

車載カメラ情報を含むプローブデータを活用した 阪神高速11号池田線における施設接触・追突事故 リスクの把握

劉 冰¹・宇野 巧²・玉田 和也³・向井 梨紗⁴・玉川 大⁵・加瀬 俊介⁶

井上 徹⁷・西 剛広⁸・田名部 淳⁹・杉野 勝敏¹⁰・三浦 嘉子¹¹

¹正会員 阪神高速技研株式会社 技術部技術課 (〒530-6123 大阪市北区中之島3丁目3番23号中之島ダイビル23階)
E-mail:hyo-ryu@hanshin-tech.co.jp

²非会員 阪神高速道路株式会社 技術部国際室 (〒541-0056 大阪市中央区久太郎町4丁目1番3号)
E-mail:takumi-uno@hanshin-exp.co.jp

³正会員 阪神高速道路株式会社 保全交通部交通企画課 (〒541-0056 大阪市中央区久太郎町4丁目1番3号)
E-mail:kazuya-tamada@hanshin-exp.co.jp

⁴非会員 阪神高速道路株式会社 保全交通部交通技術課 (〒541-0056 大阪市中央区久太郎町4丁目1番3号)
E-mail:risa-mukai@hanshin-exp.co.jp

⁵正会員 阪神高速道路株式会社 保全交通部交通技術課 (〒541-0056 大阪市中央区久太郎町4丁目1番3号)
E-mail:dai-tamagawa@hanshin-exp.co.jp

⁶非会員 阪神高速道路株式会社 保全交通部交通技術課 (〒541-0056 大阪市中央区久太郎町4丁目1番3号)
E-mail:syunsuke-kase@hanshin-exp.co.jp

⁷非会員 阪神高速技研株式会社 技術部技術課 (〒530-6123 大阪市北区中之島3丁目3番23号中之島ダイビル23階)
E-mail:toru-inoue@hanshin-tech.co.jp

⁸非会員 阪神高速技研株式会社 技術部技術課 (〒530-6123 大阪市北区中之島3丁目3番23号中之島ダイビル23階)
E-mail:takehiro-nishi@hanshin-tech.co.jp

⁹正会員 株式会社地域未来研究所 交通情報研究室 (〒530-0003 大阪市北区堂島1-5-17 堂島グランドビル2階)
E-mail:tanabe@refrec.jp

¹⁰非会員 株式会社地域未来研究所 交通情報研究室 (〒530-0003 大阪市北区堂島1-5-17 堂島グランドビル2階)
E-mail:sugino@refrec.jp

¹¹非会員 株式会社富士通交通・道路データサービス (〒105-7123 東京都港区東新橋1丁目5番2号汐留シティーセンター)
E-mail:y-miura@jp.fujitsu.com

阪神高速の急カーブ区間では速度超過に伴う施設接触事故が起りやすく、特に当該事故多発区間では滑り止め対策を実施している。本稿では、今後より効果的かつ効率的に滑り止め対策をするため、11号池田線上りの加島カーブを対象に、左右加速度の大きい箇所をプローブデータから把握した。また、同路線の塚本合流部先頭渋滞に伴う追突事故多発地点での追突注意喚起に加え、車間が狭まり追突危険性が高まる区間にて、車間についての注意喚起を追加できれば、さらに追突事故防止に繋がると考えられる。そこで、渋滞中の車間の狭い箇所もプローブデータから把握した。プローブデータは、(株)富士通交通・道路データサービスより提供されている商用車プローブデータを使用した。これには阪神高速道路(株)と(株)富士通交通・道路データサービスが実施した共同研究に特化した仕様として追加収集した、車載カメラの画像から算出した前方車間距離を活用した。

Key Words: Hanshin Expressway, Curve section, Road caution, Vehicle to vehicle collision, Probe-based data,

1. はじめに

阪神高速道路11号池田線上り加島カーブ（最小曲線半径120m）をはじめとする急なカーブ区間が存在する。

急なカーブ区間では、速度超過に伴う施設接触事故が発生しており、阪神高速では、特に事故が多発する区間に対して、滑り止め対策を実施してきた。

しかしながら、滑り止め対策は非常に高価であるため、広範に施工できないという問題点がある。

この問題点に対して、現状のカーブ区間における車両挙動を細かに把握し、真に危険な場所のみ施工範囲を限定することができれば、1区間あたりの対策コスト縮減に寄与し、同じ予算でも施工対象区間を増やすことが可能となる。

本稿では、11号池田線上り加島カーブを対象にプローブデータを活用して、カーブ区間のクロソイド部、円弧部それぞれについて左右加速度の発生状況を把握することで、真に危険な区間を把握する試みを行っている。

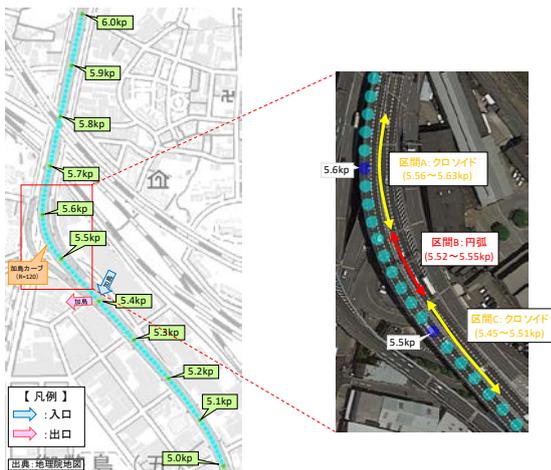


図-1 11号池田線加島カーブ付近

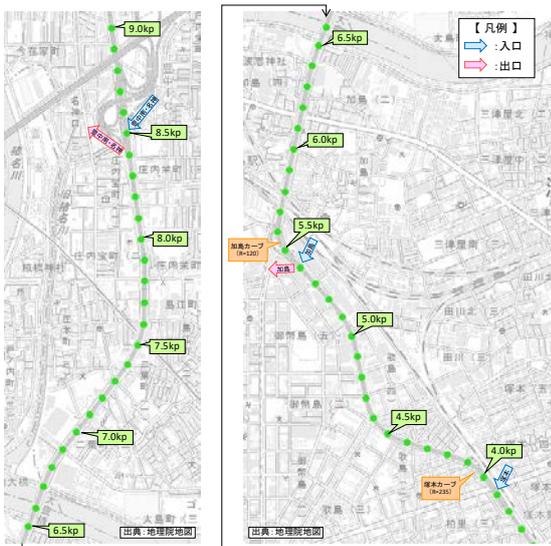


図-2 11号池田線 上り 豊中～塚本付近

また、11号池田線上り塚本合流部においては、渋滞が恒常的に発生しており、その対策として、追突注意喚起を事故多発区間に設置してきた。この他に、車間距離が狭くなるような区間に対して、車間注意等の注意喚起を促すことができれば、新たな対策となりえる可能性がある。

そこで、本稿では、11号池田線上り加島カーブの試みに加えて、渋滞中の車間距離についても、車載カメラ情報を含むプローブデータを用いて把握する試みを行っている。

プローブデータは、株式会社富士通交通・道路データサービスより提供されているデジタルタコグラフ（DTS-D1）を搭載した商用車から1秒毎に収集されたデータとなっている。

さらに今回は、阪神高速道路と富士通交通・道路データサービスが実施した共同研究に特化した仕様として、車載器カメラの画像から算出した前方車両との車間距離を追加収集しており、これを活用することで車間距離を把握している。

2. 対象区間及び対象期間

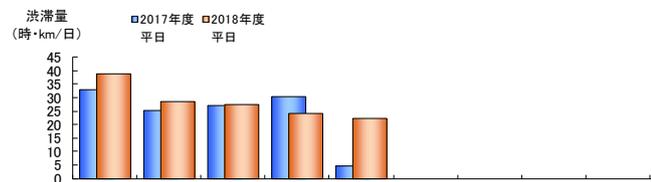
本稿の対象区間は、下記に示す通りである。

- ①11号池田線 上り 加島カーブ付近（6.0～5.0kp）
- ②11号池田線 下り 加島カーブ付近（5.0～6.0kp）
- ③11号池田線 上り 豊中南～塚本（8.5kp～3.9kp）

①、②については、最小曲線半径 120m のカーブ区間となっており、18件/年（2018年度、うち13件が施設接触）の事故が発生している。

③については、近年では阪神高速の中で最も渋滞量の多いボトルネックであり、47件/年（2018年度、うち28件が追突）の事故が発生している。

本稿では、2016年11月～2017年10月に当該区間を走行した車両のプローブデータを対象に検討を行った。



路線	池田線 上	大阪港線 下	神戸線 上	東大阪線 下	池田線 下
発生地点	塚本合流付近	西船場JCT付近	摩耶付近	森之宮合流付近	福島合流付近

図-3 阪神高速道路の渋滞 Worst ランク（2018年度）

3. 使用したプローブデータ

本稿で用いた商用車プローブデータは、富士通製のデジタルタコグラフ（DTS-D1、以下D1）を搭載した商用車から1秒毎に収集されたデータで、一般的なプローブデータに含まれる日時、緯度、経度、速度といった車両の移動軌跡を示す情報に加えて、加速度センサーから取得した左右・前後・上下の加速度が収集可能である。

今回、阪神高速道路と富士通交通・道路データサービスの共同研究仕様として、車載器カメラの画像から算出した白線検知（左右の白線までの距離）、前方車両との車間距離やウィンカー情報などを追加収集している。

前後加速度データは急ブレーキの検知、左右加速度データは急カーブや急ハンドルの検知、白線検知データは車線変更の検知といった活用が可能である。本分析では、左右加速度及び前方車両との車間距離を用いて分析を行っている。

表-1 D1車載器より取得可能なデータ一覧
(共同研究仕様)

No.	項目名	取得方法
1	ID	車載器シリアルNo
2	日時	車載器内蔵時計GPS補正
3	緯度	GPSセンサー
4	経度	
5	GPS測位情報	未測位、2次元測位、3次元測位
6	速度	車速パルス
7	前後G	平均
8		最大
9		最小
10	左右G	平均
11		最大
12		最小
13	上下G	平均
14		最大
15		最小
16	エンジン回転数	エンジン回転パルス信号
17	左右角速度	最大
18		最小
19	実車空車	ユーザの実車空車ボタン押下
20	車間距離	ドライブレコーダー画像より算出
21	白線検知	
22	右 左	
23	ウィンカー	ウィンカー信号から電気分岐

4. カーブ区間における左右加速度の評価手法

カーブ通過時の左右加速度の大きさは曲線半径と走行速度によって異なるため、観測された加速度を単純に評価できない。

したがって、式(1)に示す曲線半径と走行速度から求めた左右加速度を理論値として算出し、プローブデータで観測された左右加速度がその理論値を超えるかどうかを確認した。

$$G=V^2/gR \quad \text{式(1)}$$

G : 左右加速度(m/s²)

V : 走行速度(m/s)

g : 重力加速度(≒9.81 m/s²)

R : 曲線半径(m)

本検討では、加島カーブにおいて式(1)にて算出した理論値を超えた場合を危険挙動とみなして分析を行った。

なお、クロソイド部は緩和曲線であるため、曲線半径が徐々に変化する。したがって、厳密な半径が不明であるため、本分析では曲線部と同じ120mを一律に適用した。

5. 渋滞区間における車間距離の評価手法

渋滞中における車間距離は走行速度やドライバー個々の特性により異なるため、観測された車間距離を単純に評価できない。したがって、式(2)に示す車両の走行速度から求まる理論上の停止距離を基準に評価を行った。

$$\text{停止距離} = \text{空走距離} + \text{制動距離} \quad \text{式(2)}$$

空走距離

運転者が危険を感じてブレーキをかけ、ブレーキが効き始めるまでに車が進む距離。

$$\text{空走距離(m)} = \text{反応時間(s)} \times \text{車速(m/s)}$$

制動距離

ブレーキの効き始めから車が停止するまでに進む距離。

$$\text{制動距離(m)} = \text{車速(km/s)}^2 \div (254 \times \text{摩擦係数})$$

表-2 走行速度と停止距離の関係

速度(km/h)	空走距離(m)	制動距離(m)	停止距離(m)
20	4.17	2.25	6.42
30	6.25	5.06	11.31
40	8.33	9	17.33
50	10.42	14.06	24.48
60	12.5	20.25	32.75
70	14.58	27.56	42.14
80	16.67	36	52.67
90	18.75	45.56	64.31
100	20.83	56.24	77.07
110	22.92	68.05	90.97
120	25	80.99	105.99

※反応時間=0.75秒、摩擦係数=0.7の場合

表-2 で算出された理論上の停止距離に対して、プローブデータより観測された前方車両までの車間距離が大きい場合、安全な車間距離が保たれている状態、逆に前方車両までの車間距離が小さい場合、安全な車間距離が保たれていない状態であるとして評価を行った。

6. カーブ区間における事故リスクの評価

図-4に走行速度と曲線半径より得られる左右加速度の理論値とプローブデータで観測された左右加速度を示す。加えて、一般的に用いられる急挙動基準 | 0.25G | 以上の閾値も併せて示している。

急挙動基準 | 0.25G | 以上で評価する場合、60km/hを超えるあたりから、多数のデータが危険な挙動として評価される。

一方で、理論値を基準にすると、理論値を超える挙動が極端に限定されることから、真の危険挙動を検出できる可能性が高い。

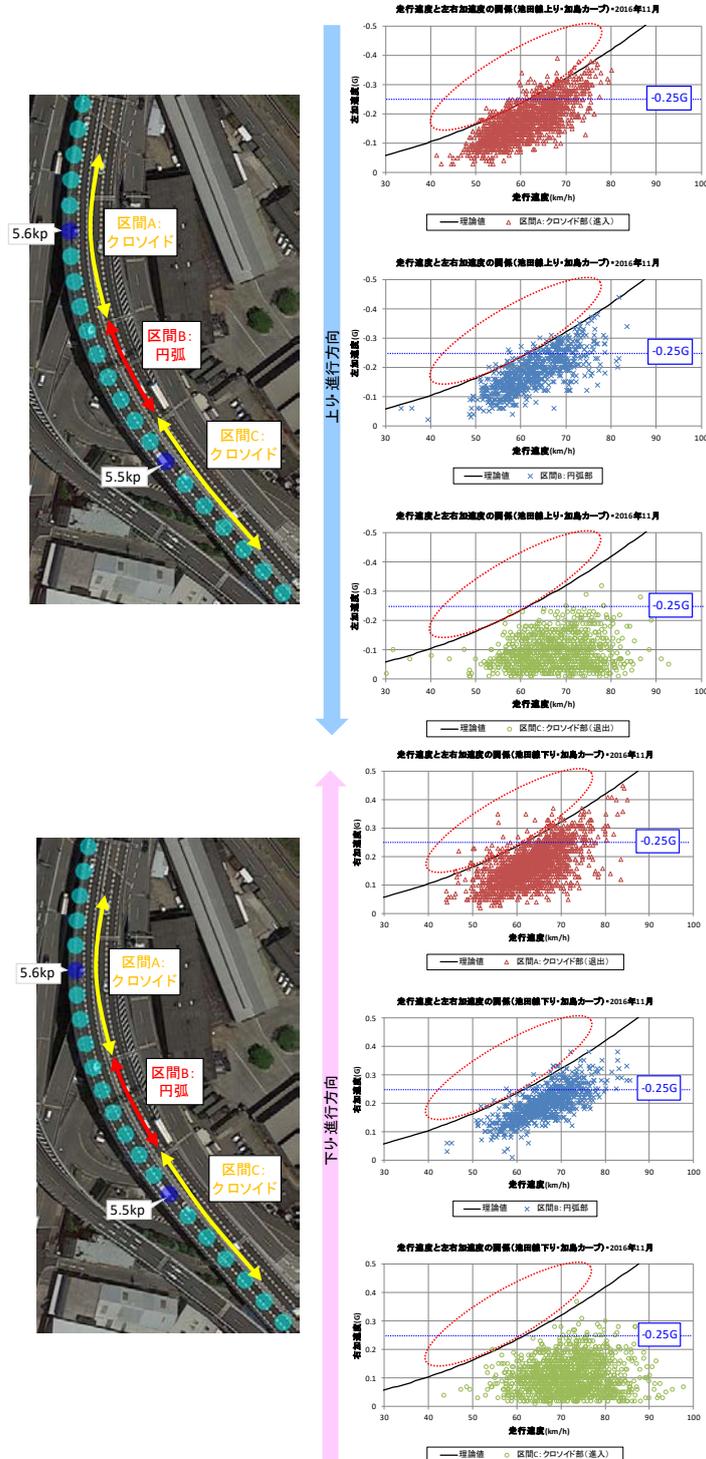


図-4 加島カーブ通過時の走行速度と左右加速度の関係 (上：11号池田線 上り : 11号池田線 下り)

図-5は、当該カーブ区間10m毎における、左右加速度発生状況を示している。

この結果から、理論値を超える左右加速度の発生頻度は、上り下りともに最大10%程度であることがわかった。

さらに、理論値以上の左右加速度が最も多く観測された地点は上下ともに5.57~5.56kp付近であった。一方で、区間C（クロソイド部）では、理論値以上の加速度はほとんど発生していないことが把握できた。

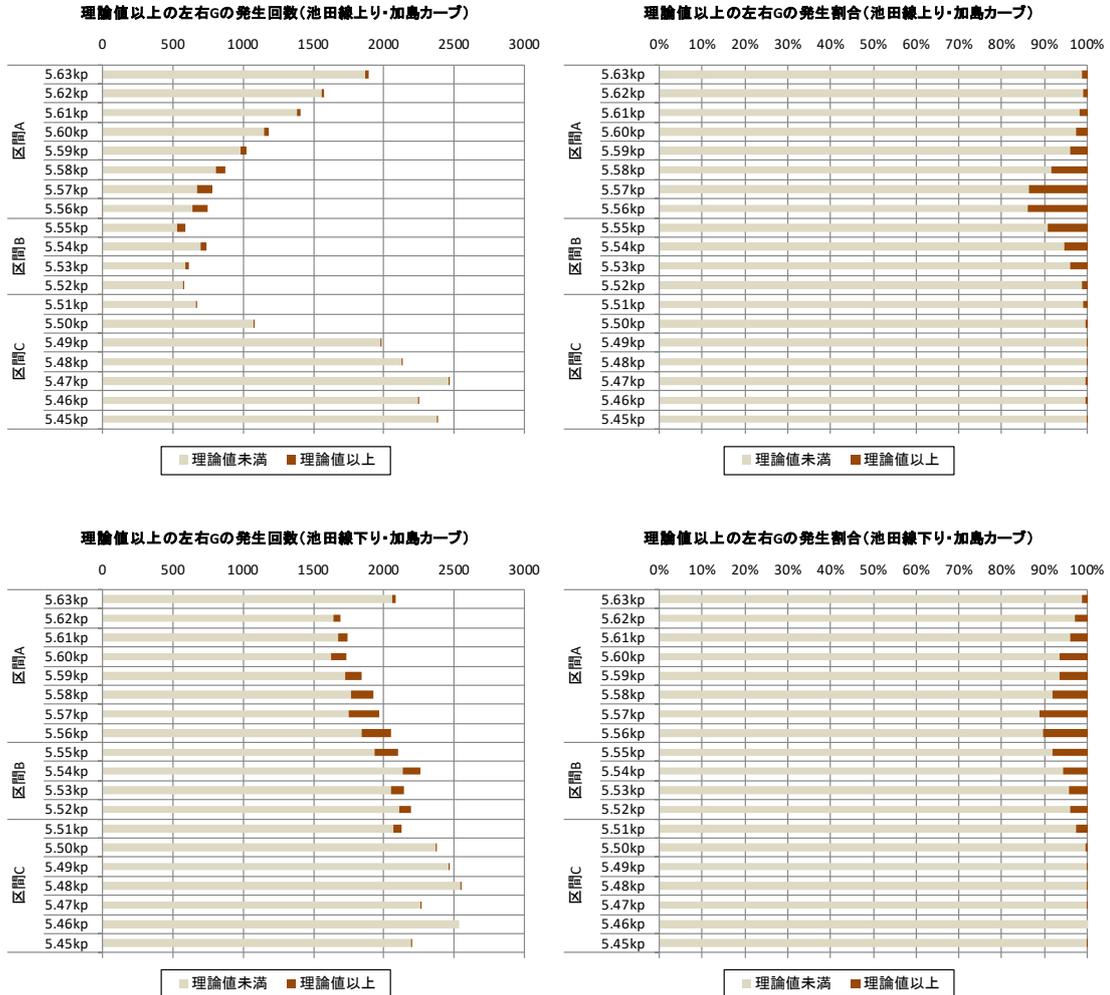


図-5 理論値以上の左右加速度の発生状況（上：11号池田線上り 下：11号池田線下り）

7. 渋滞区間における事故リスク評価

急減速（前後加速度が-0.25 G以下）が発生した際の渋滞状況を図-6に示す。急減速の発生は名神合流部や加島カーブ付近が多いが、6.8kp～6.4kp付近も多くなっている。特に、後者は渋滞時における発生回数が多い。また、渋滞・非渋滞の比率に着目すると、8.0kp付近、7.1kp、4.8kp付近などでは、発生回数は少ないものの、その90%程度が渋滞時における急減速であり、渋滞末尾での追突事故を避けるため

の急ブレーキであった可能性が考えられる。

急減速発生時の走行速度分布を、渋滞時と非渋滞時に分けて整理した結果を図-7に示す。非渋滞時では、カーブ地点においては60km/h以下の割合が高いが、それ以外の7.9kp～6.3kpなどでは70km/h以上の割合が高く、高速走行時に追突を避けるための急ブレーキであった可能性が高い。一方、渋滞時では、全体的に速度は低い急ブレーキを踏んでおり、特に、7.1kp付近や4.8kp付近では発生回数は少なかったが、30km/h以下の割合が50%を超えている。

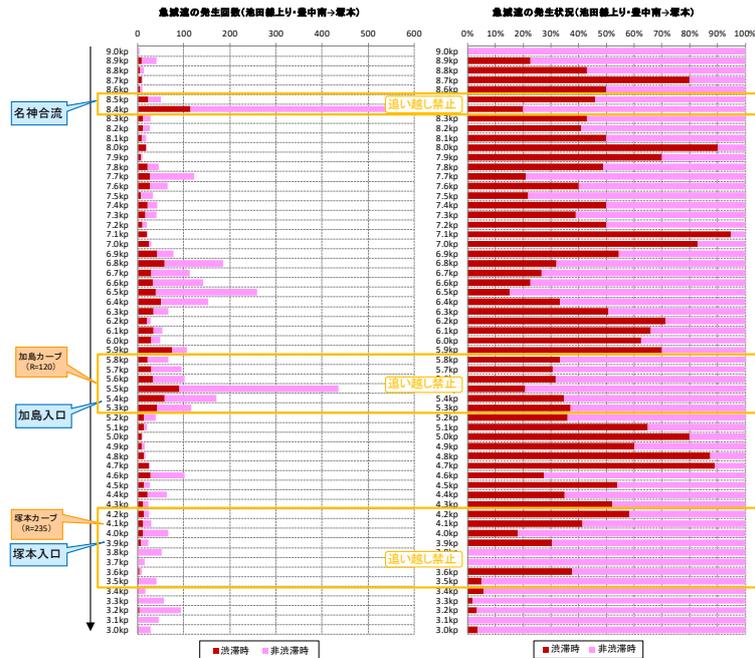


図-6 渋滞状況別の急減速発生状況（左：急減速発生回数（11号池田線上り）右：急減速発生状況（11号池田線上り）

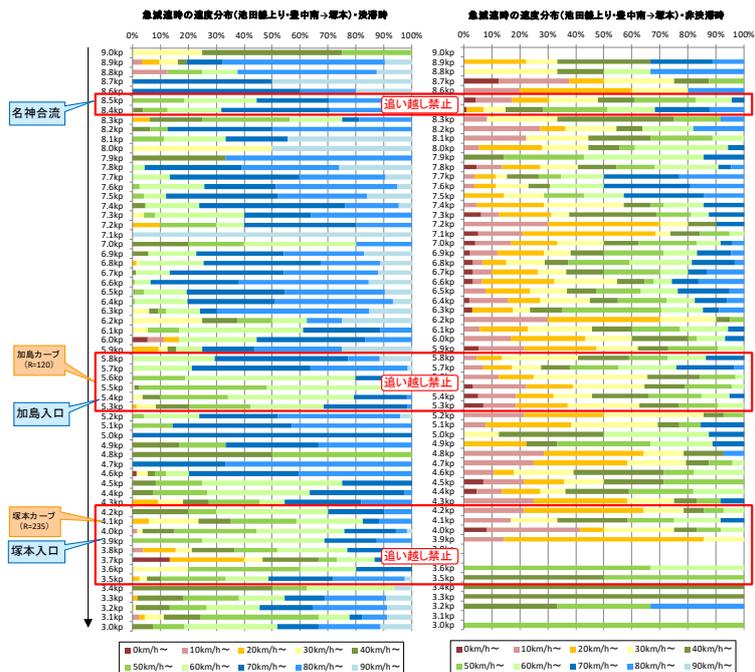


図-7 渋滞状況別の走行速度分布（左：非渋滞時（池田線上り）右：渋滞時（池田線上り）

図-8は、車間距離を検知できたデータを対象に、kp別に車間距離の分布を示したものである。全検知データの結果をみると、加島カーブ以外はどの地点もほぼ同じ車間距離の比率となり、車線距離0～10mを除いた他の距離帯で20%ずつを占めている。加島カーブでは車間距離が30m未満の比率が全体の70%を占めており、カーブにおいて車間距離が縮まっていることが分かった。一方、急減速発生時のみ

に着目すると、ほとんどの地点で20m未満の短い車間距離の比率が高くなっている。

急減速発生時のすべてのデータについて、実際の走行速度と車間距離の関係から安全な停止距離を保っているかどうかを調べた結果を図-9に示す。急ブレーキをかけた際に、安全な車間距離を保っているのは全体の1/4程度であることがわかった。

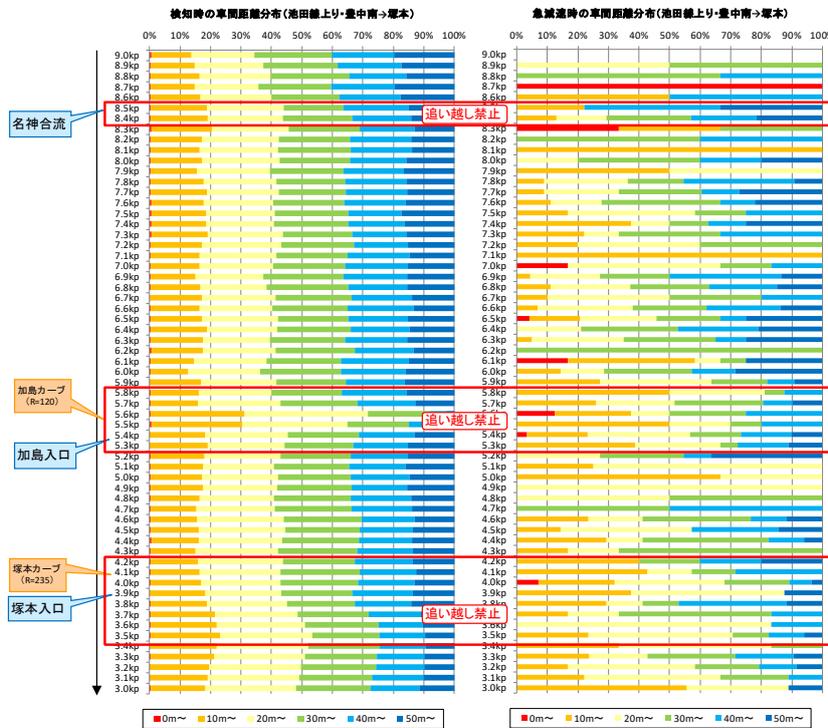


図-8 kp別の車間距離 (左：全検知データ 右：急減速発生時)

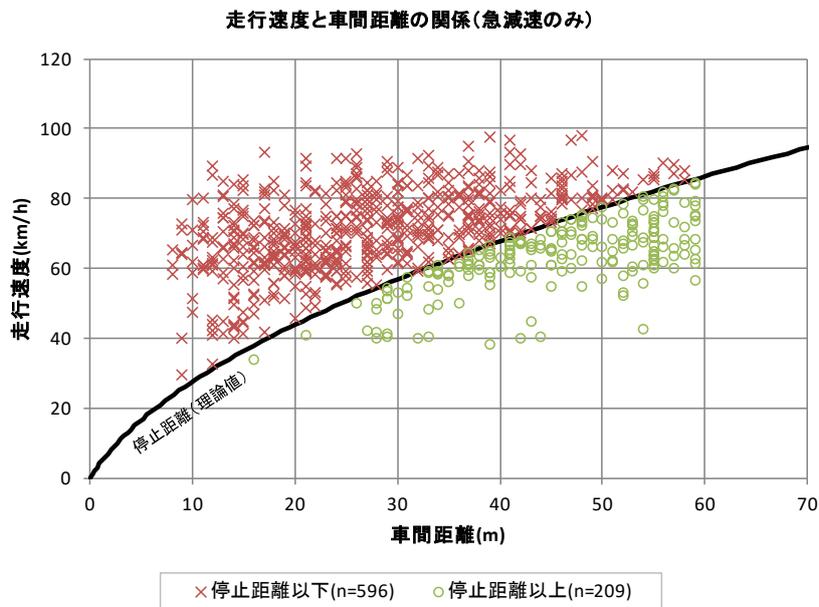


図-9 プローブカーの走行速度と車間距離の関係 (急減速発生時)

8. おわりに

施設接触事故対策や追突事故対策は阪神高速道路のみならず全国的な課題であると認識する。

今回活用した株式会社富士通交通・道路データサービスより提供頂いた商用車プローブデータを活用することで、これまで分析が困難であった急減速時の走行速度と車間距離との関係等を把握することができた。

プローブデータから得られる車両挙動はこれまでより多彩かつ密なものとなっており、これまで困難であった、様々な交通問題を解決できる可能性がある

る。

今後も阪神高速道路をフィールドとして得た知見を発信し、全国の道路をより安全・安心・快適なものとするよう貢献していきたい。

謝辞

今回貴重な商用車プローブデータを提供頂いた株式会社富士通交通・道路データサービスの皆様方。また、商用車プローブデータの整理、分析にご協力頂くとともに、分析結果の解釈に助言を頂いた、株式会社地域未来研究所の皆様がこの場を借りて御礼申し上げます。

UTILIZING PROBE DATA AND IMAGE DATA TO GRASP ACCIDENT RISK AND ANALYZE ACCIDENTS ON HANSHIN EXPRESSWAY

Bing Liu, Takehiro NISHI, Takumi UNO, Kazuya YAMADA, Risa MUKAI,
Dai TAMAGAWA, Shunsuke KASE, Toru INOUE, Jun TANABE,
Katsutoshi SUGINO and Yoshiko MIURA

Slip accidents are likely to occur on the sharp curve of the Hanshin Expressway. The cause is over-speed. As a countermeasure, pavement that is not slippery in sharp curve is installed. However, this countermeasure is expensive. In this paper, in order to reduce the area of countermeasures and implement the countermeasures efficiently, the section where the lateral acceleration is observed is grasped from the probe data.

In addition, the Hanshin Expressway has frequent traffic jams, resulting in frequent vehicle to vehicle collision. In order to take measures against this accident, the situation of the vehicle to vehicle distance to the vehicle ahead is grasped from the probe data. The data utilized is probe data provided by Fujitsu Traffic & Road Data Service Limited that includes image data in addition to normal probe data.