

3609 鉄道の信頼性評価に関する研究

Confidence assessment of railway

石津 昭彦(東日本旅客鉄道株式会社) 福山 浩史(東日本旅客鉄道株式会社)

犬塚 史章(東日本旅客鉄道株式会社) ○釜瀬 立哉(東日本旅客鉄道株式会社)

Akihiko ISHIZU, East Japan Railway Company 2-0, Nisshin-cho, Kita-ku, Saitama City

Hiroshi FUKUYAMA, East Japan Railway Company.

Fumiaki INUTSUKA, East Japan Railway Company.

Tatsuya KAMASE, East Japan Railway Company.

We are trying to calculate a detailed confidence index of a railroad. We think that safety and punctuality are important as index, which we evaluated by a similar method in Global Risk Assessment. That is: Safety: probability of accident and the number of casualties. Punctuality: probability of a transportation obstacle, a train delay and the number of passengers. This time We introduce on the basis of these calculation result examples concerning the method and calculation method and application example of thinking..

Keyword: railway, reliability, safety, punctuality, risk assessment,

1. はじめに

近年の技術動向、ニーズの多様化に代表されるように、鉄道事業をとりまく環境は常に変化にさらされている。これに対して弊社も安全及び輸送安定性の向上を目指して、車両・設備・営業等の各面から評価や対策を行ってきており、その結果、個々の分野における安全性や信頼性は着実に高まってきている。しかし、鉄道システム全体として、どこが弱点であり、どこに重点的な取り組みや設備投資を施すべきか、また各種施策により鉄道システムの信頼性はどこまで向上したか等、鉄道事業全体を俯瞰した統一的な指標は今までなかった。

こうしたことを背景に、本研究では鉄道事業全体の信頼性を安全面、輸送安定面等から総合的に評価し、各種改善施策の順位付けやその効果の確認等に有効な信頼性評価手法について研究することとした。

2. 信頼性評価モデル

2.1 信頼性評価について

本研究は、次の前提条件で進める事とした。

①研究対象

- ・個々の機器の信頼性ではなく、鉄道を1つのシステムと見た場合の信頼性を評価する

②信頼性を構成する要素

- ・安全性: 当社利用時に事故で死傷することはないか?
- ・輸送安定性: 目的地まで予定通りに到着するか?

③リスクの考え方を導入

- ・リスク=発生頻度×影響
- ・お客さまへの影響規模を考慮
- ・発生メカニズムを考慮し過去の実績を参考に発生頻度を算出

2.2 モデルの構築

(1)モデル構築の考え方

モデルを構築するにあたって、鉄道の信頼性を阻害する因子として鉄道運転事故と輸送障害(以下事故等とする)を取り上げ、これらの発生頻度と影響規模の大きさを定量化した上で信頼性評価値として統合した。

(2)頻度分析

事故等は、列車本数や旅客数、保安設備、周辺環境など様々な要因が複雑に絡み合っていると考えられる。発生頻度を定義する際に、これらを全て組み込むことは困難なため、要因のうち発生メカニズムから考えて最も関連深いと思われる要因を主要因とし、それにより実態をある程度捉え、実用に耐えうるモデル化が可能と考えた。この場合、事象毎に定める主要因の選定が、実用的なモデルの構築にとって非常に重要な要件となる。

発生頻度は、同じメカニズムで発生した事故等をその主要因と考えられる「基数」で除することで算出する事とし、そのデータとしては弊社における1987年4月1日以降の事故等を蓄積しているデータベースを活用することとした。

「基数」については基数を適切に選定できると、その発生頻度はエリア等の違いに左右されないと考えられる。そこで基数を選定する際には『その基数により特定エリア毎に発生頻度を算出し、その差異が少ない項目を今回考える基数に採用することが適切である』という考えに基づいて選定した。基数とする項目は、発生メカニズムを考慮して検討した結果を単独又は組み合わせで選定した。

(3)影響規模分析

次に影響規模について述べる。

影響規模は安全性と輸送安定性の2つの視点から研究を進めた。

安全性とは旅客と社員に対して、

旅客: 列車内及びホームに関するもの(自殺除く)

社員: 鉄道運転事故に関するもの

と定義した。具体的には、鉄道運転事故に関する事象について、事象発生毎に1回あたりの死者数・負傷者数を関数 ($F_{死亡}$ 、 $F_{負傷}$) で定義した。

一方、輸送安定性とは、お客様に与えた損失を重点に考え、「待ち増分の総和×待ち人数」を算出し輸送安定性の影響とした。具体的には、全ての事象について当該列車に関する平均遅延を定義する。そして予め運転本数や乗車人員・乗降人員などを考慮して別に定めた関数に、前述の遅延時分と発生場所を入力することにより事象・エリア別の影響が算出できるよう関数 ($F_{安定}$) で定義した。

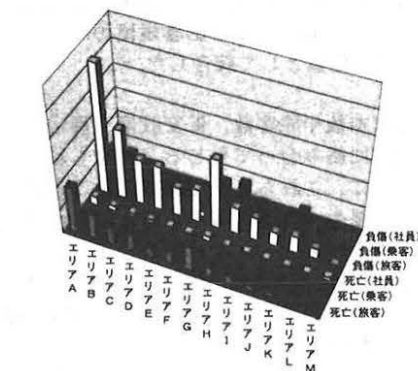
(4) 評価結果の合成

発生頻度分析と影響規模分析の結果を合成し、信頼性評価値は、事象毎・区間毎に算出した結果を積算し、次の3つを評価値とした。

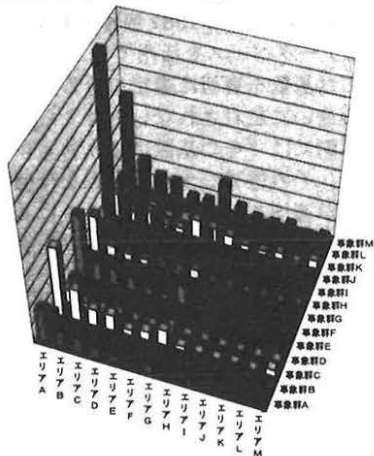
【安全性】	
安全性(死亡) [人/年]	$= \frac{\sum (\text{発生件数} \times F_{死亡}(\text{事象}))}{\text{全事象}}$
安全性(負傷) [人/年]	$= \frac{\sum (\text{発生件数} \times F_{負傷}(\text{事象}))}{\text{全事象}}$
【輸送安定性】	
輸送安定性 [人分/年]	$= \frac{\sum (\text{発生件数} \times F_{安定}(\text{遅延時分、発生場所}))}{\text{全事象}}$

(5) モデルの活用

ここではモデルを活用した評価例を紹介する。本モデルは、事象や設備の分野や区間毎に算出した結果を積算するため、集計方法により様々な分野・エリアの比較が可能となる。Fig.1(a) はエリア別対象者別に信頼性評価値(安全性)を比較したもの、Fig.1(b) はエリア別事象別に信頼性評価値(輸送安定性)を比較したものである。



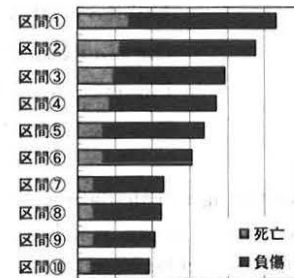
(a) Safety (Area - Type of Casualties)



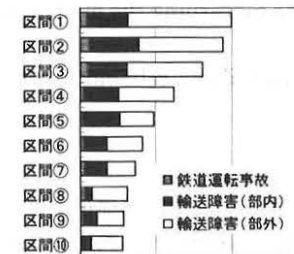
(b) Punctuality (Area - Factor)

Fig.1 Value At Risk

一方、Fig.2は、当社の線区を特定のエリアに分けて信頼性評価値について比較し、それぞれ上位10区間を並べたものである。この例では、安全性は全ての死傷、輸送安定性は鉄道運転事故及び輸送障害全てを積算して並べたものであるが、今後対策が必要とされる分野及びエリアの検討が可能となる。例えば、Fig.1より輸送安定性を低下させる要因としては事象群Jの影響が大きいことが分かるが、この事象群Jに関する事象のみを抽出してFig.2のように比較することで、対策を実施する際に大きい効果が期待されるエリアが分かる。



(a) Safety



(b) Punctuality

Fig.2 Value At Risk (Section of Line)

(6) 対策効果の検証

本モデルは、発生頻度と事象毎の主要因を表す基数の積により算出するため、施策の実施によりこれらの数値が変わったとの仮定による定量評価ができ、費用対効果を算出することも可能である。

例えば、踏切事故対策X及び防災対策Yについて、効果が全体の評価値に対してTab.1の通りであり、必要とする費用は踏切事故対策Xに比べ防災対策Yが3倍だとすると、費用対効果では踏切事故対策Xの方が安全性及び輸送安定性いずれも効果的であると判断することができる。

Tab.1 Relative example between countermeasures

	安全性	輸送安定性
踏切事故対策X	0.07%減	0.580%減
防災対策Y	0.15%減	0.014%減

3. 最後に

本モデルの構築により、鉄道システム全体に対して統一的な指標を用いた評価ができ、施策等の定量的な効果が把握できるようになった。とはいえ今回のモデルには考慮できていない課題も依然残されているが、これらの課題に対しては今後も研究を進め、安全でかつ安定した輸送サービスの実現に貢献していきたいと考えている。