

踏切通行時の一旦停止が安全性に与える影響

○松本 真吾 [土] 柴田 徹 (鉄道総合技術研究所)

赤松 幹之 佐藤 稔久 (産業技術総合研究所)

An Effect to Safety due to Release of Obligatory Temporary-stops

Passing Level Crossings

○Shingo Matsumoto, Toru Shibata, (RTRI)

Toshihisa Sato, Motoyuki Akamatsu (AIST)

We performed quantitative evaluations for possible effects due to the release of temporary stops when passing level crossing mandatory in Japan. We carried out field investigations objective to vehicular traffic and evaluated the safety under current condition concerning the traffic situations where vehicles passing through level crossing. We carried out evaluations on the safety when the temporary stop obligation as released by the experiment of traffic over the level crossing with a driving simulator. It has been common knowledge that the accident and the train delay by the stay increase from the comparison of both at the level crossing where a lot of traffic exists.

キーワード：踏切、安全性

Key Words : level crossing, safety

1. はじめに

我が国においては、道路交通法（昭和三十五年制定）によって、踏切通行時の一旦停止義務が定められている。一方、踏切通行時の一旦停止義務は、ヨーロッパやアメリカにおいては実施されておらず、日本・韓国等に特有の規則である。一旦停止義務については、解除によって、踏切に起因する渋滞の緩和や、CO2 排出量の削減が期待されるため、日本でも解除したほうがよいとの意見がある。

一方、一旦停止と安全性との関係はこれまで評価されておらず、法令の改正に際して、解除によって踏切通行の安全性にどれほどの影響を及ぼすのか、十分な検討が必要不可欠である。

それゆえ、今回は、一旦停止義務が踏切通行の安全性に与える影響を、一旦停止義務の有無によるリスクの変動の度合として定量的に評価することとした。

2. 定量的評価の方針

定量的評価を行う前に、まず一旦停止義務が安全性に与える影響を定性的に評価することとした。具体的には、踏切通行時から通過終了までの自動車ドライバの行動および

踏切の状況を、イベントツリーにより整理し、一旦停止の有無により事故率が変動すると思われる事故シーケンスを抽出した（図 1）

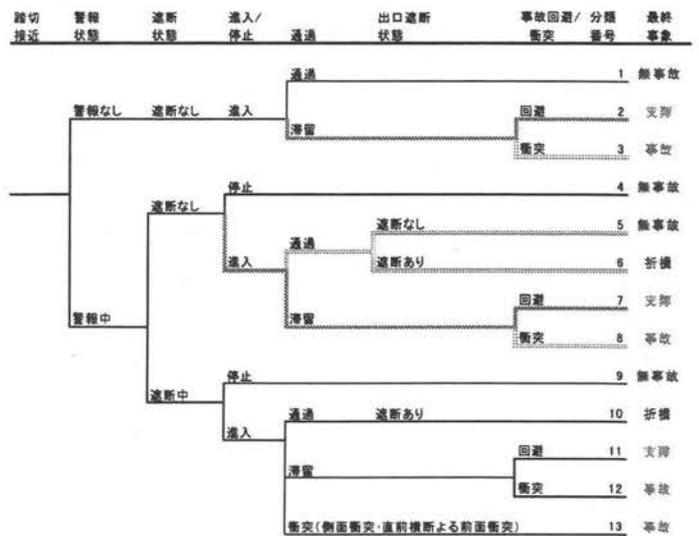


図 1 イベントツリー

上記の分析の結果、以下の2つの場合の事故が大きく増加することが判明した。

- (1) 踏切出口先詰まりに対する不注意による滞留から起きる支障及び障害事故
- (2) 通行直前の警報不注意・無視による無謀進入から起きる遮断かん折損及び支障及び障害事故

上記2点の可能性のうち、前者の先詰まりによる滞留について定量的評価を行うこととした。この理由としては、以下の2点が挙げられる。

- (1) 一旦停止しない場合には、踏切の手前から、先行車の状況を見て、先詰まりを判断する必要があるため、一旦停止する場合に比べて、滞留を回避する行動の困難が想定される。
- (2) 一旦停止義務解除の渋滞緩和効果は、交通量の多い踏切で大きいと考えられるが、渋滞の原因が踏切の先にもある場合には、踏切出口の先詰まりが、交通量の多い踏切で起きやすいと想定される。

定量的評価の方法としては、現状と一旦停止解除時でそれぞれ以下の方法をとった。

- ・ 現状：踏切接近時および通過時の通行車の挙動をビデオにて解析し、その情報から滞留可能性を評価した。
- ・ 一旦停止解除時：ドライビングシミュレータにより、先行車に追従運転する条件で運転する実験を行い、滞留可能性を評価した。

3. 現状の評価

現状踏切での滞留可能性を評価するため、踏切における通行車両の進入時、進出時の行動をビデオ撮影により調査した。

先詰まりによる滞留可能性を調査するため、追従運転が頻繁に見られる交通量の多い、複線、2組全遮断の3踏切を対象として、解析を行なった。

撮影は入口、出口の二箇所から、ビデオカメラによって行なった。カメラAは踏切入口で、進入車両を撮影、カメラBは踏切出口で、出口側の車の状況を撮影した。撮影時間は丸24時間行った。

進入速度については、停止線と、その4m手前の位置の通過時刻のビデオカウンタ(30フレーム/秒)から計算した。

滞留可能性の評価は、踏切進入時における先行車と自転車との車間距離を求め、先行車が制動したと想定し、進出側の待避スペースが出来る限界車間距離(図2参照)より小さい場合、滞留の可能性があると判定した。

踏切への進入速度の分布を図3に示す。踏切直前での平均速度が時速5キロ未満のものを一旦停止と見なした場合、その割合は20%未満となる。半数以上の車は、時速5~10キロ程度で、減速はしているものの、明確な一旦停止とはみなせない状況である。また、時速10キロ以上の速度での進入も30%程度みられる。

現状での滞留可能性の評価結果を図4に示す。進入速度別の滞留率では、時速5キロ未満の一旦停止状態では1%

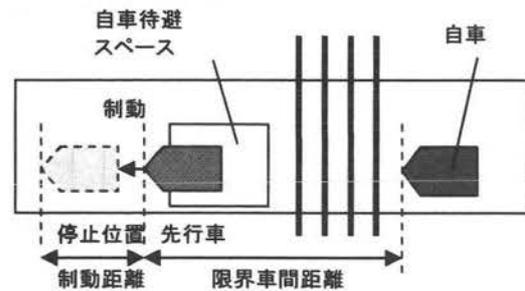


図2 現状の評価

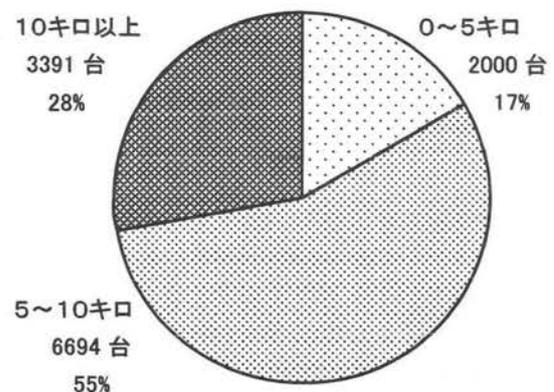


図3 進入速度分布

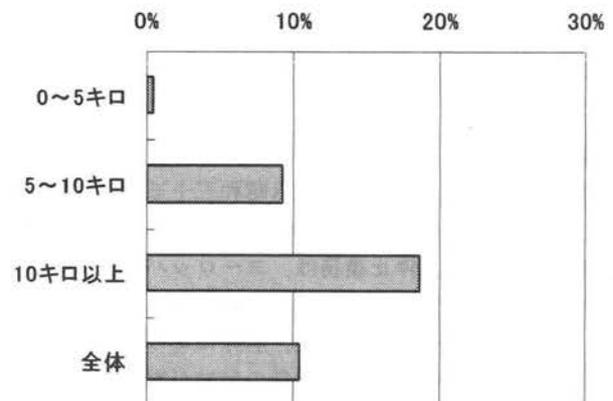


図4 現状での滞留可能性

未滿だが、時速5~10キロでは約10%、時速10キロ以上では18%程度となり、急速に増加する。全体としては、約10%の滞留の可能性がある。

上記の結果から、一旦停止を行うことにより、先行車の状態を確認する時間が確保され、滞留可能性が低くなるのが分かる。また現状での進入時における一旦停止の割合が高くないことから、一旦停止義務解除時には、踏切接近時に減速があまり行われないうまま進入するケースが増えると考えられる。

4. 一旦停止解除時の評価

一旦停止解除時の滞留可能性を評価する場合、実車によるテストコースでの実験と、仮想環境下におけるシミュレータによる実験の2つの方法が考えられる。前者の実車実験は、被験者にとって違和感が少なく、より現実的な行動が期待できるが、ドライバの行動データの取得が必ずしも容易でない。後者は、シミュレータの運転性能、特に減速時の感覚が実車とは異なる部分があるが、ドライバの行動データに関して、必要十分な詳細データを取得できる。今回の場合、ドライバの行動データの取得が重要であるため、ドライビングシミュレータを用い、仮想環境上での踏切を、ドライバが運転する実験によって評価することとした。

4.1 実験方法

実験は、産業技術総合研究所のドライビングシミュレータを用いて行なった(図5)。

実験コース内に踏切を設置し、1試行で踏切を2回通過する形とした(図6)。

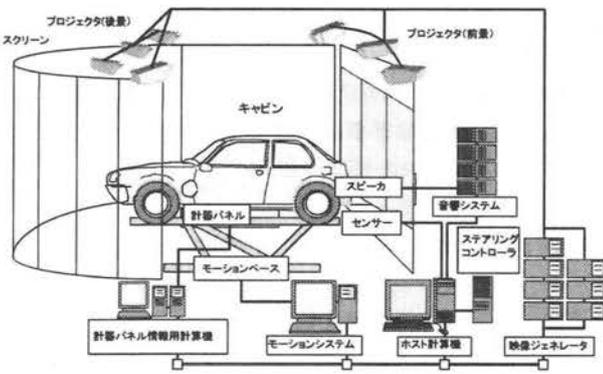


図5 ドライビングシミュレータ

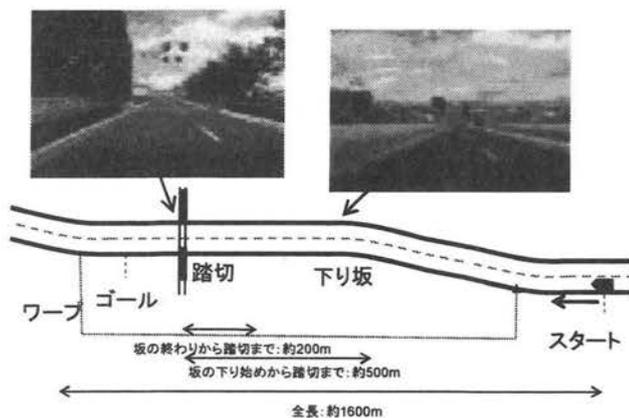


図6 コース概要

実験方法は、男性、女性各15名の被験者(20~70代、運転年数は2~48年程度)に対して、

- (1) 先行車速度5条件
(時速 30, 40, 50, 60, 70km/h)
- (2) 後続車2条件 (あり/なし)
- (3) 先行車2条件 (無減速/踏切進入前減速あり)

の組合せ20条件を1日分1セットとして、3日間計3セッ

ト行った。

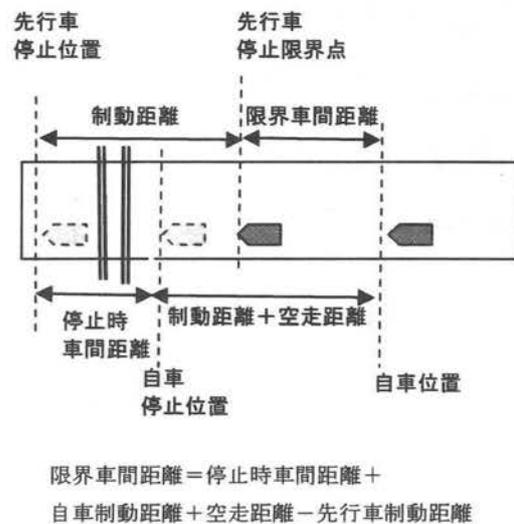
なお、各条件の順序はランダムに設定し、先行車に追従して走行してもらった。踏切は無警報、無遮断の状態とした。なお、踏切通過中/進入前に先行車にブレーキランプを点灯させて減速させるが、反応時間を見るためであり、先行車は停止しない。

なお、今回は、速度設定に関して、30km/h以上としたが、これは、現状の評価より、踏切での一旦停止率が低いことから、一旦停止解除時には、道路交差点の通行速度と同等になると想定したためである。

4.2 評価方法

現状の踏切通行では、一旦停止の後、進入を判断する形となるが、一旦停止解除時においては、前方の状況によって、減速・停止の判断を行うことになる。したがって、先行車が踏切出口で停止できる停止限界点に到達した時点での、車間距離から、減速判断の誤りによる滞留可能性を判定することとした。

方法としては、先行車が踏切出口で止まれる制動位置に到達した時点において、先行車と自車の間の距離を測定し、これを下記の限界車間距離と比較する方法で行った。車間距離が、図7中の式で定義される限界車間距離より小さい場合、減速を行なっても踏切内に進入するため滞留の可能性があると判定する。(図7)



$$\text{限界車間距離} = \text{停止時車間距離} + \text{自車制動距離} + \text{空走距離} - \text{先行車制動距離}$$

図7 一旦停止義務解除時の評価

なお、評価に用いた、先行車減速距離と自車減速距離の算出に用いた減速度は

ケース1: 先行車減速度が、実験で得られた被験者の減速度の平均値とした場合の評価

$$(\text{先行車減速度} = \text{自車減速度})$$

ケース2: 実際の交差点で測定した減速度データに基づき、自車の減速度が、先行車減速度よりも強い場合の評価

$$(\text{先行車減速度} < \text{自車減速度})$$

の2種類を用いた。

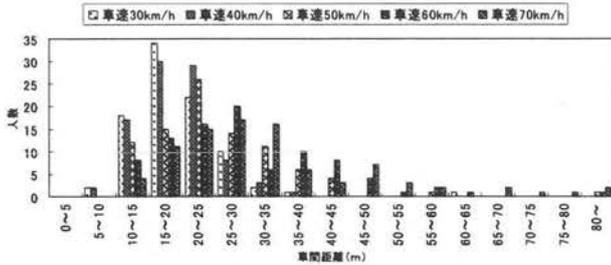


図8 車間距離の分布

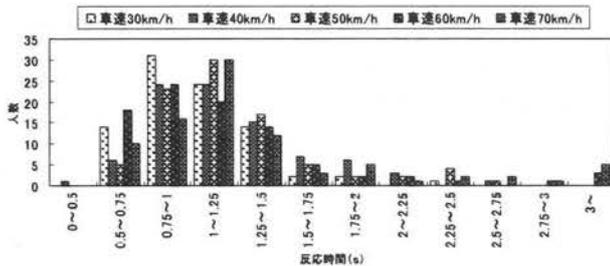


図9 反応時間の分布

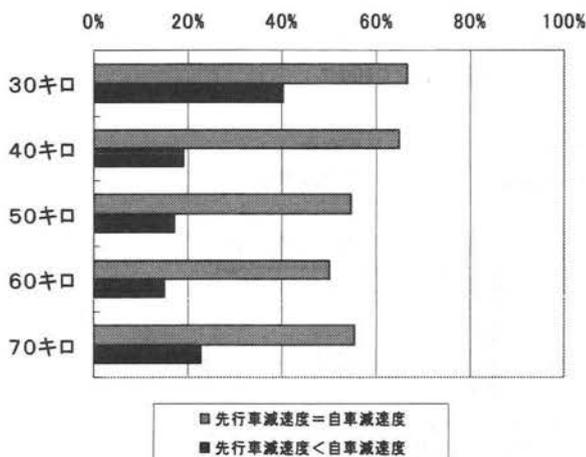


図10 一旦停止義務解除時の滞留可能性

4.3 実験結果

実験による車間距離の分布を図8に示す。

時速30km/hでは15~20m、40km/h、50km/hでは20~25m、60km/h、70km/hでは25~30mがもっとも多い。傾向として、速度に応じ車間が広がっていることが分かる。

また反応時間の分布を図9に示す。

反応時間に関しては、速度による変化はあまりなく、1秒程度の人がもっとも多いことが分かる。なお、車間距離と反応時間の間には、顕著な相関はみられなかった。

一旦停止義務解除時の滞留可能性結果を図10に示す。

ケース1の先行車減速度=自車減速度の場合の評価では、50~65%の車が、滞留する可能性があることを示している。この結果から、踏切付近で、事前に車間を開けるド

ライバは少ないことが分かる。

ケース2の先行車減速度<自車減速度の場合の評価では、評価方法1の場合よりも滞留可能性が低くなり、30km/hの場合で40%、それ以上の場合、15~20%となる。高速で滞留可能性が低いのは、減速時間が長く、その間に車間が開くためと考えられる。

なお実験の結果より、後続車の有無は、滞留可能性に大きな影響を与えていないことが判明した。

5. リスク評価

現状及び一旦停止解除時のケース2に基づく滞留可能性に基づき、先詰まりによる滞留を原因とする、ある大都市圏での滞留可能性の変動を評価した。各踏切での自動車の通行速度を、幅員から推測した結果、2.5倍程度の増加が見込まれる。

上記の滞留可能性の変動から、一旦停止解除によるリスクとしての年間損害予想額の変動を計算する。滞留による支障(列車遅延)は、過去の実績等から踏切障害事故の10倍程度と考えられる。物損に関しては、踏切障害事故による先頭車両の損害を2500万円とした、また、輸送障害の影響に関しては、踏切障害事故1件では、9600万円、踏切支障1件では、480万円の損害と推定した。

計算の前提は以下の通りである。

遅延時間：踏切障害事故の場合 1時間の遅延

踏切支障の場合 15分の遅延

時間価値：乗客一人当たり1時間2400円

運転間隔：6分毎に一本

(踏切障害事故で20本

踏切支障で4本が影響)

乗車人員：列車1本あたり2000人

上記の推定に基づき、ある大都市圏における損害額を計算した場合、現状で約20億、一旦停止解除時には約52億円となり、32億円の損害の増大となる。

6. 今後の展望

実験結果より30km/hで、滞留可能性が増えることが分かったので、30km/h以下の低速域での走行についても、滞留可能性の評価を、現在行っている。また、一旦停止解除時の警報開始~遮断開始の間の、直前横断の変動についても、今後、評価を行う予定である。

参考文献

- 1) 佐藤稔久・赤松幹之・柴田徹・松本真吾・樋田航 踏み切り前での一旦停止解除における先行車停止に応じない踏み切り進入可能性の評価 自動車技術会春季大会 2008
- 2) 松本真吾・柴田徹 踏切通行時の一旦停止義務解除が安全性に与える影響 鉄道総研報告 2008.7