

# 自動車運転時の注意喚起タイミングの個人適応化

○安井和哉 Ivan Tanev 下原勝憲(同志社大学)

## Personal adaptation of alert timing when driving a car

\* K. Yasui, I. Tanev and K. Shimohara(Doshisha University)

**Abstract**— In this research we focus on the optimal timing of early warnings in road motor vehicles. These early warnings are issued to the drivers as short messages (in both an audible- and text form) well before the occurrence of potentially dangerous traffic situation. Also, we investigate whether the optimal timing depends on factors such as gender of the drivers and their driving experience. The results of the experiments, conducted on fully-fledged drive simulator indicate that the advance of timing of warning is inversely proportional to the frequency with which the drivers drive their own cars. On the other hand, the optimal advance of timing was unrelated to variations in the content of early warning messages. Also, we verified the risk homeostasis in that the attentiveness of drivers may somehow deteriorate as a result of adopting the proposed early warning system.

**Key Words:** Driving a car, Alert timing, Personal adaptation

## 1 はじめに

### 1.1 背景

近年のIoT技術の発展度合いから、近い将来監視カメラなどと車が繋がり、歩行者などの動きを予測し注意喚起を行うシステムが登場する可能性は大きい。しかし、その注意喚起を聞き咄嗟に行動に移すことが出来るかどうかという問題がある。実際に、高齢者になればなるほど注意喚起から行動までの時間が長いことが分かっている。そこから、注意喚起には最も使用者にとって効果的なタイミングがあり、それを個人適応することで注意喚起効果の向上が見込めるのではないかとこの仮定から研究課題を決定した。

### 1.2 目的

本研究では、ドライビングシミュレータを用いて現実では再現できない状況の再現、注意喚起を受ける側の年代などの様々な条件を考慮し、最も効果的な注意喚起タイミングを発見することを目的とする。また、注意喚起タイミングがその他の要因によって効果が左右されるか、注意喚起システムの有用性、危険性についても考察を行うものとする。

## 2 研究コンセプト

### 2.1 注意喚起システムとは

注意喚起システムとは、主に直接型運転支援システムと間接型運転支援システムの内、間接型運転支援システムに属するものである。直接型運転支援システムとは、システムが独自の視点で判断を下し、その結果を運転者に提示、あるいは操作介入を行うものである。反対に、間接型運転支援システムとは、システム側の判断を含まない情報提供のみを行い、運転者が安全な運転行動を取るよう促すものである<sup>(1)</sup>。

直接型運転支援システムは、実際に危険を回避して見せることで評価を行うことができるが、間接型運転支援システムは明確な評価基準がない。そのため、非

常に評価が難しく研究を行うことが難しいと言われている。

### 2.2 Risk Homeostasisについて

Risk Homeostasisとは、リスクを回避した結果更なるリスクを抱えてしまうという概念である。例として、注意喚起システムなどの人間の補助を行うシステムに習熟した結果、それらに依存してしまいシステムの異常動作や動作不能状態に対して、システム利用前よりもヒューマンエラーが増加してしまうというものがある。メカニズムとしては、「運転者は自身が受け入れることのできる主観的なリスク水準を持っている(リスクの目標水準)。運転者はリスクの目標水準と実際に知覚されたリスク水準とを比較し、両者が一致するように調節行動を行う。すなわち、知覚されたリスク水準がリスクの目標水準よりも低ければよりリスクな方向に行動をシフトさせることによって、知覚されたリスク水準がリスクの目標水準よりも高ければより安全な方向に行動をシフトさせることによって両者を一致させることになる。」(増田・芳賀・國分, 2008, p.2)である<sup>(2)</sup>。これは、注意喚起システムだけでなく車のエアバッグなどにも言えることであり、手動のシートベルトのみよりもエアバッグが搭載された車を運転するほうが危険運転を行う可能性が高まると考えられている。しかし、これらは現状理論上の価値観であり実際に証明されておらず様々な議論がなされている。これらの証明には非常に危険な実験を行う必要があり、それらの可能性を定義したのちのデータには測定価値がないとされているからである<sup>(3)</sup>。

### 2.3 注意喚起評価における考え方

注意喚起システムは警告システムとは異なり、評価が非常に難しい。警告システムでは、次の瞬間発生する事象を回避することが出来たか否かのみで評価を行うことが出来るが、注意喚起システムは明確な評価基準が存在しない。そのため本研究では、ドライビングシミュレータを使用することで運転者の詳細な運転データを取り、それらを確認しながら急ブレーキを踏まないような注意喚起タイミングを探る。急ブレーキをブレーキ稼働率 100%として、ブレーキ稼働率 50%程度で次に起きる危機を回避できる地点を最適点として実験を行う。

実験終了後に行うアンケートでは、それらに関する項目6つを5段階評価で答えてもらい客観的評価と主観的評価の点からデータ分析を行う。

## 3 実験システム

### 3.1 ドライビングシミュレータ

ドライビングシミュレータの全体像を以下の Fig. 1 に示す。また、それを含めた実験システム全体像を Fig. 2 に示す。



Fig. 1: Overview of driving simulator



Fig. 2: Overview of experimental system

Fig. 1 から分かるように、本実験ではドライビングシミュレータの全面、その両サイドの3台のモニターを使用した。実験で使用したドライビングシミュレータの運転席は、実際の運転のように移動せず、その場

で停止している。しかし、使用していない残りのモニター2台を使用すると、視界に入る情報量が多く、特に運転席の左右のモニターやバックモニターは実際の運転のように動作することによって、耳の平衡感覚を司る三半規管とのズレが生じ、目眩を引き起こす可能性があるため使用していない。

また、運転者に良く聞こえるように両サイドにスピーカを設置、注意喚起コメントが良く見えるように正面に Head Up Display (HUD) を設置した。

### 3.2 走行コースと発生イベント

本実験で使用したドライビングシミュレータ上に実装した走行コースの全体図を Fig. 3 に示す。



Fig. 3: Overall view of the driving course

上に示したコースは、1 週約 5 分半程度で走行が可能である。

左下の矢印のようなものがスタート地点、緑の星が飛び出し地点、黄色の星がゴールとなる。1つのコース内に複数の飛び出し地点がある理由としては、飛び出し地点を運転者に予測できないようにするためである。また、飛び出しは1つのシナリオにつき1か所のみであるため、コース1週の内複数の飛び出しイベントが実行されることはない。

本実験で使用した飛び出しイベントの実行例を以下の Fig. 4 に示す。



Fig. 4: Jump-out example

Fig. 4 の他に、バイクや子供の合計 3 種類が実験内で発生するイベントである。

### 3.3 ドライビングエージェント

ドライビングエージェントとは、運転支援技術(注意喚起システム)の実装や使用したドライビングシミュレータの制御、ログの出力を行うものである。今回エージェントの役割は、別の PC で行った。実際のソフトウェアの画面を以下の Fig. 5 に示す。

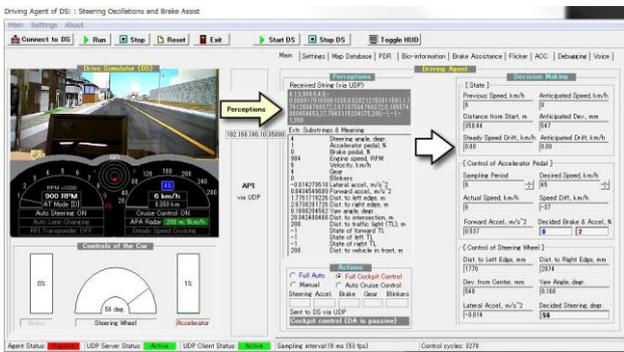


Fig. 5: Driving agent screen

また、注意喚起システムを実装するうえで開発したシステムを以下の Fig. 6, Fig. 7 に示す。

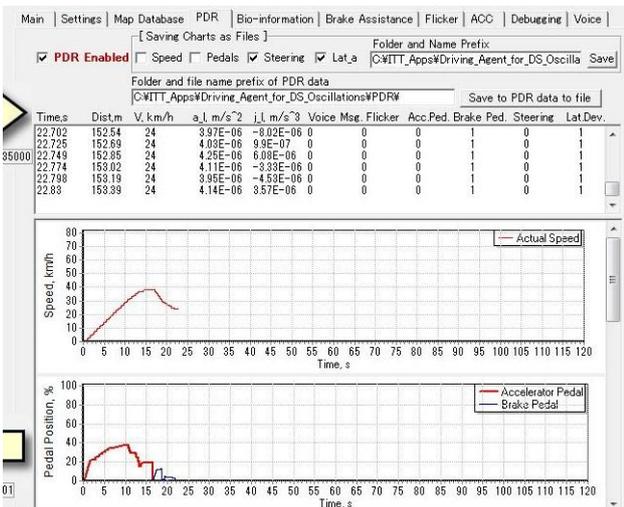


Fig. 6: Operation data log

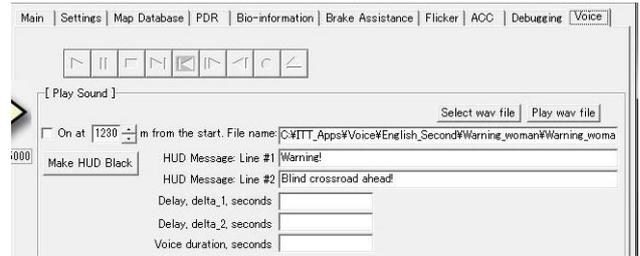


Fig. 7: Alert system

注意喚起システムでは、Head Up Display (HUD)に表示するコメント及びスピーカから出力する音声を設定することが出来る。

## 4 実験内容

### 4.1 実験方法

注意喚起の有無による自動車運転への影響及び危険性の検証と最適タイミングの模索による最適タイミングのグループ化を行うために、ドライビングシミュレータを用いて実験を行った。

運転操作方法に関する説明時に、ハンドル操作及びアクセル・ブレーキの特性を伝え、コース全体を 50 km/h で走行するように伝えた。これは注意喚起タイミングの変化による影響であるかを確認するため、速度に大幅な違いがある場合速度による影響か、タイミングによる影響かを判断することができなくなるため、速度を固定するという意味合いがある。

また、本実験の走行コースでは注意喚起が行われるタイミングは走行コース 1 週につき 1 回のみとなっている。シナリオの説明で行った走行コース内の 3 箇所のイベントは、走行計測地点の 1037 m, 700 m, 338 m で発生する。

被験者の身体疲労による影響を考慮して、本実験で使用する走行コースは約 5 分 30 秒でゴールできるように設定した。

注意喚起は注意喚起有(長文&短文)、注意喚起無し の 3 パターンとした。

本実験の被験者としては、大学生の男女(18 歳~22 歳)5 名ずつの計 10 名に対して行った。

### 4.2 実験手順

実験の流れを以下の Table. 1 に示す。

Table. 1: Experimental flow

1. ドライビングシミュレータ及び実験内容説明 (約 5 分)
2. ドライビングシミュレータでの走行練習(約 5 分)
3. コース走行(注意喚起システムなし)
4. コース走行(注意喚起システム短文 ver.)
5. コース走行(注意喚起システム長文 ver.)
6. コース走行(注意喚起システムなし)
7. アンケート

(2~6.でデータ測定を行う)

### 4.3 実験結果

#### 4.3.1 最適な注意喚起タイミングの共通性

本研究の目的として設定した最適な注意喚起タイミングの性別による共通性に関するデータとして、車の走行速度、注意喚起タイミング(距離)から計算した時間のグラフ化を行った。実際のグラフを以下の Fig. 8 に示す。

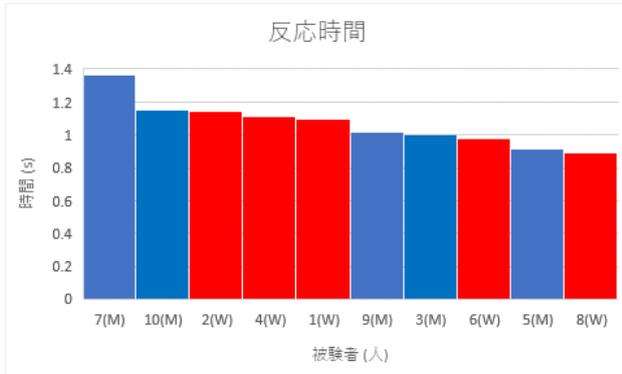


Fig. 8: Time from alerting to stepping on the brake

最適な注意喚起タイミングをグループ化し分析を行った結果、運転頻度と相関があることが分かった。以下の Fig. 9 に示す。

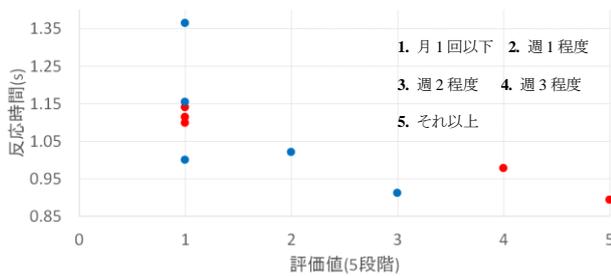


Fig. 9: Correlation graph of operation frequency and reaction time

#### 4.3.2 注意喚起タイミングと音の関係性

注意喚起タイミングと通知音、コメントの間に関係性があるかを検証するため、通知音とコメントを変更し実験を行った。変更に対して、ブレーキを踏む危険回避アクションにかかる時間の変化を示すグラフを男女別にそれぞれ以下の Fig. 10, 11 に示す。

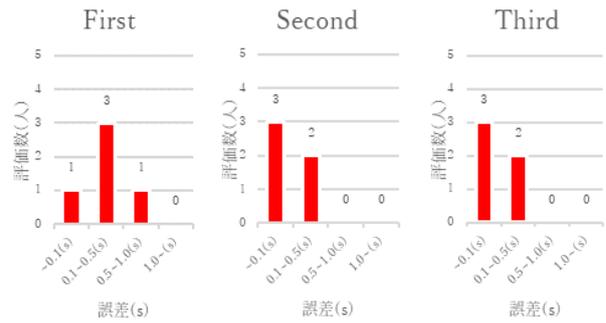


Fig. 10: Difference in reaction time after notification sound and comment change(woman)

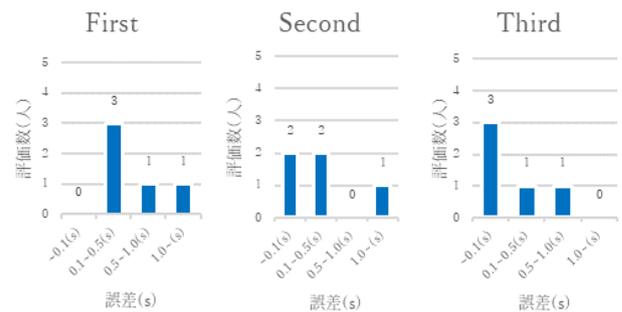


Fig. 11: Difference in reaction time after notification sound and comment change(man)

#### 4.3.3 Risk Homeostasis の検証

注意喚起システム使用前後の運転データの比較を行った結果、システム使用前後で有意差があることが分かったため、Risk Homeostasis の存在を証明することができた。しかし、男女間に有意差は存在しなかった。以下の Fig. 12 に運転データ比較の一例を示す。

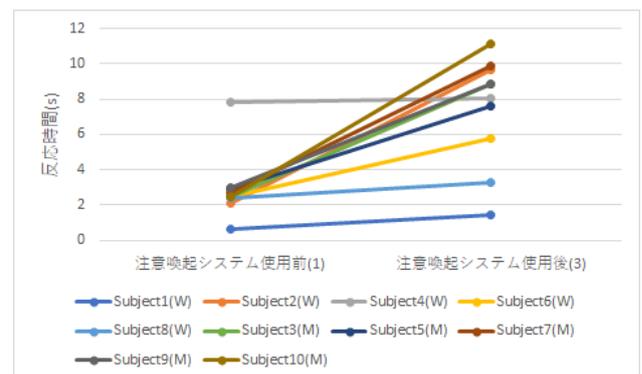


Fig. 12: Comparison of reaction time before and after using the system

## 5 問題点と改善点

本研究における実験システムではドライビングシミュレータの特性上、運転に慣れるということが必要であるため、より通常の運転状況を再現した環境を構築、あるいは運転に慣れるための時間を確保することが、今後のデータをより正確にするための改善点として必要となる。また、被験者数が少なくデータとしては最低限のものになってしまったことも今後の改善点として挙げることができる。

今後実験をより良いものとするためには、被験者の年齢層を広げ様々な運転条件を基にデータを分析することが必要となるのではないかと考える。

## 6 おわりに

本研究では、注意喚起タイミングの最適化を通じて、より安全な運転行動を取るための要素を発見することを目的としていた。実証実験では、注意喚起タイミングは運転頻度と相関関係にあり、その他の要素との相関は見られなかった。更に、通知音とタイミングに関連性はなく、注意喚起が行われたタイミングで回避行動に移っている可能性が高く、Risk Homeostasis は存在し、男女ともに注意喚起システム使用時にはリスクの高い行動を取りやすいことが分かった。

将来的には、前章で挙げた問題点を解消することで、さらに多くの危険の排除法を確立する可能性を高めることができる。それにより、自動車社会の安全性をより高めることが出来ると考える。

## 参考文献

- 1) 平岡敏洋：“ドライバに安全運転を促す運転支援システム”，計測と制御，51巻，8号，p.742-747(2012)
- 2) 増田貴之，芳賀繁，國分三輝：“運転支援がリスク補償行動に及ぼす影響-情報提供方略の検討-”，交通心理学研究，24巻，1号，(2008)
- 3) ULRICH TRÄNKLE，CHRISTHARD GELAU：“Maximization of subjective expected utility or risk control? Experimental tests of risk homeostasis theory”，Ergonomics，vol.35，Issue 1，(1992)
- 4) 横井孝志：“加齢による身体機能の変化”，108巻，1038号，(2005)
- 5) 橋本博，細川崇，平松真知子，新田茂樹，吉田傑：“高齢運転者の交差点通過時の運転行動実態把握”，自動車技術会論文集，vol41，No.2，(2010)
- 6) 萩田賢司，井川泉，浦井芳洋，宮下直也，土屋三智久：“高齢運転者の無信号交差点における出会い頭の事故の分析”，土木計画学研究・講演集，No.30，(2004)
- 7) 佐藤桂，竹中邦夫，永井正夫：“無信号交差点における高齢ドライバの運転行動の解析”，自動車技術会論文集，vol47，No.3，(2016)
- 8) 中川淳，仲野剛，岡本恭一：“路面協調による安全運転支援システムの実証実験”，東芝レビュー，vol64，No.4，(2009)
- 9) 栗谷川幸代，竹中聡，中辻晴彦，館陽介，瀬戸洋紀，相川健：“個人特性を考慮した注意喚起システムの構築と評価”，自動車技術会論文集，vol50，No3，(2019)
- 10) 二瓶美里，小竹元基，鎌田実：“高齢者の認知特性を考慮した運転能力評価システムの開発”，日本機械学会論文集，77巻，784号，(2011)
- 11) 牧下寛，松永勝也：“自動車運転中の突然の危険に対する制動反応の時間”，人間工学，vol.38，No.6，(2002)
- 12) 大桑政幸，杉山和彦，名切末晴，津田太司，服部彰：“運転支援システムにおける複数の警告音に対するドライバ反応の分析”，自動車技術会論文集，39巻，3号，(2008)
- 13) 堀米辰弥，伊藤誠，稲垣敏之：“状況適応的操舵機能を有する衝突回避支援に対するドライバ受容性の評価”，自動車技術会論文集，42巻，2号，(2011)
- 14) 奥田裕之，能登紀泰，田崎勇一，鈴木達也：“個人適応型ポテンシャル法に基づく障害物回避アシスト制御”，自動車技術会論文集，44巻，3号，(2013)