

# 商用車プローブデータを用いた 潜在的事故危険性の把握手法の構築

中山 達貴<sup>1</sup>・中村 俊之<sup>2</sup>・宇野 伸宏<sup>3</sup>・Jan-Dirk Schmöcker<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 株式会社NTTファシリティーズ (〒108-0023 東京都港区芝浦3-4-1 グランパークタワー)

E-mail: nakaya58@ntt-f.co.jp

<sup>2</sup>正会員 京都大学大学院工学研究科 (〒615-8540 京都府京都市京都大学桂C1-2-434)

E-mail:nakamura@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 京都大学大学院工学研究科 (〒615-8540 京都府京都市京都大学桂C1-2-436)

E-mail:uno@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

<sup>4</sup>正会員 京都大学大学院工学研究科 (〒615-8540 京都府京都市京都大学桂C1-2-436)

E-mail:schmoecker@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

本研究では、速度超過による交通事故発生が多い名阪国道を対象にプローブデータを用いた潜在的な事故危険性の把握手法を構築するものである。本研究では特に商用車の走行軌跡データから速度推移に基づき、潜在的な事故危険性を伴う走行をクラスター分析により分類し、潜在的事故危険性を誘発している区間の抽出に二項ロジスティック回帰分析を適用した。分析の結果、当該路線における潜在的事故危険性の高い走行は安全な走行と比較して、速度推移に差異が生じる地点が実際の事故多発区間よりも上流側に存在していることが明らかになった。本研究で得られた知見を踏まえ、今後の交通安全対策の実施が期待される。

**Key Words :** traffic accident, potential accident risk, commercial vehicle, probe car data

## 1. はじめに

我が国では現在も日々多くの交通事故が発生し、その事故により多くの死傷者や重傷者が発生している。事故類型に着目すると、全死傷事故件数の約半数、全死者数の約7割が幹線道路で発生している<sup>1)</sup>。特に、主要な都市間を結ぶ国道、バイパスなどの幹線道路は多車線で構成されており、交通量も多い。一方、その道路特性から、高速度で走行する車両も存在し、発生する交通事故は速度超過に起因する可能性も高く、速度抑制をはじめとした交通安全対策が求められる。

こうした幹線道路での交通事故抑制に向けて、道路管理者は交通事故が多発箇所を抽出し、事故実態に交通量や大型混入率等の交通要因、幅員や縦断勾配などの道路線形要因、天候や日差しなどの環境要因を加味して交通安全対策を実施してきた。そのうち、特に追突事故が多い事故多発区間では、速度抑制による交通事故削減・抑制のために路面表示や看板設置によるドライバーへの注意喚起を図ってきた。こうした対策は、これまでに交通事故削減、死傷者数削減として、一定の成果を挙げてき

ている。

一方で、事故多発地点において、交通事故を誘発するような危険事象が多く発生していることは明らかとなりつつあるが、その発生要因が事故発生地点であるとは限らない。その一例として、三浦ら<sup>2)</sup>は、首都高速3号線上りを対象に追突事故に関してその直前の交通流特性を分析し、追突事故が発生しやすい特定の交通流状態が存在すること、並びに下流側から上流側への減速派の伝播が影響していることを示している。また仙田ら<sup>3)</sup>は、名阪国道を対象にドライビングシミュレータを用いて、道路に設置されている大型看板や路面のドットラインの効果を検証している。この研究では、速度抑制にむけて実施した既存の交通安全対策効果を顕在化・最大化するためには事故多発地点だけでなく、そこに至るまでの上流側区間を走行中の車両の挙動において、事故発生要因が存在することを示唆している。すなわち、実際に事故が発生した状況や地点に関する情報は交通事故統計や車両検知器から把握できるものの、事故発生地点の上流部の道路線形・構造や車両の走行状態がどの程度影響しているのか、またそれらの影響要因がどのように事故を誘発

しているのかは、交通事故統計や車両検知器からは把握することは難しいと言える。

本研究では自動車専用道路の交通事故の多発箇所・区間を対象に、商用車より取得されたプローブデータを用いて、潜在的な事故発生の危険を伴う挙動を抽出、その危険挙動の発生する過程の把握手法の構築を目的とする。

本研究で用いる「潜在的事故危険性」とは、実際には事故には至っていないものの、その走行には物理的な危険を伴っており、限りなく事故に至る可能性の高い車両挙動として定義し、車両挙動を捉えるためには商用車プローブデータを利用する。

## 2. 既往研究と本研究での着眼点

交通事故の発生過程や発生要因に関する研究はこれまでも数多くなされてきている。例えば、兵頭ら<sup>4)</sup>は、阪神高速を対象道路に、道路線形・構造要因、交通状況要因、環境要因が交通事故へ及ぼす影響を交通事故分類別に重回帰分析を通じて比較した。藤井ら<sup>5)</sup>は都市間高速道路、仙田ら<sup>6)</sup>は都市高速道路を対象に道路線形・構造、交通状況、環境の各要因の相互に着目し、交通事故への影響を重回帰分析、相互影響を捉えるために共分散構造分析を行った。ただし、上述で示した既往研究では交通状態の把握に高速道路上に設置されている車両検知器類より得られたデータを用いており、道路構造・線形要因やマクロな交通流と交通事故の関係性についての把握するに限定され、個々の車両挙動の影響の把握までは考慮ができていない。

プローブデータを用いた危険挙動やヒヤリハットに関する研究もこれまで数多く研究されてきている<sup>例えば、7-10)</sup>。これらのほとんどは車両より収集された前後加速度を活用した急減速挙動、ヒヤリハット発生を地点として捉え、交通事故の関係を分析することに主眼が置かれていた研究である。

車両挙動の連続性に着目した研究として、八木ら<sup>14)</sup>は、名阪国道のΩカーブ区間に連続的に設置された12台のビデオカメラで収集した画像データを用いて車両軌跡の解析を行い、走行車両の挙動を時間的・空間的に分析している。さらに事故発生状況の統計データを用いて、事故多発箇所における潜在的な危険性を把握することを試みている。ドライビングレコーダーやビデオカメラにより取得されたデータは、交通事故発生要因把握や発生状況解析などには活用が行える有用性がある一方で、データ取得地点や期間に制約も存在している。

上述の既往研究を踏まえて、本研究の着眼点は、プロ

ーブデータの本来持ちうる車両軌跡を連続的に把握することができる特性を活かした、事故多発地点における危険挙動発生に至るまでの過程から、危険挙動との関係を捉えるものである。その際、事故多発地点での車両挙動のみならず、時空間的に連続に収集されている個々の車両の走行情報を用いて潜在的事故危険性の把握する。

## 3. 潜在的事故危険性の把握の手順と内容

本章では危険挙動の発生過程に伴う潜在的事故危険性の把握の手順を示す。具体的には6つの行程を経て、潜在的事故危険性を把握するに至り、以下より手順に沿って、内容を概説する。

### 1) 事故多発地点の選定並びに事故発生状況の整理

分析対象とした道路路線のどの区間で事故が多く発生しているのかを集計し、事故多発地点を選定する。その上で、その事故多発区間における地点事故類型や事故発生時の状況から、車両のどのような挙動がその事故を誘発したのかを定性的に推察する。

### 2) 事故多発地点における交通事故と車両挙動の関係分析

1)にて選定した事故多発地点に対して、推察した事故発生状況を基に危険挙動を数値化により定義し、事故多発区間における車両挙動との関係性について分析する。

危険挙動の数値化には、物理的に事故危険性が伴う走行を潜在的事故危険性の高い走行として抽出する。本研究における物理的な危険性が伴う走行とは具体的に、下り坂での運転制御が効かなくなる程度の速度超過や、タイヤと路面が横滑りを発生させる遠心加速度の境界値の超過、道路構造令で定められている値以上の遠心加速度の変化率などを用いている。

### 3) 潜在的事故危険性を考慮した速度推移図の作成

分析対象区間の商用車プローブデータの走行による速度推移図を作成する。速度推移図は、一時的な速度超過や突発的な渋滞による徐行運転などの異常事象、さらに2)にて抽出した潜在的事故危険性の高い走行を除外し、残りの全車両の道のり別の速度を平均することで作成する。その後、速度の分散をとることで速度帯に幅をもたせ、速度推移の帯を作る。この速度帯の内側の速度分布で走行している車両は、その道路における一般的な走行であると考えられる。

### 4) 速度超過に着目した走行パターンのクラスタリング

速度超過に着目，作成した速度推移図を用いて，k-means 法を適用し，走行パターンのクラスタリングを行う。ここでは，クラスター別に潜在的危険性が高い走行がどの程度発生しているのかを把握すると同時に，どのような地点において速度超過が多いのかも合わせて把握が可能となる。

5) 潜在的事故危険性が高い走行と低い走行の比較分析  
潜在的危険性の高い走行と低い走行における差異がどのような要因により生じているのかを把握することを目的に，交通量や大型車混入率などの交通状況や降水有無，区間別平均速度，速度超過量の累積値等により比較分析を行う。

6) 潜在的事故危険性を誘発する地点の特定

5) まですで分類された潜在的事故危険性の高い走行に着目し，事故多発区間における危険が潜在的にどのような地点で誘発されているのかを二項ロジスティクス回帰分析を通じて把握する。

4. 分析対象区間と利用データ

(1) 分析対象区間の選定

本研究では，名阪国道（一般国道25号）福住ICから天理東ICの急カーブの連続した区間（通称「Ωカーブ」）の下り方面を分析対象とする。

名阪国道は奈良県天理市の天理ICと三重県亀山市の亀山ICを結ぶ全長73.3kmの一般国道の自動車専用道路であり，西名阪自動車道と東名阪自動車道を結ぶ幹線道路として都市間をつなぐ重要な役割を果たしている。山間部を通ることから，曲線と急勾配の続く区間が連続するなどの非常に線形条件を持つ区間が多数存在している。

その中でもΩカーブでは，通常の曲線半径がR=200m, 300m，最小曲線半径はR=150mという，非常に厳しいカーブが連続している道路線形を持つ。そのような道路線形を有しているにも関わらず，当該路線はアクセスコントロールがなされていることもあり，制限速度60km/hに対して，高速度で走行する車両が多く存在している。

また名阪国道は危険事故多発区間が多数存在しており，自損事故や車両対車両の事故など全てを合わせると，平成15年～24年事故原票データからは年間1000件以上の事故が毎年発生している。

図-1は名阪国道のうち，分析対象区間の一本松ICを0mの基点とし，11,000mまでの道のりを示したものである。便宜上，存在する各カーブについて，基点から順番にカーブ番号として1番から19番まで付与している。

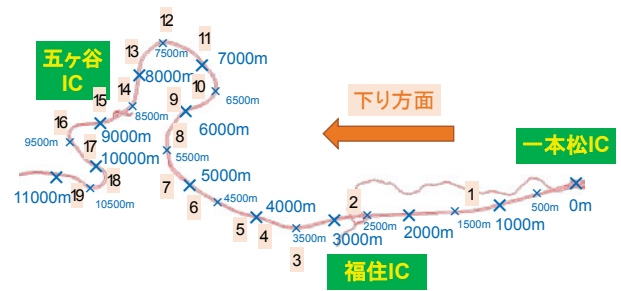


図-1 名阪国道の分析対象区間

表-1 走行日時別の走行数

走行日時	13日(月・祝)	14日(火)	15日(水)	16日(木)	17日(金)	18日(土)	19日(日)	合計
走行数	91	252	326	348	367	188	69	1641

表-2 走行回数別の走行数

該当週の走行回数	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	合計
走行数	3	0	2	4	8	14	20	57	232	734	1641

(2) 利用データ

本研究で用いるデータは，株式会社富士通交通・道路データサービスより貸与された商用車プローブデータである。主に事業用トラックに搭載されたネットワーク型のデジタコにより運行データがリアルタイムで集積されている。その規模は2014年10月時点で約4.7万台で，事業用トラック約100万台の4%に相当する。

利用データは，走行車の1秒間隔の速度・位置・時間の情報である。なお，データはサービスを利用している運送事業者から，企業情報や個人情報を取り除いた形で，利用データには車両IDのみを有している<sup>15)</sup>。

商用車プローブデータを利用する利点として，運転手がプロのドライバーであるため運転技術が保証されているという点，また車両の整備が万全であることが想定されるという点から，運転技術不足や車両の整備不足などによる影響で危険挙動が抽出されるという可能性が極めて低いと考えられるということが挙げられる。その一方で欠点としては，プロドライバーは高い運転技術を有していることが考えられるため，プローブカーの通過回数に対して危険挙動の発現回数が通常より低くなることが想定される。

利用するデータ期間は2014年10月13日～19日の7日間に記録されたものである。対象区間である0m地点から11,000m地点までを連続してデータが記録されている全1,641台の走行であり，そのすべてが欠損値のない完全なデータとなっている。1,641台の走行日時別走行数とドライバーが当該区間をこの7日間で走行した走行回数別走行数を表-1，表-2で示す。表-2は，データ期間の7日間の間に当該区間を10回走行した車両が3台存在することを示している。

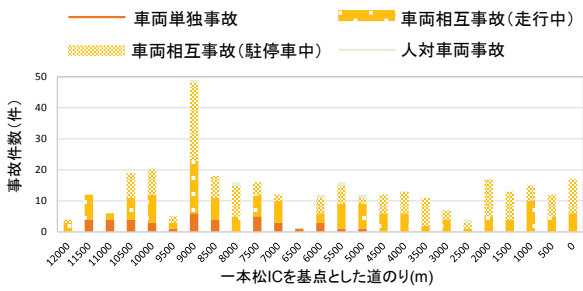


図-2 500m 区間別・事故類型別の事故件数

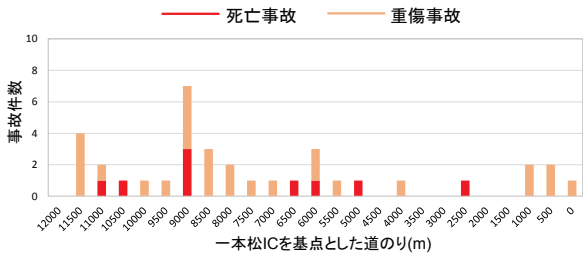


図-3 500m 区間別死亡事故・重傷事故の事故件数

### 5. 潜在的事故危険性の把握手法の適用

本章では 3 章にて示した手順に沿って、実データを適用した分析、並びに考察を行う。

#### (1) 事故多発地点の選定並びに事故発生状況の整理

分析対象区間に対して事故多発地点を選定するために事故類型別の事故件数を 500m 区間ごとに整理したものが図-2 である。9,000-9,500m の区間において、他の区間よりも全事故件数、及び事故類型別の事故件数は走行中の車両相互事故や車両単独事故とともに、他の区間よりも多くの事故が発生していることが確認できる

図-3 は 500m 区間別死亡事故・重傷事故である。図-2 同様の区間において死亡重傷事故が多発している。図-2 と図-3 の結果に基づき、本研究では 9,000-9,500m 区間を事故多発区間として選定する。

選定した事故多発区間における事故発生状況を類推すると、走行中の車両相互事故は車両間の接触等により発生した事故であり、その被害程度は駐停車中の事故と比べて比較的大きくなる傾向にある。車両単独事故については、通常の走行では発生する可能性は低いと考えられるような事象、例えば速度超過や遠心加速度超過などが原因により運転制御が困難となった場合に発生しうることが推察される。事故多発区間はΩカーブという複雑な道路線形であり、走行中の車両相互事故や車両単独事故が多く発生していることから、当該区間にはドライバーの前方不注意などの過失以外の原因から走行時の車両挙

動が交通事故に影響を及ぼしているということが考えられる。死亡事故や重傷事故は概して、速度超過や遠心加速度の超過などが原因となりドライバーの意思で運転制御が困難になった場合に発生していることが推察される。多いと考えられる。

#### (2) 事故多発地点における交通事故と車両挙動の関係分析

##### 1) 危険性を示す指標

事故多発区間における交通事故と車両挙動の関係分析を行うにあたり、前項にて推察したような事故多発地点における危険挙動を反映することが可能な危険性を示す指標として、遠心加速度(1a)、及び遠心加速度の変化率(1b) (以下、ショート値と呼称する)を用いる。

この 2 つの指標を用いることでカーブ区間における事故発生状況と、そのときの走行状態を把握することが可能となる。ショート値に着目した理由として、当該区間は急なカーブ線形を有する区間が多く、カーブ区間に差し掛かる際ときの急なハンドル操作が事故に影響している可能性があると考えたためである。

$$a = \frac{v_n^2}{R_n} \tag{1a}$$

$$p = \frac{\left(\frac{v_{n+1}^2}{R_{n+1}} - \frac{v_n^2}{R_n}\right)}{t(=1)} \tag{1b}$$

a : 遠心加速度(m/s<sup>2</sup>), p : ショート値(m/s<sup>3</sup>)

v<sub>n</sub> : データ取得地点での速度(m/s),

R<sub>n</sub> : データ取得地点での曲線半径(m),

v<sub>n+1</sub> : 1 秒後のデータ取得地点での速度(m/s),

R<sub>n+1</sub> : 1 秒後のデータ取得地点での曲線半径(m),

t : 取得される時間間隔(s) (本データでは t=1)

##### 2) 事故多発区間における車両挙動分析

カーブに差し掛かる際の車両単独事故件数とその区間におけるショート値の関係性について図-4 に示す。

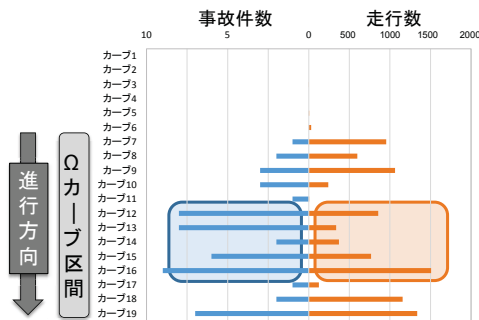


図-4 車両単独事故発生件数とショート値超過走行数の関係性

なお、緩和曲線の必要な長さは、遠心加速度の変化率を一定以下にすることが、道路構造令により規定されており、わが国では設計速度が80km/h以上の場合で0.5m/s<sup>3</sup>、60km/h以下の場合で0.6m/s<sup>3</sup>としてショート値を定めている<sup>10</sup>。今回、左側に車両単独事故の事故件数、右側に各カーブにおけるカーブ始端から円曲線区間に至るまでの緩和曲線区間における遠心加速度の変化率の最大値が0.6m/s<sup>3</sup>となった走行数をとり、カーブ番号ごとに整理した。車両単独事故については事故発生地点とその事故を誘発した地点が不明瞭であるためカーブ始端より前後400mの区間に発生した事故を集計している。

図4から、遠心加速度の変化率が閾値を超えていないカーブについては、交通事故はその近辺では発生しておらず、また閾値を超えた走行数が多い地点であるカーブ16、カーブ19についてはその付近での車両単独事故が比較的多く発生していることが確認できる。また他地点においても、遠心加速度の変化率が閾値を超える走行が存在するカーブでは、多くの地点で交通事故が発生していることがわかる。

次に、カーブ区間における遠心加速度の最大値に着目し、遠心加速度が最大となったときの速度との関係を確認する。事故多発区間として選定した9,000-9,500mと、その区間に至るまでの3,000mの区間を対象に、横軸に遠心加速度の最大値、縦軸に速度を取り、500m区間別に1,641走行分をプロットしたものが図5である。

遠心加速度の最大値について、正の値は右カーブ、負の値は左カーブでの遠心加速度を示しており、図5内には、その区間における曲率半径も合わせて記載している。図5から事故多発区間で遠心加速度が最大となる地点の速度として100km/hを超過する走行はないものの、遠心加速度の最大値が3.75m/s<sup>2</sup>を超過するような走行が多数存在していることが確認できる。一方で、事故が最も少ない区間において速度こそ大きな値となっているものの、遠心加速度の最大値は全走行において3m/s<sup>2</sup>未満の値となっている。

このことから事故多発区間では、車両挙動のうち遠心加速度が影響を及ぼしていると推察が支持される。なお、遠心加速度3.75m/s<sup>2</sup>という閾値は、カーブ走行車両に働く遠心力に対抗するタイヤと路面の間に必要な摩擦力から算出しており、路面の摩擦係数0.3（路面が湿潤状態である場合を仮定）と設定したときの、タイヤと路面の横滑りの危険性が生じる境界値の遠心加速度である。カーブ区間走行時の横滑りに対して、車両が力学的に安定であるための条件式は式(1c)に示すとおりである。本研究では以降、遠心加速度の横滑りの危険性が生じる閾値として3.75m/s<sup>2</sup>を採用する。

事故多発区間に至るまでの事故多発区間と遠心加速度

$$g(i + f) \geq \frac{V^2}{R} \tag{1c}$$

$g$  : 重力加速度(m/s<sup>2</sup>)

$V$  : 車両速度(m/s)

$R$  : 曲線半径(m)

$i$  : 路面の片勾配

$f$  : タイヤと路面の横滑り摩擦係数

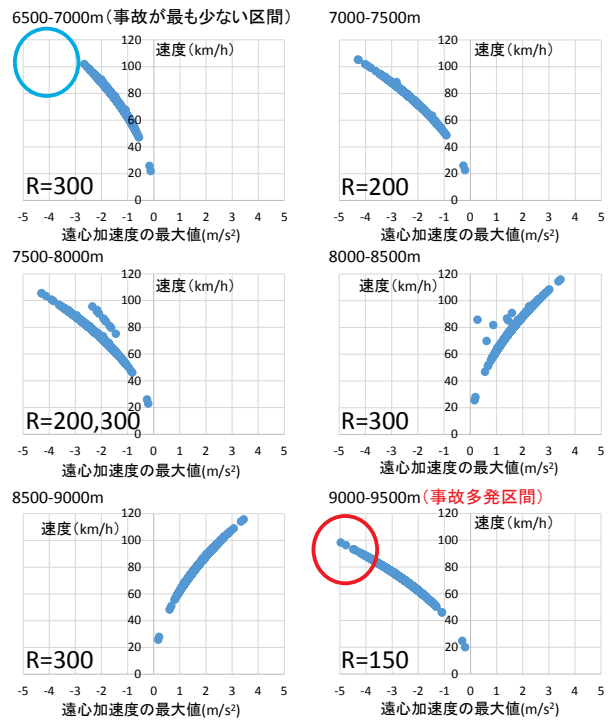


図5 遠心加速度の最大値とその時の速度の関係

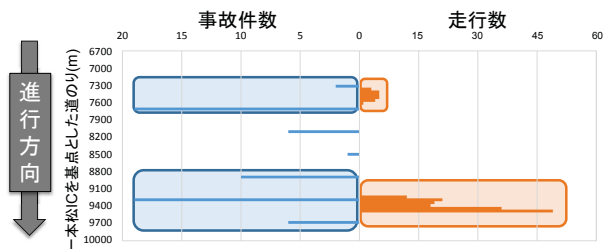


図6 遠心加速度の危険値以上の走行数と事故件数の関係

の最大値の関係性を図-6に示す。図-6は一本松ICを基点として道のり50mごとに、右軸は遠心加速度の最大値が3.75m/s<sup>2</sup>以上となった走行数、左軸は事故件数を示している。道のりを50m区切りとした理由として、今回用いたデータは1秒ごとに車両速度が取得されており、180km/h（つまり50m/s）以上の異常な速度で走行する車両は存在せず、50m区切りとすることで、その範囲内に少なくとも一回は必ずその車両の速度が取得されるためである。図-6からは遠心加速度が危険値を超過する走行が発生

する箇所と  $\Omega$ カーブ区間における車両単独事故と走行中の車両相互事故が集中的に発生している箇所とが一致していることが確認できる。

事故多発地点における交通事故と車両挙動の関係分析の結果、事故件数と遠心加速度が危険値を超過する走行に同様の傾向にあることから、遠心加速度の大きさが事故発生に影響を与えている可能性を示唆される。

### (3) 潜在的事故危険性を考慮した速度推移図の作成

#### 1) 潜在的事故危険性の高い走行の定義と抽出

前項での事故多発地点における交通事故と車両挙動の関係分析の結果から、タイヤと路面の横滑りの危険性が生じる境界値の遠心加速度  $3.75\text{m/s}^2$  を潜在的事故危険性の高い走行としたときに、図-7 は事故多発区間（カーブ始端 9236m、カーブ終端 9622m の全長 386m の  $R=150$  の急カーブ区間）における全 1,641 走行における遠心加速度最大値によるヒストグラムである。

図-7 から、遠心加速度の最大値はほとんどの走行で  $3.75\text{m/s}^2$  未満の値になっているが、53 走行がその閾値以上になった。これらの走行は、非常に急なカーブ区間であるにも関わらず、速度超過したまま、または速度を落としきれずに走行し、結果としてタイヤと路面の横滑りの危険値を超過した走行である可能性が高い。よって、この 53 走行を潜在的事故危険性の高い走行、残りの 1,588 走行を潜在的危険性が低い走行として取り扱う。

#### 2) 速度推移図の作成

速度の平均値のみで速度推移を考えるのではなく、平均値に対して一定の速度幅を持たせ、その速度幅に包括された状態で車両が走行することで潜在的事故危険性が低く、安全な走行を構成すると考えられる。そこで、全走行に基づく速度推移図を以下に述べる手順で作成する。

1 秒ごとに取得された速度データの位置を道のり 1m の単位に丸めて整理し、1 秒ごとの車両位置と瞬間速度のデータをまとめた。全地点で取得されたデータを 1m 単位で平均化したものが図-8 ある。

ここから 3 段階のスムージングを行う。まず渋滞時の走行やデータ異常値である一時的な速度超過を除去するために速度の各地点における上位 10% と下位 10% 分を除いた。次に、データ数が十分に存在する地点では信頼性の高い値として平均値が作成されているものの、データ数の少ない地点では一部の逸脱した走行の速度の影響を強く受けることが想定される。そこで 1m 地点別のデータ数が少ない 1207 地点について除外し、最後に前後 10m の移動平均値を取ったものが図-9 である。この作業により道路線形の影響を考慮した上で、データノイズが除外

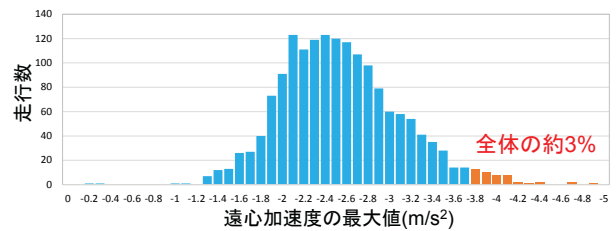


図-7 事故多発区間における遠心加速度の最大値の分布

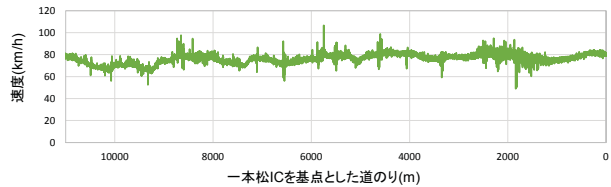


図-8 速度推移図作成手順 1

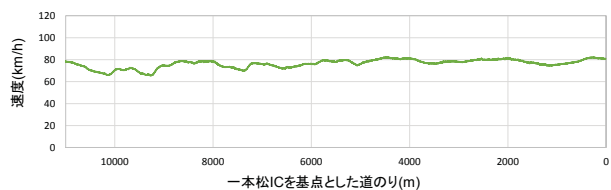


図-9 速度推移図作成手順 2

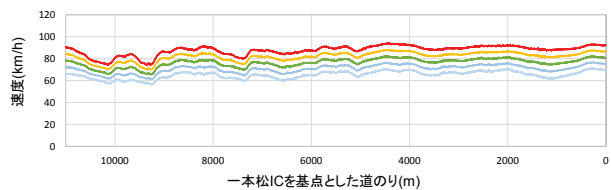


図-10 速度推移図作成手順 3

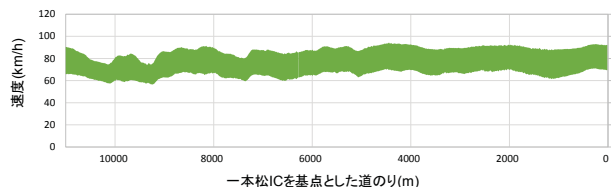


図-11 速度推移図作成手順 4

される。

図-9 で示した速度推移の平均値を基準に  $\pm 1\sigma$ 、 $\pm 2\sigma$  の速度を与えたものが図-10 となる。その上で、潜在的危険性の低い 1,588 走行のほとんどにおいて、速度推移はこの  $\pm 2\sigma$  の値の範囲内にあることから、速度推移図として速度推移の平均値から  $\pm 2\sigma$  の範囲として道路線形を考慮した速度推移図が完成する (図-12)。

#### (4) 速度超過に着目した走行パターンのクラスタリング

走行パターンのクラスタリングとして個々の車両の走行の特徴を分類し、類似した走行の中に潜在的な危険性の高い走行が多く含まれるクラスターについて考察する。

走行パターンのクラスタリングでは前項にて作成した速度推移図を利用、速度超過に着目し、個々の車両が速

度超過した区間とその超過度合いを測る指標を用いる。

具体的には事故多発区間より上流側の 1,000m 単位で 6 区間に分け、 $2\sigma$  よりも走行速度が超過した部分の面積（以下、はみ出し部分の面積を積分値と呼称）を算出する。積分値の算出の方法として、実際に取得された 1 秒ごとの速度データを直線でつなぎ、データ取得位置間の速度を線形近似により算出する。速度推移図の  $2\sigma$  よりもその速度が大きかった場合に、その差を 1m 単位で算出し、区間ごとに足し合わせることで積分値を算出している。

この積分値を各走行で算出し、全走行である 1,641 走行に対して、k-means 法を適用し、全走行を 5 つのクラスターに分類し、走行パターンを確認するため積分値の平均値を示したものが図-12 である。ここでは便宜上 Cluster1 から Cluster5 までクラスター名を付ける。クラスター数を 5 とした理由は、潜在的危険性の高い走行と低い走行を混在させ k-means 法を適用した際に、ほぼすべての走行で潜在的危険性の高い走行になるクラスター (cluster1) と、ほとんどすべての走行で潜在的危険性の低い走行になるクラスター (cluster5) とが顕著に現れた分割数 5 であるためである。さらに、図-13 はクラスター別の速度の平均値の推移を示している。図-12 および図-13 における凡例内の数値はそれぞれ、クラスターに分類された全走行に占める潜在的危険性の高い走行数である。

クラスターの特徴として、潜在的危険性の高い走行の割合が低い cluster5 を除き、図-13 に示す A, B, C 地点での速度が cluster1~4 で異なる傾向を示している。例えば、cluster1 は A, B, C 地点を通過後は他のクラスターと比較して高い速度を有している。B 地点後の速度推移が cluster1~4 で異なる傾向を示している。

Cluster1 ではほとんどが潜在的危険性の高い走行であり、Cluster5 ではほとんどが潜在的危険性の低い走行である。その一方で、Cluster2, Cluster3, Cluster4 については同じクラスターであるにも関わらず潜在的危険性の高い走行と低い走行が混在している。つまり、この 3 つのクラスターでは同じような速度超過があり速度推移図からの逸脱があったにも関わらず、結果的に事故多発地点において危険挙動を発現した走行としなかった走行が存在していることになる。

本項以降は主に Cluster2,3,4 のみに着目し、潜在的危険性の高い走行の特徴を把握することを試みる。

### (5) 潜在的事故危険性が高い走行と低い走行の比較分析

#### 1) 速度差に着目した比較分析

Cluster2,3,4 に分類された潜在的危険性の高い 43 走行と潜在的危険性の低い 185 走行について比較分析として、図

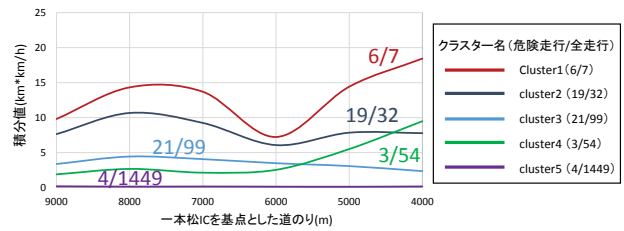


図-12 クラスター別積分値の平均値の推移

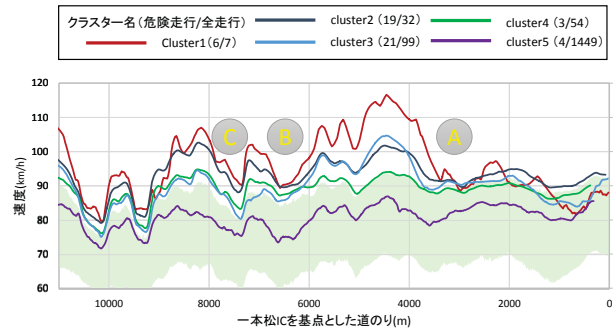


図-13 クラスター別速度の平均値の推移

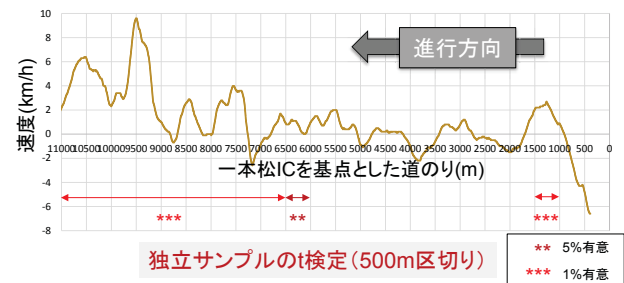


図-14 潜在的危険性の高い走行と低い走行の速度差の推移

図-14 は、潜在的危険性の高い走行の速度の平均値から、潜在的危険性の低い走行の速度の平均値を道のり 1m ごとに引いた速度の平均値の差の推移を示している。図-14 から 4,000m までは両者にそれほど大きな差がないのに対し、6,000m 以降は潜在的危険性の高い走行の方がより速い速度で走行しており、事故多発区間においてはその差が顕著に見られている。このことを統計的に示すため、500m 区切りで各ドライバーの走行の平均速度を算出し、それぞれ潜在的危険性の高い走行と低い走行との差で t 検定を行った。その結果、図-14 の下部に示す通り、6,000m 以降の地点において有意な差がある結果となった。

#### 2) 速度超過の累積値による比較に分析

前項の速度に引き続き、ここでは速度超過の累積値を用いた比較を行う。この速度超過の累積値は本章 (4) で算出方法は述べたとおりであり、区間別では速度超過が顕著に表れないものの、常にどの区間においても周辺車両より大きな速度で走行している車両に対して、その超過がある一定の値まで蓄積した場合に危険挙動が発現する可能性がありうる。3,000m 基点として各走行に対し

表-3 走行実態に基づく比較分析に用いた変数

走行頻度低ダミー	データ取得期間のうちドライバーの当該区間走行頻度が低い（走行回数 2 回以下の）走行を 1、それ以外の走行を 0 としたダミー変数
深夜時間帯ダミー	当該区間の走行時刻が 0 時から 6 時までの走行を 1、それ以外の走行を 0 としたダミー変数
午前時間帯ダミー	当該区間の走行時刻が 6 時から 12 時までの走行を 1、それ以外の走行を 0 としたダミー変数
午後時間帯ダミー	当該区間の走行時刻が 12 時から 18 時までの走行を 1、それ以外の走行を 0 としたダミー変数
夜時間帯ダミー	当該区間の走行時刻が 18 時から 24 時までの走行を 1、それ以外の走行を 0 としたダミー変数
可能交通容量超過ダミー	走行時の交通状態が可能交通容量を超過していた場合（つまり比較的道路が混雑している状況）を 1、それ以外の走行を 0 としたダミー変数
平均速度	取得されたデータを 500m 区切りで平均した値 (km/h)
積分値の累積値	3000m 地点からの積分値を 1m おきに累積した値 (km*km/h)

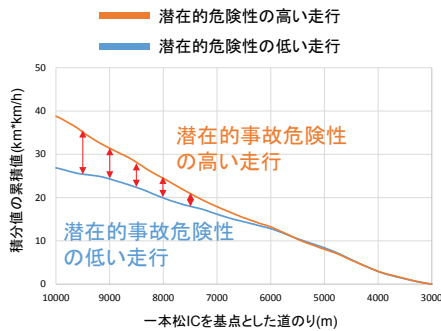


図-15 潜在的危険性の高い走行と低い走行の積分値の累積値の推移

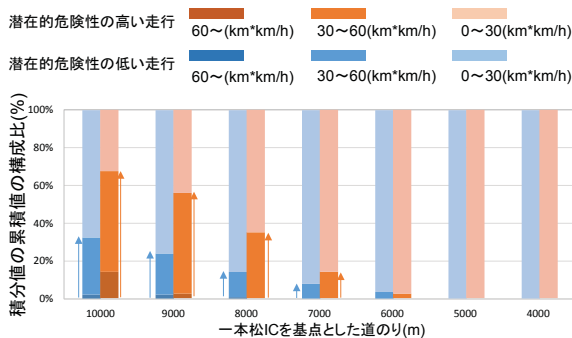


図-16 潜在的危険性の高い走行と低い走行の積分値の累積値の構成比

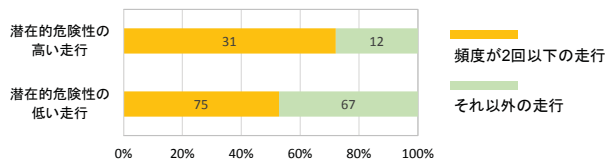


図-17 走行頻度が低い走行のダミーの構成比

て 1m おきに速度推移図からの超過量の積分値を足し合わせることで、各地点までの積分値の累積値としている。3000m を基点とした理由として、福住 IC 通過後のためインターチェンジの通過による速度の変動の影響が小さく、全走行で同じ基準で積分値を累積できると考えたためである。

積分値の累積値を潜在的危険性が高い走行と低い走行で平均したものが図-15 である。図-15 から、事故多発地点での潜在的危険性の大きさによらず 6,000m 付近まではその平均値の差は見られないものの、6,000m 以降から徐々に平均値の差が見られはじめ、7,000m 以降では潜在的危険性の高い走行での積分値の累積値が一方を大きく上回っている傾向にある。

さらに 1,000m 区切りの各断面における積分値の累積値の構成比が図-16 であり、図-15 同様に 7,000m 地点以降から潜在的危険性の高い走行で積分値の累積値が大きい層が現れ、その差は事故多発区間に近づくにつれて顕著になっていることが確認できる。結果として、積分値の累積値がある一定値を超えた場合に事故多発区間において潜在的危険性の高い走行と低い走行と分類される可能性が存在する。

3) 走行実態に基づく比較分析

分析対象区間の走行頻度や走行時間帯、交通量が潜在的事故危険性に与える影響について比較分析を行う。走行時間帯は、深夜・午前・午後・夜間の 4 時間帯において分析する。また、交通量として可能交通容量を超えるか否かに着目して分析する。表-3 に比較分析に用いる変数を整理する。なお、表-3 には次節で実施する潜在的危険性の高い走行の要因分析のための二項ロジスティクス回帰分析に用いる変数も一部含まれている。各変数について説明の後に考察を行う。

当該区間は事故多発地点が多数存在しており、走行頻度が低いドライバーは危険区間をそれほど認識していない可能性がある。そこで、走行頻度低ダミーとしてデータ取得期間のうち当該区間走行回数が 2 回以下であるドライバーの走行を 1、それ以外の走行を 0 とした。図-17 から、潜在的危険が高い走行に占める走行頻度が 2 回以下の走行の割合が高くなることが示唆されている。

次に走行時間によって潜在的事故危険性が異なるとの想定のもと、0 時～6 時を深夜時間帯、6 時～12 時を午前時間帯、12 時～18 時を午後時間帯、18 時～24 時を夜時間帯と 4 つの時間帯ダミーを設定した。各時間帯にお



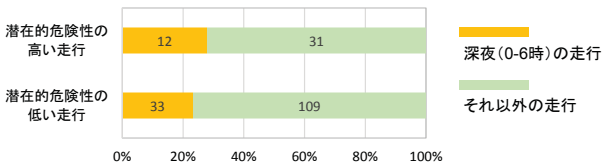


図-18 深夜時間帯ダミーの構成比

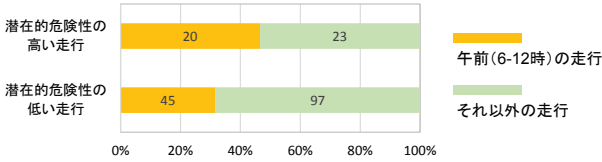


図-19 午前時間帯ダミーの構成比

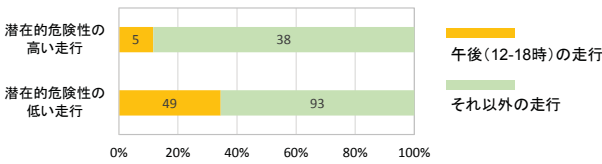


図-20 午後時間帯ダミーの構成比

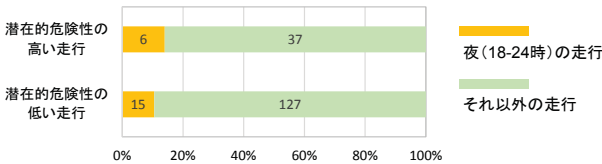


図-21 夜時間帯ダミーの構成比

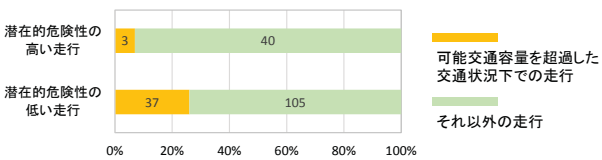


図-22 可能交通容量超過ダミーの構成比

ける構成比を図-18～図-21 に示す。分析結果から潜在的危険性の高い走行は午前時間帯において、概ね半分が発生していることが確認できる。その詳しい理由についてはドライバーの配送物や勤務体系等と合わせた考察が必要となる。

交通量に関して(1d)に可能交通容量<sup>17)</sup>の算出式を示す。なお、時間帯によって大型車混入率は異なることから、各走行時間における大型車混入率をもとに大型車混入率による補正率を(1e)に従い算出することで、各走行時間における可能交通容量を算出している。

$$C_L = C_B \times \gamma_L \times \gamma_C \times \gamma_I \times \gamma_T \times \gamma_O \quad (1d)$$

$$\gamma_T = \frac{100}{(100 - T) + E_T T} \quad (1e)$$

$C_L$  : 可能交通容量(台/時間),

$C_B$  : 基本交通容量 (今回は 2500) (台/時間)

$\gamma_L$  : 車線幅員補正率 (今回は 1) ,

$\gamma_C$  : 側方余裕補正率 (今回は 1) ,

$\gamma_I$  : 沿道状況補正率 (今回は 1) ,

$\gamma_T$  : 大型車混入による補正率 (式(1e)に従う)

$\gamma_O$  : その他要因による補正率 (今回は 1) ,

$E_T$  : 大型車の乗用車換算係数 (道路構造令より) ,

$T$  : 大型車混入率(%)

なお、交通量と大型車混入率は、名阪国道Ωカーブの 90.5KP 地点 (一本松 IC を基点とした道のりでは 9700m 付近) の米谷に設置された車両感知器データから、1 時間あたりの総交通量と、1 時間あたりの総交通量に占める大型貨物・小型貨物・バスの交通量の割合を算出している。

可能交通容量を超過する交通量であった場合にダミー変数を 1 とし、それ以外の走行を 0 とし、分析した結果が図-23 である。可能交通容量を超過しているような交通量が多く、道路が混雑している状況下では、車両が自由に走行できず速度は周囲の車両に合わせざるを得ないため、潜在的危険性の高い走行はほとんど発生しておらず、自由流の走行時に潜在的危険性の高い走行が発生する可能性があることがからわかる。

## (6)潜在的事故危険性を誘発する地点の特定

前項までの分析結果を踏まえて、本項では潜在的事故危険性を誘発する地点の特定として二項ロジスティック回帰分析を行う。具体的には潜在的事故危険性が高い走行は、どの要因が危険挙動の発生に影響を及ぼしているか、またどの地点の速度などを把握することである。二項ロジスティクス回帰分析では Cluster2,3,4 に分類された走行のうち、抽出された事故多発区間における潜在的危険性の高い走行を 1 とし、それ以外の走行を 0 とした従属変数を用いており、事故多発区間における分析、事故多発区間とその上流の影響を踏まえた分析、事故多発区間における潜在的事故危険性分析の 3 つの分析の結果を以下より示す。

### 1) 事故多発区間における分析

事故多発区間である 9,000m-9,500m 区間における潜在的事故危険性に影響する変数を強制投入法による分析結果を表-4 に示す。

Hosmer および Lemeshow の検定において  $0.196 > 0.05$  を満たしていることから、実際のデータに適合し、Nagelkerke R2 値は 0.711 と高い精度となっている。また予測正解率は 90% を超える値となっており、各変数の有意確率から、深夜ダミーを除く変数について有意な影響が確認できる。

表-4 事故多発区間における分析結果

観測	予測		正解率
	潜在的危険性		
	0	1	
潜在的危険性	0	138	4
危険性	1	11	32
全体の正解率			91.9

\*.10%有意  
\*\*.5%有意  
\*\*\*.1%有意

	B	標準誤差	Wald	有意確率	Exp(B)
走行頻度低ダミー	1.35	0.64	4.43	0.035 **	3.85
深夜ダミー	-0.45	0.88	0.26	0.613	0.64
午前ダミー	-1.59	0.88	3.26	0.071 *	0.20
午後ダミー	-2.13	1.06	4.05	0.044 **	0.12
可能交通容量超過ダミー	-2.62	1.11	5.58	0.018 **	0.07
平均速度9000m~9500m	0.73	0.14	28.87	0.000 ***	2.07
積分値の累積値(9000m)	0.06	0.02	6.98	0.008 ***	1.06
定数	-62.72	11.50	29.73	0.000 ***	0.00
-2LL					82.965
Nagelkerke R2乗					0.711
Hosmer と Lemeshow の有意確率					0.196

表-5 事故多発区間とその上流側の影響を加味した分析結果

	9000	8500	8000	7500	7000	6500	6000	5500	5000	4500	4000	3500
平均速度	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
積分値の累積値	***	***	**	*	*							

\*.10%有意  
\*\*.5%有意  
\*\*\*.1%有意

パラメータはすべて  
正方向に有意

表-6 平均速度の各区間の相関係数

	平均速度 6000m~ 6500m	平均速度 6500m~ 7000m	平均速度 7000m~ 7500m	平均速度 7500m~ 8000m	平均速度 8000m~ 8500m	平均速度 8500m~ 9000m	平均速度 9000m~ 9500m
平均速度 6000m~ 6500m	1	0.73	0.33	0.21	0.18	0.22	0.2
平均速度 6500m~ 7000m		1	0.61	0.37	0.26	0.26	0.3
平均速度 7000m~ 7500m			1	0.73	0.46	0.34	0.51
平均速度 7500m~ 8000m				1	0.61	0.42	0.53
平均速度 8000m~ 8500m					1	0.7	0.46
平均速度 8500m~ 9000m						1	0.57
平均速度 9000m~ 9500m							1

分析結果のパラメータの正負に着目すると、走行頻度ダミーは正の値であり、当該区間の走行頻度が低い走行は相対的に潜在的危険性が高くなる傾向にある。この結果のみから当該区間の走行経験と潜在的危険性との関係を直接的に結びつけることはできないが、少なくとも走行頻度が低いドライバーが潜在的危険性の高くなる傾向が否定されなかったことから走行頻度が影響することが示唆される。

可能交通容量超過ダミーは負の値であり、可能交通量を超過した時に潜在的危険性は低くなる。これは交通量が多い状況下では車両が自由に速度を選んで走行できず周囲の車両に合わせざるを得ないため、分析対象とした名阪国道での事故は高速度で発生時に多いこととも整合がとれる結果である。

時間帯について、午後時間帯は負の値であり、影響が出ており午後の時間帯は潜在的危険性の高い走行が少なくなることが確認できる。一方で午前の時間帯についても負の値であり、前章の基礎分析と逆の結果が出ている。これは事故多発地点における速度の影響が他のパラメータより強く、時間帯など間接的な影響が小さいことが影

響していると考えられる。

平均速度及び積分値の累積値は正の値であり事故多発区間で速度が速い走行ほど、また積分値の累積値が大きいくほど、潜在的危険性の高い走行となる傾向を示す結果となった。

### 2) 事故多発区間とその上流の影響を踏まえた分析

潜在的事故危険性が高い走行がどの地点から影響が生じているかについて、事故多発区間の影響に加えて、事故多発区間の上流側における平均速度と積分値の累積値を用いて、前項同様に二項ロジスティクス回帰分析を行う。平均速度と積分値の累積値の変数は 3,000m から 9,000m までの 500m 単位での各区間の値を変数として利用、それ以外の変数については前節の分析と同様として、強制投入法により分析した。その他の変数については前項と同様の傾向となったために、表-5 として平均速度と積分値の累積値の変数における有意確率を抜粋した結果である。

平均速度については 3,500m から 5,500m については有意な結果が得られていないものの、6,000m を超えた区間から平均速度が正の値となり、有意な影響が確認できる。この結果は、6,000m までは速度は潜在的危険性に影響を与えず、6,000m 付近からの速度超過した走行が潜在的危険性の高まる走行となる可能性が高いことが示唆している。

積分値の累積値は、7,000m までは潜在的危険性に影響を与えないものの、事故多発区間に近づくにつれその影響は大きくなっていることが有意確率の区間ごとの推移から確認できる。この結果の解釈として、積分値の累積は 7,000m までは潜在的危険性の高い走行も低い走行も差がないのに対し、7,000m を越えた区間からその累積値の値が大きくなれば、事故多発区間で潜在的危険性が高まることが示唆している。

### 3) 事故多発区間における潜在的事故危険性

前節 1) で強制投入した変数に加えて、6,000m から 9,000m での各区間の平均速度を用いて、直接的に事故多発区間における危険性の高さを説明する変数として事故多発区間に至る直前までの積分値の累積値、事故多発区間に至るまでの各区間の平均速度の間接的な影響を説明する変数を混在させて分析することで、事故多発区間における潜在的事故危険性に影響する要因を分析する。

二項ロジスティクス回帰分析を行う前に、平均速度の区間別の相関係数を表-6 に示す。隣り合う区間同士では多少の相関は見られるものの、概して区間ごとに平均速度に強い相関は見られず、線形の影響を受けて、速度が変化していることを示している。

表-7 事故多発区間における潜在的事故危険性の分析結果

観測	予測		正解率	
	潜在的危険性			
	0	1		
潜在的危険性	0	130	12	91.5
	1	27	16	37.2
全体の正解率				78.9

\*:10%有意  
 \*\*:5%有意  
 \*\*\*:1%有意

	B	標準誤差	Wald	有意確率	Exp(B)
走行頻度低ダミー	0.98	0.44	4.94	0.026 **	2.65
可能交通容量超過ダミー	-2.46	0.84	8.65	0.003 ***	0.09
平均速度7500m~8000m	0.23	0.05	21.54	0.000 ***	1.26
積分値の累積値(9000m)	0.04	0.02	8.64	0.003 ***	1.05
定数	-23.11	4.55	25.80	0.000 ***	0.00
-2LL					149.349
Nagelkerke R2乗					0.366
Hosmer と Lemeshow の有意確率					0.653

変数減少法（尤度比）を用いて、1) および 2) のモデルにて変数として用いたダミー変数、及び 6,000m から 9,000m までの 500m 区間ごとの平均速度、事故多発区間直前までの 9,000m の積分値の累積値を用いた分析結果が表-7 である。Hosmer と Lemeshow の検定において  $0.653 > 0.05$  を満たしており、実際のデータに適合している。Nagelkerke R2 値は 0.366 と比較的高い精度となっている。予測正解率は 78.9% である。

表-7 から表-4 同様に走行頻度や可能交通容量超過の影響は有意に出ている。一方で変数減少法を用いており、除外された変数も存在する。

平均速度は 7,500 から 8,000m 区間での平均速度が正の値であり、その上で、事故多発区間の 9,000m までの積分値の累積値が影響する結果となった。

#### 4) 二項ロジスティクス分析結果の考察

前項までの 3 つの二項ロジスティクス分析結果を踏まえた考察を行う。平均速度について、基点から 6,000m の地点で、積分値の累積値については基点から 7,000m の地点から潜在的危険性の高い走行を与える要因となる可能性があり、特にモデル間の正解率は 7,500m から 8,000m の区間が他の地点と比較して高くなる結果となった。3) の分析結果から、平均速度については 7,500m から 8,000m の区間の変数が最も有意に影響を与えている。この点から、他区間と比較して 7,500m から 8,000m の区間が潜在的事故危険性の高い走行に影響を与えていることが示唆される。

その 7,500m から 8,000m 区間の特徴を今一度考察すると、道路線形は  $\Omega$  カーブの中でも特に線形の厳しい急カーブを抜け、下り坂の区間である。ドライバーは急カーブ区間において線形に合わせ速度を減少させた後に、速度回復を下り坂区間で行っていることが推察される。そのため、ドライバーはこの下り坂区間で速度を上昇させたまま、事故多発区間に進入し、結果として潜在的事故危険性を高く走行に至っていると推察される。

## 8. おわりに

本研究では、潜在的事故危険性の把握のための手法を提案し、商用車プローブデータを用いて、事故多発地点における潜在的危険性の高い走行を抽出、その発生過程の把握を試みた。

名阪国道の  $\Omega$  カーブを分析対象として、潜在的事故危険性が高い走行を、事故多発地点における遠心加速度の作用による横滑りの可能性が高い走行から抽出し、潜在的事故危険性の高い走行の特徴を把握するためクラスター分析による走行の分類、潜在的事故危険性を誘発した過程を事故多発区間上流側の影響を二項ロジスティック回帰分析を適用し、明らかにした。分析の結果、潜在的事故危険性を誘発する区間は、事故多発区間よりも上流側の区間存在することが示唆された。分析対象とした名阪国道では多くの地点で速度抑制のための情報提供や事故多発地点の周知が行われており、いささか情報過多である可能性も否定はできない。そうした中で本研究で得られた潜在的危険性の高い走行を生じさせている区間の特定は、今後の交通安全対策実施の上で重要な示唆を与え得るものであると考えられる。

一方で本研究には多数の課題も存在する。分析面では、対象路線として名阪国道  $\Omega$  カーブ下り方面を選定して分析を行ったが、他のエリアで本手法を同様に適用することが可能であるかは今後検討してみる必要がある。また本研究では分析の際にいくつかの区間に分けて平均速度や積分値などを算出する方法を用いたが、その区間の分け方が結果に影響を与えていることも考えられる。適切な区間設定の方法についても議論が必要となる。

データ面での課題として、本研究で使用したデータの取得期間が 7 日間であるため、ドライバーの当該区間の短期的な走行経験しか加味できておらず、恒常的・長期的にデータを蓄積した場合の影響を考慮できていない。また本研究で利用した商用車プローブデータでは全てプロドライバーの走行であり、日常の運転には熟練している可能性がある。そのため一般車両や当該区間を初めて走行する不慣れなドライバーにおいても同様の結果が得られるのかについて検討の余地が残されている。

本研究で得られた成果ならびに課題を加味して、今後も交通事故削減に向けた知見を積み重ねることが求められる。

## 謝辞

本研究を遂行するにあたって、商用車プローブデータをご提供頂いた株式会社富士通交通・道路データサービス、研究対象である名阪国道における交通事故原票データ及び道路台帳データをご提供頂いた国土交通省近畿地

方整備局奈良国道事務所に対し、ここに記し謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省 HP, 交通事故の現状  
<<http://www.mlit.go.jp/road/road/traffic/sesaku/genjyo.html>> (2016.2.12 閲覧)
- 2) 仙田昂之, 中村俊之, 宇野伸宏, 絹田裕一, 北村清州: 自動車専用道路事故多発区間における交通安全対策事業実施の車両挙動への影響分析, 交通科学, Vol.46, No.1, pp37-40, 2016.
- 3) 三浦久, 洪性俊, 田中伸治, 桑原雅夫: 首都高速道路における追突事故リスク予測に関するミクロ的分析, 土木学会論文集, vol.68, No.5, pp.43-48, 2012.
- 4) 兵頭知, 吉井稔雄, 高山雄貴: 都市内高速道路における多車線道路区間を考慮した事故発生リスク要因分析, 土木学会論文集 D3, Vol.68, No.5, 1-1349-1355, 2012.
- 5) 藤井大地, 宇野伸宏, 嶋本寛, 塩見康博: 都市間高速道路の追突事故影響要因に関する統計的分析, 交通工学, 2012.
- 6) 仙田昂之, 山崎浩気, 宇野伸宏, 中村俊之: 共分散構造分析を用いた追突事故発生要因に関する基礎研究, 土木計画学研究・講演集(CD-ROM), Vol.49, No.36, 2014.
- 7) 古屋秀樹, 牧村和彦, 川崎茂信, 赤羽弘和: 車載型センサーを用いた車両挙動の調査・分析方法に関する基礎的分析, IT を用いた交通データ収集研究報告会, 2002.
- 8) 矢部努, 井上紳一, 牧村和彦, 毛利雄一, 山根啓典, 赤羽弘和: 高度情報機器を利用した交通危険個所把握手法および交通計画への適用に関する研究, 第一回 ITS シンポジウム, ITS Japan, 2002.
- 9) 中村俊之, 絹田裕一, 中嶋康博, 牧村和彦, 高橋誠, 森川高行: 物流データを用いたヒヤリハット特性の考察, 土木計画学研究・講演集, Vol.38, 2008.
- 10) 山本俊行, 三輪富生, 寺田昌由: 交通事故データとプローブカーデータを用いた潜在的交通事故危険度に関する研究, 財団法人国土技術研究センター新道路研究会成果報告会, 2008.
- 11) 寺田昌由, 山本俊行, 三輪富生, 森川高行: 交通事故データとプローブデータを用いた潜在的交通事故危険度に関する研究, 第 8 回 ITS シンポジウム, 2008.
- 12) 岡田朝男, 水野裕彰, 中村俊之, 絹田裕一: 道路交通における交通事故とヒヤリハットの関係性に関する基礎的研究, 第 31 回交通工学研究発表会論文報告集, 一般社団法人交通工学研究会, 2011.
- 13) 菊地春海, 岡田朝男, 水野裕彰, 絹田裕一, 中村俊之, 萩原剛, 牧村和彦: 道路交通安全対策事業における急減速挙動データの活用可能性に関する研究, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.68, No.5 (土木計画学研究・論文集第 29 巻), pp.1193-1204, 2012
- 14) 八木祐介, 田中久光, 宇野伸宏, 飯田恭敬: 車両軌跡データを用いたコンフリクト指標による事故危険性分析, 土木学会年次学術講演会講演概要集(CD-ROM), Vol.60, No.4-299, 2005.
- 15) 島田孝司, 平賀典生: 商用車プローブデータ他のデータ提供における品質の担保, 人間工学, Vol.50, s82-s83, 2014.
- 16) 濱島光宏: 商用車プローブデータの収集と活用可能性, 交通工学研究会, Vol.50, No.1, pp30-33, 2015.
- 17) 飯田恭敬, 北村隆一: 交通工学, オーム社, 2008.

(2016.7.31 受付)

## A METHOD FOR GRASPING A PROCESS OF AN POTENCIAL ACCIDENT RISK USING CARGO COMMERCIAL VEHICLE PROBE DATA

Tatsuki NAKAYAMA, Toshiyuki NAKAMURA, Nobuhiro UNO  
and Jan-Dirk SCHMOECKER