

刻印刺激によって強化されるニワトリヒナの  
キーつつき反応を維持する餌強化随伴性

Contingencies of Food Reinforcement for Maintenance of  
Key-Peck Operant Responses of Chicks Reinforced by  
an Imprinted Stimulus

常磐大学大学院人間科学研究科  
人間科学専攻  
錦織（長谷川）福子

## 要約

本研究は、刻印刺激によって強化されるヒナのキーつつきオペラント反応を維持させる行動随伴性を4つの実験で調べた。問題とした随伴性は、単一強化随伴性、並立強化随伴性、連鎖強化随伴性の3つで、それぞれの随伴性がヒナのキーつつきオペラント反応に及ぼす効果を、実験1、実験2と3、実験4のそれぞれで調べた。

実験1では、刻印刺激が強化刺激である間欠強化の随伴性で、ヒナのキーつつき反応が維持されるのかどうかを調べた。その結果、そのような間欠強化スケジュールのもとで、ヒナのキーつつき反応は維持されず、減少した。この理由として、刻印刺激による強化へのキーつつき反応の感受性が低い可能性と、餌に関わる反応がキーつつき反応に干渉した可能性を考えた。

実験2では、刻印刺激または餌のどちらかが強化刺激である並立随伴性のもとで、それぞれの強化に対するキーつつき反応の感受性を調べた。その結果、刻印刺激であっても餌であっても、それらの強化に対してキーつつき反応には感受性があることがわかった。

実験3では、刻印刺激と餌の両方が強化刺激である並立強化スケジュールのもとで、刻印刺激によって強化されるキーつつき反応が維持されるのかを調べた。その結果、この反応が維持されたヒナとそうではないヒナがいた。反応を維持したヒナの場合、刻印刺激が強化刺激である随伴性と、餌が強化刺激である随伴性とが偶発的に連鎖したのではないかと、そして、反応を維持しなかったヒナは、餌に関連した反応の干渉を受けたのではないかと考えた。

実験4では、刻印刺激が強化刺激である随伴性と、餌が強化刺激である随伴性が系列をなす連鎖強化スケジュールの効果を調べた。その結果、刻印刺激によって強化されるキーつつき反応は高率で出現し、連鎖がなくなっても長期に渡って維持されることがわかった。しかし、新奇な刺激の随伴性に、餌が強化刺激である随伴性が連鎖したときのキーつつき反応は、高率で出現したが、連鎖がなくなる

と減少した。

以上の4つの実験結果から、餌の強化随伴性が刻印刺激によって強化されるキーつき反応に系列的に連鎖すると、この反応は高率で出現し、連鎖がなくなっても数日間に渡って維持されることが明らかになった。キーつき反応が長期に渡って維持されたのは、刻印刺激が、餌の強化随伴性の弁別刺激として機能し、キーつき反応に対して条件性強化刺激として機能したためと考察した。本研究によって、刻印反応の機能的関係は、刻印刺激が関わるオペラント強化随伴性によって説明できると結論した。

キーワード：白色レグホンニワトリのヒナ，刻印刺激，餌，キーつき反応，並立強化随伴性，連鎖強化随伴性

## Abstract

# Contingencies of Food Reinforcement for Maintenance of Key-Peck Operant Responses of Chicks Reinforced by an Imprinted Stimulus

**Fukuko Nishigori (Hasegawa)**

The objective of the present study was to clarify contingencies of reinforcement controlling the key-peck operant responses of newly hatched chicks with an imprinted stimulus. Four experiments were conducted to investigate whether imprinted key-peck responses of chicks can be maintained by reinforcement contingencies. The effects of three types of contingencies of reinforcement—intermittent, concurrent, and chained contingencies—were investigated. In all contingencies, reinforcers of key-peck responses of chicks were the imprinted stimulus and food. In the first experiment, the effects of variable-interval (VI) and variable-ratio (VR) schedules, in which the reinforcer was the imprinted stimulus, were investigated. The intermittency of reinforcement by the imprinted stimulus did not contribute to maintenance of the key-peck responses. In the second experiment, the effects of concurrent schedules of two contingencies, in which the reinforcer was either the imprinted stimulus or food, were investigated. The key-peck responses showed sensitivity to each reinforcement. In the third experiment, in which the reinforcer (the imprinted stimulus or food) was the same for each key, we investigated the effects of concurrent schedules on the key-peck response to each key. Although the key-peck responses of three of five chicks were maintained, the responses of the other two chicks were not. In the fourth experiment, the effects of a chained reinforcement

schedule of the imprinted-stimulus and food were investigated. The key-peck responses reinforced by the imprinted stimulus were maintained with the chained schedules. The results indicate that key-peck operant responses of chicks were reinforced and maintained for a long term owing to a chained reinforcement contingency, consisting of imprinted stimulus and food as reinforcers. The imprinted stimulus functions as a conditioned reinforcer backed up by food for the key-peck response, and a discriminative stimulus of the other operant response reinforced by food.

Key words: white-leghorn chicks, imprinted stimulus, food, key-peck operant responses, concurrent contingencies of reinforcement, chained contingencies of reinforcement

## 目次

### 第 I 部 理論編

第 1 章 刻印づけの定義とその特性	3
1-1 刻印づけの定義	3
1-2 刻印づけの特性	4
1-2-1 臨界期	4
1-2-2 不可逆性	5
第 2 章 刻印づけについての説明	9
2-1 Lorenz の動物行動学的視点に基づく理論	9
2-2 Hess の実験室的研究からの説明	10
2-3 連合あるいは知覚過程に基づく説明	11
2-4 Hoffman の古典的条件づけに基づく理論	13
2-5 Skinner のオペラント条件づけに基づく説明	15
第 3 章 刻印刺激によって強化されるヒナのオペラント反応の行動随伴性	18

### 第 II 部 実験編

第 II 部の実験で問題にした随伴性	27
第 5 章 一般的研究方法	29
5-1 被験体	29
5-2 刺激	30
5-3 装置	32
5-4 独立変数	35
5-5 従属変数	36

5-6	手続き	36
5-6-1	刻印づけ訓練	37
5-6-2	同時選択テスト	37
5-6-3	自動反応形成	39
5-6-4	CRF	40
第 6 章	実験 1: 刻印刺激が強化刺激である VR と VI スケジュールの効果	41
6-1	目的	43
6-2	方法	43
6-2-1	被験体	43
6-2-2	刺激	43
6-2-3	装置	44
6-2-4	手続き	44
6-3	結果と考察	47
第 7 章	実験 2: 刻印刺激または餌のどちらかが強化刺激である並立随伴性の効果	53
7-1	実験 2a: 刻印刺激または餌のどちらかが強化刺激である並立随伴性の効果 I	57
7-1-1	目的	57
7-1-2	方法	57
7-1-2-1	被験体	57
7-1-2-2	刺激	57
7-1-2-3	装置	57
7-1-2-4	手続き	58
7-1-3	結果と考察	61
7-2	実験 2b: 刻印刺激または餌のどちらかが強化刺激である並立随伴性の効果 II	66
7-2-1	目的	66

7-2-2	方法	66
7-2-2-1	被験体	66
7-2-2-2	刺激	66
7-2-2-3	装置	66
7-2-2-4	手続き	66
7-2-3	結果と考察	69
第 8 章	実験 3 : 刻印刺激と餌が強化刺激である並立随伴性の効果	74
8-1	目的	74
8-2	方法	74
8-2-1	被験体	74
8-2-2	刺激	75
8-2-3	装置	75
8-2-4	手続き	75
8-3	結果と考察	76
第 9 章	実験 4 : 刻印刺激が強化刺激である随伴性と餌が強化刺激である随伴性の連鎖随伴性の効果	83
9-1	実験 4a : 刻印刺激が強化刺激である随伴性と餌が強化刺激である随伴性の連鎖随伴性の効果	85
9-1-1	目的	85
9-1-2	方法	85
9-1-2-1	被験体	85
9-1-2-2	刺激	85
9-1-2-3	装置	85
9-1-2-4	手続き	85
9-1-3	結果と考察	89



9-2 実験 4b: 新奇刺激がキーつき反応の後続事象である随伴性と餌が強化刺激である随伴性の連鎖随伴性の効果	93
9-2-1 目的	93
9-2-2 方法	93
9-2-2-1 被験体	93
9-2-2-2 刺激	93
9-2-2-3 装置	93
9-2-2-4 手続き	93
9-2-3 結果と考察	97
第 10 章 総合考察	103
総括	109
引用文献	112
謝辞	124
付録	125

## 【図のリスト】

- Figure 3-1. 樋口他（1976）で説明された2つの刻印づけに関わる随伴性。
- Figure 5-1. 本研究の全ての実験で使用した直線走路。
- Figure 5-2. 全ての実験で使用したヒナ用の2キーオペラント実験箱。
- Figure 5-3. 実験4で使用したT字型アクリルパネル。
- Figure 5-4. 同時選択テストの実験場面。
- Figure 6-1. 実験1の手続きのフローチャート。
- Figure 6-2. 各間欠強化スケジュールにおける各ヒナのキーつつき反応率の推移。
- Figure 7-1. 実験2aの手続きのフローチャート。
- Figure 7-2. 実験2aの刻印群の強化比の関数としての反応比。
- Figure 7-3. 実験2aの餌群の強化比の関数としての反応比。
- Figure 7-4. 実験2bの手続きのフローチャート。
- Figure 7-5. 実験2bの刻印群の強化比の関数としての反応比。
- Figure 7-6. 実験2bの餌群の強化比の関数としての反応比。
- Figure 8-1. 実験3の各ヒナの強化比の関数としての反応比。
- Figure 8-2. 実験3の並立強化スケジュールでの各ヒナの各強化刺激への反応率の推移。
- Figure 9-1. 実験4aの手続きのフローチャート。
- Figure 9-2. 実験4aの各ヒナのキーつつき反応率の推移。
- Figure 9-3. 実験4bの手続きのフローチャート。
- Figure 9-4. 実験4bで用いた随伴性。
- Figure 9-5. 実験4bの各ヒナのキーつつき反応率の推移。
- Figure 9-6. 実験4aと4bの介入フェイズ直後のベースライン（あるいはプローブ）フェイズでのキーつつき反応の平均維持率。
- Figure 10-1. 刻印刺激へのヒナのオペラント反応を維持させる連鎖随伴性。

## 【表のリスト】

- Table 1-1 刻印反応の維持を問題にした主な実験室的研究
- Table 2-1 刻印づけの行動過程に関する主な理論とその説明
- Table 3-1 ヒナのオペラント反応が刻印刺激の呈示によって強化されることを明らかにした研究
- Table 3-2 本研究の各実験に関連する先行研究
- Table 5-1 刻印刺激の刺激次元とその効果
- Table 5-2 本研究で操作した随伴性と強化刺激の組み合わせ

## 第 I 部 理論編

本研究は、早成性鳥類の白色レグホンのニワトリのヒナでみられる刻印づけの刺激（刻印刺激）によってオペラント強化を受けるキーつつき反応の維持を問題にする。どのようなオペラント随伴性であれば、この反応が維持されるのかを調べた研究である。本論文の実験編では、筆者が行った実験を紹介するが、その前にこの理論編で、本研究がなぜニワトリヒナのキーつつき反応の維持を問題にするのかについて説明する。まず、刻印づけの定義について説明し、刻印づけの成立過程に関わる過去の主要な理論を紹介する。そのような理論的展開の中で、刻印づけをオペラント条件づけの行動随伴性で説明できる可能性と、それを裏付けるための実験的研究の意味について論じる。そのような問題提起を通して実験編へと展開する。

## 第 1 章 刻印づけの定義とその特性

### 1-1 刻印づけの定義

カモやアヒル，ガン，ニワトリのような，生後間もなく移動することができる早成性種の鳥類のヒナは，孵化直後に初めて遭遇した刺激に接近したり，追従したりする。たとえ，その刺激が親鳥に似ても似つかない刺激（ヒトやボール）であっても，多様な刺激に対して，あたかもそれが自分の親であるかのように，「子としての反応 (filial responses)」を示す。この刺激に対するヒナの反応を刻印反応と呼び，刻印反応の対象となった刺激を刻印刺激と呼ぶ。

この現象は，西暦 27 年ごろに古代ギリシャ人によって報告されている。そこでは，鳥と人間の間に強い愛着関係が成立すること，そして，この関係にもとづく鳥の家畜化について記述がなされている (cf. Hess, 1973)。また Thomas More (1517) の *Utopia* (cf. Sluckin, 1972) や Spalding (1873), Heinroth (1910) においても，この現象は逸話的に報告されている。

その後，刻印反応の獲得過程について，行動生物学の視点から生得的開発機構の枠組みで説明したのは，Lorenz (1935) である。彼によって，刻印反応の獲得過程は *Prägung* (英語訳は *imprinting*，本邦では「刷り込み」または「刻印づけ」と呼ばれる。本論文では，「刻印づけ」を採用する) と名付けられた。

Lorenz (1935) は，行動生物学の視点から，刻印づけについて次の 2 つの特性を強調した。それは，臨界期 (*critical period*) の存在と不可逆性 (*irreversibility*) である (Lorenz, 1935, 1937)。臨界期は，個体の生活史のごく限られた短い期間で，この時期でしか刻印づけが起こらないという時期である。そして，この時期であれば，刺激の呈示時間がわずか数分であっても，刻印づけは可能であるという時期である。もう 1 つの特性である不可逆性は，刻印反応は一度獲得されると不可逆的で，個体の終生に渡って消失することはな

いという特性である。

Lorenz (1935, 1937) が提唱した上記の 2 つの特性は、個体の発達初期における経験が、個体のその後の行動に永続的な影響を及ぼすことを示す。このような行動的特徴の神経生理学的な機序を調べる研究も多く行われ、上線条体内側部が刻印づけに関与していることが明らかにされている (Honey, Horn, Bateson, & Walpole, 1995; Horn, 1986, 松島, 1997)。一方、母子関係あるいは学習の心理学においても膨大な数の刻印づけに関する研究が行われてきた。心理学では、行動生物学の研究と異なり、刻印づけは主として実験室で調べられてきた。以下に、臨界期と不可逆性について、それらの実験室的研究によって明らかにされた事柄を述べる。

## 1-2 刻印づけの特性

### 1-2-1 臨界期

臨界期は、刻印づけが起こる決定的な時期である。Ramsay & Hess (1954) は、刻印づけが最も起こりやすいのは、ヒナの孵化後 13 時間から 16 時間前後の時間帯であり、その時間帯を過ぎると、刻印づけの可能性は低くなると報告している。しかし、臨界期の長さは、ヒナの孵化条件や飼育条件、あるいはアンフェタミンやエフェドリンといった薬物によって変化することが報告されている (Hess, 1973)。また、刻印刺激の特徴や、刻印反応の次元の違いによって臨界期が異なることが報告されている (Baer & Gray, 1960; Case & Graves, 1978; Moltz & Stettner, 1961)。さらに、臨界期に相当する時間が過ぎても、刻印づけが成立するという報告もある (Andrew, 1966; Asdourian, 1967; Brown, 1975; Eiserer, 1978, 1980; Gaioni, Hoffman, DePaulo, & Stratton, 1978; Hoffman, Ratner, & Eiserer, 1972; Ratner & Hoffman, 1974; Sluckin & Salzen, 1961; Smith & Nott, 1970)。そのように多くの実験的結果から、臨界期は、Lorenz (1935, 1937) が提唱したような限定的で固定的な期間ではないこ

とがわかった。しかし、そうであっても、孵化後の最初の数日間は、他の時期と比べて刻印反応の獲得に敏感な時期であることがほとんどの研究で報告されている (Hess, 1959a, 1959b; Hess & Schaefer, 1959; Jaynes, 1957; Ramsay & Hess, 1954)。そのような結果から、臨界期という名称ではなく、刻印反応の獲得に敏感な時期としての敏感期 (あるいは感受期, sensitive period) という言葉が使われるようになっている (Bateson, 1966, 1979; Sluckin, 1972)。

### 1-2-2 不可逆性

Lorenz (1935, 1937) が提唱した不可逆性は、刻印反応が個体の生涯に渡って消失することはないという特性である。これは、刻印づけ後、他の刺激対象への刻印づけが不可能であるという特性とも解釈される (Jaynes, 1956)。前者は、刻印反応の維持に関する特性であり (森山, 1997)、後者は、刻印刺激の初頭効果 (primacy effect) に関する特性である。それらが実験室においてどのように明らかにされてきたのかについて、刻印づけの初頭効果についてまず説明し、そのあとで維持について述べる。

刻印づけの初頭効果は、最初の刺激 (以下、初提示刺激) への刻印づけが、その後の新奇な刺激 (以下、後続刺激) に対する刻印づけをブロックするという効果である。この効果は、初提示刺激に刻印つけた後に、後続刺激をヒナに呈示して2つの刺激の弁別をみて調べられてきた。刻印づけの初頭効果を調べた先行研究を概観した森山 (1997) によれば、初頭効果は、初提示刺激と後続刺激のそれぞれの刺激性制御の強さの相対関係の1つである。初提示刺激の制御が後続刺激の制御よりも強いのが初頭効果である (Eiserer & Hoffman, 1974; Gottlieb & Klopfer, 1962; Guiton, 1959; Hindman, 1981)。しかし、その制御の相対関係は、他にもあり、初提示刺激の制御が後続刺激の制御を促進する場合もある。この関係は、刺激般化や学習の転移として認められる (Hoffman, Ratner, & Eiserer, 1972; Jackson, 1974; Jaynes, 1958b)。3つ目の関係として、初提



示刺激の制御より後続刺激の制御の方が強い関係がある。この場合、選好の逆転 (preference shift) が起こったと言われる (Boluhuis & Bateson, 1990; Cherfas & Scott, 1981; Gaioni, Hoffman, DePaulo, & Stratton, 1978; Johnson, Bolhuis, & Horn, 1985; Salzen & Mayer, 1968)。

以上のことから、初頭効果は絶対的なものではないこと、初提示刺激の特徴や、刺激呈示の時間といった様々な変数によって、初頭効果は見られなくなることがわかる。

次に、刻印反応の維持を調べた実験研究で明らかになったことは、自然場面での観察結果と、実験室での観察結果とが異なるということである。自然場面での研究では、刻印反応が長期に渡って (例えば、性的に成熟するまで) 維持される。性的に成熟するまで刻印反応が維持するような刻印づけは、性的刻印づけ (sexual imprinting) と呼ばれる (Lorenz, 1955; Schein, 1963)。それに対して、実験室では、ヒナの成長とともに刻印反応が減少して維持されないことが報告されている。そのような実験研究の主なものを Table 1-1 にまとめた。

Table 1-1

## 刻印反応の維持を問題にした主な実験室的研究

著者	種	刺激対象	刻印反応の形態	他刺激との対呈示	刻印反応の維持
Fabricius & Boyd (1952)	マガモ	白または茶色のフラットボックス(24 cm×21 cm×4 cm)。もしくは、青いバルーン(直径14 cm)。	追従反応	記述なし	10日齢ごろから反応は減少した。
Guiton (1958, 1961)	ブラウンレゲホンニワトリ	段ボール製の立体。	追従反応	なし	8週間齢から12週間齢で反応が消失した。
Hinde, Thorpe, & Vince (1956)	アカライチヨウ	白や黒色の木製の箱(約30 cm×約20 cm×約13 cm)やオレンジのフットボールなど。	追従反応	記述なし(しかし、野外で実験が行われていたことから、餌などの他の刺激が呈示されていた可能性がある)	7週間齢から8週間齢にかけて減少した。
Jaynes (1957)	ハンブシャーレッドニワトリ	緑色の段ボール製の立方体(約18 cm)。	追従反応	なし	10日齢ごろから反応は減少した。
Moltz & Rosenblum (1958a, 1958b)	ペキンアヒル	緑色の段ボール製の直方体(約23 cm×約10 cm×約10 cm)。	追従反応	なし	8日齢ごろから反応は減少し、15日齢でほぼ消失した。
鈴木・森山 (1999)	白色レゲホンニワトリ	赤色の円筒(直径5 cm, 高さ13 cm)。	追従反応	餌	餌の呈示がない場合, 4日齢または6日齢から反応が減少した。餌が呈示された場合, 反応は維持された。

Table1-1 から分かるように、維持の長さは異なるものの、刻印反応は維持されずに減少したり消失したりすることが報告されている。一方で、鈴木・森山(1999)は、刻印刺激への追従反応は、長期に渡って維持されることを報告している。刻印反応が維持しないと報告した研究と、維持すると報告した研究との間で、どのような条件が異なったのだろうか。Table1-1の研究を概観してわかったことは、刻印反応に餌の呈示が関連しているのかどうかということである。両者の関連づけが行われていない研究では、刻印反応は維持されていない。しかし、関連づけがなされると、刻印反応は維持される。その関連づけを明示したのが鈴木・森山(1999)である。

鈴木・森山(1999)は、刻印刺激へのヒナの追従反応に餌の呈示

を関連づけたとき（彼らは、この関係を「随伴」とした）、ヒナが 8 日齢になっても追従反応は維持され、餌の呈示が関連づけられなかった場合、4 日齢から 5 日齢のころに追従反応が顕著に減少することを明らかにした。

以上のことから、不可逆性についても、臨界期と同様に、絶対的な現象というわけではないことが言える。臨界期は敏感期として扱われることで決着がつくのかかもしれないが、刻印反応の不可逆性については、どのような条件のときに反応が永続的になり、どのような条件のときに消失するのか、その決定的な条件は明らかになっていない。鈴木・森山（1999）は、1 つの可能性として、刻印反応への餌の関わりを指摘したが、そのような可能性を報告した研究（ほかに、Fisher, 1971 の研究がある）の数は、刻印反応の消失を報告した実験的な研究の数から見ると圧倒的に少ない。そうであれば、不可逆性の検討には、刻印反応への餌の関与の可能性を調べる必要があるだろう。

以上、Lorenz（1935, 1937）が提唱した「臨界期」と「刻印反応の不可逆性」についての実験室的研究の成果を概観した。次に問題となるのは、それらの研究の成果が、Lorenz が主張した事柄と異なる点である。刻印づけについての説明が両者の間でそのように異なるのは、研究方法の違いもさることながら、刻印づけについての彼らの解釈に起因するかもしれない。そこで、刻印づけの行動過程についての理論的説明について、もう一度 Lorenz の視点から説明をしていくことにする。

## 第 2 章 刻印づけについての説明

### 2-1 Lorenz の行動生物学的視点に基づく説明

刻印づけについての Lorenz (1935, 1937) の説明は、既述のとおり行動生物学の視点に基づいており、刻印づけの生得性を重視したものであった。臨界期と、刻印反応の不可逆性が、その根拠となっていた。通常の学習であれば、反応の獲得は個体の生活史のどの時期においても可能であるので、臨界期なるものは存在しない。また、学習された反応は、何らかの刺激事象によって強化されなければ消去する。発達初期のごく限られた期間でしかヒナが刻印反応を獲得しないことと、外的な強化がなくても刻印反応が不可逆的に維持されることから、Lorenz は、刻印反応の学習性ではなく、生得性を重視したのである。

刻印づけの生得性を強調するために、Lorenz は、刻印づけの臨界期と不可逆性を生得的解発機構の枠組みで説明した。生得的解発機構は、解発刺激 (releaser) と定型化運動パターン (fixed action pattern) からなる生得的な行動の発生機構である (cf. 久田・内藤, 1982)。通常の生得的解発機構における解発刺激は、同種他個体の身体的特徴や特有の行動パターンなどである。そして、定型化運動パターンは、同種の個体間で固定的かつ紋切り型の反応パターンであり、経験によって変容する可能性のない反応である。したがって、Lorenz によれば、刻印刺激は解発刺激であり、刻印反応は定型化運動パターンということになる。

以上が Lorenz の説明の骨子である。このような説明のみであれば、刻印づけは心理学では問題とならなかったかもしれない。しかし、彼の視点は、刻印づけの特性がヒトの愛着現象に類似した現象であると示唆したことから、ヒトの子どもの愛着の発達を問題にした Bowlby (1968) や、母子関係が子どもの発達に及ぼす影響を問題にしていた多くの発達心理学者たち、さらに学習を研究していた心

理学者にも重大な影響を及ぼした。特に、学習を研究していた実験心理学者は、刻印づけが学習によるものではないと強調した Lorenz の視点に疑問を抱いた。なぜなら、同種他個体だけではなく、様々な刺激に刻印づけが起こるということは、刻印反応の獲得が学習によるものであることを示すと考えたからである。そして、多くの実験心理学者たちがこの考えを裏付けるために、実験室で刻印づけを調べた。これらの実験的研究の成果について心理学者がどのように説明したのか、以下に概観する。

## 2-2 Hess の実験室的研究からの説明

Hess (1959a, 1973) は、Lorenz (1935, 1937) が提唱した刻印づけの特性を実証するために、刻印づけに関わる実験室的研究を体系的に行った。たとえば、既述の通り、Ramsay & Hess (1954) は、13 時間齢から 16 時間齢のニワトリやアヒルのヒナにおいて、最も高い確率で刻印づけが生起することを明らかにし、Lorenz が提唱した臨界期を裏付けた。また、Hess (1973) は、様々な視覚刺激や聴覚刺激に対する刻印づけの可能性を実験的に調べ、それらの刺激に対するヒナの生得的な選好を報告した。さらに、さまざまな種で刻印づけられやすさが異なること、すなわち刻印可能性 (imprintability) が異なることも報告した。

Hess (1973) は、刻印づけに臨界期があることを認め、さらにその不可逆性も否定しなかった。彼は、ヒナの成長とともに追従反応が減少するという実験室的研究の成果を認めながらも、この反応の減少は必ずしも刻印づけの不可逆性を否定するものではないと説明した。刻印刺激への追従反応が減少しても、刻印刺激クラスへの社会的反応性 (social responsiveness) が失われたわけではないので、刻印づけは不可逆的であると考えたのである。

以上のことをまとめて Hess は、刻印づけを、ヒナの遺伝子型に基づいた個体発生的な過程であると主張した。彼は、学習を研究す

る実験心理学者の中でも、刻印づけにおける生得的要因の関与を強調した研究者といえるだろう。

Hess (1973) のそのような説明に対して、他の実験心理学者たちは、刻印づけにおける学習的側面を強調し、その学習過程を説明した。その主なものは、①連合学習あるいは知覚過程に基づく説明、②古典的条件づけによる説明、③オペラント条件づけによる説明であった。次に、それぞれの視点について説明する。

### 2-3 連合あるいは知覚過程に基づく説明

刻印づけを、刺激と刺激、あるいは刺激と反応の連合によって成り立つ初期学習であると説明する視点がある。たとえば、Jaynes (1956, 1957, 1958a, 1958b) は、刻印づけにおいても刺激般化や弁別が生じることを明らかにし、さらに刺激呈示の訓練の効果や追従反応の減少を認め、刻印づけが学習であることを強調した。Moltz (1960, 1963) は、刻印刺激の呈示によって個体内部で神経系の興奮が起こり、さらに情動性が低減すると考えた。そしてこれらの内的過程が刻印刺激と連合することによって刻印づけが生起すると考えた。

それに対して Sluckin (1972) は、刻印づけを個体の発達の初期における学習、すなわち初期学習であると説明した。さらに、刻印反応の獲得に餌や水といった外的な強化刺激がなくても刻印づけが生じることから、刻印づけは、いわゆる条件づけによらない学習であると考えた。彼は、学習における知覚の役割を強調した Gibson & Gibson (1955) の考えを参考にして、刻印づけを、ある種の知覚学習 (perceptual learning)、あるいは呈示学習 (exposure learning) として説明した (Sluckin & Salzen, 1961)。この説明によれば、刺激を単に繰り返し呈示することで、ヒナはその刺激に対する弁別力を高め、その刺激への親密さを増し、他の刺激を回避するようになる。刺激に対する弁別は、刺激呈示によって形成された刻印対象の

刺激パターンの神経モデルとの照合によって行われると説明された。

その後、**Bateson (1990)** や **Holis, ten Cate, & Bateson (1991)** は、**Sluckin (1972)** の知覚学習による刻印づけの説明を神経系のモデルによって説明した。このモデルによる説明は、次のとおりである。刺激がヒナに繰り返し呈示されると、その刺激の特徴を検出する特徴検出器がヒナの神経系に作られる。この検出器は、刺激に関する情報が入力されると活性化し、その入力情報を解析する。この検出器は、刻印刺激の形や大きさ、色といった特徴によって活性化されるニューロンの集合体とみなされる。そして、この検出器が、刻印刺激の再認システムにおける様々なニューロンの集合体と連結する。刻印刺激の繰り返しの呈示によって、この連結が強められ、これによって刻印刺激の表象が形成される。刻印刺激の神経学的表象が形成されると、この表象に合致しない刺激は、ヒナによって拒絶されるようになる。以上が、**Bateson** らの刻印づけのモデルの説明である。このモデルは、刻印づけの臨界期と不可逆性を知覚学習における神経学的機構で説明したモデルである。

以上、**Hess (1959a)** 以降の実験心理学者は、刻印づけを、刺激と刺激の連合、あるいは知覚学習や呈示学習と見なしたり、情動性や神経系の作用といった個体内部の生理的機構による説明を行ったりした。しかし、そのような説明は仮説的なものであり、環境事象とヒナの行動の間の直接的な関係については十分な説明や検討を行っていない。

刻印づけを環境と行動の関係から実験的に検討し、それらの成果を統合して刻印づけを学習における強化の視点から説明したのが **Hoffman & Ratner (1973)** による「刻印づけの強化モデル」である。次に、この理論について概観する。

## 2-4 Hoffman の古典的条件づけに基づく説明

Hoffman & Ratner (1973) は、刻印づけを古典的条件づけの枠組みで捉え、「刻印づけの強化モデル」を提唱した。このモデルは、ヒナの成熟という生得的要因を土台とした上で、連合心理学の視点と古典的条件づけの視点を統合し、刻印づけを一つの理論的枠組みから説明したものである。このモデルの内容は次のとおりである。

早成性鳥類のヒナには、孵化直後に「動き」を伴った刺激が呈示されると、その刺激に刻印反応を向ける生得的な傾向がある。その刺激の「動き」は、無条件刺激として機能し、無条件反応としての接近反応や追従反応を誘発する。この刺激を構成する「動き」以外の特徴は中性刺激であり、元来ヒナの反応を誘発しない。しかし、この刺激は無条件刺激である「動き」と同じ刺激の1つの特徴であるので、結果的に無条件刺激と常に対呈示される。それによって「動き」以外の中性的な刺激は、条件刺激としての機能を獲得する。この過程は古典的条件づけである。この条件づけによって、複数の刺激特徴を有する刺激は刻印刺激となる。

さらに呈示学習の原理から、刺激が繰り返し呈示されることで、ヒナは刻印刺激に対する親近性を獲得し、それを強める。一方、成熟という生得的要因によって恐怖反応が生じるようになり、この情動反応と、刻印刺激以外の刺激が連合することによって、刻印刺激以外の刺激は、ヒナに恐怖反応を喚起するようになる。この過程も古典的条件づけである。これによって臨界期が成立する。そして、刻印刺激と新奇な刺激の両方が呈示される状況において、親近性反応と恐怖反応の両方の反応過程が生起する。Hoffman & Ratner (1973) は、この過程を Solomon & Corbit (1974) の情動の拮抗過程理論 (opponent process theory) で説明した。この拮抗過程によって、刻印反応は不可逆的になる。

以上が Hoffman & Ratner (1973) のモデルの説明である。彼らの視点は、刻印づけにおける古典的条件づけの関与を強調しており、



刻印づけにおける学習の関与を強調した視点である。そして、それまでの連合心理学の視点や Lorenz が提唱した刻印づけの 2 つの特徴を説明している理論である。

しかし、彼らの視点は、いくつかの問題点があることが指摘されている (Bolhuis, 1991; 森山, 1997)。Bolhuis (1991) は、通常の古典的条件づけで認められる現象が、刻印づけでは認められないと指摘した。Hoffman & Ratner (1973) の説明では、無条件刺激である「動き」と、条件刺激である他の刺激特徴を分離できないため、古典的条件づけの現象として重要な潜在制止 (latent inhibition)<sup>1</sup> やレスポネント消去を確認することが難しい。この点を確認できなければ、古典的条件づけが刻印づけに関与しているのかどうかは明確ではない。

さらに、森山 (1997) は、ヒナの刻印反応が無条件刺激または条件刺激によって誘発される反応であるならば、追従反応の減少などのダイナミックな変容過程を十分に説明できないと指摘した。例えば、無条件刺激である刻印刺激の「動き」は他の条件刺激と常に対呈示されるのだから、条件反応としての刻印反応の減少や消失は認められないはずである。しかし、すでに述べたように、ヒナの追従反応は、ヒナの成長にともなって減少したり消失したりする。このような刻印反応の変容過程を、古典的条件づけに基づく過程では十分に説明できない。

以上の問題点から、刻印づけを説明するためには、古典的条件づけと異なる学習過程を考える必要があるだろう。その候補として次に挙げることができるのは、オペラント条件づけである。それを提唱したのは、Skinner (1966, 1969, 1984) である。オペラント条件づけは、個体の行動に随伴する結果事象によって行動が変容する学習である。このような行動と結果事象の機能的関係は、行動随伴性

---

<sup>1</sup> 条件づけ前に条件刺激とする刺激を個体に繰り返し呈示すると、この刺激を無条件刺激と対呈示したとき、古典的条件づけが成立しにくくなることをいう (Lubow & Moore, 1959)。

と呼ばれる。以下に，オペラント条件づけの行動随伴性の枠組みから刻印づけの説明をはじめて試みた Skinner (1966, 1969, 1984) の視点について概観する。

## 2-5 Skinner のオペラント条件づけに基づく説明

行動分析学の祖である Skinner (1966, 1969, 1984) は，刻印づけが生得的であるのか，あるいは学習であるのかといったこれまでの議論は，反応を制御する環境変数が十分に調べられなければ，不毛であるという立場をとった。刻印づけには明らかに環境事象が関与するので，その生得性をそれらの事象から分離して捉えることは困難である。そうであるなら，刻印反応に関わる環境変数の効果を調べることが重要であると Skinner (1966, 1969, 1984) は主張した。そのような考えの裏付けとなったのは Peterson (1960) の実験的研究である。

Peterson (1960) の研究は，カモやアヒルのヒナのキーつつき反応が，刻印刺激の呈示によって強化されることをはじめて明らかにした研究である。この研究結果から Skinner は，追従反応が孵化後すぐに出現するので，この反応の形態（トポグラフィ）によって刻印反応の生得性を主張するのではなく，刻印反応にどのような環境事象が関与しているのか十分に吟味すべきであると主張した。

この主張に従えば，Peterson (1960) のキーつつき反応も，これまで問題とされた追従反応も，オペラント強化を受けるという点で同じ機能を持つ反応であるといえるだろう。キーつつき反応は，呈示されていなかった刻印刺激を見えるようにする反応であり，追従反応は，刺激とヒナとの距離を短くする反応であり，どちらの反応も，その結果によって強化される。したがって Skinner (1966, 1969, 1984) は，刻印反応に関わる生得性（系統発生的随伴性にもとづく反応性）は，追従反応そのものにあるのではなく，この反応に随伴する事象による強化への感受性（susceptibility）のみであ

ると考えた。確かに，初発の追従反応は生得的な傾向で出現しているのかもしれない。しかし，その反応には必ず環境事象が随伴する。その事象による影響を追従反応は受けるはずである。Skinnerは，ヒナが刻印刺激を追い続けるのは，この反応によって刺激とヒナの間の距離が短くなるからであり，この結果によって追従反応が強化されるからであると主張した。彼によれば，追従反応は，個体発生的随伴性<sup>2</sup>の制御を受けるオペラント反応であると考えることができる。このように，Skinner (1966, 1969, 1984) は，刻印反応を個体発生的随伴性によって制御されるオペラント反応として捉えた。刻印づけについての彼の説明は，系統発生的随伴性<sup>3</sup>に基づく生得性を基盤とした個体発生的随伴性によるオペラント強化に基づく説明であると言えるだろう。

以上，ここに至るまで，刻印づけについて提唱された主だった理論的説明を概観した。それらを Table 2-1 に整理した。

---

<sup>2</sup>これは，個体がその生活史の中でさらされる随伴性で，この随伴性によって制御される行動は，オペラント条件づけによって学習された行動である (Catania, 2007)。

<sup>3</sup>これは，個体が属する種が進化の過程に関わった随伴性で，種に特有な行動を制御する (Catania, 2007)。

Table 2-1

## 刻印づけの行動過程に関する主な理論とその説明

著者	刻印づけに関する理論的説明
Lorenz (1935, 1937)	刻印づけの特徴として、臨界期と不可逆性がある。臨界期は、ヒナの発達初期のごく限られた短い期間にしか刻印づけが生じないという期間である。不可逆性は、一度獲得された刻印反応は終生消失することがなく、刻印づけられた対象以外の刺激に刻印づけられないという特徴である。ヒナの刻印反応は、解発刺激である刻印刺激によって解発される。このような刻印づけの過程は、生得的解発機構によるものである。
Sluckin & Salzen (1961)	刺激を単に繰り返し呈示することで、ヒナはこの刺激への親密性を高める。そして、この刺激の神経パターンとの照合によって他の刺激との弁別ができるようになる。その後、ヒナは親密性を獲得した刺激とは異なる刺激を回避するようになる。
Hollis, ten Cate, & Bateson (1991)	呈示学習を通して、刻印づけられた刺激の神経学的表象が形成される。そして、この表象と合致しない他の刺激が呈示されると、ヒナはこの刺激を拒絶するようになる。
Hoffman & Ratner (1973)	刻印づけは、古典的条件づけに関わる学習である。刻印刺激の中性的特徴は、ヒナの刻印反応を誘発する無条件刺激である「動き」と対呈示される。これにより、刻印刺激は刻印反応に対して条件刺激となり、ヒナの刻印反応を制御するようになる。
Skinner (1966, 1969, 1984)	系統発生的随伴性によって、刻印刺激とヒナとの距離の短縮を強化的とする感受性を、ヒナの反応は獲得した。その後、このような生得性を基盤として、ヒナの刻印反応は、個体発生的随伴性によって制御されるようになる。

注：それぞれの視点を年代順に配列した。

### 第 3 章 刻印刺激によって強化されるヒナのオペラント反応の 行動随伴性

Skinner の説明の実証的裏付けは Peterson (1960) のみであった。その後、多くの研究が、Peterson (1960) と同様の手法を用いた実験を行った。その結果、刻印刺激が、自然界での刻印づけの文脈では起こりにくい形態の反応を強化することが明らかとなっている (例えば、Bateson & Reese, 1968, 1969; Campbell & Pickleman, 1961; Hoffman, Searle, Toffey, & Kozma, 1966; Peterson, 1960)。Table 3-1 に、それらの研究の主なものを整理した。

Table 3-1

ヒナのオペラント反応が刻印刺激の呈示によって  
強化されることを明らかにした研究

著者	種	刺激対象	オペラント反応の形態	餌の呈示	オペラント反応の維持
Peterson (1960)	ペキンアヒルとアメリカガモ	黄色の円筒(直径約10 cm, 高さ約20cm)	キーつつき反応	記述なし	10日齢ごろから反応は減少した。
Campbell & Pickleman (1961)	ホワイトロックニワトリのヒナ	青色の立方体(約18 cm×約18 cm)	T字型迷路での選択反応	なし	10日齢まで、ヒナは刻印刺激を選択した。
Hoffman, Searle, Toffey, & Kozma, (1966)	カーキキャンベルアヒルのヒナ	白色の牛乳瓶(直径約8 cm, 高さ約20 cm)	キーつつき反応	餌と水が実験箱内に呈示	7日齢まで反応が維持した。
Hoffman & Kozma (1967)	ペキンアヒルのヒナ	白色の牛乳瓶(直径約8 cm, 高さ約21 cm)	キーつつき反応	餌と水が実験箱内に呈示	9日齢から57日齢にかけて反応は減少した。低率ではあったが、57日齢でも反応は維持した。
Bateson & Reese (1968, 1969)	ブロイラーのニワトリのヒナ	透明な箱(18 cm×9 cm×18cm)に入った赤または青の警告灯	ペダル踏み反応	なし	1日齢のときに、実験開始後30分で反応は減少した。
Eiserer, Hoffman, & Klein (1975)	カーキキャンベルアヒルのヒナ	白色の牛乳瓶(直径約8 cm, 高さ約21 cm)	ポールつつき反応	餌と水が実験箱内に呈示	20日齢まで反応を維持したヒナが1羽いた。
森山 (1980)	白色レグホンニワトリ	赤色の円盤(直径約2 cm)。	キーつつき反応	記述なし	50日齢になるまで低率ではあったが、反応が維持したヒナが1羽いた。
森山 (1981)	白色レグホンニワトリ	赤色の箱(6 cm×5 cm×9 cm)	キーつつき反応	なし	7日齢から25日齢にかけて反応は減少した。25日齢でも、低率ではあったが反応が維持した。反応のパターンは不安定であった。
Depaulo & Hoffman (1980, 1981)	カーキキャンベル	白いプラスチックの牛乳ボトル(直径3 cm, 高さ約20 cm)	ポールつつき反応	餌と水が実験箱内に呈示	反応のパターンは不安定でバーストと反応休止が繰り返しまられた。
久保田・森山 (2007)	白色レグホンニワトリ	紅白の縞模様の円筒(直径5 cm×高さ12.5 cm)	キーつつき反応	なし	4日齢から12日齢にかけて、低率ではあったが反応が維持した。

注：研究が行われた年代順に、それぞれの研究を配列した。

Table3-1 に示したように、刻印刺激がヒナのオペラント反応を強化することは多くの研究で明らかにされている。しかし、Skinner の解釈に基づいて、それらの結果が解釈されることはほとんどない。

彼の解釈は、多くの刻印づけ研究者の間では奇異なもので見られているようである。その理由の一つとして、刻印刺激の呈示によって強化されるキーつき反応やペダル踏み反応が、刻印づけに関わる反応ではなく、単に刻印刺激が強化刺激であることを示すための反応と捉えられていることが考えられる。このような任意の形態のオペラント反応は、刻印刺激の呈示によって長期に渡って強化されず、追従反応と同じように、ヒナの成長とともに減少する。さらに、刻印刺激による強化の効果は、これらの反応で不安定である。これらのことから、刻印刺激によって強化される反応は、刻印づけに関わる反応と捉えられていないのかもしれない。

Table3-1 で示したように、Hoffman & Kozma (1967) や森山 (1980, 1981) は、刻印刺激によって強化されるオペラント反応がヒナの成長にともなって徐々に減少し、非常に低率になることを報告している。また、刻印刺激が強化刺激である随伴性のもとで、ヒナのオペラント反応のパターンは、低率だけでなく安定しないことも明らかにされている (DePaulo & Hoffman, 1980, 1981; 久保田・森山, 2007; 森山, 1981)。DePaulo & Hoffman (1980, 1981) や森山 (1981) によれば、刻印刺激によって強化されるオペラント反応のパターンは、バーストと反応休止を繰り返す散発的なパターンである。さらに、餌や水といった無条件性強化刺激によって強化されるキーつき反応と比べて、刻印刺激によって強化される反応は、強化スケジュールの影響を受けない (DePaulo & Hoffman, 1981)。

刻印刺激によって強化されるオペラント反応が減少したり、そのパターンが餌の場合と異なったりすることから、刻印刺激の強化特性は、餌や水といった無条件性の強化刺激の特性と異なるのではないかと考えられている (DePaulo & Hoffman, 1980, 1981; 久保田・森山, 2007; 森山, 1981)。しかし、その強化特性がどのようなものであるのかについては、いまだ明らかでない。Skinner の主張が、現在でも思弁の扱いを受けているのもそのような理由からかもしれない。Skinner の主張を実証するためにも、刻印刺激によって

強化されるオペラント反応を維持する変数が明らかにされる必要があるだろう。

刻印刺激によって強化されるヒナのオペラント反応を維持する変数について、Skinner (1966, 1969, 1984)と同じように、オペラント条件づけの行動随伴性で説明したのは樋口・望月・森山・佐藤 (1976) である。彼らは、刻印づけを1つの過程ととらえず、ヒナの発達段階に応じた2つの刻印づけの過程を考え、それぞれの刻印づけによって獲得される刻印反応を第1次刻印反応、第2次刻印反応と名付け、これらの反応の獲得過程を行動随伴性で説明した。

第1次刻印反応は、刻印刺激となる刺激の呈示のもとで自発される接近反応や追従反応であり、これらの反応は、Skinner が述べたように、ヒナと刺激との距離の短縮といった無条件性強化刺激によって強化される。この過程が第1次刻印づけ<sup>4</sup>で、これが従来の研究で問題とされた刻印づけである。

このような第1次刻印反応が自発される環境では、刻印刺激と異なる他の無条件性強化刺激、例えば餌のような刺激が呈示される可能性が高い。そこで第1次刻印反応に、餌のような無条件性強化刺激が呈示されると、第1次刻印反応は強化される。この過程が第2次刻印づけである。これによって強化された第2次刻印反応は、刻印刺激が弁別刺激、餌が強化刺激であるオペラント反応となる。この反応を、彼らは第2次刻印反応と呼んでいる。第1次刻印反応が餌のような無条件性強化刺激によって強化されなければ、第1次刻印反応は消去する。以上のように樋口他 (1976) は説明した。

彼らが説明した随伴性を Figure 3-1 に示す。Figure 3-1 の上段の随伴性は、第1次刻印反応が受ける随伴性 (第1次刻印づけ) であり、下段の随伴性は、第2次刻印反応が制御される随伴性 (第2

---

<sup>4</sup> 樋口他 (1976) は、第1次刻印反応と第2次刻印反応のそれぞれの反応が獲得される過程を合わせて、これを「刻印化」としている。しかし、本研究はそれぞれの反応の随伴性が異なる点に焦点を当てているので、これらの過程の区別を容易にするためにそれぞれに関わる刻印づけ過程を「第1次刻印づけ」と「第2次刻印づけ」と呼ぶことにする。



次刻印づけ)である。

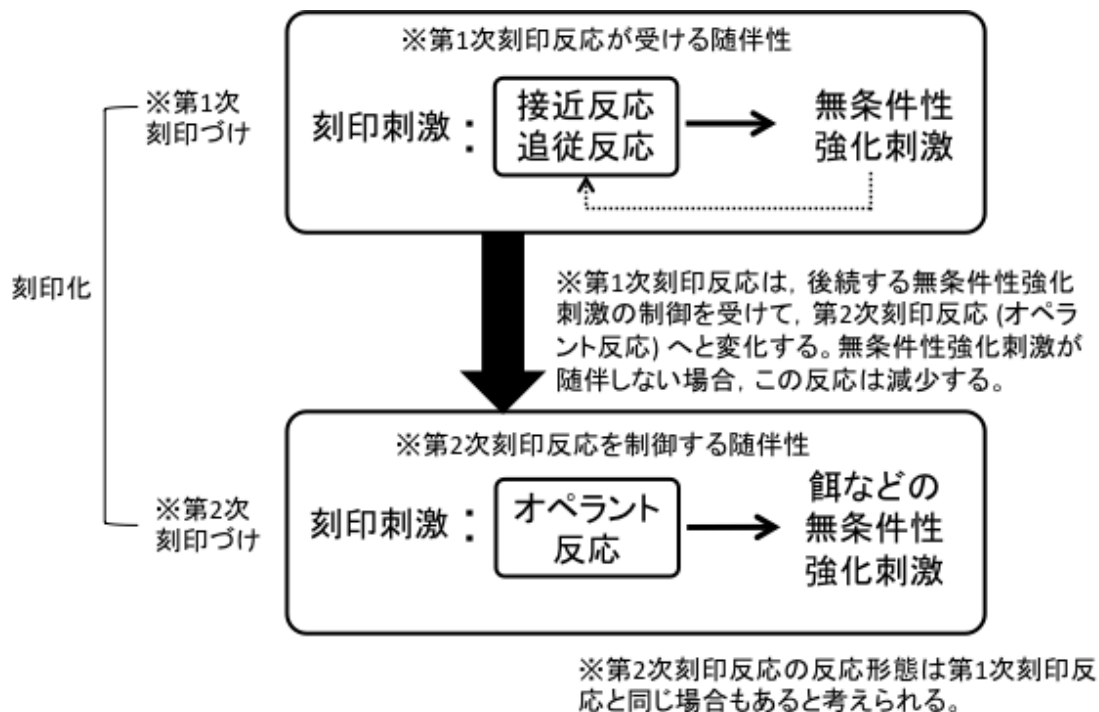


Figure 3-1. 樋口他 (1976) で説明された 2 つの刻印づけに関わる随伴性。

樋口他 (1976) の考えに基づけば、刻印刺激によって強化されるオペラント反応は第 2 次刻印づけを受けるなら長期に渡って維持されるが、第 2 次刻印づけを受けなければその反応は消失する。そうであれば、追従反応が実験室の環境でヒナの成長とともに減少したのは、その反応が第 2 次刻印反応にならなかったからであると考えられる。また、刻印刺激によって強化されるキーつつき反応が不安定で散発的であるのも、この反応が第 2 次刻印反応にならなかったからと言えるかもしれない。

追従反応において、樋口他 (1976) の考えは実証されている。鈴木・森山 (1999) は、刻印刺激への追従反応に随伴して餌を呈示したなら、追従反応は長期に渡って維持され、餌の随伴呈示がなければ、追従反応は急激に減少することを明らかにした。その結果は、

まさに第 2 次刻印づけを実証した結果である。しかし、キーつつき反応の第 2 次刻印づけについては実証されていない。したがって、その可能性を検討する必要があるだろう。

追従反応の場合、第 1 次刻印反応としての追従も、第 2 次刻印反応としての追従も、形態は似ているので、1 次と 2 次の区別が難しい。しかし、第 1 次刻印反応と類似しない反応形態であるキーつつき反応であれば、その形態の特殊性から 2 つの刻印づけを明示できるかもしれない。そして、これによって、刻印刺激と関わる反応が、ヒナの成長過程で発達的に変化することを示唆した Skinner (1966, 1969, 1984) の説明を実証できるかもしれない。

いずれにしても、刻印刺激によって強化されるキーつつき反応が、追従反応と同じようにヒナの成長にともなってなぜ減少するのか、そして、その反応を安定させるにはどのような環境変数が必要であるのかを明らかにする上で、Skinner の視点を拡張した樋口他 (1976) の説明は重要である。

ここに至るまで、本論文は、実験室で調べられた刻印づけがどのような学習なのか、刻印反応の安定に関して提唱されたさまざまな視点を概観した。その中で筆者は、刻印づけにおける環境変数の関わりを徹底的に調べる必要があるという Skinner (1966, 1969, 1984) の主張は極めて重要であると考ええる。なぜなら、連合心理学者による説明や、Hoffman & Ratner (1973) の古典的条件づけによる説明では、刻印刺激へのヒナの反応の発達的変化を説明することが難しいと考えられるからである。刻印反応がヒナの発達にともなってどのように変化するのかを理解するには、多様な環境事象の関わりを考慮する必要があるだろう。そして、Skinner (1966, 1969, 1984) の視点を、トリの刻印づけだけでなく、サルやヒトの社会的行動の発達にまで拡張した樋口他 (1976) の説明は、筆者が問題とする、刻印刺激によって強化されるキーつつき反応を維持させる環境要因を見つける上で極めて有効な説明であると考ええる。

したがって、本研究は、Skinner (1966, 1969, 1984) や樋口他

(1976) の視点に立って、刻印刺激によって強化されるキーつつき反応を維持させる環境要因を実験的に明らかにすることを目的とする。

具体的には、次の実験編の冒頭でも述べるが、本研究は、刻印刺激によって強化されるキーつつき反応を維持させる環境要因を実験的に明らかにするために6つの実験を行った。そのすべての実験で、刻印づけを随伴性で説明するために、刻印刺激によって強化されるキーつつき反応の随伴性そのものの効果を問題にした。実験1では、強化刺激である刻印刺激を間欠的に提示したときの、キーつつき反応への効果を調べた。実験2では、間欠強化に対するキーつつき反応の感受性を調べた。実験3と4で、刻印刺激によって強化されるキーつつき反応の随伴性と、餌によって強化される別なオペラント反応の随伴性を並立させた場合と、連鎖させた場合のそれぞれの効果を調べた。それぞれの実験に関わる先行研究を、それらの研究が問題とした随伴性ととも Table 3-2 に示した。

Table 3-2

## 本研究の各実験に関連する先行研究

問題とする変数	研究	調べた変数	明らかになったこと
キーつき反応に対する強化スケジュール	Depaulo & Hoffman (1980, 1981)	FRもしくはFSスケジュールでのヒナのおペラント反応の「機会当たりの反応間隔 (IRT/op) の分布」と累積記録パターンを、強化刺激が水と刻印刺激の場合で比較した。	
	長谷川・森山 (2011, 2012)	基本的な4つの単一強化スケジュールであるFR, FI, VR, VIスケジュールでのヒナのおペラント反応の累積記録と反応率をスケジュール間で比較した。	刻印刺激が強化刺激である強化スケジュール下でヒナのおペラント反応の生起確率は、餌の場合と比較して低く、累積記録パターンは、反応の休止とバーストが不規則的に繰り返されるパターンであった。IRT/opの分布は餌が強化刺激であるときの分布と逆で、反応間隔が長くなるにつれて反応の生起確率が低くなる傾向であった。
	久保田・森山 (2007)	CRFスケジュールでのヒナのおペラント反応のIRT/opと反応率、累積記録パターンを餌の場合と比較した。	
	森山 (1981)	CRFスケジュールでのIRT/opと反応率を分析した。	
刻印刺激が強化刺激である2つの随伴性が並立する随伴性	長谷川 (2013)	刻印刺激または餌が強化刺激である並立スケジュールにおける、強化に対するヒナの反応の感受性を測定した。	刻印刺激によって強化される反応は、餌によって強化される反応よりも、強化率の変化に対応した変化を示した。すなわち、刻印刺激が関わる随伴性に対するヒナの反応の感受性は、餌の場合と比較して高かった。
	Schneider & Lichliter (2010)	温熱刺激が強化刺激である並立スケジュールにおけるウズラヒナの反応を調べた。	温熱刺激が強化刺激である随伴性に対するウズラヒナの反応の感受性は、セッションを重ねるにつれて高くなった。
刻印刺激と餌のそれぞれが強化刺激である2つの随伴性が並立する随伴性	Fischer (1971)	日齢に伴う刻印反応と餌摂取反応の出現割合の変化を発達的に調べた。	日齢に伴い、ヒナの刻印反応の出現割合は減少した。しかし、ヒナに十分な餌が与えられていた場合、14日齢まで刻印反応が維持した。
	Hoffman, Stratton & Newby (1969)	刻印刺激の提示に伴い、ヒナの食餌行動や飲水行動が増加するかどうかを調べた。	刻印反応の出現に伴って、餌摂取反応が自発されることが明らかになった。
	Moriyama & Kubota (2007)	刻印刺激と餌の2つが強化刺激である並立連鎖スケジュールでのヒナの選択反応を調べた。	刻印刺激キーへの反応率は、エサキーへの反応率よりも低かった。
刻印刺激と餌のそれぞれの随伴性が系列をなす連鎖随伴性	鈴木・森山 (1999)	刻印刺激が餌の強化随伴性で弁別刺激として機能するかどうかを調べた。	刻印刺激は餌強化の随伴性の弁別刺激として機能した。この場合、刻印刺激に対するヒナの追従反応は維持した。

注：CRF や FR, FI, VR, VI スケジュールの詳細については実験編で説明する。

## 第Ⅱ部 実験編<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup>本章で紹介する動物実験は、常磐大学動物実験倫理審査委員会による承認を受けた（承認番号は以下の通りである。実験 1: 4, 実験 2: 8, 実験 3: 22, 実験 4: 21）。

## 第 II 部の実験で問題にした随伴性

第 II 部では，第 I 部で議論した，刻印刺激が関わる随伴性が，刻印刺激によって強化されるオペラント反応（キーつつき反応）に及ぼす効果を実験的に調べた 6 つの実験を紹介する。

それぞれの実験で検討した随伴性は，①刻印刺激が強化刺激である変動比率（Variable Ratio: 以下，VR）と変動時隔（Variable Interval: 以下，VI）の間欠強化の随伴性（実験 1），②刻印刺激と餌のそれぞれが強化刺激である並立随伴性（実験 2a と 2b），③刻印刺激が強化刺激である随伴性と，餌が強化刺激である随伴性が同時に作用する並立随伴性（実験 3），④刻印刺激（または新奇刺激）が強化刺激である随伴性と，餌が強化刺激である随伴性が系列をなす連鎖随伴性（実験 4a と 4b）であった。

実験 2 では，2 つのキーの色光が異なる場合（各キーに照射された赤と青の色光）と同じ場合（白色光）の 2 つの実験を行い，それぞれを実験 2a と 2b とした。実験 4 では，刻印刺激が強化刺激である随伴性と餌が強化刺激である随伴性の連鎖の効果調べるために，刻印刺激ではない新奇な刺激が強化刺激である随伴性と，餌が強化刺激である随伴性の連鎖の効果も調べた（実験 4a と 4b）。以上のことから，第 II 部の実験の総数は 6 つになった。

以下，本研究で用いた VR と VI の間欠強化の随伴性と，並立随伴性，連鎖随伴性のそれぞれについて説明する。

VR と VI は，間欠強化スケジュール<sup>6</sup>の種類である。VR  $n$  の場合，平均  $n$  反応ごとに強化刺激を呈示するスケジュールである。VI  $n$  秒の場合，平均  $n$  秒が経過した後の初発反応に強化刺激を呈示するスケジュールである。

並立随伴性は，2 つ以上の異なるオペラント反応に対して，それぞれのスケジュールが，同時に，そして互いに独立に機能する随伴

---

<sup>6</sup> 強化スケジュールとは，強化刺激を呈示する条件についての規則である。

性である。これによって個体の選択反応を調べることができる（小野, 2005; Pierce & Cheney, 2008）。すなわち, 異なる強化刺激間の選好 (preference) や, 強化率の違いに対する選択反応の対応 (matching) <sup>7</sup>を調べることができる。

一方, 連鎖随伴性は, 2 つ以上の単一強化スケジュールが系列をなす随伴性である。この随伴性では, 各強化スケジュールに対応する弁別刺激は異なる（小野, 2005; Pierce & Cheney, 2008）。連鎖随伴性は, 基本的に初環 (initial link) と終環 (terminal link) からなる。初環の強化基準が達成されると, 次の強化スケジュールに移行する。そして最後の終環での強化基準が達成されると, 餌などの無条件性強化刺激が呈示される。このような連鎖随伴性によって, 複数の行動が系列的に遂行されて, 複雑な一連の行動となる。実験 4 では, 初環の強化刺激を刻印刺激にしたり (実験 4a), 新奇な条件性強化刺激 (実験 4b) にしたりした。どちらの場合も, 終環終了時の強化刺激は餌とした。

それぞれの実験で問題とした随伴性は上記のとおりである。次に本研究の全ての実験に共通する方法について, その概要を述べる。

---

<sup>7</sup> 対応についての詳しい説明は, 第 7 章で行う。

## 第 5 章 一般的研究方法

### 5-1 被験体

全ての実験で、三協ラボサービスを介して船橋農場から入手した有精卵から孵化した白色レグホンのニワトリ (*Gallus gallus domesticus*) のヒナを被験体とした。この種を被験体とした理由は、①白色レグホンニワトリが刻印づけの先行研究で多く用いられていること (cf. Bolhuis, 1991)、②有精卵の入手とヒナの飼育が容易であることの 2 つであった。なお、Hess (1973) は、早成性鳥類であっても、種によって刻印可能性が異なり、家禽化された種ほど刻印可能性が低くなると報告した。しかし、近年、動く赤い筒または青いボールの刻印可能性は、家禽のニワトリと、その原種の赤色野鶏とで異なることが報告されている (Kirkden, Lindqvist, & Jensen, 2008)。このことから、白色レグホンのヒナを刻印づけの研究に用いても問題はないと判断した。

有精卵を入手した後、これを T 大学動物心理学実験棟に設置した孵卵器 (昭和フランキ製 P-008A 型) に入れた。入卵から孵化当日まで孵卵器内の温度は 37.5℃、湿度は 80% 以上とした。入卵直後から孵化予定日の 3 日前まで、ヒナの発生を促すため数時間おきに転卵した。孵化予定日の 2 日前、転卵を中止して仕切りのないトレイに卵を移した。孵化直後のヒナは、同じトレイ内で孵化した他のヒナと接触したり、その鳴き声を聞いたりすることができた。孵卵器内は暗室であったので、ヒナたちは視覚的に遮断された状態であった。ヒナが孵化したら、ヒナを飼育箱へ移して個別に飼育した。飼育室は常に暗室にあったので、各ヒナは実験を受けるまで他のヒナや飼育室の状態を見ることはできなかった。飼育室内の温度は 30℃ から 37℃ の範囲とし、湿度は 60% から 90% の範囲とした。

飼育室内での給餌は、ヒナが約 3 日齢のときから行った。それはヒナが、刺激に刻印づけられたかどうかを調べるための同時選択テ



ストが終わってからであった。これは、給餌による刻印づけへの影響をなくすためであった。

オペラントセッションを始めるまでは、18Wの蛍光灯の点灯下で給餌（日本生物材料センター製の幼雛用の混合飼料）と給水を1日2時間から4時間まで行った。オペラントセッションを開始してからは、餌を強化刺激とした場合、各セッション開始の前日から給餌時間を短縮した。実験1と2では、給餌時間を1時間として餌の量を制限しなかった。実験3と4では、給餌時間を2時間として、さらに各個体の体重の10%量の餌を与えた。刻印刺激を強化刺激とした場合、各セッション開始直前に、この刺激をヒナに30秒間呈示した（cf. DePaulo & Hoffman, 1981; Eiserer & Hoffman, 1973）。以上の操作が、それぞれの強化刺激の確立操作<sup>8</sup>であった。

## 5-2 刺激

刻印刺激となる刺激として、1分間に120拍のメトロノーム音を発しながら直線走路内（120cm×18cm×45cm）を往復移動する赤い円筒を用いた。これは、赤い反射材が貼り付けられた円筒（直径5.5cm、高さ9.5cm、以下、赤筒）であった。実験1から3では、赤筒底部に8Ωのスピーカーを取り付け、ここからメトロノーム音を発生させた。実験4では、装置上の問題から、スピーカーを直線走路の中央上部に取り付けた。

ヒナにとって自然な刺激である同種他個体を刻印刺激とせずに、赤筒を刻印刺激とした理由は、赤筒の方が実験条件を統制しやすかったことと、赤筒のような人工的な刺激でも刻印づけが起こることが分かっていたからである（Bolhuis & Bateson, 1990; 長谷川・森山, 2011, 2012; 長谷川, 2013, 2014; Jaynes, 1956）。さらに、ヒナは赤色に対して、ある程度選好を示すからである（Gray, 1961, Hess, 1973, Kovach, 1971, Salzen, Lily, & McKeown, 1971）。メト

---

<sup>8</sup>刺激の強化刺激としての反応制御力を変更する操作である。

ロノームの音を用いたのは、これによって刻印づけが促進されるからであった (Van Kampen & Bolhuis, 1991, 1993)。これまでの研究でどのような刺激が刻印刺激として用いられてきたのかを、Table 5-1 に示した。この Table 5-1 からわかるように、赤筒は刻印づけの対象として妥当な刺激であるといえる。

Table 5-1  
刻印刺激の刺激次元とその効果

刺激次元	ヒナが選好を示す特徴	関連する先行研究
色	赤色, 青色, または黒色の刺激	Gray (1961), Kovach (1971), Salzen, Lily, & Mckeown (1971)
顕著さ (conspicuousness)	視覚的に目立つ刺激	Bateson (1966), Klopfer & Hailman (1964)
形	球形の刺激	Schulman, Hale, & Graves (1970)
	正方形や五角形, 楕円, 菱形, 三角形の刺激	Goodwin & Hess (1969)
大きさ	マッチ箱よりも大きい刺激	Fabricius & Boyd (1952)
	直径10cmの円盤	Schulman, Hale, & Graves (1970)
動き	動く刺激	Eiserer (1980), Fabricius & Boyd (1952), Hoffman, Eiserer, & Singer (1972), Ten Cate (1989)
	ヒナから離れていく刺激	Moltz (1963)
	能動的に動く刺激	Mascalzoni, Regolin, & Vallotigara (2010)
音	短く反復的で400cyc/secより低いコール	Collias & Joos (1953)
	ヒナが属する種のコール, 人工的な音	Delsaut (1992)
複合刺激	視覚刺激と聴覚刺激の同時呈示	Evans (1972), Honey & Bolhuis (1997), Smith & Bird (1964)
同種の成体	同種成体と人工的刺激への選好は同程度	Bolhuis, Johnson, & Horn (1985), Bolhuis & Trooster (1988)

選択テストでは、新奇な刺激として緑色の球（直径 8cm, 以下, 緑球と略す）を用いた。この刺激も、実験条件の統制ならびに赤筒との弁別が容易であり、先行研究でも刻印刺激となりうる刺激であることが示されている (Hess, 1973)。これらの理由から、緑球を用

いた。すなわち，新奇な刺激が刻印づけの対象とならない刺激であれば，この刺激と赤筒との比較が難しくなるため，刻印可能性のある刺激を新奇な刺激とした。その他，ヒナのキーつつき反応に伴って呈示する強化刺激として，赤筒だけでなく餌も用いた。

### 5-3 装置

ヒナを赤筒へ刻印づけるための訓練（以下，刻印づけ訓練）で，直線走路（大久保測工研究所製）を用いた。この走路の概略図を Figure 5-1 に示した。全ての実験の刻印づけ訓練では，この直線走路内で移動する赤筒をヒナに呈示した。赤筒は，直線走路上部の鎖（実験 1 から 3）か尻糸（実験 4）をモーターで動かすことで走路内を往復移動した。走路上部には 3 つの白熱ライト（20W）を取り付けて，これを点灯させて走路内を照明した。走路の側壁は黒色で塗装し，床には滑り止め用の黒色マットを敷いた。なお，Figure 5-1 の直線走路は，各実験の同時選択テストとそれ以降の手続きでも用いた。

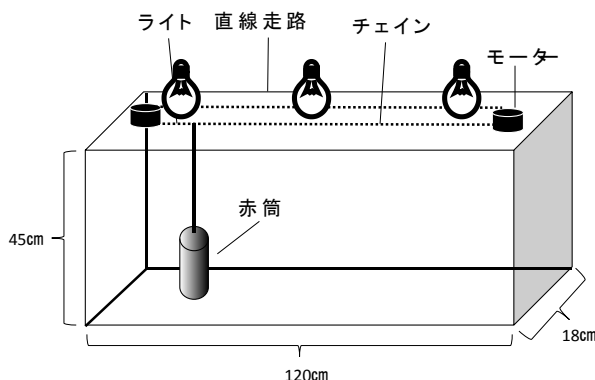


Figure 5-1. 本研究の全ての実験で使用した直線走路。

同時選択テスト以降の自動反応形成や連続強化などのフェイズでは，ヒナ用の 2 キーオペラント実験箱（27 cm×14 cm×28 cm）を用いた。この実験箱の概略図を Figure 5-2 に示した。この実験箱

の奥行きはヒナの成長に合わせて、14cm、21cm、27cmと段階的に長くした (Figure 5-2では14cm)。実験箱のフロントパネルには2つのキーがあり、それぞれは直径2cmで、2つのキーの中心間の距離は5cmであった。各キーの高さは、ヒナの身体の変化に合わせて床上2cmから9cmの間で調整した。フロントパネルにはフィーダーの開口部(4.5cm×4.5cm)もあり、ヒナはここから餌を摂取した。

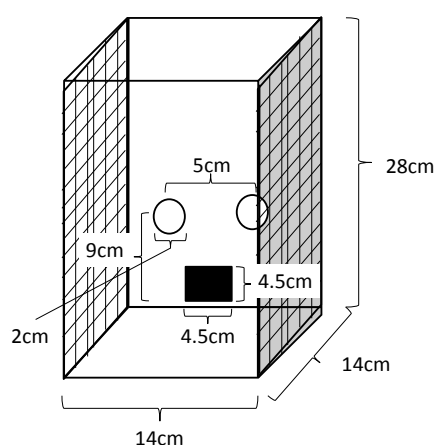


Figure 5-2. 全ての実験で使用したヒナ用の2キーオペラント実験箱。ただし実験1では、この図の実験箱とはサイズが異なる実験箱を用いた。

実験箱のリアパネルは黒色で塗装し、実験1から3では、ここに何も取り付けなかった。実験4では、このリアパネル側に新たなオペランダムとして透明のT字型アクリルパネルを取り付けた。このアクリルパネルの概略図をFigure 5-3に示した。ヒナの身体の一部がこのパネルに接触すれば、パネル背後のマイクロスイッチが作動し、これによってヒナのパネル押し反応が検出された。

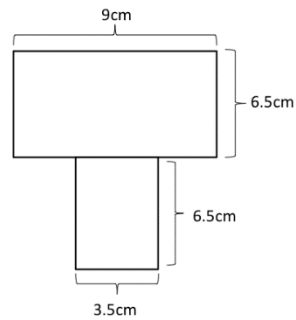


Figure 5-3. 実験 4 で使用した T 字型アクリルパネル。

オペラント実験箱の左右の側壁は、メッシュスクリーンであった。メッシュスクリーンにした理由は、強化刺激として走路内の赤筒を呈示したり除去したりするためのワンウェイミラーの役目をこのスクリーンに持たせるためであった。直線走路の白熱ライトが点灯してオペラント実験箱のルームライト（DC 6.3V）が消灯すると、ヒナはメッシュスクリーンを介して走路内の赤筒を見ることができた（赤筒の呈示）。逆に、直線走路のライトが消灯してオペラント実験箱のルームライトが点灯すると、ルームライトの照明光がメッシュスクリーンに反射して、ヒナは走路内の赤筒を見ることはできなかった（赤筒の除去）。ただし、走路のライトとルームライトの双方のライトの点灯と消灯の拮抗的な操作だけでは、赤筒の呈示と除去が十分ではなかったので、オペラント実験箱と直線走路の間にマジックボード（28 cm×40 cm）を設置した。このボードは普段は白濁しており、ヒナは走路内を見ることはできなかった。しかし、AC100Vの電圧がこのボードにかかるとこのボードは透明になって、これによってヒナは走路内を見ることができた。

赤筒の呈示と除去の方法を整理すると、赤筒の呈示は、走路ライトの点灯と、ルームライトの消灯、マジックボードへの通電によって行った。逆に、赤筒の除去は、走路ライトの消灯、ルームライトの点灯、ボードへ電圧をかけないことによって行った。

餌の呈示と除去は、ルームライトとフィーダーランプ、電磁ソレノイドで行った。餌を呈示したときは、ルームライトを消灯し、フ

ィーダーランプを点灯させ、ソレノイドを駆動させて餌の入ったフィーダーを呈示した。除去のときは、それらの逆であった。

すべての実験で赤筒を呈示したとき、1分間当たり120拍のメトロノーム音を赤筒の移動と同時に呈示した。実験1から3では、メトロノーム音を録音したテープを再生して音を呈示した。実験4では、メトロノーム音発生装置（東理システム研究所製）を用いた。

実験中は外部雑音を遮蔽するため白色雑音発生装置（東理システム研究所製）を用いた。白色雑音は、直線走路の左端から約40cm、オペラント実験箱のフロントパネルから約20cmの距離に設置したスピーカーから呈示した。

実験中のヒナの行動を観察ならびに記録するために、全ての実験セッションでビデオカメラ（SONY製、HDR-XR350）とモニターを用いた。モニターは実験室と異なる部屋に設置した。ヒナのキーつき反応とパネル押し反応の測定ならびに各実験装置の制御は、実験室に隣接する部屋のApple II e マイクロコンピュータで行った。実験室内の温度は27℃から32℃に維持した。

#### 5-4 独立変数

本研究の独立変数は、刻印刺激が強化刺激である随伴性の種類（間欠強化の随伴性と並立随伴性、連鎖随伴性）と、強化刺激の種類（刻印刺激と餌）であった。各実験の随伴性と強化刺激の組み合わせをTable 5-2に示した。

Table 5-2

本研究で操作した随伴性と強化刺激の組み合わせ

		強化刺激	
		刻印刺激	餌
随伴性	単一	実験1の刻印群	実験1の餌群
	並立	実験2の刻印群	実験2の餌群
		実験3	
	連鎖	実験4	

### 5-5 従属変数

本研究の6つの実験では、主に2つの従属変数を測定した。一つは、同時選択テストで、ヒナが赤筒と緑球、餌のそれぞれに接近して、その刺激から5 cmの範囲に滞在した時間である。これは、刻印づけ訓練によって、ヒナが赤筒にどの程度選好を示すようになったのかを調べるために測定した従属変数であった。

次に、随伴性がヒナの反応の維持にもたらす効果を調べるために、それぞれの随伴性下での、刻印刺激や餌の呈示によって強化されたキーつつきの反応率（1分間あたりのキーつつき反応の回数）を測定した。なお、パネル押し反応は、測定しなかった。その理由は、本研究が問題としたのは、刻印刺激や餌によって強化されるキーつつき反応であったからである。

### 5-6 手続き

すべての実験は、基本的に刻印づけ訓練と同時選択テスト、そして自動反応形成ないし手動による反応形成、連続強化スケジュール

(以下, CRF) の順で行った<sup>9</sup>。以下に, それぞれの手続きについて説明する。

#### 5-6-1 刻印づけ訓練

ヒナが孵化して約 10 時間が経過してから, ヒナを赤筒に刻印づけるために, 刻印づけ訓練を行った。暗室に置かれた直線走路内の中央部にヒナを個別に入れて, 走路内のライトを点灯させ, それとともに, 走路内をメトロノームの音を発しながら往復移動する赤筒を呈示した。30 分を 1 セッションとして, ヒナが 1 日齢の間に 2 セッション行った。なお, 実験 1 では, ヒナが 2 日齢になるまでに 3 セッション行った。各セッションの終了は, 赤筒の停止とライトの消灯によって行った。2 つのセッション間の時間間隔は約 10 時間であった。刻印づけ訓練では, ヒナの反応をモニターで観察しただけであり, 赤筒に対するヒナの反応は測定しなかった。

#### 5-6-2 同時選択テスト

2 セッション目の刻印づけ訓練が終了して約 10 時間が経過してから, それぞれのヒナが赤筒に刻印づけられたかどうかを調べるために, 2 種類の同時選択テストを直線走路内で行った。一つは, 赤筒と緑球の間の選択テストで, もう一つは, 赤筒と餌の間の選択テストであった。いずれのテストも 2 つの刺激の位置を逆転させて, 同じ刺激の組み合わせで 2 試行を行った。それぞれのテストの各試行は, 連続して行った。2 種類のテスト間の時間間隔は約 10 時間であった。なお, 実験 1 の同時選択テストで用いた刺激は, 他の実験と異なっていた。詳細な説明は実験 1 の「方法」で行う。

選択テストは, 2 つの刺激を静止した状態で直線走路の両端に置いて走路のライトを点灯させて開始した。開始時のヒナの位置は走

---

<sup>9</sup>実験 4b で詳述するが, 実験 4b の新奇刺激に対するキーつつき反応を餌によって強化する実験では, 刻印づけ訓練と同時選択テストは行わなかった。



路の中央とした。テスト中は赤筒からメトロノーム音を呈示しなかった。各刺激から走路中央部に向けて 2 cm 離れたところにメッシュスクリーンを設置し,ヒナが両端の刺激に接触しないようにした。このメッシュスクリーンから 5 cm の領域を各刺激の接近領域とし,ヒナがそこに滞在した時間を計測した。同時選択テストの実験場面を Figure 5-4 に示した。1 試行は 10 分間で, 刺激の位置に基づく選好の効果を相殺するため, 刺激の位置を逆転させて 2 試行行った。

ヒナが赤筒に刻印づけられたかどうかの判断は, 久保田・森山 (2007) の基準<sup>10</sup>によって行った。そして, 赤筒に刻印づけられたと判断したヒナのみを, 同時選択テスト以降の実験の被験体とした。刻印づけられなかったと判断したヒナは, 以後の実験から除外した。

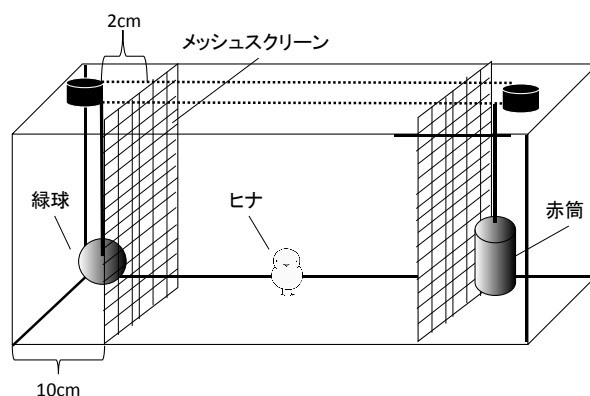


Figure 5-4. 同時選択テストの実験場面。走路の左端に, 刻印づけ訓練で使用した赤筒を, 右端に新奇刺激とした緑球を呈示した場面である。各刺激とヒナの間には, メッシュスクリーンを設置しており, ここから 5 cm の範囲を接近領域とした。この領域に滞在した反応を計測して, ヒナが赤筒に刻印づけられたかどうかを判断した。

<sup>10</sup>久保田・森山 (2007) の基準は, 2 回の選択テストのそれぞれの試行で, ヒナが一方の刺激 (A) の 5 cm 以内に滞在した時間が, 他方の刺激 (B) の 5 cm 以内に滞在した時間よりも長く, かつ 2 回の試行の A の総滞在時間が, 5 分以上かつ 2 回の試行の B の総滞在時間の 4 倍以上であった場合, A の刺激が選択されたとするという基準であった。

### 5-6-3 自動反応形成

赤筒と餌の同時選択テストが終了してから約 10 時間後，赤筒に刻印づけられたヒナのキーつつき反応を形成するため，自動反応形成を行った。実験 1 と 2 の場合，赤筒を強化刺激とするヒナにはキーへの白色光と赤筒を対呈示し，餌を強化刺激とするヒナにはキーへの白色光と餌を対呈示した。実験 3 と 4a では，赤筒だけを用いて自動反応形成した。実験 4b では，自動反応形成は一切行わなかった。実験 4b のこの部分の手続きについては実験 4b の方法で詳述する。

赤筒を用いた自動反応形成の場合，キーに白色光を 8 秒間照射した後，赤筒を 10 秒間呈示した。餌の場合，キーに白色光を 5 秒間照射した後，餌を 3 秒間呈示した。赤筒と餌の呈示方法は，一般的研究方法の「装置」で述べた方法と同じであった。すなわち，赤筒の呈示は，メトロノーム音の呈示と直線走路のライトの点灯，マジックボードへの通電，ルームライトとキーライトの消灯によって行った。餌の呈示は，フィーダーランプの点灯とフィーダーの作動によって行った。

自動反応形成では，白色キーとそれぞれの刺激の対呈示を 1 試行として，1 セッションにつき基本的に 100 試行実施した。試行間間隔 (inter trial interval, 以下 ITI) は 5 秒間であった。そのため赤筒による自動反応形成の 1 セッションの時間は約 46 分間，餌の場合は約 30 分間であった。なお，キーつつき反応の出現を促す目的で，キーの中央部に直径約 0.5 cm の黒い円形のシールを貼った。

1 セッション中にヒナが自ら 10 回以上キーをつつくようになるまで，自動反応形成セッションを行った。そのため，自動反応形成セッション数はヒナによって異なり，1 から 6 セッションの範囲であった。自動反応形成のセッション間の時間間隔は，約 10 時間であった。

#### 5-6-4 CRF

自動反応形成で 10 回以上のキーつつき反応をヒナが自発したら、そのセッションが終了してから約 10 時間後に CRF セッションを行った。このセッションでは、ヒナのキーつつき反応を連続的に自発させるため、個々のキーつつき反応に刻印刺激である赤筒または餌の呈示を必ず随伴させた。赤筒を強化刺激として呈示する場合、マジックボードを通电し、メトロノーム音を提示しながら 4 秒間、赤筒を直線走路内で往復移動させた。餌の場合は、フィーダーランプの点灯のもとで 4 秒間餌を呈示した。

CRF で使用したキーの位置と色光は、自動反応形成フェイズのときと同じであった。CRF でも、ヒナのキーつつき反応の出現を促す目的で、黒い円形のシールをキーの中心に貼った。しかし、ヒナがキーつつき反応を 1 セッションで 30 回自発するようになったら、それ以後のセッションではシールを外して実験した。

1 セッションの終了は、強化刺激が 30 回呈示された時点、またはセッション開始から 30 分が経過してもキーつつき反応が全く自発されなかったか、あるいは、キーつつき反応が 1 回以上自発されたにも関わらず、実験開始から 1 時間が経過した時点とした。

CRF フェイズは、黒いシールがない状態で、キーつつき反応が 1 セッションで 30 回自発されるまで続けた。セッション間の時間間隔は約 10 時間とした。CRF 後に行った強化スケジュールはそれぞれの実験の間で異なったので、各実験の「方法」で詳述する。

## 第 6 章 実験 1：刻印刺激が強化刺激である

### VR と VI スケジュールの効果<sup>11</sup>

序論で述べたように，刻印刺激によって強化されるヒナのオペラント反応は，安定せず，ヒナの成長にともなって減少することがいくつかの研究で報告されている（DePaulo & Hoffman, 1980; 久保田・森山, 2007; 森山, 1981）。それらの研究は，ヒナのオペラント反応を CRF で強化していた。そのことが，刻印刺激によって強化されるオペラント反応を不安定にさせていたのかもしれない。そうであれば，別な強化スケジュール，例えば間欠強化スケジュールにすれば，オペラント反応は安定するかもしれない。実際，連続強化と比べて，間欠強化を受けたオペラント反応は消去を受けても維持されることがわかっている（Ferster & Skinner, 1957）。間欠強化のその効果を考慮すれば，刻印刺激による強化も連続強化ではなく，間欠強化にすることでオペラント反応は安定するかもしれない。

強化を間欠的に行う方法の基本は，反応回数か時間のどちらかに依存して強化するかである。さらに，強化を複数回行う場合，毎回の強化の方法を固定させるか変動させるかという方法がある。それらの関係から，基本的な間欠強化として，固定比率（Fixed Ratio: 以下，FR），固定時隔（Fixed Interval: 以下，FI），変動比率（Variable Ratio: 以下，VR），変動時隔（Variable Interval: 以下，VI）の 4 つのスケジュールがある。FR  $n$  であれば，毎回の強化に対して個体は  $n$  回反応を自発しなければならない。FI  $n$  秒であれば， $n$  秒経過後の初発反応が毎回強化される。VR  $n$  であれば，毎回の強化に対して平均  $n$  回反応が必要である。VI  $n$  秒であれば平均  $n$  秒経過後の初発反応が毎回強化される。

それらの強化スケジュール下にある累積反応のパターンは，それぞれのスケジュールで特徴的なものになる。FR では強化前の反応のバーストと強化後の反応休止が繰り返されるブレイクアンドラン

---

<sup>11</sup> 実験 1 の結果の一部は，長谷川・森山（2011）で報告されている。

のパターンがみられ、FIでは、強化に向けて低率から高率へ漸次的に変化するスキヤロップと呼ばれる扇形のパターンが生起する。一方、VRとVIでは、比較的安定した反応パターンが示される。しかし、VRでの反応率は高く、VIでの反応率は低い (Ferster & Skinner, 1957)。

上で述べた間欠強化スケジュールの効果は、いずれも餌や水によって強化されたオペラント反応であった。刻印刺激が強化刺激である場合の間欠強化スケジュールの効果については、それらの強化刺激の場合と比べてほとんど調べられていない。しかし、DePaulo & Hoffman (1981) は、FRまたはFIでカーキキャンベルアヒルのヒナのポールつつき反応を刻印刺激 (22 cm×10 cm×10 cmの長方形の白い箱) で強化した。彼らは、それらの強化スケジュールの効果を、水が強化刺激である場合の効果と比較した。その結果、水が強化刺激の場合、FRではブレイクアンドラン、FIではスキヤロップが生じた。しかし、刻印刺激が強化刺激のとき、FRのもとでのヒナのポールつつき反応は、ヒナの日齢とともに減少してブレイクアンドランは生じなかった。FIでは反応は減少しなかったが、非常に不安定でありスキヤロップは生じなかった。DePaulo & Hoffman (1981) は、2つの強化刺激の効果の違いを、それぞれの強化における弁別刺激の制御の違いで説明した。すなわち、刻印刺激が強化刺激の場合、そのときの弁別刺激がポールつつき反応に及ぼす制御が弱いために、FRやFIで典型的な反応パターンが生じなかったのだろうと考察している。

しかし、DePaulo & Hoffman (1981) は、刻印刺激が強化刺激であるFRとFIがヒナのオペラント反応にもたらす効果のみを調べており、安定した反応パターンを生じるVRやVIの効果調べていない。FRやFIでは、餌によって強化される反応でも、強化後に反応は生じなくなるので (いわゆる、強化後反応休止)、固定した強化の仕方では、CRFの場合と同じように、反応は安定しないのかもしれない。そこで、強化ごとに強化の要件を変動させてみる必要がある

かもしれない。上で述べたように、VR と VI は、反応休止を生じないスケジュールである。刻印刺激で強化する場合でも、この VR と VI で強化すれば、餌の場合と同じように、反応は安定するかもしれない。しかし、VR と VI が刻印刺激で強化した反応に及ぼす効果を調べた研究はない。

そこで、実験 1 では、VR または VI で、刻印刺激を強化刺激として呈示したとき、ヒナのキーつつき反応が維持されるかどうか調べた。

## 6-1 目的

実験 1 では、刻印刺激を強化刺激とした VI または VR で、ヒナのキーつつき反応が維持されるのかどうかを調べた。比較のために、餌が強化刺激である VI と VR の効果も調べた。

## 6-2 方法

### 6-2-1 被験体

実験室で孵化した白色レグホンニワトリのヒナ 8 羽を被験体とした。この 8 羽を、刻印刺激が強化刺激である刻印群 5 羽と、餌が強化刺激である餌群 3 羽に分けた。さらにそれぞれの群を、VR を受けるヒナと VI を受けるヒナに分けた。その結果、VR を受けた刻印 VR 群 (#1-4, #1-13 の 2 羽) と餌 VR 群 (#1-44, #1-52 の 2 羽)、VI を受けた刻印 VI 群 (#1-28, #1-33, #1-37 の 3 羽) と餌 VI 群 (#1-38 の 1 羽) となった。餌 VI 群が 1 羽だけになったのは、実験の途中で同じ群の他の被験体が死んだからであった。

### 6-2-2 刺激

刻印刺激は赤筒であった。同時選択テストで用いた刺激は、この赤筒と新奇な刺激であった。刻印 VR 群と刻印 VI 群の場合、2 種類

の同時選択テスト A と B を行った。A は、赤筒と紅白縞模様の円筒（直径 5cm, 高さ 12.5cm。以降、紅白筒）のテストであり、もう一つの B は、赤筒と青い円筒（直径 6cm, 高さ 9.5cm。以降、青筒）を用いた。それぞれのテストで紅白筒と青筒がヒナにとって新奇な刺激であった。餌 VR 群と餌 VI 群の同時選択テストでは、赤筒と緑球を用いた（一般的研究方法を参照）。

刻印群と餌群の間で、同時選択テストで用いた新奇刺激が異なった理由は、実験手続き上の問題からであった。それは、はじめに刻印群で実験をしたとき、紅白筒と青筒の入手が容易であったからである。その後、弁別をよりしやすくするために、餌群に対しては、形状と色が異なる緑球を用いた。後の「結果」で述べるが、どの新奇刺激もヒナによって選択されることはほとんどなかったもので、新奇刺激の違いは結果に反映されていないものと判断した。

### 6-2-3 装置

本実験で用いた装置は、「一般的研究方法」で述べた直線走路と白色雑音発生装置、マジックボード、ライトであった。本実験で用いたオペラント実験箱（30 cm×15 cm×15 cm）は、「一般的研究方法」で述べたものと異なる実験箱であった。この実験箱の2つのキーは床上 9 cm の位置にあった。2つのキーの直径は 2 cm で、キーとキーの中心間の距離は 6 cm であった。なお、本実験では、右キーのみを使用した。フロントパネルには2つのキーの他にフィーダーの開口部（3 cm×3 cm）があり、ここから餌を呈示した。実験箱のリアパネルは透明の亚克力板で、左右の側壁はメッシュスクリーンであった。

### 6-2-4 手続き

実験 1 は、刻印づけ訓練、同時選択テスト A、自動反応形成、CRF、間欠強化スケジュール、同時選択テスト B の順で実験を行った。この手続きのフローチャートを Figure 6-1 に示した。

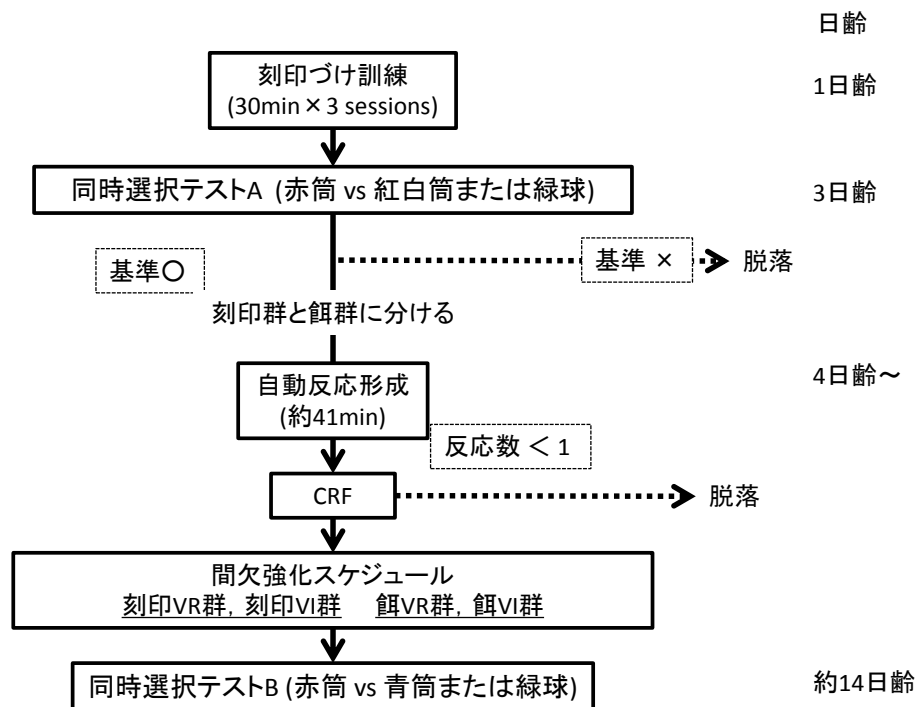


Figure 6-1. 実験1の手続きのフローチャート。

**刻印づけ訓練**：全てのヒナに対して，赤筒を用いて刻印づけ訓練を実施した。餌VR群と餌VI群のヒナの刻印づけ訓練の手続きは，「一般的研究方法」で述べた手続きと同じであった。刻印刺激への刻印づけを確実にを行うため，刻印群のヒナの刻印づけ訓練は，餌群のヒナよりも1セッション多く行った。30分の訓練を1セッションとして，ヒナが3日齢になるまで刻印群は3セッション，餌群は2セッション行なった。どの群でも，セッション間の時間間隔は10時間以上とした。

**同時選択テストA**：2セッションまたは3セッションの刻印づけ訓練を終了した後，ヒナが赤筒に刻印づけられたのかどうかを調べるために，同時選択テストAを行なった。このテストでは，刻印づけ訓練で用いた赤筒と，新奇な刺激のどちらの刺激をヒナが選択するのかを調べた。刻印群のヒナには新奇な刺激として紅白筒を呈示し，餌群のヒナには緑球を呈示した。2つの刺激を直線走路内の両端にそれぞれ置いて，10分間を1試行として2試行実施した。基本的な



手続きは、「一般的研究方法」で述べた手続きと同じであった。また、同時選択テストでの刻印づけの判断基準も「一般的研究方法」で述べた基準と同じであった（久保田・森山，2007）。

**自動反応形成**：同時選択テスト A の結果，赤筒に刻印づけられたと判断された 8 羽のヒナを，刻印刺激を強化刺激とした刻印 VR 群（#1-4，#1-13 の 2 羽）と，刻印 VI 群（#1-28，#1-33，#1-37 の 3 羽）に分けた。また，餌を強化刺激とした餌 VR 群（#1-44，#1-52 の 2 羽）と餌 VI 群（#1-38 の 1 羽）に分けた。そして，それぞれの強化刺激を用いてキーつつき反応を形成するため，オペラント実験箱にヒナを個別に入れて自動反応形成を行なった。なお，両群とも，120 試行を 1 セッションとして，ヒナがキーつつき反応を自発するようになるまで行った。セッションの構成は，「一般的研究方法」の手続きで述べた構成と同じであった。

**CRF**：キーつつき反応を確実に自発させるため，自動反応形成の最後のセッションが終了して約 24 時間後に CRF を行った。CRF セッションでは，ヒナがキーをつつくたびに，刻印群の場合は刻印刺激である赤筒を，餌群の場合は餌を 5 秒間呈示した。1 セッションの強化回数は 30 回であり，セッション終了は，この強化回数が達成された時点か，開始から 1 時間が経過した時点とした。はじめのセッションでは黒い円形のシールをキーに貼ってキーつつき反応を促し，キーつつきが確実に自発されるようになったらシールを外した。シールがない状態で 1 セッションに 30 回以上のキーつつき反応を自発したヒナのみを，次のフェイズに移行した。

**間欠強化スケジュール**：間欠強化スケジュールがヒナのキーつつき反応にもたらす効果を調べるために，CRF でキーつつき反応を自発するようになったヒナのキーつつき反応を VR5 または VI5s の強化スケジュールで強化した。強化刺激として，刻印群には刻印刺激，餌群には餌を用いた。1 セッションの強化回数は，CRF のときと同じ 30 回であった。セッション終了は，この強化回数が達成された時点か，開始から 1 時間が経過した時点であった。セッションを 5

セッション行った約 24 時間後に同時選択テスト B を行った。

**同時選択テスト B:** 間欠強化スケジュールが終了してから約 24 時間後に、刻印刺激に対するヒナの選好が間欠強化スケジュールによって変化したのかどうかを調べるために、同時選択テスト B を行った。ここで実験装置上の問題から、刻印 VR 群は、このテストを受けられなかった。同時選択テスト B の手続きは同時選択テスト A と同じであった。

### 6-3 結果と考察

間欠強化スケジュールによって、刻印刺激によって強化されたヒナのキーつつき反応がセッションを経ても維持されるのかどうかを調べるために、Figure 6-2 に、VR と VI の各セッションでの 1 分間あたりのキーつつき反応数（反応率）を個体別に示した。

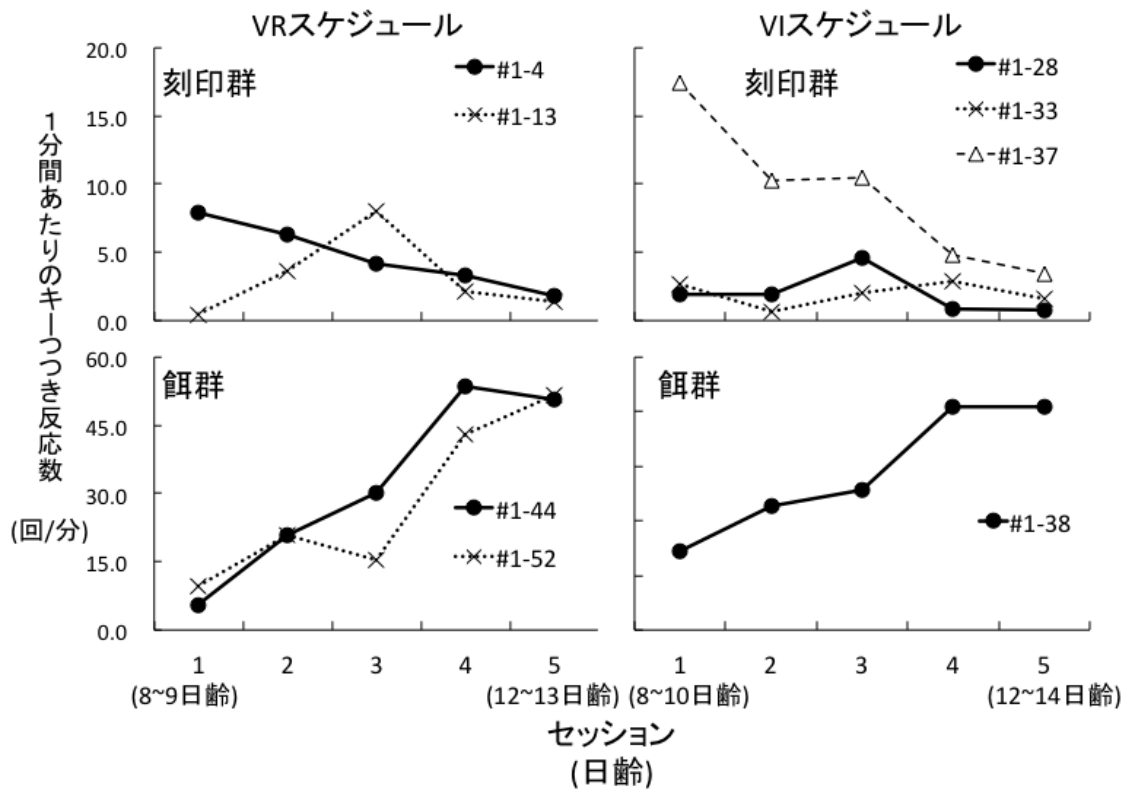


Figure 6-2. 各間欠強化スケジュールにおける各ヒナのキーつき反応率の推移。横軸はセッションとヒナの日齢，縦軸は1分間あたりのキーつき反応数(反応率)を示す。左の2つのグラフはVRを受けたヒナの結果を，右の2つのグラフはVIを受けたヒナの結果を示す。また，上段の2つのグラフは刻印刺激が強化刺激である刻印群の結果を，下段の2つのグラフは餌が強化刺激である餌群のヒナの結果を示す。刻印群の#1-13と#1-28，餌群の#1-44と#1-52は8日齢のときに第1セッションを，12日齢のときに第5セッションを行った。刻印群の#1-4と餌群の#1-38は9日齢のときに第1セッションを，13日齢のときに第5セッションを行った。刻印群の#1-33と#1-37は10日齢のときに第1セッションを，14日齢のときに第5セッションを行った。なお，刻印群と餌群の縦軸の反応率の範囲が異なることに注意されたい。

VRとVIの効果を，同じ強化刺激を用いた群で比較した。刻印VR群と刻印VI群のヒナの反応率を比較すると，刻印VI群の#1-37

は、はじめの 3 セッションで高い反応率を示したが、その他のセッションでは、VR と VI とで反応率の顕著な差は見られなかった。餌 VI 群は 1 羽だけなので次のように結論するのは問題があるかもしれないが、餌 VR 群と餌 VI 群の反応率の間に顕著な差は見られなかった。

以上、同じ強化刺激の群の間では VI と VR の効果の違いは見られなかったので、同じ強化スケジュールでの刻印群と餌群の比較をする。刻印群の 5 羽のヒナのキーつつき反応率は、餌群の 3 羽のヒナと比べて低かった。刻印群で反応率がもっとも高かったのは、刻印 VI 群の #1-37 の第 1 セッションの反応率で、17.43 でしかなかった。それに対して餌群の 3 羽の反応率は、2 セッション目以降、刻印群のどのヒナの反応率よりも高かった。この結果は、刻印刺激を強化刺激とした CRF でヒナの反応率が低いことを報告した先行研究の結果と一致する。

さらに、刻印群の 5 羽のすべてで最後の 5 セッション目には反応率が減少した。したがって、刻印刺激によって強化されるヒナのキーつつき反応は維持されなかった。それに対して、餌群のすべてのヒナのキーつつき反応率はセッションを重ねるにつれて増加した。以上、刻印群と餌群の結果から、刻印刺激を強化刺激とした場合、VR や VI スケジュールを用いても、餌の場合と異なり、ヒナのキーつつき反応率は維持されず減少することが分かった。この結果は、従来の先行研究の結果と同じであった (DePaulo & Hoffman, 1980, 1981; 久保田・森山, 2007; 森山, 1981)。したがって、刻印刺激による強化が連続的であっても間欠的であっても、刻印刺激によって強化されるオペラント反応は維持されないことがわかった。

刻印刺激によって強化されるキーつつき反応が維持されなかった理由として、3 つのことが考えられる。

1 つは、ヒナが刻印刺激を選好しなくなった可能性、これはオペラントの見方からすれば、刻印刺激の強化力の低下である。間欠強化によって刻印刺激の強化力が低下したのかもしれない。間欠強化

を受けたことでヒナが赤筒を選好しなくなったのであれば，すなわち，赤筒の強化力が弱くなったのであれば，キーつつき反応が減少すると考えられる。それを調べるために，本実験は同時選択テスト A と B を行った。テスト A ではすべてのヒナが赤筒に刻印づけられていた。そこで同時選択テスト B の結果が重要となる。テスト B でヒナの選好が変化したのであれば，キーつつき反応の減少は，刻印刺激の強化力の低下で説明できるだろう。

同時選択テスト B を受けた刻印 VI 群の 2 つのテストの結果を比較すると，刻印刺激への 1 分間あたりの刻印 VI 群の 3 羽のヒナの平均接近滞在時間は，テスト A で 30.9 秒，テスト B で 28.3 秒であり，若干減少したがほとんど差はなかった。また，刻印刺激への 3 羽のヒナの赤筒への平均選択率<sup>12</sup>は，テスト A で 0.99 であったのがテスト B では 1.00 であり，この選択率はほとんど変化しなかった。これらの結果から，赤筒への刻印 VI 群の 3 羽のヒナの選好は間欠強化スケジュール前後で変化しなかった。したがって，キーつつき反応率が減少したのは，刻印刺激の強化力が弱くなったためではないと考えられる。

2 つ目の理由は，間欠強化スケジュールでの強化の間欠性である。学習の初期の段階では，連続的に強化された反応は安定する。本実験も間欠強化の前に CRF を行ったのはそのような理由からである。しかし，CRF のもとでも刻印刺激が強化刺激の場合，ヒナのキーつつき反応率は低い。すなわち，強化間隔が長くなる。その場合，キーつつき反応と刻印刺激の呈示との関連性が低くなる可能性がある。CRF でもそうであるなら，間欠強化になるとなおさらである。キーつつき反応の中には，刻印刺激をもたらすものもあればそうでないものもあり，キーつつき反応と刻印刺激の関係の学習が難しくなる可能性がある。このような可能性は，刻印刺激が強化刺激であ

---

<sup>12</sup> 同時選択テストで赤筒への接近領域と新奇刺激への接近領域のそれぞれの滞在時間の合計に対する赤筒への接近領域での滞在時間の割合を赤筒への選択率とした。

る場合、強化に対するキーつつき反応の感受性が低いということになる。本実験の結果から、この可能性を検討することはできないので、これを実験 2 で検討する。

最後の理由として、キーつつき反応とは異なる他の反応による干渉の可能性である。そのような反応がオペラント実験場面で頻繁に起こるなら、キーつつき反応は相対的に減少する。しかもそのような干渉反応がヒナの成長とともに頻繁に生起すれば、本実験の間欠強化スケジュールを受けているヒナのキーつつき反応は、セッションを経るにつれて減少するかもしれない。刻印 VI 群のヒナのキーつつき反応率がセッションにつれて減少しながらも、同時選択テストで赤筒の選択率が高かったという結果は、選択テストが行われたときの直線走路の刺激環境では、そのような干渉反応が生起しなかったことによるのかもしれない。いずれにしてもこの干渉反応の可能性を検討するには、どのような反応がオペラント実験場面で生起しているのかを調べる必要がある。

干渉反応として、餌に関連したついでみ反応などが考えられる。卵黄の栄養補給が断たれた 3 日齢以降のヒナは、床や壁などいろいろなところを、あたかもそこに餌があるかのようにつつく傾向がある (Hess, 1973)。実際、刻印づけの実験場面で刻印刺激へのヒナの接近反応や追従反応が減少するのは、餌をついでむような反応がヒナの日齢とともに増えるからであると考えられている (cf. Fischer, 1971)。キーつつき反応が、このような餌に関連した反応の干渉によって減少するなら、餌をついでむような反応に明確な随伴性を設定して、この随伴性を刻印刺激によって強化されるキーつつき反応に関連させることで、刻印刺激へのオペラント反応を維持することができるのかもしれない。この可能性を実験 3 以後で検討する。

以上をまとめると、実験 1 の結果から、VR や VI で刻印刺激を呈示しても、ヒナのキーつつき反応は維持されなかった。この理由として、1 つ目に刻印刺激の強化力が低下したことが考えられたが、同時選択テストの結果からこの可能性は低いと考えた。次に、キー

つつき反応は刻印刺激の強化に対する感受性が低いのではないかという可能性を考えた。この問題を実験 2 で検討する。最後は、餌に関わる反応が干渉してキーつつき反応が減少したのかもしれない、という可能性である。この可能性は、餌が強化刺激である随伴性を、刻印刺激が強化刺激である随伴性と関係させることで調べられると考えた。これを実験 3 以後で検討する。

## 第 7 章 実験 2：刻印刺激と餌のどちらかが強化刺激である

### 並立随伴性の効果

実験 1 の結果から，VR や VI で刻印刺激を呈示してもヒナのキーつつき反応は維持されなかった。その理由として，刻印刺激による強化に対するキーつつき反応の感受性の問題を考察した。実験 2 で，この問題を検討した。

強化に対するオペラント反応の感受性は，強化率<sup>13</sup>の変化に対する反応の変化によって調べることができる。その方法のひとつとして，「第 II 部の実験で問題にした随伴性」のところで述べた，複数の随伴性が並立する場面におけるヒナの選択反応の変化を調べる方法がある。

選択行動の研究では，並立強化スケジュールで強化率の変化に対応して個体が反応率を変化させた場合，強化率の変化と反応率の変化は「対応」していると言い，強化に対するその反応の感受性 (sensitivity) は高いと言う。強化率と反応率の対応を調べるには，強化率の変化と反応率の変化を関数式であらわす方法が用いられる。そのような式を「対応式」あるいは「一般対応式」と呼ぶ。

実験 2 では，刻印刺激または餌のどちらかを強化刺激とした並立強化スケジュールで強化率を変化させ，その変化とヒナの反応率の変化の対応を調べ，それによって刻印刺激の強化に対するヒナのキーつつき反応の感受性を明らかにする。

そこでまず，選択行動の研究から得られた対応法則と一般対応法則について説明し，強化率の変化に対する選択反応の感受性がどのように示されるのかについて説明する。

2 つの随伴性からなる並立強化スケジュールでの各選択肢に対する個体の反応の振り分けは，選択肢間の相対強化率に対応する (Herrnstein, 1961)。この関係は対応法則と呼ばれ，選択肢が 2 つ

---

<sup>13</sup> 強化率とは，2 つの選択肢のそれぞれから強化刺激が呈示された頻度の割合を示す。



のとき，式 1 で表される。

$$\frac{B1}{B1+B2} = \frac{R1}{R1+R2} \quad \text{式 1}$$

$B1$ と  $B2$ は 2つのキー（キー 1 と 2）のそれぞれに対する反応数， $R1$ と  $R2$ は各選択肢への反応が実際に強化された回数を表す。したがって，左辺はキー 1 に対する相対反応率，右辺はキー 1 の反応に対する相対強化率となる。また，式 1 では，一方の選択肢に対する相対反応率が，その選択肢から得られた相対強化率に対応することを示している。

式 1 を比（ratio）に変換すると式 2 になる。式 2 は，反応比が強化比に対応することを示す。

$$\frac{B1}{B2} = \frac{R1}{R2} \quad \text{式 2}$$

さらに，Baum (1974, 1979) は，個体の反応比が強化比から逸脱する場合があることを発見し，この逸脱を表現するため，フリーパラメータ  $k$  と  $a$  を含んだベキ関数に基づいて対応法則を一般化した。そして，これを一般対応法則（generalized matching law）とした。彼は，この関数の方が，並立強化スケジュールでの個体のパフォーマンスを式 1 の対応式より説明できることを明らかにした。一般対応のベキ関数式が式 3 である。フリーパラメータである  $a$  は強化率の変化に対する個体の選択反応の感受性（sensitivity）を示し， $k$  は一方の選択肢に対する系統的なバイアス（bias）を示す。 $B1$  と  $B2$  は 2つのキーのそれぞれに対する反応数である。 $R1$  と  $R2$  は，それぞれのキーへの反応が実際に強化された回数を示す。

$$\frac{B1}{B2} = k \left( \frac{R1}{R2} \right)^a \quad \text{式 3}$$

式 3 の両辺を対数変換し, 1 次関数の形にしたものが式 4 である。この式に, 得られたデータを当てはめることによって, 直線の傾きとして  $a$  の値, 切片として  $k$  の値が求められる。この式での  $a$  や  $k$  も上述のように, それぞれ, 随伴性に対するヒナの反応の感受性と選択肢へのバイアスを示す。

$$\log \frac{B1}{B2} = a \log \frac{R1}{R2} + \log k \quad \text{式 4}$$

$a$  は正の定数であり, 強化率比に対する個体の反応の感受性を示す。すなわち,  $a$  は反応率が強化率の変化にいかに対応したのかを示す。 $a=1$  のとき, 個体の反応率比は強化率比に完全に対応していることから, 完全対応 (strict matching) と呼ばれ, このとき個体は, 強化率比に対応した選択反応を示している。 $a>1$  のとき, 強化率と比べてより多くの反応を個体が示している。これは過大対応 (overmatching) と呼ばれ, 個体が強化率の高い方をもっぱら選択する現象である。 $0<a<1$  のとき, 個体は強化率に比べてより少ない反応を示している。これは過小対応 (undermatching) と呼ばれ, 強化率の高い選択肢への選好がみられない現象である。

以上のように完全対応は  $a=1$  の場合であるが, Baum (1974) は,  $0.90<a<1.11$  のとき, 個体の反応は, 強化率比に対応したと解釈できると報告している。

$k$  は正の定数であり, 2 つの選択肢のうち的一方に対する一定の選好 (すなわちバイアス) の程度を示す。 $k>0$  のとき, 個体は選択肢 1 に対する選好を示し,  $k<0$  のとき, 選択肢 2 に対する選好が生じたと説明される。このようなバイアスは, 選択肢の刺激特徴によって生じると考えられている (Baum, 1974)。

以上、並立随伴性での個体の選択反応を一般対応式で分析することによって、強化率と個体の反応率の対応、そして一方の選択肢へのバイアスを明らかにできることが分かった。そこで、本実験は、強化刺激である刻印刺激に対するヒナの反応の感受性を検討するために、刻印刺激が強化刺激である並立随伴性のもとでのヒナを選択反応を一般対応式で分析する。

発達初期のヒナの反応の選択反応を調べた研究として Schneider & Lickliter (2010) の研究がある。彼らは、温熱刺激を強化刺激とした並立随伴性で、ウズラのヒナの反応が温熱刺激の強化率の変化に対して感受性を持つことを一般対応式で明らかにした。しかし、刻印刺激や餌が強化刺激である並立随伴性に、ニワトリのヒナのキーつき反応が感受性を持っているのかどうかを調べた研究はこれまで行われていない。

以上の問題から、実験 2 では、刻印刺激が強化刺激である並立随伴性のもとで、この強化率の変化に対応した反応率の変化がニワトリヒナで示されるのかどうかを調べた。さらに、刻印刺激の強化の特性を調べるために、餌が強化刺激の場合と比べることにした。そのため、実験では強化刺激が餌である並立随伴性における強化率と反応率の対応を分析することにした。

第 II 部の冒頭でも述べたが、並立強化スケジュールは、個体の 2 つ以上のオペラント反応に対して、独立の強化スケジュールが機能する強化スケジュールである。実験 2 では、2 つの強化スケジュールからなる並立強化スケジュールを実施した。

なお、実験 2 では、2 つのスケジュール間の弁別を促すために、それぞれのスケジュールに対応したキーに赤または青の色光を照射した実験 2a と、色光への選好の効果を問題にしないようにするために、2 つのキーの色光を同じ白色にした実験 2b の 2 つの実験を行った。

## 7-1 実験 2a: 刻印刺激または餌のどちらかが強化刺激である 並立随伴性の効果 I<sup>14</sup>

### 7-1-1 目的

刻印刺激または餌のどちらかを強化刺激とした 2 キーの並立強化スケジュールのもとで、それぞれの刺激の強化率にヒナのキーつき反応率に対応するのかどうかを調べた。なお、スケジュール間の弁別を促すために、2 つのキーのそれぞれに赤と青のいずれかの色光を照射した。

### 7-1-2 方法

7-1-2-1 被験体 孵化直後の白色レグホンニワトリ (*Gallus gallus domesticus*) のヒナ 10 羽を被験体とした。この 10 羽のヒナを、同時選択テストでの成績 (刻印刺激の選択率) が同程度になるように、刻印群と餌群の 2 つに分けた。刻印群は、刻印刺激が強化刺激であった群で、#2-1, #2-2, #2-5, #2-8, #2-12 の 5 羽であった。餌群は、餌が強化刺激であった群で、#2-3, #2-4, #2-6, #2-7, #2-10 の 5 羽であった。また実験 2a では、オペラント実験箱の左右の 2 つのキーに赤もしくは青の色光を照射した。そのため色光に対する選好がヒナの選択行動に影響する可能性があった。そこで、色光への選好の影響を個体間で相殺するため、各群に対して、右キーが赤、左キーが青の色光で照射された個体 (刻印群の #2-1, #2-2, #2-12 の 3 羽と、餌群の #2-3, #2-4, #2-6 の 3 羽) と、右キーが青、左キーが赤で照射された個体 (刻印群の #2-5 と #2-8 の 2 羽と、餌群の #2-7 と #2-10 の 2 羽) に分けた。ヒナの孵化条件や飼育条件は一般的研究方法で述べた通りであった。

7-1-2-2 刺激 「一般的研究方法」で述べた赤筒と緑球、餌を用いた。キーへの色光は赤と青であった。

7-1-2-3 装置 「一般的研究方法」で述べた直線走路とヒナ用のオ

---

<sup>14</sup> 実験 2a の結果は、長谷川・森山 (2013) で報告されている。

ペラント実験箱を用いた。また強化刺激の呈示と除去のためにオペラント実験箱と直線走路の間にマジックボードを設置した。

7-1-2-4 手続き 実験 2a は、刻印づけ訓練，同時選択テスト，自動反応形成，CRF，並立強化スケジュールの順で実験を行った。刻印づけ訓練から CRF までの手続きも同時選択テストでの刻印づけの判断基準も，「共通手続き」で述べたものと同じであった。以上の実験手続きの流れを示したものが Figure 7-1 である。Figure の右側に各実験が行われたときのヒナの日齢を示した。

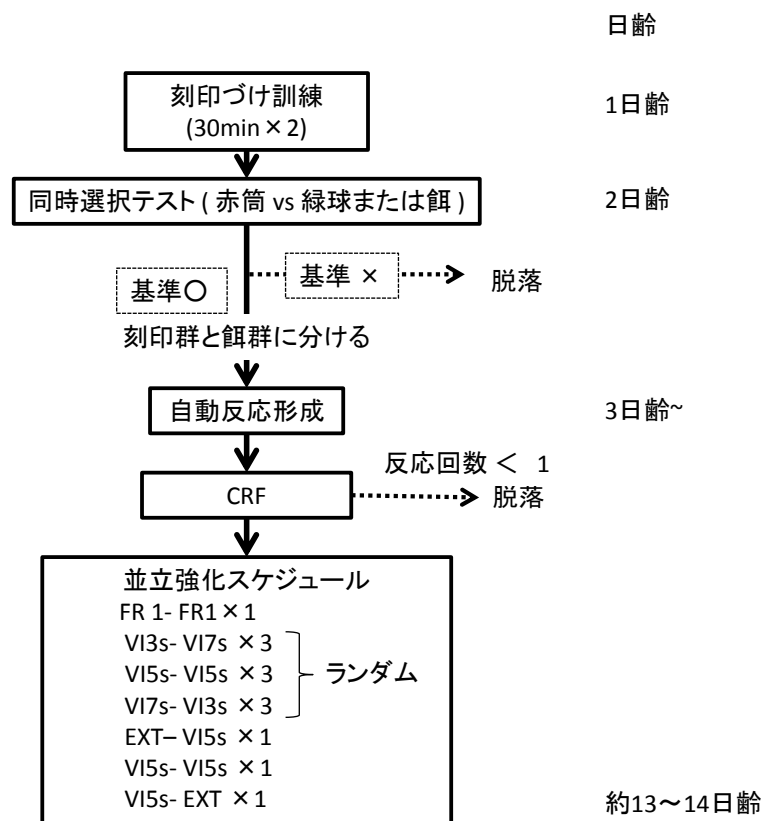


Figure 7-1. 実験 2a の手続きのフローチャート。

**自動反応形成:** 同時選択テストが終了してから約 10 時間後，赤筒に刻印づけられた 10 羽のヒナを刻印群と餌群の 2 群に 5 羽ずつ分けた。これらのヒナのキーつつき反応を形成するため，オペラント実験箱にそれぞれのヒナを個別に入れて，自動反応形成を行った。

用いたキーは右側のキーのみで、これを白色光で照射して自動反応形成を行った。刻印群のヒナには刻印刺激を、餌群のヒナには餌を呈示した。その他の基本的な手続きは、「共通手続き」で述べた手続きと同じであった。

**CRF:** ヒナのキーつつき反応を確実に自発させるため、自動反応形成の最後のセッションが終わって約 10 時間してから CRF セッションを行った。使用したキーと色光、強化刺激は、それぞれのヒナで自動反応形成のときと同じであった。その他の基本的な手続きは、「共通手続き」で述べた手続きと同じであった。

**並立強化スケジュール:** CRF で、ヒナがキーつつき反応を確実に自発するようになったら、反応率が強化率の変化に対応するのかを調べるため、2 つのキーを使用した並立強化スケジュールを実施した。2 つのキーに設定された強化スケジュール間の弁別を促すため、一方のキーを赤、他方を青の色光で照射した。はじめに、ヒナに 2 つのキーを同率でつつかせるため、並立 FR1-FR1<sup>15</sup>を 1 セッション行った。

並立強化スケジュールで使用した強化刺激は、両群とも CRF セッションのときと同じであった。すなわち刻印群の場合、2 つのキーのそれぞれに対するキーつつき反応には刻印刺激が呈示され、餌群の場合、餌が呈示された。既述のように、色光とキーの位置の関係がヒナの選択行動に及ぼす効果を相殺するため、各群のヒナを、右キーに青、左キーに赤の色光を呈示する個体と、その逆の個体に分けた。

並立 FR1-FR1 を 1 セッション行った後、並立強化スケジュールにおけるヒナの選択行動を調べるため、2 つのキーに対するスケジ

---

<sup>15</sup>並立強化スケジュールでは、2 つのキーに対する反応が連鎖をなし、迷信的に出現するというコンカレント迷信行動が観察されることがある (小野, 2005)。そのため、本実験ではコンカレント迷信行動の形成を防ぐため、2 つのキーへの反応切り替えに対して 0.5 秒の遅延強化 (Change Over Delay, 以下 COD) を設けた。0.5 秒の COD を設けた場合、一方のキーへの反応は、他方のキーに対する反応から 0.5 秒が経過しないと強化されない。

ュールを VI スケジュールにして並立 VI-VI を行った。どちらのキーにも VI スケジュールを設定したのは、FR のように、強化が反応回数に依存するスケジュールの場合、一方のキーに対する選好が生じる可能性があったからである。また、FR のように強化基準が固定したスケジュールよりも、VI のように強化基準が変動するスケジュールの方が、スケジュール以外の変数の影響を受けにくいと考えられたためである。

並立 VI-VI スケジュールでのヒナの反応率が強化率の変化に対応するかを調べるため、5 種類の並立強化スケジュールを用いた。5 種類の並立強化スケジュールは、VI3s-VI7s, VI5s-VI5s, VI7s-VI3s, EXT-VI5s, VI5s-EXT であり、それぞれの強化率の比は、記載したスケジュールの順に、7 : 3, 5 : 5, 7 : 3, 0 : 1, 1 : 0 であった。なお、EXT は消去 (extinction) の手続きを表す。5 種類の並立強化スケジュールのうち EXT を含まない 3 種類のスケジュールは、3 セッションずつ計 9 セッション行った。

本来、それぞれの強化率での反応傾向が安定してから強化率を変えるべきであったが (Sidman, 1960), 以下の理由から、セッション間で強化率の異なるスケジュールをランダムに変えた。反応が安定するまで同じ強化率で実験すると、ヒナが成長してしまい、実験変数以外の変数がヒナの選択行動に影響する可能性があった。つまり、短期間に、強化率比の異なる複数の並立強化スケジュールを繰り返し行い、ヒナの選択反応を測定する必要があるからである。また、同一セッション内で、反応比が強化比に対応することは先行研究でも明らかにされているので (Davison & Baum, 2000, 2002; Grace, Bragason, & McLean, 2003), セッションごとに異なる強化率をランダムな順で実施した。

上で述べた様々な強化率の並立 VI-VI を 9 セッション行った後、並立 EXT-VI5s, 並立 VI5s-EXT を 1 セッションずつ行った。なお、並立 EXT-VI5s スケジュールの消去の持ち越し効果を最小限にするために、並立 VI5s-EXT を行う前に、並立 VI5s-VI5s を 1 セッショ

ン行った。それぞれのセッションの終了基準は CRF のときと同じく 30 回の強化が終了するまで、ないしは総強化時間を除く実験開始からの時間が 1 時間を超える場合とした。なお、30 回の強化をもたらしたキーの位置は問題としなかった。すなわち、左右のキーで得られた強化の総数が 30 回になった時点で実験を終了させた。並立強化スケジュールは、全部で 12 セッション行った。

### 7-1-3 結果と考察

並立強化スケジュールで、ヒナの選択反応が強化率の変化に対応したのかどうかを調べるため、Figure 7-2 と Figure 7-3 に、各群のヒナの選択行動の結果を個体ごとに示した。なお、EXT を含んだ最終 3 セッションのデータを除いて、初めの 9 セッション分の結果をまとめた。Figure 7-2 に刻印群の 5 羽の結果を、Figure 7-3 に餌群の 5 羽の結果をまとめた。Figure 7-2 と Figure 7-3 ともに、右キーに赤、左キーに青の色光の個体の結果を上段に、右に青、左に赤の色光の個体の結果を下段に示した。横軸に、左キーでの強化数に対する右キーでの強化数の割合の対数、縦軸に、左キーへの反応数に対する右キーへの反応数の割合の対数を示した。

左右のキーに対する反応数と強化数がともに 0 の場合があったので、岩原 (1965) を参考に、0 データを含むセッションの反応数と強化数のデータに 1 を加算して値の補正を行った。反応数の割合を強化数の割合の関数として両対数軸上に、各ヒナのデータをプロットした。さらに、最小二乗法によってこれらのデータに最もよく当てはまる回帰直線の式 ( $y=ax+b$ ) と、決定係数 ( $R^2$ ) を求めて、それぞれの図の右下に示した。回帰直線式はデータを説明するためのモデルを示し、 $R^2$  は、データに対する最適回帰直線のあてはまりの良さを示す。以下に、回帰直線のパラメーターの意味と、 $R^2$  の意味について説明する。

回帰直線式の傾き  $a$  は、強化率の変化に対するヒナの反応の感受性を示し、切片  $b$  は、選択肢間のヒナの選好を示す (Baum, 1974,



1979)。反応数の割合が強化数の割合に完全に対応する場合，直線の傾き  $a$  は 1，切片  $b$  は 0 になる。反応数の割合が強化数の割合に対応して変化する場合， $a=1$  になる。ヒナが強化率の高いキーにより多く反応した場合， $a > 1$  となる（過大対応）。ヒナが強化率の高いキーに対して少なく反応した場合， $a < 1$  となる（過小対応）。また， $b > 0$  の場合，ヒナは右キーを選好したことになる，一方， $b < 0$  の場合，ヒナは左キーを選好したことになる。

回帰直線のデータへの当てはまりの程度を調べるため，決定係数である  $R^2$  を求めた。 $R^2$  の値は 0 から 1 の範囲をとる。値が 0 に近づくほど，当てはまりが悪く，1 に近づくほど当てはまりが良い。1.00 の場合，求めた回帰直線式によってデータの全てが説明できる。

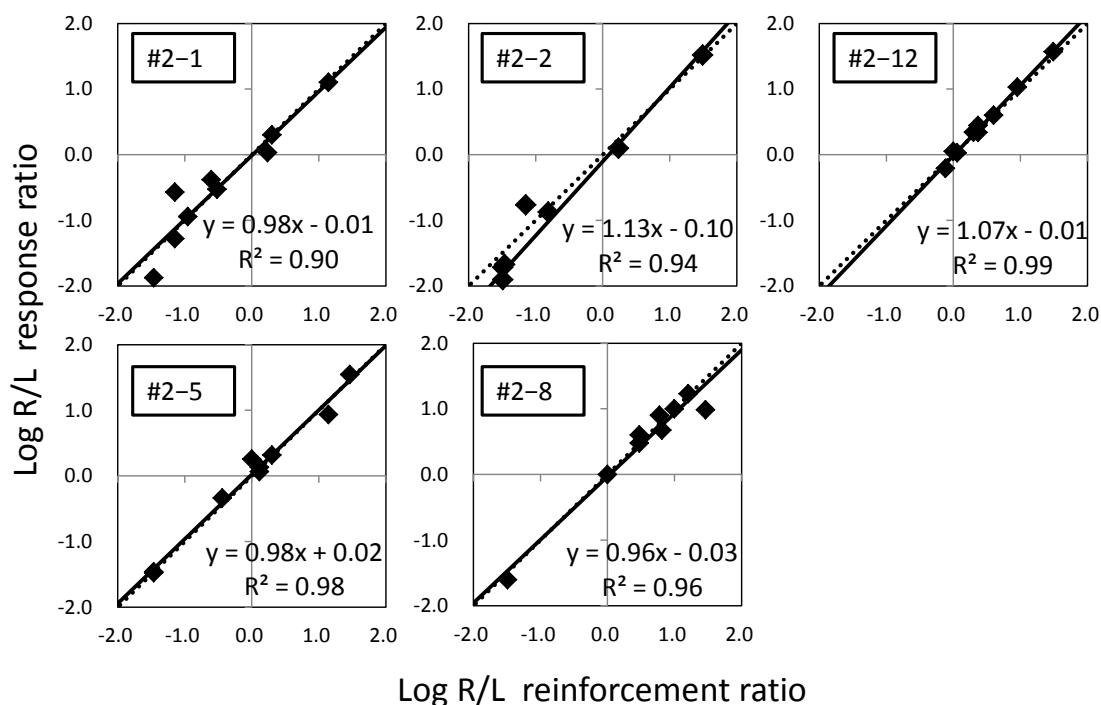


Figure 7-2. 実験 2a の刻印群の強化比の関数としての反応比。図中の点線は完全対応を示しており，実線は最小二乗法によって得られた回帰直線である。この直線式を決定係数 ( $R^2$ ) とともに各グラフの右下に示した。上段のグラフは右キーが青，左キーが赤の個体の結果で，下段のグラフは右キーが赤，左キーが青の個体の結果である。

まず、刻印群の結果を述べる。Figure 7-2 の結果から、#2-1、#2-2、#2-12、#2-5、#2-8 の各ヒナの  $R^2$  は、順に 0.90, 0.94, 0.99, 0.98, 0.96 であった。全てのヒナの  $R^2$  の値はほぼ 1 であったので、回帰直線式のあてはまりは非常に良かった。以下、回帰直線式のパラメーターから、それぞれのヒナの選択反応の結果を述べる。

刻印刺激の強化率に対する刻印群のヒナのキーつつき反応の感受性を示す  $a$  の値は、#2-1 が 0.98、#2-2 が 1.13、#2-12 が 1.07、#2-5 が 0.98、#2-8 が 0.96 であった。したがって、#2-2 を除く 4 羽の選択反応は完全対応の傾向を示した。#2-2 の選択反応は過大対応と言えるだろう。いずれにしても、刻印群のヒナは完全対応、または完全対応の傾向であると言えるだろう。

次に、キーの位置に対する刻印群のヒナの選好をみると、切片  $b$  の値が、#2-1 で -0.01、#2-2 で -0.10、#2-12 で -0.01、#2-5 で 0.02、#2-8 で -0.03 であった。全てのヒナの  $b$  の値は 0 に非常に近似したことから、色光への選好は明確ではなかった。

以上、刻印群の 5 羽の結果から、刻印刺激を強化刺激とする並立随伴性では、刻印群のヒナは、色光やキーの位置に対して極端な選好を示さずに、強化率の変化に対応したキーつつき反応を示したと言える。

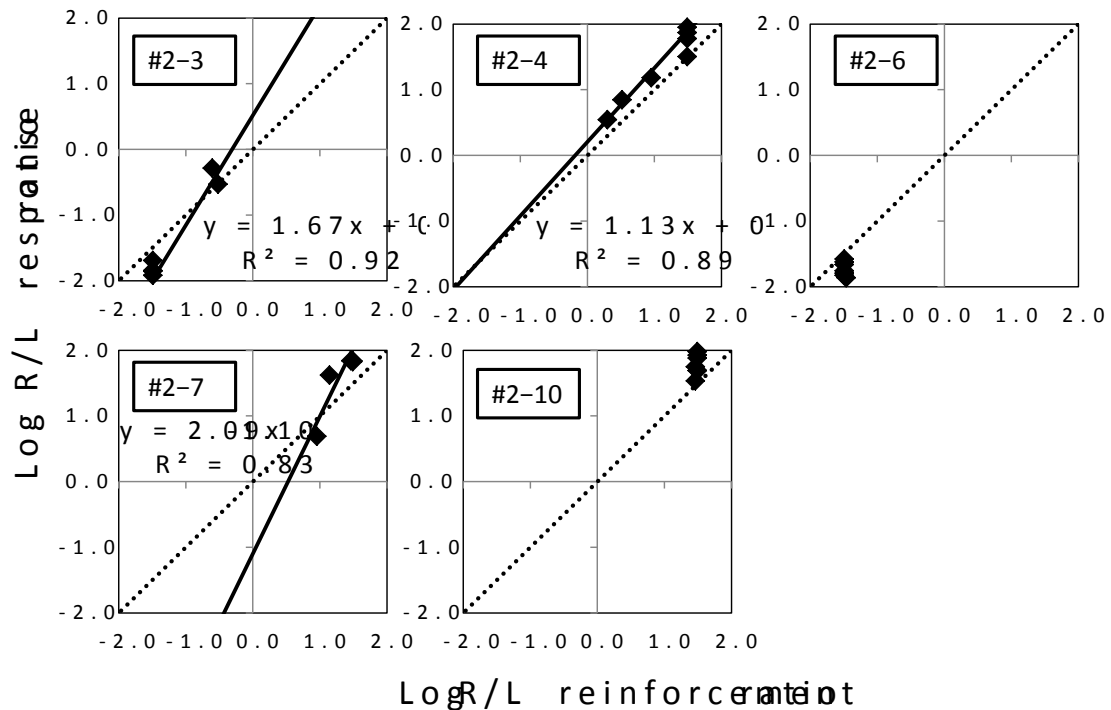


Figure 7-3. 実験 2a の餌群の各ヒナの強化比の関数としての反応比。図の説明の詳細は、Figure 7-2 と同じである。

次に、餌群の結果について述べる。Figure 7-3 から、各ヒナの  $R^2$  の値は、#2-3、#2-4、#2-7 の順に 0.92、0.89、0.83 であった。これらの 3 羽の回帰直線式の当てはまりは良かった。なお、#2-6 と #2-10 は、キーつき反応が左キーまたは右キーに極端に偏っていた。そのため、回帰直線式を求めなかった。

餌群の各ヒナの  $a$  の値は、#2-3 が 1.67、#2-4 が 1.13、#2-7 が 2.09 であった。#2-3、#2-4、#2-7 は、 $a > 1$  だったので、この 3 羽の反応は過大対応だった。

次に、餌群のヒナのキーへの選好をみる。Figure 7-3 から、#2-6 は青色の左キーを、#2-10 は赤色の左キーを極端に選好したことが分かる。 $b$  の値をみると、#2-3 で 0.52、#2-4 で 0.21 であり、 $b > 0$  だったので、この 2 羽のヒナは赤色の右キーを選好した。#2-7 の  $b$  の値は -1.10 だったので、青色の右キーを選好した。

キーの位置への選好をみると、5 羽中 3 羽が右キーを選好した。色

光への選好については、5羽中3羽が赤色キーを選好した。キーの位置への選好が生じた理由は実験2aからは明確ではないが、ヒナが赤色を選好した理由として、赤色に対する生得的選好（Hess, 1973）と刻印刺激が赤色であったことが考えられる。しかし、刻印群は赤色キーに対して選好を示さなかったため、いずれの可能性も考えられない。理由は不明であるが、このバイアスのために、餌群のヒナの反応は、強化率の変化に対応しなかったのかもしれない。

各群のヒナの選択行動の結果から、刻印刺激が強化刺激である並立随伴性では、ヒナの選択反応は強化率の変化に対応したといえる。一方、餌が強化刺激の場合、そのような対応は見られなかった。その理由については明らかではないが、2つの異なる色光を用いたことが影響しているのかもしれない。そこで、そのような可能性を排除するために、次の実験2bでは、2つのキーに同じ白色光を呈示して、実験2aと同じ問題を調べる。

## 7-2 実験 2b: 刻印刺激または餌のどちらかが強化刺激である 並立随伴性の効果 II

### 7-2-1 目的

刻印刺激または餌のどちらか一方のみを強化刺激とした 2 キーの並立強化スケジュールのもとで、並立する 2 つの強化スケジュールのそれぞれの強化率に対応した反応率の変化を、ヒナが示すのかどうかを調べた。なお、2 つのキーへの色光はどちらも白色光にした。

### 7-2-2 方法

**7-2-2-1 被験体** 孵化直後に赤筒に刻印づけられた白色レグホンニワトリ (*Gallus gallus domesticus*) のヒナ 13 羽を実験 2b の被験体とした。この 13 羽のヒナを、刻印刺激が強化刺激として呈示される刻印群 (#2-17, #2-26, #2-27, #2-32, #2-33, #2-39 の 6 羽) と、餌が強化刺激として呈示される餌群 (#2-16, #2-20, #2-22, #2-24, #2-25, #2-42, #2-43 の 7 羽) に分けた。さらに、自動反応形成におけるキーの位置の効果を相殺するため、それぞれの群のヒナを、右キーで自動反応形成を受けた個体と左キーで受けた個体に分けた。右キーで受けたヒナは 8 羽 (刻印群の #2-17, #2-26, #2-27, 餌群の #2-16, #2-22, #2-24, #2-25, #2-30) であり、左キーで訓練されたヒナは 5 羽 (刻印群の #2-32, #2-33, #2-39, 餌群の #2-42, #2-43) であった。ヒナの孵化条件や飼育条件は、「一般的研究方法」で述べた通りであった。

**7-2-2-2 刺激** 実験 2a と同じく「一般的研究方法」で述べた赤筒と緑球、餌を用いた。2 つのキーへの色光は、白色光にした。

**7-2-2-3 装置** 実験 2a と同じく「一般的研究方法」で述べた直線走路とヒナ用のオペラント実験箱、マジックボードを用いた。

### 7-2-2-4 手続き

本実験は、刻印づけ訓練、同時選択テスト、刻印刺激または餌のどちらかを強化刺激とした自動反応形成と CRF、そして並立強化ス

ケジュールの順で行われた。刻印づけ訓練から CRF までの手続きは、「共通手続き」で述べた手続きと同じであった。実験 2b の手続きのフローチャートを Figure 7-4 に示した。図の右側にそれぞれのフェイズが行われたときのヒナの日齢を示した。

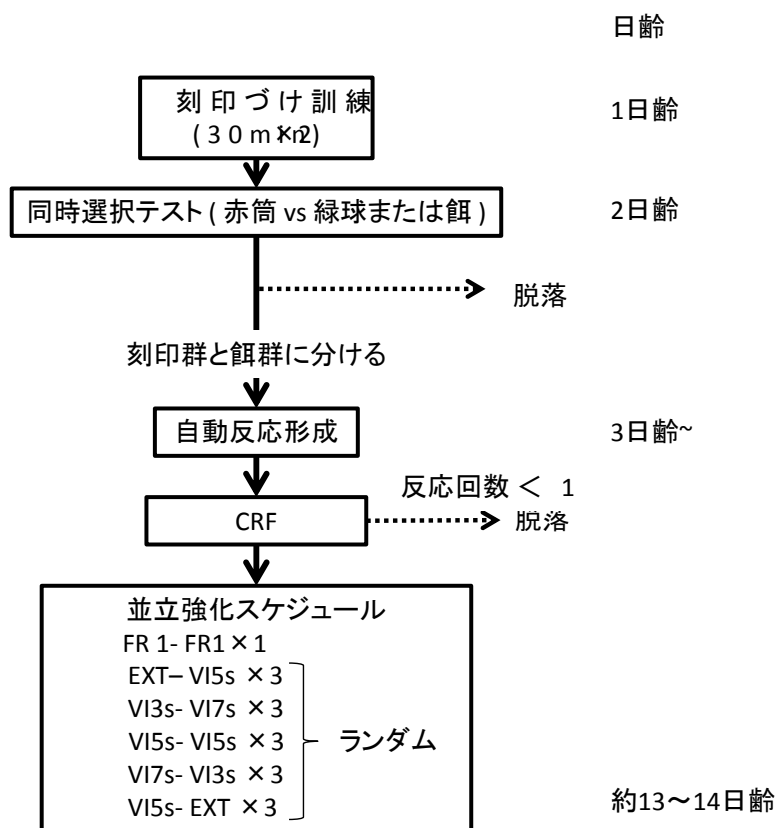


Figure 7-4. 実験 2b の手続きのフローチャート。

**自動反応形成**：赤筒に刻印づけられた 13 羽のヒナを刻印群の 6 羽 (#2-17, #2-26, #2-27, #2-32, #2-33, #2-39) と餌群の 7 羽 (#2-16, #2-20, #2-22, #2-24, #2-25, #2-42, #2-43) に分け、これらのヒナのキーつつき反応を形成するため、オペラント実験箱にそれぞれのヒナを個別に入れて自動反応形成を行った。基本的な手続きは「共通手続き」で述べた手続きと同じであった。用いた刺激は 2 つの群で異なり、刻印群のヒナには刻印刺激である赤筒を呈示し、餌群のヒナには餌を呈示した。ヒナがキーつつき反応を自発するまで

このセッションを行った。そのため、自動反応形成のセッション数はヒナによって異なり、1セッションから6セッションであった。なお、自動反応形成によって全てのヒナがキーつつき反応を獲得した。

**CRF:** ヒナのキーつつき反応を確実に自発させるため、自動反応形成の最後のセッションから約10時間後に、CRFセッションを行った。用いた強化刺激は、それぞれのヒナで、自動反応形成で用いた刺激と同じであった。基本的な手続きは、「共通手続き」で述べた手続きと同じであった。セッション数はヒナによって異なり、2セッションから6セッションであった。

**並立強化スケジュール:** CRFでヒナがキーつつき反応を獲得した後、ヒナの反応率が強化率の変化に対応するのかどうかを調べるため、2つのキーを用いた並立強化スケジュールを実施した。左右のキーに設定した2つの強化スケジュールで呈示される強化刺激は、全てのヒナで、CRFで用いた刺激であった。実験2bでは、実験2aの手続きと異なり、2つの強化スケジュールに対応した色光を白色として、強化率の異なる5種類の強化スケジュールをランダムに3セッションずつ、全部で15セッション行った。5種類の並立強化スケジュールは、EXT-VI5s, VI3s-VI7s, VI5s-VI5s, VI7s-VI3s, VI5s-EXTであり、これらをランダムに3セッションずつ計15セッション実施した。それぞれの強化率比は、順に0:1, 0.7:0.3, 0.5:0.5, 0.7:0.3, 1:0であった。

はじめに、ヒナに2つのキーをつつかせるため、並立FR1-FR1を1セッション行った。その後、並立強化スケジュールにおけるヒナの選択行動を調べるため、2つのキーに対するスケジュールをVIスケジュールにして並立VI-VIを行った。

1セッションはCRFのときと同じく30回の強化が呈示された時点か、総強化時間を除く実験開始からの経過時間が1時間を超えた時点で終了した。なお、強化回数を計測する際、強化が得られたキーの位置は問題としなかった。すなわち、左右のキーから得られた

強化の総数が 30 回になった時点で実験を終了させた。

### 7-2-3 結果と考察

強化率の変化にヒナの反応率が対応するのかを調べるために、並立強化スケジュールでのヒナの反応を一般対応式で分析した。Figure 7-5 と Figure 7-6 に、並立強化スケジュール全 15 セッションにおける 2 つのキーへのキーつつき反応数の比を、それぞれのキーでの強化率比の関数として両対数軸上にプロットした。横軸に、左キーでの強化数に対する右キーでの強化数の割合の対数、縦軸に、左キーへの反応数に対する右キーへの反応数の割合の対数を示した。

なお、実験 2b の結果においても、実験 2a の結果と同じように、左右のキーに対する反応数と強化数がともに 0 の場合があった。そのため、岩原 (1965) を参考に、0 データを含むセッションの反応数と強化数のデータに 1 を加算して値を補正した。そして、実験 2a と同じように、個体ごとに最小二乗法によってこれらのデータに最もよく当てはまる回帰直線の式 ( $y=ax+b$ ) と  $R^2$  を求めて、それぞれの図の右下に示した。なお、実験 2b では、EXT を含んだセッションのデータは、他のデータから逸脱することが多かったため、このデータを含めずに回帰直線式とその決定係数を個体ごとに求めた。

Figure 7-5 に刻印群、Figure 7-6 に餌群の結果を示した。反応比と強化率比が対応する完全対応である場合、直線はグラフ上で原点 0 を通り、傾きが 1 となる。なお、刻印群の #2-27 と #2-33 の 2 羽のヒナの反応率は、15 セッションのほとんどのセッションで 1 以下であり、非常に低かった。しかし、本実験は、強化率の変化に従った反応の振り分けを問題としたため、この 2 羽のヒナのデータも分析した。



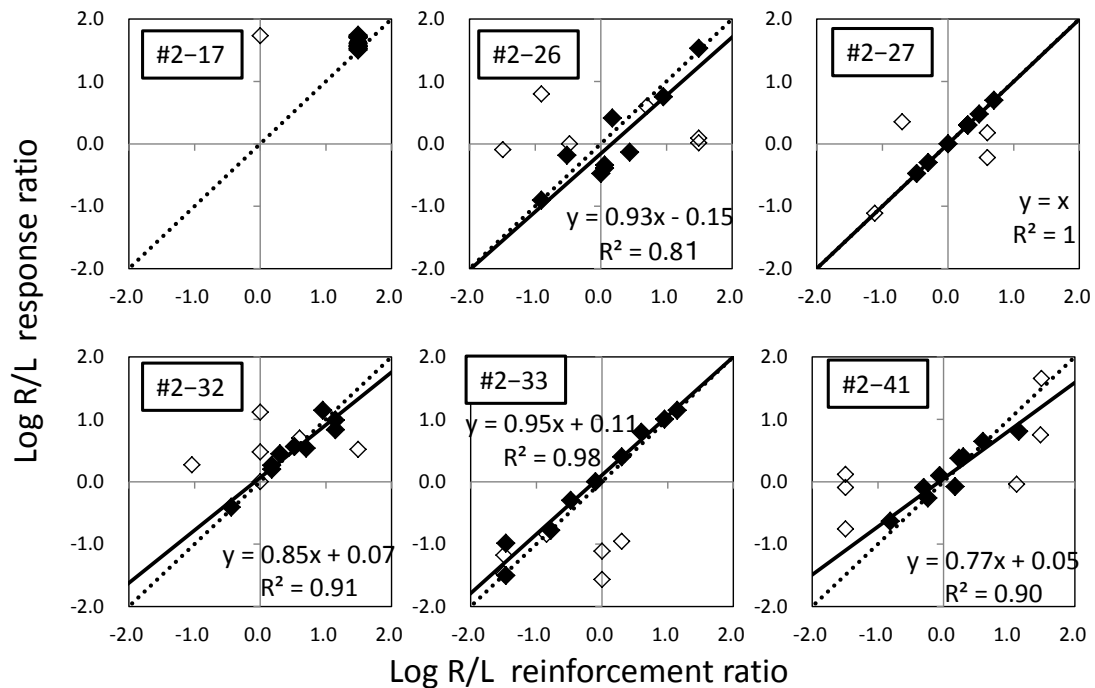


Figure 7-5. 実験 2b の刻印群の各ヒナの強化比の関数としての反応比。グラフ中の点線は完全対応を示しており、実線は EXT を含んだ並立強化スケジュールでの結果を除いた結果を用いて最小二乗法によって得られた回帰直線である。この直線式を決定係数 ( $R^2$ ) とともに各グラフの右下に示した。EXT を含んだ並立強化スケジュールの結果を白ひし形でプロットし、その他の並立強化スケジュールの結果を黒ひし形でプロットした。

刻印群の結果をみると、Figure 7-5 から、ヒナの  $R^2$  の値は、#2-26、#2-27、#2-32、#2-33、#2-41 の順に 0.81、1.00、0.91、0.98、0.90 であった。#2-27、#2-32、#2-33、#2-41 の 4 羽の  $R^2$  の値は 1 に近く回帰直線式のあてはまりは非常に良かった。#2-17 の結果は、反応が右キーに非常に偏っていたため、回帰直線式を求めることができなかった。

刻印群のヒナのキーつき反応率比を、強化率比の関数として両対数軸上にプロットした結果、#2-17 のヒナを除く、#2-26、#2-27、#2-32、#2-33、#2-41 の  $a$  の値は、それぞれ 0.93、1.00、0.85、

0.95, 0.77 であった。#2-26 と #2-27, #2-33 の 3 羽の  $a$  の値は 1 に近似したので, これらのヒナの選択反応は, 完全対応の傾向を示した。#2-32 と #2-41 は,  $a < 1$  であったため, これらのヒナの選択反応は過小対応であった。キーの位置への刻印群のヒナの選好をみると,  $b$  の値は, #2-26 で -0.15, #2-27 で 0, #2-32 で 0.07, #2-33 で 0.11, #2-41 で 0.05 であったので, #2-17 のヒナを除く全てのヒナが, 左右のキーのどちらか一方に対する選好を示さなかった。

刻印群の結果から, 2 つの弁別刺激が同じ白色光で, 刻印刺激が強化刺激である並立随伴性の場合, 6 羽中 3 羽が強化率の変化に対応した反応を示し, 2 羽は過小対応であった。残りの 1 羽のみ, 右キーへの強い選好によって対応を示さなかった。これらの結果から, 刻印群のヒナのキーつつき反応は, 強化率の変化にある程度の感受性を持つことが示された。

強化率の変化に対する反応の感受性が, 餌が強化刺激の場合でも見られるかどうか調べた。餌群の結果を Figure 7-6 に示す。基本的な図の説明は Figure 7-6 と同じである。

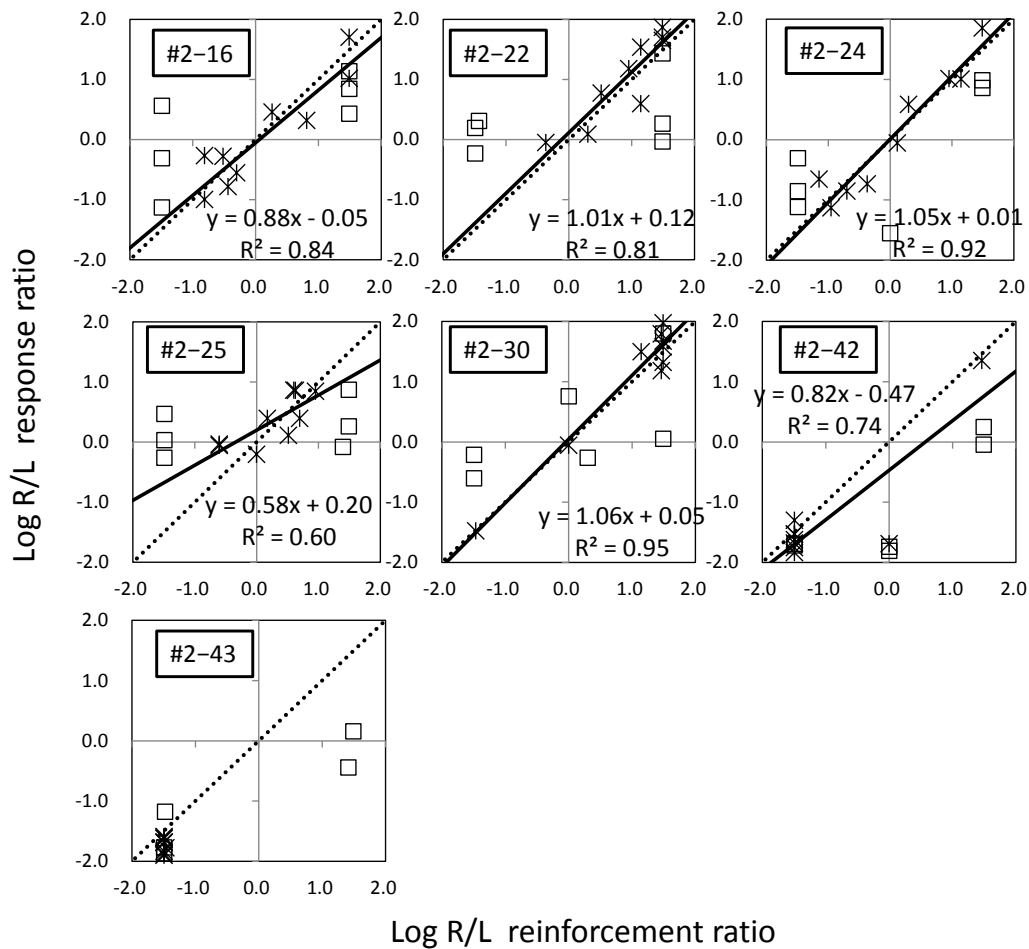


Figure 7-6. 実験 2b の餌群の各ヒナの強化比の関数としての反応比。図の説明の詳細は Figure 7-4a の詳細と基本的に同じである。なお、EXT を含んだ並立強化スケジュールの結果を白四角でプロットし、その他の並立強化スケジュールの結果をアスタリスクでプロットした。

Figure 7-6 から、餌群のヒナの  $R^2$  の値は、#2-16, #2-22, #2-24, #2-25, #2-30, #2-42 の順に 0.84, 0.81, 0.92, 0.60, 0.95, 0.74 であった。#2-24, #2-30, #2-42 の  $R^2$  の値は 1 に非常に近似したので回帰直線式のあてはまりは非常に良かった。#2-25 と #2-43 の当てはまりは良くなかった。#2-43 は、反応が左キーに極端に偏っていたので、回帰直線を求めなかった。

#2-16, #2-22, #2-24, #2-25, #2-30, #2-42 の  $a$  の値は、それぞれ 0.88, 1.01, 1.05, 0.58, 1.06, 0.82 であった。これらのヒ

ナのうち、#2-22、#2-24、#2-30の  $a$  の値は 1 に近似したので完全対応といえる。一方、#2-16、#2-25、#2-42 の 3 羽のヒナは  $a < 1$  であったので、それらのヒナの選択行動は過小対応であった。

キーの位置に対する餌群のヒナの選好をみると、 $b$  の値は、#2-16 で -0.05、#2-22 で 0.12、#2-24 で 0.01、#2-25 で 0.20、#2-30 で 0.05、#2-42 で -0.47 であった。#2-42 は左キーを強く選好し、#2-22 と #2-25 は右キーをわずかに選好した。他の 3 羽のヒナは、左右のキーに対して特別な選好を示さなかった。刻印群のヒナと同じように、餌群のヒナも左右のキーのどちらかに対して選好をほとんど示さなかった。

餌群の結果から、2 つの弁別刺激が同じ白色光で、餌が強化刺激である並立随伴性において、7 羽中 3 羽のヒナの反応率が強化率の変化に対応し、他の 3 羽のヒナの選択反応は過小対応であった。残りの 1 羽のみ、左キーへの強い選好があったので対応は示されなかった。

実験 2b の結果から、2 つの弁別刺激が同じ白色光の並立随伴性のもとでは、強化刺激が刻印刺激や餌であっても、ヒナの反応率は強化率にある程度対応するといえるだろう。

以上、実験 2a と実験 2b の結果をまとめると、刻印刺激または餌のどちらか一方が強化刺激である 2 つの並立随伴性において、ヒナのキーつつき反応は、強化率の変化に対応したことから、強化に対する感受性があることがわかった。このことから、従来の研究で、刻印刺激によって強化されるキーつつき反応が維持されずに減少した理由は、刻印刺激の強化に対するキーつつき反応の感受性が低いことによるものではないことがわかった。そして、若いヒナであっても、並立随伴性のような複雑なスケジュールで強化率に対応した反応を示すことがわかった。

次の実験 3 では、刻印刺激と餌のそれぞれが強化刺激である並立随伴性で、刻印刺激によって強化されるヒナのキーつつき反応が維持されるのかどうかを調べる。

## 第 8 章 実験 3：刻印刺激と餌が強化刺激である 並立随伴性の効果

実験 2 で、刻印刺激または餌のどちらかを強化刺激とした並立随伴性において、ヒナは強化率の変化に対応した反応を示すことがわかった。この結果を踏まえ、実験 3 では、刻印刺激が強化刺激である随伴性と、餌が強化刺激である随伴性が並立する強化スケジュールによって、刻印刺激によって強化されるヒナのキーつつき反応が維持されるのかを調べる。なお、この問題を調べる時、実験 2 のときのように、刻印刺激が強化刺激である随伴性と餌が強化刺激である随伴性の 2 つが並立するとき、ヒナの反応が強化率に対応するかどうかを調べなければならない。もし、本実験の並立随伴性でヒナの反応率が強化率の変化に対応しなければ、ヒナのキーつつき反応は随伴性に制御されていない可能性が考えられ、キーつつき反応にもたらす随伴性の効果が調べられなくなると考えるからである。そのため、実験 3 でも、ヒナの反応率が強化率の変化に対応するかどうかを調べる。

### 8-1 目的

刻印刺激が強化刺激である随伴性と、餌が強化刺激である随伴性からなる並立強化スケジュールのもとで、刻印刺激によって強化されるヒナのキーつつき反応が維持されるのかどうかを調べた。さらに、このように 2 つの選択肢に対応する強化刺激が異なる並立随伴性でもヒナの反応率が強化率に対応するのについても調べた。

### 8-2 方法

#### 8-2-1 被験体

孵化直後の白色レグホンニワトリ (*Gallus gallus domesticus*)

のヒナ 5羽 (#2-44, #2-45, #2-47, #2-54, #2-57) を実験 3 の被験体とした。自動反応形成でキーつつき反応を形成する際, 5羽のヒナを, 餌が強化刺激であるヒナ 1羽 (#2-44) と, 刻印刺激が強化刺激である 4羽 (#2-45, #2-47, #2-54, #2-57) に分けた。また, 並立強化スケジュールでのキーの位置の違いと強化刺激の違いのカウンターバランスをとるため, 5羽のヒナを, 右キーから刻印刺激が提示されて左キーから餌が呈示されるヒナ 3羽 (#2-44, #2-45, #2-47) と, その逆のヒナ 2羽 (#2-54, #2-57) に分けた。ヒナの孵化場所や飼育方法, 餌や刻印刺激の確立操作の方法は, 「一般的研究方法」で述べた方法と同じであった。

**8-2-2 刺激** 「一般的研究方法」で述べた赤筒と緑球, 餌を用いた。

**8-2-3 装置** 「一般的研究方法」で述べた直線走路とヒナ用のオペラント実験箱を用いた。また刺激の呈示と除去のためにオペラント実験箱と直線走路の間にマジックボードを設置した。

#### **8-2-4 手続き**

本実験の手続きは, 基本的に実験 2b と同じ手続きであったが, 本実験のヒナは, 選択テストでの反応傾向が全体的に低かったことから, 久保田・森山 (2007) の刻印づけの基準を用いずに, 刻印づけ訓練で呈示した赤筒に対する選択率が 80% 以上であることを刻印づけの基準とした。さらに CRF と並立強化スケジュールでは, 2つのキーへのつつき反応に対する強化刺激を異ならせた。右キーへの反応には刻印刺激, 左キーへの反応には餌という組み合わせと, その逆の組み合わせであった。さらに, キーの位置に対する選好を防ぐため左右のキーのそれぞれで CRF を実施した。また, 訓練を開始したキーの位置かは個体間で異ならせた。#3-44 は刻印刺激が呈示される右キーから, #3-45 と #3-47 は餌が呈示される左キーから訓練を行った。#3-54 と #3-57 は, この逆とした。

並立強化スケジュールでは, 2つのキーのどちらか一方への反応に刻印刺激を強化刺激として呈示し, 他方のキーへの反応には餌を

強化刺激とし呈示した。#3-44 と #3-45, #3-47 は, 右キーが刻印刺激, 左キーが餌であった。#3-54 と #3-57 は, その逆であった。強化時間は, 刻印刺激も餌も 4 秒間であった。その他の実験手続きは実験 2b の手続きと同じであった。

### 8-3 結果と考察

刻印刺激と餌の両方が強化刺激である並立強化スケジュールで, ヒナの反応がそれぞれの強化率に対応したのかを調べるため, Figure 8-2 に, 全 15 セッションにおける 2 つのキーへの各ヒナのキーつき反応率比を, それぞれの刺激の強化率比の関数として両対数軸上にプロットした。なお, 本実験でも, 左右のキーに対する反応数と強化数がともに 0 の場合があった。そこで, 岩原 (1965) を参考に, 0 データを含むセッションの反応数と強化数の全てのデータに 1 を加算して値を補正した。そして, 個体ごとに最小二乗法によって最適回帰直線と決定係数を示した。反応比と強化率比が対応した場合, 直線はグラフ上で原点 0 を通り, 傾きが 1 となる。

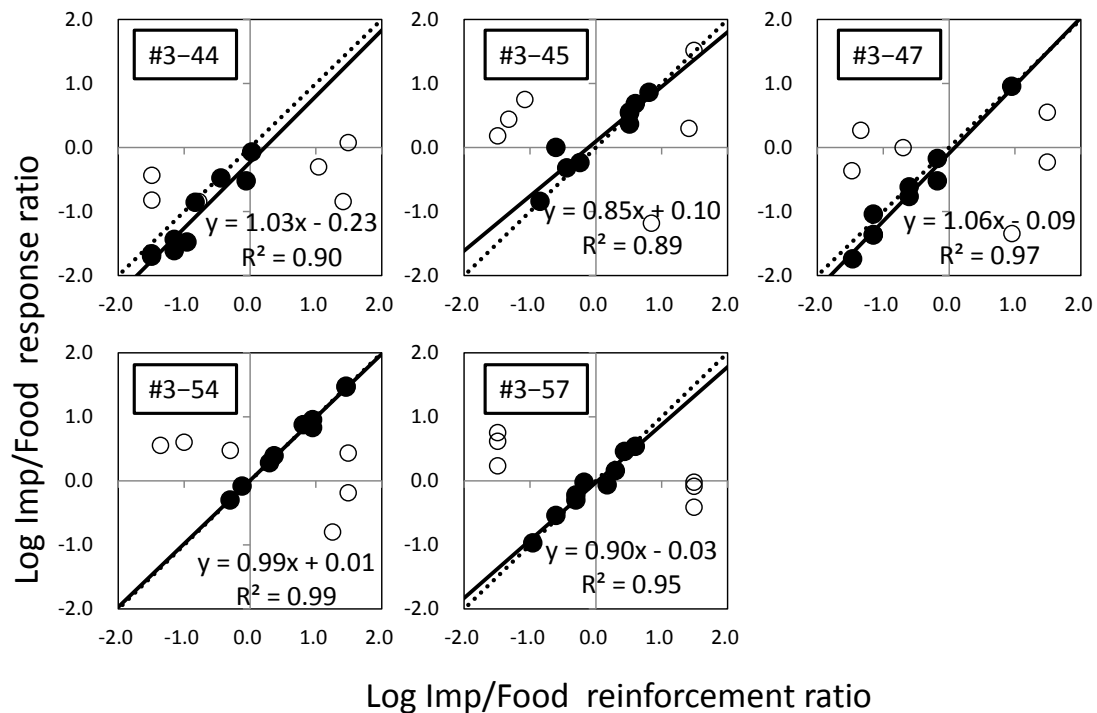


Figure 8-1. 実験 3 の各ヒナの強化比の関数としての反応比。図中の点線は完全対応を示したときの直線である。実線は最小二乗法によって得られた最適回帰直線である。この回帰直線式と決定係数 ( $R^2$ ) をそれぞれのグラフの右下に示した。上段は左キーへの反応が刻印刺激によって強化された 3 羽のヒナの結果であり、下段は右キーへの反応が刻印刺激によって強化された 2 羽のヒナの結果である。なお、EXT を含んだ並立強化スケジュールのデータを白丸でプロットし、その他のデータを黒丸でプロットした。

刻印刺激が強化刺激の場合、#3-44、#3-45、#3-47、#3-54、#3-57 の  $R^2$  の値は、順に 0.90、0.89、0.97、0.99、0.95 であった。#3-47、#3-54、#3-57 の 3 羽の  $R^2$  の値は 1 に非常に近く回帰直線式のあてはまりは非常に良かった。随伴性に対する各ヒナの反応の感受性を示す  $a$  の値は、#3-44 で 1.03、#3-45 で 0.85、#3-47 で 1.06、#3-54 で 0.99、#3-57 で 0.90 であった。#3-45 を除く全てのヒナの  $a$  の値は 1 に近似した。したがって、これらのヒナの選択反応は、完全対応の傾向を示した。#3-45 は  $a < 1$  であったため、このヒナの選



択反応は過小対応であった。これらの結果は、実験 2b の刻印群と餌群の結果と同じであった。

次に、各強化刺激に対応したキーに対する選好を調べた。 $b$  の値は、#3-44 で 0.23, #3-45 で -0.10, #3-47 で 0.09, #3-54 で 0.01, #3-57 で 0.03 であった。#3-44 のヒナを除く全てのヒナが、2つのキーに対して選好を示さなかった。#3-44 だけが、刻印刺激に対応した右キーをわずかに選好した。

以上の結果から、刻印刺激と餌が強化刺激である並立随伴性でも、ヒナの反応は強化率の変化に対応することが明らかになった。このことから、実験 3 のヒナの反応は随伴性に制御されていたと考えられる。次に、刻印刺激によって強化されるキーつつき反応の維持の結果をみる。Figure 8-2 は、刻印刺激と餌が強化刺激である並立強化スケジュール下での、刻印刺激への反応率（以下、IMP 反応率）と、餌への反応率（以下、FD 反応率）の推移を個体ごとに示した。

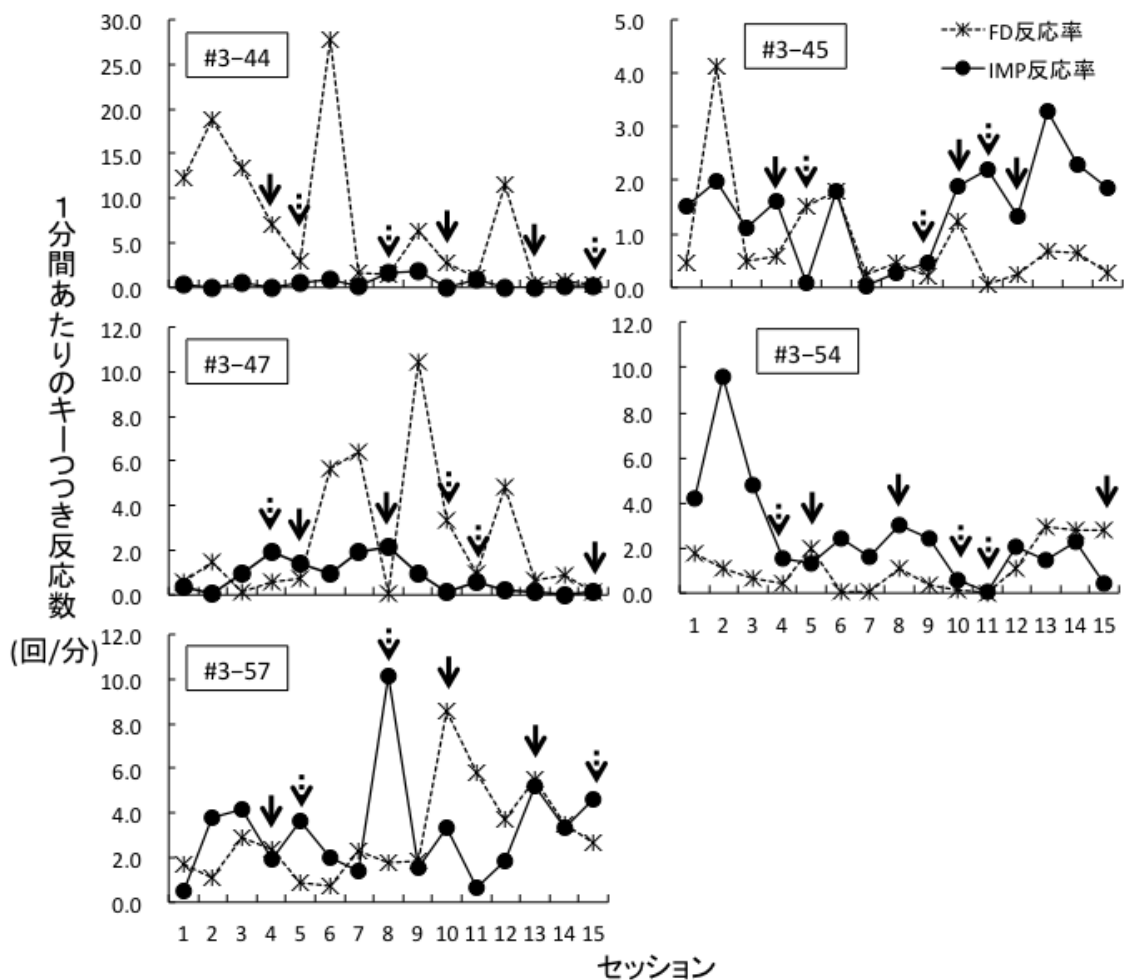


Figure 8-2. 実験 3 の並立強化スケジュールでの各ヒナの各強化刺激への反応率の推移。横軸はセッション，縦軸はキーつき反応率を示す。刻印刺激が強化刺激であるキーへの反応率を IMP 反応率（黒丸実線），餌が強化刺激であるキーへの反応率を FD 反応率（星印点線）とした。実線の矢印のデータは，刻印刺激に対応するキーへの反応が消去されたときのデータであり，破線の矢印のデータは，餌に対応するキーへの反応が消去されたときのデータである。なお，各個体の縦軸の反応率の範囲が異なることに注意されたい。

それぞれの反応率の推移を個体ごとにまとめる。#3-44 の IMP 反応率は，EXT を受けた前後のセッションでも増加せず，全セッションを通して非常に低かった。FD 反応率は，2セッション目から減少し，全てのセッションを通して増減を繰り返した。8 と 11 セッショ

ンでは IMP 反応率と同率になり、最後の 3 セッションでは、IMP 反応率と同じくほとんど自発されなくなった。それ以外のセッションでは、FD 反応率の方が IMP 反応率よりも高かった。総じて、このヒナの IMP 反応率は維持されたとは言い難い。

#3-45 の結果をみると、IMP 反応率も FD 反応率もセッションを通して増減を繰り返したが、IMP 反応率は 10 セッション目以降 FD 反応率よりも高かった。このヒナの場合、IMP 反応率は、ある程度維持されたと言えるかもしれない。しかし、他のヒナと比べて 2 つの反応率の値は低かった。

#3-47 の場合、IMP 反応率は全てのセッションを通して低率であり、第 10 セッション目以降、ほとんど自発されなくなった。FD 反応率は、IMP 反応率に関係なく増減を繰り返した。全体的に FD 反応率の方が IMP 反応率よりも高かった。したがって、このヒナの IMP 反応率も維持されたとは言い難い。

#3-54 の場合、IMP 反応率は、はじめの 3 セッションは高率であったが、4 セッション目以降に減少して、10, 11, 15 セッションを除けばほぼ同率であり、ほとんどのセッションで、FD 反応率よりも高かった。したがって、IMP 反応率は維持されたといえるかもしれない。

#3-57 の IMP 反応率は、前半のセッションでは FD 反応率よりも高かったが、後半のセッションでは FD 反応率よりも低かった。しかし IMP 反応率だけを見ると、全てのセッションを通して高率であった。したがって、このヒナの IMP 反応率も維持されたといえるだろう。

反応率の推移の結果をまとめると、刻印刺激と餌が強化刺激である並立随伴性で、5 羽中 3 羽のヒナが、刻印刺激へのキーつつき反応をある程度維持した。それに対して残りの 2 羽のヒナの刻印刺激へのキーつつき反応は維持されなかった。このような結果の不一致はどのように説明できるのだろうか。この問題について、以下に考察する。

キーつつき反応を維持した 3羽のヒナの IMP 反応率は、FD 反応率よりも高かった。それに対して、キーつつき反応が維持されなかった 2羽のヒナの IMP 反応率は、FD 反応率よりも低かった。このことから、餌によって強化される反応と刻印刺激によって強化される反応との間には、拮抗的な関係があるのかもしれない。餌に関わる反応に随伴性を設定したが、餌によって強化される反応が、刻印刺激によって強化される反応の出現を妨害していたのかもしれない。餌に対応したキーが頻繁に選択されると、刻印刺激に対応したキーは選択されにくくなるのかもしれない。実際、刻印刺激への反応と、餌への反応が競合的であることを示した研究は数件ある (Fischer, 1971; 久保田・森山, 2007)。

このような拮抗関係があるとしたなら、なぜ IMP 反応率が維持されたヒナとそうでないヒナが現れたのかが問題となる。その理由として、刻印刺激への反応と餌への反応の 2つが、連鎖した可能性が挙げられる。例えば、刻印刺激によってヒナのオペラント反応が低率であっても維持されることを報告した従来の研究のほとんどが、実験室場面で餌や水が常に呈示されていた (Hoffman & Kozma, 1967; Eiserer, Hoffman, & Klein, 1975)。

2つの反応の連鎖を生み出す原因として、COD に対する感度の違いを挙げることができるかもしれない。COD は、既述のとおり、2つの選択肢への反応が迷信的に連鎖しないようにするために設定される変数である。本実験で設定した COD は 0.5 秒であったが、2つの反応の連鎖に対して、この時間が短かったヒナは連鎖を形成し、そうでなかったヒナは連鎖を形成しなかったのかもしれない。餌に対応したキーへの選択反応と、刻印刺激に対応したキーへの選択反応が連鎖すれば、2つの反応は維持されるが、そうでなければこれらの反応は拮抗して維持されないと予測できる。IMP 反応率が維持されたヒナはそのような連鎖を成立させ、維持されなかったヒナは連鎖を形成しなかったのかもしれない。

このような連鎖の可能性を検討するには、2つの反応を連鎖させ

た場合，刻印刺激によって強化されるキーつつき反応がすべてのヒナで維持されるのかどうかを調べる必要がある。

この連鎖の問題は，追従反応で調べられており，刻印刺激への追従反応に，餌の呈示が連鎖するのであれば，追従反応が維持されることが報告されている（鈴木・森山，1997）。これと同じような連鎖随伴性をキーつつき反応で行ってみることで，上記の問題を検討することができるだろう。実験 4 は，この問題を検討する。

## 第 9 章 実験 4：刻印刺激が強化刺激である随伴性と 餌が強化刺激である随伴性の連鎖随伴性の効果

実験 3 で、刻印刺激が強化刺激である随伴性と、餌が強化刺激である随伴性の並立随伴性で、ヒナのキーつつき反応は強化率の変化に対応することが明らかになった。さらに、刻印刺激によって強化されるキーつつき反応が維持されるのは、この反応と餌によって強化される反応とが連鎖していたためではないかと考えた。しかし、刻印刺激が強化刺激である随伴性と餌が強化刺激である随伴性が連鎖した場合、刻印刺激によって強化されるキーつつき反応が維持されるのかどうかは、いまだ調べられていない。

そこで、実験 4a では、刻印刺激が強化刺激である随伴性と、餌が強化刺激である随伴性が系列をなす連鎖随伴性の効果を検討する。なお、このような連鎖随伴性の初環の随伴性は、キーつつき反応が刻印刺激の呈示によって強化される随伴性であり、終環の随伴性は、初環の刻印刺激の呈示のもとで自発される新たなオペラント反応が餌の呈示によって強化される随伴性である。

この連鎖随伴性のもとで、鈴木・森山（1999）を参考にすると、刻印刺激は、餌との対呈示によって条件性強化刺激としての機能を獲得すると同時に、餌が強化刺激である随伴性の弁別刺激としても機能すると考える。この 2 つの機能を刻印刺激が獲得するならば、この刺激によって強化されるキーつつき反応は長期に渡って維持されるのではないかと考える。なぜなら、刺激の 2 つの機能の成立の背景に刻印づけ（第 1 次刻印づけ）があるからである。それを裏付けるには、刻印づけに由来しない新奇な刺激が上と同じような連鎖随伴性のもとで、強化刺激と弁別刺激の 2 つの機能を持った場合の効果と比較して、その効果よりも刻印刺激の効果の方が大きいことを示す必要がある。

そこで実験 4b では、ヒナのキーつつき反応に後続する刺激が、刻印刺激ではない新奇な刺激である場合の連鎖随伴性の効果について

て調べた。この効果と、実験 4a の連鎖随伴性の効果を比較することで、刻印刺激の条件性強化刺激としての機能を明らかにする。なお、キーつき反応の維持については、どちらの実験でも、連鎖随伴性の終環である餌の随伴性を除去することで調べた。

## 9-1 実験 4a：刻印刺激が強化刺激である随伴性と 餌が強化刺激である随伴性の連鎖随伴性の効果

### 9-1-1 目的

刻印刺激が強化刺激である随伴性に，餌が強化刺激である随伴性が系列をなす連鎖強化スケジュールのもとで，刻印刺激によって強化されるキーつき反応が維持するのかどうかを調べた。

### 9-1-2 方法

**9-1-2-1 被験体** 孵化直後の白色レグホンニワトリ (*Gallus gallus domesticus*) のヒナ 3羽 (#4-8, #4-5, #4-25) を被験体とした。ヒナの孵化条件や飼育条件は，「一般的研究方法」で述べた条件と同じであった。

**9-1-2-2 刺激** 「一般的研究方法」で述べた赤筒と緑球，餌を用いた。なお，本実験では，赤筒の移動は，モーターに連結した風糸で行った。メトロノーム音は直線走路の中央上部から提示した。

**9-1-2-3 装置** 用いた装置は，「一般的研究方法」で述べた直線走路とオペラント実験箱，そしてマジックミラーであった。なお，実験 4a と 4b では，終環でのオペラント反応を検出するために，T字型のアクリルパネル (Figure 5-3 を参照) を用いた。

**9-1-2-4 手続き** 本実験は，刻印づけ訓練，同時選択テスト，自動反応形成，CRF の順で実験を行った。これらの手続きは，「共通手続き」で述べた手続きと同じであった。自動反応形成の後，第 1 回目のベースライン (ベースライン 1) として，刻印刺激を強化刺激として CRF を行い，その後，第 1 回目の介入 (介入フェイズ 1) として，刻印刺激が強化刺激である随伴性を初環，餌が強化刺激である随伴性を終環とした連鎖強化スケジュールを行った。その後，この強化スケジュールの効果を調べるために，第 2 回目のベースライン (ベースライン 2) を行った。その手続きはベースライン 1 と同じであった。ベースライン 2 の後，条件交替フェイズを実施した。この



フェイズでは、キーつつき反応がどの程度維持されるのかを調べるためのプローブセッションと、連鎖強化スケジュールのセッションを交替で実施した。プローブセッションはこれまでのベースラインのセッションと同じ CRF であった。2 種類のセッションを 1 日に 1 セッションずつ交互に行った。実験手続きのフローチャートを Figure 9-1 に示した。Figure 9-1 の右側に各実験が行われたときのヒナの日齢を示した。

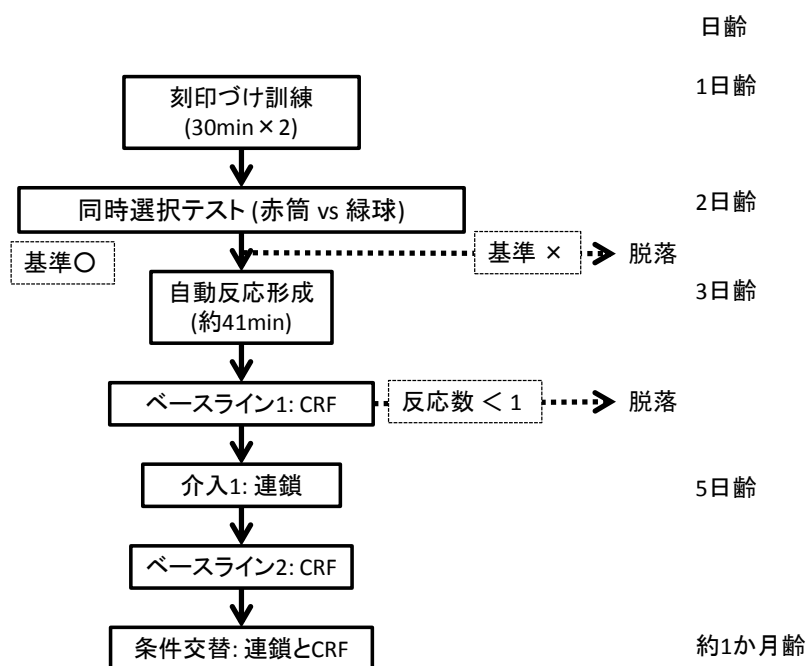


Figure 9-1. 実験 4a の手続きのフローチャート。図中のフェイズ名の後ろの数値（例えばベースライン 1）は同じフェイズの何回目のフェイズであるのかを示す。

**同時選択テスト**: このテストの手続きは、「共通手続き」で述べた手続きと同じであった。このテストの結果、「共通手続き」で述べた久保田・森山（2007）の基準により、3羽のヒナ（#4-5, #4-8, #4-25）を赤筒に刻印づけられたと判断し、以後の実験に用いた。

**自動反応形成**: 赤筒に刻印づけられた3羽のヒナのキーつつき反応を形成するため、オペラント実験箱にそれぞれのヒナを個別に入れて、刻印刺激を強化刺激とした自動反応形成を行った。この手続き

は、基本的に「共通手続き」で説明した手続きと同じであった。自動反応形成のセッション数はヒナの間で異なり、1セッションから6セッションであった。最終的には、全てのヒナが反応を自発した。

**ベースライン 1 フェイズ**：自動反応形成の最終セッションが終わって約 10 時間後に刻印刺激が強化刺激であるベースライン 1 フェイズを行った。用いた強化スケジュールは CRF であった。この手続きは、基本的に「共通手続き」で説明した手続きと同じであった。このフェイズでのヒナのキーつつき反応のオペラントレベルを測定するため、キーつつき反応率がグラフ上で視覚的に見て安定するまで<sup>16</sup>、ベースライン 1 フェイズを続けた。また、このフェイズでのセッション数は多層ベースライン法<sup>17</sup>にもとづいて個体ごとに変えた。その理由は、次の連鎖強化フェイズでの反応の変化が、連鎖随伴性によるものであることを保証するためである。結果として、ベースライン 1 フェイズのセッション数は、3 羽のヒナの間で異なり、6 から 8 セッションであった。各セッションの終了基準は、基本的に「共通手続き」の基準と同じで、強化刺激が 30 回呈示された時点、または実験開始から 1 時間が経過した時点であった。

**介入フェイズ**：介入フェイズの各セッションでは、連鎖強化スケジュールを用いた。初環と終環のどちらも、強化スケジュールは CRF であった（連鎖 CRF-CRF）。初環のオペランダムは、これまでの実験と同じオペラント実験箱のキー（2 つのうちの 1 つで、残りはテープで覆った）で、終環のオペランダムは、T 字型の亚克力パネルであった。

初環ではベースライン 1 フェイズと同じように、白色光が照射されているキーをヒナがつつくと、直線走路内を往復移動する刻印刺激が呈示された。この刺激の呈示時間は最大で 5 分間であった。こ

---

<sup>16</sup> キーつつき反応が安定したかどうかについての視覚的判断 (visual inspection) の有効性については Sidman (1960) を参照のこと。

<sup>17</sup> 多層ベースライン法は、行動間または個体間、あるいは場面間でベースラインの期間を変えて介入の効果を調べる方法である (Barlow & Hersen, 1984)。

の刻印刺激が呈示されている間に T 字型アクリルパネルをヒナが押すと、刻印刺激の呈示は終了し、それと同時にフィーダーから餌が呈示された。

なお、刻印刺激を直線走路内に呈示すると、刺激呈示方向にヒナが接近反応を示す可能性があった。もしこの反応が出現したら、ヒナは T 字型アクリルパネルを押すことになる。実際、そのようにならなかったため、T 字型アクリルパネルへのヒナの反応形成は行わなかった。刻印刺激が呈示されている 5 分間にこの反応が自発されなかったら、再び初環に戻るようにした。実験の結果、T 字型アクリルパネルへの反応が自発されなかった試行はなかった。

介入フェイズの各セッションの終了基準は、30 回の餌強化、ないし実験開始からの時間が、総強化時間を除いて 1 時間を超えた場合とした。刻印刺激によって強化されるキーつつき反応は安定しないことが予想されたので (cf. 長谷川・森山, 2011), このフェイズも、キーつつき反応率がグラフ上で視覚的に見て安定するまでこのフェイズを行った。結果として、セッション数はヒナの間で異なり、10 から 19 セッションであった。

**ベースライン 2 フェイズ**：ベースライン 2 フェイズは、このフェイズの前の介入フェイズでの連鎖強化の効果を調べるためのフェイズで、ベースライン 1 フェイズと同じ CRF を行った。このフェイズの終了基準は、直前のセッションでのキーつつき反応率よりも低い反応率のセッションが 2 セッション連続するまでとした。その理由は、低率の状態が 3 セッション以上続くと、すなわち、連鎖強化しないで CRF だけを実施すると、キーつつき反応が極めて低率になって、次のフェイズへの移行が難しくなると考えられたからである。結果として、セッション数はヒナの間で異なり、5 から 7 セッションであった。

**条件交替フェイズ**：餌強化随伴性の連鎖を再度設定し、さらにその効果を検討するために条件交替フェイズを実施した。このフェイズは、連鎖強化のセッションとベースラインのセッションを交替して

行った。ベースラインセッションは、これまでのベースラインフェイズ 1 と 2 でのセッションと同じ CRF で、終環はなかった。連鎖強化のセッションは、介入フェイズのセッションと同じ連鎖 CRF-CRF であった。ベースラインセッションと連鎖強化セッションを 1 日にそれぞれ 1 セッションずつ行った。この条件交替フェイズは、ベースラインセッションでの反応率が視覚的判断によって安定したと判断されるまで続けた。したがって、セッション数はヒナの間で異なり、6 から 14 セッションであった。

以上が実験手続きの説明であるが、いずれのフェイズでも T 字型アクリルパネルはオペラント実験箱に取り付けたままにしていた。ただし、これを作動させたのは、介入フェイズでのセッションと条件交替フェイズでの連鎖強化セッションでのみであった。

### 9-1-3 結果と考察

ヒナの反応に対する連鎖強化スケジュールの効果を調べるため、刻印刺激によって強化されたヒナのキーつつき反応率（1 分間あたりのキーつつき反応の回数）の推移を、Figure 9-2 に示した。横軸はセッション、縦軸はキーつつき反応率を示す。Figure 中の黒丸は、刻印刺激が強化刺激のときの CRF スケジュールでの反応率、アスタリスクは連鎖強化スケジュールの初環での反応率を表す。なお、フェイズの移行はフェイズのラベルとフェイズライン（垂直の点線）で示した。#4-8 の 31 と 32 セッション目、#4-25 の 25 と 26 セッション目は装置の故障により実験を実施できなかったため、これらのセッションのデータはない。

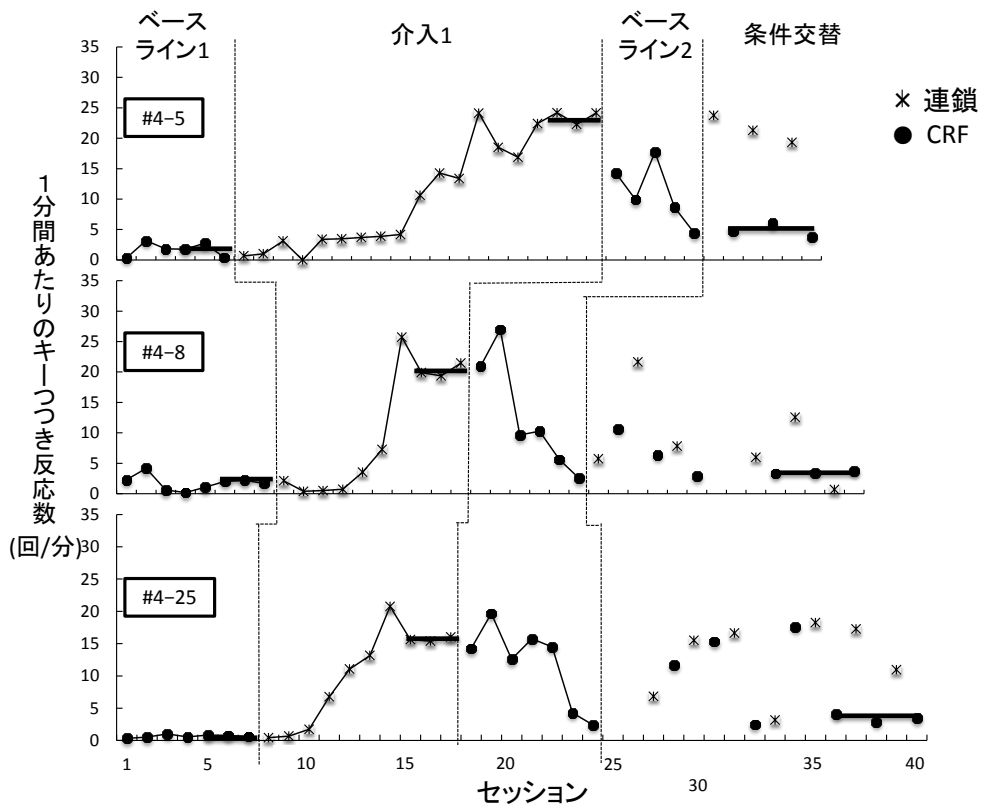


Figure 9-2. 実験 4a の各ヒナのキーつつき反応率の推移。横軸にセッション，縦軸にヒナのキーつつき反応率を示した。連鎖強化スケジュールでの反応率の結果はアスタリスクで，CRF スケジュールでの反応率の結果は黒丸でプロットした。また，ベースライン 1 と介入フェイズ，そして条件交替フェイズのベースラインセッションでの最終 3 セッションの平均反応率をそれぞれのフェイズで，実線で示した。

まず，連鎖随伴性がヒナのキーつつき反応にもたらす効果を調べるため，CRF と連鎖強化スケジュールでのキーつつき反応率（以下，単に反応率と記す）の結果を比べる。ベースライン 1 の最終 3 セッションでの平均反応率と，介入での最終 3 セッションの平均反応率のそれぞれは，#4-8 は 1.96 と 20.24，#4-5 は 1.64 と 23.54，#4-25 は 0.75 と 15.68 であった。全てのヒナが，ベースライン 1 フェイズのときと比べて介入フェイズのときに，反応率を顕著に増加させた。ベースライン 2 になると，#4-5 の反応率は 2 分の 1 程度に減

少し、その後減少した。#4-8と#4-25の2羽は、介入フェイズの最終3セッションの平均反応率と同程度の反応率をベースライン2のはじめの数セッションで維持した。その後、これらのヒナの反応率は減少した。この結果から、連鎖随伴性がベースライン2で中止されると、数日は反応率が維持されるが、その後、減少することが示された。

条件交替フェイズでは、全てのヒナのほとんどのセッションで、連鎖強化のセッションでの反応率が、ベースラインセッションでの反応率よりも高くなった。これらの結果から、餌強化随伴性を終環とした連鎖強化スケジュールの下では、刻印刺激によって強化されるキーつつき反応は高率で維持されるが、この連鎖が無くなると、反応率は低くなることがわかった。

そこで、餌強化の連鎖の効果が一時的なものであったのかどうかを調べるために、ベースライン1の最終3セッションでの平均反応率と、条件交替フェイズでのベースラインセッションの最終3セッションでの平均反応率を比較した。その結果、#4-8は1.96から3.52、#4-5は1.64から4.82、#4-25は0.75から3.50に反応率が増加した。すなわち、条件交替フェイズでのベースラインセッションの最終3セッションの反応率は、全てのヒナにおいて、ベースライン1の反応率よりも高かった。

本実験の結果をまとめると、次の2点が言えるだろう。はじめに、刻印刺激が強化刺激である随伴性と、餌が強化刺激である随伴性が連鎖すると、刻印刺激によって強化されるヒナのキーつつき反応は高率で維持される。この随伴性がなくなると（ベースライン2）、刻印刺激によって強化されたキーつつき反応は、この随伴性を経験しなかったとき（ベースライン1）よりも高率で維持された。

次に、刻印刺激によって強化されたキーつつき反応が、餌が強化刺激である随伴性の連鎖によって高率で維持された理由について考察する。それは、餌が強化刺激である随伴性が、刻印刺激が強化刺激である随伴性に連鎖したことで、刻印刺激が、キーつつき反応に

対する条件性強化刺激としての機能を獲得したからであると考え。さらに、同じ刻印刺激が、餌が強化刺激であるパネル押し反応の随伴性の弁別刺激としての機能も獲得したからであると考え。つまり、連鎖随伴性のもとで、餌との対呈示によって、刻印刺激が、キーつつき反応の条件性強化刺激としての機能と、パネル押し反応の弁別刺激としての機能の2つの機能を獲得したことで、刻印刺激によって強化されたキーつつき反応が数日にわたって維持されたのではないかと考える。

この考えが妥当であるかどうかを問題にするには、本実験の序論で述べたように、刻印刺激ではない新奇な刺激が餌と対呈示されることで、ヒナのキーつつき反応をどの程度維持することができるのかを調べる必要がある。そこで実験 4b では、新奇刺激が、キーつつき反応の後続事象である随伴性と、餌が強化刺激である随伴性の2つ随伴性からなる連鎖随伴性が、ヒナのキーつつき反応にもたらす効果を明らかにする。

## 9-2 実験 4b:新奇刺激がキーつつき反応の後続事象である随伴性と 餌が強化刺激である随伴性の連鎖随伴性の効果

### 9-2-1 目的

実験 4a で、刻印刺激がキーつつき反応に対して条件性強化刺激としての機能と、餌によって強化されるパネル押し反応の弁別刺激としての機能の 2 つの機能を獲得したことで、キーつつき反応が長期にわたって維持されたのかどうかを検討するため、キーつつき反応に後続する刺激を新奇刺激にした連鎖随伴性で、キーつつき反応が維持するかどうかを調べた。

### 9-2-2 方法

**9-2-2-1 被験体** 実験室で孵化したヒナで、刻印づけ訓練を受けなかった白色レグホンニワトリ (*Gallus gallus domesticus*) のヒナ 4 羽 (#4-27, #4-35, #4-37, #4-39) を被験体とした。ヒナの孵化条件や飼育条件は「一般的研究方法」で述べたものと同じであった。

**9-2-2-2 刺激** 「一般的研究方法」で述べた赤筒と緑球、そして餌を用いた。なお、実験 4b では、赤筒を新奇な刺激として用いた。そのため、これまでの実験と異なり、赤筒を用いた刻印づけ訓練を行わなかった。赤筒は刻印刺激として用いず、選択テストでの新奇刺激として用いた。また、赤筒を連鎖強化スケジュールの初環における、キーつつき反応の後続刺激として用いた。

**9-2-2-3 装置** 「一般的研究方法」で述べた直線走路と、ヒナ用のオペラント実験箱、そしてマジックボードを用いた。実験 4b でも、T 字型の亚克力パネル (図 5-3 を参照) を用いた。

**9-2-2-4 手続き** 本実験は、同時選択テストと、餌強化によるパネル押し反応形成を行った。次に、新奇刺激である赤筒を弁別刺激として、餌を強化刺激としたパネル押し反応の CRF を行った。その後、介入フェイズとして連鎖強化スケジュールを行った。このスケジュー



ールでは，キーつつき反応の後続事象が赤筒である随伴性を初環とし，終環は，実験 4a の連鎖強化スケジュールの終環と同じであった。すなわち，赤筒が呈示されている下でのパネル押し反応への餌の呈示であった。その後，この連鎖強化スケジュールの効果を調べるため，プローブフェイズとして上記の連鎖強化スケジュールの初環のみを行った。すなわち，キーつつき反応に赤筒を呈示した。実験手続きのフローチャートを図 9-3 に示す。図の右側に各実験が行われたときのヒナの日齢を示した。

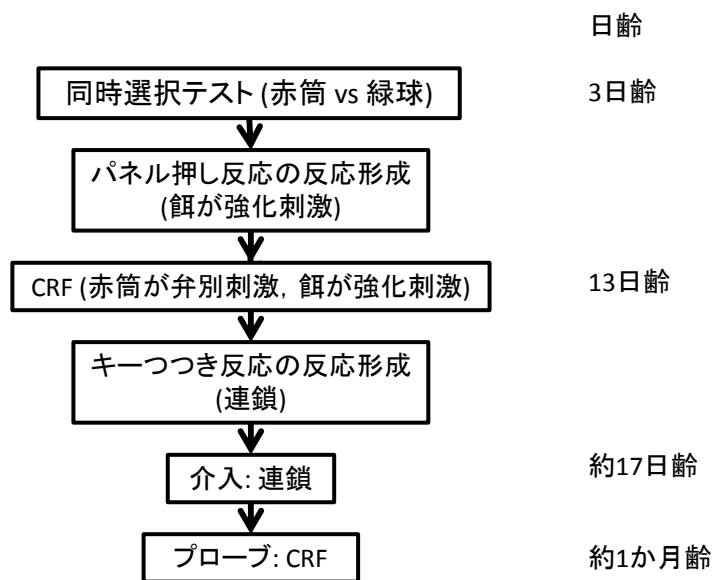


Figure 9-3. 実験 4b の手続きのフローチャート。

**同時選択テスト**：ヒナが孵化して 3 日が経過した後，ヒナにとって新奇な刺激である赤筒と緑球の両方を同時に呈示し，ヒナがどちらの刺激を選好するのか調べるために同時選択テストを初めに行った。この手続きは「共通手続き」で述べた手続きと同じであった。選択テストの結果，4 羽のヒナ全てが赤筒よりも緑球を選好した。そのため，ヒナたちは赤筒に刻印づけられてはいないこと，そして赤筒は，ヒナたちにとって新奇な刺激であることがわかった。なお，刺激の選好基準は，「共通手続き」で述べた久保田・森山（2007）の基準と同じであった。

**パネル押し反応の反応形成**：4羽のヒナのパネル押し反応を形成するため、オペラント実験箱にそれぞれのヒナを個別に入れて、餌を用いて漸次的近似法による分化強化の反応形成を行った。はじめは、ヒナがパネルの方を向いたら餌を呈示して、パネル押し反応に必要な反応を漸次的に強化した。この反応形成での随伴性の略図を図9-4の上段に示した。T字型アクリルパネルのもとでパネル押し反応に必要な行動をヒナが示したら餌でこの反応を強化して、最終的にはT字型パネルを押したら餌を呈示した。本フェイズでは、ヒナがパネルを押すようになってから、1セッションで30回の強化を受けるようになるまで反応形成を実施した。1回の餌の呈示時間は4秒間であった。

**CRF**：餌によって強化されたパネル押し反応を確実に自発させるため、反応形成の最終セッションの約10時間後に**CRF**を実施した。このフェイズでは、赤筒の呈示をパネル押し反応の弁別刺激とするために、この刺激の呈示のもとでのヒナのパネル押し反応に餌を呈示した。この随伴性を図9-4の中段に示した。

このフェイズの各セッションでは、オペラント実験箱のルームライトを消灯して、直線走路内を往復移動する赤筒をメトロノーム音とともに呈示した。そして、この刺激が呈示されている間にヒナがパネル押し反応を自発すれば、フィーダーから餌を呈示した。餌の呈示時間は反応形成のときと同じく4秒間で、1セッションにつき30回の強化とした。ヒナが1時間のうちに30回のパネル押し反応を自発するまで、このフェイズを行った。

**キーつつき反応の反応形成**：このフェイズでは、赤筒の呈示によってキーつつき反応を形成した。これは、このフェイズの次の介入フェイズのためであった。全てのヒナに対して、赤筒と餌を使用した漸次的近似法による分化強化の反応形成を行った。はじめに、白色キーの方をヒナが向いたらマニュアルで赤筒を呈示し、この刺激が呈示されている間に、ヒナがパネル押し反応を自発したら、餌を呈示した。

最終的に、白色キーの下でヒナがキーをつつけば、赤筒を呈示し、さらに赤筒が呈示されている間にヒナがパネルを押せば、餌を呈示した。この随伴性を Figure 9-4 の下段に示した。この随伴性の下で、ヒナが 1 時間に 30 回の餌呈示を受けるようになるまでキーつつき反応形成フェイズを実施した。

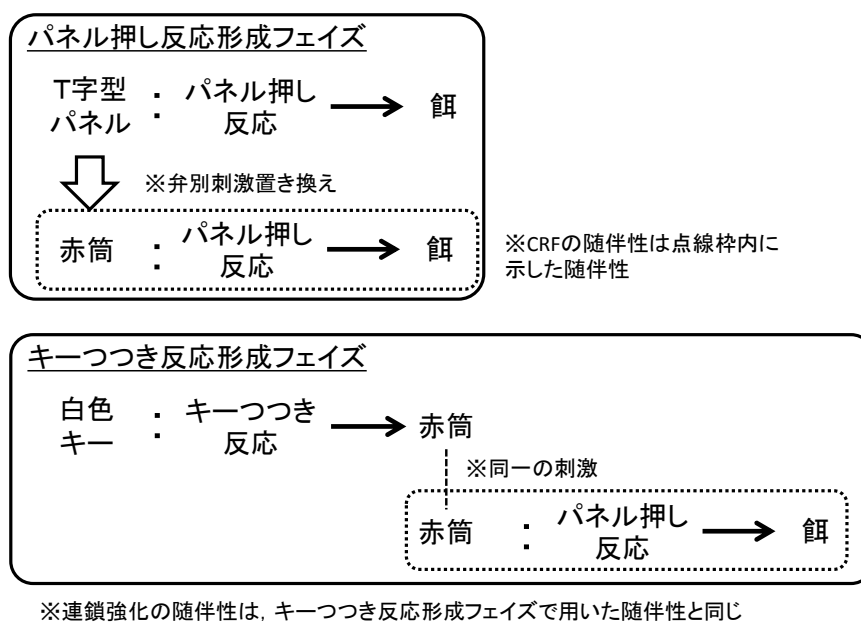


Figure 9-4. 実験 4b で用いた随伴性。

**介入フェイズ**：このフェイズでは連鎖強化スケジュールを行った。餌強化の随伴性による連鎖が、新奇刺激の赤筒が後続事象であるキーつつき反応を維持させるのかどうかを調べるための介入セッションを実施した。このフェイズの手続きは、赤筒が刻印刺激でないことを除けば、実験 4a の介入フェイズで実施した連鎖強化スケジュールと同じであった。

連鎖強化スケジュールの各セッションの終了基準は実験 4a の基準と同じで、30 回の餌強化、ないしは実験開始からの時間が総強化時間を除いて 1 時間を超えた場合とした。ここでの介入の効果を実証するため、キーつつき反応率が視覚的に比較的安定するまで連鎖強化スケジュールセッションを行った。

**プローブフェイズ**：直前の介入フェイズで受けた餌強化の連鎖がヒナのキーつつき反応に及ぼす効果を調べるため，連鎖強化スケジュールの初環の随伴性だけを実施した。この手続きは，実験 4a で行ったベースラインフェイズ 2 のベースラインセッションと同じ手続きであった。このフェイズを 4 ないし 5 セッション行った。

### 9-2-3 結果と考察

各ヒナの介入フェイズとプローブフェイズでの反応率（赤筒を後続事象としたキーつつき反応の 1 分間あたりの回数）の推移を Figure 9-5 に示した。横軸はセッション，縦軸は反応率を示す。Figure 9-5 のアスタリスクは介入フェイズでの反応率を示し，黒丸は，プローブフェイズでの反応率を示す。なお，フェイズの移行はフェイズのラベルとフェイズライン（垂直の点線）で示した。

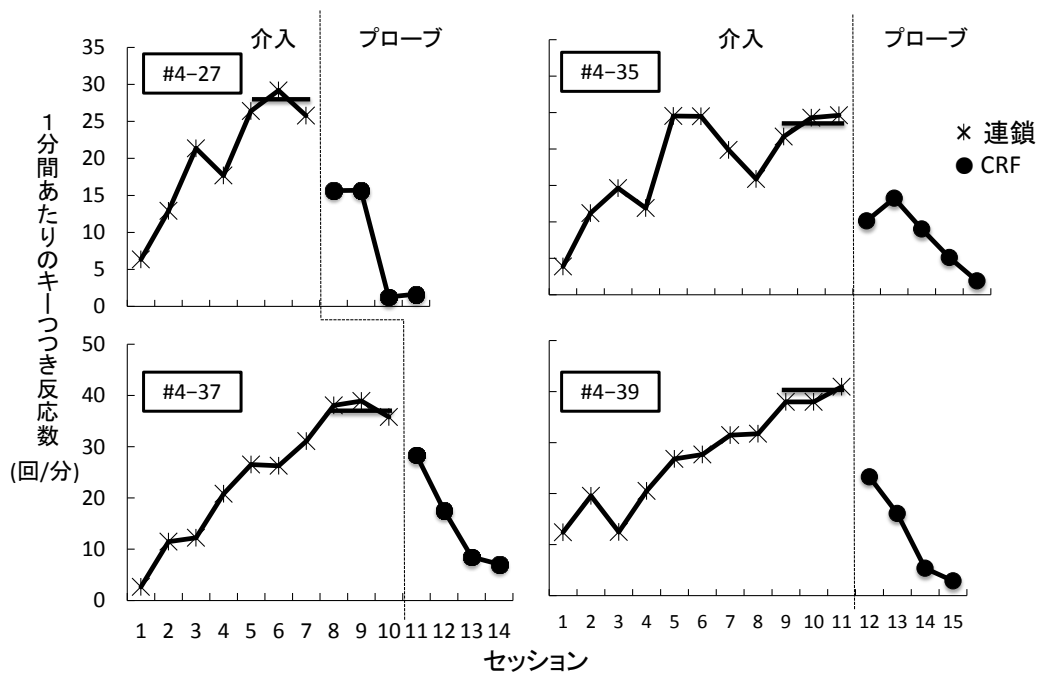


Figure 9-5. 実験 4b の各ヒナのキーつつき反応率の推移。横軸はセッション，縦軸はキーつつき反応率を示す。アスタリスクは，介入フェイズでの結果を，黒丸はプローブフェイズでの結果を示す。介入フェイズの最終 3 セッションの平均反応率を実線で示した。

本実験の結果、全てのヒナの反応率は、介入フェイズで顕著に増加し、プローブフェイズになると速やかに減少した。#4-37を除く3羽のヒナがプローブフェイズの第1セッション目で、その前の介入フェイズの最終3セッションの平均反応率の2分の1程度の反応率となった。#4-37の反応率は、介入フェイズの最終反応率と同程度であったが、その後、顕著に減少した。これらの結果から、餌強化の連鎖がある限り（介入フェイズ）、反応率は高率で維持されるが、この連鎖が中止されると（プローブフェイズ）、反応率はすみやかに減少することがわかった。

実験4aと4bの結果から、刻印刺激であっても、刻印づけられていない新奇な刺激であっても、餌強化の連鎖によって、それらの刺激によって強化されるキーつつき反応は、顕著に増加することが分かった。これは、初環で呈示した赤筒が、餌強化と連鎖したことで、キーつつき反応の条件性強化刺激としての機能と、餌によって強化されるパネル押し反応の弁別刺激としての機能を獲得したためと考えられる。

しかし、実験4aの刻印刺激である赤筒によって強化されたキーつつき反応率のベースラインフェイズ2の減少の程度と比べて、実験4bの新奇な赤筒によって強化されたキーつつき反応率のプローブフェイズでの減少の程度は大きかった。この減少の程度の違いを数的に明らかにするために、以下の処理を行った。実験4aと実験4bの、介入フェイズの最終3セッションでの平均反応率に対する、介入フェイズ直後のベースラインフェイズ（実験4bの場合は、プローブフェイズ）の第1から第4セッションでのキーつつき反応率の維持率を次式によって求めた。

$$\text{反応の維持率} = \frac{\text{INT後のBLフェイズでの各}n\text{セッション目での反応率}}{\text{INTフェイズでの最終3セッションの平均反応率}} \quad \text{式 5}$$

維持率=1のとき、ベースラインフェイズ（実験4bの場合は、プローブフェイズ）での反応率は、その前の介入フェイズでの平均反

応率と同じであり，キーつつき反応が維持されたことを示す。維持率 $>1$ のとき，ベースラインフェイズ（実験 4b の場合は，プローブフェイズ）での反応率は，介入フェイズでの反応率よりも高くなったことを示す。逆に，維持率 $<1$ のとき，ベースラインフェイズ（実験 4b の場合は，プローブフェイズ）での反応率は，介入での反応率より低くなったことを示す。

Figure 9-6 に，実験 4a の 3 羽と 4b の 4 羽のキーつつき反応の平均維持率を，ベースラインフェイズ（実験 4b の場合は，プローブフェイズ）のセッションごとに示した。なお，ベースラインならびにプローブのどちらのフェイズもスケジュールは初環の CRF であったので，横軸は CRF と表記した。

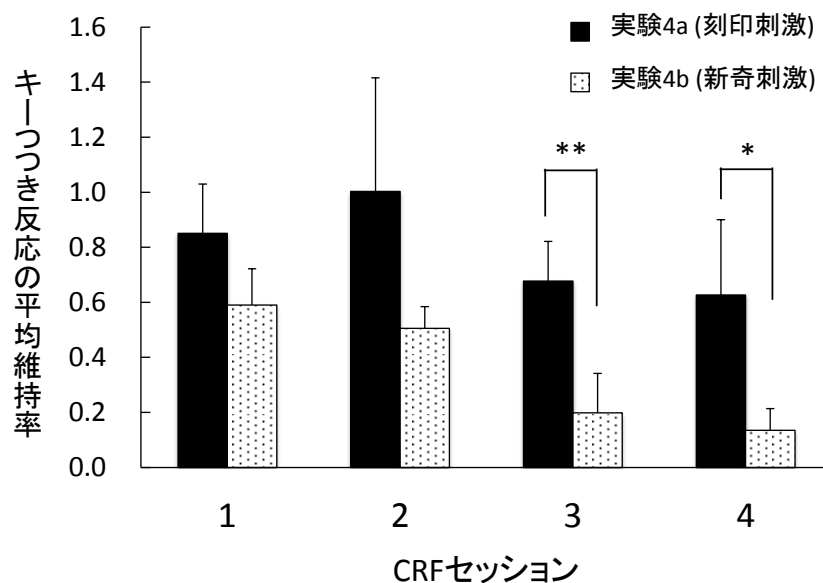


Figure 9-6. 実験 4a と 4b の介入フェイズ直後のベースライン（あるいはプローブ）フェイズでのキーつつき反応の平均維持率。横軸にベースライン（あるいはプローブ）フェイズのセッション数，縦軸にキーつつき反応の平均維持率を示した。図中の「\*\*」は  $p < .01$  で有意であることを意味し，「\*」は  $p < .05$  で有意であることを表す。

Figure 9-6 の結果から、刻印刺激である赤筒によって強化されたキーつつき反応の場合（すなわち、実験 4a のヒナの場合）、ベースラインフェイズの初めの 2 セッションの平均維持率は 0.85 と 1.00 であった。しかし、3 セッション目で 0.67, 4 セッション目で 0.62 と、徐々に平均維持率は小さくなった。一方、刻印刺激ではない赤筒によって強化されたキーつつき反応の場合（すなわち、実験 4b のヒナの場合）、セッションを重ねるごとに平均維持率は 0.59, 0.50, 0.20, 0.14 と小さくなった。

実験 4a のヒナと実験 4b のヒナの、キーつつき反応の維持率について 2 (刺激) × 4 (セッション) の 2 元配置の分散分析を行ったところ、反応の維持率に対する刺激の主効果が有意であり ( $F(1, 5) = 13.77, p < .05$ ), セッションの主効果も有意であった ( $F(3, 15) = 6.48, p < .01$ )。なお、刺激とセッションの交互作用は有意ではなかった ( $F(3, 15) = 0.58, n.s.$ )。この結果から、刺激の種類による維持率の差が認められ、さらにセッション間でも維持率の差が認められた。餌強化の連鎖随伴性がベースライン（あるいはプローブ）フェイズで中止されたとき、刻印刺激である赤筒によって強化されるヒナのキーつつき反応の方が、刻印刺激ではない赤筒によって強化されるヒナの反応よりも、維持率が有意に高いことが分かった。また、刻印刺激である赤筒によって強化されるヒナのキーつつき反応は、刻印刺激ではない赤筒によって強化されるヒナの反応と同じく、セッションを重ねるにつれて、反応の維持率を減少させることが分かった。

上記の分散分析の結果、刺激とセッションの交互作用は有意ではなかったため、CRF の 4 つのセッションのうち、刺激によって維持率に有意な差が生じたセッションがどれであったのかを調べた。各セッションでの実験 4a のヒナと、実験 4b のヒナの反応の維持率の差を多変量分散分析した。結果、セッション 3 と 4 で実験 4a のヒナの反応の維持率が有意に高かった（セッション 3:  $F(1, 5) = 15.91, p < .01$ , セッション 3:  $F(1, 5) = 8.53, p < .05$ ）。なお、セッショ

ン 1 と 2 では，ヒナの反応の維持率の差は有意ではなかった（セッション 1:  $F(1, 5) = 3.89, n.s.$ ，セッション 2:  $F(1, 5) = 4.01, n.s.$ ）。これらの結果から，餌強化の連鎖随伴性がベースライン（あるいはプローブ）フェイズでなくなったとき，刻印刺激である赤筒によって強化されるキーつつき反応の方が，新奇な刺激である赤筒によって強化されるよりも，反応は数日に渡って維持されることが分かった。

ヒナのキーつつき反応の維持率の結果をまとめると，刻印刺激である赤筒によって強化されたキーつつき反応は，餌強化の連鎖随伴性が中止されても，すみやかに減少せず数日に渡って維持されることが分かった。一方，刻印刺激ではない赤筒によって強化されたキーつつき反応は，餌強化の連鎖随伴性が中止されると，刻印刺激の場合よりも，すみやかに消去され維持されないことが明らかになった。

餌強化の随伴性が連鎖する場合，刻印刺激であっても新奇な刺激であっても，これらの刺激で強化されるヒナのキーつつき反応が維持された理由として，森山（1997）に従えば，刻印刺激が，餌強化の随伴性の弁別刺激としての機能と，餌強化による条件性強化刺激としての機能を獲得したためと考えられる。そのように考えると，本実験の結果は，刻印刺激への追従反応が餌強化随伴性によって維持されることを明らかにした鈴木・森山（1999）の結果を，キーつつき反応で再現したと言えるだろう。したがって，Skinner（1966, 1969, 1984）が主張したように，刻印刺激へのヒナの反応は，個体発生的随伴性で制御されることが，本実験の結果から示唆されたといえるかもしれない。

しかし，ここで，なぜ刻印刺激によって強化されたキーつつき反応の方が，新奇刺激によって強化されたキーつつき反応と比べて，数セッションに渡って高率で維持されたのかが問題となる。このような反応の維持の程度に差をもたらした要因として，赤筒に対する刻印づけ履歴の有無が考えられる。実験 4 a と 4 b のどちらの実験



でも、ヒナのキーつつき反応に同じ赤筒を呈示して、この赤筒の呈示中に自発されたパネル押し反応を餌で強化した。2つの実験の間で異なる刺激と反応の関係は、連鎖強化スケジュールを実施する前に、赤筒にヒナを刻印づけたか（実験 4a）、そうではなかったか（実験 4b）だけであった。この刻印づけの履歴が、餌強化の随伴性がなくなったときでもキーつつき反応が高率で維持された理由であると結論できる。

以上、実験 4 の 2 つの実験結果から、刻印刺激によって強化されるキーつつき反応は、餌強化が連鎖することによって高率で維持され、さらに、この連鎖がなくなっても数日に渡って維持することが明らかになった。これらのことから、刻印刺激によって強化されるキーつつき反応を安定的に維持する随伴性は、刻印刺激が強化刺激である随伴性と、餌が強化刺激である随伴性が連鎖することであるということが明らかになった。

## 第 10 章 総合考察

本研究の目的は、刻印刺激によって強化されるキーつつき反応を維持させる行動随伴性を実験的に調べることであった。これを問題とした理由は、刻印刺激は、キーつつき反応のような、自然界の刻印づけでは見られないような反応をオペラント強化することがわかっているが、そのような反応は安定せずに長期に渡って維持されないことが多くの研究で報告されており、その理由が明らかでないからである。

本研究は、まず、刻印刺激によって強化されるキーつつき反応が安定的に長期に渡って維持されないのは、強化スケジュールに問題があるからではないかと考えた。従来のそのようなオペラント研究は、ほとんどの場合、連続強化か FI スケジュールの単一強化スケジュールのもとでの反応しか調べておらず、反応を維持する間欠強化の効果を調べていない。そこで、本研究では、間欠強化スケジュールの効果を実験 1 で調べ、実験 2 から 4 までは、間欠強化からなる並立ないし連鎖の複合スケジュールの効果を調べた。

実験 1 では、刻印刺激が関わる単一の行動随伴性として、刻印刺激が強化刺激である VR と VI スケジュールの間欠強化の効果を調べた。その結果、刻印刺激が強化刺激である VR や VI スケジュールのもとでも、ヒナのキーつつき反応は安定せずに減少した。この結果から、単純な間欠強化だけが刻印刺激によって強化されるキーつつき反応の維持に関わる変数ではないことがわかった。維持を困難にさせた要因として、刻印刺激による強化へのキーつつき反応の感受性の問題と、餌に関わる反応による干渉可能性を考えた。

実験 2 では、刻印刺激による強化へのキーつつき反応の感受性を調べるために、刻印刺激または餌のどちらかが強化刺激である並立随伴性で、ヒナのキーつつき反応が強化率に対応した変化を示すのかどうかを調べた。実験 2a では、2つの随伴性の弁別を促すために、それぞれの随伴性に対して赤と青の異なる色光を設定した。実験 2b

では、色光への選好がヒナの選択反応に影響する可能性を排除するために、2つの随伴性に対して同じ白色光を設定した。実験 2a と 2b の結果、刻印刺激または餌のどちらかが強化刺激である並立随伴性のもとで、刻印刺激によって強化されるキーつつき反応は強化率の変化に対応した変化を示した。したがって、刻印刺激による強化に対してヒナのキーつつき反応が感受性を持っていないために、キーつつき反応が安定しないわけではないことがわかった。

次に、餌に関わる反応が、刻印刺激によって強化されるキーつつき反応の出現に干渉している可能性を実験 3 で検討した。実験 3 では、刻印刺激が強化刺激である随伴性と餌が強化刺激である随伴性による並立随伴性でキーつつき反応が維持されるのかを調べた。その結果、この並立随伴性のもとで、5羽中3羽のヒナが刻印刺激によって強化されるキーつつき反応を維持し、残りの2羽がこれまでの研究結果と同じように維持しなかった。この結果の違いの理由として、刻印刺激によって強化される反応と餌によって強化される反応とが連鎖すれば、キーつつき反応は維持され、連鎖しなければ維持されないという可能性を考えた。

実験 4 では、実験 3 で考察した、刻印刺激が強化刺激である随伴性と、餌が強化刺激である随伴性が連鎖した場合、刻印刺激によって強化されるキーつつき反応が維持されるのかどうかを実験 4 で調べた。実験 4a では、刻印刺激が強化刺激である随伴性を初環、餌が強化刺激である随伴性を終環とした連鎖スケジュールのもとで、刻印刺激によって強化されるキーつつき反応が維持されるのかを調べた。その結果、この連鎖随伴性のもとで、ヒナのキーつつき反応は安定して高い反応率で維持された。さらに、この連鎖随伴性の終環をなくしても、ヒナの反応は数日にわたって維持された。しかし、この結果が、刻印刺激が餌と対呈示されただけによるものなのか、それとも刻印づけに由来するものであるのかが明らかではなかった。

そこで、実験 4b で、新奇な刺激がキーつつき反応の後続事象である随伴性を初環、餌が強化刺激である随伴性を終環とした連鎖強

化スケジュールを設定し，そのスケジュールのもとで新奇刺激に対するヒナのキーつつき反応が維持されるのかを調べた。その結果，この連鎖随伴性のもとでは，新奇刺激に対するヒナのキーつつき反応は維持されるが，この終環をなくすと，キーつつき反応は維持されず，すみやかに消去した。以上，実験 4a と 4b の 2 つの実験結果から，刻印刺激が後続事象である随伴性であれば，この随伴性に餌が強化刺激である随伴性が連鎖するなら，刻印刺激によって強化されるキーつつき反応は高率となり，さらにその連鎖の終環がなくなっても安定的に維持されるということがわかった。

以上，6 つの実験から，刻印刺激によって強化されるキーつつき反応を維持させる行動随伴性は，刻印刺激が強化刺激である随伴性と餌が強化刺激である随伴性による連鎖随伴性であると結論できる。この随伴性を Figure 10-1 に示す。なお，反応の上の矢印は，この反応が後続事象によって強化されることを意味する。

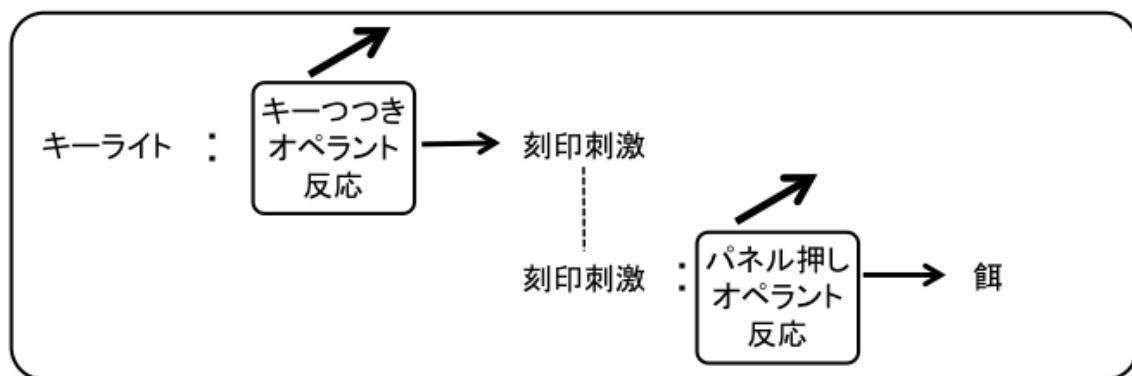


Figure 10-1. 刻印刺激へのヒナのオペラント反応を維持させる連鎖随伴性。

次に，このような随伴性で刻印刺激がどのような機能を有しているのかについて考察する。

樋口他（1976）と森山（1997）を参考にすると，刻印刺激が強化刺激である随伴性と餌が強化刺激である随伴性の連鎖随伴性では，刻印刺激は，餌との対呈示によって，キーつつき反応に対する条件

性強化刺激として機能していると同時に、餌によって強化されるパネル押し反応の弁別刺激としても機能している。刻印刺激が、キーつつき反応に対する条件性強化刺激として機能している理由は、終環の餌強化の随伴性がなくなると、キーつつき反応が減少するからである。つまり、刻印刺激は、餌という無条件性強化刺激によって裏付けられた条件性強化刺激である。

そうであるなら、樋口他（1976）が刻印刺激へのヒナの反応を2段階に分けて捉えることができると主張したように、刻印刺激によるキーつつき反応への強化にも、2つの段階があるのではないかと考える。なぜなら、このオペラント条件づけの初期の段階では、ヒナのキーつつき反応は、餌が強化刺激である随伴性による連鎖がなくても自発され、維持されるからである。実際、餌による強化がなくても、キーつつき反応は、刻印刺激だけで形成される。そのときの刻印刺激の強化刺激としての機能と、その後の機能との間で異なることは何なのだろうか。

初期のオペラント条件づけでは、キーつつき反応は、刻印刺激だけで強化される。そのときの刻印刺激は、他の強化刺激との対呈示という条件がなくても強化刺激としての機能を持っているので、このときの機能は無条件性強化刺激であると考えられる。しかし、餌のような無条件性強化刺激の場合、遮断化（deprivation）や飽和化（satiation）といった確立操作（establishing operation）以外の条件によって、この強化刺激の機能が衰えることはない。それに対して、仮に刻印刺激の初期の機能が無条件性強化刺激だとするなら、そのような確立操作による影響はいまだに報告されていないし、ヒナの成長とともに刻印刺激によって強化されるキーつつき反応の出現頻度は、あたかも刻印刺激の強化力がなくなったかのように減少するのであるから、無条件性強化刺激としての刻印刺激の機能は明らかに餌の機能と異なる。

実験1や3で考察したように、あるいは、Fisher（1971）やHoffman, Stratton, & Newby（1969）たちが指摘したように、餌に

関わる反応が頻繁に出現することによって刻印刺激によって強化されるキーつつき反応が次第に減少するのであれば、無条件性強化刺激としての刻印刺激の機能は、ヒナの発達において限界があるということになる。それは、ヒトの行動の発達に例を求めるなら、新生児のさまざまな反射が子どもの成長とともに消失する過程と似ている。そして、キーつつき反応が、刻印刺激によって強化され続けるために、餌との対呈示が必要なのであれば、そのときの刻印刺激の機能は、もはや無条件性強化刺激としての機能ではなく、「餌が裏付けとなっている強化刺激」である条件性強化刺激と言えるだろう。そのようにヒナの発達段階において、キーつつき反応への刻印刺激の関わりは、餌との関わりだけで議論すると、無条件性強化刺激から条件性強化刺激へと変化していると言えるかもしれない。この刻印刺激の機能の変化は、餌以外の無条件性強化刺激との関わりにおいても今後調べられる必要があるだろう。これによって、刻印刺激に関わるヒナの反応が発達的に多様に変化していくことを、さらに検討することができるだろう。

ところで刻印刺激は、キーつつき反応の条件性強化刺激として機能しただけでなく、他のオペラント反応（本研究の場合、パネル押し反応）の弁別刺激としても機能した。この場合、餌強化の弁別刺激である。そうであれば、刻印刺激は、他の強化刺激によって強化される別なオペラント反応の手がかりとしての機能を持つことも、刻印刺激によって強化されるキーつつき反応の維持をもたらす要因と言えるかもしれない。それを確認するには、パネル押し反応に対する刻印刺激による刺激性制御と、同じ反応に対する新奇刺激による刺激性制御を調べて両者を比較する必要があるだろう。これは、実験 4b で条件性強化刺激としての刻印刺激と、同じく条件性強化刺激としての新奇刺激の強化力を比較した場合と同じ発想である。しかし、残念ながら、本研究では、実験上の問題からパネル押し反応のデータをとらなかった。もし刻印づけ由来の刻印刺激の弁別機能が、そのような履歴のない新奇刺激の弁別機能よりも強ければ、

弱まりつつある刻印刺激としての独自の機能は存続していると言えるだろう。今後は、そのような刻印刺激の弁別機能についても調べる必要がある。

以上、刻印刺激の強化刺激としての機能と弁別刺激としての機能について考察した。そして、それぞれの機能を調べるためのさらなる研究の必要性を述べた。そのような研究の成果によって、早成性鳥類の刻印反応の発達過程における、刻印刺激の機能をさらに明らかにしていくことができるだろう。その時点で、あらためて Skinner (1966, 1969, 1988) が説明したような、刻印反応に関わる行動随伴性を検討することができるはずである。

## 総括

刻印づけは，早成性の鳥類のヒナが，孵化直後に遭遇した動く刺激に対して刻印反応を示すようになる過程である（Lorenz, 1935, 1937）。刻印反応が向けられる対象は刻印刺激と呼ばれ，ヒナの任意のオペラント反応を強化することが明らかにされている。しかし，刻印刺激によって強化されるオペラント反応は安定せず，維持されない。この反応を維持させる条件は，いまだ明らかではない。そこで，本研究は，Skinner（1966, 1969, 1984）や樋口他（1976）を参考に，行動随伴性の枠組みからこの問題を調べた。Fischer（1971）や樋口他（1976），鈴木・森山（1999）の研究から，刻印刺激が関わる随伴性と，餌が関わる随伴性との関係性によって，刻印刺激によって強化されるヒナの反応の維持を明らかにできると考え，本研究は，刻印刺激によって強化されるヒナのキーつつき反応を維持させる行動随伴性を調べた。

本研究で問題とした随伴性は，大きく分けると単一の行動随伴性，並立随伴性，連鎖随伴性の3つであった。それぞれの随伴性がキーつつき反応に及ぼす効果を実験1と3，実験4で調べた。実験2では，ヒナの反応が強化に対して感受性を持っているかを確認した。以下に，それぞれの実験で問題とした随伴性と，実験結果について説明する。

実験1では，刻印刺激によって強化されるキーつつき反応が維持されないのは連続強化スケジュールが用いられてきたからではないかと考えた。個体のオペラント反応は間欠的に強化されることで維持されることから，キーつつき反応を刻印刺激によって間欠強化すれば，この反応が維持されるのかどうか調べた。その結果，キーつつき反応は維持されずに減少した。この結果に対して，キーつつき反応の強化に対する感受性が低いからではないか，あるいは餌に関わる反応がキーつつき反応に干渉するからではないかと考えた。

実験2では，キーつつき反応の強化に対する感受性を，刻印刺激



または餌のどちらかが強化刺激である並立随伴性で調べた。その結果、キーつつき反応は、刻印刺激による強化にも、餌による強化にも感受性を持っていることがわかった。

実験 3 では、餌に関わる反応がキーつつき反応に干渉する可能性を検討するために、刻印刺激と餌が強化刺激である並立随伴性のもとで、刻印刺激によって強化されるキーつつき反応の維持を調べた。その結果、反応を維持させたヒナもいれば、維持させなかったヒナもいた。反応が維持されたのは、刻印刺激への反応と餌への反応が偶発的に連鎖したためではないかと考えた。

実験 4 では、連鎖の効果を調べるために、刻印刺激が強化刺激である随伴性を初環とし、餌が強化刺激である随伴性を終環とする連鎖強化スケジュールのもとで、キーつつき反応の維持を調べた。その結果、キーつつき反応は、この連鎖随伴性のもとで高率で出現し、餌が強化刺激である随伴性の連鎖がなくなっても数日に渡って維持された。新奇な刺激が強化刺激である随伴性に、餌が強化刺激である随伴性を連鎖させた場合のキーつつき反応は高率で出現したが、餌が強化刺激である随伴性の連鎖がなくなると、すみやかに減少した。これらの結果から、刻印づけに由来する刺激（刻印刺激）の連鎖随伴性の方が、キーつつき反応を強く制御することがわかった。

以上の 4 つの実験結果から、次のように結論できる。ヒナのキーつつき反応は、刻印刺激によって強化される。しかし、餌にかかわる反応と、刻印刺激によって強化されるキーつつき反応の関係が並立的な場合、刻印刺激によって強化されるキーつつき反応は維持されない。しかし、餌に関わる随伴性が、刻印刺激によって強化されるキーつつき反応の随伴性に連鎖するなら、この反応は高率で維持される。そして、その餌の強化随伴性の連鎖がなくなっても、刻印刺激によって強化されるキーつつき反応は数日に渡って維持される。そして、キーつつき反応が維持されたのは、刻印刺激が、餌強化の随伴性の弁別刺激として機能し、さらに餌との対呈示によって、キーつつき反応に対する条件性強化刺激として機能したからであると

考察した。

以上，本研究の実験結果は，Skinner (1966, 1969, 1984) や樋口他 (1976) が提唱した刻印づけにおける強化随伴性の機能についての説明を裏付ける結果であるといえるだろう。

## 引用文献

- Andrew, R. J. (1966). The relation between the following response and precocious adult behavior in the chick. *Animal Behaviour*, 14, 501-505.
- Asdourian, D. (1967). Object attachments and the critical period. *Psychonomic Science*, 7, 235-236.
- Baer, D. M. & Gray, P. H. (1960). Imprinting to a different species without overt following. *Perceptual and Motor Skills*, 10, 171-174.
- Barlow, D. H. & Hersen, M. (1984). *Single case experimental designs: strategies for studying behavior change*. New York: Pergamon Press.
- Bateson, P. P. G. (1966). The characteristics and context of imprinting. *Biological Review*, 41, 177-220.
- Bateson, P. P. G. (1979). How do sensitive periods arise and what are they for? *Animal Behaviour*, 27, 470-486.
- Bateson, P. P. G. (1990). Is imprinting such a special case? *Philosophical Transactions of the Royal Society*, London, 329, 125-131. In J. R. Krebs & G. Horn (Eds.), (1991). *Behavioural and neural aspects of learning and memory*. Oxford: Clarendon Press. pp.27-33.
- Bateson, P. P. G. & Reese, E. P. (1968). Reinforcing properties of conspicuous objects before imprinting has occurred. *Psychonomic Science*, 10, 379-380.
- Bateson, P. P. G. & Reese, E. P. (1969). The reinforcing properties of conspicuous stimuli in the imprinting situation. *Animal Behavior*, 17, 692-699.
- 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.
- Bolhuis, J. J. (1991). Mechanisms of avian imprinting: A review. *Biological Review*, 66, 303-345.
- Bolhuis, J. J. & Bateson, P. (1990). The importance of being first: A primacy effect in filial imprinting. *Animal Behaviour*, 40, 472-483.
- Bolhuis, J. J., Johnson, M. H., & Horn, G. (1985). Effects of early experience on the development of filial preferences in the domestic chick. *Developmental Psychobiology*, 18, 299-308.
- Bolhuis, J. J. & Trooster, W. J. (1988). Reversibility revisited: stimulus-dependent stability of filial preference in the chick. *Animal Behaviour*, 36, 668-678.
- Bowlby, J. (1968). *Attachment and Loss, Vol.1 Attachment*. New York: Basic Books.
- Brown, R. T. (1975). Following and visual imprinting in ducklings across wide age range. *Developmental Psychobiology*, 8, 27-33.
- Campbell, B. A. & Pickleman, J. R. (1961). The imprinting object as a reinforcing stimulus. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 54, 592-596.
- Case, V. J. & Graves, H. B. (1978). Functional versus other types of imprinting and sensitive periods in Gallus chicks. *Behavioral Biology*, 23, 433-445.
- Catania, A. C. (2007). *Learning*. 4<sup>th</sup> ed. New York: Sloan Publishing.
- Cherfas, J. & Scott, A. (1981). Impermanent reversal of filial imprinting. *Animal Behaviour*, 30, 301.

- Collias, N. E. & Joos, M. (1953). The spectrographic analysis of sound signals of the domestic fowl. *Behaviour*, *5*, 175-188.
- Davison, M. & Baum, W. M. (2000). Choice in variable environment: Every reinforce counts. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *74*, 1-24.
- Davison, M. & Baum, W. M. (2002). Choice in variable environment: Effects of blackout duration and extinction between components. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *77*, 65-89.
- Delsaut, M. (1992). Experimental analysis of the role of siblings calls after hatching in chicks (*Gallus domesticus*): Comparison with an artificial auditory stimulus. *International Journal of Comparative Psychology*, *5*, 111-123.
- DePaulo, P. & Hoffman, H. S. (1980). The temporal pattern of attachment behavior in the context of imprinting. *Behavioral and Neural Biology*, *28*, 48-64.
- DePaulo, P. & Hoffman, H. S. (1981). Reinforcement by an imprinting stimulus versus water on simple schedules in ducklings. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *36*, 151-169.
- Eiserer, L. A. (1978). The effects of tactile stimulation on imprinting in ducklings after the sensitive period. *Animal Learning & Behavior*, *6*, 27-29.
- Eiserer, L. A. (1980). Development of filial attachment to static visual features of an imprinting object. *Animal Learning & Behavior*, *8*, 159-166.
- Eiserer, L. A. & Hoffman, H. S. (1973). Priming of ducklings' responses by presenting an imprinting stimulus. *Journal of*

*Comparative and Physiological Psychology*, 82, 345-359.

- Eiserer, L. A. & Hoffman, H. S. (1974). Imprinting of ducklings to a second stimulus when a previously imprinted stimulus is occasionally presented. *Animal Learning & Behavior*, 2, 123-125.
- Eiserer, L. A., Hoffman, H. S., & Klein, S. H. (1975). Persistence of acquired behavioral control in the context of imprinting. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 24, 255-266.
- Evans, R. M. (1972). Development of an auditory discrimination in domestic chicks (*Gallus gallus*). *Animal Behaviour*, 20, 77-88.
- Fabricius, E. & Boyd, H. (1952). Experiments on the following reactions of ducklings. *Wildfowl Trust Annual Report*, 84-89.
- Ferster, C. B. & Skinner, B. F. (1957). *Schedules of reinforcement*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Fischer, G. J. (1971). Developmental changes in Chick approach preference for social and food stimuli. *Developmental Psychology*, 4, 155-157.
- Gaioni, S. J., Hoffman, H. S., DePaulo, P., & Stratton, V. N. (1978). Imprinting in older ducklings: Some tests of a reinforcement model. *Animal Learning & Behavior*, 6, 19-26.
- Gibson, J. J. & Gibson, E. J. (1955). Perceptual learning: differentiation and enrichment. *Psychological Review*, 62, 32-41.
- Goodwin, E. B. & Hess, E. H. (1969). Innate visual form preferences in the pecking behavior of young chicks. *Behaviour*, 34, 223-237.
- Gottlieb, G. & Klopfer, P. H. (1962). The relation of

developmental age to auditory and visual imprinting. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, *55*, 821-826.

Grace, R. C. Bragason, O., & McLean, A. P. (2003). Rapid acquisition of preference in concurrent chains. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *80*, 235-252.

Gray, P. H. (1961). The releasers of imprinting: differential reactions to color as a function of maturation. *Journal of Comparative Physiological Psychology*, *54*, 597-601.

Guiton, P. (1958). The effects of isolation on the following response of Brown Leghorn chicks. *Royal Physical Society of Edinburgh*, *27*, 9-14.

Guiton, P. (1959). Socialisation and imprinting in Brown Leghorn chicks. *Animal Behaviour*, *7*, 26-34.

Guiton, P. (1961). The influence of imprinting on the agonistic and courtship responses of the Brown Leghorn cock. *Animal Behaviour*, *9*, 167-177.

長谷川福子・森山哲美 (2011). 刻印刺激によって強化されるオペラント反応と刻印刺激に対する選択反応に及ぼす基本的強化スケジュールの効果 常磐研究紀要, *5*, 17-34.

長谷川福子・森山哲美 (2012). 刻印刺激によって強化される回転輪走行反応ならびに刻印刺激に対する選択反応に及ぼす基本的強化スケジュールの効果 常磐研究紀要, *6*, 1-13.

長谷川福子 (2013). 刻印刺激または餌を強化刺激とした並立強化スケジュールでの白色レグホンニワトリヒナの選択行動 常磐研究紀要, *7*, 33-51.

長谷川福子 (2014). 刻印刺激と餌の並立強化スケジュールと同時選択場面でのニワトリヒナの選択反応にもたらす餌摂取可能機会設定の効果, *常磐大学大学院学術論究*, *1*, 15-33.

Heinroth, O. (1910). *Beitrage zur biologie, namentlich ethologie*

und psychologie der anatiden. *Verhandlungen 5<sup>th</sup> International Ornithologie Kongress, 5*, 589-702.

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.

Hess, E. H. (1959a). Imprinting. *Science, 130*, 153-141.

Hess, E. H. (1959b). Two conditions limiting critical age for imprinting. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 52*, 513-518.

Hess, E. H. (1973). *Imprinting early experience and the developmental psychobiology of attachment*. New York: Van Nostrand

Hess, E. H. & Schaefer, H. H. (1959). Innate behavior patterns as indications of the "critical period". *Zeitschrift für Tierpsychologie, 16*, 155-160.

樋口義治・望月昭・森山哲美・佐藤方哉 (1976). 刻印化・同一化・社会化—トリはトリらしく, サルはサルらしく, ヒトはヒトらしく—心理学評論, *19*, 249 - 272.

Hinde, R. A., Thorpe, W. H., & Vince, M. A. (1956). The following response of young coots and moorhens. *Behaviour, 9*, 214-242.

Hindeman, J. L. (1981). Attachment in chicks: Effects of companion species on social preferences. *Developmental Psychobiology, 14*, 13-18.

久田光彦・内藤豊 (1982). 現代の行動生物学 1 行動生物学入門 産業図書

Hoffman, H. S., Eisener, L. A., & Singer, D. (1972). Acquisition of behavioral control by a stationary imprinting stimulus. *Psychonomic Science, 26*, 146-148.



- Hoffman, H. S. & Kozma, F. Jr. (1967). Behavioral control by an imprinted stimulus: Long term effects. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 10, 495-501.
- Hoffman, H. S. & Ratner, A. M. (1973). A reinforcement model of imprinting: Implications for socialization in monkeys and men. *Psychological Review*, 80, 527-544.
- Hoffman, H. S., Ratner, A. M., & Eisener, L. A. (1972). Role of visual imprinting in the emergence of specific filial attachments in ducklings. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 81, 399-409.
- Hoffman, H. S., Searle, J. L., Toffey, S., & Kozma, F. Jr. (1966). Behavioral control by an imprinted stimulus. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 9, 177-189.
- Hoffman, H. S., Stratton, J. W., & Newby, B. (1969). The control of feeding behavior by an imprinted stimulus. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 12, 847-860.
- Hollis, K. L., ten Cate, C., & Bateson, P. (1991). Stimulus representation: a subprocess of imprinting and conditioning. *Journal of Comparative Psychology*, 105, 307-317.
- Honey, C. R. & Bolhuis, J. J. (1997). Imprinting, conditioning, and within-event learning. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 50B, 97-110.
- Honey, C. R., Horn, G., Bateson, P., Walpole, M. (1995). Functionally distinct memories for imprinting stimuli: Behavioral and neural dissociations. *Behavioral Neuroscience*, 109, 4 689-698.
- Horn, G. (1986). Imprinting, learning, and memory. *Behavioral Neuroscience*, 100, 825-823.
- 岩原信九朗 (1965). 新訂版 教育と心理のための推計学 日本文化科学社

- Jackson, P. S. (1974). A method for measuring generalization of imprinting effects in young chicks. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, *87*, 1032-1037.
- Jaynes, J. (1956). Imprinting: the interaction of learned and innate behavior. I . Development and generalization. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, *49*, 200-206.
- Jaynes, J. (1957). Imprinting: The interaction of learned and innate behavior: II. The Critical Period. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, *50*, 6-10.
- Jaynes, J. (1958a). Imprinting: The interaction of learned and innate behavior: III . Practice effects in performance, retention and fear. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, *51*, 234-237.
- Jaynes, J. (1958b). Imprinting: The interaction of learned and innate behavior: IV . Generalization and emergent discrimination. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, *51*, 238-242.
- Johnson, H. H., Boluhuis, J. J., & Horn, G. (1985). Interaction between acquired preferences and developing predispositions during imprinting. *Animal Behaviour*, *33*, 1000-1006.
- Kirkden, R. D., Lindqvist, C., & Jensen, P. (2008). Effects of domestication on filial motivation and imprinting in chicks: comparison of red jungle fowl and White leghorns. *Animal Behaviour*, *76*, 287-295.
- Klopfer, P. H. & Hailman, J. P. (1964). Perceptual preferences and imprinting in chicks. *Science*, *145*, 1333-1334.
- Kovach, J. K. (1971). Effectiveness of different colors in the elicitation and development of approach behavior in chicks.

*Behaviour*, 38, 154-168.

久保田健・森山哲美 (2007). ニワトリのヒナにおける刻印刺激の強化特性—餌の強化特性との直接的比較— 常磐研究紀要, 15, 99-115.

Lorenz, K. C. (1935). Der kumpan in der Umwelt des Vogelg. *Journal fur Ornithologie*, 83, 137-213.

Lorenz, K. C. (1937). The companion in the bird's world. *Auk*, 54, 245-273.

Lorenz, K. C. (1955). Morphology and behavior patterns in closely allied species. In B. Schaffner (ed.), *Group processes*, pp.168-220. New York: Macy Foundation.

Lubow, R. E. & Moore, A. U. (1959). Latent inhibition: The effect of nonreinforced pre-exposure to the conditional stimulus. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 52, 415-419.

Mascalzoni, E., Regolin, L., & Vallortigara, G. (2010). Innate sensitivity for self-propelled causal agency in newly hatched chicks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107, 4483-4485.

松島俊也 (1997). 刷り込み研究の現在 日本比較内分泌学会ニュース, 23, 20-24.

Moltz, H. (1960). Imprinting: Empirical basis and theoretical significance. *Psychological Bulletin*, 57, 291-314.

Moltz, H. (1963). Imprinting: An epigenetic approach. *Psychological Review*, 70, 123-138.

Moltz, H. & Rosenblum, L. A. (1958a). Imprinting and associative learning: The stability of the following response in pecking ducks (*Anas Platyrhyncous*). *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 51, 580-583.

Moltz, H. & Rosenblum, L. A. (1958b). The relation between

- habituation and the stability of the following response. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, *51*, 658-661.
- Moltz, H. & Stettner, L. J. (1961). The influence of patterned-light deprivation on the critical period for imprinting. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, *54*, 279-283.
- 森山哲美 (1980). ヒヨコの追従反応形成の臨界期の検証と飼育・刺激呈示条件が追従反応に及ぼす効果 動物心理学年報, *30*, 101-114.
- 森山哲美 (1981). ヒヨコの刻印づけにおけるオペラント反応の形態ならびにそれと追従反応との関係 動物心理学年報, *31*, 1-10.
- 森山哲美 (1997). 刻印づけの発達過程—反応随伴性に基づく刻印反応の発達的変容過程— 慶應義塾大学大学院社会学研究科博士論文(未公刊).
- Moriyama, T. & Kubota, T. (2007). The relative reinforcing effects of an imprinted stimulus and food on chicks' operant behaviors. *Tokiwa Journal of Human Science, Victimology, and Community Development*, *1*, 71-79.
- 小野浩一 (2005). 行動の基礎—豊かな人間理解のために 培風館
- Pierce, W. D. & Cheney, C. D. (2008). *Behavior analysis and learning*. 4<sup>th</sup> ed. New York: Psychology Press.
- Peterson, N. (1960). Control of behavior by presentation of an imprinted stimulus. *Science*, *132*, 1395-1396.
- Ratner, A. M. & Hoffman, H. S. (1974). Evidence for a critical period for imprinting in Khai Campbell ducklings (*Anas Platyrhynchos Domesticus*). *Animal Behaviour*, *22*, 249-255.
- Ramsay, A. O. & Hess, E. H. (1954). A laboratory approach to the study of imprinting. *The Wilson Bulletin*, *66*, 196-206.

- Salzen, E. A. & Mayer, C. C. (1968). Reversibility of imprinting. *Journal of Comparative Physiological Psychology*, *66*, 269-275.
- Salzen, E. A., Lily, R. E., & McKeown, J. R. (1971). Colour preference and imprinting in domestic chicks. *Animal Behaviour*, *19*, 542-547.
- Schein, M. W. (1963). On the irreversibility of imprinting, *Z. Tierpsychol*, *20*, 462-467.
- Schulman, A. H., Hale, A. H., & Graves, H. B. (1970). Visual stimulus characteristics for initial approach response in chicks. *Animal Behaviour*, *18*, 461-466.
- Schneider S. M. & Lickliter, R. (2010). Choice in quail neonates: The origins of generalized matching. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *94*, 315-326.
- Sidman, M. (1960). *Tactics of scientific research: Evaluating experimental data in psychology*. NY: Basic Books.
- Skinner, B. F. (1966). The phylogeny and ontogeny of behavior. *Science*, *153*, 1205-1213.
- Skinner, B. F. (1969). *Contingencies of reinforcement: A theoretical analysis*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Skinner, B. F. (1984). The phylogeny and ontogeny of behavior. *The Behavioral and Brain Sciences*, *7*, 669-711.
- Sluckin, W. (1972). *Imprinting and early learning*. 2nd ed. London: Methuen & Co Ltd.
- Sluckin, W. & Salzen, E.A. (1961). Imprinting and perceptual learning. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *13*, 65-77.
- Smith, F. V. & Bird, M. W. (1964). The correlation of responsiveness to visual and auditory stimuli in the domestic chick. *Animal Behaviour*, *12*, 259-263.

- Smith, F. V. & Nott, K. H. (1970). The 'critical period' in relation to the strength of the stimulus. *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 27, 108-115.
- Solomon, R. L. & Corbit, J. D. (1974). An opponent-process theory of motivation: I. Temporal dynamics of affect. *Psychological Review*, 81, 119-145.
- Spalding, D. A. (1873). Instinct, with original observations on young animals. *Macmillan's Magazine*, 27, 282-293. Reprinted in 1954 in *British Journal of Animal Behaviour*, 2, 2-11.
- 鈴木徹・森山哲美 (1999). ニワトリヒナの刻印反応の維持に必要な餌強化随伴性 動物心理学研究, 49, 139-156.
- Ten Cate, C. (1989). Stimulus movement, hen behavior and filial imprinting in Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Ethology*, 82, 287-306.
- Van Kampen, H. S. & Bolhuis, J. J. (1991). Auditory learning and filial imprinting in the chick. *Behaviour*, 117, 303-319.
- Van Kampen, H. S. & Bolhuis, J. J. (1993). Interaction between auditory and visual learning during imprinting. *Animal Behaviour*, 45, 623-625.

## 謝辞

本論文を仕上げるために、多くの方の多大なるご協力をいただいたことをしるし、感謝申し上げます。

本研究の理論的指導から、研究全般にわたって貴重なご助言を賜った常磐大学人間科学部、森山哲美教授につつしんで深謝いたします。

また、本研究に関して副指導教員として、データの処理や論文執筆に有益なご助言を賜った常磐大学人間科学部、伊田政司教授と菅佐原洋助教にも深謝いたします。

論文の論理展開、そして研究姿勢について貴重なご意見を賜った常磐大学人間科学部、伊東昌子教授にも感謝申し上げます。

本研究の実験データ分析の方法について貴重なご助言を賜った常磐大学人間科学部、三澤進教授にも感謝申し上げます。

本論文の審査のために水戸までお越し頂き、さらに本研究の意義や方向性について、有益なご助言を賜った日本大学大学院総合社会情報研究科、眞邊一近教授にも深く御礼申し上げます。

最後に、私の実験遂行に協力した学生のみなさん、そして研究活動を陰で支えてくれた家族にも感謝いたします。

# 付録



付録-表 1

実験 1 での各ヒナの各セッションでの反応率 (反応数 / 分)

群	ヒナ番号	セッション					平均	SD
		1	2	3	4	5		
刻印VR	#1-4	7.90	6.33	4.15	3.29	1.81	4.70	2.43
	#1-13	0.47	3.62	8.03	2.19	1.43	3.15	2.96
刻印VI	#1-28	1.88	1.91	4.63	0.82	0.78	2.00	1.57
	#1-33	2.66	0.66	2.07	2.89	1.59	1.97	0.89
	#1-37	17.43	10.23	10.50	4.76	3.47	9.28	5.55
餌VR	#1-44	5.58	20.74	30.26	53.69	50.79	32.21	20.32
	#1-52	9.67	20.74	15.41	43.11	51.56	28.10	18.24
餌VI	#1-38	14.31	22.63	25.56	40.82	40.93	28.85	11.73

付録-表 2a

実験 2a の刻印群のヒナの各セッションで使用した  
並立強化スケジュールの値，そして左右のキーへの反応数と  
強化刺激の呈示回数

ヒナ 番号	セッ ション	並立		反応数		強化数		時間	反応率 (反応数 /分)	ヒナ 番号	セッ ション	並立		反応数		強化数		時間	反応率 (反応数 /分)
		VI L	VI R	L	R	L	R					L	R	L	R	L	R		
#2-1	1	7	3	26	28	11	19	337.0	7.21	#2-8	1	3	7	29	1	29	1	993.5	1.51
	2	3	7	41	11	28	2	433.0	1.88		2	5	5	30	1	29	1	2400	0.54
	3	5	5	75	1	29	1	566.4	8.05		3	7	3	13	27	10	20	864.2	0.92
	4	3	7	38	2	28	2	490.1	5.39		4	5	5	5	43	2	28	3510	2.11
	5	7	3	47	14	23	7	679.0	4.9		5	3	7	26	12	22	8	3739.9	2.15
	6	3	7	35	4	27	3	531.0	0.1		6	7	3	15	27	15	15	3525	2.66
	7	5	5	24	10	24	6	1161.3	1.76		7	5	5	19	22	13	17	3590	3.25
	8	7	3	2	4	2	4	3570.0	4.41		8	7	3	1	35	1	29	3550	2.93
	9	5	5	3	38	2	28	3121.9	0.79		9	3	7	14	19	13	17	3580	3.21
	10	5	EXT	9	132	9	0	3555.0	1.27		10	1	EXT	7	307	5	0	3600	9.9
	11	5	5	0	33	0	20	3500.0	0.57		11	5	5	10	52	7	23	3585	9.16
	12	EXT	5	21	55	0	25	3600.0	2.38		12	EXT	5	7	71	0	30	3600	9.93
#2-2	1	5	5	0	32	0	30	2284.0	0.84	#2-5	1	5	5	39	0	30	0	1963	2.36
	2	7	3	16	20	11	19	1444.1	1.45		2	3	7	0	0	0	0	3440.6	0
	3	3	7	29	5	28	2	1406.6	1.5		3	7	3	8	38	4	26	1592.1	3.19
	4	7	3	47	1	29	1	2617.4	14.36		4	3	7	2	16	2	12	1364.3	0.31
	5	5	5	30	4	26	4	2994.4	0.68		5	7	3	3	29	1	29	856.1	0.51
	6	7	3	125	0	30	0	522.4	5.49		6	5	5	0	16	0	15	1170	0.27
	7	3	7	79	0	30	0	330.2	1.1		7	5	5	0	2	0	2	756.7	0.03
	8	5	5	136	0	30	0	380.6	21.44		8	3	7	0	9	0	9	672.1	0.15
	9	3	7	51	0	30	0	557.2	14.36		9	7	3	1	3	1	3	676.8	0.07
	10	5	EXT	83	0	30	0	515.8	4.03		10	5	EXT	0	10	0	0	1897	0.17
	11	5	5	62	0	30	0	508.1	7.32		11	5	5	0	3	0	3	405.9	0.05
	12	EXT	5	242	0	0	0	3600.0	9.66		12	EXT	5	0	2	0	2	472.9	0.03
#2-12	1	3	7	0	36	0	30	1720.0	1.61										
	2	5	5	11	24	9	21	1623.5	1.29										
	3	7	3	21	13	17	13	1267.2	1.26										
	4	5	5	6	24	6	24	4153.0	0.43										
	5	7	3	9	25	9	21	1581.5	0.67										
	6	5	5	3	32	3	27	2482.5	0.85										
	7	3	7	10	22	10	20	2876.4	1.29										
	8	7	3	15	16	14	16	1180.9	1.11										
	9	3	7	16	18	15	15	1843.2	1.58										
	10	5	EXT	24	22	21	0	3495.0	0.27										
	11	5	5	14	28	12	18	3837.9	0.66										
	12	EXT	5	8	8	0	7	3600.0	0.79										

注：表中の L は左キーを， R は右キーを示す。また， EXT は消去スケ  
ジュールを表す。

付録-表 2b

実験 2a の餌群のヒナの各セッションで使用した並立強化スケジュールの値，そして左右のキーへの反応数と強化刺激の呈示回数

ヒナ 番号	セッ ション	並立		反応数		強化数		時間	反応率 (反応数 /分)	ヒナ 番号	セッ ション	並立		反応数		強化数		時間	反応率 (反応数 /分)
		VI L	VI R	L	R	L	R					L	R	L	R				
#2-3	1	3	7	25	13	24	6	663.1	3.44	#2-7	1	5	5	1	69	1	29	337.0	12.46
	2	7	3	27	8	23	7	1118.4	1.88		2	7	3	10	49	3	27	197.0	17.97
	3	5	5	48	0	30	0	407.6	7.07		3	3	7	1	132	1	29	268.9	29.68
	4	5	5	71	0	30	0	270.5	15.75		4	5	5	0	123	0	30	191.2	38.60
	5	7	3	82	0	30	0	431.1	11.41		5	3	7	3	125	2	28	255.0	30.12
	6	3	7	69	0	30	0	144.6	28.63		6	3	7	0	135	0	30	267.5	30.28
	7	7	3	181	0	30	0	254.4	42.69		7	7	3	0	66	0	30	130.7	30.30
	8	3	7	115	0	30	0	127.3	54.20		8	5	5	1	106	1	29	191.4	33.54
	9	5	5	159	0	30	0	197.4	48.33		9	7	3	1	68	0	30	127.0	32.60
	10	5	EXT	194	0	30	0	188.7	61.69		10	1	EXT	36	71	30	0	360.9	17.79
	11	5	5	182	0	30	0	178.2	61.28		11	5	5	51	20	24	6	220.1	19.36
	12	EXT	5	479	118	0	30	3358.1	10.67		12	EXT	5	17	140	0	30	271.9	34.65
#2-4	1	7	3	0	32	0	30	374.5	5.13	#2-10	1	7	3	1	34	1	29	282.5	7.43
	2	5	5	10	35	10	20	643.5	4.20		2	5	5	1	56	1	29	278.9	12.26
	3	3	7	7	49	7	23	438.0	7.67		3	3	7	0	75	0	30	297.3	15.14
	4	5	5	5	76	3	27	251.7	19.31		4	7	3	0	48	0	30	183.1	15.73
	5	7	3	0	59	0	30	155.0	22.84		5	7	3	0	48	0	30	159.6	18.05
	6	3	7	0	126	0	30	262.0	28.86		6	5	5	1	95	0	30	193.6	29.75
	7	5	5	0	88	0	30	183.7	28.74		7	3	7	0	124	0	30	251.6	29.57
	8	3	7	0	142	0	30	204.8	41.60		8	5	5	0	83	0	30	198.3	25.11
	9	7	3	0	73	0	30	117.5	37.28		9	3	7	0	142	0	30	242.2	35.18
	10	5	EXT	7	405	6	0	1500.0	16.20		10	5	EXT	12	437	12	0	437.0	60.00
	11	5	5	0	105	0	30	187.4	33.62		11	5	5	1	76	0	30	196.2	23.55
	12	EXT	5	0	102	0	30	193.6	31.61		12	EXT	5	0	81	0	30	195.7	24.83
#2-6	1	5	5	41	0	30	0	435.4	5.65										
	2	3	7	45	0	30	0	282.9	9.54										
	3	7	3	66	0	30	0	329.3	12.03										
	4	5	5	61	0	30	0	247.9	14.76										
	5	3	7	37	0	30	0	211.2	0.09										
	6	3	7	56	0	30	0	150.8	22.28										
	7	7	3	126	0	30	0	260.2	29.06										
	8	5	5	73	1	29	1	220.8	20.11										
	9	7	3	101	0	30	0	260.0	23.31										
	10	5	EXT	86	1	30	0	203.6	25.64										
	11	5	5	88	0	30	0	187.8	28.12										
	12	EXT	5	540	0	0	0	3600.0	9.00										

注：表中の L は左キーを，R は右キーを示す。また，EXT は消去スケジュールを表す。

付録-表 2c

実験 2b の刻印群のヒナの各セッションで使用した並立強化スケジュールの値，そして左右のキーへの反応数と強化刺激の呈示回数

刻印群 ヒナ 番号	セッ ション	並立		反応数		強化数		時間	反応率 (反応数 /分)	刻印群 ヒナ 番号	セッ ション	並立		反応数		強化数		時間	反応率 (反応数 /分)
		VI L	VI R	L	R	L	R					L	R	L	R	L	R		
#2-17	1	5	EXT	1	54	1	0	3595.0	0.92	#2-32	1	3	7	10	28	10	20	454.0	5.02
	2	5	5	0	51	0	30	1020.0	3.00		2	5	5	12	19	12	18	753.0	2.47
	3	3	7	1	50	0	30	1204.3	2.54		3	5	5	23	9	22	8	708.0	2.71
	4	3	7	0	51	0	30	766.5	3.99		4	1	EXT	1	13	0	0	3600.0	0.23
	5	5	5	0	40	0	30	661.0	3.63		5	5	5	12	22	12	18	1014.0	2.01
	6	5	EXT	0	179	0	0	3600.0	2.98		6	3	7	6	22	6	20	4200.0	0.40
	7	5	5	0	37	0	30	805.0	2.76		7	7	3	3	29	2	28	681.0	2.82
	8	7	3	0	31	0	30	1136.2	1.64		8	EXT	5	13	43	0	30	922.0	3.64
	9	EXT	5	0	34	0	30	852.0	2.39		9	5	EXT	14	26	10	0	3600.0	0.67
	10	7	3	0	33	0	30	312.0	6.35		10	7	3	11	38	5	25	673.0	4.37
	11	3	7	0	54	0	30	515.0	6.29		11	7	3	5	34	2	28	1052.0	2.22
	12	EXT	5	0	43	0	30	405.0	6.37		12	5	EXT	0	2	0	0	3600.0	0.03
	13	7	3	0	35	0	30	276.9	7.58		13	3	7	0	13	0	8	3600.0	0.22
	14	5	EXT	0	149	3	0	3585.0	2.49		14	EXT	5	0	0	0	0	3600.0	0.00
	15	EXT	5	0	41	0	30	428.0	5.75		15	EXT	5	0	4	0	3	3600.0	0.07
#2-26	1	3	7	6	34	3	27	1023.4	2.35	#2-33	1	7	3	3	30	3	27	840.0	2.36
	2	5	5	0	33	0	30	773.8	2.56		2	3	7	6	37	6	24	2333.0	1.11
	3	5	EXT	7	44	7	0	3565.0	0.86		3	5	5	10	25	10	20	4187.0	0.50
	4	5	EXT	2	2	2	0	3590.0	0.07		4	7	3	5	5	5	4	4200.0	0.14
	5	5	5	7	0	7	0	4165.0	0.10		5	EXT	5	9	1	0	1	3600.0	0.17
	6	EXT	5	1	4	0	4	3583.0	0.08		6	3	7	29	3	29	1	3810.0	0.50
	7	7	3	2	0	0	0	3600.0	0.03		7	5	5	2	28	2	28	2043.0	0.88
	8	3	7	33	15	14	16	672.7	4.28		8	5	EXT	30	2	30	0	2353.0	0.82
	9	3	7	38	25	23	7	316.0	11.96		9	EXT	5	36	0	0	0	3600.0	0.60
	10	5	5	12	31	12	18	983.9	2.62		10	5	EXT	30	1	30	0	1221.0	1.52
	11	7	3	45	33	8	22	325.0	14.40		11	EXT	5	12	0	0	0	3600.0	0.20
	12	7	3	54	22	14	16	461.2	9.89		12	7	3	32	1	29	1	3448.0	0.57
	13	EXT	5	90	93	0	30	871.9	12.59		13	5	EXT	6	0	6	0	3600.0	0.10
	14	5	EXT	36	29	30	0	398.0	9.80		14	5	5	5	0	5	0	3600.0	0.08
	15	EXT	5	51	63	0	30	494.0	13.85		15	3	7	2	1	2	1	3600.0	0.03
#2-27	1	5	5	0	4	0	4	3580.0	0.07	#2-41	1	5	5	12	30	10	20	670.0	3.76
	2	7	3	0	1	0	1	3600.0	0.07		2	5	5	7	31	6	24	514.0	4.44
	3	3	7	0	1	0	1	3595.0	0.02		3	7	3	5	32	2	28	317.0	7.00
	4	7	3	1	2	1	2	4185.0	0.03		4	EXT	5	8	45	0	30	630.0	5.05
	5	5	5	3	6	3	6	4155.0	0.07		5	3	7	11	26	11	19	681.0	3.26
	6	5	EXT	4	9	4	0	3580.0	0.17		6	5	EXT	32	42	30	0	797.0	5.57
	7	3	7	1	3	1	3	3564.0	0.17		7	5	5	20	25	16	14	569.0	4.75
	8	EXT	5	5	3	0	3	3589.0	0.13		8	5	EXT	42	34	30	0	683.0	6.68
	9	5	EXT	12	0	12	0	3537.0	0.25		9	7	3	22	12	19	11	706.0	2.89
	10	5	5	1	0	1	0	3595.0	0.02		10	5	EXT	40	7	30	0	661.0	4.27
	11	3	7	2	0	2	0	3590.0	0.03		11	7	3	24	20	12	18	519.0	5.09
	12	EXT	5	1	1	0	0	3600.0	0.02		12	3	7	30	7	26	4	813.0	2.73
	13	5	EXT	0	0	0	0	3600.0	0.02		13	3	7	21	17	20	10	775.0	2.94
	14	7	3	1	1	1	1	3590.0	0.02		14	EXT	5	22	20	0	12	3600.0	0.70
	15	EXT	5	2	3	0	3	3585.0	0.05		15	EXT	5	1	45	0	30	460.0	6.00

注：表中の L は左キーを，R は右キーを示す。また，EXT は消去スケジュールを表す。

付録-表 2d

実験 2b の餌群のヒナの各セッションで使用した並立強化スケジュールの値，そして左右のキーへの反応数と強化刺激の呈示回数

餌群 ヒナ 番号	セッ ション	並立		反応数		強化数		時間	反応率 (反応数 /分)
		VI	VI	L	R	L	R		
		L	R						
#2-16	1	7	3	3	31	0	30	396.3	5.15
	2	5	5	1	50	0	30	363.0	8.43
	3	EXT	5	3	41	0	30	1149.0	2.30
	4	3	7	6	17	6	11	4115.0	0.34
	5	5	EXT	38	137	30	0	1061.1	9.90
	6	5	EXT	35	17	30	0	3077.0	0.99
	7	5	5	58	16	20	10	289.0	15.36
	8	7	3	61	10	22	8	548.3	7.77
	9	5	5	60	6	26	4	239.0	16.57
	10	5	EXT	68	5	30	0	267.3	16.39
	11	7	3	16	33	4	26	201.0	14.63
	12	3	7	27	14	23	7	234.4	10.49
	13	3	7	41	22	26	4	168.0	22.50
	14	EXT	5	27	72	0	30	628.5	9.45
	15	EXT	5	15	104	0	30	275.0	25.96
#2-22	1	3	7	9	53	7	23	429.0	8.67
	2	EXT	5	51	47	0	30	883.0	6.66
	3	5	5	0	49	0	30	701.0	4.19
	4	5	EXT	37	75	26	0	3470.0	1.94
	5	5	5	3	45	3	27	493.0	5.84
	6	3	7	2	68	2	28	357.7	11.74
	7	7	3	0	43	0	30	264.0	9.77
	8	5	5	0	72	0	30	198.0	21.82
	9	5	EXT	40	62	30	0	425.6	14.38
	10	7	3	11	43	2	28	173.0	18.73
	11	7	3	23	28	10	20	229.0	13.36
	12	5	EXT	62	36	30	0	286.0	20.56
	13	3	7	25	22	21	9	423.0	6.67
	14	EXT	5	68	124	0	30	774.0	14.88
	15	EXT	5	4	108	0	30	241.0	27.88
#2-24	1	5	5	4	41	3	27	358.0	7.54
	2	7	3	3	30	2	28	708.3	2.80
	3	3	7	11	42	10	20	1213.0	2.62
	4	5	EXT	47	23	30	0	336.4	12.49
	5	5	5	36	5	25	5	3465.0	0.71
	6	5	EXT	53	4	30	0	347.0	9.86
	7	EXT	5	35	0	0	0	3600.0	0.58
	8	3	7	41	3	27	3	174.0	15.17
	9	7	3	55	10	21	9	548.0	7.12
	10	5	EXT	87	12	30	0	211.0	28.15
	11	3	7	32	7	28	2	295.3	7.92
	12	7	3	24	21	13	17	579.4	4.66
	13	EXT	5	12	86	0	30	284.0	20.70
	14	EXT	5	8	77	0	30	259.0	19.69
	15	5	5	1	71	0	30	221.0	19.55
#2-25	1	7	3	16	10	10	10	2600.0	0.60
	2	5	5	21	52	5	25	225.0	19.20
	3	3	7	4	29	4	17	3495.0	0.57
	4	EXT	5	9	67	0	30	255.0	17.88
	5	5	EXT	35	103	30	0	2387.0	3.47
	6	3	7	33	29	24	6	173.0	21.50
	7	EXT	5	60	50	0	24	3480.0	1.90
	8	5	5	23	57	12	18	245.0	19.59
	9	5	5	10	73	6	24	183.4	27.15
	10	3	7	38	35	24	6	195.0	22.46
	11	7	3	11	77	3	27	179.0	29.50
	12	5	EXT	60	33	30	0	257.8	21.64
	13	7	3	24	31	7	23	176.7	18.68
	14	EXT	5	72	131	0	30	584.0	20.86
	15	5	EXT	52	56	30	0	333.7	19.42
#2-30	1	EXT	5	64	35	0	1	1508.0	3.94
	2	7	3	0	37	0	30	390.0	5.69
	3	3	7	2	63	2	28	309.0	12.62
	4	5	5	3	63	0	30	285.0	13.89
	5	7	3	6	91	1	29	259.6	22.42
	6	EXT	5	1	63	0	30	221.0	17.38
	7	3	7	0	94	0	30	278.0	20.29
	8	5	5	1	62	1	29	224.3	16.85
	9	5	EXT	30	172	0	0	2786.0	4.35
	10	5	EXT	64	16	30	0	333.0	14.41
	11	EXT	5	71	80	0	30	6528.0	1.39
	12	7	3	1	47	0	30	1794.0	1.61
	13	5	EXT	54	33	30	0	324.0	16.11
	14	5	5	41	36	15	15	214.5	21.54
	15	3	7	60	2	29	1	156.0	23.85
#2-42	1	5	5	41	0	30	0	423.0	5.82
	2	7	3	48	1	30	0	4270.0	0.69
	3	3	7	40	2	30	0	329.0	7.66
	4	5	EXT	54	0	0	0	787.5	4.11
	5	5	5	48	0	0	0	630.0	4.57
	6	5	EXT	49	1	30	0	1006.0	2.98
	7	EXT	5	63	0	0	0	3600.0	1.05
	8	3	7	33	0	30	0	1626.0	1.22
	9	7	3	56	0	30	0	573.0	5.76
	10	5	EXT	51	0	30	0	409.0	7.48
	11	3	7	33	0	30	0	307.0	6.45
	12	7	3	68	0	30	0	1172.0	3.48
	13	EXT	5	104	94	0	30	614.0	19.35
	14	EXT	5	31	55	0	30	383.0	13.47
	15	5	5	3	67	1	29	209.0	20.10
#2-43	1	7	3	40	0	30	0	660.0	3.64
	2	7	3	79	0	30	0	331.0	14.32
	3	5	5	48	0	30	0	282.0	10.21
	4	3	7	38	0	30	0	290.0	7.86
	5	EXT	5	381	2	0	2	3600.0	6.38
	6	5	EXT	74	1	30	0	350.0	12.86
	7	3	7	47	0	30	0	168.0	16.43
	8	EXT	5	155	56	0	25	3495.0	3.62
	9	5	5	60	1	29	1	252.0	14.52
	10	5	5	74	0	30	0	312.0	14.23
	11	3	7	41	0	30	0	259.0	9.50
	12	5	EXT	58	0	30	0	371.0	9.38
	13	7	3	67	0	30	0	402.0	10.00
	14	EXT	5	36	52	0	30	866.0	6.10
	15	5	EXT	75	5	30	0	238.0	20.17

注：表中の L は左キーを， R は右キーを示す。また， EXT は消去スケジュールを表す。

付録-表 3

実験 3 のヒナの各セッションで使用した並立強化スケジュールの値，そして左右のキーへの反応数と強化刺激の呈示回数

ヒナ 番号	セッ ション	並立		反応数		強化数		時間	反応率 (反応数 /分)	ヒナ 番号	セッ ション	並立		反応数		強化数		時間	反応率 (反応数 /分)
		VI L	VI R	L	R	L	R					L	R	L	R	L	R		
#3-44	1	3	7	2	82	2	28	398.6	12.64	#3-54	1	7	3	9	22	9	21	313.8	5.93
	2	7	3	0	49	0	30	156.8	18.75		2	5	5	3	27	3	27	169.4	10.63
	3	5	5	2	55	2	28	246.0	13.90		3	3	7	4	30	4	26	375.8	5.43
	4	EXT	5	8	53	0	30	445.5	8.22		4	5	EXT	25	90	22	0	3508.5	1.97
	5	5	EXT	25	174	25	0	3476.0	3.43		5	EXT	5	52	34	0	30	1562.8	3.30
	6	5	5	3	90	3	27	194.5	28.69		6	5	5	1	30	1	29	735.0	2.53
	7	7	3	4	29	4	27	1115.4	1.78		7	3	7	1	29	1	29	1069.1	1.68
	8	5	EXT	31	26	31	0	1136.0	3.01		8	EXT	5	14	38	0	30	748.3	4.17
	9	3	7	15	50	15	17	472.1	8.26		9	7	3	4	27	3	27	676.0	2.75
	10	EXT	5	17	46	0	30	1034.3	3.65		10	5	EXT	9	36	9	0	3566.3	0.76
	11	5	5	16	19	16	15	1040.1	2.02		11	5	EXT	1	3	1	0	3601.9	0.07
	12	7	3	0	45	0	30	233.6	11.56		12	5	5	11	21	10	20	622.4	3.08
	13	EXT	5	2	14	2	12	3552.6	0.27		13	7	3	20	10	20	10	412.8	4.36
	14	3	7	8	24	8	22	2157.7	0.89		14	3	7	17	14	17	13	370.4	5.02
	15	5	EXT	10	20	10	0	3555.0	0.51		15	EXT	5	164	26	0	17	3509.9	3.25
#3-45	1	5	5	24	7	23	7	943.6	1.97	#3-57	1	3	7	28	8	24	6	989.3	2.18
	2	7	3	11	23	8	22	333.6	6.12		2	7	3	7	24	6	24	377.1	4.93
	3	3	7	23	10	23	7	1226.4	1.61		3	5	5	14	20	10	20	286.6	7.12
	4	EXT	5	94	34	0	20	3517.0	2.18		4	EXT	5	62	51	0	30	1578.6	4.29
	5	5	EXT	6	91	6	0	3572.3	1.63		5	5	EXT	31	129	30	0	2127.1	4.51
	6	7	3	26	26	6	24	863.6	3.61		6	5	5	8	23	8	22	694.3	2.68
	7	3	7	2	14	2	14	3600.0	0.27		7	7	3	20	12	20	10	526.1	3.65
	8	5	5	11	19	11	19	2471.6	0.73		8	5	EXT	33	188	30	0	1115.9	11.88
	9	5	EXT	26	13	25	0	3464.5	0.68		9	3	7	21	18	12	18	682.9	3.43
	10	EXT	5	61	40	0	30	1929.7	3.14		10	EXT	5	119	46	0	30	830.6	11.92
	11	5	EXT	33	1	30	0	896.0	2.28		11	5	5	28	3	27	3	289.2	6.43
	12	EXT	5	79	14	0	11	3557.3	1.57		12	7	3	20	10	20	10	323.7	5.56
	13	7	3	29	6	24	6	530.8	3.96		13	EXT	5	64	61	0	30	700.2	10.71
	14	3	7	25	7	23	7	650.4	2.95		14	3	7	18	17	18	12	307.8	6.82
	15	5	5	29	4	26	4	928.3	2.13		15	5	EXT	47	81	30	0	1060.9	7.24
#3-47	1	7	3	12	18	12	18	1887.0	0.99	#3-47	1	7	3	12	18	12	18	1887.0	0.99
	2	5	5	2	46	2	28	1887.0	1.53		2	5	5	2	46	2	28	1887.0	1.53
	3	3	7	27	3	27	3	1710.0	1.05		3	3	7	27	3	27	3	1710.0	1.05
	4	5	EXT	32	9	30	0	984.8	2.50		4	5	EXT	32	9	30	0	984.8	2.50
	5	EXT	5	80	43	0	21	3513.0	2.10		5	EXT	5	80	43	0	21	3513.0	2.10
	6	5	5	7	41	6	24	433.0	6.65		6	5	5	7	41	6	24	433.0	6.65
	7	3	7	12	40	12	18	373.2	8.36		7	3	7	12	40	12	18	373.2	8.36
	8	EXT	5	26	60	0	30	727.1	7.10		8	EXT	5	26	60	0	30	727.1	7.10
	9	7	3	3	33	2	28	189.0	11.43		9	7	3	3	33	2	28	189.0	11.43
	10	5	EXT	9	198	8	0	3562.0	3.49		10	5	EXT	9	198	8	0	3562.0	3.49
	11	5	EXT	32	54	30	0	3329.4	1.55		11	5	EXT	32	54	30	0	3329.4	1.55
	12	5	5	2	47	2	28	582.0	5.05		12	5	5	2	47	2	28	582.0	5.05
	13	7	3	6	25	6	24	2268.3	0.82		13	7	3	6	25	6	24	2268.3	0.82
	14	3	7	1	55	1	29	3653.7	0.92		14	3	7	1	55	1	29	3653.7	0.92
	15	EXT	5	8	8	0	5	3552.6	0.05		15	EXT	5	8	8	0	5	3552.6	0.05

注：表中の L は左キーを，R は右キーを示す。また，EXT は消去スケジュールを表す。

付録-表 4

実験 4a と 4b の各ヒナの各セッションでの反応率 (反応数/分)

セッション	ヒナ番号						
	実験4-1			実験4-2			
	#4-8	#4-5	#4-25	#4-27	#4-35	#4-37	#4-39
1	2.30	0.33	0.34	6.34	3.88	2.63	12.41
2	4.17	3.18	0.54	12.90	11.21	11.49	19.54
3	0.62	1.82	1.01	21.36	14.62	12.24	12.49
4	0.20	1.76	0.56	17.69	11.89	20.80	20.51
5	1.07	2.75	0.85	26.39	24.53	26.53	26.81
6	2.01	0.40	0.79	29.19	24.47	26.28	27.64
7	2.20	0.68	0.60	25.78	19.86	31.09	31.46
8	1.68	1.01	0.44	15.64	15.88	38.06	31.71
9	2.12	3.11	0.68	15.68	21.71	38.91	37.98
10	0.40	0.00	1.73	1.28	24.30	35.79	37.97
11	0.51	3.39	6.78	1.65	24.63	28.36	40.94
12	0.73	3.47	11.06		10.14	17.60	23.26
13	3.53	3.71	13.16		13.25	8.48	16.08
14	7.28	3.89	20.77		9.03	7.07	5.36
15	25.72	4.18	15.61		5.10		2.87
16	19.90	10.61	15.39		1.91		
17	19.37	14.27	16.03				
18	21.46	13.39	14.27				
19	20.94	24.12	19.67				
20	26.99	18.49	12.59				
21	9.64	16.88	15.76				
22	10.29	22.41	14.47				
23	5.64	24.19	4.29				
24	2.58	22.29	2.43				
25	5.73	24.15	0.00				
26	10.64	14.28	0.00				
27	21.65	9.92	6.84				
28	6.44	17.72	11.65				
29	7.81	8.65	15.50				
30	2.87	4.41	15.32				
31	0.00	23.75	16.65				
32	0.00	4.66	2.49				
33	5.98	21.30	3.17				
34	3.35	6.03	17.62				
35	12.56	19.33	18.26				
36	3.40	3.77	4.10				
37	0.70		17.26				
38	3.80		2.90				
39			10.95				
40			3.49				