



# HOKKAIDO UNIVERSITY

|                  |                                                                                   |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Title            | 認知作用と情報処理                                                                         |
| Author(s)        | 高田, 洋一郎                                                                           |
| Citation         | 北海道大學文學部紀要, 7, 17-34                                                              |
| Issue Date       | 1959-03-30                                                                        |
| Doc URL          | <a href="https://hdl.handle.net/2115/33246">https://hdl.handle.net/2115/33246</a> |
| Type             | departmental bulletin paper                                                       |
| File Information | 7_PR17-34.pdf                                                                     |



# 認知作用と情報処理

高田 洋一郎

# 認知作用と情報処理

高 田 洋 一 郎

## 一、序 論

「人はどうして環境に適応することができるのだろうか。」という疑問に対する最も素朴な答えは「それは、人は何等かの仕方では環境の状態を知ることができるからだ。」ということになるであろう。勿論もつと混み入った洗煉された答えがいくつも考えられようが、考え得るどんな答えも究極的には、人間が環境（外環境、内環境、及び両者の関係も含めての広い意味で。以下同じ。）の状態について知るはたらしきを具えていることを以て適応行動の根拠とせざるを得ないだろう。それは、環境について知るはたらしきなくしては適応行動というものを理解することが凡そ論理的に不可能だからである。心理学では通常、この知るはたらしきを認知作用と呼んでいるが、いま述べた限りにおいては、心理学での認知作用というものの捉え方は素朴な常識人のそれと大差ないといつてよろしかろう。ところが、更に一歩進んで、それでは知るはたらしきというものをどういう風に捉えるかということになると、伝統的な心理学の考え方は、素朴な常識人の考え方から大いにへだたつてくるように思われるのである。

例えば、道路を横断しかかっている人が、交通信号が赤に変わったのを見て、いそいで左右を見廻し、一瞬とまどつた後、小走りで渡り切る。かかるありふれた適応行動における認知のはたらしきを、素朴な人

なら恐らく次のように理解するであろう——「道路を渡りながら交通信号を見るのは、いつ赤に変わるかもしれないと予期するからである。赤の信号から勿論「止れ」という意味を把握するが、それよりもこの際重要なのは、うかうかしていたら車にひかれるかもしれないという意味である。そこでいそいで左右を見廻して、数台の車が近づいてくるのを見て、とつたが、すばやく距離と速度を予測して歩度を速めれば車が来る前に渡り切れるとの予想を立て、小走りに走り出す。」と。全体の表現が能動形であり、人間が環境にはたらしかけて必要な知識（意味）を獲得し、その知識を整理し総合して適当な行動を選択するはたらしきとして認知作用が捉えられているといえよう。一方、伝統的な心理学では多くの場合、かかる能動形的表現を避けて、むしろ受身形で表現しようとする。違いをはつきりさせるために多少誇張していえば、「信号の光が目を刺激して神経衝撃に変換され、視覚中枢に至つて赤い燈の知覚を生じ、更に高次の中枢や記憶のはたらしきで種々の意味を発生する。その他複雑な神経過程を経た後、運動中枢の興奮を経て左右を見廻す行動が発達される。行動によつて新たな刺激が感覚器を興奮させ、再び複雑な神経過程を経た後、最終的に小走りに走る行動が発達される。要するに刺激と行動とを媒介する複雑な過程の一環として認知のはたらしきがある。」といったような表現がとられるであろう。素朴な捉え方では人間が環境にはたらしかける面が強調されているのに対し、伝統的な心理学の捉え方ではむしろ環境が人間にはたらしかけているような印象すら受けるが、かかる表現の違いは一体何によるのであるだろうか。

もとより、心理学でも刺激とか行動とかの捉え方は必ずしも一致していない。例えば刺激や行動を比較的要素的に捉える立場と、その全体性を強調する立場とがある。また、「刺激と行動を媒介する複雑な過程」にしても、その捉え方は必ずしも一致していない。しかしなが

ら、要素的立場はもとより、刺激の全体的特性（刺激布置）を強調するゲシュタルト心理学にしても、刺激要素から刺激布置へと重点は変わったものの刺激の主役性はいさかも減っていないといえよう。また行動主義的立場においても、刺激と反応を媒介する複雑な過程は刺激と反応を結びつける函数のパラメーターとして表現され、主変数たる刺激条件の変化がパラメーターの影響下に行動をどう規定するかを把握しようとする。元来、刺激という言葉自体が日常用語では、刺激的とか刺激するとかいうような用法が示すように、跳発という意味を持つているが、専門語としての刺激もこのようなニュアンスを全く持たないとは考えられない。この言葉を専門語として採用するに至った背後には、やはり「環境からの刺激が人間にはたらきかけて行動をひきおこす、あるいは刺激に応じて（反応して）行動が発発される。」という考えがひそんでいたのではあるまいか。いわば人間は刺激につき動かされて行動を発発する媒体の役割を演ずるにすぎぬ。勿論、このように断定することは多少とも誇張のそしりを免がれないであろうが、積極的に表現するしないは別として、何らかの意味で「刺激が原因であり行動は結果である。」あるいは「刺激が行動をひき起す。」という考え方が伝統的な心理学の基調になつてゐることは否定できないように思われる。また、素朴な立場と心理学の立場とは表面異なるほど実は違つていないので、同じ事をいわば表と裏とから言つてゐるにすぎないのだ、という反論に対しては、同じ事なら何故表と裏とほどにも違う表現がとられねばならなかつたかを筆者は問題にしたいのである。

理由は、少くとも第一に考え得る理由は甚だ簡単である。それは、素朴な立場は一見すぐ論理の壁につき当るからである。人間が積極的に環境にはたらきかけて必要な知識をとつてくる、そして集めた知識を整理して行動を準備する——それなら環境にはたらきかける前に必要な知識とそうでない知識とが区別されていなければならぬが、そ

の区別は誰がするのか。また集めた知識が自動的に整理されるのではなくて整理するのだとすると、整理するのは誰なのか。人間の頭の中にもう一人の人間のようなものがいてそれをするのか。それなら頭の中の人間のようなものの頭の中には？——このような議論は果てしもない。どこかで打ち切らうとすれば、そこで自分で自分自身を決定し得る頭——すなわち自由意志——を仮定せざるを得ない。そうでなければ、人間は生れながらにして必要な知識を自然に獲得し適応的行動を営むように運命づけられている——すなわち目的論——と考えるしかない。自由意志の仮定とか目的論とかは科学とは相容れないものであり、科学はそれに代つて因果律を採用することによつて多大の成果を挙げてきている。そこで因果律の立場に立つて、あらためて認知作用というものを考えてみると、認知の究極の原因は環境からの光とか音とか熱とか色々な形をしたエネルギー（刺激）であり、実際人間はこれらのエネルギーを受容する装置（感覚器）を具えている。刺激が感覚器で受容されると、神経系の中で種々の、生理的には不明の点が多い変化が次々と起きて、結局筋の収縮や腺の分泌が由來する。それが行動に他ならない。したがつて認知作用というものも刺激と行動を媒介する神経過程であるはずであり、ただ現状では直接外から把握することは殆んど不可能であるが、認知の原因としての刺激条件と認知の結果としての行動を記録することによつて、両者の因果関係を媒介する認知の特性が明らかにされるであろう——大体このような考え方が心理学が実証科学として誕生して以来、認知作用の研究法の基調となつてきているのではないかと思われる。筆者ももとより、刺激の条件変化による行動の変化の観察を通じて認知作用を研究するという方法そのものに異論をさしはさむものではない。恐らくこれが唯一の客観的研究法であろう。ただ、その基礎に横たわる考え方が素朴な立場と余りにも異なるところにいささか疑念を抱かざるを得ないのである。

そもそも、前述の素朴な立場は本質的に科学と相容れないものであろうか。素朴な立場を生かした認知作用の科学的把え方はどうしても不可能であろうか。素朴な立場を科学として樹立しようとした試みが皆無だつたわけではない。その最も体系的な試みはトールマン(21)に見ることが出来る。素朴な立場を別の表現をすれば「認知とは人間が環境にはたらきかけて、環境の様々な意味をとるはたらきである。」ということであろう。そこでかかる表現を科学的のものにするにはまず、意味をとるはたらきというものを明確に定義しなければならぬ。トールマンはこのはたらきを一種の記号化として把えようとした。その限りに於いて彼の立場はここに述べようとする立場と共通するが、彼のとつた方法が認知作用の研究に關して真に生産的であるかについては多分に疑問である。素朴な立場の復活の動機はむしろ、最近におけるサイバネティクスと呼ばれる一連の科学の進歩に求めるべきであろう。サイバネティクスとはその主唱者ウィーナーによれば(22)、「調節と通信の科学」であるが、調節と通信を基調にした機械の出現は、従来の命令を受動的に遂行する機械に対比したとき、その積極性の故に著るしく生物に接近した点において、人々の抱いていた機械というものの概念を革命的に変えるものであつた。機械の概念の変革は同時に生物特に人間の再評価を意味する。何故なら、機械ですらある程度情報処理に基づく自己調節が可能なき、現存する最も複雑な計算機でも比較にならぬほど複雑な機構をもつと想像される人間に關しては、「刺激に誘発される行動」という固定概念は批判されざるを得ないであろうから。

事実ここ数年、サイバネティクスの調節及び通信の概念が心理学にも適用されて、ある程度の成功を収めつつある(例えば文獻(14)参照)。しかし、例えば通信理論(あるいは情報理論ともいわれる。両者の間には若干のニュアンスの相異があるが、ここでは同義語とし

て扱いたい。)の適用にしても、その多くは刺激乃至反応の属性の一つとして情報量の測度を用いるにとどまつて、更に進んで人間の情報処理系としての面を理論的に考察しようとした試み(11)(20)は極めて少ない。実際、単に刺激、反応を情報量の物指で測るだけで多大の成果を収め得るとは期待し難いであろう。筆者は、人間を情報処理系として把えることによつて前述の「環境の意味を把えるはたらきとしての認知」という素朴な直観を科学的且生産的な概念として誕生させることが可能であると期待するものであるが、そのような考えを具体例について展開する前に、情報処理とは何かということについて若干述べておく必要がある。

## 二、情報処理系としての人間

情報という概念は工学的通信系、すなわち電信、電話、測定器、計算機等の能率を統一的に考察しようとする試みに關連して生れた。いうまでもなく人間が機械をつくるのは機械に仕事をさせたいからであるが、通信機以外の機械、例えばモーターのする仕事は何等かの形での力学的仕事であるのに対し、通信機の仕事は何等かの形での知識の処理である。例えば電信、電話は一つの場所から他の場所へ知識を送し、測定器は量的な知識を記録し、計算機は知識の整理、綜合等を行う。したがつて、通信機以外の機械の能率が単位時間、もつと一般的には単位コスト当り産出し得る力学的仕事の量で測られるのに対し、通信機の能率は単位コスト当り処理し得る知識の量で測られねばならない。これは至極當然の事であるが、従来は仕事乃至能率を力学的単位で測るのが自然科学の伝統になつていて、情報処理の仕事というようなものを測る方法がなかつた。漸く最近になつて、知識という概念のある側面を抽象することによつて情報の量を客観的に測定する

道が開け、それによつて通信系を統一的に考察することが可能になつたのである（情報理論について総括的には文献（15）を参照されたい）。勿論、通信機といえども機械であるから常にエネルギー系としての側面ももつてゐる。情報理論もこの側面を無視するわけでは決してなく、ただそれに加えて通信機の情報処理系としての面を積極的に考察しようとするのである。

同様なことが人間についても考えられるのではないだろうか。人間も物質系としてエネルギー系の側面を当然もつ反面、情報処理系としての面を明らかに具えてゐる。但し、人間の認知のはたらきが電信、電話等と機能的に同じようなものだと言張するわけではない。いま、その違いを殊更に強調してえがいてみよう。電信、電話等の通信機の目的とするところは送信者側に既存の通報（文章、絵等）を受信者側に再現することであるといえよう。一方、人間の認知のはたらきを通信とみなしたとき、送信者にあたるのは環境であるといふ考えられようが、認知のはたらきは送信者たる環境に既存の通報を受信者たる人間の頭の中に再現することであると考へてよいであろうか。確かにそう考えられる面もある。環境の中には勿論他の人間も入るが、人間が人間に言語、表情、身振り等の記号を使つて通信するのは、送信者たる人間の頭の中に既存の意味を受信者たる人間の頭の中に再現したいからだと一応考えられるからである。しかし、自然的環境の認知の場合はどうであらうか。ここでは送信者たる自然に既存の意味があるとは考へ難い。ましてや自然が人間に自らの意味を伝える意図をもつてゐるとは考へられない。むしろ前述のように、素朴な直観は、人間の方が環境にはたらかけてそこから意味を掴みとつてくるという見解を支持する。そもそも認知を適応行動の前提と考へるならば、認知作用によつて環境から得られる情報は環境に既存のものであることはできぬ。何故なら行動は本質的に未来に向けられたものであり、未来

に向けられた行動を指示する情報は「未来について何事かを語る」ものでなければならぬであろうから。

ところで、未来について語る、すなわち予言は何等かの形での規則性の利用なくしては不可能であるから、認知作用のもたらす情報は「環境の何等かの形での規則性について語る」ものであるといえよう。いいかえると、認知作用の本質は環境から何等かの形での規則性を抽出するはたらきであるということになる。このような主張は一見甚だ途方もないものに聞えるかもしれない。人間の行々様々の行動の中で、科学的認識のみが通常環境から規則性を抽出するはたらきたる榮譽を荷わされてゐるのに、認知作用全般を科学的認識と同列に置くことは人間の著るしき過大評価と見えるかもしれない。しかし、科学的認識のはたらきも畢竟、認知作用の極度に洗煉された一形式と考へるとき、そもそも母胎たる認知作用に何等かの形で規則性を抽出するはたらきなくして如何にして科学的認識が可能であらうか。古来度々繰返えされた「人間はどうして宇宙が理解できるのだろうか。」という疑問に対する唯一可能な答えは「人間の頭（神経系）が環境の何等かの形での規則性を抽出するはたらきをするように出来てゐるからだ。」ということになるのではないであらうか。もとより、認知作用の抽出する規則性と科学的認識の抽出する規則性とは喰違ふ場合が少なく、時に全く相反することもある。夜目に白い洗濯物を見て幽霊と驚いたり、山彦を聞いて人がいると思つたりする如く、認知作用の抽出する意味が科学的認識の抽出する意味と矛盾するときは、その認知は非科学的といわれる。しかし、自分の発した声の山彦を聞いて人がいると認知することによつて、どうしたらよいか（例えばそのとき道に迷つてゐるなら、山彦の聞えた方向に行つて助けを求めろ）という未来の行動が指示されるという限りにおいては、やはりたとえ非科学的といえども一種の規則性の抽出作用が行われているのである。

以上のように、電信、電話等の通信機のはたらきと人間の認知作用との一見して大きな違いを考慮するとき、工学的通信系について展開された情報理論をそのまま無批判に認知作用に適用しようとする試みは十分に警戒されねばならない。にもかかわらず、かかる事情は情報論の認知作用への適用を不可能ならしめるものではない。何故なら、上述の比較においては、殊更に両者の差異を強調するために、情報伝送を主として行う通信機を比較にとつたが、伝送以外の情報処理活動を行う通信機を考えると、認知作用にある程度類似したはたらきを認めることができるからである。例えば計算機は与えられた資料を分類することができるが、分類は最も基本的な規則性の抽出作用である（すべての科学的認識は分類活動から出発するといえよう）。また計算機の一つであるウィーナーの濾波器(23)は与えられた資料を平滑化し（規則性を抽出し）、内挿し、また外挿する（規則性にもとづいて中間を埋め、未来を予言する）。更に重要なのは、情報理論が伝送を目的とする通信機を主な対象として体系化されているにもかかわらず、その基礎概念、基礎原理は情報処理系全般を包含し得る一般性を具えているといえることである。すなわち、情報理論の基本的道具は符号化という概念、及び通信路の容量（普通容量は単位時間あたりで定義されているが、単位コストあたり一般化することは容易である）。（1）という概念であり、その基礎原理は適当な符号化によつて通信路を容量ぎりぎりまではたからせることが常にできるというシャノンの定理(15)であるが、工学的通信系はすべて符号化によつて（例えば電話は通報を電流の強弱に符号化し、計算機は通報をパルスや穿孔カードの穴に符号化することによつて）情報を処理する。また、電話でも計算機でもその情報処理の能率には一定の限界があるが、限界内での能率の改善は符号化の仕方を変えることによつてなされる。この限りにおいては電話と計算機に本質的な差はない。

同様なことが人間においても認められなければならないか。確かに、環境からのエネルギーはまず感覚器において神経衝撃という符号に符号化されると考えてよいであろう。それから先は生理学的には不明の事が多いけれども、知覚、記憶、思考等にわたつて広く認知作用が何らかの符号化を通じてなされると仮定しても生理学的知見と矛盾はしない。一方、人間の神経系も物質系である以上、情報処理能率に限界の存すべきことも自然な仮定と思われる。このようなところから筆者は、認知作用を（少くともその一面を）情報処理のはたらきとして捉えることが可能であると期待するのであつて、かかる期待が事実によつて如何に裏附けられるかの大略を以下考察してみたいが、その前に何故符号化という概念が情報論的考察の中心概念をなすかを検討してみた。

### 三、符号化と認知作用

前述のように、工学的通信系における情報処理は常に何等かの符号化によつてなされる。更に詳しくいうと、符号の値の操作によつて情報が処理される。例えば計算機の穿孔カードの穴はカード上の各位置に穴があいているか、いないか二つの値をもち、これによつて情報が処理され、また電話の音声電流は各時点において連続的に変化する値をもつ。符号の値の数は必ず有限である。何故なら、音声電流のように連続的に変化する値をもつ符号の場合でも雑音の妨害が必ずあるから（少くとも熱的騒乱にもとづく雑音の妨害は常に存在する）、雑音を超えて区別できる値の数、すなわち符号の値の実効数は、高々有限しかないからである（信号と雑音が加算的に加わり雑音が白色雑音のときは、信号電力をS、雑音電力をNとして、 $\sqrt{1+N/S}$ となる）。穿孔カードの各位置の符号は二つの値をもつが、雑音（例えば穿孔機の

打ち誤り)がある、その実効数は2より小さくなる。このように符号の値の実効数は常に有限だからこれを $f$ としよう。さて簡単のため等長符号についていうと、符号あたり処理し得る情報量の上限(符号容量)は $\log f$ であり、一方、通信系が単位時間あたり操作し得る符号の数を $K$ とすると、通信系の容量(単位時間に処理し得る情報量の上限)は

$$C = K \log f \quad (1)$$

となる。例えば電話のように連続的符号を扱う通信系では、その周波数帯域巾を $W$ とすると、 $K = 2W$ ,  $f = \sqrt{1 + \frac{S}{N}}$  だから

$$C = 2W \log \sqrt{1 + \frac{S}{N}} \quad (2)$$

である。一方、符号が実際に処理する情報量 $h$ は勿論 $\log f$ を超えないから、通信系の情報処理速度

$$H = K \times h \quad (3)$$

は $C$ を超えることはない。さて、(1)及び(3)式における $K$ と $\log f$ 、あるいは $K$ と $h$ の相補性が注目に値する。すなわち、これから周波数帯域巾の不足を信号対雑音比( $S/N$ )の改善によつて補うこと(及びその逆)ができることがわかるし、また一般に通信系の容量を高めるには、 $f$ を改善すると、 $K$ を改善すると二つの方法があることもわかるが、この点に関しては妨害雑音のレベルを下げる工夫によつて $f$ を高め、あるいは周波数帯域巾を拡げる工夫によつて $K$ を高め、そうすることによつて通信を能率化する試みとして情報理論が誕生する。すつと以前から行われていたところで何も珍らしいことではない。情報理論の大きな功績は、符号が実際に処理している情報量( $h$ )が通常、符号容量( $\log f$ )をはるかに下廻る事実を指適し、更に、 $h$ は情報源の特性と符号化の仕方によつて決まるところから、どのような情報源に対しても、 $h$ を符号容量にまで高める最も能率的な符号化の方

法が常に存在することを示したところにある。すなわち、 $K$ と $f$ とを与えられたままで、単に符号化の工夫によつて通信系の情報処理速度を高め得る(ぎりぎり容量まで)のである。情報処理速度が高まれば同一通報を処理するのにより短時間で済むから、これが通信の能率化であることは明らかであろう。更に、(2)式から、符号化の工夫によつて通信系の周波数帯域巾以上の帯域をもつた通報を処理したり、あるいは同一通報を処理するに必要な帯域巾を節約したりすることも可能であることが知れるが、これは狭帯域通信の問題として情報理論の重要な応用領域の一つとなつている(例えば文献(12)の紹介を参照されたい)。

さて、人間の認知作用をも何等かの符号化による情報処理と考えることが許されるならば、右の所論はそのまま認知作用にもあてはまるはずである。ただ認知作用において情報処理の能率化が $K$ もしくは $f$ の改善を通じてなされるか、もしくは狭帯域通信式の方法によつてなされるか勿論不明であるが、仮りに $K$ と $f$ が一定とすると、残された能率化の方策は狭帯域通信式のものになる。ところで、狭帯域通信の方式には大別して二つの方法が考えられている。その一つは通報の冗長度(redundancy(15))を何等かの仕方で行う方法で、時間的に配列した通報なら時間軸上で、空間的に配列した通報なら空間座標上で通報を区分し、区分によつてできたかたまりを符号化する(シャノンの方法はその一つ)ことによつて符号あたりの情報量(連続の場合ならサイクルあたりの情報量)を増し、符号数(周波数帯域巾)を節約できる。ただし、時間軸上でまとめるには記憶のはたらきを必要とするから、この方式の能率は通信系の記憶装置の容量によつて決まる限界がある。第二の方式は、通報の周波数帯域を区分し、区分によつてできたかたまりを符号化する方法で、やはり周波数帯域巾が節約されるが、これは区分に用いられる濾波器の精度による制限を受ける。

一方、人間の認知作用においても後述の如く、確かにある程度（その程度は恐らく記憶の容量によつて決まる）環境の冗長度を利用するはたらしが認められるし、また、区分してかたまりを符号化するのたらしは認知の基本特性であると認められるように思う。実際、「背景から分離され、まとまりをもつたものが見える（聞える）」という我々の直観的体験は、認知系が認知材料（感覚器を通じて与えられた）を区分しかたまりを符号化する情報処理のはたらしを示すものではないかと思われるが、この点については後節で簡単に触れたい。ともかくこのような認知の特性は、前述したところに従えば、認知が能率的信息処理として行われているとの解釈を可能にし、したがつて与えられた条件下で何が能率的符号化であるかを考察することによりいかなる認知が成立するかを予測することの可能性をもあわせて示しているのである。

#### 四、類別における情報処理

トランプのカードを一枚づつめくつて、クラブ、スペード、ダイヤ、ハートの四組に分類するとか、あるいは目の前に配列した数個の電球のどれが点灯したかにしたがつて、あらかじめ決められた仕方での反応する（例えば各電球に無意味綴の名前がついていて、点灯した電球の名前を言う）とかいつた場合のように、刺激の可能性及び各刺激に対する反応の仕方があらかじめはつきり決まっている反応の事態を類別の事態と呼ぶことにする。かかる事態は直観的には、提示刺激があらかじめ知っている可能な刺激のどれであるかを認め、それに応じて決められた反応を選択する事態であるが、認知系のはたらしとしてはどのように考えたらいであろうか。実際のはたらしは甚だ複雑である

うが、類別反応を可能にする必要最小限のはたらしのモデルとして、可能な刺激の一群からその一つを選択する機構が考えられるよう。かかる選択は符号化の過程として把えることが可能である（18）。ただし可能な刺激といつても刺激そのものが認知系に貯えられるはずはないから、やはり可能な刺激のそれぞれが符号化されて生ずる符号の集合（S）が認知系に成立していて、その一つが選択されると考えねばならぬ。さて類別反応に誤りがないとき、Sの一要素を選択する過程で処理される情報量はSの一要素あたりの情報量（ $H_s$ ）であるが、Sの要素と刺激とが一对一对応する場合にはSの確率分布と刺激集合の確率分布とが一致するから $H_s$ は刺激情報量（刺激の確率分布から計算される。後述。）に等しい。一对一对応がない場合には一般に等しくない。例えば次節で述べる弁別の場合がそれである。それでは如何なる条件下に一对一对応が存在するかというところは甚だ困難な問題であるけれども、ここでは一応、刺激が形その他質的屬性によつて区別され得る条件下、あるいは刺激が量的屬性によつてのみ区別され得る（例えば大きさのみ異なる正方形）ときには誤りなしの絶対判断が可能な条件下（この条件については文献（11）を参照されたい）で、一对一の対応が存在すると考えて、かかる場合のみを類別と呼ぶことにしたい。

さて、刺激情報量（すなわち類別の場合は $H_s$ ）は、可能な刺激の集合（刺激情報源）がマルコフ的であるならば、情報源の各状態の確率を $P(i)$ 、情報源の状態が $i$ のとき刺激 $j$ が提示される確率を $P(j|i)$ として

$$H_s = - \sum_i P(i) \log P(i) \quad (4)$$

である。特に各刺激が独立のときは右式は

$$H_s = - \sum_j P(j) \log P(j) \quad (5)$$

となり、更に各刺激が独立且等確率（ランダム提示）のときは

$$H_s = \log N \quad (6)$$

となる（ $N$ は可能な刺激の数）。 $S$ の各要素の選択が符号化によつて行われるとして、その単位時間に処理する情報量を $H$ とすると、一回の選択に要する平均時間、すなわち平均類別時間は

$$t = \frac{H_s}{H} \quad (7)$$

となる。さて前節にも述べたように、 $HVC$ であるから

$$t = \frac{H_s}{C}$$

であるが、情報理論の基本定理により、右式を等式にする最も能率的な符号化の存在が常に（刺激の確率的束縛がどのようなものであつても、すなわち $H_s$ の値がいかなるものであつても）保証されているから、 $C$ が一定であり且最も能率的な符号化が行われていることを仮定すれば、平均類別時間は刺激情報量に比例することになる。類別時間そのものを測ることは難しいが、刺激が提示されてから類別反応が生起するまでの時間 $T$ は測定することができる。そこで刺激提示から反応生起までの全過程中、類別過程を除いた過程に要する時間が刺激情報量の変化に対して不変（ $A$ ）であると想定される事態においては

$$T = \frac{H_s}{C} + A \quad (8)$$

すなわち、平均反応時間（反応運動の運動時間が一定のときはこれに加えてもよい。例えばカード分類の場合、分類運動時間が一定なら分類時間でもよい）は、類別容量（ $C$ ）一定、且最大能率符号化の仮定のもとに $H_s$ と直線関係をもつ（直線の勾配の逆数が容量を示す）ことが予想されるのである。

かかる予想を検証する実験としては、古くメルケル（24）のもの、近くハイマン（9）、クロスマン（2）のものがある。メルケル、ハ

イマンは一組の刺激のそれぞれに一定の仕方では反応するよう被験者を訓練した後、種々の値の $H_s$ に対する反応時間を測定した。メルケルは刺激をランダム提示し、単に可能な刺激数 $N$ を変える（1乃至10）ことにより $H_s$ を変化（0乃至3.6ビット）したが、ハイマンは更に進んで刺激系列をランダム系列、各刺激が確率は異なるが互いに独立な系列、等確率だが独立でなくて直前一箇に相関する系列（一次のマルコフ）と三種試み、それぞれ確率分布を変えることにより $H_s$ を変化（0乃至3ビット）した。結果は、 $H_s$ が一定のとき平均反応時間は一定であり（これは各系列に対し冗長度の利用が完全であつたことを意味する）、かつ平均反応時間は $H_s$ と直線関係をなすことを示している。一方、クロスマンは前例の如きトランプの組分けにおいて、組の種類の数、各組の枚数を変えることにより $H_s$ を変化（0乃至4.6ビット）したが、カード一枚当りの平均分類時間はやはり $H_s$ とともに直線的に変化することを確かめている。

ヒック（8）はメルケル、ハイマンとほぼ同様な実験場面で、刺激提示の速度を被験者の反応時間より速くすることによつていわば強制的に誤反応を生ぜしめ、刺激—反応の行列から計算した伝達情報量と刺激提示速度との関係を調べ、ほぼ直線関係の成立することを確かめたが、これも右と同じ仮定から容易に予想されるところである。すなわち、刺激提示速度を $T'$ とすると、 $T'$ の時間に伝達される情報量 $H'$ は

$$\begin{aligned} H' &= C \times (T' - A) & T' < T \text{ のとき} \\ H' &= H_s & T' \geq T \text{ のとき} \end{aligned} \quad (9)$$

すなわち、 $T' < T$  のとき刺激提示速度と伝達情報量の直線関係を得る。

このように、実験に用いられた $H_s$ 乃至 $T'$ の変化の範囲内では、類別が容量一定の情報処理系において最も能率的な符号化を通じて行わ

れる(すなわち容量一杯で情報処理が行われる)という仮定は支持されていることができる。

ただし、附記しておかねばならないのは、 $H_s$ と $T$ の直線関係が $H_s$ のあらゆる変化に対して無制限に成立するとは理論的にも考えられないということである。認知系に貯え得る $S$ の符号数にはおそらく限界があるであろうから、 $N$ 、したがって $H_s$ がある程度以上大きくなると完全な類別は不可能になるであろう。また(4)乃至(5)式で確率分布を変化すると $H_s$ が変化するが、そのあらゆる変化に対して常に最も能率的な符号化がとられるとは考えられない。何故なら、 $m$ 次のマルコフ的情報源に対して最も能率的な符号化を行うには $m$ 個前の刺激まで完全に記憶されていなければならないが、当然記憶には限界があるから、ある次数以上のマルコフ的情報源に対しては、最も能率的な符号化は行い得ないであろう。また、(4)乃至(5)式で表わされる情報源に対して最も能率的な符号化を行うためには、認知系は各刺激の確率乃至条件附確率の値を完全に知つてそれを利用しなければならない(すなわち刺激系列の冗長度を完全に利用しなければならない)。ハイマンは(4)乃至(5)の情報源を用いるに当つて、予め確率の値を被験者に知らせ、更に実験系列と同一確率分布をもつた練習系列による訓練によつて、確率の値を被験者の頭の中に入れるより努力を払つてゐるが、もとよりかかる手続きは、被験者の認知系が確率の値を実際使つて符号化を行うことの保証にはならない。ただ(4)及び(5)の系列に対する反応時間の直線が互いに、また(6)の系列に対する直線と一致したという結果によつて間接的に裏づけされるのみである。おそらくある程度以上複雑な確率分布に対しては、どのような指示、訓練によつても克服し得ない確率学習の限度があつて、それが冗長度利用の限界、すなわち能率的符号化の限界を規定するであろう。そもそも認知系が刺激系列の確率法則を知るといふことも情報処理のはたらしきの一つであるはず

であるから、能率的符号化の資料として認知系が用い得るのは、客観的確率あるいは相対頻度そのものではなく、指示、予備訓練、先行系列の経験等によつて成立する直観確率(19)であると考え方が妥当であろうが(このような考えの詳細については文献(20)を参照されたい)、この点の検討は将来に残された問題である。最後に、容量一定という仮定についてであるが、ここにいふ容量とは勿論各被験者、各認知作用、各刺激条件についてのもので、事実、被験者毎に容量(直線の勾配の逆数)が異なることは実験の結果が明らかに示している。

## 五、弁別における情報処理

線分の長さの弁別、音の高さの弁別などの他に形の弁別のごとく弁別という言葉は広義に用いられることもあるが、ここでは現象的に一次元(順序)をなすような刺激の属性について二刺激の順序を判断する認知のはたらしきを弁別と呼ぶことにしたい。さて、弁別の反応面(例えばより大、より小という二者択一的反応)にのみ着目するならば、反応を可能ならしめるものとして認知系に順序尺度(ordinal scale)が存在すれば十分である。しかし、二刺激の丁度中央の大きさをもつと感ぜられる刺激値を決定させる(中斷法)実験で被験者がコンシスタントな反応を示す事実、更には二刺激の主観的大きさの比を報告させたり、あるいは一刺激を固定し、第二刺激を両刺激の大きさの関係が与えられた比になるように調整させたりする(比法)実験でも、コンシスタントな反応が見られる事実(17)は認知系に順序尺度以上のものが存在することを示している。そして、弁別のみが順序尺度によつて行われると仮定するよりも、弁別も同一尺度上で行われ、ただそこで処理された情報の一部しか弁別反応には反映されぬと仮定する方

が自然であろう。右の諸反応を統一的に可能ならしめる認知系の尺度としては主観的大きさの比尺度 (ratio scale) が存在すれば十分であるが、必ずしも必要でない。かかる尺度は中断法乃至比法においても反応選択に必要とする以上の情報処理を行うからである。勿論、認知系が余分の情報処理を行っていないという直接の保証はないが、絶対判断の反応分散が右の諸反応の反応分散にくらべて著しく大きいことを考慮すると、主観的大きさを絶対的に成立させる尺度が存在すると仮定するよりも、大きさの認知は何らかの基準に対する相対判断としてしか成立しないと仮定する方がむしろしく思われる。右の諸反応では、提示された刺激相互が基準となり得るから、この場合客観的差の主観的値 (簡単のため主観的差とよぶが、主観的大きさの差ではない) 乃至客観的比の主観的値 (主観的比。主観的大きさの比ではない) の尺度の存在を仮定すれば十分である。

さて、かかる尺度が弁別を可能ならしめると仮定すると、次に問題になるのはそれと客観的尺度との対応関係である。ステイヴンス (17) は、音の大きさ、明るさ、重さ等十四種の領域にわたつて、右の比法その他を試みた結果、二刺激の客観的比 ( $r$ ) が一定であるときはその客観的大きさによらず主観的比 ( $R$ ) は一定であり、両者の関係は一般に

$$R = r^a \quad (18)$$

であらわされることを見出している。ここで  $n$  の大きさは、音の大きさについて 0.3、重さについて 1.45 等、十四種の領域で 0.3 乃至 3.0 の範囲の値をとる (ステイヴンスはこの結果から主観的大きさの比尺度を構成しているが、ここでは構成された尺度ではなくて、認知系に存在を仮定される尺度を問題にしているのである)。一方、音の高さ、線の傾き等数種の領域では、明確ではないが二刺激の客観的大きさのある範囲内でフェヒナー法則 (実験式と解釈して) が成立するらしい

としている。フェヒナー法則は本質的には主観的差 ( $D$ ) と  $r$  とを関係づけるもので、単位を適当にとれば

$$D = \log r \quad (19)$$

であらわされる。なお、ステイヴンスにならつて (10) の成立する領域を第Ⅰ種、(11) の成立する領域を第Ⅱ種と呼ぶことにし、第Ⅰ種の領域での弁別では主観的比の尺度によつて情報処理が行われ、第Ⅱ種の領域での弁別では主観的差の尺度によつて情報処理が行われると仮定しよう。もとよりかかる二種の区別は現段階では十分の根拠はないが、ステイヴンスもいつているように、二種の領域の知覚機構にもある種の差が考えられるので一応の仮定として採用することにする。

さて、主観的尺度上で  $R$  もしくは  $D$  が成立するとは、主観的尺度上で  $R$  もしくは  $D$  が測定されるということに他ならない。ところで測定とは常に一種の符号化のはたきであるから、尺度上への符号化によつて  $R$  もしくは  $D$  が成立すると考えてみよう。測定は常に高々有限の精度をもつて行われる、すなわち測定結果はある量が  $X \pm \Delta$  であると主張する命題であるから、 $\Delta$  をもつて精度をあらわすことにする。二刺激が弁別されるためには尺度上において  $R$  もしくは  $D$  がどの程度の精度をもつて測定されなければならないかというところ

$$4 \leq R-1, 4 \leq D \quad (20)$$

であるから、右式の精度をもつて測定が行われることを弁別における情報処理と考えることができる。一般に、ある量  $X$  が  $\Delta$  の精度で測定されるとき処理される情報量は、 $X$  の値に関する測定前の不明度 (アブゾリの確率から計算される) を  $U$  として

$$H = U - \log \Delta \quad (21)$$

であるから (1)、弁別が成立するために処理されねばならぬ情報量の最小値を (2) から求めることができる。いま、二刺激  $A, B$  の客観的大きさをそれぞれ  $X_A, X_B, X_A \leq X_B$  として

$$I_{AB} = \frac{x_B}{x_A} \text{ とすれば、(8)(9)より } R_{BA} = 1/R_{AB}, D_{BA} = -D_{AB}, \text{ よう}$$

し(10)は

$$\left. \begin{aligned} 4 \leq R_{AB} - 1, \text{ もしくは } 4 \leq 1 - R_{BA} = \frac{R_{AB} - 1}{R_{AB}} \\ 4 \leq D_{AB} \end{aligned} \right\} (14)$$

となるから、処理されるべき情報量の最小値は(14)の等式を(13)に代入して得られる。すなわち第一種の領域では

$$\left. \begin{aligned} H_{AB} &= U - \log(R_{AB} - 1) \\ H_{BA} &= U - \log \frac{R_{AB} - 1}{R_{AB}} \end{aligned} \right\} (15)$$

ただし、 $H_{AB}$ はAを基準として弁別を行うときの情報量の最小値、 $H_{BA}$ はBを基準とするときの値である。例えば並べて書かれた二線分の長さの弁別において、右側の線分が長い場合と左側の線分が長い場合とがランダムにおきるときは、被験者の基準の選択が如何様に行われようとも(右側を常に基準としても、右左交互に基準としても、その他いかなる方法でも)、Aが基準となる場合とBが基準となる場合とが等しい割合でおきるから、このような場合平均情報量は

$$H = \frac{H_{AB} + H_{BA}}{2} = U - \log \sqrt{R_{AB}} \quad (16)$$

これに(10)を代入すると

$$H = U - \log \frac{r_{AB}^n - 1}{r_{AB}^{n/2}} = U - \log \frac{X_B^n - X_A^n}{(X_A X_B)^{n/2}} \quad (17)$$

を得る。一方、第二種の領域では

$$H = H_{AB} = H_{BA} = U - \log D_{AB} \quad (18)$$

これに(11)を代入して

$$H = U - \log \log r_{AB} = U - \log \log \frac{X_B}{X_A} \quad (19)$$

Uの値は刺激条件、被験者によつて異なることは勿論、練習効果や疲

勞等によつても変化することが想定されるが、練習効果や疲労等のないいわば被験者の定常状態では $r_{AB}$ の変化によつて変らないと考えて、(17)(19)式の変動部分を $H'$ とすると

$$H' = -\log \frac{X_B^n - X_A^n}{(X_A X_B)^{n/2}} \quad (20)$$

$$H' = -\log \log \frac{X_B}{X_A} \quad (21)$$

ここで、前節同様、弁別の容量が一定で、常に容量一杯で情報処理が行われると仮定すると、同様にして弁別反応時間と $H'$ との直線関係が導かれる。ただし、無制限に直線関係が成立することを予想するわけではない。 $r$ が弁別閾近傍のところでは、被験者の判断が一義的でなくなるし、反応時間の測定値も妥当性を減少するであろうから、その意味での限界があることは当然であるが、更に、 $r$ がある程度以上大きくなると判断が質的に変化することが予想される。例えば二線分の長さの弁別において、 $r$ がある程度以上のときは、繰返し経験を通じて二つの大きさがいわばヘルソン流の絶対判断(6)的に成立し、二線分を比較せずして一方の線分を見ただけで判断が行われることが十分可能(このようなことが実際おこることはクロスマン(3)も報告している)であるが、この場合の情報量はもとより(17)(19)式では測られない。仮りに $r$ のある値で弁別から絶対判断に移向するとすると、二刺激の大小がランダムでおきるなら処理される情報量は1ビットで $r$ がそれ以上増しても一定である。したがつて $r$ を閾値以上から十分大きいところまで変化した場合には、弁別反応時間と $H'$ の関係は傾いた部分と水平部分とからなる折れ曲つた直線になるであろう。更に弁別から絶対判断に移向する点は恐らく一定不変ではなく、試行の繰返しを通じて多少の変動を示すであろうから、平均をとることによつて、直線の折れ曲る部分は多少ともつぶれてあらわれるであろう。

以上の予想をヘンモン(7)の行つた線分の長さ(ステイヴンスによれば第一種)及び音の高さ(第二種)の弁別反応時間の測定結果に適用したところ可成り良い適合を得たので、更に筆者は線分の長さの弁別をカード分類の方法(並べて書いた線分の左右何れが長いかによつて左右に分類させる。分類時間を測定する)で行われる実験(一部を日本心理学会第二十一回大会で発表)を行つたが、結果は予想と一致して折れ曲つた直線によく適合し、かつ直線の折れ曲る部分では多少つぶれる傾向(分類時間の中には弁別時間が繰返し平均されて含まれている)も認められた(なお詳細については別に発表する予定)。ただし、(20)と(21)式とは一見大変違うようであるが、線分の長さについてはnの値がほぼ1である(ステイヴンス(17)による)こと、及び行つた実験条件下では $(X_B - X_A)/X_A$ が1にくらべて小さいことを考慮すると(20)は近似的に(21)と同型になり、そのため線分の長さの弁別も音の高さの弁別も(20)(21)両式にほぼ同程度に適合する。すなわち、実験結果の範囲内ではステイヴンスの第一種、第二種という考え方は差異を生じない。しかし、そもそも出発点にとつた(20)(21)式が理論式ではなく実験式である(21)の近似度については尙検討の余地が多分にある)ことを考えるならば、(20)式も情報量の近似式と解すべきであり、近似式による予想は一応裏書されたといえよう。

以上、類別と弁別において情報量と時間とが直線的に関係していること、すなわち情報処理が定速で行われるとの解釈を示してきたが、それでは逆にどんな多量の情報でも時間を十分にかければ処理し得るであろうか。(20)式で $(X_B - X_A)$ を0に近づけるとHは無制限に増大するが、実際は弁別に限界があつて $(X_B - X_A)$ がある限界内になると完全な弁別が不可能になることを考えれば明らかに処理し得る情報量には上限がある。この上限を弁別の全容量(C)と呼ぶことにしよう。右の弁別限界、すなわち弁別閾を $\Delta X$ として、 $X_A = X$ ,  $X_B = X +$

$\Delta X$ , と書き直すと、(17)(19)から

$$C = U - \log \frac{\left(1 + \frac{\Delta X}{X}\right)^n - 1}{\left(1 + \frac{\Delta X}{X}\right)^{\frac{n}{2}}} \quad (22)$$

$$C = U - \log \log \left(1 + \frac{\Delta X}{X}\right) \quad (23)$$

を得る。一方、ウェーバーの法則によると

$$\Delta X/X = k \quad (k \text{ はウェーバー比}) \quad \text{であるから、これを用いると}$$

$$C = U - \log \frac{(1+k)^n - 1}{n} \quad (24)$$

$$C = U - \log \log (1+k) \quad (25)$$

となり、ウェーバー法則は弁別の全容量がXの大きさによらず一定であるとの主張と解釈される(弁別閾はその点で判断が不連続的に変化する値を示すものではなく不確定域を代表する統計的な値にすぎないことを考慮すると、例えば恒常法で二件法を用い七五%「より大」判断の点として $\Delta X$ を定義したときは、右式に0・七五をかけたものをもつて全容量を定義する方が自然であろう。しかし弁別閾をどのように定義しても右の議論は一般性を失わない)。ウェーバー法則はXの大きさが中程度のところでは近似的に正しいことが検証されている(妥当範囲の評価はさまだが、ステイヴンス(16)は刺激の大きさの「実用的」範囲を考えてその殆んど全域で成立するという)から、Xの大きさが中程度のところ(ステイヴンスにしたがえば「実用的」範囲の殆んど全域)では弁別の全容量はXの大きさにかかわらず一定ということになる。一方、Xの小さいところでは、Xの減少に伴い、 $\Delta X/X$ が増大することが広く認められている。(24)(25)のCはRの増大に伴い減少するから、これは刺激の小さいところでは弁別の全容量が減少すると解釈されるように見えるが、実は出発点の(20)(21)式の妥

当性が刺激の著るしく小さいところでは保証されていないので何とも言えない。(註)

## 六、直接記憶における情報処理

例えば、いくつかの桁の数を次々に読んで聞かせてその直ぐあとで復誦させるとき、いくつまで完全に記憶して復誦できるか、その数を直接記憶のスパンという。0乃至9の数字のランダム系列を材料として用いたときは数字一箇あたりの情報量は $\log 10$ 、0と1のランダム系列を用いたときは $\log 2$ であるが、このようにして記憶材料の単位当りの情報量を変えてみてもスパンは殆んど不変であることが報告されている(4)(13)。すなわち、直接記憶で記憶される情報量(ランダム系列なら材料単位の情報量 $\times$ スパン)は一定でなく、ほぼ単位当りの情報量に比例して増大するのである。これは何を示しているのだろうか。

記憶材料をおぼえるにあたって、被験者はまず材料単位を一つづつ認知しなければならぬが、それは前々節に述べた類別のはたらくである。ただ前々節の場合と違って被験者は類別の結果を直ちに反応に符合化することなく、ある期間記憶にとどめておかねばならぬ。前と同じ用語を用いれば認知系は選択したSの符号のある期間記憶に貯えることになる。選択した符号あたりの情報量 $h$ は材料単位の情報量に等しく、貯える符号数は材料の長さ $n$ に等しい。そこで右の実験結果は認知系が時間的順序を保存して貯え得る符号数は符号当りの情報量に無関係に一定であることを示すといえる。これは別に記憶の全容量一定という考えと矛盾するものではない。何故なら、一般に符号当りの情報量を減らしてもそれによつて自動的に通信系が操作し得る符号数(K)が増すことはないからである(例えば通信機のサイクル当り

の情報量を減らしてもそれによつて周波数帯域中が自動的に増大することはない)。ただ能率的(再)符号化が行われればそれによつてKを増したのと実質的に同じ効果が得られるはずであるから、右の実験事態では能率的(再)符号化の方法が存在しなかつたと解される。たしかに、記憶材料はランダム(したがって認知系が貯える符号系列もランダム)で冗長度が0であるから、冗長度を利用する能率化はこの場合不可能である(冗長な材料を用いればスパンが増大するであろうことは、例えば文章の直接記憶のスパンが右のようなランダム系列のスパンよりはるかに長いことから十分予想される。ただし文章の記憶の場合は、確率的束縛の意味での冗長度だけが利用されるわけではないことは明らかである)。それでは狭帯域通信のいま一つの方法である、通報の周波数帯域を濾波器によつて区分し、まとめて符号化する能率化の方法はこの場合使えないであろうか。ミラー(11)の引用しているスミスの実験はまさにそれが可能であることを示している点で興味深い。

スミスは自らを被験者として、0と1のランダム系列を数個づつのかたまりに区分し、それぞれを二進数として読んで(まとめ)できる十進数を記憶し、再生のときは再び二進数にもどす練習を根気よく繰返したところ、かたまりのサイズを増すに従つてスパンは漸次増大し遂に約四十にまで達した(このようなまとめを行わないときの三倍から四倍)という。この場合、認知系は類別によつて選択された各Sの符号をそのまま(あるいは一対一に再符号化して)記憶に貯えることはしないで、一度まとめて再符号化し、再符号化によつてできた符号の数がK以内におさまるようにすることによつてKを増したのと実質的に同じ効果をもたらすような能率化を行つたと解される。ただし、まとめて再符号化することは、二進数を十進展開する(及びその逆)規則をいわば濾波器乃至変調器として使うことによつて可能であつた

といえよう。直接記憶の全容量が一定で、かつ理想的狭帯域通信式の再符号化であれば、スパンの長さは  $Kx$  (まとめた単位数) となり、その上限は  $Kx$  (まとめを行わないとき材料単位に含ませ得る情報量の最大値) となることが予想されるが、スミスの結果はほぼこの予想と一致している。(なお、ミラーは右の  $K$  をチャンク情報 (chunks of information) と呼び、普通のビット単位で測られる情報と対比している。ミラーがチャンクという新しい概念を提案する理由は直接記憶では情報のビット数が一定ではなく、情報のかたまり数が一定であるからである。しかしながら、右に述べたように考えるならば、チャンクという新しい概念を導入する必要はなく、シャノン等の証明した周波数帯域巾と信号対雑音比の相補性の中にかかる考えは既に含まれているといえる。因みにミラーのチャンク情報という概念はマツケイのロゴン情報 (10) の概念に極めて近く、マツケイも「科学的観察」の情報処理の考察から、ビット情報の概念だけでは不足としてロゴン情報 (及びメトロロン情報) の概念を導入したのであるが、筆者の見解では彼の主張も本質的にはすべてシャノンの体系の中に見出されるところ。なお、これらの詳細については別の機会に論じたい。)

また、いわゆる記憶術として知られているものにも、やはり一種の狭帯域通信とみなされ得るものが多い。例えば単語のランダム系列をおぼえるのに、そのいくつかを、あるいは、全体をまとめて各単語が意味のある連関をもつような物語りを構成し、物語りの荒筋だけをおぼえておいて、再生のときはその筋を追ってゆく単語がいわば自動的に再生される。この場合も、意味のある連関というのを物語りの表現する事態においてそのような単語が出現しやすいという一種の統計的規則性と解すれば、スミスの実験における二進数の十進展開の規則と本質的には同じ役割を果しているといえよう。

スミスの実験でも右の記憶術でも、濾波器はいわば意図的に導入さ

れ、そしてはじめに記憶情報量が増したのであるから、認知系が本来能率原理によつてはたらいっているという前節までの主張を直接裏づけるものではない。しかし同様のはたらきが無意図的にも行われることが実験的に示されている (5)。すなわち、数個の幾何学的図形のでたらめな動きを見て、何等の指示乃至暗示なしに大多數の被験者が数人の人物の相互に関連ある行動として報告したという。この事態を記憶実験とみなしたとき、このような認知の仕方が情報処理の能率化になつていることは前述の記憶術と同様である。何故なら、例えば二つの図形の動きを二人の人物が相争うように見ることによつて、相争う行動には自ら統計的規則性があるから (経験的に知つてゐる)、その規則性を利用して容易に再生できる (もちろん再生した運動は実際の運動からズレるのであるが、ズレの程度は図形のでたらめな動きをそのまま記憶した場合にくらべてずっと小さいであろう) であろうからである。記憶術でランダムな単語の系列をまとめて物語りを構成するごとく、ここでも本来でたらめな図形の動きを意味のある動き (物語り) にまとめあげる一種の濾波器のはたらきを見ることができ

る。更に重要なのは、このような認知の仕方が単に記憶を能率化するだけでなく、知覚をも能率化していると考えられる点である。図形のでたらめな動きは極端に多量の情報を含むであろうから、そのまま忠実に記録することは恐らく人間の認知の容量を超えるであろう。しかし規則的な動きとして見てとることによつて、図形の未来の動きがある程度予想 (外挿) できるから、容量以内におさめることができる (例えばこの際認知系は実際の動きそのものを記録しないで、予想と実際の動きとのズレだけ記録すればよい。又各瞬間の動きを記録しないで、とびとびに記録してその間は規則性によつて内挿することもできる) このように考えれば単に直接記憶に限らず、認知材料を区分し、まと

め、意味（規則性）を抽出するという認知の特性一般を能率的情報処理として解釈する可能性がひらけてくる。もとよりこのような解釈は一つの仮設であり、更に発展させるためには実験的裏づけを要することはいふまでもない。また認知の特性を規定する原理は一般に甚だ複雑であり、能率原理はその一つにすぎないであろう。しかし能率的情報処理という概念は操作的にきわめてはつきりしたものであるから、ある事態で種々の認知の仕方が論理的に可能であるとき、そのどれが実際に成立するか（例えばウエルトハイマーのまほとりの要因）を能率原理の予測と対比することによつて、右の様な考えの妥当性を検討することができることを考えると、情報論の研究は認知作用の一つの研究法として豊富な可能性を蔵していると信ぜられるのである。

#### 文 献

1. Brillouin, L. *Science and information theory*. New York : Academic Press, 1956.
2. Crossman, E. R. F. W. Entropy and choice-time. *Quart. J. exp. Psychol.*, 1953, 5, 41-51.
3. Crossman, E. R. F. W. The measurement of discriminability. *Quart. J. exp. Psychol.*, 1955, 7, 176-195.
4. Hayes, J. R. M. Memory span for several vocabularies as a function of vocabulary size. *Quart. Progress Rep.*, Acoustics Lab., MIT, 1952.
5. Heider, F. & Simmel, M. An experimental study of apparent behavior. *Amer. J. Psychol.*, 1944, 57, 243-259.
6. Helson, H. Adaptation-level as a basis for a quantitative theory of frames of reference. *Psychol. Rev.*, 1948, 55, 297-313.
7. Henmon, V.A.C. The time of perception as a measure of differences in sensation. *Arch. Philos. Psych. Sci. Meth.*, 1906, 8, 73.
8. Hick, W. E. On the rate of gain of information. *Quart. J. exp. Psychol.*, 1952, 4, 11-26.
9. Hyman, R. Stimulus information as a determinant of reaction time.

*J. exp. Psychol.*, 1953, 45, 188-196.

10. Mackay, D. M. Quantal aspects of scientific information. *Phil. Mag.*, 1950, 314, 289-311.
11. Miller, G. A. The magical number seven, plus or minus two. *Psychol. Rev.*, 1956, 63, 81-97.
12. 日本電波協会編, 無線工学ハンドブック, オーム社 1954.
13. Pollack, I. The assimilation of sequentially encoded information. *Amer. J. Psychol.*, 1953, 6, 421-435.
14. Quastler, H. (Ed.). *Information theory in psychology*. Glencoe : The Free Press, 1955.
15. Shannon, C. E., & Weaver, W. *The mathematical theory of communication*. Urbana : The Univ. of Illinois Press, 1949.
16. Stevens, S. S. Mathematics, measurement and psychophysics. In S. S. Stevens (Ed.), *Handbook of experimental psychology*. New York : Wiley, 1951.
17. Stevens, S. S. On the psychophysical law. *Psychol. Rev.*, 1957, 64, 153-181.
18. Takada, Y. A heuristic exposition of a communicational model of identification. 北大実験心理学研究室資料, 1957, No. 2.
19. 戸田 正直 ゲーム・メソッドによる直観確率の測定について 心研 1951, 22, 29-40.
20. Toda, M. Information-receiving behavior of man *Psychol. Rev.*, 1956, 63, 204-212.
21. Tolman, E. C. *Purposive behavior in animals and men*. New York : Appleton-Century-Crofts, 1932.
22. Wiener, N. *Cybernetics*. New York : John Wiley, 1947.
23. Wiener, N. *Extrapolation, interpolation and smoothing of stationary time series*. New York : John Wiley, 1948.
24. Woodworth, R. S. *Experimental psychology*. New York : Henry Holt, 1938.

(一九五八・三)

(註) 本節ではステイプルス法則とフエヒナー法則からウエーバー法則の解釈を導く方法をとつたが、逆にウエーバー法則を出発点とし、閾弁別 $d'$ の値

を一定と仮定することによつて(19)式を導くこともできる。関弁別の $\lambda$ の値を所謂弁別関の主観的大きさと解釈すると、これが一定か否かは大いに議論のあるところなので、本稿ではこのようなアプローチをとらなかつたが本稿脱稿後に参照することができた文献によると、関弁別の $\lambda$ の値の一定性はむしろ神経生理学的に支持されるようであり、且つステイヴンス法則の解釈にも多分に問題の残っている現状からして、筆者の現在の見解はむしろ後者のアプローチをとり(19)式を統一的に弁別の際の情報処理量と見なす方に傾いている。