

図形概念形成過程の文脈依存性とその応用

尾田 政 臣

A T R 視 聴 覚 機 構 研 究 所

画像データベースの検索時、検索者にとって検索対象があらかじめ明確でない場合がある。このような場合のシステム側の支援方式についてはこれまで余り議論されていないように思われる。検索当初はイメージが明確ではなく、検索中に複数の画像から必要な情報を選択し最終的な検索対象を絞り込んで行く過程は、一種の概念形成過程と見なすことができるであろう。本稿では、図形概念の形成過程についての心理実験により、人間はどのような状況でも普遍的な概念を形成するのではなく、それまでの概念の形成過程に影響されながら概念を形成して行くことを明らかにする。さらに、実験結果を画像検索システムのユーザインタフェース向上に役立てることについて検討する。

CONTEXT DEPENDENT EFFECT IN THE IMAGE CONCEPTS FORMATION AND ITS APPLICATION

Masaomi Oda

ATR Auditory and Visual Perception Research Laboratories
Sanpeidani, Inuidani, Seika-cho, Soraku-gun, Kyoto 619-02, Japan

In some actual cases of image retrieving from the image data base, it is not clear what the final target will be, because of the uncertainty of the retriever's purpose itself. If we consider these processes as the processes in selecting appropriate elements from many images, and integrating them, then they are similar to concept formation. Therefore, the experiments are performed to investigate image concept formation which process is influenced by successively presented image stimuli. Based on this result, a new retrieval mechanism for an image data base is proposed, and the merit of supporting the retriever's decision making is discussed.

1. まえがき

現在の計算機システムは、10年前のシステムに比べて随分使い勝手が向上してきてはいるが、まだまだ使い易いとは言いがたい。特に画像の検索についてのインタフェースについては、まだ研究が緒についたばかりであり、今後大いに発展させるべき課題である。画像検索の難しさは、画像その物が多義的であり、検索者によって解釈が異なるためであろう。したがって、言語的なキーを用いた検索方式以外にも一部で試みられているように [1-4] 種々の手段を提供し、できる限り検索者の意図を正しくかつ速く汲み取ることが画像データベース検索システムのユーザインタフェース設計上重要な課題である。

ところで、画像検索を行う場合には、検索者にとって検索対象があらかじめ明確な場合とそうでない場合がある。前者の場合はこれまでのデータベースで扱われており、検索者は自分のイメージをインターフェースに合った形式に翻訳し検索を進める。したがって予想されるキーワードを見つけ出し試して見れば良い。これに比べて後者の場合は、検索のためのキーワードを見つけ出すことが前者より難しく、検索画像を見ながら検索者の目的に最も近い画像を画像データベースの中から選び出すことになる。このような場合のシステム側の支援方式については余り議論されていないように思われる。そこで本稿では、後者の場合について考察する。

上記のように検索当初はイメージが明確ではなく、検索中に複数の画像から必要な情報を選択し最終的な検索対象を絞り込んで行く過程は、一種の概念形成過程と見なすことができるであろう。そのように捉えることにより概念形成に関する研究成果の適用が期待できる。ところが従来の概念形成の研究では、種々の概念形成モデルが提案されてきている [5] もの、それらの多くに共通することは、動的な過程に対する検討が抜けていたことである。したがって、まず概念形成過程の動的特性について明らかにする必要がある。

ところで、既存の概念形成のモデルは言語的な概念を対象にしたものが多い。しかし、人間は最も鳥らしい鳥の形状をプロトタイプとして記憶していることが、心理学により明らかにされている。このことは図形的概念の存在を示しており、図形的概念に対する研究の重要性が了解できる。

そこで本稿では、動的特性として文脈依存性に注目し図形概念形成過程の文脈依存性について検討する。しかし、文脈依存と言っても種々の意味に用いられているため、まずその意味を明らかにし、次に図形概念の形成過程についての心理実験とその結果を述べる。そこでは、人間はどの様な状況でも普遍的な概念を形成するのではなく、それまでの概念の形成過程に影響されながら新たな概念を形成して行くことを明らかにする。さらに、概念形成時の文脈依存性についての実験結果を画像検索の手段として利用することについて考察する。

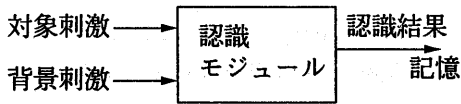
2. 文脈依存性

人間が情報を処理する場合に、文脈の影響を受ける現象については、心理学では文字認識時や記憶生成時の文脈依存性などが知られている。しかし、文脈の意味は総ての論文で一環した意味で使用されてはならず、以下の4つに分類できる。

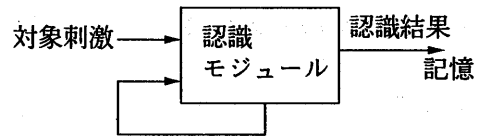
第1の例として、文章の中の文字が文章の意味に応じて異なる文字として認識される現象が知られている [6]。この現象は文字認識において、対象となる文字があいまいな時には前後の文章を基にして最も確からしい文字を推定することを示したもので、文字認識に推論過程が働くことを示したものである。

第2の例として、環境の影響を文脈として扱ったものである。例えば、記憶の実験として記憶時と同一の部屋で照合実験を行った方が他の環境の部屋で実験を行うよりも再生率が高いことを示したものである [7]。

第3の例は、単語対の記憶に関するものである。単語を対にして記憶させると、同一対の単語を提



(a) 他の刺激による影響



(b) 処理体制の影響

図1. 記憶の文脈依存性

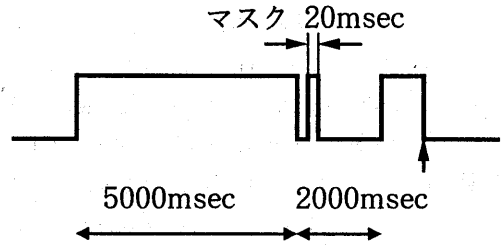
示する方が異なる単語の対で提示するより単語の想起が容易になる現象である [8]。

第4の例はPalmerによって示されたものであり [9]、事前にあるシーンを見せてから図形刺激を提示すると、図形の解釈がシーンの影響を受けると言うものである。。またKrollは、文章による文脈をあらかじめ提示しておく、画像及び言語いずれの刺激から作られる記憶に対しても文脈依存性が見られることを示した [10]。

本稿では文脈を第4の意味、即ちある処理の体制あるいは刺激が次の処理に影響すると言う意味で用いる。

第1から第3の文脈依存性は図1 (a) に示すように、対象とする刺激と同時に提示された他の刺激が影響することを示したものである。これと比べて第4の文脈依存性は、前の刺激の影響もしくはその処理の状態が次の処理に影響することを示したものであり、第1から第3のものと本質的に異なっている。これは図1 (b) のように状態あるいは出力のフィードバックとして捉えることができる。なお、上記の研究はいずれも記憶の実験として行われており概念形成についての特性を調べたものではない。

ところで、これまでの概念理論の多くは概念を静的に捉えていた。しかし、最近概念についても動的な要因が取り込まれ始めている。Bassalowは、概念には文脈依存性のものと文脈独立なものがあることを示し、動的に形成される概念の存在を示した [11]。しかし、この議論は言語的な課題を用いた実験に基づくものであり、また同時に提示した背景的な情報の影響を述べたものである。



第1刺激

第2刺激

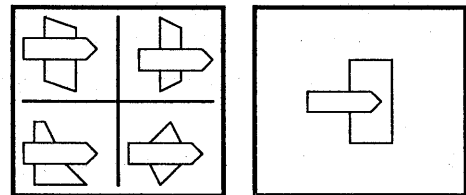
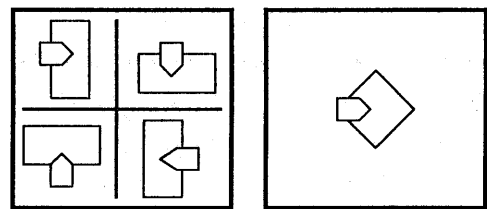


図2 刺激条件



(課題9,18)

競合課題
第1刺激

競合課題
第2刺激

図3 競合刺激

本稿のねらいは、図形刺激を用いた概念形成過程における文脈依存性を示すことにある。概念的に類似した刺激が連続した場合にその解釈の仕方

が無意識的に以後の概念化の処理に影響することを心理実験により明らかにする。

3. 実験方法

類似した4個の線図形（第1刺激）を被験者に提示し概念を形成させる。その後1個の線図形（第2刺激）を提示し、4個の線図形から形成された概念と同じか否かを判断させる。同一概念の場合は右ボタンを、異なる概念の場合は左ボタンを押下させる。（図2）。1つの実験は、この過程を連続的に18回行う。概念形成過程の文脈依存性の検証と概念と記憶の文脈依存性の違いの検証のため、3種の実験を行う。第1及び第2実験は概念を形成させるのに十分な刺激間隔であり、第3実験は概念形成に不十分な刺激間隔である。また、第1と第3の実験は類似な課題が続く文脈実験であり、第2の実験は文脈が無いランダム実験である。

被験者：実験1及び実験2では19～41歳までの成年男女17人、実験3では同様な男女12人が被験者である。

刺激：ディスプレイを四分割し4個の線図形を同時に提示し概念（または記憶）を形成させる。このための刺激を第1刺激と呼び、第1刺激によって形成された概念（または記憶）と比較し同一概念か否かを反応するための刺激を第2刺激と呼ぶ。第2刺激は一個の線図形である。第1刺激は更に2種に分類される。刺激内の図形どうしの論理的な関係（例えば貫通、接触、挿入）が4個の線図形とも同一な課題（論理課題）と、4個の線図形間の形の類似性が大きい課題（形状課題）から成る。

第9と第18の課題は同一課題であり、論理的な概念と形の概念の両方を含む課題であり（図3）、どちらのボタンを選択しても正解である。論理的な関係を見ると第1刺激と第2刺激は共に挿入関係であるから右ボタンが選択される。逆に形状的な関係を見ると第1刺激は長方形と矢印から構成され第2刺激は菱形と矢印から構成されているので左ボタンが選択される。

第1刺激は、4個の線図形を同時に5000msec提

示する。引続きメッシュ状のマスクパタンを20msec提示し感覚レジスタから刺激を取り除く。引続き実験1,2では1800msecまたは実験3では80msecの空白を置いた後、第2刺激をディスプレイ中央に提示する。反応キーの押下があるとすぐに次の課題を提示する。第2刺激の、論理課題、形状課題は、各々5個の肯定課題と3個の否定課題からなる。また、各図形の視角は約8度である。

教示：4つの図形を1つのグループと考えたとき、テスト刺激が同一のグループに所属しているか否かを判断し、同一と思ったときは右ボタン、違うと思ったときは左ボタンを押下するよう教示した。但し、4つの図形の位置関係には特別な意味はないこと、並びに各課題間の関係は考えずに独立した課題として取り組むこと、間違えない範囲でできるだけ速く応答するよう教示した。

(1) 実験1：概念文脈実験

最初の第1から第8までの課題は図形内の論理的な関係に注目すると正解が得られ課題（論理課題）が連続し、第10から第17までは形に注目すれば正解が得られる課題（形状課題）が連続する。更に、第9と第18の課題は同一課題であり、論理的な概念と形の概念の両方を含む課題である。第1刺激と第2刺激の刺激間隔は2000msecである。

(2) 実験2：概念ランダム実験

実験2は、実験1における第9と第18の課題を除く総ての課題の提示順序がランダムになっている点だけが異なり他の条件は総て同一である。即ち、論理課題と形状課題がランダムに提示された後、第9及び第18課題が行われる。ただし、第9課題の前半と後半で各課題の数、及び肯定・否定課題の数は実験1と同一である。

(3) 実験3：記憶文脈実験

実験3は、第1刺激と第2刺激の刺激間隔が100msecである点を除いて実験条件は同一である。即ち、文脈のある刺激提示方法であるがISIを100msecとし概念の形成を困難にし4つの図形の記憶を参照しながら概念照合を行う条件とした。また、被験者は実験1、2と異なる。

4.実験結果

実験の結果を表1~3に示す。表は第9と第18課題の結果を示しており、各々の実験に於けるボタンの選択人数と選択率をボタン選択の組合せ別に集計した。実験1では、論理課題が続いた後の第9課題で右ボタン、即ち論理を選択した者が88.2%、形状課題が続いた後の第18課題で左ボタン、即ち形状を選択したものが82.4%となった(表1)。実験2では論理課題と形状課題をランダムに提示しており、そのとき第9課題で47.1%が論理を第18課題で23.5%が形状を選択した(表2)。実験3では4つの図形を同時に想起できる場合であり第9課題では47.1%が論理を第18課題では100%が形状を選択した(表3)。表をもとにCR (Critical Ratio) [12] を用いて第9番と第18番の違いの有意性検定を行った。その結果

実験1: CR = 3.18 $p < 0.001$

実験2: CR = 1.21 有意差無し

実験3: CR = 1.79 $p < 0.05$

となり実験1と実験3での論理課題と形状課題の反応に対する有意差が明らかになった。また、実験1と2の違いについての検定については、CR = 4.70 $p < 0.001$ となり、また実験1と3についての違いについての検定は、CR = 1.61 $p < 0.05$ となり有意差が明らかになった。

また、実験後の質問により、全ての被験者が前半と後半の課題で問題の趣旨が変わったこと、及び課題9と課題18が同一課題であることに気が付いていないことを確認した。

5.実験結果の考察

第1の実験に於ては、第9の課題では論理的な概念または形状概念の何れの可能性があるにも関わらず論理的な概念が88.2%形成され、第18の課題では、第9の課題と同一であるにも関わらず形状的な概念が82.4%形成された。しかも、その過程は意識されなくても自動的に行われた。第2の実験から、第9と第18番の課題は必ずしも論理的な概念と

表1 実験1の結果

文脈実験		第18課題 (形状文脈後)		合計
		右選択 (論理)	左選択 (形状)	
第9課題 (論理文脈後)	右選択 (論理)	3 17.6%	12 70.6%	15 88.2%
	左選択 (形状)	0 0.0%	2 11.8%	2 11.8%
合計		3 17.6%	14 82.4%	17 100%

表2 実験2の結果

ランダム実験		第18課題		合計
		右選択 (論理)	左選択 (形状)	
第9課題	右選択 (論理)	5 29.4%	3 17.6%	8 47.1%
	左選択 (形状)	8 47.1%	1 5.9%	9 52.9%
合計		13 76.9%	4 23.5%	17 100%

表3 実験3の結果

文脈実験		第18課題 (形状文脈後)		合計
		右選択 (論理)	左選択 (形状)	
第9課題 (論理文脈後)	右選択 (論理)	0 0.0%	5 41.7%	5 41.7%
	左選択 (形状)	0 0.0%	7 58.3%	7 58.3%
合計		0 0.0%	12 100.0%	12 100%

形状的概念が均等に選択される課題ではないことが分かる。これは図の作りが論理に有利なものであったか、または人間が論理的なことに反応しやすいせいかな等理由は定かではない。それにも関わらず、第1の実験では文脈に依存した結果が選択された。第1と第3の実験結果に有意差が見られる

ことから、第1の実験が記憶の実験とは異なること、即ち概念形成課題であることが明らかになった。ISIが短い場合には大まかな形状の知覚が有利になることが知られており、この結果を反映して形状の選択率が実験1に比べ上昇したものと思われる。

これらの結果が従来の文脈依存性と異なる点は、背景情報を与えたのではなく個々の概念形成を行っていく中での処理に対する心的な体制が概念形成に影響したということである。また、提示した刺激は図形であり言語的な刺激を与えていない点である。更に図形刺激の中で言語的な概念及び形状的な概念いずれに対しても文脈依存性が確認されたことである。

ここで上記の結果を整理し、概念形成過程の処理モデルを考える。まず認識モジュールにより形状と論理的な特徴が認識される。その結果を受けて概念が形成される。認識の過程においても文脈の影響を受ける可能性がある。しかし、実験3のISIが短い場合には実験1と違った結果になっており形状が主に選択された。実験1では課題9と課題18では異なる概念が形成されたのだから、認識の段階では形状および論理の両方が存在したと考えられる。したがって、その後の概念形成の過程で文脈が影響したと推測される。概念化を行うモジュールとして論理的な概念を扱うサブモジュールと、形状的な概念を扱うサブモジュールが存在すると考える。認識サブモジュールに続く概念化モジュールの中で、いずれかのサブモジュールが、前の課題の概念形成処理によって活性化レベルが上がっている。次に続く概念化処理では活性化のレベルが高いモジュールが使用される。このようにモデル化することにより実験結果がうまく解釈できる。

6. 文脈依存性とその応用

本稿では、図形的な刺激が連続した場合にその解釈の仕方が無意識的に以後の処理に影響することを心理実験により明らかにした。次にこの現象を画像検索に利用することについて考察する。

従来の画像データベースの研究では検索者の検

索対象が検索前にはっきりしている場合を扱ってきた。例えば地図データベースの中から特定の建物、場所等を特定するとか、部品データベースの中から特定の性能を有する部品を選び出す、といった場合である。このとき検索者の求める検索対象ははっきりしており検索対象の特徴や分類名あるいは性能等を検索キーまたは部分画として入力し検索することになる。現在行われている研究はこれを如何に効率的に行わせるかというものである。

しかし、検索者自身にも検索対象があいまいな状態で行うデータベース検索課題がある。例えば、被服商品のカタログデータベースの中から好みの商品を捜し出す場合である。このような状況では検索者は自分の好みについての漠然とした傾向は認識しているものの明解に言語化して示すことができない場合が多い。しかし、サンプルを見せられれば好きか嫌いかの判断は可能である。この場合、どのような商品がデータベースの中に存在するかも予め知らない訳であるから、従来のデータベースのようにキーによる検索方式では検索者が適当なキーを考えて検索しなければならず大きな負担となる。結局次々に画像を検索し、好みに合った画像が出てくるとマークしておき最後まで検索が終了すると、マークしたデータを再度呼び出し比較しながら最終的に最も望ましい画像を選択することになるだろう。

しかし、これでは非常に多くの画像を呼び出す必要があることと、現在の画像の検索表示速度がそれほど高速には行えないことから、非効率的であり何らかの高速化の方法が求められる。

ところで、上記のような画像検索問題を考えると、検索者が種々の画像を見て行くうちに好みのデザインの個々の特徴が形成され、最終的にどのような商品が求めている物かを決定して行く過程と見ることができる。この過程はまさにイメージ概念を形成して行く過程と捉えられるのではないだろうか。このように考えることにより、実験から得た知見を以下に示すように応用することができる。

6.1 候補絞り込みへの応用

画像データの検索方法として、言語的なキーワードによる方法、類似性に基づく方法、連想記憶を用いた方法等が考えられている。しかし、これらの方法は検索者の意識的な操作が必須である。

検索者が意識しないところから検索のための情報が得られればより効率的で、ユーザフレンドリなインタフェースが実現できる。人間が複数の画像を見た場合、それぞれの画像は独立に処理されるのではなく、以前の処理結果が次の処理に影響することが心理実験より明らかになった。これは、検索時においても処理した結果の系列に検索にかかわる情報が含まれることを意味している。検索系列画像に共通する情報が検索者が注目している情報であり、これをフィードバックし、次の入力情報と共に利用することが効率的な検索を促進させるであろう。

しかし、形、色、サイズ等の検索者にとってあらかじめ明確な特徴については最初にキーワードとして入力させ、対象候補の絞り込みを行うのが得策であろう。ここまでは従来技術がそのまま利用できる。次の段階からは実験結果から少なくとも画像の分類情報は、それが言語的であっても形状的な非言語情報であっても分類的な情報が概念を作っていくときに影響する。被服データベースの例では好みの衣類のイメージを作り上げて行く過程に以前の処理結果が影響する。したがって次の段階では画像が選択される度に画像の分類情報を収集し、各画像に共通する情報、特徴的な情報を抽出することによりこれを次の提示画像候補の選択のために利用すればよい。これを実現するには従来の言語的な推論を行うAI技術が利用できるだろう。検索を言語的キーだけで検索させるシステムでは、検索者が適当な検索キーを想起するのが難しく検索時間が非常に大きくなることが予想される。また、詳細な分類については実際に画像を見て決めることになるので画像を実際に次々表示する必要があるであろう。したがって、このように検索候補の絞り込みを自動化し詳細な個所

の決定は個々の画像を見ながら判断させるのが最も現実的なシステムとなるだろう。検索過程のバックグラウンドで検索者が意識しないうちにある程度の分類を抽出し候補を絞り込んで適当な候補を提示できれば検索時間の短縮が図られユーザインタフェースの向上になる。

6.2 メニュー提示方式への応用

本稿の実験結果から、人間は情報の処理結果に影響され処理するのであるから、情報の提供順序をうまくコントロールすることにより情報検索の支援を行えるものと思われる。あらかじめメニューモードを設定し検索者に各モードで適当な画像を選択させることにより最終目的の画像に導く方法である。モードのある方式の欠点は人間がモードを意識しなければならず煩わしいことであった。ユーザインタフェースの観点からはモードレスが望ましい。検索対象に対する検索時の癖、即ちどのような分類にまず注目し、どのような分類系列の順序で画像を検索するかを調べておく。即ち、被服データベースの場合では、全体の型が先か配色が先かなどの情報を得ておく。または個人毎に検索順序が違うのであれば個人対応に画像データベース利用時にこれらの知識を獲得しておく。人間が概念を形成して行くように、選択される画像の系列から次に選ぶべき項目を推測しユーザに提示すれば操作性が向上するであろう。人間の検索する順序には法則性があり、利用する特徴は主要な物から段々末梢的なものになるように思われる。従ってキーの提示順序が異なれば例え同一のキーを使用していても想起するものも変わって来る可能性がある。提示順序を人間の思考順序に合わせるにより人間の振舞いに近いものが得られユーザフレンドリなインタフェースが実現できるだろう。

7. 結論

人間はどのような状況でも普遍的な概念を形成す

るのではなく、個人がそれまでに行った処理の状況に影響されながら概念を形成して行くことを心理実験により明らかにした。

これらの結果が従来の研究と異なる点は、文脈として背景情報を与えたのではなく、前の刺激に対する概念形成処理が次の概念形成処理に影響することを示した点と、提示した刺激は図形であり、図形刺激を用いた場合の概念形成の文脈依存性を示した点である。さらに、図形刺激の中で言語的な概念及び形状的な概念いずれに対しても文脈依存性が確認されたことである。

さらに、複数の画像から必要な情報を選択し、それらの情報をもとにしてイメージを固めて行く過程を、一種の概念形成過程と見なした。このように捉えることにより、図形概念の形成過程についての実験結果を、画像データベースシステムに対する検索支援方式として利用可能になることを提案した。

謝辞

本研究を行う機会を与えて下さったATR視聴覚機構研究所淀川英司社長並びに上野圭一室長に謝意を表します。

参考文献

- [1] 柴山、脇本、島、田中、前田；知識を用いた図形の類似検索法、信学技法、1990、IE90 - 8,55 - 60
- [2] 栗田、大垣、加藤；主観的類似度に適応した画像検索、情報処理学会論文誌、1990、Vol.31、No. 2,227 - 236
- [3] 笠原、岸本；画像データベースナビゲーション、信学技法、1988、IE88 - 46,71 - 78
- [4] 柴田、井上；画像データベースの連想検索方式、1990、信学論D - II、Vol.J73 - D - II、526 - 534
- [5] Medin,D.L.,Smith,E.E. Concepts and Concept Formation. Ann. Rev. Psychol.1984, 35,113 - 138
- [6] Selfridge,O.G., Pattern recognition and modern computers,1955,Proc. West. Joint Computer Conf.
- [7] Smith,S.M.,Glenberg,A.,Bork,R.A. Environmental context and human memory. Memory & Cognition,1978,6,342 - 353
- [8] Tulving,E.,Thomson,D.N. Retrieval process in recognition memory: Effects of associative context, Journal of Experimental Psychology,87, 116 - 124
- [9] Palmer,S.E. The effects of contextual scenes on the identification of objects. Memory & Cognition,1975,3, 519 - 526
- [10] Kroll,J.F. Recognizing Words and Pictures in Sentence Contexts: A Test of Lexical Modularity, Journal of Experimental Psychology, Learning, Memory, and Cognition, 1990, Vol.16, No. 5, 747 - 759
- [11] Barsalou,L.W. Context - independent and context - dependent information in concepts. Memory & Cognition,1982,10,82 - 93
- [12] 石原；教育と心理のための推計学、日本文化科学社