

動物における事象の持続時間の記憶

——短選択効果の 30 年（前篇）——

中 島 定 彦

は じ め に

動物はどのように時間の長さを知覚し、記憶するのだろうか？ 動物の時間知覚や時間関連行動に関する実験と理論については、わが国でも岩本らによる展望論文（岩本・和田，1985；岩本・山田，1986；和田・岩本，1985；山田・和田・岩本，1988）が四半世紀前に発表されており、その後の研究についても石井（2008 a, 2008 b）の総説がある。しかし、動物の時間記憶についてはあまり紹介されていない。

動物の時間記憶のうち、事象（出来事）の持続時間に関する短期記憶については、短選択効果（**choose-short effect**）と呼ばれる現象を中心に、ハトを用いた実験研究が北米の研究者らによって数多く行われてきた。一方、わが国ではこの現象に関する実験報告は、筆者の知る限り、学会発表が 2 件（堀・両角・渡辺，1988；中島・井上・永石，2010）あるに過ぎない。また、動物心理学関連の概説や展望論文を見渡しても、中島（1995 a）と石井（2008 b）が簡単に触れている程度である。そこで、わが国でもこのテーマの研究が活発になることを願い、短選択効果をめぐる諸研究について詳しく解説したい。なお、短選択効果に関する展望論文は英文ではいくつか存在しているが（Grant, 1993；Grant, Spetch, & Kelly, 1997；Spetch & Rusak, 1992；Zentall, 2005, 2006, 2007），それらは自分たちの研究グループの成果が中心であり、他の研究グループの業績については公平に論じられているとはいいが

たい面がある。

短選択効果は今から 30 年前に発見された。紙幅の関係で、前後篇の 2 部に分けて、短選択効果をめぐる諸研究を紹介することにした。まず、本稿ではその研究史の前半において大きな論争となった 2 つの説明モデルの妥当性に焦点を当てて述べる。

短選択効果の発見

動物の記憶研究法の 1 つに選択型象徴見本合わせ課題がある（中島，1995 b）。典型的な実験では、ハトを被験体とし、複数の見本刺激（例えば、○と×）のうち一つを小さな丸窓ガラス（反応キー）に呈示する。見本刺激が消失すると、その左右に 2 種類の比較刺激（例えば、赤と緑）が同時に呈示され、実験者が事前に決めておいた正しい組み合わせであるほう（例えば、見本刺激が○なら比較刺激は赤、見本刺激が×なら比較刺激は緑）をつついて選ぶと、報酬が与えられる。間違った組み合わせとなる比較刺激を選ぶと報酬は与えられない。なお、比較刺激が左右どちらに呈示されるかは毎回ランダムであるので、ハトは呈示位置（左右）ではなく比較刺激の種類（赤か緑）をもとに選択しなくてはならない。

Spetch & Wilkie (1982) は 3 羽のハトに、事象の持続時間を見本刺激として選択型象徴見本合わせ訓練を行った。見本刺激は 2 組用意され、室内灯の点灯 2 秒 (S1) または 10 秒 (L1) と、餌の呈示 2 秒 (S2) または 10 秒 (L2) であった。この 4 つの刺激のうち 1 つが見本として呈示された後、赤と緑の光が左右のキーに呈示された。短い見本刺激 (S1, S2) のときには一方の色（例えば、赤）を選択すれば正答であり、長い見本刺激 (L1, L2) のときには、別の色（この場合、緑）を選択すれば正答であった。時間の長さに対応する色の種類は被験体によって異なっていた。訓練では、見本刺激呈示終了と同時に比較刺激が呈示された（遅延 0 秒）。ハトがこの課題を習得したところで、0 秒遅延の試行に混ぜて、時々長い遅延のテスト試行が挿入された。遅延

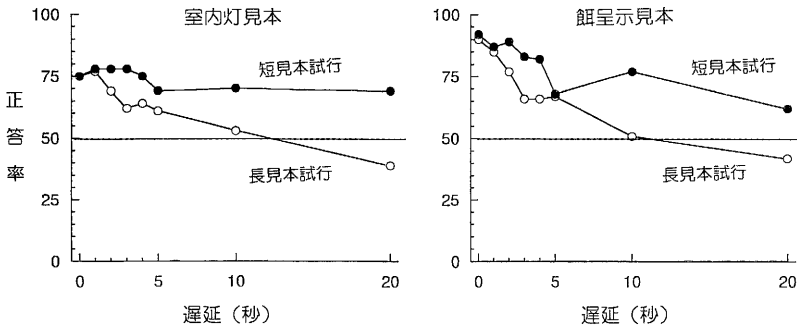


図1 室内灯点灯または餌呈示の時間2秒または10秒を見本刺激とし、赤／緑のキーを比較刺激とした見本合わせ訓練後、見本刺激と比較刺激の間に遅延を挿入して記憶テストを行うと、2秒見本の試行（短見本試行）の成績はほとんど変化しないが、10秒見本の試行（長見本試行）の成績は大きく低下し、遅延時間が長いと偶然水準の50%以下になる。Spetch & Wilkie (1982) 掲載のデータから作図。

テストでの成績はハトがどのくらい見本刺激を記憶していたかの指標となる。いいかえれば、遅延は記憶の保持間隔に相当する。

図1は、3羽のハトの平均成績を示している。見本刺激が室内灯の点灯であった場合（左パネル）も、餌の呈示時間であった場合（右パネル）も、遅延（保持間隔）が長くなると、長い見本刺激のとき（長見本試行）の成績は低下しているが、短い見本刺激のとき（短見本試行）の成績はあまり低下していない。しかも、遅延が20秒になると長見本試行の成績は偶然水準の50%以下にまで低下しており、短見本に対応する比較刺激の方を選ぶ傾向が見られている。こうした事実は、遅延が長くなると単に記憶保持成績が低下するだけでなく、短見本に対応する比較刺激を選択する（短反応を行う）バイアスが生じることを示唆している。事象の持続時間を見本刺激とした記憶課題でこのようなバイアスが生じることを短選択効果という。

なお、Spetch & Wilkie (1982) の実験において、個々のハトは2種類の事象（室内灯点灯と餌呈示）で訓練されているが、1種類の事象（室内灯点灯または餌呈示）だけで訓練された場合にも短選択バイアスが見られることが、翌年に発表された研究（Spetch & Wilkie, 1983, 実験1）など、その後の多く

の実験で確認された。

持続時間情報の短期記憶に関する 2 つの説明モデル

短選択効果の発見により、刺激の持続時間に関する短期記憶について理論的考察が行われるようになり、その結果 2 つの説明モデルが提唱された。

1. アナログ的符号化モデル（主観的短縮化仮説）

Spetch & Wilkie (1982, 1983) は短選択効果を説明するため、事象の持続時間の記憶はその後の時間経過に伴って短縮するという仮説を提唱した。この仮説によれば、事象の持続時間を見本刺激とした見本合わせ課題において、ハトは事象の持続時間を表象として記憶する。しかし、記憶された時間表象は長い遅延の間に劣化して短くなるため、比較刺激が呈示されたときには、短見本に対応した比較刺激を選択する傾向が強くなるのである。

この主観的短縮化 (subjective shortening) 仮説は、ハトが遅延中に見本刺激の性質 (持続時間) を表象として保持し、比較刺激が呈示され反応選択が可能になった時点でその情報 (過去の記憶) を用いるとみなしているので、回顧的符号 (retrospective code) を仮定したものである。特に、時間情報のアナログ的性質が回顧的に符号化されているので、その後、アナログ的符号化 (analogical coding) モデルと呼ばれるようになった。

2. カテゴリ的符号化モデル（般化仮説）

時間情報が主観的に短縮するという考えを動物の時間記憶研究で取り上げたのは Spetch & Wilkie (1982, 1983) が最初ではない。Church (1980) は、ラットを用いた事象の持続時間の記憶課題において、同様の考察を行っている⁽¹⁾。しかしそれと同時に、彼は、時間刺激がそのまま記憶されるのではなく、別の形態の表象として記憶された場合にも、長遅延で短反応効果が生じることになると述べている。

この見解をハトの見本合わせ課題に適用すれば次のようになる。ハトが2秒の見本刺激を「A」、10秒の見本刺激を「B」と符号化して記憶し、適切な比較刺激に対応づけることを学習したとしよう。テストでは見本刺激と比較刺激の間に長い遅延が挿入されるため、記憶表象（符号Aや符号B）は失われることがある。記憶表象がないということは見本刺激が呈示されなかったことを意味し、見本なしの状態は長見本試行よりも短見本試行に類似していると考えれば、符号Aが喚起されてハトは短反応を行うであろう。動物は類似状況で反応しがちである（般化する）からである。なお、符号Aと符号Bは、比較刺激に関する記憶（例えば、「赤キーを選べ」や「緑キーを選べ」といったこれから行う予定に関する記憶表象）に変換された予見的符号（**prospective code**）であるとされることが多い⁽²⁾⁽³⁾。これはカテゴリー的な符号であるので、現在この説明はカテゴリー的符号化（**categorical coding**）モデルと称されている。

2つの説明モデルの実証的妥当性

説明モデルについては、それぞれのモデルの背後にある考え方を支持する事実（つまり、間接的証拠）から妥当であるか否かを吟味できる。また、一方のモデルだけが予測する現象の有無を調べることで直接的証拠を検討可能である。さらには、2つのモデルが異なる予測をする状況を設定した実験で、決定的比較を行うことができる。以下に、さまざまな方法でアナログ的符号化モデルとカテゴリー的符号化モデルの妥当性を検討した研究を取り上げる。

1. 心理物理関数の変化

後にアナログ的符号化モデルとカテゴリー的符号化モデルと呼ばれるようになった2つの説明を提出した Church（1980）は、この2つの説明を分離するために、刺激の持続時間と遅延の長さを体系的に変化させ、短反応と長反応の比率を計算することで、心理物理関数を求めた。アナログ的符号化モデルが正

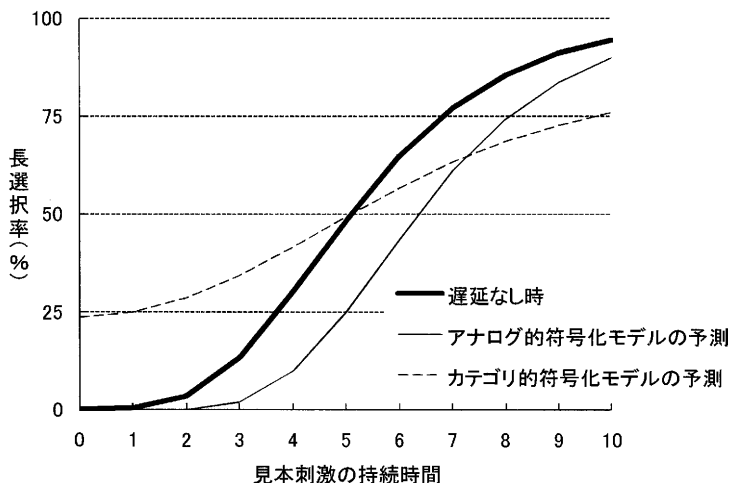


図 2 遅延挿入によって生じる心理物理関数の変化。長反応と短反応のどちらを行うかは見本刺激の持続時間によって異なる。アナログ的符号化モデルによれば、遅延中に見本刺激の記憶表象が短縮化するため、曲線は右に移動する。カテゴリ的符号化モデルによれば、遅延中に見本刺激の記憶表象が消失するため、曲線は平坦化する。しかし、カテゴリ的符号化モデルでも、記憶表象がないときには、短反応を行うと仮定すれば、曲線は下に移動するため、右に移動した場合とよく似たグラフ形状になる。なお、横軸目盛の数値は作図上便宜的につけたものである。

しく、遅延中に主観的短縮化が生じるならば、短反応と長反応を等しく行うような刺激持続時間（主観的等価点）は遅延間隔の延長に伴い、長くなるはずである。また短縮速度が一定ならば、心理物理関数曲線の傾きには変化がないと予測する。一方、カテゴリ的符号化モデルは、短見本試行での記憶表象（符号 A）も長見本試行での記憶表象（符号 B）も同様に遅延の影響を受けて消失すると考える。したがって、遅延の延長に伴う主観的等価点の移動は生じないが、心理物理関数曲線は平坦化することになるという。図 2 はこれらの予測をグラフ化したものである。

Church (1980) はカテゴリ的符号化モデルを支持する結果を得たが、ハトでは異なる結果が得られている。Spetch & Wilkie (1983, 実験 3) は室内灯点灯 2 秒または 10 秒を見本刺激とし、青キーと黄キーを比較刺激にした課題をハトに訓練した。テストでは、訓練と同じ 0 秒遅延に加えて、5 秒遅延、20

秒遅延の試行を設け、見本刺激の持続時間もさまざまに変化させて（2～18秒）、各遅延間隔で、短見本に対応した比較刺激と長見本に対応した比較刺激を選ぶ割合（短反応と長反応の比率）を求めた。また、Fetterman（1995）の実験では、中央キーの点灯2秒または10秒を見本刺激、赤キーと緑キーを比較刺激として0秒遅延で訓練した後、0～10秒の見本刺激と0秒、2秒、5秒、15秒の遅延でテストした。これらと類似の未発表の実験はSpetch & Rusak（1992）にも紹介されている。いずれの研究でも、遅延に伴う主観的等価点の移動が見られ、これはアナログ的符号化モデルを支持する結果だと解釈されている。しかし、同時に心理物理関数の平坦化も見られており、それを説明するためには短縮速度が一定でないと考えるか、あるいはカテゴリ的符号化の要因も加味する必要がある。

なお、カテゴリ的符号化モデルは主観的等価点の移動をまったく予測できないわけではない。前述のように、カテゴリ符号が失われたとき、動物は「符号なし→刺激なし」とし、「刺激なし」は般化によって短見本に対応した比較刺激の選択（短反応）になるのである。これは呈示された刺激が短見本のときも長見本のときも同じである。したがって、長見本の符号Bが失われたときにも短反応をすることになり、遅延が長いほどこの符号は失われやすいから、主観的等価点の移動が生じることになる（これは図2において曲線の下への移動として示される）。この点については、Church（1980）やSpetch & Wilkie（1983）、Fetterman（1995）は看過しているが、Spetch & Rusak（1992）はこの種の実験を2つのモデルの比較検討という視点で論議しておらず、この手法がモデル選択には適当でないと認識していることを視わせる。

2. 長遅延訓練の継続による短選択効果の消失

アナログ的符号化モデルによれば、短選択効果は、見本刺激の時間表象が記憶の保持中に短縮するために生じる。短縮した見本時間の表象は、比較刺激が呈示された時点で、訓練時に獲得されていた見本時間に関する参照記憶と照合される。長遅延でテストされた場合、長見本の表象は、長見本の参照記憶より

も短見本の参照記憶に近くなっているため、短見本に対応した比較刺激が選択される。このモデルが正しいとすると、遅延間隔を固定し長期にわたって訓練を続ければ短選択バイアスは消失するはずである。なぜなら、長遅延により短縮した時間表象のもとで適切な比較刺激を選択することが訓練されるからである。言いかえれば、短縮化した時間表象が参照記憶として獲得される。これに対し、カテゴリ的符号化モデルでは、訓練によって長遅延による成績低下は多少改善されても短反応バイアスそのものは消失しないと予測する。

Spetch & Wilkie (1983, 実験 4) は、0 秒と 10 秒の見本刺激、赤キーと緑キーを比較刺激に用いた見本合わせ訓練をハトに訓練した。見本刺激はハトによって異なり、室内灯の点灯か中央キーへの図形刺激の呈示であった。0 秒遅延で訓練した後、5 秒の遅延に移行すると短選択バイアスが生じた。しかし、この遅延間隔で訓練を続けると、このバイアスは消失した。そこで、遅延を 10 秒にすると再び短選択バイアスが生じた。これも訓練を続けることにより消失した。その後、20 秒遅延にすることによって生じた短選択バイアスについても同じであった。これらはアナログ的符号化モデルに合致する結果である。

3. 長選択効果

一定の長遅延で訓練を続けると、保持期間（遅延）中に短縮した時間表象と適切な比較刺激が対応するようになる。したがって、その後に遅延時間を短くしてテストすると、あまり短縮していない記憶表象は参照記憶よりも長いことになり、長反応の側にバイアスが生じると予測できる。Spetch & Wilkie (1983, 実験 4) は上述の実験の後、遅延をそれまでの 20 秒から 5 秒に変更してテストしたところこの長反応バイアスを確認し、長選択効果 (choose-long effect) と名づけた。図 3 にこの研究をさらに発展させた Spetch (1987) の実験結果を示す。この実験では見本刺激が餌呈示 2 秒または 8 秒であり、比較刺激は赤キーと青キーであった。10 秒遅延で訓練してから、0 秒、5 秒、10 秒、15 秒、20 秒のテスト試行を挿入して得られた成績が示されている。訓練

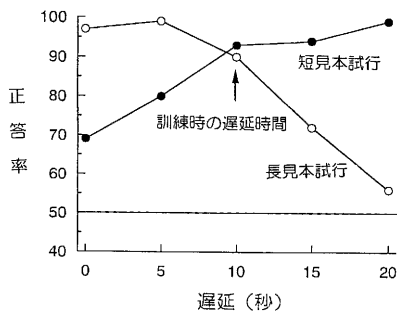


図3 見本刺激として餌呈示 2 秒（短見本）または 8 秒（長見本）を呈示し、10 秒遅延後に呈示される赤と青のキーを比較刺激とした選択型見本合わせ訓練後、さまざまな遅延時間でテストした結果。訓練時より短い遅延では長選択、長い遅延では短選択のバイアスが見られる。許可を得て Spetch (1987) より引用。原図の著作権は The Psychonomic Society, Inc. にある。

時の遅延間隔よりも短い遅延では長見本試行の成績がよく（長選択効果）、訓練時よりも長い遅延では短見本試行の成績がよい（短選択効果）。なお、20 秒の遅延で訓練した後に 0 秒、5 秒、20 秒、25 秒、30 秒の遅延でテストしたときも短選択効果と長選択効果が確認されている。

長選択効果はアナログの符号化モデルの予測的妥当性が極めて高いことを示す事実である。しかし、Kraemer, Mazmanian, & Roberts (1985) や Spetch (1987) 自身が述べているように、カテゴリー的符号化モデルでもまったく説明できないわけではない。長い遅延での訓練において、比較刺激が呈示されたときに短試行では記憶表象（符号 A）が失われていることが多いが、長試行では記憶表象（符号 B）が保持されているであろう。したがって、もしハトが「何らかの記憶表象がなければ短反応、あれば長反応」ということを学習していたならば、短い遅延でテストされた場合には、短試行でも長試行でも記憶表象が存在するために、長見本に対応した比較刺激を選択しがちになる。逆に、長い遅延ではどちらの試行でも記憶表象がなく、短見本に対応した比較刺激を選択しがちになる。

4. 変動遅延訓練による短選択効果の消失

遅延間隔を試行ごとに大きく変動させて訓練すると、比較刺激呈示時には見本刺激に関する時間表象は一定でなくなる。したがって、アナログ的に見本刺激を符号化しても弁別はできないことになる。**Grant & Kelly (1998, 実験 1)**は、中央キーの点灯 2 秒または 8 秒を見本刺激とした見本合わせ課題において遅延間隔を試行ごとに 1~30 秒の間で変動させてハトを訓練した。その結果、弁別は成立したが、その後のテストでは短選択効果が見られなかった。変動遅延訓練の事態ではアナログ的符号化ができないので、他の方略により弁別を学習したと推測される⁽⁴⁾。このときに短選択効果が観察できないということは、短選択効果が得られる一定遅延（通常は 0 秒遅延）訓練の場合にはアナログ符号が用いられていることを示唆している。

しかし、変動遅延訓練ではカテゴリ的符号化も不可能であるかもしれない。カテゴリ的な記憶表象に頼って弁別学習しようとしても、比較刺激が呈示された際、長い遅延ではそうした記憶表象は失われており、短い遅延では残っているであろう。このように不安定な記憶表象にもとづいては正答率が低くなるから、より有効な別の方略を採用するかもしれない。そして、この場合にはその後のテストで短選択効果が見られないのかもしれない。

以上のように、訓練時の遅延を変動させるという手続きでは、アナログ的符号化モデルとカテゴリ的符号化モデルの妥当性を決定的に検証することはできない。しかし、アナログ的符号化モデルの方が、このような事態での数量的な予測がしやすいという利点をもっている。例えば、変動遅延で訓練した場合でも、遅延変動の幅が小さかったり、あるいは 2 つの見本の持続時間が大きく異なっている場合などにはテストで短選択効果が生じることをグラフィカルに説明できる (**Grant & Kelly, 1998**)。

5. 速選択効果

Honig & Spetch (1988)は、刺激変化の速度を見本刺激とした見本合わせ課題をハトに訓練している。まず、中央キーに赤と緑が交互に呈示される。速

見本では 0.5 秒ごとに色が変わり、遅見本では 2 秒ごとに色が変わった。色の呈示回数は各見本で均等であった。また、合計時間だけを手がかりにすることは完全な弁別ができないようになっていた。比較刺激として青と白が左右のキーに呈示された。0 秒遅延での訓練後、テストで遅延を導入したところ、正答率の低下は速見本試行のときよりも遅見本試行のときに大きかった。つまり、速見本に対応する比較刺激を選択するバイアスが増えた。彼らはこれを、速選択効果 (choose-fast effect) と呼び、アナログ的符号化モデルの主観的短縮化によって説明した。見本を構成する要素色刺激の持続時間が遅延中に短縮すると考えれば、遅見本を構成する色の持続時間は 4 秒から 0.5 秒に近づいていく。このため、遅延テストで呈示される遅見本の主観的速度は訓練時に経験した速見本の速度の記憶表象に類似するようになり、速見本に対応する比較刺激を選択するバイアスが増え、正答率が低下する。このような現象をカテゴリー的符号化モデルで説明するのは困難である。

6. 見本なし反応

先述のように、Church (1980) はラットで事象の持続時間の記憶を検討しているが、彼はあるテストで事象を全く呈示しない試行を設けている。このとき、ラットは短反応を行った。同じ結果はハトの選択型見本合わせ課題でも報告されている (Grant & Spetch, 1991; Santi, Coyle, Coppa, & Ross, 1998; Spetch & Grant, 1993; Spetch & Wilkie, 1983)。見本刺激なしのときに短反応を行うということは、カテゴリー的符号化モデルに合致する。しかし、見本刺激なしというのは究極的に短縮された見本刺激だと考えれば、アナログ的符号化を行っていたとしても、見本刺激なし試行では長反応よりも短反応を行うであろう。

Kraemer et al. (1985) は 2 つのモデルを決定的に検証するためには、「見本刺激なし」を報告させるようにすればよいと考えた。見本刺激として室内灯点灯 0 秒 (見本刺激なし)、2 秒、または 10 秒であり、比較刺激として白キー、赤キー、緑キーの 3 つが同時に呈示される。0 秒見本は白、2 秒見本は

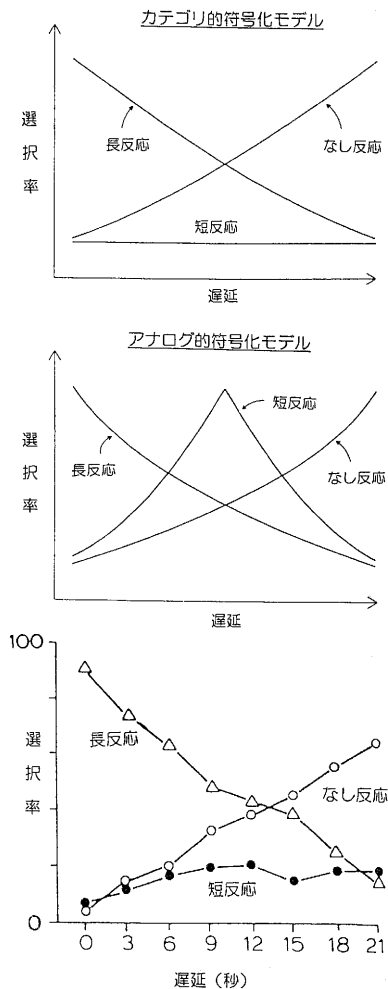


図 4 見本刺激として室内灯点灯なし（見本なし）、2 秒（短見本）、10 秒（長い見本）を用い、それぞれ白、赤、緑のキーを正しい比較刺激とした選択型見本合わせ訓練後、見本刺激と比較刺激の間に遅延を挿入したテストでの長見本試行の結果。カテゴリー的符号化モデルの予測（上段）のほうがアナログ的符号化モデル（中段）の予測よりも、実際の実験結果（下段）に近い。許可を得て Kraemer et al (1985) の図を改変。原図の著作権は The Psychonomic Society, Inc. にある。

赤, 10 秒見本は緑を正答とし, 0 秒遅延でハトを訓練した後, 遅延テストを行った。図 4 の上段と中段は長見本試行の成績に関するカテゴリの符号化モデルとアナログ的符号化モデルの予測である⁽⁵⁾。カテゴリ的符号化モデルは, 遅延が長くなるとカテゴリ符号が消失すると考えるので, 長反応 (緑キー選択) が減り, それに代わってなし反応 (白キー選択) が増えることになる。短反応 (赤キー) はほとんど生じないはずである。一方, アナログ的符号化モデルによれば, 長見本の記憶が遅延中に短縮するので, 長反応の減少に代わって短反応が増え, さらに遅延が長くなると短反応も減って, なし反応が増えると考えられる。実験結果はカテゴリ的符号化モデルを支持した (図 4 下段)。

7. 3 つの持続時間 (短中長) を用いた選択型見本合わせ

Kraemer et al. (1985) に類似した実験は, それ以前に Spetch & Wilkie (1983, 実験 2) が行っている。この実験では, 2 秒, 6 秒, または 14 秒の室内灯を見本刺激とし, 3 つの色刺激を比較刺激に用いてハトを訓練した後, 遅延テストが行われた。カテゴリ的符号モデルでは, 見本刺激がどれであっても, その記憶が消失した場合, 見本なしに最も近い 2 秒に対応したキーが選択される (短反応) ことになる。アナログ的符号化モデルが正しければ, 長見本試行での反応は, 遅延の延長とともに, 長反応→中反応→短反応に移行するはずである。つまり, この実験の結果に関する 2 つのモデルの予測は図 4 の上中段の「短反応」の曲線を「中反応」, 「なし反応」の曲線を「短反応」と置き換えた形になる。得られたデータはアナログ的符号化モデルの予測に近かったが, 被験体数が少なく, またテストで用いた遅延が短かったためか, 明瞭な結果とはいえなかった。追試が必要であろう。

8. 弁別距離分析

Wilkie & Willson (1990) は, Roitblat (1980) がハトの選択型見本合わせ課題に導入した弁別距離分析の手法を用いて, 持続時間を見本刺激とした場合には, 回顧的符号化方略が用いられていることを明らかにしている。見本刺

激は、室内灯の点灯 2 秒，8 秒，または 10 秒で，比較刺激は 3 つのキーに赤，橙，緑の 3 つが同時に呈示された。正答は，2 秒のとき赤（試行 X），8 秒のとき橙（試行 Y），10 秒のとき緑（試行 Z）であった。ハトが見本刺激をそのまま符号化して記憶している（回顧的符号化）なら，類似度の高い 8 秒見本の試行 Y と 10 秒見本の試行 Z は混同されやすいはずである。逆に，選択すべき比較刺激を符号化して記憶している（予見的符号化）なら，よく似た赤選択の試行 X と橙選択の試行 Y が混同されやすいはずである。その結果，YZ 混同率が XY 混同率より高く，回顧的符号化説を支持した。続く実験 2 では，見本刺激呈示終了から比較刺激呈示開始までの遅延を長くしたところ，短選択効果が見られ，これに伴い XY 混同率も高くなった。これは，8 秒見本が主観的に短縮し 2 秒見本との混同が大きくなったためだと解釈できる。この 2 つの実験結果は，ハトが回顧的なアナログ符合を用いていることを強く示唆している。

9. 時間的加算効果

Spetch & Sinha（1989，実験 1）は，順向干渉パラダイムでアナログ的符号化モデルとカテゴリーの符号化モデルの妥当性を検討している（表 1）。まず，室内灯点灯 2 秒（S）と 10 秒（L）を見本刺激とし，赤キーと緑キーを比較刺激とする見本合わせ訓練をハトに施した後，時間刺激を 2 つ連続して呈示するという方法でテストを行った。このテストでは，S 単独や L 単独という通常の試行に加えて，S→S, L→S, S→L，または L→L という刺激系列に対する赤／緑の選択が調べられた。ここで，正誤は 2 番目に呈示される見本刺激

表 1 Spetch & Sinha（1989，実験 1）の手続き

訓練		テスト	
S→[A+/B-]	S→S→[A/B]	L→S→[A/B]	
L→[A-/B+]	S→L→[A/B]	L→L→[A/B]	

S：室内灯点灯 2 秒，L：室内灯点灯 10 秒，A：赤キー，B：緑キー。訓練時には正しい選択（+）に報酬が伴うが，間違った選択（-）には報酬は与えられない。

の長さに依存しており、第 1 刺激は干渉刺激である。なお、ハトが 2 つの時間刺激を別個に処理することができるように、干渉刺激呈示終了から見本刺激呈示開始までは数秒の間隔が設けられていた。また、見本刺激呈示終了から比較刺激呈示開始までの遅延間隔は、0 秒（第 1 条件）、5 秒（第 2 条件）、または 10 秒（第 3 条件）であった。

ハトが時間刺激の長さをアナログ的に符号化しているならば、 $S \rightarrow S$ 試行や $L \rightarrow S$ 試行の成績（短選択）は、 S 単独試行よりも低下するはずである。なぜなら、刺激の持続時間を合計すると、 $S \rightarrow S$ は $2 + 2 = 4$ 秒、 $L \rightarrow S$ は $10 + 2 = 12$ 秒であり、 S 単独の 2 秒に比べて長くなるからである。一方、 $S \rightarrow L$ 試行（ $2 + 10 = 12$ 秒）や $L \rightarrow L$ 試行（ $10 + 10 = 20$ 秒）も刺激持続時間合計は長くなるが、長選択成績が低下することはない。しかも、遅延時間が設けられ見本刺激の主観的短縮化が生じると想定される場合（第 2 条件と第 3 条件）には、 L 単独試行（10 秒）よりも成績がよくなると予想される。これに対し、カテゴリ的符号化モデルは、干渉刺激が見本刺激と同じカテゴリ符号を信号する $S \rightarrow S$ 試行と $L \rightarrow L$ 試行では成績が良くなるが、異なるカテゴリ符号を信号する $L \rightarrow S$ 試行と $S \rightarrow L$ 試行の成績は悪化すると予測する。実験結果は、見本刺激の持続時間が加算されるという予想、すなわちアナログ的符号化モデルを支持するものであった。なお、 $L \rightarrow S$ 試行と $S \rightarrow L$ 試行は、単純に持続時間を合計すればともに 12 秒であり長反応が見られるが、前者では L 刺激が先に呈示されているため時間的短縮化が大きくなり、後者に比べて長反応がやや少なくなることが予想され、実際にそうであった。

Spetch & Sinha (1989, 実験 2) は、異なる種類の時間刺激を組み合わせた場合にも同じ結果が得られることを示している（表 2）。室内灯の点灯 2 秒（ $S1$ ）または 8 秒（ $L1$ ）を見本刺激とし、赤キーと緑キーを比較刺激とする課題と、餌呈示口（ハトによっては中央キー）の点灯 2 秒（ $S2$ ）または 8 秒（ $L2$ ）を見本刺激とし、赤キーと緑キーを比較刺激とする課題を平行して訓練した後、室内灯点灯と餌呈示口（ハトによっては中央キー）点灯を組み合わせでテストした。その結果、実験 1 と同様に、時間的加算効果が得られ、主観

表 2 Spetch & Sinha (1989, 実験 2) の手続き

訓練		テスト
S1→[A+/B-]	S2→S1→[A/B]	L2→S1→[A/B]
L1→[A-/B+]	S2→L1→[A/B]	L2→L1→[A/B]
S2→[A+/B-]	S1→S2→[A/B]	L1→S2→[A/B]
L2→[A-/B+]	S1→L2→[A/B]	L1→L2→[A/B]

S1：室内灯点灯 2 秒，L1：室内灯点灯 8 秒，S2：餌呈示口灯 2 秒，L2：餌呈示口灯 8 秒，A：赤キー，B：緑キー。訓練時には正しい選択（+）に報酬が伴うが，間違った選択（-）には報酬は与えられない。

表 3 Kraemer & Roper (1992, 実験 2) の手続き

訓練	テスト				
S1→[A+/B-]	S1→S1→[A/B]	L1→S1→[A/B]	S2→S1→[A/B]	L2→S1→[A/B]	
L1→[A-/B+]	S1→L1→[A/B]	L1→L1→[A/B]	S2→L1→[A/B]	L2→L1→[A/B]	
S2→[C+/D-]	S2→S2→[C/D]	L2→S2→[C/D]	S1→S2→[C/D]	L1→S2→[C/D]	
L2→[C-/D+]	S2→L2→[C/D]	L2→L2→[C/D]	S1→L2→[C/D]	L1→L2→[C/D]	

S1：白室内灯点灯 2 秒，L1：白室内灯点灯 10 秒，S2：赤室内灯点灯 2 秒，L2：赤室内灯点灯 10 秒，A：赤キー，B：青キー，C：緑キー，D：黄キー。訓練時には正しい選択（+）に報酬が伴うが，間違った選択（-）には報酬は与えられない。

的短縮化を示唆する事実（L→S 試行は S→L 試行よりも長反応がやや少ない）も追認できた。

その後，同様の実験が Kraemer & Roper (1992) によって行われた。彼らの実験デザインを表 3 に示した。用いた見本刺激は白色の室内灯点灯 2 秒（S1）と 10 秒（L1），赤色の室内灯 2 秒（S2）と 10 秒（L2）であった。Spetch & Sinha (1989, 実験 2) と異なるのは，比較刺激が 2 組（赤と青，緑と黄）用いられたことである。このような条件でハトを訓練した後，同じ種類の時間刺激どうしを組み合わせた場合（表 3 に示されたテストの左側 8 試行），時間的加算効果が確認できた。しかし，異なる種類の時間刺激を組み合わせた場合には加算効果は確認されず，第 1 刺激（干渉刺激）の影響がなかった。Spetch & Sinha (1989) の実験結果と合わせると，以下の 3 点に要約できる。①同種の時間刺激は加算される，②別種の時間刺激でも，同じ比較刺激対と組み合わせられている場合には加算される，③別種の時間刺激が異なる比較刺激対と組

み合わされている場合には時間的加算は生じない。Kraemer & Roper (1992) は②と③の違いを作り出す原因について述べていないが、同一または異なる比較刺激対で訓練されたことで、刺激間の等価性・識別性が変化したためだと理解できよう。

時間的加算効果の存在は、アナログ的符号化モデルを支持しているように思える。しかし、Kraemer & Roper (1992) は、カテゴリ的符号化モデルで時間的加算効果の説明を試みている。時間計測に関する情報処理モデルでは、時間計測は内部時計からのパルス信号を手がかりに行われていると考える（詳しくは、山田ら、1988 や石井、2008 a を参照）。内部時計は規則的にパルスを発生しているが、事象が呈示されると内部時計から累積器へのゲートが開き、累積器にパルスが蓄えられ始める。事象の呈示が終了するとゲートが閉じ、動物はこのときまでに累積器に蓄えられていた総パルスを弁別刺激にして反応するのである。Kraemer & Roper (1992) は、事象呈示終了時に累積器にある総パルス数がカテゴリ符号に変換され、記憶されると仮定した。しかし、時間刺激の呈示終了後に同種の（または同じ比較刺激対と組み合わせられていたために類似した）時間刺激が呈示されると、ゲートが再び開き累積器には再びパルスが蓄積される。第 2 の時間刺激終了後にゲートが閉じられた段階で、総パルス数がカテゴリ符号に変換され、古いカテゴリ符号に置き換わって記憶される。なお、別種の時間刺激が呈示された場合には、累積器がリセットされ、パルス蓄積はゼロから始まるとされる。別種の時間刺激は累積器を共有できないという主張は、事象の持続時間を見本刺激にした見本合わせ課題において、異なる種類の時間見本では課題間転移が生じないという事実（Grant & Robinson, 1993 ; Kraemer, 1991）によって支持されている。

この説明はカテゴリ的に符号化された時間記憶とは別に、内部時計が発した累積パルス数というアナログ的な時間情報が別に保持されていることを仮定しており、後者だけで課題が解決できるのでなぜ 2 種類の記憶が必要であるのか、経済性の点で問題がある。しかし、後述のように最近の研究では時間的加算効果は短選択効果がみられない事態でも生じることが明らかになっており、

そもそも時間的加算効果の有無は、アナログ的符号化モデルとカテゴリー的符号化モデルの妥当性とは無関係であるかもしれない。

10. 分化結果手続きによる短選択効果の消失

アナログ的符号化モデルを主張する研究者は、カテゴリー的な記憶符号では短選択効果は生じないと考える。したがって、カテゴリー的記憶符号を用いやすい手続きでは短選択効果が得られないと予測する。例えば、見本刺激の種類によって報酬が異なるという分化結果 (**differential outcome**) 手続きでは、見本刺激が特定の報酬を期待させる (**Peterson, 1984**)。この結果期待は予見的なカテゴリー符号である。**Ducharme & Santi (1993)** は、室内灯点灯 2 秒または 8 秒を見本刺激、赤キーと緑キーを比較刺激にした見本合わせにおいて、2 秒見本試行での正答と 8 秒見本試行での正答に対して異なった報酬を与えるという分化結果手続きでハトを訓練したところ、その後の遅延テストで短選択効果が見られなかった。彼らは、時間見本刺激が結果期待という予見的なカテゴリー符号で処理されたために主観的短縮化が生じず、短選択効果が出現しなかったのだと結論した。なお、分化結果手続きを用いても、報酬の質的違いが少ない場合には短選択効果が消失しなかった (**Santi, Ducharme, & Bridson, 1992**)。

しかし、分化結果効果によって短選択効果が消失したとしても、それが直ちにカテゴリー的符号化モデルの否定には結びつかない。分化結果手続きで生じる結果期待は予見的なカテゴリー符号ではあっても、通常の手続きで生じると想定されている予見的カテゴリー符号とは性質が異なるかもしれないからである。カテゴリー的符号化モデルで短選択効果が生じるのは、記憶表象がないときに般化によって短反応を生じさせるためであり、分化結果手続きはそうした般化を生まない特殊な事態だと仮定すれば、短選択効果は生じないことになる。

11. 継時見本合わせにおける短反応バイアスの有無

事象の持続時間に関するハトの短期記憶の研究は、選択型見本合わせ課題で

行われることが多いが、Grant & Spetch (1991) は、継時見本合わせ課題を用いると短反応バイアスが生じないと報告した⁽⁶⁾。継時見本合わせ課題とは、見本刺激の呈示後に比較刺激を 1 つだけ呈示する手続きであり、実験者があらかじめ決めた見本刺激と比較刺激の組み合わせのときは、比較刺激に対する反応を報酬で強化するが、他の組み合わせのときには反応しても報酬を与えない (Mackay, 1991; 中島, 1995 b)。例えば、室内灯が 2 秒間点灯した後にキーが赤に点灯したときや、室内灯が 8 秒間点灯した後にキーが緑に点灯したときにはキーつき反応に報酬が伴うが、室内灯が 2 秒間点灯した後にキーが緑に点灯したときや、室内灯が 8 秒間点灯した後にキーが赤に点灯したときには、キーをついても報酬は与えられない。この課題における正しい行動は、報酬の与えられる強化試行で反応し、与えられない非強化試行では反応しないことである。

Grant & Spetch (1991) は、短反応バイアスが継時見本合わせ課題で生じないのは、ハトが予見的なカテゴリ符号に基づいて課題を解決しているためだと考えた⁽⁷⁾。一方、選択型見本合わせ課題では回顧的なアナログ的符号が用いられるので、短選択バイアスが生じるとした。なお、短反応バイアスが生じない継時見本合わせ課題の後に選択型見本合わせ課題に移行して遅延テストを行った場合には、本来生じるべき短反応バイアスが見られなかった。一方、短反応バイアスが生じる選択型見本合わせ課題の後に継時見本合わせ課題に移行しても、やはり短反応バイアスは確認できなかった。このことから、彼らは、ひとたびカテゴリ的符号化方略を採用するとアナログ的符号化はできなくなるが、アナログ的符号化方略を捨ててカテゴリ的符号化方略をとることは可能だと結論している。

選択型見本合わせ課題では、比較刺激は 2 つ呈示され、そのどちらかに対する 1 回の反応をもって刺激選択とし、試行が終了する。成績は正選択率で示される。これに対して、継時見本合わせ課題では通常、比較刺激が 1 つだけ規定時間 (例えば 5 秒間) 呈示され、強化試行ではこの時間後に反応が 1 回あれば報酬が与えられ、試行が終了する。非強化試行では規定時間終了と

もに試行が終了し、報酬は与えられない。比較刺激を選択するわけではないので、成績は選択率ではなく、規定時間内の反応数を比較した弁別比で表される。つまり、選択型見本合わせと継時見本合わせは、比較刺激の数、呈示時間、選択機会の3つの点で異なっている。Spetch, Grant, & Kelly (1996) は、これらの要因を統制した実験を行い、短反応バイアスの出現には、比較刺激の数や呈示時間の要因は関係なく、選択機会があることが重要だと結論した⁽⁸⁾。

しかしその後、Kelly, Spetch, & Grant (1999) は、継時見本合わせ課題で短反応バイアスが見られないのは、この課題に特有のアーティファクトであることを明らかにした。継時見本合わせ課題は通常、強化試行2種類と非強化試行2種類からなる。強化試行では反応しなければ報酬は与えられないが、非強化試行では反応してもしなくても報酬は与えられるから、準備されている報酬を失わないためには、「わからなかったらとにかく反応しろ」という方略が有効である。実際、遅延を挿入した場合に生じる成績低下は一般に非強化試行での反応増大が原因である。このような「わからないときは反応する」という行動傾向が短反応バイアスよりも大きければ、後者はマスクされることになる。Kelly et al. (1999) は非強化試行をなくし、代わりに「反応しなければ報酬が与えられる」試行を導入した。例えば、2秒見本で赤、10秒見本で緑が正しい組み合わせなら、これらの組み合わせの試行では色キーに反応することによって報酬が与えられ、いっぽう2秒見本後の緑試行や10秒見本後の赤試行では色キーに反応しないと報酬が与えられる。このような方法で「わからないときは反応する」という行動傾向を弱めると、短反応バイアスを観察することができたのである。このことから、継時見本合わせ課題でも、選択型見本合わせ課題と同様に、アナログ的符号化（ならびに見本刺激の主観的短縮化）が行われていると Kelly et al. (1999) は主張している。しかし、両課題ともにカテゴリ的符号化が行われているとしても説明可能である。

なお、継時見本合わせ課題でも、選択型見本合わせ課題と同様に、見本なし試行では短反応がみられ、時間的加算効果なども確認される (Spetch &

Grant, 1993)。これらの事実から、この 2 つの課題での見本刺激の処理は同一または極めて類似していると推測される。

12. 多対一見本合わせ

通常、ある見本刺激にはある比較刺激が一義的に対応する。しかし、複数の見本刺激が 1 つの比較刺激に対応するように訓練することも可能であり、これを多対一 (many-to-one) の見本合わせという (Grant, 1993; Zentall, Sherburne, & Steirn, 1993; 中島, 1995 b)。例えば見本刺激 M 1 は比較刺激 H 1, 見本刺激 M 2 は比較刺激 H 2 が正答という課題と、見本刺激 M 3 は比較刺激 H 1, 見本刺激 M 4 は比較刺激 H 2 が正答という課題を同時に訓練すれば、見本刺激 M 1 と見本刺激 M 3 は比較刺激 H 1 との間で多対一の関係になる (同様に、見本刺激 M 2 と見本刺激 M 4 は比較刺激 H 2 との間で多対一の関係になる)。この場合、呈示された見本刺激を記憶する (M 1, M 2, M 3, M 4 の回顧的符号を用いる) よりも、選択すべき比較刺激を記憶する (H 1 や H 2 の予見的符号を用いる) ほうが認知負荷は小さい。このため、多対一見本合わせでは、見本刺激の持続時間のアナログ的符号化が行われにくいと考えられる。

これまでに行われた多くの実験で、多対一の選択型見本合わせ課題では、短選択効果が生じにくいことが明らかになっている。例えば, Santi, Bridson, & Ducharme (1993, 実験 1) は、左右キーに呈示された水平線と垂直線をハトに選択させる事態で、中央キー点灯が 2 秒間なら水平線、8 秒間なら垂直線を選べば正答という時間課題と、中央キーが赤なら水平線、緑なら垂直線を選べば正答という非時間課題を同時に訓練した。その後、遅延テストを行ったところ、時間課題で短選択効果が見られなかった (実験 1)。類似の実験結果は Grant & Spetch (1993 a) によっても得られている⁹⁾。

Santi et al. (1993, 実験 1) や Grant & Spetch (1993 a) によれば、こうした多対一見本合わせ課題では、時間見本はアナログ符号として記憶されるのではなく、どの比較刺激に反応するかというカテゴリ符号として記憶される。

このため、短選択効果が生じないのである⁽¹⁰⁾。逆に、見本刺激が比較刺激に一つ一つに対応する通常の手続きでは、時間記憶課題で短選択効果が生じるのだから、時間はアナログ的に符号化されていると彼らは主張した。

以上のように、時間見本刺激と非時間見本を用いた多対一見本合わせでは、カテゴリ的符号化が行われていると考えられるが、このような課題でも2つの時間見本を続けて呈示することで時間的加算効果が得られた (Grant & Spetch, 1993 b; Santi et al., 1993, 実験3)。さらに、非時間見本を時間見本の前に呈示しても加算効果が得られた (Santi et al., 1993, 実験3)。これらの事実から、時間的加算効果はアナログ的符号化とは関係なく、Kraemer & Roper (1992) が指摘したように、カテゴリ的符号化でも生じ得ると解釈されるようになった。例えば、Grant & Spetch (1993 b) は、時間的加算効果は見本刺激の知覚段階で生じるもので、持続時間の記憶とは無関係だと論じている。

ところで、2種類の事象の長短を見本刺激とした多対一見本合わせ課題では、長短の見本刺激を同一の比較刺激に対応させることもできる。例えば、Grant & Spetch (1993 a, 実験3の時間非一貫条件) では、左右キーに呈示された赤と緑をハトに選択させる事態で、室内灯2秒間点灯や中央キー10秒間点灯なら赤、室内灯10秒間点灯や中央キー2秒間点灯なら緑が正答という多対一の見本合わせ訓練が行われた。その後に遅延テストを行ったところ、短選択効果は確認できなかった。この課題では見本刺激の長さと比較刺激の種類の対応関係が一貫していないため、持続時間のアナログ符号よりも、どの比較刺激へ反応するかというカテゴリ符号を用いるほうが、認知的負荷が小さい。したがって、短選択効果が見られないのは予想通りである。

しかし、室内灯でも中央キーであっても2秒間点灯なら赤、10秒間点灯なら緑というように、短見本が一方の比較刺激、長見本がもう一方の比較刺激に対応する手続きなら、見本刺激の持続時間をアナログ的に符号化できるはずである。本稿の冒頭で述べたように、短選択効果の発見はこれと類似の課題で行われた (Spetch & Wilkie, 1982)。意外なことに、Grant & Spetch (1993 a,

実験 3 の時間一貫条件) では, この場合に短選択効果を確認できなかった。同様の実験結果は Bowers & Richards (1990) によっても報告されている。Spetch & Wilkie (1982) では, 2 組の見本刺激のうち 1 組は餌の呈示時間の長短であった。空腹のハトにとって, 餌は室内灯や反応キーの点灯時間よりも生物学的意味が大きく, 呈示時間の長短の区別が重要かつ容易である (Spetch & Wilkie, 1981)。そうした事象を見本刺激の 1 組として採用していたため, もう 1 組の見本刺激 (室内灯の点灯) もアナログ符号として記憶されやすかったのではないかと Grant & Spetch (1993 a) は推察している。

13. まとめ

これまで報告されている諸現象をもとに, アナログ的符号化モデルとカテゴリ的符号化モデルの妥当性を総括すると表 4 のようになる。「長見本」「短見本」「見本なし」の 3 選択を準備した実験の結果 (Kraemer et al., 1985) は, カテゴリ的符号化モデルを支持しているが, 総合的にはアナログ的符号化モデルの方が実験事実に適合しており, 新しい現象の予測力や検証実験の生産性の上でも優位にある。ただし, 持続時間以外の見本刺激 (例えば, 色や形といった刺激) を用いたときには, 通常は予見的符号化が行われるとされている (例

表 4 アナログ的符号化モデルとカテゴリ的符号化モデルの比較

実験事実	アナログ的符号化	カテゴリ的符号化
心理物理関数の変化	○	△
長遅延訓練継続による短選択効果の消失	◎	×
長選択効果	◎	○
変動遅延訓練による短選択効果の消失	○	△
速選択効果	◎	×
見本なし反応の報告	×	◎
短中長の見本合わせ	◎?	×?
弁別距離分析	◎	×
時間的加算効果	◎	△
分化結果手続きによる短選択効果の消失	○	△
継時見本合わせによる短反応バイアスの有無	○	△
多対一見本合わせによる短選択効果の消失	○	△

えば, Grant, 1982; Roitblat, 1980)。したがって, アナログ的符号化モデルの主唱者たちは, なぜ, 時間見本では回顧的アナログ符号なのかを説明せねばならない。Spetch & Sinha (1989) や Spetch & Rusak (1992) によれば, 色や形は事象が呈示された瞬間に違いがわかるのでカテゴリ的に符号化しやすいが, 持続時間という性質は事象が終了して初めて表れるからだという。つまり, 事象が終了するまでは事象を計時する必要がある, その際, 事象は何らかの形のアナログ表象として処理されていると思われるので, これを記憶表象として用いやすいためだというわけである。

前篇のおわりにあたって

短選択効果の発見から現在まで 30 年間の研究史の前半は, 短選択効果を説明する 2 つの記憶モデルを実験的に比較検討することに研究者たちの力が注がれてきた。本稿でもこの 2 つのモデルの優劣を諸現象に照らしながら論評した。しかし, その他の解釈, 特に動物の計時全般に関する理論によって短選択効果を説明することも不可能ではない。また, 本稿は 2 つのモデルの比較に絞って論を進めたため, この 2 つのモデルの検証とは直接関係しないが, 短選択効果の生起には関与し得る諸要因についての実験研究については紹介できなかった。なお, 研究史の後半には新たな仮説も登場し, アナログ的符号化モデルの妥当性が再び問われる事態も生じている。本稿で触れられなかった以上の点については, 次稿(後篇)で取り上げることにしたい。

註

- (1) ただし, Church (1980) が用いたのは選択型象徴見本合わせ課題ではなく条件性位置弁別課題であった。これは, 見本刺激の長短を手がかりに左右のレバーを押し分けるという訓練手続き(例えば, 音が短かった場合は左レバー, 短かった場合は右レバー)である。この課題では, 遅延があってもその間は正しいレバーの前にいれば間違えることなく反応できるため, 純粋な意味で記憶課題とは言いがたい。

- (2) 動物の短期記憶における回顧的符号と予見的符号の違いについては、**Grant & Kelly (2001)**、中島 (1995 a)、**Zentall (2010)**などを参照されたい。
- (3) より厳密に言えば、符号 **A** と符号 **B** は回顧的符号であっても構わない。回顧的符号であったとしても、それがカテゴリに過ぎず、両者の間に量的差異（大小関係）が存在しないのであれば、アナログ的符号化モデルが予測するような主観的短縮化は生じない。
- (4) **Blough (1959)** は、選択型見本合わせ手続きで訓練されたハトは、見本刺激によって自発的に媒介反応を行うことがまれにあることを報告している。**Grant & Kelly (1998, 実験 1)** においても何らかの媒介反応（例えば、2 秒見本では頭を左右に振り、8 秒見本試行では体を上下に揺らすといった反応）を利用して課題を習得したのかもしれない。
- (5) 短見本の場合には、両モデルともに遅延の延長にともない短反応が減り、なし反応が増え、長反応は一定であると予測する。
- (6) 継時見本合わせ課題では比較刺激間の選択ではなく、1 つだけ呈示された比較刺激への反応の有無が行動指標となるため、「短選択効果」ではなく、「短反応効果 (respond-short effect)」と呼ばれる。ここでは、短選択効果と短反応効果の総称として短反応バイアスという言葉を用いる。
- (7) カテゴリ符号の場合、例えば、「赤（をつつけ）」とか「緑（をつつけ）」といった比較刺激の視覚特性に関わる予見的符号を使用していると想定されるため、無関係な視覚的事象によって記憶が干渉を受けやすい。いっぽう、アナログ符号は見本刺激の持続時間という次元で処理されているはずだから、そうした干渉は生じにくいはずである。**Parker & Glover (1987)** は、見本刺激に白色キーの点灯時間の長短、比較刺激は赤と緑のキーを用いた継時見本合わせ課題で、課題とは無関係な室内灯の照明を操作すると、遅延テストの成績が悪化したことから、継時見本合わせではカテゴリ符号が用いられると主張した。しかし、視覚次元の刺激が時間次元の記憶（アナログ符号）に干渉しないという保証はなく、またアナログ符号が視覚次元で処理されている可能性もある。例えば、短見本は弱い視覚表象（上例なら、淡い白）、長見本は強い視覚的表象（濃い白）として記憶されており、時間経過ともにそれらの視覚表象が希薄化していくと考えれば、これはアナログ符号であって、なおかつ無関連の視覚刺激の影響を受けるだろう。
- (8) 選択機会がないと時間刺激がアナログ的に符号化されないとことは、**Spetch & Cheng (1998)** の研究によっても支持されている。彼らは室内灯の点灯時間を 2 種類用いて、ハトに単純弁別学習を訓練した。点灯時間が短い (2.52 秒) ときには、その後に呈示された反応キーへのつつき反応を報酬で強化し、長い (5.67 秒) ときには、キーつつき反応を強化しなかった（ハトによっては、この逆の訓練を受けた）。その後、様々な室内灯点灯時間の後に反応キーを呈示してつつき

反応率を求め、般化曲線を描いた。室内灯の点灯時間がアナログ的に符号化され、遅延によって主観的短縮化が生じるならば、Spetch & Wilkie (1983, 実験 3) や Fetterman (1995) が選択型見本合わせ課題で示した心理物理関数曲線のように、曲線が右側に移動するはずであるが、遅延の長さに関係なく般化曲線は同一であった。

- (9) Grant & Spetch (1993 a) は、左右キーに呈示された赤と緑を選択させる事態で、中央キー点灯が 2 秒間なら赤、10 秒間なら緑を選べば正答という時間課題と、中央キーが水平線なら赤、垂直線なら緑を選べば正答という非時間課題を同時に訓練した。その後の遅延テストでは、時間課題で短選択効果が見られたが(実験 1)、これは、時間課題の習得が非時間課題の習得よりも速く、持続時間の回顧的アナログ符号が形成されてしまったことが原因であると彼らは考えた。そこで、まず非時間課題を訓練してから時間課題を追加する手続きに変更して、回顧的アナログ符号の形成を困難にしたところ、時間課題で短選択効果が消失した(実験 2)。なお、この手続きで回顧的アナログ符号が形成されていないことは、その後の転移テスト (Grant & Spetch, 1994) によって補強されている。
- (10) ただし、時間見本刺激と非時間見本刺激を用いた多対一見本合わせであっても、時間見本が回顧的アナログ符号として記憶される場合がある。例えば、Santi, Stanford, & Symons (1998, 実験 2) では、室内灯の点灯時間(時間見本刺激)と図形(非時間見本刺激)を色(比較刺激)に対応させる多対一見本合わせ場面で、前述の Wilkie & Willson (1990) のような弁別距離分析を行った。具体的には、室内灯 2 秒なら赤、8 秒なら橙、10 秒なら緑を選べば正答である課題と、+ なら赤、△ なら橙、○ なら緑を選べば正解である課題を実施したところ、見本刺激が時間でも図形でも、回顧的符号化がなされていることを、混同反応の解析結果(8 秒と 10 秒の混同、△ と ○ の混同) から明らかにしている。

引用文献

- Bowers, R. L., & Richards, R. W. (1990). Pigeons' short-term memory for temporal and visual stimuli in delayed matching-to-sample. *Animal Learning & Behavior*, 18, 23–28.
- Blough, D. S. (1959). Delayed matching in the pigeon. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 2, 151–160.
- Church, R. M. (1980). Short-term memory for time intervals. *Learning and Motivation*, 11, 208–219.
- Ducharme, M. J., & Santi, A. (1993). Alternations in the memory code for temporal events induced by differential outcome expectancies in pigeons. *Animal Learning & Behavior*, 21, 73–81.

- Fetterman, J. G. (1995). The psychophysics of remembered duration. *Animal Learning & Behavior*, 23, 49–62.
- Grant, D. S. (1982). Prospective versus retrospective coding of samples of stimuli, responses, and reinforcers in delayed matching with pigeons. *Learning and Motivation*, 13, 265–280.
- Grant, D. S. (1993). Coding processes in pigeons. In T. R. Zentall (Ed.), *Animal cognition: A tribute to Donald A. Riley* (pp.193–216). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Grant, D. S., & Kelly, R. (1998). The effect of variable-delay training on coding of event duration in pigeons. *Learning and Motivation*, 29, 49–67.
- Grant, D. S., & Kelly, R. (2001). Anticipation and short-term retention in pigeons. In R. G. Cook (Ed.), *Avian visual cognition* [On-line]. Available: www.pigeon.psy.tufts.edu/avc/grant/
- Grant, D. S., & Robinson, T. C. (1993). Cross-stimulus transfer of timing in pigeons. *Animal Learning & Behavior*, 21, 106–112.
- Grant, D. S., & Spetch, M. L. (1991). Pigeons' memory for event duration: Differences between choice and successive matching tasks. *Learning and Motivation*, 22, 180–199.
- Grant, D. S., & Spetch, M. L. (1993 a). Analogical and nonanalogical coding of samples differing in duration in a choice-matching task in pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 19, 15–25.
- Grant, D. S., & Spetch, M. L. (1993 b). Memory for duration in pigeons: Dissociation of choose-short and temporal summation effects. *Animal Learning & Behavior*, 21, 384–390.
- Grant, D. S., & Spetch, M. L. (1994). Mediated transfer testing provides evidence for common coding of duration and line samples in many-to-one matching in pigeons. *Animal Learning & Behavior*, 22, 84–89.
- Grant, D. S., Spetch, M. L., & Kelly, R. (1997). Pigeons' coding of event duration in delayed matching-to-sample. In C. M. Bradshaw & E. Szabadi (Eds.), *Time and behaviour: Psychological and neurobehavioral analyses* (pp.217–264). Amsterdam: Elsevier.
- Honig, W. K., & Spetch, M. (1988). Short-term memory for rate of alternation in the pigeon. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 26, 152–154.
- 堀耕治・両角直樹・渡辺茂 (1988). ハトにおける時間の記憶－choose-short effectの検討－. 日本動物心理学会第 49 回大会発表 (動物心理学年報, 39, 26–27 に要旨掲載).

- 石井拓 (2008 a). 動物のインターバル計時の諸理論と論点 I - 静的特徴を中心として -. 心理学評論, 51, 526-546.
- 石井拓 (2008 b). 動物のインターバル計時の諸理論と論点 II - 動的特徴を中心として -. 心理学評論, 51, 547-566.
- 岩本隆茂・和田博美 (1985). 時間弁別行動における生理心理学的機構の総合的研究. 北海道大学人文科学論集, 23, 1-46.
- 岩本隆茂・山田弘司 (1986). 動物とヒトにおける時間弁別機構についての研究法とそのモデル. 北海道大学人文科学論集, 24, 36-99.
- Kelly, R., Spetch, M. L., & Grant, D. S. (1999). Influence of nonmemorial factors on manifestation of short-sample biases in choice and successive matching-to-sample tasks with pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 25, 297-307.
- Kraemer, P. J. (1991). Absence of immediate transfer of training of duration symbolic-matching-to-sample in pigeons. *Animal Learning & Behavior*, 19, 276-282.
- Kraemer, P. J., Mazmanian, & Robertts, W. A. (1985). The choose-short effect in pigeon memory for stimulus duration: Subjective shortening versus coding models. *Animal Learning & Behavior*, 13, 349-354.
- Kraemer, P. J., & Roper, K. L. (1992). Matching-to-sample performance by pigeons trained with visual-duration compound samples. *Animal Learning & Behavior*, 20, 33-40.
- Mackay, H. A. (1991). Conditional stimulus control. In I. H. Iversen & K. A. Lattal (Eds.), *Experimental analysis of behavior: Part 1* (pp.301-350). Amsterdam: Elsevier.
- 中島定彦 (1995 a). 見本合わせ法による動物の行動と認知の分析 - 岩本ら (1993) の論文に関する 5 つの問題 -. 心理学評論, 38, 62-82.
- 中島定彦 (1995 b). 見本合わせ手続きとその変法. 行動分析学研究, 8, 160-176.
- 中島定彦・井上尚亮・永石高敏 (2010). 事象持続時間の弁別学習におけるラットとデグーの比較. 日本動物心理学会第 70 回大会発表 (動物心理学研究, 60, p.176 に要旨掲載).
- Parker, B. K., & Glover, R. L. (1987). Event duration memory: The effects of delay-interval illumination and instructional cueing. *Animal Learning & Behavior*, 15, 241-248.
- Peterson, G. B. (1984). How expectancies guide behavior. In H. L. Roitblat, T. G. Bever, & H. S. Terrace (Eds.), *Animal cognition* (pp.135-148). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

- Roitblat, H. L. (1980). Codes and coding processes in pigeon short-term memory. *Animal Learning & Behavior*, 8, 341-351.
- Santi, A., Bridson, S., & Ducharme, M. J. (1993). Memory codes for temporal and nontemporal samples in many-to-one matching by pigeons. *Animal Learning & Behavior*, 21, 120-130.
- Santi, A., Coyle, J., Coppa, R., & Ross, L. (1998). The timing of auditory and visual signals by pigeons : Differential sensitivity to intertrial interval duration. *Learning and Motivation*, 29, 345-365.
- Santi, A., Ducharme, M. J., & Bridson, S. (1992). Differential outcome expectancies and memory for temporal and nontemporal stimuli in pigeons. *Learning and Motivation*, 23, 156-169.
- Santi, A., Stanford, L., & Symons, J. (1998). An analysis of confusion errors in many-to-one matching with temporal and nontemporal samples. *Animal Cognition*, 1, 37-46.
- Spetch, M. L. (1987). Systematic errors in pigeons' memory for event duration : Interaction between training and test delay. *Animal Learning & Behavior*, 15, 1-5.
- Spetch, M. L., & Cheng, K. (1998). A step function in pigeons' temporal generalization in the peak shift task. *Animal Learning & Behavior*, 26, 103-118.
- Spetch, M. L., & Grant, D. S. (1993). Pigeons' memory for event duration in choice and successive matching-to-sample tasks. *Learning and Motivation*, 24, 156-174.
- Spetch, M. L., Grant, D. S., & Kelly, R. (1996). Procedural determinants of coding processes in pigeons' memory for duration. *Learning and Motivation*, 27, 179-199.
- Spetch, M. L., & Rusak, B. (1992). "Time present and time past." In W. K. Honig & J. G. Fetterman (Eds.), *Cognitive aspects of stimulus control* (pp.47-67). Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- Spetch, M. L., & Sinha, S. S. (1989). Proactive effects in pigeons' memory for event duration : Evidence for analogical retention. *Journal of Experimental Psychology : Animal Behavior Processes*, 15, 347-357.
- Spetch, M. L., & Wilkie, D. M. (1981). Duration discrimination is better with food access as the signal than with light as the signal. *Learning and Motivation*, 12, 40-60.
- Spetch, M. L., & Wilkie, D. M. (1982). A systematic bias in pigeons' memory for food and light durations. *Behaviour Analysis Letters*, 2, 267-274.

- Spetch, M. L., & Wilkie, D. M. (1983). Subjective shortening: A model of pigeons' memory for event duration. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 9, 14–30.
- 和田博美・岩本隆茂 (1985). ネズミの時間弁別行動における生理心理学的機構. 心理学評論, 28, 220–252.
- Wilkie, D. M., & Wilson, R. J. (1990). Discriminal distance analysis supports the hypothesis that pigeons retrospectively encode event duration. *Animal Learning & Behavior*, 18, 124–132.
- 山田弘司・和田博美・岩本隆茂 (1988). モデル化による時間弁別機構へのアプローチ—動物実験からの展望—. 心理学評論, 31, 508–537.
- Zentall, T. R. (2005). Timing, memory for intervals, and memory for untimed stimuli: The role of instructional ambiguity. *Behavioural Processes*, 70, 209–222.
- Zentall, T. R. (2006). Instructional ambiguity in the discrimination of and memory for the duration of a stimulus. *International Journal of Psychology and Psychological Therapy*, 6, 167–187.
- Zentall, T. R. (2007). Temporal discrimination learning by pigeons. *Behavioural Processes*, 74, 286–292.
- Zentall, T. R. (2010). Coding of stimuli by animals: Retrospection, prospection, episodic memory and future planning. *Learning and Motivation*, 41, 225–240.
- Zentall, T. R., Sherburne, L. M., & Steirn, J. N. (1993). Common coding and stimulus class formation in pigeons. In T. R. Zentall (Ed.), *Animal cognition: A tribute to Donald A. Riley* (pp.217–236). Hillsdale, NJ: Erlbaum.