

安全管理と『協調安全』『Safety2.0』

公益財団法人 鉄道総合技術研究所

企画室 戦略調査 柴田 徹



Railway Technical Research Institute

1

安全管理と『協調安全』『Safety2.0』

1. 社会環境の変化

- 産業革命
- Society5.0

2. とSafety2.0

- 概念の構築
- Safety2.0 と Safety - II
- 安全技術の変遷

3. 協調安全

- 指標「CSL (Collaborative Safety Level)」



Railway Technical Research Institute

2

1. 社会・環境の変化

・ 社会的動向

- 新型コロナの感染拡大 → 価値観の変化
生産年齢人口の減少 → 労働環境の改善が必要

・ 経済的動向

- SDGs → 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
カーボンニュートラル → 脱炭素化に向けた取組
サーキュラーエコノミー → 限りある資源を有効に使う

・ 技術的動向

- デジタルトランスフォーメーション(DX)
→ IoT、AI、ビッグデータ等のICT(情報通信技術)の発達に起因

⇒ **第4次産業革命、Society5.0**



1. 社会・環境の変化: 産業革命

	第一次産業革命	第二次産業革命	第三次産業革命	第四次産業革命
	機会化	効率化	自動化	最適化
革新	蒸気機関、紡績機など 軽工業の機会化	石油、電力、 重化学工業	インターネットの出現 ICTの普及	デジタル世界と物理的 世界、人間の融合
技術	蒸気・水力	電気・エネルギー	IT・コンピューター	IoT、ビッグデータ、AI
効果	生産・運搬の機会化	大量生産	生産の自動化	生産の自立化、 生産の効率化



1. 社会・環境の変化 : Society5.0

- 第四次産業革命で掲げられている技術革新に着目して、あらゆる産業や日常に取り込み、日本社会の課題解決を実現するもの
- 第四次産業革命は製造業に特化しているが、Society 5.0は社会の仕組みのことを指している
- 日本政府が策定した第5期科学技術基本計画で提唱されている社会システム
- IoTやAI、ロボットなどの新たな技術を日常や産業などに取り入れ、一人ひとりが活躍できる社会、課題を克服できる社会が目指せる

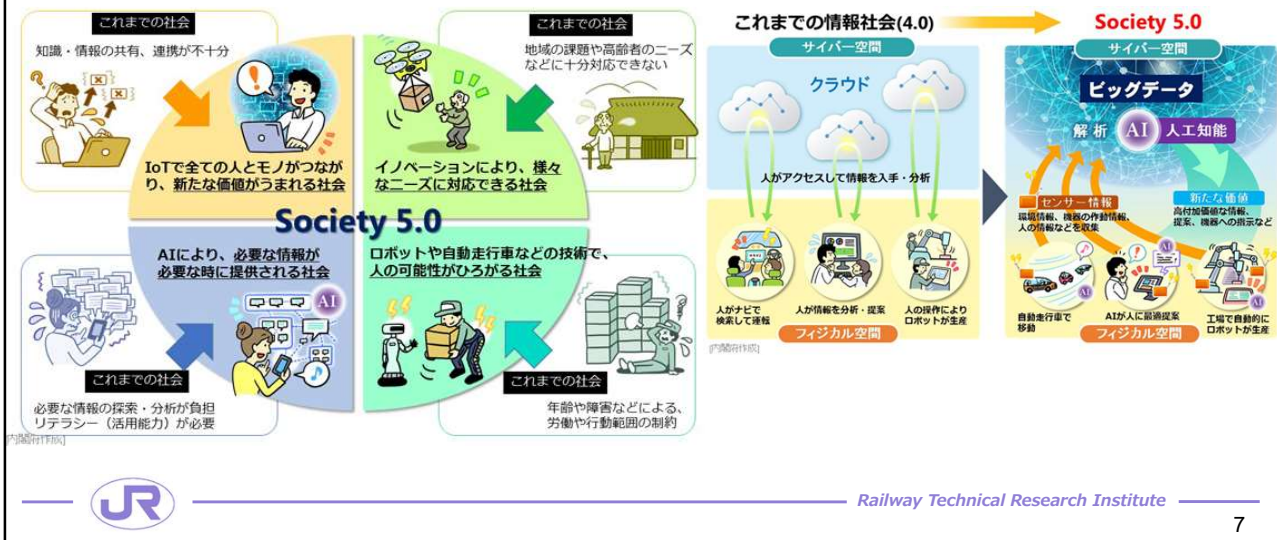


1. 社会・環境の変化 : Society5.0

- Society 1.0 = 狩猟社会
- Society 2.0 = 農耕社会
- Society 3.0 = 工業社会
- Society 4.0 = 情報社会
- Society 5.0 = 超スマート社会
- 超スマート社会：
「必要なもの・サービスを、必要な人に、必要な時に、必要なだけ提供し、社会の様々なニーズにきめ細かに対応でき、あらゆる人が質の高いサービスを受けられ、年齢、性別、地域、言語といった様々な違いを乗り越え、生き活きと快適に暮らすことのできる社会」

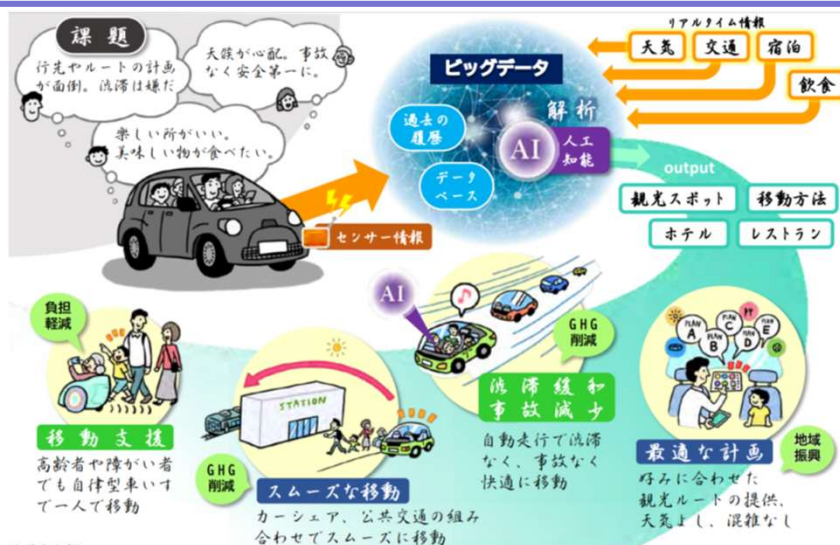


1. 社会・環境の変化: Society5.0



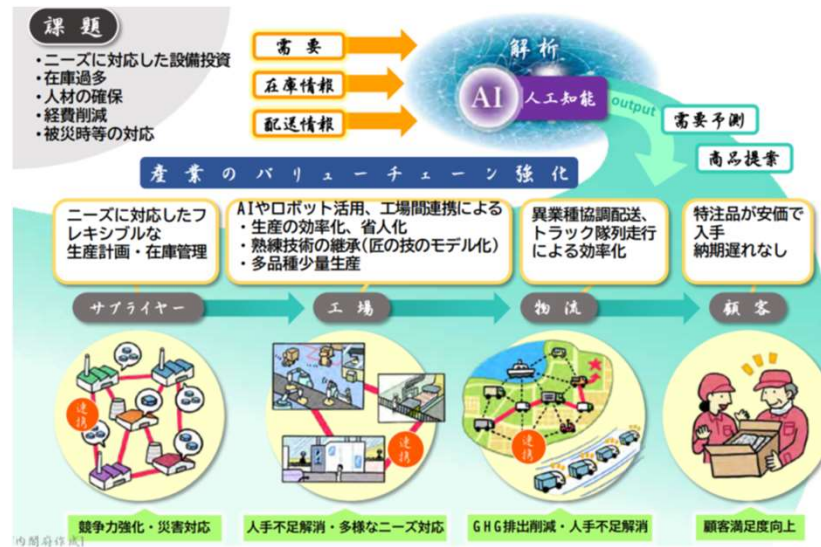
7

1. 社会・環境の変化: Society5.0(交通)



8

1. 社会・環境の変化 : Society5.0(ものづくり)



内閣府作成

Railway Technical Research Institute

9

1. 社会・環境の変化 : Society5.0(防災)



内閣府作成

Railway Technical Research Institute

10

2. Safety2.0

- Safety2.0とは
 - ICT等を用いて、モノ、人、環境が、リアルタイムに情報を共有する
 - 協調して安全を実現する技術的方策
 - 全体として生産性や効率を損なうことなく、協調して安全を実現することができる
- ICT
 - Information(情報)、Communication(通信)に関するTechnology(技術)
- 情報
 - 各種の情報を含むが、特に、リスク情報、危険回避に必要な情報を含む
- 情報の共有
 - 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)等を意味する



2. Safety2.0

- 協調安全とは
 - モノ、人、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
 - Safety2.0により実現できるようになった
- 環境
 - 物理的な環境とともに、法律、規制などの組織的、社会制度的環境を含む



2. Safety2.0: 概念の構築

<コンセプトの確立>

- 2015年夏、専門家組織「Safety 2.0準備委員会」（2016年より「Safety 2.0推進委員会」に改称）を発足
- 委員長：向殿政男 明治大学名誉教授
- 委員：梅崎重夫 労働安全衛生総合研究所機械システム安全研究グループ長
中村英夫 日本大学理工学部応用情報工学科特任教授
藤田俊弘 IDEC常務執行役員技術戦略本部長 IDECグループC.T.O.
古澤 登 安全と人づくりサポート代表、元トヨタ自動車安全衛生推進部担当部長
- 議題：技術的定義の検討
- 事務局：日経BP社日経BP総研 社会インフラ研究所

<Safety 2.0の技術的定義>

- ・ 人、モノ、環境など各構成要素を情報（ICT）でつなぐ
- ・ リスク関連情報（危険／安全情報）をモニタリングし、発信する
- ・ （リスク関連情報を受けて）自律的（自身）、あるいは他律的（周囲の人やモノ）な制御により安全側に導く



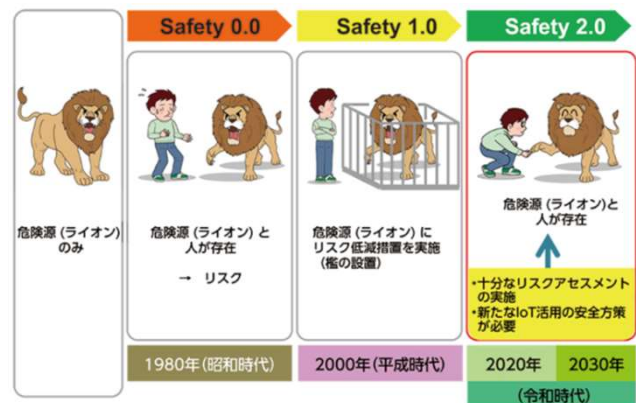
2. Safety2.0: Safety2.0 と Safety - II

	Safety - I	Safety - II
安全の定義	失敗の数が可能な限り少ないこと	成功の数が可能な限り多いこと
安全管理の原理	受動的で、何か許容できないことが起こったら対処	プロアクティブで（先取りして）、連続的な発展を期待する
事故の説明	事故は失敗と機能不全により発生	物事は結果にかかわらず基本的には同じように発生する
事故調査の目的	原因と寄与している要素を明らかにする	時々物事がうまくいかないことを説明する基礎として、通常どのよううまくいっているかを理解する
ヒューマンファクターへの態度	人間は基本的にやっかいで危険要素	人間はシステムの柔軟性とレジリエンスの必要要素
パフォーマンス変動の役割	有害であり、できるだけ防ぐべき	必然的で有用 監視され、管理されるべき



2. Safety2.0: 安全技術の変遷

- Safety0.0
危険な機械を人が注意しながら使用する
- Safety1.0
危険な機械を安全化する
- Safety2.0
「人」「モノ」「環境」をICT技術で つなぐ



2. Safety2.0: 安全技術の変遷 (Safety0.0)

- 注意力で安全を確保していたSafety0.0の時代

1830年9月: リバプール ~ マンチェスタ間で蒸気機関車による世界初の公共旅客鉄道が登場
安全の確保に腐心



告知人(前走り最高速度が8マイル毎時・12.9km/h)
<http://kyotokitano.com/densya/?p=8>



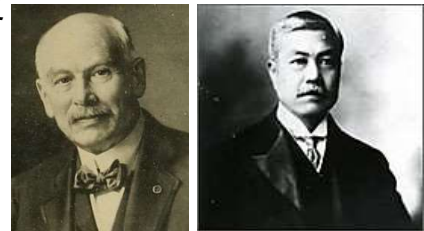
赤旗を持ち馬に乗って列車を誘導する鉄道掛員
(Atlas of the World's Railwaysから)



■ 2. Safety2.0: 安全技術の変遷(安全第一)

- ・1900年代初頭のアメリカ合衆国は、非常に不景気で生産設備においても荒れ果て、大災害が相次いでいた社会的状況
- ・当時「生産第一・品質第二・安全第三」
- ・USスチール(現USX社)の社長であったエルバート・ヘンリー・ゲーリーは労働者たちの苦しむ姿に非常に心を痛め、人道的見地から「安全第一、品質第二、生産第三」に改めた
- ・ゲーリーの経営方針は、第二次世界大戦時の労働者不足にもかかわらず、生産性も高く、災害もなく、品質も優れていて「Safety-First」は全米に広がった
- ・日本では大正元年(1912年)古河鋳業足尾鋳業所長の小田川全之(おだがわまさゆき)が「安全専一」と訳して所内の安全活動を推進した
- ・「安全専一」は昭和になると「安全第一」として定着した

安全+第一

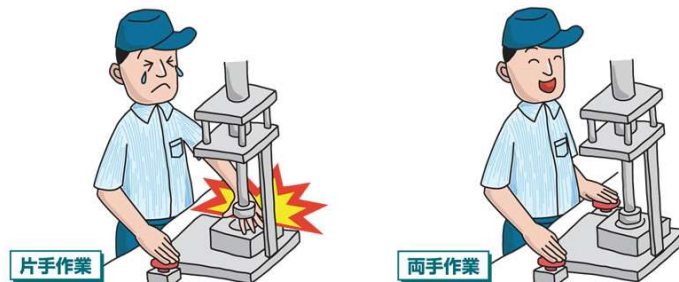


Railway Technical Research Institute

17

■ 2. Safety2.0: 安全技術の変遷(Safety1.0)

- ・人間の錯誤に起因した事故からの解放を意図したSafety1.0
- ・安全を守る仕組みを導入
 - －片手ボタンから両手押しボタンへ
 - －危険領域に手がない時にしかスイッチが押せない

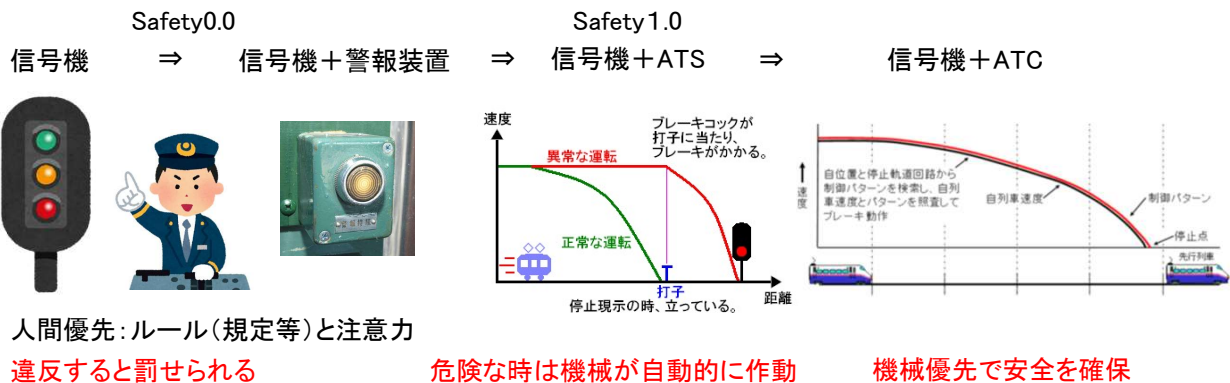


Railway Technical Research Institute

18

2. Safety2.0: 安全技術の変遷 (Safety1.0)

- 産業界固有の安全性技術が発達
- 鉄道: 人間のミスによる事故を防止する保安制御



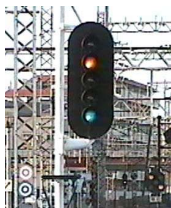
Railway Technical Research Institute

19

2. Safety2.0: 安全技術の変遷 (Safety1.X)

- Computer利用で高度化、巧緻化 (Safety1.5)
 - コンピュータの導入は、安全制御の分野の質を変え、高度・巧緻なシステムの開発を容易
 - 停止信号の防護以外にもRISK低減(安全防護機能の拡張)

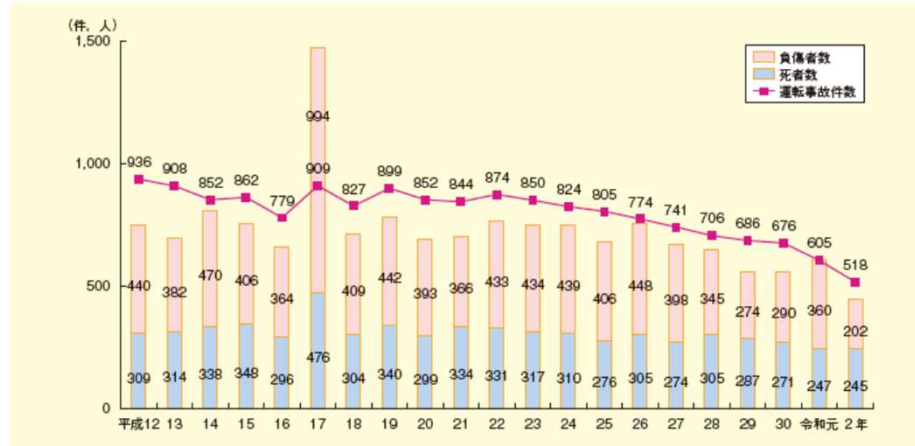
最高速度制限制御 曲線速度制限制御 分岐器速度制限制御 端末駅過走防護 駅停止位置制御



Railway Technical Research Institute

20

2. Safety2.0: 事故の発生状況(鉄道)

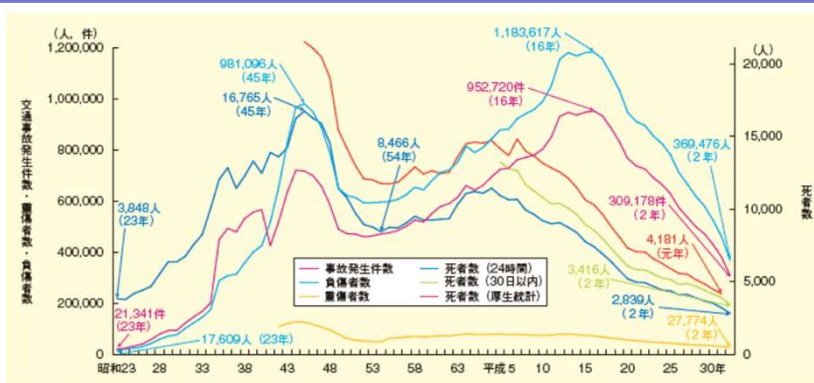


注 1 国土交通省資料による。
2 死者数は24時間死者。

鉄道運転事故と死傷者の推移 (令和3年度交通白書より)



2. Safety2.0: 事故の発生状況(自動車)



注 1 警察庁資料による。
2 「死者数 (24時間)」とは、交通事故によって、発生から24時間以内に死亡した者をいう。
3 「死者数 (30日以内)」とは、交通事故によって、発生から30日以内 (交通事故発生日を初日とする。) に死亡した者をいう。
4 「死者数 (厚生統計)」は、警察庁が厚生労働省統計資料「人口動態統計」に基づき作成したものであり、当該年に死亡した者のうち原因が交通事故によるもの (事故発生後1年を超えて死亡した者及び後遺症により死亡した者を除く。) をいう。
なお、平成6年以前は、自動車事故とされた者を、平成7年以降は、陸上の交通事故とされた者から道路上の交通事故ではないと判断される者を除いた数を計上している。

道路交通事故による交通事故発生件数、死者数、負傷者数及び重傷者数の推移 (令和3年度交通白書より)



2. Safety2.0: 安全技術の変遷 (SafetyX.X)

- 人間の注意力に依拠して安全を確保: Safety0.0
- 人間のミスがあっても安全を機械がサポート: Safety1.0
 - 業界固有のフェールセーフ技術が進化
 - 産業界を横断するフェールセーフの原則は確立し得なかった
- コンピュータ利用で安全を担保しつつ高度な機能を: Safety1.x
 - 産業界を横断する安全性構築手法(機能安全)定着
 - プロセスの厳格な管理が安全を支える
- IoT時代の新しい安全の在り方: Safety2.0

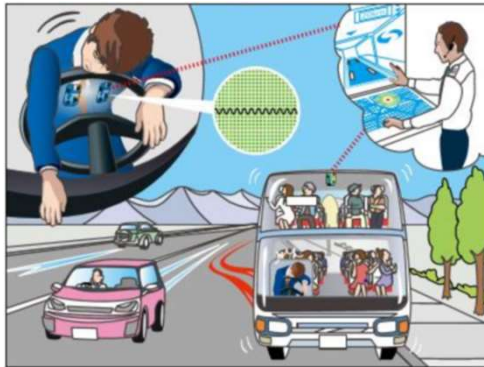


2. Safety2.0: 安全技術の変遷 (SafetyX.X)



2. Safety2.0: 実用化例

・ コラボレーション・フェールセーフ



バスの運転者に異常が起きたら、それを管理センターやバスに急報し、バスが自動で停止

イラスト: 楠本礼子



ウェアラブル端末装着イメージ

健康状態を見る化したイメージ

- ・ NEC、小田急シティバス株式会社が、乗合バス乗務員の生体情報の収集・活用の実証実験を実施
- ・ ウェアラブル端末を用いて生体情報を測定、乗務員ごとの疲労度を判定し、本人でも気づかない乗務中の体調変化や疲労の見える化を可能とした
- ・ 勤務予定・実績、その他の業務システムとの連携により、運行品質や安全を高めるべく検討を進めていく



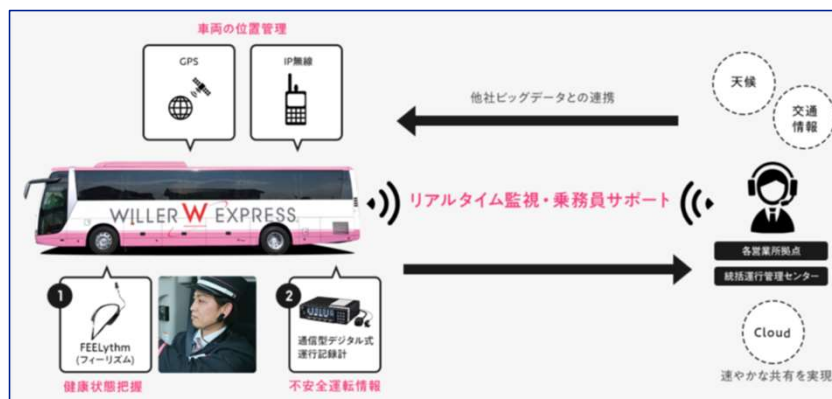
Railway Technical Research Institute

25

2. Safety2.0: 実用化例

・ WILLER EXPRESS株式会社

－ 乗務員の居眠りや急な体調の変化を察知！直ぐに対応！



- ・ 脈波を計測
- ・ 自分でも気づかない疲れや眠気の予兆を検知
- ・ 振動で注意を促す
- ・ 運行管理者も情報共有



Railway Technical Research Institute

26

2. Safety2.0: 実用化例

日立物流
SSCV-Safety

Smart
Safety
Connected
Vehicle



Railway Technical Research Institute

27

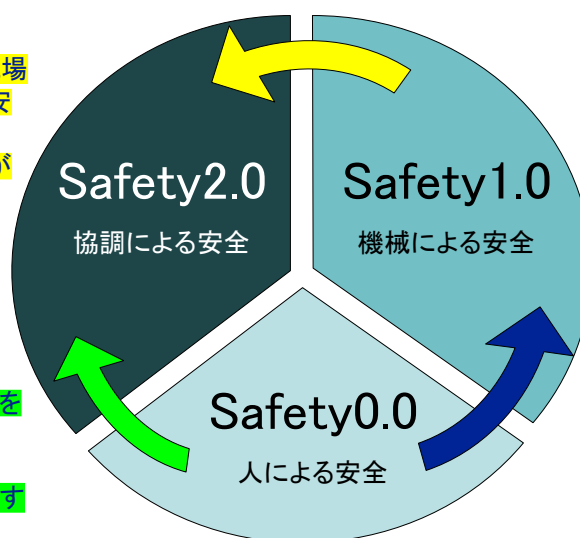
2. Safety2.0: ステップアップ

■ 新しいステップ

- 0.0、1.0、2.0の併用で現場特性に合わせた最適な安全対策を選択
- 安全性と生産性の両立が可能に

■ 新しいステップ

- 中小・中堅企業向き
- 作業員の経験・知識不足を設備側で補う
- 自動車向き
- 固定化できない現場に適す



■ 現在の主たるステップ

- 大企業向き
- 機械安全を習熟した人材が必要
- 鉄道向き
- 固定化された現場に適す



Railway Technical Research Institute

28

2. Safety2.0: 比較表

	安全確保の手法 安全機能の発揮	原則	具体的内容	特徴	主たる安全 の概念	協調安全
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	生産優先	作業安全	ヒト
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	安全優先	機械安全	モノが加わ る
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技術の活用/ 情報共有	生産と安 全の両立	協調安全	環境: 組織 的側面 が加わる

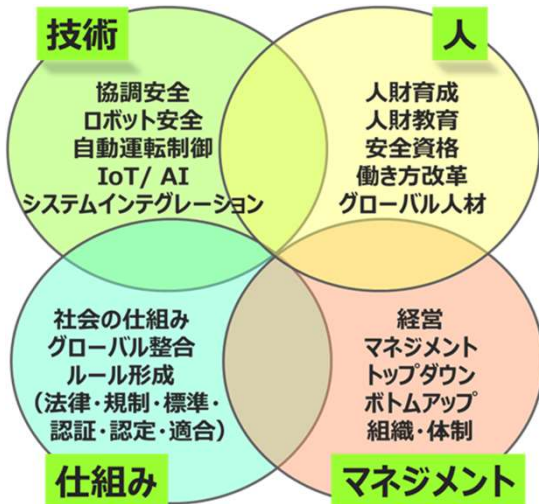


3. 協調安全

- 人間(人文科学)と技術(自然科学)と組織・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
- 「Safety2.0」は「協調安全」を実現するための一つの技術的手段
- 協調安全は従来の機械安全や機能安全と相反するものや排他的なものではなく、それらに加えて適用することにより、人の領域、共存領域、機械の領域におけるリスクを最小化する
- 協調安全の適用だけでリスクを最小化できるものではなく、本質安全や制御安全、機能安全などによって人の領域、機械の領域のリスクを低減できていることも重要



3. 協調安全



- 事業者＋メーカー＋監督官庁＋認証団体それぞれが敵対関係ではない
→ ゴールを目指して知恵を結集
- 要素同士が情報交換し最適な機能・安全を実現
- ゴールを目指してそれぞれのステークホルダーが協力
- 運輸安全マネジメント制度の重要性



3. 協調安全：指標「CSL (Collaborative Safety Level)」

Safety2.0要求事項		Collaborative Safety Level (CSL)の要求事項			
項目	内容	CSL 1	CSL 2	CSL 3	CSL 4
		行動エリア内で、危険事象回避が可能となる手段を確保	人の情報を活用し、危険事象を回避するように機械を制御	CSL 2に加え、機械からの高度な情報により、人に行動を促し危険事象を回避可能	人と機械の状態を最適な安全状態となるよう、リアルタイムに制御
基準	人・モノ・環境等の各構成要素を情報 (ICT) でつないでいる	人の情報をモノに伝達	人・モノ接続により、モノに人の情報を伝達し、機械を制御	人・モノ接続により、人にモノの状態を伝達、回避行動を促す	人・モノ (および環境) 接続により、相互状態の最適化を制御
	リスク関連情報 (危険・安全情報) をモニタリングし、発信している	危険情報のモニタリングと情報発信	人の行動、状態の発信により、人のリスクを確認・低減	モノの動作情報、蓄積情報を発信、機械のリスクを確認・低減	人・モノ・環境を含めた様々な要素のリスクを共有・確認・低減
	リスク関連情報を受けて自律的、あるいは他律的な制御により安全側に導いている	人の行動・操作 (他律制御) により危険事象を回避	関係する人の行動・操作、状態確認により、モノが危険事象を回避するよう制御	モノの動作情報、蓄積情報を発信・解析し、人の操作、機械の制御により危険事象を回避	人・モノ・環境を含めた要素を分析、学習、最適なリスク低減を実施しつつ、危険状態を回避





参考文献

- 1) 「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
- 2) 一般財団法人テクニカルコミュニケーター協会 https://www.jtca.org/about_jtca/index.html
- 3) 内閣府 https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/
- 4) 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/>
- 5) 「安全第一の起源:セイフティ・マンの働きを軸に、1905-1910年」アメリカ経済史学会編『アメリカ経済史研究』第19号(2020年12月): 1-30.
- 6) https://www.smcworld.com/products/ja/s.do?ca_id=262&se_id=459&show_page=true
- 7) <https://www.tawatawa.com/denshanani/page033.html>
- 8) 内閣府、令和3年度交通白書 https://www8.cao.go.jp/koutu/taisaku/r03kou_haku/zenbun/index.html
- 9) 「Safety- I & Safety- II」、エリック・ホルナゲル(著)、北村正晴、小松原明哲(監訳)
- 10) https://jpn.nec.com/press/201707/20170703_01.html
- 11) <https://www.willereexpress.co.jp/>
- 12) <https://www.hitachi-transportssystem.com/jp/sscv/safety/>
- 13) <https://jp.idec.com/idec-jp/ja/JPY/>

