

事故発生時映像を用いた事故要因分析*

An accident factor analysis by the video image in the traffic accident occurrence*

田中淳**・後藤秀典**・岡田知朗***・割田博****・上條俊介*****

By Atsushi TANAKA**・Hidenori GOTO**・Tomoaki OKADA***・Hiroshi WARITA****・Shunsuke KAMIJO*****

1. はじめに

首都高速道路の平成16年度の事故は13,402件発生しており、一日平均で約37件発生していることとなる。事故形態別にみると、追突事故が全体の約47%を占める¹⁾。

なかでも4号新宿線赤坂トンネルは、首都高速道路の事故多発地点¹⁾に挙げられており、特にトンネル付近で追突事故の多発が問題となっている。このことから、効果的な対策の実施が急務であり、そのためには事故調書を統計的に分析するだけでなく、画像データ等を用いて事故発生要因を正確に掴み、的確な対策を打つことが重要である²⁾。

赤坂トンネルの事故要因については、赤羽ら³⁾が車両感知器データを用いた分析を行っており、これによると、赤坂トンネル入口近傍での事故は渋滞末尾のみならず、交通流の疎部と密部との境界でも発生していること、事故要因として速度低下に明暗順応が遅れ、ブレーキランプの点灯を見誤ることなどが相乗していると推測されることなどが報告されており、事故発生過程のさらなる解明を行うことが必要とされている。

一方、上條ら⁴⁾は赤坂トンネルにおいて、既存のCCTV映像からリアルタイムで異常事象を検出する画像解析技術の検証実験と、このシステムにより、事故発生前後の映像を自動取得する用途での検証も行っている。

本研究は、上記の赤坂トンネルの事故発生時の映像を用い、事故発生時の状況、周辺の条件等を分析することにより、事故要因の特定(事故発生過程の解明)に関する基礎的分析を行ったものである。また、この結果を基に事故発生時の映像を蓄積することの重要性を検証し、さらに、この事故発生要因をもとにした事故対策の可能性を提案するものである。

*キーワード：交通事故，事故要因分析，画像解析

**正員、(株)オリエンタルコンサルタンツ
(東京都渋谷区南平台町16-28 グラスシティ渋谷，
TEL:03-6311-7858, E-mail: tanaka-at@oriconsul.co.jp)

***正員、首都高速道路(株)西東京管理局調査・環境グループ
(東京都中央区新富1-1-3，
TEL: 03-3552-1834, E-mail: t.okada851@shutoko.jp)

****正員、首都高速道路(株)東東京管理局調査・環境グループ
(東京都中央区日本橋箱崎町43-5，
TEL:03-5640-4857, E-mail: h.warita1116@shutoko.jp)

*****非会員、東京大学生産技術研究所
(東京都目黒区駒場4-6-1，
TEL:03-5452-6272, E-mail: kamiyo@iis.u-tokyo.ac.jp)

2. 分析対象及び方法

対象箇所は、4号新宿線赤坂トンネル坑口付近(2.1~2.3kp 付近)とした。図-1のとおりトンネル手前には図形情報板があり、トンネル坑口から約1km手前に渋滞末尾情報板がある。本分析で利用したデータを表-1に、利用したCCTV映像の画角を図-2に示した。3年分の事故データ、20件の事故発生時映像を用いることとした。

事故発生時映像は、上條ら⁴⁾が開発した交通異常検出システムにより、抽出された映像を用いた。図-3は同システムによるトラッキング結果の例である。外接矩形が車両ごとに重なり合う部分がみられるが、図-3(b)をみると、可視化された際に生じる重なりも車両毎に領域として正しく分割されていることが確認できる。本検討ではこのような高性能な異常事象検出システムにより抽出された映像を用いている。なお、異常事象検出に関する詳細は参考文献4)を参照されたい。

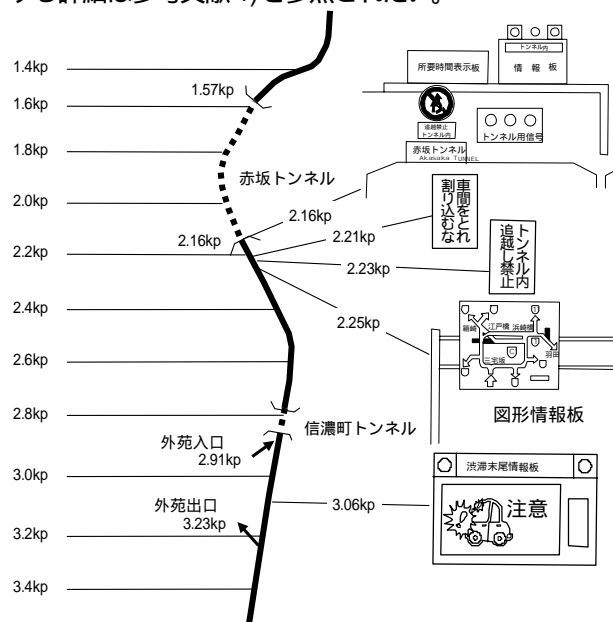


図-1 赤坂トンネルと周辺の状況

表-1 利用データ

項目	対象
事故データ対象期間	2002/4/1 ~ 2005/3/31 の3年間
事故発生時映像	上記期間で発生した事故を任意に20件抽出 事故形態等が全体の傾向と概ね整合するように調整

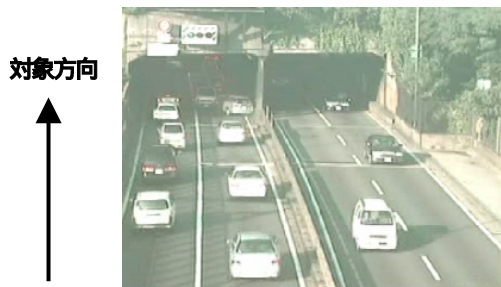


図 - 2 利用したCCTV映像の画角

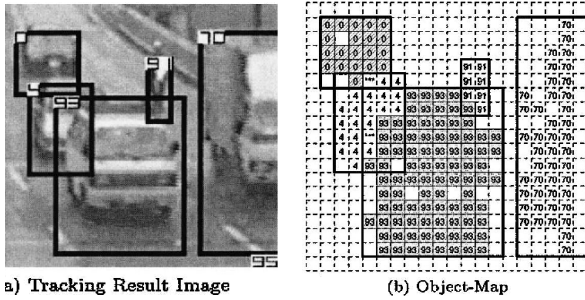


図 - 3 トラッキング結果

3. 事故データによる事故発生要因の分析

(1) 事故データの内容

事故データは、各事故に対して、表 - 2 に示したような内容を把握することが可能である。

表 - 2 事故データの主な項目

主な項目	備考
事故発生日時	
位置	路線、方向、KP (50~100m単位)
車線	右、左、中央
事故形態	追突、車両接触、施設接触等
けが人	重傷、軽傷、死亡
路面状況	乾燥、湿潤
事故時速度	10km/h単位

(2) 事故データを用いた事故発生要因の分析

事故データを用いて、事故発生要因について分析した。図 - 4 は赤坂トンネルの前後を含む事故の発生位置を示したものであり、図 - 5 は赤坂トンネル坑口付近(2.0~2.3KP)における人身・物損、事故形態、発生時刻、事故時速度を首都高全線と比較分析したものである。これらの図から以下のことがわかる。

- ・事故発生位置はトンネル坑口付近に集中
- ・人身事故率が若干高い(全体の15%程度)
- ・追突事故が多い(80%程度)
- ・昼間(6~18時)の事故が多い(80%程度)
- ・混雑時(40km/h以下)の事故が多い(80%程度)

これらの結果から、事故発生要因として、昼間の渋滞時に前方不注意等により、事故が発生していることが推定され、この追突を防止する対策を実施することが必要であることがわかる。

しかしながら、例えば、同じ追突でも渋滞末尾なのか

渋滞内なのか等、どのような周辺状況下で事故が発生しているのか(どのような車両或いは場面を想定して安全対策を実施するのが効果的であるか)が不明であるため、検討に際しては限界がある。

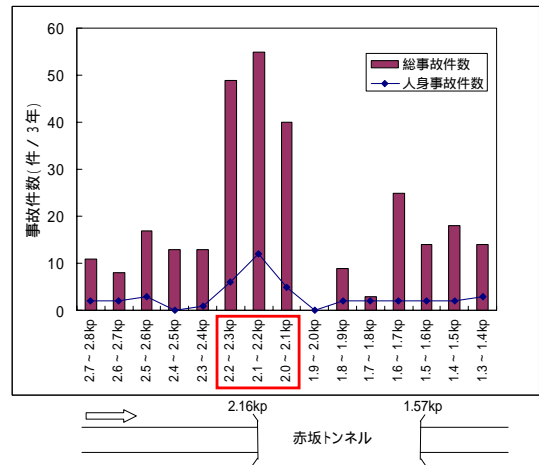


図 - 4 事故発生位置

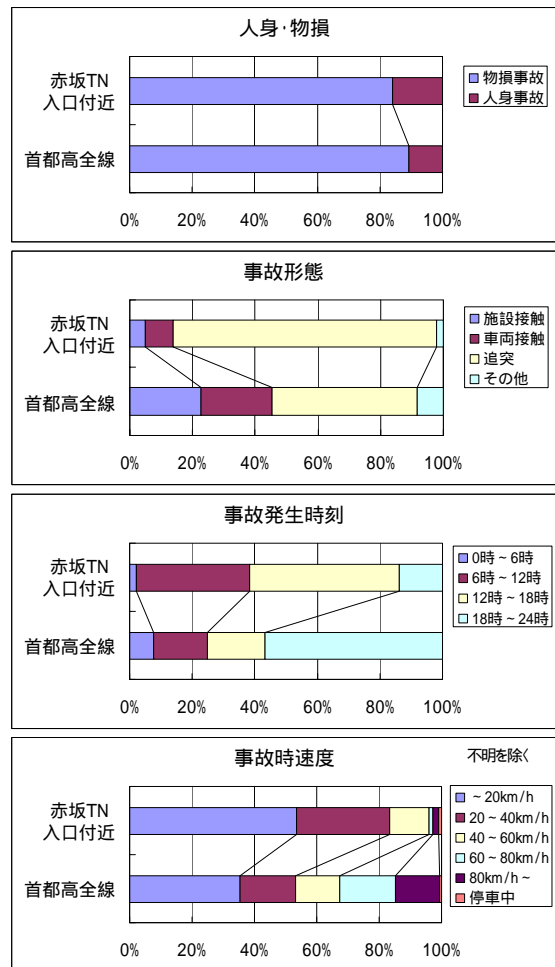


図 - 5 事故データの分析結果(2.0~2.3KP)

4. 事故発生時映像を用いた事故発生要因の分析

(1) 事故発生時映像データにより明らかとなる事項

ここでは、事故発生時映像(20件)と車両感知器データにより、これまでの事故データのみではわからなかつ

た事項を以下に整理した。

a) 正確な事故発生位置の把握

図 - 6 は事故発生位置について事故データと事故発生時映像を比較したものである。事故データでは 22.0kp に集中しているが、映像データではトンネル手前～トンネル入口付近に散布している。これは事故発生位置の登録時に、正確な位置が不明なため車両停止位置を登録せざるを得ない場合が多いためである。事故映像データでは事故発生位置が明確となり、トンネル手前なのかトンネル内なのか等、事故要因分析に重要な事項を把握することが可能となる。(後述、図 - 8 参照)

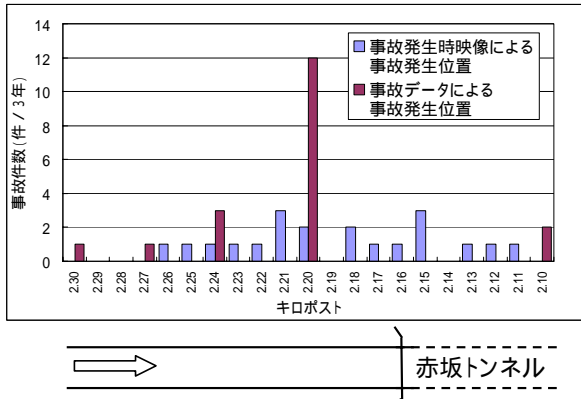


図 - 6 事故発生位置の比較

b) 事故発生時における周辺状況の把握

映像データでは、事故車両と周囲の車両挙動について、車線毎の交通状況、事故発生直前の速度、減速位置、前方車両と事故車両との速度差等を把握することができる。これにより、追突事故でも渋滞末尾か、渋滞内か、自由流時なのかなどを把握することができる。また、車両感知器データと組み合わせることで、渋滞末尾なのか、疎部と密部の境界で発生しているかを把握することができる。(後述、図 - 7、図 - 10 参照)

このような情報は、どのような場面でどのような対策を実施するかを検討する上で大変重要と言える。

c) その他

映像データでは、正確な事故形態を把握することができる。今回の 20 件の中でも、車両接触と判定されているが、前方との追突直前にハンドルを切って、車両の側面に接触しているような状況があった。追突と車両接触では、とるべき対策も異なることもあり、このような情報も重要といえる。また、雨天時の事故でも、雨の影響でスリップして事故が発生しているのかどうかや、合流部や織込み部などでどのような車線変更が事故の要因になっているのか等も把握可能である。

当該箇所の事故要因分析とは関係ない事項もあるが、上記は映像データが有効な場面であると言える。

(2) 事故発生要因の推定と安全対策

事故発生要因の推定にあたっては、追突事故(19件/20

件、事故形態精査後)を対象とし、追突直前の交通状況から渋滞末尾(5件/20件) 疎密部の境界(6件/20件) 渋滞走行中(8件/20件)の3パターンに分類した。これらのパターンに対して要因分析と考えられる対策を以下に示した。

a) 渋滞末尾(パターン1)

渋滞の末尾付近で追突している事故である。図 - 7 に事故発生時の速度状況、図 - 8 に事故発生位置、図 - 9 に事故発生時の周辺の車両状況を示した。

これらの図によると、都心環状線等から延伸した渋滞の末尾に、坑口付近の右側車線で発生している。右側車線に追突が多発しているのは、車線利用の偏り等により渋滞の延伸が右側から発生しているためである。

事故発生時はトンネル坑口付近に渋滞末尾(停止)車両がいる状況で、車群がトンネル手前区間(CCTV映像の下部)へ60km/h程度で進入し、車群先頭車は前方の停止車に気づき急減速して停止できたが、その後続車両は若干ブレーキングが遅れた結果、追突事故が発生している。

このように車群先頭車は前方が停止していることに気づき対応可能だが、後方車は車間が短い上に、停止車の視認が難しく、前方車がブレーキを踏んで初めて気づいているか、あるいは停止するとは思っておらず、停止可能な車間を保持していなかったことが推測される。

これらを踏まえ、対策としては、渋滞末尾(停止車)がトンネル内に到達と同時に、その状況を車群先頭車のみでなく後続車にも伝えることが重要である。現在も渋滞末尾情報板が約1km手前に設置されているが、トンネルの直前(2.6kp~2.4kp)で提供するのが望ましい。右側車線から渋滞末尾が発生することから、「右側車線渋滞末尾注意!」等、車線別の末尾情報を提供することや、渋滞末尾という表現を「停止車あり!」という表現にすることも考えられ、ドライビングシミュレータ等を用いて有効な表示内容を検証することが必要である。

また、路面標示や看板等で車群内の車間距離を広げる対策を行うことで、若干ブレーキングが遅れても、追突には至らないようにするという方法も考えられる。

さらに、ITS技術を活用して、車車間通信による車間制御やカーナビへの情報提供等も有効と考えられる。

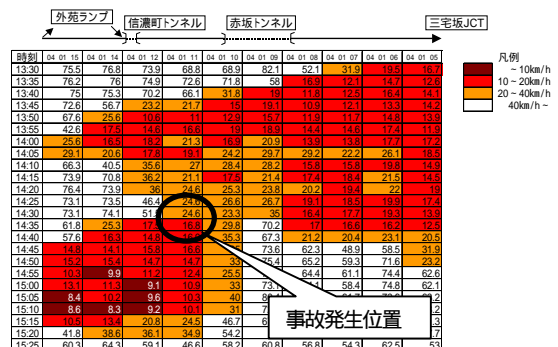


図 - 7 事故発生時の速度状況(ある1事故)

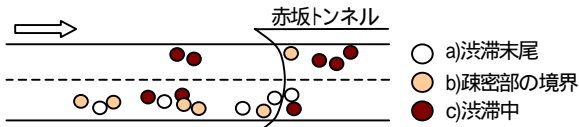


図 - 8 事故発生位置 (パターン別)

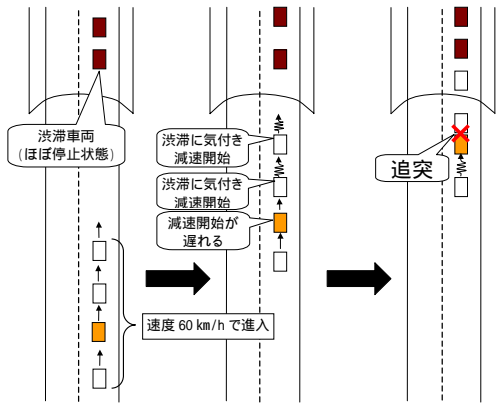


図 - 9 事故発生時の状況

b) 疎密部の境界 (パターン 2)

渋滞中の疎部と密部の境界で発生している事故である。図 - 10 に事故発生時の速度状況、図 - 8 に事故発生位置、図 - 11 に事故発生時の周辺の車両状況を示した。これらによると、都心環状線等から延伸した渋滞流内の疎部と密部の境界で渋滞末尾と同じような事故が発生していることがわかる。発生位置も坑口付近または坑口手前の右側車線でほとんど発生しており類似している。

事故発生時の状況も渋滞末尾とほぼ同様であるが、車群のトンネル手前区間へ進入速度は 40km/h 程度と若干低い。車両感知器データの平均速度は 20~30km/h となっているが、事故が起こる直前では速度差が 40km/h 程度となっていることがわかる。このように渋滞流内でも疎部と密部の境界では渋滞末尾と同じような状況が起きていることがわかる。

対策としては、渋滞末尾と同様であるが、疎密の境界を捉えることは、現状の車両感知器データを用いた渋滞末尾情報の作成には限界があると考えられ、このような疎密の状況を捉える画像解析技術が必要となる。

c) 渋滞内 (パターン 3)

渋滞内(周辺車両も含め 20km/h 前後で低速運転中)に発生している事故である。前方で生じた若干の減速に気づかず、ブレーキングが遅れ追突している。前方のブレーキングに気づくのが遅れる要因としては、脇見、考え事等の個人的な要因の他に、同地点にある情報提供機器を見ていたことで注意が上に向いていたこと等も推測される。これについては a) 渋滞末尾、b) 疎密部の境界の事故にも影響がある可能性がある。

対策としては、追突や前方車との車間距離保持の注意喚起の他に、当事者から聞き取ることで脇見要因を明確にし、状況によっては要因の排除(例えば図形情報板の移設)等が挙げられる。前述の ITS 技術の活用も有効と考えられる。

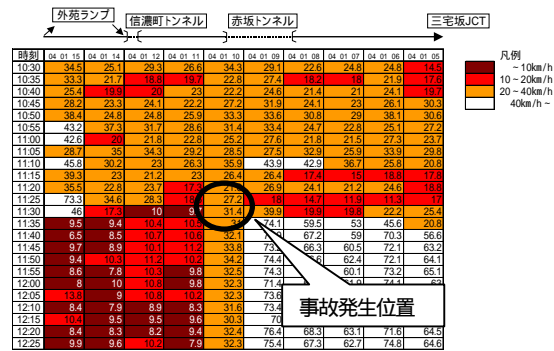


図 - 10 事故発生時の速度状況 (ある 1 事故)

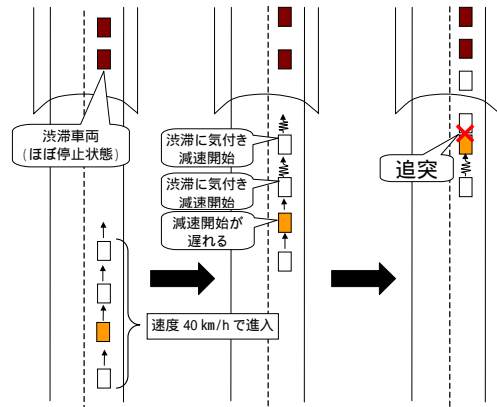


図 - 11 事故発生時の状況

5. おわりに

事故発生時映像を用いた分析は、これまでの事故データや車両感知器データによる分析では分からなかった正確な発生位置、発生直前の車両相互の位置関係、速度、車間距離、渋滞状況等が把握でき、これを用いることが要因分析及び対策立案に有効であることを検証できた。現在はシステム負荷を考慮し、CCTV映像は録画されていないが、多発箇所だけでも事故発生時データを自動で蓄積し、事故要因を分析することで、的確な対策を施すことができると言える。

事故が発生時の状況のみでなく、事故には至らなかったが同様な危険事象(ヒヤリット)も多数存在していると思われる。これを定量化することで、対策の必要性をより説得力のある形で説明できると考えられる。また、トンネル坑口付近での前方車両の視認性や図形情報板などの影響等の利用者の視点から見た要因分析も必要と言える。

参考文献

- 1) 首都高速道路(株)ホームページ：
<http://www.shutoko.jp/safety/safety/index.html>
- 2) 割田博・植野晃・田中淳：「縦断区間を対象としたヒヤリ体験調査と画像解析による事故要因分析」、第 26 回日本道路会議、2005。
- 3) 赤羽弘和・長谷川潤・森田紳之：「都市高速道路における追突事故発生状況の感知器データによる分析」、第 20 回交通工学研究発表会論文報告集、pp.1-4、2000。
- 4) 上條俊介・原田将弘・坂内正夫：「統計モデルと意味階層の結合による交通映像異常事象検出システム」、電子情報通信学会論文誌、Vol.J88-A No.2、pp.152-163、2005。