

Title	パターンチャンキングと視覚短期記憶 : シェマ=システムによる継時処理機構
Author(s)	乾, 敏郎; 宮本, 健作
Citation	大阪大学人間科学部紀要. 1980, 6, p. 191-231
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/10905
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

パターンチャンキングと視覚短期記憶

— シェマ=システムによる継時処理機構 —

乾 敏 郎
宮 本 健 作

目 次

1. はじめに
2. 視野制限と視覚失認
 - 2-1. 読書における有効視野
 - 2-2. 絵の認識における有効視野
 - 2-3. 分割画素実験
 - 2-4. 視覚失認症
3. パターンのチャンク化理論
 - 3-1. 知覚における群化
 - 3-2. パターンのチャンク化
 - 3-3. 記憶痕跡のチャンク化理論
4. 周辺視の役割と文脈効果
 - 4-1. パターン認識における周辺視の役割
 - サッケードの大きさ
 - 内的走査の場の広さ
 - 情報集中領域へのサッケード
 - 4-2. 文脈効果
5. 継時的統合化と処理サイクル
 - 5-1. シェマとシェマ=システム
 - 5-2. 継時処理における時間的制限
6. 議論と結語

パターンチャンキングと視覚短期記憶

— シェマ・システムによる継時処理機構 —

1. はじめに

人間のパターン認識の研究は、1960年来、知覚・認知の心理学および記憶の心理学の分野で急速に進歩してきた。人間のパターン認識の過程には、筆者らは3つの重要な性質すなわち継時性、能動性、および選択性が含まれることを報告した（乾と宮本, 1979 a）。この過程における最も本質的な問題として、

- 1) どのような情報をいかにして継時的に処理しているのか。
- 2) 獲得された情報がどのような過程を経て統合されるのか。

という2つの点が挙げられる。これまででこのような問題について系統的かつ総合的に検討した研究はなかった。本論文においては、筆者らが先に報告した実験成績（乾と鈴木, 1977 ; Inui, Kawato と Suzuki, 1978 ; 乾, 1978 ; 乾と宮本, 1979 a, b など）および先人の諸研究から得られた種々の知見を中心に、上記の2点について多角的に述べることにしたい。

上述のような問題は、情報の流れの断面を見るだけでは解明できるものではない。その理由は、第一に情報の処理がサイクルを成していること、第二に後述するように記憶のデータベースが現在の認知にきわめて重要な役割を果たしていることによる。網膜に入った情報は一旦バッファメモリに貯蔵された後に、特徴が抽出される（Sperling, 1963 ; Rumelhart, 1970）。この記憶の持続時間は通常約 270 ms であると言われ、記憶されている情報は、色、大きさ、位置という低次の情報にもとづいて選択される（Von Wright, 1968 ; Turvey と Kravetz, 1970）。選択された情報は、より高次の視覚的な符号化がなされて形の知覚が生ずる。知覚された視覚イメージは、保持時間がさらに長い視覚短期記憶（Visual STM）に貯えられる（Posner, 1967, 1969 ; Phillips, 1974）。選択的に処理されて視覚短期記憶に貯えられるまでの過程は、パターン合成過程（Rumelhart, 1977）あるいはRAI（Rapid Attentional Integration ; Blumenthal, 1977）の過程と呼ばれている。この過程は継時的かつ能動的なもので、先見的知識やゲシュタルトの要因が影響するといわれている。さらに比較的大きなパターンを認識するときは、眼球運動によって視点を移動させて観察する。この場合には、上述の処理が何度もくりかえされた結果パターンの理解につながると考えられる。いっ

たい、継時的に処理された情報はどのような過程を経て統合されるのであろうか。

2. 視野制限と視覚失認

大きさが視角で 10° を越えるような比較的大きなパターンを、長い時間観察するような条件下では、眼球運動による走査を通してパターンが認識される。このとき、各注視点ではどれくらいの範囲の視覚情報が処理されているのかという疑問が生じるが、これに答えるために、いわゆる有効視野の研究が行なわれている。一方、小さな図形が短時間提示されたときでも、その図形の各部分に注意を向けることが可能である。この場合も先の大きなパターンのときと同様、有効視野が測定されるが、特に知覚の範囲 (perceptual span) と密接に関連するので後の章で論ずることにし、ここではもっぱら前述の比較的大きなパターンを見る場合についてのみ考察する。

2-1 読書における有効視野

読書をしているとき、注視点よりどれくらい先までの情報を処理しているのであろうか。この疑問に答えるには、人工的に読者の視野を制限する装置を用いてしらべる必要がある。図1は、その一例を示している(斎田と池田, 1973)。この装置では、被験者の目の動きを角膜反射法によって測定している。図の光電変換素子は目の角膜で反射された光を受けとり、その位置情報を電気信号に変換して出力する。この電気信号は X-Y オシロスコープによって再び光点として表示される。カメラ I はこの光点をとらえており、したがって被験者が TV ディスプレーのどの位置を注視しているかをモニターしていることになる。カメラ II は、被験者が読むべき文章全体をとらえている。この二台のカメラ出力をテレビミキサーに入力し、カメラ I でとらえた光点のまわりの部分だけがカメラ II の画像からとり出されて被験者が見ているモニターテレビに表示される。この結果、眼球運動に追従しながら被験者が注視している文章の部分だけを TV ディスプレーに提示でき、しかも提示部分の大きさを変えることにより被験者の視野の広さを人工的に変えることができる。このようにして日本語文章を理解するために必要な時間と視野の広さの関係をしらべると、視野が 8° (約10文字) 以上にならないと正常の速さで読書ができないことが明らかにされた(斎田と池田, 1973)。そして視野が 8° 以下になると急速に読書の速さが低下するという。これは、1行の文字数を1行当りの注視回数で割った 1.33 語 (1.52° に当る; Taylor, 1957) よりはるかに広い。私たちは本当に、このような広い範囲にわたって意味情報を処理しているのであろうか。

McConkie と Rayner (1975) はこの疑問に答えるためにコンピュータ制御のディスプレイを使用し、読書時の有効視野をしらべている。上記の実験(斎田と池田, 1973)と同様、

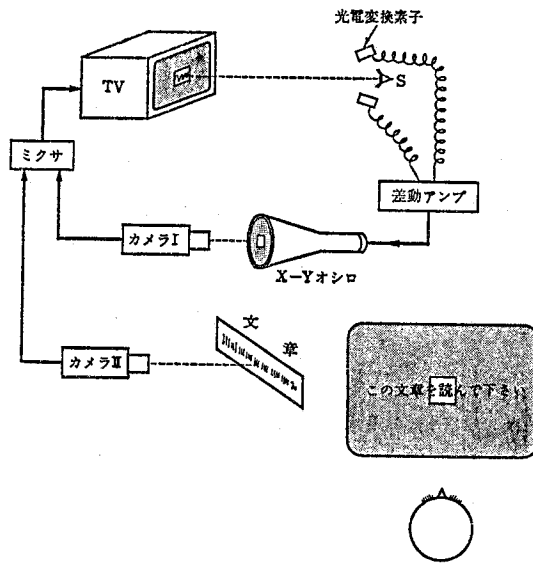


図1 被験者の視野を人工的に制限する装置。カメラIは被験者の眼球運動をとらえている。カメラIIは被験者が読むべき文章全体をとらえている。2台のカメラ信号をテレビミキサーに入力し、カメラIの信号で、カメラIIの画像の一部を抜き取ってTVディスプレイに表示する。(池田, 1975)

被験者がディスプレイ上の任意の位置を注視すると注視点の前後の何文字かが提示される。この文字数を窓の大きさ (window size) と呼んでいる。このとき、周辺情報として

- (i)窓以外の部分が図2に示すごとくすべて空白なくXで満たされている条件 (これを XF 条件と呼ぶ)。
- (ii)テキストの大文字はXで、小文字はxに置きかえ、空白部分はそのままにしておく条件 (これを XS 条件と呼ぶ)。
- (iii)テキストの各文字を Confusion matrix¹⁾にもとづき、形のよく似た文字と置きかえて提示する条件 (これを C条件と呼ぶ)。
- (iv)テキストの各文字を全くでたらめに他の文字と置きかえて提示する条件 (これを NC条件と呼ぶ)。

以上の4つの条件下で読書時のサッケード (saccade) の長さや固視時間の分布をしらべた。たとえば、XF 条件では周辺には全く情報がなく、XS 条件では単語の長さの情報が与えられている。窓の大きさが小さいときは、あきらかに2条件間で差が生ずるであろう。しかしながら、単語の長さの情報が処理されている範囲まで窓の大きさを広げれば、もはやこの2条件下における結果に差は生じないであろう。Rayner ら (1975) によれば、サッケードの

Graphology means personality diagnosis from hand writing. This is a
 XS XXXXXXXXXXXX XXXXXX XXXXonality diagnosis XXXX XXXX XXXXXXXX. XXXX xx x
 XF XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXonality diagnosis XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
 CS Cnojkaiazp wsore jsnconality diagnosis tnaw kori mnlflrz. Ykle le o
 CF Cnojkaiazpewsourcejsmconality diagnosisetnawekoriemnlflrqeeYkleeleco
 NCS Hbfxwysyvo tifdl xiblonality diagnosis abyt wfdn hbemedv. Awcl el f
 NCF Hbfxwysyvoctifdlcxiblonality diagnosiscabytcwfdnehbemedvceAwclclef

図2 被験者が読むべきテキストの一部と各条件下での周辺情報を示す。被験者は *diagnosis* の *d* を注視している。窓の大きさは17文字である。

(McConkie と Rayner, 1975)

長さは空白の有無にのみ依存するのに対し、固視時間は空白の有無に無関係であり、文字の置きかえにのみ依存すると述べている。また XS 条件と XF 条件を比較することにより、単語の長さは注視点より右12~15文字まで処理されていることを明らかにしている。さらに、C条件と NC 条件との比較から、注視点より右 10 文字まで単語全体の形を処理していることがわかった。

Rayner (1975) は、CWL (critical word location ; 後に詳述) 実験を行ない、読書の有効視野をしらべた成績を報告している。それは、まず

文：主語+述語+目的語+前置詞句

という型の文を 225 集める。それぞれの文は他の 2, 3 の文とともに短い文章を構成している。その中の 1 つの単語を CW (critical word), その位置を CWL(critical word location) と呼んでいる。そして、あらかじめ CW について上述の実験(McConkie と Rayner, 1975) と同様、いくつかの変形された単語 (もしくは文字列) が用意された。たとえば、

The rebels guarded the palace with their guns.

という文があり、palace が CW であるとき、palace は、W-Ident であると表現する。palace の変形として、次に示すような 4 種類の単語をつくった。

- (i) 有意味語で、構文的にも意味が通じしかも最初と最後の文字が同じで、全体の形も似た (すなわち、confusion しやすい文字でおきかえられた) 単語 police : これを W-SL (word-shape extreme letters) と呼んだ。
 - (ii) 無意味語で、最初と最後の文字が同じであると同時に形も似ている pcluce : これを N-SL (nonword-shape extreme) と呼んだ。
 - (iii) 無意味単語で最初と最後の文字は同じであるが、形は似ていない pyctce : これを N-L と呼んだ。
 - (iv) 無意味単語で形は似ているが、最初と最後の文字は異なる qcluec を N-S と呼んだ。
- まず、コンピュータ制御のディスプレイ上に文字が提示されたとき、CWL には変形され

1. The rebels guarded the pcluce with their guns.

boundary ← この位置を変化させる。

2. The rebels guarded the palace with their guns.

(saccade で boundary を越えたときに W-Ident と入れかえる。)

図3 CWL 実験の一例。被験者は3つの文から構成される短かい文章を読む。図は、その中の CW を含む文だけを示している。被験者の注視点があらかじめ定められた境界を越えるまでは、CWL には変形された単語（この例は N-SL である。）を表示しておく。境界をサッケードで越えている間に、この単語を W-Ident に置き換える。(Rayner, 1975)

た単語を提示しておく。被験者が文章を読み始め、CWL より前であらかじめ定められた境界（これは被験者にはわからない。）をサッケードで越えたとき、変形された単語を W-Ident に入れかえる。境界の位置をかえて、境界の位置とこれをサッケードで越える直前の固視時間および CW (W-Ident) の固視時間の関係をしらべる。もし、境界が CWL とかなり離れている場合には、境界を越える前では被験者は CWL の変化に気づかないために固視時間には変化が生じないであろう。もし、境界が CWL に近い所にある場合には境界を越える以前に CWL の変化に気づくであろう。また、CW (W-Ident) を注視したときも、CW の変化によって固視時間は長くなることが予想される。境界を越える前の固視点の位置と固視時間を各条件別にしらべると、直前の固視点が CWL よりも4文字以上離れているときは有意味 (W-Ident と W-SL) と無意味 (N-SL, N-L, N-S) の差はなかった。また境界を越える直前の固視時間はその他の要因間では差がなかった。次に CW を固視する時間とその直前の固視点の位置との関係を各条件下でしらべると、直前の固視点の位置が10~12文字 CWL より前にあるときは、N-S と N-L に差が生じ、他の要因間では差がみとめられなかった。それゆえ、Rayner (1975) は読書の有効視野に関して、固視点より右 10~12 文字まで単語全体の形を処理しているらしいという結論を得た。

以上の結果を要約すると、単語の長さの情報は固視点の右12~15文字 (3°~4°) まで、単語全体の情報は固視点の右10文字まで、単語の意味内容は固視点の右4~6文字まで処理していることが明らかにされた。

2-2 絵の認識における有効視野

2次元パターンの認識において視野を制限した場合は、読書の場合と異なりさらに興味深い事態が生ずる。Watanabe と Yoshida (1973) は、大きさが $15^{\circ}\sim 17^{\circ}$ のパターンを中心視(3° 視野)でみた場合、その形は把握できないと報告した。たとえば、このような大きさのひらがな1文字を被験者が中心視した場合、すべての部分を観察しているにもかかわらず約60秒後に無意味図形であると判断した。このとき、被験者はパターンの構造すなわち部分間の関係が理解できなかったということになるのであろうか。そこで、被験者に印象をスケッチさせると、ほぼ正確にスケッチができ、それを見てはじめてひらがなであることに気づいた。すなわち、視野制限下ではパターンの構造が再生できるにもかかわらず、全体の意味が了解されないという事実があることを明らかにした。

Saida と Ikeda (1979) は、パターン認識における視野の広さの役割を短期記憶照合実験でしらべている。被験者に4種類の視野の広さで絵を一定時間観察させた後、記憶照合実験を行ない70%の再認率を得るのに必要な絵の観察時間を求めた。この結果、正常な時間(視野を制限しないときに70%正答率を得るのに必要な観察時間)で絵を記憶するためには、パターン全体の50%以上の視野が必要であった。また、記憶すべきパターンの大きさは $14.4^{\circ}\times 18.8^{\circ}$ と $10.2^{\circ}\times 13.3^{\circ}$ の2種類について行なわれたが、再認率は視野の広さの絶対値で決まるのではなく、パターン全体に対する視野面積の割合で決まることを示した。乾と宮本(1978, 1979) は、顔の長期記憶照合実験における再認率に対する視野の広さの影響をしらべた。これらの実験では大きさが $5^{\circ}\times 5^{\circ}$ の知名度がきわめて高い有名人の顔写真120枚をランダムに6群に分け、異なる視野の広さで走査させた。被験者は手元のレバーを任意に動かすことによりTVディスプレイ上で視野を移動させて、顔写真を自由に走査できる。このとき、被験者にできるだけ速くだれの顔かを答えさせ、解答の正誤と反応時間を記録した。実験終了後、顔写真全体を80ms提示し、だれの顔かが認められた写真に対する結果のみを集計した。したがって視野がかなり広い場合は必ず正答率が100%になるはずである。10名の平均値から、視野が全体の1/5以上あれば正常に認識できる。視野が全体の18%より狭くなると急に反応時間が延長し、正答率も低下した。しかし、視野が全体の1/5以上であっても、なお被験者はschema testing過程によって顔を走査しており(Inui と Miyamoto, 1980)、顔全体のイメージをつかむことできない。それでは、全体のイメージをつかむためにはどの程度の視野の広さが必要であろうかという疑問が生じるが、この点に関連して彼らは顔写真にlow-pass filterをかけ、低周波成分(相対遮断周波数 ≈ 10 cycle/display)のみでだれの顔かを視野制限下で判断させる実験を行なった(乾と宮本, 1978, 1979)。この条件下では、目や口や鼻の形といった局所情報はなく、被験者は顔全体のイメージのみを手がかりとして判断することになる。この結果、視野の広さが全体の1/2以上なければ、顔全体のイメージをつかむこ

とが困難であることが明らかにされた。これらの事実は、全体の何割かの面積が同時に処理されないと記憶と照合ができないことを示している。

2-3 分割画素実験

前節で述べた視野制限実験では、被験者は制限された視野で絵を自由に走査できた。しかしこのような実験では被験者によって走査の方法が異なる。そこで認識させるべき絵をあらかじめ分割し各画素を継時的に提示したとき、全体の絵を認識し得るための条件についてしらべられた。Ikeda と Uchikawa (1978) は、図4に示されたようなパターンを10×10の画素に分割し、被験者が手元の100個のスイッチを1つずつ任意に押すことによって絵を観察させた。その結果は、池田と内川(1977)によって次のように報告されている。「さてこのようにして絵を見ると、絵全体の感じを頭に浮かべることが非常に難かしくなってくる。“何がなにをしている”かは言える場合は多いが、そのときでも絵を頭に思い浮かべることが難しい。観測時には絵がわかったと思っても、あとでその絵を普通の見方でみると、自分の思っていたものとは随分違って見えるのに驚く(p. 119)。」図4の右は、結局被験者が分からないと答えた後に、見たものをメモさせたものである。興味あることは、自分の抽いた絵を見て直ちに「分った」と叫んだことである。Ikeda と Uchikawa (1978) は、ただ見ただけでは分からないが、手を動かしたり、実際に書いて分かるときの記憶像を *motor image* と呼び、正しく解答できても、後で絵全体をみると随分異なっている場合を *logical image* と呼んだ。後者の場合、部分情報の位置関係が正確に記述されなかったためとも考えられる。Ikeda と Uchikawa (1978) は、7°×7°の大きさの絵を5×5のマトリクス状に分割し、各画素の提示時間を200msで継時提示したとき、絵が一つのまとまった絵として見える条件を求めた。各画素の提示時間間隔は5, 10, 20, 40, 100msであった。したがって継時提示といっても、同時にいくつかの画素が提示されていることになる。絵全体が一つの絵として見えた割合が50%以上になるためには、最初の画素が提示されてから約500ms以内に最後の画

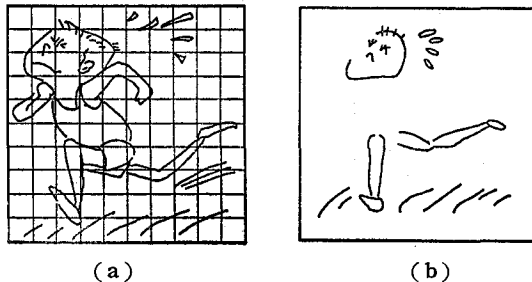


図4 (a)被験者は10×10に分割された絵を各画素ごとに見る。(b)ある被験者が、(a)の図を見た後に再生した絵。彼は自分の書いた絵を見てはじめてその意味がつかめた。

(Ikeda と Uchikawa, 1978)

素が提示されることが必要であることを見出した。乾ら (1978 b, 1979 a) は各画素の提示が時間的に重ならない条件で、分割数の影響を同様の手続きでしらべた。用いられた刺激は人の顔写真で、判断基準は Ikede らと同様、一つの顔として見えるかどうかであった。その結果は分割数が 2, 3, 4 個のときは、分割数に依存せず最初の画素が提示されてから約 500 ~ 600 ms 以内に最後の画素が提示されたときに 50 % 以上の割合で一つの顔に見えることがわかった。しかし、分割数が 5 個以上になると短かい ISI で提示しても一つの顔に見えなかった。また、画素間の境界が目や口を通るとやはり全体のまとまりが形成されなかった。これらの事実は、ある広さ以上の部分が同時に提示されなければならないこと、および意味のある部分 (目や口) は分割できないことを示唆している点で興味深い。

2-4 視覚失認症

臨床場面においても、前節で述べたようなパターン認識に欠陥が生ずるという症例報告が見られる。その典型例として精神科領域で知られる視覚失認症 (visual agnosia) がある。失認症についての数多くの症例はパターン認識機構を理解する上で有益なヒントを提供してくれる。古代ギリシアの歴史家 Thukydides が精神盲と思われる症状を記述しているが、視覚失認症の研究の先駆となったのは Munk (1877) の動物実験であった。後頭葉を切除されたイヌの中に皮質盲 (cortical blind) というよりは、むしろ精神盲 (mind blind) と呼ぶべき症状を呈するものが存在することを発見した。その後、Freud (1891) により失認 (agnosia) ということばが使われた。それは、視力や知能の低下あるいは失語といった原因ではなくて物の認知ができないものをいっている。しかし、Bender と Feldman (1972) によれば、Freud のような真の失認はなく、大多数の場合視覚機能障害を伴うことを指摘している。Head (1920) は大多数のものに視野欠損が認められると知っている。Bay (1950) もまた同様である。Wolpert (1924) は一定の状況図の細部は正しく知覚し得ても全体の意味を了解できないものを同時失認 (simultanagnosia) と呼んだ。Luria (1959) によると、すべての失認は同時失認であると言い、また眼球運動異常もしばしば認められると知っている。一方、Broadbent (1872) は音読障害ではなくて文字、語の形態把握ないしは意味把握の障害を報告している。それは純粋失読 (pure agnosia) と呼ばれるものである。興味ある症例は、一字一字が認知できなくてもこれらが語を形成するとその全体像から漠然とした認知 (前ゲシュタルト的把握) が可能になるということがある。以上に述べたように失認症においては、全体的把握と部分的把握のどちらか一方が障害をうける例が多く見られる。パターン認識は、この二つの処理がうまく協調的に働いて初めて可能になるのであろう。

Conrad (1932) は、後頭葉と頭頂葉の言語障害および読書障害を区別した。後頭葉の読書障害の場合はことばが一つの全体として把握されず軽症では一字一字追っていく読み方に

なる。頭頂葉の読書障害は反対にことばの全体が即座に認識されるが、分節は失なわれてしまうといった特徴がある。Conrad の患者は語像 (wort gestalt) を即座に“すべての詳細な部分”ではなく“概略 (Umriß)”として、あるいは“構造”としてではなく“輪廓”としてのみ把握できた。頭頂葉は視空間定位の中枢であることから、おそらく部分情報の処理は常に全体の中の位置を記憶しながら進められるのである。これに関連して V. C. Faust (1947) はゲシュタルト崩壊 (Gestalterfall) という興味ある症例を報告している²⁾。ゲシュタルト崩壊において重要な点は、全体が部分よりも速く処理されるという事実と、部分的認知が常に全体のどの位置にあるのか、部分と部分の位置関係が正しく理解されるのかということ、および部分とはそれ自体意味をもつまとまりであるということである。

3. パターンのチャンク化理論

3-1 知覚における群化

知覚における群化の要因は様々な形で報告されてきた。しかし、本節では特に視覚情報処理の過程でパターンに含まれる情報を適切なアルゴリズムに従って群化し、それらを継時的に獲得していくということを示唆する実験について述べることにする。それは、Subitizing と Counting と呼ばれる過程である。

ドットパターンが提示されてから被験者がドットの総数を報告するまでの反応時間をしらべると、ドット数が1~5個の場合とそれ以上の場合とでは反応時間に大きな差があることが古くから知られていた (Kaufman et al, 1949)。彼らはドット数を速く処理できる範囲内 (1~5個) での定量化機構を Subitizing 過程と呼び、それを越えるドット数の処理機構である counting 過程と区別した。Klahr (1973) や Klahr と Wallace (1976) は、さらに詳しい検討を行ない Subitizing の範囲は3~4であることを示した (図5)。一般に反応時間は2つの直線で近似できる。1つは Subitizing 範囲で反応時間は25~100 ms/dot の割合で増加し、それを越えると反応時間は約300 ms/dot の割合で増加する。Klahr と Wallace (1976) は Counting 範囲での大きな反応時間の増加はドットの群化と加算という操作のためであると論じた。Akin と Chase (1978) は彼らの考えをさらに発展させ以下のような数理モデルを提案している。

反応時間には3つの操作に要する時間が含まれているとする。それは、(i)ドット全体をいくつかの Subitizing 範囲の部分集合に群化する時間と(ii)各群に含まれるドットの総数を数える時間と(iii)各群のドット総数を加算する時間である。このとき、反応時間 RT は

$$RT = b_0 + b_1 n_1 + b_2 k_2 + b_3 k_3$$

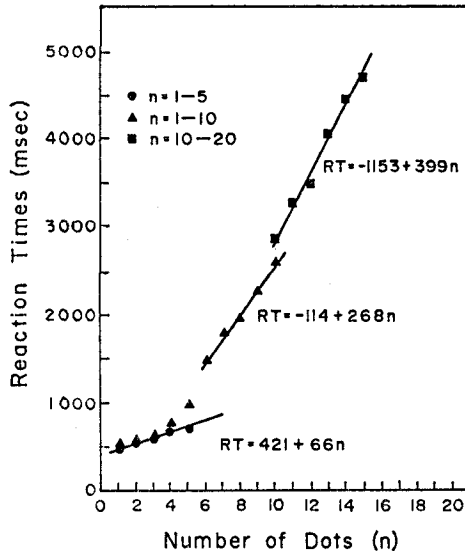


図5 提示された点の数と12名の被験者の平均反応時間。ディスプレイの大きさは 8.5° で、点の最短距離は 1° 余りである。 n の各値に対して、ディスプレイの中央を使用するパターン (inner display) と周辺を使用するパターン (outer display) とがあり、図は両パターンに対する平均反応時間を示している。黒丸は、 n を1から5に限って実験した場合、黒三角は n を1から10に限った場合、黒四角は n を10から20に限った場合のデータを示している。(Klahr と Wallace, 1976)

と書くことができる。ここに、 b_0 は単純反応時間、 b_1 は Subitizing 範囲での反応時間の増加率で 75msec/dot とする。 b_2 は加算するのに要する時間である。Parkman と Groen (1971)によれば2数の和 (くりあがりがないとき)を出すのに要する時間は、2数のうちの小さい方の数に依存し、増加率は $10\sim 20\text{ msec}$ であるという。たとえば、 m と n の和 ($m \geq n$)を出す時間は、 $b_2 n$ である。最後に群化に要する時間を b_3 (msec) とする。ここで例をあげて説明しよう。今、ドットパターンを (3, 2, 3,) という3つの群に群化し、ドットの総数を出す時間を考える。まず、3個のドットからなる集合が群化され、その総数を出す時間は

$$3 b_1 + b_3 \quad (1)$$

次に、2個のドットから構成される集合が群化され、 $3 + 2$ という操作をするのに要する時間は、 $3 \geq 2$ を考慮に入れて、

$$2 b_1 + 2 b_2 + b_3 \quad (2)$$

最後に残された3個のドットから構成される集合が群化され、 $5 + 3$ という操作をするのに要する時間は、 $5 \geq 3$ を考慮に入れて、

$$3 b_1 + 3 b_2 + b_3 \quad (3)$$

それゆえ、全体の反応時間は(1)+(2)+(3)で

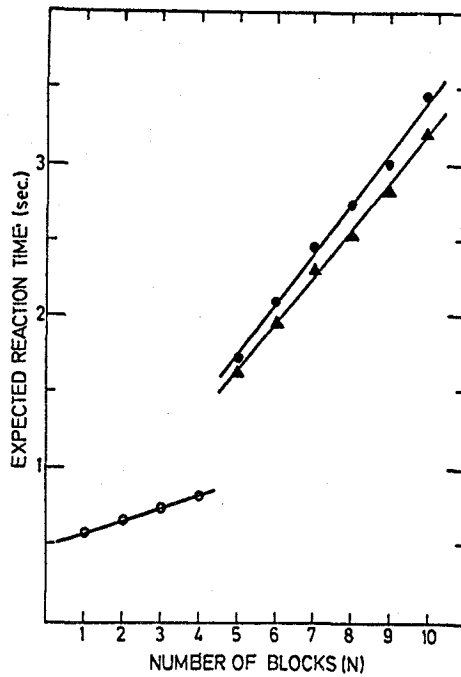


図6 Akin と Chase の仮説に基づいて計算された反応時間と点の数の関係。黒丸は、1, 2, 3, 4 個の集合に群化される確率が等しいと仮定した場合で、黒三角は、1 または 4 個に群化される確率を1/8, 2 個に群化される確率を1/4, 3 個に群化される確率を1/2 と仮定した場合である。(Akin と Chase, 1978)

$$RT = b_0 + 8 b_1 + 5 b_2 + 3 b_3$$

となる。

ではどのようにして1~4個の集合に群化されるのであろうか。Akin と Chase (1978)は、1~4個のうち、どの大きさに群化されるかという点について、等確率で起こるとした場合と、2個や3個の集合に群化されやすいとした場合とを考慮してそれぞれの反応時間を算出した。前者では、1個、2個、3個、4個の集合に群化される確率は等しく $p=0.25$ で、このときの反応時間は

$$\overline{RT} = (b_0 - 3.30 b_2 + 0.30 b_3) + (b_1 + 1.06 b_2 + 0.47 b_3)n \tag{1}$$

であるのに対し、後者では1個および4個に群化される確率を1/8、2個に群化される確率を1/4、3個に群化される確率を1/2としたときの反応時間は、

$$\overline{RT} = (b_0 - 3.30 b_2 + 0.30 b_3) + (b_1 + 0.95 b_2 + 0.40 b_3)n \tag{2}$$

であった。図6は、 $b_1=75$ msec, $b_2=25$ msec, $b_3=500$ msec としたときの平均反応時間を示している。

3-2 パターンのチャンク化

ランダムに配列されたドットパターンの記憶に関する興味ある知見として部分パターンのチャンク化とチャンク化の発見法 (chunking heuristics) が示されている (Wilton と File, 1975; Bartram, 1978)。Wilton と File (1975) は、アルファベットを記した円板がランダムに (ただし、水平、垂直に重ならないように) 配列されたパターンを記憶する二つの実験を行なった。その一つは、被験者に「円板 X の位置が円板 Y の右上、右下、左上および左下のうちいずれにあったか」を問う実験で、いま一つは記憶されたパターンとその部分パターンとの照合実験であった。後者の部分パターンには、(i)隣接した円板で構成されたパターンと (ii)全くでたらめに選ばれた円板で構成されたパターン二種類が用いられた。被験者には、提示されたパターンが先に記憶したパターンの一部であるのかどうかを答えさせた。両実験の結果から Wilton らは、(1)被験者は円板間の位置関係そのものを記憶しているのではなく、何らかの形で円板の位置を記憶しており、(2)パターンは近接した群が一つのパターン単位として記憶されていると結論した。Bartram (1978) は、Chase と Simon (1973) による方法 (後述) を用いてランダムに配列された円板によって構成されたパターンの再生実験を行ない、被験者がパターンをいくつかの部分パターンに分解し、チャンクとして記憶し再生していることを確かめている。

チャンク化に関連して、チェスの局面における記憶に関する研究が de Groot (1966) によって初めて報告された。チェスの競技中の局面を 5 秒間見せられただけで名人はチェスの位置を正確に 91% も再生できたのに対し、不得手な者は 41% しか再生できなかった。しかしながら、でたらめに配置されたこまの位置を再生する実験では、両者の間に差はなかった。こ

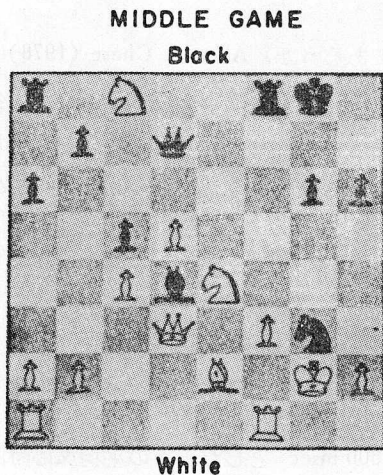


図7 試合中のチェスの局面。
(Chase と Simon, 1973)

これはチェスの名人がとくにすぐれた視覚短期記憶を持っているのではないことを示している。

Chase と Simon (1973), Frey と Adesman (1976) は同様にチェスの局面で、また Reitman (1976) は碁の局面でそれぞれ de Groot (1966) の結果を確認している。Chase と Simon (1973) は、チェス局面の知覚課題 (perception task) と記憶課題 (memory task) についての実験を行なった。知覚課題では被験者にチェスの局面を見せながら、そのまま別のチェス盤に再現させた。記憶課題では、5 秒間チェスの局面を提示し、その直後に再生させた。チェスの局面には、競技中の局面が 5 つ、終了時の局面が 5 つおよびこまがランダムに

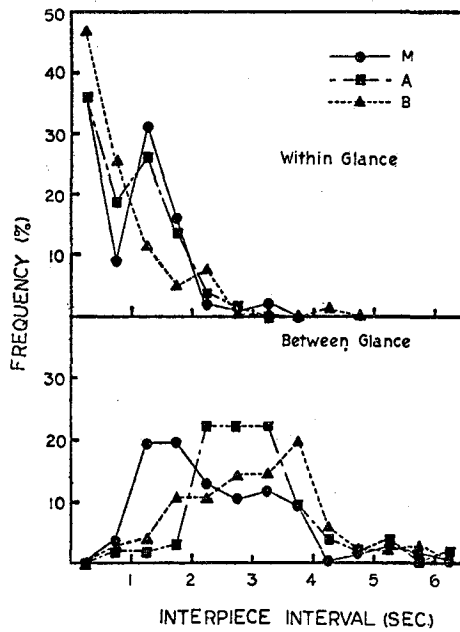


図8 チェス局面の知覚課題における駒の再生時間間隔の分布。上図は Glance 内の場合で、もとのチェス盤を見直さないで再生した駒の再生時間間隔を示す。下図は Glance 間の場合。駒の再生時間間隔にもとのチェス盤を見直す頭の動きが見られた場合。再生時間間隔が2秒を規準にして、Glance 内であるか Glance 間であるかがほぼ区別できる。M: チェスの名人, A: A級に属する被験者, B: 初心者。(Chase と Simon, 1973)

配置されたものが4つ,以上三つの型が選ばれた。被験者の行動はすべてビデオに収録された。Chase ら (1973) は, de Groot (1966) の研究の場合と同じ結果を得るとともに, ヒトの記憶過程にはパターンのチャンク化が存在することを示唆する成績を示した。まず図8は知覚課題において, 各々のこまが再生された時間間隔を示している。glance 間と glance 内は, 被験者が2つのチェス盤を見比べる時に生じる頭の動きがあるかないかで判断された。すなわち, glance 内では, チェス盤を見ないで, 記憶を手がかりにしてこまが再生されている。図8に示されるごとく, 再生時間間隔が2秒を基準にして, 任意の2つのこまが1つの記憶再生によるものかどうか分離できることがわかる。また, glance 間の再生時間間隔をしらべた結果, チェスの名人はチェス盤を見返すとき, 初心者より速くチェス局面の情報を獲得できることがわかった。一方, glance 内のデータから, 各こまの再生時間間隔には差がなかった。このデータをもとにして, 彼らは記憶実験のデータからチャンクの存在が確かめられないかを検討した。まず Chase(1973)は, 2個のこまの間の関係を次の5種類に分類した。(a)互いに攻め合っているもの。(b)8個の近接した位置にあるもの。(c)色が同じもの。(d)同格のもの。(e)互いに守りの位置にあるもの。任意の2個のこまがこれら5種類の関係のうち,

		Successive Chunks								Average Chunks Per Trial
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Middle Games	M	3.8	3.0	2.5	2.3	1.9	1.5	2.2	2.0	7.7
	A	2.6	2.5	1.8	1.6	1.7	1.7	2.1	2.5	5.7
	B	2.4	2.1	2.0	1.6	1.4	1.5	1.0	2.0	5.3
End Games	M	2.6	1.6	1.4	1.8	1.8	1.2	2.3	1.0	7.6
	A	2.4	1.4	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	6.4
	B	2.2	2.4	2.2	1.0	1.0	1.0	1.0	0	4.2

表 I 記憶実験で継時的に再生されたチャンクの大きさを再生順にまとめたもの。Mはチェスの名人を、AはA級のプレーヤー、Bは初心者を表わしている。

(Chase と Simon, 1973)

いずれに相当するか、その関係の数に応じて関係の強さを0から4までの5段階に分けられた。その結果、記憶実験において2個のこまの再生時間間隔は、この関係の強さとともに減少することが確められ、さらに詳細な分析によって記憶実験においてもやはり2秒という基準で記憶のチャンクが推定できるのではないかとということが明らかにされた。表Iは、再生時間間隔が2秒以上のところをチャンクの切れ目として、チャンクの平均の大きさを再生順に示したものである。チェスが強い者程、再生順にチャンクの大きさが小さくなっている。またチャンクの数も4～7であることがわかった。これらの結果は、チェスの局面を色や形の類似性や近接性という物理的属性とチェスの知識によって、4～7のチャンクに分けて記憶していることを示している。しかし、Reitman (1976) も指摘するように、もし、チャンクが重なりあっていた場合には、記憶過程における統合された構造は再生時のデータからは必ずしも推測できないであろう。そこで Egan と Schwartz (1979) は、次のような実験を行なった。図9に示すように、36枚の電子回路についてまずベテランの技官に意味ある群に分けさせた。次に、10秒間電子回路図を被験者に提示した後、抵抗やトランジスタなどのシンボルが取り除かれた配線図に先に示された電子回路図に記されていたそれらのシンボルを書き込ませる再生実験を行なった。このとき、先に群化されたシンボル集合を一つのチャ

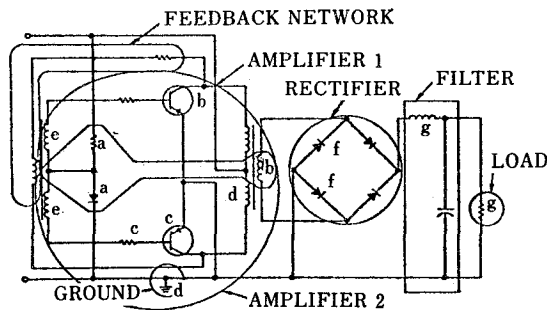


図9 電子回路図の1例。熟練した技官が回路全体をいくつかのグループに分け、機能的な名前をつけた図である。(Egan と Schwartz, 1979 : Fig.1 より転写)

ンク（被験者がこの中でいくつのシンボルを再生できるかによってチャンクの大きさが決まる。）と考えて実験結果が分析された。その結果、チャンク内における遷移誤答率（Transition Error Probability, n 番目に正しく再生され、 $n+1$ 番目に誤って再生される確率）は 0.11 で、チャンク間のそれは 0.21 と有意に高かった。また再生時間間隔もチャンク内よりチャンク間の方が約 1 秒長かった。さらに再生されたチャンクは平均 5.4 個で、再生順にチャンクの大きさは減少することが確められた。

3-3 記憶痕跡のチャンク化理論

記憶や特徴抽出過程の数学的取り扱いを示した代表的な研究としては、Bower (1967) の「記憶痕跡の多成分理論」とRumelhart (1970) の「短時間提示された視覚ディスプレイの知覚に関する多成分理論」などが挙げられる。本節で述べる理論は大体 Bower (1967) のそれに従ったものがあるが、異なる点は記憶痕跡における成分がここでは単一のチャンクに対応しているということである。なぜなら、チャンク化される情報は、知覚時においても記憶固定時においても、また再生時においても常に同時に処理されなければならないと考えるからである。まず、 N 個のチャンクからなる記憶痕跡を考えることにしよう。各チャンクが t 時間保持される確率は等しく $r(t)$ であるとする。 N 個のうち i 個が保持される確率 $P(R=i)$ は

$$P(R=i) = \binom{N}{i} r(t)^i (1-r(t))^{N-i}$$

であり、このときの平均は $Nr(t)$ 、分散は $Nr(t)(1-r(t))$ である。

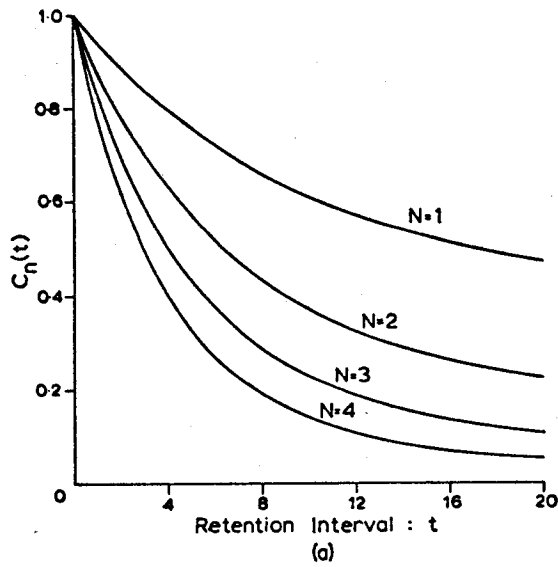
つぎに各チャンクが忘却されると記憶痕跡は 0 になると考える (null hypothesis)。パターン全体を再生するとき、仮に一つのチャンクが忘却されていたとして、そのチャンクを正しく推測する確率を $g=1/v$ とするならば、このときパターン全体を正しく再生できる確率 $C(t)$ は

$$C(t) = \sum_{i=0}^N \binom{N}{i} r(t)^i (1-r(t))^{N-i} \cdot g^{N-i} = [r(t) + g(1-r(t))]^N$$

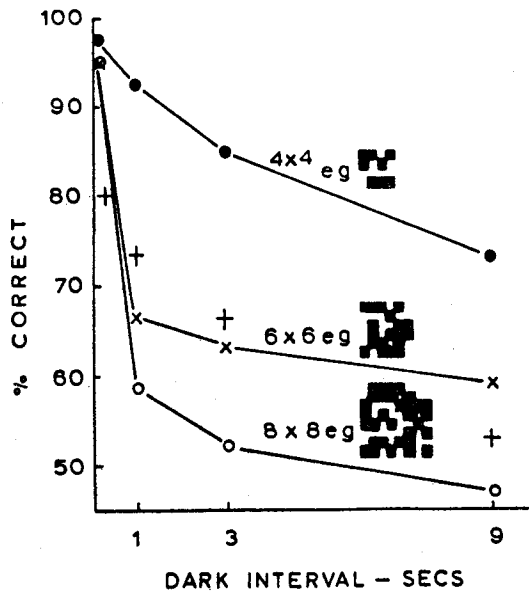
として示される。ついで関数 $r(t)$ について考えよう。記憶痕跡が時間とともに確率的に減衰していく過程は次のように示すことができる。もとの記憶状態を C 、痕跡がない状態を G とし、その状態間の遷移確率は

		時刻 $t+\Delta t$	
		C	G
時刻 t	C	$1-f$	f
	G	C	$1-G$

で与えられるとする。すなわち時刻 t で C 状態にあったものが時刻 $t+\Delta t$ で同じ C 状態にある確率は $1-f$ で与えられるとする。 $n\Delta t$ 後に C 状態にある確率を求めれば $r(t)$ の形がわかり、



(a)



(b)

図10 (a)記憶の減衰率。多成分理論に基づき、成分数(N)と忘却率の関係を示している。(Bower, 1967)ここではBowerの一般理論で成分と考えられているものをチャンクと解釈する。(b)ランダムパターンの忘却率。Visual STMの一つの特性である。(Phillips, 1974)

$$r(t) = \frac{G}{G+f} + (1 - \frac{G}{G+f})(1-f-G)^t = J + (1-J)a^t$$

となる³⁾。

図10(a)は、 $J=0.2$, $g=0.25$, $a=0.9$ として、 N を変化させたときの $r(t)$ の変化を示したものである。 N の増加とともに、記憶の減衰が速くなることがわかる。

一般に、視覚的特徴が抽出された後、それが統合されて視覚短期記憶 (Visual STM) に貯蔵される。貯蔵された視覚イメージの持続時間は、種々の条件下でしらべられている。Phillips (1974) によれば、視覚イメージの持続時間はパターン複雑さに依存しているという。彼らは図10 (b) に示されるような 4×4 , 6×6 , 8×8 のマトリクス状の各 cell (大きさは $27'$) を 0.5 の確率で黒くぬりつぶしたパターンを用いた。まずパターン 1 が 1 秒間提示された後、パターン 2 が提示される。このとき、被験者にできるだけ速く 2 つのパターンが同一であるか否か答えさせた。ISI は、0.02 秒、1 秒、3 秒、9 秒の 4 種類であった。図 10 (b) から、Visual STM における記憶保持率はパターン複雑さに依存していることがわかる。この事実は、視覚的な記憶においてもパターンが視覚 parser によってチャンクに分けて記憶されていることを示唆しているのではなからうか。Phillips (1974) が使用したランダムパターンの場合、parser によってパターンが基礎的な形のアルファベットに分解され記憶されているのかもしれない。そして、形のアルファベットの複雑さや種類は、学習によって増やせるのではないだろうか。

提示時間の効果 記憶すべきパターンの提示時間が長くなれば、何度もチャンクの記憶を強化することができると考えられる。記憶の強化を Bower (1967) は、同じチャンクのコピーが増加すると考えて数学的に取り扱っている。

今、チャンクのコピーが Z 個作られたとし、それらのうち少なくとも 1 個が保持される確率は

$$P_z = 1 - (1-r)^z \tag{1}$$

となる。

たとえば記憶時に、各チャンクのコピーを作ろうと k 回試みたとし、1 回の試みに対しコピーが確率 c の割合で作られるとすると、 k 回試みて x 個のコピーが作られる確率は

$$P(E=x) = \binom{k}{x} c^x (1-c)^{k-x} \tag{2}$$

ということになる。

チャンクのコピーを作ろうと k 回試みた後にコピーが少なくとも 1 個保持される確率は

$$P = \sum_{z=1}^k P(E=z-1) \cdot P_z \tag{3}$$

で示される。ここに、 $E=Z-1$ はもとの原図を除いた新しいコピーの数を意味する。

そこで、 N 個のチャンクをそれぞれについて、 k 回コピーを作ろうと試みた後、 x 個のチ

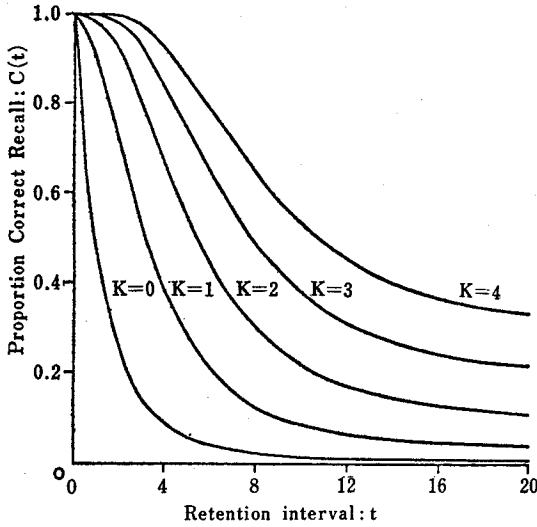
ヤンクの痕跡が残る確率 $P(R=x)$ は次のようになる。

$$P(R=x) = \binom{N}{x} \left[\sum_{z=1}^k P(E=Z-1) \cdot P_z \right]^x \left[\sum_{z=1}^k P(E=Z-1)(1-P_z) \right]^{N-x} \quad (4)$$

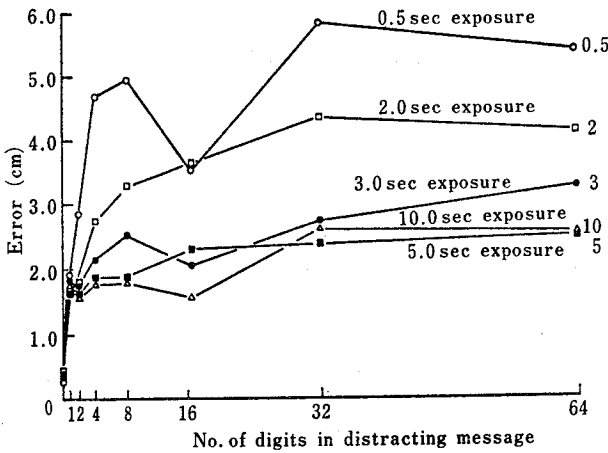
このときパターン全体を再生できる確率 $P(c)$ は、推測確率を考慮して、

$$P(c) = \sum_{z=0}^N P(R=x) \cdot g^{N-x} = \left[\sum_{z=1}^k P(E=Z-1) [P_z + (1-P_z)g] \right]^N$$

となる。



(a)



(b)

図11 (a) Bower の一般理論に基づく、刺激の提示時間と記憶の減衰率の関係を示している。(Bower, 1967) (b)刺激提示時間と視覚記憶の保持率との関係の一例を示す。(Dale, 1973)

ここで(1), (2)の関係を利用すると,

$$\begin{aligned}
 P(c) &= \left\{ \sum_{z=1}^k P(E=z-1) [1-(1-g)(1-r)^z] \right\}^N \\
 &= \left\{ \sum_{z=1}^k \binom{k}{z-1} c^{z-1} (1-c)^{k-z+1} [1-(1-g)(1-r)^z] \right\}^N \\
 &= \{1-(1-cr)^k(1-r)(1-g)\}^N
 \end{aligned}$$

図11 (a) は, $r(t)=0.25+0.75(0.8)^t$, $N=6$, $g=0.25$ として $P(c)$ の変化を示したものである。

Visual STM における記憶の保持率と提示時間の関係をしらべた研究はきわめて少ない。Dale (1973) は, 12×12 inch. のディスプレイ内で直径 $5/32$ inch の黒い円板の位置の記憶保持率をしらべている。図11 (b)は再生位置の誤差と提示時間の関係を示したものである。被験者には, 刺激提示と再生時との間, 視覚的な挿入課題をやらせた。横軸は挿入課題を行なう時間で単位は秒である。提示時間が3秒になるまで, 記憶保持率は上昇した。絵の提示時間と再認率については, 第5章で述べることにする。

4. 周辺視の役割と文脈効果

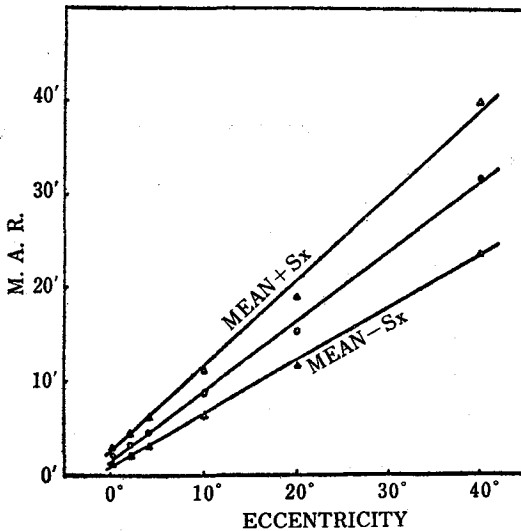


図12 網膜位置と最小分離閾 (M.A.R.)。M.A.R. はランドルト環によって測定された。白丸は20人の平均値であり, 白三角は被験者間の標準偏差を示している。(Weymouth, 1958)

一般に, 視野の中心から 0.5° ずれると視力は50%に低下し, 10° ずれると10%程度にまで低下するといわれる。視野の各位置における視力を最小分離閾 (Minimum Angle of Resolution : M. A. R., 単位は min. of arc.) で表わすと, 図12に明らかなごとく中心から線形に増加する (Weymouth, 1958)。これは刺激パターンとしてランドルト環を用いて測定された結果であるが, 矩形波格子の認知閾に対応させると 10° で 4 cycle/deg, 20° で 2 cycle/deg という値になる。(なお視覚系の空間周波数特性については, 乾と宮本 (1978) に詳述した。) また, 色覚も周辺になると不完全になり離心率が 20° を越える

と黄色と青色の感覚だけになり, 40° を越えるともはや明暗感覚だけになる。2章では, 視

野が制限されるとパターン認識が不可能になるという例を述べた。それでは、広い視野はどのように利用されているのであろうか。

4-1 パターン認識における周辺視の役割

サッケードの大きさ およそ 210° という広い視野の中で高い分解能でもって情報を処理することができるのはほんの数度の範囲である。視野周辺の物体を詳しく吟味するためには、サッケードによって物体を視野の中心に持ってくる必要がある。一般に99%のサッケードは 15° より小さいと言われている (Lancaster, 1941)。読書の場合のサッケードは、8～9文字 (およそ 2°) である (Rayner, 1978)。しかし、日本文の読書では3～4文字 ($2\sim 3^\circ$) である (Ikeda と Saida, 1978)。Antes (1974) によれば、約 20° の大きさの絵を見る時の平均サッケードは 3.4° である。Saida と Ikeda (1979) は $14.4^\circ \times 18.8^\circ$ の絵を記憶するときのサッケードは $2\sim 4^\circ$ の場合が最も多く見られたことを報告した (図13(a))。一方、Ford ら (1959) は、直径 30° の視野において 0.3° の大きさでしかも閾値付近の明るさをもつスポットがあるかどうかを判断させる実験を行なった。その結果、スポットがなかった場合、すなわち一様な視野の中での探索サッケードは、 $3\sim 8^\circ$ の大きさが最も多くみられた。そこで私たちの日常生活におけるサッケードの分布はどうであろうかという素朴な疑問が生ずる。この点に関して、Bahill ら (1975) は3人の被験者がカリフォルニア大学の

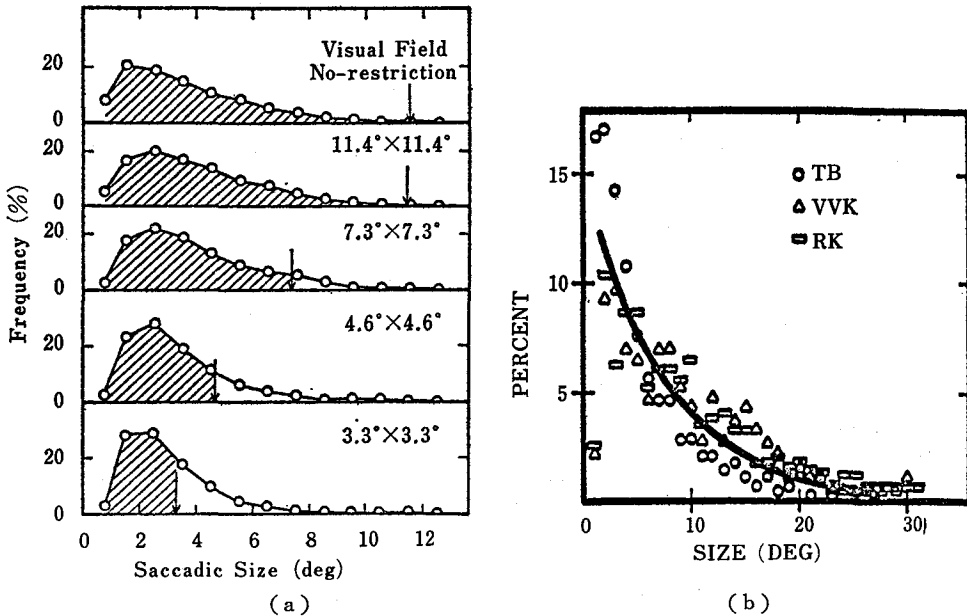


図13 (a)制限視野で大きさ $14.4^\circ \times 18.8^\circ$ の絵を記憶するときのサッケードの長さの分布。制限視野の広さは $11.4^\circ \times 11.4^\circ$, $7.3^\circ \times 7.3^\circ$, $4.6^\circ \times 4.6^\circ$, $3.3^\circ \times 3.3^\circ$ の4種類。(Saida と Ikeda, 1979) (b) 3人の被験者が大学構内を散歩したときのサッケードの分布。図中の曲線は $Y = 15 \exp(-X/7.6)$ である。(Bahill ら, 1975)

構内を散歩したときのサッケードの分布をしらべた。その結果は図13(b)に示すごとく86%のサッケードが15°より小さいことがわかった。また興味深いことは、やはり3°程度のサッケードが最も多いことである。一般にサッケードの大きさは課題の内容と対象の物理的属性に依存している。しかしながら、通常は3~6°のサッケードが最も頻繁に起こる傾向がある。さらにすでに第2章で述べたようにこの平均サッケードの2~3倍(視野の片側)もの広さの情報を処理しているということは注目すべきことである。

内的走査の場の広さ 上述のごとく私たちはかなり広い範囲の情報を処理していることになる。しかしながら、平均サッケードが3~6°であることや、Raynerら(1975)の実験でわかるように有効視野内でも情報処理のレベルが異なることに注意すべきである。したがって詳細に情報処理をするためにはサッケードを起こして、さらに対象を視野の中心に持ってくる必要がある。

それでは、詳細な情報が処理できる範囲は一体どのくらいなのかという点について述べる。比較的小さな図形を短時間提示されたときもその各部に注意を向けることは可能である。このことは眼球運動走査の各注視点での情報処理に対応するのであろう。Chaikinら(1962)は、マトリクス状に配列された円の中に1つだけ三角形を混ぜたパターンを短時間(10ms~80ms)提示し、三角形の検出実験を行なった。そのときのパターン全体の大きさは5°2'×5°2'で、円は直径16' 三角形は一辺22'であった。その結果によれば50%正しく検出できる範囲を有効視野と定めると、その大きさは提示時間とともに増加し、10msで水平方向2.5°の広さ、80msで約3.5°の広さであった。Inuiら(1978)は、いくつかの図形から構成されたパターンを短時間提示し、内的走査が可能な範囲をしらべた。被験者には、提示されたパターンが、すべて同じ図形から構成されていた(SP)か、それとも一つだけ異なる図形が混入していた(DP)かを判断させた。刺激パターンは図14のように等しい偏心度で等間隔で並べられている。要素図形には円、正方形、および三角形があり、ほぼ0.3°の大きさであった。偏心度は、構成数が2個、4個の場合は0.5°,1°,1.5°

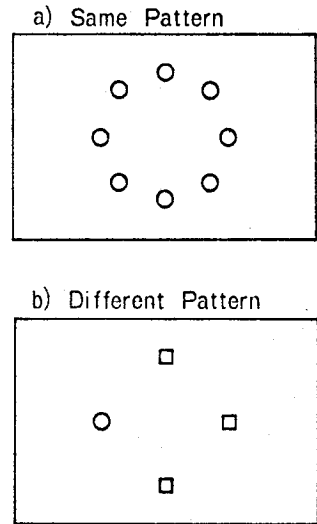


図14 (a)構成数8のSPの一例。(b)構成数4のDPの一例。被験者は短時間提示されたパターンが、SPかDPかあるいはわからなかったかを答えねばならない。内的走査の場の広さと内的走査の特性をしらべるために行なわれた。(Inuiら, 1978)

2°, 2.5°の5通り, 8個の場合は1°, 1.5°, 2°の3通りであった。75%の正答率を得るために必要なパターンの提示時間を75%閾として, 閾とパターンの種類との関係がしらべられた。その結果以下に述べるごとく6つの事実が見出された:(a)単一図形の認知閾は中心視野内であっても離心率とともに上昇した。(b)内的走査の場の広さは, 円形でなく左右に広がりをもつ楕円形であり, その大きさは4°~5°であった。(c)SPの場合は75%閾が構成数とともに上昇した。(d)DPの場合は75%閾が構成数と無関係であった。(e)DPの正答率は提示時間とともに急上昇した。(f)SPの正答率は提示時間とともに比較的緩徐な上昇傾向を示した。Inuiら(1978)は, これらの結果に基づき走査機構を次のように説明した。すなわちテストパターンが提示されると, まず異なる図形の位置を見つける機能が働き, そこから図形のチェックが始まる。このように走査には, 継時的に働くモードが存在する。これらの2つの処理モードは, Neisser(1967)の言う“前注意過程”と“集中的注意の過程”に対応できると考えられる。

情報集中領域へのサッケード Mackworth と Morandi (1967) は, 一枚の絵を8×8のマトリクス状に分割し, 第1の被験者群には, それぞれの画素に対する情報量の高さを10段階に評定させた。また第2の被験者群には, 絵全体を視角にして16°×16°の大ききで10秒間提示し, 第1群の評定から Mackworth と Morandi (1967) が, 情報集中領域 (informative area) と考えた領域に注視点が1回目か2回目の注視で移動すること, 情報量に関する評定と注視回数との間にきわめて高い相関をもつことを見出している。これらの機能は明らかに周辺視によるものであると考えられる。Antes (1974) は Mackworth と Morandi (1967) と同様の実験を行なったが, 異なる点は, 絵の大ききが約20°であること, 情報量 (informativeness) を評価するのに Mackworth ら (1967) は等しい正方形で分割したのに対し, 彼は部分の意味や固視点の分布などを考慮して, 等しい形で分割していないことがあげられる。さらに, Antes と Edward (1973) による周辺視機能を考慮して, 各画素の大ききは5°以下にした。Mackworth ら (1967) と同様に眼球運動を測定した結果, 被験者は提示後2~3回目の固視で情報集中領域をみていることが明らかにされた。また, 1, 2回目のサッケードの長さは平均4.1°と大きいが, その後, 指数関数的に小さくなり平均3.4°になった。しかしながら, Nodine ら (1978) によれば, 情報集中領域へのサッケードが長いことは認められるが, サッケードの長さの単調な減少は見られないという。Loftus と Mackworth (1978) は, 絵の記憶時において同様の検討を行なっている⁴⁾。それによれば, 絵の中の informative object は, 絵の提示後直ちに注視され, 注視頻度も高く, 注視時間も長かった。また, 最初に informative object へ注意を向けるためのサッケードの長さは7°~8°であった。これは, informative object を周辺視でとらえていることを示している。さらに Parker (1978) は再認実験によって, 視野の広い範囲にわたり記憶との照合が

なされていることを示した⁵⁾。

4-2 文脈効果

Biederman ら (1972, 1973, 1974) は、絵の中の空間的文脈がパターン認識におよぼす効果を検討している。Biederman (1972) は、絵の中に含まれる物の検出率をしらべた。使用された絵は実際の風景写真で、2種類に分けられる。一つは、風景写真そのもの (coherent scene) であり、もう一つは風景写真を 2×3 の画素に分割し、それらをランダムに再配列したもの (jumbled scene) を用いた。これらを $3.5^\circ \times 5^\circ$ の大きさで短時間 (300, 500, 700 ms) 提示し、その後実験者が指定した位置にあった物を答えさせた。ターゲットの位置は、写真提示の直前 (cue before) か直後 (cue after) に矢印で表示された。被験者は、各試行の前 (response alternative before) または後 (response alternative after) に示される4つの絵からターゲットを選択すればよい。結果は、どの条件でも coherent scene の方が、jumbled scene よりもターゲットの正答率が高かった。すなわち被験者が写真提示前にさがすべき物を知っており (response alternative before)、ターゲットの位置も知っている (cue before) ときでも coherent scene に対する正答率が高かった。また Biederman ら (1973) は、絵に含まれる物の検出反応時間に対する文脈効果をしらべた。提示される絵は上記のものと同じで2種類ある。被験者は写真が提示される前に5秒間に1つの物の写真を見せられる。つづいて 19° の大きさで風景写真が提示されるとその中に先に提示された物があるかないかをできるだけ速く答えさせた。その結果は、coherent scene の走査の方が jumbled scene の走査より速かった。また、風景写真にありそうもない物に対する no-反応は、ありそうな物に対するそれより約 750 ms も速かった。これらのことから、絵に含まれる物を同定する場合には絵全体の文脈が重要な役割を果たしていることを示唆している。この効果は絵全体の情報から引き出されるシエマによるものと考えられる。

5. 継時的統合化と処理サイクル

5-1 シエマとシエマシステム

通常、記憶情報は2種類に分けられる。1つはある状況に特有のものであり、もう一つは一組の状況についての知識から抽象された一般の概念である。従来、記憶研究において記憶は2つに大別されている。すなわち、(i)一時的に存在したエピソードや出来事やそれらの諸事象間の時間的・空間的關係に関する情報を貯える「エピソード記憶 (Episodic memory)」と、(ii)単語等の言語的シンボル、それらの意味および指示対象、それらの関係、このようなシンボル・概念・関係を操作するための規則・公式・アルゴリズムなどについての組織化さ

れた知識を貯える「意味記憶 (Semantic memory)」である (Tulving, 1972)。また従来より一般概念情報はスキーマ (schema) と呼ばれる組織化された情報の単位で表現されることが知られている。

現代認知心理学の先駆者である Bartlett (1932) は、連続再生法 (method of serial reproduction) と呼ばれる記憶実験から、記憶の再生において水平化 (leveling), 尖鋭化 (sharpening) および合理化 (rationalization) という3つの規則性を見出し、記憶 (学習や想起) が一般的なスキーマにもとづいていることを証明したことは名高い。水平化とは認知過程において適当なスキーマが見い出されるときは必ず事象は意味のある事実となることをいう。尖鋭化とは少数の細部をスキーマにそえることによって記憶される過程であり、合理化とは記憶内のスキーマに外的事象を同化させようという過程である。Piaget (1952) は、約20年後に発生的認識論 (genetic epistemology) の中で再びスキーマ論を展開した。生存するためには外界から情報を取り込まなければならない。しかしながら、実際に取り込める情報は外界情報のうちほんのわずかにすぎないという。なぜなら新しい知識はすべて既存の知識に関連づけられねばならないからである。類似構造を持つ知識があればそれは同化されるとする。彼の考え方は弁証法である。知識を十分に組織化しようとする要求である調節 (accomodation) と、より多くの情報を求める同化 (assimilation) とが常に相互作用を有し、現在ある組織化をくずし少しずつ洗練されていくと考えた。現代の認知科学 (Cognitive science) では、より明確にスキーマが論じられている。

スキーマの定義とスキーマの利用 ここでは Winograd (1977) と Rumelhart と Norman (1978) の理論を参考にしてスキーマの定義ならびにスキーマがどのようにパターン認識に使われるのかという点について論ずることとする。スキーマは最も単純なレベルでは複雑な対象、状況、過程、構造についての記述である。それはまた、1つの概念に関する知識の集合である。しかし、いわゆる“定義”というものではない。定義といえは、1つの概念を他の概念と区別するのに必要な最小の情報を与えるにすぎない。しかし、スキーマは物事を推論するとき利用できるような1つの概念に関連した知識の集合なのである。1つの概念 (対象) に関する一般スキーマには、その概念 (対象) を構成している部分についての“文脈依存記述” (context dependent description) が含まれている。このような一般スキーマは、具体的な対象や状況を記述するときには“変数”として働く。

特定の事象は、まずこの事象を最も正しく表現できるような複数個のスキーマを引き出し、それにもとづいて記述される。さらにそれらの一般スキーマからは引き出し得ない当該事象に個有の特徴を別個にリストアップする。このように認知システムは、全体の特徴をリストする必要がなく、ユニークな点に焦点を合わせられるという経済的な構造を持っていると言えよう。スキーマは情報処理系の意味単位であり、処理単位でもある。スキーマは、入力情報の理

解に積極的に関与するとともに、処理操作の実行を制御する、相互に関係づけられた能動的な知識構造である。シエマは、構成要素間の関係ネットワークから成り立ち、構成要素もまた1つのシエマである。この意味でシエマは再帰的に埋蔵 (recursively embedded) されている。上述のごとく、シエマは変数をもっている。一般シエマの変数に定数 (特定の値、特定の概念) が代入されると、特殊事象が記憶内に符号化されたことになる。あらかじめ、変数には、制限があり、デフォルト値 (default value) が代入されている。デフォルト値は変数が取りうる予測値である。

ここで、上述の事柄を容易に理解するために具体例をあげて説明してみよう。農場のシエマ「FARM」が次の7つの変数を含むとする。

SCHEMA FARM (LAND, CROP, ANIMAL, PERSON, MACHINE, PRODUCT, HOUSE)

これらの変数は、1つのシエマでもある。たとえば、

SCHEMA ANIMAL, SCHEMA MACHINE など。

ここでは、詳しいネットワーク表現は省略する。変数には、制限があり、デフォルト値をもつ。

ANIMAL=<COW or HORSE or CHICKEN or PIG>

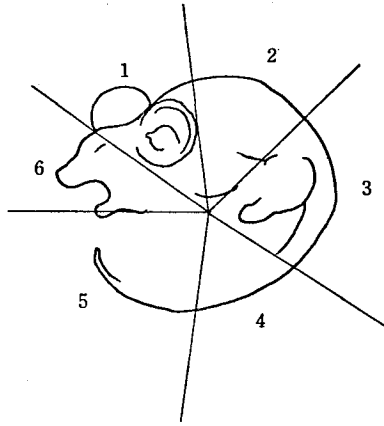
もし、Stewards がにんじん農場をもっているとしたら SCHEMA STEWARDS FARM の変数 PERSON と CROP を

PERSON=STEWARDS

CROP=CARROT

とする。

同化の過程 シエマは、パターン認識の過程において積極的に利用される。進行中の解析においてそれが適切であるときは常に活性化され、そのシエマ構造に従ってデータが組織化される。選択されたシエマは状況の解釈を決定する。それゆえ異なるシエマは同一の状況に異なる解釈を与えることになる。Bruner と Potter (1964) は、被験者にピントのぼけたスライドを3種類の時間条件 (13 ms, 35 ms, 122 ms) で提示し、それが何を示すスライドであったのかを答えさせる実験を行なった。スライドは、提示されるたびに焦点が少しずつ改善されるけれども、完全にピントが合うまでの操作は行わず、一定のぼけの状態で停止された。最後のぼけの度合いは、完全にぼけた状態から徐々にピントを合わせていったときに、被験者の1/4が何を示すスライドかを正しく答えられた程度であった。Bruner と Potter (1964) の結果は、最初どの程度のぼけの状態から開始されたかによって正答率が大きく変化した。その理由として、このような実験の場合、最初のぼけたスライドが提示されたときに、いったん誤った仮説をもってしまうと、その後たとえ正しく知覚するのに必要だけ



The unbiased rat-man figure with segments indicated.

図15 6分割された rat-man figure。これは、ねずみにもヒトの顔にも同程度にみえる中間の絵 (unbiased figure) である。全体の大きさは 4° であった。

(Chastain と Burnham, 1975)

の情報が与えられたとしても、当初のまちがった解釈に固執してしまうからであると考えられる。部分-全体の問題においても、最初に処理された部分にもとづいて引き出されたスキーマによって、全体の理解が変えられるという報告もある。Chastain と Burnham (1975) は、図15に示したような rat-man figure を6分割し、これらの画素を継時的に提示したとき、最初に提示された画素の解釈が全体のパターン認識におよぼす効果をしらべた。まず顔にみえやすいもの、ラットにみえやすいもの、その中間のもの3種類の絵を用意し、これらの絵を図15に示すように6分割した。画素1は「顔」という認識に最も重要な部分であり、画素5は「ラット」という認識に最も重要な部分である。これらの画素が単独に提示されても、図形全体の判断に差がみられなかった。しかしながら、提示時間 55.6 ms, ISI = 0 の条件で、時計回りまたは反時計回りに継時提示すると、最初に提示された部分 (画素1か5か) が全体の認識に有意に影響を与えた。Chastain (1978) は、幾何学図形の認識、たとえば円か楕円か、正方形か台形かという課題においても同じ結果を得ている。

絵に対するスキーマ (絵の中の情報) 絵に対するスキーマはどんな情報から構成されているのであろうか。それを知るには、人が絵のどのような情報をよく記憶していて、どのような情報を忘れるかをしらべればよい。Mandler と Johnson (1976), Mandler と Ritchey (1977) は、絵の中に含まれる情報を表IIのごとく5種類に分類した。それらの記憶率をしらべるために8種類の変換を施した絵と記憶された絵を被験者につぎつぎと提示し、もとの絵かどうかを判断させる実験を行なった。この結果、風景のスキーマには、何が含まれているかという物の存在と、それらの相対的位置関係の2つの要素が含まれているということが明らかにさ

表II 記憶保持率がしらべられた情報の種類と、再認実験に使われた絵の変換の種類。

絵に含まれる情報	
Inventory information	構成物の概念。(車、人、飛行機等)
Descriptive information	構成物の形。
Spatial relation information	構成物の相互位置関係。
Spatial composition information	構成物の概念、属性に関係なく絵の中で占める位置
絵の変換の種類	
Addition	構成物を1つ加える。
Deletion	構成物の1つを取り除く。
Type change	概念的に異なるものと取りかえる。
Token change	概念的に同じものだが、形の異なる物と取りかえる。
Rearrangement	2つの構成物の位置を入れかえる。
Orientation change	1つの構成物の左右を反転させる。
Move	構成物の位置を、その構成物の幅だけ水平方向に移動させる。
Size change	構成物の大きさを面積で67%拡大または40%縮小する。

れた。

5-2 継時処理における時間的制限

以上述べたことから、視覚情報獲得過程は継時的であるといえる。それは眼球運動走査や内的走査によって可能になる。眼球運動による走査の場合、平均200~300 msの固視と数十ミリ秒のサッケードがくりかえされる。しかしながらサッケード中の情報は取り込まれないといわれている (Saccadic Omission: Campbell と Wurtz, 1978)。本節では、継時入力された情報が処理される時間的な制約条件について述べる。Loftus (1972) は、絵の再認実験から、次の重要な結論を導いている⁶⁾。1)再認率は、絵の提示時間や注視時間の総和で決まるのではなく、注視回数によって決定される。2)周辺視野にある絵は記憶されなかった。1)の結果から、Loftus は記憶率が各注視点におけるはじめの一定時間だけに影響されるの

ではないかと考えた。Potter(1976)は、16枚の互いに無関係な写真を高速継時提示し、検出実験と再認実験を行なった⁷⁾。その結果、予期できるときもできないときもごく短時間で絵を同定できるがその記憶はその後数百ミリ秒間干渉されやすいのではないかと考えた。彼女は、これらの成績とPotterとLevy(1969)のデータとを比較検討することにより、“約100msの提示で絵は同定できるが、記憶されるには約300msの時間が必要であろう”と結論した。乾と宮本(1979b)は図16に示すような4コマから成る線画を継時提示したとき、それらの文脈理解に必要な絵の提示時間とISIをしらべた。4コマの線画は簡単な談話の意味理解に必要な部分構造を表現する最も単純な絵になるように配慮されて描かれている。またISIの間は常にノイズマスクが提示された。各線画の提示時間を144msにして、ISIを288ミリ秒で継時提示すると、85%の正答率が得られた。しかし、ISIを小さくして100msより短かくすると正答率が急激に低下した。またISIを十分長くしておき、線画の提示時間を変化させた実験から、文脈理解に必要な部分情報を獲得するには各線画が約100ms間提示される必要があると述べている。これは、一般の写真(大きさ 10°)の内容を表現する言葉の選択に100msの提示時間が必要であるというBiedermanら(1974)の結果と一致する。一方、乾と宮本(1979b)は、各線画提示のSOAが200ms以上でなければ、文脈が理解されないことを示した。しかし、各線画は100msの提示で文脈理解に必要な情報が獲得で



図16 文脈理解に使用された4コマ1組の線画の例。各線画は $3^\circ \times 5^\circ$ の大きさを提示され、ISIの間は常にノイズパターンが提示された。(乾と宮本, 1979b)

きるという事実と、ISIの間は常にノイズマスクが提示されていて線画間の視覚マスキングは起こらないということから、文脈を理解するためには、(情報処理系にとって)約100ms以上のOFF-TIMEが必要であると結論している。これら事実とLoftus(1972)やPotter(1976)の結果を考え合わせると、視覚系はパターン提示後約100ms間は情報処理を行なうが、その後約100ms~200ms間は処理過程が停止するのではないかと考えられる。しかし、上述の如くこの期間に文脈に依存した形で記述された情報がSTMに貯えられ、新しい記憶シエマが引き出されるのであろう。

6. 議論と結語

本論文において主要な二つの問題すなわち、(i)視覚系が何をどのようにして継時的に処理しているのか、(ii)獲得された情報はどのような過程を経て統合されるのかという問題について種々の心理学的実験データにもとづいて論じてきた。最後に、上述の心理学的諸データならびにそれらに基づいた理論を今一度総括し、併せて上記の問題に対して最近の知見を参照しながら現時点における解答を試みたい。

視覚系の空間特性からみた処理レベル

すでに述べたごとく視野の異なる範囲からレベルの異なる情報が獲得されている。これらの事実の背景は視野の中心から周辺へ分解能がほぼ線形に低下していく(2点分離閾、空間加重領域の線形増加; 乾, 三村, 可児, 1979)ことが大きな要因になっていると考えられる。詳細な情報を内的に走査し処理できる範囲は、離心率が 2.5° より小さい。このことは、 $3^\circ \sim 6^\circ$ の大きさのサッケードが最もよくみられるということと密接に関連していると考えられる。周辺になる程、概略的な処理しかできなくなる。しかし、日本文の読書の場合、 $2^\circ \sim 3^\circ$ (3~4文字)のサッケードに対し、 8° (10文字)の視野が必要であり、英文の読書の場合、 2° (8~9文字)のサッケードに対し、 4° (12~15文字)の視野が必要である。また少なくとも大きさが 20° 程度の絵であれば、最初の100msで全体的な処理がなされて絵の要点(gist)がつかめる。

視覚系の時間特性からみた2段階処理

Neisser(1967)は、その著「認知心理学」の中で、人間の情報処理が大域的な並列処理である前注意過程(preattentive process)と、直列処理である集中的注意の過程(focal attentional process)の2つに分けられると述べた。前者においては、全体的なあらい処理がなされ、後者においては、前者の出力を詳細に分析する。Hoffman(1975)やInuiら(1978)は、これら2つの過程が継時的に働くことを検証した。さらに、Inuiら(1978)は集中的注意の過程で生ずる内的走査の神経生理学的モデルを提案した。Navon(1977)もまた全体的

な構造が把握された後に局所情報が処理されることを示した。すでに述べた失認症の例はこれらの事実を裏づけるものである。

このような心理学的現象は、視覚系を構成するX-チャンネルとY-チャンネルの特性と密接に関連づけられるであろう(乾, 宮本, 1978参照)。サルは網膜の出力細胞は実に25種類に分類されている(De Monasterio と Gouras, 1975)が、それらの時空間特性によって、X-チャンネルとY-チャンネルに大別される。前者は詳細な情報をゆっくりと伝送する経路で、網膜の中心に分布するのに対し、後者はあらい情報を速かに伝送する経路で網膜の中心および周辺いずれにも存在する。どの網膜位置においても、両者の受容野の大きさは明確に区別されており(Cleland ら, 1979)、各離心率における受容野の大きさにはほとんどばらつきはみられない(Peichl と Wassel, 1979)。これらの経路を構成するニューロンの受容野の大きさ(sampling aperture に対応)も、離心率の増加とともに直線的に増大し、ニューロンの密度(sampling frequency に対応)も低下するために空間的分解能が低下する。これらの生理学的事実、まず視野の比較的広い範囲から、あらい情報が処理された後に、視野中心部の詳細な情報が処理されるということを示して、上記の心理現象(Global-to-local processing)と対応すると考えられる。

一方、Navon (1977)も指摘するように、部分情報とは全体の大きさによって規定されるものである。他の視野制限実験においても、人間がものを見てその全体を認識するために必要な部分情報は全体の大きさによって決定された。しかしながら、脳波学的研究によれば、後頭葉脳波成分の潜時は、刺激格子の空間周波数の増加とともに長くなることが指摘されている(Parker と Salzen, 1977)。このことから空間周波数の低い方が速く処理されると考えれば、この問題も容易に理解できるように思われる。

眼球運動による継時処理

私たちは物を見るとき、平均 250 ms の固視と数十ミリ秒のサッケードをくりかえして、外界の情報を処理している。しかし固視時間やサッケードの長さは一定ではなく、対象の複雑さ、課題内容、個人の情報処理能力に応じて変化する。一般に絵をみるときは読書のときよりも長く、固視時間が通常 300—350 ms (Yarbus, 1967)である。また、読書の不得手な人は、その固視時間は長く、固視回数も多い。しかし、情報獲得プログラムは、注視時間のうち初めの 100 ms を過ぎると、その効率は急激に低下するようである。それゆえ残りの固視時間は記憶保持などに不可欠なものと考えられる。Perfetti と Lesgold (1977)は、遅い読書速度と記憶のヒステリシスの強さを関連づけて論じているが、これは固視時間の後期成分に関係しているといえる。

絵の認識においては、絵の中の情報の高い部分から処理をはじめめる。それは、規則性を乱す部分(Inui ら, 1978)や、高次中枢で立てられた仮説に符号しない部分(Loftus と Mac-

kworth, 1978) や、絵の理解に最も重要な部分 (Mackworth と Morandi, 1967) である。これらの事実は、シユマ=システムにおける仮説一検証という処理サイクルを示唆している。実験場面では実験者の教示によって、比較的長い認知過程では過去のデータ (文脈) による期待によって、あるいは刻々入力される視覚刺激の全体的 (global) な情報によって、適切なシユマが LTM から STM に転送され、それにもとづいて絵が解釈される。LTM にシユマをもつ刺激は記憶保持率も高く (Mooney の絵: Wiseman と Neisser, 1974), 見慣れたパターンは見慣れないパターンより速く知覚される (乾, 1976; 顔の知名度による差: 乾と宮本, 1978)。

パターンチャンキングと視覚短期記憶

視覚イメージは、決して写真のようなものではなくて視覚的特徴と部分間の関係が表現されたものである。これらが正確に把握されてはじめて完全な視覚イメージが形成される。しかし、周辺視では、部分の位置の記憶がきわめて不正確であり (Antes, 1977), また瞬間視においても位置の記憶がゆがめられる (transposition error: Estes ら, 1976; Krumhauß と Thomas, 1976)。これらの事実は、眼球運動による注意の移動によってはじめて正確な位置が記憶されることを示唆している。

被験者が視野を制限されて LTM 照合をする課題では、被験者は十分長い時間でパターン全体を走査しているにもかかわらず、照合できなかった。パターンを記憶する事態では、motor image とか logical image と呼ぶべき不完全なイメージしか形成されなかった。失認症にみられるイメージ崩壊等の現象と考え合わせて、パターンはいくつかのチャンクに分けて記憶され、再生時も照合時にも同時に処理されねばならないという仮説を提案した。本論文第3章において、この仮説に関連して、知覚時の群化とパターン記憶時のチャンク化を示す実験事実を要約した。これらの結果は、静止網膜像が意味のあるまとまりごとに消失するという報告と密接に関連づけられると考えられる (Pritchard ら, 1960; 静止網膜像については、乾, 1978 参照)。これは視覚短期記憶におけるパターンチャンキングのみならず記憶の保持時間も示唆している。記憶の保持は前述のごとく、パターンの複雑さに依存している。パターンの複雑さの定義はいろいろあるが (たとえば Chipman と Mendelson, 1979; Chipman, 1977; Attneave, 1957 など), ここでの複雑さは単に物理的的属性によるものではなく、単一のチャンクとなりうるものを単位と考えなければならない。Bower (1967) の理論を視覚短期記憶に適應する場合、物理的な単位を1成分と考えるのではなくて単一のチャンクを成分と考えるべきであろう。

本論文では視覚系の継時的統合過程について、心理学的研究成績のみにもとづいて議論を進めてきた。さらに、動物の行動学的研究や神経生理学的研究を考慮すれば、継時的な統合過程の詳細な特性がつかめるが、この点については稿を改めて論ずることとする。

[注]

- 1) Bouma (1971), Hodge (1962) によってアルファベットの confusion matrix が作られている。
 2) Faust (1947) からの抜粋。

患者 Gla. は28才。職業は保険のセールスマン。既応症は特にはない。遺伝的障害もない。脳狙撃による頭頂葉ないし後頭葉の損傷。Oxenhausen 脳障害者療養病院発、主治医 Dr. E. Rehwald。Gla. は1943年1月10日、小銃狙撃により後頭部を損傷した。銃弾は頭頂葉と後頭葉の境界を左側から右側へ貫通していた。最初は全盲の状態であったが、1月28日には2m先の小さな対象物が見え、1943年2月10日頃から患者の意識は明晰なものとなった。頭蓋レントゲン写真によると、両側の頭頂葉後部に損傷が見られる。視力低下や視野狭窄も徐々に改善され、視力は右 5/5、左 5/4 で、眼球運動も異常がなかった。しかし、かなり大きな対象を見たとき（たとえばトラックなど）は、即座にそれと認知できたが、さらに見つげるとひとかたまりの個々の部分、一つのまとまり、たとえばモーターとか車台、運転室などしか見えなくなり、その後は再び個々の部分はまとまることはなかった。また対象の認知は、対象が個々に提示される限り障害はなかった。インクつぼ、鉛筆、ハサミ、灰皿などは即座に認知し正しく名前を言うことができた。しかし Gla. は続き絵を認知することは困難で、全体の文脈を要約することはできなかった。同様に、世界地図のように複雑に分節されたパターンを認知することも困難であった。たとえば世界地図を広げてちょうど真中に位置するアフリカを示したとする。Gla. は一見するやいなや次のように言った。「これはアフリカです。でもすぐにそれは消えてしまい、今はただ色の集りとしか見えません。」その患者は何度も目をそらしてからちらっと一目すると任意のアフリカの全体像をつかむことができるにもかかわらず、ほとんど同時にその像はバラバラになって1つ1つのカラフルにぬり分けられた国々に分散してしまうことを示している。注視しつづけると、もはや全体の印象 (Gesamteindruck) は作られなくなってしまう。さらに Gla. は言語的なものについても純粋に視覚的な部分についてはすぐそのことばは崩壊した。しかもこの崩壊はすでに読んで理解したときにおきる。それにもかかわらず、シラブルの部分は正しい構造を残している。それゆえ、この患者における経験事象は視覚においてはまず正常人と同じである。その直後に変化が生じる。それは上述のごとく、後頭葉に特有な症状であり、分節化が強められ、個々の部分に分解されて、総合 (Gesamtheit) あるいは全体 (Ganzheit) として再びまとまることはない。認識においても、想像においても、視野の中にあるすべての分節された対象物が瞬間的にのみ全体として現われ、その直後に、意味のある部分に分かれてしまうという点にある。この崩壊の後には、個々の空間的位置や相互の関係を失ってしまうのである。

- 3) (1) 式を求めるには遷移行列 A

$$A = \begin{pmatrix} 1-f & c \\ c & 1-c \end{pmatrix} \text{ の固有値と固有ベクトルを求めるとよい。}$$

$$P = \begin{pmatrix} 1 & f \\ 1 & -c \end{pmatrix} \text{ とすれば } P^{-1} \cdot A \cdot P = \begin{pmatrix} -f+1 & 0 \\ 0 & -c+1 \end{pmatrix} \text{ となり、}$$

$$A^n = P \begin{pmatrix} -f+1 & 0 \\ 0 & -c+1 \end{pmatrix}^n P^{-1}$$

$$\therefore A^n = \frac{1}{c+f} \begin{pmatrix} c+f(1-f-c)^n & \star \\ \star & \star \end{pmatrix}$$

それゆえ、

$$r(n\Delta t) = \frac{c}{c+f} + \frac{f}{c+f} (1-f-c)^n = \frac{c}{c+f} + \left(1 - \frac{c}{c+f}\right) (1-f-c)^n$$

$$\text{ここで } \frac{c}{c+f} = J \text{ とおくと } r(n\Delta t) = J + (1-J)(1-f-c)^n$$

となる。

- 4) Loftus と Mackworth (1978) の実験は以下のとおりである。まず4枚の絵からなる78群、312枚の絵を用意する。各群の4枚の絵のうち2枚は同じ風景である。風景に含まれる critical object を2つ用意し、これらを組みあわせて4枚の絵を構成する。たとえば風景として「農場」と「滝」を、critical object として「トラクター」と「タコ」を用意する。これらを組み合わせて、「農場にトラクターがある絵」「滝にタコがいる絵」を作るとごく自然であり、このとき、「トラクター」や「タコ」は non-informative object であるという。一方、「農場にタコがいる絵」や「滝にトラクターがある絵」では、これらの critical object は風景と調和しない。このような絵においては、

- これらの対象物は *informative object* であるという。被験者12名を4群に分け、各群の被験者は、4つの絵の中の1枚を見る。各絵は $20^\circ \times 30^\circ$ の大きさで4秒間提示し、全部で78枚の絵が提示される。提示前は絵より 30° 下の固視点を見ていなければいけない。被験者にはあらかじめ「後で再認実験を行ないます。私たちは、これから提示される絵をどのように見るかという点に興味があります。」と教示しておく。実際には再認実験は行なわない。
- 5) Parker (1978) の実験は、以下のとおりである。 $25^\circ \times 30^\circ$ の大きさで、6個の物（たとえば人・車・家など）が含まれた現実場面の線画（各構成物の間隔は、平均 10° ）を被験者に記憶させる。続いて種々の変形を施した線画と原画とをランダム提示し、それが原画であるかどうかをできるだけ速く判断させた。変形には次の5種類がある。(1)原画に含まれていた一つの物を取り除く。(2)一つの物の大きさを面積で67%小さくする。(3)逆に67%大きくする。(4)1つの物を概念的に異なるもの（たとえば車を飛行機に）と取りかえる。(5)概念的には（名前は）同じだが形の異なるものと取りかえる。このときの眼球運動と反応時間が記録された。同判断は6つの構成物のうち平均5.9個が注視された後になされた。また(2), (3), (4), (5)の変形が施されたものに対しては、同じ物の変形されないときよりも速く注視された。ランダムな順で各構成物を注視すると仮定すると1つの構成物を注視するまでの注視回数は平均2.5であるが、実際の測定値は1.65であった。これらの事実は、視野の広い範囲にわたり記憶との照合がなされていることを示している。(1)の変形の場合は、85%が空白部を注視せずに答えられた。なお異判断の15%の場合、変形された構成物を注視したが気づかずして他を見て (*pass by a changed object*)、その後見なおすということが生じていた。“*passing by*”現象は、差異を見つけるのに必要な情報が処理し終わる前に眼球運動の司令が出されたためと考えられる。
- 6) Loftus (1972) の実験は次のとおりである。幅 24° の1対の絵が3秒間提示される。提示される前に左右の絵に対する値打ち（点数）を実験者が読みあげる。このとき、被験者はスクリーンの中央にある固視点を見ていなければいけない。点数は、1点が $1/4$ cent に対応しており、再認実験で正答すればその額だけ支給されるというものである。絵は1, 5, 9点の3種類ある。絵が提示されると被験者はどこを見てよい。ITIは3~4秒で、90試行を行なった。このとき、被験者の眼球運動が記録され、各絵に対する注視点の数 (NF) と総注視時間 (TFT) が求められた。再認実験は、すでに提示された180枚の絵に180枚の絵 (*distractor*) が加えられ、それらがランダムな順序で提示され、被験者がすでに見た絵かどうかを判断させた。なお、後で加えられた絵に対しては、正答すれば5点、誤答すれば-5点という点数がつけられた。その結果、(1)注視回数と再認率との間には正の相関が見られた。(2)注視回数が等しければ、絵の点数とは無関係に再認率が等しくなった。(3)絵に対する点数と注視時間には正の相関がみられたが、注視時間と再認率の間には相関はなかった。つぎに Loftus は、絵の提示時間と再認率の関係をしらべるために、提示時間を0.3秒、0.7秒、1.0秒、3.0秒、5.0秒の5種類にして同様の実験を行なった。さらに、周辺視と再認率の関係をしらべるために、絵の提示前に左右どちらかの絵だけ見てもよいという指示を与えた。この結果、(1)絵の提示時間が等しいとき、再認率は注視回数によって決まる。(2)注視回数が等しければ、再認率は提示時間によらない。(3)周辺視野にあった絵は全く記憶に残らなかった。
- 7) Potter (1976) の実験はつぎのとおりである。16ミリのプロジェクターで写真を $8^\circ \times 12^\circ$ の大きさで継時提示する。1枚の絵の提示時間は、113, 167, 250, 333ミリ秒、 $ISI=0$ の条件で16枚の絵を継時的に提示した。検出実験では、あらかじめターゲットの絵そのものを5秒間提示される条件 (*picture target*) と、絵のタイトル（たとえば自動車が止まっている道路など）を5秒間提示される条件 (*name target*) がある。被験者はターゲットが出ればできるだけ速く反応キーを押すよう指示された。一方、再認実験では16枚の絵が提示された後、提示されなかった16枚の絵とともに32枚の絵がランダムな順序で提示し、被験者には、前に提示された絵であるかどうかを *yes, may be, not sure, no* の4段階で答えさせた。その結果、(1)提示時間が125ミリ秒で70%以上の検出が可能であった。(2)検出率は *picture target* の方が、*name target* よりもわずかではあるが有意に高かった。(3)再認率は、提示時間が333msでも、約50%であった。Potter (1976) はさらにタキストスコープで、 $10^\circ \times 15^\circ$ の大きさで、提示時間が50, 70, 90, 120msで、 $ISI=4.5$ secで16枚の絵を提示し再認実験を行なった。絵の提示前後はランダムパターンが常に提示された。このときの再認率は、提示時間が70msで68%の再認が可能であった。

文 献

- Akin, O. and Chase, W. (1978) Quantification of three-dimensional structures. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **4**, 397-410.
- Antes, J.R. and Edwards, D.C. (1973) Information processing in the visual periphery. *Bulletin of the Psychonomic Society*, **1**, 351-353.
- Antes, J.R. (1974) The time course of picture viewing. *Journal of Experimental Psychology*, **103**, 62-70.
- Antes, J.R. (1977) Recognizing and localizing features in brief picture presentations. *Memory and Cognition*, **5**, 155-161.
- Attneave, F. (1957) Physical determinants of the judged complexity of shapes. *Journal of Experimental Psychology*, **53**, 221-227.
- Bahill, A.T., Adler, D. and Stark, L. (1975) Most naturally occurring human saccades have magnitudes of 15 degrees or less. *Investigative Ophthalmology*, **14**, 468-469.
- Bartlett, F.C. (1932) *Remembering: A study in experimental and social psychology*. London: Cambridge University Press.
- Bartram (1978) Post-ionic visual storage: Chunking in the reproduction of briefly displayed visual patterns. *Cognitive Psychology*, **10**, 324-355.
- Bay, E. (1950) *Agnosie und Funktionswandel.—Eine hirnpathologische Studie*. Springer, Berlin.
- Bender, M.B. and Feldman, M. (1972) The so-called "visual agnosias". *Brain*, **95**, 173-186.
- Biederman, I. (1972) Perceiving real-world scenes. *Science*, **177**, 77-80.
- Biederman, I., Glass, A.L. and Stacy, E.W., Jr. (1973) Searching for objects in real-world scenes. *Journal of Experimental Psychology*, **97**, 22-27.
- Biederman, I., Glass, A.L. and Stacy, E.W., Jr. (1974) On the information extracted from a glance at a scene. *Journal of Experimental Psychology*, **103**, 567-600.
- Blumenthal, A.L. (1977) *The process of cognition*. Prentice-Hall, Inc.
- Bouma, H. (1971) Visual recognition of isolated lower-case letters. *Vision Research*, **11**, 459-474.
- Bower, G. (1967) A multicomponent theory of the memory trace. In Spence, K.W. and Spence, J.T. (Eds.), *The Psychology of Learning and Motivation*. Academic Press.
- Broadbent, H.W. (1872) On the central mechanism of speech and thought. *Medizinisch-Chirurgische Rundschau*, **55**, 145.
- Bruner, J.S. and Potter, M.C. (1964) Interference in visual recognition. *Science*, **144**, 424-425.
- Campbell, F.W. and Wurtz, R.H. (1978) Saccadic omission: Why we do not see a grey-out during a saccadic eye movement. *Vision Research*, **18**, 1297-1303.
- Chaikin, J.D., Corbin, H.H. and Volkmann, J. (1962) Mapping a field of short-time visual search. *Science*, **138**, 327-328.
- Chase, W.G. and Simon, H.A. (1973) The mind's eye in chess. In W.G. Chase (Ed), *Visual Information Processing*. Academic Press.
- Chastain, G. and Burnham, C.A. (1975) The first glimpse determines the perception of an ambiguous figure. *Perception and Psychophysics*, **17**, 221-224.
- Chastain, G. (1978) A correct initial impression aids figure identification. *Psychological Research*, **40**, 127-138.
- Chipman, S.F. (1977) Complexity and structure in visual patterns. *Journal of Experimental Psychology: General*, **106**, 269-301.
- Chipman, S.F. and Mendelson, M.J. (1979) Influence of six types of visual structure on complexity judgements in children and adults. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **5**, 365-378.
- Cleland, B.G., Harding, T.H. and Tulunay-Keesey, U. (1979) Visual resolution and receptive field size: Examination of two kinds of cat retinal ganglion cell. *Science*, **205**, 1015-1017.
- Conrad, K. (1932) Versuch einer psychologischen Analyse des Parietalsyndroms. *Mschr Psychiat Neurol*, **84**,
- Dale, H.C.A. (1973) Short-term memory for visual information. *British Journal of Psychology*,

64, 1-8.

- De Groot, A. (1966) Perception and memory versus thought: some old ideas and recent findings. In B. Kleinmuntz (Ed.), *Problem Solving*. New York: Wiley.
- De Monasterio, F.M. and Gouras, P. (1975) Functional properties of ganglion cells of the rhesus monkey retina. *Journal of Physiology*, **251**, 167-195.
- Egan, D.E. and Schwartz, B.J. (1979) Chunking in recall of symbolic drawings. *Memory and Cognition*, **7**, 149-158.
- Estes, W.K., Allmeyer, D.H. and Reder, S.M. (1976) Serial position functions for letter identification at brief and extended exposure durations. *Perception and Psychophysics*, **19**, 1-15.
- Faust, V.C. (1947) Über Gestaltzerfall als Symptom des parieto-occipitalen Übergangsgebietes bei doppelseitiger Verletzung nach Hirnschuss. *Der Nervenarzt*, **18**, 103-115.
- Frey, P.W. and Adesman, P. (1976) Recall memory for visually presented chess positions. *Memory and Cognition*, **4**, 541-547.
- Ford, A., White, C.T. and Lichtenstein, M. (1959) Analysis of eye movements during free search. *Journal of the Optical Society of America*, **49**, 287-292.
- Head, H. (1920) *Studies in Neurology*. Fyowde, London.
- Hodge, D.C. (1962) Legibility of a uniform-stroke width alphabet: 1. Relative legibility of upper and lower-case letters. *Journal of Engineering Psychology*, **1**, 34-46.
- Hoffman, J.E. (1975) Hierarchical stages in the processing of visual information. *Perception and Psychophysics*, **18**, 348-354.
- 池田光男 (1975) 視覚の心理物理学, 森北出版.
- 池田光男, 内川恵二 (1977) 分割絵素法によるパターン認識の研究, 視覚系の情報処理メカニズムの研究, 118-124.
- Ikeda, M. and Uchikawa, K. (1978) Integrating time for visual pattern perception and a comparison with the tactile mode. *Vision Research*, **18**, 1565-1571.
- Ikeda, M. and Saida, S. (1978) Span of recognition in reading. *Vision Research*, **18**, 83-88.
- 乾敏郎 (1976) 視覚における図形の変換機構, 大阪大学大学院基礎工学研究科修士論文.
- 乾敏郎, 鈴木良次 (1977) 視覚における回転図形の認知機構, 大阪大学人間科学部紀要, 第3巻, 209-231.
- 乾敏郎 (1978) 中心視における同時処理と継時処理. 大阪大学人間科学部紀要, 第4巻, 297-321.
- Inui, T., Kawato, M., and Suzuki, R. (1978) Mechanism of mental scanning in foveal vision. *Biological Cybernetics*, **30**, 147-155.
- 乾敏郎, 宮本健作 (1978) 視覚系における時空間特性, 心理学評論, 第21巻, 第4号.
- 乾敏郎, 宮本健作 (1979a) 顔の情報処理機構, 一視覚的イメージの形成過程一, 大阪大学人間科学部紀要, 第5巻, 193-221.
- 乾敏郎, 宮本健作 (1979b) 線画の継時提示における文脈理解過程の研究, 日本心理学会第43回大会論文集, 185.
- 乾敏郎, 三村治, 可見一孝 (1979) 中心視における空間加重と抑制効果の検討, 日本心理学会第43回大会論文集, 144.
- 乾敏郎, 森英雄 (1979) 眼球運動と視覚短期記憶のモデル (II) 電子通信学会部門全国大会予稿集, 518-519.
- Inui, T. and Miyamoto, K. (1979) The effect of the visual field size on facial recognition. *Submitted for publication*.
- Kaufman, E.L., Lord, M.W., Reese, T.W. and Volkman, J. (1949) The discrimination of visual numbers. *American Journal of Psychology*, **62**, 498-525.
- Klahr, D. (1973) Quantification processes. In W.G. Chase (Ed.), *Visual Information Processing*. New York, Academic Press.
- Klahr, D. and Wallace, J.G. (1976) *Cognitive Development*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Lancaster, W.B. (1941) Fifty years experience in ocular motility. *American Journal of Ophthalmology*, **24**, 485-496.

- Krumhansl, C.L. and Thomas, E.A.C. (1976) Extracting identity and location information from briefly presented letter arrays. *Perception and Psychophysics*, **20**, 243-258.
- Luria, A.R., Pradina-Vinarskaya, E.N. and Yarbus, A.L. (1963) Disorders of ocular movement in a case of simultanagnosia. *Brain*, **86**, 219-228.
- Loftus, G.R. (1972) Eye fixations and recognition memory for pictures. *Cognitive Psychology*, **3**, 525-551.
- Loftus, G.R. and Mackworth, N.H. (1978) Cognitive determinants of fixation location during picture viewing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **4**, 565-572.
- Mackworth, N.H. and Morandi, A.J. (1967) The gaze selects informative details within pictures. *Perception and Psychophysics*, **2**, 547-552.
- Mandler, J.M. and Johnson, N.S. (1976) Some of the thousand words a picture is worth. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, **2**, 529-540.
- Mandler, J.M. and Ritchey, G.H. (1977) Long-term memory for pictures. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, **3**, 386-396.
- McConkie, G.W. and Rayner, K. (1975) The span of the effective stimulus during a fixation in reading. *Perception and Psychophysics*, **17**, 578-586.
- 森英雄, 乾敏郎 (1979) 眼球運動と視覚短期記憶のモデル (I) 電子通信学会部門全国大会予稿集. 516-517.
- Navon, D. (1977) Forest before trees: The precedence of global features in visual perception. *Cognitive Psychology*, **9**, 353-383.
- Neisser, U. (1967) *Cognitive Psychology*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Nodine, C.F., Carmody, D.P., and Kundel, H.L. (1978) Searching for NINA. In J.W. Senders, D.F. Fisher and R.A. Monty, (Eds.), *Eye Movements and the Higher Psychological Functions*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Parker, D.M. and Salzen, E.A. (1977) Latency changes in the human visual evoked response to sinusoidal gratings. *Vision Research*, **17**, 1201-1204.
- Parker, R.E. (1978) Picture processing during recognition. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **4**, 284-293.
- Parkman, J.M. and Groen, G.J. (1971) Temporal aspects of simple addition and comparison. *Journal of Experimental Psychology*, **89**, 335-342.
- Peichl, L. and Wässle, H. (1979) Size, scatter and coverage of ganglion cell receptive field centres in the cat retina. *Journal of Physiology*, **291**, 117-141.
- Perfetti, C.A. and Lesgold, A.M. (1977) Discourse comprehension and sources of individual differences. In M. A. Just and P.A. Carpenter (Eds.), *Cognitive Processes in Comprehension*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Phillips, W.A. (1974) On the distinction between sensory storage and short-term visual memory. *Perception and Psychophysics*, **16**, 283-290.
- Piaget, J. (1952) *The origins of intelligence in children*. New York: International University Press. (Translated by M. Cook; original French edition, 1936)
- Posner, M.I. and Keele, S.W. (1967) Decay of visual information from a single letter. *Science*, **158**, 137-139.
- Posner, M.I., Boies, S.J., Eichelman, W.H., and Taylor, R.L. (1969) Retention of name and visual codes of single letters. *Journal of Experimental Psychology*, **79**, 1-16.
- Potter, M.C. and Levy, E.I. (1969) Recognition memory for a rapid sequence of pictures. *Journal of Experimental Psychology*, **81**, 10-15.
- Potter, M.C. (1976) Short-term conceptual memory for pictures. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, **2**, 509-522.
- Pritchard, R.M., Heron, W. and Hebb, D.O. (1960) Visual perception approached by the method of stabilized images. *Canadian Journal of Psychology*, **14**, 67-77.
- Rayner, K. (1975) The perceptual span and peripheral cues in reading. *Cognitive Psychology*, **7**, 65-81.

- Rayner, K. (1978) Eye movements in reading and information processing. *Psychological Bulletin*, **85**, 618-660.
- Reitman, J.S. (1976) Skilled perception in Go: Deducing memory structures from inter-response times. *Cognitive Psychology*, **8**, 336-356.
- Rumelhart, D.E. (1970) A multicomponent theory of the perception of briefly exposed visual displays. *Journal of Mathematical Psychology*, **7**, 191-218.
- Rumelhart, D.E. (1977) *Introduction to Human Information Processing*, John Wiley & Sons.
- Rumelhart, D.E. and Norman, D.A. (1978) Accretion, tuning, and restructuring: Three modes of learning. In J.W. Cotton and R.L. Klatzky (Eds.), *Semantic Factors in Cognition*. Hillsdale, New Jersey: Erlbaum.
- Saida, S. and Ikeda, M. (1979) Useful visual field size for pattern perception. *Perception and Psychophysics*, **25**, 119-125.
- Sperling, G. (1960) The information available in brief visual presentations. *Psychological Monographs*, **74**, 1-29.
- Taylor, E.A. (1957) The spans: Perception, apprehension, and recognition. *American Journal of Ophthalmology*, **44**, 501-507.
- Turvey, M.T. and Kravetz, S. (1970) Retrieval from iconic memory with shape as the selection criterion. *Perception and Psychophysics*, **8**, 171-172.
- Tulving, E. (1972) Episodic and semantic memory. In E. Tulving and W. Donaldson (Eds.), *Organization of Memory*, New York: Academic Press.
- Von Wright, J.M. (1968) On selection in immediate visual memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **20**, 62-68.
- Watanabe, A. and Yoshida, T. (1973) Roles of central and peripheral vision in pattern perception. *NHK Technical Monograph*, **21**, 23-31.
- Weymouth, F.W. (1958) Visual sensory units and the minimal angle of resolution. *American Journal of Ophthalmology*, **46**, 102-113.
- Wilton, R.N. and File, P.E. (1975) Knowledge of spatial relations: A preliminary investigation. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **37**, 192-198.
- Winograd, T. (1977) A framework for understanding discourse. In M.A. Just and P.A. Carpenter (Eds.), *Cognitive Processes in Comprehension*, John Wiley & Sons.
- Wiseman, G. and Neisser, U. (1974) Perceptual organization as a determinant of visual recognition memory. *American Journal of Psychology*, **87**, 675-681.
- Wolpert, I. (1924) Die Simultanagnosie-Störung der Gesamtauffassung. *Zeitschrift für die Gesamte Neurologie und Psychiatrie*, **93**, 397.
- Yarbus, A.L. (1967) *Eye Movements and Vision*. New York: Plenum Press.

PATTERN CHUNKING AND VISUAL SHORT-TERM MEMORY

—Schema=System and successive information processing—

Toshio INUI and Kensaku MIYAMOTO

The present article is concerned with the two types of questions: (a) What kinds of information does our visual system process serially in pattern recognition?, and (b) How are the acquired informations serially integrated? We reviewed the many psychological literatures concerning these questions with a focus on the picture recognition, and proposed a model of the picture processing.

1) Spatio-temporal properties of the visual information processing

The detail information of the stimulus pattern can be scanned internally and processed without eye-movement. This range in the visual field is less than 5° in diameter. This limitation will be closely related to the frequent generation of 3° – 6° saccade in picture viewing. However the more global information is processed from the wider range of the visual field. In reading the Japanese sentence, the effective visual field size is about 8° (10 characters) against 2° – 3° (3–4 characters) saccade. In the case of English sentence, it is about 4° (12–15 characters) against 2° (8–9 characters) saccade. Furthermore, the whole image or general information of the picture can be acquired when the size of the visual field is about 50% of the whole pattern, and the gist of the picture of 20° – 30° can be comprehended only with 100 ms presentation or with the first eye-fixation on it.

2) Pattern chunking

From studies of pattern recognition with the limited visual field and clinical report, we proposed the hypothesis that the entire picture is divided into several groups and each of them is stored as a chunk in the visual short-term memory and long-term memory. It was also assumed that each chunk should be simultaneously processed or retrieved in order to construct the whole image exactly. Unless each chunk is successfully processed, we fail to build up the exact image in the psychological space and we construct only the logical image or motor image. Chunk capacity of the visual memory seems to be about 4–7. Finally we modified the multicomponent theory of the memory trace proposed by Bower (1967) slightly and applied it to the psychological data on the persistence of the visual STM.

3) The use of schema in picture recognition

Recognition process involves the formation and testing of the hypothesis about the identity of the pattern. The informative area is processed immediately on checking

the schema for the picture. The first hypothesis established by the perceiver is used to interpret the remaining material. In general, recognition of visual stimuli is markedly enhanced when those stimuli are embedded in a meaningful context, and subjects use an overall schema for the picture to direct their identification of information in the sensory store. We discussed on the way of scanning, chunking, and memory of the picture in terms of the schema-testing process.