

令和 5 年 (2023 年)

第 26 回 交通事故・調査分析研究発表会

「マイクロ調査におけるイベントデータレコーダ及びドライブレコーダのデータ活用」

杉山 幹

調査部 つくば交通事故調査事務所 調査員

1. はじめに

交通事故の再発防止又は被害軽減などの対策を検討するためには、事故に関する情報やデータを可能な限り収集し、それらを科学的かつ総合的に分析して、事故の原因究明を行う必要がある。また、事故の原因究明を行う場合、事故状況を可能な限り正確に再現することが必要である。

交通事故総合分析センター（以下「ITARDA」という）が行うマイクロ調査では、収集した情報やデータに基づいて、事故現場の道路図面上に衝突前後の状況を示した状況図を作成することで、事故状況を再現している。

また、近年では、車両に関する参考情報として、衝突前後の車両の挙動や運転者の操作状況などの情報を時系列データで記録するイベントデータレコーダ（以下「EDR」という）の記録データと車両周囲の道路交通環境などを記録するドライブレコーダの記録映像を取得している。従って、これらのデータを事故状況の再現に用いれば、衝突直前の車両の挙動、運転者の操作状況、車両周囲の道路交通環境などの客観的な情報を状況図に付加した図面（以下「再現図」という）を作成することができる。

本研究では、ITARDA の事故分析技術の向上を目的に、実際の事故例調査の 2 つの事例において、これらのデータを用いた再現図を作成し、作成した再現図を用いた事故分析方法を検討した。

2. 再現方法

2-1. EDR の記録データ

EDR の記録データは、衝突を検知した時刻を基点として、衝突直前（プリクラッシュ）と衝突後（ポストクラッシュ）のデータに分類される。本研究では、プリクラッシュデータを再現図に用いる。プリクラッシュデータには、事故直前の車両の挙動や運転者の操作状況、車両の電子制御システムの作動状況などに関する複数の情報が時系列データとして記録される。これらの情報の例としては、車速、ヨーレート、サービスブレーキの ON/OFF、アンチロックブレーキシステム（以下「ABS」という）、衝突被害軽減ブレーキシステム（以下「AEB」という）の作動状況などの各種データがある。なお、本研究において、サービスブレーキが ON を示すときはブレーキペダルが踏まれている状態であり、OFF を示すときはブレーキペダルが踏まれていない状態とする。

2-2. 再現図の作成方法

本研究では、EDR とドライブレコーダを搭載した車両を対象とし、この車両が事故に遭遇した場合の衝突直前の状況を再現する。図 1 に再現図の作成方法の概要を示す。

[Step1]でプリクラッシュデータから車両の走行軌跡を算出する。この算出方法⁽¹⁾では、プリクラッシュデータの各時刻において、車速とヨーレートの値を積分計算し、衝突直前の走行軌跡を推定する。また、この推定された走行軌跡の各ポイントの位置は、プリクラッシュデータの各時刻と 1 対 1 で対応している。このため、走行軌跡の各ポイントの位置には、プリクラッシュデータの各時刻

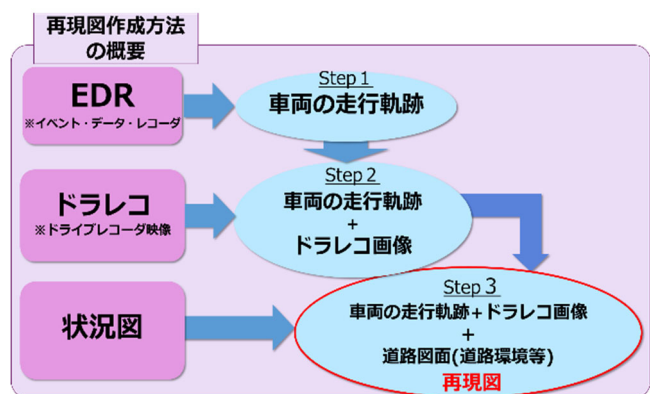


図 1 再現図作成方法の概要

の記録データが連動する。なお、本研究では走行軌跡の各ポイントの車両の部位の位置をヨーレートセンサの設置位置と仮定する。

[Step2]では、[Step1]で推定した走行軌跡の各軌跡のポイントにドライブレコーダの画像を組み合わせる。プリクラッシュデータにおいて衝突を検知した時刻をゼロとして、この時刻ゼロにドライブレコーダの記録映像内の車両が衝突したと思われる瞬間の時刻を一致させて、プリクラッシュデータとドライブレコーダ映像を同期させる。次に、プリクラッシュデータの各時刻に対応した直近のドライブレコーダの画像を抽出して、走行軌跡の各軌跡のポイントにドライブレコーダの画像を組み合わせる。

[Step3]では、[Step2]の走行軌跡を状況図に投射する。図 2 の①に示すように、車両の調査結果から車両の衝突した部位を特定し、ヨーレートセンサの設置位置及び車両中心線 (α) との位置関係を車両の仕様等から確認する。

この位置関係と走行軌跡とを合致させるため、図 2 の②に示すように、衝突時及びその一つ手前の時刻における 2 点のポイントを通る直線 (β) を求めて、ヨーレートセンサの設置位置を衝突時のポイントに合わせるとともに、車両中心線 (α) と直線 (β) を一致させる。

図 2 の③に示すように、状況図の図面上においてインタビューの結果とドライブレコーダの記録映像などから、車両同士が衝突したと考えられる付近の位置 (以下「エリア I」という) を定める。このエリア I は、車両が衝突した時の車両の衝突部位を地面上に投影したものである。また、衝突検知時刻の 5 秒前から衝突検知時刻までに走行した範囲において、車両のヨーレートセンサの設置位置が通過したと考えられるエリア (以下「エリア R」) をドライブレコーダの映像から求める。

最後に図 2 の④に示すように、車両の衝突部位をエリア I に合わせ、また、衝突前の走行軌跡のポイントがエリア R を通過するようにして、走行軌跡を状況図の図面に投射する。

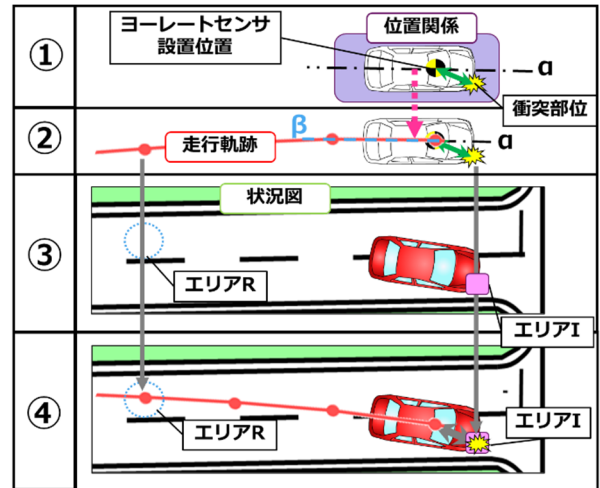


図 2 走行軌跡の投射方法[Step3]

3. 事故事例への再現方法の適用

3-1. 事例 1 への再現方法の適用

図 3 に事例 1 の事故概要及び状況図を示す。事例 1 は、往復 2 車線の道路と往復 4 車線の道路が交差する信号機が設置された交差点内において、右折中の四輪車 (以下「A 車両」という) と直進する四輪車 (以下「B 車両」という) が衝突した事故であった。A 車両は、右折待ちの後、先行車に続き右折を開始したところ、対向車線を直進してきた B 車両と衝突した。A 車両は普通乗用車であり B 車両は軽自

事故種別	四輪車対四輪車		事故形態	右直事故
	A 車両	B 車両		
種別	普通乗用車	軽自動車		
初度登録年	2020年3月	2012年4月		
EDR有無	有り	無し		
ドラレコ有無	有り	有り		
AEB有無	有り	無し		
乗員	70代 女性	60代 女性		
事故概要	信号機が設置された十字路口交差点の右折車線を右折進行中に、対向の第 1 車線を直進してきた B と衝突した。			
SIP事故パターン	PCC-TR11-TR2			

図 3 事例 1 の事故概要及び状況図

動車であった。A 車両には、EDR とドライブレコーダ及び AEB の機能が搭載されており、B 車両には、ドライブレコーダのみ搭載されていた。

インタビューにおいて、A 車両の運転者は「前の車に続き右折を開始したところ、右折の途中に対向車 (B 車両) と衝突してしまった。衝突するまで対向車に気づけなかったため、衝突を回避するためのブレーキやハンドル操作をすることができなかった。また、自動ブレーキについては、作動したと思っている。」と口述した。また、B 車両の運転者に対するインタビューは実施できなかった

3-2. 事例 1 の再現結果

図 4 に A 車両の EDR のプリクラッシュデータを用いて、2-2 の[Step1]に示す方法で推定した走行軌跡を示す。図 4 の 0.00 秒地点の走行軌跡のポイントは、車両の衝突検知時刻を示す。また、図 5 には、2-2 に示す方法で求めた A 車両に対する再現図を示す。

図 5 では、信号機の灯色が黄色に変わり始めた-2.25 秒以降の走行軌跡上の各ポイントに対して、プリクラッシュデータの一部 (時刻、車速、サービスブレーキと ABS と AEB の ON/OFF) のデータ及びドライブレコーダの画像を示した。ドライブレコーダの画像内の黄色枠は A 車両の先行車を示し、青枠は B 車両を示す。

図 5 に示される各ポイントのデータは、以下のとおりであった。

- 車速は、-2.25 秒時点では約 22km/h、-1.75 秒時点では約 25km/h、-1.25 秒時点と-0.75 秒時点では約 27km/h、-0.25 秒時点では約 26km/h、0.00 秒時点では約 15km/h を示した。
- サービスブレーキは、-2.25 秒時点から-0.75 秒時点までの間では OFF を示し、-0.25 秒時点と 0.00 秒時点では ON を示した。

- ABS は、-2.25 秒時点から-0.25 秒時点までの間では OFF を示し、0.00 秒時点では ON を示した。

- AEB は、-2.25 秒時点から 0.00 秒時点の間では全て OFF を示した。

- 車両の前方の信号機の灯色は、-2.25 秒時点には黄色であったが、-1.75 秒時点から 0.00 秒時点の間では赤色であった。

3-3. 事例 2 への再現方法の適用

図 6 に事例 2 の事故概要及び状況図を示す。事例 2 は、交差点内における四輪車と四輪車の出会い頭の衝突事故であった。

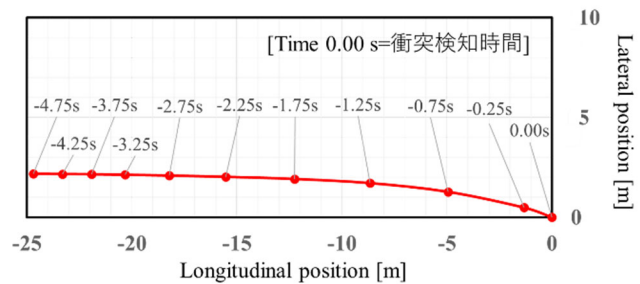


図 4 事例 1 の A 車両の走行軌跡

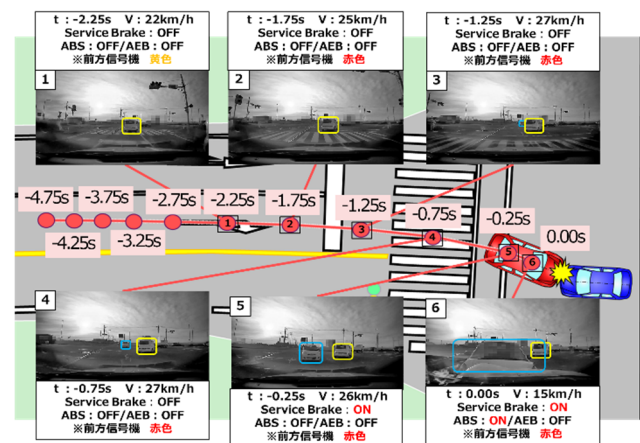


図 5 事例 1 の A 車両に対する再現図

A 車両は軽自動車であり、B 車両は普通乗用車であった。B 車両には、EDR とドライブレコーダ及び AEB の機能が搭載されていた。

インタビューにおいて、A 車両の運転者は、「右折のために交差点内で停止したところ、B と衝突してしまった。」と口述した。また、B 車両の運転者は、「約 60km/h で交差点へ進入しようとしたところ、交差点内に A が進入してきたので、危険を感じて、ブレーキをかけたが衝突した。また、今回の事故で AEB は作動しなかった。」と口述した。

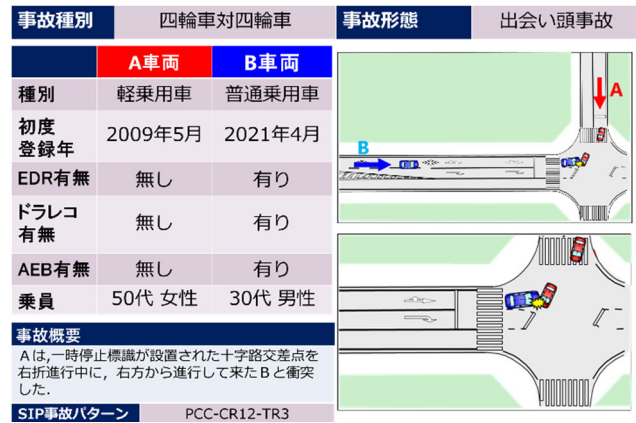


図 6 事例 2 の事故概要及び状況図

3-4. 事例 2 の再現結果

事例 2 では、2-2 に示す方法で求めた B 車両に対する再現図を図 6 に示す。

図 7 では、A 車両が交差点内に進入し始めた -1.70 秒以降の走行軌跡上の各ポイントに対して、プリクラッシュデータの一部（時刻、車速、サービスブレーキと ABS の ON/OFF）のデータおよびドライブレコーダの画像を示した。ドライブレコーダの画像内の赤枠は、衝突相手の A 車両を示す。また、図 6 の再現図では、-1.70 秒以降のデータを示す。

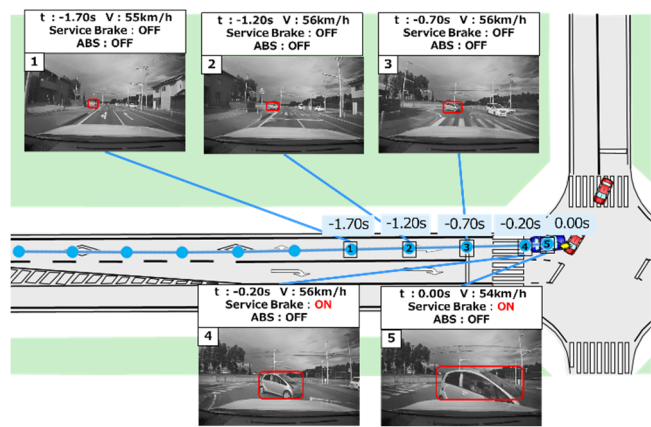


図 7 事例 2 の再現図

図 7 に示される各ポイントのデータは、以下のとおりであった。

- 車速は、-1.70 秒時点では、約 56km/h、-1.20 秒時点から-0.20 秒時点までの間では、約 56km/h を示し、0.00 秒時点では、約 54km/h を示した。
- サービスブレーキは-1.70 秒時点から-0.70 秒時点までの間では、OFF を示し、-0.20 秒時点と 0.00 秒時点では、ON を示した。
- ABS については、-1.75 秒時点から 0.00 秒時点まで、全て OFF を示した。
- AEB については、作動状況に関する項目が B 車両のプリクラッシュの記録項目に含まれていなかった。そのため、B 車両のドライブレコーダの記録映像の音声を確認し、警告音等が含まれなかったことから、衝突するまでに AEB は作動しなかったと推測した。

4. 再現結果を用いた事故分析方法の検討

4-1. 運転者の危険認知速度の推定

事故の調査分析において、運転者が危険を認知したときの自車の走行速度（危険認知速度）は、緊急自動通報システム(D-call net)の死亡・重傷確率の推定に利用されるなど重要な値である。しかし、運転者に対するインタビューにおいて、危険認知速度に関する情報が得られない場合も多く、事故の調査における情報収集の上で課題となっている。そのため、本研究では、事例 1 と事例 2 の再現図において、

運転者の危険認知速度の推定を行った。

3-1 より、事例 1 の A 車両の運転者は「衝突するまで B 車両に気づかなかつたため、ブレーキ操作をすることができなかった」と口述していた。他方、図 5 の再現図では、-0.25 秒時点でサービスブレーキが ON を示していたことから、サービスブレーキが ON となったのは、-0.75 秒時点から-0.25 秒時点の間であると考えられる。このサービスブレーキの ON が運転者の危険認知の結果であると仮定した場合、運転者が危険を認知してからブレーキペダルを踏み始めるまでの反応時間を文献⁽²⁾に基づいて約 0.6 秒と仮定すると、A 車両の運転者が危険認知したのは、-1.35 秒時点から-0.85 秒時点の間であると考えられる。このため、図 8 に示すように危険認知速度は、この時間幅を含む 3 点のプリクラッシュデータの時刻 (-1.75 秒、 -1.25 秒、 -0.75 秒) の車速の値である 25km/h または 27km/h と推定された。

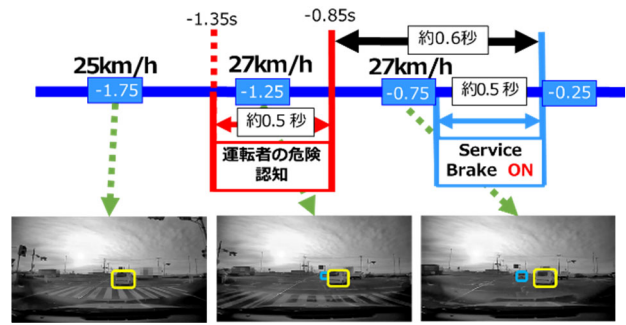


図 8 事例 1 の A 車両運転者の危険認知速度

事例 2 では、再現図を用いて、B 車両の運転者の危険認知速度を推定する。

3-3 より、B 車両の運転者は、「約 60km/h で交差点へ侵入した」と口述していた。従って、インタビュー情報からの危険認知速度は約 60km/h とされる。

図 7 の再現図では、-0.20 秒時点でサービスブレーキが ON になっていた。従って、B 車両においてサービスブレーキが ON となったのは、-0.70 秒時点から-0.20 秒時点の間であると考えられる。事例 1 と同様の方法を用いると、B 車両の運転者が危険認知したのは、-1.30 秒時点から-0.80 秒時点の間であると考えられる。このため、図 9 に示すように危険認知速度は、この時間幅を含む 3 点のプリクラッシュデータの時刻 (-1.70 秒、 -1.20 秒、 -0.70 秒) 車速の値である 55km/h または 56km/h と推定された。これらことから、事例 2 において、B 車両運転車の口述の危険認知速度と再現図から求めたそれとは、約 5km/h の差となった。口述の危険認知速度は 5km/h (2 捨 3 入又は 7 捨 8 入) 毎であることを考えると、約 5km/h の差は大きくないと考えられる。

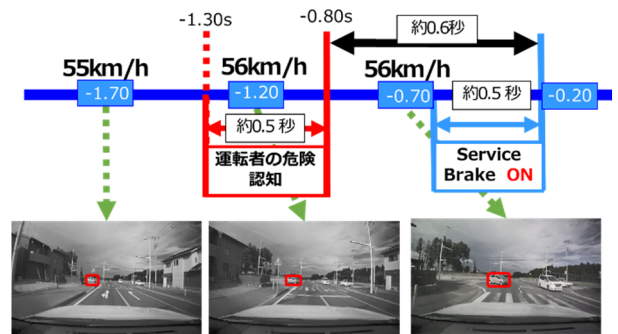


図 9 事例 2 の B 車両運転者の危険認知速度

以上より、再現図を用いることによって、運転者の危険認知速度を推定できる可能性が示唆された。

4-2. AEB 作動状況に関する分析

事例 1 と事例 2 の再現図を用いて、車両に搭載された AEB の作動状況に関する分析を行った。

3-2 及び 3-4 より、事例 1 の A 車両及び事例 2 の B 車両の AEB は作動しなかった。この作動しなかった理由について、以下、再現図等から把握できる状況と車両ごとのユーザーマニュアルに記載された仕様の AEB の作動条件を比較することで考察した。

事例 1 の A 車両のユーザーマニュアルに記載された仕様⁽³⁾によると右折時の AEB の作動条件は、表 1 に示すものであった。

図 5 の再現図より、A 車両の制動開始前(-0.75 秒)の車速は約 27km/h であり、ドライブレコーダの記録映像より、B 車両の衝突前速度は約 45km/h と推定した。

これらのことから、AEB が作動しなかった理由として、制動開始時の A 車両と B 車両の相対車速が約 72km/h となり、作動条件(約 40km/h~70km/h)の仕様の範囲外であった可能性が考えられる。また、図 5 のドライブレコーダの画像において、-1.25 秒時点まで、A 車両前方の先行車両によって B 車両が確認出来ない状態であったため、A 車両の前方方向のセンサー及びカメラによる B 車両の検知が遅れた若しくは、検知出来なかった可能性が考えられる。

事例 2 の B 車両のユーザーマニュアルに記載された仕様⁴⁾によると通常の AEB の作動条件は、表 2 に示すものであった。

図 6 の再現図より、B 車両の制動開始前の車速は、約 56km/h で、AB の相対速度は、約 56km/h となり、作動条件 (約 10km/h~180km/h) の仕様の範囲内であったことが示された。しかし、B 車両のユーザーマニュアルに記載された仕様⁴⁾によると、「横向き、または自車方向を向いている前方車両に近付いたとき、システムが正常に作動しないおそれがある」という記載があった。この記載は、事例 2 の状況に当てはまると考えられることから、今回の事故において作動しなかった理由の可能性があると考えられる。

5. まとめ

本研究では、事故分析能力の向上を目的として、実際の事故事例に対して、EDR とドライブレコーダのデータを活用した再現図を作成し、再現図を用いた事故分析方法の検討を行った。

○再現図の作成の結果、作成した再現図において、車両の走行軌跡の各軌跡のポイントに連動するプリクラッシュデータから車速やサービスブレーキの ON/OFF などの車両制御に関する情報が示すことができた。また、その時のドライブレコーダの画像からは、車両周囲の道路交通環境を確認することができた。

○再現図を用いた事故分析方法の検討を行った結果、運転者の危険認知速度の推定方法と AEB の作動状況に関する分析方法を示すことができた。

6. 参考文献

- 1) H. Matsumura, T. Itoh: "Study on Estimation of Traveling Trajectory Using the Recording Data in the Event Data Recorder", SAE International Journal of Advances and Current Practices in Mobility, 5(2): 580-594, 2023Da
- 2) 交通工学研究会：道路交通必携 2018, p.58-59, (2018)
- 3) <https://manual.toyota.jp/yaris/>
- 4) <https://manual.toyota.jp/corollacross/>

・交差点右左折支援(プリクラッシュブレーキ)

作動対象	自車速度	対向車速度	相対速度
車両	約15~25km/h	約30~45km/h	約45~70km/h

表 1 事例 1 の A 車両の AEB 作動条件

・プリクラッシュブレーキ

作動対象	自車速度	相対速度
車両	約10~180km/h	約10~180km/h

表 2 事例 2 の B 車両の AEB 作動条件