

交通流データを用いた車両と自転車の左折巻き込み事故の防止に関する研究*

橋本 実樹¹⁾ 沈 舜聡¹⁾ 及川 昌子¹⁾ 松井 靖浩²⁾ 廣瀬 敏也¹⁾

Research on Prevention of Left-turn Accidents Involving Vehicles and Bicycles Using Traffic Flow Data

Mitsuki Hashimoto¹⁾ Shuncong Shen¹⁾ Shoko Oikawa¹⁾ Yasuhiro Matsui²⁾ Toshiya Hirose¹⁾

In recent years, the proportion of left-turn accidents among all traffic accidents has slowly increased, especially at signalized intersections, highlighting the need for effective countermeasures. This study analyzes dangerous interactions between vehicles and bicycles using traffic flow data collected in real-world environments. At a signalized intersection where left-turn accidents have previously occurred. Ten hours of video footage were analyzed from four different camera angles, and vehicles were categorized based on their specifications. Using analysis software, the trajectories, velocities, and accelerations of left-turning vehicles and bicycles were extracted. These data were utilized to evaluate critical risk indicators, including PET (Post Encroachment Time) and TTC (Time to Crossing), which are essential for understanding collision dynamics. Furthermore, threshold settings were ensure driver comfort in the design of collision warning systems, aiming to contribute to the development of highly effective safety measures for accident prevention.

Key Words: Safety, Intersection camera, Image processing/information, Driver behavior, Left turning, Vehicle classification, Post encroachment time (PET), Time to crossing (TTC) [C1]

1. まえがき

近年、日本での交通事故件数は年々減少傾向にある。2012年から2023年までの事故発生件数、左折事故の件数は双方年々減少しているが、過去5年間連続して全体の事故件数に占める左折事故の割合は4.5%を超え、増加傾向にある。2022年度における第2当事者別左折事故件数を車両別に分類すると、自転車は全体の36.2%と最も高い割合を占めている。また、2022年度における自転車の道路形状別死傷者の割合より交差点での事故は、全体の66%と最も高い割合を占めている⁽¹⁾。このような交通事故の対策として、国連欧州経済委員会自動車基準調和世界フォーラム(WP29)において、車両総重量8トンを超える貨物自動車に対して側方衝突警報装置(BSIS)の基準が制定され、日本では装着が義務化された⁽²⁾。

以上の背景より、車両重量8トン以下の車両に対しても、左折巻き込み事故の安全対策を効果的に導入する必要がある。そのためには、交差点で事故に至らなかったTraffic Conflict(交通衝突)の発生状況を把握することにより、事故の要因を解析し、衝突安全システムの警報タイミングを検討する。

2. 先行研究

2.1. 実環境の交差点を対象にした動画解析

Shenら⁽³⁾は、Post Encroachment Time(以下PET)の指標を用いて、動画解析によって車両及び自転車の走行調査を行い、Traffic Conflict発生時の走行軌跡や速度、加速度を明らかにした。PETは、2種類の道路利用者が実際に交錯した時間差を表す指標であるが、Traffic Conflictの発生における車種区分の影響について詳細な分析はあまりみられない。この点に関する知見の不足は、車種ごとの特性を考慮した精密な交通安全対策の立案において重要な課題であると考えられる。本研究では、この点を補完するため、車種区分に基づくTraffic Conflictの発生要因を解析対象とし、より具体的な発生要因のメカニズムを明らかにすることを目指す。

2.2. 衝突の可能性を評価する指標

Johnsson⁽⁴⁾らは、交通弱者に焦点を当て、指標の分析からTime to Collision 1.5秒未満、PET 3秒未満の閾値が衝突の可能性の相互作用であると位置付けをしている。この知見は、本研究においてTraffic Conflictの調査に応用可能である。また、本研究ではTTCを「Time to Crossing」として定義し、2車両が交錯するまでの予測時間を示す指標として使用する。この再定義は、交錯までの時間に基づく動的リスク評価をより適切に表現することを目的としている。

2.3. 通信利用型運転支援システム

原田ら⁽⁵⁾は、適切な自転車の接近通知の提示タイミングを調

*2025年3月6日自動車技術会関東支部学術研究講演会において発表。

1) 芝浦工業大学 工学部 ヒューマンマシンスystem研究室 (135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5)

2) 独立行政法人自動車技術総合機構 交通安全環境研究所 (182-0012 東京都調布市深大寺東町 7-42-27)

査した。ドライビングシミュレータ（以下 DS）を使用して実験を行っており、TTC = 5.5 秒のタイミングの情報提供が最も適切であると示されていた。実環境の交通流調査から TTC の閾値については検討する必要がある。

3. 研究内容

3.1. 研究目的

本研究の目的は、実環境で収集した車両と自転車の走行軌跡データを基に、交差点における左折巻き込み事故の削減に貢献する情報を提供することである。具体的には、衝突警報システムを設計するため、ドライバに危険シーンを知らせるインタフェースにおいて不快感を低減する適切な警報タイミングの検討を行うことを目的とする。

3.2. 提案手法

本研究では、車両規格や運転を職業にしている商用車等、車両の車種区分に着目する。動画解析を用いて交通流の特徴を抽出し、自転車、バイク、軽自動車、乗用車、軽商用車、商用車、タクシー、普通トラック、中型トラック、大型トラックの 10 種類に分類する。動画解析では、1 つのカメラでは捉えられなかった事象を複数の画角を同期する。また、車種区分で分類をした車両と自転車の走行軌跡から TTC、PET での評価を行うことで、多角的な分析により、左折巻き込み事故の潜在的な要因を調査する。

3.3. 評価方法

取得した位置・速度データを TTC 及び PET の評価指標に変換し、解析を実施する。PET が 3 秒未満を Traffic Conflict とし解析のために PET の指標を用いる。また、衝突警報システムを設計において、抽出した事象における実際の TTC を算出し、車種や自転車の特徴が警報タイミングに与える影響を明らかにする。

3.4. 研究仮説

動画解析を用いて車両と自転車の左折巻き込み事故の発生状況を調べると同時に、以下に 2 つの仮説を立てる。

仮説 1：車両を車両規格で分類した場合、内輪差や車両重量の影響が考えられる。よって、車両規格が大きくなるほど交差点進入時の速度は低くなるため、TTC は大きくなる。

仮説 2：車両を乗用車と商用車で分類した場合、商用車は交差点進入時の速度が業務上の運転パターンより一定であることが多く、これが TTC に一貫性をもたらす。

4. 解析

4.1. 解析対象

先行研究の調査では、板橋区は都内の中でも多くの割合で交通事故が起きている。撮影した交差点は地域的な交通フローにおいて重要な位置を占めており、通行車両の多さや複雑な交差点構造が左折巻き込み事故の発生に寄与している可能性があるという背景より板橋区 2 丁目 59 番, 17 号線板橋ジャ

ンクション高架下交差点を選定していた。撮影は、板橋警察署の協力のもとに独立行政法人自動車技術総合機構交通安全環境研究所における人間を対象とする実験に関する倫理規程に基づき実施した。分析は、2023 年 10 月 26 日午前 7 時から午後 5 時までの 10 時間分のカメラ 4 台を対象に画角を同期して行った。カメラ 4 台の画角を表 1 に示す。

Table 1 Angles of view of each camera.

Camera 1	The stop line until the vehicle turns left
Camera 2	Vehicles turning left and bicycles crossing the street
Camera 3	Before the bicycle crosses the street
Camera 4	The vehicle to the stop line

4.2. 軌跡のプロット

撮影した動画は 30 fps で 1 秒 30 フレームずつ再生されるため、1/30 秒単位でタイヤが地面と接する地点を軌跡として手動でプロットした。自転車は前輪と地面の接地点、車両は左前輪と地面の接地点から軌跡を取得した。

5. 解析結果

5.1. 車両・自転車の台数

図 1 に 1 時間ごとの交差点を直進及び左折する自転車の台数、1 時間ごとの左折車両の台数を示す。また、表 2 に車種別の 10 時間分の台数を示す。図 1 より、自転車の台数が増える時間帯は 8 時から 9 時、12 時から 13 時、午後 2 時以降であることがわかる。一方で、車両の台数は午前 8 時以降 100 台前後の交通流になっていることがわかる。この原因としては、この交差点付近には駅があり、自転車の場合は朝の通勤・通学時間帯に駅に向かう人が多く、車両の場合は、表 2 より交差点が国道沿いに位置しており、通勤や仕事間の移動の理由から乗用車、商用車に限らず交通量が増えたことが考えられる。

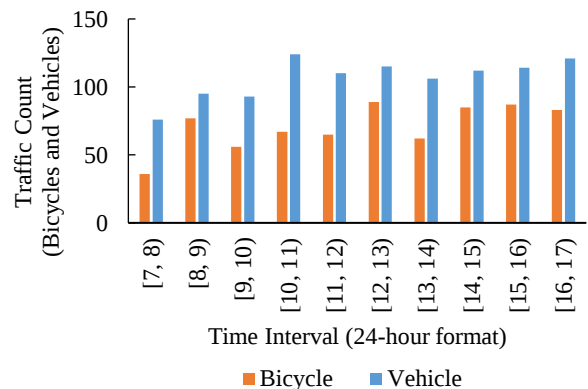


Fig. 1 Number of Bicycles and Vehicles per Hour.

Table 2 The number of vehicles by classification over a 10-hour period.

Vehicle classification	Number of vehicles
Bicycle	707
Motorcycle	79
Kei Car	38
Passenger Vehicle	340
Light Commercial Vehicle	237
Commercial Vehicle	140
Taxi	92
Standard Truck	79
Medium-Duty Truck	51
Heavy-Duty Truck	7

5.2. Traffic Conflict

Traffic Conflict は PET が 3 秒以内の事象とした。動画より危険な状況と判断したのは 49 件のうち、(A) 自転車が車両より先に交差点に進入した場合が 30 件、(B) 自転車が車両より後に交差点に進入した場合が 19 件であった。図 2 に自転車の TTC の分布を示す。

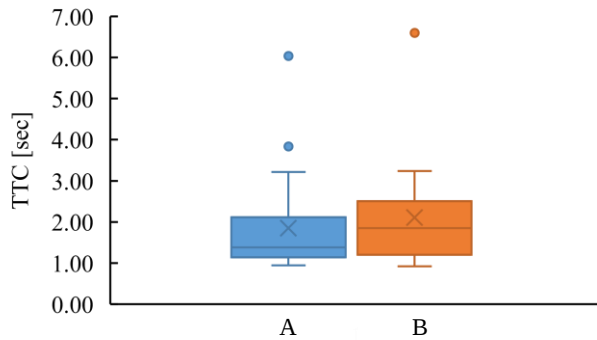


Fig. 2 TTC Distribution for Bicycle.

図 2 より、PET が 3 秒未満に対して、情報提示として適切と考えられる TTC 5.5 秒以上の外れ値が観測され、状況を確認すると、急停止を伴う Traffic Conflict が発生していた。この原因として考えられるのは、急停止後、周囲環境の安全確認をすることから交錯するまでの速度が低くなるためといえる。外れ値となった事象を考慮しない場合、板橋区での交差点の TTC の分布は自転車が先に進入または後で進入する場合に最大となる TTC が 3 秒前後であるため、衝突警報装置の警報のタイミングとして、4 秒以上が適切だと考えられる。

5.3. 車種区分による Traffic Conflict の調査

車両の車種区分に着目した。車種によっては、件数が少ないことが原因で、結果の信憑性が十分ではない問題がある。この問題を緩和するために、件数が 5 以上を対象に解析を行う。

表 3 に交差点を自転車より後に進入する車両別の台数、表 4 に交差点を自転車より先に進入する車種別の台数を示す。

Table 3 Classification of vehicles entering the intersection after bicycles.

Vehicle classification	Number of vehicles
Bicycle entering first	30
Passenger Vehicle (PV)	10
Light Commercial Vehicle (LCV)	7

Table 4 Classification of vehicles entering the intersection before bicycles.

Vehicle classification	Number of vehicles
Bicycle entering later	19
Light Commercial Vehicle (LCV)	5
Medium-Duty Truck (MDT)	5

次に、交差点を自転車より後に進入する車両別の TTC を図 3、交錯地点までの距離を図 4、速度を図 5 に示す。

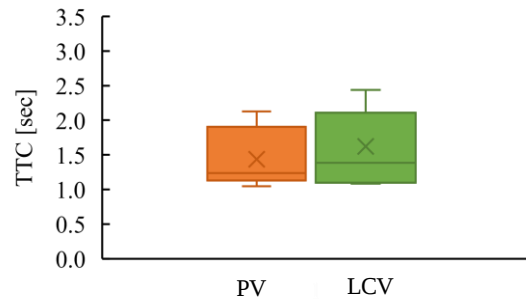


Fig. 3 TTC of Vehicle.

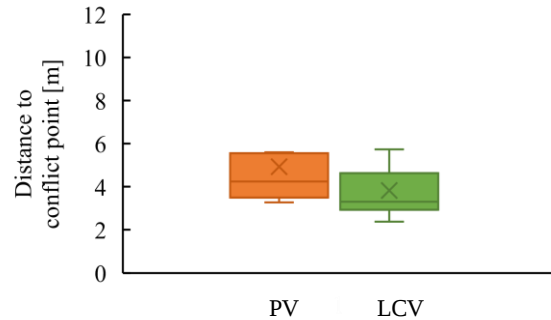


Fig. 4 Distance to conflict point of Vehicle.

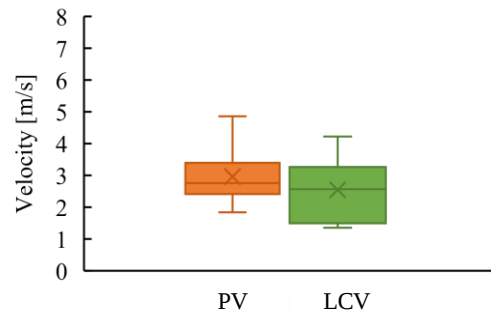


Fig. 5 Velocity of Vehicle.

交差点を自転車より先に進入する車種別の TTC を図 6、交錯地点までの距離を図 7、速度を図 8 に示す。

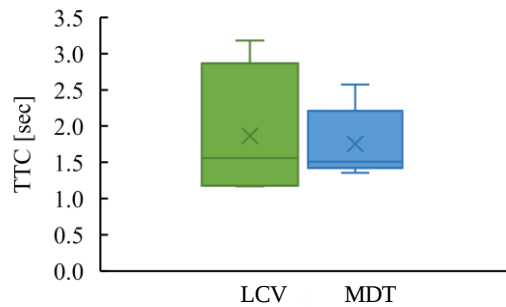


Fig. 6 TTC of Bicycle.

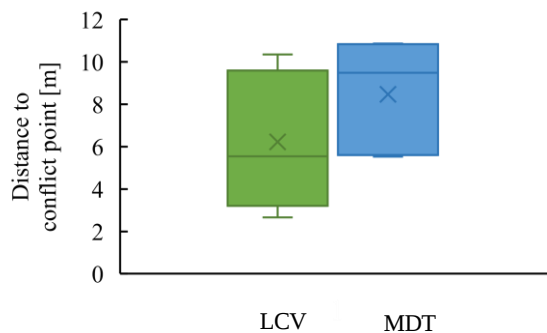


Fig. 7 Distance to conflict point of Bicycle.

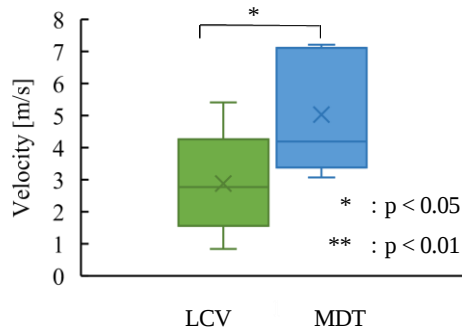


Fig. 8 Velocity of Bicycle.

5.4. 仮説 1 の考察

図 3 より、自転車が先に交差点に進入した場合、後に進入する車両の種類により TTC に有意差は見られなかった。一方、図 8 では、自転車が後で進入する場合、先に進入する車両の種類によって自転車の速度に有意差が見られた。これらの結果より、車両規格が大きいほど交差点の占有領域が広がり、後に進入する自転車が回避行動として交差点を早く通過しようとする傾向があるためと考えられる。これにより、交錯地点までの距離に関係なく、自転車の速度が上昇しやすくなると推測される。

5.5. 仮説 2 の考察

図 5 の結果から、乗用車と商用車で交差点進入時の速度に有意差は見られなかった。この結果は、サンプル数の不足が影響しており、今回の検討では軽バンや軽トラックのような商

用車と乗用車のみを比較した結果にて検討した。仮説で示した業務上の運転パターンによる影響は、トラック、タクシーの方が見られる。特に、軽商用車は業務移動で用いられる場合が多いため、乗用車と走行特性に差が生じにくいと推測される。

6. 結論

本研究では、動画撮影と Traffic Conflict の解析を行い、自転車と車両それぞれの走行調査（軌跡、速度、PET、TTC）を求め、左折時の巻き込み事故を対象に分析した。計測された 49 件の Traffic Conflict をもとに自転車が先に交差点に進入した場合と自転車が後に交差点に進入した場合で自転車と車両のそれぞれの特徴を明らかにした。また、板橋区の交差点での走行特徴を 10 時間分の走行データを解析し、車両規格が自転車の行動に与える影響を検討した。その結果、車両規格が大きいほど交差点の占有領域が広がり、後に進入する自転車が回避行動として交差点を早く通過しようとする傾向がみられた。

今後の展望としては、サンプリング数の増加や道路形状が異なる他の交差点での調査する必要がある。また、交通流データ収集の自動化には LiDAR (Light Detection and Ranging) を使用する手法が有効であると考えられる。データ収集後は、ドライビングシミュレータ (DS) 上に警報提示を行うシステムを構築し、ドライバーの不快感を軽減する警報タイミングの閾値などを明らかにすることが考えられる。

謝 辞

本研究は、警視庁板橋警察署の協力により実施しました。ここに感謝の意を表します。

参 考 文 献

- (1) 警察庁交通局, “令和 5 年中の交通事故の発生状況”.
- (2) United Nations Economic Commission for Europe, “Uniform provisions concerning the approval of motor vehicles with regard to the Blind Spot Information System for the Detection of Bicycles”, Regulation No. 151, (2020).
- (3) Shuncong Shen, Shoko Oikawa, Yasuhiro Matsui, Toshiya Hirose, “Traffic flow of left-turning vehicles and straight-going bicycles at a signalized intersection”, Proc. of the 12th International Cycling Safety Conference 2024 (ICSC), Imabari Japan, (2024).
- (4) Carl Johnsson, Aliaksei Lareshyn, Tim De Cenuynck, “In search of surrogate safety indicators for vulnerable road users: a review of surrogate safety indicators”, Routledge, Volume38, Issue 6, Pages 765-785, (2018).
- (5) 原田あすか, 金森等, 横井康伸, “通信利用型運転支援システムにおける適切な自転車接近通知提示タイミングの検討”, 2024 年春季大会, 学術講演会予稿集 (春) .