

都市高速道路におけるサグ渋滞発生要因の微視的分析*

A microscopic analysis of causal factors for traffic congestion at a sag section of an urban expressway*

小宮粹史**・赤羽弘和***・竹平誠治****・草壁郁郎*****

By Tadashi KOMIYA**・Hirokazu AKAHANE***・Seiji TAKEHIRA****・Ikuo KUSAKABE*****

1. はじめに

首都高速湾岸線東行き有明ランプ付近の延長約2.5kmの区間には、2箇所のジャンクションと1箇所のオンランプとが近接設置されている。同区間は、交通需要が部分的に高まること、およびサグ（縦断線形の凹部）により走行速度が低下することなどが相まって、交通容量のボトルネックとして恒常的に顕在化している。都市高速道路では土地利用の制約により、この例のようなボトルネック区間が複数存在すると認識されている。また、複雑な道路・交通状況を反映して、渋滞発生時の車線利用状況などが、都市間高速における観測例とは異なっていることも明らかになりつつある。

当該区間における車両感知器による分析¹⁾では、速度低下が発生するのは有明JCTの合流部より下流であることと、当該区間の臨界速度は60km/h程度であることが確認されている。同区間で発生する渋滞は、一般に考えられているような合流摩擦が主たる要因ではなく、当該区間単路部の幾何構造が原因と推測されている。

本研究では、当該サグ近傍においてビデオ撮影調査を実施し、個々の車両の走行軌跡を連続的に観測した。これに基づいて渋滞の端緒となった交通状況（車群）を特定したうえで、それらと道路構造・周辺環境との関係を分析し、より効果的な渋滞対策と道路設計への提言を目指す。

2. 調査の概要と調査当日の交通状況

*キーワード：交通容量，交通制御，交通管理

**非会員、工修、千葉工業大学工学研究科工学専攻

***正員、工博、千葉工業大学工学部建築都市環境学科

(千葉県習志野市津田沼 2-17-1、

TEL047-478-0444、FAX047-478-0474)

**非会員、工修、(株)オリエンタルコンサルタンツ

(東京都渋谷区南平台町 16-28、

TEL03-6311-7858、FAX03-6311-8027)

**非会員、工修、首都高速道路株式会社

(東京都中央区日本橋箱崎町 43-5、

TEL03-5640-4857、FAX03-5640-4881)



図-1 調査地点

(1) 調査日時と区間

2006年11月8日（水）午前8:00～午前11:00と11月9日（木）午前7:20～午前11:00の2日間に渡り、有明JCT～辰巳JCT間の約1.3kmの区間で調査を実施した。調査区間の模式図を図-1に示す。

この区間の特徴は以下のとおりである。

- ・ 車線数は片側3車線、平面線形は直線である。
- ・ 下り勾配2.7%から上り勾配2.5%に変化するサグ部である。
- ・ 交通量は特に平日の朝にピークを示す。ピーク交通量は月曜には比較的低く、金曜には比較的高い。
- ・ 交通需要が高まると第3車線の車線利用率が最も高くなり、次いで第2車線、第1車線の順になる。
- ・ 大型車混入率が高い。

(2) 調査手法

図-2 に、6台のビデオカメラの設置箇所と観測範囲を示す。これらのカメラにはGPS信号に基づく時刻同期信号を入力し全カメラをフレーム同期させた。このほかにビデオ撮影範囲外も含めた空間的な速度変動を把握するため、GPSと加速度計を搭載したプローブ車も走行させた。

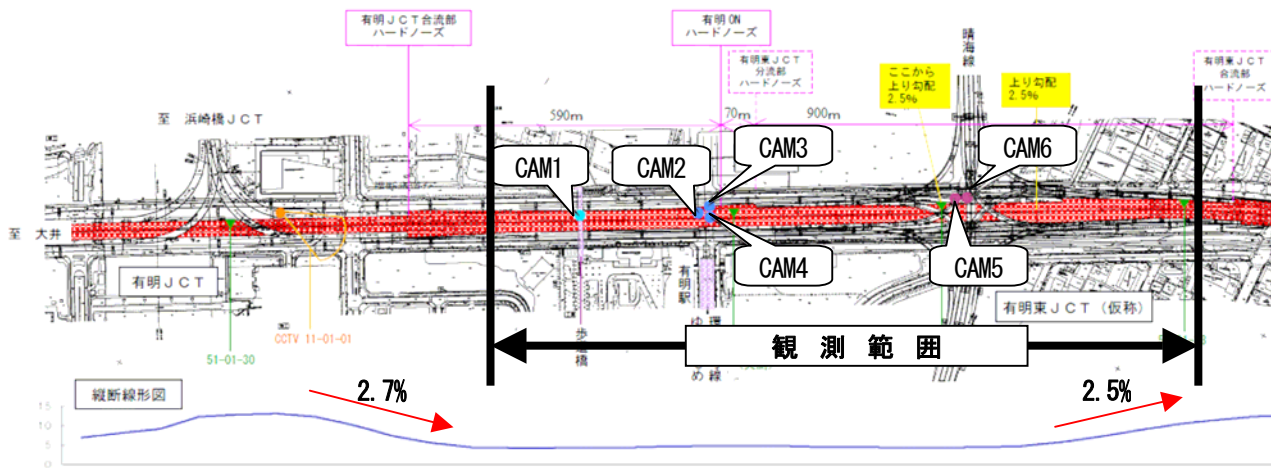


図-2 カメラ設置箇所の概略と観測範囲

(3) 調査当日の交通状況

調査区間での目視観測では、両調査日ともに渋滞発生が見られた。調査区間内にある車両感知器データでは11/8は午前9:30ころ、11/9は午前8:50ころから、ともに有明入口ランプ上流付近で顕著な速度低下が確認された。

この速度低下が発生した時刻以降、11/8は13:05、11/9は19:20まで当該サグを先頭とした渋滞が継続した。

3. ビデオ映像に基づく走行車両の挙動推定

(1) 解析対象時間の特定

ビデオ映像の解析効率を考慮し、本研究では11/9の渋滞の発生に関わった車群を分析対象とした。

解析対象時間の特定にあたり、ビデオ映像の目視により2断面通過時間差を求め、より詳細な速度変動を計測した。図-3と図-4には、CAM1とCAM5の撮影範囲内で計測した、それぞれ第3車線（右側車線）および第2車線（中央車線）の速度の時間変動を示す。

CAM1は有明JCT合流部付近、CAM5はそれより下流のサグ部が撮影範囲である。両図よりCAM1の速度低下はCAM5における減速の影響を受けて発生していること、第3車線よりも第2車線における速度が低下が先行していることがわかる。これらを考慮して、午前8:49:50を解析開始時刻とした。

(2) 走行挙動データの推定処理

一般にビデオ画像による観測では、不特定多数の車両の観測が可能である反面、観測の精度と空間的な範囲が二律背反の関係にある。本研究では、車両挙動をビデオ画像により微視的かつ時間的に連続して分析するため、隣接して設置された複数のビデオカメラによる観測デー

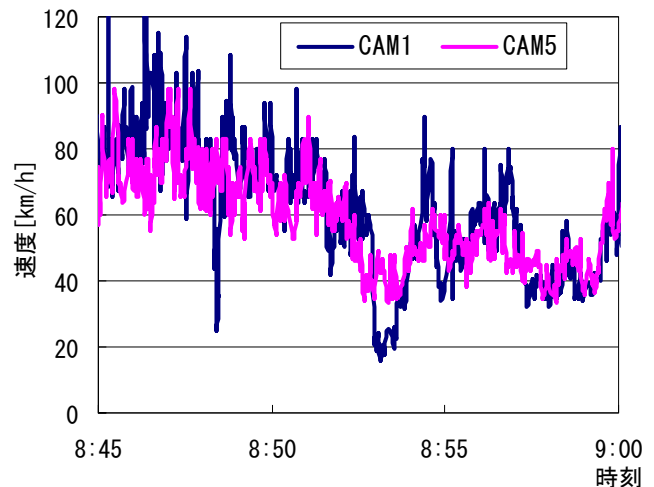


図-3 第3車線の走行速度の時間変動

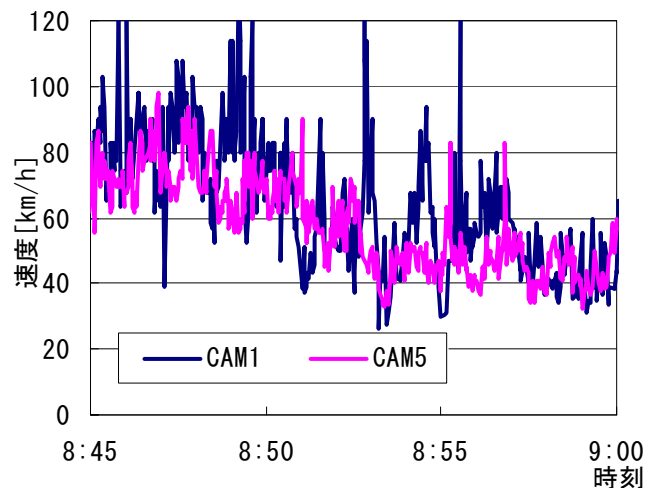


図-4 第2車線の走行速度の時間変動

タを統合することにより、より高い水準で観測精度と観測範囲を両立させることができるシステム²⁾を用いた。

本システムでは、各走行車両の特徴点の画面座標値を、射影変換と特徴点の路面からの高さの推定値を用いて、世界座標値に変換する。画面座標の読み取り誤差、撮影画角に依存する射影変換誤差、評定点の測位誤差等を考

慮し、特徴点の路面からの高さとし走行位置とを同時に最小自乗推定するために、拡張カルマンスムーザを適用している。

(3) 走行挙動データの推定精度の確認

本システムでの車両挙動推定精度を確認するため、調査時に走行したプローブ車の走行挙動をビデオ映像より推定した結果と、同車のGPS測位値の差分計算による速度変動とを比較し、推定精度の確認を行う。図-5に走行速度の比較結果を示す。

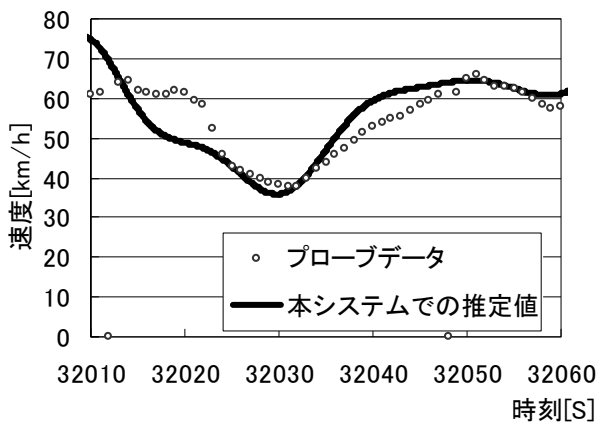


図-5 プローブ車の速度変動と速度推定値

図-5より最大で10km/h程度の較差が見られるものの、概ね良好に推定できていることが分かる。

4. 渋滞車群先頭車の特定

第3車線、および第2車線走行車の走行挙動を推定し、速度低下の端緒となった車群を特定する。

図-6に第3車線の車両の走行位置と速度を用いて、走行速度の空間変動を示す。ビデオ観測範囲のうち上流側100mと上り勾配区間に相当する下流側900m以降では、解析開始時から26台目の通過車両が解析対象区間上流断面の下流300m付近から速度を低下させている。この特異な速度変動に影響をされ、後続車も速度低下を来しているため、26台目が車群先頭車の可能性が高いと推測できる。

図-7に第2車線の走行速度の空間変動を示す。第2車線では53台目が解析対象区間上流断面の下流200m付近で20 km/hの速度低下を起こしている。この特異な速度変動に影響され後続車にも速度低下が見られる。したがって、53台目が車群先頭車である可能性が高い。両車線において走行軌跡が途絶している車両があるのは、画面座標の取得が困難で挙動推定が正常に行えた範囲が短くなってしまったためである。しかし、速度変化の把握は十分にできる結果である。

図-8に第3車線の走行軌跡を、図-9に第2車線の走行軌

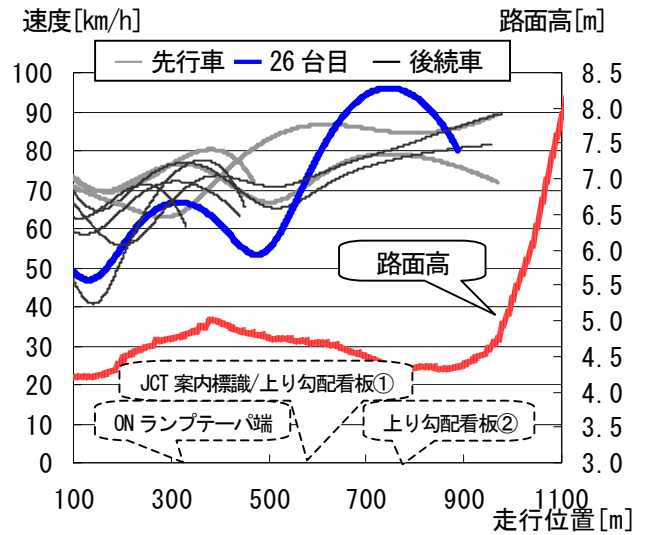


図-6 第3車線の走行速度の空間変動

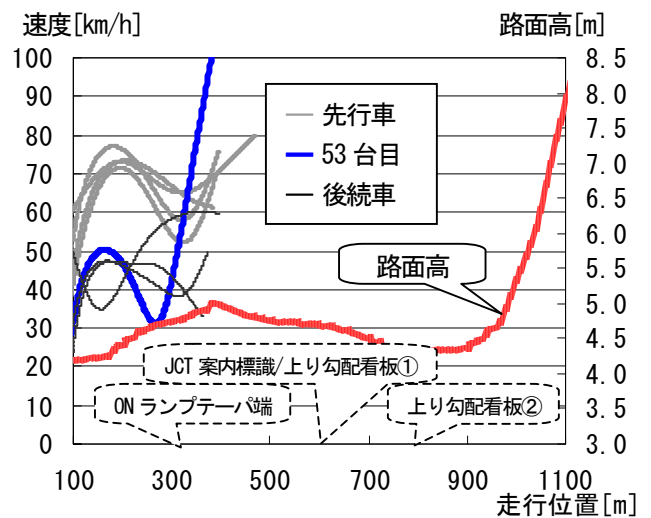


図-7 第2車線の走行速度の空間変動

跡を示す。

図-8より、第3車線では26台目を先頭として、図-9より、第2車線では53台目を先頭として車群が形成されており、同車が後続車の走行に影響を与えていることが確認できる。これより、第3車線では26台目（ユニック車）を、第2車線では53台目（大型バス）を車群先頭車と断定した。

これらの車両の静止画を、図-10に示す。第2車線の大型バスは車群内を追従状態で走行していたが、3台の車両に割り込みをされたことから速度低下を起こし非追従状態となった。この3台の割り込み車両のうち1台は同一会社の大型バスであることが映像から確認できる。これから、意図的に減速し、同行車両に前方を譲ったものと推定される。

第3車線、第2車線の車群先頭車は非常に近接して走行しており、かつ第3車線と第2車線がほぼ同時帯に速度低下し始めている。これから、先頭車の並行走行が後続車の追い越しを妨げている可能性があるかと推測できる。

5. 渋滞車群先頭車と周辺環境との関係

第3車線において車群先頭車の先行車は上り勾配を伝える看板が視認出来るであろう地点から加速を始めていることが、図-6からわかる。車群先頭車は先行車に比べ低い速度から加減速を繰り返し、徐々に速度を上げている。上り勾配を伝える看板と同位置には、下流の辰巳JCTでの分岐案内標識がある。この地点から、常磐道・東北道方面へ向かう場合、9号線経由か中央環状線経由が想定できるが、どちらの経路上にも渋滞多発地点があり、当ジャンクション手前での情報板等による混雑情報を参考に経路決定するドライバーが多いものと考えられる。これが、勾配変化による速度変化を顕著に起こす車両の発生を助長し、隣接するジャンクションやオンランプからの合流車両の車線変更と相まって、減速波の伝播に拍車をかけているものと推測できる。

このような挙動の抑制には勾配変化を伝えるだけではなく、道路構造と車両の走行挙動との関係を考慮して、情報板の設置位置を決定することが有効と考えられる。

6. まとめ

本研究ではビデオ撮影調査を実施し、これに基づいて渋滞の端緒となった車群と、その車群の先頭車両を特定した。当該地点に設置されている上り勾配の注意喚起看板により、サグ部手前から加速する車両があり速度低下をある程度まで防いでいる。しかし、結局は第3車線の1台の特異な走行挙動を原因として渋滞が発生していることがわかった。さらに、この低速車両周辺に同程度の速度で併走する車両が存在した場合に、その後続車の追い越しが制限され、渋滞の端緒となるような車群の形成が助長されると推測された。このような挙動の抑制には勾配変化を伝えるだけではなく、情報板の設置位置を、道路構造と車両の走行挙動との関係を考慮して決定することが有効と考えられる。

今後はさらに多くの事例を分析し、本研究により得られた知見に基づいた施策の検討・実施が望まれる。

参考文献

- 1) 割田博, 石橋学, 赤羽弘和, 松本章宏: 「連続する合流部近傍における交通容量低下対策」, 第25回交通工学研究発表会論文報告集, pp21-24, 2005.
- 2) H. Akahane, S. Hatakenaka: "Successive Observations of Trajectories of Vehicles with Plural Video Cameras", International Journal of ITS Research, Vol. 2, No. 1, pp. 47-53, 2004.

走行位置[m]

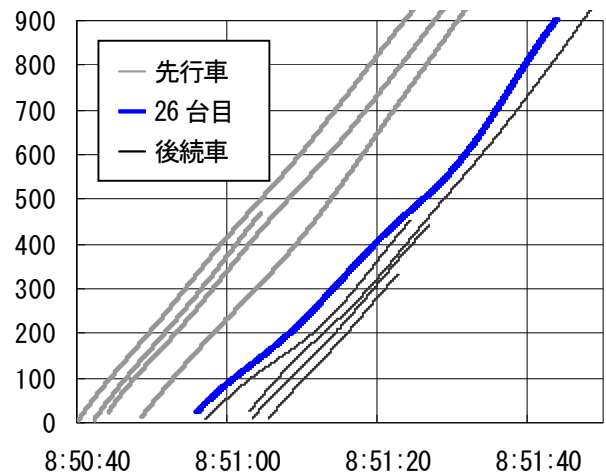


図-8 第3車線の走行軌跡

走行位置[m]

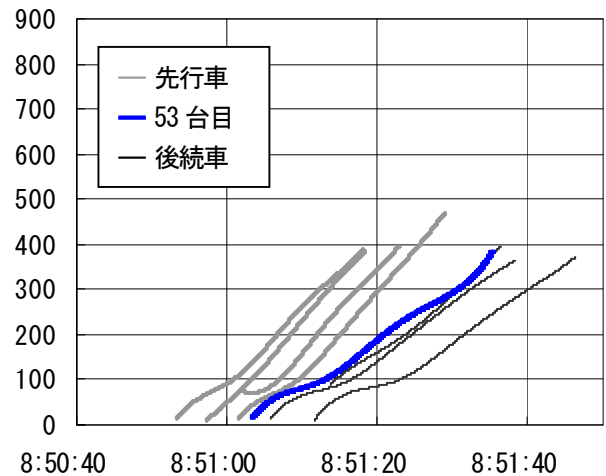


図-9 第2車線の走行軌跡



図-10 原因車通過時の連続写真