

リスク基準に関わらず効率的にリスクを評価する手法 (事業エリアが広域にわたる鉄道事業者に適したリスク評価手法の開発)

吉留 和宏^{*1}

Efficient method for evaluating risk regardless of risk criteria (Development of risk evaluation method suitable for railway operator with wide business areas)

Kazuhiro YOSHIDOME^{*1}

^{*1} Assistant Chief Researcher Risk Assessment and Safety Technology Unit of Research and Development Center of JR EAST Group

Abstract

Our company's business area covers a wide area in the Kanto, Koshinetsu, and Tohoku regions, and we manage our business, mainly railroads, by dividing it into regional characteristics and technical fields. For a railway operator with such a wide business area, various problems must be overcome in order to practically implement risk assessment. While overcoming these problems, the authors developed a risk evaluating method that can efficiently classify and visualize risk values into gradual levels according to the magnitude of risk, regardless of the risk criteria. The risk evaluation method was applied to the risk values of a total of about 9000 risk scenarios calculated based on the results of the authors' previous studies on risk identification and risk analysis methods. It was confirmed that this risk evaluation method can be used practically.

●**Keywords:** Railway, Safety, Risk assessment, Risk evaluation, Risk criteria

^{*1}JR東日本研究開発センター リスク評価・安全技術ユニット 副主幹研究員

1. 研究概要

当社の事業エリアは、関東・甲信越・東北地方の広域にわたり、鉄道を中心とした事業を地域特性ごとや技術分野ごとに分けて管理している。このように事業エリアが広域にわたる鉄道事業者において、リスクアセスメントを実務的に実施しようとする、さまざまな課題を克服しなければならない。著者らはこれらの課題を克服しながらリスク基準に関わらず、リスクをリスク値に応じて段階的なレベルに効率的に区分し、可視化することができるリスク評価手法を開発した。また、リスク特定手法とリスク分析手法に関する先行研究における著者らの研究成果¹⁾²⁾に基づいて算出された延べ約9000のリスクシナリオのリスク値に対して、本リスク評価手法を適用した。これにより、本リスク評価手法が実務的に活用できることを確認した。

2. 課題認識

リスク評価手法では、リスクの発生頻度と被害規模の組み合わせに基づいて、対象となるリスクシナリオごとにリスクのレベルを決定するといったリスクマップ法³⁾を用いることが多い。図1に簡易的なリスクマトリックスを用いたリスクマップ法を示す。このリスクマップ法では特に実務的な運用において、リスクを例えば、A領域、B領域、C領域といったように複数の領域に区分して評価し、各リスクのリスク値を段階的に把握することができるという利点がある。このとき、リスク評価手法として広く用いられているALARPの原則の考え方をリスクマップ法に適用することも多い。この場合は、前述のA領域、B領域、C領域をそれぞれ「許容不可能な領域」、「許容可能な領域」、「広く許容可能な領域」と置き換えて設定し、ALARPの原則に基づいて、「許容不可能な領域」と「許容可能な領域」とを分ける「リスク基準A」と、「許容可能な領域」と「広く許容可能な領域」とを分ける「リスク基準B」を決定することが、リスク評価の前提となる。また、ALARPの原則に基づかなくとも、リスク分析の結果が許容可能か、許容不可能かを判断するためには、まず、第一にリスク基準を設定してから、リスクを評価するという手順が原則となる。しかし、鉄道事業といった複合的な工学システムにおいては、その専門要素が多岐にわたり、リスク評価の対象となるリスクシナリオも多種多様である。また、表現上は同一のリスクシナリオであっても、事業エリアが広域にわたる鉄道事業者では、地域特性(鉄道設備状況や自然環境など)も多種多様であることから、地域特性による差をリスク分析に反映するためには、リスク分析を事業エリアごとに区別して行うことが必要となる。これらの

理由から設定すべきリスク基準も多数となる。例えば、当社で各事業エリアの専門要素ごとにリスク基準を設定しようとする、評価対象となる事業エリアが、在来線で12エリア、新幹線で7エリアあり、その各々の事業エリアごとに専門要素が10以上にわたるため、単純に見積もっても、概ね200個のリスク基準を意思決定しなくてはならない。また、本研究で対象としているリスクは、列車運行に関する安全上のリスクであり、人命に関わるものである。そのため、リスク基準を設定する際には極めて慎重な議論が必要となる。実際にこれ程の数のリスク基準を意思決定しようとする、多くの期間を要することとなり、その間にもリスクを取り巻く環境の変化が生じるなど、リスク基準を意思決定すること自体が容易ではない。そのため、リスクマップ手法を使用してリスクを可視化したとしても、リスク分析の結果をリスク基準と比較するという、JIS Q 31000⁴⁾に示されるような規格に基づいた手法でリスクを評価することも実質的には困難であることが多い。図2にリスクマップ上でのALARPの原則とリスク基準の設定について示す。また、リスクマップ手法における発生頻度や被害規模をパラメーターとしたマトリックスは、リスク値を評価する際には役立つものの、どのリスクのレベルにどの程度の数のリスクが存在しているのかを直感的に把握することが困難であるという課題がある。また、リスクマップ手法によらなくとも、リスク値を評価する際に、リスクシナリオごとにリスク値が大きなものから単に連続的にリスクのレベルを振り分ける方法(レベル1, 2, 3, 4, 5...のように単純に連続した順位を上位から振り分ける方法)では、評価対象となるリスクシナリオが定量的に評価されたものである場合に、算出結果の重み(定量的に評価されたリスク値の差分など)を考慮することが困難であり、これを解決する手法が必要であった。

発生頻度	5 頻発する	C	B3	A1	A2	A3	A領域
	4 しばしば発生する	C	B2	B3	A1	A2	
	3 時々発生する	C	B1	B2	B3	A1	
	2 起りそうにない	C	C	B1	B2	B3	
	1 まず起り得ない	C	C	C	B1	B2	
0 考えられない	C	C	C	C	C	C	B領域
							C領域
							C領域

図1 簡易的なリスクマトリックスを用いたリスクマップ
出典：リスクアセスメントハンドブック
実務編 2011年6月 経済産業省 P23

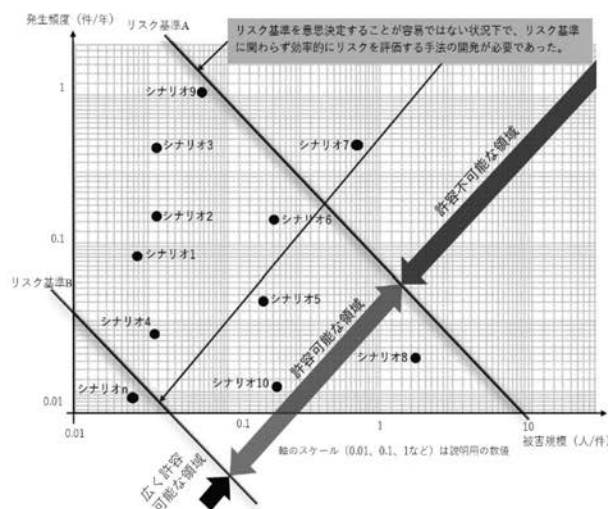


図2 リスクマップ上でのALARPの原則とリスク基準の設定

3. 課題の解決策

本研究では、リスク基準に関わらず、リスクシナリオをリスク値に応じて段階的なレベルに区分し、得られたリスクのレベルに基づいて各リスクシナリオのリスクのレベルを可視化することができるリスク評価手法を開発した。図3に開発したリスク評価手法の原理を示す。このリスク評価手法では、各リスクシナリオのリスクのレベルを直感的に認識することができるリスクマップを効率的に作成することが可能である。本リスク評価手法を用いてリスクを評価するための手順を以下①～⑤に示す。なお、図3における①～⑤は以下に示す手順①～⑤を図示したものである。

- ①リスクシナリオをプロットしたリスクマップ上で、最もリスク値が大きいリスクシナリオと、最もリスク値が小さいリスクシナリオに着目する。
※以下には、対数グラフにおける本リスク評価手法の適用を前提として記載する。
- ②最もリスク値の大きいリスクシナリオを通過する「等リスク線」を「最大等リスク線」、最もリスク値の小さいリスクシナリオを通過する等リスク線を「最小等リスク線」とする。
- ③「最大等リスク線」と「最小等リスク線」に挟まれた領域を「リスク領域」とする。
- ④構成した「リスク領域」において、リスクの大きさが均等になるように任意のレベル数nに分割し、「等リスク領域」を作成する。
- ⑤各リスクシナリオが「どのリスク領域に属するか」に基づいて、リスクのレベルを決定する。

上記①～⑤に示すようなリスク評価手法では、リスク基準に関わらず、複数のリスクシナリオをリスク値に応じて段階的なレベルに区分することができる。その結果、得られたリスクのレベルを、例えば、表またはグラフに記載することで可視化することができたり、

各リスクシナリオのリスクのレベルを直感的に認識することができるリスクマップを作成したりすることができる。また、リスク基準を意思決定することが困難な場合であっても、最大等リスク線R-maxと最小等リスク線R-minであれば、リスク分析結果に基づく各リスクシナリオのリスク値に応じて画一的に決定することができるため、効率的に多数のリスクシナリオに基づくリスク値を評価することができる。なお、リスク評価後に、「リスク基準」を意思決定することができた場合には、例えば、任意のリスクのレベルを区分する「等リスク線」を「リスク基準」と置き換えて考えることで、各リスクシナリオのリスク値をリスク評価することも可能である(図3【a】)。

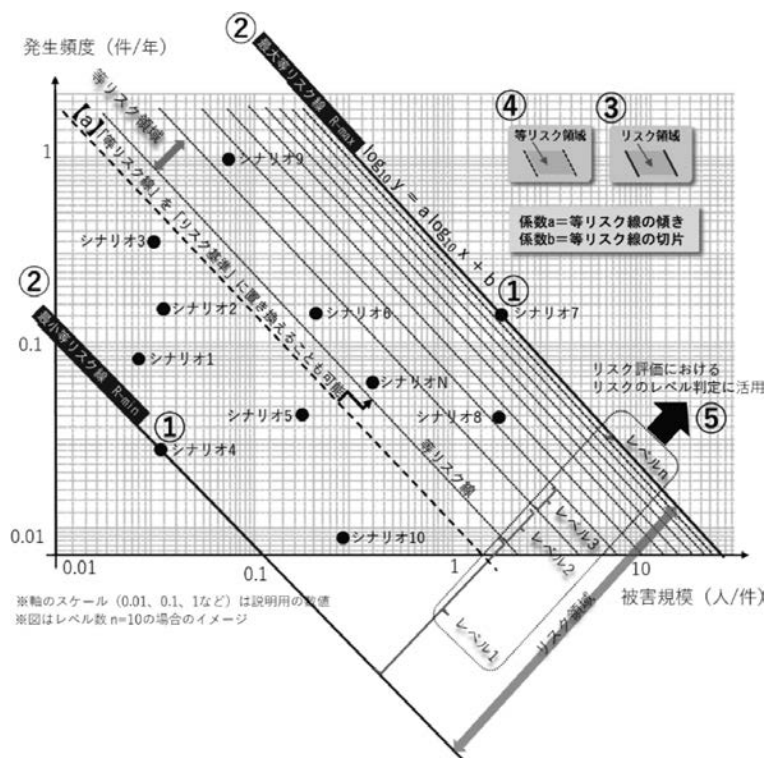


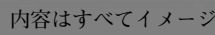
図3 開発したリスク評価手法の原理

4. 開発したリスク評価手法の実務的活用

前述したように、鉄道事業といった複合的な工学システムにおいては、その分野が多岐にわたり、評価対象となるリスクシナリオも膨大となることが多い。本章では、前述した著者らの研究成果の実導入に基づいて得られたリスクシナリオごとのリスク分析結果(定量的に算出されたリスク値)に対して、本リスク評価手法を適用した例を示す。ここでは、関東・甲信越・東北地方にわたる在来線と新幹線の社内19の事業エリアごとに、気象条件や沿線設備といった地域特性を反映しながらリスク分析した延べ約9000のリスクシナリオに対して、本リスク評価手法を適用した。図4に開発したリスク評価手法に基づき、レポート形式でリスクアセスメント結果を可視化した際のイメージを示す。なお、本件におけるリスク評価手法に関しては、2024年に特許(特許第7454401号 リスク評価方法およびリスク管理方法)を取得済みである。

5. まとめ

本リスク評価手法では、リスクシナリオのリスク値に対して、最大値と最小値に着目し、これにより構成された領域を利用して、リスクのレベルを決定する。このため、リスク基準を意思決定することが困難な状況下においても、効率的にリスク対応の優先順位付けに寄与し得るリスク評価を実施することが可能となった。また、本リスク評価手法を用いて、定量的にリスク分析したリスクシナリオ延べ約9000個に対して、実務的にリスク評価を実施した。ここでは、リスク評価結果をレポート形式で簡潔に可視化することで、安全施策に関する経営判断の一助として活用することにつながった。

[illegible]

※本論文は、特定非営利活動法人 安全工学会 学会誌「安全工学2022 VOL61 No1」に掲載された論文を、同学会の許諾を得て再掲したものである。