

平成 30 年 6 月 6 日現在

機関番号：12612

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K12470

研究課題名(和文) 想定外事象を想定した新しいリスク対応評価法の提案

研究課題名(英文) Proposal of a new evaluation method corresponding to risk assuming unexpected events

研究代表者

田中 健次 (TANAKA, Kenji)

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授

研究者番号：60197415

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、想定外事象の発生に対応する仕組みや体制、能力を判断するための評価方法を検討し追究した。大規模システムの管理・運営では、想定外事象への対応能力を得やすい分散適応型意思決定の効果を中心に、その実現のための情報共有とその活用のための仕組み上のポイント等を整理した。その情報共有の方法は、医療分野での安全確保、製造企業における製品安全などでも同様に有効となり、これらの観点を整理し評価法確立への基礎的枠組みをまとめることができた。

研究成果の概要(英文)：This research examined an evaluation method to judge whether or not there exist effective mechanism, structure, or the ability to cope with unexpected events. In the management or operation of large-scale systems, we focus on the effects of distributed adaptive type of decision-making, which is easy to obtain ability to respond to unexpected events, and organize a method of information sharing and the mechanism points for utilization. The method of information sharing was also effective for securing safety in the medical field and product safety in manufacturing companies. These points of view could be summarized and the basic framework for establishment of the evaluation method could be shown.

研究分野：システム安全学

キーワード：リスク評価 情報共有 リスクマネジメント レジリエンス工学 意思決定 自律分散システム 高信頼性組織論

1. 研究開始当初の背景

東日本大震災後、原子力発電所に対する安全規制が強まり、地震・津波対策が強化された。しかしそれらの対策は、依然として「想定された事象」への対応を強力にしているだけで、想定外事象への対策が重視されているとは言い難い。災害や事故の予測に限界がある以上、想定外事象は不可避であり、事象発生後に適応的に対応する以外に術はないが、想定外事象への迅速対応の仕組みや体制を事前に導入していれば、損害を小さくすることは期待できる。想定外事象への事前の体制作りもリスク評価の対象とすべきであろう。

一般に、想定事象への対策の必要性の有無や対策のレベルは、リスク評価に基づいて決まる。リスクは「発生確率と損害の大きさを総合的に評価する」(JIS)のものであり、多くの場合「発生確率×損害額」で評価する。最近では、発生確率の低い事象に対しては、積では不十分であるとの声もあるが、いずれにせよ、それらは想定された事象の評価法である。

想定外の事象に対する対応の必要性は理解されているものの、そのリスク対応の仕組みに潜む問題を評価する方法は未だ確立されていない。近年 Resilience Engineering の名のもとに、想定外事象への対応能力を評価することが海外で提唱され始めているが、対応組織の能力以前に、その仕組みや体制の備えなども含めた体系的な評価法を導入することが必要である。

申請者は科研費研究(基盤(B)H22-24)において、システム管理や製品安全などの分野では、安全と危険との狭間にあるグレイゾーンでの判断が重要であることを明らかにしてきた。想定外事象はグレイゾーンにおける一つの形態であり、想定外事象に対応できる仕組みや能力を如何に評価すべきかが現代社会における大きな課題と言える。

2. 研究の目的

本研究では、危険事象の重要度レベルや対

策を検討するための従来からの想定事象に対するリスク評価ではなく、想定外事象への事前対策の必要性を検討するためのリスク評価法を追究する。

想定外事象の発生に対応する仕組みや体制、能力を判断するための「リスク対応体制の評価の方法」であり、大規模システムの管理・運営や製品安全を図る製造業などを対象にリスク対応評価をモデル化し評価法確立への基礎的枠組みを提案する。

3. 研究の方法

(1)レジリエンス・高信頼性組織との関連性
レジリエンス工学で主張されている予測外事象に対する4つの能力に着目し、それらを発揮できる仕組みや体制の観点からリスク対応の能力評価の方法を考える。また、不測の事態への対応力を有する高信頼性組織の特徴等を整理し、「安全文化」等の漠然とした概念ではなく、対応評価のための具体的項目を考える。

(2)大規模システムの管理

原子力発電等の大規模プラントシステム、大・中規模の医療機関において、(1)事故後の対応能力と(2)予兆管理の能力に着目し、ヒアリングやアンケート調査を通して現状の取り組みを把握、モデルを構築し、リスク対応能力の評価項目を検討する。

(2-1)事故後の対応能力について：

現状調査により、大規模な想定外事象に対する対応の仕組みがどこまで決められており、マニュアルの整備や訓練により、実施可能性がどの程度あるかを調査する。大規模な組織では、本社と現場責任者との間での意思決定権の委譲関係など意思決定構造の事前取り決めが重要なポイントである。

有効な意思決定構造を明らかにするために、具体的な事故事例を取り上げ、シミュレーションにて望ましい意思決定の構造を明らかにする。

(2-2)予兆管理の能力について：

異常発生の予兆やインシデントが報告された場合に、その内容から重要度を判断する能力も評価対象として重要である。現状調査

により、モニタリングの仕組み、インシデント情報の活用の仕組みなどを情報収集し、特にその判断を、誰がどのタイミングで実施することになっているかを現状把握する。一般に、緊急時対応マニュアルや作業のチェックリストは整備されていることが予想されるが、その中に想定外事象がどこまで考慮されているのか、判断する人の教育はどのように行われているのかも調査する。

(3)製造業での対応

製品安全を対象として、リスク対応評価の項目整備を検討する。一般の製品では、その使用方法の変化や使用環境の変化により、設計時には予測の難しい状況に陥り、あるいは潜在的な要因などにより多様なトラブルが発生する。それらの問題に対して、製造・販売会社がどのような体制をとっているのか、事故後の対応、インシデントやモニタリング情報に基づく予兆の管理と判断のプロセスについて、ヒアリングによる現状調査を行う。信頼性安全性への取り組みに積極的な企業を対象とし、「想定事象」へのリスク評価が既に定着している組織での情報収集を中心とする。

- ・使用状況のモニタリングやデータ収集、さらにそれらをベースに異常状態や危険状態の予測につなげられる仕組みがあるのか。それはどのような仕組みか。

- ・判断の仕組みにも注目する。届けられた異常の兆候に対する適切な分析・判断、対応の不十分さが問題を拡大させたり、インシデント報告は集めているものの、それらが有効に活用されていないことが多い。

これらの調査結果を基に想定外事象への対応能力の評価法の枠組みを考える。

4. 研究成果

(1)レジリエンス・高信頼性組織との関連性
レジリエンス工学で重要とされている4つの能力、「対処」「監視」「予見」「学習」に関して、Resilience Analysis Grid (RAG) と称する具体的な評価項目が既に提案されて

いる(”Resilience Engineering in Practice: A Guidebook,” by E. Hollnagel etc., Ashgate Publishing, 2010)。しかし、それらは各能力を活かすための観点に着目したものであり、主体である「誰が」や、それらの能力を発揮するための体制などについては、言及されていない。

想定外事象への対応力として評価すべきは、対応の方法や how だけではなく、むしろ、who、what が明確にされているか否かであろう。そしてそれを可能にする仕組みが整備されているかが重要であり、それらに着目した評価方法が整備されていないことが最大の問題点である。

(2)大規模システムの管理

東日本大震災時の電力会社の対応状況をサーベイすることで、大規模プラントにおける想定外事象への対応の問題点を明らかにした。特に、意思決定構造の観点に着目しその問題を検討した。一般に、集中管理型と直接管理型、分散適応型の3つに分かれる(田中 2014)が、如何に集中管理型が想定外事象への対応には不向きであるかが明らかになった事故と言える。

(2-1)事故後の対応能力について：

・適応的な判断

想定外事象への対応では、現場での迅速な判断が有効であることから、分散適応型が効果的であると推測される。そこで、平成 27 年常総市鬼怒川決壊時の対応状況を基に、直接管理型と分散適応型における意思決定構造による対応の差異を比較検討した。モデル上での質的比較は既に行われているが、今回は、パソコンシミュレーションによる量的比較によりその効果を比較検討し、分散適応型が有効となる条件も明らかにした。得られた結果はリスク評価で活用できるものであり、シミュレーションでの検討結果は学会発表にて公表済みである。

分散適応型は、現場での判断により適当な行動を選択することが特徴だが、そのためには上位からのプッシュ型情報提供ではなく下位からのプル型情報獲得の仕組みが必要であり、その情報に基づく無駄の省きが最終的に作業終了までの時間を短縮することを

可能にする点が明らかとなった。

さらに、現実に分散適応型を実現するためには、各グループに情報担当を専門にする情報係を設けることが効果的であることも明らかにした。現場では「猫の手も借りたい」多忙な中、情報係を置く余裕がないとの話がよく聞かれる。しかし、むしろ情報係を置かないことで情報獲得が遅れ、無駄な行動を行ったり、支援が遅れたりすることがわかった。

これらより、事故対応能力の評価では、プル型での情報共有の仕組みを整備しているか、それらを活用するための専門員の設置を含めた組織体制が考えられているか、が見落とし易い評価ポイントとして挙げられる。

・ 確実な作業と水平展開

想定外事象では、全体情報に基づく適応的な判断が求められるが、さらに、その判断に基づく確実な作業が求められる。確実な作業を期待する場合、より容易な操作にすることが効果的と考えられがちだが、容易な操作は逆に忘れられたり、意図的なルール逸脱を引き起こす可能性があり、「適度な複雑性」も必要となる。それらを簡単な実験で確認した結果を学会発表 で公表した。

一方で、想定外事象への対応は Rasmussen の SRK モデルの最上位、知識ベースレベルでのルール適用に相当し、ルールの水平展開が期待される。この場合、「ルールの教示において理由を考えさせる」教育方法が効果的であることが実験で得られており、その結果は、水平展開による適応的なルール当てはめが多く場面期待される医療関係の国際会議 で発表した。

また、正しい判断や行動選択は正確な情報に基づき得られるものであり、その「情報への信頼」が不十分であると、周囲の状況に流されて誤った行動に結びつくことが、避難実験により明らかになった。その結果は学会発表 にて報告済みである。

(2-2) 予兆管理の能力について：

高度な予兆管理が要求される職業の一つに航空管制官がある。小さな判断ミスが大きな事故を引き起こす可能性もある中で、管制官の能力が如何に教育されているかは興味深いところである。しかし現実には、明確な

教育システムが確立されているわけではなく、経験豊富な指導教員がシミュレータを使いながら教育を行い、OJT により高度な技術を身に付けている。近年、シミュレータ教習用に、判断内容が及ぼす影響の見える化による理解向上を目指し、担当空域全体でのダイナミックな影響課程を把握できるシステムが開発された。我々は、それを利用した予兆管理能力向上の方法も検討し、結果を分析、教育のガイドライン作成への糸口をつかんだ。(学会発表)

予兆管理は、管理を担当する専門職ばかりではなく、災害時や環境汚染対応での行政、市民ひとりひとりの判断でも必要となるものである。自分の生活環境周辺での環境モニタリングを実行し、その結果情報を多数の人々で共有することで広域内での現実状況を把握できる。さらに予測することで、適応的な行動を選択できる可能性が広がる。そこでも監視結果の情報共有がベースとなり、行政と市民との合意形成、住民間での合意形成にもつながる可能性がある。ここでもキーとなるのは、共有可能な情報であり、プル型の情報獲得であることがポイントである。上記の実験結果は危機管理関連の国際会議で発表済みである。

(3) 製造業での対応

製造業での想定外対応は、大きく事故対応とクレーム対応に分けることができる。

クレーム対応は予兆管理に相当し、どの企業もその重要性は認識している。しかし有効な活動をしている組織はそれほど多くない。菓子業者のカルビーは[カルビーお客様相談室]との書籍を発刊し、対応の仕組みや実態を公表している。

特徴的な2点として、第一に、クレームを受けてからの時間管理を厳重に実施している点がある。クレームを受信した本社から関係する支社への伝達時間、顧客の家への訪問時間などに上限を設けている。第二に、対応する姿勢として、発生した現象を謝罪するだけではなく、その背景心理まで踏み込み対応している点が挙げられる。

住宅メーカーへのヒアリングの結果でも同様に、対応時間の速さ、現場への直接対応

に力を入れていることが分かった。ただし、商品の規模、金額が異なるので、対応には相違する点もある。興味深いのは、クレーム聴取時、重要性の高いと思われる案件はすぐに専門家との同時聴取に移行する点であった。その移行の必要性判断は重要なポイントと言える。

(4) 全体を通して

想定外事象は、想定可能な明らかな危険ではなく意外性のある状況であり、グレイゾーンで位置づけることができる。グレイゾーンで設計者が見落とす4つのパターンを挙げ、さらに設計者と運用者（製造・運用・保全）とのコミュニケーションの欠如から発生する問題点を整理、まとめたものを雑誌論文で発表した。運用時・対応時のことを十分に考慮した設計によるリスク対応能力も評価の対象に含めるべきものである。

以上のように、想定外事象への対応能力を評価するためには、意思決定構造(意思決定の主体)、情報共有の仕組み、プル型の情報活用姿勢や応答時間制限など体制や仕組みに関する評価が重要となり、加えて適応的な対応を促す教育方法や仕掛けに関する評価が必要となることが明らかとなった。これらの観点からの評価項目を具体的に提案することが今後の課題として残された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計1件)

田中健次：「グレイゾーンにおける現場技術者と設計推進者との協調とは」, 日本品質管理学会誌『品質』, 査読無, Vol.47, No.1, 2017, pp. 39-44.

[学会発表](計7件)

芦原昌樹, 田中健次：「想定外事象に対する分散適応型組織の有効性について -プル型情報獲得に基づく自主判断による効果-」, 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会(SSI2017), 2017.

Ishigaki, Y., Matsuno, Y., Tanaka K. : “Agile

way of Risk Awareness by Smartphone-connected Environmental Sensors,” 14th International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management (ISCRAM 2017), 2017, France.

Matsuno, Y., Ishigaki, Y., Tanaka K. : “Models of Consensus Building among Citizens and Professionals in SNS,” 14th International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management (ISCRAM 2017), 2017, France.

藤田 進, 田中健次 : 「意図的なルール逸脱割合に作業の量と複雑性が与える影響」, 電気通信大 2017 システム安全学ワークショップ予稿集, 2017, pp.2-7.

Tanaka, K., Inaba, M., Soyama, A.: “Effective teaching method for learning adaptive versatility of rules,” 5th World Congress of Clinical Safety (5WCCS), 2016, p42, USA.

村山了規, 大西正輝, 松島裕康, 山下倫央, 田中健次 : 「歩行者シミュレータを用いた大規模施設における避難条件の網羅的分析手法の提案」, 電子情報通信学会, 信学技法 IEICE Technical Report, PRMU2015-155, CNR2015-56, 2016, pp.123-124.

中村麻見, 青山久枝, 田中健次 : 「航空路管制分野におけるヒューマンファクター研究(3) -管制官チーム協調作業の効果の可視化-」, ヒューマンインタフェース学会, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2015 論文集, pp.235-238. .

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田中 健次 (TANAKA, Kenji)
電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授

研究者番号：60197415

(3) 連携研究者

伊藤 誠 (ITO, Makoto)
筑波大学・大学院システム情報工学研究科・教授

研究者番号：00282343