

# ETC2.0プローブ情報の視程障害事象検出への活用検討

成嶋 晋一<sup>1</sup>・村重 至康<sup>2</sup>・Jian Xing<sup>3</sup>・土井 元治<sup>4</sup>・須田 茂登弘<sup>5</sup>

<sup>1</sup>非会員 (株)高速道路総合技術研究所 (〒194-8508 東京都町田市忠生1-4-1)  
E-mail:s.narushima.aa@ri-nexco.co.jp

<sup>2</sup>非会員 (株)高速道路総合技術研究所 (〒194-8508 東京都町田市忠生1-4-1)  
E-mail:y.murashige.aa@ri-nexco.co.jp

<sup>3</sup>正会員 (株)高速道路総合技術研究所 (〒194-8508 東京都町田市忠生1-4-1)  
E-mail:xing@ri-nexco.co.jp

<sup>4</sup>非会員 (株)道路計画 (〒170-0013 豊島区東池袋2-13-14 マルヤス機械ビル5F)  
E-mail:m\_doi@doro.co.jp

<sup>5</sup>正会員 (株)道路計画 (〒170-0013 豊島区東池袋2-13-14 マルヤス機械ビル5F)  
E-mail:suda@doro.co.jp

本稿は、ETC2.0プローブ情報の利活用方法として、高速道路で発生する霧による視程障害事象の検出の可能性について検討したものである。霧による視程障害が多く発生している大分自動車道の湯布院～別府間をケーススタディとし、現地に設置されている視程計（透過率計・VI計）で観測された視程距離により通常時と視程不良時に区分したETC2.0プローブ情報の走行履歴情報（走行速度）の比較を行うことにより、霧による視程障害発生時にドライバーが速度を落とす閾値や、当該区間の気象変化地点を把握した。その結果、ETC2.0プローブ情報は、既存の視程計の設置位置の妥当性検証、視程障害発生区間における効率的な視程計配置計画や適切な速度規制の検証への活用可能性があることを確認した。

**Key Words :** probe data, ITS spot, expressway, visibility obstruction

## 1. はじめに

現在、高速道路を中心に全国で約1600基のITSスポットが運用されており、車両にETC2.0対応車載器・カーナビを搭載したドライバーは車載器と路側に設置されたITSスポットとの路車間通信により、対応カーナビを通じて広域の道路交通情報や安全運転支援情報等の情報提供サービスに加え、ETC（料金収受）サービスを受けることができる<sup>1)</sup>。一方、道路管理者はこれらの情報サービス等の提供を行うと同時に、同意を得たドライバーからは車両の走行位置や速度等のプローブ情報を取得<sup>2)</sup>している。道路管理者等は、これら取得したプローブ情報を分析することにより、高速道路上の速度低下や車両挙動の特異地点や車両の走行経路等の把握を従来の手法と比較し容易に行うことが可能となったことから、得られたプローブ情報を交通事故対策・渋滞対策等の道路事業の現場へ利活用すべく取組みを始めつつある<sup>3)</sup>。本研究は、ETC2.0プローブ情報の道路管理への利活用の一例と

して、プローブ情報と気象観測データを用いることにより、霧による視程障害事象の検出の可能性を検討したものである。

## 2. プローブ情報の概要

### (1) プローブ情報の種類

高速道路等の路側に設置されたITSスポットとETC2.0対応車載器との路車間通信により収集されるプローブ情報は、基本情報・走行履歴情報・挙動履歴情報で構成されている。

基本情報は車載器・カーナビに関する情報及び車両に関する情報である。走行履歴情報は匿名化された車両ID、時刻、緯度・経度、道路種別（高速道路、都市高速道路、一般道路、その他）、速度の点列データで、前回蓄積した地点から200m（または100m）走行した時点、進行方位が前回蓄積した時点から45度（または22.5度）

以上変化した時点で蓄積される。ただし、走行開始地点や走行終了地点などの個人情報に関わる情報は収集されない<sup>2)</sup>。また、挙動履歴情報は時刻、車両ID、緯度・経度、方位、道路種別、前後加速度、左右加速度、ヨー角速度等の点データで、前後加速度・左右加速度・ヨー角速度のいずれかが閾値を超えた時のピーク値が蓄積される。走行履歴情報及び挙動履歴情報の概要を表-1に示す。

表-1 プローブ情報（走行履歴・挙動履歴）の概要

走行履歴		挙動履歴		挙動履歴の閾値	
項目	単位等	項目	単位等	項目	閾値
時刻	秒	時刻	秒	前後加速度	-0.25 G(減速)
車両ID	77桁コード 0~24時ごとに更新	車両ID	走行履歴と同じ	左右加速度	±0.25 G
緯度/経度	度	緯度/経度	度	ヨー角速度	±8.5 deg/sec
速度	km/h	前後加速度	G	※左右加速度・ヨー角速度は左旋回時が正、右旋回時が負	
道路種別	1:高速道路 2:都市高速 3:一般道路 4:その他	左右加速度	G		
		ヨー角速度	deg/sec		
		速度	km/h		
		道路種別	走行履歴と同じ		

## (2) マップマッチング

本検討は高速道路上で記録されたプローブ情報を用いた検討である。プローブ情報（走行履歴情報及び挙動履歴情報）の位置情報は緯度経度で与えられている地図上での情報であり、緯度経度のみの位置情報では、プローブ情報がどの地点における車両の動き等を記録した情報であるのかを把握するのは容易ではない。高速道路上の車両の動きやその位置等を容易に把握するためには、大量にあるプローブ情報から高速道路上で記録されたプローブ情報のみを抜き出すことや、緯度経度を高速道路に関連付けた位置情報に変換を行う必要がある。一般的に、高速道路では道路管理上の位置情報は距離標(kp)を使用しているため、本検討では次の手順により、プローブ情報の高速道路へのマッチング及び位置情報を緯度経度から距離標(kp)情報への変換を行った。

- デジタル道路地図データを基に高速道路の0.01kp毎の緯度経度対応表を作成し、その表を基に0.01kp毎のリンクデータを作成。
- プローブ情報（走行履歴情報及び挙動履歴情報）の1件ごとの緯度経度の位置(点)と0.01kpのリンクデータ(線)との距離(離れ)を算出。
- 距離が許容範囲内であれば、高速道路にマッチングしたものとし、その垂線の足の位置を当該データの距離標(kp)とする。

なお、デジタル道路地図の精度やGPSの誤差を考慮し、本検討においては距離の許容範囲は20mとした。

参考として、図-1にマップマッチングのイメージを示す。この場合、プローブ情報の点aは0.01kpリンクデータとの距離が10mのため、高速道路にマッチングしたものとし、その位置情報は点aからの垂線の足の位置(点A)を距離標(1.045kp)とした。また、点bは0.01kpリン

クデータとの距離が30mのため、高速道路にはマッチングしないものとした。

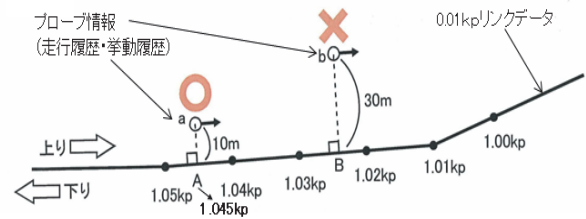


図-1 マップマッチングのイメージ

## 3. 視程障害事象検出の活用検討

### (1) 検討区間の概要

#### a) 検討の対象区間

今回、視程障害事象検出への活用可能性を検討する対象区間は、霧による視程障害事象が多く発生し、視程障害事象を検出するための観測機器である透過率計(以下、VI計)が高密度で設置されている大分自動車道(以下、大分道)の湯布院~別府間とした。当該区間の道路線形及びVI計の設置位置を図-2に示す。

なお、本検討区間には車両感知器が1箇所しか設置されており、これまでは霧による交通流への影響を連続した区間として観測できない状況であったが、プローブ情報を使用することにより、定量的な分析が可能となったものである。

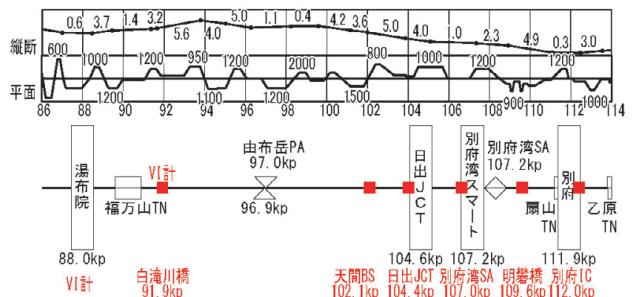
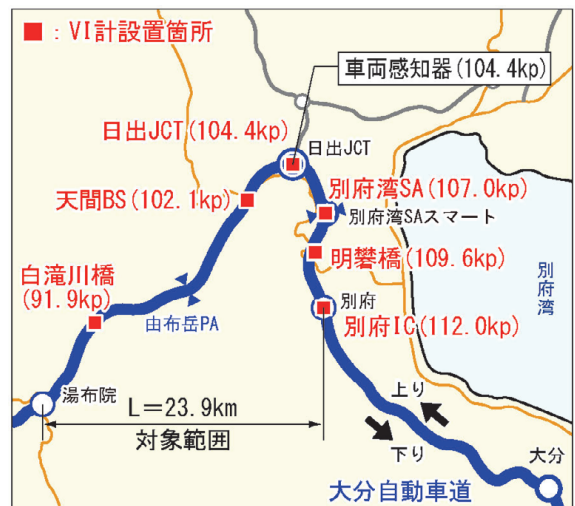


図-2 大分道(湯布院~別府間)のVI計設置位置

b) 霧による視程障害発生状況

大分道（湯布院～別府間）で発生する霧は、主として、別府湾の方から大分道がある山側へ風（北東の風）が吹くと、湿った空気が山の斜面をはい上がることで、空気が冷やされ空気中の水分が飽和状態に達した際に発生する滑昇霧及び、滞留した冷たい空気の上に低気圧の接近に伴う暖気が流れ込み、冷気と暖気の境界面付近での温度差により空気が飽和状態となった際に発生する移流霧である<sup>4)</sup>。

これら霧に対する対策として、視程改善のための防霧ネットや路上照明等の様々な対策<sup>4)</sup>を実施しているが、霧による視程障害に起因する速度規制は70～90日/年程度、通行止めは26日/年発生している（表-2）。

表-3は平成24年1月～平成26年9月の各観測地点においてVI計により計測された5分ピッチの視程距離（以下、視程距離）の分布である。視程距離が150m未満となる時間割合が多いのは、別府湾SA付近（107.7kp）や日出JCT付近（104.4kp）であり、全時間に占める割合は5%程度となっている。この地点付近が霧による視程障害が多く発生していると推測される。

表-2 交通規制実施状況

IC区間	霧50キロ規制			霧通行止め		
	延べ時間 (時/年)	日数 (日/年)	平均時間 (時間/日)	延べ時間 (時/年)	日数 (日/年)	平均時間 (時間/日)
湯布院～日出JCT	788.6	91	8.7	341.0	26	13.1
日出JCT～別府	641.8	74	8.7	341.0	26	13.1

※NEXCO九州支社データ（H24.10～H26.9の集計値）

表-3 観測地点別の視程距離分布（H24.1～H26.9）

観測地点	白滝川橋 91.9k p	天間BS 102.1k p	日出JCT 104.4k p	別府湾SA 107.0k p	明礬橋 109.6k p	別府IC 112.0k p
	サンプル数	1,198	8,900	13,802	16,509	7,218
0≦視程距離<150	2,407	5,009	11,292	8,195	7,929	2,326
150≦視程距離<300	2,318	9,259	23,832	8,213	10,078	1,000
300≦視程距離<450	281,857	259,997	239,413	252,600	259,461	281,351
構成比率	0.4%	3.1%	4.8%	5.8%	2.5%	1.2%
150≦視程距離<300	0.8%	1.8%	3.9%	2.9%	2.8%	0.8%
300≦視程距離<450	0.8%	3.3%	8.3%	2.9%	3.5%	0.3%
450≦視程距離	97.9%	91.8%	83.0%	88.5%	91.1%	97.6%

c) プローブ車両の走行台数の推移

対象区間におけるプローブ車両（ITSスポットにプローブ情報をアップリンクしている車両）の台数を走行履歴情報の車両IDより算出した。図-3に平成24年1月～平成26年9月間の月別の日平均プローブ車両台数の推移を示す。当該区間のプローブ車両はH26年4月より急激に増加し、平成26年の9月平均で65台/日となっている。

(2) 視程障害検出の活用検討

現地に設置されているVI計の観測値及びプローブ情報（走行履歴情報）を用いて、視程距離と走行速度の関係から霧による視程障害の検出可能性について検討を行った。

a) 時空間座標上の視程距離と車両個々の速度変化

霧による視程障害区間に進入した個々のプローブ車の走行速度変化を把握するため、縦軸に時刻、横軸に走行位置（kp）をとった同一の時空間座標に、霧発生時における階層別の視程距離とプローブ車両の階層別走行速度をプロットした図を作成した。作図は平成26年4月～9月の6ヶ月間について行った。図-4に平成26年6月27日の上り線の図より、0時～14時までの時刻及び日出JCT～別府ICの区間を部分的に抽出した事例を示す。

図中の丸印はプローブ車両1台毎の走行速度（km/h）を、白黒のグラデーションの帯は視程距離（m）を示している。走行速度を示す丸印は、赤色が60km/h以下、黄色が60km/h超から80km/h以下、水色は80km/h超の3つの階層で区分し、視程距離を示す白黒のグラデーションは濃色から薄色に変化するにつれ、視程距離が150m未満、150m以上～300m未満、300m以上～450m未満、450m以上の4つの階層に区分をした。なお、VI計で計測された視程距離は、VI計設置地点のみの定点計測値であるが、本図においては隣接しているVI計の設置地点の中間地点までをそのVI計の勢力範囲とし、勢力範囲内では同じ視程距離であると仮定した。

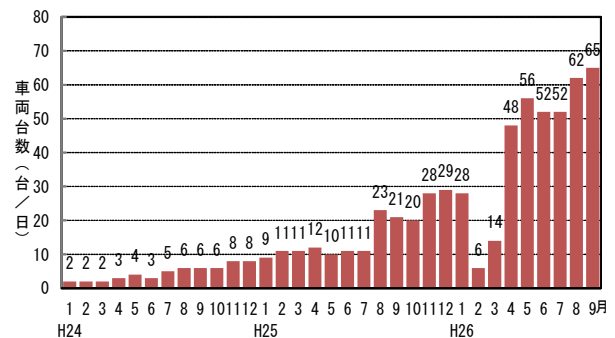


図-3 大分道（湯布院～別府間）の月別日平均プローブ車両台数

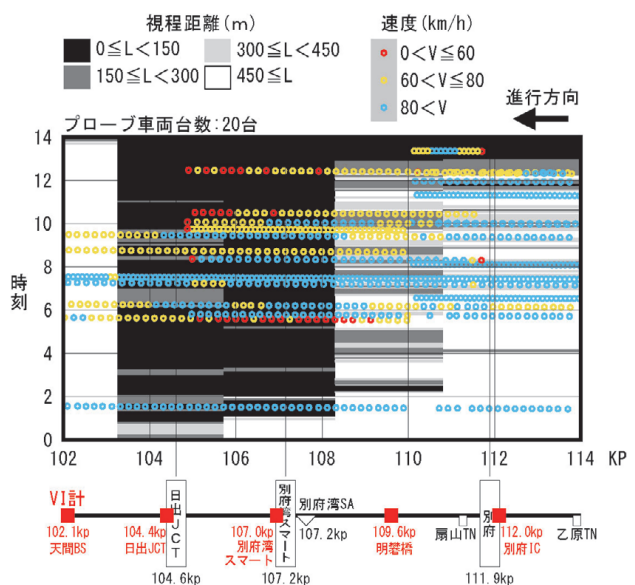


図-4 霧発生時のプローブ車両の速度変化

図-4より、走行する車両は視程距離が長く視程障害が発生していない区間では80km/hを超える速度で走行しているが、視程距離が短い区間に進入すると、走行速度が60km/h以下に低下する車両が出現することが確認できた。また、抽出した以外の日や区間においても同様な事例がみられた。

### b) 視程距離と走行速度

視程不良時におけるプローブ車両の走行速度の低下量を定量的に把握するため、50km/hの速度規制を実施する上での目安である視程距離150m<sup>3)</sup>を閾値とし、視程距離150m以上と視程距離150m未満の状況時におけるプローブ車両の走行速度の比較を行った。使用したデータは、VI計設置地点の上下流500mの計1km区間を通過したプローブ車両の走行速度とし、その区間で交通流に影響を与える事象（渋滞、落下物・故障車等の交通障害及び速度規制以外の交通規制）が発生している場合は、比較対象のサンプルから除外した。なお、データの集計期間は、より多くのサンプル数を得るため平成24年1月～平成26年9月までの33ヶ月間とした。

図-5に別府湾SA付近（107.0kp）で取得されたプローブ車両の走行速度の累加百分率曲線を示す。別府湾SA付近では、視程距離が150m以上の状況時のプローブ車両の平均走行速度は、上り線・下り線ともに96km/hであるが、視程距離が150m未満の視程不良時には、上り線で83km/h、下り線で77km/hとなり、上り線では13km/h、下り線では19km/hの走行速度の低下がみられた。

視程距離が150m未満となる視程不良時には、上り線

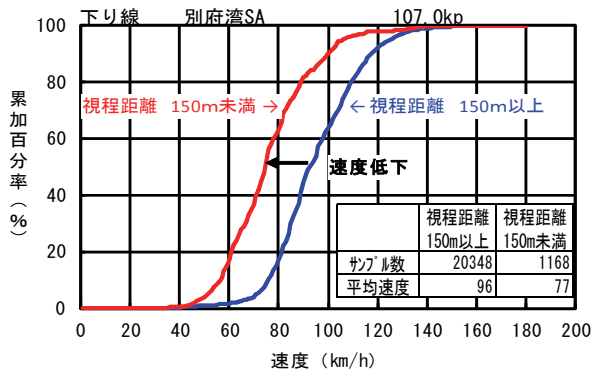
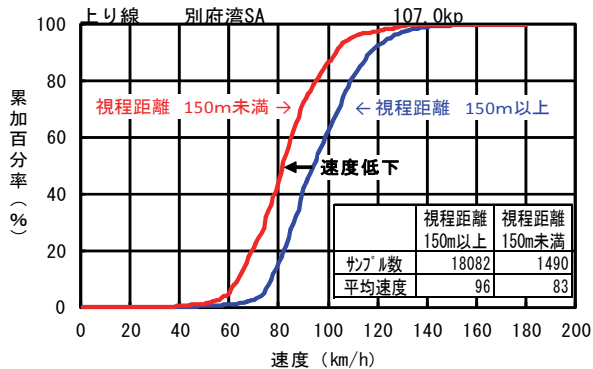


図-5 視程距離と速度の累加百分率曲線

で10km/h程度、下り線で20km/h程度の速度低下が発生する傾向は、視程距離150m未満のサンプル数が少ない白滝川橋付近（91.9kp）を除く他のVI計設置地点においても同様である（表-4）。

下り線の方が上り線より走行速度の低下が大きくなる現象については、縦断勾配による影響と考えられる。視程距離150m以上の時はドライバーが意識せずとも、下り線の急な下り坂（-4.0～-5.0%）では走行速度が100km/h程度まで上昇するが、上り線の急な上り坂（+4.0～+5.0%）では走行速度は90km/h程度まで低下するため、上下線で約10km/hの速度差が発生する。一方、視程距離150m未満の時はドライバーが前方の状況把握と回避行動の余裕時間を確保するため、意識的に走行速度を抑制し縦断勾配の影響が小さくなる。結果として、下り線（下り坂）の方が上り線（上り坂）より走行速度の低下が大きくなるものと考えられる。

なお、視程距離150m以上と150m未満の走行速度について、有意水準5%の検定を実施した結果、上り線の白滝川橋付近（91.9kp）を除き有意差が認められた。

表-4 観測地点別のプローブ車両の平均走行速度

観測地点		白滝川橋 91.9kp	天間BS 102.1kp	日出JCT 104.4kp	別府湾SA 107.0kp	明礬橋 109.6kp	別府IC 112.0kp
上り	サンプル数	35	313	911	1,490	370	208
	視程距離<150m	14,412	11,979	11,859	18,082	17,236	22,235
	①視程距離<150m	102	82	79	83	83	87
	②150m≦視程距離	105	91	89	96	92	97
	速度差(①-②)	▲3	▲9	▲10	▲13	▲9	▲10
縦断勾配		-3.5%	+5.0%	+4.0%	+1.0%	+4.9%	+0.3%
下り	サンプル数	37	392	758	1,168	420	228
	150m≦視程距離	23,412	15,933	15,658	20,348	21,779	26,120
	③視程距離<150m	80	89	82	77	84	80
	④150m≦視程距離	95	102	99	96	101	97
	速度差(③-④)	▲15	▲13	▲17	▲19	▲17	▲17
縦断勾配		+3.5%	-5.0%	-4.0%	-1.0%	-4.9%	-0.3%

※縦断勾配の符号は「+」は上り勾配、「-」は下り勾配を表す。

### c) 視程障害判定のための視程距離閾値

視程距離の違いが走行速度に与える影響を詳細に把握するため、視程距離が150m未満の時間発生頻度が高い日出JCT付近（104.4kp）と別府湾SA付近（107.0kp）を対象に、VI計設置地点の前後100m計200m区間を通過するプローブ車両の走行速度について、視程距離階層別に集計し、箱ひげ図で整理をした。図-6に上り線、図-7に下り線の視程距離階層別の走行速度分布を示す。なお、図中の2つのグラフ間の矢印は車両の進行方向を表しており、前項と同様に交通流に影響を与える事象発生時のサンプルは除外した。

進行方向が別府湾SA方面から日出JCT方面へ向かう上り線では、上流側の別府湾SA付近が視程距離150m前後で平均走行速度が89km/hから84km/hに低下し、下流側の日出JCTでは視程距離100m前後で平均走行速度が89km/hから77km/hに大きく低下している。また、進行方向が日出JCT方面から別府湾SA方面へ向かう下り線においても



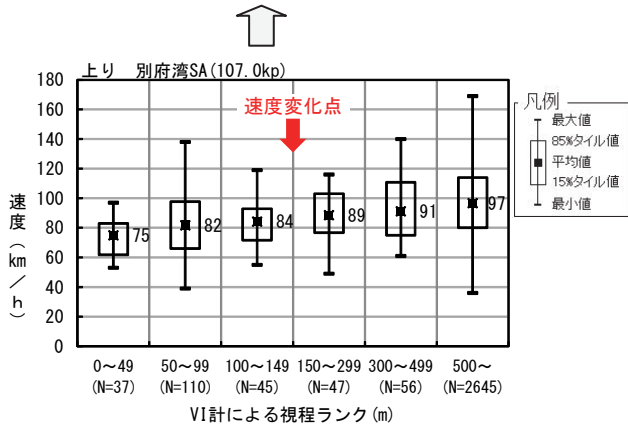
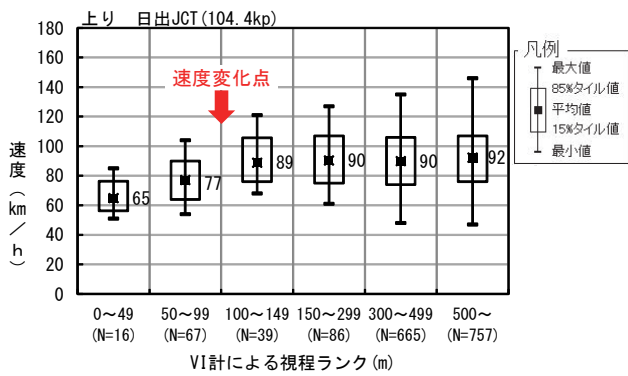


図6 視程距離階層別の速度分布 (平成26年4月~9月)  
(上り線 日出JCT付近及び別府湾SA付近)

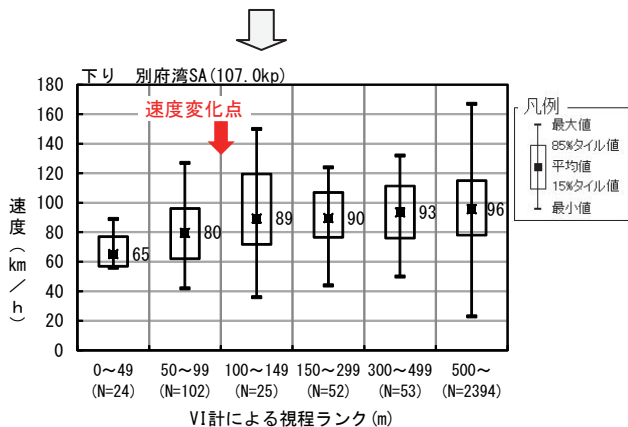
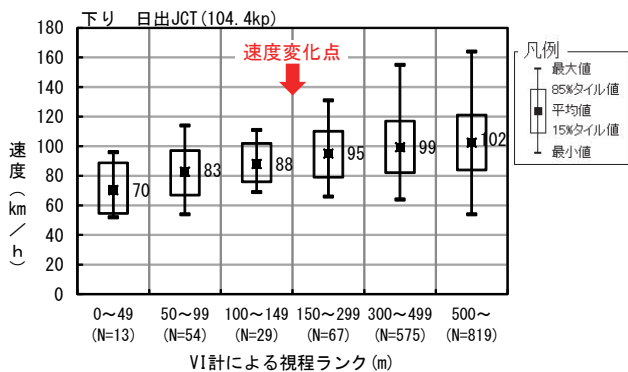


図7 視程距離階層別の速度分布 (平成26年4月~9月)  
(下り線 日出JCT付近及び別府湾SA付近)

上流側の日出JCT付が視程距離150m前後で平均走行速度が95km/hから88km/hに低下しており、下流側の別府湾SA付近では視程距離100m前後で平均走行速度が89km/hから80km/hに大きく低下している。上下線とも視程距離100m~150mが速度の変化点となっており、進行方向の上流側よりも下流側の方が速度低下の量が大きくなっている。車両の進行方向を考慮すると、視程が悪い区間に進入したドライバーは、視程距離が150m程度になると走行速度を落としはじめ、走行過程でさらに霧が濃くなり視程距離が100m以下になると、より速度を落とすという対応をしているものと推察される。

このような状況においてドライバーの走行実感に近いタイミングで効果的に速度規制を実施するためには速度変化点の安全側数値である視程距離150mが目安になると考えられ、現在、目安としている視程距離の妥当性を裏付ける結果となっている。

なお、速度変化点をはさむ二つの速度ランク階層の走行速度について有意水準5%の検定を実施した結果、日出JCTは上下線とも有意差が認められたが、別府湾SAは上下線とも有意差が認められなかった。今回分析に用いたデータは6ヶ月間の霧発生時という限定されたものでありサンプル数が少ない状況での結果である。今後データを蓄積し検討を継続する必要があると考えている。

また分析に先だって渋滞や工事規制など視程障害以外の原因で走行速度に影響を与える事象が発生する区間を通行するプローブデータを除外したが、視程距離が500m以上にもかかわらず走行速度の最小値が20~40km/hに低下するサンプルが見られた。渋滞や工事規制だけでは完全に除外しきれない事象が混在している事に留意する必要がある。

#### d) 霧による気象変化地点の検討

霧による視程障害時に走行車両の速度が低下する視程距離の閾値が150m程度であることを踏まえ、視程距離150m未満を視程不良時、視程距離150m以上を通常時と定義し、霧発生が多い平成26年6月の1ヶ月を対象にそれぞれの状況時におけるプローブ車両の走行速度変動の比較を行った (図-8)。

図中の赤色の折れ線は湯布院~別府間の6箇所のVI計設置地点の何れかの地点において視程距離が150m未満の時に通過したサンプル、緑色の折れ線は全てのVI計設置地点において視程距離が150m以上の状況時で通過したサンプルである。図中の細い折れ線はプローブ車両1台毎の走行速度を示し、太い折れ線は200m毎の平均速度を示している。

通常時と視程不良時の平均走行速度を比較すると、上下線ともに大きな速度差が生じている区間は、103kp付近~111kp付近である。また、視界不良時に平均走行速度が最も低下する地点は、日出JCTへの分流車両の影

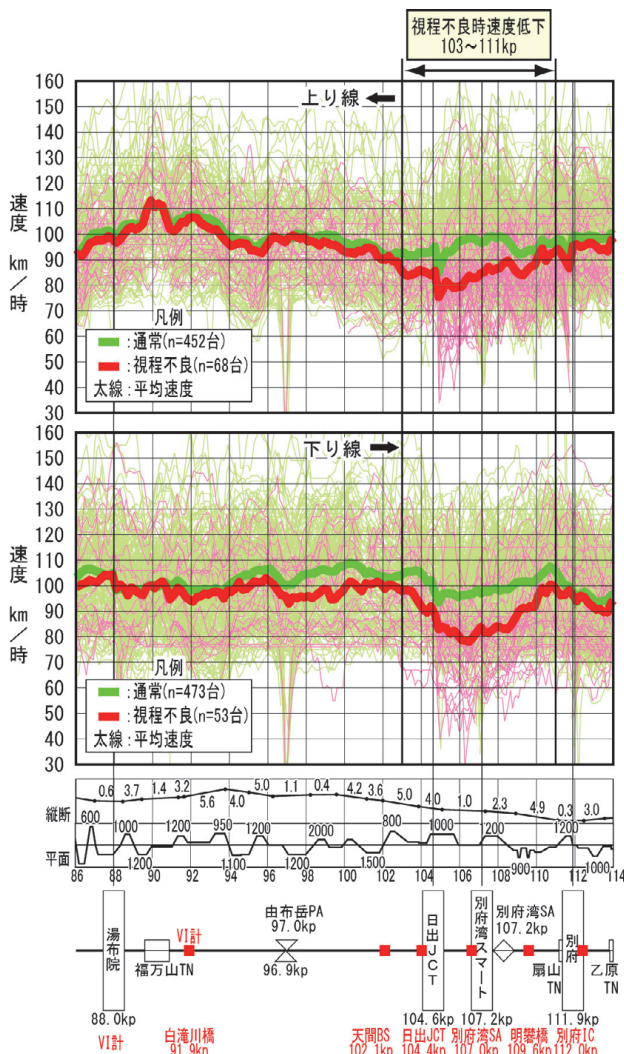


図-8 視程不良時と通常時の速度変動図 (平成26年6月)

響を受けている105kp付近を除けば、上下線ともに日出JCTと別府湾SAのほぼ中間に位置する106kp付近であり、この地点は、通常時との速度差も最も大きくなる地点でもある。視程距離が短くなるほど速度低下も大きくなる傾向を踏まえると、湯布院～別府間で霧が発生した場合、最も視程が悪くなる地点は106kp付近と推察される。

以上より、霧による視程障害が多い湯布院～別府間の中でも特に霧が多発する特異箇所は103kp付近～111kp付近であると考えられ、ちょうどこの区間をカバーするように重点配置されたVI計の設置位置が適切であることが検証された。

#### e) 速度規制時の実勢速度

霧による50km/hの速度規制時の実勢速度を把握するため、霧50km/hの速度規制時間帯を抽出し、前項で速度が最も低下していた106kp付近(105.5～106.5kp)を通過するプローブ車両の走行速度を集計した(図-9)。この結果、規制速度である50km/hを遵守している車両はわずか1%程度に過ぎず、規制速度と実勢速度の間に大きな乖離がある実態が分かった。

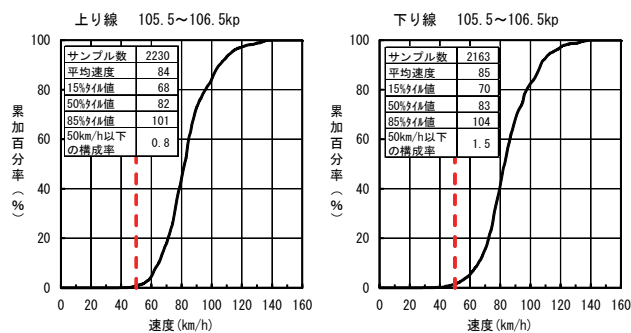


図-9 霧50km/hの速度規制時の実勢速度分布(H26年4月～9月)

## 4. まとめ

本稿は、プローブ情報の利活用方法のひとつとして、高速道路で発生する霧による視程障害事象への活用可能性について検討したものである。

霧による視程障害が多く発生している大分道の湯布院～別府間をケーススタディとし、現地に設置されているVI計により計測された視程距離と当該区間で得られたプローブ情報をもとに霧と速度の関係を分析した。

分析の結果、霧発生時の速度規制の目安とされる視程距離150m未満時のプローブ車両の平均走行速度は視程距離150m以上時と比較し、10km/h～20km/hの速度低下が生じ、特に視程距離が100～150mを境として走行速度は大きく低下することや、当該区間の中でも視程不良時に特に大きく速度低下が発生する地点の位置(103kp付近～111kp付近)が分かった。

以上の結果は、霧による視程障害発生時における大きな速度低下を引き起こす視程距離の閾値や視程障害発生時の速度低下地点の把握がプローブ情報(走行履歴情報)により可能であることを示唆している。このことより、プローブ情報が霧視程障害による速度規制を実施する適切な視程距離の目安の設定や霧による気象変化地点の把握、また、効率的な視程計設置計画に活用できる可能性があると考えられる。さらに、プローブ情報がリアルタイムで利用可能になれば、交通管理隊等の巡回、ITVモニターによる目視確認やVI計による定点計測値を目安として実施している霧による視程障害発生区間の把握や速度規制の実施判断を支援する客観的な指標としてプローブ情報を活用できる可能性があると考えられる。

なお、本検討は大分道の限られた区間かつ限られた期間の少ないデータを利用した分析結果である。よって、本検討結果の適用にあたっては、今後さらに多くのサンプルデータに基づく分析と、視程計設置箇所が少ない他区間への適用可能性について検討する必要があると考えている。

## 参考文献

- 1) 国土交通省 HP : ITS スポット  
[http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html/spot\\_dsrc/naiyou.html](http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html/spot_dsrc/naiyou.html)  
(アクセス日 : 平成 27 年 3 月 17 日)
- 2) 国土交通省 HP : ITS スポット  
[http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html/spot\\_dsrc/oshirase.html](http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html/spot_dsrc/oshirase.html)  
(アクセス日 : 平成 27 年 3 月 17 日)
- 3) たとえば, 木村真也, 野中康弘, 森本紘文, 米川英雄 : ITS スポットプローブデータを用いた渋滞現象分析, 第 33 回交通工学研究発表会論文集, pp.145-148, 2013.
- 4) NEXCO 西日本大分高速道事務所 HP : 五里霧中  
[http://www.nexco-oitakanri.jp/sf\\_drive/](http://www.nexco-oitakanri.jp/sf_drive/)  
(アクセス日 : 平成 27 年 3 月 17 日)
- 5) (財)高速道路技術センター : 霧よる視程障害防止対策に関する検討報告書, 平成 14 年 3 月

(2015.? 受付)

## A Study on Utilizing ETC2.0 Probe Data for Detection of Visibility Obstruction

Shinichi NARUSHIMA, Yoshiyasu MURASHIGE, Xing JAN, Moyoharu DOI and  
Motohiro SUDA