

京都大学工学部 学生員 ○谷口 知己
 京都大学大学院工学研究科 正会員 塩見 康博
 京都大学経営管理大学院 正会員 宇野 伸宏
 京都大学大学院工学研究科 正会員 嶋本 寛

1. はじめに

従来、高速道路単路部ボトルネック（以下 BN）における交通渋滞はある一定以上の交通量が流入することによって発生するとされてきたが、渋滞を引き起こす交通量レベルは必ずしも一定ではなく広く分布するところが確認されている¹⁾。²⁾越は、渋滞発生メカニズムとして「BN 部における微小な速度低下をきっかけとして、車群中を減速波が上流へ増幅伝播し、車群後方車両は急減速・停止を強いられ、そこへ後続車群が到着して継続的渋滞に至る」との仮説を示した。これを踏まえると、5 分間交通量などでは捕らえきれない、極めて局所的に高密度な交通流状態である車群の形成が走行速度変動、ひいては交通渋滞の発生に影響を与えることが考えられる。

そこで本研究では、このメカニズムをより詳細に把握するため、高速道路単路部ボトルネックでの速度低下要因を明確化することを目的とする。具体的には、BN 直近地点とその上流地点のパルスデータを用いて、各車両を分析し速度低下要因を明確化する。

2. データ概要

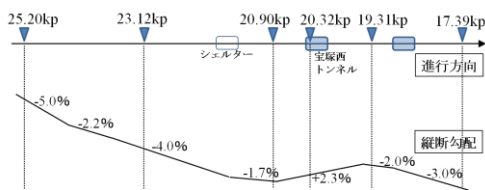


図 1 対象区間の概略図

本研究では、ループ式車両感知器から得られる交通流パルスデータを用いる。対象区間は図 1 に示すような中国自動車道上り線宝塚西トンネル付近であり、2010 年 3 月 16 日～23 日、4 月 20 日～30 日、5 月 1 日～18 日、7 月 15 日～31 日、9 月 1 日～14 日の計 99 日間のうち、事故・規制のない平日 30 日間を分析対象とする。当該区間ではサグ底部から宝塚西トンネル

を先頭とする渋滞が発生することが確認されている。そこで本研究では 20.32kp を BN 直近地点とみなす。

3. 速度低下要因の微視的分析

BN 直近地点である 20.32kp とその上流地点 20.90kp を微視的に分析することで、BN での速度低下要因を抽出する。また、交通量が増加してくると追越車線に車線利用が偏り、そこから減速が生じ渋滞に至ると考えられるため、本研究では追越車線を対象とする。図 2 は 8 月 30 日 16 時 20 分頃に生じた速度低下の様子を表したものである。20.32kp と 20.90kp の追越車線を通過した各車両の車頭時間（右軸）と速度（左軸）を示している。2 地点間の距離は 580m なので、20.90kp を通過した車両が 20.32kp に到着する時間は速度から概算でき、さらに、大型車の到着タイミングから判断し、2 地点間で観測された車両の対応をとることが可能である。これらより、20.32kp において速度低下を引き起こした車両は、20.90kp を四角で囲まれた時間に通過していたと考えられる。

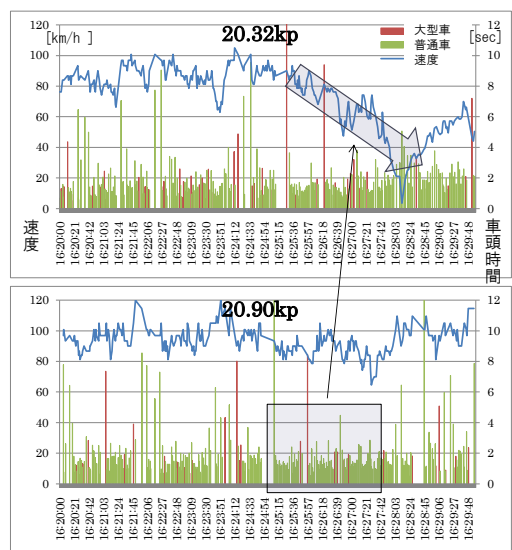


図 2 速度低下発生状況

この時間では 20 台近くの車両が車頭時間 2.0 秒以下で連続して走行している様子が複数見られる。この

ように非常に小さい車頭時間で追従している車両は、車間距離をそれ以上つめることが難しい。そのため、前方車両のわずかな減速に対しても、一定の車間距離を維持すべく、それ以上に大きな減速をする傾向にあることが予想される。このような車両が連続すると後続車両にも減速が伝わり、速度が低下する結果になったと考えられる。よって、極めて小さい車頭時間で連続して走行している車両が BN での速度低下の要因として挙げられる。

4. 速度低下要因の集計的分析

本節では、BN の上流側で観測される個々の車両状況が下流側での速度低下に及ぼす影響について集計的、定量的に把握する。

(1) 速度変動の定量化

ここまでに挙げてきた 20.90kp での交通状況（速度変動要因）と、20.32kp での速度変動を結びつけて相関関係を分析するために集計的な分析を行う。本研究では、図 3 と式(i)~(iii)に示すように 20.90kp の交通状況を 1 分間で区切り、 Δt を 2 地点間の所要時間として 20.90kp と 20.32kp の交通状況をマッチングする手法をとり、1 分前の平均速度から当該 1 分間の平均速度を引くことで速度変動 ΔV を算出する。

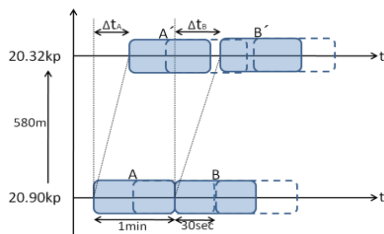


図 3 地点間分析方法

(2) 変動要因の設定

上で述べた、パルスデータで取得できる各車両の車頭時間の値以外にも、速度低下要因は挙げられる。大きい車頭時間で走行する車両は、前方車両の影響を受けにくくなるため減速波を吸収する緩衝材的役割を果たし速度を回復させる可能性があると考えられる。また、大型車は普通車とは挙動が異なること、さらに後方車の視界を制限することなどから、その混入率が速度変動に影響していると考えられる。また、追越車線の交通量が多い状態であっても、隣接する車線の交通量が少なく容易に車線変更が可能であれば、それにより減速波の伝播を回避できる可能性が高い。よって、

隣接する車線の交通量（第 2 走行車線）も速度変動に影響していると考えられる。

(3) 重回帰分析

各速度変動要因と速度変動との関係を重回帰分析により把握する。前述した「極めて小さい車頭時間」は 2.0 秒以下として算出し、これら要因を説明変数、BN の速度変動を被説明変数として重回帰分析を行った。その結果を表 1 に示す。モデルは有意であてはまりもよく、算出したすべての変数も有意であることがわかる。各変数の推定された係数の正負より、BN で速度低下となる交通状況として、極めて小さい車頭時間で連続する車両が多いこと、追越車線・走行車線ともに交通量が多いこと、大型車混入率が高いこと、大きい車頭時間の車両が少ないことが挙げられた。

表 1 重回帰分析

	標準化係数	P-値
切片		.000 **
1 分前の平均速度(20.32kp)	-.681	.000 **
車頭時間 2.0 秒以下の最大連続台数(20.90kp)	-.208	.000 **
走行車線の平均車頭時間(20.90kp)	.193	.000 **
大型車混入率(20.90kp)	-.192	.000 **
車頭時間 4.0 秒以上の台数(20.90kp)	.213	.000 **
平均車頭時間(20.90kp)	.132	.000 **
調整済み R2乗	.479	.479
有意 F	.000	.000 **

** 1%の水準で有意

5. まとめと今後の課題

本稿では、パルスデータを用いた微視的分析から BN での速度変動要因を抽出した。さらに BN 直近地点とその上流地点を集計的に扱い重回帰分析をすることで、それら要因と速度変動の相関関係を明確にし、極めて小さい車頭時間で連続して走行している車両が BN での速度低下に影響を与えていることなどを示した。今後は、速度低下が発生する状況に着目し、その要因を定量的に評価し速度変動予測モデルを構築する。

謝辞

データをご提供いただきました、住友電気工業株式会社、西日本高速道路株式会社の皆さまに心より感謝申し上げます。

参考文献

- 岡村秀樹, 渡辺修治, 泉正之: 高速道路単路部の交通容量に関する調査研究(下)高速道路と自動車, Vol.44No.3, pp.30-40, 2001
- 越正毅: 高速道路のボトルネック容量, 土木学会論文集, 第 371 号/IV-5, pp.1-7, 1986