

# 2 カメラ型ドライブレコーダのヒヤリハットデータによる危険遭遇時のドライバー挙動分析

小松 靖<sup>1)</sup> 道旗 繁樹<sup>2)</sup>

## Analysis of Driver's Behavior When Avoiding Crashes based on Near-miss Incident Database with Two Directions Cameras

Yasushi Komatsu Shigeki Michihata

The process which led to near-miss incident by the indoor video image from two directions cameras in case of rear end collision and intersection collision to grasp driver's recognition, judgment, and operation, was analyzed. Through this analysis, two stages were found; First stage is the time from risk recognitions to judgment and second stage is the time from judgment to operation. TTC was also verified in this analysis.

**KEY WORDS:** safety, active safety, near-miss analysis, drive recorder, driver's behavior (C1)

### 1. 諸言

#### 1.1. 背景と目的

日本の事故発生状況は、警察庁データの事故類型別交通事故件数(2013年)<sup>1)</sup>によると、近年減少傾向にあるものの、全体の8割以上が車両相互事故となっており、その内の6割が追突及び出会い頭衝突で占めている。自動車保険データ<sup>2)</sup>では、追突、出会い頭衝突に起因する車両相互事故の損害物数はおよそ280万件、物的損失額は7770億円と社会に大きな影響を与えている。この2カメラ型ドライブレコーダのヒヤリハットデータを分析するにあたり、この社会に影響の大きな車対車の追突、出会い頭衝突に着目することにした。

一般的に運転者は「認知」「判断」「操作」という手順を踏んで自動車を安全に運転している。「認知」とは、運転者にとって周囲の交通状況における異常や危険を見つけ、認識すること。「判断」は認知した結果に対してどのような行動をとるかを決定的にすること。「操作」は、その判断に従って運転操作を実行することを指している。ITARDAの調査<sup>3)</sup>によると、事故に関与した当事者のほぼ全員が「認知」「判断」「操作」のいずれかでミスをしていることが分かっている。また事故当事者は一つの事故を起こす過程で一人あたり2~3件のミスを起こしていることも分かっており、言い換えると一つの事故の間に回避出来る機会が2回以上あるにもかかわらず、ミスにより事故を起こしてしまっている。このような交通事故におけるミスの減少に一役買うと注目されているのが、運転者に衝突の危険を知らせるFCW(Forward collision warning)

1)・2)株式会社 自研センター(272-0001 千葉県市川市二俣678-28)

と、それでも運転者による衝突回避行動がなかった場合に作動するAEB(Autonomous emergency braking)である。その有効性は先行研究<sup>4)</sup>により証明されており、さらにそれぞれの機能を運転者が理解することで、高い事故低減効果が得られることが分かっている。

本報では、市場事故実態を踏まえ、追突と出会い頭条件における危険遭遇時の運転者の挙動やその周囲の状況がどのように衝突余裕時間TTC(Time To Collision)に影響を与えるかの確認を行うために分析を試み、この結果がFCWやAEBに代表される予防安全装置の開発に資する情報の提供となることを目的としている。分析には通常の前方向の映像に加え、運転者の挙動が映像として記録される2カメラ型ドライブレコーダデータベースの中でも事故に直結しそうな高レベルのヒヤリハットデータを用い、TTCを「認知」「判断」「操作」の各ポイントで分割することで、ヒヤリハット時に起こる現象と時間を明らかにした。

### 2. 追突・出会い頭条件ヒヤリハットデータの分析

#### 2.1. 衝突余裕時間(TTC)について

本研究においてTTCは、相手車両との衝突を制動により回避出来る限界の余裕時間を示している。つまり、 $TTC = (\text{認知} \sim \text{判断時間}) + (\text{判断} \sim \text{操作時間}) + (\text{制動時間})$ である。ただし、運転者が「認知」したかどうかを映像から特定することは困難であるため、「認知」する前の「見る」という行動に置き換えて分析する。よって、 $TTC = (\text{見る} \sim \text{判断時間}) + (\text{判断} \sim \text{操作時間}) + (\text{制動時間})$ とした。

## 2.2. 分析対象と分析方法

分析には、(公社)自動車技術会によって構築された2カメラ型ドライブレコーダのヒヤリハットデータベースを用いた。2013年7月時点の利用可能な2カメラ型ドライブレコーダヒヤリハットデータは、22,827件である。このうち、自車直進時の高レベルのヒヤリハットデータを抽出し、追突、出会い頭の条件で絞り込んだ。また、運転者の挙動を分析するため、運転者の表情が確認出来るものを利用した。その結果、今回の直接的な解析対象のデータ数は追突26件、出会い頭29件となった。

Fig.1は、運転時のヒヤリハットから停止するまでの挙動を上から時系列に並べたものである。分析した時間及び減速度がこの時系列上のどこに位置しているかを示しており、次の記号を用いて表すこととする。

- ・見るから操作までの時間：Two
- ・見るから判断までの時間：Twj
- ・判断から操作までの時間：Tjo
- ・制動時間：Tb
- ・制動時の減速度：Db

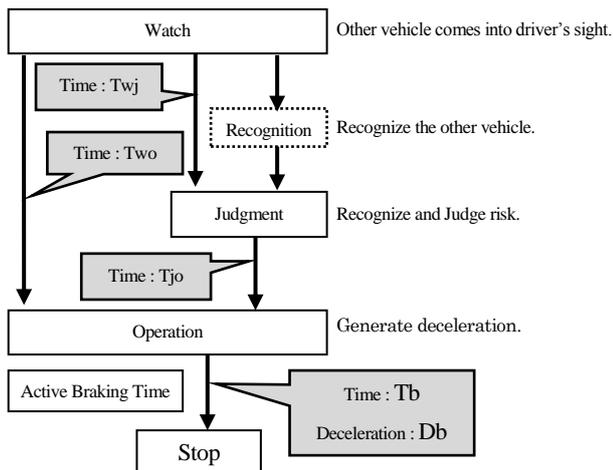


Fig.1 Driver's behavior when near-miss incident happened

Fig.1のように、運転者が危険に遭遇し車両を停止させるまでには、危険遭遇→見る(周りの状況を把握する)→判断(止まろう)→操作(ブレーキペダルを踏む)→停止のプロセスが存在する。また、危険遭遇には、追突であれば運転者の脇見や先行車の急ブレーキ、出会い頭であれば相手の飛び出しがある。

ヒヤリハットデータから「見る」「判断」「操作」の各タイミングの特定を次のような方法で行った。

「見る」は、危険に遭遇した状態の中で運転者の視野(目線)に危険な状況が入ったときを示している。追突条件の場合、運転者が前方を見ていれば先行車のブレーキランプが点灯したときを「見る」のタイミングとしており、運転者が脇見をしていれば先行車に視線を戻したときを「見る」のタイミングとしている。出会い頭の場合は、相手が画面上に現れたと

きを「見る」のタイミングとしている。

「判断」のタイミングは、その状況が危険で止まらなければならないと運転者が感じた時点とし、映像から運転者の驚きによる表情の強張りや体の動きを読み取ることで特定した。

「操作」のタイミングは実際にブレーキを踏み、ブレーキが効き始めた(減速度が発生した)時点を示している。

ヒヤリハット時のTTCをFig.1の記号で表示すると

$$TTC = Two + Tb$$

$$Two = Twj + Tjo$$

で表すことが出来る。

各時間を分析することで、運転者が事故の危険性を感じ、高レベルのヒヤリハット状態のときにとる行動を把握した。また、「操作」後の時間Tb、減速度Dbを分析することで、緊急時の人間のブレーキ操作がどの程度の強さであるかも合わせて把握した。

## 2.3. 分析結果

### (1) 時間Two(見るから操作までの時間)

Fig.2は、縦軸に時間Two、横軸に自車速度を取り、追突と出会い頭における運転者の「見る」状態からブレーキを「操作」するまでの各自車速度に対する時間Twoを表している。追突は0.2~1.6sec、出会い頭は0~0.8secに分布し、全体の標準偏差は0.26となった。追突に比べ、出会い頭のTwoは低めであることが分かる。

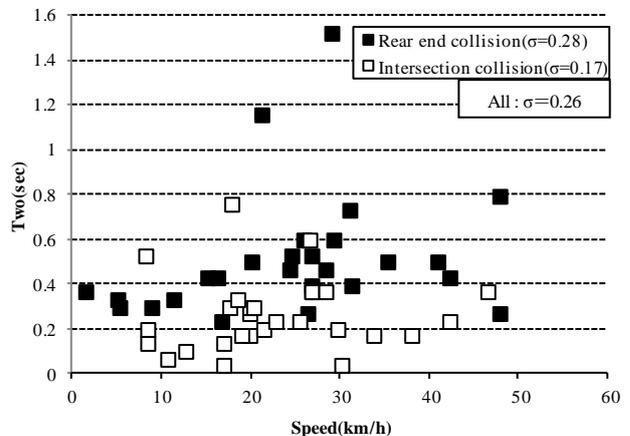


Fig.2 Vehicle speed and Two

### (2) TwoをTwjとTjoに分割

追突条件でのヒヤリハットデータの映像から「判断」のタイミングを抽出することで、TwoをTwjとTjoに分けることが出来た。一方、出会い頭条件では相手車両の突然の飛び出しにより「見る」と「判断」が同時に行われることが多いため、分けることが出来なかった。よって、Fig.3,4では追突条件での時間Twjおよび時間Tjoについての分析結果を示す。

Fig.3,4より、人間の反応時間が主であるTjoはすべての点が0.4sec以下に収まっているのに対し、「判断」を要する時

間が含まれる Twj は最大 1.4sec までばらついていることが分かる。このことは「判断」は、運転者の過去の経験などにより危険と感じるレベルに差があるためと考えられる。

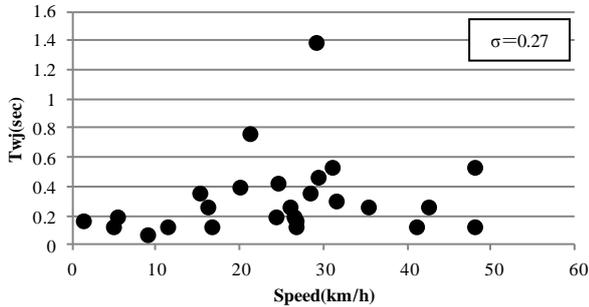


Fig.3 Vehicle speed and Twj (Rear end collision)

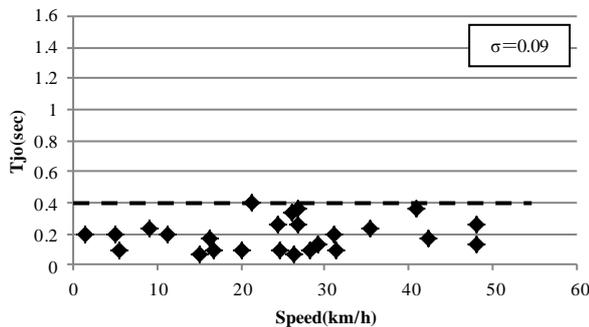


Fig.4 Vehicle speed and Tjo (Rear end collision)

### (3) 制動時間(時間 Tb, 減速度 Db)

追突, 出会い頭のヒヤリハットデータより自車速度(横軸)と制動時間 Tb(縦軸)の関係を Fig.5 に示す。

自車速度の増加に伴い, 制動時間は延びる傾向があるが, 制動時間のばらつきも大きくなることが分かった。これは, 運転者毎のブレーキペダル操作力の差が大きいことにより減速度に差が生じたためと考えられる。

制動時の自車速度に対する各最大減速度を Fig.6 に示す。

平均減速度は  $6.9 \text{ m/s}^2$ , 最大減速度は  $13.0 \text{ m/s}^2$  と幅があることが分かった。高レベルのヒヤリハットという危険な状況の中でも危険回避のための一般的な限界ブレーキ減速度  $9.8 \text{ m/s}^2$  以上の大きな減速度を発生させることの出来る運転者は全体の 13% と少ないことが分かった。

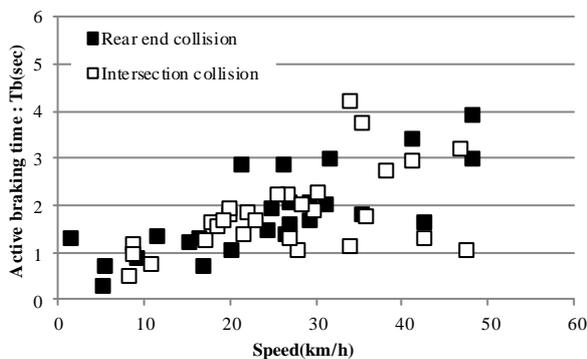


Fig.5 Vehicle speed and Active braking time

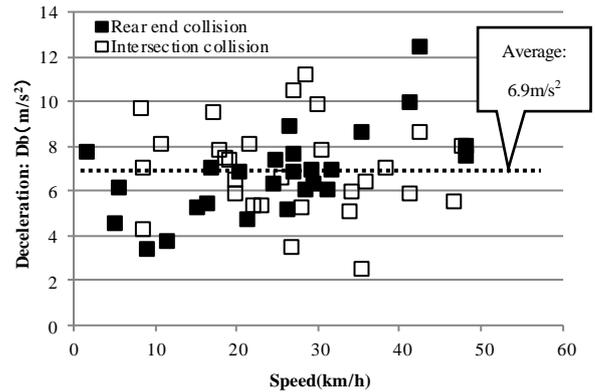


Fig.6 Vehicle speed and Deceleration degree

### 3. 考察

#### (1) 衝突を回避するための FCW, AEB について

Fig.2, 3, 4 より追突の T<sub>wo</sub>, T<sub>wj</sub>, T<sub>jo</sub> の標準偏差は, それぞれ  $\sigma=0.28, 0.27, 0.09$  であることから, T<sub>wo</sub> がばらつく主要因は T<sub>wj</sub> であることが分かった。T<sub>wj</sub> がばらつく要因は, 危険を認知する早さが運転者やそのときの状況の差であると考えられるため, FCW によって危険の接近を一律のタイミングで認知することが出来れば, 安定した危険回避を行うことが出来ると考えられる。

この考えを基に, 危険を適正に認知するための警報のタイミングを机上にて算出した。FCW により危険を認知しブレーキ操作するまでの空走時間は ASV における前方障害物衝突軽減制動装置の実用化指針<sup>(5)</sup>より一律  $0.8 \text{ sec}$  とし, 今回のヒヤリハットデータから明らかになった運転者が発生させることが出来る平均の減速度  $6.9 \text{ m/s}^2$  と, 危険回避のための一般的な限界ブレーキ減速度  $9.8 \text{ m/s}^2$  から算出した制動時間を用い, FCW を発するタイミング(TTC)の理論値を Fig.7 に直線で示した。

TTC の理論値の算出には次の式を用いた。

$$TTC = 0.8 + \{V0 / (d \cdot \mu)\}$$

V0 : 制動時の速度(m/s)

d : 減速度( $\text{m/s}^2$ )

$\mu$  : 摩擦係数(0.7)

FCW を発するタイミング(TTC)は一定ではなく自車速度または相対速度に依存する。例えば, 平均減速度  $6.9 \text{ m/s}^2$  では速度  $20 \text{ km/h}$  で  $2.0 \text{ sec}$ ,  $40 \text{ km/h}$  で  $3.1 \text{ sec}$  となる。

次に, AEB の有効性を確認するため, 追突のヒヤリハットデータに対し  $9.8 \text{ m/s}^2$  の減速度を発生する AEB が搭載されていたと仮定した場合の危険遭遇に対する運転者の「見る」行為から「停止」までの時間を算出した。

算出方法は, ブレーキ操作を開始してから停止するまでに消耗した制動エネルギー値と等しくなる制動時間を計算し, 前述の  $0.8 \text{ sec}$  を加えることで行った。この結果を Fig.7 の白丸で示す。

再計算したヒヤリハットデータの事例の 98% は, 計算上の

TTCの直線ラインの下側に含まれることからAEBの有効性が確認出来る。よって $9.8\text{ m/s}^2$ 以上の減速度を発生させればAEBによってほとんどの運転者が衝突回避出来ると想定される。

なお、 $15\text{ km/h}$ 以下の低速の場合では、先行車との距離が極端に近い事例が多く、認知から判断までの時間が短くなっているため、AEBを搭載したと仮定した場合の停止までの時間は、元の値より大きくなっている。

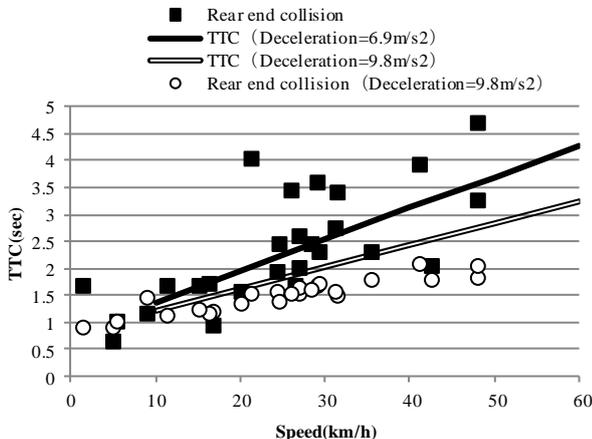


Fig.7 Vehicle speed and TTC

(2) 緊急時の運転者の制動による減速度について

今回の分析結果では高レベルヒヤリハットという緊急時であるにもかかわらず、 $9.8\text{ m/s}^2$ を超えるような強い制動をかけられる運転者は少ないことが分かった。このことは、衝突軽減ブレーキと呼ばれるAEBやブレーキアシストなど運転者の制動を補助する機能が重要であることを裏付けている。

(3) 出会い頭条件における時間 $T_{wj}$ について

出会い頭のヒヤリハットは、相手車両が交差点で自車の前に飛び出してくる状態であるが、追突のヒヤリハット時のように、運転者の表情や体の挙動から危険と判断したポイントを取得することが出来なかったため $T_{wo}$ を $T_{wj}$ と $T_{jo}$ に分けることが出来なかった。

Fig.8は出会い頭の時間 $T_{wo}$ と追突の時間 $T_{jo}$ の発生件数を比較した結果である。2つの分布は似た傾向を示していることがわかる。

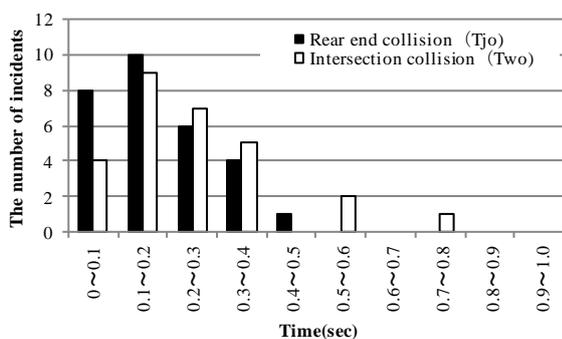


Fig.8  $T_{jo}$  (Rear end collision) and  $T_{wo}$  (Intersection collision)

このことは出会い頭においては、危険を「見る」動作が追突における「判断」と同様であること示しており、運転者は飛び出し車両を認めたと同時にブレーキ操作を行っていることを示している。

4. まとめ

本報で得られた結果をまとめると以下のようなになる。

- (1) 追突条件のヒヤリハットデータを使用して、運転者の挙動から危険と判断したポイントを取得したことにより $T_{wo}$ を $T_{wj}$ と $T_{jo}$ に分けることが出来た。
- (2) 追突条件のヒヤリハットデータより、危険と判断し操作をするまでの時間 $T_{jo}$ は $0.4\text{ sec}$ 以下に分布していることが分かった。
- (3) 追突条件のヒヤリハットデータより、相手を見た状況から判断するまでの時間 $T_{wj}$ にはバラつきがあることが確認出来た。運転者の危険に対する認識の早さには環境差や個人差があるため、衝突警報FCWを効果的に提供することにより、運転者の危険に対する認識が安定する。
- (4) 出会い頭条件のヒヤリハットデータから $T_{wo}$ を $T_{wj}$ 、 $T_{jo}$ に分離することが出来なかった。出会い頭では $T_{wj}$ が短く、追突における $T_{jo}$ と同様の状態が発生しているものと推定される。
- (5) 制動時間 $T_b$ と制動時の最大減速度 $D_b$ はバラついていた。予防安全装置のFCW、AEBにより、安定した制動時間や減速度が期待出来る。

2 カメラ型ドライブレコーダの特長である室内映像による運転者の挙動を分析することによりヒヤリハットに至る過程を時系列的に数値化することが出来た。本報で得られた知見が交通事故件数の低減に役立つことを期待する。

5. 参考文献

- (1) 警察庁交通局, 事故類型別交通事故件数(2013)
- (2) 損害保険協会, 事故類型別の物的損失額(2012)
- (3) 財団法人交通事故分析センター: 事故調査事例にみる人々のミスの特徴,  
[http://www.itarda.or.jp/itardainformation/info33/info33\\_1.html](http://www.itarda.or.jp/itardainformation/info33/info33_1.html)
- (4) 中島ほか, 前方車減速時における前方衝突警報の事故低減効果について, 自動車技術会論文集 No. 39-11(2011)
- (5) 国土交通省自動車交通局, 先進安全自動車 (ASV) 推進計画報告書 - 第4期 ASV 計画における活動成果について - (2011.6)