

駅停車に関わるエラー防止のための運転情報記録の解析

鈴木 大輔* 鈴木 綾子* 柿崎 豊**

Analysis of Driving Performance Data for Preventing Train Stop Position Errors

Daisuke SUZUKI Ayako SUZUKI Yutaka KAKIZAKI

The purpose of this study is to clarify factors causing train stop position errors through analysis of driving performance data. One of the factors that adversely affect the accurate operation of railways is the error related to station stop. We classify train stop position errors into two kinds of error: the delay in braking manipulations, and the misrecognitions of stop positions. In logistic regression analysis used in this study, the objective variables are existences of driver's experience of the delays in braking manipulations and the misrecognitions of stop positions. As the explanatory variables, we use evaluation indexes based on the driving characteristics recorded in driving performance data and characteristics of stations. The results of logistic regression analysis used in this study reveals the relationship between these errors and various factors. This paper describes the relationship obtained in this study.

キーワード：駅停車，エラー，運転情報記録，ロジスティック回帰分析

1. はじめに

1.1 背景と目的

自動車や航空機には運転操縦のデータ記録装置が搭載されており、得られたデータは事故調査だけでなく、操縦者のエラー防止や技能向上に役立てられている。鉄道においても、鉄道事業者等が運転実績データを分析し、事故の再発防止だけでなく、分析結果が他の事業者においても活用される仕組みを検討するべきであると指摘されている¹⁾。

事故を未然に防ぐためには事故がない時の(通常時の)データも分析することが重要である。通常時のデータの分析について、谷²⁾はベテラン運転士と若手運転士の運転操縦を比較し、ベテラン運転士は豊富な経験と知識を活かして、線路条件や運転時分等を考慮した模範的な運転操縦を行っている一方、若手運転士の中には勾配や曲線等をあまり考慮せずに運転している運転士がいることを明らかにした。この結果から、ベテラン運転士の運転操縦を参考に運転操縦マニュアルを作成し、若手運転士がこのマニュアルをもとにした運転操縦を実施した結果、運転操縦が改善されたと報告されている。しかしながら、このようなデータの活用事例があるのは一部の鉄道事業者のみであり、交通安全環境研究所の報告書³⁾では、事故等の原因分析に運転実績データを利用する場合があるものの、通常時のデータの分析は非常に限定的

な実施事例に限られていたと報告されている。運転実績データが事故等の原因分析以外に利用されていない理由としては、数値データがビジュアル化できないためわかりにくいことやデータ分析のソフトウェアがないこと等が挙げられていた。

運転情報記録装置に蓄積された運転実績データを乗務員の「未然の事故防止」や「主体的な技能向上」に活用するために、竹内ら⁴⁾は、列車の運転操縦の数値データをグラフ化するシステムを開発した。これにより、グラフ化された運転実績データは、乗務員と管理者の定期的な面談に活用されている。運転実績データを用いた乗務員指導を効果的に行うためには、エラーを経験した運転士の運転と自身の運転を比較し、自身の改善点を明確にすることが有効と考えられるが、「駅停車に関わるエラー」を起こしやすい運転士の運転の特徴は明らかになっていないのが現状である。また、「駅停車に関わるエラー」が発生しやすい要注意駅を特定するために、運転実績データを用いてエラーが発生した駅と発生していない駅を比較し、エラーを誘発しやすい駅の設備や線路条件等を明らかにすることも考えられる。しかし、上記の特徴抽出に運転実績データを十分活用しているとはいえない。そこで本研究では、運転実績データから、「駅停車に関わるエラー」の防止に活用できる評価指標(変数)を抽出することを目的とした。

筆者らは、運転士や駅の特徴を考慮した運転実績データの分析について検討してきた^{5)~8)}。本稿では、「駅停車に関わるエラー」の防止を目的とした運転情報記録の分析から得られた知見を報告する。

* 人間科学研究部 人間工学研究室

** 東海旅客鉄道株式会社

1.2 運転情報記録に関する先行研究

運転情報記録に関する先行研究では、事故防止や運転技能の向上に、実際の運転士の運転実績データを活用するための研究が行われている。出口ら⁹⁾は、運転現場で最も多いヒューマンエラーである「停止位置誤り」に着目し、エラー経験者と未経験者の運転操縦の一例を比較した。その結果、停車前5秒間における常用最大ブレーキの使用秒数が、エラー経験者の方が長い傾向があること等を明らかにした。また、坂下¹⁰⁾は、時間帯別と駅別の条件で、停車直前の強いブレーキ使用の回数と停止位置誤りの件数の関係を調査した。その結果、時間帯別・駅別ともに停車直前の強いブレーキ使用の回数が多いほど停止位置誤りの件数が多い傾向があることを示した。運転士が自分の運転実績データをもとに振り返りを行うことで、具体的な目標を持った運転ができ、運転操縦が改善されたと報告されている。さらに、坂下ら^{11) 12)}は、「駅停車に関わるエラー」の経験者と未経験者の走行速度を比較した。その結果、エラー経験者の方が駅進入時の速度のばらつきが大きい傾向があることを示した。以上より、自らの目標とする速度に確実にコントロールできるかどうかエラーの経験と関連していると考えられている。

また、運転シミュレータ等を用いた研究もなされてきた。田中ら¹³⁾は、列車位置や走行速度等から運転操縦が正常ではない状況を検出するプログラムを開発した。標準の運転操縦に比べてブレーキが遅くなる場合や速度制限区間内において再加速を行い速度超過となる場合を事前に検出し警報を発するものである。さらに、丸茂ら^{14) 15) 16)}は、駅進入時の運転操縦を対象に、運転士に認知的負荷(暗算課題)を与えた場合と与えなかった場合のブレーキ操作の違いについて検討した。鉄道運転シミュレータでの試験の結果、認知的負荷を与えなかった場合はブレーキをかけてから徐々に緩めて停車するのに対して、認知的負荷を与えた場合はブレーキノッチが何度も修正されることを示した。認知的負荷を与えた場合は作業に余裕がなくなり適切なブレーキ操作が行えずに減速度が不足し、列車がオーバーランするのを避けるためにブレーキを追加したと考えられている。

このように実際の運転士の運転実績データをもとにしたエラー経験者の事例分析や鉄道運転シミュレータを用いた認知的負荷が与えられた場合の運転等については検討されてきたが、通常時の運転実績データの統計的な分析はなされていない。

1.3 駅停車に関わるエラーの分類と分析対象

運転実績データを分析するにあたって、「駅停車に関わるエラー」を分類すると、大部分は以下の2種類に分類できる。すなわち、ブレーキ時機を逸したもの(以下、「ブレーキ時機エラー」と呼ぶ)と停止位置目標や自列

車の編成両数を間違えたもの(以下、「停目両数エラー」と呼ぶ)である。「ブレーキ時機エラー」は、例えば「速度約90km/hでブレーキ標識にて停車ブレーキ4ノッチを使用した速度低下が思わしくなかったため、所定停止位置の約80m手前でブレーキ7ノッチまで追加した。その後も速度低下が思わしくなかったため非常ブレーキを使用し、所定停止位置を約20m行過ぎ停車した」というエラーである。「停目両数エラー」は、例えば「信号喚呼時に停車8両を確認したが、ホーム進入後、4両標とその付近に旅客がいたため、誤って4両標に停車した」というエラーである。「ブレーキ時機エラー」の要因はブレーキポイントや速度低下の把握の誤り、「停目両数エラー」の要因は停止位置目標や編成両数の勘違いと考えられ、要因が異なる可能性がある。そこで、本研究では分けて分析することとした。

分析対象は、運転情報記録に関する先行研究^{5) ~ 12)}を参考に、「運転士」と「駅」とした。すなわち、運転士に対しては「駅停車に関わるエラー」の経験者と未経験者、駅に対しては「駅停車に関わるエラー」の発生駅と未発生駅の違いについて分析することとした。

「駅停車に関わるエラー」の分類が2種類、分析対象が2種類、計4種類の組み合わせが考えられる。しかし、「停目両数エラー」と運転士の組み合わせ、つまり「停目両数エラーを起こしやすい運転士」については、運転実績データには残らない携帯時刻表での両数確認や駅進入時の停止位置目標の確認といった基本動作等の影響も受けるため、運転実績データを分析対象とする本研究では分析対象外とした。よって、これ以外の3種類の組み合わせを対象とし、運転士の「ブレーキ時機エラー」については2章で、駅の「ブレーキ時機エラー」については3章で、駅の「停目両数エラー」については4章で述べる。

2. 運転士のブレーキ時機エラー要因の分析

2.1 方法

2.1.1 分析対象データ

本研究では、在来線に搭載されている運転情報記録装置から収集されたデータを用いた。ある運転職場における2015年8月から2018年7月の運転実績データを分析対象とし、サンプリングレート1Hzで保存されている走行速度や運転操作等の情報から、駅毎に停止操作に関わるデータを抽出した。

2.1.2 運転士の群分け

分析対象の運転職場には118名の運転士が在籍している。年齢は25~61歳(平均33.5歳、標準偏差9.5歳)、経験年数は0~29年(平均6.5年、標準偏差7.4年)である。

この中から「エラー群」を抽出し、エラー群以外を「非エラー群」とした。エラー群は、2015年5月から2018

年7月に「ブレーキ時機エラー」を経験した運転士18名とした。年齢は26～61歳（平均34.4歳，標準偏差14.0歳），経験年数は0～29年（平均6.5年，標準偏差10.4年）であった。非エラー群は100名，年齢は25～61歳（平均33.3歳，標準偏差8.5歳），経験年数は0～29年（平均6.6年，標準偏差6.8年）であった。

2.1.3 評価指標

運転情報記録に関する先行研究^{5)～12)}を参考に，停車前5秒間の停止操作や走行速度等について7つの評価指標を用いることとした。評価指標を表1に示す。評価指標①～③は，全駅停車に対する使用割合とし，運転士毎に算出した。評価指標④～⑦については，運転士毎に平均値と標準偏差を算出した。

表1 運転士を対象とした分析の評価指標

評価指標	算出方法
①常用最大ブレーキ使用割合 (%)	運転士毎に算出
②3段以上追加ブレーキ使用割合 (%)	
③ブレーキ全緩め使用割合 (%)	
④ブレーキノッチ移動回数 (回)	運転士毎に平均値と標準偏差を算出
⑤追加ブレーキ量 (ノッチ)	
⑥所定停止位置の20m手前速度 (km/h)	
⑦所定停止位置の200m手前速度 (km/h)	

2.1.4 分析方法

「ブレーキ時機エラー」を起こしやすい運転士の特徴を明らかにするためにロジスティック回帰分析を行った。目的変数は「ブレーキ時機エラー」を経験したかどうか（エラー群／非エラー群）とした。説明変数は表1の7つの評価指標および年齢と経験年数とした。

変数選択はステップワイズ法とし，統計的有意水準を5%とした。統計解析にはエクセル統計（株式会社社会情報サービス製）を使用した。以下の分析も同様とした。

2.2 結果

ロジスティック回帰分析の結果を表2に示す。7つの評価指標のうち，①常用最大ブレーキ使用割合，③ブレーキ全緩め使用割合，⑦200m手前速度の標準偏差が，目的変数への影響が大きい説明変数として選択された。

常用最大ブレーキ使用割合は，オッズ比が1.43であった。これは，他の変数を一定にした場合，常用最大ブレーキ使用割合が1%高いと「ブレーキ時機エラー」の起こしやすさが1.43倍になることを示す。同様に，「ブレーキ時機エラー」の起こしやすさが，ブレーキ全緩め使用割合が1%高いと1.12倍，200m手前速度の標準偏差が1km/h大きいと3.23倍になることを示している。

「ブレーキ時機エラー」の起こしやすさ（P1）を算出する回帰式を式(1)に示す。

$$P1 = 1 / [1 + \exp\{ -(0.36 \times \text{常用最大ブレーキ使用割合} + 0.11 \times \text{ブレーキ全緩め使用割合} + 1.17 \times 200\text{m手前速度の標準偏差}) \}] - 1.19 \quad (1)$$

表2 ロジスティック回帰分析の結果
(運転士の「ブレーキ時機エラー」の分析)

説明変数	偏回帰係数 ^{※1}	オッズ比 ^{※2}	p値 ^{※3}
①常用最大ブレーキ使用割合	0.36	1.43	p<0.05
③ブレーキ全緩め使用割合	0.11	1.12	p<0.05
⑦200m手前速度の標準偏差	1.17	3.23	p<0.05
定数項	-1.19	0.30	0.84

※1 偏回帰係数がプラスの場合はエラーの発生確率を上げ，マイナスだと下げる方向に働く。

※2 オッズ比が1.0より大きい場合，その変数の値が大きいとエラーが発生しやすい。オッズ比が1.0より小さい場合，その変数の値が大きいとエラーが発生しにくい。

※3 p値が0.05未満の場合，エラーへの変数の影響が統計的に有意であると判断した。

2.3 考察

ロジスティック回帰分析の結果，常用最大ブレーキ使用割合，ブレーキ全緩め使用割合，200m手前速度の標準偏差が「ブレーキ時機エラー」の発生に有意に影響していることがわかった。常用最大ブレーキ使用割合については，運転情報記録に関する先行研究⁹⁾において，エラー経験者の方が停車前5秒間における常用最大ブレーキの使用秒数が長い傾向があると報告されている。また，200m手前速度の標準偏差についても，運転情報記録に関する先行研究^{11) 12)}において，エラー経験者の方が駅進入時の走行速度のばらつきが大きい傾向があると報告されている。本分析の結果はこれらの先行研究の結果と一致した。ブレーキ全緩め使用割合の影響が大きいことの解釈として，ブレーキ全緩めは，停止位置より手前に停まってしまうことを避けるために使用されたと推察される。常用最大ブレーキ使用割合と合わせて考えると，運転操作が不安定で普段から極端な運転操作を多く使用する運転士は「ブレーキ時機エラー」を起こしやすいと考えられる。

本分析結果をもとに運転実績データを用いた振り返りを行う場合，例えば，常用最大ブレーキ使用割合，ブレーキ全緩め使用割合，200m手前速度の標準偏差について，当該運転士と指導操縦者やベテラン運転士を比較することで，改善が必要な運転操縦が明らかになる。また，これらの変数を継続的に見ていくことで，運転操縦が改善

されているかを把握することも可能となる。

3. 駅におけるブレーキ時機エラー要因の分析

3.1 方法

3.1.1 分析対象データ

2章と同様の運転実績データを分析対象とした。

3.1.2 駅の群分け

分析対象データには上下合わせて81駅がある。この中から「エラー駅（エラーが発生した駅）」を抽出し、エラー駅以外を「非エラー駅（エラーが発生していない駅）」とした。エラー駅は、2015年5月から2018年7月に「ブレーキ時機エラー」が発生した駅、23駅とした。非エラー駅は58駅であった。

3.1.3 評価指標

評価指標には、駅毎の運転実績データと駅の特徴を用いることとした。運転実績データは運転情報記録に関する先行研究⁷⁾を参考に、2章で用いた7つの評価指標に加えて、速度パターンの数（駅付近での信号現示等による停車のための速度パターンの数）と停車回数も用いることとした。運転実績データに関する評価指標を表3に示す。評価指標の④～⑦については、駅毎に平均値と標準偏差を算出した。

また、駅の特徴について、運転情報記録に関する先行研究⁷⁾を参考に、ホーム略図や線路図等から「駅停車

表3 運転実績データに関する評価指標

評価指標	算出方法
①常用最大ブレーキ使用割合 (%)	駅毎に算出
②3段以上追加ブレーキ使用割合 (%)	
③ブレーキ全緩め使用割合 (%)	
④ブレーキノッチ移動回数 (回)	駅毎に平均値と標準偏差を算出
⑤追加ブレーキ量 (ノッチ)	
⑥所定停止位置の20m手前速度 (km/h)	
⑦所定停止位置の200m手前速度 (km/h)	
⑧速度パターンの数 (個)	駅毎に集計
⑨停車回数 (回)	

表4 駅の特徴に関する評価指標

評価指標	算出方法
⑩4両標の有無	駅毎に集計
⑪6両標の有無	
⑫8両標の有無	
⑬10両標の有無	
⑭停止位置目標の数 (個)	
⑮勾配<場内信号機> (%)	
⑯勾配<ホーム先端> (%)	
⑰勾配<ホーム中央> (%)	
⑱勾配<ホーム終端> (%)	

に関わるエラー」の発生への影響が考えられる駅の特徴（停止位置目標の数等）や線路条件（勾配等）を抽出した。駅の特徴に関する評価指標を表4に示す。

3.1.4 分析方法

駅毎の運転実績データや駅の特徴と「ブレーキ時機エラー」の関連性を明らかにするためにロジスティック回帰分析を行った。目的変数は「ブレーキ時機エラー」が発生したかどうか（エラー駅/非エラー駅）とした。説明変数は表3に示した運転実績データに関する評価指標と表4に示した駅の特徴に関する評価指標とした。

3.2 結果

ロジスティック回帰分析の結果を表5に示す。①常用最大ブレーキ使用割合と⑦200m手前速度の平均値が、目的変数への影響が大きい説明変数として選択された。

常用最大ブレーキ使用割合についてオッズ比が7.62であり、他の変数を一定にした場合、「ブレーキ時機エラー」の発生しやすさが、常用最大ブレーキ使用割合が1%高いと7.62倍となることが示された。同様に、200m手前速度の平均値が1km/h高いと「ブレーキ時機エラー」の発生しやすさが1.32倍になることが示された。

「ブレーキ時機エラー」の発生しやすさ（P2）を算出する回帰式を式(2)に示す。

$$P2 = 1 / [1 + \exp\{ -(2.03 \times \text{常用最大ブレーキ使用割合} + 0.28 \times \text{200m手前速度の平均値}) \}] - 17.44 \quad (2)$$

表5 ロジスティック回帰分析の結果
(駅における「ブレーキ時機エラー」の分析)

説明変数	偏回帰係数	オッズ比	p値
①常用最大ブレーキ使用割合	2.03	7.62	p<0.05
⑦200m手前速度の平均値	0.28	1.32	p<0.05
定数項	-17.44	0.00	p<0.05

3.3 考察

ロジスティック回帰分析の結果、常用最大ブレーキ使用割合と200m手前速度の平均値が「ブレーキ時機エラー」の発生に有意に影響していることがわかった。

常用最大ブレーキ使用割合については、運転情報記録に関する先行研究^{11) 12)}において、停車前5秒間における常用最大ブレーキの使用秒数が長い駅ほど「駅停車に関わるエラー」の発生件数が多い傾向があると報告されており、本分析の結果と一致した。

200m 手前速度の平均値については、ブレーキの減速度と停止距離の関係から以下のように考える。例えば、90km/h で走行中に減速度が 2.5 km/h/s のブレーキをかける場合、所定の停止位置に停まるためには約 450m 手前でブレーキをかけ始め、停止位置の 200m 手前の地点を約 60 km/h で通過する。所定の停止位置からの距離を運転中に正確に知ることはできないので、ブレーキ標識やホーム端等を目印にすることが多く、その目印は駅毎に異なる。ブレーキをかけ始める地点やブレーキの途中で速度の低下を確認する地点等にわかりやすい目印がなく、200m 手前速度が速くなりやすい駅では「ブレーキ時機エラー」が発生しやすいと考えられる。

一方、200m 手前速度に影響を与えると考えられる勾配は、「ブレーキ時機エラー」の発生に影響を与える変数として選択されなかった。勾配は走行速度への影響が大きいので、運転士は普段から勾配の影響を考慮して運転しているためと考えられる。本研究では実際の列車の運転実績データを分析対象としていることから、勾配の影響を考慮して運転した結果のデータが得られている可能性がある。

本分析結果をもとに運転実績データを用いた要注意駅の周知を行う場合、例えば、常用最大ブレーキ使用割合と 200m 手前速度の平均値が高い駅を抽出し、周知することが考えられる。これらの変数を継続的に見ていくことで、要注意駅での運転操縦が改善されているかを把握することが可能となる。

4. 駅における停目両数エラー要因の分析

4.1 方法

4.1.1 分析対象データ

2, 3 章と同様の運転実績データを分析対象とした。

4.1.2 駅の群分け

3 章と同様に、分析対象データには上下合わせて 81 駅がある。この中から「エラー駅」を抽出し、エラー駅以外を「非エラー駅」とした。エラー駅は、2015 年 5 月から 2018 年 7 月に「停目両数エラー」が発生した駅、33 駅とした。非エラー駅は 48 駅であった。

4.1.3 評価指標

評価指標には、3 章と同様に駅毎の運転実績データ（表 3）と駅の特徴（表 4）を用いた。

4.1.4 分析方法

駅毎の運転実績データや駅の特徴と「停目両数エラー」の関連性を明らかにするためにロジスティック回帰分析を行った。目的変数は「停目両数エラー」が発生したかどうか（エラー駅／非エラー駅）とした。説明変数は 3 章と同様に、表 3 に示した運転実績データに関する評価指標と表 4 に示した駅の特徴に関する評価指標とした。

4.2 結果

ロジスティック回帰分析の結果を表 6 に示す。⑧速度パターンの数、⑩ 4 両標の有無、⑪ 6 両標の有無が、目的変数への影響が大きい説明変数として選択された。

速度パターンの数についてオッズ比が 2.09 であり、他の変数を一定にした場合、「停目両数エラー」の発生しやすさが、速度パターンの数が 1 つ多いと 2.09 倍となることが示された。同様に、4 両標がある場合 8.50 倍、6 両標がある場合 3.88 倍になることが示された。

「停目両数エラー」の発生しやすさ（P3）を算出する回帰式を式 (3) に示す。

$$P3 = 1 / [1 + \exp \{ -(0.74 \times \text{速度パターンの数} + 2.14 \times \text{4 両標の有無} + 1.36 \times \text{6 両標の有無}) - 2.28 \}] \quad (3)$$

表 6 ロジスティック回帰分析の結果
(駅における「停目両数エラー」の分析)

説明変数	偏回帰係数	オッズ比	p 値
⑧速度パターンの数	0.74	2.09	p<0.05
⑩4両標の有無	2.14	8.50	p<0.05
⑪6両標の有無	1.36	3.88	p<0.05
定数項	-2.28	0.10	p<0.05

(文献⁷⁾ から引用)

4.3 考察

ロジスティック回帰分析の結果、速度パターンの数、4 両標の有無、6 両標の有無が「停目両数エラー」の発生に有意に影響していることがわかった。速度パターンの数については、「停目両数エラー」発生後の聞き取りにおいて、「注意現示のため減速してからブレーキを緩めたことにより、一時的に所定より奥の停止位置と勘違いした」といったコメントが挙げられており、信号現示等による速度パターンのバリエーションが多いことが「停目両数エラー」を誘発する可能性が示唆された。また、4 両標や 6 両標の有無については、上記と同様の聞き取りにおいて、「駅進入後、最初に目に入った 4 両標に停めてしまった」や「6 両標の位置に乗客が並んでいたため 6 両停車と思った」といったコメントが挙げられており、本分析の結果はこれらのコメントと一致した。

本分析結果をもとに駅の特徴を考慮した要注意駅の周知を行う場合、例えば、4 両標もしくは 6 両標がある駅や速度パターンの数が多い駅を抽出し、周知することが考えられる。

5. おわりに

本研究では、運転実績データから、「駅停車に関わるエラー」の防止に活用できる評価指標（変数）を抽出することを目的とした。「駅停車に関わるエラー」を「ブレーキ時機エラー」（ブレーキ時機を逸したもの）と「停目両数エラー」（停止位置目標や自列車の編成両数を間違えたもの）に分けて分析した。

「ブレーキ時機エラー」に関するロジスティック回帰分析の結果、運転士を分析対象とした場合は常用最大ブレーキ使用割合、ブレーキ全緩め使用割合、200m手前速度の標準偏差が「ブレーキ時機エラー」の発生に有意に影響していることがわかった。駅を対象とした分析では常用最大ブレーキ使用割合と200m手前速度の平均値が有意に影響していることがわかった。また、駅を対象とした「停目両数エラー」に関する分析の結果、信号現示等による速度パターンの数、4両標の有無、6両標の有無が「停目両数エラー」の発生に有意に影響していることがわかった。

以上の結果から、運転実績データを用いた振り返りや要注意駅の周知においては、これらの変数に着目することにより効果を高めることが期待できる。実際に運転実績データを用いた振り返りや要注意駅の周知を行ったことによるエラー低減効果の検証は今後の課題である。

文 献

- 1) 航空・鉄道事故調査委員会：西日本旅客鉄道株式会社福知山線列車脱線事故に関わる建議，2007
- 2) 谷欣哉：運転実績データの活用による運転士の技量・意欲の相乗的向上，JREA，Vol.52，No.11，pp.31-34，2009
- 3) 交通安全環境研究所：運転状況記録装置の活用手法の調査検討 報告書，2012
- 4) 竹内寿人，伊藤真二，稲垣宜英，岡山希，西山佳宏：乗務員主体の取組みによる事故防止—運転情報記録装置を活用した未然の事故防止—，運転協会誌，Vol.57，No.2，pp.6-9，2015
- 5) 鈴木大輔，山内香奈，水上直樹，嶋野景子，坂下修：鉄道運転士の停止操作を対象とした運転情報記録の解析，第50回安全工学研究発表会講演予稿集，pp.33-36，2017
- 6) 鈴木大輔，水上直樹，柿崎豊，露木信之：鉄道における駅停車時の走行速度を対象とした運転情報記録の解析，第51回安全工学研究発表会講演予稿集，pp.207-208，2018
- 7) 鈴木大輔，清田一貴，嶋野景子，柿崎豊：鉄道における停車駅の特徴を考慮した運転情報記録の解析，第52回安全工学研究発表会講演予稿集，pp.57-58，2019
- 8) 鈴木大輔，鈴木綾子，嶋野景子，清田一貴，柿崎豊：駅停車に関わるエラーを経験した鉄道運転士の運転操縦の特徴—運転情報記録を用いた検討—，安全工学，Vol.59，No.2，pp.83-91，2020
- 9) 出口啓太，志津良，岩田隼人，小島拓也，堀豪秀：運転情報記録を活用した能動的な事故防止と技能向上，運転協会誌，Vol.59，No.2，pp.6-9，2017
- 10) 坂下修：運転実績データによる事故防止と技能向上，サイバネティクス，Vol.22，No.3，pp.10-14，2017
- 11) 坂下修，嶋野景子：運転実績のビッグデータの活用，JREA，Vol.60，No.11，pp.41732-41735，2017
- 12) Sakashita, O. and Shimano, K.: Statistical Analysis of Big Data for Enhancement of Train Driving Skills. Japanese Railway Engineering, No.201, pp.14-17, 2018.
- 13) 田中佑輔，廣瀬道雄，日岐喜治：列車の運転状況記録装置データを活用した安全性向上方策に関する研究，交通安全環境研究所フォーラム講演概要，pp.117-120，2015
- 14) Marumo, Y., Tsunashima, H., Yamazaki, H., Iizuka, Y. and Kojima, T.: Evaluation of braking behaviour for train drivers using phase-plane trajectories. Vehicle System Dynamics, Vol.46, Supplement, pp. 729-735, 2008.
- 15) 丸茂喜高他：列車運転士のブレーキ操作解析による異常状態の検知，日本大学生産工学部研究報告 A，Vol.42，No.1，pp.1-7，2009
- 16) Marumo, Y., Tsunashima, H., Kojima, T. and Hasegawa, Y.: Analysis of Braking Behavior of Train Drivers to Detect Unusual Driving. Journal of Mechanical Systems for Transportation and Logistics, Vol.3, No.1, pp.338-348, 2010.