

高速道路工事規制区間における車群先頭車両の挙動に影響を及ぼす要因に関する検討*

Examination of the Factors which Influence the Behavior of Lead Vehicles of Platoon at the Work Zone of Expressway*

飯田克弘**・東佳史***・小川清香***

By Katsuhiko Iida**・Yoshihumi Higashi***・Sayaka Ogawa***

1. はじめに

我が国の高速道路は供用開始後多くの年月が経過している上に、車両の大型化、交通量の増加が加わり老朽化が進んでいる。このため、道路の点検・補修工事などの維持管理が必要不可欠となっている。

現在行われている工事には、通行止めを伴う工事のほか、連続車線規制をして工事を行う集中工事などがあるが、利用者へのサービス提供の観点から、交通量の多い路線では一般的に集中工事が採用されている。しかしこの際、車線減少による交通容量の低下のため、渋滞の発生は回避できない。また、渋滞末尾への追突事故増加など派生的な安全性低下の問題も懸念されている。

これに対し近年では、工事前の各種メディアを用いた広報や道路上での渋滞末尾情報の提供がなされており、発生トリップの抑制や交通の迂回のほか追突事故の減少などの効果が報告されている¹⁾。また一方で、工事規制時の交通容量低下そのものに対する対策として、道路管理者による工事規制方式の見直しが始まっている²⁾。しかしながら、現状では工事規制方式と交通容量との関係に着目した研究は希少である。文献2)の中では、規制材であるラバーコーンの設置方法に着目した検討がなされているほか、ペースカーの運用方法に言及している。飯田らの研究³⁾では、VR技術を適用したビデオ解析システム⁴⁾を用いて、工事規制区間における3次元車両走行軌跡のデータを取得し、ペースカーを先頭とした車群の交通特性について考察している。ここで対象としたデータには、ペースカーが急減速をする事例が複数確認されており、その減速要因特定が試みられている。しかしビデオによる外部観測では要因を特定するには至らず、運転者の知覚・認知へ影響を及ぼす要因が存在する可能性を示唆するにとどまっている。

工事規制方式の改善による渋滞緩和効果を確認するためにはいくつかの段階をふまなければならないが、ま

ず工事規制区間における車両挙動の把握、さらに車両挙動に影響を及ぼす要因の特定が重要であると考えられる。

そこで本研究では、先行研究3)と同じビデオ映像(10時間分)を用いて、すべての車群先頭車両の走行データを取得し、先行研究で着目した車両の減速状況を把握する。そして減速に影響を及ぼす可能性が考えられる要因(工事車両、ラバーコーン等)の有無によって工事場面を区分し、場面の比較を行うことによって、車両の減速に影響を及ぼす要因を特定する。そして、その要因が減速以外の車両挙動に及ぼす影響を分析する。

2. ビデオ解析システムに使用したビデオ映像および検討対象車両の概要

(1) 使用したビデオ映像

本研究で使用したビデオ映像は、先行研究3)と同様、平成16年11月8日(月)から19日(金)までの10日間(土日を除く)にわたり実施された平成16年度東名高速道路集中工事の中で、11月10日(水)7:00~17:00の間、上り線292.0kp付近を撮影したものである。なお、分析対象区間は292.15kp~291.85kpとしている。

(2) 検討対象車両の概要

検討対象としたのは、前方車両の影響を受けないと判断できる車群先頭車両で、前方車両との車頭時間が8(s)以上の車両とした⁵⁾⁶⁾。この条件を満たす全車両を抽出したところ、サンプル数は289台となった。

全ての検討対象車両について減速状況を確認したところ、分析対象区間内で5km/h以上の減速をする車両が全体の65%見られた(表-1参照)。このことから、減速に影響を与えた何らかの要因が存在していることが考えられる。そこで、その要因を特定するための分析を行った。

表-1 検討対象車両の減速発生状況

	台数	%
全サンプル数	289	100
10km/h以上減速している車両	78	27.0
5km/h以上減速している車両	111	38.4
減速していない車両	100	34.6

*Keywords : 工事渋滞, 集中工事, 規制方式

**正員, 博士(工), 大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻
〒565-0871 吹田市山田丘2-1

TEL : 06-6879-7611 FAX : 06-6879-7612

***学生員, 大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻

3. 要因特定のための分析

(1) 分析の手順

分析のフローを図-1 に示す。

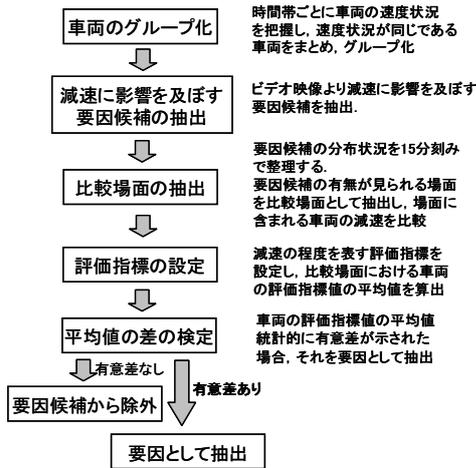


図-1 要因特定のプロフロー

なお、平均値の差の検定は以下の手順で行った。

1) 正規性の検定

採用した評価指標が正規分布に従うことを帰無仮説とし、有意水準5%のもとで kolmogorov-smirnov 検定を行う。

2) 平均値の差の検定 1

1)で正規性が示された場合、平均値が等しいことを帰無仮説とし t 検定を行う (有意水準5%)。

3) 平均値の差の検定 2

1)で正規性が棄却された場合、平均値が等しいことを帰無仮説とし wilcoxon の順位和検定を行う (有意水準5%)。

(2) 検討対象車両のグループ化

表-2は7:00~17:00 まで1時間刻みでその時間に含まれる検討対象車両の区間内平均速度と減速値の平均値を示したものである。区間内平均速度と減速値の定義を以下に示す。

- 区間内平均速度(km/h) : ある車両の分析対象区間における平均速度
- 減速値(km/h) : 分析対象区間において速度低下が見られた場合で、速度低下開始から終了までの間に 1km/h 以上の速度回復を含まない 5km/h 以上の速度低下量

表-2 時間帯毎の車両の速度状況

時間帯	7時	8時	9時	10時	11時	12時	14時	15時	16時	合計or全体平均
サンプル数(台)	52	41	50	25	22	39	52	4	4	合計(台) 289
平均速度(km/h)	77.4	75.3	70.7	55.1	61.3	72.2	73.7	70.6	66.0	全体平均(km/h) 69.1
減速値(km/h)	10.4	14.4	10.9	6.8	7.0	9.0	7.1	5.5	6.0	全体平均(km/h) 8.6

この表から、たとえば8時台は10時台に比べて速度が高く、減速値も大きいことがわかる。本研究では、このように時間帯によって車両の速度状況が違ふことを考慮して、上述した区間内平均速度と減速値によって時間帯を区分し、表-3 の通り検討対象車両を同程度の速度状況である時間帯でグループ化した。ここで、時間帯の区間内平均速度・減速値が全体の平均 (表中全体平均) より大きければ高、小さければ低として分類している。

表-3 速度状況によるグループ化

グループ I (高速・高減速)	7時, 8時, 9時, 12時
グループ II (高速・低減速)	14時, 15時
グループ III (低速・低減速)	10時, 11時, 16時

(3) 減速に影響を及ぼす要因候補の抽出

減速に影響を及ぼす要因候補 (以下、要因候補) としてビデオ映像から抽出したものを以下に示す (図-2 参照)。

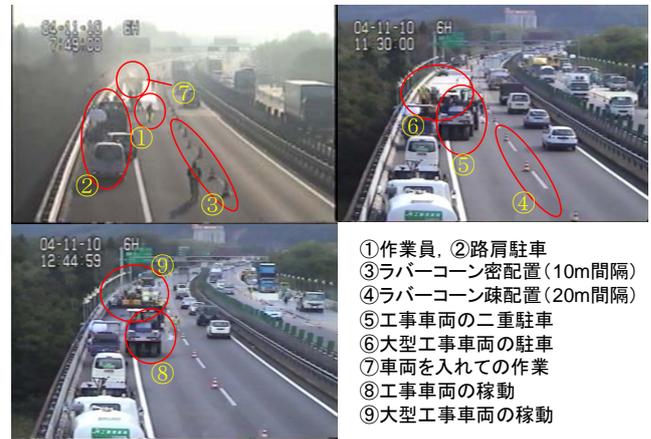


図-2 工事状況と要因の候補

ここで、工事区間で確認されたラバーコーン配置を以下のように定義する (図-3 参照)。なお、このラバーコーンの配置と関係させ、分析対象区間 (292.15kp~291.85kp) を図-3 に示す通り区間①~③に分割することとする。

- 疎配置: 全ての区間において 20m 間隔で配置
- 密配置: 空規制の区間は疎配置と同様に 20 m 間隔で、工事最盛区間とその手前のみ 10m 間隔で配置

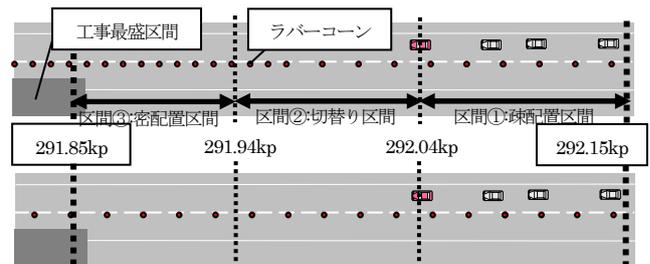


図-3 分析対象区間略図 (上段: 密配置, 下段: 疎配置)

(4) 比較場面の抽出

a) 要因候補の分布状況整理

要因候補の分布状況を時間帯毎に整理した結果を表-4 に示す (要因候補が存在している時間帯を灰色で塗り潰した)。なお、1 時間毎では常に変化する工事状況を捉えきれないと判断し、ここでは1 マスを 15 分刻みで表している。

ここで作業員・路肩駐車はどの時間帯においても必ず見られることから有無による比較が出来ない。また、作業員の動きは複雑で場面を細分化するのは極めて難しいことから、本研究では要因候補として扱わないこととした。

表4 要因候補の分布状況

	7時台	8時台	9時台	10時台	11時台
① 作業員					
② 路肩駐車					
③ ラバーコーン赤・密配置					
④ ラバーコーン赤・疎配置					
⑤ 工事車両の二重駐車					
⑥ 大型工事車両の駐車					
⑦ 車両を入れた作業					
⑧ 工事車両の移動					
⑨ 大型工事車両の移動					

	12時台	14時台	15時台	16時台
① 作業員				
② 路肩駐車				
③ ラバーコーン赤・密配置				
④ ラバーコーン赤・疎配置				
⑤ 工事車両の二重駐車				
⑥ 大型工事車両の駐車				
⑦ 車両を入れた作業				
⑧ 工事車両の移動				
⑨ 大型工事車両の移動				

b) 比較場面の抽出

表-5は、表-4からグループIに分類された時間帯だけを抜き出したものである。ここで要因候補の有無が見られる場面を比較場面として抽出し、その場面を走行している車両の減速を比較する。なお、要因候補③と④について、ラバーコーンは全ての場面に含まれ、有無による比較が出来ないため、表-5中のAとBに見られる縦断方向の配置の違いについて比較を行う。

ここではグループIのうちの一部を例に挙げたが、全てのグループについて同じ手順で要因候補の有無が見られる比較場面を全て抽出し、車両の減速を比較した。

表5 グループIにおける工事状況

	7時台	8時台	9時台	12時台
① 作業員				
② 路肩駐車				
③ ラバーコーン赤・密配置				
④ ラバーコーン赤・疎配置				
⑤ 工事車両の二重駐車				
⑥ 大型工事車両の駐車				
⑦ 車両を入れた作業				
⑧ 工事車両の移動				
⑨ 大型工事車両の移動				

A C D B

(5) 評価指標

今回用いた減速挙動を表す評価指標を以下に定義する。

- ・ 減速値 (km/h) : (2)で定義したものと同様
- ・ 減速度 (km/h/s) : (減速値) / (減速に要した時間)

(6) 減速に影響を及ぼす要因特定

要因の特定にはb)で抽出された要因候補の有無により(①作業員, ②路肩駐車を除く)車両の減速値および減速度の平均値に統計的に差があるかを検定し、有意差があればその要因候補を要因と考えることにした。その結果、グループIを対象とし、ラバーコーンが密配置の場面と疎配置の場面を比較したときのみ、減速値、減速度の平均値に有意差が見られた。表-6に有意差が見られた2組の場面の検定結果を示す。なお、表中A~Dは表-5中A~Dに対応しており、たとえば密配置Aとは表-5における場面Aを示している。

この結果から、ラバーコーンの配置が減速に影響を及ぼした要因であると考え、次章では、その違いによる減速状況の違いを詳細に把握する。

表6 平均値および平均値の差の検定結果

	減速値(km/h)		減速度(km/h/s)	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
密配置A(34台)	12.8	4.71	2.32	1.46
疎配置B(13台)	10.9	3.96	1.69	1.83
密配置C(51台)	12.2	5.31	1.67	1.09
疎配置D(18台)	8.9	2.7	1.4	1.1

	統計量	有意確率	統計量	有意確率
疎配置A-密配置B比較	-1.263	0.207	-2.413	0.016**
疎配置C-密配置D比較	-2.593	0.010**	-1.670	0.095

注) 比較はWilcoxonの順位検定を用いた。
注) **: 有意水準5%で帰無仮説が棄却されるもの。

4. ラバーコーン配置が減速に及ぼす影響の分析

(1) 分析方針

3.と同様に5km/h以上の減速が見られる全車両を対象として分析を行う。なお、ここでは一回の減速を1サンプルとして抽出している。減速が見られた車両189台(表-1)のうち14台に2度の減速が見られたため、ここで扱った総サンプル数は203となっている。

ラバーコーンが密配置の場合、遠方からでも面状に見えるため、これが運転者の視覚に影響を及ぼし、減速を引き起こした可能性が考えられる。そこでまず、ラバーコーン密配置と疎配置における減速を開始する地点(以下、減速開始地点)の分布状況を比較した。次に、減速開始地点と減速の大きさの関連性を見た。

(2) 減速開始地点に着目した分析

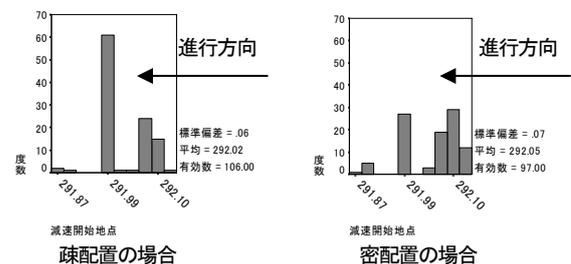


図5 減速開始地点の度数分布表

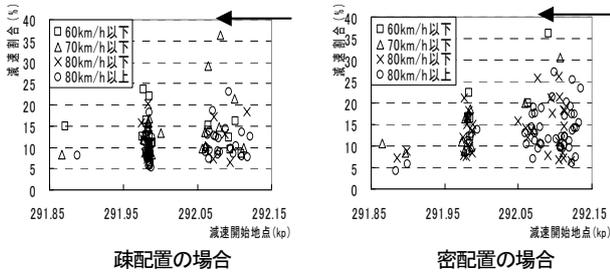
図-5はラバーコーン疎配置・密配置における減速開始地点の分布状況を表している。この図から、疎配置では減速開始地点が291.99kp付近に集中していることが確認できる。一方で、密配置の場合では、292.1kp付近の分析対象区間上流で減速を開始する車両が多いことが確認できる。

(3) 減速開始地点と減速の大きさの関連性分析

ここで、減速の大きさを示す評価指標を先に示した減速値とする場合、80km/hで走行する車両が20km/h減速する場合と、60km/hで走行する車両が10km/h減速する場合では、前者の方が悪い状態となる。しかし工事規制区間の安全性および交通円滑性を考えた場合、比較的低速な状態からさらに減速するという点で後者の方が問題視される可能性がある。そこで、ここでは減速値を減速前の速度で除した「減速割合(%)」を評価指標としてラバーコーン配置

の違いによる減速開始地点と減速割合の関連性を把握した。

図-6 から、密配置の場合、上流で大きな減速割合を示すサンプルが増えている傾向が確認でき、疎配置に比べて上流で影響を受けている状況が推測される。また、このサンプルの中には、比較的高速で走行していた車両が多く含まれることも確認できる。これに対し、疎配置では減速前の速度に関わらず、292kp 付近に減速位置が集中していることが分かる。



注) 凡例は減速前の車両の平均速度、矢印は進行方向を示す

図-6 減速開始地点と減速割合の散布図

5. ラバーコーン配置が減速以外の車両挙動に及ぼす影響の分析

(1) 分析方針

ラバーコーン配置が減速以外にも影響を及ぼしているか、またどのような影響を及ぼしているかを検討するため分析を行った。具体的には、車両の分析対象区間内における車線内走行位置平均とその推移に着目し、ラバーコーン配置方法の違いによる変化を見た。その際、3.(3)で定義した3つの区間を使用した(図-3 参照)。なお、車線内走行位置の定義を以下に示す。

- ・ 車線内走行位置 (m) : 走行車線中心から車両中心までの距離。中心が0で右に寄れば+の値とする。

(2) 車線内走行位置平均とその推移に着目した分析

分析対象区間内における車線内走行位置平均と、その推移を表-8に示す。疎配置・密配置の場合共に約0.7mとなっており、分析対象区間内を走行する車両は、車線中央より右に寄り走行していることがわかる。

表8 車線内走行位置平均

区間	車線内走行位置平均(m)	
	疎配置の場合	密配置の場合
全区間	0.72	0.70
区間①	0.58	0.70
区間②	0.76	0.71
区間③	0.86	0.70

ここで、この車線内走行位置と規制の無い時の車線内走行位置とを比較した。比較に用いたのは東名高速道路下り東名三好IC付近の追越車線を走行している前方車両との車頭時間が8(s)以上の車群先頭車両計107台の走行データである。その結果、車線内走行位置平均は0.15mであった。

これより、規制がある状態では通常よりおよそ0.6m右に寄って走行していることが確認できた。

次に、車線内走行位置の推移について考察する。疎配置の場合では、区間①から区間③に進むに従って車線内走行位置が右に寄っていく傾向があることがわかる。一方、密配置の場合では、車線内走行位置は区間①ですでに右に寄っており、区間③まで変化がない。また、区間③では疎配置の場合、車線内走行位置が密配置より右に寄っている。

この結果も、ラバーコーンが密配置の場合、遠方からでも面状に視認できるため、これが運転者に影響を及ぼした可能性を示唆している。

6. まとめ

本研究ではビデオ映像から、工事規制区間を走行する車群先頭車両の走行データを取得し、それらの減速状況を把握した。そして、減速に影響を及ぼす要因としてラバーコーンの縦断方向配置密度を特定した。その上で、縦断方向配置密度が減速開始位置、減速割合および車線内走行位置に及ぼす影響について分析を行った。

結果として、ラバーコーンが密配置(10m間隔)されている場合、比較的高速で走行してきた車両が上流で大きな減速割合を示すこと、疎配置(20m間隔)では減速前の走行速度に関わらず工事最盛区間直前に減速地点が集中することが確認された。車線内走行位置については、配置密度に関わらず、ラバーコーンが配置されていない状況と比べて右に寄っていることが確認できた。ただし、密に配置されている場合では早い段階で右側に寄り、その後は安定した走行をしていることが確認できた。今後は、得られた知見に基づき、ラバーコーンの配置方法を検討することが課題になる。

最後に、本研究を行うにあたり財団法人三井住友海上福祉財団から研究助成を頂いたことを記して感謝いたします。

参考文献

- 1) 毛利智昭・打矢道人：集中工事における交通事故防止対策、TECHNOLOGY, No60, pp.25-30
- 2) 財団法人 高速道路技術センター：東名・名神高速道路集中工事のあり方に関する検討業務報告書, 2004.
- 3) 飯田克弘・小川清香・高橋秀喜・和田謙一：高速道路工事車線規制中の車群挙動に関する考察, 第26回交通工学研究発表会論文報告集, pp.33-36, 2006.
- 4) 39.飯田克弘・安時亨：長区間の連続した3次元車両軌跡計測のためのビデオ解析システムの開発について, 土木計画学研究・論文集, Vol.21, No.4, pp.925-932, 2004..
- 5) 社団法人・交通工学研究会：交通工学ハンドブック 2005
- 6) 建設産業調査会・道路ハンドブック編集委員会：道路ハンドブック