

瞬目の視知覚特性の分析

坂本忠明 望月孝哲 今宮淳美
山梨大学 コンピュータ・メディア工学科
〒400-8511 甲府市武田 4-3-11

メカニカルシャッタを使った瞬目実験で得た応答時間の分析をパンディモニアムモデルで検討する。瞬目実験は、実物図形や幾何図形を刺激とした有無判断である。課題の提示には、言葉を使った集約表現（たとえば苺クリームショートケーキ）と、合成表現（たとえば白い三角形の中に赤い丸形）、それに言葉を使わない図形同士の照合である、その結果として、(1)簡単な図形同士の照合課題の場合は1回の認知処理系で有無判断ができること、(2)具体的イメージをひとつの言葉で表現すると、認知処理系の回数が少なくなること、さらに(3)異なった認知地図が検討できたことなどを得た。

Cognitive maps by momentary graphics stimulation

Sakamoto Tadaaki Mochizuki Takaaki Imamiya Atsumi

Department of Computer Science and Media Engineering
Yamanashi University
Takeda 4-3-11, Kofu, Japan, 400-8511

This paper describes cognitive maps on human information processing for real graphics and geometry graphics, based on the results of managed experiment. In results, the following facts are known, (1) the presence judgment from the reference of an easy graphics became the cognitive processing of one time, (2) the number of times of the cognitive processing has decreased by expressing a concrete image in the speech, (3) the cognitive map was able to be assumed by the number of times of a different cognitive processing.

1. はじめに

いくつかの統制された刺激図形を短時間に見る場合の認知処理系¹⁾、いわば人間の認知アーキテクチャを検討することは、メディアと人間の発展に重要である^{2),3)}。

本論文では、実験統制による被験者の応答時間の分析により、図形の有無判断に関わる構造を認知地図⁴⁾の視点で述べる。

2. 予備実験：刺激図形の抽出

どの刺激図形とするかを導く目的をもつ。

図形の候補には、実物図形とそれに対応する幾何図形である⁵⁾。実物図形は、実際の物をデジタルカメラで撮影し、注目する実物以外の背景などを図形処理エディッタで切り取った表現となる。また、幾何図形は、曲線としての円弧と直線の組み合わせで簡単な輪郭を描き、それに実物図形での各構成別に分けた領域内の平均色を使って色塗りした表現とする。

2-1. 候補の抽出

日常よく見かける図形対象を選ぶこと、また簡単な幾何図形を候補とすることで、後述の実験に対する被験者の認知負荷を軽減でき、しかも得たデータの正答率を向上できると考える。そこで本論文では食べ物に刺激図形の対象とし、しかも幾何図形を三角形と四角形、それに円形程度に限定する。

まず、幾何図形の形状に合う食べ物を3名の大学生被験者に質問紙で答えさせる。与えた時間は5分程度である。そこで得た食べ物について実験者は、二つ程度の幾何図形の組合せで、より具体化できる食べ物を検討する。これを刺激図形の候補とする。

2-2. 結果

質問紙で得た食べ物の例を表1に示す。この結果を実験者のヒントとして、2種類の幾何図形の組合せでイメージできる図形候補を検討した。その結果、三角形と円形の組合せには苺のショートケーキ（苺が赤色で他は白色）が図形候補となった。また、四角形と円形の組合せには、日の丸弁当、さらに三角形と四角形の組合せには、おにぎりがそれぞれ候補となった。

表1. 質問紙によって得た食べ物

三角形	アイス、ケーキ、サンドウィッチ、苺、…
四角形	豆腐、食パン、バナナ、ホットドック、…
円形	桃、スイカ、リンゴ、ミカン、ミートボール

3. 図形照合実験

この実験にはシャッタ時間抽出とシャッタ時間固定がある。

本実験は、実験者が指定した図形に対する被験者の図形照合判断であり、刺激図形内に課題図形があるかの有無を応える。課題図形の提示方法には、実験者の言語的な説明による概念照合課題と、実際に画面上に提示した図形照合課題とにする。そのために、まず、各照合課題で被験者が判断できるシャッタ時間を決めるためのシャッタ時間抽出実験を行う。それによって得たシャッタ時間を使い、図形照合および概念照合の各課題を行う。

3-1. 実験環境

(1) 実験システム

残像効果を強くした液晶ディスプレイ（三菱社製：DiamondCrysta,RDT141D）に刺激図形を描く。そのディスプレイを囲うかたちでのフードを設置し、フードの先にメカニカルシャッタ付きの刺激提示窓を装着する。フードの長さは、ディスプレイ中央から刺激提示窓までが400mmである。そこから20mmほど（1cm～3cm）の所に被験者の左目がある。窓の大きさは縦24mm、横36mmの長方形であり、そこにシャッタが付いている。シャッタは電動の縦型のブラインド形式で、開く機能は下から上への巻き上げ、閉じる機能は上から引き下げるかたちである。その制御時間の合計はシャッタ時間内の三分の一程度となるように調整されている。被験者は、キーボードのEnterキーの上に右手の人差し指を、また左手の人差し指はスペースキーの上におく。実験者が課題としての図形を示し、次ぎに実験開始の合図をする。そして、シャッタ時間を制御した刺激図形提示において課題図形があるかを被験者が判断する。図形があったと判断できたならば右手の人差し指で、またないと判断できたならば左手の人差し指で各

キーを押す。これにより被験者の応答時間が記録できる。

なお、本論文での刺激提示時間は、シャッタの開閉時間を含む。

(2)画面上の刺激図形の配置と視角

刺激図形の大きさや、ディスプレイ上の描画位置（配置）を固定する。一度に提示できる図形は4種類で、ディスプレイの重心を中心として縦48、横72mmの大きさ（刺激提示窓の2倍）のウィンドウ4枚を各々接するかたちで貼りつけ、ウィンドウに内接する最大の大きさで刺激図形を描画する。この配慮は、最も知覚感度が高い視機能が存在するとされている視角 20° を保証することにある。これにより、瞬目として目の動作を伴わない場合でも図形認知が十分にできる設計となる。

図形照合課題では、左上のウィンドウ内が課題図形であり、他の3種類が課題図形との照合図形となる。一方、概念照合課題では4種類の総てが照合図形である。ただし、実験時には各ウィンドウ枠を表示しない。

(3)課題状況

被験者は刺激提示窓を凝視する。そして実験者が課題状況を制御しながら瞬目提示した刺激図形に対し、できるだけ早く有無判断をする。

概念照合課題では被験者に与える課題状況として2種類ある。言葉としての表現内容が異なる。ひとつが集約表現で、1つのチャンクに集約した言語的表現である。たとえば、『苺クリームショートがありますか?』である。もうひとつは合成表現で、複数のチャンクの合成として表す。たとえば、『白い三角形内に、赤い丸がある図形がありますか?』である。まず、被験者に課題図形を言葉で提示し、次いで刺激図形が表示されることになる。

図形照合課題では、4種類の刺激図形が提示され、その内の左上に描かれた図形が、それ以外の3種類の図形のいずれかと一致するかを判断する。

(4)課題図形に対する攪乱刺激

刺激図形の代表は、苺クリームショートと日の丸弁当、それにおにぎりである。

各々の攪乱刺激には、実物図形に注目して、苺ショートの場合、苺チョコレートショート、マロンチョコレートショート、マロンクリームショート、メロンチョコレートショート、メロンクリームショート、それにオレンジクリームショートの6種類で、各部分に相当する各々の色が異なる。たとえば、苺チョコレートショートでの幾何図形の場合は、茶色い三角形内に赤い円形が描かれる。

日の丸弁当には、カニそぼろ弁当に梅干し、おぼろ弁当に梅干し、また、梅干しの所をアメリカンチェリーやらつきょうに置き換えた6種類の弁当となる。

さらに、おにぎりには、三角オムレツに海苔またはケチャップ、三角盛のチャーハンに紅生姜、三角ご飯盛に卵焼き、カニそぼろご飯の三角盛に海苔または紅生姜の6種類である。

(5)刺激提示

攪乱刺激での各々意味的に近いグループ内の各図形候補を重複を許さないようランダムに選び、刺激図形のセット（4種類で1セット）の候補を作る。このとき、4つの刺激提示ウィンドウのいずれに表示するかもランダムである。

課題図形は、主課題と副課題とする。主課題での図形は苺クリームショート（三角形と丸形）、おにぎり（三角形と長方形）、それに日の丸弁当（長方形と丸形）であり、実験分析の対象とする（本論文では課題図形と総称する）。副課題での図形は、たとえば三角形と丸形に対応する苺チョコレートショートなどとする。これは分析対象とせず、課題状況の予測を被験者に与えない目的をもつ。

3-2. シャッタ時間抽出実験

被験者への刺激提示時間の適性を検討する実験である。

シャッタ時間制御が可能な1/500、1/250、1/125、1/60秒の4種類をランダムに抽出し、そのシャッタ時間で概念照合と図形照合での各課題を行う。これを3人の大学生被験者で、総てのシャッタ時間について重複しないように実験する。この実験では主課題だけを行う。なお、この実験の直前に、被験者に10回以上の練習を

義務づけた。

3-3. シャツ時間固定実験

8名の大学生被験者に、幾何図形と実物図形の各々について、主課題および副課題を含めた各課題状況を行わせる。

課題状況としては、概念照合課題において実物図形と幾何図形の各々に、集約表現と合成表現を実施する。図形照合課題では幾何図形だけを実施する。被験者の練習は10回である。

4. 結果と考察

4-1. シャツ時間抽出実験

正答者数を表2に示す。シャツ時間が1/60秒で総て正答であることから、次のシャツ時間固定実験ではこの時間を使う。

4-2. シャツ時間固定実験

すべての課題状況において、総ての応答が正答であった。その応答時間の基本統計量を表3に示す。

(1) 実験条件別の有意差

課題図形が刺激図形内にあるとない場合とを比べてたが有意な差が認められない。その1例を図1に示す($F(5,138)=0.97$)。この事例図からもわかるように、ひとつの集りとして考えられそうである。そこで、実験状況に注目し、幾何図形と実物図形の各々について、概念照合での集約表現や図形表現、また図形照合の5条件の有意差を検討した。

基本統計量は表4である。また、分散分析の結果は表5である。この分析結果から、各条件の効果は、極めて高度に有意($F(4,715)=724.7$)となった。そこでLSD法での平均差を検討したところ、いずれの組合せでも有意($MSe=12.95, 5\%$ 水準)となった。すなわち、図2のボックスプロットで示す応答時間の多いおよび少ないの違いのすべてがそのまま使えると考えられる。

(2) 認知処理の検討

前述の実験条件別の有意差検討により、応答時間の多と少の関係が明確となったことから、ここではその平均時間を検討する。

●被験者の情報処理

Cardらの人間情報処理モデルによると、刺激図

表2.条件別の正答者数(人)

		1/500	1/250	1/125	1/60
幾何図形	集約表現→課題図形がある	3	3	3	3
	集約表現→課題図形がない	2	3	3	3
	図形照合→課題図形がある	2	3	2	3
	図形照合→課題図形がない	2	2	2	3
	合成表現→課題図形がある	2	3	3	3
	合成表現→課題図形がない	2	2	2	3
実物図形	集約表現→課題図形がある	3	3	3	3
	集約表現→課題図形がない	2	2	3	3
	合成表現→課題図形がある	3	3	3	3
	合成表現→課題図形がない	3	3	3	3

表3.課題状況別の応答時間の基本統計量

		AVG	STD
幾何図形	集約表現		
	苺クリームケーキの図形がある	449	40.8
	おにぎりの図形がある	454	49.0
	日の丸弁当の図形がある	435	50.1
	図形表現		
	苺クリームケーキの図形がない	467	43.6
	おにぎりの図形がない	460	52.9
	日の丸弁当の図形がない	446	52.8
	図形照合		
	苺クリームケーキの図形がある	333	37.8
	おにぎりの図形がある	343	49.0
	日の丸弁当の図形がある	410	35.3
	苺クリームケーキの図形がない	343	43.8
	おにぎりの図形がない	359	57.9
	日の丸弁当の図形がない	426	41.1
合成表現			
苺クリームケーキの図形がある	613	47.5	
おにぎりの図形がある	622	48.1	
日の丸弁当の図形がある	621	68.7	
苺クリームケーキの図形がない	629	44.4	
おにぎりの図形がない	630	52.2	
日の丸弁当の図形がない	600	61.1	
実物図形	集約表現		
	苺クリームケーキの図形がある	597	51.8
	おにぎりの図形がある	602	43.8
	日の丸弁当の図形がある	512	49.0
	苺クリームケーキの図形がない	606	44.7
	おにぎりの図形がない	617	54.0
	日の丸弁当の図形がない	544	48.5
	図形表現		
	苺クリームケーキの図形がある	668	48.9
	おにぎりの図形がある	681	53.4
	日の丸弁当の図形がある	672	67.5
	苺クリームケーキの図形がない	682	45.8
	おにぎりの図形がない	690	42.9
	日の丸弁当の図形がない	660	53.3

形は、認知処理系で必要とする視覚情報に視覚処理系でフィルタリングされる。それに要する時間は100msec程度であり、次に作業記憶内にある視覚イメージ記憶に200msec程度で記録される。このイメージ記憶によって、認知処理系が解釈し、課題状況に呼応した反応へと至る。その時間は70msec程度と考えられている⁹⁾。

一方、本実験結果での応答時間について、視覚イメージ記憶までの時間(300msec程度)を引いた残りの時間は認知処理系の時間である。各実験条件で各々の応答時間が異なる分散分析の結果を得ている。このため、認知処理系が動作

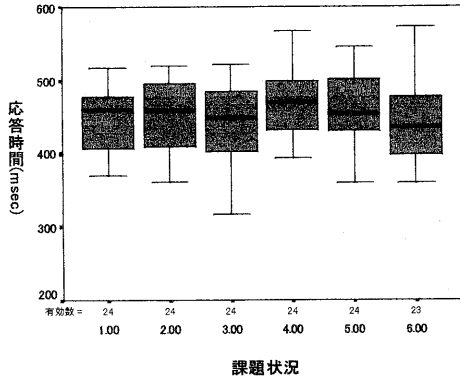


図 1.幾何図形での集約表現による応答時間
注：課題状況について、課題図形が刺激図形内に、1:ない場合の苺クリームショート、2:ない場合のおにぎり、3:ない場合の日の丸弁当、4:ある場合の苺クリームショート、5:ある場合のおにぎり、6:ある場合の日の丸弁当である。

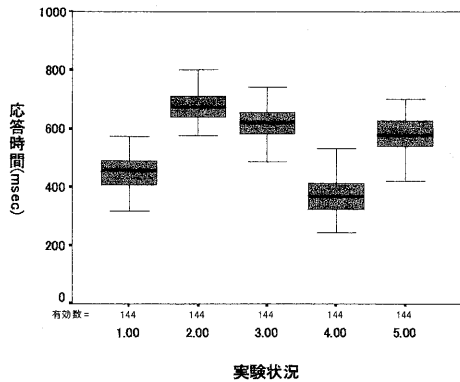


図 2.実験状況別の応答時間
注：実験状況は以下である。
1:刺激が幾何図形で、説明が概念照合での集約表現
2:実物図形で、概念照合での合成表現
3:幾何図形で、概念照合での合成表現
4:幾何図形で、図形照合
5:実物図形で、概念照合での集約表現

した回数（認知処理系の時間を 70msec 程度で割る）に違いがあるように、適するこの処理時間を求めると、65msec 程度となる。その結果は表 6 である。すなわち、認知処理系の時間は 65msec 程度となる。

また、本実験での図形照合による有無判断では、パンディモニウムモデルを使うと考えられる。本実験の幾何図形での図形照合では、1 回の認知処理系の処理時間で有無判断をしている。

表 4.実験状況別の基本統計量

	AVG	STD
刺激が幾何図形で概念照合での集約表現	452	49.5
実物図形で、概念照合での合成表現	675	53.5
幾何図形で、概念照合での合成表現	619	55.3
幾何図形で、図形照合	370	57.8
実物図形で、概念照合での集約表現	576	62.0

表 5.実験状況を条件とした分散分析

要因	平方和	df	平均平方	分散比
条件	9075230	715	268808	725**
誤差	2238545	4	3131	
全体	11313775			

表 6.認知処理系の単位数

	単位数
刺激が幾何図形で、概念照合での集約表現	2
実物図形で、概念照合での合成表現	6
幾何図形で、概念照合での合成表現	5
幾何図形で、図形照合	1
実物図形で、概念照合での集約表現	4

2 種類の色と形の各パターンの照合の認知処理系が順次実行していたならば、少なくとも 2 回以上の認知処理系の時間を必要とするからである。パンディモニウムモデルは、複数の特徴分析プロセッサ（下位デーモン）によって刺激図形の特徴と構造を各々並列に照合し、共通領域にその結果を提示する。そして、一定時間において判定のための上位デーモンが、共通領域上の値を 2 項関係（有無判断）で集約する。このデーモンの 2 階層が認知処理系の 1 回の時間である。すなわち、図的で単純なパターン照合では、特徴の抽出と判定がパンディモニウムモデルでの基本単位と考えられている⁷⁾。特徴抽出から判定までの各構造が増すに従って、認知処理系での回数が増え、時間も多くなることになる。

以上のことから、被験者の情報処理は、刺激図形の取り込みに 300msec を必要とし、本実験の条件の違いによって認知処理系に関わる処理回数が 1 回から 6 回までの間で有無判断が遂行され、しかも 1 回が 65msec 程度の処理時間を要する認知処理系でのパンディモニウムモデルの実行と考えられる。

●パンディモニウムモデルでの認知地図

幾何図形について、その図形での集約表現では、たとえば被験者に「苺ショートがあります

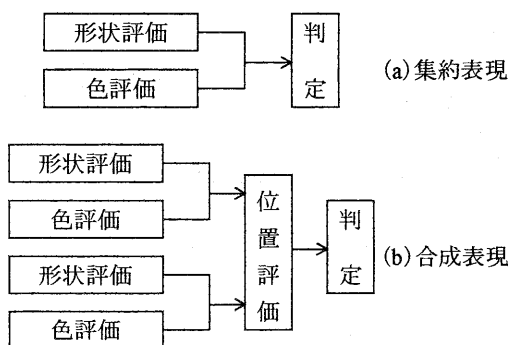


図3.幾何図形での認知地図

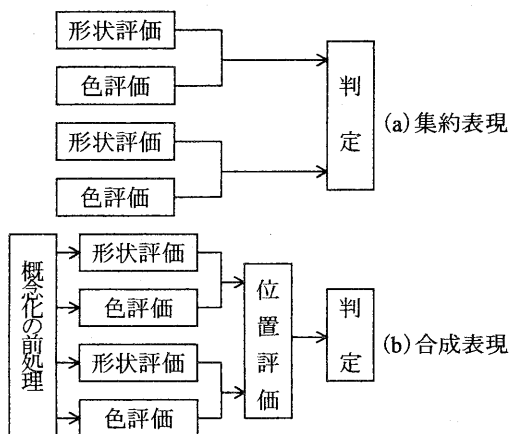


図4.実物図形での認知地図

か」との課題を言葉で与えている。被験者は、苺ショート的一般形体を掌握し、刺激図形提示までの間に照合用のデーモンの起動準備を行う。そして実際の提示により、特徴分析がなされる。特徴は形状と色である。すなわち、色と形状の2種類の認知処理系の実行となる。一方、幾何図形での合成表現では、たとえば被験者に「白い三角形内に赤い丸がある図形はありますか」この言葉での課題を与えている。被験者は、白い三角形と赤い丸に対し、三角形内に赤い丸があるという階層構造を持つ。すなわち、各形状と色で4種類、それに位置評価の認知処理系の合計5回を必要とする。このことから、図3の認知地図を描くことができる。

実物図形について、合成表現では、幾何図形と同様な認知地図があると考えられる。しかも、実物がもつ不確定な要素、すなわち形状や色の概念化（たとえば苺ショートの三角形状や赤色

などの代表性)に関わる前処理が必要と考える。一方、集約表現では、概念化の必要はなく、しかも位置評価も必要としない。具体的イメージである実物図形であることから、位置評価は、形状評価内に存在すると考えられる。このことから図4の認知地図が想定できる。

5. おわりに

高度に統制した刺激図形および課題状況を使い、被験者の応答時間の観測から、有無判断における視知覚特性としての認知地図を検討した。認知処理系にはパンディモニアムモデルを前提とした。このことについて、興味深いいくつかを導くことができた。それは、(1)簡単な図形の図形同士の照合課題では、1回の認知処理系で有無判断ができること、(2)言語で具体的イメージを表現することで認知処理系の回数が少なくなること、このことから(3)異なった認知地図を検討できることなどである。

参考文献

- 1) Argyle M., Lefebvre L. & Cook M.: The meaning of five patterns of gaze, *European Journal of Social Psychology*, Vol.4, pp.125-136,1974.
- 2) Lif M.: User-interface modelling -adding usability to use cases, *Int. Journal of Human Computer Studies*, Vol.50, No.3, 1999.
- 3) Shneiderman B.著,東基衛,井関治監訳:ユーザーインタフェースの設計-第2版,日経マグローヒル,1992.
- 4) Pylyshn Z. W.: *Computation and cognition -toward a foundation for cognitive science*, Cambridge MA, MIT Press, 1984.
- 5) Kosslyn S.: Information representation in visual images, *Cognitive Psychology*, Vol.7, pp.341-370, 1975.
- 6) Card S., Moran T. & Newell A.: *The psychology of human-computer interaction*, L.E.A., 1983.
- 7) Selfridge O.: Pandemonium -a paradigm for learning, In *Symposium on the Mechanization of thought Processes*, London: HM Stationery Office, 1959.