

都市高速道路曲線部における車両の走行特性と運転者の眼球運動*

On Drivers' Eye Movements and Driving Attitude in Urban Motorway Curve Passages

門間健**・岩崎征人***・古市朋輝****

By Takeshi KADOMA**・Masato IWASAKI***・Tomoki FURUICHI****

1. はじめに

都市高速道路は路線構造上の制約から厳しい線形の区間が存在する。いくつかの曲線区間では類似線形にもかかわらず、施設接触事故等の車両単独事故の発生件数に差のある区間が存在する。

一般的に事故の多くはヒューマンエラーにより引き起こされているといわれている¹⁾²⁾。自由流状態の実勢速度は規制速度よりもやや高い傾向がある。しかし、多数の運転者は事故を起こすようなハンドル操作や速度制御等、注意力不足等で走行しているわけではない。

走行中の運転者は、周囲の車の走行状況や道路構造などの情報を視覚で収集しながら走行している。このとき、運転者は視覚から得られる情報を処理した上で、速度制御やハンドルの操作を行う。一方、曲線区間走行中の車両には遠心加速度が発生する。遠心加速度の大きさは、道路の曲線半径、速度およびハンドル操作角度に依存している。

本研究では都市高速道路上での実車走行試験から得られたデータを用いて、事故発生件数の多い曲線区間における運転者の注視特性と運転挙動および道路構造と言う2つの側面から分析したものである。具体的には、遠心加速度が平均値より大きく乖離した地点での眼球運動を分析し、曲線部における運転者の注視・走行挙動と事故との関係について考察を加えたものである。

2. 実験概要

分析対象としたS曲線区間の事故発生頻度は、首都高速道路公団から入手した事故統計³⁾をもとに著者らが独自に判断したものである。この結果をもとに、首都高速道路の類似線形とみなせるS曲線区間を対象とし、実車による走行実験を行った。表-1に実験対象区間の組み合わせを示す。実験にはホンダオデッセイ(AT車)を使用した。

実験は、各路線6人~8人の運転者を用い1日あたり1路線を走行した。運転者は20代の男性で1人あたり1回目は走行車線、2回目は追越車線を走行する2往復とした。運転者にはコースを指示する以外は情報を与えず、会話などは許可し、可能な限り普通の走行状況を再現した。運転者の眼球運動を把握するために、アイマークカメラを使用した。

実験時間帯はアイマークカメラを装着して運転するため夜間走行は危険と判断し全て日中に行った。この報文では表-1に示した分析項目を使用した。走行実験ではこれ以外のデータも計測している。速度・操舵角データは10m単位で入手した。運転者の注視状況はアイカメラ(nac製EMR-8)で測定した。注視時間はnac製EMR-8解析ソフトを用いて求めた。

3. 遠心加速度によるヒヤリの判定

(1) 曲線通過時の運転特性

今回の実験では交通事故を起こした被験者はいなかった。しかし、すべての被験者が同じ運転行動をとっているわけではない。そこで走行状態の判断指標として遠心加速度を用いる。遠心加速度は、運転

表-1 計測項目

注視特性	時間・対象物
走行特性	操舵角・速度制御・距離

*キーワード：交通安全

** 正員，工修

*** 正員，工博

**** 正員，工修

武蔵工業大学大学院工学研究科土木工学専攻

(東京都世田谷区玉堤 1-28-1，

TEL03-3703-3111，FAX03-5707-1156)

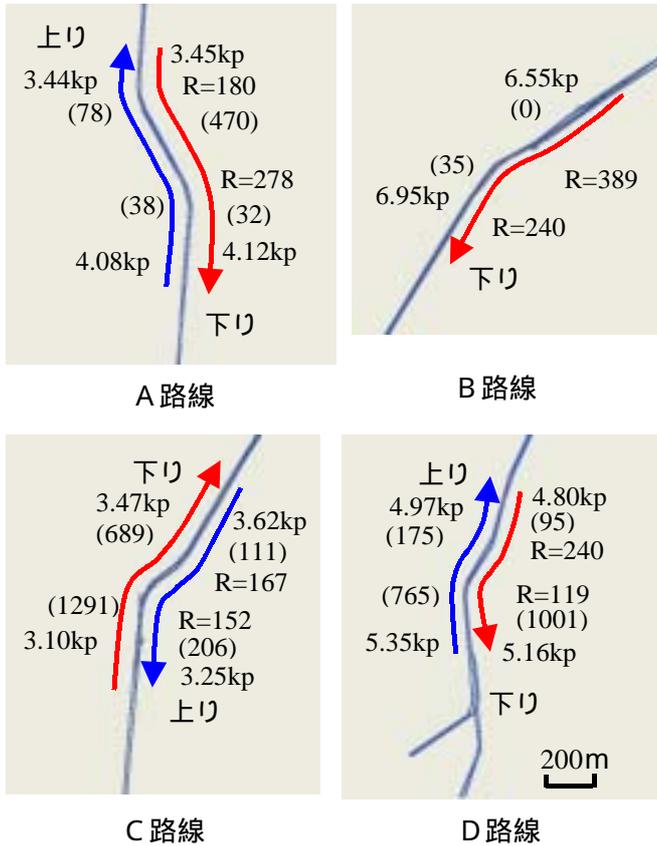


図-1 対象路線図

者が視覚を通して得られた情報を認知・判断した結果の反応であるアクセルおよびハンドル操作によって出力されるものである。曲線区間走行中に遠心加速度がある閾値より大きくなる被験者について着目し、以下の分析を進めることとした。この前提として本論文では平均値からの乖離が大きい運転挙動が、稀現象である交通事故発生時の運転行動につながる、との前提に立つからである。

(2) 遠心加速度の算出

本論文では、試験車両が曲線区間を通過する際の遠心加速度を、地点速度、操舵角および横断勾配を用いて算出した。これらの指標から、遠心加速度 (m/sec^2) は、

$$=v^2/R \quad (1)$$

ここに、

v : 速度 (m/sec)

R : 半径 (m)

である。上式をもとに図-2 から得られる走行時半径 $R(m)$ 、及び前車輪のつくる角度 θ が操舵角 h に比例すると考えると、遠心加速度は横断勾配及び重力加速度 $g (m/sec^2)$ を考慮して、

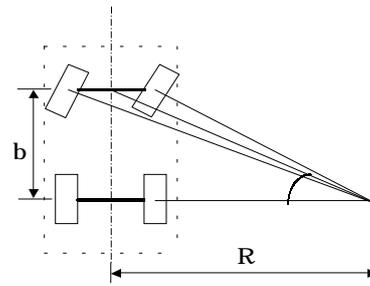


図-2 前輪の傾きと回転半径の関係

$$= \frac{[v \cdot (1/3.6)]^2}{b/\sin(h) \cdot \phi_{max}/h_{max}} \cdot \cos \theta - g \cdot \sin \theta (m/sec^2) \quad (3)$$

b : ホイールベース (m)

ϕ_{max} : 最大操舵角時の前輪の傾き ($^\circ$)

h_{max} : 最大操舵角度 ($^\circ$)

と表した。

(3) 曲線通過時の眼球運動

本研究での注視の定義は、運転者が同一対象物を見ている状態が0.165秒以上続く場合⁴⁾ 眼球移動速度が30deg/sec以下のときに同一対象物を注視しているとした。眼球移動速度は、研究対象が自動車運転中の為大きめの値を取った⁴⁾。

(4) 遠心加速度による被験者の類型化

遠心加速度の分類は、被験者が曲線区間内のある地点においてある遠心加速度値以上を出現させた走行状態であると判定する。ここでは、この閾値として〔平均値+1.64 : 上側発生確率5%〕を採用した。本論文では、各曲線区間について分析の都合上仮に平均的な走行状態よりも大きな遠心加速度を発生させた若干名の被験者に着目するために上側発生確率5% (すなわち、平均値+1.64) の状態を採用することとした。

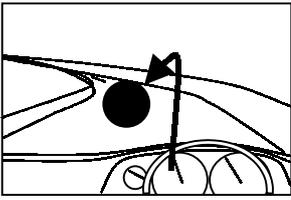
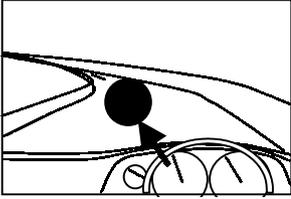
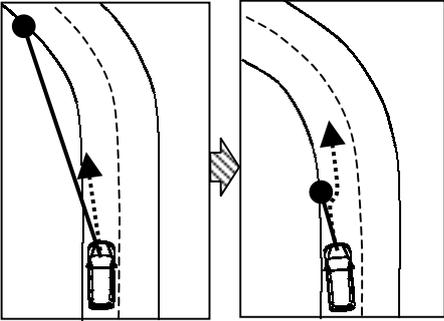
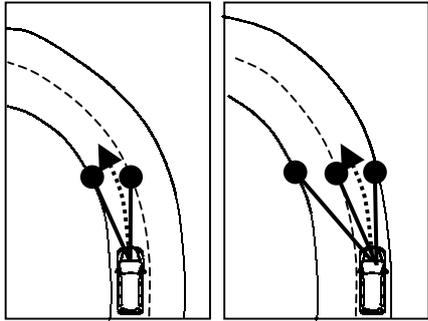
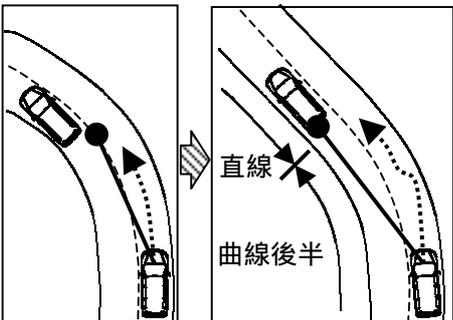
(5) 結果及び考察

曲線区間通過時の遠心加速度が〔平均値+1.64〕以上を出現させた各被験者の眼球運動の状態を、当該遠心加速度発生直前・遠心加速度が〔平均値+1.64〕以上区間で比較した結果を表-2に示した。その結果、4つのCaseに分類することができた。

(A) Case : 円曲線区間進入前・出口付近

速度計を見た場合で2つのパターンが観測された。

表-2 遠心加速度が〔 平均値+1.64 〕を超えた状況（ヒューマンエラーの類型化）

Case	発生位置	注視点の変化		状況図	頻度	
	円曲線区 間進入 前・出口 付近	a)	直前	速度計を見た (脇見).		1 /75
			遠心加 速度が大 きい時	注視点は、前方景 色から路上に移っ た.		
		b)	直前	速度計を見た (脇見).		1 /75
			遠心加 速度が大 きい時	注視点が、路上に 移った.		
	円曲線区 間 進入前	直前	曲線前方を注視し 構造把握を行っ た.		7 /75	
	遠心加 速度が大 きい時	注視していた方の 側壁にぶつかりそ うになり、走行位 置を直すため、路 上に注視点が移っ た.				
	円曲線区 間	直前・遠 心加 速度が大 きい 時	速度が高く、注視 位置が定まってい なく、左右に激し く動いている.		6 /75	
	円曲線区 間 出口付近	直前	前方を走行する車 の後方部を注視し ている.		3 /75	
	遠心加 速度が大 きい 時	前方車が直線区 間を走行すると、車 線から逸脱する方 向へ進み、側壁に ぶつかりそうにな る.				

●注視点 ◀進行方向

a)は曲線区間で速度計を注視している間は進行方向を見ていない。直前の情報で操作をするため車両の位置は予定していた軌跡から外れてしまい補正が必要になる。この際の操作は、通常の操作よりも急

激なものとなり遠心加速度が大きくなる。仮に、速度計を注視していた時間が1secであるとすると、車両は、約17m(60km/h)進んでいる。

b)の場合においても同様に速度計を注視している

間に車両位置が進むことが原因の一つとして考えられる。もう1つは、速度計への注視と速度の判断は瞬時に多くの情報処理を強いられるので、速度計を注視した後に注視点が元に戻っても前方情報の処理開始が遅れてしまうと考えられる。また、わき見後の注視が曲線区間に存在する前方車両であった場合は情報を判断するのに非常に時間が必要となる。これは、注視対象となる車両も移動しているためである。速度計以外にも路外への注視が行われたときにこのような状況になりやすい。

(B) Case : 円曲線区間進入前

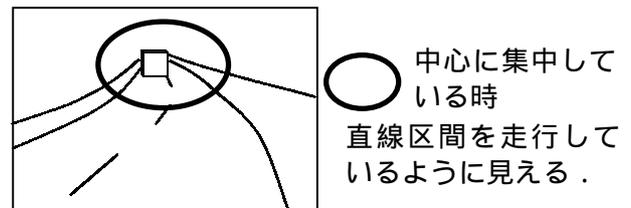
このCaseの場合、運転者は線形を把握するために、注視点を遠くにおいている。この時、車両は注視方向にわずかながら進んでいく。この場合は、車両は左側壁へ寄っていく。これは、深く注視すると視野が狭まるためと考えられる。次の瞬間には、運転手は注視点を遠方曲線部から自車直前へ移し車両位置が左側壁へ寄っていることを認識し、ハンドル操作を行い車両の位置を整える。

(C) Case : 円曲線区間

円曲線区間走行中の運転者の注視点は、センターライン沿いを見ているのが殆どである。遠心加速度が大きな値になった時は眼球が左右に動いていた。特に、左曲線区間を超越車線で走行する場合、曲線方向に対して道路上に1車線分の空間が存在するため注視点が定まらなると考えられる。注視点が左右に定まらない原因は、運転者がこれから通過する曲線を過小評価することがある為と考えられる。これは、遠くから曲線を完全に見えていても起こるのである¹⁾。過小評価をして曲線に進入すると車両が進むに従い予想に反して半径が小さいことに気づく。この時の誤認により適正な注視点への注視が遅れる。もしくは、どこに、たくさんの情報があるか、適正な注視点はどこかの判断ができなくなる。この時の進入速度は曲線区間を過小評価したため高い。処理速度は認知 - 判断を強いられている為、通常の走行時よりも速くなっていると考えられる。その結果、眼球移動方向は曲線の先と手前を見ようとするが半径の小さい曲線通過中は左右方向になり、移動距離や負荷も大きくなるのである。

(D) Case : 円曲線区間出口付近

前方車両が曲線区間に存在する間は、注視点は前



先行車両が曲線区間を通過した場合
(運転者の視線)
図-2 Case

方車両を追従している。しかし、前方車両が直線区間に進入しても注視の追従を続けると、実験車はまだ曲線区間(緩和区間も含む)を走行中にもかかわらず、あたかもすでに直進区間を走行しているような錯覚を起こすと推測できる(図-2)。これはCaseと同様で、深く注視したため中心に視野が狭められたと考えられる。この結果、車両は車線から逸脱する方向の進路をとってしまい、急ハンドルによって自車の進行方向を修正するのである。この瞬間に、遠心加速度の値が大きくなる。

5. おわりに

本報文では遠心加速度を用いてヒューマンエラーの発生とその時の注視挙動を示した。今後は、遠心加速度で出てきた状況下で見られた注視の挙動と施設接触事故との因果関係を明らかにする必要がある。今回は定性的な解析のみであったが、今後は、これらの現象を示す定量的な手法を示す予定である。

謝辞：本研究は、(財)国土技術研究センターの受託研究の一部として実施した。さらに、2000年の実験では、(財)首都高速道路技術センターから物心両面にわたる援助を受けた。北海道大学萩原助教授には貴重な意見を頂いた。記して関係各位に謝意を表する。

参考文献

- 1) Shinar, D : 交通心理学入門, 野口・山下共訳, サイエンス社, pp.122-140, 1985
- 2) 蓮花一己他 : 交通行動の社会心理学, 北大路書房, p.29, 2000.11.
- 3) 首都高速道路公団計画部 : 首都高速道路の単路部における幾何構造と交通特性に関する調査検討(その2), 1995.2.
- 4) 福田亮子他 : 注視点の定義に関する実験的検討, 人間工学, Vol.28(2), pp.197-204, 1996.