

遮断かんの動きと音声メッセージの組合せによる 進入抑止効果の実機試験結果

Actual Device Test Results of Deterring Effect for Level Crossing Entry by Combination of Crossing Rod Movement and Voice Message

鏑木 俊暁* 宮地 由芽子†

Toshiaki KABURAGI Yumeko MIYACHI

概要

警報中にも関わらず歩行者が踏切に進入することへの対策として、「遮断開始タイミングの早期化」と「音声メッセージの追加」について検討した。これまでに、それぞれ単独およびこれらを組合せた効果についてシミュレータを用いた検証を行い、警報中に進入する人の割合を減少させる効果があることを確認した。さらに、本研究では、これらの対策を実機に実装して効果を確認した。今回の試験では、これまでの先行研究で効果が見られた音声メッセージと遮断開始タイミングの早期化を組合せた1条件について、現行条件との比較を行った。その結果、若年歩行者と高齢歩行者のどちらに対しても、現行条件(遮断かんの動き変化なし×音声メッセージなし)よりも組合せ条件(遮断かんの動き変化あり×音声メッセージあり)の方が直前横断する人の割合が有意に減少することを確認した。

1. はじめに

近年の踏切事故の傾向として、自動車による踏切事故件数が漸減傾向にある一方で、歩行者による踏切事故件数は横ばい傾向であり、踏切事故全体に占める割合は大きくなっている。また、歩行者による踏切事故の原因は、直前横断が約 3/4 を占めている [1]。

また、直前横断について、歩行者を対象とした調

査データ (n=2,435) [2]を分析し直したところ、踏切内に滞留した経験があり、警報中に進入した人の6割が警報音の意味を「注意」と認識していた[3]。そこで、本来の「進入禁止」を伝える方法として、視覚情報として遮断かんの動き、聴覚情報として音声メッセージを検討している。これまで実施した研究では[4]、遮断かんの動きと7種類の音声メッセージを組合せた場合、若年歩行者と高齢歩行者に共通して現行条件よりも有意に警報中の進入割合が低下した音声メッセージは、「踏切に入らないでください(女性・男性)」と「列車がすぐ来ます(男性)」の3種類であることを確認した。ただし、実用化に向けた提案のためには、より実用場面に近い、実際の装置を用いた試験で対策の効果を確認する必要がある。

そこで、遮断かんの動きと音声メッセージを組み合わせ実機の踏切に実装して、現行条件よりも警報中の進入を抑止できるかを検証した。

本稿では、これらの試験手続きと結果の概要について報告する。

2. 試験概要

2.1 踏切や歩行の条件

実機試験は、試験のために警報開始タイミングを操作できる踏切で行うこととし、鉄道事業者 A の協力で営業線に繋がっていない踏切を使用した。今回の試験条件と参考にシミュレータを用いた先行研究 [4]の条件を表 1 に、試験装置や参加者の配置を図 1 に示す。

使用した踏切は、踏切長 10.0m で横断線数は2本、

* (公財) 鉄道総合技術研究所 人間科学研究部 安全心理

† (公財) 鉄道総合技術研究所 企画室

〒185-8540 東京都国分寺市光町 2- 8-38 e-mail: kaburagi.toshiaki.46@rtri.or.jp

本報文は審査を受けていない技術報告であり、将来、著者により拡張・修正等されたものが、学術雑誌等に掲載される可能性があります。
This article is a technical report without peer review, and its polished or extended version may be published elsewhere.

幅員 4.5m であった。また、踏切手前のスペースは、スタートと同時に警報開始ではなく、歩いて踏切に接近した後に警報開始するための距離である。このため、長い方が望ましいが、鳴動開始位置が踏切から 8.0m であり、スタートと同時にではなく、2.0m 接近後に警報開始できる距離であった。歩行速度については、参加者の自由な速度で、歩いて走ってもよいことにした。なお、教示について、実機試験では踏切の先にバスを配置することはできなかったが、「踏切を渡ろう」というモチベーションを高める仕掛けとして、先行研究[4]と同様の教示を行った。また、試行回数について、1条件4回とした（先行研究[4]は複数の実験条件を検証するため1条件1回）。

表1 踏切の条件, 歩行条件, 教示の設定

項目	方法	今回：実機	(参考)先行研究[4]：シミュレータ
横断線数		2本	
踏切長		10.0m	9.0m
幅員		4.5m	7.5m
踏切手前のスペース		10.0m	30.0m
歩行速度		若年, 高齢ともに自由	若年:6km/h~8km/h 高齢:4km/h~6km/h
鳴動開始位置		踏切から 8m 手前	
教示		踏切の先のバス停に止まっているバスに乗ろうとして急いでいる。このバスを逃すと次のバスまで 20 分待ちになる	
試行回数		1条件4回	1条件1回

注) 網掛けはシミュレータと条件が異なる箇所を示す。

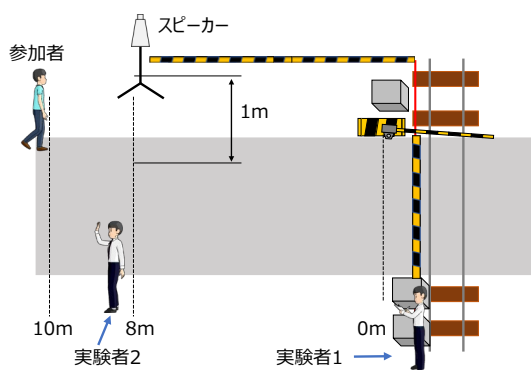


図1 試験装置や参加者の配置 (実機試験)

2.2 試験条件

試験条件は、遮断かんの動きと音声メッセージについて、現行条件（遮断かんの動き変化なし×音声メッセージなし）と組合せ条件（遮断かんの動き変化あり×音声メッセージあり）の2条件を設定した。設定した条件を表2に示す。

このうち、遮断かんの動きについては、先行研究[4][5]では、遮断開始タイミングの早期化と降下速度の2つの要素について検証し、進入抑止には早期化が重要であることを確認している。また、遮断開始タイミングの早期化はどのような遮断機にも実装可能だが、降下速度は遮断機の種類(ウェイト式orウェイトレス)のうち、ウェイトレスでない実装できない。今回の実機試験で使用する踏切はウェイト式の遮断機であったため、組合せ条件として遮断開始タイミングの3秒早期化のみ実装した。

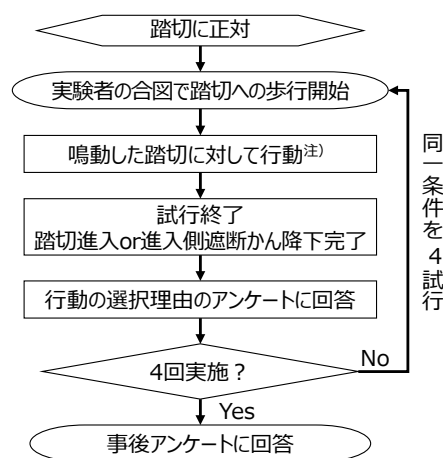
一方、音声メッセージについては、先行研究[4]で遮断かんの動きと組合せて抑止効果がみられた音声メッセージは3種類あるが、音声メッセージの声質(女性・男性)についての先行研究[6]で、災害発生時の避難呼びかけにおいて、女性の声の方が「緊迫感」や「力動性」の因子の評価得点が高く、この音を聞いたら直ちに安全な場所に移動するかという行動尺度の評価得点も高いことがわかっている。このため、組合せ条件として、「踏切に入らないでください(女性)」を実装した。

表2 設定した試験条件

条件	予告時間(早期化)	降下速度	音声メッセージ	警報音
現行	4秒(早期化なし)	一定(18°)	なし	あり
組合せ	1秒(3秒早期化)		踏切に入らないでください(女性)	

2.3 試験手続き

試験の流れ(参加者に求めた動き)を図2に示す。



注) 踏切に対する行動は自由である。

図2 試験の流れ (参加者に求めた動き)

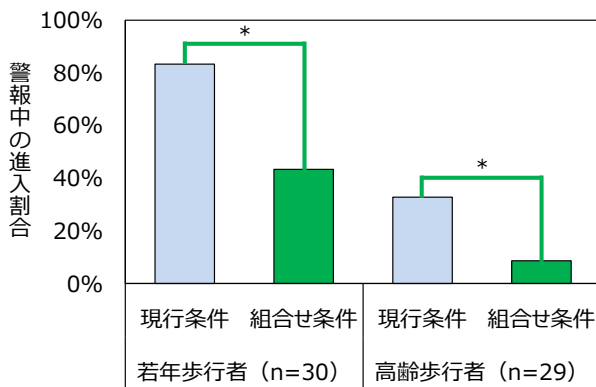
2.4 実験の対象者

2022年1月～2月と2022年5月～6月に、大阪の20代～30代の男性30名、65歳以上80歳未満の男性30名を対象とした。試験には参加者1名につき、現行条件と組合せ条件の2回ずつ参加し、試験はのべ120回実施した。なお、参加者の平均年齢は若年歩行者で30.2歳(SD5.8)、高齢歩行者で70.8歳(SD3.8)である。

3. 提案対策による抑止効果

各試行の行動の選択理由のアンケートでは、実際にとった行動の理由の回答を求めたため、実際にとった行動とアンケートの回答が一致しているデータを有効とした。その結果、若年歩行者は30名全て行動とアンケートが一致していたが、高齢歩行者は一致しておらず、行動の選択理由との整合性が取れない参加者が1名いたため、分析から除外した。以降は、若年歩行者は30名分、高齢歩行者29名分のデータについて分析した結果を示す。

警報が鳴動した踏切に対する行動として、各人の警報中の進入割合(進入回数/4回)を算出し、2種類の試験条件別に平均を求めた結果を図3に示す。



注)「*」は対応のあるt検定の結果、5%水準で有意差ありを示す

図3 現行条件と組合せ条件の警報中の進入割合

現行条件と組合せ条件の比較については、進入割合(確率P)を経験ロジットに変換した上で対応のあるt検定を実施した。まず、確率Pが0や1でも変換できるように式(1)で確率P*に修正した。

$$P^* = \frac{(r + 0.5)}{(n + 1)} \quad (1)$$

ここでrは進入回数、nは試行回数を示す。

次に、式(2)を用いて経験ロジット(L(P*))に変換した。

$$L(P^*) = \ln\left(\frac{P^*}{1 - P^*}\right) \quad (2)$$

変換した経験ロジットを用いて対応のあるt検定を実施し、5%水準で有意差があるか確認したところ、有意差がみられ、若年歩行者と高齢歩行者どちらも共通して、組合せ条件は現行条件よりも警報中の進入割合が低下したことを確認した。

4. 考察

4.1 進入抑止効果

若年歩行者と高齢歩行者に共通して、組合せ条件は現行条件よりも警報中の進入割合が低下することが実機でも確認できた。

今回の結果から、遮断開始タイミングの早期化と「踏切に入らないでください(女性)」の音声メッセージを組合せて実機の踏切に実装することにより、警報中の進入割合を低下できると考えられる。

4.2 今後の試験方法・条件

ここで、これまでの研究における警報中の進入割合の結果について、今後の研究のために試験方法・条件の違いについて整理した。

ただし、今回の結果は、1条件につき4試行ずつ試験して進入割合を算出した連続変数である。一方、先行研究[4]では、複数の条件の効果を確認するため、1条件につき1試行ずつ試験し、警報中に進入したか停止したかを記録した名義変数である。したがって、今回の結果と先行研究[4]の結果とは安易に数値比較はできないが、参考として表3に違いを示す。

対策による抑止効果は、若年歩行者の場合、シミュレータを用いた先行研究[4]で72.0%であったが、今

表3 試験方法と検証結果

	今回：実機		先行研究[4]：シミュレータ	
	若年 (n=30)	高齢 (n=29)	若年 (n=25)	高齢 (n=25)
現行条件(A)	83.3%	32.8%	80.0%	48.0%
対策後(B)	43.3%	8.6%	8.0%	12.0%
対策による抑止効果(A - B)	40.0%	24.2%	72.0%	36.0%

注) 使用した装置以外に、試行数や試験環境、教示等の違いも含まれる

回の実機試験では 40.0%であった。一方、高齢者では、先行研究[4]では 36.0%であったが、今回は 24.2%であった。単純な比較はできないものの、実験室内で実施したシミュレータを用いた研究に対して、今回の実機試験での対策による抑止効果の程度は小さくなった。この原因としては、試験で用いた装置の違いや試験条件（環境や行動の自由度）などに違いが挙げられる。主な原因を以下に示す。

(1) 方略の獲得

今回の試験では同一条件を 4 回試行した。そのため、同じ試験条件を繰り返し経験することで、参加者は「スタート直後から走れば渡りきれぬ」、「鳴動してから走っても、少し屈んで潜れば渡れる」などの方略を獲得し、進入の判断をしやすくなる（対策による抑止効果が低くなる）可能性があることが考えられる。

ただし、今回の試験では鳴動開始位置や遮断かんの動き、音声メッセージといった条件が全て同一の踏切を 30 分～40 分程度の中に 4 回経験したが、実用化時は列車の運行状況や本人の行動にバラツキがあり、日々、同じ鳴動開始位置を経験することは考えにくい。また、遮断かんの動きや音声メッセージについても、定期的に先行研究[4][5]で効果を確認している条件へ変更することで異なる条件にできる。このように実用化の際は、方略を獲得し難くすることで、対策効果の低下を抑制できる可能性があると考えている。

(2) 環境要因

先行研究[4]では、実験前の参加者に対する教示として実際に列車が通過する映像を見せたが、実機試験は列車手配の難しさがああり、使用する踏切を列車が通過することを実験前に参加者に視覚的に示せていない。このため、今回の試験では、参加者は列車が来ないと考え、「列車が来ないなら進入しても危険はない」と警報中の進入判断がしやすくなっていた可能性がある。

また、音声メッセージは聴覚刺激のため、周囲の騒音の影響で聞き取りやすさが異なることが考えられる。先行研究[4]は、ヘッドホンを装着し、周りの騒音がない状況で、提示した音声に集中できる環境であった。一方、今回の実機試験は屋外であり、風の音や交通量は多くないものの隣接する道路の走行音などはあるリアルに近い状況のため、音声にやや集中しづらい環境であった可能性がある。

以上のように、試験方法・条件の違いはあるが、いずれも現行条件との比較では有意な対策の効果が確認済みである。今後、シミュレータを用いた検証をする際は、音響を 360° 空間から出し、環境音を再現する等、シミュレータでの実験環境をより実機に近づける工夫を取り入れて検証をするようにしたい。

5. おわりに

警報中の進入を抑止するための情報提示として検討した遮断かんの動きと音声メッセージの組合せについて、実機の踏切に対策を実装して検証した結果、シミュレータを用いた実験よりも効果が低く評価されたものの、十分に現行条件より抑止効果があることが確認できた。

ただし、今回の実験の結果、組合せ条件でも警報中に進入する人がいることもわかっている。今後は、この様な人に対して、正しい行動を促すための情報提供方法について検討し、踏切の安全性向上に繋げていきたい。

参考文献

- [1] 畠山ら (2017): “踏切歩行者の進入または停止判断に関する実験結果(1)”, 日本信頼性学会第30回秋季信頼性シンポジウム 発表報文集, pp.95-98.
- [2] 斎藤ら (2019): “踏切警報音の意味の理解別に見た鳴動後の歩行者の進入意向”, 第26回鉄道技術連合シンポジウム, pp.105-108.
- [3] 小美濃幸司 (2020): “鉄道利用者の安全性向上”, RRR, Vol.77, No.7, pp.12-15
- [4] 鍋木ら (2022): “遮断かんの動きと音声メッセージの組合せによる進入抑止効果の実験結果”, 日本信頼性学会第35回秋季信頼性シンポジウム.
- [5] 鍋木ら (2020): “遮断かんの動きによる警報鳴動中の進入抑止効果の実験結果”, 日本信頼性学会第33回秋季信頼性シンポジウム 発表報文集, pp.67-70.
- [6] 神田幸治 (2018): “災害発生時の避難呼びかけに対する印象評価”, 日本心理学会大会発表論文集 日本心理学会第82回大会, p.2EV-054.

(かぶらぎ としあき, みやち ゆめこ /
公益財団法人鉄道総合技術研究所)