

個車の走行軌跡データ（ドットデータ）を活用した渋滞実態把握手法の提案

五十嵐 達哉¹・関谷 浩孝²・野見山 尚志³

¹正会員 株式会社建設技術研究所 東京本社 道路・交通部（〒103-8430 東京都中央区日本橋浜町3-21-1）
ikarashi@ctie.co.jp

²正会員 国土技術政策総合研究所 社会資本情報基盤研究室（〒305-0804 茨城県つくば市旭1）
sekiya-h92tb@nikim.go.jp

³正会員 株式会社建設技術研究所 東京本社 道路・交通部（〒103-8430 東京都中央区日本橋浜町3-21-1）
nomiyama@ctie.co.jp

近年、情報通信・処理技術の進展に伴い車両1台毎の走行軌跡など詳細な交通データの取得が可能となっており、データ特性を活かした道路交通分析による道路行政マネジメントの高度化が期待されている。現在、交通渋滞の評価・実態把握では、一定区間に集約された旅行速度データの活用が進んでいるが、旅行速度データでは一定の混雑状況は評価できるものの本質的な渋滞実態の評価は困難であり、詳細の渋滞発生状況の把握のための現地渋滞調査が補足的に実施されている状況である。

本稿では、走行実験により取得した1車両ごとの走行軌跡データ（ドットデータ）を基に、渋滞発生状況・渋滞影響度・渋滞発生要因について机上分析での把握方法の検討を行い、現地渋滞調査への代替性の検証、今後の渋滞分析の各フェーズにおける分析高度化に向けた分析手法の提案を行うものである。

Key Words : probe data , traffic congestion , big data

1. はじめに

(1) 交通ビッグデータと交通渋滞対策の状況

近年、情報通信・処理技術の進展、GPSの精度向上に伴い、走行軌跡データの収集が容易になり、プローブデータの蓄積が急速に進んでいる¹⁾。また、これまでは処理が膨大であり集計後のデータを扱っていたプローブデータについても、集計前の個車の走行軌跡データ（以下、ドットデータという）の活用が可能となってきており、それぞれのデータ特性を活かした道路行政マネジメントの高度化が求められている。例えば、道路整備効果分析や交通挙動分析等では移動経路・OD情報を有する新たなプローブデータを活用した分析について検討が進められている^{2)~5)}。

一方、交通渋滞による社会的損失は依然大きく、平成24年度データにおける渋滞損失時間は約50時間で280万人分の労働力に相当すると算定されている⁶⁾。現在、国土交通省が中心となり、各都道府県を単位とした渋滞対策協議会において、主要渋滞箇所の選定・主要渋滞箇所の要因分析・対策立案・対策実施・効果検証といった渋滞の改善・解消に向けた対策マネジメントが実践されているところである。

(2) 渋滞対策マネジメントにおける分析データの現状と課題

現在、各都道府県で実施されている渋滞対策協議会では、前述のとおり主要渋滞箇所の選定・対策箇所の要因分析・対策立案・対策実施・効果検証といった渋滞マネジメントサイクルの実践が進められている。現在、これらの検討においては、車載型のカーナビゲーションシステムから収集した走行データを一定区間に集計した旅行速度データ（以下、民間プローブデータという）が主に活用されている。

主要渋滞箇所の選定においては、この民間プローブデータによる区間旅行速度の平均値が「20km/h以下」といった閾値を設定し、課題箇所を抽出している。しかし、旅行速度は信号密度が高い区間や従道路の青時間が長い区間等において、信号待ち停止時間の影響により一時的に速度が遅くなっただけであり実際は渋滞していない箇所を抽出する可能性がある。そのため、詳細の渋滞発生状況の把握のための現地渋滞調査が補足的に実施されている状況である。

そこで、本稿では、現地渋滞調査と1車両毎のドットデータの取得を合わせて行い、取得したドットデータを基に渋滞発生状況・渋滞影響度を評価・分析手法を提案するとともに、渋滞要因分析へのドットデータの適用可能性を示唆するものである。

2. 分析データの取得

本稿で提案する分析手法の検討にあたり、北海道札幌市内の交差点において、人手観測による渋滞長調査、プローブ機器を搭載した車両による走行調査（ドットデータの取得調査）の2種類の調査を同時に実施した。調査の概要を以下に示す。

- 調査日：
 - ・平成 27 年 7 月 10 日（金）

- 調査時間：
 - ・渋滞発生が想定される混雑時間帯と非混雑時間帯として下記時間帯を調査
 - 混雑時間帯：7 時 00 分～9 時 30 分
 - 非混雑時間帯：12 時 00 分～13 時 00 分

- 対象交差点：
 - ・北海道札幌市内 国道 274 号×国道 275 号交差点（国道 275 号東側流入部）※図-1 参照

- 人手観測による渋滞長調査：
 - ・調査対象交差点の信号が青から赤に変わる瞬間の捌け残りの長さ（最後尾の車両の位置）を渋滞長として目視により計測
 - ・渋滞長は車線毎に 10 分単位で計測
 - ・渋滞長と合わせて信号現示を計測

- プローブ機器を搭載した車両による走行調査：
 - ・調査対象交差点の手前約 1km の箇所から対象交差点までを対象時間内に可能な限り繰返し走行
 - ・対象交差点での左折・直進・右折のデータが均等に取れるように調整
 - ・対象交差点を左折する場合は第 1 車線，直進する場合は第 2 車線，右折する場合は第 3 車線を走行
 - ・流れに沿った走行とし追い越等は実施しない



対象道路(国道275号)					交差道路(国道274号)				
青	黄	右矢	黄	赤	青	黄	右矢	黄	赤
36	3	5	2	4	67	3	13	2	4
50					89				
139									

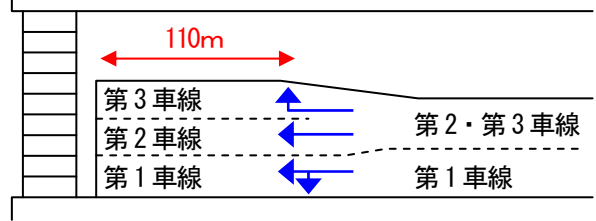


図-1 対象交差点の位置図，信号現示，車線構成

表-1 走行軌跡データの取得内容

項目	備考
測位間隔	1秒単位で記録
緯度・経度	ミリ秒単位で記録

なお、分析にあたっては走行調査車両が対象交差点に進入した時刻に最も近い渋滞長調査の結果を進行方向別（車線別）に関連付けし、表-2のとおり合計76サンプルを得た。

表-2 走行軌跡データの取得サンプル数

進行方向(車線)	渋滞状況(渋滞長調査結果)		
	渋滞あり	渋滞なし	合計
左折(第1車線)	16	11	27
直進(第2車線)	14	6	20
右折(第3車線)	26	3	29
合計	56	20	76

3. 渋滞発生状況の評価

渋滞の定義は、各道路管理者により異なるが、渋滞調査における一般道の信号交差点における渋滞では、1回の信号待ちで通過できずに捌け残った場合と定義される⁷⁾。先に述べたように旅行速度は、信号待ちの停止時間の影響を受けるため「20km/h以下」などの閾値を設けてそれ以下となった場合にも渋滞現象が発生してない可能

性がある。渋滞の定義を1車両の走行状況で考えた場合、対象交差点の区間に進入してから交差点を出るまでの通過時間が1サイクル以上と考えられる。実際には渋滞がない場合にも交差点間を走行する時間が必要となるため、1サイクルにその走行時間を加えた時間を超えた通過時間の場合に渋滞現象が発生していると推定できる。

そこで、従来の旅行速度による渋滞判定と1車両毎の交差点通過時間に着目した渋滞判定について、人手観測による渋滞長調査結果に基づく渋滞発生状況との比較・検証を行い、ドットデータによる渋滞判定精度向上の可能性を検証する。検討ケースとしては、表-3のとおり旅行速度について3ケース、交差点通過時間について2ケースとした。

表-3 渋滞判定指標の検討ケース

指標	NO	渋滞判定指標
旅行速度	Case1	区間旅行速度 20 km/h 以下
	Case2	区間旅行速度 10 km/h 以下
	Case3	区間旅行速度 5 km/h 以下
通過時間	Case4	区間通過時間 1 サイクル(139 秒)以上
	Case5	区間通過時間 1 サイクル(139 秒)+走行時間(25 秒)* 【164 秒】 *340m÷50 km/h=25 秒 (規制速度 50 km/h)

人手観測による渋滞長調査での渋滞発生有無と各検討ケースにおける渋滞判定を1走行データ毎に行い、その合致状況を確認した。ここで、合致とは、現地で渋滞長が10m以上発生しており本分析における渋滞判定指標により渋滞ありと判定された場合、または、現地で渋滞長が0mであり本分析における渋滞判定指標で渋滞なしと判定された場合とした。

検証結果は、図-2のとおりである。合致率では通過時間が信号1サイクル+走行時間以上を渋滞と評価したCase5が最も高く84%となった。次いで旅行速度10km/h以下としたCase2、通過時間を1サイクル以上としたCase4が80%となった。旅行速度20km/h以下としたCase1では渋滞ありの場合の合致は高いものの渋滞なしの場合はほとんどが非合致となっており、実際の渋滞状況より過剰に渋滞と判定することとなる。反対に旅行速度5km/h以下としたCase3では渋滞ありの場合の非合致が多く、渋滞が発生している場合にも渋滞なしと評価されている。

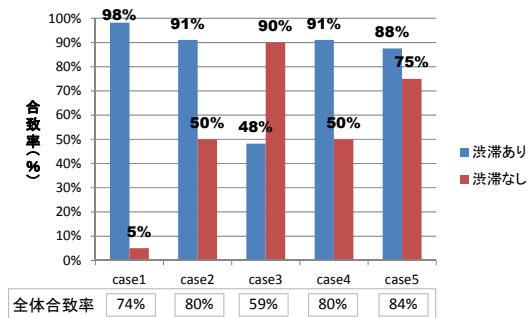


図-2 渋滞発生状況との合致状況

今回、旅行速度では10km/hを評価基準としたCase2が最も合致率が高くなったが、これは旅行速度10km/hとした場合の通過時間が本対象交差点の区間長や信号サイクルの関係上Case4、Case5に近似したためであり、区間長や信号サイクルが異なる場合には判定精度が低下することが想定される。

通過時間を指標としたCase4とCase5の比較では、交差点間の走行時間を考慮したCase5の方が判定精度が高い結果となった。これは検証前の仮説のとおりであり、1車両毎の走行軌跡データが入手可能な場合にはCase5の考え方を適用することで従来の旅行速度より精度が高く、また論理的に渋滞発生状況を評価できる。

4. 渋滞影響度の推定

前項では、走行軌跡データを基にした交差点通過時間を用いることで渋滞の発生状況を適切に評価できることが分かった。しかし、実際の渋滞箇所の選定や対策優先度の検討を行う際には、その渋滞による影響の大きさがどの程度であるかといった影響度の把握が求められる。

現在、渋滞の影響度については、現地渋滞調査により計測した、渋滞長を評価に用いている。しかし、現地での渋滞長調査では、調査時間・日数に応じて調査費用が発生するため全ての交通状況について網羅的に調査することは難しく、ある特定の日・時間でのデータしか取得できていないのが実情である。また、交通調査の日時の設定について交通調査実務の手引き⁷⁾では、「平均的な交通渋滞が発生している平日もしくは休日の渋滞長が最大となる時刻を含む3時間程度とし、最大渋滞長の発生時刻が調査時間のほぼ中央値に位置するように調査時間帯を設定する」とあるが、実際の調査計画を立案する際に平均的な渋滞発生日がいつであるかを特定することは難しい。さらに、冬期の積雪による道路状況の変化、観光ピーク時等の交通需要変動が想定される場合には、予算に限られる中で、交通状況を的確かつ網羅的に把握することがより困難となるため、常時観測される交通データで渋滞影響度を把握することのメリットは大きい。

ここでは、渋滞影響度の評価指標として、信号待ち回数、渋滞長の2つを検討した。

(1) 信号待ち回数

1車両毎のドットデータを用いた対象交差点間の信号待ち回数は、下式のとおり定義する。

$$\text{信号待ち回数} = \text{区間通過時間} \div \text{信号サイクル長}^*$$

*本検討対象交差点のサイクル長は139秒

図-3は、本稿で取得したドットデータのうち、左折車両の通過時間および信号待ち回数の集計結果である。

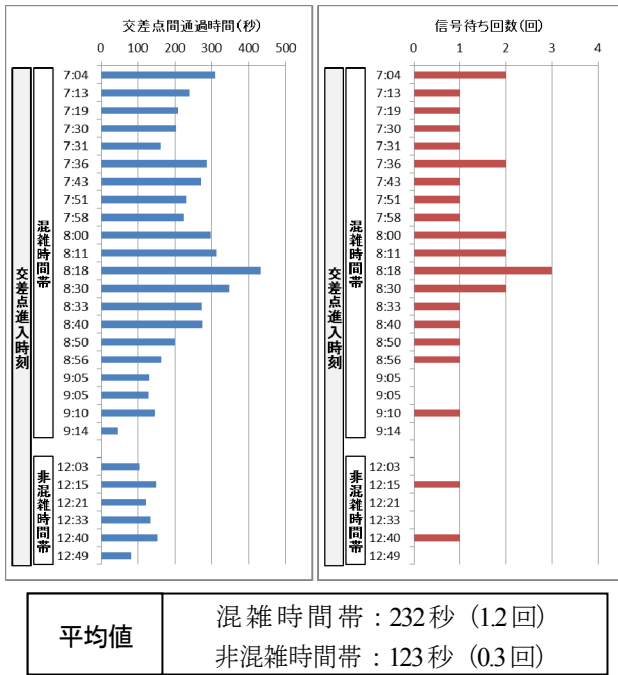


図3 通過時間と信号待ち回数（左折車）

通過時間は信号交差点間の延長に依存するが、信号待ち回数は信号サイクル長で正規化された値となるため、都市部などの信号交差点がある程度近接する箇所においては他の区間との比較も可能である。また、信号待ち回数は、一般のドライバーにとってイメージしやすい指標であり、渋滞影響度の評価として、渋滞箇所の選定・優先度の検討だけでなく、交差点改良やバイパス整備による混雑緩和効果の評価等にも活用可能である。

なお、この平均信号待ち回数について、左折・直進・右折別に集計した結果を図4に示す。混雑時間帯・非混雑時間帯とも右折の平均信号待ち回数が左折・直進に比べて多くなっている。信号交差点において、右折車両は左折・直進車両とは対向車の影響や信号現示の設定が異なるため、本指標の活用の際には、進行方向別に分類して集計することが望ましい。

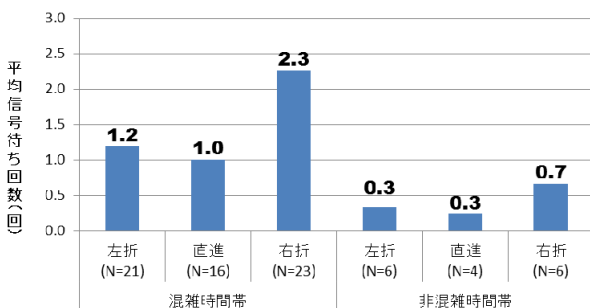


図4 平均信号待ち回数（進行方向・時間帯別）

(2) 渋滞長

信号交差点における現地渋滞調査では、下記の定義で滞留長・渋滞長を計測している⁷⁾。

滞留長：赤信号から青信号に変わった時に滞留している車両の停止線から末尾までの距離
 渋滞長：赤信号から青信号に変わった時に滞留している車両の末尾を追跡し、次の赤信号による停止位置を渋滞の末尾とし、停止線からその渋滞末尾までの距離

ドットデータを基に渋滞長を推定する手法を検討するにあたり、まず、ドットデータから車両の走行状況を把握するため、横軸に対象交差点からの距離（停止線位置を0m）、縦軸に各地点における地点速度（折れ線グラフ）、10m区間ごとの通過時間（棒グラフ）を表したグラフを作成した。図-5は、渋滞時間帯と非渋滞時間帯のある1車両の走行状況について、グラフ化（可視化）したものである。

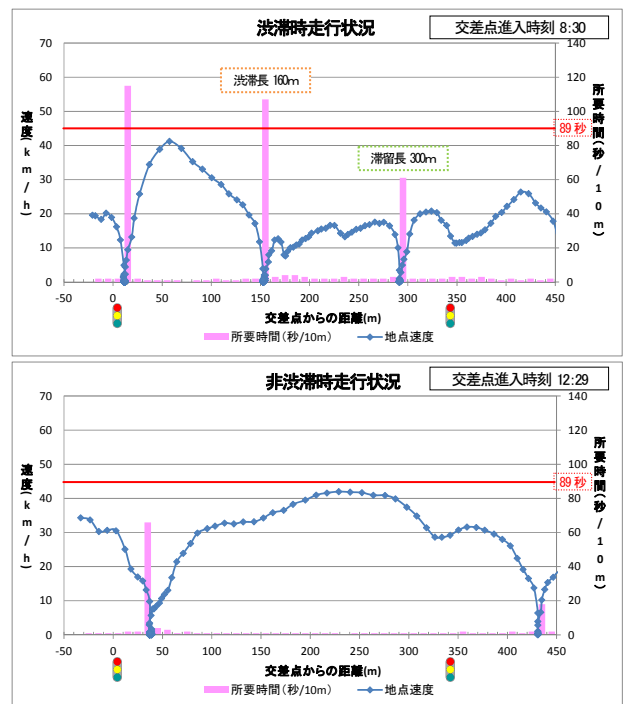


図5 ドットデータのグラフ化（上:渋滞時, 下:非渋滞時）

図-5において、渋滞時間帯のグラフでは交差点から20m, 160m, 300mの位置で地点速度が0になっていること、10mあたりの通過時間の棒グラフが立っていることからその位置で車両が停止していたことが把握できる。これは、対象交差点進入後、停止線から300mの位置で一度停止し、青信号に変わった後160mの位置まで移動、ここでまた信号が変わるまでの時間停止し、青信号に変わった後20mの位置まで移動、信号が変わるまで停止後次の青信号で交差点を通過したと想定できる。非渋滞時のグラフにおいては、対象交差点区間進入後、停止線から40mの位置で一度停止し、信号が青に変わった後に、そのままそのサイクル内で交差点を通過していることがわかる。

ここで、グラフから把握した渋滞時間帯における調査

車両の走行状況と渋滞の定義とを重ね合わせてみると、当該交差点進入後に1回目の停止となった300mの位置は、赤信号から青信号が変わるまで停止していた位置であるため滞留長、その後移動し、2回目の停止となった160mの位置は次の赤信号で停止したため渋滞長と考えることができる。

しかし、ここで把握可能な滞留長・渋滞長はあくまでも調査車両におけるものであることに留意が必要である。図-6に示すとおり、調査車両の渋滞車両群における位置はランダムであり、常に最後尾に位置することはないことから、交差点における最大渋滞長ではなく最低限そこまでは渋滞長が発生していると判断できる長さである。

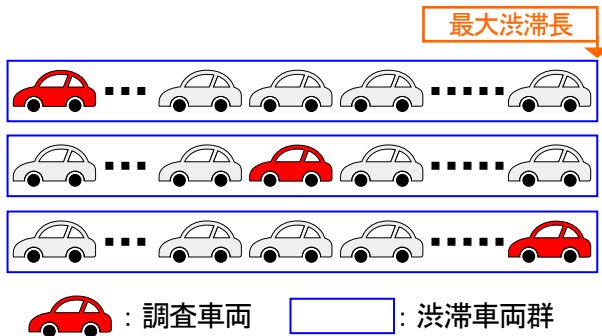


図-6 渋滞車両群における調査車両の位置のイメージ

次に上記の考え方にに基づきドットデータから渋滞長を推定する手法を検討する。渋滞長を推定するために、10mあたりの通過時間から交差点進入後の停止状況来判断する。

交差点進入後の1回目の停止位置については、当該交差点進入時の信号現示のタイミングが車両毎に異なるため停止時間も異なる。当該交差点区間進入時の信号が赤であり停止後すぐに青に変わった場合に停止時間が最小となり、反対に当該交差点進入時の信号が青であり交差点を抜ける前に赤信号に変わった場合に停止時間が最大となる。1回目の停止位置の判断では、停止時間の長さは重要ではなく、停止したことが判断できればよい。交通調査実務の手引き⁶⁾では、渋滞時の走行速度について「徒歩速度(4km/h程度)以下」と定義していることから、10mを4km/hで走行した時の通過時間である9秒を超える通過時間となっている場合に停止したと判断する。

2回目の停止位置については、赤信号から青信号になるまでの間停止していた位置の把握が必要となる。これは、当該交差点の赤時間すなわち交差道路側の信号サイクル分停止した場合と考えることができるため、当該交差点における交差道路側の信号サイクル89秒を超える通過時間の箇所を2回目の停止位置と判断する。なお、渋滞時の通過時間については、赤信号停止時に低速で移動し、次の10mの区間に移動する現象が確認できたため、

図-7に示すとおり前後1区間を含めた計3区間(30m)の通過時間を合計し、そのうち最大となる区間にその通過時間を代表させることとした。

前後区間の合計が89秒以上の場合、渋滞と判定

距離(m)	...	180	190	200	210	220	230	240	...
車両 A	...	1	2	2	80	20	1	0	...
車両 B	...	0	1	92	0	10	2	1	...
車両 C		2	8	2	3	1	2	0	

図-7 2回目停止位置判定における通過時間の集計方法

実際のドットデータ分析による渋滞長の推定イメージを図-8に示す。

凡例
 : 1回目の停止(9秒以上)【滞留長】
 : 2回目の停止(89秒以上)【渋滞長】
 : 3回目の停止(89秒以上)

図-8 ドットデータ分析による渋滞長推定イメージ

この手法に基づきドットデータから推定した渋滞長と人手観測による渋滞長とを比較した結果が図-9である。

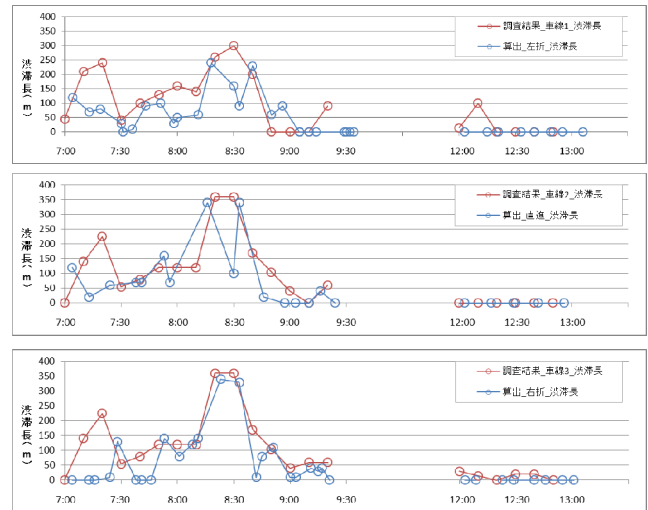


図-9 現地での人手観測による渋滞長と

ドットデータに基づく渋滞長の比較

図-9の比較結果では、左折・直進・右折とも概ね人手観測による渋滞長に近い値もしくは小さい値となっており、推定した渋滞長の妥当性が確認できる。

この推定手法を活用することで、ドットデータの恒常的取得が可能となった場合には、観光ピーク時や冬期・イベント時などの特定期間の机上分析が可能となり、効率的・網羅的な渋滞影響度の評価が可能となる。

5. 渋滞要因分析への適用可能性

3. 4. に述べたように、ドットデータを分析することで1車両毎の渋滞発生状況・渋滞影響度を把握・推定することができる。これらの結果は、区間に集約された現在の民間プローブデータでは把握できない詳細な走行状況のデータであり、分析結果を活用することで渋滞発生要因を定量的に把握できる可能性がある。

図-10は、左折・直進・右折のドットデータの走行状況可視化グラフを同時間帯で並べて、表示したものである。時間帯毎に左折・直進・右折それぞれの渋滞状況を分析することで、全進行方向で渋滞が発生しているのか、右折車だけの渋滞なのかといったことが明らかとなり、渋滞対策のターゲットを設定することができる。

また、道路構造（交差点車線構成等）と進行方向別の渋滞発生状況との照らし合せや、前後区間・交差道路といった隣接区間の分析結果を比較することにより、表4に示すような渋滞要因が机上で推定できると考える。

表-4 ドットデータによる渋滞要因の推測例

ドットデータ分析結果	渋滞要因
全方向において渋滞が発生	交差点の容量不足
右折車線設置交差点において右折車のみ渋滞が発生	右折専用現示の設定
右折車線未設置交差点において直進・左折車が渋滞	右折車両の滞留(車線占有)による直進・左折車両への影響
交差道路との渋滞発生状況の差が大きい	信号現示の青時間比
直進車線の渋滞が連続する交差点で発生	先づまりによる速度低下
交差点における左折車線で渋滞が発生	歩行者等による左折阻害

6. おわりに

本検討では、1台毎の走行軌跡データ（ドットデータ）を基に渋滞の発生状況の把握、渋滞影響度の推定、渋滞要因分析への適用を検討した。本検討の成果を以下に示す。

- 1) 車両1台毎の交差点通過時間を指標とすることで、従来の旅行速度での評価に比べ、論理的かつ実態に即した渋滞発生状況の把握が可能となる。
- 2) ドットデータを基に交差点区間内での走行状況（通過時間・停止位置・停止時間）を分析することで、渋滞による影響度を推定することができる。
- 3) 進行方向（車線）別の渋滞発生状況の把握や車線構成、隣接区間と合わせた分析を行うことで机上での渋滞発生要因の推定に寄与する。

また、今後の課題として、以下の2点が挙げられる。

(1) 渋滞影響度の推定方法の更なる検証

本検討では、ドットデータから推定した渋滞長について、同時間帯に調査した人手観測での渋滞長と比較することで、推定結果の妥当性を確認した。しかし、人手での渋滞長調査については10分毎の調査結果であり、調査車両が交差点に到着したタイミングの渋滞長とは完全には合致しない。ドットデータを取得する際の現地渋滞状況の調査として、人手での渋滞長調査だけでなくビデオ調査を併用して実施し、調査車両が交差点に到着した際の渋滞長を把握し、その結果を基に推定結果の検証を行うことが望ましい。

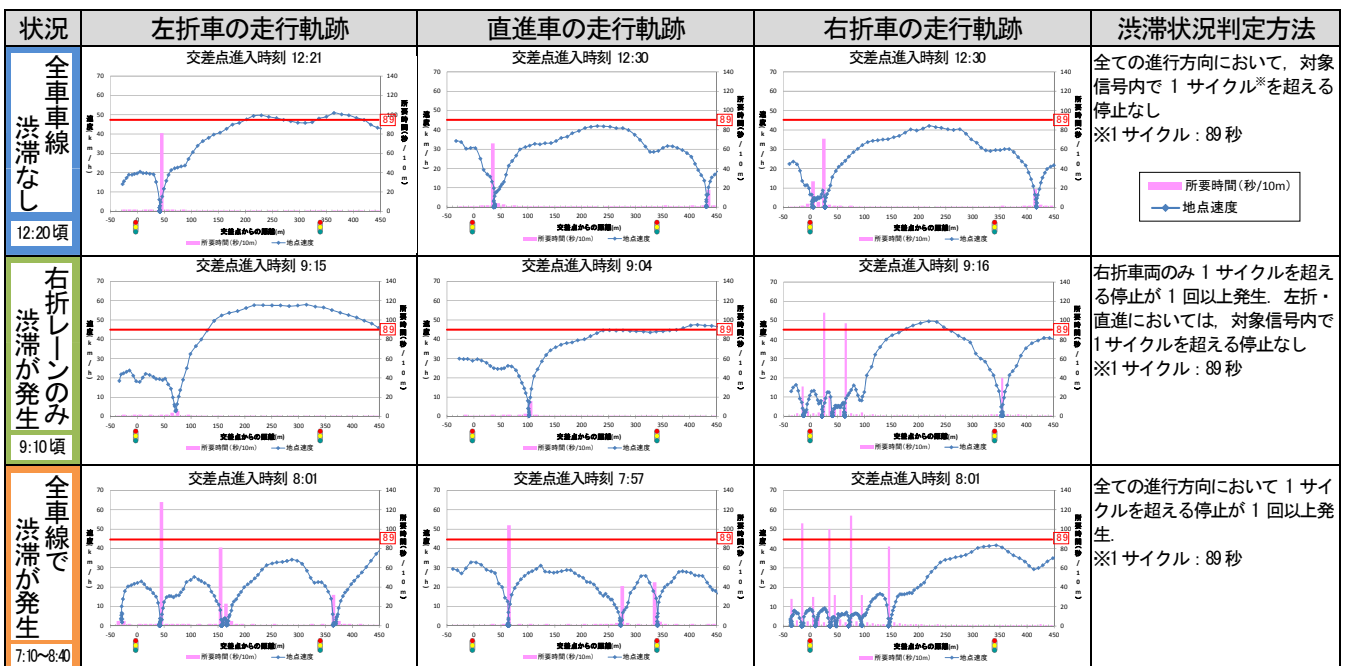


図-10 同時間帯における進行方向別の渋滞発生状況の整理

(2) ドットデータの蓄積

本検討で提案したドットデータによる渋滞長の推定手法は、調査車両が常に渋滞末尾に位置しないことから最低限ここまでは渋滞が発生していたという長さを示すデータとなる。走行軌跡データの蓄積を進め分析を行うことで、渋滞末尾近くに位置する調査車両が増え、課題状況の把握精度が高まると考える。

参考文献

- 1) 内閣官房 情報通信技術 (IT) 総合戦略室：交通データ利活用に係るこれまでの取組と最近の動向について (案)，2014
- 2) 宇高勝美，仲田田，五十嵐達哉：交通ビッグデータを活用した交通渋滞の新たな分析手法の可能性について，北海道開発技術研究発表会，2015
- 3) 五十嵐達哉，野見山尚志，太田恒平，仲田田，宇高勝美：携帯カーナビデータの走行軌跡データを活用した新たな渋滞分析手法の提案，第 51 回土木計画学研究発表会，2015
- 4) 五十嵐達哉，関谷浩孝，仲田田，岩館慶多，野見山尚志，小澤俊博，梶原康至：渋滞箇所の利用交通特性を踏まえた定量的な TDM 施策の立案手法の提案，第 53 回土木計画学研究発表会，2016
- 5) 太田恒平，大重俊介，矢部努，今井龍一，井星雄貴：携帯カーナビのプローブ交通情報を活用した道路交通分析，2013
- 6) 国土交通省：新たな「国土のグランドデザイン」(骨子)，2016
- 7) (社) 交通工学研究会：交通量調査実務の手引き，2008

(2016. 7. 31 受付)

**PROPOSAL OF THE TRAFFIC CONGESTION ACTUAL SITUATION GRASPING
METHOD THAT UTILIZED THE RUNNING PATH DATA OF INDIVIDUAL CAR**

Tatsuya IKARASHI, Hirotaka SEKIYA, Hisashi NOMIYAMA