

ドライビングシミュレータによる 踏切通行実験に基づいた安全性評価

人間科学研究部 安全性解析
主任研究員 松本真吾

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が、踏切に起因する渋滞の緩和や、CO₂排出量の削減効果への期待から、解除したほうがよいとの意見がある。一方で、一旦停止と安全性との関係はこれまで評価されていなかったため、解除が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。今回、一旦停止義務が踏切通行の安全性に与える影響を定量的に評価する為、現状の評価を行うとともに、一旦停止解除時について、ドライビングシミュレータによる踏切走行実験により安全性の評価を行った。

2. 定量的評価の方針およびビデオによる現状評価

事前分析により一旦停止義務が安全性に与える影響を、イベントツリーにより定性的に評価した結果、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点のうち、道路交通量の多い場所で起きやすい、前者の先詰まりに対する不注意による滞留について定量的評価を行うこととした。また、先詰まりが起きる確率は小さいため、先行車が停止した場合の滞留可能性（以下、本文では滞留可能性と呼ぶ）を評価することとした。

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。

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。滞留可能性の評価は、踏切進入時における先行車と自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1参照）より小さい場合、滞留の可能性があると判定した。



$$\text{限界車間距離} = \text{先行車長} + \text{自車長} + \text{踏切長} - \text{先行車制動距離}$$

図1 踏切滞留可能性評価(現状)

踏切の進入速度の割合を表1に示す。踏切直前での平均速度が5km/h未滿のものを一旦停止と見なした場合、その割合は20%未滿となる。進入速度別の滞留率では、5km/h未滿では1%未滿だが、5-10km/hでは約10%、10km/h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(図2)。

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ことから分かる。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進入するケースが増えると考えられる。

表1 進入速度別割合

進入速度	台数	割合
0-5 km/h	2000	17%
5-10 km/h	6694	55%
10- km/h	3391	28%

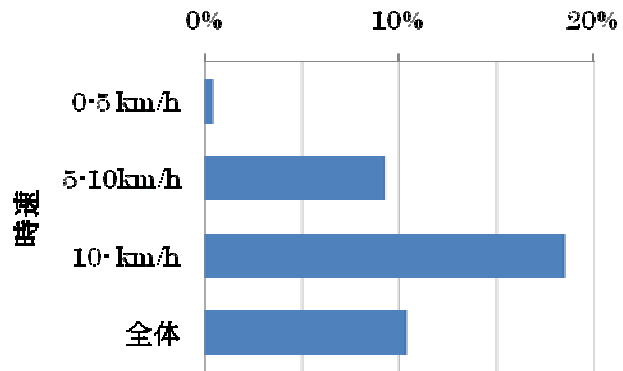


図2 現状の滞留可能性

3. ドライビングシミュレータによる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。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、必要十分な詳細データを取得できる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。

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い(図3)、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4)。

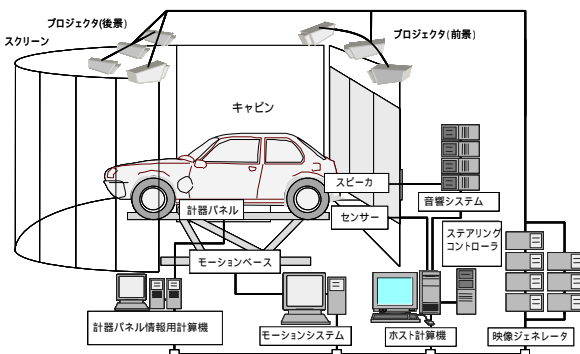


図3 ドライビングシミュレータの構成

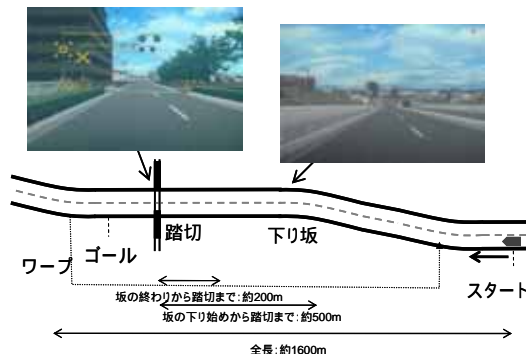


図4 コース概要

3.1 実験方法

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, 70 km/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。

3.2 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後続車の待避スペースを空けて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（図 5）と比較する方法で行った。車間距離が、図 5 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。

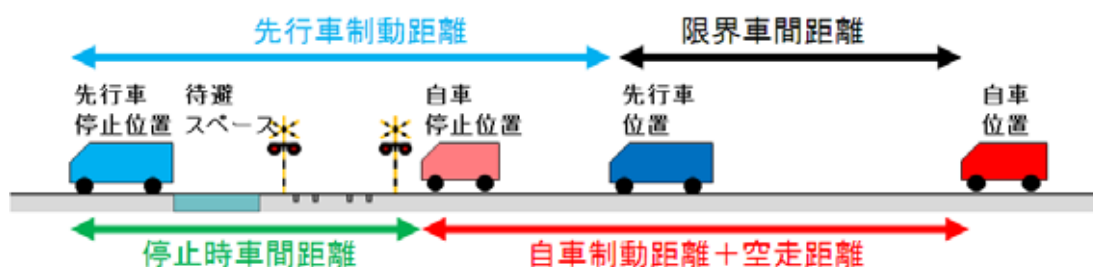
なお、滞留可能性の評価の為、先行車及び自車の減速度を設定する必要があるが、今回

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

（先行車減速度 = 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（先行車減速度 < 自車減速度）

の 2 種類を用いた。



停止時車間距離 = 先行車長 + 自車長 + 踏切長

限界車間距離 = 停止時車間距離 + 自車制動距離 + 空走距離 - 先行車制動距離

図 5 踏切滞留可能性評価（一旦停止義務解除時）

3.3 実験結果

車間距離の分布については30km/hでは15~20m、40、50km/hでは20~25m、60、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。

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6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%、それ以上の場合は、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。

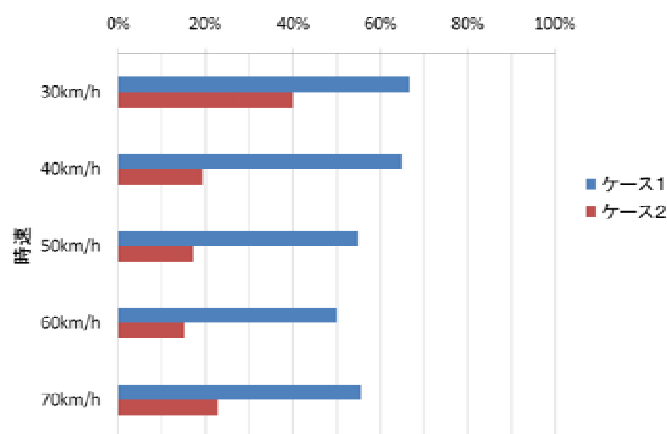


図6 一旦停止義務解除時の滞留可能性

3.4 安全性評価

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滞留可能性の変動を、ある大都市圏について評価した。各踏切での自動車の通行速度を、幅員から推測し、個々の踏切における増加率を全体で平均すると、2.6倍程度の増加が見込まれる。

また、滞留可能性の変動から、列車と自動車の衝突による先頭車両の損害、および自動車の滞留による列車進路の支障も含めた場合の輸送障害の影響を考慮して、ある大都市圏における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した。

4. 今後の展望

実験結果より、低速時に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時の、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

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 第22巻7号 2008年7月