

事故分析WG

自転車対四輪車出会い頭事故の ドライビングシミュレータによる再現

名古屋大学

2019年3月22日

自動車安全技術プロジェクトチーム第13回会議

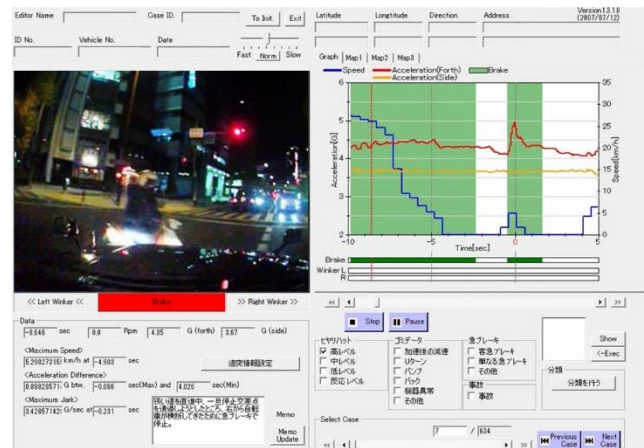
ドライブレコーダ データ

- 愛知県の事故データ

愛知県産業振興課 自動車安全技術プロジェクトにて、
愛知県タクシー協会、名古屋市タクシー協会の協力のもと収集
(1163件, 2008~2018)

- ヒヤリハットデータ

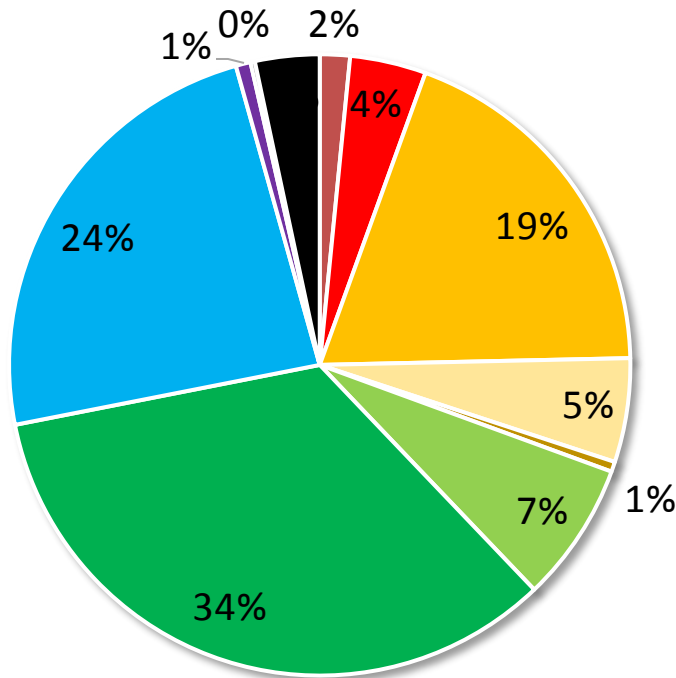
東京農工大がまとめている
東京都, 静岡県, 福岡県, 北海道のタクシーのデータ
2005~2010 (1カメラ), 2008~2016 (2カメラ)



事故分析

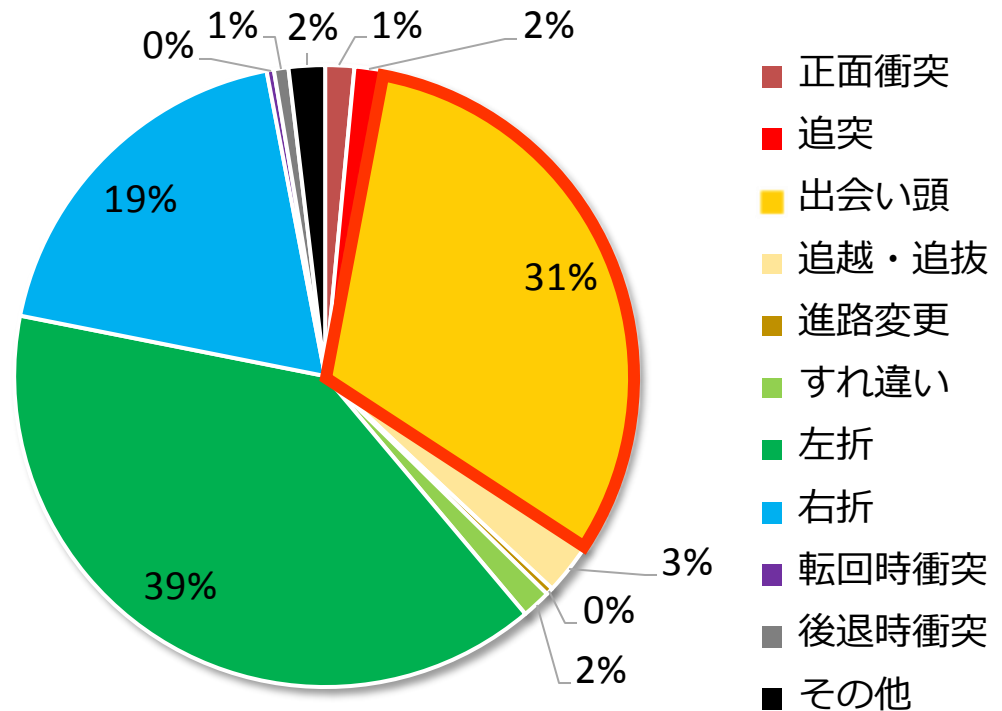
四輪車対自転車事故形態

ヒヤリハット



N=10523

衝突事故

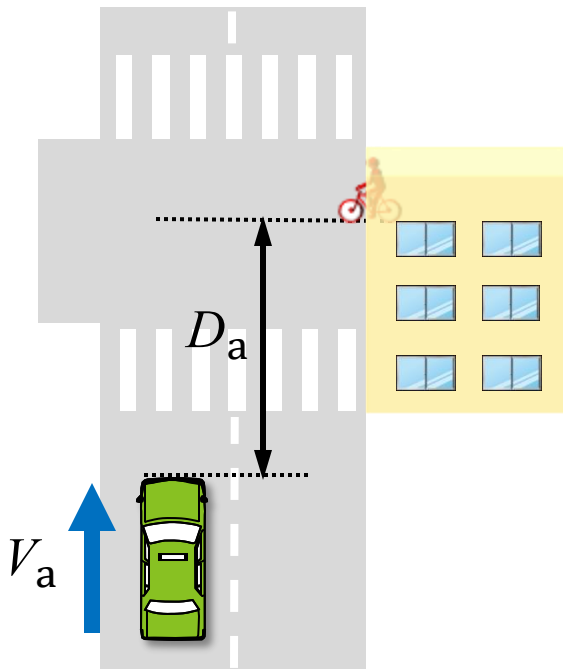


N=270

- 正面衝突
- 追突
- 出会い頭
- 追越・追抜
- 進路変更
- すれ違い
- 左折
- 右折
- 転回時衝突
- 後退時衝突
- その他

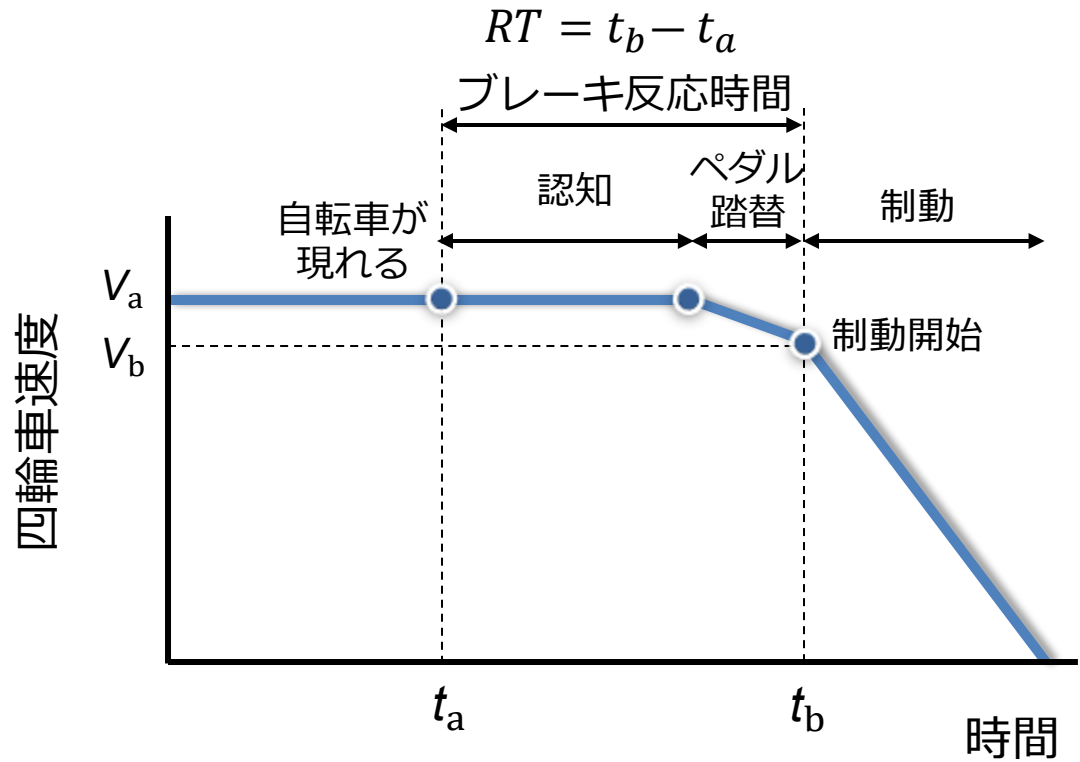
四輪車対自転車の出会い頭事故の分析を行う

衝突余裕時間と四輪車速度



衝突余裕時間
(自転車出現時)

$$TTC_a = \frac{D_a}{V_a}$$



RT : ブレーキ反応時間

t_a : 自転車が現れた時刻 (イベント)

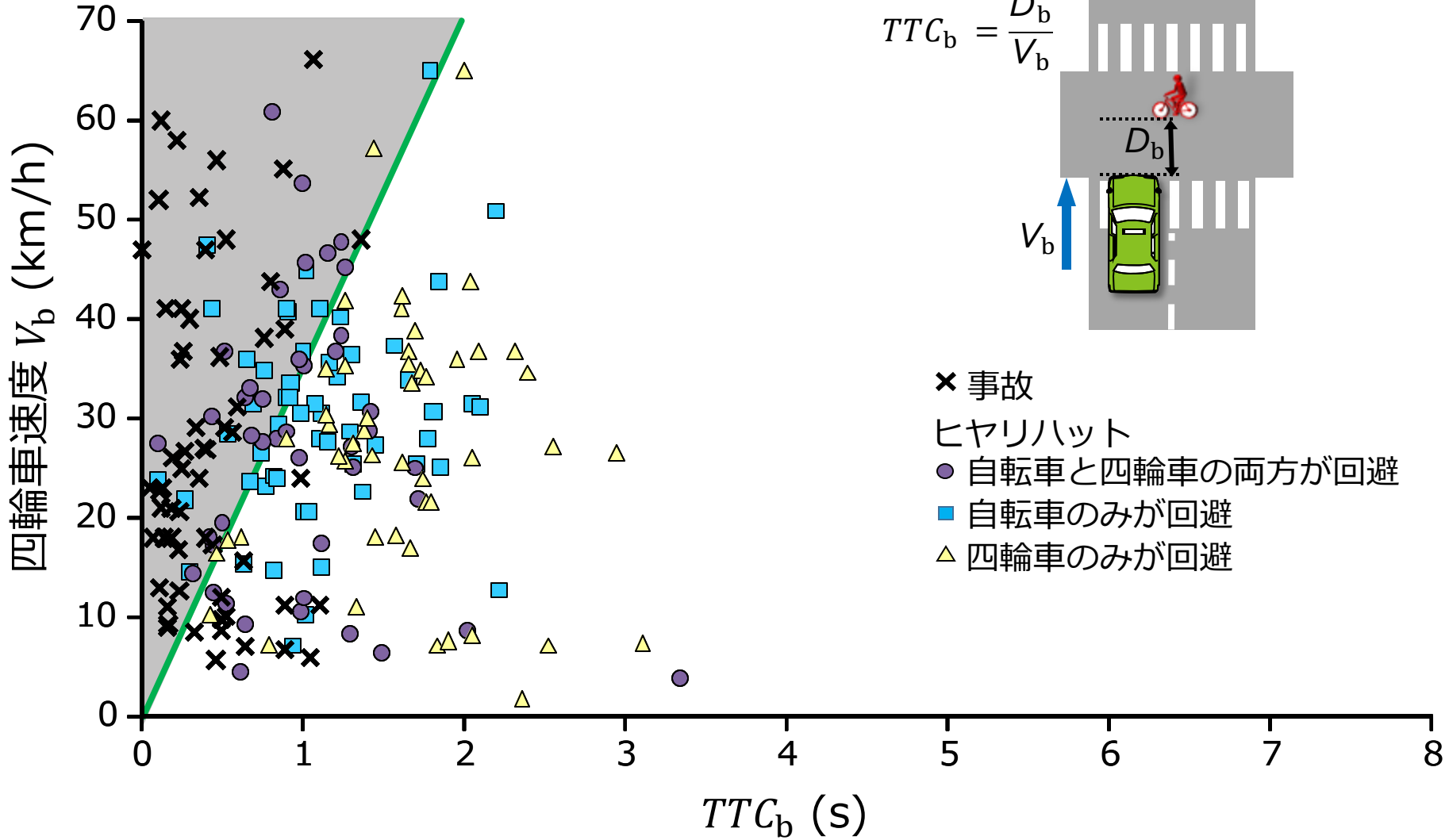
t_b : 四輪車運転車が制動開始した時刻

D_a : 自転車が現れたときの四輪車との距離

V_a : 自転車が現れたときの四輪車速度

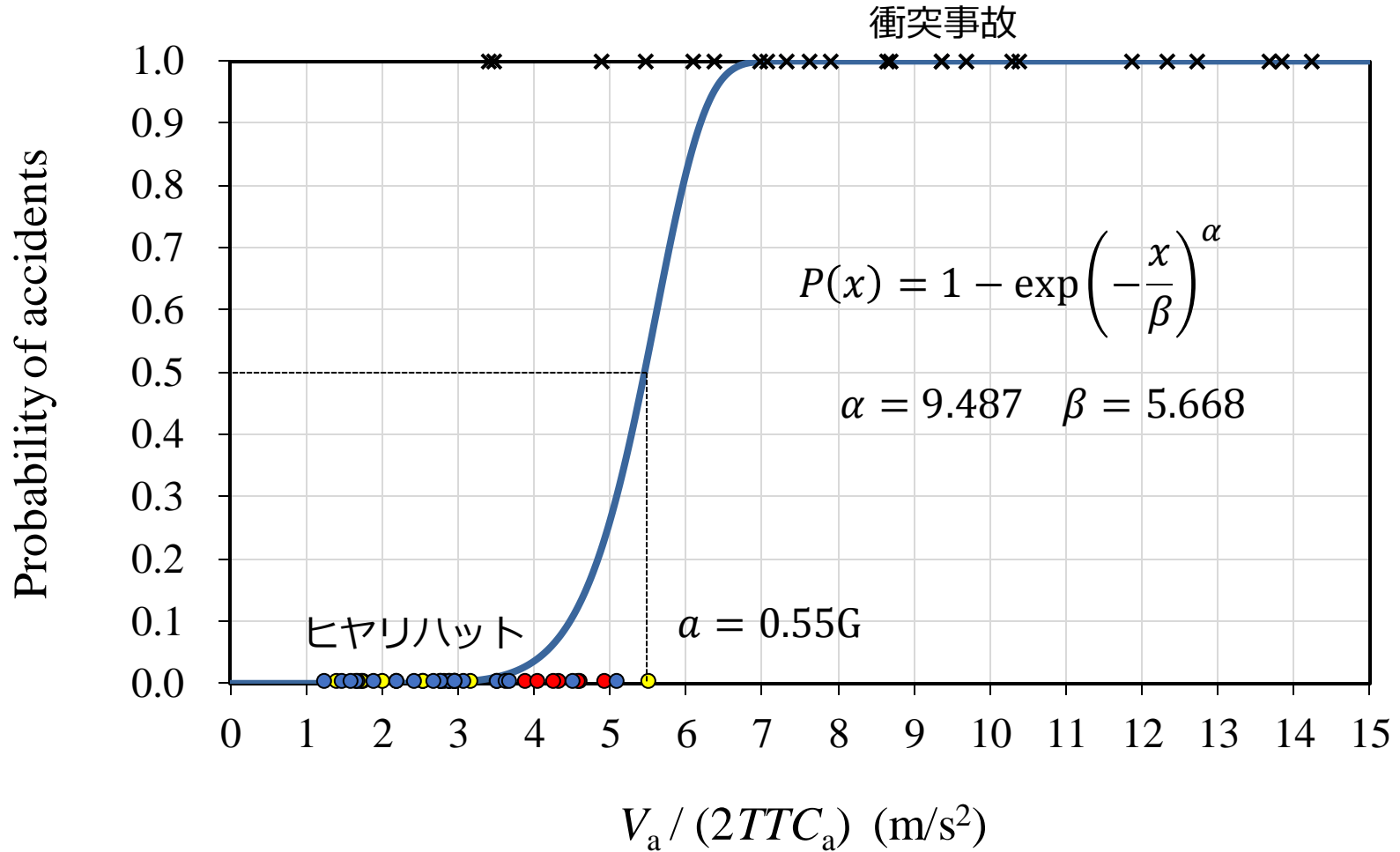
TTC_b vs. V_b (制動開始時)

$a = 0.55G$



- × 事故
- ヒヤリハット
- 自転車と四輪車の両方が回避
- 自転車のみが回避
- ▲ 四輪車のみが回避

事故発生確率

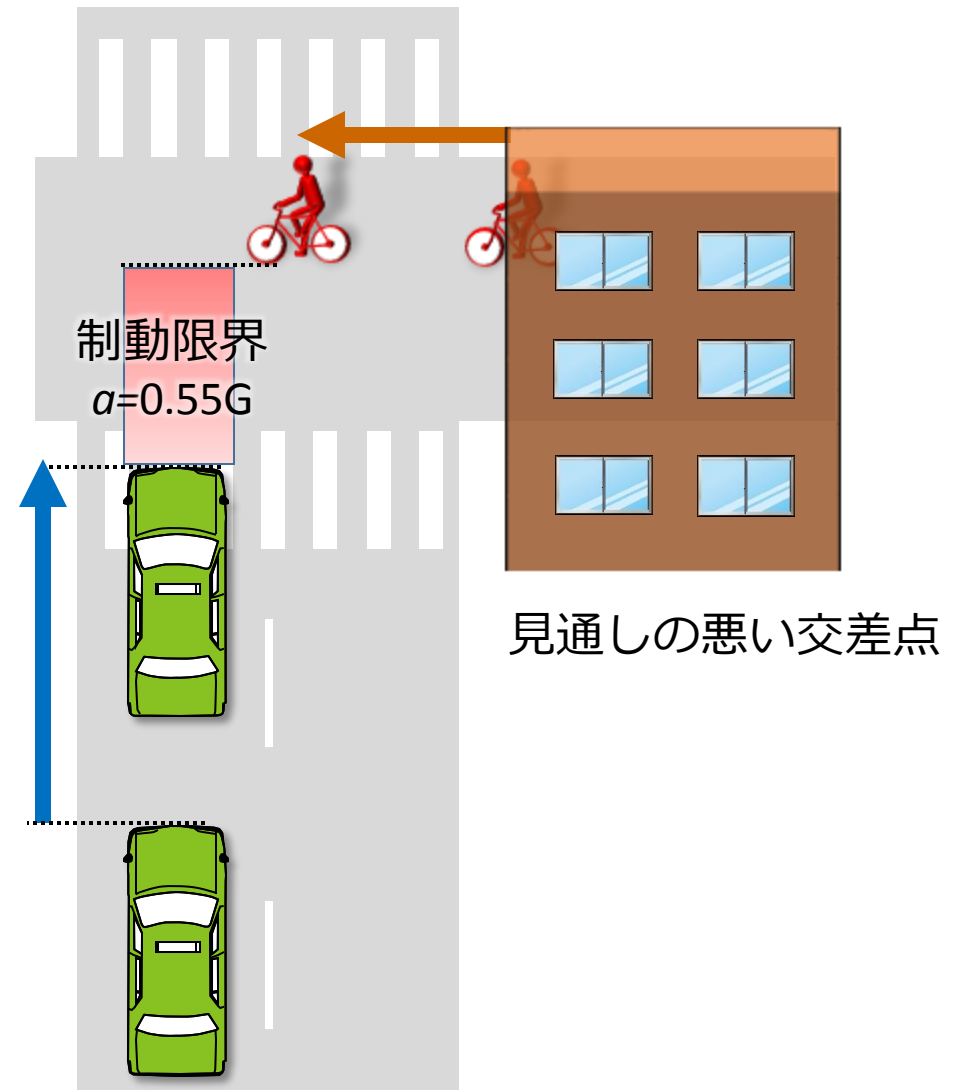


- 自転車乗員が回避したヒヤリハットを除く
- 四輪車速度15 km/h以上

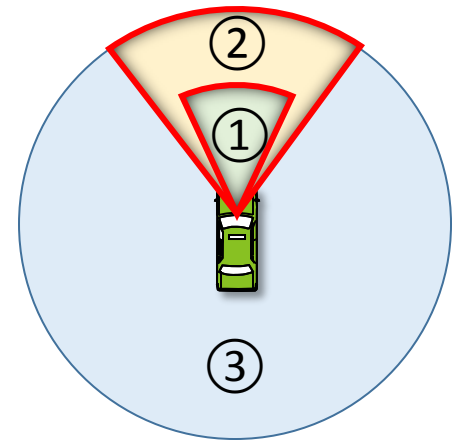
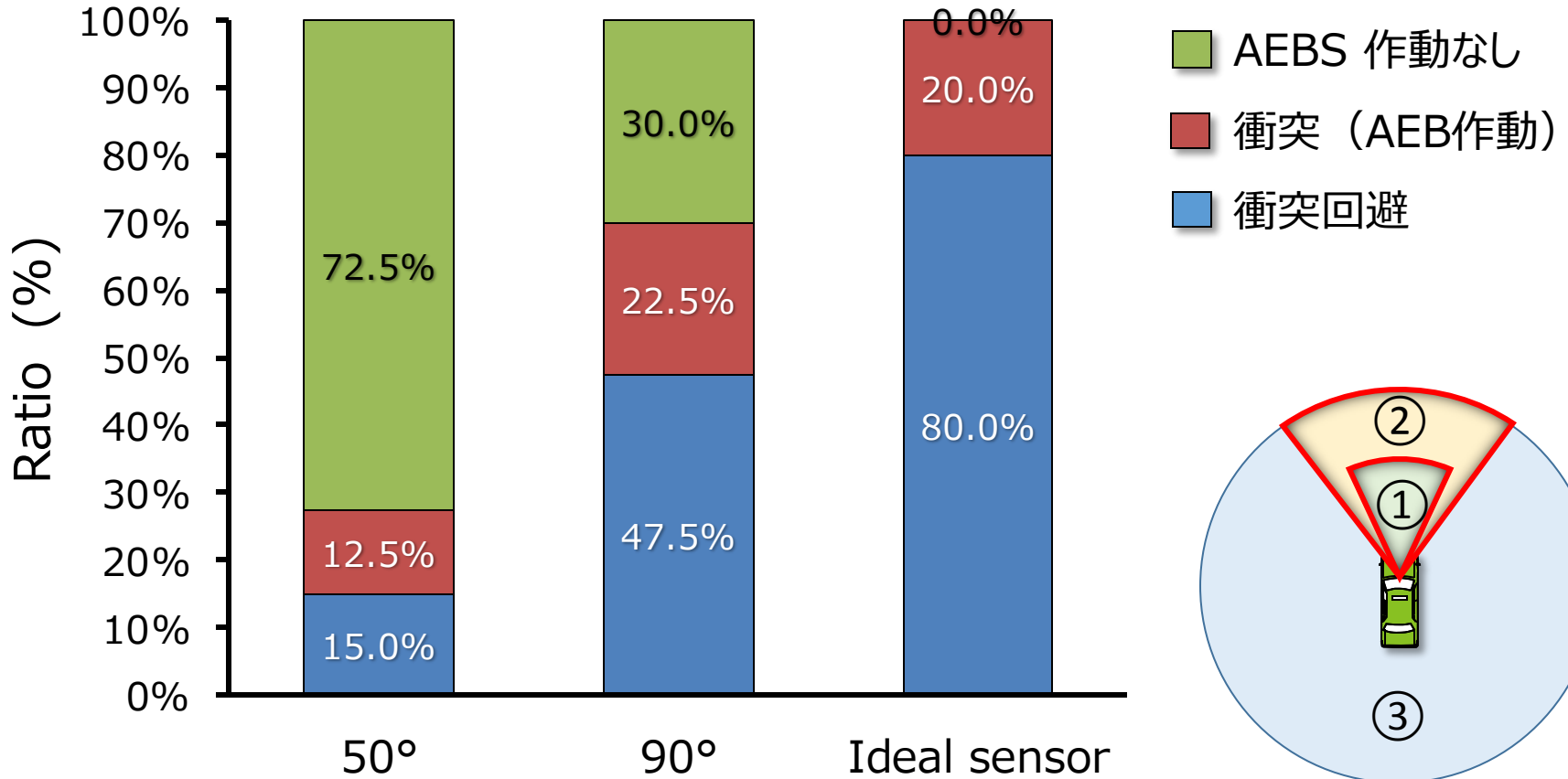
出会い頭事故の発生形態（制動開始時）

② 自転車の飛び出し
 $TTC_b < 1 \text{ s}$

① 四輪運転者の制動遅れ
 $TTC_b > 1.2 \text{ s}$



自動ブレーキ性能と事故回避



- Field of View
- ① FOV 50°
 - ② FOV 90°
 - ③ FOV 360°

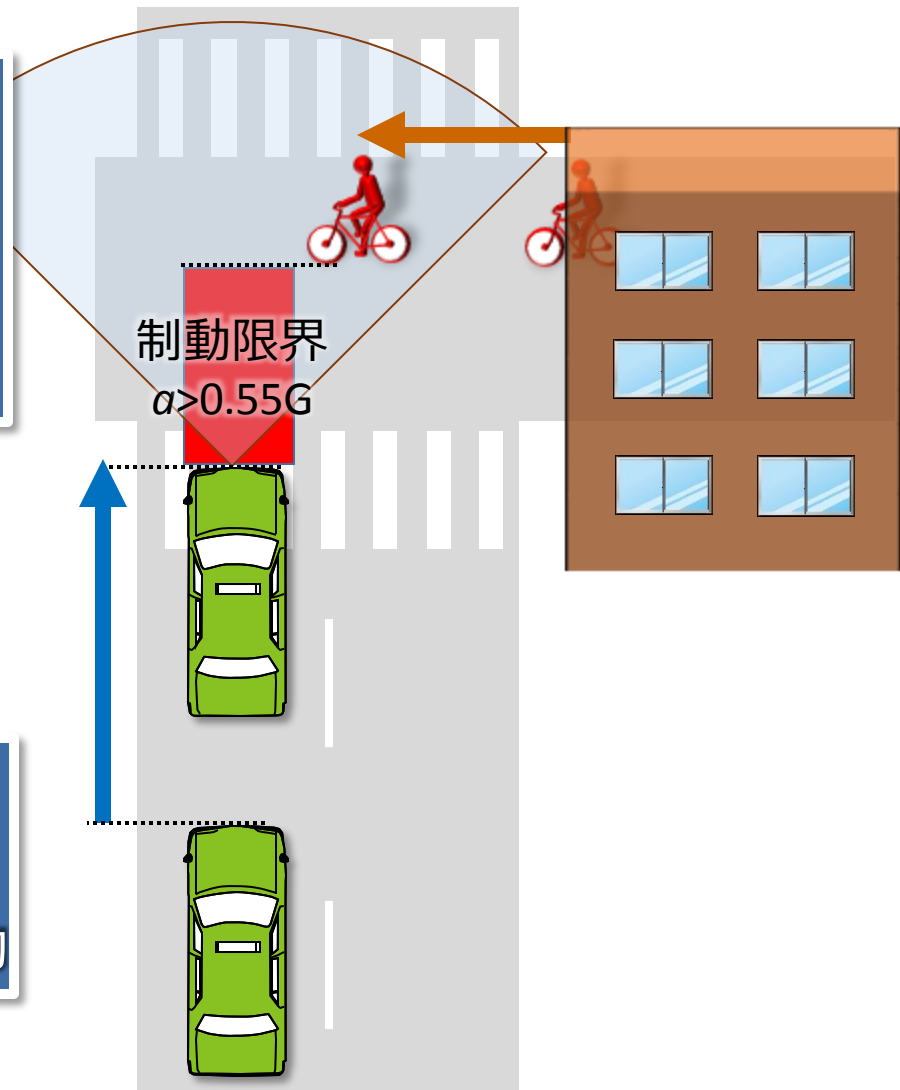
出会い頭事故の自動ブレーキによる回避

② 自転車の飛び出し $TTC_b < 1\text{ s}$

- AEBによる衝突回避が困難
- 制動時間短縮が衝突速度低減に効果あり

① 四輪車の制動遅れ

- AEBによる衝突回避が可能
- AEBのセンサー角拡大が有効



ドライビングシミュレータによる出会い頭事故再現

ドライビングシミュレーター

5画面3D立体VRドライビングシミュレーター

画面

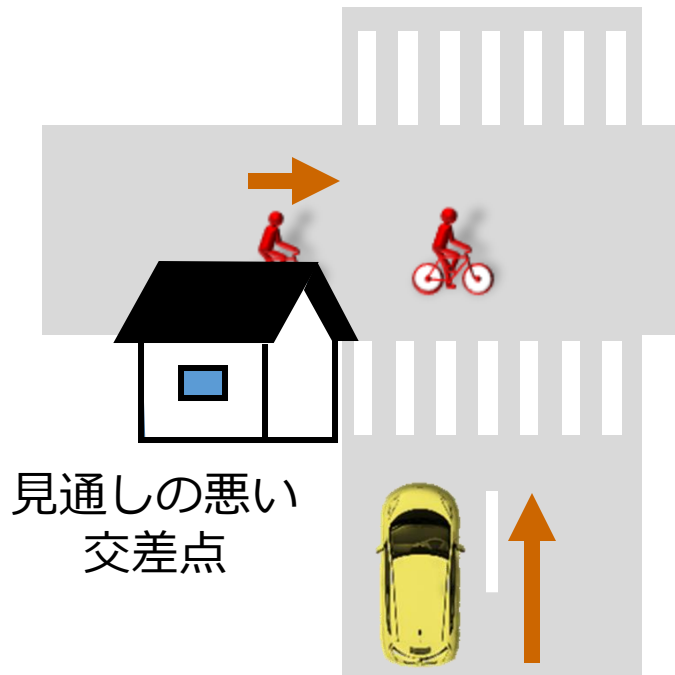


モーションステージ

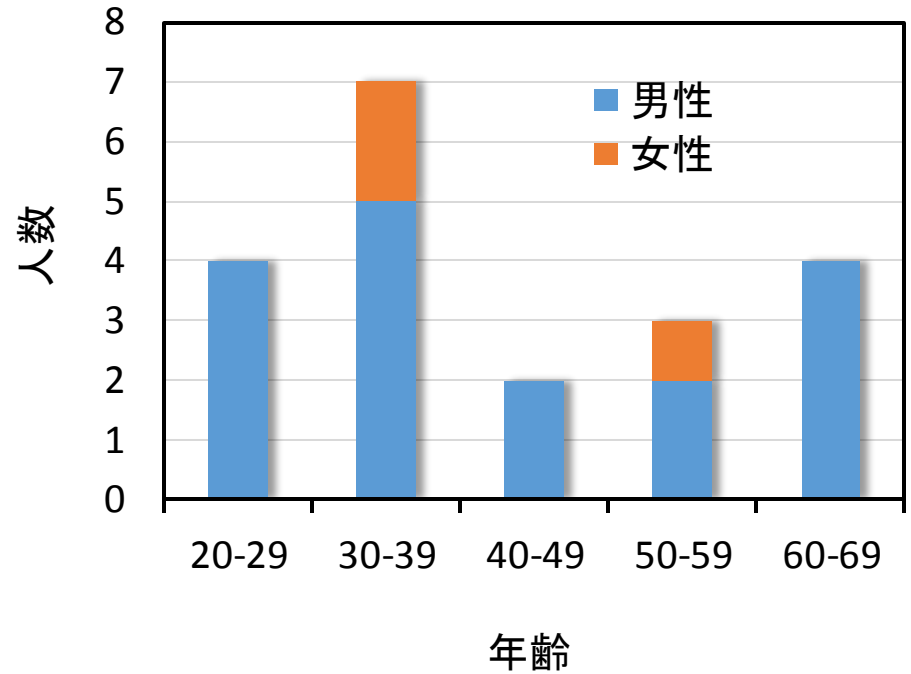
出力データ

- DSから得られる情報
位置, 速度, ブレーキ, ステアリング操作
- 被験者から得られる情報
顔の向き, 視線 (車内映像より)
運転スタイル, 負担感受性

実験内容



被験者 (20名)



実験マトリクス

シナリオ	目標速度 (km/h)	自転車出現時 TTC_a (s)	自転車速度 (km/h)
A	45	1.9	10
B	35	0.5	10

実験手順

実験の説明
インフォームドコンセント



練習走行

ペダル操作や運転
感覚の確認



ヒヤリハット

移動する歩行者、
自転車を含む



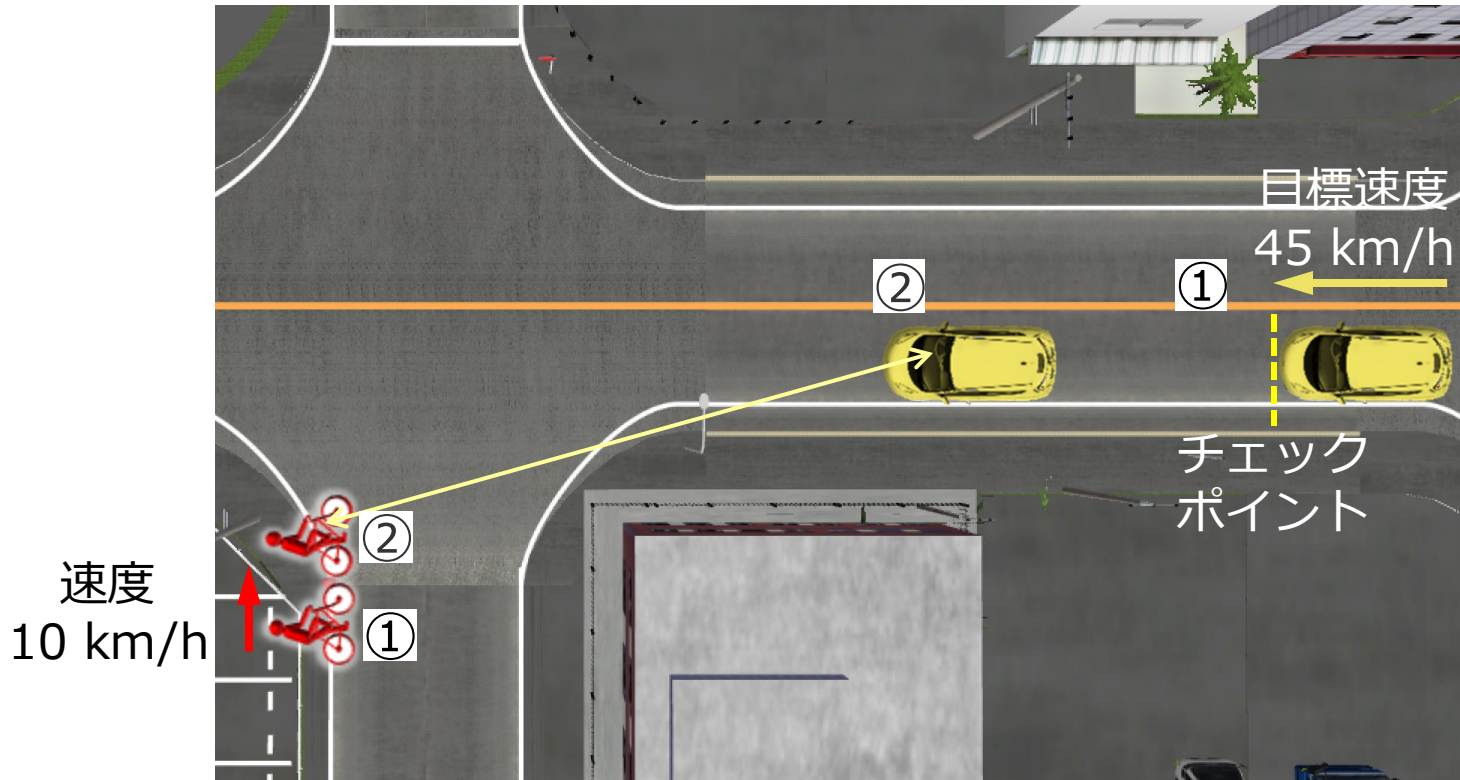
衝突シナリオ

- ・シナリオA
 - ・シナリオB
- シナリオ順はランダム



負担感受性チェックシート
運転スタイルチェックシート

走行手順 (シナリオA)



- ① 四輪車がチェックポイントを通過
自転車が動き出す
- ② 交差点の死角から自転車が出現 (時刻 t_a)
 $1.5 \text{ s} < \text{TTC}_a < 1.9 \text{ s}$

シナリオA (TTCa 1.9 s)



事故のデータ

TTC_a 1.9 s

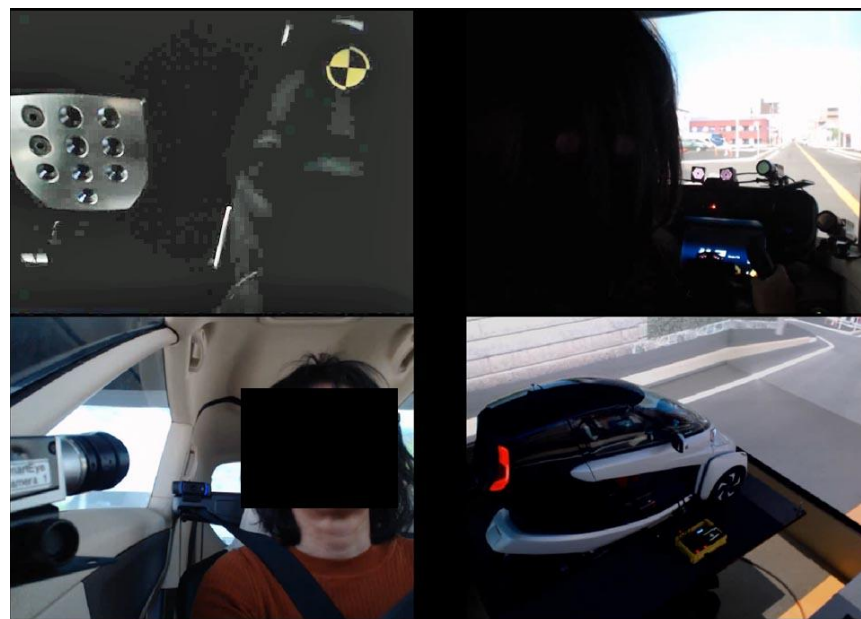
自転車が現れたときの速度 42 km/h

シナリオA (TTCa 1.9 s) DS映像

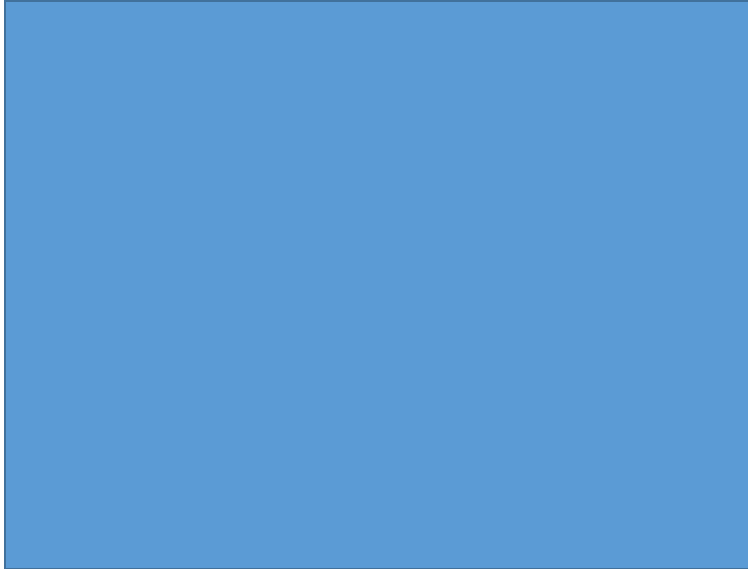
回避



衝突



シナリオB (TTCa 0.5 s)



事故のデータ

TTC_a 0.5 (s)

自転車が現れたときの四輪車速度 32 km/h

シナリオB (TTCa 0.5 s) DS映像

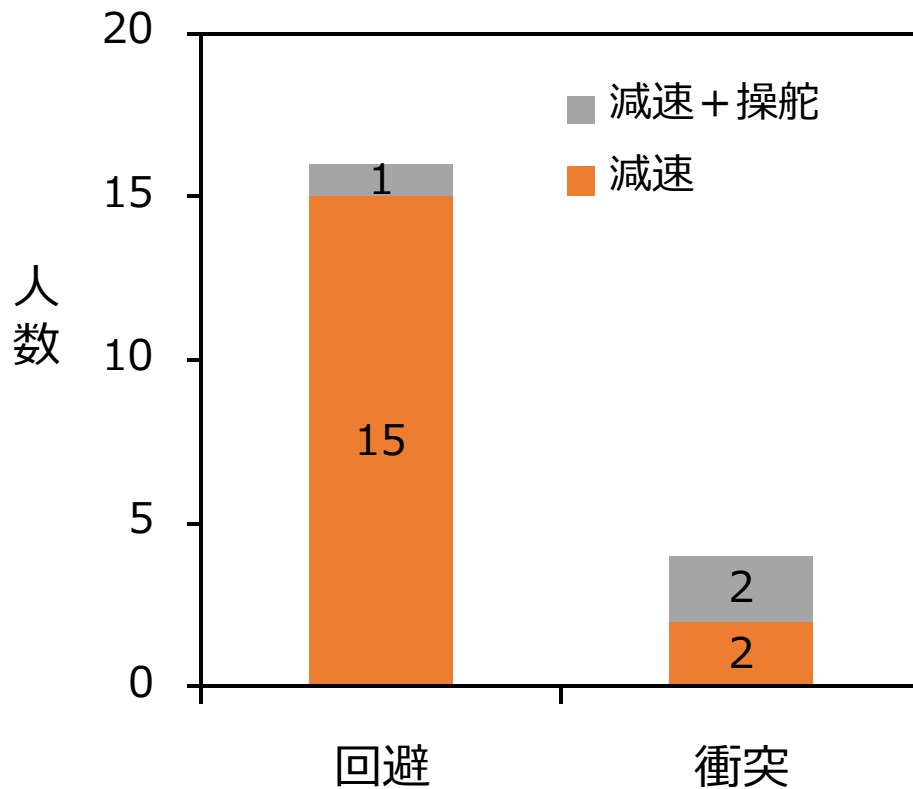
回避

衝突

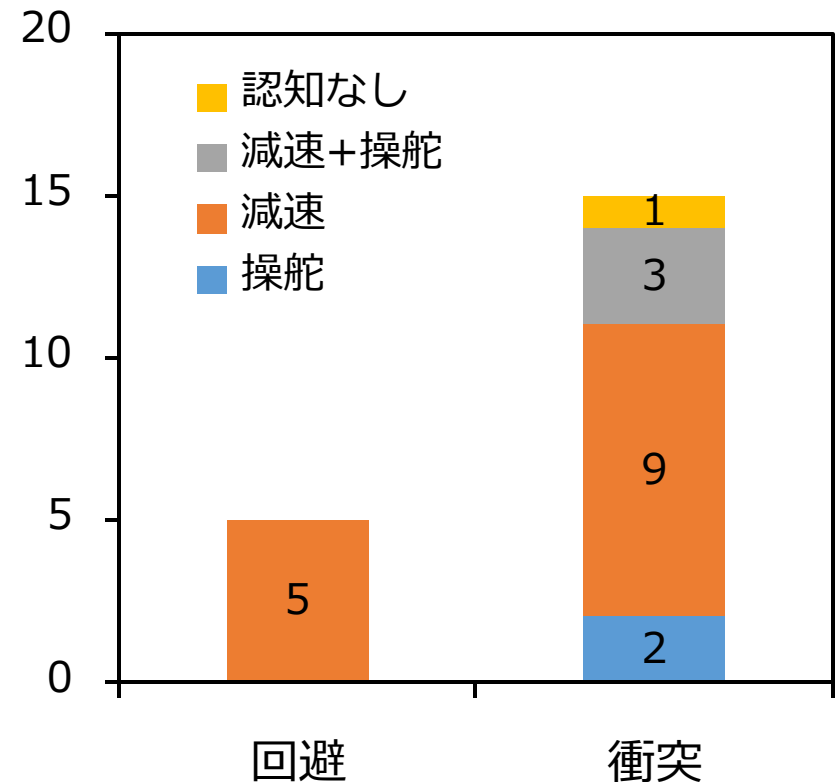


事故回避の有無と方法

シナリオA (TTCa 1.9 s)

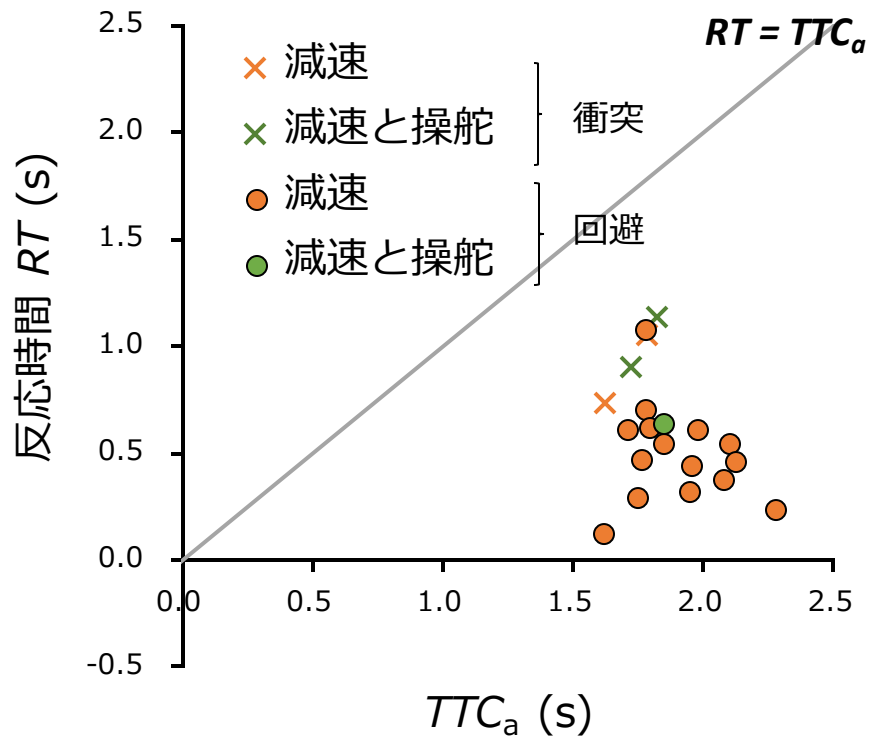


シナリオB (TTCa 0.5 s)

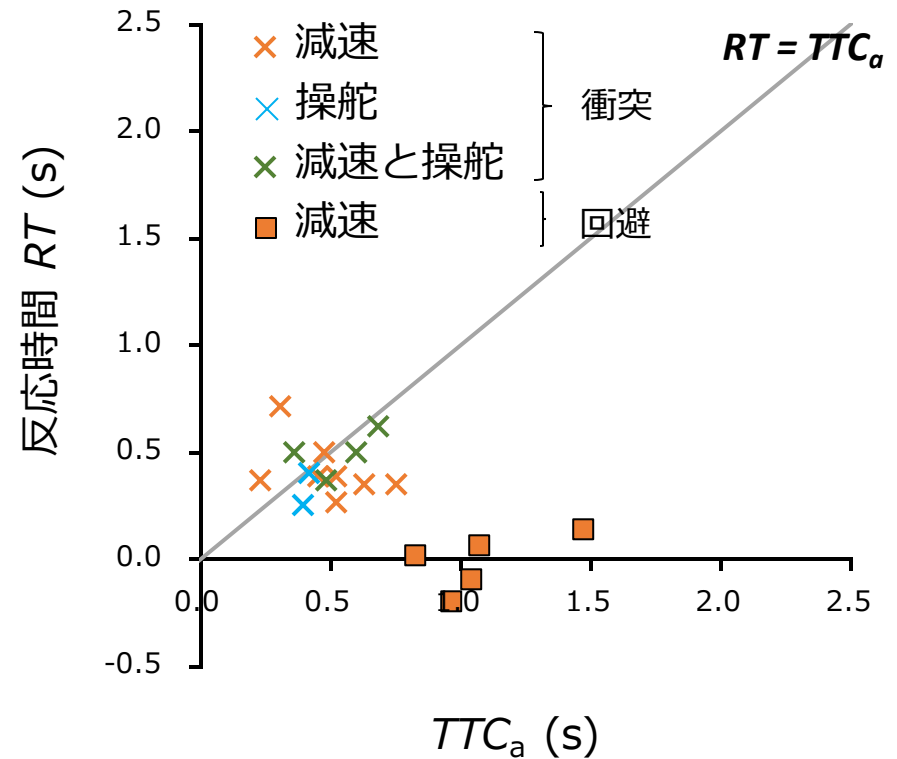


衝突余裕時間と反応時間

シナリオA (TTCa 1.9 s)



シナリオB (TTCa 0.5 s)



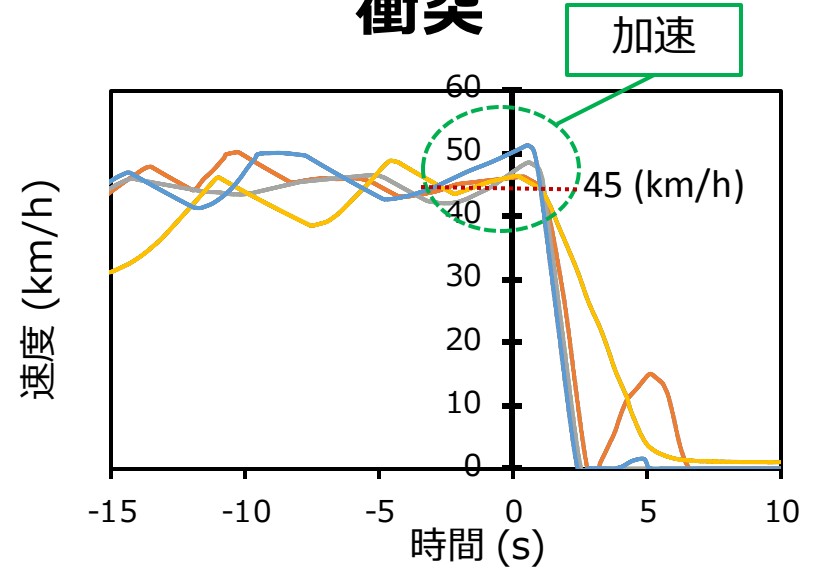
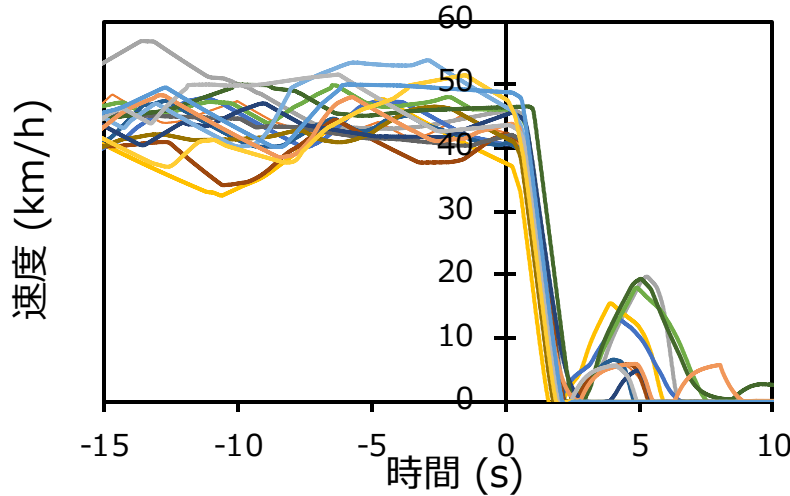
シナリオAは反応時間, シナリオBはTTCaと反応時間によって事故発生の有無が分かる。

四輪車速度

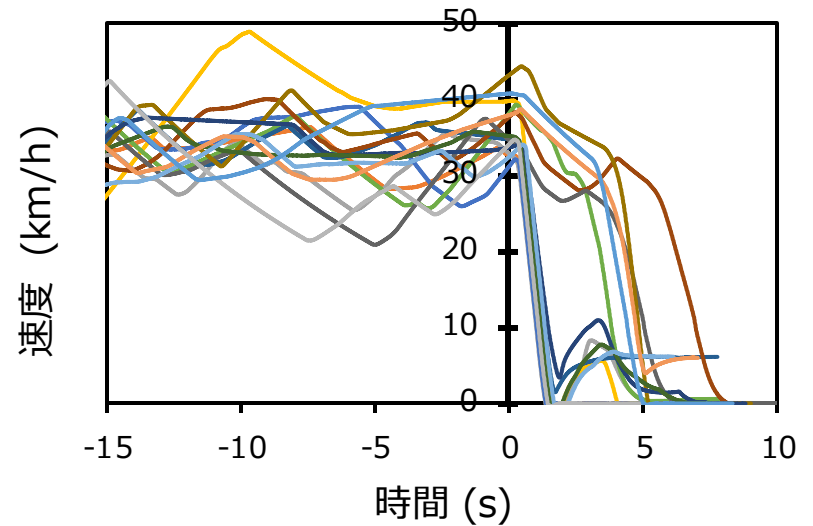
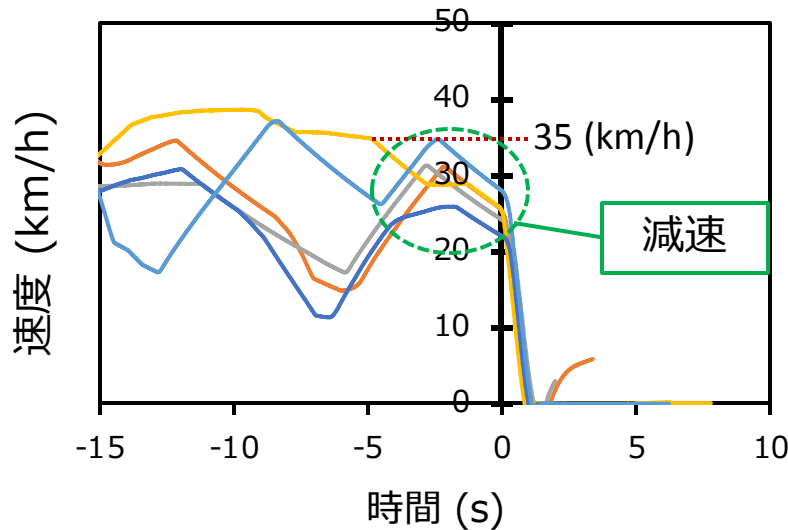
回避

衝突

シナリオA
TTCa 1.9 s

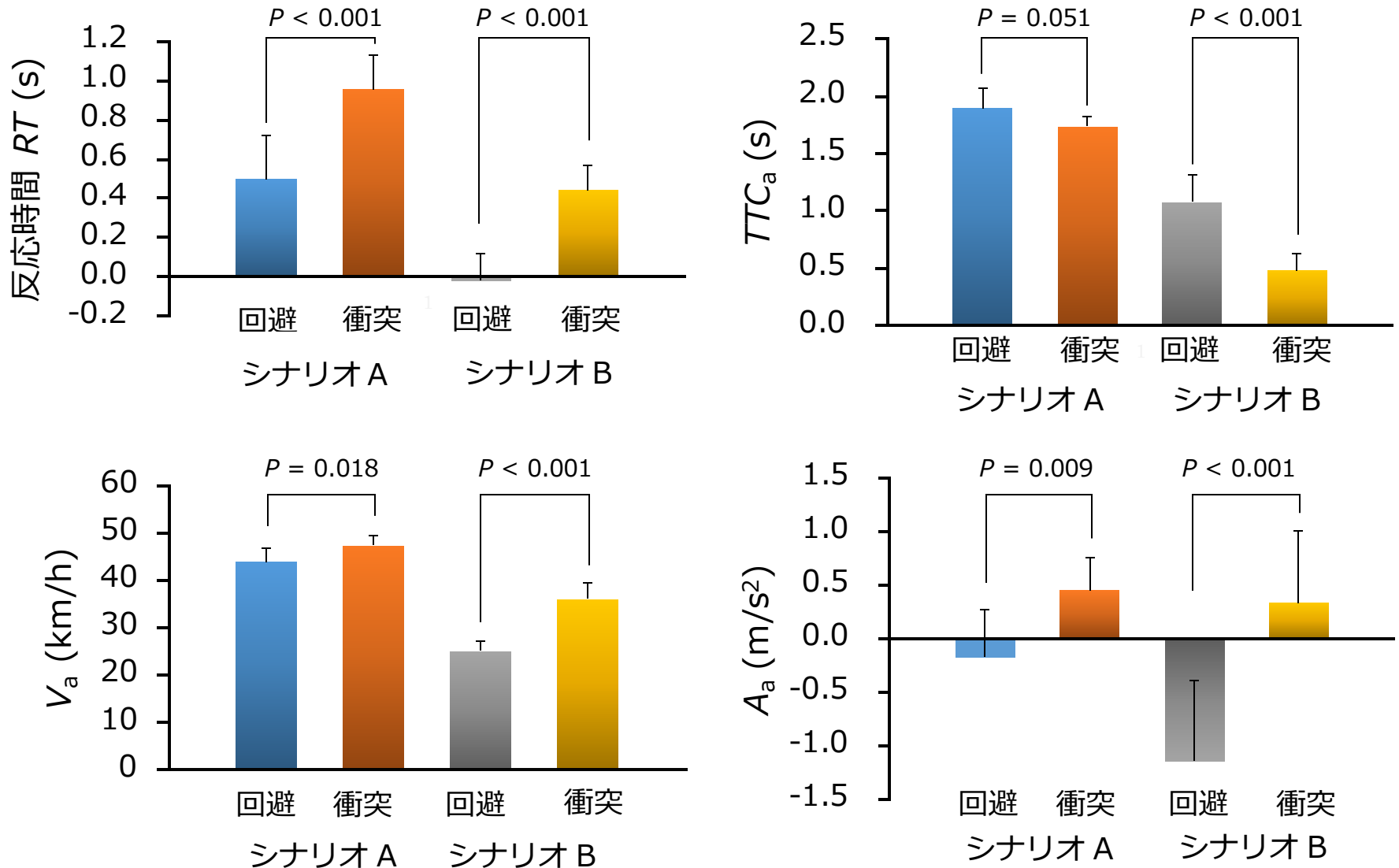


シナリオB
TTCa 0.9 s



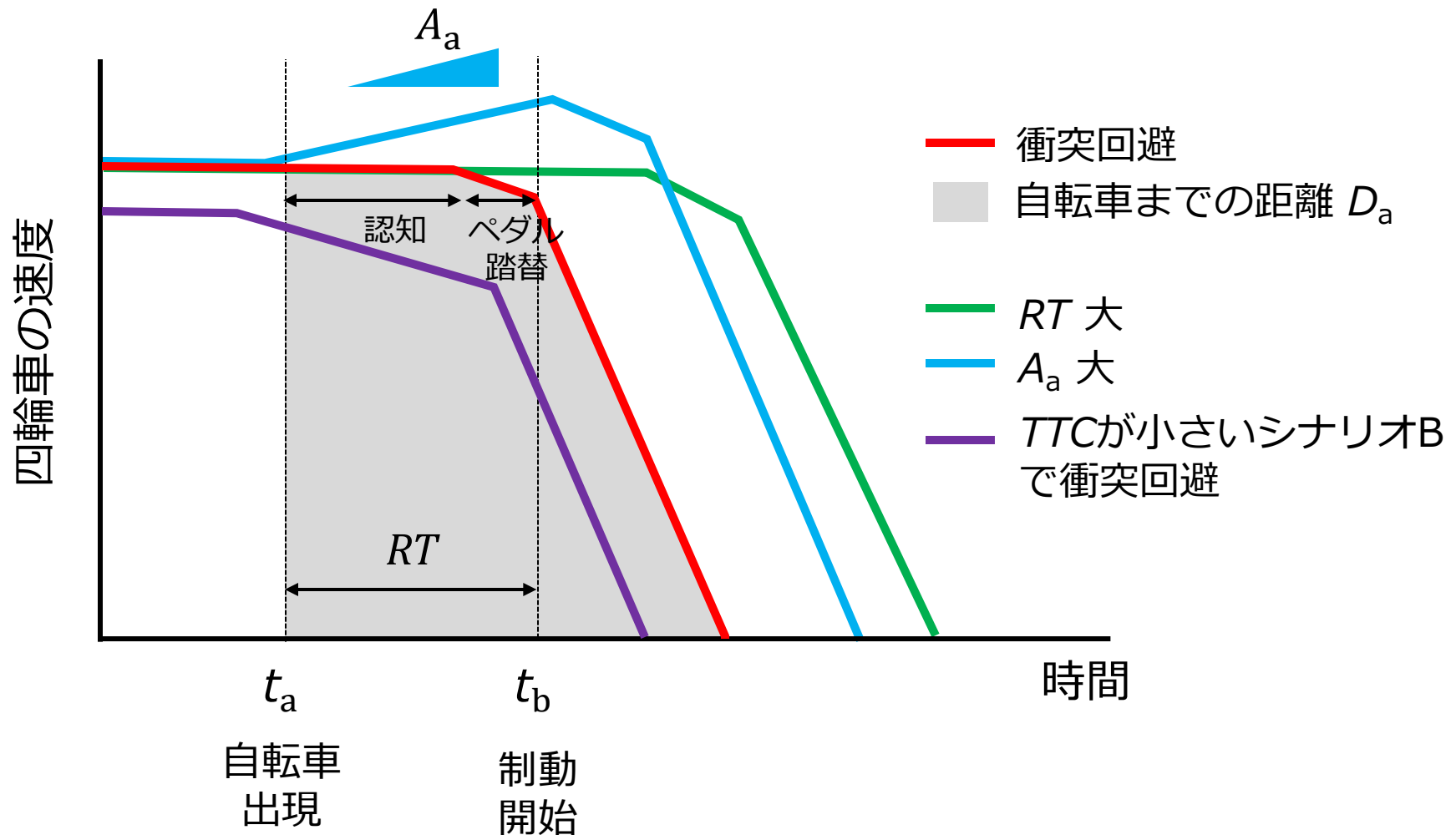
自転車出現時に加速してた場合には衝突が発生

変数の平均値



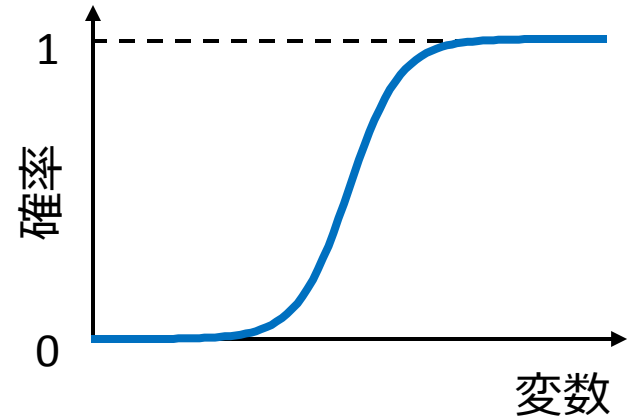
- シナリオAでは反応時間が衝突回避に重要
- シナリオBでは全ての変数が衝突回避に影響する

四輪車速度と衝突回避



事故発生の変因分析

$$P = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n)}}$$



説明変数 X_{in}	係数	
切片	β_0	-1.644
衝突余裕時間(自転車出現時) TTC_a	β_1	-8.258
ブレーキ反応時間 RT	β_2	3.697
四輪車加速度(自転車出現時) A_a	β_3	5.150
年齢 Age	β_4	-1.915

結 論

- 両シナリオにおいて操舵による有効な衝突回避はなかった。
- シナリオA (TTC_a 大) では, 衝突発生に対して被験者の反応時間の影響が大きい。
- シナリオB (TTC_a 小) を回避できた被験者は自転車が見えるよりも前にブレーキを踏む, またはアクセルから足を離していた。