

# 概念学習の数理モデルの仮定

藤 田 昭 彦

環境認知の基本的な一形式に、人間の概念的行動がある。概念的行動とは、概念の学習と概念の使用とを含む人間の種々の活動の集りをさす(4)。概念的行動に対する実験心理学的関心は、概念を専ら行動的にとらえ、「2個以上の弁別可能な対象や事象が、各を代表するある共通の特徴(特性)に基づいて、他の対象から分離、または統合して、分類され、あるいは、群化されるときには、いつでもそこに概念が存在する」(1, p.1)と考える。たとえば、実験事態で何らかの方法で対象の規則性が学習されると、概念が獲得されたとみなすのである。

現代の概念的行動(一般に、思考)に関する諸理論は、その多くを学習理論に根ざしている(3)。そして、学習理論のうち、近年になって目覚ましい発展を示すものに、数学的学習理論がある。これらは、学習に関して述べられてきた心理学的な諸説を数学的定式化したものといえ、その明確な定式化により数学的演繹を経て新たな実験検証を要する命題が効率よく誘導できる点で、学習理論のいっそうの発展に貢献し得る。

概念的行動の実験的研究は、従来、概念形成、概念獲得、概念学習、概念識別、概念利用などの表題の下に、同一の、または、最近接領域を対象にして行われてきた。それぞれの意味するところが研究者間で一致するとは限らず、それらの使用には、少なからず混乱がある(38)。ここでは、「概念学習」を包括的なものと解し、数学的学習理論の概念的行動への適用を、概念学習に関する理論の基本的仮定の検討を通して、考察したい。

## I 概念学習の理論——基本的仮定——

1 理論的定式化 概念学習の理論には、連合説、媒介説、仮説(検証)説、

## 2 (藤田)

情報処理説などがある。連合説では、学習を、提示された刺激事例とカテゴリー反応との間に連合を形成する過程と考える。たとえば、Bourne & Restle (7) は、より認知的に、概念に関連する次元から生ずる刺激手がかりをカテゴリー反応に条件づけ(連合)し、無関連刺激手がかりを順応する過程として、概念学習をとらえる。媒介説は、刺激と反応との間に仮説的媒介物を設け、刺激—媒介物—反応の連合を考え、媒介物として何を想定するか(たとえば、言語)で諸説があり得る(29, 30)。

一方、「仮説」説は、正解に到達するまで仮説(課題の解として考え得るあらゆる可能性)を事態に照らして検証する過程として、学習をとらえる。ここでは、反応は、常に、仮説によって決定され、無関連仮説を採用する限り学習されず、関連仮説をとると直ちに正解に達する、すなわち、学習は急激になされる。この離散的特徴のために、この種の説は全無説(all-or-none theory)と呼ばれる。「仮説」説に立つものには、Bruner ら(10)をはじめとし、多数がある(たとえば、9, 33, 42)。

情報処理説は、前述の諸説とは方法論を異にする。原理的には、多様な仮説的モデルがコンピュータ・プログラミングされ、モデルの行動(コンピュータの算定結果)と人間の実際行動との比較により、人間の行動メカニズムを記述する。人間被験者が行う種々の情報操作のシミュレーションにより、人間の内的な情報処理過程を明らかにしようとするものである。概念学習の情報処理的解釈には、Hunt (27, 28), Gregg & Simon (25)などが挙げられる。

2 数学的定式化 学習の数学的理論は20世紀初頭に出現したといわれるが(15)、現代の隆盛は1950年代の Estes (21), Bush & Mosteller (11)に始まったといえる。これらの数理モデルは種々の学習事態に適用され、その適用は単純な事態から複雑なものへと移り、人間の複雑で高次な精神過程と考えられる概念学習に対しても行われるに至った。

概念学習の数学的理論は、Bourne & Restle (7)により、1959年にはじめて現われ、その後多数が続出している(たとえば、9, 12, 41, 42, 48, 49, 50)。これらは、基本的には、前述の諸説を数学的定式化して数理モデルを構築したものといえる。そして、Bourne-Restle モデルなど少数を除いて、大部

分のモデルは「仮説」説ないしはそれに類似する説の上にたてられ、有限個の状態モデルの形式をとっている。ここで、一連のモデル構成の先駆をなした Restle (41, 42) 並びに Bower & Trabasso (9) のモデルを簡単に述べておこう。

Restle モデル (Rモデルと略す) は、ストラテジー選択モデルと呼ばれる。このストラテジーは仮説と等価であり、被験者の反応を決定する。特定課題で可能な全ストラテジーの集合 ( $H$ ) は、実験者が規定する規則により各ストラテジーの解に対する関連性を一義的に定めるが故に、3個の部分集合に分割される。すなわち、 $C = \{\text{常に正に導くストラテジー}\}$ 、 $W = \{\text{常に誤に導くストラテジー}\}$ 、および  $I = \{\text{正・誤のいずれかに導き得るストラテジー}\}$  のいずれかに、各ストラテジーは属する。被験者は  $H$  からランダムに1個のストラテジーを選択する (1度の選択回数に関して異なる仮定が考えられ得る)。もしこのストラテジーが導く反応が誤とされると、それを  $H$  に戻し、再び、 $H$  からランダムに1個のストラテジーを選択する。もし反応が正とされると、そのストラテジーは保持され、次の試行での反応を決定する。これらの仮定の数学的定式化は、復元抽出 (sampling with replacement) に対応し、これは、第1試行を除き、誤反応の後でのみ生起する再帰事象である (誤反応は、常に、過程を第1試行に戻す)。いま、部分集合  $C, W, I$  の  $H$  に対する割合をそれぞれ  $c, w, i$  で表わし、また、第  $j$  試行での誤反応生起の確率を  $p_j$  で表わすとすると、2分類学習課題では、

$$c + w + i = 1 \quad (1)$$

$$p_1 = w + \frac{1}{2}i \quad (2a)$$

$$p_j = i \left( \frac{1}{2} \right)^j, \quad j \geq 2 \text{ のとき} \quad (2b)$$

となる。これらから、その課題でなす全誤反応数  $K$  の期待値は、

$$E(K) = \sum_{k=1}^{\infty} K(1-c)^k c = \frac{1-c}{c} \quad (3)$$

と誘導され、他の統計量も同様に得られる。

一方、Bower-Trabasso モデル (B-T モデルと略す) は、抽出モデルであ

#### 4 (藤田)

る点で、基本的にはRモデルと変わらないが、事例の分類にはどの刺激手がかりが関連するかを学習するという観点から学習過程をとらえ、選択と連合の2種のメカニズムを考える。

選択過程は、関連手がかりの相対的重み

$$c = \frac{w_r}{w_r + \sum_i w_i} \quad (4)$$

なるパラメータをもって表わされる。ただし、 $w_r$  は関連手がかりの全重みを、また  $\sum_i w_i$  は無関連手がかりの重みの合計を、それぞれ表わす。そこで、 $c$  は抽出時の関連手がかりの選択確率であり、関連性の定義から、課題解決の確率となる。そして、B-T モデルは2種の被験者の状態（未学習状態  $\bar{S}$ ；学習状態  $S$ ）を仮定する。全被験者は状態  $\bar{S}$  から出発し、その後、いずれか一方の状態に必ずいる。状態  $\bar{S}$  では、無関連手がかりを選択し、正・誤いずれかの反応を行い、状態  $S$  では、関連手がかりを選択し、必ず正反応を行う。状態  $\bar{S}$  から  $S$  への移行は、突然に生じ、逆行は決してない。すなわち、状態  $S$  は吸収状態である。各状態での正反応確率  $P_r(\text{CR})$  は、それぞれ  $P_r(\text{CR}|\bar{S}) = p$ 、 $P_r(\text{CR}|S) = 1$  と仮定すると、誤反応時にのみ手がかりの再選択が行われるので、状態  $S$  に移行する確率  $P_r(S)$  は、誤反応確率  $P_r(E|\bar{S}) = 1 - p = q$  に、関連手がかりの選択確率  $c$  を乗じたもの、すなわち、 $P_r(S) = q \cdot c$  となる。これらの仮定を表式化すると、状態移行確率  $\mathbf{T}$  は、

$$\mathbf{T} = \begin{matrix} & \begin{matrix} S_{n+1} & \bar{S}_{n+1} \end{matrix} \\ \begin{matrix} S_n \\ \bar{S}_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ q \cdot c & 1 - q \cdot c \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (5)$$

となる。学習過程を2状態マルコフ連鎖として表わし、被験者は最終誤反応までは状態  $\bar{S}$  におり、それ以後、吸収状態  $S$  に移行し決して誤反応を起きないということを表わしている。また、最終誤反応までの試行を解決前試行 (presolution trial : PT) と呼ぶが、状態  $\bar{S}$  の定義により、この試行はベルヌーイ系列をなす。すなわち、そこでは、 $p$  は一定であり (定常性)、連続試行の各結果は統計的に独立である (独立性) と仮定されているのである。

Rモデル、B-T モデルは、その基本的仮定として、「ストラテジーあるいは手

がかりの選択は復元的かつランダムである」, 「未学習状態での誤反応確率は一定である」という過程の記憶に関する仮定, および「ストラテジー選択は, 第1試行を除き, 誤反応後のみ生ずる」, 「状態移行は誤試行でのみ生ずる」という誤試行の役割に関する仮定を設けている。これらの仮定は, 学習過程に対して抱くわれわれの直観に反するものとして, 多くの実験的考察を導くものであった。

## II 基本的仮定の検討

1 無記憶仮定の検討 Bower & Trabasso (8, 9) は, 逆転・非逆転移行実験を行い, PT はベルヌーイ系列であり, PT における訓練はいかなる効果も持たず, 学習は全無的に生ずることを示した。同様の結果は別の実験でも得られた (46, 48)。しかし, この PT での定常性は人為によるという反論があり (44), 無記憶仮定の実験検証が改めて注目されるのである。

概念学習の実験構成の本質により, 特に, 事例受容法 (1, 39) による限り, 被験者は, 先行試行で獲得した情報を保持再生の上で利用しなければならない。記憶要因に関する問題は, Underwood (52) によって指摘され, それに続く実験研究が概観されているが (17), その時点までは, 「概念学習における記憶の役割について十分に発展された理論はない」 (27, p. 139) といえる。ここで, その後の無記憶仮定に関する研究を, 便宜上, それぞれが用いた実験手続に従って考察しよう。

i ランダム強化 (RR) 訓練中の RR の後学習におよぼす影響をみるもので, 前述の移行実験と手続上等価である。RR は, 一般的に妨害的效果を持つことが示され (26, 32), 2 種の RR (正; 誤) の効果の分析により, その効果は, 主として, 「正」フィードバックによることが明らかにされた。これらの RR の負の転移効果は, 課題に無関連な仮説の付加および必要な仮説の棄却に基づくものと解釈できる (51)。

ii multiple concurrent problems 過程の記憶 (特に, 短期記憶) を妨げるために, 連続する試行において異なる課題を学習させる, その際, 数種類の概念学習課題を用い, 結果として, それらを同時進行的に学習させる事態が,

Restle & Emmerich (43) によって工夫された。1 課題のみと 2 課題同時進行的学習との間、3 課題と 6 課題同時進行的学習との間には、それぞれ誤反応数に有意差はなかった。しかし、これらの前群と後群との間では、前群の誤反応数が有意に少なかった(実験 I)。この結果は、被験者による先行刺激についての記憶利用の事実、並びにその記憶範囲について重要な示唆を与えるものである。また、結果についてのフィードバックを提示するときに、それらに対応する刺激を同時に提示しておくことの効果を分析したが(実験 II)、結果は、試行間の時間間隔(intertrial interval: ITI)のいっそうの分析を必要とするものであった。

iii 試行時間間隔の操作 課題解決のための情報処理が ITI において行われる可能性を吟味するために、ITI を実験変数とする研究が行われた(5, 6)。結果は、ITI の変動が学習の遂行に直接的に関係し、課題ごとに最適とみなし得る ITI が存在することを示していた。

iv dimensional shift (DS) 同一課題でなすあらゆる 2 番目の誤反応ごとに、課題の解が移行される(DS 手続)事態が作られる。換言すると、隣接する 2 個の誤反応(その中間に正反応がはいってもよい)のうちの第 2 のものは、実験者によって意図的に、常に正とされ、その後の試行では、移行された関連性によって訓練が続けられる。この DS 手続は、RR 手続にはほぼ等価であり、その効果も、また、RR 効果と同様に有意であった(49)。すなわち、DS 効果は、誤反応ごとの再抽出の時点で、先行情報の記憶が存在することを意味し、単純な復元抽出仮定の改訂を求める。仮定の修正を試みるとき、記憶による手がかりの一貫性吟味(consistency check)を組みこんだ修正仮定が有望なものとしてあげられている(49)。

v 反応潜時(RL)の測定 これまでの概念学習実験は、反応頻度の分析を主としていたが、最近になって、RL を測定・分析する研究が現われている。Erickson ら(19)は、全無的モデルに RL に関する仮定を付加し、それらから誘導した予測の実験検証を行った。反応頻度については、モデルによる予測は実測データとよく適合していた。他方、RL データについては、予測に適合しない結果を示した。誤反応直後(AE)試行での RL は、正反応直後(AC)

試行での RL より有意に大きかった。しかし、誤反応試行、正反応試行のそれぞれでの RL の間には有意差が認められず、さらに PT での RL の定常性は完全には確認できないで、むしろ定常性子測に矛盾した「学習曲線」を示していた。学習規準試行では、最初の数試行の間、RL は漸減し、その後定常になり、明瞭な「学習曲線」を示した。この RL による「学習曲線」は、その後、多くの研究者によっても確認されている (20, 23, 24, 35)。

これらの RL に関する発見は、AE および AC の両試行での学習の可能性を示唆するものであり、今後、RL 仮定の精密化並びに復元抽出仮定の再検討を必要とするものといえる。

概念学習の RL の意味を考えると、反応確信度による解釈がある。反応確信度は「反応強度」に対応し、近時、短期記憶研究において信号検出理論的解釈を受けてきた (たとえば、53)。基本的には、認知状態の程度に関する表現が確信度であり、その具体的遂行の時間的側面が RL である。確信度データは、RL とともに、学習過程に記憶的な媒介過程の存在することを示すものと解釈できる点で注目すべきである。しかし、確信される対象 (認知過程) は多様であり得るので、RL の確信度による解釈は一可能性にすぎず、今後の研究をまつ過渡的段階のものであるだろう。

これまでみてきた研究は、Kintsch (31) も指摘するように、復元抽出仮定、すなわち、無記憶仮定の不適當なることを明らかにし、記憶仮定に立つモデルの構築を要請する。

2 誤試行学習仮定の検討 ここで、前述のモデルが持つ誤試行学習仮定について考察してみよう。

Suppes & Schlag-Rey (45) は、被験者が正反応試行で分類反応を変更する割合は、誤試行とほぼ同程度に高いことを示し、正強化の学習におよぼす効果に言及した。

Levine (33) は、課題の途中で被験者が保持する仮説を知る方法 (blank-trial 法) を工夫し、各情報フィードバックが保持仮説の変更におよぼす効果を分析した。連続試行での特定仮説の反復確率は、完全な論理的記憶のある被験者については、先行試行で反応が正とされたとき、1 となり、誤とされたとき

き、0となるはずである。実験結果は、この予測にほぼ適合したが、完全な記憶を確認するものではなかった。また、「誤」フィードバック直後の仮説集合の大きさの変動は、被験者が無記憶復元抽出仮定と、完全焦点準拠的处理仮定(10)との中間に位置することを示した(34)。これら Levine の研究は、誤試行における非復元的抽出の可能性を示すものとして評価できる。

Bourne ら(2)は、以前の研究(5, 6)に続けて、反応に応じて ITI を操作した(反応: 正・誤; ITI: 最適・不適の組合せにより4条件設定)。学習遂行は、正・誤の両方において ITI が最適の群がもっともよく、両方で不適 ITI の群がもっとも悪く、正反応試行後にも ITI 効果があることを示した。これは、全試行学習の考え方を支持し、ITI において、学習完成に向けて何かの認知過程が進行することを示唆するものである。

以上の事実からは、誤試行学習仮定の適否は必ずしも明らかでない。仮説の再抽出は、誤試行後に生起する、しかしそれを含む何らかの情報処理は全試行にわたって行われるとだけはいえるだろう。これらの点については、いっそうの明確化が望まれる。

### III 無記憶モデルの修正

これまでみてきた事実が明らかにするように、人間の記憶は完全でもなければ、まったく無いのでも決してない。この記憶の限界を理論化するために、修正モデルは2種の過程を考える(23)。一方は、過去の事象が保持される範囲を限る過程であり、他方は、一般的な忘却過程である。さらに、何を記憶するかが問題になる。これらの記憶の限定に関する基本的理論化から、種々の修正モデルが出てくるのである。

Trabasso & Bower (49) は、既述の通り、一貫性吟味仮定に立つモデルを表わした。そこでは、被験者は先行試行の刺激一反応情報を記憶しているとし、「被験者は、特定の手がかりが無関連であることを発見するが、その後他の事象が続くにつれて、結局は、この情報を忘却し、そこで、再びこれらの手がかりは抽出される可能性を持つようになる」と仮定された。ここで、特定の手がかりが抽出対象とならないのは、それが先行情報と現在情報との比較に



よって行われる一貫性吟味で除外されるか、あるいは、以前の吟味で除外されたまま復元されていないためである。従って、全手がかり集合は、除外されたものからなる部分集合と、現在機能し得る手がかりからなる部分集合とに分割され、抽出は、その機能的部分集合から行われる。この抽出仮定は、たとえば、無関連手がかりに対する加重を小さくすることで表現される。

また、4種の抽出仮定を組みこんだ情報処理モデルが構成された(25)。それは、復元抽出仮定と3種のその変形仮定であり、被験者に課す記憶負荷量を異にするものと考えられる。変形仮定は、(1)局部的非復元仮定(先行試行での仮説を再抽出から除外する)、(2)局部的一貫性仮定(直前刺激事例と一貫性を保つ仮説の部分集合からのみ再抽出する)、および(3)全体的一貫性仮定(完全な記憶が存在する)と命名される。仮定(2)は、前述の修正モデル(49)と等価である。情報処理モデルによる分析は、被験者は状況(課題の性質)に依存して、4種の仮定のいずれかに従うといえる結果を示した。これは、個々の被験者のとる行動が状況依存的であることを明らかにし、より一般的な数理モデル構築の今後の方向を暗示するものといえる。

Erickson (18), Trabasso & Bower (50) とも、局部的非復元と同時に局部的一貫性を含む仮定によるモデルが、データによく適合し得ることを示している。

Chumbley (12) は、「被験者は、機能的仮説集合の大きさを限るために、仮説の部分集合を思い出し、それを処理する」(33)を定式化した仮説記憶モデルを提唱した。Levine (35) も、学習規準試行での RL の漸減を予測し得るモデルとして、類似のものを構成した。そこでは、被験者は、仮説部分集合を選択し、その部分集合から1個の作業仮説を抽出し、フィードバックとの照合を行う。そして、反証された仮説は部分集合から除外され、その結果として、部分集合の大きさは縮小し、最終的に、正解に導く唯一の仮説が残る。1個の仮説当りの処理時間は一定であると仮定すると、RL の漸減一定常現象は、このモデルによって説明される。

RL の漸減現象は、反応強度的解釈も可能である。Falmagne (22) は、過去の情報保持に関する記憶過程と反応発生の決定過程との結果として概念学習を

とらえる仮説モデルを構成した。基本的学習過程は、強化による仮説強度の修正過程であるとし、仮説強度は、強化・刺激・機能的仮説集合に関する先行情報の関数である、そして、仮説抽出確率は、この仮説強度の関数であると仮定している。このモデルによると、個々の仮説は、正強化のたびごとに、その強度を大きくし、その抽出確率を高め、結果としてますますその強度を強め得る。他方、負強化仮説は、その強度を弱める方向に作用する。この過程は、最終的には、特定仮説のみが最大強度を持ち、確実に抽出されるようになり、それ以外の仮説は注意されなくなるという結果になる。RL は、特定仮説の強度（上限を仮定しておく）に逆比例すると仮定するならば、その漸減一定常現象は、この仮説モデルによって解釈し得る。また、仮説強度は、被験者が表明する反応確信度に直接的に反映されると仮定するならば、確信度データにも、仮説モデルが適用され得る (23)。

Falmagne の仮説モデルは、無記憶仮定を改めており、仮説抽出そのものは誤試行でのみ生ずるとしていても、仮説強度は全試行にわたって連続的に変化するとした点で、単純な誤試行学習仮定をも修正したものである。

#### IV 結 論

前述の考察より、最近の概念学習の数理モデルは、新事実を含み得るようになり、初期の基本的仮定をより厳密に修正していることがわかる。既に考察したモデル以外のごく新しい試み（たとえば、13, 14, 40, 54）をも含めて、最後に、以下のことを指摘しておきたい。

これらの数理モデルは、その研究方向として、これまで考察してきた仮定の修正を敷衍することは当然であり、さらに、個々の事態における課題固有の問題の分析に向っているといえるだろう。モデル構築は、一般に、初期の心理学的過程に関する強い単純化仮定を修正し、広範囲な実験事実に適合し得る形をとりつつある。特に、情報処理モデルにみられた個々の被験者についての分析が、確率論的モデルにおいてもとられるようになった点は注目すべきである。一般的な数理モデルが課題パラメータ、被験者パラメータを操作することにより、特定モデルが誘導されるのである。今後は、この接近により、事態に含ま

れる認知過程を明らかにすることが必要であろう。特定の数理モデルに対応し得る心理過程には、種々のものが可能である。しかし、モデル構成により、複雑な過程の基礎的構造が、個々の可能性として演繹され得るのであり、概念学習の数理モデル構成の意義もここに認め得るのである。

引用および参考文献

1. Bourne, L. E., Jr. *Human Conceptual Behavior*. Boston: Allyn and Bacon, 1966.
2. Bourne, L. E., Jr., Dodd, D. H., Guy, D. E., and Justesen, D. R. Response-contingent intertrial intervals in concept identification. *Journal of Experimental Psychology*, 1968, **76**, 601—8.
3. Bourne, L. E., Jr., and Dominowski, R. L. Thinking. *Annual Review of Psychology*, 1972, 105—30.
4. Bourne, L. E., Jr., Ekstrand, B. R., and Dominowski, R. L. *The Psychology of Thinking*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 1971.
5. Bourne, L. E., Jr., Goldstein, S., and Link, W. E. Concept learning as a function of availability of previously presented information. *Journal of Experimental Psychology*, 1964, **67**, 439—48.
6. Bourne, L. E., Jr., Guy, D. E., Dodd, D. H., and Justesen, D. R. Concept identification: The effects of varying length and informational components of the intertrial interval. *Journal of Experimental Psychology*, 1965, **69**, 624—9.
7. Bourne, L. E., Jr., and Restle, F. Mathematical theory of concept identification. *Psychological Review*, 1959, **66**, 278—96.
8. Bower, G., and Trabasso, T. Reversals prior to solution in concept identification. *Journal of Experimental Psychology*, 1963, **66**, 409—18.
9. Bower, G., and Trabasso, T. Concept identification. In R. C. Atkinson (Ed.) *Studies in Mathematical Psychology*. Stanford: Stanford University Press, 1964, 32—94.
10. Bruner, J. S., Goodnow, J. J., and Austin, G. A. *A Study of Thinking*. New York: Wiley, 1956.
11. Bush, R. R., and Mosteller, F. A mathematical model for simple learning. *Psychological Review*, 1951, **58**, 313—23.
12. Chumbley, J. Hypothesis memory in concept learning. *Journal of Mathematical Psychology*, 1969, **6**, 528—40.
13. Chumbley, J. A duoprocess theory of concept learning. *Journal of Mathematical Psychology*, 1972, **9**, 17—35.

14. Cotton, J. W. A sequence-specific concept identification model: Infrastructure for the Bower and Trabasso theory. *Journal of Mathematical Psychology*, 1971, 8, 333—69.
15. Coombs, C. H., Dawes, R. M., and Tversky, A. *Mathematical Psychology: An Elementary Introduction*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 1970. (小野茂監訳 数理心理学序説. 新曜社, 1974.)
16. Dodd, D. H., and Bourne, L. E., Jr. A test of some assumptions of a hypothesis-testing model of concept identification. *Journal of Experimental Psychology*, 1969, 80, 69—72.
17. Dominowski, R. L. Role of memory in concept learning. *Psychological Bulletin*, 1965, 63, 271—80.
18. Erickson, J. R. Hypothesis sampling in concept identification. *Journal of Experimental Psychology*, 1968, 76, 12—8.
19. Erickson, J. R., Zajkowski, M. M., and Ehmann, E. D. All-or-none assumptions in concept identification: Analysis of latency data. *Journal of Experimental Psychology*, 1966, 72, 690—7.
20. Erickson, J. R., and Zajkowski, M. M. Learning several concept-identification problems concurrently: A test of the sampling-with-replacement assumption. *Journal of Experimental Psychology*, 1967, 74, 212—8.
21. Estes, W. K. Toward a statistical theory of learning. *Psychological Review*, 1950, 57, 94—107.
22. Falmagne, R. Construction of a hypothesis model for concept identification. *Journal of Mathematical Psychology*, 1970, 7, 60—96.
23. Falmagne, R. Memory process in concept identification. *Journal of Experimental Psychology*, 1972, 92, 33—42.
24. 藤田昭彦 「結果についての情報」の反復提示の効果. 関西心理学会第36回大会発表論文集, 1974, 14.
25. Gregg, L. W., and Simon, H. A. Process models and stochastic theories of simple concept formation. *Journal of Mathematical Psychology*, 1967, 4, 246—76.
26. Holstein, S. B., and Premack, D. On the different effects of random reinforcement and presolution reversal on human concept identification. *Journal of Experimental Psychology*, 1965, 70, 335—7.
27. Hunt, E. B. *Concept Learning: An Information Processing Problem*. New York: Wiley, 1962.
28. Hunt, E. B. Utilization of memory in concept-learning systems. In B. Kleinmuntz (Ed.) *Concepts and the Structure of Memory*. New York:

- Wiley, 1967, 77—106.
29. Kendler, H. H., and Kendler, T. S. Vertical and horizontal processes in problem solving. *Psychological Review*, 1962, **69**, 1—16.
  30. Kendler, H. H., and Kendler, T. S. Reversal-shift behavior: Some basic issues. *Psychological Bulletin*, 1969, **72**, 229—32.
  31. Kintsch, W. *Learning, Memory, and Conceptual Processes*. New York: Wiley, 1970.
  32. Levine, M. Cue neutralization: The effects of random reinforcements upon discrimination learning. *Journal of Experimental Psychology*, 1962, **63**, 438—43.
  33. Levine, M. Hypothesis behavior by humans during discrimination learning. *Journal of Experimental Psychology*, 1966, **71**, 331—8.
  34. Levine, M. The size of the hypothesis set during discrimination learning. *Psychological Review*, 1967, **74**, 428—30.
  35. Levine, M. Latency-choice discrepancy in concept learning. *Journal of Experimental Psychology*, 1969, **82**, 1—3. (a)
  36. Levine, M. Neo-noncontinuity theory. In G. H. Bower, and J. T. Spence (Eds.) *The Psychology of Learning and Motivation*. Vol. 3. New York: Academic Press, 1969, 101—34. (b)
  37. Merryman, C., Kaufmann, B., Brown, E., and Dames, J. Effect of “Rights” and “Wrongs” in concept identification. *Journal of Experimental Psychology*, 1968, **76**, 116—9.
  38. 岡本夏木・清水御代明 概念の獲得. 波多野完治・依田新・重松鷹泰監修 学習心理学ハンドブック. 金子書房, 1968, 177—220.
  39. 小野茂 学習実験. 北川敏男編 情報科学講座E・17・3. 共立出版, 1966.
  40. Polson, P. G. A quantitative theory of the concept identification processes in the Hull paradigm. *Journal of Mathematical Psychology*, 1972, **9**, 141—67.
  41. Restle, F. Statistical methods for a theory of cue learning. *Psychometrika*, 1961, **26**, 291—306.
  42. Restle, F. The selection of strategies in cue learning. *Psychological Review*, 1962, **69**, 329—43.
  43. Restle, F., and Emmerich, D. Memory in concept attainment: Effects of giving several problems concurrently. *Journal of Experimental Psychology*, 1966, **71**, 794—9.
  44. Suppes, P., and Ginsberg, R. A fundamental property of all-or-none models, binomial distribution of responses prior to conditioning, with application

- to concept formation in children. *Psychological Review*, 1963, 70, 139—61.
45. Suppes, P., and Schlag-Rey, M. Observable changes of hypothesis under positive reinforcement. *Science*, 1965, 148, 661—2.
  46. Trabasso, T. Stimulus emphasis and all-or-none learning in concept identification. *Journal of Experimental Psychology*, 1963, 65, 398—406.
  47. Trabasso, T., and Bower, G. Component learning in the four-category concept problem. *Journal of Mathematical Psychology*, 1964, 1, 143—69. (a)
  48. Trabasso, T., and Bower, G. Supplementary reports: Presolution reversal and dimensional shifts in concept identification. *Journal of Experimental Psychology*, 1964, 67, 398—9. (b)
  49. Trabasso, T., and Bower, G. Presolution dimensional shifts in concept identification: A test of the sampling with replacement axiom in all-or-none models. *Journal of Mathematical Psychology*, 1966, 3, 163—73.
  50. Trabasso, T., and Bower, G. *Attention in Learning: Theory and Research*. New York: Wiley, 1968.
  51. Trabasso, T., and Staudenmayer, H. Random reinforcement in concept identification. *Journal of Experimental Psychology*, 1968, 77, 447—52.
  52. Underwood, B. J. An orientation for research on thinking. *Psychological Review*, 1952, 59, 209—20.
  53. Wickelgren, W. A., and Norman, D. Strength models and serial position in short-term recognition memory. *Journal of Mathematical Psychology*, 1966, 2, 316—47.
  54. Wickens, T. D., and Millward, R. B. Attribute elimination strategies for concept identification with practiced subjects. *Journal of Mathematical Psychology*, 1971, 8, 453—80.

(本学助手 心理学)