

**投稿論文(和文ノート)**

**TECHNICAL  
NOTE**

# 住区内細街路において自動車とすれ違う自転車 利用者の危険回避行動発生予測モデル

清田 勝<sup>1</sup>・角 知憲<sup>2</sup>・大枝良直<sup>3</sup>・田中孝典<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 工博 佐賀大学助教授 理工学部建設工学科 (〒840 佐賀市本庄町1番地)

<sup>2</sup>正会員 工博 九州大学教授 工学部建設都市工学科 (〒812 福岡市東区箱崎6-10-1)

<sup>3</sup>正会員 工修 九州大学助手 工学部建設都市工学科 (〒812 福岡市東区箱崎6-10-1)

<sup>4</sup>学生会員 工修 佐賀大学大学院工学研究科博士後期課程 (〒840 佐賀市本庄町1番地)

本ノートは、歩行者・自転車と自動車の分離がなされていない住区内細街路において、すれ違う自動車から自転車搭乗者が感じる危険を定量的に評価し、自動車と自転車・歩行者の分離や、自動車の通行規制の必要性を検討するための手がかりを得ることを目的に、自動車と自転車の相対的な運動・位置を原因とする自転車利用者の自動車回避行動を観測し、回避行動の発現予測モデルを作成したものである。本ノートでは、危険の認識のレベルに回避行動を引き起こす閾値が存在することを仮定し、この閾値と与えられた危険のレベルを人が比較・弁別するものとみなすモデルを作成した。本モデルは、車種ごとに対向する自動車の速度と自転車・自動車の間隔の関数として回避行動発現率を与えるものである。

**Key Words :** bicycle, safety of cyclists, local street, disaggregate behavioral model

## 1. はじめに

住区内細街路は住民の日常生活空間であり、徒歩や自転車など機械化されない交通手段が有効に機能する空間である。しかし、その空間の安全性が、自動車の通過交通に脅かされる例は珍しくない。自動車と歩行者・自転車を共存させるために、ポンエルフやコミュニティ道路を建設し、ハンブやフォルトを用いて自動車の速度を制御する試みが続けられ<sup>1),2),3)</sup>、道路条件と歩行者・自転車の存在が自動車の通行に与える影響について研究が行われてきた<sup>4),5)</sup>。また、相対的な弱者である自転車に着目し、自転車走行の安全性<sup>6)</sup>や自転車と自動車の交差点での危険回避行動(錯綜現象)について研究が行われてきた<sup>7),8),9)</sup>。しかし、これらの研究は現状分析に重点がおかれており、いろいろな条件下におかれた自転車搭乗者の危険回避行動の発現メカニズムをモデル化しようとしたものではない。そこで、本研究では、自動車に対する危険回避行動を観測し、回避行動の発現予測モデルの構築を試みるものである。

ところで、危険の指標として交通事故の発生件数や事故の程度をとると、事故そのものが稀な事件で再現性が十分でないことや、危険な条件が感知される場合には人の行動が慎重になって逆に事故の発生に直接には結びつかないことがあるなど観測上の困難が大きい。そこで、本研究では、自転車搭乗者の自動車回避行動を取り上げ

る。回避行動と交通事故件数や事故の程度の定量的な関係はまだ十分明らかにされていないが、回避行動は外部的に容易に観測できるし、危険に対する感覚に直接的な指標である。

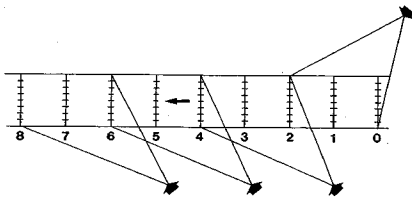
## 2. 自転車搭乗者の自動車回避行動

### (1) 観測条件と観測方法

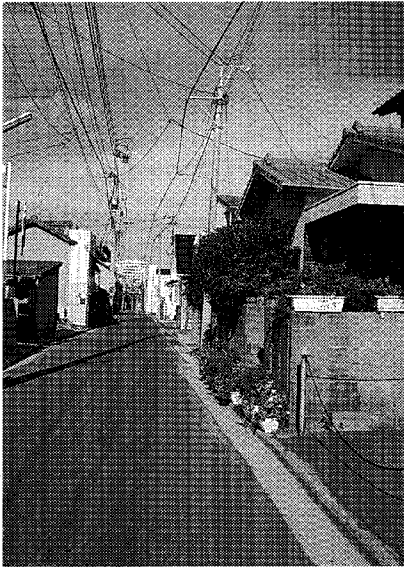
本研究では、最初のステップとして細街路で自動車と対面してすれ違う自転車を取り上げる。自転車搭乗者が接近する自動車の危険を感知して反応する主な行動には、路肩に寄る、速度を落とす、停止するなどがあり、本研究ではこれらの行動を回避行動と定義する。これらの行動は、概して容易に観測・識別可能である。また、これらの行動を引き起こす要因としては、自動車の近さと速度、それに心理的な圧迫感などが考えられる。そこで、本研究では、すれ違う際の自動車と自転車の最小距離(ハンドル端までの距離—以下、余裕幅と呼ぶ)、自動車の速度、さらに心理的要因を代表するものとして、自動車の車種、および自転車搭乗者の属性を検討する。これらの要因と自転車搭乗者の行動を、次の条件と方法で観測した。

#### a) 観測条件

①幅員4 mで自転車、自動車の交通量がいずれも少ない細街路をとる。幅員が大きいと自動車と自転車の干



図一 1 ビデオカメラを用いた観測方法



写真一 1 観測区間の状況

渉が観測できない場合が増加する。

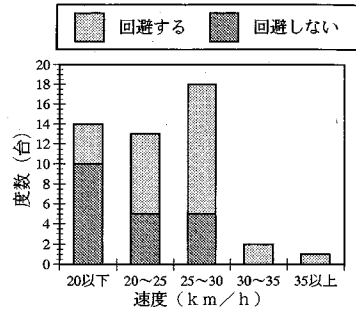
②見通しのよい直線道路とする。見通しが悪いと、自転車、自動車のいずれにも、すれ違いに直接関わらない徐行や進路の変更が現れ得る。

③一方通行の区間を選ぶ。これも、双方の自動車交通の影響を排除して条件を複雑にしないためである。

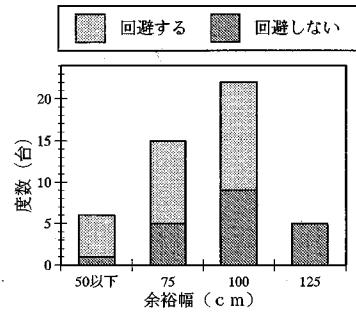
#### b) 観測方法

図一 1 は、ビデオカメラを用いる観測方法を示す。観測区間 40 m の路面には、進行方向 5 m ごとに横断線を描き、さらに各横断線に 50 cm ごとにスケールを付した。4 台のカメラ (ソニー CCD-V 700) を用いれば、道路横断方向にスケールの半分程度 (25 cm) を単位に、余裕幅を読みとることができる。自動車の速度は、0.01 秒単位まで読み取れるタイマーを用いて画像データに時刻を記録し、この画像データから 5 m の所要時間を 0.01 秒単位で読みとって、この時間から逆算した。

自転車搭乗者の属性の観測は、ビデオカメラによる外部的な観測が明白に可能な程度、したがって、外見的に高齢者であるか否かを判定するにとどめることにする。また、さきに挙げたように回避行動にはいくつかのタイプがあり、認知する危険の程度と現われるタイプに関係



図一 2 すれ違い時の自動車の速度



図一 3 すれ違い時の余裕幅

があると予想されるものの、研究の第一段階として、危険の認識が外部的に観測可能な行動を引き起こす閾値の把握を目的として、回避行動をとったかどうかの判定にとどめることにする。

#### (2) 観測結果

観測は 1992 年 11 月 4 日の午前 10 時 40 分から約 1 時間佐賀市内で行った。写真一 1 に観測区間の概要を示す。この区間の 1 時間通行量は、普通車 37 台、軽自動車 35 台、小型貨物車 12 台の計 84 台、自転車 137 台で、観測された自転車と自動車のすれ違いは 48 回、このうち回避行動が観測されたのは 28 回で、速度を落としながら路肩に寄る回避行動がほとんどで、停止するのは数例しか観測されなかった。また、回避行動を開始した時点は自転車搭乗者によって異なるが、5~10 m 手前から回避行動を開始するケースが多かった。

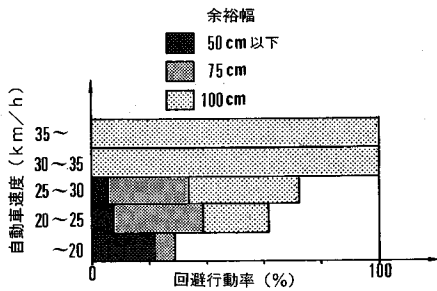
図一 2 は、すれ違いの際の自動車の走行速度の分布を示す。走行速度の平均値は 25.5 km/h である。自動車は、自転車とすれ違う際に減速する傾向があり、すれ違いのない場合には、30.2 km/h であった。図一 3 は、同じくすれ違いの際の余裕幅の分布である。図一 4 は、縦軸にすれ違う自動車の速度をとり、横軸に回避行動の発生確率をとって、余裕幅ごとに区分して示したものである。当然のことながら、自動車の速度が大きく、余裕幅が小さいほど回避行動が多く発生する傾向が見られる。煩雑

表一 非集計ロジットモデルの適用結果 (貨物車データ除外)

説明変数	モデル
速度 (a1)	-0.5210 (-2.4364)
余裕幅 (a2)	0.0817 (2.3141)
自動車の車種ダミー (a3)	2.2923 (1.5378)
定数項 (b1)	-2.6267 (-0.6849)
関係 運転者の属性 (b2)	-2.0765 (-1.5791)
サンプル数	37
選択肢数	2
尤度比	0.4633
的中率	91.8

表二 非集計ロジットモデルの適用結果 (貨物車データ含む)

説明変数	モデル
速度 (a1)	-0.5210 (-2.4364)
余裕幅 (a2)	0.0817 (2.3141)
自動車の車種ダミー1 (a5)	2.2923 (1.5378)
自動車の車種ダミー2 (a4)	-53.6218 (0.0000)
定数項 (b1)	-2.6267 (-0.6849)
関係 運転者の属性 (b2)	-2.0765 (-1.5791)
サンプル数	48
選択肢数	2
尤度比	0.5847
的中率	93.8



図一四 回避行動の発生率

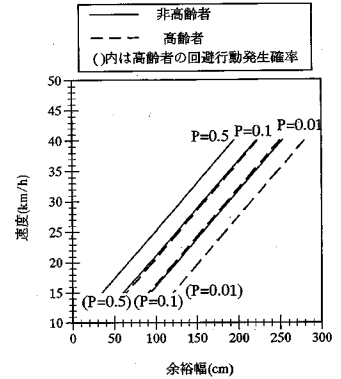
なのでここには示さないが、すれ違う自動車の種類と自転車搭乗者が高齢者か否かによっても、回避行動の発生確率が異なる。また、貨物車とすれ違った自転車では、自動車速度、余裕幅によらず、11 ケースすべて回避行動が観測されている。

### 3. 回避行動発生予測モデル

回避行動の発現メカニズムを次のように考えよう。自転車に乗って走行している人は、対向してくる自動車の速度と余裕幅を目測して、そのまま進行した場合の危険の程度(レベル)を主観的に算定する。算定された危険レベルがある閾値を超えると、回避行動をとってレベルを下げようとする。こう考えれば、自動車の速度、余裕幅、車種の関数である危険のレベルと自転車搭乗者の属性の関数である閾値を比較して、その大小を判定する弁別モデルを作成すればよいことになる。この種の弁別モデルは精神物理学でよく用いられるし<sup>10)</sup>、交通行動分析に使われる非集計モデルも選択肢間の効用差の弁別モデルであるといえる。そこで、回避行動の発生予測モデルとして、非集計ロジットモデルを採用する。すなわち、危険関数  $D$  を、

$$D = \sum a_i x_i, \quad (i=1, 2, 3) \quad (1)$$

とする。ここに、 $a_i$  はデータから推定すべき定数、 $x_1$ ,  $x_2$  は、それぞれ対向する自動車速度、余裕幅であり、 $x_3$  は、自動車の車種を表わすダミー変数で、 $x_3=0$ (普通車)、



図一五 普通車に対する回避行動発生率と速度・余裕幅

1 (軽乗用車) である。ここで、貨物車に対する応答が一方に偏っていたため、貨物車に関するデータを全部削除して計算を行うこととして記述した。形式的に貨物車も含める場合には、 $x_3=0, x_4=0$ (普通車)、 $x_3=1, x_4=0$ (軽自動車)、 $x_3=0, x_4=1$ (貨物車) とする。

閾値  $D_0$  は、次のようにおく。

$$D_0 = b_1 + b_2 y \quad (2)$$

ここに、 $b_1, b_2$  は推定すべき定数、 $y$  は属性を表わすダミー変数で、 $y_1=1$  (非高齢者)、 $0$  (高齢者) とする。 $D$  が  $D_0$  を超える確率  $P$  は次のように与えられる。

$$P = \frac{\exp(D_0)}{\exp(D_0) + \exp(D)} \quad (3)$$

表一は、得られたデータをこうして非集計ロジットモデルにあてはめて得た危険関数の定数  $a_i, b_i$  と変数  $x_i, y$  の変動による  $t$  値を示している。この場合、すでに述べたように貨物車に対する応答が一方に偏って選択行動に関する情報が欠けているため、これを使用していない。データの数小さく信頼性は必ずしも高くはないが、的中率は 91.8%、自由度調整を行った尤度比 0.4633 で再現性は良好である。また、表二は、とりあえず貨物車に対する応答をも便宜的に予測するため、機械的に全データを使用して車種を 3 分類とした結果で、ここでも形式的には的中率 93.8% と再現性は高い。

図一五は、縦軸に自動車速度、横軸に余裕幅をとって、普通車に対する回避行動の発生確率  $P$  の等高線を描いたもので、実線は非高齢者、破線は高齢者を表している。これらの結果から、余裕幅が 50 cm 以下なら、ほとんどの場合回避行動が引き起こされること、逆に 125 cm 以上なら回避行動は少ないこと、高齢者は非高齢者に比べて回避行動をとる確率が高いことなどが導かれる。

### 4. 考 察

高密度の都市では、住区内の交通まですべて自動車交

通に依存することは不可能で、将来とも徒歩や自転車といった軽便な交通手段を活用することが不可欠である。一方、住民には細街路といえども自動車の通行に対する各種の規制を嫌う傾向が強い。けれども、住区内細街路の通過交通が、徒歩や自転車で行なわれる住区内の交通と干渉して交通事故の危険を生じ、また住環境を悪化させていて、通過交通の排除が必要な場合も少なくない。本研究は、通過交通によって住民が被る不利益の一つを定量化して、交通規制との利害を比較する手がかりとしようとしたものである。

本研究では、自転車が自動車と細街路ですれ違う場合、自転車搭乗者が認識する交通の危険レベルに閾値を想定し、この閾値と与えられた危険レベルとの弁別問題として、自転車搭乗者の回避行動の発生を予測することができた。この回避行動は、まだ事故率その他と直接関連づけられたものではないが、自転車搭乗者が認識する危険のレベルの外的に観測可能な指標であり、人の緊張や感覚的な危険性の直接的な指標であって、図-5に示した  $P$  に許容すべき値を定める次の研究によって、住区内細街路において要請される道路幅員と自動車速度の関係にある示唆を与えることが期待できよう。もちろん、住区内細街路の交通規制は、単に自動車と対向する自転車の安全だけでなく、歩行者の安全、自動車同士の安全や住民の利便性、環境を総合的に考慮すべきは当然である。

## 5. 結 論

本研究は、精密なデータが豊富に取得できない交通事故などのデータに代わり、事故に至らない状態で観測される人の行動を、事故の危険レベルの指標として用いることを試みたものである。本研究の結果、細街路において、自動車とすれ違う自転車搭乗者の回避行動の発現確

率は、自動車の車種、速度、余裕幅の関数として、人の属性に応じて予測することができることが判明した。予測モデルには、人が認識する危険レベルに回避行動を引き起こす閾値があることを仮定し、この閾値と与えられた危険レベルとを比較する弁別過程であるとみなし、ロジットモデルを適用すればよい。本研究は、ただちに細街路の交通規制などに応用できるものではないが、その判断材料の一つを提供すると考えられる。

## 参考文献

- 1) 天野光三, 榊原和彦, 藤塚直司, 福井義員: 歩車共存道路におけるフォルトの速度抑制効果の分析, 交通工学, Vol.21, No.6, 1986.
- 2) 天野光三, 榊原和彦, 辻 達夫, 土橋正彦: 地区交通抑制のための道路構造の研究—ハンプの機能的諸特性に関する実証的分析—, 土木計画学研究・講演集, No.8, 1986.
- 3) 青木英明, 久保田尚, 山田晴利, 吉田 朗: シケインの形態と速度抑制効果に関する基礎的研究, 土木計画学研究・論文集, No.4, 1986.
- 4) 佐野克彦: 細街路の自動車速度とその支配要因, 交通工学, Vol.17, No.5, 1982.
- 5) 加藤晃, 高橋政稔: 自転車, 自動車の混合交通における交通現象の分析, 交通工学, Vol.8, No.2, 1973.
- 6) 高岸節夫: 単路区間における自転車走行の危険性に関する一考察, 関西支部年次学術講演概要集, 1984.
- 7) 山川仁: 交差点における自転車と自動車の錯綜現象の分析, 第35回年次学術講演会講演概要集, 1980.
- 8) 山田稔: 行動特性に基づいた交差点における自転車空間の安全性評価, 土木計画学研究・論文集, No.3, 1986.
- 9) 元田良孝, 小橋秀俊: 2輪車事故に対する錯綜手法適用性の検討, 交通工学, Vol.25, No.2, 1990.
- 10) 田中良久: 心理学的測定法, 第2版, 東京大学出版会, 1977.

(1994.11.14 受付)

# CYCLISTS' BEHAVIOR MODEL OF KEEPING AWAY FROM THE PASSING AUTOMOBILE IN A LOCAL STREET

Masaru KIYOTA, Tomonori SUMI, Yoshinao OHEDA  
and Takanori TANAKA

This paper describes a model to predict the cyclists' behavior of keeping away from the passing automobile, which shows that their behavior is responded to the level of danger which is a function of the passing automobile's velocity, the interval between a bicycle and an automobile and the type of automobile. The model is based on the assumption that in the level of danger, there is a threshold which causes cyclists to avoid the danger, and that cyclists decrease the level of danger by means of keeping away from the passing automobile when the actual level of danger exceeds the threshold. The model was applied to the cyclists on the one-way local street in Saga City and it was found that the proposed model gave reasonable estimation.