

令和元年（2019 年）

第 22 回 交通事故・調査分析研究発表会

**「実事故データを用いた自転車事故発生要因の分析」
— 出会い頭事故に注目した事故データベース間の比較 —**

伊藤大輔
研究部 客員研究員
（名古屋大学 大学院工学研究科 助教）

1. 研究の目的

警察庁の交通事故統計⁽¹⁾⁽²⁾によると平成 30 年の交通事故死者数 3532 人のうち自転車乗車中の死者が 453 人であり、4 番目に多い事故状態である。また、致死率（＝死者数÷死傷者数×100）でみると、自転車乗車中は 0.54 であり、歩行中、二輪車乗車中に次いで 3 番目に高い。また、平成 30 年の自転車事故における事故類型別に見た全事故件数、死亡事故件数をみると、車両相互事故のうちいずれも約半数が出会い頭事故である。したがって、出会い頭事故の事故要因の解明は重要な課題の一つであると言える。

Ito ら⁽³⁾はドライブレコーダデータを用いて、出会い頭形態でのニアミスと接触事故とで速度や衝突余裕時間の分布が異なることを示している。しかしながら、Ito らが用いたデータはタクシー会社の協力により収集されていることや、その中身も軽度な接触のみの事例が大部分であり、自転車乗員が受傷するような事例は少なく、事故全体を代表するものとは言えないと考える。特に、死亡重傷事故はより高速域で発生していると考えられ、事故の程度の違いによる事故発生状況への影響を分析する必要がある。

そこで本研究では、交通事故総合分析センター（以下、ITARDA と表記）で収集された交通事故データと前述のドライブレコーダデータを用いて四輪車対自転車事故のうち、出会い頭事故に限定して死亡重傷事故と軽度接触との衝突状況の違いを明らかにすることを目的とする。

2. 分析方法

本研究では、ITARDA のマクロデータおよびマイクロデータを使用した。分析対象を以下に示す。

● 交通事故統計データ（マクロデータ）

事故年	: 2012 年～2016 年（5 年間）
内容	: 車両相互-出会い頭、四輪車対自転車事故に限定し、四輪車は乗用車に限定
件数	: 死亡 675 件、重傷 16,052 件、軽傷 191,163 件

● 交通事故例調査データ（マイクロデータ）

事故年	: 2009 年～2017 年（9 年間）
内容	: 車両相互-出会い頭、四輪車対自転車事故に限定
件数	: 103 件（うち、死亡 21 件、重傷 63 件、19 件）

まず、マクロデータを用いて四輪車対自転車事故の死亡事故、重傷事故、軽傷事故の場合における発生箇所と速度分布を分析し、それをドライブレコーダデータベース（以下、ドライブレコーダ DB とする）と比較する。マクロデータの検索条件として、1 当および 2 当が乗用車（大型、中型、小型、軽、ミニカー）もしくは自転車となるデータを抽出し、そこから四輪車対自転車となる部分のみを用いた。分析項目を道路形状（交差点、交差点付近、単路）とその幅員（交差点：小・小～大・大、交差点付近、単路：3.5 m 以下～19.5 m 以上）とし、それぞれの件数を集計した。交差点の大きさの定義は萩田ら⁽⁴⁾の文献に倣い、小:5.5 m 未満、中: 5.5～13.0 m、大:13.0 m 以上とし、四輪車側の幅員・自転車側の幅員の順となるように表記した。マイクロデータの分析もマクロデータでの検索同様、四輪車対自転車衝突での出会い頭事故に限定し、そこから発生箇所と危険認知速度、さらに調査票に記録されている危険認知時の四輪車および自転車の衝突点までの距離を抽出した。

本研究では、Ito らによって報告されたドライブレコーダ DB の分析結果と ITARDA の事故データとを比較する。ドライブレコーダ DB は愛知県の自動車安全プロジェクトチームの活動で愛知県内のタクシー会社より収集されたものである。四輪車対自転車衝突の出会い頭事故は 41 件含まれる。このデー

タに加え、東京農工大学が管理しているヒヤリハットデータベース^{(5),(6)}から出会い頭衝突事例を抽出し追加した。本分析では合計 61 件の衝突データを分析した。ドライブレコーダ DB では危険認知速度を急ブレーキ等の回避行動をとったタイミングでの車両速度とするが、明確なタイミングが定義できないケースでは自転車がドライブレコーダの映像に映り始めたタイミングでの速度とした。

累積分布曲線を平滑化するために、カーネル密度推定法⁽⁷⁾を適用した。カーネル密度推定法は次のように表現される。

$$\hat{p}(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - X_i}{h}\right) \quad (1)$$

ここで、 $X_1, \dots, X_n$ はデータ、 K はカーネル関数と呼ばれる平滑化関数、 h は平滑化の強さをコントロールするバンド幅である。本研究では平滑化関数は次式であらわされるガウス関数を用いた。

$$K(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right). \quad (2)$$

この平滑化処理は R language Ver. 3.4.0⁽⁸⁾を用いておこなった。

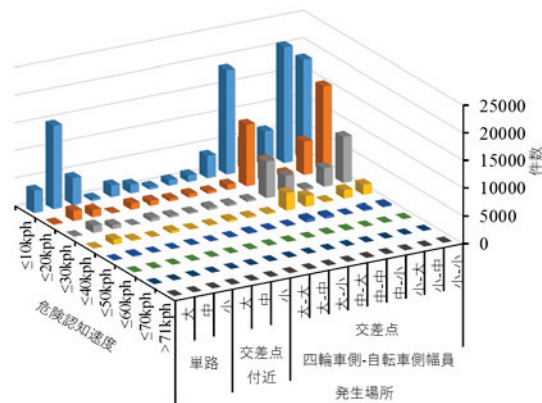
マイクロデータとドライブレコーダ DB とで交差点での出会い頭の交差点形状での影響の分析ではカイ二乗検定後残差分析をおこない、調整済み残差の絶対値が 1.96 より大きい場合に $p < 0.05$ とみなした。

3. 結果

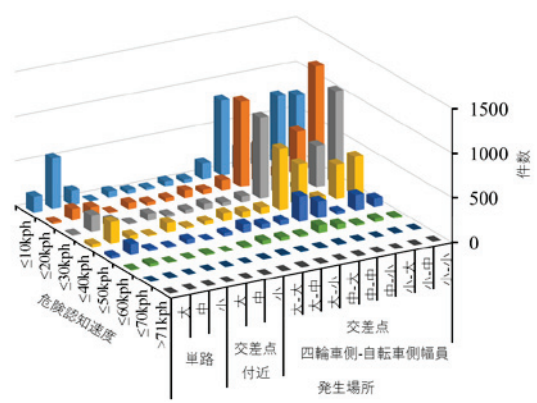
3.1. マクロデータとの比較

図 1 にマクロデータ（死亡、重傷、軽傷）とドライブレコーダ DB との発生個所と危険認知速度を比較したものを示す。発生個所を比較すると、死亡事故は交差点（中・中）、交差点付近（中）、単路（中）で多く発生しているのに対し、ドライブレコーダ DB ではより小さい交差点（小・小、小・中、小・大）、狭い交差点付近（小）での発生が大部分であった。また、速度をみても、死亡事故では交差点で 20 km/h ～60 km/h の範囲で多く発生しており、特に 41 km/h 以上が半数以上を占めているのに対し、ドライブレコーダ DB では半数以上が 30 km/h 以下であった。さらに、交差点付近でもドライブレコーダ DB では 30 km/h 以下が多いのに対し、死亡事故では 31 km/h 以上のケースが多い。このことから、軽微な衝突が中心であるドライブレコーダ DB と比較して死亡事故ではより高速度域で発生しているといえる。一方、軽傷、重傷事故では速度分布は 30 km/h 以下の割合が高くなり、ドライブレコーダ DB と近い傾向を示す。

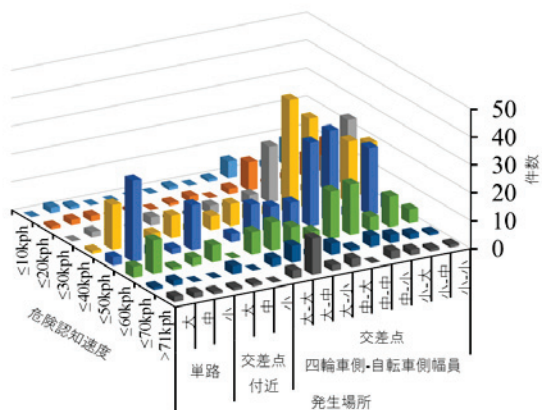
次に発生個所を分類せず危険認知速度のみを比較した。それぞれの速度域の件数を総数で正規化した結果を図 2 に示す。これをみると、軽傷事故では事故の大部分が 20 km/h 未満で発生しており、重症度が高くなるにつれて速度分布がより高速側にシフトしていくことがわかる。ドライブレコーダ DB では 30 km/h 以下の頻度が高いが、低速度のものが少なく、マクロ調査とは異なる傾向を示す。



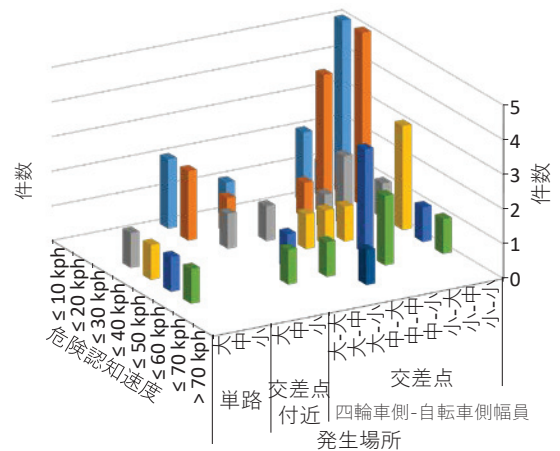
(a) 軽傷（マクロデータ）



(b) 重傷（マクロデータ）



(c) 死亡（マクロデータ）



(d) ドライブレコーダ DB

図1 事故発生箇所と危険認知速度の分布（マクロデータとの比較）

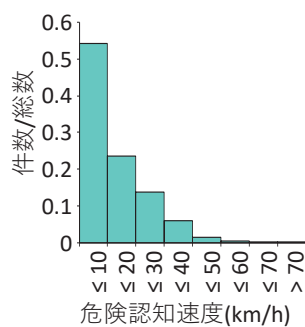
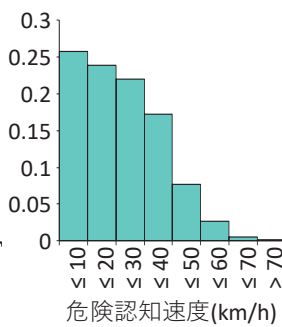
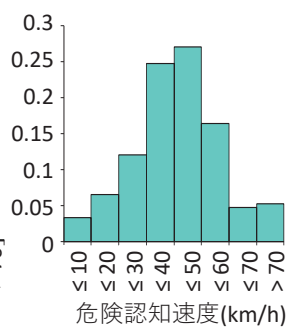
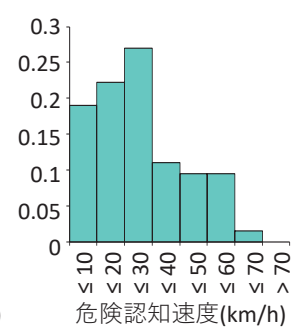
(a) 軽傷
（マクロデータ）(b) 重傷
（マクロデータ）(c) 死亡
（マクロデータ）(d) ドライブレコーダ
DB

図2 危険認知速度の分布（マクロデータとの比較）

3.2. ミクロデータとの比較

図3にミクロデータにて発生箇所と危険認知速度を集計したものを示す。発生箇所をみると、これまでのマクロデータおよびドライブレコーダDBと同様、交差点での発生が多い。速度に関しては、30～40 km/h 付近の頻度が高く、マクロデータの軽傷、重傷データおよびドライブレコーダDBと比較する

と高速度側に分布している．図4に危険認知速度を傷害程度ごとに分類し，比較したものを示す．累積分布に関しては上述の方法にて平滑化をおこなっている．これをみると，ドライブレコーダDBの速度分布が最も低速側に位置しており，50%累積の速度がおよそ25 km/hであったのに対し，軽傷事故で約40 km/hであり速度分布に大きな差がみられる．これらより，マイクロデータでは軽傷であっても比較的高速度の事例が多いことが分かる．

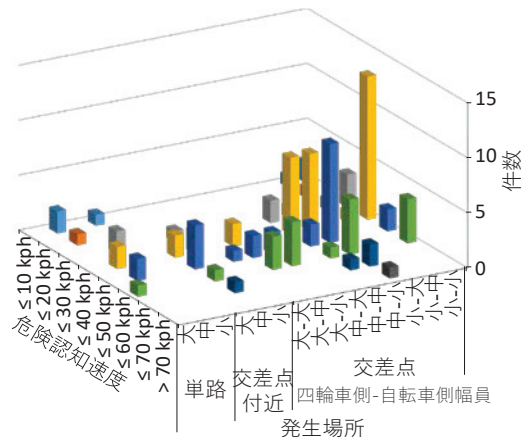


図3 事故発生箇所と危険認知速度の分布
(マイクロデータ)

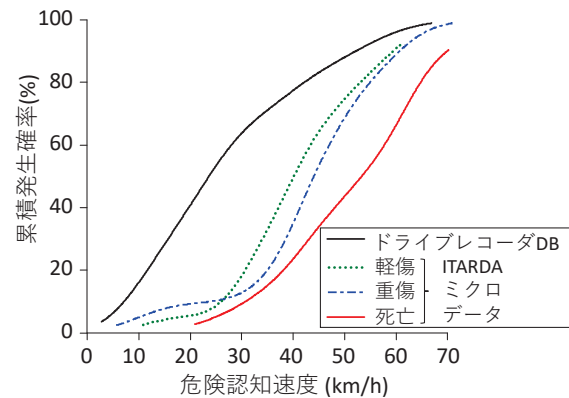


図4 危険認知速度の分布(マイクロデータとドライブレコーダDBとの比較)

次に，危険を認知した箇所について比較する．図5に危険認知速度ごとに分類した危険認知位置を示す．マイクロデータについては調書の記載に基づき位置を特定し，ドライブレコーダDBに関しては映像解析により位置を算出した．また，ドライブレコーダDBについては，自転車が映像に映り始めた時刻と運転者が急ブレーキをかけ始めた時刻での位置をそれぞれ描画した．マイクロデータは自動車進行方向から比較的狭い角度かつ遠方までの範囲に分布しているが，ドライブレコーダDBでは四輪車の近傍でかつ広角の分布が見られる．図中に記した左右25度方向の線の範囲内にマイクロデータの大部分は収まる一方，ドライブレコーダDBでは特に低速のデータはその範囲外に多く表れている．このことは衝突

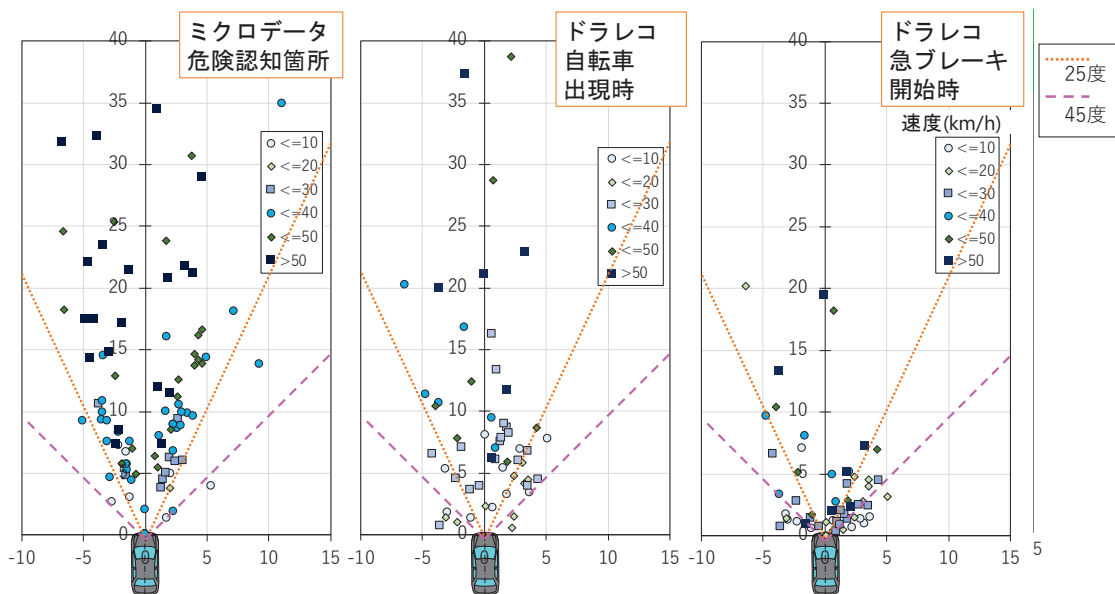


図5 危険認知時の自転車の相対位置

被害軽減ブレーキの対自転車センシングを考える上で遠方のみではなく、近傍・広角の領域からの出現も考慮する必要がある事を示唆している。

交差点での出会い頭の特徴を比較するため、交差点形状で分類したものを表1に示す。ここで、その他変則交差点とはY字路、五叉路、食い違い交差点などを指す。これをみると、マイクロデータではその他変則交差点での割合が比較的高い ($p < 0.05$) のに対し、ドライブレコーダDBでは直交十字交差点での割合が高い事が分かる ($p < 0.05$)。これは、事故件数が少ないことの影響もあると思われるが、調査している地区の道路環境や交通量の違いの影響も含むと推測される。

表1 交差点での出会い頭事故の発生箇所形状

	マイクロデータ(n=81)			ドライブレコーダDB(n=57)		
	n	%	調整済み残差	n	%	調整済み残差
直交十字	51	63	-2.49	47	82	2.49
丁字	17	21	1.04	8	14	-1.04
その他変則	13	16	2.33	2	4	-2.33

単路での出会い頭事故の特徴を比較するため、事故形態に注目し分類した(図7)。単路での出会い頭事故は路外の敷地から道路上に飛び出す形態と道路中央線を横断する際に衝突する形態とに分類できる。ここで路外の敷地からの飛び出しには四輪車が道路に出る場合と自転車が道路に出る場合の両方を含む。この形態はマイクロデータでは多く見られた一方、ドライブレコーダDBではみられなかった。中央線を横断する形態では、自転車の急な方向転換によるものと、車列の間または後ろから飛び出す形態がみられた。ドライブレコーダDBでは全4件のうち3件が車列に関する事故であり、マイクロデータと比べて発生頻度は高い。これも交差点での事故同様、調査している地区の道路環境や交通量の違いなどに起因すると推測される。

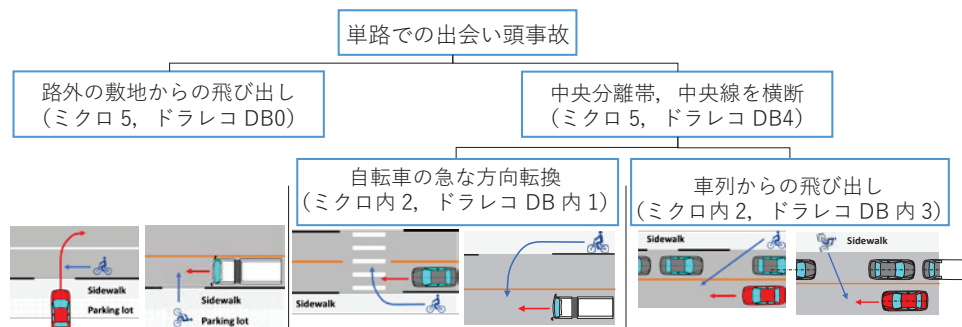


図7 単路での対自転車出会い頭事故の要因

今回分析に用いたドライブレコーダDBとマイクロ調査の利点と限界点について整理する。今回使用したドライブレコーダDBの利点の一つ目として、事故直前の相対的な位置関係が明確であることと、それに画像処理をおこなうことで自転車の速度や相対軌跡を求めることもできることが挙げられる。もう一つの利点として、動的な障害物の影響を分析できることが挙げられる。事故後には移動してしまう反対車線の車列の後ろから飛び出してきた場合であっても自転車の飛び出し挙動やそれを四輪車運転者から確認できるタイミングなどがドライブレコーダの映像から分析される。一方、今回の分析で使用したドライブレコーダDBの限界点として、収集したデータがタクシー会社から提供されたもののみであ

り、安全意識の高い母集団からの標本であることや、タクシー会社の協力でデータを提供されているため件数には限りがあることが挙げられる。

ミクロ調査の利点として、車両や被害者、事故現場等の情報、特にドライブレコーダでは分析が困難な車両変形や事故後の傷害発生状況が調査員によって収集されていることが挙げられる。一方、調査員が出動した事例に限定されるため、比較的厳しい事故側にデータが分布している可能性がある。また、これら二つに共通する限界点として、どちらもデータ収集地域が限定されていることが挙げられる。そのため、今回分析に用いたデータ間の比較にも地域差の影響を考慮する必要がある。また、これらから全国の事故状況を推測するためには適切な拡張、補間方法を開発する必要がある。

4. まとめ

本稿では、対自転車出会い頭事故の発生要因の解明と今後のさらなる事故調査、要因分析の精度向上を目指して、四輪車対自転車の出会い頭事故を対象として、既報のドライブレコーダデータと ITARDA のマクロ、ミクロ事故データを比較し、その特徴、差異を明らかにした。主な結果は以下のとおりである。

- 死亡事故はより高速度側に分布している一方、ドライブレコーダ DB の分析ではより広範囲から自転車が出現するなど、傾向の違いが確認された。
- 交差点、単路での出会い頭を分析すると、発生箇所や事故形態の傾向の違いがみられた。ただし、これは調査している地区の道路環境や交通量の違いなどに起因する可能性もある。

今後、自転車事故の事故原因解明や事故予防デバイスの開発のために、それぞれのデータベースの特徴を理解し、互いに補完しあいながら活用できる仕組みの構築が望まれる。

<参考文献>

- 1) 警察庁交通局 平成 30 年中の交通事故の発生状況
- 2) 警察庁交通局 平成 30 年中の交通死亡事故の発生状況及び道路交通法違反取締り状況等について
- 3) Ito D et al. Difference between car-to-cyclist crash and near crash in a perpendicular crash configuration based on driving recorder analysis. *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 117, pp. 1-9, 2018
- 4) 萩田賢司ら 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.
- 5) Kamata M et al. Research on incident analysis using drive recorder part 1: toward database construction. *Proceedings of FISITA 2006 World Automotive Congress* (No. F2006V203), 2006
- 6) Shino M et al. Research on incident analysis using drive recorder part 3: analysis on relationship driving behavior and traffic circumstance based on forward collision near-miss incident data in car following situation. *Proceedings of FISITA 2008 World Automotive Congress* (No. F2008-08-123), 2008
- 7) Chen YC A tutorial on kernel density estimation and recent advances. *Biostatistics & Epidemiology*, Vol. 1, Issue 1, pp. 161-187, 2017
- 8) R Development Core Team R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. <http://www.R-project.org>.