

# 機械が誘発するヒューマンエラー

重森 雅嘉

人間科学研究部(安全心理 主任研究員)



しげもり まさよし

## 機械の役割

道具は、人の機能を高めるためにあります。たとえば、望遠鏡は人の「見る」という機能を高めるための道具です。鉄道は人の「移動」や「運搬」という機能を高めるための道具です。また列車自動停止装置(ATS)は、人の「停止信号の区間に列車を進入させない」という機能を高めるための道具と言えます。ここで取り上げる機械も道具のひとつです。はっきりした定義はありませんが、ここでは比較的複雑な仕組みを持った道具というくらいに考えます。

道具に使いやすいものと使いにくいものがあるように、機械にも使いやすいものと使いにくいものがあります。使いにくい道具や機械は、人の機能を期待通り高めることができないばかりではなく、ヒューマンエラーや事故を誘発することもあります。

それでは、ヒューマンエラーや事故を誘発するような機械の使いにくさとは一体何なのでしょう。

## 機械の使いにくさの種類

機械が使いにくいのは、ユーザーにとって、その機械が合っていない(マッチしていない)からです。といっても、それにもいろんな「マッチしていない」があります。以下に、人と機械のマッチングの種類について説明します。

### 身体的マッチング

ユーザーの身体サイズに機械がマッチしていなければ、ユーザーは機械をうまく扱えません。肝心なときに手が届きにくければ対応が遅れるかもしれません。確認のために不自然な体勢を強いられるようであれば、確認がおろそかになっていくこともあります。サイズだけではなく、利き手や利き目、人が出すことのできる力、速度、視力や聴力などの感覚能力などのマッチング問題もヒューマンエラーの起こしやすさに影響します。

### 情報処理的マッチング

人の情報処理にはいくつかの限界があります。ひとつは

情報処理容量の限界です。人は一度に5個程度からせいぜい9個くらいの量(マジックナンバー $7 \pm 2$ )の情報しか扱えません。機械から人の量的限界を超えた情報が一度に提示されると、人はそれらをうまく扱えないばかりか、ヒューマンエラーを起こす可能性があります。スリーマイル島原子力発電所事故では、原子炉各部の異常を知らせる警報灯がクリスマスツリーのように次々と点灯し、この対応に追われた運転員が判断エラーをしたことが大事故の原因になったと言われています。



しかし、同じ情報量でも、系統だった情報は処理負荷を軽減させます。意味的に似ている機器がまとめて配置されていたり、警報の順番がユーザーに受け入れやすい規則にしたがっていたりするとユーザーは意味や規則を利用し、実際に処理する情報をまとめることができるからです。机の上も情報も整理整頓されていると緊急のときでも慌てず対処できます。

ただし、まとめて配置した場合でも機械の中に似たようなスイッチや信号があれば、取り違えエラーの可能性もあります。区別する必要があるものは類似性を軽減し、違いを明らかにしておく必要があります。しかし、数百個のスイッチをまったく類似することなく明らかに違う形や色で区別することはできません(表1)。情報量が多ければどう

表1 情報量の増加と情報の類似度の増加関係

情報量	情報の表現	類似性
2	● ●	低
3	● ● ●	低
4	● ● ● ●	やや低(緑は青と類似)
5	● ● ● ● ●	やや高(紫は青と類似)
5	● ● ● ● ●	やや高(茶は赤と類似)
:	:	:

しても類似したものが出てきます。医薬品などは膨大な数があるため、すべての薬剤の名前の類似性をなくすことはできません。類似性をなくし、個々の情報の違いを明確にするには、効率を下げてでも扱う情報量を少なくするしかありません。

逆に少な過ぎる情報も人の処理能力を低下させます。まれにしか発生しない信号を長時間監視し、何かあったときには素早く検出し対処するような作業では、必ず注意が途切れ、見逃しエラーが発生します。

### 習慣的マッチング

身体的マッチングや情報处理的マッチングの視点からみるとあまり適切とはいえない配置であっても、長年使用しているためにそれに慣れてしまう場合があります。こうなると身体的、情報处理的に適切にマッチングされている新しい機械よりも慣れたものの方が使いやすいことがあります。たとえば、携帯電話の数字の配列と計算機やテンキーの数字の配列は異なっています。これはどちらが正しいというものではありませんが、仮に計算機スタイルに統一しようとする、少なくともしばらくは携帯電話の操作にヒューマンエラーが増えるでしょう。



### 知識・技能的マッチング

最近の機械は非常に複雑なので、マニュアルを読まなくても使えるように工夫されています。しかし、それでも自動車やその他特殊な機械の使用に際しては、知識講習や技能教習により新しく必要な知識や技能を習得する必要があります。

マニュアルレスを目指した一般向けの機械は、当然一般のユーザーが持っている知識や技能がその機器の使用に必要な知識や技能とマッチしていないと使うことができません。したがって、特に一般的な機械の製作には、機械とユーザーの知識・技能的マッチングが重要な要素になります。これに対し、職場で扱うような機械は、事前に知識や技能を習得していないと使えないものがほとんどです。すなわち、機械を使うためには、ユーザー側が機械に知識や技能を合わせなければならないのです。もちろん、そのような機械でもユーザーの一般知識や技能にマッチしていればいるほど、ユーザーの苦労は減るわけですし、知識不足や技

能不足によるヒューマンエラーを減らすことはできるわけです。製作者側は、どこまでユーザー側が機械に合わせてくれることを期待できるか、どこまで機械側がユーザーに合わせる努力をしなければならないかということ判断しなければなりません。プロのユーザーならできるはずと、ユーザーの怠惰を責め、知識不足や技能不足によるヒューマンエラーが減らないことを嘆くのは悪い製作者です。

### マッチングの対象範囲

身体、情報処理、習慣、知識・技能のそれぞれのマッチングは、当然対象とするユーザーによって違ってきます。男性と女性、若者と高齢者、子ども、あるいは、民族により、それぞれが持つ能力が異なります。かつて鉄道の従業員はほとんど男性でしたが、最近では女性の従業員も増えています。今後、少子高齢化に伴いだいに定年も延長され、高齢者が鉄道業務に携わる機会が増えるかもしれません。また労働者不足を補うために外国人労働者も増えるかもしれません。これまでユーザーの標準と考えられてきた20代から40代の成人日本人男性という枠から外れるユーザーが徐々に増えてくる可能性があります。

また、機械の使用場面によっても、考慮すべきマッチングは異なります。特に、緊急時は、ユーザーの情報処理能力が低下するため、いつもより力が入らなかったり、逆に入りすぎたり(身体的)、処理できる情報量が低下したり(情報处理的)、習慣的な判断や行為に固執したり(習慣的)、知っているはずのことが思い出せなかったり、できるはずのことができなかったり(知識・技能的)します。平常時のユーザーの能力に機械をマッチングしていると、緊急時に重大なヒューマンエラーを招く可能性があります。

### 使いやすい機械を作ることの難しさ

使用場面を考慮しユーザーにマッチさせれば、ヒューマンエラーの少ない使いやすい機械を作れるはずですが。

しかし、考慮しなければいけない機器や場面は細部まで含めると膨大な量です。もちろん、細部は無視して、主に運転に関係する部分だけを考慮するという考え方も考えられます。

しかし、どれを細部としてどれを主部としたらよいでしょう。製作者が、主たる運転には関係ない、そしてヒューマンエラーに関係ない「細部」を見極めることができるのでしょうか。運転士と電車、特に運転台の関係を例に考えてみます。たとえば、行路表の置き場所を検討しなければなりません。それは、電車の運転にとっては細部であって、

ヒューマンエラーや事故には関係のない問題でしょうか。見える場所なら左でも右でもどこにでも置く場所を作ればいいでしょうか。運転士の習慣的マッチングから外れた位置に行路表を置く場所を作った場合、これが通過や停車の確認エラーに繋がることはないでしょうか。運転士の運転姿勢は、座って前方や計器を監視することだけを考えると作ればよいでしょうか。立って運転するということがあることを製作者は思いつくでしょうか。思いついたとして、それは細部でしょうか主部でしょうか。眠くなったとき、運転士はどういう姿勢で眠気を防いだり、気分を変えたりしているのでしょうか。それを細部かどうかどうやって判断したらいいでしょうか。

どういう場面のどういうところを考慮したらいいかユーザーに直接聞けばいいと思うかもしれませんが、ユーザー側も実際にその場面に遭遇しない限りは、どこがどのくらい重要で、どういう風に考慮してもらう必要があるか想像するのは非常に難しいことです。逆にユーザー側も製作者の考えが自分たちとどうずれているのかわかりません。まさか立って運転することのできない運転台が作られるとは夢にも思わないかもしれません。もちろん、製作者側からすれば、車やバスの運転手は立って運転することなどありません。立って運転することを考慮しなければならないなどということは夢にも思わないかもしれません。このように製作者側の思い描くマッチングとユーザーの思い描くマッチングがマッチしておらず、それぞれが常識だと思っているために、そのずれを想像することも難しいのです。したがって、「新しい機械を導入する前に、ユーザーである作業者にどういうところを考慮しておいてほしいかヒアリングを行った。それなのに、できあがったものに対して次々と不満が出てくる。」ということはいくつもあることです。事前に聞けば、考慮すべきことは分かるという考えがそもそも間違っているわけです。



非常に手間ですが、基本的には現在使用されている機械を継承し、現在使用されている機械の改良点だけをまず把握します。その後、改良されたモックアップを作成し、比較的センスのいいユーザーにさまざまな状況を想定した状況でモックアップによるシミュレーションを行

い、製作者がユーザーから意見を聞くというようなことを何度か繰り返すというのがひとつの方法かもしれませんが(図1)。ただし、大切なのはセンスのいいユーザーに意見を聞くということです。センスの良さとは何かを明言することは難しいですが、ユーザーならば誰でも、さまざまな場面や自分以外のユーザーを想定してうまく問題を指摘できるとは限らないということです。

鉄道で用いられている機械は、1、2年で新しいモデルを製作し、多くのユーザーの意見がそのたびごとに反映される一般的な機械の製作とは異なり、一度作ってしまえば、よほど大きな問題がない限り修正は難しく、モデルチェンジも10年以上のスパンで行われるものです。このような機械の場合、せっかく出たユーザーの意見も10年後にはどこかに紛れてしまう可能性が高いですし、そもそも10年その機械を使っていれば、どんな仕様であってもユーザーにとっては習慣にマッチしたものとなってしまう可能性もあります。したがって、鉄道で用いられる機械には、いくつかのチェック項目を確認すればよいとか、多くのユーザーに事前に意見をもらうなどの一般的な使いやすい機械を作るセオリーが当てはまらない部分も多く、鉄道オリジナルの使いやすい機械作りセオリーを構築していくしかありません。

### システムの要素としての問題

これまでは、ユーザーに対する機械の問題を検討してきました。しかし、機械は単独で存在するわけではなく、鉄道であればユーザーとともに鉄道システムを形作る要素のひとつにもなっています。このように、システムの要素としてとらえると、機械はまた別のヒューマンエラーを引き起こしている原因と考えられます。

たとえば、車内信号という機械を導入すると、車外に信号はなくなるため、運転士は、信号確認として車内の表示

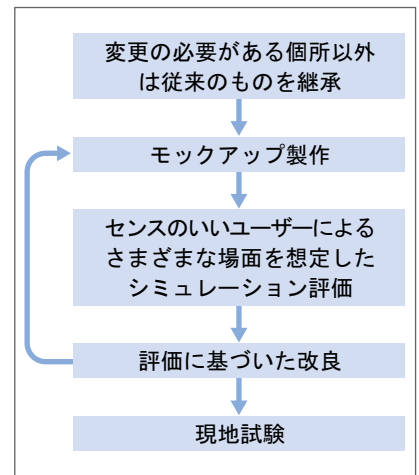
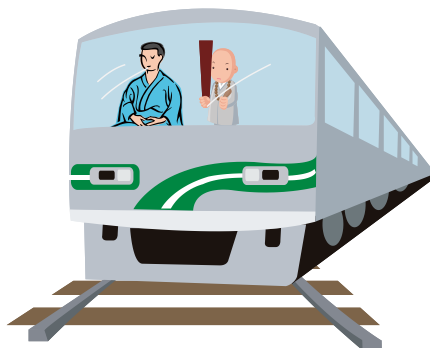


図1 ユーザー評価を中心にした機械製作、改良の流れの例

を確認するだけになります。つまり、信号確認のために運転士は車外に注意を向ける必要はなくなるわけです。もともと電車はレールの上を走っているため車外の情報に車ほど頻りに注意し運転操作を行う必要がありません。したがって、信号確認の必要がなくなれば、運転士は、あまり車外の情報に目を向ける必要がなくなるわけです。ところが、それならば、外の様子は一切見ないで運転してよいかというと、そうでもありません。前方に万が一障害物が現れた場合、即座に対応するためにはやはり車外にも注意を向けている必要があります。

しかし、これは前述のように人間の情報処理にマッチしない作業です。あまり注意を払う必要がないものに注意を向け続け、まれに生じる事象に対応することは不可能なのです。機械は人がこれまで行っていた注意作業のほとんどを代行するようになりました。ところが、完全に代行してくれるわけではなく、ごくまれな事象や異常時においてのみ人の活躍を期待するわけです。これは寝ている人をたたき起こして、異常時だからなんとかしろと言っているようなものです。

このような状況でも注意力を維持し続けるにはどうしたらいいかという質問をときどき受けます。情報処理の限界を考慮すると、心理学的には、このような状況で注意力を維持し続けることに対して何もアドバイスできません。どうしてもこのようなシステムの中で注意力を維持し続ける必要があるならば心理学に頼るのではなく、何か別の修行方法を考えるしかありません。



機械は、人の機能を高めるために作られたものです。多くの機械は、機械が人の機能の多くの部分を代行することによって、結果として人がやるはずだった機能を高めます。しかし、その分、残された人の機能はさらに低くなります。システム全体から考えると、この関係が別のヒューマンエラーを生み出す可能性があることが分かります。

システムの中では、機械が行う作業の正確性、信頼性と比べると、人の信頼性は非常に低いかもしれません(図2、

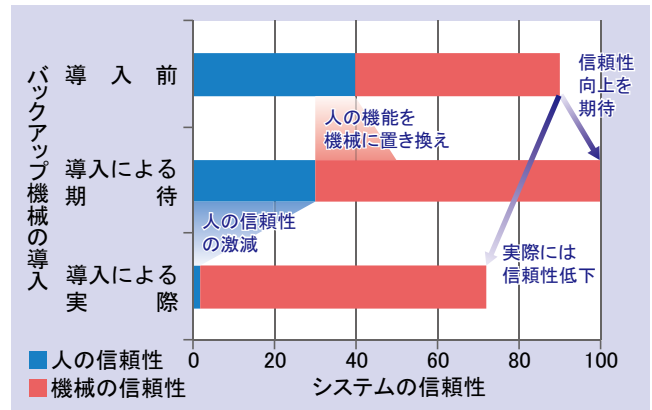


図2 機械と人、システムの信頼性の関係

バックアップ機械導入前)。信頼性の低い「人」という要素をできるだけ排除し、信頼性の高い「機械」に置き換えることによりシステムの信頼性を高めようとする考え方がさまざまな機械化を進めています(図2、バックアップ機械の導入による期待)。しかし、機械に人の機能の大半を任せてしまったら残された人の機能は確実に低下します。すなわち、システムに残った人要素の信頼性はさらに低下してしまうわけです(図2、人の信頼性の激減)。激減した人の信頼性が重大事故に繋がる可能性を持つものだとしたら、システム全体の信頼性は果たして高まったといえるでしょうか(図2、バックアップ機械の導入による実際)。

機械は、人の機能を高めるために導入されます。しかし、機械と人のマッチングがうまくとれていなければ、逆にヒューマンエラーを誘発してしまいます。また、仮に機械がうまく人の機能を高めるために働いたとしても、システム全体から見るとそのために人の機能が低められ、別のヒューマンエラーの可能性を高めている場合があります。

### 人、機械、システムとヒューマンエラー

事故の責任を人に押しつけるのはよくない、対策は人に対する意識づけや精神論であってはいけないという思想が現在大変盛んです。そのため、悪いのは組織であり、対策は機械により行うべきだという思想が生まれました。しかし、機械による対策も組織による対策も万能ではありません。ヒューマンエラーや事故は、人を中心に、ある面では機械、ある面では組織、ある面では環境、ある面では人の注意力や精神力によってバランスよく防いでいくものだと思います。[RRR]