

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 17 日現在

機関番号：21401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23510202

研究課題名(和文)アダプティブな接近警報の研究

研究課題名(英文)Research on adaptive forward collision warning

研究代表者

御室 哲志(Mimuro, Tetsushi)

秋田県立大学・システム科学技術学部・教授

研究者番号：90507112

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円、(間接経費) 1,230,000円

研究成果の概要(和文)：最も多い事故形態である追突に関し、ヒヤリハットデータベースの解析を行い、36のシナリオに分類したところ、発生割合が多い重要シナリオでは、先行車より前方の交通状況が関与していることが分かった。後続車からは直接見えない前方の信号変化を後続車ドライバーに伝えない場合と伝えた場合の比較を、2台の車両を用いた実車試験で行った。信号情報がある場合は、後続車の減速度ピークが16%減少し、有意な差を示した。予期しているが故に、制動動作には余裕が生じたと考えられる。このことは被験者の主観評価結果からも裏付けられた。先行車より前方の情報提供効果を確認した。これは間接的ではあるが、適応的警報の有用性を示している。

研究成果の概要(英文)：Two hundred rear-end collision near-miss data in the Hiyari-Hatto database were analyzed and classified into thirty six rear-end collision scenarios. It became clear that forward traffic conditions of preceding vehicle influence important scenarios. A series of actual running tests was conducted to evaluate following vehicle driver's brake response without and with the information of the forward traffic signal which cannot be accessed by the following vehicle driver directly. The mean value of the following vehicle's peak deceleration of the dataset with traffic signal information becomes 16% less than that of the dataset without it. It is considered that the drivers who get yellow light information are preparing for immediate braking of the preceding vehicle, so it allows them to apply brake calmly when they get aware of the preceding vehicle's braking. It is obvious that the traffic signal information helps ease following vehicle driver's foresight.

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学、社会システム工学・安全システム

キーワード：安全システム 交通事故 高度道路交通システム 予防安全 ドライブレコーダ

## 1. 研究開始当初の背景

(1) H21年の交通事故死者数は4,914人で、昭和27年以来57年振りに4千人台となった。交通安全基本計画の、2,010年に5,500人以下という目標を既に達成している。しかしながら、事故件数と負傷者数は、それぞれ、736,688件、910,115人で、最近は減少傾向にあるものの、いまだに高いレベルにあり、交通事故は国民の安心安全を考える上で重要な課題であることは間違いない。衝突時の被害を低減するための衝突安全対策が死者数の低減に寄与していると考えられるが、今後一層の事故の低減を図るためには、事故を未然に防ぐ予防安全装置の普及拡大が必要である。

(2) 自動車メーカ各社は、予防安全技術の開発を進めてきており、国土交通省のASV (Advanced Safety Vehicle) のようなプロジェクトも推進されているが、まだ高価であり、性能も十分とは言えず、普及は一部に留まる。

(3) 交通事故のほとんどはヒューマンエラーによるものとされるが、どのような過程でどのようにヒューマンエラーが発生し、事故に結びついているのか、科学的データに基づく議論はこれまでほとんどなかった。最近、ドライブレコーダのデータ回収とデータベース化の地道な作業の積み重ねにより、(社)自動車技術会所有のヒヤリハットデータベース(事故だけでなく、急ブレーキ等のいわゆるヒヤリハットは件数も多く、比較的容易にデータを採取でき、事故直前のニヤミスの状態を解析できる)は4万件(2010年当時)を超える世界最大規模となっており、その活用が期待されている。

## 2. 研究の目的

(1) 今後は事故そのものを防ぐ予防安全技術の開発・普及拡大に力点をおく必要がある。その大きな開発課題が、ドライバへの適切な情報提供・警報手法である。

(2) ヒヤリハットデータベースの解析からは、予想される衝突シナリオにおける切迫度(例えば衝突余裕時間TTC)がドライバにとっての主観的な危険感の重要な部分を占めること、それと同時に切迫度以外のケースバイケースの複雑な要因も看過しえない寄与度を読み取ることが出来る。このことは、単純な指標で警報タイミングを設定すると不要警報や警報遅れを少なからず引き起こし、予防安全システムの評価を下げることにつながると考えられる。

(3) 本研究では、最も多い事故形態である追突に関し、ヒヤリハットデータベースの解析と、それを補完する実車試験の組合せにより、シナリオとヒューマンファクタの総合分析

を実施し、より状況に即した警報のあり方を導出することを目的とする。

## 3. 研究の方法

本研究は、データベース解析や実車走行試験(クローズド環境、オープン環境)と多岐にわたる内容を持つため、全体を次の4つの個別課題に分けて、研究分担者や研究協力者それぞれが持つリソースや経験等を生かして、研究を実施する。

- (1) ヒヤリハットデータベース解析
- (2) 実車走行試験(クローズド環境)
- (2') 実車走行試験(オープン環境)
- (3) 警報システム評価

### (1) ヒヤリハットデータベース解析

報告者らもその構築に携わっている自動車技術会のヒヤリハットデータベースを利用し、これまで培ってきたデータベース利用技術を適用することで、追突ヒヤリハット事象の多面的な解析を行う。衝突余裕時間TTC等の2車両間の物理指標を核としながら、先行車への接近をもたらす様々な要因(シナリオ)の洗い出しと分析を行う。先行車への動きにつられる、予想しない場所での先行車の急減速、他の交通当事者に注意を奪われる、といった後続車ドライバの心理的要因とか、後続車ドライバの覚醒度低下といった生理的要因が浮上してくると考えられるが、これらをあくまでも、ドライブレコーダや、接近車警報システムの主要センサである前方監視センサ(前方監視レーダやカメラ)に記録されている客観情報で読み解くことを試みる。

### (2) 実車走行試験(クローズド環境)

前記ヒヤリハットデータベース解析において、実フィールドデータではあまりにも複合的なシチュエーションで、分析困難な所が必ずある。これを単純化したシチュエーションを、意図的にクローズド環境の中に作り出し、実車走行試験で評価する。

### (2') 実車走行試験(オープン環境)

先行車への接近情報をより詳細に計測し、次の警報システム構築につなげられるよう、試験車両を一般道路環境で走らせ、先行車接近時のデータを収集する。この場合、試験遂行の能力工数から、ドライバは固定された1人のみとする。これにより、データの数やバリエーションとしては限定的であるが、直接、運転支援システム設計へのフィードバックが可能なデータが得られる。

### (3) 警報システム評価

以上の結果を適用し、リアルタイムの警報システムを実現し、ある特定のシナリオをクローズド環境に構築した中で、警報システムのロジックの比較評価を行う。先行車は必ず必要である。

#### 4. 研究成果

前章で述べた4つの研究の方法うち、中心的な成果である(1)(2)(3)について記す。

##### (1) ヒヤリハットデータベース解析

高レベルの追突ヒヤリハット200件を36のシナリオに分類し、発生割合別にグラフ化したものを図1に示す。発生割合が5%以上だった8つのシナリオを表1に示す。重要シナリオNo.21、22、20では、先行車より前方の交通状況が関与している。

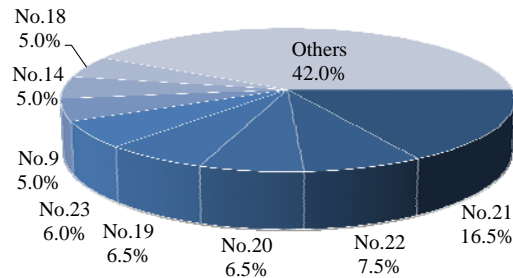


図1 追突ヒヤリハットのシナリオ別発生割合

シナリオ	シナリオ番号
客の乗降のための急減速	9
ウィンカーを点灯せず車線変更したため、自転車ドライバが予期できなかった	14
意図なく急減速	18
先行車の右左折のための減速に気付くのが遅れた	19
信号に気づくのが遅れ、先行車の減速に気付くのが遅れた	20
車線が詰まっていることに気づかず、先行車の減速に気付くのが遅れた	21
先々行車の減速に気づかず、先行車の先々行車に対する減速に気づくのが遅れた	22
横断者に気づかず、先行車の横断者に対しての減速に気付くのが遅れた	23

表1 発生割合が5%以上の8シナリオ

##### (2) 警報のアダプティブ化の検討

シナリオNo.20を例に取り、アダプティブな警報に至るシーケンスを述べる。まず、先行車と共に信号のある交差点に接近し、先行車が交差点に進入する前、信号の灯火が赤か黄色の場合、自車のディスプレイに信号機の灯火の色を表示し、注意喚起する。この時、追突警報の判断材料として、先行車との衝突余裕時間TTC以外に、先行車の減速度を仮定した場合の自車に必要な減速度の推定値を加えることで、信号によって先行車が急減速をすることに備える。このシナリオでの警報のアダプティブ化には、信号機の存在や灯火の色、自車と先行車との相対速度及び車間距離、先行車のブレーキ操作の有無、自車のブレーキ操作の有無の情報が必要である。

##### (3) 実車評価システムの構築

追突警報の評価のためには、車間距離や相対速度の認知が重要なので、実車による評価システムを構築した。本実験で使用する車両は、先行車として2リッターのミニバン(図2)、後続車として2.4リッターのミニバン(図3)を使用する。先行車の運転操作、車両挙動と試験条件設定(信号情報等)のデータは後続

車に無線LANで送られて、後続車データと共に記録される。後続車には先行車との車間距離を計測するレーザーセンサやドライバへの表示器としてのタブレット等が搭載されている。

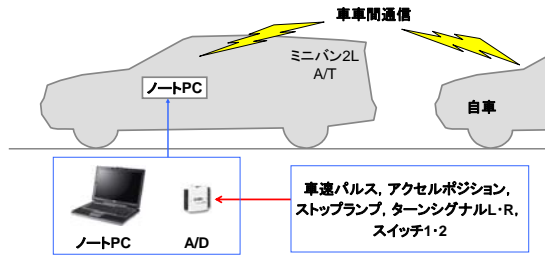


図2 先行車のシステム構成

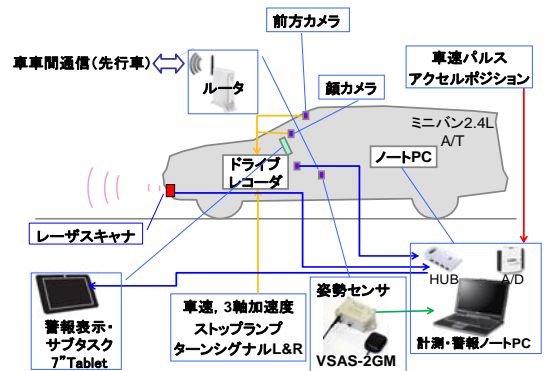


図3 後続車のシステム構成

##### (4) 実車試験方法

大学構内道路の横断歩道に、バーチャルな信号機を仮定し、先行車には信号情報を伝えるが、後続車は先行車の陰で信号が見えないという設定にし、車内表示器に信号情報を出す場合と出さない場合を比較実験した(図4)。



図4 実験状況

インフォームドコンセントを得た被験者ドライバは男性7名で平均年齢は36歳、免許取得後の平均年数は16.6年、年間平均走行距離は8,142km、秋田県立大学の研究倫理委員会による人を対象にした研究の審査を合格した。走行車速は30km/hで、先行車は黄色信号により $2\text{m/s}^2$ の緩やかな制動のみを行うことで、試験の安全性を確保した。後続車の被験者ドライバが、先行車のブレーキを完全に予期しないように、青信号あるいは黄色信号の通過と黄色信号での停止を2対1の割合でランダムに設定した。

### (5) 実車試験結果

被験者ドライバー一人当たり信号情報なし有りそれぞれ2回のブレーキデータを取得した。先行車のストップランプ点灯から後続車の減速度が50%まで立ち上がる間の制動応答時間の平均は信号情報なしが0.86s、信号情報有りが0.88sと差がなかった。減速度のピークは $3.39\text{m/s}^2$ に対し、 $2.84\text{m/s}^2$ と16%減少し、有意な差を示した(図5)。信号情報有りでも、制動のきっかけは先行車のストップランプであるが、制動動作には予期しているが故の余裕が生じたと考えられる。

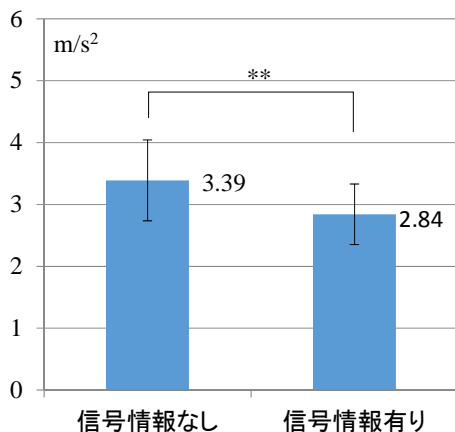


図5 後続車の制動減速度ピーク値

それは被験者の制動直後の主観評価結果からも裏付けられる。緊急性が最大を5とし、最小(無意識のブレーキ)を1とした尺度での評価は、信号情報がない場合に2~3に対し、信号情報有りでは1~2であった(図6)。

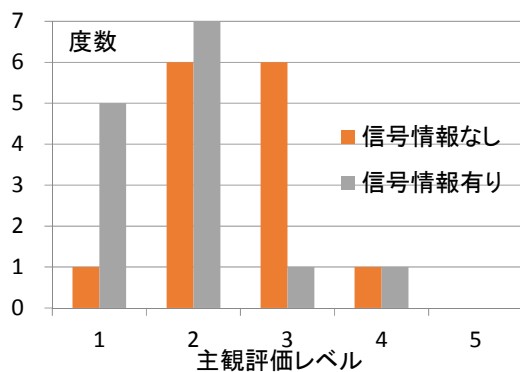


図6 停止時の後続車の主観評価

### (6) 結果と今後の課題

先行車より前方の情報提供効果を確認した。これは間接的ではあるが、適応的警報の有用性を示している。警報として提供する場合は、誤警報を減らし、ドライバーの信頼を損なわないことが必要である。そのために提案する適応的追突警報のロジックは以下である。予想される先行車減速度D1をある値に仮定し(たとえば $D1=3\text{m/s}^2$ )、そのD1に対して自車の追突回避に必要な自車減速度D2を求める。D2がある値(たとえば $D2\geq 3\text{m/s}^2$ )に達した時に警報する。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0件)

[学会発表] (計 4件)

- ① Takahiro Machida, Tetsushi Mimuro, Hiroyuki Takanashi, Effectiveness Evaluation of Adaptive Forward Collision Warning Using Actual Vehicles, 12th International Symposium on Advanced Vehicle Control, 2014年9月
- ② 町田貴大, 高梨宏之, 御室哲志, アダプティブな追突警報の実車検証手法、計測自動制御学会東北支部第282回研究集会, 秋田, 2013年7月
- ③ 磯岳成, 町田貴大, 高梨宏之, 御室哲志, ヒヤリハット分析によるアダプティブな追突警報の効果検討、日本機械学会東北学生会 第43回学生会卒業研究発表講演会講演論文集 604, pp.101-102, 2013年3月
- ④ 深谷翔磨, 御室哲志, 高梨宏之, 追突ヒヤリハットの解析、日本機械学会東北学生会 第42回学生会卒業研究発表講演会講演論文集 908, pp.220-221, 2012年3月

[図書] (計 0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0件)

○取得状況 (計 0件)

[その他]

ホームページ等

アダプティブな接近警報

[http://www.akita-pu.ac.jp/system/mise/bio\\_intelligence/human\\_support/mimuro\\_lab/research.html](http://www.akita-pu.ac.jp/system/mise/bio_intelligence/human_support/mimuro_lab/research.html)

### 6. 研究組織

#### (1) 研究代表者

御室 哲志 (MIMURO, Tetsushi)

秋田県立大学・システム科学技術学部・教授

研究者番号：90507112

#### (2) 研究分担者

高梨 宏之 (TAKANASHI, Hiroyuki)

秋田県立大学・システム科学技術学部・助教

研究者番号：30398333

#### (3) 連携研究者