

ドライブレコーダの事故データ分析および ドライビングシミュレータを用いた視線分析

名古屋大学 大学院工学研究科 機械システム工学専攻

趙 雨晴

2023年11月

ドライブレコーダーデータの分析

四輪車事故における衝突被害軽減ブレーキ(AEB)の有効性についての検討

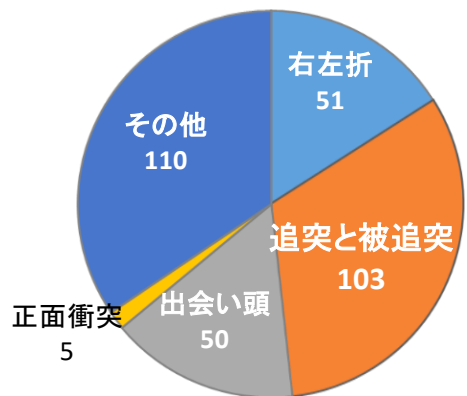
事故データの分析 (県内タクシー会社A 2017-2023)

2023年10月時点における県内タクシー会社Aの車両保有総台数:230

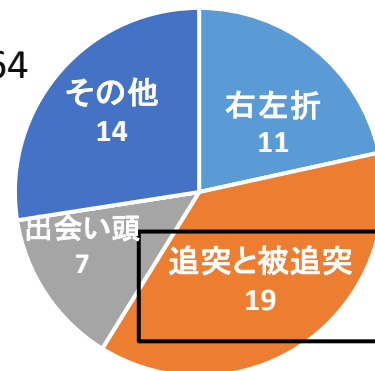
うち、衝突被害軽減ブレーキ(AEB)を搭載した車両(AEB搭載車両A)の台数:64

AEB搭載車両の事故：形態別

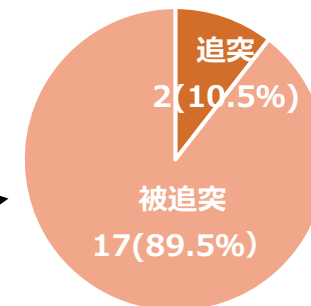
全車種事故の形態別



事故データ: 319件

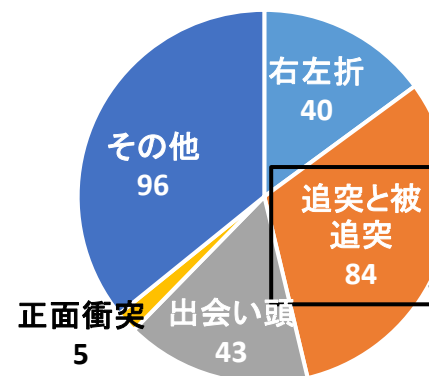


事故データ: 51件

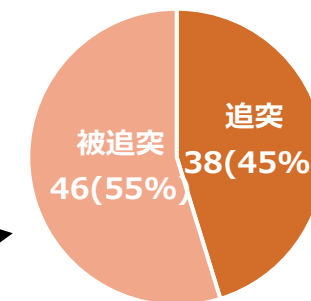


“先行車に追突”の事故削減
においてAEBが有効

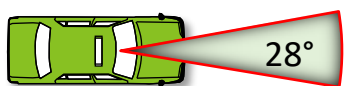
AEB未搭載車両の事故：形態別



事故データ: 268件

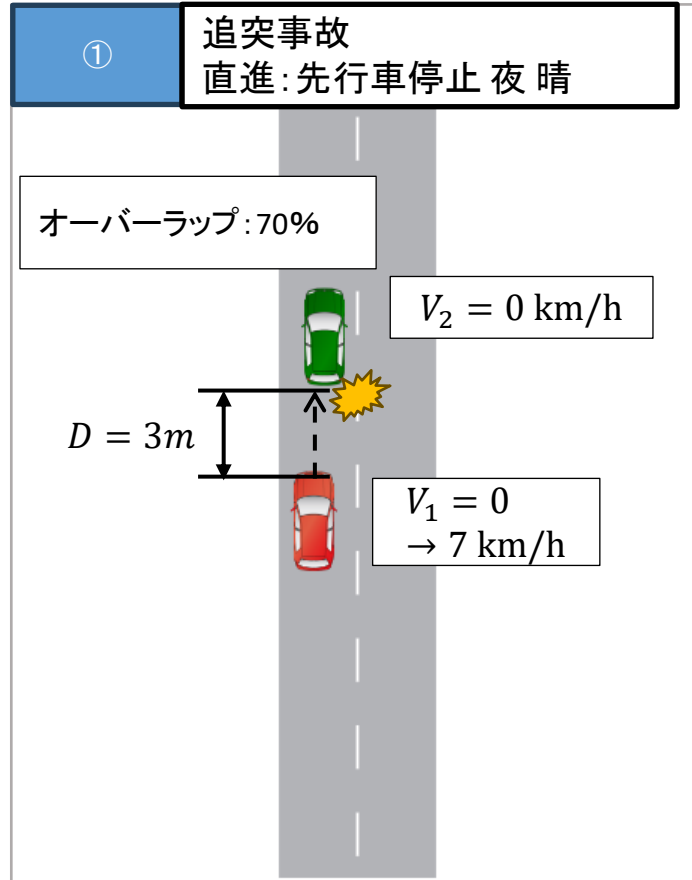


本分析内のAEB搭載車両A

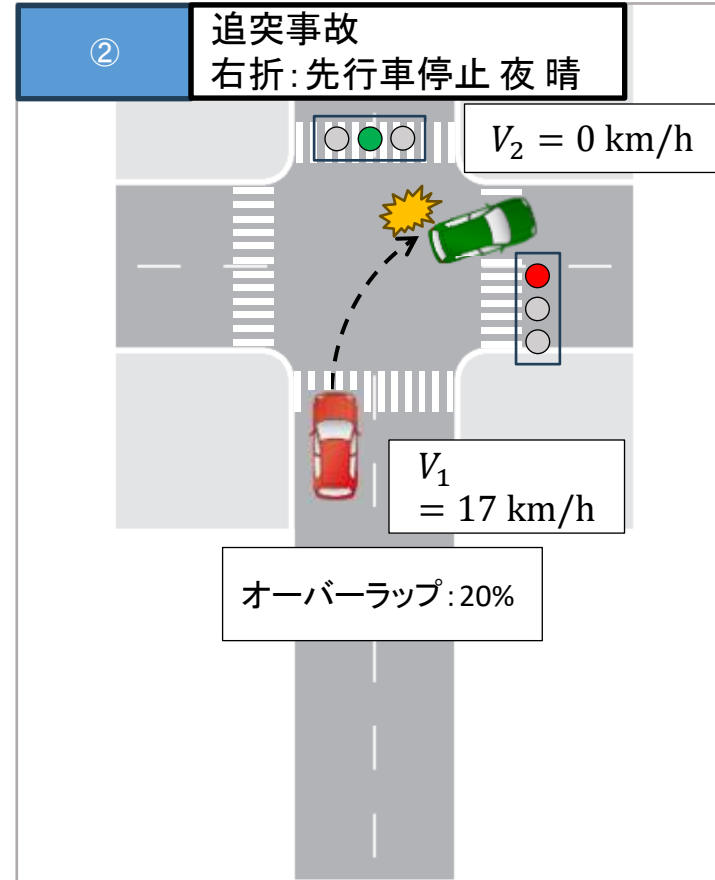


AEB視野角度(FOV)

AEB搭載車両の事故例（先行車に追突）



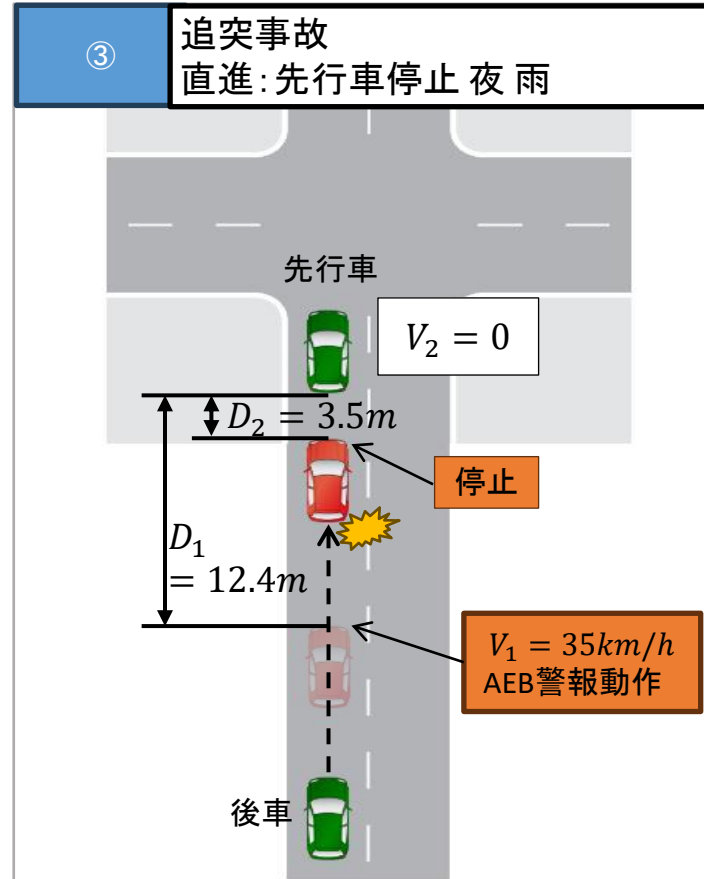
AEB非作動



AEB非作動

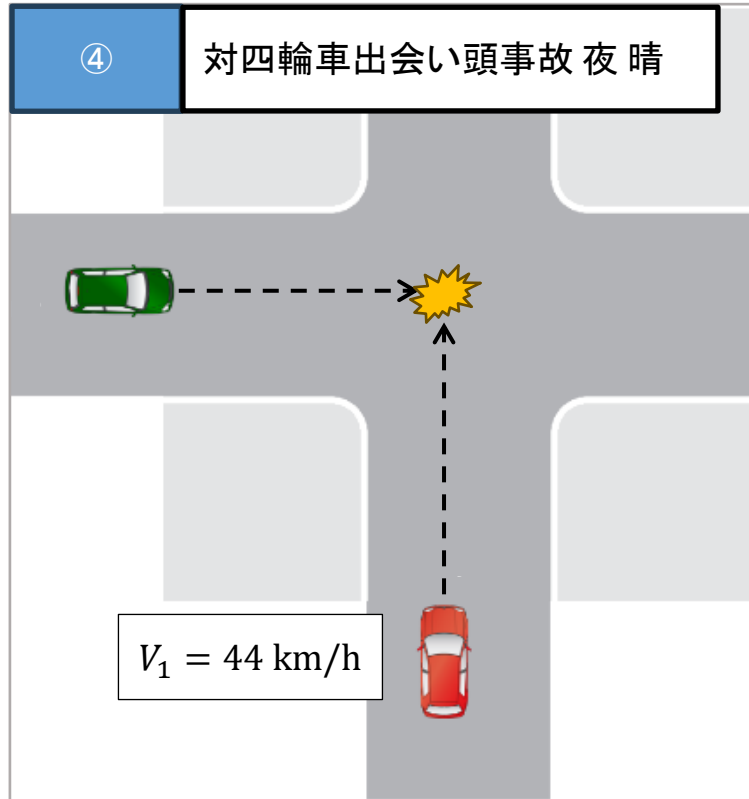
AEB非作動の原因考察：
自車と先行車のオーバーラップが小さい・カーブの存在 → AEB検知角度の範囲外

AEB搭載車両の事故例（被追突）



AEBが**作動**し、自車と先行車の衝突を回避したが、その後、後車から被追突

AEB搭載車両の事故例（出合い頭）

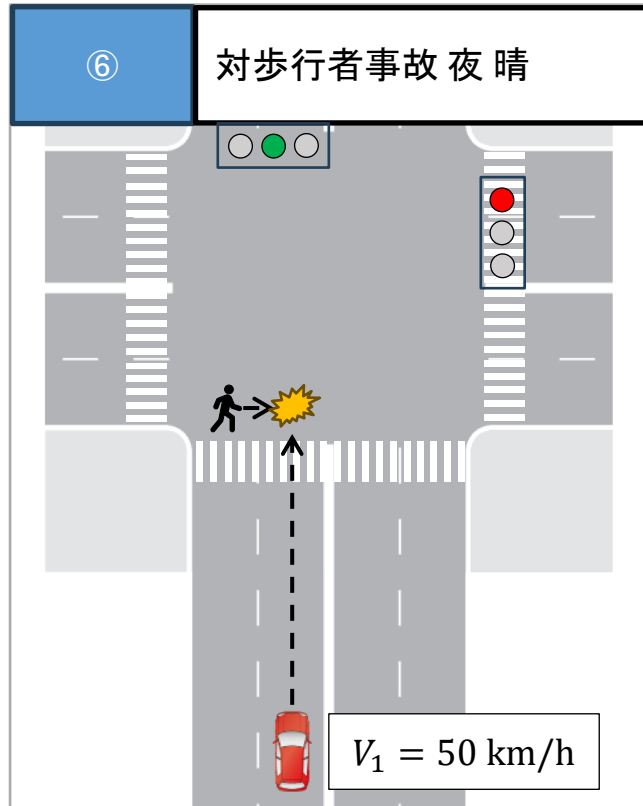


AEB非作動



AEB非作動

AEB搭載車両の事故例（対歩行者）



AEB非作動

AEB非作動の原因考察:

事故例のAEB搭載車両Aの登録日:2018年11月(歩行者に非対応)

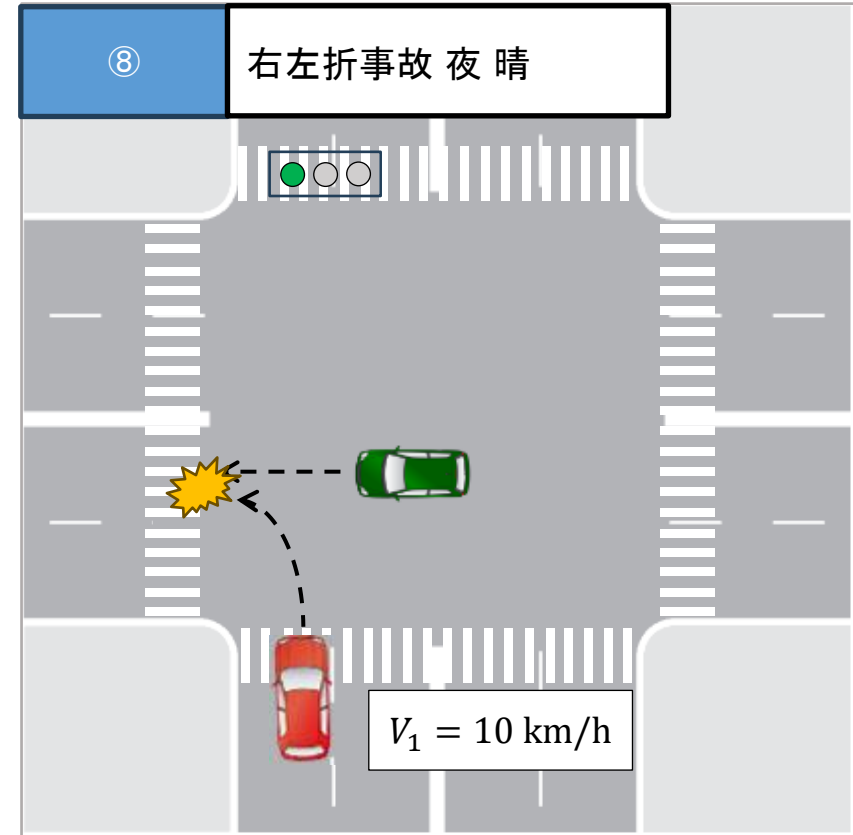
(参照:AEB搭載車両Aの取扱説明書)

生産年月:2017/10~2019/2	生産年月:2019/3~
AEBが歩行者に非対応	AEBが歩行者に対応

AEB搭載車両の事故例（右左折）



AEB非作動

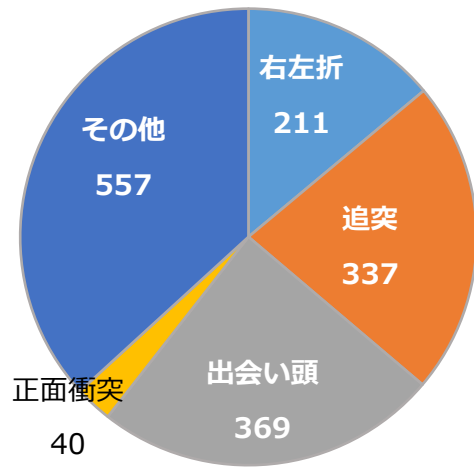


AEB非作動

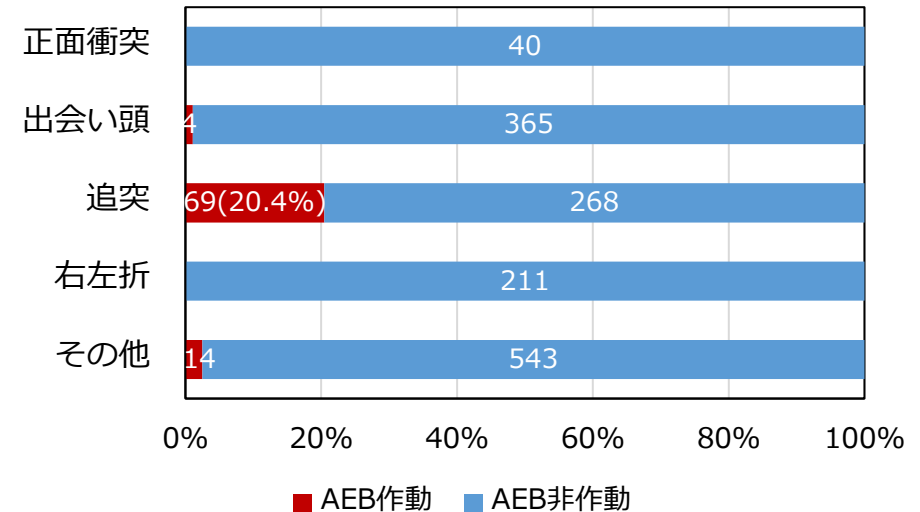
ヒヤリハットデータ分析（AEB搭載車両のみ）

対象データベース： 東京農工大学 ヒヤリハットデータベース（2022年）
高・中レベルヒヤリハットデータ：1514件

ヒヤリハットの形態別



AEB作動/非作動のヒヤリハットの形態別



- ヒヤリハット：“**先行車に追突**”において作動率が最も高い（20.4%）
- ヒヤリハット：“**右左折・正面衝突**”においてAEBが作動するケースは見られなかった

AEB搭載車両AのAEB作動条件

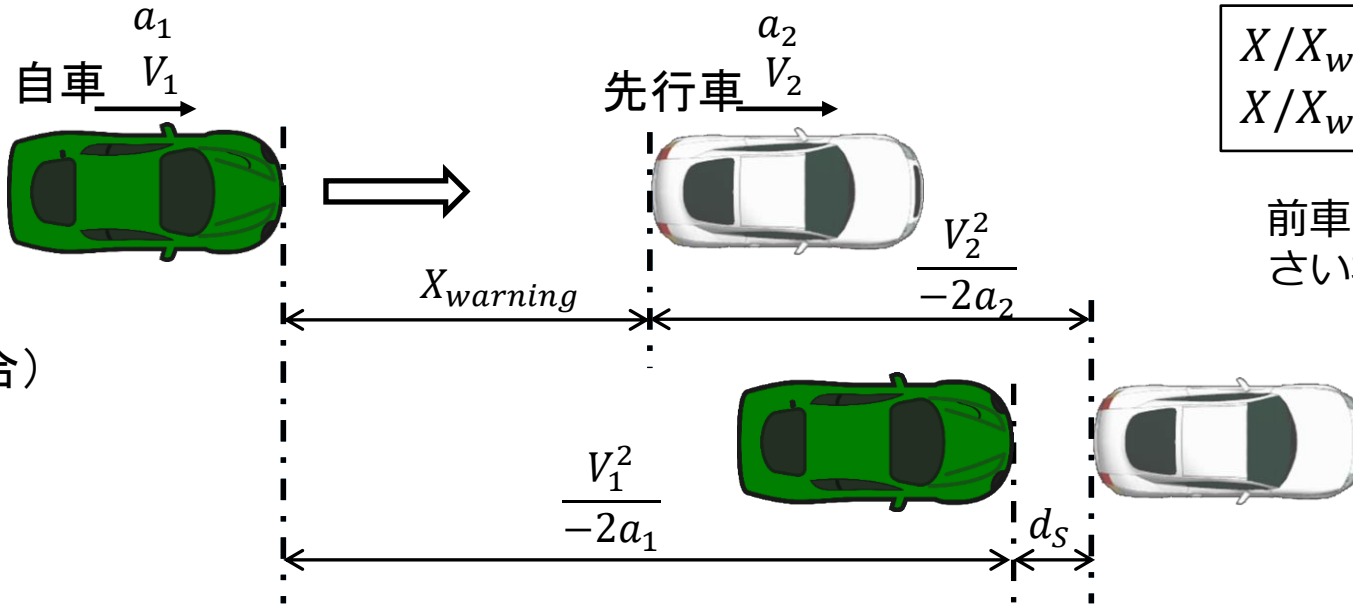
	作動タイプ	作動条件	作動内容
低速走行時 (CS/PSB)	クリアランスソナー (CS)	自車速度 < 15km/h 静止物との距離 < 35cm	衝突警報 ブザー警告音：長い連続音 「ピー」
	パーキングサポートブレーキ (PSB)	自車速度 < 15km/h 静止物との距離 2~4m	エンジン出力抑制制御 (車速の上昇を抑える) 自動ブレーキ制御 (減速させる)
高速走行時 (PCS)	プリクラッシュセーフティシステム (PCS)	自車速度 15~140km/h 相対速度 > 15km/h	衝突警報 ブザー警告音：断続音「ピピピ」
		自車速度 30~80km/h 相対速度 > 30km/h	プリクラッシュブレーキアシスト (ブレーキ力を増強する)
		自車速度 10~80km/h 相対速度 > 10km/h	プリクラッシュブレーキ (自動ブレーキ)

(参照：AEB搭載車両Aの取扱説明書)

高速走行時における警報距離の計算アルゴリズム Stopping Distance Algorithm (SDA)

資料参考文献:
JISD0802:2015
JISD0808:2015

$$X_{warning} = V_1 T + \left(\frac{V_1^2}{-2a_1} \right) - \left(\frac{V_2^2}{-2a_2} \right) + d_s$$



(右図は $T = 0$ とする場合)

$X/X_{warning} \leq 1$: AEB警報
 $X/X_{warning} \leq \xi$: AEB自動制動

前車との距離(X)が警報距離より小さい場合、衝突警報が作動する

T : 反応時間+ブレーキシステム遅延時間(システム設定値)

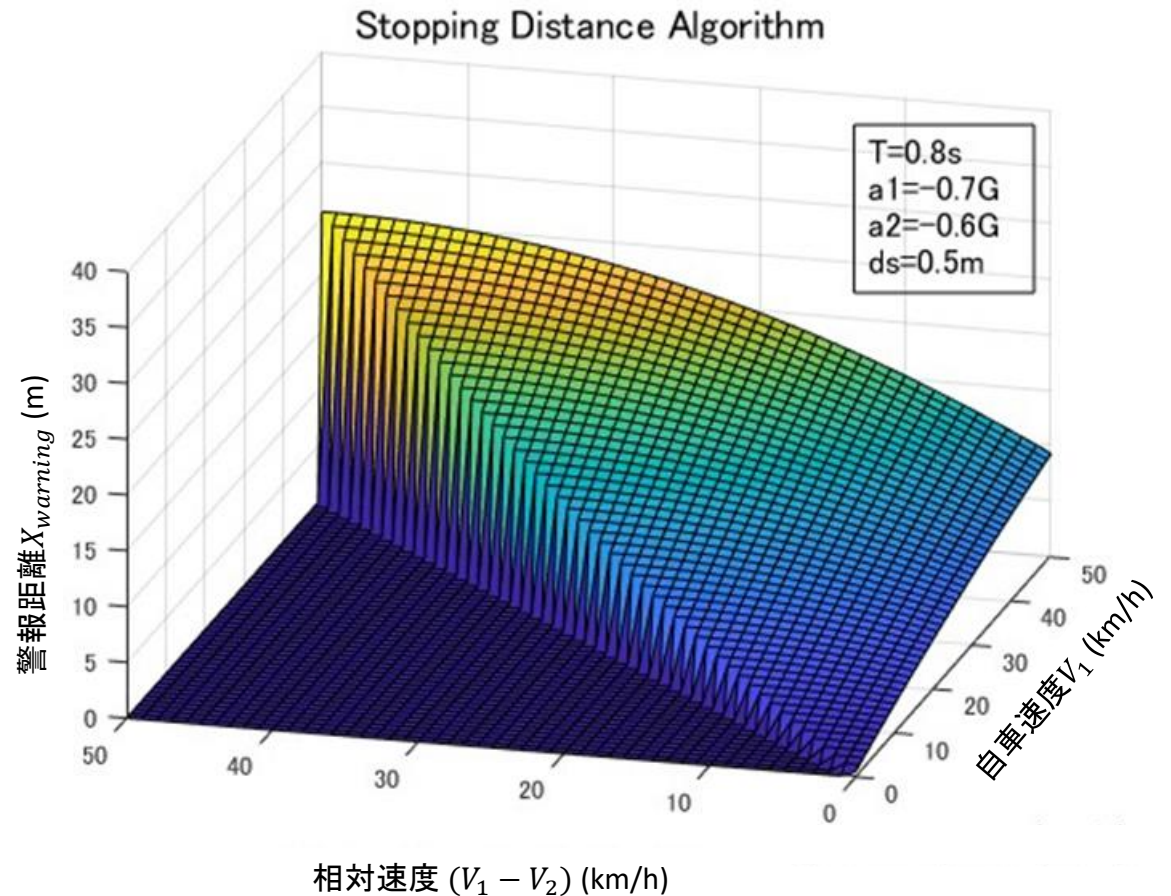
d_s : 想定した安全距離(システム設定値)

a_1, a_2 : 想定した減速度(システム設定値)

警報距離 $X_{warning}$ の3次元曲面

$$X_{warning} = V_1 T + \left(\frac{V_1^2}{-2a_1} \right) - \left(\frac{V_2^2}{-2a_2} \right) + d_s$$

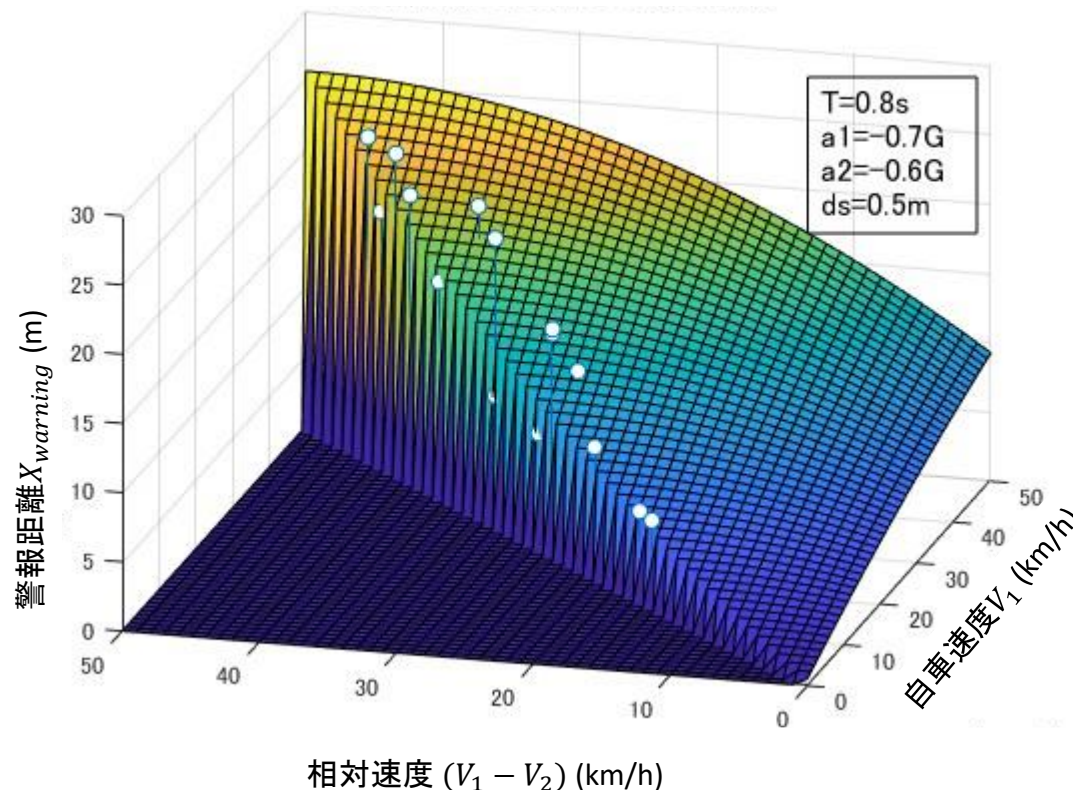
V_1 と V_2 から、
警報距離 $X_{warning}$ を計算することが可能
 V_1 と V_2 を様々に変化させて $X_{warning}$ を計算し、
 V_1 、 V_2 に対してプロットすることで、
 $X_{warning}$ の3次元曲面を作成した



($V_1 - V_2$ はAEBが直接得られるパラメータ)

AEBが作動した事例（ヒヤリハット）の分析

$$X_{warning} = V_1 T + \left(\frac{V_1^2}{-2a_1} \right) - \left(\frac{V_2^2}{-2a_2} \right) + d_s$$



ヒヤリハット形態: 追突
AEBが作動したヒヤリハット: 17件

AEBが作動した69件の追突のうち、
・高速走行時
・東京農工大の測距ソフトウェアにより
車間距離が計算できる
事例を対象とした

AEBが作動した17件の事例において、AEB作動時刻における2車間の距離 X 、車速 V_1 、 V_2 をプロットすると、理論式より計算される $X_{warning}$ 曲面の近くに分布していることが分かる

まとめ（ドライブレコーダーデータの分析）

- 衝突被害軽減ブレーキ(AEB)搭載車両データの事故形態では追突と被追突事故が最も多かった。
- 自車と先行車のオーバーラップが小さい場合、AEBが作動しない可能性がある。
- AEBは追突衝突の防止に効果的であると考えられる。一方、右左折や正面衝突では、AEBが作動する割合は小さかった。
- AEBが作動した事例では、作動時刻における2車間距離、車速が警報距離曲面の近くに分布する。

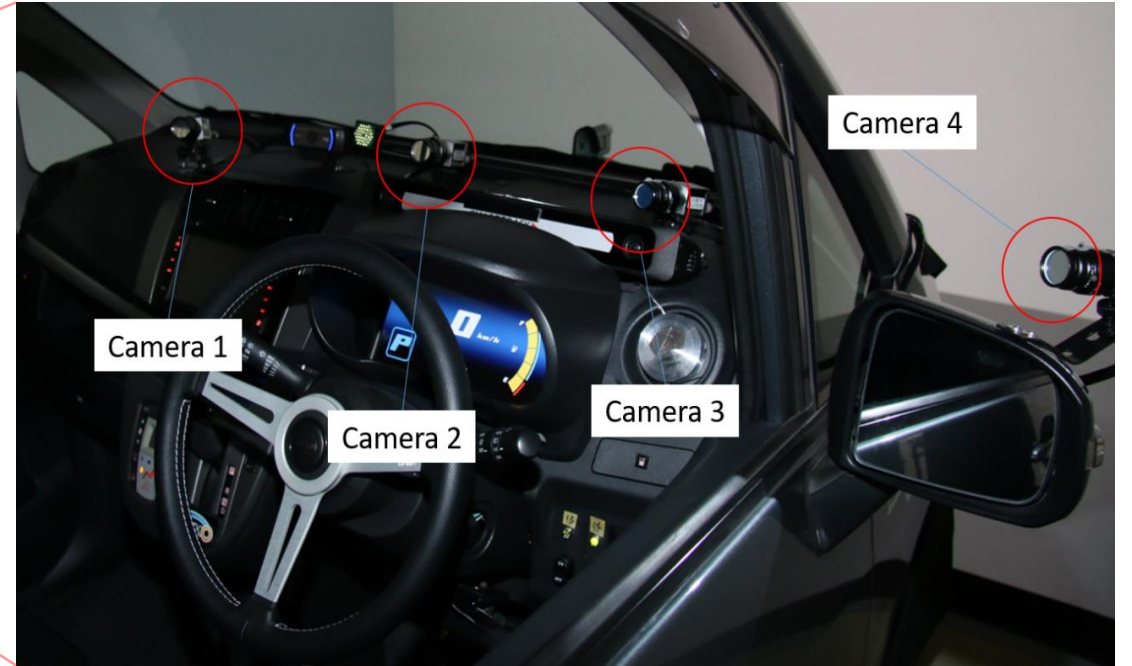
ドライビングシミュレータ実験

ドライブレコーダの事故データを再現した先行車の無い走行環境における
ドライバの年齢に基づく視線特性の検討

ドライビングシミュレータ実験

ドライビングシミュレータ

視線トラッキングシステム



車両データ

速度, 減速度, 姿勢角など

ドライバーデータ

頭部姿勢角, 視線角

実験目的: 先行車が無い走行環境において事故に至る高齢者と非高齢者ドライバの視線特性の検討

実験条件

	被験者		シナリオ				
	高齢者(65歳以上)	非高齢者(64歳以下)	目標速度	車線数	自転車	TTCa	
被験者数 (N)	16	8	A	45 km/h	2	無し	-
男性被験者数 (N)	8	7	B	35 km/h	1	無し	-
女性被験者数 (N)	8	1	C	45 km/h	2	有り	2 s
年齢[歳], 平均 (SD)	73.9(5.3)	35.3(12.6)	D	35 km/h	1	有り	1 s

シナリオA



シナリオB



シナリオC
ファースайдから自転車出現時

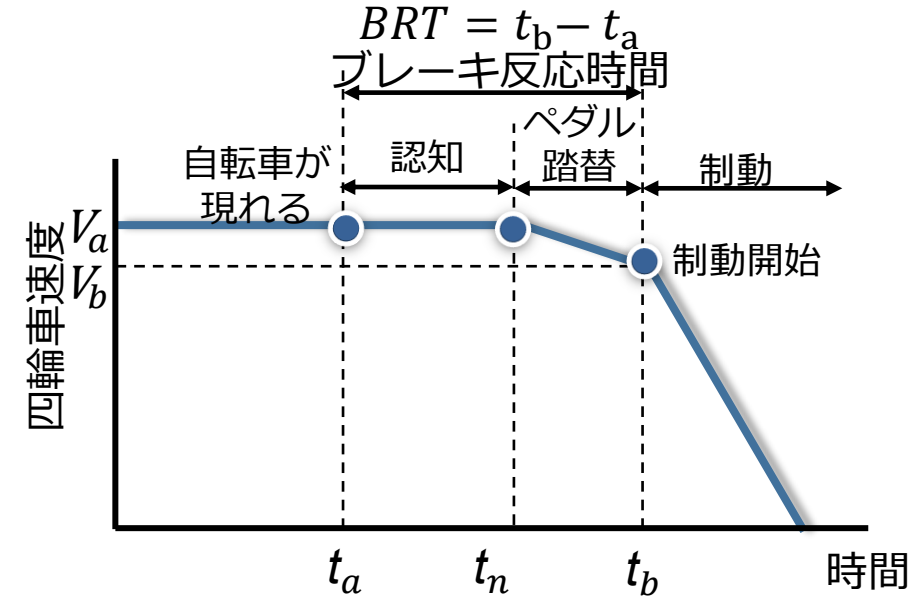


シナリオD
ニアサイドから自転車出現時



シナリオABをランダムな順番で実施し、その後シナリオCDをランダムな順番で実施する

ドライバの反応時間



t_a : 自転車が現れた時刻
 t_n : ドライバが自転車を認知した時刻
 t_b : ドライバが制動を開始した時刻

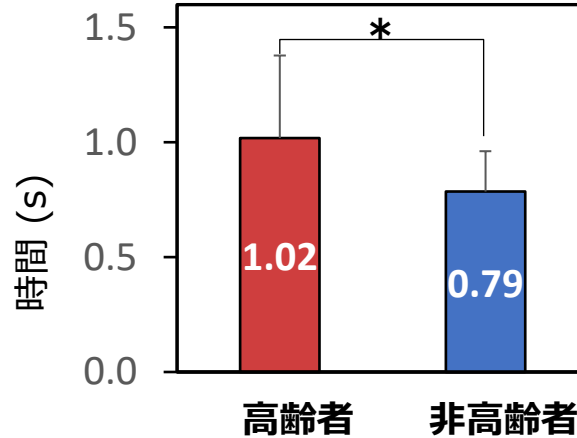
$BRT = t_b - t_a$

$BRT = \text{認知時間} + \text{ペダル踏替時間}$

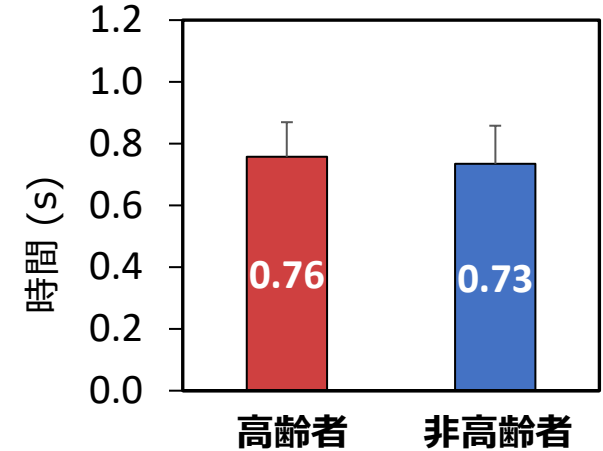
認知時間 = $t_n - t_a$

ペダル踏替時間 = $t_b - t_n$

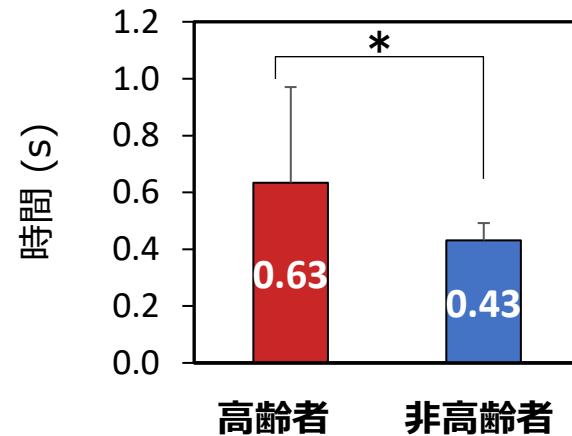
BRT(シナリオC TTC 2 s)



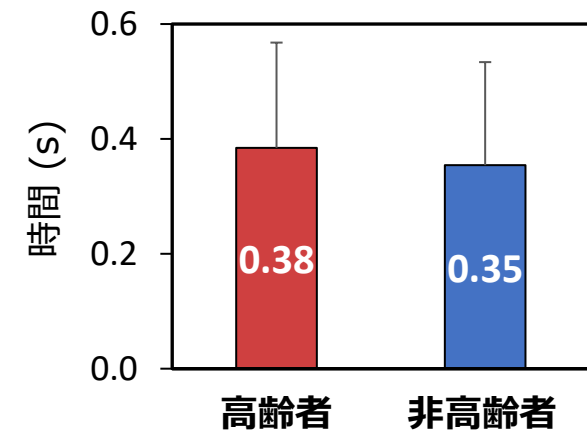
BRT(シナリオD TTC 1 s)



認知時間 $t_n - t_a$ (シナリオC)

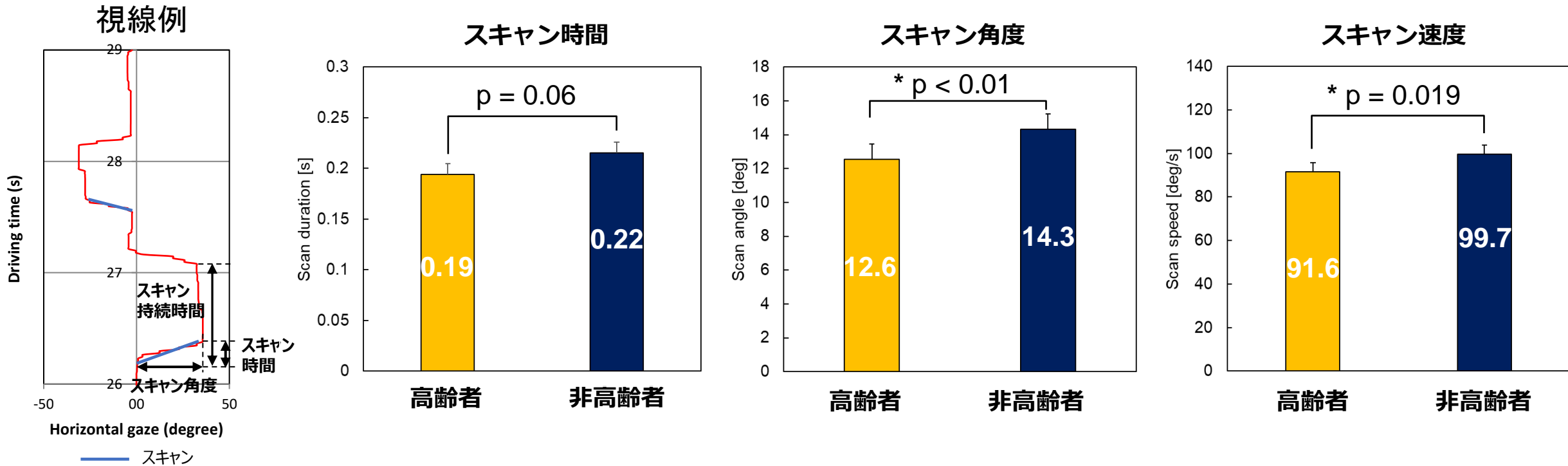


ペダル踏替時間 $t_b - t_n$ (シナリオC)



- 自転車がファーサイドから出現する状況 (C) では高齢者の反応の遅れが見られる
- 認知の遅れによって反応が遅れる

ドライバ視線スキャン特性の年齢による比較

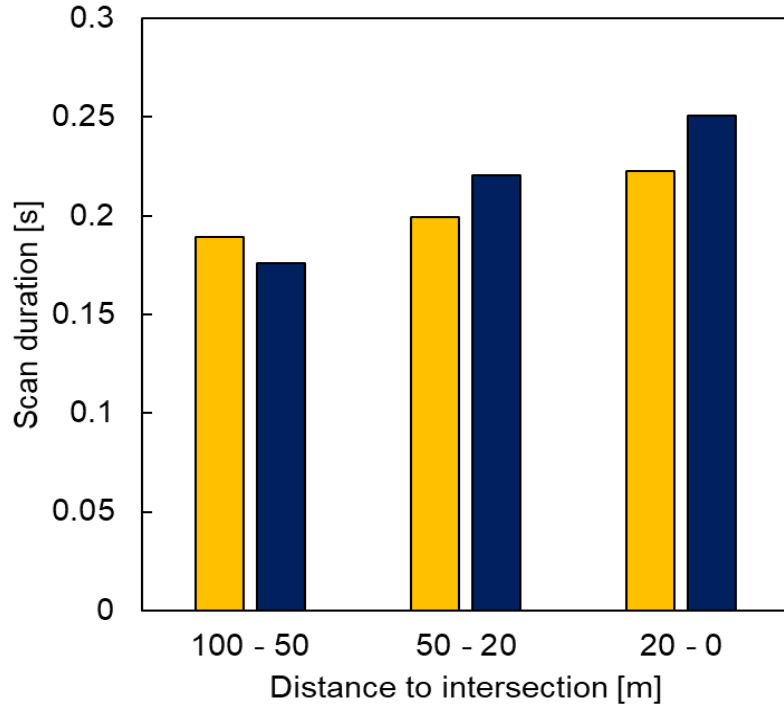


$$\text{スキャン速度} = \frac{\text{スキャン角度}}{\text{スキャン時間}}$$

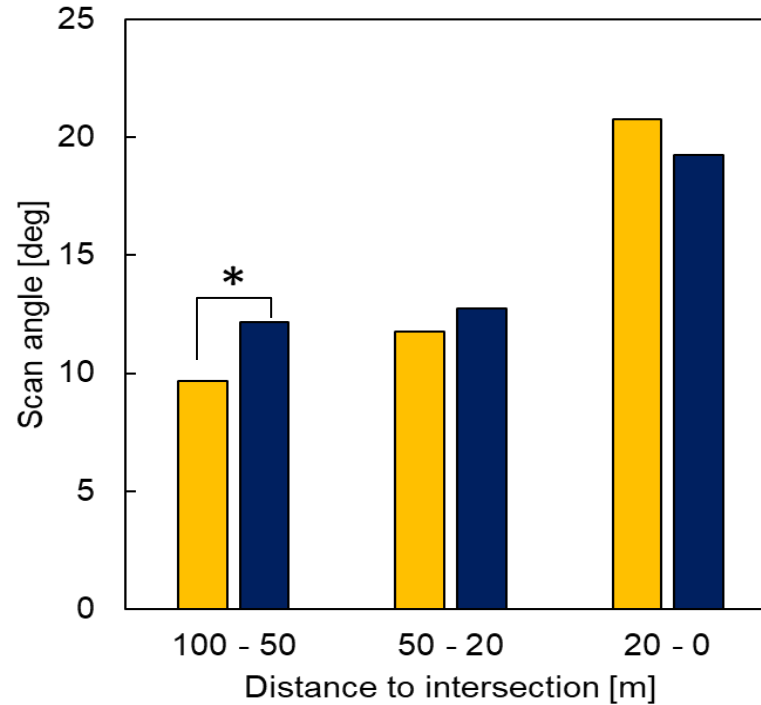
- 高齢者のスキャン時間は、非高齢者より短い傾向がある
- 高齢者のスキャン角度は、非高齢者より有意に小さい
- 高齢者のスキャン速度は、非高齢者より有意に小さい

交差点までの距離と視線スキャン特性

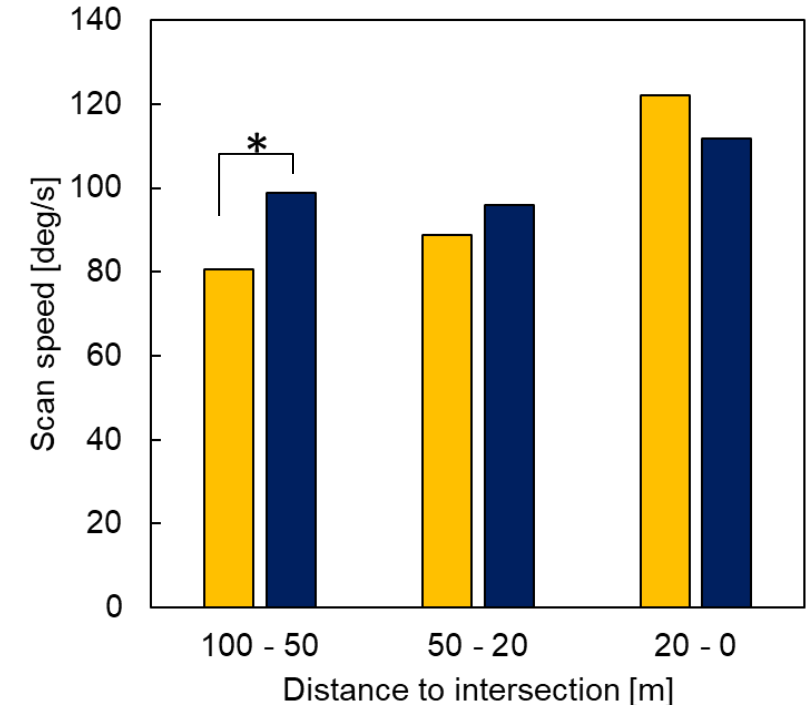
スキャン時間



スキャン角度



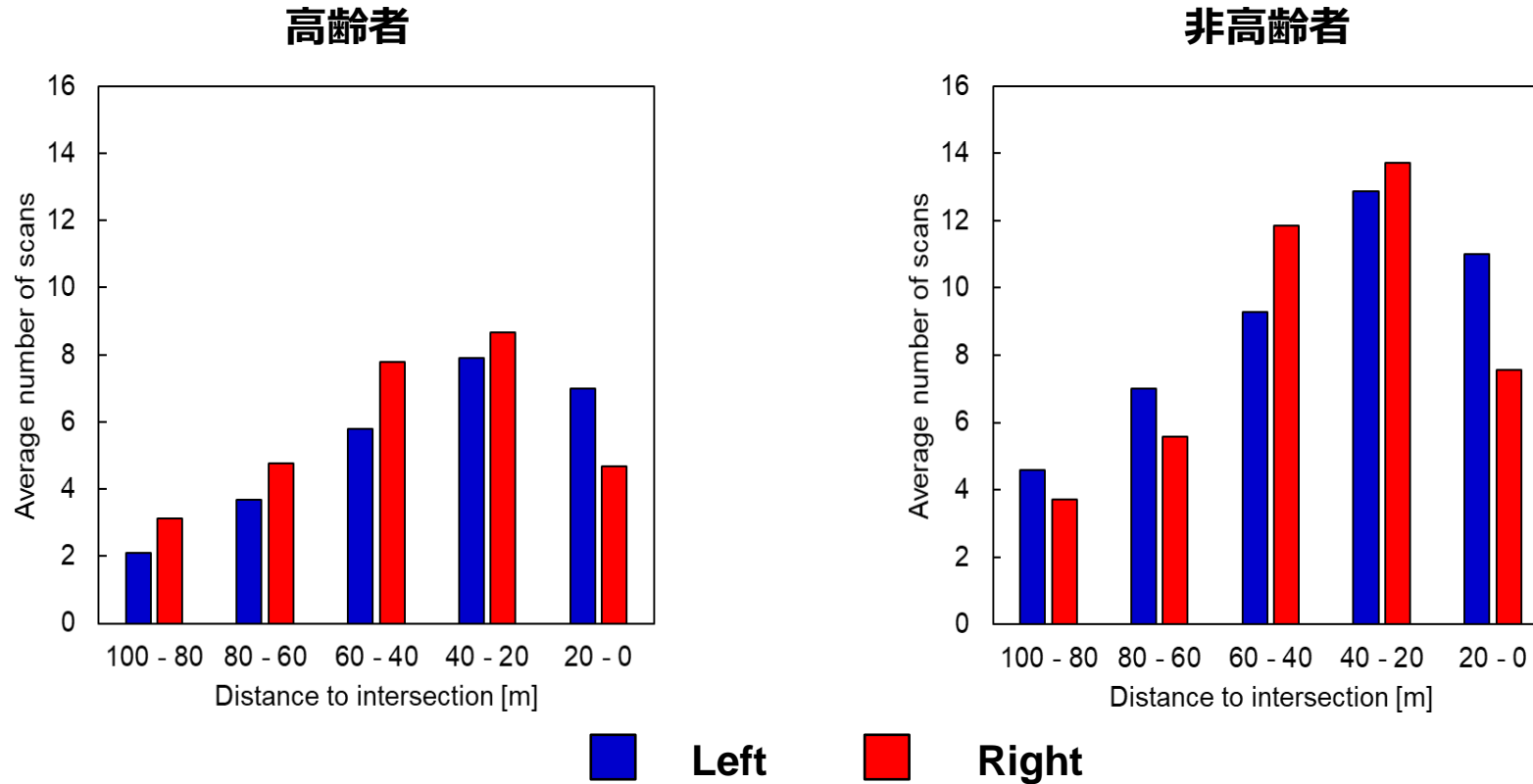
スキャン速度



■ 高齢者 ■ 非高齢者

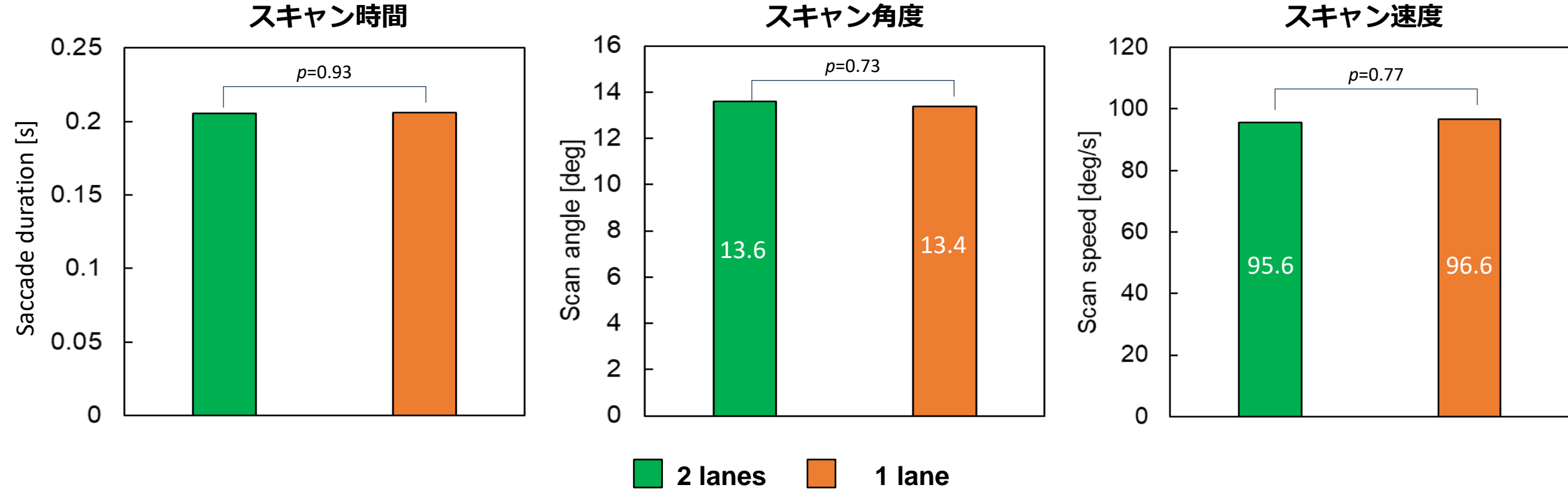
- 交差点までの距離が近づくほど、スキャン時間、スキャン角度、スキャン速度は、大きくなる傾向がある
- 交差点まで100-50 mの範囲では、スキャン角度、速度ともに 高齢者 < 非高齢者

交差点までの距離と視線スキャン回数



- 交差点までのどの範囲でも、高齢者よりも非高齢者の方が平均スキャン回数が多い
- 交差点接近につれてスキャン回数が増加し、交差点前40 - 20 mの範囲において最も多い
- 交差点まで20 - 0 mの範囲では高齢者と非高齢者のスキャン角度が増加したために、スキャン回数が減少したと考えられる
- 交差点まで20 - 0 mの範囲では高齢者と非高齢者ともに左側 (Near side) のスキャン回数が顕著に増加する
- 交差点まで100 - 60 mの範囲では非高齢者は右より左をスキャンすることが多いが、高齢者は左より右をスキャンすることが多い

車線数別のスキャン特性比較



いずれの特性も車線数による差は見られない

まとめ（ドライビングシミュレータ）

- 交差点に近づくほど、ドライバのスキヤンの回数が増加するが、交差点から非常に近い範囲（20-0 m）では、スキヤン角度が増加するために、スキヤン回数が減少すると考えられ、左側のスキヤン回数が顕著に増加する。
- 高齢者のスキヤン回数は非高齢者より少ない。高齢者のスキヤン角度とスキヤン速度は非高齢者より有意に小さく、高齢者のスキヤン時間は非高齢者より短い傾向がある。
- 交差点まで100-60 mの範囲では、高齢者は右へのスキヤン回数が多く、非高齢者は左へのスキヤン回数が多い。交差点に近づくと、両グループとも右よりも左へのスキヤン回数が増加する。
- ドライバの視線特性（スキヤン時間、角度、速度）の車線数による差は見られない。

今後の課題

- ドライブレコーダの映像分析

追突事故におけるAEBの作動状況の分析を続ける

- ドライバの視線分析

スピードメーターチェック時の視線特性を分析する

交差点の見通しとドライバの視線行動の関係を分析する

走行環境（昼・夜）とドライバの視線行動の関係を分析する