出会い頭事故低減化を目指したドライバの知覚行動と操作行動の分析

小　竹　元　基*

Analysis of Driving Behavior for Decreasing the Number of the Traffic Accidents while Crossing Non-signalized Intersection

Motoki SHINO

In order to clarify the mechanisms for traffic accidents, we focused on cross-road incidents and attempted to discover factors by analyzing the near-miss incident data. We found out that, when there are parked cars sticking out to the driver's lane near intersections, brake reaction time for sudden appeared cars increases by 0.15 s. We reconstructed the circumstances by using driving simulator and conducted the verification experiments.

1. は じ め に

自動車の安全技術の進歩, 救急医療技術の進歩などにより, 交通事故による死者数は減少傾向にある. 一方で交通事故の発生件数は, 平成 20 年の調査で, 年間 76 万 6147 件と未だに高い水準にある[1]. 四輪車相互事故のうち, 出会い頭事故件数は全体の 27.2%を占め, 追突事故に次ぐ事故件数となっている. そのため, 出会い頭事故を未然に防ぐ予防安全技術の開発・発展が重要である. そのためには出会い頭事故を引き起こす要因の解明と, 事故発生メカニズムを明らかにする事が必要である. 本研究では事故の前段階であるヒヤリハットという事象に着目し, 無信号交差点における出会い頭ヒヤリハットの発生メカニズムを明確にすることを試みた.

2. 研究の位置づけと方針

出会い頭事故を取り扱った研究としては, 非優先側運転者のヒューマンエラーを定性的に分類した研究[2]や, 熟練者, 非熟練者の比較をし, 問題となる運転行動を明らかにした研究[3]などがある. しかし, これらの研究は事故の要因をヒューマンエラーであるとはしているが, なぜヒューマンエラーが起こったのかといった更に踏み込んだ例はあまり無い. また, ほとんどの研究が非優先側運転者に着目したものである. これは事故の主要因が非優先側運転者の不安全行動によるという考えに基づいていると考えられるが, 出会い頭事故は非優先側車両と優先側車両が相互干渉する事故であり, 優先側運転者の行動も事故要因になると考える. そこで非優先側運転者における研究事例は存在するため, 優先側運転者の運転行動と環境要因について分析する.

方針としては, まずヒヤリハットデータ分析により, 出会い頭ヒヤリハットを引き起こす要因の抽出を行う. 次にその環境状況をドライビングシミュレータ (以下 DS) 上に再現し, 運転行動, 視行動を定量的に計測することによって要因がドライバに与える影響を検討する.

3. ヒヤリハットデータ分析

3.1. ヒヤリハットデータ

交通事故発生メカニズム解明には, 大量かつ定量的な事故データが必要である. しかし, 実際, 事故データを収集することは困難であり, 事故に至るメカニズムの解明や要因分析を行うには, 事故に至る過程のデータを収集する必要がある. そこで, 事故に至る過程のデータとして, 私の研究室も参画し収集した, 自動車技術会所有のヒヤリハットデータベースを用いて, ヒヤリハットデータの分析を行った. ヒヤリハットデータとは, 事故に至りそうになり, ドライバが急ブレーキを踏んだ事象を収集したデータである. 具体的には, 0.45 G の前後加速度が 90 msec 以上の急ブレーキを踏んだことをトリガとして, トリガ発生前 10 秒間, トリガ発生後 5 秒間のデータを市販のドライブレコーダで記録したものである. 事故よりも高確率で発生するため, 十分な量のデータの収集が可能であり, ヒヤリハットにいたる過程を計測することが可能となる. 採取したデータの事例を図 1 に示す.

2010 年 1 月 20 日 受理
* 豊田理化学研究所研究嘱託
(東京大学大学院)

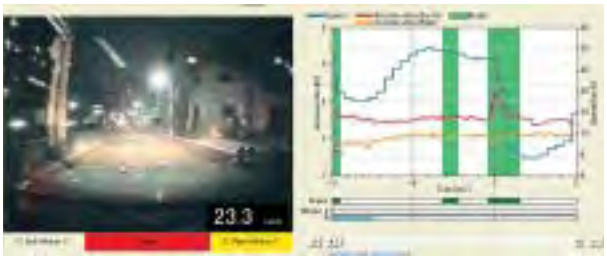

図 1. ドライブレコーダで採取したデータ例

図 1 の左側が水平画角 107 度の前方映像を示し, 右側が車速, 加速度, ブレーキ (on/off), ウィンカ (on/off) の時系列データである.

3.2. 解析対象のデータ

ヒヤリハットデータ 32354 件のうち, 四輪車相互の出会い頭事象は 1090 件である. そのうち, 事故に至る可能性の高いと判別された高, 中レベルヒヤリハットは 438 件存在する. この中から信号無視の事例や, 交差点が複雑で起きた事例など, 原因が明らかであるものを除いた 240 件のデータを解析対象とした.

3.3. 評価指標の選定

ヒヤリハット事象には, 事故に近いものからそうでないものまで様々なデータが存在する. 事故につながる不安全運転を引き起こす要因を抽出するには, 何かの指標で運転行動を評価する必要がある. 本研究では, 無信号交差点通過, 停止時に運転者が行うべき安全運転を以下のように考えた.

1. それぞれの車線での交差点に見合った速度で走行すること
2. 他車の飛び出し時に, 素早くブレーキを踏めること

そのため, 優先車線では交差点を通過する際の「速度」および他車の飛び出しに対する「ブレーキ反応時間」を評価指標とし, 非優先車線ではブレーキ開始時間とした. 出会い頭事象におけるブレーキ反応時間は, 他車の飛び出しに気づいてから, ブレーキを踏むまでに経過した時間のことである. しかし, ドライブレコーダの制約条件上, ドライバがどのタイミングで他車に気付いたのかを判断するのは難しい. そのため, 本研究ではブレーキ反応時間を「他車が前方カメラ映像に映った瞬間から, 自車ドライバがブレーキを踏むまでの時間」と定義した.

4. ヒヤリハットデータ発生要因の抽出

4.1. 交通環境の整理

出会い頭ヒヤリハットは, 特定の交通環境がドライバに何らかの影響を及ぼし, その結果起きてしまったと考え, 高レベルヒヤリハットデータ 70 件を交通環境別に分類したところ, 以下に示す交通環境が抽出された.

交通環境 1: 交差点手前に駐車車両が存在する. 41 件
交通環境 2: 交差点付近に歩行者が存在する. 33 件
交通環境 3: 前方車両が存在し, 追従している. 16 件
交通環境 4: 対向車が存在する. 16 件
交通環境 5: 交差点奥に右左折待ちの車が存在する. 16 件
交通環境 6: 隣接車が存在する. 1 件

駐車車両が交差点手前に存在する環境が半数以上を占め, 次に, 歩行者が交差点付近に存在する環境であったことがわかった. したがって, これらの交通環境はヒヤリハットを引き起こす可能性があると考え, 詳細な分析を行った.

4.2. 優先側車両における環境要因の影響

4.2.1. 駐車車両の存在による影響

3.3. 節で記したように, 優先側車両のドライバに対しては, 交差点を通過する際の速度と他車の飛び出しに対するブレーキ反応時間を評価指標とした. 交差点手前 30 m 地点から交差点に進入するまでに駐車車両が存在したか否かで分類し, ヒヤリハットの瞬間の速度の比較, およびブレーキ反応時間の比較結果を図 2 に示す.

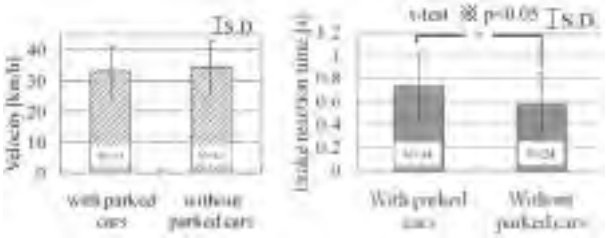

図 2. 駐車車両の有無による交差点通過時の速度 (左) とブレーキ反応時間 (右)

速度に関しては特に違いが見られず, 駐車車両は交差点に進入時の速度設定には影響を及ぼしていないことがわかる. 一方, ブレーキ反応時間に関しては, 駐車車両がない事例群と比較して, 存在する事例群は約 0.15 秒反応が遅れていることがわかった.

4.2.2. 駐車車両の位置による影響

駐車車両がドライバに何らかの影響を与えると仮定した場合, 駐車車両の自車線へのはみ出しの有無で影響が異なると考えられる. したがって, はみ出しが無い群とはみ出しがある群に分類し, 駐車車両通過時の行動, およびそれぞれのブレーキ反応時間を比較した. その結果を図 3, 図 4 に示す.

図 3 より, はみ出し無しの駐車車両を通過する際には, 一定速, 減速している場合が多いが, はみ出しありの駐車車両を通過する場合, 加速しながら通過する場合が多いことがわかった. 加速しながら通過している事例のほとんどは, 加速状態のまま交差点に進入するという危険行動を取ってしまい, 交差点において危険予測ができない状態になっていることが考えられる. また図 4 より, はみ出しありの駐車車両を通過する際のブレーキ反応時

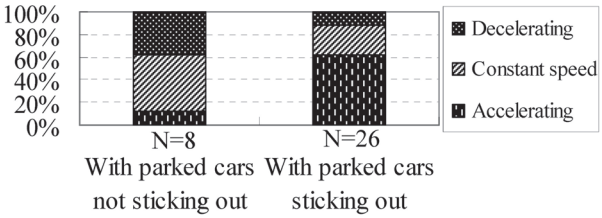

図 3. 駐車車両通過時の運転行動

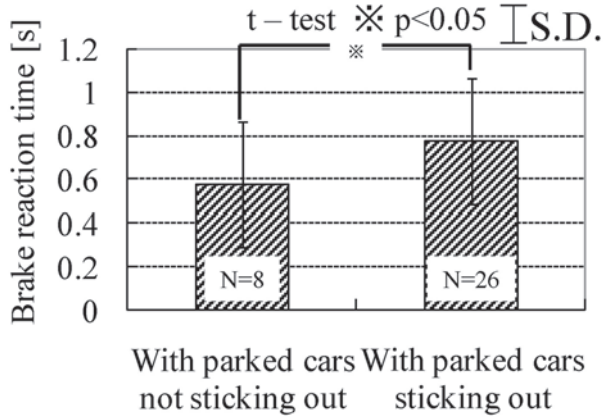

図 4. 自車線へのはみ出しの有無によるブレーキ反応時間

間が遅延していることがわかった. これは前述した, 交差点に対するドライバの危険意識が小さくなっていることに因るものと考えられる.

4.3. 非優先側車両における環境要因の影響

非優先側道路を走行しているドライバに対しては, ブレーキを開始するタイミングが重要であると考え, ブレーキ開始時の TTI (Time to Intersection) を評価指標とする. TTI とは停止線までの距離を自車速度で除した値で, 現在の速度を維持したならば, 何秒後に停止線を通過するかという値を表したものである.

4.3.1. 駐車車両の存在による影響

交差点手前 30 m 地点から交差点に進入するまでに駐車車両が存在したか否かで分類し, ブレーキを踏み始めた瞬間の TTI の比較をしたものを図 5 に示す. 非優先側道路には, 駐車車両が存在する事例が 50 件中 11 件しか存在しなかった. しかしその多くの事例において, ブレーキを踏むタイミングの遅れが見られた. 駐車車両が存在しない事例群と比べると, 0.8 秒ほどブレーキ開始時の TTI が減少しているのがわかる. これは, 非優先側の自車線幅はそれほど広くなく, 駐車車両があることにより対向車線にはみ出さざる得ない状況になり, 加速状態で駐車車両脇を通過しており, 停止するためのブレーキタイミングが遅れている.

4.3.2. 歩行者の存在による影響

交差点手前 30 m 地点から交差点に進入するまでに, 歩行者が存在したか否かで分類し, ブレーキ開始時の TTI の比較した結果を図 5 に示す. 駐車車両と同様に件数は少ないが, 0.85 sec ほどブレーキ開始時の TTI が減少している. この場合, 歩行中の歩行者に意識が偏り, 交差点の停止線に対する意識が薄れ, ブレーキタイミングが遅くなってしまったのではないかと推察できる.

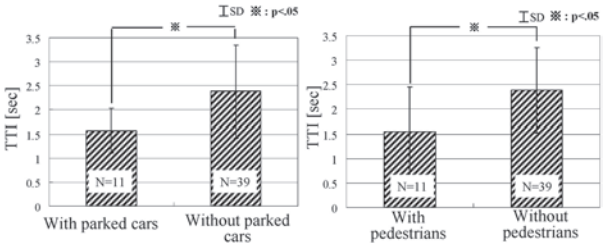

図 5. 非優先車線における駐車車両, 歩行者の存在が TTI に与える影響

4.4. ヒヤリハットデータ分析のまとめ

- 交差点手前に駐車車両が存在する環境において, 出会い頭ヒヤリハットが多発している.
- 優先側車両では, 歩行者の存在がドライバに与える影響は少ないが, 駐車車両の存在が他車の飛び出しに対するブレーキ反応時間を遅延させる要因の可能性があり, 特に, 駐車車両が自車線にはみ出ている状態が, ブレーキ反応時間遅延に影響する可能性がある.
- 非優先側車両は駐車車両, 歩行者の存在の影響により, ドライバのブレーキタイミングを遅らせる可能性がある.

5. ドライビングシミュレータを用いた運転行動分析

出会い頭ヒヤリハット事象の分析により明らかになった, 交差点手前に駐車された車両の存在が, 交差点進入に対するドライバの運転行動にどのような影響を与えるか, ドライビングシミュレータを用いて検討した.

5.1. 実 験 装 置

安全性, 実験条件の統制のし易さを考慮し, DS を用いて検証実験を行った. この DS はドライバの操作量 (アクセル, ブレーキ, ステアリング) を計測するセンサ部, センサからの情報を入力として車両挙動を計算する制御部, 道路に対する位置情報をもとにスクリーンに映像を描画する描画部から構成される. DS では自車速度, アクセル操作量, ブレーキ操作量などの操作履歴を記録し, それと同時に NAC 社のアイマークレコーダ EMR9 により視行動を記録した.

5.2. 実 験 条 件

被験者は 20 代の男子学生 5 名 (A〜E) であり, 事前にインフォームドコンセントを得ている. 図 6 に実施した DS 内の走行コースを示す. 1 辺が 1350 m の正方形

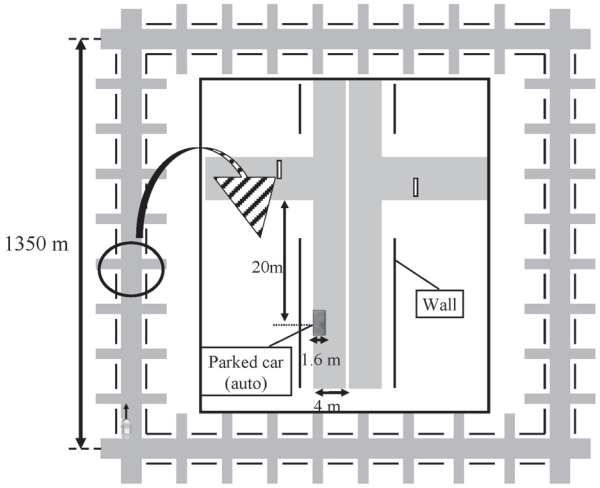

図 6. DS 内の走行コース

のコースで, 一辺には交差点が 8 カ所あり, 各交差点は 150 m 間隔で並んでいる. 道路から 2.5 m 離れた場所にブロック塀が設置しているため, 見通しがやや悪い交差点となっている. また, 実際の走行環境に近づけるため, 1 周する間に対向車とすれ違うというイベントをランダム的に 12 回存在させた.

交差点手前には駐車車両が存在する場合としない場合があり, 優先車線における交通環境を想定している. 以下に示す 5 通りの交差点をランダムに配置し, 実験を行った.

1. 交差点手前に何も障害物がない場合
2. 交差点手前 20 m 地点に, 自車線にはみ出ていない乗用車がある場合
3. 交差点手前 20 m 地点に, 自車線に 1.6 m はみ出ている乗用車がある場合
4. 交差点手前 20 m 地点に, 自車線にはみ出ていないトラックがある場合
5. 交差点手前 20 m 地点に, 自車線に 1.6 m はみ出ているトラックがある場合

5.3. 実 験 内 容

被験者には十分な練習を行ってもらった後, 普段の運転をするよう指示し, 実験コースを 2 周してもらった. この実験で観測された運転行動を通常運転と考え, 他車の飛び出しに対するブレーキ反応時間を測定するため, 交差道路上に青いマーカが出現したら, すぐにブレーキを踏むように指示し, その条件下で 4 周走行するよう指示した. 本来ならば車を飛び出させるのが望ましいが, それを行った場合, それ以降の運転が事故を起こさないような慎重な運転になってしまい, 想定した通常運転時のドライバ状態で実験が行えない可能性を考え, 存在そのものの影響が低い青いマーカで代用した. 青いマーカは, ドライバが駐車車両を通過すると同時に, 交差点の左右どちらかにランダムに現れるように設定した.

ブレーキ反応時間を「マーカが出現してからドライバがブレーキを踏むまでの時間」と定義し, 5.2. 節で示した各条件につき 8 回測定した. ただし, 通常運転から著しく逸脱した場合のブレーキ反応時間は解析対象から除外した.

5.4. 実 験 結 果

最初の 2 周分のデータより駐車車両通過時の運転行動を分析したところ, 被験者 D 以外のドライバにおいて, 駐車車両通過直前にアクセルを踏み込み, その加速状態を維持したまま交差点に進入するという行動が確認できた. 次にブレーキ反応時間比較の代表例として被験者 B の実験結果を図 7 に示す. このグラフより以下のことがわかる.

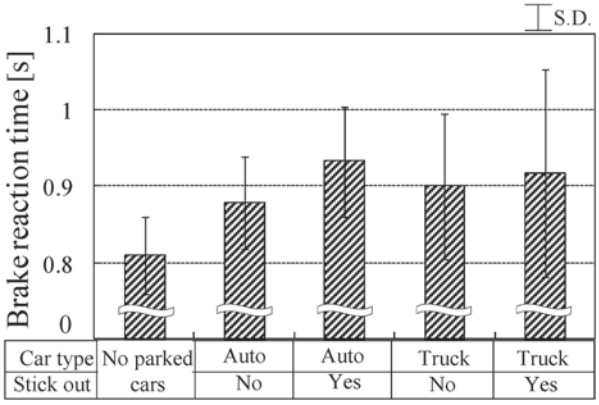

図 7. 各実験条件のブレーキ反応時間

- 駐車車両が存在しない場合, ブレーキ反応時間が最も短く, またばらつきも小さい.
- 駐車車両が自車線にはみ出ている場合, ブレーキ反応時間が遅延する傾向にある.

これらの傾向は, 被験者 C, E でも確認でき, 駐車車両がブレーキ反応時間遅延の要因であること, そして駐車車両の種類よりもはみ出しの有無の影響が大きいことがわかった.

5.5. ブレーキ反応時間遅延の要因推定

ブレーキ反応時間の遅延は, どの段階で発生しているのかを考察する. 具体的にはブレーキ反応時間を

1. マーカが出現してから認知するまでの「認知時間」
2. 認知してから脳からブレーキを踏むよう指示が出るまでの「判断時間」
3. アクセルペダルからブレーキペダルに踏みかえるためにかかる「踏み替え時間」

の 3 つの段階に分けた. 認知時間に関しては, マーカが出現してから, ドライバの注視点がマーカに動くまでの時間を計測し, 踏み替え時間に関しては DS のアクセル, ブレーキ両ペダルに取り付けられた光電性の位置センサによって計測した. しかし, これらの計測値は, 条件ごと

に有意な差は見られなかった.

したがって, 各条件により変化するブレーキ反応時間の遅延は, 脳内で処理を行う判断時間に影響する可能性を導くことができた.

6. 結論と展望

本研究では, 出会い頭事故の発生要因解明のため, 四輪車相互の出会い頭ヒヤリハット事象に注目し, ヒヤリハットデータ分析, 検証実験を行った結果, 以下の知見を得た.

- 交差点手前に駐車車両が存在する環境において出会い頭ヒヤリハットが発生しやすいことがわかった.
- 駐車車両が交差点手前に存在する場合, 駐車車両の存在がドライバの判断時間に影響を及びし, 他車の飛び出しに対する反応が遅れる可能性を見出した.

今後は被験者数を増やすとともに, 駐車車両の位置・数・種類等のパラメータを変更し, 脳計測等の生体情報と比較することにより, 交通環境がドライバの運転行動に与える影響要素を特定していく予定である.

参考文献

1) 警察庁交通局: 平成 20 年度中の交通事故の発生件数, (2009).
2) 神田直弥, 他: 出会い頭事故における非優先側運転者の交差点進入行動の検討, 日本交通科学協議会誌, **Vol. 1**, No. 1 (2001) pp. 11–22.
3) 小坂洋明, 他: 熟練ドライバの非優先側交差点通過行動, 自動車技術会春季学術講演会前刷集, No. 1–08 (2008) pp. 17–20.