

特集

新しい時代の安全の思想・技術と国際標準への提案

Thought and Technology of Safety in New Era and the Proposal for International Standards

Masao MUKAIDONO

キーワード：Society 5.0, SDGs, Safety 2.0, 協調安全, Vision Zero

Keywords：Society 5.0, SDGs, Safety 2.0, cooperated safety, Vision Zero

1. まえがき

製造業では、機械設備の安全化のために、長い間、機械安全に関する国際規格 (JIS B 9700 (ISO12100):2013) や機械の包括的安全基準 (厚生労働省, 2006) に従い、労働災害の減少に向けて懸命に努力を続けてきている。それでも、最近では、労働災害の数は下げ止まりつつあり、2017年より、製造業安全対策官民協議会 (中央労働災害防止協会, 2017) を発足させて、経済産業省と厚生労働省と共に、中央労働災害防止協会を事務局として、製造業の10業界団体が、各企業のトップが率先して取り組むことを宣言して、重篤災害の撲滅に取り組んでいる。一方、製造業に比べても労働災害が多いとされている農業関係において、使用する機械設備である農業機械、食品機械等は、製造業における機械安全に学ぶところが多いのではないだろうか。更に、ここにきて新しい ICT (情報通信技術) に基づいた安全技術が提案されつつある。これまで困難であった人間と機械類とが協調して安全を実現する可能性が見えてきた。ここからも、農業関係の機械設備の安全化は、学ぶべきことが大いにあると思われる。

本稿では、安全を価値と認める世界的な潮流を紹介し、機械安全の原則を振り返り、新しく提案されつつある Safety 2.0 や協調安全という安全の考え方を紹介する。最後に、これらの新しい安全の考え方を、我が国から国際標準として提案する努力について紹介する。

2. 現在の大きな国際潮流と安全の価値

現在、私たちは二つの大きな世界的な潮流の真んただちにある。一つは、IoT, AI, ビッグデータ, クラウド, ロボット等に代表される ICT (情報通信技術) の発展である。二つは、SDGs (持続可能な開発目標) に向けての世界的な動きである。

前者の動きは技術的な動向である。いわゆるデジタルトランスフォーメーション (DX) といわれる動きである。サイバー空間と物理空間とであらゆるものがデジタル化を経てつながり、かつ、サイバー空間が現実の物理的空間に対して同等の世界を築き上げつつある。各種のイノベーションを経て、ビジネスモデルを変え、社会生活を変え、価値観を変えつつある。ドイツ発祥である第4次産業革命や我が国の提案である Society 5.0 (図1) は、この流れの中にある。これらすべて ICT 技術の発

向殿政男

(むかいどの まさお)

1942年4月生

1970年明治大学工学部専任講師

1978年明治大学工学部電子通信工学科教授

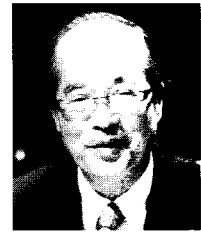
1980年明治大学理工学部情報科学科教授

2013年明治大学名誉教授, 顧問

(一社)セーフティグローバル推進機構 会長

(公社)私立大学情報教育協会, 会長

E-mail: masao@g03.itscom.net



展に基づいている。技術の変化が社会を変えようとしている。

後者は、政治的、かつ、経済的な動きである。SDGs は、2030年の達成を目指して、2015年に国連サミットで採択された国際目標としての17のゴール、169のターゲットである (図2)。未解決の問題を掲げて、世界全体でこの目標に向けて努力していこうという提案である。ここでの最終目的は、地球環境の維持と人類社会の持続可能な発展である。サーキュラーエコノミー (製品や部品の永続的な再生、再利用を目指し、廃棄しないで回収とリサイクルを基本とする考え方) やシェアリングエコノミー (製品を保持するよりはサービスに着目するような経済の動き) は、この流れに沿った新しい経済的な動きである。

この二つの動きの中で、安全はいかに捉えられているのであろうか。私たちはだれでもが、安全な社会で日常生活を営むことを望んでいるはずである。二つの動きの中で、安全に関して直接、強くメッセージが出されているわけではない。しかし、これらの動きは、今後の社会の安全に極めて強い影響を及ぼすことは明らかである。デジタルトランスフォーメーションや Society 5.0 は、ICTの技術的な発展で社会を効率よく、楽しく、人類を幸福にしていこうという前向きなビジネス改革、社会改革である。すなわち、安全は目標の中に既に位置づけられている。更に、新しい技術により、安全性をより高められるだろうという希望もある。ただし、逆に、ベネフィット (利便性, 利潤, 楽しさ等) のあるところ必ずリスク (危険の可能性) がある。基本的には安全を確保



図 1 Society 5.0



Public Private Action for Partnership!!

SDGsを通じて、豊かで活力ある未来を創る

図 2 SDGs (持続可能な開発目標)

しつ々の前向きな改革でなければならないことは、これまでの科学技術の発展における公害等の社会的な不幸が教えてくれている。また、SDGs やサーキュラーエコノミーは、地球環境を破壊せず、自然と共生するという範囲内での持続的な発展と人類の幸福の実現を目指そうという新しい社会改革である。ここでの目標は、最終的には、私たちが安全で安心した生活ができるということを目指している。これまで、主として企業の利潤や富を追い求めてきたが、ここに来て、人間の幸せ、そのための前提である安全を大事にする方向に動き出していると考えられる。

以上のような見方をすると、世界は、今、一緒になって安全な社会の構築に向かっている。特に、モノづくりにおいては、利用者と働く人の両者の安全・安心・健康・幸福の方向に向っている、と考えられるし、そうあるべきであると考えたい。

2. 機械安全における安全設計技術の流れ

各産業では、モノづくりや各種作業のために、多くの機械が使われている。例えば、生産工場では、ロボットやプレス機器などが、物流の現場では、クレーンや自動走行車などが、そして食料関係では、食品加工機械やトラクターなどの農業機械が使われている。現実には、これらの機械で多くの労働災害が発生している。ここでは、機械の使用において、人間による安全確保と技術による安全確保の関係について振り返ってみる。

機械は、巻き込まれ、衝突、感電等の可能性があり、本質的に危ないものである。危ない機械を機能、性能、生産性、コスト、納期等を重視して稼働させ、人間が注意をして使う、という時代が昔はあった。この時代の安全を「Safety 0.0」と呼ぶことにする。この時の基本原則は、「自分の身は自分で守る」であり、安全機能を発揮しているのは、人間自身である。労働の現場で言えば、い

表 1 機械安全技術の変遷 ～Safety 0.0 から Safety 2.0 へ～

	安全機能の発揮	原則	具体的内容	特徴	主たる安全の概念
Safety 0.0	人間	自分の身は自分で守る	教育、訓練、生産優先、管理、作業先マニュアル	生産優先	作業安全
Safety 1.0	(人間) + 技術	機械設備の安全化	本質的安全、安全防護、先安全制御、機能安全	安全優先	機械安全
Safety 2.0	(人間 + 技術) + 環境・情報・組織	協調による安全化	ICT技術の活用、情報共有	生産と安全の両立	協調安全

いわゆる作業安全である。ただし、この「自分の身は自分で守る」という原則や人間が安全機能を発揮するということは、いつの時代でも基本になっている。次に、人間が注意をする前に、機械設備側を安全化するという時代がくる。この時代の安全を「Safety 1.0」と呼ぶ。今は、Safety 1.0の時代にある。安全機能は、人間と共に技術を用いてモノの側が発揮する。すなわち、安全技術の時代でもある。この場合、機械本体を安全に設計するという本質的安全設計と、防護柵や安全装置のような付加的防護策とがあり得る。これらの安全技術は、機械安全という分野で取り扱われている。

時代は変わって、現代は、上記のように ICT の時代である。いわゆる IoT, AI, ビッグデータ, センサー, 画像処理等の技術により、モノと人間と環境・組織等がデジタル情報を共有することで、協調して安全を実現できる時代になった。この新しい時代の安全を Safety 2.0 と呼ぶことにする。現在は、Safety 2.0, 協調安全の時代を迎えようとしている (向殿, 2019) (表 1)。

これらの安全技術の発展の流れを見てみると、前の時代を含む形で安全機能を発揮するあたらしい安全技術が加わってきているとみることが出来る。すなわち、Safety 0.0 では、人間に依存した人間科学の時代であり、Safety 1.0 は、技術に依存した自然科学の時代が加わり、そして、ここで提案する Safety 2.0 は、環境や組織を取り込んだ社会科学が加わった時代、といった順に前を含む形で発展してきたとみることが出来る。

3. 新しい安全の考え方: Safety 2.0 と協調安全

協調安全とは、「人間 (人間科学) と技術 (自然科学) と環境 (社会科学) とがお互いの情報を共有し、協調、調和して安全を確保する概念」である。なお、ここでの環境とは、組織、データ、システム、ルール等を含む。Safety 2.0 とは、ICT (IoT, AI, クラウド, ビッグデータ, ロボット等の技術) の発展で、安全技術にも新しい方向が見えてきたことを意味している。これまで出来なかったことが可能になりつつある。前述したように、発

展しつつある ICT を安全機能の発揮に適用しようとするものが Safety 2.0 である。すなわち、協調安全が新しい安全思想であり、Safety 2.0 はそれを実現するための技術的側面である。

Safety 2.0 で、どんなことが実現できるのであろうか。いくつか予想をしてみよう。Safety 2.0 が実現するものとして「止めない安全」が考えられる。Safety 1.0 時代の安全装置は「人間が近づいたら機械を止め、人間がいなくなったら機械を動かす」という「2 値論理の制御」である。これに対して、Safety 2.0 では、人間にその経験、資格、能力や熟練度などの情報を持つセンサーなどを取りつけて、「熟練者ならば通常で速度で動かし、初心者ならばゆっくりと動かす」「人が近づけば近づくほど速度を落とす」というように「多値論理の制御」が実現できれば、安全性を保ちつつ、稼働率を上げて生産性を向上させることが可能になる。また「安全の見える化」の可能性も見出せる。人体に取り付けた体調監視センサー、インフラなどの大型構造物に取り付けた状態監視センサーを活用し、人の体温・発汗・脈拍などの生体情報、またトンネル掘削中の岩盤の圧力や浸水状態などの環境情報を常時監視して情報を表示し、安全が見える化すると、緊急時に危険を回避することが可能になる。さらに「人間と機械の協調に基づくフェールセーフ」の可能性もあげられる。これまでのフェールセーフは「機械の部品に障害が発生すると機械が止まる」などで安全側になるものであったが、機械と人間とが情報で繋がり互いに協調すると、機械側の従来のフェールセーフに加えて、人や環境側に障害が発生したときにも、その情報を受けて機械が安全側に誘導して安全を確保することが可能になる。いわばコラボレーション・フェールセーフの実現である。

更に、協調安全、Safety 2.0 では、以下のような新しい安全機能の発揮が期待される。

- (1) 高度に、効果的に、かつ効率的に安全を確保できるようになる
- (2) 常時モニタリング、実時間モニタリングが可能になる
- (3) リアルタイムの計測が可能になる
- (4) 危険予知、危険予測がより可能になる
- (5) 未然防止がこれまで以上に実現可能になる
- (6) 安全が見える化することができるようになる
- (7) 変化に対して、高速に、柔軟に対応が可能となる
- (8) 動的な安全管理が可能になる

協調安全と Safety 2.0 については、詳しくは、文献 (向殿, 2019) を参照されたい。

4. 機械安全における設計思想と Safety 2.0

一般的に、Safety 1.0, すなわち機械安全における安全設計の基本原則は、人間の注意に依存する前に、機械設備側をまず安全化せよということにある。更に、機械設備側を安全化するには、リスク低減策において施すべき

表 2 スリー・ステップ・メソッドにおける適用の順番

第1ステップ	本質的安全設計によるリスクの低減
第2ステップ	安全防護方策(安全装置等)によるリスクの低減
第3ステップ	使用上の情報の提供によるリスクの低減

順番があり、これに従わなくてはならないというのも機械安全における重要な原則である。すなわち、リスク低減策の手順は、スリー・ステップ・メソッドに従うという考え方である(表2)。ここで、第1ステップの本質的安全設計とは、危ないところ(危険源)を取り除いたり、エネルギーを小さくして事故のひどさを小さくしたり、壊れないように信頼性高く作って修理のために人間が近づかなくて済むようにしたりする等、本体そのものを安全に設計せよという意味である。残ったリスクに対しては、付加的に防護方策すなわち防護柵や安全装置等を付けてリスクを低減するというのが第2ステップである。コンピュータに基づいた機能安全は、基本的にはここに位置付けられる。更に残ったリスクに対しては、第3ステップとして、使用者に残留リスク等の使用上の情報として提供して、人間に任せるといったものである。この順番にリスク低減方策は施さなければならないという原則が、スリー・ステップ・メソッドである。前述したように、人間の注意に依存する前に機械設備側をまず安全化せよという原則である。

ただし、安全機能の実現のために、ただ単にICT技術を使えばよいというわけではない。かえって、危なくなることがあり得る。例えば、ICTに基づいて稼働している安全装置が故障した場合にはどうなるのか、その装置の信頼性が低い場合にはどうなるのか、誤動作をした場合にはどうなるのか、AIが判断を間違えた場合にはどうなるのか、セキュリティに関して乗っ取られたらどうなるか、等々を考えれば明らかである。Safety 2.0においてICTを用いる場合には、しっかりと安全設計思想に基づかなければならない。

技術的に見た場合、Safety 2.0の現状は、丁度、コンピュータを安全機能の実現に利用しようと提案されたコンピュータによる安全の初期の時代に似ている。当時、コンピュータは電子回路であって雑音等に弱くて誤動作しやすい、壊れ方がオープン、クローズ、振動等と色々あって故障の状態を特定できない、もっと悪いことには、組み込まれているソフトウェアにバグがない保証がなく、バグをなくすことは不可能である等の事実があった。従って、安全を司る機器にコンピュータを使ってはならないという雰囲気があった。一方で、こんな高機能なものを安全の実現に使わない手はないという主張があった。その後、コンピュータなどのプログラム可能な電子機器の安全機能への利用法について、経験が積まれ、安全原則が明らかにされ、安全規格が制定されて、爆発的に使われるようになった。このための安全規格が機能安

全と呼ばれる一連の規格類である。現在では、機能安全の原則に基づき、多くの機械設備やシステムの安全にコンピュータは重大な役割を果たしており、これなしには安全に稼働できない状態になっている。

ここで紹介する新しい時代の安全技術 Safety 2.0は、これまでの機械安全の技術の中で、どのように位置づけられるのかを考えてみよう。あくまで現時点におけるという前提付きであるが、協調安全を実現する Safety 2.0は、スリー・ステップ・メソッドから見てどこに位置づけられるのかを考えてみよう。Safety 2.0を第1ステップの本質的安全設計に活用させることは可能かもしれないが、未だ、この研究は十分に行われていない。従って、現時点では、Safety 2.0は、第2ステップの安全防護、安全制御、安全装置等に適用されると考えるのが最も妥当である。すなわち、純粋な技術的な面から見ると、Safety 2.0は、現在、本質的安全設計ではなく、第2ステップの安全装置や安全制御に位置していると考えられるのが自然である。特に、コンピュータを用いた機能安全、すなわち、ソフトウェアを通して付加的に安全を実現する機能のところに位置づけられると考えられる。このような安全機能は、既に、自動車の自動運転に見ることができる。Safety 2.0は、人間と機械との情報交換にも関係しているのだから、スリー・ステップ・メソッドの第3ステップの使用上の情報の提供によるリスク低減にも関係している。こう考えると、第2ステップと第3ステップの中間、いや、第2ステップと第3ステップを包含した新しい技術とみることも可能であろう。

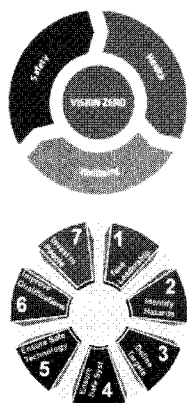
協調安全や Safety 2.0は、まだ発展途上にあり、現在の概念定義は確定されたものではなく、暫定的なものである。今後の発展に応じて明確化、具体化、拡大化されていくものと考えられる。Safety 2.0は、コンピュータはもちろんのこと、各種のICTを用いており、これらを利用するための安全原則は、まだ、発展途上あるといえる。未来社会の安全をリードすると期待される「Safety 2.0」という技術で、「協調安全」という安全思想が具体的にどのように実現されるのであろうか。それは、必然的に決まっていくものではなく、我々が白らの価値観で主体的に創っていかなければならないものである。

5. 国際標準への提案

最近、欧州を中心に我が国の中央労働災害防止協会のゼロ災運動やトヨタ自動車の労働安全活動から学んだといわれるZAF(Zero Accident Forum)が発展したVZ(Vision Zero)キャンペーンが、ISSA(International Social Security Association: 国際社会保障協会)の主導

VISION ZERO

Safety. Health. Wellbeing.



◆ビジョン・ゼロの3要素

- ・安全 (Safety)
- ・健康 (Health)
- ・幸福 (Wellbeing)

◆7つのゴールデンルール

1. トップがリーダーシップを取る
2. ハザードを特定する
3. ターゲットを定義する
4. 安全なシステムを確保する
5. 安全な技術を確保する
6. 資格制度を推進する
7. 人財への投資

図 3 Vision Zero (ビジョン ゼロ)

で活発化している (図 3)。ISSA は、ILO (International Labor Organization: 国際労働機関) に関連した機関である。VZ が掲げている目標が、安全、健康、幸福である。本稿で述べる方向と一致している。世界の動向として着目すべきであろう。

現在の機械安全を代表とする Safety 1.0 時代の安全思想、安全規格は、欧州を中心とした海外から我が国に世界標準として紹介された。その時、黒船が来たときと騒がれたのは、そう遠い昔の話ではない。それは本稿でいう Safety 1.0 の時代の安全の規格、標準である。それらから我が国は多くのことを学んだが、残念ながらそれ以降、国際標準の名の下で外から来た規格に合わせざるを得ず、輸出のための認証はほとんどを外国企業の手ゆだねなければならないという時代に入ってしまった。

来るべき「Safety 2.0」の時代の安全の標準は、今度こそ我が国から国際規格として発信すべき時である。前述したように、世界の多くの企業のトップを取り込んで、ISSA (国際社会保障協会) を中心に世界的に VZ (Vision Zero) のキャンペーンが展開されている。そこでの目標は、安全、健康、幸福 (Well being) であり、我が国のゼロ災運動からヒントを得てスタートしたことは紹介した。技術を中心とした Safety 1.0 とは異なり、協調安全は人間の能力を技術や組織と同等に位置づけ、人間を表に出し、人間のやりがい、健康、幸福等を重視している。この点からは、世界の動向である VZ キャンペーンと同じ方向を向いている。我が国は、積極的に情報を発信し

て、この方向で安全・安心を創っていくべきである。

私たちが構成している (一社)セーフティグローバル推進機構 (IGSAP) は、中央労働災害防止協会、経済産業省、厚生労働省等から協力を頂いて、新しい安全の技術と思想である協調安全と Safety 2.0 を世界に発信すべく、IEC (国際電気標準会議) に積極的に提案をしているところである (藤田, 2019)。昨年の 2019 年 11 月には、フィンランドで第 1 回の VZ サミットが開催された。わが国からは、セーフティグローバル推進機構 (IGSAP) を中心に協調安全、Safety 2.0 の考え方を積極的に提案している。近い将来、協調安全と Safety 2.0 が、世界の中で認められるようになることを期待している。

7. あとがき

冒頭で紹介した IoT, AI, ビッグデータ等の ICT (情報通信技術) の発達、及び、持続可能な開発に向けて未解決の地球的課題の解決を目指す SDGs の二つの大きな潮流から、社会の価値観が大きく変わろうとしている。その方向は、安全、健康、幸福を重視しようとする。

ICT の新しい技術を安全機能の発揮に使用することで、これまでやろうとしてもできなかった安全性の高度化と柔軟化等が可能になりつつある。これらの新しい安全技術を「Safety 2.0」と呼び、安全を、技術と人間と組織・環境が、情報を共有し、総合的にホリスティックに、実現する新しい安全の考え方を「協調安全」と呼ぶことを紹介した。Safety 2.0 によって、協調安全の実現が可能になりつつある。これらは、農業機械や食品機械等の安全化に大きな変革の夢をもたらずはすである。

安全は、人間の健康と幸福を実現するための基本である。Safety 2.0 及び協調安全を踏まえて、世界の潮流から読み取れる未来の社会のために、私たちは安全をどのような方向に導くべきかを国際標準として我が国から提案しようと努力しているところである。

参考文献

- 藤田俊弘, 2019. Safety 2.0 の推進に向けた国際連携の取り組みについて. 標準化と品質管理, 72 (5).
- JIS B 9700 (ISO12100):2013. 機械類の安全性 設計のための一般原則 リスクアセスメント及びリスク低減.
- 厚生労働省, 2006. 機械の包括的な安全基準に関する指針.
- 向殿政男, 2019. Safety 2.0 とは何か? —隔離の安全から協調安全へ—中災防ブックレット.
- 中央労働災害防止協会, 2017. 製造業安全対策官民協議会.
<https://www.jisha.or.jp/seizogyo-kyogikai/index.html>.