

# 縦断勾配変化地点に設置した 走光型視線誘導システムの 動的運用による渋滞緩和効果

石原 雅晃<sup>1</sup>・兒玉 崇<sup>2</sup>・吉村 敏志<sup>3</sup>・鈴木 健太郎<sup>4</sup>・友枝 ゆかり<sup>5</sup>

<sup>1</sup>正会員 阪神高速道路株式会社 計画部 (〒530-0005 大阪市北区中之島 3-2-4)

E-mail:masaaki-ishihara@hanshin-exp.co.jp

<sup>2</sup>正会員 阪神高速道路株式会社 大阪保全部 (〒552-0006 大阪市港区石田 3-1-25)

<sup>3</sup>正会員 阪神高速道路株式会社 計画部 (〒530-0005 大阪市北区中之島 3-2-4)

<sup>4</sup>正会員 阪神高速技研株式会社 技術部 (〒530-6123 大阪府大阪市北区中之島 3-3-23)

<sup>5</sup>正会員 株式会社地域未来研究所 (〒530-0003 大阪市北区堂島 1-5-17)

阪神高速では、渋滞緩和施策の一つとして、3号神戸線下り深江サグ部において走光型視線誘導システム（以下、MLGS: Moving Light Guidance System）を設置し、高い渋滞緩和効果を発現する点灯パターンを検討してきた。その結果、MLGSは、交通状況に適した点灯パターンを設定することにより、捌け交通量が増加し、縦断勾配変化地点で発生する渋滞の緩和に寄与することを確認した。この効果は、サグ部以外の縦断勾配変化地点でも発現が期待できる。以上から、2018年6月より13号東大阪線下り森之宮付近にMLGSを設置し、サグ部以外でも渋滞緩和効果の発現を確認した。本稿は、サグ部以外におけるMLGSの設置・運用の検討過程とその効果について整理し、今後展開する際の課題をまとめたものである。

**Key Words:** Moving Light Guidance System, longitudinal slope change, congestion mitigation

## 1. はじめに

走光型視線誘導システム（以下、MLGS: Moving Light Guidance System）は、サグ部のような無意識な速度低下により渋滞が発生する地点に設置することにより、車両の走行特性を変化させ渋滞緩和に寄与することが期待されており、阪神高速以外でも導入されてきた（図-1）。しかし、MLGSを設置することにより車両の走行特性にどのような影響を与えるか等のメカニズムは詳細には解明されておらず、渋滞緩和にとって最適な運用パターンも究明されてはいない。

阪神高速では、2015年6月より、3号神戸線下り深江～芦屋間においてMLGSの運用を開始した。この区間は、阪神高速道路で比較的交通量が多い路線でもあることから、渋滞が多発する地点として対策が特に求められる区間であった。また、下り勾配から上り勾配に変化する縦断勾配変化（サグ部）があるものの、合流部や平面線形変化等、サグ部以外の構造的な特徴による渋滞への影響が少ないと予想された。そのため、MLGSの効果をより精緻に確認できると期待されたことから、阪神高速道

路において初めて対策実施する個所として選定された。

他道路の設置事例では、車両走行速度より10～20km/h程度高い点灯速度での運用が効果的であることが報告されている<sup>1)</sup>。しかし、実際の車両の走行速度は、道路線形や周囲の環境、さらに渋滞時等の交通状況の違いによって異なると考えられる。

以上から、深江サグ部では、区間・時間毎の交通状況に適した運用とすることが、一様な点灯速度の運用よりも大きな効果を発現することを期待し、下記の2点を実



図-1 縦断勾配変化地点におけるMLGS運用状況  
(13号東大阪線下り森之宮付近)

現し得る、よりきめ細やかな誘導を実装した。

- 1) 区間毎にそれぞれ異なる点灯条件（車両の走行速度等）及び点灯パターンを設定可能とする
- 2) 点灯条件に用いられる車両の走行速度は、路側に設置されたカメラによって個別に観測した走行速度（画像処理によって 1 分間毎に平均値を算出）のうち、ブロック毎に任意のカメラの観測値を設定可能とする

その結果、一様な点灯速度の場合よりも渋滞中の捌け交通量（単位時間あたりの交通量）が増加し、それに依る渋滞発生や延伸抑制、早期解消の効果をもたらすことで渋滞継続時間が減少し、結果として渋滞量や遅れ時間の削減に効果が期待できることが確認された。捌け交通量が増大し、交通の流れを改善するという観点では、MLGS はサグ部以外の渋滞にも効果の発現が期待できる。

また、深江サグ部において、点灯箇所をサグ底上流のみとサグ底下流のみに場合分けした分析結果から、サグ底より上流のみに設置するだけでも捌け交通量の増大を見込めることが確認されている<sup>2)</sup>。よって、MLGS は、サグ部だけでなく、少なくとも縦断勾配変化に起因する渋滞において、捌け交通量を増大させる効果が期待できる。そのため、阪神高速道路における主要渋滞ボトルネックのうち、MLGS の効果発現性と対策の優先度を鑑み、縦断勾配変化に起因する渋滞発生地点という観点では深江サグ部と同様である 13 号東大阪線下り森之宮付近を、深江サグ部に継ぐ第一の水平展開箇所として選定し、MLGS の設置・運用を行ってきた。

本稿では、森之宮付近における MLGS の設置概要と、サグ部への設置事例との差異に着目して、設置箇所の交通状況に適した点灯パターンの調整を行った検討過程とその結果を整理する。また、今後、MLGS を他の主要渋滞箇所に展開する際の注意点について取りまとめる。

## 2. 森之宮付近における MLGS 設置概要

本箇所は、入口の合流部付近で渋滞が発生しているものの、図-2 に示すように、合流部より下流で渋滞が発生している。縦断勾配を確認すると、渋滞発生地点付近が勾配変化地点に該当することから、この縦断勾配変化による速度低下が渋滞に起因していると推察される。

### (1) プローブデータを用いた渋滞先頭位置の把握

深江サグ部の事例において、MLGS は、渋滞先頭位置前後で運用を変えることが効果上昇に寄与することが確認されている<sup>3)</sup>。森之宮においても同様の効果を期待して、渋滞先頭位置を把握した。

増本ら<sup>4)</sup>は、渋滞区間を通過する車両について、渋滞



図-2 森之宮付近の渋滞発生状況

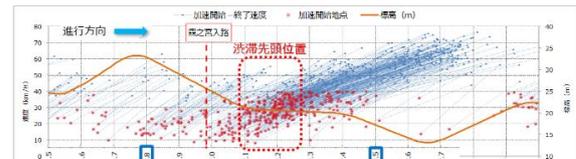


図-3 森之宮付近の渋滞先頭位置分析結果

先頭位置を通過した直後から緩やかに速度上昇し、非渋滞流に近づいていく現象に着目し、プローブデータを分析した結果から、多くの車両が緩やかに速度上昇している地点を渋滞先頭位置として抽出している。図-3 に示すように、本 MLGS 設置区間においては、森之宮入口より下流の縦断勾配変化地点が渋滞先頭位置と捉え、運用を行う。

### (2) MLGS の設置概要

設置する灯具の性能や設定については、深江サグ部に適用したものと同様の仕様とした<sup>5)</sup>。深江サグ部では走行車線側高欄に灯具を設置していたが、森之宮においては、車線毎の分担交通量が大きく、合流等の影響が少ない追越車線側に重点的に設置した。一方、より効果を高めるために、最も速度を改善させたい渋滞先頭位置付近には走行車線にも設置した（図-4）。縦断勾配変化地点付近の速度をカメラ 2 で測定し、それより上流をカメラ 1、下流をカメラ 3 で測定することとした。

また、合流部より上流において速度上昇を図ることは、合流部における追突事故を誘発する可能性が必ずしもないとは言いきれない。その可能性を払拭するために、点灯パターンについては、捌け交通量の増大を図る点灯速度設定とすることに加え、必要な範囲に絞った運用を行う。増本らは、MLGS の必要範囲の検証を行い、渋滞中においては、渋滞先頭位置より下流だけでなく、渋滞先頭位置より上流側の速度低下している区間への設置が渋滞中の捌け交通量増大に寄与していることを確認している<sup>2)</sup>。この成果をもとに、森之宮付近における MLGS は「時間的交通状況（渋滞発生前と渋滞発生後）に合わせた運用」と、「空間的交通状況（渋滞先頭位置前後）に

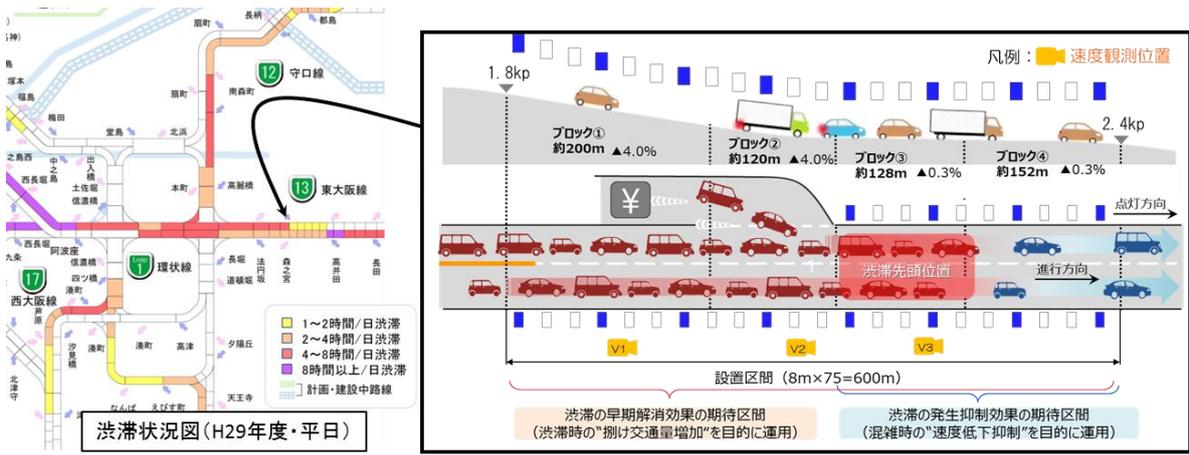


図-4 森之宮における誘導灯設置イメージ

合わせた運用」が可能な設定とした。渋滞発生前については、速度低下の抑制を目的として、速度低下区間より下流（ブロック 3・4）のみで点灯し、下流に進むほど点灯速度を高く設定した。また、渋滞発生後は、渋滞範囲に合わせて点灯範囲を決定し、渋滞区間では観測速度と同等速度での運用、渋滞先頭位置より下流側では、点灯速度を段階的に高い運用とすることで、捌け交通量の向上を図った。

### 3. 効果を高くする点灯パターン検討過程

MLGS を森之宮付近の交通現況に合わせた点灯パターンで運用するにあたり、注視する項目を段階的に設定して検討することとした。検討の流れを図-5に示す。

また、それぞれの点灯パターンにおける点灯速度設定を表-1にまとめる。なお、各点灯パターンについて比較を行うにあたり、データの信頼性向上には期間を長めにとる方が望ましいが、交通需要等の季節変動の影響を受けるため、隔週でパターンを変更することで季節変動の影響を平準化し、パターン毎に集計した結果の比較によって評価することにした。また、上下流で事故等の特異な渋滞が発生している日は、特異日として除外した。

#### (1) Phase1：適用箇所特有の改善点の把握

まず、深江サグ部での速度設定方法を踏襲した点灯パターンである M-0 と無点灯を比較し、森之宮付近における設置の特徴を確認した。その結果、渋滞量については点灯により低下しているものの、捌け交通量については大きくは変化しなかった。捌け交通量を増大させるにあたり、以下の2点に着目し、点灯パターンの改善を図ることとした。

##### a) 渋滞先頭位置の誤認識

一般的に、渋滞先頭位置における速度と交通量の関係

- ◆Phase1 適用箇所特有の改善点の把握 (H30.6～H30.10)
  - ・渋滞先頭位置が下流にあることを確認⇒Phase2へ
  - ・速度帯ごとの速度上昇ポテンシャルの差異を確認⇒Phase3へ
- ◆Phase2 全速度帯に係る設定の改良 (H30.10～H30.11)
  - ・Phase2の改良点の効果を確認
  - ・捌け交通量については増加量が大きくない⇒Phase3へ
- ◆Phase3 速度上昇ポテンシャルが低い速度帯に対する改良 (H30.11～H31.2)
  - ・各点灯パターンの捌け交通量を比較
  - ・最も効果の高かった点灯パターンを最終点灯パターンとして選定
- ◆Phase4 改良点灯パターンの効果の評価 (H31.2～H31.3)
  - ・点灯・無点灯を隔週比較することにより、交通需要の影響が少ない中で効果を評価

図-5 点灯パターン検討の流れ

表-1 ブロック毎の点灯速度判定カメラ

パターン	判定速度帯	ブロック1	ブロック2	ブロック3	ブロック4
M-0	～30 km/h	V1	V2	V3+5	V3+10
	31～40 km/h	V1	V2	V3+5	V3+10
	41～50 km/h	V1	V2	V3+5	V3+10
	51～60 km/h	V1	V2	V3+5	V3+10
	61km/h～	無点灯	無点灯	V3+5	V3+10
M-1	～20 km/h	V1	V2	V3	V3+5
	21～25 km/h	V1	V2	V3	V3+5
	26～30 km/h	V1	V2	V3	V3+5
	31～35 km/h	V1	V2	V3	V3+5
	36～40 km/h	V1	V2	V3	V3+5
	41～45 km/h	V1	V2	V3	V3+5
	46～50 km/h	V1	V2	V3	V3+5
	51～55 km/h	V1	V2	V3	V3+5
	56～60 km/h	V1	V2	V3	V3+5
61km/h～	無点灯	無点灯	V3	V3+5	
M-3-2-2	～20 km/h	V1	V2	V3	V3+5
	21～25 km/h	V1	V2	V3	V3+5
	26～30 km/h	V1	V2	V3	V3+5
	31～35 km/h	V3	V3	V3	V3+5
	36～40 km/h	V3	V3	V3	V3+5
	41～45 km/h	V1	V2	V3	V3+5
	46～50 km/h	V1	V2	V3	V3+5
	51～55 km/h	V1	V2	V3	V3+5
	56～60 km/h	V1	V2	V3	V3+5
61km/h～	無点灯	無点灯	V3	V3+5	

※V1～V3:カメラ1～3の観測速度の判定速度帯最大値  
 ※赤字:前のPhaseからの改良箇所

(QV 図) を図示すると、速度と交通量が滑らかに変化するが、下流に渋滞先頭位置が存在し、そこから渋滞が延伸していると、交通量が交通容量に到達するまでに渋滞状態となり、分布が上下に二分された図になる。この特性を考慮して、カメラ毎の観測値から作成した QV 図

を確認すると、森之宮付近では、カメラ 3 で捉えているブロック 3 より下流側に渋滞先頭位置が存在していることが窺える (図-6)。

検討当初は、ブロック 2～ブロック 3 に渋滞先頭位置が存在すると考えて、その上流側 (ブロック 1, 2) では実勢速度と同程度の点灯速度、下流 (ブロック 3, 4) では速度を引き上げるように実勢速度より段階的に早い速度となることを目指していたため、実際の渋滞先頭位置に適した点灯速度設定の見直しにより MLGS の効果増大が期待できる。この改善については、Phase2 で対応する。

b) 度帯別速度上昇ポテンシャルの差異

捌け交通量増大を目的としているが、車両の実勢速度に応じて点灯速度を変化させる運用をしている以上、実勢速度と点灯速度の差異に注目して点灯パターンの改善点を検討した。1 分ごとに点灯速度の更新を行っていることから、点灯速度帯ごとに 1 分後の実勢速度との差の傾向が異なることが分かった (図-7)。カメラ 1～3 の全てにおいて、51～60km/h (高速度帯)、0～20km/h (低速度帯) は速度上昇幅が大きい (速度上昇ポテンシャルが高い) 車両が多く、31～40km/h (中速度帯) は速度減少幅が大きい (速度上昇ポテンシャルが低い) 車両が多かった。本稿では、速度減少幅が大きい速度帯に着目し、Phase3 で改善を図ることとした。

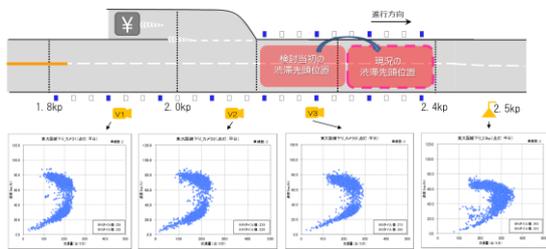


図-6 点灯パターン検討の流れ

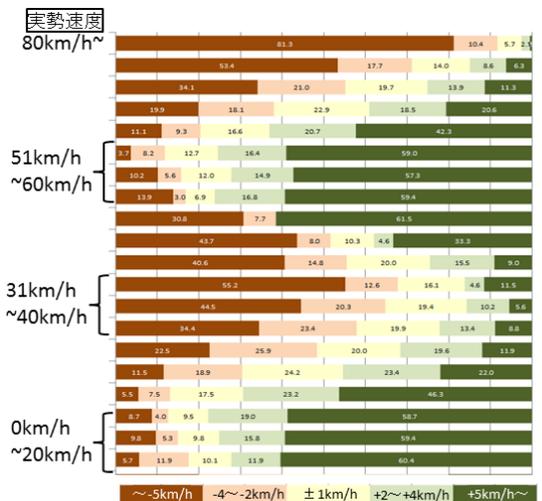


図-7 速度帯の 1 分後速度変化量分布

(2) Phase2 : 全速度帯に係る設定の改良

Phase1 で判明した渋滞先頭位置に対する改善点について点灯速度設定の改良を行った点灯パターンを M-1 とする。M-1 では併せて、判定速度の細分化を行った。これは、深江サグ部において、判定速度を徐々に細分化し、きめ細やかな速度設定をすることで渋滞緩和効果を増大させたことに基づく。しかし、判定速度を細分化し過ぎると、点灯速度が逐次的に変化してしまい、点灯速度に車両が追従するという思想から逸脱する可能性がある。そのため、M-0 では 10km/h ピッチであった設定を、M-1 では 5km/h ピッチとした (表-1)。

本 Phase では点灯・無点灯の比較を行っていないため、前年度同時期の交通状況との比較を行った。その結果、設置区間を含む区間の渋滞量については、約 2 割の渋滞緩和効果を確認できた。しかし、渋滞量については交通需要の変動による影響が大きく、渋滞対策の有無による効果比較指標としては必ずしも適切とは言えない。また、2018 年 5 月に、上流の阿波座合流部において拡張を行ったことにより、付近の交通状況は変動が大きいと考えられる。そこで、渋滞中の捌け交通量を M-0 の点灯期間と比較すると、M-1 の方が微増している (図-8)。以上から、判定速度の細分化と渋滞先頭位置に合わせた改良には効果があるものと考え、Phase3 においても引き続き採用した。

(3) Phase3 : 速度上昇ポテンシャルが低い速度帯に対する改良

速度上昇ポテンシャルが低い速度帯に対して速度上昇を促すにあたり、実勢速度より点灯速度を引き上げることが考えられる。しかし、下流側の速度が上昇していない場合には、上流側の速度上昇を促しても、下流車両の速度を超えることはできない。そのため、下流の速度が上流の速度より早い場合にのみ速度上昇を促すことで全体的な速度上昇を実現可能と考え、M-3-2-2 では、上流側 (ブロック 1, 2) の速度上昇ポテンシャルが低い速度帯の速度判定については、下流側のカメラ 3 で実施することとした。

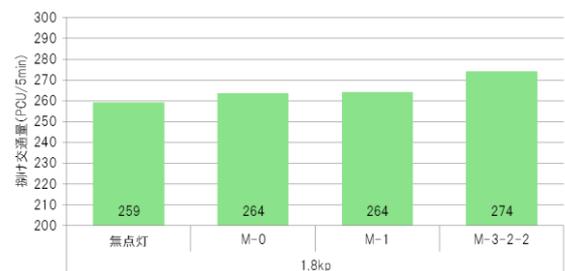


図-8 点灯パターンごとの渋滞中捌け交通量 (1.8kp)

無点灯, M-0, M-1, M-3-2-2 において, それぞれの渋滞中の捌け交通量を比較する (図-8). 需要の影響が少ない指標として渋滞中の捌け交通量で評価するものの, 集計期間が異なるため, 需要交通量の変動による影響を可能な限り除外することが望ましい. 極度に渋滞が延伸している場合には, 通過台数は著しく低下してしまう. また, 渋滞と非渋滞が逐次変化するような場合は, 渋滞の判定が明確とは言えない. 以上から, 渋滞継続時間によって評価に適していない場合を除外することとし, 渋滞継続時間が 30 分以上且つ 90 分以下の場合のみについてデータを抽出し, 捌け交通量を算出した. その結果, 検討した点灯パターンの中で M-3-2-2 の捌け交通量が最も大きいことから, 最終的な点灯パターンに M-3-2-2 を選定した.

(4) Phase4 : 効果の評価

本節の冒頭でも述べたが, 渋滞対策の効果を評価するにあたり, 交通流の季節変動による渋滞への影響を可能な限り除外するためには, 隔週で点灯と無点灯を切り替え, それぞれに集計した指標を比較することが望ましい. 本稿では, 最も効果を発現した点灯パターン (M-3-2-2) と無点灯について隔週で切替えを行い, 本点灯パターン検討の最終的な効果として評価した. 比較結果の詳細については次章で整理する.

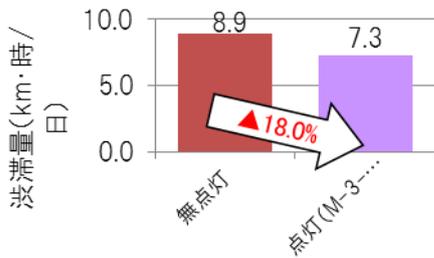


図-9 渋滞量の比較 (無点灯・M-3-2-2)

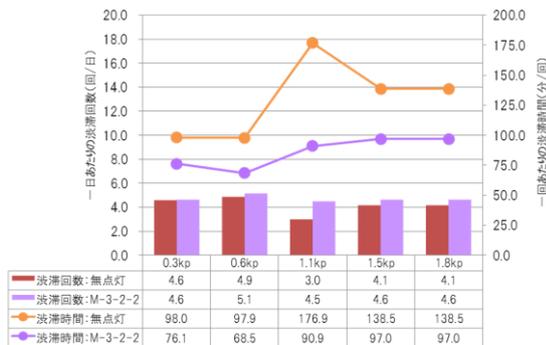


図-10 1日あたりの渋滞回数と1回あたりの渋滞継続時間

4. 効果の整理

2019年2月12日から2019年3月24日にかけて点灯と無点灯を交互に運用した. 点灯期間と無点灯期間それぞれについて集計した結果を整理する.

(1) 渋滞指標の低下

M-3-2-2 で点灯を行った結果, MLGS を点灯することで, MLGS 設置区間を含む区間 (東下 0.8kp~東下 2.7kp) において集計した渋滞量については約 2 割減少した (図-9). また, 渋滞量減少の要因検証として, 1日あたりの渋滞回数と1回あたりの渋滞継続時間を比較した結果を図-10 に示す. 図-10 から, MLGS の設置区間より上流における渋滞継続時間の大幅な減少が, 渋滞の早期解消に寄与していると言える. また, 渋滞回数については微増しているが, それ以上の早期解消効果により, 結果として渋滞量減少の効果を発現している.

(2) 捌け交通量の増大

MLGS 設置区間の前後に設置された車両検知器 (以下, トラカン) から渋滞中の捌け交通量を比較した結果, 約 6% の増大が確認できた (図-11). 期間平均値が増大しただけでなく, 統計的にも有意に増大していることを確認している. また, 図-12 に示す QV 図 (渋滞中データのみ) からは, 渋滞中において, MLGS の点灯により速

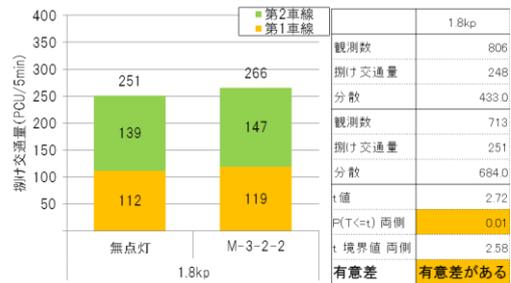


図-11 1.8kp における渋滞中捌け交通量 (渋滞継続時間 30 分以上 90 分未満の場合のみ)

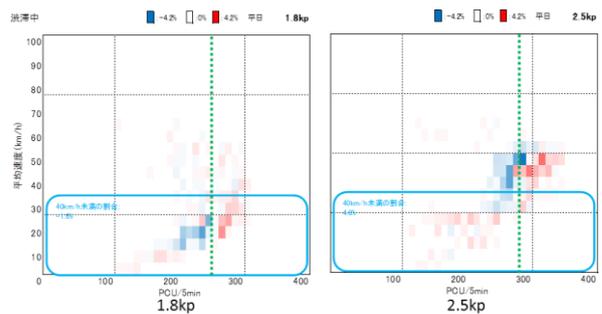


図-12 1.8kp, 2.5kp の渋滞中 QV 図

度が向上し、交通量も増大していることが窺える。したがって、深江サグ部における設置事例と同様に、捌け交通量の増大が、渋滞の早期解消に寄与した結果、渋滞継続時間が減少し、渋滞量削減の効果をもたらしたと言える。

## 5. まとめと今後の課題

サグ部以外の縦断勾配変化に起因する捌け交通量の増大が見込める対策として、森之宮付近に MLGS を設置・運用した結果、深江サグ部と同程度の捌け交通量増大効果を確認した。一方で、渋滞量については深江サグ部ほどの減少効果を確認できなかった。

捌け交通量の上昇度合が同程度であるにも関わらず渋滞指標への影響に差が見られた要因として、MLGS設置範囲の差異が挙げられる。深江サグ部においては、サグ部を含む約1km区間にMLGSを設置していたが、森之宮では約600m区間にしか設置できなかった。これにより、下流の渋滞要因箇所を包含することができず、渋滞先頭位置の変動に対しても十分対応できていない可能性が考えられる。

本稿では、MLGS の渋滞緩和効果を増大させる点灯パターンの検討を行ったが、数値的に最適な点灯パターンの分析は行っていない。その実現のためには、多様なパターンによる多量なデータが必要である。これまで深

江・森之宮での設置事例により取得したデータを用いてそれらの分析を行い、より渋滞緩和効果の期待できるシステム運用方法の検討は今後の課題である。

**謝辞：**本プロジェクトを推進して下さった諸先輩方、設置・効果検証に携わって頂いた関係部署、グループの方々には筆舌に尽くし難い感謝の意を表する。

## 参考文献

- 1) 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
- 2) 増本裕幸, 飛ヶ谷明人, 兒玉崇, 北澤俊彦, 鈴木健太郎, 友枝ゆかり, 李竜煥: 阪神高速道路における速度回復の効果検証と効率的な運用方法について, 交通工学論文集, 4(3), B\_1-B\_9, 2018.
- 3) 兒玉崇, 植田拓磨, 飛ヶ谷明人, 増本裕幸, 玉川大: 走行型視線誘導システムにおける渋滞低減効果の高い点灯パターンの検討, 土木計画学研究・講演集, Vol. 54, No. 258, 2016.
- 4) 増本裕幸, 鈴木英之, 兒玉崇: 速度回復誘導灯を用いた渋滞対策の次期展開について, 第 50 回技術研究発表会論文集, 2018.
- 5) 植田拓磨, 玉川大, 兒玉崇, 萩原武司: 深江サグ部における速度回復誘導等を用いた渋滞対策について, 第 53 回土木計画学研究発表会, 2016.

## CONGESTION MITIGATION EFFECT BY DYNAMIC OPERATION OF MOVING LIGHT GUIDANCE SYSTEM INSTALLED AT A LONGITUDINAL SLOPE CHANGE POINT

Masaaki ISHIHARA, Takashi KODAMA, Satoshi YOSHIMURA, Kentaro SUZUKI and Yukari Tomoeda

A Moving Light Guidance System (MLGS) was installed at a longitudinal slope change point called sag section in Hanshin Expressway Route 3. Kobe Route. As a result of changing the operation rule of the system, it was found that the congestion mitigation effect was expressed by the operation with the lighting pattern suitable for the traffic situation. This effect is also expected when MLGS is installed at a longitudinal gradient change point other than sag sections. Therefore, MLGS was installed at a longitudinal slope change point other than sag sections, Hanshin Expressway Route 13. Higashi-Osaka Route from June 2018. It was confirmed that the effect of alleviating traffic congestion was also observed. This paper summarizes the study process and effects of MLGS.