

シミュレータを用いた幹線道路小交差点での 自転車・自動車の出会い頭状況の分析

王 茹剛¹・山中 英生²・初本奈緒子³

¹正会員 建設技術研究所 東京本社道路交通部（〒103-8430 東京都中央区日本橋浜町3-21-1）
E-mail: o-jyoko@ctie.co.jp

²正会員 徳島大学ソシオテクノサイエンス研究部 教授（〒770-0814 徳島市南常三島2-1）
E-mail: yamanaka@ce.tokushima-u.ac.jp

³非会員 いであ(株)（〒大阪市住之江区南港北1-24-22）
E-mail: 46957m@bma.biglobe.ne.jp

自転車関連交通事故の割合は増加しており、特に、自転車と自動車の出会い頭事故は自転車関連事故の5割を占めている、その中で、自歩道での自転車の双方向通行に起因する事故として、信号のない幹線道路小交差点における自転車と自動車の出会い頭事故が注目され、特に車道の車両とは逆方向に走行している自転車の危険性が指摘されており、多様な安全施策が期待されている。本研究では、ドライブシミュレータとアイマークレコーダを用いて、幹線道路を走行する自転車側と細街路から接近する自動車のドライバー側を対象として、出会い頭状況における走行挙動と視線挙動を計測した。これによって、自転車の走行位置による危険性と、見通しや幅員の効果を明らかにし、さらに、警告装置、路面カラー化、注意サイン等の安全施策の効果を検証した。

Key Words : *bicycle accidents, small junction, Safety measures, driving simulator*

1. はじめに

近年、自転車は環境に優しい交通機関としても、健康促進の観点からも、利用促進への関心が高まっている。一方で、交通事故の総件数が減少している中で、自転車関連の事故件数の減少は大きくなく、全事故件数に占める割合は増加している。多くの自治体で、自転車の安全性の向上は焦眉の課題となっている。

日本では、自転車関連事故は、自動車との出会い頭事故が多数を占めている点が特徴とされており交通事故分析センターの報告¹⁾によると、自転車事故の5割が出会い頭事故で占めるとしている。この出会い頭事故のうち、信号のない幹線道路小交差点での自転車事故が注目され、車道の車両と逆方向に走行する自転車の危険性が指摘されている。つまり、自転車の自歩道での双方向通行を認めていることに起因した事故形態といえる。

一方、2012年11月に、「安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン」が国土交通省、警察庁によって発出され、自転車ネットワークの計画的整備を進める方針のもとで、特に車道部での自転車レーンを中心に道路整備を進める方向が示されている。このように車両と同一方

向に車道部を走行させる自転車を基本とすることが事故件数の低減へとつながることも期待されている。

本研究では、以上の背景を踏まえて、シミュレータとアイマークレコーダを用いて、幹線道路を走行する自転車側と細街路から接近する自動車のドライバー側を対象として、出会い頭状況における走行挙動と視線挙動を計測した。特に、自転車の走行位置による危険性と、見通しや幅員の効果を明らかにするとともに、警告装置、路面カラー化、注意サイン等の安全施策の効果を検証することを目的とした。

2. 幹線小交差点での自転車事故特性の既存研究

幹線道路小交差点において、車道上の車両と逆方向に走行する自転車の危険性について、近年、多くの研究が見られる。例えば、金子²⁾らは、東京都内の幹線道路の15.2 km区間の小交差点で2002年から2005年に発生した幹線道路走行自転車と細街路自動車との出会い頭事故を自転車の走行位置別に、自転車10万台当たりの事故発生率を比較し、左方向から走行（右側通行）する自転

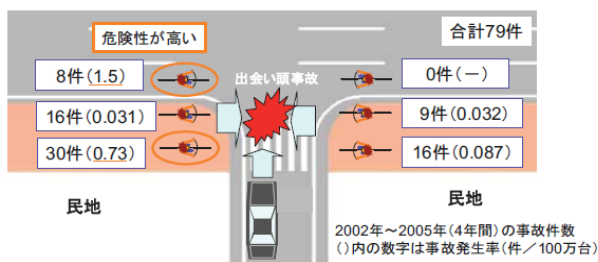


図-1 自転車の走行位置別の事故発生確率²⁾

車の事故率が高いことを示している(図-1)。

小金ら³⁾も、福山市内の中心部を対象に、出会い頭事故の事故率を算出し、逆走する自転車の事故率が順走に比べて高い傾向を示すことを明らかにしている。萩田⁴⁾らは、平成19~22年の千葉県東葛地区の自転車が第二当事者の交差点事故を分析した結果、無信号交差点では自転車に近い側の道路から進入する自動車との事故が多く、左側手前から進入してくる場合(自転車が右側通行している)場合の事故が多く発生しているとしている。鈴木ら⁵⁾は東京都大田区で歩道を有する道路で発生した自転車関連事故の分析から、歩道通行する自転車の対自動車事故では自動車の通行方向によっては視認範囲内を通行する自転車も事故に遭う恐れが見られ、自動車から歩道通行する自転車への見通しの悪さが一因と考えられるとしている。また、伊藤ら⁶⁾は細街路から自動車及び二輪車が交差点に流入する場合の交差点の出会い頭事故について、自転車が走行する車道の幅員が広がるほど、自転車が自動車の左側から走行してきた事故の割合が大きくなることを示している。さらに、草野ら⁷⁾は幹線道路・細街路交差点でのヒヤリハットの内容を分析し、高校生、高齢者とも、自動車に対して左から自転車が走行した場合が、右側より走行した場合より多く指摘されているとしている。

自動車の挙動について、清田ら⁸⁾は自動車が細街路から路側帯のある道路に進入する際のドライバーの安全確認に対する左右の見通しの影響を分析し、自転車の安全確認挙動は、左右見通しを組み合わせた全てケースで左側の安全確認が低くことを示し、右からくる自動車に気をとられているためとしている。また、Heikki Summlaら⁹⁾はフィンランドヘルシンキにおいて視界が遮られた二つの交差点でドライバーの安全確認挙動の分析を行い、右折(日本の左折)を行うドライバーは左を見続け、各交差点で右方向を見るドライバーの率は3%~7%しかないとしている。ドライバーは車が接近してくる左方向の確認をするためと考察している。王ら¹⁰⁾は兵庫県加古川市の幹線道路小交差点157箇所での14年間の事故で、左右の見通しと事故の関係を分析した結果、左側の見通しが右側の見通しより悪い交差点では左側からの自転車との出会い頭の事故率が高いこと、また、9か所の交差点

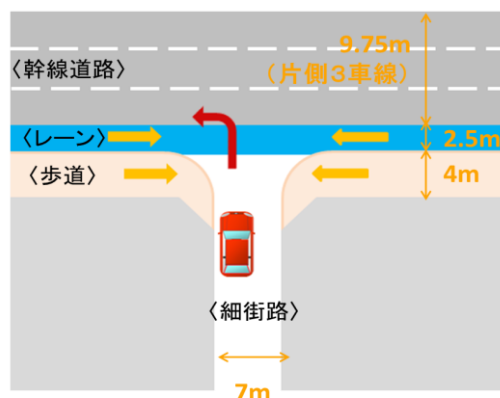


図-2 実験対象の交差点

で自動車挙動の分析結果から、左側の見通しが右側の見通しより良い交差点では自動車ドライバーが手前で安全確認を終えてしまう傾向を指摘している。また、王ら¹¹⁾はドライビングシミュレータを用い、細街路から幹線道路に合流する自動車側の挙動を観察した結果、左の見通しが悪いと、ドライバーは交差点に接近して幹線道路に合流する際に左側を見ようとしにくい傾向が生じるとともに、最初に左右を確認する位置が交差点に近くなり、幹線道路を走行する自転車を確認可能になる時の速度も速くなる。また、歩道寄りを行く自転車および逆走自転車は、他の位置・方向の自転車よりも危険性が高くなることを指摘している。

以上のように、交差点における自転車事故の要因として、自転車の走行方向や位置、交差点の見通し状況の影響が指摘されている。それらの研究を踏まえ、本研究では、引き続き多様な条件での出会い頭状況を再現できるドライビングシミュレータ(以下DS)を用いて、見通し、自転車の走行方向、位置に加えて、交差細街路の幅員などの道路要因の影響を把握するとともに、自動車への警告の発生、路面のカラー化、自転車への注意サインといった安全施策を実施した効果を、自動車・自転車の挙動および視線挙動から分析することを目的とした。

3. ドライビングシミュレータによる実験方法

(1) 実験対象交差点の概要

ドライビングシミュレータの実験は、図-2に示す幹線道路小交差点を対象とした。これは福山市駅前通りのある交差点をモデルとしたものである。細街路の幅員は7mまたは5m、幹線道路は3車線の車道、2m幅の自転車レーン、4m幅の歩道からなる。また、細街路から見通しとして、見通しが良い場合は隅切り長が3mとし、見通しが悪い場合は隅切り長を0mとしている。

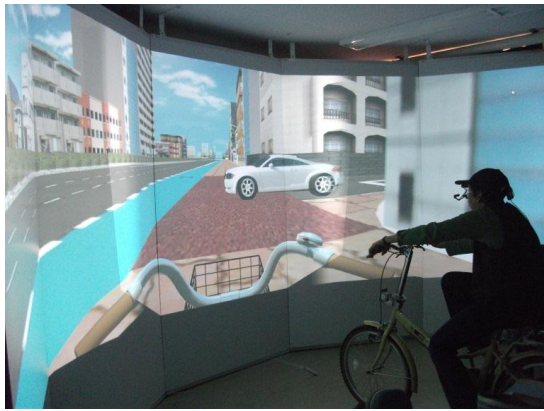


図-3 自転車のDS風景



図-4 自動車のDS風景

表-1 安全施策

<p>ベース 自転車レーンと路面標示を設置する。</p>	
<p>警告装置 自動車の接近を、発光によってドライバーに示す装置。</p>	
<p>逆走サイン 自転車に対して逆走していることを示すサイン。</p>	
<p>横断部着色 歩道の横断部分を着色する。</p>	
<p>対策なし 進入部において、自転車レーンを消す。</p>	

(2) 実験に用いたDS

実験に用いたDSは、広さ440cm×340cmの部屋で、高さ2400mm幅1200mmのパネルを5面組み合わせて、天井に付けたプロジェクター（解像度XGA：1024×768）を3台で映写する形式で、車両走行時の移動風景を体験できるようになっている設備である。使用するソフトは、FORUMS社製のUC-win Road ver.7である。この設備により、被験者からの左右170度、上下45度の視野画像を実物大で再現できる。なお、UC-win Road ver.7のログ出力プラグインを用い、自転車及び自動車の走行情報として、刻々の座標、速度、ブレーキ操作の有無を記録することができる。

図-3、図-4に自転車と自動車DSの実験風景と再現画像の例を示す。

(3) 実験のシナリオ設定

実験のシナリオは、幹線道路と交差する細街路の幅員、自転車の走行位置、走行方向、見通しの状況、安全施策を組み合わせて作成した。

自転車の走行位置は、歩道の民地寄り、歩道の車道寄り、自転車レーンの3種類、走行方向は、順走と逆走の2種類、細街路の幅員は7mと5mの2種類としている。

見通しの状況について、自転車実験の場合見通しが悪

いとしており、自動車の実験の場合は、左右とも悪い、左悪く右良いの2種類としている。

安全施策として、表-1に示すように、自転車に対しては、レーン+サインをベース案として、逆走自転車に警告するサイン、自動車接近を警告する装置、横断部の着色、レーンやサインのない案の5種類としている。自動車の場合は逆走自転車へのサインを除いた4種である。

自転車と自動車の実験とともに、交差点に進入する際に、減速また一時停止をしないと交差車両と衝突するタイミングで交差車両を発生させている。

自転車の実験では、細街路から20km/hで自動車が出てくる設定としている。自動車の実験では、交差する自転車を1台と2台の2種類としている。自転車が2台の場合は、1)1台目がレーン順走で2台目歩道民地寄り逆走、2)1台目がレーン順走で2台目歩道民地寄り順走、3)1台目がレーン順走で2台目歩道車道寄り順走、4)1台目が歩道民地寄り順走2台目歩道民地寄り逆走の4種類とした。自転車の速度は15km/hと設定した。

これらの組み合わせで自転車実験は27パターン、自動車実験は28パターンのケースで行った。実験順序は被験者ごとにランダム化している。これに王¹⁾の実験データを加えて、自動車の実験は60パターン(表-2)。自転車の実験は42パターン(表-3)を分析対象とした。

表-2 自動車実験のパターン

対策	自転車数	自転車1	自転車2	見通し状況	番号
ベース	1台	自転車レーン 順走		×、×	1
				○、○	2
				×、○	3
				○、×	4
		自転車レーン 逆走		×、×	5
				○、○	6
				×、○	7
				○、×	8
	2台	歩道(民地) 順走		×、×	9
				○、○	10
				×、○	11
				○、×	12
		歩道(民地) 逆走		×、×	13
				○、○	14
				×、○	15
				○、×	16
自転車レーン 順走	歩道(民地) 順走		×、×	17	
			×、○	18	
	歩道(民地) 逆走		×、×	19	
			×、○	20	
1台	歩道(車道) 逆走		×、○	21	
			×、×	22	
2台	自転車レーン 順走	歩道(車道) 順走	×、○	23	
		歩道(民地) 順走	×、×	24	
		歩道(民地) 逆走	×、○	25	
		歩道(民地) 逆走	×、×	26	
幅員縮小	2台	自転車レーン 順走	歩道(車道) 順走	×、○	27
			歩道(民地) 順走	×、×	28
			歩道(民地) 逆走	×、○	29
			歩道(民地) 逆走	×、×	30
	順走	歩道(民地) 順走	×、○	31	
		歩道(民地) 逆走	×、×	32	
		歩道(民地) 順走	×、○	33	
		歩道(民地) 逆走	×、×	34	
発光装置	1台	自転車レーン 順走		×、×	35
				×、○	36
		自転車レーン 逆走		×、×	37
				×、○	38
		歩道(車道) 逆走		×、○	39
				×、×	40
	2台	歩道(民地) 順走		×、×	41
				×、○	42
		歩道(民地) 逆走		×、×	43
				×、○	44
横断部着色	2台	自転車レーン 順走	歩道(車道) 順走	×、○	45
			歩道(民地) 順走	×、○	46
			歩道(民地) 順走	×、×	47
			歩道(民地) 逆走	×、×	48
	歩道(民地) 順走		×、×	49	
			×、○	50	
			×、×	51	
			×、○	52	
2台	自転車レーン 順走	歩道(車道) 順走	×、○	53	
		歩道(民地) 順走	×、×	54	
		歩道(民地) 順走	×、○	55	
		歩道(民地) 逆走	×、×	56	
	歩道(民地) 順走		×、○	57	
			×、×	58	
			×、○	59	
			×、×	60	

(実験番号1~20、35~38、41~44、49~52は王¹⁾の実験)

(4) 実験手順

実験の流れとして、最初に、事前説明として機材の簡単な説明をしたのち、アイマークレコーダーの装着を行う。説明の内容は、「アイマークレコーダーを装着するので、なるべく頭に触れないこと」、「交差点は、自転車通行が優先であること」、「途中で自動車(自転車)が進入してくる場合があること」「普段通りの走行を心がけること」、「走行は27回以上あること」の5点である。安全施策については、事前に説明をしていない。

表-3 自転車実験パターン表

対策	走行位置	走行方向	見通し	接近車両	番号
ベースのみ	自転車レーン	順走	良	有	1
			悪	無	2
			良	有	3
			悪	無	4
			良	有	5
		逆走	良	有	6
			悪	無	7
			良	有	8
			悪	無	9
			良	有	10
	歩道(車道側)	順走	悪	有	11
		逆走	悪	有	12
	歩道(民地側)	順走	良	有	13
			悪	無	14
			良	有	15
			悪	無	16
			良	有	17
		逆走	良	有	18
			悪	無	19
			良	有	20
			悪	無	21
			良	有	22
対策なし	自転車レーン	順走	悪	有	23
		逆走	悪	有	24
	歩道(車道側)	順走	悪	有	25
		逆走	悪	有	26
幅員縮小	自転車レーン	順走	悪	有	27
		逆走	悪	有	28
	歩道(車道側)	順走	悪	有	29
		逆走	悪	有	30
	歩道(民地側)	順走	悪	有	31
		逆走	悪	有	32
発光装置	自転車レーン	順走	悪	有	33
		逆走	悪	有	34
	歩道(車道側)	順走	悪	有	35
		逆走	悪	有	36
歩道(民地側)	順走	悪	有	37	
	逆走	悪	有	38	
横断部着色	歩道(車道側)	逆走	悪	有	39
	歩道(民地側)	順走	悪	有	40
逆走サイン	自転車レーン	逆走	悪	有	41
		逆走	悪	有	42

(実験番号1~4、6~9、13~16、18~21は王¹⁾の実験)

練習走行を1~2回ほど行い、ランダムで自転車実験では27パターン、自動車実験では28パターンの走行を行った。自転車実験、自動車実験ともに学生8人、高齢者10人、計18人で行った。シミュレータ酔いにより実験中断した被験者はデータが欠損している。自転車実験と自動車実験とも全ケースで平均一時間程度であった。

4. 分析方法

(1) 評価項目

DSのログ機能を用いて、シミュレーター車両の位置座標、速度、走行距離、ブレーキの有無、交差車両の座標、速度を取得した。さらに、アイマークレコーダーから被験者の1/30秒ごとの視線方向の記録が取得した。

以上の走行データとアイマークデータをもとに、表-4、表-5に示した評価項目を算出し、各評価項目のグループの平均値を用いて比較した。

表-4 自転車実験の評価項目

減速位置	減速開始時の交差点端までの距離
ブレーキの有無	交差点進入時までのブレーキ操作の有無
ブレーキの位置	ブレーキ操作開始時の交差点端までの距離
ブレーキ時の車両間距離	ブレーキ操作開始時の自転車と自動車の距離
TTC	衝突余裕時間 (減速しない時の衝突までの予測時間)
最初左右確認位置	最初に交差点の左右を確認した地点から交差点端までの距離
左右注視持続時間	最初に交差点の左右を確認した時から進行方向への注視に戻るまでの時間
車両確認位置	自動車が視野内に入る地点の交差点端までの距離

表-5 自動車実験の評価項目

最初確認方向	ドライバーの最初の左右確認方向
左右確認回数	左右確認開始から自転車確認までの左右確認回数
左右確認時間	左右確認開始から自転車確認までの左右確認時間
最初左右確認位置	ドライバーの最初の左右確認時の交差点端までの距離
自転車確認可能時の位置	自転車確認可能時の交差点端までの距離
自転車確認可能時の距離	自転車確認可能時のドライバーと自転車の距離
自転車確認時の速度	自転車確認時の速度
TTC	衝突余裕時間 (減速しない時の衝突までの予測時間)

(2) TTCの算定

TTC(Time to collision)指標は、自動車と自転車の各時点での位置、走行方向ベクトル、速度から、速度・走行方向を維持した時の衝突までの時間を計測したもので、本研究では自動車と自転車の衝突を図-5に示すように自動車の周り0.5mの空間に自転車が入ることで判定している。各ケースで各時刻のTTCを求め、その最小値をケースのTTC指標としている。TTCの比較では、衝突を起こさないケースを除外し、TTCが算定できたケースの平均値を用いて比較した。

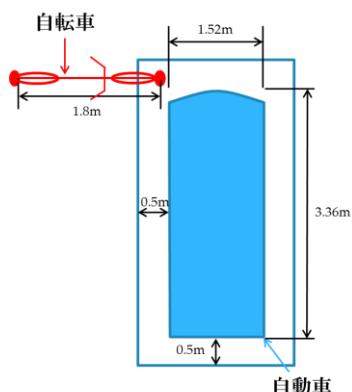


図-5 TTCの算定に用いた衝突判定エリアの設定

5. 分析結果

(1) 走行方向と走行位置の安全性

図-6 (自動車実験パターン53~60により作成) は、走行方向と走行位置の安全性に関して、2台目自転車確認時のドライバーと自転車との距離の指標の算出結果である。1台目自転車が順走している場合、2台目自転車が民地側を逆走していると、ドライバーの自転車確認が遅れる傾向にある。また、1台目自転車がレーンを順走し、2台目自転車が順走する場合は、2台目の走行位置にかかわらずドライバーの自転車確認が早い段階で行われていることがわかる。

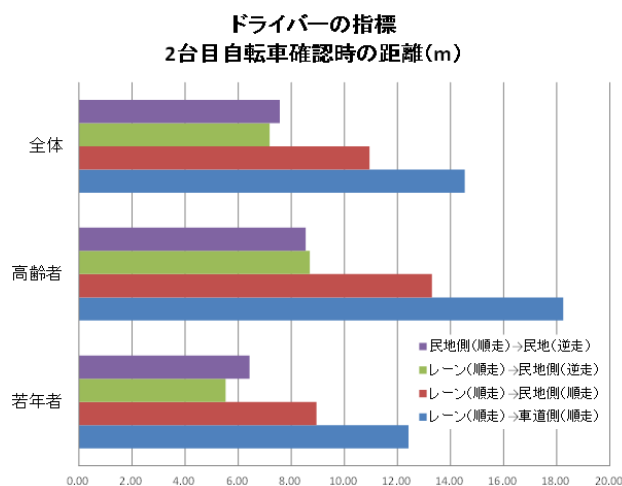


図-6 2台目自転車確認時自転車との距離

(2) 幅員と見通しの変化による影響

図-7、図-8は、幅員の変化による自転車とドライバーの挙動の違いを示したものである。進入路の幅員が狭い場合 (5m)を広い場合 (7m)と比べると、自転車の減速・ブレーキ行動、左右確認が遅れる傾向があることを見られた。ドライバーが1台目の自転車を確認しようとするときは確認が遅れる傾向が見られた。

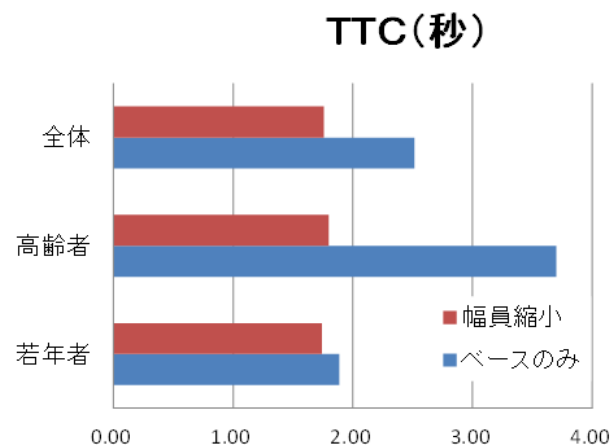


図-7 幅員縮小時TTCの比較

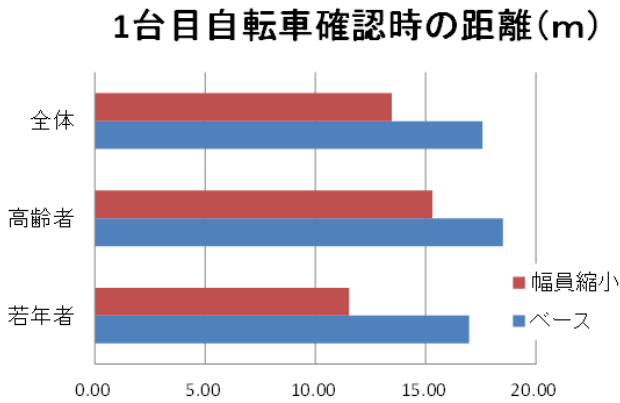


図-8 幅員縮小時一台目自転車確認時自転車との距離

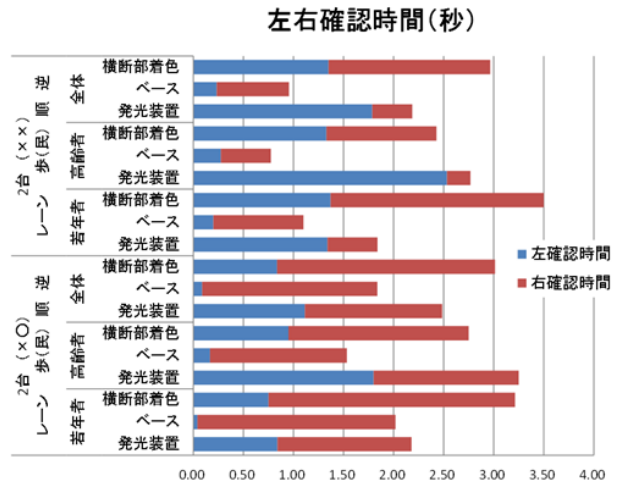


図-11 安全施策別左右確認時間割

2台目自転車確認時の距離(m)

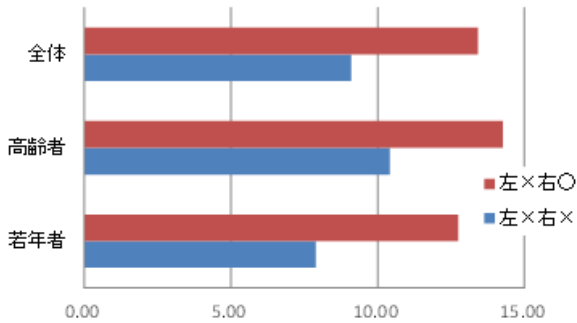


図-9 見通しの違いにより自転車確認時距離

2台目自転車確認時の速度(m/s)

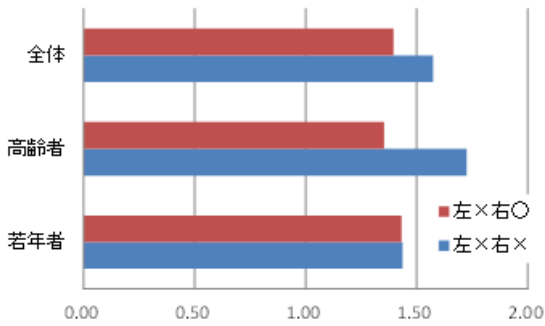


図-10 見通しの違いによる自転車確認時速度変化

図-9、図-10から見通しの影響に関してみると、見通しが両方悪い場合は、ドライバーが二台目の自転車を確認する位置がより交差点に近づいている。ドライバーが高齢者の場合、より速度が速くなる傾向が見られた。

(3) 安全施策の効果分析

安全施策の効果を比較した結果、まず、自動車の接近を示す発光警告装置を設置した場合、図-11に示すように、ドライバーの左右確認時間が増える傾向にあり、特に左を注視する時間が増えていた。

最初左右確認位置(m)

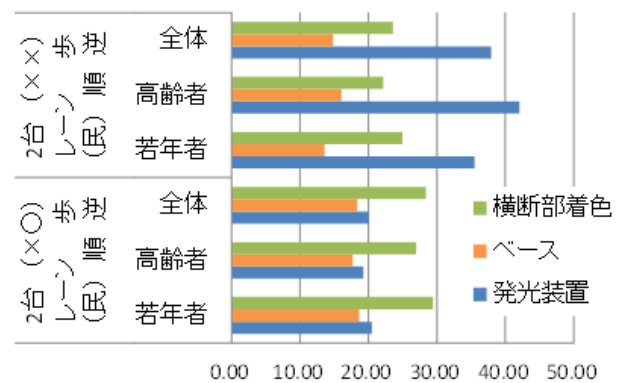


図-12 安全施策別最初左右確認位置

1台目自転車確認時の速度(m/s)

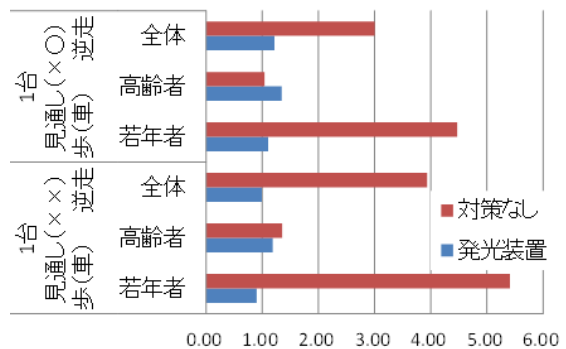


図-13 発光装置と対策なしの比較

さらに、図-12に示すように見通しが両方悪い場合のドライバー側の最初左右確認位置において、交差点から離れたところから左右確認を行う傾向が見られた。図-13に示すように、何も対策をしない場合と比べると、発光警告装置の作動によって、逆走する自転車を確認する時の自動車速度が落ちる傾向が見られた。

逆走する自転車に警告するサインに関しては、自転車の左右確認が遅れ注視時間も短くなる傾向が見られた(図-14、図-15)。これは、サインを自転車からみて交差点の奥に設置したことで、自転車利用者は遠方に目が向くようになり、細街路から進入してくる自動車への注意が疎かになる傾向が生じるためと考えられる。

最初左右確認時位置(m)

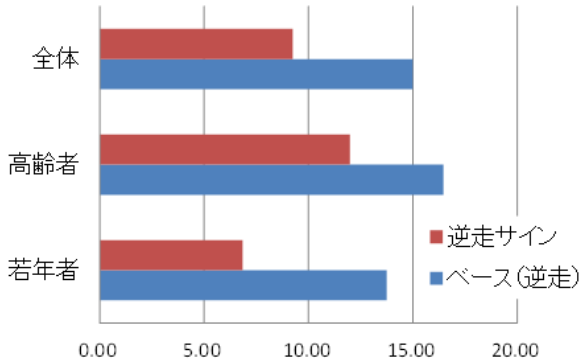


図-13 逆走サインとベース(逆走)の最初確認位置の比較

注視持続時間(秒)

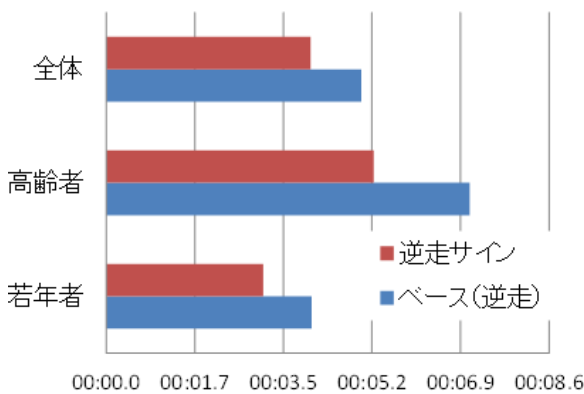


図-14 逆走サインとベース(逆走)の注視時間の比較

最初左右確認時位置(m)

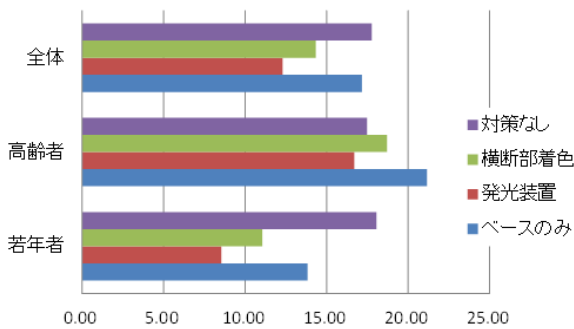


図-15 自転車利用者施策別最初左右確認位置

6. まとめ

本研究は、ドライビングシミュレータを用いて、幹線道路小交差点における自転車の安全性に影響する諸要素(自転車の走行位置、走行方向、交差点の見通し、細街路の幅員)を組み合わせ状況に対して、幹線道路に走行する自転車と細街路から出てくる自動車の挙動を観察し、自転車の走行位置による危険性と、見通しや幅員の効果を明らかにする上、警告装置、路面カラー化、注意サイン等の安全施策の効果をバンズ系した。

実験の結果、まず、ドライバーが順走する自転車に対して、早い段階で確認を行うため、歩道の民地側を逆走してくる自転車が、危険であることを改めて示された。

幅員については、狭いほど自転車の減速行動、ブレーキ行動、左右確認行動が遅くなる結果となった。また、自動車は幅員縮小の状態では、交差点により接近した位置で自転車を確認することとなる。

見通しについては、両方の見通しが悪い場合において、自動車が自転車を確認する位置がより交差点に近づいており、速度も速いことから、交通事故の危険性の高い挙動であると分かった。

自動車の接近を示す発光警告装置については自動車の左右確認時間が増えており、特に左を注視する時間が増えている。2台目の自転車確認時において、交差点や自転車からの距離が十分にとれている。

横断部着色を用いた場合については、自転車確認時の速度が速い傾向にあることが示された。

逆走サインについては、自転車のブレーキ操作率は高くなるが左右確認が遅れ注視時間が短くなる傾向があり、設置場所の再検討が必要なが示された。

なお、DSについては現実と距離感や速度感が異なることが報告されている¹²⁾。距離感について比較分析した研究では、DSでは現実より距離感が小さく、遠くにある物が近くに感じる傾向がみられ、また速度も低速に感じやすいとされている。このことから、出会い頭状況でも自動車の速度が高くなりがちで、しかも対象の自転車が遠くに見える時点から行動を起こす傾向が生じると考えられる。ただし、TTC指標については速度と距離が相殺するため、偏った傾向は生じない可能性がある。本研究ではこうしたDSの特性についての考慮は十分できていないことから、あくまでDS実験ケース間の相対比較からの考察とそのまとめであることに留意すべきと言える。

今後そうした誤差を補正したうえで、検証する必要があると考えている。

謝辞

本研究は科学研究費補助金・基盤研究 (B) 「協調型ドライブシミュレータを用いた交差点における自転車安全施策の評価」代表：山中英生 (No. 25289166) の一環として実施したものである。

参考文献

- 1) 藤田健二：四輪車と自転車の無信号交差点・出会い頭事故の人的要因分析, 交通事故総合分析センター第 15 回交通事故調査・分析研究発表会
- 2) 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, No.4, pp.10-13, 2009
- 3) 小金知史, 小川雅博, 他：市街地における自転車関連事故分析, 土木計画学講演集, No.41, 2010
- 4) 萩田賢司, 森健二, 横関俊也, 矢野伸裕, 牧下寛：通行方向に着目した自転車事故の分析, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.69, No.5, I-781~I-788, 2013
- 5) 鈴木美緒, 岡田紫恵奈, 屋井鉄雄：都市部の歩道を有する道路における自転車事故分析, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.69, No.5, I-715~I-724, 2013
- 6) 伊藤克広, 本田薫, 大脇鉄也, 木村泰：交差点で発

- 生する自転車関連交通事故の分析, 土木計画学研究発表会・講演集, No.43, 2011
- 7) 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, Vol.67, No.5, 1251~1257 頁, 2011 年
 - 8) 清田勝, 斎藤健治, 渡辺義則：右側通行する自転車利用者の危険度評価, 土木計画学研究・講演集, No. 25, 2002
 - 9) Heikki Summala et al : Bicycle Accidents and Drivers Visual Search at Left and Right Turns : Accident. Analysis. And Prevenesion., Vol. 28, No. 2, pp. 147-153, 1996
 - 10) 王茹剛, 山中英生, 三谷哲雄：幹線道路小交差点における見通しと自転車事故, 車両挙動の分析, 第 32 回交通工学研究発表会, CD-ROM
 - 11) 王 茹剛：シミュレータを用いた幹線道路小交差点における自転車走行位置の安全性分析, 徳島大学、平成 25 年度修士論文
 - 12) 五島洋一, 栗谷川幸代, 景山一郎：ドライビングシミュレータの走行感覚向上について, 振動と運動の制御シンポジウム講演論文集 503-506, 2003