

信号交差点における自動車の交通容量へ及ぼす 自転車の影響に関する基礎的分析

稲垣具志* 小早川悟**
青山恵里*** 熊谷祐希****

本稿では、自転車の車道通行による交通流への影響を交通容量の観点から考察する必要性に着目し、まず信号交差点での自動車の飽和交通流率に自転車及ぼす影響の考え方について米国のHighway Capacity Manual等からレビューした。また、国内の信号交差点における交通流観測に基づいて車両挙動の分析を行い、車道混在運用の流入部においては、自転車と直進自動車との挙動の相互関係に三つのパターンが存在すること、左折自動車との関係では、安全上の課題から自転車専用信号や専用現示の導入による交通管理が有用であること等が示された。

A Basic Analysis of Impacts of Bicycles on Motor Vehicle Capacities at Signalized Intersections

Tomoyuki INAGAKI* Satoru KOBAYAKAWA**
Eri AOYAMA*** Yuki KUMAGAI****

In this paper, the authors focus on impacts of bicycles on traffic flow from the perspective of traffic capacity, firstly reviewing the evaluation methods of impacts that bicycles have on saturation flow rates of motor vehicles at signalized intersections, based on publications such as the Highway Capacity Manual (USA), etc. This is followed by the analysis of vehicle behavior at signalized intersections in Japan, through traffic flow observations. It was shown that there are three types of interrelations between motor vehicles traveling straight ahead and bicycles at the intersection approach of shared use. This analysis also showed that, in relation to motor vehicles making left turns, the implementation of traffic signals or phases that apply only to bicycles would be an effective means of traffic management from a safety perspective.

1. はじめに

近年、都市交通における自転車の適正で効果的な活用に向けて、通行方法や利用マナー、駐輪マネジ

メントや共同利用システムの展開可能性に至るまで、さまざまな議論が繰り返されている。自転車は道路空間において歩行者、自動車といった多様な交通モードとの共存が生じやすいが、特に道路の空間制

* 日本大学理工学部助教
Assistant Professor, College of Science and
Technology, Nihon University
** 日本大学理工学部教授
Professor, College of Science and Technology,
Nihon University

*** 日本大学大学院理工学研究科博士前期課程
Master's Course Student, Graduate School of Science
and Technology, Nihon University
**** 日本大学理工学部学部生
Undergraduate Student, College of Science and
Technology, Nihon University
原稿受付日 2016年6月30日
掲載決定日 2016年9月13日

約の強いわが国においては、欧米に見られる自転車道や自転車専用通行帯を積極的に整備する余裕がない区間が多い上に、自転車の通行位置が不明確な状況が散見され、歩道上の錯綜や車道逆走といった無秩序な利用がしばしば指摘されている。そのような中、2012年には国土交通省から「安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン」¹⁾が発出され各地において自転車ネットワークの計画策定が進むほか、自転車の通行方法の積極的な指導、警告が励行されるといった背景を受け、自転車通行を考慮した空間整備に関する知見が事例的分析を中心に導き出されている。

これまで、自転車の基本的な挙動特性分析や、自転車道、自転車ナビラインといった自転車通行に特化した施設の効果を分析した事例が数多く見受けられる^{2)~5)}が、その中でも、歩道上での歩行者との錯綜を定量化したもの^{6)、7)}、自転車の車道通行による他車との並進や左折車との影響関係において自動車とのコンフリクトを検討したもの^{8)~11)}等、多様な分析が行われ整備事例も多く報告されている。

このように、安全性や快適性の確保の視点において自転車と他のモードとの混在状況に対する評価が行われているが、交通容量や交通流率の観点からの考察は十分ではない。車道における自転車の混入率が今後高まることを想定する場合、交差点近傍での自動車の走行挙動への影響によって生じる容量の変化や、それに起因する道路ネットワークレベルでの波及についても検討しながら、自転車混合交通流の円滑面における評価がなされなければならない。しかしながら、自転車の車道通行が自動車交通流へ及ぼす影響について、日本道路協会発行の『道路の交通容量』¹²⁾では、単路部の容量算定での自転車の乗用車換算係数が示されている等、わずかに記載があるのみである。

空間を共有する自動車との関係を交通容量の視点から考察している研究は限定的であり、交差点部において横断歩道を通行する自転車が自動車の流率に与える影響をモデル化したもの¹³⁾、ラウンドアバウトにおいて自転車と流入車両の挙動や交通容量との関係を分析したもの¹⁴⁾等が見受けられるが、単路部・交差点部における自転車の存在と混合交通の円滑性との量的な関連性が明確に示されているとは言い難い。

本稿では、自転車混合交通において特に交通容量の評価が求められる信号交差点を対象に、自転車が

自動車の飽和交通流率へ与える影響を評価する方法について海外の既往研究を通して整理する。また、国内の信号交差点の交通流観測に基づき、直進自動車、左折自動車の挙動に自転車が及ぼす影響を分析し、得られた考察を踏まえながら今後の自転車交通政策の推進の中で交通容量の観点から道路設計、道路計画に求められる研究課題を提示することを目的とする。

2. 自転車の車道通行による交通流への影響評価のレビュー

2-1 右左折車の飽和交通流率に対する補正率

自転車が乗用車の飽和交通流率へ与える影響について、米国HCM¹⁵⁾では右左折車と自転車・歩行者との関係を取り扱っている。米国では車両が右側通行であるため、自転車レーンを通行する自転車と同方向に交差点へ流入する右折車の飽和交通流率の算定にあたり、影響要因となる空間的な競合を表現するためにコンフリクトゾーン(Conflict Zone)が定義されている。Fig. 1のように直進自転車と右折自動車の通行動線が重複する部分をBicycle-Vehicle Conflict Zoneとしており、横断歩行者についても設定している。これは、わが国での横断歩行者による左折車停止確率の算出時のコンフリクトエリア(右左折車の停止に有意に影響する横断歩道内の部分)¹⁶⁾と同様な考え方である。

コンフリクトゾーン概念を用いた歩行者・自転車の補正率(pedestrian and bicycle adjustment factor)による計算手順は以下の通りである。

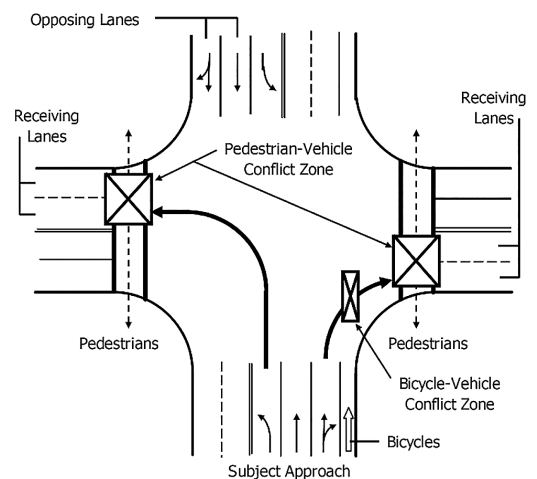


Fig. 1 コンフリクトゾーンの考え方¹⁵⁾

①歩行者・自転車の流率の算出

現示の割り当て時間とサイクル長から歩行者青時間における歩行者流率を式(1)より求める。

$$v_{pedg} = v_{ped} \frac{C}{g_{ped}} \leq 5000 \dots\dots (1)$$

v_{pedg} : 歩行者青時間における歩行者流率 [人/時]

v_{ped} : 交差点における歩行者流率 [人/時]

C : サイクル長 [秒]

g_{ped} : 歩行者青時間 [秒]

同様に、青時間における自転車流率を式(2)より求める。

$$v_{bicg} = v_{bic} \frac{C}{g} \leq 1900 \dots\dots (2)$$

v_{bicg} : 青時間における自転車流率 [人/時]

v_{bic} : 自転車流率 [人/時]

g : 有効青時間 [秒]

②歩行者・自転車のオキュパンシーの算出

歩行者青時間における歩行者流率が1000 [人/時] 以下の場合、歩行者オキュパンシー OCC_{pedg} を式(3)より求める。

$$OCC_{pedg} = \frac{v_{pedg}}{2000} \dots\dots (3)$$

一方で当該流率が1000 [人/時] を超える場合は、式(4)より求める。

$$OCC_{pedg} = 0.4 + \frac{v_{pedg}}{10000} \leq 0.90 \dots\dots (4)$$

自転車オキュパンシー OCC_{bicg} は、式(5)より求める。

$$OCC_{bicg} = 0.02 + \frac{v_{bicg}}{2700} \dots\dots (5)$$

歩行者・自転車との干渉による右折車への影響として式(6)による総合的なオキュパンシー OCC_r を用いる。

$$OCC_r = \left(\frac{g_{ped}}{g} OCC_{pedg} \right) + OCC_{bicg} - \left(\frac{g_{ped}}{g} OCC_{pedg} OCC_{bicg} \right) \dots\dots (6)$$

③コンフリクトゾーンの非占有率と補正率の算出

交差道路の流出車線数が右折車線数と等しい場合、右折車は歩行者や自転車を回り込むような挙動は示さず、コンフリクトゾーンの非占有率 A_{pbT} はオキュパンシーを用いて式(7)のように求められる。

$$A_{pbT} = 1 - OCC_r \dots\dots (7)$$

一方で、流出車線数が右折車線数より多い場合は、右折車の回り込み挙動の発生を考慮して、式(8)より非占有率 A_{pbT} を算出する。

$$A_{pbT} = 1 - 0.6OCC_r \dots\dots (8)$$

以上より、右折専用車線における歩行者・自転車の補正率 f_{Rpb} は式(9)より定められる。

$$f_{Rpb} = A_{pbT} \dots\dots (9)$$

Allenら¹⁷⁾は、信号制御形態による占有状態の違いを考慮した総合的なオキュパンシーによる流率の補正率を整理している。**Table 1**は車線・信号運用別に自転車・歩行者の占有による流率低減の調整係数 (f_{Rpb}) と、右折行動そのものによる調整係数 (f_{RT}) を示したものであり、右折専用車線かつ右折専用現示では低減がない ($f_{Rpb}=1.0$) が、その他のケースでは上述のオキュパンシー指標 (OCC_r) によって低減量を調整している。右折行動そのものによる補正率は0.85を基本としており、右直の混在車線では右折車の混入率 (P_{RT} , P_{RTA}) によって変動する。右折専用現示とその他の現示の両者が存在する場合は、各現示における低減状況を切り分けて補正率を算出している。

2-2 自転車需要が非常に高い場合の補正率

Guoら¹⁸⁾は、アジアの発展途上国にしばしば見受けられるような通勤交通等により自転車利用ニーズが著しく高い道路では、HCMのような平均的なオキュパンシーの捉え方では自転車による飽和交通流

Table 1 車線・信号運用別の補正率¹⁷⁾

CASE	f_{Rpb} FORMULAS*	f_{RT} FORMULAS
1 - Exclusive lane ; protected phase	1.0	0.85
2 - Exclusive lane ; permitted phase	1 - OCC _r	0.85
3 - Exclusive lane ; prot/perm phase	1 - (1 - P _{RTA}) OCC _r	0.85
4 - Shared lane ; protected phase	1.0	1.0 · P _{RT} [0.15]
5 - Shared lane ; permitted phase	1 - P _{RT} OCC _r	1.0 · P _{RT} [0.15]
6 - Shared lane ; prot/perm phase	1 - P _{RT} (1 - P _{RTA}) OCC _r	1.0 · P _{RT} [0.15]

*Substitute [0.6 (OCC_r)] for [OCC_r] where appropriate

P_{RT} = proportion of right turns in lane group
P_{RTA} = proportion of right turns using protected phase

Table 2 自転車需要が非常に高い場合の現象分類（車両右側通行を想定）

	右折車への影響を検討する場合	左折車への影響を検討する場合
第1段階	青時間開始直後に自転車が集団として発進	青時間開始直後に対向自動車が発進
第2段階	自転車同士の影響がない状態でランダムに到着	対向自動車がランダムに到着し、対向自転車は集団走行
第3段階		対向自動車、対向自転車共にランダムに到着

出所) 参考文献¹⁸⁾を基に著者が作成

率の低減状況を十分に説明できないことを指摘している。自転車の交通需要が非常に高くなると、信号待ちの自転車の台数が多く、青切り替わりに集団を形成しながら塊として発進し、しばらくすると互いに独立した状態でランダムに交差点に流入する状況が発生する。そのため、まず挙動特性の分析から Table 2 に示すように現象の分類を行い、青開始直後の自転車が高密度で自由度の低い状態で横断する段階（第1段階）と、その後の低密度で自由度の高い状態で横断する段階（第2段階）とを明示的に切り分けてモデル化する必要性を主張している。

このため、右側通行の場合の右折車に対しては、第1段階では右折行動の機会がまったく与えられず補正率はゼロであり、第2段階ではランダムに到達する自転車流に対する右折車のギャップ特性を考慮して補正率を算出する手法を採用している。左折車については、青時間開始直後の対向自動車を待機する第1段階（左折できない状態）、対向自動車はランダム到着であるが対向自転車が集団発進となり得る第2段階、対向自動車と対向自転車がいずれもランダム到着となる第3段階それぞれに対して補正率を定義している。自転車需要が非常に高い環境では、これらの補正率の考え方を適用することでHCMによる推定と比べて影響度を適正に評価でき、交通流をより現実的に説明できることが検証されている。

3. 国内における信号交差点発進時の自転車混合交通の挙動分析

3-1 分析の目的

前章の文献レビューで述べたように、自転車の車道通行による自動車交通流に対する影響は、自転車自体の挙動の他、自転車に対する自動車の挙動反応の特性に大きく左右される。自転車の利用文化が諸外国と比べて独特であるわが国において補正率を

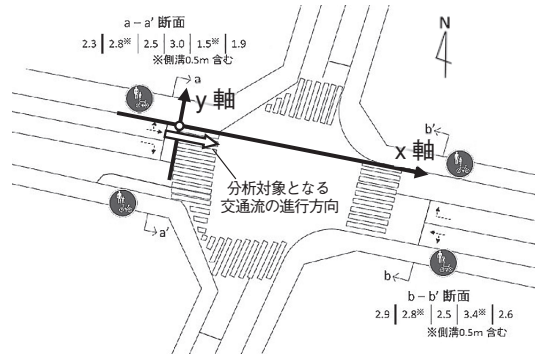


Fig. 2 調査対象交差点の平面図と座標軸の設定

討するためには、自転車の車道通行が促進された場合の空間的コンフリクトの条件設定や、オキュパンスーの概念、自動車の走行特性の変化等について、自転車と自動車の双方の挙動観測に基づいて考察することが重要であるといえる。ここでは、国内の信号交差点において、自転車が車道通行した場合の自動車挙動の変化を実験的に観測したデータの分析を基に、直進自動車や左折自動車への影響について検討する。

3-2 調査概要

東京都内の東京都道440号（新青梅街道）における信号交差点の西側流入部（上り方向）において交通流観測を実施した。調査は平日の8:10~12:20と15:00~18:30に行い、信号交差点の流入部から横断部分までの直進自転車、直進自動車、左折自動車を路側に設置したビデオカメラにより撮影した（天候：晴れ）。調査対象とした交差点の平面図を Fig. 2 に示す。対象とした交差点流入部は2車線で、第一通行帯は左折直進混用車線で幅員は2.8m（側溝部分含む）、第二通行帯は右折車線で幅員は2.5mであり、歩道は普通自転車通行可で幅員は2.3mである。横断部には自転車横断帯は設置されておらず車道通行の自転車は車両用灯器に従うこととなる。また、流入部停止線から約37m手前と、流出部横断歩道の下流側端から約13m進んだ地点の車道左端に、自転車の車道左側通行を指導するための自転車ナビマーク¹⁹⁾が設置されている他は、分析対象となる交通流に関して、流出入部や交差点内に矢羽根や青色カラー舗装といった自転車通行に特化した設備は存在しない。

車道通行の自転車の有無による自動車の挙動の違いを検討するため、自動車が赤時間で待ち行列を形成している間に、適宜自転車に乗車したスタッフ5

人が縦列に並んで(以下、「縦列走行自転車」という)停止線を先頭に待機し、青切り替わり時に自動車と同時に発進した。スタッフには横断時に直進性が保たれるよう、あらかじめ通行方法を指示した。これは、現地において自然発生する自転車の挙動に、歩道からの発進や車道から横断歩道への進入といった極めて自由度の高い行動が認められ、自転車による自動車への影響を的確に把握するためには自転車の挙動を統一する方が望ましいと判断したためである。縦列走行自転車の交差点の横断状況を Fig. 3 に示す。速度は車道通行する一般成人の平均速度とされる 15km/h を目安に²⁰⁾横断することとし、急加速とならないよう留意した。さらに、渋滞による先詰まりや路上駐車等の自転車以外の要因の有無を確認するために交差点下流部も同時に観測している。

3-3 データの取得

信号の青切り替わり時に発進する自動車と自転車の挙動について、ビデオ画像から追尾ソフト (Ditect 社「Dipp-Motion Pro 2D」) を用いて車両の追尾を行うことにより 1/3 秒ごとの軌跡座標を得た。軌跡の x - y 座標軸については、Fig. 2 のように流入部横断歩道上流側端と、車道端のアスファルト・縁石の境界線との交点を原点として、 x 軸を車両進行方向、 y 軸を横断方向左向きが正となるように設定した。自動車は左前輪と路面との接地部、自転車は前輪と路面との接地部を座標値としている。画像解析によって得られる座標データの誤差は、実座標への射影変換時 (座標キャリブレーション) と軌跡追尾時 (接地部のポインティング) で生じるが、両者を合わせて ± 0.07 [m] 以内に収まる程度である。

ビデオ画像から得られた分析サンプルの概要を Table 3 に示す。縦列走行自転車による自動車の挙動への影響のみを可能な限り検討するため、縦列走行自転車以外の自転車・二輪車、交差点付近の駐停車車両の存在や、渋滞等による先詰まり状態といった、他の交通条件が大きく作用し得る状況を避け、分析に適したサイクルとして抽出したものである。

3-4 直進自動車の挙動に及ぼす影響の検討

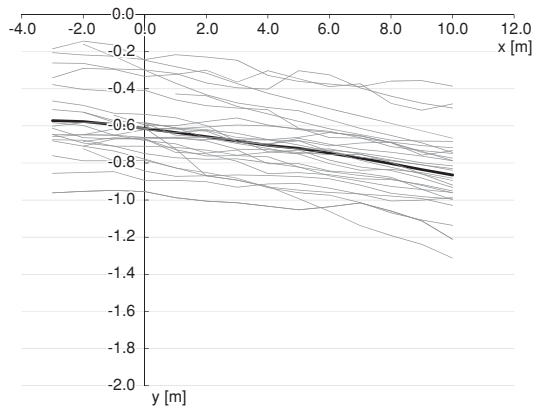
青切り替わり後の直進自動車の走行軌跡について、1/3 秒ごとの座標値から、 x 軸方向 1.0m ごとに y 座標の値を算出した。Fig. 4 に縦列走行自転車が存在しない場合の直進自動車の軌跡 (a) と、縦列走行自転車が存在する場合の軌跡 (b) を示す。グラフ内の細線は個々の車両の軌跡で、太線は x 座標 1.0m ごとの y 座標の平均値を結んだものである。(a) では、流



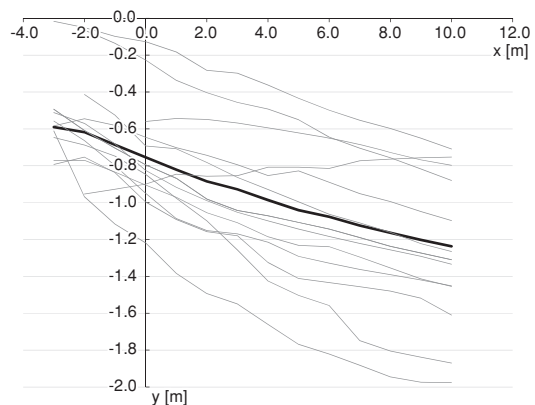
Fig. 3 縦列走行自転車の交差点横断状況

Table 3 分析サンプルの概要

自動車の進行方向	縦列走行自転車の有無	分析対象サイクル数
直進	自転車有り	14
	自転車無し	30
左折	自転車有り	7
	自転車無し	20



(a) 縦列走行自転車無し



(b) 縦列走行自転車有り

Fig. 4 直進自動車の発進時の軌跡

出側の通行帯の横方向位置が流入側通行帯からやや右側にずれているために、自転車がいない場合でも平均で0.2m程度右側へ変位していることが確認できるが、縦列走行自転車がある(b)では、平均値の変位量が0.6m程度と大きくなっており、変位が始まる地点もより上流側へ寄っていることが分かる。これは発進後に先行する横断自転車を交差点内で追い越す事象が多いため、横方向のバラツキも自転車のいない場合と比べて大きくなっている。x座標値ごとに、直進自動車のy座標の平均値の差を検定したところ (Table 4)、横断歩道を越えて交差点内部へ進むにつれて、より有意な差が生じていることが認められた。

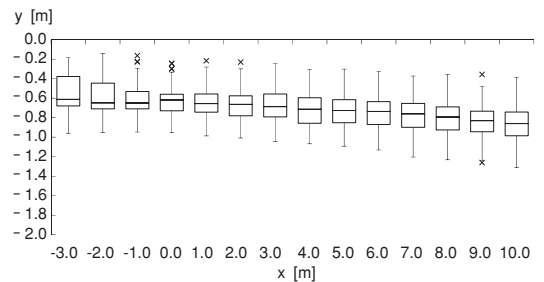
直進自動車のx座標値1.0mごとのy座標値の分布状況の推移を、Tukey法によって求められた箱ひげ図を用いて縦列走行自転車の有無別に示したものが Fig. 5である。箱の上底と下底はそれぞれ75パーセントイル値、25パーセントイル値、箱内の横線は中央値を表しており、ひげの両端は最大値と最小値に相当する。これによると、自転車が存在しない場合は発進後のバラツキ状況は抑えられたまま大きな変化がないが、自転車の存在により追い越しが発生すると分布幅が進行とともに大きくなり、とりわけ進行方向右側(yの小さい側)へ広がりやすくなることが確認できる。

自転車と直進自動車との位置関係について観察したところ、(a)直進自動車が先に発進するパターン、(b)直進自動車と自転車が並進するパターン、(c)自転車が先に発進するパターンの3種類に大別された。各パターンのサンプルの中から、軌跡がより明確に観測され、それぞれの特徴を比較考察しやすいサンプルを代表例として取り上げ、x座標、y座標の値のそれぞれの時間変化を示したものを Fig. 6に示す。ここでは青時間開始時の時刻を $t=0$ [s]としている。まず、(a)直進自動車が先に発進するパターンでは、赤時間での自動車の停止位置がすでに自転車より前にあり、そのまま青切り替わり時に自転車の存在とは関係なく発進する状況である。(b)直進自動車と自転車が並進するパターンでは、停止位置がほぼ並んでおり両者がそのまま同程度で加速し、途中で直進自動車が自転車より速くなる状況である。横方向の空間余裕に制約のある交差点流入部では、両者の側方間隔が狭く速度差が生じにくい、直進自動車が追い抜きのためにある程度の側方余裕を確保できればさらに加速して($t=6.0$ あたり)自転車を

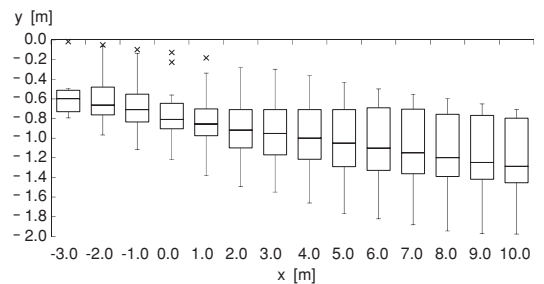
Table 4 直進車y座標平均値の差の検定結果

x座標値	t値	df	P値
-3.0	0.008	27	0.9939
-2.0	0.247	36	0.8066
-1.0	0.931	37	0.3581
0.0	1.702	41	0.0963 †
1.0	2.238	42	0.0306*
2.0	2.730	42	0.0092**
3.0	2.969	42	0.0049**
4.0	3.235	42	0.0024**
5.0	3.471	42	0.0012**
6.0	3.643	42	0.0007***
7.0	3.713	42	0.0006***
8.0	3.778	42	0.0005***
9.0	3.854	42	0.0004***
10.0	3.897	42	0.0003***

† : $P < 0.1$, * : $P < 0.05$, ** : $P < 0.01$, *** : $P < 0.001$



(a) 縦列走行自転車無し



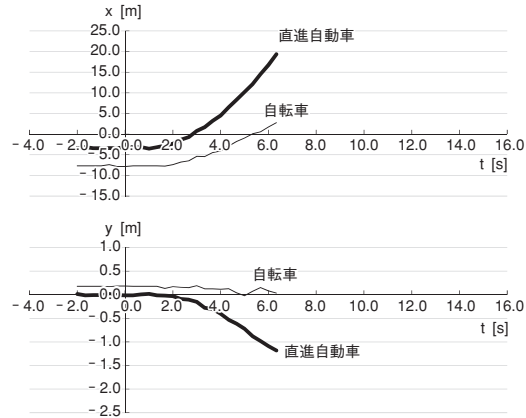
(b) 縦列走行自転車有り

Fig. 5 直進自動車のy座標分布の推移

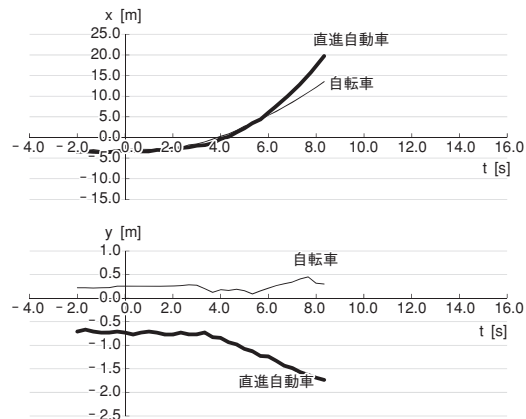
後方へ残していくものと考えられる。(c)自転車が先に発進するパターンでは、すぐに発進せずに自転車を先に自動車の前方へ進行させ、ある程度の車間距離が生じてから発進し始め、交差点内の側方間隔に十分な余裕を確保できる状態になってから($t=7.5$ あたり)追い抜く状況である。

車道上の自転車の存在が自動車の発進挙動に与える影響の度合いについては、(a)ではほぼ影響を受

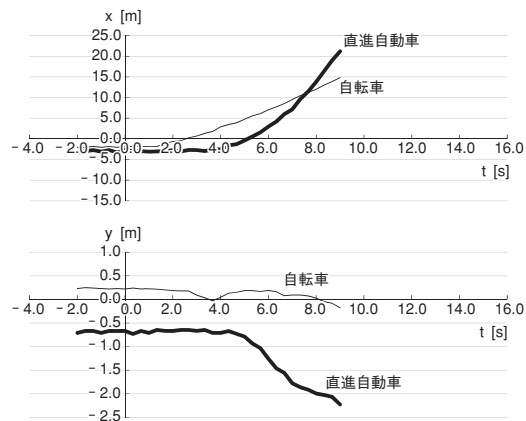
けることはないが、(b)では発進直後において自転車の存在しない状況と比べて加速度が緩やかとなる可能性があり、(c)ではさらに発進遅れの増大を誘発することが考えられ、自転車専用通行帯等の通行



(a) 直進自動車が先に発進するパターン



(b) 直進自動車と自転車が並進するパターン



(c) 自転車が先に発進するパターン

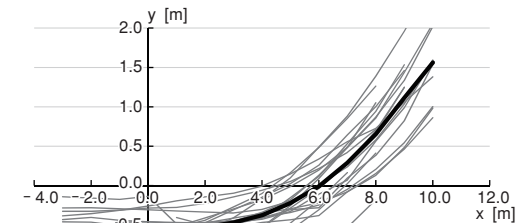
Fig. 6 直進自動車と自転車の軌跡座標の経時変化

空間が確保できない幅員の道路において車道混在で運用する場合には、これらのパターン別に影響評価を検討する必要がある。本稿では調査実施時の道路交通条件により、パターン別に分類すると十分なサンプルサイズが得られなかったため、影響度の定量的な比較ができていないが、今後は自転車の存在しない状況との比較や、自動車の飽和交通流率や車頭時間等への影響を把握していくことが求められる。

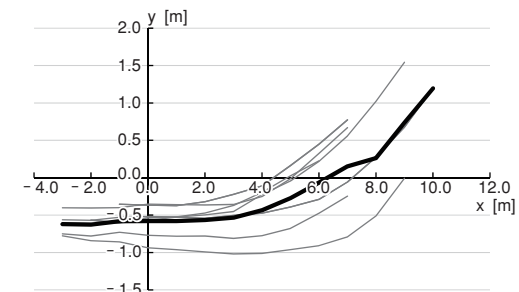
3-5 左折自動車の挙動に及ぼす影響の検討

青切り替わり後の左折自動車の発進挙動について、直進自動車の場合と同様に、x軸方向1.0mごとに走行軌跡を示したものがFig. 7である。グラフ内の細線は個々の車両の軌跡で、太線はx座標1.0mごとのy座標の平均値を結んだものである。y座標平均値の変化を比べると、直進自動車の場合とは異なり縦列走行自転車の有無による明確な差は見受けられず、統計的な検定 (Table 5) においても有意差は認められなかった。

続いて、自転車と左折自動車との位置関係について、直進横断する自転車を待機せず先に左折したケースに着目し、x座標、y座標の値のそれぞれの時間変化を示したものがFig. 8である。(a)は両者が同時に発進した後に、左折自動車が自転車の前方に回り込んで自転車の横断を阻んだケース、(b)は



(a) 縦列走行自転車無し



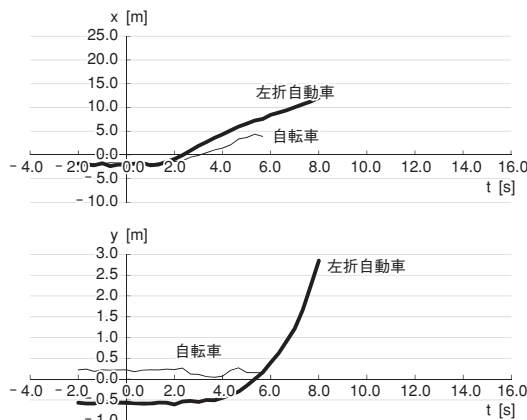
(b) 縦列走行自転車有り

Fig. 7 左折自動車の発進時の軌跡

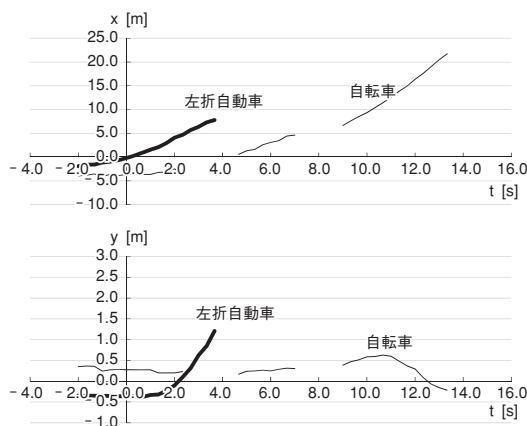
Table 5 左折車y座標平均値の差の検定結果

x座標値	t値	df	P値
-3.0	0.303	21	0.7651
-2.0	0.451	22	0.6567
-1.0	0.025	23	0.9801
0.0	0.123	23	0.9034
1.0	0.180	24	0.8583
2.0	0.387	24	0.7024
3.0	0.623	24	0.5393
4.0	0.488	24	0.6298
5.0	0.355	24	0.7255
6.0	0.331	24	0.7434
7.0	0.706	24	0.4870
8.0	1.392	20	0.1792
9.0	1.203	15	0.2477

†: P<0.1, *: P<0.05, **: P<0.01, ***: P<0.001



(a) 自転車の前方に回り込んで左折するケース



(b) 青切り替わり前に発進するケース

Fig. 8 左折自動車と自転車の軌跡座標の経時変化

左折自動車が自転車の前方に回り込むために全赤時間の状態から発進を始めているケースである。(a)では左折自動車の流率への影響は少なく、(b)ではむしろ発進遅れが短くなる可能性がある。しかし自転車の停滞が余儀なくされている上に、安全上の懸念もあるケースといえ、自転車専用信号・現示の導入による自転車の先出しも検討事項として挙げられよう。その場合、左折自動車の待機が交通容量へ与える影響を前述の海外事例を参考に評価していくことが重要となる。

4. おわりに

本稿では、車道における自転車の混入率が高まる場合の交通流への影響を交通容量の観点から評価する必要性に着目し、まず信号交差点での自動車の飽和交通流率に自転車及ぼす影響について定量的に評価している事例を米国HCM等からレビューした。交通流率に影響を与える自転車と右左折車との空間的な競合状態の評価にはオキュパンシー指標を用いた考え方が有効であり、車線や信号現示の運用別に低減率を評価することが可能である。一方で自転車の需要が高い事例ではHCMの考え方の適用に限界があることも指摘されており、信号切り替わり時の自転車や自動車の走行挙動を詳細に分析することで、地域の道路交通条件や自転車の利用特性に見合った評価方法を精査、構築する必要が明らかとなった。

そこで、国内における信号交差点での交通流観測を実施し、車道混在運用の流入部から得られた車両挙動データの分析により、直進自動車、左折自動車に車道通行の自転車が及ぼす影響について考察した。その結果、直進自動車の発進挙動が自転車の存在によって分布が広がり不安定になりやすいこと、発進パターンには3種類あり詳細な定量的知見を得るためにはそれぞれを明示的に分類して挙動を解析する必要があることが示された。左折自動車の走行軌跡には自転車の有無による明確な相違が確認できなかった。これは交差点規模が大きくないことや流出側が1車線であるために左折時の空間的自由度があまり高くないことが要因として考えられるが、横断自転車の前方への回り込みや全赤時間での発進といった行動が誘発されており、自転車専用信号の導入による混合交通流管理が有用であることが示唆された。

今後は、車道上で混在する自転車と自動車との影響関係について、さらなる実態調査を実施すること

で分析サンプルの充実と詳細なパターン化を試み、状況ごとの発生確率やコンフリクトゾーンの明示化、オキュパンスー指標といった飽和交通流率の補正率の定義に寄与する定量的考察が求められる。また、矢羽根表示や自転車専用通行帯等の自転車通行に特化した設備の整備による効果についても交通容量の観点から挙動解析、容量評価を行うことが重要である。

参考文献

- 1) 国土交通省「安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン」2012年
- 2) 本田肇、木村泰、伊藤克広、岸田真「交差点隅角部における自転車滞留特性に関する一考察」『土木計画学研究・講演集』Vol. 43、4 pp.、2011年
- 3) 萩田隼平、鈴木弘司、藤田素弘「利用特性を考慮した交差点部の自転車道構造に関する分析」『土木計画学研究・講演集』Vol. 43、6 pp.、2011年
- 4) 海老澤綾一、久保田博之「交差点における矢羽根型表示“自転車ナビライン”の試行について」『第34回交通工学研究発表会論文集』pp.523-526、2014年
- 5) 矢澤拓也、金利昭「自転車レーンの昼夜間における利用実態—国道463号『埼大通り』をケーススタディとして」『土木学会論文集D3(土木計画学)』Vol. 71、No. 5(土木計画学研究・論文集第32巻)、pp. I_755-I_764、2015年
- 6) 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、pp. 27-37、2003年
- 7) 小川圭一「自転車通行可の歩道上における自転車・歩行者の通行位置に関する分析」『第31回交通工学研究発表会論文集』pp. 405-408、2011年
- 8) 佐々木諒、稲垣具志、大倉元宏「ヒヤリハット分析に基づいた自転車通行方法の安全性評価に関する研究—ドライブレコーダデータを活用した錯綜状況の定量化—」『土木学会論文集D3(土木計画学)』Vol. 70、No. 5(土木計画学研究・論文集第31巻)、pp. I_859-I_868、2014年
- 9) 小川倫、高見淳史、大森宣暁、原田昇「自転車と左折自動車の交錯を考慮した交差点整備方式の評価—マルチエージェント・シミュレーションを用いて—」『第34回交通工学研究発表会論文集』pp. 531-536、2014年
- 10) 杭瀬翔太、橋本成仁「左折導流路に設置された横断歩道上における自動車と自転車の錯綜事象に関する分析」『都市計画論文集』Vol. 49、No. 3、pp. 855-860、2014年
- 11) 紫藤聖也、沼田仲穂、澤田東一、松井雄馬「車道に於ける自動車と自転車の並走に関する研究」『自動車技術会論文集』Vol. 44、No. 1、pp. 105-110、2013年
- 12) 社団法人日本道路協会『道路の交通容量』1984年
- 13) 河合芳之、鹿田成則、大口敬、片倉正彦「横断歩行者等を考慮した最外側車線の流出流率モデルと流入部の交通容量解析」『土木学会論文集』No. 779、pp. 69-82、2005年
- 14) 神戸信人、尾高慎二、康楠、中村英樹、森田緯之「日本におけるラウンドアバウトの実測最大交通量と交通容量の分析」『土木学会論文集D3(土木計画学)』Vol. 71、No. 5(土木計画学研究・論文集第32巻)、pp. I_1017-I_1025、2015年
- 15) Transportation Research Board : Highway Capacity Manual 2010, pp. 31-42-31-46, 2010.
- 16) 池之上慶一郎、齋藤威「シミュレーションのための信号交差点における転向車両の横断歩行者による停止確率」『科学警察研究所報告交通編』Vol. 13、No. 1、1972年
- 17) Allen, D. P., Hummer, J. E., Roupail, N. M., Milazzo II, J. S. : Effect of bicycles on capacity of signalized intersections, Transportation Research Record, No. 1646, pp. 87-95, 1998.
- 18) Guo, Y., Yu, Q., Zhang, Y., Rong, J. : Effect of bicycles on the saturation flow rate of turning vehicles at signalized intersections, Journal of Transportation Engineering, Vol. 138, No. 1, pp. 21-30, 2012.
- 19) 海老澤綾一、澤田等「自転車ナビマークの導入とその効果について」『第32回交通工学研究発表会論文集』pp. 467-470、2012年
- 20) 交通工学研究会「自転車通行を考慮した交差点設計の手引」p. 9、2015年