

## 積雪・寒冷地における踏切の安全性評価手法

人間科学研究部 安全性解析研究室

副主任研究員 畠山 直

### 1. はじめに

積雪寒冷地では、冬期に踏切事故件数が増加する傾向が見られ、積雪や降雪などの気象状況が踏切事故の生起に影響を与えていると考えられる。鉄道総研では、従来から踏切の安全性について分析を行ってきた<sup>1)-4)</sup>。しかしながら、これらの手法では積雪や降雪などの気象状況について考慮されていなかった。そこで、本研究<sup>5)</sup>では、従来の踏切安全性評価手法に、冬期の気象要因を加え、積雪寒冷地の踏切のための安全性評価手法を開発した。また、気象要因以外に、踏切周辺の交通環境の影響も大きいことが分かったため、要因として追加した。

### 2. 手法の概要

本研究で踏切の安全性評価は、踏切の設備情報や設置箇所環境等の条件より、踏切事故の発生し易さを推定し、個々の踏切の安全性を評価するものである。このため、どのような設備情報や環境条件が踏切の安全性を表す要因として適切かを検討することが重要となる。本研究では、踏切事故データと、踏切の設備情報や設置箇所環境等のデータを比較することで要因を抽出した。このようにして抽出した要因を用いて統計的な推定を行うことによって、各踏切の安全性を評価する。

### 3. 気象要因

#### 3.1 踏切設置箇所の気象データの抽出

対象地域全ての踏切設置箇所の気象状況を表す計測データは無かったため、対象の踏切箇所に最も近い地域気象観測所(気象庁の観測所)のデータで代替した。気象データは、気温[℃]、降水量[mm]、日照時間[時間]、積雪深[cm]の4項目とし、それぞれ1日(または24時間)の気温の平均値、降水量の累積値、日照時間の累積値、積雪深の最大値を、各項目の代表値として用いた。また、降水量は、雪やみぞれを融かし、水量に変換して計測されており、降雪も含まれた値となっている。

#### 3.2 踏切事故の起き易い気象状況の抽出

踏切事故の発生に影響を与えている気象要因を抽出するため、まず、気象状況(上記3.1の気温、降水量、日照時間、積雪深のデータ)を以下の3つの視点で整理し、月毎に抽出した。

- ・ 対象地域の全踏切箇所の1日ずつの気象状況(以下、「全踏切」)
- ・ 踏切事故が発生した箇所の1日ずつの気象状況(以下、「事故踏切」)
- ・ 踏切事故の発生から24時間前までの気象状況(以下、「事故前24時間」)

次に、どのような気象状況で事故が起き易いかを抽出するため、「全踏切」を基準にして「事故踏切」および「事故前24時間」の気象状況を比較した。図1は、「全踏切」、「事故踏切」、「事故前24時間」の平均気温の累積相対度数分布の差をとったものである。図1では、0℃以下のと

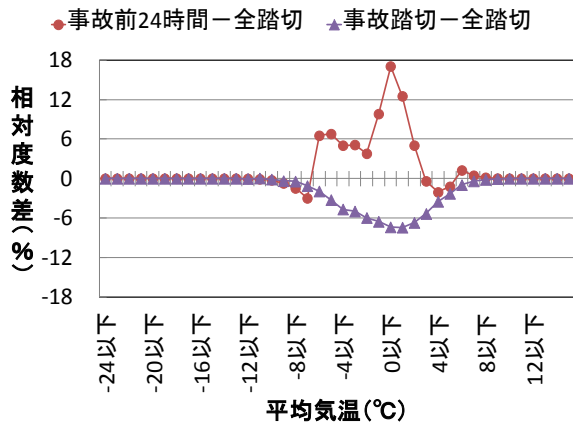


図1 平均気温の累積相対度数差の例

きに、「事故前 24 時間」と「全踏切」の相対度数の差が最も大きくなっており（赤●印の折れ線グラフ）、且つ、グラフの形状が上に凸となっていることから、事故前 24 時間の平均気温が 0°C 以下のときに、事故が最も起き易くなっていることを示している。

各気象項目に対して、「全踏切」vs「事故踏切」および「全踏切」vs「事故前 24 時間」の 2 視点からの比較を行い、最も相対度数差の大きい条件を求めることによって、各視点からみた事故の起き易い気象状況を抽出する。

### 3.3 気象要因に関する指標の作成

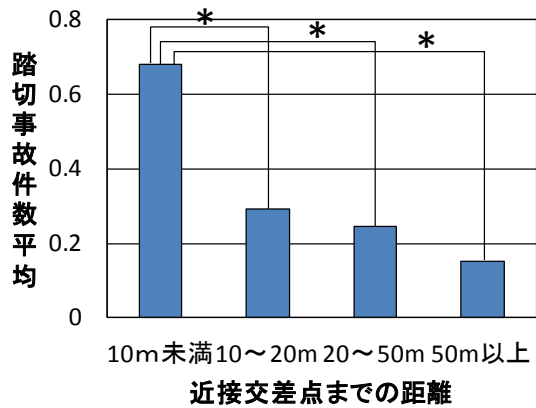
積雪寒冷地の地域 A の踏切設置箇所気象データに上述 3.2 の手順を適用し、気象要因に関する指標を求めた。気象データの期間は、H19～H21 年度の 3 年間（後述する踏切事故の分析対象期間と一致）の冬期（各年 12 月～3 月）とした。まず、上述 3.2 の手順から、気象要因ごとに「1 日の平均気温が 2°C 以下」などの気象状況を求める。さらに、踏切ごとにその状況に合致する日数を求め（表 1）、12 月から 3 月までの日数の合計値を指標とした。表 1 において、②～④は「事故前 24 時間」、⑤～⑦は「事故踏切」の視点から気象要因を求めたものである。また、①は、「事故踏切」と「事故前 24 時間」の気象状況が同じになったので、1 つにまとめた。

### 4. 踏切周辺の交通環境

従来の踏切安全性評価手法の推定結果と実際の値の差が大きい踏切に対して、現地調査を実施したところ、踏切から交差点までの距離が短く、その交差点で交差している道路の交通量が多いという特徴が見られた。実際の事故データを分析したところ、踏切から交差点までの距離が 10 m 未満の踏切で有意に事故が起き易いことが確認された（図 2）。また、交差点で交差している道路の自動車交通量データは無かったため、道路の種類を、国道かどうか、国道の場合に、退避スペースがあるかどうかの 3 種類に分けて比較したところ、国道で退避スペースがない場合に有意に事故が起き易くなっていることがわかった（図 3）。これらの事から、踏切周辺の交通環境要因の一指標として、「踏切から交差点までの距離が 10m 未満で、国道と交差し、交差点に自動車が

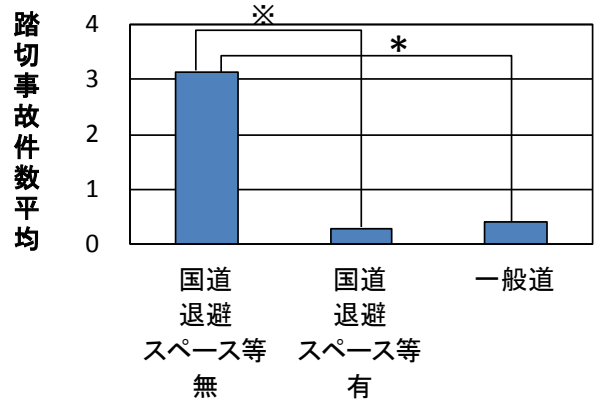
表 1 冬期の気象要因

①	1日の降水量が	12～3月	0mmより多い日数
②	1日の平均気温が	12月	2°C以下の日数
		1月	1°C以下の日数
		2月	-3°C以下の日数
		3月	0°C以下の日数
③	1日の日照時間が	12月	5時間以下の日数
		1月	1時間以下の日数
		2月	3時間以下の日数
		3月	7時間以下の日数
④	1日の積雪の高さが	12月	5cmより高い日数
		1月	25cmより高い日数
		2月	65cmより高い日数
		3月	60cmより高い日数
⑤	1日の平均気温が	12月	-3°Cより高い日数
		1月	-5°Cより高い日数
		2月	-5°Cより高い日数
		3月	1°Cより高い日数
⑥	1日の日照時間が	12月	4時間以下の日数
		1月	6時間以下の日数
		2月	3時間以下の日数
		3月	0時間の日数
⑦	1日の積雪の高さが	12月	0cmの日数
		1月	50cm以下の日数
		2月	30cm以下の日数
		3月	25cm以下の日数



\*は5%水準で有意差が有ることを示す

図2 近接交差点までの距離と踏切事故



\*は5%水準, ※は10%水準で有意差が有ることを示す

図3 道路種別と踏切事故件数

「退避できるスペースが無い」を用いることとした(図4)。

#### 5. 踏切の安全性評価手法

安全性評価の手法としては、稀にしか起こらない事象を表すポアソン分布を仮定した重回帰分析を用いた(式1)。なお、投入した説明変数すべてが有効であるとは限らないため、情報量基準AIC<sup>6)</sup>を用いたステップワイズ法により説明変数の取捨選択を行った。

$$Y = \exp(A_0 + A_1X_1 + A_2X_2 + \dots) \quad (\text{式1})$$

ここで、Yは目的変数、 $X_i$ は説明変数、 $A_0$ は定数、 $A_i$  ( $i > 0$ )は偏回帰係数を示す。

目的変数には、踏切事故件数(踏切障害事故と踏切支障の合計件数)を、説明変数には、踏切台帳より抽出した踏切長等の変数および、気象要因(表1)、遮断遭遇回数<sup>4)</sup>、踏切周辺の交通環境(10m未満で国道と交差)を用いた。

また、従来手法(気象要因等は考慮されていない手法)の適用結果から、適用度の高い期間と低い期間を分け、1年を4月~11月(春~秋)、12月~1月(冬I)、2月~3月(冬II)の3期に分けることとした。評価手法では、各期間のデータごとに重回帰分析を行い、安全性評価値は、その合計値(1年間の踏切事故件数の推定値)とした。なお、冬I、冬IIの期間のみ気象要因を追加した。

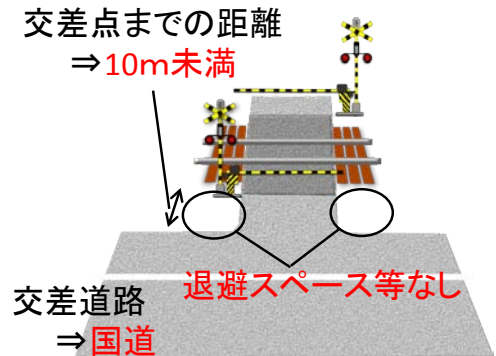


図4 踏切周辺の交通環境要因

#### 6. 踏切安全性評価手法の適用結果

積雪寒冷地の地域Aで3年間(H19~H21年度)に発生した踏切事故(踏切障害事故および踏切支障)のデータ384件に上記の安全性評価手法を適用した。従来手法では、踏切事故件数の推定値と実際の値の相関係数は0.57であったが、気象要因等を追加した本手法の適用により、相関係数は0.81に向上した。表2に、説明変数(事故要因)と、各変数にかかる重み付け値を示す。

表 2 から、冬Ⅰは日照時間が少ない地域、冬Ⅱは積雪がある程度以上で、気温が極端に寒い日数が少ない地域で事故が起こり易くなっていることがわかる。その他にも、踏切長が長いほど事故が起き易いことや、警報装置、遮断機、オーバーハング型警報装置を設置することによって事故が低減することもわかる。

## 7. おわりに

冬期の気象要因等を考慮することにより、積雪寒冷地における踏切の安全性を評価する手法を提案した。本手法を積雪寒冷地の踏切へ適用した結果、事故件数の推定値と実際の値の相関が 0.81 となった。このことから、積雪寒冷地の踏切事故要因を完全に説明しきれたとまでは言えないが、十分な説明能力を持つと考えられる。

本手法を用いることで、各踏切の事故件数の推定値に基づき、輸送影響に対するリスク値等の評価も可能である。また、どの要因が安全性を損なう原因となっているかを提示するとともに、遮断機の設置などの踏切対策によって事故件数の推定値や輸送影響に対するリスク値がどの程度低減するかの評価にも使用可能である。

## 参考文献

- 1) 池田敏久・大嶽ヒサ：踏切事故防止対策の研究(9)，国鉄鉄道労働科学研究所，鉄道労働科学，No. 35，pp. 95-114，1981
- 2) 福田久治：踏切危険度評価指標の研究—数量化理論による第 1 種踏切の危険度評価指標と対策の事前評価—，鉄道総合技術研究所，鉄道総研報告，Vol. 3，No. 6，pp. 9-16，1989
- 3) 松本真吾：踏切のリスクおよび対策評価手法，鉄道総合技術研究所，第 207 回鉄道総研月例発表会講演要旨，pp. 4-19，2007
- 4) 畠山直・松本真吾：遮断遭遇回数を用いた踏切安全性評価手法，日本信頼性学会第 24 回秋季信頼性シンポジウム発表報文集，pp. 7-10，2011
- 5) 畠山直・宮地由芽子・栗原靖・鏑木俊暁，積雪寒冷地における冬期気象条件を考慮した踏切安全性評価手法，日本信頼性学会，第 21 回春季信頼性シンポジウム報文集，pp. 43-46，2013
- 6) Akaike, H.: Information theory and an extension of the maximum likelihood principle, proceedings of the 2nd International Symposium on Information Theory, Petrov, B. N., and Caski, F., pp. 267-281, 1973.

表 2 踏切事故要因とその重み付け値

分類	事故要因	重み付け値(偏回帰係数)		
		春～秋	冬Ⅰ	冬Ⅱ
踏切 保安 装置	1種踏切 (オーバーハング型警報装置設置)	-2.59	-1.99	-2.92
	1種踏切	-1.47	-0.86	-1.16
	3種踏切	-0.6	-0.5	-1.38
	障害物検知装置	1.43	1.19	0.8
	支障報知装置押ボタン	0.88	1.31	
踏切 設置 状況	踏切長	0.21	0.29	0.22
	踏切幅員(車道)			0.21
	交差角	-0.11	0.17	
	道路勾配	0.14	-0.28	
周辺 環境	遮断遭遇回数自動車	0.26	0.31	0.54
	遮断遭遇回数歩行者		0.13	
	踏切遮断時間	0.17		
	10m以内で国道と交差 *	1.23	2.09	3.07
	交差点までの距離	-0.12		
	大型車規制有	-0.72		-1.09
	踏切見通(列車→踏切)良& 踏切通過速度差大	0.15		
気象 要因	気象条件③ *		0.27	
	気象条件④ *			0.41
	気象条件⑤ *			0.25
定数		-2.00	-3.92	-2.72

注 1) \*は今回追加した指標

注 2) 気象条件③，④，⑤は表 1 に対応し，③は日照時間，④は積雪量，⑤は平均気温に関する条件を示す

注 3) 春～秋は，4～11 月，冬Ⅰは 12～1 月，冬Ⅱは 2～3 月を示す

注 4) 遮断遭遇回数自動車および遮断遭遇回数歩行者は文献<sup>4)</sup>を参照