

連続撮影ビデオ画像を用いた車両走行危険事象分析

An Analysis of Traffic Conflicts Using Continuous Recording of Vehicular Movements

宇野伸宏*・日吉健至**・飯田恭敬***・有野充朗****

by Nobuhiro UNO, Kenji HIYOSHI, Yasunori IIDA and Mitsuo ARINO

1. はじめに

道路交通システムは人流，物流において大きな役割を担っており，社会経済活動の発展には欠かせない存在であるが，その一方で，交通事故による人命や財産の損失は少なくなく，大きな問題となっている．日本の年間交通事故件数は 936,721 件，死者数は，8,326 人に上る(平成 14 年度データ)．事故件数は平成 14 年度にわずかに減少したものの，平成 13 年度まで 24 年間連続で増加し続けている．また，事故原因の約 8 割が運転者の不注意や操作・判断ミスなどの人的ミスによるものであるという事実からも，道路交通システムの安全性向上が不可欠であり，そのためには，道路線形・道路案内の改善や ITS 技術の有効活用などによって人的ミスそのものを予防することが望まれる．

このような事故対策を効率的かつ有効的に施すためには，事故要因の詳しい分析が必要であり，様々な方法(運転時の視点挙動分析・アンケート調査など)が考えられるが，本研究では，名阪国道のカーブ区間に連続的に設置されたビデオカメラで収集した画像データを用いて車両の軌道解析を行い，走行車両の挙動を時間的・空間的に分析し，事故多発時の交通状況に内在する潜在的な危険性を明らかにする．本研究では特に車両単独の危険性を評価する指標として車線中心からの走行位置の乖離度，車両の遠心加速度やその変化率といったコンフリクト指標を用いる．

Keywords: 画像データ，交通事故，コンフリクト分析，走行軌道

*正員 博士(工) 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻
(〒 606-8501 京都市左京区吉田本町, Tel:075-753-5126)

**学生員 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻

***フェロー 工博 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻

****国土交通省 近畿地方整備局 奈良国道事務所

2. 分析対象区間と交通事故発生状況

(1) 名阪国道の概要

名阪国道(一般国道 25 号)は，奈良県天理市と三重県亀山市を結ぶ全長 31.6km の一般国道であり，昭和 40 年に供用が開始され，昭和 52 年に全線 4 車線化が完成した．規制速度は，60km/h に設定されている自動車専用道路でもあり，125cc 以下の二輪車・自転車・歩行者は通行できない．名阪国道は名神高速道路と共に，関西圏と中部圏を結ぶ東西主要幹線道路であり，その東西は高速道路である「東名阪自動車道」「西名阪自動車道」に接続されている．しかし，モーターリレーゼーションの進展と相まって交通量が増加し，さらに，東西の高速道路を接続する道路であることや急勾配が多いなどの理由で高速走行車両が多く，交通渋滞や交通事故の増加などが大きな問題となっている．

名阪国道の中でも最も多数の事故が発生するのが天理東 IC～福住 IC までのカーブ区間である(図-1)．特にこの区間の下り線(天理方向)での事故が多く観測されているが，この区間では 5%～6% という急な下り勾配が多く連続しており，さらに半径 200m・300m というドライバーから見れば非常に厳しいカーブが連続しているという道路線形上の特徴を有している．

本研究では，カーブ区間のうちでも中畑地区と呼ばれるブローケンバックカーブを含む範囲を対象とする(図-1 の太枠内)．ブローケンバックカーブとは連続する 2 つのカーブの間に短い直線区間が入るような道路線形であり，運転操作の難しい線形と言える．

(2) 交通事故の発生状況

中畑地区における交通事故の発生状況(統計データ)を図-2 に示す．図-2 より明らかな点として，カ

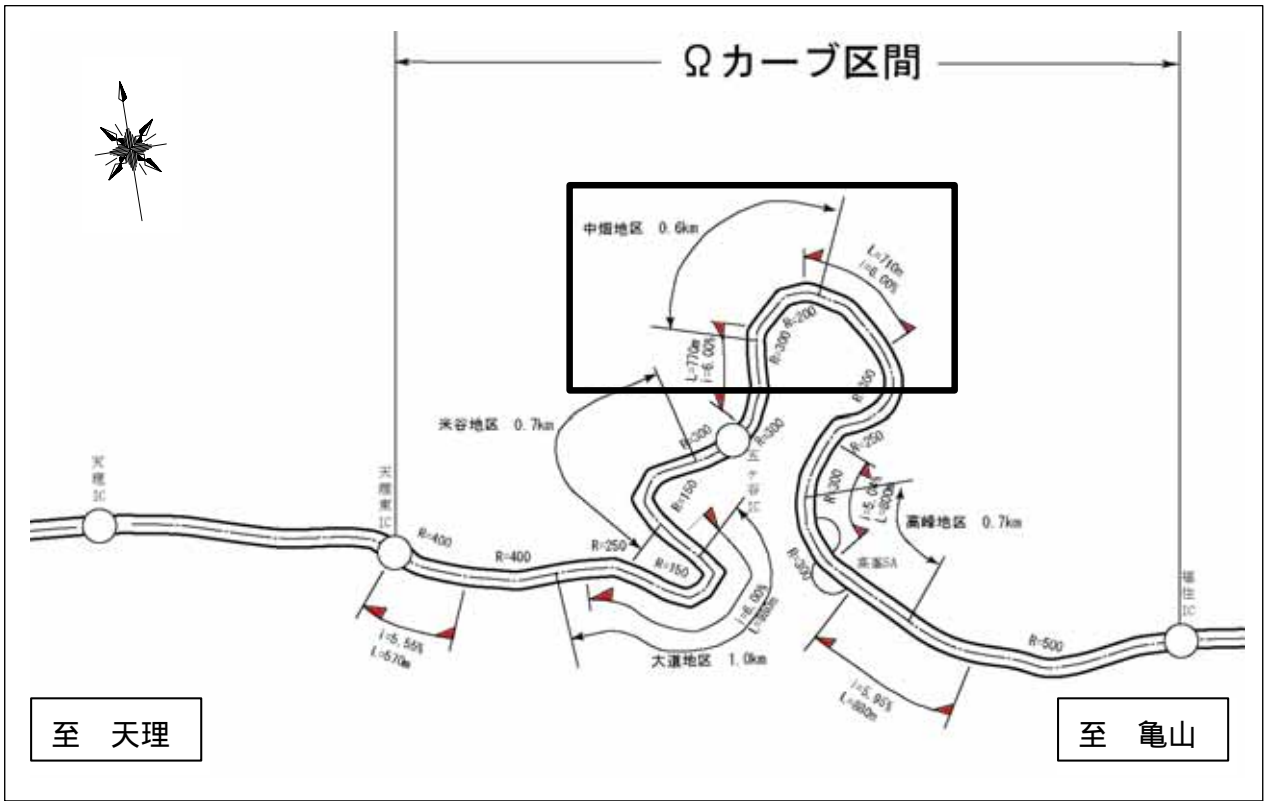
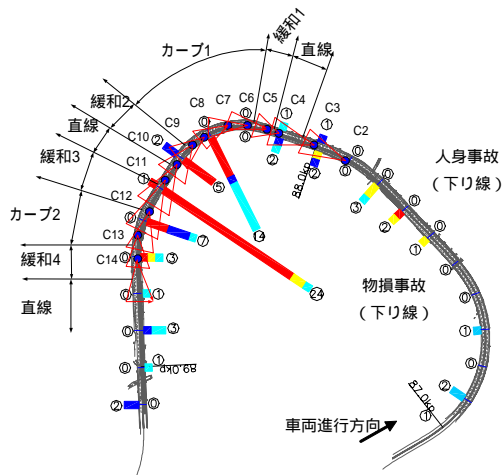


図-1 対象道路区間の概要

ープ2（半径 300m）に至る緩和曲線 3 付近における事故が最も多く記録されており、次いで半径 200m のカーブ1 における事故が多くなっている。

事故形態別に見ると、前者では車両単独事故（分離帯，防護柵などへの衝突）の占める割合が非常に高くなっているのに対し、後者では車両相互事故が過半数を占めている。事故の発生件数を天候別・KP 別に集計した結果を表-1 に示す。表-1 より、雨天時における車両単独事故の多さをうかがい知ることができる。



凡 例	
	車両単独(工作物)
	その他の車両単独
	追突
	その他の車両相互
	その他不明件数

図-2 事故発生状況

表-1 天候別の事故発生状況

KP	車両単独(工作物)		その他の車両単独		追突		その他の車両相互		総計
	雨	雨以外	雨	雨以外	雨	雨以外	雨	雨以外	
87.1									2
87.2		1						1	1
87.3								1	1
87.4									1
87.5									1
87.6				1	1				2
87.7		1							2
87.8				2	2			1	3
87.9									2
88.0				1	1				2
88.1						1	1		2
88.2									1
88.3	5	1	6		1	1	4	3	14
88.4	5		5						5
88.5	21		21	2	2			1	24
88.6	3		3					1	7
88.7	1		1	1	1			1	3
88.8								1	1
88.9					1	1	1	1	3
89								1	1
89.1								1	1

(3) 車両軌道データの収集方法

本研究では、既設のカメラを含めて、路側に設置された合計 13 台のデジタルビデオカメラを利用して、約 900m の区間における車両の走行軌道を記録

した。各カメラの撮影範囲は道路進行方向に対して、70～100m としている。本研究で利用したビデオカメラのデータは、連続的な車両の走行軌道の記録を目的としたものであり、各カメラの撮影範囲を上流・下流で 10m 程度ずつ重複させることを目標として、カメラを設置し、カメラ間での走行軌道データの欠落を防止している。なお、本研究で利用しているデータは、平成 15 年 10 月 16 日～11 月 3 日の間に記録されたデータを利用しており、交通量や天候条件により、必要なデータを抽出して分析している。

3. 事故形態を考慮したコンフリクト評価指標

2(2)で述べたように、本研究で対象としている中畑地区においては、車両単独事故が最も多く発生している。この点を踏まえて、本研究ではとりわけ車両単独事故の潜在的な危険性を評価するためのコンフリクト指標を用いて分析を行う。

(1) 乖離度

車線中心からの乖離度(以下「乖離度」と略す)は、車両が車線の中心からどのくらい離れた位置を走行しているかを表す指標である。道路の進行方向と垂直に X 軸をとった場合の、車線中央の X 座標と車両の X 座標の差を乖離度と定義する。X 座標の原点は、走行車線の路肩と車線との境界とする。

$$\text{乖離度} = X_c - X_l \dots (1)$$

X_c : 車両の X 座標

X_l : 各車線の中央の X 座標

とりわけ、当該区間においては追越車線の右側に連続して分離帯が設置されているため、この乖離度という指標を用いることで、このような車両単独事故の潜在的危険性を推測できるものと考えられる。

(2) 遠心加速度

カーブ区間走行時の力学的安定性を評価するため式(2)を用いて遠心加速度の推定値を求める。

$$\text{遠心加速度} = V^2 / R \dots (2)$$

V : 車両速度(m/s)

R : 曲率半径(m)

あわせて遠心加速度の変化率も推定し、カーブ区間走行中の運転者のハンドル操作の難しさの程度等

についても評価を試みる。

4. コンフリクト評価指標と事故発生との関連性

(1) 乖離度に基づく考察

図-3 に、事故の多発する時間帯における車線ごとの乖離度平均と標準偏差を示した。乖離度は前述の定義から正の値をとる時は車両が車線の中央より右側(カーブの外側・中央分離帯側)を走行していることになり、逆に負の値をとる時は車線中央の左側(カーブの内側・路肩側)を走行していることを意味する。

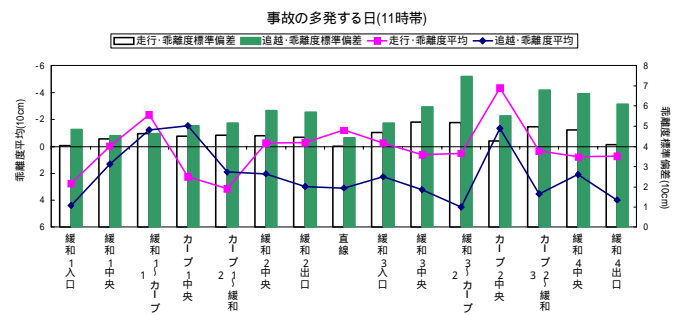


図-3 乖離度平均および標準偏差

図-3 は特に事故の発生が多い午前 11 時台のデータを集計した結果である。一つの特徴としては、カーブ 1 の中央地点において最も走行車線走行車と追越車線走行車の走行位置が接近するという点である。中畑カーブの地点別の事故発生状況を見てみると、追突以外の車両相互事故(追越追抜、すれ違いの際の事故)が圧倒的に多いのはカーブ 1 の中央地点であり、両車線を走行する車両の接近により接触事故を起こす可能性が推測される。加えて、カーブ 1 の終わりから直線を経てカーブ 2 の始まり付近までの間で、常に追越車線走行車が車線中央より中央分離帯側(車線の右側)に寄っているということが分かる。地点別の事故状況を見ると、中央分離帯や防護柵への衝突事故のほとんどが、カーブ 1 の終端からカーブ 2 の始端にかけての区間で起きており、このことと乖離度のデータが示す、追越車線走行車の中央分離帯への接近傾向は何らかの関連性を有すると考えられる。

(2) 遠心加速度の推定結果と考察

中畑地区においては雨天時の車両単独事故が顕著である。カーブ走行車両のスリップによる事故発生

の可能性が考えられるため、本研究では、式(2)に基づき、走行軌道データより各車両の遠心加速度を推定した。図-4は、雨天時の車線ごとの遠心加速度推定値の平均およびその標準偏差を表している。

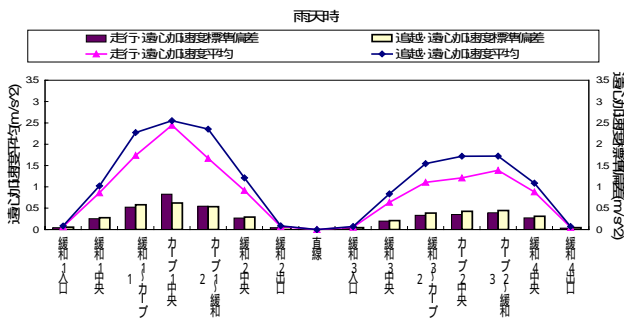


図-4 雨天時の遠心加速度平均および標準偏差

カーブ1の方がカーブ2よりも曲率半径が小さいため、全体的にカーブ1の遠心加速度が大きくなっている。また、カーブ1区間中央部では最も大きな値を示しており、車両にかなり大きな遠心力がかかっていると思われる。ここでは、カーブ区間走行中の車両の横滑り摩擦に着目し、式(3)を用いて走行危険性の評価を試みる。

$$g(i+f) \geq \frac{V^2}{R} = a \dots (3)$$

- R: 曲率半径(m), V: 車両速度(m/s)
- g: 重力加速度(m/s^2), i: 路面の片勾配
- f: タイヤと路面の横滑り摩擦係数
- a: 遠心加速度(m/s^2)

カーブ1中央の曲率半径は200m、片勾配は0.0826であり、fは乾燥時の摩擦係数を最も低く見積もった時の0.4に対し雨天時は約0.3である¹⁾。さらに、gを $9.8 m/s^2$ とすると、その限界速度は98.6km/hと推定される。雨天時のカーブ1中央追越車線における平均速度は約80km/hであるが、雨天時にも100km/h前後で走行する車両が少なくないため、この場合のスリップ危険性はかなり高いと推測される。

(3)遠心加速度の変化率の推定結果と考察

一般に、遠心加速度の変化率が $0.6 m/s^3$ を超えると、運転者がハンドル操作に困難を感じる可能性が高いとされている。特に緩和区間を設計する際、遠心加速度の変化率を一定値以下に抑えることはかなり重要な条件である。図-5に事故の多い時間帯の遠心加速度の変化率の平均および、変化率が $0.6 m/s^3$

以上となり、ハンドル操作上の困難を感じる可能性の高い車両の割合を示した。

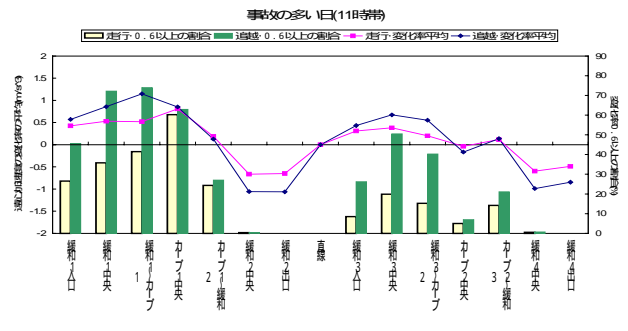


図-5 遠心加速度の変化率の推定結果

全体的な傾向としては、遠心加速度の変化率が $0.6 m/s^3$ を超え、運転操作に困難を感じている可能性が高い車両の割合がかなり存在するということがある。特に緩和1区間からカーブ1区間にかけては全体の60%以上もの車両が運転操作の困難を感じる可能性があるという結果になっている。

5. まとめ

本研究では、車線中心からの乖離度・遠心加速度およびその変化率の推定値を用いて、潜在的な事故危険性とその要因について分析した。乖離度から判断すれば、カーブ区間1における走行車線走行車と追越車線走行車の接近傾向、カーブ区間1後半部からカーブ区間2入口部までの中央分離帯への接近傾向などの全体的な傾向が、車両単独事故の発生状況とよく一致している。遠心加速度を用いた分析では、特にカーブ区間1において、大きな遠心力がかかることが証明され、雨天時の横すべり摩擦力の低下が引き起こす危険性について示した。

今後の課題としては、収集した車両軌道データをデータベース化し、それを用いて潜在的事故危険性が高い走行挙動を抽出するとともに、そのような挙動に至るプロセスについて分析する。

【参考文献】

- 1) ハンス・ローレンツ：道路の線形と環境設計，鹿島出版会，1976