

## 信頼されすぎない高信頼度なシステムへ Toward Highly Reliable System Preventing Overtrust

伊藤 誠

Makoto ITOH

### 要 旨

自動化は作業効率や安全の向上に貢献しうる反面、利用者がシステムに頼りすぎるとかえって安全性が損なわれうるため、過信の防止が重要な課題である。しかし、過信を防ぐための方法は確立しておらず、概念の整理も十分でない。本稿では、過信を分類することによって、過信が単なる慢心や油断だけではなく、誰にでも起きうるものでもあることを指摘する。さらに、自動化システムの動作限界を利用者に正しく理解させることの重要性を示す。

### キーワード

ヒューマンファクター、自動化、信頼、過信、コンプレクシオン

## 1. はじめに

かつて人の手により行われていた日常の仕事や作業の多くは、現在コンピュータ化・自動化されつつある。高度道路交通システム(ITS)による自動車の高度知能化はその代表例である。自動化されたシステムを上手に活用すれば、作業効率や安全性の向上が期待できるが、一方で、自動化システムを信頼しすぎることによる危険な事態の発生が懸念されはじめている。

過信が心配されるのも無理はない。これまでも、経済産業省の事故情報収集制度の報告書には、市場型の製品について様々な誤使用・過依存の例が報告されている上、新しい技術に対する過度な期待が顕著にあらわれた例がすでにある。たとえば、エアバッグへの過信が問題視されたことがある。1990年代初頭から半ばにかけて、エアバッグの誤作動や不作動への苦情が合計70件以上国民生活センターに寄せられた<sup>[1]</sup>が、その中にはエアバ

グへの過剰な期待・過度の依存があったと思われる事例が散見される。自動車を自律的に運転するような高い知能を持つシステムが導入されるようになれば、それへの過度の依存が顕在化する可能性は高い。

過信に限らず、人の判断の誤り、行動のエラー、違反などを防ぐための方策としてすぐにとられるのが、注意喚起や罰則の強化である。確かに、それらは一定の成果をもたらす。たとえば、2002年度の交通事故件数、志望者数は、ともに2001年度の数値に比べ大幅に減少しているが、このことは、2002年6月に施行された改正道路交通法によるものと見られている<sup>[2]</sup>。特に過信は個人の油断によるものととらえられやすく、その対策としては注意喚起や罰則強化にとどまりやすい。しかし、それでは本質的な解決策とはいえない。人間の行動は環境や状況に導かれる面があり、注意喚起や罰則強化のみでは人間の過ちを防ぎきれないことは、過去の様々な事故事例が証明している<sup>[3], [4]</sup>。

では、過信を防ぐためにはどうすればよいか。一つの方法は、すでに自動化が進んでいる分野での取組みに学ぶことであろう。確かに、航空の世界では、クルー・リソース・マネジメント (CRM) の考え方により、クルーの行動を互いにチェックしあうことが習慣になっており、チーム全体としての過信防止にも効果をあげているようである。しかし、私的に使用するもの、一人で使うことが前提のシステムを考察の対象とする場合には、CRM とは別のアプローチも必要となる。

本稿では、ヒューマンマシンシステムにおける過信を防止・抑制するために取組むべき課題として筆者が考えていることを述べる。

## 2. ヒューマンマシンシステムにおける過信

### 2.1 多様な過信

あるタスクを遂行するための自動化システムが導入されているものとしよう (図 1)。そこでは、タスクが HIC (ヒューマンインタラクティブコンピュータ) に委ねられると、HIC はいくつかの TIC (タスクインタラクティブコンピュータ) を駆使して目的を果たすためのフィードバック制御を行う。人間 (オペレータ) は、自動化システムの動作状況をモニタして、必要に応じて手動操作したり、新たな指示を HIC に与えたりする。このような制御の形態は、監視制御と呼ばれる<sup>[5]</sup>。

監視制御系において、自動化システムを信頼してタスクを委ね (続け) るか否かの判断は、自動化システムがどのような状況でどう

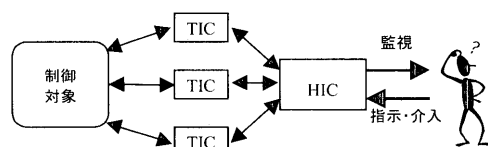


図1 監視制御系

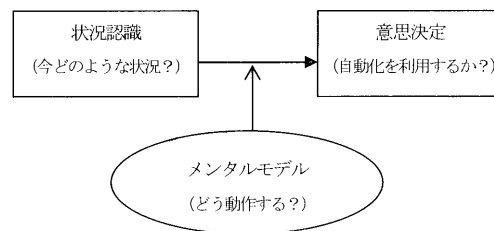


図2 自動化システムの利用への判断

動作するかについてのオペレータの知識 (メンタルモデル) と、現在置かれている状況の判断 (状況認識) とに基づいて行われると考えることができる<sup>[6]</sup>。このことは、例えば図2のように模式的に表すことができる。

大まかに言えば、過信とは過度に自動化システムに依存することである。ただし、過信があったとして問題視される事故や事例を解析してみればわかるが、過信は、様々な原因により様々な形で顕在化するものであり、多様な側面を持つものと考えられる。本稿では、図2に基づいて、過信を分類してみる。

#### (1) 知識・経験に基づかない過信

盲信：自動化システムの動作に関するメンタルモデルが欠落しており、状況を認識しようともせず、自動化システムへ闇雲に依存するもの (図3 (i))。

#### (2) 知識・経験に基づく過信

コンプレーションシー：ある程度の知識や経験をもとにメンタルモデルがつくられているが、状況認識を怠り、自動化システムに任せきりとなるもの (図3 (ii))。

過信頼：メンタルモデルもあり、状況認識も怠らないが、自動化システムの利用に関する意思決定を誤り、過度に信頼・依存してしまうもの (図3 (iii))。

### 2.2 知識・経験に基づかない過信：盲信

自動化システムの機能についての知識がほとんどなく、実際に使ってみた経験も乏しくても、「とにかく安全なシステムらしい」と思

REAJ 誌 2003 Vol.25, No.4 (通巻 128 号)

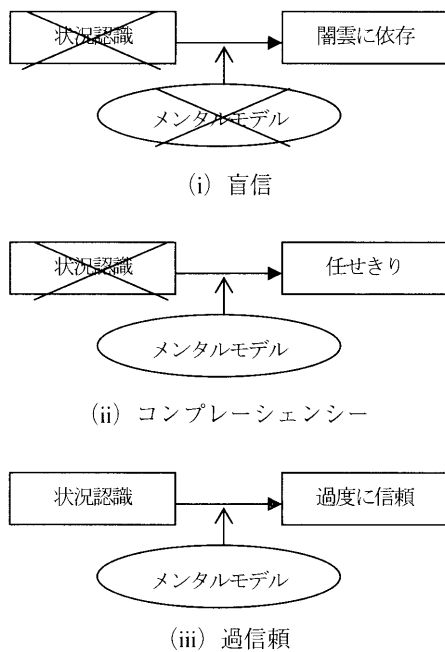


図3 様々なタイプの過信

いこんで、その自動化システムに始めから任せきりになるということがありうる。

(例1)

あるドライバー A は、エアバッグの普及初期の頃、「高いお金を出して購入したエアバッグなのだから、安全性が向上するはずだ」と思い込み、シートベルトを着用しなかった。

このような過信は、盲目的にシステムを信用しているという意味で、盲信とよぶことができよう。

自動車などの場合、多様な利用者がいることを考慮に入れると、盲信を防ぐことは重要である。しかし、それは必ずしも容易ではない。なぜなら、システムに対する盲信の背後には、そのシステムを開発した組織や業界に対する信頼があると考えられるからである。たとえば、「日本のメーカーともあろうものが、ユーザを危険にさらすようなものを造るはず

がないし、これまでもそのようなことはなかった」という信頼である。組織・業界が信頼されるものになると同時に、そのことが機器への盲信へつながらないように工夫を、システムやインタフェースの設計、販売時のインストラクションなどに組み込む必要がある。

2.3 知識・経験に基づく過信

盲信に陥らず、一定の訓練や経験を積んだとしても、自動化システムを過信することはありうる。航空の分野でも、自動化への過信が原因のひとつになっていると言われている事例は数多く存在する(表1)。このことは、過信が単なる慢心や油断だけではないことを示唆していると考えられるべきであろう。

コンプレーションシー

コンプレーションシーという概念は、航空機における自動化の進展が著しくなった1970年代から重要視されている<sup>[7], [8]</sup>。その概念の定義には様々な考え方があり<sup>[9], [10]</sup>、合意に至ってはいないものの、本来行うべき監視を使用者が怠ることをコンプレーションシーと呼ぶものと考えてよい。

表1 過信が一因といわれている航空事故の例

<ul style="list-style-type: none"> <li>・ Eastern Airlines, L-1011, at Miami, Dec. 29, 1972</li> <li>・ Aeromexico, DC-10-30, over Luxembourg, Nov. 11, 1979</li> <li>・ World Airways, Flight 30H, DC-10-3-CF, at Boston, Jan. 23, 1982</li> <li>・ Scandinavian Airlines, DC-10-30, at New York, Feb. 2, 1984</li> <li>・ China Airlines, B747-SP, 300 NM Northwest of San Francisco, Feb. 19, 1985</li> <li>・ Airbus, A320, at Mulhouse-Habsheim, June 26, 1988</li> <li>・ Indian Airlines, A320, at Bangalore, Feb. 14, 1990</li> <li>・ American Airlines, Flight 965, B757-223, Near Cali, Dec. 20, 1995</li> </ul>
---

## (例2)

自動車の自律走行を行うシステムが新しく開発されたとしよう。このシステムは、周りの交通状況をセンシングして、自車のステアリング・アクセル・ブレーキを自律的に操作する。あるドライバー B が、このシステムを使ってみたところ、非常に性能がよいように思われた。あたかもあらゆる状況で安全且つスムーズに制御してくれるように感じられた。そこで、B は、車に乗るときは運転をシステムに完全に任せ、自分はテレビでも見ることにした。

## (例3)

例2のシステムは、ドライバーCにとっては、必ずしも性能が高いとは思えないが、それでも限定的な状況ではそれなりに機能するように感じられた。Cは、今走っている高速道路で使うことにし、はじめのうちは、システムがうまく機能しているか注意深く見守っていた。しかし、同じような状況が延々と続いており、Cは、漠然と、これからもしばらくはこの状況が続くように感じた。そこでCは、システムの監視をしばらくやめて、ケータイを操作して、溜まっているメールをチェックすることにした。

人がコンプレクシオンに陥ることの一因は、本来行うべきモニタリングが、退屈で苦痛に感じられるからだと考えられる。監視が退屈となることの一因は、例2のようにシステムの能力をオペレータがあたかも完璧であるかのように過大に評価することであろう。さらに、例3のように、現在置かれている状況が当分続きそうだと根拠なしに思い込むような、自己満足的な予測にも起因すると考えられる。

## 過信頼

オペレータがコンプレクシオンに陥っ

ていなくとも、過信というべきものもある。すなわち、自動化システムが正しく動作しえない状況において、システムにタスクを委ねてしまうことである。本稿では、これを過信頼と呼ぶ。こうした過信頼をもたらすものとしては、二つの理由が考えられる。

- (1) 自動化システムの利用者が、実際のシステムが有する以上の能力を期待している
- (2) 現在置かれている状況を、自動化システムでも十分対応できる状況であると誤って認識する

(1) は、自動化システムに関する利用者のメンタルモデルが誤っていることに起因する。一般に、自動化システムが正常に機能するための、動作可能な条件の範囲が定められている。これに対し、オペレータは、自動化システムに「××のような場面で使えるはずだ」といったモデルを抱いている。そのモデルが誤っていると、自動化システムの動作範囲の限界を超えたところ(\*)でも、自動化の正常動作を期待することがある(図4)。

## (例4)

ドライバーDが、例2のシステムを利用している。このシステムは障害物を検知して回避する能力を持っており、その機能によりいくつかの障害物をうまく回避してこられた。そのうち、やや速くに道路の一部が陥没しているところへ遭遇した。Dは、陥没を認識したが、障害物を回避できるのだから陥没も回避できるだろうと考え、運転をシステムに任せ

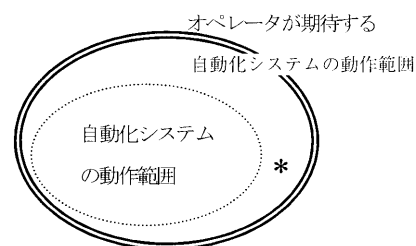


図4 過信頼

REAJ 誌 2003 Vol.25, No.4 (通巻 128 号)

たままにした。しかし、このシステムは道路の陥没を認識する能力は持っておらず、回避に失敗した。

### 3. 自動化システムの限界への誤解

#### 3.1 自動化システムの二つの限界

自動化システムの動作の限界に対する認識は、なぜ実際の限界とずれるのか。このことを考察するにあたり、二つの限界を考慮する必要がある(図5)。

- (1) 原理的に、自動化システムが正常に動作しうる限界(機能限界)
- (2) 設計、仕様として、自動化システムの正常動作を保証する限界(設計限界)

通常、機能限界ぎりぎりまでの運用はせず、安全係数をかけて設計限界を設定するため、機能限界と設計限界とは一般に異なる。たとえば、1999年の臨界事故において、1ユニットあたりウランを2.4kg以上入れてはいけいとされる制限があったが、これは本稿でいう設計限界に相当する。実際の臨界質量は、容器の形にもよるが、2.4kgよりも大きな値であった。

#### 3.2 限界への誤解の原因

システムの利用者には、そのシステムの設計限界だけが伝えられることがある。このことは、一見すると、自動化システムの限界に対する誤解は生じさせないように思えるが、実際にはかえって危険をもたらすこともある。

日常的な例としては、食品の「賞味期限」

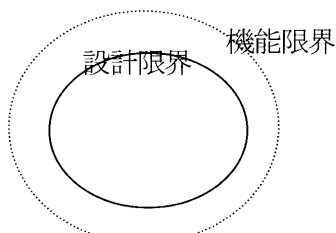


図5 自動化システムの二つの限界  
(実線：設計限界、破線：機能限界)

がある。賞味期限は設計限界に相当する。賞味期限を多少越えても、味や風味が劣化するものの直ちに食あたりを起こすわけではない。しかし、賞味期限を越えたものを食べることに慣れてしまうと、本当に古すぎて食べてはいけないものにも手を伸ばしてしまう可能性がある。

また、臨界事故のケースでは、規則の上では1ユニットでのウラン取扱量が制限されてはいたが、その制限を多少逸脱してもただちに危険になることはなかった。むしろ、作業の効率化を図るために、制限を逸脱することが常習化した。現場の作業者は、機能限界を知らず、どれほど危険な作業かを認識できていなかったように思える。結果として、最終的には臨界質量を上回るウランを一度に扱うまでになっている。

では、機能限界を伝えれば誤解は生じないか。答えは必ずしも肯定的ではない。機能限界が、あたかも設計限界であるかのように伝えられると、限界の意味を取り違え、オペレータが設計限界を逸脱するつもりで実際には機能限界を逸脱してしまいかねない。たとえば、食品の「消費期限」は、その期限を過ぎると食あたりを起こす可能性が高くなるという意味では、機能限界に相当するものととらえることができる。消費期限の意味として「消費期限までにお食べください」とのみ伝えられるとしよう。その場合、消費期限を過ぎたものを食べても必ずしも危険なわけではないのように消費者が受け止めかねない。

さらに、機能限界を机上の知識としては正しく理解したとしても、実際に自動化システムを利用する経験を通じて、限界への誤解が生じうる。一般に、他者に仕事を任せてみて、その仕事がうまくいったとすると、次のときには、さらに大きな期待・信頼をその相手へ寄せるであろう。これに対して、タスクを任された相手が人間であれば、その経験を通じ

て成長し、新たな大きな期待に対しても応えられる可能性がある。しかし、自動化システムはタスクが成功してもその能力が成長するわけではない。人間に対する信頼と同様に自動化システムへの信頼が拡大すれば、それは相手の成長を伴わない一方的な拡大になりかねない。

#### 4. 過信の防止・抑制へ向けて

盲信、コンプレクシオン、過信頼それぞれがどのような要因によっていかなるメカニズムでもたらされるかは、まだ不明確な部分が多い。しかし、過信を防ぐ基本的な戦略としては、盲信を防ぎ、コンプレクシオンに陥らせないようにし、さらに過信頼を防ぐ、ということになる。

具体的には、盲信を防ぐためには、最低限のインストラクションやトレーニングを提供し、その上で、

- (1) 自動化システムの限界を正しく認識できるようにする
- (2) 人間がモニタリングを適切にできるよう、人間が行うタスクの負担をコントロールする(人間と自動化とのタスク配分)
- (3) 状況を適切に判断できるよう支援する(状況認識の支援)

までを含んだ形で体系的に取り組む必要がある。このうち、限界の認識を高めることが重要な課題であると考えている。

筆者は、適切な信頼を保ち、過信を防ぐための方法を検討している。そのひとつの結果として、設計限界、機能限界を伝える事に加え、限界の根拠であるシステムの動作原理を利用者に伝えることが効果的であることを、簡単な実験で明らかにしている<sup>[11]</sup>。ただし、この実験は、単純な自動化システムを対象にしたものである。多機能で複雑な自動化システムへの過信の防止にいかなるアプローチが

有効かを、さらに検討しなければならない。

#### 5. おわりに

過信のうち、ある側面は、自動化システムの限界に対する誤解に起因する。この誤解は、適切でない方法や形式で知識や情報が与えられることによるところがある。したがって、過信は、単なる慢心・油断というだけのものではなく、誰にでも起こりうるものである。その誤解がもとで、動作可能な条件以外の状況でシステムを利用してしまえば、ほぼ確実にタスクは失敗に終わる。その意味で、100%の信頼度(Reliability)を有するシステムに対しても、過信することがあるといえる。

これからのヒューマンマシンシステムの信頼性・安全性を向上させるために必要なことは、過信する利用者を単に責めることではない。また、壊れず誤作動を起こさないものをつくりさえすればよいわけでもない。むしろ、システムへの誤った依存を防ぐことが必要といえる。そのために重要なことのひとつは、自動化システムの動作限界に対する利用者の誤解をなくすことである。

なお、設計限界と機能限界についていかに伝えるかという問題は、

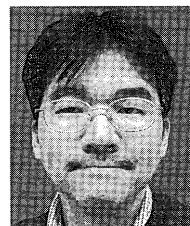
- ・マニュアルに、やるべきこと、やってはいけないことのいずれを記載するか
- ・know-how と know-why のいずれを教育・トレーニングするか
- ・安全が確認できなくなったら警報を与えるか、あきらかに危険が迫っているときに警報を与えるか

などの問題と本質的な部分では類似しているように筆者には感じられる。これらの問題を統一的に扱えるモデルを構築できれば、自動化への過信防止はもちろん、システムの安全性向上へ向けて、見とおしのよい議論が展開できるように思える。

REAJ 誌 2003 Vol.25, No.4 (通巻 128 号)

## 参考文献

- [1] [http://www.kokusen.go.jp/news/g\\_data/n-971121\\_2sub.html#hyou](http://www.kokusen.go.jp/news/g_data/n-971121_2sub.html#hyou)
- [2] 警察庁交通局 (2003) :平成 14 年中の交通事故の発生状況
- [3] F. H. ホーキンス (1992) :ヒューマンファクター, 成山堂書店.
- [4] J. リーズン (1999) :組織事故, 日科技連.
- [5] Sheridan, T. (1992) :*Telerobotics, Automation, and Human Supervisory Control*, MIT Press.
- [6] Wickens, C. D., Mavor, A. S., Parasuraman, R., McGee, J. P. (Eds.) (1998) : *The Future of Air Traffic Control*, National Academy Press.
- [7] Billings, C. E., Lauber, J. K., Funkhouser, H., Lyman, G., Huff., E. M. (1976) : *NASA Aviation Safety Reporting System* (Tech. Rep. TM-X-3445), Moffett Field, CA: NASA Ames Research Center.
- [8] Wiener, E. L. (1981) : "Complacency: Is the Term Useful for Safety?," *Proceedings of the 26th Corporate Aviation Safety Seminar*, 116-125, Denver.
- [9] Parasuraman, R., Molloy, R., and Singh, I. L. (1993) : "Performance Consequences of Automation-Induced 'Complacency'," *The International Journal of Aviation Psychology*, Vol. 3, No. 1, pp. 1-23.
- [10] Moray, N., Inagaki, T. (2000) : "Attention and Complacency," *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, Vol. 1, No. 4, pp. 354-365.
- [11] 伊藤 誠, 稲橋 広将, 田中 健次 (印刷中) : "自動化システムの限界とその根拠の情報不足による過信", ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 5, No. 2.



伊藤 誠

1996 年筑波大学大学院工学研究科退学。同年筑波大学電子・情報工学系助手, 98 年電気通信大学大学院情報システム学研究科助手を経て, 2002 年 4 月より筑波大学電子・情報工学系講師。主にシステム情報工学研究科リスク工学専攻を担当。ヒューマンマシンの信頼と協調に関する研究に従事。2002 年ヒューマンインタフェース学会論文賞などを受賞。日本品質管理学会などの会員。博士 (工学)。

(いとう まこと/筑波大学)