

# Timing of early warning stages in a multi stage collision warning system: Drivers' evaluation depending on situational influences

Winkler, S., Werneke, J. & Vollrath, M. (2016)

*Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 36, 57-68

2024/10/08

ブン

# Introduction

- 車両間、車両とインフラとのデータ交換 (Car2X) に基づく衝突アラームが重要性を増している (Tan & Huang, 2006)
  - 危険が遠くにあり、ドライバーが認識できない早期段階でアラームを発し、状況がまだ危険でない時にアラームを発することができる (Naujoks & Totzke, 2014)
  - ドライバーは最適な行動を取るための時間と距離を得ることができる
  - 早期アラームを使用することで8割の衝突が減少できる (Lee et al., 2002)

# Introduction

- 早期アラームの問題点
  - 早期アラームは遅延アラームより有望であるが、「できるだけ早く」アラームを発するという考えを一般化すべきではない (Reichart, 1993)
  - アラームタイミングが早いほど、FA率が高くなる (Jones & Hansman, 2007; Schmidt, 2012)
  - ドライバーの注意を逸らし、イライラさせる可能性がある (Brown et al., 2001)
  - ドライバーに時間的利益を提供することと、主観的な有効性の低下のリスクとの間にはトレードオフが存在する (Brown et al., 2001)

# Introduction

- アラームシステムの設計
  - 早期アラームのデザインと発信タイミングが重要であり、ドライバーによるアラームシステムの全体の受け入れにも影響する (Zarife, 2014)
  - 本研究は、早期アラームのタイミングに関する主観的適切性と有効性について調査する

# Introduction

- 多段階アラーム
  - 安全性の向上とアラームタイミングによる不快感のリスクとの矛盾を解消し、アラームシステムの主観的有効性を最大化するために、多段階アラームが有効である (General Motors Corporation and Delphi-Delco Electronic Systems, 2002)
  - 単一の差し迫った危険アラームと比較して、多段階アラームはより早い段階から注意を促すことで、ドライバーに余裕を与え、安全に状況に対応させる (Naujoks and Neukum, 2014, Posner et al., 1973)

# Introduction

- 多段階アラームシステム (Rhede et al., 2011; Werneke et al., 2014)
  - 第1段階: ドライバーの注意を促し、危険に対する準備をさせる (Naujoks & Neukum, 2014, Neukum, 2011)
  - 第2段階: ドライバーの速度減少を促し、より具体的な行動を促すが、急ブレーキを避ける (Petermann-Stock & Rhede, 2013)

# Introduction

- 本研究の目的
  - 早期衝突アラームシステムの2つの早期アラーム段階の最適タイミングと有効性を調査
  - Werneke et al. (2014)によるドライビングシミュレータ研究に従い、ドライバーは接近する低速交通（25 km/hまたは50 km/hの動的先行車）に応じて最適アラームタイミングを選択させる
  - ドライバーの各タイミングに対しての主観的有効性評価も確認

# Experiment

- 多段階衝突アラーム

- 第1段階: 情報提供 (Information)

- 2秒間「Attention slow moving traffic!」というテキスト付きの警告三角形がダッシュボードに表示される
    - 衝突レーダーの外側のセグメントが危険方向（例：前方）に向かって点滅し、第2段階が開始されるまで続く

	Normal	First stage: Information		Second stage: Prewarning		
Visual						
Auditive		2 s		2 s		1kHz („Beep“)

# Experiment

- 多段階衝突アラーム

- 第2段階: 事前アラーム (Prewarning)

- 「Slow moving traffic ahead!」というテキスト付きの警告三角形が2秒間表示され、短い音響アラーム（「ビーブ音」）でサポートされる
    - 外側のセグメントのうち2つが作動する

	Normal	First stage: <i>Information</i>		Second stage: <i>Prewarning</i>	
Visual					
Auditive				1kHz („Beep“)	

# Experiment

- ドライビングシミュレーション
  - ドライビングシミュレーションソフトウェアSILAB (WIVW, Krüger, Grein, Kausner, & Mark, 2005) によって作成され、3つのシルバースクリーン (左、前、右) に投影され、1400 × 1050 pxの解像度を持つ2つのLCDスクリーンがバックミラーとして機能し、ドライバーに約2.1 mの距離から180° の視野を提供した
  - 風やエンジン音などの交通音の音響シミュレーションが行われ、実際の車に座っているような現実的な印象をドライバーに与えた

# Experiment

- テストトラック
  - 制限速度が100 km/hの田舎道が使用された
  - すべてのドライバーの速度が同じになるように、制限を10 km/h超えたり下回ったりした場合に速度リマインダーが使用された
  - ルートは直線でカーブや丘はなく、各ドライブの開始時には先行車両は見えなかった
  - 各ドライブの最後には、9台の車両が10 mのギャップサイズで形成する低速移動交通の状況が発生
  - 各テストドライブは、最適タイミングと有効性に関する評価を含めて約2分間かかった

# Experiment

- 参加者
  - 合計24名 (男性12名、女性12名)
  - 平均年齢 26.6歳  $SD = 7.2$
  - 平均運転年数: 7.6年  $SD = 7.5$

# Experiment

- 実験デザイン
  - 参加者内デザイン
  - 各参加者が2つの状況（25 km/h ・ 50 km/h で走行する先行車両）に対して、2つの早期アラーム段階の最適タイミングを選ぶことと各TTCの有効性を評価することが求められた

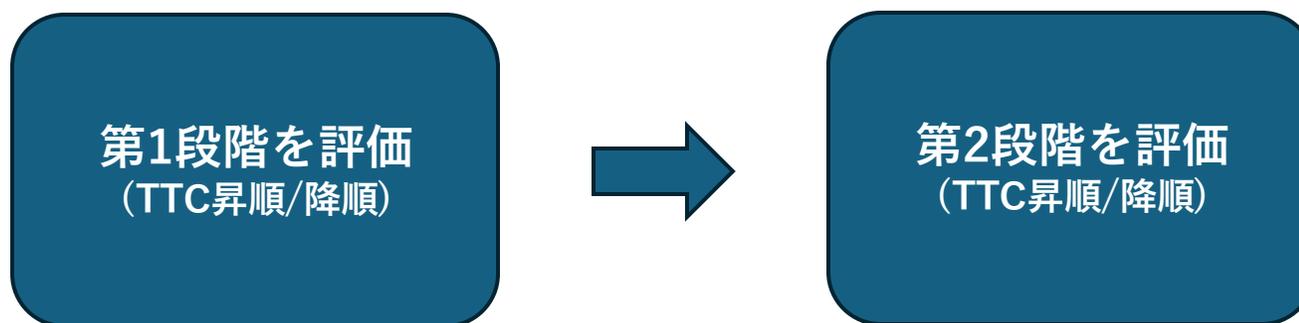
---

<b>TTC (s)</b>	<b>25km/h</b>							<b>50km/h</b>						
First stage	30	28	26	24	22	20	18	30	28	26	24	22	20	18
Second stage	18	16	14	12	10	8	6	18	16	14	12	10	8	6

---

# Experiment

- 実験手続き
  - 各参加者は、まずは第1段階のTTCを評価し、その後に第2段階を評価
  - 各TTCの提示順序が昇順または降順で評価され、カウンターバランスをとった



# Experiment

- 評価方法

- 最適タイミング: 各参加者にとって最も適切なTTC（評価スコアが「just right: 0」）を最適タイミングとする
  - 複数存在する場合は平均を取る
- 有効性: 1 ~ 15に数値化する

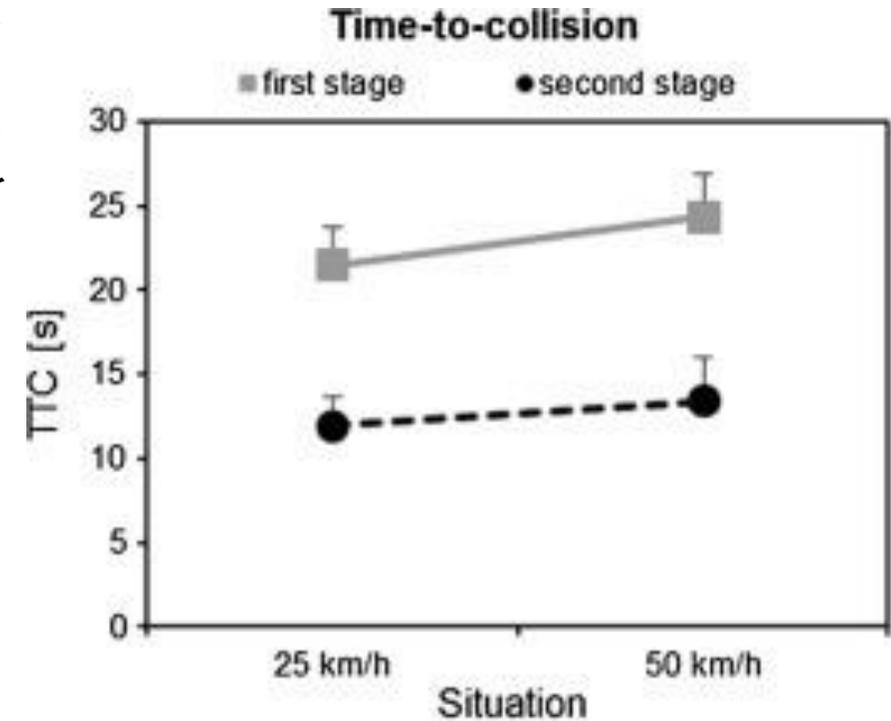
How was the timing of the first / second stage in this situation?

far too early			too early			just right			too late			far too late		
-	0	+	-	0	+	-	0	+	-	0	+	-	0	+

not very useful			not useful			moderate			useful			very useful		
-	0	+	-	0	+	-	0	+	-	0	+	-	0	+

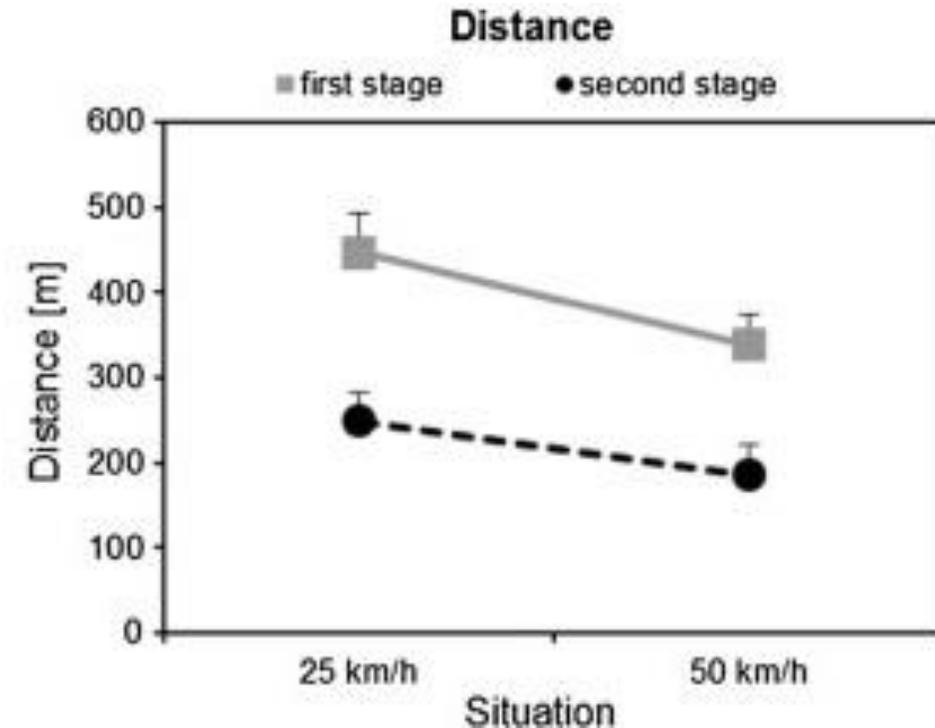
# Results

- 最適タイミング (TTC)
  - ドライバーは、25 km/hで走行する先行車両に対して、50 km/hで走行する先行車両に比べて両段階のアラームタイミングが遅い方を好んだ
  - 状況の影響は有意
    - 第1段階:  $z = -3.88, p < .001, r = -0.79$
    - 第2段階:  $z = -2.89, p = .004, r = -0.59$



# Results

- 最適距離
  - 第1段階:
    - 50 km/hの先行車両の場合、約338 mの距離が最適
    - 25 km/hの先行車両の場合、約447 mの距離が最適
  - 第2段階:
    - 50 km/hの先行車両の場合、約186 mの距離が最適
    - 25 km/hの先行車両の場合、約249 mの距離が最適
- 状況の影響も有意
  - 第1段階:  $z = -4.29, p < .001, r = -0.88$
  - 第2段階:  $z = -4.09, p < .001, r = -0.83$

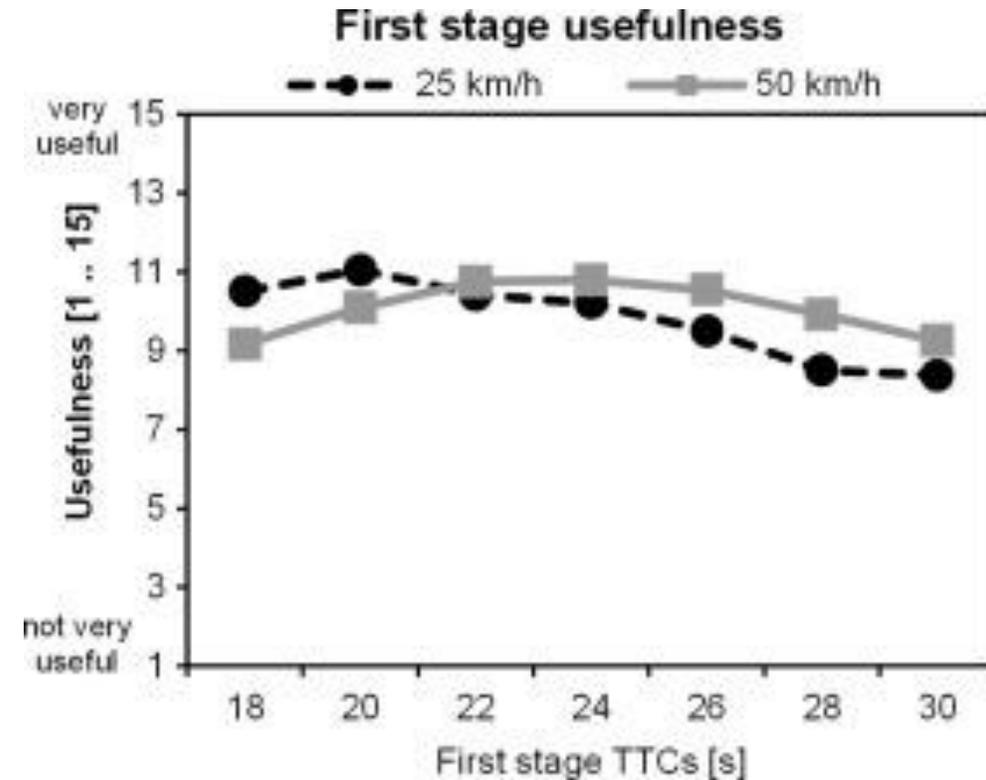


# Results

- 有効性評価

- 第1段階:

- 50 km/hの先行車両の場合、第1段階の最も高い有効性評価はTTC 24秒
    - 25 km/hの先行車両の場合、第1段階の最も高い有効性評価はTTC 20秒

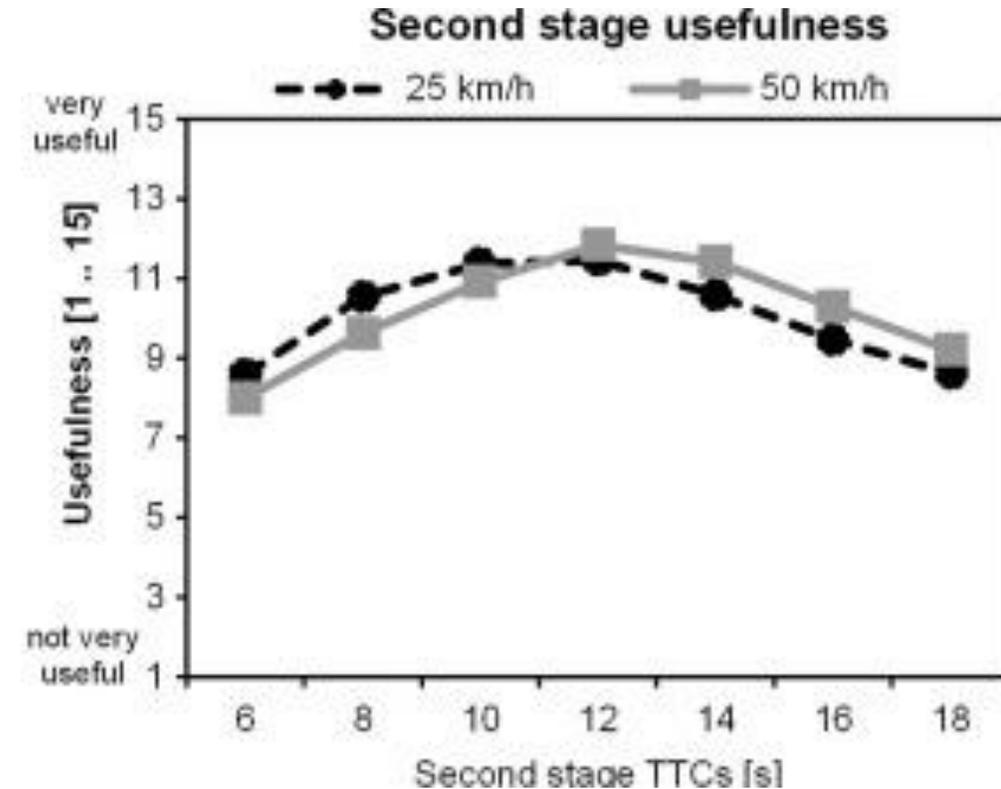


# Results

- 有効性評価

- 第2段階

- 50 km/hの先行車両の場合、第2段階の最も高い有効性評価はTTC 12秒
    - 25 km/hの先行車両の場合、第2段階の最も高い有効性評価はTTC 12秒



# Results

- 最適アラームタイミングは、有効性評価の最も高い時点と一致

**Table 2**

The mean optimum TTCs according to the drivers' appropriateness rating and the TTCs with the drivers' highest usefulness rating out of the predefined TTCs in the situations with the lead vehicle driving 25 km/h and 50 km/h for the first (*information*) and the second stage (*prewarning*).

TTC (s)	Optimum timings		Timings with best usefulness	
	25 km/h	50 km/h	25 km/h	50 km/h
First stage	21.5	24.3	20.0	24.0
Second stage	12.0	13.4	12.0	12.0

# Discussion

## • 最適タイミング

- ドライバーは、よりクリティカルな状況（25 km/hで走行する先行車両）で遅いタイミングを好んだという結果になった
- TTCを距離に変換すると、効果の方向がより合理的なものとなった
- ドライバーは**TTCで反応するのではなく、距離を基準**にして早期アラームのタイミングを判断
- 視覚的な距離の認識が、アラームタイミングの選択に大きく影響していると考えられる

## • 最適距離

- より遅い先行車両の場合、ドライバーは約450 mで情報提供を好み、より速い先行車両の場合は約340 mで情報提供を好んだ
- 第2段階でも同様に、より遅い先行車両の場合は約250 m、より速い先行車両の場合は約185 mで事前アラームを好んだ
- ドライバーはより危険な状況で、アラームをより早く受け取りたいという傾向が明確

# Discussion

- 有効性評価
  - タイミングをドライバーの好みに適応させることが、情報提供（第1段階）よりも事前アラーム（第2段階）にとって重要である可能性がある
  - 最適タイミングはドライバーの有効性評価と一致しており、アラームシステムの使用においてタイミングが重要であることを示している

# Discussion

- 本研究で提案した最適アラームタイミングを見つける手法は、便利で効果的、ドライバーの主観評価も取り入れ、今後の研究にも適用させるべきだと考えられる
- 本研究の限界点
  - シミュレーターでの速度推定が現実より難しい
  - シミュレーターの解像度も視覚的な認識に影響を与えた可能性がある
  - シミュレーターは同じ交通状況を繰り返し再現でき、統一された条件でドライバーの反応を測定できる利点もある