

安全技術の現代的課題と社会的受容性*

Current Topics on Safety Technologies and Its Public Acceptance

向殿政男**

Masao MUKAIDONO

Key words safe-nology, risk assessment, tolerable risk, safety culture

1. はじめに

現代社会では、高度な技術に基づいた各種の製品や機械が、家庭や職場や地域等に広く入り込んでいる。その利便性を享受する一方で、私たちの生活の安全が脅かされる事故も多発している。これら製品や機械等の安全の実現には、設計・製造側の技術はもちろんであるが、ルールや基準を作り、それを導入・管理・担保する組織や社会制度、そして、それを受け入れる私たちの意識や文化等が深く関連している。安全を実現するためには、科学・技術の分野だけでなく、社会科学や人文科学を含んだ総合的で領域横断的な学問として安全学¹⁾という新しい学問分野の確立が望まれる。安全のための技術、社会制度、民衆の意識等は時代に対応して変わらざるを得ない。現時点で、これらの状況を概観して、考察しておくことは、安全と安心の国づくりを目指すわが国の将来にとって、意義のあることではないだろうか。

本稿では、まず、これまでのわが国における安全と安全技術に対する考え方を概観するとともに、世界の流れを紹介する。次に、例を通して、われわれ一般の消費者や利用者は、どのようなときに安全と考え、安心できないと感じ、どのように事故に対して反応しているかなどについて触れてみる。そして、事故と責任の問題と事故調査のあり方について述べた後、サービスロボットを例にして、リスクと便益性をもった製品は、どのような考え方と仕組みを構築すれば、安全な製品として社会に受容されるようになるかについて考察する。

2. 安全技術の現代的課題

これまで事故が起きていないからこの装置や製品は安全であり、安全対策を施す必要はないという主張は、これまで当然と思われていたが、現代ではもはや認められない。また、事故が起きてから初めて安全対策を施すという対処法は、現実には良く行われているが、これはもはや論外である。さらに、実際に事故が起きていても、利用者や使用者の不注意、誤使用であって利用者の責任であるから、注意喚起するだけで技術的に対処する必要はないという考えは、現代では同様に認められなくなってきている。これらの設計・製造側の立場からの安全技術の主張は、もはや時代遅れで世界の潮流から外れている。ここでは、安全技術の現在の考え方を概観してみよう。

事故が起きていないから安全であるという発想では、なぜ安全なのかという問いには答えることができない。たまたま運が良かったのかもしれないし、利用者や作業者がたまたま優秀で事故を回避していたためかもしれない。今後も安全であるという保証はない。現在の考え方では、製品や機械等の安全性は、設計の段階で前もってリスクを評価しておき、リスクの高いところには対策を施し、許容可能なレベルまでリスクを下げて、残ったリスクについては情報を開示しておくことで達成される。これらのステップを文書として残しておかなければならないというリスクアセスメント³⁾の考え方とその実施は、いまや世界の常識になっている。なお、設計や設置の段階でのリスクの低減対策には、施す順番が決められていて、次の3ステップメソッド²⁾といわれる順番で行わなければならないことが国際標準として決められている。

- (1) 本質的安全設計（危険源を除去するか、危険源そのもののリスクを低減する）
 - (2) 安全防護策（囲いや安全装置等）
 - (3) 使用上の情報の提供（警告ラベルや取扱説明書等）
- 特に、(3)の使用上の情報の提供で、(1)や(2)を補ってはならないとされている。

リスクアセスメントの実施によって、初めて、設計者



*原稿受付 平成21年7月13日

**明治大学理工学部（神奈川県川崎市多摩区東三田1-1-1）

向殿政男

1970年明治大学大学院工学研究科博士後期課程修了。工学博士。専門は、ファジ理論、安全学、多値論理学、IFSA（国際ファジシステム学会）フェロー、電子情報通信学会フェロー、知能ファジ情報学会フェロー。

側、製造者側の安心が得られるはずである。前もって、危ないところにはすべて対策を施しておき、小さなリスクしか残っていないようにしてあるから安全であるという主張と、これまで事故が起きていないから安全であるという主張の間には安全の内容に大きな隔りがある。通常、安全であるか安全でないかの二値論理的判断が用いられるが、安全は、現実にはその間は連続的であり、高い、低い等のレベルがある。安全のレベルは、危険の側から眺めて、リスクという危険性を評価する尺度を用いて判定される。リスクという言葉は、保険業界や株・証券業界でも頻繁に使われているが、安全におけるリスクは、“危害の発生する頻度と危害のひどさの組合せ”²⁾と定義されている。すべての危険源に対して、対策を施して、“許容可能なリスクしか残されていないとき、安全であるという”，というのが現在認められている安全の定義である²⁾。この安全の定義は、絶対安全はなく、常に残留リスクが残っており、その残ったリスクの扱いは利用者に委ねられる、ということの意味している。そのために残ったリスクに関する情報とその取扱いについては、使用上の情報として開示しなければならないことになっている。ここまです設計者・製造者の役割である。この関係から言えば、消費者や利用者には、使用上の情報に従い、安全に利用する役割と責任があるのは明らかである。ここで問題となるのは、許容可能なリスクの程度である。どこまでリスクを下げたら許容可能なのか、すなわち安全なのかである。この内容は、その製品や機械等の使用の条件により、時代により、社会的な価値観により異なるものである。事実、国際標準²⁾として、許容可能なリスク (tolerable risk) とは、“現在の社会的価値観に基づいて、与えられた条件下で、受け入れられるリスク”と定義されている。安全の概念定義そのものは普遍でも、そのレベルは時代により異なり、昔は許されたが今は許されないということはある得るということである。また、その製品や機械を誰が使用するかは、与えられた重大な条件の一つであり、赤ちゃんが使うのか、一般の消費者が使うのか、または工場で専門家が使うのかでは、許容されるリスクのレベルは異なる、したがって安全のレベルは異なることを意味している。

次に、製造側と利用者をつなぐ接点に誤使用の問題がある。誤使用が続くようであれば、それはもはや設計の問題であり、設計・製造側で対処すべき問題である。国際標準では、合理的に予見可能な誤使用として、危険源の一つとしてリスクアセスメントにより、前もって予測して設計の段階から対応しておくべきであるとされている。本来の使用法ではないという理由から、誤使用として事故を放置しておくことは許されないと述べたのは、上記のような理由による。

以上の安全に対する考え方の基本は、事故が起きる前に、あらゆることを想定して、前もって対策を施しておくという未然防止にある。安全という観点から先を読むことが重要であり、それは上流で対応する、すなわち製品や機

械の設計の段階から考慮すべきであることを意味している。再発防止という言葉が良く用いられるが、未然防止が先であって、事故が起きてから安全対策を施すということは、誰か犠牲者が出るまでは対策が施されない、いわゆる墓石安全といわれるものである。墓石が立って初めて安全対策が施される。これは製造側、事業者側、管理側の立場の発想であり、悲劇は、常に被害を受ける利用者側にしわ寄せされる。ただし、事故を望む者は誰もいない。墓石安全になりがちなのは、安全よりはコスト・経済を優先する面とともに、上記の現代的な安全の考え方、リスクアセスメントの考え方が正しく普及、理解されていない点にもあると思われる。

3. 安全の社会的受容性

次に、安全を利用者や使用者側の立場から眺めてみよう。まず、わが国では、安全とは絶対安全であって、市販されている製品で中毒や事故は絶対あってはならないと考え、主張する傾向がある。これは明らかに間違いである。時には、ヒステリックな対応としか考えられない現象が生ずる。これにマスコミの報道が輪を掛けている。例えば、社内規定の使用期限をほんの少し守らなかっただけで、現実には食中毒等の実害につながらないにもかかわらず、存続ができないほどに報道と消費者から糾弾される食品会社の例が出たり、BSE (狂牛病) 問題のときのように、発生確率からいったら明らかに安全であるといえるのにステーキは食べなくなってしまったとか、微量の毒性のある化学物質が井戸水に含まれていただけで、濃度から言っても食品の毒性には直接関係ないにもかかわらず、そのメーカーの食品類がスーパーの棚から撤去されたりする。また、電気製品でいえば、30年前の扇風機から発火したからといって、30年前のものを探し出して全品回収を余儀なくされたりする。一方で、われわれは冷蔵庫の食品は匂いを嗅いで消費期限にかかわらず食べたりして、誰もが使い方によっては危ないと思っている包丁はどの家庭にもある。これらの対応は、われわれの心の中に存在する安全と安心の感覚の反映であろう。安全に関して、われわれはもっと冷静に、合理的に判断し、対応できないものであろうか。

それには、製品には必ずリスクがあり、そのリスクを自覚して安全に使う責任は、われわれ消費者にもあるという自覚をもつ必要がある。包丁のようにどこがどのように危険であるかが明確な場合には、このことは容易に理解できるが、最近の製品や食品は高度になりすぎて、どこにどのようなリスクが存在するかが不明確な場合が多い。これを最もよく知っているのは設計・製造メーカーであるので、設計・製造側の責任として、リスク情報の提供が必須となるのはこのためである。どこまでリスクを下げたら安全かという問題、すなわち、前述の許容可能なリスクのレベルは、製品によっても違えば、誰が使うかによっても違えば述べたが、消費生活用品の場合には、消費者期待基準ともいえるべき、普通の消費者ならば、このレベルの安全は確

保されて当然だという適切なレベルが自ずと決まるはずである。一般的に許容リスクレベルは、現在の技術レベルとともに、それから受ける便益（ベネフィット）と残留リスクの大きさと、安全にかかるコスト等との兼ね合いから決まるべき性質のものである。現在の技術レベル、便益、残留リスク、コストとの間のコンフリクトを調整して、現時点での許容リスクの大きさを製品や製品のグループごとに決めるのが、規格や基準の役割である。ここに行政や業界の役割と責任があるが、決める場合に、設計・製造者側だけでなく、利用者や専門家が参加すべきものである。内容が高度すぎる場合には、独立の研究機関や認証機関に適切な許容レベルの決定と判定を依頼する。ここに第三者機関の役割がある。

絶対安全が存在しない以上、いくら技術基準やルールに従っていたとしても、事故は起こり得る。事故が起きた場合には、設計者がリスクアセスメントに従い、技術基準やルールに基づき、事前にやるべきことを前もってやっていれば、そして利用者が不合理な誤使用をしていないかぎりには、原因究明を優先して再発防止につなげる。この場合、上記の条件を満たしていれば、設計・製造側、管理者側、利用者側の個人それぞれに対して過失としての責任を問うべきではないと考える（リスクアセスメントの実施を文書で残しておくことは、原因究明のためだけでなく、設計者の責任を解放するためにも必須である）。人身事故が起きたとき、原因究明と犯人捜査とが行われるが、通常は、警察による犯人捜査が優先される。現在の刑法の考え方では、過失に基づき個人が責任追及されることになる。しかし、故意や悪意でなく、過失である場合には、犯人捜査よりは事故調査を優先させるべきで、警察は事故調査に協力をする関係が望ましいと考えている。過失により個人を処罰するよりは、原因究明のほうが、遥かに再発防止に役に立つからである。実は個人の過失といわれるものでも、なぜ過失や不注意が生じたかの背景や組織の方が原因としては遥かに重要な場合が多い。原因究明の結果、技術の問題なのか、管理の問題なのか、組織や体制の問題なのか、個人の過失や不注意なのか等が分かれば、そのための技術的開発を行ったり、基準やルールを変えたりすることで再発防止につなげることができる。この場合、あえて犯人はと問われれば、それは基準やルールの不備であり、それを改良するという考え方を取ることで、安全のレベルを上げていくのが望ましいと考えている。事故が生ずれば、被害者は存在し、被害者については、保険で十分に補償する体制を築くべきである。

それにしても、われわれの安全の感覚には不思議なところがあり、理解できないところがある。例えば、数年前の自動大型回転ドアの事故では、筆者は最終的には回転ドアのJIS規格⁴⁾の作成に関与することになったが、そのときに経験したことは忘れられない。一人の男の子が大型回転ドアに挟まれて死亡するという悲しい事故が発生した。新聞やテレビは連日のように大報道し、ある意味では犯人を

探して、二転三転している中で、日本中の自動回転ドアは極めて危険であると見なされてほとんどストップしてしまったのである。撤去されるものが多数発生するという事態に発展した。調べてみたら、この事故の原因の主なものは、2.7トンという異常なほどの重量の大型自動回転ドアを設計・製造し、設置したことによる。このような重い大型自動回転ドアは他には存在していなかったといわれている。その後、JIS規格が設定されて、安全の面から頼るべきルールが決められた。回転ドアには、大きな便益があり、省エネやCO₂削減の問題からも大変メリットのあるドアである。それにもかかわらず、今でも大型自動回転ドアの設置はほとんど進んでいないのが現状である。一人の人が亡くなってこの反応であるのに対して、事故という面から自動車を見ると、異常のように思える。毎年、交通事故で5000人前後の多くの人が亡くなり、誰もが自動車では危険を経験し、交通事故に遭遇した経験をもつ知人や友人がいるにもかかわらず、自動車は禁止されるわけでもなく、われわれは許容して毎日利用している。さらに、例えば、わが国には150キロも出せる公道はないはずなのに、150キロ以上出る車を作っておいて、運転手がスピードを出しすぎて事故を起こしても、運転手の自己責任に帰される。そんなスピードを出せる車を作った自動車メーカーには、非難の矛先は向かない。150キロも出せる車を製造し、販売している自動車メーカーや販売店の企業としての社会的倫理や責任は問われなくて良いのか、という素朴な疑問がわく。同じ人間でありながら、一人の死亡事故で大型自動回転ドアをストップさせるのに対して、こんなに多数の死亡者が出ている自動車は許容するという対応の違いを眺めてみると、また、これらに対するマスコミの報道もあわせて考えてみると、安全の社会的受容性という観点から、不思議な気がする。この感覚は世界共通なのかもしれない。しかし、例えば、現時点で自動車が発明されて実用化が提案されたら、直ちに、発売禁止になることは間違いないだろう。

4. サービスロボットの安全性

現時点で将来、自動車に相当するような大きな産業に育つ製品や機械を予測するのは難しいが、例として、その可能性をもつ生活支援ロボットや介護ロボット、いわゆるサービスロボットの安全性について考えてみよう。

産業用ロボットは、すでにわが国の重要な産業を担っているが、安全性が確立されていなかったならば、ロボット産業は成立していなかったに違いない。産業用ロボットの安全性は、隔離の安全原則と停止の安全原則に基づいている。隔離の安全とは、ロボットが稼働しているときには、人間が近づけない構造とすることである。停止の安全とは、停止しているときにしか人間は近づけない構造とすることである。停止を命令しても、実際にロボットが停止するまでは、柵に鍵がかかっていて近づけないインターロックの構造が明確に確立されている。しかし、サービスロボ

ットの場合には、人間とロボットとが一緒に共存していることが原則であり、隔離の安全や停止の安全の概念は利用できない。ロボットと人間とが一緒にいても安全であるという共存の安全原則を見いだして、それを技術的にかつ制度的に確立しない限り、ロボットは家庭や人間と一緒に環境に入ってくることはできないだろう。例えば、現時点で、サービスロボットで大きな人身事故が一つでも起きれば、すぐに発売停止となり、大きな産業分野の消滅の可能性につながると思われる。もう、現在の自動車のようなわけにはいかないのである。サービスロボットの開発では、設計からの未然防止対策が必須となる。共存の安全原則にはどのようなことが考えられるであろうか。このヒントは、現在の産業用ロボットでも非正常作業として教示、修理、設定等で人間が産業用ロボットに近づくときに使われている以下のような考え方が参考になる。

- (1) 教育と訓練を受けた資格のある人しか近づかせない構造にする。
 - (2) ロボットは、エネルギーと速度を下げて動作する特殊モードにしない限り、近づけない構造にする。
 - (3) 教示ペンダントのように、操作者が意識的に自分から操作しているときしかロボットは動けない構造にする。
 - (4) ロボットの稼動部分があるスピード以上になったら、機械的に動きをとめてしまう構造にする。
- 等々である。サービスロボットの場合には、これ以外にもいくつかの条件が必要となると思われる。共存の安全原則の確立はこれからの課題である。サービスロボット導入のためのもう一つ重要な条件は、許容可能なリスクの大きさをどのように決め、御互いに認め合うかである。これは、介護ロボットのように介護される側、介護する側の両方にメリットがあるが両方の安全を守らねばならないもの、ビルや駅のコンコースのような公共空間を掃除する掃除ロボットのようにエレベータの中や自由に往来する人間と共存するもの、手術用ロボットのように、ある程度高いリスクであってもその便益を考えて手術を受ける人の合意があれば、許されるもの、等々というように、サービスロボットの用途や使われ方でかなり異なるはずである。共存の安全原則を明確にし、それを実現する技術を確立し、各ロボットごとに製造者と利用者との合意できるリスクレベルを明確にし、それが実現できる技術基準を決めて公開することは必須である。この技術基準を満たしていれば、必要ならば第三者の認証を経て、実際の使用を認めるというステップを踏むべきである。それでも事故は起こる。起きた事故

の責任に関しては、前項で紹介したように、過失としての責任を責めるのではなく、事故原因を究明して、再発防止のために有効に利用する、被害者には保険で補償をする、という考え方を採用する必要がある。このようなステップを経ることで、徐々にではあるが、サービスロボットは社会的に受容される機器になることが期待される。自動車のような毎年何千人も亡くなるというような悲劇の再発は避けることができると信じている。

5. あとがき

安全を実現し、安全であることを主張するのは、製造者側の立場である。一方、利用者側は安心を求めている。製造者側が安全であることを主張しても、必ずしも利用者の安心にはつながらない。製品や機械の安全がどのような仕組みで実現されていて、それを実現している人間や組織を信頼することを通じて、初めて安心に結びつく。ここにリスクコミュニケーションの重要さがある。そのためには、安全に関する情報を、事故情報やリスク情報等の不都合な情報も含めて、積極的に開示、公表する必要がある。製造側と利用者側との安全に関する情報共有が重要となる。一方で、われわれ利用者の意識の改革も必要である。安全の考え方を理解し、リスクについて冷静に判断する姿勢と能力が要求される。製造者側も利用者側もそれぞれ必死に努力し、悩み、苦勞しているにもかかわらず、犠牲者や被害者が出続けているのが現実ではないのだろうか。その原因は、御互いに相手の立場を理解しない、または理解できない、意識と情報の乖離があるからではないだろうか。まず、両者をつなぐ一貫した安全の考え方を構築し、両者をつなぐ合理的な整合性のある仕組みを構築することから始めなければならない。わが国の社会がリスクを合理的に受容するようになるには、御互いに安全文化の構築に対する努力が必要である。これは一朝一夕には実現しないだろうが、将来のわが国がものづくり安全に基礎を置く安全立国を目指すためには、努力する価値のある最も重要な取組みの一つのはずである。

参考文献

- 1) 向殿政男：安全マップ（安全曼荼羅）の提案，日本信頼性学会誌，24, 7 (2002) 554.
- 2) ISO/IEC ガイド 51 (JIS B 8051 2004) 安全面一規格への導入指針 (1999).
- 3) 向殿政男監修：安全設計の基本概念，日本規格協会，(2007).
- 4) JIS A 4721 「自動回転ドア一安全性」 (2005).