

踏切事故の危険性と事故防止対策に関する研究

福井工業大学 正員 長 浜 友 治

1. ま え が き

国鉄は踏切事故防止対策の柱として自動車通行を認める踏切に対し「1種全しゃ断化」(しゃ断线により道路中員を完全にしゃ断する保安設備化)を推進している。その結果近年踏切事故は大幅に減少したが、最近3年間は横ばいの様相をみせ、この設備の事故防止効果も限界をみてよい。今後、事故の減少も定着化させるには従来の画一的対策でなく、個々の踏切特性を考えた重点的対策が必要である。そのためには、個々の踏切においてどのような事故類型の発生危険度が高いかを予測し、各事故類型の特性要因分析から得られた安全対策を見出すことが効果的である。一方、警報线のみの3種、無防備の4種踏切も「1種全しゃ断化」に格上げを行う基準を科学的合理的に定めるには、これらの踏切の事故類型が大部分、暴進事故(警報無視、直前横断)であることから個々の踏切について暴進事故の発生予測を行い危険度の高いものから順位づけを行うことが必要である。本研究では自動車事故を対象として、これらの英の解析を主目的としながら、ドライバーの踏切通行意識——特に踏切通行に対する危険度意識と事故発生面からの危険度との関連について分析した。また「警報違反」事故の有力要因の1つとみられる、カーラジオ、カーステレオなど車内音量による警報音聴取の阻害に関する実験を行い、走行中の自動車に対する警報音の有効性を検討した。本研究の一部は、土木学会論文報告集、土木学会年次学術講演会等で発表した。またその後の研究成果を加え踏切事故防止対策に新しい知見も見出さんとしたものである。

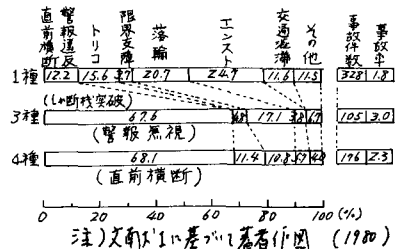
2. 1種全しゃ断踏切事故の類型化とその発生予測²⁾

(1) 事故類型の位置づけ

全種の踏切事故の原因分類を図-1に示すが、「1種全しゃ断踏切」では「警報違反」事故が少くない反面、「トリコ」事故(通行者が踏切を横断する目的で通行中、進出側のしゃ断かんてトリコになり停車中、事故が発生したもの、ただし交通混雑により停車した場合を除く)、「交通混雑」(進出側の道路の交通混雑により踏切内で停車中、事故が発生したもの、および踏切内の交通混雑により進退不能になり事故が発生したもの)、「エンスト」事故など、しゃ断線の存在が直接、間接に原因と考えられる事故の発生割合が高いことに注目すべきである。これら「全しゃ断踏切」固有の事故に対する説明と対策が重要な研究課題である。まず、これらの事故類型について、人的要因から「暴進系」か「運転未熟系」に属するかを判別するため、6つの事故類型を外的基準として数値化変数を用い2次元座標に位置づけたものが図-2である。X₁軸は「暴進事故」——「運転未熟事故」を表わし、「しゃ断线突破」、「トリコ」、「限界支障」(停止位置不良)などは「暴進系事故」であり、「エンスト」、「落輪」、「交通混雑」は、「運転未熟系事故」として分類される各事故類型の関連が明らかになった。

(2) 事故類型の判別

まず、特定踏切に事故が発生するの否かを判別するため、数値化変数によって「無事故」——「全事故」を外的基準とし、物理的要因と説明要因として判別を行った結果を図-3に示す。適中率 $P=68\%$ 、判別係 $\alpha=0.40$ であった。次に事故が発生すると判別した踏切の事故類型を予測するため、数値化変数と多群判別モデルとして、



注) 文部省に基いて著者作成 (1980)

図-1 自動車による踏切事故発生状況

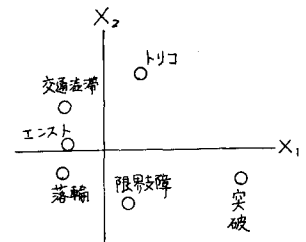


図-2 事故類型の位置

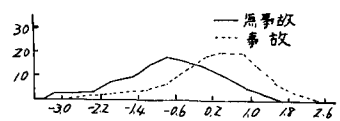


図-3 数値化変数による判別図

物理的要因から事故類型の同時判別を行った結果を図-4、表-1に示す。過中率は各事故類型とも60%以上であり、十分とは言えないが判別は可能である。なお、本章で用いたサンプル数は、「突破」42、「限界支障」30、「トリコ」33、「エント」122、「落輪」23、「交通混滞」41の計361事故サンプルと、15年以上の無事故踏切304箇所の中からランダムに抽出した150の無事故サンプルである。

3. 事故類型の特異要因分析

各事故類型は、どのような特異性をもっているかを明らかにすることは、効果的な踏切事故防止対策上、きわめて重要である。各事故類型を特徴づける要因分析データとして踏切事故報告書³⁾(361サンプル)、文献2を用いて通行者の特性、踏切の特性について考察を行った。

(1) 「しゃ断线突破」事故

国道、県道など道路規模の大きな踏切での事故発生率が47%と高く、通行者特性としては①踏切内進入状況＝一旦停止不履行(79%)、②保安装置作動状況＝警報鳴動中進入(55%)、しゃ断线降下後進入(45%)、

③要因＝安全不確認(71%)の主なものは、④「警報を無視した」、⑤「車の忘れ込み、カーラジオ、カーステレオから警報の鳴動に気づかず進入した」、⑥「警報灯の明滅が見えにくかった」、⑦「複線区間で列車の方向表示器に注意を拂っていないかった」などである。この事故類型は幹線道路での事故発生率が高いことから「道路優先、鉄道軽視」の意識から現実に「一旦停止不履行」、「警報無視」の通行ルール違反行動が相当行われており、「まだ渡れる、大丈夫」のあまい予測、判断が事故発生の主因と考えられるが、⑥、⑦の物理的要素も見逃せない。

(2) 「限界支障」事故

比較的道路規模の大きな踏切で事故が発生している。通行者特性については、①踏切内進入状況＝不明、その他(31%)、手押し、バック(22%)で不明が多いのは当事者が逃走したものである。②警報鳴動中(27%)、しゃ断线降下後(31%)、③大型車(27%)、④要因として①一旦停止の際、限界支障していることに気づかず(32%)、②一旦停止の際、限界支障していることに気づき前進または後退中衝突した(19%)、③スピードを出し過ぎ踏切内で停止(12%)、④踏切を利用して右ターン中限界支障した(4%)、⑤踏切内に進入または進出する際、左折または右折のハンドル操作中に限界支障した(8%)などが指摘される。事故発生のプロセスとして、踏切の存在に気づくのが遅れて停止したり、道路が強い斜交角の場合、列車の安全確認を行うため、踏切内へ車の前部が進入してからしゃ断のくも侵入して列車に衝突するケースが考えられ、特に大型車の場合には限界支障しやすい。

(3) 「トリコ」事故

列車密度が高く、高速列車線区に多発しており、通行者特性は①一旦停止不履行(31%)、②警報鳴動中進入(68%)、③大型車(28%)、④他の事故類型に対する特徴として、通行目的＝職業運転、居住地＝同郡落⑤要因では⑥横断可能と判断(44%)⑦進出側の道路が対向車との行違いと混雑(33%)などが主因である。この事故発生のプロセスは警報鳴動開始と共に、かけこみ通行が多く(列車密度が高く列車待ちを避けたため)剛れた踏切で横断可能と誤判断あるいは進出側の道路混雑のため、しゃ断线でトリコとなり高速列車に衝突するものと考えられ、特に回避行動の鈍い大型車の危険度が高いと判断される。この事故は「全しゃ断踏切」特有の警報違反による注目すべき事故類型とみることが出来る。

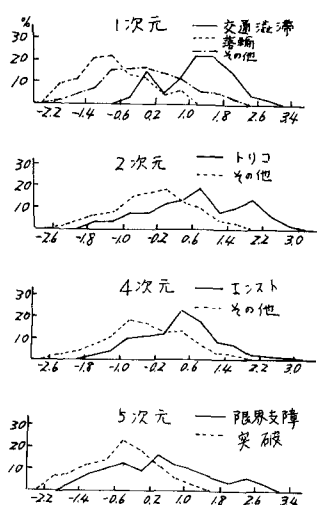


図-4 事故類型同時判別図

表-1 事故類型の同時判別

事故類型 判別要因	落輪	エント	交通混滞	トリコ	エント	限界 支障
判別率	0.24	0.84	0.3	0.20	0.10	
過中率(%)	62	70	62	61	60	

(4) 「エンスト」事故

「エンスト」事故は全自動車事故の24.7% (1980年度) を占め、特筆すべき事故類型である。事故の発生要因は主として通行者側にあるものと考えられるが、通行者特性として①一旦停止後進入(89%)、②警報鳴動前進入(87%)③軽自動車(32%)、④他の事故類型に対する特徴として、性別=女性、年令=60才以上の危険度が高く、⑤要因として④車に不慣れであった(36%)、⑥あつた(23%)などが相対的に多く、また事故発生要因の関連性みると「一旦停止後進入」、「警報鳴動前進入」、「女性」、「無職」、「私用」、「運転歴1年未満」の結びつきが強い。「エンスト」事故は車に不慣れな女性、老人に代表される典型的な運転不熟事故であり、技量の拙劣と自信の不足(緊急時の處置、判断不良)によるところが大きいと考えられる。

(5) 「落輪」事故

「落輪」事故は「エンスト」事故に比べて多発し、道路交通量の増加するほど危険度が低くなる特異な現象をみせている。通行者特性は①一旦停止後進入(85%)、②警報鳴動前進入(89%)③他の事故類型に対する特徴として、年令=低いほど危険度が大、通行目的=レジャー、私用、その他が抽出される。また自然条件として、時間=夜間(68%)、天候=雨、霧(32%)の不良が目立ち、④要因では④車の不慣れ(11%)、⑤他車への行違ひで急ブレーキ、急ハンドルのため(13%)、⑥踏切内へ進入、退出の際、左折、右折のハンドル操作未熟(21%)が目立っている。一方、事故要因の結びつきからは、「農山漁村地区」、「中員3m以下のせまい踏切」、「道路交通量3000以下」の関連が特徴となっている。この事故は道路交通量の少ない田舎の小規模なせまい踏切で、若いドライバーが夜間、悪天候など自然条件の不良下で車の不慣れや、不適當な運転(粗野な運転態度)で発生しやすいものと思われる。

(6) 「交通渋滞」事故

この事故は、道路交通量、道路規模とも大きな人口密度の高い地域の巨大踏切で危険度が高く、しかも踏切の退出側、進入側に道路交差のあるケースが78%もあり、これが踏切交通の阻害条件となっている。通行者特性として①一旦停止後進入(93%)、②警報鳴動前進入(94%)③他の事故類型に対する特徴として、居住地=遠方のドライバー、通行目的=事業運転、業務運転の危険度が高く、④大型車(35%)が多く⑤要因として、④退出側の道路が混雑(72%)、⑥踏切付近の交差支の信号機が未信号(18%)などが主なものである。事故発生要因の関連では、「工場地区」、「踏切中員6.1~80m」、「道路交通量50~10万」、「踏切長20.1m以上」の巨大踏切での事故要因の構成がみられる。事故の発生プロセスを考察すると、道路の混雑する巨大踏切において、先行車に追従した踏切に不慣れな遠方ドライバーが、大型車や進入、退出側の交差支による混雑のため前進が妨げられ、警報鳴動後に踏切内から脱出できず列車に衝突する事故のケースが多々みられる。この事故類型は、「通行ルールの順守」、「運転技量優秀」であっても避けることができない問題と提起している。

以上の分析考察結果から「しゃ断线突破」事故では、「踏切を目立ちやすくする」、「この先に踏切ありを明確にする」——『踏切の明視性』と「赤ランプの明滅を目立ちやすくする」、「警報音を識別しやすくする」——『警報の明視性』さらに「反対列車の有無をわかりやすくする」、「列車の進方方向をわかりやすくする」——『列車情報の明視性』の欠陥が指摘される。「限界支障」事故では『踏切、警報、列車情報の明視性』のほかに「踏切停止線を目立ちやすくする」——『停止線の明視性』、「トリコ」事故では、『列車情報、停止線の明視性』と「しゃ断線でトリコになりにくくする」——『しゃ断方式の合理性』、また「交通渋滞」事故では「この先の踏切交通渋滞を予告する」情報を含めて『踏切の明視性』の不足が事故発生要因として指摘される。

次に各事故類型の踏切特性要因(事故発生寄与度)も明確にするため「各事故類型」——「急事故」を外的基準とした6ケースについて数量化Ⅱ類により分析した危険度の高い物理的要因を表-2に示す。⁴⁾

3. 3種、4種踏切事故の危険度解析^{5),6)}

兩種踏切でも単線区間が多く、事故類型は図-1に示す通り暴走事故が大部分である。暴走事故に対する物

理的要因寄与度も求めたため「暴走事故」-「無事故」と外的基準として数量化Ⅱ類による分析結果を表-3、表-4に示す。さらに「事故発生パターン」、「特徴要因」、「物理的要因」の各分析結果を表-5、表-6にまとめた。この結果は、ドライバーに対する警告、踏切構造の改良案を示すものとして有用である。事故発生メカニズムを検討した結果、3種「警報無視」事故では1種「しり断れ失敗」事故と、ほぼ同じであることから『踏切、警報停止線の明視性』に対する欠陥、4種「直前横断」事故でも『踏切、停止線の明視性』の欠陥が指摘される。

表-4 「直前横断」 $\chi^2=0.4835$

アイテム	カテゴリ	スコア	レンジ
踏切長さ	6m以下	0.1134	0.4098 (9)
	6.1~7.0	-0.0082	
	7.1以上	-0.2904	
踏切巾員	2m以下	-0.2295	0.5185 (6)
	2.1~3.0	0.0796	
	3.1~4.0	-0.0935	
中実差	4.1以上	0.2870	
	0m	0.0000	0.4176 (8)
	0.1~0.9	-0.0653	
交角	1.0以上	0.2997	
	-0.1~0.9	-0.1779	
	-1.0以上	0.0190	
道路勾配	60°以下	-0.1226	0.7836 (4)
	61~89	0.2932	
	90	-0.2462	
踏切見通し距離	91~120	0.4492	
	121以上	0.5174	
	3%以上	-0.2937	0.6348 (5)
列車見通し距離	1~2	-0.2154	
	-1~-2	0.2411	
	-3~-4	-0.0261	
踏切環境	-5以上	-0.1170	0.4294 (7)
	22m以下	0.3517	
	23~45	0.0416	
鉄道交通量	46~100	-0.0366	
	101~200	-0.0540	
	201以上	-0.0777	
道路交通量	50以下	0.9469	1.2089 (3)
	51~100	0.4289	
	101~250	-0.0526	
踏切環境	251~500	-0.0419	
	501以上	-0.2380	
	登山道あり	-0.0527	0.3591 (10)
鉄道交通量	21以上	0.3154	
	19以下	-0.3218	1.6432 (2)
	20~39	-0.0577	
道路交通量	40~59	0.5947	
	60以上	0.3214	
道路交通量	300以下	-0.6820	1.4987 (1)
	301~1000	0.2854	
	1001~5000	0.7945	
	5001以上	0.2107	

表-8 4種同時判別

事故類型	無事故	直前横断その他
判別率	0.30	0.20
的中率(%)	69	62

表-3 「警報無視」 $\chi^2=0.4552$

アイテム	カテゴリ	スコア	レンジ
踏切長さ	6m以下	0.1498	0.4398 (11)
	6.1~8.0	-0.2950	
	8.1以上	0.0775	
踏切巾員	2m以下	0.0732	1.0222 (3)
	2.1~3.0	-0.0318	
	3.1~4.0	0.0761	
中実差	4.1~5.0	-0.2315	
	5.1以上	0.2304	
交角	0.1~0.9	-0.4084	0.8171 (7)
	1.0以上	0.2392	
	-0.1~0.9	0.1843	
道路勾配	-1.0以上	-0.1497	
	-1.1以上	-0.5779	
	60°以下	-0.3145	0.8744 (6)
踏切見通し距離	61~89	0.3632	
	90	-0.2347	
	91~120	0.2960	
列車見通し距離	121以上	-0.5052	
	3%以上	-0.1655	0.6231 (9)
	1~2	-0.0625	
踏切環境	-1~-2	0.1992	
	-3~-4	-0.0595	
	-5以上	-0.4239	
鉄道交通量	22m以下	0.3597	0.8780 (4)
	23~45	0.3599	
	46~100	0.0119	
道路交通量	101~200	-0.0518	
	201以上	-0.0842	
踏切環境	50以下	0.3943	0.6554 (8)
	51~100	0.1042	
	101~250	-0.1190	
鉄道交通量	251~500	-0.0579	
	501以上	-0.2911	
	登山道あり	0.0714	0.8702 (5)
道路交通量	21以上	-0.1166	
	19以下	-0.1568	1.1583 (2)
	20~39	-0.2352	
踏切環境	40~59	0.1816	
	60~80	0.6510	
	81以上	0.6352	
道路交通量	100以下	-0.7177	1.5512 (1)
	101~3000	-0.4742	
	3001~6000	0.2751	
踏切環境	6001~10000	0.6439	
	10001~24000	0.4053	
	24001以上	0.8935	
警報時分差	21秒以下	-0.0169	0.4320 (12)
	21~40	0.1743	
	41~60	0.1183	
平均発動時分	61以上	-0.2627	
	30秒以下	0.3784	0.6188 (10)
	31~45	-0.0404	
	46~60	-0.4453	
	61以上	0.4595	

表-7 3種同時判別

事故類型	無事故	警報無視その他
判別率	-0.10	-0.28
的中率(%)	62	60

次に現在推定されている「1種安全しり断れ」への昇格基準を定めるため「暴走事故」-「その他事故」-「無事故」と外的基準として数量化Ⅱ類と多群判別モデルとして同時判別を行った結果を表-7、表-8に示す。(判別関数省略) 各因子3種では、1次元で合成変数 $\alpha_i < -0.10$ の場合、「無事故」と判別し、2次元で $\alpha_i > -0.28$ の場合「警報無視」事故と判別する。また4種では、1次元において $\alpha_i < 0.20$ の場合、「無事故」と判別、2次元で $\alpha_i > -0.24$ では「直前横断」事故と判別した。

いま3種踏切で「警報無視」事故と判別された特定踏切の危険度 $Y_{(k)}$ は表-3の各要因 X_i によって該当カ

表-2 数量化Ⅱ類による分析結果

事故類型	危険度の高い物理的要因
しり断れ失敗	① 中実差10.0mの幹線道路 ② 鉄道交通量400台以上の列車通過頻度の高い踏切 ③ 列車見通し距離51~100mの中実差は短い ④ 踏切見通し距離の不足および長過ぎ踏切 ⑤ 交角13°以上の強い斜角 = 運転席が右側にあり左側の列車確認方向が斜角となり左後方へ見通すので安全確認しにくい
限界支障	① 交角50°以下で13°以上の強い斜角 = 列車確認の妨げとなる(併走位置)列車に衝突 ② 地域開発の進んだ農山村地区 ③ 踏切見通し距離不足
トリコ	① 踏切見通し距離不足 ② 踏切長さ201m以上の長い踏切 = 横断に時間がかかる ③ 鉄道交通量300台以上の高い密度
エンスト	① 地域開発の進んだ農山村地区 ② より勾配 ③ 道路交通量密度大 = 踏切内の交通渋滞のためエンストしやすい ④ 踏切巾員3m以下 = 操作不良、運転不熟
落輪	① 踏切巾員4m以下 ② 地域開発の進んだ農山村地区 ③ 道路交通量密度の低いほど危険度大 ④ より勾配
交通渋滞	① 道路交通量の増加と共に危険度が増す100台以上の特に危険度大 ② 5%以上の勾配 = 交通渋滞、10分

表-5 3種「警報無視」事故特性

	人的要因	物理的要因
事故発生メカニズム (数量化Ⅱ類)	① 当該踏切に近い農内外ドライバーで運輸建設業者が取組運転中通行中の事故 ② 経験年数が4年以上、35歳以上の農業者が業務目的で一且停止は行わず十分安全を確認しなく進入したため発生 ③ 農家の女性が私用で通行中の事故 ④ 18~24歳の経験の浅い学生などが通学 ⑤ 通勤途中の事故 ⑥ 当該踏切に近い同一部落、同一市町村に居住する公務員の事故	① 道路交通量、鉄道交通量が大 ② 踏切巾員が5.1m以下 ③ 45m以下の踏切見通し距離が不足 ④ 住宅地区にあるもの ⑤ 41~120(30%以下)の幅、全平交差 ⑥ 踏切巾員が取付道路より小さい
特徴(数量化Ⅱ類)	① 警報発動中進入 ② 公務員、運輸建設業者 ③ 一旦停止不履行 ④ レジャー目的で通行 ⑤ 当該踏切に近い居住地のドライバー	⑦ 列車見通し距離不足(特に50m以下危険度大) ⑧ 取付道路の勾配が4%以上勾配 ⑨ 警報発動時分の短縮長さ(30秒以下61秒以上)
	注) レンジの大きい順に示した	注) レンジの大きい順

表-6 4種「直前横断」事故特性

	人的要因	物理的要因
事故発生メカニズム	① 運輸、建設業者が取組運転業務目的で通行中の事故 ② 経験年数4年以上、35歳以上の農業者の事故 ③ 農家の女性が私用で通行中の事故 ④ 18~24歳の経験の浅い学生などがレジャーなどで通行中の事故	① 鉄道交通量、道路交通量が大 ② 列車見通し距離不足(特に61m以下危険度大) ③ 交角61°以上の斜角交差 ④ 道路勾配4%以上 ⑤ 41~120(24%)の幅、全平交差 ⑥ 踏切巾員が4m以下 ⑦ 22m以下の踏切見通し距離不足 ⑧ 中実差、踏切道路1.0m以上 ⑨ 踏切環境=市町村別
特徴(数量化Ⅱ類)	① 一旦停止不履行 ② 公務員、運輸、建設業者 ③ 経験年数1~29年 ④ 同一市町村のドライバー ⑤ レジャー、通勤目的で通行	注) レンジの大きい順に示した
特徴(数量化Ⅱ類)		注) レンジの大きい順に示した

デゴリースコア $X_{ij}(k)$ を求めればよい。

$$Y(k) = X_{1j}(k) + X_{2j}(k) + \dots + X_{12j}(k)$$

上式から3種(単線)の全踏切を対象として、踏切の事故発生4構造について「警報無視」の危険度を数値化して評価し「1種全しゃ断化、格上げの順位づけを行うことができる。4種踏切についても同様に「直前横断」危険度の順位づけができる。なお、本章で分析に用いたサンプル数は、3種で「警報無視」329、「その他事故」92、「無事故」は10年以上の安全踏切1198箇所からランダムに329を抽出した。4種は「直前横断」289、「その他事故」68、「無事故」は20年以上の安全踏切2959箇所からランダムに289を抽出したものである。

4. ドライバーの意識分析

(1) 踏切通行態度の分析)

暴走事故の主因は踏切通行者の順法精神、つまり踏切通行態度に起因している。踏切通行態度に因する設内項目についてのアンケート調査結果からドライバーも年代別、性別、優良、長期免許(不良)の各群別に分け、自動車も運転しての踏切通行意識構造と道徳的態度と分析した結果は次のとおりである。①各群とも現行踏切通行規則に支持する意識は割合に低く、実際に通行違反が相当行われている。

②意識構造分析から優良群の考え方が最も正常であるが、若年層(18~24才)、中間層(25~34才)、長期免許の各群は、踏切事故原因と対策について保安設備と踏切構造の適切性も正論とする考えが強い。アンケートの回答パターン分類の数量化(後述)から各群の踏切通行態度尺度値も10段階(1が最も非道徳、10が最も道徳的態度)で表わしたので表-9である。段階尺度値1~5までは非道徳的態度(Ⅰ軸の値が(+))、6~10は道徳的態度(Ⅰ軸の値が(-))を示している。

(2) 踏切通行の危険性に関するドライバーの意識分析)

踏切通行の危険性に関するアンケート調査から、ドライバーの危険度意識と媒介して、諸安全対策に関する情報を得ながら、特に設内アイテムの危険度と先に分析した事故発生面からみた危険性の対応関係について分析、考察を試みた。アンケート24の設内項目

について5段階評価を行なったが、全体のパターン分類の数量化(数量化Ⅱ類)を施した結果は図-5のとおりである。大局的にみて各回答群は、おおむね一集落をなし、ほぼV字型をなし(+)の極にはA回答群(非常に危険)、(-)の極にはE回答群(全く危険でない)が対置されていることからⅠ軸は危険度の強弱に関する軸、

表-9 群別踏切態度尺度値の分布

1. 次元の値	尺度値	18~24才	25~34才	35~59才	女性	優良群	長期免許
-0.1741	10	3.6%	9.2%	22.2%	18.3%	14.5%	7.8%
-0.1500~-0.1741	9	8.2	10.6	14.3	14.9	10.4	10.3
-0.1000~-0.1500	8	8.6	13.8	17.7	17.4	14.2	12.3
-0.0500~-0.1000	7	11.4	13.4	10.1	12.0	11.8	7.4
-0.0000~-0.0500	6	9.5	12.4	8.5	10.4	9.5	13.2
0.0000~0.0500	5	7.7	4.5	6.4	3.7	6.7	8.8
0.0500~0.1000	4	11.4	4.2	4.9	5.4	7.8	11.7
0.1000~0.1500	3	22.3	17.5	12.9	14.1	13.6	13.7
0.1500~0.2000	2	11.4	9.2	3.4	2.1	7.8	8.9
0.2000以上	1	5.9	4.2	0.7	1.7	3.5	5.9
平均(国)		10.192	10.064	10.0530	10.0599	10.0085	10.0380

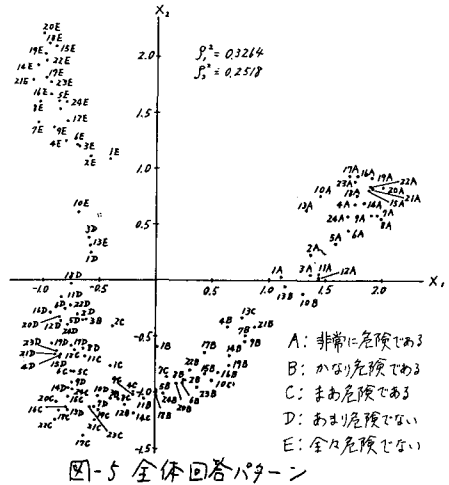


図-5 全体回答パターン

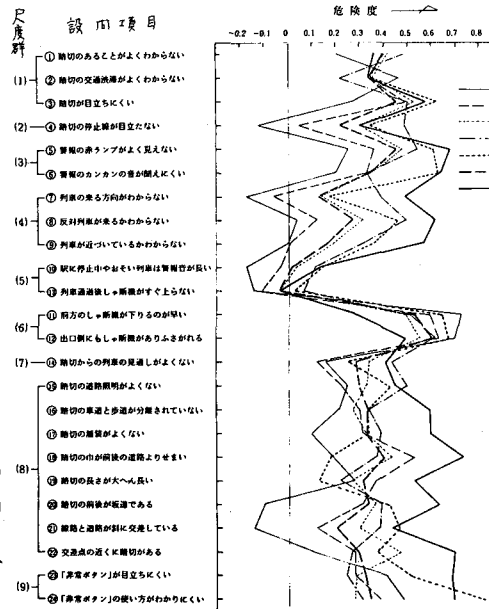


図-6 設内項目(ア174)の危険度評価

すなわち、危険度評価尺度を表明して考えられる。また主軸は(+)側でAとB回答群も(-)側で全く否定的なEとC、D回答群を分離すると思われる。各グループの危険度意識と大局的に主軸(1次元)で測定できると考えグループごとに24アイテムの平均得点を求めたのが図-6である。この図からグループごと、また設向ごとに多様化した危険度意識が浮き上がったわけである。概観すると長期免許群は全アイテムを通じ高い評価値を示し、逆に若年層(18~24才)は低い傾向を示している。共通的に危険度意識の高いアイテムは⑪「前方のしゃ断軌の下りるのが早い」⑫「出口側にもしゃ断軌がありふさがれる」つまり、「トリコ」となる危険感である。また長期免許群は⑬、⑭の踏切構造、⑮、⑯の非常ボタンに対する危険感が強い。女性群では⑳「非常ボタンの使い方がわかりにくい」に異状に高い危険感を示し、メカニズムに弱い女性の特徴を表わしている。

数値化変換を用いた設向項目のグループ化

表-10 尺度群による危険度評価値 ()内は順位

行った結果、9つの尺度群に分類された。表-10に各グループの危険度評価値を示すが長期免許群を除く他のグループでは(6)「しゃ断方式の合理性」に対する危険度意識が強い。前述の如く、近年漸増にある「トリコ」事故に対する危険感である。免許群と女性群が「非常ボタンの操作性」に対する危険感が強いのは非常事態に適切な判断と行動に自信のないことを意味するものであろう。また「踏切の明視性」、「警報の明視性」についても高い危険度意識を示すグループが多い。

尺度	グループ	18~24才	25~34才	35~44才	45~54才	女性群	優良群	長期免許群
(1) 踏切の明視性		0.239 (3)	0.403 (2)	0.430 (2)	0.400 (5)	0.455 (4)	0.397 (2)	0.477 (5)
(2) 停止線		0.236 (8)	0.444 (1)	0.297 (6)	0.447 (2)	0.340 (5)	0.258 (7)	0.292 (8)
(3) 警報		0.235 (4)	0.343 (3)	0.440 (3)	0.435 (2)	0.419 (3)	0.397 (3)	0.660 (2)
(4) 列車通過の明視性		0.040 (7)	0.077 (8)	0.247 (7)	0.374 (4)	0.327 (7)	0.184 (8)	0.558 (4)
(5) しゃ断方式の合理性		0.150 (9)	0.076 (19)	0.025 (9)	0.084 (9)	0.023 (9)	0.011 (9)	0.072 (9)
(6) しゃ断方式		0.714 (1)	0.624 (1)	0.522 (1)	0.583 (1)	0.452 (2)	0.565 (1)	0.381 (7)
(7) 列車通過の明視性		0.154 (5)	0.190 (5)	0.362 (5)	0.423 (4)	0.251 (8)	0.286 (6)	0.404 (6)
(8) 踏切構造の適切性		0.102 (6)	0.165 (5)	0.363 (4)	0.355 (3)	0.310 (6)	0.348 (5)	0.584 (3)
(9) 非常ボタンの操作性		0.454 (2)	0.393 (4)	0.281 (7)	0.272 (8)	0.120 (1)	0.320 (4)	0.694 (1)

次にアンケートのアイテム危険度意識と事故発生面との対応関係を各事故類型ごとに示すと表-11のとおりである。ただし危険度評価値として優良群と多数派意識として採用した。また危険度は5段階評価したが、尺度群の値はアイテム得点合計をアイテム数で割って表わした。さらに事故発生面から分析された危険度は、カテゴリースコアの相対的な大きさによって、大局的に(+) = 危険度が高い、(+) (+) = かなり高い、(+) (+) (+) = 非常に高い、(-) = 危険度が低い、(-) (-) = かなり低い表現を用いた。また尺度群の事故発生危険度は各事故類型の特徴から判定した。「1種全しゃ断踏切」において⑪「踏切長が大変長い」アイテムの危険度意識が、かなり高いのに対して、事故発生面では逆に各事故類型において低い結果となったのは、ドライバーが長い踏切通行に対して慎重になること、また踏切内に進入した車が通過列車の本線外(側線、専用線)にあり、列車との衝突を回避できるためと考えられる。なお本アンケート調査は福井県運転者教育センターにおいて実施し(1)踏切通行態度の有効回答者は1494名、(2)踏切通行の危険性に関する有効回答は1493名であった。

表-11 危険度の意識と事故発生面との対応

設向項目(尺度群)	危険度	踏切	限界	トリコ	エント	非常	踏切	踏切	踏切	踏切
(1) 警報音が早い	0.0185	1	(-)	(-)				(+)(+)(+)	(+)(+)(+)	(+)(+)(+)
(2) 列車通過の明視性	0.2836	3	(-)(-)			(-)(-)		(+)(+)	(+)(+)(+)	(+)(+)(+)
(3) 踏切の明視性が低い	0.3967	4	(-)(-)	(-)	(+)(+)	(-)	(-)(-)			(+)
(4) 踏切長が変長	0.3120	4	(-)(-)	(-)	(+)(+)	(-)	(-)(-)			(+)
(5) 踏切の明視性が低い	0.3373	4	(-)(-)	(-)	(+)(+)	(-)	(-)(-)			(+)
(6) 踏切構造の適切性	0.2024	3	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)
(7) 踏切の明視性	0.3977	4	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)
(8) 停止線	0.2568	3	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)
(9) 警報	0.3967	4	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)
(10) 列車通過	0.1824	2	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)
(11) しゃ断方式の合理性	0.5625	5	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)

5. 踏切警報音聴取に関する実験的考察 (9)

踏切環境条件が昼間、警報灯の明滅が見にくく、かつ列車進入方向の見通しが悪い図-7のように線路と平行した道路から車が踏切内へ進入した場合、先の「警報違反」事故の要因と述べた通り、窓の閉め切りカーラジオ、カーステレオなどの車内音量に警報音の聴取が阻害され、事故要因となるケースが少なくない。そこで、実際に実験車を走行させ、走行条件の各要因が警報音の聴取状態におよぼす影響因子について定量的に求めた。実験対象とした踏切は図-7の踏切構造で、福井市行地、往

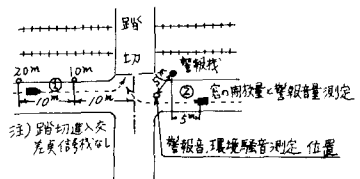


図-7 実験踏切構造図

宅地区細路にある北陸線「1種全止」踏切がある。なお、警報音レベルは警報音の放射方向5m地裏、地上1.2mの高さで測定して75dB(A)、また環境騒音レベルは実験期間中(7:00~15:00)同じ測定位置で53~57dB(A)であった。

(1) 警報音識別実験

図-7①のコースで実験車を走行させ、速度を20km/h(車内騒音レベル61~64dB(A))、30km/h(64~67dB(A))、35km/h(67~70dB(A))、40km/h(71~74dB(A))に変えて踏切に近接し、走行条件(アイテム4)に対応する警報音の識別判定を行わせた。判定はA(よく聞こえる)からD(全く聞こえない)までの4段階で評価し、助手席の者が区間距離を確認し、評価値と共に記録した。車の開放順序は、1枚目が運転者の右窓、2枚目が左窓、3枚目は後部左窓であり、「ステレオ音量レベル」と「走行騒音レベル」は運転者の眼の位置で測定した。実験車はカローラ(1400cc)乗用車、被験者は22歳の本学男子学生1名であり、測定器はリオン普通騒音計NA-20である。得られた実験サンプルは256であった。「警報音の聞こえ」を外的基準として、数量化Ⅱ類により分析した結果は図-8、判別

(a) ($\gamma_1=0.8822$ $\gamma_2=0.3094$ $\gamma_3=0.1921$)

アイテム	カテゴリ	スコア	-1.0	0	1.0	2.0	3.0
窓の開放 (32853)	全開鎖	-1.6879					
	1枚開放	-0.1504					
	2枚開放	-0.2316					
	3枚開放	-0.2364					
踏切からの 距離 (39112)	0~10m	-1.4769					
	10~20	-1.4270					
	20~30	-0.7919					
	30~40	-0.6123					
	40~50	0.5875					
	50~60	1.2739					
	60~70	1.7810					
	70~80	2.2193					
ステレオ 音量レベル (17883)	0dB(A)	-0.0177					
	60 "	-0.3899					
	65 "	0.0098					
	70 "	0.3897					
走行騒音 レベル (16488)	61~64dB(A)	-0.4532					
	64~67 "	0.0181					
	67~70 "	0.4397					
	71~74 "	1.1728					

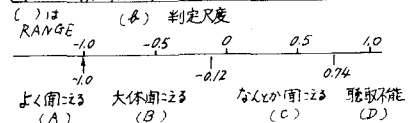


図-8 走行実験分析

表-12 判別達成度

外的基準	的中率	判別誤
よく聞こえる (A)	65%	-1.00
大休聞に近 (B)		
よく聞こえない (C)	76	-0.12
よく聞こえない (C)		
よく聞こえない (C)	63	0.74
よく聞こえない (C)		
よく聞こえない (C)	99	0.00
よく聞こえない (C)		
よく聞こえない (C)	94	-0.40
よく聞こえない (C)		
よく聞こえない (C)	93	0.28
よく聞こえない (C)		

達成度は表-12に示しておりである。(b)図の1次元尺度によってアイテムに対応するカテゴリの総得点と求めれば予測評価が得られる。(a)図から「警報音の聞こえ」方、判別に対する各要因の寄与度が明らかであるが、正のカテゴリスコアは判別に悪い方へ働き、負のスコアはよい方へ影響する。最も注目すべきは「窓の開放」であり全要因カテゴリスコア中、正の最大値を示し、警報音の識別にきわめて悪い影響を与えている。いま走行中の自動車に対する警報音の有効性をみるため、走行中の自動車安全に停止できる制動停止距離の位置で、警報音の識別がどの程度できるかを検討してみる。ドライバーが警報音を聞いた瞬間に移るまでの反応時間を1秒とすると制動停止距離Dは次式のとおりとなる¹⁰⁾

$$D = 0.278V + 0.00394 \frac{V^2}{f}$$

ただしVは自動車の速度(km/h)、fは各速度に対する濡潤時のタイヤと路面の縦方向摩擦係数、V=30km/h=0.44、40km/h=0.38 計算の結果 V=30km/h → D=16.4m、V=40km/h → D=27.7mとなる。1次元尺度によって警報音の予測評価を求めると表-13のとおりである。

警報音の有効性は速度によって、また窓の「全開放」と「1枚開放」で大きな差異があることが明らかになった。

表-13 警報音の有効性判定

速度	踏切からの距離	窓の開放	ステレオ音量	走行騒音	判定
30km/h	10~20m	全開放	0dB(A)	61~67dB(A)	C
		1枚開放	60 "	"	D
		"	60 "	"	A
		"	65 "	"	B
40km/h	20~30m	全開放	0 "	71~74dB(A)	D
		1枚開放	60 "	"	B
		"	60 "	"	C
		"	65 "	"	C
"	"	全開放	0 "	"	D
		1枚開放	60 "	"	B
		"	65 "	"	C
		"	70 "	"	D

(2) 補助実験

「プログラム内容」(音楽とスピーク)と「被験者」(4人)をアイテムに加え、その影響度とみるため①のコースで30m地裏に停車させ、アイドリング状態で実験を行った結果、「スピーク」より「音楽」が識別判定に悪い影響を与え、「被験者」のレンジは小さく先行した走行実験は被験者1名であるが20代若年ドライバーと代表する一般的データと言えよう。次に②のコースで警報機から5m地裏において車を停車させ、右窓1枚の開放量と車内の警報音量の変化を測定した。開放量が3cmまでは音量レベルは急増し、全開放量の50%に達し、半開放は94%に達することが確認された。また窓「全開放」時のしゃ音効果は約20dB(A)であった。最後に窓を閉め切り、「ステレオ音量」を中程度(65dB(A))にして、各被験

者が踏切への進入実験を行った結果、警報音は全く同じで、この条件が「警報違反」の有力要因と考えられる。

6. 結論

「1種全しゃ断踏切」の質的的安全対策を向上させるため、まず特定踏切について危険度の高い事故類型を判別し、その特性要因分析から各事故類型について、ハード、ソフト両面から総合的に事故防止対策を示したのが表-14である。「最悪事故」に対しては「踏切、警報、列車情報の明視性の向上」が、きわめて重要であるが、「踏切の明視性」の具体的対策として①踏切予告路面標示の統一、拡大②踏切所在標識③踏切舗装のカラー化④踏切予告信号機⑤夜間の踏切所在の明確化のため踏切照明の設置、拡大などが検討課題である。また「警報の明視性」対策として、警報灯を見やすくするため踏切所在の明確化のために①オーバハング型警報機の設置、拡大②警報灯の大型化と増灯などを検討する。警報音の効果は先の実験で指摘されたが、窓「全閉鎖」、ラジオ（スラシオ）をかいた場合ほとんど効果がなく、窓も半分で開放しての運転が効果的である。しかし、クーラ、ヒータ使用で完全にマスキされた状態、環境騒音が、警報音レベルに近いが、上回った場合は警報音効果は全く期待できず警報音の対象は歩行者、2輪車に限定し、自転車に対しては警報灯（視覚警報）の改善に努力すべきである。次に事故類型の過半程を占める「運転未熟系事故」は「踏切警報鳴動開始前」に進入した割合が著しく高い。当面この事故類型の発生危険度の高い踏切を対象に障害物検知装置（自動的に列車に危険を報知する装置）を設置、拡大する。（図-9）また「踏切非常ボタン」を複線区間の両面に設け、単線区間にも拡大すべきであり、その操作の教育、PRが必要である。さらに「交通混滞」事故に対しては踏切を含む面交通のコントロール機能をもたせるため、踏切前後の道路の混雑、特に進出側交差点の混雑が事故原因となる場合が多いので、交差点へ列車接近情報を伝達連動化（交通信号機の介入制御）する検討、広域交通制御、さらに進出側道路における緊急脱出スペースの検討が重要対策である。以上事故類型ごとに具体的な先行安全対策を追究したため今後の事故発生予測の精度を高め踏切、図-9事故類型別係数装置作動状況の「先行的安全管理」の体制確立を目指したい。最後に本研究に際し指導、助言を賜った大塚石学工業部毛利正光教授、統計数理研究所長林知二博士、有益なご討議を頂いた鉄道府内科学研究所常任心理研究員長池田敏久氏、ご協力を頂いた国鉄本社踏切課、全国各鉄道管理局の方々にお礼を申し上げる次第である。なお、本研究はセコム科学技術振興財団の助成により行ったことを付記し、あわせて感謝の意を表す。

参考文献

1) 国鉄施設部踏切課：踏切事故統計（昭和55年度）、1981

2) 長友治：1種全しゃ断踏切事故の危険性に関する基礎的研究、工学論文報告集、第31号、1981

3) 国鉄施設部踏切課：踏切事故統計報告（昭和54年度～55年度）

4) 前述文献2) 参照

5) 毛利正光、長友治：数量化理論による3種踏切事故の危険度解析、交通科学、12巻1号、1973

6) 長友治：4種警報踏切における直前直後事故の要因分析、工学論文第36回年次学術講演会講演集第4巻、1982

7) 長友治：踏切事故の危険性に関する基礎的研究、工学論文報告集第29号、1979

表-14 1種全しゃ断踏切の事故防止対策

事故類型	事故防止対策
しゃ断事故 しゃ断失敗	(1) 踏切の明視性向上 (2) 警報の明視性向上 (3) 列車情報の明視性向上 (4) 停止線明視性向上 (5) 1/2以上の角の修正 (90°に修正) (6) 踏切見通し不良対策 (予告路面表示、標識など) (7) 踏切見通しおよび直線道路における速度規制、予告路面標示、標識の設置 (8) 警報機の設置位置の見直し (警報灯が見えにくい場所に移設) (9) 警報、しゃ断時に必ず従う、警報無視に引当りの思ひ込みPR (10) 車の窓は開け切らないで運転する (11) 視線直視では反対向きに注意する
限界支障	(1) 踏切、警報、列車情報の明視性向上 (2) 停止線の明確化 (車の列車の位置を正確に把握、鉄道建設局等に提供し、位置) (3) しりぞきの設置位置 (外側) の検討 (4) 交差点以下1/2以上の直線道路の修正 (90°に修正) (5) 手すり、バック、ロータリー、必要な進入禁止 (6) 強い斜交角の踏切で停止線の位置に留意し、安全確保 (併走線に於いて、大型車は特に注意) (7) 踏切内に進入、通過の際、右左折に注意
トリコ	(1) 列車情報、停止線の明視性向上 (2) しりぞきの合理的な検討 (警報時のみ通行防止のためのしりぞきの改良、出口側しりぞきの降下時間調節の検討) (3) 「トリコ」時の脱出、肩PR (しゃ断かんじ折り返し見逃す)
エント	(1) しゃ断失敗 (水平) (2) 車輪脱軌 (3) 特性性高台部に付いた警報機の高さ (3) 踏切内で「エント」した車の脱出方法の教育、PR (4) 踏切非常ボタン操作に関する教育、PR (5) 非常ボタン検知装置の設置 (6) 未熟な車、警報不良の車を運転する場合に注意 (踏切内ではセーフティ禁止)
落輪	(1) しゃ断失敗 (水平) (2) しゃ断困難な場合は通行規制の検討 (3) しゃ断失敗 (水平) (4) 道路の閉鎖 (5) 落輪防止ガードの設置 (6) 車輪脱軌 (7) 夜間、悪天候時注意 (8) 若年ドライバーに対する無罪通報教育、PR (9) 非常ボタン操作に関する教育、PR (10) 落輪防止検知装置の設置
交通混滞	(1) 危険度の高い踏切で鉄道の高架により立体化 (2) 踏切内混雑防止のため、歩道、2輪車、自転車、通行区間の確保 (3) 踏切内への流入を交通信号機による制御し、交通の円滑化を図る (4) 広域交通制御による交通の円滑化 (5) 列車接近情報による近接交差点の信号機を連動制御するシステムを普及 (6) 踏切の明視性向上 (7) 交通混滞帯情報提供システム

0 20 40 60 80 100%

突破 ②鳴動中進入 ③降下後進入

限界 ①鳴動中進入 ② ③

トリコ ① ②

エント ① ②

落輪 ① ② ③

混滞 ① ② ③ ④ ⑤

■は障害物検知装置対策事故

参考文献

- 1) 国鉄施設部踏切課：踏切事故統計（昭和55年度）、1981
- 2) 長友治：1種全しゃ断踏切事故の危険性に関する基礎的研究、工学論文報告集、第31号、1981
- 3) 国鉄施設部踏切課：踏切事故統計報告（昭和54年度～55年度）
- 4) 前述文献2) 参照
- 5) 毛利正光、長友治：数量化理論による3種踏切事故の危険度解析、交通科学、12巻1号、1973
- 6) 長友治：4種警報踏切における直前直後事故の要因分析、工学論文第36回年次学術講演会講演集第4巻、1982
- 7) 長友治：踏切事故の危険性に関する基礎的研究、工学論文報告集第29号、1979
- 8) 長友治：踏切通行に関するドライバー意識調査、昭和57年度、工学論文第36回年次学術講演会講演集、1982
- 9) 毛利正光、長友治：ドライバーの踏切警報音聴取に関する一考察、昭和58年度、工学論文第36回年次学術講演会講演集、1983
- 10) 日本道路協会：道路構造令解説と運用、1970