変数、及び理論的視点を導入することにより、微視的行動過程についてさらに解明を進めようとするものであり、選択行動の行動分析的研究に新たな足がかりを得ようとするものである。より具体的には、本研究は、以下に述べる3つの下位目的を達成することから構成される。

第1章第6節で述べたように、微視的最大化理論、特にモメンタリ最大化理論は、「選択時に強化確率の高い方の選択肢に反応する」という比較的簡潔な行動原理に基づいて、様々な行動現象を説明でき、また生活体の行動をより詳細に分析する力強い武器になる可能性をもつ、魅力的な理論である。しかしこの理論は、その理論的根拠となる微視的最大化の過程そのものの実証が困難である、という問題点をもち、巨視的理論、特にマッチング法則を基本的行動原理とする立場から批判されている。そこで本研究ではまず、第1の目的として、この過程をより明らかにとらえうる実験手続きを開発し、実証を試みる。これにより、微視的過程に関する研究の実証的基盤をより固めたいと考える。この問題は、第3章で検討される。

第2に、これまで微視的過程に関する研究は、微視的最大化理論に導かれ、専らこの理論の予測の検討に限られてきたきらいがある。このことは、これまでの研究が、選択時における相対的な強化確率という変数を重視してきたことを意味している。しかしながら実際は、微視的過程を統制しているのは、この変数のみではないかもしれない。例えば、同じように一方の選択肢の強化確率が他方より相対的に高い場合でも、その絶対的な確率の値が高い場合と低い場

合とがあるであろう。また、選択肢間の相対的關係が逆転する場合、それまで相対的に確率の低かった選択肢が上昇する場合と、高かった選択肢の確率が下降する場合とが考えられる。これらの変数について検討することは、これまで見逃されてきた行動統制変数、あるいは行動原理の発見につながるかもしれないし、そのことによって、これまで微視的過程の検証が困難であったことの解明の糸口がつかめるかもしれない等の点で、大きな意義をもつものといえよう。以上から、本研究の第2の目的は、微視的過程における新たな統制変数を明らかにし、これまでとは別の方向から、その機構を明らかにすることである。この点は、第4章において検討される。

第3に、オペラント選択行動の分析レベルの問題は、微視的過程と巨視的過程のどちらを本質的なものとみるか、という論争を中心に展開され、それとの関連で、微視的過程がいかによく巨視的行動を説明できるか、という点が主に検討されてきた。しかし最近、微視的過程を巨視的行動のメカニズムとしてとらえたり、両者を対立するものと考えたりするのでなく、2つの水準の随伴性が互いに補う形で並存しうるのではないか、という見方がされるようになってきた。この点について本研究では、第3の目的として、微視的及び巨視的の2つの随伴性がどのように関わり合って行動を支配しているのかを明らかにしようとし、さらには2つの過程の理論的統合の可能性を探る。これらの議論は、第5章及び第6章において展開される。

第2節 研究方法の一般的特徴

第1節で述べた諸目的を達成するために、本研究では、いくつかの実験を行ない、実証的な結論を導いていきたい。以下にこれらの実験の方法的特徴について述べ、研究の性格を明らかにしたいと考える。

1. 実験装置

実験を行なう装置は、いわゆるスキナー箱である。この装置は、別名オペラント実験箱と言われるだけあって、オペラントスケジュール実験において標準的に用いられるものである。関連の研究においても、ほとんどがこの型の装置を用いている。本研究でもこの装置を用いることによって、他研究との比較や類推の議論が保証されるであろう。実際の実験においては、同規格の実験装置を複数台同時に作動させ、複数の被験体について平行して実験を行なうようにしてある。

2. 被験体

実験に使用する被験体は、ハトである。これは、オペラント行動研究に最も多く用いられてきたのがハトであることによる。すなわち、類似の実験研究と同じ種の被験体を用いることは、比較や類推の議論を促進するであろう。

次に心理学実験の被験体としてのハトの特徴について述べたい。

(1) かなり長命であり、丈夫である。

オペラント行動実験においては、個体の行動を重視するため、かなり長い間実験に供する事が少なくない。そのような場合何よりも大切なのは、生体の側の生理的・心理的条件の安定性である。そのような意味から、長命かつ丈夫であることは、加齢や病気による様々な変化をもたらさず、安定した実験条件を生むであろう。

(2) 視覚的能力に優れる。

行動実験においては、刺激の弁別が大きな役割を果たす場合が少なくない。

特にオペラント実験において、多数のスケジュールを平行して与える場合など、それらのスケジュールを弁別するのに視覚刺激、特に色を使うのが一般的である。その点、視覚的能力、特に色覚が優れているハトは、このような複雑な実験にも十分耐えるといえよう。

3. 実験計画と統計処理

学習心理学の研究領域において、大きく分けて次のような2つの研究法上の流れがあるように思われる。

伝統的な学習理論、例えばHull, C.L.の流れをくむ研究で行なわれる実験においては、通常かなり多くの被験体を用いて、被験体間変数による実験計画を採用する。そして結果の処理に際しては、統計的手法を積極的に用いて、群間の有意差検定によって結論を出す。

一方オペラント心理学、すなわちスキナー(Skinner, B.F.)派の実験では、被験体数が比較的少なく、1実験について通常3~4、多くても6~8程度である。従って被験体間の条件比較は行なわれず、被験体内変数に基づく個体重視の実験計画が用いられる。結果の処理に際しては、統計的手法、特に有意差検定は用いられない(Branch, 1992)。

本研究における実験のうちいくつかは、上記のうち伝統的な方法論に立っており、その他の実験はオペラント心理学の方法に則って計画されている。このような違いは、主にそれぞれの実験が生まれた背景による。すなわち、いわゆる確率学習の研究は、伝統的な研究の枠組みで発展してきたので、本研究においても、確率学習的な実験はそのような方法的特徴をもつ。一方、オペラントの枠組みでの選択行動実験は、当然スキナー流の方法によっているのである。

しかしながら本研究では、このような区別が完璧になされているわけではない。すなわち、実験によって方法上異なっているのは、被験体の数、及び群間比較か個体の分析か、についてのみであって、統計的手法については、全ての実験で同様の立場に立っている。すなわち、可能な限り統計的分析、特に条件差の有意性検定を行うということである。この点で本研究の立場は、小牧

(1992)に近い。個体の分析における統計的手法に関しては、最近詳しい議論がなされており、データの性質によっては適応可能なものもあることが指摘されている(例えばBarlow & Hersen, 1984)。

4. 独立変数(強化変数)について

微視的研究の目的は、時々刻々変化する強化随伴性に対して、行動がどのように変化するかを明らかにすることである。すなわち、微視的な強化随伴性を独立変数と見なすことができる。この随伴性を具体的に何によって定義するかは、今のところ大きく分けて2つ考えられる。

まず1つは、強化確率である。確率学習の実験は当然のことながら、強化確率を独立変数としている。また Shimp(1966)は、オペラント選択行動研究によく用いられる並列V I V Iスケジュールの強化随伴性を、強化確率でシミュレートした離散試行事態を考案し、ハトの行動が、この強化確率の変化をかなりよく追跡することを見いだした(第1章参照)。その後、強化確率を変数とした実験はかなり多くみられる(例えば、Silberberg & Williams, 1974; Hiraoka, 1984)。

次に考えられるのは、強化の率(rate)、すなわち単位時間当りの強化数である。Silberbergらは、生活体は強化の確率よりも強化の率に敏感であるとして、強化率を独立変数として分析する、モレキュラ最大化モデルを新たに提唱した(Silberberg & Zirias, 1982;1985、本論文第1章参照)。

本研究では、以上述べた2つの強化変数のうち、強化確率を一貫して採用する。その理由は、強化確率は、微視的な随伴性を、より厳密に操作できると考えられるからである。例えば強化の率を考えてみると、これは時間スケジュールになるので、強化率の設定にはある程度長い時間が必要であり、短い時間間隔について正確に規定するのには、無理があると思われる。これに対し、強化確率は、離散試行を用いて試行間間隔を短くすれば、かなり微視的な随伴性構造も実現可能であろう。以上から、強化確率の方が微視的分析に適していると思われる。

第3章

種々の強化スケジュールにおける微視的最大化過程の検討

第2章で述べたように、本章の目的は、微視的過程の実証的基盤をより固めることである。そのために3つの実験を行った。

第1節 確率学習事態での検討 (実験1)

1. 目的

第1章で述べたように、確率学習の実験は伝統的に、弁別学習課題場面において2つの選択肢への反応を確率的に強化してきた。例えば位置弁別課題では、右側70%左側30%の試行で強化され、視覚課題では白刺激70%黒刺激30%の試行で強化される、というようにである。このような実験手続きで得られた結果は、ほとんどの場合、1セッション当たりというような多くの試行を通じての、選択肢間の相対反応数から分析されてきた。そしてそれに基づいて、確率マッチングや最大化といった選択パタンの観点から論議されてきたのである。

以上のような研究の進め方は、行動分析のレベルの観点からいえば、巨視的分析であるといえよう。これに対し、本研究で進めようとする微視的分析の立場からは、時々刻々変化する強化随伴性と選択行動との関係が問題となる。生活体はそのような随伴性に敏感で、その行動はよくこれに制御されるのであろうか。このような問題に接近するひとつの方法は、以前の反応や強化に依存する系列依存的反応の様々なパターンに対し、差別的に強化を与える手続きであろう。すなわち、確率学習実験でいえば、例えば直前の試行においてどちらの選択肢で報酬を得たか、あるいはどちらの選択肢に反応したか、等によって現試行における各選択肢での強化確率が異なるようにするのである。

Witte(1959)は、直前試行で報酬が与えられた位置と逆の位置に対する反応(以下“報酬交替反応”という)を確率的に強化した。すなわち、ラットに対

し、T迷路において直前の強化位置と同じ位置に報酬が置かれる確率が.10、逆の位置に置かれる確率が.90であるような強化系列が、最大400試行与えられた。その結果、試行間間隔8秒条件において、報酬交替反応の割合が.80を越えていた。この研究は、ラットが徹視的な強化確率の変化を学習し、ラットの行動がそのような随伴性に制御されることを示唆すると思われるが、しかし、いくつかの問題点をもっている。すなわちその1つは、報酬交替反応とそれ以外の反応（報酬固執反応）との間に強化確率の差がないようにした統制群も.70を越える報酬交替反応を示し、さらにこの群と実験群の遂行の差が統計的に処理されていないことである。第2は、報酬交替反応の強化確率が.90と高いために、左右左右……という単一交替強化が続く場合が多く、反応交替反応が強化された可能性も否定できないので、そこでの学習の内容が特定できないことである。生活体がこの種の確率的強化スケジュールを学習できることをより確実に示すためには、他の強化確率、特に.90より低い確率で調べてみると同時に、統制群との差をより明確に示す必要があるであろう。

Williams(1972)はラットを用い、直前試行での選択反応が強化された場合はそのレバーと同じレバーへの反応(win-stay反応)を、また直前試行が非強化であった場合は、異なるレバーへの反応(lose-shift反応)をするように、訓練した。その結果、これらの反応の強化確率が.85で、1反応を5回ないしは15回のレバー押しと定義した場合にのみ、80~100%のwin-stay, lose-shift反応がみられた。一方、強化確率が.65の場合や、1反応を1回のレバー押しとした場合にはこれらの反応がかなり少なくなった。

ハトを被験体とした研究には、Shimp(1976)の研究がある。彼は訂正法によって毎試行強化を得る(winで終わる)ようにして、win-stay反応を80%、win-shift反応を20%の試行で強化する条件と、強化確率がこの逆、つまりwin-shiftが80%、win-stay 20%の条件を与えて比較した。その結果、試行間間隔が0.5秒と最も短い場合に限り、前者の条件ではwin-stay反応が、後者の条件ではwin-shift反応が、それぞれ80%を越えていた。試行間間隔がこれより長くなるにつれ、そのような反応の割合は80%より低くなっていった。そしてい

ずれの場合にも、win-stay反応.80 強化条件での win-stay反応が、win-shift 反応 .80強化条件での win-shift反応に比べて多くなる傾向がみられた。

このように Williams(1972)やShimp(1976)の研究は、条件は限定されるものの、ハトやラットが微視的な強化確率の変化を学習できることを示しており、さらに系列依存的反応についても、反応の比率が強化確率を上回る、いわゆる最大化が起こりうることを示唆しているであろう。しかしながら、これらの研究においては、適切な統制群が設けられていなかったために、得られた結果がどれだけ微視的な随伴性そのものによるものなのかが明確でない、という欠点がある。

以上の諸点を考慮して、本実験では、学習が比較的困難とみられる win-shift反応に注目し、これを.80の確率で強化する。さらに統制群として強化確率を .50とした条件を設けて、両条件の win-shift反応の比率を比較する。これが本実験の第1目的である。目的の第2は、win-shift 反応の比率がこの反応の強化確率を上回るかどうか、すなわち最大化の傾向がみられるかどうかを検討することである。また、この種の問題については研究数があまり多くないハトが、被験体として用いられている。

2. 方法

1) 被験体 伝書バト10羽を用いた。これらは地元近郊の業者から購入した成鳥（実験開始時で当歳ないし3歳程度）であり、実験歴はない。なお雄雌は確認されていない。各被験体は、実験を通じ、飽食時の約80%の体重を維持するように食餌統制された。

2) 装置 ハト用の標準的スキナー箱2台が用いられた。これらは、米国のGerbrands社製で、大きさは約30cm×30cm×27cm(内寸)であり、防音箱に入れられた。前面に反应用キーが3個ついているが、実験では左右の2つのキーを用い、真ん中のキーは不使用とし、テープで蓋をしてある。左キーは常に緑、右キーは常に赤色に照射される。真ん中のキーの下方にある強化子提示装置から、ハトは報酬として穀物配合飼料を所定の時間だけ消費できるようになって

おり、強化子提示中は付属の豆球が点灯する。天井前方には室灯があり、これによって装置内部が照らされた。各スキナー箱は、デジタル入出力インターフェース（吉喜工業社製 Bull I/O #1）を通して、パーソナル・コンピュータ（NEC PC-9801VM）に接続されている。実験の制御及びデータの記録はすべてこのコンピュータによって行なわれた。なお、制御・記録用プログラムは N-88BASIC で書かれている。

3) 実験計画 実験群、統制群とも同じように、左右のキーにおいて等確率、つまり .50 : .50 で報酬が与えられた。2つの群で異なるのは、微視的な強化随伴性である。すなわち実験群では、直前試行で強化が得られた反応キーと同じキーへの反応が .20 の確率で、反対側のキーへの反応が .80 の確率で強化された。統制群では、これら2つの確率がいずれも .50 であった。各試行、どちらか一方のキーに強化が準備され、どちらに準備されるかは、上で述べた強化確率構造に従って予め決められた系列による。系列は各群8種類ずつ作成され、訓練日毎に変えて用いられた。

4) 手続き 予備訓練として、標準的なマガジン訓練の後に、中央のキーを用い、これを白色に照らして、自動反応形成によるキーつつき反応の習得訓練が行なわれた。これに続き、左右のキーをそれぞれ赤と緑色に照射して、つつき訓練を行ない、連続強化から強化確率を次第に低くしていき、.20 の強化確率によって、両方のキーに対する安定したつつき反応がみられるようにした。

本訓練の開始に当たり、10羽の被験体を無作為に5羽ずつの2群に分け、それぞれ実験群と統制群とした。これら2つの群には、実験計画で述べた強化随伴性による訓練が、それぞれ1日1セッション50試行ずつ、60セッション与えられた。

各試行は、ハウスライト及びキーライトの点灯と共に始まる。左右いずれかのキーに対して、1回のつつき反応が生じることをもって選択反応とした。本訓練を通じ、訂正法が用いられた。強化が準備されたキーが選択された場合は、すべてのライトが消え、強化子として穀物飼料（提示2秒間）が与えられ、続いて試行間間隔2秒（ブラックアウト）が与えられて、直後に次試行が始まる。

強化が準備されていないキーが選択されたときは、そのキーのライトのみ消え、反対側のキーへの反応により、強化子と試行間間隔が与えられて次試行に移る。

3. 結果

この実験は win-shift反応を確率的に強化しており、訓練を続けるにつれてこの反応が多くなっていくかどうか、を問題にしている。従ってここでは、win-shift 反応の割合を分析した。本実験では、各試行が訂正法により必ず報酬を得て終わるので、lose-shift反応やlose-stay反応は存在しない。すなわち、win-shift反応の割合は、

$$\frac{\text{win-shift反応数}}{\text{win-shift反応数} + \text{win-stay反応数}}$$

によって求められた。

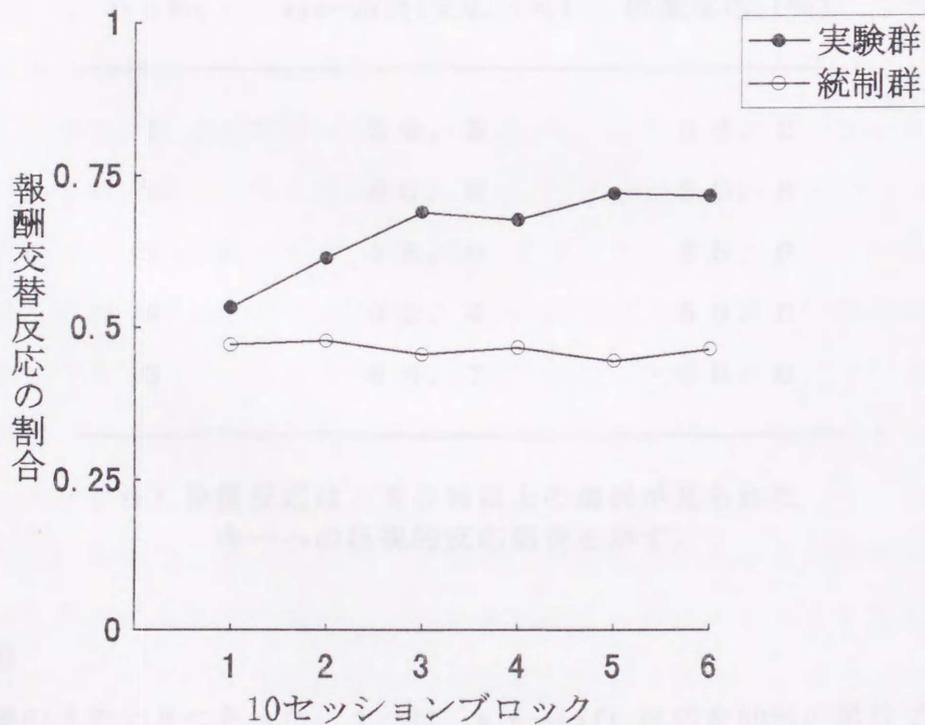


図 3 - 1 各群の報酬交替反応の割合

まず、図3-1により、訓練を通じての実験群と統制群の遂行を比較してみよう。最初のブロックでは両群の差はほとんどないといってよいが、訓練が進むにつれて差が大きくなっていった。最終ブロックまでに実験群の win-shift 反応の割合は.75付近に達しているが、一方、統制群の反応は.50を若干下回っている。群×ブロックの分散分析の結果、群の主効果 $[F(1, 8)=9.224, p<.05]$ 、ブロックの主効果 $[F(5, 40)=2.629, p<.05]$ 、及び群×ブロックの交互作用 $[F(5, 40)=4.200, p<.01]$ が有意であった。

次に実験群の5羽のハトについて、最終10セッション、つまり図3-1でいえば第6ブロックにおける、個別別の win-shift 反応の割合を、表3-1に示す。5羽中2羽が、強化確率の80%を越え、さらに90%をも上回る反応を示した。

表3-1 最終10セッションにおける実験群の個別別遂行

ハトNo.	win-shift反応 (%)	位置反応 (%)
1	59.5	58.2
2	90.8	50.8
3	48.6	85.6
4	92.4	50.0
5	66.7	60.0

注) 位置反応は、50%以上の選択が見られたキーへの巨視的反應割合を示す。

4. 考察

本実験の目的は2つあった。1つは、win-shift 反応を80%の試行で強化した実験群と50%強化した統制群の間で、win-shift 反応の割合に差がみられる

かどうかを確かめることであった。結果は、両群間に明らかな差を示していた。従来、win-shift反応やwin-stay, lose-shift反応などを確率的に強化した実験的研究は、ハトやラットなどの動物がこの反応を学習できることを示してきたが(Shimp, 1976; Williams, 1972; Witte, 1959)、それらは適切な統制群をもたなかった。それゆえ、得られた高率の特定反応パタンのうちどれだけが、設定された強化スケジュールによるものか、が明確でなかった。本実験では、そのような統制群を設けたところ、実験群の win-shift反応割合が、統制群のそれを大きく上回った。さらに本実験では、巨視的な強化確率を訂正法により2つのキーで等しく設定し、微視的随伴性のみを変数としていた。従って以上の結果は、平均値でとらえた場合、微視的随伴性が確かに行動を制御していることを示している。このことは、動物がこのようなスケジュールを学習できることを、従来の諸研究よりも明確に示しているといえよう。

もう1つの目的は、ハトの win-shift行動が、それに対する強化確率を越えて100%へ向かうという、いわゆる最大化の傾向を示すかどうかを調べることであった。この点から実験群の遂行をみると、平均値は75%付近にとどまっております。被験体全体としてみる限り、最大化を示しているとはいえない。そこでより詳しくみるために、実験群の5羽について、個別に検討したところ、2羽のみではあるが、最大化傾向を示していた。これらの結果は、すべての被験体についてはないが、最大化が生じることを示しており、モメンタリ最大化理論を支持する結果であるといえよう。平岡(1977b)は本実験と同様の実験をラットを用いて行ったが、かなり多くの被験体が最大化傾向を示していた。これらの研究は、モメンタリ最大化過程が、様々な動物において無視できない割合で生じることを示しているであろう。

それでは、最大化を示さなかった被験体は何をしていたのであろうか。表3-1には位置反応も示しておいた。これを見ると、最大化を示した2羽の被験体(ハトNo. 2とハトNo. 4)には全く位置偏好が見られない。最大化を示すということは、この場合、直前の報酬位置と逆のキーに反応することを示すのであり、その報酬位置が左右同じ割合で設定されていたことを考えると、この結

果は当然と言える。最大化を示さなかった残りの3羽のハトのうち、比較的大きな位置偏好を示したのは1羽（ハトNo. 3）にすぎない。あとの2羽（ハトNo. 1とハトNo. 5）は、位置反応をしていたともいえず、2つのキーに等しく反応していたともいえないような、中途半端な行動をしている。さらにこの2羽については、win-shift 反応の割合が50%より幾分高いことも見逃せない。おそらくこの2羽は、強化スケジュールに従って win-shift行動をしつつ、同時に他の何らかの反応傾向にも従っていたので、単一の反応方略としてはとらえにくい行動をしていたのではないかと考えられる。

第2節 並列スケジュールの特徴をもつ離散試行事態での検討（実験2）

1. 目的

モメンタリ最大化過程の検討は、前節（実験1）で行ったような伝統的な確率学習実験だけでなく、離散試行事態に限ってみても、様々な実験場面で行われてきた（Shimp, 1966; Nevin, 1969; Silberberg, et al., 1978; Silberberg & Williams, 1974; Williams, 1985）。この中で、最も成功裏にモメンタリ最大化過程を示していると思われるのは、Silberberg & Williams (1974) のハトを被験体とした実験である。彼らは、キー間の切り替え反応のみを確率的に強化した。そしてその強化確率は、切り替える前のキーでの連続反応の関数として上昇していった。Silberberg & Williams (1974) の実験では、モメンタリ最大化は厳密な単一交替行動を予測する。一方マッチング理論は、片方のキーに .57の試行で反応することを予測する。実験の結果として、ハトは交替行動を示し、両方のキーに同回数だけ反応したのである。従ってこの研究は、微視的レベルと巨視的レベルの両方で、モメンタリ最大化を示すものとされた。

しかしながら、Stubbs, et al., (1987) も指摘するように、交替反応は、強化スケジュールによって要求されない場合にも、起こりうるのである。彼らは、相対的強化率の変化に関係なく、厳密な単一交替反応が生じると示唆している。もしそうならば、Silberberg & Williams (1974) の実験で見いだされた交替行

動は、必ずしも実験者によって設定された強化確率の変化を追跡することによって得られたものではないかもしれない。すると彼らの研究結果は、モメンタリ最大化を支持するものとは言えなくなる。この問題点を克服するためには、他の反応パターンを研究する必要がある。本研究では、単一交替反応“右左右左…”ではなく、例えば“右右左右右左…”という反応パターンがモメンタリ最大化と一致するように強化随伴性を設定した。もし動物がこのような反応パターンを示すならば、モメンタリ最大化過程が存在することのより一般的な証拠となるであろう。

本実験は前節の実験1に比べ、もう1つの重要な特徴をもっている。選択行動の実験的研究は、いわゆる確率学習場面のみならず、むしろ自由反応場面を用いた、並列オペラントスケジュールにおいて多く行われてきた。従って微視的分析はそのような事態でも行う必要があるだろう。選択行動研究に通常よく用いられる並列スケジュールは、並列V I V I スケジュールおよび並列V I V R スケジュールである。本実験では、このうち後者の並列V I V R スケジュールを考慮した。V R スケジュールはある回数（不定）だけ反応した後に強化子が準備されるというスケジュールなので、どのような反応の仕方をしていても強化確率は常に一定であるが、一方、V I スケジュールでは、ある時間（不定）経過後に強化子が準備されるので、V I 選択肢への反応が強化される確率は、その反対の選択肢で長く反応した後ほど高くなるという性質がある。実験2では、このような通常のオペラントスケジュールを模した離散試行事態において、微視的過程が検討された。

なお、本実験以降のすべての実験において、特別な指示がない限り、左右2つのキーのうち一方への反応をA、他方への反応をBと記す。

2. 方法

1) 被験体 米国Duke大学心理学実験室で飼育されていたハト3羽を用いた。実験歴については何の情報も与えられなかったが、予備訓練を通じて、3羽中2羽が実験的にナイーブであり、残る1羽はキーつつき訓練を受けた経験をも

っているように思われた。各被験体は、実験を通じ、飽食時の約80%の体重を維持するよう食餌統制された。

2) 装置 プレキシガラスとアルミニウム板で自作した、標準的な2キー型スキナー箱が用いられた。大きさは内寸で30cm×30cm×30cmで、防音箱に入れられた。アルミニウム板の前面には反应用キーが2つ並んでおり、左側のキーは常に緑、右側のキーは常に赤色に照射される。キーの中間下方には強化子提示装置があり、ハトはそこから報酬として穀物配合飼料を所定の時間だけ消費できるようになっている。強化子提示中は、強化子提示装置に付属の豆電球が点灯した。天井中央には室灯があり、これによって装置内部が照らされた。スキナー箱は、自作のデジタル入出力インターフェースを通して、SYMワンボード・マイクロ・コンピューターに接続されている。実験の制御及びデータの一次的記録はすべてこのコンピューターによって行なわれたが、マイクロ・コンピューターのメモリ容量が少ないので、データは、実験セッションが終わる度に、オンライン接続されているパーソナル・コンピューター（IBM）のハードディスクに転送され保存された。

3) 強化確率 各セッションの最初の3試行では強化は全く与えられなかった。第4試行以後、反応Aは、先行する反応の系列に関わらず、.15の確率で強化された。反応Bへの強化確率は、当該試行を含む先行する4試行での反応系列によって、異なっていた。もしその系列が“B A A B”であれば、系列最後の、すなわち当該試行での反応は.30の確率で強化された。また、もし“A A A B”であれば、強化確率は.90であった。その他の場合、たとえば“A B A B”、“A A B B”、“B B B B”などの場合はすべて、先行反応系列にかかわらず.05の確率で強化された。条件つき確率の記法を用いるならば、以上の随伴性は次のように表現できる。

$$p(A) = .15, \quad p(B) = .05, \quad \text{ただし } p(B | BAA) = .30, \quad p(B | AAA) = .90$$

4) 手続き 予備訓練として、標準的なマガジン訓練の後に、キーを2つとも白色に照らして、手動によるキーつつき反応の習得訓練が行なわれた。これに続き、連続強化から強化確率を次第に低くして行って、最終的に.20の強化

確率によって、両方のキーに対する安定したつつき反応がみられるようにした。

本訓練に入ると、各被験体に対し、上述の強化随伴性に従い、毎日 133 試行が与えられた。各試行は、室灯およびキーライトの点灯とともに開始された。どちらかのキーに対し 1 回のつつき反応がなされると、すべてのライトが消え、それと同時にマイクロ・コンピュータが、その反応が強化されるかどうかを決定した。

このような訓練（以下“強化訓練セッション”）が 80 セッション行われた後、消去セッションが与えられた。これはどのような反応系列に対しても強化を与えない点を除き、それまでと同様の手続きで行われた。消去セッションは 2 羽の被験体については 2 セッション与えられ、残りの 1 羽については、遂行が安定しなかったため 3 セッション与えられた。

3. 結果

1) 反応連の相対頻度 微視的反應構造は、他のキーへ切り替える前になされた反応の連を分析することによって、表現することができるであろう。例えば、もし被験体が“AAA BBA A A B B …”という反応系列を多く生み出したならば、A の連の長さについては 3 の頻度が、B の連については 2 の頻度が、最も多くなるであろう。図 3-2 は、A におけるそのような反応連の相対頻度を、強化訓練の最終 5 セッションについて、及び消去の全セッションについて示したものである。また図 3-3 は、B について同じものを示している。図中“ランダム”と表示された曲線は、選択反応が先行反応に系列的に全く依存しないと仮定して得られたコンピュータ・シミュレーションである。その求め方は次のようである。

パソコン(PC-9801)の BASIC プログラムにより、乱数 n ($0 \leq n < 1$) を発生させる。この n が、シミュレーションの対象となる期間（強化訓練の最終 5 セッション及び消去セッション）を通してみた A の割合より小さいならば、その試行での反応が A であると考え、もし n がこの値より大きいならば、B が生じたと考える。このことにより、シミュレーションにおける A と B の比率は、

実際の行動におけるそれと理論的には等しくなるはずである。これを 133 回繰り返し、1 セッションのシミュレーションとした。合計 1,000 セッションのシミュレーションを行って、A, B について連の長さ 1, 2, 3, 4, 及び 5 以上の頻度をそれぞれ算出し、それらを全ての連の頻度の合計で割って相対頻度とした。

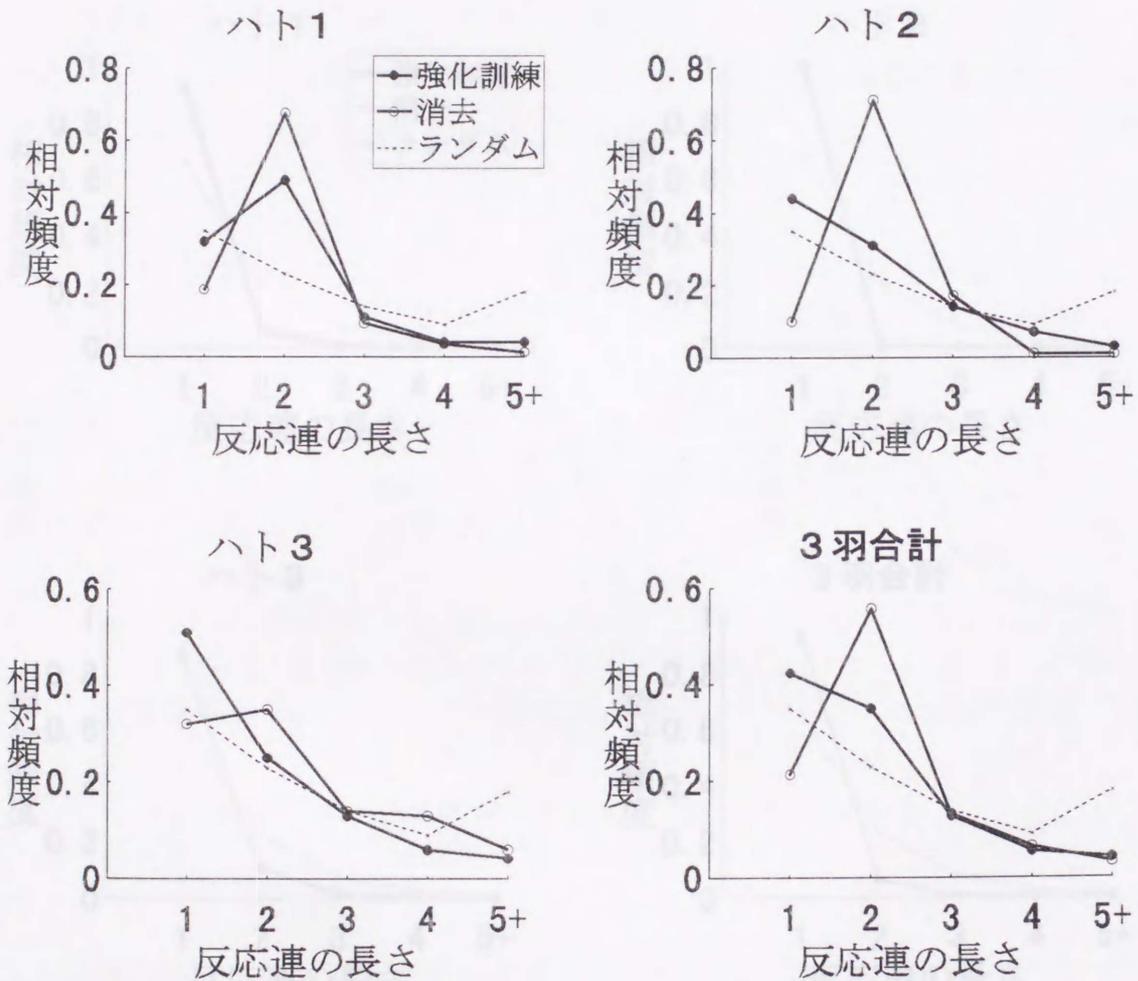


図 3-2 A 反応連の長さの分布：破線は選択反応が先行事象に依存しないと仮定したときのシミュレーション

まず、図 3-2 に示されている A 反応の強化訓練セッションにおける個別データを見てみよう。ハト No. 1 は 2 の連の頻度が最も多く、他の 2 羽のハト

は1の連が最も多くなっている。また、3羽とも比較的短い連（1または2）の頻度がシミュレーションの値より高く、3以上の連はシミュレーション値より低いことが共通している。3羽の平均グラフでは、1の連が最も多くなっている。一方消去セッションになると、3羽のハトの個別データ及び平均グラフは、すべて連2の頻度が最大になるという、共通のパターンを示した。

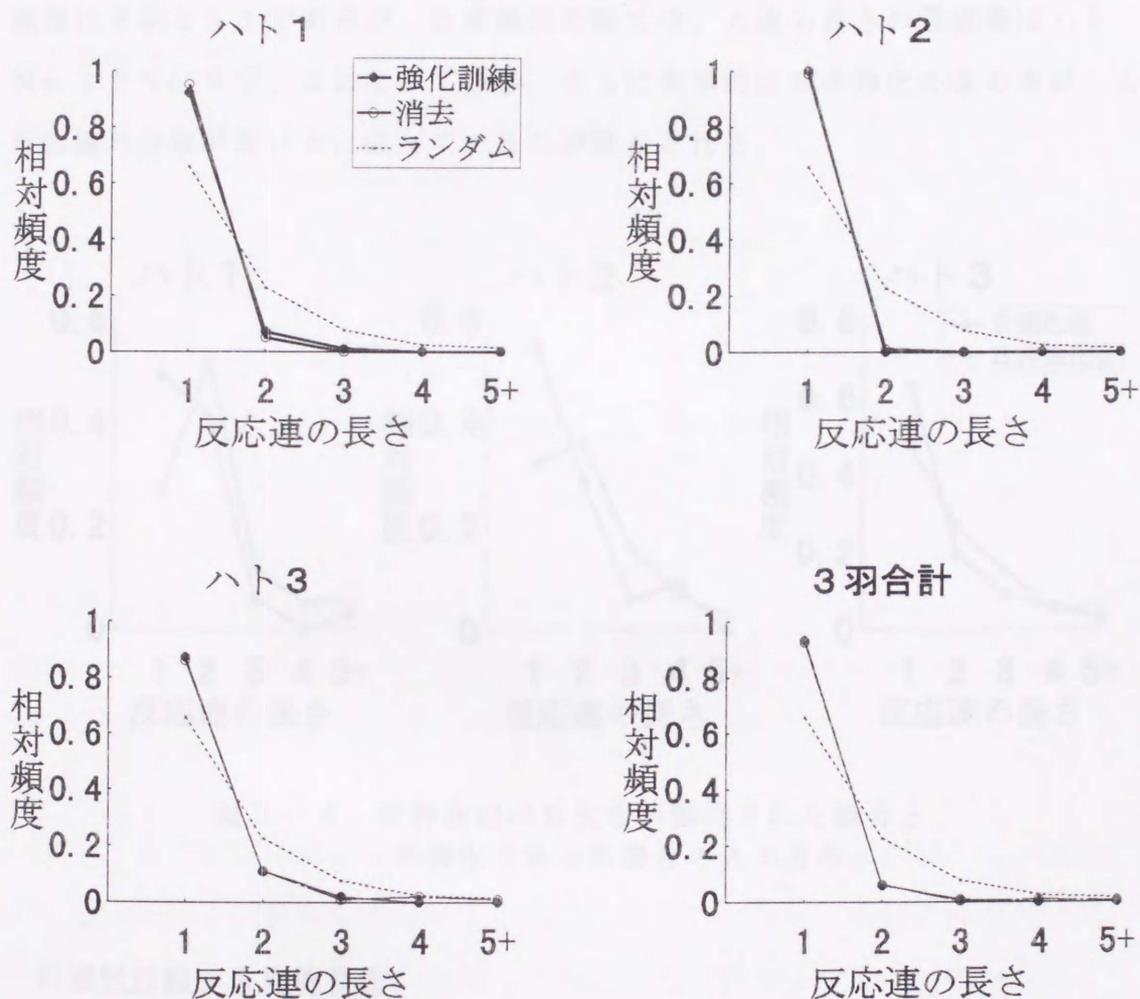


図 3-3 B 反応連の長さの分布

次に図 3-3 に示されている B 反応連の個別データを見てみると、全被験体について、強化訓練及び消去セッションとも、1の連が圧倒的に多く、2以上の連はほとんど見られないといってよい。シミュレーションと比べても、1の

連はシミュレーション値をかなり上回り、2以上の連は下回っている。従って、AからBに切り替えた後はBを1回だけして、即座に再びAに戻るというパターンが示されている。

A反応連についてより詳しく分析するために、A反応連の長さの分布（図3-2）を、Aに切り替える直前のBが、強化された場合と強化されなかった場合とに分けて示したのが、図3-4である。B強化の後では、A連の長さの最頻値は3羽とも1であるが、B非強化の後では、A連の長さの最頻値はハトNo. 1とNo. 2で、2になっている。さらに全体的にB非強化の後の方が、A反応連の分布が長い方に偏っているのが読みとれる。

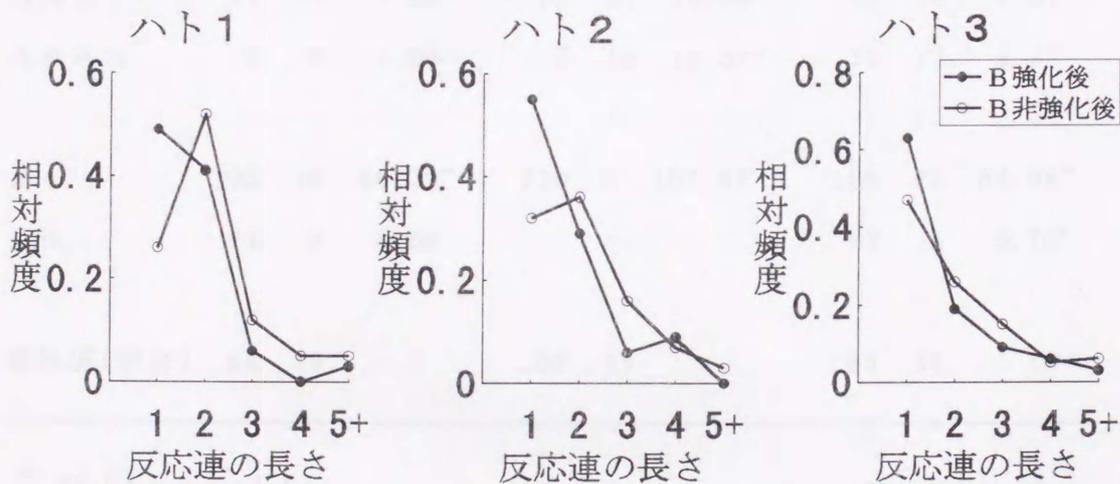


図3-4 交替直前のB反応が強化された場合と非強化であった場合のAの分布

2) 選択行動の系列依存性

本実験では、先行するいくつかの反応系列に依存して、強化随伴性が設定されていた。すなわち反応の系列依存性を訓練したとも言える。従って、実験結果の分析においても、系列依存性を取り上げる必要がある。反応連の相対頻度にも、系列依存性はある程度含まれていたと考えられるが、ここではより直接に系列依存性に焦点を合わせて分析した。

表3-2 強化訓練最終5セッションにおける同一反応からなる様々な先行系列後のA、B反応数

先行反応系列	ハトNo. 1			ハトNo. 2			ハトNo. 3		
	A	B	χ^2	A	B	χ^2	A	B	χ^2
強化訓練セッション									
A	141	66	.88	120	94	11.55**	103	107	17.54**
AA	39	102	86.42**	53	67	28.30**	51	52	8.04**
AAA	17	22	7.86**	22	31	15.58**	23	28	7.01**
AAAA	9	8	1.09	7	15	12.32**	11	12	2.27
B	195	16	69.72**	219	0	107.87**	186	27	54.06**
BB	14	2	3.56				23	4	5.70*
期待値(割合)	.65	.35		.67	.33		.63	.37	

** p<.01, * p<.05

まず、先行するA及びBそれぞれの連続するいくつかの反応数の後の試行における、AとBの割合を分析した。表3-2と3-3に、強化訓練及び消去におけるその結果を示す。3羽のハトに共通しているのは、先行反応系列としてBを取り上げた場合、完全に或いはほとんど、Aのみが生じるということである。さらに先行系列としてBが3つ以上続くことはなく、ほとんどその連の長さは1である。これは、上で述べた反応連の相対頻度の結果と一致する。次に、様々な長さのA系列の後でのAとBの割合を見てみよう。強化訓練セッションにおいて、ハトNo. 1と2については、A1回の後ではAの方が多く、2回や

3回(No. 2においては4回も)の後ではBの方が多くなっている。また、No. 3では、どのような長さのA系列の後でも、AとBの割合はほぼ同じである。

表3-3 消去セッションにおける同一反応からなる様々な先行系列後のA、B反応数

先行反応系列	ハトNo. 1			ハトNo. 2			ハトNo. 3		
	A	B	χ^2	A	B	χ^2	A	B	χ^2
<u>消去セッション</u>									
A	70	16	9.08**	75	8	19.07**	75	36	.12
AA	12	58	74.46**	16	59	75.06**	36	39	10.83**
AAA	4	8	5.71*	2	14	22.65**	21	15	.94
AAAA	1	3	3.00	1	1	.30	7	14	9.99**
B	83	4	33.52**	82	1	36.17**	96	16	19.40**
BB							12	4	.58
BBB							1	3	3.00
BBBB							2	1	.00
期待値(割合)	.66	.34		.68	.32		.66	.34	

** $p < .01$; * $p < .05$

消去セッションでのA反応系列に続く選択行動を見てみると、特にハトNo. 1と2において、AAに続いてBが生じるケースが多くなっている。これは反応連の分析において、特にこれら2羽のA反応連2の頻度が高かったことと一致するものである。

以上の各データについて、先行反応を無視したAとBの比を期待比率とした適合度の検定を行ったところ、多くの場合において、有意に期待比率からのずれが認められた。3羽とも、その選択行動は、先行するいくつかの反応の系列

表3-4 強化訓練最終5セッション及び消去セッションにおける直前試行での様々な事象後のA、B反応数

先行事象	ハトNo. 1			ハトNo. 2			ハトNo. 3		
	A	B	χ^2	A	B	χ^2	A	B	χ^2
<u>強化訓練セッション</u>									
A強化	57	9	13.24**	53	0	26.10**	66	9	20.11**
A非強化	162	201	66.22**	159	222	110.02**	136	206	79.20**
B強化	63	13	10.70**	87	0	42.85**	65	8	21.24**
B非強化	149	5	68.25**	122	0	60.09**	150	23	41.71**
期待値(割合)	.65	.35		.67	.33		.63	.37	
<u>消去セッション</u>									
A強化	0	0		0	0		0	0	
A非強化	88	88	20.08**	95	85	19.17**	147	113	10.37**
B強化	0	0		0	8	17.00**	0	0	
B非強化	86	4	35.03**	83	1	36.64**	111	25	14.78**
期待値(割合)	.66	.34		.68	.32		.66	.34	

** $p < .01$, * $p < .05$

に依存していると言える。

続いて、先行する1個の反応がAかBか、及びそれが強化されたかどうかによって選択行動がどのように異なるかを調べた。表3-4を見ると、強化訓練セッションにおいて、3羽の被験体とも、直前のA反応が強化された後ではAの割合が圧倒的に多いが、非強化の場合は逆にBの方が幾分多くなるという傾向が明らかである。一方、直前試行がBだった時は、それが強化された場合でも非強化の場合でも、Aの割合が圧倒的と言っていいほど高い。この事実は、反応連の分析でBの連がほとんど1であったことと対応している。

消去時の行動は、Aの後のA、Aの後のB、Bの後のAの度数が1:1:1に近く、反応パターンがAABAAB…であったことを裏付けている。また、適合度の検定の結果は、ここでも、3羽の選択行動が、直前試行での反応及びそれが強化されたかどうか強く依存することを示している。

4. 考察

モメンタリ最大化理論は、本実験における選択行動がAABAAB…のパターンの形になる、と予測する。この行動を反応連の長さから見ると、A連の長さ2、およびB連の長さ1の頻度が最大になるであろう。そのような観点から、本実験で得られた選択行動を分析したところ、強化セッションでは、3羽の被験体中1羽のみがA連の長さ2に最頻値を示したが、残りの2羽はA連の長さ1に最頻値があり、さらに、先行事象に依存しないと仮定したシミュレーションに、よく似た遂行を示した。次に消去セッションに入ると、程度の差こそあれ、3羽のハトすべてが、A連の長さ2に最頻値を示した。この結果は、消去における行動の方が、習得におけるよりもモメンタリ最大化に近いことを示唆する。

消去（より操作的には非強化）は、習得で何を学習したのかに関する情報を与えてくれる、とされてきた (Capaldi, 1967)。また実際、消去手続は、様々な領域において習得で学習された行動の関数関係を検知するために、用いられてきたのである (Fantino & Logan, 1979)。以上から、本実験における消去の

遂行は、習得におけるそれよりも、学習内容を明確に表していると考えることができよう。すなわち、本実験のハトは、確かにモメンタリ最大化系列を学習していたのであるが、何らかの妨害要因によってうまく遂行できなかつたと推論されるのである。Silberberg & Williams (1974) は“エラー付き最大化モデル”を提唱した。それによれば、生活体はモメンタリ最大化ルールに基づく強化随伴性の微視的構造を確かに学習できるのだが、遂行の段階では、忘却や不注意により、その学習したパターンを表すことができないことがある（第1章参照）。

本実験の結果から、この妨害要因として、さらに強化子そのものによる影響が考えられる。それは、例えば強化の新近性効果のようなものかもしれない (vom Saal, 1973)。本実験におけるA連の分布は、その直前のBが強化されたかどうかによって、大きく異なっていた。すなわち、直前Bが非強化であった時の方が、強化されたときよりも、モメンタリ最大化理論からの予測に近い行動が得られたのである。このことは、直前に強化が与えられなければ、その妨害効果が生じないので、それまで学習したパターンが現れるが、一方Bに対し直前に強化が与えられると、いったんはA側に切り替えても、またすぐにB側に戻る傾向が強くなると考えられよう。

以上のように、本実験の消去の結果は、モメンタリ最大化理論のSilberberg & Williams (1974) 版を支持すると言えるが、強化訓練時の行動は必ずしもモメンタリ最大化を支持するとは言えない。しかしながら、系列依存性の分析は、強化訓練セッションにおいても、すべての被験体が、先行する反応や強化などの、様々な事象に依存していることを示していた。特に、様々な系列依存データと、先行事象に依存しないと仮定した反応比との間で行った適合度の検定のほとんどが、有意な結果を見いだしたことは、依存性の強さを示しているであろう。このように、強化訓練セッションにおいて、反応連の分析結果と、系列依存性の結果は、矛盾した結論に導くように思われる。これを我々は、どのように解釈したらよいのであろうか。おそらくそれは、本実験における反応連の分析が、モメンタリ最大化から予測される特定の反応パターンが見られるかどうか

か、に焦点を絞って行われたことによるのではないかと思われる。このような観点は、基準としてはいわばかなり厳しいものであろう。一方、系列依存性の分析において帰無仮説とされた反応比は、先行事象に全く依存しないと仮定した場合の行動に基づくものであった。すなわちこの分析方法は、その依存性のパターンにかかわらず、何らかの依存性が見いだせればポジティブな結論に至る、いわば基準のゆるい分析の仕方であったといえよう。このことから言えるのは、本実験の被験体の行動は、必ずしも完璧にモメンタリ最大化に従っていなかったかもしれないが、それ以外の何らかの系列依存性を示していたのかもしれない、ということである。今回の実験では、それが何かは明確にはとらえられなかった。この可能性については、後に検討されるであろう。

第3節 系列反応パタンの形成と強化随伴性（実験3）

これまでの実験で見られたように、微視的行動分析においては、何らかの系列的反応パタンの形成が問題とされてきた。そしてその系列パターンは、部分的にモメンタリ最大化から予測されるものであった。一方、第1章第5節で述べたように、行動研究においては、早くから系列パターン学習に関する研究が行われていた。そこで扱われていたのは、あるいくつかの反応からなる一定の反応系列が生じたときに、その最後の反応に対して強化子が与えられる、という手続きによって形成されたパターンがほとんどであった。このようなパターン形成のとらえ方もまた選択行動の研究に現れている。例えば、Heyman & Herrnstein (1986)や Vyse & Belke (1992)は、Green, Rachlin, & Hanson (1983)が並列V I VRスケジュールで見いだした、VR側へのかなり大きな選好について、反応パターン形成による説明をしている。すなわちV Iスケジュールは、そのスケジュールに継続して反応しない時間が長くなると、その後の最初の反応が強化される確率が高くなるという性質をもっているため、しばらくVR側で反応した後でV I側に切り替えると、かなり高い確率で強化されることになる。このことは、VRスケジュールである程度反応した後にV I側に短時間だけ反応する

という、一種の反応パターンを強化していることになる。そしてこれを巨視的に見ると、VR側への選好が生じるということになる。

第1章で述べたマッチング理論は、以上の考え方に従い、いくつかの反応からなる系列パターンが強化されてひとつの機能的反応単位となり、その単位と強化との関係はマッチング法則に従う、と主張する。そうなると、微視的分析で見いだされ、微視的最大化理論を支持すると考えられてきた系列パターンも、巨視的マッチング理論の枠内で扱われることになる。

この点は、理論的に重要な問題を含んでいる。もし上述のように、選択行動においてみられる系列反応パターンが、機能的単位が形成されてそれがマッチング法則に従って強化されるという過程によるものならば、選択行動の巨視的側面も微視的側面も、いずれも巨視的マッチング法則によって説明されることになり、微視的行動分析、特にモメンタリ最大化理論の存在理由が希薄になってしまうからである。一方、選択場面において形成された系列パターンが、モメンタリ最大化に従うものであるならば、微視的分析に非常に大きな意義を与えることになる。

このような理論的問題は、前節で述べた実験2とも大いに関係がある。すなわち、実験2でA A B A A B…というパターンが得られるとすれば、それはモメンタリ最大化と一致すると考えられたが、もう1つの解釈も可能と思われる。それは、実験2では、A A A B A A A B…というパターンを示せば、Bに対して.90という高い確率の強化が与えられた。これにより、A A A Bという反応パターンが、ひとつの機能的行動単位として、高確率で強化されていた可能性がある。しかし、もしそうならば、A A A B A A A B…というパターンがもっと多く現れるはずであるが、それは見いだされず、むしろA A B A A B…を示した被験体が目立った。これは、一種の衝動性 (impulsiveness ; Rachlin, 1974) を仮定することにより、説明がつくように思われる。つまり、A A A B系列では、最終的な(Bに対する)強化確率は.90と高いが、それまでにAを最低3回続けなくてはならない。一方A A B系列では、Bの強化確率はそれより低い(.30)が、より早く強化子に到達する可能性がある。生活体は待ちきれずに、A 2回

の後にBに切り替えることが多くなる、と考えられるのである。実験2では、いずれにしてもA A B A A B…の系列を生むので、どちらの過程が働いているのか明確でなかった。そこで実験3では、モメンタリ最大化によって反応パターンが形成されるのならばA A B A A B…が現れ、一方、系列パタンの最後の反応が強化されることによって形成されるのならばB B A B B A…というように、明らかに異なった系列が形成されるような状況を設定し、ハトがどちらに近い反応を示すかを検討した。

2. 方法

1) 被験体 伝書バト4羽を用いた。これらは地元近郊の業者から購入した成鳥（実験開始時で2歳ないし3歳程度）である。いずれも若干の実験歴がある。雄雌は確認されていない。各被験体は、実験を通じ、飽食時の約80%の体重を維持するように食餌統制された。

2) 装置 実験1で用いられた装置と同じものである。ただし、本実験の制御及びデータの記録に使用したコンピュータは、NEC製PC-9801FとPC-8001Mk IIであった。

3) 強化確率 各試行の反応の強化確率は、当該試行を含む先行する3試行での反応の系列によって異なっていた。もしその系列が“A A B”であれば、すなわちAが2試行以上連続した後でBが生じたのであれば、系列最後の、すなわち当該試行での、反応(B)は.30の確率で強化された。また、もし反応系列が“B B A”であれば、すなわちB連続2試行以上の後でAが生じると、そのAの強化確率は.90であった。その他の場合、当該試行反応がAのとき、つまり先行反応系列が例えば“A B A”、“B A A”、“A A A”などの場合はすべて、先行反応系列にかかわらず.15の確率で強化された。一方、当該試行反応がBのときは.05の確率で強化された。条件つき確率の記法を用いるならば、以上の随伴性は次のように表現できる。

$$p(A) = .15, \quad p(B) = .05, \quad \text{ただし } p(B | AA) = .30, \quad p(A | BB) = .90$$

4羽の被験体のうち、2羽については右側のキーに対する反応をAとし、残

りの2羽については、左側への反応をAとした。

4) 手続き 各試行は、室灯とキーライトの点灯とともに始まる。左右いずれかのキーに対してつき反応が1回生じると、すべてのライトが消える。同時にコンピュータが、上述の強化確率に従い、乱数によって当該試行反応が強化されるかどうかを決める。強化子として穀物提示(2秒間)、非強化の場合はブラックアウト(2秒間)が提示され、すぐ次の試行に移る。1日1セッション202試行で、102セッションの訓練が与えられた。

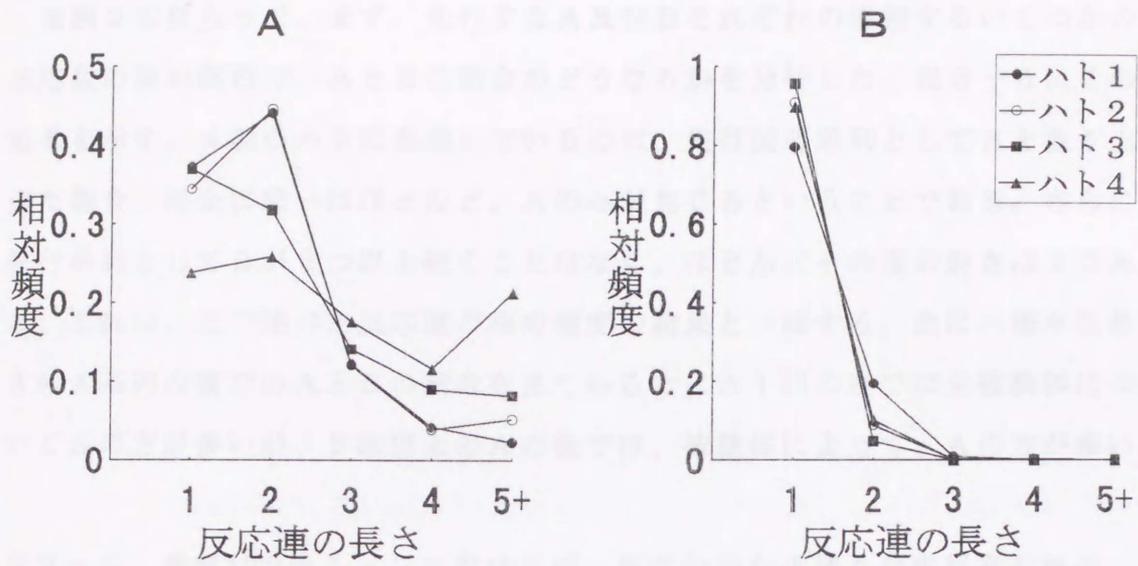
3. 結果

1) 反応連の相対頻度 実験2と同様、ここでもまず反応連の分布を調べることにより、微視的行動を検討することにした。最終10セッションにおけるA及びBの反応連の分布について、個別被験体毎と、4羽のデータをまとめたものを、図3-5に示す。

点線(ランダム)は、実験2で示した図3-2と同様、各試行反応が先行反応に全く依存しないと仮定して算出したシミュレーション・データである。その際AとBの比は実際のデータを用いた。このシミュレーション・データを見ると、B連の長さは圧倒的に1が多く、それより長い連の相対頻度はかなり急激に低下している。一方A連では、最頻値は1のところにあるものの、2、3、4の連と相対頻度が低下していく様子は、B連に比べて緩やかであり、5以上の連は2の連と同じ程度にまで上昇している。

さて、A連における個別被験体の実際のデータを見ると4羽中3羽の最頻値が連2のところにある。他1羽(ハトNo.3)は、最頻値こそ1にあるが、2の頻度も同じくらい高い。4羽をまとめたデータでも連2に最頻値がある。またいずれの場合にも、シミュレーション・データを最も大きく上回っているのが連2のところである。5以上の連については、実際のデータがシミュレーションの値をかなり下回っていた。1、3、及び4の連のデータはシミュレーションとあまり異なっていないようである。B連における実際のデータは、ほとんど連1のみを示し、その割合はシミュレーションをかなり上回っている。

個別被験体のデータ



全被験体合計のデータ

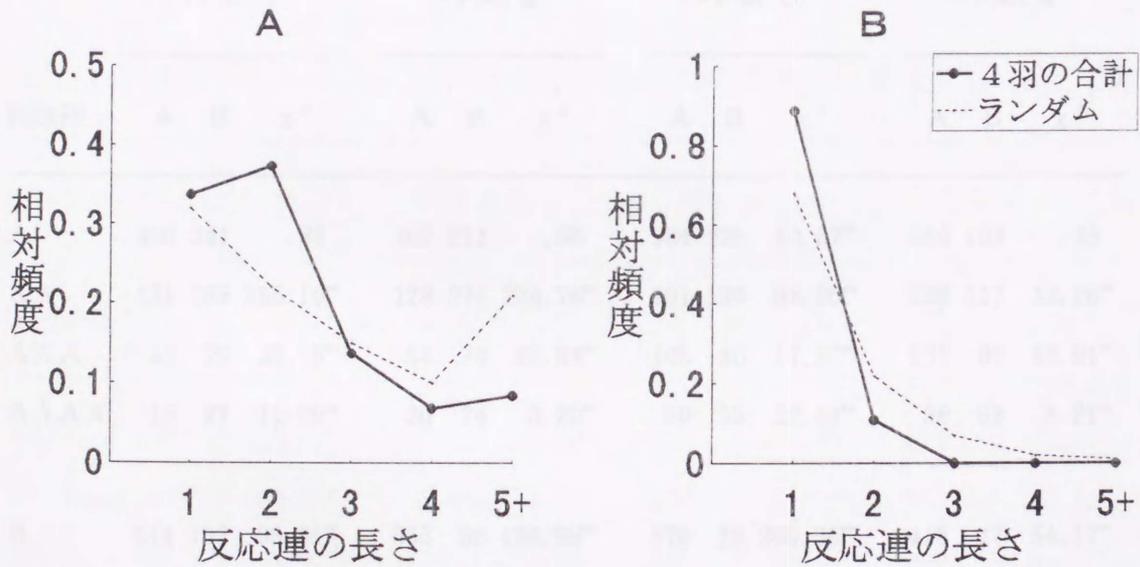


図3-5 A反応連とB反応連の長さの分布

以上の結果から、ハトは多くの場合Aを2つ続けた後に、B1回をして再びAに戻るパターン、すなわちAABを中心に反応していたことが伺える。

2) 選択行動の系列依存性

実験2にならって、まず、先行するA及びBそれぞれの連続するいくつかの反応数の後の試行で、AとBの割合がどうなるかを分析した。表3-5にその結果を示す。4羽のハトに共通しているのは、先行反応系列としてBを取り上げた場合、完全に或いはほとんど、Aのみが生じるということである。さらに先行系列としてBが3つ以上続くことはなく、ほとんどその連の長さは1である。これは、上で述べた反応連の相対頻度の結果と一致する。次に、様々な長さのA系列の後でのAとBの割合を見てみると、A1回の後では全被験体についてAの方が多いが、2回以上のAの後では、被験体によって、Aの方が多い

表3-5 最終10セッションにおける同一反応からなる様々な先行系列後のA、B反応数

先行反応系列	ハトNo. 1			ハトNo. 2			ハトNo. 3			ハトNo. 4		
	A	B	χ^2									
A	406	241	.83	402	211	.56	384	225	10.07**	350	108	.49
AA	121	285	166.10**	128	274	224.76**	191	193	66.60**	233	117	13.26**
AAA	42	79	35.15**	54	74	35.64**	105	86	17.57**	151	82	12.91**
AAAA	15	27	11.29**	30	24	3.20**	50	55	22.44**	98	53	8.21**
B	514	132	93.61**	555	56	156.99**	576	26	200.35**	415	47	54.17**
BB	126	6	65.87**	54	2	21.94**	26	0	11.68**	47	0	15.67**
BBB				1	1	.26						
期待値(割合)	.61	.39		.67	.33		.69	.31		.75	.25	

** p<.01 , * p<.05

場合とBの方が多い場合とが、およそ半分ずつ生じている。

以上の各データについて、先行反応を無視したAとBの割合を期待比率とした適合度の検定を行ったところ、まず、B1の連及びB2の連の後では、すべての場合において、有意に期待比率からのずれが認められた。このことは、B反応の後では、被験体は期待値を大きく上回る確率で、Aに切り替えていたことを示している。一方、Aからなる系列に続く行動は、これとはかなり異なっている。A1つの連の後では、4羽中3羽が期待値と異なる選択を示した。先行するAの連が2以上になると、すべての場合において、その直後の試行でのB選択が、期待値より有意に多くなっている。そして特に4羽中3羽について、A2つの連の後にBに切り替える傾向が、非常に強いことが注目される。全体としてみると、ハトは、Aを何回か（多くの場合2回）続けた後でBに切り替えて、またすぐにAに戻る、という行動を示しているといえる。そしてこれは、反応連の分析で得られた結論を確認するとともに、それに対し統計的支

表3-6 最終10セッションにおける直前試行での様々な事象後のA, B反応数

行先事象	ハトNo. 1			ハトNo. 2			ハトNo. 3			ハトNo. 4		
	A	B	χ^2									
A強化	257	7	146.42**	241	1	116.23**	229	0	102.88**	232	0	77.33**
A非強化	332	633	286.92**	486	612	256.75**	556	601	237.28**	811	458	83.26**
B強化	45	102	57.06**	113	7	40.06**	135	0	60.65**	103	0	34.33**
B非強化	598	36	295.90**	498	52	137.91**	463	26	150.80**	359	47	37.02**
期待値(割合)	.61	.39		.67	.33		.69	.31		.75	.25	

** $p < .01$, * $p < .05$

持を与えるものである。

続いてこれも実験2と同様、先行する1個の反応がAかBか、及びそれが強化されたかどうかによって、選択行動がどのように異なるかを調べた。表3-6を見ると、直前のA反応が強化された後では、4羽の被験体ともAの割合が圧倒的に高いが、非強化の場合は、4羽中3羽において、逆にBの方が幾分多くなるという傾向が明らかである。一方、直前試行がBであったときは、それが強化された場合でも非強化の場合でも、Aの割合が圧倒的と言っていいほど高い。例外はハトNo. 1のB強化後の選択のみである。これらの事実は、反応連の分析でBの連がほとんど1であったことと対応している。

4. 考察

この実験では、選択行動場面において、系列反応パターンが形成される場合の説明仮説として、2つを検討した。1つはモメンタリ最大化による仮説であるが、これは、選択は強化確率が高い方の選択肢に対して生じる、とするものである。本実験では、強化確率が原則としてAに対して.15、Bが.05であったので、はじめはAを続けることがモメンタリ最大化に一致する。Aを2回続けた後は、Aの強化確率は不変で.15であるが、Bに切り替えると.30の確率で強化されるので、切り替えた方が強化確率が高い。従ってモメンタリ最大化に従う反応系列は、A A B A A B...である。いまひとつの仮説は、多くの系列反応パターン研究においてとられてきた考え方に基づくもので、系列最後の反応が強化されることにより、この系列が一種の機能的反応単位となる、という仮説である。本実験では、この仮説に一致する反応パターンは、Bを連続して2つ以上行った後にAに切り替えてまたBに戻り、再びB 2つ以上の後にAに戻る、というパターンだと考えられた。Bの強化確率は非常に低い(.05)が、これを2つ以上続けてAに切り替えればこのAが非常に高い確率(.90)で強化されるので、このパターン、つまりB B...Aが、ひとつの機能的反応単位となって、これが高確率で強化される、と考えることができるからである。他の反応パターン、例えば上述のA A Bなどは、最後のBの強化確率が.30とかなり低いので、このパ

タンが優勢になるとは考えられないであろう。

実験の結果得られた行動は、Aを何回か（多くの場合2回）続けた後でBに切り替え、B1回の後再びAに切り替えるというものであった。この行動パターンは、どちらかというところ、モメンタリ最大化仮説からの予測に近いといえる。BB…Aというパターンは、どの被験体によっても示されなかったことから、最終反応強化による機能的反応単位仮説は、否定されるであろう。本実験のように、2つの仮説と一致する強化随伴性が共存している事態では、モメンタリ最大化と一致する随伴性に従う行動が生じるのである。

前述のように、Heyman & Herrnstein(1986)やVyse & Belke(1992)は、Green et al. (1983)の並列V I V Rスケジュール実験で見いだされたVR側への強いバイアスを、機能的反応単位の強化による系列パターン形成によって説明している。本実験は、Green et al. (1983)の事態によく類似していると思われる。すなわち、Green et al. (1983)ではVR側にしばらく反応した後、VI側に反応すればかなり高率で強化されたが、本実験でも同様に、しばらくBを行ってAに切り替えれば、高確率で強化されたのである。にもかかわらず本実験では、そのような随伴性から期待される反応パターンは生じなかった。このことから本実験結果は、並列V I V R場面では、機能的反応単位の強化による系列パターン形成仮説の適用に、無理があることを示唆しているといえよう。

しかしながら、モメンタリ最大化も、完璧には支持されるとは言えない。図3-5に見られたように、4羽の被験体全体で見ると、A2個の連が最も多いことが示され、モメンタリ最大化理論と一致しているようであるが、個別被験体の結果を見てみると、そのような傾向が明確に現れたのは、ハト No. 1と2のみで、No. 4は連2と3の頻度が同じくらいであり、またNo. 3はほとんどランダムな行動を示した。もし被験体がAを3試行以上続けたならば、3試行目以降は、Bに反応した場合の強化確率の方が高くなるので、モメンタリ最大化原理に違反してしまう。そのような行動が無視できないほど見られたということは、モメンタリ最大化仮説にも問題があることを示唆しているであろう。

実験 1～3 のまとめ

本章の3つの実験の目的は、微視的最大化の最も有力な理論であると思われる、モメンタリ最大化理論を検証することであった。結論を言えば、3つの実験はそれぞれ完璧にはないが、ある程度モメンタリ最大化を支持していた。すなわち、実験1では、微視的な随伴性をもつ実験群は、それをもたない統制群よりも微視的行動を多く示したし、実験2では、特に消去において、モメンタリ最大化と一致する系列反応が示された。また実験3では、機能的反応単位形成仮説に対して、モメンタリ最大化仮説に近い行動が示された。以上の諸結果は、動物は微視的な随伴性に敏感であり、かなりこれに支配されることを示している。このことは微視的分析の立場に立って研究を進めることに意義を与えるものといえよう。

第4章

微視的強化随伴性に関連する諸要因の効果

前の章で述べた3つの実験は、微視的分析に基づくアプローチに支持を与えたが、被験体となったハトの行動は、このアプローチの最も有力と思われる理論である、モメンタリ最大化の予測とは、完全には一致しなかった。そのほかにも多くの研究が、モメンタリ最大化の予測は支持されないことを報告している(e.g., Nevin, 1969; Williams, 1985)。この章では、以上の点をふまえて、微視的分析の立場に立ったアプローチをとりつつも、モメンタリ最大化以外の微視的行動原理が存在する可能性を探る。

これまでの微視的分析研究は、モメンタリ最大化理論に導かれ、専らこの理論の予測の検討に限られてきたきらいがある。このことは、これまでの研究が、選択時における相対的な強化確率という変数を、重視してきたことを意味している。しかし実際、微視的行動に関与しているのはこの変数のみであろうか。これまでの研究の結果は、前述のように、そのような変数が完璧には選択行動を制御している訳ではないことを示している。それでは、他にどのような変数が、選択行動に関与しているであろうか。新しい原理を探るためには、他の変数を吟味する必要があると思われる。

第1節 絶対的強化確率水準の効果 (実験4)

1. 目的

本実験では、これまで重要視されてこなかった変数として、まず、絶対的強化確率水準の要因を取り上げる。前述のようにこれまでは、主に相対的な強化確率の高低が取り上げられてきたわけであるが、同じように相対的關係、つまり一方の強化確率が他方より大きい、という關係が存在する場合にも、絶対的値としては様々なものが考えられる。例えば、ある時点で、同じようにAの強

化確率がBの強化確率より高い、という関係があるとしても、具体的には、例えばAの強化確率.30 : Bの強化確率.10、またA.80 : B.60など、様々な組み合わせが考えられるのである。これらの諸条件は、どちらの強化確率が高いかという点から言えば等価であるが、実際これらの条件は同じ行動を生むのであろうか。本実験の目的は、ある系列パターンに一致する反応が、そうでない反応よりも相対的に強化確率が高い、という条件を維持しつつ、その強化確率の絶対的水準を実験変数として、それが高い場合と低い場合の選択行動を比較することである。

本実験では、そのような系列パターンとして、二重交替反応を用いた。すなわち、モメンタリ最大化に従った場合に、二重交替反応が見られるように強化随伴性を設定した。その第1の理由は、選択肢間で対称な行動を扱うことで、分析を簡潔にしたい、ということである。理由の第2は、第1章で述べたように、二重交替反応の学習は、動物にとって決して容易な課題ではないことである。もし、例えば単一交替という、動物にとって容易な課題を用いるならば、実験変数の影響を検出しにくい可能性があるだろう。実験変数は、絶対的強化確率水準であり、被験体内計画とした。すなわち、二重交替反応に対する強化確率を、そうでない反応に比べて常に相対的に高くなるようにしたが、その絶対的確率が高い条件と低い条件を設定し、同じ個体内で比較した。素朴な予測としては、絶対的確率が高い条件の方が、低い条件に比べて、二重交替反応が強化される機会が多いので、このパターンがより明確に出現すると考えられる。

2. 方法

1) 被験体 伝書バト4羽を用いた。これらは地元近郊の業者から購入した成鳥（実験開始時で当歳ないし3歳程度）であり、実験歴はない。なお雄雌は確認されていない。各被験体は、実験を通じ、飽食時の約80%の体重を維持するように食餌統制された。

2) 装置 ハト用の標準的スキナー箱2台が用いられた。これらは、実験3で用いられた装置と同じものである。ただし実験の制御及びデータの記録はマ

イクロ・コンピュータ（NEC PC-8001MkII）によって行なわれた。なお、制御・記録用プログラムは N-80BASIC で書かれている。

3) 二重交替の定義と強化確率 各セッションの最初の4試行以降、当該試行を含めて直前の4試行が、次に示す反応系列になっていれば、二重交替を構成するものと判定した。すなわちその系列は、AABB、BBAA、ABBA、BAAB、ABAA、BABBの6系列である。そのような場合、すなわち二重交替反応を行っていると判定された場合は、当該試行反応、すなわち上述の系列の最後の反応が、高確率条件では.90、低確率条件では.30の確率で強化された。これら2つの確率条件は被験体内条件とされた。一方、二重交替ではないと判定された場合、すなわち直前4試行の反応が、上述の系列になっていない場合の強化確率は、高確率条件では.08、低確率条件では.03であった。

4) 手続き 実験1の予備訓練と同様の訓練によって、両方のキーに対する安定したつき反応がみられるようにした後で、本訓練に入った。1試行の手続き内容は実験3と同様である。各条件での訓練セッション数は、最初に高確率条件（以下.90条件）で50セッション、その後低確率条件（.30条件）で90セッションが与えられた。1セッションは133試行から成る。

3. 結果

1) 反応連の相対頻度 第3章で行ったように、ここでもまず、反応連の分布を調べることにより、微視的行動を検討することにした。図4-1に、A及びBの反応連の分布について、個別被験体毎と、4羽のデータをまとめたものを示す。図中AとBをどちらのキーとして表示するかは、実験目的に合ったデータの性質をよりの確に表示するため、結果を見てから決めた。つまり.90条件で連2の反応がより多く現れたキーへの反応をAとし、他方をBとした。

まず.90条件を見てみよう。4羽のハト中3羽（ハト2, 3, 4）において、一方のキーでの反応連の最頻値は2であるが、他方のキーでは3になっている。このようなキー間での分布の違いは、これら3羽において、また4羽合計のデータにおいても非常に顕著なものである。一方.30条件では、4羽中3羽お

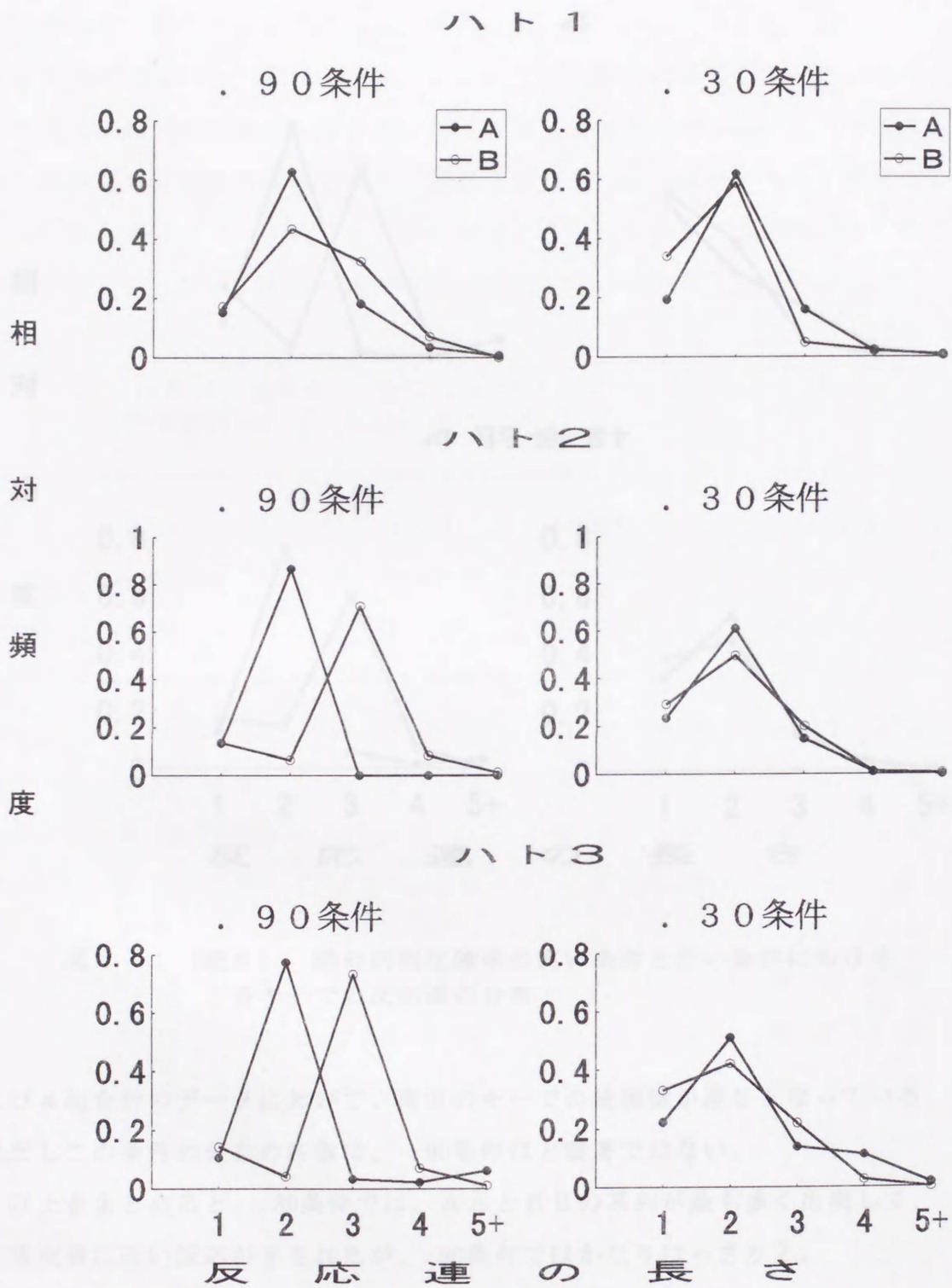
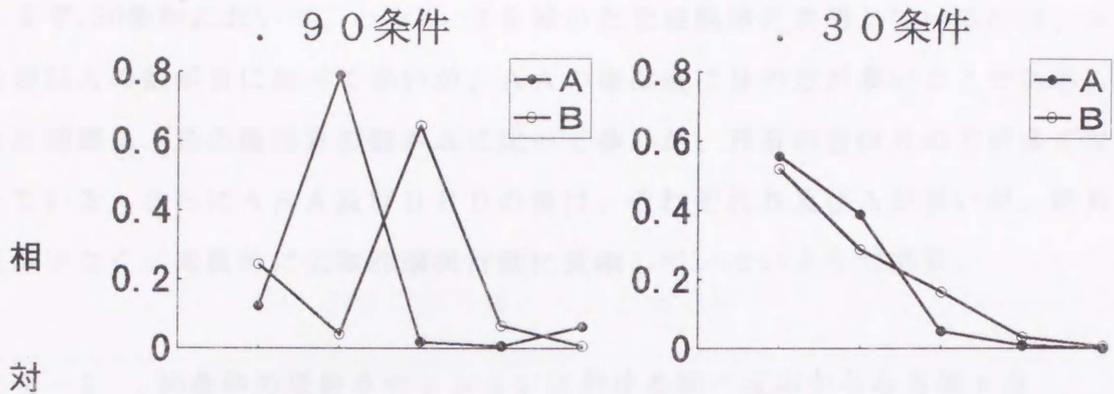


図4-1 絶対的強化確率の高い条件と低い条件における各キーでの反応連の分布

ハト 4



4羽合計

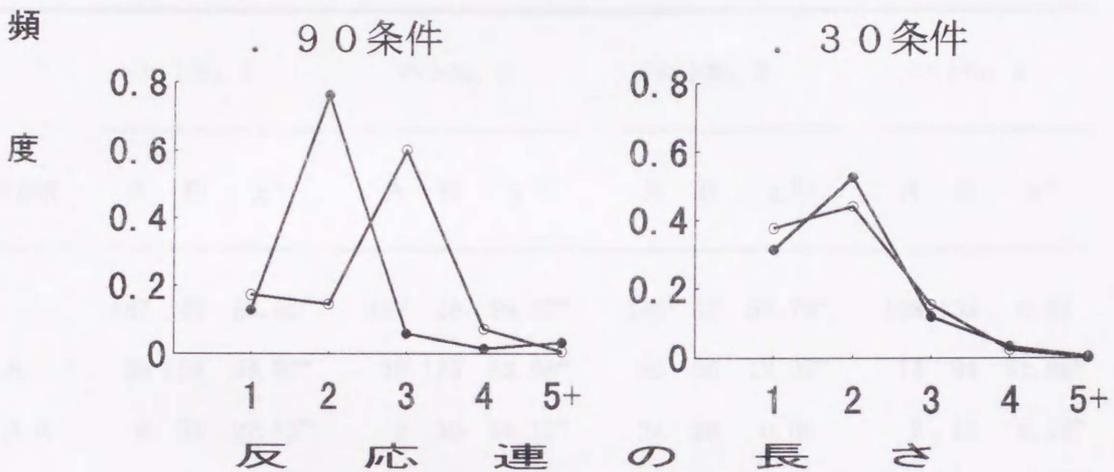


図 4-1 (続き) 絶対的強化確率の高い条件と低い条件における各キーでの反応連の分布

よび4羽合計のデータにおいて、両方のキーでの最頻値が連2となっている。ただしこの条件の分布の特徴は、.90条件ほど顕著ではない。

以上をまとめると、.30条件では、AAとBBの系列が最も多く出現して、二重交替に近い反応が示されたが、.90条件ではかなりはっきりと、AABBBAAABBB…の系列が非常に多く出現したと言える。

2) 選択行動の系列依存性 実験2にならって、まず、先行するA及びBそれぞれの、連続するいくつかの反応数の後の試行で、AとBの割合がどうなるか

を分析した。表4-1にその結果を示す。

まず.30条件において、ハトNo. 4を除いた全被験体に共通しているのは、Aの後はAの数がBに比べて多いが、AAの後は逆にBの方が多くことである。また同様に、Bの後はBの数がAに比べて多いが、BBの後はAの方が多くなっている。さらにAAA及びBBBの後は、それぞれB及びAが多いが、絶対数が少なく、実質的に全体的選択行動に貢献していないようである。

表4-1 .30条件の最終5セッションにおける同一反応からなる様々な先行系列後のA、B反応数

先行反応系列	ハトNo. 1			ハトNo. 2			ハトNo. 3			ハトNo. 4		
	A	B	χ^2									
A	167	40	63.65**	157	48	59.27**	146	42	58.79**	108	135	0.91
AA	39	128	58.92**	32	125	53.98**	50	96	13.95**	14	94	51.66**
AAA	6	33	22.15**	2	30	24.17**	24	26	0.06	2	12	6.19**
AAAA	2	4	0.93	0	2	1.98	3	21	13.29**	0	2	1.81
B	71	138	30.38**	60	146	34.88**	62	125	20.48**	125	116	1.84
BB	122	16	69.45**	102	44	23.74**	79	46	9.11**	69	47	6.68**
BBB	10	6	0.58	41	3	33.28**	41	5	28.61**	39	8	23.72**
BBBB	5	1	2.22	2	1	0.35	5	0	5.06*	8	0	8.84**
期待値(割合)	.53	.47		.50	.50		.50	.50		.48	.52	

** $p < .01$, * $p < .05$

一方.90条件では、全被験体について、AとAAの後の行動は.30条件と同じ

である。すなわち、Aの後はAの方が多いが、AAの後はBの方が多い。しかし、B系列後の選択反応の様相は異なっている。つまり、ハトNo. 1を除き、B及びBBの後はBの方が圧倒的に多く、BBBの後でAの方が多くなっている。さらにAAAの後は被験体間で一貫性がなく、絶対数も少ない。

表4-1 (続き) .90条件の最終5セッションにおける同一反応からなる様々な先行系列後のA、B反応数

先行反応系列	ハトNo. 1			ハトNo. 2			ハトNo. 3			ハトNo. 4		
	A	B	χ^2									
A	150	27	100.12**	150	23	123.32**	158	19	166.08**	150	21	110.92**
AA	39	111	27.05**	0	150	102.95**	21	137	50.80**	15	135	84.59**
AAA	7	32	13.39**	0	0		15	6	7.92**	12	3	6.35*
AAAA	1	6	3.04	0	0		11	4	6.39*	11	1	9.39**
B	29	141	61.97**	23	148	52.61**	24	144	50.23**	41	127	35.93**
BB	74	67	1.58	11	137	67.87**	7	137	78.49**	7	120	89.79**
BBB	55	12	32.30**	121	16	128.73**	123	14	133.47**	108	12	86.92**
BBBB	12	0	13.42**	14	2	14.52**	12	2	11.45**	11	1	9.39**
期待値(割合)	.47	.53		.41	.59		.41	.59		.48	.52	

** $p < .01$, * $p < .05$

以上の各データについて、先行反応を無視したAとBの割合を期待比率とした、適合度の検定を行ったところ、多少の例外はあるものの、A、Bとも3反応系列までは、ほとんどの場合において、有意に期待比率からのずれが認めら

れた。特に、.30条件のAAとBBの後、.90条件のAAの後、及び.90条件のBBBの後は、すべての被験体の選択が、期待値と有意に異なっていた。全体としてみると、ハトはA及びB 1回ずつの後は同じ反応を続けるが、.30条件のAA及びBBの後、.90条件のAAの後、さらに.90条件のBBBの後では、反対側のキーに切り替える行動をしていたことが明らかである。そしてこれは、反応連の分析で得られた結論を確認するとともに、それに対し統計的支持を与えるものである。

続いて、これも実験2と同様、先行する1個の反応がAかBか、及びそれが強化されたかどうかによって、選択行動がどのように異なるか、を調べた。表4-2にその結果を示す。まず.90条件を見ると、A強化及びB強化の後ではBが多く、特にハトNo.1を除く3羽においては、圧倒的にBが多いと言ってよい。一方、A非強化とB非強化の後では、逆にAが多く、やはりハトNo.1を除く3羽においては圧倒的である。すなわち.90条件においては、Aキーでは、非強化の場合は次試行で同じキーをつつき、強化されればBへ切り替える、という行動が明らかである。一方Bキーでは逆に、強化で同じキーに反応し、非強化で切り替えている。次に.30条件を見ると、.90条件で見られた傾向は、若干見られるようではあるが、かなり弱いものとなっている。すなわち.30条件では、先行強化事象によって、その後の選択行動が、はっきりとは分化していない。

以上の各データについて、先行反応を無視したAとBの割合を期待比率とした、適合度の検定を行ったところ、.90条件では χ^2 が有意とならなかったのはわずか1つのケースのみであるが、.30条件では3ケースに増えている。以上をまとめると、.90条件では、先行試行での強化事象と、当該試行での選択行動の関係が、はっきりしているが、.30条件では、その関係はより曖昧になると言えよう。

3) ローデータの分析と切り替え反応テスト 被験体のハトは、何を手がかり(きっかけ)として、キー間の切り替え行動をしていたのであろうか。この点をさらに詳しく調べるため、ローデータの特徴を検討してみた。すると.90条

表4-2 各条件の最終5セッションにおける直前試行での様々な事象後のA、B反応数

行先事象	ハトNo. 1			ハトNo. 2			ハトNo. 3			ハトNo. 4		
	A	B	χ^2									
<u>.30条件</u>												
A強化	59	29	6.97**	5	65	51.43**	46	42	0.18	0	43	39.69**
A非強化	157	184	6.63*	191	141	7.53**	157	157	0.00	132	210	12.12**
B強化	75	16	31.61**	6	92	75.47**	0	66	66.00**	0	64	59.08**
B非強化	140	150	2.60	201	109	27.30**	201	141	10.53**	252	109	68.77**
期待値(割合)	.53	.47		.50	.50		.50	.50		.48	.52	
<u>.90条件</u>												
A強化	95	115	0.26	0	159	110.49**	7	144	82.54**	0	166	153.23**
A非強化	103	64	286.92**	152	17	256.75**	161	24	237.28**	211	5	213.63**
B強化	78	167	22.61**	0	284	197.36**	1	274	187.73**	0	257	237.23**
B非強化	102	77	7.16**	172	26	172.21**	168	31	155.11**	168	3	176.40**
期待値(割合)	.47	.53		.41	.59		.41	.59		.48	.52	

** p<.01 , * p<.05

件では、強化を○、非強化を×で表して、

B○ B○ B× A× A○ B○ B○ B× A× A○…

というパターンが非常に多くみられた。これは、最初のB 2つは二重交替ルールに一致するので、強化される確率が高い(.90)が、3つ目のBは二重交替ルールに違反するので、強化確率が低くなり(.08)、強化されない場合が非常に多

くなる。ハトは、この非強化をきっかけにして、切り替えていた可能性がある。Aへ切り替えて最初の反応は、二重交替ルールに一致せず、強化確率が低い。しかしA 2つ目はほとんどの場合強化されるので、この強化をきっかけにしてBに切り替えていた可能性がある。このことは上述の系列依存分析の結果とも一致する。

これらの可能性を吟味するため、「方法」の項には記述しなかったが、.90条件の訓練が終了した後に、切り替え反応テストを行った。これは、仮にBが続いた場合、任意の試行数（5試行、10試行など）だけ連続して強化を与え、その後はBが生じても非強化とする。その後、もしハトがいったんAに切り替え、再びBに戻ったならば、またBの連続強化が続く、という手続きである。Aは常に非強化であった。その結果、ほぼ例外なく、

B O B O … B O B × A

という反応パターンが得られた。このことは、全被験体ともに、Bのキーにおいては、強化が続く限りこのキーに反応し続け、非強化を1試行でも経験すると、すぐにAにスイッチする行動パターンを獲得していたことを、示唆する。

他方、Aキーにおける行動パターンを検討するために、Aが続いた場合、一定試行数だけ非強化が続き、その後強化が与えられる、という手続きを用いてテストした。その結果、Bキーほど明確ではなかったが、非強化の後にはAを続け、強化があればBへ切り替えるというパターンが多く見られた。

4. 考察

上で述べたように、素朴に考えると、.90条件では二重交替反応がより高確率で強化されるので、この反応パターンがより明確に出現すると予測されるであろう。しかし、結果は逆に、.30条件の方が、A、Bともに最頻値が2にあるという意味で二重交替に近い行動を示した。.90条件では二重交替は示されず、Bの最頻値は明らかに3の所にあった。

本実験では、いずれの条件においても、選択行動がモメンタリ最大化原理に従うならば、二重交替反応が現れるように、強化随伴性が設定されていた。従

って .30条件における選択行動は、おおむねモメンタリ最大化に従っていたと推測することができる。それでは、.90条件においては、ハトは何をしていたのであろうか。詳細な分析により、ある行動パタンの存在が明らかになった。それは、Bキーにおいては、強化が与えられた場合は同じ反応（B）をし、非強化の場合はもう一方の反応（A）へ切り替える、というものであった。このような行動パターンは、win-stay, lose-shift方略と呼ばれている(Shimp, 1976)。一方、Aキーでは、非強化の後で同じ反応をし、強化の後で切り替える、というパターンが多く見られた。これはwin-shift, lose-stay方略と呼ばれる。.90条件では、反応間の強化確率の差が大きく、強化確率の高いときは強化が続いて生起し、低いときはほとんど強化されない、というように、強化や非強化の生起の仕方がはっきりしているため、これらがキー間の切り替えの手がかりとなりやすいのであろう。

一方 .30条件では、そのような事象の生起の仕方が明確には異ならないため、個々の強化や非強化の事象よりは、強化確率の方が手がかりになりやすいと思われる。そして、強化確率に基づいた反応パターンである、二重交替に近い行動が見られたのであろう。このように、強化確率の絶対的水準によって、微視的最大化と、win-stay, lose-shift等の方略との間に一種の trade-off が見られるのである。

第2節 強化確率の微視的変動の効果 (実験5)

1. 目的

本章の冒頭で述べたように、モメンタリ最大化理論は、強化確率の相対的關係（高低）を重視しており、この確率の高い方の選択肢に反応するというのが、基本的行動原理であった。これに従えば、選択肢間の強化確率の大小関係が逆転すると、反応する選択肢の切り替えが起こる、と予測されるであろう。従来このような逆転については、専ら相対的關係について考えられてきたといえるが、逆転の仕方には、それまで強化確率が相対的に高かった選択肢の確率が低

下する場合と、反対側のそれまで低かった確率が上昇する場合の、2つが考えられる。

この点は、選択行動の微視的理論を考えると、非常に重要な問題となるであろう。すなわち、選択行動の微視的過程に言及している、モメンタリ最大化 (Shimp, 1966) や、改善 (Vaughan, 1981) の諸モデルは、選択肢間の強化可能性の相対的高低のみを考えており、その相対的關係が変化する場合について、それまで強化可能性が相対的に高かった選択肢における、強化可能性の低下による場合と、他方の選択肢の可能性の増大による場合を区別しない。しかし、生活体の選択肢間切り替え行動は、これら2つの場合で異なる様相を示す可能性もあり、上述の既存の微視的モデルが、必ずしも微視的過程をうまく記述できない面があることを考えると、これらの変数が行動の微視的側面にどのように関与しているかについて、基礎的データを得ることは、意義のあることと思われる。

実験4では、二重交替反応系列に従って、強化確率が逆転された。それは、同一の反応が3つ以上続くと、その選択肢の強化確率が低下すると同時に、もう一方の選択肢へ切り替えた場合の強化確率が上昇することによって、実現されていた。すなわち逆転の際に、強化確率の上昇と下降が同時に生じていたので、どちらの条件が微視的行動、特に切り替え行動を規定していたのか、不明であった。本実験では、これら2つの場合を分離して、2つの実験条件を設ける。すなわち、その1つは、強化確率の相対的に高い方の選択肢を、一定回数続けて選択した後の試行では、同じ選択肢の強化確率が低下するが、もう一方の選択肢の確率は変わらないことによって、強化確率の相対的關係が逆転する条件である。第2の条件では、第1の条件とは逆に、同じ選択肢の強化確率は変わらずに、もう一方の選択肢の確率が上昇する。これらの条件における、選択行動の微視的側面、特に切り替え行動を比較する。

2. 方法

1) 被験体 伝書バト6羽を用いた。これらは地元近郊の業者から購入した

成鳥（実験開始時で当歳ないし3歳程度）であり、いずれも若干の実験歴がある。なお雄雌は確認されていない。各被験体は、実験を通じ、飽食時の約80%の体重を維持するように食餌統制された。

2) 装置 ハト用の標準的スキナー箱2台が用いられた。これらは、実験4で用いられた装置と同じものである。ただし実験の制御及びデータの記録はパーソナル・コンピュータ（NEC PC-9801VM）によって行なわれた。なお、制御・記録用プログラムはN-88BASICで書かれている。

3) 強化確率と実験計画 各試行、それまでの反応系列によって、表4-3のように、当該試行反応の強化確率 p が決められた。すなわち条件IとIVでは、Aが連続2試行を越えると、それ以降のAの強化確率が、Bのそれよりも低くなるが、Bの強化確率は一定である。これらの条件をまとめて「下降条件」と呼ぶ。一方、条件II、III、Vでは逆に、B反応の強化確率の方が高くなり、Aについては一定である。これらの条件を「上昇条件」と呼ぶ。そして、以上の訓練を第1段階とする。

表4-3 反応系列と強化確率（第1段階）

条件 I	$p(A)=.4, p(B)=.2,$	但し $p(A AA\cdots)=.1$
II	$p(A)=.4, p(B)=.2,$	$p(B AA\cdots)=.7$
III	$p(A)=.1, p(B)=.05,$	$p(B AA\cdots)=.4$
IV	$p(A)=.7, p(B)=.2,$	$p(A AA\cdots)=.1$
V	$p(A)=.1, p(B)=.05,$	$p(B AA\cdots)=.7$

注) Aは右、Bは左キーへの反応。AA...は2試行以上Aが続くことを示す。

続く第2段階においては、上昇・下降が生じるまでの反応系列の長さを変え、ハトが、そのような系列の変化に対し、どちらの条件において、より敏感に反

応するかを比較した。すなわち、各試行、それまでの反応系列によって、表4-4のように、当該試行反応の強化確率 p が決められた。条件I、IV及びVIでは、Aが連続2試行（例えばI-2）、あるいは4試行（例えばI-4）を越えると、それ以降のAの強化確率がBのそれよりも低くなる。これら3条件を「下降条件」と呼ぶ。条件II、III、Vでは逆に、Bの強化確率の方が高くなる。これら3条件を「上昇条件」と呼ぶ。

4) 手続き 本実験の被験体には若干の実験歴があったため、両方のキーに対する安定したつつき反応を確認した後で、すぐに本訓練に入った。1試行の手続き内容は実験3と同様である。すなわち簡単に述べると、各試行は、室灯及びキーライトの点灯と共に始まる。左右いずれかのキーに対して、1回のつ

表4-4 反応系列と強化確率（第2段階）

条件 I-2	$p(A)=.4, p(B)=.2,$	但し $p(A AA\cdots)=.1$
I-4	$p(A)=.4, p(B)=.2,$	$p(A AAAA\cdots)=.1$
II-4	$p(A)=.4, p(B)=.2,$	$p(B AAAA\cdots)=.7$
III-2	$p(A)=.1, p(B)=.05,$	$p(B AA\cdots)=.4$
III-4	$p(A)=.1, p(B)=.05,$	$p(B AAAA\cdots)=.4$
IV-2	$p(A)=.7, p(B)=.2,$	$p(A AA\cdots)=.1$
IV-4	$p(A)=.7, p(B)=.2,$	$p(A AAAA\cdots)=.1$
V-2	$p(A)=.1, p(B)=.05,$	$p(B AA\cdots)=.7$
V-4	$p(A)=.1, p(B)=.05,$	$p(B AAAA\cdots)=.7$
VI-2	$p(A)=.7, p(B)=.5,$	$p(A AA\cdots)=.4$
VI-4	$p(A)=.7, p(B)=.5,$	$p(A AAAA\cdots)=.4$

注) Aは右、Bは左キーへの反応。AA \cdots は2試行以上、AAAA \cdots は4試行以上 Aが続くことを示す。

つき反応が生じると、すべてのライトが消える。同時にコンピュータが、表4-3および表4-4の確率に従い、乱数によって、当該試行反応が強化されるかどうかを決める。強化子は穀物飼料（提示2秒間）、強化されない場合は2秒間のブラックアウトが与えられ、直後に次試行が始まる。1日1セッション、200試行。各条件について、遂行が安定するまで約20~30セッションが与えられた。セッション数は条件によって異なるが、被験体間では同数であった。第1段階における条件の提示順序は、3羽のハトについてはI II I III IV Vの順、残りの3羽についてはII I II III V IVの順であった。第2段階における条件の提示順序は、3羽のハトについてはIV-4, IV-2, V-4, V-2, I-4, I-2, III-4, III-2, VI-4, II-4, VI-2の順、残りの3羽についてはV-4, V-2, IV-4, IV-2, III-4, III-2, I-4, I-2, II-4, VI-4, IV-2の順であった。

3. 結果

1) 反応連の相対頻度 実験4と同様、まず反応連の分布を調べることにより、微視的行動を検討する。今回の実験では、条件数が多く、すべての条件について個別データを示すと、煩雑になると思われたため、まず6羽の被験体を合計したデータを、表4-5および表4-6に示した。詳細な検討の結果、ここでの合計データは、大部分の個別被験体のデータをほぼ代表するものである

表4-5 第1段階での各条件最終5セッションにおける反応連の相対度数分布（6羽の合計）

条件	A1	A2	A3	A4	A5+	B1	B2	B3	B4	B5+
I	.29	.32	.27	.09	.03	.81	.07	.04	.03	.05
II	.32	.29	.16	.08	.15	.93	.04	.01	.01	.01
III	.36	.46	.13	.04	.02	.82	.14	.02	.00	.00
IV	.07	.19	.52	.14	.07	.98	.02	.00	.00	.00
V	.31	.51	.14	.03	.11	.90	.09	.01	.00	.00

注) A1はA、B3はBBB、5+は5つ以上続く連を示す。

ことが、確かめられた（その一部は以下の個別分析を参照）。

表4-5は、第1段階における、各条件の最終5セッションを通じての、A連とB連の分布である。まずBの連をみると、I～Vの条件にかかわらず、B1が非常に多くなっている。一方Aの連については、条件IとIIではあまり目立った特徴がみられないが、条件IIIとVではA2を中心に、条件IVではA3を中心に、分布する傾向が認められる。

第2段階における同様のデータは、表4-6に示されている。条件を通じてB1が非常に多くなっている。その傾向は、第1段階より強くなっているようである。一方、Aの連をみると、条件I、IV、VIでは、上昇・下降までの反応系列の長さによって、Aの分布に明らかな違いがみられる。つまり、Aが連続4試行を越えると強化確率の低下が起こる場合(-4)には、A連が長くなる傾向

表4-6 第2段階での各条件最終5セッションにおける反応連の相対度数分布（6羽の合計）

条件	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7+	B1	B2	B3+
IV-4	.05	.15	.14	.13	.27	.16	.11	.96	.04	.01
IV-2	.07	.21	.52	.13	.04	.02	.01	.96	.04	.01
V-4	.31	.45	.16	.06	.02	.01	.00	.93	.06	.01
V-2	.50	.40	.08	.02	.00	.00	.00	.92	.07	.01
I-4	.14	.29	.21	.13	.12	.05	.06	.95	.05	.01
I-2	.20	.37	.31	.09	.02	.01	.01	.96	.04	.01
III-4	.28	.42	.17	.07	.03	.01	.01	.97	.03	.00
III-2	.39	.46	.13	.02	.01	.00	.00	.94	.05	.01
II-4	.11	.29	.24	.16	.08	.05	.08	.93	.06	.02
VI-4	.09	.14	.15	.14	.20	.11	.16	.89	.07	.05
VI-2	.09	.17	.32	.19	.08	.06	.09	.92	.05	.03

注) B1はB、A4はAAAA、7+は7つ以上続く連を示す。

にあり、IVとVIでは最頻値がA5にある。A2後低下が生じる場合(-2)は反応連がより短くなり、IVとVIでは最頻値がA3にある。一方、条件IIIとVでは、-4と-2の間に大きな違いがみられず、いずれもA1あるいはA2を中心に分布する傾向が認められる。これらの事実は、それまで相対的強化確率が高かった選択肢における低下の方が、低かった選択肢における上昇よりも、大きな影響を、選択行動、特に切り替え行動、に及ぼしている可能性を示唆しているであろう。

個別データの分析は、前述のように条件数が多かったので、遂行に比較的明確な特徴がみられた、第1段階の条件IVとV、第2段階の条件IV-2、IV-4、V-2、およびV-4に限られた。これらの条件について、A連の相対生起頻度の個別データを、図4-2に示す。Bについては、いずれの条件についても反応連がほぼ1であったので、分析を省略した。上昇条件(V、V-2、V-4)と下降条件(IV、IV-2、IV-4)に分けてみると、これらの条件によって、遂行が明確に異なるのが認められる。まず上昇条件では、若干の例外を除き、ほぼ条件間に差がみられない。V、V-2、V-4の3条件ともに、反応連生起の最頻値が、ハトNo.1については1、それ以外のハトについては2である。他方、下降条件においては、若干の例外(ハトNo.2および4)を除いて、条件IVおよびIV-2では連3のところに、IV-4では連5のところに、最頻値があり、この条件の結果は、特に明瞭である。すなわち下降条件の結果は、いずれの場合も、強化確率の下降に最低限必要な反応数より、1つだけ多い反応連が最頻値であることを示している。従って、全被験体の合計でみた結果(表4-3および表4-4)は、個体毎にみてもほぼ確認されたといえるであろう。

2) 選択行動の系列依存性

表4-7は、これまでの実験と同様、直前試行での反応と結果(強化か非強化か)が、当該試行での選択行動にどのように影響するか、を個体別に示している。ここでの分析も代表的なデータに限定された。すなわち上昇条件として第2段階のV-4、下降条件として同じく第2段階のIV-4条件のデータが、対象になった。それは、これら2つの条件が、反応連の相対頻度の分析におい

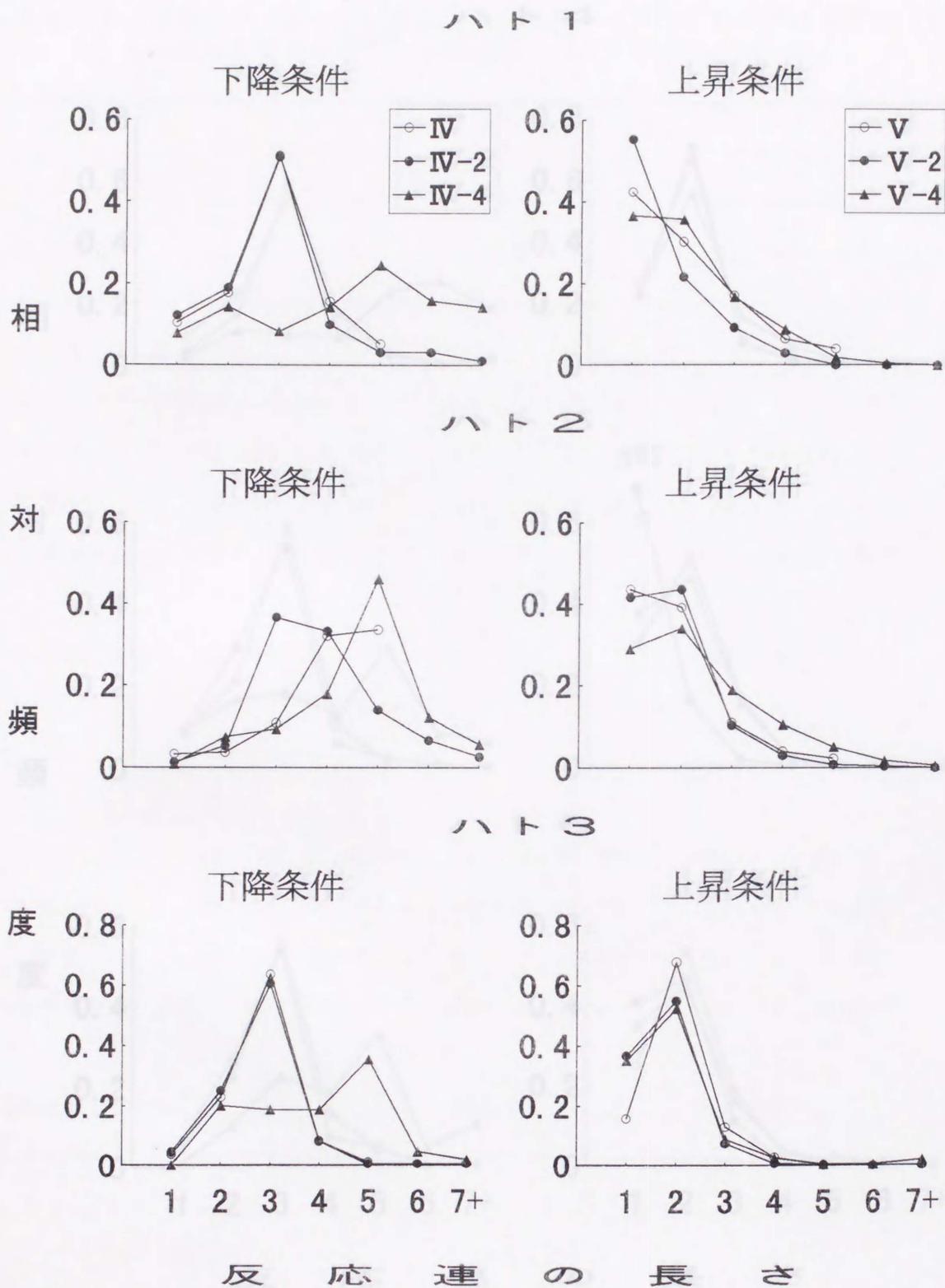
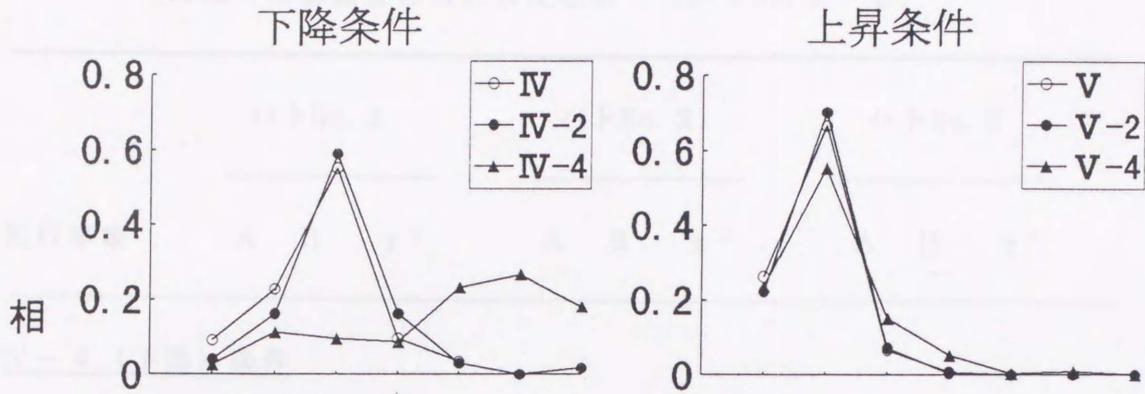
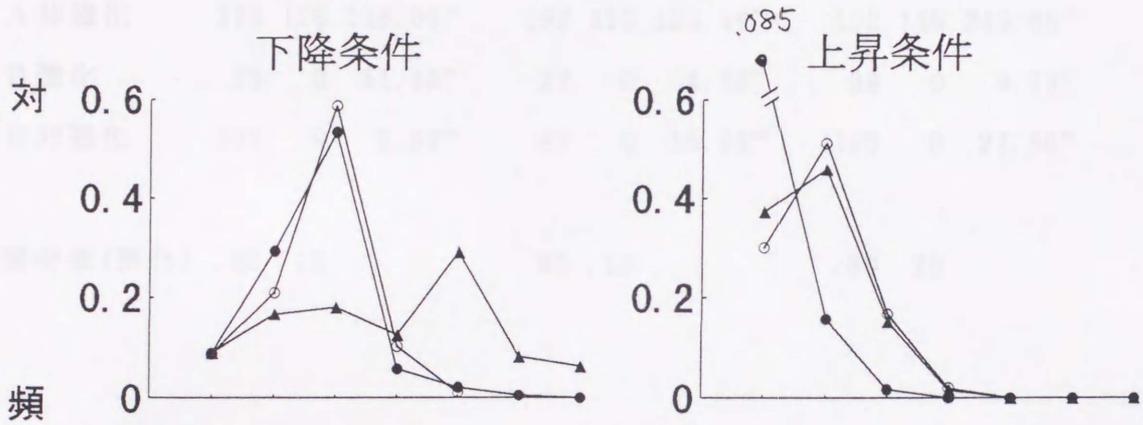


図 4-2 下降条件と上昇条件における A 反応連の分布

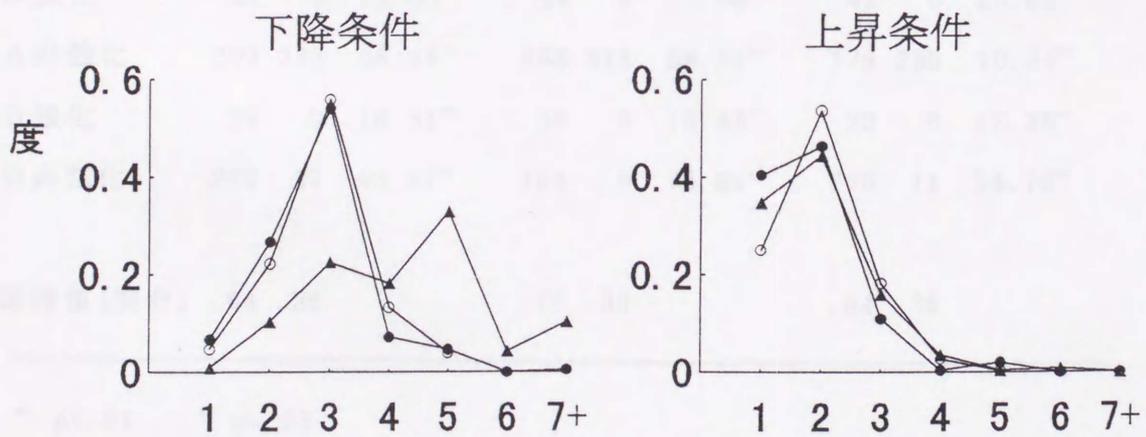
ハト 4



ハト 5



ハト 6



反応連の長さ

図 4-2 (続き) 下降条件と上昇条件における A 反応連の分布

表 4-7 下降条件 (IV-4) および上昇条件 (V-4) における直前試行での様々な事象後の A、B 反応数 (ハト No. 1-3)

先行事象	ハト No. 1			ハト No. 2			ハト No. 3		
	A	B	χ^2	A	B	χ^2	A	B	χ^2
<u>IV-4 (下降) 条件</u>									
A 強化	311	0	68.27**	324	0	57.18**	345	0	86.25**
A 非強化	173	126	118.05**	192	115	121.46**	102	149	243.06**
B 強化	23	0	51.15**	27	0	4.76*	39	0	9.75**
B 非強化	103	9	7.53**	87	0	15.35**	110	0	27.50**
期待値(割合)	.82	.18		.85	.15		.80	.20	
<u>V-4 (上昇) 条件</u>									
A 強化	42	0	23.63**	49	0	21.00**	42	0	23.63**
A 非強化	202	233	58.24**	258	218	56.57**	179	256	10.37**
B 強化	29	0	16.31**	36	0	15.43**	22	0	12.38**
B 非強化	202	37	43.67**	184	0	78.86**	235	11	14.78**
期待値(割合)	.64	.36		.70	.30		.64	.36	

** p<.01, * p<.05

表 4-7 (続き) 下降条件 (IV-4) および上昇条件 (V-4) における
直前試行での様々な事象後の A、B 反応数 (ハト No. 4-6)

先行事象	ハト No. 4			ハト No. 5			ハト No. 6		
	A	B	χ^2	A	B	χ^2	A	B	χ^2
<u>IV-4 (下降) 条件</u>									
A 強化	313	0	64.11**	314	20	54.58**	339	0	69.43**
A 非強化	193	116	92.40**	117	125	112.18**	148	130	174.53**
B 強化	24	1	2.99	13	24	36.42**	24	0	4.92*
B 非強化	92	6	8.22**	132	0	39.43**	104	0	21.30**
期待値(割合)	.83	.17		.77	.23		.83	.17	
<u>V-4 (上昇) 条件</u>									
A 強化	44	0	22.67**	29	7	5.79*	40	0	20.61**
A 非強化	213	234	67.07**	174	245	66.78**	199	251	95.11**
B 強化	23	0	11.85**	1	14	18.61**	22	0	11.33**
B 非強化	209	22	61.67**	251	24	105.94**	227	6	102.54**
期待値(割合)	.66	.34		.61	.39		.66	.34	

** $p < .01$, * $p < .05$

て非常に明確な特徴をもち、また互いに明確に異なった遂行を生み出していたからである。

まずBの後の選択反応は、強化されたかどうかにかかわらず、ほぼすべての被験体、およびIV-4条件、V-4条件ともに、ほとんどAになっている。この結果は、表4-5と表4-6でみられた、B連がほとんどすべて1であるという結果と一致している。

一方、A強化の後では、ハト No. 5を除きB反応が全く見られない。このことは、Aが強化された後では、Bへの切り替えが決して起こらないことを示している。A非強化の後はどうであろうか。この場合は一変して、Bがかなりの頻度で生じている。AとBのどちらが多いかは、被験体によって異なる。これらをまとめると、AからBへの切り替え行動は、A非強化の後に限られることが示されている。Aが連続する場合は、強化後も非強化後もあるが、下降条件では強化後の方が多く、上昇条件では非強化後の方が多い。これは強化確率の設定の違いによる、一種のアーチファクトと思われる。

以上、反応連の相対頻度でみたときには、大きく異なった遂行を見せた、IV-4条件とV-4条件であったが、直前試行での反応や結果との関係でみると、非常に類似した反応パターンとなっていることが明らかであるといえよう。

4. 考察

本実験は、強化確率の相対的高低の逆転が起こるときに、それまで高かった方の強化確率が下降することによって逆転する条件と、逆にそれまで低かった確率が上昇する条件とで、選択行動がどのように異なるか、を調べる目的で行われた。モメンタリ最大化は、強化確率の相対的高低関係を重視するので、その点でこれら2つの条件は等価であり、同じ微視的選択行動を予測すると思われた。しかしながら、本実験結果は、2つの条件が非常に異なる遂行を生じることを明らかにした。

すなわち、下降条件では、ハトは強化確率の下降をいわば予測して、実際の上昇の前に切り替えをするのではなく、下降後の1試行を経験した後で、切り替えをしていることが明らかになった。さらに、下降が生じるまでに必要な連続反応数を変えたところ、その長さによって、選択行動（特に切り替え行動）

が大きく影響されることが明らかになった。一方、上昇条件では、上昇までの反応連の長さによって選択行動が異ならず、この条件がほとんど影響していないことが示唆された。以上から、上昇条件よりも下降条件の方が、選択行動に大きな影響を与えている可能性が示唆される。すなわちハトの選択行動は、下降条件の方に敏感であると言えよう。このような結果は、モメンタリ最大化理論で説明することが出来ないように思われる。

それでは、このような上昇条件と下降条件の違いは、何によって生じたのであろうか。その答えは、系列依存性の分析結果から得られるであろう。この分析によれば、AからBへの切り替え反応は、ほとんどすべて、Aでの非強化の後で生じていた。またA強化の後には、ほとんどの被験体について、必ず再びAが見られた。これらの事実は、AからBへの切り替え行動には、部分的にせよ、いわゆるwin-stay, lose-shift方略が働いていたことを示唆している。このような方略に基づいて、下降条件、特に今回個別被験体の分析を行った、条件IV-2とIV-4における行動を予測してみよう。まず条件IVでは、-2と-4ともに、はじめAに対する強化確率がかなり高い(.70)ので、ハトはこちらのキーをつつくことが多いであろう。Aが強化されればwin-stay方略に従い、Aが続くことになる。しかし、条件IV-2においては連続3つ目のA、また条件IV-4においては5つ目のA、に対する強化確率が大きく低下する(.10)ので、lose-shift方略により、その次の試行でBへの切り替えが生じることになる。従って、A反応連の最頻値は、条件IV-2では3、IV-4では5になると予測され、この予測は本実験結果によって支持されている。

一方、条件Vでは、Aに対する強化確率がかなり低いので、連続するAの数が比較的少ない段階で、非強化を経験することが多くなる。もしここで、lose-shift方略が働いているならば、条件IVよりも短いA連の後で、Bへの切り替えが生じるであろう。そしてそれは、条件V-2とV-4の間で、違いがないはずである。本実験結果を見ると、条件Vでの反応連の最頻値は1と2に集中し、条件IVに比べてA連の長さが全体として短くなっている。さらに、条件V-2とV-4におけるA連の分布の違いは、条件IV-2とIV-4の違いより小

さかった。このような結果は、上に述べた予測をほぼ確認していると言えるであろう。

しかしながら細かく見ると、本実験のハトの行動が、win-stay, lose-shift 方略のみによって、完璧に理解できるわけではない。例えば、A非強化後に再びAを示す例も少なくなかったし、条件V-2とV-4の遂行を比べると、反応連の最頻値については、多くの場合一致しているけれども、条件V-2に比べてV-4の方が、若干長い連が多いように思われる。さらにB1回の後では、強化、非強化にかかわらず、すぐにAに切り替えていた。以上の結果は、モメンタリ最大化の原理、すなわち、強化確率の高い方を選択するという行動、を考慮に加えることによって、理解できるように思われる。

以上の考察は、特に個別被験体の分析については、かなり限られた条件のデータに基づいていることに、注意する必要がある。それらの条件下のデータは、非常にはっきりした特徴をもっていたので、典型的な行動を記述するのに、また理論的な考察には、最適であると思われる。しかし、この他の諸条件のデータの分析、さらには本実験で行われなかった条件にも分析を進め、一般性を確認する必要は残っていよう。

実験4と5のまとめ

この章の冒頭述べたように、従来、オペラント選択行動の微視的分析研究は、強化確率のより高い方の選択肢に反応する、というモメンタリ最大化を作業仮説として、進められてきたといえる。しかし、選択行動における微視的原理は、本当にモメンタリ最大化のみであろうか、というのが本章での問題であった。

実験4では、二重交替反応を、そうでない反応に比べて高い確率で強化し、モメンタリ最大化に従えば二重交替が見られるような事態を設定した。その結果、そのような確率の絶対的水準が高い場合にむしろ、二重交替反応が見られなかった。また実験5では、強化確率の逆転が起こる場合の2つのあり方、すなわち、それまで高かった方の確率が下降する条件と、低かった方の確率が上

昇する条件の間で、選択行動を比較した。モメンタリ最大化によれば、条件間に差は見られないはずであるが、結果は条件間で大きく異なっていた。

実験4と5で得られた知見は、微視的選択行動においてこれまで重視されてきた微視的最大化原理とは別の行動ルールが、条件によっては重要な役割を果たす可能性を示唆している。そして、そのような行動原理として、強化確率の相対的高低を問題とするモメンタリ最大化に対し、個々の強化事象（強化や非強化）を手がかりとした win-stay, lose-shift等の方略行動を考える必要性が主張された。

これは、通常の間列オペラントスケジュールを考慮したときにも、重要な問題となる。例えば間列V I V Iスケジュールでは、被験体の行動によって絶対的強化確率水準はかなり変動する。もし選択行動が絶対的強化確率にも制御されているならば、従来のように相対的高低のみに基づいて分析することによっては、適切な微視的分析が困難になるであろう。そしてこのことが、従来モメンタリ最大化理論があまりよく実験的に支持されてこなかったことの原因である、という可能性が考えられるのである。

第5章

微視的過程と巨視的過程の関連

これまで述べた5つの実験は、専ら選択行動の微視的過程に、直接焦点を当ててきた。そのうち第3章の実験1から3までは、モメンタリ最大化を中心とした微視的分析のアプローチが、妥当なものであることを確認した。また第4章の実験4と5では、モメンタリ最大化以外にも、微視的行動原理が存在する可能性を指摘した。これまでの諸実験は、微視的分析を進めたと言えるが、ひとつ重要な点を見落としている。微視的分析によってとらえられ、微視的随伴性に支配されている行動過程を、微視的過程というならば、一方で、巨視的随伴性に支配される、巨視的過程というものも存在すると考えられる。そして選択行動の包括的な理解のためには、これら両方の過程を考慮しなくてはならないのである。Shimp(1966)によって微視的分析研究が始まって以来、モメンタリ最大化理論が中心的な役割を果たしてきたが、この理論の主張は、微視的過程が基本的な原理なのであって、巨視的過程は微視的過程を平均した結果得られる、いわば副産物にすぎないというものである(第1章参照)。そのような主張に従うならば、巨視的過程は本質的なものではなく、微視的過程のみを研究すればよいことになる。

しかしながら最近、微視的過程を巨視的行動のメカニズムとしてとらえたり、微視的及び巨視的分析の立場を、理論的に対立するものと考えたりするのではなく、2つの水準の過程が並存しうるのではないか、という見方がされるようになってきた(Williams, 1991)。この立場に立つならば、巨視的過程も独立した過程として考慮しなければならない。この点をふまえて本章では、微視的強化随伴性が巨視的随伴性とどのように関わり合って行動を支配しているのかを明らかにするため、2つの実験が行なわれた。

第1節 確率学習事態での検討 (実験6)

1. 目的

これまで、微視的過程と巨視的過程の関連について調べようとした研究には、特定の巨視的行動(例えばマッチング)が得られたときに、それを説明するものとしての微視的過程(例えばモメンタリ最大化)も見られるかどうか、を検討したものが多(Shimp, 1966; Nevin, 1969)。この場合の強化スケジュールは、通常のオペラントスケジュール(例えば並列V I V Iや並列V I V R)、またはその離散試行版が用いられ、それらのもとで得られた選択行動の、微視的側面と巨視的側面が検討された。しかしながら、これらのスケジュールでは、強化随伴性の微視的側面と巨視的側面とを、分離して操作することが出来ないで、微視的随伴性と微視的行動の関連、巨視的随伴性と巨視的行動の関連、及びそれらの間の相互作用について、厳密には調べる事が出来なかつた。

これを可能にするのが、強化確率を直接に操作できる、確率学習事態であると思われる。本実験では、微視的強化確率構造と巨視的強化確率構造とを、独立に操作する手法により、それぞれによる行動の支配が互いにどのように影響しあっているのかについて明らかにすることを目的とする。

本実験における微視的随伴性は、直前の試行において強化が準備されていた選択肢との関係で、強化準備確率が決められる、というもので、基本的には本研究の第1実験の手続きと同様である。一方、巨視的随伴性は、直前試行での事象に依存しない、長いスパン、例えば1セッションとか実験全体を通じての、各選択肢における強化準備確率として定義された。

2. 方法

1) 被験体 伝書バト10羽を用いた。これらは地元近郊の業者から購入した成鳥(実験開始時で当歳ないし3歳程度)であり、実験歴はない。なお雄雌は確認されていない。各被験体は、実験を通じ、飽食時の約80%の体重を維持するように食餌統制された。

2) 装置 ハト用の標準的スキナー箱2台が用いられた。これらは、実験5で用いられた装置と同じものである。ただし実験の制御及びデータの記録は、パーソナルコンピューター (NEC PC-9801ns) によって行なわれた。なお、制御・記録用プログラムは N-88BASIC で書かれている。

3) 実験計画 微視的随伴性の異なる3群が設定された。REP群は、直前試行で強化が準備された側と、同じキーに準備される割合が.80、反対側に準備される割合が.20である。ALT群では、これらの割合が逆転された。すなわち直前と同じ側が.20、同じ側が.80である。そしてRAN群は、2つの割合がいずれも.50であった。一方、巨視的随伴性としては、すべての群について、2つのキーでの強化準備比が.60:.40に固定されていた。この実験では、強化確率.60の側のキーをAキー、.40側をBキーとする。REP群の強化準備系列は、例えばAAAABBBBBBAAAAA...の様であり、ALT群では、例えばABAABABABAAB...の様である。訓練の第1段階では、9羽のハトを、3羽ずつ3つの群に割り当てた。後述のように、第1段階では、RAN群とALT群の遂行の違いが明確でなかったため、続いて第2段階として、REP群の3羽に新しく1羽を加えた4羽を、2羽ずつRAN群とALT群に振り分けて、RAN群とALT群各々5羽ずつとして訓練した。

4) 手続き 実験1の予備訓練と同様の訓練によって、両方のキーに対する安定したつつき反応がみられるようにした後で、本訓練に入った。1試行の手続き内容も、実験1と大体同様である。すなわち簡単に述べると、各試行は、室灯及びキーライトの点灯と共に始まる。左右いずれかのキーに対して1回のつつき反応が生じると、すべてのライトが消える。各試行、どちらか一方のキーに強化が準備され、どちらに準備されるかは、予め決められた系列に従う。系列は各群8種類ずつ作成され、訓練日毎に変えて用いられた。実験を通じ非訂正法が用いられた。強化子は穀物飼料 (提示2.5秒間)、試行間間隔は2秒 (ブラックアウト) で、直後に次試行が始まる。1日1セッション100試行。第1段階、第2段階ともに60セッションが与えられた。

3. 結果

巨視的行動として、Aの割合を図5-1に示す。第1段階での3群の遂行（左側パネル）を比較すると、RAN群とALT群はAキーに90%以上反応したが、REP群は60%程度にとどまっていた。最終ブロックのデータについて

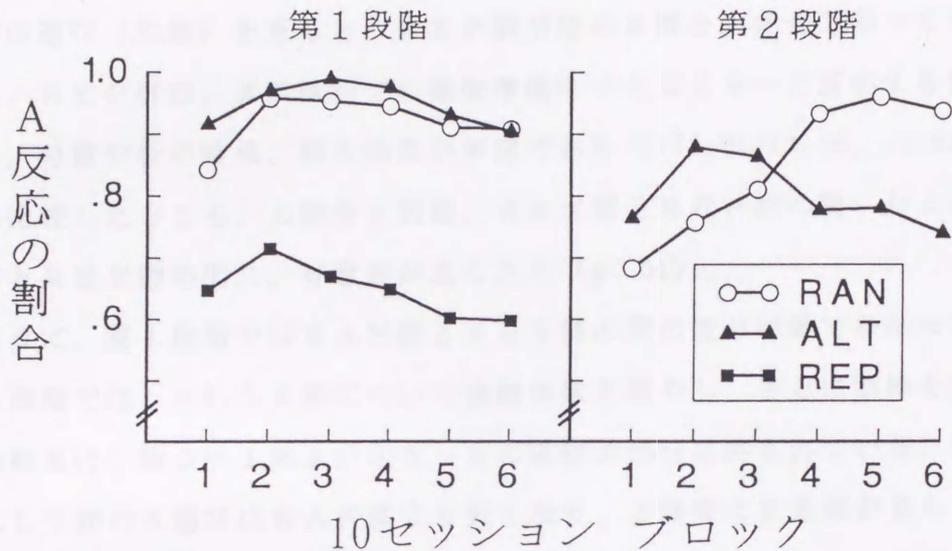


図5-1 60%強化キーの選択

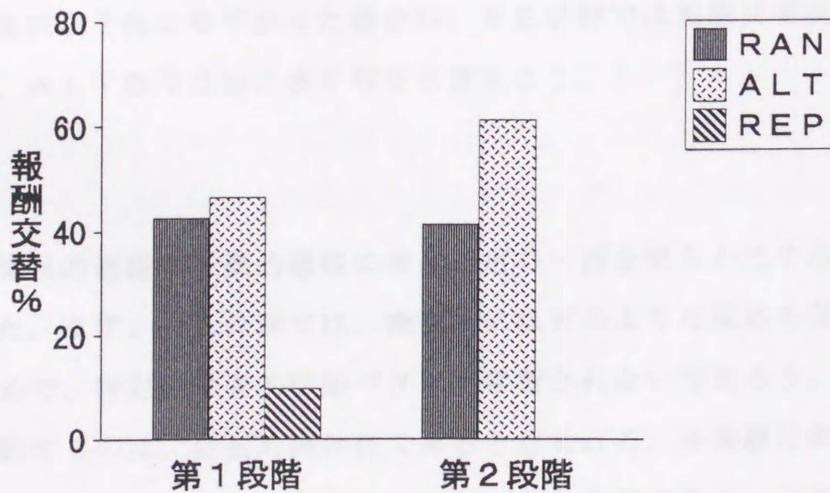


図5-2 各群の報酬交替反応の割合（最終ブロック）

分散分析を行った結果、群の主効果が有意であり $[F(2, 6)=7.84, p<.05]$ 、2群ずつの比較の結果、RAN群とREP群の間、およびALT群とREP群の間に有意差が見られた ($p<.05$)。

次に微視的行動として、最終ブロックについて、直前試行で強化が準備された側と反対の選択肢への反応（報酬交替反応）の割合を、図5-2に示す。第1段階での遂行（左側）を見ると、REP群が他の2群を大きく下回っていた。すなわち、REP群は、直前試行での強化準備キーと同じキーに反応する傾向が著しい。分散分析の結果、群の効果が有意であり $[F(2, 6)=21.35, p<.01]$ 、2群ずつ比較したところ、A割合と同様、RAN群とREP群の間、およびALT群とREP群の間に、有意差が見られた ($p<.01$)。

このように、第1段階ではRAN群とALT群の間の差が明確でなかったため、第2段階では、これら2群について被験体数を増やし、さらに訓練を続けた。その結果は、図5-1および図5-2の右側の部分に示されている。最終的に、ALT群のA選択はRAN群より低くなり、2群間に有意差が見られた [最終ブロック ; $F(1, 8)=5.39, p<.05$]。また報酬交替反応は、ALT群の方が有意に多かった [最終ブロック ; $F(1, 8)=8.00, p<.05$]。

第1段階と第2段階の結果をまとめると、Aキー選択が100%に近い場合（REP群および第1段階のALT群）には、報酬交替反応率がほぼ40%であるが、Aキー選択がそれより下がった場合は、REP群では報酬交替反応が著しく少くなり、ALT群では逆に多くなると言えよう。

4. 考察

本実験は、微視的過程と巨視的過程の相互作用の一面を明らかにする事を、目的としていた。まず、RAN群では、微視的にはどのような反応も差別的に強化されないため、特定の微視的行動パターンは学習されないであろう。従って、選択行動を制御するのは、巨視的随伴性であると思われる。本実験における巨視的随伴性は、Aキーの強化確率.60、Bキー.40という差であり、より報酬を多く得ようとする、いわゆる最大化の原理に従うならば、100%の試行でAキー

を選択する行動が予測される。RAN群のデータは、一貫してAキーが90%以上選択されることを示しており、そのような予測を支持している。

REP群では、直前試行で強化が準備されていた側と同じキーに反応すると、.80という高確率で強化されるのであるから、そのような反応パターンを100%示すことが、全体として最も多く強化される、いわゆる最適な行動パターンとなる。そのとき、巨視的行動としてのキー間の選択比は、.60 : .40となるようにスケジュールが作られていた。REP群の被験体は、まさにそのような行動を示した。すなわち訓練の初期段階から、報酬交替率は10%を割り、A%は大体60%であった。このREP群のデータは、モメンタリ最大化理論にとって非常に重要なものである。というのは、この群の巨視的行動は、まさに微視的行動のみによって説明できるのであり、その意味で、モメンタリ最大化理論を含む微視的分析の基本的立場を支持しているからである。

最後にALT群は、第1段階では、RAN群とほぼ同じ巨視的及び微視的行動を示し、REP群の遂行とは大きく異なっていた。このことは、ALT群の被験体においては、その微視的強化構造の学習が困難であることを、示唆しているであろう。第2段階では、ALT群の被験体数を増やして、さらに訓練を続けたことにより、この群の遂行は、RAN群のそれと大きく異なるものとなった。すなわち、ALT群の報酬交替反応は、最終的にはRAN群より多くなり、同時にA選択はRAN群より低くなったのである。しかし、この群における巨視的行動（74%のA選択）は、微視的過程のみから導かれるものではなかった。もしそうならばA選択はもっと低くなるように、スケジュールが作られていたのである。REP群よりも微視的過程の作用が弱い分、巨視的随伴性の働きが強かったものと思われる。

以上、巨視的過程と微視的過程を独立に操作して検討した結果、これら2つの過程は様々な相互作用をすることが明らかになった。すなわち、ほとんど巨視的過程のみによって選択行動が規定されている場合と、ほぼ微視的過程のみによって規定される場合、さらに両方ともある程度の作用を及ぼしている場合があるようである。そしてそれらは、両過程の相対的強度によって決まってく

るのであろうと思われる。

第2節 並列スケジュールの特徴をもつ離散試行事態での検討 (実験7)

1. 目的

これまでの諸実験では、微視的過程を検討するため、この過程が働いていると思われる状況を設定して、そこでの選択行動を調べてきた。すなわち、微視的過程を積極的に働かせてきたのであるが、本実験では、逆に微視的随伴性の働きにくい条件で、選択行動を検討したい。微視的過程は、先行する反応や強化事象の記憶を要求するであろうから、選択間の時間間隔が長い場合には、働きにくいと考えられる。本実験では、そのような条件を、離散試行事態で試行間間隔を長くすることによって、実現しようとした。強化確率構造は、本論文第3章の実験2で用いたものと同じのものである。

従来の微視的分析の見解のように、もし微視的過程の結果として巨視的行動が生じるのならば、微視的過程の働かない事態では、巨視的に出鱈目な反応が見られ、何らの法則性も見いだすことが出来ないであろう。しかし一方で、微視的随伴性が働かなくても、巨視的過程が存在する可能性は考えられる。もし何らかの巨視的過程が、微視的過程と独立に働いているならば、巨視的レベルで何らかの法則性が見られるであろう。

2. 方法

1) 被験体 米国Duke大学心理学実験室で飼育されていたハト2羽と、日本国青森県弘前市近郊の業者から購入した伝書バト2羽の、合計4羽が用いられた。いずれも実験歴はない。なお雄雌は確認されていない。各被験体は、実験を通じ、飽食時の約80%の体重を維持するように食餌統制された。

2) 装置 ハト用の標準的スキナー箱2台が用いられた。1台は、実験2で用いられたものと同じ装置で、プレキシガラスとアルミニウム板で自作したものである。この実験箱は、自作のデジタル入出力インターフェースを通して、SYM ワンボード・マイクロ・コンピュータに接続されており、実験制御は

これによって行われた。実験後、データは、パーソナル・コンピュータ（IBM）のハードディスクに転送され、蓄積された。もう1台は、実験6で用いられた装置と同じものである。この装置における実験制御及びデータの記録は、パーソナル・コンピュータ（NEC PC-9801ns, N88-BASIC）によって行なわれた。

3) 強化確率 実験2と同様である。すなわち、Aは、先行する反応の系列に関わらず、.15の確率で強化された。Bについては、当該試行を含む先行する4試行での反応系列が“B A A B”であれば、系列最後の、すなわち当該試行でのBが.30の確率で強化された。また、もし“A A A B”であれば、強化確率は.90であった。それ以外の場合、Bはすべて.05の確率で強化された。以上を条件つき確率の記法で表すならば、次のように表現できる。

$$p(A) = .15, \quad p(B) = .05, \quad \text{ただし } p(B | BAA) = .30, \quad p(B | AAA) = .90$$

4) 手続き 試行間間隔を除き、実験2と同様である。すなわち、まず予備訓練として、標準的なマガジン訓練の後に、手動によるキーつつき反応の習得訓練が行われ、さらに連続強化から強化確率を次第に低くしていった、両方のキーに対する安定したつつき反応がみられるようにした。

本訓練に入ると、各被験体は、上述の強化随伴性に従い、毎日1セッション133試行ずつ、3羽のハトには80セッション、残りの1羽には100セッションの訓練が与えられた。各試行は、室灯とキーライトの点灯とともに開始された。どちらかのキーに対し、1回のつつき反応がなされると、すべてのライトが消え、同時にマイクロ・コンピュータが乱数を発生させ、その反応が強化されるかどうかを決定した。強化子は穀物飼料（提示2秒間）、試行間間隔は108秒（ブラックアウト）で、直後に次試行が始められた。

3. ランダム・シミュレーション

選択反応が系列依存性をもたない、すなわち、いかなる先行反応系列の後でも反応の割合が等しい、と仮定して、様々なAの割合について、A強化の割合と、ABをこみにした全体の強化確率を推定した、コンピュータ・シミュレー

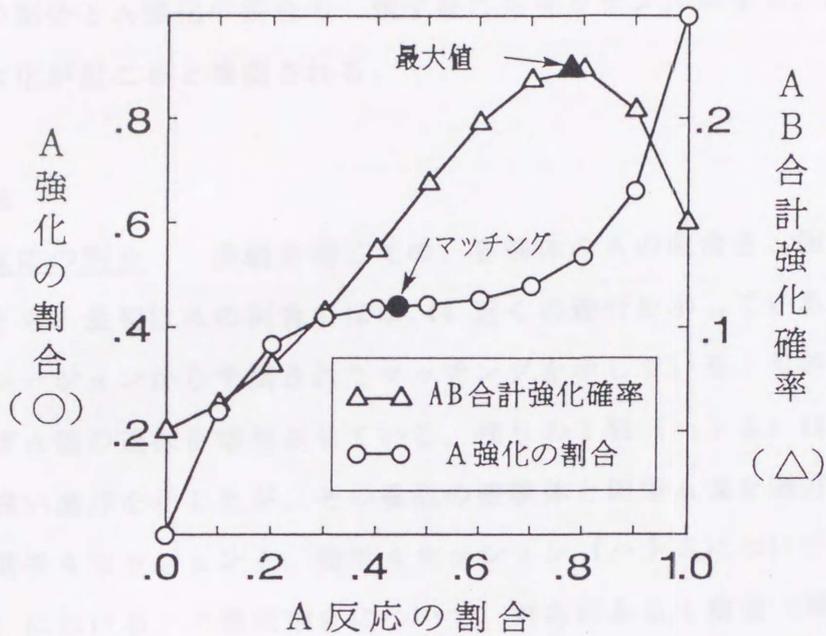


図 5-3 ランダム・シミュレーション

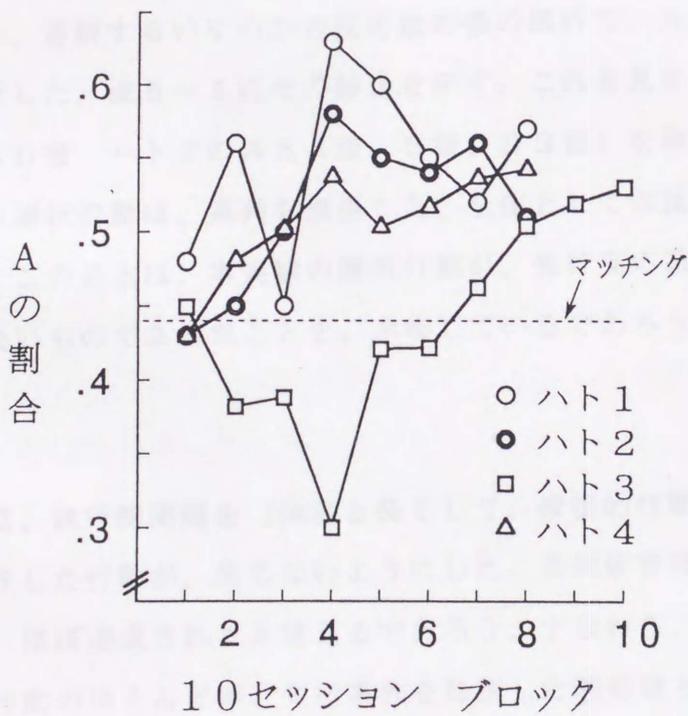


図 5-4 個別被験体の A 反応の割合

シヨンの結果を、図5-3に示す。上の仮定のもとでは、Aの割合が.441のとき、Aの割合とA強化の割合の一致すなわちマッチングが生じ、.775のとき強化の最大化が起こると推測される。

4. 結果

1) A反応の割合 実験を通じての、各個体のAの割合を、図5-4に示す。各個体とも、最初はAの割合がほぼ.44近くの遂行を示しているが、これは、シミュレーションから予測されたマッチングを示している。その後は1羽を除き、ほぼA側の選択を増加させている。残りの1羽（ハト3）は、一時的にB側への強い選好を示したが、その後他の被験体と同様A側を選好するに至った。訓練の前半4セッションと、後半4セッション（ハト3については5セッションずつ）における、A選択割合について、対応のあるt検定（両側）を実施したところ、有意差が見られ [$t(3)=3.39, p<.05$]、後半のA選択は前半より増加していることが、統計的にも確認された。

2) 選択行動の系列依存性 これまでの実験にならって、先行するA及びBそれぞれの、連続するいくつかの反応数の後の試行で、AとBの割合がどうなるかを分析した。表5-1にその結果を示す。これを見ると、若干の例外（ハト1のBB後、ハト3のAAA後、B後、BB後）を除き、様々な先行反応系列の後の選択行動は、系列を無視した、全体としての反応割合と、有意に異ならない。このことは、本実験の選択行動が、先行反応系列への依存性をほとんどもたないものであったことを、示唆しているであろう。

5. 考察

本実験では、試行間間隔を108秒と長くして、微視的行動、すなわち先行反応系列に依存した行動が、生じないようにした。系列依存性の分析結果から、その目的は、ほぼ達成されたと言えるであろう。すなわち、様々なAとBの系列後の選択行動のほとんどが、先行系列を無視した理論値と違わなかったのである。本研究の中の、これまでのいくつかの実験において、類似の分析が、多

表5-1 最終10セッションにおける同一反応からなる様々な先行系列後のA、B反応数

先行反応系列	ハトNo. 1			ハトNo. 2			ハトNo. 3			ハトNo. 4		
	A	B	χ^2									
A	188	147	0.11	164	151	0.14	183	194	3.01	169	171	2.52
AA	100	88	1.11	93	71	2.14	88	95	1.77	91	78	0.00
AAA	52	48	1.02	50	43	0.28	36	52	5.16*	49	42	0.00
AAAA	23	29	3.46	27	23	0.18	14	22	2.88	29	20	0.53
B	199	137	0.68	151	155	0.33	220	151	5.91*	178	160	0.24
BB	91	46	4.96*	85	70	0.91	95	56	5.96*	90	70	0.33
BBB	27	19	0.05	42	28	2.27	32	24	0.39	42	28	1.01
BBBB	12	7	0.29	17	11	1.06	11	13	0.49	19	9	2.16
期待値 (割合)	.57 .46			.51 .49			.53 .47			.54 .46		

* $p < .05$

くのケースで有意な依存性を見いだしてきたのに比べると、この点は非常に特異的な結果といえる。試行間間隔を長くすることが、微視的行動を抑える効果は、非常に大きいものがあると言えよう。

次に、巨視的行動を見ると、すべての被験体について、訓練の最初はほぼマッチングが生じていたが、このとき、その選択行動は、わずかではあるが、Bキーへの選好を示していた。その後、各被験体の選択は、Aキーの方へ片寄っていき、訓練の後半では、かなり大きなAキーへの選好を示す被験体も現れたのである。このような行動は、決してランダムなものではなく、ある法則性を

表すものと思われる。事前に行われたシミュレーションによれば、Aの割合 .78 の点までの間は、Aが増加することは、AB合計の強化確率が増えていくことを意味する。全被験体がこの方向への行動変化を示したことは、巨視的なレベルでの、何らかの最大化原理 (Rachlin, et al., 1980) が働いていたことを示唆している。

このように、微視的過程がほとんど働いていない状況で、巨視的行動が出鱈目でなく、法則性を示唆するものであったことは、巨視的行動が微視的過程の結果生じるものではなく、微視的過程とは独立の、巨視的過程というものが存在することを、物語っているであろう。そして、その巨視的過程を支配する原理のひとつは、マッチング法則であり、これは特に訓練の最初に働いていたと考えられる。しかし、選択行動はマッチングレベルにとどまらず、次第に変化していったが、それは巨視的な最大化の方向に向かったのものだった。すなわち、2つ目の行動原理は、強化最大化の原理であると思われる。しかしながら、選択行動の変化は、全体的強化の最大値 (Aの割合 .78の点) には至らず、Aは .50~.60 の間にとどまっていた。マッチング法則の影響力が大きく、得られた選択行動は、2つの原理の均衡点を示していたのかもしれない。

これまでにも、巨視的行動原理 (マッチングや巨視的最大化) を検討した研究は、数多くある。例えば、Heyman & Herrnstein(1986)は、並列V I V Rスケジュールにおいて、ハトが最初こそ最大化傾向を示したが、次第にマッチングに移行していったことを報告している。本研究では、それと逆の変化がみられ、興味深い。しかし、これらの先行研究のほとんどは、通常のオペラント強化スケジュールを用いていたため、得られた結果が、微視的過程によるものか、巨視的過程によるものか、結局は明らかでなかった。本実験は、微視的過程を極力抑えた状態で、巨視的法則性を見いだしたので、巨視的過程の存在を、今までより強力に示すことができたといえるであろう。

第6章

総合的考察

第1節 オペラント選択行動における微視的過程

1. 本研究のまとめ

本研究は、第1の目的として、微視的分析アプローチの実証的基盤を固めること、を掲げていた。オペラント選択行動を微視的に見ていくと、反応間に系列依存性を見いだすことが多い。その依存性は、いくつかの反応からなる系列が、機能的反応単位となって、それが強化されるという、反応系列パタンの形成に帰することはできない。むしろ、「個々の選択をする時点(瞬間)で強化確率が高い方の選択肢に反応する」という、モメンタリ最大化原理による行動に近いものである。このことは、本研究の実験3で示された。また実験2によると、習得訓練時には特定の反応パターンがみられない場合にも、その後の消去試行では、モメンタリ最大化原理に従った反応パターンが明確に現われた。これらは、微視的選択行動に、モメンタリ最大化原理が多少とも関与していることを示唆する。そしてこのことは、選択行動の微視的アプローチに、実証的基盤を与えるものである。その意味で、本研究の第1の目的は達成されたと言えるであろう。

しかし全体的に見て、モメンタリ最大化原理とは一致しない結果もまた、少なくなかった。すなわち実験1において、個体別にみたとき、微視的レベルで最大化の傾向を示したのは、5羽の被験体中2羽にすぎなかったし、実験2の強化訓練時には、全被験体がこの原理に従った遂行を示したわけではなかった。また従来、微視的分析の問題点として、巨視的選択行動に法則性(例えばマッチング法則)が得られたときに、そのメカニズムになっているはずの微視的行動(例えばモメンタリ最大化)が見られないことがあげられてきた(Nevin, 1969)。これらを考慮すると、微視的選択行動を支配する原理として、モメン

タリ最大化のみを仮定する研究方向は、考え直さざるを得ないであろう。

そこで、第2の目的として、モメンタリ最大化以外の微視的行動原理が存在するかもしれないという可能性のもとに、これまで検討されてこなかった新たな変数の効果を検討した。実験4の結果、絶対的強化確率水準が低い条件では、モメンタリ最大化に一致する反応パターンが生じたが、絶対的水準が高い条件での反応パターンは、この原理に一致しなかった。また実験5では、強化確率の相対的高低関係の逆転が起こる際に、それまで低かった方の確率が高くなる条件と、逆にそれまで高かった方が低くなる条件とを比較し、後者の条件の方が選択行動、特に切り替え行動に、強い影響を与えることを見いだした。そして、実験4と5におけるこれらの結果には、個々の強化や非強化の事象を手がかりとした、いわゆるwin-stay, lose-shift等の方略が、大きく関与していることが示唆された。このように、モメンタリ最大化以外の微視的行動原理が見いだされたことから、第2の目的も達成されたと言ってよいであろう。

微視的過程がどのようなものか、という問題とは別に、選択行動を支配しているのが微視的過程のみであるのか、巨視的過程も存在していて微視的過程と相互作用するものであるのかという問題がある。後者に傾きつつある最近の研究の流れに鑑み、本研究は最後に、第3の目的として、2つの過程がどのように関わり合っているのか、について検討した。実験6では、微視的随伴性と巨視的随伴性を分離して操作し、実験7では試行間隔を長くすることによって、微視的過程が働かないようにした。これらの結果を総合すると、何らかの理由で微視的過程が働かないときにも、巨視的行動が出鱈目とはならず、巨視的随伴性が独自の機能を果たすことが示された。さらに、微視的随伴性の有無や試行間隔の長さの条件によって、微視的過程と巨視的過程の作用の相対的な貢献度が異なることも示された。このように、第3の目的については、この目的に添った形で、ある程度の結果が得られたので、目的は達成されたといえよう。

以上のような本研究結果は、従来の微視的分析研究の方向に対し、少なくとも2つの修正を迫るであろう。すなわちその第1は、微視的行動原理として、反応時の強化確率の相対的高低を手がかりにして切り替え行動を生む、モメン

タリ最大化のみではなく、個々の強化や非強化の事象を手がかりにして切り替えをする、win-stay, lose-shift等の方略を考えることである。第2の修正点は、微視的過程を、従来いくつかの微視的最大化理論が仮定してきたように (e. g., Shimp, 1966)、一方的に巨視的行動を説明するメカニズムとするのではなく、巨視的過程と相互作用するものとして考えることである。以下にこれら2点について、やや詳しく考察してみたい。

2. 微視的過程の機構

いま2つの行動的な選択肢があって、くり返しその間の選択をするという場面を考えてみよう。個々の選択の際にわれわれは、「このような状況では、今まで大体、こっちの方が上手く行く可能性が高いようだ」と考えることがあるかもしれないし、また「今こっちが上手くいっているから、続けてみよう。」とか「さっきダメだったから、反対側へ変えてみようか」というふうに考える場合があるかもしれない。前者は、強化確率の相対的高低関係に基づいて選択を決めることになるので、モメンタリ最大化の原理に基づいていると考えられ、一方後者は、win-stay, lose-shift方略に従ったものであろうと思われる。これら2つはいずれも、われわれの日常生活でよく起こることであろう。

Win-stay, lose-shift方略については、選択行動研究の初期の時代から、時々議論されてきた。例えばBitterman(1965)は、ごく一般的な確率学習事態で、ラットが、報酬を得た選択肢を再び選ぶ“reward following”という反応方略を示す、ことを報告したが、これがまさしくwin-stay, lose-shift方略に非常に近いものである。また、win-stay, lose-shift行動や、その逆のwin-shift, lose-stay 行動を直接強化した研究は、そのような行動パタンの学習が、かなり容易であることを報告している (Williams, 1972; Shimp, 1976)。にもかかわらず、この種の方略が、オペラント選択行動研究であまり取り上げられなかったのは、様々な行動現象を予測できるという意味での予測力が、あまりなかったためかもしれない。実際、win-stay, lose-shiftのような方略のみに基づいて、オペラント・スケジュールにおけるマッチング法則を定量的に予測した

例を、ほとんど見ない。

一方、モメンタリ最大化の考え方は、もともと、経済学的な発想から生じてきたものであり (Shimp, 1969)、オペラント選択行動研究の流れの中で、非常に有力な理論としての地位を築いてきた。その理由は、原理的には非常に簡潔な理論であるにもかかわらず、非常に強力な予測力をもつことである、と思われる。第1章で述べたように、この理論は、例えば巨視的最大化理論に比べて、選択場面における理論的予測が、経験的に支持されている。しかし、本研究の第1章で見たように、モメンタリ最大化のみでは、微視的行動を厳密には記述できないことは明らかである。このことは、第3章の実験でも確認された。そして第4章の実験により、win-stay, lose-shift等の方略が大きな役割を果たすことが、明らかになったのである。

では、モメンタリ最大化以外の原理を新たに考慮することのメリットは、どんなときに現れるであろうか。まず、選択行動の微視的側面を、より正確に記述できるようになるであろう。例えば、通常の並列V I V Iスケジュールの場合、各要素スケジュールのうち、強化可能性の高い方をA、低い方をBとして、しばらくスケジュールAに反応を続けていると、Bの強化確率が上昇し、Aの強化確率を超えるであろう。その状況で、モメンタリ最大化原理のみを考慮するのであれば、Bへの反応が予測される。しかし、もしそのとき、直前のAへの反応が偶然強化されれば、どうであろうか。win-stay方略によれば、その直後の反応では切り替えが生じないのであるから、モメンタリ最大化原理には違反することになる。さらに、Bの強化確率がまだAより高くなっていないときでも、lose-shift方略が働くならば切り替え反応が起こってしまうことになり、これもまたモメンタリ最大化原理に違反するのである。もし、このようなことが実質的に生起するならば、統計的に処理された微視的行動が、モメンタリ最大化の予測に一致しないことは、十分考えられる。

モメンタリ最大化理論は、並列V I V Iスケジュールの、一方の要素スケジュールに連続して長く反応すればするほど、その後の反対側キーへスイッチする確率が高くなるはずだ、という予測を中心に検討されてきた。その結果、特

にマッチング理論の陣営から、この予測に一致しない行動が多く報告された（第1章参照）。以上のような批判的研究に対し、モメンタリ最大化理論の生みの親であるShimpは、この理論に基づいたコンピュータ・モデル（Associate Learner, AL）を用いて、並立V I V I事態においては、現在反応中のスケジュールにおける連続反応数の関数として、他方のスケジュールへの切り替え確率（切り替え確率曲線）が上昇しないという予測を提出した（Shimp, 1984, 1992）。すなわち、ALは実際に得られるデータを正しく予測しているのであって、切り替え確率曲線が上昇するはずだという予測（Nevin, 1969）そのものが間違いであると主張したのである。

このような主張は、ShimpのALがフラットな切り替え関数を生み出したのは、切り替え確率を連続反応数の関数として計算したからであって、スケジュールへの滞在時間の関数としていたならば上昇したであろうという反論（Williams, 1990）があることから、疑問がもたれる。また、実証的な批判に対しては、コンピュータ・シミュレーションなどで対応するのではなく、実験的な分析によって検証するのであれば、大きな問題として残るであろう。むしろ、上で述べたように、モメンタリ最大化の過程は残しておいて、それに対する妨害要因のような形で他の過程（win-stay, lose-shift方略など）を考え、それらを総合して予測を組み立てる方が、理論的に一貫し、また実証可能性が高くなると思われる。さらに、このように2つの行動原理を考慮することにより、微視的過程をよりよく記述でき、同時に巨視的行動をも予測できるようになるならば、微視的過程のみを基本的行動原理とする、微視的分析本来のアプローチにも、力を与えることになるであろう。

3. 微視的過程と巨視的過程の関係

歴史的にみれば、巨視的および微視的理論分析にかかわる研究は、マッチング理論と微視的最大化理論との論争（Shimp, 1966）に、端を発したと言える。そこにおける微視的最大化理論の主張は、マッチング法則が微視的過程によって説明されるものであり、前者は後者の副産物にすぎない、というものであった。

これは、一方の理論が他方の存在意義を否定する形の関係であるといえよう（第1章第3節参照）。そのような論争が一段落した頃から、巨視的理論と微視的理論に別々の、お互いに補うような役割を与えようという動きが生まれた。Nevin(1982)は、微視的強化随伴性には、機能的反応単位を構成する働きがあり、巨視的随伴性は、それらの単位をマッチング関係としてコントロールするという二元的な見方を提唱した。また、Shimp(1982)は、強化の効果には、「形成」と「強め」の2つの働きがある、と述べている。前者は行動の微視的体制化を規定し、後者は、その体制化された構造の強度を決定するという。マッチング理論が、一種の強めの理論であることを考えると(Herrnstein, 1970)、この2つの考え方は、よく似ていることになる。以上の考え方に基づく新たな分析は、すでにいくつか行われ始めている(Fetterman & Stubbs, 1982; Shimp, 1982)。

最近は、さらに新たな見方が現れている。Hiraoka(1984)は本研究の実験6と同様の実験を、ラットを被験体として行った。この実験でも、本研究のハトの結果と同様、明確な微視的随伴性がない群では、ラットの選択行動は、選択肢間の強化確率差にのみ制御されていたが、直前の強化位置によって強化確率が変わる群では、両方の強化確率構造が関与していた。Williams(1991)は、この結果を確認するとともに、試行間間隔を変化させて、それが短い条件では、長い条件に比べて、微視的随伴性が優位に働くことを見いだした。これらの研究が示唆するのは、巨視的随伴性と微視的随伴性は、互いに独立に、また時には拮抗的に働くのであり、それぞれの相対的影響力が条件によって異なること、である。また微視的過程と巨視的過程は、例えば強化可能性の高い選択肢と低い選択肢で微視的随伴性の働きが異なる等、様々な相互作用をすることが知られている(Zeiler, 1987)。この他にも最近は、強化随伴性の微視的な側面と巨視的な側面を、別々に検討している研究がみられるが(Buckner, Green & Myerson, 1993; Dreyfus, DePorto-Callan & Pesillo, 1993)、いずれも、微視的随伴性の明確な作用が見られることと、しかしそれによって巨視的な行動を説明することはできないこと、を報告している。本研究の実験6と7は、この

ような研究の方向と一致するものである。

第2節 今後の研究課題

1. 理論モデルの定立

将来的には、モメンタリ最大化原理に以上のような修正を加えた、定量的理論モデルを構築し、そのモデルが、さまざまなスケジュールにおける選択行動を、現存の諸モデルより適切に記述・予測できるかどうかを検討する必要があるだろう。そのようなモデルはどのような形になるであろうか。以下、既存の諸モデルを展望し、可能性を探ってみたい。

これまで提出されてきた中で、最も一般的で有力な行動モデルとしては、第1章第2節で述べたマッチング法則があげられる。これは、非常に簡潔な数式ひとつで、広範な現象を記述できるものであった。この他にもよく議論されるモデルは、巨視的最大化理論に基づいており、マッチングを含む様々な現象を予測できるものである。この代表的なものとしては、本研究の第1章第4節で紹介した、Rachlin(1978)のモデル式があげられる。また、その後提出された Heyman & Luce(1979)のモデル式や、Houston & McNamara(1981)のものも、おおよそ同じタイプであると言えよう。さらに、Shimp(1966)による初期のモメンタリ最大化モデルも注目される。以上の諸モデルは、計算にはコンピュータを使うことがあるとはいえ、基本的考え方は、通常1本、多くても数本の数式で表現できるものである。

これに対し、簡単な数式ではモデルの記述ができず、完全なコンピュータ・シミュレーションになっているタイプがある。それには微視的最大化に基づいたものが多く、Silberberg & Ziriaux(1982)の“OMNI-1”、Shimp(1984)のAssociate Learner(AL)などがあげられよう。これらは、そのモデルの概念的枠組みは、言語的に簡単に述べられてはいるが、モデルそのものの具体的な記述は、コンピュータ・プログラムを含めて提示されていない。その理由は、このタイプが、単一の行動原理だけでなく、いくつかの過程を、モデルに組み

込んでいるからであると思われる。特に Shimpのものは、記憶などの認知的要因を組み込んだ、複雑なものになっている。

本章第1節の2. で述べたように、本研究の結果、微視的過程に2つの行動原理を考慮することが提唱された。上の考察に従うならば、これから構築すべきモデルとしては、コンピュータ・シミュレーションが妥当かと思われるが、盛り込む原理の数は少ないので、数式表現の可能性も追求するに値するであろう。その際、モデルに複数の行動原理を持ち込むことは、パラメータを増やすことにつながり、どんな現象をも事後的に説明できるようにしてしまうため、反証可能性をいたずらに低くしてしまうのではないか、という批判は当然考えられる。しかし歴史的にみると、2つの過程を考えることにより、心理学的に優れたモデルを提出し得た例は少なくない(例えば Mowrer, 1960; Solomon & Corbit, 1974)。もし、パラメータが増えたことによるデメリットを上回る説明可能性がもたらされるならば、そのような批判も克服されるであろう。

ここで、以上述べたようなモデル定立へ向けての第一歩として、これまでの考察を図の形にまとめておきたい。これは、未だ定性的なものではあるが、将来、定量的モデルを構築するための枠組みとなるべきものである。また、このモデル図は、あくまで試論であり、今後の検討により変更が加えられる可能性が大きいことを付け加えておく。

図6-1に示したブロック図がそのモデル図である。生活体がある選択状況におかれるとき、そこには何らかの強化随伴性が存在していると考えられる。そしてその随伴性には、微視的随伴性と巨視的随伴性が含まれているであろう。これら2種類の随伴性は、それぞれ様々な微視的または巨視的行動原理を生む。微視的随伴性によって生じる行動原理は、第1章で述べたように、従来よりメンタリ最大化が提案されていたが、本研究(第4章)により、win-stay, lose-shiftなどの、強化や非強化の個別事象を手がかりとして切り替えの有無が決定される方略も、大きく行動を支配することが示された。これら2つの微視的行動原理は、常に完全に同程度働くわけではなくて、実験条件に含まれるパラメータによって、その重みづけが異なってくる。また、そのパラメータは、

例えば絶対的強化確率水準や、微視的な強化確率変動（上昇・下降）のあり方などであることが、本研究（第4章）の結果明らかになった。

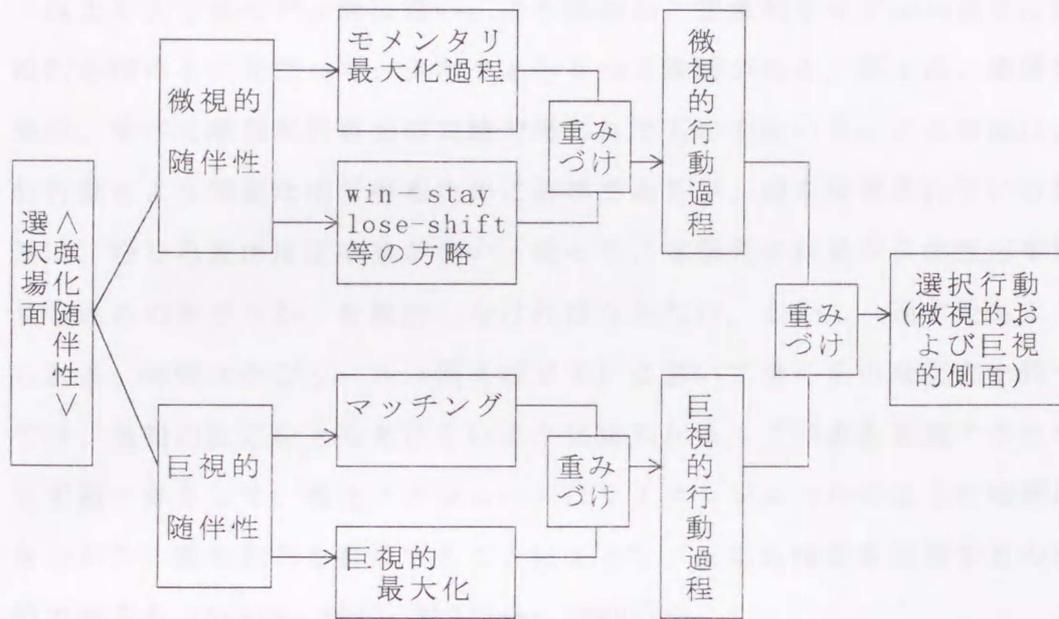


図6-1 仮説的選択行動過程のモデル図

一方巨視的随伴性は、いくつかの巨視的行動原理を生むであろう。これには、第1章でみたように、マッチングや巨視的最大化が報告されてきた。これら2つの巨視的行動原理は、あるときは全く同じ巨視的行動を生むが、大きく異なった遂行を生じることもある。そして、これらの原理がどれだけ作用するかを決定する、重みづけ機構が存在することが考えられる。ここでのパラメータは、これまでの研究からいえば、強化スケジュールであろう。

以上の過程を通じて、微視的行動過程と巨視的行動過程が決定される。これら2つの行動過程は、ここでもまた適当な重みづけ機構を経て、最終的な選択行動として現れる。ここでの重みづけを決定するパラメータは、選択間の時間や、微視的及び巨視的随伴性の相対的行動制御力などであると思われる（第5章参照）。そして、この最終的選択行動を適切な方法で分析することにより、微視的な側面と巨視的な側面を浮かび上がらせることができるのである。

図中の各要素はすべて行動レベルのものを表しており、内的な、またはメンタルな概念を表すものではない。重みづけ機構は一種の関数関係と考えてよいが、その詳細はまだ明らかにされていない。

以上のようなモデル図に従い、より詳細な、定量的なモデルの定立に向けて検討を進めるに先だって、少なくとも2つの課題がある。第1に、本研究の成果は、すべて離散試行場面の実験で得られたものであった。この方法は、微視的行動をより明確な形で得るために必要であるが、通常研究されている選択場面は、むしろ自由反応事態が多い。従って、本研究の知見が自由反応事態でも見られるのかどうか、を検討しなければならない。しかし、通常最もよく用いられる、時間スケジュール（例えばV I）において全く自由な反応を許す事態では、微視的反応をとらえにくいように思われる。この点を克服するためには、まず第一歩として、強化スケジュールはV Iスケジュールのように時間に基づきながら、離散試行を採用することによって、反応の機会を制限するのが効果的であろう（Nevin, 1969; Williams, 1985）。

第2に、“微視的過程が巨視的行動のメカニズムのひとつである”という立場をとらず、微視的過程と巨視的過程の両方を認めるとすれば、行動理論の中でこれら2つの過程をどのように統合していくか、が大きな問題となろう。上述のモデル図では、まさにそのような両方を認める立場をとっていた。

巨視的および微視的理論分析の問題は、強化と反応をどのくらいの時間スパンでまとめて比較するのかという、“集成水準(aggregation level)”の問題と密接な関連がある。これまで述べてきた諸理論は、何らかの意味で、暗に集成の過程を仮定していたように思われるが、時間スパンを表わす集成枠の大きさについては、明確な規定はなかった。そのような問題に関わる諸研究は、近年、いわゆる集成水準の研究として一分野を形成しつつあり、今後の微視的研究と大きく関わるように思われるので、最後に、この問題に関わる一連の研究を跡づけてみたい。

2. 集成水準に関する研究

Killeen (e. g., 1982) は、早くから彼自身の理論である誘因理論において、強化すなわち誘因の効果が、どの程度過去までさかのぼって現在の行動に影響を及ぼしているか、という要因を組み込んでいた。それは“EWMA

(exponentially weighted moving average)”とよばれる、ある一定の時間毎に改訂される一種の移動平均であり、古い平均と新しい事象の効果とにそれぞれ重みづけ係数を与えて、新しい平均を得るものである。すなわち、ここでの古い平均の重みづけが、過去の影響をどの程度重視するか、を意味しているのである。

また、Real & Dreyfus(1985)は、並列V I V Iスケジュールにおけるハトの選択行動について、集成水準の効果を研究した。相対強化率を算出するのに、通常の巨視的分析に用いられるように数セッションを通じてまとめるのではなく、それより小さい集成枠を用いた。一方のキーへ切り替えてから他方へ移るまでの時間を、切り替え間時間とし、その区間を1回と数えて、それを5回から25回までのさまざまな個数でまとめて(集成のサイズ)、相対反応率を算出した。その結果、集成サイズが5の時は、相対反応率はかなり変動したが、サイズが大きくなると、スムージング効果が表れて変動が小さくなった。サイズ25では、多くの場合、セッション全体での相対反応率に近い値を示した。

一方Dow & Lea(1987)は、KilleenのEWMAモデルの適用を含むコンピュータ・シミュレーションによって、鳥類の採餌行動が、どの程度の時間スパンにおける餌の密度(単位時間当りの量, density)に影響されているか、を推定することを試みた。そしてある採餌場面における、過去の影響の指標となる係数を特定し、ハトが、直前の例えば50回のつつき反応に基づいて、餌の密度の推定を行っていることを見いだした。さらにDreyfus(1991)は、同様にKilleenのモデルを援用したコンピュータ・シミュレーションから、並列V I V Iスケジュールにおいて、ハトがどのぐらいの時間スパンで強化や反応を集成しているのか、を推定することができるとしている。すなわち彼は、集成水準を様々に変えた場合の、相対配分時間と相対強化率との間のずれには、ある法則性が存在する

ことを見いだした。それは図6-1のような曲線で表される。これを利用すると、ある条件でのそのようなずれをデータから算定できれば、図の該当する箇所に対応させて、集成の時間スパンを推定できるわけである。以上の諸研究は、行動がどのくらい巨視的あるいは微視的なのか、を明かにすることを可能にする点で注目に値するが、集成水準は条件によってかなり変化することが報告されており、さらに研究が必要であろう。

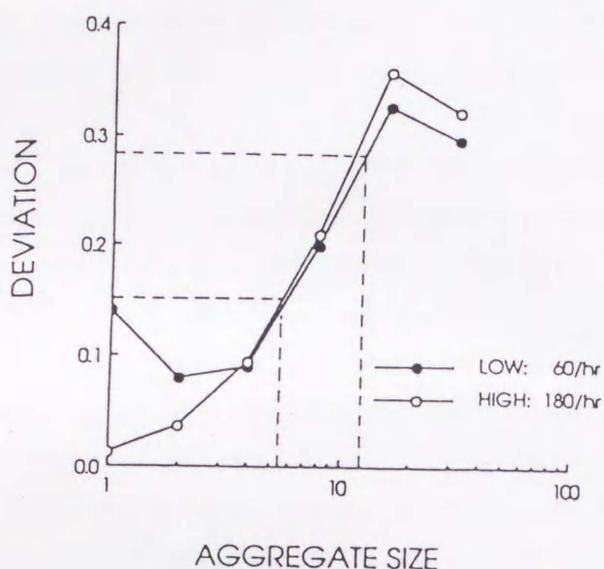


図6-2 並列V I V Iスケジュールのシミュレーションにおける相対的時間配分と相対強化率とのずれを、集成サイズの間数として示したもの (Dreyfus, 1991より改変)

選択行動の様々な理論的立場の間で、これまで多くの議論が戦わされてきたが、その中には、巨視的及び微視的という分析の水準が問題になったものが、少なくない。最近では、特定の理論的立場からの接近に限らず、純粋に経験的な観点から、この問題を集成水準としてとらえる研究が、多くなってきた。そのような傾向は、選択研究全般に影響を与えており、最近の研究の多くが、反応や強化をどのくらいの長さの時間間隔で分析するのかという、時間枠 (time window) の変数を扱っている (e. g., Davison & Alsop, 1991; Heyman & Tanz, 1995)。また、上述のように、巨視的及び微視的随伴性の関係のとらえ方につ

いても、新しい立場が現れつつある。これらの現況を見ると、分析水準の問題は、今後も選択行動研究において、重要な役割を担っていくように思われる。

Barlow, D., & Hershey, V. (1984). Single-trial experiments designed to measure the probability of behavior change. In S. Rachman (Ed.), *Behavior change: Theoretical and experimental issues* (pp. 175-195). London: Lawrence Erlbaum Associates.

Barlow, D. D. (1973). The correlation-based test of effect. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 26, 131-144.

Barlow, D. D. (1979). On the logic of matching law. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 32, 231-242.

Barlow, D. D. (1979). Matching, habit formation, and overmatching in studies of choice. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 32, 243-250.

Barlow, D. D. (1981). Habit formation and the matching law as a function of instrumental behavior. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 36, 267-284.

Barlow, D. D., & Hershey, J. A. (1981). Habit formation theory: Some empirical problems. *Behavioral & Brain Sciences*, 4, 289-291.

Barlow, D. D., & Hershey, J. A. (1983). Choice as a two-alternative. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 17, 461-471.

Bitterman, M. E. (1967). Probable differences in learning. *American Psychologist*, 22, 386-416.

Boisson, B., Kay, P. F., Vogel, A. L., & Slonim, J. J. (1986). Concurrent schedules: Maximization versus reinforcement of changeover behavior. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 38B, 267-283.

Brusch, M. A. (1981). Co-acting variable-based behavior. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 35, 1-4.

Cooper, H. A., Green, L., & Heron, T. (1962). Short-term and long-term effects of reinforcement in choice. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 5, 295-301.

Eastman, A. (1967). Preference and response substitution in the maintenance of behavioral value. In R. L. Commons, R. J. Beatty, & R. B. Staddon (Eds.), *Quantitative analysis of behavior* (Vol. 1, Matching and variable schedules). Cambridge, MA: Ballinger, pp. 175-194.

Epstein, D. J. (1987). A sequential hypothesis of instrumental learning.

引用文献

- Barlow, D., & Hersen, M. 1984 Single case experiment designs: Strategies for studying behavior change. New York:Pergamon Press. (バーロー, D.H. ・ハーセン, M. 高木俊一郎・佐久間 徹 (監訳) 一事例の実験デザイン 二瓶社)
- Baum, W. M. 1973 The correlation based law of effect. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 20, 137-153.
- Baum, W. M. 1974 On two types of deviation from the matching law: Bias and undermatching. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 22, 231-242.
- Baum, W. M. 1979 Matching, undermatching, and overmatching in studies of choice. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 32, 269-281.
- Baum, W. M. 1981 Optimization and the matching law as accounts of instrumental behavior. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 36, 387-403.
- Baum, W. M., & Nevin, J. A. 1981 Maximization theory: Some empirical problems. *Behavioral & Brain Sciences*, 4, 389-391.
- Baum, W. M., & Rachlin, H. 1969 Choice as time allocation. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 12, 861-874
- Bitterman, M. E. 1965 Phyletic differences in learning. *American Psychologist*, 20, 396-410.
- Boelens, H., Kop, P. F. M., Nagel, A. L., & Slangen, J. L. 1986 Concurrent schedules: Maximization versus reinforcement of changeover behavior. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 38B, 267-283.
- Branch, M. N. 1992 On being narrowly broad (Editorial). *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 57, 1-4.
- Buckner, R. L., Green, L., & Myerson, J. 1993 Short-term and long-term effects of reinforcers on choice. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 59, 293-307.
- Burkhard, B. 1982 Preference and response substitutability in the maximization of behavioral value. In M. L. Commons, R. J. Herrnstein, & H. Rachlin(Eds.), *Quantitative analysis of behavior*. Vol. 2. *Matching and maximizing accounts*. Cambridge, MA:Ballinger. Pp.375-394.
- Capaldi, E. J. 1967 A sequential hypothesis of instrumental learning.

- In K. W. Spence & J. T. Spence (Eds.), *The Psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*. Vol.1. New York:Academic Press. Pp. 67-156.
- Catania, A. C. 1971 Reinforcement schedules: The role of the response preceding the one that produces the reinforcer. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 15, 271-287.
- Catania, A. C., Matthews, T. J., Silverman, P. J., & Yohalem, R. 1977 Yoked variable-ratio and variable-interval responding in pigeons. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 28, 155-161.
- Davies, N. B., & Houston, A. I. 1981 Owners and satellites: The economics of territory defence in the pied wagtail, *motacilla alba*. *Journal of Animal Ecology*, 50, 157-180.
- Davison, M., & Alsop, B. 1991 Behavior-dependent reinforcement-rate changes in concurrent schedules: A further analysis. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 56, 1-19.
- DeCarlo, L. T. 1985 Matching and maximizing with variable-time schedule. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 43, 75-81.
- de Villiers, P. A. 1977 Choice in concurrent schedules and a quantitative formulation of the law of effect. In W. K. Honig, & J. E. R. Staddon (Eds.), *Handbook of operant behavior*. Englewood Cliffs, NJ:Prentice-Hall, Pp.233-287.
- de Villiers, P. A., & Herrnstein, R. J. 1976 Toward a law of response strength. *Psychological Bulletin*, 83, 1131-1153.
- Domjan, M., & Burkhard, B. 1986 *The principles of learning & behavior*. 2nd ed. Monterey, CA:Brooks/Cole.
- Dow, S. M., & Lea, S. E. G. 1987 Foraging in a changing environment: Simulations in the operant laboratory. In M. L. Commons, A. Kacelnik, & S. J. Shettleworth (Eds.), *Quantitative analysis of behavior*. Vol.6. *Foraging*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. Pp.89-113.
- Dreyfus, L. R. 1991 Local shifts in relative reinforcement rate and time allocation on concurrent schedules. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 17, 486-502.
- Dreyfus, L. R. DePorto-Callan, D., & Pesillo, S. A. 1993 Changeover contingencies and choice on concurrent schedules. *Animal Learning & Behavior*, 21, 203-213.

- Estes, W. K. 1959 The statistical approach to learning theory. In S. Koch(Ed.), *Psychology: A study of a science*. Vol.2. New York: McGraw-Hill. Pp.380-491.
- Estes, W. K. 1962 Learning theory. *Annual Review of Psychology*, 13, 107-144.
- Fantino, E., & Logan, C. A. 1979 *The experimental analysis of behavior : A biological perspective*. San Francisco: W.H.Freeman.
- Fetterman, J. G., & Stubbs, D. A. 1982 Matching, maximizing, and the behavioral unit: Concurrent reinforcement of response sequences. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 37, 97-114.
- Findley, J. D. 1958 Preference and switching under concurrent scheduling. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 1, 123-144.
- Grayson, R. J., & Wasserman, E. A. 1979 Conditioning of two-response patterns of key pecking in pigeons. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 31, 23-29.
- Green, L., Kagel, J. H., & Battalio. R. C. 1982 Ratio schedules of reinforcement and their relation to economic theories of labor supply. In M. L. Commons, R. J. Herrnstein, & H. Rachlin(Eds.), *Quantitative analysis of behavior*. Vol. 2. *Matching and maximizing accounts*. Cambridge, MA:Ballinger. Pp.395-429.
- Green, L., Rachlin, H., & Hanson, J. 1983 Matching and maximizing with concurrent ratio-interval schedules. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 40, 217-224.
- Hale, J.M., & Shimp, C.P. 1975 Molecular contingencies: Reinforcement probability. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 124, 315-321.
- Herrnstein, R. J. 1961 Relative and absolute strength of response as a function of frequency of reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 4, 267-272.
- Herrnstein, R. J. 1970 On the law of effect. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 13, 243-266.
- Herrnstein, R. J. 1979 Derivatives of matching. *Psychological Review*, 86, 486-495.
- Herrnstein, R. J. 1982 Melioration as behavioral dynamism. In M. L. Commons, R. J. Herrnstein, & H. Rachlin(Eds.) *Quantitative analysis of*

- behavior*. Vol.2. *Matching and maximizing accounts*. Cambridge, MA: Ballinger. Pp.433-458.
- Herrnstein, R. J., & Heyman, G. M. 1979 Is matching compatible with reinforcement maximization on concurrent variable interval, variable ratio? *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 31, 209-223.
- Herrnstein, R. J., & Loveland, D. H. 1975 Maximizing and matching on concurrent ratio schedules. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 24, 107-116.
- Herrnstein, R. J., & Vaughan, W., Jr. 1980 Melioration and behavioral allocation. In J. E. R. Staddon(Ed.), *Limits to action: The allocation of individual behavior*. New York:Academic Press, Pp.143-176.
- Heyman, G. M. 1979 Matching and maximizing in concurrent schedules. *Psychological Review*, 86, 496-500.
- Heyman, G. M. 1983 Optimization theory: Close but no cigar. *Behavior Analysis Letters*, 3, 17-26.
- Heyman, G. M., & Herrnstein, R. J. 1986 More on concurrent interval-ratio schedules: A replication and review. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 46, 331-351.
- Heyman, G. M., & Luce, R. D. 1979 Operant matching is not a logical consequence of maximizing reinforcement rate. *Animal Learning & Behavior*, 7, 133-140.
- Heyman, G. M., & Tanz, L. 1995 How to teach a pigeon to maximize overall reinforcement rate. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 64, 277-297.
- Hinson, J. M., & Staddon, J. E. R. 1983a Hill-climbing by pigeons. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 39, 25-47.
- Hinson, J. M., & Staddon, J. E. R. 1983b Matching, maximizing and hill-climbing. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 40, 321-331.
- 平岡恭一 1977a 確率的強化事態におけるシロネズミの選択行動—自己訂正法とガイダンス訂正法の効果— 心理学研究, 48, 89-96.
- 平岡恭一 1977b ラットにおける報酬交替反応の確率的強化 動物心理学年報, 27, 105-109.
- Hiraoka, K. 1984 Discrete-trial probability learning in rats: Effects of local contingencies of reinforcement. *Animal Learning & Behavior*, 12, 343-349.

- 平岡恭一 1989 オペラント選択行動の微視的理論 心理学評論, 32, 156-176.
- Horner, J. M., & Staddon, J. E. R. 1987 Probabilistic choice: A simple invariance. *Behavioural Processes*, 15, 59-92.
- Houston, A. I., & McNamara, J. M. 1981 How to maximize reward rate on two variable-interval paradigms. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 35, 367-396.
- Hunter W. S. 1920 The temporal maze and kinaesthetic sensory process in the white rat. *Psychobiology*, 2, 1-17.
- Hunter W. S., & Nagge, J. W. 1931 The white rat and the double alternation temporal maze. *Journal of Genetic Psychology*, 39, 303-319.
- Hursh, S. R. 1978 The economics of daily consumption controlling food- and water-reinforced responding. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 29, 475-491.
- 伊藤正人 1983 選択行動 八木 晃 (監修) 佐藤方哉 (編) 現代基礎心理学 6 学習Ⅱ・第4章 東京大学出版会, Pp.97-127.
- Khavari, K. A. 1970 Spacial single and double alternation learning in discrete trial operant situation. *Journal of Genetic Psychology*, 116, 241-246.
- Killeen, P. R. 1982 Incentive theory. In D. J. Bernstein(Ed.), *Nebraska Symposium on Motivation, 1981*. Vol.29. *Response structure and organization*. Lincoln:University of Nebraska Press, Pp.169-216.
- 小牧純爾 1992 データ分析法要説 一分散分析法を中心に - ナカニシヤ出版
- Lauer, D. W., & Estes. W. K. 1954 Observed and predicted terminal distributions of response probability under two conditions of random reinforcement. *American Psychologist*, 9, 413. (Abstract)
- Liversey, P. J. 1969 Double and single-alternation learning by rhesus monkeys. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 67, 526-530.
- Mackintosh, N. J. 1974 *The psychology of animal learning*. London: Academic Press.
- Mazur, J. E. 1981 Optimization theory fails to predict performance of pigeons in a two-response situation. *Science*, 214, 823-825.
- Mazur, J. E. 1994 *Learning and behavior*. 3rd ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Mowrer, O. H. 1960 *Learning theory and behavior*. New York:Wiley.

- Myerson, J., & Miezin, F. M. 1980 The kinetics of choice: An operant systems analysis. *Psychological Review*, 87, 160-174.
- Nevin, J. A. 1969 Interval reinforcement of choice behavior in discrete trials. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 12, 875-885.
- Nevin, J. A. 1979 Overall matching versus momentary maximizing: Nevin(1969) revisited. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 5, 300-306.
- Nevin, J. A. 1982 Some persistent issues in the study of matching and maximizing. In M. L. Commons, R. J. Herrnstein, & H. Rachlin(Eds.), *Quantitative analysis of behavior. Vol.2. Matching and maximizing accounts*. Cambridge, MA:Ballinger, Pp.153-165.
- Rachlin, H. 1974 Self-control. *Behaviorism*, 2, 94-107.
- Rachlin, H. 1978 A molar theory of reinforcement schedules. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 30, 345-360.
- Rachlin, H. 1995 Behavioral economics without anomalies. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 64, 397-404.
- Rachlin, H., Battalio, R., Kagel, J., & Green, L. 1981 Maximization theory in behavioral psychology. *Behavioral & Brain Sciences*, 4, 371-388.
- Rachlin, H., & Burkhard, B. 1978 The temporal triangle: Response substitution in instrumental conditioning. *Psychological Review*, 85, 22-47.
- Rachlin, H., Green, L., Kagel, J.H., & Battalio, R.C. 1976 Economic demand theory and psychological studies of choice. In G. H. Bower. (Ed.), *The psychology of learning and motivation*. New York:Academic Press. Pp.129-154.
- Rachlin, H., Kagel, J. H., & Battalio, R. C. 1980 Substitutability in time allocation. *Psychological Review*, 87, 355-374.
- Real, P. G., & Dreyfus, L. R. 1985 Levels of aggregation: Relative time allocation in concurrent-schedule performance. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 43, 97-113.
- Robbins D., & Warner, P. L. 1973 Individual organism probability matching with rats in a two-choice task. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 2, 405-407.
- 坂上貴之 1997 行動経済学と選択理論 行動分析学研究, 11, 88-108.
- Schlosberg, H., & Katz, A. 1943 Double alternation lever-pressing in the white rat. *American Journal of Psychology*, 56, 274-282.

- Schwartz, B. 1980 Development of complex, stereotyped behavior in pigeons. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 33, 153-166.
- Schwartz, B. 1981 Reinforcement creates behavioral units. *Behavior Analysis Letters*, 1, 33-41.
- Schwartz, B. 1982 Interval and ratio reinforcement of a complex, sequential operant in pigeons. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 37, 349-357.
- Schwartz, B. 1989 *Psychology of learning and behavior*. 3rd ed. New York: Norton.
- Shimp, C. P. 1966 Probabilistically reinforced choice behavior in pigeons. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 9, 443-455.
- Shimp, C. P. 1969 Optimal behavior in free-operant experiments. *Psychological Review*, 76, 97-112.
- Shimp, C. P. 1970 A within-session effect after prolonged training in probability learning by rats. *Psychonomic Science*, 18, 152-153.
- Shimp, C. P. 1975 Perspectives on the behavioral unit: Choice behavior in animals. In W. K. Estes (Ed.) *Handbook of learning and cognitive processes*. Vol. 2. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. Pp. 225-268.
- Shimp, C. P. 1976 Short-term memory in the pigeon: The previously reinforced response. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 26, 487-493.
- Shimp, C. P. 1982 Reinforcement and the local organization of behavior. In M. L. Commons, R. J. Herrnstein, & H. Rachlin (Eds.), *Quantitative analysis of behavior*. Vol. 2. *Matching and maximizing accounts*. Cambridge, MA: Ballinger, Pp. 111-130.
- Shimp, C. P. 1984 Timing, learning, and forgetting. In J. Gibbon & L. Allan (Eds.), *Timing and time perception*. New York: New York Academy of Sciences. Pp. 346-360.
- Shimp, C. P. 1992 Computational behavior dynamics: An alternative description of Nevin (1969). *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 57, 289-299.
- Silberberg, A., Hamilton, B., Zirriax, J. M., & Casey, J. 1978 The structure of choice. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 4, 368-398.
- Silberberg, A., & Williams, D. R. 1974 Choice behavior on discrete

- trials: A demonstration of the occurrence of a response strategy. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 21, 315-322.
- Silberberg, A., & Zirriax, J. M. 1982 The interchangeover time as a molecular dependent variable in concurrent schedules. In M. L. Commons, R. J. Herrnstein, & H. Rachlin(Eds.), *Quantitative analysis of behavior*. Vol.2. *Matching and maximizing accounts*. Cambridge, MA:Ballinger, Pp.111-130.
- Silberberg, A., & Zirriax, J. M. 1985 Molecular maximizing characterizes choice on Vaughan's (1981) procedure. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 43, 83-96.
- Solomon, R. L., & Corbit, J. D. 1974 An opponent-process theory of motivation: I.Temporal dynamics of affect. *Psychological Review*, 81, 119-145.
- Staddon, J. E. R. 1968 Spaced responding and choice: A preliminary analysis. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 11, 669-682.
- Staddon, J. E. R., Hinson, J. M., & Kram, R. 1981 Optimal choice. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 35, 397-412.
- Staddon, J. E. R., & Motheral, S. 1978 On matching and maximizing in operant choice experiments. *Psychological Review*, 85, 436-444.
- Stubbs, D. A., Fetterman, J. G., & Dreyfus, L. R. 1987 Concurrent reinforcement of response sequences. In M. L. Commons, J. E. Mazur, J. A. Nevin, & H. Rachlin (Eds.), *Quantitative analyses of behavior*. Vol. 5. *The effect of delay and of intervening events on reinforcement value*. Cambridge, MA:Ballinger. Pp.205-224.
- Sutherland, N. S., & Mackintosh, N. J. 1971 *Mechanisms of animal discrimination learning*. New York:Academic Press.
- Timberlake, W. 1982 The emperor's clothes:Assumptions of the matching theory. In M. L. Commons, R. J. Herrnstein, & H. Rachlin (Eds.), *Quantitative analysis of behavior*. Vol. 2. *Matching and maximizing accounts*. Cambridge, MA:Ballinger. Pp.549-568.
- Timberlake, W. 1987 Commentary prompted by Vaughan's reply to Silberbreg and Zirriax. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 48, 343-345.
- Travis-Neideffer, M. N., Neideffer, J. D., & Davis, S. F. 1982 Free operant single and double alternation in the albino rat:A demonstration.

- Bulletin of the Psychonomic Society*, 19, 287-290.
- Vaughan, W., Jr. 1981 Melioration, matching and maximization. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 36, 141-149.
- Vaughan, W., Jr., & Miller, H. L., Jr. 1984 Optimization versus response-strength accounts of behavior. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 42, 337-348.
- vom Saal, W. 1973 Choice based on separately established response tendencies: The effect of recency of reinforcement. *Learning & Motivation*, 4, 343-356.
- Vyse, S. A., & Belke, T. W. 1992 Maximizing versus matching on concurrent variable-interval schedules. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 58, 325-334.
- Warburton, D. M., & Heise, G. A. 1972 Effects of scopolamine on spatial double alternation in rats. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 81, 523-532.
- Williams, B. A. 1972 Probability learning as a function of momentary reinforcement probability. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 17, 363-368.
- Williams, B. A. 1985 Choice behavior in a discrete-trial concurrent VI-VR: A test of maximizing theories of matching. *Learning & Motivation*, 16, 423-443.
- Williams, B. A. 1990 Enduring problems for molecular accounts of operant behavior. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 16, 213-216.
- Williams, B. A. 1991 Choice as a function of local versus molar reinforcement contingencies. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 56, 455-473.
- Witte, R. S. 1959 A stimulus-trace hypothesis for statistical learning theory. *Journal of Experimental Psychology*, 57, 273-283.
- Zeiler, M. D. 1987 On optimal choice strategies. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 13, 31-39.