

# 自転車交通の混入が歩行速度に与える影響 に関する研究

粕谷 尚史<sup>1</sup>・岸井 隆幸<sup>2</sup>・三友 奈々<sup>3</sup>

<sup>1</sup>学生非会員 日本大学大学院 理工学研究科土木工学専攻 (〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台1-6)

E-mail: csna15004@g.nihon-u.ac.jp

<sup>2</sup>フェロー会員 日本大学教授 理工学部土木工学科 (〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台1-6)

E-mail:kishii@civil.cst.nihon-u.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 日本大学助教 理工学部土木工学科 (〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台1-6)

E-mail:mitomo@civil.cst.nihon-u.ac.jp

我が国の自転車走行空間整備では、歩道上の歩行者との錯綜が重要な課題となっている。自転車は道路交通法により通行位置が定められているものの、通行位置が遵守されていない場合が多く見受けられ、自転車と歩行者との不適切な混在により生じる錯綜が歩行空間のサービス低下の一因となっている。歩行者と自転車の混合交通を評価する研究は様々あるが、「歩行者の歩行制約」という視点からの議論が不十分である。そこで本研究では、歩道の利用状況を詳細に把握し、自転車及び歩行者の移動速度を基にして自転車と歩行者の錯綜が歩行者へ与える影響を試算した。その結果、歩行者の速度低下という形での影響が生じていることを確認した。

**Key Words :** *sidewalks, bicycle and pedestrians, level of service, pedestrian space*

## 1. はじめに

### (1)研究の背景・目的

近年、環境への優しさや短距離移動の利便性といった特徴が注目を集め、都市交通手段としての自転車の利用が推奨されている。しかしながら、自転車は道路交通法により通行位置が定められているものの、通行位置が遵守されていない場合が多く見受けられ、自転車と歩行者との不適切な混在により生じる錯綜が歩行空間のサービス低下の一因となっている。しかし、これまで蓄積された多くの自転車・歩行者の混合交通に関する研究では、「自転車の走行性」という視点に着目したものが多く、「歩行者の歩きやすさ」という視点が欠落した傾向にあると指摘がなされている<sup>1)</sup>。そこで本研究では、混合交通の生じている歩道を対象に、歩行者及び自転車の移動速度を分析し、錯綜やレーン変更等の挙動が歩行者の移動速度に与える影響を明らかにすることで、歩行者の視点から歩道のサービス水準を評価する。

### (2)既存研究の整理

自転車歩行者道の混合交通の評価に関する研究は、走行速度や占有密度といった交通状況を指標としたものと、錯綜頻度や危機感といった回避挙動や意識変化を指標とした研究に区分することができる。前者は、例えば

山中ら<sup>2) 3) 4)</sup>が自転車の 85 パーセント速度を指標として評価レベルを提案し、これによって自転車・歩行者の快適性や安全性といった交通環境の違いを表現している。

後者については、例えば足立ら<sup>5)</sup>が歩行者・自転車接近時の危機感に影響を与える要因として、両者の位置関係と相対速度に着目し、それらの要因が変化したときの自転車と歩行者、双方が感じる危険の感じ方とその変化を定量的に把握している。

しかし、こうした研究の対象は自転車歩行者道や自転車通行が可能な歩道に限定されており、道路交通上自転車の走行が認められた領域での研究に留まっている。

## 2. 研究の概要

### (1)研究方法

本研究は、歩行速度に着目して自転車交通が歩行者へ与える影響を走行状態別に比較することで明らかにしていく。歩道の利用状況の把握には、ビデオカメラを用いて撮影し、その映像を基に分析を進めた。

以下に研究の手順を示す。

- ① 分析対象地域の選定
- ② ビデオ撮影調査、画像解析・集計
- ③ 指標の定義、指標の抽出、データ分析

④ 考察・今後の課題

(2)対象地域の選定

本研究では、対象地域の選定にあたり平成 22 年度道路交通センサス一般交通量調査結果<sup>6)</sup>を用いた。まず、高速自動車道を除いた東京都内 330 路線における単位幅員 (1.0m) 当たりの自転車・及び歩行者の 12 時間交通量(7~19 時)を整理すると図-1 となる。混合が問題となる路線を選ぶために、単位幅員当たりの自転車・歩行者の交通量が平均値より大きく、なおかつ極めて特異なものを外すために平均値と標準偏差の合計よりも小さい歩道を対象地域の候補とした。さらにこの中から自転車と歩行者の分離がなされていない路線で、直線区間が確保されていること、ビデオ撮影が可能であることを踏まえ、主要地方道飯田橋石神井新座線 (都道 25 号) を選定とした。選定箇所的位置を図-2 に示すが、この道路は車道部の幅員が 10.5m、歩道部分は 3.0m で、沿道の土地利用は近隣商業地域に指定されており、沿道周辺は第 2 種低層住居専用地域、第 1 種住居地域が広がっている<sup>7)</sup>。なお、車道側に一部簡易な植栽がある。

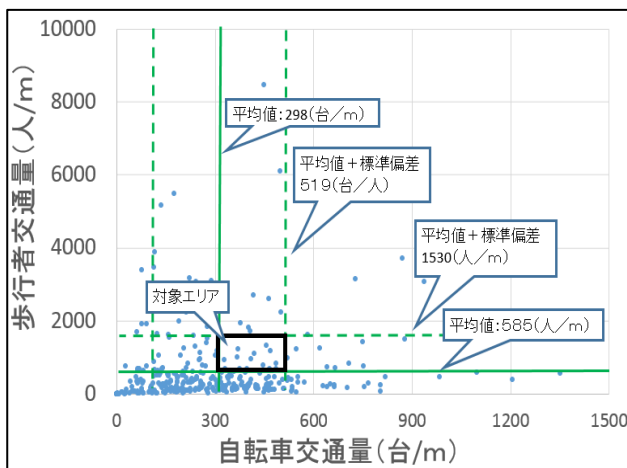


図-1 路線別の自転車・歩行者交通量

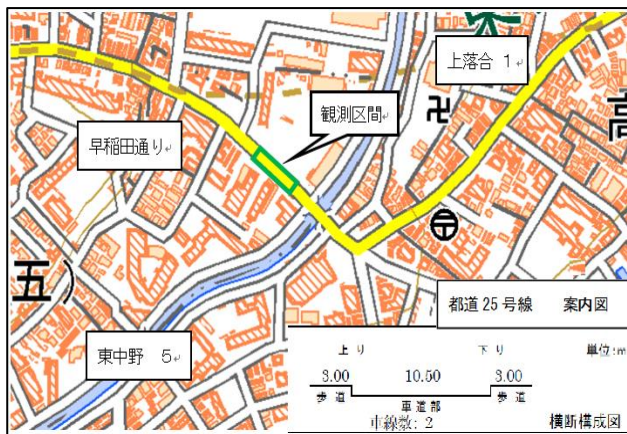


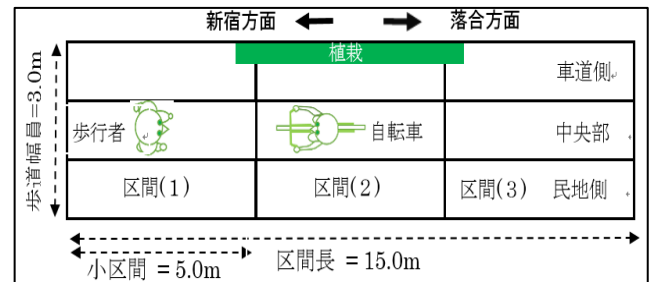
図-2 観測路線の案内図<sup>8)</sup> (都道 25 号)

(3)調査の概要

本研究では、ビデオカメラを用いて自転車・歩行者の交通挙動を記録した。調査概要を表-1、観測の様子を図-1に示す。観測時間は時間交通量が多い朝と夕方の 2 時間とした。この 120 分の観測の結果、自転車 287 台、歩行者 305 人の有効サンプルが得られている。図-3 に示すよう、15m の観測区間を進行方向に 5m、横方向に 1m ごとに合計 9 つの長方形ブロックに区切り、各区間に速度や方向、挙動を観測した。また、これらのサンプルの内、錯綜の発生したサンプルを錯綜発生時として扱い、交通主体が錯綜を開始した瞬間の自転車・歩行者の位置及び方向を座標データとして記録した。なお、ベビーカーや自転車を押す歩行者、滞留する歩行者はサンプルとして除外している。

表-1 調査概要

調査場所	東京都 中野区 東中野
調査日時	2015年 10月30日(金) 8:15~9:15
	2015年 10月30日(金) 16:00~17:00
天候	晴れ
有効サンプル	8:15~9:15 自転車(163台), 歩行者(164人)
	16:00~17:00 自転車(124台), 歩行者(141人)
有効幅員	3.0m



※歩道の有効幅員には一部簡易な植栽を含む

図-3 観測区間の平面図

3. 交通状況を表す指標の定義

小井戸ら<sup>9)</sup>の研究を参考に、錯綜の種類を表-2のように区分し、自転車が方向を変更した瞬間における自転車搭乗者頭部の位置を錯綜の発生位置とした。なお、本研究では自転車と歩行者の錯綜のみを扱い、観測は目視判断によって行った。

表-2 錯綜の種類

対象	挙動指標	判断基準
自転車 歩行者	回避	進路転換を要する前の対面交通を避ける挙動
	追い越し	進路転換を要する前の歩行者や自転車を追い越す挙動
	停止・減速	対面交通を避けるための一時停止もしくは減速を伴った挙動

(1) 錯綜とレーン変更の峻別

本研究にて観測した 287 台の自転車走行速度の平均値は 13.7km/h であった。これを道路構造令に記載されている停止距離計算式 式-1<sup>10)</sup> に代入した場合、自転車の停止距離は 3.7m となる。歩行者と自転車の距離がこれよりも接近した場合には衝突の危険性が高まると考えられるため、本研究では「自転車と歩行者の距離が 3.7m 以内で、回避、追い越し、停止・減速の挙動が起きた場合」を錯綜と定義する。

$$L = \frac{V}{3.6}t + \frac{V^2}{2gf(3.6^2)} \quad (\text{式-1})$$

停止距離(m) = 空走距離 (m) + 制動距離 (m)

空走距離：反応時間(秒)×制動前の車速 (m/秒) 運転者が危険を感じて急ブレーキが必要と判断した時点から、ブレーキが効き始める時点までの距離。

制動距離：制動前の時速 (km/h) の 2 乗÷ (254×摩擦係数)

L：停止距離 (m) ブレーキをかけてから停止するまでの時間。

V：自転車走行速度(km/h)

t：危険を認知してからブレーキが効き始めるまでの時間 (健康者であれば 0.7 秒程度である。よって本研究でも同様に 0.7 秒とした。)

f：タイヤと路面の縦滑り摩擦係数 (乾いたアスファルトの摩擦係数は 0.7<sup>10)</sup> である。よって本研究では 0.7 を採用した)

g：重力加速度 (9.8m/s<sup>2</sup>)

なお、観測区間内の始端・終端断面及び区間中央部で通過したレーンが異なっていた場合レーン変更があったものと定義し、錯綜とは区別して整理することとする。

(2) 移動状態の定義

① 完全自由移動

観測区間始端から終端を通過するまで、進行方向 (観測区間内) に交通主体 (自転車・歩行者) が全く存在しない場合の移動を「完全自由移動」と定義する。

② 錯綜移動

観測区間内で錯綜の状況を生じた移動 (自転車、歩行者とも) を「錯綜移動」と定義する。

③ 自由移動

完全自由移動及び錯綜移動、以外の移動を「自由移動」と定義する。また、自由移動の中で、観測区間内で経路位置の変更を行ったものを「レーン変更自由移動」と呼び、経路位置の変更を行っていない移動を「レーン変更なし自由移動」と呼ぶこととする。

(3) 通行レーンの定義

自転車及び歩行者が観測区間に侵入した瞬間のレーンを抽出した。なお、錯綜が発生した場合、錯綜を開始した瞬間のレーンを錯綜移動時のレーンとして抽出した。

4. 調査結果

(1) 錯綜及びレーン変更について

観測の結果を表-3 および表-4 に示す。レーン別の通行比率 (表-3) について見ると、観測区間中央部における経路位置を見ると自転車、歩行者ともに中央に集中しているが、自転車は車道側を走行する傾向もある。また、民地側を走行する自転車の比率は 16.3% となり、極めて小さくなった。また、観測中に錯綜は 35 回発生しており、その発生確率を歩行者側から見ると 11.5% (35 回/305 人) となる (表-3)。

レーンごとに見ると、錯綜確率・レーン変更確率ともに中央部で発生確率が高くなる傾向にあり、錯綜項目別にみると、「回避」が最も多く 19 回、次いで「追い越し」が 13 回と多く見受けられた (表-4)。また、錯綜では、そのほとんどで歩行者よりも自転車が先に回避行動を行うことで衝突を回避していた。

表-3 観測の全体像

	通行レーン(人・台)			交通量 (人・台)	レーン 変更	錯綜(回)			
	車道側	中央部	車道側			回避	追い越し	停止	錯綜(合計)
歩行者	69	133	103	305	38	19	13	3	35
自転車	28	149	110	287	47				

表-4 歩行者の通行実態

	レーン変更 確率(%)	通行率 (%)	錯綜確率(%)			
			回避	追い越し	停止	錯綜(合計)
民地側	15.9	15.9	4.3	2.9	0.0	7.2
中央部	17.3	48.4	7.5	5.3	1.5	14.3
車道側	3.9	35.9	5.8	3.9	1.0	15.9
全幅員	27.9	100	6.2	4.3	1.0	11.5

(2) 自転車・歩行者の移動速度について

図-4 は、8 時及び 16 時台を合計した歩行者及び自転車の移動速度のヒストグラムである。歩行者の平均移動速度は 5.0km/h、自転車は 13.7km/h となった。また、自転車走行速度の分布は正規分布となった。一方、歩行速度については、「歩く」ではなく「走る」人も存在することから幅広く速度が分布する傾向が見受けられた。

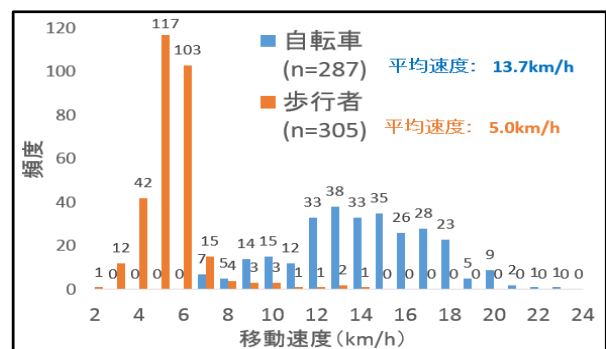


図-8 自転車・歩行者の速度分布

#### (4)移動状態・種類別の移動速度について

移動状況別に移動速度を見ると、自転車及び歩行者ともに完全自由移動・自由移動(レーン変更なし)の場合で移動速度が大きくなった(表-5, 表-6)。また、歩行者の錯綜移動時の平均速度について見ると、完全自由移動と比較すると14.0%減少(表-5)しており、自転車と歩行者と錯綜が発生した場合、減速という形で歩行者への影響が表れているものと考えられる。一方、自転車の場合も9.5%減少(表-6)しているが、その影響は歩行者ほどではない。

錯綜種類別に速度変化を見ると、回避が発生すると大きく歩行者の速度が低下する傾向にある(表-7)。これは歩行者の前方から接近する自転車の影響が速度変化として歩行者に表れたものと推察できる。

表-5 移動状態別の歩行速度

	完全自由移動	自由移動(レーン変更なし)	自由移動(レーン変更あり)	錯綜移動
サンプル数	111	148	11	35
平均	5.0	5.1	4.9	4.3
標準偏差	1.1	1.4	1.5	0.8

表-6 移動状態別の自転車走行速度

	完全自由移動	自由移動(レーン変更なし)	自由移動(レーン変更あり)	錯綜移動
サンプル数	124	112	16	35
平均	13.7	13.7	12.6	12.4
標準偏差	3.4	2.8	3.4	3.6

表-7 錯綜種類別の自転車・歩行者速度

	自転車			歩行者		
	回避	追い越し	減速・一時停止	回避	追い越し	減速・一時停止
サンプル数	19.0	13.0	3.0	19.0	13.0	3.0
平均	14.0	14.3	10.9	4.1	4.4	4.9
標準偏差	2.4	2.4	1.5	0.6	0.7	1.0

#### 5. 考察

- ① 自転車と歩行者とでは通行するレーンが異なる傾向にあり、自転車は車道側を通行する傾向が見受けられた。
- ② 移動状態別の速度を比較すると、自転車では完全自由移動・自由移動(レーン変更なし)の場合に速度が大きく、レーン変更や錯綜が発生すると完全自由移動時と比べ平均速度が9.5%減少した。また、歩行者の移動速度についてみると、錯綜が起こった場合だけが低く、完全自由移動時と比べ14%の速度低下が見受けられた。
- ③ 錯綜種類別の速度について見ると、「回避」が発生すると歩行者の速度が大きく低下する傾向にある。これより、歩行者の前方から接近する自転車の存在が歩行者の満足度を低下させる原因だと考えられる。

#### 6. 今後の課題

本研究では錯綜と速度との関連性についての分析を深めたが、今後は錯綜の発生確率を幅員や交通量から導き出すことで、歩行者と自転車の分離必要性を判断する基準となる「歩行空間としての満足度(サービス水準)」の提案が可能になると考えられる。

#### 参考文献

- 1)小井戸祐介, 浅野光行:歩行形態が歩行空間のサービスレベルに与える影響-歩行空間の利用状況と歩行者挙動の関係に着目して-, (社)日本都市計画学会 都市計画論文集, No. 44-3, pp97, 2009.
- 2)山中英生, 田宮佳代子, 山川仁, 半田佳孝:自転車走行速度に着目した歩行者・自転車混合交通の評価基準土木計画学研究・論文集, Vol.18no.3, pp471-474, 2001.
- 3)田宮佳代子, 山中英生, 山川仁, 濱田俊一: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, No.22(2), pp287-290, 1999.
- 4)山中英生, 半田佳孝:宮城祐貴: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, 27-37, 2003.
- 5)足達健夫, 吉村正浩, 萩原亨, 内田賢悦, 加賀屋誠一:歩行者・自転車双方の立場から見た歩道空間における危険感知領域に関する基礎的研究, 土木計画学研究・論文集, No.23no.2, pp568-572, 2006.
- 6)東京都建設局HP:平成22年度道路交通センサス一般交通量調査結果, 東京都交通量報告書(2016.7最終閲覧)
- 7)東京都都市整備局HP:都市計画情報等インターネット提供サービス 都市計画情報, [http://www2.wagamachi-guide.com/tokyo\\_tokeizu/enter.asp](http://www2.wagamachi-guide.com/tokyo_tokeizu/enter.asp) (2016.7参照)
- 8)国土交通省 国土地理院:国土地理院 地図(電子国土Web), <http://www.gsi.go.jp/> (2016.7参照)
- 9)小井戸祐介, 浅野光行:歩行形態が歩行空間のサービスレベルに与える影響-集団歩行者と携帯機器使用者に着目して-, 日本都市計画学会 都市計画論文集 No.42-3, pp913, 2007.
- 10)江守一郎:新版自動車事故工学, 技術書院, pp45-46, 1993.
- 11)一般社団法人 日本道路協会:道路構造令の運用と解説, pp220-221., 2004.
- 12)ジョン・J・フルーイン(長島正充 訳):歩行者の空間理論とデザイン, 鹿島出版会, pp46-47, 1976.
- 13)社団法人 日本道路協会:自転車道等の設計基準開設, pp68-70.1974.

(2016.7.31 受付)