

踏切のリスクおよび対策評価手法

人間科学研究部 安全性解析
主任研究員 松本 真吾

1. はじめに

鉄道総研では、これまで主に統計的手法により、踏切諸元から発生頻度（個別の踏切の年間事故数）を危険度として定量的に推定する手法を開発・提案してきた[1]。しかし、踏切の安全対策の実施上、事故による影響を考慮した安全性指標を考えるほうがより妥当性が高いと考えられる。

今回の発表では、上記手法を発展させ発生頻度と推定される事故による影響（損害・遅延）の積として踏切リスクを定義し、このリスクに基づいた安全性評価手法を提案する[2]。

また、鉄道事業者にとっては、現状の安全性を把握するだけでなく、対策による効果を見積もることも大きな関心事であるため、新たに事故対策効果を評価する手法を開発した[2]。これは、上記の統計的な安全性評価手法に加え、イベントツリーによる踏切事故進展分析を行ない、対策による事故発生確率の変化およびこれに伴い変化するリスクを計算することによって、対策の有効性評価を行う手法である。

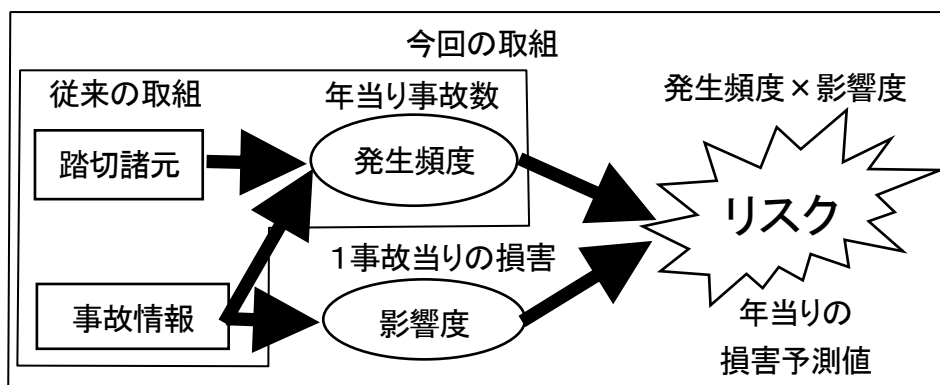


図1 踏切安全性評価の取組

2. 踏切安全性評価に対する従来の取組

踏切の安全性評価の目的は、対策が必要な踏切の選択と、有効な対策の選択の2点である。

前者の踏切選択においては、従来の取組では、年間あたりの事故の発生頻度を指標として、これを統計的手法（数量化Ⅰ類）によって求めていた。具体的には、鉄道事業者の踏切諸元データ及び踏切事故データに基づき、踏切諸元から複数の説明変数を抽出し、説明変数の値をいくつかのカテゴリに分類する。そして、目的変数（発生頻度）を説明変数の寄与度と各カテゴリに対す

る重み付け（カテゴリウエイト）の積の総和として表すものである。また対策の効果を見積もる際には、説明変数の寄与度およびカテゴリウエイトを用いていた。

3. リスクによる踏切安全性評価

従来の安全性評価による踏切の選択について考えた場合、1事故あたりの影響が踏切によって異なるため、発生頻度だけに基ついた指標では十分でない。発生頻度とともに事故影響度を考慮して、これらの積として年間の損害予測値であるリスクを指標とするのがより妥当である。

リスク算出に必要な事故の影響度については直接的影響及び間接的影響に分けて考えた。

直接的影響としては、人的損害および物的損害が考えられるが、今回、踏切に依存する損害の影響として、物的損害を対象とした。大型自動車等との衝突では、列車の先頭車が損害を受ける為、走行車両の価格を評価する必要がある。鉄道車両の価格は種類によって異なるが、おおむね、通勤型車両が約1億円、特急型車両が約1.5億～2億円程度、電気機関車が約3億円程度と考えられる。さらに、車両が損害を受ける程度については、過去3ヵ年分の事故実績および踏切通過時の走行速度を考慮して評価した。

間接的影響としては、今回は輸送障害による影響を対象とした。この損害の程度は、事故による総遅延時分で評価できるが、これは踏切事故による運休本数で概算できる。運休本数に関しては、踏切がある線区の列車本数と相関が見られ、ほぼ1時間分の列車本数が運休すると考えられる。したがって、踏切毎に評価する影響度として、1時間あたりの運行本数を想定運休本数として評価することとした。

上記の発生頻度および影響度評価に基づき、発生頻度×影響度として踏切毎のリスクを求めた。図2は発生頻度と運行リスクの関係、図3は発生頻度順位と運行リスク順位の関係をグラフで表したものである。発生頻度が低いにも関わらずリスクが高い踏切が存在することがわかる。

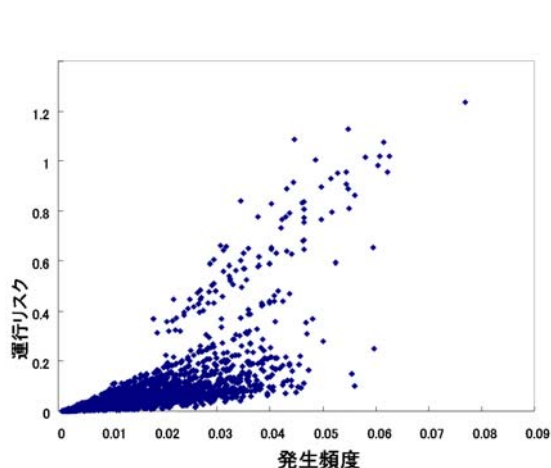


図2 発生頻度と運行リスクの関係

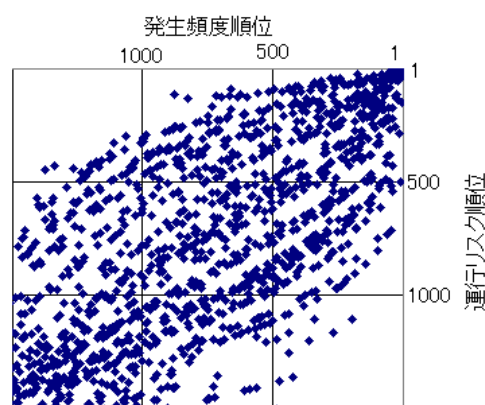


図3 発生頻度順位と運行リスク順位

4. 踏切の対策効果評価

対策効果評価についても、従来の統計モデルの説明変数の寄与度及びカテゴリウェイトを用いた評価手法では踏切環境にかかわらず、対策に関わる説明変数の効果が一律に評価される点が不十分である。環境と対策との関係を見るためには1遮断あたりの事故率を基準として、統計モデルを改良する必要がある。これに関しては対数線形モデルによって、対策別の、1遮断当たり事故発生確率を評価した。図4は、障害物検知装置の有無による1遮断当たりの事故発生確率の違いを見通距離別に評価したものである。

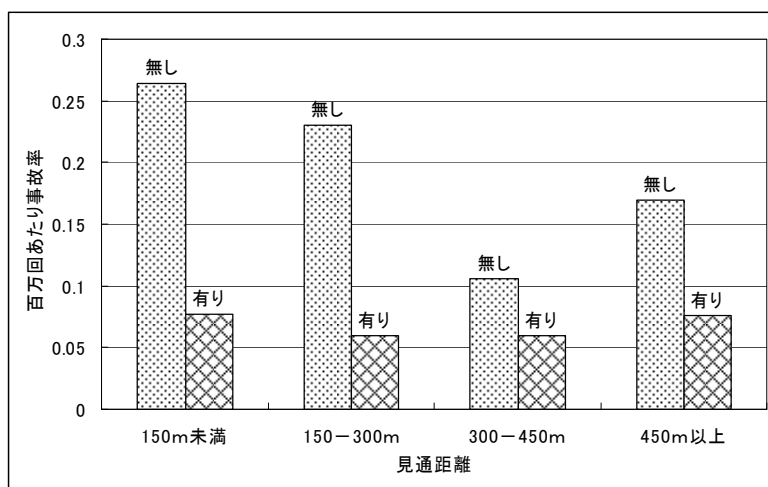


図4 見通距離別の障検設置による事故発生確率の違い

また、事故の原因と対策の因果関係を考慮するため、事故に至る経緯を時系列の形で分析し、起因事象から最終的な事象にいたる分岐を明らかにするイベントツリーを用いることとした。具体的には、通行車が踏切に接近してから、事故に至るまでの経緯から主な分岐事象を抽出し、時系列に展開したイベントツリーを記述した(図5)。

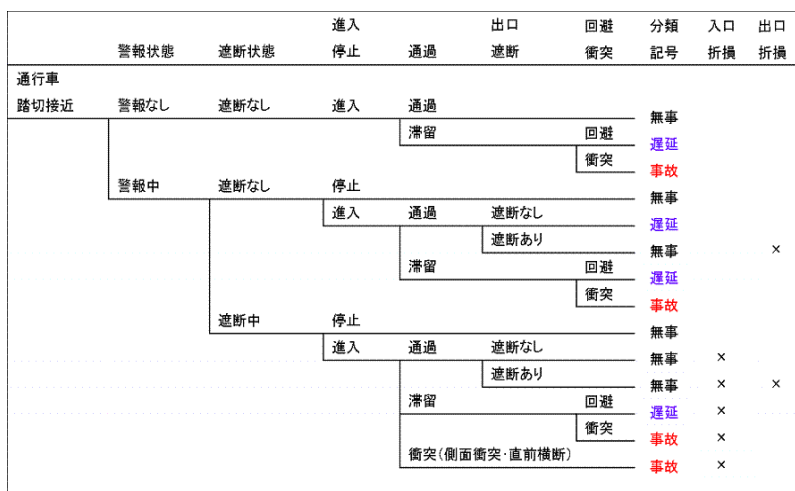


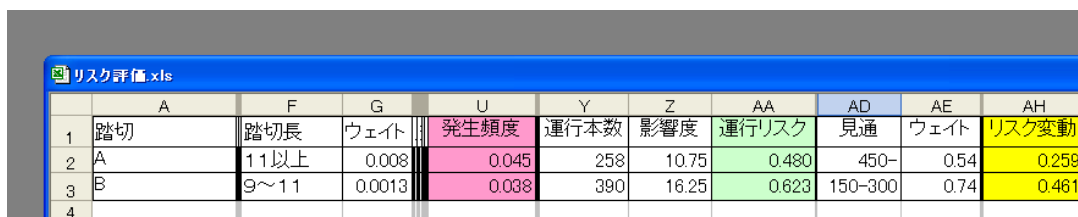
図5 イベントツリーによる踏切事故分析

図5のイベントツリーの右端にあたる最終事象に至る確率は、左端の起因事象から最終事象までに通る分岐の確率の積によって求めることができる。ここでは、遮断かん折損、踏切支障、および踏切障害事故の統計分析の結果を利用した。また対策効果は、最終事象の発生確率の変動として求められる。各分岐における発生確率は、上記の対数線形モデルによって算出した。

5. 成果の実用化

発生頻度は先の多変量解析で求めた寄与度とカテゴリウェイトに従い、踏切諸元データから計算される。また、物損の影響は車両価格及び速度・線区情報から、輸送障害の影響は踏切を通行する列車本数のデータから計算される。影響値と発生頻度を掛け合わせることで、物損および輸送障害に関するリスクを算出できる。また、設備条件の変更による発生確率の変化量から、リスクの変化量として対策効果を算出できる。

上記の手法を用いて簡便にリスクおよび対策効果を算出するため、リスク評価ツールを Excel で作成した (図6)。



	A	F	G	U	Y	Z	AA	AD	AE	AH
1	踏切	踏切長	ウェイト	発生頻度	運行本数	影響度	運行リスク	見通	ウェイト	リスク変動
2	A	11以上	0.008	0.045	258	10.75	0.480	450~	0.54	0.259
3	B	9~11	0.0013	0.038	390	16.25	0.623	150~300	0.74	0.461
4										

図6 Excel によるリスク及び対策効果評価ツール

6. 今後の展望

今後、リスク評価の精度向上のため、事故に至る現象を掘り下げ、踏切台帳データには表れない、道路交通や人間行動に関わる要因に着目する必要がある。

又、対策効果評価においても、上記の点を踏まえ、より多様な方法、例えば、特定の踏切でのビデオ撮影による交通調査や、ドライブシミュレータを用いた実験等による評価を行なっていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 福田久治：踏切安全対策の総合評価の研究 鉄道総研報告, Vol. 15, No. 1, 2001
- 2) 松本真吾：踏切のリスク及び対策効果の評価 日本信頼性学会第15回春季信頼性シンポジウム, 2007