

# 安全の新しい捉え方 Safety-IIとレジリエンスエンジニアリング

○北村 正晴\*

## 1. はじめに

現代社会は多様な社会技術システムを基盤として成立している。社会技術システムとは、技術に依存する機械的システムと、その技術システムの運用を担う人間や組織に依存する社会的システムとが、密接に組み合わせられたシステムのことである。電力、情報通信、旅客輸送、物流、金融、医療など、社会の基盤をなすシステムの大多数は社会技術システムである。この社会技術システムが機能不全を起こすことは、社会の安全を損なうことにつながるため、その機能維持はきわめて重大な意味を持つ。この社会技術システムの機能維持に関して重要な安全概念が Safety-II であり、その実現のための方法論がレジリエンスエンジニアリングである。

## 2. 安全の重要性と着目の視座

### 2.1 現代の社会技術システム

「社会技術システムは複雑化の一途をたどっている」という認識は国民の間である程度共有されている。しかし、その複雑化がもたらす安全上の問題についてはどこまで認識されているであろうか。いずれの産業分野においても、安全上の問題が経験された時の対応策は、失敗または過誤をおかした機器や個人を見つけて (find) その機器や個人を置き換えるか動作方式を修正する (fix) やり方、いわゆる find and fix 方式<sup>(1)</sup> が支配的である。この方式がこれまで有用性を発揮してきたことは事実であり、これからも活用が必要な方式であることは間違いない。しかし find and fix 方式の背景には、システムは失敗か過誤が生じない限り安全に稼働を継続できるので 現状の維持が安全のカギ、という見方が存在する。複雑化を続ける現代社会において、この方式だけで十分なのか、という根本的な見直しも必要なのである。

### 2.2 新しい安全探求方法論の萌芽

東日本大震災は、様々な分野における社会技術システムの脆弱性を明らかにした。しかし同時に、現状維持方式とは全く異質の ダイナミックな対処 を通じて、

社会技術システムの機能が (部分的にせよ) 維持された良好事例の存在も明らかにしている。JR 東日本の緊急停止列車からの柔軟な乗客誘導、国土交通省東北地方整備局による迅速な道路啓開、日赤石巻病院での的確な緊急事態対応、東電福島第一事故における「最悪シナリオ」の回避、などは良好事例の代表例である。これらのダイナミックな対処は、関係者の懸命な努力を通じて実現されたものではあるが、そのような対処内容の概念整理も、対処を体系的に可能なものとするための方法論も確立されてはいない。欧米では、以前から、このようなダイナミックな対処を念頭においた安全概念と、それを踏まえた安全実現方法論の探求が 2000 年代初頭から試みられていたが、その成果が最近に至って次第に具体化してきている。

## 3. 新しい安全概念とその実現方策

### 3.1 従来型安全の特徴整理

ヒューマンファクタ研究の先駆者の一人である E.Hollnagel は、現状維持型の安全概念においては、装置、施設など技術的要素の構造やその特性は確定的なものとされ、期待される人間の行動もまた手順書などの形で確定的に規定されてきたと指摘した<sup>(1)</sup>。現状維持型の安全概念や、それを受けた find and fix 方式は広い範囲で受け入れられているが、前掲のダイナミックな対処を通じての良好事例は安全研究の視野には入っていなかったことも指摘している<sup>(1)</sup>。

### 3.2 Safety-II の提案

この認識を踏まえて Hollnagel は従来型の現状固定的な安全概念を Safety-I、ダイナミックな対処を通じて実現される安全概念を Safety-II と定義した<sup>(1)</sup>。Safety-II の見方では、危機の未然防止に加えて、防止しきれず生起してしまった危機への対処と破局的な状態の回避、そして損傷を受けた機能の復旧までが検討の対象となる。すなわちシステムの レジリエンス (強靱性、復旧能力などを指す) が重要な課題となる。このような見方をとる背景には、システム (及びその環境) は不変ではなく変化を続けていて、変化こそが本来の姿 (常態) であるとの認識が存在する。

このような認識は、海運や航空、医療など状況変化が日常的に経験される分野では広く共有されていたよ

\* 東北大学名誉教授、株式会社テムス研究所

うに思われる。しかし、システムのレジリエンスを視野に入れた形で安全概念を再定義するまでの取り組みはなされていない。まして原子力に代表される大規模装置産業の分野では、そのような安全概念は考慮の対象になってはいなかった。

### 3.3 レジリエンスエンジニアリングの基本指針

Safety-IIの意味での安全を実現するための方法論がレジリエンスエンジニアリングである<sup>(2,3)</sup>。レジリエンスエンジニアリングでは、システム自体も環境も変化している条件下でシステムがレジリエントな動作をできるためには、以下の4つの能力を充実させることが必要とするのが、レジリエンスエンジニアリングの基本指針である。

能力1：**対処する** (Responding)：今直ちに何をすべきか知っている

能力2：**監視する** (Monitoring)：事態の進行を何に注意を払って監視すべきか知っている

能力3：**予見する** (Anticipating)：さらにこの先どのような脅威と好機が出現しうるかを知っている

能力4：**学習する** (Learning)：過去の成功と失敗双方からどんな教訓を引きだすのか知っている

具体例として船舶の操船を考えてみよう。時々刻々生じてくる外乱や状況変化には適切に**対処**することは当然必要であるが、それと同時に事態の進行を注意深く**監視**すること、さらにより長期的な展望を**予見**することも必要ははずである。そしてこれらの能力は過去の経験を**学習**することを通じて強化されているはずである。このように考えれば、レジリエンスエンジニアリングの基本指針は、海運分野の専門家にとっては了解しやすいものではないだろうか。

### 3.4 基本指針から実装へ

基本指針は概念的な定義である。これを現実のシステム安全につなげるためには、前記4能力がシステムと環境の特性を反映する適切な形で具体化され、システムのマネジメントに反映されていることが必要である。この具体化を実装(Implementation)と呼ぶ。

実装に際しては、4能力が機能するためにどんな要件が必要か考えてみるのが重要である。たとえば、

**対処・監視**行動が適切に機能するためには、リソースの適切な配備が不可欠である。ここでリソースとは、装置、機材、物資、指針、人員などを指す。優れた**予見**能力の醸成には多様な経験からの効果的**学習**が必要である。**学習**が効果的に進むためには失敗事例だけでなく良好事例も対象とすることが必要である。このよ

うに、4能力が効果的に機能するための要件を明確化し、現場に導入することが実装の指針<sup>(4)</sup>である。また4能力の相対的な重要度は分野によって異なることを考慮して、重要度の高い能力を優先的に強化することも実装上の現実的な方策である。

## 4. 応用の現状

レジリエンスエンジニアリングはまだ発展途上の安全探求方法論である。にもかかわらずその高いポテンシャルから、様々な分野での応用が進められている。ダイナミックな対処を通じての安全を指向する方法論を反映して、航空、海運、消防、防災、医療など、変化が起きやすい分野での応用が進んでいるが、原子力、石油化学など装置産業分野への応用も試みられている。

## 5. おわりに

事故の未然防止だけでなく発生時の緊急対応まで含めた安全実現を考えることは、あらゆる分野の社会技術システムにとって重要な課題である。Safety-II概念を実現するためのレジリエンスエンジニアリングは、この課題解決のための貴重な方法論である。本邦海運分野への応用が進展することを期待する次第である。

## 参考文献

- (1) E.Hollnagel, Safety-land Safety-II - The Past and Future of Safety Management, Ashgate Publishing Ltd., Surrey, England, (2014). ; 北村正晴, 小松原明哲 (監訳) Safety-I& Safety-II, 安全マネジメントの過去と未来, 海文堂, (2015).
- (2) E.Hollnagel, D.D.Woods, N.Leveson (Eds.): Resilience Engineering - Concepts and Precepts, Ashgate Publishing Ltd., Aldershot, England, (2006); 北村正晴 (監訳)、レジリエンスエンジニアリング-概念と指針、日科技連 (2012)
- (3) E.Hollnagel, J.Parries, D.D.Woods and J.Wreathal (Eds.): Resilience Engineering in Practice- A Guidebook, Ashgate Publishing Ltd., Surrey, England (2011); 北村正晴、小松原明哲 (監訳)、実践レジリエンスエンジニアリング、日科技連 (2014)
- (4) 吉澤 厚文、古濱 寛、武藤 敬子、大場 恭子、北村 正晴: 福島第一原子力発電所事故をふまえた組織レジリエンスの向上(I) -Responding の構造分析について、日本機械学会 2014 年度年次大会予稿集、

G2010102 (2014)