

自転車・歩行者混在交通における錯綜時の危険度評価に関する研究*

A study about the conflict of a bicycle - pedestrian mixture traffic condition*

松崎 純**・中辻 隆***

By Jun MATSUZAKI**・Takashi NAKATSUJI***

1. 本研究の背景と目的

近年では、環境への配慮から都市交通手段としての自転車が注目を増している。札幌でも自転車駐輪場の整備による自転車利用環境整備が進んでいる。しかしながら、現状では多くの道路において十分な自転車走行空間が整備されておらず、自転車は歩道上や車道の路側帯など他の交通主体のための道路空間の一部を利用して走行している。このような交通状態では、しばしば自転車同士あるいは歩行者と自転車による錯綜現象を生じてしまい、混合交通は自転車・歩行者の両者にとって危険な状況を発生させている。このような混合交通により起こる危険な状態を解決するため、自転車の交通秩序回復のための総合対策を推進し自転車の通行環境整備を目指し、その一環として道路交通法が改正されることになった。そのためには自転車専用の道路を整備することが必要であるが、すべての道路について自転車専用の道路を整備することは現実的には困難であると考えられる。そこで自転車交通、自転車・歩行者混合交通における危険性を定量的に明らかにし、交通需要に応じた適切な自転車走行空間の整備が必要であると考えられる。

2. 本研究の特徴

既存研究においての自転車交通を対象とした錯綜現象分析としては、自転車・歩行者の回避挙動と道路条件、交通条件との関係を分析する研究や、錯綜現象に関する指標として自転車・歩行者のすれ違い時におけるニアミス状態の正規確率、錯綜現象の結果として起こる走行速度の低下に基づくサービスレベルの評価などが研究されている。しかしながらこれらの錯綜現象の判断方法においては明確な指針がなく測定誤差が生じやすいこと、評

*キーワード：歩行者・自転車交通計画、錯綜現象

**学生員、北海道大学大学院工学研究科

(北海道札幌市北区北13条西8丁目、

TEL011-706-6217、FAX011-706-6218)

***正員、工博、北海道大学大学院工学研究科

(北海道札幌市北区北13条西8丁目、

TEL011-706-6217、FAX011-706-6218)

価の基準値などが未整備であることなどが課題としてあげられる。本研究ではビデオ観測により錯綜現象を分析するが、錯綜の定義を明確にし錯綜発生時の形態・危険度により分類し、様々な交通状態の中での錯綜の発生状況とその各種要因との関係を求める事に特徴がある。

3. 本研究のフロー

本研究では、まず既存研究のレビューを行い錯綜現象に着目しそれを用いた混合交通の評価方法を調べた。それを基に独自の定義を行い、観測を行いデータを入手することで錯綜現象と各種要因との評価を行う。本研究のフローを以下に示す。

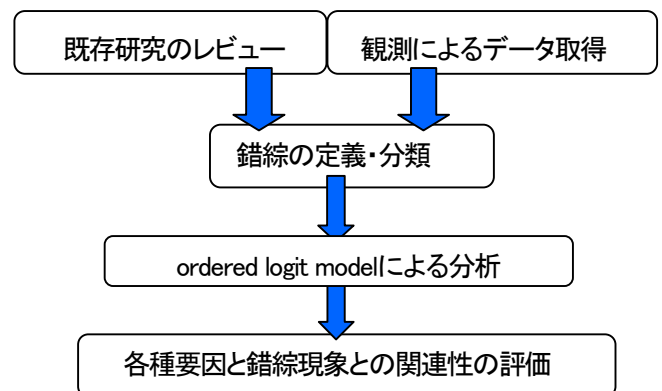


図1 本研究のフロー

4. 錯綜現象の定義・分類

前述した様に、自転車・歩行者混在交通における錯綜現象については以前から研究がされているが、錯綜の定義が一樣でない、あるいはその定義があいまいであることが多い。既存研究では錯綜の定義は主に以下の2種類に分けられる。

(1)「自転車・歩行者にそれぞれ占有空間を設定し、他の自転車・歩行者が侵入した時」を錯綜と定義。

(2)「衝突の危険性を感じて、回避行動が生じた時」を錯綜と定義。

本研究では占有空間に注目し、錯綜現象の定義とした。

5. 占有空間と錯綜現象の設定

危険を感じるような近接空間を占有空間とし、それぞれ表1のように定めた。

表1 占有空間の定義

歩行者の占有空間	前方に1m 側方に0.3m
自転車の占有空間（低速度）時 速8km以下	前方に0.5m 側方に0.3m
自転車の占有空間（中速度）時 速8~16km	前方に1.5m 側方に0.4m
自転車の占有空間（高速度）時 速16km以上	前方に2.0m 側方に0.5m

前項では錯綜現象の定義を行なった。本研究ではさらにその錯綜現象が起こった時の状況から、錯綜現象を形態、危険度で表2、3のように分類することにした。

表2 錯綜形態の分類

錯綜形態1	自転車と自転車の対向時の錯綜
錯綜形態2	自転車と歩行者の対向時の錯綜
錯綜形態3	自転車と自転車の追い越し時の錯綜
錯綜形態4	自転車と歩行者の追い越し時の錯綜

表3 錯綜危険度の分類

危険度1	すれ違いの時の接近状態
危険度2	衝突回避のための進路変更
危険度3	衝突回避のための減速を伴う進路変更
危険度4	衝突

錯綜形態1と錯綜形態2については、それぞれの占有空間を前方に足し合わせた範囲を占有空間とし、錯綜形態3と錯綜形態4については、追い越す主体（自転車）の前方の占有空間のみを考えることにする。この分類により分析を行った。

6. 観測データ

データ入手の方法としてビデオにより実際の交通状況を撮影し、そこからデータを取り出す方法を用いた。撮影場所は、正門・13条門・18条門周辺のそれぞれ見通しの良い場所をホテルの屋上などの高所から行なった（図2）。また観測時間は午前中の通勤・通学時間にし、目的の差による違いを少なくした。以下に観測により得たデータをまとめる。

1. 性別、年代（成人・高齢者の2分類）
2. 錯綜の発生形態
3. 錯綜の発生危険度
4. 自転車交通量（前方4.8メートル）
5. 歩行者交通量（前方4.8メートル）
6. 自転車の速度

以上のことを観測により得た映像からデータとして抽出した。またデータとしては抽出しない自転車の挙動や歩行者の特性なども、後にビデオを見返すことで観測しまとめた。



図2 データ観測地点

7. 分析方法

ビデオにより得られたデータを分析する方法として、本研究では Ordered Logit Model を用いる。

Ordered Logit Model とは順序尺度のデータをダミー変数に変更することなく、順序尺度のまま扱うモデルであり、(1)式で表される。

$$\xi_i = \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i \quad (1)$$

x は各個人属性・交通要因のデータである。係数 β と定数項 ε により求まる ξ は (2) に挙げられるような域値に

より順序付けし分けられ、目的変数 Y を決定付ける。

$$Y_i = \begin{cases} 1 & \text{if } \xi_i \leq \alpha_1 \\ 2 & \text{if } \alpha_1 < \xi_i \leq \alpha_2 \\ \vdots & \vdots \\ m-1 & \text{if } \alpha_{m-2} < \xi_i \leq \alpha_{m-1} \\ m & \text{if } \alpha_{m-1} < \xi_i \end{cases} \quad (2)$$

これらの域値は (3) により求まる。

$$\logit[\Pr(Y_i \leq j)] = \log_e \frac{\Pr(Y_i \leq j)}{\Pr(Y_i > j)} \quad (3)$$

$$= \alpha_j - \alpha - \beta_1 x_{i1} - \dots - \beta_k x_{ik}$$

目的変数として順序尺度のある危険度を用いて各説明要因との係数を比較することで、そのパターンにおける重要な項目を推定できると考えられる。

また比較の為に、特に錯綜の現象と相関が強いと思われる自転車・歩行者の交通量、自転車の速度について判別関数を用いて危険度別に係数を比較した。

8. 分析結果

まず分析を行ったデータについて、ビデオ観測により得られたデータ数を表4にまとめた。

表4 錯綜形態・危険度別発生回数

性別		錯綜危険度				Total
		1.00	2.00	3.00	4.00	
男性	錯綜形態 1.00	23	3	2	0	28
	2.00	22	9	5	0	36
	3.00	13	6	6	0	25
	4.00	26	34	10	1	71
	Total	84	52	23	1	160
女性	錯綜形態 1.00	5	0	2		7
	2.00	6	0	2		8
	3.00	1	0	0		1
	4.00	6	7	0		13
	Total	18	7	4		29

表からわかるように、危険度が上がるほど観測された件数が少なくなっている。安全工学に、ハインリッヒの法則というものがあり、これは「1件の重大な事故の裏には29件の軽微な事故があり、さらにその裏には300件の危うく事故になる状況が存在している」という経験則である。このハインリッヒの法則は、交通事故件数に対してのものではないので、本研究の事故件数の比には適用できないのだが、参考程度に載せたが、おおよそ近い値であると言えるだろう。

次に判別分析についてまとめる。判別分析については、錯綜危険度1と2、危険度2と3についてのそれぞれに分類し傾向を調べた。

表5 正準判別関数係数の比較

	1と2の比較	2と3の比較
自転車交通量	-0.295	.451
歩行者交通量	.554	.233
自転車速度	.140	-.247
(定数)	-2.474	2.239

危険度1と2の比較については歩行者交通量の影響が大きい、2と3の比較では自転車交通量の影響が大きい。1と2の違いである、進路を変えるような緩やかな変化については歩行者交通量の影響が強く、2と3の違いである減速などの急な回避を行う場合は、速度が出る自転車による急な進路変更による影響が強いのだろう。そのため自転車速度による影響も2と3のほうが強く出ている。

次に、以上のことを踏まえて Ordered Logit Model を用いて、錯綜形態別にさらに分析を試みる。目的変数である危険度を分ける域値を各形態別にもとめたものが表6である。

表6 Ordered Logit Model による係数比較

	形態1	形態2	形態3	形態4
危険度1と2の域値	7.548	1.514	-15.956	-2.566
危険度2と3の域値	8.359	2.756	-14.871	0.006
危険度3と4の域値				2.698

域値はそれぞれこのようになった。危険度4が観測できなかった形態には、分類は3つになっている。次に同様にして表7にて係数の比較を行なった。

表7 形態別の係数比較

	形態1	形態2	形態3	形態4
性別	-0.372	-0.161	16.698	0.977
年代	-1.067	0.674	0.426	0.021
自転車交通量	-0.032	-0.095	0.041	0.024
歩行者交通量	-0.685	0.616	0.095	0.362
自転車速度	0.326	0.024	0.051	-0.114

結果を見ると、どの錯綜形態についても自転車交通量は歩行者交通量に比べて危険度に与える影響が小さく、どの錯綜形態においても歩行者による影響がもっとも強い。分析して分かった事として、自転車は交通量が多くても大抵は列を成して走行し、追い抜きをする自転車が少ないため結果錯綜を起こすような必要以上の接近状態にならないからであると考えられる。個人属性については、年代が全体的に強い影響を与えている。年代は高齢者かどうかの2分類であるため、影響が顕著に出てしまったと思われる。性別についても影響が大きめにしている。特に自転車が自転車を追い抜く錯綜である、形態3で影響が大きかった。これは自転車が自転車を追い抜く場合相当な速度が必要であり、女性はあまり自転車を追い抜かないため、追い抜く場合には危険な状態などの必

然性があるためだと考えられる。Ordered Logit Model によって得られた危険度と実際に観測して得られた危険度の適合率は表 8 のようにまとめられる。

表 8 Ordered Logit Model による危険度適合率

	形態 1	形態 2	形態 3	形態 4
適合率 (%)	77	68	52	42

適合度は追い越し時の錯綜である形態 3 と形態 4 について思わしい結果が得られなかった。この形態については、定義の仕方から考え直す必要があるのかもしれない。

観測を行っていると言明変数として表す事が出来ないが、一般的な傾向として以下の様な傾向が見受けられた。それらを表 9 にてまとめた。

表 9 その他分析のまとめ

- ・ 自転車の交通量が多い場合には、自然と自転車は左側交通で列を作り走る。
- ・ 歩行者は自転車のように列を形成せずにはばらの状態で歩く傾向が強い。
- ・ 歩行者が並んで歩くとき、十分な間があっても自転車は間を通らずに道の端を避けて通る事が多い。
- ・ 競技タイプの自転車は当然走行速度が速いが、それによる危険度の増加は、特別性が見出せなかった。
- ・ 錯綜が発生し、歩行者が何らかの回避行動を起こすかどうかは、自転車の速度よりも周囲の交通量の影響が大きい。

9. 他の研究との比較

錯綜現象についての研究は過去においても行われている。占有空間について、または自転車の錯綜時の挙動についてなどマイクロ分析を行っているもの、交通量や自転車の速度、個人属性から各指標の関係や、快適性、利便性などのサービス水準を求める集計的分析が挙げられる。このうち本研究は後者に分類される。

集計的分析においては多くの研究で自転車の挙動をビデオにより撮影し、そこから各要因との関係性を割り出している。山中英生：「歩道上における自転車歩行者交通のサービスレベルに関する研究」では、自転車と歩行者を合わせ交通密度についての要因とし、自転車速度との関係と危険度を求めている。それによると、オキュパシーが増えればサービスレベルが悪くなると結論付けて

いるが、本研究の結果から、サービスレベルの低下（危険度の増加）は交通量の増加によるだけでなく、自転車であるか歩行者あるかの種類も重要である事が言える。同時にその際の個人属性との関係性を見出した点についても特徴があげられる。

10. 結論

本研究では自転車・歩行者混在交通での錯綜現象について、その発生状況から形態別・危険度別に分類し、錯綜現象と個人属性、交通要因を関連付けたことに特徴が挙げられる。分析の結果歩行者交通量による影響はどの形態においても強く、既存の研究通り歩車分離により錯綜による危険度は低下するといえる。追い越しよりも正面からの錯綜が歩行者交通量の影響が大きい事を考えると、通勤・通学などの一方向の交通よりも双方向から同程度の交通量がある時に特に有効であるといえる。

本研究では、実際の交通状況からデータを抽出し分析を行ったため、予想する結果と異なるものもあった。錯綜の観測数もハインリッヒの法則により期待される数より少なく、錯綜現象を見逃していた可能性も考えられる。今後はシミュレーションによる再現を可能にするために他の地点での観測によりサンプル数を増やし、より一般性を増したモデルを作る必要がある。また交通要因だけでなく、心理的要因を取り込む必要がある。

参考文献

- 1) 山中英生、山川仁、宮城裕貴：「歩道上における自転車歩行者交通のサービスレベルに関する研究」土木学会第 54 回 年次学術講演会 1999 年 9 月
- 2) 山中英生、半田佳孝、宮城裕貴：「ニアミス指標による自転車歩行者混合交通の評価法とサービスレベルの提案」土木学会論文集 No.730 IV-59 2003 年 4 月
- 3) 小川圭一、押川智亮：「占有空間を考慮した自転車交通の錯綜現象分析」交通工学研究発表会論文報告集 2006 年 10 月
- 4) 金 利昭、五上尚美：「Bicycle Compatibility Checklist の作成と自転車道先事例の評価」土木計画学研究・論文集 Vol. 37
- 5) 柳井晴夫・緒方裕光「SPSS による統計データ解析」現代数学社