

待ち行列の延伸が上流交差点の交通流率に及ぼす影響*

An Analysis on Relations between Headway and Downstream Queue Lengths*

森 健二**・萩田賢司***・三井達郎****

By Kenji MORI**・Kenji HAGITA***・Tatsuro MITSUI****

1. 研究の目的

交差点での先詰まりを回避または軽減するための信号制御方法を検討するために、待ち行列の延伸が上流交差点における交通処理効率の低下に与える影響を明らかにする。

2. 研究の位置づけ

(1) 先詰まりに対処するための信号制御

先詰まりは渋滞時に特有な交通現象であり、信号の無駄青を発生させるなど、信号交差点における交通処理の効率を低下させる原因となる。先詰まりを回避するには、青信号中における下流側からの待ち行列の延伸を防ぐための信号パラメータの調整、中でもオフセットの調整が効果的である。しかし、現在の我が国の信号システムは、交通状況の変化に応じて予め用意したオフセットパターンを選択するという機能は備えているが、肝心のオフセットパターンはユーザーが設計して準備することとなっている¹⁾。しかし、これまでに、先詰まりの回避・軽減を制御目標とした合理的なオフセットの決定方法は確立されていない。

(2) 先詰まり時の交通特性

先詰まりの発生を回避するという制御目標を実現するには、下流側の待ち行列長の延伸に着目する必要がある。しかし、実測データに基づいて、待ち行列の延伸と上流交差点における交通処理効率の低

下との関係を分析した研究は少ない。

米国連邦道路管理局(FHWA)の調査では、待ち行列の延伸によって、上流交差点の車両の発進が遅れることや、交差点通過に要する時間が増加するといった特性が確認されている²⁾。本研究では、こうした現象をより一般的に知ることを目的として、先詰まり時の交通特性についての基礎資料を整えとともに、待ち行列長の延伸速度、待ち行列長と上流交差点での交通処理効率との関係を明らかにする。

3. 先詰まり現象の調査

(1) 調査場所の選定

調査場所の選定にあたっては、実際に先詰まりが発生する交差点流入路で、かつ、下流側の信号交差点までの距離がある程度長いことを条件とした。これは、下流側に様々な長さの待ち行列長が出現することを期待したためである。その結果、千葉県柏市内の国道16号呼塚交差点の内回り方向を選定した。待ち行列は、呼塚交差点の停止線から約520m下流の柏警察署入口交差点から延伸する。

(2) ビデオによる交通流の撮影

呼塚交差点流入部から柏警察署入口交差点までの道路区間における交通状況が把握できるように、同時に6台のビデオカメラを用いて交通流の撮影を行った。図-1に各撮影領域を示す。それぞれの領域での撮影目的は以下の通りである。

呼塚交差点流入部：呼塚交差点へ流入する交通流の飽和/非飽和の識別。

呼塚交差点第2車線の停止線：交通処理効率を把握するための車両通過タイミングの読み取り。
第1車線は左折車の影響があるため対象外。

道路区間上流部：道路区間に流入する車両

*キーワード：交通渋滞、信号交差点

**正員、工修、科学警察研究所交通規制研究室

***正員、科学警察研究所交通規制研究室

****正員、博(工)、科学警察研究所交通規制研究室

(千葉県柏市柏の葉6-3-1

TEL 04-7135-8001、FAX 04-7133-9187)

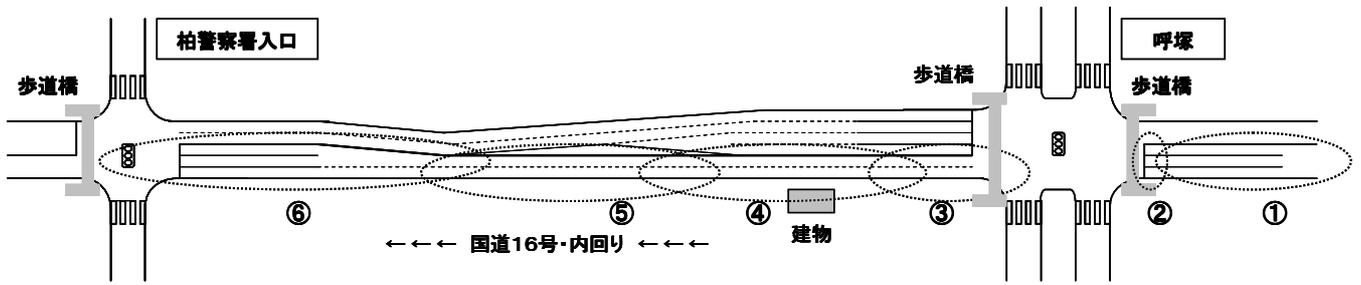


図-1 ビデオ撮影の領域(①~⑥)

の流入元が右左折か直進かの識別。呼塚交差点の信号現示の確認。待ち行列の延伸状態の確認。

および 道路区間中程：待ち行列の延伸状態の確認。

道路区間下流部：道路区間から流出する車両の進行方向の識別。柏警察署入口交差点の信号現示の確認。待ち行列の延伸状態の確認。

(3) 人手による待ち行列長の調査

待ち行列長の把握にあたり、ビデオ映像は補足的に用いることとし、人手による調査を実施した。5秒間隔で10m単位の精度が確保されるように下記の要領で調査を実施した。

道路区間を100mの区間に区切り、車線別に1区間1名の調査員を配置。最下流の調査員は全体の記録を兼務。

調査員はトランシーバーを携帯し、自分の受け持ち区間に待ち行列末尾が到達したら、5秒ごとに10mの精度で末尾の位置を記録員に伝達。

待ち行列が自分の受け持ち区間を越えて延伸する場合は、区間境界にて隣の調査員に口頭で引き継ぐ。引き継ぎが完了したら、次の信号サイクルに備えて、受け持ち区間の下流側起点へ移動し待機。

なお、車両停止の判断基準は完全停止とした。柏警察署入口交差点の信号が青になり順に車両が動き出しても、停止最後尾車両が動くまでは、その車尾の位置を待ち行列最後尾として記録した。発進波が最後尾に達し、車両が動き出した後は待ち行列を0mとした。待ち行列長計測の最大値は呼塚交差点内の手前となる460mとした。

(4) 調査の実施

調査実施日は平成16年1月14日(水)と15日(木)の2日間とした。調査時間は両日ともに午前6～9時

の3時間とした。調査中の天候は晴れであった。

調査時間中の信号サイクル数は120であり、ビデオテープの交換による中断を除く116サイクルの状態が観測された。

4. 調査結果

(1) 信号現示

待ち行列の始点となる柏警察署入口交差点の信号周期は180秒で、国道16号側の青時間比率は65%であった。一方、呼塚交差点は右折感應制御を行っていたためにサイクルは 180 ± 18 秒と変動し、オフセットも柏警察署入口交差点の青開始が呼塚交差点に対してが-6～+15秒とばらついていた。

(2) 待ち行列の延伸速度と発進波速度

両調査日とも午前7時過ぎから混雑が激しくなり、呼塚交差点の交差側から右左折で流入する車両も多くなったことも影響して、待ち行列長のピークは最大値の460mをしばしば観測した。図-2は待ち行列が最大値に達した59サイクルのデータについて、

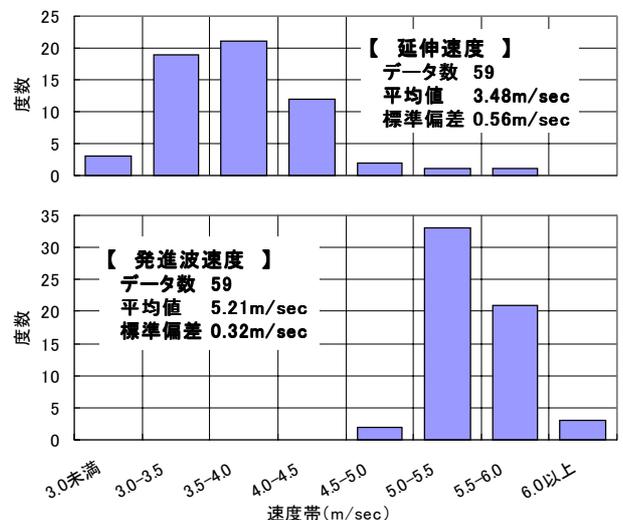


図-2 待ち行列の延伸速度と発進波速度の分布

待ち行列の延伸速度と発進波速度の分布を比較したものである。ここで、延伸速度は呼塚交差点の青開始時点の行列長が最大値に達するまでを対象として計算した。図 - 2 より、延伸速度は発進波速度よりばらつきが大きいことや、発進波速度の平均値は延伸速度より約1.7m/s速いことがわかる。

(3) 呼塚交差点の飽和車尾時間

呼塚交差点の第2車線を対象に、飽和時の車両通過に要する時間間隔を青開始の発進順に整理した結果を図 - 3 に示す。ビデオ解析の都合で停止線を車尾が通過するタイミングを読み取ったために、時間間隔として車尾時間を用いた。その際、同一サイクルで交通流が非飽和と判定された以降のデータは除外した。読み取りは大型車、普通車、二輪車の別に行い、二輪車は車列を形成していた場合のみを対象としたが、データ数が少なかったために、図 - 3 には大型車と普通車で構成された車尾時間のみを示している。

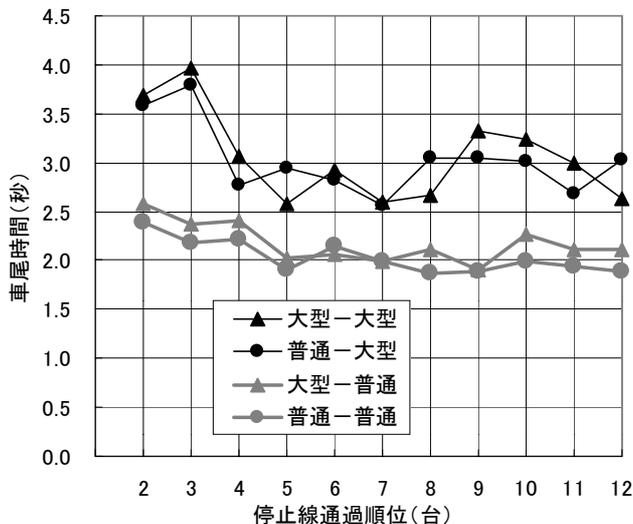


図-3 飽和時の車尾時間

図 - 3 より、車種の組み合わせにかかわらず、車順4台目までは発進遅れによって車尾時間が長いことがわかる。それ以降は大型車が後車の場合2.5~3.5秒、普通車が後車の場合2秒前後で推移している。車尾時間の大きさは後車の車種に依存していると言える。

(4) 先詰まりによる停止車両

呼塚交差点の第2車線で先詰まりのために停止線付近で完全に停止状態となった車両は73台観測さ

れた(67サイクル)。こうした停止車両には大型車が多いという特徴がみられた。図 - 4 は今回の観測車両の車種別構成率を、先詰まりによる停止車両、各サイクルの停止先頭車両、全観測車両で比較したものである。この図をみると、全観測車両中の大型車の割合は26.2%であるのに対し、サイクルの停止先頭車ではその1.4倍の37.4%、先詰まりによる停止車両では1.8倍の47.9%を占めている。

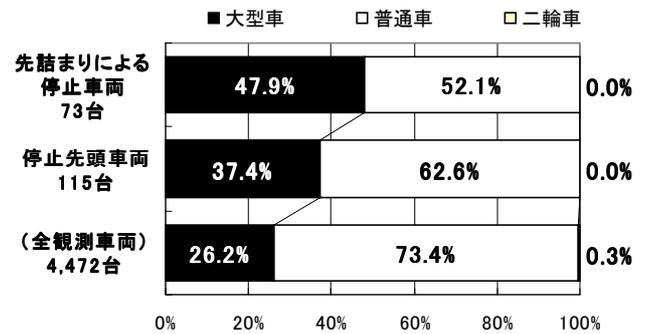


図-4 停止状態別の車種構成率

(5) 先詰まりによる停止を挟んだ車尾時間

先詰まりによって完全に停止状態になった車両の前後の車尾時間は飽和時と比べて長い傾向が見られた。その様子を示したのが図 - 5 である。図 - 5 の横軸は停止車両を1台目とした通過順位で、停止車両より前の順位はマイナスで示している。停止車両の発進後はその次の車両を2番目とし、以下、順位を示している。

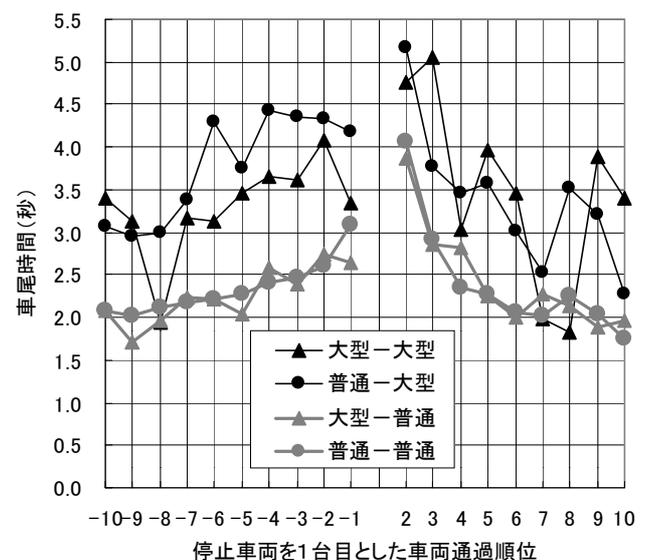


図-5 停止車両前後の車尾時間の推移

後車が大型車のデータについては、サンプルが少ないため通過順位によるばらつきが大きい、普

通車については停止状態が近づくにつれて車尾時間が大きくなる様子が確認できる。そして、停止車両の発進直後の車尾時間は4秒前後となっている。

この停止車両発進後の車順別車尾時間と、図-3の青開始後の車順別車尾時間を比較した結果を図-6に示す。図-6では普通車同士のケースのみを示している。これを見ると、先詰まりによる停止車両の発進直後の車尾時間は青開始直後の1.7倍であり、3台目程度までは青開始後に観測される飽和時の車尾時間より大きくなる傾向が見られる。

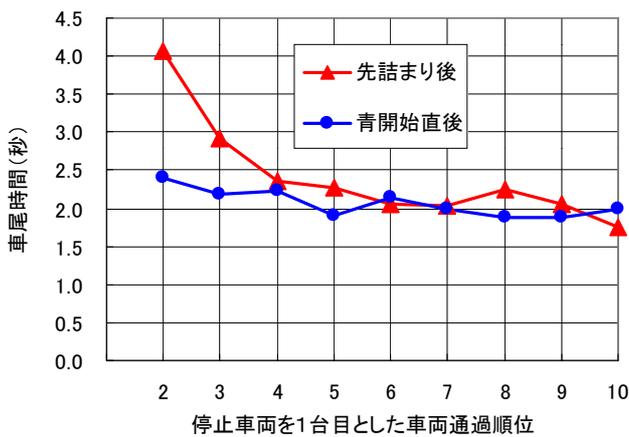


図-6 青開始後と先詰まり後の車尾時間 (普通車同士)

(6) 待ち行列長と車尾時間の関係

最後に、柏警察署入口交差点からの待ち行列長と、呼塚交差点での車尾時間の関係を図-7に示す。い

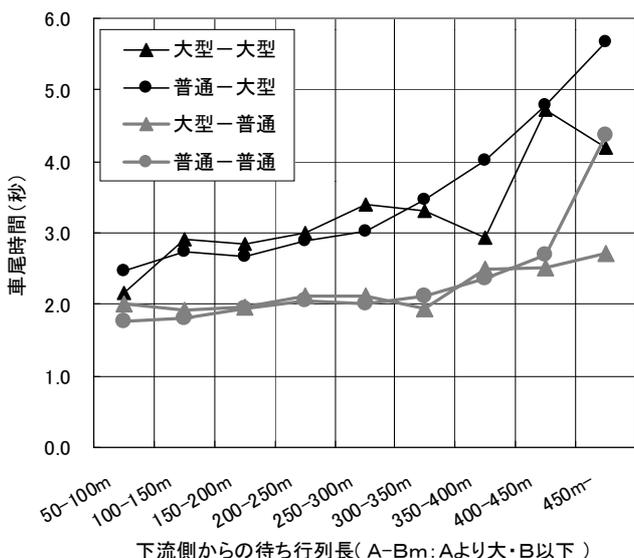


図-7 待ち行列長と車尾時間の関係

ずれも第2車線におけるデータである。図の横軸は呼塚交差点の停止線を車両が通過する直前に観測さ

れた待ち行列長、縦軸はその待ち行列長が観測されていた間に通過した車両の前車との車尾時間である。

図-7より、待ち行列の延伸によって車尾時間が低下する様子が確認できる。待ち行列長が350m、すなわち呼塚交差点の停止線より150m程度前方にまで達すると車尾時間増加の影響が出始めている。

5. 結論と今後の課題

(1) 結論

本研究では、待ち行列の延伸と上流側交差点の車両の捌け具合との関係を実測データに基づいて分析した。結果は以下の通りである。

待ち行列の延伸速度は飽和時で3.48m/s、それに対して発進波速度は5.21m/sであった。

停止線で停止する車両には大型車が多く、サイクルの停止先頭車に占める大型車の割合は、全観測台数に占める大型車混入率の1.4倍、先詰まりによる停止車両でみると1.8倍に達する。

先詰まりによる停止状態の前後は、車両が捌けていたとしても飽和時の処理効率は見込めない。

で確認された処理効率低下の度合いは、下流側の待ち行列長に依存している。

(2) 今後の課題

先詰まりによる交通処理効率の低下を防止するための信号制御としては、待ち行列が延伸しないように下流側の青信号を早めに開始することと、処理効率が低下したら無駄青を避けるために上流側の青信号を打ち切ることが考えられる。今回の知見を元に、こうした下流側の青開始と上流側の青打ち切りのための合理的な基準を検討する予定である。

参考文献

- 1) 八幡章：交通管制の信号制御を考える(4)-オフセットの自動生成についてのアプローチ(2)-、交通管制No.48、pp.29-36、1996。
- 2) Louis J. Pignataro, et al. : "Traffic Control in Oversaturated Street Networks", National Cooperative Highway Research Program Report 194, pp.45-59, Transportation Research Board, 1978.