



Title	懷疑から確信へ：選択の注意と慣れ
Author(s)	北島, 象司
Citation	北海道大學教育學部紀要, 32, 1-20
Issue Date	1978-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/29184
Type	departmental bulletin paper
File Information	32_P1-20.pdf



懷疑から確信へ：選択的注意と慣れ

北 島 象 司

From a suspicion to confidence: Selective attention and habituation

Shoji KITAJIMA

Haber (1969) は、知覚と記憶の結合系 (認知系) を情報処理系 (information processing system) という用語で記述するほうが認知系の理解を助長しうる要件として、つぎの3点をあげている。第一は認知が完結するためには有限の (ゼロではない) 時間がかかることを認めること、第二はこの有限の時間内に処理特性の異なるいくつかの段階で継時的に処理が進行することを認めること、そして第三に各処理段階にはそれぞれ固有の有限な処理容量があることを認めることである。認知系の機能、認知過程、をこのような情報処理過程として分析する手法にもとづいて、近年、視覚や聴覚の masking 現象、知覚像と短期記憶、その他の認知過程の微視発生的研究が発展した。

情報処理系のはたらきを分析する場合には、この処理系の機能をふたつに区分するのが便利である。Hebb (1966) は脳全体の機能を手掛かり機能 (cue function) と喚起機能 (arousal function) に区分しているし、Pribram (1971) は脳内の neuron の機能を operation (neural impulse の伝導と伝達) と state (synaptic junction における graded response) に区分している。Hebb が用いている喚起機能は動機づけや情動とよばれる行動範疇に関連して用いられているので、情報処理系の記述に用いるには好適とはいえない。また手掛かり機能も感覚情報入力を包括してよぶ名称であるので、これもまた処理系の記述に好適とはいえない。それゆえ、このエッセイでは Pribram の用法を拡大して、情報処理系の動作特性のうちで、情報処理がいろいろな段階を経過して進行することを操作的局面、処理系あるいは処理系内の各処理段階の活動水準のことを状態的局面とよぶことにする。ある操作が処理系内を進行するか否かは処理系の状態によってきまる。

これまでなされて来た認知過程の微視発生的研究では、情報処理の操作的局面が主として分析されているのであって、情報処理の開始と終了に伴う処理系の状態変化の分析は、未だ十分になされているとはいえない。このエッセイでは、ヒトを含めた生物体が外部世界の情報処理を始める以前に、その生物体内の情報処理機構がどのような情報とり入れの準備をするか、をまず分析する。ついでこの情報のとり入れがいつ終るのか、終るときには処理系の内部にどのような変化が生じているかを分析する。その中間にある情報処理過程の操作的局面は今回の検討対象としない。“懷疑から確信へ” という標題をつけた理由は、われわれおとなになった生物が日頃見慣れ聴きなれた外界の事物に接する接し方というのは、事物の探索とか発見などという大げさなものではなく、せいぜいのところ、よく知りつくした事物にあらためてふと目をとめたり耳をすますという程度のものだと思うに至ったからである。懷疑というのもその意味

では大げさかもしれない。

I. 自己組織系

情報処理系の一般的特性について考えてみよう。まず処理系の理想型として自己組織系の特性を検討しよう。von Foerster (1960) は自己組織系が環境内にあるときは系の entropy が減少することを指摘している。Entropy は情報理論の用語としては不確定さ (uncertainty) と同じ意味をもっていて、自己組織系内部の elements (element というのはいまのところ、系を構成する部分、ということにしておく) がある状態をとる条件つき確率が定まっていない程度を示す。情報理論ではこの不確定さの量を情報量と同じものと見なしている。この場合の情報量というのは、ある事柄がある状態にあるということが明確になるために必要とされる質問の長さあるいは回数や、明確になったときのわれわれの側のおどろきの程度を示すものであって、情報という用語のわれわれの日常用法とはいささか異なる。MacKay (1969) の表現を借りると、われわれは情報という用語をつでのように用いる。We say that we have gained information when we know something now that we didn't know before.

情 報 このエッセイの中での不確定さおよび情報という用語の用法をつぎのように定める。外界の事物の内部構造あるいは事物の状態がわれわれに未知の場合には、この事物には不確定さがあり、われわれが将来入手し得る情報がある。われわれがこの情報（事物の構造あるいは状態についての知識）を入手して行くにつれて、われわれの手許にあるこの事物についての情報は増加し、事物がもっていた不確定さとわれわれが将来入手しうる情報は減少する。すなわち、事物がもっている入手可能な情報の一部がわれわれの手許に移り、その分だけ事物所属の情報が減る。

行動学の立場から考えると、情報という用語は、全ての刺激布置の中で行動に観察可能な変化を生じさせる特定の刺激布置に対応して用いられる。このエッセイでもこれと同様な意味で情報という用語を用いる。ただし、観察可能な変化を、刺激認知の直後に生じるものだけに限定しない。この意味で用いられる情報という用語は、MacKay (1969) の用法に合致し、知識という用語で置き換えることができる。情報は刺激布置と密接に対応していることが多いから、Gibson (1966) が指摘するように、われわれが外部世界について入手可能な情報は、そのすべてが外部世界の刺激布置の中に含まれていると考えることが可能である。ただし、この対応関係が細部にわたって成り立つとは限らない。われわれは、ふたつの音の大きさ (loudness) の僅かの差異を検知することができる。しかるに、同一周波数の音を両耳に与えておいて、左右の音の大きさに差を生じさせると、われわれに認知されるものは音の大きさの差異ではなくて音源方位の変化である。2 刺激の強度差にもとづく刺激定位の変化の認知は、聴覚に限らず触覚や嗅覚でも認められている (von Békésy, 1967)。聴覚にあっては2音の両耳到達時間の差異が、強度差同様に音源定位の変化として認知される。視覚にあっては2光点の出現時間の差異が、光点の移動という運動視を生じさせる。このような刺激—情報間の不一致は、認知過程の神経生理学的研究を行なう場合や、それらの研究が提供する data を利用する場合に、常に留意すべきことである。

自己組織系 自己組織系に話をもどそう。自己組織系は、環境から秩序を取り入れて系内部の秩序を増大させる (von Foerster, 1960)。この秩序の程度を示す用語として冗長度 (redundancy, R) を用いると、 $R=1-H/H_m$ となる。ただし、 H_m は自己組織系にとって入手可能な外界の事物

に含まれる情報の最大量, H はある時点でその系にとって将来入手可能なものとして残されているこれらの事物の情報量 (すなわち, 知りうるはずのもので現在まだ知りえないでいる情報の量) である。自己組織系では $\delta R/\delta t > 0$ であるゆえに, $\delta R/\delta t = -\frac{H_m(\delta H/\delta t) - H(\delta H_m/\delta t)}{H_m^2} > 0$ となる。 $H_m^2 > 0$ であるから, $H(\delta H_m/\delta t) > H_m(\delta H/\delta t)$ となる。

いま H_m が固定されて常数となっている場合を考えれば $\delta H/\delta t < 0$, H が固定されて常数となっている場合には $\delta H_m/\delta t > 0$ となる。 $\delta H/\delta t < 0$ は, 自己組織系が外界の事物に関する残存情報を事物の側から系内部にとり入れてゆくことを示している。 $\delta H/\delta t < 0$, つまり自己組織系が学習してゆくための重要な条件は H_m が限定されているということである。 H_m は自己組織系にとって入取可能な外界事物に含まれる情報量であるから, これはこの系と無関係にこれらの事物に含まれるものではなくて, この系の内部に設定されている情報構造と関係して相対的にきまるものである。 H_m を限定するということは, 自己組織系が内部の情報構造を制限するのと同じことになる。

自己組織系にとっての外界の事物の情報 H は, ある時間のあとではゼロもしくは一定値になる。このように $\delta H/\delta t = 0$ になったあと, この系がなお自己組織系でありつづけるためには $\delta H_m/\delta t > 0$ とならなければならない。 $\delta H_m/\delta t > 0$ は, 自己組織系内にいまだ情報によって充たされていない空きカテゴリを増設して, 外界事物に含まれる情報量を増加させることを意味している。自己組織系は, このあとふたたび外界の H_m を固定したのち, 空きカテゴリに情報を充たしてゆくことによって, $\delta H/\delta t < 0$ の条件を満足させる。

ここで情報概念をもういちど検討しよう。MacKay (1969) が指摘しているように, 情報にはすくなくとも三つの種類がある。第一は情報理論で用いられる“情報”であって, 選択的情報 (selective information) とよばれるものである。これは情報の受け手が外界の事物の中にある諸属性の中で特に知りたい属性をあらかじめ設定しておいて, その属性が事物の中にあるか否か, を問うという手続きで得られる種類の情報である。第二は構造情報 (structural information) というものである。これは事物の構造を記述するとき用いる互いに弁別可能な属性あるいは記述カテゴリの数によってきまる情報である。互いに弁別可能なカテゴリが増大すれば構造情報量は大きくなる。第三は信頼性情報および精密度情報とでもよばれるべきメトロノ情報 (metron information) である。これは事物がもっているある属性を確認する手段の信頼性や手段の精密さによってきまる情報である。

前述した自己組織系が系内部を秩序づける際には, このような種類の情報のいずれかもしくは全部を, 外界の事物からとり入れるという作業が行なわれることになる。このように考えると, たとえば構造情報に関して $\delta H/\delta t = 0$ が成り立ってしまっても, メトロノ情報に関してはなおしばらくは $\delta H/\delta t < 0$ であり続ける場合もありうることになる。すなわち, ある属性が事物の中に見出されたのちになっても, その属性の再確認やより精密な尺度を用いての再測定のような, 情報のとり入れ作業がなおしばらくは続くことになる。このあと, このエッセイではヒトの情報処理系が自己組織系としての特性をどのように具備しているかを検討する。

II. $H_m = \text{const}$ を可能にする mechanisms の検討

外界の事物がもちうる最大情報量 H_m を一定にする方法はすくなくとも2種類ある。第一は構造情報の制限であり, 第二はメトロノ情報の制限である。

II-1. 構造情報の制限：選択的注意

情報処理系がある構造情報（以下単に情報という）をとり入れて処理している場合には、当該情報以外の不要情報のとり入れが制限されることが望ましい。そのようなことが可能であることを示す証拠があるであろうか。

感覚抑制 感覚系内には多くの feed-back や feed-forward 機構があることが、多くの研究者によって指摘されている。この feed-back 機構が中枢を介したり、あるいは中枢を介することなく直接に、末梢の感覚器官内で抑制作用を生じさせている。網膜や皮膚表面における側方抑制については、Hartline (1949), Hartline et al. (1956), Ratliff et al. (1963), von Békésy (1967) を参照されたい。中枢から末梢感受器あるいは上行中継神経核に至る、遠心性抑制路の存在が報告されている（たとえば、脳幹網様体を刺激すると、クリック刺激が蝸牛核に誘発させた電位の振幅が小さくなる）。ただし、このような報告に対する反証もあって、遠心性抑制路のはたらきについては未知の部分が残されている。たとえば、Hugelin et al. (1960) によると、中耳の筋肉を切除すると、上述した網様体刺激による誘発電位の減衰は見られなくなるし、Naquet et al. (1960) によると、アトロピンで散瞳して瞳孔径を入射光に対して一定にしておくと、皮質下の視覚中継核で記録される誘発電位には、刺激の反復に伴う振幅減衰が見られない。

知覚機能よりさらに高次の機能である“注意”機能が末梢に対して抑制作用を及ぼし、中枢への感覚入力を減衰もしくは遮断するか否かについては、遠心性抑制路の場合以上に不明確な状態にある。Hernandez-Peon et al. (1956) の実験では、猫の蝸牛核に誘起されるクリック音に対するインパルスを計測した。クリックは2秒に1回提示され、その都度、蝸牛核にははっきりしたスパイク電位が出現した。このようになっている猫にネズミを見せたり魚の匂いをかがせたりすると、聴覚性スパイク電位が減衰した。ネズミの姿や魚の匂いをとり去ると、聴覚性スパイク電位はもとの振幅にもどったことから考えると、このスパイク電位の減衰は神経系の反応水準の低下によるものではない。Hernandez-Peon 達のこの実験は、あるものに注意を払っていると、その他のものの感覚入力が求心伝達路の末梢部位で制限されるかもしくは遮断されるものとして解釈されている。Marsh et al. (1962) は Hernandez-Peon et al. (1956) の解釈に反論し、この結果は末梢性の器官の位置の変化によるものだと主張した。Marsh 達の実験は、クリック誘発電位の振幅が耳と音源の位置関係によって規定されることを示したもので、感覚抑制の mechanism を語る以前に刺激入力の変化を考慮に入れるべきことを示唆している。しかし刺激入力の変化だけでは説明のつかない実験結果もある。Hernandez-Peon (1961) によると、猫の前肢に加えた触刺激が誘発するスパイク電位を脊髄で記録し、この猫に匂いをかがせるとこのスパイク電位が減衰した。Jouvet and Courjon (1958) は、神経外科の手術を行なう患者10名の視放線に電極を付着させて、フラッシュによって生じた誘発電位を記録した。患者がフラッシュ以外の刺激に注意をむけているときには、この電位が小さくなった。van Hof et al. (1962) は15人の被験者を用い、散瞳剤で散瞳しておいて100回のフラッシュ刺激を用いて頭皮上誘発電位を記録した。この実験では、フラッシュの数を計数しているときもしていないときも、誘発電位の振幅には変化がないことが判明した。このほか、注意過程の電気生理学的分析の初期（1950-60年代）の研究については Horn (1965) を参照のこと。これらの研究の多くのものが示唆していることは、注意に伴って生じるかのように思われていた感覚抑制が、実際には末梢感覚器官に入る刺激の物理的特性の変化に帰せられるべきものだ、ということである (Worden, 1966)。

Cocktail party Cherry (1953) は、つぎのようないわゆる cocktail party 実験を行なった。第一実験における被験者の仕事は同時に聴こえて来る別々のメッセージを分離して聴きとることであり、第二実験におけるそれは、左と右の耳にそれぞれ加えられる別々のメッセージ (dichotic messages) の片側だけを分離して聴きとり、他側のメッセージを無視することであった。第一実験では、弁別認知が語とか phrase を単位として生じること、誤まりが生じるときには、その誤まりはその文脈の中でありうべき誤まりであること、などが判明した。第二実験では、dichotic な弁別認知が事前に予想していたよりも容易であることや、注意の対象外の無視された側の耳に加えられたメッセージの内容は全く認知されないこと、この無視された側の耳のメッセージの読み手の変化 (男性の声から女性の声、またはその逆) などは認知されること、などが判明した。Treisman and Geffen (1967) の実験では dichotic messages を用いて、被験者にふたつの仕事を要求した。第一の仕事は注意が払われている側の耳に与えられるメッセージをくり返し再生すること、第二の仕事はある特定の語 (ターゲット語) が左右いずれかの耳に聴こえた場合に、定規で机を叩いて合図することであった。この実験では、ターゲット語の検知率はターゲット語が注意されている耳への入力に含まれているときには高く (約 90%)、反対側の耳への入力に含まれているときには低い (約 9%) ことが判明した。Cherry (1953) や Treisman and Geffen (1967) の研究が暗示しているのは、注意されていない側の耳への入力、認知に至る以前の、求心径路のある段階で、阻止もしくは減衰させられているという可能性である。

Broadbent (1958) の注意のモデルでは、sensory buffer storage に一時的に貯えられた sensory messages は、それぞれの物理的特性にもとづいて選択もしくは濾波される。この濾波のあとに、ある特定のメッセージだけが伝達容量に限界のある処理機構に送られてゆく。Treisman (1964) のモデルでは、上述の Broadbent のモデルに修正が加えられて、分析濾波器が層構造をなして配列されている。物理的特性の濾波器は処理系の末端にあって、鋭い選択性をもっているが、語や文法構造、意味の濾波器は処理系の中核近くにあり、鈍いブロードな選択性しかもっていない。また、Broadbent のモデルでは、注意されない入力信号は中核処理系には伝達されず、末端で阻止されてしまうのに対し、Treisman のモデルでは、注意されない入力信号は減衰をうけるだけで、全く阻止されてゼロになるのではない、と考えられている。これらの注意モデルが主張していることは、知覚機構内の末梢あるいは中核に選択性機構があるということであるが、Gray and Wedderburn (1960) はこのような選択性機構の存在に疑義を呈する実験を報告している。被験者に dichotic messages を与えて、特定の側の耳への入力メッセージの再生を被験者に要求した。刺戟語はシラブルを単位にして分割され、ある語の第一シラブルが右耳に与えられるときは、その語の第二シラブルは左耳に与えられた。この語と同時に与えられる別の語では、相互に交錯するように、第一シラブルは左耳に、第二シラブルは右耳に与えられた。被験者は、注意している側の耳に入って来る第一シラブルと第二シラブルを結合して、無意味な合成語を再生したのであろうか。さにあらず。被験者はこの第一シラブルと他側の耳に入って来る第二シラブルとを結合して、意味のある語を再生したのである。Lewis (1970) の報告では、注意されている側の耳に与えられる語に対する反応時間が、他側の耳に同意語が与えられたときに増大した。MacKay (1973) は、They threw stones toward the bank yesterday のように意味が多義的な文を 26 用意してこれを被験者にきかせた。たとえば、上の文を読みきかせたあとでこの文意にもっとも近い意味をもつ文を、つぎの一組の中から選択させた。第一の文は、They threw stones toward the side of the river yesterday というも

ので、第二の文は、They threw stones towards the savings and loan association yesterday というものであった。上にあげたような多義的な文を注意している側の耳に与えて、他側の耳に、いまの例文で言えば、river もしくは money という語を与えて、対の文の選択にこれらの語がどのような効果をもつかを検討した。この実験の被験者は、dichotic 実験の被験者が通例そうであるように、river とか money という語には気付かなかった。それにも拘らず、彼等が行なった対の文の選択には、これらの語の影響が生じていることが判明した。

このような諸実験の結果は、選択的注意は知覚の過程にあるのではなくて、反応選択の過程にあると考えるモデル（たとえば、Deutsch and Deutsch, 1963; Norman, 1968）、選択的注意は知覚過程における選択と反応過程における選択の両方を含むというモデル（Treisman, 1969）、あるいは、選択的注意は短期記憶の過程にあるのではなく長期記憶の過程ではたらくというモデル（MacKay, 1973）を支持している。

これまで検討して来た dichotic messages を用いた実験の結果は、ヒトの情報処理系内では、ある対象にむけられた選択的注意が、注意の対象外の事物からの求心性情報伝達を、中枢以前の中継諸核で減衰あるいは遮断する、という説を支持していない。このことは、猫の蝸牛の誘発電位の結果をもとにして Worden (1966) が指摘したことも合致する。Dischotic messages を用いた実験のもうひとつの結論は、選択的注意は中枢的促進であって、かつその促進の構造が文法的あるいは文脈的であるということである。ここでいう文法的あるいは文脈的とは、短期あるいは長期にわたる学習によって形成された、知覚ユニット相互間の結合や弁別の法則を指す。この結論は、視覚の場合にも、聴覚の場合と同様に成立する。ある構造をもった中枢的促進が生じている場合には、その構造に整合した構造をもった入力情報に対する処理系の感受性が増大し、この入力情報の閾値が低下する。文法乃至文脈構造が近似したふたつの情報が同時に与えられるような場合には、これらの情報を運搬する物理的媒体が相互に弁別しやすい手掛かりをもつとき以外は、一方の情報にむけられた注意と同じ構造の注意が他方の情報にも向けられる。すなわち、第二の情報は第一の情報に同化される。もしも、第一の入力情報の文法・文脈構造が同時に与えられる第二のそれと異なる場合には、第二入力情報は注意の対象とされず、処理系内で棄却される。ヒトの情報処理系における外界の事物に関する構造情報 H_m は、このようにして制限されるものと考えることができる。

注意と誘発電位 選別棄却と同化に関する以上の推論は、誘発電位に及ぼす注意の効果に関する多くの実験結果と矛盾しないであろうか。Spong et al. (1965) の実験では、被験者にフラッシュとクリック音を交互に提示して、それぞれの刺激に対する誘発電位を測定した。光または音の一方に注意させる手段として、光（または音）にのみ注意を払え、あるいは光（または音）の系列中に混在している少し弱い光（または音）を検出して電鍵を押せ、などの教示を与えた。この結果、フラッシュ（またはクリック）誘発電位の潜時 80-160 msec に分布する陰性一陽性のピークは、フラッシュ（またはクリック）に注意しているときに大きく、クリック（またはフラッシュ）に注意しているときに小さいことが判明した。Donchin and Cohen (1967) の実験では、被験者に持続的に Necker cube を提示し、これを背景刺激として、不規則間隔でフラッシュを与えた。被験者の仕事はフラッシュの数もしくは Necker cube の反転数をかぞえることであった。この実験によって、フラッシュ誘発電位の陰性（潜時 200 msec）陽性（270-300 msec）のピークは、フラッシュ計数時に大きくなることが判明した。このように、刺激提示に先立って注意が刺激対象にむけられているときには、聴覚あるいは視覚誘発電位の、潜時 100-280 msec

sec) に分布する陰性一陽性のピークが増大することが、多くの研究によって確認されている。これらの研究を実験手続上で区分すると、2種類またはそれ以上の種類の光刺激戟の中の特定の種類にのみ選択的に反応する (Donchin and Cohen, 1967; Harter and Salman, 1972), 音と光刺激戟の中でいずれか一方だけに選択的に反応する (Spong et al., 1965), 音の弁別課題の有無 (Davis, 1964), 音刺激戟への vigilance の水準 (Ritter et al., 1968; Fruhstorfer and Bergstrom, 1969; Fruhstorfer et al., 1970), 音源方向を異にするいくつかの音の中のある特定の方向の音を選択して、その音系列内の差異を弁別する (Hillyard et al., 1973; Schwent and Hillyard, 1975) などがあげられる。

Ford et al. (1973) は、選択的注意のモデルを考える場合に興味ある知見を報告した。被験者に、背景雑音の変化、背景持続光の変化、クリックおよびフラッシュの4種類の刺激戟をランダムに配列して提示した。被験者に教示を与えて、この中の一種類をターゲット刺激戟にして、それが提示されたら鈕を押させるようにした。たとえばクリックがターゲット刺激戟となっていたときには、他の3種類の刺激戟は検知対象とはならない。しかし、この3種類のうちで、背景雑音の変化は、ターゲット刺激戟と同じ modality をもっているため、持続光の変化、フラッシュとは異なる影響を誘発電位に及ぼすかもしれない。クリック以外の刺激戟がターゲットになった場合にも同様な推定が可能となる。結果はこの予想を裏付けるものであって、潜時 100-200 m sec の陽性一陰性波の波高は、ターゲット刺激戟のみならず、ターゲット刺激戟と同じ modality の非ターゲット刺激戟に対して大きくなった。この実験の結果は、選択的注意の選択度が情理処理系の初期段階でシャープで後期段階でブロードだ、という Treisman (1964) の説を裏付けるものであるし、また、選択度がブロードな場合には同化が生じるという前述の推定を裏付けるものといえよう。Smith et al. (1970) の実験では、binaural 刺激戟として、左右の耳にそれぞれ音声とクリックの混合系を与えて、クリックに対する誘発電位を測定した。この実験では、片耳のクリックだけに注意を払っているにもかかわらず、左右のクリック誘発電位の潜時 200 m sec の陽性波の振幅が同じであること、また、片耳の音声に注意を払っているときには、左右のクリック誘発電位の振幅がともに小さいこと、が判明した。Wilkinson and Lee (1972) は、周波数の異なる3種類の音の系列を被験者に与えて、その中の特定の音の提示回数をかぞえさせた。この実験結果では、注意の対象とされた特定音に対する誘発電位の、潜時 300 m sec 以上の陽性ピークが大きくなった。しかし、潜時が 300 m sec より短いピークの波高値は、特定音とその他の音との間に差異がないことが判明した。この結果もまた、前述の Ford et al. (1973) の結果について述べた解釈と合致する。

Dichotic messages の実験では、被験者は一方の耳への入力メッセージを忠実に再生しなければならない。この手続きによって、実験者は被験者の注意を当の入力に専念して向け続けさせることが可能になる。誘発電位実験で用いられる手続き、すなわち継時的に刺激戟を提示して、その中のある特定の刺激戟にのみ注意を向けさせるという方法では、dichotic messages の手続きに見られるような、注意の強力な拘束、を保証することが困難である。被験者が、注意の対象となった刺激戟の出現についてある種の期待モデルを作る場合には、期待モデルで予想される空き時間に注意を他の刺激戟に向けることが可能となる (Moray and Fitter, 1973)。さらに、誘発電位におよぼす注意の効果を検討する場合には、このような期待モデルにもとづく賦活水準 (注意の前駆段階としての一般的活動水準) の変動を考慮に入れる必要がある (Näätänen, 1975)。これまで紹介して来た諸実験のなかで、Näätänen の批判に耐えうる実験は実のところそれは

ど沢山あるとは言えないのであるが、上述の例だけで言えば Smith et al. (1970) と Ford et al. (1973) の実験は、Näätänen の爆撃に耐えて生き残れそうである。Dichotic messages を用いた諸実験とこれらの誘発電位実験の結果が示していることは、選択的注意機構の層構造である。情報を運搬する物理的媒体を選択するはたらきは情報処理系の初期段階(入力に近い段階)にあって、この段階での選択度はシャープで、同化の許容幅がせまい。選択のための物理的手がかりが僅少で、選択が文法・文脈構造にもとづいてなされるはたらきは、処理系の後期段階(中枢に近い段階)にあって、この段階での選択度は比較的ブロードで、同化の許容幅が広い。

選択的注意は上記のような選別棄却と同化の機能をもっていて、外界事物の構造情報の H_m の制限に寄与しているものと考えられる。

II-2. メトロンの情報の制限: Habituation

処理能力に制限がある情報処理系は、処理を安定に行なうために、処理すべき外界の事物の最大情報量を制限する必要がある。選択的注意は構造情報の最大情報量をしばらくの間だけ固定する機能を果たす。構造情報が外界の事物から処理系内にとり入れられている間は、注意は当該事物に向けられていて、事物の構造が複雑であるほどこの注意の維持時間は長くなる。注意の維持時間を脳波のアルファ波消失時間で計測すると、アルファ波消失時間は視覚刺激の構造が複雑であるほど長いことが報告されている (Berlyne and McDonnell, 1965; 狩野と北島, 1971; Kanoh and Kitajima, 1972)。これとは逆に、外界の事物の構造が単純であれば、構造情報のとり入れは比較的短時間で終了するはずである。実際にも、diffuse flash のように構造に乏しい刺激しか与えられていない場合には、ボタン刺激が与えられている場合に比して、アルファ波消失時間が短くなる (Kanoh and Kitajima, 1972)。Diffuse flash のような単純な刺激に含まれている構造情報はごく僅かであると考えられるので、アルファ波の消失時間は第一回目の刺激提示のときに長く、第2回目の提示からあとはすべて同様に短くなって然るべきであるが、実際にはそうではない。Kanoh and Kitajima (1972) の結果に見られるように、diffuse flash 刺激に対するアルファ波消失時間は、提示の回を重ねるにつれて徐々に短くなるのであって、しかもこの短縮の推移を示す曲線はボタン刺激に対して描かれたアルファ波消失時間の推移曲線を平行移動したものとよく近似している。このことは、diffuse flash 刺激の処理とボタン刺激の処理とに共通した操作で、しかも構造情報の処理とは別の操作が処理系内で進行していることを暗示している。この操作というのは、外部の事物あるいは刺激布置のなかに残っている別種の情報(構造情報以外の情報)を、外部から処理系内部にとり入れる操作である、とここでは考えておく。構造情報がゼロになってもまだ事物の中に残っている情報は、従来の用語では significance とよばれていたもので、換言すれば情報処理系が外界事物に対してもっている関心の深さのことである。この情報をここではメトロン情報とよぶ。Berlyne (1963) は、事物のなかに構造に関連した情報のほかに、照査特性 (collative properties) とよばれる特性が含まれていることを指摘している。この特性は、何か新奇なもの、見なれない変なもの、を示す用語であって、この特性も情報処理系が処理すべき重要な情報のひとつである。しかし、この特性はこのエッセイの当面の関心事ではない。

確信性 メトロン情報にはふたつの側面がある。第一は観測の精度によって生じる情報で、これは構造情報とも関係する。第二は観測手段の信頼性と観測結果についての確信性 (confidence) によって生じる情報で、これは構造情報とは一応独立して存在する。観測手段の信頼性は情報処理系の物理的側面、すなわち感覚器官と外部補助装置の動作の安定性に依存する。

この物理的側面が十分に保証されるならば、信頼性のメトロン情報はゼロになる。このような物理的保証が十分になされたあとになっても、測定者が測定の情報に十分な期待をもてない場合もありうる。物理的改善がなされたあとになお残るメトロン情報を、ここでは確信性によって生じるメトロン情報とよぶ。もっと正確に言えば、確信性が希薄なために確信性を増大させる目的で外界からとり入れられる情報のことである。ここでは観測結果についての確信性(のなさ)によって生じるメトロン情報だけをとりあげて分析し、以下これを単にメトロン情報とよぶ。Significance の高い事物は多量のメトロン情報をもっているので、情報処理系はこの情報のとり入れを行なう。このとり入れは、処理系内のメトロン情報量が確信性の基準に達したときに中止される。その時点でこのような事物がもっていたメトロン情報はゼロになり、このあとに残っているかもしれない情報は、threshold of triviality (Walter, 1964) をこえないものとして棄却される。

確信性の基準値がきまればメトロン情報の最大値 H_m を制限することが可能となる。確信性は情報処理系のどのような特性によって形成されるのであろうか。情報処理系は、処理系内に何かある特殊な変化が生じたときに、外界事物の事後の情報は trivial である、という確信をもつ。この何かとはどのようなものか。この問題を解くために神経回路網に生じる habituation 過程を分析しよう。

Habituation の行動上の側面および神経生理学上の側面の広範な展望を得たい場合には、Thompson and Spencer (1966), Horn and Hinde (1970), Peeke and Herz (1973) を参照されると有益である。このエッセイでは背景脳波および誘発電位の記録にもとづく habituation 研究の若干を検討するとどめる。

脳波の habituation 背景脳波上において観察される habituation (皮質もしくは頭皮上脳波にあっては速波から徐波への変化) の古典的研究は、猫を用いた Sharpless and Jasper (1965) の研究である。この研究では 35 匹の猫の皮質と皮質下に電極を挿入し、猫が眠っているときに 500 Hz 音を 3 秒間与えて、脳波活性化(速波成分の増加)の持続時間を測定した。活性化時間は刺激のくり返し回数が増大するにつれて短くなり、約 40 回目(猫の個体差にもよるが)の刺激では脳波は活性化を示さなくなった。ヒトを対象として脳波の habituation を研究したものには、Sokolov (1960, 1963), Morrell and Morrell (1962), Morrell (1966) などがある。北海道大学教育学部の特殊教育実験室で長年実施して来た脳波計測による habituation 過程の分析の一部は、狩野と北島 (1971), Kanoh and Kitajima (1972) に報告されている。

誘発電位の habituation 誘発電位の habituation 研究は、背景脳波の habituation 研究ほどの一義的結果を得るに至っていない(Thompson and Spencer, 1966)。たとえば、眼や耳のような末梢入力装置(たとえば瞳孔径や耳と音源との位置関係)に変動がないように工夫をすると、誘発電位の振幅には habituation が見られない(Horn, 1965)、という知見が報告されている。一方で、瞳孔径の変動は視覚誘発電位の habituation 速度には関係ない(Perry and Childers, 1969)、という知見が報告されている。誘発電位の habituation は、slow (あるいは long-term) habituation と fast (あるいは short-term) habituation に 2 分される(Callaway, 1973)。Slow habituation 研究の例は Haider et al. (1964) に見られる。この実験では、ヒトの被験者に背景刺激として 5 分間に 100 個のフラッシュを与え、この中に 10 個のよいフラッシュを混在させて、このよいフラッシュに対して電鍵押しを要求して、後頭一頭頂双極誘導による誘発電位をこの背景刺激に対して記録した。この結果、実験の進行につれて潜時 160-200 m sec の陰

性一陽性のピーク値が低下し、またよわいフラッシュの検出率も100-90%から50-40%に低下してゆくことが判明した。このような刺激のくり返しに伴うヒトの誘発電位の slow habituation は Walter (1964) の報告にみられるし、また当教育学部の特殊教育実験室で多くの実験者によって(たいていの場合には有難くない現象として)確認されている。Slow habituation は動物の誘発電位についても観察されていて、Hall (1968) はネズミについて、Westenberger and Weinberger (1976), Westenberger et al. (1976) は猫について、反復刺激に伴う誘発電位の振幅の減衰を報告している。

Fast habituation は第一と第二刺激の時間間隔を2秒から10秒程度あけて順次提示すると、第二刺激に対する誘発電位の振幅が第一刺激に対する振幅よりも小さくなる、という現象である。したがって、fast habituation は recovery function と区別がつかない(Callaway, 1973)。Ritter et al. (1968) の研究はその一例である。この実験では、被験者に60 dB, 300 m sec 持続の1,000 Hz 音を2秒間隔で30回与えた。この30個の刺激が1 run となり、run と run の間隔を5分おいて合計24 runs を与えた。各 run の第一刺激によって生じた誘発電位を across-run で加算した。各 run の第二、第三刺激などについても同様な方法で加算して誘発電位を記録した。このようにして計測してみると、潜時100-180 m sec の陰性一陽性のピークの波高値は第一誘発電位に対して最大で、第二以下の誘発電位に対する波高値には著しい減衰が認められた。クリックを用いた fast habituation の成立過程が Fruhstorfer et al. (1970), Fruhstorfer (1971) によって報告されている。

Habituation という用語は、これまで紹介してきたように、刺激に対する反応水準の低下を記述する場合に用いられて来た。背景脳波、誘発電位は、くり返し刺激に対して活性水準と波高値が低下する。くり返し刺激に伴って生じる神経活動水準の低下は、感覚伝達の単一神経細胞のスパイク放電にも観察されている(Horn and Hinde, 1970; Segundo and Bell, 1970; Hill, 1973)。

Habituation と条件反射 Habituation が生じたときには、このような反応の低下を条件として、動物の学習にとって何か有利な過程が生じているのではないか、という問題を検討してみよう。周知のように、古典的条件づけ(条件刺激 CS と無条件刺激 UCS との結合)が成り立つためには、動物が前もって CS に対して habituate することが必要である。動物が CS に対してつよい定位反射を示しているときには条件づけは成功しない。CS がつよすぎたり奇妙なものであれば、条件づけはほとんど不可能である。また、CS-UCS 間に条件結合が生じたあとに、別の新奇な刺激が出現すると、CS-UCS 間の条件結合は破壊もしくは抑制されてしまう。Habituation は単なる反応減弱にすぎないものではなく、条件づけ学習の成立に有用な“何か”を動物の神経回路網内に生じさせる機能をもつものに相違ない。

Habituation の理論には、habituation を生物体全体の学習ないし適応行動と見なす molar な理論と、脊髄反射のように限局された現象を電気生理学的に分析しようとする molecular な理論がある(Groves and Thompson, 1970)。Molecular な理論(Groves and Thompson, 1970; Groves and Thompson, 1973; Thompson et al. 1973)は、神経系内に生じる興奮と抑制過程の組合せを habituation の基礎とみなしている。説明に用いられる用語が実験事実ないし実験操作と対応している点では molar 理論よりもすぐれているが、反射機能に見出された原理によって、たとえば反応水準が実験の日を重ねるにつれて次第に低下するような緩徐な habituation を説明することは困難なことである。Molar 理論(Glanzer, 1953; Sokolov, 1960, 1963; Stein,

1966) のなかで周知されているものに Sokolov の neuronal model がある。

Groves and Thomson (1970) は、刺戟がくり返されることによって S-R 伝達経路内に活動水準の低下が生じることを重視した。このような活動水準の低下は、Segundo and Bell (1970) や Hill (1973) が提示している多くの事実によって証明されているところであって、この点の重視は至極当然なことである。このエッセイでは、neuronal model は(もしそのようなものがあるとすれば) habituation の原因ではなくて、S-R 伝達経路内の活動水準の低下の結果として生じてくるものであると考えておく。中枢の神経回路網に到着する感覚入力強度が低下すると、外界事物の representation の維持は感覚入力性の促通よりも中枢性促通により多く依存するようになる。このような中枢化が進行すると、情報処理系にとっては、末梢からの感覚入力は threshold of triviality (Walter, 1964) 以下のものとみなされるに至る。情報処理系が上記の状態に達したことを、ここでは外部事物に関する確信 (confidence) とよぶ。

緩徐な二次性反応 確信は、情報処理系の S-R 伝達系が連続的もしくは継時的に多数の同一感覚入力を伝達して、その活動水準が低下したあと、処理系の中枢回路網内に、興奮水準は低いけれども持続の長い反応が安定して維持される状態である、とここでは仮定する。Buser and Rougeul (1957), Buser and Imbert (1961), Fessard (1961) は、動物に感覚刺戟を加えると、皮質の一次投射領以外の部位に潜時の長い多相性の反応が生じることを観察し、これを二次性反応 (secondary response) とよんだ。この二次性反応は、動物が強い刺戟に定位反射を示すときには消滅してしまう。また、Buser and Rougeul (1957) は、動物に CS と UCS の組合せを与え続けると、やがて CS 提示に際して UCS の一次投射領にこの二次性反応が生じることを報告している。この二次性反応と似た大脳皮質の動作特性が Burns (1968) によって紹介されている。強い刺戟を神経網の一端に加えると、反応は急速に他端に達し、またこの反応は短時間で終了する。刺戟が弱すぎると、神経網内の興奮は途中で消滅する。適度につよい刺戟を一端に加えると、反応は緩徐に進行し、徐々に他端に到達して、神経網内の興奮は比較的長時間 (数秒にもおよぶ) 維持される。

Morotomi and Kitajima (1975) は、円板状の条件刺戟光を先行させてこの条件刺戟の持続時間をパラメーターにして、後続のテスト光によって生じる誘発電位を記録した。この結果、テスト刺戟の on に対する誘発電位と条件刺戟の off に対する誘発電位がともに条件刺戟の長さ、つまり条件刺戟 on からの時間的距離、に影響されることが判明した。条件刺戟の持続が短いときには、条件刺戟の on 反応は、テスト刺戟の on 反応のみならず、条件刺戟自身の off 反応をも抑制してしまう。Kitajima et al. (1975) は、光刺戟に対する誘発電位を記録し、条件刺戟 off のあとに抑制の解除と同時に一過性の反応ポテンシャルの上昇過程が進行し、その過程のピークが先行刺戟 off のあと 300 m sec 付近にあることを示した。Kitajimo and Kanoh (1976) は、条件刺戟に光刺戟、テスト刺戟にクリック音を用いて誘発電位を記録し、条件刺戟 on のあとにも、off のあと同様に、抑制の解除と反応ポテンシャルの一過性の上昇が進行することを報告した。Kitajima (1978) は、チェッカー模様のフラッシュ刺戟を条件刺戟およびテスト刺戟として用いて誘発電位を記録した。条件刺戟は単一刺戟および 3 種類のくり返し刺戟 (400 m sec おきに 6 個, 200 m sec おきに 11 個, 100 m sec おきに 21 個, 以下この間隔を ISI とよぶ) であった。条件刺戟のあと 500 m sec おいてテスト刺戟を投射した。テスト刺戟にもっとも近い条件刺戟、つまり単一条件刺戟およびくり返し刺戟の最後の刺戟、に対する誘発電位の振幅は、単一刺戟の場合がもっとも大きく、以下 ISI 400, 200, 100 m sec の順に小さくなった。

これらの条件刺激に対する誘発電位がテスト刺激の誘発電位に抑制をかけるものと仮定すると、このテスト刺激に対する誘発電位の振幅は上にのべた順に大きくなるはずである。しかるにこの実験の結果では、テスト刺激に対する誘発電位の振幅は、単一刺激と ISI 400 m sec の場合に最小で、ISI 200 m sec の場合に急増し、ISI 100 m sec の場合に少し低下することが判明した。ISI 400 m sec の場合には、6 個の条件刺激の各々がある程度独立して抑制作用をもっていて、それらの全部もしくは一部が加重されたのであるが、ISI 200 m sec の場合には、11 個の刺激の最初のを除く残りの 10 個の刺激はテスト刺激に対して抑制加重をほとんどもたないかあっても僅少であると考えざるをえない。ISI 200 m sec の場合には、個々の刺激は融合することなく分離して知覚されているし、誘発電位も、振幅こそ小さいけれども、それぞれの刺激に対応して生じていた。したがって、神経回路網内の知覚を分担する機能領域では、各刺激はそれぞれ分離した反応を生ぜしめていたことになる。けれども神経回路網内の“どこか”の“ある”機能領域では、これら 11 個の刺激は相互に連続した反応を生じさせて、そのために、最初の刺激を除く残り 10 個の刺激はテスト刺激に対する抑制作用を失なった、と考えることができる。以上紹介した諸実験は、先に述べた二次性反応の解明を直接の目的としたものではない。けれどもこれらの実験は、感覚刺激の on もしくは off によって、神経回路網内のどこかの領域に潜時と持続の長い反応が誘起されること、および刺激間隔が臨界値(以上の実験に用いた刺激条件の場合には約 300 m sec)より短かくなると、この反応が相互に隣接し統合される可能性を示したものといえる。

海馬脳波 Sugawara et al. (1977) は、フラッシュによって提示される幾何図形を CS、空気の吹きつけを UCS として、眼瞼反射の条件づけ学習の実験を行なった。この結果、CS によって生じる誘発電位の波高値が条件づけの完成時に低くなることが判明した。一般に、誘発電位の波高値の減少は、他の刺激による干渉もしくは同種刺激に対する habituation によるもの、と考えられている。上記のごとく、誘発電位振幅の減少が条件づけ学習時に観察されたことは、habituation と条件づけ学習の関係を示唆するものとして、興味ある知見といえよう。

Habituation と条件づけ学習の両過程間の類似性を示す知見が、動物を用いた条件づけの電気生理学的研究、特に海馬の脳波研究によって提供されている。海馬に損傷が生じると短期記憶を必要とする学習能率が低下する。血管障害や腫瘍によってヒトの両側海馬に障害が生じると、短期記憶に重大な支障が生じるし、また動物の海馬に損傷を与えると、短期記憶を必要とする学習、たとえば扉が白い場合には右に行き、黒い場合には左に行くと餌がもらえる、というような連合学習が困難になる。このような実験結果は海馬が一時的な情報貯蔵庫としての機能を果たすものと解釈されてきた (Grossman, 1967)。

海馬脳波には 3-6 c/sec の高振幅の同期波の出現が観察され、海馬の θ 波とよばれる。新皮質に非同期波が出現しているときには、海馬には常にこの θ 波が出現していて、これは古皮質賦活反応とよばれる (Green and Arduini, 1954)。CS を単独で動物にくり返し与え続けると、海馬の θ 波の持続時間が短くなり非同期波が多くなる (Grastyán et al, 1959; Irmis̃ et al., 1970)。CS に UCS を付加すると、それまで habituate していた CS に対して誘発電位が生じる (Galambos et al., 1956)。特に CS に音、UCS にフリッカー光を用いたときには、条件づけの中期に海馬 (だけではなく扁桃核、中脳網様体、視床中継核にも) に高振幅の同期波が出現する (Yoshii et al., 1957; Yoshii and Hockaday, 1958)。海馬で観察されたこの同期波は UCS のリズムに一見すると同期しているようであるが、実は海馬の賦活反応である。

海馬の θ 波は、神経回路網内の情報処理過程において、ある特定の役割を果たしている、という説が提出された (Adey et al., 1960; Adey, 1961; Elazar and Adey, 1967)。Adey の研究室が報告した実験では、T 型迷路の中の明暗いずれかの扉に報酬を付与しておいて、猫を被験者として弁別学習をやらせた。猫が実験場面に入ると海馬に 4-7 c/s の周波数分布をもった徐波が出現し、猫が学習を開始して成功率が高くなってゆくにしながら、徐波の周波数分布がせまくなって 5-6 c/s に収斂した。Adey 達はこの徐波は記憶の固定に関係があるものと解釈した (Elazar and Adey, 1967)。けれども以下に紹介するいくつかの実験結果にもとづいて再検討してみると、Adey 達の実験結果は動物の注意が弁別して接近すべき刺激対象によって拘束されていたことを示すもの、と解釈することができる。

Grastyán の実験 (Grastyán, 1959; Grastyán et al., 1959; Lissák and Grastyán, 1960; Grastyán, 1961) が示したところによると、条件づけ場面における猫の海馬脳波はつぎのように変化した。条件づけの初期段階では、UCS (たとえば食物) によって強化された第一回目の CS (クリック音) あるいはこのあとの何個かの CS に対して海馬に非同期波が生じ、この速波は、CS-UCS のくり返しによってしだいに θ 波にかわった。条件づけが進行し、動物が明確な条件づけ行動 (クリックがきこえるとためらうことなく餌箱に接近する) を示す時期になると、 θ 波はふたたび非同期波にかわった。Hearst et al. (1960) も同じような結果を報告した。Bennett の実験 (Bennett, 1970; Bennett and Gottfried, 1970; Bennett et al., 1973; Bennett, 1977) は、上述の Grastyán の結果を確認したと同時に、猫が遅延反応を課せられて“待った”をしているときに、海馬脳波に θ 波が出る条件と速波が出る条件とを明らかにした。これらの実験では、猫はペダルを押してミルクを貰うことができた。ただし、猫がいち度ペダルを押すと、このペダル押しから何秒かたったあとにペダルを押した場合にだけ、猫はふたたびミルクを貰うことができた。このような実験条件のもとで、猫に時間の経過を知らせる外部手掛りは何もない場合には、海馬には速波が出現した (Bennett and Gottfried, 1970)。これとは逆に、何秒か経過すると光がついて、猫に時の経過を知らせる外部手掛りがある場合には、海馬には θ 波が出現した (Bennett et al., 1973)。この実験結果は、動物が音や光が on のときにペダルを押したときだけ報酬が貰えるように訓練すると、音や光が出ていない実験期間には海馬に θ 波が出現した (Bennett, 1970)、という結果とも合致する。つまり、海馬の θ 波は注意が神経回路網の外部にある刺激に向けられている場合に生じ、海馬の非同期波は注意が神経回路網内に生じる feed-back に向けられている場合に生じる (Bennett, 1977)。Olds (1970) は、動物が一定の時間“待った”ができたときに音信号がでて餌が与えられるという手順を用いて動物を訓練し、“待った”をしているときの海馬の単一細胞の活動を測定した。その結果によれば、一部の細胞は“待った”期間に活動性が上昇したけれど、別の細胞はこの期間に活動性が低下した。このように海馬の単一細胞の行動は、全部が全部 Bennett (1977) の仮説にしたがうものとはいえない。

以上が条件づけ学習に際して観測された海馬脳波の行動の概要である。条件づけが進行した場合に観測されている非同期波と、habituation の場合に観測される同じく海馬の非同期波とが、発生源を同じくするか否かは確定されていない。しかしながら、ペダル押し行動の統制が外部刺激の手掛かりによることなく、神経回路網内に生じる内部過程によってなされる場合の動物の状態は、自分で鉤を操作して感覚刺激を出す場合の動物の状態と、少なくとも外見上はよく似ている。あとの場合に動物が別種の報酬もなしに、ある適当なタイミングで刺激提示操作を続けている場合には、この感覚刺激そのものが報酬となっていると考えてもよく、そう

考えれば、両方の場合の神経回路網の活動状態にも類似性がある、といえるのではあるまいか。このように自分で提示操作をして提示した刺激によって誘発電位を記録すると、habituationが著しく誘発電位の振幅が小さい、という報告がサルおよびヒトについてなされている (Fox, 1964; Schafer and Marcus, 1973)。

このような対応関係から推測すれば、海馬脳波の変化 (θ 波から非同期波に推移する) を伴って進行する habituation は、反応規定因が内面化する条件づけの進行過程とよく類似した過程である、と考えることができる。Habituation の場合の反応規定因とは、刺激の representation を維持する神経活動のことであり、それが内面化するということは、representation の維持が感覚入力性促進よりも中枢性促進に依存するようになる、ということである。情報処理系がこの状態に達すれば、外部からの感覚情報は representation の維持にとって trivial なものとなる。

III. 要約と結語

ヒトを含む動物の情報処理系が外界事物の情報をとり入れ始める場合にはその処理系はどのようなことをするのか、とり入れが終る場合には処理系内にどうすることが生じているのか、を考えてみた。自己組織系を情報処理系の理想型として設定し、その動作特性を解析した。有限の処理能力しかもたない情報処理系が入力情報を順次処理して、外界事物の側に含まれる情報量を減らし、処理系内部の情報量を増加させるためには、まずとり入れるべき最大情報量を制限しなければならない。この最大入力情報量の制限機構は、もし処理系が自己組織系であるとすれば、処理系内部に装備されているはずである。このエッセイでは外界事物がもっている情報を構造情報と確信性メトロン情報に二分し、前者を制限する装備として選択的注意を、後者を制限する装備として habituation をとりあげた。

選択的注意は感覚器官およびそれから中枢への伝達系に抑制をかけて、とり入れるべき情報を制限するはたらきをもつという理論は、実験データの支持を得ていない。聴覚を中心とした選択的注意の多くの実験が示していることは、選択的注意の機能は中枢性の弁別・同化機能であるということである。末梢からの情報は中枢における処理系のいはばお白州まで呼び出されていて、御奉行様の指図を待っているわけである。弁別・同化機能は文法的・文脈の原理にもとづいて動作し、文法的に許容しうる限度内に属する入力を同じものと見なしてこれを取り入れ、限度をこえて相違するものを別のものとみなしてこれを棄却する。外界の事物がもっている構造情報のある時点での最大値は、このような選別棄却と同化によって制限される。

最大値を固定したあとで、情報処理系はその情報を順次とり入れて、処理系内部に情報を増加して、系内の秒序化を行なう。ある時点での構造情報の最大値が固定されているのであるから、情報のとり入れが進行すれば、とり入れるべき残余情報がいつかはゼロになる。外界事物の構造が非常に単純であれば事物がもっている全ての構造情報が処理系内にとり入れられつくすにはそれほど長い時間を要しないはずである。しかるに、現実の（たとえば実験室内で刺激をうけとっている）ヒトの被験者の行動は、このように単純なものではない。刺激の構造が既知のものとなり、見出すべき新しい構造情報が皆無となったあとでも、被験者がなおこの刺激に“関心”をもち続ける場合がある。このエッセイでは、このような場合には外界の事物の中にまだ別種の情報が残留しているため、情報処理系がこの情報をとり入れ続けているのだ、と考えることにして、この情報を確信性メトロン情報とよぶことにした。確信性メトロン情報

の最大値をきめる確信性の基準値は、どのような mechanism によって設定されるのか。この疑問を出発点にして habituation 過程を検討した。学習が進行したときの海馬脳波の変化を手掛かりにして、habituation が条件結合である可能性を検討した。Habituation が進行すると個々の刺戟が誘起する刺戟に固有の反応が、各刺戟に共通した二次性反応によって結合されるに至るものであるらしい。このような条件結合が成立した場合に、情報処理系は外界事物の特性について確信性をもった状態になるであろう。求心神経系に内在する反応逓減 mechanism (順応) は条件結合の成立にとって重要な役割を果たしている。もし求心神経系に順応が生じなければ、中枢処理系には常に強力な感覚性促進が加えられて、個々の感覚性 representation は鮮明であっても、いくつかの representations 相互間の条件結合に必要な、持続の長い二次性中枢反応は生じないことになるであろう。このように考えると、順応は情報処理系が確信性をもつに至るための重要な自働制御要因である。

このエッセイでは、確信性 (外界の事物の情報がもはや顧慮に価せぬという確信) の成立過程を情報処理系の内部機構のはたらきの結果として、ある程度解明した。けれども、確信性の基準値の設定そのものを処理系内部の機構中に見出すには至らなかった。いまにして思えばこのことは、情報処理系を自己組織系として設定して、もっぱら外部環境からの情報受容機能を重視して分析してきたことの当然の帰結であった。確信性の基準値は、情報処理系以外のたとえば動機づけのシステムによって設定されるものであろう。この基準値はその高低に応じて上行賦活系の興奮水準を設定して、二次性中枢反応の形成と条件結合の成立に対して妨害的に作用するものと思われる。

References

- Adey, W. R. Studies of hippocampal electrical activity during approach learning. In Delafresnaye, J. F. (ed.) *Brain mechanisms and learning*. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 1961, 577-588.
- Adey, W. R., Dunlop, C. W. and Hendrix, C. E. Hippocampal slow waves. Distribution and phase relationships in the course of approach learning. *Archives of Neurology*, Chicago, 1960, 3, 74-90.
- Bennett, T. L. Hippocampal EEG correlates of behavior. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 1970, 28, 17-23.
- Bennett, T. L. *Brain and behavior*. Belmont, Wadsworth Publishing Co., 1977.
- Bennett, T. L. and Gottfried, J. Hippocampal theta and response inhibition. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 1970, 29, 196-200.
- Bennett, T. L., Hébert, P. N. and Moss, D. E. Hippocampal theta activity and the attention component of discrimination learning. *Behavioral Biology*, 1973, 8, 173-181.
- Berlyne, D. E. Motivational problems raised by exploratory and epistemic behavior. In Koch, S. (ed.) *Psychology: A study of a science*, Vol. 5. New York, McGraw-Hill, 1963, 284-364.
- Berlyne, D. E. and McDonnell, P. Effects of stimulus complexity and incongruity on duration of EEG desynchronization. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 1965, 18, 156-161.
- Broadbent, D. E. *Perception and communication*. London, Pergamon Press, 1958.
- Burns, B. D. *The uncertain nervous system*. London, Edward Arnold Ltd., 1968.
- Buser, P. and Imbert, M. Sensory projections to the motor cortex in cats: A microelectrode study. In Rosenblith, W. A. (ed.) *Sensory communication*. Cambridge, M. I. T. Press, 1961,

607-626.

- Buser, P. and Rougeul, A. Cortical sensory responses in the cat (chronic preparation). Their modification during the establishment of temporary connections. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 1957, **9**, 362.
- Callaway III, E. Habituation of averaged evoked potentials in man. In Peeke, H. V. S. and Herz, M. J. (eds.) *Habituation*, Vol. II, Physiological substrates. New York, Academic Press, 1973, 153-174.
- Cherry, E. C. Some experiments on the recognition of speech, with one and with two ears. *Journal of acoustical Society of America*, 1953, **25**, 975-979.
- Davis, H. Enhancement of evoked cortical potentials in humans related to a task requiring a decision. *Science*, 1964, **145**, 182-183.
- Deutsch, J. A. and Deutsch, D. Attention: Some theoretical considerations. *Psychological Review*, 1963, **70**, 80-90.
- Donchin, E. and Cohen, L. Averaged evoked potentials and intramodality selective attention. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 1967, **22**, 537-546.
- Donchin, E. and Lindsley, D. B. Average evoked potentials and reaction times to visual stimuli. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 1966, **20**, 217-223.
- Elazar, Z. and Adey, W. R. Spectral analysis of low frequency components in the electrical activity of the hippocampus during learning. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 1967, **23**, 225-240.
- Fessard, A. The role of neuronal networks in sensory communications within the brain. In Rosenblith, W. A. (ed.) *Sensory communication*. Cambridge, M. I. T. Press, 1961, 585-626.
- Ford, J. M., Roth, W. T., Dirks, S. J. and Kopell, B. S. Evoked potential correlates of signal recognition between and within modalities. *Science*, 1973, **181**, 465-466.
- Fox, S. S. Evoked potential habituation rate and sensory pattern preference as determined by stimulus information. *Journal of comparative and physiological Psychology*, 1964, **58**, 225-232.
- Fruhstorfer, H. Habituation and dishabituation of the human vertex response. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 1971, **30**, 306-312.
- Fruhstorfer, H. and Bergstrom, R. M. Human vigilance and auditory evoked responses. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 1969, **27**, 346-355.
- Fruhstorfer, H., Soveri, P. and Järvilehto, T. Short-term habituation of the auditory evoked response in man. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 1970, **28**, 153-161.
- Galambos, R., Sheatz, G. and Vernier, V.G. Electrophysiological correlates of a conditioned response in cat. *Science*, 1956, **123**, 376-377.
- Gibson, J. J. *The senses considered as perceptual systems*. Springfield, Houghton Mifflin, 1966.
- Glanzer, M. Stimulus satiation: An explanation of spontaneous alternation and related phenomena. *Psychological Review*, 1953, **60**, 257-268.
- Grastyán, E. Hippocampus and higher nervous activity. In Brazier, M. A. B. (ed.) *The central nervous system and behavior*. New York, Josia Macy, Jr. Foundation, 1959.
- Grastyán, E. The significance of the earliest manifestations of conditioning in the mechanism of learning. In Delafresnaye, J. F. (ed.) *Brain mechanisms and learning*. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 1961, 243-263.
- Grastyán, E., Lissák, K., Madarasz, I. and Donhoffer, H. Hippocampal electrical activity during the development of conditioned reflexes. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 1959, **11**, 409-430.
- Gray, J. A. and Wedderburn, A. A. I. Grouping strategies with simultaneous stimuli. *Quarterly Journal of experimental Psychology*, 1960, **12**, 180-184.

- Green, J. D. and Arduini, A. A. Hippocampal electrical activity in arousal. *Journal of Neurophysiology*, 1954, **17**, 533-557.
- Grossman, S. P. A textbook of physiological psychology. New York, John Wiley, 1967.
- Groves, P. M. and Thompson, R. F. Habituation: A dual-process theory. *Psychological Review*, 1970, **77**, 419-450.
- Groves, P. M. and Thompson, R. F. A dual-process theory of habituation: Neural mechanisms. In Peeke, H. V. S. and Herz, M. J. (eds.) *Habituation*, Vol. II, Physiological substrates. New York, Academic Press, 1973, 175-205.
- Haber, R. N. (ed.) *Information-processing approaches to visual perception*. New York, Holt, Rinehart and Winston 1969.
- Haider, M., Spong, P. and Lindsley, D. B. Attention, vigilance, and cortical evoked-potentials in humans. *Science*, 1964, **145**, 180-182.
- Hall, R. D. Habituation of evoked potentials in the rat under conditions of behavioral control. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 1968, **24**, 155-165.
- Harter, M. R. and Salmon, L. E. Intra-modality selective attention and evoked cortical potentials to randomly presented patterns. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 1972, **32**, 605-613.
- Hartline, H. K. Inhibition of activity of visual receptors by illuminating nearby retinal areas in the *Limulus* eye. *Federation Proceedings*. 1949, **8**, 69.
- Hartline, H. K., Wagner, H. G. and Ratliff, F. Inhibition in the eye of *limulus*. *Journal of general Physiology*, 1956, **39**, 651-673.
- Hearst, E., Beer, B., Sheatz, G. C. and Galambos, R. Some electrophysiological correlates of conditioning in the monkey. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 1960, **12**, 137-152.
- Hebb, D. O. A textbook of psychology, 2nd ed. Philadelphia, Saunders, 1966.
- Hernandez-Peon, R. Reticular mechanisms of sensory control. In Resenblith, W. A. (ed.) *Sensory communication*. Cambridge, M. I. T. Press, 1961.
- Hernandez-Peon, R., Scherrer, H. and Jouvet, M. Modification of electrical activity in cochlear nucleus during attention in unanesthetized cats. *Science*, 1956, **123**, 331-332.
- Hill, R. M. Characteristics of habituation displayed by mammalian visual pathway units. In Peeke, H. V. S. and Herz, M. J. (eds.) *Habituation*, Vol. II, Physiological substrates. New York, Academic Press, 1973, 139-152.
- Hillyard, S. A., Hink, R. F., Schwent, V. L. and Picton, T. W. Electrical signs of selective attention in the human brain. *Science*, 1973, **182**, 177-180.
- Horn, G. Physiological and psychological aspects of selective perception. In Lehman, D. S., Hinde, R. A. and Shaw, E. (eds.) *Advances in the study of behavior*, Vol. 1. New York, Academic Press, 1965.
- Horn, G. and Hinde, R. A. (eds.) *Short-term changes in neural activity and behaviour*. Cambridge, Cambridge University Press, 1970.
- Hugelin, A., Dumont, S. and Paillas, N. Tympani muscles and control of auditory input during arousal. *Science*, 1960, **131**, 1371-1372.
- Irmiš, F., Radil-Weiss, T., Lát, J. and Krekule, I. Inter-individual differences in hippocampal theta activity during habituation. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 1970, **28**, 24-31.
- Jouvet, M. and Courijon, J. Variation of the subcortical visual responses during attention in man. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 1958, **10**, 344.
- 狩野 陽・北島象司. 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, 1971, 第18号, 1-47.

- Kanoh, M. and Kitajima, S. Some psychological determinants of alpha attenuation after patterned flashes. *Journal of Psychology*, 1972, **82**, 155-166.
- Kitajima, S. The cumulative inhibitory effect of repetitively flashed stimuli on the recovery process of the human evoked potential to a test stimulus. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 1978, **44**, 364-372.
- Kitajima, S. and Kanoh, M. Crossmodal facilitatory effects of light stimulation upon average evoked responses to auditory clicks presented shortly after the light onset. *Japanese Psychological Research*, 1976, **18**, 56-62.
- Kitajima, S., Morotomi, T. and Kanoh, M. Enhancement of averaged evoked responses to brief flashes after offset of preexposed light stimulation: A critical moment. *Vision Research*, 1975, **15**, 1213-1216.
- Lewis, J. Semantic processing of unattended messages using dichotic listening. *Journal of experimental Psychology*, 1970, **85**, 225-228.
- Lissák, K. and Grastyán, E. The changes of hippocampal electrical activity during conditioning. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology, Supplement*, 1960, **13**, 271-279.
- MacKay, D. G. Aspects of the theory of comprehension, memory and attention. *Quarterly Journal of experimental Psychology*, 1973, **25**, 22-40.
- MacKay, D. M. *Information, mechanism and meaning*. Cambridge, M. I. T. Press, 1969.
- Marsh, J. T., Worden, F. G. and Hicks, L. Some effects of room acoustics on evoked auditory potentials. *Science*, 1962, **137**, 280-282.
- Moray, N. and Fitter, M. A theory and the measurement of attention. In Kornblum, S. (ed.) *Attention and performance, IV*. New York, Academic Press, 1973, 3-19.
- Morotomi, T. and Kitajima, S. Enhancement of evoked responses to brief flashes and its correlation with off responses to preexposed light stimulation. *Vision Research*, 1975, **15**, 267-272.
- Morrell, L. K. Some characteristics of stimulus-provoked alpha activity. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 1966, **21**, 552-561.
- Morrell, L. K. and Morrell, F. Nonrandom oscillation in the response-duration curve of electrographic activation. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 1962, **14**, 724-730.
- Morrell, L. K. and Morrell, F. Evoked potentials and reaction time: A study of intra-individual variability. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 1966, **20**, 567-575.
- Näätänen, R. Selective attention and evoked potentials in humans—A critical review. *Biological Psychology*, 1975 **2**, 237-307.
- Naquet, R., Regis, H., Fisher-Williams, M. and Fernandez-Guardiola, A. Variation in the responses evoked by light along the specific pathways. *Brain*, 1960, **83**, 52-56.
- Norman, D. A. Toward a theory of memory and attention. *Psychological Review*, 1968, **75**, 522-536.
- Olds, T. The behavior of hippocampal neurons during conditioning experiments. In Whalen, R. E., Thompson, R. F., Verzeano, M. and Weinberger, N. M. (eds.) *The neural control of behavior*. New York, Academic Press, 1970, 257-293.
- Peeke, H. V. S. and Herz, M. J. *Habituation: Behavioral studies and physiological substrates*, Vol. I. and Vol. II. New York, Academic Press, 1973.
- Perry, N. W. and Childers, D. G. *The human visual evoked response. Method and theory*. Springfield, Charles C Thomas, 1969.
- Picton, T. W. and Hillyard, S. A. Human auditory evoked potentials. II. Effects of attention. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 1974, **36**, 191-200.
- Pribram, K. H. *Languages of the brain: Experimental paradoxes and principles in neuropsychology*. New York, Academic Press, 1971.

- chology. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1971.
- Ratliff, F., Hartline, H. K. and Miller, W. H. Spatial and temporal aspects of retinal inhibitory interaction. *Journal of optical Society of America*, 1963, **53**, 110-120.
- Ritter, W., Vaughan, H. G. Jr. and Costa, L. D. Orienting and habituation to auditory stimuli: A study of short term changes in average evoked responses. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 1968, **25**, 550-556.
- Schafer, E. W. P. and Marcus, M. M. Self-stimulation alters human sensory brain responses. *Science*, 1973, **181**, 175-177.
- Schwent, V. L. and Hillyard, S. A. Evoked potential correlates of selective attention with multi-channel auditory inputs. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 1975, **38**, 131-138.
- Segundo, J. P. and Bell, C. C. Habituation of single nerve cells in the vertebrate nervous system. In Horn, G. and Hinde, R. A. (eds.) *Short-term changes in neural activity and behaviour*. Cambridge, Cambridge University Press, 1970, 77-94.
- Sharpless, S. and Jasper, H. Habituation of the arousal reaction. *Brain*, 1956, **79**, 655-682.
- Smith, D. B. D., Donchin, E., Cohen, L. and Starr, A. Auditory averaged evoked potentials in man during selective binaural listening. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 1970, **28**, 146-152.
- Sokolov, E. N. Neuronal models and the orienting reflex. In Brazier, M. A. B. (ed.) *Central nervous system and behavior*, Vol. 3 Josiah Macy, Jr. Foundation, 1960.
- Sokolov, E. N. *Perception and the conditioned reflex* (Trans. by Waydenfeld, S. W.). Oxford, Pergamon Press, 1963.
- Sokolov, E. N. Higher nervous functions: The orienting reflex. *Annual Review of Psychology*, 1963, **25**, 545-580.
- Spong, P., Haider, M. and Lindsley, D. B. Selective attentiveness and cortical evoked responses to visual and auditory stimuli. *Science*, 1965, **148**, 395-397.
- Stein, L. Habituation and stimulus novelty: A model based on classical conditioning. *Psychological Review*, 1966, **73**, 352-356.
- Sugawara, M., Kitajima, S. and Kanoh, M. Enhancement and diminution of the evoked responses to conditioned stimuli during discrimination conditioning. *Neuropsychologia*, 1977, **15**, 243-248.
- Thompson, R. F. and Spencer, W. A. Habituation: A model phenomenon for the study of neuronal substrates of behavior. *Psychological Review*, 1966, **73**, 16-43.
- Thompson, R. F., Groves, P. M., Teyler, T. J. and Roemer, R. A. A dual-process theory of habituation: Theory and behavior. In Peeke, H. V. S. and Herz, M. J. (eds.) *Habituation*, Vol. I, Behavioral studies. New York, Academic Press, 1973, 239-271.
- Treisman, A. M. Verbal cue, language and meaning in selective attention. *American Journal of Psychology*, 1964, **77**, 215-216.
- Treisman, A. M. Strategies and models of selective attention. *Psychological Review*, 1969, **76**, 282-299.
- Treisman, A. M. and Geffen, G. Selective attention: Perception or response? *Quarterly Journal of experimental Psychology*, 1967, **19**, 1-17.
- van Hof, M. W., van Hof-van Duin, J., van Der Mark, F. and Rietveld, W. J. The effect of image formation and that of flash counting on the occipito-cortical response to light flashes. *Acta Physiologica et Pharmacologica Neerlandica*, 1962, **11**, 485-493.
- von Békésy, G. *Sensory inhibition*. New Jersey, Princeton University Press, 1967.
- von Foerster, H. On self-organizing systems and their environments. In Yovits, M. C. and Cameron, S. (eds.) *Self-organizing systems*. Oxford, Pergamon Press, 1960, 31-50.

- Walter, W. G. The convergence and interaction of visual, auditory and tactile responses in human nonspecific cortex. *Annals of New York Academy of Science*, 1964, **112**, 320-361.
- Westenberger, I. S. and Weinberger, N. M. Evoked potential decrements in auditory cortex. II. Critical test for habituation. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 1976, **40**, 356-369.
- Westenberger, I. S., Paige, G., Gobus, B. and Weinberger, N. M. Evoked potential decrements in auditory cortex. I. Discrete-trial and continual stimulation. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 1976, **40**, 337-355.
- Wilkinson, R. T. and Lee, M. V. Auditory evoked potentials and selective attention. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 1972, **33**, 411-418.
- Worden, F. G. Attention and auditory electrophysiology. In Steller, E. and Sprague, J. M. (eds.) *Progress in physiological psychology*, Vol. 1. New York, Academic Press, 1966, 45-116.
- Yoshii, N. and Hockaday, W. J. Conditioning of frequency-characteristic repetitive electroencephalographic response with intermittent photic stimulation. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 1958, **10**, 487-502.
- Yoshii, N., Pruvot, P. and Gastaut, H. Electrographic activity of the mesencephalic reticular formation during conditioning in the cat. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 1957, **9**, 595-608.