

高速道路の工事規制始端部における規制材配置と車両挙動との関連性分析*

Analysis of the Relationship between Vehicles Behavior and the Channelizing Devices at the Work Section of Expressway*

飯田克弘**・日暮智紀***・高橋秀喜***・Jian Xing****・山下和彦*****

By Katsuhiko Iida**・Tomonori Higurashi***・Hideki Takahashi***・Jian Xing****・Kazuhiko Yamashita*****

1. はじめに

我が国の高速道路は高度経済成長期に建設されたものが多く、道路ストックの高齢化が急速に進んでいる。さらに、近年の交通量の増加、自動車の大型化に伴い道路の耐久年数が建設当初の想定より著しく縮まり、補修工事の必要性は増大している状況にある。現在、交通量の多い路線においては、昼夜連続で車線規制をし、複数の工事をまとめて集中的に実施する集中工事が多く採用されているが、集中工事を行う際の問題点として、交通円滑性、および安全性の低下が課題となっている¹⁾。

これらの問題に対して近年では、工事規制区間の規制方式そのものの見直しが始められている。筆者ら²⁾は、工事規制区間での車両の急減速を促す要因を抽出した結果、規制材の縦断方向の配置間隔が車両挙動に影響を及ぼすことを明らかにしている。しかしながら、この研究以外に規制材の配置と交通状況の関係について研究した事例は少ない。ここで、2003年、2004年の東名高速道路の集中工事時における発生位置別事故率は、規制始端部が最も高いという結果が得られている。しかし、規制始端部に関する研究としては、交通円滑性の観点から研究³⁾はなされているものの、交通安全性の観点からの研究はほとんどなされていない。

以上の背景から本研究では、高速道路片側2車線における走行車線規制時、追越車線規制時双方において、工事規制始端部における危険な車両挙動を把握し、危険な車両挙動と規制材配置との関係を探ることを目的とする。なお、本研究ではデータ取得の手段としてビデオ解析⁴⁾を用いることとし、規制区間内を走行する個々の車両の挙動を把握した上で、車両ごとに問題のある挙動を抽出している。

2. 分析対象区間の概要

上記目的のため、走行車線規制時および追越車線規制時におけるビデオ撮影を行った。走行車線規制時のビデオ

撮影は、2007年東名高速道路集中工事上り線104.5kp～103.9kpを対象とし、10月18日の15時半～17時半までの映像を取得した。走行車線規制時の対象区間の概略図を図-1に示す。



図-1 走行車線規制時の対象区間概略図

一方、追越車線規制時のビデオ撮影は、2008年東名高速道路集中工事上り線105.5kp～104.9kpを対象とし、10月14日の9時～11時までの映像を取得した。追越車線規制時の対象区間の概略図を図-2に示す。

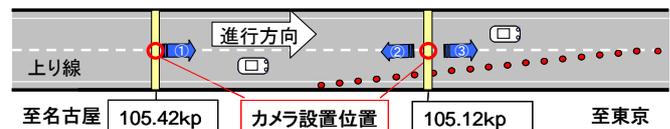


図-2 追越車線規制時の対象区間概略図

3. 評価指標の選定

高速道路における工事实施時の事故の形態としては追突・接触事故が主要なものであると報告されている。そこで本研究では、前方車が急減速をしたと仮定した時の潜在的な追突危険性を表すPICUD⁵⁾を評価指標として採用した。PICUDとは、ある車両が追従走行をしていた時に、前方車に一定の減速度を与え、後続車も反応遅れ後に減速するとした場合に、その2台が停止した時の相対的な位置を表す指標である。

$$\text{PICUD (m)} = S_0 + \frac{V_1^2}{-2a} - (V_2 \Delta t + \frac{V_2^2}{-2a})$$

V_1 : 前方車の減速開始時の速度

V_2 : 前方車減速開始時の後続車の速度

S_0 : 前方車減速開始時の2台の車間距離

a : 減速時の加速度

Δt : 前方車減速開始から後続車減速開始までの時間

*Keywords : 集中工事、安全性

** 正会員、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

*** 正会員、中日本高速道路株式会社

**** 正会員、(財)高速道路調査会

***** 非会員、(財)高速道路調査会

この PICUD などの追突危険性指標では、運転者の反応時間や車両の減速度を仮定する必要がある。本研究では既往研究⁴⁾と同様に、タイヤの状態が普通、路面の状態が乾いたアスファルトまたはコンクリートとして、 $a = -0.7g = -6.86 \text{ (m/s}^2)$ 、また反応時間 Δt を1秒と仮定している。なお、対象区間を走行中、前方車との車頭時間が常に3秒以上となっている車両については追従走行ではないと考え、PICUDの算出は行っていない。以上の仮定に基づき、連続する2台の車両の走行結果からPIUCDを算出し、最小PICUDが0を下回る車両を潜在的な追突危険性があると判断した。

4. 分析対象車両の選定

車両挙動は交通量の違いによって異なる可能性があるため、ビデオ解析を行うにあたっては、撮影時間の中から交通量の異なる場面を抽出することとした。具体的には1分間あたりの交通量を多い順に並び替え、四分位数を求め、各四分位範囲(交通量レベル)で交通量の多い1分間を5つ抽出した。以下の表-1に、各交通量レベルにおける1分間あたりの平均交通量を示す。表-1から、今回取得したデータについては、同じ交通量レベルでの平均交通量にはほとんど差がなく、車両挙動の違いは規制車線の違いによるものと考えられる。

表-1 1分間あたりの交通量

パーセンタイル値	走行車線規制時	追越車線規制時
75~100%	28.8台/分	29.6台/分
50~75%	21.6台/分	23.0台/分
25~50%	18.6台/分	19台/分
0~25%	15.4台/分	15台/分

5. 潜在的な追突危険性に関する分析

(1) 分析フロー

走行・追越車線規制時それぞれにおける潜在的追突危険性の分析を以下の図-4に示すフローによって行う。

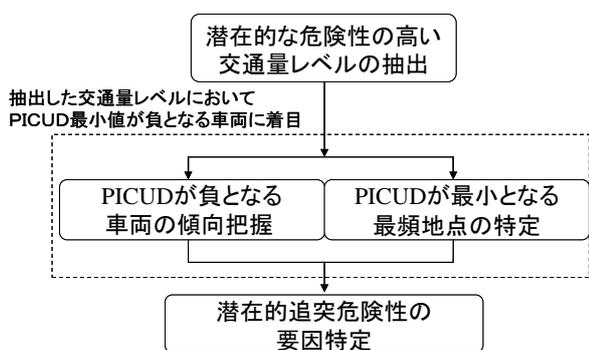


図-4 分析フロー

(2) 潜在的な危険性の高い交通量レベルの特定

潜在的な危険性の高い交通量レベルを特定するため、まず走行車線規制時の PICUD 検出率 (PICUD の最小値が負値となった車両数/全車両数×100)、および PICUD 最小値の平均値を交通量レベルごとに求めた (表-2)。なお、交通量レベルごとに、第1四分位点から、第1-第3四分位点間 (IQR) の1.5倍より小さい値、第3四分位点から、第1-第3四分位点間の1.5倍より大きい値をそれぞれはずれ値として除外した。

表-2 負値PICUD検出率・PICUD最小値平均(走行車線規制時)

パーセンタイル値	負値PICUD検出率(%)	PICUD最小値平均
75~100%	73.3	-5.2
50~75%	62.5	-0.9
25~50%	56.1	0.4
0~25%	63.2	-1.3

表-2から、パーセンタイル値が75%~100%については負値PICUD検出率が最も高く、またPICUD最小値も最も低い結果となっていることが分かる。よって、走行車線規制時に潜在的危険性が最も高い交通量レベルは、パーセンタイル値が75%~100%の場合であると考えられる。続いて、表-3に追越車線規制時のPICUD検出率、およびPICUD最小値の平均値を求めた結果を示す。

表-3 負値PICUD検出率・PICUD最小値平均(追越車線規制時)

パーセンタイル値	負値PICUD検出率(%)	PICUD最小値平均
75~100%	66.4	-3.8
50~75%	42.9	3.8
25~50%	46.6	4.8
0~25%	42.5	5.2

表-3から、パーセンタイル値が75%~100%の場合で、負値PICUDの検出率が非常に高いこと、また、平均値が唯一負の値となっていることが分かる。以上のことから、追越車線規制時において潜在的危険性が最も高い交通量レベルも、走行車線規制時と同様にパーセンタイル値が75%~100%の場合であると考え、分析を進める。

(3) PICUDが負となる車両の傾向把握

5.(2)より、パーセンタイル値が75%~100%時において潜在的危険性の高い車両の割合が最も高い傾向にあることが分かった。そこで、どのような車両が特に危険性を示しているか調べるため、車両を車線変更車・ギャップ後方車(車線変更を行った車両が選択した車間の後方の車両)・その他の車両に分け、PICUDの値を比較した。走行車線規制時における車線変更車およびギャップ後方車の割合を表-4、PICUD最小値の平均を表-5に示す。表の結果より、ギャップ後方車の割合は、PICUDが負となる車両において高く、またPICUD最小値の平均値

もギャップ後方が一番低い結果が得られた。

表-4 車線変更車・ギャップ後方車の割合(走行車線規制時)

	全体(%)	PICUD最小値<0の車両(%)
車線変更車	16.5	13.6
ギャップ後方車	15.7	17

表-5 PICUD 最小値が負となる車両の PICUD 最小値の平均
(走行車線規制時)

	PICUD最小値の平均
車線変更車	-10.4
ギャップ後方車	-11.3
その他の車両	-8.5

次に、追越車線規制時の車線変更車およびギャップ後方車の割合、PICUD 最小値の平均を表6, 7に示す。

表-6 車線変更車・ギャップ後方車の割合(追越車線規制時)

	全体(%)	PICUD最小値<0の車両(%)
車線変更車	27.3	32.0
ギャップ後方車	14.8	6.7

表-7 PICUD 最小値が負となる車両の PICUD 最小値の平均
(追越車線規制時)

	PICUD最小値の平均
車線変更車	-15.8
ギャップ後方車	-9.2
その他の車両	-7.6

表の結果より、追越車線規制時には車線変更車の PICUD が負となる割合が高く、また PICUD 最小値の平均も車線変更車が最も低い結果となった。

以上の結果から、走行車線規制時にはギャップ後方車、追越車線規制時には車線変更車の潜在的危険性が高くなる傾向が分かった。

(4) PICUD が最小となる最頻値点の把握

潜在的危険性が高い交通量レベルにおいて、潜在的危険性が高くなった地点を調べるため、PICUD が負値となった各車両について PICUD が最小となった地点を抽出した。図-5 に、走行車線規制時において PICUD が最小値をとった地点の分布を表すヒストグラムを示す。

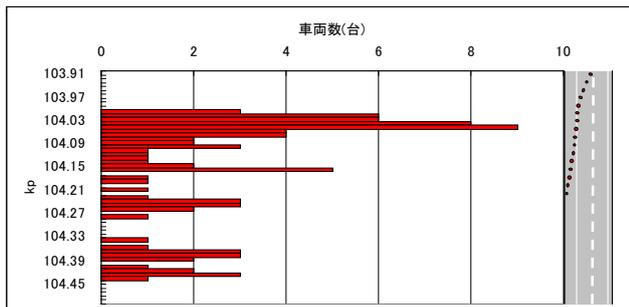


図-5 PICUD 最小値の地点分布 (走行車線規制時)

図-5 より、下流側で 104.03kp~104.05kp を中心としたピークができていていることが分かる。特に 104.03kp~104.05kp においては、PICUD が負値となった計 88 台中、17 台の車両の PICUD が最小値をとっている。そこで、104.03kp~104.05kp が PICUD の値が最小となりやすい地点であると考えられる。次に、追越車線規制時における PICUD 最小値の地点分布を図-6 に示す。

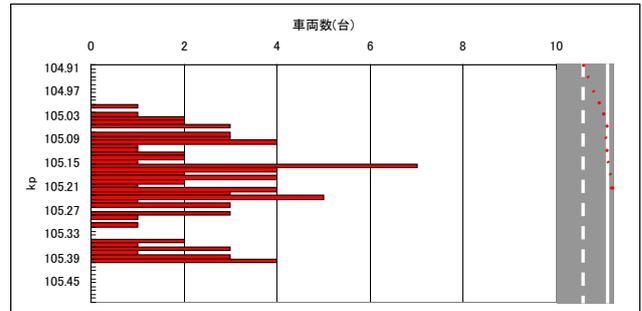


図-6 PICUD 最小値の地点分布 (追越車線規制時)

図-6 を見ると、走行車線規制時ほど大きな偏りは見られないものの、105.15kp~105.16kp あたりにピークを持つ形状になっている。なお、PICUD の値が最小となりやすい地点は、図-7 のように、どちらの車線規制時も規制材が車線内に侵入した地点となっていた。

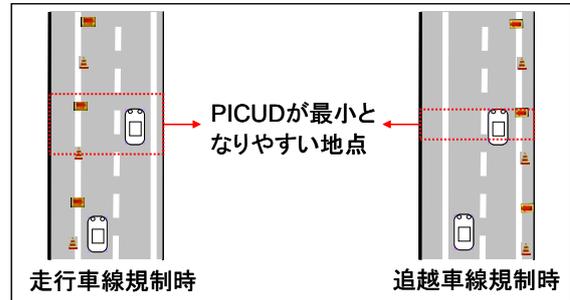


図-7 PICUD の値が最小になりやすい地点

(5) 危険性の高い車両挙動の要因特定

PICUD の低下要因を探るため、5.(2)~(4)より特定された交通量レベル・車両・地点に該当する 5 台の車両挙動を time-space 図からミクロな視点で分析した。図-8 の車両[C]および図-9 の車両[E]は、PICUD が大きく低下している車両に見られた傾向である。ここで、図の車両の走行軌跡データにおいて点線で示している部分は車線変更車が車線変更する前の走行軌跡であり、実線になる箇所では車線変更を開始している。

図-8 より、車両[C]は、前方の車線変更車両[B]が、規制材が車線内に侵入した付近で、狭いギャップへ強引に行った車線変更の影響により、PICUD が低下したと考えられる。ここで、車両[C]は上流側では前後の車両と車間距離をとって走行しており、車両[B]が上流側であら

かじめ車線変更しておけば、PICUDの低下を抑制できた可能性がある。また図-9の車両[E]は、前方のギャップに3台の車両がほぼ同じ地点で車線変更をしたためPICUDが低下している。車線変更車が1台ならば車間距離に余裕をもてるため、このような複数の車線変更車が同じ地点において同じギャップを選択することも、PICUD低下に影響する可能性がある。この観点から、あらかじめ上流側で車線変更させることにより、車線変更を分散させる必要が伺える。

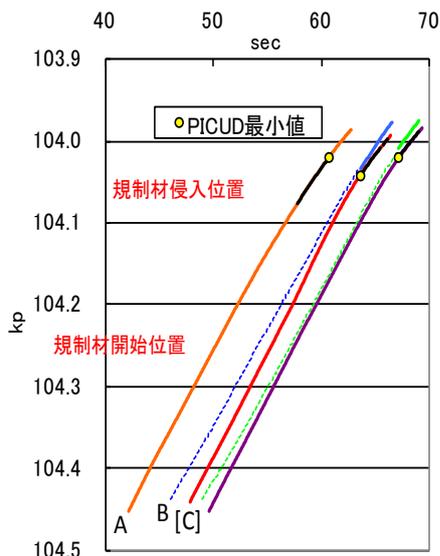


図-8 ギャップ後方車両[C]周辺のtime-space図

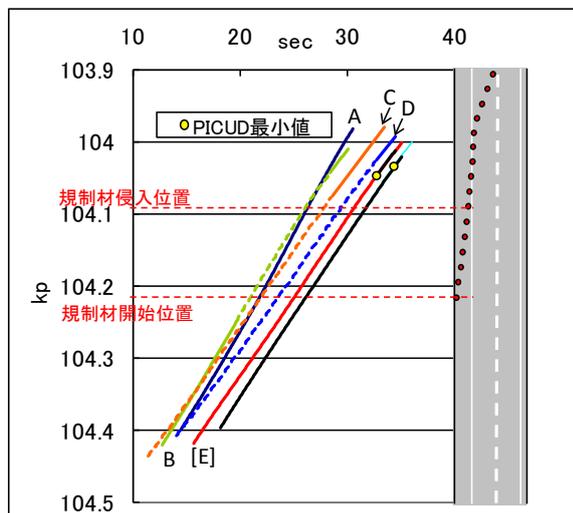


図-9 ギャップ後方車両[E]周辺のtime-space図

続いて追越車線規制時において、5.(2)~(4)より特定された交通量・車両・地点に該当する3台の車両挙動をtime-space図からミクロな視点で分析した。図-10の車両[B]は、PICUDが大きく低下している車両に見られた傾向である。車両[B]は走行車線の車両よりも速い速度で2台の車両を追い抜き、速度を落としかねない状況で狭いギャップに強引に車線変更したことによりPICUD

が大きく低下している。よって、速度を上流側から抑制させていけば、速度差のない状態で車線変更ができ、かつ車両[C]よりも後方の大きいギャップを選択できていたと考えられる。

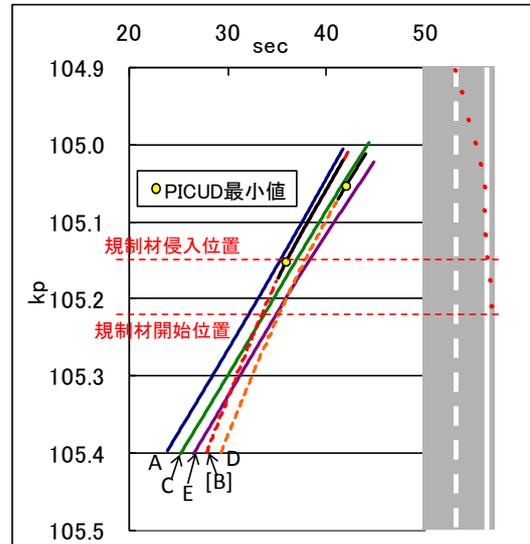


図-10 車線変更車[B]周辺のtime-space図

6. まとめ

本研究では、工事規制始端部における規制材配置と車両挙動との関連性を、潜在的追突危険性を表すPICUDを用いて分析した。その結果、交通量が多い場合に潜在的危険性が高くなる車両が多く、走行車線規制時はギャップ後方車、追越車線規制時は車線変更車の危険性が高くなることが知見として得られた。また、規制する車線によらず規制材が車線内に配置され始めた地点でPICUDがより低下しており、走行車線規制時は狭いギャップへの強引な車線変更および複数の車両の同じ地点での同じギャップへの車線変更が、追越車線規制時は狭いギャップへの車線変更および車線変更車の速度が速いことが、PICUD低下の要因となる可能性を把握した。

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) 飯田克弘・東佳史:高速道路工事区間における車両挙動の把握に基づく規制材配置改善に関する研究, 第36回土木計画学研究・講演集(on CD-ROM).
- 3) 菅野寛政・岡田知朗・深井靖史:首都高速4号新宿線集中工事時の交通容量分析, 第26回交通工学研究発表会論文報告集, pp53-56, 2006.
- 4) 飯田克弘・松本晃一・原田貴壮:高速走路工事規制区間における注意喚起灯の評価, 第28回交通工学研究発表会論文報告集, pp.59-62, 2008.
- 5) 宇野伸宏・飯田恭敬・安原真史・菅沼真澄:一般道織込み部における客観的コンフリクト分析と速度調整モデルの構築, 土木計画学研究・論文集, Vol.20 No.4, pp.989-996, 2003.