

協調安全 Safety2.0 が拓く生産革新

セーフティグローバル推進機構 向殿 政男*

*むかいどの まさお：会長，明治大学 名誉教授

まえがき

今，世界のモノづくりの現場は，大きく変わろうとしている。社会もまた，変革の時代を迎えようとしている。その直接の原因は，AIやIoTなどのICT（情報通信技術）の飛躍的な発展による。モノづくりの世界では，人間の知的な行動・作業をロボットなどに任せて生産を全自動化する，人間とロボットとが協働で作業をして柔軟な生産を実現するなど，これまでにない生産革新を迎えようとしている。しかし，ICTは，生産性だけに革新を及ぼすわけではない。生産性の大前提である安全性の確保にも大きな力を発揮するはずである。ICTの進歩は，生産性と安全性を両立させることを可能にするだろう。そのためには，これまでの機械安全設計の思想を進化させ，ICT時代に沿った新しい安全設計思想を必要とする。その1つが，本稿で紹介する協調安全であり，Safety 2.0である。

ICTの発展と生産革新

ドイツが，近年の通信やIoTなどの技術的発展を活用して，工場の生産性や効率などの飛躍的な向上を目指してインダストリー4.0(Industrie 4.0)を提案したのは，2012年頃であったと記憶している。スマートファクトリーと称して，労働者の知的活動を機械化して工場全体を自動化することも視野に入れて提唱された。これに対して，わが国

は，経済産業省を中心としてConnected Industryなる概念を提唱した。この状況は，どこの国でも同様で，たとえば，フランスはIndustry of the Future，米国はIndustrial Internet，中国は中国製造2025などを提案していた。ここでのうたい文句は，

- ・モノの世界(フィジカル空間)とネットの世界(サイバー空間)が連携してシステム化される(サイバー・フィジカルシステム：CPS)
- ・材料，機械，生産設備等がグローバルにネットワーク化される
- ・工場内，企業内で垂直的にネットワーク化される
- ・顧客やバリューチェーンを含めて，水平的にネットワーク化される

などにより，

- (a)製品の生産が，高品質に，即時に，効率よく，個別に，柔軟に対応できる
- (b)資源面でも生産性，効率性を上げて環境に貢献できる
- (c)日常的な作業はシステムに任せ，人間は創造的な仕事に従事できるよう働く人の幸福に貢献できる

などが挙げられている。このように，インダストリー4.0は，製造業で，人の知的産業をAIやIoT機器によって代替した自動運転，さらに機械と人間とが協働する柔軟な製造形式となるような生産革新と捉えることができよう。

インダストリー4.0は，厳密には，工場内の生産革新であったが，これを第4次産業革命として

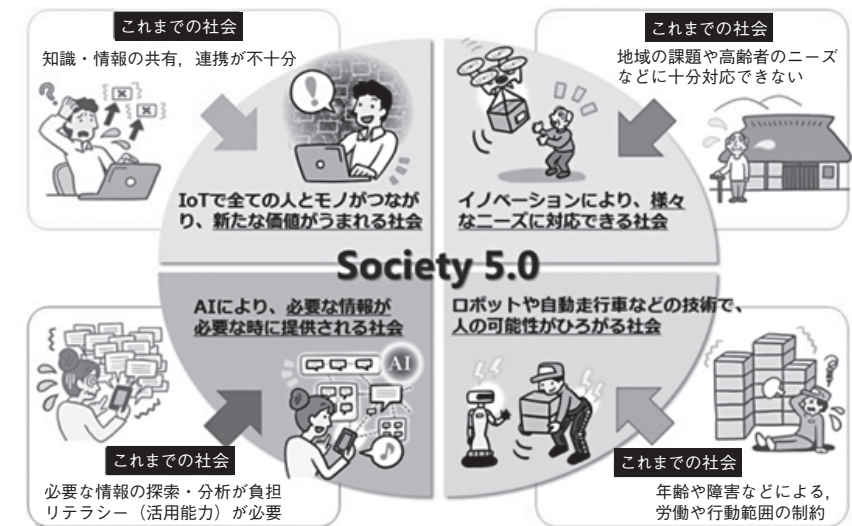


図1 Society 5.0で実現する社会(内閣府資料)

大きく社会全体の革命と捉える向きが出てきた。もちろん，第4次とは，蒸気や機械による第1次，電気や制御による第2次，コンピュータや情報による第3次産業革命を踏まえている。一方，わが国は，さらに広くこの動向を捉えて，平成28年度からの第5期科学技術基本計画の中でソサエティ5.0(Society 5.0) (図1)なる概念を提唱した。ここでは，狩猟社会，農耕社会，工業社会，情報社会に次ぐ5番目の社会を目指していて，超スマート社会と称している。ここでは，「これまでの社会」⇒「Society 5.0の社会」の変化として，図1に示されているが，

- ①「知識・情報の連携が不十分」→「IoTですべての人とモノがつながり，新たな価値が生まれる社会」
- ②「必要な情報の探索，分析が負担，リテラシー（活用能力）が必要」→「AIにより必要な情報が必要な時に提供される社会」
- ③「地域の課題や高齢者のニーズなどに十分対応できない」→「イノベーションにより，さまざまなニーズに対応できる社会」
- ④「年齢や障害などによる，労働や行動範囲の制約」→「ロボットや自動走行車などの技術

で，人の可能性が広がる社会」

のように，夢の未来の社会が描かれている。

インダストリー4.0やソサエティ5.0は，ICTの技術の発展が，工場や社会が大きく変革しつつある根拠となっている。ここで，ICTとは，Information(情報)，Communication(通信)に関するTechnology（技術）のことであり，具体的には，IoT（Internet of Things）技術，AI（Artificial Intelligence）技術，クラウド技術，ビッグデータ技術などを意味している。

ICTの製造業への導入により，生産性の効率化，高機能化，高速化，安定化，効率化，柔軟化などに貢献することが強く期待される。ここではあまり強調されていないがもう1つ，安全性の問題が存在する。生産の大前提は，安全が確保されていることである。「安全なくして生産なし」と言われるように，生産には，製品の安全と従業員の安全の確保が大前提である。特に，IoTによりすべてのものがつながり出すと，セキュリティをはじめ新しいリスクが生じることを忘れてはならない。ここでは，この問題に深入りすることはやめるが，もう1つのICTと安全の関係に言及したい。それは，安全へのICTの活用，すなわち，ICTを用い

た安全機能の発揮である。安全の実現に高機能なICTに関する技術を用いない手はないはずである。その1つの解が、本稿で述べるSafety 2.0と協調安全という概念である。これらについて説明する前に、まず、機械安全設計における安全技術の歴史を振り返ってみよう。

機械設計における安全技術の流れ

Safety 2.0という最近の新しいICTの技術を用いて実現する協調安全という概念を紹介する前に、このような発想に至った2つの流れを紹介しよう。

1つ目は、安全学¹⁾からの発想である(図2)。安全学では、安全は、技術的側面、人間的側面、組織的側面を含めて統一的に、包括的に、体系化して考察、実現しなければならないとしている。これは、安全学では、「安全は皆で創っていくもの」、「安全は、国、企業、個人の全体で構築していくもの(未来安全構想²⁾：第6条)」、「安全は俯瞰的に、総合的に観るもの：未来安全構想²⁾：第7条)」と主張されている。この考えが、協調安全の発想につながっている。

2つ目は、安全技術の歴史的な発展過程によっている。歴史的に見ると、人間的側面である“人間が注意をして安全を確保する時代(Safety0.0)”から、それに加えて技術的側面である“機械設備側を安全化する時代(Safety 1.0)”に入り、現在は、ここにある。今、ICTの発展のお陰で、人間的側

面と技術的側面に加えて組織的側面である環境・制度がお互いに情報を共有することで連携することができるような時代(Safety 2.0)になった。これで3つの側面が揃い、協調して安全を確保(協調安全)することができるようになった(図3)。それでは、次に、Safety 2.0と協調安全について詳しく述べよう。

Safety2.0と協調安全

協調安全(コラボレーション・セーフティ)とは、「人、モノ、環境が、情報を共有することで、協調して安全を実現すること」をいう。Safety 2.0とは、「ICTを用いて協調安全を実現する技術」をいう。ICTの発展によって、Safety 2.0という技術的手段により協調安全が実現可能になってきた。協調安全は新しい安全の概念であり、Safety 2.0は、それを実現するための技術であると考えることができる。表1および表2にSafety 0.0, Safety 1.0, Safety 2.0の特徴と違いを挙げておく。

協調安全やSafety 2.0はこれまでも個別的に存在し、実現されていたと思われるが、あまり明確に意識されていなかったので、ここで新しく概念を明確に定義して、今後の安全確保と安全技術の発展に貢献することを目指している。Safety 2.0は、安全設計技術で言えば、あくまでも3ステップ・メソッドの中で本質的安全設計に次ぐ第2ステップの安全防護、安全装置などに位置づけられるこ

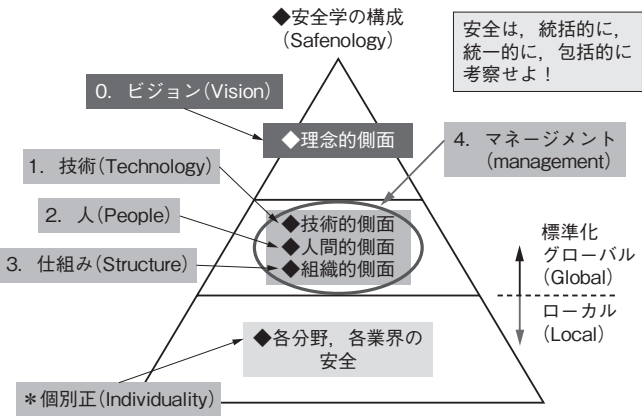


図2 安全学⁽¹⁾の構造

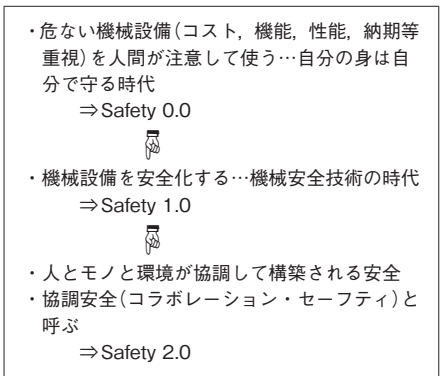


図3 安全技術の流れ

表1 Safety 0.0, Safety1.0, Safety2.0について-1

	安全確保の手法：安全機能の発揮	原則	具体的内容
Safety 0.0	人間の注意	自分の身は自分で守る	教育、訓練、管理、作業基準、作業マニュアル
Safety 1.0	(人間の注意)+技術	機械設備の安全化	本質的安全、安全防護、安全制御、標準、基準
Safety 2.0	(人間の注意+技術)+環境・情報・組織	協調による安全化	ICTの活用、情報共有

表2 Safety 0.0, Safety1.0, Safety2.0について-2

	特徴	主たる安全の概念	安全学 ¹⁾ での分類
Safety 0.0	生産優先	作業安全	ヒト：人間的側面(人文科学)
Safety 1.0	安全優先	機械安全	モノ：技術的側面(自然科学) ^が 加わる
Safety 2.0	生産と安全の両立	協調安全	環境：組織的側面(社会科学) ^が 加わる

とに注意する必要がある。しかし、第2ステップの安全設計技術も、安全関連機器設備の信頼性が増せば、機能安全などとともに、本質的で重要な安全確保の技術となる。

協調安全は、ICTの発達によって実現性が高まってきたものである。協調安全は新しい安全の概念であり、前述したようにそれを技術的に実現する手法がSafety 2.0である。ICTは手段であり、必ずしも協調安全の要件ではない。なお、Safety0.0, Safety1.0, Safety2.0のように、小数点で表しているのは、それぞれの中でもいくつかの発展過程があることを意識しているからである。たとえば、Safety1.0の中でも、Safety1.1本質的安全設計、Safety1.2安全制御、Safety1.3機能安全などがある。

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。

なお、ここで用いられている用語について簡単に説明しておこう。まず、ここでの「環境」とは、物理的な環境とともに、法律、規制などの組織的、社会制度的環境をも含めた広い内容を意味している。すなわち、安全学という組織的側面(社会科学)を含むと考えている。環境は動的に、リアル

タイムで変化をし、ICTを用いて初めて動的なリスク管理が可能となる。また、ここでの「情報」とは、各種の情報を広く意味している。特に、①リスク情報、②危険回避に必要な情報、③自律的あるいは他律的に安全に導く機能を発揮するのに必要な情報、④危険区域が動的に変化する情報、⑤リアルタイムに収集された情報、⑥リスクの大きさに関する情報、⑦データベースの蓄積された情報、⑧規則、標準、マニュアル、ガイドラインなどの情報、⑨人と機械の相対位置情報などを含んでいる。さらに、ここで「情報の共有」というのは、情報の収集(単方向性)、情報の交換(双方向性)、情報の蓄積(データベース)、情報の加工(知識獲得)などを意味していて、特に、①リスク情報の共有、②インタラクティブな情報交換、③リアルタイムな情報交換、④データベースに基づくオフラインの情報交換、⑤常時または実時間のモニタリング情報交換などを含んでいる。

今後への期待

協調安全、Safety 2.0によって、生産の現場ではどのように変わっていくのであろうか。その可能性を図4～6²⁾にいくつか紹介してみよう。

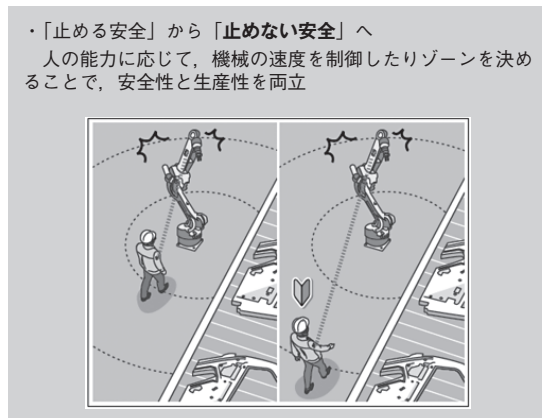


図4 止めない安全:稼働率の向上, 生産性の向上²⁾



図6 コラボレーション・フェールセーフ:新技術, 新市場の創出²⁾

図4は、作業者にRFIDやバイタルメータなどを付けることにより、人間側の情報を機械側に発信することで、機械側が作業者の能力や体調に応じて対応して、機械の速度を制御したり動くゾーンを決めたりする。機械を止めることなく、稼働率の向上、生産性の向上を図ることが可能となることを示している。図5は、安全(不安全)の見える化であり、人間側から体温などのバイタル情報を機械側や環境側に発信して、人の体調などをIoTにより常時監視することで、熱中症対策などを施すことができて、人に優しい経営が可能になる。これは、人間だけでなくインフラなどの構造物や部品の状態を常に監視することで安全への的確な



図5 安全の見える化:人に優しい経営, 安全への的確な投資²⁾

投資が可能となることにもつながる。図6は、人や環境に障害が発生したときに、その情報を受けて機械側が人を安全側に誘導して安全を確保しようとするもので、従来のハードだけのフェールセーフでなくて、人間も含んだコラボレーション・フェールセーフが可能になることを示している。このような新技術で新市場の創出が可能となるだろうことを示している。

以上は、可能性のほんの一部であるが、これ以外にも、

- 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変化に対して、高速に、柔軟に対応が可能となる
- ⑦動的な安全管理が可能になる

ことなどが期待される。

あとがき

これまで、機械設計での安全における人間と機械との関係は、機械のエネルギーの高いときには時間的かつ物理的に機械と人間とを「隔離」する

原則と、人間が機械に接するときには、エネルギーを遮断して機械を「停止」する原則が基本であった。これは、国際安全規格ISO 12100の基本概念に基づいており、Safety 1.0の時代の基本的な安全設計思想であった。しかし、人間と機械、たとえば人とロボットが協働して働く場合には、「隔離」も「停止」もすることはできない。その解決の可能性が出てきたのが現在、進化しつつあるICT技術の安全への応用である。そこでの新しい安全設計思想が協調安全とSafety 2.0である。前述したように、協調安全やSafety 2.0は、まだ発展途上にあり、現在の考え方は確定されたものではなく、今後、明確化、具体化、拡大化されていくであろう。しかし、機械安全設計技術の歴史的な流れを見ると、この方向は間違いのないものであると確信できる。

安全技術の振興と産業安全の確保および生産性向上をもって社会に貢献することを目指して設立された(一社)セーフティグローバル推進機構(IGSAP)は、協調安全とSafety 2.0の概念の確立とその推進にいち早く取り組んでいる。現在、その国際標準化の提案、産業用ロボットの協働システムへの適用、そのための人材育成に関わるロボット・セーフティアセッサ資格制度の確立、協調安全とSafety 2.0適合の審査、などを先駆的に始めようとしているところである。

参考文献

- 1) 向殿政男, 入門テキスト安全学, 東洋経済新報社
- 2) 向殿政男, 高岡弘幸, 荻原博之, 未来安全構想, セーフティグローバル推進機構, 日経BP社
- 3) 向殿政男, 荻原博之, 安全の最新情報とセーフティグローバル推進機構の挑戦, 安全工学, Vol.57, No.3, pp.187-195, 2018-6

