

スunksの学習能力の検討 (1)

——位置弁別課題の連続逆転学習について——⁽¹⁾⁽²⁾

石井 澄・辻 敬一郎

問 題

行動実験に用いられる動物のほとんどが齧歯目、とくにラットであることの問題については以前から指摘されている (たとえば, Beach, 1950)。筆者らは、食虫目で実験動物化に成功した唯一の種スunksについて、いつかの行動観測を行ってきた (辻・成瀬, 1984)。とりわけ、この動物が発達過程の初期に示す特異な行動パターン、キャラバン行動の形成過程について、分析を進めてきた (Tsuji and Ishikawa, 1981 ; Tsuji, Matsuo, and Ishikawa, 1986など)。また、活動の日内リズムやオープンフィールド行動などの、いわゆる自発的な行動についても、いくつかの検討を行った (松尾・辻・石井ら, 1986)。

しかし、この動物の学習能力については、現在に至るまで全く研究が行われていない。それには、スunksの実験動物としての歴史が浅く、その行動レパトリーや感覚能力など、学習成績に影響する可能性のある要因についての知識が乏しいことが、一つの理由として挙げられる。だが、学習行動の系統発生的な視点からは、スunksのような動物種の学習能力について、他の種との比較が可能な形で検討することは、大きな重要性をもつと考えられる。

そこで本研究では、スunksの学習能力を究明するための第一段階として、この動物が、いわゆる「学習セット」(Harlow, 1949)を形成することができるか否かについて検討することとした。ある動物が学習セットの形成を学習する速度は、感覚能力や反応レパトリーなどにおいて異なる、いくつかの種の学習能力を相対的に比較する場合の測度として、頻繁に用いられてきた。その具体的な方法として最も一般的に行われる手続きは、動物に多くの異なった弁別課題を継時的に与え、課題の移行数の増加に伴う誤反応数の減少の程度を測定するというものである (たとえば, Bitterman, 1975)。しかし前述のように、スunksについてはその感覚能力などについて不明の点が多く、したがって弁別課題として用いられる多くの刺激の全部を、感覚あるいは知覚レベルでの識別が確実に可能であることが確かめられたものによって揃えることは、現時点では至難であると言わざるを得ない。

そこで本研究では、スunksが学習セットを形成し得るか否かを、別の方法で検討することにした。すなわち最初に位置 (左右) の弁別訓練を動物に行わせ、動物がその弁別を習得した後

に、正刺激（右あるいは左）を一定試行毎に繰り返し逆転させる、いわゆる連続逆転学習を課題として与え、逆転回数の増加に伴う学習成績の向上が認められるか否かをもって、学習セットの形成を判断することとした。このような手続きによる学習能力の種間比較は、過去にもいくつかの例がある（たとえば、Bitterman, 1965）が、上述のように感覚能力など不明の点が多い種については、この方法がより望ましい手続きである、と考えられる。

実験

方法

被験体 スンクスの雄10匹、実験開始時の60日乃至180日齢の個体を用いた。これらの個体は実験期間中30cm×19cm×13cmの亚克力樹脂製ケージ（天井面のみステンレス製）で個別に飼育された。

装置 Fig. 1. に示すような、Y字型の走路を用いた。この走路は樹脂板製で、床面と壁面は不透明な灰色、天井は透明であった。装置の中央部と透明なギロチンドアで仕切られた3本の分枝の各々には、その終端部に餌皿（直径4cm）が置かれていた。

手続き 各被験体に対して、実験開始の3日前より、1日に8時間の給餌制限を行った。すなわち、毎日午前9時より午後5時までの間は餌を与えなかった。この給餌制限は、実験の終了時まで続けられ、また実験は毎日午後5時から開始された。実験は以下の順序で進められた。

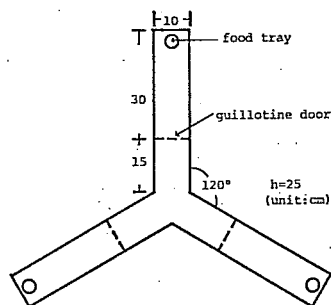


Fig. 1. Floor plan of apparatus.

1. 装置への馴化：被験体を装置に慣れさせるために、1日あたり30～60分間、装置内に被験体を個別に入れ、ギロチンドアを上げた状態で自由に探索させた。各餌皿には、強化子であるミールワーム（小鳥の生餌として市販されている昆虫の幼体）を2、3匹置いた。この馴化の手続きは、被験体がすべてのミールワームを摂取するようになるまで行ったが、それには3～7日間を要した。

2. 走行訓練：馴化が終了した翌日と翌々日の2日間にわたり、各被験体に対して、1本の分枝をスタートボックス（以下S・Bとする）とし、残りの2本をゴールボックス（以下G・Bとする）として、S・BからG・Bへの走行を訓練した。訓練の第1試行では、3本の分枝の中からランダムに選んだ1本をS・Bとして訓練を開始した。そして、左右どちらのG・Bへの走行に対しても強化を与えた。第2試行以降は、直前の試行で被験体が進入した分枝をS・Bとして訓練を行った。試行間隔（ITI）は30秒とした。試行数は第1日が20試行、第2日が10試行で

あった。

3. 弁別訓練：走行訓練の第2日の10試行に続いて、各被験体を位置（左右）の弁別訓練に移行させた。この日の走行訓練で被験体が走行した回数少ない側（左あるいは右）を正刺激とした。訓練の第1試行では、選択した1本の肢をS・Bとし、残りの2本をG・Bとして試行を開始し、被験体が左右いずれかのG・Bへ進入した時点でギロチンドアを閉めた。被験体が正刺激側のG・Bへ進入した場合には、そこで強化を与え、次の試行までのITIを30秒とした。他方、負刺激側のG・Bへの進入に対しては強化を与えず、また次の試行までのITIを60秒に延長した。第2試行以降は、直前の試行で被験体が進入した肢をS・Bとし、そこから見て正しい側のG・Bを正刺激として訓練を行った。したがってこの弁別事態は、空間内の特定の位置を弁別するのではなく、被験体が各試行において、自身の置かれている場所から見た方向を弁別することを要求された事態であるといえる。訓練試行数は第1日のみ10試行、第2日以降は20試行とし、弁別習得の基準（10試行を1ブロックとし、ブロック内で9試行以上の正反応が出現すること）が達成されるまで行われた。

4. 保持テスト I（再学習）：弁別訓練で習得基準に達した被験体について、5日間の間隔を置いた後、弁別行動を維持しているか否かを確認するために、再び同一の手続きによる弁別訓練を20試行与えた。

5. 保持テスト II（再々学習）：より長期間の保持能力を見るために、保持テスト I と同一の弁別訓練を、テスト I 終了後20日の間隔を置いて、再度実施した。

6. 連続逆転訓練：前述の保持テスト II の後半10試行において、90%以上の正反応率を示した個体については、その翌日から、また保持テストでの正反応率が90%に満たなかった個体については、一日20試行の再学習訓練を行い、90%の基準を達成した翌日から、正刺激の位置を繰り返し逆転する、連続逆転訓練を行った。この期間においては、最初にテストにおける正刺激と逆の

Table 1. Schedule of experiment.

1. habituation : 3-7 days, 30-60 minutes per day
2. training : 20 trials per day
day 1 : training of running to goal boxes
day 2 : training of running to goal boxes (10 trials)
discrimination training (10 trials)
day 3 and subsequent days : discrimination training
till meet the criterion (90% correct responses)
(5 days interval)
3. retention test 1 : 20 trials with reinforcement
(20 days interval)
4. retention test 2 : 20 trials with reinforcement
5. re-learning and 10 successive reversals : 40 trials
(2 days) per problem

側を新たな正刺激として訓練を開始し、40試行の後に再度正刺激の位置を入れ換え、以降は40試行（2日間）毎に正刺激の位置を逆転させて、計400試行（20日間）の訓練をおこなった。したがって、逆転回数は全部で10回（左右各5回）であった。

行動指標としては、弁別訓練期から連続逆転訓練期までを通じて、反応の正誤および走行時間（被験体がS・Bを出てからG・Bに入るまでの時間）を測定した。

なお、これらの実験のスケジュールの概略を Table. 1. に示した。

結果

10匹の被験体中4匹は走行を学習しなかったり、あるいは弁別訓練に移行すると走行を拒否するようになったため、途中で訓練を打ち切った。

弁別訓練期およびその後の2回の保持テストにおける正反応率と走行時間の変化を、6匹の平均値として、それぞれ Fig. 2. および Fig. 3. に示した。なお、正反応率のグラフには参考のために、ラットの明暗の弁別における学習曲線 (Sutherland and Mackintosh, 1971からの引用) を併せて載せた。まず正反応率についてみると、学習基準を達成する2日ほど前までは、ほぼ偶然的な期待値である50%程度のレベルで推移するが、それから急に上昇して、習得基準に達している。このような変化の仕方は、ラットにおける学習曲線とよく類似していることが、両者のグラフの形状を比較することにより読み取れる。それに対して走行時間は、試行の経過とともに徐々に減少する傾向を示しており、正反応率に比べてより連続的な変化を見せている。

また、2回の保持テストでは、正反応率は後半10試行でほぼ習得基準に達しており、また走行時間もかなり速い。これらの事実から、スunksにおける位置の弁別行動は、訓練の終了から30日近くを経過した時点においても、十分に保持されていると思われる。

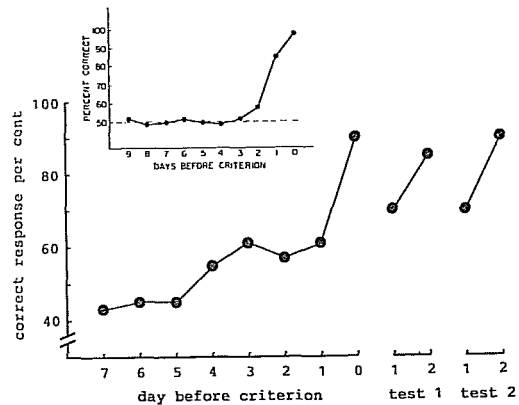


Fig. 2. Backward learning curve for six suncuses trained by noncorrection on a spatial discrimination.

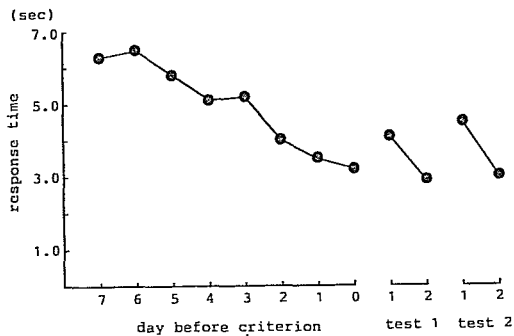


Fig. 3. Mean running time for six suncuses as a function of trial on a spatial discrimination.

つぎに、被験体を連続逆転訓練期、すなわち走行すべき側を40試行毎に逆転させる訓練の段階に移行させたところ、6匹の被験体の中で半数の3匹は、第1回目の逆転において、それまで強化を受けていた側への走行に固執し続けた後、走行を拒否するようになった。したがって、以下の連続逆転訓練期については、3匹のデータに基づいて分析を行った。

まず Fig. 4. は、逆転回数関数としての正反応率を被験体毎に示したものである。いずれの被験体も、逆転の回数が増加するにつれて次第に正反応率が增大し、最後の2回、つまり第9回目と第10回目の逆転期では、いずれの被験体もほぼ80%以上の正反応を行っている。ただ、3匹の間にはある程度の個体差がみられ、たとえば17番の個体と20番の個体を比較すると、各逆転期での成績はほとんど17番の個体の方がよく、とくに逆転回数の少ない初期においては、かなり大きな差が認められる。

つぎに Fig. 5. には、各逆転期における走行時間の平均値を、逆転回数関数として被験体毎に表した。走行時間は全期間を通じてほぼ3秒前後で安定しており、顕著な変動は示していない。またこの走行時間は、弁別訓練期の後期や保持テストにおける値と同程度であり、逆転訓練という事態の変化によって大きな影響を受けていないことを示唆している。

しかし、一方で Fig. 6. に示されるように、この期間における走行時間は、ある面では大きく変化していた。この図は、10回の逆転訓練の各々の第1試行における走行時間を示しているが、14番と20番の被験体では、逆転回数が増すにつれて、その走行時間が長くなっていることがわかる。事実、各訓練日の第1試行において、これらの被験体は走路の分岐点で立ち止まり、頭部のみを盛んに左右に動かして、いわゆる代理的試行錯誤を繰り返した。この傾向は、逆転回数が増えるに従って次第に顕著となり、さらにそれが第2試行以降では急激に減少していく、という特徴も示された。

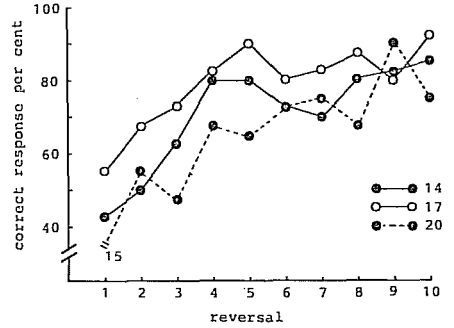


Fig. 4. Correct response per cent of each subject on spatial successive reversals.

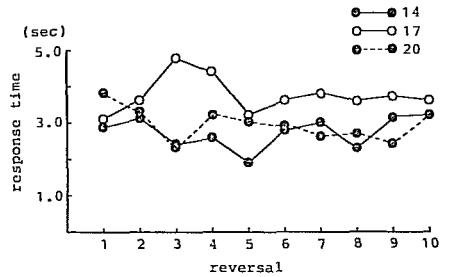


Fig. 5. Running time of each subject on spatial successive reversals.

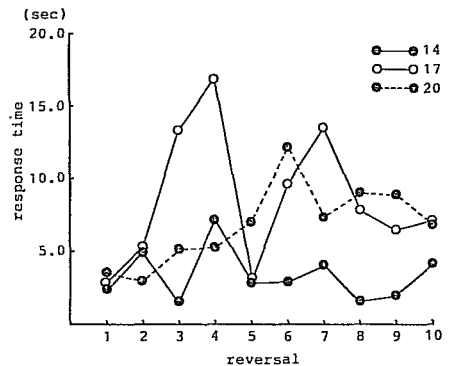


Fig. 6. Running time of each subject on the first trial of each task.

討論

本研究の目的は、スunksに左右の弁別とその連続逆転学習という課題を与え、その習得過程を検討することによって、この動物種の学習能力を他の種との比較において評定しようとするのであった。上述の実験結果からその点について考察すれば、以下のようになる。

まず、最初の弁別課題の習得という点については、結果の所で述べたように、その学習曲線はラットの明暗弁別におけるそれと極めて類似していた。また、このような課題についてのラット以外のいくつかの種（たとえばマウスやハト）における学習曲線も、手掛け刺激の性質において多少異なっているが、基本的には同様な形状を示す。したがって、スunksにおけるこの種の弁別課題の学習過程は、他の比較的下等な哺乳類や鳥類と基本的に同様であると推測される。

また、この動物の学習の保持能力についても、弁別習得から25日を経過した時点で習得基準に近い正反応率を示したことから、少なくとも1ヶ月程度の範囲においては、ラットなどに劣らない能力を持つと考えられる。ただしラットについては、形態の弁別を習得から6ヶ月後において維持していたと報告（Lashley, 1938）があるが、スunksがそのようなより長期にわたって弁別を保持し得るか否かについては、現時点では判断することはできない。学習の保持の期間の測定は、原課題の難易度や訓練の程度などによっても影響されるため、厳密な比較は困難であるが、長期にわたる保持能力は、今後検討しなければならない課題であろう。

連続逆転課題においては、逆転回数の増加に伴う正反応率の上昇が認められた。前述のように、課題の連続的な変化に伴うこのような学習成績の改善は、一種の「学習セット」の形成であり、ある程度高等な動物種においてのみ見られるものであると一般的に考えられている。Fig. 7. は、いくつかの種について位置弁別の連続逆転学習に伴う誤反応の累積数を示した図（Gossette, Kraus, & Speiss, 1968から引用）であるが、Kinkajou（キンカジウ）やRaccoon（アライグマ）といった動物でも、位置弁別の連続逆転学習という課題では、少なくとも10回目の逆転まででは、ほとんど成績の改善を示していない（この図では、逆転の回数の増加に伴って成績が改善されれば、学習曲線は次第に水平に近づくことになる）。したがって、スunksはこれらの動物よりも学習セットを形成する能力において優れていると言えるかも知れない。

ただし、ここで留意すべきことは、位置弁別という一つの特定の課題についての比較のみで

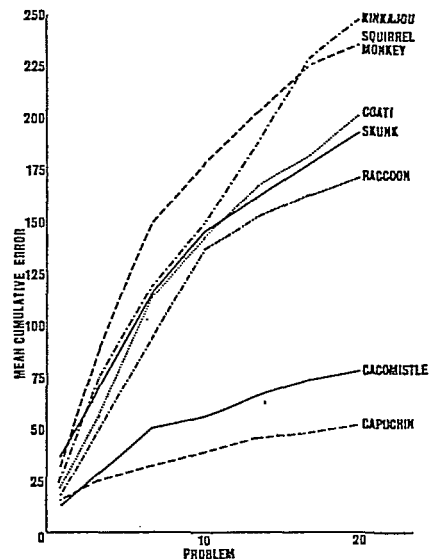


Fig. 7. Mean cumulative errors across 19 spatial reversal for seven mammalian species (after Gossette, Kraus, & Speiss, 1968).

般のみで一般的な結論を下すのは早計である、ということである。キンカジュウやアライグマにとっては、この課題がたとえば刺激の性質などによって比較的弁別が困難な課題であったのに対し、スunksではそれが最も容易な課題であった可能性を否定することはできないからである。つまり、課題の性質によっては、相対的な優劣が逆転することが起こり得ることが十分に考えられるのである。したがって現時点では、スunksの学習能力について他の種との関係における相対的な位置づけを行うことは、性急に過ぎると思われる。しかし少なくとも、この動物が学習セットを形成し得る程度の一般的学習能力を具えていることだけは、本研究の実験結果から明らかにすることができたと言える。

最後に、本研究では10匹中4匹の被験体がゴールボックスに置かれた餌を食べなかったため、実験データを得ることができなかったが、このことについて若干触れておきたい。学習研究における実験動物として最も頻繁に用いられるラットやマウスでは、餌を強化子としたY字型走路の走行を拒否することはほとんどない(たとえば、石井, 1978)。したがって、本研究でこのように多くの個体について実験が成立しなかったことから、実験条件が適切でなかったのではないかと、という疑問が生じるかもしれない。

しかし、以下の諸点を考慮すると、このような結果は本実験の条件が不適切であったためであるとは考えにくい。まず、実験に用いた個体は全て、ホームケージ内では給餌制限がなくても、ミールワームを好んで摂取している。したがって、強化子の誘因価が低かったとは考えられない。また、絶食時間を16時間にすると、ほとんどの個体は1週間以内で死亡することから、動因が弱かったともいえない。さらに、野生のジャコウネズミを対象とした後続実験では、4匹すべてが餌を摂取せず実験が成立しなかったが、同じ個体に嫌悪刺激として熱風を用いると、非常に速やかに回避学習が成立した。これら2つの課題の相対的な難易度を評定することは容易ではないが、どちらの課題とも特別に複雑な事態であるとは思われない。これらの点を考慮すると、多くの脱落個体を生じた原因が本実験の条件設定の不適切さにあったとは考えにくい。

このような個体差は、スunksの実験動物としての純化の程度と関連があるかもしれない。元来、この種の野生個体は比較的新奇忌避傾向(neophobia)が弱いように思われる(辻, 1981)。しかし、同時にまた、野生個体間の行動上の変異が大きいことは、たとえば回転論走行の日周リズムなどについて確かめられている(松尾, 1986)。ラットやマウスに比べて実験動物としての歴史が浅いこの動物では、新奇忌避傾向の点でも個体差が著しかったことが考えられる。事実、走行を拒否した個体では、馴化期におけるジャンプと「うずまり」が多く出現した印象があるが、このような行動は一般に恐怖のような情動の昂進を表すとされている。さらにスunksの家畜化においては、マウスのような近交化の手続きが採られていないので、個体間の遺伝子的なばらつきは、歴史の浅さとの相乗効果によって、他の実験動物よりも大きいと考えられる。したがって、とくに正の強化による条件づけ事象では、新奇忌避の傾向が強いために、実験手続きに乗

らない個体がある程度の割合で出現しても不思議ではない。

しかし、このような仮説は現時点では推測の域を出るものではなく、今後の検証によって初めてその妥当性が判断されるものである。したがって今後は、家畜化の過程における学習行動の変性過程について経代的に追跡することが、重要な課題であると考えられる。

要 約

スunks (*Suncus murinus*) の学習能力を評定するために、位置(左右)の弁別とその連続逆転を学習課題として与え、この動物がいわゆる学習セットを形成しうるか否かについて検討を行った。その結果、スunksの学習曲線は、ラットやマウスのそれにきわめて類似していること、また、連続逆転学習においては、逆転回数が増加するにしたがって正反応率が上昇することから、学習セットの形成がなされていることが確かめられた。

引用文献

- Beach, F.A. The snark was a boojum. *American Psychologist*, 1950, 5, 115-124.
- Bitterman, M.E. Phyletic differences in learning. *American Psychologist*, 1965, 20, 396-410.
- Bitterman, M.E. The comparative analysis of learning. *Science*, 1975, 188, 699-709.
- Gossette, R.L., Kraus, G. and Speiss, J. Comparison of successive discrimination reversal (SDR) performance of seven mammalian species on a spatial task. *Psychonomic Science*, 1968, 12, 193-194.
- Harlow, H.F. The formation of learning sets. *Psychological Review*, 1949, 56, 51-65.
- 石井 澄 マウス(C57BL系)の弁別逆転学習における過剰訓練の効果(2)——容易な課題における正・負両強化事象の比較——日本心理学会第42回大会発表論文集, 1978.
- Lashley K.S. The mechanism of vision XV: Preliminary study of the rat's capacity for detail vision. *Journal of General Psychology*, 1938, 18, 123-193.
- 松尾貴司 ジャコウネズミ (*Suncus murinus*) の domestication に伴う行動の変容——キャラバン行動を中心として——昭和59年度名古屋大学文学部修士論文, 1984.
- 松尾貴司・辻 敬一郎・石井 澄・木田光郎・海老原史樹文 スunks (*Suncus murinus*) の概日リズム 日本動物心理学会第46回大会発表抄録, 1986.
- Sutherland, N.S. and Mackintosh, N.J. *Mechanisms of animal discrimination learning*. New-York: Academic Press, 1971.
- 辻 敬一郎 行動研究からみたスunks 化学と生物, 1981, 19, 388-390.
- Tsuji, K. and Ishikawa, T. Some observations of the caravanning behaviour in the musk shrew (*Suncus murinus*). *Behaviour*, 1984, 90, 167-183.
- Tsuji, K., Matsuo, T. and Ishikawa, T. Developmental changes in the caravanning behaviour of the house musk shrew (*Suncus murinus*). *Behaviour*, 1987, 99, 117-138.
- 辻 敬一郎・成瀬一郎 スunksの行動の諸特性 近藤恭司(監修), スunks——実験動物としての食虫目トガリネズミ科動物の生物学——V-15, 学会出版センター, 1984.

註 記

- (1) 本研究に関しては、文部省科学研究費補助金一般研究(B)(課題番号60450012)の助成を受けた。
- (2) 本研究の実験結果については、日本動物心理学会第46回大会において発表された。