

走光型視線誘導システムによる渋滞緩和の効果

亀岡 弘之¹・小根山 裕之²・櫻井 光昭³・辻 光弘⁴・高橋 秀喜⁵

¹正会員 中日本高速道路株式会社 (〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦2-18-19)

E-mail:h.kameoka.aa@c-nexco.co.jp

²正会員 首都大学東京 教授 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1)

E-mail:oneyama@tmu.ac.jp

³中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京株式会社 (〒160-0023 東京都新宿区西新宿1-23-7)

E-mail:m.sakurai.aa@c-nexco-het.jp

⁴正会員 株式会社オリエンタルコンサルタンツ (〒151-0071 東京都渋谷区本町3-12-1)

E-mail:tsuji@oriconsul.com

⁵中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社 (〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦1-8-11)

E-mail:h.takahashi.a@c-nexco-hen.jp

中日本高速道路株式会社では、高速道路の路側に設置した発光体を動的に点滅制御して光が動くように見せることにより、運転者の速度感に影響を与えたり、光に引っ張られることにより、高速車両の速度抑制、低速車両の速度上昇、あるいは車群の平準化などの効果を発現させようとする研究を実施している。本稿では、東名高速道路で上り坂およびトンネルでの速度低下により渋滞が頻発している箇所に発光体を設置し実運用を行い、渋滞発生前と渋滞発生後の渋滞緩和効果について、交通流のマクロな視点および個別車両挙動のミクロな視点から解析を行った。渋滞発生前の平均速度、渋滞発生時交通量については、点灯・非点灯による統計的に有意な差は見られなかったが、道路断面間の速度変化については点灯時に車両速度が均一化する方向に変化している可能性が示された。一方、渋滞発生後の捌け台数については、点灯時に有意に増加する傾向が見られた。

Key Words : traffic congestion relief, light-emitting devices, vehicle group

1. はじめに

NEXCO中日本管内の高速道路で発生する交通集中渋滞のうち、55%がサグおよび上り坂が原因で発生する渋滞であり、23%がトンネル入口部が原因で発生する渋滞であり、サグおよび上り坂とトンネル入口部が原因で発生する渋滞は交通集中渋滞の78%を占める²⁾。

渋滞解消の対策として、ネットワークの整備による交通分散や付加車線の設置等による車線の増設等のハード面の対策が実施されてきており、これまで渋滞削減効果を上げてきた。しかし、全てのボトルネック対策をハード面のみで実施するのは費用・時間的に困難であり、ソフト面の対策が重要な役割を担っている。その主なものとしては、サグ部、トンネル部におけるLED表示板等による速度回復の情報提供、渋滞予測情報の事前提供、交通量のピーク時間帯前後の料金割引等による交通需要マネジメント (TDM) 等があり、一定の成果を上げているが、渋滞の大きな削減には至っておらず、より効果

の高い渋滞対策が望まれている。

ボトルネック対策のソフト対策の一つとして、移動発光体を用いた交通運用システムが注目されている。これは路側に設置された発光体を動的に点滅制御して光が動くように見せることにより、運転者の速度感に影響を与えたり、光に引っ張られることにより、高速車両の速度抑制、低速車両の速度上昇、あるいは車群の平準化などの効果を発現させるものである。これを渋滞対策として用いることにより、渋滞発生前の車群平準化による容量増加や、渋滞発生後の捌け台数増加などの効果が期待される。移動発光体が運転者に与える効果は、CGシミュレーションや未供用区間の高速道路における実道実験で明らかにされているが、渋滞対策としての実道路での効果の有無や、効果を最大限に発揮するような発光体の設置、運用方法については十分に明らかになっていない。

そこで、本研究は、実道路に発光体を設置し実運用を行い、渋滞発生前と渋滞発生後の渋滞緩和効果について、交通流のマクロな視点および個別車両挙動のミクロな視

点から解析を行い、発光体の運用の有無や運用方法の違いによる交通流率、車群、個別車両の速度の違いなどを捉え、移動発光体を用いた交通運用システムの効果を多面的に明らかにすることにより、効果的な設置・運用方法を検討するための知見を得ることを目的とする。

2. 高速道路での運用実験概要

本研究では、実際に渋滞が発生している供用中の東名高速道路での運用実験を実施している。以下、実験の概要を説明する。

(1) 運用実験区間の概要

東名高速道路（下り線）三ヶ日JCT合流から宇利トンネル入口までの約1.3kmは、縦断勾配が1.6%~2.5%に変化する長い上り坂であり、上り坂は宇利トンネルの途中（入口から約500m）まで続いた後、0.6%の緩やかな下り坂に変化する（図2）。

また、平面線形は複数のカーブが連続する厳しい区間であり、制限速度80km/hとなっている。毎週末夕方および交通混雑期に渋滞が頻発している。

プローブカーによる走行調査結果により、この区間の渋滞のボトルネックは宇利トンネル内部と考えられる。

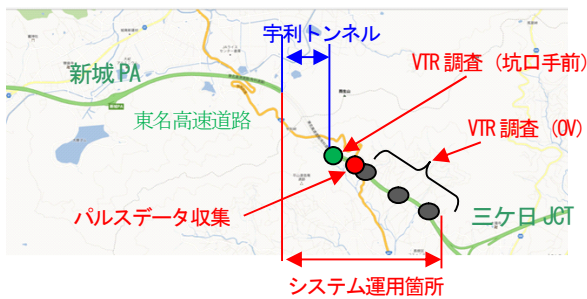


図1 実験箇所位置図

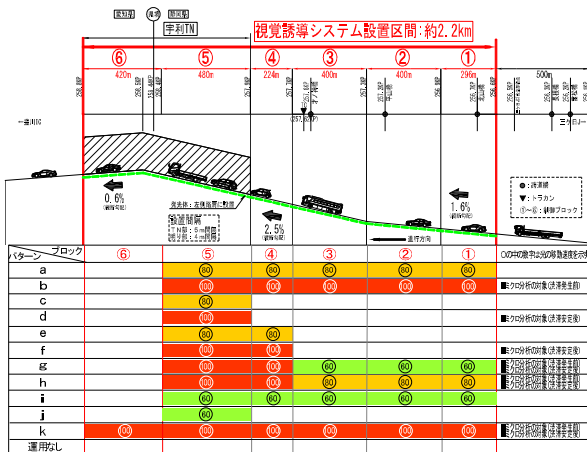


図2 発光体の配置及び点灯パターン概要図

(2) 発光体の設置概要

LED発光体（横80mm×縦200mm、色：緑）を左側路肩に、明かり部4m間隔、トンネル部5m間隔に、日JCT合流部を過ぎた辺りから宇利トンネルの途中（入口から480m）までの間、約2.2kmの区間に設置した。発光体の設置状況を図3、図4の写真に示す。発光体設置区間全体を5ブロックに分け、それぞれのブロック毎に刺激速度（発光体による運動刺激の点滅速度）を制御できるようにした（図2）。



図3 発光体の点灯状況（明かり部）

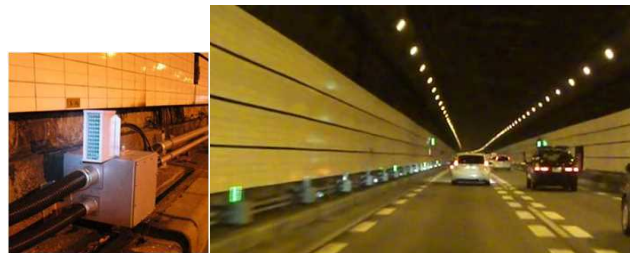


図4 発光体の点灯状況（トンネル部）

(3) 点灯パターン

点灯パターンについて、以下のケースを設定した。

a) ①~⑤ブロック全区間、同一刺激速度（60, 80, 100km/h）で点灯するケース（パターン i, a, b）。

ここで、刺激速度については規制速度 80km/h（パターン a）を基準として、それより速い速度（100km/h；パターン b）、遅い速度（60km/h；パターン i）を設定した。刺激速度の違いによる効果を見るために設けた。

b) ボトルネック上流（①~③ブロック）を 60, 80km/h としボトルネック付近（④⑤ブロック）を 100km/h とし、下流にいくにつれて速度を上げ刺激速度を変化させるケース（パターン g, h）。

ボトルネック手前では光に慣らすとともに、ボトルネック下流にて光の速度を上げて、光の速度差による刺激効果を狙ったケースである。刺激速度の変化の違いによる効果を見るために設けた。

c) ボトルネック付近（④⑤ブロック）のみを点灯（80, 100km/h）するケース（パターン e, f）。

これは、自由に走行できない渋滞流において光が流れ

ることにより、光に追従することを諦める行動が出ることを懸念して設定した。ボトルネック付近のみの点灯の刺激速度の違いによる効果を見ることを意図している。

d) ボトルネックの宇利トンネル内 (⑤ブロック) のみを点灯 (60, 80, 100km/h) するケース (パターン j, c, d)。

これも、自由に走行できない明かり部の渋滞流において光が流れることにより、光に追従することを諦める行動が出ることを懸念して設定した。トンネル内のみの点灯の刺激速度の違いによる効果を見ることを意図している。

e) ボトルネック下流側の路側発光体の設置距離をトンネル下流端まで 420m 延伸したケース (パターン k) を設定した。

点灯区間を延伸したことによる効果を見ることを意図している。

3. 渋滞発生前の渋滞緩和効果分析

(1) マクロ分析

a) 渋滞発生時交通量

渋滞発生時交通量について、消灯時と点灯時の比較を行った。データは新東名開通後の2012年4月から2014年11月までの交通混雑期 (GW, お盆, 年末年始) および土日, 祝日等である。なお, 降雨時の渋滞については, 本分析の対象外とした。検証に用いた車両感知器は, ブロック③の終点部に位置し, 渋滞発生時交通量は, 5分間平均速度が40km/h以下に低下した最初の5分間を除いたその直前の15分間のフローレートをいう。渋滞が発生する日が限られていることから, 全てのケースのサンプル数を確保することが難しいため, 渋滞発生時交通量が增大する傾向にある, 刺激速度を変化させるケースと全区間100km/hのケースの運用実験を行い, サンプル数を増やした。図5の数値は15分間フローレートの5分間値の分布を示し, 渋滞発生前に影響すると考えられる, 全区間点灯するケースについて, 渋滞発生時交通量の比較を行った。

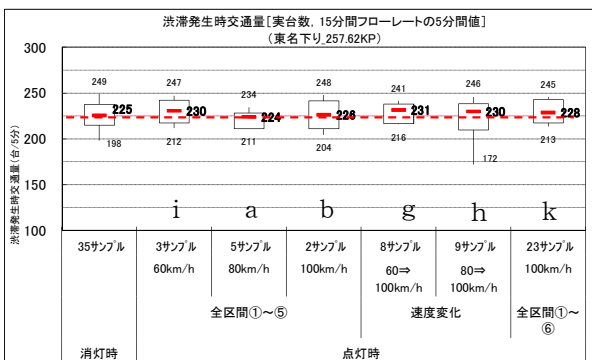


図5 渋滞発生時交通量の変化 (非点灯・点灯の比較)

渋滞発生時交通量は, 全区間80km/hを除いて, 刺激速度を変化させるケースと全区間100km/h, 60km/hのケース, 点灯時の方が非点灯時を上回る傾向となっている。しかしながら, 統計的には必ずしも有意な差とはなっていない (p値: 0.18~0.97, 有意水準: 5%)。

(2) ミクロ分析

発光体の運用による渋滞発生時における車両の速度や車群の形成状況の変化を捉えるため, 跨高速道路橋 (以下, OV) 上およびトンネル坑口付近にビデオカメラを設置し, 撮影し得られたデータ及びトラカンパルスデータを用いて, 車両速度や車群形成状況について分析を行った。

分析対象日時は, OVおよびトンネル坑口からのVTR調査を実施した実験日の中からデータの収集状況等を考慮し, 明かり部の刺激速度が60km/h, 80km/h, 100km/hと, 比較分析できるようにパターンを選定した。さらに, 先行して平成24年に実施した画像読取り調査による分析から, 最も渋滞緩和の効果がみられるパターンb (100→100km/h) について, サンプル数を増やすため, パターンkと消灯について, それぞれ2ケースを分析対象に加えた。

a) 分析対象データ

VTR (OV+坑口) 映像データを用いたミクロ分析の対象データ (分析対象時間帯) は, 消灯時においては渋滞発生直前30分間とする。また, システム点灯時の対象データ (分析対象時間帯) は, 消灯時の渋滞発生直前に近い交通状態 (交通需要) の時間帯を選定した。VTR (OV+坑口) 映像分析対象時間帯は, 表1のとおりとした。

表1 分析対象パターンおよび対象日時

区分	パターン/刺激速度	分析対象日時	交通量
消灯時	-	平成24年 9月 2日 16:00~16:30	1,292 台/30分
	-	平成26年 3月22日 15:10~15:40	1,282 台/30分
	-	平成26年 3月23日 13:30~14:00	1,301 台/30分
点灯時	g ①②③ 60km/h ④⑤ 100km/h	平成24年 9月16日 15:25~15:55	1,310 台/30分
	h ①②③ 80km/h ④⑤ 100km/h	平成24年10月 7日 15:15~15:45	1,314 台/30分
	b ①②③ 100km/h ④⑤ 100km/h	平成24年10月 8日 13:40~14:10	1,296 台/30分
	k ①~⑥ 100km/h	平成26年 3月16日 14:35~15:05	1,237 台/30分
	k ①~⑥ 100km/h	平成26年 3月29日 15:00~15:30	1,316 台/30分
	k ①~⑥ 100km/h	平成26年 3月29日 15:00~15:30	1,316 台/30分

b) 速度の変化

車線別の速度分布 (コンター図) の一部を図6に示す。車両が進行するにつれて, 縦断勾配が上り1.6%から2.5%に変化する地点③から④にかけて, 速度が低下している。消灯時には速度域の尾根 (高い速度の山) が現れて, 時間軸における速度の変化がみられるのに対し, パターンb (100→100km/h) では地点③から④にかけて同じ速度域が全体的に広がり, 速度の変化が少ない傾向が見られるケースが見受けられた。

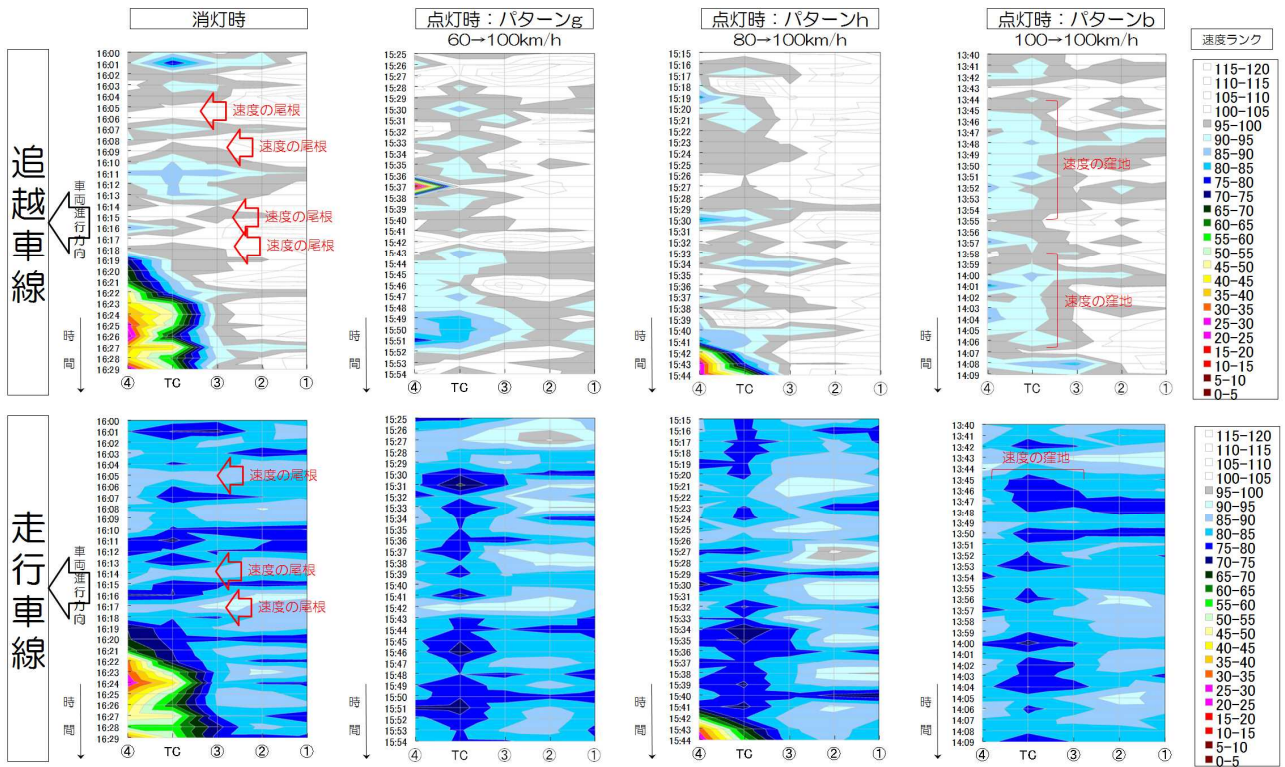
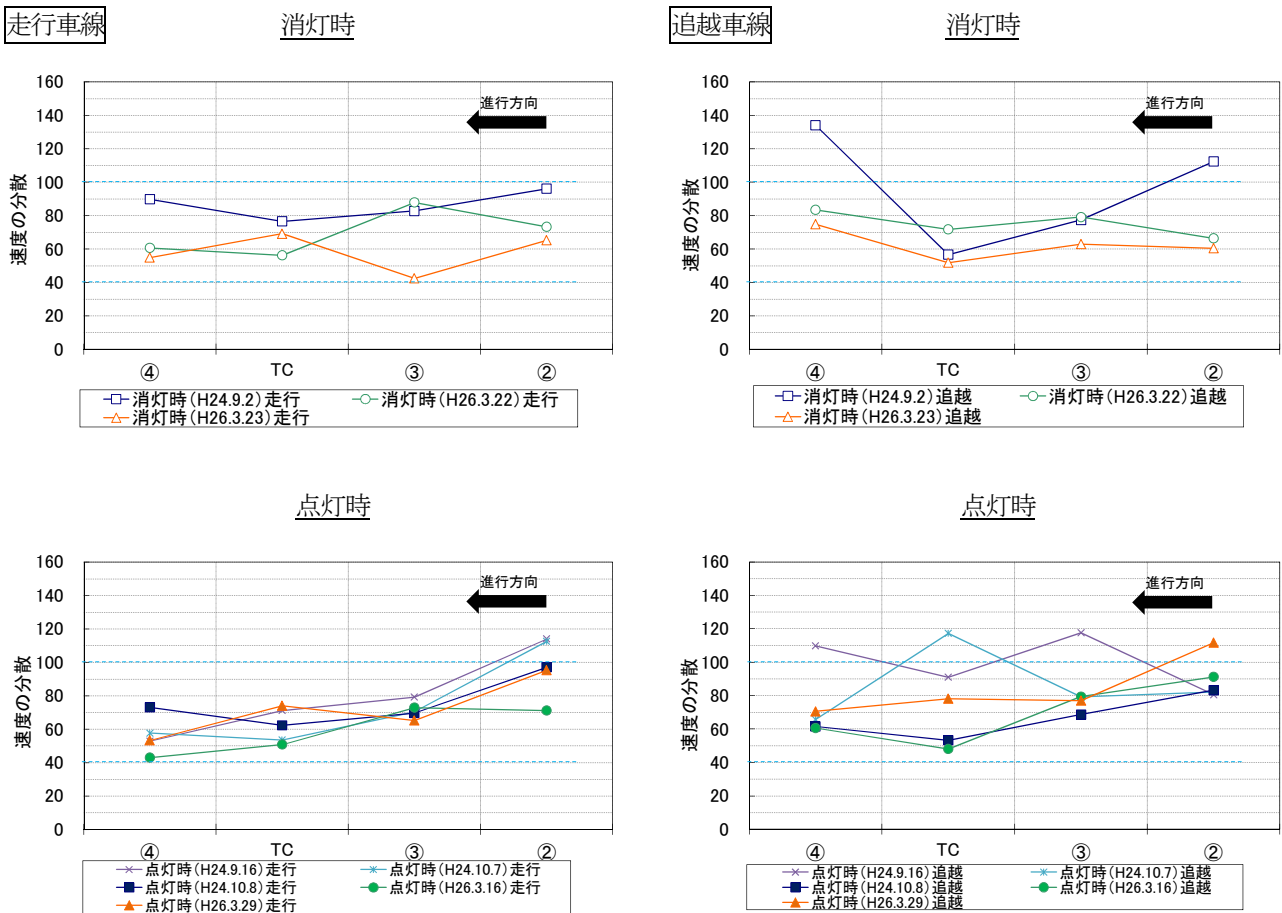


図 6 車線別速度コンター図



※単独車両および車群先頭車両を対象に集計したものです。

図 7 速度の比較 [渋滞発生直前, 分散]

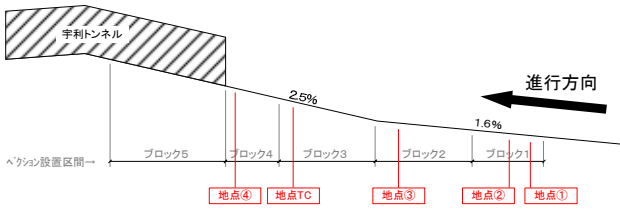


図 8 観測地点の位置図 (渋滞発生前)

図 7 は、消灯時/点灯時、調査日別に速度の分散の変化を示したものである。走行車線の点灯時においては、地点②から地点④にかけて進行に伴い速度の分散は小さくなっている可能性がある。消灯時および点灯時の追越車線では進行に伴う分散の収束は見られない。

c) 断面別速度変化

発光体の運用による 2 地点間の速度の変化を捉えるため、OV 上およびトンネル坑口手前の VTR を解析した得られたデータを用いて、平均速度の 2 地点間比較を行った。観測地点は、図 8 に示すとおりである。対象データ (分析対象時間帯) は、消灯時においては渋滞発生直前 30 分間とし、点灯時は消灯時の渋滞発生直前に近い交通状態 (交通需要) の時間帯を選定した (表 2)。

表 2 断面別速度変化分析対象パターンおよび対象日時

区分	パターン/刺激速度	分析対象日時	交通量
消灯時	-	平成24年 9月 2日 16:00~16:30	1,292 台/30分
点灯時	g ①②③ 60km/h ④⑤ 100km/h	平成24年 9月 16日 15:25~15:55	1,310 台/30分
	h ①②③ 80km/h ④⑤ 100km/h	平成24年 10月 7日 15:15~15:45	1,292 台/30分
	b ①②③ 100km/h ④⑤ 100km/h	平成24年 10月 8日 13:40~14:10	1,296 台/30分

平均速度の集計単位は 10 秒とし、平均速度の 2 地点間比較を行うにあたっては、速度 (2 地点の平均) と区間距離から算出した 2 地点間の移動距離をもとに、下流地点の到達時刻を想定し速度を設定した。

図 9 は平均速度の 2 地点間比較の結果の一部を示したものである。消灯時、点灯時ともに速度のばらつきがあるが、近似直線の傾きにより、交通状況の変化 (速度の推移) を解釈すると、点灯により車両の速度が均一化する方向に変化しているケースが見受けられる。

d) 車群構成台数の変化

車線別の車群 (車頭時間 3 秒以下) 構成台数分布 (コンター図) の一部を図 10 に示す。

追越車線では、消灯時に地点③から地点TCにかけて急速に車群が拡大する傾向がみられる。走行車線では、消灯時およびパターン g (60→100km/h) , パターン h

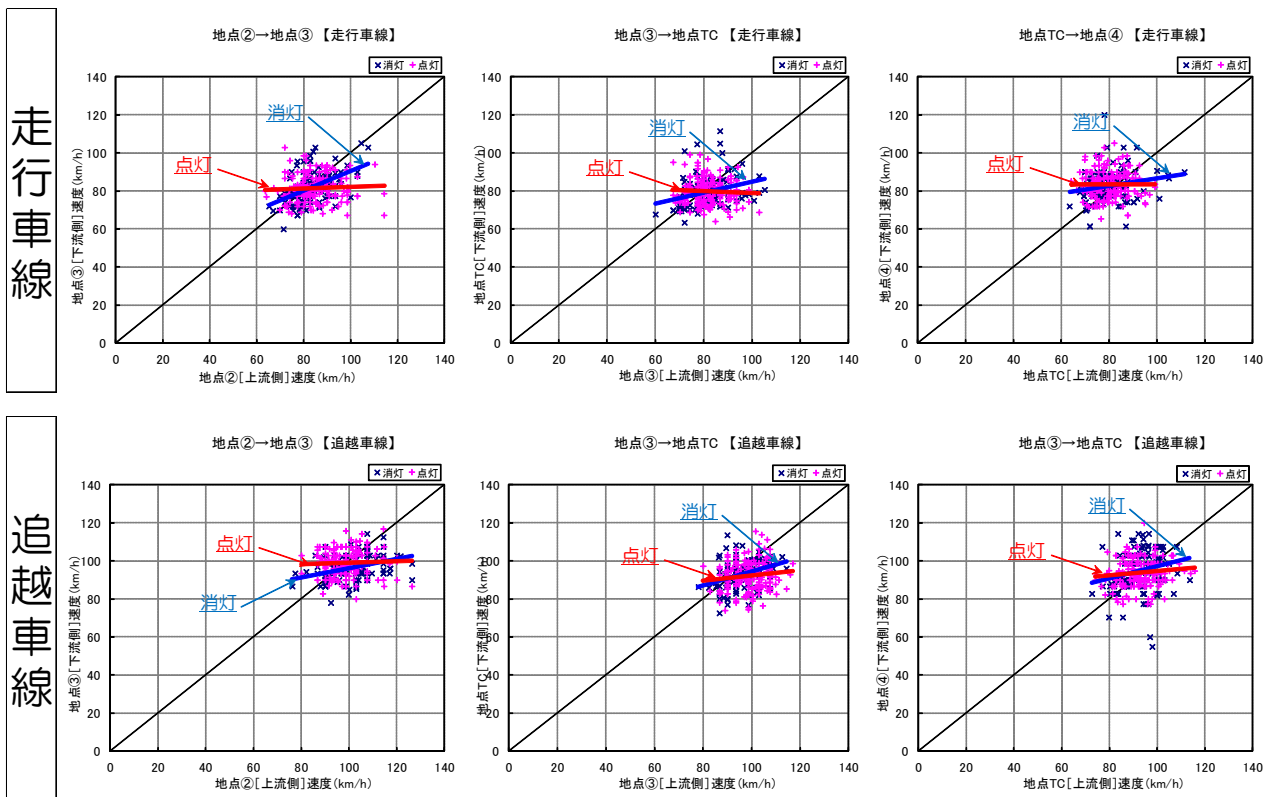


図 9 平均速度の 2 地点間比較

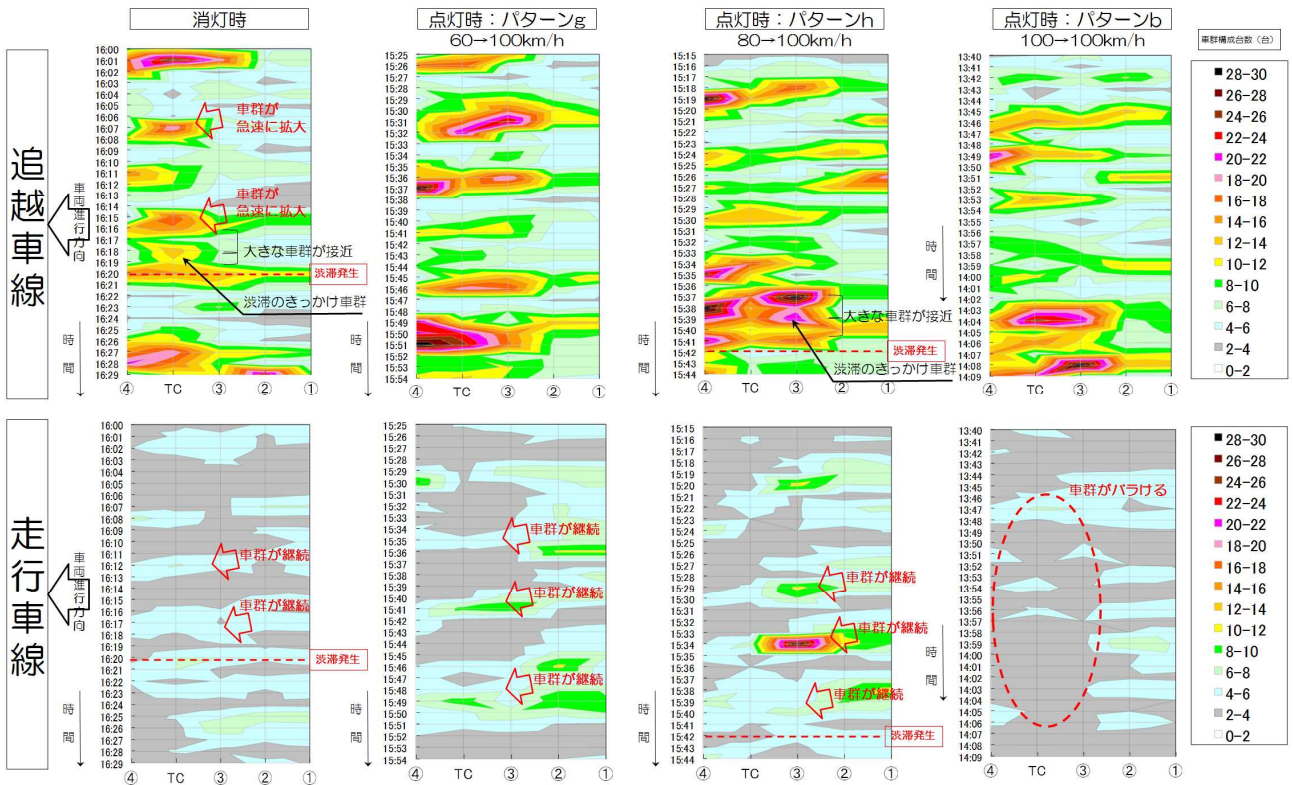


図 10 車線別車群構成台数コンター図

(80→100km/h) で車群が継続して進行するのに対し、パターンbおよびパターンk (100→100km/h) では車群がバラけている可能性がある。ただ、これらの変化は必しも明確なものとは言えず、より詳細な交通量、車線利用率、大型車混入率、車群構成などに依存することが想定される。

e) 車群間の速度差

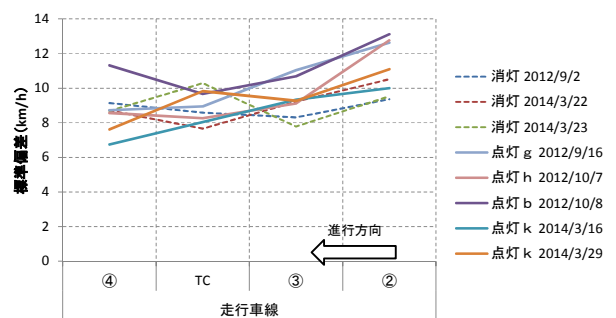
図11は、消灯時・点灯時、調査日別に車群間の速度差の標準偏差の変化を示したものである。走行車線、追越車線ともに地点②から地点TCにかけて車群間速度差が低下したのち、トンネル入口である地点④で再び上昇する傾向にある。ただし、点灯時のパターンkについては地点TCから地点④にかけて低下しており、地点④（トンネル入口）の値は他に比べ小さい。すなわち車群間の速度差のばらつきが小さい。これは、車群間で速度が均質化していることを表していると考えられる。

f) 車線間の速度差

図12は、車両感知器 (257.62KP) のパルスデータを用いて、車両1台ごとの速度差を算出したものである。

車線間の速度差をみると、点灯時は中央値、15%・85%タイル値が消灯時の値を上回っており、点灯時には車線間の速度差が広がっていることがうかがえる。

走行車線



追越車線

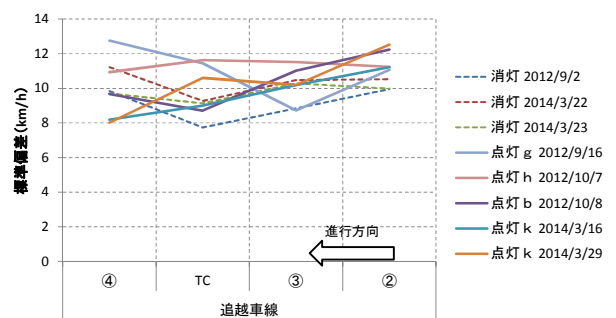


図 11 車群間速度差の標準偏差

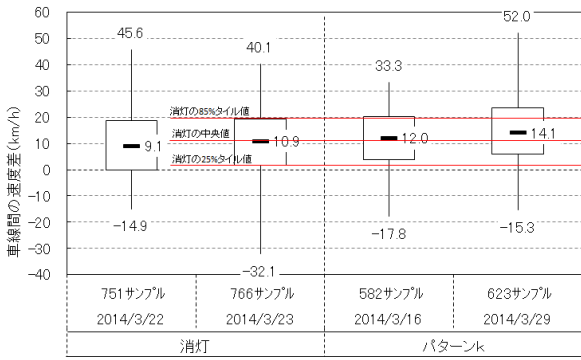


図 12 車線間の車両速度差 (TC257.62KP)

(1)および(2)より、発光体の運用による交通流の変化は、実運用のデータ分析からは必ずしもはっきりとした傾向としては現れていないようである。この要因として想定されることの一つとして、移動発光体に対して反応する車両が一部であるため、交通流の変化として現れない可能性がある。すなわち、非渋滞時において影響を受ける車両が多くない場合、個別の車両挙動の変化が他の車両に対して影響を与えず、結果として速度変化、車群の形成といった交通流への変化として現れにくいことが想定される。

4. 渋滞発生後の渋滞緩和効果分析

(1) マクロ分析

a) 渋滞発生後捌け台数の変化

渋滞発生後捌け交通量について、消灯時と点灯時の比較を行った。データは新東名開通後の 2012 年 4 月から 2013 年 12 月までの交通混雑期 (GW, お盆, 年末年始) および土日, 祝日等である。なお, 以下に示す渋滞については, 本分析の対象外とした。

- 1) 渋滞発生直後に事故が発生したもの
- 2) 渋滞時間が 1 時間以下のもの (捌け台数 [交通状態] が安定しないため)

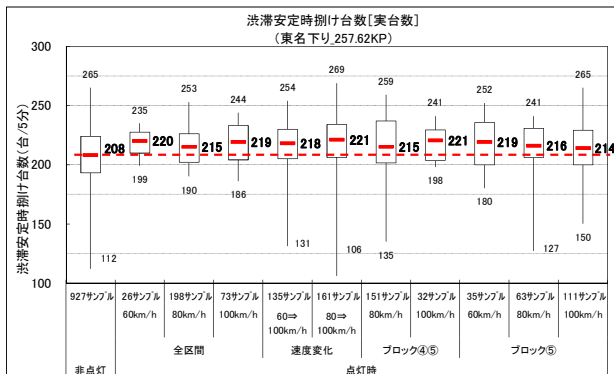


図 13 捌け交通量累積度数分布図 (消灯・点灯の比較)

- 3) 降雨時の渋滞
- 4) 先詰まり渋滞の一時的な解消

検証に用いた車両感知器は、ブロック③の終点部に位置し、分析の対象時間帯は、渋滞発生直後は速度のバラつきが大きいことから、渋滞開始 15 分後から渋滞解消 5 分前まで、または日没を考慮して 18 時までとした。結果を図 13 に示す。

点灯時のいずれのケース (点灯パターン) も非点灯時と比べて、渋滞発生後捌け交通量が増加している。有意差検定を行った結果、パターン e 以外のケースについて有意差があるという結果であった (有意差検定については、正規性の検定を行い、パターン d, e 以外のケース及び消灯時で正規性が仮定できない結果となったため、ノンパラメトリック検定の一つである Wilcoxon の順位和検定を行った。有意差水準 5%)。

(2) ミクロ分析

a) 分析対象データ

発光体の運用による渋滞 (安定) 時における発進流の変化を捉えるため、トンネル内 CCTV 調査およびトンネル坑口手前の VTR を解析して得られたデータを用いて、発進流の分析を行った。以下の分析では、上流から順に(1),(2),(3),(4)と 4 つの断面を設定している。(1)はトンネル坑口手前 VTR, (2)(3)(4)はトンネル内 CCTV のデータであり、全区間概ね 500m である。対象データ (分析対象時間帯) は、走行環境 (明るさ) の影響を考慮し、消灯時と点灯時で同一時間帯の 30 分間とし、各ケースの、車両感知器による渋滞安定時 (17:00~18:00) の捌け台数を表 3 に示す。

表 3 分析対象パターン及び対象日時, 捌け台数

区分	パターン/刺激速度	画像読み取り 分析対象日時	交通量	渋滞安定時(17:00~18:00) 捌け台数	大型車混入率
消灯時	-	平成24年 9月 2日 17:30~18:00	1,342台/30分	2,660台/時	11.8%
点灯時	d ⑤ 100km/h	平成24年 8月 13日 17:30~18:00	1,268台/30分	2,546台/時	8.2%
	f ④⑤ 100km/h	平成24年 8月 26日 17:30~18:00	1,323台/30分	2,645台/時	9.2%
	g ①②③ 60km/h ④⑤ 100km/h	平成24年 9月 16日 17:30~18:00	1,403台/30分	2,730台/時	6.8%

b) 地点間旅行速度の変化

CCTV の映像データから、走行車線の各 CCTV 地点間の旅行速度を求め、消灯時と点灯時で比較を行い、平均旅行速度の変化を各パターン毎に図 14~16 に示す。

図 16 より、消灯時の旅行速度に比べ、全区間において点灯しているパターン g (60→100km/h) の旅行速度が上昇している。一方、部分的に点灯している 2 ケース (パターン d [図 14], パターン f [図 15]) では、消灯時の旅行速度に比べて旅行速度が低下していることが

わかる。これらの結果から、部分的に点灯している場合には光刺激による速度向上効果が現れず、むしろ低下させる方向に作用していることが示唆される結果となっている。

図17は、走行車線の10台毎の車両タイムスペース図と車尾時間コンター図を示したものである（※車尾時間：前車の後端部が通過してから後続車の後端部が通過するまでの時間）。

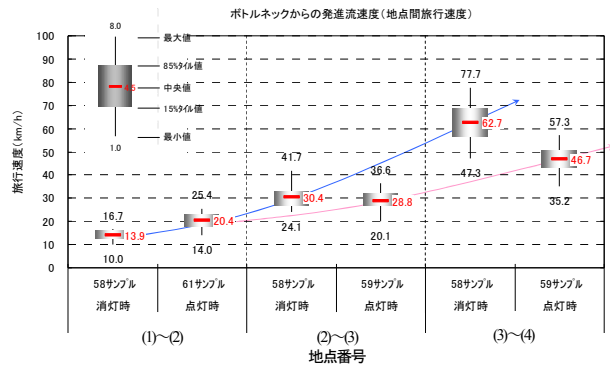


図 14 地点間旅行速度[消灯時×パターン d] (走行車線)

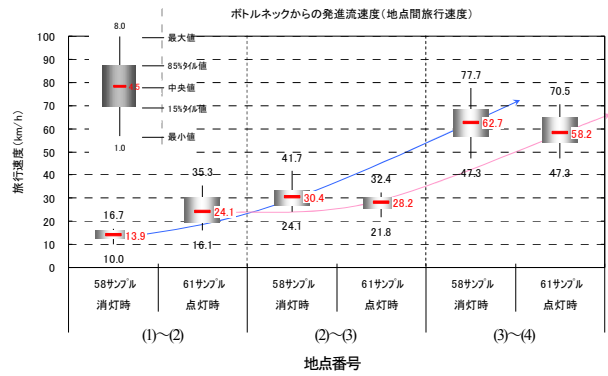


図 15 地点間旅行速度[消灯時×パターン f] (走行車線)

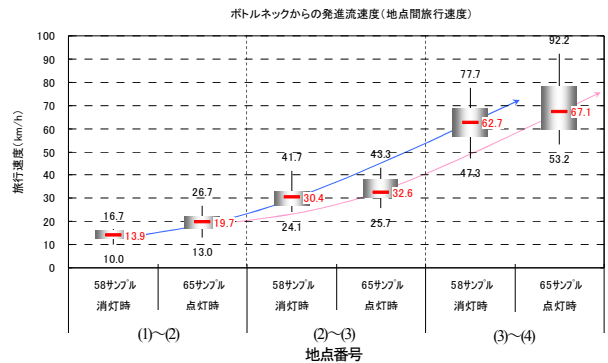
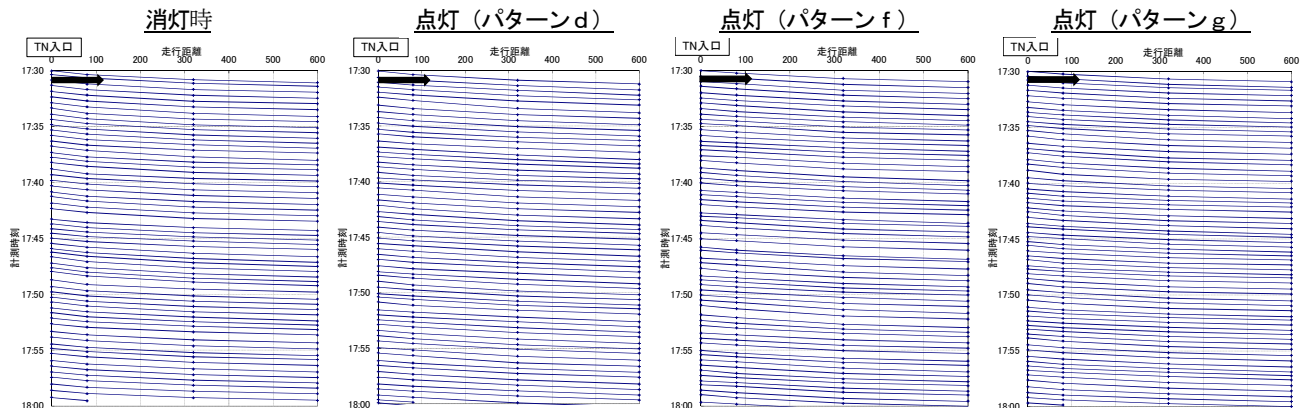


図 16 地点間旅行速度[消灯時×パターン g] (走行車線)

タイムスペース



車尾時間コンター図

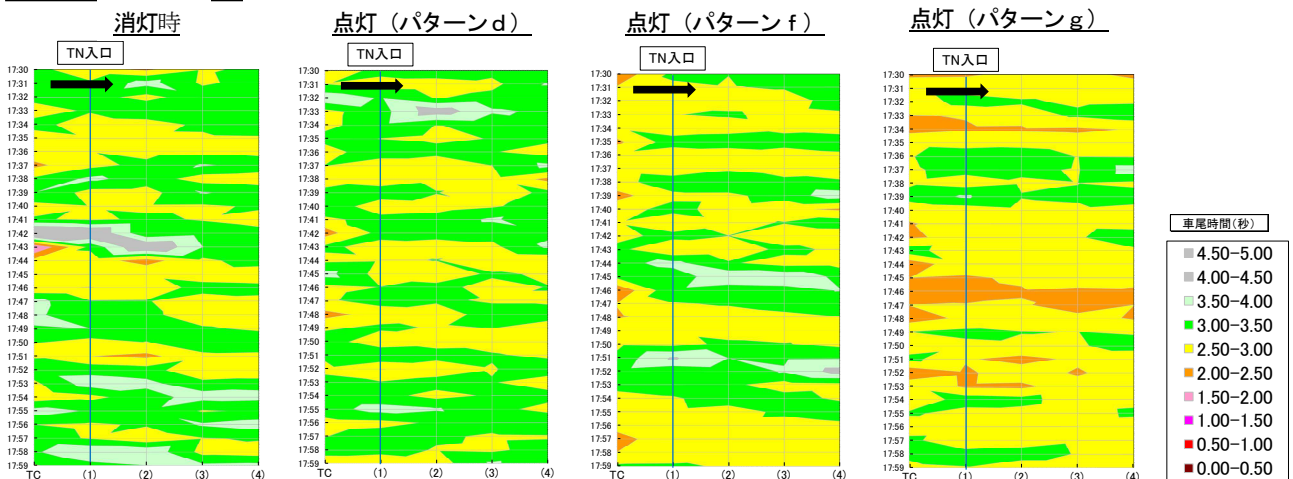


図 17 タイムスペース図・車尾時間コンター図 (走行車線)

消灯時ではスペースが不規則（広がったり縮んだり）であるのに対し、パターン g（60→100km/h）ではスペースが密で均等である。また、パターン g は消灯時に比べ、車尾時間が短くなっている。

スペースが不規則というのは、一部追従が遅れる車があることを意味し、スペースが密で均等というのは、比較的均等に前車に追従していることを意味する。すなわち、トンネル坑口からトンネル内やトンネル内のみ部分的に点灯するケースより、全区間点灯するケース、パターン g（60→100km/h）のほうが、追従性が向上している可能性がある。

5. まとめ

本研究では、高速道路で速度低下により渋滞が頻発している箇所において、路側発光体の動的点滅制御による運用実験を行い、車両感知器のデータおよびビデオ映像分析により、渋滞緩和効果について検証した。

渋滞発生時については、車両感知器を用いた分析の結果、渋滞発生時交通量について点灯時に増加する傾向が見られた。しかしながら、統計的に有意なレベルではない。

画像読取り調査による分析から見て取れる、点灯時と消灯時における交通現象の違いをとりまとめると以下のとおりである。

- ・速度の分散をみると、走行車線では点灯により分散（ばらつき）が小さくなる。
- ・断面別速度変化についてみると、車両の速度が均一化する方向に変化している。
- ・車群間の速度差をみると、トンネル入口（地点④）において、パターン k 点灯時は速度差の標準偏差（ばらつき）がその他の点灯パターン（g, h, b）および消灯時に比べ小さい。
- ・車線間速度差をみると、点灯時（パターン k）に車線間の速度差が大きくなる。

これらの結果を踏まえると、渋滞発生前については、車両の速度変化について一部に変化の兆候が見て取れるものの、これらの車両挙動の変化が交通容量の違いとして現れるには至っていないようである。これは、一部車両に対して速度変化をもたらすもののその効果は限定的であり、効果が吸収されてしまうため、交通容量の変化に大きな影響を与えるほどの変化とはなっていない可能

性が考えられる。

渋滞発生後については、渋滞発生後捌け交通量が増加することが確認できた。

また、CCTVおよびトンネル坑口VTR映像画像読み取りによる分析において、全区間点灯するケースにおいて、走行車線の旅行速度が向上し、車両タイムスペース図が密で均等であり、車尾時間が短くなっており、追従性が向上している可能性を示唆した。これらの要因として、光に対する反応の違いが想定される。全区間点灯することにより、追従性が向上し、結果的に捌け台数が増加している。このことは、光の点灯区間の違いがドライバーの運転行動に何らかの影響を与え、追従性が向上し、車群が均等化し結果として捌け台数が増加している可能性を示唆している。この場合、効果を有効に発生させるための光の設置・運用方策としては、路側発光体をボトルネック上流から設置し、上流側は速度を若干遅く（60～80km/h）し、下流にて速度を上げる（100km/h）ことが有効だと考えられる。

今後の渋滞対策として、この走光型視線誘導システムと従前から行われているLED表示板等による速度回復等の情報提供との組み合わせなどによる渋滞緩和効果について検討していく必要がある。

参考文献

- 1) 亀岡弘之, 高橋秀喜, 山本浩司, 田子和利, 岡田若奈, 辻光弘, 木香達英, 小根山裕之: 走光性を活用した注意喚起設備の実道実験, 第10回ITSシンポジウム, 2011
- 2) 岡田若奈, 田子和利, 高橋秀喜, 亀岡弘之, 山本浩司, 小根山裕之, 辻光弘, 木香達英: ドライバー特性に着目したベクション刺激の効果, 第11回ITSシンポジウム, 2012
- 3) 亀岡弘之, 小根山裕之, 渡部義之, 櫻井光昭: 走光性を活用した路側発光体の動的点滅制御による渋滞緩和の効果検証, 交通工学研究発表会論文集, Vol.33, 185-188, 2013
- 4) 亀岡弘之, 小根山裕之, 渡部義之, 櫻井光昭, 路側発光体の動的点滅制御による渋滞発生後の渋滞緩和に関する効果検証, 高速道路と自動車, Vol.58, No.2, pp28-36, 2015
- 5) 朱慧琚, 柳原正実, 小根山裕之, 亀岡弘之, 石倉智樹: 非渋滞時の交通流変化に関するシミュレーション分析, 第13回ITSシンポジウム, 2015

THE EFFECT OF THE CONGESTION RELIEF BY THE MOVING LIGHT GUIDE
SYSTEM

Hiroyuki KAMEOKA, Hiroyuki ONEYAMA, Mitsuaki SAKURAI, Mitsuhiro TSUJI
and Hideki TAKAHASHI