

深江サグ部における速度回復誘導灯を用いた 渋滞対策について

植田 拓磨¹・玉川 大²・兒玉 崇³・萩原 武司⁴

¹非会員 阪神高速道路株式会社 計画部 (〒541-0056 大阪府大阪市中央区久太郎町4-1-3)
E-mail:takuma-ueda@hanshin-exp.co.jp

²正会員 阪神高速道路株式会社 計画部 (〒541-0056 大阪府大阪市中央区久太郎町4-1-3)
E-mail:dai-tamagawa@hanshin-exp.co.jp

³正会員 阪神高速道路株式会社 計画部 (〒541-0056 大阪府大阪市中央区久太郎町4-1-3)
E-mail:takashi-kodama@hanshin-exp.co.jp

⁴正会員 阪神高速道路株式会社 大阪管理局 (〒552-0006 大阪市港区石田3-1-25)
E-mail:takeshi-hagihara@hanshin-exp.co.jp

阪神高速ではサグ部付近における速度低下の抑制及び車間距離の適正化を目的として、平成27年6月に車両の走行速度に応じて点灯パターンを動的に制御する速度回復誘導灯を阪神高速3号神戸線入り深江サグ部(芦屋～深江)に設置し、その後の効果検証を実施しているところである。具体的には、渋滞の発生抑制効果及び渋滞の早期回復効果に着目し、無点灯期間との比較を通じた効果検証を実施するとともに、複数の点灯パターンでの比較を通じたより効果的な点灯パターンの検討を行っている。平成28年1月までに運用した点灯パターンでの検討の結果、速度回復誘導灯の効果については特に渋滞中の速度回復に効果がある可能性があり、その効果は点灯パターンによって異なることが明らかとなった。

Key Words : moving light guide system, sag congestion, expressway

1. はじめに

阪神高速では平成26年に策定した「渋滞対策アクションプログラム(H26～H28)」に基づき、様々な渋滞対策に取り組んでいるところである。その中で、サグ部付近における速度低下の抑制及び車間距離の適正化を目的として、平成27年6月に車両の走行速度に応じて動的に点灯パターン(点灯速度や点灯色等)を制御する速度回復誘導灯(各高速道路会社によって名称は異なるが、本稿では速度回復誘導灯と称する)を阪神高速3号神戸線入り深江サグ部(芦屋～深江)に設置した。

速度回復誘導灯は走光性(生物が光刺激に反応して移動する性質)に着目し、車両の進行方向に一定の光刺激を移動させることで、勾配の変化に伴う無意識の速度低下を抑制することを期待したものである。近年同様の機器が各高速道路会社によって導入されるようになっており、一定の効果が報告されるようになっている¹⁰⁾。とりわけ、効果的な点灯速度としては車両の走行速度よりも10km/h～20km/h程度高い点灯速度で運用することで、無意識の速度低下を抑制するとともに、渋滞中の走行速度

の向上に寄与する事が報告されている³⁾。しかしながら、速度回復誘導灯の導入事例は少なく、どのような点灯パターンで運用すれば、より効果的に渋滞緩和に寄与する事が出来るのかは十分に明らかにされていない。特に、先述する既存研究³⁾から最適な点灯速度は車両の走行速度(渋滞発生直前や渋滞中等の交通状況)に応じて動的に変化する可能性があることは容易に推測できるが、そのような視点での検証はこれまで報告されていない。

以上の背景を踏まえ、本稿では車両の走行速度に応じて点灯パターンを動的に制御することが可能な速度回復誘導灯を対象に、車両の走行速度に応じた最適な点灯パターンを検討することを目的とする。具体的には、渋滞の発生抑制効果及び渋滞の早期回復効果に着目し、無点灯期間との比較を通じた効果検証を実施するとともに、複数の点灯パターンでの比較を通じたより効果的な点灯パターンの検討を行った。

なお、本稿では平成28年1月までに運用した点灯パターンを対象に、車両検知器データを用いた分析について報告するものである。

2. 速度回復誘導灯の概要と点灯パターン

速度回復誘導灯の配置及び運用状況を図-1及び図-2に示す。速度回復誘導灯はサグ底手前の20.5kpから頂上付近の19.5kpまでの1kmの区間を対象に走行車線側の高欄上に設置している。設置間隔は、制限速度である60km/hにおいて、適正な車間時間を2秒とした場合の車間距離約33.3mと1灯3消で運用した場合の点灯間隔が概ね一致するように8m（点灯間隔：32m）とした。また、設置高さは事前の視認性確認の結果を踏まえ、大型車・普通車ともに視認性の良い位置として路面から約1.4m程度の高さに設置している。設置灯具については、設置区間が透光板区間であることから、光漏れに配慮しコンパクトな形状としている。以下に今回設置した速度回復誘導灯の機能面での特徴を示す。

- 1) 車両の走行速度は区間によって異なることを考慮し、区間毎（下り勾配部：ブロック1及び2，上り勾配部：ブロック3及び4）にそれぞれ異なる点灯条件（車両の走行速度等）及び点灯パターンの設定が可能
- 2) 点灯条件に用いられる車両の走行速度は、路側に設置された3台のカメラ（下り勾配部：カメラ ，上り勾配部：カメラ 及び ）によって個別に算出された走行速度（画像処理によって1分間もしくは5分間毎に算出）のうち、ブロック毎に任意のカメラを設定することが可能
- 3) 点灯パターンは点灯速度に加え、点灯色や形状（矩形、矢印）、点灯間隔（1灯2消，1灯3消，1灯4消）の変更も可能

次に、速度回復誘導灯の点灯パターンを表-1に示す。本稿ではH27.6.3の運用開始からH28.1.31までに運用した点灯パターンとして2パターン、それぞれの点灯パターンの比較用に設けた無点灯期間として2期間の合計4期間のデータを主に使用し検証を行った。なお、点灯パターン 及び の設定の考え方は以下に示すとおりである。

・点灯パターン

点灯速度は走行速度よりも10km/h～20km/h程度高く設

定することが望ましいという既存研究³⁾の成果を踏まえ、13:00～21:00における自由走行時の平均速度及び渋滞中の平均速度に対して、それぞれ10km/h程度高い点灯速度に設定

・点灯パターン

点灯パターン の考え方を基本に、より段階的に点灯速度を変更するとともに、効果比較を目的に渋滞時の点灯速度を速く、点灯間隔を短くして設定。

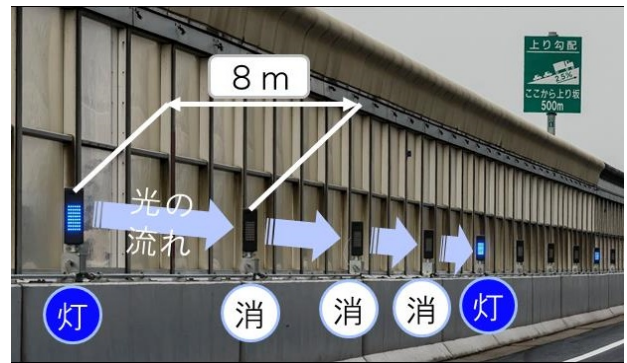


図-2 速度回復誘導灯の運用状況

表-1 速度回復誘導灯の点灯パターン

点灯パターン	期間	交通状況(閾値)と点灯速度		
		非渋滞	低速 (60km/h以下)	渋滞 (40km/h以下)
点灯パターン	・ H27.6.3 - H27.6.18 ・ H27.7.13 - H27.11.1	80km/h 1灯3消	-	40km/h 1灯3消
無点灯期間	・ H27.6.19 - H27.7.12	-	-	-
点灯パターン	・ H27.11.2 - H28.1.24 ¹⁾	80km/h 1灯3消	60km/h 1灯3消	50km/h 1灯2消
無点灯期間	・ H27.11.9 - H28.1.31 ¹⁾	-	-	-

¹⁾点灯期間と無点灯期間を隔週で変更

13:00～21:00の点灯パターン、点灯色は青色

点灯速度の切り替えは、全ブロックでカメラ を使用

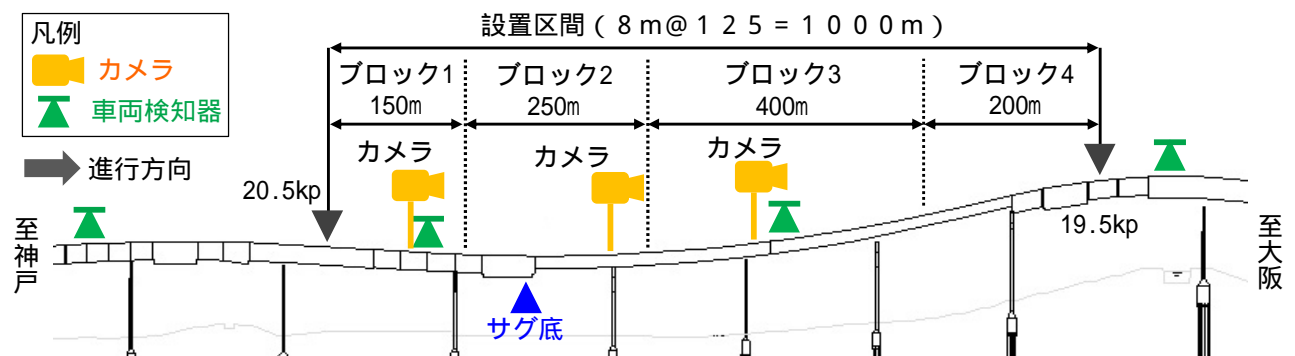
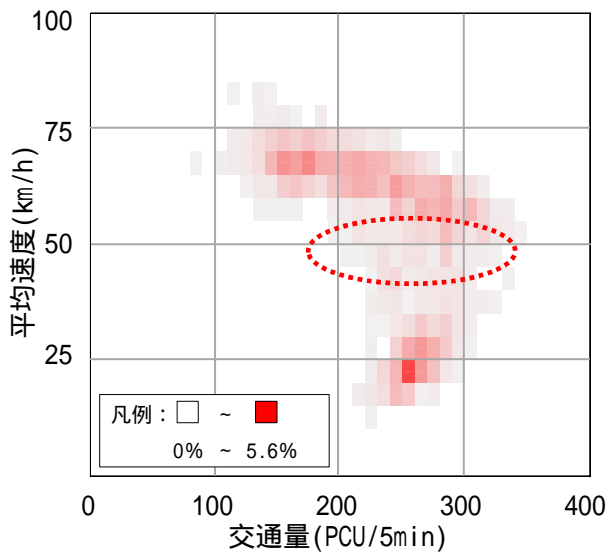


図-1 速度回復誘導灯の配置

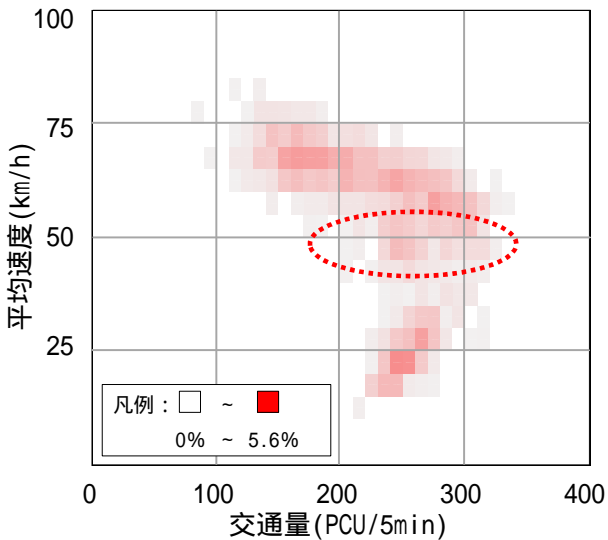
3. 速度回復誘導灯の渋滞緩和効果

渋滞の緩和効果については、渋滞量や遅れ時間等の指標を用いて検証することが考えられる。しかしながら、速度回復誘導灯を設置した平成27年度は、交通量が減少した平成26年度と比較して、交通量の増加による渋滞の悪化が顕著であり、異なる交通条件において上記指標を単純比較することは、評価として望ましくない。

そこで、速度回復誘導灯の効果検証を行うにあたり、まず運用開始直後の点灯パターンと無点灯期間の交通状況について、QV図を用いてミクロな交通現象の変



H27.6.3-6.18,7.13-7.16 (平日)
13:00-21:00 (事故渋滞等除く)
(a) 無点灯期間



H27.6.19-7.10 (平日)
13:00-21:00 (事故渋滞等除く)
(b) 点灯パターン
図-3 QV図の比較 (20.4kp)

化を捉えることとした。図-3に渋滞の先頭付近となる20.4kpにおけるQV図の比較結果を示す。その結果、QV図の形状は両者でほとんど違いはみられないが、点灯パターンにおいて50km/h付近の割合が高くなっていることが分かる。これは、1)自由流域から渋滞流域へと移行する際、点灯期間においては比較的交通量が多い状態でも早期に移行せず、50km/h付近で粘っている現象が起きている可能性(渋滞の発生抑制効果)や、2)渋滞流域から自由流域へと移行する際、点灯期間においては比較的交通量が多い状態でも早期に50km/h付近まで回復するような現象が起きている可能性(渋滞の早期回復効果)が考えられる。このような渋滞の発生抑制効果及び渋滞の早期回復効果について、次章以降で詳細な検討を行った。

4. 渋滞の発生抑制効果

渋滞の発生抑制効果を検討するにあたり、渋滞発生確率という指標を用いた分析を行った。渋滞発生確率は、「どの程度の交通量の際に、どの程度渋滞が発生するか」を表した指標であり、既存研究⁴⁾を参考にワイブル分布に従うと仮定し、式(1)に示すワイブル累積分布関数を最尤推定法により推定した。なお、推定には20.4kp追越側の検知器データを使用し、13:00から渋滞発生直前まで(渋滞が発生しなかった日は21:00まで)の交通量(=5分間, 10分間, 15分間の3種類)を使用している。

$$F(q) = 1 - e^{-\left(\frac{q}{\beta}\right)^\alpha} \quad (1)$$

ここで、 $F(q)$ は交通量 q における渋滞発生確率、 q は時間 t における交通量、 α は形状パラメータ(渋滞が発生す

表-2 渋滞発生確率の推定結果一覧

点灯パターン	対象交通量	パラメータ推計結果		渋滞発生確率5%,50%の交通量とその差(pcu)		
		α	β	5%	50%	差
点灯パターン	5分間交通量	8.67	259.9	185	249	65
	10分間交通量	11.08	462.4	354	447	94
	15分間交通量	12.58	662.1	523	643	120
点灯パターン	5分間交通量	7.20	270.2	179	257	78
	10分間交通量	7.91	508.1	349	485	136
	15分間交通量	9.06	716.6	516	688	172
無点灯期間	5分間交通量	8.44	252.7	178	242	64
	10分間交通量	10.78	450.3	342	435	93
	15分間交通量	11.50	658.1	508	637	129

る交通量のばらつきに影響), β はスケールパラメータ(渋滞が発生する交通量の大小に影響)である。

渋滞発生確率の推定結果一覧を表-2に示す。その結果、点灯パターンと無点灯期間で明確な差は見られず、渋滞の発生抑制効果は確認できなかった。一方で、点灯パターンでは、無点灯期間と比較して α がやや小さく β がやや大きくなっている。これは、渋滞の発生する交通量のばらつきがやや大きくなっている一方で、渋滞が発生する交通量は増加していることを意味している。要因としては、自由流域から渋滞流域に移るまでの間に点灯速度を80km/h 60km/h 50km/hと段階的に変更させることで、車両の走行速度に対して10km/h~20km/h程度高い点灯速度を概ね流すことが可能となり、ぎりぎりまで渋滞の発生を遅らせているケースが増加している可能性が考えられる。しかしながら、顕著に渋滞の発生抑制効果が現れてはならず、ばらつきも大きくなっているため、引き続き検討を進めていく必要はあるが、効果を高めるためには段階的に速度を変更することがポイントとなる可能性が窺えた。

5. 渋滞の早期回復効果

次に渋滞の早期回復効果を検討するにあたり、渋滞中

の交通状況に着目した分析を行った。具体的には、深江サグ付近におけるQV図について、渋滞中の時間帯のみ抽出し整理した。図-4に渋滞中におけるQV図の比較結果を示す。

その結果、速度回復誘導灯の運用開始直後の点灯パターンと無点灯期間を比較すると、点灯パターンにおいて、渋滞の先頭付近となる20.4kp及び19.9kpで50km/h以上の割合が高いことが分かる。上流側の22.0kpでは速度が低下したままであることから、下流側から頭崩れ的に渋滞が解消に向かっていているものの、渋滞全体の緩和にはつながっていないことが考えられる。また、下流側では車両の走行速度よりも低い40km/hで点灯させているため、速度が回復している下流側(ブロック3及び4)のみ点灯速度を上げる等の工夫をすることで、より効果が高まる可能性も考えられる。一方で、運用開始から数ヶ月経過した点灯パターンと無点灯期間では明確な差は見られなかった。これは、渋滞中の点灯速度を下り勾配部、上り勾配部に関わらず一様に50km/hとしたことで、区間によっては点灯速度が速すぎることとなり、十分な速度回復を促せなかった可能性が考えられる。以上の結果を踏まえると、最適な点灯速度はブロック毎に異なることが考えられ、走行状況に応じたきめ細やかな点灯速度の変更を検討することが望まれる。

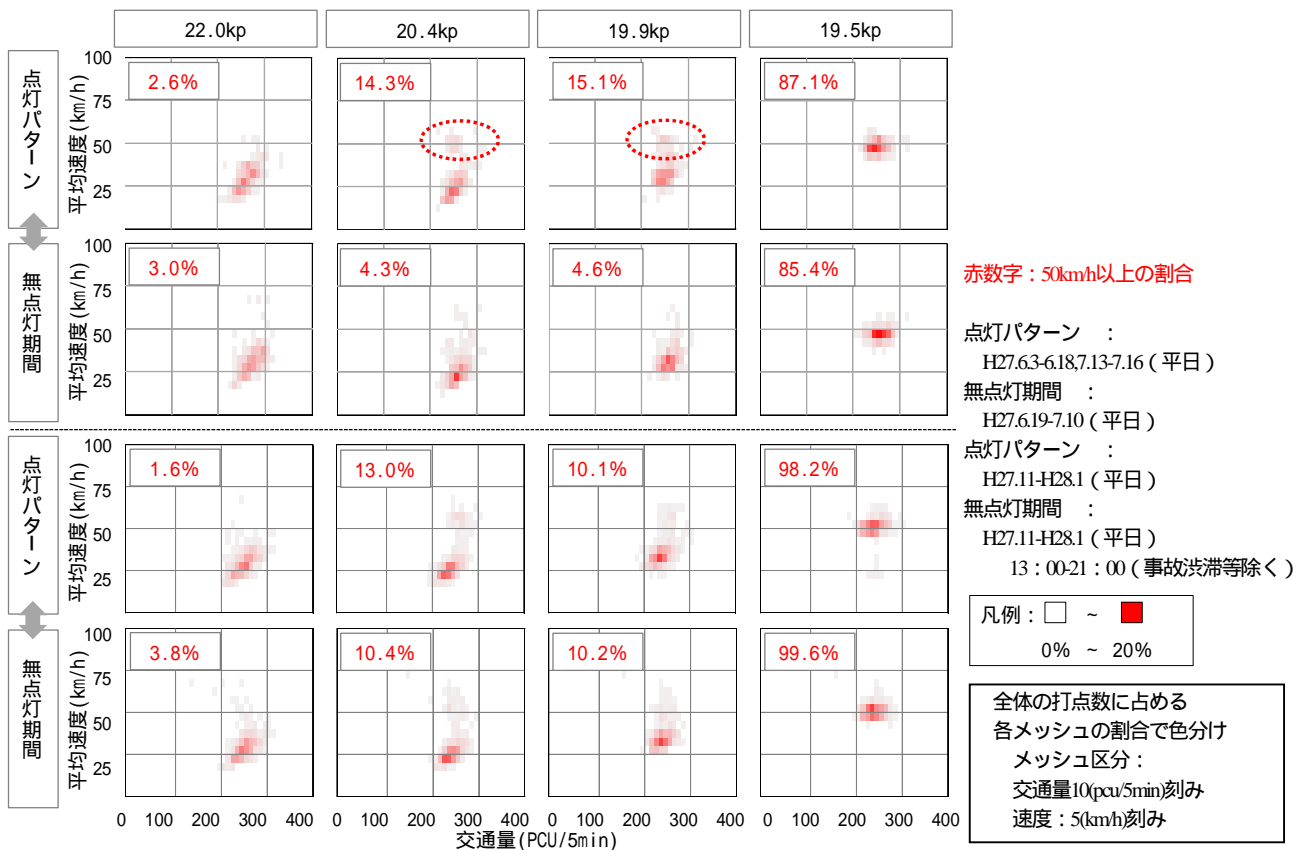


図-4 渋滞中におけるQV図の比較

6. おわりに

本稿では速度回復誘導灯について、複数の点灯パターンでの比較を通じたより効果的な点灯パターンの検討を行った。具体的に得られた成果を以下に示す

- 1) 速度回復誘導灯の効果については、特に渋滞の早期回復に効果がある可能性が明らかとなり、その効果は点灯パターンによって異なる可能性が窺えた。
- 2) 渋滞の発生抑制効果を高めるためには、段階的に複数の点灯速度を設けることがポイントとなる可能性が窺えた。
- 3) 渋滞の早期回復効果を高めるためには、車両の走行速度に応じてブロック毎に点灯速度を変更する事が望ましい可能性が明らかとなった。

なお、H28.2以降ブロック毎に点灯速度を変更する点灯パターンを運用しており、将来的には点灯色等の変更

も予定しているため、引き続きその効果を検証するとともに、車間距離の適正化に関する検討についても実施していく予定である。

参考文献

- 1) 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，第 33 回交通工学研究発表会論文集，pp. 185-188, 2013.
- 2) 鎌田恭典，渡部聡，安齋潤哉，柴田健一：渋滞対策を目的とした自発光ペースメーカーの開発と運用について，第 33 回交通工学研究発表会論文集，pp. 181-184, 2013.
- 3) 遠藤元一，中川浩，深瀬正之，橋本弾：東京湾アクアラインの渋滞対策について，交通工学論文集，1(4), B_1-B_8, 2015.
- 4) 小林正人，中村英樹，浅野美帆，米川英雄：都市間高速道路におけるボトルネック交通容量の確率的特性分析，第31回交通工学研究発表会論文集，pp. 133-188, 2011.

THE MOVING LIGHT GUIDE SYSTEM ON HANSHIN EXPRESSWAY

Takuma UEDA, Dai TAMAGAWA, Takashi KODAMA and Takeshi HAGIHARA