

# 視覚刺激の中の情報

— 視知覚研究への前書 —

狩野 陽

自然や社会の物事にせよ、情報の伝達にせよ、ひとが外界からの刺激を感受し、情報を受け取る視知覚の機序を問題にする。知覚は即座に生ずるが、短いながら時間を要する複雑な作業の時系列である。それは刺激を読み取る種々の役割を持つニューロン群の情報処理だけでなく、多くの短回路発射と系の賦活と抑制を与える非特殊性活動を誘発する。常には微かとはいえ驚きとともに刺激を知るのである。刺激はいかに情報となるか。簡単な反応では刺激の処理が反応に転ずる内的時点と想定されるが、事実はかなり複雑である。認知の主観的事実と反応時間から始め内的活動の時間・空間構成を検討する。この小論は新たな研究の展開のための準備である。

## 1. はじめに

夜、山合いの暗い小道を行くとき、突然、行く手の峰が光り炎が上がれば、驚き、何事かと思うだろう。その辺りに目的の山荘があれば、火事かと案じて何とか確かめようとするだろう。もし、それが戦国の部将であれば、合図の烽火と見て、驚きを感じずるとまもなく、早速、麾下の軍兵に下知をくだすに違いない。それが物見に出された兵であれば反応はさらに素早く、直ちに駆け下って注進に及ぶだろう。

今日の生活では、人々が他人や状況から受け取る主要な認知の事態の多くは情報として設定され、当然のこととして共通の読み取りが期待されている。かつてのアニミズムの世界では、関わる自然万物はその現われを通じて、自然の基底にある自然のあるいは超自然の意味を語り、命じ、人々はそれに共感し意味を解読するある種の共有の論理をつくりあげ、認知の作法を身につけた。

人々が外界刺激を感受し、情報を受け取る知覚の機序はなんであろうか。適刺激を感受した当初に、感受系から中枢処理系にいたる反応と処理の活動は上昇し、刺激の持続や反復を通じて活動は時間とともに限局し衰退して概念化した知覚表象が持続する。情報は、どの時点で情報として発生するのであろうか。それは単に刺激と情報の定義の問題ではなく、知覚の事実の微視発生的検討があるであろう。

ここでは、その機序を刺激との出会いの最初におこる認知系と刺激の先行状態からの差異の検出とそれとのかかわりの強さに着目して(狩野 1967)、その示標を手掛かりに知覚情報の成立の過程をたどる。これが基本的な課題である。現在、心理学はその解決の条件を備えてはいない。そのために、分析の方法と構成概念、仮説系の問題と知覚の時間機序についての予備的取り扱いが必要である。

## 導入：問題

今日、知覚の理論を構築するのに、それを情報処理過程とみてモデルを立てる有効さは疑いをいれない。しかし、認知が情報抽出であれば抽出の原材料である刺激は入力してどんな状態にあるのだろうか、抽出が短くとも時間のかかる工程であるなら、刺激材料はどのような知覚の作業を経て情報となるのか、与えられた情報を読み取るのが認知の情報処理とすれば、感覚器官に情報として与えられた刺激の現前する状態はなにか、その直後の読み取りはどう進行するのか、その時間関係も、それにつれての刺激入力の変容の過程も定かではない。

私たちの感受系は常に膨大な刺激にさらされている。感覚器に現前した事態の刺激は、感受系の求心性、遠心性経路の過程を経て、中枢活動系がその自発する活動の中で、これに應ずる興奮と抑制のダイナミクスを通じて、感知の体験を現成する。そのパターンを感知し、見分け、信号に応じ、文字を読み取り、その色をうかがう。森の中で木の葉の揺れとかすかな気配が、ときに思わず身を引き締める。このはっとした漠たる感覚とおやという驚きと警戒の感じは、いつでも気付かれるわけではなく、実際に気付く時期は遅く、感覚化時間の進行した段階であるが、認知の初期過程であらゆる情報は、刺激として、なにかわからぬものからそれとしてわかるものへの経過をとる。それは情動や反射を誘発し、認知系だけに留まらない心身の反応を伴う。森のさわめきも洗練された情報も、知覚の未分化で発動的な初期過程を誘発して認知を成就するのである。

この小論は、視覚刺激が情報として認知されるにいたるプロセスをあつかう。視覚は短いながら時間のかかる複雑な工程である。網膜から外側膝状体を経て投射皮質に入り広範な脳作業を誘発して認知にいたる。感受系から投射野にいたる視覚情報の特徴抽出はネコ

の視覚領で微小電極刺入によって特定の線分のパタンに応答するニューロンを同定して以来 (Hubel & Wiesel, 1959), 多くの知見が集積した。サルにおいて、線の太さ、傾き、コントラスト、運動方向等の刺激パラメータに対して、空間分解能、方位選択、エンドストップ性があり色彩コントラストに応答するが波長選択性がなくパタン視に要素的に関与する小細胞—ブロップ間系、時間分解能と両眼視差に選択性があり奥行や運動視に関わる大細胞系、波長選択性の高いブロップ系などパタン特性の基本的エレメントに応答するニューロン群が特定された (Livingstone & Hubel, 1987, 1988)。これらの刺激パラメータに特定性のあるニューロン群を集合的に構造化するハイパーコラムが想定される。しかし、これらは刺激を情報とするそのものではない。感受刺激へ応答するのは、各段階の処理と上行性、下行性の投射、調整、フィードバック活動だけでない。視覚神経伝達路の各段階は多様な側枝を出し、瞳孔の拡大、縮小のような末梢性反射の回路と皮質感覚野、連合野と広汎な脳の活動準位を左右する脳幹—視床から皮質への特殊性投射と非特殊性投射システムをなしている。

脳皮質は、ネコの一次視覚皮質の資料によると (Mignard & Malpeli 1991, 狩野 1992) 特定の視床核からの求心性インパルスは脳表面に垂直な細胞構築の異なる 6 層からなるニューロン集合のコラムの第 4 層を主とする中間層に終着し、ここから上層、第 1, 2, 3 層と下層の第 5, 6 層にインパルスが入る。この求心性インパルスのキイポイントである第 4 層からの層間相互作用が抑制されて中断すると他層は組織化した出力を自発する。各層は反応性の活動体制であるとともに第 4 層を介する求心性入力の弱化にともなって皮質—皮質の入力の処理が支配する。皮質の垂直性コラム構造は、容易に推定しうるような、より低次の段階から高次の活動段階への階層

的体制ではない。各コラムには、なんらかの発電力があり、コラム内外の相互作用の賦活と抑制のダイナミクスの中で皮質の高次活動を現実化している。

さらに、眼球運動での筋感覚を始めとして、多くの感覚モダリティの相互作用がかかわる。当然、知覚は行動に直結している (Vaadia et al., 1995)。この論はそれらには触れない。そればかりではなく、視覚の情報処理をシステムとして論ずることも目的とはしていない。生体に常在する内外の刺激状態にある感覚に感受と適合した刺激が出現したとき、刺激は感受系がそれまで生成しつつある動的均衡あるいは均衡回復の過程と慣れを差異として破る。これは一時的な均衡破壊であり、原初的な差異反応である。初期に発生する知覚系の緊張水準の上昇、賦活と抑制、衝撃と攪乱と鎮静化が考察の主題である。生体にとって知覚の情報処理は、たとえ刺激を待ち受けているときでも、刺激受取りの初期に衝撃と攪乱が生じ、その収束と特定化の中で処理が進行し認知にいたる。認知が成立しても攪乱と刺激の与える問題は解消するとは限らない。人間という生物にとって、刺激は認知の情報処理に尽きない適応上の課題である。知覚が、その活動系の慣れた均衡状態からの差異として刺激反応による系内の衝撃と攪乱を受け、均衡を回復する認知形成の微細な発生過程に、この小論は論点をおく。

この小論は、知覚の情報処理モデルの効用を否定するものではない。出現した刺激の起発する知覚の原初的な反応からの変動の過程を通じて、そこに情報が現成する心理学的、神経生理学的経過に着目する。考察は、主として心理学的測定と人体に侵襲しない頭部表層の電気的変化の計測資料に限られる。この論は知覚情報処理論のジャンルに属するという指摘がやはりあるだろう。ミシガン大学の Smith, E.E. (1997) の認知心理学への認知神経科学の浸透の主張もあり、知覚情報処理論

がこの対象領域に拡大することを望むが、知覚に出現した変動が感受主体に広範な攪乱を惹起しその収束の過程で副次的、部分的に情報性過程が進行するという論の立て方は、現況では知覚論から情報論への移行として位置づけざるをえない。刺激が情報にいたるプロセスは、たとえ他者が通信のため合図を送り、受け手が受信の反応をする場合にも受け手に発生する共通の事態である。情報という概念を広く定義するか狭くするかで表現は異なるをえないが、この論は情報ならざるものとの関係で情報を考える、そこに意義がある。現実の視覚事態を左右する心理、生理的作用は、当面の少数の因子の作用だけを論じ、その他の要因は扱わない。しかし、それらの対象外の因子の作用を一定として論をすすめることはできない。これらは複雑で鋭敏な相互作用の中にあり、認知主体の振舞いは、これらの相互作用する因子群の生ずる確率的な統計的事態である。そのゆえに、それは非可逆的過程である。

## 2. 方法、資料と概念系

本論で展開する理論は、主に心理学の伝統的な概念を用いて構成し、主たる資料は、外界刺激をほぼ一定とした実験室条件での幼児から青年、老年者にいたる正常者と知的遅滞、情緒障害、自閉的障害、分裂症状等の精神的問題を持つ人々、神経学的症状をもつ人々の認知過程の言語的、動作的、生態学的反応と事前事後の陳述および実験とその全経過の精神生理学的計測記録である。主たる計測は末梢活動反応と中枢の脳波、誘発電位、事象関連電位である。

### 2.1 方法と利用する計測資料

視知覚の資料は精神物理的測定法を基本とし、被験者特性の記述には心理検査と精神医学的診断法を用いる。精神生理学的分析には、生体を侵襲しない神経生理学的測定の使用データを使用する。

非侵襲の末梢活動計測として、ここでは皮膚汗腺の反射 (GSR)、皮膚表層の微細振動 (Mikrobewegung)、心拍 (心電図)、動態血流量、指尖脈波、筋反応活動電位 (筋電図)、眼球運動の測定資料を用いる。頭部内のデータには、網膜電図、脳波、誘発電位、事象関連電位、脳磁界計測 (Magnetoencephalography)、機能的核磁気共鳴画像 (Functional Magnetic Resonance Imaging)、陽電子放射トモグラフィ (PET)、近赤外線脳血流分光計測 (Near Infrared Spectroscopy) による資料を用いる。

## 2.2 認知を解明する心理学の言葉と概念、 事象の法則性

心理学にとって、行動学から認知科学への展開は急激で革新的であった。私たちの教室研究のように、一貫して認知と行動を総体として対象としてきて変わらぬ研究姿勢をとったものは少数でしかなかった。心理学者は、それまで棄却してきた対象を取り上げ、忌避されてきた用語で論じ始めた。多くの研究者は今まで禁止されていた暗々の意識の領域に立ち入り、内面の事象に直面することになった。使われ始めた用語は、きわめて素朴な日常語のままであったり、情報科学の術語であることが多かった。それらは便利ではあるが恣意的で比喩を出ない。その状況は今も続いている。それは緻密な検討を妨げている。心理学を構成する理論と概念装置のみでなく、学の性格をも吟味すべきであろう。心理学者の仕事には、対象とする行動と心的事実に直接的明証性の有利さがあるにもかかわらず、不全感がつきまとう。心理学の事象は、生理学的、生物学的、社会科学的事実と分ち難く関連し、心理学外からの条件発生的脈絡のもとにある。その説明も情報科学、神経生理学、生物学、社会科学のモデルに依拠せざるをえない。だが、自立した認識の根拠の弱さが心理学者の不全感の主因であるのではない。心理学の当然の希求は、科学であろうと

することであった。それは世俗的なわけりからの脱却でもある。心理学者は科学たる資格を守るため研究の対象を科学的と信ずる測定法に適合するものに限ろうとした。だが、知覚や思考であれ行動であれ、実際に要する認識はその限定した研究法を越えた経験を土台としている。

心理学の事実は、ひとの経験の最も厚い蓄積のなかの事実である。心理学は方法と理論の制約でしか人間を知らないが、心理学者は自らが人間として、自他ともによく知るのである。この利点自体が学としての不十全さを気付かせる。これは心理臨床や教育実践の知ではとりわけ切実であるが、本論の取り扱う知覚や思考の研究にもかかわる。しかし、その不全さが、本来、人間についてのいかなる知識も確実でも包括的でもないことに根ざす限り心理学は手のうちで実証できる試みを重ねるほかない。

## 2.3 心理事象の法則性の信念

現在、心理学は科学であり、人間の事象に法則を見出すのは当然とされている。これは必ずしも自明のことではない。ギリシア古典期において人間事象の知のシステムは形成しつつあったが、それは秩序なすコスモスである自然とは異なり、運——*τύχη* (この語は *μοίρα* とは背離せず根底で同じ観念を共有し合う)——に左右され、常住なく予測し難いとするのが通念であった。

アリストテレスの日常概念による心的事実の精緻な記述と分類にも、この通念は通底している。やがて、神の摂理の観念が通念を支配し、人の生きる定めも神意により生活の隅々にまで決定的とする受容が、4—5世紀に知として熟成した。ルネサンス期のイタリアの大学のカリキュラムで心理学は自然哲学の頂点とされ、その中心にイスラムの伝承に基づくアリストテレスのデ・アニマが位置したが、ボローニャの学徒のわかり方には神学的な摂理の観念が浸透し、もはやアリストテレ

スを囲むリユケイオンの門人達とは同じではない。やがて神の退場につれ、人間事象の法則性の知こそ人間にとって運命の神と同じ勝義の知となるという主張が、ヴィーコからヘーゲルを経て、19—20世紀初頭の社会学者、心理学者に受け継がれるが、そこには、なお摂理が影を投じている。

現に、心理学の研究者にとって、事象の法則性とは何であろうか。自然科学から外挿して認識の基準を立て、その基準に適さぬ心理事象は切捨てるという法則性ではなく、それは心理事象に貫徹する秩序性を表示するものであり、研究操作に応じて開示される。ゆえに、それは因果的にせよ統計的にせよ事象発現のパタンの把握可能性であって、一回の事象の発生にも、反復する事象の発現にも妥当する。法則の把握の可能性は、方法とその事象を表示する概念特性のもつ機能性の高さにかかわる。

#### 2.4 心理学の構成概念と日常概念

心理学の概念は多く生活上の言葉に発し、事象の法則化と研究操作に基き論理構築の洗練をうける。だが、概念は社会の歴史的枠組の規定を残し、認識を損う。認知過程の概念構成は、状況に適応して働く心的過程の事実として記述し、脳内過程の表示と整合して組立てることを必要としている。認知系や意識と行動を支える系の障害と欠損による認知不全や行動障害の発生の事実は、系が必須とする因子の所在と機能を示唆する(Weiskrantz, 1997)。かつて失語症が啓示をあたえた時期よりも、障害部位の特定可能な現在、とくに有効である。心理学が神経科学、情報科学と共同でき、臨床と教育の基礎学となるのは、注意や活性化という伝来の用語を越えて、それをあらしめ、認知を適応に指向し、活動を選択的に促進し抑制し、目的を生み、最適の処理を強化する精神生理学的ダイナミクスを認知研究に即して組織化できるかに関わる。この認知と経験に内在する動機づけの

仕組みは、経験項を結合する価値特性として記述できよう。だが情動や動機づけの概念構成には未だ実体性が濃厚に残存する。代表的な動因として、飢餓、渇き、排泄や性の衝動を想定し、内発的や外発的因子を配する動機づけの素朴な系が通用している。これらの動因は単純な要求—ホメオステイシス回復の仕組みではない。社会的な要求阻止事態の概念化であり、それぞれの文化圏で歴史的に要求の充足を束縛し、統制の下での体験過程が社会概念として定立してきた内容を示している。知覚の活動は欲求や感情の影響下にあるが、その影響の記述には常に特定の社会的、歴史的観念の混入が免れ難い。「腑に落ちる」説明と解釈ほど、心理学にとって危険が大きく根深い。このため、これらの欲動と情動の作用については、可塑性をそなえる神経系とサブシステムの賦活と抑制の用語で記述する手続きをとる。現在なお、心理学は用語の純化と心身系の概念の統一の視点を必要としている。この小論は、それを意図した試みである。

#### 2.5 定義

この小論の刺激という概念は、直接に感覚器官に加えられた感受活動を誘発するエネルギー過程であって、視覚の場合、適合する近接刺激としての発光あるいは反射する視覚対象から発する光量子の束を主要なものとするが、眼内刺激(phosphene)等視覚を発現する生体内の事象もあり、視覚活動を誘発する生体内外のエネルギー源とその変動を指している。この意味では、生体にとって刺激は常在し、その中で特定刺激に対する特定の知覚反応が生起するのである。

感覚と知覚は、ともに認知連続体(cognitive continuum)の一環であって、前者は感受系から側枝により誘発する初期活動を伴う投射野にいたる活動に支えられた刺激に接した認知を指し、後者は刺激の識別と同定と多くは命名をふくむ認知活動を指す。

知覚表象, 知覚物は, ともに percepts を指し, 刺激の知覚処理の産物である対象の意識体験であり, パタンとして他と識別され, おおむね命名可能である. イメージ, 知覚印象と意味を共有し, より包括的な概念である.

### 3. 感覚刺激と認知の形成

#### 3.1 主観的事実

目前を犬が通れば, 私たちは即座にわかる. 注目している視野に対象が出現すれば, 即時に, そのありのままの知覚が生じるという日常の古く素朴な確信は, 長く続いた. この覚知の即時性と即事性の信念は, 直観, 直接経験を始めとする多くの, やや学術的な用語にも投影している.

ある場合には, 出現したのは猫だと思ったら小型の犬だったというような不審に思う体験があれば, どうしてそう見えたか, 始めの印象は果たしてどうであったかと問うことは起こるが, 自己の体験であっても一旦成立した猫あるいは犬の知覚表象は強固で遡るのはかなり難しい. 最初に猫と見たとき, おや! なんだ, といぶかしい気がしたと追想できる人は多いが, 猫と見る体験自体を遡及できる人は少ない.

心理学の古典的技法である組織的内観法は, ヴェルツブルグ学派の Kuelpe, O. (1893, 1920) とそのグループが実験を洗練し, 方法として体系化した. 感覚の刺激とそれから発生する意識体験, 認知の関係の規則性を確定し, その法則を見出そうとした. 感覚印象の全ての属性は同時に意識に存在するのであろうか, 意識体験の組成には感覚や心像として現われない意識内容があるのではないかが主題であった.

今, その技法を準用して, 自己の知覚の体験に即して, 目前に犬が現われた時点から体験の経過を細かく, いわば微視発生的にたどることができる. 最初に, 出現したものに目を向ける動きがあり, 周囲の見え方が薄れて,

対象像が正面に, 明るく明瞭になり, そのものの各部と, またその近い周囲にみえが移り変わり, その間に犬の姿の特徴がはっきりする相と, ぼける相が去来し, 頭部, 胴体, 尻尾とみえは変転する. やがて, おや, ときには, おやなんだという感じを伴って, 犬だという覚知が生ずる. さらに見続けると対象像が縮減し, ときに消滅し, また再現する. その間, それが犬であるという確信は持続する. 光量が多く視認の活動の高い条件で, 最初の相は, 50~200 msec, 犬という覚知の発生には, 500~1,500 msec の時間経過があり, 瞬時ではありえないことがわかる.

この実験現象学というべき認知の自己体験の観察は, 個人的知であり, 内省の組織的訓練を積んだ熟練者であっても知覚体験の全面にわたるものではなく, 知覚の事象がいかに生起するかを知るには有効さが欠ける.

知覚が成立するのに要する時間の問題は, 1894年, ノルウエーで, 天文測定対象が観測枠内に出現した時点と出現を知覚した時点で対象の位置がずれるという測定誤差の発生の問題として, Pihl, O.A.L. が提起し, やがて感覚時間測定の研究分野として心理学に定着した. 出現した犬を知覚した時点で, 事実の犬の位置と態様はすでに変移している.

心理学にとって, 本来, 感覚も知覚も即時的な事象ではない. それは短時間で経過する複雑な作業による対象との相互作用のプロセスである.

認知の心理学の出発は, 知覚には時間がかかるという事実の確認に始まる. どんな処理でも工学的には仕事のシステムと作業時間を要する. 知覚の時間特性と自由度の低いやや固定的な処理特性は, 情報処理モデルとモジュールによる説明に適合している.

#### 3.2 認知の時間構成

視知覚で刺激が情報となる時点はいつであろうか. それは刺激の感受が反応に転ずるその時点であるというのが古くからの心理学の

理解であった。この理解からすると、反応時間は感覚と判断と筋動作の時間からなり、その総体から筋支配と完了動作の時間を減算すれば情報生成の時間が計れるはずであろう。

心的決定と行動発生との経過をオーバーヘッドとし、行動を媒介する心的分析の所要時間を臨界持続とすれば、次の定式化が可能であるとする提言がある (Wasserman & Kong, 1979)

$\text{Overhead} = \text{reaction time} - \text{critical duration} - \text{constant}$

### 3.2.1 感覚化時間と反応時間

視覚刺激が知覚されるのに要する時間、知覚潜時、感覚化時間は、Pihlの天文測定誤差の問題提起を受けた Froelich の感覚時間測定法に先立って、反応時間の個人差についてはすでに 1796 年のグリニッジ天文台での誤差問題の解決として、個差 (personal equation) が提案され、多くの研究が集積していた。Wundt, W. は、Grundzuege der physiologischen Psychologie 2 巻 (1874 年) を、1908 年から 1911 年に補訂して、当時の知見を体系化した浩瀚な 3 巻を刊行した。その第 3 巻には直接的感覚表象過程が取り扱われ、当時の視覚単純反応時間のデータが表示されている。Hirsch 200msec, Donders 188msec, Hankel 224msec, Wundt 222msec, Exner 150msec, von Kries 193msec, Auerbach 191msec, Cattell 150msec であり、筋反応では、172-182 msec, 感覚反応では、290-291 msec であった。

当時、von Helmholtz による感覚路の伝導、伝達時間の測定、Donders (1868) による高次の選択反応時間から単純反応時間を減算して高次の活動時間を算定するデータの蓄積があり、Wundt は、統覚機能を推定する手掛かりとして分析している。その個別データを平均すると、単純反応時間 185 msec, 同一条件での 4 色からの弁別反応時間 305 msec, これを差し引きすると弁別活動そのものに要する時間 120 msec を推定できるだろう。

私たちの資料では、単純な感覚時間 (Empfindungszeit) の中で、単一の感覚は短く、数十ミリ秒のオーダーで発現をみるが、視覚情報の読み取りには時間を要し、旧式の航空機コクピット内の操縦士が計器着陸する場合の計器注視時間は平均 600 msec であった (Fitts, Jones & Mitten, 1950)。視覚刺激に対する意識的な知覚表象の発現には、450 msec から 1 秒を越える潜時を必要とする。視覚プライミング状態でプライム刺激の画像を提示し、その消失の 1 秒後、同じ位置に、それと意味関連のある異なる画像をターゲットとして提示すると、反応時間は、意味関連のないターゲットに対するより短縮する。一人の器質性健忘症例では、先行の刺激の保持は失われていてごく初期には反応時間の短縮は起こらないが、課題反復につれて誤反応が減少し、やがて反応時間が短縮した。このプライミング効果は同年齢の健常群と異なり、意味関連による促進ではなく対連合学習であると推定できる証拠がある。反復後期ではエピソード記憶の効果と、それに媒介された健常群と同様な意味関連のプライミング効果が反応時間を短縮している (村田他 1991)。

網膜電図、脳幹誘発電位と筋電図のデータからみると、網膜の b 電位は、33~42 msec, c, d, e 電位は、より長く 100~200 msec におよび、網膜電位が発生してから皮質投射にいたる時間は 10 msec, 最小限の皮質時間 30~40 msec, 運動皮質からの遠心性伝達は 10~20 msec, 筋収縮 10~20 msec, これらは、覚醒時、適度の賦活条件で、単純な反応動作を可能とする活動時間の概算値である。しかし、反応は視覚刺激が入力としてコード化し投射路を上向し、中枢処理されて遠心路を下向し、筋動作を発動するという簡単なループではない。

これらの各段階間には順方向の結合とともに逆方向の結合があり、制御と調整の連絡をしている。それは、von Holst (1950) が、回

転する白黒模様のシリンダー内のハエ (Eristalis) の静止と飛行の動作を可能にする仮説として立てた Reafferenz の概念が包括するよりもさらに微細なフィードバックのモデルを必要としている。反応時間は学習と習慣の形成により短縮する。

この感覚から認知の高次作業工程の時系列を仕事の必要時間により分別する期待は、やがて急速に減退した。Wundt の論述にも、既に、その懸念が生じていて、それ以降、反応時間から認知活動を推定する研究は心理学から影を潜めた。それは、当時の心理学の研究パラダイム、概念構成と理論ではやむをえない成り行きであったが、脳がブラックボックスで、その内部の活動経過が計測できないことが決定的な要因であった。反応時間研究の関心は、その後、幾度かの高まりがあった。そのいくつかは方法上のイノベーションと研究パラダイムの変換に起因している。

その一つは、脳波にかかわるカルフォルニア大学リンズレイ教授の教室での反応時間の検索である。アルファ・リズム状態での閃光への反応時間は、280 msec、ブザー警告後のアルファ減衰状態では、208 msec (Lansing 1957, Lansing, Schwartz, Lindsay 1959), この反応加速論には異論があるが、データは条件を工夫すれば反復可能である。反応加速はアルファ減衰という緊張水準の上昇で説明は可能であるが、それは目的動作の促進だけでなく攪乱と抑制にもかかわる。データの散乱はその条件を統制しないかぎり当然であった。反応の速度をアルファ周期の内部構成に結びつける仮説は検証できない。

他の一つは、情報処理モデルによる知覚段階と処理手順についての反応時間計測に基づく提案である。1960年代の Sternberg (1966, 1967, 1969) による。それは、Donders (1868) の指摘した同一条件の弁別反応時間では、弁別して応えるべき刺激数が増すに応じて時間

が増加する事実を情報理論のパラダイムで拡張したことである。数字や文字の連を示し、次にターゲットの数字や文字を提示し、それが先行の連にあったかを問う実験事態では、課題への反応は、先ず最初のリストを取り込み、次にターゲットを符号化し、最初の記憶リストを検索照合し、どう反応するかを選択し、反応を始める。これらが定まった時系列をなしていることがその主張であった。ターゲットの視認は識別のし易さで符号化する時間に長短を生じ、始めの記憶した連の長さに比例して処理時間は延長する。この反応時間は記憶する項目数の関数としてリニアに増加する。その勾配は、38 msec、一項目増すごとに反応時間は、規則的に、38 msec 増加する。記憶リストの探索照合は常に系列的、悉皆的であった。私たちの脳は私たちが思うよりも勤直に働くことを証する事実である。この知見は知覚モジュールの認知照合が一次記憶の直列的処理である証拠となったが、リストの過剰学習あるいは推測を入れると処理時間はリニアではない。習熟度が検索効率に影響している。一連の文字を選択的に検索する課題では、文字数の関数として反応時間が増大したが視覚誘発電位の P3 成分の潜時の変動はなかった。項目全部を検索する課題では項目数の関数として両者が増大した。反応時間は文字と項目数に、視覚誘発電位 P3 は項目数に依っている (竹形他 1990, 村田他 1990)。

### 3.2.2 アルファ減衰潜時

イエナ大学精神医学教室のハンス・ベルガーが、Ueber das Elektrenkephalogramm des Menschen の題で、Archiv fuer Psychiatrie und Nervenkrankheiten に脳波研究を公表したのは、1929年であった。以後、1938年にいたる間に、13編の同一表題の論文が、第2論文の Journal fuer Psychologie und Neurologie 1930, 160-179, での発表を除けば、同一誌に掲載された。

それは多彩な脳波と脳活動の知見を内容と



しているが、ここでは、唯一つ、脳波のリズミカルな正弦波様のアルファ波が、目を開いたり視覚に刺激を受けると、250~450 msec前後の潜時で急激に減衰するという所見に着目する。このいわゆるアルファ・ブロッキングは、ベルガーの初期からの知見である。頭蓋骨を開放した患者の脳表面電極により閉眼、開眼の脳波変化が第一報に記載されたが、本人の公表した文献上では例示が乏しい。最初の頃の計測器は心電計を利用しダブルコイルの感度の低い電流計に導いたので、雑音を避け脳波のリズムを鮮明に取り出すため、被験者を安臥状態で閉眼させて刺激をあたえた。ほとんど常に前頭部と後頭部を導出部位として、頭皮上、皮内あるいは治療のため開頭した患者の脳表面に、銀盤電極あるいは針電極を装着した。このためベルガーにとり、アルファ・リズムの刺激による消長は最も親しい信頼しうる事実であった。フライブルグ大学のリヒアルト・ユンク教授はベルガーの残したメモやノートを含む資料を組織的に収集している。そこには電気神経生理学の未熟な技法に苦しみながら、心理と生理を繋ぐ多彩な着想、仮説と試みの記録があり、それらは、現在の脳研究にとっても果たされないままである。ベルガーは、遅くとも1924年にはイヌの開頭部の電極で光刺激への脳波反応の事実をえていた。視覚刺激に応じて一定の潜時でアルファ減衰が生ずるのは、脳生理学上の最も確実な事実の一つである。

しかし、アルファ減衰はアルファ・リズムが失われることではない。それは視覚中も加速しながら振幅を縮小して持続している。それをアルファ係数として測示できる(狩野1982)。物理的に同じ刺激量か、あるいはより多い刺激量でランダムパターン、混雑した意味パターンと同量か、より少ない刺激量の明瞭な意味図形を一定のアルファ・リズムの視覚条件で提示すると、アルファ量はランダムパターンで最大で、次いで混雑した意味パターンで、

明瞭な意味図形は最もアルファ係数が低い。刺激反応で生じた慣れ(habituation)は、転移する(Kanoh & Kitajima, 1972)。刺激に応ずるアルファ減衰の潜時は、刺激の取り込みによる広範な活動が誘発する動的な内部過程のインキュベーションの時期であり、感覚から知覚判断と表象の形成するプロセスである。

アルファ減衰の条件についての資料は私の教室を含め(狩野, 北島1971)きわめて多いが、アルファ・リズムとその減衰の機序は未だ推論にとどまる。現在、脳波は微視的尺度では非線型でおそらくカオス的であるが、巨視的尺度では線型、均衡に近いダイナミクスを示すという主張がある(Wright & Liley 1996, Freeman 1987, Freeman & Barrie 1994, Nunez 1995)。脳波の振舞いにはハーモニーがあり、時にカオスを現わす。非線型ダイナミクスの解析を通じ、てんかん発作を抑制する試みも可能である(Glanz, 1997)。

### 3.2.3 視覚誘発電位、事象関連電位

視覚刺激に伴う250—500 msec、あるいは数秒にわたる脳内活動の時系列は、その刺激をトリガーとして頭皮上から導出された誘発電位の加算平均値と表示波形で分析できる。その基準は、潜時、極性、出現順位、頭皮上の電位分布、刺激の物理特性への応答性と被験者の生体条件や行動のパラメータをとり計測する(Sutton & Ruchkin, 1984)。このような長い活動測定では、推定される視覚投射系、一次視覚野、連合野のニューロン集合の発射活動との直接的な対応ではなく、より広範な皮質と深部の脳活動の相乗的な表現となる。脳幹誘発電位として多数回加算平均すれば、短潜時の20 msec前後までの初期成分は安定して計測できる。刺激が感受系の活動を誘発し投射される各活動部位の電位の集積で、波形は安定し、刺激強度、提示間隔に対応している。その発生源も特定できる。中潜

時以降の誘発電位は電位から脳内電源の位置を測定するのは難しく、その定位には脳磁界電位による等価電流双極子を求めて位置を計測する必要がある。

誘発電位に表示される、刺激に引き続いて発生する認知の活動は、刺激点をトリガーとして反応値を加算平均した場合その点と揃わない反応は棄却され、試行の反復とともにある範囲を越えて減速あるいは加速する反応も計測できない。しかし、視覚の起発時点から反応にいたる当該刺激と規則的な時間関係にある脳内活動を特定化するには有効である。

課題は、20%の確率で提示される刺激を判別して数える反応試行 (CNT) として、判別の正確さを優先する系列 (ACC) と判別の速さを優先する系列 (SPD) を行ない、その反応時間をとると課題反応の事象関連電位の後期陽性成分 P300 の潜時は、かなりよく一致する (McCarthy and Donchin, 1979, 1981)。

ランダムパターンや通常の意味図形に比して顔図形や表情は特異な視覚情報性を有する。顔のパターンは反応時間も早く、視覚誘発電位の頭頂部導出の頂潜時 150~200 msec の陽性波の出現を見る (諸富 1992, Jeffreys, 1989)。顔に応じる電位は紡錘状回、下側頭回に高い振幅で出現し、色のついたチェッカーボードパターンの誘発電位よりも後方部位が優先している (前田 1997)。顔と表情への特異な反応性は出生後間もない乳児が母親などの表情に原初的な模倣をおこすことに通じている。

視覚刺激を系列的に提示し後期系列中で視覚マッチング、視覚課題解決等が発生する事象で弁別、保持、比較、識別—同定の活動下で、視覚誘発電位の潜時 270 msec 前後の陽性波の振幅増大がある。これは刺激対応のかかわりの強さの抑制を示し、視覚判断が成立してその後の刺激受容が視覚にとり冗長になった事実を示すと推定できる。この時間は、知覚判断、情報成立に関わると推定できるで

あろう (Kitajima, Morotomi, Kanoh 1975, Kitajima, Kanoh 1976, Kitajima, Murohashi, Kanoh 1980, 1981, 1983)。慢性的に電極を挿入したりスザル (*Saimiri sciureus*) で、ノルアドレナリン作用下の視覚聴覚混合オドボール課題中に視覚刺激に応じる誘発電位 P3 類似の波形を記録した。これはヒトの視覚誘発電位の同波の振舞いと対応している (Pineda et al., 1997)。

### 3.3 認知の空間構成

視覚刺激の脳内反応の位置と処理の活動部位は刺激から情報の形成までの脳波、誘発電位の電位変動をトポグラフィで表示すれば刻々の位置変化を見ることは可能である。視覚関連の皮質は縦裂にそって深く湾曲しているという難点があり、頭皮上誘導で受信するのは広い部位にわたる集合的活動で発生源の特定は難しい。

脳磁図は脳内の電気変動によって発生する磁界を電流双極子モデルで信号源の位置を測定する。個々の被験者についての核磁気共鳴立体画像による解剖学的構造を頭皮座標から最小自乗法で計算し画像上に重ねあわせて推定する。チェッカーボードパターンの反転を刺激とする右単眼の左右半側視野感受の視覚誘発電位 P100 の磁界分布は、後頭部で湧きだしと沈み込みの極値をもつ電流双極子型で、信号源は有線領の鳥距溝外側部と推定され、電流方向は後内側を向いている (関 1994, Maier et al., 1987)。

機能的核磁気共鳴画像は空間分解能が高いが、活動は実験条件と統制条件の量的な差を示し統計的推定となる。現在、測定のための仰臥位、無動の強制は適用を狭くしている。

## 4. 視覚覚論への予備的検討と仮説系

刺激は、認知主体の準備状態に応じて直前の刺激適応からの差異の検出として始まる。視覚系は、通常、常に変動する刺激に接し、受容している。当面する刺激も、その条件で

事実として刺激たりえたのである。刺激入力によって感受系に発生したインパルスは特殊性と非特殊性と複合的な経路を通して初期には脳の広い局面に拡散する。これは脳の保全する動的な定常性からの差異として微小だが急激な活動水準の上昇を喚起し系への衝撃と攪乱を生じる。この緊張からの均衡回復の過程で、短回路による原初的反射の誘発、知覚ニューロン・モジュールによる処理、より高次の図式活動により閉回路での収束が進行して視知覚像が形成し、刺激とのかかわりの抑制された対象の知覚的概念像が持続する。

この短回路、知覚モジュール、さらに高次の処理の各段階のそれぞれの収束点で、低次から高次への情報が成立すると推定される。その解明の手続きの準備として、これまでの実験資料から導かれた仮説群を予備的に設定しておく必要がある。

**仮説：**1, 感受-反応系に入来した刺激は系内に広汎な反応を誘発する。それは特殊投射系だけでなく側枝を介して非特殊投射系、筋反射等へインパルスは拡散する。2, 系内に誘発する反応の強度と広がり、差異と関わりの強さによる。3, 初期反応の強さは、認知主体の準備態と先行刺激との慣れに依存する。4, 差異反応は視覚像形成に先行する。5, 定位反射は非特定性で、差異反応に原発し、視覚表象形成後に持続する。6, 刺激から情報の形成点は、感受した刺激の識別、同定の時点、あるいは選択反応の起点とする。

**作業仮説：**1, アルファ律動は定常化した視知覚活動の示標である。2, アルファ律動は、活動系の一定の活動水準を表示し、ポテンシャルなトームスの持続を指示する。即ち、持続的な閾値下インパルスにより維持される平衡状態である。3, アルファ律動は、一定の活動水準での刺激処理の準備態である。4, アルファ律動の発現率、同期性の水準で視知覚活動の定常度を定めることができる。5, アルファ律動の発現率、同期率と視知覚活動

の定常度の対応には個人内の一貫性 (consistency) がある。6, 視覚誘発電位の陽性、陰性成分はその時点に生じた刺激対応の集会的脳内活動を示す。

**定義：**定常 (stationary) とは、系内の恒常性維持作用 (homeostatic activity) の支配の成立をいう。トームスはスカラ量であると想定する。

## 5. おわりに

この小論は、問題の提示とその解明のための予備的考察である。論点を限定したので、現実の認知と行動の事象からは遠く、きわめて微細な、しかも非常に短い時間の内部にあって見えない事象を、終始、取り扱った。知覚は、もとより生物としての人間とその社会の中で機能するあり方で捉えなければ事実としては解明できない。心理学の現状はその事実の総体に立ち向かうにはいたっていない。この小論は、あえてその総体に立ち向かう知的体系としての心理学を想定して、その一環に検討を加えた。まだ未完で、多くの資料の具体的検討を残しているが、擱筆に当たり、共同研究の諸君に深い感謝を呈する。

## 参考文献

- (1) Froehlich, F.W., Monje, M. (1931) Weiter Untersuchungen ueber die Messung der Empfindungszeit des Ohres, *Zeitschrift fuer Biologie*, Bd. 92: 233-240
- (2) Freeman, W.J. (1987) Simulation of chaotic EEG patterns with dynamic model of the olfactory system, *Biological Cybernetics*, Vol. 56: 139-150
- (3) Freeman, W.J. & Barrie, J.M. (1994) Chaotic oscillations and the genesis of meaning in cerebral cortex, Buzsaki, G., Lliehos, R., Singer, W., Berthoz, A., Christen, Y. eds., *Temporal coding in the brain*, Springer Verlag

- (4) Glanz, J. (1997) Mastering the nonlinear Brain, *Science*, Vol.277: 1758-1760
- (5) Helmholtz, H.L.F. von (1909-1911) *Handbuch der physiologischen Optik*, 3 Aufl. 3 Bde, Verlag von Leopold Voss
- (6) Hubel, D.H. & Wiesel, T.N. (1959) Receptive fields of single neurons in the cat's striate cortex, *Journal of Physiology*, Vol. 148: 574-591
- (7) Jeffreys, D.A. (1989a) Evoked potential studies of contour processing in human visual cortex, Kulikowski, J.J. & Dickinson, C.M. eds, *Seeing contour and colour*, Pergamon Press
- (8) Jeffreys, D.A. (1989b) A face-responsive potential recorded from the human scalp, *Experimental Brain Research*, 78: 193-202
- (9) 狩野 陽 (1967) 「学習の基礎機構——視知覚における試論——」, 『北海道大学教育学部紀要』 13 : 43-73
- (10) 狩野 陽, 北島象司 (1971) 「視知覚の形成と衰退——学習の基礎理論系と脳波資料の集積——」 『北海道大学教育学部紀要』 18 : 1-47
- (11) Kanoh, M. & Kitajima, S. (1972) Some psychological determinants of alpha attenuation after patterned flashes, *Journal of Psychology*, Vol.82: 155-166
- (12) 狩野 陽 (1982) 「学習に伴う興奮と抑制のダイナミックス——視刺激に応ずる意識と脳の活動の微小な推移——」, 『日本の心理学』 : 331-350, 日本文化科学社
- (13) 狩野 陽 (1992) 「ひとつの学の道程」, 『北海道大学教育学部紀要』 57 : 11-28
- (14) Kitajima, S., Morotomi, T. and Kanoh, M. (1975) Enhancement of averaged evoked responses to brief flashes after offset of preexposed light stimulation: A critical moment, *Vision Research*, Vol.15: 1213-1216
- (15) Kitajima, S., and Kanoh, M. (1976) Cross-modal facilitatory effects of light stimulation upon average evoked responses to auditory clicks presented shortly after the light onset, *Japanese Psychological Research*, Vol. 18: 56-62
- (16) Kitajima, S., Murohashi, H. and Kanoh, M. (1980) Visual evoked potentials associated with the verbal and non-verbal problem-solving processes, *Biological Psychology*, Vol. 10: 103-114
- (17) Kitajima, S., Murohashi, H. and Kanoh, M. (1981) Task redundancy and an enhancement of the late positive components in human visual evoked potentials, *Biological Psychology*, Vol.12: 223-236
- (18) Kitajima, S., Murohashi, H. and Kanoh, M. (1983) Stimulus repetition and amplitude increase of the occipital late positive component in the human visual evoked potential, *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, Vol.55: 567-574
- (19) Kuelpe, O. (1893) *Grundriss der Psychologie*, Engelmann
- (20) Kuelpe, O. (1920) *Vorlesungen ueber Psychologie*, hrsg. von Karl Buehler, Verlag von S. Hirzel
- (21) Lansing, R.W. (1957) Relation of brain and tremor rhythms to visual reaction time, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, Vol.9: 497-504
- (22) Lansing, P.W., Schwartz, Z. & Lindsley, D. B. (1959) Reaction time and EEG activation under alerted and non-alerted conditions, *Journal of Experimental Psychology*, Vol.58: 1-7
- (23) Livingstone, M.S. & Hubel, D.H. (1988) Segregation of form, color, movement and depth. Anatomy, physiology, and perception, *Science*, Vol.240: 740-749
- (24) Livingstone, M.S. & Hubel, D.H. (1987) Psychophysical evidence for separate chan-

- nels for the perception of form, color, movement and depth, *Journal of Neuroscience*, Vol.7: 3416-3468
- (25) MaCarthy, G. & Donchin, E. (1979) Event-related potentials-Manifestations of cognitive activity, Hoffmeister, F. & Muller, C. eds., *Bayer-symposium VII*, Brain function in old age: 318-335, Springer
- (26) MaCarthy, G. & Donchin, E. (1981) A metric for thought: A comparison of P300 latency and reaction time, *Science*, Vol.211: 22-80
- (27) 前田久雄(1997)「顔貌, 表情認知の情報処理過程 I」, 『脳波と筋電図』 25 : 362-368
- (28) 前田久雄(1997)「顔貌, 表情認知の情報処理過程 II」, 『脳波と筋電図』 25 : 447-454
- (29) Mignard, A. & Malpeli, J.G. (1991) Paths of information flow through visual cortex, *Science*, Vol.251: 1249-1251
- (30) 諸富 隆 (1992), 「視知覚と視覚誘発電位(1)」, 『北海道大学教育学部紀要』 57 : 29-116
- (31) 村田祥子, 竹形理佳, 滝沢真毅, 狩野 陽, 古塚 孝(1990), 「カテゴリーの大きさが反応時間, 誘発電位に及ぼす影響」, 日本生理心理学会第 8 回学術大会報告
- (32) 村田祥子, 千葉達雄, 和田雅司, 北島象司, 狩野 陽(1991)「健忘症状を呈するてんかん患者の記憶過程におけるプライミング課題繰り返し効果」, 『精神神経学雑誌』 93 : 73-93
- (33) Nunez, P.L. (1995) *Neocortical dynamics and human EEG rhythms*, Oxford University Press
- (34) Pineda, T.A., Westerfield, M., Kronenberg, B.M. and Kubrin, J (1997) Human and monkey P3-like responses in a mixed modality paradigm: effects of context and context-dependent noradrenergic influences, *International Journal of Psychophysiology*, Vol.27: 223-240
- (35) 関 薫, 中里信和, 川村 強, 藤田 智, 吉本高志(1994)「パタンリバーサル視覚誘発磁界における P100m の信号源」, 『脳波と筋電図』 22 : 369-374
- (36) Smith, E.E. (1997) Infusing cognitive neuroscience into cognitive psychology, Solso, R. C. ed., *Mind and Brain Sciences in the 21st Century*, MIT Press
- (37) Sternberg, S. (1966) High-speed scanning in human memory, *Science*, Vol.253: 652-654
- (38) Sternberg, S. (1967) Two operations in character recognition: some evidence from reaction time measurements, *Perception and Psychophysics*, 1967. 2: 45-53
- (39) Sternberg, S. (1969) The discovery of processing stages: Extension of Donders' method, *Acta Psychologica*, Vol.30: 276-315
- (40) Sutton, S. & Ruchkin, D.S. (1984) The late positive complex. Advances and new problem, Karrer, R., Cohen, J. and Tueting, P. eds, *Brain and information: event related potentials*, *Annals of the New York Academy of Sciences*, Vol.425: 1-23
- (41) 竹形理佳, 村田祥子, 滝沢真毅, 狩野 陽, 古塚 孝(1990), 「検索過程に対するストラテジーの影響」, 日本生理心理学会第 8 回学術大会報告
- (42) Vaadia, E., Haalman, I., Abeles, M., Bergman, H., Prat, Y., Slovin, H. and Aertsen, A. (1995) Dynamics of neuronal interactions in monkey cortex in relation to behavioural events, *Nature*, Vol.373: 515-518
- (43) Wasserman, G.S. & Kong, K-L. (1979) Absolute timing of mental activity, *Behavioral and Brain Sciences*, Vol.2: 243-304
- (44) Weiskrantz, L. (1997) *Consciousness lost and found*, Oxford University Press
- (45) Wright, J.J. & Liley, T.J. (1996) Dynamics of the brain at global and microscopic scales: Neural networks and the EEG, *Behavioral and Brain Sciences*, Vol.19: 285-320