



人間工学と横断型基幹科学技術

青木 和夫*

Ergonomics and Transdisciplinary Science and Technology

Kazuo AOKI*

Abstract– Ergonomics is defined as “the scientific discipline concerned with the understanding of interactions among human and other element of a system.” The principle of ergonomics is to design a system as human-centered manner, and the most important concepts of ergonomics are; 1) the system concept, 2) load-effect concept, 3) usability and 4) accessibility. These concepts are applied to almost all field of system design which involves one or more human beings. In this paper, some case studies are shown to which the concepts of ergonomics are applied in various field and ergonomics has almost similar goal and discipline with Transdisciplinary Science and Technology.

Keywords– ergonomics, Transdisciplinary Science and Technology, human-centered design, system concept, load effect concept, usability, accessibility

1. はじめに

横断型基幹科学技術とは、「論理を規範原理とし、自然科学、人文・社会科学、工学などを横断的に統合することを通して異分野の融合を促し、それにより新しい社会的価値の創出をもたらす基盤学術体系」であるとされている [1]。人間工学は、工学という名称は付いているが、研究や実践に関わる人々は工学のほかに医学、心理学、社会学などの学問背景を持った人々が多く、上記の定義のような「異分野」を「横断的」という意味ではまさに横断型科学技術にびたりと合致した分野であると言えよう。しかしながら、これらの異分野を横断的に「統合」したり、「融合」したりすることについてはまだ充分であるとは言えないかもしれない。そこで、本特集では、これまでに人間工学分野で取り組んできた分野を横断するような代表的な事例を紹介し、そこに「統合」や「融合」の芽があることを発見したいと考える。また、「新しい社会的価値」については、近年の「人にやさしい技術」や「高齢者・障害者配慮技術」のように、人間にとって使いやすいことや、社会的弱者も使えることが新しい価値として認識されるようになってきている。本特集の人間工学の事例が、これから新しい価値を生み出してゆくというイノベーションのためにも、横断型基幹

科学技術の進展に貢献できるのではないかと考える次第である。

2. 人間工学の定義

人間工学は「システムにおける人間とその他の要素との間の相互作用の理解に関する科学の分野、並びに、人間の福利及びシステム全体の遂行能力を最適化するために、理論、原則、データ及び方法を設計に活かす専門分野」 [2] と定義されている。この定義にあるように、人間工学はシステムを構成する要素間の関係を解明する科学である。但し、システムの要素として必ず人間が入っていることが必須条件である。さらに、解明された事実から得られた理論や原則、データや方法を用いて、システムのパフォーマンスが最適となるように設計を行う専門分野でもある。このように、人間工学は横断型基幹科学技術の特性とされている「システム科学」と「設計科学」をその定義の中に含んでいると考えられる。

3. 人間工学の基本理念

人間工学の基本理念は、人間を中心としたシステムの設計である。これは、システムを使う人の特性に合うように設計するという意味である。そのためには、1) 使う人間の特性を把握し、2) どのような使い方をするか、そして3) どのような環境で使うのかを考慮しなければならない。

*日本大学大学院理工学研究科 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14

*Nihon University, Graduate School of Science & Technology, 1-8-14 Kanda-Surugadai, Chiyoda-ku, Tokyo

Received: 26 February 2011, 28 February 2011

使う人間の特性とは、例えば身体のサイズや動き、感覚や認知の能力などであり、これらは基本的な人間の特性として知っておかなければならない。そして、これらの人間の特性のある範囲に適合した設計を行うことが人間工学による設計では必要である。しかし使う人のすべてに当てはまる設計をするということは不可能であり、一般的には5%ile~95%ileの間に入る人間が使えるように設計している。しかし最近では、これらの範囲に入らない人も使えることが重要視され、人間工学分野の規格として、高齢者・障害者配慮に関するJIS規格が作成されている。これらのJIS規格は国際規格であるISOのアクセシビリティ規格に提案され採用されてきている。このアクセシビリティ規格に関しては、本特集の記事の一つとなっている。

どのような使い方をするかということについては、それによって人間に悪い影響がないかと同時に、そのシステムにも悪影響がないかを明らかにするために必要である。その物やシステムを使うことによって、使う人の健康や安全が脅かされることがないかどうかを検証すると同時に、システムの性能や安全が確保できるかどうかの検証を行う必要がある。本特集の鉄道システムに関する記事では、安全な鉄道の運行のために、人間の行動や作業、疲労やエラーの研究と同時に、鉄道システム全体の安全を考慮した人間工学研究が行われてきたことを紹介している。また、航空管制に関する記事でも、人間の行う作業と管制システムの整合性が航空機事故に関連していることが紹介されている。

環境については、照明や気温、騒音などの物理的環境のほかに、人間関係や組織、法律などの社会的環境も考慮されなければならない。様々な物理的環境が人間の作業に及ぼす影響については人間工学や労働衛生学で多くの研究がなされてきた。しかし最近では会社などの組織のあり方が、システムの安全に影響することが明らかとなってきた。これは安全文化ということばで表現されるように、組織環境がシステムの安全性に影響を与えることであり、鉄道や航空、原子力などの分野で注目されている。

4. 人間工学の重要な概念

人間工学の設計を行う上での重要な概念として、ISO/FDIS 26800 Ergonomics – General approach, principles and concept では以下の4つの概念を挙げている。1) システムの概念、2) 負荷と反応の概念、3) ユーザビリティの概念、4) アクセシビリティの概念がある。システムの概念とは、古くから人間工学の基本概念として提唱されてきたマン・マシン・システムがその代表である。負荷と反応の概念とは、人間に作業という負荷をかけた

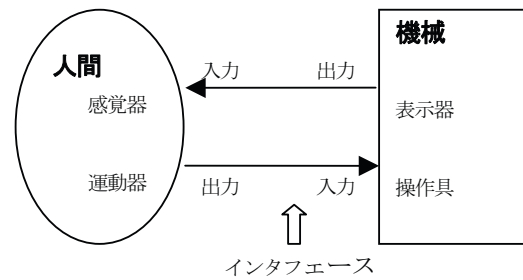


Fig. 1: man-machine system

場合にどのような反応や影響が生じるかということ、身体的・精神的ストレスが人間に加わった場合の影響に関する概念である。ユーザビリティとは、日本語では使いやすさに近い概念であるが、使えること、効率が良いこと、満足感が得られることなどが含まれる概念である。アクセシビリティは高齢者・障害者なども使えるように配慮して設計することに代表されるように、より広い範囲の人が使えるように設計するという概念である。

4.1 システムの概念

人間工学におけるシステムの概念の最も簡単なモデルはマン・マシン・システムである。これは、人間と機械を要素としたシステムであり、人間と機械の相互作用が研究対象となってきた。特に、人間と機械の接点として、マン・マシン・インタフェースという概念が用いられてきた (Fig. 1) [3]。この図に示されるように、人間は機械の表示器などから機械の状態に関する情報を感覚器で受け取り、脳内で情報処理を行った後、手や足などの運動器を用いて機械を操作する。このとき、機械の出力 (表示器) と人間の入力 (感覚器) の接点、人間の出力 (運動器) と機械の入力 (操作具) の接点はともにインタフェースと称されている。この接点であるインタフェースを適切に設計することによって、人間と機械で構成されるシステムがうまく働くことになるというのがマン・マシン・システムの考え方である。そのために、人間の感覚の特性や動作の特性が研究され、実際に設計された機械とシステムの評価が行われる。

現在では、人間と機械のインタフェースだけでなく、人間と人間のインタフェースも考えられてきている。また、この人間と機械のシステムを取り巻く物理的、組織的、社会や文化的な環境も含めてシステムの挙動や人間への影響を解析し、設計に生かすことが行われている。

4.2 負荷と反応の概念

この概念は、製品やシステムの人間工学的な評価を行う上で不可欠である。負荷と反応の概念は、セリエのストレスの概念が基礎となっている。すなわち、人間に身体的・精神的な何か負荷が加わった場合、人間がどのよ

うに反応し、どのような影響が起こるかというメカニズムの理解と知識が人間工学では求められる。

例えば、あるシステムが人間にとってよいかどうかを評価する場合には、その中にいる人間がどのような負荷を受け、どのような反応や影響がどれだけ生じるかを測定することになる。身体的な負荷が加わる場合には、酸素摂取量や筋疲労の測定、精神的な負荷が加わる場合には循環器系の反応や脳波などの反応を測定してそのシステムが人間にとってよいものかどうかを判断する根拠とする場合などがある。

また、負荷に対する人間の反応には個人差があり、同じ負荷をかけても大きな反応を起こす人とほとんど反応しない人がいる。これは個人の特性によるものと考えられており、性、年齢などのほか、経験や身体的・精神的な状態によっても異なる。さらに、環境条件や1日のうちの時間帯によっても異なっている。このような人間の反応の特性を考慮して評価を行う必要があるが、システムの設計のときにもこのような個人差に対する配慮が必要となってくる。

4.3 ユーザビリティの概念

ユーザビリティも人間工学的な評価を行う上で重要な概念である。ユーザビリティとは、「ある製品が、一定のユーザーによって一定の条件下で一定の目的を達成するために用いられる場合の有効さ、効率及びユーザーの満足度」と定義されている (ISO 9241-11)。ユーザビリティの概念は「使いやすさ」に近いものではあるが、「使える」という意味も含まれている。これは usability という英語表現をみると明らかであろう。ユーザビリティの定義には、有効さ、効率、満足度という尺度が含まれている。有効さとは英語の effectiveness のことで、ユーザーがある製品を正確に使い、完全に目的を達成することができたかどうかということである。具体的には目的を達成できた人の比率で表すことが多い。効率とは、目的を達成するために費やした資源と定義され、一般的には製品を操作するのにかかった時間を測定することが多い。満足度に関してはいろいろな測定法が考えられているが、ユーザーの主観的な評価が用いられることが多い。

このように、ユーザビリティは当初は製品の使用上の評価に用いられていたが、現在ではサービスの評価にも用いられるようになってきている。また、ユーザビリティは、現在の製品の状態を評価するだけでなく、設計の段階、製品化の段階、長期的な使用時、維持管理、廃棄や再利用など、製品のライフサイクル全般にわたって考慮される必要がある。

4.4 アクセシビリティの概念

アクセシビリティは最近特に注目されている概念であり、ユニバーサルデザインやバリアフリーといった概

念と近いと考えてよいと思われる。アクセシビリティはわが国では、高齢者や障害のある人が利用できるように配慮することと考えられているが、人間工学では、想定する利用者や使用者の範囲をより広げることと考えられている。すなわち、ある製品やシステムを設計する時には、それを誰がどのように使うのかを想定しなければならないが、その時に想定される使用者を、高齢者で若い時よりも機能が変化した人や、障害があるために今まで使えなかった人にまで広げようという設計思想である。

このような設計思想は、規格を作成するための指針として、ISO/IEC Guide 71 として存在しているが、具体的に設計を行うためには高齢者や障害のある人の特性に関するデータが必要となってくる。このような人間のデータベースとして、ISO/TC159 (人間工学) では ISO/TR 20282 Ergonomics data and guidelines for the application of ISO/IEC Guide 71 to products and services to address the needs of older persons and persons with disabilities を2008年に制定した。この規格を始め、アクセシブルデザインに関する多くの規格の作成や、ISOの他のTC (技術委員会) や他の国際規格作成団体に対する、規格作成時のアクセシビリティへの配慮を中心となって行っているのがわが国である。

5. 人間工学の活躍の場

人間工学は極めて広い分野にまたがる学問である。それは、人間と関わるもののあるところすべてが人間工学の対象となるからである。そして、その方法論は人との関係性を基本としたシステムの設計の方法論であると言えよう。従って、人間を物体としてみたり、生物として見たり、人間関係としてみたり、社会的な存在としてみたりといった、多角的なアプローチが行われなければならない。

今回のミニ特集では、このような多くの分野の中から、我々の身近にあるが、あまり目立っていないシステム構築に人間工学が果たしている役割を理解してもらうことを目指した。

鉄道というと、列車や線路、駅などのハードウェアが目につくが、実は安全で正確に列車が運行され、乗客が快適に移動できるようにするためには、ハードウェア以外の様々な面での配慮が同時に行われていなければならないことを最初の論文で紹介した。わが国の世界に誇る列車のシステムは新幹線であり、その最初のもは1964年に開業した東海道新幹線である。奇しくもこの年、日本人間工学会が発足した。その学会誌人間工学の創刊号 [4] を飾ったのが、東海道新幹線における人間工学の記事と新幹線車中での人間工学の座談会であった。この記事を読むと、ハードウェアばかりでなく、列車乗務員の疲

労の問題や、制御装置の見やすさに関する研究、乗客の快適な環境に関する研究などが精力的に行われ、世界一安全な列車運行システムが作られてきたと考えている。

次の航空管制システムは、航空機の安全に関する問題である。航空機自体の性能は向上し、機体の安全性は非常に高まっている。しかし、航空機事故件数は減少せず、最近では運航上の問題が事故の原因となっていることが多くなってきた。これは、航空機の単体の問題ではなく、多くの航空機が狭い空域の中でお互いの行動を認識して衝突事故を起こさないように、システムとして考えなければならないということを意味している。この航空機同士の衝突を避けたり、離着陸を安全に実行したりするために作られているのがパイロットと航空交通管制官の会話というシステムである。ともすれば航空機や空港設備などの表面的に見える物を評価してしまいがちであるが、航空機の安全な運航システムには、人間同士のコミュニケーションシステムが重要な役割を果たしており、そこに人間工学が深く関わっていることを示した。

3番目のヒューマンインタフェースは、情報分野での人間工学の思想を紹介している。インタフェースという概念は、異なるものの接触部分と考えられる。ヒューマンインタフェースというのはそういう意味でやや不可解な表現であるが、あえて人間との接点としたのは、機械を中心とした物の見方の表れなのかもしれない。今回の論文でも、あえて人間中心設計と題していることから、技術分野での人間の捉え方がうかがえる。我々が毎日のように見ている Web サイトもヒューマンインタフェースの考え方が応用されて、人間にとって見やすく理解しやすく、誤った判断をしないように設計がされてきている。見た目に美しい画面などが評価されやすいが、実は人間の考え方の特性など、多くの人間に関するデータが用いられている。

最後のアクセシブルデザインは、国際規格という観点からその活動を紹介した。高齢者や障害のある人のためのデザインとして、バリアフリーやユニバーサルデザインという考え方が多く用いられてきた。このような設計思想は浸透しつつあるが、個々の機器のみを対象にしていたのでは、ほとんど役に立たないことが分かってきた。例えば、視覚に障害のある人が、触覚である物を認識するためには、世界のどこに行っても同じ表示のデザインがされていなければならない。また、音によって表示をする場合も、どこに行っても同じ音であることが、正しく認識するためには必要である。このように、どこに行っても同じ触覚や音で正しく物や方向などを判別できるようにするためには、社会で共通のルールを作っておく必要がある。

このような共通のルールの一つが規格である。わが国では工業規格として JIS があるが、これは工業製品の規

格であるために、なかなか製品以外のシステムの規格を作ることが難しかった。しかし、近年では、アクセシビリティ規格と称する規格を作成するようになり、国際規格である ISO への提案も積極的に行われてきた。このアクセシビリティ規格の中心にあるのが ISO/IEC Guide 71 であり、我が国が中心となって作成した指針である。さらに、ISO/TC159 にはアクセシブルデザインを ISO や他の国際規格に広めるためのアドホックグループが作られ、日本がコンビナーを務めている。このように、アクセシブルデザインは、個々の製品や規格ではなく、これらの製品や規格に共通に備えていなければならない考え方やルールを決めてゆくという点で、極めてシステム思考の反映される分野である。わが国の工業製品の中には非常に優秀な性能を持っているにもかかわらず、国際規格や国のルールの不調和のためにみすみす欧米に主導権をとられている場合も見られる。このような状況を打開するためにも、規格などの社会的ルールを含んだ学問分野の展開が必要とされると考える。

6. おわりに

人間工学が横断型基幹科学技術の一つであるかどうかについては議論があるところであろう。しかし、定義がどうであれ、ここで示したいいくつかの事例を見ていたとき、人間工学は分野横断的な領域であり、システム志向の学問であることを理解していただければ本特集の意義があったのではないかと考える。

参考文献

- [1] 横断型基幹科学技術研究団体連合（略称 横幹連合）：ホームページ, <http://www.trafst.jp/index.html>
- [2] 国際人間工学会連合 (IEA)：ホームページ, <http://www.iea.cc>
- [3] 青木和夫：“人間中心のシステムを考え設計する－日本人間工学会の活動－” 横幹, Vol.2, No.2, pp. 106-108, 2008.
- [4] “特集 東海道新幹線における人間工学,” 人間工学, Vol.1 創刊号, pp. 10-28, 1965.

青木 和夫



1974年東京大学医学部保健学科卒業。79年同大学大学院医学系研究科博士課程保健学専攻単位取得退学。79年同大学医学部助手（保健管理学）。1992年日本大学理工学部助教授（医療・福祉工学）。1996年同教授、現在に至る。保健管理学、人間工学などの研究に従事。保健学博士。日本人間工学会（理事）、日本生体医工学会、計測自動制御学会、日本公衆衛生学会などの会員。横断型基幹科学技術研究団体連合理事、会誌編集委員長。