

自転車事故低減にむけた回避行動に関する基礎的研究*

Fundamental Study of Avoidance Behavior for Reducing Accident of Bicycle *

内海 辰哉**・松本 修一***・鈴木三法****・川嶋 弘尚*****

By Tatsuya UTSUMI**・Shuichi MATSUMOTO ***・Mitsunori SUZUKI****・Hironao KAWASHIMA*****

1. はじめに

自転車と歩行者との事故が最近 10 年間で 4.6 倍に増加している¹⁾。そこで、自転車と歩行者の事故増加を防ぐための安全対策の拡充が必要とされている。歩行者と自転車共存時の安全性評価を行うためには、歩行者と自転車の回避行動を定量的に把握することが不可欠である。

しかしこのような研究は、吉村ら²⁾の心理的要因を加味した歩行者と自転車の錯綜時の危険認知領域に関する研究以外ほとんど行われていない。

そこで本研究では、自転車と歩行者の事故が単路部において全体の約 67%と多いことに着目して、単路部を模擬した環境下において歩行者と自転車の錯綜実験を行い、歩行者と自転車の危険回避行動モデルを作成した。

また、この錯綜時の自転車運転者の視線挙動の定量化をすることを目的とする危険認知に関する実験を行った。

2. 実験概要と手順

(1) 実験概要

本研究では、歩行者と自転車の導線を固定カメラを用いて実験エリアを撮影することで把握した。それと同時に小型ビデオカメラを自転車に搭載し、後述する実験時の自転車運転者の顔画像を撮影した。この映像を顔画認識ミドルウェア”FSE/Face Sensing Engine”²⁾ (以下「FSE」と記す)を用いて解析した。

アイカメラは、実験時に頭にデバイスを装着するため、被験者に通常環境と異なる違和感を与える。またアイカメラでは、アウトプットの視線に関して眼球運動の方向

※”FSE/Face Sensing Engine”は沖電気工業株の登録商標

*キーワード：歩行者・自転車交通計画、交通安全

**学生員、工学士、慶應義塾大学大学院 理工学研究科 開放環境科学専攻

(神奈川県横浜市港北区日吉3-14-1、

TEL045-566-1616、FAX045-566-1617)

***正員、博(工)、慶應義塾大学 先端研究センター

****非員、修(工)、沖電気工業株式会社 官公事業本部

*****正員、博(工)、慶應義塾大学 理工学部 管理工学科

以外に顔の向きの影響も反映された結果を出力する。一方FSEでは、視線の方向と顔の方向を別個に出力することが可能であるため、新しい視線検出のツールとして期待される。

本実験では、固定カメラから得られる画像から導線解析を行った。この結果から自転車の速度と自転車と歩行者の位置関係に着目し、自転車の速度や位置関係が変化したとき、自転車運転者の目線などの変化量を把握した。また、運転者と歩行者の回避行動についても解析を行った。この結果から歩行者と自転車の回避行動を定量的に検証した。

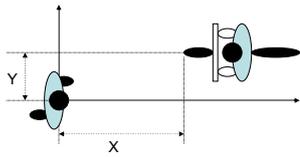
(2) 実験の手順

本実験では、カメラは小型のビデオカメラを用いてハンドルの上に取り付けた(図1参照)。ここで、歩行者と自転車の水平距離をX、垂直距離をYとする(図2参照)。具体的な実験の手順に関しては、まず歩行者と自転車との距離を測定するために縦25m横33mの実験エリア内にラインを引いた。また、その中を縦・横0.5mで区切った(図3参照)。また自転車や歩行者の挙動把握のために実験エリアの横からビデオ撮影をした。

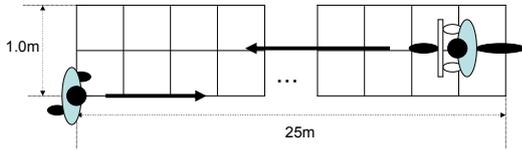
更に、自転車にはサイクロメータを装着して、運転者に表1のような要因に関し実験前に練習をしてもらった。その後実験のビデオ映像からデータ収集を行った。実験では、歩行者が自転車に対して、対面にある場合と背面にある場合の2通り行った。なお、被験者は3人とし表1の要因の水準の組み合わせをそれぞれ3回行った。



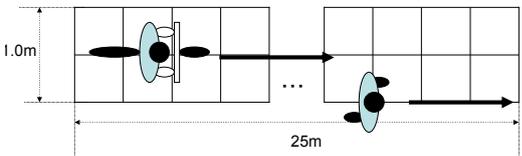
図-1 カメラの取り付け位置



図—2 歩行者と自転車の位置関係



図—3 対面走行の実験のイメージ



図—4 背面走行の実験のイメージ

表—1 実験組み合わせ

| 要因 | 水準 | | |
|---------|-------|--------|------|
| | 0m | 0.5m | 1.0m |
| 走行位置(Y) | 0m | 0.5m | 1.0m |
| 自転車速度 | 7km/h | 12km/h | |
| 状況 | 対面 | 背面 | |

3. 危険行動の定量化

(1) はじめに

2章で説明した実験の結果をビデオ解析し、そこから得られたデータを表2のような項目に集計した。また、図5、6として各パラメータの位置関係を示す。

表—2 パラメータの設定

| 項目 | |
|------------------------|------|
| 自転車の速度 (km/h) | V |
| 自転車の回避し始めた時点の両者の距離 (m) | $x1$ |
| 歩行者の回避し始めた時点の両者の距離 (m) | $x2$ |
| 自転車の回避した距離 (m) | $y1$ |
| 歩行者の回避した距離 (m) | $y2$ |

(2) 回避距離と回避頻度の関係

本稿では、回避行動が見られた回数を回避頻度と呼ぶことにする。歩行者と自転車運転者の回避時点の両者間距離と回避頻度との関係に関し、自転車速度が7km/hのときと12km/hのときをそれぞれ対面・背面走行に分けて

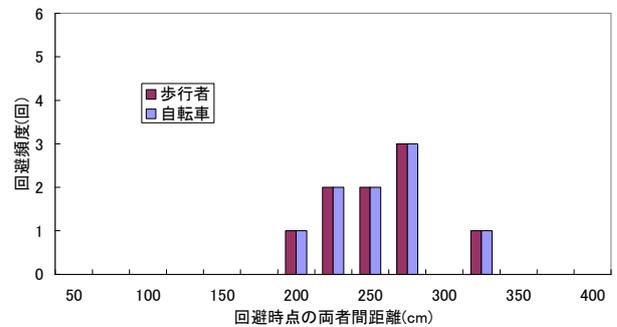
図7～図10に示す。



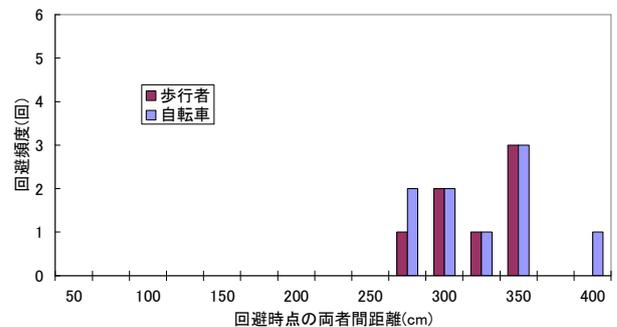
図—5 $x1$ の位置関係



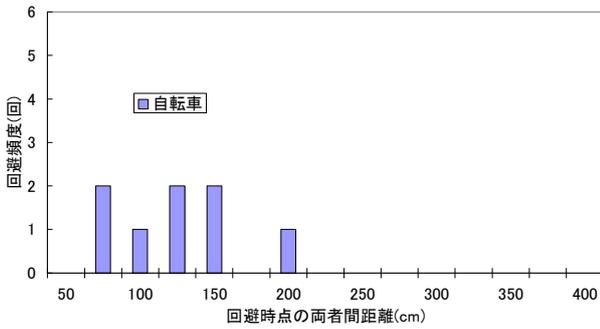
図—6 $v, y1, y2$ の位置関係



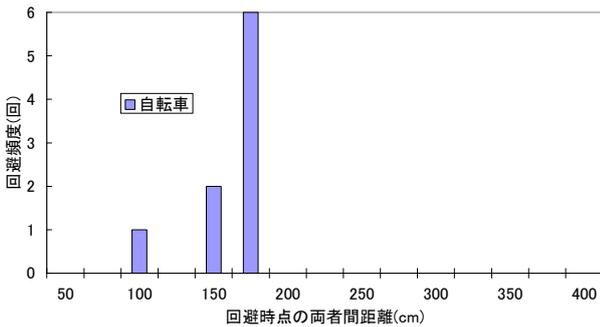
図—7 速度7km/h対面走行時の両者間距離と回避頻度



図—8 速度12km/h対面走行時の両者間距離と回避頻度



図—9 速度 7 km/h 背面走行時の両者間距離と回避頻度



図—10 速度 12 km/h 背面走行時の両者間距離と回避頻度

図 7、8 から自転車の速度が上がると、歩行者、自転車ともに回避時点の両者間距離が大きくなるが見て取れる。また、対面走行のときよりも背面走行のときの方が自転車が回避をするときの両者間の距離が小さいことが分かる。

(3) 危険回避行動モデルの作成

自転車と歩行者両者の距離と回避行動の関係を検証するために、吉村らの研究を参考に以下のようなロジットモデルを構築した。

$$P(v, x, y1, y2) = \frac{1}{1 + e^{-\Delta U}} \quad (1)$$

$$\begin{cases} \Delta U_b = av + bx1 + cy1 + dy2 \\ \Delta U_p = av + bx2 + cy1 + dy2 \end{cases}$$

ここで、自転車の回避する確率を P 、 a 、 b 、 c 、 d はパラメータとする。 ΔU_b と ΔU_p はそれぞれ自転車運転者の変数、歩行者の変数である。

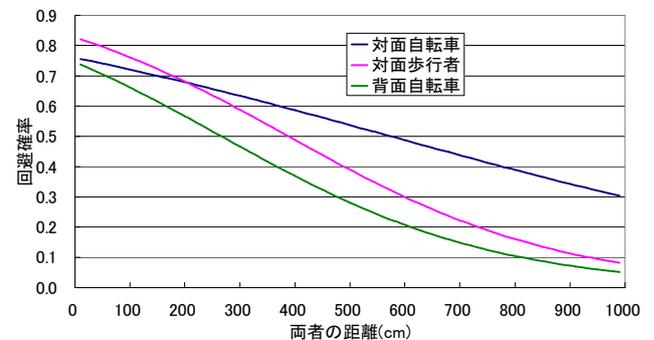
また、被説明変数を 0 または 1 とした。0 は回避行動なし、1 は回避行動ありを意味する。被説明変数を 0 または 1 とするため、回避した地点より遠くでは危険認知なし、回避した地点より近くでは 0.5m 毎に危険認知ありとするデータを作成した。そのパラメータの推定結果

を表 3 として示す。

表—3 パラメータの推定結果

| | | 対面自転車 | | 対面歩行者 | | 背面自転車 | |
|----------------|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 係数 | t 値 | 係数 | t 値 | 係数 | t 値 |
| 変数 | V | 0.025 | 2.80 | 0.015 | 0.63 | 0.028 | 2.45 |
| | x1 | -0.002 | -23.54 | | | -0.004 | -14.82 |
| | x2 | | | -0.004 | -13.14 | | |
| | y1 | -0.004 | -3.58 | -0.004 | -1.14 | 0.002 | 1.28 |
| | y2 | -0.003 | -1.74 | -0.006 | -1.28 | | |
| R ² | | 0.703 | | 0.652 | | 0.630 | |

次に図 11 として、 $v = 7 \text{ km/h}$ 、 $y1 = 50 \text{ cm}$ 、 $y2 = 20 \text{ cm}$ ときの回避する確率分布を示す。

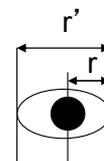


図—11 距離と回避確率の関係

4. 視線行動に関する検証

(1) 視線の測定方法

自転車の回避行動に関する眼球運動の把握のために眼球幅 r' に対して、目頭から目の中心の距離 r がどのように変化するかで視線を測定した。なお、視線検出方法を式 2 として定義した⁴⁾。



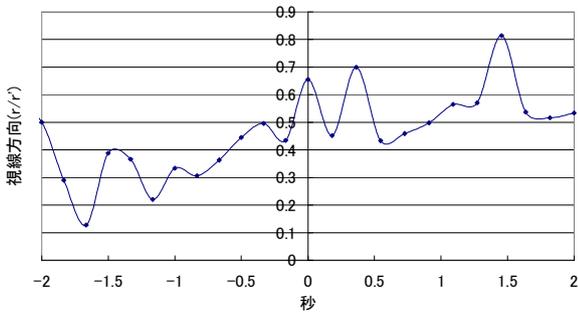
図—12 視線の測定方法

$$\text{視線方向} = \frac{r}{r'} \quad (2)$$

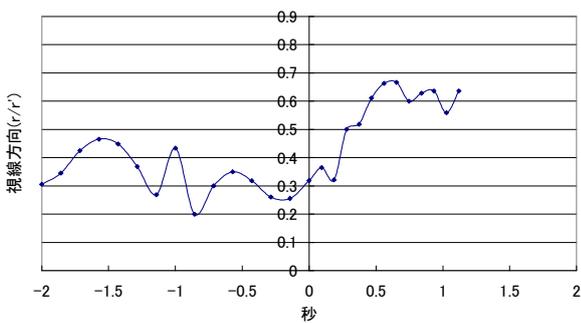
本解析では右目の視線を測定した。その理由としては、自転車の回避方向は右側に限定したので、 $\frac{r}{r'}$ が大きいとき回避方向へと視線が向いているということが判別できるためである。

(2) 視線の解析結果

自転車が回避行動を取りはじめた時点をもととして、0秒を境として視線の動きに注目して検討した。なお、対象とする視線の動きに関しては、3章で作成した危険回避行動モデルの回避確率が50%以上になる範囲と同等の距離個所を抽出した。その解析結果の例を図13と図14に示す。



図—13 視線解析結果の例 (7km/h対面走行時)

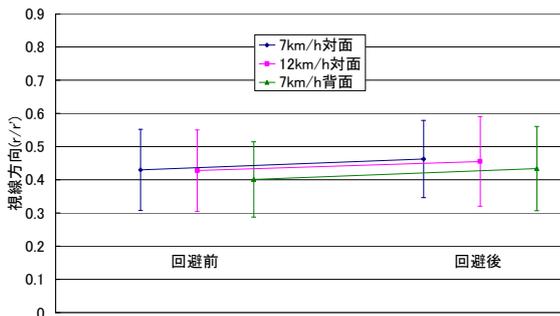


図—14 視線解析結果の例 (12km/h対面走行時)

回避を始めた直後から視線方向が回避方向へ動いている。これは、回避前は進行方向にいる歩行者を視界にとらえているので視線が動かないが、回避行動を取り始めてからは回避方向へと注意を向けるためであると考えられる。

次に回避前と回避後の視線方向の変化 $\frac{r}{r'}$ の平均値と

標準偏差を図15に示す。



図—15 視線の変化の平均値と標準偏差

全体的に回避前に比べて、回避後では視線がやや回避方向に向いている。自転車速度7km/h背面走行時では、回避の前後でt検定を用いて検定した結果、有意な差が認められた ($p < 0.10$)。

回避行動と視線行動の関連性に関しては、自転車運転者の心理状態などが視線を動かす要因になっていることも考えられる。今後更なる検証が課題である。

5. まとめと今後の課題

本研究では、歩行者と自転車の共存時の安全性評価を行うために、危険回避行動モデルを作成することで、状況によって回避確率の変化する様子を定量化した。また、ミクロな観点からFSEにより得られたデータを用いて視線行動パターンを考察した。その結果自転車が回避する前後で視線の動きが、自転車と歩行者の錯綜時の行動に関して、物理的な移動だけでなく、視線など人の新しい行動要素を検討項目に加えることが出来ることが示唆された。なお、詳細な解析方法に関しては、更なる検証を行う必要がある。

また、今後は回避の向きを指定しない場合での錯綜状態や複数の歩行者がいる場合の評価・検証を行う必要がある。また、歩行者・自転車間の危険回避行動を低減させるための評価手法としての活用を目指す予定である。

参考文献

- 1) 警察庁：「自転車の安全利用の促進に関する提言」, <http://www.npa.go.jp/koutsuu/kikaku71/20061130-1.pdf>, 2006.
- 2) 吉村正浩・萩原亨他：「歩行者・自転車双方の心理を考慮した歩道空間の安全性評価に関する基礎的研究」, 第31回土木計画学研究発表会講演集, CD-ROM, 2005.
- 3) 沖電気工業株式会社HP : <http://www.oki.com/jp/fse/>
- 4) 奥田孝治：「ドライバ状態推定の為の瞬きおよび視線方向の検出」, 自動車技術会学術講演会前刷集, No. 10-05, pp. 9-12, 2005.