連載講座 ヒューマンファクター

第6回 ヒューマンインタフェースに関する原則、 結言と将来展望

ヒューマン・マシン・システム研究部会 五福 明夫, 古川 宏, 北村 正晴

I. 人に優しいヒューマンインタ フェースへ

本連載の第4回と第5回では、それぞれ、ヒューマンファクター(以下、HF)に関連したシステム設計に関する原則とタスク設計に関する原則が解説された。最終回では、ヒューマンインタフェース(以下、インタフェース)を設計するにあたっての原則を解説する。

インタフェースの設計においては、一般的に、①目標の明確化、②対象となるシステムの把握、③ユーザの明確化が必要である。特に、ユーザの明確化においては、ユーザ層(年齢、性別、職業など)やユーザのレベル(システムへの習熟度、教育、経験など)を明確化するとともに、ユーザがシステムに対して持っている知識を洗い出す。これらの3点を十分検討することにより、ミスの発生が少なく利用し易い、いわば、人に優しいインタフェースの設計が可能となる。

作る側の論理と使う側の論理のずれによるミスの発生も古くから指摘されている¹⁾。『機械を「作る」側が、操作手順を“マニュアル”という形で決めるとき、それは絶対に守らなければならない安全原則として作成する。(中略)「作る」側にとってみれば、AとBのボタンを間違えることはシステムのロジックを破壊し、致命的な事故になるから、オペレーターはそんな馬鹿な間違いをするはずはないと考えるだろうが、オペレーター側にしてみれば、Aというボタンを押す作業は、100ある操作の中の1つでし

がなく、作業全体の中で100分の1の重要性しか持たない。』

本稿で説明する2つの原則は、人に優しいインタフェースを設計するための重要な視点を与える。

II. 原則9「人間の身体能力や作業性に 配慮して機器・道具・作業環境 などを設計せよ」

1. 身体能力や作業性を配慮したインタ フェース改善例

【事例1】中央操作盤でのスイッチの配置

初期の原子力プラントでは、1測定変数-1表示器の考え方²⁾で制御器と表示器が設計されていた。すなわち、運転員が中央制御盤のメータやダイヤルで読み取る数値(例えば、圧力や温度)は、プラントから出ている1つのセンサの出力値である。センサデータがコンピュータで処理されて高度で知的な情報として使われていることはなかった。このため、運転員が監視しなければならない表示は数1,000にも及び、表示器と制御スイッチ類の配置も、カテゴリーごとに分類されているものの、必然的に混雑したものとなっていた。また、異なった目盛りのメータが隣接することも多く、実際には値の低いメータの指示針が上方にあたりする場合もあった。さらに、初期のメータは横から見ると円弧を描いて指示針が上下するようになっていたので、目盛りから浮いた指示針の読みは、視点との相対位置関係によって正しく読み取れない場合があった。メータに取り付けられた透明なカバーも湾曲させたものが採用されていたため、室内照明燈の配置によってはカバー表面の反射により、指示値が非常に見にくくなる場合もあった。これらは、人間工学的なアプローチにより、運転員の表示器知覚特性や指示読取りにおけ

Seminor on Human Factor—(6)The Principles of Human Interface; Conclusion and Future Prospects: Akio GOFUKU, Hiroshi FURUKAWA, Masaharu KITAMURA.

(2003年 1月21日 受理)

る視線を考慮したり,「原則10」で説明する情報の重要度に応じた表示を行うことで解決されてきた。

最近では,開発における柔軟性,運転員間でのプラントの状態認識の共有,多数の監視制御項目を同じ場所で実施できることを重視し,第Ⅵ-1図のAPWR用中央制御盤のプロトタイプのような,重要なプラント計装信号を表示する大画面表示盤とCRT監視操作盤とを組み合わせた中央制御盤が開発され,実プラントへの導入が図られている。実際に,ABWRの柏崎6,7号機では,大型表示盤が導入され,情報の加工,集約化,階層化等が行われている。

〔事例2〕 航空機衝突事故回避のための TCAS (航空機衝突防止装置)の遵守の勧告

航空機においては,安全に飛行するための様々な機構的,組織的な仕組みがある。しかしながら,飛行速度の向上や上空での特有の状況により,人間の認知能力を超える事態が発生しうる。文献1)では,上空における人間の視覚機能の意外な低さが指摘されている。『さらにパイロットの心理学的な問題として指摘しておかなければならないのは,前章でも触れた“錯覚”の問題である。(中略)ところが,雲が人間の目にいたずらをしたのである。両機とも雲の峰の雲頂すれすれに飛んでいた。低い高度のイースタン機は雲頂付近を雲の峰から出たとき,右前方のやはり雲頂付近をこちらに向かって飛んでくる機影を認めた。イースタン機のパイロットは,その飛行機を自分と同じ高度に違いないと思い,しかもこのままでは衝突は避けられないと直感して,操縦桿を引いて急上昇した。だが,相手の飛行機は見る間に迫ってくる一方で,10秒経つか経たぬうちに猛烈な

ショックを受けた。衝突してしまったのだ。』このような上空での人間の視覚機能の低さを補完するために,TCASの開発が開始され,装備されるようになった。しかしながら,2002年7月1日に,ドイツのユーバリンゲン上空において空中衝突が発生し,多数の犠牲者が出た。その事故と前後して,国土交通省航空・鉄道事故調査委員会が,ICAO(国際民間航空機関)に対して,TCASの回避アドバイザリーに従うべきである,すなわち,TCASの回避アドバイザリーと反対の操作をしないことを法制化するように,異例ともいえる勧告を出した。

これまでの自動化においては,常に人間を機械の上位に位置付け,機械による計測は人間の知覚を補助するものであり,また,最終判断は人間がすべきとされてきた。しかしながら,人間の知覚内容が客観的事実と異なっている場合があることを認識するとともに,常識や知覚順応による錯覚を回避するための手段が,機械の精度や信頼性向上により可能となってきたことを謙虚に受け止めるべきであろう。

2. 限界ある人間の能力

我々の身の回りにある道具類は,人間の身体的構造や能力を反映している。身体的構造とは,ここでは,作業を行うときの姿勢に依存した身体寸法と各部位の動く範囲や運動特性とする。例えば,コンピュータのキーボードのサイズや各キーの間隔は,人間の手の大きさや動く範囲から決められている。したがって,人間と機械やコンピュータとの橋渡しとなるインタフェースの設計においても,人間の身体的特性に合致していることが望ましい。以下では,特に,中央制御室での運転員の運転操作のためのインタフェースを念頭に,人間の身体的構造や知覚特性を概観する。

(1) 人間の体型と運動特性

ユーザの身体的構造に合わせてインタフェースを設計することは,人間中心の設計(Human-Centered Design)につながる。人間の身体(以下,人体)の寸法や動作範囲は,骨や関節の構造とそれらの配置によって規定される。人体には多数の関節があり,それらを忠実にモデル化することも可能であるが,大きく9つの部分(手や足は2本ずつあるので,それを考慮すると15の部分)に分けて表現されることが多い。すなわち,頭部,頸部,体幹(背骨の部分),

第Ⅵ-1図 APWR用中央制御盤のプロトタイプ

上腕, 前腕, 手, 大腿, 下腿および足である。それらをロボットアームのリンク機構におけるリンクとみなし, それらを関節によって接続することにより人体のモデルを構成する。

各部位の長さや関節の3次元的回転角には, ユーザの標準的な値が用いられるが, 人間の身体的特徴の個体差を考慮するため, 最大値, 最小値, 中央値, パーセントタイルが用いられる。ここで, パーセントタイルは%値とも呼ばれる統計量で, 標本数がその%の範囲に入るような寸法値のことである。

人間の身体寸法の計測点の定義は JIS Z 8500 に規定されている³⁾。身体形状の計測方法には, 三角測量の原理を用いるアクティブステレオ法, 投影した格子パターンのモアレ縞を距離情報とするモアレトポグラフィ法, 計測装置や計測具を直接人体に密着させて測定する直接法などがある。

運動は人体の運動制御機構により, フィードバック運動とプログラム運動とに分けられる⁴⁾。フィードバック運動は, 例えば, 針の穴に糸を通す場合など精緻で遅い運動に典型的に現れるものであり, 運動結果が中枢にフィードバックされ, その情報が運動の制御に連続的に反映されるものである。一方, プログラム運動は, フィードバック情報が中枢に達するまでに終了するような速い運動や練習によって獲得された運動に現れる。ここでは, 運動に必要な筋肉の収縮や弛緩の調節方法が中枢でプログラムされており, 運動が開ループ的, 予測的に行われている。視覚情報探索を行う際の眼球運動にも, 両方の運動が現れており, 運動の中期頃までは眼球運動の加速度がほぼ一定の波形となるプログラム運動により行われ, 後期段階において, 対象物へ視線を合わせるためのフィードバック制御が行われている。ここで重要な点は, プログラム運動は一たん開始されると, 途中で随意に変更することができない点である。

また, 画面インタフェースの設計において, 視覚標的までの位置決め運動の時間を推定する目的では, Fitts の法則がよく利用されている。これは, 運動時間 T は, 初期位置から標的中心までの距離を D , 標的の幅を W とするとき,

$$T = a + b \cdot \log_2(D/W + 0.5)$$

で与えられる。ここで, a , b は定数であり, 特に b は運動の困難さを表すとされる。なお, 上式は実験値との一致度を高めるために Welford により修

正された式であるが, 現在では修正式が Fitts の法則として用いられることが多い⁴⁾。

(2) 人間の知覚特性

生物は感覚器官によって外界の情報を取り込む。それぞれの感覚器官は, 特定の刺激に対してだけ反応する刺激特異性を持っている。刺激のエネルギーは非常に小さいのが普通であり, このため生物は特殊で巧妙な感覚器官を備えている。人間の場合, 視覚, 聴覚, 触覚, 味覚, 嗅覚のいわゆる五感が備わっている。ここでは, プラント運転や保守のインタフェースにおいて重要な視覚と聴覚に関して, 人間の知覚特性を概観する。

視覚系では, 限られた波長(大体380~780 nm)の光だけを検知する。視細胞には暗所視に主に働く桿体と明所視において主に働く3種の錐体がある。このため, 暗所視では強度だけの1次元の情報表現となり, 明所視では3次元の情報表現となる。視対象の視認性を評価する一つの指標に, コントラストがある。物理的なコントラストに対する知覚的コントラストの比(コントラスト感度)は, 物理的なコントラストの時間的な変化の度合いや空間的な変化の度合いに対しておおむね山型の特性を持っており, 視認性の点から最適な物理的条件がある。また, 視力は視覚の空間分解能を表すが, それは, 照度と視野位置の影響を受ける。例えば, 十分に明るい条件(白丸のシンボル)での視力は, 注視点から5°周辺では中心視力の約1/3に, 10°周辺では約1/8になる⁵⁾。15インチのCRTディスプレイを40 cmの視距離で見た場合, 中心を注視すると四隅の視野角は20°を超える。したがって, ディスプレイの隅にモードが切り替わったことを表示するなどの場合には, 点滅や音の併用により気づきやすくするための工夫が必要である。

急に明るい場所に出ると眩しく感じるが, しばらくそこにいると目が慣れてくるといった順応特性を持っている。これは, 視環境の変化に適応して安定して視覚世界を与えるのに役立っている。明暗の順応以外にも, 以下の順応機能が知られている⁴⁾。方位・空間周波数順応現象は, ある方位と空間周波数を持つ格子状パターンに順応すると, 類似のパターンは順応刺激と逆のほうにひずんで見える。運動残効現象は, ある方向に運動する物をしばらく見た後では静止パターンが逆方向に動いて見える。色残像現象では, 順応した色に応じて, 知覚される色が実

際の色からずれて見える。このように、人間の視覚系には様々な順応があるため、インタフェースの設計においては、視機能の環境的変動を十分考慮に入れる必要がある。

人間が聴くことのできる音の周波数は、約20～20,000 Hzであるが、1,000～3,000 Hz付近で最も感度が高い。主な聴覚の性質には以下のものがある。音の周波数に周期性のないものは騒音として扱われ、騒音を分析することは難しい。音源の方向知覚は、低温域では左右の耳に入る音の時間的差違、高音域では強度の差違によってなされる。また、ある周波数の音が聞こえているときには、他の周波数の音が聞き取りにくくなる(マスキング作用)。聴覚においても、加齢により性能が大きく低下することは一般によく知られている。

3. 人間の身体能力や作業性の配慮方法

人間の身体能力や作業性を考慮したインタフェース設計のためには、これまで、主に人間工学での知見が応用されてきた。近年では、ユーザビリティの概念により使いやすさについても注意が払われている。

(1) 人間工学的手法

人間工学的手法では、まず、タスク分析等により、設計要件に取り込むべき作業時の姿勢を特定する。そして、対象とするユーザの人体モデルを構成する。人体モデルを用いることにより、ある作業姿勢における体の各部の位置が推定される。大部分の作業においては眼の位置が重要であるため、人体モデルから眼の位置を決め、作業内容に応じた視線の傾きを決める。例えば、着座姿勢でのVDT作業では、視線の傾きは水平面から下方に15°が標準的である。作業内容に応じて視距離を決めた後、表示デバイスがある場合には、サイズ、傾きや表示文字の大きさを決める。ここで、表示文字の大きさは、JIS Z 8513³⁾によると、漢字では設計視距離で視角25'以上、英数仮名では視角16'以上で20'～22'が望ましいとされている。

また、指先点や足先点を決め、作業する対象物の位置や姿勢、また、机や椅子等の作業環境の寸法を決定する。このとき、人体モデルを用いて推定した操作レンジから最適操作域を求める。また、ある姿勢をとったり動作を行った場合の各部位に必要な力から、人間の疲労度を推定することもできる。これ

は、作業内容に応じて姿勢とインタフェース機器の配置を適切に決めるための基礎データとなる。

(2) ユーザビリティ評価とその手法

ユーザビリティは一般に使いやすさの概念とされる。JIS Z 8530³⁾によると、『ある製品が、指定されたユーザによって、指定された利用の状況下で、指定された目標を達成するために用いられる際の、有効さ、効率及びユーザの満足度の度合い。』と定義している。ユーザビリティを高める技術分野であるユーザビリティ工学では、製品の問題点を洗い出しそれらを改善して使いやすさを高めることが目的であり、問題点をつぶすノン・ネガティブな取り組みとされる⁶⁾。

評価対象の製品をユーザに使用してもらい、評価分析者がユーザと製品の相互作用を分析して、ユーザビリティの視点から問題の発見と診断を行う手法は、ユーザビリティテストイングと呼ばれる⁶⁾。これには通常8週間から12週間かける。主なステップは、プロジェクト計画、テスト準備、パイロットテスト、本テスト、結果の分析、報告書の作成の6つである。プロジェクト計画では、テストの目的を明らかにし、評価対象とする機能やユーザのタスクを明確にし、それに対するタスク分析や作業分析を行う。また、対象となるユーザ層や数を決め、採用すべき手法とその組合せや分析の観点を決める。結果の分析においては、テストが目的を達成できたかどうかの結果と、対象としたシステムやサービスのどこがどう問題だったかを示す結果とを区別することが肝要である。

ユーザビリティテストイングで用いられる主な手法には、プロトコル分析法、ログデータ分析法、質問紙調査法、インタビュー法、コグニティブダイアリー法、心理学実験等がある。プロトコル分析法では、テストユーザが製品を使用する様子をビデオに撮影して、彼らの言動を分析する。このとき、テストユーザは頭に浮かんだことをすべて発話するように要請される。ログデータ法では、ボタンや画面のメニューの選択やタスク遂行時間の計測などを自動記録して評価する。質問紙調査法では、あらかじめ作成した質問項目を記載したアンケート用紙を用い、また、インタビュー法では、テストユーザに製品の使用感をインタビューする。一方、コグニティブダイアリー法は、調査が長期間に及ぶ場合に用いられ、日記方式の記録紙にテストユーザが記入した

内容を分析する。心理学実験では、新規機能の有無によるユーザ行動の相違を分析することにより、その機能の効果を検証する。

ユーザビリティテストは、完成した製品やプロトタイプが利用可能な場合には大変有効であるが、製品の開発プロセスの前半では用いることができない。この欠点を補うものとして、インスペクション法が考案された⁶⁾。これは、評価者が、機器の操作仕様書や、ワーキングモックアップ等を使いながら、その使い勝手を検査することにより、問題点の発見とその改善策を探る手法の総称である。その主な手法には、ガイドラインに基づいて、プロトタイプやその仕様書を検査してインタフェースの問題点を発見する方法や、ユーザの認知的な行動軌跡の推定により問題点を抽出する方法がある。

Ⅲ. 原則10「情報の重要度とユーザのメンタルモデルに基づいてインタフェースを設計せよ」

1. 情報の重要度とユーザのメンタルモデルに関わるインタフェースの問題事例

1979年に起きたTMIにおける事故⁷⁾は、HFの不備がもたらす結果の重大さと、それまでの設計や運転、訓練の再検討の必要性を劇的に示し、原子力分野に限らず、その後の大規模システムにおける研究・開発に大きな変革をもたらした。ここでは、インタフェースに関わる重要な問題点について述べる。

【事例1】認知的限界による状態把握の失敗

人間の認知的限界を考慮に入らず、ユーザが常に適切な情報を獲得し、かつこれを適切に処理できると想定したとき、ユーザはシステム状態の把握に失敗する危険性がある。

制御盤の設計者は、どのような緊急時においても、運転員が警報表示の中から情報を的確に獲得できると想定した。しかし警報雪崩が生じ、最初の警報より数分間に100以上の警報が次々と警報盤に示されたとき、運転員がこれら膨大な量の中から重要な情報を獲得することは困難であった。後に運転員は、「警報盤を投げ出したいと思ったほどです。何も役に立つ情報を提供してくれないんですから。」と語っている。警報は、各パラメータがその時点で正常値から逸脱したことを示す。しかし、運転員

がまず把握したいのは、重要パラメータの状態と、事象の原因である。(警報雪崩の詳細・対応については連載記事第4回Ⅲ-4(2)項を参照)

また設計者は、必要な情報が盤上にあるので、運転員はそれらを利用することで適切な状態把握ができると想定した。しかし、運転員が加圧器逃し弁の開固着を見逃したことにより大量の冷却水を喪失し、また炉心水位の把握を失敗したことによりECCSを停止した。冷静に考えれば、適切な状態パラメータを相互に関連付けることで、これら危機的な状態を適切に把握できたであろう。しかしこの場面での運転員は、強度の緊張状態にあった。警報雪崩により知覚への負荷が高く、2次系へ注意を集中したことから、冷却水の移動や保有量の把握に失敗することとなった。緊急時には、人間の情報処理能力が低下する。よって、処理方法を正確に理解していたとしても、複数パラメータを相互に参照し、これらの関係を理解し、状態を適切に把握することは、困難な作業となった。

後にNRCは、運転員の負荷を減らすために、プラント運転において重要な5つの安全機能の状態を表示するSafety Parameter Display System (SPDS)の設置を義務付けた⁸⁾。

【事例2】情報の意味の取違いによる状態把握の失敗

人間の学習能力を過信し、ユーザは常に誤りが無い十分な知識を持って操作を行うと想定したとき、ユーザは操作の過程で誤った知識を獲得する危険性がある。

電球が点灯すると棒が立ち、電球が消灯すると棒が倒れるオモチャがあるとする。この現象を何百回も経験したとき、電球は棒の状態を示していると考えるのが自然である。TMIにおける事故では、制御盤上の加圧器逃し弁に関する表示灯は、弁の状態を示すのではなく、制御盤から弁へ送られた指示信号の内容を示した。運転員は常に、閉信号を意味する表示灯を見て、弁が閉状態にあると判断していた。よって、事故時に弁が開固着となったときにも、これに気付くことができなかった。

ユーザが獲得する知識にインタフェースが大きな影響を与えうることを理解し、適切な知識の獲得を支援する、あるいは妨げないインタフェースの設計が望まれる。加圧器逃し弁の状態を測定することに技術的問題があったが、現在では、各機器の状態を

直接指示表示灯が採用されている。

2. 人間の認知特性

(1) 認知プロセスと注意機構

人間は環境に存在するものを、他との空間的、時間的、意味的関連性の中で認知する。このとき、刺激が感覚受容器から神経を伝達して大脳中枢へ至るボトムアッププロセスと、逆に、知識、文脈、記憶、経験行為、動機などを積極的に利用しながら理解、確認を行うトップダウンプロセスとがある。ルビンの壺のような多義図形の認知等から、これら2つのプロセスは自動的、自律的に切り替えられているとされる⁹⁾。

人間は注意(attention)を払っていないものは、認識できないことが多い。インタフェースの設計においては、機械側が伝えたい内容を確実に人間側に伝えるためには、人間の注意機構に十分な配慮を払わなければならない。注意機構には以下の特性が知られている。

- (1) 注意の動揺：注意の集中による認知の明瞭さを一定に保つことは難しい
- (2) 先入の法則：注意されているものが先んじて意識に入る
- (3) カクテルパーティ効果：パーティーなどの騒音下で、特定の人たちの交わす会話を、注意を向けることによって聴き取ってしまう現象である

Kahneman は、注意の配分の方針を決める原理を明らかにすることが注意研究の核であるべきことを示唆した。そして、意図することによって注意がそこに誘導されるケースでは、作業結果の出来、不出来は投入する注意の容量に依存し、投入する注意の容量は、そのときの体力や知力によって変わること考察した⁹⁾。

(2) 記憶

認知と記憶の仕組みは、基本的には、感覚記憶、短期記憶、長期記憶の階層的構造を持つものと考えられている。感覚記憶とは、感覚受容系が感覚器官に到来する外部刺激情報を一時的に保存していることを指す。感覚記憶の持続保持時間は、視覚系では300 ms 程度、聴覚系では数秒と推定されている。感覚記憶は次の短期記憶へと転送され、認知処理を受ける。短期記憶とは、一時的で何もしなければ消失(忘却)してしまう記憶のことであり、長期記憶は

知識や思い出として固定した記憶のことである。短期記憶は長期記憶とは異なった姿で存在しており、その容量は7程度のチャンク(情報のまとまり)である。したがって、認知負荷の軽減のために、普段あまり使用しない細かな操作のボタン類にはフタをするなどといった階層的な情報提示は有効である。一方、長期記憶は意味関連性に従って検索されている。なお、記憶には、後から起こったことが先行記憶の保持に妨害的に作用する逆方向抑制とともに、以前に起こったことがその後の記憶に抑制的に作用する順方向抑制が知られている⁹⁾。

(3) 認知バイアス

人間の思考過程には、種々のバイアス現象がある¹⁰⁾。人間の推論の過程は、大きく分類すると、ヒューリスティック過程とアナリティック過程に分けられる。このうち、ヒューリスティック過程は無意識な過程であり、ある認知行動を行う際に、実際に注意を向けたり考えているような利用可能性のある情報が自然と選択され、アナリティック過程に移行する。この選択処理での注意の決定要因は知覚的な目立ち易さであり、これには関連性、鮮明性や作業記憶の容量制約などが関連する。

アナリティック過程においては、人間の頭の中に構成されるメンタルモデル(後述)を用いて、状況の解釈や次の行動の決定を行うが、そのときに、結論が気に入ると形式論理からは矛盾していても、その結果を支持するために余分な情報を持ち込むという信念バイアスの傾向がある。また、人間は、その人が持つ信念、理論、仮説に一致する情報を求め、それらに反証を与える証拠の収集を避ける基本的な傾向を持っている。

また、人間は前もって正しく予想することを過大評価するという、後知恵バイアスがある。この結果として、自分の仮説の支持的証拠を選択的に参照するという無意識なバイアス行動をとる。

(4) 制御の迅速性・正確性と S-R 適合性

マニュアル操作で流量を調整するような感覚運動タスクにおいて、インタフェース上の感覚情報と運動反応の関係が不適切であると、反応時間やエラー率に悪影響が出ることがわかっている。例えば、レバーを前に倒すと左に、手前に引くと右に進路を変更する自動車があったとする。ドライバーは、視覚的に捉えた道路の形状(左あるいは右)に対し、これとは異なる方向(前あるいは後ろ)への動作が要求さ

れることになる。直感的に、通常のハンドルによる操作と比較して、運転は非常に困難になると思えるだろう。

Fitts と Seeger らによる研究¹¹⁾では、3つのタイプの運動反応と光刺激の3つの空間的配置を用いてこの現象を確認している。円周上に配置されている8つの電球において、光刺激として1つの電球が点灯したとき、被験者は中央位置にあるジョイスティックをその方向に動かすように指示される。被験者は、放射状に動かすことができるジョイスティック、水平あるいは垂直方向にのみ動かすことができるジョイスティック、あるいは水平にのみ動くものと垂直にのみ動く2本のジョイスティック(両手で操作する)のうち1種類を使用する。光刺激の方向と運動反応の方向の類似性が高い場合と比較し、類似性が低い場合には反応時間が長く、エラー率が高くなる。この現象を、S-R 適合性と呼ぶ¹²⁾。このような現象が起きることは直感的に明らかであるが、時にインタフェースの設計において考慮されず、事故の要因になることがある。

(5) メンタルモデルの適切さとインタフェース

新しい携帯電話、ビデオカセットレコーダ、パソコンのアプリケーションソフトウェアなどを使用しているとき、予期したものと異なる結果に驚いたことがあるだろう。過去に同じようなシステムを利用していても、このような間違いは起きる。前と操作方法が異なることから、かえって誤った操作をとることもある。このような間違いに対して、どのようなことを考慮すべきなのであろうか。

我々は誰も、多い少ないはあるが、「ビデオカセットレコーダ」というシステムを操作するための知識を有している。この知識は、マニュアルや本、雑誌から、あるいは実際にこれを利用することにより得られたものである。我々はこの知識のおかげで、新たな別のビデオカセットレコーダを使用する際でも、おおそ操作方法の見当がつく。システムに対して人が有するこのような知識の総体を、メンタルモデルと呼んでいる¹³⁾。メンタルモデルに基づき、人はそのシステムの動作予測や理解を行っている。またメンタルモデルは、そのシステムとのインタラクションを通じて獲得するものであり、常に更新される動的な側面を有している。したがって、その人のシステムとの関わり方や過去の経験などによって、個々人でその内容が異なる。ユーザが得る

メンタルモデルは、各ユーザ独自の視点から作られたモデルであり、実際には多くの不具合が存在するものである。Norman によると、メンタルモデルは、「不完全であり」、「不安定で、しばらく使わないと忘れることがあり」、「はっきりとした境界を持たず」、「非科学的であり」、「最低限しか作られない」¹³⁾。ただし、ユーザはシステム設計者が有するような精緻なモデルを持つ必要はなく、そのシステムを有効かつ効率よく利用できるに十分な機能的なモデルを持っておればよい。

インタフェースを設計するとき、設計者が有するシステムの概念モデルと、インタフェースにより表現されているシステムに関する情報(システムイメージ)、ユーザがこのイメージより得るメンタルモデルとの関係を理解することが不可欠である(第VI-2図参照)¹³⁾。概念モデルとは、設計者が有する、システムに関する正確で、矛盾のない、完全なモデルである。ユーザはシステムイメージによってシステムを理解し、独自のメンタルモデルを得ることになる。設計者は、ユーザがシステムに対して適切なメンタルモデルを有し、かつシステムの状態を正しく理解するために、これを支援するシステムイメージを有するインタフェースを設計しなくてはならない。

(6) 異常時の認知能力低下

人間は気が動転したパニック状態になると、制約のある認知資源の配分がうまくいかずに、通常時の行動からは想像されない驚異的な行動をとったり、考えられないようなエラーを犯したりする。

減多に生じない異常が発生したときの人間の能力の低下は深刻であるといわれ、その際に犯しやすい

第VI-2図 ユーザのメンタルモデルと、設計者の概念モデル、インタフェースに表現されるシステムイメージの関係

誤りとして、

- (1) 情報入力段階：異常指示計器への執着，正常情報の無視，質の低下
- (2) 情報処理段階：総合判断・分析能力の低下，記憶知識の活用能力の低下，再点検機能の低下
- (3) 操作処理段階：習慣的操作，ボタンの押し間違い

とされる¹⁴⁾。

また，緊急時においては，人間は限りある認知処理能力を最大限に目の前の問題に割り当てることで問題の解決を図ることが効率的であることから，問題空間の一部しか注意を振り向けないという視野狭窄が起り易い。

3. 人間の情報処理モデル

(1) Card のモデル

Card らは，コンピュータを使用する場合の人間の行為に要する時間や容量を近似するモデルを提案した¹⁵⁾。このモデルでは，人間の情報処理を知覚，認知，運動の3段階に分け，知覚と認知のシステムはプロセッサとメモリーから構成され，運動システムはプロセッサのみから構成されるものとしている。そして，個人差，課題などの要因によって変化する各システムにおける処理時間と容量を，典型値，最小値，最大値で与えた。

Card のモデルは，ユーザが行う情報処理を所与とし，処理時間により人間の情報処理を定量化するものであるが，人間の行動を分析したり予測したりするツールとして使用できることが特長である。

(2) ユーザとシステムのインタラクションと7段階モデル

インタフェースの問題としてのエラーについて検討するためには，ユーザとシステム間におけるインタフェースを通じた情報の流れを記述することが必要である。このために有効な認知的モデルが，第Ⅶ-3図に示す Norman の7段階モデルである¹³⁾。

ユーザは自らの目標を達成するために，インタフェースを通じてシステムの物理的状态を操作する。その後，この目標の達成を確認するために，インタフェースを通じて操作後のシステムの物理的状态を評価する。前者のプロセスで，ユーザは，①目標を設定し，②意図を形成し，③これを実現するための行為を選択し，④選択した行為を実行する。後者のプロセスで，ユーザは，⑤システムの状態を知覚

第Ⅶ-3図 ノーマンの7段階モデル

し，⑥状態を解釈し，⑦当初の目標が達成できたのかを評価する。ここで重要なのが，ユーザの心理的世界にある目標と，物理的世界にあるシステムの物理的状态の間の隔たりである。Norman はこれを「淵」と名づけ，前者におけるものを「実行の淵」，後者におけるものを「評価の淵」と呼んだ。自らの意思をシステムに伝えるために，ユーザは設計者が用意したインタフェースを用いて「実行の淵」を越えなければならない。同様にシステムの物理的状态を評価するために，インタフェースを用いて「評価の淵」を超える必要がある。したがって，インタフェースの設計においては，提供する情報，その表現形式，入力機器等を適切とすることで，ユーザが間違いを起こすことなく，かつ容易に淵を超えるように支援することが要求される。インタフェースが不適切な場合，淵の幅が広がり，誤った行為を実行したり，システムの状態を誤って認識したりするなどのエラーが生じうることになる。

システムとユーザ間における情報の伝達は，インタフェース上で使用されている人工的な独自の「言語」を媒介として実施されると捉えることができる¹⁶⁾。インタフェースの設計プロセスにおいて，概念設計における表示情報の決定，および表示情報を視覚や聴覚等の表現に移しかえるプロセスが，この言語を決定することに対応する。ここでは，言語の意味をユーザが適切に把握できることが不可欠な要件である。「言語」は意味と形態を有するため，ユーザが適切に意味を把握できるかは，意味的距離と形状的距離という2つの「距離」によって表現可能である¹⁷⁾。言語の意味的距離とは，その言語により表現される意味と，ユーザが捉える意味との相違である。一方，システムとユーザ間の誤解のない対話を可能とするためには，ユーザが思い描く目標や手段，システムの物理的状态を意味する言語が存在する必要がある。言語の形状的距離とは，言語によりイ

インタフェース上に表現される意味とこれを表現する形態との間の距離であり、ユーザがその形態を知覚したときの“意味の獲得のしにくさ”に該当する。容易に言語が意味する内容を理解できることが、システムとユーザ間における適切かつ効率のよい対話を可能とする。

(3) 認知活動のレベルと SRK モデル

Norman のモデルで記述されていない学習や認知タスク自体の内容に注目し、認知活動のレベルと使用される情報の形態を陽に扱うモデルが、SRK モデルあるいは梯子モデルである¹⁸⁾(連載記事第5回を参照)。人の認知活動には3つのレベル(知識ベース行動、ルールベース行動、スキルベース行動)があり、おのおのにおいて、外界からの情報の形態と、認知処理に使用する知識の形態が異なることが指摘されている。このモデルは、ユーザの知識やタスク習熟度によるエラー形態の違いをうまく説明できる。

先の TMI における事例では、想定されていない状況にあるにもかかわらず、運転員は、訓練や経験から獲得したルールによる行動から、因果的・機能的な推論をする知識ベース行動へ移行することができなかった¹⁸⁾。状況に依存して適切な認知活動のレベルに移行し、適切な対応操作を行うためには、訓練も重要であるが、これを支援するインタフェースの必要性を認識すべきであろう。

4. 人間の認知特性を配慮したインタフェース設計

(1) 言語の距離を狭めるためのメタファ

インタフェースを設計する際、視覚や聴覚等が認識できる表現法を用いて、構造化された情報を表示や操作部位として移しかえる必要がある。このとき、言語の意味をユーザが適切かつ容易に把握するためには、言語の距離を小さくすることが要点となる。この有効な手段の一つが、現実世界のメタファ(隠喩)¹⁹⁾を用いることである。ユーザに、日常的に慣れ親しんだ“もの”のメンタルモデルを用いてもらうことで、その言語の意味が理解しやすくなる。パソコンの GUI 環境におけるファイル、フォルダ、ゴミ箱、ボタンなどは、現実世界の“もの”を示す視覚的表現(アイコン)を用いることで、メタファを使用している良い例である。新規に開発した言語と比較して、理解がしやすいという利点がある一方、ユー

ザのメンタルモデルと意味に相違があるときには誤解を生みやすいという危険を有する。

(2) わかりやすいインタフェースとアフォーダンス

情報の言語への移し変えにおいて考慮すべき重要な概念の一つに、生態学的心理学において提唱されたアフォーダンスがある²⁰⁾。アフォーダンスは Gibson により、「観測者との関係として定義される環境の性質である」と定義されている。アフォーダンスは、環境が観測者に提供する「価値」である²¹⁾。すなわち、すり抜けられる「隙間」、上れる「段」、つかめる「距離」は、観測者にとって、すり抜けること、上ること、つかむことを示唆している。人間は、環境に存在するアフォーダンスを知覚することで、その環境における行為の可能性を認識することができる。観測者が環境の中で動くと、“見え”が変化する。このとき、視覚的情報の変化の中に、不変的な性質(不変項)を見出すことができる。アフォーダンスは、この不変項の組み合わせである。例えば、少し移動しながら物体を見ることで、それが四角い形状を有した岩であり、その上に自分が座れることを知覚することができる。

Norman は、このアフォーダンスの概念を人工環境の設計に導入することにより、環境において人間がとりうる行動をユーザに直感的に伝える設計の重要性を指摘した¹³⁾。さらに、アフォーダンスを容易に知覚できないデザインや、環境が提供していないアフォーダンスを誤ってユーザに伝えるデザインを持つ人工物は、ユーザのエラーを誘発する危険性を有することも述べている。例として、取っ手の形状が不適切であるがゆえに、押せばよいのか、引けばよいのかが容易に理解しかねるドアをあげている。

(3) 目的指向型行動と抽象階層

大規模システムにおけるインタフェースの設計では、「実行の淵」と「評価の淵」を狭めるために、ユーザとシステムとのインタラクションをモデル化することが重要である。ユーザによる目的指向型の行動を記述するために、Rasmussen は、ユーザのメンタルモデルの工学的モデルとして抽象階層を提案した¹⁸⁾。抽象階層とは、対象システムにおける目的と手段の関係を階層的に表現した目的-手段モデルである。

第Ⅶ-4図に、カセットガスコンロを例とした抽象階層の概観を示す。システムの全体目的を達成する

第Ⅵ-4図 抽象階層の例(ガスコンロ)

ための手段となる機能と、さらにこの機能を達成させるための手段となる機能が順次記述されており、最下のレベルではシステムの物理的構造が記述されている。ユーザによるトラブルシューティングと対応案計画のプロセスを、このモデルにより説明してみる。システム全体の目標が達成されていない場合、目的-手段関係を用いることで、1段下のレベルで目標を達成するために必要な機能の状態を確認する。そこで機能の不全を発見したとき、さらにこの原因となる機能不全をその1段下のレベルにおいて同定する。これを順次繰り返し、本来の原因である物理的な不具合を同定する。修理による機能の回復を待たずに対応する場合には、代替となる機能群を探索し、これらを用いた対応策を計画することになる。

5. インタフェース設計への新しい試み

(1) 状態のパターン化とオーバーレイによる運転支援インタフェース

従来からよく用いられている、プラントを構成する機器の接続図(P&ID図)を基礎的な表示要素とし、状態のパターン化とオーバーレイによる運転員支

援インタフェースが提案されている²²⁾。ここでは、具体的なプラントのパラメータから意味をグラフィック化して情報提示するとともに、あらかじめ想定された事故を解析コード等でシミュレートして得られる予想状態パターン図を事故時に重畳させて、よく似たパターンを探すことにより、運転員による事故の原因同定を支援している。

(2) 機能モデリングを利用した運転支援インタフェース

システムの目標と機能の関係をモデル化する機能モデリングの一手法であるマルチレベルフローモデリング²³⁾を適用し、プラントの機能モデルから異常時の状況認識や対応操作候補を導き、簡易数値シミュレーションコードと組み合わせて操作量を検討し、これらをコンポーネントに関連付けて表示しようとする手法が提案されている²⁴⁾。ここでは、どのようなコンポーネントが異常の影響を受けるかや、どんなプラント機能が低下しているかが表示される点に特長がある。

(3) 生態学的インタフェース設計論

生態学的インタフェース設計論(EID: Ecological Interface Design)は、システムの制御における①抽象階層のメンタルモデルとしての適切さ、②システムに内在する不変項を用いた直感的理解が可能なインタフェースによる、抽象階層の外在化の必要性、③スキル、ルール、知識ベース行動の支援に適するデザイン設計の必要性を提唱する新しいインタフェースの設計論である^{25, 26)}。

文献34)より、EIDに基づいたデザインの例として、第Ⅵ-5図の左側に示すヒータ付き貯水タンクのための制御用インタフェース画面例を第Ⅵ-5図の右側に示す。ここで重要となるのは、知識ベース行動を支援するために抽象階層がインタフェース上に外

第Ⅵ-5図 EIDに基づいたインタフェースの例

在化されていることであろう。温度および流量を目標値とした当システムの抽象階層が、図の右側に示すように、システムに内在する関係(質量保存則、エネルギー保存則、体積・エネルギー・温度の定量的関係)により可視化されている。

EID が未経験事象における対応支援に有効とされるのは、この抽象階層をメンタルモデルとして用いることにより、システムに関する“深い知識”を利用した知識ベース行動を取り得ると期待されている点にある。スキルおよびルールは、自動的な意思決定を行いうる知識である。一方、“深い知識”とは、システムの目的、機能、構造、制約に関する知識をいう。事前に対応策が決定されていない場面において、この知識を活用することで、有効な対応を決定し実施することが期待できる。EID が主張するのは、各レベルにおける機能モデルによる状態表現と、各レベル間の目的－手段関係をインタフェース上に記述することである。これにより、前述の抽象階層に基づく目的指向的な行動を容易に実施することが可能となる。ただし、EID 概念を実現する具体的なデザインについての研究は十分ではなく、これからの課題となっている²⁷⁾。その取り組みの1つとして、自動化システムとの協調支援を目的として、生態学的インタフェース設計論に基づいた協調支援インタフェース設計論が提唱されている²⁸⁾。

Ⅳ. 全体まとめに代えて (結言と将来展望)

ヒューマンファクター(HF)研究ならびにその研究成果を産業現場に適用するための実際的な技法の開発は、高い安全性が要求される原子力施設の設計、施工、運用、保全等に係わる個人作業、チーム作業、さらには組織管理のあり方などを改善する指針として大きな意義を有している。この事実は近年の原子力ならびに他の技術トラブルを通じて次第に理解されつつあるが、まだその広がりには十分とはいえない。この現状に鑑み、HF に関する基本的な理解とそれに基づく実践活動が進むことを期待して、本連載講座を企画した。6回の講座でHF研究の現状や実践技法についての大枠が示されているが、HFの関係する分野は極めて広く、またそれらの分野の課題は複雑にからみあっている。編集上ここまで触れてこなかった重要な話題を最後に簡単に触れる。

○新技術の HF インパクト評価に係わる困難

原子力施設は一般に設計から施工、運用開始まで長い年月がかかる。いいかえれば、技術革新のサイクル時間は極めて長い。一方で、周辺技術の革新は短いサイクル時間で進んでおり、とりわけ携帯電話、インターネット、ウェアラブルまたはユビキタスコンピューティングなどIT技術に関する分野でその傾向が強い。このような技術の進歩に目をふさいで原子力場には新技術を一切導入しないといった後ろ向きの戦略は現実的ではない。しかし一方で、これらの短サイクル技術が原子力現場に導入される際には、耐用年数の差異、基本設計思想の違いなどに起因する不具合が起りうる。さらに新しい技術では一般に、それに関係するヒューマンエラー事例などの HF 関連情報の経験的な蓄積が進みにくいという問題もある。このような新技術導入に関わる意志決定に際しては、信奉すべきガイドラインなどは確立されていない。経験論ベースの考え方が成立しないことを念頭に、本連載講座中で紹介されているような原則ベースの事前評価、吟味を行うことが实际的に有効であり、かつ必要な手続きであろう。

○社会的状況依存性

組織管理の重要性が大きくクローズアップされているが、その組織を取りまく社会的状況が技術リスクに及ぼす影響についても理解が必要である。ある組織や事業体が抱える技術リスクについて、社会あるいは監督官庁などから客観的な実態よりはるかに危険視されている状況を考える。いうまでもなく原子力事業体のおかれている今日の立場はこれに近い。このような場合、事業体は社会からの批判を意識して、過度に自己規制を行ったり、従業員に高いパフォーマンスを要求したりすることが起こりがちである。その結果、現場では心的ストレスの増加、必要性の少ない作業負担の増大などの負の影響が生じる。さらに、そのような状況悪化の結果として新たなトラブルの発生などが起これば、事業体のリスクは実態として増大したことになる。このような意味で、リスク評価は純粋に技術的、客観的なものとはなりえない面がある。リスク評価がこのような通常の科学的技術とは異なる側面を持つことから、このような分野をポストノーマルサイエンス²⁹⁾と名付けて在来の科学技術とは区別すべきとの主張も最近なされている。組織のリスク管理責任者は、このようなリスクのスパイラル的な増加が起りうることを

認識して、不必要に厳しい規制や規則に従事者に押しつけるような措置は厳に慎むべきである。

○大規模システムの「本質的危険論」対応

科学技術安全への関心の高まりを反映し、科学技術社会論などの分野を中心として、技術システム安全問題を対象とした議論が盛んになりつつある。これらの議論の中には、技術リスクを適切に管理する社会的仕組みの欠如を指摘する「構造災」論³⁰⁾など、傾聴すべき指摘も多い。しかしその一方で、大規模システムの挙動は本質的に予測困難であり、そのリスクは制御できないといった本質的危険論³¹⁾も台頭している。このような主張は、有名な Perrow の指摘³²⁾などを源流としているようであるが、その論理に定量的な観点が欠落しており、いくつかの事例の過剰な一般化を基礎とした議論に思われる。システムの複雑さを極限にまで高めれば Perrow 流の主張が成立する状況もありえよう。しかし、現代の原子力発電所やそれを管理運営する組織が、予見も制御も不可能な複雑さのレベルに達しているか否かについては疑問がある。現在でもすでに応用されている専門能力の教育訓練方策、ならびに保守保全活動と組織管理技法などを適切に適用することで、警告されているようなカタストロフィックな事象の発生を抑え込むことは十分にできよう。

科学技術の歴史は、繰り返し起こる科学や技術の限界論、悲観論をそのつど乗り越えてきたことを明らかに示している。科学技術の複雑さや影響の範囲拡大が顕著である今日、その事実由来するリスクは謙虚に認めるべきであり、根拠のない技術楽観主義や、実態を反映していない科学技術の価値中立論などによりかかることは慎むべきであろう。しかし一方で、人間の持つ英知の可能性を過小評価することも合理的態度ではあるまい。少なくとも本連載講座で紹介されたような HF 的視点に立つタスク設計、システム設計、組織管理、教育訓練などは一部の技術分野でこそ有効性が検証されているが、原子力分野をはじめとする大規模システム分野への適用はまだ不十分なのが現状である。技術の限界論に挑戦するための重要なツールとしても、これらの技法の積極的な適用が試みられることを心から期待する次第である。

本稿をまとめるにあたり、(株)東芝 府中電力シ

ステム工場主査の吉村貞紀氏には有益なコメントをいただいた。ここに謝意を表したい。

—参考文献—

- 1) 柳田邦男, 航空事故, 中公新書, 中央公論社, (1975).
- 2) 大島正光監訳, ヒューマンファクター 12.5 プロセス制御におけるヒューマンファクターの挑戦: 原子力プラントの場合, 同文書院, (1989).
- 3) JIS ハンドブック 37 安全 II, 日本規格協会, (2002).
- 4) 田村 博編, ヒューマンインタフェース, オーム社, p.28~37; 48~54 (1998).
- 5) 氏家弘裕, 視覚の情報処理, 計測と制御, 41[10], 702~707 (2002).
- 6) 黒須正明, 伊東昌子, 時津倫子, ユーザ工学入門, 共立出版, p.25, 123~149, 195~202 (1999).
- 7) 米国大統領特別調査委員会, スリーマイル島原発事故報告, ハイライフ出版, (1980).
- 8) R.J.Eckenrode, *Nucl. Saf.*, 32[1], 65~67 (1991).
- 9) 小矢津孝明, 星 薫, 改訂版認知心理学, 放送大学教育振興会, (2000).
- 10) 吉川榮和, 下田 宏, ヒューマンインタフェースの心理と生理, 第1回認知的アプローチ, ヒューマンインタフェース誌, 1[2], 2~13 (1999).
- 11) P. M. Fitts, C. M. Seeger, *J. Exp. Psychol.*, 46, 199~210 (1953).
- 12) D. Regan, "Perceptual motor skills and human motion analysis", *Handbook of Human Factors and Ergonomics*, G. Salvendy, Ed., John Wiley & Sons, (1997).
- 13) D. A. Norman, *The Psychology of Everyday Things*, Basic Books, (1988). (野島訳, 誰のためのデザイン?, 新曜社, (1990).)
- 14) 黒田 勲, オートメーション, 22[1], 43~48 (1977).
- 15) 吉田 真編, ヒューマンマシンインタフェースのデザイン, 共立出版, p.23~25 (1995).
- 16) E. Hutchins, J.D.Hollan, D.A.Norman, "Direct manipulation interface", *User Centered System Design*, D.A.Norman, S.W.Draper, Eds., Lawrence Erlbaum Assoc., (1986).
- 17) 原田悦子, 人の視点からみた人工物研究, 共立出版, (1997).
- 18) J.Rasmussen, *Information Processing and Human-machine Interaction*, Elsevier Sci. Publ., (1986).

- 19) R.A.Wilson, F.C.Keil, Eds., *The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences*, MIT Press, (1999).
- 20) J.J.Gibson, *The Ecological Approach to Visual Perception*, Houghton Mifflin, (1979). (古 崎 等 訳, 生態学的視覚論, サイエンス社, (1985).)
- 21) 佐々木正人, アフォーダンス—新しい認知の理論, 岩波書店, (1994).
- 22) 高橋 信, 丹羽雄二, 北村正晴, ヒューマンインタフェース, 3[1], 47~55(2001).
- 23) M.Lind, *Appl. Artif. Intelligence*, 8[2], .259~283 (1994).
- 24) A.Gofuku, Y.Tanaka, *CD-ROM Proc.1999 IEEE Int. Conf. on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 2, fa 083-pdf(1999).
- 25) K.J.Vicente, J.Rasmussen, *Ecological Psychology*, Vol. 2, p.207~249(1990).
- 26) K.J.Vicente, J.Rasmussen, *IEEE Trans. Syst., Man, Cyber.*, 22, 589~606(1992).
- 27) K.J.Vicente, *Human Factors*, 44[1], 62~78 (2002).
- 28) H.Furukawa, H.Nakatani, T.Inagaki, *Proc.ISOFIC 2002 Int. Symp. on the Future I&C for NPP*, p.305~312(2002).
- 29) N.W.Hurst, 花井莊輔訳, リスクアセスメント, 丸善, (2000).
- 30) 松本三和夫, 知の失敗と社会, 第1章, 岩波書店, (2002).
- 31) 土方 透, アルミン・ナセヒ編著, リスク制御のパラドックス, 新泉社, (2002).
- 32) C.Perrow, *Normal Accident*, Princeton Univ. Press, (1984).

著 者 紹 介

五福明夫 (Akio GOFUKU)

1981年京都大学工学部電気工学第二学科卒業, 83年同修士課程修了, 84年同博士課程中退。京都大学原子エネルギー研究所助手。94年12月岡山大学工学部機械工学科助教授。システム工学科助教授を経て, 98年12月同教授。研究テーマは, ヒューマンマシンインタフェース, メカトロニクス, 機能モデリング。

古川 宏 (Hiroshi FURUKAWA)

1995年東北大学大学院工学研究科博士課程(原子核工学専攻)修了。96~98年日本原子力研究所博士研究員。筑波大学電子・情報工学系講師を経て, 01年から助教授。ヒューマンインタフェース, 人間機械協調, メンタルモデルの研究に従事。96年日本原子力学会論文賞受賞。計測自動制御学会, 日本人間工学会, IEEEなどの会員。博士(工学)。

北村正晴 (Masaharu KITAMURA)

1971年東北大学大学院工学研究科原子核工学専攻博士課程修了。工学博士。同大学工学部原子核工学科助手, 同助教授を経て, 91年教授。専門は, システム工学, 計測学, 計算機利用技術, 原子炉工学, 安全工学等。現在, 日本原子力学会理事, ヒューマン・マシン・システム研究部会長。