

# 都市高速道路合流部における渋滞発生メカニズムに関する画像データ解析\*

## Image Data Analysis on Traffic Congestion at Merging Section of Urban Expressway\*

倉内文孝\*\*・宇野伸宏\*\*\*・飛ヶ谷明人\*\*\*\*

By Fumitaka KURAUCHI\*\*・Nobuhiro UNO\*\*\*・Akito HIGATANI\*\*\*\*

### 1. はじめに

交通渋滞発生や交通事故発生メカニズムの解明およびその影響評価においては、発端となるミクロな車両挙動を捉えるとともに、交通流率など交通サービス指標がどのように変化するかについてマクロ的に把握する必要がある。本研究では、近年のビデオカメラの低廉化や画像処理技術の進展をふまえ、ビデオ画像を活用することでミクロな車両挙動とマクロな交通流動を同時に考察し、渋滞発生メカニズムを捉えることを試みる。阪神高速道路の守環合流部に設置し、取得したビデオ観測データから車両軌跡データを抽出し、渋滞要因の把握及び緩和施策の提案を行う。具体的には、交通流率、空間平均速度などの交通流指標の時空間的な推移を考察する。さらに、画像データの特性を活かし、車群特性・車線変更位置に焦点をあてた分析を併せて実施することで、研究対象地点における渋滞発生メカニズムの解明を試み、その対策案を論じる。

画像データを活用し、車両の走行軌跡を取得することを目的とした研究はすでに行われている。例えば、野中ら<sup>1)</sup>は、都市間高速道路を対象にビデオ画像を観測するシステムを開発している。この研究では、低高度からの撮影にも耐えうるような車両挙動観測システムの構築を進めている点が特徴的である。また、鈴木・中村<sup>2)</sup>は、汎用画像処理ライブラリを活用した安価で簡便な交通流解析のためのビデオ処理システムの開発を行っている。この他にも、長区間の車両軌跡観測を実現するために、複数のビデオ画像における車両軌跡の結合を検討した研究<sup>3)</sup>や、走行位置を精度よく推定するためにドライビングシミュレータで活用している3DCG技術を援用したもの<sup>4)</sup>など、ビデオ画像から車両軌跡を抽出するシステム開発は盛んに行われている。このように、実用に耐えうる画像解析システムが開発されつつあることを前提に、本研究では実際の交通流解析への適用検討を進

\* Keywords: 画像データ解析, 交通効率性, 車両軌跡

\*\* 正員, 博(工), 京都大学工学研究科都市社会工学専攻(〒615-8540 京都市西京区京都大学桂, Tel 075-383-3235, Email:kurauchi@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp)

\*\*\* 正員, 博(工), 京都大学経営管理大学院

\*\*\*\* 非会員, 修(工), 阪神高速道路株式会社

めることで画像データ解析の可能性を論じたい。

### 2. 分析データの概要

#### (1) 調査地点

本研究では阪神高速道路の守口線と環状線の合流部(通称:守環合流部)を対象としてビデオ観測調査を実施した。隣接する2つの高層ビル(大林ビルおよびJAビル)に合計10台のビデオカメラを設置し、6日間(2005/3/25~3/30)のビデオ画像を取得しているが、ここでは大林ビルから合流地点部分を撮影した5つのカメラに関する映像を用いて分析を加えることとした。なお、阪神高速道路株式会社によれば、守環合流部はワースト10に入る渋滞多発ポイントであり、守環合流部から守口線に対して平成16年12月平日の1ヶ月において、1日平均8時間以上の渋滞が観測されている地点である。図1に調査地点の概要について示しておく。

#### (2) 自動車両認識システム

本研究では、住友電気工業株式会社により開発された自動車両認識システム<sup>5)</sup>を活用しており、システム自身の車両認識精度等については本稿で取り扱う範囲ではない。なお、先行研究<sup>6)</sup>において、試験データを用いて分析を実施した結果、自動車両認識システムを活用することで空間平均速度については十分な精度で観測可能であること、交通量、空間平均密度については過小評価となる傾向にあるが、少なくとも変化傾向については分析に耐えうる事が明らかとなっている。車両軌跡認識システムからは、各カメラ番号、車両IDおよび車両認識時刻、現地X、Y座標が出力される。車両認識のインターバルは0.2秒である。現地座標は、車両進行方向にY座標を、横断方向にX座標を設定している。(図1参照)現在のシステムでは5台のカメラから得られた車両軌跡を結合する機能は導入されていないため、カメラ単位で分析を進めている。

#### (3) 目視車両軌跡観測システム

前述の自動車両認識システムにおいては、自動的に大量の車両挙動認識結果が得られるのに対して、車両検

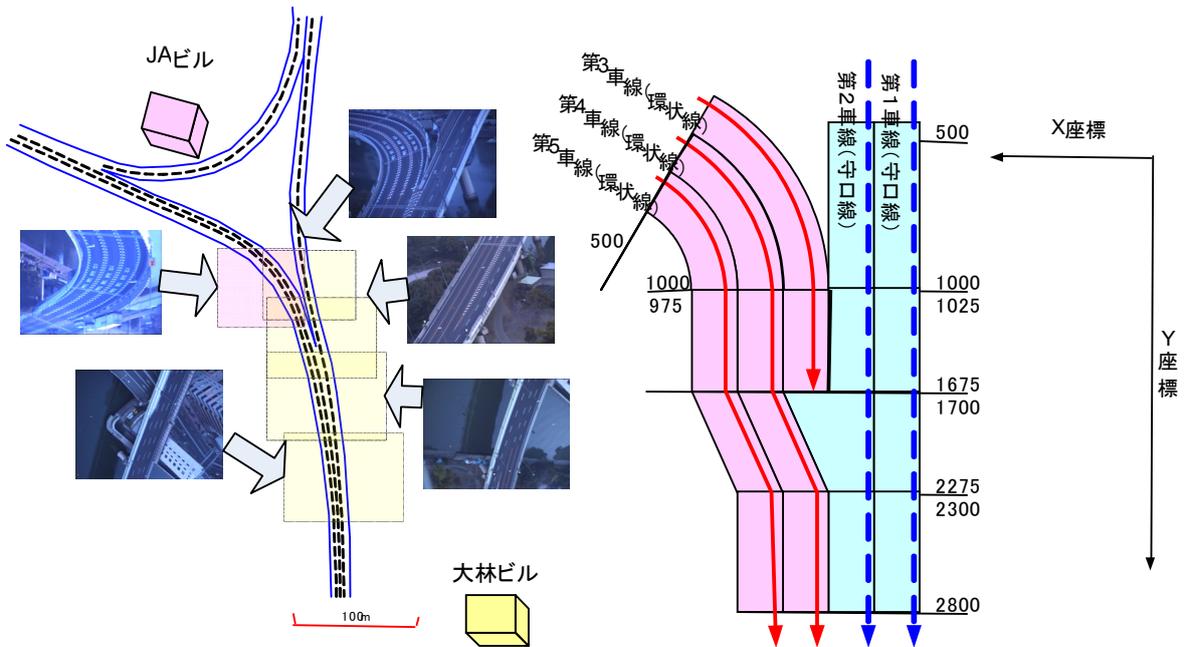


図1 調査地点の概要

知漏れや誤検知も多い．個々の車両軌跡を詳細に分析することについては，まだ十分な認識精度を有していないのが現状といえる．一方筆者等は，本研究では車両挙動などの詳細な解析においては，ビデオ画像を目視で確認し，車両を追跡するシステム<sup>6)</sup>を開発している．本研究においても，詳細な車両挙動の分析の際にはこの目視車両軌跡観測システムを活用する．自動車車両軌跡データと整合性をとるため，0.2秒ごとにビデオをコマ送りし，時点ごとの車両軌跡を取得することが可能である．図2に目視車両軌跡観測システムの操作画面を示しておく．



図2 目視車両軌跡観測システム

(4) マクロ交通指標算定方法

マクロ交通指標の算定については，先行研究<sup>6)</sup>と同様 Edie<sup>7)</sup>により提案された方法を活用する．図3に計算の概念を示す．区間長 $\Delta l$ ，計測時間 $\Delta t$ で定義される範囲を計測エリア（面積  $A = \Delta l \cdot \Delta t$ ）と呼ぶことにすると，交通量 $q$ ，密度 $k$ ，速度 $u$ は，この区間内を走行した車両 $i$ の走行距離 $x_i$ と，計測エリア内の存在時間 $t_i$ を用いて，以下のように計算することができる．

$$q = \sum x_i / A, \dots\dots\dots(1)$$

$$k = \sum t_i / A, \dots\dots\dots(2)$$

$$u = \sum x_i / \sum t_i = q / k \dots\dots\dots(3)$$

計算時間間隔 $\Delta t$ および区間長 $\Delta l$ は，先行研究<sup>6)</sup>の成果を参考にして，1分，5mとし，30秒および2.5mごとに更新を行っている．車両認識結果の一例として，3/29の14:00～14:03に観測された守口線側車線（第1，第2車

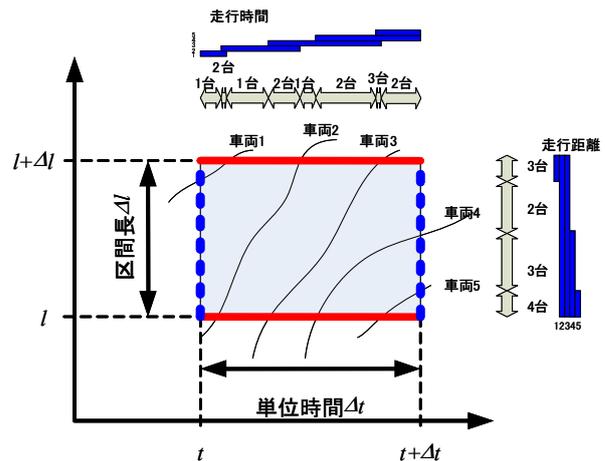


図3 マクロ交通指標の計算方法

線)の車両走行軌跡を図4に示す．14:00:30頃に最下流で発生した速度低下がおよそ1分かけて最上流まで延伸するのが確認できる．図中の異なるプロット形状は，車両認識システムからは異なる車両IDとして識別されているためである．また， $y=1050, 1700, 2300$  (x

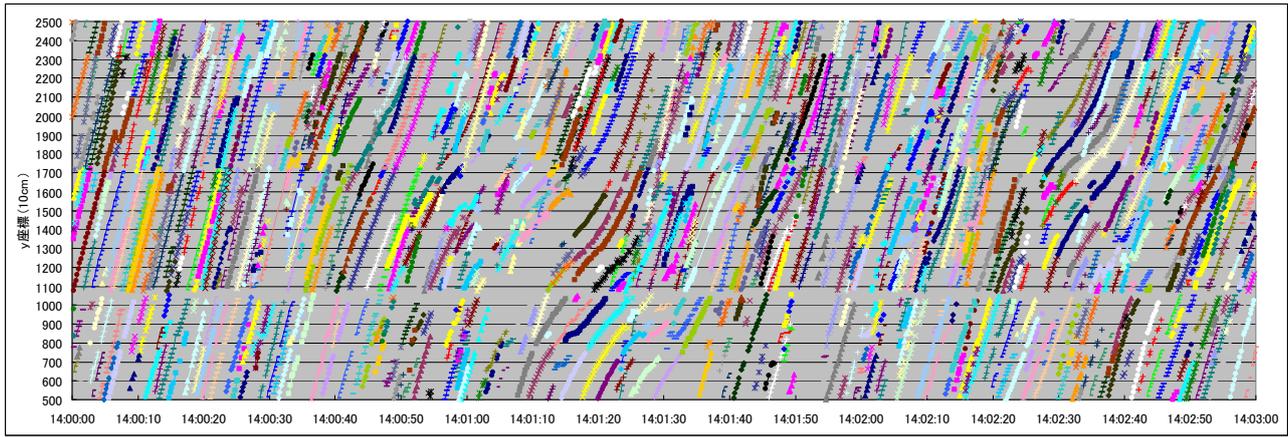
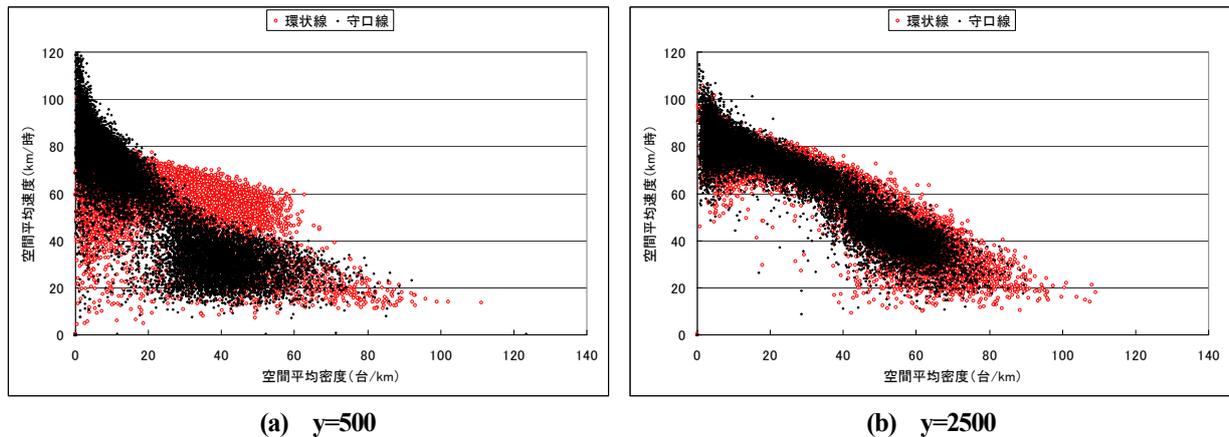


図4 車両走行軌跡の例



(a)  $y=500$

(b)  $y=2500$

図5 空間平均密度 - 空間平均速度関係図

10cm) がカメラの切り替わり位置であり特に $y=1050$ 付近では車両の認識が不連続であることがわかる。

先行研究<sup>6)</sup>において、空間平均速度については高い精度での算出が可能である一方で、交通量および空間平均密度について、過小評価してしまうことが明らかとなったため、本研究では最も信頼性の高い空間平均速度を中心に分析を進め、必要に応じて他の指標を参照することとした。空間平均密度を用いて渋滞解析を行うことが一般的ではあるが、空間平均密度と空間平均速度は一面的な関係にあることから得られた結果が大きく異なることはないと考えられる。

### 3. 自動観測データによるマクロ交通流解析

#### (1) $k-u$ 関係の考察

まずは渋滞発生の概況を理解するために、 $y=500 \sim 2500$  (10cm) について、50m おきに空間平均密度および空間平均速度を算定し、 $k-u$  特性の考察を行った。そのうち、図 5(a), (b) に  $y=500$  および  $y=2500$  の  $k-u$  関係について示す。なお、環状線側と守口線側の交通特性の違いを把握することを目的として、合流後における4車線を守口線側、環状線側に分けて計算している。

図より、 $y=2500$  地点においては、環状線側と守口線側のプロット形状に大きな違いはなく、交通流特性はほぼ均一と考えることができるが、合流前の  $y=500$  の地点においては、プロット形状が大きく異なることがわかる。守口線の方が低密度の際には速度が速く、高密度の際には速度が遅い。なお、横軸の空間平均密度は車線合計値として示しており、図 5(a)の環状線側については3車線分の値を計算しているため、空間平均密度が比較的高密度 (30 台/km) となっても速度低下が顕著ではない。また、低密度においても環状線側の速度が高くないのは  $y=500$  地点がカーブ区間であるためと考えられる。さらに、守口線に関するプロットからは、空間平均密度が25 台/km 程度を境に自由流と渋滞流が明確に分かれており、この地点の下流側で交通流率が低下することによって守口線に渋滞が延伸していると考えられる。

#### (2) 空間平均速度の時間的推移

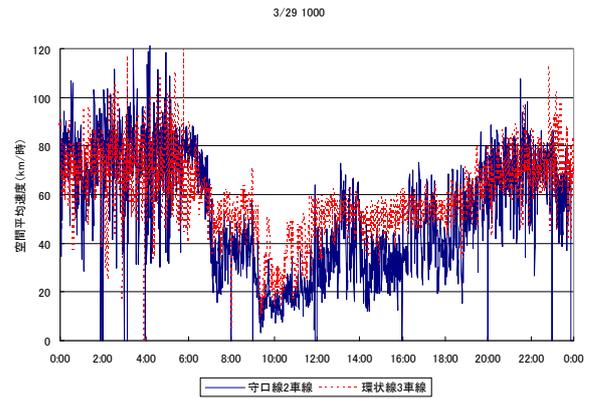
下流側から速度低下が生じた場合の伝播について考察するために、進行方向に50m 刻みで空間平均速度の推移について考察を加えた。ここでは3/29の  $y=500$  および  $y=2500$  における空間平均速度の推移を図 6 に示す。図 6 から明らかなように、下流側の  $y=2500$  では環状

線側，守口線側の速度推移はほとんど等しい．一方で， $y=500$  における速度推移をみると，7:00 頃にほぼ同時に速度低下が発生しているものの，環状線側では 50km/h 程度までしか速度低下が生じないのに対して，守口線側では 30km/h 程度にまで減速が生じている．さらに，その後の速度推移をみると，11:00 頃には環状線側は速度回復が見られるものの，守口線側は 40km/h 以下で空間平均速度が推移している．この原因を確認するために，図 7 に空間平均密度の推移を示す． $y=2500$  地点の図 7(b)からは各路線の空間平均密度がほぼ等しいことが確認できるとともに，図 7(a)より，空間平均速度が大きく低下する際に，環状線では空間平均密度が大きく増加している．その結果，環状線では速度が低くても交通流率が確保されるのに対し，守口線では速度低下が生じても空間平均密度が増加しない．すなわち，交通流率が低下した状態が継続していることをこれらの図は示している．以上より，速度低下のきっかけは下流側で発生するが速度低下の上流伝播が環状線側と守口線側で異なること，守口線側では一度速度低下が生じると低速状態が継続することが明らかとなった．

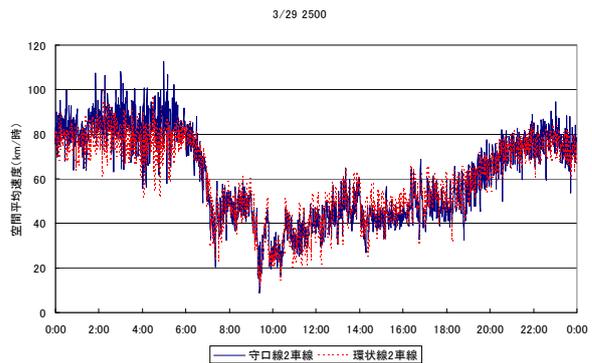
### (3) 空間平均速度と路線合流比の関係

なぜ環状線では速度回復が生じているのに対して，守口線では回復しないのであろうか．この点を明らかにするために，合流地点直上流地点の交通量から計算される守口線路線合流比（ $=$ 守口線交通量 / (全交通量)）と空間平均速度の推移を考察する．3/29 について  $y=1500$  における交通量から算定された守口線合流比の推移を図 8 に示す．夜間においてはばらつきがあるもののおおよそ 0.5 程度の合流比を保っているにもかかわらず，最初の渋滞発生時である 7:00 前後に急激に路線合流比が 0.3 程度にまで低下し，その後日中は 0.4 程度で推移している．このことより，守環合流部から守口線に向け 1 日 8 時間以上もの継続的な渋滞が生じる理由は，合流地点が渋滞発生のきっかけとなっているわけではなく，下流側における速度低下が守環合流部まで延伸した結果守環合流部における守口線からの合流比率が減少し，その結果守口線から流入しづらい状況が継続するためといえる．

路線合流比は合流地点直近の交通量で定義されていることから，路線合流比が低いことは，守口線から流入する交通量が相対的に低いことを意味する．速度低下が生じる前にはほぼ同等の交通流率を確保していることから，速度低下によって交通量が低下するということは， $Q=KV$  の関係により空間平均密度が大きにならない，ということの意味している．環状線が 3 車線あるのに対して守口線は 2 車線しかないため，臨界密度は守口線の方が低いことは当然であるが，それ以上に守口線の車線利用に関する問題があるとも考えられる．

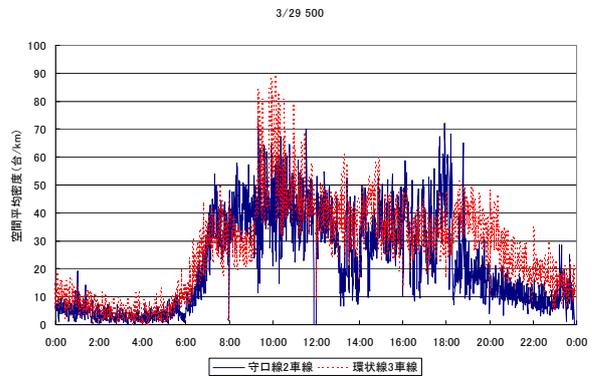


(a)  $y=500$

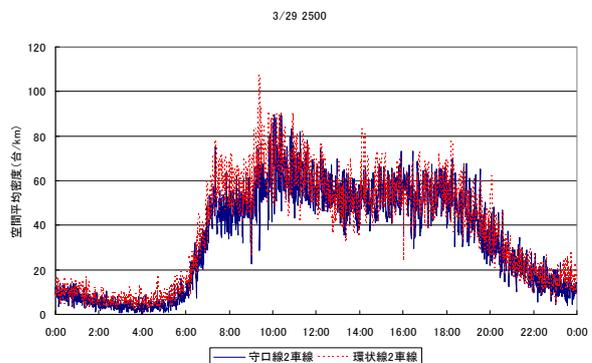


(b)  $y=2500$

図 6 空間平均速度の推移 (3/29)



(a)  $y=500$



(b)  $y=2500$

図 7 空間平均密度の推移 (3/29)

#### 4. 目視観測データを活用した車両挙動解析

速度低下が生じた際に、守口線において空間平均密度が大きならない原因としては、車線利用の不均衡が考えられる。今回の分析においては、カメラ間で車両IDの結合を行っていないため、各車両の流入車線と流出車線の関係を明示的に考察することは困難である。そのため、ここでは、15分間(3/29 17:36~17:51)という限られたデータであるが、目視車両軌跡観測システムを活用することで得られた車両軌跡を用いて分析を進める。15分間に総計2,034台の車両が観測されている。

##### (1) 流入流出車線の推移

目視観測で得られた車両の流入車線と流出車線の関係を示したのが表1である。流入と流出の関係からわかるように、第1,第2車線から流入し、第4,第5車線に流出していく車両が比較的多い。総じて車線変更をする必要がない車線を走行する車両(表中網掛け)が多いが、それ以外に顕著に多いのは第2車線から流入し、第4車線に流出する車両である。これは、守口線から流入し、対象地域の下流にある井池の分流で環状線側に分流していく車両が多いためである。守口線から流入した総計1,034台のうち、環状線側(第4,5車線)に流出する車両は351台(34%)にのぼり、またそれらの車両のうち329台(93%)は第2車線を利用していることから、流出方向によって車線利用率が大きく変化することが想定される。この15分間の計算結果では、第2車線から流入する車両の方が第1車線からの流入車両と比較して10%程度多い。自動観測データからも第2車線からの流入車両が第1車線と比較して顕著に多いことが確認されており、守口線からの車線ごとの利用が均でないことが守口線で空間平均密度が増加しない一因と考えられ、その結果合流時の交通量が低下しているといえる。

##### (2) 車線別の空間平均速度の推移

得られた目視データを用いて車線毎の空間平均速度を算出した結果を図9に示す。図9では3回の速度低下が生じており、それぞれの速度低下時間帯を図中、  
で示す。全ての時間帯において第2,第3車線では合流部付近から上流にかけて速度の低下が見られる。加えて下流側及び他車線では速度低下は概して大きくない。そのことから第2車線,第3車線の速度低下は、混雑時における合流部での交通錯綜多発に起因するものであると考えられる。時間帯が、と異なる点として、第4,第5車線においても17:39:00直前において速度低下が見られることである。この速度低下は第5車線の速度コンター図から合流部からかなり下流から速度低下が起こっていると考えられ、下流の交通状況の影響が大きい

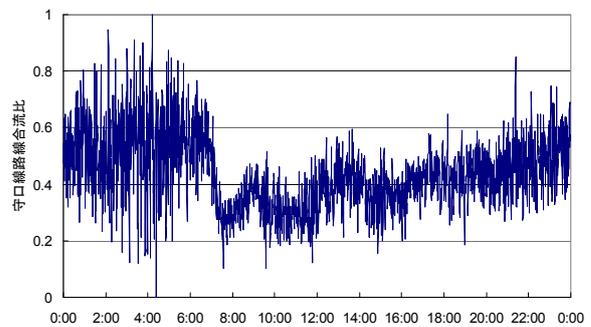


図8 守口線線路合流比(3/29)

表1 流入・流出車線比較(3/29 17:36~17:51)

		流出				
		第1車線	第2車線	第4車線	第5車線	合計
流入	第1車線	395	72	18	4	489
	第2車線	13	203	242	87	545
	第3車線	40	143	52	14	249
	第4車線	1	48	173	130	352
	第5車線	0	2	76	321	399
	合計	449	468	561	556	2034

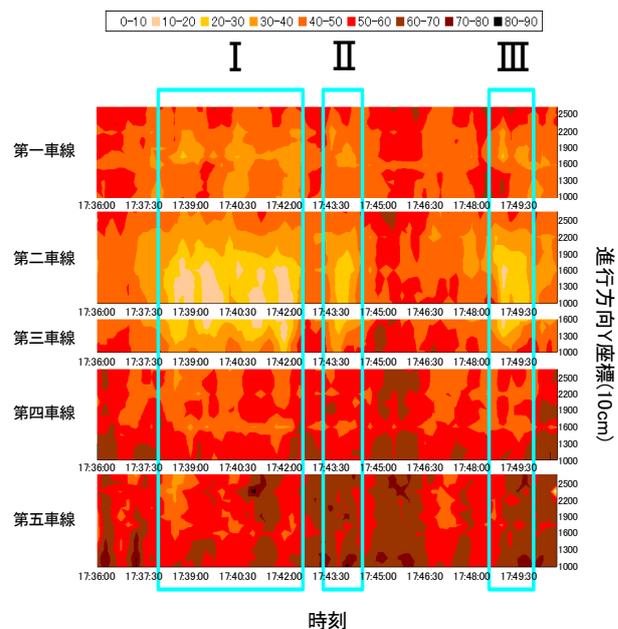


図9 車線ごとの空間平均速度コンター図

と考えられる。また、図9からも、第2車線の速度低下は他車線と比較して回復するのに時間を要していることが確認できる。さらに、第2,4車線の時空間平均速度コンター図において y=2300 付近の合流部下流において速度低下が発生している。これらは第2車線から第4車線への車線変更車が多数存在することに起因すると考えられ、この地点で車線変更が多発することが守環合流部の渋滞延伸の一因であることがうかがえる。

##### (3) 車線変更位置に着目した検討

では、第2車線からの車線変更は主に合流部のどの

位置で行われているのか。図 10 は手動で取得した車両軌跡のうち、第 2 4 車線と第 4 4 車線の車両軌跡を示したものである。図 10 から第 2 4 車線への車線変更ポイントは  $y=2300$  付近であることがわかり、第 4 4 車線の車両はそれを避け、車両軌跡が第 5 車線に膨らんでいる。つまり合流部での交通錯綜、第 2 4 車線への車線変更が守口線への渋滞延伸の要因であると推測できる。

以上のように、守口線における車線利用率の不均衡と、合流時の車両錯綜が大きな影響を及ぼし守環合流部において交通錯綜が発生していることが確認できた。その一方で、渋滞発生に帰結するか否かは、交通錯綜が生じた際に、上流側でどのような交通状況が生じているかに依存する。そのため、次章では車群に注目して守環合流部における速度低下発生メカニズムについて議論を深めることとする。大口・片倉<sup>8)</sup>を参考に、ここでは、車群を「同車線にあり、車尾時間間隔が 3 秒以内である連続車両」と定義し分析を進めることとした。

## 5. 車群挙動と渋滞発生に関連性

### (1) 車群内平均速度から見た速度低下

図 11 に第 2 車線の車群内平均速度と車群の構成状況を示す。縦軸は進行方向  $y$  座標で、横軸は時刻である。

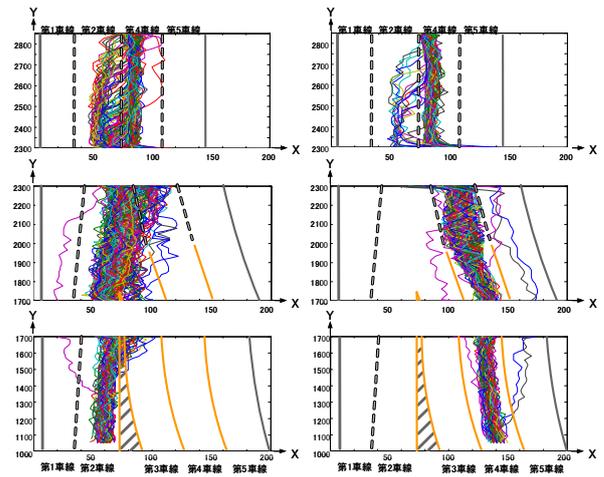


図 10 第 2, 4 車線における車線変更位置

色の濃淡は速度(km/h)を示しており、縦につながっていることはその瞬間に車群と判別されていることを示している。速度低下発生したと思われる時点で、要因を画像データと照らし合わせながらビデオで視認確認したのが以下の 3 つである。図 11 の番号と対応している。

他の周辺車両と比較して  $y=2000 \sim 2300$  付近において低速走行、または減速している車両（大型車など）が存在する。

$y=1700$  付近（守環合流地点付近）で合流が連続して

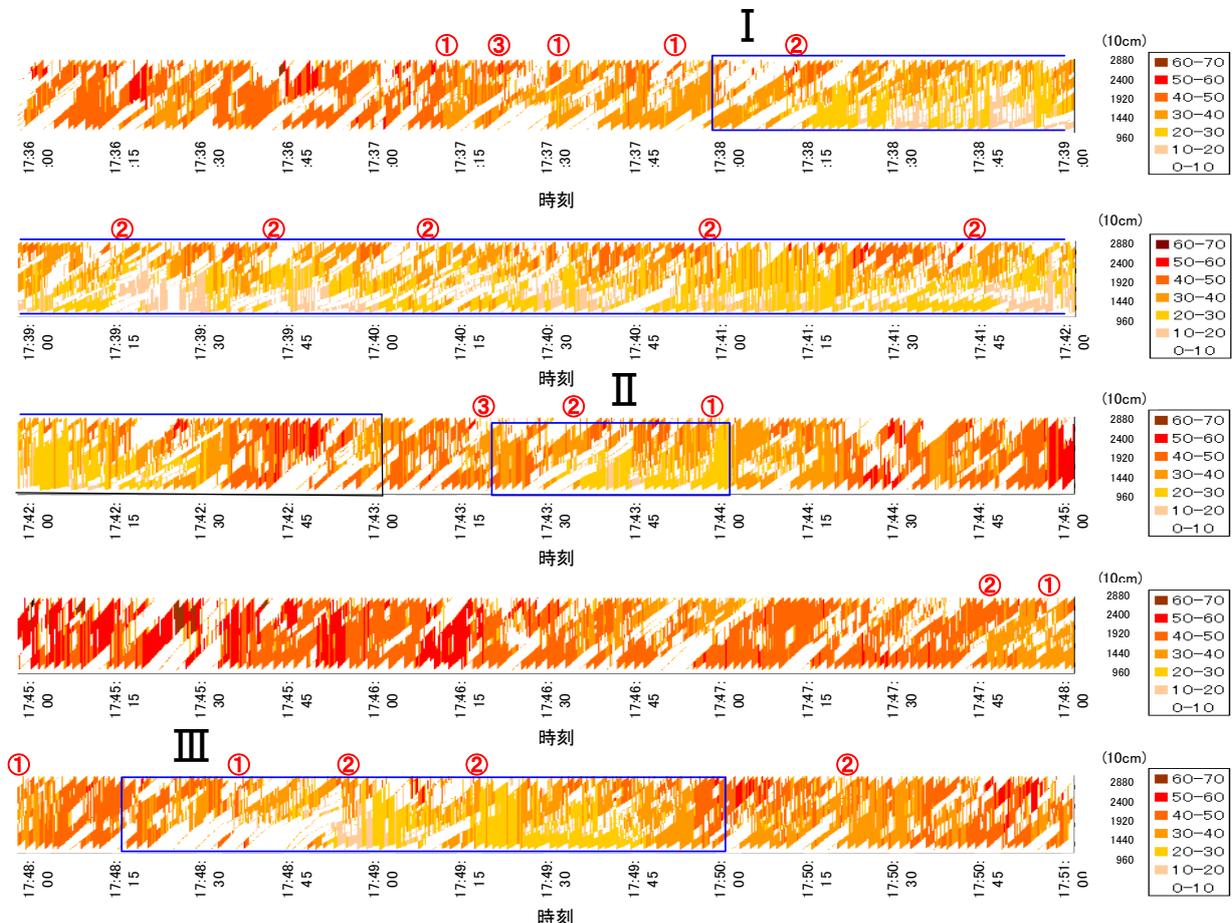


図 11 第 2 車線における車群平均速度図

行われる。

低速の大型車により車群全体の速度が低下している。

の原因による速度低下は、第2 4車線への車線変更がスムーズに行えない、または合流スペースを探ることによる低速走行によって合流部上流への速度に影響を及ぼしているためと考えられる。の原因による速度低下は、守口線第2車線、環状線第3車線の双方の車線から連続して合流し、合流摩擦が増加することによって発生する。したがって、守口線第2車線の交通量のみが多い、または環状線第3車線の交通量のみが多い状況においてはこの影響は少ない。は普通車と比べて低速である大型車が車群の先頭に存在することにより低速車群となり、他の要因と複合的に合流部への速度低下を引き起こしているといえる。

## (2) 合流部流入台数から見た検討

速度低下の継続時間の差異には、速度低下要因が発生した場合に、上流からその車線に車両が流入してくるかどうかの影響していると考えられる。そこで y=1700 地点（合流部直上流）を通過した車両台数と車群構成台数を比較しつつ観察することで上記の事実を検証する。図12 に y=1700 を通過した守口線第2車線と環状線第3車

線の車両台数を15秒ごとに算定したものを示す。図12から第2車線は恒常的に第3車線と比べて流入台数が多いことが見てとれる。興味深い事実としては、環状線第3車線の流入台数が大きくなった後に速度低下が起っており、第3車線の流入台数が小さくなる時点の後には速度回復が起っていることである。速度低下要因が発生した際に、第3車線からの流入が大きいとその影響を受け第2車線から流入が阻害される。第2車線の流入台数は安定して多く、合流部で交通錯綜が発生した結果、速度低下が発生するといえる。

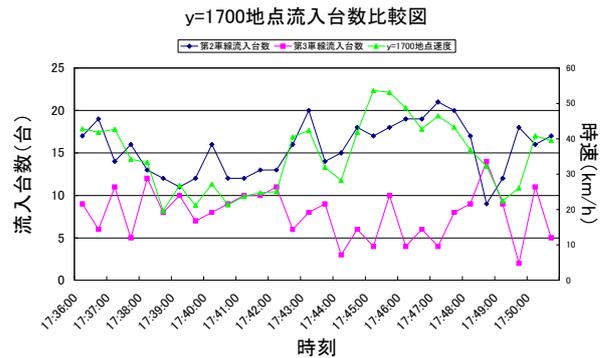


図12 第3車線からの合流部流入台数比較

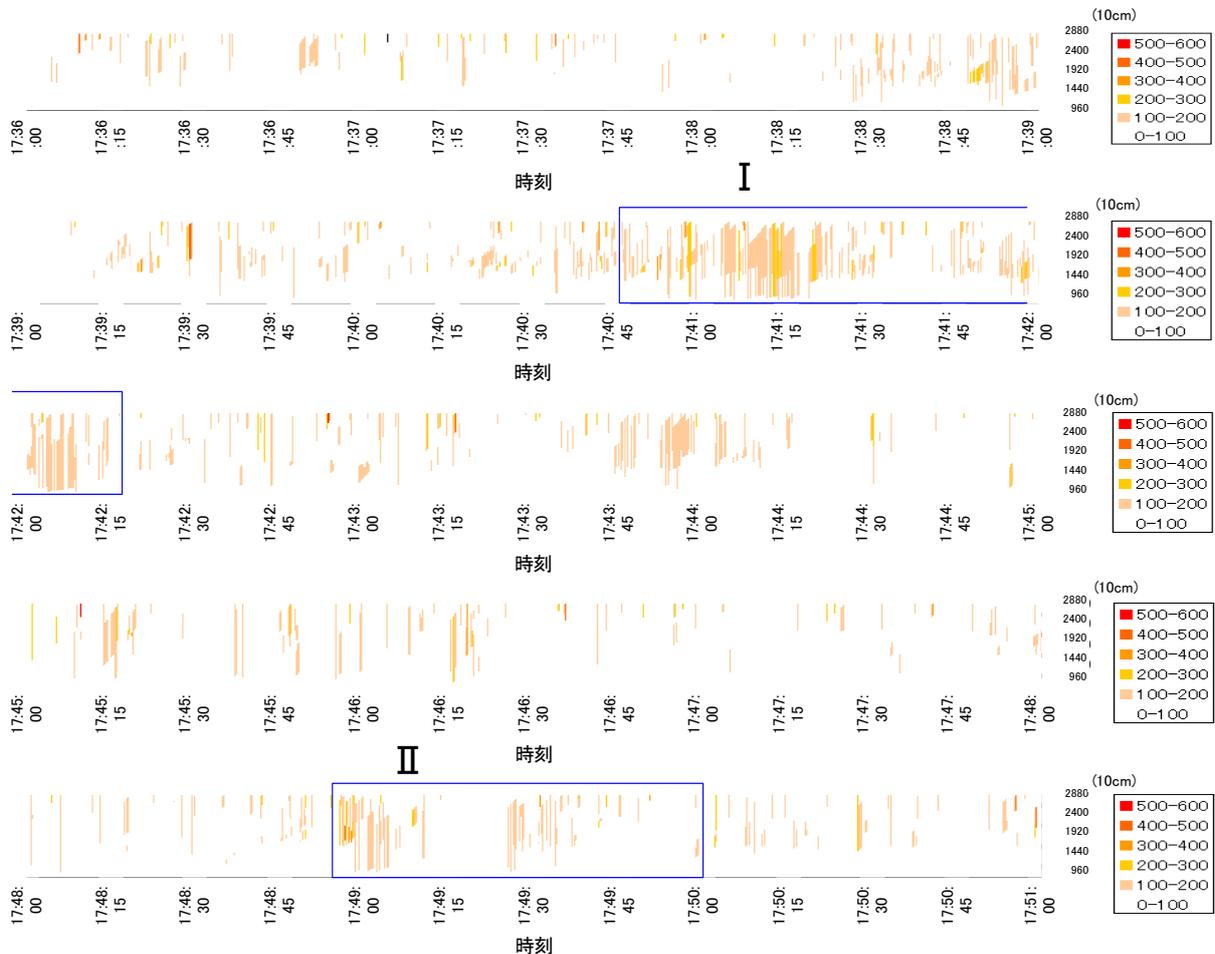


図13 第2車線における車群速度分散図

### (3)車群内速度分散から見た速度低下

図 13 に車群内速度分散と車群の構成状況を示す．図 11 と同様に縦軸は進行方向  $y$  座標で、横軸は時刻で 0.1 秒ごとの速度分散の計算結果を上から順に示している．車群内分散( $\text{km}^2/\text{h}^2 \cdot \text{台}$ )は車群内の速度のばらつきを評価する指標であるので、車群内で速度低下・速度回復が起こった時に顕著に増加する．図 11 の車群内速度と比較しつつ図 13 を俯瞰してみると、その傾向は確かに反映されており、速度低下が顕著に起こった時点で大きい分散が検出されている．さらに、ここで注目してほしいのが、比較的大きい分散が長区間で時間的に連続して起こっている時間帯であり、図 13 中に青線で囲むエリア、 $y=1700 \sim 2000$  が対応する．これらの大きな分散が検出される原因としては以下のことが推察される．

速度低下が著しくなり、合流部から守口線第 2 車線の上流側まで車両が詰まってしまい、第 2 車線の上流側にまで速度低下が伝播する．

車両が  $y=1700 \sim 2000$  付近で停滞しているために  $y=2000$  より下流側に空間ができる．

これより  $y=1700 \sim 2000$  付近を抜け出した車両は速度を回復することが可能となり、車群下流側では速度が上昇する．そして、合流部他流側が速度回復し始めると、第 2 車線が回復し始めるために長区間の分散が上流側に発生する．

さらに、他車線から比較的高い速度でその空間に車線変更を行うことが画像データでも確認された．速度低下によってできた空間に車線変更を行う車両も、長区間で比較的大きい分散ができる一因となっているのではないかと考えられる．

## 6. まとめ

本研究ではビデオカメラで取得した都市高速道路合流部の画像データをもとに、守環合流部における渋滞発生メカニズムの検討を行った．守環合流部における渋滞発生メカニズムをまとめたものを図 14 に示す．まず、速度低下の要因としては、下流からの速度低下延伸だけでなく、第 2 車線と第 3 車線の合流時における交通錯綜もその一因であることが確認された．合流地点においては、下流側での井池への分流を行う関係上守口線から環状線側へ移動する車両が多い．その結果、第 2 車線の交通量は安定して多く、守口線第 1 車線が有効に活用されていない．交通量の多い時間帯においては、第 2 車線からの合流車両は大きな車群として連続的に合流部に到着する．しかしながら、合流時には第 3 車線の車両の方が優位に立つことが多く、たまたま第 3 車線に車群が到達すると、第 2 車線からの流入車両に速度低下が生じてしまう．合流部で速度低下が生じると、環状線側では速度が低下し

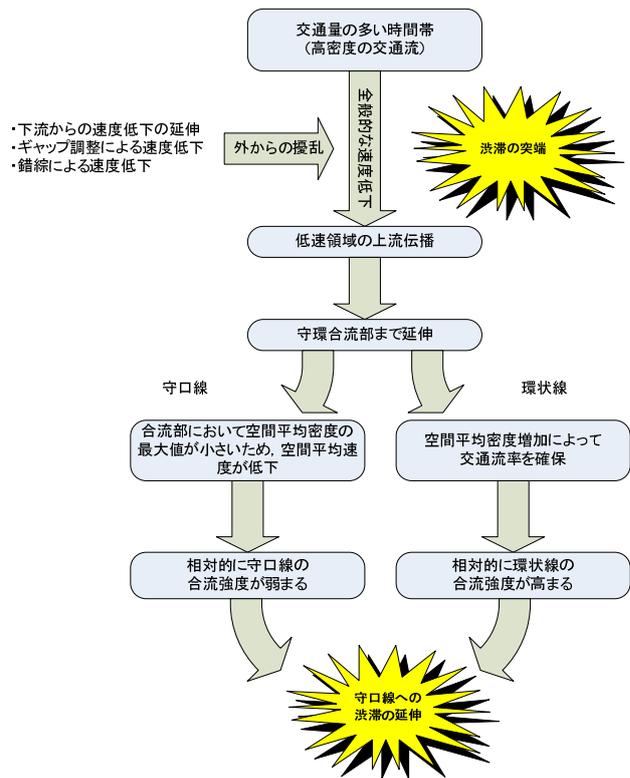


図 14 渋滞発生メカニズム

ても交通流率を維持するために空間平均密度が大きくなるのが可能であるが、守口線では車線利用率の関係で空間平均密度が大きくならず、交通流率が低下する．さらに、守口線で速度低下が生じると下流側での車線変更をより行いづらくなってしまうため、守口線からの流入流率が比較的小さい状態で安定してしまい、下流側の速度低下が解消したとしても守環合流部を先頭とした渋滞が残存する．守環合流部の交通渋滞を緩和するためには、渋滞のきっかけを減少させるような対策に加え、渋滞発生後低い値で安定してしまう路線合流比を改善するための対策を講ずることが重要と考えられる．それぞれについて、考えられる対策案について、以下に列挙しておく．

- ・ 渋滞のきっかけとなる事象の抑制
  - 車線変更挙動のコントロール
  - 車線運用の変更（第 2 車線、第 3 車線の統合）
  - 環状線第 3 車線の利用を抑制させる情報提供
  - ITS による車群コントロールあるいは合流調整
- ・ 渋滞発生後の守口線交通流率改善
  - 情報提供
    - ・ 環状線第 3 車線の利用を抑制
    - ・ 守口線の第 1 車線利用促進
  - ITS 技術を活用したギャップ調整
    - ・ 下流側の捌け交通容量と渋滞長を考慮した速度調整
  - 流入調整, ramp metering

以上本稿では、守環合流部における渋滞発生メカニズムについて、画像データを活用して分析を行い、車両検知器とは違った視点において、車線変更位置の検証、及び車群の可視化等を行い、対策についての提案を行った。本稿により、微視的な視点からの交通現象の把握に関して、画像データを活用することは一定の効果があることを確認できたと考えられる。なお、阪神高速道路では、環状線側の車線（第3車線）を合流前にあらかじめ減少させ、2車線で合流するように車線運用を変更する実験を実施している。実験中におけるビデオ画像を収集しており、今後このデータの分析を進め、車線運用変更の効果を検証する予定である。

#### 【謝辞】

本研究は、土木学会・実践的 ITS 研究会 B-1u 班「車両挙動の画像解析に基づく道路デザイン評価手法の構築」（平成 16～18 年度、研究代表者：宇野伸宏 京都大学准教授）の一部として遂行されたものである。また、ビデオ観測調査実施にあたっては阪神高速道路株式会社、（社）システム科学研究所、住友電気工業株式会社にご協力いただいた。記してここに深謝いたします。

#### 【参考文献】

1) 野中、葛西、内山：“都市間高速道路単路部を対象

とした車両挙動観測システムの開発”，第3回ITSシンポジウム2004 Proceedings, 271-276, 2004.

- 2) 鈴木・中村：“交通流解析のための簡便な多機能ビデオ画像処理システムの開発”，第24回交通工学研究発表会論文報告集, 69-72, 2004.10.
- 3) Akahane, H. and Hatakeyama, S.: “Successive Observations of Trajectories of Vehicles with Plural Video Cameras, International J. of ITS Res., 2(1),47-53,2004.
- 4) 飯田、安、上地、英：“物体の3次元移動軌跡を計測するためのビデオ解析システムの開発”，土木計画学研究・講演集, 28, CD-ROM, 2003.
- 5) 川崎、西山：“画像処理技術を用いた交通流計測と今後の方向性”，第33回土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2006.
- 6) 倉内、飛ヶ谷、ケイロス、飯田：“画像データを用いたマクロ交通指標の自動観測に関する検討”，第30回土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2004.
- 7) Edie, L.C.: “Car-Following and Steady-State Theory for Non-congested Traffic” Operations Research, 9, 1, 1961.
- 8) 大口、片倉：“高速道路単路部をボトルネックとする渋滞発生特性に関する実証的研究”，高速道路と自動車, pp1-8, 2002.

---

## 都市高速道路合流部における渋滞発生メカニズムに関する画像データ解析\*

倉内文孝\*\*・宇野伸宏\*\*\*・飛ヶ谷明人\*\*\*\*

本研究では、近年のビデオカメラの低廉化や画像処理技術の進展をふまえ、ビデオ画像を活用することでミクロな車両挙動とマクロな交通流動を同時に考察し、渋滞発生メカニズムを捉えることを試みる。阪神高速道路の守環合流部に設置し、取得したビデオ観測データから車両軌跡データを抽出し、渋滞要因の把握及び緩和施策の提案を行う。交通流率、空間平均速度などの交通流指標の時空間的な推移を考察するとともに、画像データの特性を活かし、車群特性・車線変更位置に焦点をあてた分析を併せて実施することで、研究対象地点における渋滞発生メカニズムの解明を試みた。その結果、渋滞発生原因としては、守口線の内側車線から流入する車群と環状線の内側車線から合流する車群が同時に合流する際に、環状線の車群の方が優位となり守口線に速度低下が生じること、その結果さらに合流が困難となり、守口線に渋滞が残ってしまうことなどが明らかとなった。さらにその対策としては、環状線内側車線の利用抑制と守口線合流時の速度回復を促す施策が必要であることが示された。

---

## Image Data Analysis on Traffic Congestion at Merging Section of Urban Expressway\*

By Fumitaka KURAUCHI\*\*・Nobuhiro UNO\*\*\*・Akito HIGATANI\*\*\*\*

This paper attempts to figure out the mechanism of traffic congestion occurrence by using the video image data. Video observation has been carried out at the Moriguchi-Kanjo merging section of Hanshin Expressway, and vehicle trajectories are extracted from the video by using image processing technique. Macroscopic traffic flow characteristics such as traffic flow rate, space mean density and velocity are calculated from the vehicle trajectories. We also focus on the vehicle platoon characteristics such as average and variance of the vehicle velocities in the platoon. Using the macroscopic measures, microscopic vehicle trajectories as well as vehicle platoon

---

---

characteristics, the mechanism of traffic congestion occurrence and the possible countermeasures to relax the congestion are discussed. We have found that when the vehicle platoons are coming both from inside lanes of Moriguchi and Kanjo lines the velocity on the vehicle platoons from Moriguchi Line generally decreases. By this velocity reduction, it gets more difficult to merge from Moriguchi Line, and the congestion remains on the Moriguchi Line. It is therefore needed to carry out some measures to discourage using the inner lane of Kanjo line to avoid conflict against Moriguchi Line, and to recover the velocity of Moriguchi line.

---