

■S3 群 (脳・知能・人間) -2 編 (感覚・知覚・認知の基礎)**9 章 形とイメージ**

(執筆者:行場次朗) [2008年8月 受領]

■概要■

形, 特に線図形などは比較的簡単に描くことができ, 視覚刺激として利用することが容易であったためか, 視覚心理学の領域でも古くから盛んに研究が進められてきた。しかし, 形に対応する物理的特徴は客観的に定義しにくく, しかも多変量的である。しかも形に対する私たちの心理的応答も多様であるので, 見かけの容易さとは異なって予想外の悪戦苦闘を強いられてきた研究分野といえよう。本章では, 心理学的知見だけでなく, 失認症研究やニューロイメージング研究などの近年の神経科学的知見も交えて, 形の認知をめぐる古い問題と新しい展開について解説する。

【本章の構成】

本章では, まず刺激要素をまとめりとして知覚するはたらきである知覚的体制化 (9-1 節) について述べ, 次に図形の見えない部分まで補完して知覚するプロセス (形の補完) について解説する (9-2 節)。そして形の全体と部分をどのように捉えているのかについて検討を加える (9-3 節)。後半では, 形の物理的あるいは情報量的側面を客観的定義し, 複雑性や類似性の認知との対応関係を検討する研究領域である形の心理物理学 (pattern Psychophysics) を紹介し (9-4 節), 更に形が喚起する感性イメージをとらえる試みを概説する (9-5 節)。

■S3 群 - 2 編 - 9 章

9-1 知覚的体制化

(執筆:行場次朗) [2008年8月受領]

9-1-1 図地分化

認識対象を背景から分離するはたらきは、図地分化 (figure-ground segregation) と呼ばれる。図となる領域は輪郭線を伴い、はっきりとした形をもって前面に浮かび出て見えるのに対し、地の領域は形をもたずに図の背後に広がって見える。実験現象学的及びゲシュタルト (Gestalt) 心理学的研究により、図になりやすさ、地になりやすさを規定する様々な要因が分析されてきた。それによると、より明るい領域、より面積の小さい領域、閉じた領域、より規則的な形をした領域、垂直あるいは水平の方位をもつ領域などはそうでない場合に比べて図になりやすいことが分かっている¹⁾。図地分化要因の最新のリストは、Vecera²⁾を参考にしてほしい。

近年、視覚系の時間・空間周波数特性と関連づけて図地分化が検討されている³⁾。それによると、低い空間周波数を含む領域 (太い縞の領域など) や高い時間周波数をもつ領域 (点滅する領域など) は地に見えやすく、一方、高い空間周波数の領域 (細い縞の領域) や低い時間周波数をもつ領域 (点滅の少ない領域) が図に見えやすいことなどが報告された。これらのことから、地の処理には低い空間解像度と高い時間解像度を備えた大細胞系 (magnocellular system) が強く関与し、図の処理には高い空間解像度と低い時間解像度をもつ小細胞系 (parvocellular system) の関与がより強いことが示唆された。ただし、同じ時間周波数でも位相が異なると点滅を繰り返す二つの領域があると、同期的に変化する領域は群化され、図地分化が生ずることが報告されている⁴⁾。

このような現象は、脳が多様な情報をどのような仕方で結合して、少数の対象や領域にまとめあげるかという結合問題と関連づけて議論がなされている。神経系の同期振動的発火が対象や領域の分離に関与するとする時間符号化説⁵⁾に有利な知見といえるが、一方でそれを否定するような神経生理学的データも提出され⁶⁾、現在でも活発な議論が続いている⁷⁾。近年の神経生理学的知見からは、図地分化は高次の物体認知をつかさどる下側頭領域 (inferior temporal (IT)) よりも前の比較的初期の視覚野 (V1, V2, V4) で行われることが示唆されている^{8,9)}。

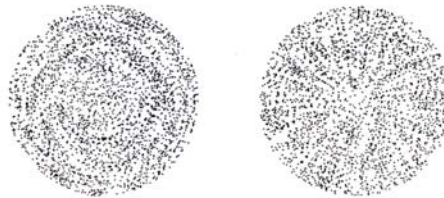
9-1-2 ゲシュタルト知覚

人間が知覚するものは、通常、個々の刺激要素ではなく、要素に還元できない全体性をもつ形態 (ゲシュタルト, Gestalt) である。M. Wertheimer は以下のようなゲシュタルト法則を提示した。

- 1) 近接の要因：空間的、時間的に近いものがまとまる
- 2) 類同の要因：色や形などの類似性が高いものがまとまる
- 3) 閉合の要因：閉じた領域を形成するものが知覚されやすい
- 4) よい連続の要因：なめらかに特性が変化するものがまとまる
- 5) よい形の要因：より規則的な形をしたものがまとまる
- 6) 共通運命の法則：同期して運動や変化するものはまとまる

これらの法則は、形態が知覚されるときには、全体が最も簡潔なよい形になる傾向があるとするプレグナンツの法則 (Pragnanzgesetz) に包括できるとされるが、定性的な定義であり、近年ではこれ以外にもいくつかの要因があげられている¹⁰⁾。

ゲシュタルト知覚の端的な現れはグラスパターン (Glass pattern) に見ることができる。ランダムドットパターンにある種の変換を施し、変換前と変換後の刺激を重畳すると、例えば、同心円状のグローバル構造をもつパターンが知覚されるというものである。Wilson & Wilkinson¹¹⁾ は、図 9・1 に示すようなグラスパターンに対する人間の検出感度を心理物理的に測定したところ、同心円状、放射状、双曲線状、平行線状の順序で検出感度が高いことを見いだしている。また、神経生理学的研究では、V1 と IT 野の中間に位置する V4 でこれらのグラスパターンに強い応答を示すニューロンが見いだされている^{12,13)}。興味深いのは、相貌失認の患者では、顔の認知だけでなく、同心円状のグラスパターンなどの構造刺激の認知も選択的に困難になることである。これらのグローバル構造に対応する特徴が局所の特徴と顔のような高次パターンをリンクする中間表現となっている可能性が十分に考えられる。



同心円状パターン

放射状パターン

図 9・1 Glass pattern の例¹¹⁾

ゲシュタルト理論の多くは定性的な記述にとどまっているが、近年では、知覚体制化プロセスを、場理論やエネルギー最小化理論、ニューラルネットワーク理論、確率理論などでモデル的に表現する試みが多くなされている¹⁴⁻¹⁶⁾。ゲシュタルト知覚にかかわる近年の脳機能画像研究では、近接の要因によって体制化が生ずる場合には鳥距皮質、下頭頂葉や右上側頭で賦活が見られ、類似の要因による場合は右後頭葉の中部や左側頭葉で賦活が生ずることが示されている¹⁷⁾。

■S3 群 - 2 編 - 9 章

9-2 形の補完

(執筆者:行場次朗) [2008年8月 受領]

9-2-1 形の非感覚的補完

形は単独で存在するケースは少なく、複数の形が重なり合っている場合がほとんどである。また、地が図の背後まで広がって知覚されるように、見えている領域から、実際には見えない部分を補って面や対象を知覚する働きは一般に視覚的補完 (visual completion) と呼ばれている。このうち、補完された領域が実際には見えないのに連続した存在を知覚するケースは非感覚的補完 (amodal completion) と呼ばれる。図 9・2a (以後、遮蔽図形と呼ぶ) を見たときには、図 9・2b (完全図形と呼ぶ) のように、正方形と完全な円が存在するものとして知覚され、図 9・2c (欠如図形と呼ぶ) のように、正方形と円の一部分が欠如した図形が隣接したものと分節されることはまれである。ブライミング効果を利用した実験から、非感覚的補完により覆い隠された面の表現が形成されるまでには、200~400 msec の時間を要し、この所要時間は補完する空間範囲に比例して変動することが明らかにされている^{18,19)}。

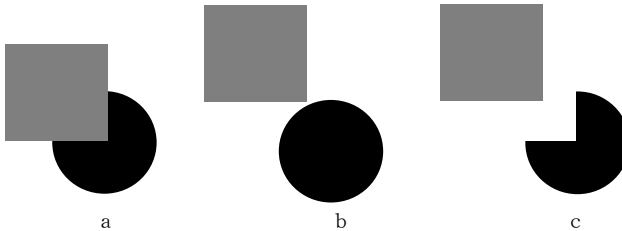


図 9・2 形の補完 a : 遮蔽図形 b : 完全図形 c : 欠如図形

ただし、非感覚的補完は時間がかかっても、意図的な視覚的注意を必要としない前注意過程 (preattentive process) で自動的に生起することが分かっている。視覚的探索課題において、遮蔽図形が複数の完全図形のなかに置かれると、一目見ただけでは双方の区別がつきにくくなり、完全図形を妨害刺激として遮蔽図形を探索したときには、欠如図形を探索したときに比べて時間がかかり効率が悪くなる²⁰⁾。

非感覚的補完が前注意的になされることは、半側空間無視の患者でも確かめられている。左右に提示された刺激が遮蔽面の背後でつながっていると知覚されるように刺激図形を工夫すると、消去現象 (両側の視野に同時に刺激が提示されると一方を見えないと報告する現象) が軽減されるという²¹⁾。近年、神経生理学的研究、ニューロイメーキング研究により、前注意的過程が主となり、初期視覚皮質 (V1 や V2) において補完にかかわる処理がなされるとされている^{22,23)}。

9-2-2 形の感覚的補完

補完現象のうち、主観的輪郭のように補完された領域が実際に知覚されるケースは、感覚的補完 (modal completion) と呼ばれる。視覚系はエッジ付近の明るさ情報を内部に充填

(filling-in) させ、面を知覚していると考えられる。マスキング現象を利用して、このような充填のスピードが実際に測定されている²⁴⁾。それによると充填のスピードは約 110~150 deg/sec と見積もられた。同様の充填過程は、テクスチャ（肌理）の違いでつくられた面でも生ずることが示されている²⁵⁾。充填は V1 においてエッジに対応する局所的な神経興奮が周囲に伝播するために生ずるとする考え方があるが、複雑なエッジ情報をもつテクスチャに関しても充填が起こるのは、そのような単純な神経興奮伝播説では説明できない。形の知覚は、局所的な輝度や色の変化（一次的情報）だけでなく、方位や運動成分、両眼視差などの情報（二次的情報）に基づき領域構成を行う過程によっても達成される。

形の感覚的補完がなされるスピードは、非感覚的補完のケースよりもかなり迅速であることが知られている²¹⁾。大きなカニツツア図形でも、100 msec 以下の提示時間で主観的輪郭は十分知覚される。透明視についても 60 msec 程度の短い提示時間でもその感覚が生じ、知覚的群化に影響を及ぼすことが見いだされている。ただし、感覚的補完に必要とされる時間も、非感覚的補完と同様に補完する領域の大きさとともに増大する²⁶⁾。

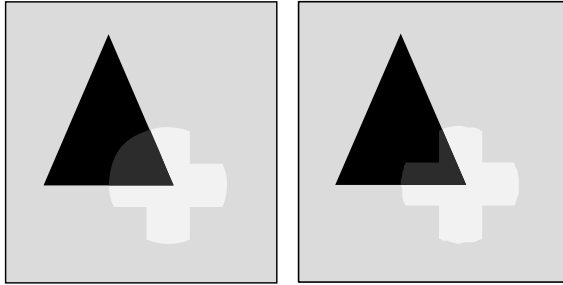
感覚的補完も前注意的になされることは、視覚探索課題や、半側空間無視の患者の実験でも確かめられている。更に、感覚的補完により形成された面は、視覚的注意をより迅速に誘導することが明らかにされている。感覚的補完の脳内基盤については神経生理学的知見が多数の報告があり、その多くは実輪郭と同様に主観的輪郭に対しても V2 ニューロンが活動を起こすというものである²⁷⁾。

9-2-3 形の補完のルール

視覚的補完が実際にどのようなルールで行われているのか、その詳細はまだ明らかにされてはいないが、形の局所的制約に基づくものと、大域的構造的性を強調する立場に分けられる。

図 9-3 のような形を見たとき、T 型接点において端点をもつ線分の方角を延長して滑らかに連結する方式によると、図 9-3a のような分節と補完が起こる可能性が考えられる。一方、形を記述するコードと演算子で情報量を定義し、できるだけ情報量の少ない簡潔な式で記述できるように分節がなされることを想定すると²⁸⁾、図 9-3b のような規則的な形があらわれる。統合失調症の患者では、見え方を実際に書かせて調べると局所的補完の傾向がより強いことが知られている。Sekuler²⁹⁾は、垂直・水平・斜め方位について対称性を示す図形が一部遮蔽された場合に、どのような非感覚的補完がなされるのかをブライミング効果を使って調べた。その結果、垂直方位に対して対称的な図形が遮蔽された場合には全体形状の規則性に基づく大域的補完がなされるが、斜めや水平方位に対して対称的な図形の場合には、よい連続要因に基づく局所的補完がなされることが分かり、ハイブリッド的補完モデルが考案された。

一方、連続性・対称性などを、全曲率関数を用いて表現し、人間の視覚特性に基づく複数の拘束条件を統合して分節の候補を絞りこむアプローチもなされている³⁰⁾。また、T 型接点における局所的相対奥行き情報を輪郭全体に伝播させて非感覚的補完を行う神経回路モデルも提出されている³¹⁾。感覚的補完と非感覚的補完は、種々の類似した心理物理的特性を示すことから、遮蔽エッジの接線がなす角度などを手がかりに補完処理を行った後に、奥行き手がかりにより補完のタイプが特定されるとする仮説も提出されている³²⁾。しかし反証となる知見も多く、現在も論争中である³³⁾。



(a)

(b)

図 9・3 局所的補完 (a) と大域的補完 (b) の例

■S3 群 - 2 編 - 9 章

9-3 形の全体と部分の処理

(執筆:行場次朗) [2008年8月受領]

9-3-1 階層パターンの認知

「木を見て森を見ず」の諺にあるように、形の全体と部分の知覚について活発な議論を引き起こしたのは、小さな文字を配置して大きな文字が構成された階層パターン (図 9・4) を用いた D. Navon の研究である。彼は、全体・部分という用語を使わずに、グローバル・ローカルという用語を使っている。実験では、階層パターンを短時間提示し、被験者に大きな文字あるいは小さな文字が何であったかをできるだけ速く答えさせ、反応時間を測定した。その結果、グローバル情報 (大きな文字) の処理がローカル情報 (小さな文字) の処理よりも時間的に速いというグローバル優先効果 (global precedence) と、ローカル情報の処理は対立するグローバル情報があると遅延するというグローバル干渉効果 (global interference) が見いだされた。この後、階層パターンの大きさや、要素パターンの密度が与える影響など、種々の批判が後続研究によりなされたが¹⁴⁾、グローバルパターンとローカルパターンの相対的弁別性を揃えるなど、条件を整えれば、グローバル情報の利用容易性は頑健に表れるという³⁴⁾。

9-3-2 グローバル・ローカル形状処理の脳内基盤

Robertson ら³⁵⁾は、階層パターンのグローバル水準とローカル水準にターゲットが出現する確率を変化させ、脳の損傷部位が反応時間に及ぼす影響を検討した。被験者は、脳に損傷のないコントロール群、左半球の下頭頂小葉 (LIPL) に損傷のある群、左半球の上側頭回 (LSTG) に損傷のある群、右半球の下頭頂小葉及び上側頭回を含む部位 (RTP) に損傷のある群であった。その結果、コントロール群、LSTG 群、RTP 群については、ターゲットの出現確率がより高い水準に対する反応時間が速くなり、出現確率が低い水準に関しては遅くなる傾向がみられた。しかし、LIPL 群では、このような適応的傾向はみられなかった。このことから、下頭頂小葉において階層構造を分析するための注意配分が行われていることが示唆された。Fink ら³⁶⁾は、階層パターンを認知する際に活性化する脳内部位をポジトロン放射断層影像法で測定した。その結果、グローバル水準に注意を向けた場合には右半球の舌状回付近が、ローカル水準に注意を向けたときには左半球の下部後頭葉が活性化した。更に、どちらの水準にターゲットが出たかを答える分配注意課題にしたときには、左半球の上側頭回後部と右半球の側頭葉 - 頭頂葉 - 後頭葉の接合部付近に活性化がみられた。

これらの知見をまとめると、グローバル・ローカル情報を統合し、注意を両レベルに適切に配分するのに重要な役割を担う脳内部位は、下頭頂小葉、あるいは、頭頂葉と側頭葉・後頭葉の接合部付近であることがうかがえる。また、グローバル情報とローカル情報が不一致のときに前者が後者に及ぼすグローバル干渉は、両レベルの情報を統合するプロセスが初期値あるいはバイアス値として、グローバル情報により大きなウェイトを与えていることに起因するのではないかと推測される³⁷⁾。

9-3-3 失認症にみられる全体と部分の知覚の障害

失認症の患者の症例からは、全体と部分の知覚のどちらか一方が、あるいは両者の統合が重く障害を受ける例が報告されている。銃弾が後頭葉を貫通した男性の患者について、ゲシュタルト崩壊 (Gestaltzerfall) という興味深い症例が報告されている³⁸⁾。この患者は瞬間視的には単語や図形の認知はできるのに、そのまま注視を続けるとすぐに全体的印象が消失してしまう。また、脳卒中で後頭葉と側頭葉を結ぶ領域に、しかも左右両半球ともに障害を受けた患者が、身近な物体や人の顔の視覚的区別ができなくなった例があるが、彼に記憶にたよってものを描くように求めると、細部まで名前をつけて、正しく描きあげるといふ。また、腹側の線状外皮質に損傷のある患者は線面で描かれた生物の認識が阻害され、ローカル文字の認識がより困難であり、正常な被験者よりも強いグローバル優先効果が生起することが報告されている。一方、背側の線状外皮質に損傷のある患者は非生物の認識が阻害され、階層パターンのグローバル処理が困難で、グローバル優先効果が起きないことが知られている³⁹⁾。

また、頭頂葉に一側性の病変をもち、それと反対側の視野に与えられた刺激に気づくことのできない症状を示す半側空間無視 (unilateral neglect) の患者でも、興味深い事実が報告されている。右半球 (後頭葉、側頭葉、頭頂葉のかなり広い範囲) に重篤な脳卒中による障害をもつ女性は、ローカル文字を両視野とも正しく抹消できるが、左側に異なった非対称のグローバル図形があることに気づかない⁴⁰⁾。階層パターンをこの患者の右視野に提示し、両水準に注意を向けさせる分配注意課題では、グローバルパターンを検出するのが著しく困難であった。グローバル水準にのみ注意を向けに行く課題でも、ローカルパターンを無視することが困難で、ローカルパターンからの干渉を受けた。この研究などから、左半球でも、ローカル情報を統合してグローバルな形状を認知することはできるが、もし、ローカルな情報と競合が起こると、すぐさま、グローバル形状に対する知覚意識が消失してしまうことが示唆されている。半側空間無視の興味深い点は、無視される領域が必ずしも視野に依存しているわけではなく、対象をベースにした座標系に依存することが報告されていることである。例えば、患者の正面に立つ実験者がかざした左手だけが見え、右手を無視していたとする。実験者が体を傾け、元の左手の位置に右手があるようにしても、依然、無視は続くという。対象の中心は、対象の低空間周波数成分に基づくグローバルな形状や輝度分布の重心を手がかりとして、決められる可能性があるという⁴¹⁾。Navon が見いだした現象も、このような対象ベースの枠組みを迅速につくり出す過程の現れとしてとらえることもできよう。

■S3 群 - 2 編 - 9 章

9-4 形の心理物理学

(執筆:行場次朗) [2008年8月 受領]

9-4-1 形の良さについて

ブregナツツの法則(本章 9-1-2 項参照)に表されているとおり, 良さはゲシュタルト法則の基底をなす概念であり, 規則性, 対称性, 単純性が含まれるとされるが, 明確な定義がなされているわけではない。

Garner & Clement⁴²⁾は, 3×3 の仮想的なマトリックスの中に 5 個の点を配置したドットパターンを刺激として良さ評定を被験者に求めた. 良さを規定する物理的変数としては, 等価セットサイズ (ESS, equivalence set size) という測度を考案した. これは, パターンに鏡映変換(垂直軸, 水平軸, 45° の斜め軸に関する折り返し)または, 90° の回転変換を施したときに, 元のパターンとは異なるパターンが何個生成されるかで定義される. 等価セットサイズの小さいパターンほど対称性が強く, 冗長性の高いパターンであり, 実験によると, 等価セットサイズは良さ評定値平均の分散の 70% 程度を説明することができた. 更に, 今井⁴³⁾は, 人間がパターンに対して内的に行うであろう認知的変換そのものに注目して, 変換構造説を唱えた. 認知的変換には, 鏡映変換と回転変換などを想定し, 複数の認知的変換に対して不変性を示すパターン (OR-結合変換構造群) は, どれか一つの変換にのみ不変性を示すパターン (単一変換構造群) よりも良い形であり, いずれの変換についても不変性を示さないパターン (空変換構造群) は最も悪い形であると予測を立て, 評定実験によりこれを確かめた. ただし, 変換構造説による良さの予測は, 順位段階的であり, 同じ構造をもつパターンでも異なった良さ評定値をもつケースなどは説明できない. 群論やハッセ図の導入によりこれらの点を改善し, より精緻な理論体系にした研究もなされている⁴⁴⁾.

一方, Yodogawa⁴⁵⁾は, デジタル画像処理でよく利用される直交変換であるウォルシュ変換をドットパターンに施し, 変換後の係数列からエントロピーを計算して, シンメトロピー (symmetry) というパターンの対称性の度合いを連続的に表す尺度を考案した. 重回帰分析によると, 良いパターンほど対称的で, シンメトロピー尺度から良さ評定値がかなりの精度で予測できることが分かった. また, 長石⁴⁶⁾は視覚心理学の領域では古くから提出されてきた場理論に基づいて図形の周りに電磁場のような視覚誘導場を仮定し, 等ポテンシャル線の周囲長 (l) と閉曲線内の面積 (s) から, l^2/s を複雑度として求め, またパターン全体の誘導場のポテンシャルエネルギーを定義した. そしてパターンの複雑度が低いほど良さが高くなる可能性や, ポテンシャルエネルギーが高くなるほどパターンの「印象の強さ」が増すことを指摘している.

9-4-2 形の複雑さについて

Chipman⁴⁷⁾は, 12 個の正方形を様々に並べてつくったパターンがどれくらい複雑に見えるかを判断してもらい, 複雑さ評定値を 7 種類の物理的変数で重回帰予測してみた. その結果, 角の数や周の長さといった量的変数にはプラスの回帰係数がつき, 対称性や反復性などの構造的変数にはマイナスの係数がついた回帰式が得られた. Chipman はこの式から, 量的変数が知覚的複雑さの上限を決定し, 構造変数はその上限から複雑さを減ずる働きをもつと考え

た。複雑さ評定を幼稚園児から大人まで行わせると、量的変数はどの年齢でも複雑さ評定に大きな影響をもっているが、構造変数につく回帰係数は年齢に伴って徐々に大きくなることも報告されている。

Ichikawa⁴⁸⁾もドットパターンの良さや複雑さの予測に有効とされている 12 個の物理的変数を因子分析した結果、ドットの分布の拡散度を表す量的因子と、対称性の強さを表す構造的因子が明瞭に抽出され、複雑さ評定値はそれぞれの因子を代表する変数 1 個ずつの線形結合によってかなりよく予測できることが示された。しかも、ドットパターンの提示時間を 0.05 から 4 秒まで変化させて複雑さ評定を行ったところ、量的変数はどの提示時間でも評定値と強い相関をもっていたが、構造的変数は長い提示時間のときのみ評定値に影響を及ぼすことが分かった。このことから、パターンの量的側面を認知する容易で迅速な過程と、時間をかけて構造的規則性を発見・抽出する高次の認知過程とが存在することがうかがえる。

複雑さ評定値は良さ評定値と強い相関をもつが、微妙に異なることも知られている。良さ評定は構造変数により大きなウェイトがかかった判断であり、量的変数に影響を比較的受けにくいのに対し、複雑さ評定はその逆のことが当てはまる傾向をもつといえる。

9-4-3 形の類似性について

形の類似性を判断させると、図形に内在する特徴次元がお互いに不可分に関連しあつて類似性を規定する組み合わせと、一方の次元が他方の次元から独立して影響を及ぼす組み合わせがある。前者の性質をもつ組み合わせは統合的次元 (integral dimension) と呼ばれ、類似度は次元空間内での刺激間のユークリッド距離でよく記述できる。一方、後者は分離的次元 (separable dimension) と呼ばれ、類似度は刺激間の市街ブロック距離に近くなることが知られている。形と色などのように多くの次元の組み合わせは分離的であるが、色合い、明るさ、飽和度などの組み合わせは完全に統合的であり、長方形の高さと幅などの空間次元も分離的には処理されにくい。また、統合次元と分離次元は二分的なものではなく、ある程度、連続性をもっているという議論もある。

類似性を次元空間内での距離で捉えようとする距離モデルには、いくつかの制約があり、例えば、楕円が円に似ている程度は、円が楕円に似ている程度よりも大きいと判断される非対称性の問題などが説明困難である。そこで、Tversky⁴⁹⁾ は、特徴対比モデル (feature based contrast model) を提唱し、類似性は両方の刺激が共有する共通特徴と、一方の刺激にだけユニークな差異特徴をどれくらいもつかによって決まるとし、下式に示すような線形マッチング関数を提出した。

$$s(a, b) = \theta f(A \cap B) - \alpha f(A - B) - \beta f(B - A)$$

ここで、 $s(a, b)$ は刺激 a の b に対する類似性、 A と B は刺激 a, b の特徴群であり、 f は特徴の顕著性 (saliency) を算出する関数で、 θ 、 α 、 β はプラスまたは 0 の値をとる重みである。類似性は共通特徴の数が増えるか、または差異特徴の数が増えるにつれて単調増加する。特徴対比モデルは、距離モデルでは不可能だった問題を説明することができる。例えば、類似性判断に非対称性が生ずることは、上式において $\alpha > \beta$ とすれば導き出される。

刺激間で特徴をマッチングする考え方のほかに、刺激のもつ構造をマッチングして類似性を導こうとする考え方がある。認知的変換構造説⁴²⁾ではパターン間の変換構造で類似性を捉え、一方のパターンを他方に一致させる認知的変換があるかどうか、その変換可能性・変換

容易性によって類似性が決定されるとする。しかし、共通の構造をもたないランダムなパターンどうしが一見すると似て知覚される場合があることを考えると、類似性は変換構造説だけからは説明しきれない⁵⁰⁾。

■S3 群 - 2 編 - 9 章

9-5 形の感性イメージ

(執筆者:行場次朗) [2008年8月 受領]

山口・王・椎名⁵¹⁾は形の感性イメージを検討する際に有効な三つの水準として、物理次元、知覚次元、感性次元をあげた。これらの3水準の関連性について、大山らの研究⁵²⁾を具体例にとって説明する。仮想的な円周上に特定の周期と振幅をもった正弦波を重ね合わせて特徴点をつくり、それらの特徴点間を直線補間あるいは曲線補間してつなぐ際に、正弦波の周期と振幅、及び特徴点のランダム変移の度合いをパラメータとして、種々の図形を作成した。このような図形は、物理次元として、周波数、振幅、特徴点位置をもつことになる。

次に、それらの図形間の主観的類似度を一対比較法により測定して多次元尺度構成法(MDS)にかけた結果、第1次元として複雑性、第2次元は規則性、第3次元は曲線性の三次元空間で表現できることが分かった。それらの特性は知覚次元に対応すると考えられる。そして、MDS から得られた刺激布置から次のような知覚次元と物理次元の関係が明らかになった。複雑性は波形周波数と、規則性は特徴点の変移と、曲線性は補間の種類や振幅と密接に関係していた。

更にセマンティック・ディファレンシャル法(SD法)により形容詞対を用いて感性評価を行ったところ、評価性、活動性、軽明性、鋭敏性の四つの因子が抽出された。これは図形の感性次元を表していると考えることができる。SD尺度値を被説明変数とし、MDSで得られた次元値を説明変数として重回帰分析を行うことにより、感性次元と知覚次元の対応を考察すると、以下のような傾向が明らかになった。評価性因子の尺度は規則性の回帰係数が高く、活動性の尺度は、複雑性次元に高い回帰を示すとともに、不規則性や直線性にも若干の回帰を示すことが分かった。軽明性は特定の知覚次元と対応を見だしにくかったが、鋭敏性は曲線性次元に高いマイナスの回帰係数を示した。

更に被験者はこのような図形を、「幸福」「不安」「破壊」などといった抽象的概念と容易に対応づけることが可能であり、図形や言語の象徴的対応関係が、評価性因子、明るさ因子、活動性因子、鋭さ因子などの感性印象に共通する因子に媒介されてもたらされることが示された。近年では図形にかかわる種々の感性次元の組み合わせが図形記憶課題の遂行成績に影響を及ぼすことも知られており⁵³⁾、感性イメージ(特に偏好性など)の効果を分析することは、知覚・認知過程の新たな側面を明らかにする手立てとなる可能性が示唆されている。

P		P	A		A	R R R R	T		S S S S S
P	P	P	A		A	R	R	T	S
P	P P	P	A A A A A		A	R	R	T	S S S S S
	P P	P P	A		A	R	R	T	S
	P	P	A		A	R R R R	T T T T T		S S S S S

図9・4 複合パターンの例 全体と部分(図案は行場³⁷⁾より)

■参考文献■

- 1) W. Metzger, "Gesetze des Sehens," 視覚の法則, 盛永四郎 (訳), 岩波書店, 1953.
- 2) S.P. Vecera, "The reference frame of figure-ground assignment," *Psychon Bull Rev*, vol.11, no. 5, pp.909-915, 2004.
- 3) N. Weisstein, and W. Wong, "Figure-ground organization and the spatial and temporal responses of the visual system," E.C. Schwab & H.C. Nusbaum, eds. *Pattern Recognition by Human and Machines*, vol.2, *Visual Perception*, pp.31-64, New York : Academic Press, 1986.
- 4) A. Iwabuchi, and H. Shimizu, "Antiphase flicker induces depth segregation," *Percept Psychophys*, vol.59, no.8, pp.1312-1326, 1997.
- 5) W. Singer, and C.M. Cray, "Visual feature integration and the temporal correlation hypothesis," *Annu Rev Neurosci*, vol.18, pp.555-586, 1995.
- 6) V.A. Lamme, and H. Spekreijse, "Neural synchrony does not represent texture segregation," *Nature*, vol.396, no.6709, pp.362-366, 1998.
- 7) 小島治幸, "視覚の結合問題と時相関係説," *心理学評論*, vol.45, no.4, pp.451-465, 2003.
- 8) H. Zhou, H.S. Friedman, and R. von der Heydt, "Coding of border ownership in monkey visual cortex," *J Neurosci*, vol.20, no.17, pp.6594-6611, 2000.
- 9) G.C. Baylis, and J. Driver, "Shape-coding in IT cells generalizations over contrast and mirror reversal, but not figure-ground reversal," *Nat Neurosci*, vol.4, no.9, pp.937-942, 2001.
- 10) S.E. Palmer, J.L. Brooks, and R. Nelson, "When does grouping happen?," *Acta Psychol*, vol.114, no.3, pp.311-330, 2003.
- 11) H.R. Wilson and F. Wilkinson, "Detection of global structure in glass patterns: implications for form vision," *Vision Res*, vol.38, no.19, pp.2933-2947, 1998.
- 12) J.L. Gallant, C.E. Conner, S. Rakshit, J.W. Lewis, and D.C. Van Essen, "Neural responses to polar, hyperbolic, and Cartesian gratings in area V4 of the macaque monkey," *J Neurophysiol*, vol.76, no.4, pp.2718-2739, 1996.
- 13) E. Kobatake and K. Tanaka, "Neuronal selectivities to complex object features in the ventral visual pathway of the macaque cerebral cortex," *J Neurophysiol*, vol.71, no.3, pp.856-867, 1994.
- 14) 行場次朗・市川伸一, "パターンの知覚," 新編 感覚・知覚心理学ハンドブック, 大山他(編), pp.946-965, 誠信書房, 1994.
- 15) P.R. Roelfsema, "Cortical algorithms for perceptual grouping," *Ann Rev Neurosci*, vol.29, pp.203-227, 2006.
- 16) M. Kubovy, and M. van den Berg, "The whole is equal to the sum of its parts: A probabilistic model of grouping by proximity and similarity in regular patterns," *Psychol Rev*, vol.115, no.1, pp.131-154, 2008.
- 17) S. Han, Y. Jiang, L. Mao, G.W. Humphreys, and J. Qin, "Attentional modulation of perceptual grouping in human visual cortex: Functional MRI studies," *Hum Brain Mapp*, vol.25, no.4, pp.424-432, 2005.
- 18) A.B. Sekuler, and S.E. Palmer, "Perception of partly occluded objects: A microgenetic analysis," *J Exp Psychol Gen*, vol.121, no.1, pp.95-111, 1992.
- 19) S.E. Guttman, A.B. Sekuler, and P.J. Kellman, "Temporal variations in visual completion: A reflection of spatial limits?," *J Exp Psychol Hum percept perform*, vol.29, no.6, pp.1211-1227, 2003.
- 20) R. Rauschenberger, and S. Yantis, "Masking unveils pre-amodal completion representation in visual search," *Nature*, vol.419, no.6826, pp.369-372, 2001.
- 21) 行場次朗, "視覚的補完現象におけるアウェアネスとクオリアの心理物理学的検討," *基礎心理学研究*, vol.21, no.1, pp.63-68, 2002.
- 22) J.S. Bakin, K. Nakayama, and C.D. Gilbert, "Visual responses in monkey areas V1 and V2 to three-dimensional surface configurations," *J Neurosci*, vol.20, no.21, pp.8188-8198, 2000.
- 23) R. Rauschenberger, T. Liu, S.D. Slotnick, and S. Yantis, "Temporally unfolding neural representation of pictorial occlusion," *Psychol Sci*, vol.14, no.7, pp.358-364, 2006.
- 24) M.A. Paradiso, and K. Nakayama, "Brightness perception and filling-in," *Vision Res*, vol.31, no.7-8, pp.1221-1234, 1991.
- 25) I. Motoyoshi, "Texture filling-in and texture segregation revealed by transient masking," *Vision Res*, vol.39, no.7, pp.1285-1291, 1999.
- 26) J. Elder, and S. Zucker, "The effect of contour closure on the rapid discrimination of two-dimensional shapes,"

- Vision Res, vol.33, no.7, pp.981-991, 1993.
- 27) H. Komatsu, "The neural mechanisms of perceptual filling-in," *Nat Rev Neurosci*, vol.7, no.3, pp.220-231, 2006.
 - 28) E.L. J. Leeuwenberg, and H. Buffart, "An Outline of Coding Theory," In H.G. Geissler, eds. *Modern Issues in Perception*. North-Holland, pp.25-47, 1983.
 - 29) A.B. Sekuler, "Local and global minima in visual completion: Effects of symmetry and orientation," *Perception*, vol.23, no.5, pp.529-545, 1994.
 - 30) A. Shimaya, "Perception of Complex Line Drawings," *J Exp Psychol Human*, vol.23, no.1, pp.25-50, 1997.
 - 31) 菊池眞之・穴田浩一・福島邦彦, "アモータル補完及び奥行き情報の復元を行う神経回路モデル," *信学論*, vol.J-82, pp.1500-1509, 1999.
 - 32) P.J. Kellman, P. Garrigan, and T.F. Shipley, "Object interpolation in three dimensions," *Psychol Rev*, vol.112, no.3, pp.586-609, 2005.
 - 33) B.L. Anderson, "The demise of the identity hypothesis and the insufficiency and nonnecessity of contour reliability in predicting object interpolation: Comment on Kellman, Garrigan, and Shipley (2007)," *Psychol Rev*, vol.114, no.2, pp.470-487, 2007.
 - 34) D. Navon, "What does a compound letter tell the psychologist's mind?," *Acta Psychol*, vol.114, no.3, pp.273-309, 2003.
 - 35) L.C. Robertson, and M.R. Lamb, "Neuropsychological contributions to theories of part/whole organization," *Cognit Psychol*, vol.23, no.2, pp.299-330, 1991.
 - 36) G.R. Fink, P.W. Halligan, J.C. Marshall, C.D. Frith, R.S. Frackowiak, and R.J. Dolan, "Where in the brain does visual attention select the forest and the trees?," *Nature*, vol.382, no.6592, pp.626-628, 1996.
 - 37) 行場次朗, "視覚パタンの認知," *イメージと認知*, 行場次朗他 (共著), 岩波書店, 2001.
 - 38) C. Faust, "Über Gestalzerfall als Symptom des parieto-occipitalen Übergangsgebietes bei doppelseitiger Verletzung nach Hirnschuss," *Nervenarzt*, vol.18, pp.103-115, 1947.
 - 39) M.J. Riddoch, et al., "A tale of two agnosias: distinctions between form and integrative agnosia," *Cogn Neuropsychol*, vol.25, no.1, pp.56-92, 2008.
 - 40) F. Doricchi, and C. Incoccia, "Seeing only the right half of the forest but cutting down all the trees?," *Nature*, vol.394, no.6688, pp.75-78, 1998.
 - 41) L.C. Robertson, and R. Rafal, "Disorders of visual attention," in *The new cognitive neurosciences*, ed. M.S. Gazzaniga, pp.633-649, Cambridge:MIT Press, 1999.
 - 42) W.G. Garner, and D.E. Clement, "Goodness of Pattern and Pattern Uncertainty," *J Verb Learn Verb Behav*, vol.2, no.5-6, pp.446-452, 1963.
 - 43) 今井四郎, "パタンの良さについての諸学説," *心理学評論*, vol.20, no.4, pp.258-272, 1977.
 - 44) 小西敏雄・岡野 大・緒方秀教・芝田安裕・天野 要・福土こう士・濱田治良・今井四郎, "パタンの良さ判断に関する変換群構造説," *情報処理学会論文誌*, vol.44, pp.2733-2742, 2003.
 - 45) E. Yodogawa, "Symmetry, an entropy-like Measure of visual symmetry," *Percept Psychophys*, vol.32, no.3, pp.230-240, 1982.
 - 46) 長石道博, "視覚の誘導場による感性評価," *認知科学*, vol.10, no.2, pp.326-333, 2003.
 - 47) S.F. Chipman, "Complexity and Structure in Visual Patterns," *J Exp Psychol Gen*, vol.106, no.3, pp.269-301, 1977.
 - 48) S. Ichikawa, "Quantitative and Structural Factors in the Judgment of Pattern Complexity," *Percept Psychophys*, vol.38, no.2, pp.101-109, 1985.
 - 49) A. Tversky, "Features of Similarity," *Psychol Rev*, vol.84, no.4, pp.327-352, 1977.
 - 50) 行場次朗, "図形の認識と錯視," *映像情報メディア学会誌*, vol.58, pp.1385-1390, 2004.
 - 51) 山口由衣・王晋民・椎名 健, "図形の心理物理的特徴と意味的特徴の対応関係," *認知心理学研究*, vol.1, no.1, pp.45-54, 2004.
 - 52) 大山正・宮埜寿夫・山田寛, "色と形の類似性知覚に対する多次元尺度の適用," *多変量解析実例ハンドブック*, 柳井晴夫他 (編), pp.633-647, 朝倉書店, 2002.
 - 53) Y. Sakuta, and J. Gyoba, "Affective impressions and memorability of color-form combinations," *J Gen Psychol*, vol.133, no.2, pp.191-207, 2006.