

# プローブデータを活用した 安全走行支援サービスに関する検討

畠中 秀人<sup>\*1</sup> 平沢隆之<sup>\*1</sup> 真部 泰幸<sup>\*1</sup> 渡邊 寧<sup>\*1</sup> 井上 洋<sup>\*2</sup> 竹中 憲郎<sup>\*2</sup> 川崎 弘太<sup>\*2</sup>

国土交通省 国土技術政策総合研究所<sup>\*1</sup>

技術研究組合 走行支援道路システム開発機構<sup>\*2</sup>

筆者らは、平成16年8月のスマートウェイ推進会議提言「ITS、セカンドステージへ」を受け、さらに平成18年1月のIT新改革戦略策定を踏まえて、インフラ協調による安全運転支援システムの実用化に向けた技術開発を推進している。危険事象（急減速や急回避等）を線的・面的に広範囲で監視することが可能なプローブデータを活用した安全走行支援サービスについては、これまで実現可能なサービス内容やサービスに必要なプローブデータ項目について検討してきた。本論文では、加速度等のプローブデータ項目に関する車両挙動特性の解析と、都市内高速道路において収集したプローブデータを元に作成した走行危険箇所を示す地図（ヒヤリハットマップ）の受容性についての検証結果を報告する。

## Study of Driving Safety Assisting Service Using Probe Data

Hideto Hatakenaka<sup>\*1</sup> Takayuki Hirasawa<sup>\*1</sup> Yasuyuki Manabe<sup>\*1</sup> Yasushi Watanabe<sup>\*1</sup>

Hiroshi Inoue<sup>\*2</sup> Kenro Takenaka<sup>\*2</sup> Hirota Kawasaki<sup>\*2</sup>

National Institute for Land and Infrastructure Management<sup>\*1</sup>

Advanced Cruise-Assist Highway System Research Association<sup>\*2</sup>

The authors are promoting technical development for the practical application of driving safety assisting systems by infrastructure-vehicle cooperation in light of the Smartway Project Advisory Committee Proposal (“ITS Enter the Second Stage”) in August 2004, and then on the basis of the New IT Reform Strategy, formulated in January 2006. Studies have been conducted to date of services that would enable the employment of driving safety assisting services using probe data that enable a wide range of linear/planar monitoring of hazardous phenomena (such as sudden deceleration, abrupt steering, and so on). The studies have examined the content of such services and the probe data items that are required. This paper presents an analysis of vehicle behavior characteristics relating to probe data items, such as acceleration. It also reports on the verification results from the receptivity of maps that show driving hazardous points (“Near Miss Map”). These maps were created on the basis of probe data collected on urban expressways.

**Keyword: Probe Data, Near Miss, Safety, Road-Vehicle Cooperation Systems**

### 1. はじめに

国土交通省 国土技術政策総合研究所（以下、国

総研）におけるこれまでの研究から、道路上に設置したセンサで検出した危険事象をドライバや道路管

理者に提供することが安全走行支援に効果があることを明らかとなっている<sup>(1)</sup>。しかし、路側センサは危険事象を高精度に検出できるが、コストの制約から設置場所が事故多発地点、渋滞多発地点などに限定されるという問題がある。この問題を解決するために、車両挙動データをプローブデータとして収集し、広い範囲の監視を行うことにより、道路構造等や一時的な停止車両・落下物等に起因するものを含む潜在的な危険事象であるヒヤリハット情報をドライバや道路管理者に提供することが可能な安価なシステムを開発することが期待されている。本システムは、車両に特別な観測装置を実装するのではなく、カーナビゲーションシステムに用いられる GPS、加速度センサ、ジャイロセンサ等から得られた車両挙動データを用いてヒヤリハット挙動を検出することを特徴とする安全走行支援サービスである。

本研究では、ヒヤリハットを「急バンドルや急減速等の通常とは異なる車両挙動の発生」と定義し、車両挙動データから急減速や急ハンドル等の危険事象を検出する手法とヒヤリハット情報提供方法について検討することを目的としている。これまでに、実現可能なサービス内容やサービスに必要なプローブデータ項目について検討してきた<sup>(2)(3)</sup>。

本稿では、路面状態、車種別、道路種別、ドライバの個人差等の多様な条件下における車両挙動データの特性を調査する実験を行い、実験結果からヒヤリハットを検出するための閾値を設定するための検討結果について報告する。また、実際に都市内高速道路において収集したプローブデータを元に作成した走行危険箇所を示す地図（ヒヤリハットマップ）の受容性に関する検証結果についても報告する。

## 2. 安全走行支援サービスのシステム構成

図1は、プローブデータを活用した安全走行支援サービスのイメージ図である。同じ場所で複数の車が急ハンドルや急減速等の通常とは異なる挙動を示していることを検出することにより、事故車や落下物等、回避しなければならない危険な事象が発生していることを検知するものである。

カーナビゲーションシステムを通じて収集した車両挙動データ（時刻、位置、速度、加速度、ヨー角速度等）は車載器に蓄積され、DSRC 路側機を介して道路管理センターにアップリンクされる。道路管理センターにおいて統計処理して検出されたヒヤリハット情報は、危険な地点を地図上にマッピングした走行危険箇所に関する地図形式で、または前方の注意

すべき道路状況を後続車に DSRC 路側機を介してリアルタイム形式で情報提供される。

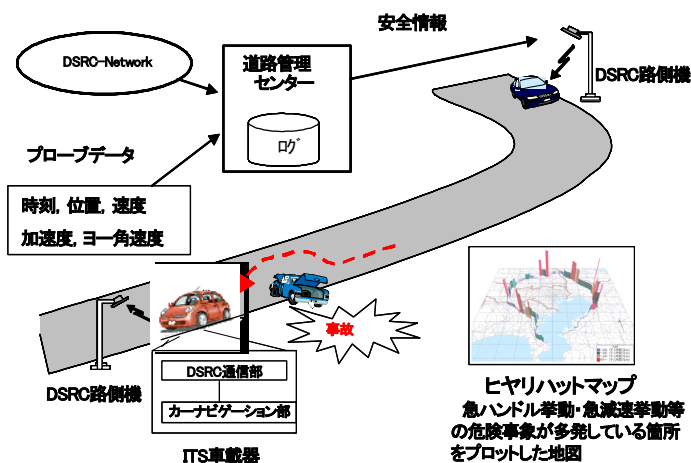


図1 プローブデータを活用した安全走行支援サービスイメージ図

## 3. ヒヤリハットを検出するための走行実験

### 3-1 多様な条件下における走行実験

路面状態、車種、走行速度、ドライバの個人差による影響を調査するため、国総研試験走路で急回避、急減速挙動のデータを取得する実験を行った。車両挙動データとして、表1に示す実験用に開発したカーナビゲーションシステムから時刻、緯度、経度、速度、前後加速度、左右加速度、ヨー角速度のデータ項目を収集した。その中から、前後加速度及び左右加速度を車両挙動を示す代表値として選定し、それらの最大値を用いてデータを整理した。また、試験走路で収集した急回避、急減速挙動のデータと比較するため、通常走行における車両挙動データ収集を茨城県つくば市周辺の公道で行った。

表1 車両挙動データ項目

データ項目	収集周期	分解能
時刻	1.0 秒	1.0 秒
緯度 経度	1.0 秒	0.1 秒
速度 (車速パルス)	0.1 秒	0.1 m/s
前後加速度	0.1 秒	0.01 G
左右加速度	0.1 秒	0.01 G
ヨー角速度	0.1 秒	0.1 deg/s

#### 3-1-1 試験走路における実験

下記の通り、走行時の諸条件を変化させて実験を行った。

- ・試験走路に散水して水膜厚 0.5~1.0mm の水膜路面

- を作り、乾燥路面との車両挙動の比較を行った。
- ・実験車両として、小型車、普通車、大型車と車種を変えて車両挙動比較を行った。
  - ・進入速度として渋滞時の 20km/h、市街地走行時の 40km/h、郊外走行時の 60km/h、高速走行時の 80km/h と実際の走行状況を想定して設定した速度において車両挙動比較を行った。
  - ・ドライバーの個人差による影響を調査するために、被験者 10 名の車両挙動の比較を行った。



図2 実験コース(水膜路面 水膜厚:0.5~1.0mm)



大型車(トラック)

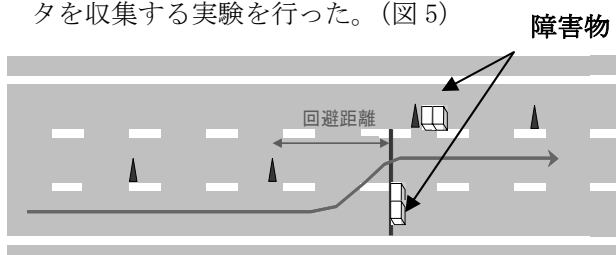
小型車



普通車

図3 実験車両

急ハンドル時の挙動としては、車頭時間 1.5 秒を想定し、その間に進入速度を保った状態で、ブレーキをかけずに回避した場合の車両挙動データを収集する実験を行った。(図4) また、急減速時の挙動としては、車頭時間 1.5 秒で先行する車両が急減速したことを想定して、進入速度を保った状態から任意のタイミングの指示で停止した場合の車両挙動データを収集する実験を行った。(図5)

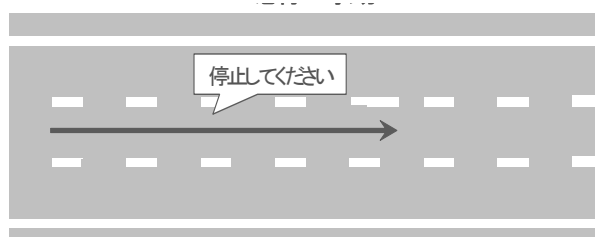


回避距離設定値 (車頭時間 1.5 秒想定)

進入速度	乗用車	トラック
20km/h	4m	10m*
40km/h	12m	12m
60km/h	20m	20m
80km/h	28m	28m

\*トラックの車長(10m)から回避距離を設定

図4 試験走路実験(急回避挙動)



定速走行時、突然、運転手に停止指示(車頭時間 1.5 秒前方に車両を想定)

図5 試験走路実験(急減速挙動)

### ○ 試験走路における実験結果

試験走路における実験結果の一例として、乾燥路面と水膜路面における車両挙動データの比較を以下に示す。なお、車両挙動に対するデータ特性が顕著に現れる指標として、急回避挙動、急減速挙動をそれぞれ左右加速度、前後加速度を用いて評価した。図6と図7は、それぞれ、急回避挙動における最大左右加速度の累加曲線、急減速挙動における最大前後加速度の累加曲線を示している。この場合の 85 パーセント値を路面別に比較した結果、路面の影響による変化はほとんど見られない。

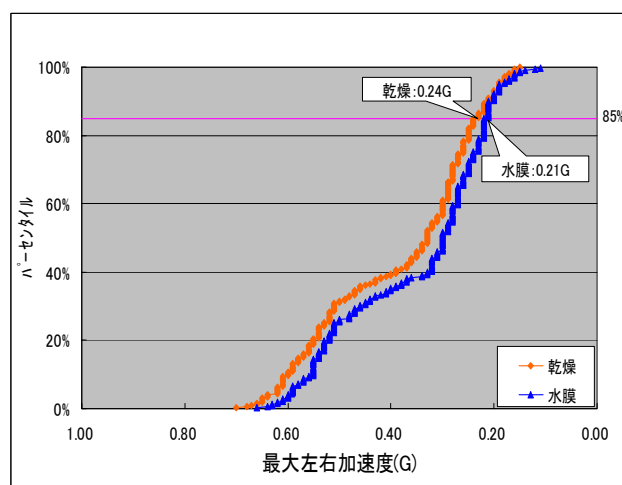


図6 急回避挙動 最大左右加速度の累加曲線 路面別(乾燥/水膜)

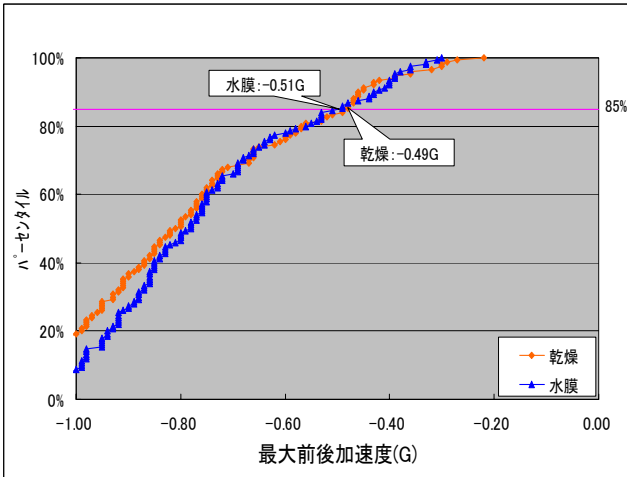


図7 急減速挙動 最大前後加速度の累加曲線 路面別（乾燥/水膜）

表2に試験走路における実験結果を示す。なお、表2における項目毎に示した数値は、全て85パーセントイル値である。収集した加速度データの特徴からは、路面状態や車種に依存した傾向は明確に検出されなかったのに対し、急回避挙動はドライバーの個人差の影響、急減速挙動は走行速度の影響及び、ドライバーの個人差の影響に依存する傾向が見受けられた。

表2 試験走路における実験結果 (85パーセントイル値)

項目	急回避挙動 (最大左右加速度)	急減速挙動 (最大前後加速度)
路面別の影響	0.24G (乾燥路面)	-0.49G (乾燥路面)
	0.21G (水膜路面) →影響は小さい	-0.51G (水膜路面) →影響は小さい
車種別の影響	0.25G (小型車)	-0.46G (小型車)
	0.25G (普通車)	-0.47G (普通車)
	0.22G (大型車) →影響は小さい	-0.45G (大型車) →影響は小さい
走行速度の影響	0.22G (20km/h)	-0.39G (20km/h)
	0.22G (40km/h)	-0.53G (40km/h)
	0.25G (60km/h)	-0.65G (60km/h)
	0.25G (80km/h) →影響は小さい	-0.73G (80km/h) →速度に依存する
個人特性の影響	約0.3Gのばらつき幅 →個人差に依存する	約0.4Gのばらつき幅 →個人差に依存する

### 3-1-2 公道走行における実験

通常走行時の車両挙動を調査するために、種別が異なる道路（一般道、高速道、山岳道）を走行して車両挙動データを収集した。なお、通常走行時のデータ収集を目的としているため、走行速度は設定せず交通流に合わせて運転をした。試験走路実験と同様に、道路種別毎の一走行における左右加速度及び前後加速度の最大値を用いてデータ特性の調査を行った。

#### ○ 公道走行における実験結果

図8と図9に、通常走行時における都市間高速、山岳道、一般道、都市内高速の道路種別毎に収集した最大左右加速度、最大前後加速度データの分布を示す。また、道路種別毎の分布の平均も合わせてプロットした。

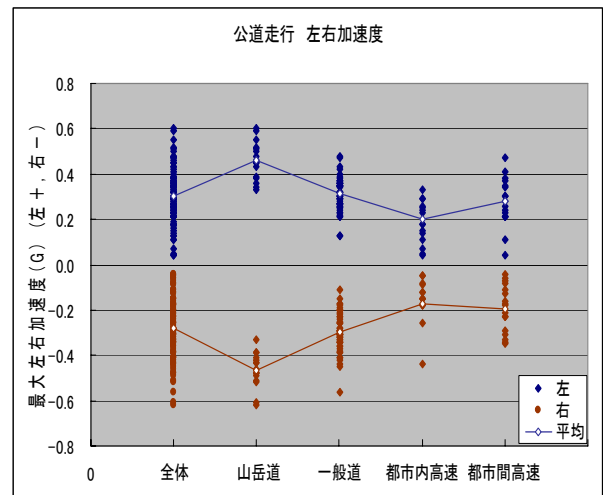


図8 道路種別—最大左右加速度特性

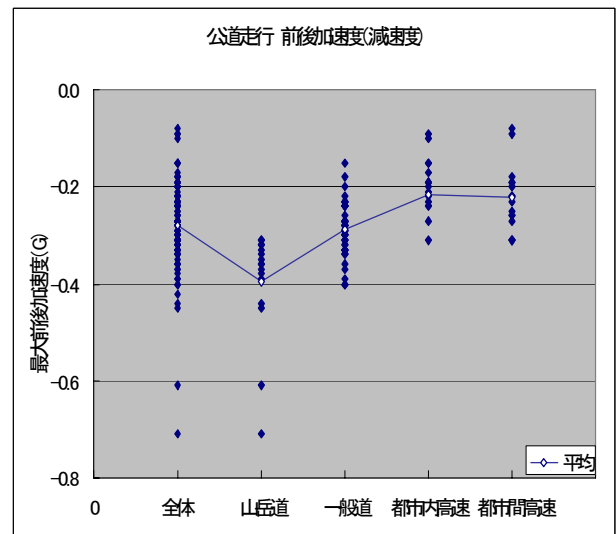


図9 道路種別—最大前後加速度特性

この図の結果より、高速道路で収集したデータではハンドル操作が小さく加減速も小さい、山岳道路ではハンドル操作が大きく加減速も大きいという特徴を持ったデータが得られ、道路種別に依存して最大加速度が変化していることがわかる。

### 3-2 ヒヤリハットを検出する閾値の設定

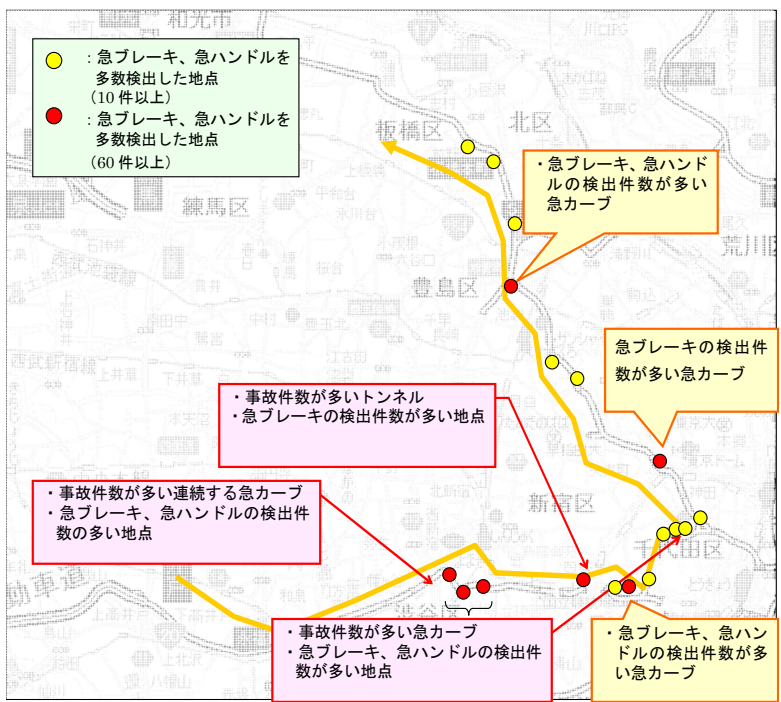
試験走路と公道でのデータから得られた特徴を整理すると以下の通りである。

- (1) 収集した加速度データを分析した結果、路面状態や車種に依存した傾向は明確に検出されなかったのに対して、走行速度、道路種別、ドライバーの個人差に依存する傾向が見受けられた。
- (2) 高速道において取得された最大加速度は、山岳道や一般道よりも小さい傾向にある。

上記結果から、一般道や山岳道に比べ最大加速度が小さい傾向にある高速道のヒヤリハット事象を検出できれば、最大加速度がより大きい傾向にある一般道や山岳道においても、設定した閾値を適用していく事が可能と考えられる。

そこで、高速道のヒヤリハットを検出できる閾値として、個人特性のばらつきを吸収するため表2の85パーセンタイル値を基準とし、車載器の取付け精度やセンサのノイズ成分等を考慮して、最終的に下記の値に設定した。

閾値：左右加速度： ±0.22G  
前後加速度： -0.30G



(凡例)  
赤色枠：事故多発地点  
黄色枠：ヒヤリハット地点

### 4. ヒヤリハットマップの受容性検証

3-2 で設定した閾値の妥当性を検証するため、都市内高速道路において車両挙動データを収集する走行実験を行った。

この実験では、42名のドライバーに、約30km区間を延べ126回往復してもらうことにより車両挙動データを収集した。図10のヒヤリハットマップは、左右加速度、前後加速度データが閾値を超えたイベント数に応じて道路地図上にプロットして作成したものであり、黄色は10件以上、赤色は60件以上閾値を超えた地点を地図上にプロットした。

都市内高速道路における事故多発地点は全て地図のプロット点に含まれていた。さらに、事故多発地点以外にも潜在的なヒヤリハット地点が3箇所検出された。

設定した閾値により、事故多発地点との相関が高かったことから、設定値は妥当であったと考えられる。

次に、図10のヒヤリハットマップについて一般ドライバーに対して以下の観点から見たアンケート（図11、回答者数56名）を実施した。

- (1) 安全走行支援サービスとしての有効性
- (2) 自車の車両情報を提供する抵抗感

図10 ヒヤリハットマップ

安全走行支援サービスとしての有効性については、7割以上の回答が「役立つ、どちらかといえば役立つ」であり、概ね認められた。また、「忘れてしまう、カーナビで表示して欲しい」との意見も多数あり、ヒヤリハット地点のカーナビ画面での情報提供についても今後検討していく必要があると考える。(図11)

また、自車の車両挙動データを収集されることによる自車位置が特定される抵抗感についても、8割以上の回答が「抵抗がない、あまり抵抗がない」であった。多くのドライバーがその理由を「安全施策に貢献できるから」と回答しており、車両挙動データを一般車両から収集する仕組みの受容性は高いと考えられる。

### 5. まとめ

カーナビゲーションシステムから収集可能な車両挙動データ（プローブデータ）を活用した安全走行支援サービスについて検討した結果、以下の知見を得ることができた。

- (1) 収集した加速度データを分析した結果、路面状態や車種に依存した傾向は明確に検出されなかったのに対して、走行速度、道路種別、ドライバーの個人差に依存する傾向が見受けられた。

- (2) 今回、検証して得られた閾値は、高速道路上の事故多発地点との相関が高かったことから都市高速道路においては妥当な設定値と考える。
- (3) ヒヤリハットマップの有効性及び仕組みの受容性が概ね確認でき、安全走行支援サービスとして成立する可能性が認められた。

今後は、カーナビ画面への提供を含めたヒヤリハット情報の情報提供方法について、その効果を検証していく予定である。また、ITS 車載器からアップリンクされるプローブデータの仕様化が進められていることから、プローブデータによるヒヤリハット箇所検出システムの実現化を図っていく予定である。

### 参考文献

- (1) Hiroyuki Oorui, Hiroyuki Mizutani et al, "Report on AHS Field Operational Tests on the Tokyo Metropolitan Expressway (Sangubashi)" 11th World Congress on ITS Oct. 2004.
- (2) 牧野, 高宗ら: DSRC によるアップリンク情報を活用した走行支援サービスの検討, 第4回 ITS シンポジウム 2005.
- (3) Setsuo Hirai, Hideto Hatakenaka etc, "INCIDENT DETECTION BY PROBE DATA", 13th World Congress on ITS Oct. 2006.

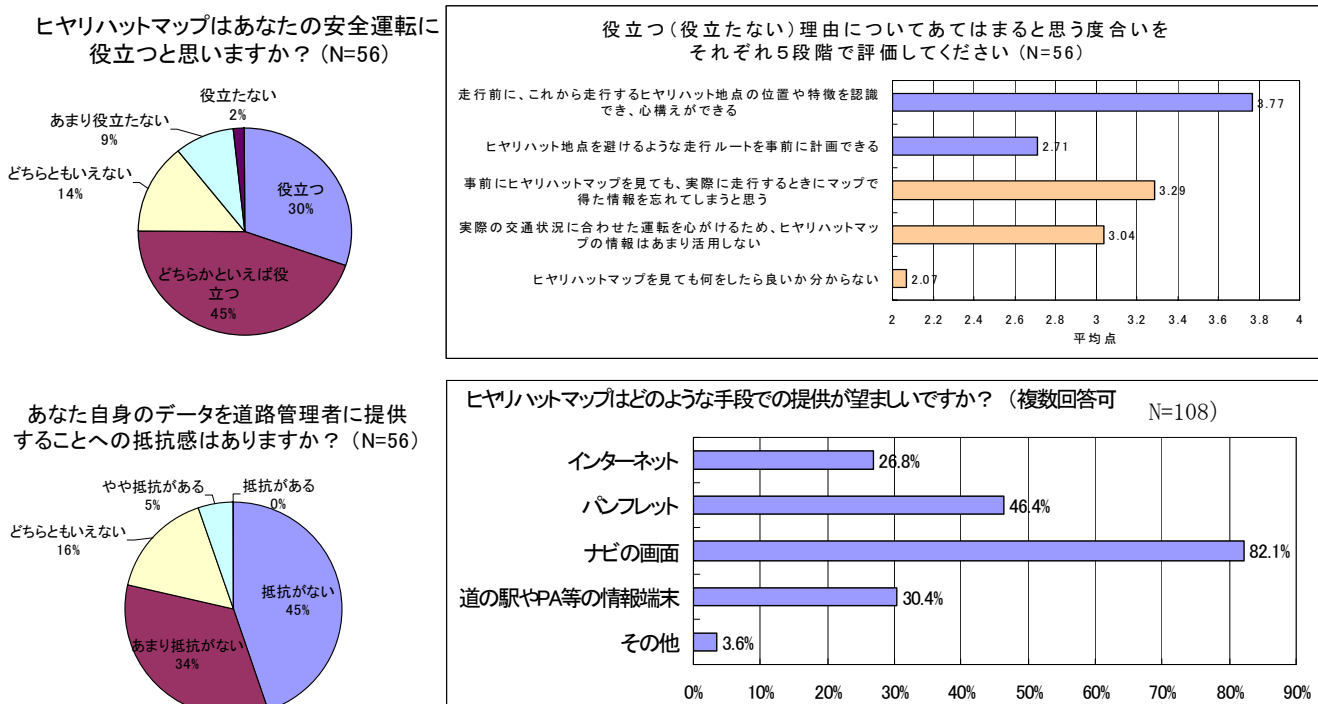


図11 ヒヤリハットマップ アンケート結果