

ドライビングシミュレータを用いた 細街路交差点での自転車通行方向の安全性評価

山中 英生¹・永松 啓伍²・吉岡 宏晃³

¹正会員 徳島大学大学院教授 社会産業理工学研究部 (〒770-8506 徳島市南常三島町2-1)

E-mail: yamanaka@ce.tokushima-u.ac.jp

²非会員 徳島県 商工労働観光部 (〒770-8570 徳島市万代町1-1)

E-mail: jyasutaway@docomo.ne.jp

³学生会員 徳島大学大学院 先端技術科学教育部 (〒770-8506 徳島市南常三島町2-1)

E-mail: c501731029@tokushima-u.ac.jp

自転車事故は全事故の2割を占め、その約5割が無信号交差点で発生し、自動車と自転車が交差する出会い頭事故がそのうちの6割を占める。既存研究によると、無信号交差点での自動車の直進・左折時には左側からの自転車との事故割合が高いが、右折時には右側からの自転車との割合が高くなることが分かっている。その原因として、ドライバーにとって両方向から現れる自転車への注視が困難であることが考えられる。本研究では、細街路交差点において両側通行の危険性を明らかにすることを目的とした。ドライビングシミュレータを用いて自転車との出会い頭事故を再現した実験により、両側通行を認めるパターンで2台の自転車が出現する場合、左側通行のみの2台の自転車が出現する場合に比べて、TTC、危険感などで安全性に劣ることが明らかになった。

Key Words : *small junctions, bicycle and vehicle accidents, driving simulator, safety evaluation*

1. はじめに

我が国は世界的に見ても自転車利用率の高い都市を多く有しているが、交通安全面では、全事故の2割と高い割合を占め、人口当たり死者数でも先進国と比較して、安全とは言えないとされる¹⁾。我が国のこうした状況の原因として、自転車専用通行空間の不足が多く指摘されてきたが、自転車事故は自転車と自動車の交差の生じる場面で8割以上が生じており、単路部の分離施策よりも交差部の安全性確保がより重要であると理解されるようになっていく。特に、自転車事故の約50%は無信号交差点で発生し、自動車と自転車が交差する出会い頭事故がそのうちの6割を占めている²⁾。

既往研究では、幹線道路の枝道路との無信号交差点での出会い頭事故では、自動車の左側から来る自転車(右側通行)の事故率が高いことが報告されている^{3,4)}。無信号交差点での自動車発進時の自転車の進行方向別構成率の分析例⁵⁾では、自動車の直進・左折時には左側からの自転車との事故割合が高いが、右折時は右側からの自転車との割合が高くなる。また、萩田ら⁶⁾は交通事故当事者の進路方向方位角を入手できる千葉県事故データを

用いて、自転車の通行方向別割合を信号・無信号交差点で分析して、同様に、衝突の生じた自転車進行方向の割合が偏る傾向を明らかにしている。また、鈴木ら⁷⁾は歩道走行する自転車の事故分析で双方向通行と視認性の悪さを事故要因と指摘している。このように、自動車の進行方向により衝突する自転車の通行方向の偏りが異なるのは、ドライバーにとって両方向から現れる自転車への注視が困難であることが要因と考えられる。

自転車の専用道整備が進んでいるオランダ、デンマークでも一方通行が基本であり、部分的にある双方向通行には、ガイドライン¹⁾などで特別な注意が払われている。このような海外の研究や実践を見ても、道路上で自転車を無批判に双方向通行させていることが、実は我が国の交通安全上の重要な課題であることが認識できる。

2012年11月に国土交通省と警察庁は「安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン」⁸⁾ (以下ガイドライン)を刊行し、自転車のネットワーク計画、通行空間設計、利用ルール周知などの基本方針を示している。このガイドラインでは、自転車を歩行者と分離する方針が示され、自転車の車道部左端通行の原則を明確にし、自転車レーン、走行指導帯、ピクトグラムを整備する指針が示され

ている．さらに2016年7月に発刊されたガイドラインの改訂版⁶⁹では，自動車，歩行者と構造的に分離する自転車道でも，交差点処理の視点等から一方向通行で整備することを原則とする等の見直しが行われている．

また，2013年6月に改正された道路交通法では，細街路に多い路側帯について自転車は左側の路側帯を通行する改正がなされており，道路交通法上は，普通自転車通行可の歩道以外では自転車は全て道路の左側を通行する規定となっている．

こうした施策が進められている背景には，自転車が他の車両と同じ方向に一方向で通行することで，事故発生確率が低下するという自転車レーン整備等での成果への認識がある．しかし，我が国の自転車では歩道での双方向通行が他の道路での双方向通行の慣習化に波及しており，細街路での左側通行もほとんど浸透していないのが実情である．そうした中で，金沢市では細街路での左側通行を促進する自転車走行指導帯の整備とともに徹底した街頭指導によって，細街路での左側通行率の向上とともに，大きな事故低減を実現している¹⁰．しかしながら，細街路での左側通行の遵守によって，交差点で生じる自転車事故が削減するという関係性については，交差点挙動の事前事後分析が行われていないことから，必ずしも明らかにはなっていない．

以上の背景を踏まえて，本研究では，細街路交差点において両側通行の危険性を明らかにすることを目的とした．具体的には，ドライビングシミュレータ（以下DS）を用いて，細街路交差点に進入する自動車に対して，2台の自転車が時間差を持って進入させて，出会い頭事故が発生しやすい状況を再現した．そして，2台の自転車が左側通行のみで進入する場合，両側通行で進入する場合の2条件を設定して，自動車の挙動を計測し，危険感，TTC，視線挙動などから安全性を評価した．

2. ドライビングシミュレータ実験の概要

DSによる実験は図-1に示す細街路同士の交差点を対象に，被験者が操作する自動車が進入する際に，2台の自転車が交差道路側に時間差をおいて出現する状況を再現した．この際，自動車は一時停止の必要性はないと説明している．ただし，停止せずに進入してくる自転車との衝突を避けて直進するよう指示した．停止して1台目の自転車をやり過ごした後，再発進しようとした時点で2台目の自転車が進入するように設定している．図-2にシミュレータの外観・画像の例を示す．

さらに，図-3に示すように，2台の自転車の通行方向が左側通行のみの場合と両側通行の場合について進入位置を設定し，その組み合わせとして図-4, 5に示すように

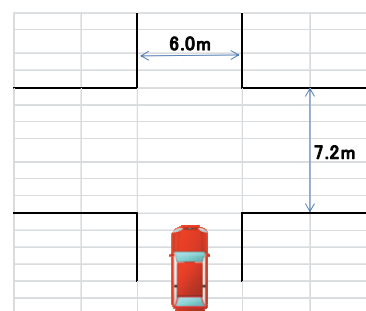
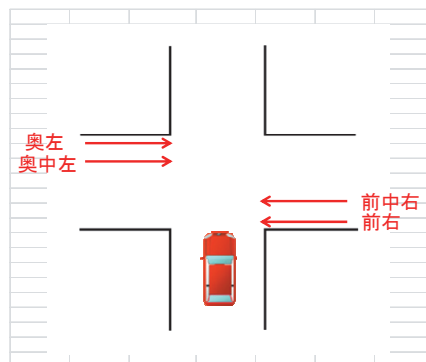


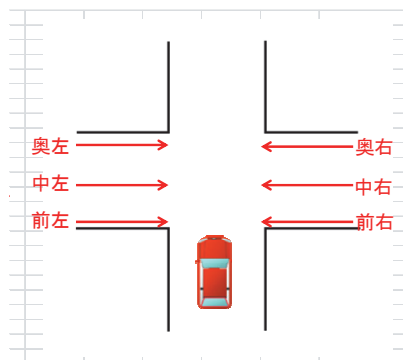
図-1 ドライビングシミュレータ実験の交差点形状



図-2 ドライビング・シミュレータの外観・画像例



左側通行時の自転車進入位置



両側通行時の自転車進入位置

図-3 左側通行・両側通行時の自転車進入位置

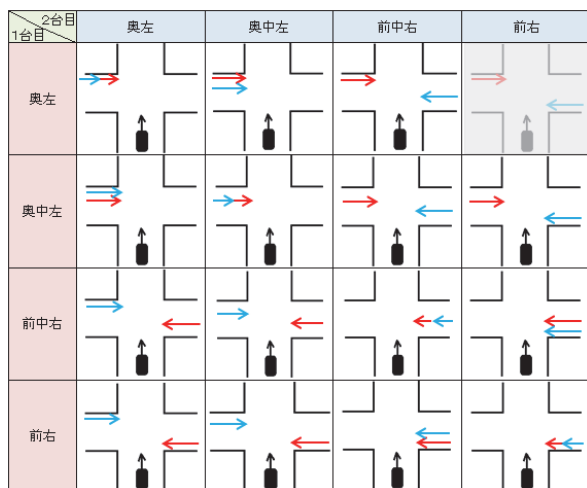


図4 自転車2台の進入パターン（左側通行）

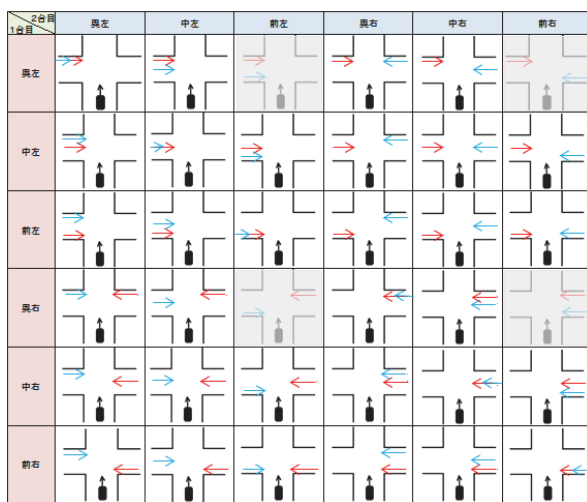


図5 自転車2台の進入パターン（両側通行）

表-1 実験群別の被験者数・実験内容

群	被験者	前半	後半
A	若年者5人	左側通行18回 両側通行2回	両側通行20回
	高齢者2人		
B	若年者3人	両側通行18回 両側通行2回	左側通行18回 両側通行2回
	高齢者3人		

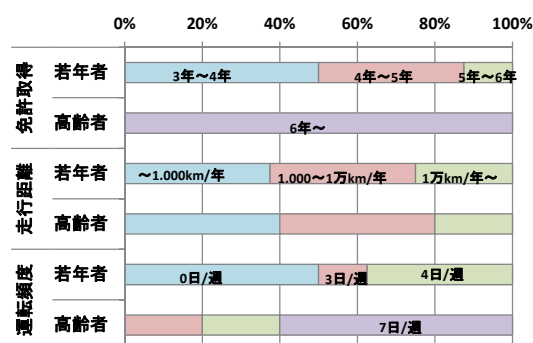


図-6 被験者の自動車運転履歴の特性

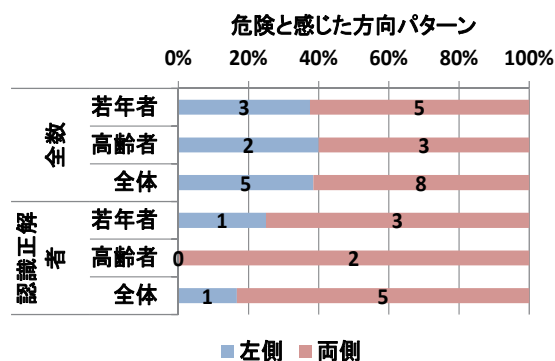


図-7 通行方向に対する評価

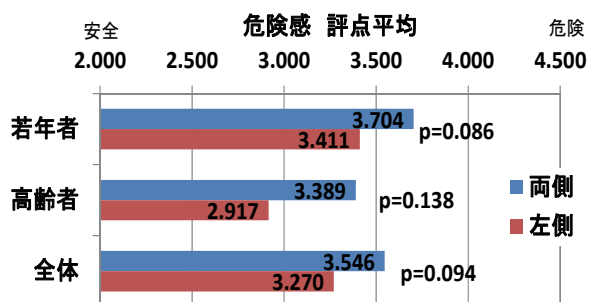


図-8 被験者・通行方向別の体感評価平均の比較

左側通行，両側通行の進入パターンを設定した。被験者はそれぞれのパターンの中からランダムな順番で自転車の進入状況を体験することになる。具体的には，表-1に示すように，2群の被験者に対して，左側通行18回＋両側2回，両側通行20回，計40回の進入挙動を計測した。今回は若年者は年齢21歳から24歳，高齢者は61歳～68歳である。

ただし，慣れの状況が見られたため，挙動分析では前半の18回の実験結果を用いることとし，各被験者について左側，両側のいずれかのケースのみを分析対象としている。被験者の自動車運転の特性を図-6に示す。

3. 分析結果

(1) 体感評価

図-7は，前後半の実験でどちらが危険を感じたかの質問を左側通行，両側通行別に集計した結果を示している。若年者，高齢者ともに両側通行よりも左側通行の方が安全であるという結果が得られた。

図-8 は，各ケースの実験ごとに，自転車の出現のしかたに対して危険を感じたかを，5 件法で回答させ，それを左側通行のパターン，両側通行のパターン別に集計して，評点平均を比較している。

この結果でも，高齢者・若年者ともに両側のパターン

の方が左側通行より危険感が高くなっている。ただし、平均値の差の t 検定の結果では有意確率が 0.086~0.138 となっており、5%の有意水準では必ずしも有意といえない結果となっている。

(2) 最接近距離

図-9は、自転車と自動車の最接近した時の距離を算出した結果を示している。高齢者・若年者ともに、左側通行よりも両側通行で衝突状態の割合が高く、高齢者では0.8m以下という危険な状態の割合も両側通行で大きいという結果になっている。

一方、図-10は1台目と2台目の自転車の出現方向と出現位置の関係ごとに最接近距離の分布を比較している。異方向で同じ位置から2台目の自転車が出現する場合に衝突の割合が高くなっていることがわかる。こうした場合は両側通行が許される場合のみに生じることになる。

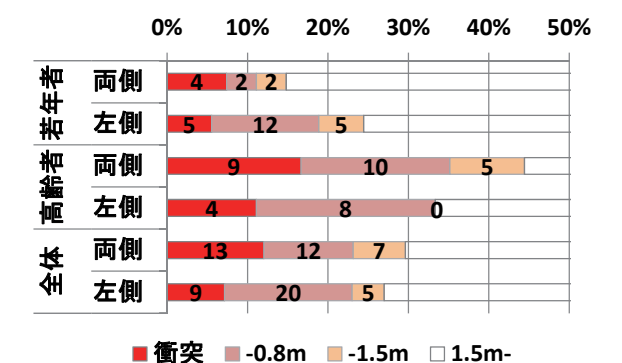


図-9 被験者・通行方向別の最接近距離の分布

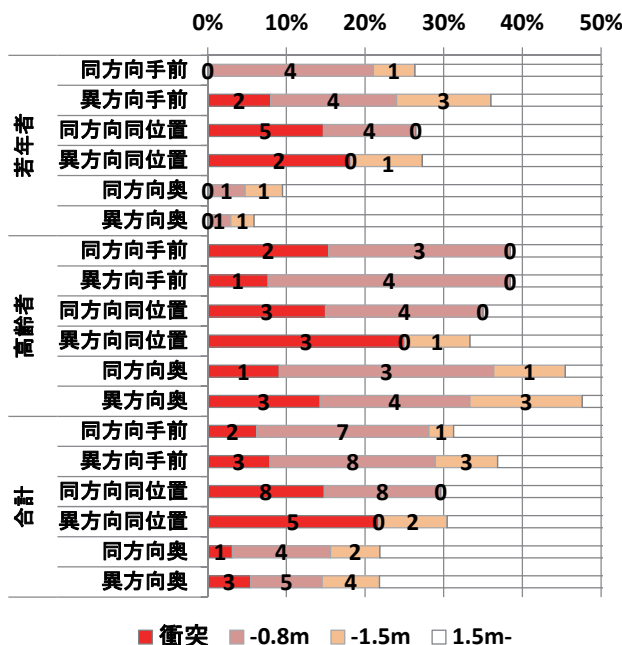


図-10 自転車2台の出現方向位置別の最接近距離の分布

なお、当然ではあるが、2台目自転車が1台目自転車より手前に出現するケースは比較的安全である。

(3) TTC

図-11は、自転車と自動車のTTCを算出した結果を示している。ここでのTTCは刻々のTTCを算出し、その最小値を用いている。高齢者・若年者ともに、左側通行よりも両側通行で衝突状態の割合が高く、高齢者では1秒以下、2秒以下という危険な状態の割合も両側通行で大きいという結果になっている。

図-12は1台目と2台目の自転車の出現方向と出現位置の関係ごとにTTCの分布を比較している。異方向で同じ位置から2台目の自転車が出現する場合に衝突が多くなっている。こうした場合は両側通行が許される場合のみに生じる。ただし、潜在的な危険状態と言えるTTC1秒以下の割合では、出現位置による差は明らかではない。

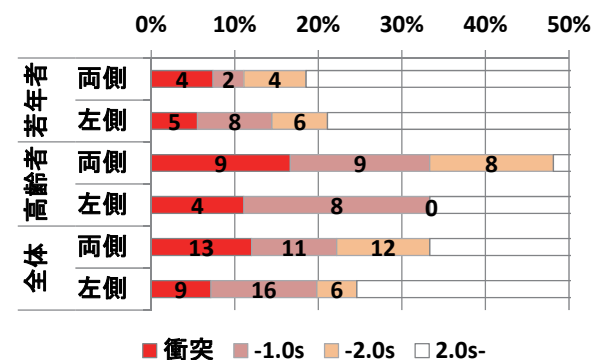


図-11 被験者・通行方向別のTTCの分布

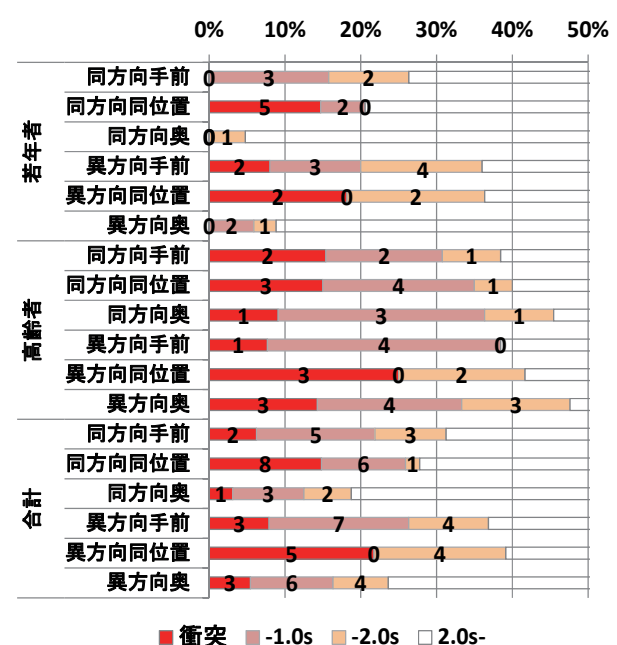


図-12 自転車2台の出現方向位置別のTTCの分布

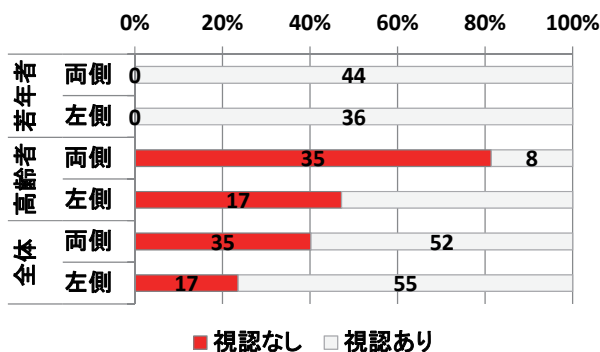


図-13 被験者・通行方向別の2台目自転車視認率

(4) 視認挙動

図-13は、若年者2名（A, B群各1名）、高齢者2名（A, B群各1名）で装着したアイマークレコーダーの結果を用いて、2台目自転車を視認したかを比較した結果である。この場合は、各被験者について前半・後半の計40回の実験ケースを用いて比較している。

若年者は2名とも全ケースで2台目の自転車を視認しているが、高齢者の2名は視認できないケースが見られた。左側通行と両側通行を比べると、両側通行の方が割合が大きくなっている。

4. まとめ

無信号交差点で自動車が直進する際に、2台の自転車が相次いで出現するという出会い頭状況を再現したDS仮想実験では、左側通行よりも両側通行のほうの危険感、TTC値を用いた危険な挙動状態、2台目の自転車視認率の面で危険性が高くなっていることが明らかになった。特に高齢者でその傾向が顕著であった。

なお、高齢者では、DS酔の発生やアイマークレコーダー装着不適合などが発生する。被験者数が少なく、また比較群のサンプル数の不整合となっている。本研究では実験系の開発とその検証として報告するものであり、分析結果については少サンプルの結果であることを理解することが必要であり、今後、実験の継続が必要と言える。

謝辞：本研究の分析は科学研究費補助金・基盤研究（A）16H02369の一環として実施している。

補注

[1] 例えばオランダの自転車交通デザインマニュアル（CROW: Design manual for bicycle traffic, 2007版）では、自転車の双方向通行では、予期しない自転車挙動への配慮が必要としており、双方向自転車道の場合の交差点レイアウト例（ベントした形状等）を記載している。双方向の場合、方向別空間を区分する中央線は必ず記載されている。

参考文献

- 1) 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き，p. 16（平成22年データ），2015.
- 2) 前掲1), p. 15（平成23年データ）
- 3) 金子正洋，松本幸司，簗島治：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.
- 4) 海老澤綾一：自転車の通行位置及び自転車関与事故の経年変化に関する一考察一環七通りを対象に一，第36回交通工学研究発表会講演集，CD-ROM, 2016.
- 5) 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平成24年第15回交通事故調査・分析研究発表会論文集，2012.
- 6) 萩田賢司，森健二，横関俊也，矢野伸裕：自転車の進行方向に着目した交差点自転車事故の分析，土木学会論文集 D3, Vol. 70, No. 5, pp. I_1023-I_1030, 2014.
- 7) 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, Vol. 69, No. 5, pp. I_715-I_724, 2013.
- 8) 国土交通省，警察庁：安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン，2011.
- 9) 国土交通省，警察庁：安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン，2016.
- 10) 小島拓郎，山中英生，三国成子，森万由子：細街路における自転車指導帯ネットワークの整備効果，一金沢市まちなか地区一，土木計画学研究・講演集，Vol. 53, CD-ROM, 2016.

(2017. 2. 24 受付)

SAFETY EVALUATION OF BICYCLE DIRECTION CONTROL SYSTEM AT SMALL JUNCTIONS USING DRIVING SIMULATOR EXPERIMENTS

Hideo YAMANAKA, Keigo NAGAMATSU and Hiroaki YOSHIOKA

The ratio of bicycles accidents at small junctions in Japan is about 50%, and 60% of them are crossing accidents. According to the previous studies, a large part of left turning and straight crossing accidents is the crash with bicycles running right side of roads, but a large part of right turning accidents is the crash with bicycles running left side. The reason of the phenomena is considered that the regularization that bicycles run in both direction almost of small junctions in Japan. The aim of study is to evaluate the danger of bicycle direction control system which permits the both way cycling at small junctions. By employing the virtual experiment of crossing accidents using driving simulator, the effects on the safety are found from the viewpoints of drivers sense and TTC index. by the direction control of left side cycling compared with both way cycling system.