

新しい安全・安心の概念 Safety2.0 と先進技術を活用した労働安全衛生対策の動向

後藤 伸寿ⁱ

Safety2.0, a New Concept of Safety and Security, and Trends in Occupational Safety and Health Measures for Employees Applying Advanced Technologies

Nobuhisa GOTO

「第4次産業革命」と、それによる技術の革新を踏まえ提唱された「Connected Industries」の時代を迎える中、企業の労働安全衛生管理においても、先進技術を積極的に活用する取組みが見られる。具体的な動向としては、製造業等において、人と機械が協調する次世代の作業現場の構築と、対応する新しい安全・安心の概念「Safety2.0」の導入が広がりを見せている。本稿では、Safety2.0の解説と関連する動向の紹介、並びに先進技術を活用した労働安全衛生対策の例について紹介する。

(キーワード): 労働安全衛生, ものづくり, Safety2.0, 協調安全, ICT, AI, IoT, アシストスーツ, ウェアラブル

1 はじめに

近年、情報通信技術(ICT)の発展を背景に、様々なものがネットワークでつながるIoTとそれらを通じて得られたビッグデータの解析・利用、あるいはAI等の先進技術の活用により、ものづくりの最適化、効率化、高生産性を実現する「第4次産業革命」の時代を迎え、製造業等における作業現場は日々変革している。第4次産業革命による技術の革新を踏まえ、2017年3月に開催されたドイツ情報通信見本市において、経済産業省は「Connected Industries」を提唱し、「データを介して、機械、技術、人など様々なものがつながることで、新たな付加価値創出と社会課題の解決を目指す産業のあり方」¹⁾を示した。Connected Industriesの3つの柱の1つとして「人と機械・システムが対立するのではなく、協調する新しいデジタル社会の実現」が掲げられており、これに呼応するかのように、企業の労働安全衛生管理においても、先進技術を積極的に活用する取組みが見られるようになってきている。具体的な動向として、製造業等において、人と機械(例えばロボット)が協調

する次世代の作業現場の構築と、対応する新しい安全・安心の概念「Safety2.0」の導入が広がりを見せており、注目されている。

本稿では、Safety2.0について解説するとともに、関連する動向、並びに先進技術を活用した労働安全衛生対策の例について紹介する。

2 Safety2.0と関連動向

2.1 Safety2.0とは²⁾

Safety2.0とは、「情報通信技術(ICT)等を活用し、人・モノ・環境が、情報を共有することで、安全を確保する協調安全の技術的方策」³⁾で、協調安全とは、「人・モノ・環境が、情報を共有することで協調して安全を構築する安全の概念」³⁾である。

製造業等の作業現場においては、従前、人の注意力や判断力により事故防止に努めてきた。例として、巨大なエネルギーを持つ機械が稼働する作業現場では、ミスがあってはならず、細心の注意を払わなければならないため、KY(危険予知)や指差し確認、安全衛生標識、労働安全標語等によって人の注意力や

ⁱ サイエンスソリューション部 社会インフラチーム 主任コンサルタント 技術士(機械部門, 総合技術監理部門)

判断力を喚起する取組みが必須であり、こういった取組みは、今日においても最も重要な労働安全対策である。こういった「人による安全」の概念あるいはそれに基づく取組みを Safety0.0 という。

ただし、人のミスを中心に無くすることは困難であり、機械は故障や経年劣化等によって想定した動作を行わない可能性(機械のリスク)があり、人と機械の共存領域では労働災害のリスク低減や回避ができない。

これに対し、機械に安全対策を施すことにより、機械のリスクを低減させると同時に、人と機械を隔離し人と機械の共存領域を無くすることにより、労働災害のリスク低減や回避を行うことができる。例として、人と機械の作業領域を明確に線引き並びに区別し、インターロック等により人や人の身体の一部が機械の作業領域に存在しないことが保証された状態に限り機械の動作が許容される機構を導入する、機械にフールプルーフを取り入れる、といった取組みがある。こういった「人と機械それぞれによる安全」の概念あるいはそれに基づく取組みを Safety1.0 という。

ただし近年、生産性向上を目的として人と機械が共存する現場が増加している一方で対策が追いついていないことや、熟練作業者の減少による経験知(暗黙知)の喪失を背景として、人と機械の共存領域で労働災害のリスク回避が不十分な状況の発生あるいはそれに起因する労働災害が懸念されている。

これに対し、人、機械の現場作業を構成する各要素を、①ICTを活用して接続し、②相互にデータ等を監視(モニタリング)・発信し、③自律的あるいは他律的な制御を行い協調し合うことにより、安全を確保すると同時に生産性向上やコスト削減を実現することができる。こういった「人と機械、環境の協調による安全」の概念あるいは概念に基づく取組みを Safety2.0 という。人と機械が協調することで、人と機械の各領域、両者の共存領域の安全も高く保つことが可能となる。また、筆者の見解として、我が国では少子高齢化の進展に伴い、労働人口の減少が進みつつある⁴⁾ことを背景に、女性、若者、高齢者等の多様な働き手の活躍推進が求められる中、熟練作業者が保有するような現場作業の安全衛生の経験知が十分でない人でも、Safety2.0の導入によりそれら経験知を補完し、従前の生産性を確保しつつ、より安心・安全な作業現場構築を支援することも期待される。

以上、人と機械の関係における Safety0.0, Safety1.0 及び Safety2.0 の違いを表 1 に示す。

表 1 人と機械の関係における Safety0.0, Safety1.0 及び Safety2.0 の違い²⁾

	概念	リスク		
		人の領域	共存領域	機械の領域
Safety0.0	人による安全	低減	保有	保有
Safety1.0	人と機械それぞれによる安全	低減	回避 (撤廃)	低減
Safety2.0	人と機械、環境の協調による安全	低減	低減	低減

2016年7月に設立された一般社団法人セーフティグローバル推進機構(IGSAP: Institute of Global Safety Promotion)は、協調安全と Safety2.0 の推進にいち早く取り組んでいる。具体的には、国際規格化活動の推進、国内外の最新安全情報の提供や経営層を対象とした人的交流、要員認証や技術認証制度の創設とその普及等の活動を行っている⁵⁾。

2.2 国際規格化の動向⁶⁾

「Safety in the Future」は、2019年4月にシドニーで開催された、国際電気標準会議(IEC: International Electrotechnical Commission)の市場戦略評議会(MSB: Market Strategy Board)会議で提案され、会議後の委員間投票により、2019年新規に開始された白書プロジェクトである。Safety in the Futureの内容を検討する第1回の国際会合が2019年10月3日から4日にかけて東京で開催された。会合には世界8か国から19名のプロジェクトメンバーが参加し、新たな安全の考え方の変化、建設・土木分野における新たな安全管理、農業機器(ロボット)を活用した安全確保の手法、IoT機器を用いた安全モニタリングの現状等について講演及び積極的な意見交換、並びに白書の内容の方向性について認識の共有を行った。経済産業省は、IGSAPのSafety2.0の活動を基に、白書の取りまとめと規格の策定を主体的に推進し、「協調安全」という新たな安全の概念に基づく安全確保の取組みを活用した新たな市場をIECの主要な活動方針と位置付けるとしている。

Safety in the Futureは、今後、数回の国際会議を経て、IEC白書(IEC White Paper)として発行される予定である。

2.3 適合審査登録の動向⁷⁾

IGSAP は、Safety2.0 を社会に普及させることを目的に、「Safety2.0 適合審査登録制度」を創設、2018年2月より運用を開始した。同制度は、Safety2.0 に対する技術的要件を定めた「Safety2.0 に関する一般要求事項」⁸⁾に基づいて IGSAP が審査を行い、適合と判定した対象及び組織に適合証明書を発行、適合対象への Safety2.0 適合マークの表示許可を付与するものである。2020年8月3日時点で7件が適合審査に合格並びに登録されている⁹⁾。

3 先進技術を活用した労働安全衛生対策の例¹⁰⁾

3.1 概要

企業の労働安全衛生管理においても、従前の、人の注意力や判断力による対策(Safety0.0)、作業現場や機械を対象としたリスクアセスメント等に基づく人と機械の共存領域の撤廃と機械の安全対策(Safety1.0)により、労働災害や事故の防止を行ってきた。

それら従前の安全対策に加え、人、機械の現場作業を構成する各要素を、①ICT を活用して相互に接続し、②相互にデータ等を監視(モニタリング)・発信し、③自律的あるいは他律的な制御を行い協調し合う安全対策(Safety2.0)、あるいは従前の安全対策にAI等の先進技術を活用することにより、困難と思われた人と機械の共存領域の撤廃、重筋作業における身体への負担軽減、危険体感教育といった労働安全衛生対策を行う企業が見られる。表2及び図1に、AI等の先進技術を活用した労働安全衛生対策の例を示す。

本章では、これら AI 等の先進技術を活用した労働安全衛生対策について紹介する。

3.2 ICT を用いた危険検知、アラーム発信、強制停止

多くの製造業等の作業現場においては、重機と作業をする人の共存領域が存在する、作業の効率や生産性の面から共存領域を撤廃することは困難であり、第一に、共存領域においては作業あるいは重機を運転する人の注意力や判断力による対策(Safety0.0)が講じられてきた。それら従前の安全対策に加え、ICT を活用し重機と人の相互の接近を感知し、必要に応じて信号を重機に発信し自律的に停止するといった労働安全対策の事例がある。

具体的には、重機に発生させた磁界内に IC タグを装着した人が誤侵入した場合に、IC タグが電波信号を重機に発信し、自動ブレーキが作動することで緊急停止、人に対してはアラームを発信するものである。人と重機の共存領域を維持し、同時にリスクの低減を行う、Safety2.0 の概念に基づく取組みといえる。

例えば、株式会社 NIPPO は ICT の一種である RFID(Radio Frequency Identifier)¹¹⁾ を用いた「WS(Worker Safer)システム」を開発しており、国内第一号で「Safty2.0」の認証を取得(2018年2月28日)⁹⁾したほか、JX 金属株式会社のグループ会社であるパンパシフィック・銅工業株式会社の佐賀製錬所に導入されている¹⁰⁾。

3.3 タブレット端末を用いた遠隔監視、操作

従前、人と機械の隔離、すなわち共存領域の撤廃が難しいと思われた作業現場に、タブレット端末を用いて機械の遠隔監視や操作を行うことにより、共存領域の撤廃を行った労働安全衛生対策の事例がある。

具体的には、タブレット端末と分散型制御システム(DCS : Distributed Control System)を接続し、現場から DCS に指示を出し設備を遠隔操作する、あるいはタンク洗浄時に現場作業員がタブレットを通して機械を操作することで、作業の省力化と安全性の向上を実現するものである。

Safety1.0 は、人と機械を隔離し人と機械の共存領域を無くすることで、労働災害のリスク回避を行う安全の概念あるいはそれに基づく取組みである。本事例は、先進技術の活用により Safety0.0 から Safety1.0 への移行に成功した事例といえる。

3.4 アシストスーツを用いた作業負荷軽減

製造業等の企業においては、従前、大きな力を必要とする作業(重筋作業)に対し、ロボット等の導入により、人の労働災害の回避や生産性の向上を行う取組みが見られるが、作業内容からロボット等の導入が難しい重筋作業に対し、アシストスーツを用いる労働安全衛生対策の事例がある。

具体的には、建設業では顧客の要求に応じて様々な種類並びに分量の建材の製造を行う必要があり、それら建材の製造や運搬等を行う作業において、重量物等を持ち上げる重筋作業は身体への負担が避け

表 2 AI 等の先進技術を活用した企業における労働安全衛生対策の例¹⁰⁾

最新技術	活用	内容
ICT	危険検知, アラーム発信, 強制停止	重機の稼働中に作業をする人が接近した場合に, 電波信号を重機に発信し, 自動ブレーキが作動することで緊急停止させる, 同時に作業をする人にアラームを発信する.
タブレット端末	遠隔監視, 操作	タブレット端末と分散型制御システム(DCS : Distributed Control System)を接続し, 現場から DCS に指示を出し, 設備を遠隔操作する.
アシストスーツ	作業負荷軽減	重量物荷物の上げ下げの際の身体への負担を軽減し, 労働災害を引き起こさないための予防とする.
VR(仮想現実)	危険体感教育	PC や各種補助装置を使用し, 視覚等の感覚に働きかけることにより, 仮想的に危険を体感する.
AI, 画像認識等	異常検知	作業をする人のミスや設備・部品の不具合とその予兆を検知する.
ウェアラブル, 携帯端末	位置測定, 状態監視, 身体負荷・ストレスレベル測定	作業をする人の位置, 状態, 身体負荷・ストレスレベルを測定し, 危険状態の検知や災害の未然防止を行う.

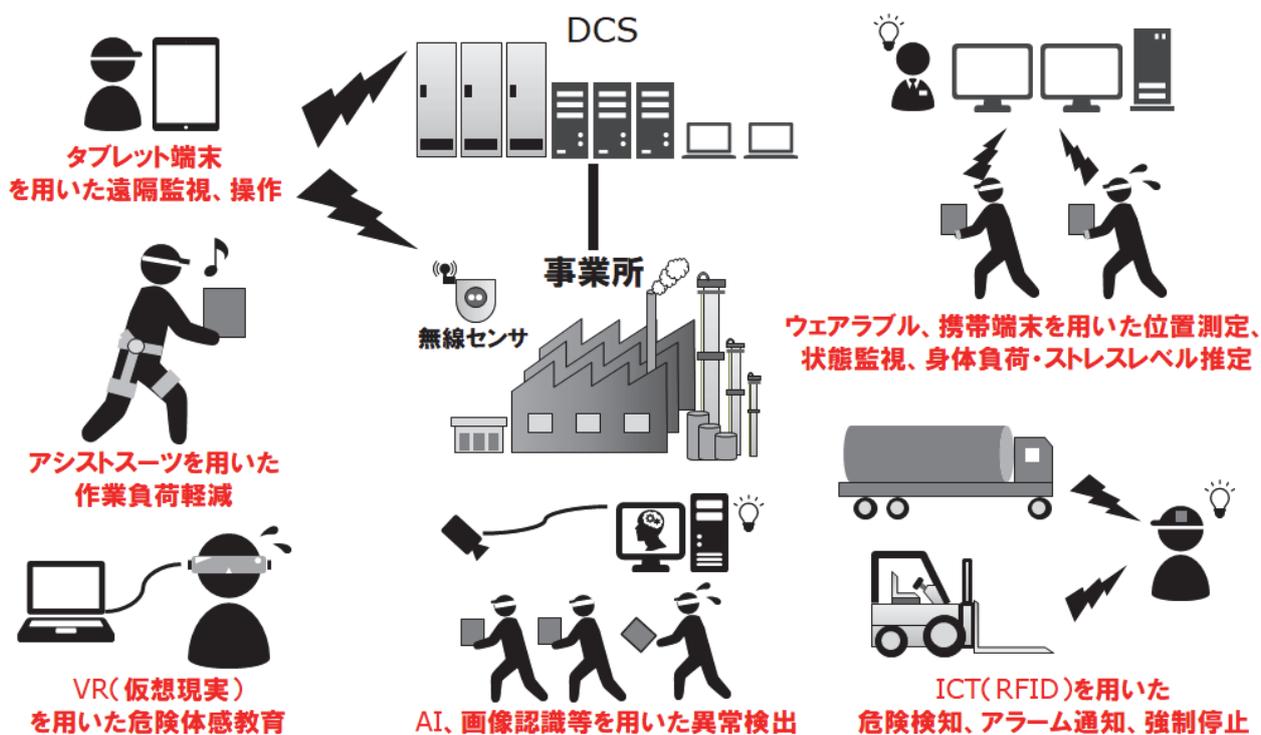


図 1 AI 等の先進技術を活用した企業における労働安全衛生対策の例(イメージ)¹⁰⁾

られないが, 多種多様な建材を製造する作業をロボットで代替することはコスト面等から適していないため, 作業する人がアシストスーツを使用することにより, 重筋作業の際の身体への負担を軽減し, 労働災害を引き起こさないための予防とするものである.

例えば, 大和ハウス工業株式会社では, CYBERDYNE 株式会社が開発・製造するロボットスーツ「HAL®腰タイプ作業支援用」を中心としたアシストスーツを, 建材の製造や運搬作業現場に導入しており, 作業を行う人の身体への負担を軽減する取組みを行っている¹⁰⁾.

3.5 VRを用いた危険体感教育

製造業等の作業においては、熟練作業者が経験に基づき培ったものづくりのノウハウや不安全行動の回避といった経験知(暗黙知)が重要であり、我が国の製造業等を支えていると言っても過言ではない。それら経験知の継承、安全教育は、事故の防止のために重要な取組みである。そういった安全教育をより効果的に行い、知識の定着を支援するため、VRを用いて危険を体感する安全教育(危険体感教育)の事例がある。

具体的には、PCや各種補助装置を使用し、視覚等の感覚に働きかけることにより、高い臨場感の下、仮想的に危険を体感し、事故防止に関する知識の定着を効果的に行うものである。

例えば、三菱マテリアル株式会社では、VRを活用した危険体感装置を安全教育に導入し、視覚のみならず補助装置を利用して災害時の衝撃や感覚を疑似体験できる危険体感教育を導入している¹⁰⁾。

3.6 AI、画像認識等を用いた異常検知

製造業における品質保証の方法の1つに、検査がある。検査は、「外観検査」(目視により製品の傷、汚れ、変形、埃の付着等を確認する)と「機能検査」(製品が仕様どおりに動作するかを確認する)に大きく分類される。従前、外観検査は人(検査員)が目視により行っており、検査員のミス等やコスト削減による抜き取り検査(代表点管理)による品質の低下が問題となる場合がある。近年、外観検査等、人が視覚的かつ代表点管理によって行っていた管理作業にAIと画像認識等の技術を用いる事例がある。

具体的には、品質保証を人による代表点管理から、AIと画像認識等の技術を用いて全点管理を行うことにより、より高い精度で製品の検査、あるいは人を含めた製造プロセスの逸脱を検知するものである。

例えば、株式会社ダイセルでは、画像認識によって作業をする人のミスや設備・部品の不具合を検知、それら画像をAIで解析し、不具合の予兆を検知するといった取組みを行っている。画像を用いて品質保証を全点管理で行うことにより、製品に不具合が発生した場合に、原因を把握しエビデンスを提示することが容易としている。また、作業員の動作計測のため3次元形状を取得できる距離カメラを用い、人物の手や肘、肩といった関節位置情報を取得し、実際の作業員の関節位置情報に基づいたデータと標

準動作モデルを統計的に比較することにより、逸脱動作を判定している。このほか、設備や材料の不具合の検知、溶接不良についても高速カメラによる異常検知することも可能としている。これら大量の画像データから、品質改善や生産性向上に関する情報をリアルタイムに抽出し、解析することで、不具合の早期発見や品質の安定化、作業効率の改善に活用できるとしている¹⁰⁾。

3.7 ウェアラブル、携帯端末を用いた位置測定、状態監視、身体負荷・ストレスレベル測定

建設業等の屋外作業においては、常に作業を行う人の熱中症のリスクや、作業現場が業務(工事)ごとに異なるため、就業経験の浅い人が危険な場所に不意に立ち入るといった不安全行動のリスクが伴うため、作業を行う人がウェアラブルや携帯端末を装着あるいは携帯し、人の位置や姿勢の測定とそれに基づく状態の監視、屋外作業における身体負荷やストレスレベルの測定を行う労働安全衛生対策の事例がある。

具体的には、専用端末を取り付けることにより、作業をする人や作業車の位置や作業状態を把握するもので、作業をする人の位置・動態情報や稼働状況等をリアルタイムに「見える化」する、あるいはウェアラブルを装着することにより、作業を行う人の熱ストレスと身体負荷を測定、監視するものである。

例として、株式会社日立製作所では、建設現場において、作業を行う人がかぶるヘルメットや作業車に端末を取り付けることで、作業現場に取り付けられたビーコンの信号を受信した端末がビーコンと端末の情報を基地局に送信し水平位置を把握、端末に内蔵されたセンサによって高さ位置を把握するほか、端末に備えたセンサにより、作業員の転倒や危険環境への侵入等を迅速に察知することで、安全性を向上させる取組みを行っている¹⁰⁾。

4 おわりに

製造業等において、ICT等を用いて、人と機械(例えばロボット)、並びに環境が情報を共有することで協調する新しい安全・安心の概念「Safety2.0」の紹介と、関連して、従前の安全対策にAI等の先進技術を活用することにより、困難と思われた人と機械の共存領域の撤廃、重筋作業における身体への負担軽減、危険体感教育といった労働安全衛生対策の事

例の紹介を行った。

これらの取組みは、少子高齢化の進展に伴う労働人口の減少を背景として、多様な働き手の活躍推進が求められる中、熟練作業者が保有するような現場作業の安全衛生の経験知が十分でない人でも、それら経験知を補間し、従前の生産性を確保しつつ、より安心・安全な、より長く働くことのできる作業現場の構築を支援することも期待される。

みずほリサーチ&テクノロジーズ サイエンスソリューション部においても、これまでの業務経験に基づいて蓄積してきた知見等を活かして、誰もがより安全・安心に、より長く働くことのできる製造業等の作業現場の実現に微力ながら貢献していきたいと考えている。

謝辞：本記事は、中央労働災害防止協会からみずほリサーチ&テクノロジーズが受託した業務「AI, IoT等の最新技術を活用した企業における先進的な安全衛生管理の取組事例に関する調査研究」の成果を含んでおります。

引用文献

- 1) 経済産業省, 厚生労働省, 文部科学省: 2018 年版ものづくり白書(ものづくり基盤技術振興基本法第 8 条に基づく年次報告).
- 2) 中村: Safety2.0 の概念と鉄道における事例 第 8 回横幹連合コンファレンス(2017 年 12 月), 中村: IoT 時代の新しい安全「Safety2.0」の全貌 独立行政法人情報処理推進機構 SEC 先端技術入門ゼミ ET2017, 等各種公刊情報を基に作成.
- 3) 一般社団法人セーフティグローバル推進機構: 協調安全, Safety2.0 とは
<https://institute-gsafety.com/safety2/> (2020 年 7 月閲覧).
- 4) 例えば, 内閣府政策統括官(経済財政分析担当): 日本経済 2019-2020—人口減少時代の持続的な成長に向けて—(2020 年 2 月).
- 5) 一般社団法人セーフティグローバル推進機構: 活動内容 <https://institute-gsafety.com/about/activity/> (2020 年 7 月閲覧).
- 6) 経済産業省: IoT 時代の新しい安全を日本から世界に広めます
<https://www.meti.go.jp/press/2019/10/20191018002/20191018002.html> (2020 年 7 月閲覧), 一般財団法人日本規格協会 IEC 活動推進会議: IEC 事業概

要—2020 年版—(2020 年 5 月 1 日), 等各種公刊情報を基に作成.

- 7) 一般社団法人セーフティグローバル推進機構: 協調安全による事故の低減と生産性の両立に向けて Safety2.0 適合審査登録制度への登録・申請が加速!
https://institute-gsafety.com/wp/wp-content/uploads/2020/03/Safety2.0_NR_20200326.pdf (2020 年 7 月閲覧), Safety2.0 適合審査登録制度
<https://institute-gsafety.com/safety2/guide/> (2020 年 7 月閲覧), 等各種公刊情報を基に作成.
- 8) 一般社団法人セーフティグローバル推進機構: Safety2.0 に関する一般的要求事項
https://institute-gsafety.com/wp/wp-content/uploads/2019/12/Safety2.0_S01_20191025.pdf (2020 年 7 月閲覧).
- 9) 一般社団法人セーフティグローバル推進機構: Safety2.0 適合登録リスト
<https://institute-gsafety.com/safety2/list/> (2020 年 8 月閲覧).
- 10) 中央労働災害防止協会: AI, IoT 等の最新技術を活用した企業における先進的な安全衛生管理の取組事例に関する調査研究報告書(2020 年 3 月), 等各種公刊情報を基に作成.
- 11) 「タグ」と「読み取り装置」の間で電磁波の一種である電波を交信させて, 非接触で情報を読み書きするシステムをいう.