

踏切通行者のヒューマンファクタ

畠山 直

人間科学研究部
(安全性解析 研究員)

松本 真吾

同
(同 主任研究員)

柴田 徹

同
(同 研究室長)



はたけやま なおき



まつもと しんご



しばた とおる

はじめに

踏切は鉄道と道路が平面で交差する場所であり、列車以外にも自動車、自転車、歩行者と様々な物・人が踏切を通過してゆきます。そのため、踏切の安全を考えるためには、鉄道側から見た踏切の安全性という観点とともに、道路側から見た踏切の安全性という観点も必要です。また、鉄道側でも道路側でも踏切を通過する物の背景には必ず人間の行為が存在します。そこで今回は、鉄道・道路の両方の観点から踏切におけるヒューマンファクタについて紹介してゆきたいと思います。

踏切でのヒヤリ・ハット体験

図1は踏切調査中に見かけた光景です。車の長さがもう少し長かったら、輸送障害になっていたかもしれません。皆様の中にも自動車を運転して踏切を通過する際にヒヤリとした経験がある方がいらっしゃると思います。筆者も踏切でヒヤリとした経験があります。踏切手前で出口側のスペースが空くのを待っていた時のことです。しばらくして踏切前方の自動車が流れ出したので、自車を前に進めました。ところが隣車線の車が突然車線変更して、前のスペースに入ってしまったのです。そのため、筆者の車は踏切の



図1 踏切調査中のヒヤリ・ハット場面

中に残されてしまったのですが、運良くすぐに車列が移動したので、事故に至らずに済みました。

背景要因

上述のヒヤリ・ハット体験では、隣車線の車の車線変更が予想外の事象であったため、危険な状態に陥ってしまいました。このように、他者を含めた周りの環境との関係性の中で事故に繋がってしまうことがあります。

一般的にヒューマンファクタを考える場合、「背景要因」という考え方が重要になってきます。背景要因とは、事故などの直接的な原因のことではなく、さらに背後に存在する要因のことを言います。これら背景要因が直接的な原因となった事象を誘引し、さらに事故などの事象に繋がってゆくのです。

踏切事故の直接的要因と背景要因

図2は、踏切事故を原因別に分類したものです。踏切事故原因の6割を直前横断（警報開始後に横断しようとしたことによる事故）が占め、滞留（エンジントラブル等で踏切内に留まってしまうことによる事故）、限界支障（停止していた自動車等の一部が踏切内に入っていたことによる

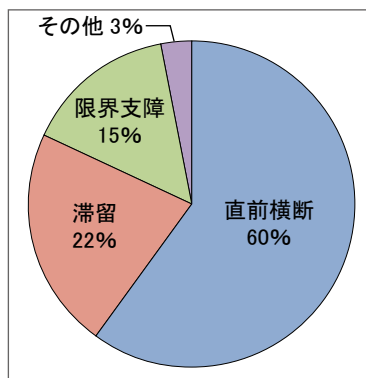


図2 踏切事故原因
(平成17年度419件)

事故）と続いています。直前横断や滞留といった事象は踏切事故の直接的な原因にあたります。ここで例として、直前横断の背景要因について考えてみます。直前横断に至る状況には、意図的に進入してしまうような違反型の状況と警報に気づかずに入力して踏切内に閉じ込められてしまうようなエラー型の状況が考えられます。違反型の背景要因としては、一度遮断されると長い時間開かない踏切

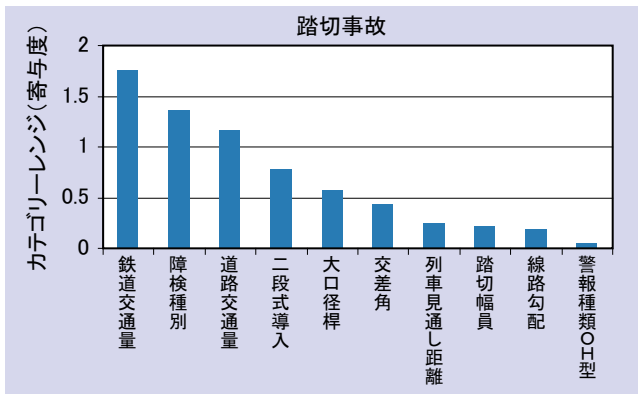


図3 踏切事故要因分析

であるような状況等が考えられますし、エラー型の場合では、踏切の存在が分かり難い状況だったこと等が考えられます。様々な状況や事象が、踏切事故の背景要因になりうるということがわかります。

次に背景要因の観点から踏切におけるヒューマンファクタに関する取り組みについて紹介してゆきます。

踏切事故の背景要因分析

図3は、踏切の管理台帳から47項目の変数を選択し、踏切事故との関係性を分析した結果(抜粋)です¹⁾。分析手法としては、多変量解析の一手法である数量化理論I類を用いています。数量化理論I類で分析することによって、対象とする目的変数(踏切事故)に対して各説明変数(背景要因)がどの程度の影響を与えているかがわかります。

図3から、鉄道交通量や道路交通量の多い踏切ほど踏切事故が起り易いことや、障害物検知装置の有無が踏切事故の起り易さに影響を与えることがわかります。さらに、二段式遮断機を導入しているかどうかや、大口径の踏切遮断桿であるかどうかなど、踏切の構造も踏切事故の起り易さに影響を与えていることがわかります。

また、自動車による踏切事故に対して同様の分析を行った結果では、自動車による踏切事故においてオーバーハング型の警報機(警報種類OH型)の影響が比較的大きくなることもわかっています。

このような分析から、鉄道や道路の交通量とともに、障害物検知装置の有無、遮断機や警報機などの踏切形状も、踏切事故に影響を与える重要な背景要因であることがわかります。

踏切の視認性向上

上の分析結果から、踏切事故の背景要因として踏切の形状も重要であることがわかります。それでは、どのような踏切の形状であれば踏切事故を防ぐことができるのでしょうか。このような問いに対する答えの一つとして、踏切の

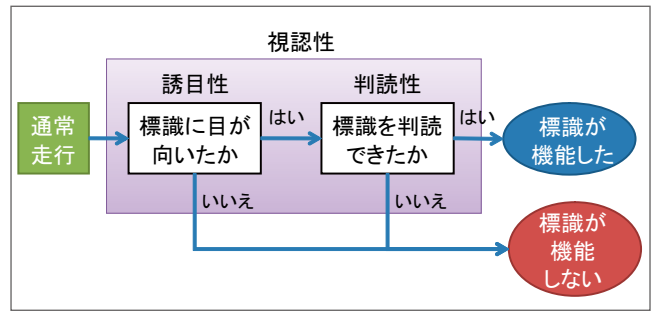


図4 標識に対するドライバーの情報処理モデル

視認性を高める研究事例²⁾について紹介します。

自動車が踏切に近付くときのことを考えます。まずドライバーは標識の存在に気づき、標識に注意を向けます。さらに近づくと、標識の文字やその形状から前方にあるのが踏切であることがわかります。この前半の過程を誘目性、後半の過程を判読性と呼んでいます(図4)。視認性を考える場合、誘目性と判読性という二つの異なる性質について考えることが重要となります。

そこで、上記の考えに基づき、踏切標識を、遠くから視認すべきもの、進入時に視認すべきもの、停車中に視認すれば良いものに分類します。さらに標識の持つ機能として、基本的なもの、補助的なもの、付帯的なものにも分類します。このような分類に応じて、どの位置に各標識を提示すべきかをまとめ、踏切の新しい基本デザインとして提案したものが図5となります。

踏切における一旦停止の効果

さて、自動車で踏切を通過する際は、その手前で一旦停止し、列車が来ていないことや前方に進入スペースが確保されていることを確認してから、踏切内に進入します。この踏切手前での一旦停止は道路交通法によって義務付けられています。筆者のヒヤリ・ハット体験のように進入スペースが確保されていないのに踏切内に進入してしまうと、踏

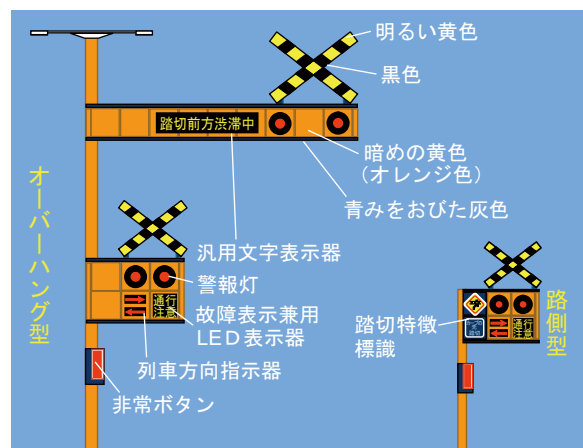


図5 踏切の新しい基本デザイン

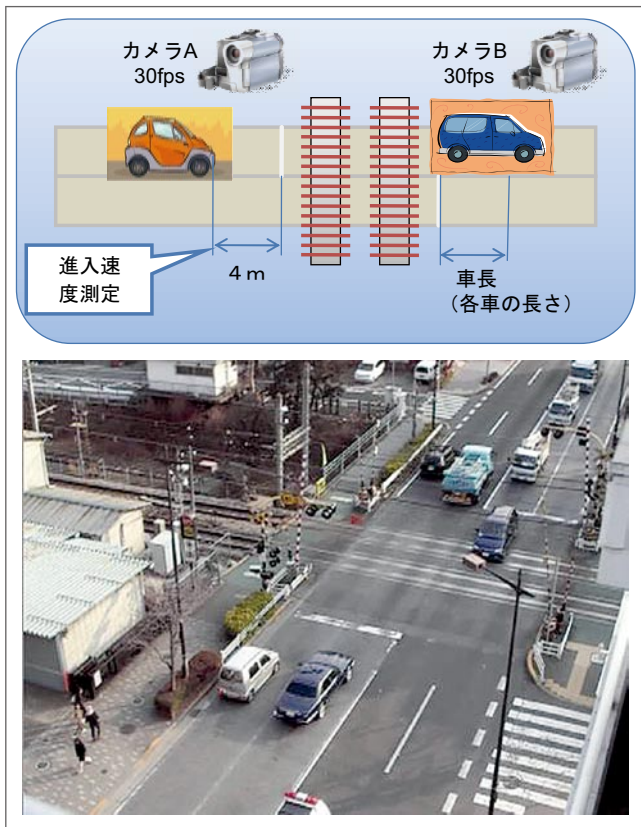


図6 踏切現地調査
(上：測定方法 下：測定風景)

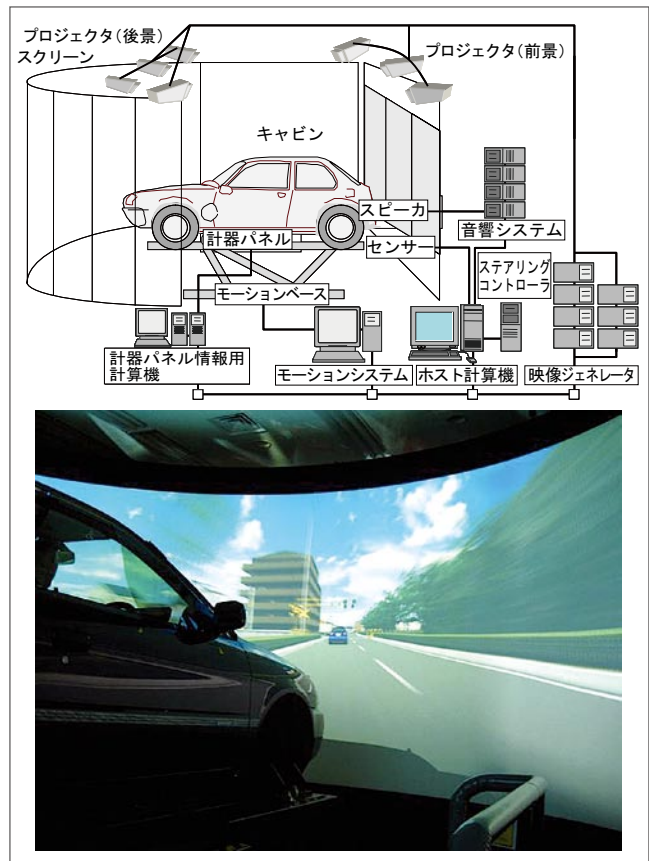


図7 ドライビングシミュレータ実験
(上：実験装置 下：実験風景)

切事故に繋がりがねません。そういう意味では、踏切手前での一旦停止の有無は、踏切事故の背景要因の一つと考えることができます。ここでは、踏切通行時の一旦停止が踏切通行の安全性に与える影響について検討を行った研究事例³⁾を紹介します。

踏切手前での一旦停止が安全性にどのくらいの影響を及ぼしているかを検討するためには、一旦停止義務下での安全性と一旦停止義務が解除された状況下での安全性を比較しなければなりません。そこで、一旦停止義務下での安全性は現状の踏切の実地調査で測定し、一旦停止義務解除下での安全性は産業総合技術研究所（以下、産総研）との共同研究でドライビングシミュレータを用いた被験者実験によって測定しました。

まず、一旦停止義務下での安全性を検討するために、自動車交通量の多い踏切3箇所を実地調査を行いました（図6）。踏切の前後にビデオカメラを設置し、踏切を通過する自動車の様子を各踏切につき24時間撮影しました。

撮影したビデオ映像から、各自動車が踏切に進入する際の速度と踏切進入時に踏切出口側のスペースが確保されているかどうかを割り出します。

踏切進入時に踏切出口側のスペースが確保されていない場合、踏切内に滞留する可能性が高いと考えられます。こ

のような状況の割合を滞留可能性と呼ぶことにすると、撮影ビデオの解析結果から、現状の滞留可能性が10.4%であることが分かりました。

一方、一旦停止義務解除時の安全性を検討するため、産総研にあるドライビングシミュレータ（図7）で被験者実験を行いました。被験者は男女各15名の計30名で、被験者一人につき20条件×3セットの走行実験を行いました。実験では、前方の車両に追従して走行し、途中踏切を通過する設定になっています。被験者は、踏切で一旦停止しないで、被験者各自の判断で車間距離や速度を調整して踏切を

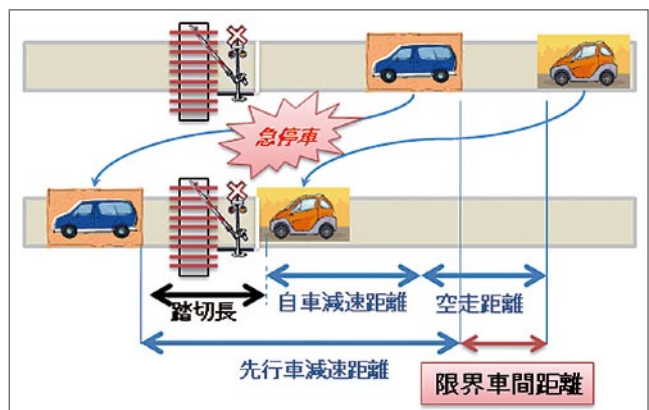


図8 限界車間距離の定義

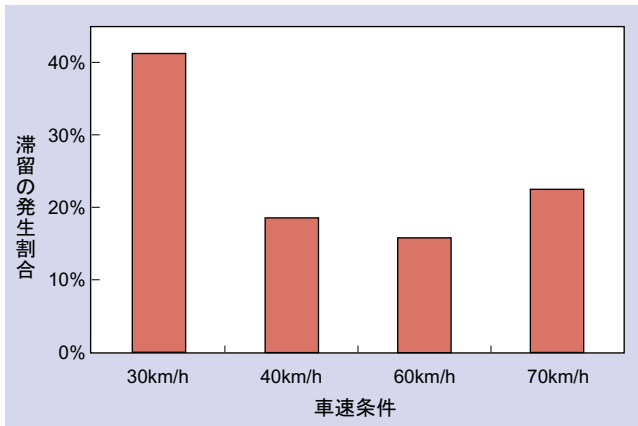


図9 一旦停止解除時の滞留可能性

通過することになります。

図8では、前方車両が踏切出口ぎりぎりに急停車した場合に、自車が踏切手前ぎりぎりで停車できる車間距離を定義しています。ここで、車の減速度は、幹線道路における測定データに基づいて決めています。この減速度から図内の自車減速距離と先行車減速距離を求めることが出来ます。また、図内の空走距離は、被験者のブレーキ反応時間から算出します。このようにして求めた限界車間距離と被験者が先行車追従実験で踏切進入時にとった車間距離を比較することによって、滞留可能性を求めます。この結果、図9のように踏切進入時の速度別に滞留可能性を算出することが出来ました。

踏切現地調査から求めた一旦停止した場合の滞留可能性は10.4%でした。図9の結果と比較すると、一旦停止しない場合、どの速度域でも滞留可能性が高くなっていることがわかります。これは、前の自動車が踏切出口で急停車するような不測の事態が生じた場合、踏切通行時に一旦停止せずに通過すると、一旦停止して通過するよりも危険であることを示しています。一旦停止義務を解除することによって、渋滞の緩和に繋がるという意見もありますが、現状のまま一旦停止義務を解除することはリスクを高めると考えられます。

踏切事故の確率過程シミュレーション

踏切事故の背景要因についての調査・研究から、踏切の構造や視認性だけでなく、踏切周辺の道路構造や交通状況なども踏切事故の起こり易さに影響を与えることが分かってきています。しかし、実際の踏切で踏切構造や踏切周辺の条件を変えて安全性を検討することは困難です。そこで、確率過程シミュレーション(図10)を用いて、踏切の安全性を評価する研究を進めています。確率過程シミュレ

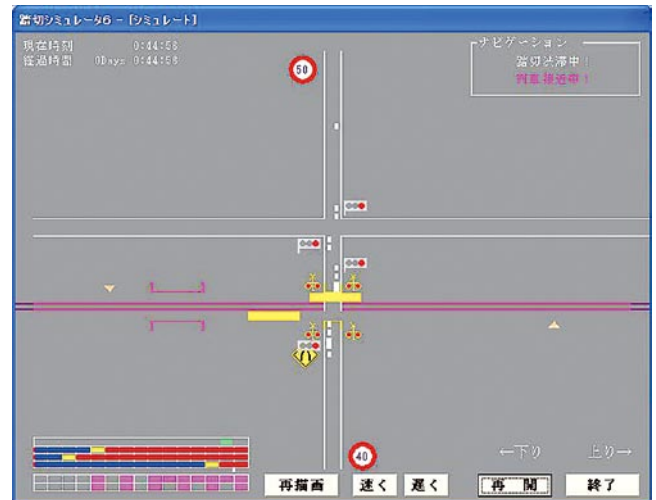


図10 踏切事故の確率過程シミュレーション

ーションを用いることにより、稀にしか起きないような事象でも、その確率を求めることができるようになります。

鉄道総研では、踏切の渋滞度や安全性の改善効果を定量的に評価するため、確率過程シミュレーションを行ってきました。しかし、先行研究によるシミュレーションでは、踏切周辺の詳細な道路構造や踏切における自動車の運転行動を十分に再現することが出来ませんでした。そこで、現在、踏切周辺の道路構造や自動車の運転行動のパラメータをより詳しく設定できる確率過程シミュレータを開発しています。本シミュレータによって、踏切直近にある信号のない脇道への自動車交通流の影響や対向車の脇道への右折待ちのような、より現実的な場面を再現したシミュレーションが可能となります。この研究の成果につきましては、今後紹介させて頂きたいと思えます。

まとめ

踏切の安全を高めていくためには、鉄道の安全だけを考えれば良いわけではなく、自動車ドライバーや歩行者からみた観点も非常に重要となってきます。自動車や歩行者の自由度は大きく、ヒューマンファクタを中心として道路側で考えるべき要因は非常に多いと感じています。今後も、踏切の安全に寄与すべく、研究開発に取り組んでいきたいと考えています。RRR

文献

- 1) 柴田徹：安全性評価研究の現状と課題，第159回鉄道総研月例発表会講演要旨，pp.19-22，2003
- 2) 井上貴文，福田久治，佐藤幸正，林由芽子：ドライバーの認知モデルから，視認性の高い踏切を作る，RRR，7月号，1997
- 3) 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，Vol.22，No.7，pp.37-42，2008