

車道上の危険箇所における 自転車走行挙動分析

鈴木 美緒¹・宮之上 慶²・趙 子雨³・屋井 鉄雄⁴

¹正会員 東京工業大学助教 大学院総合理工学研究科 (〒226-8502 横浜市緑区長津田町4259)

E-mail: mios@enveng.titech.ac.jp

²学生会員 東京工業大学修士課程 大学院総合理工学研究科 (〒226-8502 横浜市緑区長津田町4259)

E-mail: miyanoue.k.aa@m.titech.ac.jp

³非会員 東京工業大学修士課程 大学院総合理工学研究科 (〒226-8502 横浜市緑区長津田町4259)

E-mail: z.z.aa@m.titech.ac.jp

⁴正会員 東京工業大学教授 大学院総合理工学研究科 (〒226-8502 横浜市緑区長津田町4259)

E-mail: tyai@enveng.titech.ac.jp

自転車の車道走行強化については、2010年10月に警察庁の通達、2012年4月には提言が出されるなど積極的に推し進められているが、空間整備や車道利用の促進は進んでいない。その要因のひとつに、自転車利用者が「車道を走行すること自体がこわい」と考える意識が根強いことが挙げられる。特に、交差点流入部での巻き込みや駐車車両追い越し部での追突等の危険性を指摘する声は多い。しかし、わが国の自転車利用者の多様性を考慮し、実際に車道上での停止、発進、曲がり時等の挙動を分析した研究は非常に少なく、その特徴は明らかにされていないのが現状である。

そこで、交差点および駐車車両・バス停のある箇所を「車道走行時の危険箇所」と設定し、わが国での特徴的な行動である駐車車両の追い越しについて、安全確認や飛び出し角度等の挙動を分析した。

Key Words : *bicycle traffic, hazards on roadway, parking vehicles*

1. 本研究の背景と目的

自転車の歩道通行が常態化したことによる歩行者への危険性が指摘されて始めてから、自転車の車道走行の原則を強化する方向性が示され、車道上自転車走行空間の整備が推進されてきた。しかし、モデル地区事業で整備された走行空間の約75%が歩道であるなど、自転車通行帯をはじめとした車道上自転車走行空間の整備が進んでいないのが現状である¹⁾。その一方で、東京などでは震災後に自転車利用者が増加し、車道走行する自転車も増加しているが、ルールを遵守しないその走行挙動に対する危険性が指摘されている。その要因のひとつに、自転車利用者に「車道はこわい」というイメージが根強いことである。特に、交差点の通行方法がわかりにくいことや、バスや駐車車両を追い越す場面でのストレスなどが、自転車利用者の車道利用を敬遠させていると考えられる。このような状況もふまえ、2010年10月には警察庁からの通達、2012年4月には「みんなにやさしい自転車環境—

安全で快適な自転車利用環境の創出に向けた提言—」²⁾が出された。その中で交差点やバス停での自転車走行空間の設計基準の方向性が示された。しかし、各自治体で自転車走行空間の詳細な整備基準を検討する際に必要と思われる、交差点やバス停付近、駐車車両の追い越し時を含めた、車道での特徴的な走行挙動は明らかにされていないのが現状である。

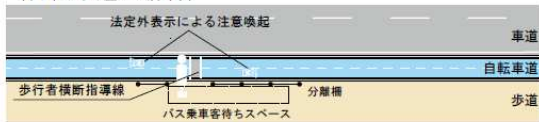
そこで本稿では、交差点および駐車車両・バス停のある箇所を「車道走行時の危険箇所」と設定し、特にバスや駐車車両等の追い越し時の走行挙動を分析した。

2. 自転車車道走行時の危険箇所とその設計基準

(1) わが国における車道上危険箇所の設計基準

ここでは、自転車車道走行時の危険箇所のうち、バス停周辺での設計方針について整理する。2012年4月に発表された「みんなにやさしい自転車環境—安全で快適な自転車利用環境の創出に向けた提言—」²⁾では、バス停付近で

(自転車道の場合)



※バス乗降客が自転車道を横断しやすくし、その際の自転車の停止を促すため、横断部のみ歩道と同じ高さとするこも考えられる。

(自転車専用通行帯の場合)

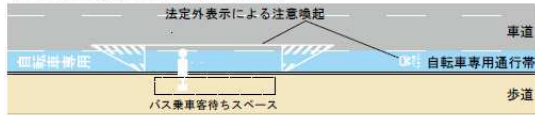


図-1 わが国での自転車走行空間とバス停の設計例



図-2 バス停車時に歩道通行を促す設計 (新潟市)

のデザインを2種掲載している (図-1) . いずれも、自転車走行空間を示す舗装を残している。また、現存する事例としては、バス停車時には自転車を歩道に上げる設計もみられる (図-2) . わが国では自転車通行帯としてではなく、カラー舗装による自転車通行位置の明示と自転車歩行者道を併用する運用が多くみられるため、このような設計が可能であるといえる。

(2) 海外における車道上危険箇所の設計基準と事例

バス停付近での設計基準について、米国、ドイツ、ロンドンにおける設計基準のうち、自転車走行空間が車道にあるものを整理する²⁰⁾。結論としては、バス停付近で自転車走行空間の舗装やラインをなくしているのが、わが国での設計と大きく異なる点である。

a) ドイツ

ドイツでは、自転車走行空間の詳細な整備基準は道路交通研究所 (FGSV) により制定され、ERA (Empfehlungen für Radverkehrsanlagen) として発行されている。ERA2010²¹⁾によると、バス停付近では自転車レーンを示す白線をなくすことを基本とし、その幅員やクリアランス区間の設計を示している。なお、この旧バージョンであるERA95²²⁾では、バス停の設計基準 (バスレイを設けるかどうか) は1時間あたりバス10台を閾値としていたが、ERA2010ではその記述はなくなった。

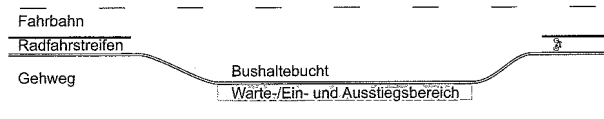
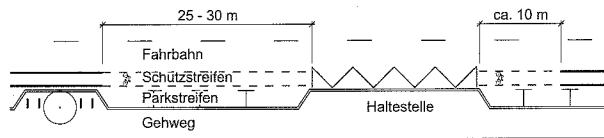
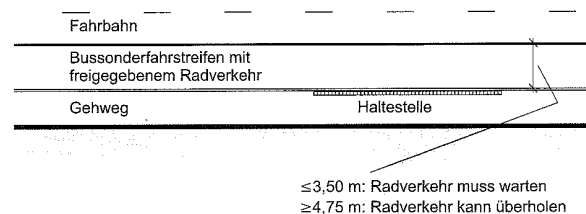


図-3 ドイツでの自転車走行空間とバス停の設計例

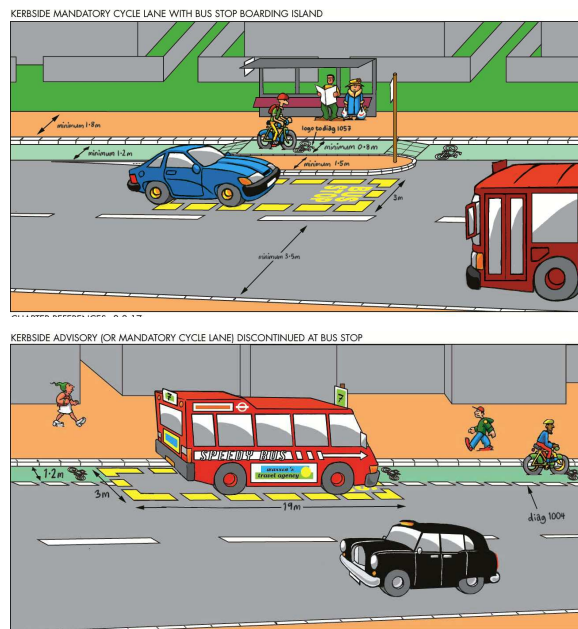


図-4 ロンドンでの自転車走行空間とバス停の設計例

b) ロンドン

ロンドンの自転車走行空間設計基準 “London Cycle Network”²³⁾によると、バス停部のデザインにより自転車走行空間の設計も異なり、バスレイによりバスが車道空間にはみ出ない場合には自転車レーンを直進させるが、バスレイの深さが浅い場合と路肩にバス停車空間を設計する場合 (図-4) には、自転車レーンを幅員0.7mまで減らす、あるいは舗装等をなくすよう記されている。また、バス停を島式 (最低幅員15m) で設ける場合には、自転車レーン幅員を0.8mまで狭めることができる。

c) シカゴ

米国の一例としてシカゴの設計ガイドライン²⁴⁾より、バス停付近での設計例を図-5に示す。これまでに挙げて

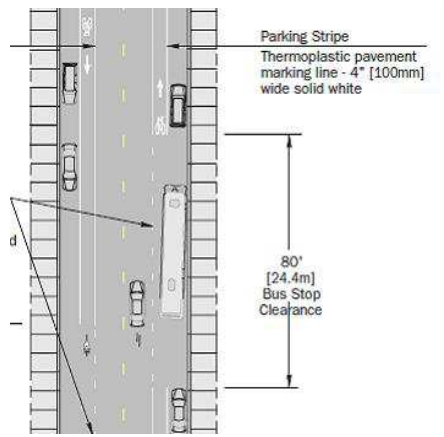


図-5 シカゴでの自転車走行空間とバス停の設計例

いる設計基準と同様、自転車レーンをバス停付近でなくすデザインとしている。

3. 車道危険箇所での自転車の挙動にかかわる既往研究と本研究の位置付け

わが国では車道を走行する自転車の利用者属性や車種が限られていると考えられてきたことなどから、その走行挙動が十分に収集されていないが、海外では交差点での自転車挙動を分析した既往研究が存在する。

交差点進入時の自転車挙動を測定するにあたり、海外の既往研究ではその段階を以下の3つのいずれかに分類して示すことが多い⁹⁾。

- ① **Rolling Start** ; スピードを出したまま進入、通過する。青現示の途中での進入であるといえる。
- ② **Standing Start** ; 赤現示の段階で交差点手前に到達し、待機の後、青現示に変わってから進入、通過する。
- ③ **Quasi-Rolling Start** ; 赤現示の段階で交差点手前に到達し、停止位置からはみ出した状態で青現示を待ち、進入、通過する。

(1) 交差点での速度・通行時間

Ananth Presadらは、California州Santa Clara市の高速道路²⁾との交差点20箇所、午前・午後のピーク時に自転車の走行速度を調査し、高速道路を走行するときは、交差する一般道路を走行しているときより高速であること、基本的に（自動車は急いで横断しようとするのに対し）自転車は黄色現示になると横断しようとしませんが、高速道路の走行時は青現示が比較的長いので、青現示の途中からでも横断し始める傾向があること、一般道路から交差点に入るときは減速するが、高速道路から交差点に入るときは減速しない傾向にあること、子供と高齢者は歩行者用押しボタンを使って横断歩道を通行していること、を明らかにしている⁹⁾。また、Daniel I. Rubinsらは⁸⁾、California大学Davis校付近の交差点10か所、午前午後のピ

ーク時で交差点での速度を観測し、以下のことを示している。

★ 横断速度は幅広く、3.18km/h～36.2km/hにわたるが、巡航速度が遅いケースは交差点のデザイン（滞留位置等）により、巡航速度が速いケースは自転車の車種（ロードバイク等）による傾向がある。また、交差点全体での平均値をとっているため、**Quasi-Rolling Start**では速度が低く出てしまうことも影響していると考えられる。

★ 2～15%の自転車が、米国連邦政府が基準の設定に想定している交差点通行速度より遅く、**AASHTO**のガイドラインでは、98%の自転車が通行できるような交差点デザインにするよう書かれているが、それを守ると青現示がとても長くなることになる。

★ カメラを設置していても斜め横断が見られる。

Steven E. Shladoverらは¹⁰⁾、California州での**Rolling start**での交差点横断時の速度分布を観測し、大学生の巡航速度が比較的高いこと、上り勾配での速度は低く、下り勾配での速度が速いこと、**Davis**では午前ピークと午後ピークで巡航速度が異なること、最も速度が低い自転車が多いのがレクリエーション用サイクリング道路にある交差点であることを明らかにしている。

また、属性や地域特性による交差点通行速度を比較したのもあり、**Nikki Wheeler**らは¹¹⁾、男女の自転車利用者による夏季・冬季の交差点横断時間分布を比較し、男性の方が女性より、男女共に冬季より夏季の方が横断時間が短い（速度が高い）ことを明らかにしている。

これらの特性は、いずれも一般的に予想される傾向と違わない。

(2) 交差点での施策と効果

交差点での安全性向上等のための施策とその効果について調査した既往研究も海外では存在する。

Wanjing Maらは¹²⁾、青現示の終わるタイミングを知らせる装置を付けることで、減速せずに停止線を通過できる自転車が増えたことを示している。

また、**Glen Koorey**らは¹³⁾、着色の有無、停止線をずらしたり、優先停止帯（いわゆる**Bike Box**）の設置の有無、車道幅員とレーン幅員の違いといった交差点部のレーン形状と、自動車の進入の関連性を調査し、**Bike Box**を設けない場合でも着色によって進入が防げることや、幅員のレーンには進入されにくいことを示している。

また、カラー舗装した自転車走行空間が交差点挙動にもたらす影響として、レーンが整備されたことによってレーン自体を使用する利用者もいるが、（レーンではない）車道部分を走行する自転車も増加し、全体として車道走行が推進されるほか¹⁴⁾、交差点で停止する自転車が増加したり¹⁴⁾、**Bike Box**の設置により交差点内に進入して信号待ちする自転車が減少したことも明らかになって

いる¹⁵⁾。

(3) 交差点での安全性に関する挙動

交差点での安全確認挙動を扱った既往研究も存在し、自転車の乗っている人の頭の向きと交差点進入速度を計測したものなどがある。また、青色舗装により通行位置を遵守する自転車が増加するという調査がある一方¹⁶⁾、安全性が高まったためか、交差点では手信号などの合図を怠る自転車の出現が指摘したとの報告¹⁷⁾もある。

(4) 車道における危険箇所での自転車走行挙動

Ron Van Houtenらは、Cambridgeを対象として自転車レーン整備前後の自転車走行挙動を比較し、レーンに隣接する駐車レーンにある駐車車両と、レーンを走行する自転車との距離が広まって、駐車車両のドアが急に開いて自転車に衝突する危険性が減少すること¹⁸⁾を示している。このような検討は研究ばかりでなく、カリフォルニア州などの自治体でも調査され、独自の設計基準を検討している。

(5) 海外における車道危険箇所での自転車挙動研究のまとめと本研究の位置付け

これまでに挙げたように、(調査対象地域に偏りがあるが)海外での交差点における自転車挙動を調査した研究では、主に速度あるいは横断時間が指標として用いられ、車種や属性、季節によりその傾向が異なることが示されている。さらに、優先道路を通行する自転車の進入速度や安全確認行動の傾向や、斜め横断等の行動も、交差点の横断時に関して、海外での自転車挙動が我々の抱く自転車挙動のイメージと合致しているといえることができる。その一方で、横断時の速度はわが国の自転車と比較して高く、これは通行位置(車道通行)や、車種(明記はされていないがわが国より軽快車が少なくと考えられる)によるものと考えられる。

空間設計からは、バス停については自転車走行空間と重複するケースが見られるものの、駐車車両は専用のスペースが設けられており、自転車との錯綜についてはドアの開閉時が問題視されていることがわかる。また、バス停付近での挙動を扱う既往研究は非常に少ない。

わが国で今後車道通行の原則を強化し、交差点での空間設計を検討する際には、多様な属性、多様な車種の自転車の車道通行を前提とする必要があるが、特に速度の違いが関係する漕ぎ出し時、右左折時、シャドウでの障害物追い越し時、その際の安全確認については、わが国独自の走行挙動と考えられ、その特性を把握することは重要であるといえる。

4. 自転車車道通行時の定性的な挙動分析

ここでは基礎分析として、車道での自転車走行挙動について、主に定性的に分析する。

(1) 自転車の交差点での通行位置変更

都内2箇所の無信号交差点(幹線道路と細街路との小交差点、都道420号線沿いおよび環状七号線沿い)において、2008年12月4日(木)の通勤時間帯(7:30~)および12月12日(金)の午前(10:00~)に観測した記録¹⁹⁾の中で、自動車との錯綜を起こした自転車各20台の通行位置を分析した。



図-6 観測場所①(地図: Google Map)



図-7 観測場所②(地図: Google Map)



図-8 観測場所①と②の様子

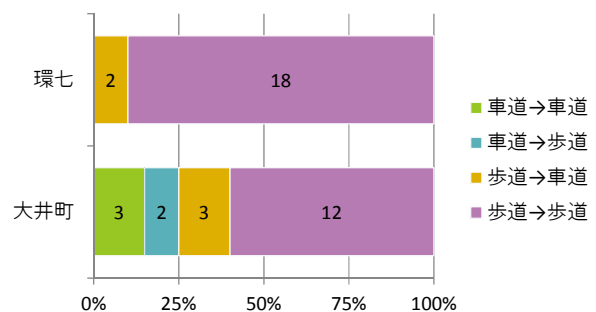


図-9 観測場所①(大井町)と②(環七)における自転車の通行位置

自動車と錯綜する自転車を分析対象としたが、いずれの自転車も交差点に進入する際に左右の確認をせず、減速もしなかった。また、自転車の車道走行を強く推奨するようになるより以前のビデオ調査であることも関係するかもしれないが、両観測場所とも、歩道幅員が狭いにもかかわらず大半の自転車が歩道を通行し、歩道に歩行者や他の自転車が存在して走行しにくい等の状況により柔軟に車道へ通行場所を変える（あるいはその逆で車道から歩道へ移動する）ことが確認できた。その一方でまた、自動車交通量の多い環七では、歩道幅員が狭くても車道走行を極力避ける傾向にあることも確認できた。

(2) 自転車の斜め横断と安全確認行動

まず、自転車が車道を横断する際の行動について簡単に分析する。

東京都桜新町にある都道427号線に交差する道路（図-10、片側1車線、車線幅員3.0m）において、2005年11月9日（水）の通勤・通学時間帯（7:30～8:30）に通過する自転車を対象に、その通行位置および横断行動を分析したところ、表-1のようになり、約25%の自転車が左側端を走行していない。この時間帯に観測された8台の乱横断自転車についてその安全行動をみたが、いずれも後方



図-10 観測場所③（地図：Google Map）

表-1 観測場所③における車道上の自転車走行挙動

	駅方向	駅と逆方向	計
左側端	53	21	74
CL寄り	5	6	11
逆走	2	5	7
斜め横断	6	2	8
計	66	34	100



図-11 障害物がない場合の斜め横断軌跡の例



図-12 障害物がある場合の斜め横断軌跡の例

確認をせずに車道へと飛び出していることがわかった。また、それらの自転車の前輪接地面の軌跡を0.1秒刻みでプロットし、斜め横断する際の道路に対する角度を測定した。サンプル数が8と少ないため、一般的な傾向とは言えないが、以下のような傾向を見ることができた。

★ 自動車等の障害物がない場合、飛び出し角は15°程度で、横断角はCLに対し20°程度であった。（5サンプル）

★ それに対し、信号待ち等で停止している自動車が障害物となっている場合、飛び出し角は37°程度で、横断角はCLに対し50°程度であった。（3サンプル）

このことから、駐車車両等を追い越す際の飛び出し角やその飛び出し開始位置にもある程度の傾向があることが予想される。

4. 車道の危険箇所における自転車挙動分析

前章では、サンプル数が少ないデータからではあるが、わが国の自転車が、交差点進入時に左右の安全確認や減速を行わない、車道走行と歩道走行を柔軟に変更するという従来から指摘されてきたような挙動を確認したほか、車道走行する際の飛び出し（障害物の追い越し等）では後方確認を行わないこと、そしてその飛び出し角度にはある程度傾向があると予想されることがわかった。

そこで、自転車走行空間の整備されていない車道において、走行する自転車が駐車車両やバス停付近でどのような挙動をとるか、ビデオ観測を行ない、後方確認等の自転車と自動車のコミュニケーション方法、飛び出し角やその飛び出し開始位置を分析した。分析結果についての詳細は発表時に譲る。

付録

注1) 海外の交差点の設計基準についてはすでに発表済みであるた

め、参考文献3)を参照されたい。

注2) カリフォルニア州では、高速道路の一部を自転車で通行することが許されている。2012年3月時点で、高速道路の約75%を通行することができる。

参考文献

- 1) 鈴木美緒, 吉田長裕, 山中英生, 金利昭, 屋井鉄雄: わが国の地方自治体における自転車政策の動向, 土木計画学研究・講演集, Vol43, 2011.
- 2) 安全で快適な自転車利用環境の創出に向けた検討委員会: 「みんなにやさしい自転車環境—安全で快適な自転車利用環境の創出に向けた提言—」, 2012.
- 3) 鈴木美緒, 屋井鉄雄: 欧州の大都市における自転車走行空間の設計基準とその運用に関する研究, 土木計画学研究・講演集, Vol39, 2009.
- 4) FGXV:Empfeh-lungen für Radverkehrsanlagen,2010
- 5) FGXV:Empfeh-lungen für Radverkehrsanlagen,1995
- 6) Director of Environmental Services: "London Cycle Network", 1998.
- 7) City of Chicago: Bike Lane Design Guide, 2002.
- 8) Daniel I. Rubins et al.: Bicycle Crossing Times: A Case Study of the City of Davis, Transportation Research Board Annual Meeting, CD-ROM, 2005.
- 9) Ananth Presad et al.: Adaptive Signal Timing for Bicycles, Transportation Research Board Annual Meeting, CD-ROM, 2007.
- 10) Steven E. Shladover, et al.: BICYCLIST INTERSECTION CROSSING TIMES: QUANTITATIVE MEASUREMENTS AT DIVERSE INTERSECTIONS, Transportation Research Board Annual Meeting, 2011.
- 11) Nikki Wheeler; A Statistical Analysis of Bicycle Rider Performance: The impact of gender on riders' performance at signalized intersections, Transportation Research Board Annual Meeting, 2010.
- 12) Wanjing Ma; Investigating the impacts of green signal countdown devices: an empirical approach and case study in China, Transportation Research Board Annual Meeting, 2010.
- 13) Glen Koorey, MIPENZ et al. : Effects on Motor Vehicle Behavior of Color and Width of Bicycle Facilities at Signalized Intersections, Transportation Research Board Annual Meeting, 2010.
- 14) Adel W. Sadek, Alaina Dickason, Jon Kaplan: Effectiveness of a Green, High-Visibility Bike Lane and Crossing Treatment, Transportation Research Board Annual Meeting, CD-ROM, 2007.
- 15) Jeff Loskom, Alison F. Mills, John F. Brady, Jennifer Duthie, Randy B. Machemehl: Effect of Bicycles Boxes on Bicyclist and Motorist Behavior at Intersections in Austin, Texas, Transportation Research Board Annual Meeting, CD-ROM, 2011.
- 16) William W. Hunter et al.: Evaluation of Blue Bike-Lane Treatment in Portland, Oregon, Transportation Research Record 1705, 2000.
- 17) Jensen S. U. et al.: Junctions and Cyclists, Velo-City 97, 1997.
- 18) Ron Van Houten, et al.: How Pavement Marking Influence Bicycle and Motor Vehicle Positioning: A Case Study in Cambridge, MA, TRB Annual Meeting, CD-ROM, 2005.
- 19) 徳永信也: 歩道走行の自転車と自動車との錯綜挙動分析, 東京工業大学土木工学科 2008 年度卒業論文.

(2012. 5. 7 受付)