

## 同異判断に関する理論批判と 新しいモデルへの試み

妻 藤 真 彦

同異判断研究において早過ぎる SAME 反応時間 (same RT) が議論の中心である。異なる (different) という判断では、一つでも異なる場所あるいは特徴を発見すればよいが、同じという場合すべての特徴の一致を確認する必要がある。したがって反応時間は same の方が長いと予想される。ところが実際の測定では一般にこれの方が短い (e.g., Bamber, 1969; Nickerson, 1978: ただしこれは感覚量の測定には当てはまらない, see 柿崎, 1974; Krueger, 1979)。これを説明する理論はいくつかあるが、実験的にそれらを区別することが難しくなかなか確定しないのが現状である。

一方で同異判断の反応時間を従属変数とする視覚・記憶検索のモデルのうち、並列型で処理容量の変動を含むものは、same RT が diff RT よりも長いと仮定することでデータと一致する (Townsend & Ashby, 1983)。Sternberg (1966) によって提案された系列走査のモデルでは説明できない現象が多く、並列型のモデルが注目されているが (Townsend & Ashby, 1983)、同異判断の実験結果と対応がとれないのは致命的な問題である。Townsend らは same 判断が複数の対象を一個にまとめるゲシュタルト型によっており、単一の対象を捜し出す検索課題とは性格が異なるとして重視していない。しかし単一の文字やパターンを用いてもこの現象が見いだされており (e.g., Taylor, 1976) 彼らの解釈は受け入れ難い。したがって検索課題の理論も同異判断の理論と対応がつかねばならない。両者に適用できる統合的説明のため、理論の立て方そのものの検討と新しい可能性の模索が必要だと思

われる。

同異判断の理論の内 Proctor のものと2過程説は判断過程の性質そのものは扱っておらず、これらの有利な点はある意味でそのアドホック性にあると思われるため (妻藤, 1985), 本稿では Krueger 説を再検討し、シミュレーションによって新しい可能性を模索する。

### noisy-operator

**脳内雑音** 同異判断に関して脳内雑音の問題を明確に扱っている理論は少ない (e.g., Bamber, 1969; Bamber, Herder, & Tidd, 1975; Cunningham, Cooper, & Reaves, 1982; Cleaves, 1977; Decker, 1974; Hock, 1973; McClelland, 1979; Proctor, 1981; 妻藤, 1983; Silverman, 1973; Taylor, 1976; Tversky, 1969)。検索課題のモデルでも情報の変動を扱うものは少なく、各過程の「停止」時間の変動を直接扱う理論が多い (see Townsend & Ashby, 1983; ただし Sternberg, 1975 は情報の変動型モデルを考えている)。

Krueger (1978) が指摘したように入力情報そのものを歪める雑音を仮定する必要があるが、かつその分布はよく用いられている正規分布では不相当だと思われる。少なくとも Krueger が示したように、雑音の分布型と判定基準の選び方によって、早過ぎる same 反応を予測できる場合がある以上、これを無視することはできない。

しかし、Krueger (1978) の noisy-operator で仮定された相違度計数器 (difference counter) には不

満が残る。彼の仮説では、入力情報が特徴を要素とするベクトルで表わされ、比較すべき2個のパターン間の相違度は2個のベクトル間で一致しない要素の個数と定義される。このベクトルの要素上に一様分布する雑音が乗り、相違度は2項分布にしたがって変動する。

このように仮定した場合、非常に単純なパターン同士の比較と複雑なものとはまったく異なる相違度を与えることになり、不都合なケースも発生し得る。たとえば数本の線だけで作られているパターンは、わずかの線分を変化させると知覚的印象が大きく変わる。一方複雑なパターンの場合、同じ数の変化を与えても、まだ似ていると判断されるであろう。

Krueger (1978) の場合、すべてのパターンの特徴数を100とする。したがって単純なものの場合も何等かの変換を受けた上で、同じアルゴリズムが適用できるような内部表現がなされるということも可能である。しかしそのような解釈をするなら、極めて単純なものと複雑なものを比較させる実験と、類似度をそろえた実験とを区別出来なくなってしまう。彼の理論ではそのような場合、分布型の変化としてデータの当てはめがなされる。しかしある特定の試験で用いられる刺激の複雑さも、利用可能な情報である可能性は無視できない。被験者が判定基準をかなり自由に設定できるということが確認されており (e.g., Pachella, 1974), 刺激の複雑さを手がかりにして判定基準が設定されるかもしれない。したがって Krueger の仮定は、各々の実験を区別する本質的な差異を無視したものである。今後の理論は、この点を考慮する必要があると思われる。

**入力情報の積分過程** 刺激が呈示された瞬間から入力情報が利用可能になるとは考えられない。光感覚に関して、情報が時間で積分される事 (Blochの法則)、またこれが反応時間で検出できることも確認されている (e.g., Ueno, 1977)。パターン情報についても同様な積分がなされるものと思われる (e.g., Eriksen & Collins, 1967 ; Haber, 1971 ; Saito, 1982)。

noisy-operatorの相違度計数器は符号化過程の出力を利用する。刺激呈示の物理的条件が一定であるならば、この積分過程の効果を計数器が考慮することはな

い。このように多段階の系列的システムを仮定し、後の過程は前の段階の処理が終了したときその出力を受け取るという仮定は、Sternberg (1969) 以来、これまで大半の理論で前提であった (McClelland, 1979)。後述する McClelland のカスケードモデルはこの点への批判によって作られたものである。これは理論構築の前提に関わるものであり、どちらが正しいかを簡単には決定できないが、あとで述べるようにカスケード型に分があると思われる。また多段系列型理論のパラダイムで考えられたアイデアを取り込んだカスケードモデルを数種類作ってみる必要も指摘できよう。

**判定の基準とシステムが有する知識の量** 知覚システムがどの程度の知識を持つか、という点も問題にしなければならない。これに言及している理論は少ないが、かなり重要なことだと思われる。Foder (1983) は知覚システムと上位過程を明確に区別し、知覚システムは世界に関する独自の知識ベースを持っていると主張する。その根拠として知覚処理の速度が思考等と比べて極めて早い事を挙げている。しかしそのような認知解釈に要する知識は別として、パターンマッチングの理論で仮定されている判定基準に関わる既有情報は、特に特定の試験条件に関係するものについては、最小限の仮定しか置くべきではないであろう。

Krueger (1978) の場合、被験者が何等かの方法で、実験中に用いられる刺激のばらつきと脳内雑音によるものをたたみ込んだ、相違度計数器出力の確率分布を「知る」必要がある。same pair が呈示されたときと different のときの分布に対して、尤度比が一定の値になるところに判定の基準を設定する訳である。しかしこの仮定は大胆すぎると思われる。脳内雑音について「知っている」ということは、そのシステムの性能をシステム自身が「知っている」ということであり、これは問題にしなくともよいであろう。また日常の知覚であれば Krueger の主張するように、長い間の経験によるとしてよい。しかし特定の試験において使用される刺激のばらつきかたを知るには、かなりの試行数を要するはずである。通常実験毎に異なる刺激を用いているにも関わらず、かなり一貫性のある結果が

見いだされるのであるから、もしこの仮定が正しいならば、被験者はかなり厳密に尤度比を決定していることになる。しかしこれを決定するにはいかに高い能力をもってしても、ある程度以上のサンプルがなければどうにもならない。したがって個人あたりの試行数が少ない実験とかなり多い実験では、エラー率だけではなく反応時間にも影響が出なければならない（判定基準の設定の仕方によっては same RT が diff RT より短くなるとは限らないので、これは重大な難点といえよう）。

**エラーと反応時間のトレードオフ** 通常適当な条件操作により、平均反応時間を短くしたとき、反応時間に対してプロットされた正答率はランダム水準から完全正答まで負加速増加関数になる（e.g., Pachella, 1974）。noisy-operator のもう一つの問題はこのエラーと反応時間の関係である。このモデルの判定基準は2個あり、各々 same と diff 分布の尤度比が1対25の点に設定される。計数器の出力がこの2点で囲まれた領域に落ちたときは、もう一度符号化からやりなおしがおこる。したがってこの2個の基準点が接近すると繰り返回数減少し、平均反応時間の減少とエラー率の増加が生ずる。しかしエラー率の増大には限界があり、基準点が接触して1個になるところで最大となる。このときのエラー率は各分布の近接度によって異なるが、それらがよほど接近している場合（極端に高い類似性）を除きランダム水準には達しない。トレードオフの研究によれば簡単な判断でも前述の関数が成り立つため、noisy-operator では説明できない。つまり符号化が「終了」してからその出力について相違度を計算する限りエラーは一定値以下である。したがって符号化が不完全なときにも判断装置がその出力を受け取れる必要がある（注意や構えによる制御や前処理もこのレベルで考えられる、e.g., Proctor, 1981; 妻藤, 1980）。したがってカスケード型に分があるといえよう。ただし多段系列型理論が否定される訳ではない。Sternberg (1969) の additive factor 問題を克服できれば、系列型理論も各過程の「終了」基準を自由にできるモデルを構成すればよい（もともと瞬

間呈示実験についてはそのように考えられていた）。

## シミュレーション

**積分型モデル** McClelland (1979) はこれまでの理論構成とはかなり異なるものを提案した。この理論では光受容レベル・特徴レベル・文字レベル等多段階の積分器を考える。各レベルの出力は次のレベルの対応する要素に集まるようになっていく。例えば文字レベルの c, a, t を表現する要素は、単語レベルの「cat」に当たる要素に出力を送る。各レベルは「終了」することはなく、入力のある時点までの積分結果を常に次のレベルに送り続ける。実験によって最終段は異なるが、例えば刺激が単語であるか否かを答える課題であれば、単語レベルの出力を受ける「yes」要素とそのレベルからの出力を受けない「no」要素があり、どちらかの積分結果が基準値を越えると反応がなされる。したがってこの基準値を低く設定していけば、エラー率はランダム水準までなめらかに増大する。

この理論は極めて興味深い性質を持っており、幅広い実験を説明する上、additive factor 問題も解決できる。しかしながら、Ashby (1982) がこの理論の致命的欠陥を示した。すなわち通常の反応時間の実験で必ず見いだされる、平均の増大に伴う分散の変化を予測できないこと、このシステムが無制限時間たっても反応を起こさない確率がゼロでないということが証明されたのである。これに加え雑音も含めた確率変動を殆んど考慮していないこと、same と different の非対称性がないことを付け加える必要がある。もちろんマッチングレベルでの same 要素と diff 要素の判定基準値を変えることにより反応時間を短くすることができる。しかしその場合、different pair のときのエラー、つまり誤った same 反応の率がふえてしまう。したがって早過ぎる same 反応を単なるトレードオフの結果だと解釈することになる。Krueger (1978) は過去の文献の調査から、一般に same のエラー、つまり誤った different 反応の方が多いいことを示しておりこれではデータに合わない。また same 判定要素の時定数か漸近値を変えれば、データに合わせることができると思

われるが、しかしそのようにする理論的必然性はまったくない。

**理論的可能性** ここで各レベルの状態が常に次のレベルで利用可能であるという McClelland (1979) の仮定を用いて、別のモデルを構成してみる。まだこれは暫定的なものであり、目的はこの仮定を用いたときでも same と different の非対称性が出現しうることを示す事である。後述のように現時点でのシミュレーションは反応時間とエラー両方とも実験データと丁度裏返しに、different の方が早くかつエラーが多い(誤った same 反応が多い)という予測をする。しかしここでの目的にはこれで十分である。方向が逆であっても、反応時間とエラー両方について一貫した結果が得られるのであるから、一部の計算式を変更することで今後修正するのは困難ではないものと思われる。

**暫定的モデル** ここでも光受容レベルの次に特徴レベルを置く。ただしこれは視野内のパターンに関する分解能に対応した数だけそのようなプロセスがあるものとする。McClellandはこの点についてなにも述べていないが、一次視覚野のコラム構造から類推すれば (Hubel, Wiesel & Stryker, 1978; cited from 田中, 1984) 妥当だと思われる(ただ Hubel & Wiesel, 1962 の「特徴分析器」が実際にここで仮定する特徴レベルに一致するというのではない)。これらはすべて並列動作を行う。次のレベルは比較すべき対象のある位置 2 箇所からの出力を受け一致係数を計算する(暫定的に対応器と呼ぶ)。この数は限られている(個数自体はここでは問題にしない)。このレベルにはサブプロセスとして出力を抑制する装置があり、これは時間軸上でサンプリングした計算結果が不安定であるあいだ抑制を行う。この後に反応を決定する反応器がある。

特徴レベルは刺激呈示直後から積分を始める。ただし計算の都合上、100ある特徴要素がランダムな順番で抽出されていくものとする。時間は単位時間の整数倍を  $t$  とし(ここでは単位を 1 とする)、すべての処理は各  $t$  ごとに一単位が行われる。各時点での抽出要素個数は、 $100 \cdot (1 - \exp(-.046 t))$  を四捨五入したも

のであるが、どの要素が抽出されるかはランダムである。

刺激はすべて 100 個の要素を持つベクトルで表され、そのうちの 50 個の要素が 1 (on : その特徴を含む) 他は 0 (off : その特徴を含まない) となっている。「複雑な」刺激は 1 (on) になっている要素数が多いものをいう。このように定義するのは、あまりにも複雑すぎる刺激(たとえばランダムドット)はかえって同じように見えるという事実に対応させるためである(ただし要素数を 100 としたのは計算の都合による。複雑さまで考慮する場合もっと多くするべきであろう)。

雑音は特徴レベルの各要素に対して一様分布にしたがって要素の内容を反転する。つまり on になっている要素を off に、off を on に変える。この確率は偶然に生ずる不一致が 6 パーセントになるよう決定された (Krueger, 1978 に合わせることになる)。したがって、その確率を  $p$  とすると、 $2p \cdot (1-p) = .06$  である(ただし計算時間の関係で端数を落とし、 $p = .03$  とした)。

対応器は各時点での 2 個の特徴レベル出力の対応する要素位置が両方 on であれば 1, 不一致であれば -1, どちらの要素も off のときは 0 とする(このようなハードウェアは促通・抑制結合を使って簡単に実現できる)。そして 1 の個数を  $s$ , -1 の個数を  $m$  とし、係数  $c$  を、 $c = s / (s + m)$  によって計算する。各時点において 2 個の特徴ベクトルが完全に一致しておれば 1, 完全に不一致であれば 0 とする (Krueger と異なり、刺激の複雑さが変化してもそれぞれ妥当な係数を与えることができる)。このようなチャンネルが前述のようにいくつかあり、今回のシミュレーションのように 2 個の刺激を判定するだけの場合、空きチャンネルは雑音のみ含む入力の係数を出力する。このレベルに付属する抑制器は、計算結果の積分器と、その出力を一定時間遅れて保持するバッファ、および両者の差をとる微分器からなる。つまり対応器出力の変動が大き過ぎるときそれが反応器にいかないように抑制する。反応器はすべてのチャンネルの出力同士を比較する。今回のような場合、一つの空チャンネルの

出力を基準として刺激チャンネルの出力を評価する。具体的には、両者の差をとりこれが基準値より上であれば same, 下であれば different という出力を行う。

反応時間を決定するのは対応器出力が安定するまでの時間である。これは特徴レベルで抽出される要素の順番と雑音の乗り方に影響される。一方エラーは安定した後の雑音の効果と判定基準の値で決まる。このままでは Krueger (1978) と同様トレードオフ関数は一部分しか導けない(反応器レベルで基準を越えた回数を数えることで為される)。しかし Krueger とは異なり、(ここでは触れないが) 時間に応じて変動する基準を考えかつ対応器出力抑制器を停止させることにより、この関数を作れることは確認できた。

すべてのレベル間の結合係数はすべて 1 としているので、パラメータの数は、刺激ベクトルの要素数、雑音の確率、特徴レベルの抽出個数の時定数、抑制器の積分時間と抑制係数、判定基準値の 7 個である。しかし抽出個数の時定数は、刺激ベクトルの要素数と時間単位の意味を決定するので任意ではない。また抑制器の係数は、現実に安定状態を検出出来る値に設定されるため、これも自由ではない。さらに刺激ベクトルの要素数の変化は、同時に抽出要素数の漸近値を変化させるため、実質的に最終出力のパターンを変えてしまうことはない。したがって真の自由パラメータの数は 2 個しかない。ここで構成されたモデルは検索課題等に拡張されても、自由パラメータの数を他のモデルに比べてかなり少なくできるであろう (McClelland, 1979 のものでは、レベルの数だけの時定数、それと同じ数だけの漸近値、2 個の判定基準を最低限必要とする)。

以上のモデルのコンピュータシミュレーションの結果が table 1 に示されている。same と different の非対称性が、反応時間とエラー率および分散のすべてに現われている(判定基準は .76 とした)。

この非対称性は判断基準の設定によるトレードオフではない。単なるトレードオフなら、早い方の反応でエラーが少ない、つまりその反応に有利な基準が設定されておれば、その反応をする確率が高いので誤りが少ないはずである(このような排反である反応間のト

Table 1. Results of simulation

	same	different
correct RT (time unit)	120.1	111.5
variance	161.0	261.1
error RT (time unit)	124.3	119.3
variance	107.6	186.1
error rate	.04	.06
number of dead stops*	0	0

\* number of trials in which the system never responded within a limit (200 time units).

レードオフと、独立であるような実験条件間のトレードオフとは見かけ上逆になる)。結果はその逆でありまた特にそのような結果を導くための仮定は含まれていないのであるから、これはこのシステムに本質的な性質である。ただし分散に関しては、反応時間の短いほうが大きくなっており、完全な一貫性は得られていない。

このシミュレーションから、カスケード型のモデルでも確率変動を考慮すれば反応間の非対称を導けることが判明した。今後このような方向での理論の開発を進めるべきであろう。今回のモデルについても今後対応器の係数の算出方法を変えてみる(たとえば、 $c = m / (s + m)$ )。このようにした場合、おそらく抑制器の方式も変える必要がある)などの検討が必要である。

## 要 約

これまでの同異判断に関する理論が批判的に検討され、特に入力情報の積分過程と脳内雑音とを両方取り込んだ理論が有力であると結論された。またシミュレーションによってその見通しが検討された。

## 引用文献

- Ashby, F. G. 1982 Deriving exact predictions from the cascade model. *Psychological Review*, **89**, 599-607.  
 Bamber, D. 1969 Reaction times and error rates

- for "same"-"different" judgements of multi-dimensional stimuli. *Perception & Psychophysics*, **6**, 169-174.
- Bamber, D., Herder, J., & Tidd, K. 1975 Reaction times in a task analogous to "same"-"different" judgement. *Perception & Psychophysics*, **18**, 321-327.
- Cleaves, W. T. 1977 Comparison of reaction time patterns in a sequential visual recognition task with simple geometric forms. *Perception & Psychophysics*, **22**, 191-200.
- Cunningham, J. P., Cooper, L. A., & Reaves, C. C. 1982 Visual comparison processes: Identity and similarity decisions. *Perception & Psychophysics*, **32**, 50-60.
- Decker, L. R. 1974 The effect of method of presentation, set, and stimulus dimensions on "same"-"different" reaction times. *Perception & Psychophysics*, **16**, 271-275.
- Eriksen, C. W., & Collins, J. F. 1967 Some temporal characteristics of visual pattern perception. *Journal of Experimental Psychology*, **74**, 476-484.
- Foder, J. A. 1983 *The modularity of mind: An essay on faculty psychology*. MIT Press, Cambridge.  
(和訳 精神のモジュール形式: 人工知能と心の哲学 伊藤, 信原訳 産業図書)
- Haber, R. N. 1971 Where are the visions in visual perception. In S. J. Segal (Ed), *Imagery*. Academic Press.
- Hock, H. S. 1973 The effect of stimulus structure and familiarity on same-different comparison. *Perception & Psychophysics*, **14**, 413-420.
- Hubel, D. H. & Wiesel, T. N. 1962 Receptive fields, binocular interaction, and functional architecture in the cat's visual cortex. *Journal of Physiology*, **160**, 106-123.
- 柿崎祐一 1974 知覚判断 培風館.
- Krueger, L. E. 1978 A theory of perceptual matching. *Psychological Review*, **85**, 278-304.
- Krueger, L. E. 1979 A model of unidimensional perceptual matching. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **5**, 277-288.
- McClelland, J. L. 1979 On the time relations of mental processes: An examination of systems of processes in cascade. *Psychological Review*, **86**, 287-321.
- Nickerson, R. S. 1978 On the time it takes to tell things apart. In J. Requin (Ed), *Attention and Performance VII*. Hillsdale, N. J.: Erlbaum.
- Pachella, R. C. 1974 The interpretation of reaction time in information processing research. In B. Kantowitz (Ed), *Human information processing: Tutorials in performance and cognition*. New York: Halstead Press.
- Proctor, R. W. 1981 A unified theory for matching task phenomenon. *Psychological Review*, **88**, 291-326.
- 妻藤真彦 1982 知覚のセットおよび選択の情報処理 心理学研究, **51**, 1-8.
- Saito, M. 1982 Same-different reaction times studied with a flash masking technique. *Perception & Psychophysics*, **31**, 573-576.
- 妻藤真彦 1983 Same-different 反応時間に関する理論的問題。美作女子大学・同短大部紀要, **28**, 19-27.
- 妻藤真彦 1985 同異判断における脳内雑音の問題。美作女子大学・同短大部紀要, **30**, 12-19。
- Silverman, W. P. 1973 The perception of identity in simultaneously presented complex visual displays. *Memory & Cognition*, **1**, 459-466.
- Sternberg, S. 1966 High speed scanning in human memory. *Science*, **153**, 652-654.
- Sternberg, S. 1969 The discovery of processing stages: Extensions of Donders' method. In W. G. Koster (Ed), *Attention and Performance II*. Amsterdam: North Holland. (Reprinted from *Acta Psychologica*, 1969, **30**, 276-315.)
- Sternberg, S. 1975 Memory scanning: New findings and current controversies. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **27**, 1-32.
- 田中啓治 1984 視覚系の情報処理 In 塚原仲晃 (Ed), 脳の情報処理。朝倉書店。
- Taylor, D. A. 1976 Holistic and analytic processes in the comparison of letters. *Perception & Psychophysics*, **20**, 187-190.
- Townsend, J. T., & Ashby, F. G. 1983 *Stochastic modeling of elementary psychological processes*. Cambridge University Press.

- Tversky, B. 1969 Pictorial and verbal encoding in a short-term memory task. *Perception & Psychophysics*, **6**, 225-233.
- Ueno, T. 1977 Temporal characteristics of the human visual system as revealed by reaction time to double pulses of light. *Vision Research*, **17**, 591-596.

(1985.12 受理)