

カーブにおける二輪車の走行特性について

BEHAVIOR OF MOTORCYCLES AT A HORIZONTAL CURVE

三井達郎*

By Tatsuro MITSUI

Movement of motorcycles at a horizontal curve was photographed with a 16 mm movie camera to investigate the difference in motorcycle behavior for curve direction. For measuring the real positions of motorcycles from 16 mm films, the coordinates of motorcycles on each frame were transformed into those on terrestrial coordinate system by means of perspective projection. From these data, trajectory, turning radius, speed, and estimated time to rushing out of curve were calculated. The results of this analysis indicate that behavior of motorcycles is different in all of above mentioned items for each direction.

1. はじめに

近年の二輪車利用の著しい普及に伴い、二輪車事故が大幅に増え大きな社会問題となっている。警視庁のデータによれば、¹⁾二輪車が関与する交通事故はここ数年の間に急速に増加し、現在では全事故の約4割を占めるに至っている。二輪車は四輪車と比較して、機動性が高く気軽に利用できるという利点がある反面バランスがとりにくく転倒の危険があること、運転者の身体が露出しているため雨天時には運転しにくく、また事故を起こすと重大事故となりやすいこと等の短所をもっている。二輪車の安全対策のためには、このような二輪車と四輪車の特徴の違いを考慮し、従来どちらかといえば軽視されがちであった二輪車に焦点をあてた交通現象や事故原因の

分析を進めることが必要である。

本研究では二輪車の単独死亡事故が比較的多いカーブ区間を調査対象とし、そこを通過する二輪車の走行特性について調査分析を行った。データ解析方法としては、現地で撮影した16mmフィルム上に写し込んでおいた基準点を基に、撮影時のカメラの位置及びカメラの傾きを算出し、フィルム上の座標系から平面と仮定した地上座標系への変換式を求める方法を用いた。この方法は、フィルムによる交通現象解析としては従来みられなかった新しい方法であり、この変換式を用いることによって各コマごとの二輪車の地上座標系での位置が求まり、交通現象の詳細な分析が可能となる。

2. カーブにおける二輪車単独事故の概要

昭和55年1月から昭和56年11月までの23ヶ月間に東京都内で発生した22,763件の二輪車関連事故の分析結果によれば、²⁾二輪車単独事故は543件(2.4%)

* 正会員 工修 科学警察研究所交通安全研究室
(〒102 千代田区三番町6)

であり、同期周の全二輪車関連事故中に占める二輪車単独事故の割合1.7%を上まわっている。道路線形別にみると、カーブでの事故は全二輪車単独事故のうち37.7%を占め直線部に次いで多くなっている。またカーブの方向別では、右カーブ24.1%、左カーブ13.6%で右カーブの割合が約1.8倍多い。次に死亡事故についてみると、二輪車関連死亡事故218件のうち単独死亡事故は61件(28.0%)で、これは全二輪車関連人身事故中に占める単独事故の割合2.4%と比較すると非常に高く、二輪車単独事故は死亡事故となりやすいことがわかる。道路線形別では直線部が52.5%、右カーブ24.6%、左カーブ18.0%となっており、二輪車単独死亡事故のうち42.6%はカーブで発生し、左カーブに比べて右カーブの発生率が高いと言える。

図1は昭和58年中に東京都内で発生した二輪車単独死亡事故41件のうち、カーブで発生した事故15件について事故原標中の現場見取図から事故発生地点を読みとった結果である。これより右カーブ、左カーブ共にカーブ区間の入口と出口付近において二輪車単独死亡事故が多発する傾向がうかがえる。また個々の事故について事故直前の速度を調べてみると60Km/h以上での事故が15件中13件を占め、このうち80Km/h以上の高速で走行中の事故は8件となっている。すなわちカーブでの二輪車単独死亡事故は速度を出しすぎてカーブを曲がり切れず路側の工作物に衝突するケースが非常に多いと言えよう。

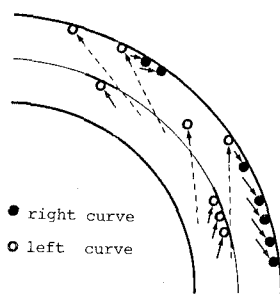


Fig. 1 Accident spots at curve

3. 調査及びデータ解析

(1) 調査地点・方法

調査は東京都練馬区光ヶ丘7丁目のS字カーブの南側部分を対象に行った。調査区間は片側1車線道路で幅員は約3.8mであり、道路の中央に高さ約1mの中央分離フェンスが設けられている。車線中央のカーブの曲率半径は、右カーブ(円周側)が73.7m、左カーブ(中心側)が67.5m、交角は約60度である。調査対象区間の昭和58年中の二輪車単独事故の発生状況を見ると、物損事故を含めて計8件発生しており人身事故は死亡事故2件となっている。

調査方法としては16mmカメラを用い、近くのビルの屋上(高さ約40m)より5コマ/秒のメモ・モーション撮影を行った。なお今回の調査では他の車の影響のない単独走行時の二輪車のみを調査対象とした。

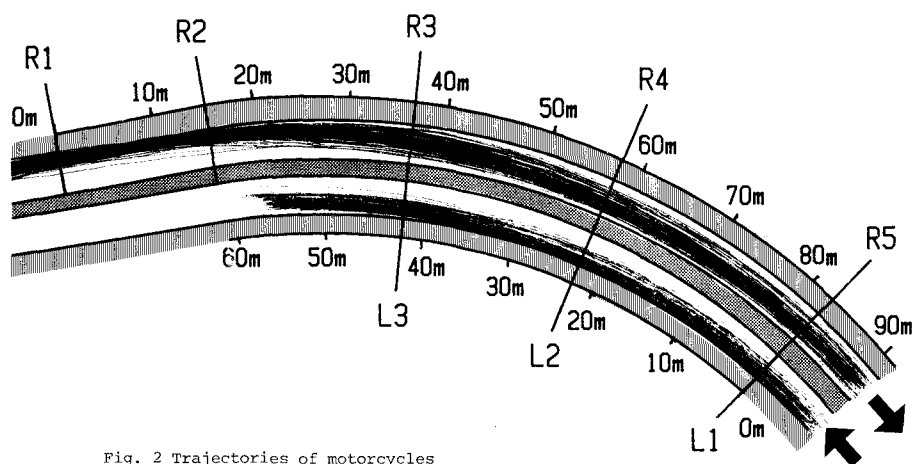


Fig. 2 Trajectories of motorcycles

(2) データ解析

一般に交通現象を撮影したフィルムから各コマごとの車両の実際の位置を知るためには、フィルム上の座標値を何らかの方法で地上座標系に変換しなければならない。この変換方法としては、車両の移動方向にあらかじめ既知の周縁でマーカーを設置してこれを車両と共にフィルム上に写し込み、フィルム上の両者の相対的位置関係から変換式を求める方法³⁾、車両の長さに着目し、フィルム上の車の位置ごとにフィルム上の車の長さ・実車長の関係から変換率を求める方法⁴⁾などが従来用いられていた。しかしこれらの方法では車両の移動方向が一定でない場合には適用が難しく、また一方向のみの近似計算によって変換パラメータを算出しているため精度の面でも必ずしも十分とは言えない。

本研究では、フィルム上の座標系と地上座標系との関係を射影幾何学の原理から数学的に算出し変換式を作成した。この変換式を作成の際には4点以上の基準点（地上座標系における座標値が既知の点）が必要であるが、今回はこの基準点座標を求めるに当って村田による写真測量手法を用いた。^{5)~7)}この方法は異なる2地点から任意の向き（カメラの傾き・位置は計測する必要はない）で撮影した2枚の写真を用いて撮影対象の3次元座標値を計測するもので、従来の写真測量のように基準点は必要でなく、対象中の2点間の距離を1つだけ測っておくことのみが必要である。この写真測量手法を用いれば、車道上の任意の点の座標と十分な精度で安全に計測することができ、これらの計測点を射影変換式作成のための基準点として用いることができる。

以上の要領で作成した変換式を用いれば、フィルム上の任意の座標値が地上座標値に変換でき、車両の移動方向に無関係に各コマごとの車両の位置が算出できる。本研究では基準点を車道上に18点設定して変換式を作成し、0.2秒ごとに二輪車の地上座標系における位置を算出した。

4. 結果と考察

調査の結果、右カーブ142台、左カーブ130台分の単独走行時の二輪車走行データが得られた。このデータを用いてカーブの方向別に、①走行軌跡、②道路横断面上の走行位置、③旋回半径、④走行速度、

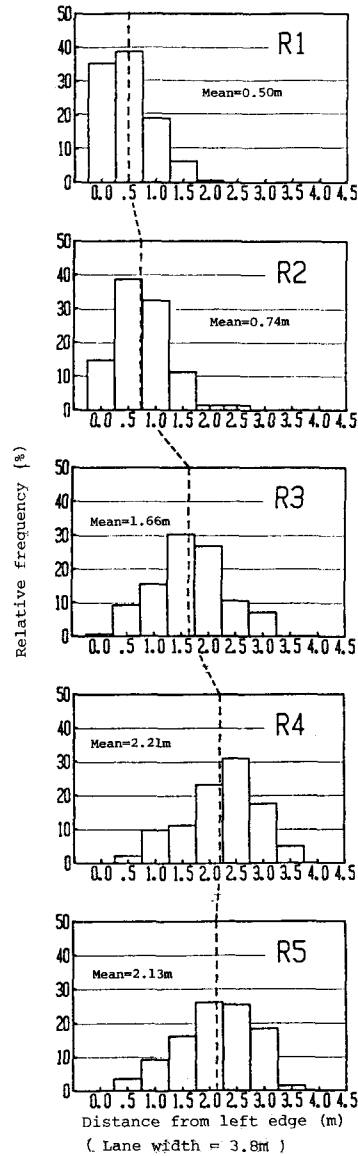


Fig. 3 Positions of motorcycles on cross sections (right curve)

⑤カーブを俗び出すまでの時間、の5項目について分析を行った。

(1) 走行軌跡と道路横断面上の走行位置

図2に全二輪車の走行軌跡を示す。また図3、図4は図2中に示す各横断面上を横切る時の二輪車の位置（車道の左端からの距離）の分布を、右カーブ、

左カーブについて示した図である。まず右カーブについてみると、カーブの入口部の断面R1、R2ではほとんどの二輪車が車道の左側を通行しているが、カーブを1/3程進んだ断面R3ではほぼ中央を走行するようになり、さらにカーブの後半からカーブの出口付近の断面R4、R5では車道の右側を通行するようになる。走行位置の平均値の差はR2からR3で最も大きく、このことから二輪車は、カーブに入り始めてすぐ道路線形よりも急な換舵角でハンドルを切り右に移動しようとする傾向があるが、図4からわかる。

一方左カーブについては(図4)、カーブの入口付近の断面L1、中央付近の断面L2、終盤付近の断面L3のいずれにおいても二輪車は道路の左側を通行しており、またカーブの入口よりカーブの中央付近で最も左に寄る傾向がある。

以上のように右カーブ、左カーブでは二輪車の走行軌跡に大きな相異がみられるわけであるが、この理由の1つとして次のことが上げられる。すなわち、二輪運転者はカーブの手前では通常の習慣から左右カーブ共に道路の左端を通行しているのがあるが、カーブを進むにつれ右カーブの場合は右側へ寄った方が速度も出しやすく、カーブ出口までの距離も短いのでいわゆるショートカットをするようになる。一方左カーブの場合は、カーブの手前で左側を走行している状況では、そのまま左端を通行することが距離的に最も近くショートカット行動はあまり見られない。

(2) 旋回半径

図5、図6は、カーブを走行する際の二輪車の旋回半径を各二輪車の走行軌跡から最小二乗法で求め、その分布とカーブの方向別に示したものである。図中の幾何学的道路半径は車線の中央部での値である。幾何学的道路半径以上の旋回半径でカーブを通行する二輪車の割合は、右カーブが91.6%、左カーブが86.9%で共にかなり高い割合を占めている。すなわちカーブにおいては、二輪運転者は進行方向を適宜変えることにより、実際の道路半径より大きな旋回半径で曲がるようとする傾向があると言える。

(3) 走行速度

図7、図8はカーブの入口付近からの二輪車の距離と、そこでの走行速度の関係を示した図である。(カーブの線形と距離指標との関係は図2に示す。)

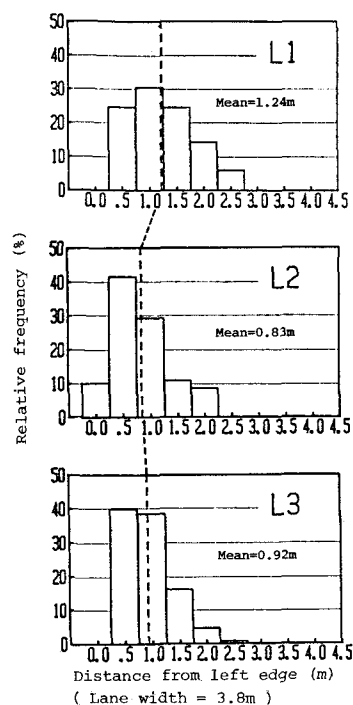


Fig. 4 Positions of motorcycles on cross sections (left curve)

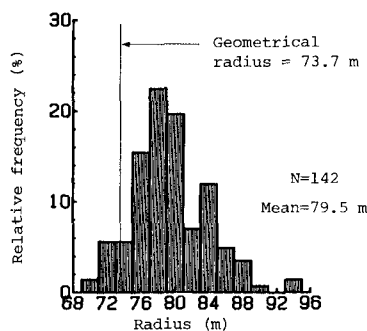


Fig. 5 Frequency histogram for turning radii (right curve)

距離・速度は共に0.4秒ごとのデータであるが、これは0.2秒ごとの値では座標読み取り時の誤差が大きく速度に影響してしまい、正確な傾向がつかみにくいことによる。なお次節(4)の分析項目においても0.4秒ごとのデータを用いた。図7をみると、右カーブでは距離が長くなるにつれて速度がやや上昇する傾向がみられる。一般にカーブを曲がる場合、入

ロー・イン、ファースト・アウト、すなわちカーブの入口では十分に速度を落とし、カーブの出口では加速して抜けていく走法が望ましいとされているが、図7から右カーブではこの走法をとる二輪車が多いことがわかる。一方左カーブではこのような加速傾向は見られな(図8)。これは(1)で述べたように右カーブでは速度を出しやすいショートカット行動をとる二輪車が多いのに対して、左カーブではこのような行動をする二輪車が少ないことによると思われる。なお、二輪車がカーブのどのくらい手前で減速し始めるかを知ることは非常に興味深い。今回の調査からは減速開始地点のデータを取得することはできなかった。この問題を調べるためには、カーブの手前の道路区間に観測の重点を置いて調査が必要である。

(4) カーブを飛び出すまでの時間

図9、図10は、ある距離での二輪車の速度と進行方向を用いて、二輪車がその時の速度・方向をそのまま保った場合何秒後にカーブの外へ飛び出すことになるかを算出し、二輪車一台ごとに距離と飛び出すまでの時間(TMTR)の関係を求めた結果である。二輪運転者はたとえわき見をしていてもこの時間以内に危険に気がつけば少なくとも回避行動はとれるわけだ、この意味でここで算出したTMTRは安全余裕時間と見なすことができよう。右カーブについてみるとカーブの手前(距離0m~10m)を除けば大部分の二輪車は1~2秒のTMTRで運転しているが、カーブの曲がり始め(距離20m付近)やカーブの出口付近(距離70~80m)で若干TMTRが短くなっている(図9)。すなわちカーブの入口や出口においては安全余裕時間が短くなり危険であるといえそうであり、このことは2.で述べたようにカーブでの二輪車単独事故はカーブの入口・出口において多発する、という事実と一致する。左カーブでは距離によるTMTRの変化はほとんど見られないが(図10)、全カーブ区間を通じてのTMTRの値は右カーブよりも左カーブの方が少し長いといえそうである。

5. 結論と今後の課題

本調査研究では、まずカーブにおける二輪車単独事故の概要を示し、次に現象観測によってカーブにおける二輪車の走行特性について検討した。データ

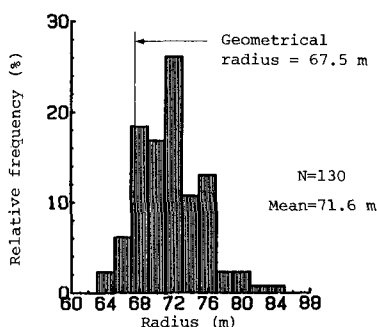


Fig. 6 Frequency histogram for turning radii (left curve)

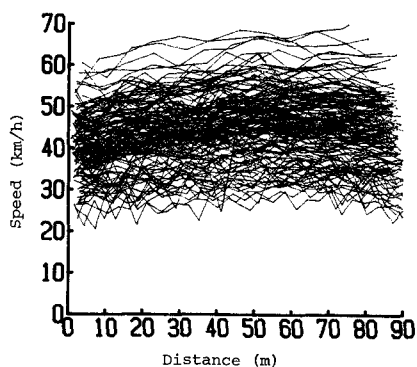


Fig. 7 Speed versus distance (right curve)

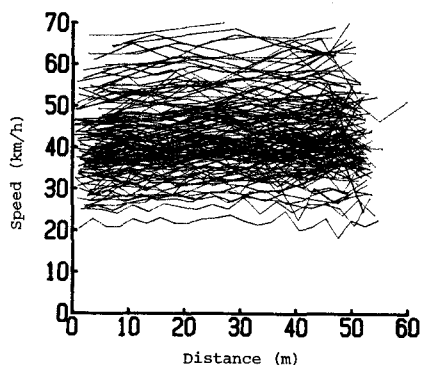


Fig. 8 Speed versus distance (left curve)

分析手法としては、現地で撮影した16mmフィルム上の二輪車の座標値を射影幾何学の原理に基づいて実際の地上座標値に変換するという方法を用いた。こ

の方法によれば、二輪車の移動方向に関係なく各コマごとの二輪車の実座標が算出できるので、交通現象の詳細な分析が可能である。

主な結果は以下のとおりである。

①二輪車は右カーブを通過する際、カーブの手前では左側を走行しているがカーブに入り始めるとすぐ右に移動していわゆるショートカット行動をする傾向がある。左カーブではほとんどの二輪車はカーブの入口から出口まで左側を走行しており、ショートカットをする車は少ない。

②カーブの方向に無関係に二輪車は実際の幾何学的道路半径よりも大きな旋回半径で曲がろうとする傾向がある。

③カーブ走行時の走行速度は、右カーブではカーブの手前で最も低くカーブを進むにつれて加速する傾向がある。しかし左カーブではこのような傾向は見られずカーブを通過してほぼ一定である。

④二輪車がある地点での速度・進行方向をそのまま保った場合、何秒後にカーブの外へ飛び出すことになるかの時間を求めると、右カーブではカーブの曲がり始めと出口付近でこの時間が若干短くなっている。一方左カーブではこのような変化は見られない。

以上のように本研究によつて、カーブを通過する際の二輪車の走行特性は右カーブと左カーブで大きく異なることが明らかとなった。そしてこのような走行特性の違いが、2で述べたような右カーブと左カーブでの単独事故の発生頻度の違いに影響しているのではないかと推察される。ただし、この結果は片側1車線の分離道路一地点のみを対象とした非常に限定された調査における結果である。中央分離帯がないカーブでは二輪車は対向車線を模して走行する場合もあるし、カーブの曲率半径・視距によつても二輪車の行動は異なってくるであろう。今後はより多くの地点で調査を実施し、具体的安全対策立案のための基礎データと蓄積することが必要である。

参考文献

- 1) 交通工学研究会：二輪車交通の交通事故防止対策に関する調査研究報告書、昭和57年3月
- 2) 交通工学研究会：二輪車交通の交通事故防止対策に関する調査研究報告書(No.2)、昭和58年3月

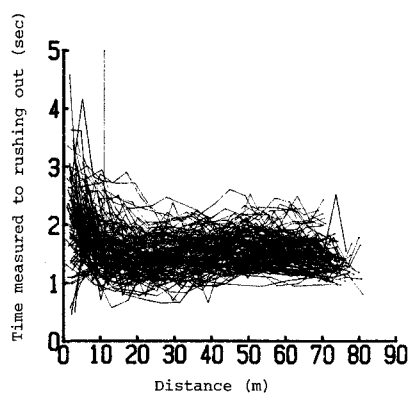


Fig. 9 Distance versus time measured to rushing out (right curve)

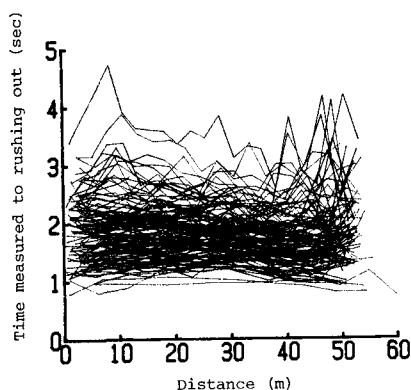


Fig. 10 Distance versus time measured to rushing out (left curve)

- 3) 岩崎征人：車両の追従挙動と巨視的交通現象に関する研究、1981年9月
- 4) 交通工学研究会：歩行者の行動実態および対策に関する調査研究報告書(No.3)、昭和55年12月
- 5) 村田隆裕ほか：35mm写真機を用いた測量手法の南米に関する研究、科警研報告交通編20、1979
- 6) 村田：1台の写真機による写真測量結果の例示、科警研報告交通編21、pp.42~45、1980
- 7) 村田：測量用カメラによる解析的測量方法の実用化に関する研究、科警研報告交通編24、1983
- 8) 村田：35mm版カメラによる写真測量に関する研究、科警研報告交通編25、pp.73~82、1984