慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	文字認知における自動性の形成
Sub Title	
Author	小谷津, 孝明(Koyazu, Takaaki) 髪櫛, 久美子(Bingushi, Kumiko)
Publisher	三田哲學會
Publication year	1978
Jtitle	哲學 No.67 (1978. 3) ,p.91- 116
JaLC DOI	
Abstract	An experiment was performed to clarify the acquisition process of automaticity in reading letters. First, a set of artificial (modified Sanskrit) letters were displayed one by one in random order with utterance of their names. The task of the subject was to remember and spell out those letters with their associated phonetic names on a strip of answer sheet. Next, taking up the strip, the experimenter displayed each letter for 500 msec, which the subject was asked to read aloud as fast and correctly as possible. The reading latency was repeatedly measured so as to obtain the latency vs. trials curve, even after the subject got able to spell all the letters without any error. The latency curve showed, in the asymptotic state, the acquisition of automatic processing of letter identification. The curve was composed of two different phases, which might be related to correct identification and correct spelling. Thsose phases were different in the absolute value level as well as in the time constant. But not so systematic was the difference among letters used as learning materials which differed in the number of features. The traditional theory of simple skill-learning and also that of feature analysis seemed to be inappropriate to explain all those results. For better interpretation a new hypothesis of topo-plastic image matching was proposed. It assumes plastic matching between one synthesized visual image and one memory image, but not element-to-element matching between so called the perceptual and the memory ;vectors. In that sense, it is a modified template matching. Under the hypothetical model, the first phase of the latency curve is conceived of as the gradual development of automatization of the topo-plastic matching mechanism which would reach the asymptote if the memory image was built infallible. The second phase, on the other hand, was interpreted as that of vocal naming, the asymptote of which converged on to the latency value level for familiar letters.
Notes	
Genre	Journal Article
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00150430-00000067-0091

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

文字認知における自動性の形成

小谷津孝明*・鬢櫛久美子**

Acquisition of Automaticity in Letter Recognition

Takaaki Koyazu and Kumiko Bingushi

An experiment was performed to clarify the acquisition process of automaticity in reading letters. First, a set of artificial (modified Sanskrit) letters were displayed one by one in random order with utterance of their names. The task of the subject was to remember and spell out those letters with their associated phonetic names on a strip of answer sheet. Next, taking up the strip, the experimenter displayed each letter for 500 msec, which the subject was asked to read aloud as fast and correctly as possible. The reading latency was repeatedly measured so as to obtain the latency vs. trials curve, even after the subject got able to spell all the letters without any error. The latency curve showed, in the asymptotic state, the acquisition of automatic processing of letter identification. The curve was composed of two different phases, which might be related to correct identification and correct spelling. Thsose phases were different in the absolute value level as well as in the time constant. But not so systematic was the difference among letters used as learning materials which differed in the number of features. The traditional theory of simple skill-learning and also that of feature analysis seemed to be inappropriate to explain all those results. For better interpretation a new hypothesis of topo-plastic image matching was proposed. It assumes plastic matching between one synthesized visual image and one memory image, but not element-to-element matching between so called the perceptual and the memory vectors. In that sense, it is a modified template matching. Under the hypothetical model, the first phase of the latency curve is conceived of as the gradual development of automatization of the topo-plastic matching mechanism which would reach the asymptote if the memory image was built infallible. The second phase, on the other hand, was interpreted as that of vocal naming, the asymptote of which converged on to the latency value level for familiar letters.

* 慶應義塾大学文学部助教授（心理学）.
** （旧姓奈木）　昭和52年4月　慶應義塾大学文学部心理学専攻卒業，現在，松涛幼稚園テスター.

鋳型照合と特徴分析

文字認知の基本過程は，視覚的に提示された文字パタンに対し，記憶されている感覚辞書的知識情報を利用して，同定と命名を行なうことである (Fig. 1)．A が 1 という数詞であるとか，APPLE の頭文字であるとかという意識をもつことは，意味的理解や連想の結果であり，それはより高次の認知過程に属する (Massaro, 1975: Anderson, 1975)．よく知られているように，文字認知の基本過程に関する理論には，**鋳型照合** (template matching) モデルと**特徴分析** (feature analysis) モデルがあるが，前者においては，文字パタンの視覚像が，すでに長期記憶中にしまわれている鋳型 (template) ないしは原型 (prototype) ともっともよく照合したとき，そしてそのときにのみ，それと連合的に記憶されている ＜名称＞ が活性化され，意識化されると考える．照合の完全なことを要求する単純な鋳型照合モデルでは，もちろん，大きさの違う文字や傾いた文字，不完全な文字や手書き文字，あるいは装飾文字等に対する人間の読みとり能力を説明することが難しい．(Neisser, 1967; 小谷津 1976)．それにこのモデルは同定の悉無律的成立と誤反応(他の文字と誤って同定する反応)のランダムネスを期待するが，これが実験事実に合わない．Townsend (1971,

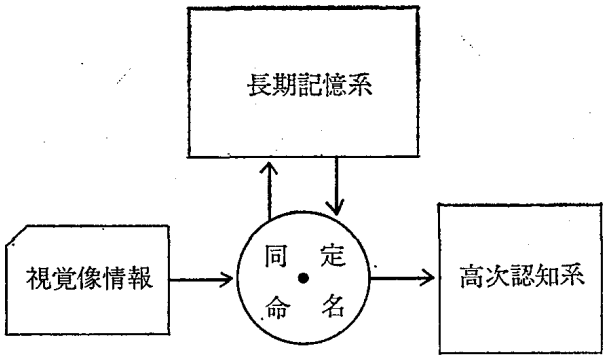


Fig. 1. 文字パタン認知の基本過程

a, b) は大文字のアルファベットを個別的に瞬間露出し，同定させる実験を行ない，得られた混同率行列 (confusion matrix) を，3つの数学的モデルをつくって検討したところ，混同がまったく確率的な配分で起こる—どの文字への誤認も等しく起こる—とする悉無律的活性化モデルは，文字間の類似性や反応バイアスを基底とする重畳的活性化モデルおよび選択モデル (Luce, 1959) よりも，適合が悪いことを報告しているのである．

その後，完全照合の制限を緩めて，照合の前後で，ある程度大きさ・傾き・欠除部分等を修正する処理機構があるのだという提案がなされるようになったが，このような修正が常に線分や角の部分的修正であるところから，それはとりもなおさず，入力文字パタンの特徴要素への分析的処理過程であるとする考え方も表われ (小谷津，1976 参照)，折しも蛙の網膜 (Maturana et. al., 1960)，猫の皮質線領 (Hubel and Wiesel, 1959)，同 18・19 野 (Hubel and Wiesel, 1965) の神経生理学的研究で，直線や弧や角度に選択的に反応する検出体が発見されるに及び，特徴分析を主体とするパタン認知のモデルが優勢になってきた．Townsend (1971, b) は前記実験で得られた混同率行列を Kruskal (1964, a, b) の non-metric MDS にかけ，4元以上の主観的分類要素基準（アルファベット大文字の分類特徴因子）を掘くつしたが，これもその流れの延長上にあるといえるであろう．

特徴分析モデルの代表は，なんといっても Selfridge (1960) の**万魔堂モデル Pandemonium model** である．それはよく知られているように，次のような4種の処理機能体群の直列的結合として構築されている．すなわち，①文字刺激パタンを最初の生体内視覚情報に変換する視覚像ディモン (image demon)，②その視覚像の部分的特徴，たとえば特定の線分・角度・曲線パタン等の存在を検出し，数えあげる特徴検出ディモン (feature or computational demons)，⑤この分析データを監視し，自分が担当するパタン特徴が検出される度合に応じて強く反応する—活性化する—認知

ディモン (cognitive demons), ④そしてこれら認知ディモンのうちもっとも強く活性化しているディモンを選択的に判定する判定ディモン (decision demon) である. さてこれら4水準のディモンのうち, とくに特徴検出ディモン, すなわち文字認知にとって必要な特徴要素は, 一体, 何種類あるのか, あるいは考えればよいのだろうか.

示差的特徴リストと判定原理

Gibson (1969) は26個のアルファベット大文字に対し4組12種類の示差的特徴(distinctive features)をとりあげ, その有無を記したリストをつくった (Fig. 2). 同リストで, 直線・曲線といった特徴群が, 前述 Maturana et. al. (1960) や Hubel and Wiesel (1959) 等によって発見された神経生理学的知見にもとづき, そして閉・開曲線や交叉等の特徴が, それらは発達的にみてかなり幼児期から弁別される位相特性であるという知見 (Gibson et. al., 1961; Piaget & Inhelder, 1956) にもとづいて, 選ばれている. 周期性や対称性 (v や w などにおける示差特徴) は Pritchard et. al. (1960)

Features	A	E	F	H	I	L	T	K	M	N	V	W	X	Y	Z	B	C	D	G	J	O	P	R	Q	S	U
Straight																										
horizontal	+	+	+	+		+	+								+				+							
vertical		+	+	+	+	+	+	+	+	+				+		+		+				+	+			
diagonal /	+							+	+		+	+	+	+	+											
diagonal \	+							+	+	+	+	+	+	+									+	+		
Curve																										
closed																+		+			+	+	+	+		
open V																				+						+
open H																	+		+	+					+	
Intersection	+	+	+	+			+	+					+			+						+	+	+		
Redundancy																										
cyclic change		+							+			+				+									+	
symmetry	+	+		+	+		+	+	+		+	+	+	+		+	+	+			+					+
Discontinuity																										
vertical	+		+	+	+		+	+	+	+				+								+	+			
horizontal		+	+			+	+								+											

Fig. 2. アルファベット大文字に対する示差的特徴リスト (Gibson, 1969)

の静止網膜像実験で，平行線分等が一体的に出現・消失することを参考にしており，不連続性は図形刺激の先端が受容野に入りこんでくるとき，選択的に応答する皮質細胞が存在するというHubel & Wiesel (1965) の発見を基底にしてとりあげられたというが，これら第3，第4のクラスの特徴はいずれも，他のクラスに属する特徴ないし特徴群が先立って検出されてから後でないと，検出され得ない性質をもつ．つまりGibsonの示差特徴は相互独立性に欠けるうらみがあるように思える．このことは，特徴分析が特徴検出ディモン群の同時的平行処理によるとするSelfridgeの万魔堂モデルには反するとみてよい．したがって必然的に，Gibsonの示差特徴は階層的に結合されていなければならないということになる．Gibsonの示差特徴リストがもつもう一つの欠点は，特定の文字パタンに対して同一特徴が複数個あっても，単にその特徴の有無だけが問題で，数量的区別が無いことにある．Geyer & DeWald (1973) はこの点を改めると同時に，示差特徴の性質も改めたリストをつくり，これがTownsend (1971, a, b) の混同率行列をもっともよく説明すると報告した．しかし，彼の示差特徴はやや細密すぎるきらいがあり，またGibsonと同様，相互に独立でないものが未だ残っていたりで，問題は少くない．たとえば水平線分といった示差特徴にしても，外側と内側の2種類があったり，開・閉性の特徴にしても曲線特徴とは別個にとり上げられているので，やはり特徴間の相互依存性は拭いされていない．欠除部分を示差特徴とすることは，それ自体が，存在部分の前提なしには不可能なのである．

そこでLindsay & Norman (1972) は操作的に独立である特徴要素のみを示差特徴とすることにした．それらは垂直線・水平線・斜線・直角・鋭角・開曲線・閉曲線の7個である (Fig. 3)．そしてさらに，判定原理として，検出された示差特徴に重点をおき，これを含まないような文字選択肢は判定範疇から除外するというルールを採用した．この原理は混同率行列の非対称性を説明するのに都合がよい．たとえば，文字Cが提示され

たとき，開曲線が検出されると，Gは可能な判定選択肢として判定範疇に残される．つまりCがGと誤って同定される可能性は高い．他方，Gが提示されたときは，水平線分が検出し損なわれない限り，GがCと誤って同

	Vertical lines	Horizontal lines	Oblique lines	Right angles	Acute angles	Continuous curves	Discontinuous curves
A		1	2		3		
B	1	3		4			2
C							1
D	1	2		2			1
E	1	3		4			
F	1	2		3			
G	1	1		1			1
H	2	1		4			
I	1	2		4			
J	1						1
K	1		2	1	2		
L	1	1		1			
M	2		2		3		
N	2		1		2		
O						1	
P	1	2		3			1
Q			1		2	1	
R	1	2	1	3			1
S							2
T	1	1		2			
U	2						1
V			2		1		
W			4		3		
X			2		2		
Y	1		2		1		
Z		2	1		2		

Fig. 3. Lindsay and Norman (1972) の示差特徴リスト

定されることはない．したがって，予測としてはCをGとする混同率Pr(C→G)はその逆Pr(G→C)よりも大きいことになるが，事実，彼等の引用している Kinney et. al. (1966) の混同率行列データはこれを裏付けているという訳である．しかし，このデータの中には，Pr(P→R)＜Pr(R→P)，Pr(O→Q)=Pr(Q→O) など，上記の判定原理には反する結果も目につく．あるものをないとする (missing) 確率と，ないものをあるとする (false alarm) 確率の大小は，信号検出論的発想からすれば，反応バイアスの問題であり (Swets, 1964)，判定原理を単に刺激属性だけで考えることには無理があるかも知れない．何といっても，既存文字は数少い簡単な示差的特徴で区分けするには変化がつきすぎている．

そこで，Rumelhart (1971) は Fig. 4(b) に示すような単一直線成分だけで構成される画一的な実験用活字 (同図(a)) を考案し，これを瞬間露出して同定させる実験を行なったところ，得られた混同率行列が，上記 Lindsay & Norman (1972) の判定原理でよく説明できることを報告しているが，[注] これは注目に価する．

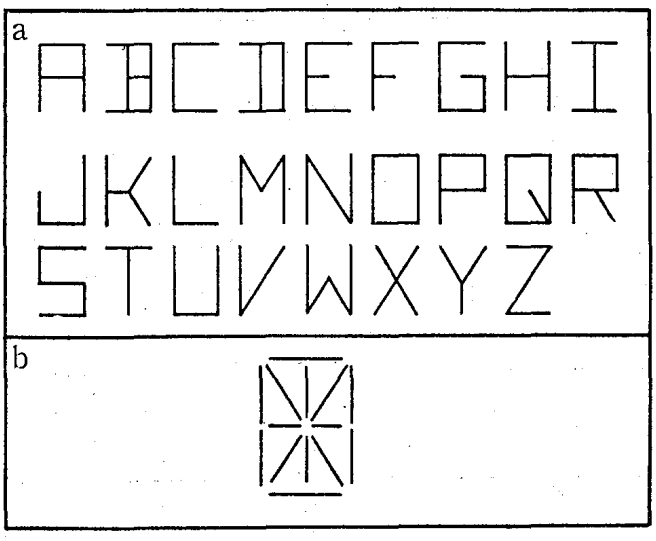


Fig. 4. Rumelhart (1971) の実験文字 (Rumelhart and Siple, 1974)

[註] 実際には Rumelhart (1970), Norman & Rumelhart (1970) は数学的モデル (multicomponent model) を構成し，より精緻な検討を展開しているが，それについてはここでは言及しない．

特徴分析と知覚学習的視点

ところで，文字認知を論ずるときに看過できぬ現象が一つある．それは文字読みとりの瞬時性の問題である．これを自動的 pop up とよぶもよいであろう（印東，1970）．しかし，何故吾々はかくも速く，しかもほとんど自からの意識的制御なしに，文字を読めるのであろうか．神経生理学的特徴検出体が発見されてきているのであるから，これらの直接的結合が文字に対応する高次知覚ユニットをつくっているのだという＜神経回路＞説をとるならば，それは容易に理解できるかもしれない．しかしそれでは鋳型照合モデルと変るところがない．ここで，特徴分析モデルを軸とする限り，**視覚像示差特徴ベクトル**と，生体内に経験的知識として蓄積されている**記憶像示差特徴ベクトル**とを はっきり分離し，そして，同定とは両者の間の検索的照合であると，改めて明確に定義しておく必要があるように思われる（Fig. 5）．同図において，視覚像（示差特徴）ベクトルは Hubel

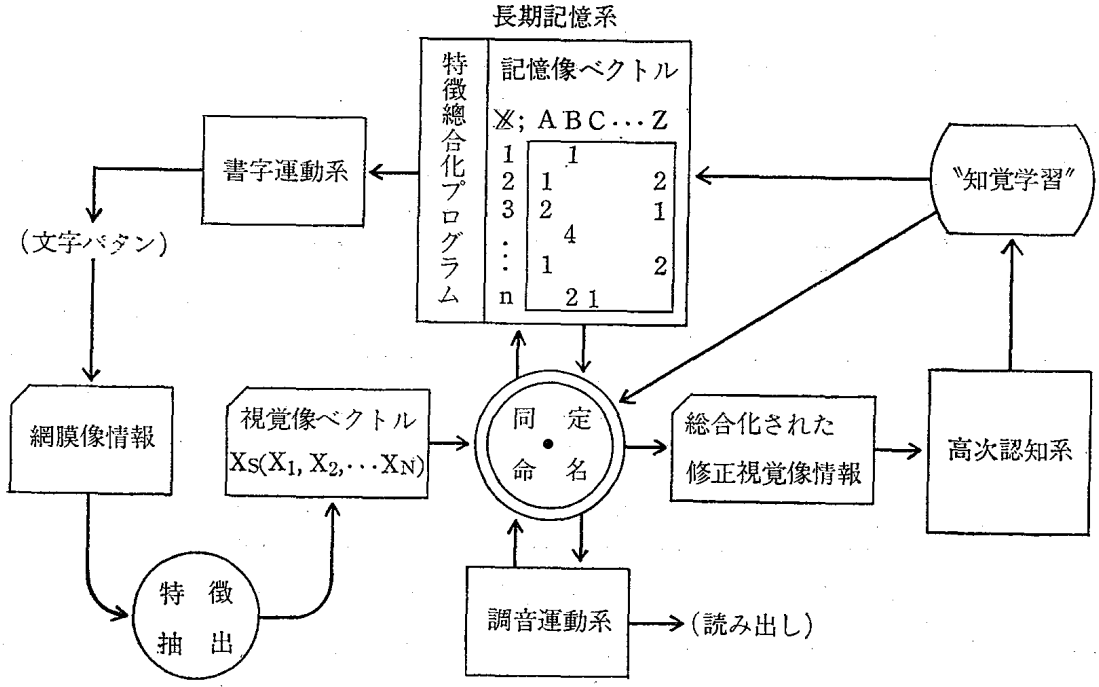


Fig. 5. 文字パタン認知の基本過程（特徴分析モデル）

& Wiesel (1959, 1965) らのいう神経生理学的特徴検出体 (feature detectors) を基底とし，記憶像 (示差特徴) ベクトルはパタンの構成要素としてすでに学習され，いつでも意識化できる主観的示差特徴の集合 (subjectively ensembled set of distinctive features) とする．特徴総合化プログラムとは後者の相対的位置関係を組織的にまとめあげる方式プログラムで，両者は長期記憶のデータベース内に納められているものと考える．それは Massaro & Schmuller (1975) のいう **SIGN** の概念に近い．この図式に沿って言うならば，文字を習いたての子供の視覚像ベクトルはおそらく成人のそれと大差ないと言ってよいであろう．しかし記憶ベクトルや検索照合能力となると話は違ってくる．それらは経験的学習に依存するところが大きい．ここで注意をはらっておきたい点は，一口に経験的学習（あるいは伝統的な知覚学習）とはいっても，その効果が異なった認知処理（機構）水準において期待されることである．文脈などを含む高次認知プロセスは別にしても，そこには記憶像ベクトルそのものの醇化があるであろうし，検索照合のスピードアップもあるであろう．調音運動系を通しての命名の円滑化もあるであろうし，書字を通しての示差特徴総合化の習熟もあるであろう．Gibson (1969) は，知覚学習を，環境の刺激作用に習熟する結果，環境から情報を抽出する能力が増し，結果として知覚が刺激作用に対して特定化する過程だとして捉えたが (specificity theory)，さらにその過程が生起している認知処理機構水準とそれを可能ならしめている要因とを明らかにする必要があると思われる．

次に，視覚像ベクトルと記憶像ベクトルの**照合方式**はどうか．これについては次の2つの問題が区別されねばならないであろう．すなわち第1は，視覚像ベクトルが記憶リスト中のすべての文字ベクトルと一つづつ継時的に照合されてゆくのか，それとも同時・並列的に照合されるのかという問題であり，そして第2は，ベクトルの特徴要素はそのすべてにわたって残らず比較されるのか(継時・同時比較いずれもありうる)，それともある特徴

要素が検出されると，それを含まぬ記憶ベクトルはすべて同定される可能性を失うといったプロセスが反覆され，最後に一つ残った記憶ベクトルのラベルが調音活動にうつされると考えてよいのかという問題である．文字認知の瞬時性という観点からすれば，もっとも該当する照合方式は最初の問題では同時並列処理，第2の問題では，Rumelhart (1970) や Lindsay & Norman (1972) が採用した，特定要素チェック処理ということになるかもしれない．しかし学習的観点からすれば，照合方式は継時照合から同時照合へ，また全特徴要素比較から特定要素逐次チェック処理へと**学習的，発達的**に移行してゆくとも考えられるであろう．

ところで，同じ学習的発達的視点をとりながら，やや趣きを異にしているのが Laberge & Samuels (1974)，Laberge (1975) の**コード化説**である(Fig. 6)．すなわち，まず文字刺激は視覚系によって生体内入力に変換され，視覚記憶系にある特徴検出体 (feature detectors) を興奮させる．ところが，先行学習により特定の組み合わせの特徴検出体が，より高次の神経ユニット（**文字コード**とよぶ）に結合されているから，これら検出体は**自動的**に該当する文字コードを活性化させることになる．新しい未学習の文字刺激が入力されると，それによって興奮された特徴検出体は対応する文字コードがないので，**注意機構**を励起し，この注意機構がこれらの特徴検出体を新しい文字コードに統合させる手助けをする．そして書字行為を通してつくられた書字パタンコードとも結びつきながら，音声パタンコードと連結してゆく．さらに，これら一連の経験的学習が充分に反覆され，特定の組み合わせの特徴検出体と高次ユニットとの結合が完成すると，もはや注意機構の積極的参与なしに（参与があればもちろんのこと），これら高次ユニットは自動的に活性化されるようになる という．このコード化による文字認知の自動システム的処理説は，Fig. 5 でいえば，注意機構の励起と反覆学習の結果，視覚像ベクトルと記憶像ベクトルとの間に神経回路的結合ができあがり，その後では，同定のための積極的情報制御 (active control

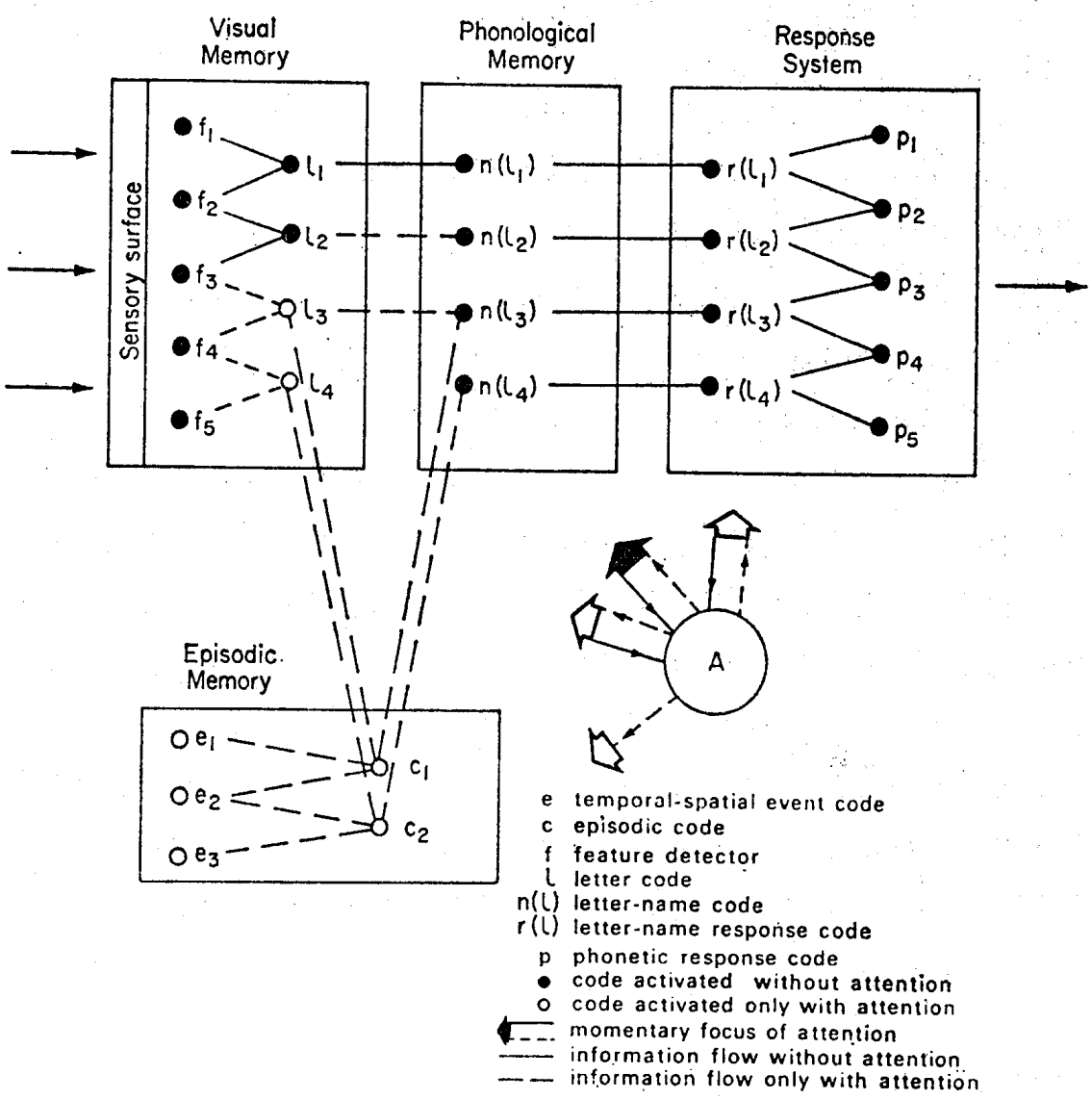


Fig. 6.　文字認知の自動的処理モデル (Laberge, 1975)

processing) なしに文字認知が成立するとするもので, 文字読みとりのスピードアップ化, したがって瞬時性, を説明するのに大変都合がよい. Laberge (1975) は familiar な英字パタンと新たにつくった unfamiliar な文字パタンとで, 同定反応時間の差が試行日数の減少関数となることを示して, 上の説の実験的証拠としているが, それは再認型の同定実験だけが独立して行なわれた場合なので, 書字パタンコード習得の効果などが未だ

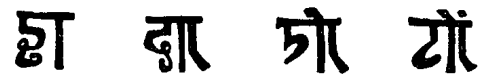
考慮されておらず，充分とは言い難い．そこで，吾々は以下のような実験を試みたので，やや詳細に報告してみたい．

特殊文字の読み・書き実験

目的　通常，文字の学習は読みとりと書きとりを平行して行なうものである．文字パタン認識の理論が，手書き文字の読みとりを説明できるものでなければならぬ以上，書きとりの学習過程を考慮することなしに，読みとりすなわち文字認知の成立機序を理解することは不可能なように思える．したがって吾々の目的は，文字の同定および再生作業を被験者に同時併行的に課し，その習熟過程を観察し検討することである．その際，成人を被験者とすることおよび文字読みとりの瞬時性を問題とするという実験的制約上の理由から，被験者の記憶知識にないような特殊文字を用い，それに対する同定反応時間を測定する実験を組むことにした．

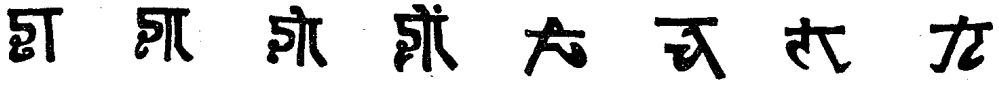
方法［刺激］上記の理由から，刺激文字はサンスクリット文字をやや変形してつくった (Fig. 7)．一文字の大きさは約 5×5 cm², 視角にして約 3°10′ (観察距離は約 90 cm)．学習させる文字数のセットサイズの効果を予期して，1・2・4・8 文字をそれぞれまとめて学習してゆく 4 学習群をつ

(4 文字学習群)



(カ)　(キ)　(オ)　(ネ)

(8 文字学習群)



(カ)　(キ)　(ト)　(エ)　(サ)　(コ)　(ル)　(ニ)

Fig. 7.　4・8 文字学習群において使用された刺激文字（サンスクリット文字の変型）とその発音記号

くったが，Fig. 7 に示す通り，4文字学習群では，(カ)(キ)(オ)(ネ)の順で，8文字学習群では(カ)(キ)(ト)(エ)の順で，示差特徴要素の数を変化させている．(サ·コ·ル·ニ)はそれぞれ要素数は等しいとみてよいが，要素同志の相対的位置関係が異なるようにしてある．もともと特殊文字を使用することにした段階で，示差特徴を刺激パタン上で数え上げることが難しくなるであろうことは，当然のこととして予想していた．そこで，問題はあろうが比較的纏まりのある要素パタンを単位として，一応，特徴要素とよぶことにすれば，(カ)(キ)(オ·ト)(ネ·エ)の要素はそれぞれ 3·4·5·6 個そして(サ·コ·ル·ニ)のそれは等しく3個となる．

[手続]　まず学習群に応じて，定められた数の文字をランダムに1文字/秒の速度で読みあげながら，ブラウン管上に提示し，その直後にそれらの文字名を口頭で答えさせ，実験者がこれを反応用紙に記入する．反応の正誤に関するフィードバックは与えない．次に，その記入されたばかりの反応用紙を被験者に渡し，記入文字名の下に対応する文字そのものを書いてもらう(再生—書きとり—実験)．記入時間はとくに制限しない．反応用紙を回収後，さらに提示文字にダミー文字(ローマ数字)を混入し，その中からランダムに一文字を選んでは，500 msec提示し，正確かつ迅速に声を出して読んでもらい，その反応時間を測定した(再認-読みとり-実験)．この場合も反応の正誤に関するフィードバックはない．これを全提示文字について行なうことが1試行である．実験の終了基準は完全再生10試行以上とした．

以上を初学習とし，さらに1週間後に，再学習として初学習と同じ実験を10試行だけ反復した．被験者は各群5名の大学生である．

[装置]　刺激文字は一度名刺大のカードに手書きし，学習群に応じた数の文字セットをつくり，あらかじめ音声と共に VTR (SONY-EV-310) に録画しておく．再認(読みとり)実験のときは文字カードを直接 VTR 用カメラ (SONY-DXC-2000A) で撮影提示する．ブラウン管 (SONY-PVJ-51RT) 上に提示される文字刺激は 7.5×8.5 cm² の黒窓を通して観察

された．反応時間はユニバーサルカウンタ（竹田理研 TR-5765U）と手製のボイスキイおよび製禦装置による．

結果 学習すべき文字数（サイズ，2, 4 または 8 文字）のうち正しく同定・再生できた相対頻度，および正しい同定ができたときの同定反応時間を，それぞれ試行数の関数として被験者別にプロットした．最初に4文字学習群および8文字学習群から典型的な例を1例ずつ選び，それぞれをFig. 8, 9 に示す．正再生率，正同定率および同定反応時間いずれについても被験者別にデータを処理したのは，学習完成に要する試行数や学習曲線の型に個人差があり，そうかといってヴィンセンタイズすることは，同定率，再生率と同定反応時間との相対関係をみる目的に沿わないと思われたからである．同定反応時間については，刺激文字による相違も検討するため，文字別にプロットしてあるが，データが各試行1測定になってしまうので，3試行分ずつの移動平均をとってある．グラフの出発点がもっともはやいもので2試行目になっているのはそのためである．

出発点がおそいグラフは，言うまでもなく，その文字の正しい読みとりがなかなかできなかったことを示す．

さてこれらの図から，まず同定の学習過程が再生のそれよりもはやく，学習完成に至るまでに数試行の差があることが一目瞭然である．これは，読めるけど書けない，つまり再生の方が再認的同定よりも難かしいという一般的な予見と結びつく．

次に，初学習における同定反応時間の経過曲線であるが，この最大の特徴は，曲線が単調減少でなく，全体的にみてすくなくとも2つの位相をもつこと，そしてさらに，その各相が同定と再生のプロセスにほぼ対応した形で起こっていることであろう．すなわち，文字読みとりのスピードアップ化は，課せられた文字すべての読みとりが出来るようになった段階で一段落し，次いで書きとり再生が出来るようになった段階から再び急速に進行することが明らかとなった．Fig. 8, 9を片対数グラフにプロットしてみ

ると，一つのプラトーをはさんで，2本の減衰直線が得られるところから，両位相とも，

$$y=\mathrm{m}e^{-k(t-t_0)}$$

（ただし，yは同定反応時間，tは試行数，t_0は各位相の開始期，kは反応時間の減衰速度を示す時定数，mは開始期における反応時間）で表わされる指数関数に従うことが確かめられている．両位相の進行速度を示す時定数パラメータkは，Fig. 8の平均データにおいては，第1位相で$k_1=0.47$，第2位相で$k_2=0.25$となっており，同定反応時間の短縮化は完全再生到達後における方が完全同定到達直後におけるよりも緩やかであるということになるが，Fig. 9においては$k_1=0.30$, $k_2=0.40$となっており，この関係は逆転している．4文字学習群，8文字学習群全員について，この各位相進行速度定数をTable 1に示しておいたが，たしかに8文字学習群では完全再生到達後の方がkの値は大きく（$^4/_5$名が該当），4文字学習群では逆に小さい（$^4/_5$名が該当）．たくさんの文字をまとめて学習しなければならないような場合，識別的記憶・書字再生いずれにも大きな努力を必要とするので，結果として，同定反応のスピード化にまわせるエネルギーが充分でなく，被験者としては書字再生が完全にできるようになってからはじめて反応のスピード化を計っているということになろうか．

Fig. 9において同定反応時間の変動が大きい文字（ト・キ）あるいは（ル）はそれぞれ書字再生が遅かった，あるいは後の試行になって誤再生をした文字であることを考えあわせると，この解釈は妥当なように思われる．なお，各文字の書字再生完成試行を一致させるように，これらの同定反応時間曲線を平行移動させると，曲線の2相性がより明瞭になることがよみとれるであろう．

第3に，文字刺激を構成する示差特徴要素数が再認反応時間におよぼす効果についてであるが，すくなくとも要素数が多いほど読みとり時間がか

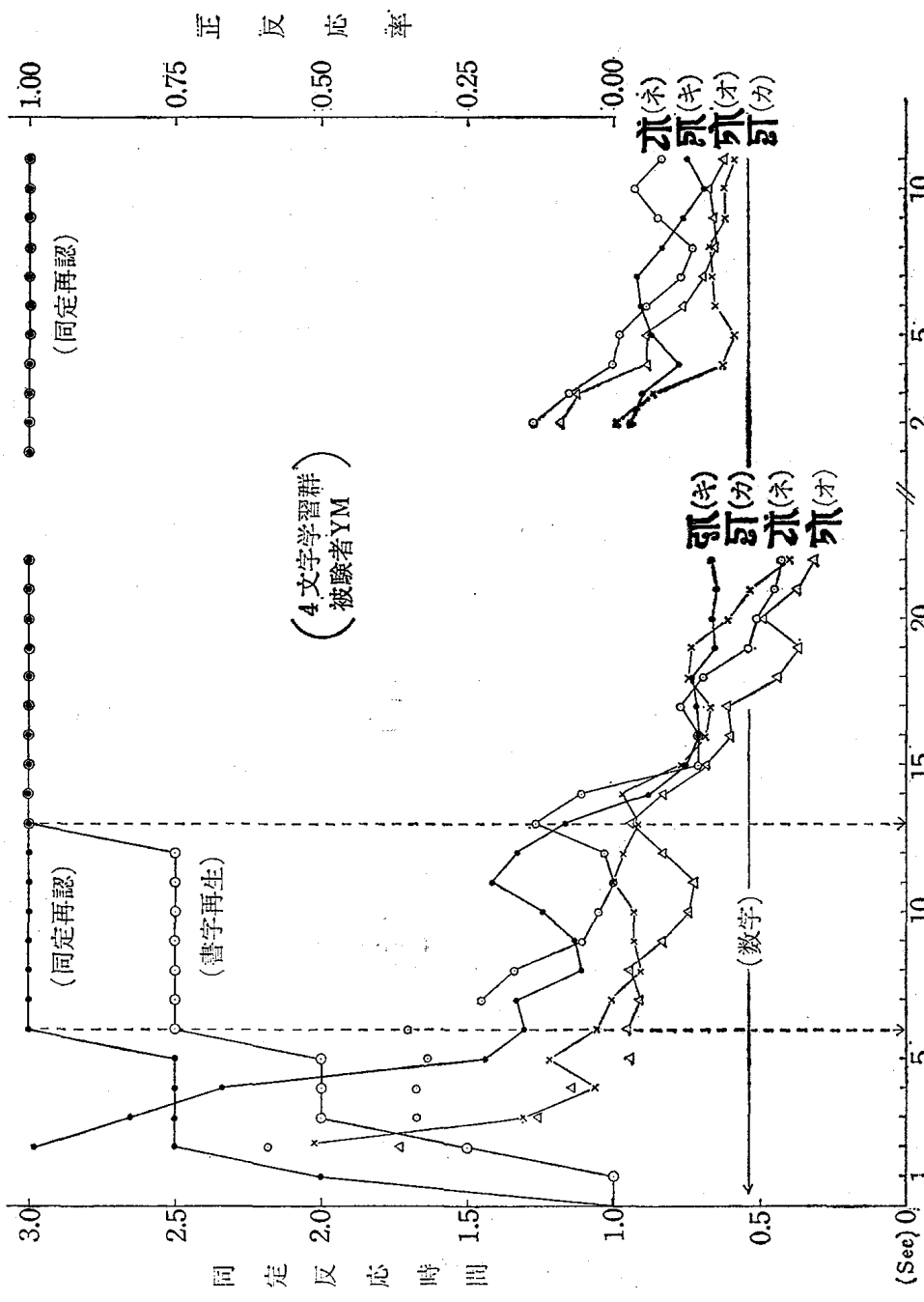


Fig. 8. 試行数の関数としての同定反応時間および正反応率
(正同定・書字再生) 曲線

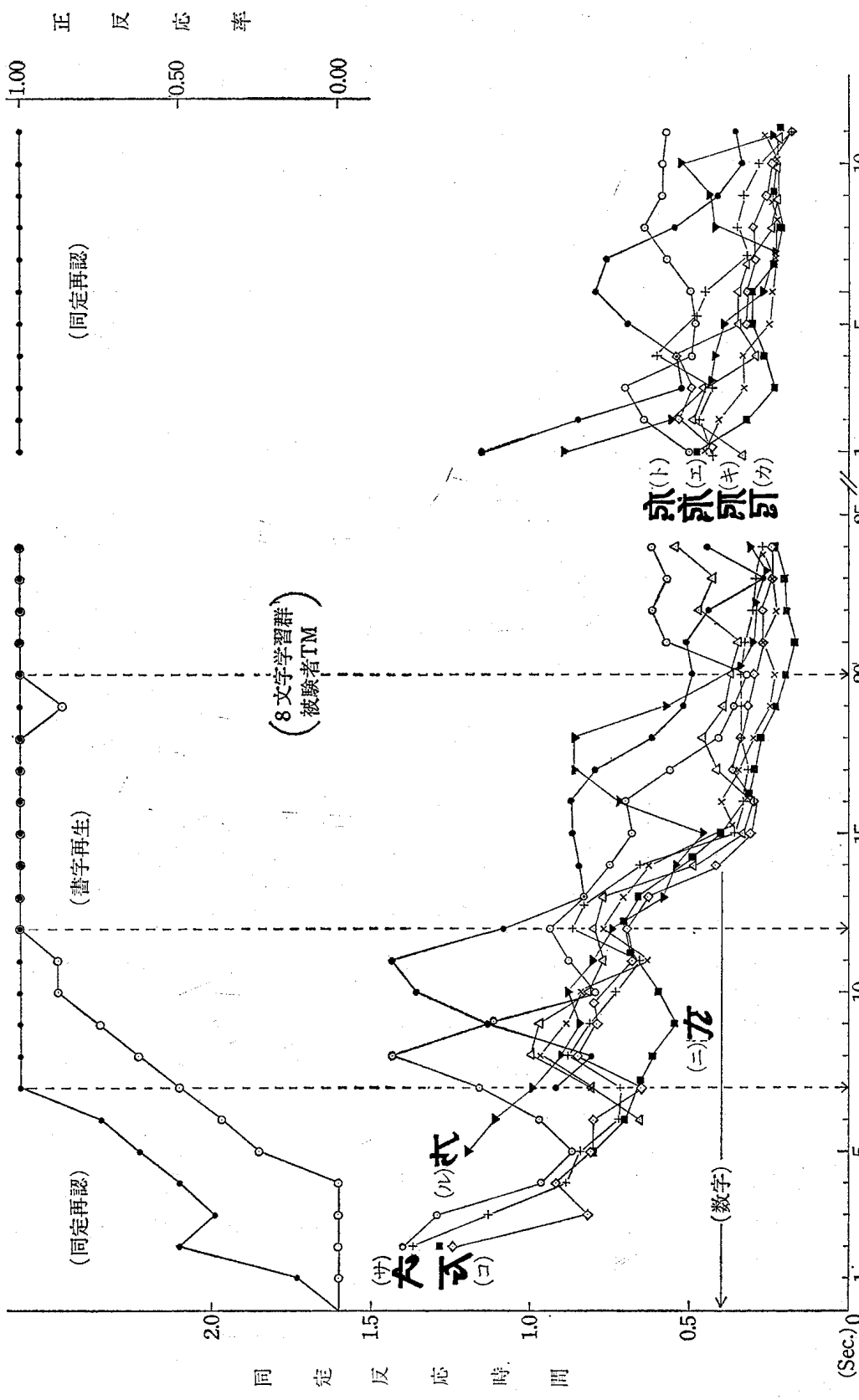


Fig. 9.　試行数の関数としての同定反応時間および正反応率（正同定・書字再生）曲線

Table 1. 同定反応時間習熟曲線の進行速度定数（k_1：第 1 位相，k_2：第 2 位相）
（* 印は Fig. 8, と同一被験者であることを示す）

	Ss	k_1	k_2		Ss	k_1	k_2
4文字学習群	Y*	0.47	0.25	8文字学習群	T*	0.30	0.40
	A	0.31	0.25		Y	0.28	0.33
	I	0.36	0.17		O	0.18	0.20
	K	0.30	0.11		K	0.18	0.28
	K′	0.18	0.22		S	0.75	0.10

かるといたった単純な結果は期待できないようである．Fig. 9 で（キ・ト・ル）に対する同定反応時間曲線は特異な変動を示しているのに，他に対するそれはほとんど同傾向といってよい．特徴要素数をもっとも多くした筈の（エ）などはもっとも少くした筈の（カ）や（サ・コ・ニ）の曲線ときわめて近い傾向を示している．それでは同系統に属する（カ・キ・ト・エ）に何か特異な特徴要素があって，それがとくに（キ・ト）の同定反応時間曲線を特異にしているのかと考えて，Fig. 8 を眺めてみても，被験者は異なるが，それらしきふしも見当らない．もう一つの刺激系統（サ・コ・ル・ニ）のうち（ル）を除いて他がすべて規則的な反応曲線を示しているというように眺めたとして，文字パタンの特徴要素の数は，極端に少いとかあるいは多いとかでない限り，同定反応時間に影響を及ぼすことは少いのではないか．むしろ特徴要素数が多くても，たった 1 個の目立った示差特徴（たとえば（エ）における肩ツキの点要素など）があると，それで同定反応時間はいっぺんに短縮されてしまうということが起る．

第 4 は，1 週間後に行われた再学習の結果である．1 週間を経過しても，すべての被験者はほとんど完全にすべての文字を読みとることができた．

Fig. 8, 9 でもそれが示されている．一方，同定反応時間については，さすがにその変動は大きいが，絶対値の水準は初学習の第2位相の部分的再現といってよいほどである．ただし安定点に達するのははやく，2・3回の試行を重ねるだけで，すぐ安定するようである．このように第1位相に相当する反応時間の出現がまったく見られないことから，逆に，初学習における第2位相が第1位相とは異質的なものと考えてよいであろう．

第5の結果としては，同定反応時間曲線の最終漸近値が数字に対する同

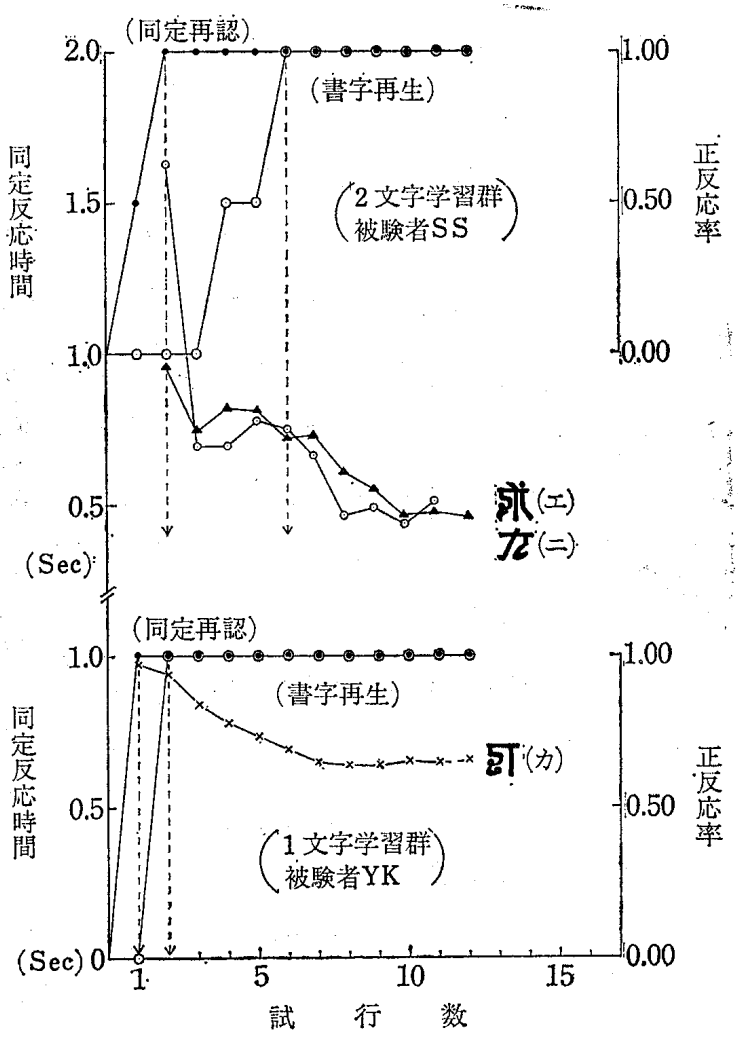


Fig. 10.　試行数の関数としての同定反応時間および正反応率（正同定・書字再生）曲線

定反応時間と一致していることが観察される．これは unfamiliar な文字と familiar なアルファベット文字を用いて Laberge (1975) が行なった同定実験の結果と一致する．ただし，Larberge においては，同定反応時間曲線は単相性であり，2相性は発見されていない．

第6に，本実験においても，1文字および2文字学習群では単相性ないしは準単相性の同定反応時間曲線が得られているが (Fig. 10)，これは同定のための不確定性が 0 および 1 bit の場合なので，同定のための学習経過が表面に顕在化されてこないためであろう．

結　　論

未知文字パタンに対する同定反応時間が，そのパタンを正しく同定できるようになった後，相当数の試行を重ねて始めて，既知(数字)パタンに対するそれと一致してくるという事実は，一見文字読みとりの瞬時性が視覚パタンと音節の連合形成後に続いた**技能的過剰学習** skill over-learning の究極状態として結果されたもの　とする伝統的学習理論を支持するかのようにみえる．しかしこの理論は，何に関する技能的過剰学習かが明らかにされない限り，不十分であると言わざるを得ない．そもそもそれは2種類以上存在することが，本実験の結果から推察されたのである．Laberge & Samuels (1974) も 過剰学習説を批判して，学習基準達成後に習得されるものはすくなくとも**2つの部分過程の自動化** automatization of certain component processes であるといい，文字パタンの知覚的同定（発声反応は含まない）と文字—文字名間連合の2過程を区別している．

彼等によれば，**知覚的同定の自動化**とは視覚記憶システムの中で，特徴検出体と文字コードの間に結合リンクが確定することであり，**文字－文字名間連合の自動化**とは，この文字コードと音声記憶システムの中の文字名(音声)コードとの間に，結合リンクが確定することである．そして，自動化習得には**注意** attention がその促進役として働き，この自動化完成後は，

もはや注意の参与なしに,瞬時的に文字読みとりが可能になるのだという.しかしながら,彼等の提示したデータは2種の自動化過程を個別的に検討したものである.たとえば知覚的同定の自動化については,対提示された文字パタンに対する同一・相違の判定を求める実験で,unfamiliar な文字パタンに対する反応時間と familiar な英文字パタンに対するそれとの差が試行回数の単調減少関数となることを示した.また文字－文字名間連合の自動化過程については,両種の文字および文字名を2分間学習させた後で,単独文字提示に対して言語的命名を行なわせると,両文字に対する反応時間の差がやはり試行回数の単調減少関数となることを報告している.実験内容からすると,前者は知覚系,後者は言語反反系の自動化過程を扱ったものとみてよいであろう.しかしながら,両自動化過程の相互関係はあまり明らかとはいえない.たしかに知覚的同定の自動化は比較的はやい試行段階で完了していることが示されてはいる.しかし,両実験とも反応時間の絶対値が示されておらず,また同時弁別型の実験と個別命名型の実験ということで,反応の質的共通性がないところから,両自動化過程が分析的に区分されたことにならない.つまり両データとも unfamiliar な対象に関する別個の課題作業の単なる技能的習熟過程を示しているとしかいえないのである.とはいえ,文字パタン認知に知覚系,反応系の2側面を考え,これらがいわゆる知覚学習を通じて一つの情報処理回路網として出来上ってゆくとする Laberge 等の視点は極めて重要と思われる.

他方,吾々の実験結果で得られた2相性の同定反応時間曲線の内容は,Laberge 等の構想とはやや異なっている.すなわち,その第1位相は文字パタンの同定的再認が,書字再生の不充分なうちから,すでに相当な速さで可能となること,これは,Fig. 7 で言えば,再認は記憶像ベクトルが不完全でも充分可能であることを示しているわけで,視覚像ベクトルと記憶像ベクトルの照合方式はそれほど（全特徴要素を悉皆的に比較照合するといったほど）精緻なものではないのではないかと思われる.

また，書字が間違いなくできるようになるということは，記憶像ベクトルがそれほどに完備されてきた結果とも言いうる訳で，それによって同定反応が再びスピードアップされる（第2位相）というのであれば，照合速度は記憶像ベクトルの完備度に依存するということになる．

ところで書字には書き順というものがあるが，この情報が読みとりに役立つのなら，照合方式は文字要素の絶対的処理を含むことが期待される．しかし，すでにみた通り，同定反応時間が示差特徴要素の単純な関数とはならず，むしろ 1～2 個のきわだった示差特徴によって短縮される傾向があるという結果からすると，その期待はあまり正しいとはいえない．

それに，本実験では文字パタン認識のみがとり上げられているけれども，本来，パタン認識の理論は文字のみならず他の視対象をも包括するものでなければならない．たとえば人の顔の同定や自然の景色の再認の場合，記憶像ベクトルの特徴要素が完備するとはどういうことであろうか．文字とは異なったいろいろな示差特徴を考えなければならないことになろうが，視対象ごとに異なった次元の示差特徴を考えるというのは　どんなものであろう．従来の文字認知における特徴分析モデルはあまりにもコンピュータによる読みとり分類の Schema によりかかりすぎていたのではないだろうか．ここにおいて，特徴分析モデルの根本的検討の必要性が提起されてよいように思われる．いま友人の顔を想い出す状況を考えてみよう．示差特徴はむしろその顔の心像が浮んだ後に，輪郭はどうだったか，眼はどうだったか，頬のあたりはどうだったかなどと，次々に意識されてゆく，つまりそれは，特徴づけてゆくことができるという性質のものではないか．つまり吾々の記憶系には，視対象パタンに対する，いささか柔軟で整形・整質可能な**イメージ**が，ときには誇張化された部分をもって，対象名と連合された形で貯蔵されるようになっており，視覚像入力の到来によって，この**記憶イメージ**の外界への**塑像的投射** plastic projection が行なわれ，同時に，連合対象名の意識化が行なわれる．そして必要に応じてそのイメー

ジの部分特徴要素は言語的・描写的意識化の対象となりうる．ここで整形的塑像とは，大きさのズーミング，部分特徴要素同志の相対的位置関係処理，不連続部分の補充，装飾附加，単純化と省略，回転照合などを含む．視覚像入力もまた記憶系に入るときには当然この整形を受けるようになっており，生理学的特徴検出体の分析機能はまさにそのために役立つというように考える．したがって，この仮説的モデルは template matching において位相的整形の可能性を考慮し，かつ特徴分析の機能も限定化して内包したものということができるであろう．その意味で，吾々はこれを**位相整形イメージ照合モデル** topo-plastic image matching model とよび，今後さらに検討することを提唱したい．

このような仮説にもとづき，再び本実験をふりかえってみると，まず第1位相として，学習すべき各文字パタンに対する視覚像ベクトルのいわば再合成像が，高い整形性 plasticity をもった状態で，記憶系の中にその音声名と連合を形成しつつ，記憶イメージとして定着してゆく過程が起こる．したがって，この段階では同定課題の遂行に重点がおかれ，不完全な記憶イメージにもとづいた，弁別的性質の強い塑像的照合が積極的に行われることになる．この塑像的照合は記憶イメージが完全なものになってくれば容易にかつ瞬時的に行なわれるようになると考えてよいであろう．つまり同定反応時間曲線の初期位相はこの記憶イメージの醇化の過程をもとにした音声名との連合過程を主とし，その発声過程の励起を従とする複合過程と考えられる．それは，多字文学習群において，書字再生の完全学習達成前の同定反応時間曲線の時定数が達成後のそれより小さいという結果からも確認されるであろう．同定が完全に自信をもって行なえるようになると，次に書字再生に注意が集まるようになり，一時，反応時間は平衡状態を続けることになるが，書字再生も完全に達成した後では，前述のように塑像的照合の自動化が進むことになる．結果として，その後の試行では音声名の表出処理の習熟が進行し，これが同定反応時間曲線の第2位相を

形成したものと考えられる．以上概観してきたように，吾々成人の文字パタン認知の自動的処理機構は，読み幼児期からの（再認）書き（再生）という異なった性質の長い〝過剰学習〟行動の結果として出来上ってきたものであり，文字パタン認知を論ずるときには，この知覚学習的側面を看過することはできない．

Anderson, B. F. Cognitive psychology: the study of knowing, learning & thinking. N. Y. Academic Press, 1975.

Baddeley, A. D., Conrad, R. & Thomson, W. E. Letter structure of the English language. Nature, 1960, 186, 414-416.

福島邦彦： 図形パタンの特徴抽出回路—視覚神経系を参考にした設計—NHK技術研究，1971，23，5，351-367.

Geyer, L. H. & DeWald, C. G. Feature lists and confusion matrices. Percept. & Psychophys., 1973, 14, 471-482.

Gibson, E. J., Gibson, J. J., Pick, A. D. & Osser, H. A developmental study of the discrimination of letter-like forms. J. comp. physiol. Psychol., 1962, 55, 897-906.

Gibson, E. J. Principles of perceptual learning and development. N. Y. Appleton, 1969.

Hubel, D. H. & Wiesel, T. N. Receptive fields of single neurones in the cat striate cortex. J. Physiol., 1959, 148, 574-591.

Hubel, D. H. & Wiesel, T. N. Receptive fields and functional architecture in two non-striate visual areas (18 and 19) of the cat. J. Physiol., 1965, 28, 229-289.

印東太郎 人間のパターン認識．日本医師会(編)，ライフサイエンスの進歩，第3集，1976，61-77.

小谷津孝明 認知における情報処理．数理科学，1974，134，52-72.

小谷津孝明 形の知覚．柿崎祐一・牧野達郎(編) 心理学1 知覚・認知，有斐閣双書，1976，64-86.

小谷津孝明 単語認知における自動性．慶大社研紀要，1977，17，19-27.

Kruskal, J. B. Multidimensional scaling by optimizing goodness-of-fit to a nonmetric hypothesis. Psychometrika, 1964, 29, 1-28. (a).

Kruskal, J. B. Nonmetric multidimensional scaling: A numerical method.

Psychometrika, 1964, 29, 115-130. (b).

Laberge, D. Acquisition of automatic processing in perceptual and associative learning. In Rabbitt, P. M. A. & Dornic, S. (Eds.) Attention and performance V. N. Y. Academic Press, 1975, 50-64.

Laberge, D. & Samuels, S. J. Toward a theory of automatic information processing in reading. Cog. Psychol., 1974, 6, 293-323.

Landauer, T. K. Rate of implicit speech. Percept. & Motor Skills, 1962, 15, 646.

Lindsay, P. H. & Norman, D. A. Human information processing: An introduction to psychology. N. Y. Academic Press, 1972.

Luce, D. Individual choice behavior. N. Y. Wiley, 1959.

Massaro, D. W. & Schmuller, J. Visual features, perceptual storage, and processing time in reading. In Massaro, D. W. (Ed.) Understanding Language. N. Y. Academic Press, 1975.

Maturana H. R., Lettvin, J. Y., McCulloch, W. S. & Pitts, W. H. Anatomy and physiology of vision in the frog (Rana pipiens). J. gen. Physiol., 1960, 43, 129-175.

Meyer, D. E., Schvaneveldt, R. W. & Ruddy, M. G. Loci. of contextual effects on visual word recognition. In Rabitt, P. M. A. & Dornic, S. (Eds.) Attention and performance V. N. Y. Academic Press, 1975, 98-118.

Neisser, U. Cognitive psychology. N. Y. Appleton, 1967.

Norman, D. A. & Rumelhart, D. E. A system for perception and memory. In Norman, D. A. (Ed.) Models of human memory. N. Y. Academic Press, 1970.

Piaget, J. & Inhelder, B. The child's conception of space. N. Y. Humanity Press, 1956.

Pritchard, R. M., Heron, W., & Hebb, D. O. Visual perception approached by the method of stabilized images. Canad. J. Psychol., 1960, 14, 67-77.

Rumelhart, D. E. A multi-component theory of the perception of briefly exposed visual displays. J. math. Psychol., 1970, 7, 191-218.

Rumelhart, D. E. & Siple, P. Process of recognizing tachistscopically presented words. Psychol. Rev., 1974, 81, 99-118.

Selfridge, O. G. & Neisser, U. Pattern recognition by machine. Scientific Amer., 1960, 203, 60-68.

Selfridge, O. G. Pandemonium : A paradigm for learning. 1959. In Uhr. L. (Ed.), Pattern recognition. Wiley, 1966.

Smith, F. Understanding reading. Holt, 1971.

Swets, J. A. Signal detection and recognition by human observers. N. Y. Wiley, 1964.

Townsend, J. T. Theoretical analysis of an alphabetic confusion matrix, Percept. & Psychophys., 1971, 9, 40–50. (a).

Townsend, J. T. Alphabetic confusion : A test of models for individuals. Percept. & Psychophys., 1971, 9, 449–454. (b)