

レジリエンスエンジニアリング と新しい安全教育

立教大学 名誉教授
株式会社社会安全研究所 技術顧問
芳賀 繁



Haga, Shigeru

1953年 生まれ
1977年 日本国有鉄道入社
1979年 鉄道労働科学研究所研究員
1987年 財団法人鉄道総合技術研究所主任研究員
1995年 東和大学工学部経営工学科助教授
1998年 立教大学文学部心理学科助教授
2002年 同 教授
2006年 立教大学現代心理学部心理学科教授
2018年 立教大学名誉教授
株式会社社会安全研究所技術顧問
現在に至る
博士（文学）

1. VUCAの時代

現代はVUCAの時代と言われる。VUCAとはVolatility（変動性）、Uncertainty（不確実性）、Complexity（複雑性）、Ambiguity（曖昧性）の頭文字を取った言葉で、一言で表すと「先が読めない時代」という意味である。VUCAの時代にあっては、これまでの経験から積み上げられた知識やノウハウが役に立たない、あるいは少なくとも役に立たない可能性がある。

鉄道は、過去の事故や災害を教訓として積み重ねられた対策、技術、知識、ノウハウによって安全性が高められてきた。この営みは今後も続ける必要がある。しかし、VUCAの時代の未来は過去の延長線上にはない。経験したことのない自然災害が起きたり、思ってもいない行動をとる人が現れたり、小さな故障が大規模な通信障害を引き起こしたりする。これら以外にも想定できないようなことがきつと起きるだろう。あらゆることを想定して一つ一つに備え、システムを改良し、マニュアルを決めて訓練するなど不可能である。

想定外のことが起きてから意思決定に時間がかかりすぎると事態は悪い方向に拡大していく。2011年5月27日にJR石勝線で起きた脱線とトンネル内列車火災事故、2021年10月31日に起きた京王線車内傷害事件、2023年1月24日に大雪のためJR京都線と琵琶湖線で列車15本が立ち往生して多くの乗客が車内に閉じ込められた事象などは、状況の変化に意思決定が追いつかなかった例である。いずれも現場第一線が指令等の指示を待ち、指示が出たときには状況が進展してしまっていた。

鉄道従業員は、まず何よりもマニュアル等のルールを遵守すること、ルールが適用できない状況では

指令や上長に報告し、指示を仰ぐことを徹底して指導されている。しかし、未知の状況に遭遇したときや、状況が変化しているときには、現場でその状況を目の当たりにしている第一線が自律的に判断し、果敢に行動する必要がある。

2. レジリエンスエンジニアリング

VUCAの時代の安全マネジメントの指針となる理論として、安全問題の専門家、安全を重視する組織、企業などから大きな注目を集めているのがレジリエンスエンジニアリングである。

レジリエンスエンジニアリングは、「社会技術システム」がレジリエントであるための要件、システムのレジリエンスを評価する手法、レジリエンスを高める方法などを研究し、その知見を実践的に応用する活動である。社会技術システムとは、組織、人、制度、法令などの社会システムと、設備、装置、コンピュータ、ソフトウェアなどの技術システムが一体となって目的を果たすために機能しているシステムのことであり、日本の鉄道輸送全体も、一つの鉄道路線も、一つの駅、乗務員区、保線区、車両基地など鉄道輸送システムを構成するサブシステムも社会技術システムである。社会技術システム（以下「システム」と略す）のレジリエンスとは「ダイナミックに変化する状況の下で、システムが機能を維持する力」である（文献1, 2）。

レジリエンスエンジニアリングの新しい視点の一つは、「システムはダイナミックに変化する状況の下で機能し続けなければならない」という認識である。システムは外乱や変動にさらされている。外乱とは、激しい気象条件や自然災害、パンデミック、テロやハッキングのような妨害行為、通信障害など、

変動とは設備故障、ヒューマンエラー、コンプライアンス違反などシステムを構成する人やモノの機能変動である。

大津波や巨大地震のような大きな外乱だけでなく、システムは、もっと日常的な外乱や変動にもさらされている。たとえば人身事故のために通勤時間帯にダイヤが乱れた、乗客どうしが喧嘩を始めた、作業グループ5人のうち二人が急病で欠勤した、保守作業中のうっかりミスのために作業が遅れたなどである。少子高齢化、人びとの価値観の変化、技術的イノベーションなどでシステムを取り巻く環境もじわじわと変化していく。これらの外乱や変動の中でシステムは機能を維持し続けることが求められている。システムの機能とは、鉄道の場合、利用者や貨物を目的地に運ぶことである。

システムの機能を維持する力、すなわちシステムのレジリエンス能力には、機能を求められる水準に維持するだけでなく、機能低下をできるだけ最小限に抑える力、低下した機能を素早く回復させる力が含まれる（図1）。

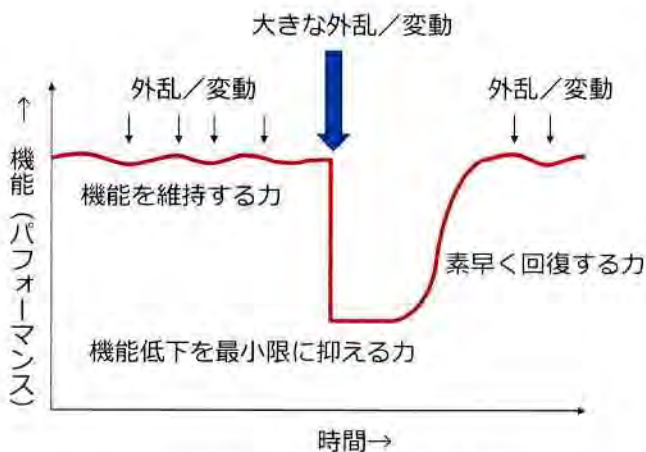


図1 システムのレジリエンス能力

3. セーフティ II

日本の鉄道は日常的な外乱・変動にさらされながらも求められる機能をおおむね維持している。また、時に直面する大きな外乱・変動に対しては運休区間を限定するなどして、機能低下を最小限に抑えている。そして、事故や災害で失われた機能を全力で復旧する努力をし、なんとか従前の輸送力を回復してきた。つまり、日本の鉄道は極めてレジリエンス能力が高いシステムだと言える。

このレジリエンスを支えているのは、組織や社員がルールを誠実に守っているだけでなく、さまざまな

外乱・変動に対して柔軟に対応しているからである。これを私は「しなやかな現場力」と呼ぶ（図2）。

セーフティIIという新しい安全概念は2013年に、レジリエンスエンジニアリングの提唱者の一人であるエリック・ホルナゲルによって提唱された。2014年と2018年にまとめられた本は日本語訳でも読むことができる（文献3、4）。また、筆者が実務者向けに解説した本もある（文献5）。



図2 しなやかな現場力がシステムの機能を維持している

従来、事故・インシデント・人や環境に被害が及ぶ事象の数や可能性ができるだけ少ないことが「安全」だと考えられてきた。従って、安全マネジメントの目的は事故などの「望ましからざる事象」を減らすこととみなされており、多くの会社・組織では「安全活動＝事故防止活動」と考えられている。

多くの事故・トラブルには人間のミスや違反（ヒューマンエラー）が関与している。自然災害や設備故障が主原因の場合でも、事前の備え、避難、メンテナンスなどに関して人間の判断、行動、意思決定の失敗（ヒューマンエラー）が背景要因にあることがほとんどなため、安全マネジメントの努力はヒューマンエラーを減らすことに向けられる。エラーを防ぐには、失敗しないやり方を決め、皆がそれを守ればよい。失敗しないやり方（標準作業）、失敗しても同僚がそれを発見して修正するダブルチェックの手順などがマニュアルに記載され、そのマニュアルを遵守することが求められる。

事故やトラブルが起きる度にマニュアルが改訂され、手順が増えていき、現場は忙しくなる。失敗を防ぐための手順のせいで忙しくなり、エラーを引き起こしたり、全部を守り切れなくて省略したりするという副作用が起きている。現場は行動を型にはめ

られて裁量の余地がなくなり、外乱や変動に対するレジリエンス能力が低下してしまう。現実には、マニュアルや安全手順が年々増えて現場は疲弊しており、外乱・変動に対してしなやかな対応をする余裕も能力も奪われているという話を多くの企業で耳にする。

ホルナゲルは、これまで「安全」を「望ましからざる事象がない、または少ないこと」と捉えていたのを改めて、「ものごとがうまく行く可能性が高いこと」と定義しようと提案した。そして、前者の安全を「セーフティⅠ」、後者を「セーフティⅡ」と名付けた。この考え方は、レジリエンスエンジニアリングがシステムの機能を高い水準に保つことを目標にしていることの延長線上にある。

4. レジリエンス能力を高めるための安全教育

従来の安全教育、安全研修は、従業員に取扱いルール（マニュアル等）を教え、実技訓練を通してルールの通りに行動できることを目標にして行われてきた。座学と実習で頭と身体に「正しい扱い」をたたき込むのである。万一、適用すべきルールがないような状況に遭遇した場合には、上司や管理部門、指令室などに連絡して指示を受けるよう指導される。

しかし、VUCAの時代においては、起こりうるすべての事象を予測し、ルールを決めて備えておくことは困難である。過去に経験したことのない規模の自然災害や、思いも寄らない人間行動に遭遇したとき、現場第一線が教えられたルールに固執したり、指示を待ったりしていると、状況はますます悪くなる可能性がある。したがって、セーフティⅡを目指すには、現場第一線が自律的に判断して柔軟に対応する能力を養う研修を実施する必要がある。「いざ」というときは、自ら考え、最も安全と認められる行動をとる」などと安全行動規範に書かれているだけでは、実際「いざ」というときに直面した時に行動できるものではない。日頃は「ルールに従え」「指示を受ける」と言われ続けているのだから。

いざというときに自ら考え、最も安全と認められる行動を養うには、研修にグループディスカッションやゲーミングを取り入れることが有効である。また、これは安全研修に限らず、様々な教育研修に共通して言えることだが、受動的に教育を受けるのではなく、受講者も能動的に参加すること、楽しく飽

きないこと、「また受けない」というモチベーションが高まることも必要である。以上をまとめると、従業員のレジリエンス能力を高めるための安全研修のあり方は表1のようになる。もちろん、従来から行われている「ルールを教えてその通りできるように練習させる」教育を続けることも重要なことは言うまでもない。

表1 これまでの安全研修教育とこれからの安全研修

従来からの安全教育
◆ 「正しい」やり方（ルールやマニュアル）を教えて覚えさせる（座学）
◆ 現車、実際の機器、シミュレータでルール通りにできるよう練習させる（実習）
レジリエンス能力を高めるための安全研修
◆ 様々な状況を想定して、その時何が最善か自分で考える
◆ 立場、経験の違う人と意見交換して判断・行動の「引き出し」を増やす（グループワーク、グループディスカッションなど）
◆ ゲームなどを使って楽しく学ぶ（クロスロード、シナリオシミュレーションなど）

5. 脱線シミュレーション

新しいタイプの安全研修の例として、鉄道会社の車両基地で当直業務に当たっている、または当たる可能性のある車両部門の現場管理者（助役）を対象とした緊急時対応訓練「ESワークショップ」を紹介したい。この研修プログラムは、スウェーデンの危機管理研究・訓練センター（CRISMART）が開発したシナリオ・シミュレーションの手法を基にして、社会安全研究所と東武鉄道車両部とが共同で開発したものである（文献6）。

研修は会議室で5-6人ずつテーブルを囲んで着席する。スライドで仮想の状況がスライドで提示され、その情報を基に何をすべきか、誰に何を指示するか、どこに何を報告するか、さらに必要な情報は何かをそれをどのように調べるかなどを話し合う。その後、新しい情報がもたらされたり、事態が進展したり、突発事態が発生したりするのを、スライドで順次提示し、その情報と状況に応じた対応をグループで話し合う。シナリオはA、B、Cの3つが用意され、Aは夏の平日午後に起きた踏切事故に伴う脱線、Bは冬の日曜夜、降雪時にトンネル内のポイント上での脱線、Cはやはり日曜の夜、台風接近中で増水する川の近くの急カーブでの脱線を想定した。シナリオAでは脱線復旧資材を積んだトラックが途中で

交通事故に巻き込まれることが盛り込まれるが、B、Cでは「何が起り得るか」を受講者に想定させて、それへの対応を話し合っ貰った。半数の受講者にはシナリオAとB、残り半数にはシナリオAとCを用いた。

研修に対する63名の受講者からの評価は極めて高く、アンケートでは、研修は楽しく、有意義で、「これまでの教育訓練で学ばなかった状況における対応を考えることができた」、「大規模事故等が発生した際の対応への理解が深まった」などの評価項目に大多数の受講者からポジティブな回答が得られた。

6. おわりに

本稿では、先が読めない時代、これまで経験したことのない状況が起きる時代における安全マネジメントの考え方や、それに必要な新しい安全教育について提案した。レジリエンスエンジニアリングとセーフティIIに基づく安全活動には、日常の上手く行っていることから学ぶ取り組みや、心理的安全性を高める取り組み、ヒューマンエラーを懲戒しないで報告を促す取り組みなど様々な形があるが、与えられた紙面が尽きたので、これらについては、文献(2)や(5)(7)を参照してもらいたい。□

文献

- (1) Hollnagel, E., Woods, D. D., & Leveson, N. C. (Eds.) (2006) Resilience engineering: Concepts and precepts, Chapter 3, P. 35-40, Ashgate. 北村正晴 (監訳) (2012) レジリエンスの定義, 『レジリエンスエンジニアリング: 概念と指針』第3章, P. 37-42, 日科技連出版社
- (2) 芳賀繁 (2020) 失敗(エラー)ゼロからの脱却: レジリエンスエンジニアリングのすすめ, KADOKAWA
- (3) Hollnagel, E. (2014) Safety-I and Safety-II: The Past and Future of Safety Management. Farnham, UK: Ashgate. 北村正晴・小松原明哲 (監訳), 『Safety-I and Safety-II: 安全マネジメントの過去と未来』(2015) 海文堂
- (4) Hollnagel, E. (2018) Safety-II in Practice, Routledge. 北村正晴, 小松原明哲 (監訳) (2019) 『Safety-IIの実践』, 海文堂
- (5) 芳賀繁 (2024) セーフティIIとは? 「失敗を減らす」から「成功を増やす」へ, 中央労働災害防止協会
- (6) 芳賀繁・山出康世・石水英梨花 (2025) ES (Emergency Simulation) ワークショップ: 脱線事故発生時の緊急対応能力を高めるためのシミュレーション訓練, 安全工学シンポジウム2025 予稿集, P. 264-267
- (7) 芳賀繁 (2003) 『失敗のメカニズム 忘れ物から巨大事故まで』(角川ソフィア文庫)

第38回鉄道総研講演会

1. 開催日時: 2025年10月22日(水) 13:00~17:20
2. 主 題: 研究開発のコア技術の高度化
ー持続可能な鉄道システムの創造に向けてー
3. 開催場所: 有楽町朝日ホール(有楽町マリオン11階)

※入場無料 本講演会は事前登録のご案内を予定しております。

※最新の情報は鉄道総研ウェブサイトをご確認ください。

URL: <https://www.rtri.or.jp/events/kouen/>