

都市間高速道路の渋滞発生現象に関する微視的考察



AH20028 渡邊航成

指導教員 岩倉成志

1. 背景・目的

都市間高速道路の単路部における交通集中渋滞は、主にサグ部やトンネル部などのボトルネックで発生する。ボトルネックの交通容量は、一般的に渋滞発生直前の15分間交通量を1時間値に換算した渋滞発生時交通流率として定義される。ここで、同一のボトルネックであっても渋滞発生時交通流率が大きく変動すること、これによって交通状況予測における渋滞発生の判定精度が低下することが指摘されている。主な変動要因には、明暗や天候(降雨の有無)、曜日などが関係しているとされているが、これらを考慮してもなお渋滞発生時交通流率の分散は大きく、この変動要因を完全に把握できていないのが現状である。

一方で、交通量の増加によって形成される車群特性から渋滞発生のメカニズムを解き明かそうとする既往研究も見られる。¹⁾²⁾減速波の発生から上流への伝播を経て渋滞発生に至らしめる車群の大きさとその後に到達する交通流率の組合せから渋滞発生現象の説明を試みたものである。しかし、同様の条件であっても必ずしも渋滞が発生するわけではなく、渋滞発生現象を完全に捉えきれていない。

そこで本研究では、上記の精度向上に向け、新たな視点での渋滞発生現象を説明することを目的とする。

2. 分析概要

2.1 分析方法

既往研究で対象としているボトルネックの渋滞発生現象について、既往研究での渋滞判定指標による渋滞判定精度を精査するとともに、本研究で提案する新たな視点での渋滞判定指標との比較検証を行う。

2.2 分析対象箇所と分析対象日

分析対象箇所は図1に示す関越自動車道(上り線)花園IC付近のボトルネックとする。当該区間のボトルネックは花園ICより約1km下流にあるサグである。

分析対象日は表1に示す既往研究で扱っている2009年の休日5日間とする。渋滞発生は全て昼過ぎから夕方にかけての時間帯であり、明暗や天候の影響がないなどの同一の条件を満たす5日間である。

2.3 データ概要

本研究では、花園IC本線合流直後に位置する車両感知器パルスデータを使用する。車両感知器パルスデータからは、個々の車両の通過時刻、地点速度、車種(大小2車種)を取得することができる。分析対象時間は渋滞発生30分前から渋滞発生10分後の40分間とする。渋滞発生の特定は既往研究で車両感知器パルスデータの個々の時系列速度より算出していることからその値を扱う。

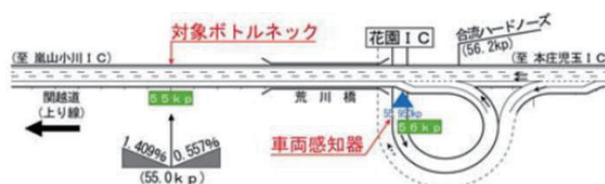


図1 分析対象箇所

表1 分析対象状況

対象日	渋滞発生時刻	対象時間	天候
2009/4/19(日)	14:34	14:04~14:43	晴
2009/4/26(日)	15:09	14:39~15:18	晴
2009/5/3(日・祝)	16:05	15:35~16:14	晴
2009/5/4(月・祝)	14:03	13:33~14:12	晴
2009/5/24(日)	15:54	15:24~16:03	晴

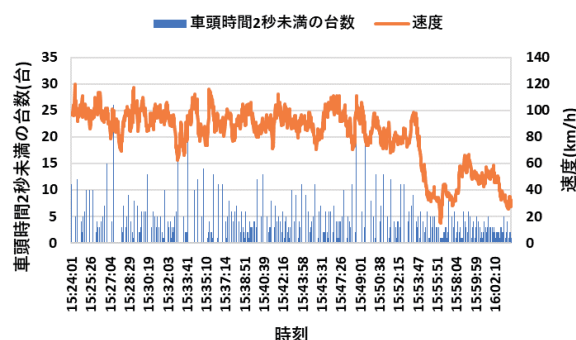


図2 車群・速度図(2009/5/24)

なお、一般的に都市間高速道路単路部の交通集中渋滞は追越車線から生起することから、本研究では追越車線のみに着目して分析を行う。

3. 分析内容

3.1 既往研究整理

既往研究では車頭時間が2秒未満の車両が連続する状態を車群として定義している。分析対象日ごとに渋滞を判定するための車群・速度図を作成し、その一例(2009/5/24)を図2に示す。既往研究では図2において以下の3つの条件をすべて満たす場合に渋滞が発生すると指摘している。

- ①車群構成台数概ね20台以上の車群が通過
- ②車群通過後の追越車線交通量が30台/分以上
- ③車群通過後の追越車線交通量が80台/3分以上

そこで、渋滞発生30分前の30分間で上記の条件①を満たす、車群構成台数19台以上の車群を対象に照査を行った結果を表2に示す。既往研究では各日渋滞発生時刻に一番近い車群の時刻が渋滞を発生させた車群として扱われている。2009/5/24に着目すると該当車群件数は4件である。上記の条件を満たしているにも関わらず、渋滞が発生

していない場合が3件存在する。反対に上記の条件を満たしていないのにも関わらず、渋滞が発生している日も見受けられる。このように渋滞を発生させる条件の時に渋滞していれば渋滞発生判定：○、渋滞を発生させる条件の時に渋滞していなければ渋滞発生判定：×とし、整合性を確認した。表2で両者が正しい結果が得られているとする場合は同色で表現している。このように既往研究による渋滞判定閾値を用いると、日によっては条件の通りに渋滞している場合もあるが、誤判定も多く見受けられる。

そこで本研究では渋滞発生現象を説明する新たな視点として以下の2つの観点から分析を行い、精度向上を図る。

3.2 車頭距離に着目した渋滞発生現象解析

車頭距離に関しては、車両感知器パルスデータから得られる前車の速度に車頭時間を掛け合わせ、個々の車両の車頭距離を算出する。

$$SH_n = V_{n-1} \times TH_n / 3.6$$

ここに、 SH_n ：車頭距離[m]、 V_{n-1} ：前車速度[km/h]、 TH_n ：車頭時間[秒]とする。

その上で毎正時1分間フローレートごとの平均車頭距離、平均速度を算出し、平均車頭距離・平均速度図を作成する。一例(2009/5/24)を図3に示す。

3.3 密度に着目した渋滞発生現象解析

密度に関しては車両感知器パルスデータから毎正時1分間フローレートごとの車両の台数を算出し、その平均速度を割ったものから算出する。

$$K_{An} = Q_{An} / V_{An} \times 60$$

ここに、 K_{An} ：平均密度[台/km]、 Q_{An} ：1分間フローレート[台]、 V_{An} ：平均速度[km/h]とする。

これらから平均密度・平均速度図を作成し、一例(2009/5/24)を図4に示す。

4. 分析結果

車頭距離に関しては、渋滞が発生する条件として1分間の平均車頭距離が概ね30m以下になると渋滞が発生するということがわかった。非渋滞から渋滞に切り替わる平均車頭距離(30m)を「臨界車頭距離」とすれば、速度が低下したとしても臨界車頭距離を超える(1分間の平均車頭距離が30mより短い)ことがなければ、渋滞には至らない。

密度に関しては、渋滞が発生する条件として1分間の平均密度が概ね30台/km以上になると渋滞するということがわかった。非渋滞から渋滞に切り替わる密度(30台/km)を「臨界密度」とすれば、例えば速度が低下したとしても臨界密度(30台/km)を超えなければ渋滞には至らない。

上記の2つの条件は対象5日間すべての日において適合しており、両者を鑑みても既往研究より高い精度で渋滞発生現象を説明することができたと言える。

5. まとめと今後の考察

本研究では車頭距離と密度に着目することで、既往研究では精度が低かった渋滞発生現象をより精度良く説明することができた。非渋滞から渋滞に切り替わる部分を「臨界」とすることで渋滞発生現象の閾値を見出せたと考える。

表2 既往研究における渋滞判定の整合性検証

対象日	車群発生時刻	既往研究				渋滞発生判定	渋滞発生
		条件①	条件②	条件③			
		車群構成台数19台以上	車群通過後30台/分以上	車群通過後80台/3分以上			
2009/4/19(日)	14:17:44	23	26	90	×	×	
	14:29:18	27	17	85	×	○	
2009/4/26(日)	14:42:00	24	19	80	×	×	
	14:54:22	20	37	84	○	×	
	14:57:36	23	34	100	○	×	
	15:07:15	35	35	87	×	○	
2009/5/3(日・祝)	16:03:32	24	34	99	○	○	
2009/5/4(月・祝)	13:41:16	22	33	109	○	×	
	13:49:10	31	31	101	○	×	
	13:57:59	20	38	111	○	×	
	14:02:07	19	37	107	○	×	
	14:03:32	21	34	92	○	○	
2009/5/24(日)	15:27:20	26	36	104	○	×	
	15:33:47	21	41	98	○	×	
	15:48:41	19	38	111	○	×	
	15:49:28	19	37	113	○	○	

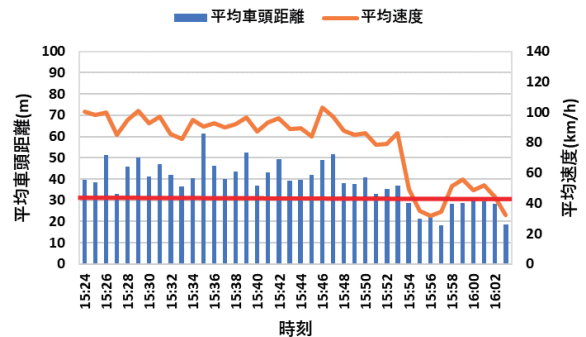


図3 平均車頭距離・平均速度図(2009/5/24)

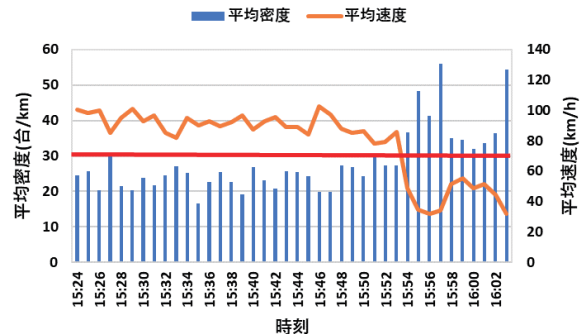


図4 平均密度・平均速度図(2009/5/24)

今後としては、現状渋滞するかしないかの判断を単位時間当たりの閾値で行っている。しかし、集計単位で結果が変化してしまうという弱点がある。そこで、今後は集計化問題とせず、エントロピーやエネルギーなどの物理面からアプローチしていきたいと考えている。

謝辞

多大なるご指導をいただいた株式会社道路計画の野中康弘客員教授に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 邢健, 鶴元史, 石田貴志, 村松栄嗣: 車両感知器パルスデータを用いた渋滞発生時交通現象分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.41, 2010.
- 2) 邢健, 鶴元史, 石田貴志, 村松栄嗣: 渋滞を引き起こす交通流の車群特性分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.42, 2010.