

心理学・人間工学から見た安全

高橋秀明*

心理学・人間工学では、人間行動を通して、安全を考える。本論では、工業プラントなどの人間-機械系におけるオペレータの行動に関する研究を中心に、(1)安全行動の特質について、個人および集団の心理的過程、ストレスの影響、ヒューマンエラーの観点から、(2)安全行動の制御について、教育・訓練、人間-機械系のデザインの観点から、それぞれ考察した。その結果、認知的および状況的アプローチが増加していることが分かった。

Safety : Perspective from Psychology and Ergonomics

Hideaki TAKAHASHI*

Psychology and ergonomics approach the problems of safety by considering human behavior. Focusing on human operators' behavior in man-machine systems such as industry process plants, this paper reviews (1) the nature of human safety behavior: individual and group psychological processes, effects of stress, and human error, and (2) the control of human safety behavior: safety education and training, and design of man-machine systems. This paper concludes that cognitive and situational approaches have increased.

本論では、心理学・人間工学から見た安全について考察する。まず、心理学・人間工学は安全をどのような観点から捉えるのかを述べる。次に、主に人間-機械系におけるオペレータの行動を素材にして、安全行動の特質について、および安全行動の制御について、いくつかの研究を提示する。

1. 安全とは何か

まず、心理学・人間工学の一般的な対象・目的を述べてから、心理学・人間工学から見た「安全」とは何かを考察する。

1-1 心理学・人間工学の対象・目的

心理学は、生物（以下では人間に限定する）の行動に注目し、行動の予測と制御とを行うことを目的としていると言えよう。現代の心理学においては、単なる外的な行動だけでなく、感覚・知覚や記憶・

思考等の内的な過程や神経生理的な過程も、その対象として扱う。さらに、個人が置かれた状況とその個人との関係を扱うことも重視されてきている。こうした対象の変化に伴い、行動の記述も、目的の1つとして重視されるようになった。

心理学は、その対象を以下の3つのレベルで扱う。

(1)個人のレベル

性格や知能という人格の構造、欲求や意志・感情などの情意機能、知覚・認知・学習・記憶・思考などの知的機能、社会的態度を扱う。

(2)集団のレベル

個人間の相互作用、コミュニケーション、および集団形成や集団構造、リーダーシップなど、個人レベルでさまざまな特徴の人格構造を持った個人が、各種の情意機能および知的機能を、個人間でどのように実現させて、集団を形成していくかの問題を扱う。

(3)集合現象のレベル

各個人間の構造・機能を一応捨象したマス、大集団、あるいは社会全体の心理的な構造・機能を扱い、群衆行動、流行、流言、世論、マス・コミュニケー

* 筑波大学心理学系助手
Research Associate, Institute of Psychology,
University of Tsukuba
原稿受理 1993年11月15日

ション、文化などを扱う。

人間工学は、人間と人間が扱う道具あるいは環境との関係に注目し、道具あるいは環境を人間にとって使いやすいものになるように設計あるいは改良することを目的としていると言えよう。これは、心理学の用語で換言すると、人間の道具使用行動を制御するということである。

人間工学においても、一人の人間と道具との関係を扱うばかりでなく、集団としての人間や集合現象としての人間と道具との関係を扱う。

人間工学は、工学心理学engineering psychologyや応用実験心理学applied experimental psychologyと呼ばれることがある。基礎学問としての(実験)心理学に対して、応用学問としての人間工学という位置付けが可能である。

さて、最近の心理学・人間工学には、認知的アプローチや状況的アプローチの影響が大きくなってきた。本論でも、これらのアプローチからの研究を取り上げる。

1-2 心理学・人間工学からの捉え方

—「安全行動」

心理学・人間工学から見ると、「安全」とはそれ自体を定義することの困難な概念である。むしろ、「安全でない」ことに注目する方が、アプローチしやすい。人間は、日常生活や各種の作業において「安全でない」事態に出会った時、それを認識し、その対処案を考え、その事態を回避したり解決したりするために、さまざまな行動を取る。このような事態の認識から行動までの一連の心的過程を、本論では一括して、「安全行動」と呼ぶこととする。本論では、人間-機械系におけるオペレータの行動を素材にして、「安全行動」の特性や「安全行動」の制御について考察するので、それ以外の素材で、「安全行動」の研究として見なすことができるものをまず述べておく。

〈危険の回避行動〉

上から落ちてくる物からとっさに身を避ける¹⁾、道路を渡っても安全か否かを判断する²⁾、など、危険を認知して適切な行動を取ることは、日常生活において頻繁に出くわす場面である。あるいは、「視覚的断崖」の研究は、新生児が自分が落ちてしまう様に見える崖には近づかないということを示していることから、発達心理学の領域で議論されるが、「安全行動」という側面から再検討することも可能であろう。

〈リスク認知とリスクコミュニケーション〉

たとえば、自動車に乗るよりも飛行機に乗るほうがリスクは大きいと一般の人は直観的に感じているだろうが、事故統計に基づいて判断すると逆になる。このように我々は、いろいろな事象に関してその実際のリスクを知らなくとも、リスクのイメージを形成している³⁾。また、リスク認知は、個人の行動に影響するばかりでなく、市場過程や公共政策にも影響するので、産業や行政側が、リスクに関する情報を適切に扱い、リスクコミュニケーションを円滑に進める必要がある⁴⁾。なお、リスク管理については、本誌の特集「リスク管理」を参照されたい⁵⁾。

〈戦争・安全保障〉

人間が引き起こす災害の中で、最も大きいものは戦争であろう⁶⁾。戦争は、外交政策の1つであるという意味で、社会心理学の対象になるばかりでなく、各種兵器の使いやすさから組織の問題まで、人間工学の対象にもなっている。また、現代は核時代であり、核を巡るリスク認知やリスクコミュニケーションの研究も多い^{7, 8)}。

〈自然災害〉

災害に対する防災には、災害をもたらした自然現象とその生起のメカニズムの理解、被害を被る施設の管理や施設の建築基準の設定、および、事前あるいは災害時の人間行動の理解が必要であると言えよう⁹⁾。

2. 安全行動の特質

本節と次節では、主に工業プラントなどの人間-機械系におけるオペレータの行動を素材として、安全行動の特質とその制御に関して考察する。

2-1 人間-機械系の特質

—原子力プラントの場合

まず、人間-機械系の特質を、原子力プラントの場合を例にとって述べてみる。

原子力プラントが異常状態に陥った時、オペレータはプラントの状態を正しく診断し、それに基づいて適切な対応策を決定し、異常状態からの回復を図るという一連の行動を取ることが求められる。このような行動を取る際には、オペレータは原子力プラントの構造、機能、動的特性に関する既知の知識と、ディスプレイなどを通して表示される原子炉の状態に関する情報を利用して、さまざまな判断や決定を行っている。緊急時の操作において現われる状況を規定する原子力プラントの特徴は、

- (1)原子力発電所は高度に相互作用する非常に多数の部分より構成されており、それぞれの部分そのものも複雑なものである。
- (2)緊急時の操作によって対処するのは動的かつ事象駆動的な状況であり、そこでは、事象が時と共に進展し、しかもその中で個々の事柄は何時起きるか分からない。
- (3)原子力プラントの状態や状態変化に関するデータは不完全であったり、不正確なものであり得るので、状態変化を完全に予測することは困難である。とすることができる¹⁰⁾。

このような特徴を持つ原子力プラントに対してオペレータがプラントの異常に対処し操作するのは容易なことではなく、そこには、単に決められた手順を実行する以上の高次の認知過程である思考過程が係わってくる。

2-2 オペレータ安全行動のモデル化

このような特徴を持つ人間-機械系におけるオペレータの安全行動をどのように捉えることができるだろうか？ 心理学・人間工学においては、人間-機械系におけるオペレータの安全行動を記述し分析するためのさまざまなモデルが構築されてきた。

原田¹¹⁾は、パーソナルなコンピュータ利用に関する認知的インタフェース研究の変遷を、ユーザーシステム間相互作用の何をモデルとして記述しようとしているかという観点から、以下のように提案している。

- (1)人間の頭の中をモデル化する：人
- (2)人間と機械の会話をモデル化する：人+システム
- (3)人間が機械を道具として使う様子をモデル化する：人+システム+対象
- (4)人間と機械との1つの場でどのように働きあうかをモデル化する：人+システム+対象+状況

これは、人間-機械系に対する認知的アプローチの変遷をまとめたものであり、これ以前には、人間の外的な行動や神経生理的な過程をモデル化するというアプローチであった訳である。

渡辺¹²⁾は、ヒューマンエラー研究の変遷を以下のように提案している。

- (1)行動としてのヒューマンエラー
- (2)認知としてのヒューマンエラー
- (3)環境との相互作用としてのヒューマンエラー

このように、人間-機械系におけるオペレータ安全行動のモデル化には、単なる外的な行動から、その行動が生起する認知的過程、さらに、その認知的

過程を支える状況や環境との相互作用という観点が必要となっていることが分かる。

人間-機械系におけるオペレータ安全行動に関して、どのようなモデルが適切かは、対象とする領域によって異なると言える。パーソナルなコンピュータ使用におけるユーザー行動と、原子力プラントの中央制御室でのクルーのチーム行動とでは、そのモデル化の規模や強調点はおのずから異なっている。

ここでは、工業プラントにおけるオペレータ安全行動のモデルとしてよく取り上げられる、Rasmussen¹³⁾の梯子モデルを提示するとどめる。

Rasmussenの梯子モデル(Fig.1)は、プロセス制御の意志決定に関する情報処理モデルである。情報処理の活動とその結果得られる知識状態との連鎖で情報処理が進む。ルーチ的な作業の場合には、中間段階を飛び超えて進むこともありうる。このモデルは、オペレータのエラーを分析する際に役立つばかりでなく、人間-機械系のデザインにも適したものととしてよく参照されている¹⁴⁾。

2-3 オペレータ安全行動の特徴

人間の情報処理の一般的な特徴をその限界という観点から検討してみよう¹⁵⁻¹⁸⁾。これは、人間-機械系のオペレータ安全行動を捉えるための基礎となる。

1) 注意の限界

人間の注意の容量には限界がある。一度に注意することのできる情報量には限界があり、同じ情報への注意を持続することのできる時間も無限ではない。

2) 記憶の限界

記憶には、アクセス時間は短い容量に限界のある短期記憶と、容量は無限であるがアクセス時間の遅い長期記憶とがあると言われている。

短期記憶の容量の限界のために、入力した情報はリハーサルをして維持したり、長期記憶と関連づけて精緻化しない限り、忘却されてしまう。

長期記憶からの関連情報の検索は、適切な手がかりが与えられないと困難である。また、長期記憶からの検索は、記憶痕跡の完全な出力ではなく、記憶の断片からの再構成の過程であり、記憶違いに陥りやすいといえる。

3) 推論と思考のバイアスとヒューリスティクス

人間は与えられた課題に対して必ずしも論理的に解決しようとはしない。思考研究においては、人間は問題に対してごく少数の解決に固執し、広い範囲の解決を産出することが困難であり、必ずしも最も

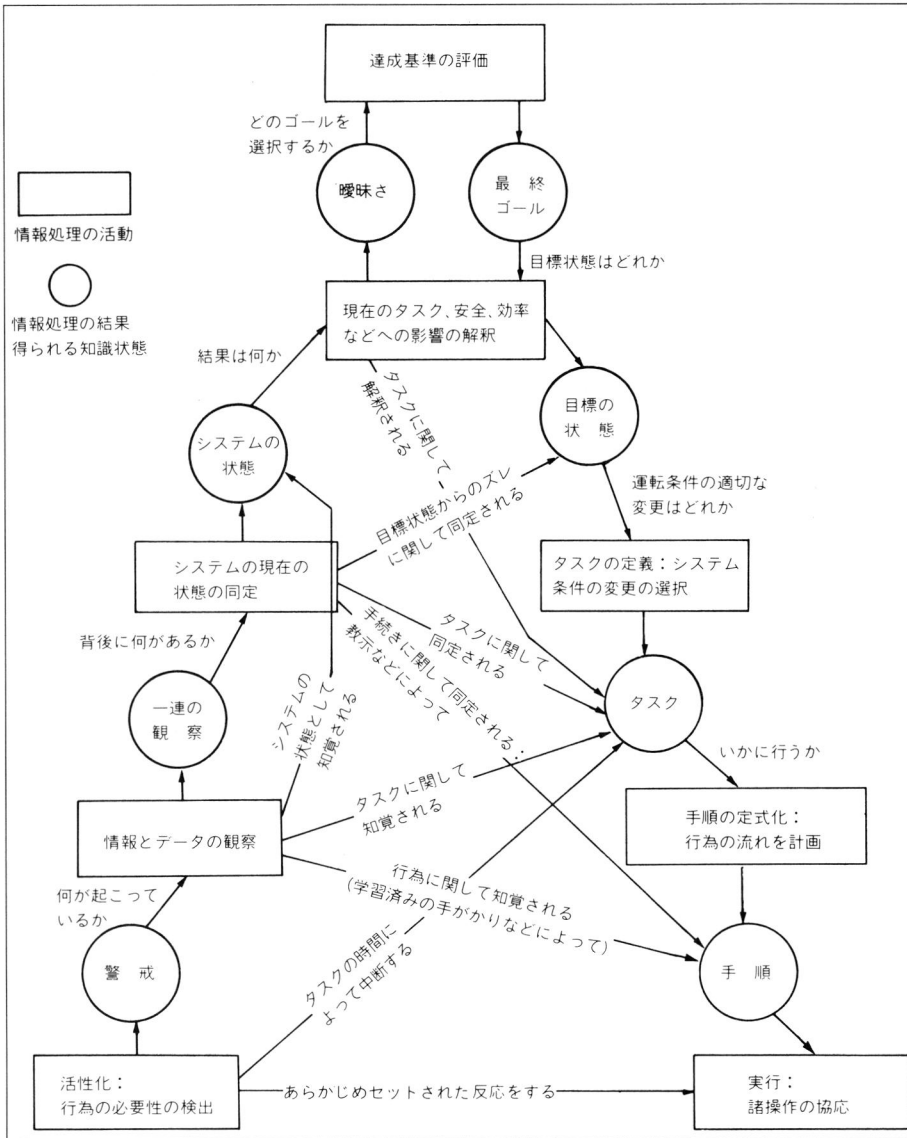


Fig.1 梯子モデル¹³⁾

効率的ではない既製の解決（心的セット）を使用する傾向があるという“機能的固着”の現象はよく知られている。

確率に基づく推論や判断においては、次のようなヒューリスティックスが知られている。

〈利用可能性〉

心に容易に浮かぶ情報に基づいて判断する。

〈代表性〉

サンプルが母集団と類似しているという判断をする。

論理的な推論においても、確証のバイアスと呼ばれる現象があり、人間は仮説を検証する際に、反証するよりも確証する傾向が強いことが知られている。

4) メタ認知の限界

人間は、自分の認知の状態を認知するメタ認知を持っている。人間は、メタ認知を使用して、注意や記憶の限界や推論と思考のバイアスとヒューリスティックスを克服しようとする。

しかし、意識にアクセスできない認知過程があることが分かっている。また、人間は、一般に自分の思考過程に関して不正確な信念を持ちやすく、自分の知っていることを過大評価し、ある1つの方略が自分の行動を決定したと信じる傾向がある。これらはメタ認知の限界を示している。

5) 言語のバイアス

人間の認知的活動は言語を媒介に行われることが多いが、逆に言語が認知的活動を決定したり影響を及ぼすこともある (Sapia-Whorfの仮説)。

問題解決においては、その問題文によって次のような影響があることが知られている。

〈肯定のバイアス〉

問題は、否定文であるよりも肯定文であるほうがその解決は容易である。

〈照合のバイアス〉

問題は、最後の質問が前提と同じ用語を使用しているほうがその解決は容易である。

次に、集団における心的過程の一つとして、凝集性の高い集団の意志決定過程の一般的な特徴を以下に示す¹⁹⁾。なお、凝集性とは、集団の成員が所属集団にとどまるように働きかける全ての力のことを言う。

- ・凝集性の高い集団は、危険を認識することなく、楽観的すぎており、多大のリスクを取る。
- ・集団の政策や見方に合致しない証拠を素早く合理化する。
- ・集団の政策や決定の道徳的および倫理的意味を無視する傾向がある。
- ・敵や他人をステレオタイプ化し、矛盾する証拠に注意を向けない傾向がある。
- ・集団は、現状を維持しようとする。疑いを表明する者は黙るように圧力がかけられる。
- ・集団の成員は、集団の外で、自分の感情や疑いを議論しないように自己検閲が働く。
- ・ある一つの決定が達成されると、残りの異なった見方は、成員の心から注意深く除かれ、満場一致が得られる。
- ・“リスクシフト”現象：集団は、その成員個人が持つ以上に大きなリスクを持つ決定をしがちである。

実際の間人-機械系におけるオペレータ行動の特徴はどのように捉えることができるだろうか？ 尾入²⁰⁾は、原子力プラント等の巨大システムにおいて、空間的に広い場所に散らばった多くの機器とそのオペレータとの間のコミュニケーションの手段とその特徴とを以下のように指摘している (Table 1)。

1) 音声

直接相手に対して即時の伝達をし応答することができるが、言い間違い・聞き間違いというエラーを引き起こしやすい。

2) 文書

Table 1 通信・連絡手段の種類²⁰⁾

種類	媒介手段	適用場面
音声	なし 電話 放送ページング装置	面談 離れた特定の2点間の連絡 不特定の位置にいる人への連絡
文書	文字、数字、表 図 ファクシミリ	記録に留めるべき情報の伝達 具体物に即した形での情報の伝達 特定の2点間での文書類の即時伝達
画像など ニュー メディア	テレビ電話 テレビ会議 電子メール (パソコン通信)	2点間の画像を含んだ音声伝達 複数人の中での画像を含んだ打合せ 不特定の人に向けた保存できる文字情報の伝達

記録として保存することができ、公共性・随時性を持つが、文書への記載は手間がかかる。言語的情報ばかりでなく、図やイメージの情報も伝達できる。

3) 画像などニューメディア

音声によって伝達することの困難な情報を、伝言板のような機能を持つ電子メールで、プラントの各所に設置しておくことができる。

原子力プラントなどの人間-機械系におけるオペレータは既述したように緊急事態におかれることが多い。緊急事態でなくともシフトワークなどの作業環境下でストレスを受けることも多い。そこで、人間の情報処理に対するストレスの影響を以下のようにまとめる^{18, 21, 22)}。

1) 個人の認知的現象

- ・注意の焦点が狭くなり、別の解決を見ることができない (認知的“トンネル視覚”)。また、短期の目標が長期的には逆効果であっても、短期の目標が長期の目標より優先される。
- ・思考の固着が起きやすくなる。
- ・集中 (要求に対して注意を持続する能力) の範囲が減少する。思考はより硬くなり、柔軟でなくなる。
- ・エラーの生起率が増加する。
- ・責任を他人に委任するよりも、自分自身で状況を統制しようとする傾向が過剰に高まる。
- ・思考が表面的な特徴に引きずられて、それぞれを扱う問題間で飛び回る (主題的な放浪 thematic vagabonding)。問題の些細な点に注意が向けられ、他のより重要な問題が無視される (包囊形

Table 2 意識レベルの段階分け²⁶⁾

フェーズ	意識のモード	注意の作用	生理的状态	信頼性
0	無意識、失神	ゼロ	睡眠、脳発作	ゼロ
I	subnormal、意識ボケ	inactive	疲労、単調、 いねむり、酒に酔う	0.9以下
II	normal、relaxed	passive、 心の内方に向う	安静起居・ 休息時定例作業時	0.99~0.99999
III	normal、clear	active、 前向き注意野も広い	積極活動時	0.999999以上
IV	hypernormal、excited	一点に凝集、判断停止	緊急防衛反応、 慌て→パニック	0.9以下

Table 3 意識フェーズによって起こりそうな
エラー行動の類型²⁶⁾

フェーズ I

- (I) 目の前の信号またはその変化を見落す。無関心で通り越す。
 (I) 面倒だという気分が先立って点検・確認を省略する。
 (I) 指示・連絡事項を度忘れする。
 (O) 目前の出来ごとに安易に（状況や結果を考えず）手を出す。場面行動。
 (O) 感情的に乱暴に取り扱う。
 (O) 尚早に仕事を打ち切った。

フェーズ II

- (I) 予想しない事態に注意を引きこまれ（予測不足）確認せず認知を誤った。
 (I) 確認するまでもないと信じて点検せず（予測過剰）点検を間違えた。
 (I) 読み違い、早合点、早のみこみ。
 (P) 危険だと承知していたがその瞬間危険を忘れた。
 (P) 前にも成功したので今度も大丈夫と判断した。
 (P) 用件の割りこみに気をとられて手順を落した。間違えた。
 (P) 相手は知っていると思い連絡せずにやった。
 (P) 用件は済んだと思い次の仕事を始めた。
 (P) 次の仕事（心配ごと）を気にしていて当面の手順を忘れた。間違えた。
 (O) 少しの時間が待たず別の仕事に手を出して肝心な時機を失った。
 (O) 習慣動作の飛び出しをコントロールできなかった。
 (O) 反射的に手を出す（意志による抑制がきかない）。
 (O) 近道反応。短絡動作。
 (O) 危険だと承知していたがその瞬間危険を忘れた。

フェーズ III

- (P) 時間の切迫、状況の急変により即時判断を迫られる。
 (P) 一方の故障の修理に熱中して当面の時間経過を忘れ手遅れとなった。
 (P) 作業課題が複雑すぎて考えこんでしまった。

フェーズ IV

- (I) 目前の突発事態に驚いて一点集中、他の情報を無視した。
 (P) 緊張過大または慌てて興奮のため判断が混乱し判断不能となった。間違えた。
 (P) 怒りまたは恐怖のため冷静な判断を失う。動作の抑制ができず。
 (O) パニック状態で無意味な操作を繰り返す。

注) (I) 認知・確認のミス、(P) 判断・記憶のミス、(O) 動作・操作のミス。

成 encystment)。

- ・意思決定の遅延が致命的であると見なされ、緊急の感情が高まる。
- ・危機が続くに従い、思考はますます還元主義的になり、問題を単一の大まかな原因によって説明しようとする。思考は、因果ネットワークよりも因果系列を使用する。
- ・不適切な直観的判断や確証バイアスが過度に使用されるようになる。
- ・一時的な心的まひが起り、情報を短期間利用できなくなる。
- ・さらに危機が続くと、認知的な締め付けが起り、思考過程の崩壊につながる。直接の解決を提供するように見える一つの選択肢を離さないようにする。
- ・事態を防衛的に回避する。たとえば、活動を散漫にして、脅威を与える手がかりを選択的に注意せず、危険に関して考えることを避ける。決定をする信頼のおける人であれば誰にでも責任を転嫁する。

2) 集団の認知的現象

ストレス下の個人の認知的現象は、集団の現象に反映される面が多い。

- ・注意の焦点が狭まり、危機を削減するための選択肢が“一つの方法”に限られる。
- ・長期の多肢選択によるプランニングが棄却され、短期の実際的な問題が支配的になる。
- ・過去に囚われ、すでに別の事象に遷移してしまった事実を説明することに集中する。
- ・集団の成員がリーダーの考え方に客観的に反対することができない場合には、危機時のチーム行動はより不適切になっていく。
- ・知覚は極化し、白か黒かの判断になってしまう。
- ・判断は態度を通してバイアスを受ける。そのような態度として、自分が制御しているシステムの完

Table 4 輸送システムの死亡率（億人キロ当り）と安全性²⁶⁾

	億人キロ当り死亡率	システム安定度	バックアップシステム	人的ミス率	緊張度
鉄道	0.002	++++	+++	20%	II → (I)
航空機	0.2	+	++	60	III → (IV)
自動車	6.0	#	-	98	III → (II) → (I)

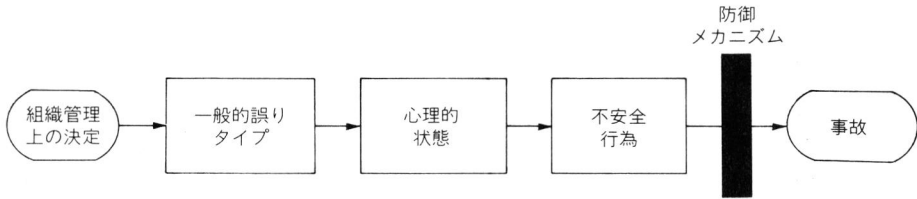


Fig.2 一般的な事故のシナリオ²⁷⁾

全性への信念、判断を歪める政策的あるいは経済的な圧力、などがある。

- ・危機状態が生じはじめる時には、それに対処するのは個人である場合が多く、集団の共同活動には反映されない場合が多い。

人間-機械系におけるオペレータ安全行動の特徴をその限界という面から述べてきたが、これらはヒューマンエラーの諸相をそのまま示している。ヒューマンエラーに関する研究は数多くある²³⁻²⁵⁾が、ここでは、本論で今まで全く触れてこなかった神経生理学的な観点と状況的な観点からオペレータの安全行動を考察するという意味をこめて、意識レベルとの対応を考える橋本²⁶⁾の意識フェーズ理論と、組織管理上の意志決定からの連鎖でヒューマンエラーの生起を考えるWagenaar²⁷⁾の考え方を提示するにとどめる。

橋本²⁶⁾はオペレータの運転制御行動時の脳波パターンとエラーとの関係に関する研究から、意識フェーズを5段階に分け (Table 2)、各フェーズ毎に見られるエラーの類型を行っている (Table 3)。さらに、各交通システムにおける事故の発生を、意識レベルの変化によって説明している (Table 4)。航空機では、離陸時と着陸時の事故が多いが、この際パイロットの意識はフェーズIIIの状態にある。たとえば突然強い横風を受けると、機体の姿勢を安定に保つことに注意が向けられ、フェーズIVの緊張状態に追い込まれ、判断ミスによって事故を起こすケースが多い。鉄道では緊張度の低いフェーズIIの状態で運転していることが多いが、フェーズIの居眠り運転で衝突事故を起こす。ただし、保安装置などによって、居眠りが直ちに事故に結び付くことにはな

らない。自動車の場合には、交通量の多い一般道路上ではフェーズIII、高速道路上ではフェーズIIの状態での運転していると考えられるが、事故時にはそれがフェーズIIまたはIになっていると考えられる。自動車の場合にはシステムの安定性が低く、バックアップ系が働かないので、直ちに事故に結び付きやすい。

Wagenaar²⁷⁾は、工業プラントの事故は、組織管理上の意志決定で開始する長い事象連鎖の最終結果であると主張している (Fig.2)。

〈防御メカニズムと不安全行為〉

まず、事故が生起する直接の原因はオペレータの不安全行為であるが、各種の防御メカニズムが有効に働いていれば、不安全行為が事故に結び付くことはない。

〈心理的過程〉

不安全行為を決定する、オペレータのさまざまな心理的過程のことで、その特徴については既述した。

〈一般的誤りタイプ〉

不安全行為が直接的誤りであるのに対して、これは潜在的な誤りである。たとえば、間違っただesignされた機械、不適切な作業手続き、などである。

〈組織管理上の意志決定〉

一般的誤りタイプを産み出す。

3. 安全行動の制御

3-1 安全対策

田井中²⁸⁾によると、安全対策において、安全性の水準として、以下の4つが想定される。

〈クラス1〉

システムに劣化が生起せず、システムの損傷や人

員の死傷には至らない（安全 safety）

〈クラス2〉

システム性能は劣化するが、システムの損傷や人員の死傷は伴わずに制御や防止が可能（安全限界 marginal）

〈クラス3〉

人員の死傷あるいはシステムの損傷が生じ、人員やシステムの残存には修正処置が必要（危険 critical）

〈クラス4〉

システムに過酷な劣化を伴い、かつ多数の人員の死傷やシステム損傷・損失の原因になる（災害 catastrophic）

そして、安全対策の水準として、以下の3つが上げられる。

第一水準の安全対策——まず異常や故障を起こさないようにする

第二水準の安全対策——ついで異常や故障が起こってもそれらが事故につながらないようにする

第三水準の安全対策——また、事故になったとし

てもそれがさらに大きな災害に波及しないようにする

こうして、たとえば交通安全に関して、事故を未然に防止する予防安全と、起きてしまった事故による被害の軽減を図る事故安全という2つの側面がある^{29, 30)}。稲葉³¹⁾によると、交通事故学における安全対策の3Eとして、

規制 enforcement——交通の法的指導

教育 education——交通マナーの指導

技術 engineering——交通設備の整備

がある。

本章では、このような安全対策上の諸問題を、オペレータ安全行動の制御という観点から考察する。安全行動を確実に制御するためには、前章で扱った安全行動の特徴を的確に把握する必要がある。なお、安全対策には、高齢者や心身障害者など、人間の個人差に応じた対策が必須であるが、ここでは触れない。

3-2 安全管理^{32, 33)}

安全管理は、Wagenaarら²⁷⁾のいう組織管理上

Table 5 BWR原発訓練コース³⁵⁾

No.	コース名	期間	クラス人数	概要
1	標準訓練コース	12週間	8	原子力発電の基礎知識と、原子力発電所または火力発電所における実務経験のある人を対象にしたコース。運転に必要な講義、発電所の見学実習、シミュレータ訓練による運転操作などの習得を目的とする。
2	短期基本コース	3週間	4	BWR型原子力発電所の運転に必要な知識と、原子力発電所における実務経験のある人を対象にしたコース。シミュレータを使った訓練を中心にして、短期間に運転操作を習得させる。
3	再訓練コース	9日間	4	原子力発電所において、現在運転員として従事している人を対象としたコース。シミュレーターによる訓練を中心に、現在身につけている技術を維持させるとともに、よりレベルアップした技術を習得させる。
4	上級者訓練コース	5日間	4	再訓練コースを修了して、現在、運転当直員の上位者として従事している人を対象としたコース。講義およびシミュレータによる訓練を通じて、状況判断、指揮、命令など上級者としての管理能力を向上させる。
5	ファミリー研修コース	1日間	—	運転責任者から補機操作員に至るまでの運転当直チームを対象としたコース。シミュレータによる訓練を中心にして、運転当直員の技術向上およびチームワークの強化を図る。訓練人員は1運転当直チームを単位とする。
6	基礎教科コース	2週間	12	原則として、標準訓練コースを受講する予定の人を対象としたコース。80時間の講義により運転員として欠かすことのできない基礎学科を習得させる。
7	特別訓練コース	—	—	特定の目的のために設ける訓練コース。訓練期間および内容は、訓練生派遣元と打ち合わせて定める。

の意志決定における中心的な内容である。組織経営上の意志決定如何で、潜在的な誤りタイプが産み出されるので、重要な問題である。

安全管理には、オペレータの安全行動自体を管理するという側面（安全教育・訓練）と、オペレータを含めた人間-機械系のデザインを管理するという側面がある。それぞれ、以下で考察する。

3-3 安全教育・安全訓練

安全教育・安全訓練の目的や諸問題については、本誌の特集「生涯教育としての交通安全教育」³⁴⁾や、本号の森田論文を参照されたい。

ここでは、原子力プラントにおけるシミュレータを使用した安全訓練を紹介するにとどめる。堀野³⁵⁾によると、シミュレータ訓練の目的は、実際のプラントと同じ感覚で通常の運転操作を経験できる、実際のプラントで経験できない異常事象を経験できる、過去に運転実績として得られた技術をオペレータ個人の体験からチーム全体に伝達して運転技術の維持・向上を図る、ということである。一例として、福島県双葉郡のBWR訓練センターの訓練コースを示す（Table 5）。この中で、チームワークの確立を主眼としたファミリー研修が特徴的であるとしている。

安全訓練による効果を支える心理的メカニズムは、訓練の対象となる操作制御スキルの転移である。スキルの転移に関する心理学理論は、行動的なアプローチによるものから、認知的なアプローチによるものなど、さまざまあるが、決定的なものはなかった。これに対して、Lintern³⁶⁾は、状況的なアプローチとして、後述する生態学的心理学の立場から、スキルの転移に関する新しい理論を提唱しており、今後の発展が期待される。

3-4 人間-機械系のデザイン

安全教育・安全訓練がオペレータ安全行動自体を制御しようとするのに対して、人間-機械系のデザインでは、機械を設計・改良することによって、オペレータ安全行動を制御しようとする。人間-機械系のデザインの目標は、当該の機械が、オペレータにとって、分かりやすく、使いやすく、面白いもので、その結果、安全に使用できるものを作ることである。

人間-機械系のデザインに対する心理学・人間工学からの研究においても、行動論的なアプローチによるものから、最近では、認知的アプローチあるいは状況論的アプローチによるものに変化してきている^{14, 37, 38)}。

ここでは、工業プラントなどの人間-機械系のデザインに対する状況論的アプローチの一つとして、Rasmussen & Vicente³⁹⁾による生態学的インターフェイスを紹介するにとどめる。

Rasmussen & Vicente³⁹⁾は、生態学的インターフェイスの理論的背景として、Brunswickの確率論的機能主義の理論と、Gibsonの直接知覚の理論をあげている。両者とも、人間と環境の関係を重視する理論である。生態学的インターフェイスでは、当該の課題解決のために必要なレベル以上にまでオペレータの認知的制御を高めたくないインターフェイスをデザインすることを原理としている。

そのようなインターフェイスをデザインするために、

- (1)人間の感覚運動システムの利点を最大限利用できるように、オペレータの観察と行為とが一体となるようにする必要がある
- (2)オペレータの操作対象であるプロセスの目に見えない過程と、機械の操作/観察面によってオペレータに与えられる手がかりとの間に一貫した1対1対応をつける必要がある

という。つまり、制御対象であるプラントのプロセスの目に見えない抽象的な性質を、オペレータにとって見ることができるようになることで、適切な行為を誘うように人間-機械系をデザインすることが、生態学的インターフェイスの目的となる。

Vicente & Rasmussen⁴⁰⁾は、このような考えに基づき、熱水力プロセスのシミュレーションであるDURESSシステムを提示しているが、ここでは省略する。

4. おわりに——安全行動研究の方法論

本論では、オペレータ安全行動を研究するための方法論について全く触れることができなかった。事故分析においては、事故にかかわる諸事象の時系列的な流れを分析シクロロジーを作成し、諸事象の連鎖関係を確定できると、真の原因だけでなく、責任関係も明白になるという⁴¹⁾。諸事象としては、オペレータの行動としての操作と機械の状態変化ばかりでなく、オペレータが当該の機械について持っているメンタルモデルや状況の把握、期待している機能なども取り上げて、オペレータの立場に立って諸事象を見ることが必要である。このような視点を田辺ら⁴²⁾は「パーソナル・ビュー」と呼んで、原子力プラントにおけるヒューマンエラー分析

に採用している。このような方法は、当該の事象を徹底的に記述するという発想である。

本論では、オペレータ安全行動に対して認知的あるいは状況的アプローチが取られるようになってきたことを強調してきた。特に状況的アプローチの発想は、オペレータの安全行動を徹底的に記述するというもので、クロノロジーを作成するという発想と軌を一にするものであることを指摘して、本論を閉じることにする。

〈謝辞〉

本論文の作成にあたり、日本原子力研究所原子炉安全工学部の渡辺めぐみさんには、貴重な資料を提供していただきました。記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 正田亘『安全心理学』恒星社厚生閣、1985年
- 2) Ampofo-Boateng, K. & Thomson, J. A.: Children's perception of safety and danger on the road, *British Journal of Psychology*, 82(4), pp.487~505, 1991
- 3) 岡本浩一『リスク心理学入門』サイエンス社、1992年
- 4) 楠見孝「認知心理学からみたりスクをめぐる認知と行動の個人差」日本社会心理学会第34回大会発表論文集、S 8、1993年
- 5) 国際交通安全学会誌、18(4)、1992年
- 6) 平和のための心理学者懇談会編『平和心理学のいぶき』法政出版、1990年
- 7) トンプソン編著、黒沢満訳『核戦争の心理学』西村書店、1988年
- 8) Tetlock P.E., McGuire, C.B. & Mitchell, G.: Psychological perspectives on nuclear deterrence, *Annual Review of Psychology*. 42, pp.239~276, 1991
- 9) 安倍北夫「自然災害への人文・社会科学的アプローチ」安倍北夫・三隅二不二・岡部慶三編『応用心理学講座3 事故災害の行動科学』福村出版、1-8、1988年
- 10) Woods, D.D., Roth, E.M., & Hanes, L.F.: Models of cognitive behavior in nuclear power plant personnel, NUREG/CR-4532, 1986
- 11) 原田悦子「認知的インタフェース」イマージ、3(6)、pp.214~223, 1992年
- 12) 渡辺めぐみ「ヒューマンエラーの分類とそのメカニズムについての研究のレビュー」(未発表)
- 13) Rasmussen, J.: Information processing and human-machine interaction: An approach to cognitive engineering, Elsevier Science Publishing, 1986/海保博之・加藤隆・赤井真喜・田辺文也共訳『インタフェースの認知工学—人と機械の知的かかわりの科学』啓学出版、1990年
- 14) Woods, D.D., O'Brien, J.F., & Hanes, L.F.: Human factors challenges in process control: The case of nuclear power plants, In Salvendy, G. (Ed.): *Handbook of human factors*, John Wiley & Sons, pp.1724~1770, 1987/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年
- 15) 安西祐一郎・石崎俊・大津由紀夫・波多野諄余夫・溝口文雄編『認知科学ハンドブック』共立出版、1993年
- 16) Kahneman, D., Slovic, P. & Tversky, A. (Eds.): *Judgment under uncertainty: Heuristics and biases*, Cambridge University Press, 1982
- 17) Mayer, R.E.: *Thinking and problem solving: An introduction to human cognition and learning*, Scott, Foresman & Company, 1977/佐古順彦訳『新思考心理学入門—人間の認知と学習へのてびき—』サイエンス社、1979年
- 18) Svenson, O.: *Cognitive psychology, operator behavior and safety in the process industry with emphasis on nuclear power plant applications*, Report No.29, Cognition and Decision Research Unit, Department of Psychology, University of Stockholm, 1988
- 19) Janis, I.L. & Mann, L.: *Decision making: A psychological analysis of conflict, choice, and commitment*, The Free Press, 1977
- 20) 尾入正哲「巨大システムの安全を考える——ヒューマンエラーとコミュニケーション」『労働の科学』44(7), pp.4~7、1989年
- 21) Gertman, D.I., Haney, L.N., Jenkins, J.P. & Blackman, H. S.: *Operational decision-making and action selection under psychological stress in nuclear power plants*, NUREG/CR-4040, 1985

- 22) 佐々木めぐみ・箱田裕司「大規模プラントにおけるストレスと情報処理」『現代のエスプリ』290、pp.60~74、1991年
- 23) 海保博之『「誤り」の心理を読む』講談社、1986年
- 24) Reason, J.: Human error, Cambridge University Press, 1990
- 25) Senders, J.W. & Moray, N.P.: Human error: Cause, prediction, and reduction, Lawrence Erlbaum Associates, 1991
- 26) 橋本邦衛『安全人間工学』中央労働災害防止協会、1984年
- 27) Wagenaar, W.A., Hudson, P.T.W., & Reason, J. T. : Cognitive failures and accidents, Applied Cognitive Psychology, 4(4), pp.273~294, 1990
- 28) 田井中秀嗣「システムと製品の安全」三戸秀樹・北川睦彦・森下高治・西川一廉・田尾雅夫・島田修・田井中秀嗣『安全の行動科学—人がまもる安全 人がおこす事故』学文社、pp.174~212、1992年
- 29) 山中彰「安全ボディは堅くて柔らかい」『労働の科学』46(6)、pp.17~20、1991年
- 30) 吉本堅一「自動車運転者の操縦動作のモデリング」『人間工学』18(6)、pp.301~305、1982年
- 31) 稲葉正太郎『交通事故と人間工学』コロナ社、1988年
- 32) 三隅二不二・丸山康則・正田亘編『応用心理学講座 2 事故予防の行動科学』福村出版、1988年
- 33) 豊原恒男・正田亘『安全管理の心理学』誠信書房、1965年
- 34) 国際交通安全学会誌、19(1)、1993年
- 35) 堀野定雄「総論 シミュレータの現状と課題」『安全』42(5)、pp.8~13、1991年
- 36) Lintern, G.: An informational perspective on skill transfer in human-machine systems, Human Factors, 33(3), pp.251~266, 1991
- 37) Norman, D.A.: The psychology of everyday things, Basic Books, 1988/野島久雄訳『誰のためのデザイン?』新曜社、1990年
- 38) 野呂影勇編『図説 エルゴノミクス』日本規格協会、1990年
- 39) Rasmussen, J. & Vicente, K.J.: Coping with human errors through system design: Implications for ecological interface design, International Journal of Man-Machine Studies, 31(5), pp.517~534, 1989
- 40) Vicente, K.J. & Rasmussen, J.: The ecology of human-machine systems II: Mediating "direct perception" in complex work domains, Ecological Psychology, 2(3), pp.207~249, 1990
- 41) 柳田邦男『フェイズ3の眼』講談社、1987年
- 42) 田辺文也・堀部保弘・松本潔「事故・故障におけるヒューマンエラー分析の視点」日本原子力学会「1991秋の大会」発表論文集、387、1991年