

Human Factors Research における

生態学的考慮の必要性

杉 山 貞 夫

I 現在の Human Factors Research の
もつ問題

境界領域に関する諸科学の協力体制が近来とみに高まって来たとともに、科学の対象もまた、多重境界領域的アプローチを必要とする位にその分析のレベルが深まって来た。

そして、かかる総合的融合対象としての〈環境〉が将来の人類生存の為に現段階で考慮されるべきものであるという認識が出て来たのはごく最近のことである。従来の諸科学から見ると、〈環境〉は、それらの境界領域にあるので、アプローチの方法は様々ある。と同時に、そのアプローチの総合もまた不可欠である。当然のことではあるが、それには、学際協力のシステム化と、その制御方法として cybernetic approach がわれわれのもつ手法でなければならない。

かかるアプローチを比較的早くからとって来た科学・技術の一つに、いわゆる human factors research がある。この研究領域のたどって来た道をふりかえり、今後の問題である環境の生態学的制御に、それがいかなる貢献をなしうるかを考えてみたい。

その第一歩はあたかも、脳の機能的局在地図づくりの試みに似ている。現段階では human system と環境の関係は、まるで black box の如きものであって、入力と出力の関係は、それが人為の関係であるにもかかわらず、因果関係の証明されているものは少ないと云わなければならない。案外我々が社会的行動と考えていたものが、生物学的原因にもとづいているのかも知れないし又、生理学的変動が社会的行動として顕現化することもあるであろう。単に現段階の科学的水準で

因果関係が証明されていないからといって、それを非科学的推論と云い切れるか否かは問題である。しかも、要求されていることは、かかる因果関係の制御であるとする、事は大変にむずかしくなる。

human factors research の目標とすることは、人間の生存環境と、その機能の相互作用を制御することによって、よりよい関係を作ることにある。今後、この学問が環境問題にどの位の貢献が出来るかは、研究者の努力にかかっているが、現状において考慮すべき四つの問題を指摘しておく。

第一に、対象である〈環境〉は、自然の生態学的環境や生体内環境から、社会科学的な意味での環境、すなわち、都市環境、地域、生産環境、等々の人為的、また人工的環境や、個々人によってそれぞれ異なる心理的環境にいたるまでを含めなくてはならない。それらは、人為の蓄積と自然的な変動が総合された自然—人工の complex であるという認識が必要である。

第二に、事象の単一方法論にもとづく分析のみが科学ではなく、多くの方法論にもとづく分析、その分析結果のシステム化と試行、その変化相の分析と修正等が科学の役割りとなりつつある点である。特に、総合科学においては、かかる技術的な要因は否定することが出来ない。何故かといえば、単一方法論にもとづく研究結果は、その対象の一側面を示すのみであり、かかる component は夫々もつところの時間特性も異なり、時間経過と共に総合的機能はダイナミックに変動するからである。人間—環境の相互作用は、かかる種類の対象である。

第三に、human factors research は、本来単一

の科学ではなく、総合科学であり、また総合技術としての性格を持っていることである。

第四に、一般に human factors research の目的基準として考えられているシステムの performance の向上のみでは、総合的な人間—環境システムの目的としては不十分である。他のシステムとの相互作用によって望まぬ結果を蓄積してしまう可能性が大きい。むしろこれは全総合システムの追求する価値に依存している。かかる価値観・倫理観を明白にしておかないと、人間—環境システムの発達の制御、すなわち、加速するか、減速するか、あるいは放置するか判断は出来ない。

第一表に示すものは、現在、performance の向上を追求している human factors team の行うべき作業の例である。

勿論、更に詳細に norm を規定したものもあるが、これらのみでは、とうてい環境を取扱うことは出来ないことがわかる。performance の向上のみを目的とする人間—機械システムにおいては、〈環境〉は二次的な問題となってしまう。

しかしながら、1971年のアメリカの Human Factors Society の年次大会では、将来における

重要な問題として、“environmental control for human quality” が取上げられ、具体的課題としてコミュニケーション、訓練システム、都市計画、安全、ビジネス、都市サービス・システム、交通などが取上げられた。又、1972年の“National & cultural variables in Human Factors Engineering” と題する国際会議では、言語や概念の差、人体計測値の差、文化的要因の差などが論じられ、将来への貢献に対する模索が行なわれた。

かかる現状よりして、human factors research は多くの新しい希望をかかえながらも、研究者の過去の経歴からして、総合的アプローチのためには多大の困難に当面していることがわかる。筆者の観察によると、従来の研究者のもつ科学観が多分に hard science 的であったこと、更に、単純な協力によって問題が解決すると考え、それが時代の変化と問題の複雑化に対応出来なくなって来たことによるものと考えられる。人類の生存環境をより適切なものとするためには、より複雑ではあるが制御可能な協力総合システム—それは多分に soft science 的なものであるが一が必要であり、個人の価値観よりもむしろ社会の価値観が中心となる必要がある。

第1表 Responsibilities of the Human Factors Team

Tasks	Engineer	Human Engineer	Physiologist	Anthropologist
Equipment design features	X			
Personnel selection and training		X		
Control-display requirements	X	X		
Procedural requirements	X	X		
Mission considerations	X	X	X	
Life support equipment	X		X	
Physiological criteria			X	
Cockpit configuration		X		X
Operator performance criteria and evaluation		X	X	
Maintainability considerations	X	X		X

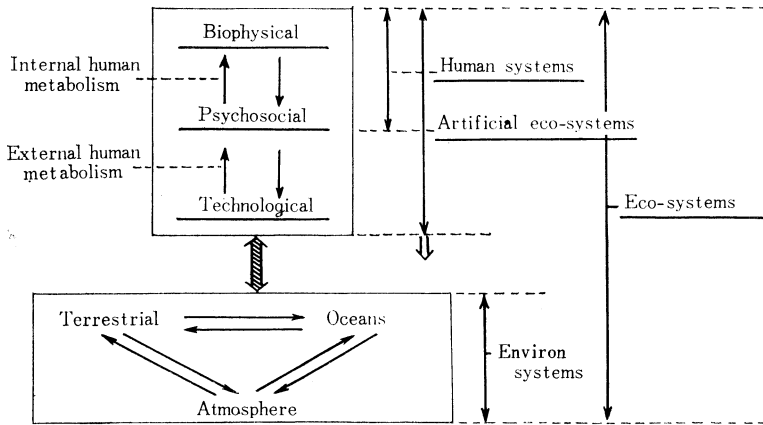
II eco-system と human system の関係の制御について

第1図に示すものは、試みに書いた ecosystem

の中での human system の関係仮定図である。

現段階においては、生態学的概念—すなわち、それはもともと自然科学的な生物学的概念であったのだが—の中には、人間の心理・社会的行動と

第 1 図



技術とを含めないかぎり、ダイナミックな生態的バランスについて考えることができなくなって来ている。その理由は決して単純なものではないが次のように考えられよう。

従来、人類のもつ生存法則としての経済的目的の追求は、多くの自然要因と人間要因とを変化させて来た。すなわち、科学や技術による自然環境構成要素の人為的転換や、かかる転換過程を営む人為的環境はまた人間自体をもかえて来た。換言すれば、経済活動の様式や政治のそれ、更には道徳観や教育目標と手法、人間関係やコミュニケーション、交通の様式から、生活の仕方、芸術や宗教観にいたるまで、人間が接触するすべての有形無形の価値体系は、たとえそれらが直接認知が出来ないものであっても、人間—環境の両者をダイナミックに変化させて来たと考えられる。

それ故、生態的バランスをとる必要があるとすれば、現状においても、直接認知の可能なハード・サイエンスの対象のみの制御をもってしては、そのバランスはとりえない時点に来ていと云わざるをえない。

さて、従来は、human factors research は比較的狭い意味での人間と環境の関係を扱って来た。人間—機械系に関する人間工学的諸研究などがそれである。すなわち、それは human system の特徴からみると、特に、人間の technological な側面と人為的、かつ技術的に形成された環境との関係だけを扱って来たと解することが出来る。

しかし、かかる狭い意味での関係は又、human system の他の特徴に多大の影響を与えて来たことは前述の通りである。ゆえにかかる意味において、human system をも含めた eco-system 全体のバランスの維持を計るという広い立場からの人類の所業に対する反省と修正が必要である。何故かかる広い立場が必要となって来たかについて、二三の例をあげて説明してみたい。

現在の技術の発達速度は加速的である。将来、各技術領域の相互作用が現在よりも更に進み、総合化が行なわれるにつれて、過去においては、想像も出来なかったような技術の産物が一般化することが予想されている。その時点では人間は、人工的生態システムの中に生き、human system 自体もかかる人為環境の中における人間としてとらえなくてはならなくなるのは、も早、時間の問題である。例えば、第一の例としては、米国の軍事研究にみられるもので、例えば航空母艦よりの航空機の発着艦のためのチーム作業の performane についての研究などがあげられよう。更には、space vehicle 内のチーム作業や海洋開発システムとよばれる領域での諸研究は、ことごとく、人工的生態システムの中での人間の活動に関するものである。

第二の例としてあげられるものは、都市環境の中での human system である。都市というものは、云うまでもなく自然の環境ではない。しかも、その中で人間が生存しているということは、彼等は人工的生態システムの中に生きていること

を示している。従来 human factors research のみならず、心理学等においても、human system の諸特性は、都市環境内であれまた、自然環境内（厳密な意味では、かかる環境内での人間は考えられないのだが）であれ、変らぬものとして取扱われ、単に、人間—環境関係という単純な仮定のもとに、考察が行なわれて来たのだが、将来はより注意深い環境についての考慮が必要である。

第三の例としてあげられるものは、生活時間の配分についてである。自然の eco-system の中では、人間のもの心理・生理的サイクルは自然のそれに近かったが、人為的生態システムの中では、そのサイクルはまた人為的に形成されたものとなった。

勿論、他にも多くの例が観察されようが、これら三つの例の示すところのものは、主として、人間の生活形態が人為的に規正されていることを示し、eco-system と human system の間に、人為的 eco-system を形成しつつあることを示している。

さて、かかる人為的 eco-system はすべて、eco-system 内に存在する物質とエネルギーの transformation とその総合化の技術に依存している。

さて、この eco-system は、人類にとっては、biosphere ということになる。この biosphere に出入するすべてのエネルギー、すなわち、太陽からうける放射エネルギーと地球から外にむけて放射されるものは、大ざっぱに云って、大体バランスがとれていると云われている。それ故、理論的には、この biosphere は、全体としてエネルギーを損失したり、また得たりしない closed system と考えることが出来る。closed system としての biosphere の中でのエネルギーの順環は究極においては、均等に消散された状態にまで減少して行く。すなわち、entropy の状態がそれである。また、entropy は、³「情報」の概念でもある。それは知識のもつ uncertainty や disorder の程度をあらわす測度としても使用されている。システムのもつ order や予測性は勿論有限ではあるが、それらが高められる範囲において、また、システムが無秩序になり、その機能が停止してしまう様な傾向とは逆の方向に、情報は働くものであっ

て、その意味では情報は anti-entropic なものである。そして、eco-system 内に住む人類の生存に必要なエネルギーや利用可能な物質が相対的に一定している間は、order の量は一般に増加の傾向をとると云われている。しかしながら、前述の人為的 eco-system が、eco-system からうけるエネルギーや物質は技術にかかっており、その transformation は可能であるとしても、その transformation の速度によって、また利用する人類の数の増加にもよって、エネルギーや物質が、相対的に一定したものという仮定をとりえなくなってくる。それ故、人為的 eco-system 自体の制御は、情報のバランスに依存しているものと考えられよう。

このように考えてみると、eco-system の中における human system の機能は次のように云えよう。

第一に、entropic な活動がある。すなわち、エネルギーを使って、自然のうちに形成された複雑な物質をより単純な構造をもつものにする活動をさしている。食料として捕獲することによって他の生物の数を減少させたり、産業活動の結果、いつの間にか空気や水といった自然のシステムの機能をそこなってしまうが如き活動がそれに当る。人間にとっては、むしろ³「無意識的」な活動と云えよう。

第二に、anti-entropic な活動がある。すなわち、より意図的にエネルギーを使うことによって、人間の環境を更に複雑な次元に転換させて行くことである。知識体系にもとづいて、情報の総合化を計り、その人為的なシステムを再組織化し、エネルギーや物質をより高度に複雑なものに変えるようなことをさしている。

第三に、これら二つの傾向のバランスをとるような、高次元からの制御をすることである。

歴史的に見て、人類の歩んで来た傾向は第一のそれであったと考えられよう。そして、現在は、anti-entropic な傾向に転換しつつあると云える。この傾向はすべての生物が生存を維持するために必要な、自然にして、しかも意識的に形成された活動である。

III Interaction の制御

前述の entropic な傾向と anti-entropic な傾向のバランス維持は、高次元に位する単位によって始めて可能である。その高次元単位がはたして何なのかは、ここで述べられる問題ではない。ただ人間、あるいは社会は、どうやら、放置すれば自然の傾向としては entropic なものとなるらしいとは云えよう。anti-entropic な傾向をとるのは、意識的活動が必要である。しかし、同時に、人間も社会もかかる意識的制御は可能な段階に来ており、事実その制御はなされつつあると見られる。

かかる制御を行なう上に見られる二三の問題をここでは論じてみたい。

個々の単一科学の立場に立つかぎり、明白にされえないが、いくつかの立場に立つと明らかに関係のわかる問題がある。それは、システムを構成する各要素の重みである。ある特定の研究領域より、一つのシステムを解明せんとすると、そのシステムの構成要素間には order が見られる。もし、他の研究領域よりそれを見る別の order がそこにある。では、実際にはどんな order があるのかということも必ずしも明確ではない。もし、そのシステムがダイナミックなものであれば、多分、その order は時間経過に従って変化しているはずである。

これらのことから、一側面から見たときは殆んど無相関のように見えたことが、別の側面からでは有相関となる可能性のあること、そして、それは有相関になったり無相関になったりする可能性すらあることが考えられる。

anti-entropic な傾向が進み、人為的複雑さが急速に高まるにつれ、events 間の相互関係の数が急増しつつあるといわれているが、かかる推論からしても正しいように思われる。

かかる相互関係の数の増加とともに、今一つの特徴は、相互関係が従来無関係と考えられて来た events 間に起りうるということである。

第三に指摘すべき点は、かかる相互関係のもたらす波及効果のスケールが、急速に巨大なものとなりつつあることである。更に、それは、直接・間接に他の events に拡大して行き、最初には予期されなかったようなところに効果が及ぶ可能性

のあることである。

一体、何がそのシステムの構成要素として最も支配的に働くものかということについては、単一科学による分析からだけでは明確な答えは出ないものようである。そこで、考えなければならないことは、システムの構成要素自体のもつ重要性や力ではなく、他の要素との間に働く interaction、すなわち、events 間の相互作用が作り出す magnitude や scale の分析であろう。そして events 間の interaction の制御は、人為的 eco-system の意図的形成上、また human system と eco-system のバランスをとる上にも必要なことである。

anti-entropic な活動は人類にとっては、特に、現段階においては自己抑制的な傾向をもつものであるが、その理由は、多くの index が指数曲線の発達傾向を示して来たこと、更には、これら index によって代表される各 events 間の相互の interaction の scale と magnitude、即ち、波及効果の大きさは巨大なものとなり対数的増加を重ねているので、個々の events の制御は、ここ当分、やはり抑制的なものとならざるをえないといえよう。ただし、この「抑制的」という言葉は、必ずしも pace の減速と magnitude の減量を意味するものではなく、むしろ、anti-entropic なものと考えられよう。すなわち、human system や social system を含めた人為的 eco-system の内部的複雑さを高めること、また、総合化、次元の高次元化がここでは、必然の勢いとなる。このプロセスは云うまでもなく、「情報化」とよばれるものに対応している。

IV Quality of lifeについて

前述の「情報化」論については、すでに多くの研究者によって論じすぎると思われるほど、論じられて来た。筆者はここでそれをくり返す必要を認めない。筆者のここでの興味は、多重境界領域の研究によって anti-entropic な制御が可能かという問題、更に、観念的には、eco-system と human system の間に位する創られた「二次的」生態系としての人為的システムにおいて、human factors と technological factors との間にどのような interaction を形成すればよいかということである。

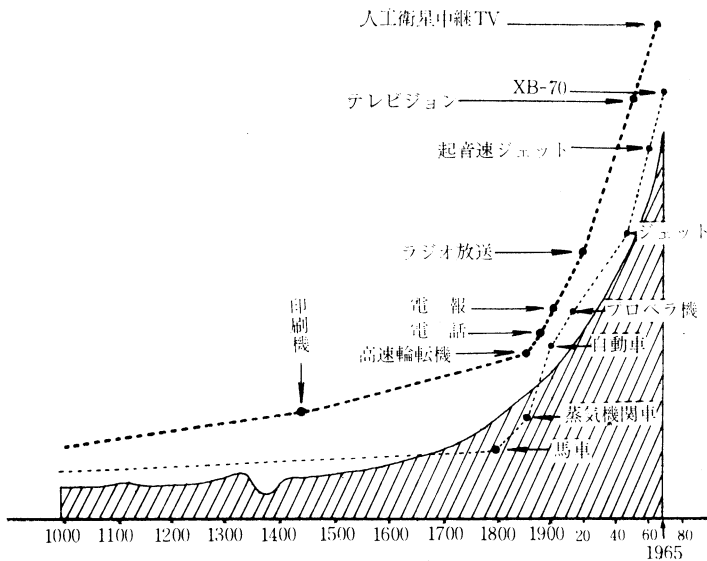
る。

この問に対する答えは、すでに出ているとも考えられ、現在の種々の次元で行なわれている制御は、その実行であるとも言えよう。

少しく、焦点を過去に移してみたい。現在問題とされている爆発的成長—その多くは指数曲線的なプロセスを経ているが—は、現在からみると極く普通の価値観にもとづいた種々の構成要素の技術的組合せ、すなわち、創造的 interaction にもとづいたもののように思える。

ここで一つの比較の例を示してみたい。第2図がそれである。

第 2 図



交通機関の発達による地球の相対的縮小は1500年—1840年を1,000とすると

1850~1930年	265
1950年	6
1960年	2

となり、また人口増加が指数曲線をとるのは、大体、1700—1800年頃以降であって、もし、交通の発達曲線と比べると、ほぼ人口曲線と同じ傾向をとっているといえる。また、コミュニケーションの発達曲線は、人口成長曲線や交通のそれより magnitude において高く、また成長は急である。更には、医学の発達曲線も同じく、指数曲線をとるし、世界中の書籍の累積発行部数を示す曲線も大体人口急増傾向をとる1800年を境として、指数

曲線をたどる。

これらの成長曲線が相互に無関係である場合には、単に各々の指標の変化を示すのみであるが、それらが相互に関係しているとすれば、そこでは実に巨大な量の情報が蓄積されて来たと言わなければならない。

問題は、それが anti-entropic な方向に利用されて来たかどうかということである。かかる蓄積された情報は、必然の結果として、人間の活動量を増加させ、また、生活域を拡大し、生活を多様化させるように働いて来た。このことは、技術が生んだ技術によって、コミュニケーションや交通などが急速に発達したこと、更には、社会の多様化の傾向よりしてうなづけることである。

しかしながら、一方、生産されつづけた過剰な情報は、生活域の拡大、活動量の増加、生活の多様化と複雑化してきた時間配分にもかかわらず、ある閾を越えると filter がかかり、情報は遮断されてしまう。すなわち、情報過多の社会においては、個々の目的操作や filtering, 更に shunting (短絡的処理と考える) なしには、生産される膨大な量の情報の処理は不可能となって来つつあることは、われわれの日常経験からもうなづけることである。

しかも、本来 anti-entropic に働くべき情報が entropic に働いているらしいというのは大変に皮肉な結果である。しかしながら、その発生源が自然の eco-system というよりは、人為的 eco-system にあたるということは、われわれにとっては一つの救いと云わなければならない。

すなわち、soft-science 的に考えて、もしこの人為的 eco-system の制御を適切にすれば少くとも、anti-entropic な傾向はすすめられるだろうという希望があることを意味している。かかる意味においても、広い立場からの人間—環境関係の制御は必要であるといえよう。換言すると、情報の systematization が必要なのである。

その情報制御上の問題を考えると、大体次のよ

うにまとめられる。

第一に、多次元にわたって散在する情報を目的に合わせて systematize する技術の開発が必要である。すなわち、情報利用のシステム化を考えなくてはならない。

第二に、entropic な活動と anti-entropic な活動のバランスを制御する中枢機構の計画が必要である。現在までのところ、soft-science を含めたかかる制御中枢は少ないと云わざるをえない。

第三に、人間の能力の有限性についての検討と多様化される情報システムの細分化、更に時間分割の技術の開発である。特に、現在問題とされているレジャー問題はかかる考慮が必要である。

第四に、人為的 eco-system の中に、eco-system のもつ多くの未知の特性を導入しなければならない。特に、これら二種の人工と自然のシステムのバランス維持が急務である。これは、都市計画などで必要な考えである。例えば、eco-system のもつ recycling の過程に悪影響を与えない人為的 eco-system の recycling 過程の計画を考えなくてはならない。この人為的 eco-system、例えば、工場や都市の如き complex はややもすれば open system となり易いので closed system にかえる必要がある。

第五に、人為的 eco-system の機能は、より自由度の高いもの、すなわち、flexible なものとしなくてはならない。その計画過程には単純論理よりも、allowance を導入し、各段階で発生する矛盾の吸収を計る必要がある。しかも人為的 eco-system の寿命は有限として、将来再計画が可能ないようにすべきである。

もし、これらの点を考慮せず、単純論理にもとづいて rigid な人為的 eco-system をつくるならば、その寿命は短かく、しかも、このシステムとしての社会は entropic な傾向をとるにいたると考えられる。何故かと云えば、そのシステムは eco-system の活動下にあるサブ・システムであり、eco-system の方がはるかに巨大であって、しかも、それは entropic に働くからである。

human factors research がこれらの問題を扱うことが出来ると即断することは出来ない。しかし、それが単純に人間と環境の間の調整的役割りをはたすとしても、人間も環境も、それ程単純な

対象ではなく、human system の諸特性、人為的 eco-system としての人工環境のあるべき特徴更には、eco-system のメカニズム等、広く関係する要因を探求する時期には来ていると思われる。かかる制御の目的は、思らく人類の生存に続がると考えなくてはならない。

参 考 文 献

- McHale, J. 1970 *The ecological context*. New York : George Braziller.
- Meister, D. & Rabideau, G. F. 1965 *Human Factors Evaluation in System Development*. New York : John Wiley & Sons, Inc.
- Mergen, F. (ed.) 1970 *Man and His Environment : The Ecological Limits of Optimism*. Yale University : School of Forestry Bulletin No. 76. New Haven : Yale University Press.
- 杉山貞夫, 1968, 行動の制御とその環境, 京都 : 峯書房
- Siegel, A. & Wolf, J. J. 1969 *Man-Machine Simulation Models, Psychosocial and Performance Interaction*. New York : John Wiley & Sons, Inc.