

人間工学の一問題

—Psycho-technology としての視野—

杉 山 貞 夫

序

最近、人間工学 (human factors engineering) と云う言葉が一般に普及して来た。それは我々が日常生活を営んでいる場と人間との関係、或いは人間と彼が使用している機械・工具の類との関係を調和するためのものとされている。この学問は、人間—機械系にまつわる問題として、特に設計技術者の間で深刻な反省と共に研究されつつある。ではかかる反省の社会的基盤はと云うと、それは、人間の歴史が機械・工具の発明と使用によって著しく進歩した事実に対する反省でもあるが、特に、最近では人間が主か、或は機械が主か、と云う様な問題すらもが真剣に討議されねばならなくなった様な事態についての反省であると考へた方が良い。要するに、人間の機械に対する支配力と機械の人間に対する影響力の間のバランスがとれなくなった事に対する反省と考へてきしつかえない。

人間工学がかかる基盤の上に成長しつつあるのは事実である。更にそれは、自動化に翻弄されつつある人間に、その為すべき手を知らしめる意味でも、又、オートメーションと相対して、人間の最もおそれている人間性の喪失を防ぐ為にも、有用であるとしてよいだろう。

本論では、人間工学が、はたして単なる人間—機械系の関係改善に終るべきものか、又心理学的には、単に sensory-motor level でのコミュニケーションの問題を扱うべきものなのかについての考へを述べたいと思う。

最初に筆者の本論での立場を明らかにしておく必要がある。筆者は、人間工学とよばれるものは

psycho-technology の理論体系と考へ、それは、心理学の諸原理を人間の外環境コントロールの為の技術の創造、開発を行う為にあるものと思っている。普通、我国で云われている人間工学は、その行動科学史における根のおろし方の為か、非常に狭い概念にとらわれている。即ち、現在、人間工学とよばれているものを心理学の観点よりみた場合、それは psychology for equipment design であると云っても過言ではない。しかし、かかる観点からのみしか、心理学が機械文明に相対し得ないものであろうか。若しそうであるとすると、種々の必要な心理的機能を測定した表を提示し、機械設計の為の参考に供するだけで事は足りるわけである。だが、現実の姿は、これすら充分に出来ていないのであって、かかる狭義の人間工学の目標達成すら今後の研究にかかっているわけである。

I

云うまでもなく、我々が操作し、又目的をはたす為に利用している諸機械系は、一応の論理的な枠組を持っている。即ち、系内に流れる情報の量と方向については、ある制約があり、その範囲内で機能が維持されていると考へてきしつかえない。しかし、誠に皮肉なことだが、機械系を設計する人間も又使用する人間も、それが心理的存在であるが故に、非論理的な面が多いのも事実である。即ち、論理的な産物である機械系は人間の心理活動の一部である論理的思考の故に達成出来るものであり、それ以外の自発的・他発的心理活動は多く非論理的な特性を持って居る。そして、この間の矛盾は、設計・製造とその使用の関係に明

確に出て居り、この間のコミュニケーションの断層の故に、多くの不利益を受けている事は日常我々の多く観察するところである。最近とみに人間一機械系と云う言葉が重宝なものとして使用され、機械系のみでなく、総合系としての人間一機械系の論理的枠組の設定及び理論化が進みつつあるが、その究極の目的は、人間の論理的側面を探索する事によって、人間一機械系のコミュニケーションの改善を計ろうとする事にあると云ってよい。良い面では、それは、最少努力による最大効率につながり、悪い面では、人間の機械視或は、総合系の一要素としてのみの人間の把握につながっている事は、残念ながら衆目の一致するところであろう。これが単に杞憂に過ぎぬか否かは、本論の目的ではないので、くわしくはふれないが、現在の生産諸活動の動きは、第一の最少努力による最大効率の追求に集中され、少くとも第二の批判は影が薄くなりつつある事は否めない事実であろう。だが一方、この第二の問題の結果するところは、現在既に明白であり、種々の精神的・身体的障害の発生を招いて居り、単に人間性の喪失と云う様な言葉で表わされる以上の社会的重大事となりつつある。

ここで述べた、第二の問題は、社会の利益の為に生ずる必要悪としての不利益にすぎないものか、或は、この不利益は事態の改善によって防止出来る様な種類のものかが問題である。之は、人間の非論理的側面に起因する人間一機械系の破壊か否か、と云う事であり、又非論理性を設計にとり入れる事の可能性への問であると云ってよい。

人間一機械系の破壊の原因を考えるに、使用に供される以前の段階では普通、何回ものテストが繰返されて居り、機械系の設計不相当と名づけられる破壊事態は比較的数少ない。即ち、機械は使用される段階では、設計不相当、調整不良、維持不相当等の多くの事故原因が考えられるにもかかわらず、純粋に機械系に原因が帰せられるものは非常に少く、その多くは、多かれ少なかれ人間の状態、操作に起因している。若し、機械系の論理性に問題があるとせば、それは、維持の為のコストであり、操作法の難易であり、入力一出力の時間的關係であり、つまるところ目的をはたす為の

コストで決定されてしまう。

要するに、人間一機械系の破壊の原因が人間側にあり、この為の人災としての事故が発生するわけである。代表的な例として、交通事故を考えてみたい。筆者が最近調査したところ、事故の95%以上は、直接間接に人間に起因している。不可抗力によるもの数は、いたって微々たるものであって、人間一機械系の事故はすべてと云ってよい程、人間の心理に起因するものと考えてよい。

ここに人間一機械系におけるコミュニケーションの扱いの問題点が存在している。

若し狭義の人間工学をもって、この点を考えてみると、人間の論理性の欠如、操作法の特殊性、等でコミュニケーションの断層が存在していた為にかかる事故が発生したと考えなくてはならない。即ち、人間の心理的特殊性を無視した equipment design によるか、人間が、その機械を操作する技術を持っていなかったか、或は純粋に機械的な原因によるか、以外は原因はないはずである。即ち、人間が極く普通の自然の心理状態であってはならない、特殊な技術をもって、かかる人工的事態で自然の存在であってはならないと云う事を意味している。極言すれば所謂 artificial personality を持たなかったら、機械との関係は結べないと云う事になる。95%以上の交通事故の原因が、機械系に原因をもたず、又 equipment design が完全に不相当であると云う事態が非現実的なものとすれば、残るのは機械操作の技術が未熟であると云う原因しか考えられない。要するに、psychology for equipment design では我々の受ける最極端の不利益である人間一機械系の破壊は、防ぎ得ない事を示している。そして、訓練が最良の手段であると云う事になる。勿論、長期にわたる視野で考えた効率と云う問題は、equipment design に反映されるべきであり、人間の疲労（或は人間系の効率の異常な低下）防止による間接的事故防止と云う事となる。

しかしながら、破壊事態は、直接的原因によるものよりも間接的原因の蓄積によって起って居り、人間系の機能維持の困難さを物語っている。

これらの事は、人間の持つ論理的側面のみをもって、人間一機械系を考える事のむずかしさを示

している。更に、換言すると、人間の持つ非論理的側面を論理的枠組である機械系に入れる事のむずかしさを示していると云えよう。要するに両系に共通する情報と云う概念をもってしか、コミュニケーションははたしえないのである。物理的エネルギーと、神経的エネルギーの差は存在するが、それらのエネルギーの転換機構を我々は持って居り、唯その作動が、両系の基準と充分合致しているか否かが問題なのであって、この点は、psychology for equipment design の主領域である。しかし、両系の異りは、作動の平均値よりも、むしろ中に存在する。即ち、人間がある一定の動作をする場合に、その原因は無数にあるに反し、機械はある動作をする場合の原因は単一であるか、又数において少いと云わなければならない。そこで、設計上、人間系の持つ無数の原因の中から、特定のものをえらび、それに対して訓練を施し、因果関係の対応を強制的に又人工的に作っているわけであるが、だからと云って、人間の無数の心理活動が、停止出来ると云う保証は皆無である。何時なるとき人間が非論理的な存在となるかはわからないのである。それでも十分に作動する機械系—即ち、flexibility があり、耐久性に富むもの—が必要とされよう。あまりに微妙な操作を要求する機械系は、極く一部の少数の人間の為のものであって、一般性にとぼしく、結局は前述の如く、機械が主となると云う結果がそれによって到来するわけである。

これらの事をまとめると次の様になるであろう。

機械設計における論理的思考の妥当性は、人間—機械系の作動を行って見ないと、正しいか、否かはわからない。何となれば、現在では完全な自動制御系は存在しないからである。そこで設計する人間の論理性がたとえ正しくとも、使用する人間の論理性の一定度の維持は不可能であり、設計者と使用者の程度の一致と共に、又非論理性の程度の一致まで考えなくてはならない。

これらの事は、人間工学の研究対象である人間—機械系のコミュニケーション改善の問題の前提条件とも云い思う。即ち、何等かの意味

で、関与する人々のその事態への適応（即ち、経験や訓練）が充分でなくては、人間—機械系は存在しないものと云ってもよい。要するに、人間工学は、その与えられた事態に対して、全くの素人の為の問題ではない。例えば、自動車の人間工学的設計も運転出来ない人の為のものではないわけである。唯、問題は経験の程度であって、経験を設計に反映させる場合に、平均値をとるか、又、最低値をとるかは考えなくてはならない。単に人間—機械系と云っても、機械の利用度、或は普及度、更には利用者の技術の程度と云った、数量化の出来ない特性も何かの形で設計に還元しなくてはならない所に人間工学的設計のむずかしさがある。

II

A. 経験の反映と人間工学的設計

経験の反映とは、要するに人間—機械系の改善であって、若し改善操作が設計者によって為されず、設計者が設計したものが全くの理想系であると信じた時、そこには人間工学的配慮はなく、人間の為の機械系の改善はおろか、人間—機械系の改善すらもが無視されていると云ってもよい。にもかかわらず、かかる系の改善、即ち、コミュニケーションの改良は現在のところ、あまり考慮されていないのが実情であり、そこに系の破壊の深因が存在する。何故かと云うに、設計者が使用者の心理的水準を知らず、又彼等の動的特性を改良設計に導入せず、又人間—機械系のコミュニケーションを静態的なものとして設計しているからに他ならない。

では、我々は何をフィードバックする事によって人間—機械系の改善を行えばよいのかと云う常識的な問題に帰ってみたい。

便宜上、psycho-technology としての人間工学を狭義のものと、広義のものに二分して考えてみる。前者は、人間の感覚機能（入力）と出力としての運動機能の間のギャップを補正する為のものであり、典型的なものとしては tracking がある。ほとんどの人間工学の対象は多かれ少なかれ、tracking 的色彩を帯びて居り、操作と云う

出力は直ちに機械系には入力となり、更に、機械系の作動状況は出力となって表示器に表われ、人間系への入力となる。普通これには、制御量を目標量に合わせる様なメカニズムとしての *pursuit tracking* があり、更に、目標量と制御量の偏差量を0に近づける様なものとして *compensatory tracking* がある。これらは、工場等での製造機械、又交通機関にも多く使用され、又多くの研究も為されている。

では次に、後者の場合について考えてみたい。ここで述べるフィードバックは、*psycho-technology* としては、因果関係の厳密さに欠けるかも知れないし、又人間—機械系における伝達の問題として扱いうるか否かは不明である。即ち、ここでフィードバックされる情報は、必ずしも数量化されたものではなく、むしろ記述的に言語の形で提出されるものである事が多い。確かに数で表わされるものは、便利ではあるが、必要な情報を言語的に還元する事が非科学的と云うのは、むしろ狭い意識にとらわれすぎている事のあらわれであろう。

B. 人間—機械系の破壊事態より得る情報

前節において述べた如く、種々の経験を設計に反映させる場合に、広義の情報のフィードバックが極めて有用である事は、我々の日常生活において度々経験するところである。

人間—機械系が単一の *unit* を構成している場合の人間工学研究は、既に述べた伝達過程の分析、或は改善でよいわけであるが、必ずしも現実のシステムが単一の *unit* であると云う事はないわけである。多くの場合、複数の *units* によって構成された更に大きなシステムとして考えなければならない様な問題が多い。しかも個々の *unit* 間の論理的構成も、不可知的なものであり、何故連絡しているか不明なのに、その連絡を断たれると全系の機能が麻痺してしまう様なものが多いのである。普通 *system* 或は *sub-system* の関係は系が設計されたものである以上、上述の如きものでないはずであるが、複数の *units* 間の関係を便宜上 *system components* とと考えておこう。或は、*chain of man-machine system* と

してもよい。例えば、道路と自動車の人間工学的設計を考える時、之は一体の系として考えた方が理解がしやすいし、又自然でもある。狭義の意味では、一台の自動車が道を占有している事態を仮定して設計が行われ、その得られた特性によって応用的事態としての *chain of man-machine system* に対処するわけであって根本的には、単一の人間—機械系を仮定しての設計である場合が多い。かかる場合での人間—機械系の破壊と *chain* としての人間—機械系(即ち、種々雑多な自動車が連らなって同じ道路を走っている場合など)の場合の破壊事態は数においてどちらが多いかと云えば、後者の場合に著しく多く、かかる複数系に向けた人間工学的設計と単一系にむいたそれとの間には現在のところ著しい差のある事を示している。否むしろ、前述の如く、人間工学的設計は単一系を土台として為され、複数系のそれには、人間工学的考慮が殆んどは行われていないと云ってもよい。例をあげれば、自動車の人間工学的設計においてそれがみられる。即ち、高速道路での追越しの為の判断失敗による事故が多かったり、普通の道での接触事故が多かったりするの、設計が単一系を目標としているからでもあり、一概に運転者の未熟をせめるわけにはゆかない。この事は、単一系としての自動車の人間工学的設計のみでは、事態の解決には非現実的なものである事を示している。以上の様に複数系を考慮に入れた伝達過程の設計を考える事は決して将来においては不可能な事ではなく、他の交通機関においては既に為されつつある事である。之がたとえ十分に科学的ではないにしても、複数系の *central control* は、高速道路をはじめ、あらゆる交通機関において試みられなければならない。

以上にのべた様に、従来我々が考えて来た単一の人間—機械系においては、人間の知覚の失敗や操作の誤りによる、伝達系路の一時的断絶によって、その系が破壊されている。即ち、事故は人間によって起こされると云う考え方は、単一系の場合には了承出来たとしても、複数系としての設計が若し為されていたならと考えると、一概に人間に責任を負わせられなくなる。

多くの場合、単一系での心理学的な問題は、所

謂、sensory-motor level での問題であって、訓練によって得られた stereotype は、余程の心理的断層がない限り、又その人間が不適性でない限りは、大きな欠陥を生じてはならないものである。即ち、大多数の人間に操作可能なものでない限り、機械系の存在理由はとほしいとみてきしつかえない。勿論、その系の複雑度によって、訓練のレベル、適性のレベルは当然高まるものであるが。

だが、心理的活動を sensory-motor level に固定すると云う事自体、非常に非現実的な考えであって、如何に充分な訓練をほどこした適性者であっても、操作中の心理的活動の水準を固定する事は出来ないし、又現実固定していると云う保証も全くない。しかも、多くの事故の原因が、sensory-motor level での心理活動以外の活動によって居らしい事は、不注意判断不全等による人間系の出力の不適切きによって系の破壊が起きて居る事によっても推察される。

では、かかる系の破壊の原因としての心理的現象が、単一の人間—機械系の操作や、機械系製造のテスト段階での試行（一種のシミュレーションと考えてきしつかえない）において充分具現されうる可能性があるかと云うと、之は、あてにならない。何となれば、事態或は環境が非常に artificial であるからである。それに反し、現実の世界は、少なくともその操作者にとっては自然のものであって、sensory-motor level 以上の心理活動が可能な位、人間はゆとりを持って居り、そこに上記の如き、破壊原因が入り込むすきがあるわけである。

かかる事態での人間系内の伝達系路は、実に複雑であって、論理的モデルをたてえない程のものであろう事は、十分理解出来る。この場合の伝達系路は最早人間の心理機構を black box として考えてもきしつかえない程のものであり、恐らく、現在の水準では系路の細分化の意味も、実用的な点では疑わしいと云うのが、本当であろう。では、伝達路や、その機能についての研究の水準が将来において向上し、非論理的モデルが構成され、実用的になるまでの間、我々は一体、どのようなフィードバックを考え、人間工学的設計を為すべきであろうか。この答えが筆者の云う広義の

フィードバックである。

之は前述の如く、狭義の人間工学におけるもの程、少くとも科学的とは云えないものであろう。或は、その考え自体、非論理的であって、因果関係の対応性が不十分であり、又不可知的かも知れない。だが、我々はだからと云って貴重な推論の為のデータをすてきるにはしのびない。

要するに、人間が如何にあてにならない伝達系であるか、又その為にとどの様な系の破壊を行っているかを、設計に反映させる事である。筆者は最近、高速道路の事故分析を行ったが、人間の操作過程、及び道路上の車の位置より推論して、明らかに狭義の人間—機械系設計以上の問題のある事を見出した。

その原因を推察するに、明らかに機械系に原因があるのではなく、人間系の意識の問題である点、その解明のむずかしさを示している。即ち、同種の心理状態が、異なる人により、異なる車によって、ほぼ同じ位置で得られるのである。勿論通行量に比し、その確率は低いものと云わなければならない。だが、何等かの因果関係の固定がそこでみられる様であって、若し、長期間の観察を行えば、人間—機械系の入力、出力にまつわる条件は、いつかは、再びめぐって来る事を意味し、同一の事故の発生の可能性がそこにある事を示している。

之が、人間—機械系の設計に起因するかは別問題としても、若し、その設計に広義の複数系についての知識を反映させた場合、人間、自動車、道路の再設計に大なる寄与を為しうるものと思う。かかる側面よりも、複数の人間—機械系を考慮に入れた検討が為されねばなるまい。

かかる人間—機械系の破壊の防止の為には、又事故の確率を下げる為に人間—機械系を改良する為には、現在の所、二つの方法があると思われる。即ち、

1. 人間系への入力をランダマイズし、又出力の flexibility に応ずる様な機械系を作る事である。即ち、心理的には、緊張—弛緩を機能の低下を招かない程度に入れ、機械系は、素朴なものとするわけである。

2. もう一つの方法は、完全自動化を推進する事である。

第二の方法は、我々が将来向って行く方向であって、破壊事態は完全に、機械系のみ責任とする様に、設計を行う。かかる場合の事故は、その総合系を作った人間に責任がある点では人災であるが、一般の意味では人災とは云えないだろう。これは、何等かの方法で中央制御方式をとり、しかも、完全に近い自動化を行う場合であって、かかる総合系が将来において不可能である理由はない。第一の方法は、旧時代のものへの退行である。非常に素朴な機械系を熟練した人間が、自己のペースで制御するわけであって、これが、現時点では、大量制御と云う点で具現性にとぼしい事は云うまでもない。現在は、第一の方法から第二の方法への移行過程であるから、必然的に制御系としては semi-automatic なものであり、そこに人間工学の必要性が生じるわけである。だが、その人間工学も、人間の心理の非論理性を無視し

てかかる時、有用なものでなくなる。人間の論理性の高揚と共に、人間工学自体も、非論理的な人間の特性を利用し、又それを、人間—機械系設計に反映せしめなくては、仮定に立った応用学となり、応用学として、現実に立脚しない、無用のものとなるおそれが充分存在する事は認識されなくてはならない。

参 考 文 献

1. 清宮栄一・大田垣瑞一郎編。人間工学の諸問題、「心理学評論」, Vol. 7, No. 1. 1963.
2. Robert M. Gagné and Others, *Psychological Principles in System Development*. Holt, Rinehart and Winston, New York, 1962.
3. Franklin V. Taylor, Human Engineering and Psychology, in *Psychology: A Study of a Science*, Study II, Vol. 5. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1963.
4. Paul M. Fitts, Engineering Psychology, in *Psychology: A Study of a Science*, Study II, Vol. 5. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1963.