野外における野生のハトのオペラント条件づけ¹

立命館大学 藤 健一²

Field experiments on operant conditioning of wild pigeons (*Columba livia*)

KEN'ICHI FUJI

Ritsumeikan University

Abstract Key pecking responses were shaped for wild pigeons (*Columba livia*) with a Skinner box in a natural outdoor setting. Beginning with FR 1, the ratios were gradually increased to FR 40. Commercial mixed grain was used as the reinforcer. The pigeons were individually identified by sight and photograph. The experiment included 89 sessions in 84 days from March through July. As a result, a total of 628 pigeons flew to the Skinner box, and 29 individuals could be identified. Two pigeons were trained to peck a key using the successive approximation method. Among the pigeons in which the key pecking responses were shaped, one bird flew to the Skinner box in a pair. Of the two birds in that pair, one always pecked the key and the other always consumed the food. The cumulative records for the key pecking responses by this pair were nearly the same as with single birds. Among the pigeons that were not subject to the training, seven birds spontaneously began key pecking. In two of these birds the key pecking was maintained.

Key words : wild pigeons, operant conditioning, fixed ratio reinforcement schedules.

ハトのオペラント学習の研究において1個体を用いた場合は、種々の環境変数を実験統制下に置いて、その個体の行動と変数との機能的関係を同定する。この様式の場面を用いた研究によって多くの実験結果が蓄積され、その個体の行動を統制する諸変数が明らかになった。しかし、1個体場面における環境変数の解明に重点が置かれていたため、複数個体の実験場面や自然場面、例えば、Morgan, Fitch, Holman, & Lea (1976) や、樋口 (1992) のN型(自然場面型)実験の方法で、これらが検討されること

は少なかった。例えば、ハトの実験室的1個体実験場面で得られた変数の効果の一般性を検討するとき、いくつかの考慮を要する点がある。標準的スキナー箱を用いる実験条件は、オペラント反応を自発する場としての環境に空間的制約を加えており、群あるいはつがいで生活するハトの社会的行動の機会を制約している。

そこで本研究では、ハトの空間的制約と社会的制約の比較的緩いと考えられる野外実験場面を設定して、探索的野外実験を行ない自然場面における1個体の行動に及ぼす強化スケジュールの効果の再現を試みた。また、野外場面において新たな行動を獲得した個体と未獲得の個体との間に生起する、促進や模倣、抑制などの行動上の相互作用について、あわせて分析を試みた。

1 この研究は、立命館大学の1991年度個別研究助成を受けた。実験の実施にあたっては、大久保修さんをはじめとする立命館大学文学部心理学研究室動物実験室の大学院および学部学生(当時)の皆さんの協力をいただきました。また、本稿の匿名の2名の審査者の方々には、多くの有益なご指摘をいただきました。記して感謝の意を表します。なお、この実験の結果の一部については、日本動物心理学会第53回大会(1993年7月:青山学院大学)において報告した。

2 連絡先 e-mail: fuji@lt.ritsumeikan.ac.jp
〒603-8577 京都市北区等持院北町56-1
立命館大学文学部心理学研究室

方 法

被験体

実験の対象としたハトは、実験室棟の屋上に1個体あるいは数羽の群で飛来する野生のハト(*Columba livia*)であった。これらのハトの大部分は、登録足環のない野生のデンショバトであったが、稀に足環のあるデンショバトが飛来することもあった。目視追跡観察によれば、これらのハトは大学の敷地からおよそ800mほど離れた神社の森をすみかとして、午前中に大学の構内に飛来して夕方に退去しているらしいことと、大学構内の食べ物ぐずをついばんだり、人から食べ物を与えられたりしていることが判明した。飛来個体の性別は不明であった。体重は、飛来するハトの中から平均的な大きさと思われる1羽についてのみ測定したところ、350gであった。

装置

自作の野外型ハト用スキナー箱 (Figure 1) を用いた。44cm×43cm×12cmの木製の台座の一端に、44cm×20cm×34cmの木製の箱を取り付けた構造であった。この箱の前面にはアルミパネルが張られており、その中央には台座面から高さ21.5cmのところに反応キーが1つ (直径30mmで、作動に要する力は0.98N) が取り付けられていた。また、台座面から高さ5cmのところにハトが餌をついばむために頭部を入れるための開口部 (6cm×5cm) があった。反応キーは半透明の白色アクリル板で、背後から豆電球 (DC+24V, 0.11A) を光源とした照明がなされた。餌の提示期 (約3秒間) と ITI (約5秒間) を除いて、実験中は常時点灯した。フィーダの給餌孔は15mm×20mmであり、

Figure 1. The apparatus and a pigeon Kurohai pecking in the field.

同時に複数のハトが餌をフィーダからついでむことはできなかった。フィーダの作動には作動音が伴ったが、フィーダの開口部に照明はなかった。キーつき反応の測定や餌の提示、強化スケジュールの統制は、屋上の実験場所に隣接した動物実験室に設置したパーソナルコンピュータ (MSX2+ Turbo パナソニック製) で行なった。キーつき反応の記録には、累積記録器 (C-3 Gerbrands 製) を用いた。実験に用いた餌は、市販のハト用混合飼料であった。

手続

実験場所 4階建ての建物の屋上にある動物実験室から直接観察可能な屋上の一面を使用した。動物実験室の窓から約3mの距離に、スキナー箱を実験セッションのたびごとに設置して、実験セッションの終了とともに撤去した。

実験の時間帯 実験は、降雨のない日に1日1セッション行なった。実験は、毎回ほぼ昼前後の時刻に開始したが、天候や実験者の都合で開始時刻が変動することがあった。また、その日のハトの群の飛来によって、数セッション行なうこともあった。

個体識別 飛来するハトを個体識別するために、目視と個体を撮影した写真を利用して、個体識別図を作成した。個体識別図には、個体の体形、大きさ、翼の模様などを記入して、識別の手がかりとした。

反応の形成 飛来するハトの中から同定できた2羽の個体を選定して、反応形成の対象とした。対象とした個体が、確実にフィーダの開口部に嘴を入れて餌を摂取するようになったことを確かめた後、漸次接近法によるキーつき反応の形成を行なった。

強化スケジュール キーつき反応を形成したハトに対して、定率強化スケジュール (FR スケジュール) を導入した。累積反応記録を目視分析しながら、徐々に FR 1 から FR40 まで増大させた。

行動の記録 実験中の個体及びその群の特徴的な行動については、随時 VTR あるいは筆記記録を行なった。

結 果

実験期間とハトの飛来数 実験期間は、84日間 (1992年3月31日から1992年7月23日) に行われた計89セッションであった。実験期間中の延べ実験時間は、8550分間であり、セッション時間の中央値は69.5分間であった。この期間に1回以上飛来して同定された個体は、29個体であった。実験開始から30セッションめまでにおいて同定できなかったハトは、セッションあたり1羽から4羽であったが、これらのハトの多くは単発的に飛来したハトであった。1セッション

ンあたりのハトの飛来数は、1羽から19羽の範囲であり、中央値は7羽であった。1セッションあたりの飛来数の中央値は、実験開始から30セッションまでは4.5羽であったが、30セッションから最終セッションまでは、8羽と増加した。セッション全体を通じて飛来したハトの延べ羽数は、628羽であった。

実験者によるキーつつき反応の形成 実験開始当初から飛来しており、確実な個体識別が可能であったハトのうちの2羽（識別名“あしわ”と“灰まだら”以下、同様に記述）を選定した。この2羽に対して、FR 1から始まるキーつつき反応の形成を行なった。“あしわ”についてのキーつつき反応の形成は、以下の過程をたどった。“あしわ”はもう1羽のハト（“あしわの灰”）とつがい飛来しており、飛来第4日（実験第5セッション）においてフィードから

餌を摂食するようになった。飛来第5日（実験第6セッション）からキーつつき反応の形成訓練を開始したが、他の個体の妨害により“あしわ”の反応形成がほとんど進行しないまま、60分間で終了した。飛来第6日（実験第7セッション）において反応形成訓練（20分間100強化）を行い、“あしわ”に反応キー周辺のアルミ板をつつく反応を形成することができた。飛来第7日（実験第8セッション）の開始後30分経過した143強化めにおいて、初めて“あしわ”のキーつつき反応が自発した。以後は、その反応を維持することができた。

“灰まだら”のキーつつき反応の形成は、以下の過程をたどった。“灰まだら”はつがいは構成せず1羽で飛来し、反応形成訓練を開始するまでに2回しか飛来していなかった。キーつつき反応形成訓練は、飛来第3日（実験第19セッション）から開始した。このセッションでは、他のハトの飛来と他の個体による“灰まだら”への干渉が生じたが、合計67分間114強化の訓練を行なった。飛来第4日（実験第20セッション）では16分間75強化の訓練を行い、飛来第5日（実験第22セッション）にキーつつき反応を自発して、以後その反応を維持した。Figure 2に、“あしわ”と“灰まだら”の自発反応の累積記録を示した。

実験者の反応形成によらないキーつつき反応の自発 直接実験者によってキーつつき反応の形成訓練を受けなかったハトの中で、7個体³がキーつつき反応を自発した。これらのうち、キーつつき反応を維持した個体は、2個体（“茶まだら”と“灰茶”）であった。他の個体は、1回ないし2回のセッションにおいてのみ自発反応が観察された。反応を維持した“茶まだら”は、“茶まだら”の自発反応の観察されたセッションに先立つ4回のセッションのうち、全セッションにおいて他の個体（“灰まだら”、“灰茶”もしくは“あしわ”）のキーつつき反応と強化の場面に、いあわせていた。“灰茶”は、“灰茶”の自発反応が観察されたセッションに先立つ5回のセッション中の4回のセッションにおいて、他の個体（“あしわ”、“灰まだら”）の自発するキーつつき反応と強化の場面に、いあわせていた。“茶まだら”と“灰茶”との2個体については、累積記録の視察などに基づいてFR値を徐々に増大させていった結果、それぞれの値の下で反応は安定した。Figure 3に、“茶まだら”と“灰茶”のそれぞれの累積反応記録を示した。

Figure 2. Representative cumulative records for birds Ashiwa and Haimadara at fixed ratio values of 1, 3, 5, 10, 20, 30 and 40. Key-pecking responses of the birds were acquired through shaping by the experimenter. Oblique pips indicate reinforcements. Numbers under each record refer to the training session number.

3 実験者の反応形成によらないキーつつき反応を自発した7個体は、次のとおりであった。括弧内に、キーつつき反応を自発するまでに飛来した日数を示した。“灰茶小”（2），“黒大”（3），“灰茶もどき”（4），“茶まだら”（5），“黄あしわ”（5），“灰茶”（6），“あしわの灰”（39）。

つがいの解消 実験者によってキーつつき反応が形成された“あしわ”は、実験当初から“あしわの灰”とつがいを組み飛来していた。“あしわ”の反応形成の後、“あしわ”がキーをつつき“あしわの灰”が提示された餌を摂食するという行動が観察された。同一の強化スケジュールにおいて、反応する個体と提示される強化子を摂取する個体とが別々のままで、“あしわ”のキーつつき反応は、反応自発開始後の19セッションは維持された。しかしながら、この2個体は、反応自発開始後の13セッションめと14セッションめとに2個体の間で争いが観察され、同じく21セッションめにおいては、つがいで飛来した“あしわ”と“あしわの灰”のうち、“あしわ”がキーをつつき強化子も摂取する行動が観察された。26セ

ッションめには、この2個体間において激しい争いが発生し、“あしわ”と“あしわの灰”とのつがいの関係はなくなった。その後、“あしわ”は27セッションめからは別の個体（“黒”）とつがいで飛来するようになり、一方“あしわの灰”は、つがいを解消して33セッション経過した後に、再び別の個体（“太まだら”）とつがいで飛来するのが観察された。

考 察

今回の探索的野外実験の結果は、以下のようにまとめられる。

野外場面における野生のハトを対象として、漸次接近法によるキーつつき反応の形成を行なったところ、2羽の個体において形成することができた。また、これらの反応は、強化スケジュールによる統制を受けていることを示した。今回の実験で対象としたハトは、大学の構内で人に馴れていたと推測されることと、恒常的には十分な餌を摂取していないと思われる状態にあったことが、反応形成を容易にしたものと推測される。今回の野外実験は春から夏にかけて行われたため、野外でのハトの採餌は冬期に比べれば容易であった可能性はあるが、この実験の対象となったハトとその群が、他所にも十分な採餌を行なう場所があり、同時に今回の実験場面においてキーつつき反応に基づいた摂食行動を起こしていたのであれば、contrafreeloading⁴の可能性も考えられる（Bean, Mason, & Bateson, 1999; Davis, Beighley, Libretto, & Mollenhour, 1975; Inglis, Forkman, & Lazarus, 1997; Lentz & Cohen, 1980; Rutter & Nevin, 1990）。

今回実験の対象となった野生のハトの食物環境を推定するひとつの方法として、弾力性係数を用いて推察を試みた。行動研究における弾力性係数については、例えば、Lea (1978) や Hursh (1980) を参照されたい。強化スケジュールで用いたそれぞれのFR値と、そのFR値における1分間あたりの平均強化回数とに基づいて、4羽の個体の弾力性係数を算出した。Figure 4に示したように、4羽ともFR20を境として直線の勾配が屈折しているように表された。便宜的にFR1からFR20までと、FR20以上とに分けて4羽ごとに算出した。その結果、4羽ともFR20までは非弾力的であり（“あしわ”-0.32, “灰まだら”-0.46, “灰茶”-0.31, “茶まだら”-0.31）、FR20以上では弾力的であることを示した（“あしわ”-2.42,

Figure 3. Representative cumulative records for birds Haicha and Chamadara at fixed ratio values of 1, 3, 5, 10, 15, 20, 30 and 40. The birds were not given any training to peck the key by the experimenter. Oblique pips indicate reinforcements. Numbers under each record refer to the training session number.

4 “反ただ食い”行動。反応コストのかからない自由に摂食できる餌場が同時にあるにもかかわらず、反応コストのかかる餌場での摂食反応を生起させること。

Figure 4. Demand curves from four birds under fixed ratio conditions.

“灰まだら”-1.24, “灰茶”-1.32, “茶まだら”-1.04)。ただし、今回の実験ではFR値の変化に上昇系列のみを用いた点に十分留意する必要があるが、今回示されたFR20までの非弾力的傾向は、封鎖経済型実験環境でのハトのFRスケジュールを用いた実験室実験(坂上, 1989; 坂上, 1991)で得られた弾力性係数⁵と比較しても、ほぼ同じか、やや非弾力的傾向にあることを示している。

Poling, Nickel, & Alling (1990) は、野生のハトを捕獲した後に、長期間にわたって十分の餌を与えて体重の変化を調べたところ、およそ9%から30%の体重の増加が観察された。今回の実験において弾力性係数が非弾力的傾向を示したことから、Poling et al. (1990)の結果とを考え合わせると、今回測定した4羽の個体の野外での摂食の機会、この野外実験での摂食機会以外には少なく、ほぼ封鎖経済型実験環境に近かったのではないかと推測される。ただし、デンショバトの食性(Goodwin, 1960; 佐藤, 1963; 木村・高野, 1986)にも関係すると考えられるので、野生の他の種類のハトについて一般化することについては、保留すべきであろう。

実験者による反応形成訓練を受けなかった個体で、キーつき反応の生じた個体は、いずれもつがいを形成していないハトであった。Neuringer (1969)は、スキナー箱内の単個体のハトが自由摂食の可能な餌とともにハトの反応によって餌が提示される環

境下において、反応形成によらない反応の自発形成が生ずることを示した。今回、つがいを構成している片方の個体がキーつき反応を自発しても、残りの片方の個体がキーつき反応を自発することは1度も観察されなかった。キーつき反応を形成した個体(“あしわ”)とつがいを作った個体(“あしわの灰”)がキーつき反応を自発したのは、“あしわ”とのつがいの関係が崩壊してから8セッションめであり、このことは、Giraldeau & Lefebvre (1986)の実験結果とも一致した。また、ハトにおいては集団場面の社会的採餌が、餌を強化子とした個体の社会的学習を抑制することが知られている(Lefebvre & Helder, 1997)。今回の実験で、反応形成訓練を受けることなく自発反応を示した個体数が7個体と少数であったことは、この社会的抑制がはたらいていた可能性が考えられる。

つがいの片方の個体が反応を行ない、その結果提示された強化子をつがいのもう片方の個体が専ら摂取する行動が、観察された。Figure 2のFR1の累積記録に示したように、つがいを形成して反応した“あしわ”の累積記録には、ほとんど強化後休止もなく、あたかも1個体の累積記録のようである。通常、反応に後続する強化子の提示を停止すると反応の消去が起こるが、今回のつがいではキーつき反応を行なう個体の反応は消去されずに維持された。反応個体が強化子としての餌を摂取する機会が非常に低いという点では、利他的行動とは異なる。また、共有する反応強化場面における複数の個体の社会的関係が、反応の実行と強化の大部分を占める優位個体と、少数の反応と強化とを獲得する従属個体とに分かれることが知られているが(Baldwin & Meese, 1979)、今回の実験ではつがいの中の反応個体がセッション内で1回も強化子の餌を摂取せずに反応し続けた点と、つがいの中の摂食個体が自発反応を1回も示さなかった点において、異なるものと考えられる。つがいの反応個体が反応を維持できた理由としては、つがいの相手の個体が摂食する事態そのものが反応個体にとって強化子としてはたらいているか、つがいの摂食個体による反応個体への攻撃行動の回避によって維持されている負の強化スケジュールがはたらいている、などが考えられる。本実験において、反応個体の反応が継続している間には、摂食個体による反応個体への攻撃行動は、実験中は1度も観察されなかった。

要 約

野外の自然場面における野生のハトを対象として、オペラント条件づけを試みた。1つの反応キーと1

5 セッション時間が1時間30分の場合、3羽のハトの弾力性係数は、-0.474, -0.557, -0.590であった。

つの強化子提示用のフィーダとを備えた野外用スキナー箱を使用した。飛来する野生のハトを対象として、漸次接近法によるキーつつき反応の形成を試みた。さらにキーつつき反応を獲得した個体と未獲得の個体との行動上の相互作用について、検討した。FR サイズが1から40までの定率強化スケジュールを用いた。強化子には、市販のハト用混合飼料を用いた。飛来する野生のハトの個体識別を、目視や写真を利用して行なった。実験期間は、3月から7月にかけての84日間89セッションであった。実験の結果、この期間中のハトの延べ飛来数は628羽、同定できた個体数は29羽であった。実験者によって2羽の個体が選定され、その個体に対して漸次接近法によるキーつつき反応の形成を行なった。その結果、1羽は反応形成訓練開始から4セッションめにおいて、もう1羽は3セッションめにおいてキーつつき反応を自発するようになった。漸次接近法による反応形成訓練を受けていない個体の中で、7個体がキーつつき反応を自発させた。このうちの2羽が、キーつつき反応を維持した。キーつつき反応を形成したハトに対して、定率強化スケジュールのFR値を徐々に40まで増大させたところ、それぞれのFR値の下で安定した反応を示した。キーつつき反応を維持した個体のうち、1羽はつがいで飛来していた。そのつがいの2羽のうち、1羽は常にキーつつきを行い、もう1羽が常に強化子を摂食した。このつがいによるキーつつき反応の累積反応記録は、1個体の場合とほとんど違いが見いだされなかった。

引用文献

- Bean, D., Mason, G. J., & Bateson, M. 1999 Contrafreeloading in starlings: Testing the information hypothesis. *Behaviour*, **136**, 1267-1282.
- Baldwin, B. A., & Meese, G. B. 1979 Social behaviour in pigs studied by means of operant conditioning. *Animal Behaviour*, **27**, 947-957.
- Davis, S. F., Beighley, B., Libretto, J. S., & Mollenhour, M. N. 1975 Contrafreeloading as a function of early environmental rearing conditions. *Bulletin of the Psychonomic Society*, **6**, 595-597.
- Giraldeau, L. - A., & Lefebvre, L. 1986 Exchangeable producer and scrounger roles in a captive flock of feral pigeons: a case for the skill pool effect. *Animal Behaviour*, **34**, 797-803.
- Goodwin, D. 1960 Comparative ecology of pigeons in inner London. *British Birds*, **53**, 201-212.
- 樋口義治 1992 ニホンザルの文化的行動 川島書店
- Hursh, S. R. 1980 Economic concepts for the analysis of behavior. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **34**, 219-238.
- Inglis, I. R., Forkman, B., & Lazarus, J. 1997 Free food or earned food? A review and fuzzy model of contrafreeloading. *Animal Behaviour*, **53**, 1171-1191.
- 木村直人・高野裕美子 1986 ハトの食物選好 動物心理学年報, **36**, 23-30.
- Lea, S. E. G. 1978 The Psychology and Economics of Demand. *Psychological Bulletin*, **85**, 441-466.
- Lefebvre, L., & Helder, R. 1997 Scrounger numbers and the inhibition of social learning in pigeons. *Behavioural Processes*, **40**, 201-207.
- Lentz, B. E., & Cohen, S. L. 1980 The effect of prior training on the contrafreeloading phenomenon. *Bulletin of the Psychonomic Society*, **15**, 48-50.
- Morgan, M. J., Fitch, M. D., Holman, J. G., & Lea, S. E. G. 1976 Pigeons learn the concept of an 'A'. *Perception*, **5**, 57-66.
- Neuringer, A. J. 1969 Animals respond for food in the presence of free food. *Science*, **166**, 399-401.
- Poling, A., Nickel, M., & Alling, K. 1990 Free birds aren't fat: Weight gain in captured wild pigeons maintained under laboratory conditions. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **53**, 423-424.
- Rutter, S., & Nevin, J. A. 1990 Long-term contrafreeloading in rats during continuous sessions. *Bulletin of the Psychonomic Society*, **28**, 556-558.
- 坂上貴之 1989 行動経済学と24時間終日連続実験—強化スケジュールと選択行動に及ぼす所得の効果を中心に— 文部省科学研究費補助金・研究成果報告書(代表 杉本助男) 4-38.
- 坂上貴之 1991 行動経済学からみた摂食行動 日本モンキーセンター年報 平成3年度第36回ブリマーテス研究会記録, 100-109.
- 佐藤方哉 1963 デンショバトの嗜好とオペラント行動—予備報告— 動物心理学年報, **13**, 95-100. (2001.10.29 受稿, 2002.2.28 受理)