

8

経営工学ライブラリー

人間工学

大島正光
大久保堯夫 編

朝倉書店

経営工学ライブラリー

8

人間工学

大島正洋 大久保健一 編

江苏工业学院图书馆
藏书章

朝倉書店

編者略歴

おおしま まさみつ
大島 正光

1914年 群馬県に生まれる
1938年 東京大学医学部卒業
現在 (財)医療情報システム開発センター理事長・医学博士
専攻 人間工学, 宇宙医学,
ME, 医療情報学

おおくぼ たかお
大久保 堯夫

1934年 鳥取県に生まれる
1969年 Loughborough 大学大学院
修了
現在 日本大学生産工学部管理工
学科教授・医学博士,
M.Sc.
専攻 人間工学, 労働生理学

経営工学ライブラリー 8

人 間 工 学

定価はカバーに表示

1989年 12月 10日 初版第1刷
1998年 2月 20日 第8刷

編 者 大 島 正 光
大 久 保 堯 夫
発行者 朝 倉 邦 造
発行所 株式会社 朝 倉 書 店
東京都 新宿区 新小川町 6-29
郵便番号 162
電話 03 (3260) 0141
FAX 03 (3260) 0180

<検印省略>

© 1989 <無断複写・転載を禁ず>

誠文社印刷・渡辺製本

ISBN 4-254-20958-4 C3350

Printed in Japan

R<日本複写権センター委託出版物・特別扱い>

本書の無断複写は、著作権法上での例外を除き、禁じられています。
本書は、日本複写権センターへの特別委託出版物です。本書を複写
される場合は、そのつと日本複写権センター（電話03-3401-2382）
を通して当社の許諾を得てください。

は し が き

日本における人間工学誕生のきっかけとなった労働科学研究の中心である大原社会問題研究所が1919年2月に設立されて以来、ほぼ70年の長きにわたる歳月を経ているが、「人間工学」研究の歴史は世界的にみればほぼ半世紀になろうとする歴史をもっており、わが国についてみれば日本人間工学研究会が1963年9月4日に東京神田一つ橋の学士会館でその産声をあげてから、はや25年以上の年月が過ぎようとしている。

初期の頃、心理学、生理学、機械工学、建築工学などのごく一部の学者や専門家の間でしか知られていなかった「人間工学」という言葉、その内容やその理解も今や、日本の多くの大学の工学部、人間科学部、家政学部や企業において教科として研究されたり、利用されたりして普及しているのみでなく、最近では広く一般化して、新聞はもとより事務用品や自動車や家電、家具の広告にまで現われてきている。研究面についてみると、その初期においては労働の人間工学的研究、自動車、航空機、艦船、汽車など交通機関に関連するハードやソフトの研究などが中心課題となって1954年から1965年頃にかけて一斉に行なわれて、操作のしやすさ、快適性、安全性、能率の向上を求めて作業条件や作業方法の最適設計や改善、機器のレイアウトやデザイン、作業空間やこれに関係する身体計測値や計測方法の開発や応用などの広い分野で大きな成果をあげた。人間は常に進歩をしたい、よりよいものをもったり、利用したいという欲望をもっている。重い荷物を運ぶのに、手にもつより肩に担う方が楽だ、これを回転する台上に乗せて運ぶともっと楽で時間も速いとか、いろいろ工夫する生物である。この知恵が積み重なって技術が形づくられ、文化・文明が進んできたのである。産業革命このかたエネルギー利用の技術は非常な進歩を示しており、巨大エネルギーを使う機械はますます複雑となり、これを使いこなすためには、高い能力、大きい努力、長い時間を必要とするようになっている。そのうえ、少しのミスがこれに連動する機械に波及、増幅されて、大きい惨事、損害を引き起こすものが多くなっている。そこで一方では早く操作が憶え

られ、楽で、使いやすく、誤ることのない安全な機械への要望が起こり、またこれに関連する人間特性やこれと関係する教育・訓練システムの設計などの問題が他方では人間工学の研究分野として取りあげられて多大の成果をあげ、また現在に至るまでその研究は行なわれている。さらに、100冊以上に及ぶたくさんの「人間工学」の名を冠した専門書の刊行は、その時期、その時代における研究や研究成果をさらに高め、確実なものにするため大いに役立ったことは疑う余地のない事実である。

以上の経過を経て、「人間工学」も、その成果を基にして基礎データの収集段階は一応終了し、常識的に知見する諸問題についてはほぼ解決しているといえてよい。しかし、最近における人工知能やエキスパートシステムなどに代表されるコンピュータ科学や通信などに関する科学技術の革新的な発展に伴う情報化社会の急速な進歩は、われわれの好むと好まざるとにかかわらず機械文明との交わり方を大きく変えようとしている。すなわち製造業やサービス業、教育や通信の諸分野における自動化や機械化、さらには、これと関係する機器や生産システムの多様化、多性能化、高品質化に伴う大型化や複雑化、人間の立場からみれば、働く人々の高齢化や国際化、経営に関わるすべての人々のグローバルな関係についての見直しと新たな設計を求めているようである。

そこで、このような時期をとらえて、編者らは人間工学の研究、教育に関係される第一線の専門家の協力の下に本書を企画出版することになった次第である。本書は人間工学の基礎と、その応用の紹介に重点が置かれているが、これから人間工学を学ぼうとされる人達に益するところ大であると信ずる。しかしながら「人間工学」そのものの領域が広範囲にまたがるため、本書で取りあげられなかった分野もあり、また紙面制約の関係上、説明不足の点も多いことと思われるので、今後このような点についての率直な御批判や御意見がいただければ大変ありがたい次第である。

本書を執筆、完成させるにあたり文献、図、表などを参考あるいは引用させていただいた研究書や原著書の執筆者の方々に深甚の謝意を述べるとともに、本書の企画、出版に際して援助を得た朝倉書店に感謝するものである。

1989年10月

大島正光
大久保堯夫

目 次

1. 人間工学とは[大島 正光]...	1
1.1. はじめに.....	1
1.2. 日本の人間工学の歴史.....	2
1.3. 人間工学が求めるもの.....	4
2. 人の感覚とそのしくみ[齊藤 進]...	7
2.1. 情報受容から動作まで.....	7
2.2. 感覚の一般的特性.....	10
2.3. 視 覚.....	15
2.4. 聴覚および平衡感覚.....	20
2.5. その他の感覚.....	22
3. 人の形態と運動機能[長沢 有恒]...	24
3.1. 生体計測法と計測値.....	24
3.2. 人の関わるものの寸法.....	29
3.3. 運動機能と範囲.....	33
3.4. 運動時のエネルギー代謝.....	35
3.5. 筋力と仕事.....	37
3.6. 作業姿勢と作業域.....	41
3.7. 情報のかたち, スピードと反応.....	46
4. 人の評価技法[大久保堯夫]...	49
4.1. 作業による疲労.....	49
4.2. 生体負担(疲労)を増す原因, 減らす原因.....	51
4.3. 作業による疲労を防止したり軽減する方法.....	53
4.4. 人間工学における心身反応測定のための目的.....	55

4. 5.	心身反応測定の評価法	55
4. 6.	心身反応測定の際の考慮点	57
4. 7.	心身反応測定法および評価法	58
4. 8.	主観的評価法	68
4. 9.	付加タスク評価法(二重課題評価法)	72
4. 10.	心身反応測定・評価に必要な作業評価法	73
5.	人・時間・速度と作業能	[西岡 昭] 79
5. 1.	体 力	79
5. 2.	生理的リズム	86
5. 3.	女子と作業	89
5. 4.	高齢者や障害者と作業	94
5. 5.	夜勤・交替制と作業	101
6.	人と作業環境	[斎藤 和雄] 103
6. 1.	作業環境の改善	103
6. 2.	生体の適応と恒常性	107
6. 3.	温熱・寒冷と作業	111
6. 4.	気圧と作業	115
6. 5.	加速度と作業	121
6. 6.	大気汚染と作業	125
7.	マン・マシンシステムの設計	[渡辺 瞭] 129
7. 1.	マン・マシンシステム	129
7. 2.	マン・マシンインタフェースの分析法と評価法	131
7. 3.	マン・マシンインタフェースの設計法	136
8.	人の適性・訓練と作業	[岡上巳彌子] 140
8. 1.	身体適性と作業	140
8. 2.	心理適性と作業	144
8. 3.	適性検査導入手順と方法	149

8.4. 教育訓練と作業	151
9. 人と作業安全	[遠藤 敏夫]...156
9.1. 安全人間工学とは	156
9.2. 事故の分析手法	160
9.3. 事故防止の諸原則	163
10. 産業人間工学.....	[小松原明哲]...168
10.1. 産業人間工学の考え方.....	168
10.2. FA 作業の健康問題	172
10.3. OA 化作業の人間工学的問題	177
10.4. テクノストレス.....	180
10.5. ソフトウェア開発作業者の健康問題.....	182
10.6. 派遣労働者の健康問題.....	183
10.7. 作業と健康管理.....	184
参考文献	187
索引	193

1. 人間工学とは

1.1. はじめに

Ergonomics をヨーロッパでは「人間と職業・機器・環境・仕事などとの関係を科学的に研究する学問である」としている。そして次の項目をカバーするものである。

すなわち

- (1) 人間の特性
- (2) 機械と作業空間のデザイン
- (3) 環境条件
- (4) 組織とシステム

である。しかし日本では人間工学とは「人間-機械系の中に人間の特性を取り入れ、人間の欲求する使いよさ、快適さ、安全性、疲労の軽減、経済性などの条件を満足させる学問の領域であって、医学、心理学、工学、デザイン学、operation など9領域にまたがる学際的な学問である」と定義されている。

さて人間工学という名の学問においては方法論がなければならない。その方法論を示すと表 1.1 のようであって、これによって人間工学も学問の世界に入ることになる。しかも人間工学は別の面からみると人間に関係する学問と機械関係の学問との協力によって構築されるべきものである。

これによって人間工学は、人間の機械文明を人間のために人間によって構築するものである。

人間工学は、一言でいうと人間とその他の人間あるいは人間以外のものとの関係をよくするものであり、その点で人間に関わり合いをもつ条件には図 1.1 に示すような種々のものが関わっているのである。

表 1.1 人間工学の方法論

-
1. 心身反応から human-machine-information-environment system の良否をさぐる
 2. 人間が統合した結果としての情報を処理してシステムの良否をさぐる
 3. マイナスの面(疲労, 使いにくさ, トラブル, 事故など)からアプローチする
 4. 使いにくさを主観的な判断のほか、それに要する時間, 誤りの程度によって判定する
 5. 最適な条件は悪い限界から最も遠いところにある
 6. すでに実用されているシステムについて人間との関係の分析からさぐる
 7. 学際的なアプローチをはかる
 8. 学問的な原則の適用をはかる
 9. システム・マッチングをはかる
 10. エコロジカルな分析を行う
 11. 伝達係数, 伝達関数を求める
-

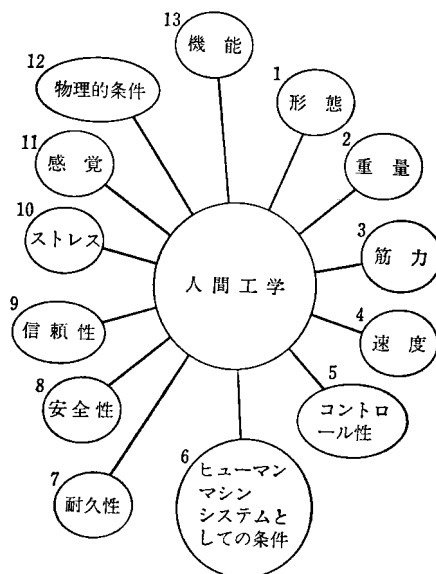


図 1.1 人間工学で問題とする条件

1.2. 日本の人間工学の歴史

日本における人間工学の歴史を語るには、やはり日本人間工学会(Japan Ergonomics Research Society)の歴史を語ることが最もそれにふさわしいのではあるまいか。図 1.2 にはヨーロッパ(1949年), アメリカ(1957年)における学界の設立をも示した。1964年に日本人間工学会が発足し, 1961年にはIEA

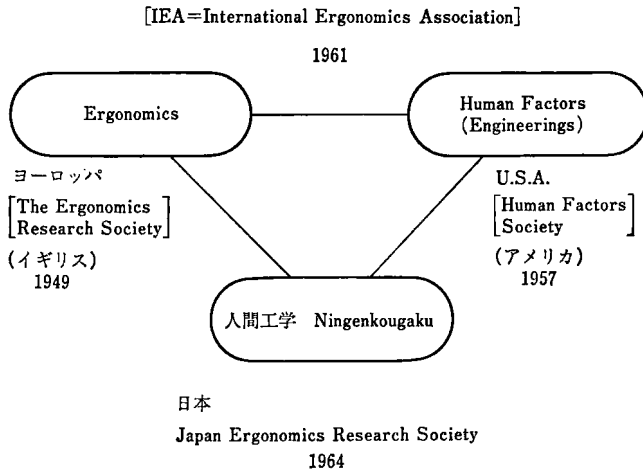


図 1.2 人間工学関係の学会とその設立時期

(International Ergonomics Association)が発足している。1964年12月1日には日本人間工学会の発会式が早大の大隈講堂で行われた。この発会式で学会長に本川弘一氏(東北大学教授:当時)が選出された。

なお設立にあたっての趣意書には次のように述べられている。

「最近人間工学への関心がとみに高まってきました。これは人間の能力に適した技術、使いやすい機械、さらに生活しやすい用具をつくるために人間工学が生まれ、実生活の中に浸透して、人間生活の楽しさ、合理性の欲求にこたえ、職場における労働の生理学の原則を主張して、自然なかたちで、能率と安全の向上を押し進めてきたその人間尊重の意向が、人々の心に受け入れられはじめたためだと思います。

人間工学の理論的、実際の活動はアメリカやヨーロッパでも盛んであり、すでに国際学会(International Ergonomics Association)がつくられています。わが国でも各分野で活発にグループ活動が行われていますが、人間工学への期待と、国際学会との提携を考えますと、各分野の研究者、実務家の広い協力組織ができて、共同研究や応用面の開発を押し進めることが急務であると考えられます。……」

なお設立までの経過について説明を加えると、1933年6月4日神田の学士会

表 1.2 初期時代の人間工学会の活動(日本人間工学会設立まで)

1963年 12月3日	第1回日本人間工学研究会発会式ならびに研究発表会(東京・薬業会館)
1963年 12月4,5日	第1回日本人間工学講習会(東京・化学会館)
1964年 5月7,8日	第2回日本人間工学研究会(大阪・科学技術センター)
1964年 5月11,12日	第2回日本人間工学講習会(大阪・科学技術センター)
1964年 11月4,5日	第3回日本人間工学講習会(東京・小野記念講堂)
1964年 11月25日	静的計測値専門部会(東大・医学図書館)
1964年 11月27日	姿勢専門部会(東京・医学図書館)
1964年 11月28日	動的計測値専門部会(早大)

館で有志が集まって日本人間工学会を設立すべきかどうかについて検討をしたが、いちおう日本人間工学研究会の名称で準備期間をおくべきであるということに意見がまとまり、日本人間工学会の設立をみ、委員長に本川弘一東北大学教授を選んだ。

なお初期時代における人間工学会の活動を示すと表 1.2 のようである。

1.3. 人間工学が求めるもの

人間工学は human-machine system の human-oriented であること、human-oriented なシステム構築を考えると、humanized なシステムを構築することを目標にしていることといえることができるとすると、この内容は何かということが明らかにされなければならない。

(1) 人間は種々の弱点をもっているものである。

いまそれを示すと表 1.3 のように数多くの弱点がある。それぞれについて説明はしないが、現代の科学技術はこれらの人間の弱点をカバーすることが可能

表 1.3 人間の弱点

1. antagonism の特性→dysantagonism	10. 頭の中での方向転換が困難
2. inactivity により vigilance に陥り、tension level が低下し→sleep	11. 疲労を起こし dysfunction を生ずる
3. constancy→level up 困難、fluctuation あり	12. 種々の錯覚をもっていること
4. 持続性困難	13. 同時にいくつかのことができない
5. 注意集中→視野が狭くなる→見落とし	14. 反応時間のあること
6. 記憶が不確実であること	15. system function の乱れのあること
7. ウェーバー・フェヒナーの法則のあること	16. 総合的判断に限界のあること
8. 人間の能力に限界のあること	17. 欲望に限界のないこと
9. 暗順応時間の長いこと	18. redundancy の必要なこと
	19. デジタルなものに弱いこと
	20. 種々の不適応現象を生ずる

な段階にきているといっていよいであろう。しかしながら具体的な発想は人間がするものである。一つの例として記憶力の弱さをカバーする方法としては、音声の場合はテープレコーダにより、また視覚情報はビデオテープレコーダによってカバーすることができる。また他の例としてディジタルなものに弱いのでアナログ変換をしてアナログ量によって判断するようにすることである。

(2) また human-machine system の中で人間と機械とのインタフェイスは重要な要素である。

ここでインタフェイスの問題も人間工学では対応を迫られている課題である。その中でも使いにくさの要素があるとすれば、改善をはからなければならない。使いにくさについては表 1.4 に示すように実に数多くのものがある。これらの中には簡単に改善できるものもあるが、また解決困難なものもある。しかしこの使いにくさが人間の誤りを引き起こし、またそれが潜在事故や事故に

表 1.4 使いにくさの表現の種類

1. 重量、力に関係するもの	4. 視覚に関係するもの
a 力がいる	a 見にくい
b 重い	b まぶしい
c 楽に動かない	c 見えない
d きつい	d 頭を動かさないと見えない
2. 空間距離に関係するもの	e ちらちらする
a 外のものにぶつかる	f 暗すぎる
b 狭い	g 対比が強すぎる
c 楽に通れない	h どぎつい
d 楽に動かせない	i 調和がとれていない
e 窮屈	5. 聴覚に関係するもの
f 時間がかかる	a きこえにくい
g はみ出しそう	b ききとりにくい
h 身体をねじる必要がある	c 雑音が入る
i 離れすぎる	d やかましい
j 近すぎる	e 感じが悪い
k 高すぎる	f きいきいする感じ
l 低すぎる	g 調和音になっていない
3. 時間に関係するもの	6. 形に関係するもの
a 早すぎる	a もちにくい
b 遅すぎる	b がたがたする
c ついてゆけない	c 肌ざわりが悪い
d 退屈する	d 皮膚にあたる
e もっと早い方がよい	e ぶつかる
f めまぐるしい	f バランスがとれない

表 1.5 あいまいさをなくす(〈 〉は挿入, [] は削除, →は変更を示す)

-
1. ハイライトが売切れか〈どうかを〉調べて売切れなら次(→他)の自動販売機を探す
 2. 売切れでなければ, ポケットをさぐってみる(→硬貨があるかどうかを確認する)
 3. 100 円玉が2枚あるか〈どうかを〉調べてみる
 4. 100 円玉が2枚あれば, お金(→それ)を入れる
 5. ボタンを押す
 6. ハイライトが出たか〈どうかを〉調べる
 7. 異常がなければ終り(→ハイライトをとる)
 8. [もし] 100 円玉がなければ, 10 円玉が20枚あるか〈どうかを〉調べる
 9. 〈10 円玉が〉20枚あればお金(→それ)を入れ, なければあきらめる
 10. お金を入れたら(→後)ボタンを押す
 11. ハイライトが出れば終り(→それをとる)
 12. [もし]お金を入れてもタバコが出ないような場合〈に〉は, 〈取り消しのボタンを押すか〉管理人を呼ぶ[か, あきらめるか, けっとばして終り]
-

波及する例は数多く存在する。

(3) あいまいさをなくすこと

いまその例を示すと表 1.5 のようである。あいまいさをどうするかということとここでは表現を変えることによって示してみた。

(4) 人間のもつ優れた総合的見方のできることをさらに拡大すること

人間が間違いを起こしそうになったときにコンピュータ音声で「注意するように」と声をかけることができるようにはならないものか。

(5) 人間工学から考慮したシステム化の条件をあげると表 1.6 のようである。

表 1.6 システム化の条件

-
1. システム化の目的をはっきりさせること
 2. システム化の対象の条件をよくのみこみ, マッチングをはかること
 3. システム化については冗長度(redundancy)を組み込むこと
 4. システム化は実用化の前に疫学的調査をすること
 5. システム化の規模の適正化をはかること
 6. システム化に際しては関係者のバランスを考慮すること
 7. technology assessment を考えること
 8. hardware-oriented でなく, 正しいニーズにこたえた software-oriented であること
 9. human-oriented, human-centered な human-machine system であること
 10. 人間システムと他のシステムとのマッチングはかること
 11. 人間の選択性を残すこと
 12. 画一化をさけること
-

2. 人の感覚とそのしくみ

2.1. 情報受容から動作まで

2.1.1. 人間工学と生体情報

人間工学は、人と機械との調和をはかり、その合理的関係を追求することを目的としている。

これを実現するための科学的手段の一つは、生体の情報処理過程を学び、その特性を知ることである。マン・マシンシステム(人間-機械系)を設計し、評価するとき、人間のなしうること、機械のなしうることを明確に知らなければならぬ。それにより、人間と機械という明らかに質の異なる両者が、安全で快適に存在する社会システムを構成することが可能となる。

2.1.2. 情報の受容と伝達

生体における情報の受容と伝達について簡単に述べてみよう。人を含め、あらゆる動物は、生体内外の状況変化を検出し、これにうまく対処する能力を備えている。そのため、生体はいくつかの種類の刺激に対応して分化した受容器(receptor)をもっている。

受容器からは、求心性神経を通じて興奮が脊髄や脳などの中枢神経系へ送られ、中枢からは遠心性神経を経て、筋肉や腺などの効果器へ興奮が伝えられる。このように、いろいろな情報をやりとりするのが神経系の役割であり、そこでは、ただ単に信号が通過するだけではなく、複雑な情報の処理と統合が行われている。また、視覚系や聴覚系など生体外部の長距離情報を伝達するしくみとは別に、個体の内部では、神経系のほか、循環系やホルモン系が生体内情報伝達系として働いている。たとえば、寒冷環境下にさらされると、下垂体や甲状腺

腺から分泌されるホルモンにより身体の代謝活動が活発になり、体熱の産生は盛んとなる。組織の代謝活動により増加した血液中の炭酸ガスは、脳幹部の呼吸中枢に働きかけ呼吸運動を促進する。このように、血液を介した化学的情報によっても、生体機能は調節されている。

2.1.3. 筋肉の情報受容と自動的制御

人は、手足の筋肉を随意的に収縮・弛緩させて自由に運動をすることができる。一方、直立姿勢を維持したり歩いたりするときは、ほとんど無意識にこれらの筋肉は制御されている。これは筋肉の中にある筋紡錘と呼ばれる受容器の働きで、筋肉の長さが自動的に調節される生理的な反射機構があるからである。膝蓋腱^{しつがい}反射の例でこれを説明してみよう(図 2.1)。膝の下^{しつがい}の腱をハンマーなどで叩くと、大腿部の筋肉が伸展される。すると筋内の筋紡錘が興奮し、信号を脊髄の前柱細胞へ送り、反射的に大腿部の筋肉が収縮し、膝関節は伸展する。腱反射は、引き伸ばされた筋肉をすばやく収縮させるメカニズムであり、筋運動を制御するのに都合よくできている。このしくみにより、筋の長さが自動的に制御され一定に保たれる。直立姿勢の維持に働く抗重力筋では、とくによく発達している。

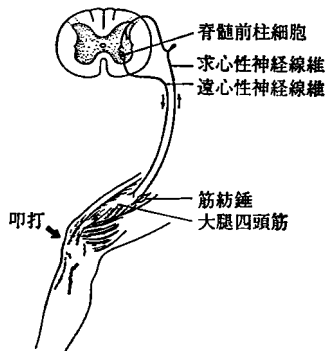


図 2.1 膝蓋腱反射のしくみ

2.1.4. 反射運動と人の動作

上に述べた膝蓋腱反射の例では、生体は決定論的な入出力特性を示す。つまり通常の状態では、腱を叩いた強さに応じて、膝関節の伸展する角度は一義的

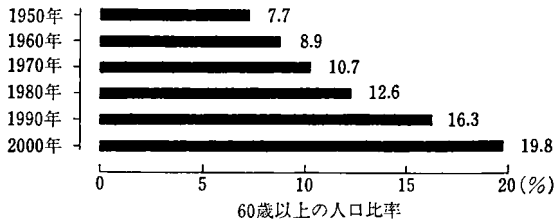


図 2.2 わが国における高齢者の増えかた
(国勢調査と人口問題研究所の推計)

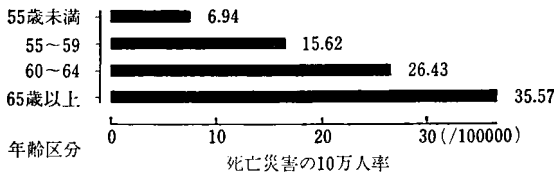


図 2.3 年齢別にみた死亡労働災害の発生率
(中央労働災害防止協会資料)

に決まる。さて、自動車の運転をしているときの情報伝達の様子を考えてみよう。赤信号や障害物などの外界の情報は、目や耳などの感覚器官で検出される。これらの情報が求心性神経を上行し、中枢神経系による処理と判断が行われ、遠心性神経を経て筋肉が働き、ハンドルやブレーキペダルの操作など危険回避行動となる。このような一連の情報処理過程は、単純な生理的反射と異なり、きわめて人間的で、むしろ個性的である。したがって画一的にシステムがつくられたとき、設計者が思いもよらぬヒューマンエラーが発生することがある。

的確に情報が取り込まれ、それに対する正しい判断と適切な行動が行われているかぎり、事故が起こってはならない。ところが、自動車による交通事故や職場における労働災害事故による死傷者が多く発生している現状である。事故を防ぎ死傷者を減らすためには、広く人間の特性を理解し、人的要因(ヒューマンファクター)を把握することが大切である。とくに就労人口の高齢化とマイクロエレクトロニクスに代表される技術革新が同時に進行しているわが国では、人的要因に対する格別の配慮が望まれている(図 2.2 と 2.3)。