

## 「読者の広場」

## 自動化から自働化へ

日曹エンジニアリング株式会社 原田 宙幸

我々の身の回りにある機器のほとんどが、ICにより自動化されている。自動化されていないのを捜すのは困難である。しかし、これほどまでに自動化が普及しているにも関わらず、100年以上前の「からくり人形」やチャップリンの映画「モダンタイムス」に登場する自動化と、ICによる自動化とを区別する言葉が存在しないのは不思議な現象である。

IC搭載の有無の差異は、外界の状況変化に対応できる情報処理機能の有無である。ICを搭載した自動化では、その情報処理機能により、刻々と変化する外界の状況に対応できるため、機械が無人で仕事を行うことができる。Y2K問題が深刻な問題となったのは、ICを搭載した自動化装置が、一般の人々が知らない間に、社会の至る所に配置され、無人で働いていたからである。ICの反乱により社会の機能が麻痺するほどにICが普及していることに、驚きを感じた読者も多いことと思う。これからは、さらにICが発達し、より多くの自動化が使用されるようになるので、ICによる自動化が認知され、正しく理解されることが不可欠である。現在のような自動化に対する認識を欠いた状態が続けば、第二、第三のY2K問題が発生する心配もある。

物事を正しく理解し、認識するためには、まず、それを表す言葉がなければならない。ICによる自動化装置は、自動的に動けるだけでなく、無人で働けるので、「自働化」とし、ICを搭載していない従来の「自動化」と区別することを提唱している。また、英語表記についても、自動化＝AMM (Automatically Moving Monster, 自ら動く化け物)とし、自働化＝AWM (Automatically Working Monster, 自ら働く化け物)と区別する。

自働化の概念は、N. Wiener博士が1950年頃に「CYBERNETICS」として提唱している。博士は数学の天才で、13才でMITのPhDを終了し、脳＝電子回路、神経網＝通信網、筋肉＝アクチュエーターの類似性から、動物と同じような機械システムが構成できる

ことを理論的に示した。この考えに、神経生理学や数学、電子工学等の分野の多くの学者が賛同し、「CYBERNETICS」研究会が組織されたが、当時の電子回路の能力が余りにも貧弱であったため、その内に研究も下火になった。

「CYBERNETICS」は、ギリシャ語の船の操舵を示す言葉に由来するとされており、予想できない天候の変化と戦って、目的の港に到達することを表していると考えられている。博士自身は、一時期、大砲の自動照準の開発に従事したことがあるが、思った成果は出せなかった。今日では、訓練した兵士でも、2万発以上撃たないと命中しない戦車砲の照準が、IC制御による自働照準で、2発に1発の命中率が得られている。自働化が普及した今日、「機械にできることは、機械にさせ、人間は、人間にしかできないことをする」ことの重要性が、このことから分かる。博士は、その著書「The Human Use Of Human Beings」で、「CYBERNETICS」、即ち、自働化により人間を雑役から解放し、人間本来の天分を発揮する仕事に従事できるようにしないと、人類に未来はないと考えていた。

「CYBERNETICS」が挫折したのは、結局は、脳の働きに相当する電子回路の性能がお粗末であったからであるが、ICが、それを物のみごとに実現できたのは、基本的能力として、「人間の五感の代替が全て可能な能力」を有していたことに加えて、ICが生産技術の習熟によって、より微細な回路パターンを形成できる技術を自ら生み出して発展すると言った習熟曲線に従って発展する特徴を有していたからである。

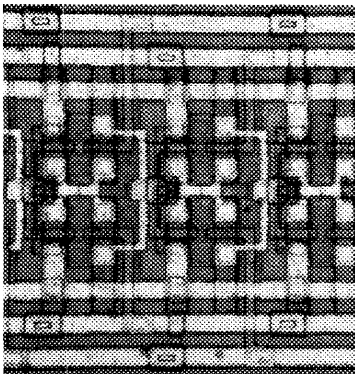
ICは、その回路パターンを微細化することだけで、1チップ上により多くの回路素子が集積でき高性能化すると共に、信号伝達距離が短くなるので高速化でき、その上、回路素子が小さくなった分、浮遊容量が減少し、少ない電流で駆動できるようになり低消費電力化が達成できる。実際にも、量産経験による微細加工技

術の習熟により、3年で4倍の高集積化を四半世紀以上にわたって続けてきた。この結果、今日では、特別に冷房能力を強化した空調室と専用電力線を必要とした大型計算機の能力を遙かに上回る能力の計算機が、家庭用コンセントにつないで使用できるようになっている。

さらに、商品には、必ず、市場規模の大きさを制限する要因が存在する。例えば、食糧は、胃の大きさと世界総人口との積以上に大きい市場は期待できない。しかし、ICだけは、市場の大きさを制限する要因は無い。このことは、ICが人間に代わって働く機械、即ち、奴隷を提供していること考えれば理解できる。奴隷は、多ければ多いほど快適な生活ができる。昔の王様は、できるだけ多くの奴隷を持ちたいと望んでいた。

ICは、このような特徴により、これからも性能向上が続き、その市場規模が、2010年には、現在の5倍の100兆円を越えると予想されている。自動化が、益々、普及するものと考えて間違いない。

自動化の普及により職が奪われるのではと言う心配から、自動化を好まない風潮がある。「仕事は天職であり、全て、人間がするもの」とする道徳観が長く続いてきたからであるが、自動化の無かった世界では、そのように教育することが必要だったからでもある。しかし、今日の社会は、自動化がないと機能しない社会になってしまっていることも事実である。また、自動化が普及したのは、便利になり、効率的であるとともに、生活を快適にするからでもある。しかも、1973年の石油危機以来、日本ではマイコン制御の省エネにより、20年間でGDP換算30%以上の省エネを達成し、唯一の国産燃料とまで言われている。



このように、自動化は、必ずしも悪い物でないことが分かる。むしろ、ICの出現で可能となった自動化により、20世紀が、どの世紀に比べても人類が繁栄した世紀になったと言える。その内に、自動化が理解され、間違いが修正されることで問題は解消されると考えて良い。しかし、自動化に対する安全対策については、急いで確立する必要がある。

従来の安全対策は、人間が操作することを前提としているので、「安全は、人間が守るもの」とされてきたが、機械が無人で仕事をする自動化では、「安全は、機械に守らせる」とする安全対策が必要である。ハイテク技術の専門家は、既に、自動化により安全性を向上させるとして、「安全は、機械に守らせる」努力をしている。このような自動化機械を「安全は、人間が守るもの」とする考えで対応するのは危険である。例えば、最近のジェット旅客機では、離着陸を含め全て自動化されており、その方が安全に着陸できるのに、わざわざ手動で着陸しようとして墜落したり、工事中の滑走路に間違って着陸する事故が報道されているが、安全に対する考え方を変えない限りこのような事故は防げない。「自動化は、危険」と言われるのを良く耳にするが、機械に守らせるべき安全を、出来もしない人間が守ろうとするからである。これと同じような自動化での安全に対する考え方のズレが起こした事事故例を以下に紹介する。

平成10年1月に、臨海副都心を無人で走行するユリカモメが、除雪作業員を轢く事故では、臨海副都心に進出している会社の労組が、「無人運転は危険、有人運転にすべし」との申し入れを行った。しかし、このことが報道されて数日後に、JRの特急列車が、除雪作業員6名を轢く事故を起こしている。JRの事故では、事前に、作業スケジュールを確認するミーティングが持たれ、監視員を立てており、作業マニュアル的には、落ち度はなかった。相次いで発生した事故により、「無人運転が危険で、有人運転が安全」とする前提が崩された。このことは、また、事故の再発を防止するには、これまでとは異なる抜本的改革を行わない限り、事故の再発は防げないことを示すものである。JRでは、携帯電話のような自動列車接近警報システムを開発するとしている。

JRでは、また、ATS(自動列車停止装置)を設備しているにも関わらず、運転士が解除するため追突する事

故があとを絶たない。「安全は、人間が守るもの」とする考えに従えば、運転士の判断が全てに優先することになるが、人為ミス防止のための装置を、運転士が解除できるようにしていることに問題がある。新幹線は、ブレーキの操作を含めて全て自動化されており、開業以来、人身事故を起こしていない。

平成11年に発生した敦賀原発2号機一次冷却水漏れ事故では、冷却水の漏洩により発生した水蒸気により、火災報知器が作動したことで、異常発生が分かり、手動で炉運転を停止したと日刊紙一面に報道された。わざわざ「手動で」とした原発側発表に、深い考えがあつてのことでは無かつたかも知れないが、普段から二重、三重の安全対策を宣伝してきた原発において、加圧水型軽水炉の生命線とも言える一次冷却水漏れが、火災報知器が作動するまで気付かなかつたことは、異常な事態であり、さらに、手動で停止したことも異常であるが、このようなことに疑義を持った報道はなかつた。

この冷却水漏洩は、ステンレス配管に発生したひび割れによることが、その後、判明したが、当初89トンとしていた漏水量を、格納容器内の回収量から51トンに訂正しており、原子炉の空炊きを防止するために必要な冷却水量の実時間把握すらできていないことが露見している。このような計測は、自動化により容易に実現できる。全体の冷却水量からすれば、89トンも51トンも僅かな量であるが、冷却水量の自動計測すら行われていないお粗末な実体に対し、自動化の遅れを指摘する声はどこからも聞こえてこない。

一般に、安全性は、装置の信頼性とその装置を操作するオペレーターの人為ミスの関数として、

安全性 = F(信頼性、人為ミス) . . . . . (1)  
と表現できる。装置に金をかけて信頼性の高い装置を作っても、人為ミスを0にできない限り、安全性は損なわれる。

自動化では、人為ミスを0にすることができるので、その装置やシステムの安全性を阻害する要因は、機器故障のみとなり、安全性は、信頼性と同義語となる。

従って、自動化での安全性は、

$$\text{安全性} = F(\text{信頼性}) \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (2)$$

となる。

信頼性は、装置やシステムを構成する全ての部品の信頼性の積として計算できる。(2)式から自動化での安

全性は、個々の部品の信頼性の積から求められる。しかし、個々の部品の信頼性を求めることは「数と時間の壁」があり、実際には、容易ではない。簡単のため、全て同じ信頼性からなる10万個の部品からなるシステムの1000時間での信頼性を0.9にするために必要な、部品1個の信頼性Yを求めてみると、

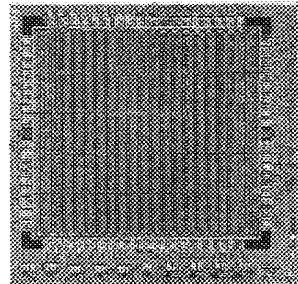
$$Y = 1 - (1 - 0.9) / 10^5 = 1 - 1\text{ppm} = 0.999999$$

となり、この部品の信頼性を保障するには、1000時間当たりの故障率(1-Y)が1ppmであることが必要である。このためには、100万個の部品が1000時間の間、故障しないことをテストして確認する必要があることになる。実際には、このようなテストを実施することは、数と時間において不可能である。

自動車や家電等の数多く量産される製品では、量産効果を生かして、実際に使用されている市場からのデータを役立ててきた。自動化での安全性の向上は、このような信頼性を向上させる創造的な仕事が必要であり、睡魔と戦って信号を見落とさなくすることでは

ない。「安全」を辞書で引くと、「危険でないこと」となっており、安全そのものを知ることは難しい。しかし、安全な状態にあることは、何時もと同じであること、即ち、「平穩無事」から知ることができる。人間が操作する場合は、人間が、平穩無事を検知しているので、システムとしては、危険を検知する検知器による危険検知型安全対策が用いられてきた。自動化での安全対策では、これまで人間が行っていた「平穩無事」の検知を機械にさせることが必要であり、安全検出型の安全対策が不可欠である。

SDSS(安全検出型安全システム、Safety Detecting Type Safety System)は、このような安全検出型安全対策として筆者が提案しているものである。各種セン



サーを用いて、装置の稼働状態が何時も同じであることを検出して、平穩無事から安全を自動的に検出する安全対策である。このシステムでは、常時、何時も同じであることを監視しているので、装置の稼働状況が高精度に計測でき、僅かな経時変化の傾向から、実際に故障が発生する前に故障時期を予測することが可能である。しかも、装置稼働中の安全検知から部品の信頼性データが得られるので、信頼性の問題点、即ち、安全性の問題点が分かり、メンテナンス時期、メンテナンス方法、装置改善点が明確になる。

以上述べたように、自動化と自働化の区別を明確にし、「安全は、人間が守る」とする考えから、自働化に対応した「安全を、機械に守らせると」する安全に対する考え方の普及が重要である。21世紀の大きなテーマである化石燃料から自然エネルギーへの転換においても、自働化が避けられないが、その安全対策の自働化対応を早急に確立しておく必要がある。

#### 参考文献

- [1]原田宙幸「半導体(IC)産業の将来展望」、空気清浄34(1), p.1 (1996.5, 日本空気清浄協会発行)
- [2]原田宙幸「断絶の時代の安全対策—急がれるIC製造現場での対応—」,BREAK THROUGH, p.17, No.155 (1999.5, (株)リアライズ社)
- [3]原田宙幸「自動化に対する意識改革を」日経マイクロデバイス1999年6月号, p.11(1999, 日経BP社)
- [4]原田宙幸「安全検出型安全システム(SDSS)と半導体製造自動化での安全対策」BREAK THROUGH, p.20, No.136 (1999.5, (株)リアライズ社)
- [5]池原, 他訳、「サイバネティックス—動物と機械における制御と通信(第2版)」, 岩波書店(1962)
- [6]Norbert Wiener, "The Human Use of Human Beings", Da Capo Press, Inc.(1950)
- [7]原田宙幸「IC製造クリーンルームでの排気ダクト粉じん爆発事故と自動化による再発防止」, 空気清浄36(3), p.51(平成10年9月30日, 日本空気清浄協会発行)

