

鉄道の自動運転システムに対するリスクアセスメントのあり方の考察

Consideration of the way of the Risk assessment for the Automatic Driving System of the Railway

押立 貴志* 工藤 希**

Takashi OSHITATE* Nozomi KUDO**

1. 本研究の背景と目的

令和元年6月1日に発生した金沢シーサイドライン新杉田駅での列車逆走による終端衝突事故（列車乗客25名のうち17名が負傷）を受けて、運輸安全委員会は、令和3年2月18日に鉄道事故調査報告書を公表した。報告書では、無人による列車の「自動運転システム等の設計及び製造並びに改造にあたっては、危険な事象につながる条件を設計前に欠落なく抽出・評価し、その対策を安全要件事項として反映することが重要であり、製造や運用を含めたライフサイクル全体を対象とした安全管理が必要である」と指摘している。

また、報告書によると、列車走行の振動により、各装置を接続する指令線が徐々に摩耗し、事故の2列車前に摩耗した指令線が断線したことが事故原因であるとしている。異常を検知するはずの逆走検知装置は指令線の断線により逆走を検知できなかったことが指摘された一方で、個々の装置の故障は指摘されていない。以上から、本事故は、装置相互の接続関係についてのリスクアセスメントが有効に機能していなかったことによるものと考えられる。

そこで本稿では、複雑に組み合わされるシステムについて、設計及び製造におけるリスクアセスメントを漏れなく実施できる仕組みについて考察した。

2. 無人運転システムを構成する装置の製造の現状

鉄道における自動運転システムのうち、無人運転のシステムには、地上・車上間の制御情報伝送装置、ATO（自動列車運転装置：Automatic Train Operation System）、自動戸閉め連動制御装置、監視装置、逆走

検知装置、遠隔非常停止装置などが設けられ、高度な電子制御技術を用いた装置が複雑に組み合わされている。

これらの各装置は、それぞれ専門の装置メーカーにおいて詳細設計及び製造を行い、車両の組み立てメーカーで統合される。このように、無人運転のシステムは専門的な技術を持つ複数のメーカーが関与する複雑な形態で製造されている。

3. 日本国内における安全基準制度等とリスクアセスメントの関係

3.1. 最終的な残留リスク判断を行う鉄道事業者

国土交通省の「鉄道における自動運転技術検討会」のとりまとめでは、「リスク分析は、鉄道事業者が行う自動運転の安全性の検証であるため、施設及び車両のみならず、鉄道係員の業務や配置の状況、沿線環境、利用環境、鉄道利用者等の行動、鉄道の安全運行に係る法令の適用状況等のほか、社会的な受容性も考慮しつつ、総合的かつ多角的に評価する必要がある」とされ、鉄道事業者が実施主体である方向性が示されている²⁾。

また、日本学術会議総合工学委員会・機械工学委員会 合同工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会が報告した「工学システムに対する安心感と社会」では、「国際基準・規格では安全の定義として「許容不可能なリスクがないこと」（ISO/IEC Guide51（安全側面－規格への導入指針 JIS Z 8051））としている。許容可能なリスクとは、「社会における現時点での評価に基づいた状況下で受け入れられるリスク」と規定されているので、安全とは社会的なコンセンサスを基として判断されたものとなる。」と

*（独）自動車技術総合機構 交通安全環境研究所 交通システム研究部 〒182-0012 調布市深大寺東町 7-42-27 oshitate@ntsel.go.jp
** 同 n-kudo@ntsel.go.jp

本報文は審査を受けていない技術報告であり、将来、著者により拡張・修正等されたものが、学術雑誌等に掲載される可能性があります。
This article is a technical report without peer review, and its polished or extended version may be published elsewhere.

されている³⁾。

このように、国際規格である ISO/IEC Guide51 でも安全に対して社会的に受容されるものを求めていることから、安全とは、社会が受容するか、社会に受容してもらえるものかの判断となる。社会や鉄道利用者と直接接する距離が近い鉄道事業者において、最終的な残留リスク判断を行うことが適切であると考えられる。

3.2. 鉄道における安全基準の基本的考え方

日本国内においては、鉄道事業者の専用敷地内に設けられた施設および車両は、鉄道事業者が運転業務や運行および保守の管理を一元的に行うため、運行・サービスや、個々の施設および車両を自由に設計できる余地が大きい。

「鉄道に関する技術基準を定める省令」（平成 13 年国土交通省令第 151 号。以下「技術基準省令」という。）は、できる限り新技術に対応できるように、個別の仕様、寸法、方式等を定めることなく、装置などに求められる性能を規定するものとしている⁴⁾。

そのため、鉄道事業者において、個々の実状を反映した詳細な「実施基準」を策定し、この実施基準に基づき施設及び車両の設計、維持管理、運転取扱い等を行うものとしている。鉄道事業者が実施基準及び詳細仕様を定めるにはリスクアセスメントが必要になる。

4. リスクアセスメント実施に係る制約等

リスクアセスメントの実施には、装置に関する技術情報の収集及び分析する技術的能力が必要となる。日本国内におけるこれらの状況について、ア) 発注者である鉄道事業者、イ) 組み立てメーカー、ウ) 装置メーカー、エ) 第三者機関の実態を以下に示す。

4.1. 鉄道事業者

鉄道事業者は、その事業を的確に遂行する責務を有している。鉄道事業者は、関係するメーカーと共同集合して設計会議等を設け、技術情報の共有化及び技術的能力の補充を行っている。

個別の装置については、装置メーカー又は組み立てメーカーと共同して設計を行っている。しかし、各メーカーから提供される設計図書に個別の装置の詳細な機能などが明確に記載されていない場合があり、詳細な機能などについては鉄道事業者が掌握できていないことがある。また、各メーカーの社内固有技術情報、特許技術情報、契約上の守秘義務情報などの制約か

ら、他のメーカーの詳細な技術情報を知ることが困難な場合もある。

鉄道事業者は設計会議等により技術的能力を補充している場合、鉄道事業者が行うリスクアセスメントには、契約先である装置メーカー及び組み立てメーカーの技術協力が不可欠である。

小規模鉄道事業者においては専門技術者も少なく、技術情報の集約が行えない場合や、分析する技術的能力が不足する場合は、リスクアセスメントを的確に実施できない可能性が生じる。

さらに、平成 13 年の鉄道の技術基準省令の性能規定化により、技術の自由度が高まったものの、標準仕様や標準規格の策定などの検討の機会が減少し、他の鉄道事業者や他のメーカーからの詳細な技術情報を得る機会は大きく減少したと思われる。

4.2. 装置メーカー

装置メーカーは、自社装置について、その設計及び製造に対して責務を有しており、品質管理や安全管理を行い、不安全な製品を極力出さないよう最大限の努力を行っている。個別の装置メーカーは、専門技術を活かし、それぞれ設計又は製造する装置についてのみリスクアセスメントを行う。

しかし、メーカー相互間で契約関係がない場合が多く、守秘義務の関係などから、他のメーカーの技術情報の収集は困難であり、装置相互間の影響に対するリスクアセスメントは困難である。

4.3. 組み立てメーカー

組み立てメーカーが車両や装置の全体をとりまとめて鉄道事業者から受注契約している場合は、全ての技術情報を集約することができる。

しかし、鉄道事業者が調達した装置を支給し、組み立てメーカーが組み立てのみを担当している場合、各装置等の詳細設計の情報を鉄道事業者が直接集約するため、組み立てメーカーにおいて技術情報を集約することは困難な場合がある。

4.4. 第三者機関

第三者機関(技術コンサルタント、評価機関など)は、一定程度の装置に関する技術情報の収集及び分析をする能力を有する。また、「規格化」が浸透していればリスクアセスメントの実施は容易である。しかし、事業の実施責務を有する主体ではないうえ、社会や鉄道利用者とは直接接する距離も遠く、特に上述した性能規定化された基準体系の場合には、第三者機関のみで残留リスク判断を行うことは適当ではない。

5. 性能規定化基準体系におけるリスクアセスメントの役割の整理

日本国内における性能規定化された基準体系の場合のリスクアセスメントは、

- ① 使用条件等を踏まえた「全体設計のリスクアセスメント」(実施基準策定及び詳細仕様策定の段階)、
- ② 「個別装置のリスクアセスメント」(発注契約後の設計・製造の段階)、
- ③ 「統合的リスクアセスメント」(個別装置の残留リスクの明確化後の段階、試運転等の段階)、
- ④ 「運用過程のリスクアセスメント」(鉄道事業者

の運用における PDCA サイクル)

の四つの段階が考えられる。

全てのリスクアセスメントの結果は、鉄道事業者に集約され、残留リスクが判断されることとなり、複数のメーカーが関わる複雑な装置や、指令線の断線という個別装置の相互間の問題についてもリスクアセスメントを漏れなく実施することが可能となる。

最終的な残留リスク判断に応じて、鉄道事業者において使用条件の制約や、各個別装置の詳細仕様の見直しに反映し、鉄道事業遂行の責務体制の一貫性を実現できる(図1参照)。

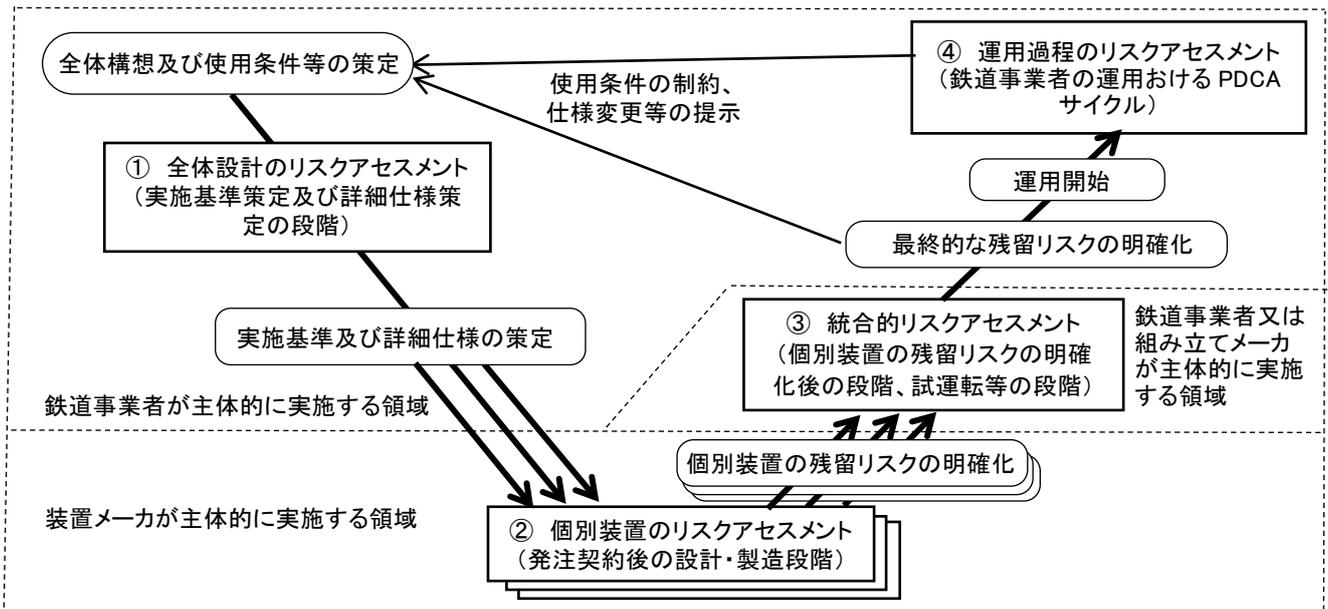


図1 性能規定化基準体系におけるリスクアセスメントの役割の整理

6. 段階毎のリスクアセスメント実施の充実方策のあり方

最終的な残留リスク判断を行うのは鉄道事業者であること、及び性能規定化基準体系を維持しつつ、5章で示した四つのリスクアセスメントについて、日本国内における今後のあり方を検討する。整理した結果を表1に示す。

6.1. 全体設計のリスクアセスメント

全体設計のリスクアセスメントの実施及び責務の主体は鉄道事業者であるが、鉄道事業者において技術的能力が不足する場合は、任意の技術支援契約により鉄道事業者以外の者の技術的能力の支援を受けるものとなる。

この技術支援契約による技術的能力の提供は、発注契約前の構想・計画段階であるため、各装置メーカーの秘匿性の高い技術との関連性は薄く、メーカー、第三者

機関など多様な主体が、発注者側のコンサルタントとして協力することが可能である。

6.2. 個別装置のリスクアセスメント

個別装置のリスクアセスメントの実施及び責務の主体は装置メーカーであるが、装置メーカーは受注契約上の責務としてリスクアセスメントの結果を統合的なリスクアセスメントを行う主体に報告・説明し、統合的なリスクアセスメントを行う主体が行う残留リスク判断に統合することが必要である。

個別装置のリスクアセスメントは、その詳細仕様等を明確にできていれば、第三者機関によるリスクアセスメントを重層的に行うことが可能となるが、装置メーカーが責務として行うリスクアセスメントを省略することはできない。

6.3. 統合的なリスクアセスメント

システム全体の技術情報を保有する者が、統合的なリスクアセスメントを行う必要がある。

鉄道事業者に加え、組み立てメーカーが全ての装置について、全ての技術情報を集約している契約関係であるならば、組み立てメーカーが統合的リスクアセスメントを実施できる。

これまでの個別装置のリスクアセスメントでは、装置の使用前提や仕様等として SRAC (Safety Related Application Conditions) に該当する事項として整理し、踏み込んだリスクアセスメント対象となっていたものであっても、統合的リスクアセスメントの実施をルール化することにより、リスクアセスメントの隙間をなくすることができる。

統合的なリスクアセスメントには、統合的なリスクアセスメントの主体から各装置メーカーへの発注契約に基づき、専門的な技術的能力を持つ組み立てメーカーや各装置メーカーが参加し、さらに秘匿性の高い技術情報や専門技術情報の提供を容易にするため、他のメーカー、コンサルタント、第三者機関などと守秘義務契約や技術支援契約を行うことで充実が可能である。

6.4. 運用過程のリスクアセスメント

運用過程のリスクアセスメントの実施及び責務の主体は鉄道事業者である。運用過程では、設計段階では予期できない事象の発生や、残留リスク判断の結果としての使用条件の制約からの逸脱など多様な事象の発生が想定される。

これに対応するため、

- ・ 竣工時の検査、定期的な検査・点検において、数値基準等への適合性や、機能確認の検査にとどまらず、経年変化によるリスク増大を把握する検査手法を用いること
- ・ 各装置に設けられている故障記録装置及び運行状況記録装置による記録の分析から予兆現象を把握すること

などにより、運用過程におけるリスクアセスメントを充実させることが重要である。

鉄道事業者への技術支援として、メーカー、第三者機関などがメンテナンス過程や運営過程に関与する契約を行うことにより充実が可能である。

7. まとめ

リスクアセスメントを行う各主体の制約の実態等を考慮して、日本国内の性能規定化基準体系に適合した4つのリスクアセスメントの相互関係を整理した。

残留リスク判断を行う鉄道事業者の技術的能力を補充するため、技術支援を明確にした契約を行い、関係者の協力を得ることが重要である。

参考文献

- 1) 運輸安全委員会[2021]、「鉄道事故調査報告書 RA2021-1」、(<https://www.mlit.go.jp/jtsb/railway/rep-acci/RA2021-1-1.pdf>)
- 2) 国土交通省[2022]、「鉄道における自動運転技術検討会とりまとめ」(<https://www.mlit.go.jp/tetudo/content/001512132.pdf>)
- 3) 日本学術会議総合工学委員会機械工学委員会 合同工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会[2020]、「工学システムに対する安心感と社会」(<https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-24-h200825.pdf>)
- 4) 国土交通省[2002]、「鉄道に関する技術上の基準を定める省令等の解釈基準について」(平成14年3月8日付け国鉄技第157号)

(おしたて たかし／くどう のぞみ／交通安全環境研究所)

表1 各リスクアセスメントの充実方策の整理

| | 実施・責務の主体 (情報の統合主体) | 技術支援者等(技術協力・支援) | |
|---|-------------------------|--|--------------------------------|
| | | 義務的協力関係 | 任意の技術支援契約による関係 (必要により実施) |
| ①全体設計のリスクアセスメント (実施基準策定及び詳細仕様策定の段階) | ○鉄道事業者(発注予定者) | — | ・組み立てメーカー ・装置メーカー ・第三者機関 |
| ②個別装置のリスクアセスメント (発注契約後の設計・製造段階) | ○装置メーカー(受注者の責務) | ○鉄道事業者 ○装置発注者である組み立てメーカー(発注者の責務) | ・発注契約外の装置メーカー等 ・第三者機関 |
| ③統合的リスクアセスメント (個別装置の残留リスクの明確化後の段階、試運転等の段階) | ○鉄道事業者 | ○装置メーカー(受注者の責務) ○組み立てメーカー(組み立て者の責務) | ・発注契約外の装置メーカー等 ・第三者機関 |
| | ○組み立てメーカー(技術情報を集約可能な場合) | ○装置メーカー(受注者の責務) ○鉄道事業者 | |
| ④運用過程のリスクアセスメント | ○鉄道事業者(最終的残留リスク判断の責務者) | — | ・組み立てメーカー ・装置メーカー ・第三者機関 |