

電波レーダを用いた阪神高速道路における 渋滞末尾把握に関する研究

佐藤 大地¹・玉川 大²・加瀬 駿介³・向井 梨紗⁴
阿部 敦⁵・樋上 智彦⁶・杉井 祐太⁷・萩原 祥行⁸

¹ 非会員 阪神高速道路株式会社 保全交通部 交通技術課 (〒530-0005 大阪市北区中之島 3-2-4)
E-mail: daichi-sato@hanshin-exp.co.jp (Corresponding Author)

² 正会員 阪神高速道路株式会社 計画部 調査課 (〒530-0005 大阪市北区中之島 3-2-4)
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 事業計画課 (〒530-0005 大阪市北区中之島 3-2-4)
E-mail: shunsuke-kase@hanshin-exp.co.jp

⁴ 非会員 阪神高速道路株式会社 保全交通部 交通技術課 (〒530-0005 大阪市北区中之島 3-2-4)
E-mail: risa-mukai@hanshin-exp.co.jp

⁵ 非会員 オムロンソーシアルソリューションズ株式会社 社会ソリューションズ事業本部 (〒553-0003
大阪市福島区福島 3-14-24)
E-mail: atsushi.abe@omron.com

⁶ 非会員 オムロンソーシアルソリューションズ株式会社 社会ソリューションズ事業本部 (〒520-2362
滋賀県野洲市市三宅 686-1)
E-mail: tomohiko.hinoue@omron.com

⁷ 非会員 オムロンソーシアルソリューションズ株式会社 技術創造センタ (〒520-2362 滋賀県野洲市
市三宅 686-1)
E-mail: yuta.sugii@omron.com

⁸ 非会員 オムロンソーシアルソリューションズ株式会社 技術創造センタ (〒520-2362 滋賀県野洲市
市三宅 686-1)
E-mail: yoshiyuki.hagiwara@omron.com

阪神高速道路には多様な道路線形、刻々と変化する交通状況が存在している。また、交通量も多いため、交通集中渋滞が朝夕を中心に発生し、交通事故も多発しており、交通事故削減は重要な課題である。交通事故の更なる削減には、道路線形・交通状況に応じた動的な交通事故防止策が求められている。動的な交通事故防止策を実施するためには、刻々と変化する交通状況の把握が不可欠であることから、車両走行状況を面的に監視でき、かつ屋外環境におけるロバスト性が高く、速度計測精度に優れたセンサである電波レーダに着目した。本論文では、渋滞末尾付近での追突事故を削減することを目的とし、電波レーダ技術を用いて、時々刻々と変化する交通状況における通行車両の走行実態を可視化し、リアルタイムで渋滞末尾位置を特定する手法を検討した結果について報告する。

Key Words: radio radar, traffic congestion

1. はじめに

(1) 阪神高速道路における現状と目的

阪神高速道路は 1 日あたり約 75 万台の利用があり、日常的に交通集中渋滞が発生する。刻一刻と変化する交通状況は、超音波式車両検知器（以降、「超音波式」とする。）により点的に計測した 5 分間車両検知器データ

（交通量、時間占有率）を用いて渋滞判定を行い、情報板や交通管制室でドライバーや管制員に 1 分更新で提供を行っている。

阪神高速道路における事故種別の約 3 分の 1 は（多重）追突事故によるものであり、追突事故の削減のためには、道路線形・交通状況に応じた動的な注意喚起やメッセージ表示が効果的である。それらの実現には、一定の延長

を持つ区間のなかで時々刻々と変化する渋滞末尾位置や渋滞の形態をリアルタイムで正確に検出することが求められる。そのためには、面的に車両の動きを正確に捕らえられるセンサと、収集したデータをリアルタイムで処理し、渋滞末尾位置及び形態を判定するロジック・手法が必要である。

近年、時々刻々と変化する交通状況の把握において、車両走行状況を面的に監視でき、屋外環境におけるロバスト性が高く、速度計測精度に優れた電波レーダの活用が注目されている。

本研究では、渋滞末尾付近での追突事故に着目し、電波レーダを用いて、多様な道路線形や時々刻々と変化する交通状況における通行車両の走行実態を可視化し、注意喚起すべき渋滞末尾現象を特定することを目的としている。

(2) 電波レーダの概要

電波レーダは、検知したい領域に電波を照射し、領域内の移動物体からの反射波の方向と反射時間を測定することで、移動物体の位置、速度、動きをセンシングする技術である。電波レーダの特徴として、①広範囲の検知、②高いロバスト性、③高精度な速度計測が挙げられる。過去に実用されてきた車両検知器と電波レーダによる車両検知器の比較を表-1に示す。

表-1 各検知器比較

検知器種類	検知範囲	対環境性	設置性	速度精度	情報量
超音波	点	◎	○	-	△
ループ※	点	◎	△	○	△
画像	面	△	◎	△	◎
電波レーダ	面	◎	◎	◎	○

◎：良好度高、○：良好度中、△：良好度低、-：不可
 ※2車線使用時

電波レーダは、超音波式やループ式の車両検知器が1車線上でかつ点での検知であることに対し、1台で8車線かつ150m以上の広範囲な面を検知することが可能である。また、同じく面でのセンシング技術である画像式車両検知器（以降、「画像式」とする。）は、パッシブなセンサのため、屋外での環境条件に対するロバスト性に課題があり、雨天や夜間、影、ヘッドライト等の外乱光、西日といった現象により精度が低下する弱点があった。一方、電波レーダは、画像式と比較し、車両の色や形状などの得られる情報量が少ないが、アクティブなセンサであることから、画像式での長所である広範囲検知を維持しながら、屋外環境に対する高いロバスト性をもつ特徴がある。また、ドップラ計測による高性能な速度

精度が可能であり、通常状態において±1km/h以下の計測精度が可能である。今回使用した電波レーダの仕様及び設置条件を表-2及び図-1に示す。図-1に示すとおり、上下線同時検知可能であるが、渋滞末尾位置を把握する際には、車両後方からの検知が必要となるため、神戸線入り方向2車線のみ検知を行った。

表-2 電波レーダ仕様

項目	仕様
検知領域	最大 150m×8車線 (乗用車サイズ以上)
上下線検知	上下線同時検知可能
車両検知可能速度	-160~160km/h
距離精度	±2.5%(Typical)
速度精度	±1km/h (Typical)
周波数	24.05~24.25GHz
処理周期	100ms
設置	路側または中央分離帯柱に設置 (設置高さ6~8m)
重量	約 1.3kg (取付金具除く)
サイズ(H/W/D)	約 200×150×30mm
消費電力	10W

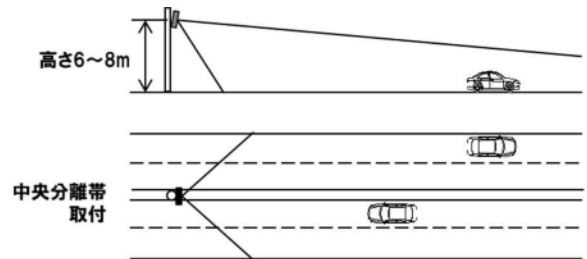


図-1 設置イメージ

2. 渋滞末尾現象の把握方法の検討

(1) 対象区間

本研究では、今後の展開を見据え、多様な道路線形、時々刻々と変化する交通状況を含む区間である、3号神戸線入り柳原～京橋間を選定した。路線図及び選定場所の概略図を図-2及び図-3に示す。この区間にはカーブ区間（西出カーブ）、入口合流部（柳原合流）、出口分岐（京橋出口）を有しており、2019年度例では、追突事故件数15件、本区間内をボトルネックとした渋滞の発生回数123件と事故、渋滞ともに多発している状況にある。各区間に約6か月間電波レーダおよびカメラ装置を仮設し、渋滞末尾位置の把握を行った。



図-2 路線図

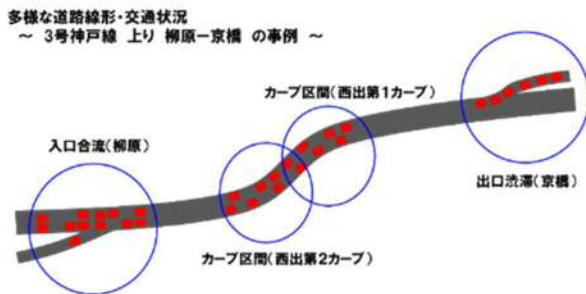


図-3 選定場所概略図

(2) データ収集方法

フィールドデータの取得手順としては、各区間に電波レーダ（柳原入口合流部 2 台、西出第一カーブ 3 台、京橋出口 3 台）と検証用のカメラを照明柱に設置した。また、照明柱下部にデータの一時蓄積及び電波レーダとカメラの制御を行う制御部を設置し、当該区間内で発生した渋滞末尾付近の車両走行状況の可視化・統計処理等を行った。各電波レーダで取得したデータは、各区間で設置した複数の判定結果を合成して、対象区間全体での渋滞末尾の把握可否を検討した。各電波レーダの設置にあたっては、電波レーダがデータ取得できる 150m の範囲において死角を作らないように、各電波レーダの足元をオーバーラップさせるように配置した。表-3 に実験機器の設置例、図-4 に実験イメージを示す。

(3) 電波レーダによる収集データの確認

電波レーダ設置後のデータ収集状況について、3 台の電波レーダを設置した京橋の例を図-5 に示す。京橋では、照明柱番号「京 8」、「京 11」、「京 14」に電波レーダを 1 台ずつ設置している。また、図中のオレンジ色は上り方面車線、青色は下り方面車線の車両の軌跡を示して

表-3 実験機器設置例

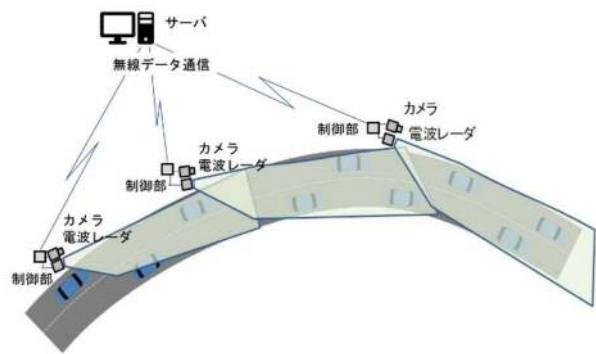


図-4 実験イメージ

いる。この結果、各電波レーダにおいて 100m 以上の距離を確保できており、上流側電波レーダにより下流側に設置している電波レーダの死角となる足元まで検知できていることが確認できた。また、京橋の出入口の分岐による車両の軌跡も検知できていることを確認した。

(4) 渋滞末尾事象の可視化方針

a) 渋滞情報の可視化検討

渋滞情報を可視化するため、まず電波レーダから得られた 5 分間交通データの平均速度に着目し、最寄りの超音波式との比較を実施した。超音波式では直接速度を計測できないことから、通過車両の占有時間と固定した大小の車長を用いて平均速度を算出している。なお、阪神高速道路の渋滞検知器は追越車線に設置されているため、該当区間の比較データは全て追越車線のデータを用いて比較を行った。京橋出口付近のデータと KP30.9 設置の超音波式との比較結果を図-6 に示す。

KP30.9 位置の超音波式と、電波レーダの設置位置はそれぞれ「京 14」で約 200m、「京 11」で約 300m、「京 8」で約 400m 離れているため、多少の時間ずれは生じているものの高い相関があることが確認できる。この結果より、電波レーダから出力した速度情報を指標とした場合においても、以前から実績のある現状の超音波式と同等

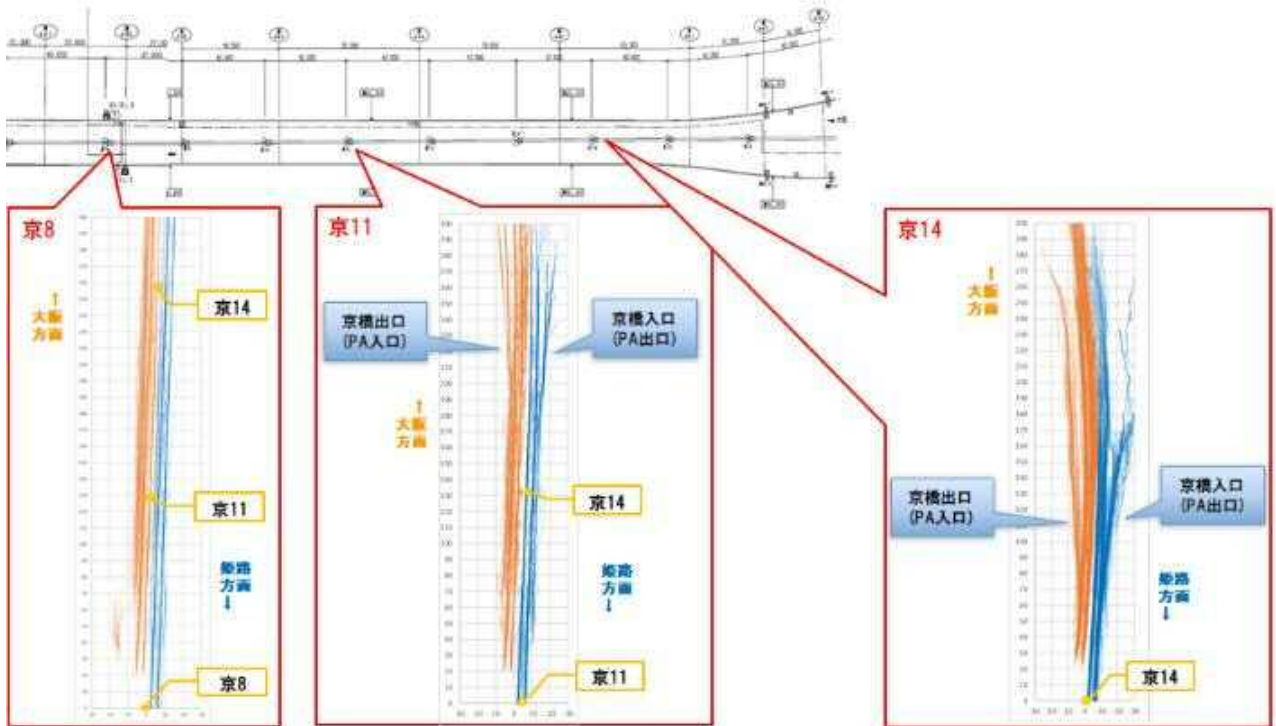


図-5 検知状況図 (京橋)

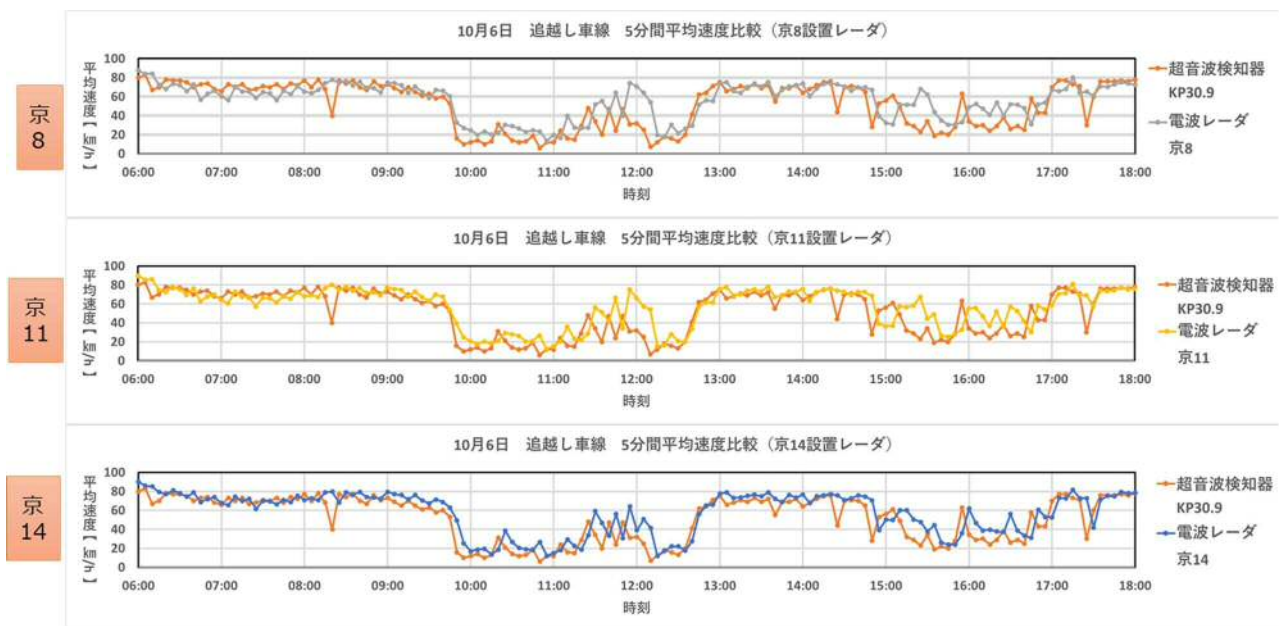


図-6 超音波式と電波レーダ式との出力比較

の渋滞事象の検知が可能と確認できた。

b) 渋滞末尾事象の抽出・可視化方針

次に電波レーダの特性を生かした検討を実施した。超音波式と電波レーダの特性で最も大きな違いは、超音波

式が設置地点の「点」でセンシングするのに対して電波レーダは設置エリアの「面」でセンシング可能なことである。

この特性を生かす方法として、超音波式の平均速度データを設置位置方向に並べた時間・位置・速度の3次元

データの可視化があげられる。また、エリアをセンシングしている電波レーダを合成し、疑似的な1つのセンサとして広範囲のエリアでのセンシングを実施する。そして、3次元データを理解が容易な2次元の速度コンター図、つまり、区間平均速度を色分け表示することにより渋滞の発生から解消までの動きを可視化することとした。図-7に速度コンター図例を示す。

なお、各区間（各セル）の距離については、通常の10tクラスの大型車両の長さが12mあることを考慮して、1区間の長さは20mとした。

3. 検証結果

(1) 算出時間の検討

広範囲のエリアに対する2次元速度コンター図で可視化する上で重要となる平均速度データの平滑時間（以下「算出時間」とする）を決定する必要がある。算出時間は、現状の超音波式で行っている5分間から開始し、1分間、30秒間、10秒間と短縮し、よりリアルタイムな渋滞の変化状況の把握の可能性を確認した。

ケーススタディとして、京橋での10月6日9:40~9:55

※イメージ図

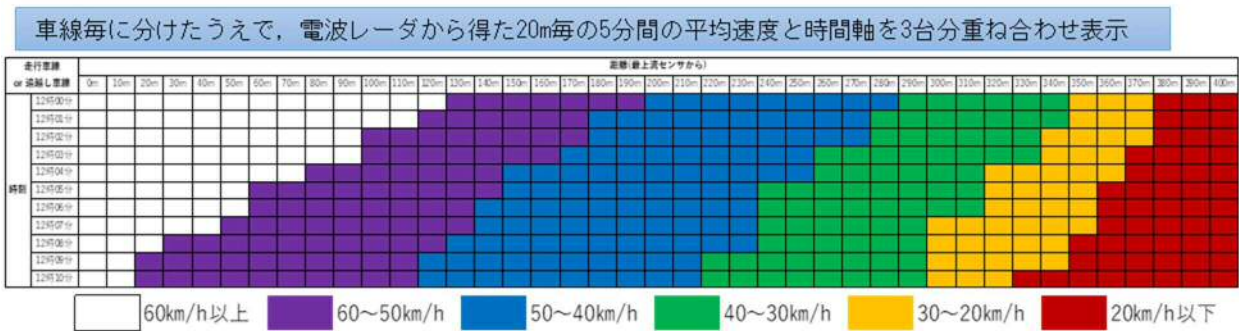


図-7 速度コンター図例

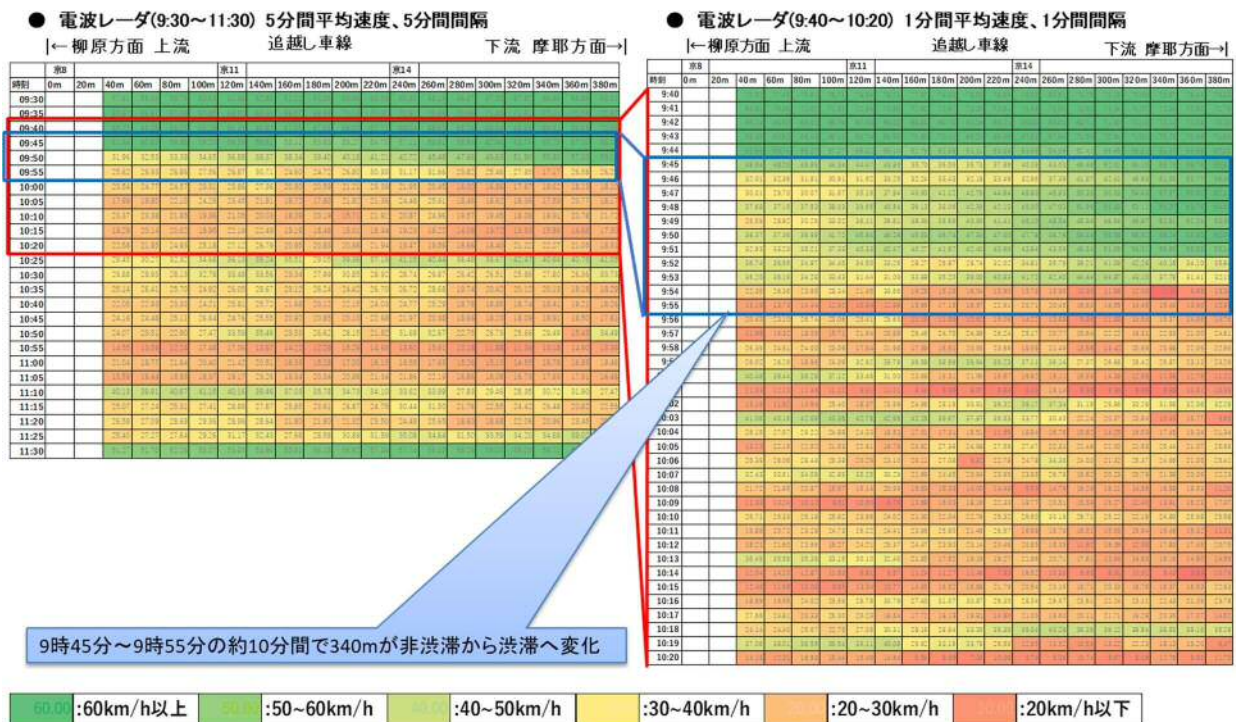


図-8 5分間と1分間比較

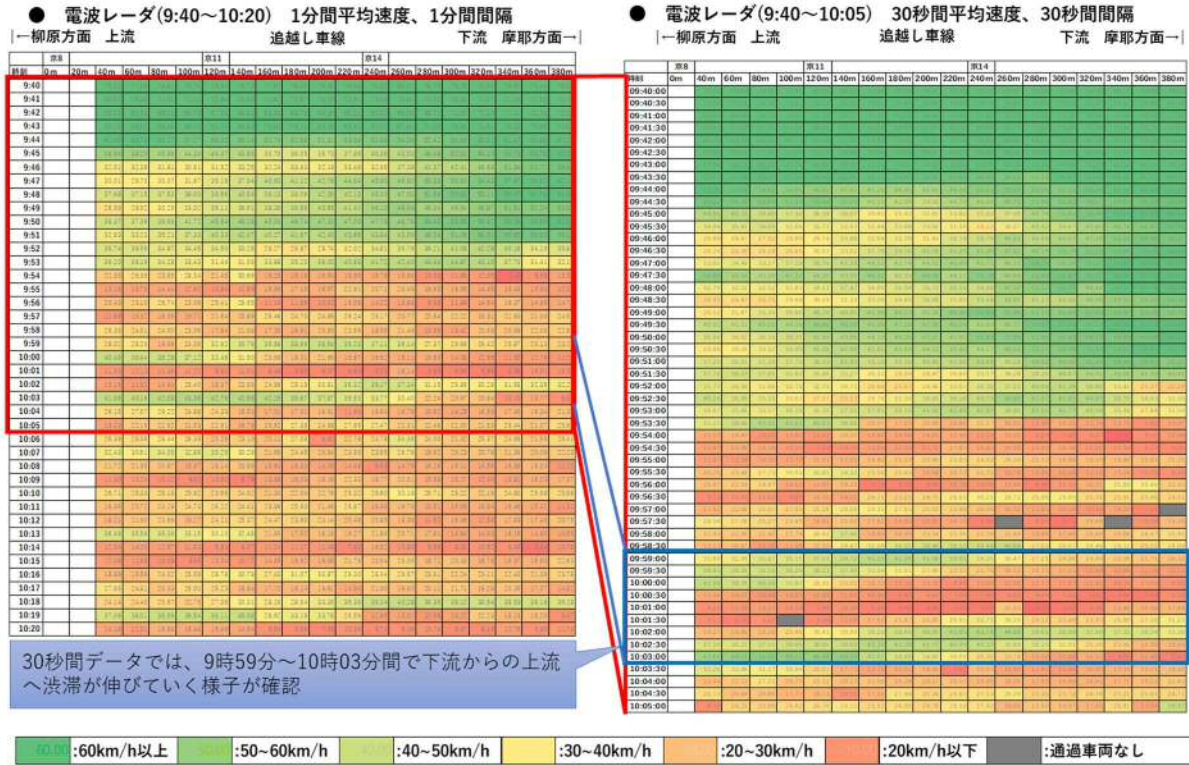


図-9 1分間と30秒間比較

の自然渋滞に対して可視化を行い、算出時間の検討を行った。本ケーススタディの内、自然渋滞・追越車線での結果について、5分間と1分間の比較結果を図-8に、1分間と30秒間の比較結果を図-9に示す。

このケーススタディを実施する上で、渋滞速度を30km/h以下とし、平均速度が30km/hとなる位置の変動に着目して検討を実施した。

この結果、図-8より、1分間では、9時45分~9時55分の約10分間で徐々に渋滞が延伸している状況が確認できた。しかし、5分間平均データでは、1分間では判別できた渋滞の遷移は確認できなかった。

また、図-9より、30秒間では、9時59分~10時3分の間で300m程度の渋滞が延伸している変動を確認できた。しかし、1分間では同じ時間帯の渋滞延伸している状況は確認できなかった。

さらに、30秒間と10秒間における比較結果を図-10に示す。10秒間においては各セルの配色は、時速40km以上はすべて濃い緑色で表し、40km/h以下を5km/h単位で表現、速度変化が判別しやすいようにした。また、10秒間に通過する車両が存在しなかったセルは灰色で表現することとした。

図-10での結果より、算出時間を10秒間とすることで、30秒間と比べてよりリアルタイムでの計測が可能とな

り、詳細な渋滞延伸状況を把握できることが確認できた。一方で自然渋滞・事故渋滞ともに「通過車両なし」の時間帯が目立つようになった。特に図-11に示すような事故渋滞の場合、車列が停止している状況が続くと数10m~150mの範囲で「通過車両なし」の判定が連続的に発生した。交通状況の可視化や渋滞末尾位置を特定するという観点では情報が少なくなるデメリットとなるため、算出時間としては10秒間が限界であるとの判断に至った。

(2) 渋滞末尾位置の特定

上述の結果より、渋滞末尾位置の特定を行うにあたり、最短の10秒間算出結果を用いると早期の交通情報把握が可能となるため、延伸する渋滞に対して情報を即座にドライバに提供するという点では有利であるが、一方でその情報提供を渋滞解消時にも行ってしまうと、不安定な変動がお客さまの混乱につながりかねないことが懸念された。

よってドライバの安全安心の確保という観点から渋滞が延伸傾向となる場合は、そのまま10秒間の出力結果で情報提供を行い、渋滞が解消傾向となる場合は、10秒間データの出力結果を利用せず、30秒間の出力結果

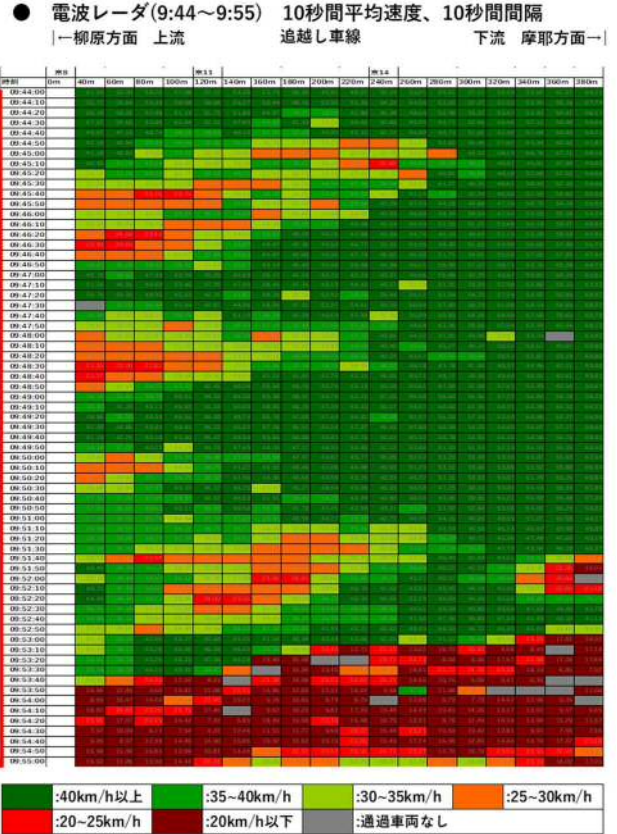
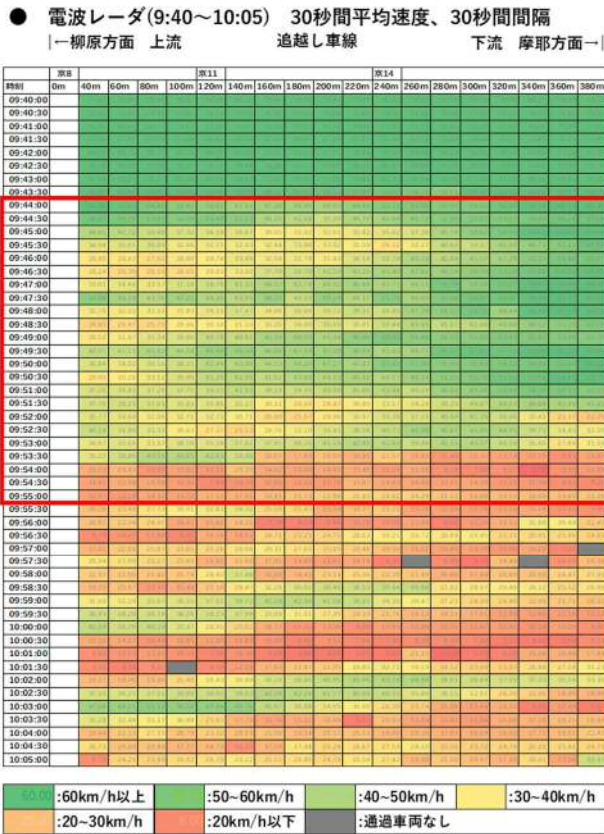


図-10 30秒間と10秒間比較

で情報提供を行うこととした。具体的には表4のとおりとする。

表4 渋滞末尾位置とする判定条件

条件	内容
条件1	10秒間算出時間での計測結果において、検知区間内で時速30km/h以下のセルの最上流位置を末尾とする。
条件2	渋滞末尾位置が下流側に変動する場合は、10秒間を使用せず30秒間算出時間の結果を利用する。
条件3	10秒以内に車両が通過しなかった場合、車両通過なしセルに対しては、前後のセルから判定することで、末尾位置とみなす。

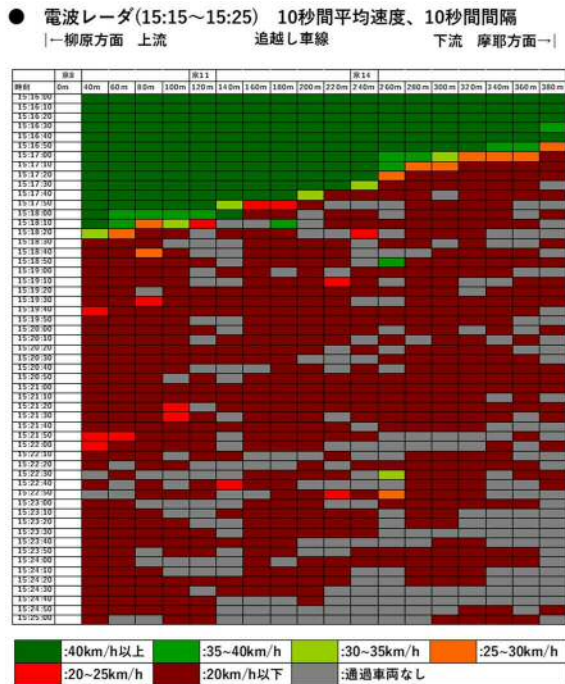


図-11 事故渋滞時の例

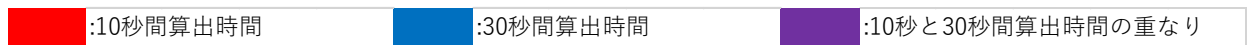
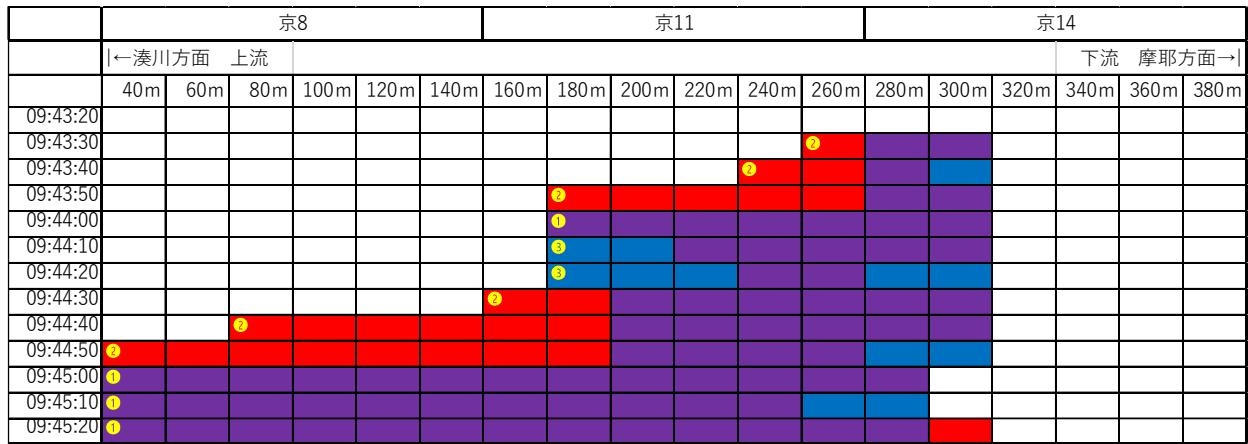


図-12 渋滞末尾特定位置

(3) 渋滞分析への活用

次に、京橋でのケーススタディで検討した渋滞情報の可視化及び渋滞末尾位置特定を他の条件へ適用し、各条件での特徴について分析を実施した。条件としては、①「渋滞要因」として、自然渋滞、事故渋滞について、②「地点特性」として、出口分岐、カーブ地点、入口合流についてとした。実施した14データを表-5に示す。

この適用にあたり、それぞれの各条件について、最初に特徴仮説を立て、その仮説に対しての分析を実施した。

表-5 可視化データ一覧

渋滞種別	ID	評価時間
自然渋滞	京橋出口晴れ①	10月06日09:40~09:55
	京橋出口晴れ②	10月12日10:05~10:20
	京橋出口降雨	10月09日11:30~11:45
	西出カーブ晴れ①	10月06日09:45~10:00
	西出カーブ晴れ②	01月15日14:35~14:50
	西出カーブ降雨	10月09日11:00~11:15
	柳原入口晴れ①	10月12日10:20~11:35
	柳原入口晴れ②	01月21日11:10~11:25
	柳原入口降雨	11月02日11:10~11:25
事故渋滞	京橋出口	10月12日15:15~15:25
	西出カーブ①	10月12日15:10~15:25
	柳原入口①	10月12日15:15~15:30
	西出カーブ②	12月21日10:15~10:30
	柳原入口②	12月21日10:20~10:35

a) 渋滞要因による違い

渋滞要因による特徴仮説を表-6に示す。

分析について、まず、自然渋滞と事故渋滞における可視化したデータを比較した。自然渋滞と事故渋滞の典型例を図-13に示す。この結果、自然渋滞では、完全に

表-6 渋滞原因による特徴仮説

原因	特徴仮説
自然渋滞	前方に事故渋滞や工事渋滞のような障害物がないため、渋滞の発生と解消を繰り返しながら渋滞が延伸していくものとする。渋滞の発生と解消は事故渋滞と比較して、完全に車両が停止するわけではなく、低速で走行するためであると予想する。
事故渋滞	突発的な事故により、渋滞が発生する。車両の流れが突然断たれることから自然渋滞に比べて渋滞の延伸速度が速く、事故の処理が完了するまで車両の動きがなくなると予想される。

渋滞するまでに、渋滞の発生・解消を繰り返す様子が見られた。一方、事故渋滞の場合は、突発的に発生（自然渋滞が発生していた場合は除く）し、停滞した状態が続く傾向がみられた。

次に、それぞれのケースで特定した渋滞末尾位置の図を用いて、渋滞延伸速度の算出を行った。算出方法の例（京橋出口晴れ①における追越車線）を図-14に示す。図-14より、15時16分40秒時点で380mに位置していた渋滞末尾位置が、1分40秒後の15時18分20秒時点では40mに移動しており、計340m延伸しているため、この場合の渋滞延伸速度は約3.4m/sと算出することができる。この方法を全条件に適用し、算出した結果を表-7に示す。

表-7より、渋滞種別の渋滞延伸速度は自然渋滞が3.3m/s、事故渋滞が6.0m/sとなり、約2倍延伸速度に違いが生じることが確認できた。

以上の分析結果から、渋滞種別のそれぞれの特徴は仮説通りであることを確認した。

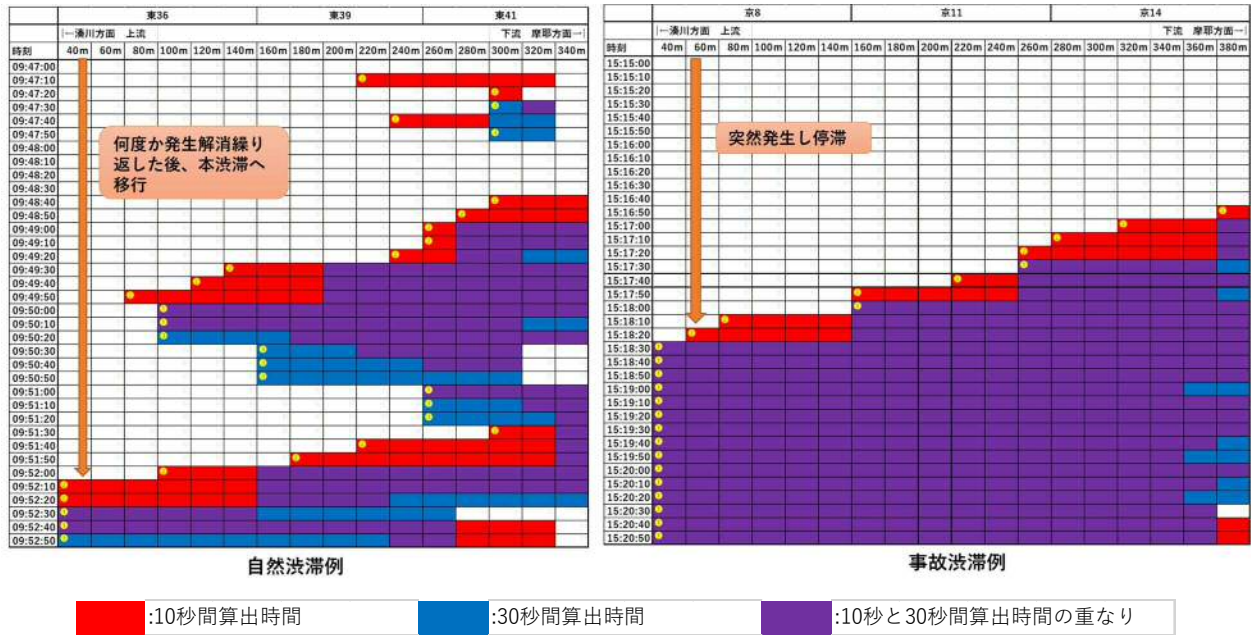


図-13 自然渋滞と事故渋滞の違い典型例

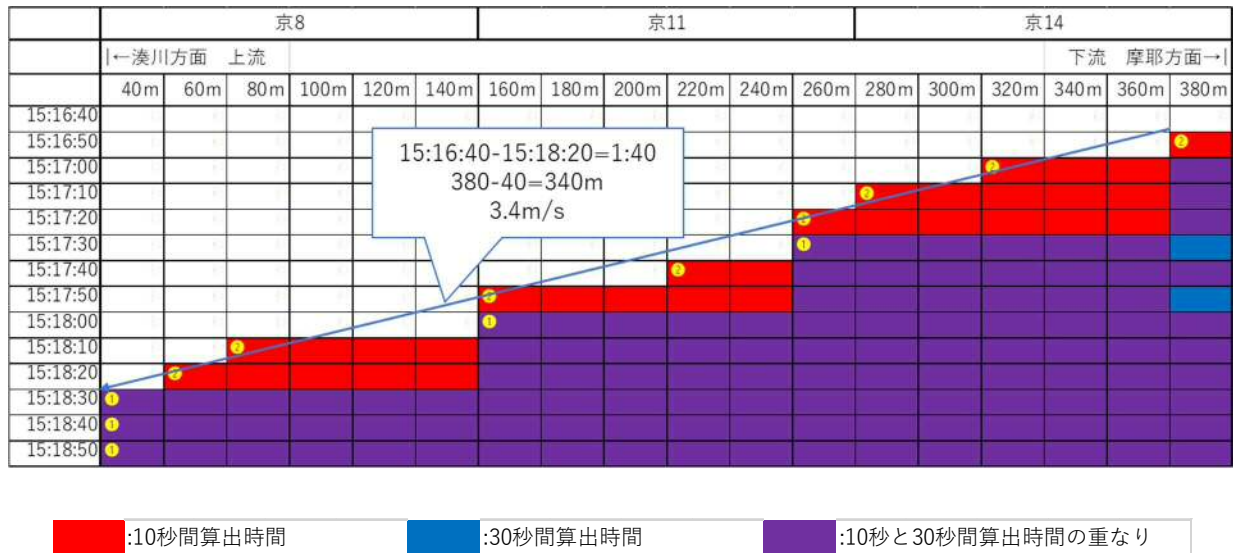


図-14 渋滞延伸速度の測定

b) 地点特性による違い

続いて、地点特性による特徴仮説を表-8に示す。本検証期間中に発生、検知した 14 データについては、下流側から延伸してきた渋滞も含めてカウントを行っているため、それらの影響も加味した上で分析を行った。

まず出口分岐については、図-15に示すように京橋出口より下流側で渋滞が発生していない場合には、出口側の走行車線に偏った渋滞の状態が見られた。これは仮説

通りであった。ただ、京橋出口より下流側ですでに渋滞が発生している場合は、図-16に示す通り、その影響により逆に走行側ではなく追越側に渋滞が発生している状況が確認された。

次にカーブ地点については、仮説通り、走行車線、追越車線ともに渋滞末尾の延伸が確認された。図-17に示す。また、図-18に示す通り、一部で片側車線のみ延伸も確認された。これは車線変更禁止エリアであるために車線変更できずに片側のみになったと考えられる。

表-7 渋滞延伸速度計測結果

渋滞種別	ケースID	延伸速度(m/s)	
		走行	追越
自然渋滞	京橋出口晴れ①	2.2	5.6
	京橋出口晴れ②	1.6	3.1
	京橋出口降雨	3.0	3.1
	西出カーブ晴れ①	2.5	6.0
	西出カーブ晴れ②	4.8	7.3
	西出カーブ降雨	4.3	4.3
	柳原入口晴れ①	1.5	2.0
	柳原入口晴れ②	3.0	3.0
	柳原入口降雨	1.2	0.6
自然渋滞 平均		3.3	

渋滞種別	ケースID	延伸速度(m/s)	
		走行	追越
事故渋滞	京橋出口①	10.0	3.4
	西出カーブ①	4.4	7.3
	柳原入口①	7.0	3.5
	西出カーブ②	5.6	5.2
	柳原入口②	7.0	7.0
事故渋滞 平均		6.0	

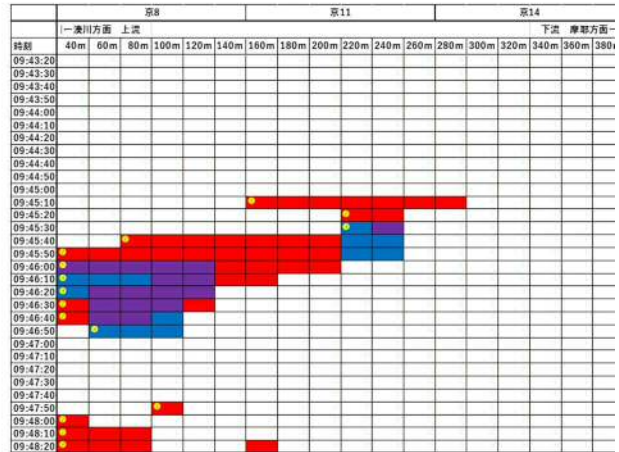
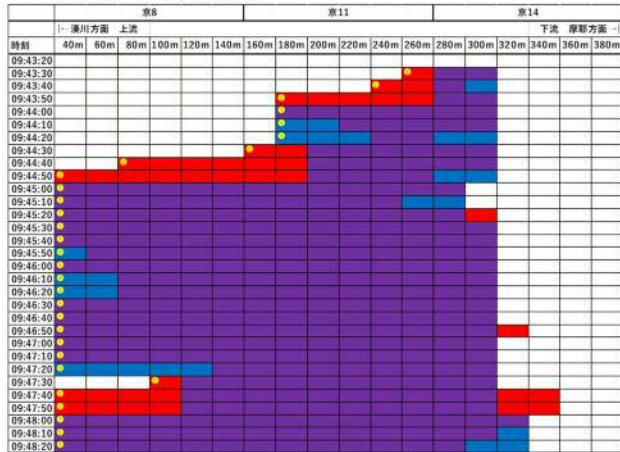
表-8 地点特性による特徴仮説

地点	特徴仮説
出口分岐 (京橋)	京橋出口へ流出待ちの車両による出口待ち渋滞の発生が予想される。この要因は一般道路へ合流する交差点の信号制御と交通量の捌け量のバランスがとれなくなることが考えられる。それにより、走行車線側に偏った渋滞が発生し追越車線との速度差が発生するのではないかと考えられる。
カーブ地点 (西出)	カーブは見通しが悪く、カーブ区間走行時にドライバが減速することで渋滞の要因になると考える。走行車線、追越車線ともに渋滞末尾の延伸が想定される。また、車線変更禁止エリアであるため走行車線、追越車線での片側での延伸が想定される。
入口合流 (柳原)	柳原入口による低速車両の合流渋滞の発生が予想される。それにより、追越車線側に偏った渋滞が発生し走行車線との速度差が発生するのではないかと考えられる。ただし、延伸して行く渋滞は出入口分岐のない道路での渋滞と同様と考えられる。

最後に入口合流については、仮説と異なり、追越車線側での偏りはみられなかった。下流側から延伸してきた渋滞が影響しているものと考えられる。図-19に示す。

以上の結果から、今回検討した渋滞情報の可視化及び渋滞末尾位置特定により渋滞の発生要因、地点別の特徴を掘んだ分析の可能性を見出すことができたと言える。

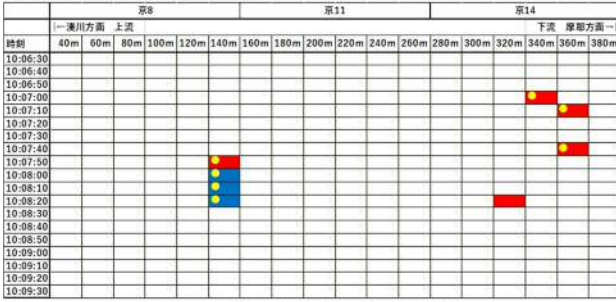
● 10月6日 京橋出口晴れ①



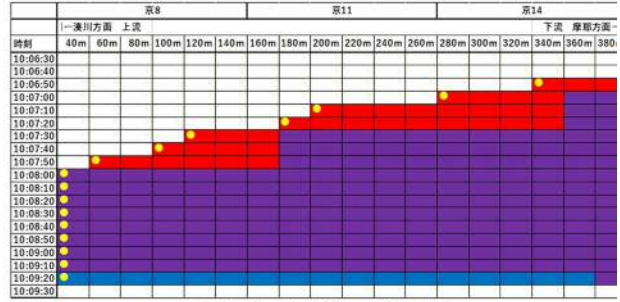
■:10秒間算出時間 ■:30秒間算出時間 ■:10秒と30秒間算出時間の重なり

図-15 出口分岐 走行車線偏り例

● 10月12日 京橋出口晴れ②



出口分岐（京橋） 走行車線

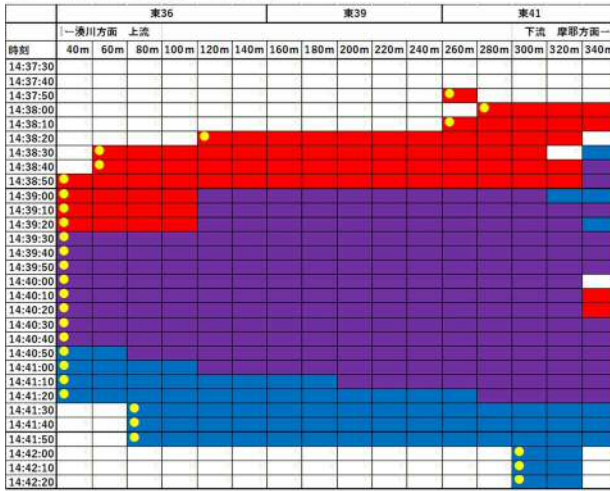


出口分岐（京橋） 追越車線

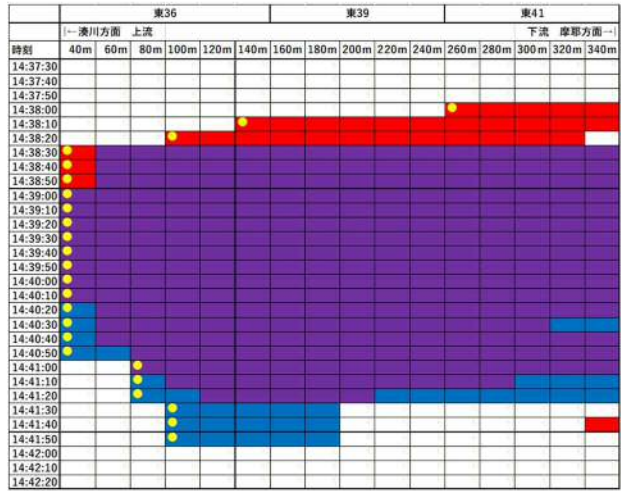
■:10秒間算出時間 ■:30秒間算出時間 ■:10秒と30秒間算出時間の重なり

図-16 出口分岐 追越車線偏り例

● 1月15日 西出カーブ晴れ②



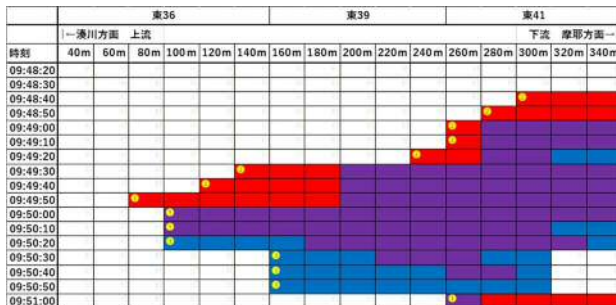
カーブ地点（西出） 走行車線



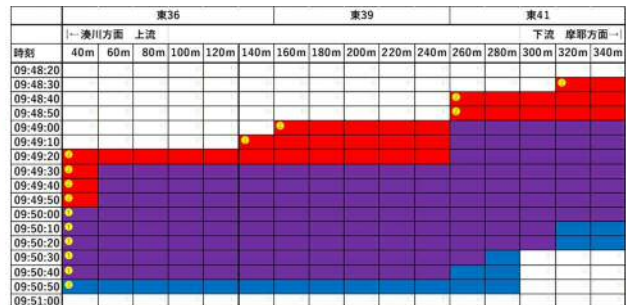
カーブ地点（西出） 追越車線

■:10秒間算出時間 ■:30秒間算出時間 ■:10秒と30秒間算出時間の重なり

図-17 カーブ地点 走行・追越車線ともに渋滞延伸の例



カーブ地点（西出） 走行車線



カーブ地点（西出） 追越車線

■:10秒間算出時間 ■:30秒間算出時間 ■:10秒と30秒間算出時間の重なり

図-18 カーブ地点 追越車線のみ渋滞延伸の例

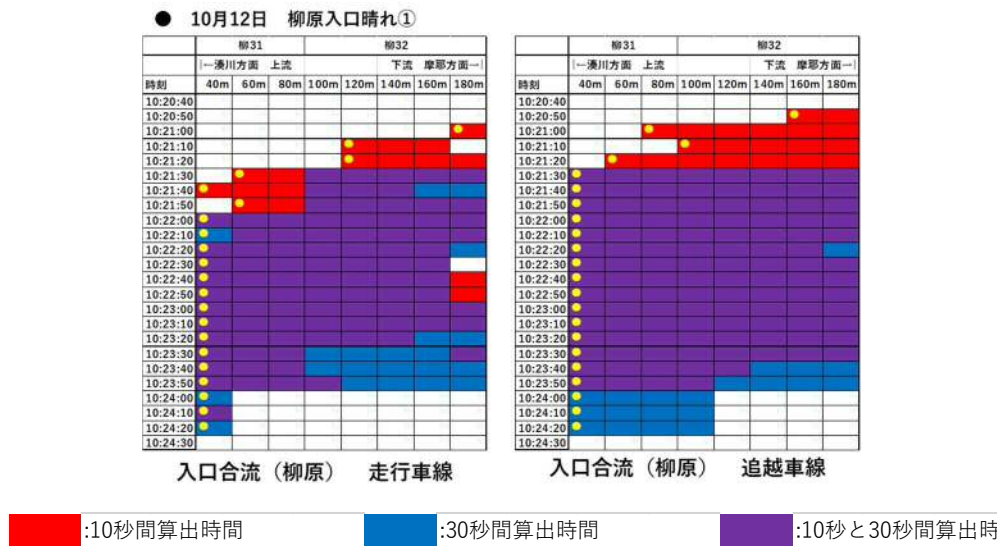


図-19 入口合流 走行・追越車線ともに渋滞延伸の例

4. 考察と今後の課題

本検討では、渋滞末尾付近での追突事故に着目し、電波レーダを用いて、時々刻々と変化する交通状況における通行車両の走行実態を可視化し、リアルタイムで渋滞末尾位置を特定する手法を検討した。渋滞状況を把握するにあたり、従来の超音波式は5分間かつ500mで行っていたのに対して、電波レーダでは、10秒かつ20m単位で連続した状態できめ細かく、よりリアルタイムに解明できることが確認できた。また、電波レーダを1台だけでなく2台、3台と連続して設置することで、広範囲にわたって、渋滞末尾情報を測定できることも確認できた。さらに、今回実現した渋滞情報の可視化及び渋滞末尾位置特定により、渋滞要因や地点特性による発生渋滞の特徴把握への展開の可能性も確認できた。

今後の課題としては、渋滞末尾位置システムを実装する上での情報提供手法の検討が挙げられる。上位装置等でのデータ収集・蓄積を含め、より長期間でのデータ収集を行い、渋滞要因別、地点特性別の渋滞末尾位置での挙動の変化について更なる知見を取り入れると共に、その特性に合わせた情報提供の手法を検討していくことが必要であると考えている。

参考文献

- 1) J. Fischer, A. Menon, A. Gorjestani, C. Shankwitz and M. Donath, "Range sensor evaluation for use in cooperative intersection collision avoidance systems", Vehicular Networking Conference (VNC), pp. 1-8, Oct 2009.

Study on detecting the tail end of a traffic congestion using a radio radar on Hanshin Expressway

Daichi SATO, Dai TAMAGAWA, Shunsuke KASE, Risa MUKAI,
Atsushi ABE, Tomohiko HINOUE, Yuta SUGII and Yoshiyuki HAGIWARA

There are various road alignments, and traffic conditions vary by the minute on Hanshin Expressway. Traffic congestion and traffic accidents often occurs mainly in morning and evening due to heavy traffic, and reducing traffic accidents is an important issue. Preventive measures against the traffic accidents which adapted to the road alignments and the traffic conditions are required for safer road. Monitoring the traffic conditions varying by the minute is necessary for the preventive measures. With the aim of the monitoring, we focused on a radio radar has some advantages, such as detecting wide areas, high robustness in the outdoor environment, and high accuracy speed measurement. In this paper, focusing the traffic accidents which happen at the end of a traffic congestion, we visualize traffic conditions every moment and determines the end in real time using the radio radar.