

車両感知器パルスデータを用いた高速道路における 交通渋滞の発生・解消時刻の早期検出

An Early Detection of the Occurrence/Dissipation Time of Traffic Jam on a Freeway
Using Pulse Data of Vehicle Detectors

片倉 正彦 (Masahiko KATAKURA) *

堀 哲 (Satoshi HORI) **

1. はじめに

現在、都市間高速道路の交通渋滞情報は、2 kmごとに設置した車両感知器データの5分間平均速度に基づいて自動判定された交通状態により5分周期で作成されている。そのため渋滞の発生、解消などの交通状況の変化は、現象発生時点よりデータ収集単位周期の5分間後に遅れて検出されることにもなる。

首都高速道路ではデータ収集単位を1分間周期としているが、東名高速道路でもより迅速で正確な渋滞情報を得るために、1分間集計データによる渋滞の自動判定について検討を行っている。¹⁾

本研究では、さらに一歩進め、車両感知器から得られたデータを集計することなく、個々の車両の個別パルスデータの出現状況によって、渋滞をより早期に検出する方法について検討したものである。

2. 解析に利用した車両感知器データ

解析に用いたデータは、日本道路公団第一管理局が東名高速道路の渋滞長自動判定システム改良検討のために行った調査で収録した車両感知器のパルスデータを利用させていただいたものである。

調査は御殿場管理事務所及び横浜管理事務所管内の車両感知器について感知パルスをデータレコーダーに収録するとともに、渋滞状況を調査員の目視観測が行われた。収録されたパルスデータは上り、下りとも18カ所、収録時間は渋滞の発生から解消を含むように24時間分の膨大なデータである。ここではそのうちの一部のデータについてボトルネック地点の前後の感知器データを解析した。調査の実施日とデータ収録時間は以下の通りである。

上り：平成5年11月7日(日)8～翌8時(晴)
下り：平成5年11月13日(土)5～翌5時(曇)
収録データのうち、AD変換して解析に用いたデータは渋滞状況の観測から渋滞を含む時間帯10時間(上り13～23時、下り6～16時)である。

データは2ループ式の車両感知器のもので、1台の車両(1レコード)に対して、①第1ループのOn時刻、②それからの第1ループのOffまでの経過時間、③第2ループOnまでの経過時間、④第2ループOffまでの経過時間、及び⑤車線で構成されている。これらから、交通量、速度、大型車の判定などの算出をすることができる。

本研究は、単一ループのパルス幅とパルス間ギャップの長さ(パルス幅・ギャップ長)により渋滞判定を行う方法を検討した。ここでパルス幅・ギャップ長は各車両のパルスと前車のパルスの立ち下がりとの時間差で、車長に関係のない車間時間を意味する。また感知パルスデータの中にはノイズやパルス割れによって異常データが含まれていることがあるため、パルス幅が0.1秒以下のデータ(速度200km/h以上)は異常データとして解析対象から取り除いた。

3. 交通状態別感知パルスデータの特性

渋滞状況調査による渋滞発生時間帯と各感知地点の交通量、速度変動図から、明らかに渋滞中の交通流と自由流状態の時間帯を抽出し、それぞれの感知パルスデータの統計的特性を解析した。このときパルス幅は車両が感知領域上に存在した時間であり、通過速度に対応するが、車長の影響が含まれるため、大型車と判定されるパルスデータ(車長6.0 m以上)を取り除いて解析した。

図-1、2は、下り方向のボトルネック上流最初の感知器地点(38.75kp)での第1車線の感知パルスデータに対して、パルス幅とパルス幅・ギャップ長で表した

キーワード：交通流、交通管理、交通情報

* 東京都立大学工学部教授、工学博士(正会員)

** JR東日本株式会社

散布図を、自由流と渋滞流について示したものである。

図-1 自由流のPG-PL グラフ

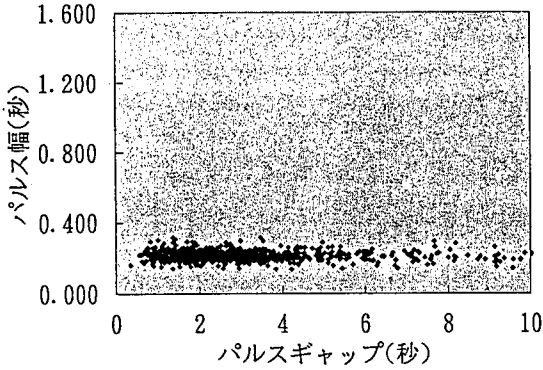


図-2 渋滞中のPG-PL グラフ

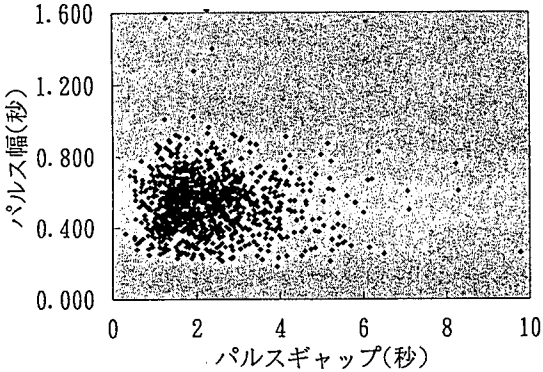


図-3、4 は上り方向の51.69KP 地点第1車線のパルス幅とパルスギャップのヒストグラムを自由流と渋滞流について比較して示した。これらの図から自由流と渋滞流では感知パルスの分布特性が非常に異なっていることがわかる。自由流ではパルス幅がほとんど0.3秒以下でパルスギャップは大きい値まで広く分布していることにに対し、渋滞流のパルス幅は大きく、パルスギャップは狭い範囲に分布し6秒以上の出現数は非常に少ない。この分布特性は以下の表でも示されるように他のどの地点でもほとんど同じである。

図-3 パルス幅ヒストグラム

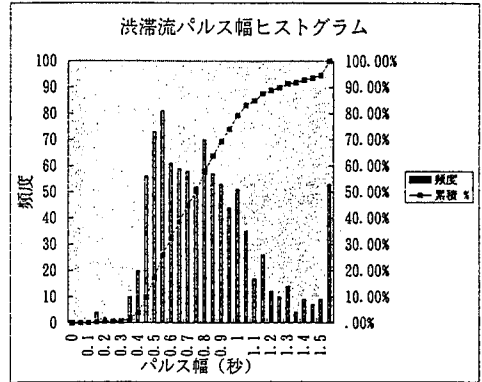
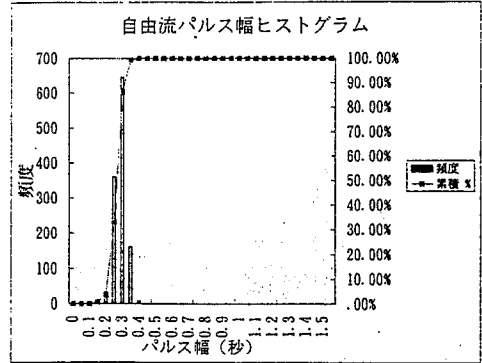
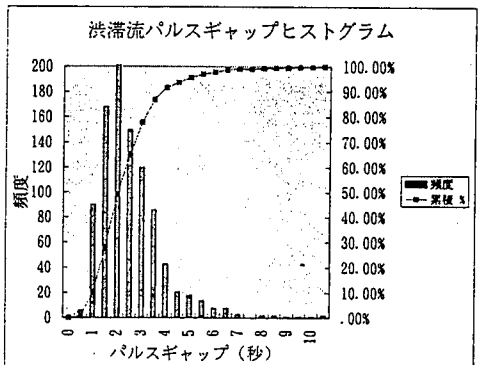
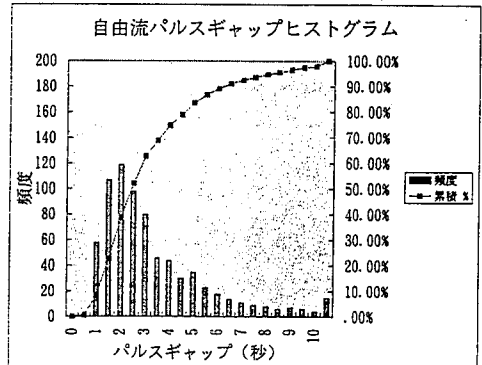


図-4 パルスギャップヒストグラム



パルス幅の統計値を自由流と渋滞流について代表的な地点の例を示すと表－１、２のようになる。自由流で、41.08KP はボトルネックの下流地点で渋滞にならなかったところであり、75.18KP は調査区間の最上流地点で渋滞が波及しなかった地点である。渋滞流での 52.69KP は上り方向のボトルネックの上流点で、51.69KP はその下流地点であるがさらに先の下流部からの渋滞がバックアップしてきた地点である。

表－１ 自由流の感知パルス幅（秒）

地点	38.75kp 下り 第 1 車線	41.08kp 下り 第 1 車線	75.15kp 上り 第 2 車線
平均値	0.212	0.278	0.253
中央値	0.21	0.275	0.255
最頻値	0.205	0.290	0.25
標準偏差	0.026	0.047	0.032
最小値	0.135	0.109	0.104
最大値	0.315	0.51	0.391
99%タイル	0.290	0.40	0.35
サンプル数	879	4948	4959

表－２ 渋滞流の感知パルス幅（秒）

感知地点	38.75kp 下り 第 1 車線	52.69kp 上り 第 2 車線	51.69kp 上り 第 2 車線
平均値	0.545	0.96	0.92
中央値	0.535	0.61	0.76
最頻値	0.545	0.46	0.54
標準偏差	0.121	2.89	0.727
最小値	0.15	0.21	0.126
最大値	1.43	62.71	11.72
5.0%タイル	0.38	0.40	0.427
サンプル数	6423	1018	1142

次の表－３は渋滞流のパルス幅の統計値を示したものである。

表－３ 渋滞流のパルス幅（秒）

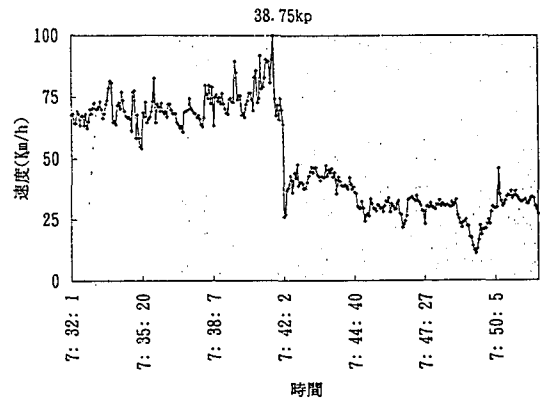
感知地点	38.75kp 下り 第 1 車線	52.69kp 上り 第 2 車線	51.69kp 上り 第 2 車線
平均値	2.11	2.28	1.93
中央値	1.86	2.00	1.70
最頻値	2.06	1.96	1.84
標準偏差	3.59	1.79	1.59
最小値	0.14	0.14	0.155
最大値	278.2	44.15	44.11
99%タイル	5.42	6.56	5.85
サンプル数	6423	1018	1142

４．交通渋滞の発生・解消の検出

現在渋滞の発生、解消は、都市間高速道路では 5 分間平均速度を用いて 40km/h になった時点で渋滞、その後 60km/h 以上になれば解消と判定している。

通常、渋滞の発生（波及）は衝撃波として急激に生じ、図－５に示すように渋滞開始時には個別の車両速度が急変することから個別の速度データで判定できる可能性がある。ただ一時的な速度変動や感知誤差によって渋滞の判定が安定しない問題がある。

図－５ 渋滞発生時の速度 (7:32-7:52)



本研究では速度に換算しないで、直接感知パルスデータを用いて集計データではない個別データによる渋滞判定の方法について検討したものである。

まず上記の解析結果から、自由流と渋滞流は大型

車を除くと個々の感知パルスデータのパルス幅（PL）によって、 $PL < 0.3$ ならば自由流、 $PL > 0.5$ ならば渋滞流とほぼ判別することができる。これから自由流と渋滞流の判別の閾値を $0.3 \sim 0.5$ にとり、また自由流中の低速車及び渋滞流中の高速車の出現を考慮してパルス幅（PG）を判定パラメータに組み合わせて次のような判定条件を仮定して、感知パルスの時系列データについて渋滞発生とその解消についてシミュレーションを行った。

渋滞発生条件

- ① $PL \geq 0.4$ and $PG \leq 6$
- ② $PL \geq 0.5$ and $PG \leq 6$

渋滞解消条件

- ① $PL \leq 0.3$ and $PG \geq 6$
- ② $PL \leq 0.3$ and $PG \geq 8$

これらの条件を組み合わせて演算した結果、ただ一つのパルスデータで判断するとどの場合も、多くの渋滞発生と解消が繰り返されることになり安定した渋滞判断ができない。そこで発生条件について二つのパルスデータが連続して条件を満たす場合とすると実際の状況に合致した一つの連続した渋滞状況を判定できた。このとき上記の条件の相違はほとんどなく、どの条件でも同じであった。ただ解消条件については①の条件で一つのパルスのみではまた渋滞となり、安定したものとならないが、②の条件では一つの合致パルスの出現で判定できる結果となった。

以上から渋滞の発生時刻は条件②を 2 回検出するときとし、解消時刻は条件①を 2 回または②を 1 回検出したときとするのが確実である。

下り方向の 38.75kp と上り方向の 51.69kp での渋滞開始と解消時刻検出結果を現行の自動判定システムと目視調査の判定と比較して示すと表-4 のようになる。

表-4 渋滞発生解消判定時間

感知地点		現行システム	目視調査	パルス判定
38.75kp	発生	7:50	7:40	7:42
	解消	15:00	15:00	14:58
51.69kp	発生	16:00	15:50	15:54
	解消	21:05	20:45	21:07

これからパルスによる判定は実現象にほぼ一致し、現行システムより早く判定できることが示された。

5. まとめと今後の課題

東名高速道路の車両感知器から得られる感知パルスデータを解析した結果、以下のようなことが明らかになった。

個々の感知パルスによるミクロな交通特性指標によっても大型車を除外した場合交通流の状態を自由流と渋滞流とに明確な判別が可能である。この特性を用いて交通渋滞の発生（波及）と解消時間の検出を現行システムより早期に行うことができる。その検出方法とパラメータをほぼ明らかにした。

今後の問題としては、この解析では交通集中による渋滞を対象としたが、早期の検出が望まれるのは突発事象である。突発渋滞について発生の検出は同様に見えるが、解消については交通需要の減少によらず、障害の消滅によって渋滞先頭から解消する場合については今後の解析が必要である。またミクロの交通現象の把握や交通状態の表現について車両感知器から得られるパルスデータの利用についてさらに検討を加える余地がある。

最後に貴重なデータの利用を許可していただいた日本道路公団第一管理局に対して感謝するものである。

参考文献

- 1) 日本道路公団第一管理局、(株)福山コンサルティング、「東名高速道路渋滞長自動判定システム改良検討報告書」平成 6 年 2 月