

信号交差点左折時における横断自転車に対する規範確認行動の分析

竹本 雅憲^{*1}, 野中 智弘^{*2}

Analysis of Safe Precautionary Observation for Crossing Bicycles When Turning Left at Signalized Intersections

Masanori TAKEMOTO^{*1}, Tomohiro NONAKA^{*2}

ABSTRACT : This study aimed to reveal normative precautionary observation for crossing bicycles when turning left at signalized intersections. We analyzed eye movement data of a driving instructor when he drove a vehicle equipped with a driving recorder and four cameras. Through conducting hearing survey with the recorded images and analyzing the experimental data, we concluded that the instructor assumed crossing bicycles closed to a pedestrian crossing from four directions and he checked the existence of crossing bicycles by three steps. Finally, we revealed the sequence of normative precautionary observation which could prevent the accidents with crossing bicycles in all directions.

Keywords : driver behavior, driving instructor, car-bicycle accident

(Received October 13, 2016)

1. はじめに

衝突回避支援システムなどによって自動車事故への有効な対策が進む一方、自転車関連の事故は人身事故全体に占める割合が増加傾向にあり⁽¹⁾、交通事故ゼロに向けて残された大きな課題と言えよう。自転車事故は交差点で多く、特に信号交差点では自動車の左折時の事故も多い。また、信号交差点左折時における横断自転車に対するヒヤリハット事例を分析した研究によれば、主な要因は様々な種類の確認行動の不適切さにある⁽²⁾。よって、横断自転車に対して安全を確保できる確認行動のとり方の解明が求められる。

自転車事故の削減に向けた今後の対策として、不安全ドライバに安全な確認行動を指導する教育方法だけでなく、安全な確認行動へと誘導するような運転支援システムの開発⁽³⁾においても、人間がとり得る安全かつ合理的な確認行動の解明が必要になる。また、研究開発が活発な自動運転においても、システム体系に含みにくい周囲の歩行者や自転車の存在を検出して挙動を予測し、安全

を確保するロジックにおいて、人間がとる規範的な確認行動はひとつの解になり得ると考える。

本研究では、実車運転時における教習所指導員の確認行動に基づいて、信号交差点左折時において横断自転車に対する事故防止策の指針となり得る規範運転行動とその判断基準の解明を目的とした。

2. 実車走行実験およびヒヤリング調査の方法

2. 1 実車走行実験

(株)武蔵境自動車教習所のインストラクター(「指導員」と称する)に協力頂き、実車走行実験を実施した。実験参加者は43歳の男性1名で、運転歴は25年、教習所での指導歴は16年であった。実験は2013年9月26日に実施し、天候は良好であった。東京都武蔵野市の成蹊大学を起点として、武蔵野市内と練馬区内の市街地、および環状道路八号線の19箇所の信号交差点における左折を含む走行経路を設定した。実験者は助手席に同乗して経路のみを指示した。実験参加者には、教習における運転を意識せず、日常通りの運転を心がけるよう教示した。実験前にインフォームドコンセントを得た。

YUPITERU社製のドライブレコーダBU-DRS901を用

*1 : システムデザイン学科准教授(m-takemoto@st.seikei.ac.jp)

*2 : 大学院理工学研究科 2015 年度修士学生

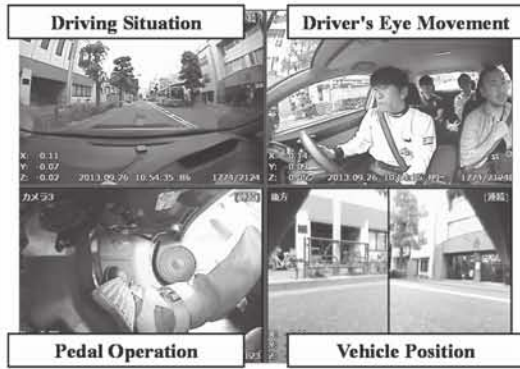


図1 ドライブレコーダの記録映像

いて、図1に示すように以下の4台のカメラを実験車両に設置した。すなわち、YUPITERU社製の増設カメラOP-DRCMIを2台用いて、運転状況を「前方映像」として、ドライバーの顔向きや眼の動きの様子を「車内映像」として記録した。同じくYUPITERU社製の赤外線カメラOP-DRCHI2Rを用いて、ペダル操作の状況を「ペダル操作映像」として記録した。さらに、ナンバープレートの下に設置して左右両側の映像を記録できるALPINE社製の正像タイプフロントカメラHCE-C212FDを用いて、自車の先端位置を特定できる路面の停止線などを「左右180度映像」として記録した。各映像のフレームレートは5[fps]であった。さらに、BLITZ社製の車両信号モニターTouch-B.R.A.I.N.を実験車両の診断コネクタに接続し、車速データを記録した。実験車両にはホンダ社製のシビックを使用した。

3. 実験および調査の結果

実車走行実験の記録データから、各交差点における確認行動シーケンスを作成した。シーケンスでは、横断自転車に対する確認行動のみを示した。すなわち、幅寄せ、減速をして、交差点、信号および対向右折車の確認をした後、停止線の少し手前から横断者確認を始めた地点をシーケンスの始点とした。また、横断者確認を終えてアクセルペダルを踏み、左折先の進行方向に視線を向け始めた地点を終点とした。

ヒヤリングより、横断自転車については、横断歩道への進入経路を図2に示す4方向と想定していた。また、これらの自転車に対する確認領域について、自車の左折操舵時は、自転車の到達距離を予測して横断歩道から少し離れた位置を確認すると回答した。左折先横断歩道進入時には、同様の予測により横断歩道の直近の位置を確認すると回答した。

以上より、横断自転車の確認領域を図2に示す6領域と定義した。すなわち、自車の左折時の進行方向に対して右側は、A:横断歩道右側周辺、B:直進側右側歩道、C:左折先右側歩道とした。左側は、D:横断歩道左側周辺、E:直進側左側歩道、F:左折先左側歩道とした。なお、領域Eについては、自車の左前側方と目視による確認が必要な左後側方とで確認領域を区別する場合は、それぞれE1、E2とした。

指導員の確認行動シーケンスを良く表す一例として、武蔵野市にある「中央通り」の交差点を北側から進入した際の自転車先端位置（「自転車位置」と称する）と確認領域

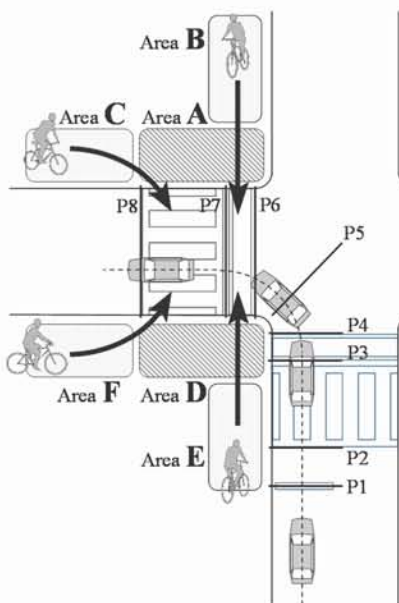


図2 自転車進入方向と確認領域

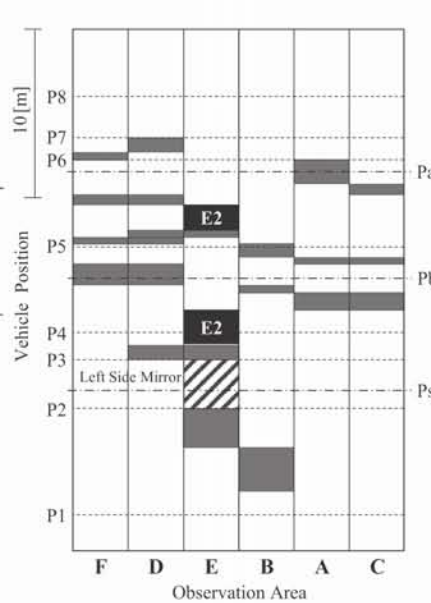


図3 各領域の確認順序（基準位置軸）

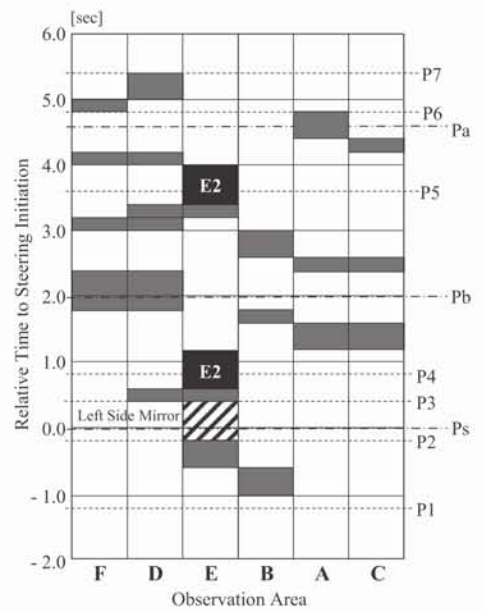


図4 各領域の確認順序（時間軸）

の関係を示す図3および図4を作成した。図3の縦軸には車速データを積算した距離を用いた。図4の縦軸は操舵開始時を基準とした時間軸で示した。

図3および図4では、自車位置を示すP1からP8の基準位置を設けた。すなわち、交差点進入側の基準位置として、P1：停止線、P2：横断歩道進入位置、P3：自転車横断帯進入位置、P4：自転車横断帯通過位置とした。左折操舵開始後の基準位置としては、P5：左折操舵中間位置（車速データより算出）、P6：左折先自転車横断帯進入位置、P7：左折先横断歩道進入位置、P8：左折先横断歩道通過位置とした。また、運転操作を示す基準位置として、Ps：操舵開始位置、Pb：ブレーキペダル開放位置、およびPa：アクセルペダル踏み込み位置とした。

4. 規範確認行動のとり方に関する考察

4.1 段階的な確認行動の考え方

3章で前述した通り、指導員は自車の左折先横断歩道進入までの予測到達時間を基準として、自転車の到達距離の予測から確認範囲を判断している。すなわち、左折操舵時には遠めの範囲まで確認をし、左折先横断歩道の直前では近い範囲を確認する。さらにヒヤリングから、早めに確認を始めて事前にできるだけ情報を得るように考えていることが分かった。以上を考え合わせて、4方向からの自転車に対して多段階、すなわち以下に示す3段階で確認行動をとっていると考えた。

- 1段階目：各確認領域は、交差点進入時の停止線の手前では確認領域まで距離がある、あるいは交差点左手前の建物などの死角があると自転車の有無を確認できない。左折操舵する過程で各確認領域が順次見え始めたら、後の確認行動の負担を減らすために早めに確認を始める。この確認により、横断歩道で交錯する可能性がある自転車を発見した場合は、その後の速度制御や確認行動を変えて対応する。
- 2段階目：自車の左折先横断歩道進入までの到達時間を予測し、それに合わせて自転車の到達距離を予測して遠めの範囲まで確認を行う。横断歩道で交錯する可能性がある自転車を発見した場合には、減速操作により交錯を回避する。
- 3段階目：2段階目の確認で交錯する自転車の発見は概ね可能であるが、見落とししたり、状況が変化したりする可能性がある。よって、左折先横断歩道に進入する直前で念のために近い範囲の確認を行う。自転車を発見した場合は、急制動になる可能性はあ

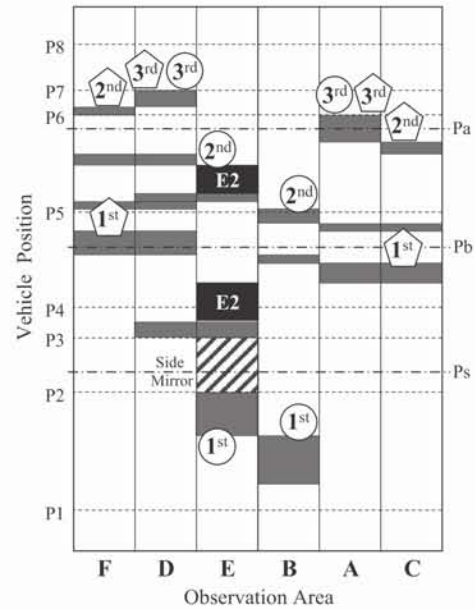


図5 段階的な規範確認行動の流れ

るが自転車との交錯を回避する。

図3に示した確認行動シーケンスに、上述した3段階の確認行動を当てはめて図5に示した。このとき、1段階目および2段階目では、自転車の到達距離を予測して遠い範囲まで確認するため、右側については、直進側歩道は領域B、左折先歩道は領域Cが対象になると考えた。同様に左側については、直進側歩道は領域E、左折先歩道は領域Fが対象になると考えた。

一方で、3段階目では、自転車の到達距離の予測により、横断歩道に近い範囲の確認を行う。すなわち、右側は直進側歩道からの進入、左折先歩道からの進入ともに領域Aが対象になると考えた。同様に、左側は直進側、左折側ともに領域Dが対象になると考えた。

また、領域Bの直進側左側歩道については、P3付近で左サイドミラーによる確認、および目視による後側方の確認が見られた。これはヒヤリングより、自転車の到達距離を予測した2段階目の確認の意味もあるが、操舵による巻き込みを防止するために行う確認であることが分かった。

4.2 各段階における確認行動のタイミング

各段階について、確認行動をとるタイミングを考える。はじめに、1段階目の確認について考える。4.1で1段階目の確認行動について説明したように、各確認領域への視野が開ける時点での自車位置は異なる。ここで、図2に示した6種類の確認領域について、自車位置と対応させて確認可能な領域を図6に示す。図6では、一度の確

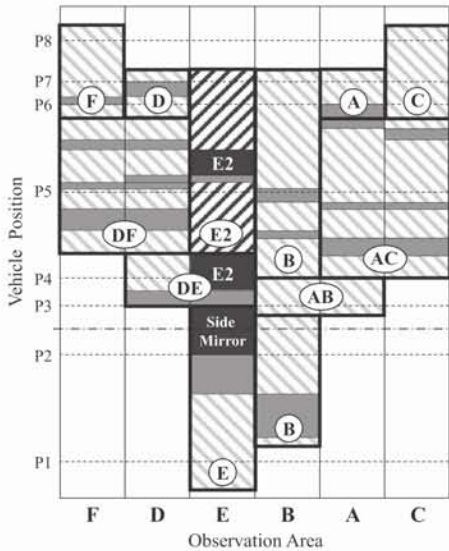


図6 自転車位置と交差点の見通しの関係

認で複数の領域を確認できる場合は、同じ四角形で囲んである。また、直進側左側歩道については、P4を超えた辺りからは後側方の目視確認によってのみ確認が可能となるため、領域E2として色を変えて区別した。図6を見ても分かるように、確認領域が見え始めた地点の付近で確認行動をとる傾向があると考えられる。

次に、2段階目の確認について考える。自転車が左折先横断歩道へ到達する時間の予測に基づき、自転車の到達予測を踏まえた範囲の領域を確認する。このとき、確認行動により自転車を発見した場合に余裕を持って対応できる必要がある。加えて、到達予測の正確性を考えると、できるだけ左折先横断歩道に近い位置で確認すると考えられる。これらを満たす自転車位置は右側、左側ともにP5付近であると考えられる。

最後に、3段階目の確認について考える。2段階目の確認での見落としや状況の変化に対応するための念押しの確認で、左折先横断歩道に近い範囲の確認を行う。このため、自転車が左折先横断歩道に進入する直前のP6付近で確認を行うと考えられる。念押しの確認であるため、場合によってはアクセルペダルを踏み始めながら確認を行うこともある。

4.3 段階的な確認行動の組み立て方

4.1で述べた3段階の確認行動について安全上の意味を考えると、2段階目と3段階目の確認行動は必須であると考えられる。また、操舵開始時に行う直進側左側歩道の巻き込み確認も必要である。これらの確認行動のタイミングを優先し、それらに合わせる形で1段階目の確認を入れ込むと考えた。

ここで、右側もしくは左側の同一方向における直進側歩道と左折先歩道の確認行動のとり方について考える。図6に示したように、P1付近で先に直進側歩道の確認が可能になる。その後、P4付近で操舵を開始する辺りから左折先歩道も確認が可能になる。しかし、1段階目および2段階目では遠い範囲を確認する必要があり、右側の領域BとC、左側の領域E（目視によるE2の確認）とFはそれぞれ同時に確認するのが難しい。図6より、左右の一方方向に視線を向ける間に直進側歩道と左折先歩道を続けて確認する傾向が見てとれる。

まず、左折先歩道の1段階目と直進側歩道の2段階目の確認について考える。P4付近で左折先歩道の視界が開けた辺りで1段階目の確認を行う。このとき、直進側歩道の2段階目と確認のタイミングが近くなる。一方方向の確認時に両者のタイミングが揃えば、続けて確認行動をとれる。しかし、両者のタイミングが合わない場合は、左折先歩道の1段階目の確認の後、直進側歩道の2段階目の確認を行うときに、左折先歩道の1段階目の確認をもう一度行うと考えられる。実際に図5からも、P4からP5にかけてその傾向が見てとれる。

次に、左折先歩道の2段階目と直進側歩道の3段階目の確認について考える。直進側歩道の3段階目の確認はP6付近で行われる。左折先歩道からの自転車の進入位置は、P6の地点から横断歩道のぶんだけ奥にあり、このタイミングで左折先歩道の2段階目の確認をすると、自転車の到達距離の予測と合致すると考えられる。ただし、横断歩道が交差点から離れている場合、直進側歩道の3段階目と左折先歩道の2段階目の確認タイミングが異なる可能性があり、その場合はさらに先で左折先歩道の確認を再度行う必要があると思われる。

4.4 規範確認行動の全体的な流れ

4方向からの自転車については、以下の考え方によって全体的な確認順序が決まっていると考えられる。

まず、直進側歩道と左折先歩道の確認順序は、双方の歩道から自転車が進入してくる位置を考えると説明がつく。すなわち、直進側歩道からは自転車横断帯や横断歩道の交差点寄りの位置に進入する。一方で、左折先歩道からは横断歩道の奥側の位置に進入し、これより交差点側で進入するほど、自転車からは発見および回避しやすくなる。よって、左折先歩道の確認は直進側歩道の確認よりも後でよいと考えられる。

次に、ヒヤリングより、右側歩道と左側歩道の確認順序は、自転車との交錯地点までの自転車の到達時間から説明される。右側歩道の方が左側歩道よりも自転車の進行経路に遠いため、交錯地点までの自転車の到達時間を考えると、右側歩道の方を先に確認しても余裕があると考えられる。

以上より、4方向からの自転車の確認順序は、(1)直進側右側歩道、(2)直進側左側歩道、(3)左折先右側歩道、そして(4)左折先左側歩道となる。実際に、図5を見ると、確認開始位置と確認終了位置に着目すれば、全体的にはこの順序で確認する傾向が見てとれる。

最終的に整理すると、P1からP4にかけては、左右の直進側歩道の確認を行う。この後、左折操舵を開始するため、直進側左側歩道の巻き込み確認を行う。続けて、P6にかけては、左折操舵しながら直進側歩道および左折先歩道の遠めの範囲を確認する。このとき、左右どちらについても直進側と左折先の歩道を同時に確認することはできないので、顔向けや目視によって続けて確認を行う。最後に、P7にかけて、左折先歩道を確認しながら、横断歩道付近の近い範囲を確認して、確認行動を終える。

5. まとめ

本研究では、教習所指導員の実車運転時の確認行動に基づき、事故防止策の指針となる安全かつ合理的な規範確認行動の解明を試みた。以下に本研究で得られた知見を整理する。

- 交差点左折時における横断自転車の確認は、自転車の進入経路を4方向として捉えている
- 各方向からの自転車の存在を3段階で確認しており、1段階目は早めの情報収集のための確認、2段階目は自転車の到達距離を予測した遠い範囲の確認、3段階目は近い範囲の念押しの確認である
- 3段階の確認行動のタイミングは、1段階目が確認領域の視界が開けた地点、2段階目が左折操舵時の中間地点付近、そして3段階目が横断歩道進入の直前の地点である
- 左折先歩道の視界が開けてからは、左右どちらかの方向の確認時に直進側歩道と左折先歩道の確認を続けて行う傾向がある
- 4方向からの自転車の確認順序は、全体的な傾向として、直進側右側歩道、直進側左側歩道、左折先右側歩道、そして左折先左側歩道となる

本研究で得られた規範確認行動は、横断自転車との交錯を回避するのに、安全かつ合理的な説明がつくものであると言えよう。しかし、横断者が実際にいた場合や、道路構造が特殊な場合の確認行動の変容までは説明し切れていない。さらに、本研究で示した規範確認行動の事故防止への活用についても、今後検討すべき課題と考える。

参考文献

- 1) ITARDA:「交通事故統計年報 平成24年版」,(財)交通事故分析センター,2014年9月
- 2) 竹本雅憲,沼田仲穂:「信号交差点左折時における横断自転車とのヒヤリハット事例の分析」,自動車技術会論文集,Vol.45, No.3, pp.533-539,2014年5月
- 3) 竹本雅憲,樋口和則,田中雄一:「一時停止交差点での確認行動の即時支援と事後支援の相乗効果」,自動車技術会論文集,Vol.44, No.3, pp.605-610,2012年3月