

鉄道事業における事故要因学習方法の提案

中央大学 学生会員 ○荒川 友里 中央大学 正会員 佐藤 尚次

1. はじめに

鉄道は発足より近年に至るまで、より安全で快適な輸送を使命として日々保守作業や新たな技術開発が行われている。中でも最大の使命は死傷者を出し兼ねない鉄道事故の減少である。図-1 からわかるように安全の実現のため、立体交差事業やホームドアの設置など毎年莫大な費用を投じて対策に乗り出している。¹⁾

しかしこれら各社の弛まぬ努力をもってしても、死者 107 名、負傷者 562 名となった 2005 年の福知山線列車事故のような記憶に残る重大事故が発生してしまうことがある。

今日の状況に対し、事故を防ぐためのシステム構築と同時に、事業に携わるスタッフにも事故につながる要因を感知できる能力涵養のための学習を充実させることが重要である。

この目的には事故の要因分析が必要だが、先行研究として福山らによる「鉄道事業におけるリスク評価手法適用の試み」²⁾がある。ここでは巨大システムで実際に利用されている確率論的リスク評価手法 (PRA) に基づき、枠組みを構築している。

しかしながら、この研究では総括として事故発生確率の算出には PRA でよく用いられるフォールトツリー解析 (FTA) の適用が必ずしもうまくいかないことを述べ、FTA ではなく JR 東日本社内の運転事故データベースを使用している。その理由として「原子力発電所のように高度に自動化されたシステムの事故シナリオと比較すると、鉄道における事故の因果関係は体系化しにくく、ツリー解析の適用が困難であった」としている。

2. 研究目的

前節の先行研究を踏まえ、事故に関して誰もが取り組める学習方法を開発することを最終目的とし、以下の 3 点の研究を行う。

- ① 「体系化しにくい因果関係」とは何を指しているのか、なぜ体系化しにくいのか、他の事業との比較などから具体例を用いて明確化する
- ② ①を克服し FTA を鉄道事業に有効活用できるのか検討する
- ③ 克服せずに別の方法を用いた学習方法を新たに開発する

3. 研究対象

本研究では事故の調査結果が公表されている 2001 年から 2018 年を対象期間とし、事例として鉄道脱線事故 187 件を対象とする。事故要因の内訳は表-1 である。

これらのデータは鉄道安全データベースと運輸安全委員会の鉄道事故統計から収集する。

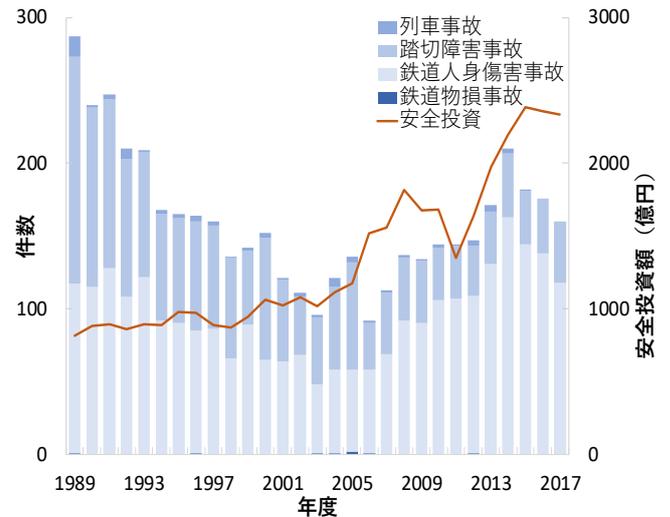


図-1 JR 東日本における安全投資額及び鉄道運転事故件数の推移¹⁾

表-1 脱線事故の原因大別件数³⁾

鉄道係員	車両	鉄道施設	競合脱線	鉄道外	自然災害	不明	計
22	10	23	9	55	64	4	187

4. 研究手法

4.1 目的①～② 《FTA》

FTA は発生しうる望ましくない事象について、その事象を引き起こす可能性のある原因間の因果関係の論理構造を木構造として明らかにし、更にその事象の発生確率を定量的に見積もるものである。

頂上事象を AND ゲートと OR ゲートを用いて記述し、基本事象から頂上事象の発生確率を算出する。

4.2 目的③ 《R-S モデル》

(1) R-S モデル

構造物の信頼性設計によく用いられるモデルである。耐力 R と作用効果 S の差を構造物の破壊基準関数 Z で表し、 $Z > 0$ のとき安全、 $Z < 0$ のとき破壊が起こると判定できる。

これを応用し、事故の発生要因には S 過大、R 不足があるとし、さらにこれらの分類に当てはまりにくいヒューマンエラー HE (グロスエラーともいう) が含まれるものとする。

(2) 分析・評価方法

以下の流れで事故原因を評価する。

- i) ある事故の原因の流れを「鉄道事故調査報告書」を参考に、イベントツリーのように表し書く
- ii) i) の各事象に対し、その原因者を表-1 の大別を参考に (a) ~ (e) に、内容を表-2 のように S 過大 (S)、R 不足 (R)、HE (H) に分類する

キーワード 鉄道, 事故要因, 学習方法, FTA, R-S モデル

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学後楽園キャンパス

TEL : 03-3817-1816 FAX 03-3817-1803

iii) 流れを考慮した重みで分類を数値化しグラフ化する
これをすべての事象に対して繰り返す。

ここで、数値の大きさはその事故に対する影響度を表し、事象ごとの数値の合計が大きいほど要因が連なっていることを示している。

5. FTA の現状

FTA は基本事象の発生確率データを用いて頂上事象の発生確率を求めると「データの蓄積が比較的容易な場合」に多く用いられているのが現状である。鉄道においては、列車運転管理システムに採用されている。

また、事故発生後の利用例としては 2006 年のエレベーター事故の発生原因追究が挙げられる。

6. 分析結果

表-1 に示す安全データベースにおいて原因大別が「鉄道外」に分類されている 55 件について分析を行った。この結果を図-2 に示す。これより原因の多くは (e) 鉄道外による HE と S 過大であるとわかる。また (c) 鉄道施設の R 不足も一部関わっていることもわかり、「鉄道外」による事故と定義されていても、要因は多岐にわたり連なって起きていることが示された。

この図だけでは具体的な分析のイメージとつながりにくいので、発表時にはいくつかを例示する予定である。

7. 考察

7.1 目的①について

FTA が難しいとされる要因としては、データの圧倒的に少なく体系化が困難であることが挙げられる。また事故の発生原因の要素として環境や人的ミスなど種類の異なる多くのものが連なり、場合分けが多くなることも要因だと考えられる。さらに、機器の故障に対して用いられることが主であり、「運用側以外の人的ミス」を確率的に表すことが困難であると考えられる。

7.2 目的②について

①の考察から、鉄道運転における人的判断による不確実性を少なくすること、また運用側以外に起因する事故の可能性を考える必要が少ないシステムにすることで適用が容易になると考えられる。

これらから、具体的には「自動システムによる制御がある程度できる」「人が線路及び車体に影響を及ぼせない」などが考えられる。よって、ホームドアの整備が終了した自動運転を実施している地下鉄やリニア新幹線などには FTA を有効活用できるのではないかと考える。

7.3 目的③について

①より、多種多様の発生原因が連なっているという特徴が FTA を困難にさせ、②から現行のシステムに対する利用は難しいことが改めて分かった。そこで発生原因の流れで考え、要因が連なっていることが可視化されるような新たな分析・評価方法を考案した。

今回の方法のメリットは事故調査資料を参照することから誰もが取り組むことができ、さらに自ずと事故のメカニズムを詳しく知れるというところであると考

表-2 該当内容例

原因者	内容		
	S	R	H
(a) 鉄道係員	企業規模などの問題	マニュアルなし	個人の判断ミス
(b) 車両	車両の重さ	設計・メンテの不良	
(c) 鉄道施設	曲線部に位置していた	設計・メンテの不良	
(d) 鉄道外	鉄道以外の力	鉄道用地外の設計・メンテ不良	運転者の判断ミス
(e) 自然災害	地震・強風・時間帯		

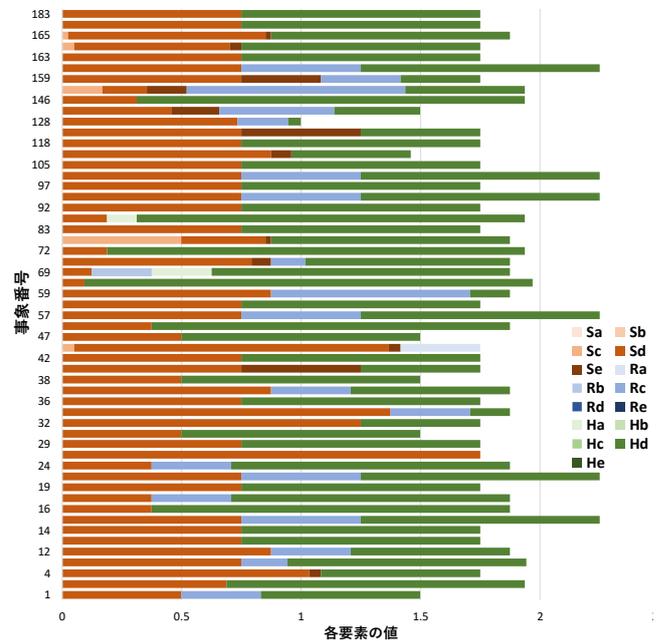


図-2 鉄道外による事故の発生原因の分析結果

えられる。また、要因に対する評価が個々で異なることが予想されるため、例えば分野や勤務年数を越えたグループワークで分析を行うことで更なる評価精度の向上が見込まれるだけでなく、事故の要因を共有し更なる安全意識の向上につながるのではないかと考えられる。

しかし、経験則であり未知の事故に対しての学習はできないこと、正解がないこと、事故を緩和する方に働いた事象を表現することが難しいことが問題点として考えられる。

8. おわりに

今回は事故要因の学習に用いることができるような鉄道事故の分析方法を構築した。また、一部の事故に対してこの方法を用いた分析をし、結果を表示した。

今後はこの分析をすべての事象に対して行う。また、この方法に事象の発生確率や被害の大きさを考慮し、リスク評価に繋げていく。

参考文献・出典

- 1) 東日本旅客鉄道株式会社「グループ安全計画 2023」
https://www.jreast.co.jp/safe/pdf/group_safetyplan2023.pdf
- 2) 福山浩史他 (2008)「鉄道事業におけるリスク評価手法適用の試み」『社会技術研究論文集』Vol.5 163-171
- 3) 公益財団法人鉄道総合技術研究所 鉄道技術推進センター 鉄道安全データベース
- 4) 運輸安全委員会 鉄道事故統計
<https://jtsb.mlit.go.jp/jtsb/railway/rail-accident-toukei.php>