

林 喜男 著

ヒューマンエラー、その仕組み 人間工学の立場から

論評者：窪田 文子

温故知新 - 3

人は、ミスをおかすものである。これまでに一度もミスをおかしたことがないという人は、おそらくいないだろう。そう思っている人は、それ自体が大きな勘違いである可能性がかなり高い。細かく見てみると、ミスをちよくちよく繰り返す、いわゆるそそっかしい人、あまりミスをしない、慎重な人がいる。ミスの類にも、置き忘れ、いい間違いといった、たわいのない笑い話になるようなものから、操作ミス、信号の見落としといった、事故につながる危険性の高いものや、実際に事故の原因となったミスまでさまざまである。本稿で筆者は、人間がおかすミス、いわゆるヒューマンエラーの発生メカニズムについて、人間工学の立場から検討している。

日常生活で見られる例として、定期券を忘れる行為とラジオ体操をした後に、テープデッキの電源を切り忘れる例、そしてもっと重大な事故につながるような例として、工場のバルブ操作を挙げている。エラーの発生に関して、上着やワイシャツを替えるなど、定期券を入れていたものが替わるといった変更が伴ったり、体操後、テープを巻き戻している最中に他のことをするといった、いつもの手順の変更や別な動作というエラーを引き起こす誘因の存在を指摘している。

工場におけるバルブ操作のミスでは、やるべき操作をしなかったというエラーがいちばん多いことが指摘され、その原因として、「他の作業が割

り込んでやり忘れる」や、「こんな事態になるとは思わなかった」という、結果の重大性の認識不足がかかわっていることを明らかにしている。このような行為は、慣れた作業に起こることが多く、慣れによって気がゆるみ、エラーの結果の重大性に対する認識が欠けている場合が多いと指摘している。

筆者はこのようなヒューマンエラーの仕組みを、人間の情報処理過程をもとに説明している。人の情報処理は、刺激を受けて、感覚機能、知覚機能、判断、意思決定のプロセスを経て行動が実行されると考えられており、その過程に常に、記憶が関係している。何らかの原因でこのプロセスのどこかに問題が起きると、ミスが生じるというのである。そのエラーメカニズムの引き金が引かれる要因として、ラスムセンのエラー発生モデルから理解しようとしている。

ヒューマンエラーについては、認知心理学の領域でも研究されている。ここでは、認知心理学の視点からのヒューマンエラーについての最近の知見を紹介してみたい。認知心理学では、人のミスを、その発生のメカニズムによって2つに分類している。

一つは、動作の実行段階での失敗で、「アクション・スリップ」あるいは、「スリップ」と呼ばれ、いわゆる、やり間違い、やり忘れの類である。これは、やろうとしたことは正しかったのに、そ

の遂行が何らかの理由できちんとできなかった場合である。その原因は、その動作を実行する際に十分な注意を払って自分の行動をモニターしていなかったことにあると考えられる。

もう一つは、動作を行う前の認識や判断の段階や、動作の計画段階での失敗で、「ミステイク」と呼ばれ、いわゆる錯覚や勘違い、早とちり、思い込みの類である。これは、やろうとしたことそのものが間違っていたり不適切であった場合で、このような判断ミスはさまざまな影響を受けて生じ、しかも気づきにくいというのが特徴である。

さらに詳しく見ていくと、アクション・スリップを理解するには、我々の通常の動作はパターン化されていて、あるきっかけが与えられると、半ば自動的に実行されるものであるということを理解しておく必要がある。この半自動化した動作パターンを「アクション・スキーマ」と言う。そしてそのプロセスを、常に無意識的にモニターしているのが注意である。そして、この注意の働きがうまく行かなかった時、エラーが起きるのである。すなわち、

- ・エレベーターのドアが開いたら、目的階でなくても降りてしまうといった、意図しないスキーマが似たようなきっかけで起動してしまう。
- ・外出途中で電話があって、話し終わった後かばんを持たずに出かけてしまうというように、動作の途中で妨害となる刺激が入って、スキーマが混乱するために動作をやり損なう。
- ・冷蔵庫を開けてから、何を取り出すか忘れるというように、動作の遂行の途中で、目的を忘れてしまう。
- ・歯磨き粉だと思って洗顔フォームで歯磨きをするというように、自分の動作や動作対象を注意してモニターしないために間違える。
- ・オムレツを作ろうとして、フライパンに卵を流し込んでから箸でかき混ぜてスクランブルエッグにしてしまうというように、似たようなスキーマ

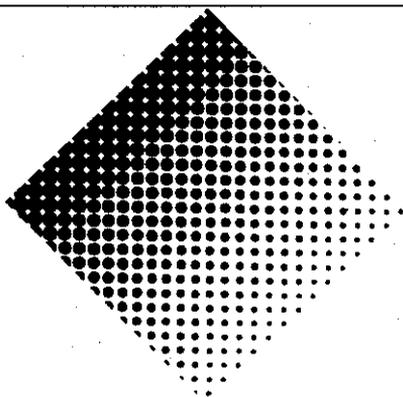
の動作がある場合、途中からもう一つの動作にすり替わってしまう。

・動作のプロセスのモニターがうまくできず、途中でやるべきことをとばしたり（動作の省略）、同じことを繰り返したり（動作の繰り返し）、元に戻したりしてしまう（逆転）ことが起こる。

ミステイクはさらに複雑で、人間の知覚、認知、判断、推論の情報処理プロセスに影響を及ぼす個人の知識や経験、集団によって影響される。たとえば、集団で話し合うと、一人で判断した場合よりも大胆な決定をする傾向があり、集団の中では、個人の意見が集団の意見にひきずられる同調現象が起きる可能性が高く、このような現象は、個人の判断をゆがめる原因となり得る。また、集団で作業をすると他の人もいるからという意識から、手抜きが生じやすく、それが思わぬミスにつながる可能性もある。

もう一つ安全を考える上で問題になる人間行動として、違反や危険行為がある。これは、意図的にルールに従わないで危険な行動をとることで、その時にミスが重なると重大な事故につながる恐れがある。

ヒューマンエラーについての理解は、安全を考える上で大切である。筆者も述べているように、人間はミスをするものだということを前提にエラーが起こる仕組みを理解して、スリップやミステイクを減らす工夫をする必要がある。すでに、人間工学的な改善がさまざまに実践されている。さらに重要なこととして、環境を整えると人は危険な行動をとりやすくなるという傾向を頭に入れておく必要がある。この点を考慮して、装置や環境の安全性を高めるだけでなく、人間のリスク行動を理解してそれを抑制する工夫が必要だと思われる。



ヒューマンエラー、その仕組み

人間工学の立場から

林 喜男

1 まえがき

ヒューマンエラーの仕組みを考えるに当たって、我々が日常生活で起こる小さなエラーの仕組みについてまず考えてみよう。

私は大学に毎日通勤しているが、年4～5回電車の定期券を忘れることがある。季節的には夏が多い。また、別の角度から観察すると、季節の変わり目にエラーが起こっている。その原因は単純で、定期券を入れている上衣なり、ワイシャツを取り替えるときに起こっている。日常のことだから、上衣を取り替えたからといって、高い確率で定期券を忘れるわけではない。よく観察すると、単純なエラーもあるが、多くはエラーを起こす誘因がある。その日少し寝坊し慌てて出勤したとか、前日の用意が悪く慌てて本をかばんに詰めて出勤したとか、こういったことが誘因になっている。もう少しせん索するともっと別な誘因があるだろう。

要は、エラーが起こるのには大部分の場合、そこに何らかの原因があるといいたいのである。

別の例で考えてみよう。私は毎朝ラジオ体操をしている。午前6時半に起きてラジオ体操をやるのではなくて、テープにラジオ体操の番組を録音し、それを7時30分にかけて体操をしている。そのときのエラーは、テープデッキの電源を切り忘れることである。一時期、このテープデッキの電源を切り忘れる確率が非常に高いときがあった。この原因は、テープを巻き戻してから電源を切るので、テープ巻き戻しに約10秒かかる。この時間を待ち切れずに新聞を見る、あるいはトイレに行く。こんなことをすると、必ずといっていいほど電源を切り忘れる。電源を切り忘れること自体はそれほど大きなことではないので、忘れてしまうのだろうが、でも、あまりにも別の事をすると忘れる確率が高いのには驚く。月に4～5回はこの電源の切り忘れが起こる。定期券を忘れると電車賃



を往復約1,000円支払わなくてはならないので、その損害は多いが、テープデッキの電源の切り忘れは損害は少ない。もしかしたら火災になるかもしれないけれども、現在の機器の安全性からいえばそんな事が起こる確率は皆無に近い。ただか電気代だけの損失だろう。たぶんこんな深層心理が働いているのだろう。定期券を忘れる確率より、テープの電源の切り忘れの確率は10倍高い。現在は、テープの巻き戻しをしているときには別のことはやらないということにしているので、この電源切り忘れの起こる確率は、定期券を忘れる確率にほぼ同じくらいになった。でも、その確率は約 10^{-2} /日ぐらいである。

両方ともエラーの起こる確率をもっと下げる方法があり、私は現在これを実行している。前者の対策はチェックリストを用意することである。家を出るときに必要な項目のチェックリストを書き、これで確認して家を出ると、まず上記のエラーは 10^{-2} /日から 10^{-3} /日に確率が下がってくる。しかし皆無ではない。この10年間一度も起こったことがないとすると、この確率は1日当たり 3×10^{-4} ぐらいになる。まだまだ気を引き締めて事にかからないと、エラーの起こる確率を 10^{-4} /日のオーダーに持ってくることができない。

テープの電源の切り忘れは、作業手順を変更することによって皆無にすることができる。それはテープを回し、体操が終わったら電源を切ることにすればいい。体操を始める時に巻き戻してやればいい。こんなふうに変更することによってエラーをなくすることができるものもある。このことは安全対策をする上で重要なことである。

ちなみに、工場災害の起こる確率は年に 10^{-4} 回が現在の値である。定期券を忘れるといった小さなエラーを年 10^{-4} 回程度にするためには、ちょっとやそっとのことでは達成できないといったこと

から、企業での災害防止がいかに大変であることがわかるであろう。

さて、以上日常生活に起こった二例のエラーの観察の結果、

- (1) エラーが起こるのには必ずといってなんらかの誘因がある
- (2) 変更を伴うときにエラーが起こりやすい
- (3) エラーの結果の重大性によって、エラーの起こる確率が異なる
- (4) 手順変更によって、エラーの起こる確率を下げるができる
- (5) エラーの防止は非常に大変であるというようなことがわかるだろう。

2 工場におけるヒューマンエラー

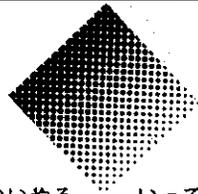
工場の中ではいろいろな種類のヒューマンエラーが起こっているけれども、話がわかりやすいバルブの誤操作の例で話を進めていく。

神奈川県高圧ガス協会で開催した神奈川県のコンビナートにおけるヒューマンエラー調査では、次のような結果を得た。

バルブ操作で、人間の行動結果が

- (1) バルブ操作の順序を間違えた
- (2) 別のバルブを操作した
- (3) 操作の方向を間違えた
- (4) すべき操作をしなかった
- (5) その他

の5種類に分類されるが、この中で、その他を除いて一番多かったのはバルブ誤操作109件中45件が、(4)のすべき操作をしなかったで、全体の41%を占めている。なぜしなくてはならないバルブの操作をしなかったのだろうと読者は不思議に思うだろう。これはまさしく、前節に述べたようにテープデッキの電源の切り忘れに相当する。原因を



調べてみると、他の作業が割り込んで、ついやるのを忘れてしまったとか、こんな事態になるとは思わなかったといった、自分のした結果の重大性の認識の欠如がその一つの原因となっている。これは、前節の定期券を忘れる確率と、電源を切り忘れる確率とが、結果の重大性との関係が深いものと同じである。さらに分析していくと、このような行為は慣れた作業に起こることが多い。慣れに基づく行動で、普段はうまくいっているので、ついつい気の緩みで忘れてしまうというのが多い。

人間は、あることがどのくらいの確率で起こるときに、自分にはそのことが起こらないと思うのだろうか。タバコを吸って肺ガンになって死亡する確率は、1日20本以上吸う人は年間1人当たり 500×10^{-5} といわれている。この確率はかなり確率の高い値であるにもかかわらず、自分はタバコを吸って肺ガンで死ぬとは思っていない。自動車を運転して事故死する確率は約 2×10^{-4} /年といわれている。だれも車を運転して死亡事故に遭うとは思ってもいない。工場における災害事故の起こる確率は、日本では 10^{-4} /年といわれている。工場内で小さな事故はもっとたくさん起こっているだろうが、この数字をみればわかるように、そうめったなことで事故にまで発展はしない。そこに作業者に気の緩みが生じ、あるいはすきが生じて、やるべき操作をしなかったといったエラーが生ずるのである。

事故というのは起こるはずがないところに起こるものである。だれも予想もしていない、今まで多少のエラーがあっても事故にならなかったのに今度はどうして事故につながったんだろう、といった疑問が当初に起こる。

事故は忘れたところにやってくるといわれるように、慣れに基づく行為のなかで、少しずつ環境が変化してくることが予見できず、今までうまく

いっていたという錯覚にとらわれてしまうためであると考えられる。

バルブ誤操作のなかで、別のバルブを操作してしまったというのが109件中10件ある。この原因は、似ているバルブがたくさんあって選択を誤ったということだが、これは主に設備が人間工学の初歩的な設計原理に合っていないために起こるエラーである。順序を間違えたが109件中5件あるが、これも人間工学的対策をしておれば防げたエラーである。

以上のバルブの誤操作から、人間のエラー行動のなかでは、

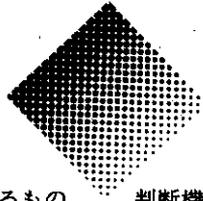
- (1) すべき操作をしなかったというのが一番多く、エラー行動のなかの41%を占めている
 - (2) これは慣れに基づく行動の場合が多く、エラーの結果の重大性の認識が欠如している場合が多い
 - (3) この理由として、今までもこんなことをやっていたが事故につながらなかったといった経験とか、事故の事態に直面した経験がないためである
 - (4) この結果として気の緩みが生ずる。これ等の結果から、気の緩みをなくすには常時気をつける習慣をつけなくてはならない
- といったことがわかった。

そこで、だいたい人間はエラーを犯すものであるから、エラーが起こってもすぐそれに気がつき、訂正できるような体制をつくっておくことが大切であり、お互いが注意し合って、協調し合って作業することが必要である。

3 ヒューマンエラーの起こる仕組み

さて、この節でヒューマンエラーの起こる仕組みについて考えてみよう。

前節で述べたように、ヒューマンエラーという



ものはいろいろな原因、誘因があって起こるもので、これを一つの統一した理論で説明することは難しい。

一般に、人間の情報処理過程を図に示すと、図1のように表すことができる。こんな逐次に情報処理をしているわけではないが、たとえば、人間がある行動をとるときの過程は、

- (1) 何かに気が付き、行動のきっかけを得る
- (2) 対象や周囲の外観的状况を観察する
- (3) 状況を見極めようとする、そしてその意味づけをする
- (4) 結果や他との関係予測し、意味づけをする
- (5) 行動の諸規範を比較し評価する
- (6) その状況下で妥当な手だてを選択する
- (7) 手順を具体化して、順序だてる
- (8) 実行する、すなわち、実際に手足を動かすとなるだろう。

(1)から(8)まで逐次全部行われるわけではなく、いろいろな経路を通過して(8)にまでいく。たとえば、容器内の圧力がある基準以上になったら、バルブを閉めるといった作業手順がある。これは(1)から(8)にとぶ一番単純な経路であり、この行動は慣れに基づく行動である。条件反射的な行動である。事態が複雑になると、多くのプロセスを通過して行動する。このプロセスとは、仮に(1)から(8)までのことを意味しているとする。そうすると、(1)→(2)→(3)→(8)の経路ではどんな事態で情報処理をしていることになるのだろうか。この場合は、たとえば化学プラントの状態がなにか異常で、諸計器の値がいつもと多少異なっていると。そこで、作業者はこの状況を見て具体的に意味づけして、今までの経験を頼りに操作をする、といったことになる。

(1)から(8)までを図1の人間情報処理機能でいうなら、(1)は感覚機能、(2)(3)(4)は知覚機能で、(5)は

判断機能で、(6)(7)は決定、(8)が行動ということになる。各機能が正しく機能していればヒューマンエラーは起こらない。

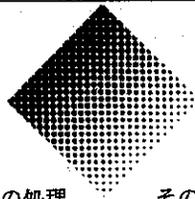
前節の例で、バルブを閉めるのを忘れてしまった。こんなのは、この過程ではどんな経路を通過ののだろうか。この例は(1)の何かに気付くといったプロセスがまず働かなかったのである。機能しなかったか、誤って機能してしまったかのどちらかである。

こんなプロセスで人間が情報処理していくと考えたとき、各機能が正しく機能するかしらないかは、これを取り囲む状況・環境によって左右される。図2は、人間の情報処理機能を阻害する要因を図示したものである。

最近、ストレスは情報のあいまいさが原因で起こる場合が多いと報告されている。機能が正常でも情報があいまいだと、どうしていいかわからず、これが原因で機能までおかしくなるといった例はいくらでもあるので、図2をもう少し詳細に記述すれば、フィードバック回路が至る所にあることがわかるのだが、これについてはあまりにも詳細になりすぎるので省くとして、ただ人間の情報処理過程はこんな単純な逐次プロセスではないことに注意しておこう。

人間のエラーのメカニズムを記載した文献は山ほどあるが、それを利用して人間工学的対策の立てられるものは少なくない。そこで、ラスムセン¹⁾が行った人間エラーの発生過程を参考にして、ヒューマンエラーの仕組みを考えていこう。

前に述べた(1)から(8)までのプロセスで、どの機能が正常に働かなくなり、誤った機能をするのか、あるいはまったく機能しなかったかを考えるとき、そこにヒューマンエラーのメカニズムが働いたからであると考え。たとえば、刺激が入ってきて、(1)で何かに気付くはずなのに何も気付かなかった



のはなぜなのだろうか。これは、入力情報の処理に問題があったのであろうと考える。すなわち、感覚機能に歪調をきたし、情報を処理しない、知覚能力・注意力が不十分で合図・兆候が伝わらない、情報を誤って解釈する、情報は正しいが勝手に当て推量をして情報をすり替えたりする、のが原因であるとする。

ヒューマンエラーが起こるプロセスには、知覚・判断機能で起こることが多い。慣れによる一点集中、慣れによる短縮、慣れによるやり損い、慣れによるパターンの見落としなどがこの部位の機能損失である。さらに、すべての機能に関係する要因として記憶がある。どうしたらいいかといったことを忘却してしまうとか、選択上の誤りを起こすとか、記憶違い等がこの機能の誤りに関係する。これらが(1)から(8)の各プロセスに働いてエラーが生ずると考えるのである。では、またなぜこのようなエラーメカニズムが働くのかというと、その誘因には、外的要因・内的要因があり、それによってエラーメカニズムの引き金が引かれると考えるのである。

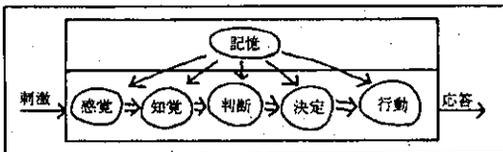


図1 人間の情報処理過程とその機能

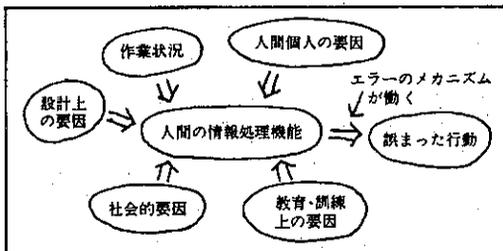


図2 人間の情報処理機能を阻害する要因

その外的・内的要因というのは図2に示されている要因であるが、それをもう少し詳しく説明しよう。図3に示されているように、ラズムセンはエラーをもたらした要因Aとして、

- A1 外的な事柄、たとえば機器やシステムに異常が生じた、あるいは他の作業者による混乱
- A2 特定の状況における過度の作業、たとえば働く時間が長かったとか、重作業だったといったこと、また、状況の情報が不足、誤っていたこと
- A3 作業者が病気であった
- A4 無意識のエラー、意識的エラーを挙げている。

作業状況による要因Bとして、

- B1 作業特性で、その作業に精通していた作業かどうか、慣れている作業かどうかといったこと
- B2 物理的環境、たとえば騒音、温度・湿度、照明等の不適切
- B3 作業時間特性で、たとえば日勤交代、交代の時期を挙げている。

図2の個人的要因、社会的要因、教育・訓練上の要因をひっくるめて、ラズムセンはパフォーマンスに影響する要因Cとし、

- C1 主観的目標の概念、たとえば作業が過大の

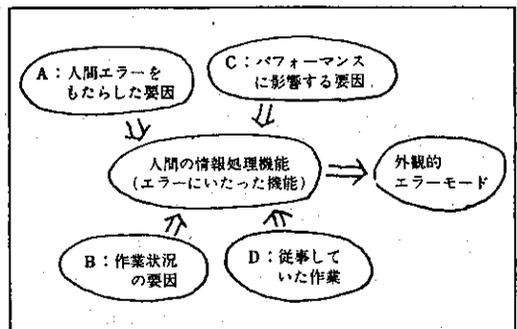
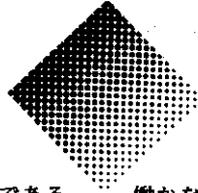


図3 ラズムセンのエラー発生モデル¹⁾



要求をしているとか、作業内容が不適切であるといったこと

C2 知的負荷・設備、たとえば不適切な作業空間、不適切な教育・訓練といったこと

C3 感情的因子で、たとえば社会的因子、時間的切迫

といったものを挙げている。

以上、簡単に記載するとこのようになるが、この外に、従事していた作業の要因Dもある。このラスムセンのヒューマンエラーの起こる仕組みの考え方は、実はエラーの仕組みを説明しようとするものではなく、エラーはどのように起こるのかを解明するための手段としての概念図であると考えた方がいい。したがって、どんな作業のときにどんなエラーが生じたのかを知るための集計分類の概念図である。

A、B、C、Dの要因が複雑に絡み合って、エラーが起こるものと考えられる。

実は、ヒューマンエラーの仕組みは非常に複雑で難しく、そのため対策が非常に立てにくい。

しかし、エラーの原因として機器設計が人間に適さないために起こるエラーも少なくない。これ等は、従来の人間工学的設計原理にしたがって設計すれば、かなりの成果が期待できる。人間工学的に設計されていけばエラーは起こらないかという、そうとはいいきれない。起こる確率が小さくなるが、皆無になることはない。忘却したなどはどのような対策を立てればよいかわからない。人間の意識レベルが高くても低くてもこのようなことは起こるから非常に困難である。

“人間はエラーを起こす動物である”という認識で、最近ではコンピュータによるエラー防止の支援システムが盛んに研究されている。

人間というのは厄介なもので、支援システムに助けられると、自分からどうしようとする意志が

働かなくなり、その対象プロセスを精通することができなくなる。人間は試行錯誤で経験を積み、知識を獲得する。事故は考えられないような事態で起こることが多いので、こんな時には支援システムは有効に働かなくなるから、どうしてよいかわからなくなる。人間の危険予知・予測能力を高めるためには、実地の経験が必要とされている。訓練用シミュレータは、このために用意されているけれど、はたして有効なものであろうか。

私は、対象システム、たとえば化学プラントの特性がかなり明らかになっていて、緊急時に停止が機械的判断のできるのなら、かなりのところまで自動化をしてもよいと思うが、そうでないものなら、人間の長所を積極的に使って、多くの経験を積ませる必要があると思っている。あまりコンピュータの支援システムに頼らずに、いざというときだけのバックアップシステムとして使った方が無難であり、また、安全であると思う。

世の中には、まだまだ単純なヒューマンエラーがたくさん起こっている。したがって、やれることからやるという精神で、人間工学的対策は最近かなり取り入れられてはいるが、今なお必要であると考えている。

この節の結論として、

- (1) ヒューマンエラーの起こる仕組みを、人間の情報処理過程での諸機能のエラーとしてとらえる
 - (2) ヒューマンエラーの起こる原因は非常に複雑で簡単には表現できない。ラスムセンのエラー発生メカニズムが参考になる
 - (3) 単純なヒューマンエラーも起こるので、これには人間工学的対策が有効である
- が得られた。

(はやし よしお/慶応義塾大学理工学部教授)

参考文献

- 1) 林喜男著 人間信頼性工学 海文堂 昭59年