

解 説



心理、生理学データから推測 される知覚情報の脳内表現†

熊 沢 逸 夫††

——鍾乳洞の中で

暗闇に包まれた前方の一角をスポットライトの光が横切る瞬間、異様な形をした黒いものが浮かび上がるのを見たような気がした。すぐに光を戻して、その一角を丹念に探してみる。今度はごつごつした岩肌が照らし出されるばかりで、そのような黒いものはどこにも見当たらなかった。それは暗闇に麻痺した目作り出した幻覚であったのであろうか。

1. あらまし

というように、本稿はミステリアスな挿話で始まるが、ここに現れた「黒い何か」というのは、ヒトと異なる形態の知覚をもつ架空の生き物である。本稿では、このような生き物を仮想し、それと対比することによってヒトの知覚の本質を明らかにすることを試みる。知覚は、日頃われわれが何気なく使用しているごく当たり前の能力である。それはあまりにも日常的な能力であるため、特に巧妙であるとも特殊であるとも感じられないが、冒頭に現れたような架空の生き物を考え、それに与えることのできる知覚メカニズムの形態についてあれこれ想像を巡らしてみると、改めて、ヒトの知覚がきわめて特殊な性格をもっていること、そして、その巧妙さと裏腹に各種の制約と限界を有していることに気づく。こうした知覚メカニズムの特殊性と制約は、知覚情報の脳内表現形式と深く関係している。人工の計算機においてもそうであるが、情報をどのように表現するかということが、特定の情報処理の得意、不得意を決めるからである。

では、いったい、「われわれが、今まさに見ていると感じているこの世界は、脳の内部でどのよう

な形式で表現されているのであろうか？」近年の生理学や認知心理学の進展により、この興味の尽きない、古くからの疑問に対して、答えを推測するに足るデータが集まりつつある。本稿では、これらの心理、生理データを紹介しつつ、それを架空の生き物との対比を通じて明らかにされるヒトの知覚の特殊性と制約に関連づけて、知覚の脳内表現形式を推測することを試みようと思う。特に、パターン認識に関わる工学者の立場から、推測される知覚表現の合目的性と意味について考えてみたい。

ところで、この推測の過程で、冒頭に現れた生き物の正体が次第に明らかにされていく。人と異なる知覚メカニズムを与えられたことで、この生き物はどのような姿と生態をもたねばならぬことになるか？ その結論は、知覚メカニズムと生物の生態、そして環境がいかに深く係わり合っているかということを示す。ヒトの知覚メカニズムを理解するためには、進化の中でそれを育むことになった環境とその中でヒトの生態、そして環境との相互作用を行ううえでの物理的、肉体的な制約に関する考慮が不可欠であることが分かる。

——壁画の画像処理の結果から

場面は、ある国の考古学研究所に変わる。そこで、洞窟の岩壁に描かれた石器時代の壁画を画像処理している最中に、偶然、驚くべき事実が発見された。壁画をフーリエ変換したところ、明らかに意図的で、なんらかのメッセージを伝達しているかにみえる規則性をもつパターンが現れたのである。それは壁画そのものから生じたものではなかった。壁画の下地の岩盤には、壁画が描かれる以前に付着したと推定される、黒い染みがドット・パターン状に分布していた。一見ランダムに見えるこのパターンをフーリエ変換すると、そのような意図的なメッセージが現れることが確かめられた。

† A Psychologically and Physiologically Plausible Cortical Scheme for Coding Perception by Itsuo KUMAZAWA (Department of Computer Science, Tokyo Institute of Technology).

†† 東京工業大学情報工学科

2. 知覚における意味の局在性と文脈

フーリエ変換した結果から意味のあるメッセージが読み取れるということを少し深く考えてみよう。フーリエ変換は、実空間から周波数空間への変換であるが、次のような面白い性質をもつことが知られている。実空間に局在しているパターンをフーリエ変換すると、周波数空間では広がったパターンになる。逆に周波数空間で局在したパターンは実空間では広がったパターンに対応する。つまり、実空間のある狭い範囲に記述されている情報は、フーリエ変換されると、周波数空間の広い範囲に分散されて表現されることになる。逆に周波数空間の一点について見ると、そこには実空間の広い範囲の情報が重なり合って存在していることになる。この意味で、壁画のドット・パターンには、メッセージが分散化させた形式で表現されているということができる。

一方で、ヒトの知覚メカニズムが通常扱う感覚情報の中にはメッセージ（意味）は局在している。こう言っても「局在している」ということが何を意味しているかよく分からないかも知れない。「意味の局在性」とはいかなることであるか、以下に具体的な例を使って説明していこう。

2.1 視覚における意味の局在性

図-1に示される画像を上から順に見ていこう。このとき、よけいな既知情報を与えないように下側の画像を隠しながら見て欲しい。始めはごく小さい領域がところどころ見えているだけである。この時点で認識できる事物があるであろうか。電灯や何かの柱があることは分かるかもしれない。領域が広がるにつれて認識できる事物が増え、またより確信をもってそれが何であるか答えられるようになる。このとき、ヒトがどのようにして曖昧性を解消するのか、自分の心理状態を観察して欲しい。

まず第一に、よほど高次の論理的思考をしない限り、またそれが実際に有効となる場合でなければ、遠く離れた領域の画像が曖昧性の解消に役立つことはない。たとえば、一番上の画像では左端の下二つの領域は互いに「そこに柱がある」という解釈を助け合う。けれども一番右端の領域の画像がその解釈を助けることはない。またある範囲の領域を見て解釈が一度確定すると、それよりも

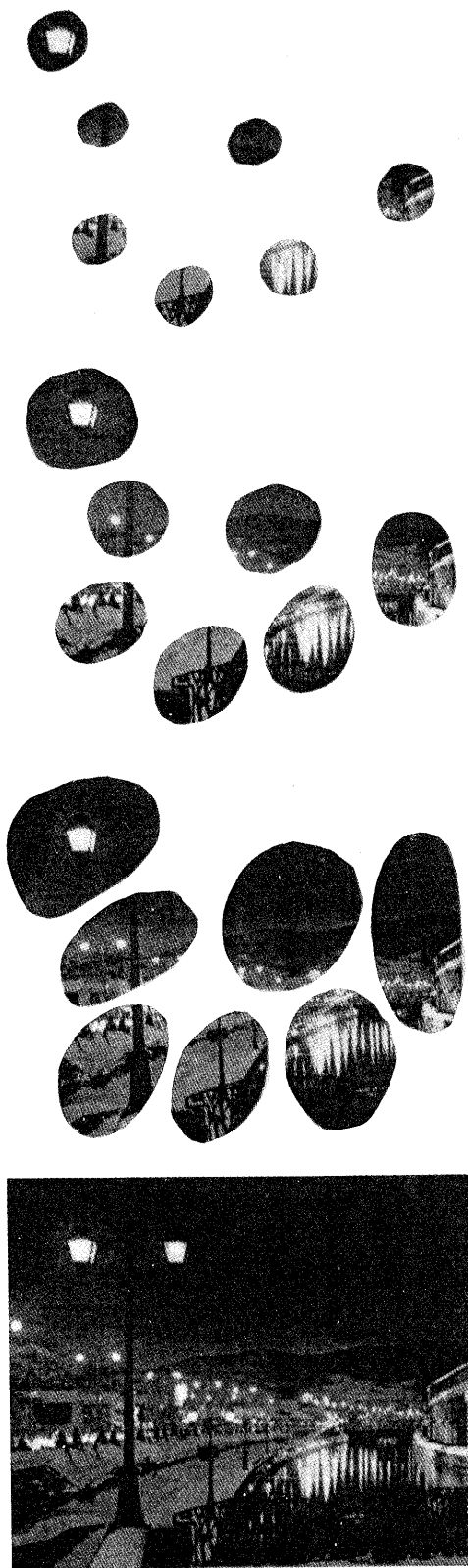


図-1 視覚の範囲を広げていったときの対象の見え方の変化

広い範囲を見て, 他の視覚情報が加わっても, その結果が覆されることは少ない。

解釈の曖昧性を解消するために文脈が重要であるとよく言われるけれども, 以上に述べた事実は, よほど病的な例を除き, 画像中の各部の解釈は, 画像全体を見なくとも, その周辺のある程度の広さの領域を見れば確定し, それ以上いくら広い範囲を見てもその解釈の結果は変わらなくなることを示している。人工的には, 各部がいくらかでも複雑に, また大局的に依存しあう構造をもつデータを生成できるだろう。つまり, ある部分のもつ意味がそれから遠く離れた部分がどうであるかということに依存して根本的に変わったり, 部分を見る限りその意味をまったく限定できないが, 全体を見ると急に意味が明らかになる, そういった構造をもつ情報表現が原理的には存在し得るはずである。たとえば, 誤り訂正能力が高い符号や暗号化された情報はそのような情報表現の例となっているかも知れない。このような情報表現の形態が存在し得るのに, 自然界の画像が局所的に決定できる側面をもつことは驚くべきことであると考えべきである。あるいは自然界がそのようにできているというよりも, 解釈というのは主体的な作用であるから, 局所的な解釈が見い出されるのは, それがヒトの知覚の枠組みであるからであり, またヒトの知覚の積極的な働きかけの結果なのかも知れない。自然界に存在する各種の因果性, 法則性のうち, 局所的に可能な解釈を見い出そうとするヒトの知覚の枠組の中で取り扱えるものだけが知覚されているとも考えられるのである。

ヒトの知覚がこのような図式を採用している理由は, その能力に制限があるためであるのか, それとも知覚の対象となる自然界が本来局所的に解釈可能な性格をもつからなのか, 現時点ではいずれであるとも断定できないが, このような図式で解釈を行う限り, 画像のある部分の解釈を決定するために遠方から大局的に伝送されるべき情報が少なく済むことは間違いのないことである。

2.2 聴覚における意味の局在性

聴覚の対象となるのは音圧の時間波形である。したがって, この場合の意味の局在性とは, 時間軸上の有限の範囲に一意的な意味が見い出されるかどうかということである。聴覚の場合にも, 文脈は重要な役割をしているが, 音素 (音韻), 単

語, あるいはコオロギの鳴いている音, 電車の音などといった音の解釈は, ある有限の時間範囲にわたりその音を聞けば決定する。また心理学的には, 聴覚にも視覚と同様, 地と図の区分があることが知られている。複数の人が同時に話しているときに, その中の特定の人の話に視点ならぬ聴点を向け, それを図として切り出すことができるという事実は, 時間軸以外の, たとえば, スペクトル軸のような特徴軸 (実際には, おそらくもっと複雑な特徴軸) が存在し, 注意を向けた人の話がこの軸上でも切り出し可能となるように音声情報が表現されていることを連想させる。このような特徴軸の存在は実証されていないが, いずれにしても, 音声の意味情報が時間軸上に局在していることは間違いないようである。音声の知覚では, ある時点の音声の解釈を行うときに, 限られた記憶の範囲内でしか過去の情報を利用できないし, また未来の情報も利用できないという制限があるから, 視覚の場合以上に強く, 局在性が要求されよう。また遠い過去の情報を物理的なレベルで保持しているとは考えられないから, 曖昧性解消のために時間軸上を大局的に伝えられる情報は音声情報の特定の側面に限られていると考えられる。

2.3 言語における意味の局在性

言語は, 発音, 意味などいろいろな側面をもつが, まずは書かれている文章を読むという作業を考えてみよう。文章は, 文字, 単語の系列である。文字, 単語の発音は, 文章全体を見なくとも, 局在している文字, 単語を単独に見るとほぼ決定する。もちろん, 音声の法則合成がうまくいっていないことから示されるように, 単に単語の発音をつなぎ合わせるだけでは自然な文章の発音を得ることはできない。単語と単語の接続を人間の調音結合と同様の制約下で行うこと, そして全体の文脈の中で, 自然となるように, 意味や感情によるアクセント, 抑揚を付けることが必要となる。それでも, 発音の作業の中で, このような全体的な一貫性が要求される部分はごくわずかである。

次に言語が伝達している情報のもう一つの側面である意味について考えてみよう。たとえば異種言語間の翻訳の作業を考えてみる。これは発音の場合ほど簡単ではなく, 局所ごとに決まったルー

ルで局在パターンの置き換えをするだけでは適切な翻訳を行うことができない。個々の単語の意味には曖昧性があり、それを解消するためには、文章全体を読んで文法や意味を考慮する必要がある。それでも、文章から単語という局在した一部分を切り出すことができ、その部分は周囲から自立して、ある程度限定された意味をもつ。このことは異なる言語間で単語の意味を翻訳する有限のリストからなる辞書が存在することから証明される。これは当たり前のことのようにであるが、よくよく考えると不思議なことである。巧妙に符号化された人工の情報の中には、局所を見る限り書かれている内容に関して何のヒントも得られないような表現をもつものが数多く存在する。もしも、一文字一文字が強く依存しあい、互いに相手の意味（文中での役割）を根本的に変えてしまうのだったら、単語のような切り出し可能な単位は存在しないであろうし、辞書を作ることもできないはずである。

発音の局所的断片が、書かれている文章の局所的断片だけを見てほぼ決定できるように言語ができていくということ、また意味情報も言語の局所的断片のみを見てある程度限定できるようになっているという事実は、ヒトの知覚メカニズムの情報統合能力になんらかの限界があることを感じさせる。言語がこのようにできているおかげで、文章を発音する際に大局的に伝達すべき（記憶しておくべき）情報は、ごく少量で済むのである。また文章の意味を把握する場合にも、単語のようにある程度自立した意味をもつ単位があれば、一文字一文字が互いの解釈上の役割を変え得る場合に比べて、曖昧性解消のため大局的に伝達すべき情報は少なく済む。逆に考えれば、ヒトの知覚メカニズムが使用する通信能力、記憶能力に制限があるために、言語の中に発音や意味が局在した形式で表現されているのだとも言えるのでなかろうか。

2.4 意味が局在していない表現

工学的にはパターンの変換にルックアップ・テーブルが使われることがある。これは変換のプロセスをアルゴリズム的に記述する代わりに、力づくであらゆる入力に対する出力を表形式で記憶しておき、入力が与えられたらそれを参照して出力を得ようとするものである。たとえば、長さ10

表-1 パターンXとパターンYの間の対応関係を示すテーブル。パターンXはパターンYの極端な分散表現になっている

X	→ Y
0000000000	→ 01
0000000001	→ 11
0000000010	→ 00
⋮	
1111111110	→ 00
1111111111	→ 10

の0,1の系列Xに対して、長さ2の0,1の系列Yを対応付ける、表-1のようなテーブルを考えてみよう。この対応付けはまったくランダムに決められたものであって、そこになんら法則性はないものとする。また、 2^{10} 通りあるあらゆるXに対して、対応先Yが定められているとする。この場合、Xの一部から、Yの一部に関するなんらかのヒントを得ることは難しい。下手をするとXの全体を見終わるまで、なんらYを決定できないかもしれない。Xの最後の1ビットの値によってYの値が変わってしまうこともあるからである。別の言い方をすれば、このことはXのどの部分の意味も、他の部分に依存していること、あるいはXの中に局在した意味が見い出されないことを意味している。

2.5 文脈を通じた相互作用

上述のルックアップ・テーブルでは、X中の1ビット、1ビットが強く依存しあい互いに相手の意味を変え得るが、通常ヒトが扱う情報表現には、なんらかの側面に関して閉じた意味をもつ局在した部分パターンが見い出される。たとえば文章が担う情報のうち「発音」という側面は日本語では文字の範囲でほぼ決定する。あるいは「翻訳」においても、単語の範囲まで見ればかなり自立した意味が見い出される。ただ、こうした部分パターンの意味は局所的情報から完全に一意的に決定してしまうわけではない。意味をより限定するためにはやはり大局的な情報が必要となる。重要なことは、意味が局在している場合には、この大局的情報は制限され、また特殊な性格をもつということである。これがどのように特殊であるのか、少し詳しく分析してみよう。

第一に、大局的に伝達される情報は、物理的に存在する多種多様な情報の中の一側面に限られているということである。たとえば、画像を解釈する場合には、形状など物理レベルの情報が伝達さ

れることは少なく, 抽象レベルの情報だけが伝達されて, それが他の部分の解釈に影響を及ぼす。あるいは形状が伝達される場合にも, 形状に関わる特定の属性のみが伝達される。第二に, 大局的

情報は, 空間的, 時間的に有限のある連続した範囲(局在した範囲)で一定値を取る変数を介在して伝わり, その範囲の解釈に作用するという一面をもつ。われわれがよく使う文脈という言葉は, これら二つの性格をもつ大局的情報の特殊な伝達形態を意味する。

たとえば, 図-2(a), (b)に示す例を考えてみよう。ここで真中の文字の物理的形状は同じであるが, 文脈に応じてAと読まれたり, Hと読まれたりする。ここで文脈が運んでいる情報は, 両側の文字の形状や名前ではないということに注意して欲しい。なぜならば, もしそうであるとする, 図-2(c)でも同様の作用が及ぶはずであるが, 実際にはそうならない。つまり, 図-2(a)では, CAT, また(b)では THE という, 形状や文字名などより抽象度の高い単語名の情報が, 単語の書かれている領域全体に伝達され, それが単語を一つのまとまった単位として知覚させ, また中央の文字の解釈に影響を及ぼしていると考えられるのである。(c)のように両側を同じ文字で挟まれ, 同じ条件下に置かれても, 局在した単語の切り出しに成功せず, 単語としての知覚が生じなければこの作用は働かない。もちろん, (d)に示すように, 文字が上つぼみで書かれているという形状に関する物理的情報も文脈となり得るが, この場合にも, 他の微妙な形状の違いなどが影響を及ぼすことはなく, 「上つぼみ」という形状の側面だけが文脈情報として伝達されている。この場合も伝達される情報は領域中一定であることに注意して欲しい。このほかにも, 空間的, 時間的に一定の変数を通じて伝えられる特定側面の情報によって解釈が影響を受ける例が多数見つかる(e)。

以上に述べてきた例から分かるように, ヒトの知覚においては, ある部位の解釈の結果が遠く離れた部位へ不連続に突然影響を及ぼすことは少ない。多くの場合, 連続した領域で一定の値を取る何かしらの変数を通じて作用が及ぶように感じられる。またある知覚断片の意味の変化が他の断片の意味を根本的に変えてしまうということも少ない。われわれが日頃文脈と呼んでいるものは, 実は, このような制限をもつ解釈間の相互作用のことであって, 局在した意味が見い出されない例として先ほど取り上げられたルックアップ・テーブルで, 1ビット, 1ビットが依存し合う強い相互

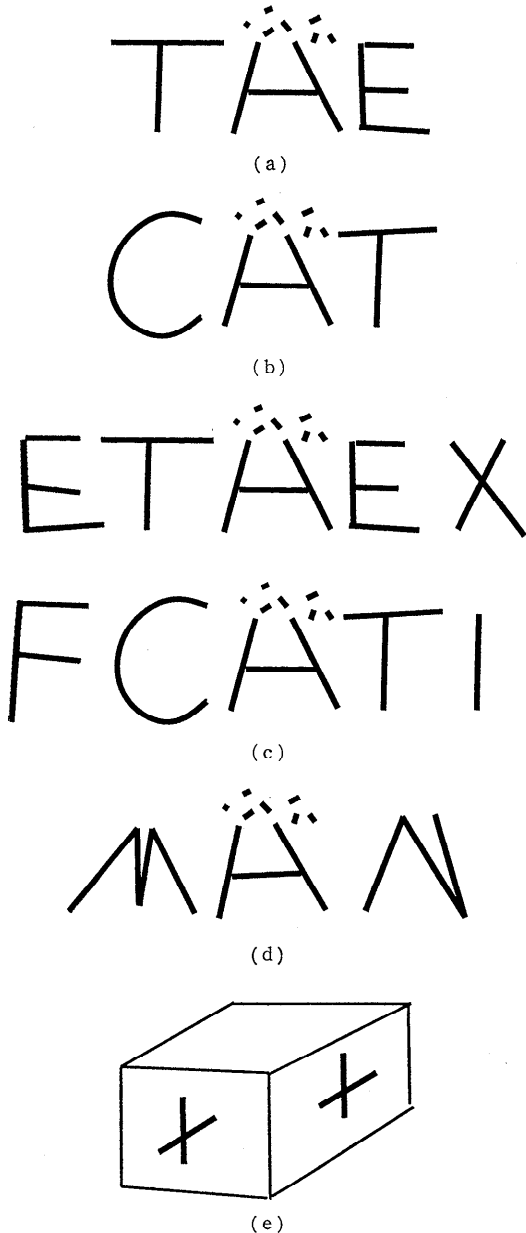


図-2 文脈による相互作用

(a), (b)真中の文字の物理的形状は同じであるが, 文脈に応じてAと読まれたり, Hと読まれたりする。(c)両側を同じ文字で挟まれ, 同じ条件下に置かれても, 局在した単語の切り出しに成功せず, 単語としての知覚が生じなければ文脈は働かない。(d)文字が上つぼみで書かれているという形状に関する物理的情報も文脈となり得る。(e)面の法線方向の情報が文脈となって, 二つの直線が交わる角度の知覚に影響を及ぼす。

作用は、われわれの知覚には見受けられないし、それは通常われわれが文脈と呼んでいる相互作用の形態と異質なものである。

——黒い小さな虫の集団

それは不思議な体験であった。先ほど、奇妙な形をした黒いものの幻覚を見た地点からさらに奥深く入った所で、今度は前方に人の影が動くのが見えた。最初はだれかが先に洞窟の中に入っていたのであろうと思った。その人物はゆっくりとこちらに向かってくる。遠くの顔は暗がりの中でよく見えなかったが、数メートル先にまで近づいた所でようやく正体が分かった。その顔には目も口もなかった。人の形をしていたのは密集して空中を乱舞する無数の黒い小さな虫の集まりであった。強い光を向けるとそれはパッと散って見えなくなった。

3. 知覚における対象の局在性の前提

3.1 認知心理学から——知覚対象の局在性

ヒトは、事物やイベントを背景から分離し、閉じた意味をもつ局在した実体として知覚しようとする。鉛筆はどのような背景下に置かれても鉛筆である。このことは決して当り前のことではない。計算機による画像理解の試みが始められてから長い年月が経つが、その間、さまざまな状況下で観測される同一の事物を同一のものとして認識するためにどれだけ多くの労力がつき込まれてきたことであろうか。カメラから取り込まれる同一対象に関するデータは決して同一となりえない。レンズの歪み、ノイズ、視点の違い、そういった諸々の要因が単純なマッチングによる同一性の判定を困難とする。このように歪められた感覚データの中から、ヒトがどのような状況においても局在した対象を抽出し、それを恒常的な事物として知覚できることは大変驚くべきことである。

感覚データの中から恒常的なものを抽出するヒトの知覚能力は進化の過程で形成されたと考えられる。環境中に恒等的な事物や普遍的法則を見い出すことができれば、現象を予測することが可能になり、食物を容易に見つけ、また危険を避けて、生物はより有利に生存していくことができる。もしも少し見る角度が変わっただけで鉛筆を鉛筆として認識できなくなってしまったら、どんなに生活に不自由することであろうか。

対象を恒常的な事物として知覚することが、このように進化上の合目的性を有するのならば、それはヒトの知覚メカニズムの中のかかなり原理的な部分、場合によっては神経系の構築にまで影響を及ぼしているのではないだろうか。たとえば、各種の要因によって歪められた感覚データを、受け身の姿勢で見ているだけでは、恒常的な対象を見い出すことは難しい。ヒトの神経系は、事物やイベントが閉じた（恒常的な）意味をもち、限られた空間、時間範囲の中に局在しているということを絶対的な前提として、こじつけてでも、感覚データの中から局在した事物を見い出そうとしているのでなかろうか。実際、ヒトの知覚の中にそのような能動的なメカニズムがあることを示唆するさまざまな心理現象が明らかにされているので、それを紹介していくことにしよう。

図-3には運動の捕捉として知られる心理現象の一例が示されている。この図で二枚の絵をすばやく交互に見せると、ドットは四角形と一緒に動くように知覚される。つまり、二枚の絵で、ドット・パターンは異なり、正しく対応が取れないのにも関わらず、四角形とドットが局在した一つの事物を成すとの前提のほうが優先され、ドットも動いたように知覚されるのである。自然界に存在する事物のほとんどは剛体であり、ある閉じた範囲にまとまって（かたまって）存在している。一つの事物が、粉々に割れた花瓶や、バラバラになったジグソーパズルのように、散り散りになって存在することは通常考えられないのである。そのような日常の（あるいは進化の過程の中での）経験によって、このような前提が形成されたのではないかと考えられる。この現象にみられるように、局在性の前提は、まず第一に事物が剛体であるということを要求する。

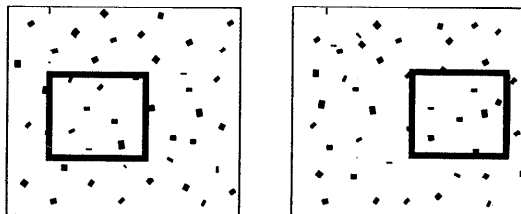


図-3 運動の捕捉。二枚の絵をすばやく交互に見せると、ドットは四角形と一緒に動くように知覚される。二枚の絵で、ドット・パターンは異なり、正しく対応が取れないのにも関わらず、四角形とドットが局在した一つの事物を成すとの前提のほうが優先され、ドットも動いたように知覚される。

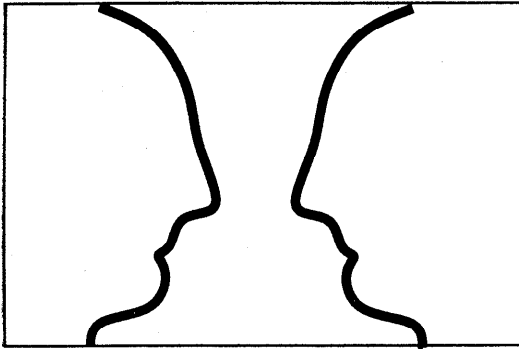


図-4 どちらを対象(図)とし, どちらを背景(地)とするかにより, 二つの解釈が可能な絵. 図は一度切り出されれば, 背景と独立な閉じた意味をもつ局在した実体となる.

次に図-4を見てみよう. この図形には二つの可能な解釈があるが, それらは競合しあい, 同時に存在することができない. この現象は, ヒトの知覚において, 対象(図)と背景(地)の区別が重要であることを示している. 図は一度切り出されれば, 背景と独立な閉じた意味をもつ局在した実体となる. この切り出しの際に境界によって分けられる二つの領域は図と地のどちらに所属するか明確にされなければならない. この図形には二つの解釈が可能であるが, それらが同時に存在できないという事実は, この所属の割り当て方が, 少なくとも一時的には, 一意的でなければならないことを意味している. このように領域に図か地かのラベルを一意的にしか割り当てることができないという制約があるのは, ヒトの知覚が対象の局在性を前提としているからである. 事物が局在しているということは, 言い換えれば, 個々の事物がその事物が存在している領域を占有し, 複数の事物が同一の空間を同時に占めることがないということの意味するのである. このように, 局在性の前提は, 前述の剛体性に加えて, 領域に割り当てられる事物への所属の結果や属性のラベルが一意的であることを要求する.

以上の二つの例は, 別の観点から眺めると, 真実とは異なる解釈が行われたり, 可能なはずの二つの解釈を同時に知覚できなかったり, といった制限がヒトの知覚にあることを意味している. このことはまた, ヒトの知覚が局在した対象の認識に専用化していて, 局在性の前提に従わないデータに対しては正常に機能できないこと, あるいは, そのようなデータを無理にでも局在性の前提

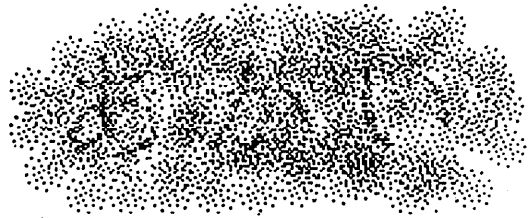


図-5 ノイズに埋もれた文字パターンの認識. われわれは, 文字の名前を得るとき, 同時に, 画像中の各ドットに対し, それが背景中のノイズであるか, それとも文字を構成する一部であるか, 一部であるとしたら, どの文字のどの部分に対応するものであるか, ということを知覚している. このようにドットの所属が明確にされるのは, 文字が局在しているからである.

に当てはめて解釈しようとする傾向をもつことを示唆する. しかし, これらの現象は, 本当にヒトの知覚能力の限界を意味しているのであろうか. 自然界の事物は物理的に局在しているから, 局在していることを前提として対応した結果, このような現象が生じただけであって, それは必ずしもヒトの知覚メカニズムの能力の限界を意味しているのではないのかもしれない.

ところが, 図-5を知覚するときのヒトの心理を分析してみると対象の局在性の前提が, 問題に依存して使い分けられる一時的な前提ではなく, どのような場面でも適用される普遍的な前提であることが分かる. 図-5にはノイズに埋もれた文字パターンが描かれているが, ヒトがこのような画像パターンから文字の名前を得るとき, 名前を得ると同時に画像中の各ドットに対し, それが背景中のノイズであるか, それとも文字を構成する一部であるか, 一部であるとしたら, どの文字のどの部分に対応するものであるか, ということを知覚している. このようにドットの所属が明らかにされるということは, ヒトが文字パターンについて地と図の区別をもつこと, そして文字という対象を局在したものとして知覚していることを意味する. このことから, 局在性を前提として解釈する傾向が, 自然界に存在する事物に対してだけでなく, 人工的に作り出された文字パターンや言語においても見い出されるということが分かる. 文字パターンや言語は, 自然界の制約を受けず, 人が勝手に作り出すことのできるものである. それにも関わらず, その中に意味が局在した形式で表現されるという事実は, 局在性の前提, あるいは制約がヒトの知覚の根源的な部分に関わる奥深い

ものであると感じさせる。

さて、以上に見てきたさまざまな心理現象は、ヒトの知覚メカニズムでは、対象、あるいは文字の切出しを行っていない状況で、対象名や文字名が知覚されることがありえないことを示している。このことは、当り前のように思えるかも知れないが、人工的に作られたパターン認識機械の多く（図-6に一例を示す）が、文字の切出しも、ドットの所属の分析も行わず、文字名だけを得ているのと対照的である。ヒトの知覚メカニズムも文字の切出しを行わずに、文字名だけを得るようになっていて良いはずであるが、実際にはそうになっていないのである。図-7に示すような、ぼけた画像や、歪んだり、不完全な文字パターンを認識する場合には、必ずしも、各部分の所属を一意的に決定することはできないが、このような場合でさえ、全体の像の意味が知覚されるときには、曖昧性をともないながらも各部分の所属が明らかにされているのである。

こうしたことから、部分の所属の分析は、もはやヒトの知覚メカニズムの中の不可欠な要素として、その方略の中に組み入れられているように感じられる。ヒトがなんらかの対象を知覚する場合には、感覚データは、必ずその対象に属する部分、すなわち「図」と、属さない部分、「地」とに分離されるのである。そして、部分の所属の分析と全体に対する対象名の決定の作業は一体化し、ほとんど同時に進行していく。もしも部分の所属

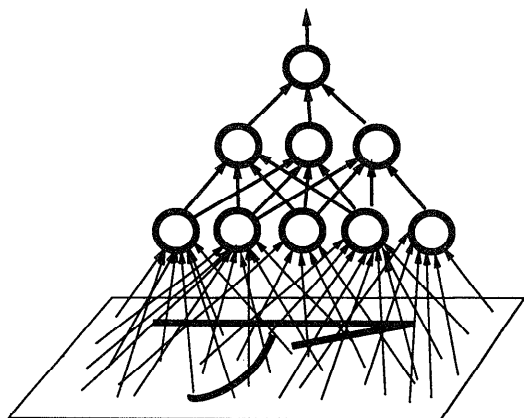


図-6 人工的なパターン認識機械の一例。この機械では、文字の切出しも、ドットの所属の分析も行わず、文字名だけを得ている。図中、円で示される素子は、入力の重み付け総和を取って、それがしきい値を越えたら1、しきい値以下だったら0を出力する。

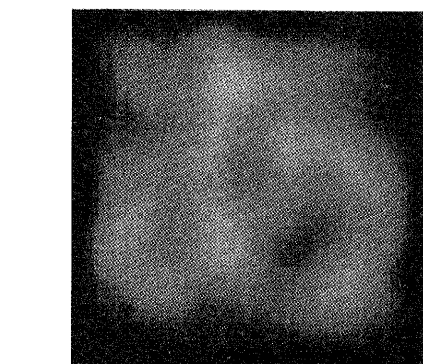
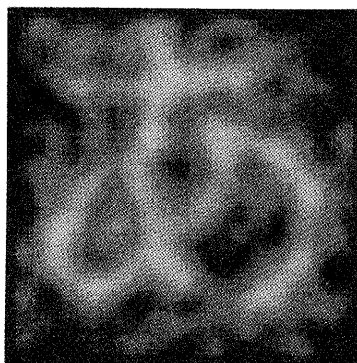


図-7 ぼけた画像を認識するときには、必ずしも、各部分の所属を一意的に決定することができないが、全体の認識結果が得られるときには、曖昧性をともないながらも各部分の所属が明らかにされている。

を明確にしえないような情報表現が与えられたら、ヒトはこの分析の枠組みを適用できず、各部分の所属を明らかにしえないばかりか、全体に対する認識結果さえも得ることができないであろう。対象が局在しているということは、ヒトの知覚が成立するうえで不可欠な絶対的な前提なのである。また視覚に限らず、聴覚、触覚といったヒトの他の知覚も地と図の区別をもつことが知られており、対象の局在性の前提はヒトのあらゆる知覚に共通の基本的前提であると考えられる。

ヒトと異質の知覚メカニズムをもつ 古代の生き物

壁画の画像処理の際に見つかったドット・パターンでは、各ドットはメッセージ全体に共有されるものであって、特定の局在した事物（たとえば、メッセージ中の一つの文字、単語）に所属するものでない。ドット・パターンの中には、なんらかの意図的な情報が含まれているのであるが、それは各ドットがそれに属するか属さないか明確にし得る「文字」のような形態で表現されているのでない。このようなドット・パターンに対し

て、地と図の切出しを行うことなど考えられず、知覚に当たって、ヒトが行っているような方略が取られることもない。したがって、洞窟内のドット・パターンは、対象の局在性を前提とするヒトの知覚の原則に従わない、ヒトと根本的に異質な知覚メカニズムをもつ生物によって、描かれたものであることが予想される。

3.2 生態学から——知覚に対する肉体的、物理的制約

情報を伝達するためになんらかの図形パターンを描くとき、われわれには、パターンの全体を同時に描くことはできない。手を使って描く以上、その一部から徐々に描いていかなければならない。このとき、パターンの部分部分に、ある程度閉じた意味をもたせるようにしなければ、多くの情報を伝達する複雑な形状のパターンを描くことは難しいであろう。

同様のことがパターンを読む場合にも言える。ヒトの知覚は、中心部のみが発達している網膜を使い、視点を時間的に走査して、情報を読み込む。一度に同時に読み込める視覚範囲は限られており、この限られた範囲内で、パターンがある程度局在した意味をもたなければ、メッセージを読み取ることは難しい。

このように、少なくともヒトのような感覚器官や行動器官を持つ生き物では、外界に行動を働きかけるときに、あるいは外界から情報を読み込むときに、局所的に、ある程度閉じた意味をもつ行動の単位、あるいは認識の単位というものが必要となる。この単位こそ、常に変動し、決して同一となりえない感覚データ、あるいは運動パターンの中で、局在し恒常的に存在しているものとして知覚される実体にはかならない。

以上の考察から、行動パターンや知覚パターンの中に局在した意味や対象が見い出されるということが、ヒトの体の構造や機能などの肉体的制約に由来していることが分かるが、さらにその根源を生物進化の過程に見い出すことができる。生物は、進化を通じて、環境に適した構造や機能を獲得してきたと言われる。環境中に存在している事物は物理的に局在しており、また生物の体自体も局在している。このように局在したものの同士の相互作用の中で生物が進化してきたことを考えると、局在した対象の認識に適する感覚器官や、外

界に対して局在した作用を及ぼす行動器官が発達してきたことはきわめて自然なことである。つまり、対象の局在性は、特定生物の知覚機能の前提というよりも、進化が使用してきた、より普遍性の高い前提であり、地球上の多くの生物が、知覚に限らず、いろいろな機能の面で、その前提のうえに成り立っていると言っても過言ではないであろう。

——局在した実体をもたない生き物

知覚データの中に対象が局在しているという前提は、生物進化にその根源をたどることのできる大変基本的な前提であり、生物の形態や機能にまでその影響が及んでいることが予想されるが、壁画のドット・パターンを描いた生物は、この生物進化の大前提に従わない知覚メカニズムをもっていたと考えられる。なぜかと言うと、壁画のドット・パターンには、そのどの一部分を見ても局在した意味が見い出されないのである。人間の目や手に類する器官ではこのようなパターンを読んだり描いたりすることはできない。このようなパターンを扱う生き物は広範囲に広がるパターンを同時に見、また描くことのできる感覚、行動器官を持っていたに違いない。さらに驚くべきことには、進化の中でこのような感覚、行動器官が形成されたということは、その生き物の体が局在していなかったことを示唆している。古代の地球には、空気のように分散した体を持つ知的生物が存在していたのであろうか。

3.3 工学者の立場から——対象の局在性の前提の合目的性

パターン認識の工学的手法の多くでは、明示的には、対象が局在しているとの前提は使われていない。たとえば、図-6に示す認識システムは、壁画のドット・パターンのようにその中に意味が(対象が)局在していないパターンや、実空間で局在したパターンをフーリエ変換して得られるスペクトルのような分散的な表現の分類にも使用できる。しかしながら、現実世界の知覚対象が必ず局在していることを考えると、局在した対象の認識に専用化した機械を考えても良いのではないか。

生物の機能は、進化の過程で、無駄のない合目的性の高いものに洗練されてきたと言われる。一見すると、対象のカテゴリ(文字名)だけを知れ

ば良いときに、わざわざ対象の各部分（ドット）の所属の分析をすることは、大変無駄なことにように思えるが、このことに何か合目的な意味があるのであろうか。工学者の立場から、ヒトの脳が採用している対象の局在性に関する前提が果たし得る役割について考えてみることにした。

まず、容易に分かることであるが、ドットの所属の分析は、複数の文字が一つの画面に書かれているときに、各文字を切り出すうえで不可欠なことである。図-6のようなシステムでは、複数の文字が含まれている入力に対応することができない。ドットの所属を明らかにする仕組みを与えることによって、初めて個々の文字を切り出し、それらを別個のものとして認識することができるようになる。もしもこのような切り出しを行わず（部品に分けず）、メッセージ全体を一つの認識単位として解釈しようとしたら、文字は有限種しかなくとも、メッセージはその組合せオーダで存在するから、認識は大変困難な作業になる。

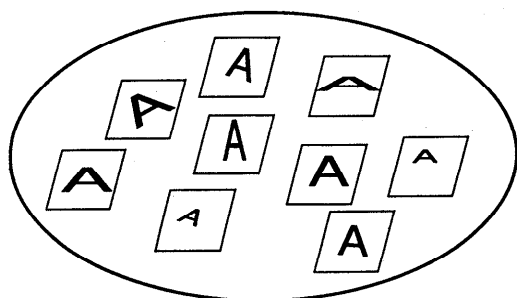
局在性の前提には、もう一つ重要な役割がある。こちらのほうが、知覚において、より本質的であるかもしれない。それは、対象が局在しているということを、知覚対象の世界がもつ絶対的、普遍的な構造、あるいは法則性として、知覚系に既知情報として与えておくことにより、知覚がもつ、一を聞いて十を知る能力、つまり、学習においてパターンを汎化する能力を実現できるということである。

次のように問題を単純化してみよう。まず、組合せオーダ（画像の画素数を N としたとき、 2^{CN} のオーダ、ここで C は1より小さな正の定数）の個数の2値画像を要素としてもつ集合を考える。たとえば、この集合というのは一つの文字のカテゴリであり、その要素はさまざまに変動した文字画像のパターンであると考えて良い。この場合の汎化の能力とは、この集合の中からランダムに選ばれた、ある現実的個数（ N のオーダ、あるいはせいぜい N の多項式オーダ）のサンプルを集合に属するパターンの例として教えるだけで、新しく提示される経験したことのないパターンに対しても、それが集合に属するものであるのか、それとも属さないものであるのか、正しく答えられるようになる能力のことである。ここで注意して欲しいのは、集合の要素数が組合せオーダであるた

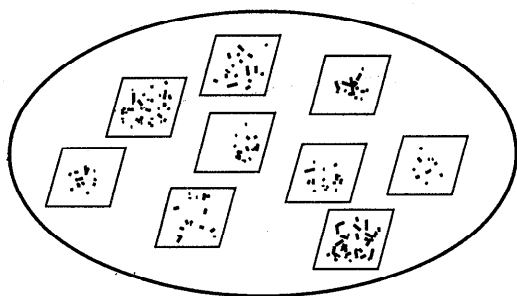
め、そのすべての要素を羅列して教えることができないということである。ヒトは、日常、このような汎化をとまなう学習をいとも簡単に行っているが、これを工学的に実現しようとするとき、われわれは大きな困難に直面する。

2^N 個のパターンの中から何の規則性もなくランダムに選ばれた 2^{CN} 個のパターンによって集合が構成されていたとする。このような場合には、仮に集合中のある一個の要素を除く残り全ての要素がサンプルとして与えられても、それらのサンプルから残された一個を推定することはできない。サンプルとして示されていない残りの要素を正しく推定するためには、集合がなんらかの普遍的法則性、あるいは構造に従って構成されており、しかも、その法則性を推定する側があらかじめ知っていなければならない。

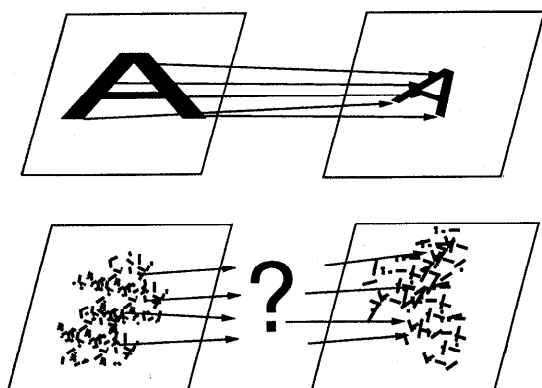
ところで、この法則性は、できるだけ問題の領域に依存しない普遍性の高いものであって欲しい。問題ごとにそのような法則性を見つけ出すのは大変であるし、仮に捜し出したとしても、問題ごとにそれを切り替えることが困難だからである。実は、対象の局在性は、ほとんど全てのパターン認識の問題に通用する大変普遍性の高い法則になっている。たとえば、同一種の文字カテゴリに属するさまざまに変形した文字パターンからなる集合を考えてみよう。図-8(a)にこのような集合、そして(b)にはランダムなドット・パターンからなる集合を示す。両者の本質的な違いは何であろうか。(a)では同一の集合に属するパターンの間に、(c)に示すようなパターンの部分間の対応関係が明らかになる。一方、(b)のランダム・パターンの部分間にこのような対応関係を見出すことができるであろうか。部分の対応付けを行うことは、各部分の所属を明らかにすること、あるいは地と図の区別を明確にすることと等価であり、さらに溯れば、それは対象の局在性の前提に還元される。(a)と(b)の違いの本質は、集合中の要素が局在性の前提に従って地と図を明確にできるものとなっているか、それともそのようになっていないかということにある。どの国の文字もこの意味では地と図が明確になる形式で書かれており、したがって、局在した対象として知覚され得るのでなかろうか。集合の構造に関するこのような情報は、文字の具体的な形状に依存せ



(a)



(b)



(c)

図-8 文字パターンの集合がもつ普遍的構造

(a)さまざまに変形した同一字種の文字パターンの集合。(b)ランダムな図形パターンの集合。(a)では同一の集合に属するパターンの中で(c)に示すようにパターンの部分間の対応が付くが、(b)の集合に属するランダム・パターンの間には、このような対応関係を見出すことができない。

ずに前もって与えておくことができるものであり、ヒトの地と図の分離を前提とした知覚メカニズムは、まさにこの既知情報を積極的に活用し得るものになっているのに違いない。工学的なパターン認識においても、このように普遍性の高い既知情報である対象の局在性を積極的に活用することが、学習性能、認識性能の向上に有効であると期待される。

壁面のドット・パターンの分析結果

壁面のドット・パターンを化学的に分析した結果、一つ一つのドットは非常に小さな昆虫が化石化したものであることが明らかになった。空中を飛んでいる最中に岩壁の間に挟まれたのであろうか。あるものは羽を広げた状態で化石化していた。これらの昆虫はどうして意味のあるメッセージを表すような配置に並んだのであろうか。またそれはどのようなメッセージを伝えているのであろうか。

4. 大脳皮質上の知覚情報の表現

今までに示してきたさまざまな観点からみて、ヒトの知覚では、知覚対象の局在性の前提がきわめて本質的な役割を果たしていることが予想される。ヒトの知覚メカニズム、神経回路の構築、そして皮質上の知覚情報の表現は、先天的に対象の局在性を仮定し、それを活用し得るように組織化されているに違いない。知覚情報が大脳皮質上にどのような形式で表現されていれば、神経回路のもつさまざまな制約下で、対象の局在性の前提が活用され得るのであろうか。皮質上の知覚表現を実際に計測する技術がない現状では、この事実を知るすべはないが、ここでは皮質の神経線維連絡に関する生理学的なデータを元に、これを推測することを試みてみよう。

4.1 大脳皮質の通信トポロジ

大脳皮質中の神経細胞間の神経線維連絡様式に関して、生理学的な研究が進んでいる。工学的には、並列計算システムの設計で、プロセッサ、メモリ間の通信トポロジは、最適なデータ表現と密接に関係した重要な問題である。もしも大脳皮質が進化の結果、合理的な計算システムになっているのならば、知覚情報は、皮質の通信トポロジを最も効率良く利用できる形式で表現されているに違いない。

皮質の神経ネットワークの詳細な結合様式に関する生理学的知見は、まだなお乏しいが、次に述べる事実はよく知られている。

まず皮質にはコラム（柱）と呼ばれる機能単位があり、それが皮質平面上に2次元的に並んでいる。図-9にその様子を示す。このようにコラムが平面的に配置される以上、隣接したコラムの間に密度の高い線維連絡を実現しやすい。実際、生

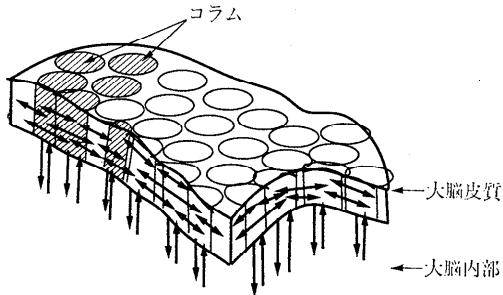


図-9 大脳皮質のコラムと線維連絡 (模式図)

理学的研究によれば、皮質には、水平方向に大変密度の高い線維が走っている。そして、その長さはせいぜい数ミリ程度で、コラム数個分ではない。コラムからは皮質表面と垂直に脳の内部へ向かう線維、あるいは脳の内部から入ってくる線維もあるが、その数は、数千/mm²から数万/mm²程度しかなく、コラム一個当たりに直すと数百から数千程度に過ぎない。またその全てが特定の一つのコラムと結合しているわけではなく、結合相手は多くのコラムに分散している。したがって、隣接した二つのコラムを結ぶ数万とも数十万とも言われる水平方向の線維は、他の二コラム間結合に比べて、際立って強力な結合であると言える。隣接したコラムの間と、遠方のコラムの間とで通信能力にこのような大きな偏りがあることは、知覚情報の表現になんらかの影響を及ぼしているはずである。

通信密度の偏りは、皮質の領野間にもみられる。たとえば、視覚についてみると、網膜はその中心を境に、右視野を与える左半分が左半球に、そして左視野を与える右半分が右半球に入力する。したがって、物体が右視野から左視野へ横切る場合には、視覚処理の担当が左半球から右半球に移ることになる。ここで右半球と左半球の視覚野の線維連絡について調べてみよう。解剖学的には、両半球の視覚一次野（第17野）の間には、両者を直接結ぶ線維連絡が少ないことが知られている。左右視野の境界部分においてのみ左右半球を結ぶ線維が存在する。逆に、視覚連合野（第18野）では、両半球の間に強力な結合があることが知られている。このデータも、また、視覚一次野で遠方のコラムの間を結ぶ通信の密度が低いことを裏付けている。18野には両半球を結ぶ大局的通信があることになるが、脳梁切断により視覚が失

われないことから、この大局的通信は本質的なものでないと予想される。

現在の計算機と比べて、脳はしばしば配線の化け物にたとえられるが、脳と言えども、3次元空間の制約下で配線を巡らせなければならない。皮質上のどの二つの細胞も直接神経線維で結ばれた完全グラフ的な通信は、神秘的な脳においても許されることでなく、上に述べた例からも、皮質のコラム間、領野間を結ぶ通信の密度は均一でなくコラム間の距離や領野の種類に依存して大きな偏りをもつことが伺い知れる。

4.2 感覚器官と皮質の通信形態

次に、感覚器官と皮質の間の線維連絡様式についてみてみよう。これについては、感覚に関わる皮質の多くの領域で、皮質上の局所的部位が感覚の局所的部位に対応する関係にあることが知られている。たとえば、視覚一次野では、皮質上の局所は網膜上のある局所的部位から入力を受ける。一つの細胞が入力を受ける網膜上の範囲は受容野と呼ばれている。また体性感覚野の局所は、体表面のある局所から皮膚感覚を受ける。可能性とし

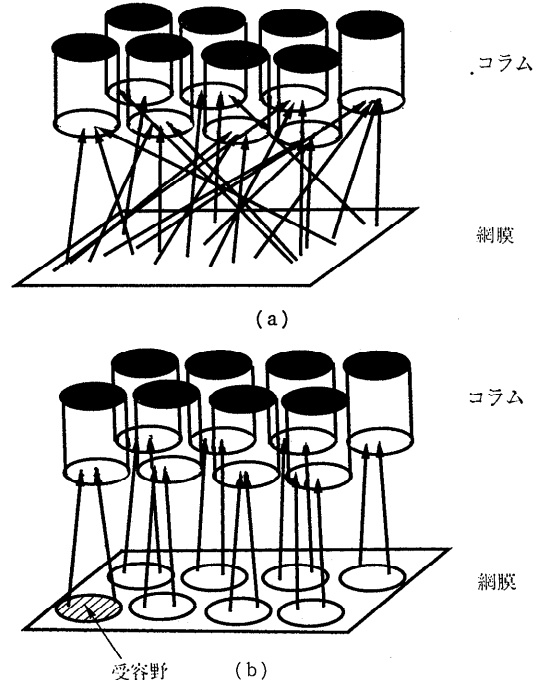


図-10 網膜と大脳皮質の通信形態 (正確には途中に外側膝状体を経由するがそれを省く)。

(a) 各コラムに網膜全体から情報が入力する形態。(b) 実際の形態。各コラムが網膜の限定された領域から入力を受け、しかも隣接したコラムは網膜上でも隣接した領域から入力を受けるというきわめて秩序立った形態をしている。

ては, 視覚野の各コラムが網膜の全領域から入力を受ける図-10(a)の形式だってあるのだが, 実際には, 各コラムが網膜の限定された領域から入力を受け, しかも隣接したコラムは網膜上でも隣接した領域から入力を受けるというきわめて秩序立った(b)の形式になっているのである。

4.3 推測される知覚情報の表現

以上で, 皮質上の知覚表現の形式を推定するのに十分なデータがそろったように思われる。

- まず, ヒトの知覚においては, 対象が局在しているという前提がきわめて重要な役割を果たしている。この前提は言い換えれば, 感覚データの各断片が固有の一つの事物に所属するというものである。一つの断片が複数の事物に同時に属するということとはありえない。局在性はまた, 一つの事物が散在せずにまとまっているということも意味するが, それは事物が存在する連続した領域中の断片が全て同じ事物に所属するように拘束されることとして表される。

- 第二に, 感覚データのある局所的断片がどの事物に属するか決定する際に, 大局的な情報が必要となるが, その多くが文脈という制限された形式で伝えられる。文脈は, 時間的, 空間的に連続した領域で一定値を取る変数を介在して, 情報のある特別な側面のみを伝えるという性格をもつ。

- 第三に, 大脳皮質は, コラムと呼ばれる処理ユニットが二次元的に配列した構成をもち, 隣接したコラムの間に, 離れたコラム間に比べて際立って強力な通信が行われ得ることが生理学的に示されている。

- 第四に, 感覚器官と大脳皮質の間には, 局所対局所の対応があり, 知覚される世界の局所が皮質上の局所に神経線維連絡されている。また隣接した感覚部位は皮質上でも隣接した部位に対応付き, 位相関係を保存したきわめて秩序だった通信形態を取ることが知られている。

以上の情報を総合して, ここで, 「皮質上のある局所には, そこに対応する感覚世界の局所がどのような事物へ所属するかということに関する分析の結果, あるいはその局所における各種の属性の解釈の結果が書き込まれる」という情報表現形式を仮定してみよう。たとえば, 画像のある局所的部位が地に属するか, 図に属するか, 図であるとするとどのような文字に属しているか, そして文

字のどの部分に相当しているか, といった諸々の情報がその部位を受容野としてもつ皮質上のコラムに書き込まれるとするのである。あるいは, 文字が上つぼみに書かれているとか, 3次元世界の面の法線方向など対象の各部位のさまざまな属性に関する解釈の結果がその部位を受容野とするコラムに書き込まれるとするのである。これはあくまでも一つの推測であって, 生理学的にも, 心理学的にも実証されたことでないが, このように仮定すると, 上に述べた皮質の通信トポロジの形態のもとで, 知覚において, 対象が局在しているという前提を活用する仕組みと, 解釈間の相互作用が文脈という形式を取る理由がよく理解できるのである。たとえば, この仮定によって, 図-3の剛体性の解釈を行う仕組みと図-4で地と図の割り当ての競合が生じる理由をうまく説明することができる。

図-11に皮質の各部位に書き込まれる解釈間の相互作用を伝達するための通信様式をいくつか示す。(a)では, 一つのコラムが隣接したコラムだけでなく, 遠方のコラムへも直接信号を送ることができる。(b)では, なんらかの別の領域(たとえば高次の処理を担う領域)を介在し, 他のコラムに影響を及ぼすことができる。(c)は実際の皮質のモデルで, 隣接した(近傍の)コラムの間で

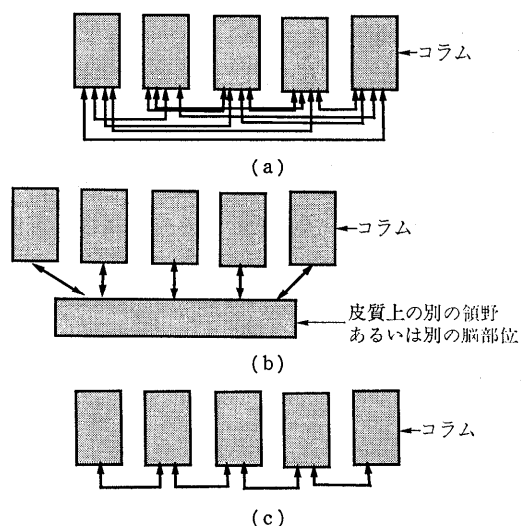


図-11 皮質上のコラムの通信様式

(a)各コラムは隣接したコラムだけでなく, 遠方のコラムへも直接信号を送ることができる。(b)なんらかの別の領域(たとえば高次の処理を担う領域)を介在して, 他のコラムに影響を及ぼす。(c)隣接したコラムの間でのみ直接情報をやり取りすることができる。

のみ直接情報をやり取りすることができる。大脳皮質では、実際には、(a), (b)の形式の通信も行われていると考えられる。しかしながら、生理学的データは、それらよりも(c)の形式の通信によって伝えられる情報の量が圧倒的に多いことを示している。(c)の形式の通信の特徴は、遠方へある情報を送ろうとすると、それは近傍を介さなければならず、必然的に、同じ情報を近傍へも伝えざるをえないということである。これに対し、(a), (b)の形式の通信では、近傍と独立に遠方へ情報を送ることができる。(c)の形式の通信トポロジには、このように情報伝達の自由度に実に強い制約があるが、対象が局在しているという前提があり、かつ上に仮定した知覚表現が行われているならば、対象を知覚するために必要となる情報処理を(c)の通信トポロジの制約下で、効率良く進めていくことができる。

たとえば、対象が局在していれば、剛体性により、対象が存在する連続した範囲に同じ所属の結果が書き込まれるべきであるということになるが、それは皮質上の隣接したコラムに書き込まれる所属の結果を同一にする拘束として表される。このような拘束は、(c)の通信形式でうまく実現することができる。また現実世界では、認識対象が移動することが日常茶飯事に起こるが、局在した対象の連続的移動にともなう解釈結果の書き換えも(c)の通信形式で行うことができる。さらに、解釈結果の間に働く相互作用の多くは、文脈によって伝えられるが、文脈の作用は、空間的に連続した領域で一定の値を取る変数を介在して及ぶ。このような作用も(c)の形式の通信でうまく伝達することができる。それから何よりも、ヒトの知覚では図-1に見られるように、ある部分の解釈を行う際に、遠方の情報よりも近傍の情報のほうが強く影響する傾向があるが、それは(c)の通信形式がもつ制約そのままである。

このように、知覚情報が上に述べた表現形式を取るものと仮定すれば、それに関わるさまざまな処理が対象の局在性の前提と(c)の通信の制約下で効率良く行われ得るのである。逆に言えば、皮質の通信トポロジが(c)の形式に制約されているから、進化の過程で、対象の局在性を前提としたヒトの知覚の独特のスタイル(多くの人はそれを独特であると感じていないが)が確立されたので

なかろうか。図-6に示す認識機械や架空の生き物が意識をもっていたら知覚するであろう世界に思いを馳せ、対象を局在していると仮定するヒトの知覚が決して唯一の可能な形式でないということを含めれば、心理学的に観測されるヒトの知覚の著しい特徴である対象の局在性の前提と、生理学的に観測されるヒトの大脳皮質の著しい特徴である隣接コラム間の際立って強力な通信能力との間の因果関係を、このような形で推測することは許されても良いのではなかろうか。

———集団に宿った知性

洞窟の中には空中を飛ぶことのできる黒い小さな虫が多数生存していた。昆虫の中には驚くべき能力をもつものがあることが知られている。ミツバチは八の字状に動き回るダンスでメッセージを伝達すると言われている。またある種のアリは組織だった社会を構成し、集団が協力しあって、木の葉を組み合わせた巣を建築したり、蜜を分泌するあぶら虫や巣作りのための樹脂を分泌する幼虫を飼育するなどといった、高度な機能を営む。洞窟の中の小さな生き物も、一つ一つを見れば何の変哲もないただの虫けらであるが、その集団にはあたかも高度な知性が宿っているかのように思えた。たとえば、普段、洞窟の中に分散しているこの生き物は、その生息域を守るため、外敵が近づくと集まり、独特の形状の集団をなしてそれを威嚇した。威嚇に有効な形状に関する情報は集団中の個体の配置パターンとして表現され、集団と集団が交じりあうときに伝達された。このとき、形状の情報は分散化され、虫の集団のどの部分集合もそれだけで全形状を形成できるように表現された。

こうして、本稿の冒頭に登場した「奇妙な形をした黒い生き物」の正体が、実は一つの生き物ではなく、小さな黒い昆虫の集団であることが示されたわけである。生物の知覚メカニズムは、その生物の姿と生態、そして物理環境との相互作用の形式と切り離して論じることはいできない。冒頭の生き物も、ヒトと異質の知覚メカニズムを仮想したことで、このような姿を取らざるをえなかった。この架空の生き物を導入した目的は、対象を局在したものとして知覚するヒトの知覚が唯一可能な形式ではないということを確認していただくことにあった。地球上の生き物は、一つの進化の

流れの中で類似した知覚メカニズムをもっているかもしれないが, それぞれ, その姿と生態にふさわしい固有の知覚世界をもち得るのである.

5. ま と め

目の前の鉛筆を指さされて、「ちょっと, その鉛筆を取って」と言われたとき, その対象が局在しているということは, われわれにとって, ごく当然で当たり前のことである. 鉛筆をよくよく見つめれば, 網膜上に写る画像の各部は, ここは鉛筆に, ここは背景に, というように, それがどの対象に所属するかということが明確にされている. 手を伸ばせばこの「局在」した鉛筆をつかみ, 持ち上げることができる. そのときの指の感触のどれが鉛筆の表面によってもたらされたものであるかということ, ヒトは知覚している. 鉛筆を再び机の上においたときの音は他の雑音と区別して切り出すことができる. このように, 視覚に限らず, 聴覚や触覚などの感覚についても, なんらかの対象が知覚されるときには, 必ずそれは局在しており, 感覚データの各部分はその対象に所属するもの(図)と属さないもの(地)に分類され得る. こう言っても, 「そんなこと当たり前だよ.」と一笑に付されそうであるが, もしも少しでもこのことを真剣に考えてくれるのならば, そして各部分の所属を明確にできない情報表現形式だってあるのに, なぜヒトが知覚する対象は必ず地と図に分離可能な形態になっているのか, という疑問を抱いてくれるのならば, 本稿の意図を理解していただけたのだと思う.

感覚データのどの断片も固有の事物に所属しない, つまり局在した対象を見い出さない知覚の図式は, 想像することさえ難しいが, 決して存在しないわけではない. たとえば, 本稿に登場した架空の生き物(の集団)であれば, 世界をそのような図式に従って知覚するかもしれない. それでもヒトの知覚では, 対象の局在性は絶対的な前提とされている. 実際, この前提が優先されるあまり, 事実が歪められてしまうことがあるくらいである. このことは, 局在性の前提は決して完全なものでなく, 一つの特殊な仮定に過ぎないこと, そしてそのような特殊な仮定に基づくヒトの知覚には, 必然的に何かしらの限界が生じることを意味している.

心理学的に, ヒトの知覚にこのような著しい

特徴があることが観測される一方で, 生理学的にも, ヒトの大脳皮質のコラム間通信トポロジに, 隣接コラム間に他と比べて際立って強力な通信が行われ得るという目立った特徴があることが知られる. これらは, それぞれ心理学的, 生理学的に著しく目立つ特徴であり, 両者がまったく無縁のものであるとは考えにくい. 両者の間には何か深い関係があるのではないだろうか. たとえば, 皮質の通信トポロジの制約が, 対象の局在性を前提とするヒトの知覚の独特のスタイルを生み出したのではないか. あるいは逆に, 進化の過程で, 対象を局在したものとして知覚することに適する通信トポロジとして, 隣接コラム間に強力な通信が行われ得る横広りの皮質の構築が決定されたのではなからうか.

本稿ではこのような予想に動機付けられて, 一つの知覚情報の脳内表現形式を推測した. それによれば, 皮質の通信トポロジの特色を生かして, 対象が局在しているという前提をうまく分析に導入することができる. たとえば, 文脈情報を伝搬し, 剛体性の拘束を表現し, 図と地の所属の分析の結果を一意的に記述する. そういったことを, 隣接したコラム間に制限された通信を効果的に利用して行うことができる.

このように, 通信トポロジの制限下, 対象の局在性を前提とした「知覚の計算」を合理的に実行し得るという点が, 本稿で推測した知覚情報の脳内表現形式の唯一の正当性のより処である. この推測が正しいことを保証する実験の根拠は何もないが, 仮にこの推測が誤っている場合にも, この推測一つのたたき台となつて, 「こういう反例がある.」とか, 「ここがこうこうおかしいから, こうなっているべきである.」といった考察が行われ, 真の知覚情報表現形式の発見に貢献することができれば幸いである. (平成4年8月28日受付)



熊沢 逸夫 (正会員)

1959年生. 1981年東京工業大学工学部電気電子工学科卒業. 1986年同大学院博士課程修了. 同年同大学工学部情報工学科助手. 1990年同学科助教授. パターン認識, 信号画像処理, ニューラルネットワークの研究に従事. 工学博士. 電子情報通信学会, 国際ニューラルネットワーク学会各会員. E-mail: kumazawa@cs.titech.ac.jp.