

走行実験によるETC2.0情報提供サービスの 注視・活用状況評価

松田奈緒子・吉村仁志・牧野浩志

1. はじめに

都市高速道路では、短区間に複数の分合流部が存在し、案内標識・情報板・注意喚起看板等の様々な情報提供施設により既に多数の情報提供が行われている。近年、都市圏の高速道路のネットワーク化が進み、今後の料金割引や情報提供による道路ネットワークオペレーションを見据えれば、提供される情報は増加するとともに複雑化することが予想される。

また、今後多様化する利用者に対して効果的な情報提供を行うためには、個々の利用者が最低限必要とする情報を適切なタイミングと手段で提供する必要がある。そのためには、現状の情報提供施設が利用者にとどのように活用されているかを踏まえた上で、従来までの標識・情報板による情報提供と、カーナビ・ETC2.0情報提供サービス¹⁾(以下「ETC2.0情報」という。)等のパーソナルメディアによる情報提供のそれぞれの強みを生かした効果的な情報提供のあり方について検討することが求められる。

しかしながら、高速道路を走行中の利用者がどのように情報提供施設を活用しているかについては、必ずしも知見の蓄積が十分とは言い難い。例えば、ETC2.0情報に関する既往研究では、全国のモニタに対するアンケート調査による検討²⁾、ドライビングシミュレータによる高齢ドライバの情報処理能力を考慮した情報提供の検討³⁾、特定箇所の効果の検討⁴⁾がなされているが、情報の内容に応じた活用のされ方や利用者属性との関係についての検討はなされていない。

そこで、利用者に対する効果的な情報提供方法の検討に向け、多数の情報提供が行われている首都高速道路(以下「首都高」という。)をフィールドに、首都高の利用頻度等の被験者の性別や首都高の利用頻度等の属性と各種情報提供施設の注視や活用のされ方、ストレスとの関係を把握する

ため走行実験を実施した⁵⁾。各情報提供施設の注視状況および活用状況については結果を報告済みである。

本稿では、走行実験で対象とした情報提供施設の中で唯一車内でカーナビから出される情報であるETC2.0情報の効果評価として、注視状況、活用状況の分析結果を報告する。また、ETC2.0情報のうち急カーブ速度注意情報の有効性について、運転挙動履歴、心拍数を用いたストレスに関する分析結果を報告する。

2. 走行実験の概要

走行実験の目的は、都市高速道路における利用者属性と情報提供施設の注視や活用のされ方、情報提供施設とストレスの関係を把握するものである。

走行実験は、平成26年11月14日～12月17日までの平日22日間にわたり、雨天時および可能な限り渋滞時を避け日中に実施した。実験に際しての被験者、走行ルート、走行条件、収集データ、本研究で分析対象とする情報提供施設について以下に述べる。

2.1 被験者

被験者は、首都高の利用頻度の高低(高:月に1~3回利用,低:年に数回利用)、性別が異なる20~50代の男女、合計36名を募集し、利用頻度、性別の属性に応じて表-1に示すグループI(高頻度・男性)、グループII(低頻度・男性)、グループIII(低頻度・女性)の3つのグループにそれぞれ12名ずつ割り当てる。

2.2 走行ルートおよび走行条件

走行ルートを図-1に示す。走行順序は各ルートの交通状況を考慮し、ルートA→ルートB→ルートCの順とし、各ルートを2回ずつ走行する。実験車両には乗用車(1500cc)を用い、カーナビによるETC2.0情報の活用状況の把握のため、ETC2.0情報対応カーナビを搭載する。カーナビの有無は、カーナビの電源をON/OFFに設定することで再現する。ただし、本実験で用いたカーナ

ビは、通常のダッシュボードの中に備え付けられているものである。

また、36名の被験者のうち12名については、ドライバの情報提供施設の注視状況および心拍ストレスを把握するため、アイマークレコーダおよび心拍計を装着した計測を行う。なお、被験者への負担を考慮して、アイマークレコーダによる計測は各ルート1走行目のみとする。カーナビの有無による走行パターンと被験者属性の組み合わせ、および計測を行った被験者数は表-1に示すとおりである。

表-1 カーナビの有無と被験者属性の割り当て

実験車	カーナビの有無			被験者属性グループ			
	ルートA	ルートB	ルートC	I(高頻度/男)	II(低頻度/男)	III(低頻度/女)	合計
1号車	なし	あり	あり	4 (1)	4 (2)	4 (1)	12 (4)
2号車	あり	なし	あり	4 (1)	4 (2)	4 (1)	12 (4)
3号車	あり	あり	なし	4 (1)	4 (2)	4 (1)	12 (4)
合計				12(3)	12(6)	12(3)	36(12)

※被験者属性の()内の数字は生体計測を行った被験者数



図-1 走行実験の走行ルート 地図はGoogleより

2.3 収集データおよび分析対象とするETC2.0情報

実験において収集したデータを表-2に示す。また、本稿で分析対象とするETC2.0情報を表-3に示す。ETC2.0情報は、車内のカーナビを通じて画面および音声により提供される。

表-2 収集データ

収集方法	収集データ	
ドライブレコーダ	位置、速度、加速度	
車載ビデオカメラ	ハンドル操作・ブレーキ操作	
アイマークレコーダ	視線データ	
心拍計	心拍数、心拍の高周波・低周波変動成分	
アンケート	実験開始前	属性(性別、首都高利用頻度等)
	各ルート走行後	情報提供施設の活用状況、走りやすさ等の主観評価
	実験終了後	普段の首都高における情報活用状況、HQL式運転スタイルチェックシート ⁶⁾

表-3 分析対象とするETC2.0情報

情報提供施設の種類/ イメージ「音声」の例	設置箇所数			
	ルートA	ルートB	ルートC	計
経路案内情報 所要時間案内 「首都高の情報です ●●まで○○線で △分かかります」	1	2	1	4
注意喚起情報 急カーブ速度注意 「この先急カーブ、速度注意」 「この先渋滞、追突注意」	0	2	1	3
合流注意 「この先合流に 注意して下さい」	1	0	1	2

3. 注視状況の分析結果

アイマークレコーダにより、被験者属性ごとのETC2.0情報(画面)の注視状況を確認した。既往知見⁷⁾に基づき、0.165秒以上(5フレーム以上)停留した場合を「注視」と定義した。なお、分析にあたっては、走行速度30km/h以下のケース、ETC2.0情報が非表示のケースは除外している。

情報提供施設ごとの注視時間分布を図-2に示す。経路案内系ETC2.0情報(画面)は、全く注視されていない。注意喚起系ETC2.0情報(画面)についても一部注視されているが、注視時間が極めて短い。これは、道路構造や交通状況の変化が大きい首都高では、運転中にカーナビ画面を見る余裕が少ないためと考えられる。

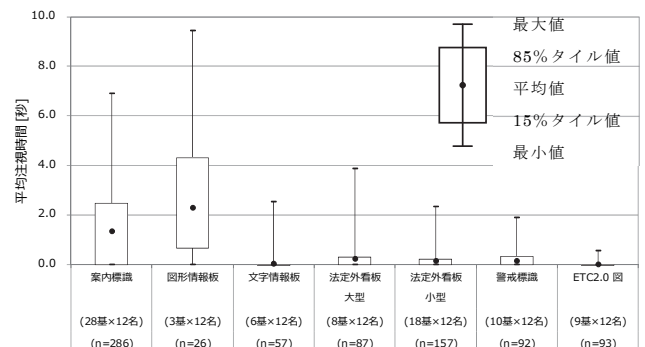


図-2 情報提供施設ごとの注視時間分布

4. アンケートによる情報活用状況の分析結果

各ルート上の情報提供施設が被験者にどの程度活用されているかを把握するために、走行直後にアンケートを行い、その情報提供施設を参考にしたかを調査した。参考とした場合にその情報提供施設を活用したものとみなすことで、情報提供施設が提供する情報の活用状況を把握する。

なお、分析にあたっては、ETC2.0情報が非表示のケースは除外している。

4.1 他の情報提供施設と比較した情報活用率

他の情報提供施設と比較したETC2.0情報の情報活用率の分布を図-3に示す。ここで情報活用率とは、2回の走行において、ある情報提供施設を全被験者の何割が活用したか（アンケート調査で「参考にした」と回答したか）を表すものである。

ETC2.0情報（画面）は平均情報活用率が約4割である。3.1で述べたようにカーナビ画面は全く注視されていないものの、周辺視野等によって把握し、活用されていると思われる。

一方、ETC2.0情報（音声）は平均情報活用率が約7割と図形情報板、案内標識に次いで高く、路面標示、法定外看板（大・小）、警戒標識よりも平均情報活用率が高い。構造が複雑で交通量や情報量の多い都市高速道路において、音声による案内が有効であると考えられる。

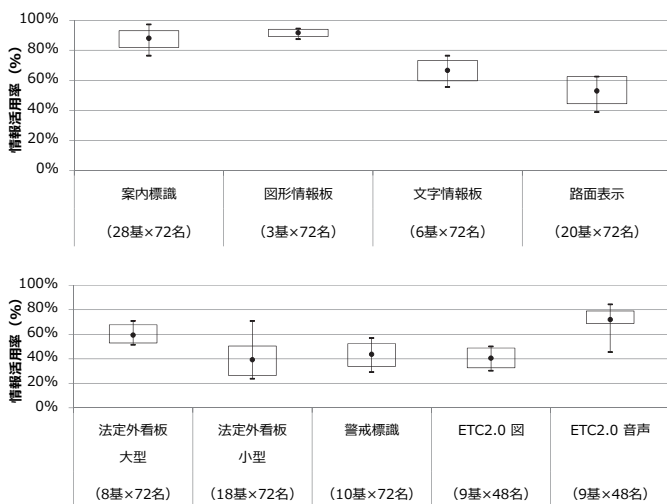


図-3 情報提供施設種別ごとの情報活用率の分布

4.2 サービスごとの情報活用率

ETC2.0情報（画面・音声）の内容ごとの情報活用率の分布を図-4に示す。

ETC2.0情報（画面）については、急カーブ速

度注意情報（以下「カーブ注意情報」という。）、合流注意情報、所要時間案内情報のいずれも4割だった。ETC2.0情報（音声）については、所要時間案内情報が8割と最も高く、カーブ注意情報が7割、合流注意情報は6割である。注意喚起情報、経路案内情報いずれも活用率が高いといえる。

4.3 被験者属性ごとの情報活用率

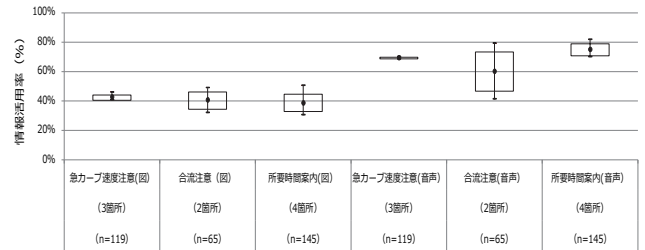


図-4 ETC2.0情報のサービスごとの情報活用率の分布

被験者属性ごとのETC2.0情報の活用率の平均値を表-4に示す。

性別による活用率の差は画面、音声ともにみられない。首都高利用頻度の違いによる活用率の差をみると、画面、音声とも情報の内容に関わらず利用頻度が低い被験者の活用率が高い。特に、t検定により、画面による急カーブ速度注意について有意差がみられる（ $P=0.013$ ）。

表-4 情報活用率の平均値と差の検定結果

ETC2.0情報 (画面)	首都高利用頻度			性別		
	高 (標準偏差)	低 (標準偏差)	P値 (N)	男 (標準偏差)	女 (標準偏差)	P値 (N)
所要時間案内	34 (0.201)	38 (0.057)	0.732 (145)	36 (0.149)	39 (13.4)	0.706 (145)
急カーブ 速度注意	29 (0.071)	49 (0.081)	0.013* (119)	41 (0.149)	44 (0.039)	0.766 (119)
合流注意	25 (0.107)	46 (0.168)	0.265 (65)	40 (0.166)	37 (0.202)	0.889 (65)

ETC2.0情報 (音声)	首都高利用頻度			性別		
	高 (標準偏差)	低 (標準偏差)	P値 (N)	男 (標準偏差)	女 (標準偏差)	P値 (N)
所要時間案内	67 (0.102)	76 (0.073)	0.134 (145)	72 (0.149)	75 (13.4)	0.653 (145)
急カーブ 速度注意	62 (0.006)	74 (0.133)	0.101 (119)	73 (0.138)	64 (0.039)	0.380 (119)
合流注意	43 (0.143)	67 (0.240)	0.345 (65)	59 (0.230)	60 (0.262)	0.974 (65)

** : $p < 0.01$, * : $p < 0.05$

4.4 情報活用率のロジスティック回帰分析

被験者のETC2.0情報の活用率に及ぼす影響要因を明らかにするため、ロジスティック回帰分析を行う。目的変数は、ETC2.0情報の内容ごとの被験者の情報活用の有無（無=0，有=1）とし、説明変数の候補として表-5に示す利用者属性、普段の情報利用特性、走行条件、情報提供施設に関

する条件等を考慮し、情報提供施設の種別ごとにモデルを構築する。構築した各モデルのパラメータ推定結果を表-6に示す。

所要時間案内情報（画面）については、走行順序が有意であり、走行2回目は1回目と比べ活用率が高まることわかる。ETC2.0情報への慣れや運転の慣れの影響が考えられる。また、普段首都高走行中に情報提供施設を確認する被験者は、確認しない被験者と比べ活用率が高い。

カーブ注意情報（画面）については、利用頻度が有意であり、首都高利用頻度が低いほど活用率が高まる。

また、合流注意情報（音声）については、利用頻度が有意であり、首都高利用頻度が低いほど活用率が高まる。また、同時情報占有率が有意であることから、同時に情報提供される施設数が少ないほど活用率が高い。

5. 急カーブ注意サービスの分析結果

本実験はルートを設定して実施したため、所要時間案内サービスを活用してルート変更することはなく、所要時間案内サービスの効果の詳細な把握は難しい。注意喚起情報の中でサービス件数の多いカーブ注意情報の効果を把握するため、カーブにおける減速開始地点、減速量、およびストレスに関する分析を行う。減速開始地点、減速量、ストレスは、それぞれ車載ビデオカメラ、ドライブレコーダ、心拍計によるデータの分析により把握した。

分析対象箇所は、ETC2.0情報の非表示ケースが少なくサンプル数の多い新宿カーブ（ルートB）とする。新宿カーブは、カーブ延長210m、R=86m、情報提供からカーブまでの距離220mである。

新宿カーブにおけるカーブ注意情報は、センサが渋滞を検出せず、走行速度が50km/h以上の場合は、急カーブ速度注意情報が提供され、センサがカーブ先の渋滞を検出した場合は、渋滞追突注意情報が提供される。

なお、分析にあたっては、情報が非表示のケースは除外している。

表-5 分析で考慮した説明変数の候補

変数名		定義
属性	利用頻度ダミー	首都高利用頻度：低:1、高=0
	性別ダミー	女性=1、男性=0
情報提供施設の利用特性	道路交通状況の事前確認の有無ダミー	普段首都高を利用する際に、事前の道路交通状況の確認の有無：有=1、無=0
	普段のナビの利用の有無ダミー	普段の運転の際に経路案内としてカーナビやスマホの利用の有無：有=1、無=0
	経路変更の有無ダミー	出発前に選択した経路の走行中の変更の有無：有=1、無=0
	情報提供施設の確認の有無ダミー	首都高走行中のカーナビやスマホ以外の情報提供施設の確認の有無：有=1、無=0
走行条件	走行順序ダミー	2回目=1、1回目=0
情報提供施設に関する条件	情報提供箇所ダミー	情報提供箇所：直線=1、カーブ=0
	文脈一致ダミー	被験者の目的地に関する情報が含まれているか否か：一致=1、不一致=0
	注意対象箇所までの距離	注意対象箇所までの距離
	同時情報占有率[%]	1/(当該箇所における情報施設数n)
	他の注意喚起系情報の有無	150m以内 ¹⁰⁾ の他の注意喚起系情報の有無:有:1、無:0
	注意喚起情報の種類	速度注意:1、渋滞追突注意:0

表-6 ETC2.0情報活用率推計モデルのパラメータ推定結果

説明変数/目的変数の情報	所要時間案内 (画面/音声)		カーブ注意 (画面/音声)		合流注意 (画面/音声)	
	0.890	0.418	1.184*	0.972	1.004	2.510*
利用頻度ダミー	0.890	0.418	1.184*	0.972	1.004	2.510*
性別ダミー	-0.413	0.008	-0.405	0.566	-0.032	-0.842
道路交通状況の事前確認ダミー	0.505	0.159	-0.012	0.362	-0.389	0.055
普段のナビ利用有無ダミー	0.913	0.169	-0.129	1.440	0.629	1.724
経路変更の有無ダミー	-0.037	0.667	0.062	0.035	1.095	1.319
情報提供施設の確認有無ダミー	2.302*	-	-	-	-	2.830
走行順序ダミー	1.328**	0.675	0.073	0.281	0.901	1.522
情報提供箇所ダミー	0.693	0.407	-	-	-	-
文脈一致ダミー	-0.327	0.693	-	-	-	-
注意対象箇所までの距離[m]	-	-	-	-	-	-
同時情報占有率[%]	4.514	1.578	-1.424	0.176	9.838	27.672**
他の注意喚起情報の有無ダミー	-	-	-	-	-	-
注意喚起情報の種類ダミー	-	-	0.635	0.221	-	-
定数項	7.261**	0.699	-1.167	1.176	4.557*	12.102**
Nagelkerke R2	0.219	0.104	0.104	0.118	0.227	0.498
的中率	70%	71%	62%	68%	68%	83%
N	146	146	119	119	65	65

**：1%有意、*：5%有意

5.1 サービスごとの情報活用率

以下の3つの場合によるカーブ注意情報提供地点を通過後の減速開始地点までの距離の分析結果

を図-5に示す。カーナビの活用、未活用は4.1で述べたアンケートによる定義である。

- ・カーナビ (ETC2.0情報) 有かつ活用した場合
- ・カーナビ (ETC2.0情報) 有かつ未活用の場合
- ・カーナビ (ETC2.0情報) 無の場合

なお、減速開始地点は車載ビデオカメラにより、減速行動 (アクセルOFFもしくはブレーキON) を確認した位置とする。

ETC2.0情報 (カーブ注意情報) を受け、それを活用したドライバは、カーブ注意情報を受けてからカーブ進入部までに全ての被験者が減速行動を開始している。未活用のドライバおよびETC2.0情報 (カーブ注意情報) を受けていないドライバと比べ上流側で減速行動を開始していることがわかった。このことから、ETC2.0情報 (注意喚起サービス) について一定の効果がみられたといえる。なお、減速開始までの距離について属性間の違いはみられなかった。

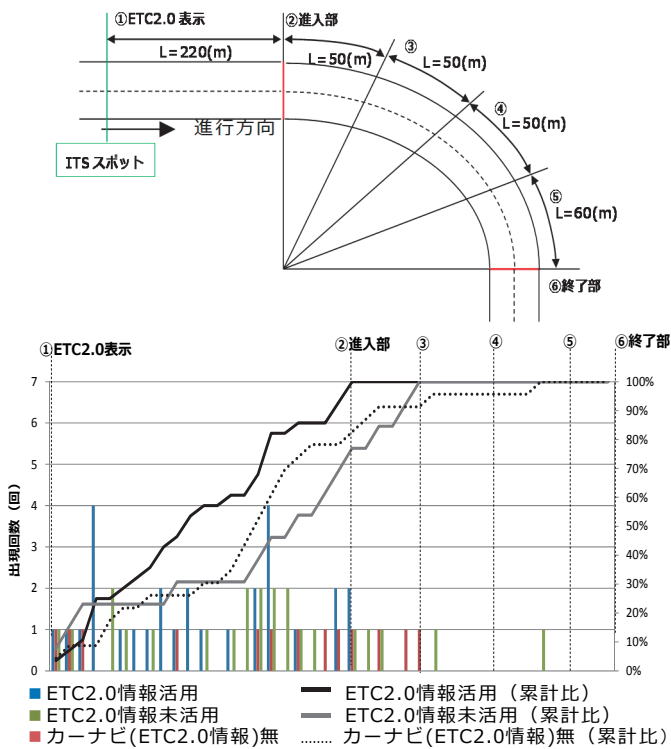


図-5 減速開始地点

5.2 減速量

ETC2.0表示位置の速度に対するカーブ進入部 (図-5の②) の減速量の分析結果を表-7に示す。

ETC2.0情報 (カーブ注意情報) を受け、それを活用したドライバの平均減速量は、未活用のド

ライバの平均減速量と比べ約4km/h大きい。一方、ETC2.0情報 (カーブ注意情報) を受け、それを活用したドライバの平均減速量と、ETC2.0情報を受けなかったドライバの平均減速量には大きな差はない。減速量については、ETC2.0情報の有無による違いはみられないが、ETC2.0情報を受け、それを活用した被験者は活用しない被験者よりも減速量が大きいことが把握された。なお、減速量について属性間の違いはみられなかった。

表-7 ETC2.0表示位置に対するカーブ進入部の減速量

ETC2.0情報有		ETC2.0情報無 (n=24)
活用 (n=29)	未活用 (n=13)	
9.14 [km/h]	5.17 [km/h]	9.07 [km/h]

5.3 ストレス分析

心拍計を装着したドライバ12名の心拍数、高周波変動成分、低周波成分を用いて新宿カーブにおけるストレス発生の分析を行う。

なお、ストレスについては、ドライバ毎の時系列データにおいて相対的に高い値の場合に、ストレス発生とみなしている。

新宿カーブにおいて、ETC2.0情報有の場合は8名中6名が、ETC2.0情報無の場合は4名全員がストレスを発生している。ETC2.0情報の有無によるストレス発生位置を図-6に示す。ETC2.0情報無の場合は、カーブ後半で発生しているのに対し、ETC2.0情報有の場合は、半数のドライバがカーブ前半で発生している。

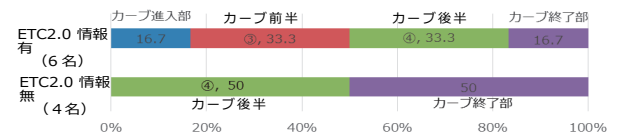


図-6 ETC2.0情報の有無別ストレス発生位置

6. 考察

都市高速道路走行中における利用者属性ごとの情報提供施設の注視や活用のされ方、情報提供施設とストレスの関係を把握するため、首都高をフィールドとした走行実験を行った。本研究では、ETC2.0情報の注視状況、活用状況および新宿カーブにおける注意情報の効果を確認した。その結果、以下の点が明らかとなった。

- ① ETC2.0 情報 (画面) は、情報の内容に関わらずほとんど注視されておらず、平均活用率も約 4 割である。道路構造や交通状況の変化

が大きい首都高では、運転中にカーナビ画面を見る余裕が少ないためと考えられる。

- ② ETC2.0 情報（音声）情報は平均活用率が 7 割と高く、道路構造や交通状況の変化が大きく、情報量も多くなりがちな都市高速道路において、有効な情報提供方法の一つと考えられる。
- ③ 首都高利用頻度の低いグループは、首都高利用頻度の高いグループに比べ、画面、音声ともに ETC2.0 情報（注意喚起系）の活用率が高い。首都高の運転に慣れないドライバは、より安全に注意を払い運転するためであると考えられ、ETC2.0 情報（注意喚起系）は、運転に慣れないドライバに対して有効なメディアとなることが示唆された。
- ④ 同時情報占有率が有意であることから、同時に情報提供される施設数が少ないほど活用されることがわかる。
- ⑤ 新宿カーブにおいて、ETC2.0 情報（カーブ注意情報）を活用したドライバは、活用しなかったドライバおよび情報を受けていないドライバに比べ、情報提供を受けてから、より早く減速行動を開始する傾向がみられる。5 割のドライバが減速行動を開始する位置をみると、ETC2.0 情報（カーブ注意情報）を活用したドライバは、活用しなかったドライバおよび情報を受けていないドライバに比べ、50m 以上早い地点で減速行動を開始する。
- ⑥ 新宿カーブにおいて、12 名中 10 名のドライバがストレスを発生した。ストレスを発生したドライバについて、ETC2.0 情報（カーブ注意サービス）を受けたドライバは、受けていないドライバに比べ、カーブの早い段階でストレスが発生する。これは、ETC2.0 情報

によりカーブをより早く認知し、カーブに対するストレスが早く発生するものと考えられる。

7. おわりに

今後は、ドライバの注視の範囲、処理可能な情報量の分析を進めるとともに、ETC2.0 情報以外の情報提供施設についてドライバストレス、運転挙動との関係の分析を進める予定である。その上で、道路ネットワーク時代における情報提供施設とパーソナルメディアの役割分担を明確化し、多様な利用者に向けた効果的な情報提供方法の検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 国土交通省 HP、ETC2.0 情報提供サービス
<http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html/etc2/jyouhou.html>
- 2) 岩武宏一、鈴木一史、松田奈緒子、牧野浩志：ITS スポットサービス概要およびモニタ調査結果の有効性検証、第 12 回 ITS シンポジウム、2014.12
- 3) 大門樹、吉田盛俊、松本修一、山田康右：高齢ドライバの情報処理能力を考慮した車載情報呈示に関する基礎的研究 -ITS スポットサービスの情報内容と呈示タイミング-、第 14 回モバイル研究会、2012.10
- 4) 牧野浩志、鹿野島秀行、鈴木一史、松田奈緒子、福山祥代、松本章宏：路車協調による安全運転支援サービスの長期的効果評価、第 35 回交通工学研究発表会論文集
- 5) 鈴木一史、松田奈緒子、竹平誠治、岩武宏一、牧野浩志：利用者属性を考慮した都市高速道路における情報提供施設の活用状況、第 51 回土木計画学研究発表会・講演集、Vol.51、CD-ROM、2015
- 6) (一社)人間生活工学研究センター：HQL 式運転スタイルチェックシート、2003
- 7) 福田亮子、佐久間美留男、中村悦男、福田忠彦：注視点の定義に関する実験的検討、人間工学、Vol.32、No.4、pp.197~204、1996

松田奈緒子



国土交通省国土技術政策総合研究所
道路交通研究部高度道路交通システム研究室 主任研究官
Naoko MATSUDA

吉村仁志



国土交通省国土技術政策総合研究所
道路交通研究部高度道路交通システム研究室 交流研究員
Hitoshi YOSHIMURA

牧野浩志



国土交通省国土技術政策総合研究所
道路交通研究部高度道路交通システム研究室長、博士（工学）
Dr. Hiroshi MAKINO