

大阪大学工学部 正員 毛利正光

福岡工業大学 正員 長浜友治

1. まえがき 最近の踏切事故対策は「1種自動化」の量的対策から、同踏切の「高質化」が主要課題である。その一つとして「警報時分の最適化」がある。現在、国鉄の警報時分の規程は、最も一般的な「1種自動2組全シャ断」の場合、表-1に示すとおりであるが、その理論的根拠は不明確であり、たとえば警報時分と踏切長でなく、跨線数で3群に大別していること、跨線数1~5本（踏切長、約6~30m）で時差=0秒など、その決め方は粗雑で不合理である。本研究は、警報時分の最適化検討を行うため、踏切通行者が踏切をクリアする時間の観測を行い、警報時分と踏切長によって合理的に決めさせるための通行者の「踏切長—クリア—時間」のモデルを構築するとともに、「警報時分」の長短の影響するとみられる歩行者事故についても分析した。

表-1 1種自動踏切の警報時分

警報時分(秒)	1~5	6~9	10~11
シャ断かん降下予告時分	4	4	4
シャ断かん降下時分	6+6	6+4+6	6+6+6
シャ断かん降下後列車の前後が踏切に到達するまでの時分	15	15	15
警報時分の計	31	35	37

(注) 2組全シャ断で進入側先車が降下後4秒、6秒の時差で右車が降下す。

2. 警報時分の問題点 表-1の警報時分構成中、最も問題は「シャ断かん降下後、列車の前後が踏切に到達するまでの時分」が最小値15秒に対し、駅に近い踏切での停、通過列車または高速、低速列車の混在により警報時分が不斉となり特に長い警報時分は通行者に焦燥感を生じ、物理的にシャ断残レバが可能な歩行者の場合、危険度が高くなる。また警報時分差（最長、最短の差）が大きい場合、長い警報時分のイメージから「まだ渡る大丈夫」の誤判断から短い警報時分でも事故と誘発している。このことから列車到達までの警報時分の適正、斉一化が急務である。次に、「シャ断かん降下予告時分」の4秒、「シャ断かん降下時分」の6秒は現在すべての踏切が、この時分でセットされており妥当である。問題は「時差」であり、いま予告警報時分の鳴動とともに踏切に進入した自動車が安全に「とっさ」にならぬよう、また、時差が長過ぎて通行者に警報無視行為を生じさせないように合理的に決める必要がある。

3. 通行者の踏切長—クリア—時間の回帰モデル 跨線数1~5本（踏切長6.1~31.4m）の踏切1箇所において、通行者別に一旦停止した通行者が通常で進出側シャ断かんをクリアする時間の観測を行い、観測データから踏切長—クリア—時間の関係が次式でよく近似されることから通行者別に回帰モデルを構築した。

$$Y = aX^b \quad \text{----- (1)}$$

$$Y = \text{平均通過時分 } T_m \text{ (sec)}$$

$$T_m + 3\sigma \text{ (sec)}$$

$$X = \text{踏切長 (m)}, a = \text{係数}$$

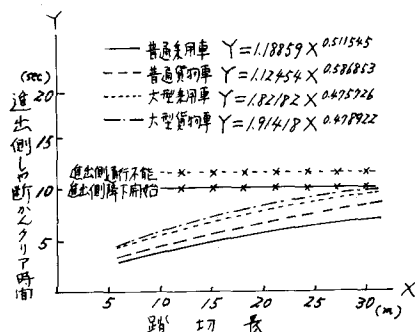
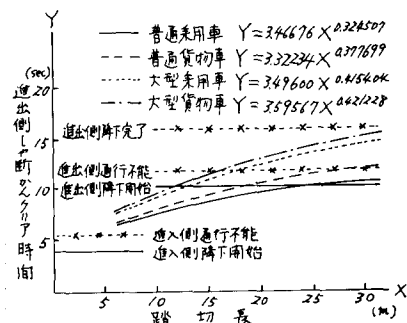
$$b = \text{乗数}, \sigma = T_m \text{ の標準偏差}$$

図-1に自動車の踏切長

— T_m , 図-2に自動車の

踏切長 — $T_m + 3\sigma$, 図-3に歩行者の踏切長 — T_m ,

$T_m + 3\sigma$ の回帰曲線とモデル

図-1 自動車の踏切長 — T_m 曲線図-2 自動車の踏切長 — $T_m + 3\sigma$ 曲線

ルを示す。相関係数 $R = 0.98 \sim 0.99$ で適合度はきわめて高い。観測結果から次のことがわかる。(1) 普通車の方が大型車より、また乗用車の方が貨物車より平均クリア—時間が短い。(2) 歩行者の平均クリア—時間は男性が短く、女性では、かなり長い。(3) 自動車、歩行者とも踏切長の増加にともなう通過速度が高い。(4) 自

自動車より歩行者のクリアー時間の変動が大きい。

警報時分の規程では各車種とも T_m の場合、通行不能にならないが、 $T_m + 30$ の場合には、普通乗用車を除く他の車種は進出側で通行不能となり「とりに」事故の危険性がある。特に最も通過速度の低い大型貨物車の場合 16.8m で通行不能となる。以上の結果から次の問題類が指摘される。(1) 現在の警報時分の規程は長い踏切の安全性に問題がある。(2) この規程は歩行者に付する配慮が全くなく T_m 、 $T_m + 30$ の両ケースとも、クリアーする前に進出側しや断かんが降下完了し事故の危険性が高く、特に行動の鈍い老人、身障者の安全性に問題がある。

3. 歩行者事故の実態と数量化Ⅱ類による分析

最近7年間に全国鉄で発生した全踏切種別の歩行者事故546件について分析すると、その分布割合は「しゃ断枝ぐり」、

「警報無視」、「直前横断」などの無謀通行事故である。特異要因としては、60歳以上の老人と6才未満の幼児の占める比率が62%、また、身体異常者（難聴、ノイローゼ）のカテゴリーでみると35%発生している。

さらに、1種踏切事故では飲酒による事故が15%の高比率を示している。一般的身体正常者の事故原因追究の結果、「駅に近い踏切で衝撃した列車に乗車しようとして急いだ」、「鳴動時分が長いと感じて進入」、「反対列車に気が付かず進入」などがあげられる。次に歩行者事故の物理的要因奇手度をもとめ、正常サンプル（6才未満、80才以上の老人、身体異常者、飲酒事故者を除く）を用い「歩行者事故—「無事故」踏切を外的基準として数量化Ⅱ類により踏切種別ごとに分析した結果を表-2～表-4に示す。とり入れた7要因、事故の影響要因の考察については紙面の都合上、当日発表するが「最長警報時分」の影響が1種で1位、3種で2位であることから歩行者事故における警報時分の重大性が明らかとなった。図-4は1種踏切事故における事故形態の位置づけを示し、歩行者と自転車が類似していることがわかる。図-5は交通弱者といわれる老人と青年のC.C.No. (Cybernetical Control Number, 適応能力) の実験結果であり、C.C.No. = 2.00～2.99は適応能力がよく行動は慎重であることと表わし、1.50未満は数値が低いほど適応能力が劣り、行動が軽率であることを示す。図-5にみられるように老人群はC.C.No. < 1.50の者が多く、危険な横断行動の踏切の場において特に老人の事故が多発するものと考ええる。歩行者事故対策としては、(1) 「最長警報時分」を45秒以下とする。(2) 「鉄道交通量」の高密度線区踏切において「踏切長さ」の大きいものは立体交差を推進する。(3) 老人、幼児など交通弱者に対する保護、教育、PR対策等を徹底する。(4) 「しゃ断枝ぐり」防止のため、しゃ断枝の構造改良を検討する。本研究にあたり適切な助言を頂いた鉄道分析の池田室長に感謝の意を表す。

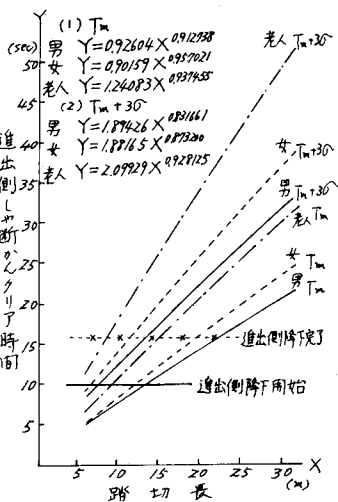


図-3 歩行者の踏切長さ - T_m , $T_m + 30$

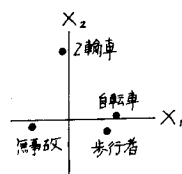


図-4 事故形態の位置

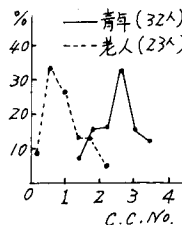


図-5 老人・青年 C.C.No.

表-2 1種踏切

アイテム	カテゴリ	スコア	レンジ
歩行者	50以下	0.6814	0.7779
交通量	51~100	0.1229	(4)
	101~200	0.2985	
	201~300	0.6678	
	301以上	0.1688	
鉄道	50以下	0.2014	0.9847
交通量	51~100	0.4674	(3)
	101~200	0.2991	
	201~300	0.3141	
	301以上	0.5723	
踏切	60以下	0.3974	0.5531
	61~100	0.1192	(7)
	101~160	0.1506	
	161以上	0.2157	
通過	45以下	0.9045	1.1300
高度	46~55	0.2793	(2)
	56~65	0.2127	
	66以上	0.2255	
最長警報時分	45以下	0.9573	1.1870
	46~60	0.1688	(1)
	61~70	0.4676	
	71以上	0.3227	
列車	105以下	0.9149	0.9604
通過	106~200	0.1490	(5)
	201~300	0.2656	
	301以上	0.0689	
踏切	50以下	0.1626	0.6298
距離	51~100	0.3372	(6)
	101~200	0.1688	
	201以上	0.2966	
		0.6228	

表-3 3種踏切

アイテム	カテゴリ	スコア	レンジ
歩行者	50以下	0.6780	1.1422
交通量	51~100	0.7877	(3)
	101~200	0.1242	
	201~300	0.6335	
	301以上	0.5701	
鉄道	50以下	0.8575	1.7322
交通量	51~100	0.2238	(1)
	101~200	0.4478	
	201~300	0.4784	
	301以上	0.8797	
最長警報時分	45以下	0.3665	1.5283
	46~60	0.1188	(2)
	61~90	0.1789	
	91以上	1.5288	
小径	50以下	0.6668	0.9123
切道	51以上	0.1655	(4)
		0.7372	

表-4 4種踏切

アイテム	カテゴリ	スコア	レンジ
歩行者	20以下	0.3350	1.0266
交通量	21~80	0.1248	(2)
	81~200	0.0877	
	201~500	0.0012	
	501以上	0.0012	
鉄道	50以下	0.5773	1.5796
交通量	51~100	0.4629	(1)
	101~200	0.0269	
	201~300	0.2234	
	301以上	1.0083	
中径	0m	0.0371	0.4853
	01~0.9	0.0720	(7)
	1.0以上	0.4133	
	01~0.9	0.0055	
	1.0以上	0.0773	
交角	60以下	0.4457	0.9162
	61~89	0.6639	(3)
	90	0.0706	
	91~120	0.3123	
	121以上	0.2027	
列車	100以下	0.4488	0.7612
通過	101~200	0.1092	(5)
	201~400	0.0000	
	401以上	0.3824	
踏切	50以下	0.0968	0.9127
通過	51~100	0.1533	(4)
	101~200	0.2794	
	201以上	0.1020	
踏切	50以下	0.8322	0.5929
環境	51以上	0.1655	(6)
		0.6585	