

高速道路交通流の臨界領域における事故率の検討

大 口 敬*
赤 羽 弘 和**
山 田 芳 嗣***

1. はじめに

交通の安全と円滑とは、一方を高めれば他方が損なわれる関係にある、と考えられがちである。しかし筆者らは、大交通量路線において頻発する交通集中渋滞対策を検討する中で、交通渋滞の発生と交通事故の発生に強い関連性があることを見出した。このことは、交通集中渋滞対策には、交通事故対策としての効果も含まれることを意味する。

本稿では、特に交通集中渋滞が発生する直前の交通流率が高い状態、すなわち臨界領域に着目し、交通流状態別に事故率を検討した事例を報告する。

2. 休日の東名高速道路上りの交通集中渋滞

現在わが国の高速道路では、交通容量上のボトルネックを先頭として、休日の行楽・観光交通需要のピーク時間帯に交通集中渋滞が頻発している路線がいくつも存在する。東名高速道路でも、1970年代以降から、複数箇所の単路部ボトルネックを先頭として、このような休日の交通集中渋滞が顕在化してきた。図-1に示すように、顕在化したボトルネックは、いずれも厚木 IC～御殿場 IC 間の（当時）往復 4 車線区間に存在していたが、抜本的渋滞対策としてこの区間の車線増改築が行われ、現在では東京から御殿場 IC までの区間が往復 6 車線（一部 7 車線）化されている。

改築後は、従前のボトルネックは解消されたが、

上り（東京）方向については、厚木 IC で一般有料道路・小田原厚木道路より伊豆・箱根方面からの行楽帰り車両が流入するため、その下流の綾瀬バス停（BS）付近、すなわち 29 キロポスト(kp)に位置するサグをボトルネックとして、新たな交通集中渋滞が休日の午後から夕方に発生するようになった。たとえば 1999 年の実績では、延べ 52 日の日曜のうちで、実に 50 日において渋滞が発生するに至った¹⁾²⁾。

日本道路公団（JH）では、この綾瀬 BS 付近の交通集中渋滞を対象に、渋滞予測情報の提供による渋滞緩和・解消の可能性に関する検討会を立ち上げ、交通行動や時間帯変更の誘導を試みる実験的な取り組みを行ってきた³⁾⁴⁾。その後の 2003 年 3 月に綾瀬 BS 付近のボトルネックの直近上流に位置する海老名サービスエリアからの合流車線が延伸され、ボトルネック付近が付加車線区間とな

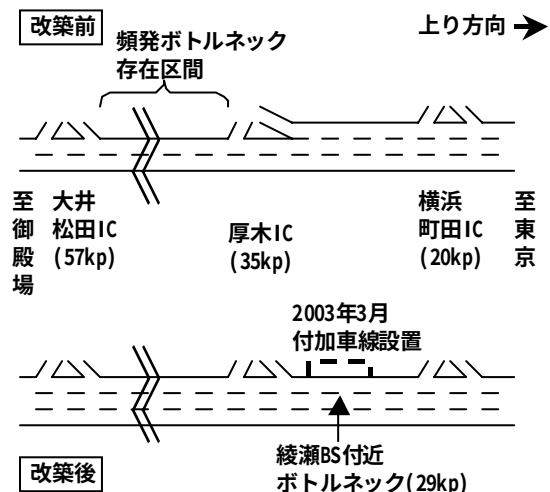


図-1 東名高速道路上り方向の概要

* 東京都立大学大学院工学研究科土木工学専攻助教授
(Email: oguchi-takashi@c.metro-u.ac.jp)

** 千葉工業大学工学部建築都市環境学科教授

*** 日本道路公団東京管理局保全部交通技術課長

ったため、このボトルネックを先頭とする交通集中渋滞は発生しなくなった。

前述のように綾瀬 BS 付近では 1999 年に延べ 50 日曜で渋滞が発生したが、その約 4 割を占める 19 日曜に交通事故も発生していた。さらに、これらの事故の発生が 14 時台と 15 時台に集中しており、交通集中渋滞の発生時間帯と重なっていた。このことから、交通集中渋滞の発生直後に渋滞末尾事故が頻発する、あるいは渋滞発生前の高密度非渋滞流（臨界状態）で事故が起きやすい、という可能性が指摘される。前者が事実であれば、渋滞対策により交通渋滞を解消できれば交通の安全性も向上される。しかし、後者が事実であれば、交通渋滞を解消するだけではなく、交通流率が危険水準に達することを回避する対策が採られないことには交通事故を削減できない恐れがある。

3. 交通集中渋滞の発生と交通事故の発生

本研究では、こうした臨界状態における事故発生の実態調査を、2000 年の一年間を対象として実施した。期間中の日曜は 1/2 が日曜なので延べ 53 日であり、休日は 1/1, 1/3, 1/10, 2/11, 3/20, 4/29, 5/3, 5/4, 5/5, 7/20, 9/15, 9/23, 10/9, 11/3, 11/23, 12/23 の 16 日で、調査対象日は合計 69 日となった。東名高速道路上り線の綾瀬 BS 付近渋滞の影響区間として、厚木 IC 付近上流（36kp）～横浜町田 IC 付近（21kp）間における交通事故記録を整理し、5 分間集計車両感知器データを用いて事故発生時の交通流状況を解析した。

日曜と休日の 69 日のうち、この区間で交通集中渋滞も事故渋滞も発生しなかったのは 9 日（全 69 日の 13%）だけであり、35 日（同 51%）で事故、25 日（同 36%）で交通集中渋滞が発生した。

3.1 交通事故発生時間帯

図-2 は、2000 年の日曜と休日の 69 日に調査対象区間で起きた全事故 65 件の発生時間帯を示す。なお、ここでは多重事故でも 1 件としてまとめている。同図より、交通集中渋滞が頻発する 13 時～19 時台で事故も 46 件（全体の 71%）と多発していることがわかる。

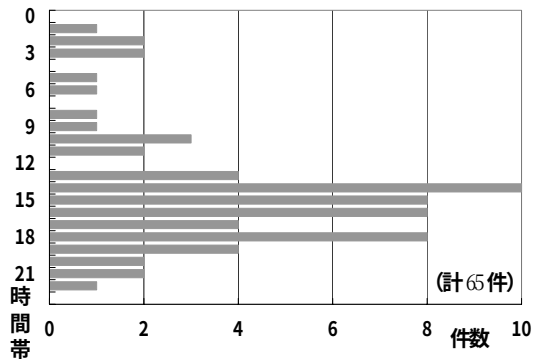


図-2 事故発生時間帯

3.2 交通事故発生時の交通流状態領域

1) 非拘束領域・臨界領域・渋滞領域の設定

交通事故発生時の交通流状況を把握するために、まず各事故の発生地点付近の車両感知器の計測データから、事故発生日の 5 分間集計断面合計交通量 [台/5 分] と平均速度 [km/h] との関係进行分析した。図-3 に、その一例を示す。

次に、同図のように交通流状態を非拘束領域、臨界領域、渋滞領域の 3 領域に分割した。ここで、非拘束領域はまだ交通量がそれほど高くなく交通集中渋滞には至らない状態、臨界領域は交通量と交通密度とが高く交通集中渋滞の発生に至る確率が高い交通流状態を表すものとした。

各車両感知器に対して交通流状態の分布に応じて境界値を設定した結果、臨界領域の境界となる交通量は 375～400 [台/5 分]、非拘束領域と渋滞領域の境界となる速度は 60～70 [km/h] の範囲に分布した。

2) 交通事故発生時の交通流状態と領域区分

交通事故記録に基づき、通報時刻を含む時間帯の対象車線における交通状況の時間変動を交通量－速度相関図上で追跡し、実際の事故発生時刻を推定した。その上で、推定事故発生時刻を含む 25 分間の交通状況を交通量－速度相関図上で追跡し、交通事故発生時の交通流状態を区分した。

事故発生地点の上下流の車両感知器データも含めて交通量と速度の時間変動を追跡し、渋滞の延伸状況を推定した。事故発生時の交通流状態については、事故地点の上流・下流の車両感知器データの時間・空間的変動を総合的に勘案して判定し

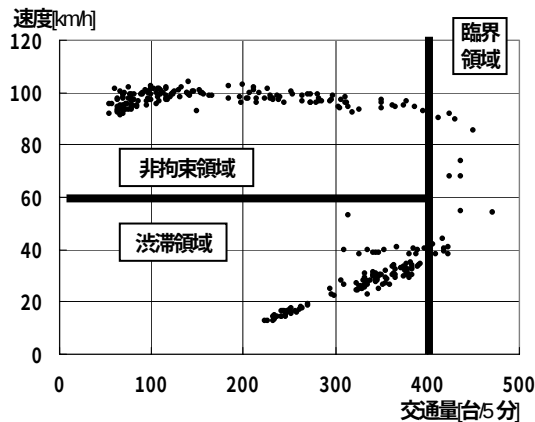


図-3 事故発生地点付近の車両感知器の断面交通量と平均速度の例（事故発生日）

た。すなわち非拘束領域から渋滞領域へ時空間的に変化する場合には「渋滞領域」に区分し、臨界領域から渋滞領域へ時空間的に変化する場合には「臨界領域」に区分した。また、ボトルネックを先頭とする渋滞中に、ボトルネック下流側の速度回復区間で発生した事故は、渋滞流状態から非拘束流状態へ遷移中の運転状況であり、一旦渋滞が発生したことにより生じた交通流状態であることから「渋滞領域」に区分した。

図-4 は、図-3 の事故例における事故発生車線の交通量－速度相関とその事故前後の時間変動である。図中の△印が追跡対象時間帯の最初の 5 分間に、◆印が推定された事故発生時刻に対応する。両図より、この事故例では臨界領域において事故が発生したものと推定できる。図-5 は、渋滞領域において事故が発生したと判断された例である。

綾瀬 BS 付近（29kp）をボトルネックとする交通集中渋滞が発生・継続する時間帯は、通常 13 時台～19 時台である。以下では、当該区間でこの時間帯に発生した交通事故を解析対象とした。対象事故は延べ 32 日間で 46 件存在した。

表-1 に、この 46 件の交通事故が発生した交通流状態の構成を示す。臨界領域の事故が 24 件、渋滞領域の事故が 21 件で、非拘束領域での事故発生は 1 件だけであった。

この 46 件の発生地点は、綾瀬 BS ボトルネック付近より下流の区間に 10 件（22%）、ボトルネ

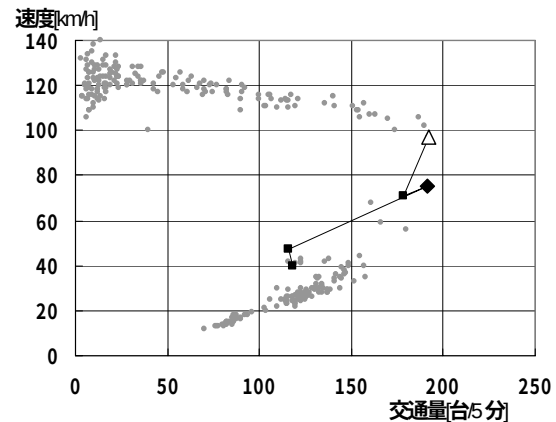


図-4 臨界領域における事故発生例

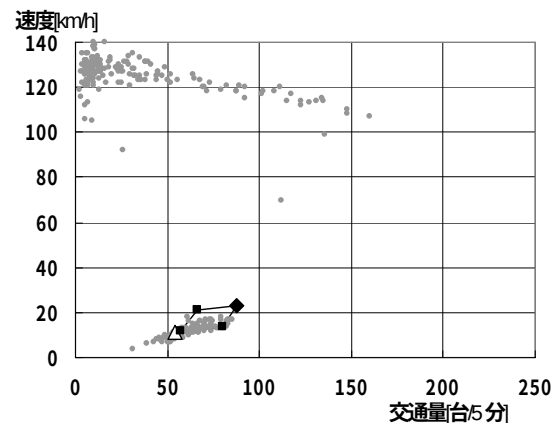


図-5 渋滞領域における事故発生例

表-1 交通流状態別の交通事故件数

	非拘束領域	臨界領域	渋滞領域
事故件数(件)	1	24	21

ック付近より上流側で厚木 IC より下流の区間に 14 件（30%）、厚木 IC より上流区間に 22 件（48%）分布した。特に、厚木 IC 付近 34～36kp の 2km にこの 22 件が集中しており、事故発生が当該 IC 付近の車線変更等に起因している可能性がある。

以上より、日曜・休日の 65 件の事故のうち、約 7 割の 46 件が交通集中渋滞の発生・継続時間帯に集中し、そのうち 21 件は渋滞の中で発生したが、24 件（65 件中 37%）は交通渋滞発生直前の高密度交通流（臨界領域）で発生していること

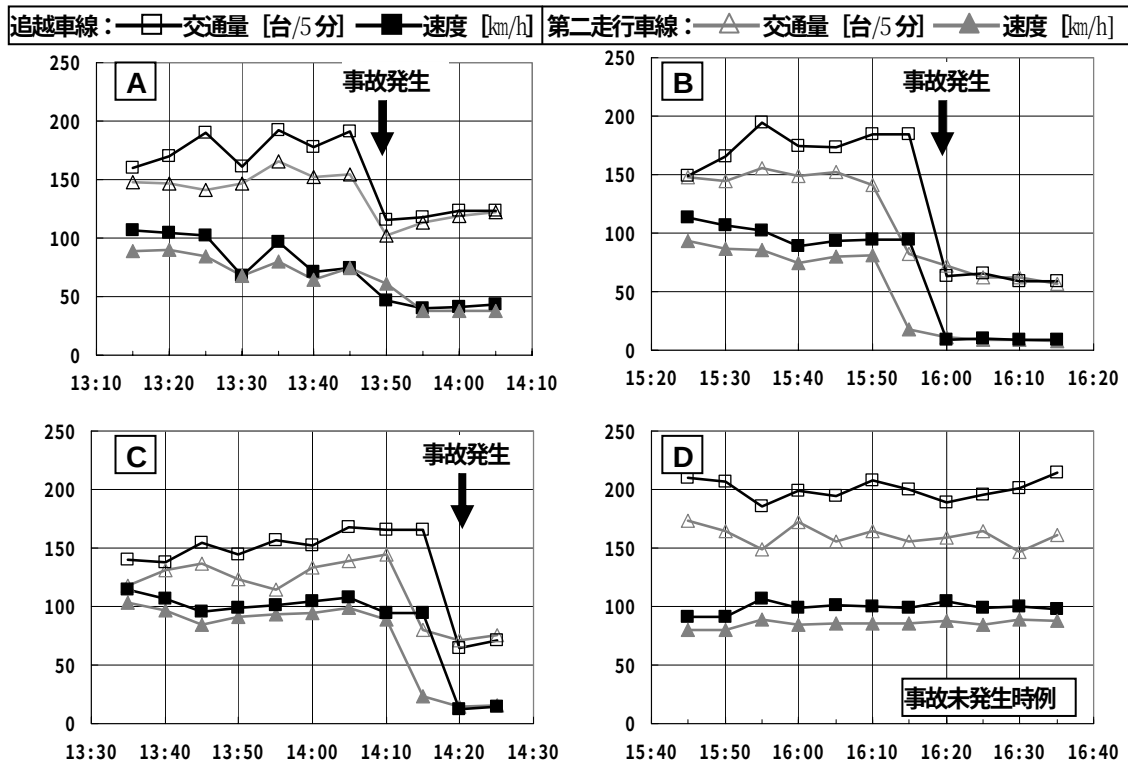


図-6 臨界状態における事故発生時と事故未発生時の交通量と速度の時間変動例

が確認された。

3.3 臨界領域における事故発生の特徴

臨界領域で発生した交通事故 24 件に着目すると、そのうち 19 件 (24 件中 79%) が追越車線で発生している。臨界領域では片側 3 車線のうち追越車線に交通が集中し、追越車線には極めて高密度な車群が形成される。この車群の中で極端に短い車間距離で追従していることが、主要な事故要因のひとつと想定される。

図-6 は、臨界状態で事故が発生したケース (図中の A, B, C) と、臨界状態まで交通量が増大しながら渋滞には至らなかったケース (図中の D) における、追越車線と第二走行車線の交通量と速度の時間変動例である。ここで D の交通量と速度の時間変動を見ると、「交通量が増大すると速度が低下し、交通量が低下すると速度が増大する」という一定の傾向がある。この傾向は非渋滞流においてよく知られた特性である。一方、事

故が発生した A, B, C の事故発生直前の状態では交通量が増大しても速度が増大した場合もあり、交通流状態の乱れを示唆しているようである。交通量も速度も同時に増大すれば車頭時間が短くなり、期待値的な意味での安全性は低下する。

図-6 のような傾向が見られることが臨界状態における事故率を増大させているのであれば、交通状況を管理する上で注目すべき事項である。ただし、これまでの解析対象はあくまで一部の事例であるため、明確な結論に至るためには事例数を増大させる必要がある。また、個別車両の挙動を微視的に解析し、事故発生過程を詳査する必要もあろう。

4. 交通流状態領域別の事故率

臨界領域では、遅れ時間の累積が生じる渋滞領域とは異なり、多くの交通量を捌くことができる

表2 交通流状態別の総交通量と事故率

車両感知器 位置 [kp]	勢力範囲 区間長[km]	総走行台キロ[69日, 13時~20時]			総走行台数 [万台]
		非拘束領域	臨界領域	渋滞領域	
21.21	1.12	1,707,319	545,461	21,724	204
23.02	1.88	989,756	433,526	6,975	76
24.97	1.86	2,912,033	784,529	59,299	202
26.74	1.89	2,027,388	515,068	51,650	137
28.75	1.89	1,002,765	1,518,245	1,277,796	202
30.51	1.97	1,322,955	886,768	1,785,169	203
32.69	2.62	1,697,587	1,342,839	2,258,494	203
35.74	1.79	1,293,673	29,938	1,182,404	140
合計	15.00	12,953,478	6,056,375	6,643,510	
事故件数[件]		1	24	21	
事故率[件/億台キロ]		7.7	396.3	316.1	

(注) 23.02kp と 26.74kp の車両感知器データは一部欠損

ため交通輸送の効率性は高い。しかし臨界領域において交通事故が多発するのであれば、交通事故により交通容量が低下することも考えると、交通輸送の効率性の期待値は必ずしも高くはならない可能性がある。したがって安全性の観点のみならず、効率性の観点からも、臨界領域における事故率を推定する意義がある。

ここでは、事故発生の危険性を交通量〔台キロ〕当たりの事故率で表現できるものと仮定して、非拘束流状態・臨界状態・渋滞状態の3状態別の事故率の推定を試みた。2000年の日曜・休日69日間の13時台~19時台の7時間における対象区間(21kp~36kp)を対象とした。

各車両感知器データの5分間毎の交通量と平均速度から、その勢力範囲内の交通流状態を判定する。次に、交通量〔台5分〕と車両感知器勢力範囲区間長〔km〕との積を算定し、交通流状態と区間毎に、総走行台キロとして集計した。表2に交通流状態別、車両感知器勢力範囲別の総走行台キロ、総走行台数を示す。

表2には、各交通流領域別の事故発生件数と事故率も示す。厚木IC~横浜町田IC間で、この13時~19時台の7時間×69日=延べ483時間の走行台数は約200万台となる。平均交通流率は約4,140〔台/時〕と算定され、非常に高い交通流率状態が長時間にわたり継続していたことがわかる。こ

の状態で、非拘束領域の事故率(約8〔件/億台キロ〕)は、他の交通流状態と比較して圧倒的に低い。一方、渋滞領域と臨界領域の事故率は、高速道路における一般的な事故率と比較して、桁違いに高い。特に、臨界状態の事故率は約400〔件/億台キロ〕と非拘束領域より1桁以上大きい。対象区間における臨界領域の平均継続時間は、約15時間であった。したがって、日曜・休日には1日24時間のうちで極度に事故率が高い1時間半に多数の事故が集中して発生している状況が示唆された。

このことから、交通運用においては、単に交通渋滞を解消するのみならず、臨界状態に陥らないように交通の需給関係を制御することが求められる可能性もある。交通需要を臨界領域まで高めることができなくとも、非拘束領域の上限交通量を維持できれば、事故発生を考慮したボトルネック容量の期待値は実質的に増大し、運用上の便益は決して小さくはないであろう。

5. おわりに

本稿では、東名高速道路上り綾瀬BS付近をボトルネックとして、過去に頻発していた交通渋滞の発生に関連して、高密度な非渋滞交通流状態(臨界領域)における事故率が高いことを報告し

た。

事故発生危険性の評価指標には、事故件数だけでなく台キロなどで正規化した事故率も用いられる。しかし、交通運用状態を表す3つの交通流状態（非渋滞領域・臨界領域・渋滞領域）によっても事故発生の危険性は異なるものと考えられる。本報告の事例では、交通運用状態によって大きく事故率が異なることが見出された。

本報告はあくまで一事例であり、今後、事例数を増大させて検討する必要がある。また IC 付近の車線変更等に起因すると思われる事故も本事例からは示唆されており、こうした点を勘案して交通流状態の適切な運用水準を安全・円滑の両面から検討する必要があるものと考えられる。

最後に、卒業研究の一貫として本検討に関わった千葉工業大学佐藤光朗氏(当時)に対して謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) (財)高速道路技術センター：東名高速道路綾瀬地区渋滞対策検討報告書,2001年3月.
- 2) 宇佐見純二,江口洋一,岡田成礼：東名高速道路における情報提供TDMの実験について,第21回交通工学研究発表会論文報告集,pp.325-328,2001年.
- 3) 宇佐見純二,岡田成礼：高速道路における情報提供 TDMに関する研究,第20回交通工学研究発表会論文報告集,pp.113-112,2000年.
- 4) 山田芳嗣,阿部重雄,岡田成礼：東名高速道路綾瀬地区情報提供TDMに関する研究,第22回交通工学研究発表会論文報告集,pp.49-52,2002年.