

# DENCHUKEN REVIEW

電中研レビュー

「人間と技術の調和に向けて」  
—ヒューマンファクター研究—



NO.32 1995.3

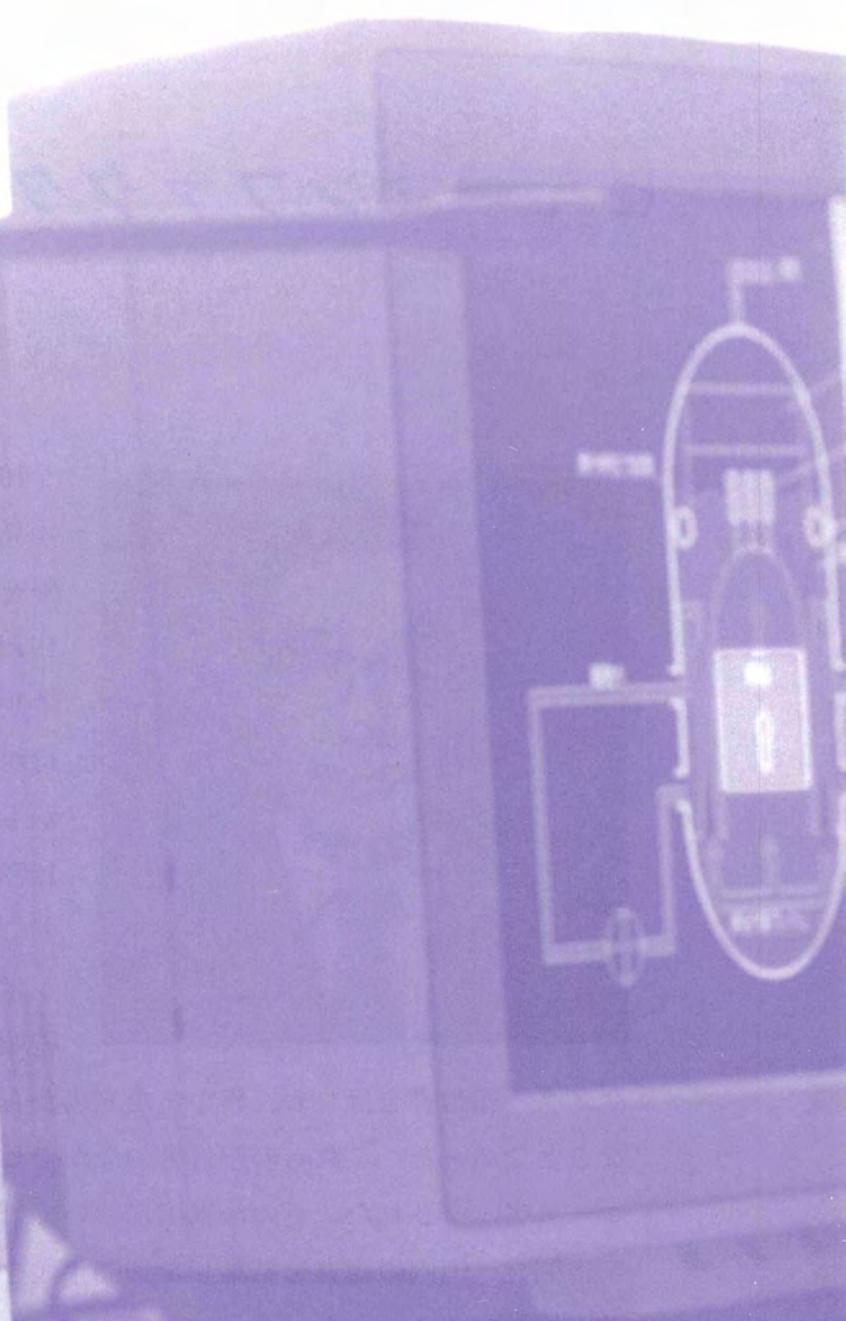
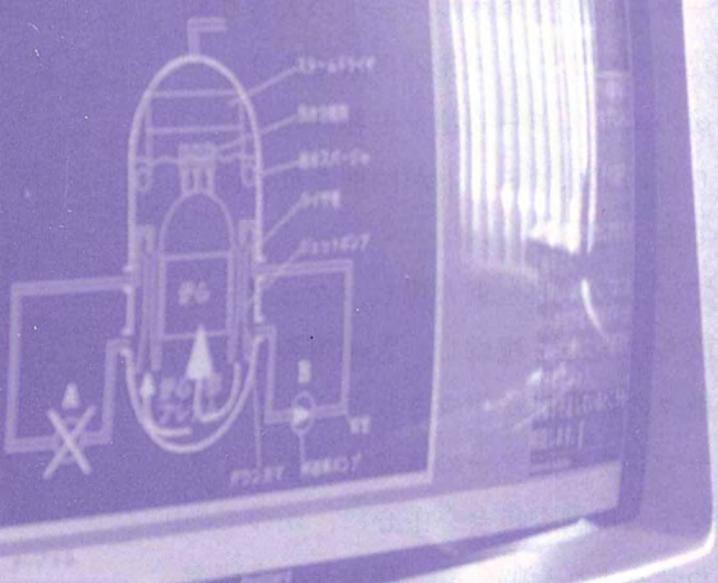
電中研レビュー第32号 ● 目次

人間と技術の調和に向けて — ヒューマンファクター研究 —

編集担当 ● ヒューマンファクター研究センター部長(研究管理) 西島 良昌

ヒューマンファクターへの期待	早稲田大学教授 黒田 勲	2
電中研「ヒューマンファクター研究」のあゆみ		4
はじめに	常務理事 尾出 和也	6
第1章 ヒューマンファクター研究		7
1-1 ●ヒューマンファクターとは		9
1-2 ●ヒューマンファクター研究の経緯		19
1-3 ●電気事業でのヒューマンファクター研究		26
1-4 ●電中研でのヒューマンファクター研究		30
第2章 ヒューマンエラーの防止対策		33
2-1 ●ヒューマンファクター分析評価手法 (J-HPES)		35
2-2 ●人間行動予測システム		40
2-3 ●保守作業支援システム		45
第3章 ヒューマンファクター情報のデータベース化		49
3-1 ●ヒューマンファクターデータベース		51
3-2 ●ヒューマンエラーの「事例と対策」集 (Caution Report)		57
第4章 人間行動のモデル化と人間信頼性の評価		61
4-1 ●運転員の行動シミュレーション		63
4-2 ●「人間-機械系」の信頼性評価		67
第5章 社会の発展・技術の進歩とヒューマンファクター		73
5-1 ●人間の生理・心理機能の追求から快適労働環境づくりへ		75
5-2 ●社会・文化とヒューマンファクターの相互影響評価		80
第6章 今後の展開		85
おわりに	参事・ヒューマンファクター研究センター所長 白砂 孝夫	89
引用文献・資料等		90

...コンピュータ...  
...ソフトウェア...  
...ソフトウェア...  
(A) ...ソフトウェア...  
...ソフトウェア...  
(B) ...ソフトウェア...  
(C) ...ソフトウェア...



# ヒューマンファクター研究への期待



1979年3月28日に発生した米国スリーマイル島の原子力発電所事故は世界的に大きな衝撃を与えた。1973年の第一次石油ショック、1979年の第二次石油ショックにより、化石エネルギーから原子力エネルギーへの大きな期待が持たれつつあった矢先の事故であり、しかも今後のエネルギー問題を主要課題として1979年6月に東京サミットが開催される直前のことであった。

米国ではこの事故を重大視し、カーター大統領が直ちに現地を視察し、大統領委員会のケメニー報告書をはじめ、異なった立場からの種々の報告書が作成されたことも異例なことであった。これらの報告書のなかでヒューマンファクターの重要性が大きくクローズアップされた。その後米国においては、原子力規制委員会を中心に、かつての宇宙開発へ国内の総力を結集した1960年代を思わせるような幅広く、膨大な調査研究が実施されることとなった。

やっと多くの調査研究が一段落したところ、1986年、再びソ連でチェルノブイリ事故が最悪の状態が発生し、巨大技術システムの安全性に対する疑念が高まった。この事故においても、運転員だけではなく、組織の安全管理のあり方、さらには背後にある安全文化に関連する広義のヒューマンファクターが問われている。

---

わが国においても、原子力安全に関連するヒューマンファクターの重要性が認識され、1987年に電力中央研究所に「ヒューマンファクター研究センター」が、また当時の原子力工学試験センター（現・原子力発電技術機構）に「ヒューマンファクターセンター」が開設され、1989年には日本原子力研究所にも「人的因子研究室」が発足した。

電力中央研究所のヒューマンファクター研究センターは、電力会社の現場業務に基盤を置いた調査研究が主体となり、創設以来7年余の間に本報に見られるような広範な分野にわたる調査研究を精力的に実施し、着実な成果を挙げてきた。

原子力安全に限らず、すべての安全は計画、設計、製作、設置、運転、保守、管理、経営、規制等に携わるすべての人間によって支えられている。また事故、災害は人間特性と機械、環境、システムとの不適合によって発生してくる。安全におけるヒューマンファクターの研究は、人間だけでなく、これらのインターフェースを視野に入れた研究でなければならない。機械系の発達、自動化の伸展等は新しいヒューマンファクターの課題を誘発していることは、航空安全の分野においても既に見られていることである。

ヒューマンファクターを組入れたシステム安全、あるいは安全性評価の課題はまだ緒についた状態であるといえよう。

原子力発電の安全性に対する社会的希求が次第に高まっている現在、今までの研究成果を基盤として、より広い視座から、より深く、しかも現場的な研究へと発展していられることを心より期待している。

早稲田大学人間科学部 教授

黒 田 勲

## 電中研「ヒューマンファクター研究」のあゆみ

1979年のスリーマイル島、86年のチェルノブイリの両事故は、原子力発電所の安全で安定した運転に果たすヒューマンファクターの重要性を示す大きな契機となった。

当研究所では、従来から労働生理学を基調としたヒューマンファクター研究を行っていたが、87年にヒューマンファクター研究センターを発足させ、広くヒューマンファクターにかかわる課題解決に向けた研究活動を行うことになった。

現在までに、ヒューマンファクター分析・評価手法 (J-HPES)、人間行動予測システム、ヒューマンファクター・データベースなどを開発している。

西暦	当研究所の状況	内外の状況
1979	・原子力発電所における防護服に関する研究開始	
1980		
1982		
1983	・原子力発電所におけるヒューマンファクター問題にかかわる基礎的研究の開始	
1984	・原子力発電所における呼吸保護具に関する研究の開始 ・温熱作業時の生体負担に関する研究開始	・BWRの安全性に及ぼすヒューマンファクターの研究に着手
1985	・人工気候室の完成	
1986		
1987	・「ヒューマンファクター研究センター」設立 ・「CAUTION REPORT」発行 ・原子力発電所のヒューマンファクターの評価研究フェーズIの開始	・原子力工学試験センター (現原子力発電技術機構) 「ヒューマンファクターセンター」設立 ・訓練シミュレーターを用いた運転員の人間信頼性の研究に着手
1988	・「ヒューマンファクター文献情報」発行	・Man-Machine Interface in the Nuclear Industry 開催 (IAEA 東京大会) ・世界原子力発電事業者協会 (WANO) 発足
1989	・文献データベースの運用開始 ・米国電力研究所とのヒューマンファクターに関する共同研究開始	・日本原子力研究所「人的因子研究室」設立
1990	・ヒューマンファクター分析・評価手法 (J-HPES) を開発し、電力各社に配付 ・人間特性総合解析装置を開発	・Advances in Human Factors Research on Man/Computer Interactions 開催 (ANS) ・Balancing Automation and Human Action in Nuclear Power Plants 開催 (IAEA OECD/NEA)
1991	・運転員高度能力開発システムを開発 ・運転員の行動シミュレーション研究に着手	・東京電力「ヒューマンファクター研究室」設立
1992	・原子力発電所のヒューマンファクターの評価研究フェーズIIの開始	・「原子力安全システム研究所」設立 ・国際原子力事象尺度 (INES) の導入 (IAEA, OECD/NEA)
1993	・人間行動予測システムを開発し、電力各社に配付 ・J-HPES分析支援システム (JAESS) を開発し、電力各社に配付	
1994	・シミュレーション技術評価用制御盤設置 ・イラストで学ぶ災害防止 (教訓集) を電力各社に配付	・International Conference on HF-Research in Nuclear Power Operations 開催 (ベルリン工科大、原子力安全システム研究所)

西暦	おもな事件や事故	おもなヒューマンファクター上の問題点
1979	・ 米国、スリーマイル島 (TMI) 原子力発電所事故	・ 制御室の設計不良、運転員の判断ミス、メンテナンス不良
1980	・ 川治温泉ホテル火災	・ 防災管理体制の不備
1982	・ 赤坂ホテルニュージャパン火災 ・ 羽田沖日本航空機墜落事故	・ 防災管理体制の不備、防災意識の低さ ・ 乗員の健康管理体制
1983	・ サハリン、大韓航空機撃墜事件	・ 自動操縦装置 (オートパイロット) の過信
1984	・ インド、ホパール化学工場有毒ガス漏洩事故	・ 作業者の知識と技能の不足、勤務態度の怠慢
1985	・ 御巢鷹山日航ジャンボ機墜落事故	・ メンテナンス不良、品質管理体制の不十分さ
1986	・ スペースシャトル、チャレンジャー爆発事故 ・ ソ連、チェルノブイリ原子力発電所事故	・ 設計ミス、マンマシンシステムの問題、組織内報告体制の硬直化 ・ 安全規則違反 (安全文化の欠如)
1987	・ ベルギー、大型フェリー転覆事故	・ 車両出入口のドアの閉め忘れ
1988	・ 潜水艦「なだしお」、釣り船「第一富士丸」衝突事故	・ 海上交通ルール違反、回避判断の遅れ
1989	・ アラスカ、タンカー「バルディーズ号」座礁原油流出事故	・ 操船者が無資格、船長が飲酒
1990		
1991	・ 広島新交通システム建設工事橋げた落下事故 ・ 信楽高原鉄道衝突事故	・ ジャッキの誤操作、事故防止策の怠慢、安全確保の軽視 (工事区間の交通可能を優先) の風土 ・ 安全装置の欠陥、異常時対応の規則違反、安全投資の削減
1992	・ 島原鉄道衝突事故	・ 信号の見落とし、運転手の若年化と経験不足
1993	・ 大阪新交通システム暴走事故	・ 無人運転システムのあり方、新技術や高度技術の導入法
1994	・ 名古屋中華航空機墜落事故	・ 人間と機械 (自動操縦装置) との不整合

# はじめに

常務理事 尾出 和也



現在、われわれ人類が直面している、トリレンマなど社会事象も含む複雑な問題の解決のためには、従来の、自然科学、人文・社会科学の分野ごとの個別的アプローチでは限界があり、自然科学と人文・社会科学の知見・手法を融合した、より高度で学際的なアプローチが必要となっている。

その一つの鍵として、従来の科学技術に、人間・社会といった視点をより一層導入した、いわゆるソフト系科学技術への期待が高まっている。

そして、その技術を具体化するためには、例えば、人間の知覚、記憶や発想といったような知的プロセスの解明はもとより、感性や快適性なども含めた、人間にかかわる事項全般についての研究開発が不可欠であるといわれている。

当研究所が実施しているヒューマンファクターの研究も、目指すところはこれらの領域での課題解決の試みである。これを通じて、科学技術全体に新たな展開をもたらすものとして、われわれも期待するところは大きい。

しかし、一方では、人文・社会事象に関係した課題は定量的な評価になじみにくいという一面もあり、長い時間の流れの中でとらえて行くという視点の重要性も、認識する必要があるだろう。

私どものヒューマンファクターの研究は、始まってから7年余を経過し、このような問題の研究としては必ずしも歴史は長くないが、これまでの成果をまとめて、今回このレビューとして発刊することとした。

これが読者の方々のヒューマンファクターに対する理解に、いささかなりともお役に立てば幸いである。そしてまた、これを機に改めてヒューマンファクター研究の全体像を鳥瞰し、今後の展開をより広い視野から見渡せるようになれば、より一層の研究の発展が期待できるものと思う。

# 第1章

## ヒューマンファクター 研究



## 第1章 ヒューマンファクター研究 ● 目次

	ヒューマンファクター研究センター 部長 (研究管理)	西島 良昌
	ヒューマンファクター研究センター 主任研究員	藤本 順三
	ヒューマンファクター研究センター 担当研究員	小島 三弘
	ヒューマンファクター研究センター	中村 肇
1-1	ヒューマンファクターとは .....	9
1-2	ヒューマンファクター研究の経緯 .....	19
1-3	電気事業でのヒューマンファクター研究 .....	26
1-4	電中研でのヒューマンファクター研究 .....	30



西島 良昌 (1968年入所)

原子力発電所の機器信頼性の評価、トラブル情報の評価等、運用管理にかかわる業務を行ってきた。原子力総合推進室を経て、現在、ヒューマンファクター研究センターの研究管理業務に従事している。



小島 三弘 (1992年入所)

文化を中心とした人類学分野を専門とし、社会や文化を視野に入れた人文科学的な視野をもったヒューマンファクター研究を行ってきた。現在は「情報化」をキーワードに、コンピューターやネットワークが社会や文化をどのように変化させるか、またその中で暮らす人間はどのように変わるかについての研究に取り組んでいる。



藤本 順三 (1970年入所)

原子力発電所の過渡解析、火力発電所の計算機制御等、発電プラントの動特性・制御に関する研究を行ってきた。現在、ヒューマンファクターに係わる各種情報のデータベース化、ハンディターミナルを用いた保守作業支援システムの開発、マルチメディアを指向した良好事例データベースの構築等に関する研究に取り組んでいる。



中村 肇 (1994年(株)三菱総合研究所より出向)

1989年(株)三菱総合研究所入社。社会・人間と技術のかかわりに関心を持ち、主として国・電力会社の委託によるヒューマンファクター、パブリックアクセプタンスなどの調査研究に従事。1994年7月より当研究所に出向し、社会的・組織的視点に立ったヒューマンファクターの研究に取り組んでいる。

# 1-1 ヒューマンファクターとは

## 1-1-1 ヒューマンファクターのあらまし

### (1) ヒューマンファクターの定義

#### ① 重要視されてきているヒューマンファクター

有史以来、人間は、古くは石器に始まる「道具」から新しくは「コンピューター」までに至る「機械」を用いて、生活をよりよいものへと変えてきた。すなわち、われわれの社会は「人間」とそれを支える「機械」(あるいは機械を使う術としての「技術」) から成り立ってきた。しかしながら、近年、機械(技術)があまりに巨大化・複雑化・高度化したために、人間に対して好ましくない影響を及ぼす場合も起こってきた。そこで、人間がよりよく暮らして行くための「人間と技術の調和」「人間と機械の適正な役割分担」が改めて重要視されてきている。

この「人間」と「機械」の関係をより詳しく見てみよう。「人間」と「機械」を含むシステムは、1つの社会システム(広義の「人間-機械システム」)を構成する。この社会システムは、大きく次の要素(5M)から成っている<sup>(1)</sup>。

- ・ MAN：人間
- ・ MACHINE：機械
- ・ MEDIA：環境
- ・ MANAGEMENT：管理
- ・ MISSION：任務

また、ある社会システムがより高いパフォーマンスを実現するためには、これら要素をそれぞれ単独に考えるだけでは不十分であり、

- ・ 人間-人間

- ・ 人間-機械(いわゆる“Man-Machine Interface”)
- ・ 人間-環境

の間の相互作用についても、考慮が必要である。

このような(広義の)人間-機械システムの構成するもののうち、人間側に関係する要因(人的要因)を「ヒューマンファクター」と呼び、人間と機械の関係を考える際の重要な視点となる。

ヒューマンファクターの重要性は、科学技術会議(国の科学技術政策に関する審議機関)が1992年12月に出した答申<sup>(2)</sup>でも触れられている。この答申では、今後の科学技術の重要な分野として「ソフト系科学技術」の概念を提示しているが、その中で、ヒューマンファクターという言葉こそ明示されていないものの、ヒューマンファクターの研究が将来重要なものとして位置づけられている。

#### ② ヒューマンファクターの定義

ヒューマンファクターの定義としては、さまざまな立場から種々のものが提案されている\*。

ここでは、

ヒューマンファクターとは、  
ある社会システムが有機的にパフォーマンスを  
発揮するために必要な要因のうち、  
人間側にかかわる要因  
〔 ・ 人間の心理・生理・身体・社会的な特性  
 ・ 人間と他のシステム構成要素の相互作用等 〕

として考える。

ここで、「ある社会システムの有機的なパフォーマンスの発揮」とは、具体的には次のようなことを指す。

- ・人間の健康、人間としての尊厳の確保
- ・生産活動での効率、生産性の向上
- ・製品の使いやすさ、快適性の向上
- ・システムの安全性の維持・向上

これらは、そのまま「なぜヒューマンファクターを考  
えなければならないか」という質問への回答となろう。

### ③ ヒューマンファクターの重層構造

前項の定義で分かるように、ある社会システムにおいてヒューマンファクターとして関係するのは、単に直接に機械を操作する人だけではない。

例えば、巨大技術システムの代表例として、発電所を考えてみよう(図1-1-1)。「発電所のヒューマンファクター」として、まず、注目されるのは「①発電所を運転操作する人」のヒューマンファクターであり、より深く分

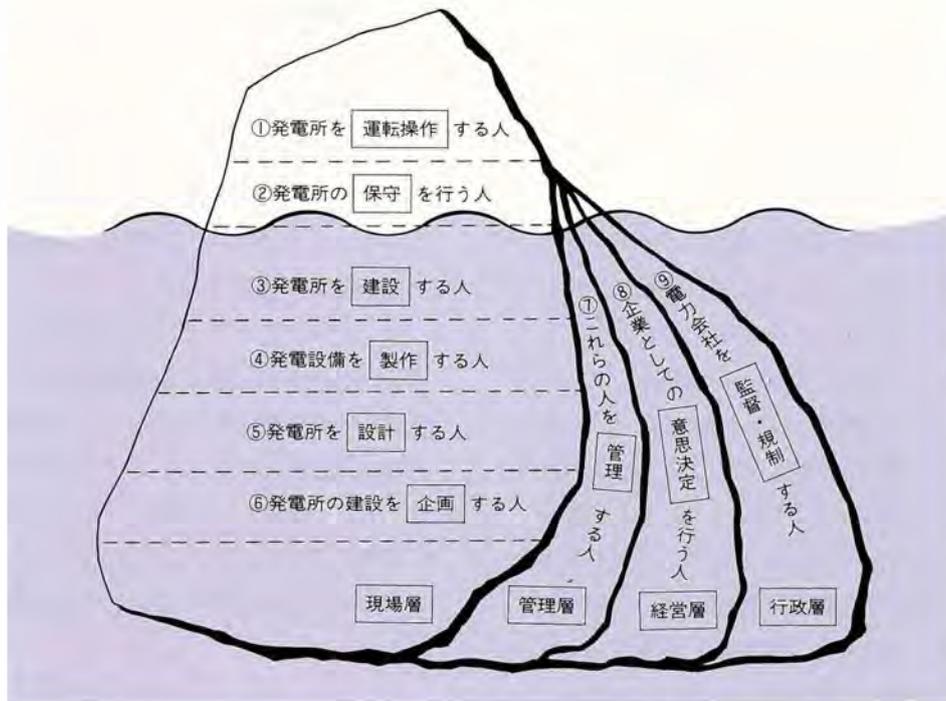


図1-1-1 ヒューマンファクターの重層構造

ある社会システムでのヒューマンファクターを氷山に例える。海面に突き出ている(日常目につきやすい)のは、運転操作や保守の人のヒューマンファクターであるが、海面の下(表に出ないところ)には管理層・経営層などの多くのヒューマンファクターが隠れていて、これらが重層構造をなしている。

#### \*1 ヒューマンファクターの定義の例

##### ○辞書、辞典類

- ・人間工学用語辞典<sup>(3)</sup>：『システムにおける工学的、生理学的、心理学的な人的要因』

##### ○研究者

- ・黒田勲<sup>(4)</sup>：『システムの特性を効率よく発揮するために関連する、すべての人的要因』
- ・E.Edward<sup>(5)</sup>：“Human Factors is concerned to optimize the relationship between people and their activities, by the systematic application of human science, integrated within the framework of systems engineering.”

##### ○電力分野

- ・(独)発電設備技術検査協会<sup>(6)</sup>：『人間-機械-環境系の設計、建設および運用の際に考慮されるべき人間の特性、能力に関するもの』
- ・東京電力(株)ヒューマンファクター研究室<sup>(7)</sup>：『人間と機械等からなるシステムが、安全かつ効率よく目的を達成するために、考慮しなければならない人間側の要因』
- ・米国電力研究所<sup>(8)</sup>：“Human factors are all the variables in a work situation that interactively shape personnel performance.”

析された場合でも、せいぜい②～④ぐらいまでの層が考慮されるだけであろう。しかし、彼らの後ろには多くの層があり、どの層も等しく発電所の適切な運用に責任を持っている。したがって、ある特定の層に問題があると指摘するのではなく、これらの何重もの構造全体を発電所のヒューマンファクターとしてとらえ、それぞれの層に適切な対策を講じなければ、発電所にかかわるヒューマンファクターの諸課題を解決することはできない。

#### ④ ヒューマンファクターの二面性

ヒューマンファクターは、近年相次いだ鉄道、航空機、発電所などの「巨大技術システム」の事故を契機として、主として次項で述べる「ヒューマンエラー」の観点から関心が高まった。これらの事故では、人間の行動の不具合が事故を発生・拡大させる誘因であったため、「システムの中から人間を排除すれば事故はなくせる」などの声も聞かれた。しかしながら、システム中への人間の存在は、必ずしもこのような悪い影響を及ぼすのではなく、

- ・システムの設計上の不具合・不十分さを補う
- ・システムの構成要素（人間、機械）の不具合を補う
- ・機械で実現できる以上のパフォーマンスを実現する
- ・機械では対応困難な緊急・異常事態に対応する
- ・機械の性能を十二分に発揮させる

などによって、システムのパフォーマンスをより向上させるなどの好ましい影響も与える。したがって、ヒューマンファクターを考える際には、人間がシステムに与えるマイナス側の影響だけでなく、プラス側の影響も含めた両面の考慮が必要である。

## (2) ヒューマンファクターとヒューマンエラー

### ① ヒューマンエラーの定義と分類

「人災」という言葉があるように、ヒューマンエラー（人的過誤）は、事故の原因として注目されることが多い。このようなヒューマンエラーは、ヒューマンファクターが顕在化しマイナス面の結果をもたらしたものと捉えることができる。

具体的にヒューマンエラーとして、例えば、次のようなものをあげることができる。

- ・警報の見逃し
- ・判断の誤り
- ・操作の間違い
- ・修理作業の不良
- ・マニュアルや規則からの逸脱
- ・チーム内での誤った情報伝達

ヒューマンエラーの定義も、さまざまな立場から種々のものが提案されている\*）。

ここでは、

ヒューマンエラーとは、ある社会システムの中での人間の行為のうち、あらかじめ要求されていた基準から逸脱することにより、その社会システムの有機的なパフォーマンスの発揮を妨げることになった行為

〔意識された行動や実際の動作を伴う  
行動だけでなく、無意識な行動や実際の動作を伴わない行動、等も含む〕

として考えていくことにする。

\*1) ヒューマンエラーの定義の例

○辞書、辞典類

・人間工学会用語辞典<sup>(3)</sup>：『システム仕様やシステム設計であらかじめ定められた挙動パターンとは一致しないシステム・ヒューマン・エレメントのアクション』

○研究者

・林喜男<sup>(9)</sup>：『あらかじめ課せられた機能を人間が果たせないために生じたもので、その人間を含むシステムの機能を劣化させる可能性があるもの。』

・D.Meister<sup>(10)</sup>：『あるシステムの期待された機能を発揮するために作業者に要求されたパフォーマンスからの偏り』

○電力分野

・人的過誤事例選別作業会<sup>(11)</sup>：『要求された基準から逸脱した設計、製作、施工、運転、保守・管理等に関する人の行為』

\* 人的過誤事例選別作業会は財原子力発電技術機構〔国側〕と財電力中央研究所〔民間（電気事業者）側〕の合同により設置された会で、「実用的かつ運用的な観点」から定義を行った。

・米国電力研究所<sup>(8)</sup>：“Human error is simply a deviation in personnel performance from a specified standard.”

また、ヒューマンエラーについては、さまざまな観点から分類が試みられている\*）。

## ② ヒューマンエラーの実態

巨大技術システムの事故は、ひとたび起きてしまうと多数の貴重な人命を奪い、取り返しのつかない深刻な事態を招きかねない。最近では科学技術の進歩により、機械側の信頼性が向上したために、人間側にかかわる要因が事故の原因とされる割合は、相対的に上がっている。今後、システム全体の信頼度の向上には、より一層の人間側の対策が求められる。

最近発生した巨大技術システムの事故には、スリーマイル島原子力発電所（TMI-2）事故（米国・79年）、ボパール化学工場有毒ガス漏洩事故（インド・84年）、スペースシャトル爆発事故（米国・86年）、チェルノブイリ原子力発電所事故（ソ連・同年）、などがあげられる。これらの事故のいずれも、ヒューマンエラーが主たる原因の一つであると指摘されている。94年4月名古屋で起きた中華航空エアバス機墜落事故も、人間側は着陸モードを指向していたのに対して、機械側は再離陸モードを指向していたことが事故の原因と指摘されている。この事故は必ずしもヒューマンエラーによる事故とは言えないが、人間と機械との調和が良好でなかったという点で、典型的なヒューマンファクター関連の事故と言える。

では、実際にヒューマンエラーを原因とする事故は、どの程度発生しているのだろうか。各産業分野で、それ

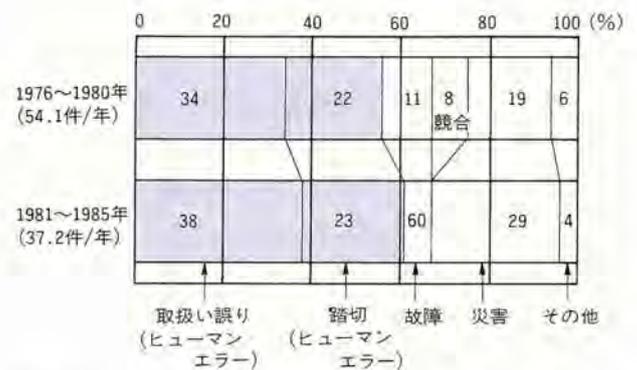


図1-1-2 列車事故に占めるヒューマンエラーの割合<sup>(15)</sup>

ぞれ定義が異なることなどから一概に比較することは困難だが、巨大技術システム事故のうち、4～9割がヒューマンエラーを原因とする事故とも言われている<sup>(14)</sup>。

例えば、鉄道でのおもなヒューマンエラー事故としては、

- ・ 運転作業者の操作誤りによる運転事故
- ・ 線路および車両の保守作業者の作業不良による事故
- ・ 踏切通行者の列車確認誤りによる踏切事故
- ・ 線路保守作業者の列車確認誤りによる労働災害
- ・ 線路保守作業の着手・終了のための安全手順、安全手続きの誤りによる運転事故

などがあり、列車事故の約6割がヒューマンエラーによるものと分析されている（図1-1-2）。

航空機事故（全損事故）では、約70%がヒューマンエラーによると言われている。ただし、これは約70%がバ

\*1 ヒューマンエラーの分類の例

### ○5W1H型

「いつ (When)」「どこで (Where)」「誰が (Who)」「何を (What)」「なぜ (Why)」「どうしたか (How)」

### ○人間の行為（動作）の形態面に着目した分類 (A.D.Swain)<sup>(12)</sup>

- ・ 必要なタスクないしステップを行わなかった (Omission Error)
- ・ 必要なタスクないしステップを行ったが間違っていた (Comission Error)
- ・ やってはならない不要なタスクないし動作を行った (Extraordinary Error)
- ・ タスク遂行の順序 (反復) を間違えた (Sequential Error)
- ・ 所定の時間にタスクを行わなかった (Time Error)

### ○人間がエラーを起こすまでの過程に着目した分類 (A.D.Swain)<sup>(12)</sup>

- ・ Human Caused Error: 人間自身がエラーを起こすような状態を背後要因として持っており、これらが影響して人間がエラーを起こす場合 (オペレーターエラー)
- ・ Situation Caused Error: 人間を取り巻く周辺状況が背後要因として人間に影響し、結果として人間にエラーを起こさせる場合 (デザインエラー)

### ○大脳情報処理モデルに基づく分類 (橋本邦衛)<sup>(13)</sup>

\* 人間の行動特性を大脳での情報処理モデル (知覚→判断→動作) を仮定して捉え、そのプロセスの中にエラーを位置づける方法。

- ・ 知覚・確認ミス (入力エラー)
- ・ 判断・記憶ミス (媒介エラー)
- ・ 動作・判断ミス (出力エラー)

イロットを主要原因とする事故であり、他に整備や管制にかかわるヒューマンエラーなども考慮に入れる必要がある(図1-1-3)。

原子力発電所では、例えば、米国の原子力発電運転協会(INPO)の分析(85年)によれば、重大事象のうちヒューマンファクターが関与した割合は全体の46%である(図1-1-4)。その他フランス電力庁(EdF)やスウェーデンなどの分析も考えあわせると、国外原子力発電所の故障・トラブルのうち、ヒューマンファクターに関連する

割合は、約30~40%と考えられる。なお日本の状況については1-3節で述べる。

### ③ ヒューマンエラーの低減に向けて

「過ちを犯すのが人間である」と言われるように、ヒューマンエラーを完全に無くすことはできないだろう。しかし、ヒューマンエラーを管理し、発生を少なくしていくことは可能である。

現在は、ヒューマンエラーの発生を防止するために、

- ・人間が基準から逸脱した行為を行わないようにする
- ・人間が基準から逸脱した行為を行ってもシステムの有機的なパフォーマンス発揮を妨げないようにする

の二つの観点から、研究および対策が行われている。このうち、後者は「フェイル・セーフ」「フル・プルーフ」と呼ばれている分野の研究であり、ヒューマンファクター研究では、主として前者に焦点を当てて、1-1-2項で述べる問題領域の研究が実施されている。

なお、先にあげた「人災」という言葉は、事故の原因としてヒューマンエラーを犯した個人の責任を追求するニュアンスが強い。しかしながら、「過去の事故の教訓を明日に活かす」という視点で考えれば、ヒューマンエラーを犯した個人の責任を追求する(責任追求指向)のではなく、人間を、彼を取巻きさまざまな要因(機械、他の人間、環境など)とのかかわり合いの中でとらえることによって、どうしてそのような事故が起こったのか、その原因・メカニズムを解明し、二度と同じようなヒューマンエラーが発生しないよう対策を立案する(原因追求指向)ことが求められる。

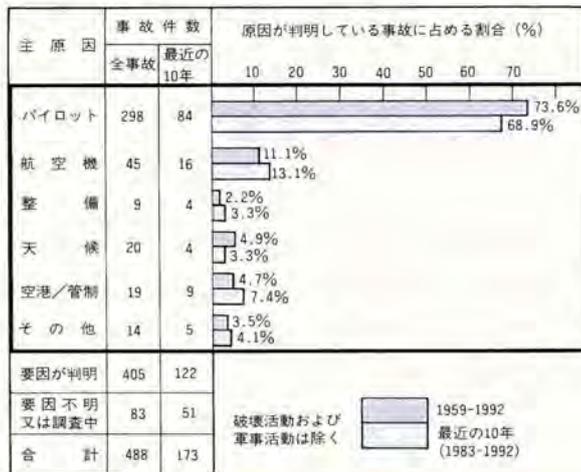


図1-1-3 航空機事故(全損事故)の原因<sup>(16)</sup>

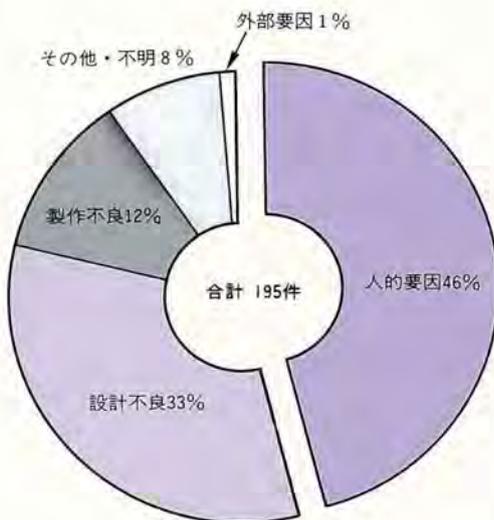


図1-1-4 米国の原子力発電所の重大事象の要因<sup>(17)</sup>

## 1-1-2 ヒューマンファクターの問題領域

### (1) ヒューマンファクター問題の所在

人間のパフォーマンスは、機械と違って大きなバラツキがある。ある熟練作業者が、ある時にはどんな最新機械でも達成できないような高度な作業を行ったかと思えば、その同じ作業者が“全く信じられないような”ポカミスを起こすこともある。

このようなバラツキを生じさせる要因は何か、さらに

人間が人間としての尊厳を保ちつつも、より高いパフォーマンスを発揮するためには、これらの要因をどのようにすればよいか、という点がヒューマンファクターの主たる問題領域となる。

ヒューマンファクターの問題領域を考える参考として、ヒューマンファクターに関する現在の代表的書物である“Handbook of Human Factors” (G. Salvendy ed.) の目次を脚注に示す\*。

冒頭で述べた社会システムの要素の分類を参考とすれば、ヒューマンファクターの問題領域は表1-1-1のように整理できる。

一見して分かるように、これらの問題領域は、ある社会システムにかかわるすべての人間側の要因を扱うもの

表1-1-1 ヒューマンファクターの問題領域

ヒューマンファクター	ヒューマンファクターの問題領域
(1) 人間そのもの	①人間特性——感覚、動作特性、疲労・ストレス、知識、性格、感情、意欲、思考・判断 ②人体計測 ③教育訓練、適性 ④人間行動のモデル化
(2) 人間と人間 組 織 管 理 任 務	①管 理——作業計画、作業手順、作業特性、作業負担、チーム編成、勤務体制 ②人間関係——コミュニケーション、リーダーシップ ③組織全体——組織運営、組織としての意思決定、組織風土
(3) 人間と機械	①Man-Machine Interface ・表示器の認識されやすさ ・操作器の使いやすさ ②巨大技術システムに関わる問題 ・自動化と人間性阻害 ・技術の進歩に伴う生活の変化、ストレス、健康障害 ・交通安全
(4) 人間と環境	①温度 ②湿度 ③照明 ④騒音 ⑤その他職場のデザイン

であるから、非常に多岐にわたることになる。したがって、その問題解決に活用する学問分野も非常に広く、医学、心理学、生態学、労働科学、工学（人間工学、経営工学、安全工学、機械工学、情報工学、システム工学、感性工学等）、さらには教育学、社会学、人類学まで、さまざまな分野からの学際的なアプローチが必要となる。また、時々の社会の情勢や関連研究の進展によって、研究のアプローチも変遷をたどっている（1-2節参照）。“Handbook of Human Factors”の目次には、単に人間特性・作業環境に関する知見だけでなく、組織の問題、コンピューターの問題、健康・ストレスの問題、あるいはコンピューター利用技術の進展により可能となった人間パフォーマンスのモデル化技術なども含まれており、近年の研究領域の拡大を見ることができる。

## (2) 電気事業におけるヒューマンファクター問題

前項に示した問題領域の中でも、電気事業（とりわけ発電分野）では、例えば、次のものが重要なテーマとして研究が進められている。

- ・トラブル事例分析評価と対策立案手法の開発
- ・人間行動形成要因に基づく人間行動予測システムの開発
- ・保守作業支援機器の開発
- ・ヒューマンファクター情報のデータベース化
- ・運転チーム行動のコンピューターシミュレーション
- ・システム工学手法による人間信頼性の評価
- ・人間特性に関する基礎研究
- ・社会、技術の変化がヒューマンファクターに与える影響の検討

\*1 「G. Salvendy ed./Handbook of Human Factors」<sup>(18)</sup>（日本版）の目次

第1編 ヒューマンファクターとは	第3編 機能分析
第2編 ヒューマンファクターの基礎	第4編 職務および組織設計
2.1 感覚・知覚・システムデザイン	第5編 作業装置および作業空間の設計
2.2 情報処理、意志決定および認知	第6編 環境設計
2.3 モチベーション	第7編 健康と安全のための設計
2.4 事実と技能の学習と忘却	第8編 選抜と訓練システムの設計
2.5 工学のための人体計測	第9編 パフォーマンスのモデル化
2.6 人体のバイオメカニクス	第10編 システム評価
2.7 手動制御とトラッキング	第11編 コンピューター化システムの設計と利用時における人間工学
2.8 人間のエラーと信頼性	第12編 コンピューターシステムにおける人間工学の応用
2.9 人間の行動におけるフィードバック制御機構	
2.10 音声コミュニケーション	

- ・中央制御室における表示器や操作器などの、マンマシンインターフェースに関する研究
- ・教育訓練／技能育成システムの開発

これらの研究は、その成果の活躍の場面により、おおむね次の三つに分類できる<sup>(19)</sup>。

- ① マンマシンインターフェースの設計または見直し
- ② 人的事象が関係して事故や不具合が生じた場合の原因究明と再発防止
- ③ 一般的な技術アセスメント（技術とそれにまつわるヒューマンファクターの望ましい姿の追求）

また、電気事業の作業（業務）の特性から考えれば、おおむね次の三つにも分類できる。

- ① 運転作業に関する課題
- ② 保守作業に関する課題
- ③ 管理業務に関する課題

電気事業におけるヒューマンファクター研究への取り組みの概要は1-3で、また、これらの研究のうち当研究所で行っている研究は1-4および次章以降で、それぞれ紹介する。

### (3) ヒューマンファクターの最近のトピックス

本節の最後として、ヒューマンファクターに関する最近のトピックスをいくつかあげておく（「ヒューマンファクター研究の流れ」については1-2節を参照）。

#### ① ヒューマンファクターを取り巻く大きな流れ

ヒューマンファクターを取り巻く大きな流れは、次の三つが指摘できよう。

##### (イ) “会社” から “生活” へ

これからの日本は、かつてどの国も経験したことがない高齢社会を迎える。経済もこれまでのような高成長は期待しにくい。このような社会情勢を受けて社会全体のあり方も、これまでの「機能的」「効率的」「会社」の重視から「快適性」「人へのやさしさ(福祉)」「生活」の重視へと転換していくことが予想され、これに応じてヒューマンファクターのあり方も変化して行くであろう。

##### (ロ) “生活” というトータルな観点

従来ヒューマンファクターについて考える場合、「労働のヒューマンファクター」「家庭のヒューマンファクター」「余暇のヒューマンファクター」など人間の生活を細切れにして、各場面場面でのヒューマンファクターを考える傾向があった。しかし現実には、ある一人の人間が労働をし家庭で休息し余暇も楽しむのであり、それらの行為がその人の「生活」として連続しており、また相互に関係し合っている。例えば、朝家を出るときに家族と喧嘩したので、仕事でも一日中イライラしていたなどは、誰にでも経験があるだろう。すなわち、日々の生活をよりよいものとするためには、これら生活のある一つの場面だけをよいものとするだけでは不十分であり、今後は「生活」というトータルな観点に立って、ヒューマンファクターを考える必要があるだろう。

##### (ハ) “社会” という背景要因

上述の「朝出掛けに家族と喧嘩したために仕事でも一日中イライラしていた」という事例は、取りも直さず人間が「社会的存在」であることを示している。この観点からのアプローチは、これまで労働の場における「組織」の問題として、比較的狭い意味で論じられてきた。これからは人々の価値観やライフスタイル、さらには地域社会とのかかわりなども含めたより広い文脈の中でヒューマンファクターを考える必要がある。

これら三つの流れを考慮したヒューマンファクターの考え方を、「作業台」を例に図1-1-5に示す。

#### ② 最近のトピックス

##### (イ) 製造物責任（PL：Products Liability）

消費者意識の高まりに対応して、先進諸国では製造物責任法が整備されつつあり、わが国でも95年7月から施行されることになっている。

PL制度は、製品の欠陥によって事故が起きた際の消費者の救済を目的とした制度であるが、事故を未然に防ぐために、ヒューマンファクターの視点からの検討が重要な役割を果たすことが期待されている。

ヒューマンファクターにかかわるPL事故の要因としては、表1-1-2に示すようなものがある。

### 《「作業台」について考えてみよう》

[考えなければならない項目]	[考える観点]	[備考]
対象：「家庭の調理台」	① “会社” から “生活” へ	研究の関心はこれまでは「職場の作業机」
項目： ・主婦の身体寸法は？ ・調理台で何をどう調理するのか？		↑ 従来から考慮されてきたこと
・主婦の一日の行動におけるキッチンのあり方は？ ・主婦の年齢によるライフスタイルの違いは？	② “生活” というトータルな観点	↑ 今後考慮して行くこと
・調理の担い手は実際は誰？ (女性がやるのか？) ・女性の社会進出、共働きの一般化の進展具合は？	③ “社会” という背景要因	

図1-1-5 「調理台のヒューマンファクター」へのアプローチの変化

「会社」から「生活」へ人間活動の力点に移るに連れて、ヒューマンファクターの対象も「職場の作業机」だけでなく「家庭の調理台」も含むようになる。検討項目も、主婦の身体寸法だけでなく一日の行動や女性の社会進出状況など、生活全般や社会情勢等の背景要因まで含むようになる。

今後具体的には、次のような点がヒューマンファクターに関する課題となつてこよう。

- ・ユーザーの使用環境を考慮した、使いやすく安全な製品作り
- ・ユーザーの誤使用等を防ぎ正しい使用法を導く、分かりやすい表示・製品使用マニュアルの作成

#### (ロ) ヒューマンファクターの国際規格作り

(イ)のPLは世界的な潮流で、この問題に世界共通の規格で対応して高い安全性を確保する必要があるなどの理由から、国際標準化機構 (ISO) でヒューマンファクターの国際規格作りが進められている。

具体的には、ISOの「人間工学に関する技術専門委員会 (TC159)」で、次の規格が検討されている<sup>(21)-(23)</sup>。なお、審議は技術専門委員会 (TC)・分科会 (SC)・作業部会 (WG) の順に、樹枝構造で細分化されて行われている。

- ・人間工学の指導原理 (SC 1)
- ・人体計測と生体力学 (SC 3)
- ・人間とシステムのインタラクション (SC 4)
- ・物理環境の人間工学 (SC 5)

また、これら(イ)(ロ)を確実に実施するためには、ヒューマンファクターについての高度な知識を持つ人材の確保・育成が重要である等の理由から、欧米を中心に「人間工学専門家」の資格認定の動きが見られる<sup>(24)</sup>。

#### (ハ) 人間中心の人間-機械システム

これら(イ)、(ロ)のトピックは、「機械中心の人間-機械システム」から「人間中心の人間-機械システム」への転換、換言すれば「人にやさしいシステム」「人間の能力をより活用するシステム」に向けた動きの一つとしてとらえることができる。

「人間中心の人間-機械システム」の事例として、次のものがあげられる。

##### ・一人生産方式

工場の生産方式は、T型フォード以来これまで、ある作業者はネジ付け、別の作業者が塗装、というように流れ作業方式で生産工程を分業・細分化するのが主流であった(1-2節参照)。しかし、顧客ニーズの多様化に対応して、少品種大量生産から多品種少量生産に移行するのに伴い、一人の作業者が最初から最後まですべての工程をこなす、一つの製品を作り上げる「一人生産方式」が広がりつつある<sup>(25)</sup>。

この理由は、人間の能力を最大限に活用することにより、機械だけに頼るよりも、生産性をさらに向上させる点にある。一方で、「機械の歯車」的人間観から作業者を解放し、一つの製品を作り上げるという満足感を提供することによって、より人間らしい労働内容とする、という効果も持っている。

##### ・生態学的インターフェース設計<sup>(26)-(28)</sup>

表1-1-2 ヒューマンファクターにかかわる製品PL事故の要因とそのPL法理<sup>(20)</sup>

PL事故の発生条件	PL事故の要因	PL事故要因例	関連PL法理
安全が確保 されていない	人の動特性・人体寸法に反する設計	人の指先のサイズ/運動能力を無視した設計	・設計上の過失責任 (UPLA 104条)
	人の感覚に反する設計	人の運動感覚を無視した設計	
	ユーザーの生活環境： (文化的環境)	産業基盤の整備状況	・特定目的の適合性の黙示の保証違反 (UCC 2-315条)
	マクロ環境	気象条件	
	ミクロ環境	居住空間の環境条件	・指示/警告の不備による過失責任 (UPLA 104条)
		環境ストレス	
不安安全な 行動を起こす	習慣的な使い方が設計に織り込まれていない	人の感覚・運動学習を無視した設計 慣習・習慣を無視した設計	・設計上の過失責任 (慣習レベル違反)
	最新技術情報が設計に織り込まれていない	人体に対する有害性のState-of-the-artの未採用	State-of-the-artに関する設計上の過失責任 (UPLA 104条)
	業界各社の安全設計レベルに達していない	業界の横並び基準の無視	業界の慣行に関する黙示の保証違反 (UCC 2-314条)
長時間にわたる 使用/反復使用	誤使用 (misuse)	ヒューマン・エラー (予見可能性の問題)	・消費者期待基準 (一般社会通念)
	異常な使用 (abnormal use)	文化の違い	・商品性の黙示の保証違反 (UCC 2-314条)
	使用する人のものの考え方		・指示/警告の不備による過失責任 (UPLA 104条)
長時間にわたる 使用/反復使用	使用する人の知識レベルの問題	Readability	・EC指令
	トレーニングの不足	指示の不備	・設計上の過失責任 警告の不備による過失責任
	無資格	使用言語の問題	・Plain Language Law違反 ・Right-to-know Law違反
長時間にわたる 使用/反復使用	肉体的・精神的ストレスの発生	防護対策の指示不備	・指示/警告の不備による過失責任 (防護具の使用)
	時間要素	設計上の不備	
	動作ストレス	人体に対する有毒性のState-of-the-artの未採用	・State-of-the-artに関する設計上の過失責任 (UPLA 104条)

ブラックボックス化の進んだ巨大技術システムを、操作者にとって「透明」なものとするために、通常は直接に見えないシステム状態の情報を、単なる「目盛り」としての表示ではなく、直面している作業課題と

操作者の認知特性に適合した方法で表示することを「生態学的インターフェース設計 (Ecological Interface Design : EID)」と呼ぶ。この例を図1-1-6に示す。

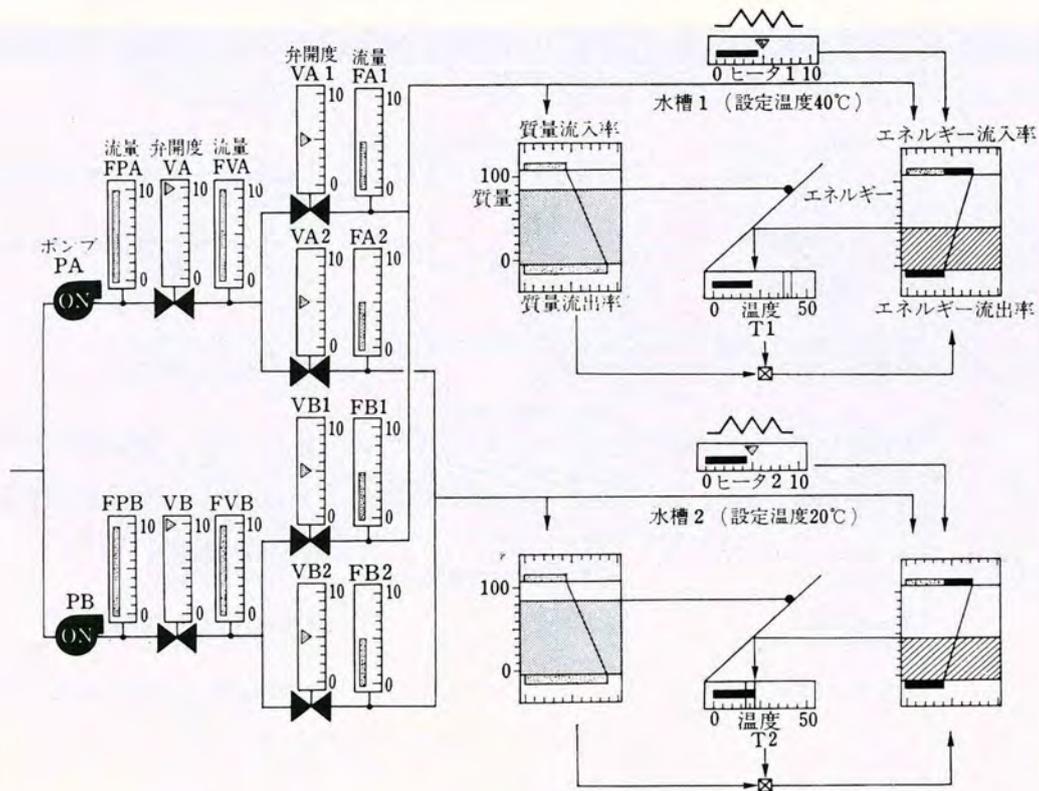


図1-1-6 生態学的インターフェースの例 (原子力発電プラント2水槽系の場合)<sup>(27)</sup>

左側に給水系ポンプの状態、弁の開度と流量、右側に2個の水槽の質量とエネルギーの保存にかかわる量が示されている。従来型に比べ、人間が直感的に理解しやすい形で情報を提示するとともに、計器間を線で関連づけることによって、各計器の物理的状態だけでなくシステム全体の中での目的、機能等も理解しやすいように工夫してある。

## 1-2 ヒューマンファクター研究の経緯

### 1-2-1 ヒューマンファクター研究の発展

「上手の手から水が漏る」、「三人寄らば文珠の知恵」、「船頭多くして船、山に登る」等々、さまざまな格言で語られるように、人間にかかわる問題は古来から人々の関心を引いてきた。しかし、ヒューマンエラーやヒューマンファクターが、学問の対象として取りあげられ始めたのはそう古い話ではない。

人類の歴史は約400万年といわれ、そのうちの99.9%以上の時間は、大規模な機械装置とは無縁に暮らしてきた。石器や土器作りに失敗したり、狩猟に失敗しても、それは当人や彼の周囲のごく限られた範囲にのみ影響する問題だった。

しかし、産業革命以後の工業の発達により、人間の力をはるかに超えた巨大で強力な工作機械が生まれ、一人の人間のエラーが多大な犠牲をもたらす可能性が生じた。人間の行動やエラーが組織的、科学的に研究されるようになったのはこの時代以降のことである。

#### (1) 人間が機械に合せていた時代

##### ① 最初のヒューマンファクター研究

最初のヒューマンファクター研究は、人間をどのように使えばより無駄が少なく効率的な生産が可能になるか、という観点から行われた。

19世紀末から20世紀初頭にかけて、テーラーやギルブレス夫妻らは最も効率のよい作業動作を見いだす研究を行った。彼らは、ストップウォッチや写真、映画などを用いて一連の動作をより小さな単位に分割し、その動作

に必要な時間を計測し、無駄な動作、不要な動作を取り除いて、最良の動作を組合せた作業方法を作り上げようとした。彼らの研究を踏まえて、1913年にはフォード社が流れ作業によるT型フォード自動車の大量生産システムを開始し、現代に至る大量生産システムの礎を築いた。

##### ② ヒューマンファクターとアーゴノミクス

一方、ヨーロッパでは多少違った観点からの研究が行われていた。ヨーロッパではヒューマンファクターではなく、アーゴノミクス(ergonomics)という言葉が用いられているが、この言葉はギリシャ語のergon(労働)とnomos(管理、あるいは法)を組合せて作った言葉であり、米国の「ヒューマンファクター」に比べてより労働の法則性を重視しようとする観点を持っている。すなわち、アーゴノミクスとは、作業や動作の効率よりも休憩の取り方や労働の強度・長さや疲労の関係など、人間をどのように働かせれば最も効率のよい生産が可能か、という観点をもち、より労働生理学的な色彩の強いアプローチと言える。

この時期の研究は、人間を機械系の一部に組み込まれたものと考え、人間をどのように使えばより効率のよい生産が可能になるか、言うならば人間を研究して、機械によりよく適合できるようにしようという研究であった。

#### (2) 機械が人間に合わせるようになった時代

戦争が科学技術の発展を加速することはよく知られた事実だが、ヒューマンファクター研究も二つの世界大戦の結果、大きく進歩した。

① 新しい人間工学

第二次世界大戦中、米国の軍用機が太平洋の島々の山脈に衝突する事故が多発した。米国空軍はこの事故を重視し、その原因をさまざまな観点から調査、分析した。その結果、当時の飛行機に使われていた三針式の高度計の視認性の悪さが、事故の原因になっていることが見いだされた。そして、どのような計器にすれば視認性がよく、数値を誤読することが少ないかについての研究が盛んに行われた<sup>29)</sup> (図1-2-1)。

この時期の研究は、人間を機械に合せるのではなく、機械を人間に合うように設計しよう、という立場に立っている。「人間工学的設計」や「エルゴノミクス・デザイン」という言葉が生れたのもこの時期である。

国際人間工学会の機関誌“Ergonomics”の創刊号を、新しい人間工学の誕生を宣言する次のような巻頭言が飾った<sup>30)</sup>。

「新しい人間工学は三つの点で特色がある。すなわち、第一は従来人間工学研究が、特定人間を選択し訓練することにより、作業の要求に適合させようとしたのに対し、新しい人間工学では、操作を人間能力の限界内におくように機械類を設計しようと図っていること、第二は応用問題を扱うとき、その解決は実験によって得られ

た基礎原理によって図らねばならないこと。……(中略)……第三の点は、実験心理学、生理学、機能解剖学など間に本質的一致性が明らかになってきたために、これら3領域の研究者と物理学、数学の研究者間に密接な協力が要求されるに至ったことである。」

この言葉は、ヒューマンファクター研究の新しい時代、機械を人間に適合する設計になった時代の、人間工学の誕生を宣言するものとなった。

第二次世界大戦後から、コンピューターに代表される電子機器が急速に発達し、従来の機械的な制御に代わって、プログラミング可能なデジタル式の制御が普及し始めたことも、この傾向に拍車をかけたと言えよう。プログラムにより複雑で微妙な制御が可能となり、プログラムを入れ替えることで、全く新しい動きが可能になる。この結果、機械はさらに人間の側に近づいてきた。

② 新しい労働者観

一方、30年代にウェスタン・エレクトリック社のホーソン工場で行われた一連の実験は、労働者に対する新しい見方を提供した。

ホーソン工場でメーヨーらは、照明の明るさが電球の製造作業に与える影響を調査し、作業に最適な照明環境

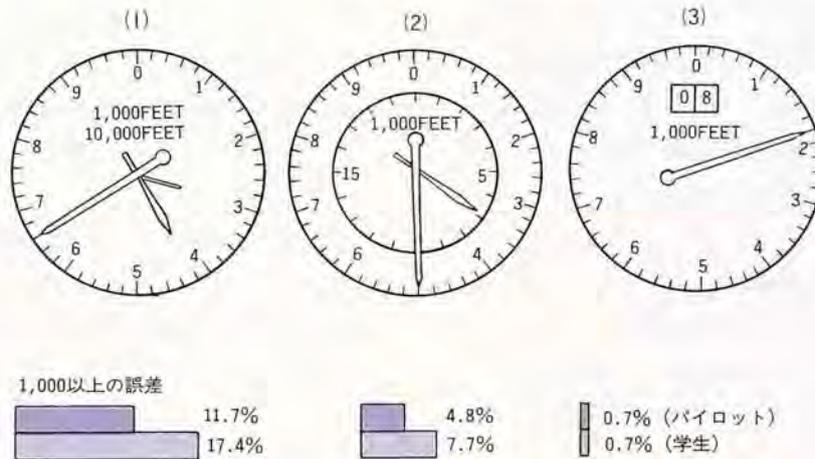


図1-2-1 三針式、二針式、一針式の高度計と読み取り誤差<sup>(30)</sup>

図は(1)三針式、(2)二針式、(3)一針式の高度計の例で、各メーターを使用した場合、各高度計の下に示す割合で、1,000フィート以上の読み取り誤差が生じた。

を見いだそうとしていた。しかし、結果は芳しいものではなく、被験者となった労働者たちは、明らかに劣悪と思える環境のもとでも高い生産性を示していた。メーヨーらは、その原因を被験者となった労働者に面接調査することで検討し、被験者たちは自分が選ばれて実験に参加していることに誇りを感じ、その士気（モラル）の高さが「実験」として与えられた悪条件のもとでも普段以上の結果を生み出していたことが明らかになった。

メーヨーらの研究は、人間とは物理的（最適な動作）、生物的（労働環境）な存在であると同時に社会的な存在でもあり、周囲の人との関係や生きがい労働現場にとって、重要な問題であることを認識させるきっかけとなった。彼らの研究は、人間関係論としてマズローやハーズバーグといった研究者に受け継がれ、労働者は単なる利益関係のみによって動く「経済人」ではなく、他者とのつながりや自己実現を目指す「社会人」でもある、という認識が定着し、単純な流れ作業を廃止して小グループによる一貫組立てを取入れたり、労働者自らが参加するQC活動などが労働現場に普及するようになった<sup>(31)</sup>。

しかし、省力化、効率化を目指す自動化・機械化は次に示すような大きな落とし穴を作ることになった。

### (3) 人間と機械の調和を目指して

#### ① ハイテク機の死角

94年4月、名古屋空港に中華航空エアバスA-300-600型機が墜落、260名を超える死者を出した。事故の原因は自動操縦システムとパイロットの意図が対立し、操作できなくなったことと考えられている。なぜハイテクの固まりのような最新鋭機が、操作不能に陥って墜落したのだろうか？そこに現代の自動化技術の問題点が集約されている。すなわち、今までの自動化は人間と機械の適切な役割分担という視点を欠き、可能どころ、容易なところからの機械化・自動化を進めてきたきらいがあった。人間と機械の役割分担を考えた場合でも、自動化によって人手を減らし、人件費を少なくすることが中心的な課題であり、人間と機械がそれぞれの欠点を相補い合うような視点は、ほとんど見られなかった。

#### ② 人間とコンピューター

しかし、人間と機械（コンピューター）は表1-2-1にあげたように、正反対の特徴を持っている部分が多い。両者がお互いの欠点を補い、長所を活かすような機械化・自動化こそが、真の意味での人間と機械の役割分担であろう。これからのヒューマンファクター研究の大きな課題が、この「人間と機械の調和の取れた関係の構築」という問題である。一方、単なる人間と機械の間の関係に留まらず、両者が属する環境や組織としての管理方法、果すべき任務といった、より広い意味での人間-機械システム、すなわち社会システムの重要性も強く認識されるようになってきた(1-1節参照)。

「人間と機械との調和」という課題は、機械のみを扱う工学的な手法のみでも、人間のみを扱う医学や生理学の手法のみでも解決できるものではない。心理や文化、社会といった問題をも視野に入れた学際的なアプローチが必要で、研究は緒についたばかりである。

## 1-2-2 ヒューマンファクター研究の動向

### (1) わが国におけるヒューマンファクター研究の動向

#### ① 日本最初の「人間工学」

日本での人間工学の受容の歴史は、第一次大戦中に米国で人間工学を知り、日本の学会に報告した心理学者の松本亦太郎を嚆矢とする(1920年)。翌21年には田中寛一が疲労と能率に関する実験研究をまとめた「人間工学」という単行本を出版している<sup>(32)</sup>。

しかし、その後は戦時中に航空心理学の分野でいくつかの研究が行われていた以外、戦後の復興期まで人間工学に関する研究はほとんどなされなかった。

#### ② 戦後復興と人間工学

戦後の混乱期を経て、50年代になると民生用の電化製品を牽引車として経済の復興も進展していった。中でも、松下電器の創業者である松下幸之助は、当時、いちはやくヨーロッパ、米国へ視察に行き、欧米の優れたデザインの製品を絶賛、「優れた工業製品を作るには良いデザインが必要で、良いデザインとは人間工学による使い勝手

表1-2-1 人間と機械の機能配分

機能	人間	機械/コンピューター
柔軟性、一般化の能力	予測しない現象に対処可能。ある事象を既知のクラスに分類する認識能力、類似性を抽象化する能力、相いれない特徴を捨てる能力	限定された柔軟性。限定された能力
感 度	広範囲かつ種々な入力を同時に感知する。	閾値が高く、人間の範囲を超えてエネルギーを感知できるが、通常一種類の入力しか感知できない。
監視能力	低い	高い
パフォーマンス	高い	低い
反応時間	比較的遅い (200m秒)	リレー動作時間と同程度速い
物理的力	比較的弱い	実用上パワーに限界はない
疲 労	急性および慢性疲労	物理的な限界 (熱、嚙食等) を除けば問題はない
環境条件	適応する環境条件の範囲は狭い	設計仕様により限界がある
チャンネル容量	制限される	設計により制限される
過 負 荷	退化、破壊しなければ一時的な過負荷に耐えられる	一定の情報処理能力のため、過負荷はシステムの破壊につながる
生存能力	危険な状況においてはストレスやパフォーマンスの退化を招く	問題なし
計算能力	低い	非常に高い
演 繹 推 論	前提は正しくても、ときどき誤った結論を導くことがある	非常に高い
帰 納 推 論	特殊な事例から一般的なルールや法則を導くことが可能	低い
動 揺	競合する刺激に容易に動揺される	動揺することは不可能

出典：Meister, 1966

の良いものである。同時に、良いデザインはミス操作や誤認の少ないものでなければならない。」と語ったという<sup>(29)</sup>。

戦後の人間工学研究は青木・野本等がウドソン (Woodson, W.E.) の概説書 “Human Engineering Guide for Equipment Designers” の翻訳 (「人間工学」1956年) の出版を皮切りに、倉田正一の「人間工学」が59年に、坪内和夫の「人間工学」が61年に、大島正光の「人間工学入門」が64年に、それぞれ出版された。これらを背景に、64年12月1日に人間工学の専門学会である日本人間工学会が設立された。同学会は93年時点での会員数が1,864人と米国に次ぐ規模となっている (表1-2-2)。また、人間工学会以外にも原子力学会や電気学会、心理学会などで、それぞれの観点からのヒューマンファクターにかかわる研究が行われている。

### ③ 労働現場での取組み

一方、労働現場での研究はどうなっていただろうか？ 古く1921年に、大原孫三郎によって倉敷労働科学研究所が設立された。倉敷労働科学研究所は、当時、紡績工場が多数あった倉敷で働く女工たちを対象に、単に作業能率を上げることを目指すのではなく、どのような作業の仕方をすれば無理のない動作ができるかに重点を置いた。当時としては斬新な視点を持つ研究を行っていた。同研究所は戦後に財団法人化され、東京へ移転、勤労働科学研究所として現在も堅実な研究を続けている。

### ④ 鉄道・航空分野での取組み

鉄道分野での人間工学的研究は、旧国鉄時代、三河島事故をきっかけにして日本国有鉄道労働科学研究所で始まった。同研究所は国鉄の分割民営化に伴って財団法人

表1-2-2 各国・地域の人間工学会の会員数

国/地域	会員数の近況			人口 (百万人)	人口百万 人当りの 会員数
	創設年	調査年	会員数		
デンマーク		1994	846	5.1	166
オランダ	1962	1994	631	15.0	42
ノルウェー		1994	155	4.2	37
ニュージーランド	1986	1994	114	3.3	35
スウェーデン		1994	298	8.5	35
オーストラリア	1964	1994	537	17.4	31
イスラエル	1982	1992	120	4.3	28
米国	1957	1994	5,354	248.8	21
ハンガリー	1987	1988	90	4.6	20
英国	1949	1992	1,030	56.5	18
フィンランド	1985	1994	90	5.0	18
カナダ	1968	1994	518	28.3	18
日本	1964	1993	1,864	124.0	15
クロアチア	1974	1993	70	4.6	15
ベルギー	1986	1993	140	9.0	14
シンガポール	1988	1990	36	2.6	14
台湾	1993	1994	240	20.6	12
ポーランド	1977	1994	486	37.5	10
フランス	1963	1987	531	55.2	10
ドイツ	1958	1991	700	76.6	9
韓国	1982	1988	250	43.9	6
オーストリア	1976	1990	42	7.5	6
イタリア	1961	1994	320	57.2	6
スペイン	1988	1992	187	39.6	5
東南アジア	1984	1990	86	250.0	3
ポリネシア	1988	1993	33	10.2	3
ブラジル	1983	1988	244	143.3	2
南アフリカ	1984	1994	40	39.4	1
ロシア	1989	1994	150	150.0	1
インドネシア	1988	1988	120	176.8	0.7
中国	1989	1989	300	1,151.0	0.3
インド	1987	1993	52	866.0	0.1

(出典：IEA News and Information, 93年)

人化され、財鉄道総合技術研究所(JR総研)として、輸送にかかわる安全や鉄道の環境と快適性の向上などを中心に研究を続けている。

航空分野の人間工学的な問題は、旧東京帝国大学航空研究所や軍の技術研究所で扱われ、戦後は航空自衛隊内の航空医学実験隊、科学技術庁航空宇宙技術研究所制御部人間工学研究室などで、航空機の操縦に関する人間工学的研究が続けられている。

#### ⑤ 一般製品分野での取り組み

一般的な製品に関しては、「真に生活者の視点に立った暮らしの豊かさ」を研究するために、(社)人間生活工学研究センターが92年に設立された。「人間生活工学」とは、人

間工学、心理学、生理学などの多くの分野にまたがる学際的な分野で、生活の快適さや安全性、豊かさを追及する学問である。この研究センターは通産省の指導の元に、産・官・学が協力して人間感覚計測応用技術の研究や人体計測データベースの構築などを行っている。

#### ⑥ 電力分野での取り組み

電力分野では、TMI-2(米国)やチェルノブイリ発電所(ソ連)の事故などをきっかけに、原子力発電所での人的な要因が重要視され始め、当研究所のほかに原子力工学試験センター(原子力発電技術機構)ヒューマンファクターセンター、日本原子力研究所人的因子研究室などが設置され、ヒューマンエラーの防止に関する研究が行われている(ヒューマンファクター研究のあゆみ、1-3節参照)。

### (2) 海外における研究の動向

#### ① 最初の人間工学研究機関

わが国に倉敷労働科学研究所が設立された前年、1920年にオコーナーがボストンに人間工学研究所(Human Engineering Lab.)を設立した。同年、英国にも疲労研究委員会(Fatigue Research Board)が、ドイツにも労働生理学研究がそれぞれ設立されており、この年を人間工学が誕生した年と考える研究者が多い。

#### ② 人間工学関連学会

人間工学に関係する学会としては、1950年に英国に“Ergonomics Research Society”が、57年には米国で“Human Factors Society”が、それぞれ設立されている。また、人間工学の国際学会としてヨーロッパで国際人間工学会(IEA: International Ergonomics Association)が60年に設立され、3年ごとに世界大会を開催、各国の研究者の交流の場となっている。日本人間工学会も設立当初からこのIEAに参加し、国際的な協力体制を組織している。

#### ③ 欧米諸国における研究の現状

欧米諸国におけるヒューマンファクター研究の現状は

多岐に渡っており、その詳細をまとめることは不可能に近い。ここでは、米国や英国、フランス等、特にヒューマンファクター研究が盛んな国について代表的な研究機関と研究テーマを数例ずつ紹介するに留める<sup>(33)</sup>。

#### (イ) 米 国

米国では、原子力規制委員会（NRC）、エネルギー省、NASA、運輸省、国防省、連邦航空局などさまざまな機関でヒューマンファクターに関する研究が行われているが、中心的な位置を占めるのはNRCである。

NRCはTMI-2事故を契機に“Human Factors Programming Plan”を策定し、人間行動やモデル化に関する基礎研究、人間信頼性評価手法、ヒューマンエラー低減技術、ヒューマンファクター・データベース、運転員支援・管理などさまざまな分野にわたる研究をブルックヘブン、サンディア、アイダホ、オークリッチ等の国立研究所や米国電力研究所（EPRI）、バッテリー、ウエスティングハウス等の民間研究所に委託して行っている。

一方、NASAや陸海空三軍でもヒューマンファクター研究が行われており、こちらの研究は人間行動やモデル化、運転員のストレスなど、より基礎的な問題に関する研究が中心となっている。

#### (ロ) 英 国

英国はヨーロッパの中でもヒューマンファクター研究の最も盛んな国であり、大学での基礎的な研究から原子力発電所の実際的な応用まで、さまざまな研究が行われている。

英国原子力庁（UKAEA）では、ヒューマンファクターに関する各種のガイドラインとデータベースを作成し、ヒューマンファクターの定性的／定量的な評価基準についての研究が行われている。人間信頼性協会（HRA）では人間行動のモデル化の技法や信頼性評価手法についての研究が、また、マンチェスター大学では人間の行動や認知に関する基礎的な研究が行われている。

#### (ハ) フランス

フランスでのヒューマンファクター研究は、フランス電力庁（EdF）の安全・信頼性局での研究とCEAの

安全分析局が中心で、信頼性解析やヒューマンファクター・データベース（CONFUCIUS）の構築などが行われている。

#### (ニ) 北欧諸国

北欧諸国では、デンマークのRISØ国立研究所、フィンランドの技術研究センター（VTT）、スウェーデンのSKI（スウェーデン原子力発電検査局）、RKS（電力事業者原子力安全委員会）、ノルウェーのHalden研究所などでヒューマンファクターに関する研究が行われており、これらの研究所間の協力も密になっている。

RISØでは、人間の行動分析、意思決定モデルといった基礎的研究や人間信頼性分析に関する研究などが行われている。

VTTでは人間信頼性や運転員支援システム、重要機能監視システム（CFMS）や警報の処理と表示に関する実験などが行われている。

SKIではPRAを用いた人間信頼性に関する研究や運転員の支援、運転員の体系的訓練と診断に関する研究などが行われている。

RKSではヒューマンファクター分析に適用される手法の研究や事故報告や結果の推移分析などが行われている。

Halden研究所ではプラント・シミュレーションによるマンマシンインターフェースの高度化や警報システムに関する試験、運転員の業務遂行能力の認知・評価法の体系化などの研究が行われている。

#### ④ 人間工学—日米の比較

人間工学会を対象に、わが国と米国の人間工学の研究者を比較してみると、日本の学会では工学出身者が多数を占めているのに対し、米国の学会では心理学分野の基礎を持つ研究者が多数いることが目につく（図1-2-2）。日本人間工学会も、発足当時は心理学分野の研究者が多数を占めていたようだが、現在では工学分野を専門とする研究者が最大の割合となっている。

一方、IEAのまとめた世界各国の人間工学会の会員数を見ると（表1-2-2）、わが国は会員の絶対数こそ米国に次いで多いものの、人口に占める割合ではデンマークや

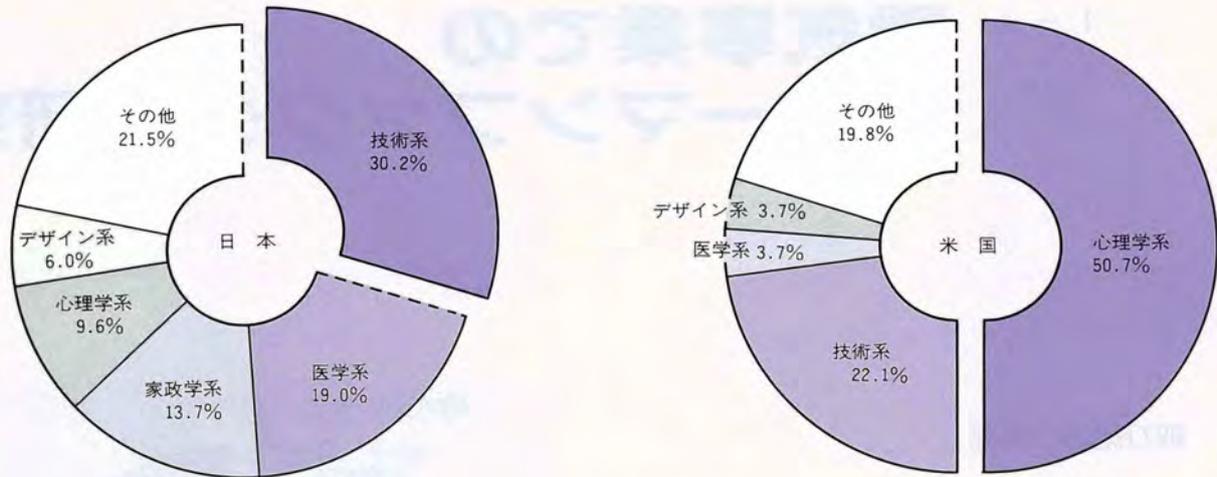


図1-2-2 日米の人間工学会会員の専門分野の比較 (1984年度)<sup>(18)(24)</sup>

オランダ、スウェーデンといったヨーロッパの国々を下回っていることが注目される。

日本の工業製品は機能的には優れているものの、デザインの悪さには定評がある。一方、欧米の製品は機能的

には多少見劣りするものの、デザイン的には優れているものが多い。人口比で見た日本の人間工学会の会員数の少なさや会員の工学志向がこのような風潮を生み出す一因となっているのかも知れない。

# 1-3 電気事業での ヒューマンファクター研究

## 1-3-1 取り組みの概要

### (1) 原子力発電所でのヒューマンエラー

わが国の原子力発電所で発生したトラブルのうち、どの程度がヒューマンエラーとみなされるかについて、当研究所で検討した。

66年の東海発電所の運転開始以来、92年3月末までに運転実績のあるわが国の41基の原子力発電所から、法律および通達に基づいて国に報告されたトラブル759件について、「要求された基準から逸脱した設計、製作、運転、保守・管理等に関する人の行為」をヒューマンエラーと定義して評価した結果、約22%がヒューマンエラーと判断された。

ヒューマンエラーの内訳およびヒューマンエラー発生時の状況をそれぞれ図1-3-1、1-3-2に示す。

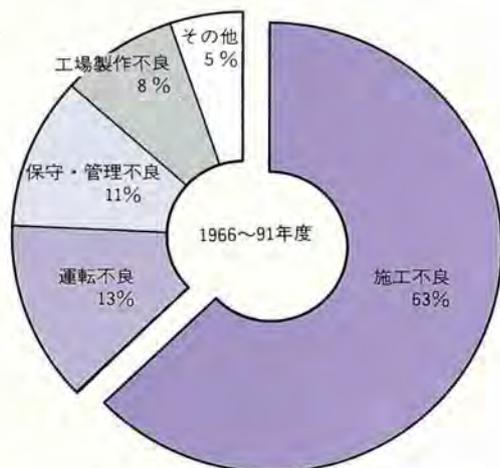


図1-3-1 ヒューマンエラーの内訳

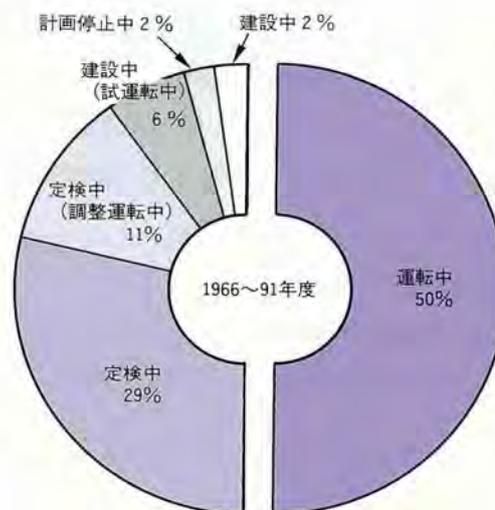


図1-3-2 ヒューマンエラー発生時の状況

### (2) ヒューマンファクターへの取り組みの経緯

電気事業では、電気の安全で安定した供給を目指して発電・変電・送電など、さまざまな分野でヒューマンファクターへの取り組みがなされた。その中でも、特に原子力発電分野は、原子力発電所が安定したベース電源として機能すると同時に、社会一般からも安心感をもって受け入れてもらうために、安全性の確保と信頼性のより一層の向上を強く志向してきた。その努力の一環として、ヒューマンエラーの低減に重点を置いた、設備設計、運転管理、保守管理、教育訓練などの面からのヒューマンファクター対策を実施している。

原子力発電所でのヒューマンファクター対策への取り組みは、当初、発電所の個別のトラブルに対する検討を中心に、発電所の現場に直結した個別的で即効性のある対策、すなわち手順書・要領書の整備、自動化・遠隔化

による操作性の改善、中央制御室や現場機器類のラベリング、コーディング等の対策が取られた。これらは79年のTMI-2の事故を契機に、さらなる強化が図られ、同時に、運転員や保修員の教育・訓練に関しても運転シミュレーターや保修訓練施設による技術・技能訓練、QCサークルや危険予知訓練 (KYT) による意識高揚や注意喚起の促進等の対策や、国内外の原子力発電所のトラブル事例の分析・評価結果の水平展開による対策立案等も、ヒューマンファクターにかかわる対策として実施されてきた。

ところが86年に発生したチェルノブイリ発電所の事故は、それまでの電気事業のヒューマンファクター問題への個別的な対応から、人間の意識まで踏み込んだ専門的、総合的な研究を考慮せざるを得なくさせた。

この状況に官民が一致して対処するため、官民の役割分担を取り決めて、対応の効率的推進を図ることになった。87年に、国は原子力工学試験センター（現原子力発電技術機構）にヒューマンファクターセンターを設置し、ヒューマンファクターに関する基礎的調査・研究および実用化研究のための方法論の調査分析等を分担している。一方、電気事業は当研究所にヒューマンファクター研究センターを設置し、原子力発電所で発生した個々のヒューマンエラーを分析・評価する手法を開発するとともに、ヒューマンエラー低減手法を提案するなど、主として現場に関連の深いヒューマンファクターに関する研究を進

めている。

表1-3-1は電気事業のこれまでのヒューマンファクターへの取り組みの経緯を示す。

## 1-3-2 電力共通研究

### (1) 電力共通研究の概要

電気事業では原子力発電所の設備設計、運転管理、保守管理等にかかわる電力会社共通の課題の解決のため、重点的に資金、マンパワーを投入して「電力共通研究」に取り組んでいる。ヒューマンファクター研究は、TMI-2の事故を機に、ヒューマンファクターの重要性が強く意識され、運転員の行動に着目して、運転訓練シミュレーターを利用した研究を電力共通研究として始めた。

まず、84年にBWR電力6社とプラントメーカー2社による「BWRの安全性に及ぼすヒューマンファクターの研究<sup>(35)~(42)</sup>」を、また、87年にはPWR電力5社とプラントメーカー2社による「訓練シミュレーターを用いた運転員の人間信頼性の研究<sup>(43)~(48)</sup>」を、それぞれ電力共通研究として着手した。

さらに、前述のようにチェルノブイリ発電所の事故後には、総合的なヒューマンファクター問題への対応のため、87年に全電力会社の共通研究として「原子力発電所のヒューマンファクターの評価研究<sup>(49)</sup>」に着手した。これらの共通研究はいずれも数年ごとにフェーズを更新し、

表1-3-1 電気事業のヒューマンファクターの取り組み

取組み方法	具体的対策
・個別的対応 (1970年代後半より) (特にTMI-2事故後強化)	(TMI-2事故以前から実施) ・自己制御性を活かした炉心設計 ・フルブールフ・フェイルセーフ (インターロック、ガード機構等) ・機器操作性の向上 (自動化、遠隔化) ・運転員・保修員の技術・技能向上 (運転シミュレータ、保修訓練施設等) ・職場内教育活動 (QCサークル、KY活動等) (TMI-2事故以後) ・運転員資格認定制度 ・事故時マニュアル見直し ・CRT制御盤の採用 ・計器・操作スイッチ類のカラーコーディング
・総合的対応 (チェルノブイリ事故後、) (1987年頃より)	・人間の振舞いのモデル化 ・ヒューマンエラーの分析・評価システム、エラー予測システムの開発 ・ヒューマンエラーを含む原子力発電所信頼性の評価 ・運転と保守の強化 (マンマシンインターフェースの改善、徴候ベース手順書の整備) ・ヒューマンファクター関連データ、情報のデータベース構築 ・マンマシンシミュレータによるヒューマンエラー防止対策手法の評価

内容を深めながら継続実施されてきた。この間、保修に関する電力共通研究、あるいは電力会社個別のヒューマンファクター研究も実施されているが、ここでは、前述の電力共通研究の概略を紹介する。

**(2) 訓練シミュレーターでの運転員の行動に関する研究**

**① BWRの安全性に及ぼすヒューマンファクターの研究 (BWR共通研究)**

この研究は、(株)BWR運転訓練センターの訓練シミュレーターを用いて、トラブル対応訓練時の運転員の行動データを収集・分析し、運転手順書の改良や訓練内容の評価など、運転安全管理手法の検討に資することを目的として84年に着手した。本研究は、研究の進展に応じてフェーズを更新し、現在第4フェーズの研究を進めている(表1-3-2)。第1フェーズ(84~86年度)では、運転員の訓練時の行動データを収集・分析した。

その結果、さらに人間の内面的な検討に踏み込む必要性が認識され、第2フェーズ(87~89年度)で運転員の認知行動に関する内面的メカニズム検討のための、シミュレーターによる被験者実験を実施した。さらに、この認知過程の検討からは、運転クルー間のコミュニケーションとパフォーマンスおよびリーダーシップの検討の必要が指摘され、第3フェーズ(90~92年度)では、徴候ベースの運転マニュアルに基づく運転員のチーム行動の解明の研究が実施することになった。この第3フェーズでは、運転チーム挙動分析手法や、運転チーム間のコミュニケーション分析手法を開発して、徴候ベースの運転手順書の有効性が評価され、また、マンマシンインターフェースや運転訓練法の改善が図られた。

現在の第4フェーズ(93~95年度)では、従来型制御

盤のインターフェース改良による運転員の対応行動および新型制御盤での運転員の対応行動の解明を進めている。

**② 訓練シミュレーターを用いた運転員の人間信頼性の研究 (PWR共通研究)**

原子力発電所の運転員のヒューマンエラー防止と運転パフォーマンスの向上をねらいとして87年に着手されたこの研究も、前述のBWR共通研究と同様に、研究の進展に対応してステップを更新してきた。

第1ステップ(87~88年度)では、原子力発電所の運転員を対象に、(株)原子力発電訓練センターでの各種トラブル事象のシミュレーター訓練中の、ヒューマンファクターにかかわるデータを収集してデータベース化する一方、データを統計的に処理して、パフォーマンスに影響する因子を抽出した。次の第2ステップ(89~90年度)では、その因子の詳細な分析を行い、トラブル対応のシミュレーター訓練時の運転員のパフォーマンスを評価するシステムの概念を定めた(図1-3-3)。ステップ3(91~93年度)では、このパフォーマンス評価システムの実用化に向けた検討を行った。

**(3) 原子力発電所のヒューマンファクターの評価研究**

87年にBWR、PWR共通の電力共通研究として、同年に発足した当研究所ヒューマンファクター研究センターも参加した。この研究は、原子力発電所の安全性・信頼性のより一層の向上を目的として、5か年の予定で着手された。その後、内容を高度化するため、92年から同研究フェーズIIを現在継続実施中である。なお、研究内容の詳細については、次章以降で詳述する。

表1-3-2 BWRの安全性に及ぼすヒューマンファクターの研究 (BWR共同研究)<sup>(40)</sup>

	フェーズI	フェーズII	フェーズIII	フェーズIV
期 間 (年度)	1984-1986	1987-1989	1990-1992	1993-1995
目 的 (視点)	人間行動	認知過程	チーム行動	インタフェース
方 法	再訓練観察	訓練観察と実験	実 験	訓練観察と実験
結 果	人間信頼性データ	認知トレース	チームの類型	インタフェースの影響評価

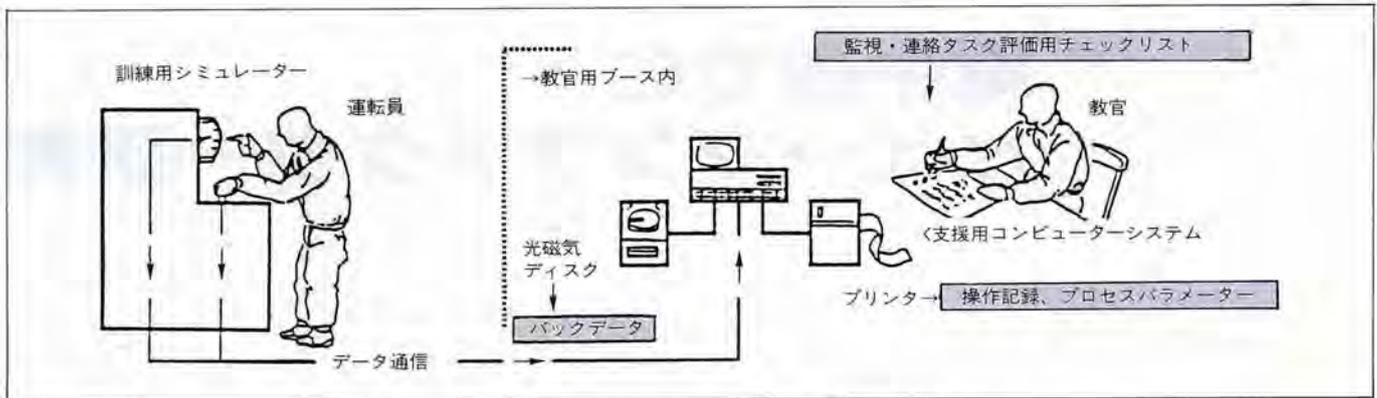


図1-3-3 パフォーマンス評価システムの概要<sup>(44)</sup>

① 原子力発電所のヒューマンファクターの評価研究  
(フェーズⅠ)

この研究のフェーズⅠ(87～91年度)では、原子力発電所のヒューマンファクターを詳細に調査・分析して検討し、ヒューマンエラーの分析・評価手法の確立、ヒューマンファクターに関するデータベースの構築、人間の振る舞いのモデル化、人間信頼性を考慮したシステム信頼性評価方法の実用化など、以下のような成果を得た。

(イ) 運転・保守におけるヒューマンエラー情報の分析・評価手法の確立

原子力発電所の運転・保守におけるヒューマンエラーの事例を分析・評価する総合的な「ヒューマンファクター分析評価手法(J-HPES)」を開発した。

(ロ) データ収集方式の確立とデータベースの構築

ヒューマンエラー、ヒューマンファクターにかかわるわが国および諸外国のデータ等を収集し、「ヒューマンファクターデータベース」を構築した。

(ハ) 人間の振る舞いのモデル化

運転・保守の作業負荷や環境条件が人間の生理や心理特性、ひいてはヒューマンエラーへ及ぼす影響を明らかにし、その一環としてヒューマンエラーの未然防止のツールとして「人間行動予測システム」を開発した。

(ニ) 人間信頼性を考慮したシステム信頼性評価手法の確立

ヒューマンファクターを考慮したシステム信頼性評価手法を開発した。

② 原子力発電所のヒューマンファクターの評価研究  
(フェーズⅡ)

前項のフェーズⅠの研究成果を運転・保守の現場に適用して、ヒューマンエラーの低減のためには、フェーズⅠの成果に新しい知見を加えて、研究内容をより一層充実、発展させ、実用化への展開を図る必要がある。そのため、フェーズⅡ(92～96年度)では、ヒューマンファクター情報の分析・評価とデータベース化、ヒューマンエラー低減支援手法の開発、マンマシンシミュレーター(MMS)によるヒューマンエラー防止対策評価手法の開発等、以下の項目を実施中である。

(イ) ヒューマンファクター情報の分析・評価とデータベース化

国内外のヒューマンファクター情報の収集・整備とあわせて、フェーズⅠで開発した分析・評価手法の定着化と同手法による分析結果のデータベース化を図る。

(ロ) ヒューマンエラー低減支援手法の開発

フェーズⅠで開発した「人間行動予測システム」の概念を運転チーム、保守グループへ適用し、実用化への展開等を図る。

(ハ) マンマシンシミュレーターによるヒューマンエラー防止対策評価手法の開発

ヒューマンエラー防止対策について、運転員の認知特性等の面から、その効果を評価する手法について研究する。

## 1-4 電中研での ヒューマンファクター研究

### 1-4-1 ヒューマンファクター研究センター 設立の経緯

原子力発電所に対する社会的信頼性を得るには、安全安定運転の確保が必須である。このため、これまでも事故・故障の未然防止のため機械面、人的面およびマンマシンインタフェースの面からの対策が積極的に取られてきたが、79年の米国TMI-2事故、86年のソ連チェルノブイリ原子力発電所事故など、海外の重大事故を教訓として、原子力発電所の運転・保守などにかかわるヒューマンファクター問題の調査・研究を一層促進することの必要性が示された。

また、わが国のヒューマンファクター研究は、86年に通産省が発表した「セイフティ21」でその重要性が強調されている。これに基づき、同年末には国が計画しているヒューマンファクター研究と電気事業者の研究の重複を避け、研究を効率的に進めるため、官民の役割分担が明確にされた。それによると、国は基礎的研究および実用化研究の方法論を主体に研究を進め、民間は実用化研究を推進し、その成果を原子力発電所の運営に反映させることになった。

そこで、当研究所は電気事業の中核的研究機関としてヒューマンファクター問題の調査・研究を行うため、87年7月1日付けで「ヒューマンファクター研究センター」を設立した。

ヒューマンファクター研究センターは、原子力発電所の安全性・信頼性のより一層の向上をめざした電気事業者の努力を、ヒューマンファクター研究の立場から支援

することを基本的立場としている。そのため、ヒューマンエラー低減対策の検討ばかりでなく、広くヒューマンファクターにかかわる課題を先取りし、解決に向けて研究活動を進めている。当研究センターの陣容は、95年3月現在、所長以下17名で構成されており、11名が電中研職員、5名が電力会社より、1名がシンクタンクよりの出向者である。研究・業務の推進に際しては、図1-4-1に示すように、電気事業者との密接な連携を図るため、電気事業連合会に設置された「ヒューマンファクター検討委員会」を通じてニーズの把握、データの収集、成果の評価などを行うとともに、外部学識経験者を加えた「電中研ヒューマンファクター研究委員会」を設け、研究の推進に万全を期している。

### 1-4-2 ヒューマンファクター研究センター での研究概要

当研究センターは発足当初、電気事業が実施する研究課題のうち、電力会社として共通かつ継続的に研究すべき課題を電力共通研究として5か年の予定で分担実施するとともに、これらの課題をバックアップするため、当研究所が従来から行ってきた研究を引きついで形で、人間の生理・心理機能の探求および知識工学の活用等に関するヒューマンファクター研究を、自主的な先行的基礎研究ないしは応用開発研究として実施することとした。この時点での当研究センターの研究課題は、以下の通りである。

- (1) 運転・保守におけるヒューマンエラー情報の分析・評価（電力共通研究）

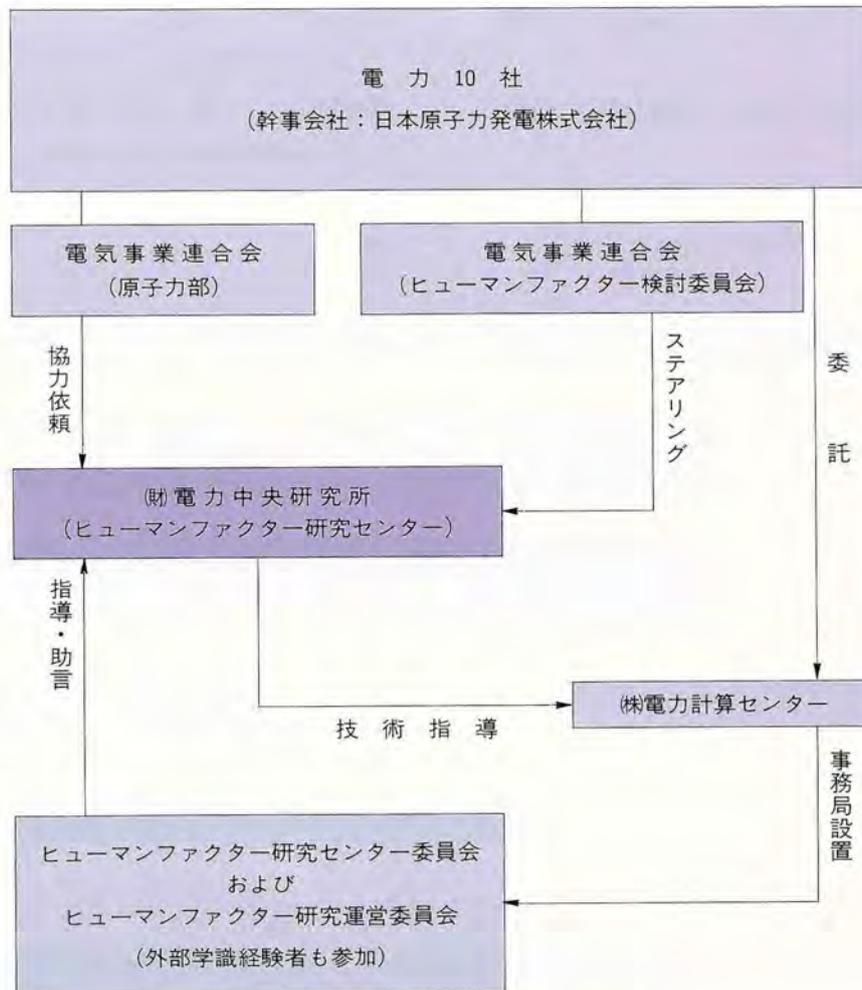


図1-4-1 研究実施体制

- (2) データ収集方式の確立とデータベースの構築（電力共通研究）
- (3) 人間の振舞いとそのモデル化（電力共通研究）
- (4) 人間信頼性を考慮したシステム信頼性評価方法の確立・実用化（電力共通研究）
- (5) 運転・保守時の人間行動モニタリング手法の確立（自主研究）
- (6) 知識工学による高度能力開発システムの開発（自主研究）

その後、1－3節でも述べたように、92年には、上記の電力共通研究は、その内容の高度化に向けて新たなフェーズを迎えた。それらをバックアップする関連自主研究として、運転クルーのチーム行動に着目した行動モデ

ルの開発に関する研究およびモデル検証の被験者実験、保守作業時のヒューマンエラー低減の研究、さらにはヒューマンファクターを社会・文化との関連でとらえようとする人文社会学的な研究等にも取り組んできた。94年12月現在のヒューマンファクター研究センターのおもな研究課題は以下の通りである。

- ① ヒューマンファクター情報の分析・評価とデータベース化（電力共通研究）
- ② ヒューマンエラー低減支援手法の開発（電力共通研究）
- ③ マンマシン・シミュレーターによるヒューマンエラー防止対策評価手法の開発（電力共通研究）
- ④ 運転チーム行動基礎モデルの開発（自主研究）

- ⑤ 人間特性とヒューマンエラーの実験研究（自主研究）
  - ⑥ 保守作業時のヒューマンエラー低減対策の実用化（自主研究）
  - ⑦ 人間意識形成メカニズムの調査・研究（自主研究）
- これまでの研究の流れを項目別に分けて整理すると、

図1-4-2のようになる。

以上、第1章では、ヒューマンファクター研究全般の概要を述べた。第2章から第5章までは当研究所で実施している個別の研究内容を紹介し、第6章では今後の当研究所のヒューマンファクター研究の方向性について記述する。

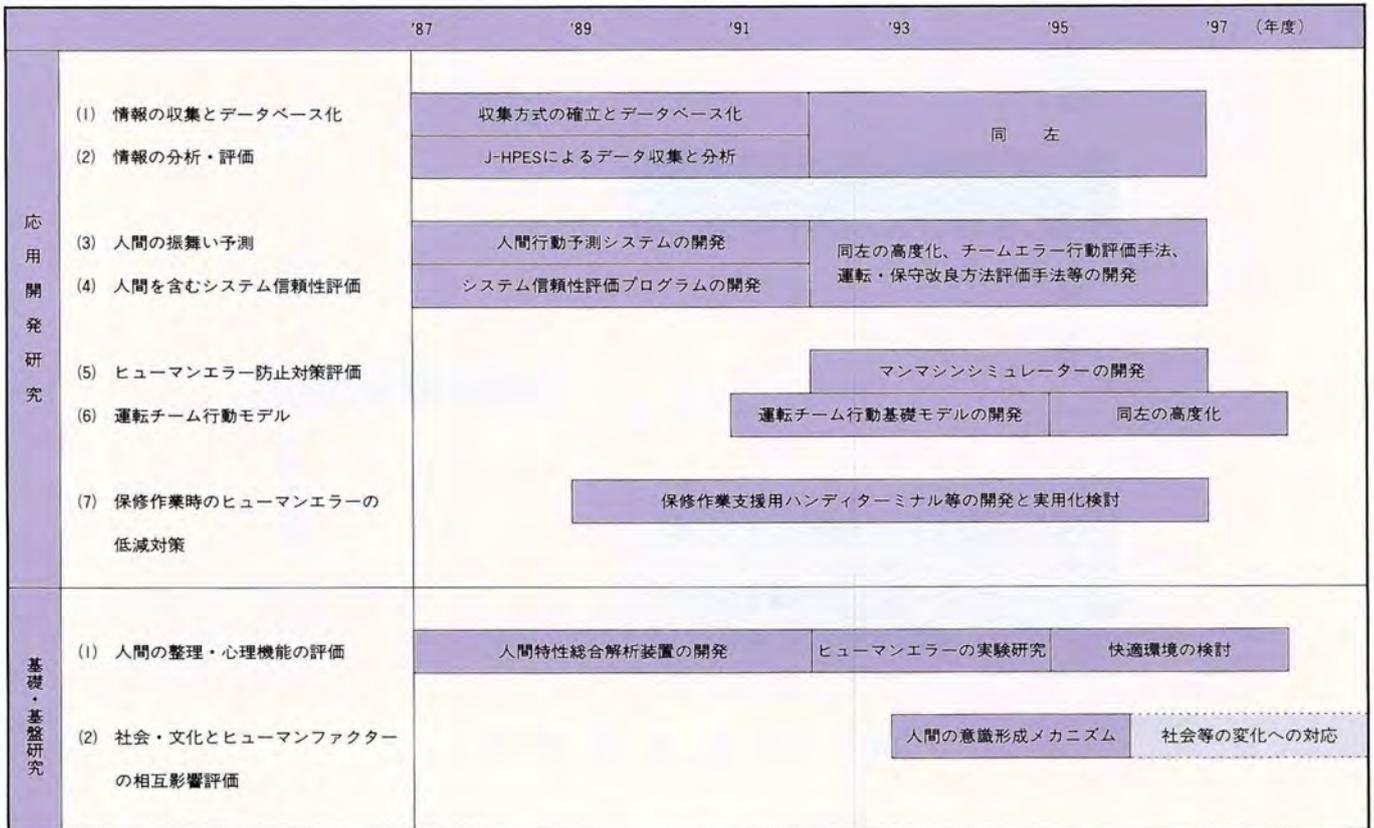


図1-4-2 ヒューマンファクター研究センターの主要研究項目

# 第 3 章

## ヒューマンエラーの 防止対策



## 第2章 ヒューマンエラーの防止対策 ● 目次

ヒューマンファクター研究センター 研究主幹 吉野 賢治  
ヒューマンファクター研究センター 主任研究員 高野 研一  
ヒューマンファクター研究センター 主任研究員 藤本 順三  
ヒューマンファクター研究センター 担当研究員 鈴木 智宏

2-1	ヒューマンファクター分析評価手法 (J-HPES) .....	35
2-2	人間行動予測システム .....	40
2-3	保守作業支援システム .....	45



**吉野 賢治** (1972年入所)  
原子力発電所の保守作業員の放射線被ばく防護手法および温熱環境下の疲労防止手法の確立の研究を行ってきた。1987年のヒューマンファクター研究センター設立以来、今日まで、運転・保守作業時のヒューマンエラーの未然および再発防止手法の確立研究に取り組んでいる。



**鈴木 智宏** (1994年中部電力(株)より出向)  
1991年中部電力(株)入社。以来、浜岡原子力発電所で1、2号機の運転業務に携わる。1994年8月に当研究所に出向となり、J-HPESの運用、シミュレーション技術評価制御盤を用いた被験者実験に取り組んでいる。



**高野 研一** (1980年入所)  
オペレーターの生理・心理機能の評価手法の提案、ヒューマンファクター情報の分析・評価手法の開発と適用などを行ってきた。現在、オペレーターの思考過程のシミュレーションモデルの開発に取り組んでいる。

**藤本 順三** 8 ページに記載

## 2-1 ヒューマンファクター分析評価手法 (J-HPES)

同じヒューマンエラーを繰り返す愚は、厳に慎まねばならないことである。そのためには、すでに起こしてしまったヒューマンエラーについて、原因を詳しく調べ、その原因を元から断ち切る対策までを、系統立てて分析、評価する手法が求められる。

このような目的から「ヒューマンファクター分析評価手法 (J-HPES)」を開発した。

### 2-1-1 研究の背景

原子力発電所での運転・保守にかかわるヒューマンエラーの事例を分析評価する総合的なシステムが、重要視されるようになってきたので、1986年度より、ヒューマンファクター分析評価手法 (J-HPES: Japanese version of Human Performance Enhancement System) の開発を進めている。

これは、「原子力発電所で、運転・保守時に発生したトラブルに関与した人の行為を体系的に分析・評価し、具体的な再発防止対策を立案するための手順を示したもの」である<sup>(1)(2)</sup>。

J-HPESをわが国の全電力会社に紹介するため、当研究所は講習会を約20回開催し、参加者も約300名に達した。

最近では、原子力分野だけでなく、火力、送・配電、給電などの分野でも利用され始めている。

93年度には、パソコンで一連の分析過程をシステム化した分析支援システム (JAESS: J-HPES Analysis and Evaluation System) が実用化している (図2-1-1)。

### 2-1-2 研究の概要

#### (1) J-HPESの全体構成とその特徴

J-HPESの全体構成は図2-1-2に示すが、大きく分けて以下の三つの部分から構成されている。

#### ・実施手順

事象に関連する広汎な事実関係の調査から対策案



図2-1-1 J-HPES分析支援システム (JAESS) の外観<sup>(3)</sup>

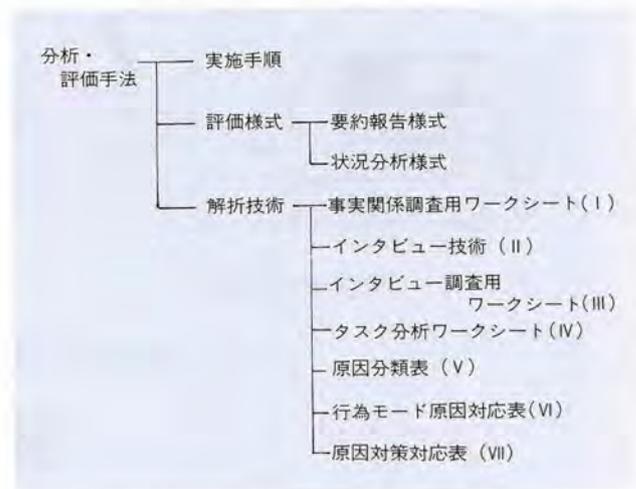


図2-1-2 J-HPESの全体構成<sup>(1),(2),(4)</sup>

の提案までの全過程をどのように進めていくかの手順を示したもの

・評価様式

実施手順に従い、調査・分析・評価を進める過程で得られる結果を記入して行くための様式

・解析技術

調査・分析・評価を抜け落ちなく、しかも効率的に進めるノウハウや技術を取りまとめたもの

J-HPES実施手順は調査、分析、評価を進める上で中心的な役割を果たすものである。分析の流れを図2-1-3に示す。また、自主的な学習で、一層「理解しやすく」「使いやすく」するため、「イラスト版J-HPES入門書(図

2-1-4)」や実際の事例に適用した例を収録した「J-HPES事例集(図2-1-5)」を発行している。

J-HPESは、適宜、実事例への応用を図りながら、87年に開発した原型版に改良を重ねて、90年に完成したものであり、その特徴は以下の通りである。

・手順書化

調査から対策案の提案までの一連の分析過程の標準化が図られ、特に専門知識や経験を持ち合わせていない人でも的確に分析できる。また、講習会により比較的短時間で手法をマスターできる。

・責任追求型からの脱却

本手法はどの行為に責任があったかを追求するも

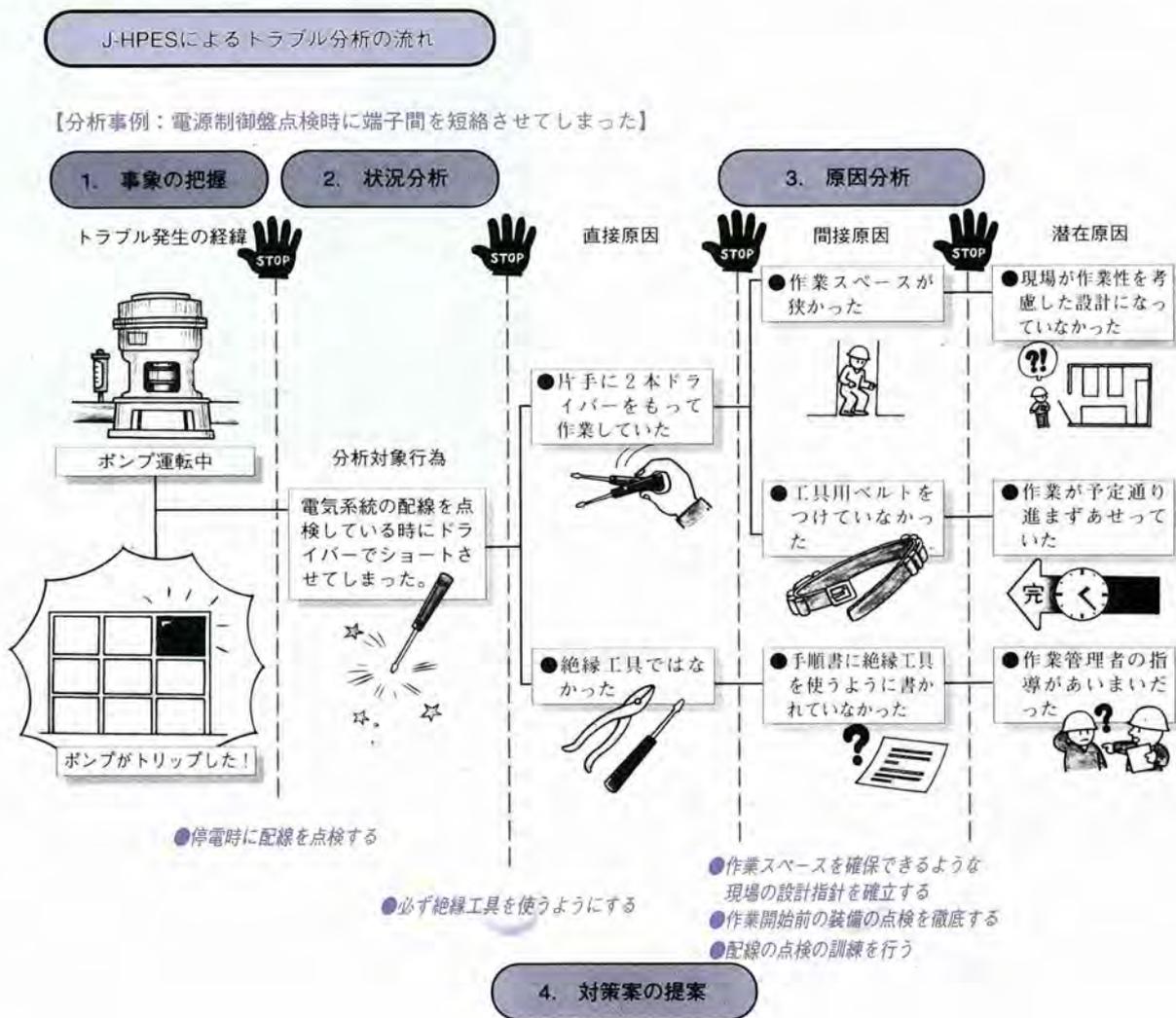


図2-1-3 J-HPESの分析の流れ

のではなく、再発防止に重点を置いている。

・報告書の図式化

事象の経緯、原因間の関連、対策案の提案などの主要な分析結果は、全て図式化し、第三者が理解しやすいよう工夫した。したがって、管理者等への説明および発電所間の情報交換も容易である。

・分析対象事象の範囲拡大

顕在化しない水面下のニアミスや潜在事象ならびに労働災害に対しても活用することができる。

・根本原因の追求

表面的な原因（直接原因）ばかりでなく、その後にある原因まで論理的に分析でき、心理・生理などの要因を分析できる。

(2) J-HPES分析支援システム(JAESS)の開発

発電所の現場で、J-HPESがより一層活用される実用的なものとなるように、パーソナルコンピューターを利用して、分析過程のシステム化を図った<sup>(3)</sup>。



図2-1-4 イラスト版J-HPES入門書

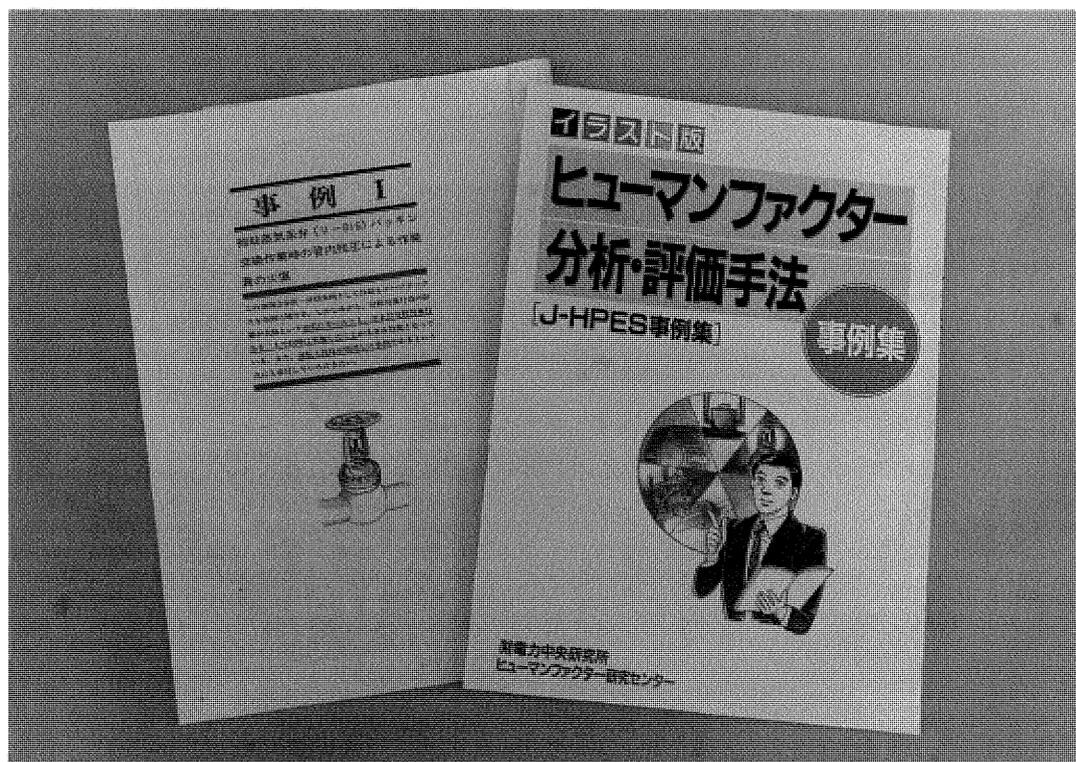


図2-1-5 J-HPES事例集

ソフトウェアの設計・開発で実現した諸点をまとめると以下の通りである。

- ・分析手順での実施事項を具体的な設問に置き換えたため、全体で約50問の設問に順次回答することで、すべての分析を終了できる。
- ・各設問への回答にあたっては、その解説、判定基準および例示を別ウィンドウで参照できるとともに、必要な解析技術を呼び出すことも可能とした。
- ・作図機能を充実し、分析・評価を効率的に実施できるようにするとともに、操作ガイダンスや解説を加えることにより操作性向上を図った。
- ・設問への回答結果を自動的に編集し、所定の評価様式（報告書）として、印刷できるようにした。また、画面上では任意の時点で報告書の作成状況をモニターできる。

JAESSのすべての設問は、J-HPESの実施手順に準拠している。設問の形式は大別して2種類に分けられる。一つは図2-1-6に示すような、選択肢の中から選ぶ形式（選択式）であり、これは状況分析様式の各々の項目に対応している。もう一つは図2-1-7に示すような作図を主体とする設問（作図式）であり、これは主要な分析結果を取りまとめた要約報告様式に対応する。

また、図2-1-6に見える「参照ボタン」ではこれまでの回答一覧リストを呈示する。また「ヘルプボタン」を押すと当該設問の解説、注意事項、用語の説明や回答例を表示し、必要に応じて原子力発電所の設備を系統、機器、部品ごとに階層的に整理した設備分類表も参照できる。

JAESSの適用により、以下の効果が得られた。

#### ・分析の迅速化

これまでの手順書ベースの手法を利用して、最終的な結果を得るまでに要する標準的な時間は、2人の分析者で8～16時間（およそ1～2日）であった。本システムでは、これが4～6時間に大幅に短縮された。

#### ・習得の容易化

手順書ベースの講習会はこれまで2日を要したが、本システムでは正味1日に短縮された。また、講習会終了後に実施したアンケート調査によれば、理解度も手順書ベースでの講習会よりも本システムを利用した講習会の方が、格段に上回るという結果が得られた。本システムの操作法は80%以上の参加者が理解し、本システムを実際に利用できるかという点については、70%以上ができると答えている。

J-HPESは、電力業界ばかりでなく、化学、鉄鋼、鉄

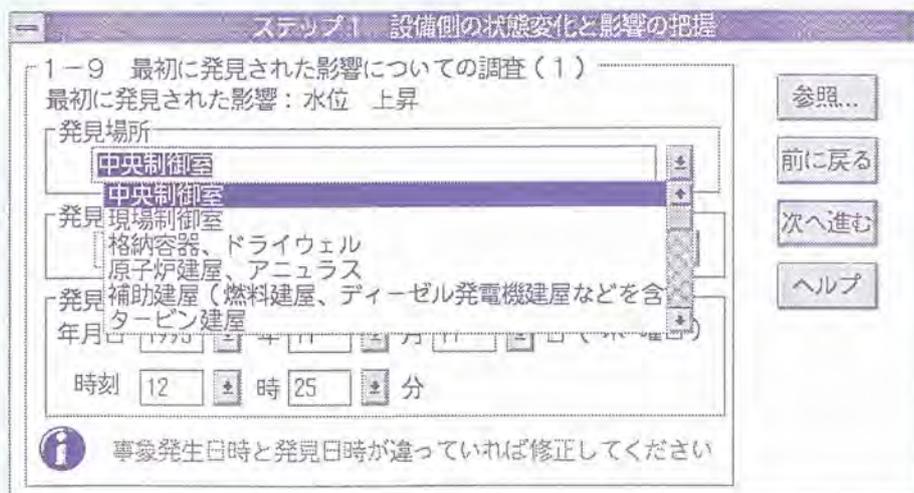


図2-1-6 JAESSの設問形式（選択式）

その事例がいつ、どこで、どのように発生したかといった設問が画面に提示され、選択肢の中から該当項目を選ぶ。画面右の参考情報の「ヘルプ」「参照」は、別ウィンドウで見ることができ、回答を容易にしている。

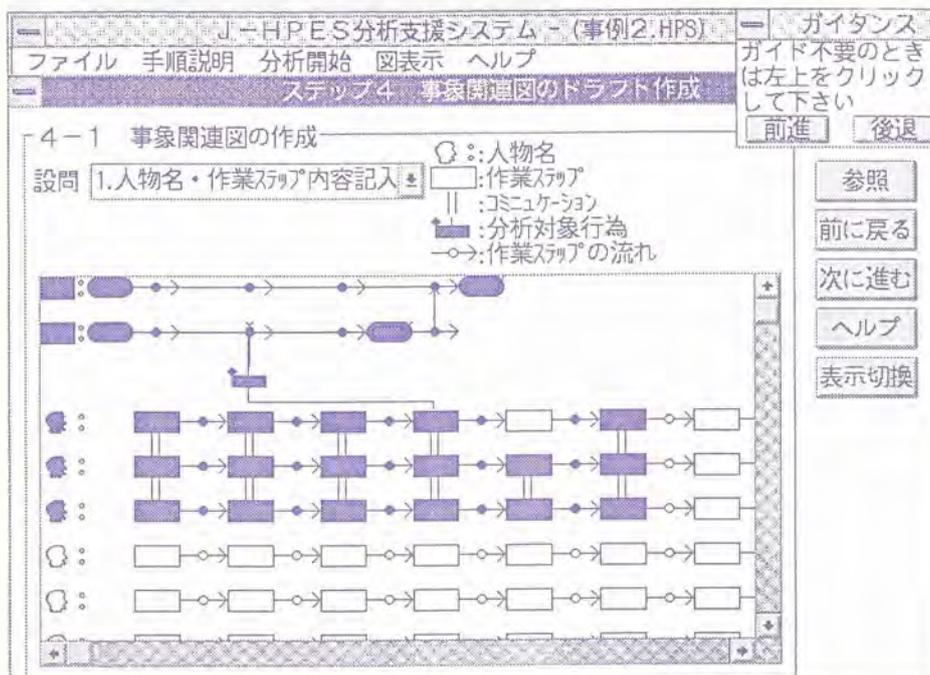


図2-1-7 JAESSの設問形式（作図式）

JAESSの大きな特徴は、他の手法にはない作図式の画面である。作図ツールを利用して、事象がどのような経緯で起きたか（本設問）、なぜ（直接、間接、潜在原因）発生したか、どんな対策が有効かについて、理解しやすい図表が作成できる。

道、航空などの一般産業でも注目され、これまでに手順書を配布した会社は80社を超えている。また、わが国ばかりでなく、台湾や韓国などでも本手法に基づいた手法が利用されつつある。

### 2-1-3 今後の計画

トラブルに関与したヒューマンファクターを分析・評

価した結果は、運転経験の蓄積の観点から貴重なデータである。特に、電力会社として共通的な手法として確立した本手法は、トラブル再発防止にかかわる経験の共有化やその反映に適しているものと思われる。今後は、本手法の定着化と普及を図るための諸活動を充実するとともに、一元的なデータベース化を目指す。

## 2-2 人間行動予測システム

原子力発電所の運転あるいは保守作業に際して起こり得るヒューマンエラーを何等かの方法で予測できれば、未然防止の対策も立てやすい。

そのような観点から、あらかじめ設定したヒューマンエラーに結び付きやすい要因を、作業条件に照らし合わせて事前にチェックすることによって、起こり得るヒューマンエラーのパターンおよび可能性を予測する「人間行動予測システム」を開発した。

### 2-2-1 研究の背景

作業時の人間の行動や行為の説明を試みたモデル研究は、運転操作を対象としたRusmussen<sup>(5)</sup>およびSwain<sup>(6)</sup>のモデルがあり、また保守作業を対象としたMAPPSモデル(MAintenance Personnel Performance Simulation model)<sup>(7)</sup>が著名である。これらはエラー発生過程を定性的に説明したり、確率的に「作業の遂行/実行の成否」を説明する試みであり、「運転・保守作業時のPSF(人間の行動を形成する要因: Performance Shaping Factors)の存在からエラー発生を予測する」ようなモデル開発は皆無に近い。

当研究所では「ある条件下での人間の行動は、医学や生物学の領域で見られるように統計的視点から捉えることが常道である」との観点から、電力共通研究の一環として、「作業時に存在するPSFとエラー発生」との関係を確率的にではなく統計的に捉え、運転のみならず保守作業時のエラーを予測・評価するためのモデル化とそのシステムの実用化を行った<sup>(8)-(11)</sup>。

### 2-2-2 研究の概要

#### (1) 人間行動予測因果モデルの定式化

人間行動予測システムの中核となる予測因果モデルは図2-2-1に示す因果構造となっている。すなわち、運転・保守作業現場に存在するPSF52項目により、エラー要因およびエラー発生要素を経て、最終的にエラーとその割

合(%)および人間が起こす具体的なエラー行為に至るまでの過程を、原因-結果の流れで説明するif-thenルール形式で定式化した。

予測因果モデルは、エラー誘発原因としてのPSF入力部、エラー要因およびエラー発生要素処理部、最終的な予測結果としてのエラー(エラー行為を含む)の出力部の三つの部分から構成される。

予測因果モデルの入力情報となるエラー誘発原因としてのPSFは、表2-2-1に示す5分類52項目から構成され、それらは大きく外部PSFと内部PSFに区別される。

「外部PSF」とは状況に起因するエラー(Situation Caused Error)の原因となるもので、マンマシンインタフェース要因、作業特性要因、組織・体制要因、外的要因の4分類37項目から構成されている。また「内部PSF」とは人間に起因するエラー(Human Caused Error)の原因となるもので、人間の内的要因に関する15項目から構成されている。

入力されたPSFは、次にエラー要因およびエラー発生要素処理部で処理される。

「エラー要因」とは、「その存在により人間にエラー発生のキッカケとして影響する要因」と定義され、17項目からなる。また、「エラー発生要素」とは、「エラー要因の影響を受けて生じる人間の生理的/心理的な不具合」と定義し、こちらも17項目からなる。

最終的な予測結果の出力部では、以下の5種類のエラーの起りやすさおよびそのエラーに該当する具体的な行為の例を出力する。

・感覚器エラー                   : 見逃し等

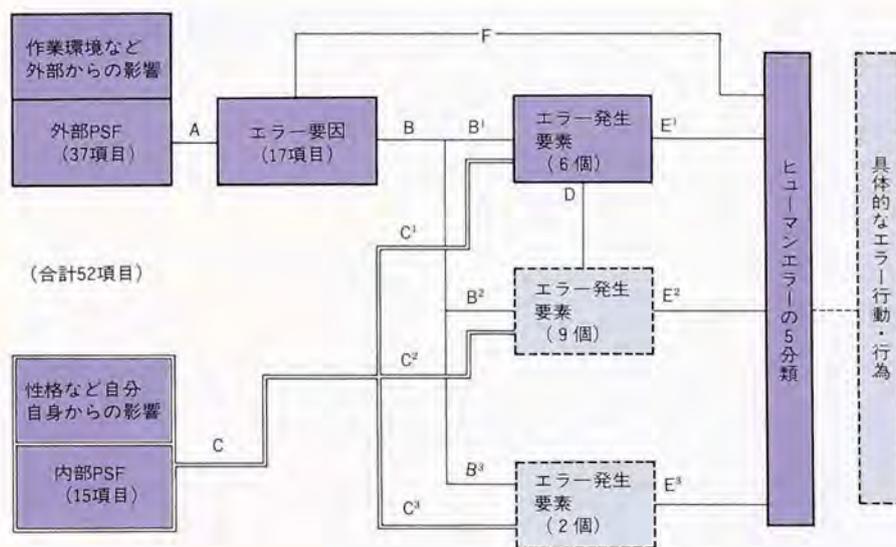


図2-2-1 人間行動予測因果モデルの基本構造

- ・パターン認知エラー：見間違い等
- ・判断エラー：判断の誤り等
- ・決定・指令エラー：確認の間違い等
- ・作業動作エラー：落とす、取り違える等

## (2) 人間行動予測システムのプログラム化

このように定式化された予測因果モデルを人間行動予測システムとしてプログラム化し、エラーなどを具体的に予測するには、予測因果モデル内部の各過程間の関係を数量化する必要がある。このために、各電力会社の協力を得て、以下のようなアンケート調査を実施した。

- ・PSF52項目とエラー発生との因果関係のアンケート

この因果関係は図2-2-1に示した過程「A」および「C」の部分である。電力各社の運転・保守作業のエキスパート約3,500人に対して「あなたの過去の経験や知見から、もしPSF52項目が存在したら、どの程度エラーが発生すると思うか」に関するアンケートを実施した。

- ・エラー要因・エラー発生要素および最終的な予測結果との因果関係のアンケート

上記のアンケートと同様、運転・保守作業のエキスパート約350人に対して、図2-2-1の中の次の過程

- ・エラー要因とエラー発生要素の関係の強さ(B)
- ・エラー発生要素間関係の強さ(D)
- ・エラー発生要素とエラーの関係の強さ(E)
- ・エラー要因と作業動作エラーの関係の強さ(F)

について調査を行った。

これらのアンケート結果を分析することで、人間行動予測システムの適用対象となる作業現場に存在するPSF52項目の存在の有無と程度から、エラー発生割合の予測が可能となった。

## (3) 人間行動予測システムの適用性の検討

当システムは、各電力会社の運転・保守作業のエキスパート約150人に、250件程度の実作業に利用してもらい、その約70%から予測結果に妥当性がある、との高い評価を得ている。

次に、過去に実際に発生した事故事例を予測対象作業に選定し、その作業におけるエラーを予測し、実エラーと予測されたエラーとの一致の程度から当システムの適用性を検討した。

表2-2-1 エラー原因としての「PSF52/5分類」の内容

PSF No.		エラー原因としてのPSFの内容		
外部 P S F	M I 要 因	1-1 装置の表示や指針が見にくい		
		1-2 音声による指示が聞き取りにくい		
		1-3 ハンドル・レバー・スイッチ等の操作具が扱いにくい		
		1-4 作業するときに必要な情報がすぐに見られない、手に入らない		
		1-5 たくさんの情報が同時に与えられる		
		1-6 作業したときの結果が知らされなかったり、遅れて知らされる		
		1-7 工具や器具類が作業の現場に適していない		
		1-8 マニュアルや手順書が不備である		
		1-9 誤った操作をしたときにすぐに訂正したり、簡単に中断できない		
内部 P S F	性 格 な ど 自 分 自 身 の 要 因	2-10 以前のやり方にこだわり、新しい状況に対応しにくい		
		2-11 作業に含まれる危険性を正しく判断できない		
		2-12 作業に対する経験が足りない		
		2-13 個々の作業に対する訓練や教育が不足している		
		2-14 個々の作業経験があっても装置の原理や仕組みについて十分な知識がない		
		2-15 操作や手順の全体の流れや目的が分かっていない		
		2-16 作業者の精神的・肉体的な健康の状態が悪い		
		2-17 作業に対して積極的に努力する姿勢に欠ける		
		2-18 作業者の年齢が高い		
		2-19 作業者の協調性がない		
		2-20 作業者に落ち着きがなく、せっかちな性格である		
		2-21 作業者がのんびりしている性格である		
		2-22 作業者が大胆で、思い切りがよい性格である		
		2-23 作業するときに身体が疲れている		
2-24 結果を重大視して、失敗することを過度に恐れる				
外部 P S F	作 業 特 性 要 因	3-25 めったに起こらない事態でその対応がたまにしかない作業である		
		3-26 時間に追われて急いでやらなければならない作業である		
		3-27 それまでの操作や状態の記録が不完全である		
		3-28 具体的な手順や作業基準や作業目的がはっきり決められていない		
		3-29 指示や命令が人づてで直接伝えられない		
		3-30 作業の過程を客観的にチェックすることができない		
		3-31 作業の過程を確認する方法が一通りしかなく他の方法で確認できない		
		3-32 作業者の経験や理解力を越えた判断が要求される		
		3-33 作業の進み具合や手順を確認する方法がない／決められていない		
		3-34 身体的に無理な動作や姿勢が要求される作業である		
		3-35 保護具などが作業の邪魔になる		
		内部 P S F	組 織 ・ 体 制 要 因	4-36 職場にあえて危険なやり方をとることがもはやされる風潮がある
				4-37 単調な作業に対して気分転換をする機会が与えられていない
4-38 役割分担や責任の所在がはっきりしていない				
4-39 長期間にわたって単調な仕事だけをやらされる				
4-40 作業中に他の用事がはいつて仕事の流れが中断される				
4-41 作業量に比べて人が多すぎる				
4-42 作業量に比べて人が足りない				
4-43 これまでの経験から、指示や命令を直接伝えにくい人がいる				
外部 P S F	外 的 要 因	5-44 作業場の温度や湿度が高い		
		5-45 作業場が寒い		
		5-46 作業場の騒音や振動が大きい		
		5-47 作業場が暗い		
		5-48 作業場所や足場が狭く、不安定である		
		5-49 勤務・作業が開始されて間もない頃		
		5-50 勤務・作業の中頃		
		5-51 勤務・作業の終わり頃		
5-52 深夜や早朝の作業				

① 過去事例中のPSFの抽出と予測システムへの入力

一般産業界で実際に起きた事故事例の中から典型的な事例(高压配管を鉄ノコで切断中、吹き出した「か性ソーダ」により全身の大やけどを負った事例)を選び、その中からエラー原因と思われるPSFを7項目(PSF No.7、8、10、11、13、14、32)抽出し、それらが存在したと仮定し

て人間行動予測システムに入力、当時の状況を予測した。

② 予測結果

人間行動予測システムによる「当時の作業現場の問題のレベル」の予測結果を、図2-2-2に示す。

人間行動予測システムは、作業現場の問題の大きさに対して、3段階の対応規範をもっている。この事例の場

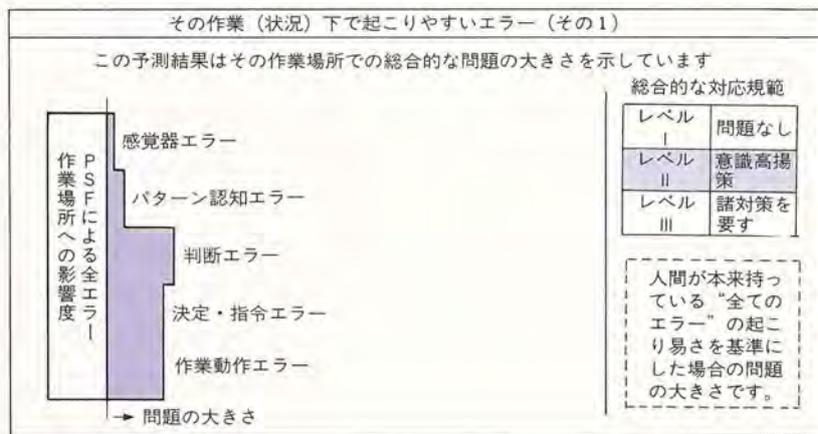


図2-2-2 事故事例における作業場所での総合的な問題の大きさ

事故事例中の作業/場所は、レベルIIと予測された、したがって、事前に意識・効用策などの対策を実施してから作業を開始しないと、何らかのエラーが発生すると判断される。

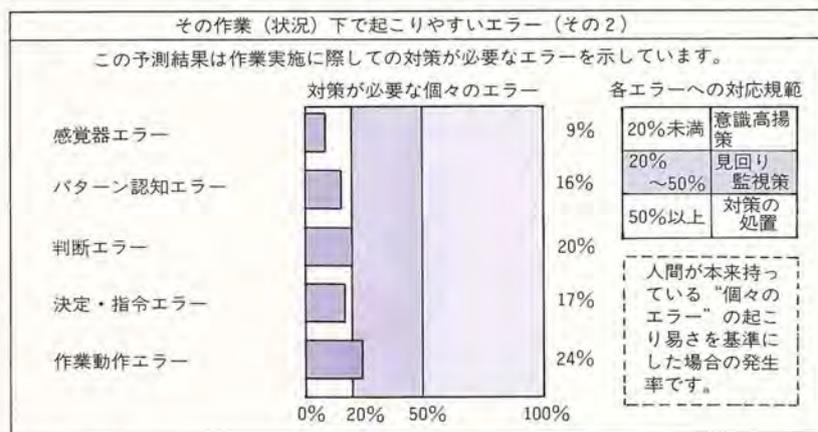


図2-2-3 事故事例における作業実施に際しての対策が必要なエラー（5分類）の予測結果

人間の情報処理系でのエラー5分類のうち、特に、作業動作エラーと判断エラーの発生率が高い、これに対してバトロールなどの積極的な対応が必要となる。

合、当時の作業場所は「レベルII」、すなわち「意識高揚策」など、何らかの対応が必要であったと評価されていることが分かる。

今回用いた過去事例について、エラー行為の5分類から予測した結果を図2-2-3に示す。特に「作業動作エラー」は、明らかにレベルII（エラーの発生割合が20～50%）に該当すると判定している。次いで「判断エラー」

が「レベルII」に近いと予測している。

③ 予測結果の妥当性の検討

予測対象に選定した過去事例を机上にて分析すると、判断エラー（エラー行為：配管内の内圧が高いにもかかわらず、自分の判断で配管上部に切断のための切り口を鉄ノコでつけた結果、そこから「か性ソーダ」が吹き出

した)、作業動作エラー(エラー行為：内圧が高いにもかかわらず、作業員は驚いて、とっさに吹き出し口をビニールで覆った。その結果、吹き出した「か性ソーダ」で全身の大やけどを負った)の2つのエラーが発生したと推測された。これはエラー予測結果とほぼ一致しており、本予測システムの妥当性を示している、と言える。

以上から、当時の事故事例は、もしPSF52項目を事前にチェックし、問題となるPSFの解消など適切な処置を事前に行っていれば、少なくとも「作業動作エラー」や「判断エラー」に該当する人間の「エラー行為」などは、未然に防止できたものと考えられ、本予測システムの開発の必要性が確認されたものと言える。

### 2-2-3 今後の計画

現在、人間行動予測システムは、電力各社の原子力発電所および火力発電所における作業現場の事前チェック、あるいは建設・土木、ガス、石油などの一般産業界で労働安全活動時の共通のツールとして広く利用されつつある。しかし、より一層の活用を図るため、

- ・エラー事故事例／対策事例データベースの構築
- ・上記データベースと人間行動予測システムとの有機的な結合による予測結果の具体性の向上

など、エラー予測結果から過去の類似事象の擬似体験や対策の基礎的情報の提供を目指した研究を推進している。

## 2-3 保守作業支援システム

原子力発電所でのヒューマンエラーの大部分は、施工不良、保守・管理不良等、いわゆる保守・点検作業の不全によるものである。この保守作業分野でのヒューマンエラー低減のため、作業現場での実態調査に基づき、保守作業を支援するツールを開発した。

その一つがハンディターミナルを利用した「保守作業支援システム (CCAM)」である。

### 2-3-1 研究の背景

原子力発電所の定期検査では、被ばく低減や保守作業に対する品質の維持・向上を目的に、原子力特有のニーズに対応した各種の保守用自動化機器を開発し、実用化している。しかし、これらの自動化機器は、大型設備の検査や3K作業を対象にしたものが多く見られる。

一方、近年の原子力発電所における定期検査作業は、運転開始後20年以上を経過した発電所が漸次増加することもあり、発電所の補助設備に対しても品質管理を強化する傾向になりつつある。さらに、近年の社会・経済変化に伴う「熟練作業者の確保難」、「作業者の世代交代」、「技術ノウハウの継承」および「作業者の高齢化」など、保守作業に関連したヒューマンファクター上の諸問題が注目され始めている。

特に、保守業務は運転業務と比較して人間が関与する要素が多く、保守作業者のミスが発電所の信頼性に重大な影響を及ぼすために、点検・検査時の作業ミスの低減と作業性の改善を図る必要が高くなってきている。

そこで、当研究所では89年4月より米国電力研究所(EPRI)との共同研究により「保守作業時のヒューマンエラーの低減と作業効率の向上」を目的とした課題に着手した<sup>(12)~(14)</sup>。

ここでは、その研究成果の一つである「保守作業支援システム(CCAM: Compact Computer Aid for Maintenance)」について紹介する。

### 2-3-2 研究の概要

#### (1) 開発の経緯

原子力発電所の保守作業時に作業ミスをする可能性が高く、かつ作業効率の改善が望まれる作業件名を特定するために、日米の原子力発電所における事故調査報告書およびトラブル関連の各種データベースを調査した。

その結果、発電所に多数設置されている「ポンプ」および「バルブ」の分解・点検作業は、

- ・複数の作業者による共同作業（チーム行動）で行われ、作業者間の情報伝達（コミュニケーション）や関係作業が多く、かつ熟練した高い技能（スキル）が要求されている。
  - ・部品、工具の取付け、計測値の読取り、記録、煩雑な計算、許容値との比較など、確認・判断を要する作業ステップが多い。
  - ・設置場所の空間が狭いため作業動作に制約を受けやすく、場所によっては防保護具を着用する必要があるなど、作業環境が厳しいことがある。
  - ・作業記録のデータ整理や作業報告書（検査記録）の作成には手間を要し、転記ミスが生じやすい。
- などの諸問題があるため、その改善を図る必要性が高いことが判明した。

#### (2) システムの設計

保守作業支援システムの開発に当たり、ポンプおよびバルブの分解・点検作業について、実際の原子力発電所

で詳細なタスク分析を行い、その作業特性を把握した。その結果、「計測値データの記録作業」、「計測値データの判定作業」、「計測値データの計算作業」、「履歴データの参照作業」、「作業報告書の作成作業」の5種類の保守作業を支援対象とし、これらの保守作業での作業ミスの低減と作業効率の向上を図るために、耐久性に優れたハンディターミナルとデジタル式計測器を組み合わせた支援システムを開発することとなった。

本システムの構成は次の通りである。

・ハードウェア

ハードウェアは耐環境性、操作性、汎用性、拡張性および経済性を評価し、米国製のハンディターミナル(PARAVANT社製RHC-44E)を採用した。そ

の特徴は、米軍の仕様(MIL-STD-810D)を満たし、手袋着用時でも使用可能なキーボード、堅牢かつ耐塵耐湿の設計、バッテリーによる長時間動作など、保守作業に適した仕様を備えている。また、外部インターフェースとしてRS-232C、RS-422などの標準的な機能が使用できる。表2-3-1に保守作業支援システムの仕様を、図2-3-1にシステムの構成を示す。

・ソフトウェア

オペレーティングシステム(OS)は、パソコンで普及しているMS-DOS 5.0を採用し、プログラムの開発には、BASIC、FORTRAN、Pascal、Cなど各種の汎用言語が利用できるようにした。

表2-3-1 保守作業支援システムの仕様

項目	仕様
C P U	16 bit IBM 互換
メモリ	1 Mbyte RAM (内蔵)
表示部	10行×20文字 (12ドット)
キーボード	バックライト付ラバーキーボード
O S	MS-DOS Ver.5.0
電源	バッテリー：10～12 hr
動作温度	-33～63°C
耐衝撃性	1mからの落下可
耐水性	水、油等の飛沫可
重量	1.2 kg
寸法	165W、254D、38H <sup>1)</sup>

3) 利用形態

図2-3-2に示すように、事務所内のパソコンと現場内のハンディターミナルとはモデム(電話回線)で接続されているため、放射線管理区域からの測定記録データなどの持ち出しに要する手間や手続が不用となる。

また、パソコン側にはデータベース機能があり、点検データの特性把握などの設備履歴の管理的業務が行える。

4) 支援機能

ポンプの分解・点検作業を支援する機能としては、表2-3-2に示す内容をC言語でプログラム化した。また、各

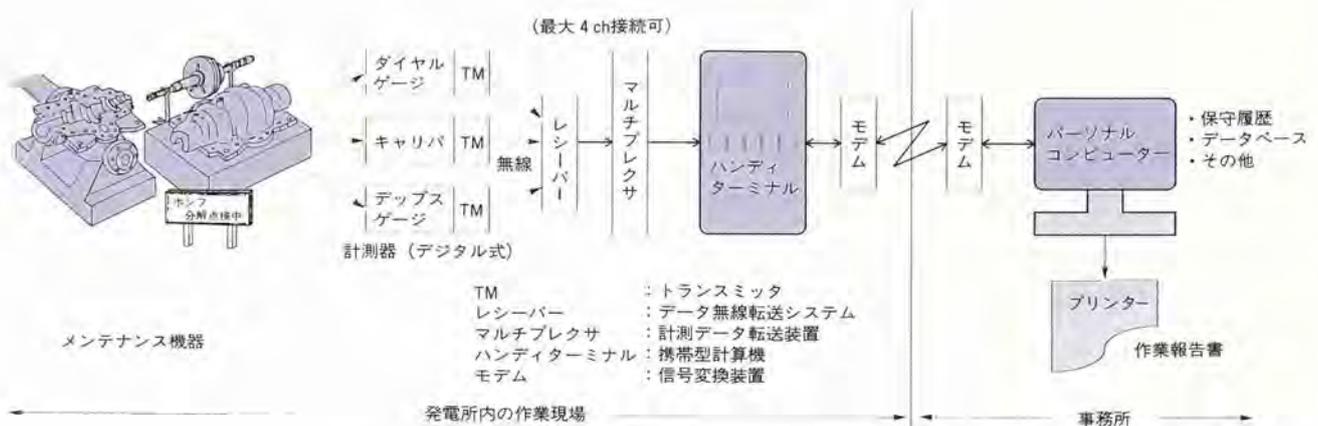


図2-3-1 保守作業支援システムの構成



図2-3-2 保守作業支援システムの利用形態

作業現場（発電所内）の保守作業支援システムと事務所（発電所外）のパソコンとの接続は、モデム（電話回線）により行う。計測器からのデータ計測は、有線または無線による自動計測機能（最大4ch）が使用できる。

表2-3-2 保守作業支援システムの機能（評価用）

	保守作業件名	支援機能
ポンプ・メニュー	・主給水ポンプ分解点検	・分解前の計測値データ記録 ・アライメント（芯出し）計算 ・許容値判定／調整ガイダンス
	・補助給水ポンプ分解点検	・組立時の計測値データ記録 ・前回までの計測値データ参照

機能は、機能別に色別した操作キーと階層化した処理メニューの組合せによるユーザーインターフェースに統一し、誰でも適切な機能が利用できる動作環境を提供している。さらに、保守作業支援システムを工具的なものとして使うために、操作性にかかわる対話機能として、

- ・入力データ（計測値データ）のチェック
- ・操作エラーに対する警告
- ・保守作業の手順書に準拠した表示画面
- ・レジューム（電源断画面からの再起動）機能

などを考慮している。

#### 5) 使用例（横置小型ポンプ）

通常、ポンプの分解点検時には、駆動源のモータとのアライメント（センターリング）調整が必要となる。こ

のアライメント調整が不良の場合、軸応力、振動、軸受摩擦およびカップリング摩擦が発生するため、特に高い精度が要求されている。アライメント調整にはレーザーを用いた最新の調整法も実用化されているが、多くは従来からの簡便なダイヤルゲージを用いた調整法（「片回し法」または「共回し法」）により作業を行っている。

試作したポンプのアライメント調整に関する支援機能を評価するために、米国のPacific Gas & Electric社のDiablo Canyon（PWR）プラントと、Washington Nuclear Power Supply System社のWNP-2(BWR)プラントの協力を得て、停止期間中の実機プラントで評価試験を行った。

評価項目は現場作業者と監督者を対象に、保守作業支援システムに関する有効性、操作性、利便性など、約100項目に及ぶ項目をアンケートにより評価した。また、わが国の電力会社の協力を得て、保守訓練用ポンプを用いてインストラクターなどによる評価もあわせて実施し、以下の結果を得た。

#### ① 作業ミスの低減について

作業ミスの低減として最も高く評価された内容は「計算作業」であり、計測値データの記録・判定、履歴デー

タの参照に関してはミスの低減にあまり関与していない、と評価された。

#### ② 作業効率の改善について

「計算作業」、「計測値データの記録」、「データ整理」および「作業報告書作成」に対して作業効率の改善が認められた。

#### ③ 操作性について

保守作業手順に準拠した表示画面や計測値データの妥当性チェック機能など、分かりやすいユーザーインターフェースである、と評価された。一方、ハードウェアに関しては、日本での評価者からカタカナ表示の漢字化と装置の軽量化の二点が、改善要望として出された。

#### ④ その他

「ポンプ」の保守作業以外に、作業の合理化が望まれる他の保守作業（例えば、バルブ分解点検、計測機器・記録計の校正作業等）への適用の要望が出された。

### 2-3-3 今後の計画

開発した保守作業支援システムは、原子力発電所の保守作業を支援する工具的発想に基づく業務の機械化であり、実機プラントでの評価試験などから、ポンプの分解点検作業についての

- ・作業ミスの低減
- ・作業効率の向上
- ・点検・検査データの一元管理

について有効であることが確認できた。

今後は、評価試験で指摘された表示画面の漢字化やその他の支援機能の整備を行い、早期に実用化を図る計画である。また、他の保守作業にも、プログラムの変更だけで容易に拡張できる見通しを得ており、現場の要望に応じた対応も可能と考えている。

第 5 章

5

ヒューマンファクター  
情報のデータベース化



### 第3章 ヒューマンファクター情報のデータベース化 ● 目次

ヒューマンファクター研究センター 主任研究員 高野 研一  
ヒューマンファクター研究センター 主任研究員 藤本 順三  
ヒューマンファクター研究センター 担当研究員 鈴木 智宏

3-1	ヒューマンファクターデータベース .....	51
3-2	ヒューマンエラーの「事例と対策」集 (Caution Report) .....	57

---

高野 研一 34ページに記載  
藤本 順三 8ページに記載  
鈴木 智宏 34ページに記載

## 3-1 ヒューマンファクターデータベース

学際的なヒューマンファクター研究では、広範囲に及ぶ情報や関連するデータを系統立てて収集、整備しておき、特定の情報が必要になった時に、迅速に検索、集約できる形になっていることが望ましい。

このような観点から、ヒューマンファクターに関連する種々の情報やデータを収集、整備し、電気事業者が共通に使えるヒューマンファクターデータベースを構築した。

### 3-1-1 開発の背景

ヒューマンファクターによるトラブルの防止や安全対策には、広く各方面のトラブル事例を集めて教訓を得ることが大切である。しかし、トラブル事例に関する情報は種々の事情があって収集することが難しく、他社のトラブル情報は知りたいが、自社のトラブル情報は公表したくないといったケースが多い。

特に、事例にかかわった担当者が変わると部外者にはほとんど利用できずに、情報が活用されにくい状況にある。

また、日々発生しているヒヤリハット事例やトラブル事例は、ともすれば現在の情報洪水の中に埋もれてしまい、必要な時に探し出そうとしてもなかなか見つからず、貴重な情報がすぐに忘れられやすい。

当研究所では、上述の諸問題を少しでも改善すべく、種々の情報を網羅的に収集するとともに、そのデータベース化を進めてきた。

以下に、これまで構築・整備してきた各種のデータベースについて紹介する。

### 3-1-2 データベースの概要

#### (1) データベースの全体構成

原子力分野におけるヒューマンファクター研究を効率的に推進すること、およびヒューマンエラー防止にかかわる技術情報を電力各社へ円滑に伝達することを目的に、

当研究所は88年よりデータベースの開発・整備を進め、これまでに図3-1-1に示すような四つのデータベースを構築している<sup>(1)</sup>。

これらの各データベースの内容は、次の通りである。

#### ① 事例分析データベース

- (イ) 原子力発電所の運転員、保守員などから現場作業時に「ヒヤリとした、ハットとした」、いわゆるニアミス事例を収集した「ヒヤリハット事例調査データ」
- (ロ) ヒューマンエラーの発生率に影響するような各種要因(52項目)について原子力発電所の運転員、保守員などを対象に調査した「人間行動形成要因(PSF: Performance Shaping Factors)調査データ」(2-2節参照)
- (ハ) 原子力発電所で発生したヒューマンファクターによるトラブル事例をヒューマンファクター分析・評価手法(J-HPES)(2-1節参照)で調査した「J-HPESデータ」
- (ニ) 魅力ある原子力保守産業を探るためにメンテナンス関連企業を対象に、その現状把握を行った「保守産業調査データ」
- (ホ) 原子力発電所の保修作業に携わる職種を対象に「技術、知識、意識」の側面について調査した「保修業務調査データ」

#### ② 良好事例データベース

- (イ) 原子力発電所や他産業で、ヒューマンエラー防

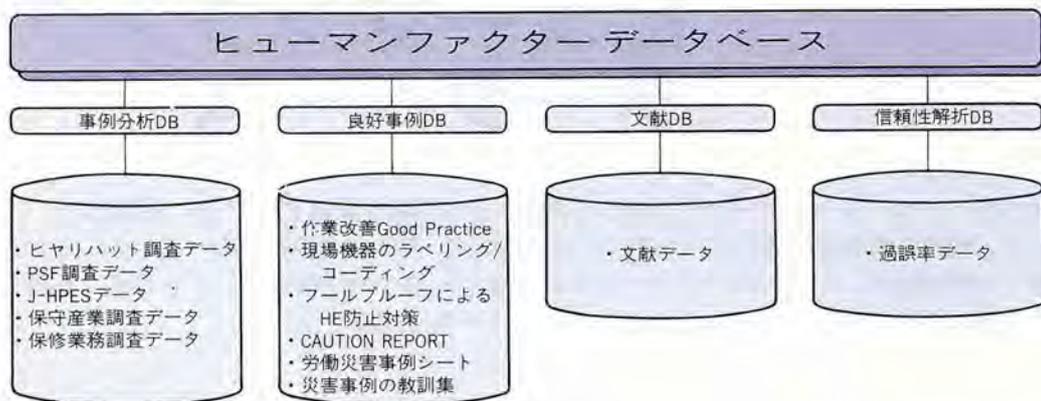


図3-1-1 データベースの全体構成

止のために考案、工夫した改善事例を収集した「作業改善Good Practiceデータ」

- (ロ) 原子力発電所の機器、施設などを対象に視覚・触覚情報によって機器・作業場所などを識別・理解するために恒常的に取り付けられている（書いてある）簡明な説明文（記号・番号、シンボル等）または標準化の事例について収集した「現場機器のラベリング・コーディングデータ」
- (ハ) 原子力発電所のヒューマンエラー防止対策事例を収集した「フルプルーフによるヒューマンエラー防止対策データ」
- (ニ) ヒューマンファクターによる米国原子力発電所のトラブル事例をイラスト化した「CAUTION REPORTデータ」（3-2節参照）
- (ホ) 一般産業における労働災害やその教訓などの事例を収集した「労働災害事例シートデータ」、「災害事例の教訓集データ」

### ③ 文献データベース

内外のヒューマンファクター問題（人間特性、教育訓練、手順書、発電所の組織・運営・管理、人間信頼性評価手法等）にかかわる研究論文、資料、書籍などを研究分野別に16分類し、結論を重視した独自の抄録データと原文データを収録した「文献データ」

### ④ 信頼性解析データベース

米国の原子力規制委員会（NRC）が原子力発電所の確率論的安全評価（PSA）における人間側の信頼性データとして活用する目的で整備した「過誤率データ（NUREG/CR-1278, NUREG/CR-4639等）」

## 2) データベースの特徴

### ① システム構成

本データベースは、図3-1-2のシステム構成図に示すようにワークステーション（WS）、パソコン（PC）および電子ファイリングシステム（EFS）の三つの装置で構成している。

データベースが取り扱うデータタイプ（形式）は、「数値データ」、「テキストデータ」の他に「画像データ」の計3種類がある。

具体的には、アンケートデータのような膨大な数値データは、多角的な分析を行うために高度な集計や統計処理が要求される。また、その分析結果をビジュアルな図形表示に変換して、理解しやすくすることが望まれる。このため、本データベースでは「リレーショナルデータベース（RDB）」およびRDBのデータファイルと互換性がある「グラフ作図ソフトウェア」の組合せによってデータベースを構築している。

一方、発電所の作業環境などを撮影した写真や図面情

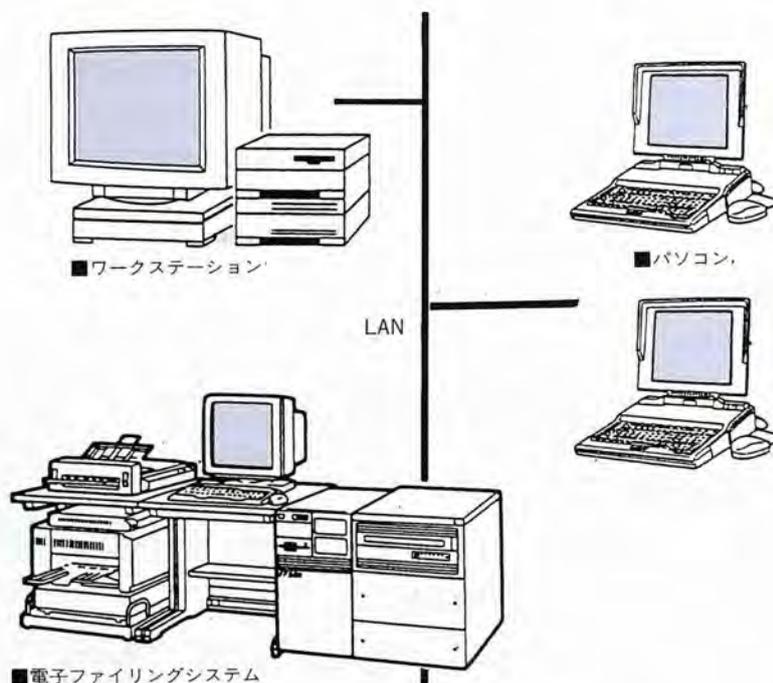


図3-1-2 データベースのシステム構成

表3-1-1 データベースの収録内容（1995年1月現在）

事例分析データベース		
No.	D B 名称	収録件数
1	ヒヤリハット調査データ	3,341件
2	PSF調査データ（解析用）	3,500件
3	PSF調査データ（文献用）	180件
4	J-HPES分析評価データ	51件
5	保守作業環境調査データ	106件
6	保守業務調査データ	2,560件

良好事例データベース		
No.	D B 名称	収録件数
1	作業改善 Good Practice	146件
2	現場機器のラベリング・コーディング	48件
3	フルブルーフによるHE防止対策	83件
4	CAUTION REPORT	61件
5	労働災害事例シート	100件
6	労働事例の教訓集	40件

文献データベース		
No.	D B 名称	収録件数
1	文献データ	1,928件

信頼性解析データベース		
No.	D B 名称	収録件数
1	過誤率データ（検索システム）	約600件

報については、画像データとして取り扱うため、写真、図面をイメージ・スキャナで読み取り、色補正やサイズ変更などの修正処理を「グラフィックス・ソフトウェア」で行った後に、原情報をデータベース化している。

② データベースの収録内容

データベース化した各種の情報は、種々の目的のために収集されたデータであり、その内訳は、表3-1-1に示すように、

- ・事例分析データベース関連 約9,750件

- ・良好事例データベース関連 約 480 件
- ・文献データベース関連 約 1,930 件
- ・信頼性解析データベース関連 約 600 件

である。

「良好事例データベース」および「文献データベース」の検索結果表示例を図3-1-3、図3-1-4に示す。

### ③ データベースの利用状況

原則として、これらデータベースは当研究所内に端末を設置し、利用する形態をとっている。

各データベースのうち、国内外のヒューマンファクターにかかわる文献、資料など収録した「文献データベース」は電力各社からの問い合わせに有効に活用されている。

## フルプルーフによるヒューマンエラー防止対策

94/Dec/16

ID番号: 19-49  
登録日: 94/08/23

機器装置: 件名: スイッチを押し間違える

設置場所分類:

- 中操
- 現場
- その他

管理区分:

- 運転
- 補修
- その他

分類:

- 起動防止
- ロック機構
- ガード機構
- 形状限定
- その他

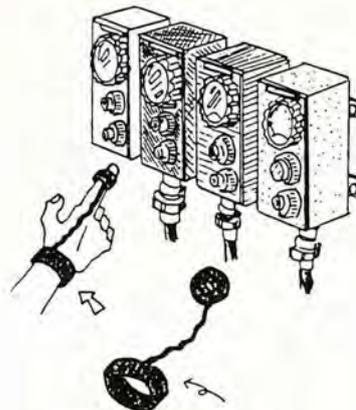
設置場所: 化学プラント

改善前の問題点: いくつかある系列の中で、ある系列だけを停止する作業をしていて、スイッチ・ボタンを押し間違い運転中の他系列の機器を停止させてしまった。(○スイッチ・ボックスは系列別ではなく機器別に並んでいる。○短期間の作業では表示を見落とししたり、対象を間違えやすい。)

改善内容: すべてのスイッチ・ボックスを系列別に色分けし、系列別に専用のフィンガー・リストバンドを作成した。系列別に運転を開始したり、停止したりするときは専用のフィンガー・リストバンドを取り付け、指先のバンドとスイッチの色が同色であることを確認しながらスイッチを押していく。操作チェック・シートも系列別に色分けした。

改善の効果: 文字や記号だけの表示よりも、色やかたちを変えることで識別しやすくなったため、間違いが防げた。

備考:



フィンガー・リストバンド

図3-1-3 良好事例データベースの検索結果表示例

内容分類	K 0 0 ヒューマンエラーの事例			
出典分類	0 3 学術資料（会議資料）			
国	U S A アメリカ合衆国			
登録番号	1993-01756			
タイトル	和文	ヒューマンパフォーマンス関連事象の調査		
	原文	INVESTIGATION OF EVENTS INVOLVING HUMAN PERFORMANCE		
出典	PROCS OF THE HUMAN FACTORS SOCIETY 35TH ANNUAL MEETING-19			
発行年月日	1991 年 月 日			
出版事項	巻		号	
	頁	655 ~ 658		
	頁数	4	図数	
	表数		写真数	
	サイズ	A4	言語	E N 英語
著者 所属機関	G.WEST, JR. NRC 原子力規制委員会（米）			
	R.J.ECKENRODE NRC 原子力規制委員会（米）			
	P.C.GOODMAN NRC 原子力規制委員会（米）			
内容概要	<p>NRCスタッフは、1990年1月の事象（100%出力運転中に炉容器水位低により自動トリップ）、同年3月の事象（低温停止中に全ての重要なAC電源が喪失）、同年7月の事象（感電死事故）、および1991年3月の事象（1次系の水が急激に失われて運転中の低圧ポンプがキャビテーションを生じたため、崩壊熱除去系が喪失）の4件の事象の調査を行った。この調査の目的は、関係したヒューマンエラーの根本原因を明らかにすると共に、その発生の確率を低減する方法についてガイダンスを示すことであった。この調査の経験から、1) 事象におけるヒューマンパフォーマンスの調査では、重要な原因や要因を見逃さないように、且つ知見の信頼性を高めるために系統的なアプローチが必要になる、2) 事象調査のシステムズ・アプローチは、ヒューマンパフォーマンス事象の再発の可能性を小さくする是正措置を明らかにするのに有用な枠組みを提供する、3) 不適切な手順書、コミュニケーション、訓練およびラベリングはヒューマンパフォーマンス関連事象の最も重要な要因のように思われる、という教訓が得られた。NRCスタッフは今後、新たに開発されたヒューマンパフォーマンス調査プロセス（HPPIP）を用いて事象の調査を行うことになっている。</p>			
【キーワード】 事例分析 根本原因 コミュニケーション ラベリング	【キーワード】 ヒューマンパフォーマンス 手順書 訓練			
(財) 電力中央研究所ヒューマンファクター研究センター		連絡先	03-3480-2111 EX.649	
		担当者:	藤本	

図3-1-4 文献データベースの検索結果表示例



図3-1-5 ヒューマンファクター文献情報（四半期毎に発行）

「文献データベース」に収録した抄録については、その有効活用を図るために図3-1-5に示す「ヒューマンファクター文献情報」として小冊子に取りまとめ、四半期ごとに電力各社に配付している。

一方、ヒューマンエラーのトラブル事例を収集した「J-HPESデータ」は、情報管理などの理由により、電力会社の共有財産的な相互利用の状況に至っていない。

また、他のデータベースについては、各課題の検討や種々の調査分析に利用されている。

### 3-1-3 今後の計画

ヒューマンエラーによるトラブル未然防止の観点から、ヒューマンファクター問題にかかわる各種情報源をデータベース化し、これを有機的に結合して、ヒューマンエラー分析の総合化に少しでも寄与できる形で、今後もデータベースの充実を進めて行く予定である。

さらに、将来的には原子力だけでなく火力、水力、配電などの電気事業全体を包括したヒューマンファクターに関する情報発信基地の実現を目標に、本データベースの拡充・整備と、その利用範囲の拡大を考えている。

## 3-2 ヒューマンエラーの「事例と対策」集(Caution Report)

ヒューマンエラーは、しょせん人の起こす誤ちであり、この種のエラーは作業前の本人の自覚によっても、ある程度は防げるものである。このような自覚あるいは意識の高揚を促す手段として、過去のヒューマンエラー事例とその対策等をイラスト化したリーフレットおよびポスター「CAUTION REPORT」を定期的に発行している。

### 3-2-1 研究の背景

ヒューマンファクターに関する問題は電力業界にとって、十分に注意を払うべき問題の一つである。その対応策の一環として、ヒューマンエラー事例から学んだ教訓を現場にフィードバックし、類似事象の再発防止を作業

者レベルの意識に直接訴える方法が求められている。

当研究所では、これを実践するため、イラスト中心の事例および対策等を紹介したリーフレットを87年より「Caution Report」(A4版)として発行(図3-2-1参照)、現在、No.61までを電力会社など関係各所に配布している。

### Caution Report 60

#### 先入観



#### 作業状況

保修作業員が担当していた停電中のコントロールセンター(C/C)の作業が終了したため、他のC/C作業を形勢することになった。彼は、先の作業と同じ作業状況(停電中)であろうと考えて作業に取りかかった。しかし、当該C/Cの一部は通電中であり、彼は、充電部に触れて感電してしまった。

#### 問題点

- 保修作業員は当該C/Cも停電中作業であるという先入観をもっていたこと
- 作業直前にC/Cの一部が通電中であることが伝えられていることがあったこと
- C/Cの充電部表示が不明瞭であったこと

#### 対策

- 進行中の作業に加わる際には、機器状態を十分把握してから作業に取りかかる
- 監督者は新たな作業員を加える際は、事前に実施すべき作業、安全管理についてのミーティングを実施する
- C/Cの充電部を明確にするよう表示する

## HFC

発行元——新しい安全思想の確立へ  
財団法人 電力中央研究所  
ヒューマンファクター研究センター



LEADS  
L: LEADS (LIFE-SAVING) REPORTS  
A: A4 (A4) REPORTS  
S: SAFETY REPORTS

図3-2-1 トラブル防止に効果的なCaution Reportの一例

表3-2-1 INPOの事例集 (LIFTED LEADS) のテーマの具体例

その 1 1988年 3月発行	その 2 1988年12月発行	その 3 1989年 6月発行	その 4 1991年12月発行	その 5 1993年 2月発行
<ul style="list-style-type: none"> <li>作業体制と作業工程</li> <li>確認と是正</li> <li>ニアミス</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業の中断</li> <li>作業要領と手順書</li> <li>コミュニケーション</li> <li>作業場所と環境条件</li> <li>トレーニング</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ラベル</li> <li>対象間違い</li> <li>タグ管理システム</li> <li>行動</li> <li>経験・習慣・苦手意識</li> <li>ニアミス事象</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業忘れ</li> <li>作業終了確認</li> <li>交替</li> <li>原子炉スクラム</li> <li>ストレス</li> <li>自己チェック</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>口頭によるコミュニケーション</li> <li>プラント停止時作業</li> <li>管理方法</li> <li>セルフチェック</li> <li>ニアミスと潜在的問題</li> <li>セルフチェックの必要性</li> </ul>

### 3-2-2 Caution Reportの概要

#### (1) Caution Reportで題材としている事例

「Caution Report」は米国原子力発電運転協会 (INPO) が収集したHPES (Human Performance Enhancement System) データの中から、代表的な事例をテーマごとに記述した事例集 (LIFTED LEADS) をもとに作成している。

INPOの発行している事例集は、HPESにより収集されたヒューマンファクター問題について、そこから得られる教訓を広く一般に伝えるために発行している刊行物である。その内容は、ヒューマンファクターにかかわる「状況と実話」、「どのように問題が解決されたか」について、その要約を掲載しており、各号ごとに別々のテーマが扱われている。テーマを表3-2-1に示す。

#### (2) Caution Reportの内容および配布状況

「Caution Report」は、事例集 (LIFTED LEADS) で紹介された事例を、分かりやすさ、ストーリー性、問題点の明確化などの観点から再構成し、

- 内容を端的に表現した「イラスト」
- ヒューマンファクターの関与した状況を説明した「作業状況」
- ヒューマンファクターの観点からの原因を述べた「問題点」
- どのように改善したかを示した「対策」

の四つの部分に集約して、一つのレポートにまとめたものである (表3-2-2参照)。

また、適宜、掲示板に張り出し、掲示効果を高めるためにポスター版も作成している。

#### (3) Caution Reportファイル

「Caution Report」は各所から好評を得ているが、一方で、それまでに発行した「Caution Report」をひとまとめにした資料の作成やバックナンバーの送付等の要望も寄せられた。これにこたえるため、92年には「Caution Report」を一冊の小冊子に取りまとめた「Caution Reportファイル」を作成した (図3-2-2)。

「Caution Reportファイル」の構成は、各発電所においてヒューマンエラー防止のための危険予知活動、作業前ミーティング、教育訓練、所内安全活動などの際により有効に利用できるように、

- ① タイトル一覧
- ② 作業別分類
- ③ キーワード分類

に分類し、体系的な活用ができるようにしている。

### 3-2-3 今後の計画

今後も、ヒューマンエラー防止活動の一環として、少しでもヒューマンエラー低減に役立つ、よりよい資料として活用できるよう、「Caution Report」を定期的に発行していく計画である。

表3-2-2 最近の Caution Report (No.54 ~ No.61)

No.	表 題	作 業 状 況	問 題 点	対 策
54	追加作業	ある計器の調整作業が行われているとき、運転員が他の計器にノイズが発生しているのを発見した。そこで、作業終了後、ノイズの再確認のため、もう一度作業を実施することになった。ところが、運転員が作業前準備として必要な計器のバイパス操作を実施する前に、作業員が作業を開始したため、予定外の機器が動作してしまった。	<ul style="list-style-type: none"> <li>●追加作業についての作業手順書がなかったこと</li> <li>●作業員と運転員の意思の疎通がうまくはなされていなかったこと</li> <li>●作業員が早く作業を終了させようとして、作業前準備の完了を確認しなかったこと</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●追加作業についての作業手順書を作成する</li> <li>●追加作業を実施する際は関係者全員で作業手順、担当者等の再確認を実施する</li> </ul>
55	予期せぬ警報	ディーゼル発電機(D/G)のテストを命ぜられた運転員が手順書を手に現場に向かった。彼がテストの準備としてD/Gのモードスイッチを「自動」位置から「自動起動不能」位置にしたとき警報(設計通り)が発生した。しかし、彼はこれに驚き、慌てて「警報確認」ボタンと間違えてD/G「起動」ボタンを押してしまった。	<ul style="list-style-type: none"> <li>●当該テストを1年以上経験していなかったこと</li> <li>●操作前の手順の確認が曖昧で警報の発生を予期していなかったこと(手順書には警報について記入されていた)</li> <li>●警報内容の確認も指差呼称もなく慌ててボタンに手を付けたこと</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●テスト実施時の人員配置(経験、能力など)の確認</li> <li>●現場での操作前に手順、操作留意点、注意事項などの再確認を実施する</li> <li>●操作前の指差呼称の徹底</li> <li>●「起動」ボタンに誤操作防止用のカバーを取り付ける</li> </ul>
56	ベテラン	ベテラン作業員がある弁の制御回路の点検を実施していた。その際、彼は、作業要領書に指示されていない、制御回路のある接点を開放して作業を実施した。しかし、彼は作業終了後に開放した接点を復旧するのを忘れてしまった。	<ul style="list-style-type: none"> <li>●作業要領書に記載されていない「接点開放」を独断で行ったこと</li> <li>●作業に慣れてしまったため、作業手順を軽視していたこと</li> <li>●作業終了時の確認が不足していたこと</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●作業要領書記載以外の手順を実施する場合は、必ず監督者に連絡する</li> <li>●ベテラン作業員に対する初心教育(作業要領書の遵守、基本動作など)の再実施</li> <li>●作業前、作業後の確認を徹底する</li> </ul>
57	交換部品	ある配管のフランジ部よりリリークが発見された。そのため分解点検を実施したところ、当該フランジ用のものと仕様の違うガスケット(前回点検時に取り替え実施)が取り付けられていた。	<ul style="list-style-type: none"> <li>●前回点検時に交換部品の確認不十分から仕様の違うガスケットを取り付けたこと</li> <li>●交換部品を受け入れた際、部品の確認が不十分であったこと</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●作業実施前に機器の交換部品を要領書、図面などで再確認する</li> <li>●部品受入れの際は、台帳と照合し、部品(仕様、材質、サイズなど)の確認を確実に実施する</li> </ul>
58	リーダーの役割り	ある機器の故障によるトラブリングが発生し、制御室に対処操作を実施していた。この時、運転員のリーダーである当直長までもが、対応操作に加わってしまった。このため、プランニング状態を統括的に把握するリーダー不在という状況になっていた。	<ul style="list-style-type: none"> <li>●当直長が積極的に参加してしまい、リーダーとしての職務を果たしていなかったこと</li> <li>●当直員間における役割分担が明確になっていなかったこと</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●運転、保守作業を問わずチームにて作業を実施する際の、リーダーの役割、職務を再確認するよう指導する</li> <li>●運転操作訓練の充実</li> <li>●当直員のトラブリング時の役割分担を明確にしておく</li> </ul>
59	ホウ・レン・ソウ	現場モニターをチェックしていた管理者が、ある記録計の指示値が若干高いことを発見した。調査したところ、しばらく前から指示値に変化があった。そこで、定期的に記録採取している補助員に確認したところ、指示値の変化に気づいてはいたが、わずかな変化だったので、報告しなかったとのことであった。	<ul style="list-style-type: none"> <li>●指示値の変化に気づいてはいたにもかかわらず、管理者に報告しなかったこと</li> <li>●補助員がモニター指示値上昇の重大性を確認していなかったこと</li> <li>●補助員が記録を取ることだけが業務だと考えていたこと</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●ホウ(報告)レン(連絡)ソウ(相談)を確実に実施するよう指導する</li> <li>●作業要領書(手順書)に異常発見時の対処(連絡体制など)を明記する</li> <li>●業務内容の周知徹底</li> </ul>
60	先入観	保守作業員が担当していた停電中のモニターコントロールセンター(MCC)の作業が終了したため、他のMCC作業を応援することになった。彼は、先の作業と同じ作業状況(停電中)であろうと考えて作業にかかった。しかし、当該MCCの一部は通電中であり、彼は、充電部に触れて感電してしまった。	<ul style="list-style-type: none"> <li>●保守作業員は当該MCCも停電中作業であろうという先入観をもっていたこと</li> <li>●作業着手前にMCCの一部が通電中であることが伝えられていなかったこと</li> <li>●MCCの充電部表示が不明瞭であったこと</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●進行中の作業に加わる際には、作業状況を十分把握してから作業に取りかかる</li> <li>●監督者は作業に新たな作業員を加える際は、作業前に実施すべき作業についてのミーティングを実施する</li> <li>●MCCの充電部表示を明確にする</li> </ul>
61	隔離ミス	バルブの取り替え作業のため系統の隔離が行われた。作業員は弁蓋ぎ手の取り外し作業に取りかかったところ、突然、大量の水が吹き出し、周辺装置・床がずぶ濡れになってしまった。これは、このバルブが隔離されておらず、ポンプが運転中であつたためであった。	<ul style="list-style-type: none"> <li>●隔離系統図において当該バルブが隔離されていなかったこと</li> <li>●作業計画者は1人で隔離系統の確認を行ったこと</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●作業計画者は隔離系統図に色付けを行い、隔離範囲がすぐに分かるようにする</li> <li>●作業実施前に、作業管理者は、作業計画者・作業員を含めて隔離系統のチェックおよび作業の打合せを行う</li> </ul>

出典：米国原子力発電運転協会事例集より

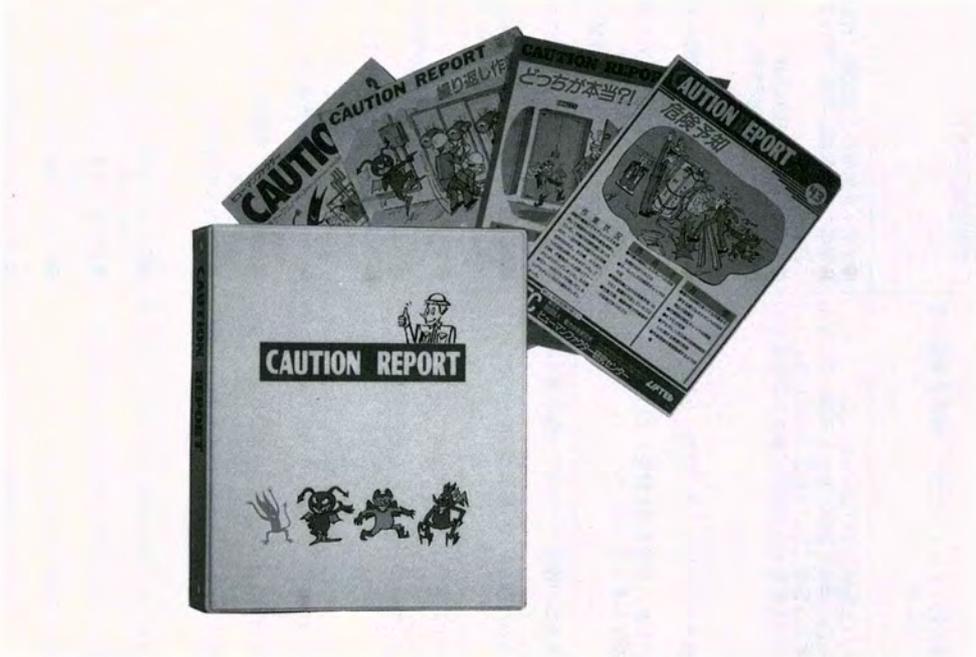


図3-2-2 Caution Reportファイル

# 第 4 章

## 人間行動のモデル化と 人間信頼性の評価



## 第4章 人間行動のモデル化と人間信頼性の評価 ● 目次

ヒューマンファクター研究センター 研究主幹 吉村 誠一  
ヒューマンファクター研究センター 主査研究員 長坂 彰彦  
ヒューマンファクター研究センター 担当研究員 佐相 邦英

4-1	運転員の行動シミュレーション .....	64
4-2	「人間—機械系」の信頼性評価 .....	67



吉村 誠一 (1976年入所)  
原子力発電所保修作業の自動化・遠隔操作化、認知心理学的なプラント診断・状態表示手法マルチレベルフローモデリング (MFM)、知識工学を用いた運転員教育システムなどに関する研究開発を行ってきた。現在、運転チームを環境 (制御盤、プラント) ごと計算機の中にモデル化することにより、ヒューマンエラーの発生過程を解明する研究に取り組んでいる。



佐相 邦英 (1989年入所)  
トラブル対応時の原子力発電所の運転チームの振る舞いに関する研究、チームパフォーマンスの分析評価手法などの開発を行ってきた。現在、マンマシンシミュレーターの要素技術として、グループダイナミックスを考慮したチームの意思決定シミュレーションに取り組んでいる。



長坂 彰彦 (1984年入所)  
人の振る舞いを調べる実験研究に携わり、視線の動きを元にしたCRT画面評価、放射能防護服の改良に従事した。また、過誤を考慮した信頼性解析手法の開発も行った。現在、作業快適性向上に関する研究に取り組んでいる。

## 4-1 運転員の行動シミュレーション

過去の経験などに基づく人間の知識や思考形態を、最近のめざましい技術革新に合わせて、急速に変化させることは容易でない。ここに、技術の消化不良、システムのブラックボックス化などに伴うヒューマンエラー発生の素地がある。このようなヒューマンエラーをなくすためには、運転員がある情報を発見してから行動に至る思考過程を詳細に模擬し、問題の所在を明らかにする必要があると考え「運転チーム行動モデル」の開発を進めている。

### 4-1-1 研究の背景

原子力プラントなど大規模システムの運転環境は、電算機利用技術の進歩により急速に変化しつつある。例えば、トラブル時の緊急時対応操作を軽減するための「異常時運転支援システム」の導入などがこれに当たる。

また、指示計などの各種情報は、CRTへの集約表示や大画面による情報の共有化が進んでいる。

このように高度化・多様化する運転環境の中で発生するヒューマンファクターの問題に対処するためには、運転員個人の行動分析ばかりでなく、トラブルが発生してからそれが収束するまでの運転チームの意思形成過程<sup>\*1)</sup>の解明が重要となる。

当研究所では、プラントトラブル時のヒューマンエラーの発生過程を解明し、その防止対策立案に資するため、運転員個人のメンタルモデル<sup>\*2)</sup>に基づいて思考し、会話によりチームとしての意思を形成する「運転チーム行動モデル」の開発を進めている<sup>(1)~(16)</sup>。

### 4-1-2 研究の概要

#### (1) 運転チーム行動モデル

運転チーム行動モデルの概要を図4-1-1に示す。運転

チーム行動モデルは、「オペレーター行動モデル」と「ヒューマン・ヒューマン・インターフェース (HHI) モデル」で構成する。オペレーター行動モデルは一人の運転員の認知プロセス<sup>\*3)</sup>を模擬するもので、運転員は役割分担に応じて情報を処理し、行動する。

一方、HHIモデルは会話による運転チームの意思形成過程を模擬するもので、運転員間の意見の調整や役割分担に応じた仕事の割り振りなどを決める。

#### ① オペレーター行動モデル

運転員と運転員あるいは運転員とマンマシンインターフ

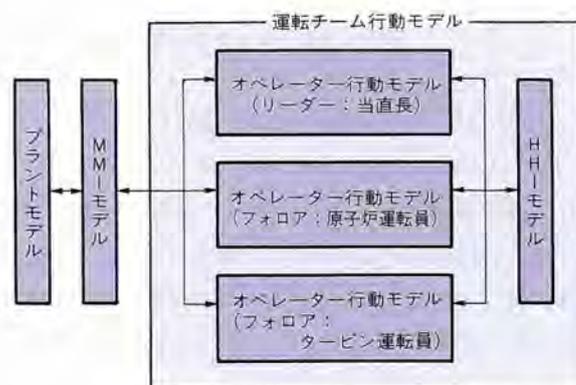


図4-1-1 運転チーム行動モデルの概要

\*1) 意思形成過程：ここでは、「一般に異なる意見を持つ数人の運転員（チーム）の意思が一つに統一されていく過程」の意味。

\*2) メンタルモデル：心理学者によって色々な定義があるが、ここでは、「警報などを契機として頭に思い描くプラントの将来予測」の意味。

\*3) 認知プロセス：情報が入力（知覚）されてから行動（運動や言語処理）するまでの一連のプロセス。人間の思考を情報処理的観点から捉えたもの。

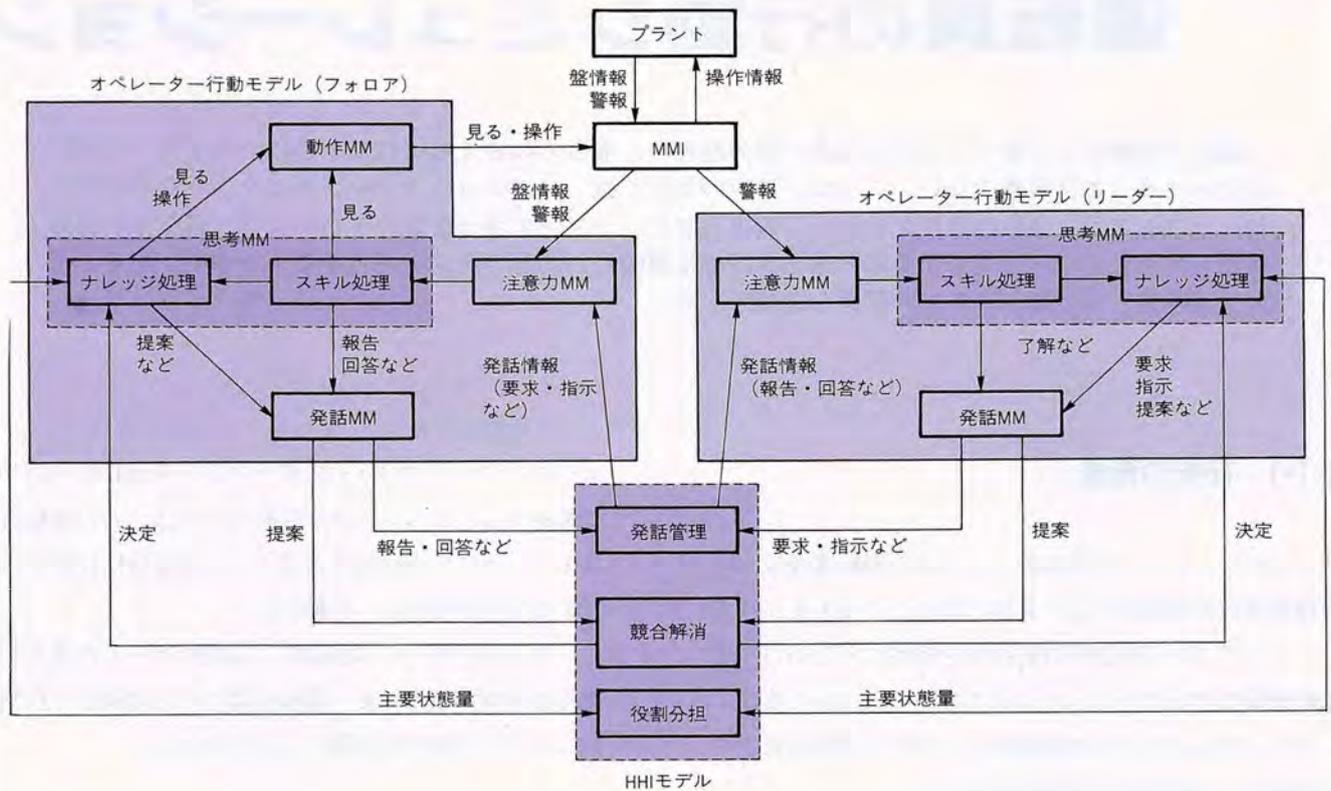


図4-1-2 運転チーム行動モデル（リーダーとフォロアの関係）における情報の流れ

プラントの挙動に対応した運転員の認知から思考に至る過程を、人間の機能に合致したマイクロモデル (MM) 群に分割し、MM間のすべての情報の流れを明示したものを、外部とのインターフェースとして、マンマシンインターフェースとヒューマン・ヒューマンインターフェースを持ち、チーム行動がシミュレーションできる。

ケース (MMI)間の情報の流れを図4-1-2に示す。ここで、運転員の認知プロセスを具体化するものとして、「注意力 (目や耳に相当する情報を取り込む部分)」、「思考 (脳に相当する考える部分)」、「動作 (手足に相当するMMIへのアクセス部分)」、「発話 (口に相当するMMIへのアクセス部分)」の四つのマイクロモデル (MM) を導入した。

本モデルで模擬している運転員の数3人 (リーダー：当直長、フォロア：原子炉運転員、タービン運転員) である。以下にリーダーとフォロアの認知プロセスの概要を示す。

(イ) リーダーは、直接MMI情報を見に行くことも制御盤に触れることもなく (動作MMがない)、警報のみ

が聞こえ (注意力MM)、これに基づきフォロアに指示し (発話MM)、情報を獲得 (注意力MM) して考える (思考MM)。

考えた結果 (何らかの提案) はHHIモデルに伝えられ、フォロアとの会話準備が完了する。

(ロ) フォロアは役割分担に応じ (HHIモデル)、MMI情報を見に行き (動作MM)、情報を獲得 (注意力MM) して考える (思考MM)。考えた結果 (何らかの提案) はHHIモデルに伝えられ、リーダーとの会話準備が完了する。ここで、リーダーと提案内容が異なる場合は会話を交わし (発話MM)、チームとしての意思を決定 (HHIモデル) した上で、自分が担当するMMI (スイッチなど) を操作する (動作MM)。

ここで、思考MMにはスキル処理\*1)とノリッジ処理\*2)を設けた。スキル処理は浅いレベルの認知処理（警報が鳴ったから見に行く、リーダーに言われたから報告するなど）を行うものであり、ノリッジ処理はメンタルモデルを生成して考えるより深いレベルの認知処理である。

メンタルモデルを生成することにより、プラントのどの状態量に注目し（変化している、あるいは変化が予想される幾つかの状態量の中から一番重要なものを選ぶ。これを主要状態量と呼ぶ）、何をなすべきか（提案）が決定される。

## ② HHIモデル

HHIモデルは図4-1-3に示すように、「発話管理」、「競合解消」、「役割分担の決定」の三つの機能を有する。

- (イ) 発話管理は、誰から誰へなされた発話かを特定し、声の大きさを調節して（発話者の覚醒度\*3)や性格に依存する）相手に伝えたり、発話の内容がプラントの状態に関係する場合は、会話の当事者以外の運転員にも発話内容を伝える（重要な情報は全員で共有する）機能を持つ。

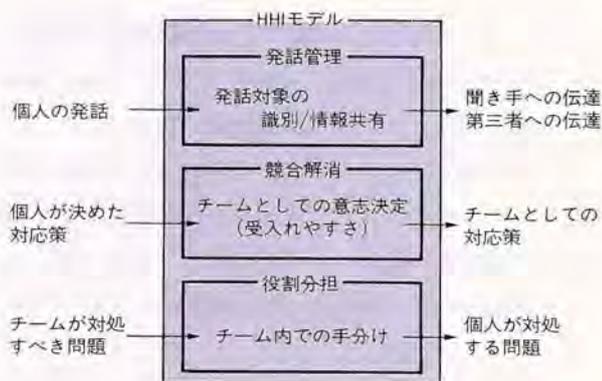


図4-1-3 HHIモデルの概要

- (ロ) 競合解消は、会話するリーダーとフォロアの対応策（提案）が異なる場合、聞き手が受入れやすさを指標として、話し手の対応策が受入れ可能かどうかを決める機能をもつ。これによりチームとしての対応策が決まる。

なお、受入れやすさは、話し手の説得力、聞き手の話し手に対する信ぴょう性\*4)ならびに聞き手の覚醒度に依存する。

- (イ) 役割分担の決定は、思考MMで決定された主要状態量に関する対応策（緊急対応と原因対応がある）をどちらのフォロアが取り扱うべきか決める。

また、あるフォロアがその主要状態量について緊急対応を行っているのであれば、他の一人は原因対応を行うなど仕事の割り振りを行う機能を持つ。

なお、役割分担を決めるに当たっては、原則通りに仕事を行う、手が空けば役割分担を越えて運転操作を行うなど、8種類のチーム特性を考慮している。

## (2) シミュレーション例

簡略化した運転チーム行動モデル（全員同じ知識を持つ、提案は受け入れる、発話は必ず聞こえる、原則通りの役割分担を行うなど）のシミュレーション例を図4-1-4に示す。

運転チーム行動モデルは、図4-1-2に示すかわりの中で各種の認知処理を行う。シミュレーション実験に用いたプラントは、簡略化したBWR型の原子力プラント（原子炉、再循環ポンプ、タービン/復水器、給復水ポンプ、循環水ポンプなどの主要機器で構成され、復水回収弁の誤動作開、循環水ポンプの機能低下など24のマルファンクション\*5)を発生できる）を模擬している。

図4-1-4は、100%出力時に復水回収弁誤動作「開」を発生させた時の運転チームのシミュレーション結果である。

\*1) スキル処理：人間の認知処理を表現する代表的考えにRasmussenのS(Skill)R(Rule)K(Knowledge)理論があるが、ここではそれとは直接関係なく、「浅いレベルの認知処理（警報が鳴ったら見に行くなど）」の意味。

\*2) ノリッジ処理：ここでは、「メンタルモデルを生成して考える、より深いレベルの認知処理」の意味。

\*3) 覚醒度：人間の意識レベル。一般に無意識からパニックまで5段階程度に分類される。

\*4) 信ぴょう性：聞き手が話し手を信じる度合い。専門的信ぴょう性と人間的信ぴょう性がある。

\*5) マルファンクション：プラントに発生する機械的なトラブル。一つの事象は一つあるいは複数のマルファンクションにより生じる。



## 4-2 「人間-機械系」の信頼性評価

発電所の信頼性は、それを構成する機器と、その機器を操作・整備する人間の信頼性に依存する。このような人間-機械系の信頼性解析について、「人間-機械系作動図解析手法(CODA)」を新たに開発し、この手法と既存の手法を用い、簡便に信頼性を評価する「組み合わせ信頼性評価手法(IRA)」を考案した。

### 4-2-1 研究の背景

原子力発電所や化学プラントなど、人間と機械が複雑に相互作用するシステムにおいては、人間-機械系の信頼性に関する定量的な評価が重要である。信頼性評価に人間の要素を含める必要性は、次のような背景から生れた。

- (イ) 技術の進歩に伴う機械系の信頼性の著しい向上で、システム全体としての信頼性は以前に増して人間の信頼性に敏感に反応するようになってきた。
- (ロ) 人間のささいなエラーが、社会的および経済的にも大きな影響を与えるようになった。
- (ハ) 機械側の高度化・知能化により、人間とのギャップが拡大傾向にある。

人間と機器とを含めた全体システムの信頼性評価は、各機関で研究され、これまでに種々の方法論、手法が提案されてきている。

しかし、種々の方法論で利用する各評価手法を実際に適用するには高度な専門知識が要求される。また、評価の実行には多大な労力が必要である、などの課題がある。

このため、当研究所ではパソコンを用い、簡便かつ迅速に結果を得ることを前提として、発電所の系統の改良、運転時の故障対応方法の変更、定期検査時における保守方法の変更等により、信頼性の向上がどの程度期待で

きるかを評価する運転・保守改良方法評価手法を考案した。

以下では、まずこの手法開発の発想の元となった組み合わせ信頼性評価手法について触れた後、運転・保守改良方法評価手法の概要について述べる。

### 4-2-2 「組み合わせ信頼性評価」手法の考案

システム信頼性解析とは、機器の故障や人的過誤（ヒューマンエラー）がどのようにシステムの機能喪失を引き起こすかといった因果のつながりを分析し、システムの機能喪失を起し得る故障および過誤の組み合わせを見つけたり、機能喪失の確率を定量化することである。

それには、システム故障を機器故障や人的過誤の関数（構造関数と呼ぶ）として記述することが必要となる。

信頼性解析手法としては、種々のものが提案されているが、手法の開発目的が異なることなどから、単一の手法でシステム全体の解析を実施することは難しい。このため、長所・短所の異なる複数の手法を適材適所に利用する「組み合わせ信頼性評価(IRA: Integrated Reliability Assessment)」手法を考案した<sup>(17)</sup>。

IRAは、次の4つの信頼性解析手法を図4-2-1の手順にしたがって用いることにより、信頼性評価を行う方法である。

- ① FMEA\*1 : Failure Mode & Effects Analysis

\*1 設計の不完全や潜在的な欠点を見出すために構成要素の故障モードとその上位アイテムへの影響を解析する手法。IRAの一部として利用する際には、特に機器の故障モードと人間の対応操作との関係を中心に解析する。

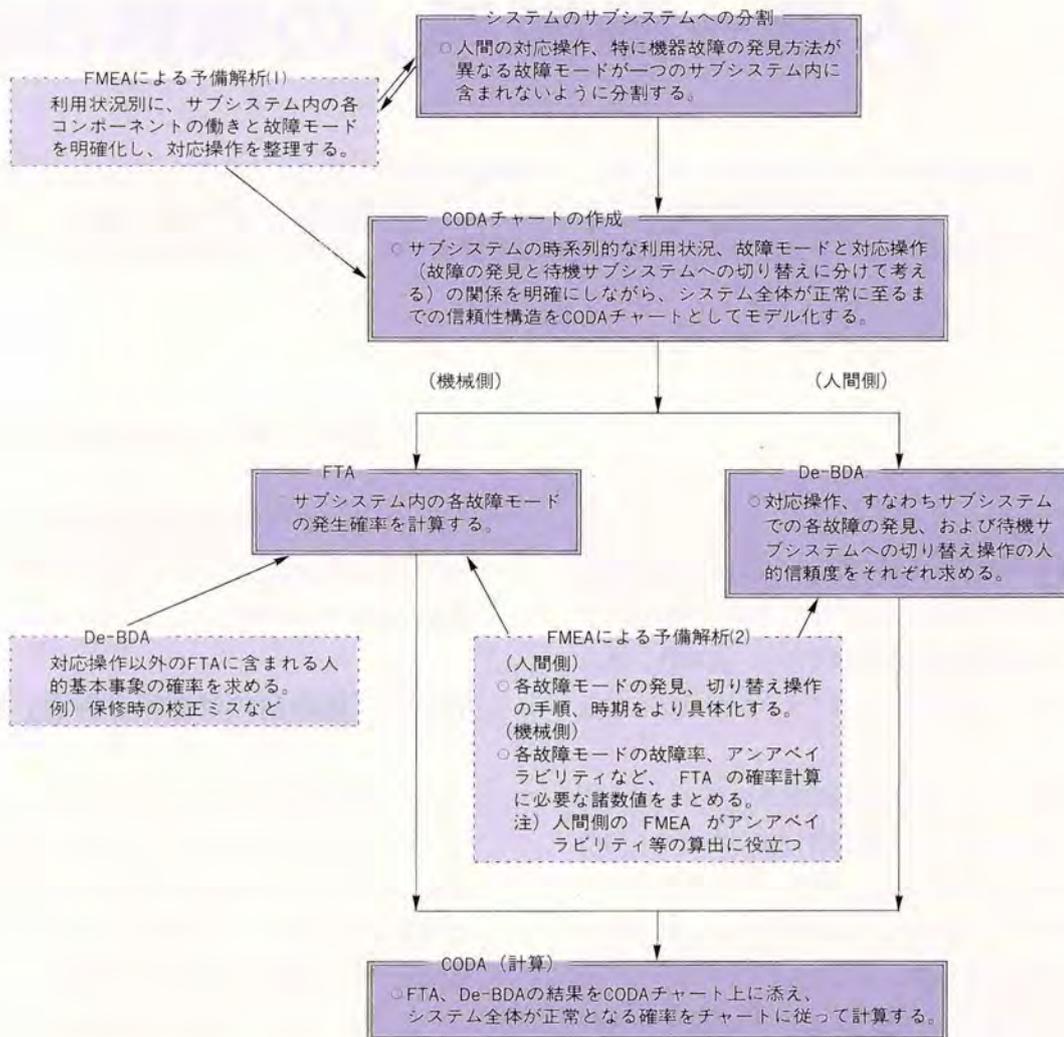


図4-2-1 組み合わせ信頼性評価手法 (IRA) の概略手順<sup>(17)</sup>

- ② CODA : Correlative Operation Diagram Analysis
  - ③ FTA<sup>\*1)</sup> : Fault Tree Analysis
  - ④ De-BDA<sup>\*2)</sup> : Detailed Block Diagram Analysis
- なお、CODA<sup>(18)~(20)</sup>は、IRAのために考案した手法であり、その特徴は以下の通りである。

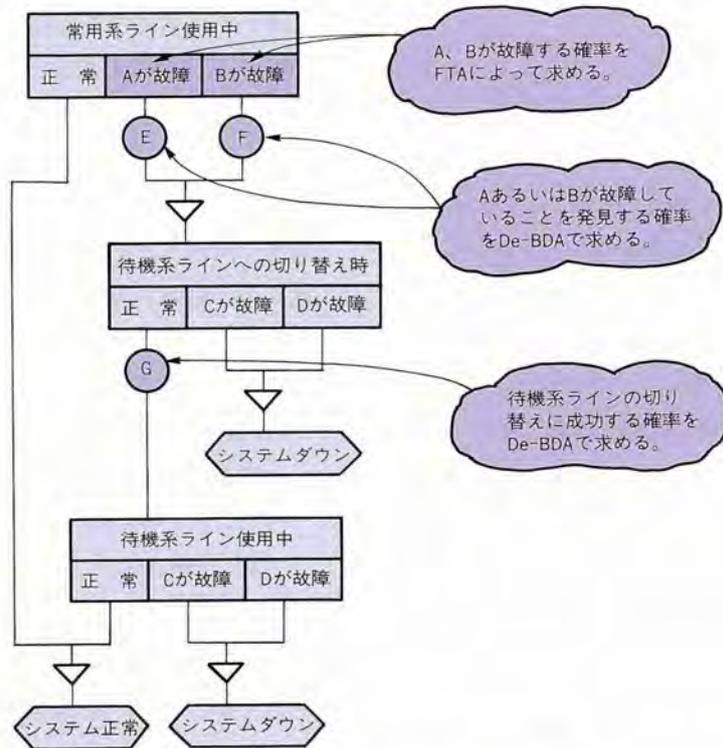
FTA、人的信頼性評価手法、ETA (Event Tree Analysis) を用いて実施する。これに対し、CODAはETAと等価な役割を果たし、さらに他の方法論による解析では加味することが難しい「運転中の機器故障とそれへの人間の対処 (ライン切替え)」を簡単にモデル化して、構造関数を作成する。

一般に、大規模なシステムに対する信頼性解析は、FMEA、

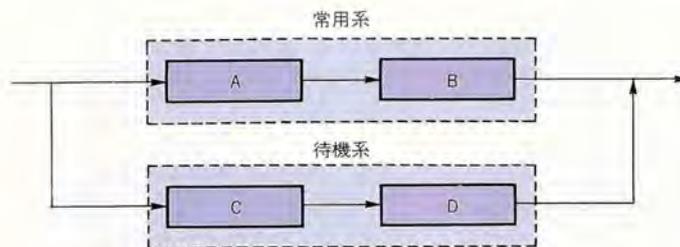
事例として、図4-2-2にAまたはBに故障が発生した

\*1) 信頼性または安全性上、その発生が好ましくない事象について、論理記号を用いて、その発生の経過をさかのぼって樹形図 (Fault Tree) に展開し、発生経路および発生原因、発生確率を解析する手法。

\*2) 一連の作業を過誤率が当てはめられる単位作業に分解し、作業の信頼性構造を論理記号と単位作業からなるブロック図として記述する。これにより作業の過誤率などを解析する人的信頼性評価手法。



(1) 下図(2)に対するCODAチャートの例



(2) 手動で切り替える待機系を持つ系統

図4-2-2 待機系を持つ系統のCODAによる解析の例

時、待機系C、Dへ手動で切り替え操作を実施する系統のCODAチャートを示す。

同図のように、

故障の発生→異常の発見→待機系への切り替え操作  
→待機系による機能維持

といった系統運用の流れが、チャートの上段から下段へとたどることで、明白に分かる利点がある。

また、システムをいくつかの部分（サブシステム）に分割した解析が可能であるため、4-2-2項以降で述べる

運転・保守改良方法評価手法の発想が生まれた。

#### 4-2-2 モジュールFTによる適用性の拡張

通常のFTAを用いた解析では、対象とするシステムの大きさに応じて、そのFT (Fault Tree) は大規模なものとなる。このFTに対して、システム内の一つの機器の変更を想定した場合、FT上の変更すべき箇所を探し出すのは容易でない。このため、大きなシステムに対するFTを

もとにして、系統改良の効果などを評価することは難しい。

一方、CODAを利用した解析では、一つのシステムを図4-2-3<sup>(21)</sup>のように複数のサブシステムに分割する。この時、分割されたサブシステムは基本的には弁やポンプなどの機器が直列に配置された構造となる。このため、サブシステムは、それを構成する機器のうちの少なくとも一つが故障した場合に、故障することになる。

したがって、機器ごとにFT（モジュールFT）を作成し、それをデータとして準備すれば、サブシステムのFTはモジュールFTを論理記号ORで結びつけばよい。この方法によれば、機器の変更やサブシステムの追加（例えば冗長系の追加）には柔軟に対処できる。

### 4-2-3 手法の発想と改良評価の項目

サブシステムの信頼性解析については、モジュールFT

を用いる方法を前節で述べた。人間の側についても同様に種々の作業方法を想定したDe-BDAによる解析結果（モジュールDe-BDA）をデータとして準備すれば、CODAを用いた解析に必要なデータは全て揃う。

以上に加え、配管計装線図（P&ID）からCODAチャートを生成するアルゴリズムを考案して、P&IDの作成と簡単な情報入力で系統の信頼性解析を行う、運転・保守改良方法評価手法の骨子を発想した。

この考えに基づくプログラム（評価プログラム）は、次のような手順で動作する（図4-2-4参照）。

P&ID作成→概略CODAチャート自動生成→情報入力  
→詳細CODAチャート自動生成  
→モジュールFT、De-BDAを参照したシステム信頼度の自動計算

一旦結果を保存し、次の回にP&IDや情報入力（運転方法および保守方法に関するバリエーションの選択。モジュールFT、De-BDAを参照するためのキーとなる）を変

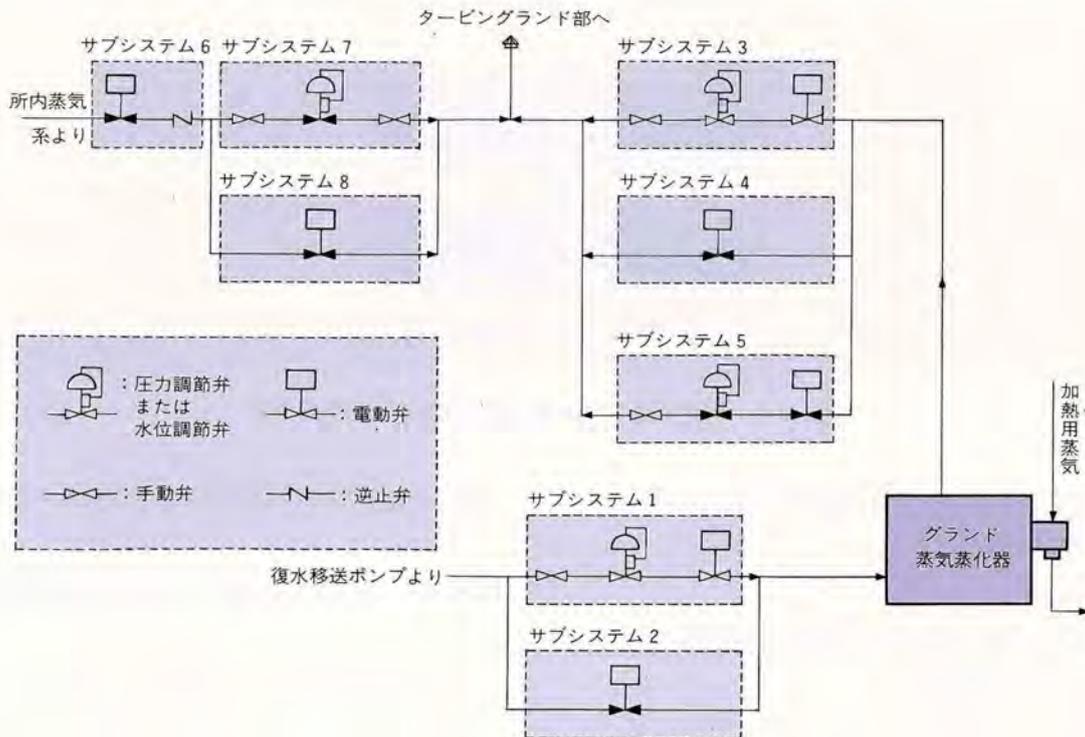
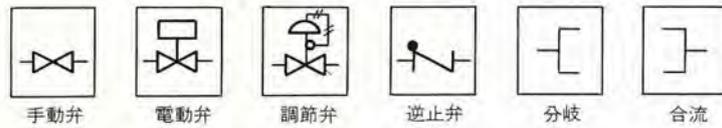
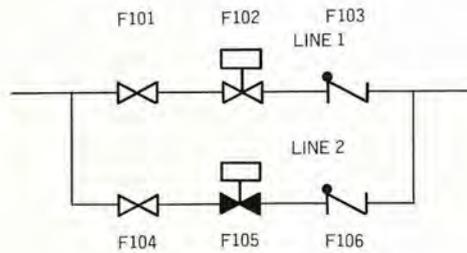


図4-2-3 サブシステムへの分割方法の例<sup>(21)</sup>

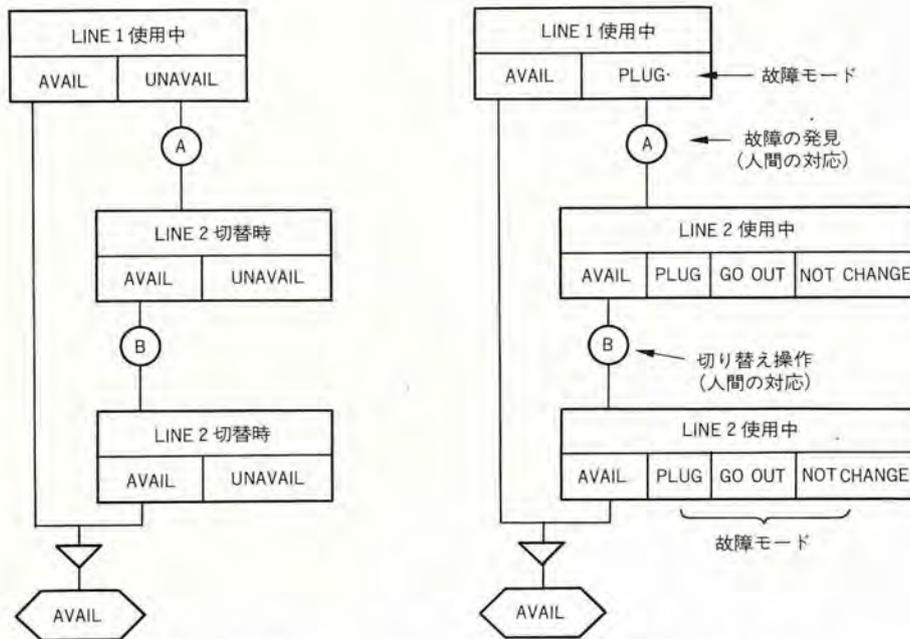
グランド蒸気蒸化器を信頼性解析の範囲（バウンダリ）外とすると、この系統は8個のサブシステムに分割される。



(1) 系統図作成に使用するアイコン



(2) 作成した系統図



(3) 概略CODAチャート

(4) 詳細CODAチャート

注) AVAIL : 利用可、UNAVAIL : 利用不可、PLUG : 閉塞、GO OUT : 電源喪失、NOT CHANGE : 制御回路故障

#### 図4-2-4 運転・保守改良方法評価プログラムの動作

利用者は(1)にあるアイコンで、(2)の系統図を作成する。評価プログラムは系統図から(3)の概略CODAチャートを自動で生成する。次に、利用者により入力された故障モードや人間の対応に関する情報から、評価プログラムは(4)に示す詳細CODAチャートを自動生成し、事前に保存されているモジュールFTとモジュールDe-BDAを参照して、系統の信頼度を計算する。

更して結果を比較することにより、改良の効果を評価することができる。

考慮できる改良、および評価の項目は、データとして当研究所が準備するモジュールFT、De-BDAの数と種類などに依存する。

#### 4-2-4 現在の状況および今後の計画

94年度より、モジュールFT、モジュールDe-BDAの蓄積に着手している。評価プログラムについては、P&ID作成から詳細CODAチャートの生成、かつダミーデータを利用したシステム信頼度計算、までの開発が94年度に完了した。

今後、96年度までに次のような項目を実施する。

- ・モジュールFT、モジュールDe-BDAの体系化
- ・故障率／過誤率、構造関数等管理プログラムの開発

- ・FT、De-BDAチャート表示プログラムの開発
- ・事象重要度解析などの信頼性解析プログラムの開発

最終的には、次のような運転、保守方法の変更の際の信頼性の向上の程度を評価して、改良効果ないしは弱点の指摘<sup>(22)</sup>に資することを期待している。

- ① 系統の改良
  - ・サブシステムの冗長化
  - ・サブシステムの排除
  - ・サブシステムへの機器の追加、削除、変更
- ② 中央制御室における運転方法の変更
- ③ 定期検査時における保修方法の変更
- ④ 運転期間の変更、定期検査間隔の変更、故障したサブシステムの修理期間の変更
- ⑤ サブシステム内の事象重要度表示、運転・保守作業での各行為の重要度表示、システム内の事象重要度表示など

# 第 三 章

# 3

## 社会の発展・技術の進歩と ヒューマンファクター



## 第5章 社会の発展・技術の進歩とヒューマンファクター ● 目次

ヒューマンファクター研究センター 主査研究員 長坂 彰彦

ヒューマンファクター研究センター 担当研究員 小島 三弘

ヒューマンファクター研究センター 中村 肇

5-1	人間の生理・心理機能の追求から快適労働環境づくりへ .....	75
5-2	社会・文化とヒューマンファクターの相互影響評価 .....	80

---

長坂 彰彦	62ページに記載
小島 三弘	8ページに記載
中村 肇	8ページに記載

# 5-1 人間の生理・心理機能の追求から快適労働環境づくりへ

当研究所ではこれまで人間の生理・心理機能に関する計測技法と評価手法の確立に向けた研究を進めてきた。今後は、特に後者の確立に重点を置きつつ、発電所の作業環境の改善に着目した研究を目指す。

## 5-1-1 研究の背景

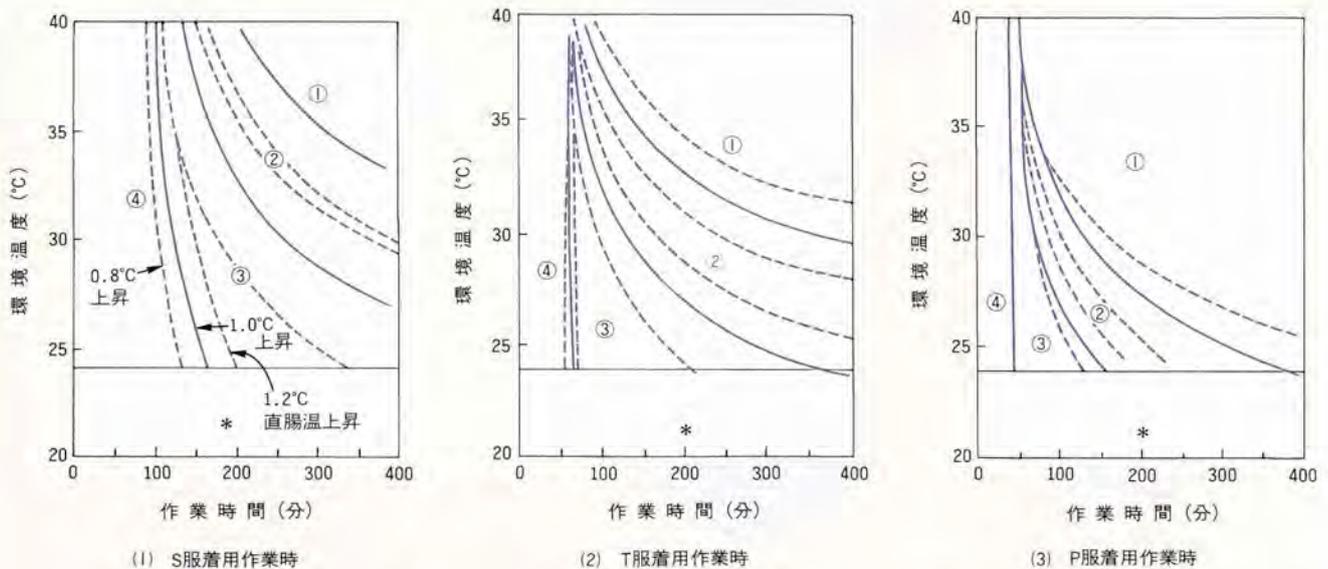
人間を対象としている実験研究は、当研究所の中でもユニークな存在である。原子力という労働現場を考える時、人間を対象とした研究は、放射線が人体にどのような影響を与えるかに主眼を置いたものが第一歩であった。

当研究所の研究は、「放射線の影響もさることながら、労働安全の面からの研究も重要である」という認識の下に労働生理学を基調としてスタートした。

過去10年ほどの研究を列举すると、次のように四つに分類できる。

### 【計測技法】

- ① 超音波を用いた位置評定<sup>(1)(2)</sup>



注) S服：シャツ+股引、T服：S服+布製つなぎ+タイベック、P服：S服+布製つなぎ+現用アノラック服

①：軽作業領域（労働強度0～2） ②：中等度作業領域（2～4） ③：重作業領域（4～7） ④：極重作業領域（7～）

\*：温熱ストレスが発現しないか、あるいは予測式による推定誤差の大きい領域

図5-1-1 防護服着用時の作業可能時間の予測

T服で30°Cの環境下で作業する場合、(2)図を用い、縦軸の30°Cの位置から右方に見て、極重作業なら60分程度、重作業なら120分程度、中等度作業なら340分程度連続して作業を行えると読む。ただし、これは温熱ストレス発現の危険性が少なく作業を実施できるという意味であり、実現場では安全率を十分見込んで管理目標を設定する必要がある。

- ② 色抽出法を用いた身体挙動の測定<sup>(3)</sup>
- ③ 呼気ガス（量、酸素濃度）の計測<sup>(4)</sup>

【評価法確立】

- ④ 防護服着用時の作業可能時間の予測（図5-1-1）<sup>(5)(6)</sup>
- ⑤ 環境温度－温冷感－皮膚温の関係の評価<sup>(7)(8)</sup>
- ⑥ 覚醒度とヒューマンエラーの関係の評価<sup>(9)(10)</sup>
- ⑦ 生理情報による精神負荷量の評価<sup>(11)(12)</sup>
- ⑧ 視覚情報によるCRT表示の評価<sup>(13)～(18)</sup>

【現場実態調査】

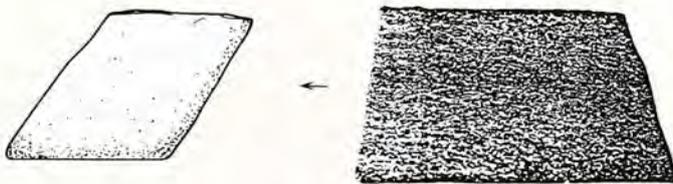
- ⑨ 保守作業者の生体負担の実態調査
- ⑩ 保守作業環境の実態測定（温湿度、騒音など）

【具体的対策立案】

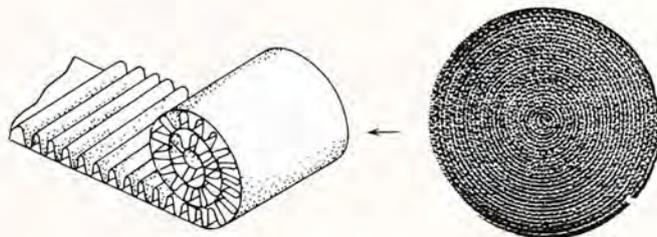
- ⑪ 放射能防護マスクフィルターの試作（図5-1-2）<sup>(19)(20)</sup>
- ⑫ 新素材を用いたアノラック服の試作（図5-1-3）<sup>(21)～(23)</sup>

この分類から分かるように、まず生理状態をどのように測るか、測ったデータからどのような評価を行うべきかについて基礎的な室内実験を行い、次にその成果を踏まえて実際の現場の状況を把握して、具体的な対策を施す、という流れに沿って研究を進めてきた。

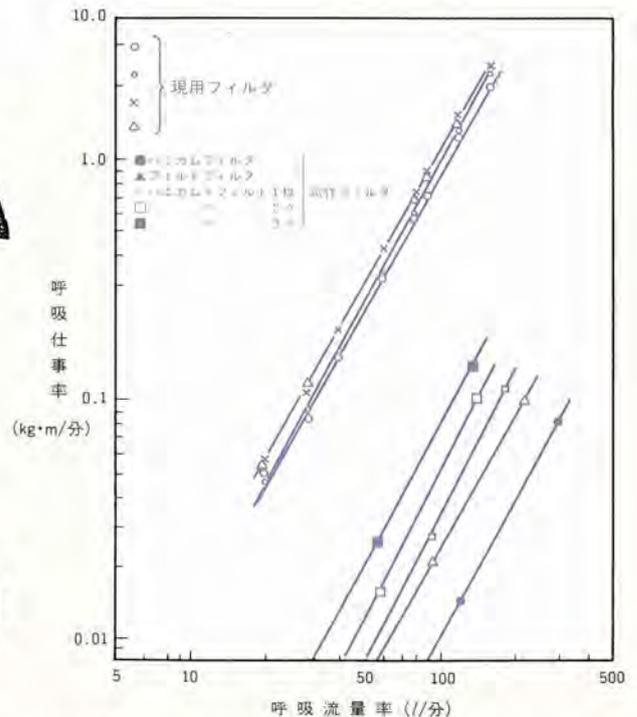
以上の研究を経て、人間の状態を判断するために必要な生理情報を選定し、これを同時に測定できる人間特性



(1) フェルト状フィルタの外観



(2) ハニカム状フィルタの外観



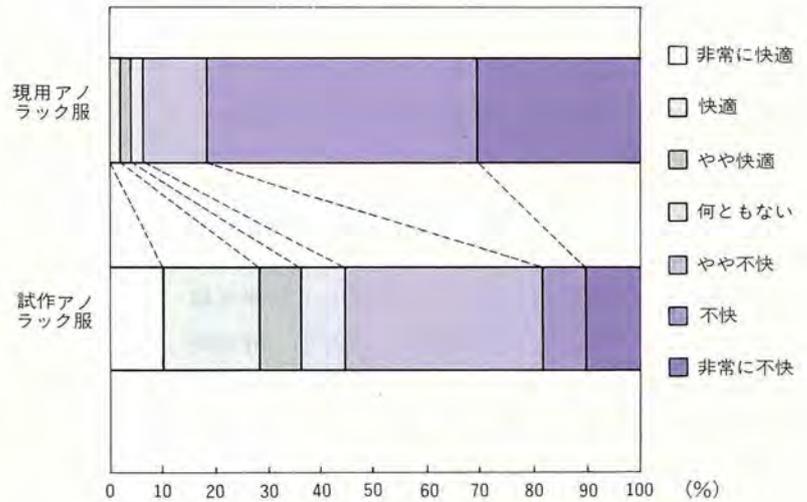
(3) 現用フィルタと試作フィルタの呼吸仕事率の比較（人頭ダミー試験装置を用いた結果）

同じ呼吸流量率の場合、呼吸仕事率が高いフィルタは心・肺機能へ及ぼす負担が大きく、実際に人が使った時「息苦しさ」を強く感じる。

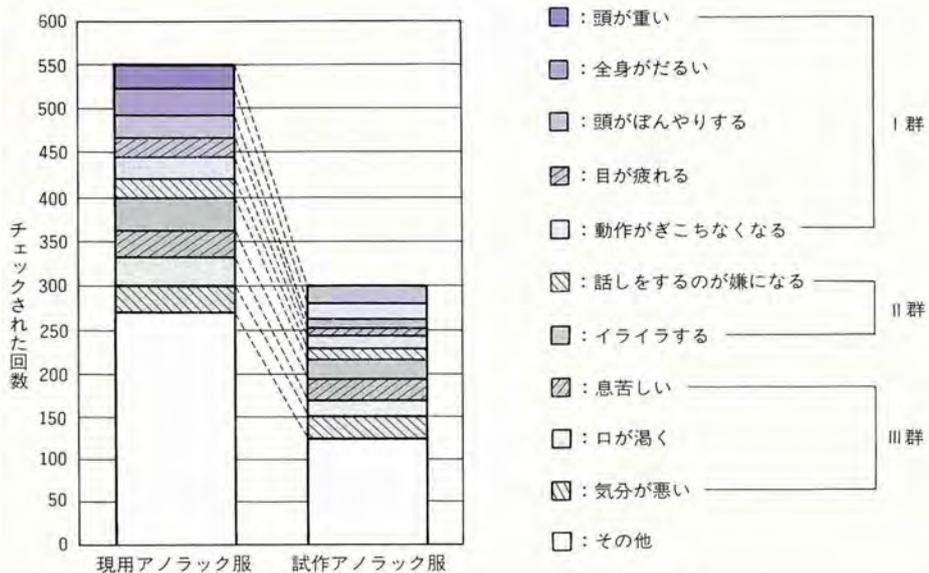
図5-1-2 放射能防護マスクフィルタの試作<sup>(19)</sup>



(a) 作業服着用状況の例



(b) 快適感に関するアンケート集約結果



(c) 心身状態に関するアンケート集約結果

図5-1-3 新素材（透湿防水素材）を用いたアノラック服の試作<sup>(21)(22)</sup>

アンケートの対象人数：49名

対象作業：温度約16～25℃、相対湿度約50～85%の環境下における5種類の定検作業

総合解析装置<sup>(24)～(27)</sup>を開発した。また、1985年に導入した人工気候室、94年に導入したシミュレーション技術評価用制御盤<sup>(28)</sup>が当研究所で人間工学的研究を進めるための基礎的実験設備となっている。

## 5-1-2 人間工学的研究への批判

各種メーカーが市場に出している製品のパンフレットを拝見したことがありだろう。「この製品は人間工学を

もとに設計してあります」と表現している場合がある。しかし、実際に使ってみると何とも扱いづらい。また、製品に付属しているマニュアルもどこに何が書いてあるのか探しにくいことがある。製品やマニュアルの設計には、人間工学が有効に力を発揮する分野であるのに残念なことである。

日本人間工学会でもこのような問題を自ら認識しており、『人間工学はなぜ役に立たないのか』という特集を組んだことがある<sup>(29)(30)</sup>。そこでは鉄道、自動車、情報機器、衣服など、さまざまな分野での人間工学的活動がいかに役立っていないかが記載されている。このような認識が持たれる理由は何であろうか？

まず、人間工学は新しい分野で理論体系が十分に整備されてないことがあげられる。次に、人間工学が学際的な分野であるにもかかわらず、他学問分野との接触が積極的であると言えないことも人間工学の成果が正しく浸透していない理由の一つであろう。第三に、これが最も大きな理由と思われるのだが、人間工学の実学的側面があげられる。すなわち、現象を捉えデータの分析から、帰納的に物事の本質に迫ろうとするスタイルである。このこと自体には何の問題もないのであるが、この実学的側面が先にあげた二つの現象をうながし、そこからくるマイナスのイメージを助長させているのではなかろうか。

人間工学は、測定に用いる方法やデータの分析法についての基準、あるいはその理論を模索している段階にあるが、結果を問われる前にこの点のみをもって批判されることがある。分野が広いにもかかわらず、現象を確かめながら進めることが、理論の整備を遅らし、他学問分野との接触までも少なくしている原因であろうか。また、人という挙動が不安定な対象を扱うために、一般化が難しいことも指摘できる。

### 5-1-3 当面の課題と今後の方向性

前項で触れた理論の整備を行うには、長い年月がこれからも必要となろうが、他分野との接触を図ることは、現在でも決して難しいことではない。その接触の仕方には、

- ・ 他分野の理論を人間の現象に当てはめる
- ・ 同じ現象を人間工学的方法と他分野の方法で分析してその比較を行う
- ・ データの解釈に他分野の方法を用い、結果を補強する

などが考えられる。

この中で当研究所では、特に5-1-1に述べたように、研究の第2ステップとして評価方法の確立が重要であると考えている。生理機能、行動、視覚あるいは反応時間など実験により、さまざまなデータが得られるが、対象とした作業状況で人間がどのような状態（不快な状態、疲労した状態、間違いを犯しやすい状態など）にあるかを判断する「物指し」を構築しなければならない。この物指しから作業状況の評価が可能になる。

また物指しを作る段階で何らかの裏付けが必要であり、裏付けがないと「物指し」を構築しても評価に用いるには心もとない。このため別の次元の物指しを導入した二元的評価が望まれる。当研究所が携わっている研究の中では、信頼性（過誤率）（4-2節参照）をこの別次元の物指しとして利用することができる。

さて、当研究所における研究を離れた場合の方向性はどうかであろうか。現在、通産省の大型プロジェクトとして、(株)人間生活工学研究センター（HQL）が進めている各種の研究<sup>(31)(32)</sup>から次の二つの方向性が感じられる。

- ・ 快適さの追求
- ・ 共通的基础データの整備

不快、疲労などに対しては人の反応は敏感であり、その実験状況も構築しやすいことから、非常に多くの研究がなされた。しかし、快適な状況を創ること自体がまず難しいことと、快適さに対する人の反応がまちまちであることから、快適さを追求する研究はこれまであまりなされなかった。物理的な環境が最適であり、ストレスがまったく無い状況が快適であるとは、一概には言えない。これに対し、HQL参加企業の資生堂は唾液中のホルモン（コルチゾル）の変化と感情の報告の関係を捉え、快適さ、心地よさなどの情動反応を評価しようとしている。この種の研究は、感性工学という名称がもてはやされる昨今の状況を見ると、今後の研究の方向性の一つとなろう。

また、HQLでは身体のさまざまな部分の大きさを測定し、現代日本人の人体計測データベースを構築した。これには服飾メーカーからの問い合わせが殺到しており、すでにあるメーカーでは女性の下着のサイズごとの出荷量を調整するなどの対応を実施しているそうである。データが大切な人間工学では、精度の高いデータが求められることは言うまでもなく、共通的に利用が可能なデータを整備することは非常に意義がある\*）。

#### 5-1-4 今後の計画

発電所の作業環境は、運転作業環境と保守作業環境の

二つに大きく分けることができる。このうち運転作業環境については、個人、チームの特性が変動することを前提とし、信頼性、人間工学の両面からマンマシンインターフェースの二元的評価を試みる必要があると考える。また、保守作業環境については、現状の測定技術発展動向、現場調査を踏まえ、実学的アプローチで研究項目の洗い出しを行う必要性があろう。両者を通じて、快適な労働環境づくりの一助となれば幸いである。

この分野に関して、4-1節で述べたシミュレーション研究と実験研究は車の両輪の関係であると考え、データの蓄積と帰納的評価法の構築を行う計画を推進中である。

---

\*） ISOの人体計測方法の世界規格が、日本の主導（TC159, SC3）により1995年半ばに制定される見通しであり、HQLが進めている三次元非接触人体形状計測の手法が大きく反映されることになる（日刊工業新聞1994年12月9日）。

## 5-2 社会・文化とヒューマン ファクターの相互影響評価

目まぐるしく変化する社会環境が人々の意識やものの考え方にどのような変化をもたらすかを考えることは、新しいヒューマンファクター研究の一課題である。特に、情報化社会の及ぼす影響は大きな因子の一つであり、それによってヒューマンファクターが受ける影響について、学際的なアプローチも含めた研究を目指す。

### 5-2-1 研究の背景

「あなたは物の豊かさと心の豊かきのどちらを重視しますか？」

総理府が行っているアンケートによると、「物質的にある程度豊かになったので、これからは心の豊かさやゆとりのある生活することに重きをおきたい」とする人の割合が1993年度には57.4%と過去最高となったという<sup>(33)</sup>。

かつての高度経済成長時代には「三種の神器」や「三つのC」に代表されるように、具体的な工業製品を手に入れることが多くの人々の目標であり、人々は明日のよりよい暮らしを夢見て今日の労働に励んできた。

「物の豊かさ」は今日の労働を支えるが、「心の豊かさ」は余裕やゆとりある生活を求め、今までの会社中心の生活からの脱却を目指すだろう。また、全世界規模の労働力の再調整により、日本的な終身雇用・年功序列型の雇用形態も揺らぎつつあるように見える。

一方、一大ブームと化した感のあるマルチメディアや情報ネットワークが定着すれば、今までの勤務形態を変え、人と人の結び付き、さらには社会の構造そのものまで変革する可能性を持つ。

めまぐるしく変化する社会環境は人々の意識やものの考え方にどのような変化をもたらすだろうか？また、発電所で働く人々の性別・年齢などの属性や安全や労働に対する意識はどのように変化するだろうか？これらについて考えることが新しい時代のヒューマンファクター研

究の課題の一つである。

### 5-2-2 研究の概要

#### (1) 産業構造の変化と人間の意識の変容

わが国の産業構造が重厚長大型の重工業から軽薄短小型の電子産業へと変化しつつあることは多くの人々が感じているところだろう。軽薄短小型の産業はウォークマンやファミコンのような人気商品を多数生み出してきた。

重厚長大型から軽薄短小型への産業構造の変化は単に人気商品の種類を変えるだけにとどまるのだろうか？蒸気機関の発明が産業革命を起し、コンピューターの発明が現代社会の基礎を築いたように、長期的な視点から見ると、産業構造の変化は人々の生活スタイルを変化させ、ものの考え方（意識）や世界の見方（世界観）をも変化させて行く。

人々の意識や世界観の違いの例として、時間に対する意識について考えてみよう。われわれを始め、工業社会に暮らす人々は、科学や技術は時間の経過につれて進歩・発展して行くもので、明日は今日よりもよい日になり、ユートピアは未だ来たらぬ未来にあると信じている。

一方、伝統的な農業社会では父祖から伝わる方法を墨守することが正しく、新しいことを採用するよりも昔と同じ方法を繰り返すこと、伝統を守ることにこそ価値がある。そのような社会では、ギリシャ神話や創世記が語るように、また中国の堯舜伝説が語るように、ユートピアは遠い過去にあったものと信じられている。

現在まで残存している数少ない狩猟採集民を研究して

きた人類学者たちによると、彼らは文字通りのその日暮しであり、明日のことは考えず、今日ある食物は今日食べてしまう、という。われわれの目から見ると、彼らのその日暮しの生活は常に飢餓と隣りあわせの貧しく厳しいものに見える。しかし、彼らの元で実際に生活を伴にした人類学者の報告によると、狩猟採集民たちは日に4～5時間しか食料の獲得には費やしておらず、それ以外の時間は昼寝やおしゃべり、唄や踊りで過ごしている、という<sup>(36)</sup>(表5-2-1)。労働時間の長さから見れば、現代社会に暮すわれわれの方がよほど余裕のない生活をしていることになる(表5-2-2)。彼らは過去を記録することも、未来に期待することもなく、現在を生活している。

エネルギー、環境、人口のトリレンマ問題に代表されるように、現代社会ではさまざまなひずみが表面化し、成長の限界が論じられ、科学技術が開くバラ色の未来の

表5-2-1 狩猟採集民、原始農耕民の一日あたりの労働時間<sup>(34)(35)</sup>

	狩猟採集民	圃耕民	総平均
男性	3時間13分	3時間38分	3時間26分
女性	4時間9分	4時間12分	4時間11分
両性	3時間41分	3時間55分	3時間48分

夢は万人に信じられるものではなくなった。これから到来するであろう物の豊かさよりも心の豊かさを求める社会では、労働や生活に対する人々の考え方も変化するに違いない<sup>(36)</sup>(表5-2-3)。

(2) 情報が人間を変える

近年、「情報化」が時代のキーワードとなり、マルチメディアや情報ハイウェイといった話題が連日のように新

表5-2-2 近代、現代社会の一日あたりの拘束(労働)時間<sup>(34)(35)</sup>

	年間拘束時間	年間労働時間	一日の拘束時間
14～15世紀の労働者	3,840時間	2,850時間	14時間
16世紀英徒弟法	3,840時間	2,990時間	14時間
18世紀英鉄工所	4,100時間	3,690時間	15時間
18世紀仏	4,370時間		16時間
20世紀初日製米工場	4,500時間 <sup>(41)</sup>		15時間
1991年日本		2,088時間	8.49時間 <sup>(42)</sup>
1991年米国		1,943時間	8.60時間
1991年英国		1,902時間	8.72時間
1991年ドイツ		1,582時間	7.61時間
1991年フランス		1,682時間	7.97時間

(注1) 年間労働300日として計算。

(注2) 以下の数字は一日の労働時間。ただし、日本の場合、一日の仕事時間が10時間を超える男性が1993年でも32%(約870万人)存在している。また、通勤時間は労働時間に含まれていない。

表5-2-3 産業構造の変化と社会構造

	狩猟採集社会	農業社会	工業社会	情報社会
基本的資源	食物		エネルギー	情報
経済システム	互酬性	物々交換	市場経済	情報共産主義(?)
集団の単位	血縁集団(家族)	地縁集団(村落)	会社組織	情報共同体(?)
集団の特徴	流動性	固定性	目的指向	興味指向(?)
集団の独立性	自己完結的		相互依存的	
トピック	人類の誕生、道具、火の利用	都市の誕生、社会の階層化、王・僧侶といった職業分化	蒸気機関の発明、世界規模の市場経済、資本主義経済	コンピューターの発明、情報ネットワークの発達
社会モデル	家族・親族	村落・農場	会社・工場	研究開発型産学複合
雇用形態	(不在)	農民	工場労働者	情報作業員
支配システム	相互調整	少数の支配者と多数の被支配者	民主主義	
人々	ゼネラリスト	分業化	スペシャリスト	新しいゼネラリスト(?)
始まり継続期間	数百万年前 数百万年間	紀元前数千年 約一万年	1750年ごろ 200年	1955年ごろ(米) ?

聞や雑誌をにぎわせている。ある試算<sup>97)</sup>では2010年の情報関連の市場規模は123兆円になるといい、この巨大な市場を新しいビジネスチャンスと考え、さまざまな企業が新規に参入し、技術や製品も多数開発されている。しかし、「情報化」は単にテレビ会議やオンライン・ショッピングといったビジネスや日常生活のやり方を変えるだけではない。それは新しい産業革命であり、農業社会、工業社会に継ぐ情報社会を生み出す変化となる可能性を秘めている。

例えば、インターネットと呼ばれる世界的な規模の電子ネットワークがある。このネットワークは、世界各地の会社や組織のネットワークを相互に結びつけたもので、4万近くネットワークが相互に接続され、400万台近くのコンピューターが日夜休むことなく情報を交換しあっている。その上を流れる電子的なメッセージは地球の裏側にも瞬時に到着するし、海外にあるコンピューターのファイルやデータも、自分の利用しているコンピューターへ即座に取り寄せることができる。

インターネットは、つなぎたいところから、つなぐことができるところから、複数のネットワークが相互に接続し合って成立して行ったネットワークであるため、全体を統合し制御する明確な中心は存在しない。このような「ネットワーク型」の組織構造は、今までの合目的な組織が採用してきたピラミッド型の組織構造とは根本的に異なった形態である。

新しい情報環境は人々にどのような影響を与えるだろうか。まず、情報を所有することに対する感覚が変化することに違いない。かつて情報を共有する人々は地理的にも近いところに集まって共同体（コミュニティ）を作っていた。しかし、インターネット上では時間のズレや地理的な距離を超えて情報を共有することが可能となる。人々はネットワークを手がかりに、会社や組織とは無関係の個人として性別や国籍、年齢、肩書などとは無縁の新しいコミュニティを作りつつある。そのようなコミュ

ニティには、お互いに顔を合わすこともないまま何年もメールの交換のみで付きあっている人もいれば、互いに連絡を取りあってネットワークを離れたミーティングや宴会を催す人もいる。

彼らは旧来の血縁や地縁、社縁とは異なる新しい人間関係によって結びついている。自らの興味や関心で離合集散するこのような人間関係を、「知縁」あるいは「情報縁」と呼ぶことも可能だろう。社会の情報化は新しい出会いと人間関係を生み出しつつある。

狩猟採集民の社会はリーダーが不在の平等主義と資源を互いに分け与えあう互酬性を特徴としている。「知縁」で結びついたコミュニティにも明確なリーダーは存在せず、参加者は情報を共有しながら互いに助けあっている。新たな「知縁」社会は、平等主義と（情報に対する）互酬性が、再び社会を貫く原理となる時代かも知れない。

### (3) 社会の変化が安全のヒューマンファクターに与える影響

本節の最後に、このような社会・文化の変化が「安全のヒューマンファクター」に与える影響について、特に、負の影響を中心に考えてみよう\*<sup>1)</sup>(図5-2-1)。

安全のヒューマンファクターのうち、社会・文化の変化によって大きな影響を受けると予想されるものとしては、大きく次の四つをあげることができる。

#### ① 安全に携わる人の確保

巨大技術システムの安全の確保には、さまざまな層の人々がかかわっている（1-1節参照）が、その中でも特に重要なのが「システムを運転操作する人」と「システムの整備、保守・点検を行う人」である。このうち、前者は日常目につきやすい仕事であり、今後とも人材の確保に障害は少ないと考えられる（幼い頃「電車の運転士になりたい!!」と思った人も多いのではないか）。後者は、裏方的な仕事で3K作業的色彩も比較的に強いため、

\*1) 社会の変化に対して、人間は非常に高い適応能力を持っているので、これらの影響は将来必ずしも現実のものとなるとは限らない。しかし、不幸にも現実のものとなってしまった場合にも、現在と同等あるいはそれ以上の安全を確保できるように、その対応策を事前に検討しておく必要がある。

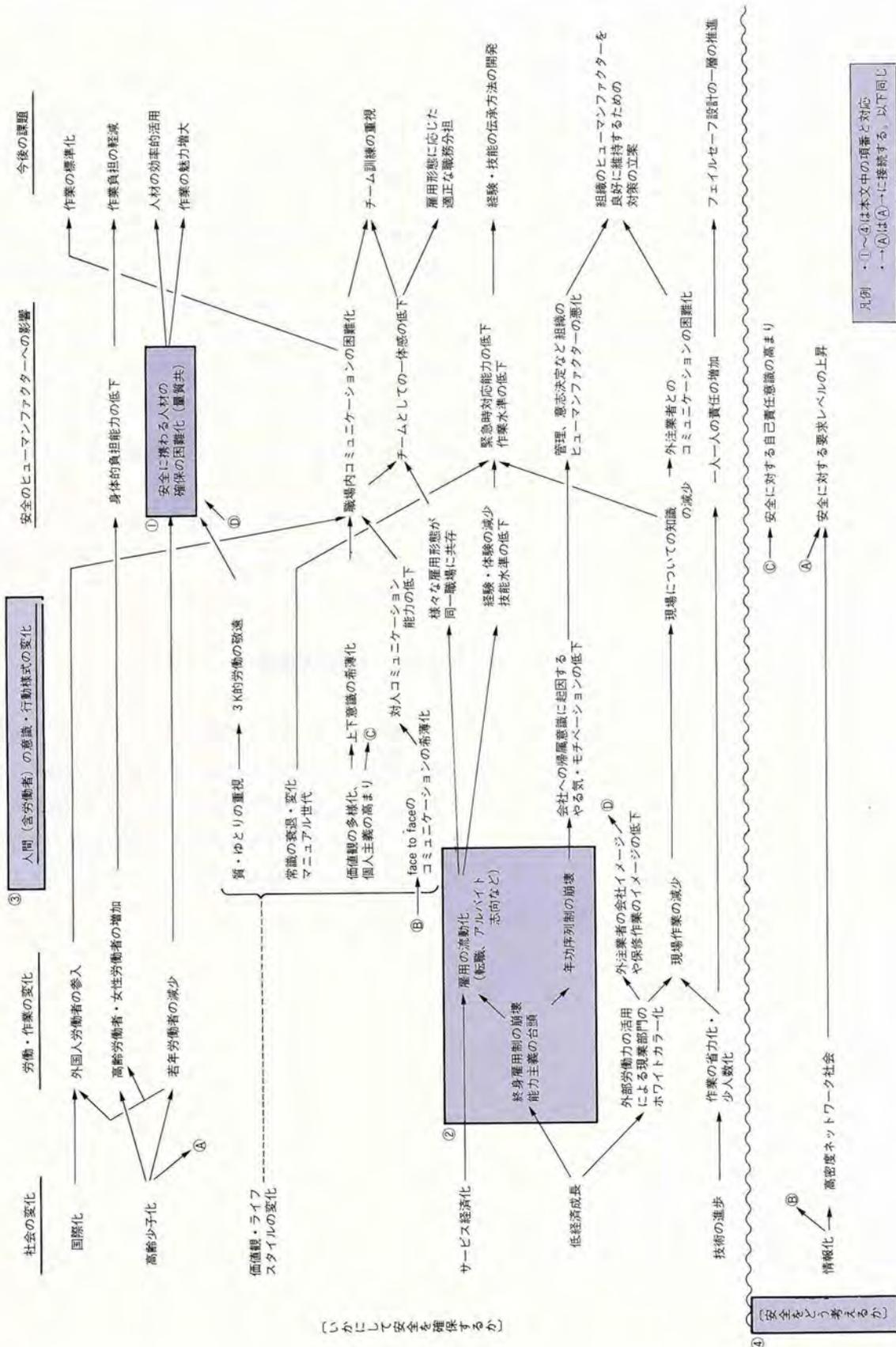


図5-2-1 社会の変化が安全のヒューマンファクターに与える影響(例)

社会の変化に対して人間は非常に高い適応能力を持っているので、これらの影響は将来必ずしも現実のものとは限らない。しかし、不幸にも現実のものとなってしまった場合にも、現在と同程度あるいはそれ以上の安全を確保できるように、その対応策を事前に検討しておく必要がある

今後若年労働者層が減少するに伴い、人材確保に量と質の両面から困難が生じてくると予想される。

## ② 労働（雇用）形態

94年8月、「アルバイトスチュワーデスは安全性に問題がある」として、運輸大臣が契約制スチュワーデスの導入に疑問を投げかけた問題は、記憶に新しい。この問題の場合は新規に採用される側のモチベーションが高いため、むしろ受入れ側の問題であると考えられるが、いずれにせよ、経営環境の困難化および労働価値観の変化に伴って、終身雇用・年功序列制を代表とする日本的雇用慣行は崩れて行くと考えられる。

これら日本的雇用慣行は、現場労働者の技能を育成し緊急時の対応能力を高める、安全確保に対する労働者のモチベーションを維持する、などさまざまな面から安全の確保に貢献してきた。したがって今後、これに変わる新しい安全確保の枠組みを構築する必要がある。

## ③ 労働者の意識および行動様式

これまで述べてきた社会の変化、特に②の労働形態の変化は、当然、そこで働く労働者の意識および行動様式にも変化をもたらし、安全のヒューマンファクターにも大きな影響を与えると予想される。

例えば、次のような影響が考えられるであろう。

- ・常識の変化による知識や技能の伝承の困難化
- ・個人主義の高まりによるチームとしての一体感の低下

・『マニュアル世代』による異常時対応能力の低下

## ④ 安全そのものに対する考え方の変化

以上あげてきた点は「いかにして安全を確保するか」に関するものだが、最後に「(社会の側が)安全そのものをどう考えるか」という点に関して触れておく。

従来、特に、日本社会では「水と安全はタダ」という意識があったと言われている。しかし、今後は個人意識の高まりにより、「安全は、誰かが与えてくれるものではなく、自分の責任で自ら勝ち取るもの」といった考え方が広まってくると予想される。この考え方は、さらに「高い利益が期待されるものは多少リスクが高くても自己の責任において選択する」という行動様式をもたらすことも考えられる。

一方で、情報化が進んだ高密度のネットワーク社会となり、また高齢社会となるにつれ、人々の安全に対する要求レベルは一層高いものとなって行くであろう。

## 5-2-3 今後の課題

この種の研究は、いまだ緒についたばかりで、文化や社会にかかわる問題は定量的に捉えることが難しく、研究・分析の方法論も含め、考えねばならない課題が多数ある。今後は、専門分野を異にする研究者との学際的なアプローチも含め、研究を進めて行く予定である。

第 6 章

今後の展開



## 第6章 今後の展開 ● 目次

研究開発部 原子力推進室（課長） 堀江 康夫

---



堀江 康夫（1975年入所）

軽水炉の冷却材喪失事故、異常時の過渡変化などの安全解析研究および原子力運転情報にかかわる情報処理研究を行ってきた。

現在、軽水炉技術をはじめ、原子力発電技術全般の研究推進の業務を担当している。

## 6-1 今後の展開

わが国では当初より、安全の確保なくしては原子力開発利用の発展はあり得ないという観点から、なによりもまず安全の確保が最重視されてきた。

昨年(1994年)6月に策定された「原子力開発利用長期計画(以下原子力長計)」においても、平和利用とともに安全確保が、原子力利用の大前提として再確認されており、今後の原子力発電利用でも安全の維持・向上は、極めて重要な課題となっている。

さらに、ヒューマンファクターに関し、原子力長計は「国および電気事業者等は、それぞれの立場において、設計不良や自動化によるヒューマンエラーの可能性の一層の低減を図ることが重要であり、安全確保における運転・試験・検査保守といった人間による適切な管理の重要性にかんがみ、人間工学的観点からの研究を進めるとともに、今後とも教育訓練等の一層の充実を図る必要がある」と、安全確保におけるヒューマンファクターの重要性を指摘している。

ヒューマンファクターは、今後とも、信頼性、経済性の向上に向けた機器の改良や自動化など、システムの高高度化への努力と並行して、継続的に注意を払って行かねばならない問題である。

例えば、機器・設備等の信頼度の向上がみられる一方、ヒューマンエラーの発生割合が下がっていかねば、プラント信頼性に占めるヒューマンファクターの重要性は相対的に増大する。さらに、新しいシステムや革新技術の導入にあたっては、これらの運転性や保守性など、ヒューマンファクターへの影響評価が必要不可欠となろう。また、初期の原子力開発利用に従事してきた世代から新しい世代への交替、あるいは社会環境の変化などに

よる、個々人の価値観の変化なども予想される。原子力に携わる個々人の価値観や感性の変化等については、労働意欲や肉体的・精神的疲労感などとの関連から、ヒューマンファクター研究の重要な課題として今後取り上げられていくものと思われる。

当研究所は、第1章でも述べたように、87年にヒューマンファクター研究センターを設立し、ヒューマンファクターの分析・評価手法やヒューマンエラー低減手法等の提言、ヒューマンファクター情報のデータベース化など、電気事業の立場に立ってヒューマンファクター研究を推進してきた。

ヒューマンファクター研究は今後とも重要な課題であり、当研究所は今後についても、電気事業の共通基盤的な研究を推進し、その研究成果の現場への実用化の支援を行うとともに、原子力発電分野のみならず幅広い応用を期待し、長期的な見通しに立って基礎研究の充実強化を図ることが重要と考える。

電気事業の共通基盤的な研究としての電力共通研究課題の項目「ヒューマンファクター情報の分析・評価とデータベース化」、および「ヒューマンエラー低減支援手法の開発」については、それぞれ既にパソコンシステムとして開発した「ヒューマンファクター分析・評価手法(J-HPES)/同支援システム(JAESS)」および「人間行動予測システム」等を、いかに発電所の現場に有効に適用できるかが重要な点であり、そのための電気事業者へのフォローアップを行う。

また「マンマシンシミュレーターによるヒューマンエラー防止対策評価手法の開発」については、このシミュレーターにより、中央制御室の制御盤の改善、教育訓練

方法の変更等がヒューマンファクター面に及ぼす影響を評価できるものとして、この研究の確実な推進を図る。

研究の推進にあたっては、電気事業者の立場に立ち、原子力発電等への実用化を念頭において電力各社との連携を図り、効率的な研究の推進に努める。

一方、長期的な観点からは、発電所の作業環境の快適性の追求にかかわる研究、あるいは、これからの社会環境の変化が、発電所で働く人々の意識やものの考え方にどのような影響を与えるか、といった、従来の技術中心の研究から一歩踏み込んだ、人文・社会科学系の研究への取組みも極めて重要と考えている。

前者については、例えば、人間の生理・心理機能の評

価研究はヒューマンファクター研究センターの設立以前から、当研究所が着実に実施してきた基礎研究の一つであり、この研究により発電所等の労働環境下での肉体的、精神的なストレスを中心とした評価技術、測定手法等に関するノウハウの蓄積を図ってきた。これらのノウハウを活かして、今後は快適な労働環境や人に優しいシステム作りに資することを、目標とした研究を進めていく。

また、人文・社会科学的な研究については、長い時間の流れの中で把えて行くという視点に立って、専門分野の異なる研究者との交流も含めて、息ながく研究を進めて行く。

# おわりに

参事・ヒューマンファクター研究センター所長 白砂 孝夫



「ヨーロッパの貴人は、夜に寝て、昼に楽しむ。日本の貴人は、昼に寝て、夜、宴会や娯楽に興ずる」と、ルイス・フロイスは「日本覚え書き」に記している。これによると日本はヨーロッパより早く、すでに信長の時代に24時間社会が芽生えていたようである。

今日では、世界的に、社会はいつときも休まなくなっている。そして、世界の大事故の多くが深夜から明け方に起きている。そのおもな原因は、この時間帯に仕事に携わっている人の眠気、疲れが頂点に達して、トラブルにうまく対応しきれなかったからであるとされている<sup>(1)</sup>。

人間の体内時計は、通常、昼間活動し、夜間休眠するようにセットされているが、1日当たり、何時間か遅らせたり進めたりできることが分かってきている。この性質を利用すれば、体内時計を夜間活動型に調整することができ、夜間にも、持ち前の能力が発揮できるようになる。

このような人間の特性をよく知って、社会活動への適応に役に立てようというところに、ヒューマンファクター研究の狙いがあり、職場や日常の生活をいくらかでも快適に安全にしたいと願いながら、研究を進めている。

## 引用文献・資料等

### ● 1章

- (1) 黒田「ヒューマン・ファクターを探る」中央労働災害防止協会 (1988).
- (2) 科学技術会議「ソフト系科学技術に関する研究開発基本計画について」(1992).
- (3) 大川「図解人間工学用語辞典」日刊工業新聞社 (1976).
- (4) 黒田「ヒューマンファクターとは」原子力工業、Vol.36、No.11、13-18 (1990).
- (5) E.Edward “Human Factors in Aviation” Aerospace, Vol.12, No.7, 20-22 (1985).
- (6) ㈱発電設備技術検査協会「原子力発電信頼性向上調査委員会報告書」(1988).
- (7) 東京電力㈱ヒューマンファクター研究室「ヒューマンファクター トピックス」(1994).
- (8) “Human Factors Primer for Nuclear Utility Managers” EPRI NP-5714 (1988).
- (9) 林「人間信頼性工学—人間エラーの防止技術—」海文堂出版 (1984).
- (10) D.Meister “Human Factors: Theory and Practice” John Wiley & Sons (1971).
- (11) 人的過誤事例選別作業会資料.
- (12) A.D.Swainほか “Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Application” NUREG/CR-1278 (1983).
- (13) 橋本「マン・マシン・システムにおける人間の特性の過誤」計測と制御、Vol.19、No.1、836-844 (1980).
- (14) 井上「ヒューマンエラーとマン・マシン・システムの信頼性解析」メカライフ、No.14 (1988).
- (15) 鉄道総合技術研究所講演会資料.
- (16) 全日本空輸㈱総合安全推進委員会事務局「ヒューマンファクターズへの実践的アプローチ」ブックス・フジ (1993).
- (17) INPO講演会資料.
- (18) G.Salvendy ed. “Handbook of Human Factors” John Wiley & Sons (1987).  
(邦訳：大島正光監訳「ヒューマンファクター—新人間工学ハンドブック—」同文書院、1989)
- (19) 行待「ヒューマンファクターの最近の話題 I. はじめに」日本原子力学会誌、Vol.35、No.3、179-180 (1993).
- (20) 松本「人間主体の安全設計」日本人間工学会アーゴデアイン部会報、Vol.4、12-14 (1993).
- (21) 日本人間工学会ISO/TC159国内委員会「ISO/TC159東京・つくば会議」人間工学、Vol.29、No.6、411-413 (1993).
- (22) 堀野(司会)「ISOの動向—人間工学国際規格と日本の貢献—」人間工学、Vol.27、特別号 (1991).
- (23) 「人間工学の手法で製品設計 国際規格づくり始動」日本経済新聞 (1994.11.19).
- (24) 秋田「欧米における『人間工学専門家資格認定』の動き」人間工学、Vol.29、No.2、124 (1993).
- (25) 「ワープロ組み立て 分業やめ1人で生産」日本経済新聞 (1994.11.16).
- (26) K.J.Vicenteほか “The Ecology of Human-Machine System (II), Mediating Direct Perception in Complex Work Domains” Ecological Psychology, Vol.2, No.3, 207-249 (1990).
- (27) 田辺「原子力発電プラントにおける人間中心のマンマシンシステムの構築へ向けて」計測と制御、Vol.32、No.3、193-198 (1993).
- (28) J.Itohほか “An Ecological Interface for Supervisory Control of BWR Nuclear Power Plants” Journal of International Federation of Automatic Control, Vol.3, No.2 (1995).
- (29) 菊地「おはなし人間工学」日本規格協会 (1989).
- (30) 正田「人間工学」恒星社厚生閣 (1981).
- (31) 三菱総合研究所行動科学研究室「人間主義の経営学—ヒューマンファクター・マネジメント—」TBSブリタニカ (1993).
- (32) 長町・真辺編「人間工学概論」朝倉書店 (1968).
- (33) 通商産業省・資源エネルギー庁編「人と技術の共存を求めて」電力新報社 (1988).
- (34) 情報処理ヒューマンファクター調査委員会「情報処理とヒューマンファクター」電気学会技術報告 (II部)

No.212.

- (35) 山田ほか「BWRの安全性に及ぼす人的要因の研究(その1~その4)」日本原子力学会年会予稿集、D1~D4(1987).
- (36) 大塚ほか「BWRの安全性に及ぼす人的要因の研究(その1~その3)」日本原子力学会秋の大会予稿集、G5~G7(1987).
- (37) 林ほか「BWRの安全性に及ぼすヒューマンファクタの研究(PhaseII)その1~その3」日本原子力学会秋の大会予稿集、A31~A33(1988).
- (38) 河野ほか「BWRの安全性に及ぼすヒューマンファクタの研究(PhaseII)その4~その6」日本原子力学会年会予稿集、A1~A3(1990).
- (39) 河野ほか「BWRの安全性に及ぼすヒューマンファクタの研究(PhaseII)その7~その12」日本原子力学会秋の大会予稿集、A14~A19(1990).
- (40) 藤家ほか「BWRの安全性に及ぼすヒューマンファクタの研究(PhaseIII)その1~その3」日本原子力学会秋の大会予稿集、F46~F48(1991).
- (41) 大塚ほか「BWRの安全性に及ぼすヒューマンファクタの研究(PhaseIII)その4~その5」日本原子力学会秋の大会予稿集、E34~E35(1992).
- (42) 河野ほか「BWRの安全性に及ぼすヒューマンファクタの研究(PhaseIII)その6~その8」日本原子力学会秋の大会予稿集、F1~F3(1993).
- (43) 谷ほか「訓練シミュレータを用いた運転員の人間信頼性の研究(1)~(5)」日本原子力学会秋の大会予稿集、A18~A22(1989).
- (44) 谷ほか「訓練シミュレータを用いた運転員の人間信頼性の研究—ステップ2(1)~(3)」日本原子力学会春の年会予稿集、E46~E48(1991).
- (45) 高浦ほか「訓練シミュレータを用いた運転員の人間信頼性の研究(1)~(2)」日本原子力学会秋の大会予稿集、F44~F45(1991).
- (46) 守田ほか「訓練シミュレータを用いた運転員の人間信頼性の研究(1)~(2)」日本原子力学会春の年会予稿集、F5~F6(1992).
- (47) 高浦ほか「訓練シミュレータを用いた運転員の人間信頼

性の研究(1)~(2)」日本原子力学会秋の大会予稿集、F30~F31(1992).

- (48) 可部谷ほか「運転シミュレータを用いた人間信頼性研究」日本原子力学会誌、Vol.35、No.3、14-16(1993).
- (49) 西島「原子力発電所のヒューマンエラーを防ぐ」電気協会雑誌、No.840、16-20(1993).

## ● 2章

- (1) K.Takanoほか“Development of the technique for analysis and assessment of human error relating incidents” Proc. 3rd Int. Symp. on Human Factors in Organizational Design and Management (ODAM), 121-124(1990).
- (2) K.Takanoほか“System for Analyzing and evaluating human-related nuclear power plant incidents”, Journal of Nuclear Science Technology, Vol.31, No.9, 894-913(1994).
- (3) 高野ほか「パーソナルコンピュータを利用した人的事象の分析支援システムの開発」原子力学会誌、Vol.36、No.11、1059-1067(1994).
- (4) 高野ほか「電力中央研究所におけるヒューマンファクター研究の現状(その2)」火力原子力発電、Vol.42、No.417、700-713(1991).
- (5) J.Rasmussenほか“Classification System for Reporting Events Involving Human Malfunction”, Riso-M-2240(1981).
- (6) A.Swainほか“Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications”, NUREG/CR-1278,(1983).
- (7) A.I.Siegelほか“Maintenance Personnel Performance Simulation (MAPPS) Model: Description of Model Content, Structure and Sensitivity Testing” NUREG/CR-3626, Vol.2, ORNL/TM-9041/V2.(1984).
- (8) 吉野ほか「因果モデルによる実用的なエラー予測因果システムの構築」日本人間工学会関東支部第20回大会講演集(1990).
- (9) K.Yoshinoほか“Practical Development of Human Error and Behavior Prediction System from the View

Point of Psychological and Statistical Methods”.  
ESREL (1993).

- (10) 磯田ほか「保守作業時のヒューマンエラー低減対策の抽出」CRIEPI/EPRI共同研究報告、S989101 (1992).
- (11) H. Isodaほか“Human Factors Interventions to Reduce Human Errors and Improve Productivity in Maintenance”, International Conference on Design and Safety of Advanced Nuclear Power Plants, (1992).
- (12) 藤本「保守作業支援システム(CCAM)の開発」電気現場技術、Vol.32、No.379 (1993).
- (13) 佐相ほか「ポンプおよび弁の保守作業の支援を目的とするジョブ・カードの開発」CRIEPI/EPRI共同研究報告、S989302 (1994).
- (14) 高野ほか「手順書作成支援システム(PTS)の開発システムに求められる機能についての検討」CRIEPI/EPRI共同研究報告、S989301 (1994).

### ● 3章

- (1) 藤本「ヒューマンファクター研究データベース」耐放射線機器・材料データベース研究委員会調査報告書、(株)大阪ニュークリアサイエンス協会 (1992).

### ● 4章

- (1) 高野「精神作業負荷、覚醒度およびストレスの相互関係とモデル化」人間工学、Vol.29、No.6、369-374 (1993).
- (2) 吉村ほか「運転チーム行動モデルの開発(その1)」日本原子力学会秋の大会予稿集、F6 (1993).
- (3) 高野ほか「運転チーム行動モデルの開発(その2)」日本原子力学会秋の大会予稿集、F7 (1993).
- (4) 佐相ほか「運転チーム行動モデルの開発(その3)」日本原子力学会秋の大会予稿集、F8 (1993).
- (5) K.Sasouほか“Conceptual Design of a Simulation Model for Team Behavior”, Fourth European Conference on Cognitive Science Approaches to Process Control, 110-121 (1993).
- (6) 高野ほか「運転チーム行動モデルの全体構成とオペレータ行動モデル」電中研報告、S92001 (1993).

- (7) 佐相ほか「運転チーム行動モデル検証用プラントシミュレーションコードの開発」電中研報告、S92002 (1993).
- (8) 吉村ほか「運転チーム行動モデルの開発」ヒューマンモデリングとニューラルネットワークに関する研究会論文集(東京大学工学部)、23-29 (1994).
- (9) 高野ほか「原子力発電所における運転チームの行動シミュレーション—オペレータ行動モデル(個人モデル)の開発—」電中研報告、S93001 (1994).
- (10) 佐相ほか「原子力発電所における運転チームの行動シミュレーション」電中研報告、S93002 (1994).
- (11) 高野ほか「運転チーム行動モデルの開発(その4)」日本原子力学会秋の大会予稿集、C32 (1994).
- (12) 佐相ほか「運転チーム行動モデルの開発(その5)」日本原子力学会秋の大会予稿集、C33 (1994).
- (13) 吉村ほか「運転チーム行動モデルの開発(その6)」日本原子力学会秋の大会予稿集、C34 (1994).
- (14) S.Yoshimuraほか“Team behaviour simulation model—Proposal of the conception—”, Journal of Scientific & Industrial Research, Vol.53, 574-578 (1994).
- (15) S.Yoshimuraほか“Simulation of Operator Team Behavior in Nuclear Power Plants”, Second Workshop on Super Simulators for Nuclear Power Plants, 129-138 (1994).
- (16) 吉村ほか「マルチレベルフローモデリングの概念を用いた運転員メンタルモデルの提案」計測自動制御学会論文集、Vol.31、No.2、227-235 (1995).
- (17) 長坂ほか「人間信頼性を考慮したシステム信頼性解析の手引き—組合せ信頼性評価手法(IRA)について—」、電中研調査資料、S91903, (1991).
- (18) 長坂ほか「人間機械系信頼性解析技法CODAの開発」1990年日本原子力学会年会要旨集(第I分冊)、11 (1990).
- (19) T.Yukimachiほか“A Method for System Reliability Analysis with Change-over Operation” Ergonomics, Vol.35, nos5/6, 499-512 (1992).
- (20) 行待ほか「切替え操作に依存するシステム信頼性解析の一手法」日本人間工学会関東支部第20回大会講演集、192-193 (1990).
- (21) 長坂「組合せ信頼性評価手法による事例解析—グランド

蒸気蒸化系の解析一」、電中研調査資料、S91911、(1992)。

(2) 長坂「災害防止のための機器、人的信頼性評価」生産と電気、Vol.46, No.7, 20-26 (1994)。

## ● 5 章

(1) 吉野ほか「3次元人間行動モニタリングシステムの構築とその適用性評価」人間工学、Vol.26, No.3 (1990)。

(2) 吉野ほか「温熱環境下作業時における温熱ストレスの身体影響(その5)」電中研報告、T86100 (1987)。

(3) 長坂ほか「発電所運転時の諸動作の時間研究」日本人間工学会関東支部第24回大会講演集、130-131 (1994)。

(4) 吉野ほか「無拘束エネルギー代謝率リアルタイムモニタリングシステムの開発と性能評価」産業医学、Vol.27, No.6 (1985)。

(5) 吉野ほか「高温作業者の温熱ストレス発現予測についての実験的研究」産業医学、Vol.29, No.6 (1987)。

(6) 吉野ほか「温熱環境下作業時における温熱ストレスの身体影響(その1)」電中研報告、285034 (1986)。

(7) 長坂ほか「温熱環境下作業時における温熱ストレスの身体影響(その2)」電中研報告、285060 (1986)。

(8) 長坂ほか「温熱環境下作業時における温熱ストレスの身体影響(その4)」電中研報告、T86099 (1987)。

(9) 高野ほか「原子力発電所におけるヒューマンファクター評価法」電中研報告、284055 (1985)。

(10) 高野ほか「運転・保守時の運転行動モニタリング手法の確立(その1)」電中研報告、S89001 (1988)。

(11) 高野ほか「原子力発電所におけるヒューマンファクター評価法」電中研報告、285062 (1986)。

(12) 高野ほか「原子力発電所におけるヒューマンファクター評価法」電中研報告、T86101 (1987)。

(13) 長坂ほか「運転・保守時の運転行動モニタリング手法の確立(その2)」電中研報告、S89002 (1987)。

(14) 長坂ほか「運転・保守時の運転行動モニタリング手法の確立(その4)」電中研報告、S89004 (1990)。

(15) 長坂ほか「視覚系挙動情報によるCRT表示良否判定に関する基礎的検討」日本人間工学会第30回大会講演集、282-283 (1989)。

(16) 長坂ほか「視覚系挙動情報によるCRT表示良否判定に関する基礎的検討(2)」日本人間工学会関東支部第20回大会講演集、152-153 (1990)。

(17) 川島ほか「原子力プラントにおけるヒューマンファクターに関する基礎研究」日本人間工学会関東支部第23回大会講演集、90-91 (1993)。

(18) 長坂「CRT監視時の眼球運動」眼球運動計測SFCシンポジウム講演集、30-38 (1993)。

(19) 吉野ほか「原子力発電所用半面マスクの着用性能向上」電中研依頼報告、283551 (1984)。

(20) 吉野ほか「原子力発電所用半面マスクの着用性能の向上」電中研依頼報告、284530 (1985)。

(21) 長坂ほか「定検作業における新作業衣服の着用性能の実証試験」電中研依頼報告、S88501 (1989)。

(22) 長坂ほか「原子力発電所用作業衣服の開発と着用性能の評価」電中研依頼報告、S87501 (1988)。

(23) 高野ほか「原子力発電所用作業衣服の着用性能の向上に関する調査研究」電中研依頼報告、T86528 (1987)。

(24) Nagasaka ほか“Development of “THURMOS” Evaluating Stress and Human Performance”, TANSO 66 1-626, 85-86 (1992)。

(25) 高野ほか「運転・保守時の運転行動モニタリング手法の確立(その3)」電中研報告、S89003 (1990)。

(26) 長坂ほか「運転・保守時の運転行動モニタリング手法の確立(その5)」電中研報告、S90003 (1991)。

(27) 長坂「人間特性総合解析装置の開発とその適用」電気評論、Vol.77, No.5, pp.591-595 (1992)。

(28) 佐相ほか「原子力発電所における運転チームの行動シミュレーション」電中研報告、S94002 (1995)。

(29) 「特集 人間工学はなぜ役に立たないのか(I)」人間工学、Vol.25, No.6 (1989)。

(30) 「特集 人間工学はなぜ役に立たないのか(II)」人間工学、Vol.26, No.1 (1990)。

(31) 「人間感覚計測応用技術研究開発成果報告会資料」(社)人間生活工学研究センター、(財)日本産業技術振興協会 (1993)。

(32) 栗山ほか「ストレスの計測と評価Part I 疲労・覚醒、Part II ストレス」日本人間工学会関東支部第24回大会講演集、

8-25 (1994).

- (33) 総理府「国民生活に関する世論調査」(1993).
- (34) 山内「経済人類学への招待 ― ヒトはどう生きてきたか ―」ちくま新書(1994).
- (35) M.サーリンズ、山内昶訳「石器時代の経済学」法政大学出版局(1984).
- (36) 小島ほか「人間の意識形成メカニズムの調査・研究」電中研調査報告、S93003、1993年.
- (37) 電気通信審議会答申『21世紀の知的社会への改革に向けて ― 情報通信基盤整備プログラム ―』(1994).

●おわりに

- (1) M. ムーア・イード、青木薫訳「大事故は夜明け前に起きる」講談社(1994).

---

本部/経済社会研究所 東京都千代田区大手町1-6-1 ☎(03)3201-6601 ☎100

柏江研究所/情報研究所

原子力情報センター/ヒューマンファクター研究センター

東京都狛江市岩戸北2-11-1 ☎(03)3480-2111 ☎201

我孫子研究所 千葉県我孫子市我孫子1646 ☎(0471)82-1181 ☎270-11

横須賀研究所 神奈川県横須賀市長坂2-6-1 ☎(0468)56-2121 ☎240-01

赤城試験センター 群馬県勢多郡宮城村苗ヶ島2567 ☎(0272)83-2721 ☎371-02

塩原実験場 栃木県那須郡塩原町関谷1033 ☎(0287)35-2048 ☎329-28

---

---

## 編集後記

---

電中研レビュー第32号「人間と技術の調和に向けて—ヒューマンファクター研究—」をお届けします。

今回、本レビューで取りあげた「ヒューマンファクター研究」ですが、この分野の研究は、1979年に米国で発生したスリーマイル島原子力発電所2号機の事故を契機として、社会の注目を引きました。

当研究所がヒューマンファクター研究に取り組み出したのが、1983年ごろです。そして、1986年4月に旧ソ連で発生したチェルノブイリ原子力発電所2号機の事故により、世界的に原子力発電の安全対策は見直されるようになりました。

その中で、人間の判断ミスなど「ヒューマンエラー」による事故の防止対策が最重要課題となり、平常時や事故時における人間の判断や挙動を調べる「ヒューマンファクター研究」が盛んになりました。機械や技術と人間のかかわり方の良好な関係について、原子力技術などの特定の専門家だけでなく、医学系、家政学系、心理学系

など幅広い分野の方々が取り組んでいます。

広範囲の「ヒューマンファクター研究」の成果は、機械と人間、設備と人間、技術と人間、システムと人間など、これら関係の最適化を見いだして、ヒューマンエラーやヒヤリハットへの対策の確立が期待できそうです。

社会の発展と技術の進歩につれて、事故のないより快適な労働環境への変革は、万人が望むところです。

当研究所は、これらの実現に寄与したいと思っています。

最後になりましたが、ご多用中にもかかわらず快く巻頭の「ヒューマンファクター研究への期待」をお寄せいただいた黒田勲・早稲田大学人間科学部教授には、心から感謝いたします。

本レビューにより、ヒューマンファクター研究について、皆様のご理解の一助となれば、望外の喜びです。

本冊子の内容等について、ご意見をお待ちしています。

IR