

鉄道駅プラットホーム上の安全性評価モデルの改良

東京理科大学 理工学部 土木工学科 教授 寺部 慎太郎

1. 研究の背景と目的

内閣府の交通安全白書¹⁾によると、2018年の駅ホーム上における事故件数は191件であった。事故件数は2013年から2017年まで減少傾向にあったが、2018年に再び上昇傾向に転じた。

我が国の鉄道では、利用者の転落や触車などの事故がしばしば発生しており、鉄道事業者はホームドア(可動式ホーム柵)や、センサー、カメラなどを設置して、事故を未然に防ぐ方策を取っている。特に、駅ホームにおける安全対策としてホームドアの設置は有効である。しかしホームドアの設置には多額のコストがかかる上にホーム自体の構造も調査する必要があるため簡単に設置することはできない。

そこで本研究の目的は筆者らが提案した駅ホーム安全評価手法²⁾を応用して、実際のプラットホーム上の安全度を評価し、どのような要因が駅ホーム事故発生に寄与しているか考察することである。そしてこの安全性評価モデルの構築によって、鉄道事業者が安全対策を講じる際に、その有効性や優先順位を評価できるようにすることを目指す。すなわち、これまでに筆者らが研究してきた内容を基に、様々な交通事業者からデータを得て、モデルの構築、事業者間や路線間の比較を行うもので、将来的には安全性向上のための投資評価ができるようにしたい。

特に、今年度は、新たな変数導入の検討と、新たな分析モデル導入の検討を行うことで、安全性評価モデルの改良を目指す。

2. 一般化線形モデルを用いた事故件数推計モデルの作成

番線別事故件数を推計した先行研究³⁾で利用された駅構造調査や安全評価手法に関するデータ、及び鉄道事業者(以下A社とする)から提供された事故データを利用し、本研究では一般化線形モデルを用いて昇降設備位置を考慮した号車別事故件数推計モデルを作成した。

(1) 使用する事故データ

本研究で利用した事故データや駅構造調査の情報は基本的に先行研究と同じであるが、推計する事故件数が番線別から号車別により細分化されているため、データ整理の仕方や用いた説明変数の種類が異なる。

先行研究において、A社より2014年から3年間分のホーム上事故データの提供を受けた。このデータには事故が発生した日時、場所、被害者特性などが詳細に記載されている。事故は列車がいない状況で転落する「転落」、列車とホームの間の隙間に足を踏み外す「踏み外し」、列車とホームの間に転落する「隙間転落」、走行中の列車と接触する「触車」の4種類である。

(2) 号車別事故件数推計モデルの作成結果

号車別事故件数推計モデル作成のためにポアソン回帰分析を行った。リンク関数と線形予測子は式(1)のように設定した。

$$\log \lambda = \beta_1 + \beta_2 x + \dots + \beta_n x + \dots \quad (1)$$

ただし、 λ はポアソン分布のパラメータであり、単位時間あたりの平均事故発生件数を表す。 β は切片及び説明変数のパラメータである。また、先行研究で定義された安全評価項目の小項目を説明変数として利用する。

表1にポアソン回帰分析結果を掲載する。分析の過程で多重共線性の考慮やステップワイズ法などによって変数選択を行っている。

本研究で新たに取り入れた説明変数は、表1の中に赤字で示した「昇降設備から各号車までの距離」に関する4項目と、青字で示した「駅を発着する電車の特徴」に関する4項目である。昇降設備から各号車までの距離では、「ホーム行きエスカレーターまでの距離」と「階段までの距離」が近い車両ほど事故が発生しやすい結果になった。一方で「昇降設備数」ではパラメータが負の値になっており、昇降設備数が増えれば事故件数が減るという結果になった。これらの結果はホーム行きエスカレーターと階段が近くにあると事故が発生しやすいが、昇降設備数が増えれば逆に利用者が分散するため事故が減少すると考察した。また駅を発着する列車の特徴では、終着駅と乗換駅で事故が発生しやすくなる結果になった。

表1 ポアソン回帰分析結果

説明変数	パラメータ	
切片	-8.24	***
乗降人員(対数)	6.37×10^{-1}	***
改札行き ES までの距離	---	
ホーム行き ES までの距離	8.29×10^{-1}	***
エレベーターまでの距離	---	
階段までの距離	8.27×10^{-1}	***
始発駅ダミー	---	
終着駅ダミー	3.94×10^{-1}	***
乗換駅ダミー	4.47×10^{-1}	***
緩急接続駅ダミー	---	
狭隘部長さ	---	
すき間	1.29×10^{-1}	***
島式ホームダミー	6.45×10^{-1}	***
ホーム有効面積	4.23×10^{-4}	***
ホーム凹側ダミー	---	
ホーム凸側ダミー	4.90×10^{-1}	***
動線交錯箇所数	---	
柵無し長さ	2.07×10^{-3}	***
昇降設備数	-1.58×10^{-1}	***
列車本数	2.96×10^{-3}	***
列車接近の視覚情報数	1.48×10^{-1}	*
列車接近のアナウンス回数	---	
同方向島式ダミー	---	
酔客事故数	5.82×10^{-1}	***
視覚障害者向け施設数	9.29×10^{-2}	*
高齢者利用者数	---	
AIC 2800		

*:5% 有意 **:1% 有意 ***:0.1% 有意

3. マルチレベルモデルを用いた事故件数推計モデルの作成

先行研究では、路線の違いを考慮した分析は行われていなかった。ポアソン回帰分析の説明変数にダミー変数を組み込む方法もあるが、路線の違いをもたらし要因は特定できない。そこで、要因を特定可能なマルチレベルモデルを用いて事故件数推計モデルを作成する。

(1) 使用する事故データ

一般化線形モデルを用いたときに利用したA社の事故データに加え、新たに別の鉄道事業者2社(B、C社)から提供を受けた事故データも利用する。

(2) マルチレベルモデルの必要性

マルチレベルモデルが必要かどうかを判断する数値として級内相関係数があり、これを式(2)に示す。

$$\rho = \frac{\tau_{00}}{\tau_{00} + \sigma^2} \quad (2)$$

τ_{00} は路線間の分散、 σ^2 は駅間の分散を表す。 ρ 値が大きいほど路線の違いがもたらす影響が大きいということになる⁴⁾。 ρ 値を算出した結果を表2に示す。

表2 マルチレベルモデルの必要性の検証結果

パラメータ	τ_{00}	σ^2	ρ
推定値(分散)	5.548	78.797	0.0658

ρ 値は6.58%という結果となった。モデル全体の分散のうち、路線の違いにより生まれる分散が6.58%しかないので、本研究でマルチレベルモデルは不要だと結論づけた。

4. 結論

本研究では、既往の安全評価手法を利用して号車別の事故件数を推計できることが示された。また、ホーム行きエスカレーターと階段付近の車両では事故が起こりやすくなると示されたので、ホームの中でもこれらの昇降設備付近の安全対策を強化すべきと考える。また、マルチレベルモデルを利用した分析では、路線ごとで事故発生状況に差がないことが分かった。重要視すべきなのは路線よりも駅そのものであり、路線単位ではなく駅単位での安全対策をすべきと考える。

参考文献

- 1) 内閣府：交通安全白書、p164-171、2019.
- 2) 寺部慎太郎、山田真也：駅の構造・設備・利用状況からみた安全安心の評価手法、サイバネティクス、Vol. 18、No. 3、pp. 25-30、2013.
- 3) Shintaro Terabe, Takayuki Kato, Hideki Yaginuma, Nan Kang and Kosuke Tanaka：“Risk Assessment Model for Railway Passengers on a Crowded Platform”、Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board、2673 (1): 524-31、2019.
- 4) 筒井淳也、不破麻紀子：計量社会学ワンステップアップ講座「マルチレベル・モデルの考え方と実践」、理論と方法、23巻2号、pp.2_139-2_149、2008.