

幹線道路と細街路が接続する交差点における自転車通行位置に着目したヒヤリハット分析

佐々木 諒¹・稲垣 具志²・竹本 雅憲³・大倉 元宏⁴

¹学生会員 成蹊大学大学院 理工学研究科理工学専攻 (〒180-8633 東京都武蔵野市吉祥寺北町3-3-1)
E-mail:dm126317@cc.seikei.ac.jp

²正会員 成蹊大学助教 システムデザイン学科 (〒180-8633 東京都武蔵野市吉祥寺北町3-3-1)
E-mail:gushiina@st.seikei.ac.jp

³成蹊大学助教 システムデザイン学科 (〒180-8633 東京都武蔵野市吉祥寺北町3-3-1)
E-mail:m-takemoto@st.seikei.ac.jp

⁴成蹊大学教授 システムデザイン学科 (〒180-8633 東京都武蔵野市吉祥寺北町3-3-1)
E-mail:ohkura@st.seikei.ac.jp

わが国において多く見受けられる自転車の歩道通行について、近年様々な観点から安全性に疑問が呈されている。本稿では、歩道通行の是非を含めた自転車の通行位置にまつわる安全性の検討を目的として、幹線道路と細街路が接続する交差点におけるヒヤリハットを取り上げ、自転車の通行位置別の危険度について、ドライブレコーダのデータを用いてドライバーの運転行動や車両挙動に基づく指標により評価した。

その結果、ドライバーの反応時間、自車と自転車との相対距離いずれの評価においても自車から見て左側から自転車が出現する場合に危険度が高く、相対距離では右側から出現する自転車のうち歩道上の民地寄りを通行する場合においても危険度が高いことが導かれ、自転車は原則車道を左側通行、やむを得ず歩道を通行する場合は民地寄りを自動車と同方向に通ることが望ましいことが示された。

Key Words : bicycle safety, driving recorder, near-miss incident, running route

1. はじめに

近年、環境負荷の低減や健康増進、防災に対する意識の高まりから、自転車の利用者が増加している。しかし、**図-1**に示すように全交通事故件数は減少傾向にあるもののその水準は依然として高く、自転車利用の促進にあたり全事故件数の約20%を占める自転車関連事故を抑止することは重要であり、道路上の安全な自転車走行空間の在り方について議論が活発に行われている¹⁾。

安全性の高い自転車の利用環境の創出を目的として、これまで様々な研究が行われている。萩田ら²⁾は、千葉県東葛地域で発生した自転車事故を対象とし、自転車の通行方法に着目した分析を行い、歩道通行も含めた右側通行の自転車の事故率がやや高いと考察している。小川³⁾は、滋賀県草津市、大津市等において、物理的分離や路面標示・標識の設置状況、歩道上の交通量による自転車・歩行者の通行位置の違いについて述べている。草野ら⁴⁾は、高校生と高齢者を対象に実施された、自転車乗用中のヒヤリハット体験に関するアンケート調査のデー

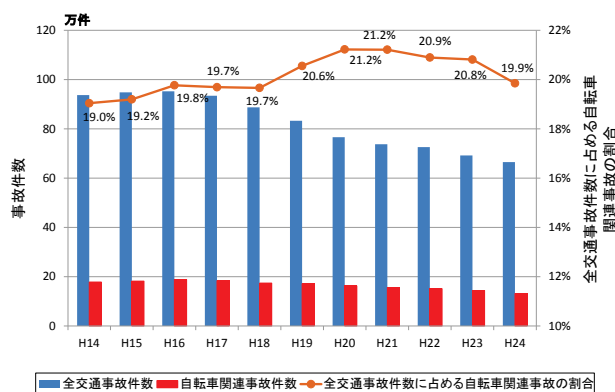


図-1 自転車関連事故の推移

タを用いて分析を行い、幹線道路と細街路、幹線道路同士の交差点で高校生では自動車に対して左方向からくる場合にヒヤリハットが多いこと等を明らかにした。このように、自転車の通行位置や通行方向について様々な研究がなされているが、近年、その中でも特に自転車の歩道通行が注目されている。わが国では自転車は原則車道

通行であるにも拘らず、自転車の歩道通行が一般的になっているが、最近の研究では自転車の歩道通行の安全性について様々な観点から疑問が呈されている。岡田ら⁵⁾は、東京都大田区での自転車事故の原票から、歩道を有する道路における自転車事故の傾向や挙動を分析し、結論として自転車の歩道通行は安全であるとは言えないと述べている。金子ら⁶⁾は、幹線道路と細街路が接続する交差点における出会い頭事故の事故率を求め、自転車の通行位置・通行方向別の危険度を示している。

以上のように、これまでの研究では特定の地域・地点における事故や交通量等のデータを用いて自転車の通行位置に関する安全性について分析されているが、自動車の走行挙動やドライバーの運転行動、事故やヒヤリハットに至るまでの過程を、実際の危険事象の解析から得られる客観的指標により十分に把握し、考察した事例は見受けられない。そこで本稿では、ドライブレコーダに記録されたヒヤリハットデータに着目し、自転車の安全性評価に対応したデータベースを構築した上で、自転車関連ヒヤリハットの発生傾向を把握する。さらに、幹線道路と細街路が接続する交差点を対象に、典型的なヒヤリハット類型である出会い頭を取り上げ、自転車の通行位置別の危険度をドライバーの運転行動や車両挙動に基づく指標により評価し、歩道通行の是非に関わる基礎的知見を得ることを目的とする。なお、自動車の走行挙動やドライバーの運転行動を把握することは、ドライバーへの運転支援や予防安全対策に対しても有用な手段となりうるものと期待できる。

2. 既存のヒヤリハットデータベースの概要

本稿で用いるデータは、平成17年1月30日から平成23年11月25日の間に東京都内、静岡市内、福岡市内、秋田県由利本荘市内及び札幌市内のタクシー計196台に搭載されたドライブレコーダから収集されたものである。ドライブレコーダは、ホリバアイテック社製DR3031(1カメラ)、DR6200(2カメラ)、DR9100(2カメラ)の3種類が使用されている。これらは衝突、急ブレーキ、急ハンドル等により0.45G以上の前後加速度が車体に作用した場合にトリガーを発生させ(手動スイッチの場合もあり)、事故やヒヤリハット等のイベントが発生した時点及びその前10秒、後5秒の映像データと車速、前後・左右・上下加速度、ジャーク、緯度、経度やブレーキ、ウインカーの有無の数値データを記録する。

収集されたデータは目視によって基本データ(日時、場所等)、対象(人、自転車等)、自転車状態(発進時、加速時等)等の項目によって分類され、データベース化される(表-1)。ここで、本データベースではタクシー

表-1 既存データベースの分類表

項目	内容	
基本データ	日時、車両、場所etc...計40項目	
対象	人、自転車、四輪車etc...計25項目	
自転車状態	自転車進行状態	発進時、加速中、減速中etc...計8項目
	自転車動作	交差点直進中、交差点進入時etc...計8項目
ヒヤリハット状況	ヒヤリハットタイプ(人、自転車)	飛び出し、右左折中横断者etc...計6項目
	衝突形態(四輪二輪)	正面衝突、追突etc...計9項目
	ヒヤリハットタイプ(四輪二輪)	右直、追突、割込みetc...計11項目
相手状態	ヒヤリハットタイプ(単独)	信号見落とし、駐車車両衝突etc...計9項目
	相手状態(人、自転車)	対面通行中、背面通行中etc...計17項目
	他車進行状態	発進時、加速中、減速中etc...計8項目
他車動作	交差点直進中、交差点進入時etc...計8項目	
周辺環境	道路形状、車線数、交通量etc...計41項目	
要因	安全不確認、安全速度、脇見etc...計90項目	
	相手との距離	
	説明文	

のことを自転車と定義されている。

本稿では、データベースから対象が自転車である事故及び高レベルヒヤリハットの計691件(事故45件、高レベルヒヤリハット646件)を抽出し、分析対象とした。ヒヤリハットのレベルは高・中・低・反応の4レベルがあるが、事故になる寸前であり、深刻度の高い高レベルのみを対象とした。

3. 自転車関連ヒヤリハットに特化したデータベースの構築

安全性の高い自転車走行空間の設計を考える上で、事故やヒヤリハット発生前の自転車の詳細な通行位置(車道、歩道等)や通行方向の傾向を把握することは重要である。しかし、既存のデータベースでは自転車の通行位置や通行方向については分類されていない。そのため、本稿では先述した項目を考慮した自転車関連ヒヤリハットに特化したデータベースの構築を行った。

(1) データベースの分類項目

記録映像を基に目視によって、対象データを発生場所(単路、交差点流入部(T字路、Y字路等)、交差点内etc...計20項目)、信号機、駐車車両etc...計9項目、道路環境(自転車道、車線数、中央分離帯、横断歩道etc...計37項目)、交差点(車線数、中央分離帯、横断歩道etc...計37項目)、事故類型(正面衝突、追突、出会い頭etc...計12項目)、自転車通行状況(行動類型:直進、左折、右折etc...計15項目;法令違反:信号無視、通行区分、一時不停止etc...計20項目)、自転車通行状況(行動類型:直進、左折、右折etc...計17項目;法令違反:信号無視、通行区分、一時不停止etc...計20項目)、通行方向(ヒヤリハット前後の通行方向)、通行位置(車道、横断歩道、歩道(民地寄り、車道寄り)etc...計13項目)

表-2 新データベースの分類表

項目	内容	
発生場所	単路、交差点流入部(T字路、Y字路等)、交差点内etc...計20項目	
道路環境	信号機、駐車車両etc...計9項目	
	自転車道	車線数、中央分離帯、横断歩道etc...計37項目
交差点	車線数、中央分離帯、横断歩道etc...計37項目	
事故類型	正面衝突、追突、出会い頭etc...計12項目	
自転車通行状況	行動類型	直進、左折、右折etc...計15項目
	法令違反	信号無視、通行区分、一時不停止etc...計20項目
自転車通行状況	行動類型	直進、左折、右折etc...計17項目
	法令違反	信号無視、通行区分、一時不停止etc...計20項目
通行方向	ヒヤリハット前後の通行方向	
通行位置	車道、横断歩道、歩道(民地寄り、車道寄り)etc...計13項目	

(2) 自転車通行方向の決定方法

自転車の通行方向については、図-2に示すように、自車前方の空間を10箇所に分け、それぞれに振られた番号(①～⑩)により表現する。自転車の起終点は、ヒヤリハット発生場所が単路部の場合は①、④、⑤、⑧、交差点部の場合は①～⑧の中から選択して記録する。例えば、交差点を左折する自動車と、自車の左側を並走しながら直進して交差点を横断する自転車とのヒヤリハットの場合は、自転車の通行方向は①→④のように選択して記録する。ただし、駐車場などの沿道施設が起終点の場合には、⑨、⑩を選択して記録する。また、自車の起点が沿道施設の場合には、⑨を起点として自転車の通行方向を記録している。

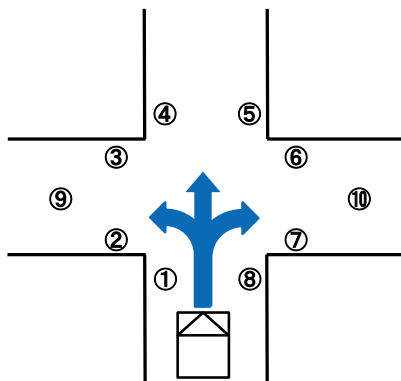


図-2 自転車の通行方向の決定方法

4. 自転車の通行状況に着目したヒヤリハットの特徴

ここでは、前述のデータベースを基に、自転車の通行方向や通行位置といった通行状況に着目したマクロ的な分析を行い、自転車関連ヒヤリハットの特徴を把握するとともに、自転車の通行位置別の危険度を定量的指標により評価する対象のサンプルを抽出する。

(1) 道路形状別にみた自転車の通行状況

表-3は対象サンプルを道路形状別に分類し、それぞれについて、割合の高い自転車通行方向を示したものである。単路においては、1車線では自車の左右でヒヤリハットが多発しているが、2車線では自車の左側で多発しており、右側通行する自転車とのヒヤリハットも多いことがわかる。出会い頭が多いとされる細街路同士の交差点(1車線×1車線)では、交差点の流入側、流出側双方においてヒヤリハットが多発していることがわかる。幹線道路同士の交差点(2車線以上×2車線以上)では、横断歩道上でのヒヤリハットが多いことが観測されたが、自転車の通行方向①→④、④→①の割合は同程度であることがわかる。

また、幹線道路と細街路が接続する交差点において自

車が幹線道路を通行する場合(2車線以上×1車線)では、直進または左折する自車と並走する自転車、直進する自車と自車から見て右側細街路から出現する自転車とのヒヤリハットが多発しているものと考えられる。自車が細街路から幹線道路に流入する場合(1車線×2車線以上)では、交差点流入側でヒヤリハットが多発しており、自車から見て左側から出現する自転車とのヒヤリハットも多い。これは、交差点の見通しの悪さが起因していると推察される。

本稿では、自転車の通行方向・通行位置別の危険度を分析すること、また、分析の対象に値するサンプル数を確保することを考慮し、幹線道路と細街路が接続する交差点において、自車が細街路から流入する場合の自転車通行方向②→⑦、⑦→②に着目した。これは、幹線道路と細街路が接続する交差点において、典型的なヒヤリハット類型である出会い頭である。

表-3 道路形状別の自転車通行方向

	道路形状 (自車道路×交差道路)	件数	割合の高い 自転車進行方向	
			①→④ (%)	⑤→⑧ (%)
単路	1車線	36	①→④ (21.6%)	⑤→⑧ (21.6%)
	2車線	78	①→④ (32.1%)	④→① (17.9%)
	不明	3		
交差点	1車線×1車線	116	⑦→② (20.7%)	⑥→③ (12.9%)
	2車線以上×2車線以上	163	①→④ (19.0%)	④→① (14.1%)
	2車線以上×1車線	82	①→④ (26.8%)	⑥→③ (11.0%)
	1車線×2車線以上	95	②→⑦ (37.9%)	⑦→② (33.7%)
	不明	116		
踏切、その他の場所		2		

(2) 分析対象サンプルの自転車通行位置・道路環境状況

金子ら⁶⁾は、幹線道路と細街路が接続する交差点における出会い頭事故の事故率を自転車の通行方向・通行位置別に求め、車道を逆走する自転車と歩道の民地側を逆走する自転車の事故率が高いことを示している。そこで、幹線道路と細街路が接続する交差点において、自車が細街路から流入する場合の自転車通行方向②→⑦、⑦→②のデータについて、ヒヤリハット前の自転車通行位置、道路交通施設の整備状況を整理した。

図-3は、ヒヤリハット直前における自転車通行位置を示したものである。②→⑦のうち、歩道が29件、車道が7件、⑦→②のうち、歩道が18件、車道が13件であり、これらを以後の分析の対象とする。また、表-4、表-5は道路交通施設の整備状況を示したものである。②→⑦、⑦→②ともに、交差道路の手前側に歩道がある割合が約9割と高い。また、信号機ありの割合(自転車が信号無視)は低い。このことからサンプル間に道路環境の大きな違いがないことが確認できた。

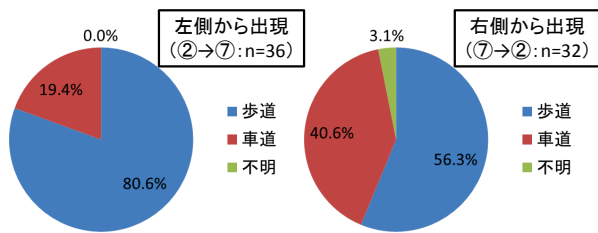


図-3 自転車通行位置 (ヒヤリハット前)

表-4 道路交通施設の整備状況：左側から出現 (通行方向②→⑦) : n=36

交差道路手前	あり(件) なし(件) 不明(件) ありの割合			
	歩道	横断歩道	自転車横断帯	信号機
歩道	33	2	1	91.7%
横断歩道	21	14	1	58.3%
自転車横断帯	3	32	1	8.3%
信号機	3	33	0	8.3%

表-5 道路交通施設の整備状況：右側から出現 (通行方向⑦→②) : n=32

交差道路手前	あり(件) なし(件) 不明(件) ありの割合			
	歩道	横断歩道	自転車横断帯	信号機
歩道	30	1	1	93.8%
横断歩道	18	14	0	56.3%
自転車横断帯	5	27	0	15.6%
信号機	7	25	0	21.9%

5. 反応時間による危険度評価

柴田ら⁷⁾は、東京都、静岡市、由利本荘市の3地域の対自転車ヒヤリハットについて、自転車が出現してからドライバーが自転車に気付くまでの反応時間を式(1)より算出し、考察している。この式を用いて各対象サンプルについて反応時間 τ を算出する。

$$\tau = |T_A - T_P| \quad (1)$$

ただし、 T_A は自転車出現時の時刻、 T_P はトリガー発生時の時刻である。なお、自転車出現時はドライブレコーダの映像にヒヤリハット対象の自転車の前輪が映り始めた瞬間とした。また、本稿における分析の対象事象とならない特殊な状況である、信号があるケース(自転車が信号無視)、自車が交差道路に対し鋭角に流入するケース等を対象から除外した。さらに、反応時間は交差点流入部の建物・植栽等の有無、自転車道路の歩道の有無に大きく左右されてしまうことが考えられる。そこで、前述したケースを除外した対象データのうち、自車から見て自転車が通行してくる方向に建物・植栽等があり、自車が通行する道路に歩道がないケースのみを反応時間による危険度評価の対象データとした。

自転車の通行方向・通行位置別に反応時間の中央値を比較したものを図-4に示す。自車から見て右側から出現する自転車(⑦→②)に対し、左側から出現する場合(②

→⑦)の方が各自転車通行位置において反応時間が長いことがわかる。これは、細街路から幹線道路に流入する自動車のドライバーの注意が、幹線道路の状況を把握するために右側に向かいやすくなるために、左から通行してくる自転車は見落としがちになり、反応時間が長くなっているためと考えられる。

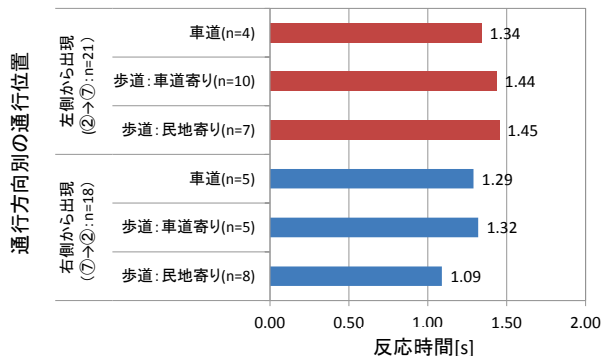


図-4 自転車通行位置別の反応時間の中央値

6. 相対距離による危険度評価

ポンサトーンら⁸⁾は、車両挙動や車両の位置等から、右折開始から終了までの自車と歩行者・自転車との相対距離を算出し、交差点右折時の状況危険度を評価している。そこで本稿では自転車の通行位置別の危険度を評価する指標として、自転車が出現してからトリガー発生時までの自車と自転車との相対距離を用いた。図-5に示すように、自車と自転車との軌跡が交わる点をコンフリクトポイントとし、自車が当該位置に到達する際の自転車との相対距離の予測計算を行う。なお、対象サンプルにおいて、自車と自転車はいずれも道路に対して斜めに通行している事象が観測されなかったため、両車とも道路に対して平行に変位していると仮定する。また、前章の反応時間分析と同様に、分析の対象事象として適さない特殊な状況であるサンプルは分析対象から除外している。

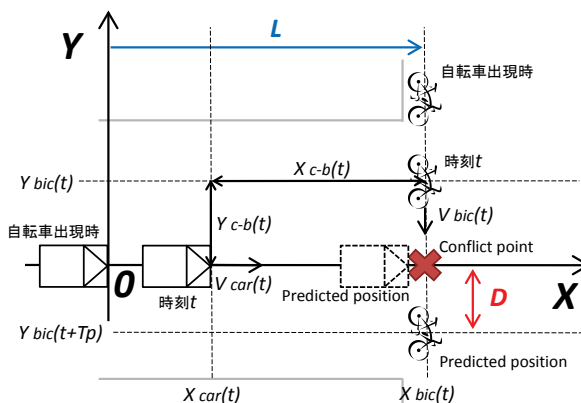


図-5 相対距離による危険度評価

(1) 自転車・自転車の移動軌跡の算出

相対距離を算出するために、まず自転車と自転車の移動軌跡を距離計測ソフトによって求める。距離計測ソフトでは、画像の中で自転車の両輪の接地点の midpoint を指定することにより、自転車の中心からの左右方向離隔、自転車のフロントバンパーからの前後方向離隔をそれぞれ計測することができる。自転車出現時からトリガー発生時までの計測値を用いて、自転車の軌跡を式(2), (3), 自転車の軌跡を式(4), (5)より算出する。

自転車の軌跡

$$X_{car}(t) = L - X_{c-b}(t) \quad (2)$$

$$Y_{car}(t) = 0 = constant \quad (3)$$

自転車の軌跡

$$X_{bic}(t) = L = constant \quad (4)$$

$$Y_{bic}(t) = Y_{c-b}(t) \quad (5)$$

ただし、 L は自転車出現時における自転車からコンフリクトポイントまでの距離、 X_{c-b} は自転車のフロントバンパーから自転車までの前後方向離隔、 Y_{c-b} は自転車の中心と自転車の両輪の接地点の midpoint との左右方向離隔である。

ここで、距離計測ソフトの性能上、自転車の両輪の接地点の midpoint が把握できない場合や自転車の位置が自転車の真横の場合、誤差を勘案し計測距離が20m以上の場合は、正確な距離を計測することができないため、無効データとした。無効データとなった時刻における距離は、有効データの計測距離、自転車速度を用いて補完的に算出した。

(2) 相対距離の算出

(1)によって求められた自転車と自転車の軌跡データを基に、以下の方法により相対距離を算出する。まず、現在の自転車位置からコンフリクトポイントに到達するまでの予測時間 T_P を式(6)より求める。

$$L = X_{car}(t) + T_P \dot{X}_{car}(t) + \frac{T_P^2}{2} \ddot{X}_{car}(t) \quad (6)$$

ただし、 \dot{X} , \ddot{X} は X 方向の自転車速度と加速度であり、ドライブレコーダによる記録データを使用する。求められた T_P より、コンフリクトポイントに到達したときの自転車の Y 方向の位置を式(7)より求める。

$$Y_{bic}(t + T_P) = Y_{bic}(t) + T_P V_{bic}(t) \quad (7)$$

ただし、 V_{bic} は自転車の速度である。自転車の速度は移動距離より算出し、前後1コマずつを含めた3コマ間の平均速度を使用した。求められた自転車の Y 方向の位置より、 T_P 秒後の自転車と自転車の相対距離を式(8)より予測する。

$$D(t) = |Y_{bic}(t + T_P)| \quad (8)$$

(3) 自転車通行位置別の相対距離比較評価結果

自転車と自転車の相対距離の予測値の変化を、自転車の通行方向・通行位置別に算出した結果を図-6, 図-7に示す。なお、自転車が極めて低速で通行している場合、予測値が算出されないためにグラフが途中で途切れてしまうサンプルが存在する。ここでは、自転車と自転車が最も接近していると考えられるトリガー発生直前の相対距離に

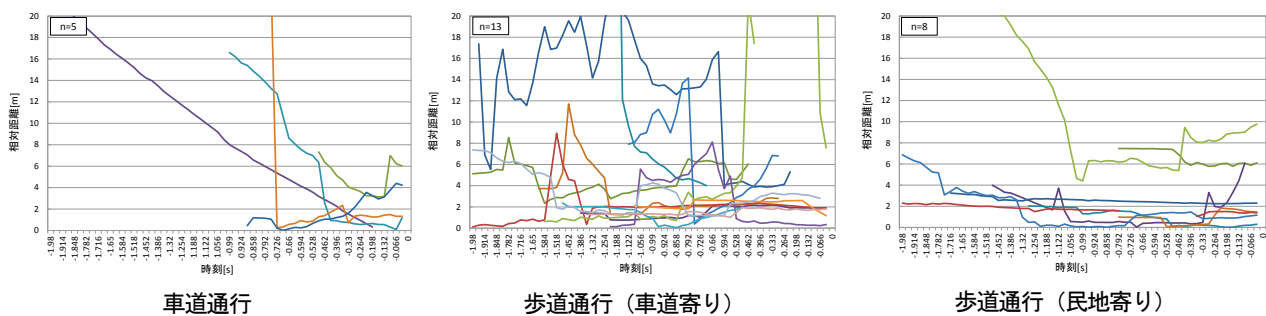


図-6 左側から出現する自転車 (②→⑦)

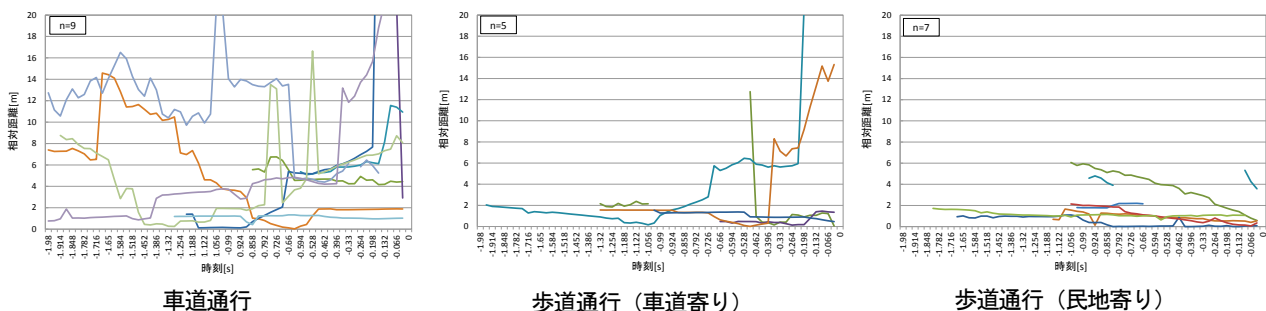


図-7 右側から出現する自転車 (⑦→②)

着目する。自車から見て左側から出現する自転車(②→⑦)については、トリガー発生直前の相対距離が2m以下のケースが全通行位置において半数を超えており、危険度が高いことがわかる。また、自車から見て右側から出現する自転車(⑦→②)については、車道通行の場合、ヒヤリハット直前の相対距離が4m以上のケースが約8割と多く、他の通行位置と比べても危険度が低いと考えられる。次に、自転車が歩道上の車道寄りの場合、ヒヤリハット直前の相対距離が2m以下のケースも見受けられるが、相対距離が10m以上の危険度が低いと考えられるケースも存在する。自転車が歩道上の民地寄りを通行する場合、トリガー発生直前の相対距離が2m以下のケースが約6割と多く、危険度が高いことがわかる。

以上のことから、自転車の通行方向・通行位置においては、自車から見て左側から通行してくる自転車は通行位置によらず危険度が高いこと、自車から見て右側から通行してくる自転車は、車道通行と歩道上の車道寄りを通行する場合に危険度が低く、歩道上の民地寄りを通行する場合に危険度が高いことが示唆された。

7. おわりに

本稿では、歩道通行の是非を含めた自転車の通行位置にまつわる安全性の検討を目的として、自転車の通行位置別の危険度について、幹線道路と細街路が接続する交差点におけるヒヤリハットを取り上げ、ドライブレコーダにより蓄積されたデータの解析により、ドライバーの運転行動や車両挙動に基づく指標により評価した。その結果、反応時間による評価では、自車から見て右側から自転車が登場する場合よりも左側から登場する場合に反応時間が長くなり、これは自車のドライバーの注意が右側に向きやすいことが要因であると考えられる。また、相対距離による評価では、自車から見て左側から自転車が登場する場合と、右側から登場する自転車のうち歩道上の民地寄りを通行する場合に危険度が高く、右側から登場する自転車のうち車道、歩道上の車道寄りを通行する場合に危険度が低いことがわかった。

以上のことから、自転車の歩道通行においては、歩道上の車道寄りを自動車と同方向に通行する場合と比べて、細街路から流入する自動車との危険度が高いことが自動車側の挙動の観点から示された。さらに車道を右側通行する自転車の危険度の高さも指摘され、自転車は原則車道を左側通行とし、やむを得ず歩道を通行する場合は車道寄りを自動車と同方向に通行させることが望ましいといえる。

今後は、2カメラで記録されたヒヤリハットサンプルの車内カメラによる映像記録から、自車ドライバーの首振りや視線の動きといった安全確認行動等の観察や、中レベル等のヒヤリハットレベルの低いサンプルとの比較等を行い、さらに詳細な検討を進めることが望まれる。また、危険度の低いとされる車道を左側通行する自転車とのヒヤリハットに着目して、単路部等他の道路形状も含めて発生状況を把握していくこと等が課題である。

参考文献

- 1) 警察庁交通局：平成 24 年中の交通事故の発生状況，2013.
- 2) 萩田賢司，森健二，横関俊也，矢野伸裕，牧下寛：走行位置に着目した自転車事故の分析，土木計画学研究・講演集，Vol.45，2012.
- 3) 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，交通工学研究発表会論文集，Vol.31，pp.405-408，2011.
- 4) 草野優太，亀谷友紀，山中英生：高齢者・高校生の自転車による交差点ヒヤリハットの比較分析，土木学会論文集 D3 (土木計画学)，Vol.67，No.5 (土木計画学研究・論文集第 28 巻)，pp.I_1251-I_1257，2011.
- 5) 岡田紫恵奈，鈴木美緒，屋井鉄雄：歩道を有する道路の自転車事故分析，土木計画学研究・講演集，Vol.45，2012.
- 6) 金子正洋，松本幸司，藪島治：自転車事故発生状況の分析，土木技術資料，Vol.51，No4，2009.
- 7) 柴田晃，御室哲志，高梨宏之：対歩行者・対自転車のヒヤリハットデータ分析，「対歩行者・自転車事故低減のための危険予測運転メカニズムに関する研究」，2012.
- 8) ラクシンチャラーンサク・ボンサトーン，田子雅弘，永井正夫，溝口洋司，佐々木和也：常時記録型ドライブレコーダを用いた交差点右折時の環境危険度と安全確認行動の解析，自動車技術会論文集，Vol.41，No.4，pp.909-914，2010.

An Analysis on Bicycle Near-miss Incidents Focused on Running Route at Intersection of Arterial Street and Narrow Street

Ryo SASAKI, Tomoyuki INAGAKI, Masanori TAKEMOTO and Motohiro OHKURA