

人間—機械系における Communication について

杉 山 貞 夫

- I. はしがき
- II. 機械系における代表的 model としての Shannon-Weaver model について
- III. 人間系における communication model としての Osgood model を中心として
- IV. 人間—機械系の communication.

I. はしがき

人間の歴史はある意味で、知識の集成過程と見てよいであろう。あるジェネレーションである一人の人間が生活を便利にしようとして行った工夫は、そのジェネレーションに広く伝播すると同時に、他の人によって洗練され又個定化されて知識としては次々と異なるジェネレーションに伝えられて行く。その累積総和が現代我々が持っているすべてのものと考えられる。しからば我々はどの様なものを現代持っているであろうか。確実に我々は持っているものについての知識を身につけているであろうか。之に答える事は非常にむずかしい。否殆んど不可能であると云ってよいであろう。ではそれにもかかわらず何故我々の生活は向上しつつあるのか。之を知るには人間の持つ知識の成立過程を考え、又、それがどう伝わるかと云う過程を分析してみるにしくはない。一言で云えば、communication process の分析と総合である。

確かに太古の人間の持っていた知識は現在我々が持っているそれに比べると著しく無秩序、且つ単純なものであったと考えられる。ところが現在ではそれはある秩序があり又その組織は驚く程複雑となり、専門化されて来ている。そして、現代においては各専門分野間の意志の疎通がある場合には不可能な位にさえなっている。しかしながら、又我々はこの半ばあきらめていた意志の疎通も試みてみると案外の結果が出て驚かされるも

のである。そして研究対象こそ異なれ、各領域には同一原理の適用によって解かれうる類似した問題が沢山ある事が明らかになった。一方では昔解かれていた様な問題に、他方では今だに苦しんでいる事がわかったのである。この事は現在の複雑且つ秩序ある知識の習得とその発展には先ず、知識の交換、即ち、communication が無くてはならない事を意味している。

この様な事は技術の歴史について更にはっきりと云えよう。近々百年の昔には、人間はまだ、物を操作する (manipulating things) 事によってその生計を営んでいた。しかしながら、現代は symbol manipulation の時代であると云われている。我々の生産活動の方式は現在全く変りつつある。之は産業における automation の故と云われているが、その裏には、科学の発達、技術の発展、これらは共に、秩序ある知識の形成と考えてよい、そしてそれらの裏付けとなる物質の十分な供給の保証があって始めて為されえたものであらう。

ではどの様にして、人間の操作対象が物からシンボルに変わって来たのであろうか。この過程は、所謂教育過程と類似している¹⁾。即ち、事態が複雑になるにつれ、必然的に event 間の regularity が概念のレベルで成立する。ここで成立する概念とは、直接的な event との対応関係ではなく events の中に共存する要素——即ち、規則性——と対応し、それに対して与えられる記号をもってこの規則性を表す。その総合をもって秩序と

名付ける時、人間がシンボルを操作すると云う事が理解されるであろう。即ち、實際生産活動に従事している人間は、現段階においては殆んど reality にふれる事なく、reality を代弁する rule を操る事によってその機能をはたしている。例えば、言葉を通して事態を説明し指示を求め数字を使って過去、現在の生産活動を表して将来を予測し、又字を用いて事態を公にする等、広い意味での人間の生産活動にはシンボルが不可欠のものとなって来た。之に反し、thing manipulation の時代はどうであつたろうか。この時代には、人間の生産活動は、良質の刀をきたえ、美事な仏像をきざむと云った式のもので、生産過程が一人の人間によって為されていた。勿論、この時代においても symbol は操作されていたであろう。しかし、現代のそれとは比較にならぬ程のものであったと思われる。かかる過程は教育過程と類似していると私は述べたが、この様な、単純——複雑、無秩序——秩序の流れを個人に持って来る時、人が学習する過程にもやはり同じ様な事が云えると思う。この過程については、既に多くの人が夫々の理論を展開して来ている。これらのすべての扱わんとする所は要するに“概念化をもたらす為の方法論”にまつわる議論と考えてさしつかえないと思う。

communication の観点から考えてみる時、上記の議論に類似しているが、更に心理学の実験結果の反映したモデルとして考えられるものに Charles Osgood²⁾ のそれがあげられよう。又、無機的世界における秩序→無秩序への流れに反し、生命現象が無秩序→秩序へ、そして、単純→複雑へと云う流れを示している事実が(即ち、エントロピーの増大や減少)情報量の概念と形式的に類似するところから、情報や、それを如何に能率的に送るかと言った事を考えた Shannon³⁾ のモデルがある。Osgood のものは人間過程を学習実験の豊富な結果にもとづいて考えたものであり、Shannon のそれは、通信機(電話)の機構にもとづいた機械過程の代表的なモデルである。現在までに作られた communication model は、数多く、その一つ一つを詳述する紙巾がないのでこ

ではふれない。それらのモデルは各事態での communication のあり方を夫々の立場から分析した結果であって、厳密に云って普遍的なものではない。あらゆる communication の場は、すべて何等かの形で異っている。しかしながら、我々に出来る事は次の事であろう。即ち、第一にすべての communication の場で共通する様な或る種の要素を分離する事である。かかる要素と要素間の相互関係は、我々が一般的なモデルを作り事態を分析する為に役立つものであって、それらはそれら自身の機能がどうあるべきかと云うより、かかるモデルを通して事態の最も有効な働き方を考える上に重要なのである。勿論、この場合各要素及びそれらの相互関係が、時間の経過につれ連続的に変動しているものであると云う動的な観点は必要である。

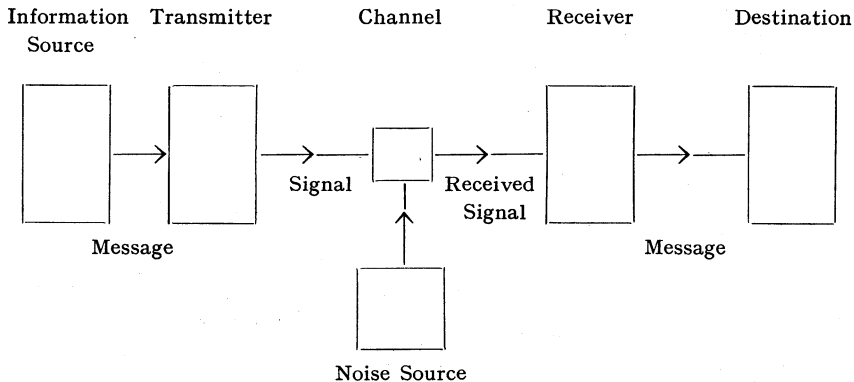
本論で取扱う communication process は大別して二つある。即ち機械を操作する人間系内の communication process と人間に信号を与える機械系の communication process である。しかしながら、かかる二分法が model を操作する上に不適切である事は云うまでもない事である。ではどう考えるかと云う問に対しては、次の考え方を当てはめてみたい。それは所謂 behavior-centered な考え方である。一言にして云えば、これは communication の目的を、message の製造源と受け手の両者の goal と考えるもので、message 自体の持つ特性の control に目的をおかない考え方である。この考え方を、人間—機械系の communication にあてはめてみると、大体目的は、人間が機械を制御して望むべき行動乃至は生産物を作り出す事と云えよう。この意味において、本論では、Shannon のモデルと Osgood のモデルを中心として、機械制御におけるモデルを考えてみたい。

I. 機械系における代表的モデルとしての Shannon-Weaver Model について

Claude Shannon と Warren Weaver は 1949 年、communication の一般的 model を提出した。この model は、現在までの communication

の研究に寄与する所大にして、且つ最も簡明なモデルであり、その意味する所を考えると確かにすべての communication situation に何らかの意味で妥当するように思われる。彼等はこの論文で二つの事を試みたと考えられる。第一に彼等は communication process を数学的公式の形に還

元しようとした。第二に彼等は数学的モデルによって扱うる諸問題について検討した。process 内の各要素の定義は Shannon の場合、非常に簡決であり、それらは以下の図に見られる通りである。



即ち、Shannon の定義によると、process 内の各要素は、次の五つとなる。情報源 (Information Source)、送信器 (Transmitter)、通信路 (Channel)、受信器 (Receiver)、そして、宛先 (Destination) である。第一の情報源とは要するに、単一の message 或は、連続した message を生産する過程であって、普通には之は人間に当り、この場合は特に、人間の言語が之にあたることが多い。と云うのは、人間の他の特性も伝達の対象となりうるわけで、表情などはその一例であるが、之等の諸特性が伝達可能かどうかは、channel の特性にかかっている。channel の性質と情報源の特性から、種々の既存の message タイプを分類してみると、次の様になるであろう。第一に一連の字や数字 (電信やテレタイプの場合など)、第二に、第一の場合もそうであったが、message が時間の単純函数である場合、即ち、ラジオや電話などが考えられる。第三に、第二の場合と他の要素との組合せ、即ち、白黒テレビなどの場合は message は $f(x, y, t)$ と考えられる。この場合の x や y は TV 画像の次元であって、各 xy 点における輝度という要素と時間の組合せとなる。第四に message が異った次元におい

て、各々時間の函数である場合がある。之は、立体放送などの場合を考えてみるとあてはまる例である。第五には、多数の要素の複數函数的関係で、色彩 TV などでは message は三次元連続において定義された $f(x, y, t)$, $g(x, y, t)$, $h(x, y, t)$ の三つの函数関係によって考えられる。又同じ事が数台の白黒 TV から message を得る場合にも成立する。第六の場合には、TV からの message に附随した聴覚的 channel の使用の如く、多種多様の combination が成立する可能性がある。人間は情報を得る場合、一つの channel からのみそれを受取る必要はなく、科学の進歩や必要に応じていくらかでも channel を利用する事は出来る。但し、かかる複雑な combination を利用する場合、人間の情報受容能力の限度を忘れてはならない。

この段階では、即ち、情報源の段階では、message は、ありとあらゆる事象の combination であり、未だエネルギーの転換は行われてはいない。換言すると、それはある意味で、reality そのものであって、伝達されるされないにかかわらず存在する。伝達されるか否かは、送信器の符号化特性、channel 特性、そして受け手次第である

わけである。ついで、エネルギーの転換が行われる場所が、送信器にあたる。それは、reality を channel 上に伝達可能ならしめる様な操作をする段階であり、message を何等かの約束にもとずいた signal に転換するという機能を有する。電話の場合には、音波を電流にかえる事であり、電信の場合には、message をある約束にもとずいて符号化する事である。channel は signal が送信器から受信器に伝達されるに使用される medium であり、それは、電線であったり又ラジオの場合には frequency band であったりするが、Shannon によると、この過程で signal は雑音源の影響にさらされる。それ故、送信された signal は必ずしも受信された signal と同じでないと云う結果をひき起す。受信器は送信器と逆の働きをし、送られて来た signal にもとずいて message を再構成する。この場合雑音も含められて message の再構成が為される事はいうまでもない。宛先とはこの場合、人間であったり又物であったりするが、要するに message の目的対象である。この model は簡単に考えてみると、大体次の様に簡単化出来よう。

人間→機械→人間

前掲の model を考えても情報源と宛先が人間にあてはめうる以外どう考えても、この model では channel を人間過程として考える事が完全に妥当とは思えない。勿論、framework として之を一般的な communication の事態にあてはめて考える事は自由ではあるが、詳細に人間過程の機能を入れて考える場合には、或る程度の改良が必要である。即ち、この model では、人間過程——換言すると communication における心理学的観点からの分析——が意図されていない為に（勿論、Shannon はかかる観点に興味を持っていなかった事は明らかであるが）そのまま人間過程の communication にあてはめる事は危険である。若し、この model の中の channel を人間過程に考えて推論する時、雑音の意味が混乱する事は当然である。即ち、情報＝刺激とそれに対する反応（宛先）と云う考えを推しすすめると、刺激と反応の関係は前もってその対応性が明確にされてい

る必要があり、予定された反応からのズレに対応する内的過程が雑音源と云う事になる。しかしながら、人間機能における spontaneous variation すらまだ不明の点が多く、現在では刺激の programming と反応との直接的対応性を完全に認定する事が可能な段階ではない。即ち、どうしても現段階では noise と spontaneous variation は分離されないまま取扱われざるを得ないし、人間行動における明確な基準と云うものはたてられないのである。多くのサンプルからの統計値をもって基準とし、それからのズレを noise の故とするなら、我々は個々人の個有の機能の傾向については何も云えなくなるし又、集団基準と個人基準が比較可能な次元においてならとも角、同列におけない事象では、かかる考え方、仮説的（集団からの統計値による）な基準からのズレで判断する all-or-none 的考え方は、個人内 communication にはあまりあてはめない方がいい様に思われる。しかし、勿論、framework を得、先を予測する為には有用な努力ではあるが、要するに、人間の心理過程（例えば、思考、記憶、情緒等）では、原因（刺激）と結果（反応）が linear な関係になく、人間自体 non-linear な存在と考えるべきであろう。刺激面の variation とそれにもとづく反応面の variation に時間相（考えてみると、各ターミナルでの原因—結果の non-linearity の集成体でもあるが）を入れた考え方をする時、人間の場合には、無数の原因—結果の non-linear relationship が存在すると考えられ、この model における如く各段階での linear relationship を仮定するならば、人間過程は、その構造も機能もそれ程単純なものでないという理由で、この model は人間に妥当するものでないと結論が下されよう。勿論、前述の如く、framework は得られようが、それを基準と考えるのは間違いを生じ易いと考えられる。

しかし、機械系の場合、（それらが人間によって作られ、又設計されたが故に）原因—結果の関係が一応 linear なものと考えられない事はない。勿論、non-linearity は機械系にも多く存在するが、之は system engineer の研究対象でありそ

の努力によって、すべては制御可能な段階で事態が運営されつつある。というのは、non-linearityの解析によって原因は結果を完全にではないが制御しうる段階にあるし、又制御されない機械系は、機械系としての価値を持たず、一応考慮の対象からはずされるが故に。しかしながら、かかる機械系においては、この model は更に各事態に応じた model を作る為に参考となったし、又刺激的であったわけである。

要するに、我々の対象は、機械系だけでもない。又人間系だけでもない。両者の関係が重要である。即ち、両系の間にエネルギーの転換が効率よく、スムーズに、そして error なしに行われるかどうかと云う事に重点がおかれなくてはならない。このエネルギーの転換上のロスを最低にする為の努力は、所謂、工学心理学の研究によって為されている。その為には、どうしてもここに、人間の心理特性を communication process の観点から再考察し、channel としての人間を考えてみる必要が生じる。

Ⅲ. 人間系における communication model としての Osgood の model を中心として

さて、機械系に妥当すると思われる model の一例として Shannon のそれを前節においてあげたが、この model は更に二三の代表的 model を生んだ。Rothstein⁴⁾ のそれなどは communication process と measurement process の類似性をあげたもので、一考に値するが、ここではふれない。

ここで、一応人間の communication process に移り、message を受ける個人に何がその結果起るかを model を通して考えてみたい。

歴史的に重要な model として、我々が考えつくのは何といっても、Ogden と Richards⁵⁾ のそれである。この model がこの場合科学的な立場に立った communication model と云いうるかどうかは疑問であるが、しかし、彼等の意図したものは、symbol (或は message) や思考に対応するもの、即ち、symbol の対象であって、人間が言語 communicaiton の結果、具体的事物に対

応する概念を得る場合の mechanism の探求を考えたものであったといつてよいであろう。しかしながら、これは先にも述べた如く model として十分なものであるかどうかは疑わしい。彼等の symbol, thought or reference, referent との三角関係は、そのみでは、意図する所が十分明確に伝えられるとは云えない。もう一つの批判として考えられる事は、彼等は、“thought” を明確に定義していない事である。この定義が事実上可能か否かは問題ではない。唯、使用した以上明確な定義が為されなかったならいたずらに混乱をまき起すのみである。しかしながら、この model の持つ古典的又歴史的意味は、それによって否定されるものではなく、かれらの労作は言語使用の process についての更に詳細な model の作成を刺激した。

Charles E. Osgood の model は学習理論の知見から出発している。彼の model は Wilbur Schramm の *The Process and Effects of Mas, Communication* (1954) において細かく説明されているが簡単に述べると次の如くなる。human communication——即ち、人間において message が知覚され、それに対する反応が引き出されると云う事——には三段階ある。即ち、decoding, interpreting そして、encoding である。入って来た message の符号を解き、それを解釈し、そして再び符号化して反応をもたらすと考えると良いと思う。丁度この過程は、Shannon の model のそれと逆であって、Shannon の場合、符号化したものを channel を通して符号を解き、現実にもどすと云う機械過程の機能を表したものである。

又、生体内に入った message は、次の三つのレベルに達する可能性をもっている。第一に、sensory and motor skill level, 第二に dispositional level, そして第三には representational level である。

message level においては message, 即ち客観的に測定可能な物理的なエネルギー (sign S) の収集を行う。それらは、我々の感覚器に入り刺激となる。即ち S である。S と S は同一ではない。それには我々の目的意識によって、即ち、意図され

た反応を起す為に④からSがえらばれる、と云う過程が存在する。Sが sensory and motor skill level の過程に入る場合に、之は、所謂反射運動と呼ばれるものとなる。しかし同時に message は中枢神経系にも影響を与えるわけで先ず dispositional level に入ると考える。dispositional level とは要するに我々の持つ学習して来た総合であり、態度、価値、かまえ等がそこで関係して来る。云いかえるとそれは刺激が反応を生む場合の所謂中介変数として考えられているものである。この中介変数に刺激が影響を与えると二つの事が起る可能性が出て来る。第一に刺激—反応が十分に学習されたものであった為、思考の領域にまで到達しないで処理されてしまう場合であり、第二に、刺激に対応する impulse が思考の領域（概念領域）に影響を及ぼす場合である。これらの刺激は中枢神経系に何らかの活動をひき起し decoding から encoding に移る。そしてその process は直接 motor skill level にいたるか、或は中介変数を通してか、いずれにしても、中枢神経系での活動は最終的には motor skill level において反応を生起させる。即ち、output を生じるわけである。若しこの output が overt response であるなら、ここに新たに message が生じるわけである。

Osgood の model も言語的説明なしには仲々理解され難いものである。かかる障害を除かんものとして Minnick の model が作られた。この model は一目にして理解しうる程簡潔ではあるが、刺激の本来的な複雑性とその最終結果としての反応の間の関係についての分析がたりなく、利用度の高いものではない。

これらの model は、Shannon の model において為された如く、ある communication process を完全にカバーしているかと言う点については否と云わざるを得ない。かかる具体性を缺いた、単なる過程の視覚化は決して有用なものではなく最も重要な process nature について寄与する所が少い。特に、人間—機械系のそれについて考えてみる時、具体的な process の特性—換言すると客観的に確かめられうる element の機能と、機能間の相互関係——はかかるモデルを通じては仮

説の域を出ないし又十分には確かめられないものである。

process を重要視した model には Wendell Johnson⁶⁾ の生理学的 model, 更に, Osgood の model と Johnson model を総合した Halbert Gulley の model⁷⁾, oral communication にもとずいた Donald Bryant と Karl Wallace の model⁸⁾ 等がある。Johnson model はその特徴として次の事をあげる事が出来る。彼の興味は communication の主要素の分析であり、それらの主要素を物的なものとして取扱っている様である。その model は communication は一方向のみ流れるものでなく、又常に source と receiver 間の process は変化するものと云う立場をとっている。process の特性や物理的又生理的な communication における要素間の関係を見るには、確かに動的側面をもつ故に Johnson model は今迄のものにはない優れた点を持ち、有用性は勿論高いと考えられる。しかしながら、一つの缺点是 message が符号化され又解かれるにいたる原因について、sending 或は receiving organism の中で何が起っているかについて詳しく分析していない点である。（勿論この事は、現在時々刻々生理学的知見の発達している段階では、あらゆる機能の相互関係を提示する事は不可能に近い事ではあるが。）又、Gulley model は Johnson model とその framework において類似している。更に、彼は Osgood によってたてられた“中介”(mediation) と云う概念を導入した。しかしながら、Gulley model はそれでもなお Osgood model の持っている弱点をおおいかくす事は出来なかった。と云うのは、mediating process の性質を分析していない事である。又この model は sensory reception の段階と response の段階での variation の可能性を考えている点、Johnson の functional interrelationship と類似している。

Bryant and Wallace model は、話し手と聴き手の間のみならず、話し手の中、又聴き手の中にも communication の過程がある事を指摘し、この点では実にユニークなものと云わなければならない。即ち、彼等は、話し手、聴き手内部にお

きる知覚の効果と云うものに重点をおいた。そして、communication の two-way 的特性を指摘している。この model は Johnson model や Gulley model とは全く形の上では似ていないのであるが model の各要素は同一である。

これらの三つの model、即ち、oral communication に重点をおいたもの、についてまとめてみると、第一に、それらのどれもが communication とは process そのものであると云う観点から作られている。第二に、どれもが、communication は one-way ではなく、two-way であると云う考えによっている。第三に、どれもが message の特性についてふれていない事である。そして第四に、どれもが、face-to-face 或は二人間 communication 以上の channel における communication についてふれていない事である。

さて、この他にも種々の communication model が存在する。mass media の条件下での model については、次の機会にゆずるとして、一応本論の序としては face-to-face communication model までで終り、それらをもとにして、人間—機械系 communication に移りたいと思う。

IV. 人間—機械系の communication

前々節において述べた Shannon の model は人間—機械—人間の間の関係を示し、又最も簡潔で一般性のある点では非常に参考になるが、人間過程、即ち、心理学的観点からの分析が缺けているうらみがある。又他の model は、人間の特定の communication 活動にもとづいて作られたものが多く、一般性に缺けている。

人間による機械系の制御と云う行動を分析してみると、多くの場合、人間系への刺激(又は input)は視覚的であり、又その補助として聴覚的な input が使用される例が多い。output を見るに、音声的なものより触覚的な反応が多く、どうしても一般的に云うならば、input は視覚、output は触覚と云う事になる。之は多くの場合、Osgood の表現をかりるまでもなく sensory-motor skill level で為される作業であり、中枢部への連絡を

許さぬ位、短時間の中に為される所作でなくてはならない。換言すると、習慣化され、個定化された刺激に対する反応様式の習得が要求されるわけである。所謂、stereotyped pattern of behavior がこの場合必要なわけである。

今一つ、人間—機械系に Shannon の model を考える上に危険な事は、Shannon の model では information source と destination とが同一人として考える場合に無理のある事である。人間—機械系(人間による機械制御)においては人間と機械がある目的を持つ閉環(closed loop)として考えられなくてはならない。この点では、現在までの如何なる model も、十分とは云い難く、すべて open system の特性をもっている。しからば人間は本来 open か closed かと云う事になる。この問題は、人間の各作業条件によって異なるであろうが、一般に(常識的に云って)人間は closed system として機能をはたしている面が多い。しかし、例えば十分習慣化された行動、即ちタイプライティングの如きは error をしない限りは open として考えてよい。この点について、私見を述べると、私はまず、Osgood の model を想い出す。若し、人間の刺激—反応の強化が十分に行われ、ある刺激に対して間違いなくある反応を起すと云う stereotypy が得られたなら、人間は open system の概念で考える事が可能かも知れない。しかし、大部分の人間の行動では、通常それは error の危険にさらされている。又かかる stereotyped behavior は人間の諸行動の中、特に sensory-motor type of behavior に多く見られ、他のレベルの行動では error の危険率が高いと考えてさしつかえないであろう。そうすると Osgood の所謂 dispositional 更に、representational level、を message が通過する程、error の危険率は高くなると云う事となるわけである。又、行動が正しいか又正しくないかと云う事を判断する上に sensory-motor level では、判断の基準が比較的即時的に、sensory の面より入って来る input によって定着する事が可能である。更に、換言すると sensory-motor level においては、完成された行動様式は open に近

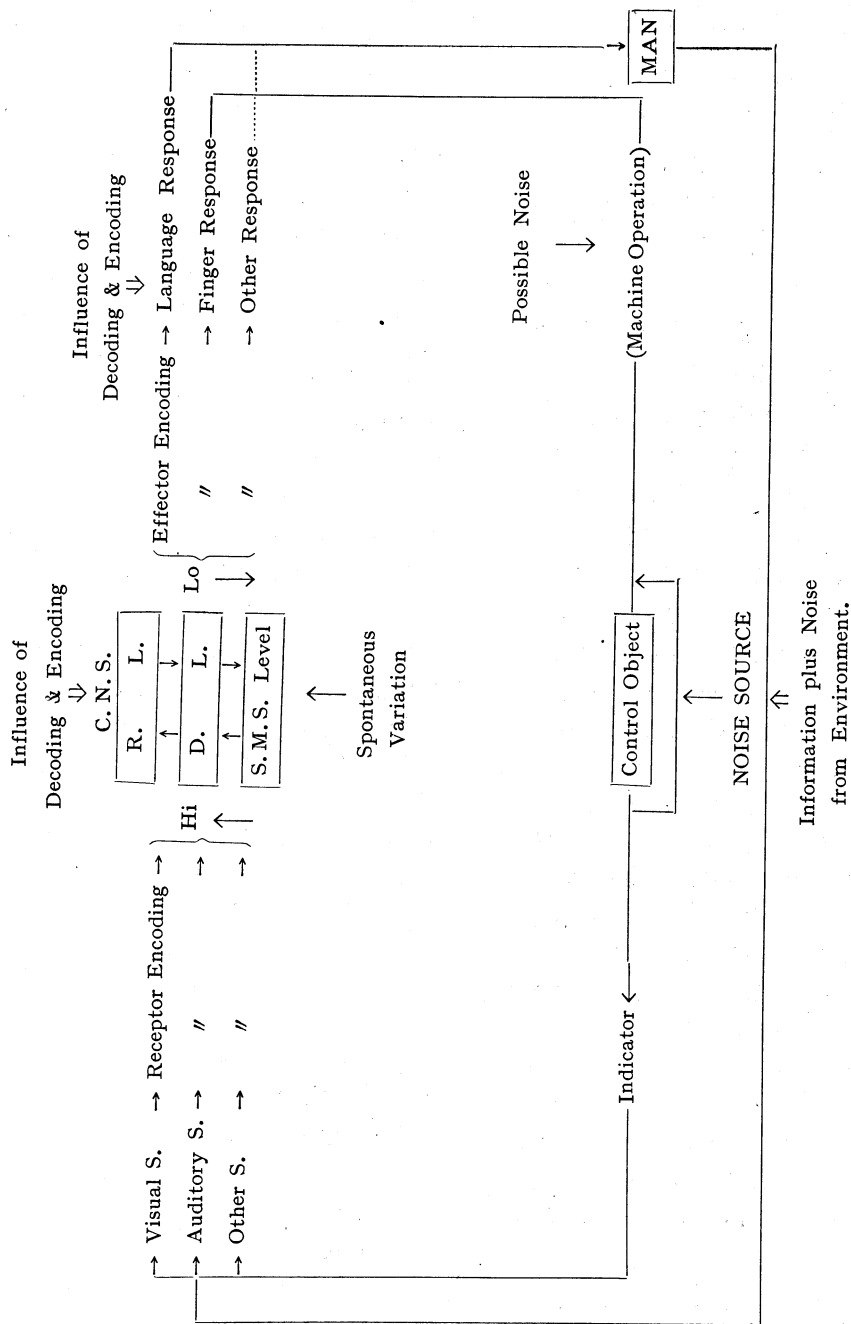
くなるが、事実上は、非常に frequency の高い impulse が閉環の中を循環すると考えられる。input も又 output も殆んど continuous に（しかし、事実は discrete にそして high frequency で）環の中を流れている。そして完成された行動様式とは input と output の compatibility は高く、常時、一定量且つ相当量のエネルギーの循環があり、行動に安定性がある場合と考えられる。しかしながら、人間の行動は勿論、sensory-motor level のみ関与するものではなく、日常の我々の行動は、更に高次の神経活動を要する事は当然の事である。かかる高次神経活動においては、impulse の効果の一元性は、当然の事ながら、望むべくもない。更に複雑な効果の布置は、複雑多岐な反応を生む可能性をはらむ。所謂 error の可能性を生み、基準の設定が個体内で、或る程度不可能となって来るのである。そして基準を、多数の個体の同じ条件下での反応の平均から求めなくてはならなくなる。しかし、その場合の error correction の過程をみると、即時性に欠け、集団相の個人適用によるバイアスは増し、その間に error は error を生み、更に複雑な反応を生むにいたる。これは“social”の段階であってこれについては次稿にゆずるが、本稿の目的である人間—機械系制御の場合にも多かれ少かれ、かかる過程がみられる。これをさける為には、第一に人間の既成の stereotopy の利用、と第二に program された情報を使用する事によって、それを判断基準とし、そこからのずれを error とすると云う操作を行う。しかしながら、かかる仮説を利用した control はやはり、次の点で最終的 error を生じる結果となる。即ち、第一に人間の持つ stereotopy に対する不信頼性（如何に訓練しても、人間の行動様式には、spontaneous variation of function の効果が表れる）と、第二に、人間の能力の変動と program された情報の差が常時一定でないと言う事、即ち、variation の variation に十分の規則性が見出されないでいると言う事によって、最終的産物には、ある危険率をもって error を生じているといわなければならない。これを最小限に

食い止める為に、我々の努力は、過程中の各ターミナルでの情報交換——所謂フィードバックと考えるべきか——の精度を上げる事にむけられている。

前述の如く、Shannon model は人間系にあてはめるには無理がある。よって私は、上記の諸モデルを参考として、主として機械系制御の場合のモデルを考えてみたい。

この場合、人間系の proprioceptive feedback は除外してある。機械系の表示器からの刺激は感覚受容器に入って符号化され（網膜における如く）神経衝動となる。そしてその impulse は中枢神経系にいたり、（この中での mechanism は神経生理学、大脳生理学の分野で取扱われるべきもので、それを十分に記述する事は現段階では不可能に近いので、仮に、Osgood の考えに従って、そのレベルを三つにわけるとする。しかし、若し機能でわけたなら無限であって、無限の combination がこの段階に於て存在すると考えた方がよい）その段階で自然の人間の機能変動によって影響を受ける。この変動が、上記の combination によったものか、又之を error と考えて良いかは未知である。とに角、効果器への符号化が行われる時には、そこに流れる impulse は変容していると考えられる。それは中枢神経系における諸活動によったものと error（即ち、機能上の間違い）との総合であろう。そしてその impulse が効果器に至って、言語反応や運動反応となる。その反応は、他の人間系にも知覚され、その第三者から（複数の場合も当然ありうる）の反応は当然、操作者にとって情報をもたらすと同時に又 noise ともなりうる。又、運動反応（即ち、機械の操作）では、図にはないが proprioceptive feedback も働く。そして制御対象にいたり、それは、機械系内での noise にさらされ、又、機械系内での feedback が働いて、その結果は表示器に表われる。又、これも図にはないが、表示器の設計次第では receptor encoding に noise が入る可能性もある。

機械制御と云っても種々のタイプがあり、一概にこの様なモデルを、あてはめえない場合も勿論ある。大体において相異は、表示型式と反応様式



にあるのであるが、この例を二三あげてみよう。
例えば、表示面で、刺激提示方式には、普通三種類あげられる。所謂、on-off, sampling, continuous な方式である。on-off とは、ある意

味で断続的な刺激であり、その刺激が on であるか又 off であるかにわかれ、power から考えると、discrete な与え方となる。sampling とは discrete なもので且つ一定の interval で与えら

れる。之は、power から考えると continuous となる。第三の continuous とは、文字通り on の連続で、power も continuous にかかっている。我々はこれら種々の表示器の特性にもとずいて、信号を受け反応をしているわけである。どれが一番効果的であるかと言う事は、効果器の作動特性が未分析であるのでふれない。

さて効果器の作動（人間の反応、或は人間系の output）に入る前に、人間—機械系制御についての重要な前提が必要である。それについて少しふれてみたい。人間の performance については（之は主として、control engineering の分野においてであるが）、所謂、Servo-theory (feedback theory) にふれる事なしに、論を進める事は出来ない。又更に、人間—機械系の操作においては現在我々の手許にある理論は数多くある。即ち、game theory, decision theory, operational gaming, linear programming 等々である。これらの理論は、種々の social institution（学校、病院、軍隊、会社、郵便局等の）のマネジメントにおいて利用されている。そして、その目的とするところは、個人、集団、人間—機械系に共通の一般理論を精密な物理的又数学的な model にもとずいて、引き出す事である。その他に、かかる分野を扱う工学心理学の使用しうる道具としては、勿論、情報理論や電子計算器（アナログ及びデジタル）がある。Shannon に帰るまでもなく、この分野においては、即ち、人間—機械系における human factor の分析においては人間は communication system 或は、data processing system と考えられる。情報理論の心理学研究への応用や人間の homeostasis（即ち、servo mechanism による）の現象を見ても、かかる観点が一応、不十分ながらも妥当している事を示している。しかし、人間は、この様に static な観点から観察しうる程簡単な mechanism ではない。人間の performance についての研究、特に、feedback-mechanism についての研究は我々に次の事を教えてくれる。簡単であれ又複雑であれ如何なる feedback model も、人間行動の完全

な model ではありえない、又人間は彼自身の行動に適応する偉大な能力をもっている。即ち人間行動は原因と結果が linear な関係になく、人間と云う存在自身、非常に non-linear なものである。

我々の目下の研究段階においては、人間行動の non-linearity を十分に解明するまでにいたっていない。特に人間行動の non-linearity についてわかってはいても、それらの知見を組織的に利用しうる段階にはいたっていないわけである。勿論比較的 linear な部分や要素もない事はない。しかし、それは小部分である。許された道は linear の総合として non-linearity を見つめる事である。これも将来の予測はつかない。十分強化された刺激—反応様式や、既に stereotopy を得た行動様式においてはある程度の linearity は云えるが、impulse が高次中枢神経系に及び、思考などをへた上の行動となるとこの linearity はくずれ又個人差が大きく生じ、つまるところ関係は non-linear なものになってしまう。

人間—機械系において、人間に入る表示器からの刺激の特性はなる程、物理的なユニットをたてる事が出来るのであるが、一たん receptor に入ると、この局所における刺激—反応関係すら規則性が比例的ではなくなる。ましてや、人間系の output では、対応すらしていない事が、しばしばある。感覚領域での output が知覚との間に差をもたらず事も存在しうる⁹⁾。更に、簡単な例としては知覚像と記憶像の差などと云う事は極く当然の事として、日常生活において観察しうる。ここにおいて我々は効果器の作動の不規則性が、input と対応せぬと云う例にもどってみよう。即ち、input に対応する output は勿論出るにしても、その output の生起には相当の危険率を加えて考えなければならない。強化は output の生起に一定の pattern をもたらず。この事は、Osgood の三つの level のどこにも存在する事であるが、強化された S—R がこれらの諸過程の機能にもとづくものであるかは、生体の input と output のみを問題にする限りは不明である。

しかし、一たん習慣化された行動（大部分の人

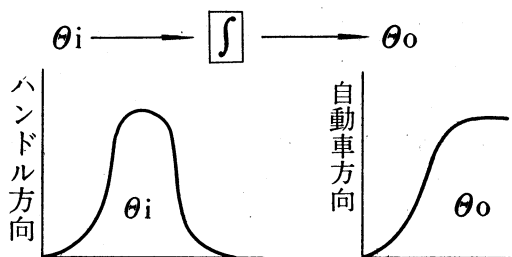
間—機械系制御では sensory-motor level であるが)では危険率は勿論あるけれども (error の可能性はあるが) 比較的訓練によって刺激—反応の対応性の形成が容易に出来る。勿論、之は task と task に対する人間の順応可能性次第ではあるが。

人間—機械系での人間の役割の大部分は、このレベルにあるわけであるが、かかる仮定の下に論を進めてみたいと思う。

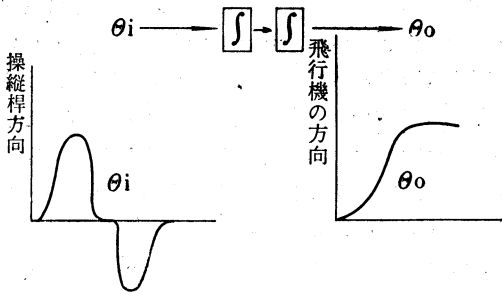
前述の如く、機械の時々の状態は信号として、種々の表示器を通して示される。そして、操作者としての人間はそれを知覚し、適当な反応を与え、その結果を再び表示器を通して知覚し確かめなければならない。換言すると、ここに人間—機械系の feedback mechanism が存在する。この系の各過程及び要素には noise の入り込む余地は多い。即ち、刺激側の coding, 反応側の coding によっては、この channel は効率の悪いものとなり、結果的には、系の目的完遂は不十分なものとなり、ロスの多い行動を営む事となる。实际的に、s-coding とは要するに、知覚し易い表示法をとるか、とらないかと云う事による。誤解を生じ易い表示法は能率が低いと云う結果をもたらす。航空機における表示器の配置についての研究は、s-coding のあり方についての規則性を求めたものと云えよう。又、かかる表面的配置の問題と同時に、刺激の出し方 (時間相の問題) が問題である。一般的に刺激の特性としては、次の四つの様式が一応考えられよう。即ち、① periodic なもの——之は分析の場合、数学的に考えられるもので、例えば、1 2 3, 1 2 3, 1 2 3, ……と云った様式をもつものである。② A-periodic なもの——之も数学的に取扱うるもので、例えば、1 2 3 4 5 6 ……n と云った様式をもち、決してくり返す事のないもので、コンスタントに変化するものである。③ random なもの、之は数学的に分析出来ない。しかし probability として分析出来るものである。④ quasi-random なもの、即ち、short run random である。元来、この random についての定義はむずかしく、 $p=0.5$ でも $p=0.9$ でも一様に ran-

dom ではあるが、degree は異なる。更にこれらの様式の特性と同時に、magnitude の continuity が考えられる。それには、大別して三つあげられよう。① discrete な刺激② serial な刺激そして③ continuous な刺激である。これ即ち、刺激側でも又、反応側でも見出される特性で、主として、時間に関係している。

機械制御における、人間への signal の流入のあり方には上記の様な刺激の性質が関与するが、r-coding でも同様な事がある程度云う事が出来る。それについては、後述するとして、最も大切な問題は、前にも述べた如く、s-coding と r-coding との間の相互関係であるが、その関係は大部分、non-linear な対応関係をもっている。それ故、作業現場の設計には、出来る限り、その場に適した実験的研究に基づいた設計が為されるべきである。例えば、同じ操縦でも自動車のそれと飛行機のそれとは根本的に異なる。それは機械的な制限もあるが、目的機能が異なるからである。第一に、感覚器に入る必要な情報の量と質が異なるし、第二に、control の原理が異なる。一応 s-side の事は忘れて自動車の場合を考えてみよう。之は所謂 rate control とよばれる方式で、input と output の関係は下図の如くとなる。



即ち、一方向に車をむける為に (人間への刺激にもとずいて行なう人間の反応—即ち、制御としての) はハンドルを x 度その方向にまわして又 x 度逆方向にまわし、元の位置にもどさなければならない。飛行機の場合には、更に複雑であって、これは、acceleration control とよばれている。即ち、



飛行機を 90° 右へまわす場合、操縦桿を右へたおし元にもどしてから更に左にたおして始めて飛行機は希望方向に向く。

これらは簡単な例であるが、これらによると input は必ずしも output と直接的に対応する様式となっていない。よって s-coding と r-coding が十分に習得された場合、そして、技術的にこれら二つの coding の対応性が出来易い様に設計されている場合にのみ人間—機械系の communication は十分に行われるわけである。その他にも、人間—機械系の communication について、特に、その間の channel の効率の点から考え、又訓練によって形成される channel について考える時、種々の問題がある。即ち、その目的達成の為に各要素の条件（人間も又機械も）の一つとしてそれらの activity level の問題がある。それらが、高い activity level を持つか、低いか、そして、どの程度の activity level の limit を持っているかと云った問題。更に、主として人間の場合についてであるが、その制御活動が自己のペースで為されるか、又他の系のペースで行われるかと云った問題、制御活動の為に与えられる情報の量とタイプの問題、そしてその制御活動の困難さと複雑度等の諸問題については本稿ではふれなかった。とに角、s-coding と r-coding の対応性が得られたなら、人間—機械系に流れる communication の channel は効率が高く、結果的に、error の少い行動が得られるわけであって、その channel を開く為には、先ず、s-coding と r-coding との点よりみて系の設計が良い事（即ち、誰にでも操作しやすい機械の設計）、そして、人間系の channel を開く為には、人間行動の stereotopy を利用したものが良く、更に訓練によって、その

channel を開くと云う方法以外にはない。

本稿は、前述の如く、触れるべくして触れられなかった多くの問題を残している。次稿においてはかかる communication の観点から更に人間—機械系の諸問題にふれ、又、それを所謂 machine-interposed communication の域にまでひろめて考えてみたい。本稿の特に後半で述べた事は、社会の場における人間の communication 活動に関与する機械の機能と云った観点からみると、多かれ少かれ同じ様な原理が働いている様に思われる。本質的に全く同じであるとは即断し得ないとしても、同じ原理の働く分野での考え方の交流は必要と思われる。この為にも種々の model をその与えられた条件下で作ってみる必要性があるわけで、所謂、従来の意味での理論と同一のものではない。

本稿においては、まず、機械系を代表した考え方として Shannon の model を考え、人間系を代表して Osgood の model を借りた。更に、非常に限られたものではあるが、人間—機械系の model として私の考えて来たものも述べ批判をあおぐ次第である。

- 1) 所謂教育過程とは、教育活動の結果いかなる心理的過程をへて、経験が概念化されるかについて論議されて来たものと考えられよう。
- 2) Osgood の model は次の本を参照されたい。
Wilbur Schramm, *The Process and Effects of Mass Communication*, Urbana, Illinois: University of Illinois Press, 1954, pp. 11—12.
- 3) Claude E. Shannon and Warren Weaver, *The Mathematical Theory of Communication*, Urbana, Illinois: The University of Illinois Press, 1949, pp. 4—6 を参照
- 4) Jerome Rothstein, *Communication, Organization, and Science*, Indian Hills, Colorado: The Falcon's Wing Press, 1958, pp. 9—10 を参照
- 5) C.K. Ogden and I. A. Richards, *The Meaning of Meaning*, New York: Harcourt Brace and Company, Inc., 1956, pp. 10—11 を参照
- 6) Wendell Johnson, "The Fateful Process of Mr. A. Talking to Mr. B.," in *How Successful Executives Handle People*, Harvard Business Review, Cambridge, Massachusetts, 1953, p. 50 を参照

- 7) この model は、私が滞米中、ミシガン州立大学の Berlo 博士から聞いたもので、間接的には次の文献に見られる。

John Ball and Francis C. Byrnes (ed.), *Research, Principles, and Practices in Visual Communication*, East Lansing, Michigan: Michigan State University, 1960. p. 23.

- 8) Donald C. Bryant and Karl R. Wallace, *Fundamentals of Public Speaking*, New York: Appleton-Century-Crofts, Inc., 1947,

p. 15 を参照

- 9) 私と Mathew Alpern の実験によると、感覚領域での output と知覚現象との間には、ある場合、差のある事が考えられる。

S. Sugiyama and Mathew Alpern, "The Effect of Viewing a Pulsing Light on Human Visual Flicker Discrimination," *The American Psychologist*, Vol. 15., No. 7, July 1960.