

自転車・歩行者・車いすの交錯時における危険感知モデル

徳島大学大学院 学生員 肌野 一則
徳島大学大学院 学生員 半田 佳孝

徳島大学工学部 正会員 山中 英生

1. はじめに

わが国では、自転車は広く普及し、都市交通手段として重要な役割を有している。しかし多くの自転車利用空間は混在交通型のため歩行者や車イスとの錯綜が問題となっている。本研究ではこうした混在型自転車空間の評価方法を開発するため、自転車と歩行者、車いす、自転車が追い越し、すれ違いの際に生じる危険感知を、相対位置や相対速度から説明するモデルを開発した。

2. リスクパーセプションモデルの定式化

ここでは、まず2者の相対位置からそれぞれの主体が感じる衝突危険性の判断をリスクと呼ぶ。接触・衝突までの予測時間と安全回避幅への回避終了までの予測時間との差(回避余裕時間)が一定以下になったときに感知すると仮定した。すなわち図-1のように歩行者が位置(X,Y)にあり、両者の相対速度 $V=V_b+V_p$ が一定のとき、安全回避に必要な位置をWとし、歩行者がこの位置に回避する時間は回避距離 $W-X$ に比例するとすると、回避余裕時間Tは $T=(Y/V) - \alpha(W-X)$ (α はパラメーター) で表される。実際に認識される余裕時間は変動することを考慮してロジットモデルを仮定すると、上記の時点でのリスクを感知するか否かの確率 $P(W, Y, V)$ は以下の式となる。

$$P(X,Y,V) = \frac{1}{1 + \exp(\theta T + \beta)} = \frac{1}{1 + \left\{ \frac{\theta Y}{V} + \alpha'(W - X) + \beta' \right\}}$$

安全回避幅に必要な幅 W は、ある速度の時にすれ違っても危険を感じない位置と考える。これは、速度や属性等によって変化すると考えられるので、 W は速度や

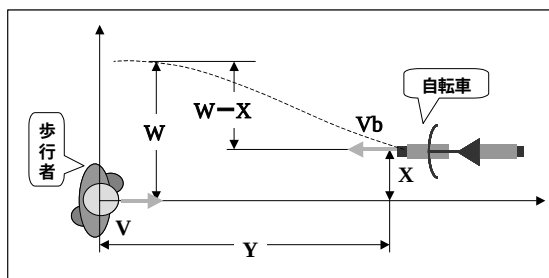


図-1 リスク感知と回避位置

被験者属性、歩道端にある壁の有無などの街路条件の線形関数と仮定し、結局以下式のモデルを仮定した。

$$P(X,Y,V) = \frac{1}{1 + \exp \left\{ \frac{\partial Y}{V} + \alpha X + \beta_1 V + \beta_2 ok + \beta_n \right\}}$$

 $\theta, \alpha, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ はパラメータ

0k:被験者の属性, 壁の有無等の条件 (ダミー変数等)

実験によって X, Y, Z を変化させたときのリスクの有無を観測することで、パラメータ $\theta, \alpha, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ を推測することができる。

3. リスクパーセプション実験方法と分析

リスクパーセプションモデルのパラメータを算定するために路外実験を行った。実験に使用した道路は徳島大学構内の通路で幅員 6 m、延長 100mの直線区間である。実験区間は 15m×3mの長方形と被験者通行位置の直線ラインを表示した。通行者に回避スペースがある場合とない場合の違いを測定するために、一方の被験者側に壁を用意した。

4. 危険感知位置の計測

被験者が他の被験者を危険と感じた時の2主体間の相対位置、回避幅、各主体の平均速度をビデオと各被験者のラジコンスイッチで測定した。

リスク感知の計測は、各被験者にラジコン送信機を携帯させて実験区間を通行してもらい、被験者が衝突の恐れを感じた時点で送信機を操作させ、ビデオカメラ前面に取り付けた発光ダイオードを点灯させ、リスクを感知した瞬間の座標を確認した。

5. 実験ケース

実験は歩行者と自転車A、車椅子と自転車A、自転車Aと自転車Bについて、それぞれすれ違う場合と自転車Aが他方の被験者を追い越す場合について通行実験を行った。さらに自転車の速度を変化させて、表-1に実験ケースを示す。各ケースについて被験者を変えて4回～8回の計測を行っている。被験者の内訳は表-2に示す。

キーワード 自転車・歩行者混在交通 リスクパーセプションモデル ニアミスモデル

連絡先 〒770-0814 徳島県徳島市南常三島 2-1 TEL088-656-7578 FAX088-656-7341

表-1 実験条件とケース数

■ 自転車 対 歩行者 (合計256ケース)						
流動条件	壁の有無	自転車速度 (k m / h)	両者間距離(cm)			
			0	50	75	100
追越	壁有り (30cm)	9	8	8	8	8
		18	8	8	8	8
	壁無し	9	8	8	8	8
		18	8	8	8	8
対面	壁有り (30cm)	9	8	8	8	8
		18	8	8	8	8
	壁無し	9	8	8	8	8
		18	8	8	8	8

■ 自転車 対 車イス (合計192ケース)					
流動条件	壁の有無	自転車速度 (km/h)	両者間距離(cm)		
追越	壁有り (50cm)	9	0	75	100
		18	8	8	8
	壁無し	9	8	8	8
		18	8	8	8
対面	壁有り (50cm)	9	8	8	8
		18	8	8	8
	壁無し	9	8	8	8
		18	8	8	8

■ 自転車 対 自転車		(合計96ケース)			
流動条件	壁の有無	自転車速度 (km/h)	両者間距離(cm)		
追越	壁有り (50cm)	12	0	75	100
		18	4	4	4
	壁無し	12	4	4	4
		18	4	4	4
		18	4	4	4
対面	壁有り (50cm)	12	4	4	4
		18	4	4	4
	壁無し	12	4	4	4
		18	4	4	4

6. ニアミス予測モデルとその結果

実験では、一方の主体が他方よりも早く衝突危険性を感じると、他方がリスク感知をする以前に回避行動をとってしまうため、他方のリスク感知の有無や位置を計測できない状態が生じる。そこで、2主体のうち、どちらか一方でもリスク感知した状態をリスク感知状態として、この状態が起こる確率を相対位置や速度から予測した。この被験者が危険を感じる状態をここでは「ニアミス状態」と呼ぶことにし、このモデルを「ニアミス予測モデル」と呼ぶ。

説明変数には共通変数として相対時間距離、回避幅、壁有無と高齢者に関わる固有変数として、壁あり時回避幅、壁ダミー変数、高齢者時回避幅、高齢者ダミー

変数を考慮した。表-3にパラメータの推定結果を示す。尤度改善を条件とする変数増加法を用いて変数選択を行い、最も多くの変数が導入されたモデルと共通変数のみによるモデル2種類を示した。適合度については、自由度修正済みの α^2 値では0.459~0.774程度でほぼ良好な結果を得ている。適中率についても76.7%から89.0%となっている。図-2は共通変数のみから推定されたモデルを用いて回避幅、相対距離の変化によるニアミス感知確率の変化を示したものである。

表-2 被験者の内訳

実験	被験者	学生 男	学生 女	老人 男	老人 女	計
歩行者 対 自転車	自転車	2	0	0	0	2
	歩行者	2	2	2	2	8
自転車 対 車椅子	自転車	2	0	0	0	2
	車椅子	2	2	2	2	8
自転車 対 自転車	自転車	2	2	0	0	4

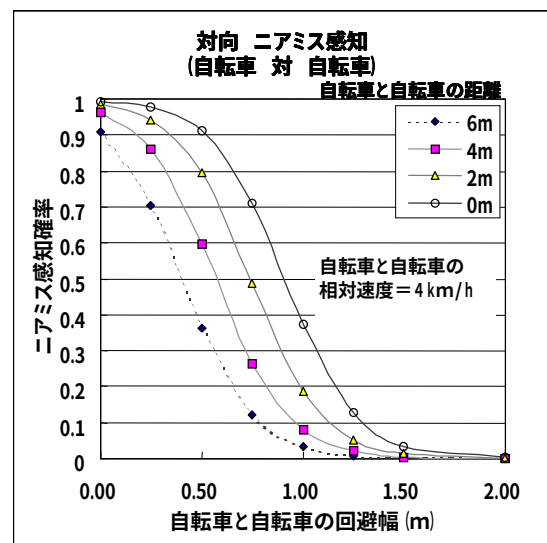


図-2 ニアミス感知の推定曲線（対向：自転車対自転車）

参考文献

- 1) 田宮、山中、山川、濱田 (1999)：自転車歩行者通行空間としての自歩道等のサービス水準に関する分析,土木計画学研究・講演集, No22(2), p.287-290
- 2) 塚口、黒田、矢島、田中 (1989)：歩車のオキュパンスー指標を用いた住区内街路の評価に関する研究,土木計画学研究・論文集, No7, p.219-226

表-3 ニアミスモデルのパラメータ推定値

流動タイプ		対向						追越					
感知主体		歩行者or自転車B		車椅子or自転車B		自転車Aor自転車B		歩行者or自転車B		車椅子or自転車B		自転車Aor自転車B	
モデルNO		NA1	NA0	NK1	NK0	NT1	NT0	MA1	MA0	MK1	MK0	MT1	MT0
変数	共通	相対時間距離 (秒)	-1.370 34.942	-1.226 34.859	-2.395 32.212	-2.266 32.113	-2.123 13.308	-1.925 13.407	-2.951 38.922	-2.672 38.286	-2.174 29.391	-2.032 29.467	-6.330 -19.473
		回避幅 (m)	-3.256 18.830	-1.873 20.313	-3.321 17.739	-2.395 22.498	-6.273 15.708	-5.676 15.984	-1.842 15.154	-2.641 26.163	-3.075 18.012	-2.933 26.013	-6.800 -25.596
	固有	壁有り時回避幅 (m)	-0.343 3.423	-	-	-	-	-	-2.373 11.562	-	1.120 5.614	-	-
		壁有りダミー	-	-	-	-	1.627 7.051	-	2.130 15.346	-	-0.420 3.085	-	2.926 17.537
		高齢者時回避幅 (m)	2.432 12.142	-	1.387 6.479	-	-	-	-	-	1.207 5.865	-	-
		高齢者ダミー	-1.921 14.353	-	-1.315 9.126	-	-	-	-	-	1.115 7.658	-	-
	共通	定数	4.302 31.359	-2.940 35.307	-4.840 28.713	3.856 33.304	4.757 13.802	5.162 15.379	-3.621 33.801	-4.163 40.439	-3.907 27.112	-3.965 32.562	-5.113 21.560
		全サンプル数	7291		6318		2079		8161		5759		3486
	適合度	リスク感知数	3249		2471		550		3933		2389		1453
		α^2	0.492	0.459	0.624	0.611	0.749	0.716	0.637	0.612	0.618	0.603	0.774
適中率	リスク感知無し		71.2	70.5	80.8	79.7	87.4	86.7	77.4	77.4	79.9	78.2	88.3
		リスク感知有り	84.2	82.6	85.4	86.8	90.4	90.0	86.5	86.8	87.8	86.9	88.2
		全サンプル	77.9	76.7	83.0	83.1	89.0	88.4	82.0	82.1	83.9	82.6	88.2