

# 踏切通行時の一旦停止義務解除が 安全性に与える影響

松本 真吾\* 柴田 徹\*

## An Effect to Safety due to Release of Obligatory Temporary-stops Passing Railroad Crossings

Shingo MATSUMOTO Toru SHIBATA

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

### 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。その歴史は、昭和二十二年制定の道路交通取締法及び昭和八年改正の自動車取締令にさかのぼることができる。

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。上記の点から、踏切通行時の一旦停止義務は、安全性との関係は評価されておらず、解除したほうがよいとの意見もある。解除の利点として

- ・ 踏切に起因する渋滞の緩和
- ・ 一旦停止が無くなることによる CO<sub>2</sub> 削減の効果などが挙げられている。

ただし法令の改正に関しては、解除によって安全性にどれほどの影響があるのか、十分な検討が必要である。

それゆえ、今回は、一旦停止義務が安全性に与える影響を、損害としての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. 定性的評価

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した(図1)。

まず、イベントツリーによって、通行車の行動による

事故のシーケンスを分析し、一旦停止の有無により事故率変動と思われるシーケンスを抽出した。その際、分岐条件として

- (1) 通行車踏切接近時の踏切の警報，遮断状態
- (2) 踏切の通行/停止，通過/滞留，列車の停止/衝突を考慮した。

ここで太線は大幅な増加，二重線は小幅の増加が見込まれるものを示す。なお、既に警報が出ている場合の停止の判断は、一旦停止によらないものとした。また、一旦停止による、踏切内でのエンストに関しては、現状ではマニュアル車が減少していることから、一旦停止解除による影響は小さいとした。

上記の分析の結果

- (1) 踏切出口の先詰まりに関する不注意による踏切内での

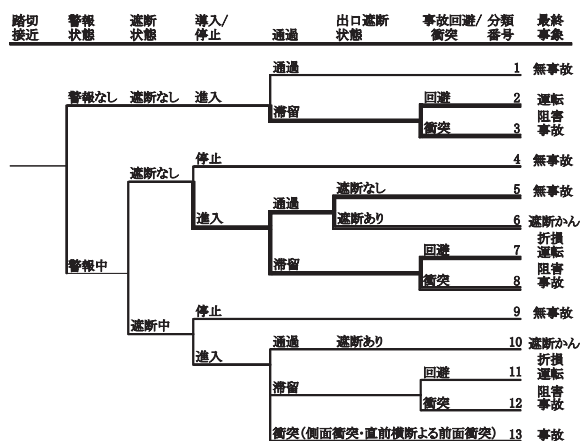


図1 イベントツリー

\* 人間科学研究部(安全性解析)

特集：ヒューマンファクター

の滞留、及びこれによって引き起こされる支障事故  
 (2) 通行直前の警報に対する不注意・無視による無謀進入、及びこれによって引き起こされる遮断かん折損及び支障事故  
 が増大すると考えられる。

3. 定量的評価の方針

定性的分析により、一旦停止義務の影響を受けると判断した上記2点の可能性のうち、後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、

- (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予想されること
- (2) 踏切出口の先詰まりの状況は、交通量の多い踏切で多いと考えられることがあげられる。

定量的評価の方法としては、現状においては、踏切接近時および通過時の通行車の挙動をビデオにて撮影し、解析することにより、先詰まりが起きた場合の、滞留可能性を評価することとした。また、一旦停止解除時においては、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、先詰まりが起きた場合の滞留可能性を評価することとした。

先詰まりによる滞留そのものではなく、滞留可能性を評価することとしたのは、先詰まり自体が、頻繁にある現象ではないことと、事故および支障数の変動は、重大事故とインシデントに関するハインリッヒの法則に基づいて、インシデントである滞留可能性の変動によって、推定できると考えられるからである(図2)。

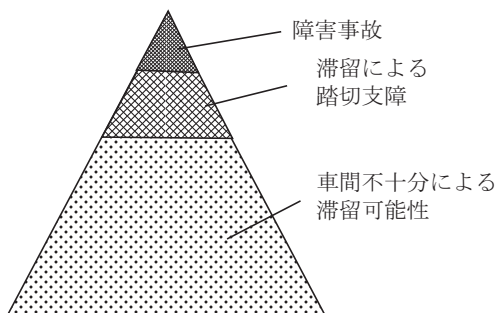


図2 踏切障害事故，支障と，滞留可能性の関係

4. 現状踏切の評価

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。

4.1 調査方法

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踏切として、一日平均通行台数1万台程度を目安に、複線、2組全遮断の踏切を対象として、次の3踏切について撮影を行なった。

撮影は入口、出口の二箇所から、デジタルビデオカメラ(三脚で固定)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。撮影時間は日中～翌日の日中の24時間行った(図3)。

進入速度については、停止線と、その4m手前の通過時刻をビデオカウンタ(1秒間30コマ)から調べて計算した。

評価として、踏切進入時の先行車状況から、判断の誤りによる、滞留の可能性を見ることとした。

評価方法として2種類の方法を用いた。

評価方法1では、踏切進入時における、踏切出口の先行車の有無を、ビデオ映像によって判定した(図4)。

評価方法2では、踏切進入時の先行車位置から、進入後、先行車が制動した場合の、出口の空きの有無を以下の3条件に分類、判定し、その割合を求めた(図5)。

- 空き判定：自車進入時に、先行車が出口に居ない場合
- 進出判定：自車進入時に、先行車が出口に居るが、制動後、出口から抜ける場合
- 滞留判定：自車進入時に、先行車が出口に居て、制

表1 調査踏切

踏切名	線区	車線数	通過台数 (24時間実測値)
A	近郊線区	2車線	5075
B	通勤線区	4車線	3736(外側1車線分)
C	通勤線区	3車線	4565(内側1車線分)

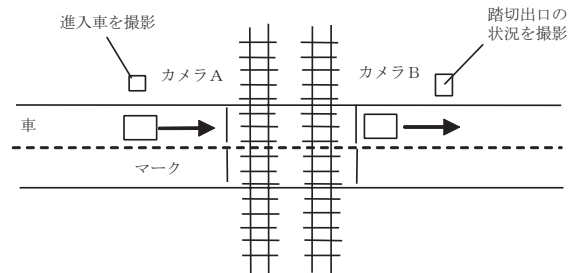


図3 カメラの配置

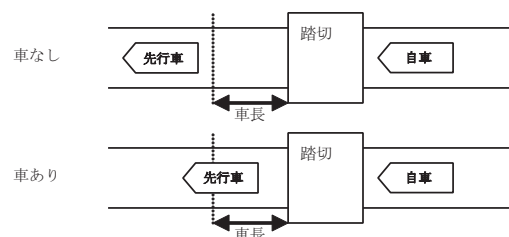


図4 踏切出口での先行車有無の判定

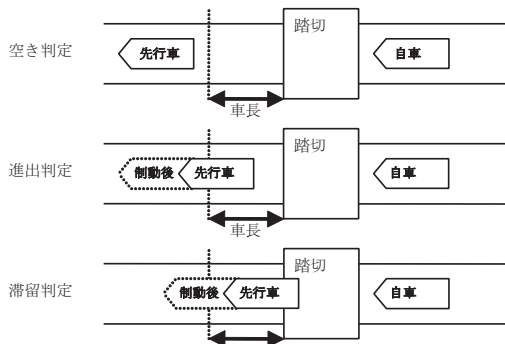


図5 先行車停止時の出口状況判定

動後も抜けない場合

なお、実際には、先行車の位置はビデオからは正確に読み取れないため、先行車との進入時刻の差および進入時の速度、加速度、減速度から推定して計算した。その際、先行車の加速度  $a1=1.25m/s^2$ 、減速度  $a2=1.5m/s^2$  と設定した。

4.2 調査結果

まず、踏切進入速度分布に関して、

- (1) 一旦停止していると考えられる場合 (速度が5km/h未満)
- (2) 減速しているが停止とは見なし難い場合 (速度5～10km/h程度)
- (3) 減速としても不十分な場合 (速度10km/h以上)

の3段階に分けた。その分布を図6に示す。

一旦停止率は3踏切中、A踏切で最も高率で24%、C踏切が最も低率で5%であった。

評価方法1の結果を図7に示す。踏切進入時の先行車の状況を見る限り、全体の約40%が先行車が出口にいる状況で進入している。ただし、一旦停止していると考えられる、進入速度5km/h以下のものについては、同じ状況での進入率は20%以下であった。

評価方法2の結果を図8に示す。進入速度別の滞留率では0～5km/h程度の速度では1%未満であるが、5～

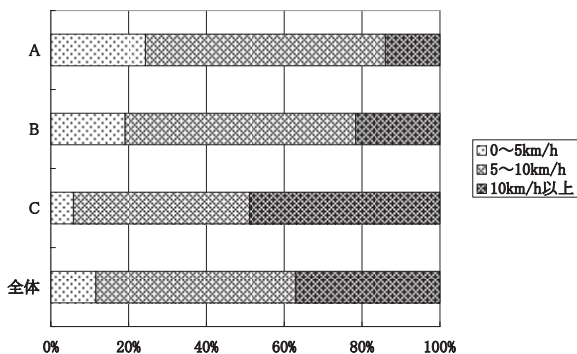


図6 踏切通行車の速度分布

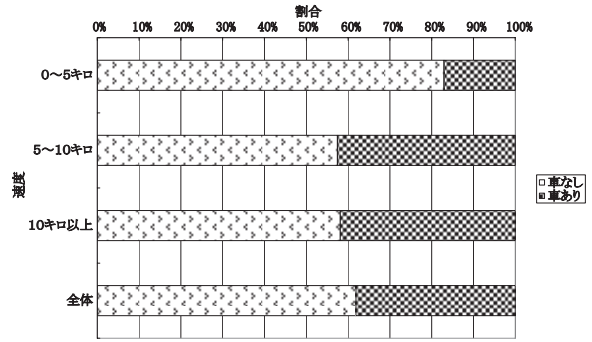


図7 踏切出口での先行車有無判定結果

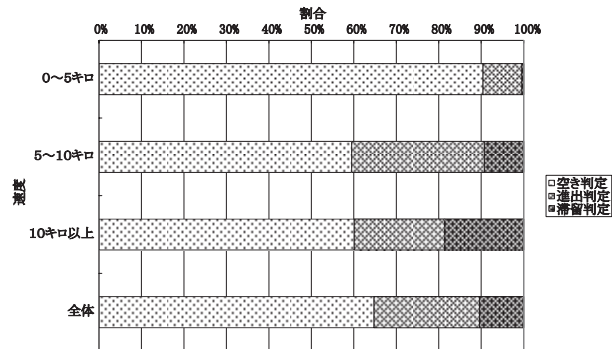


図8 先行車停止時の出口状況判定結果

10km/hでは10%程度、10km/h以上ではA踏切で30%近く、他の踏切で15～17%と、踏切により差があるが、3踏切での平均は18%程度となり、急速に増加する。

10km/h以上の滞留可能性が、踏切によって違いが出る理由として、踏切における進入速度分布の差が考えられる。一旦停止率の高いA踏切では、自転車に対して先行車の速度が低い場合が多くなるので、滞留可能性が高まる。これに対して、C踏切の場合には、先行車も10km/h以上の速度で進入している場合が多く、5～10km/hの場合よりも高いものの、A踏切ほどの高率にはならない。

5. 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、自動車の運転性能に関しては、実際と同様であるが、実験環境においては、踏切等の設備や街並の正確な模擬が容易でないため、被験者に現実感が得られにくく、実験での振舞いが実際にも再現されるとは言いがたい。後者は、シミュレータによるので、運転性能に関しては特に減速時の感覚が、実車とは異なる部分があるが、踏切や街並については可能な限り忠実に再現できるため、被験者がより現実感をもち、実験での振舞いの信頼度が高まると考えられる。今回の場合、ドライバーの行動が重要であるた

特集：ヒューマンファクター

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。

5.1 実験方法

実験は、産業総合技術研究所のドライビングシミュレータを用いて行なった。本シミュレータは実車両のキャビンを6軸モーションベースの上に設置し、加減速や振動を模擬できるとともに、運転席から前方180度、右後方43度そしてミラーの範囲の後方視野を持っている。この他、音響効果、ステアリングの反力などの体感が再現される。このように実車両の運転と変わらない環境を再現することで、複雑な道路環境で多くの他車両が交通している状況での人間の運転行動を計測することができるものである。(図9)

実験コース内に踏切を設置し、1コース内で踏切を2回通過する形とした(図10)

実験方法は、男性、女性各30名の被験者に対して、

- (1) 1日あたり、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)

の合計20条件をランダムに設定して先行車に追従して踏切を走行する実験を3回(3日間)にわたって行なった。踏切は無警報、無遮断の状態とした。なお、踏み切り通過中/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。

被験者は20～70代での男性15名、女性15名で運転年数は2～48年程度である。

なお、今回は、速度設定に関して、30km/h以上としたが、これは、踏切通行の条件を道路交差点と同等とする前提としたためであるが、加えてドライビングシミュレータによる低速走行時に車酔い等が見られることを考慮し回避したこともある。

被験者に対しては、以下の指示を与えた。

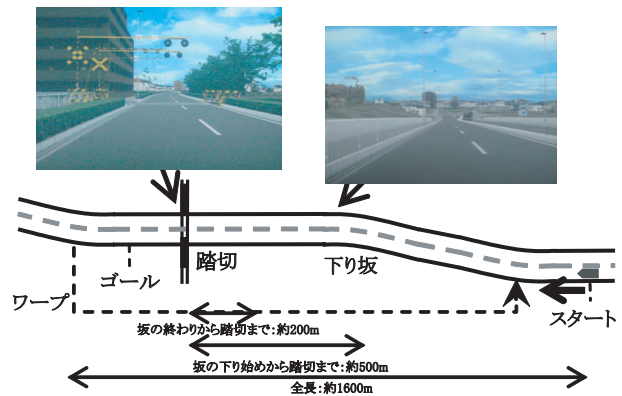


図10 コース概要

- (1) 車線変更や先行車の追い越しはしない
- (2) 坂を下るところまでは、できるだけ先行車に離されないように、短い車間距離をとるようにする
- (3) 先行車が減速した場合には、追突しないように必要に応じて適切に対応する  
(アクセルOFF, ブレーキON)
- (4) 踏切を通過する際は、遮断機が上がっていれば、一時停止する必要はない。

5.2 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、下記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(図11)。

$$\text{限界車間距離} = (\text{反応時間} \times \text{距離}) + \text{自車減速距離} + \text{踏切長} + \text{車長} - \text{先行車減速距離}$$

なお、評価に用いた減速度は

- (1) 実験で得られた被験者の減速度を用いた実験値による評価

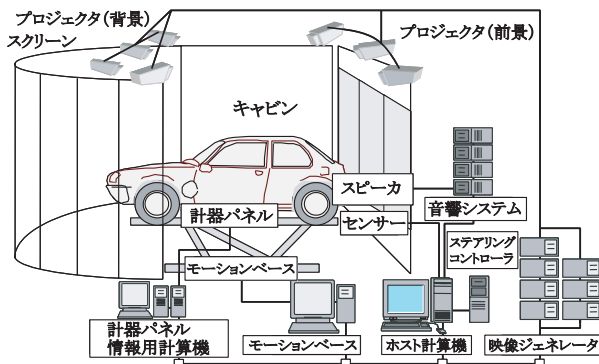


図9 ドライビングシミュレータ

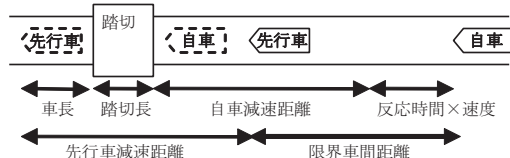


図11 限界車間距離

表2 減速度設定値

	実験値	交差点測定値
先行車	実験者全体の計測値の平均 (2~2.5m/s <sup>2</sup> )	30,40km/h 1.5m/s <sup>2</sup> 60,70km/h 2m/s <sup>2</sup>
自転車	先行車減速時の被験者減速度計測値	30,40km/h 1.72m/s <sup>2</sup> #) 2.33m/s <sup>2</sup> †) 60,70km/h 2.21m/s <sup>2</sup> #) 3.11m/s <sup>2</sup> †)

#) 減速時間の90% †) 減速時間の10%

(2) 別途、実路の交差点で測定した減速度データに基づいた交差点測定値による評価の2種類を用いた。

後者は踏切通行時の減速状況を、交差点に近づける目的のものであり。制限速度40km/hの市街地道路および制限速度50km/hの幹線道路の交差点における測定データから、減速度の区分を

- 区分1：低減速度のクラス (全体の75%)
- 区分2：中減速度のクラス (全体の10%)
- 区分3：高減速度のクラス (全体の15%)

に分け、交差点測定値として、先行車減速度の値を区分1の最大値。自転車減速度を、先行車より若干強めということで、減速時間の90%を区分2の平均値、10%を区分3の平均値として設定した。

それぞれの減速度の設定数値は表2の通りである。

### 5.3 実験結果

車間距離の分布を図12に示す。

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、速度に応じて、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13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。

上記の結果をもとに評価を行った結果を図14に示す。

実験値による評価では、先行車と自転車の減速度がほぼ等しいと前提している。この場合には、50~65%の車が、先行車の停止によって滞留する可能性があることを示している。また後続車の有無は、滞留可能性に大きな影響を与えていない。

この結果から、踏切付近で、事前に車間を開けるドライバーは少ないことが分かる。

交差点測定値による評価では、先行車より急な制動をかける前提している。この場合、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

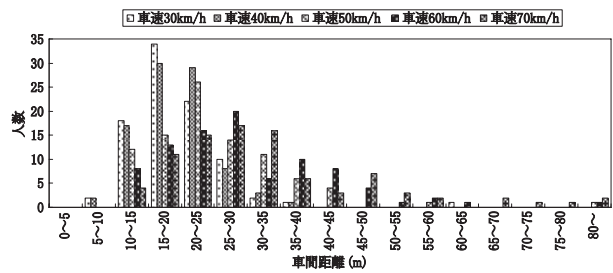


図12 車間距離

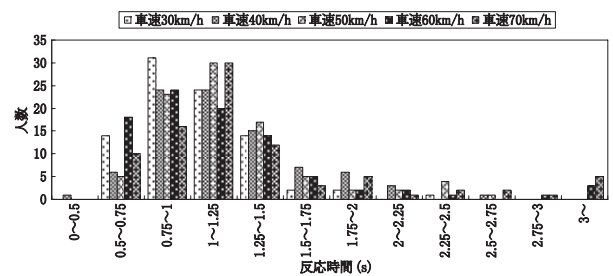


図13 反応時間

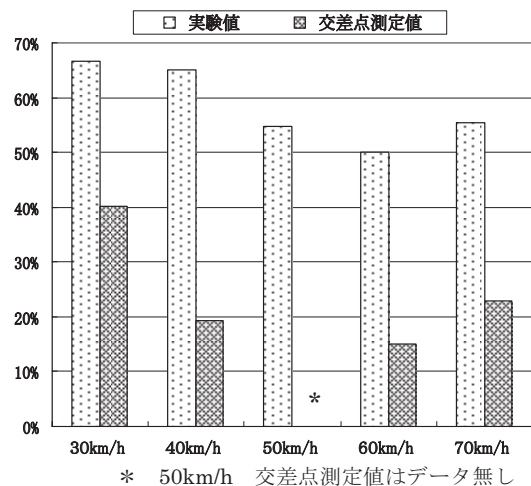


図14 一旦停止解除時の滞留可能性

と考えられる。

### 6. リスク評価

現状踏切の調査及び一旦停止解除時のドライバー実験に基づく滞留可能性を表3に示す。

現状では、踏切のある道路の制限速度は、踏切台帳には登録されていないが、幅員に基づいて推定を行った場合、首都圏で2.5倍程度の増加が見込まれる。

先詰まりによる滞留の結果としては、列車との衝突の他、衝突に至らないが列車の遅延が起きる踏切支障が考えられる。踏切支障については、列車遅延が30分未満の場合、一般に輸送障害事故として届出の義務はない。先詰まりが原因の場合、遅延が30分に至らない場合が多い

特集：ヒューマンファクター

表3 滞留可能性

		滞留可能性	現状からの増加率
現状		10.4%	1
一旦停止解除時	30km/h	40.1%	3.86
	40km/h	19.2%	1.85
	50km/h	19.2%※	1.85

(※ 未調査のため40km/hの数字で代用)

と考えられるため、その多くは輸送障害として届けられないが、数としては多い為、その影響は決して小さくない。過去の事故実績から判断するに、滞留による支障の割合は、同じ原因による事故の10倍程度と考えられる。

一方、平成14年度から16年度の3ヵ年のうち、停滞が原因のものは首都圏で33件（うち死者5名、負傷者7名）東京都だけでも7件（うち死者2名、負傷者3名）起きている。上記の事故数の推定に基づいて、リスクとしての損害額を推定する。物損に関しては踏切障害事故の場合、先頭車両の損害を2500万円、また、輸送障害の影響に関しては、踏切障害事故の場合、平均1時間の遅延、踏切支障の場合、15分の遅延として、乗客一人当たりの時間価値を2400円とすると、一人当たりの損害は障害事故で2400円、支障による輸送障害で600円となる。また列車1本あたり2000人として、6分間隔で、障害事故で20本、支障による輸送障害で4本が影響を受けたとすると、障害事故1件では、9600万円、支障による輸送障害一件では、480万円の損害と推定される。

上記の損害額から計算したリスクは表4の通りである。一旦停止解除による年間損害額予想としてのリスクの増加は、東京都で約6億円、首都圏で32億円と予想される。

表4 現状および一旦停止解除時のリスク推定  
(単位、億円)

	現状		一旦停止解除時		増加額
	物損	遅延	物損	遅延	
東京都	0.58	3.44	1.48	8.75	6.20
首都圏	2.92	17.25	7.64	45.14	32.61

7. 今後の展望

今回は、一旦停止解除時の影響について、先詰まりによる滞留を取り上げ、通常時の速度の場合について、滞留可能性の変動を評価した。その結果、低速時のほうが、先行車の行動に対処する余裕がないことが明らかになった。

一旦停止解除に関しては、通行に際して、一般道路の交差点と同様の制限しか設けない場合とともに、徐行で進入するという提案もなされている。道路交通法では、徐行については「直ちに止まれる速度」とあるのみで、「直ちに」の定義は成されていない。また、交通信号における「他の交通に注意をして進むことができる」とする黄色点滅信号での通行速度を調査した結果では、15～20km/h程度がもっとも多いという結果が得られた。

上記の点から、今後、徐行もしくはそれに準ずる10～30km/hの範囲内での走行についても、滞留可能性の評価を行う必要があると考えている。

また、定性的分析のところでも述べているように、一旦停止解除時の影響としては、警報開始～遮断開始の間の、直前横断の増大も考えられる。現状では、踏切通行前に一旦停止することから、踏切の警報＝交差点の赤信号と解釈される、一旦停止義務が解除されれば、直前に警報を確認しても止まらない場合も生じるわけで、踏切の警報＝交差点の黄色信号と同じと解釈され、少なくとも黄色信号の表示時間分の警報延長が必要になるが、現状の交差点においても、赤信号表示後の進入は少なからず起きているのであり、同様の状況を踏切に置き換えた場合、遮断かん折損の増大等も考えられる。折損した遮断かんが線路内にあれば、支障となるし、また遮断かんがない状態での踏切通行は、正常な状態に比べ安全度が低くなるわけで、今後この点においても、評価を行いたいと考えている。

文献

- 1) 井上貴文・楠神健・金野祥子 事故経験ドライバーの調査に基づく踏切事故発生メカニズムの分析. 鉄道総研報告, No.8, 13-18, 1994
- 2) 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