

令和 2 年 6 月 29 日現在

機関番号：12605

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17H02049

研究課題名（和文）信号交差点右折時のヒューマンエラー事故防止策に関する研究

研究課題名（英文）An investigation on the method for preventing traffic accidents caused by human error during right turn travel in an intersection with traffic signal

研究代表者

毛利 宏 (MOURI, HIROSHI)

東京農工大学・工学（系）研究科（研究院）・教授

研究者番号：50585552

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,900,000 円

研究成果の概要（和文）：(1) ドライバは右折先の進路確認のため、視線が右折先進路に停留する。交差点進入前は探索的眼球運動が見られ、周囲に注意が配分されるが、進入直後からは追跡眼球運動になる。従って進入までに歩行者を認知できないと、自車正面の歩行者さえ見落とす可能性がある。歩行者は自分を見落とすわけではないという思い込みから、車両の停止を期待し事故に至る。

(2) 上記傾向はドライバの運転操作の影響も受ける。右折で対向車の通過を待つ場合には、ドライバの探索的眼球運動は頻繁に発生する。停止時にはドライバの注意資源が十分確保されている。しかし車両を発進させると、もはや歩行者の発見は難しくなる。運転タスクに注意資源が奪われる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ドライバの不注意による悲惨な事故の報道が増えている。しかし、事故に至る要因は単なる不注意だけではなく、人間ならば誰でも陥るヒューマンエラーが存在する。本研究では右折時のドライバの注意配分について調べた。右折時には右折先の進路にうまく追従するために注意を奪われ、周囲への注意配分が減少することが明らかになった。特に発進することを判断して操作を開始した直後には、当たり前のように気づく横断歩行者を見落とす可能性が高いことが実験的に確認された。

研究成果の概要（英文）：(1) When the driver makes a right turn, attention resources are used to confirm the course of the right turn destination, and the line of sight stops on the right turn path immediately after entering the intersection. Many saccades are seen before entering the intersection, but immediately after entering the intersection, the saccades are drastically reduced and the eye movement follows the eye movement state. Therefore, if the pedestrian is not recognized before entering the intersection, the driver is likely to overlook the pedestrian to be aware of.

(2) The above tendency is also influenced by the driving operation. For example, if you wait for an oncoming vehicle to pass when you turn right, you will frequently encounter saccades. This is because sufficient attention resources are secured when the vehicle is stopped. However, it is difficult to find a pedestrian immediately after starting after passing an oncoming vehicle.

研究分野：車両運動性能解析

キーワード：交通事故 右折 ヒューマンエラー 注視行動 注意配分 交差点 歩行者

1. 研究開始当初の背景

交通事故件数は年々減少傾向にあるが、2017年時点で年間49万件以上発生していた。2016年における交通事故死者数は全体で3,904人であった。そのうち歩行中の死者数は1,361人と全体で最も多い割合を占めていた。また、歩行中における事故の致死率は2.55%と全体平均の4倍以上であり最も高かった。歩行者事故のうち、横断歩道上での事故発生件数は約32%であり最も多い割合を占める。横断歩道上の歩行者に過失が無い死亡事故は、信号有交差点で最も多く発生しており、全体の49%を占める。なかでも車両右折時に右折先の横断歩道左側から歩行者が横断してくる場合が最多である。また、その原因は、約97%が「発見の遅れ」であり、対策が急務とされていた。

多くの研究で、「発見遅れ」が問題視されていたが、ドライバーが歩行者を発見するのが遅れるメカニズムの解明は十分ではなかった。特に我々が注目したのは、「発見の遅れ」に繋がるドライバーのヒューマンエラーの一つで、「見えているのに、気付かない」というエラーについてである。これは、ドライバーが右折時、脇見等をしていたのではなく、進行方向を向いているにもかかわらず、明らかに横断してくるのがわかる歩行者に気付かず、発見が遅れてしまう、というものである。このエラーは、特定のドライバーが、その時たまたま起こした偶発的なものではなく、誰もが陥る可能性のある人間固有のエラーである。つまり、この発生要因を解明し、防止策を検討することが交通事故死者数低減に大きく寄与すると考えた。

2. 研究の目的

信号交差点右折時の歩行者事故低減を目的とする。「見えているはずなのに、気付かない」歩行者との事故発生要因及び対策方法を明らかにする。具体的には以下を実施する。

- (1)事故発生パターンの特徴抽出 (ドライブレコーダデータ分析)
- (2)事故発生の背景要因とメカニズムの解明
- (3)対策方法の検討とその有効性確認

3. 研究の方法

まず研究の方法について、順に列挙し、そののちに詳細を述べる。

- (1) 東京農工大学のドライブレコーダデータベースから対象となるシーンを多数切り出し、ドライバーの運転行動に共通する要素を抽出する。
- (2) ドライバーの視線行動に着目し、右折時に特有な視線の動きを確認する。
- (3) 視線計測は、ドライビングシミュレータ(DS)にてアイマークレコーダを使用する。
- (4) 右折のフェーズを三段階(進入、通過、脱出)に分け、その際の視線行動を調べる。
- (5) 特にサッケード(探索的眼球運動)の頻度を実験的に確認する。
- (6) DSにて歩行者を出現させて、どの段階ならば歩行者に注意分配できるかを調べる。
- (7) 上記から仮説を立てて、検証を行う。検証は歩行者の出現タイミングを変更して確認。
- (8) 実車でも同様の傾向があるかどうかを、仮想現実実験車(ARV)を用いて実験。
- (9) 結果を統計的に解析し、仮説の妥当性を検証。運転支援システム等での対策を検討。

(1)ヒヤリハットデータベース

(1)-1 ヒヤリハットデータベースの概要

東京農工大学スマートモビリティ研究拠点所有のヒヤリハットデータベースは事故直前の事例を体系化したものである。事故発生場所や類型、自車状態、相手状態等で詳細に分類される。

(1)-2 ヒヤリハットデータベースの解析

ヒヤリハットの対象が「歩行者」のうち、危険度が高い事例3,397件を対象とした。「自車状態別」「歩行者行動別」で分類すると、「右左折時」「歩行者横断中」におけるヒヤリハット件数が1,237件と最も多かった。これらの事故発生場所を調べると、96.7%が交差点内であった。

交差点内における「ドライバーの行動別」ヒヤリハット件数を表1に示す。信号交差点右折後が355件と最も多い。次いで信号交差点左折後が346件となっている。信号交差点右折後に「左側から横断してくる場合」が182件(51%)で、「右側から横断してくる場合」が172件(49%)であった。右からの横断歩行者は、右折中の車両の後側方から移動してくるため、ドライバーが安全確認を怠った場合、発見が遅れる可能性がある。しかし、左からの横断歩行者は、車両の正面から移動してくる。つまり、右折時には歩行者が必ずドライバーの視界に入ると考えられる。

左からの横断歩行者とのヒヤリハット事例のうち、2カメラ(車両前方向、車室内)映像のある事例56件の映像を調べたところ、歩行者を明白に認識できる事例が34件あった。それらのドライバーの注視行動を確認すると、「右折先の進路方向を見ていた」事例が26件あった。これらは、「他の歩行者や車両に注意が向いていた」といった「脇見」が原因ではなく、「歩行者が視界に入っていたのに関わらず、気付かなかった」という、脇見とは異なるエラーが発生していることがわかった。この「見えているのに、気付かない」といったエラーは誰もが陥る可能性のある、ドライバーの本質的な弱点と言える。そこで、交差点右折時の左側からの横断歩行者に対する「発見の遅れ」には、ヒューマンエラーを誘発する要因が隠れていると考え、本研究ではこの場面を対象とした。上記数値を表1、2に記すとともに、抽出した場面を図2に示す。

Table.1 Classification of Incident place

Place	Traffic Signal	Number of data
After Right Turn	✓	355
After Left Turn		106
Before Right Turn	✓	346
Before Left Turn		87
Before Right Turn	✓	36
Before Left Turn		77
Before Right Turn	✓	38
Before Left Turn		149
Total		1194

Table.2 Classification of Incidents

Factor		Number of data
Environmental factor	Insufficient brightness	12
	Halation	1
	Dazzling	2
	Blind spot	7

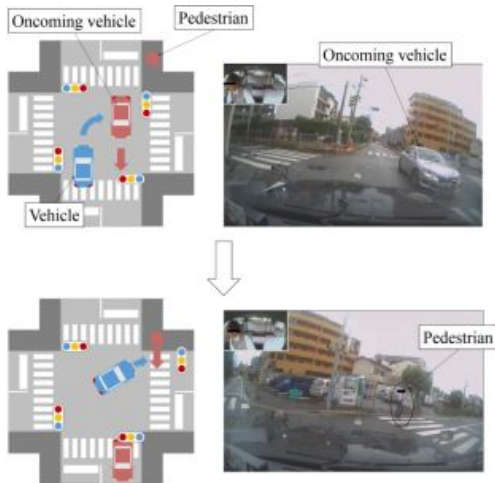


図2 対象とした映像シーン(例)

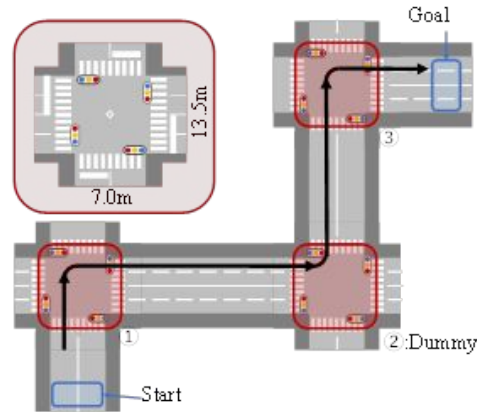


図3 実験コース

(2),(3),(4). ドライバの注視行動に関する実験

(2)(3)(4)-1 実験の概要

ヒヤリハットデータベースで抽出した場面を DS で再現し、被験者実験を行った。ドライバの注視行動より、ヒヤリハット発生の要因となりうる人間の注視行動が明らかとなった。

(2)(3)(4)-2 ドライビングシミュレータ実験内容

実験コースを図3に示す。Start から Goal までに3つの交差点を通過するコース(→ →)である。の交差点はダミーとし、もしくはのいずれかの交差点においてヒヤリハットデータベースより抽出した場面を再現した。データとしてドライバの注視行動及び車両操作情報、車両状態を取得した。被験者は22歳から27歳までの11名を選定し、実際の交通規制に従って走行するようお願いした。

(5) サッケードの計測

図4に被験者07の交差点通過時における視線方向と自車のヨー角の時系列データを示す。ドライバの交差点内における右折行動を、車両ヨー角より3つのフェーズに分類して考えた。ヨー角は交差点進入時を90度、交差点通過後を0度とし、自車のヨー角90度から60度まで(交差点進入時)をフェーズ(i)、ヨー角60度から0度まで(交差点通過時)をフェーズ(ii)、ヨー角0度以降(交差点脱出後)をフェーズ(iii)とする。

図6では視線方向の瞬間的な移動が認められる。この急な視線移動はサッケードと呼ばれ、興味を惹く対象物を網膜中心窩に捉えるために発生するとされている。一方、視線移動がなく一定方向を注視し続ける視線行動は追跡眼球運動と呼ばれ、興味を惹く対象物を、網膜中心窩に保持し続けることを指す。図4より、フェーズ(i)においては、サッケードが頻繁に発生している。一方、図中赤色のハッチング部で示すフェーズ(ii)、フェーズ(iii)においては、サッケード回数が極端に減少し、視線行動は追跡眼球運動となっている。

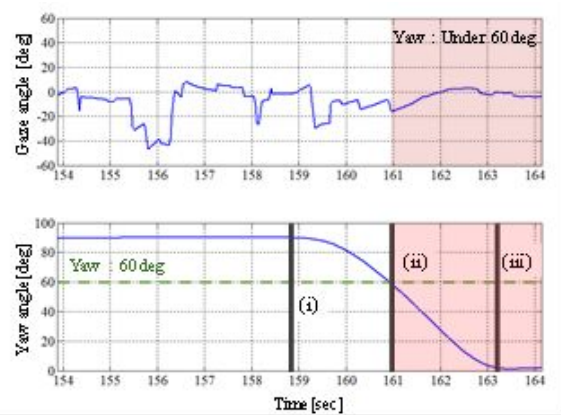


図4 車両ヨー角とドライバ視線の時系列

(5)-1 サッケード回数計測結果

図5に被験者06から被験者08における自車のヨー角毎のサッケード発生回数を示す。ヨー角が90度の時は、いずれの被験者にも多くのサッケードが発生している。これは、交差点進入時に、安全確認行動を行っていると考えられる。しかし、ヨー角90度以下ではサッケード回数が極端に減少する。特にヨー角60度以下になると、サッケードはほとんど発生していない。つまり、右折時において、ドライバは曲がり始めると安全確認行動が減少すると考えられる。

また、図5の実験時には、フェーズ(ii)、フェーズ(iii)におけるドライバの視線は、右折先の進路方向に停留している。右折先の進路方向を注視する要因としては、右折先レーンに自車を誘導する必要があるからと考えられる。しかし、フェーズ(ii)は、最も注意しなければならない横断歩道直前であり、この場面において安全確認行動が行われないのは非常に危険である。

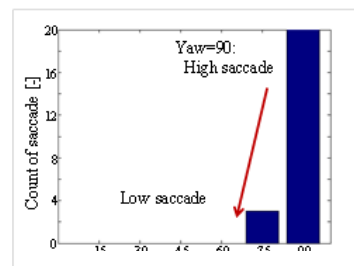
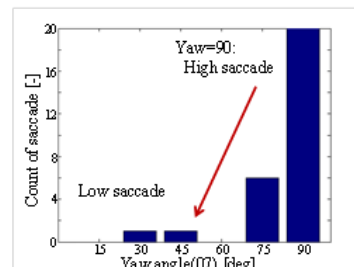
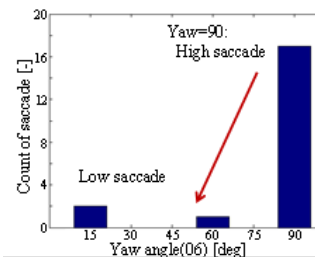


図5 サッケード回数

(6)(7)(8)ドライバの歩行者認知タイミングの計測

(6)(7)(8)-1 実験の概要

ドライバ注視行動の観察より、「右折時にドライバの視線が停留する」ことが明らかとなった。これより、ドライバの歩行者認知タイミングとして、「交差点進入時は歩行者を認知できる。しかし、もし脇見等をしていて、曲がり始めるまでに歩行者を認知できなかった場合、その後は認知できない可能性がある。」という仮説を立てた。上記の仮説を検証するために、「ドライバに気付かれないように、歩行者を走行の途中で出現させる」ことで、ドライバの歩行者認知タイミングの計測を可能とし、実験を実施した。

(9) 実験結果と提案

実験仕様を下記のように定めた。いずれの場合も交差点で対向車の通過を待つために一旦停止を行った後に右折を行う。

- ・仕様A：交差点進入前に歩行者出現
- ・仕様B：一旦停止中に歩行者出現
- ・仕様C：一旦停止後発進中に歩行者出現
- ・仕様D：歩行者無し

結果を図6にまとめ、各仕様におけるドライバの行動パターンを示す。仕様A、仕様Bにおいては11名全員が安全に停止し、仕様Dにおいては、全ての被験者が通過した。仕様Cにおいては、7名の被験者は安全に停止することができたが、他の4名はそのまま通過し、歩行者との接触及び、ヒヤリハットが発生した。

実験結果より、仕様Aでは全員が停止し、仕様Dでは全員が通過している。つまり、このシナリオは初めから歩行者がいる場合においては誰もが安全に停止でき、歩行者がいない場合にはそのまま通過する場面であることがわかる。この場面において仕様Bでは全員が停止できていることから、ドライバは一旦停止中において、十分な安全確認を行うことができ、歩行者を認知することができると言える。しかし、仕様Cにおいては、4名の被験者がそのまま通過している。これより、ドライバは一旦停止後、動き始めてからでは、歩行者を認知できない可能性が高くなると考えられる。そこで、仕様Bと仕様Cの実験結果において、2標本の比率差の検定を、z検定及びt検定を用いて実施したところ、両者共に優位水準0.05で有意差があった。つまり、右折時において、通常ドライバは一旦停止中及び、発進するまでに、安全確認を行い、歩行者を認知する。しかし、例えば、一旦停止中に脇見等をしていて、動き始めるまでに歩行者を認知できなかった場合において、動き始めた後では、歩行者を認知できない可能性が高くなると言える。

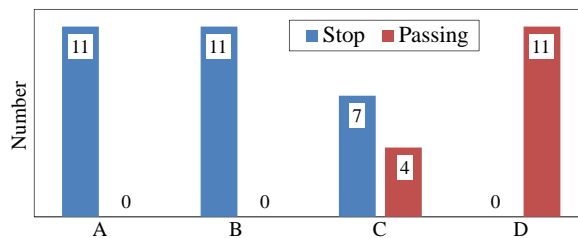


図6 各仕様の歩行者認知率

4. 研究成果

主な研究成果は大きく二つに集約される。(1)、(2)に記載

- (1) ドライバは右折時には、右折先の進路確認に注意資源が配分されるため、交差点直後から視線が右折先進路に停留してしまう。その手前ではサッケードが多く見られ、周囲に満遍な

く注意資源が配分されるものの、交差点進入直後からはサッケードが極端に減少し、視線の動きはパシュート状態になる。従って、交差点進入直後までに、横断歩行者を認知していない場合には、当たり前のように気づくべき歩行者を見落とすことになる。一方、歩行者側から見ると、自分は車両のほぼ正面に存在するので、見落とすわけではないという思い込みから、車両の停止を期待し、ニアミスや事故に至る。特に自転車等のように速度の速い対象では、このような現象が起こりがちであることが確認された。

- (2) 上記傾向はドライバの運転行動の影響も受ける。例えば右折で対向車の通過を待っている場合には、ドライバのサッケードは頻繁に発生する。これは停止時にはドライバの注意資源が十分確保されているためである。しかし、対向車の通過後に車両を発進させた直後以降は、もはや歩行者の発見は難しくなる。運転タスクにドライバの注意資源が奪われるとともに、発進するという判断をした後には、もはや周囲への注意分配はしなくなるという復帰抑制の傾向も見られた。以上の結果より、右折時の横断歩行者見落としは、単なる不注意で片づけられる現象ではなく、ドライバへの注意喚起が必要であることが分かった。本研究での提案は、道路インフラとしては交差点中央部のランプなどの設置、車両制御側ではドライバモニタによる視線計測と、見落とし時の情報提供、警報とした。いずれも、別研究で着手済みである。
- (3) 上記(1),(2)は多数のパネラを用いて実験されたものであり 統計上十分優位な差が見られた。また、仮想現実実験車 (ARV) でも全く同じ傾向が見られた。さらに、右折時の注意資源の不足を実証するために、ダブルタスクの実験も行った。2.5 秒ごとに流れる数字の音声に1を加えて回答しながら運転したところ、右折時の反応時間には明らかな遅れが見られ、一般ドライバが何気なく行っている右折操作でも、ドライバの精神的な負担に影響を及ぼすことが明確になった。
- (4) また、本研究では注意資源の分配を切り口として、課題解決に取り組んだが、選択的注意分配の仮説からも説明ができると考えている。その予備実験も多数行い、次のステップに進む準備を整えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 二神龍太, 坪井竜紀, 毛利宏, 風間恵介	4. 巻 86
2. 論文標題 交差点右折時のドライバの注視行動に関する考察	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本機械学会論文集	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 二神龍太, 風間恵介, 毛利宏	4. 巻 50
2. 論文標題 右折時の操舵に着目した信号交差点歩行者事故におけるヒューマンエラーを誘発する要因の考察	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本機械学会論文集	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 二神 龍太
2. 発表標題 交差点右折時のドライバの注視行動に関する考察
3. 学会等名 日本機械学会関東支部総会講演会講演論文集
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 R.Futagami, R.Tsuboi, H.Mouri
2. 発表標題 Consideration about Driver's eye movement at the intersection turn right
3. 学会等名 Proceeding of FAST-zero'17
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 二神龍太 ,
2. 発表標題 交差点右折時における歩行者認知タイミングの計測
3. 学会等名 自動車技術会秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 二神龍太
2. 発表標題 交差点右折時における歩行者事故発生要因分析(第1報) ,
3. 学会等名 自動車技術会秋季大会学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Futagami
2. 発表標題 Consideration about Driver's Eye Movement at The Intersection Turn Right
3. 学会等名 Proceeding of fourth international symposium on Future Active Safety Technology (FAST-zero2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 二神龍太
2. 発表標題 交差点右折時のドライバの注視行動に関する考察
3. 学会等名 日本機械学会関東学生会第 56 回学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 二神 龍太
2. 発表標題 交差点右折時における歩行者事故発生要因分析（第1報）
3. 学会等名 自動車技術会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>ヒヤリハットデータベースの構築と研究の紹介 http://web.tuat.ac.jp/~smrc/drcenter.html</p>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	永井 正夫 (NAGAI MASAO) (10111634)	一般財団法人日本自動車研究所・その他部局等・その他 (82659)	
研究分担者	内田 信行 (UCHIDA NOBUYUKI) (40426250)	一般財団法人日本自動車研究所・安全研究部・研究員 (82659)	