

鉄道駅プラットフォーム上の安全性評価モデルの拡張

【2020年度 KR-075】

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

駅ホームの代表的な安全対策といえばホームドア設置が挙げられる。しかしホームドア設置には多額の費用がかかるだけでなく、ホーム自体の構造物としての強度も考慮しなければならない。そのためすべてのホームにホームドアを設置することができる鉄道事業者は多くない。

「交通安全白書(内閣府)」によると鉄道運転事故のうち2017年のホーム事故件数は178件であった。2015年と比較するとホーム事故件数は減少しているが、2007年から2015年の間はいずれの年もホーム事故発生件数は180件を超えている。ホーム事故の件数と死傷者数の推移を見ると近年、事故件数は横ばいもしくは増加の傾向にあるといえる。2016年にホーム事故件数が減少したのは首都圏を中心にホームドア設置駅が増加したためであると考えられる。

本研究の目的は、ホーム事故の要因を明らかにしホーム上安全対策に役立てることである。つまり、鉄道事業者が安全対策を講じる際に、その有効性及

優先順位を評価できるようにする、安全性評価モデルを構築することである。

特に今年度はこれまでに構築し改良したモデルをより多くの鉄道駅に適用できるよう拡張する。さらに、これまでに研究してきた内容を基に、モデルの精度向上の可能性を探るため、酔客利用指標を考慮した事故件数推定モデルを構築する。

2. ホーム事故データに関する分析

本研究では新たに鉄道事業者2社からホーム事故データの提供を受けた(以下B社、C社とする)。両社合わせて約1500件のホーム事故が発生している。なお、先行研究とは異なり、B社およびC社から提供された事故データの事象分類はホームからの転落事故のみである。提供された事故データはB社およびC社で同一のフォーマットであり表1に示す項目が記載されている。

集計したところ、事故件数が多かったのは、都心方面へ向かう地下鉄線との乗換駅、優等種別停車駅で乗降客数が多い駅などである。月別で見ると事故

表1 事故データの要素

分類	データ
転落日時	日時、時刻
転落場所	路線名、駅名、番線、列車または車両の有無
事象分類	転落、
転落者	性別、年齢、視覚障害者、車いす利用、その他身障者
要因	酔客、体調不良、携帯使用、読書中、旅客トラブル
死傷状況	死亡、負傷
非常停止押しボタン	設置、動作
転落検知装置	設置、動作
備考	原因が明確であれば記述されている。

件数は8月が一番少なく12月が最多であることが分かる。全体の傾向としては学生が夏休みを迎える夏季が少なく、忘新年会や歓送迎会で飲酒する機会が多い冬季が多いと考えられる。

続いて、曜日別で集計してみると、事故件数は火曜日が一番少なく金曜日が最多であることが分かる。全体の傾向として週初めは少なく、水曜日と金曜日・土曜日が多い。近年、水曜日はノー残業デーと定めている企業が多く仕事終わりに飲酒する機会を作りやすいと考えられる。金曜日・土曜日は週末で夜間に飲酒をする機会があるためと思われる。時間帯別に集計したところ、事故件数は日中から夕方にかけて少なく、朝と深夜帯が多いことが分かる。朝時間帯は通勤通学ラッシュ時間帯であり乗降人員が増えること、深夜帯は仕事後に飲酒をしてからの帰りで酔客の利用が増えることによる影響が考えられる。

また、年齢別で集計したところ、事故件数は20代が最も多いことがわかる。また仕事を退職した70歳代以上の高齢者の事故は少ないことがわかる。

3. 一般化線形モデルによる転落件数推定モデルの構築

3社の鉄道事業者のデータを用いて転落件数回帰モデルを作成した。安全度評価項目を全て説明変数として用いた全変数モデルおよび、全変数モデルか

らステップワイズ法で変数選択をした変数選択モデルを表2に示す。ポアソン分布を仮定している。

以下に安全度評価項目の大項目ごとにパラメータ推定結果の考察を述べる。

a) ホーム構造上の要因

「列車との最大隙間」はパラメータの符号が正であるため列車との隙間が大きければ転落事故が発生しやすいという結果となった。「曲線駅凸側ホームダミー」は符号が負となりホームの曲率により運転士からホームの先端が見えづらくなっている方が、転落事故が発生しにくいという結果となった。これは直感に反する結果である。「白線外で柵のない長さ」はパラメータの符号が正であるため柵やホームドアの整備がされていないほど転落事故が発生しやすいという結果を得た。これは直感と合致している。

b) 旅客流動上の要因

「乗降客数」はパラメータの符号が正であるため乗降客数が多いほど事故件数が多くなるという結果となった。しかしz値の絶対値が小さいため5%の有意水準でも統計的には有意ではないという結果を得た。また変数選択モデルでは除外された。「交錯箇所の数」はパラメータの符号が正であり、駅の入り口や昇降設備と列車の各ドアを結ぶ動線の交錯点が多いほど事故が発生しやすいという結果となった。これは直感に反する結果である。しかし、z値の絶対値が小さく5%の有意水準で有意ではなかった。「白線外で柵のない長さ」はパラメータの符号

表2 ポアソン回帰を用いた3社の転落件数推定モデル

変数名	全変数モデル			変数選択モデル		
	パラメータ	z値	***	パラメータ	z値	***
切片	-2.992	-9.023	***	-3.083	-9.725	***
狭隘部の長さ	-3.106×10^{-3}	-0.874		---		
列車との最大隙間	3.802×10^{-2}	3.925	***	4.051×10^{-2}	4.597	***
有効面積	-2.449×10^{-4}	-1.062		---		
曲線駅凹側ホームダミー	2.596×10^{-2}	0.151		---		
曲線駅凸側ホームダミー	-4.192×10^{-1}	-2.703	**	-4.606×10^{-1}	-3.125	**
交錯箇所の数	6.106×10^{-4}	1.718		5.085×10^{-4}	1.205	
白線外で柵のない長さ	4.109×10^{-3}	4.755	***	3.909×10^{-3}	4.750	***
乗降人員(千人)	1.500×10^{-3}	0.591		---		
列車進入頻度	3.284×10^{-3}	3.823		3.051×10^{-3}	3.740	***
列車進入を知らせる視覚的情報量	1.293×10^{-1}	2.132	*	1.304×10^{-1}	2.276	*
列車進入を知らせる聴覚的情報量	1.719×10^{-1}	1.383		1.603×10^{-1}	1.304	
島式ホーム平行進入ダミー	8.886×10^{-1}	6.912	***	8.935×10^{-1}	7.720	***
B社線ダミー	-7.275×10^{-1}	-3.034	**	-7.059×10^{-1}	-3.316	***
C社線ダミー	-5.655×10^{-1}	-2.065	*	-6.118×10^{-1}	-2.413	*
AIC	1404.5			1398.4		

***: 0.1% 有意 ** : 1% 有意 * : 5% 有意

が正であるため柵やホームドアの整備がされていないほど事故が発生しやすいという結果を得た。

c) 列車運行上の要因

「列車進入頻度」はパラメータの符号が正であるため列車がホームに進入する頻度が高いほど転落事故が発生しやすいという結果を得た。これは列車進入頻度が高い駅は乗降客も多いからであると考えられる。「列車接近を知らせる視覚的情報量」はパラメータの符号が正であるため列車接近を知らせる表示器が多いほど事故が発生しやすいという結果を得た。これはホーム上の発車標が多い駅は列車の発着本数が多かったり、列車が接近することを知らせる注意喚起の表示が多い駅はもともと転落事故が起きやすいであったりするためであると思われる。

d) 利用者属性上の要因

「酔客の利用割合」と「視覚障害者の利用割合」は代理指標を用いたため説明変数として除外した。「高齢者利用者数」は多重共線性をもつ疑いがあったため説明変数から除外した。

e) その他の要因

「B社線ダミー」および「C社線ダミー」が統計的に有意な変数であったため、B社線とC社線はA社線と比較して転落事故が発生しづらいが、転落事故発生件数には、モデルに用いた説明変数とは別の要因があることが考えられる。

変数選択モデルでは「列車接近を知らせる聴覚的情報量」以外は有意な変数となった。また、パラメー

タの推定値は全変数モデルと大きく変化していない。AIC（赤池情報量規準）も低下したためより当てはまりの良いモデルと言える。

次に負の二項分布を用いた転落件数回帰モデルを作成した。

パラメータ推定結果はポアソン分布を用いた転落件数回帰モデルと大きな差はない。モデルの適合度を表すAIC（赤池情報量規準）は負の二項分布を用いた転落件数回帰モデルの方が小さな値をとっており負の二項分布を用いた転落件数回帰モデルの方が、適合度が高いと言える。

ポアソンモデルと負の二項分布モデルがどの程度実際の事故件数を再現できているかを比較する図を図1に示す。

1年間の事故発生箇所数を事故件数ごとにまとめ集計したものである。例えば事故件数が0件の番線は計で617箇所であるが、ポアソンモデルでは597箇所、負の二項分布モデルでは594箇所と推定された。なお事故件数0件の箇所数と事故件数1件の箇所数の推定結果の誤差が大きいのはモデルから事故件数を推定する際に生じる端数を丸めたからである。

事故件数0件の箇所数が少なく、事故件数1件の箇所数多く推定されているため推定結果は事故件数が少ない場合、危険側に寄っているため問題ないと考えられる。



図1 転落事故件数推定モデルと実際の事故件数の比較

4. まとめ

本研究では、鉄道事業者3社提供の事故データと鉄道事業者3社の駅を対象とした駅構造調査結果および大都市交通センサスのデータを用いて、一般化線形モデルから転落事故発生件数を推定した。鉄道事業者3社提供の事故データを基礎集計した結果、転落事故の多くは酔客によるものであり発生する時間帯は夜間および休日の早朝である。性別で見ると男性酔客による転落事故が多く発生しているが、夜間帯は女性酔客の転落も発生している。

ポアソン回帰モデルおよび負の二項分布モデルの結果を見ると「列車との最大隙間」のパラメータ推定値が大きく有意差もあるという結果になった。列車との最大隙間が大きい駅は曲線上のホームで軌道にカントがつけられて隙間が大きく開いていることが多い。曲線上のホームはホーム上の見通しが悪いため危険であることがわかる。また、「白線外で柵のない長さ」も同様の結果が得られた。白線外で柵のない長さが増えると事故件数が増加するという結果はホーム上の柵が転落事故防止に有用であることを裏付けている。しかし、ホーム上の柵特に可動

式ホーム柵は導入が容易ではないためホーム柵を導入できない鉄道事業者は他の要因に注意を配ったり、転落事故が多く発生する夜間や休日の早朝は警備員を増員したりするなどの対策が必要である。

以上のことから、確かにポアソン回帰および負の二項分布モデルによって転落事故件数を定量的に推定することができた。また、先行研究である駅ホームに関する安心安全評価手法が信頼できるものであることが示唆された。□

参考文献・引用文献等

- 1) 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.
- 2) 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.