

車道上自転車通行帯を有する信号交差点における自転車と左折車の錯綜分析*

Comparative Analysis on the Conflict between Left-Turning Vehicles and Bicycles at Various Type of Signalized Intersection with Cycle Lane*

石見拓也**・吉田長裕***

By Takuya IWAMI**・Nagahiro YOSHIDA***

1. はじめに

1960年代の急激なモータリゼーションの進展に伴い、日本ではこれまで増大する自動車交通に対応するための道路整備が行われ、自転車に関しては自動車と走行空間を分離した空間整備がされてきた。とくに、広く整備されてきた自転車走行空間の多くは自転車歩行者道であり、道路交通法での原則車道走行と矛盾した自転車と歩行者が混在する走行空間となっている。これが近年の歩行者対自転車事故の要因の一つと考えられ、自転車が歩道を通行することは交差点における自転車対自動車事故の重要な原因であることが指摘されている¹⁾。これを踏まえ、2008年には道路交通法の改正とともに、車道上に自転車専用通行帯（自転車レーン）を試験的に整備する動きが出ているが、交差点部における処理方法については、十分に検討されていない状況にある。

一方、海外では、自転車は自動車と同様に車道を走行することが一般的であり、その走行空間および交差点制御方法については安全性や快適性に配慮した様々な事例が見られることから、今後の国内においても参考になるものと考えられる。そこで本研究では、国内および諸外国における車道上の自転車通行帯を有する交差点を対象に、交差点処理および安全上の課題となる左折車と自転車の錯綜現象に着目し、ビデオ映像解析により左折車の処理方法別、錯綜の有無別に速度・距離を比較することで空間制御方法の特徴を明らかにすることを目的とする。

2. 研究方法・対象

(1) 研究方法

本研究では、左折自動車および直進自転車の処理制御方法の異なるコペンハーゲン（デンマーク）、シアトル、ポートランド（米国）、国内の計4カ所の交差点におい

て、まず映像解析により各交差点における錯綜挙動、走行軌跡から見られる特徴を示した上で、特に自転車と自動車の混在状態の生じるコペンハーゲンの信号交差点において速度・距離から詳細な分析を行うこととした。なお、走行軌跡は映像解析ソフト Vitracom SiteView によって取得した。

(2) 自転車走行空間及び対象交差点

車道上に自転車通行帯を有する場合、各国で様々な運用がなされている。直進自転車と左折車の処理方法については、大きく混在型と分離型に分類できる。混在型は、交差点流入前の段階で左折車を自転車通行帯内の直進自転車へ混在させて処理するタイプで、分離型は交差点端部まで自転車と左折車の通行位置を分離し交差点内で錯綜させるタイプである。米国のポートランドやデービスなどの都市やコペンハーゲンでは混在型が多く導入されているが、これは安全性への配慮からである。一般に、混在型の方が自転車の危険感が高まるものの、交通事故は減少し安全性は分離型に比べて高いようである。一方、分離型については、国内では小交差点に限定して導入が進みつつあるが、コペンハーゲンや米国の諸都市でも導入されていることを確認した。ただし、左折交通量などの交通条件を考慮し、信号制御や停止位置の前だし、規制により直進自転車に優先権を与えることで、空間分離と時間分離をセットで導入した事例が多い。

以上のような交差点における処理タイプの違いに加え、自転車通行帯がない場合を比較するために、本研究では表-1の対象交差点を分析対象とした。

表-1 映像の詳細

処理方法	撮影場所	映像時間
混在型	コペンハーゲン	10時間
混在型	ポートランド	1時間
分離型	尼崎	4時間
なし	シアトル	11時間

*キーワード：歩行者・自転車交通計画、交通安全

**学生員、学士、大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻
(大阪市住吉区杉本3-3-138、TEL:06-6605-2731、

E-mail:iwami@plane.civil.eng.osaka-cu.ac.jp)

***正員、工博、大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻
(E-mail:yoshida@plane.civil.eng.osaka-cu.ac.jp)

3. 各交差点の空間整備と錯綜現象の特徴

(1) コペンハーゲン

コペンハーゲンでは、右折車を交差点流入部で自転

車通行帯に混在させることで、交差点内での左折車との錯綜を回避する制御を行っている（図-1）。右折車は、交差点流入部に設けられた波線部から自転車通行帯に進入できるように路面標示で制御され、交差点部では広幅員の混在空間を確保することで、直進自転車と右折車両との縦列走行あるいは進路の変更を促している。



図-1 コペンハーゲン（H. C. Andersens Boulevard × Jurnbanegade）での錯綜軌跡例

（2）ポートランド

ポートランドの事例交差点では、ダウンタウンエリアにアクセスする一方通行路で、右折専用車線及び自転車通行帯が交差点流入手前で交差した事例である（図-2）。交差点内では錯綜していないことがわかる。

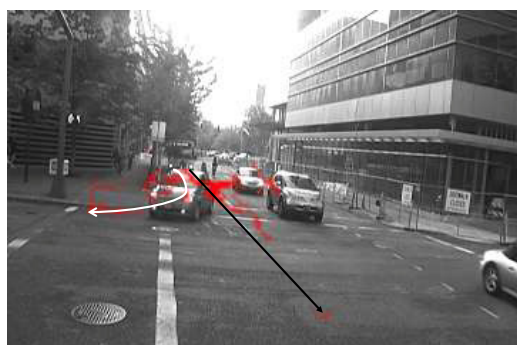


図-2 ポートランド（S.W. 2nd Avenue × S.W. Main St.）での錯綜軌跡

（3）尼崎

尼崎では、車道上に自転車通行帯がモデル地区として整備されたものである。交差点端部まで外側線（実線）が引かれており通行帯が分離されている（図-3）。この交差点では、錯綜が交差点内で起きており、また自転車利用車が車道走行に馴染みがないためか、左折車接近時に横断歩道側への回避行動が見られた。

（4）シアトル

シアトルでは、自転車通行帯が整備されていない交差点を事例とした（図-4）。この場合の錯綜は、自転車が事前に右折車の外側を通ることで左折車との錯綜を回避することが多く、交差点流入部で進路変更が行われ、

交差点内部では錯綜していないことがわかる。



図-3 尼崎（尼崎北小学校南西）での錯綜軌跡

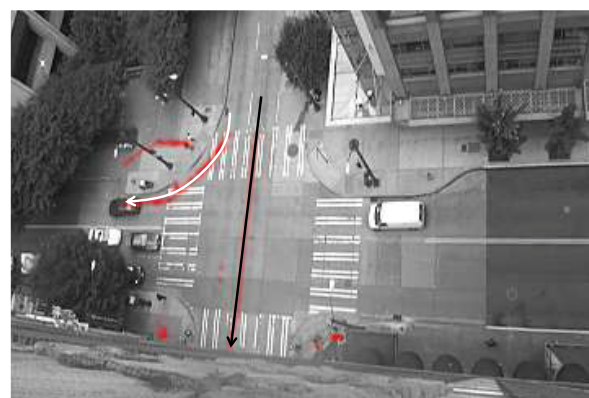


図-4 シアトル（Pine St. × 7th Ave.）での錯綜軌跡

4. 錯綜挙動による分類

各交差点の映像及び走行軌跡から得られた錯綜挙動の分類を図-5 に示し、それらの頻度を観測し結果を表-2 に示す。計測は左折車（海外は右折車、以下同じ）について行い、信号や駐車車両による影響が見られたものは除外した。①、②は左折車が減速し、自転車を優先させる場合、③は左折車が自転車を追い越す場合、④は自転車が錯綜を回避するために走行経路を変える場合、単独は左折車に錯綜が見られない場合を示している。

以下に考察をまとめて示す。

- 1) コペンハーゲンでは事前に自転車と右折車を混在させているため、交差点手前で自転車を優先させる傾向が高いことが確認できるが、交差点部分で錯綜している現象も確認できる。
- 2) ポートランドでもコペンハーゲンと同様に混在型であるが、自転車が自ら錯綜を回避する傾向が高い。
- 3) 尼崎では錯綜現象はあまり見られず、交差点分で自転車を優先させる傾向が高いことが確認できる。
- 4) シアトルでも錯綜現象はあまり見られず、錯綜が見られても自転車が自ら錯綜を回避しているものである。

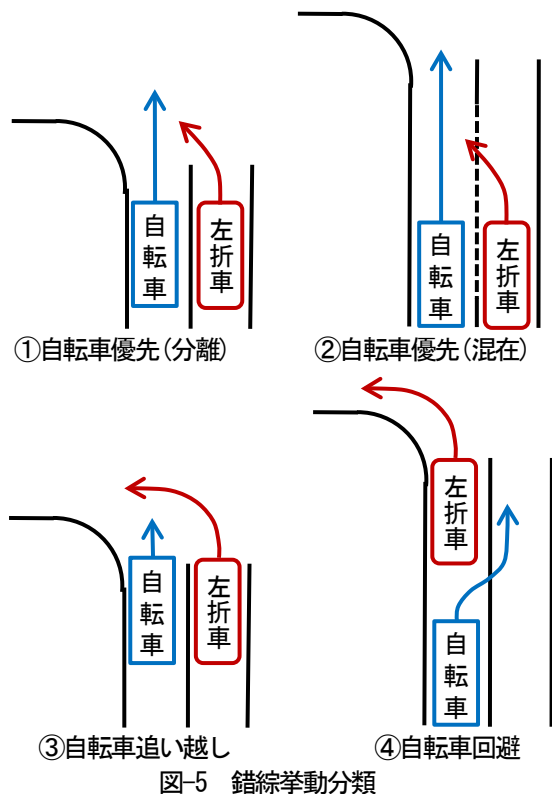


表-2 錯綜挙動別計測頻度の構成率

処理方法	撮影場所 (n)	①	②	③	④	単独
混在型	コペンハーゲン (270)	9%	30%	4%	1%	57%
混在型	ポートランド (158)	0%	—	0%	23%	77%
分離型	尼崎 (220)	3%	—	1%	0%	95%
なし	シアトル (101)	0%	—	0%	3%	97%

5. 速度・距離による分析

(1) 計測方法

最も錯綜事象の多かったコペンハーゲンにおいて速度・距離による分析を行う。速度・距離の計測については、映像に基準線及び計測ラインを用いる(図-6)。基準

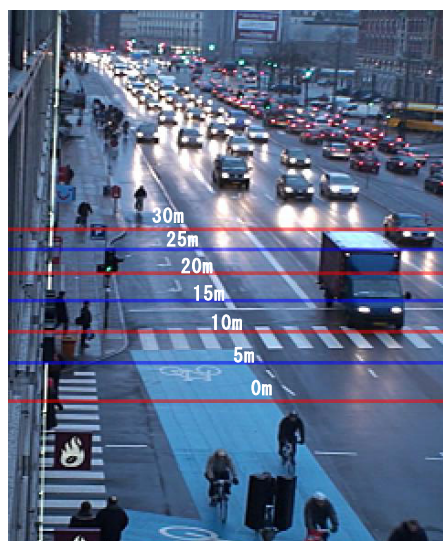


図-6 基準線・計測ライン概要

線は左折後の道路端を延長したものとし、計測ラインは基準線から 5m 間隔で交差点手前 30m まで用いた。この計測ラインを計測対象車両が通過した時間を計測し、計測ライン間を通過するのにかった時間から速度を算出する。錯綜距離については、計測対象車両が交差点手前 25,15m の計測ラインを通過した時の車両間距離を計測する。対象となる映像においてピクセル単位で直進方向・直進直角方向ともに計測し、実距離との比例関係によって算出を行う。

(2) 錯綜有無別速度比較

錯綜有無別による比較を行うため、「錯綜」の定義を行う必要がある。一般的な「錯綜」の定義は「2 つ以上の道路利用者が互いに近づき、それらの動きがそのまま変化しないとすると衝突の危険性がある状態」、あるいは「2 つの車両の相互作用を含んだ交通現象で、片方か双方の運転者が衝突を避けるために回避動作をとった場合」等²⁾とされている。本研究では映像の制約条件から、混在部分の錯綜の特徴を明らかにするために、錯綜距離計測時に前後 10m に車両が存在する場合を「錯綜あり」と定義する。

混在の特徴を示すために、錯綜の有無別に右折車・自転車の速度推移を示す(図-7)。交差点手前 33~23m は破線で示された右折車進入部分であり、交差点手前 15m は右折車が自転車と混在している位置である。

錯綜あり右折車は進入部分の速度が錯綜なしに比べて小さく、進入部分においてすでに減速を行い、その後再加速し交差点部に向かっていることがわかる。つまり、流入時に自転車の存在を確認し、混在できる空間を探しているものと考えられる。錯綜なし右折車は交差点に向かい徐々に減速しており、自転車の速度は錯綜の有無によってほとんど差がないことがわかる。

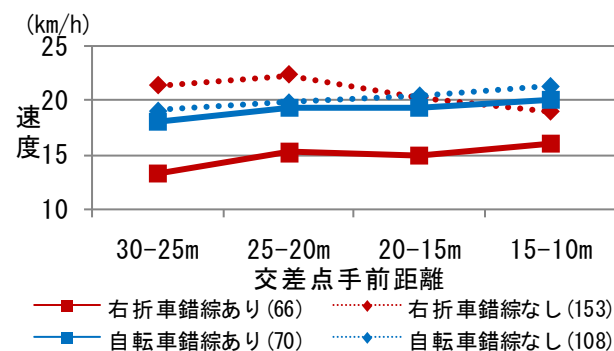


図-7 錯綜有無別右折車・自転車速度推移

(3) 錯綜有無別進入位置比較

コペンハーゲンの交差点において、右折車の自転車通行帯進入時位置を錯綜有無別に比較するために錯綜有無別進入位置割合を示す(図-8)。錯綜の有無にかかわら

ず交差点手前 28~32m で進入しているものが半数以上を占めており、ちょうど白線が破線となっている部分で多くの右折車が進入を試みていることがわかる。錯綜の有無別に平均進入位置を見ると、錯綜ありが交差点手前 27.8m、錯綜なしが交差点手前 28.5m となっており、大きな差は見られなかった。

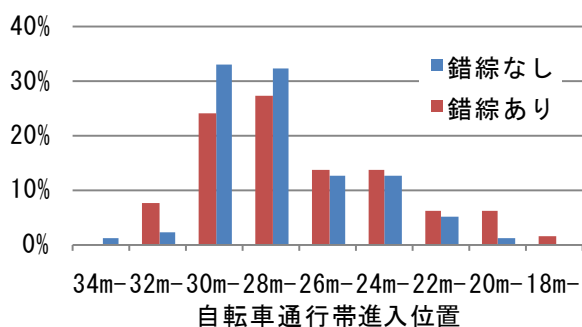


図-8 錯綜有無別進入位置割合

(4) 進入時・交差点手前 15m での距離・速度比較

右折車と自転車の優先関係を見るためにパターンを 2 つに分類する。パターン 1 は進入時に自転車前方に存在するもの、パターン 2 は自転車が側方から後方に存在する場合を表し、右折車が自転車通行帯に進入する時での自転車位置と、交差点手前 15m での自転車位置を図-9, 10 に示す。

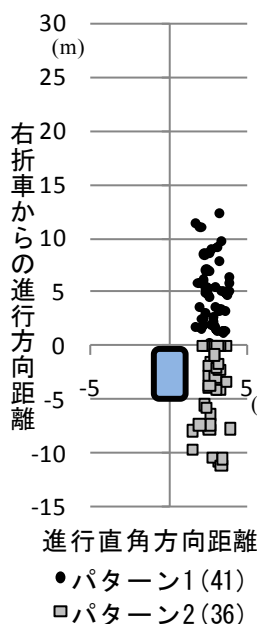


図-9 右折車進入時

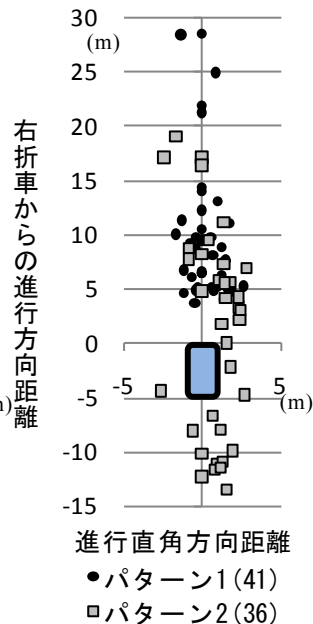


図-10 交差点手前 15m

進入時において右折車の前方に存在している自転車は、交差点手前 15m においても右折車の前方に存在するが、進入時において右折車の後方に存在している自転車は交差点手前 15m において前後に分散して存在し、交錯が起こっていることが確認できる。

次に、パターン 2 について前方と後方に存在しているものに分類し、速度を比較したものを示す(図-11)。交差点手前 15m で自転車が前方に存在する場合、右折車が混在部分で大きく減速し再加速しており、後方に存在する場合、右折車が交差点に近づくにつれ減速していることを確認できる。また、混在部分の自転車の速度によって自転車が優先されるか否かが決定されていることがわかる。

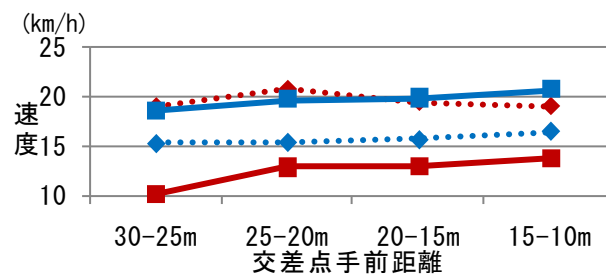


図-11 自転車位置別右折車・自転車速度推移

6. まとめ

本研究で得られた知見を示す。

- 1) 車道上自転車通行帯がない場合、自転車は自ら錯綜を回避する傾向が強い。
- 2) 車道上自転車通行帯を有する場合、混在型より分離型の方が自転車を優先させる傾向が強い。
- 3) 混在型では進入時において右折車の後方に存在する自転車との優先関係が明確ではなく、危険な錯綜となる傾向にある。

今後の課題として、国内の交差点事例では錯綜件数が少なく傾向を把握することが困難であったので、サンプル数を増やす必要がある。また、混在タイプにおける錯綜の起きる範囲や上流部での錯綜についても比較可能な評価指標を検討し、さらに利用者の主観を考慮した交差点における安全性評価を行う。

本研究は、「自転車等の中速グリーンモードに配慮した道路空間構成技術に関する研究」(国土交通省国土技術政策総合研究所委託研究)の一部として筆者らが実施したものである。

参考文献

- 1) 警察庁：自転車対策検討懇談会 自転車の安全利用に関する提言, <http://www.npa.go.jp/koutsuu/kikaku/71/20061130-2.pdf>
- 2) 松崎純・中辻隆：「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」, 第 38 回土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2008