

Imprinting における

順応と刺激の目立ち易さの効果(1)

木 村 敦 子

imprinting に影響を与える要因について様々な研究がなされている (スラッキン, 1977) が, ここでは, 刺激呈示前の光に対する順応の効果と, 刺激の目立ち易さの効果について取り上げた。Polt & Hess(1964)の研究では, 刺激呈示前に 2 時間の光呈示を行なった。結果は 16 時令のヒヨコでは, 光呈示を行なわず暗闇飼育されたヒヨコと, 追従する距離には差がなかった。しかし Bateson (1972) は, 12~24 時令のヒヨコを用いた実験で, 刺激呈示前に 30 分間光を呈示することは, ヒヨコのその刺激に対する好みを強めると報告している。本実験では, 16~18 時令のヒヨコを用いて, 刺激呈示前に 30 分間光に対する順応を与え, その効果を検討した。光に対する順応を行なうことはヒナの追従を増すであろうか。又それはヒナの, その刺激に対する愛着を強めるのだろうか。

刺激の目立ち易さについては, Bateson (1964) は, 2 つの静止した刺激に対する選択テストを行なうと, ヒヨコは目立ちにくい刺激よりも目立ち易い刺激の方へより接近することを見出した。又, imprinting を生ずる刺激の特性の 1 つに, 中程度に目立つ (前川, 1968) という条件がある。中程度に目立つということの具体的な程度は明らかでないが, 単一色の刺激と, ストライプ等で変化をつけた, 目立ち易いと思われる刺激を用い, それぞれに対する追従について調べることは意味があると思われる。目立ち易さ (conspicuousness) という語は, ここでは "人間の目で見ても目立ち易いもの" (Bateson, 1964) という意味で考えた。目立ち易い刺激と単一色の刺激とでは追従に差があるだろうか。又目立ち易い刺激は, ヒナのその刺激に対する愛着を強める働きを持つだろうか。

本実験では, ヒナに初呈示 (training) を行ない, 一定時間の後同じ個体に test を行なった。test では, training で呈示された刺激と, 新しい刺激の, 2 刺激を同時に呈示し, それぞれに対するヒナの追従秒数を測定した。分析は training 時の結果と test 時の結果についてそれぞれ行ない, 更に training と test の結果の関連性についても検討を試みた。

方 法

被 験 体

ブロイラー種のニワトリの受精卵を孵化一週間前に購入し、実験室内の孵卵機（柴田孵卵機製作所製 S-100 型孵卵機）で孵化させた。孵化予定日には30分～1時間毎に孵卵機内を確認した。孵化したヒナは1～3時間後に個別ケージに移した。ケージは32×22×17 cmの金属性ボックスを使用した。孵卵機及びケージは暗闇に置き、孵化の確認とヒナの移動の時のみ懐中電燈で短時間照らした。ヒナ同志の接触を避けるために孵卵機内の発生座を4区画に区切り、同時刻に孵化しそうな卵は別々の区画に入れるようにした。孵卵機内でもケージに入れられてからも、互いに他のヒナの鳴き声は聞こえた。水と餌は実験終了まで与えなかった。室温はケージのあるエリアで34～36°C、実験走路のあるエリアでは28～30°Cに保つようにした。

一般的手続き

Bateson (1972) を参考にして、実験の概略を図1に示した。A：光に対する順応を行なう群では、training 直前の30分間、ヒナは一羽ずつ順応箱に入れられ、20 Wの蛍光燈で照明された。順応を行なわない群では特別な処置はされず、暗闇に置いておかれたままであった。B：次に training を行なった。順応を行なった群と行なわなかった群のそれぞれ半数づつが、目立ち易い刺激を呈示された。残りの半数は単一色の刺激を呈示された。刺激は走路内を毎秒7 cmの速度で左回りに動き、4秒動く—2秒静止というパターンを繰返した。20分の試行の間の、刺激への追従秒数を測定した。C：training 終了後、ヒナは再び個別ケージに戻され暗闇に置いておかれた。D：training 開始時刻から72時間後に test が行なわれた。test では、training 時に呈示された刺激と、新しい刺激が、同時に呈示された。2刺激はどちらも毎秒7 cmの速度で左回りに動き、4秒動く—2秒静止のパターンを繰返した。20分の試行の間にそれぞれの刺激へ追従した秒数が測定された。なお、training と test には同一の走路を使用した。

装 置

実験に用いた走路は、木村 (1976) と同じものなので、ここでは概略を述べる。Jaynes 式の直線型走路で大きさは180×50×30 cm。木製で内部は灰色

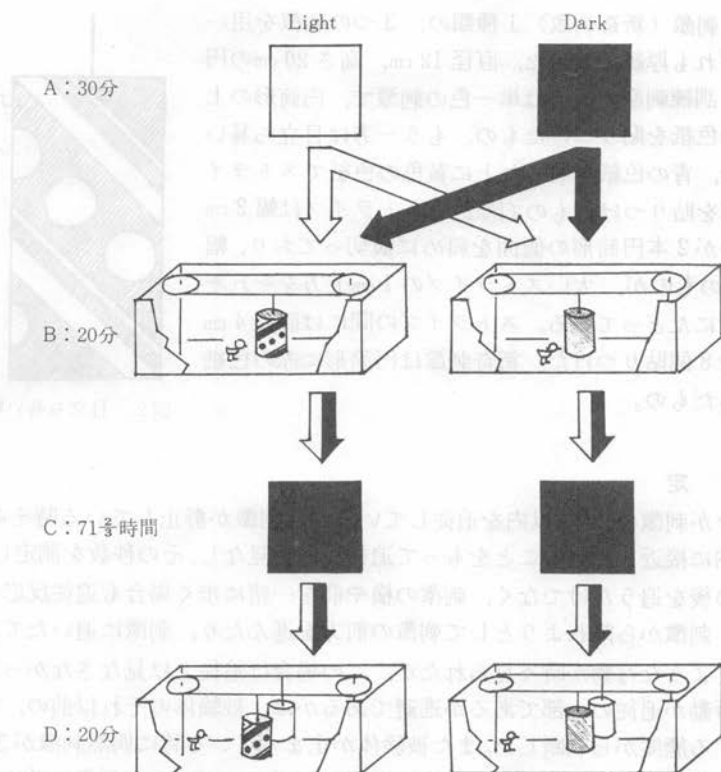


図1 実験の一般的手続き

に塗った。走路の端から 35 cm の位置にシャフトを 1 本ずつ立て、45 cm の高さに直径 25 cm の木製の滑車を取り付けた。滑車の間にはベルトをかけ、刺激を吊すようにした。一方の滑車の上に直径 9 cm の小滑車を取り付け、ベルトで、走路外に設置したモーターと接続した。走路は実験室の床上 25 cm の高さに固定した。走路の床から約 1.2 m 上方に 20 W の蛍光灯を 1 本取り付け、これで実験時の照明を行なった。

順応箱として、内部を走路と同じ灰色に塗った、大きさ 40×38×40 cm の木製の箱を使用した。約 2 m 上方に 20 W の蛍光灯 1 本を取り付け、照明を行なった。

刺 激

training 時に呈示される刺激 (訓練刺激) 2 種類と、test 時に初めて呈示

される刺激（新奇刺激）1種類の，3つの刺激を用いた。どれも厚紙でできた，直径12 cm，高さ20 cmの円筒形。訓練刺激の一方は単一色の刺激で，円筒形の上に青の色紙を貼りつけたもの。もう一方は目立ち易い刺激で，青の色紙を貼った上に黄色の色紙でストライプと円を貼りつけたもの（図2）。ストライプは幅2 cmのものが2本円筒形の側面を斜めに横切っており，幅0.5 cmのものが，太いストライプの1 cm上方をそれぞれ平行にたどっている。ストライプの間には直径4 cmの円を8個貼りつけた。新奇刺激は円筒形に赤の色紙を貼ったもの。

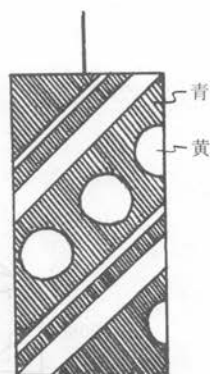


図2 目立ち易い刺激























測定



ヒナが刺激の30 cm以内を追従しているか，刺激が静止している時その30 cm以内に接近していることをもって追従反応と見なし，その秒数を測定した。刺激の後を追うだけでなく，刺激の横や前を一緒に歩く場合も追従反応に含めた。刺激から離れようとして刺激の前方を進んだり，刺激に追いたてられて歩くような行動が時々見られたが，この場合は追従とは見なさなかった。その行動が追従の一部であるか逃避であるかは，被験体のそれ以前の，刺激に対する態度から判断した。また被験体が止まっている時に偶然刺激が30 cm以内で静止した場合は追従には含めなかったが，ヒナがその刺激に改めて接近した場合は追従と見なした。




手続き

光呈示と training 60羽のヒナを10羽ずつ6群に分けた。どのヒナをどの群にするかは前もってランダムに決めておき，孵化順に割当てた。奇形のヒナは割当てから除いた。各群の条件は表1の通り。孵化後16~18時間に training を開始した。光に対する順応を行なうヒナ（AC群，AS群）は個別ケージから順応箱へ移し，照明のスイッチを入れて30分間放置した。それから再びケージに入れ走路まで運び training に入った。順応を行なわないヒナ（NC群，NS群）は training 開始まで個別ケージから出さず，暗闇に置いたままであった。ケージや順応箱，走路からのヒナの出し入れは常に懐中電燈の光で行なったが，その際実験者やヒナを直接照らさないようにした。走路の中央に床上5 cmの高さで刺激を吊した（図1）。ヒナは刺激の進行方向と

表1 各群の実験条件

グループ		training		test	
		順応	刺激		
実験群	AC群				
	AS群				
	NC群				
	NS群				
統制群	CC群				
	CS群				

順応  あり
 なし

刺激  目立ち易い訓練刺激
 単一色の訓練刺激
 新奇刺激

反対側に、刺激に触れるくらい近く置かれた。ヒナを置いた後照明のスイッチを入れ、30秒後に刺激がスタートした。統制群（CC群、CS群）のヒナは順応なしに、刺激を取り去った走路の中央に置き、照明をつけて20分間放置した。

test training 開始から72時間後（孵化後88～90時間）にtestを行なった。走路の中央に2刺激を図1のように吊し、ヒナを両刺激から約50cm離れたところに置いた。照明のスイッチを入れてから2分後に刺激がスタートした。刺激の一方はヒナから遠ざかる方向に動き、もう一方は近づく方向に動いた。どの刺激をどちら側に吊すかはランダムにした。その他の手続きはtrainingと同様である。

結 果

training

全く追従を行なわなかったヒナはおらず、追従秒数の範囲は16～472秒であった。各群の追従秒数の平均とSD、及び追従秒数に1秒を加えて対数変換した値の平均とSDを表2に示した。又変換値の平均は図3にも示した。統計的分析は上記変換値で行なった。分散の同質性の検定のためHartleyの方

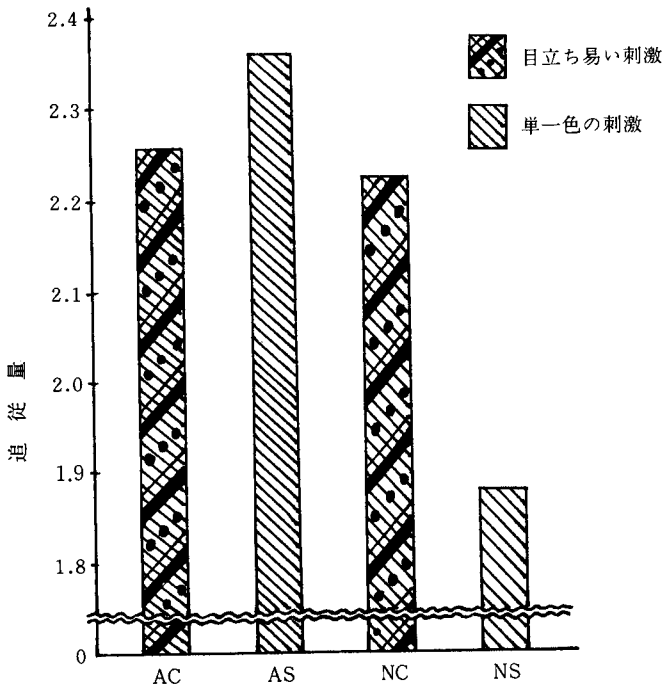


図3 training 時の追従量

法(岩原, 1965)を適用したところ有意差はなかった ($F_{max} = 2.66, df = 9$)。そこで順応の有無と刺激の目立ち易さについての 2×2 の分散分析を行なった。結果は表3の通り。順応の主効果と交互作用が有意になり、刺激の目立ち易さの主効果は有意にならなかった。単純効果の検定の結果2つの有意差が出た。一つは単一色の刺激呈示条件における順応の効果 ($F = 9.306, df = 1, 36, P < .01$) であり、もう一つは順応なしの条件における刺激の目立ち易さの効

表2 training 時の追従量

	平均	SD
AC	2.255 (236)	0.377 (16)
AS	2.356 (275)	0.343 (13)
NC	2.243 (201)	0.246 (11)
NS	1.882 (107)	0.402 (88)

各群の平均追従量と標準偏差を示した
上段は秒数に1秒を加えて対数変換した値

下段()内は秒数

表3 training 時の結果の分散分析表

Source of Variation	SS	df	MS	F
(A) 順 応	0.593	1	0.593	4.901*
(B) 目立ち易さ	0.170	1	0.170	1.405
A×B	0.534	1	0.534	4.413*
Within Cell	4.343	36	0.121	
total	5.640	39		

* $P < .05$

果 ($F = 5.400$, $df = 1, 36$, $P < .05$) である。すなわち、順応なしという条件では目立ち易い刺激は単一色の刺激よりヒナの追従が多かった。又単一色の刺激を呈示するという条件では、順応を行なうことはヒナの追従を増す効果があった。

test

test 時にどの刺激にも全く追従しなかったヒナは AS 群で 1 羽, CC 群で 2 羽, CS 群で 1 羽いた。追従秒数の範囲は訓練刺激については 0 ~ 829 秒, 新奇刺激については 0 ~ 403 秒であった。各群の追従秒数の平均と SD, 及び

表4 test 時の追従量

		訓 練 刺 激		新 奇 刺 激	
		平 均	SD	平 均	SD
実 験 群	AC	2.292 (320)	0.581 (249)	1.261 (44)	0.689 (58)
	AS	1.863 (123)	0.700 (85)	1.198 (26)	0.555 (26)
	NC	1.654 (95)	0.740 (95)	1.320 (65)	0.657 (123)
	NS	1.694 (110)	0.631 (130)	0.970 (27)	0.601 (35)
統 制 群	CC	1.213 (53)	0.850 (79)	0.977 (22)	0.729 (25)
	CS	1.147 (59)	0.906 (97)	0.979 (26)	0.698 (40)

各群の平均追従量と標準偏差

上段は秒数に 1 秒を加えて対数変換した値

下段 () 内は秒数

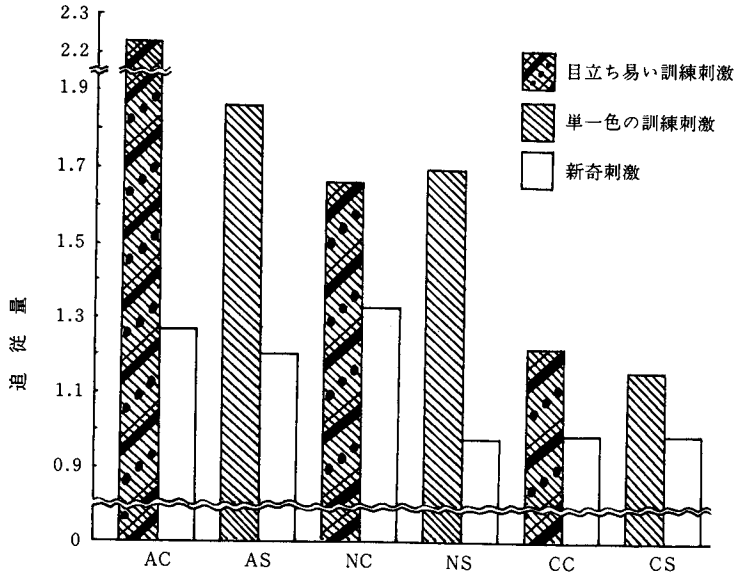


図4 test時の追従量

追従秒数に1秒を加えて対数変換した値の平均とSDを表4に示した。変換値の平均は図4にも示してある。

(訓練刺激への追従量) 上記変換値について分析を行なった。Hartleyの方法で分散の同質性の検定を行なったところ有意にならなかった ($F_{max} = 2.43, df = 9$) ので、順応と刺激の目立ち易さについて 3×2 の分散分析を適用した。ここでは、便宜的に順応という要因名を用いたが、統制群の結果も分析に含めるため、trainingにおいて順応あり、trainingにおいて順応なし、trainingにおいて刺激呈示なし(統制群)の3水準にした。結果は表5

表5 test時の結果の分散分析表

Source of Variation	SS	df	MS	F
(A) 順 応	8.083	2	4.042	7.309**
(B) 目立ち易さ	0.345	1	0.345	
A×B	0.606	2	0.303	
Within Cell	29.854	54	0.553	
total	38.888	59		

** $P < .01$

の通り。順応の主効果のみが有意になった。どの水準間に差があるのかを調べるために Newman-Keuls の方法を適用した。結果は、順応ありと統制群の間のみが有意になり、順応ありと順応なしの差、順応なしと統制群の差は有意にならなかった。

(訓練刺激と新奇刺激の追従量の差) 訓練刺激への追従量と新奇刺激への追従量に差があるかどうかを見た。前述した対数変換値を用い各群に対応のある t 検定を行なった。その結果は AC 群 ($t = 2.646, df = 9, P < .05$), AS 群 ($t = 5.501, df = 9, P < .01$), NC 群 ($t = 2.308, df = 9, P < .05$), NS 群 ($t = 6.728, df = 9, P < .01$) の 4 実験群は共に新奇刺激より訓練刺激の方へ有意に多く追従したといえる。しかし CC 群 ($t = 1.778, df = 9$), CS 群 ($t = 0.752, df = 9$) の 2 統制群には有意な差はなかった。

(訓練刺激への追従率) 各ヒナについて、(訓練刺激への追従秒数) / (訓練刺激への追従秒数 + 新奇刺激への追従秒数) の値を計算した。これはヒナが、test 時に追従に費した秒数のうちのどれだけを訓練刺激に向けていたかを見るためである。この式の値を、訓練刺激への追従率と呼び、又分母をそのヒナの、テスト時の総追従量と呼ぶ。各群の平均値に 100 を乗じてパーセントで表わしたものが表 6 である。どちらの刺激にも追従を示さなかったヒナの追従率は便宜的に 0.5 とした。この値が条件によって差があるかどうかを確かめるため、各ヒナの追従率を逆正弦変換し、 3×2 の分散分析を適用した (但し $F_{max} = 5.94, df = 9, \text{有意差なし}$)。その結果順応の主効果のみが有意になった ($F = 4.708, df = 2, 54, P < .05$)。Newman-Keuls の方法

表 6 訓練刺激への平均追従率

グループ	追従率
AC	86.1(%)
AS	79.7
NC	63.3
NS	84.0
CC	61.8
CS	58.9

訓練刺激への追従秒数 / (訓練刺激への追従秒数 + 新奇刺激への追従秒数) $\times 100$

表 7 ケンドール順位相関係数

グループ	r
AC	0.156
AS	0.539*
NC	0.414
NS	0.721**
CC	0.791**
CS	0.506

* $P < .05$

** $P < .01$

訓練刺激への追従量とテスト刺激への追従量の相関

の適用の結果、順応ありと統制群、順応なしと統制群の間がそれぞれ有意になり、順応ありと順応なしの間には差がなかった。すなわち訓練刺激への追従率は統制群より実験群の方が大きかったが、順応の有無や刺激の目立ち易さによる影響はなかった。

(訓練刺激と新奇刺激の追従量の相関) 訓練刺激と新奇刺激への追従量の相関を見るため各群についてケンドールの順位相関係数を算出した。結果は表7に示した。無相関検定の結果 AS 群, NS 群, CC 群の相関が0より有意に大きかった。すなわち実験群では, test 時に単一色の刺激と新奇刺激を呈示した群で相関が高く, 統制群では目立ち易い刺激と新奇刺激(但し統制群では2刺激とも初呈示である)を呈示した群で相関が高かった。

(総追従量) 次に, test 時の各ヒナの総追従秒数に1秒を加え対数変換し, その値に 3×2 の分散分析を適用した($F_{\max} = 6.58$, $df = 9$, 有意差なし)。結果は順応の主効果のみ有意になった($F = 5.603$, $df = 2, 54$, $P < .01$)。Newman-Keulsの方法を適用した結果順応ありと統制群, 順応なしと統制群の差がそれぞれ有意になり, 順応ありと順応なしの間は有意にならなかった。

training と test の比較

training 時の追従量と, test 時の訓練刺激への追従量について, 対数変換値を用いて対応のある t 検定を行なった。結果は, AC 群 ($t = -0.166$, $df = 9$)、AS 群 ($t = 2.211$, $df = 9$)、NC 群 ($t = 2.477$, $df = 9$, $P < .05$)、NS 群 ($t = 0.784$, $df = 9$) となった。すなわち, NC 群では test 時に追従量が少なかったが, あとの群には有意な変化はなかった。training 時の追従量と, test 時の総追従量についても対数変換値を用いて対応のある t 検定

表8 ケンドール順位相関係数

グループ	r	r
AC	0.00	0.156
AS	0.180	0.200
NC	0.156	0.111
NS	-0.111	-0.033

左の欄にはtraining時の追従量とtest時の訓練刺激への相関を示し、右の欄にはtraining時の追従量とtest時の総追従量との相関を示した。

を行なったが、どの群も有意にはならなかった。

次に training 時の追従量と test 時の追従量の間の相関を見た。各群の、ケンドールの順位相関係数を表 8 に示した。無相関検定の結果 0 より有意に大きいと言える値はなかった。

考 察

training

training の前に光に対する順応を行なうことは、呈示される刺激が単一色の時には追従を増す効果があったが、目立ち易い刺激の時には効果を持たなかった。又刺激が目立ち易いということは、順応がない場合のみ効果があり、順応を行なった場合には効果がなかった。これは刺激の目立ち易さ及び光に対する順応の効果が互いに独立なものではないことを示している。

test

ヒナに 2 つの刺激の選択的追従を行なわせた結果、実験群は新奇刺激よりも訓練刺激を良く追従したが統制群では差がなかった。これは training で呈示された刺激を実験群のヒナが覚えており、より好んだことを示す。しかし訓練刺激に対する追従量や追従率には、順応の有無、刺激の目立ち易さによる効果は見られなかった。training で差のあった条件間にも test では差がなく、この事実は training 時に得られた効果が恒常的なものではなかったことを示している。すなわち training を行なうことはヒナに、その時呈示された刺激に対して愛着を生じさせるが、training の前に光に対する順応を行なうということ及び呈示された刺激が目立ち易いということは、その刺激に対する愛着の程度を強めることにはならなかった。

訓練刺激と新奇刺激への追従量の相関は、実験群では訓練刺激が単一色であった群で高かった。これらの群では、訓練刺激に対して追従の良い(悪い)個体は新奇刺激に対しても追従が良い(悪い)傾向があるといえる。この傾向が単一色の刺激群にのみ見られたのは、新奇刺激が、色は異なるが単一色であったということと関連しているのかもしれない。しかし統制群では反対に目立ち易い刺激と新奇刺激を呈示した群で相関が高かった。この原因は明らかではない。

統制群で訓練刺激への追従量と新奇刺激への追従量に差がなかったのは、2 刺激共 test 時に初めて呈示されたので特定の刺激に対する愛着が形成さ

れていなかったことを示している。又孵化後 88~90 時間のヒナでは、青の目立ち易い刺激と赤の単一色の刺激、青の単一色の刺激と赤の単一色の刺激が同時呈示された場合、それぞれ追従され易さに差はなかった。

training と test の比較

各実験群の training 時と test 時の追従量の間には、1 群を除いて有意な差はなかった。NC 群のみが、test 時の訓練刺激への追従量が training 時の追従量より少なかった。追従量の相関係数はどの群も 0 より有意に大きいとは言えなかった。

他の実験との比較

Polz & Hess (1964) は刺激呈示前に光を呈示することの効果について報告している。彼らは 2 時間の光呈示の後 16 時令のヒヨコに刺激を追従させた。しかし追従した距離は、光を呈示しなかったヒヨコとほとんど変わらなかった。彼らは刺激として直径 20 cm の青いボールを使用している。そこで本実験の単一色の刺激呈示群と比較したが、両実験の結果は一致していない。これは光呈示を行なっている時間が異なっていることや、彼らの使用した刺激には音がでたことなどが影響していると思われる。Bateson (1972) は 30 分の光呈示の後孵化後 12~24 時間のヒヨコに training を行ない、更に 50~70 分後に choice test を行なった。その結果 training でも test でも光呈示群は暗闇群よりも、training で呈示された方の刺激をより好んだ。本実験の training の結果は彼の結果と部分的に一致している。test の結果が一致しないのは、training と test のインターバルが両実験で異なっていることが 1 つの原因だと思われる。

刺激の目立ち易さについては Bateson (1964) が報告している。彼は choice test で、暗闇飼育された 8~18 時令のヒヨコが、目立ちにくい刺激より目立ち易い刺激をより好むことを見出した。これは本実験の、暗闇飼育された条件群の training の結果と一致している。しかし Bateson の用いた刺激は、目立ちにくい刺激が灰色、目立ち易い刺激は白の背景に赤のラインを入れたものである。本実験では両刺激共有彩色であり、更に動く刺激に対する追従量を測定している。それで、Bateson の実験結果と単純に比較することはあまり適切ではないかもしれない。Berryman, Fullerton and Sluckin (1971) は刺激の複雑さと色の好みについての choice test を行なっている。彼らが使用した刺激は、単純刺激として赤の単一色、複雑刺激として灰色

を背景に黒と白のラインを入れたもの、赤を背景に黒と白のラインを入れたもの、赤を背景に黄色のラインを入れたものである。結果は2日令のヒヨコでは、選択刺激の一方だけに赤がある場合は赤を好むが、赤の入った3刺激の間には選択され易さに差はなく、却って単純赤がわずかに選択され易かった。彼らはヒナを光の下で飼育している。本実験では刺激は青を背景にしており、又測定条件も異なっているが、光に対する順応を行なった条件群の training 時の結果と比較してみた。光を呈示されたヒナでは有彩色の刺激への好みはストライプ等の有無によって差がないという点では両実験の結果は一致していると言えるかもしれない。

測度について

本実験では training 時の追従量と test 時の追従量の間には高い相関がなかった。この理由として、test では2刺激が呈示されたため刺激状況が training と異なった、又 training で安定した imprinting が生じていなかったなどの可能性が考えられる。

しかし藤田(1968)は、一般に imprinting と言われている現象が2段階に分かれており、imprinting が形成される段階(臨界期の段階)と、それが追従反応という形で遂行水準において表出され持続される段階(臨界期後の段階)とでは働いている機構が違うのではないかと述べている。又 Hess は強い追従ですらも imprinting の生起を保証しないことを見出したと言われる(前川, 1968)。Baer and Gray (1960) は、動かない刺激について視覚経験だけを与えられたヒヨコが後の choice test でこの刺激をより好むことを見出し、刺激に触れたり追従したりしなくても imprinting が可能であると報告している。これらの事実から、training と test の相関の低さは、追従秒数という測度が imprinting の測度として必ずしも最良のものでないことを示しているのかもしれない。

参 考 文 献

- Baer, D.M. and Gray, P.H. 1960 Imprinting to a different species without overt following. *Perceptual and Motor Skills*, 10, 171-174.
- Bateson, P.P.G. 1964 Relation between conspicuousness of stimuli and their effectiveness in the imprinting situation. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 58, 407-411.
- Bateson, P.P.G. and Wainwright, A.A.P. 1972 The effects of prior exposure to light

on the imprinting process in domestic chicks. *Behaviour*, 42, 279—290.

Berryman, J.C., Fullerton, C. and Sluckin, W. 1971 Complexity and colour preferences in chicks of different ages. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 23, 255—260.

藤田 統 1968 生体が受容する刺激の意味について(その2)—刻印づけの研究を中心として— 東京大学教育学部紀要, 14, 53—67.

岩原信九郎 1965 教育と心理のための推計学(新訂版) 日本文化科学社.

木村敦子 1976 プロイラーの imprinting における刺激の速度と運動パタンの影響 金沢大学法文学部論集 哲学篇 第24巻, 1—12.

前川純考 1968 Imprinting の諸問題 待兼山論叢 2, 11—29.

Polt, J.M. and Hess, E.H. Following and Imprinting: Effects of light and social experience. *Science*, 143, 1185—1187.

スラッキン 園田富雄(訳) 1977 刻印づけと初期学習 川島書店