

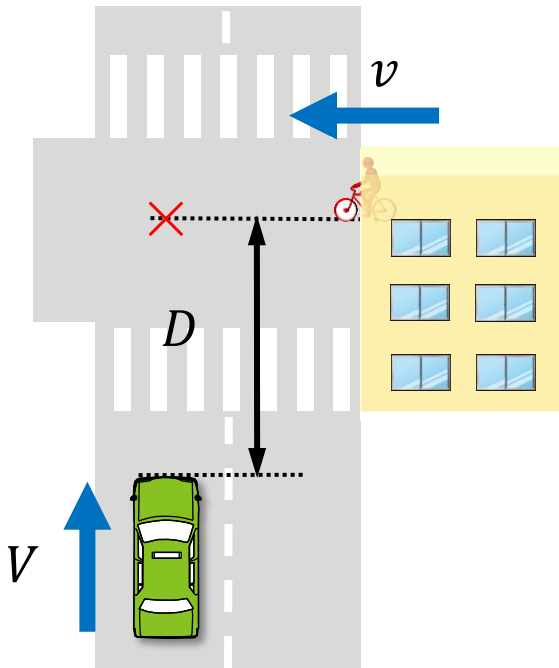
四輪車対自転車のお会い頭事故 分析

名古屋大学
2022年8月

内 容

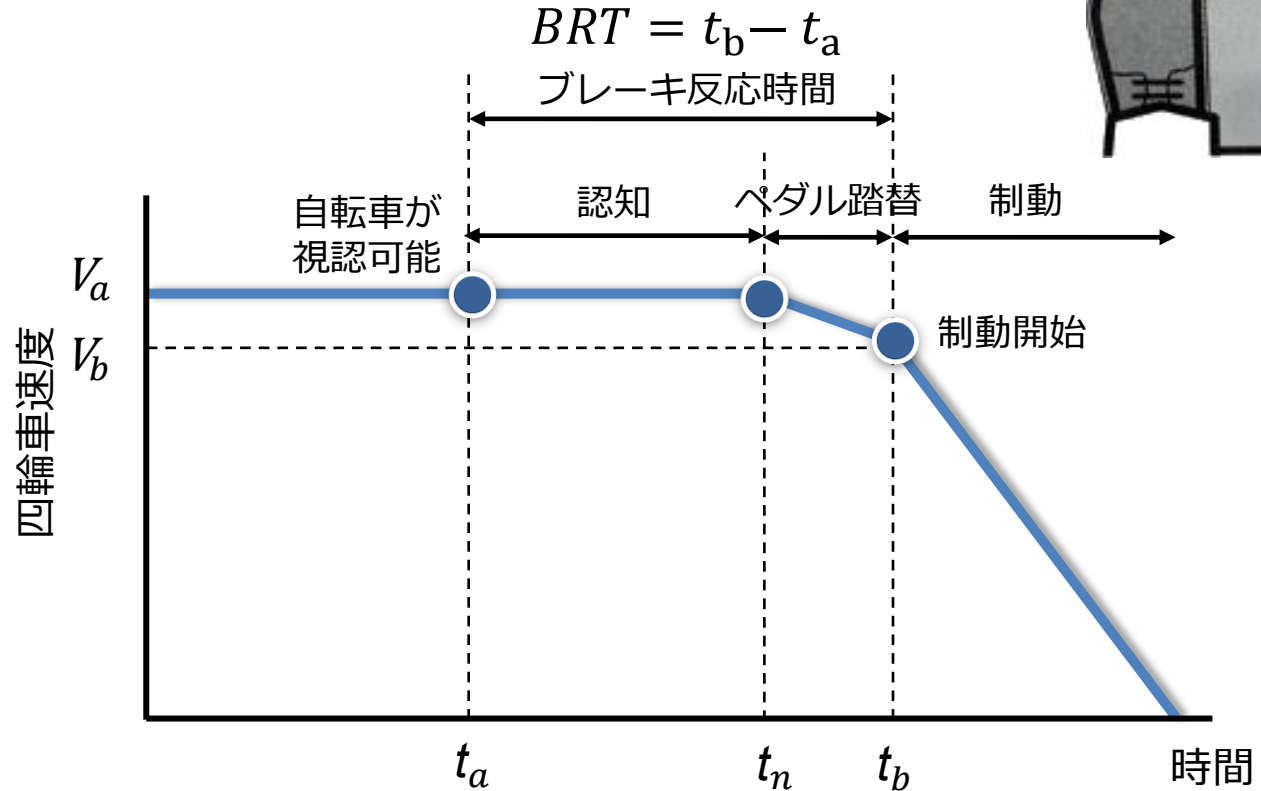
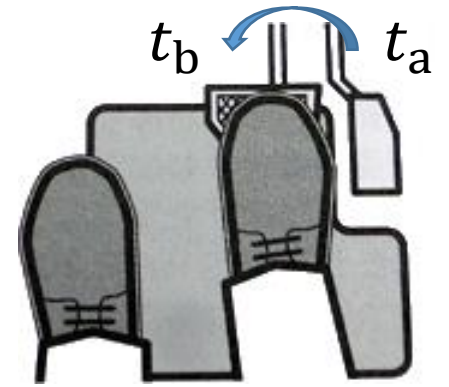
1. ドライブレコーダ事故分析
2. ドライビングシミュレータ実験
3. 今後の方針

ブレーキ反応時間と衝突余裕時間



衝突余裕時間

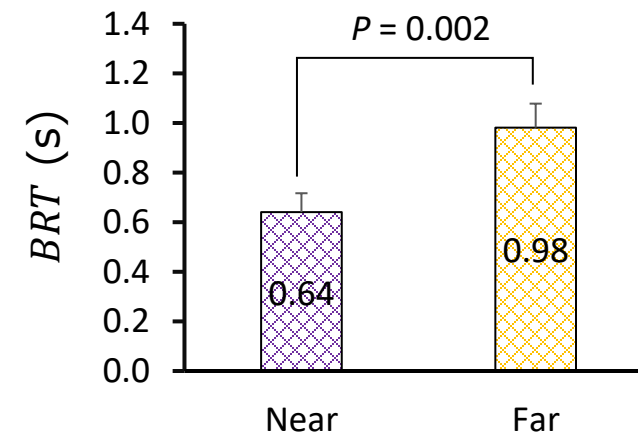
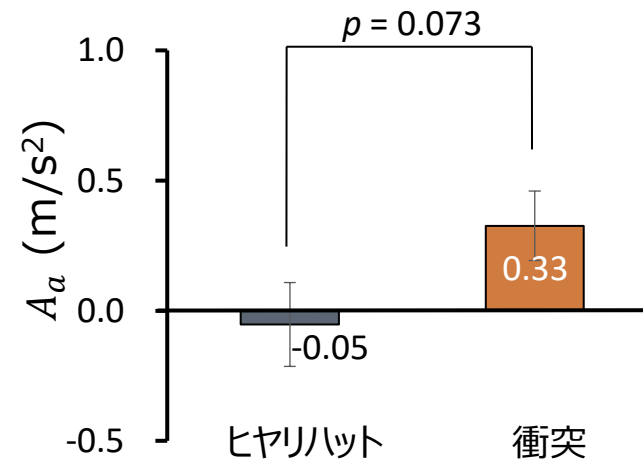
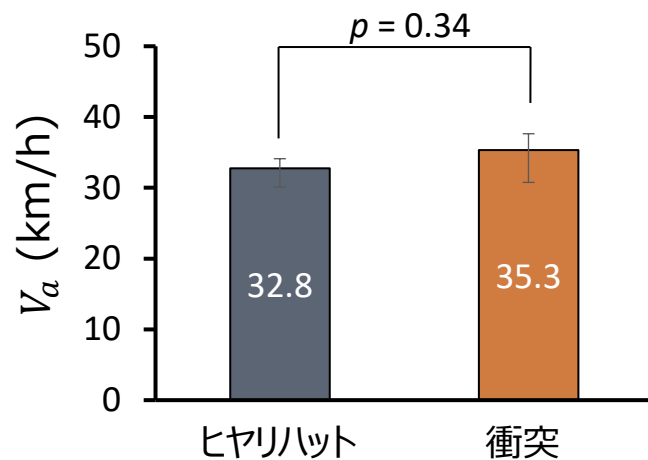
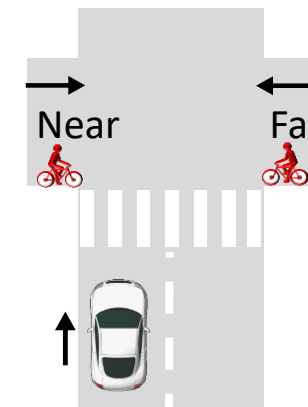
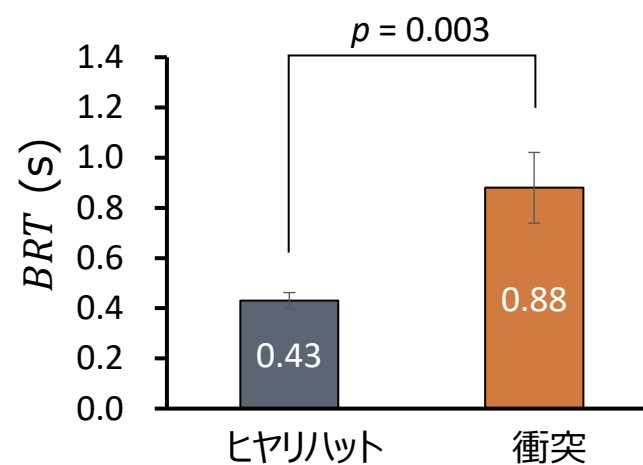
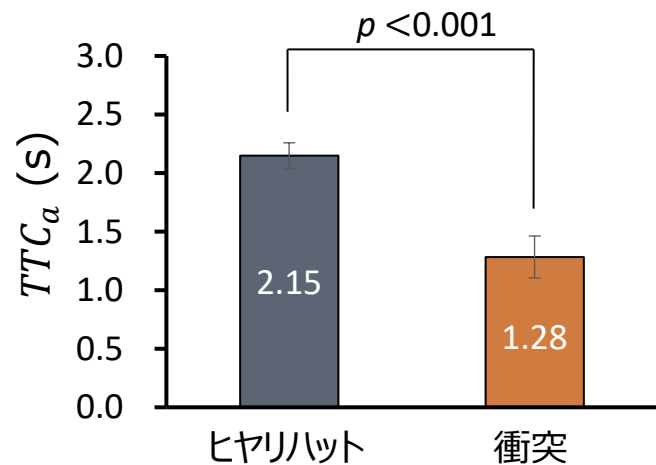
$$TTC = \frac{D}{V}$$



- BRT : ブレーキ反応時間 (Brake Reaction Time)
- t_a : ドライバから自転車が見認可能になった時刻
- t_n : ドライバが自転車を認知した時刻
- t_b : ドライバが制動開始した時刻
- D_a : t_a における四輪車と自転車走路の距離
- V_a : t_a における四輪車速度

変数と事故回避

出会い頭
四輪運転者によって回避されたヒヤリハット 81 件, 衝突 65 件



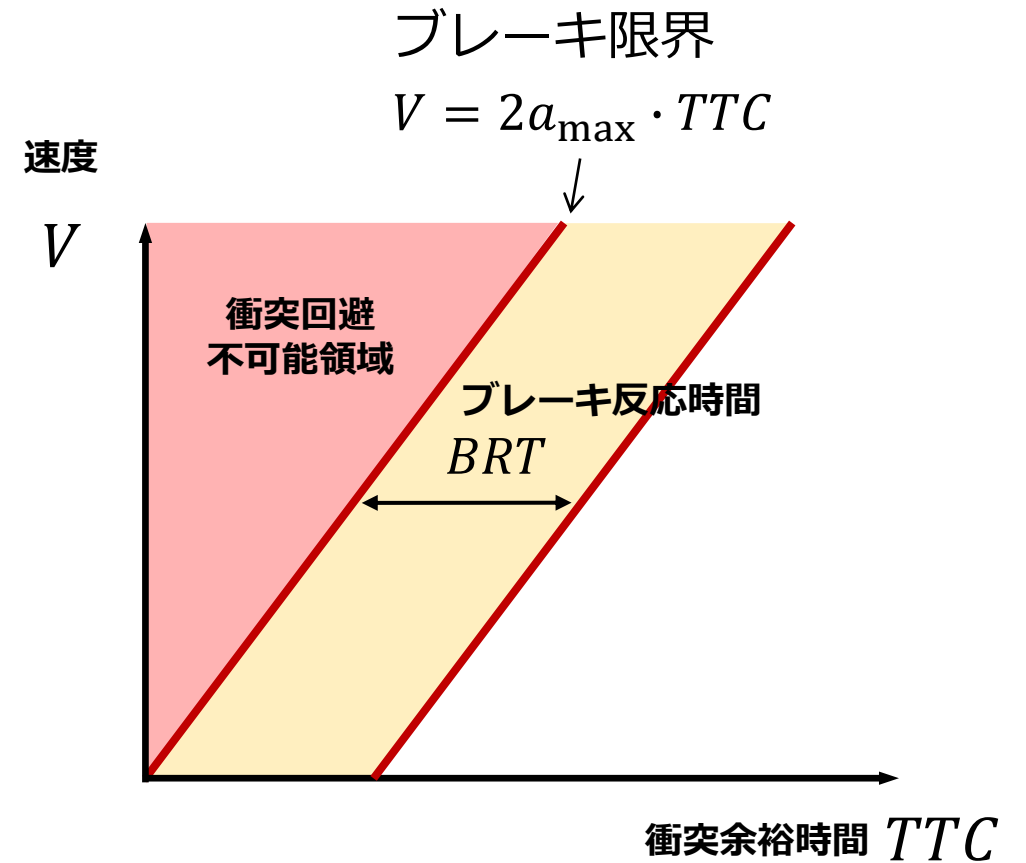
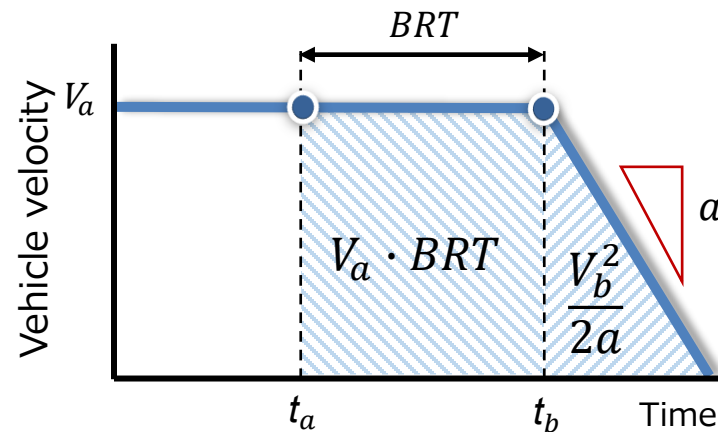
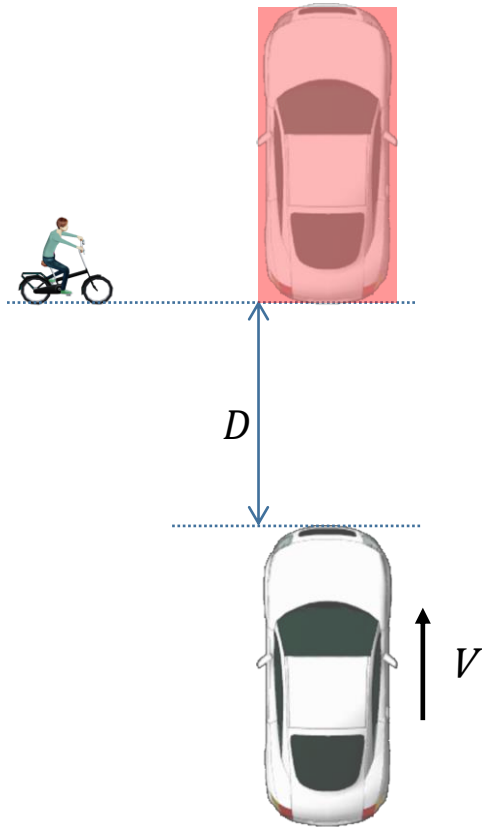
衝突発生モデル（1） 物理モデル

衝突発生

$$D_a < V_a \cdot BRT + \frac{V_b^2}{2a}$$

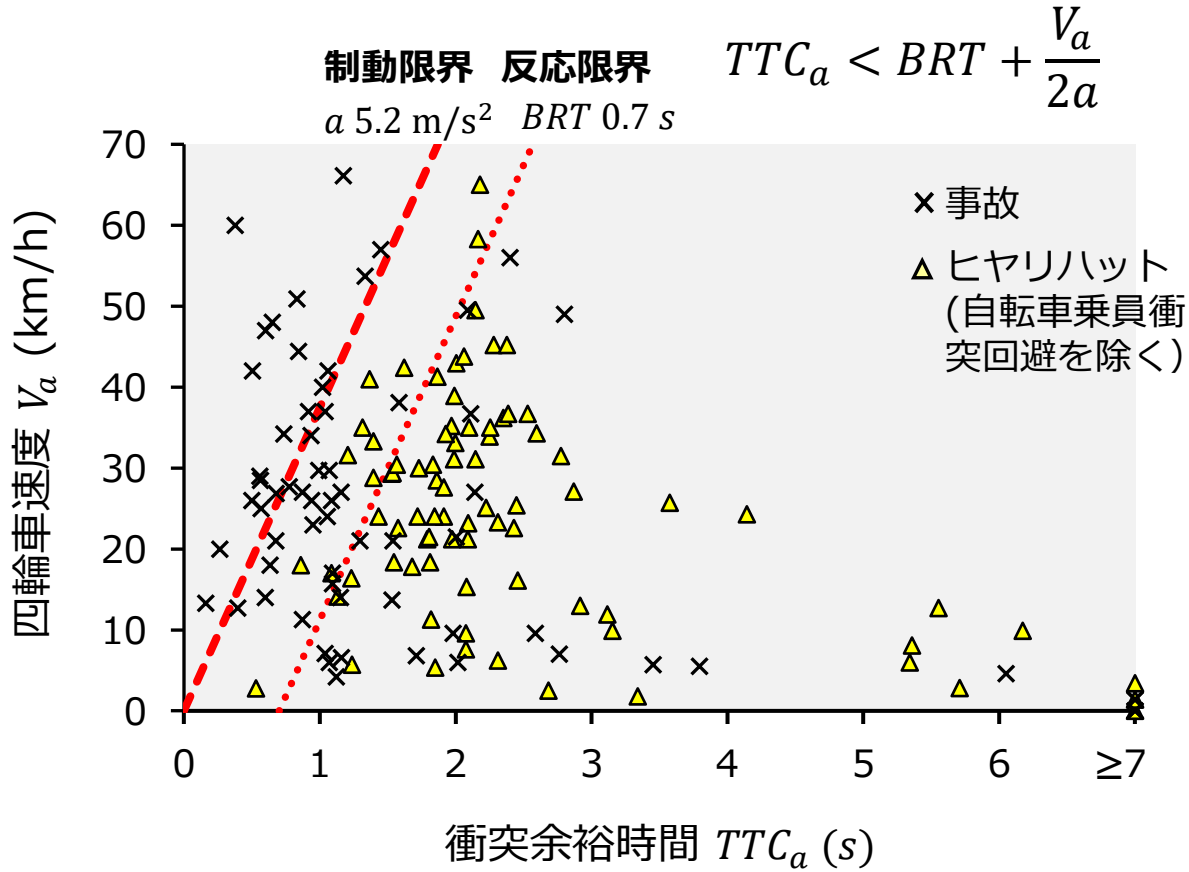
$$V_a \cong V_b$$

$$TTC_a < BRT + \frac{V_b}{2a}$$

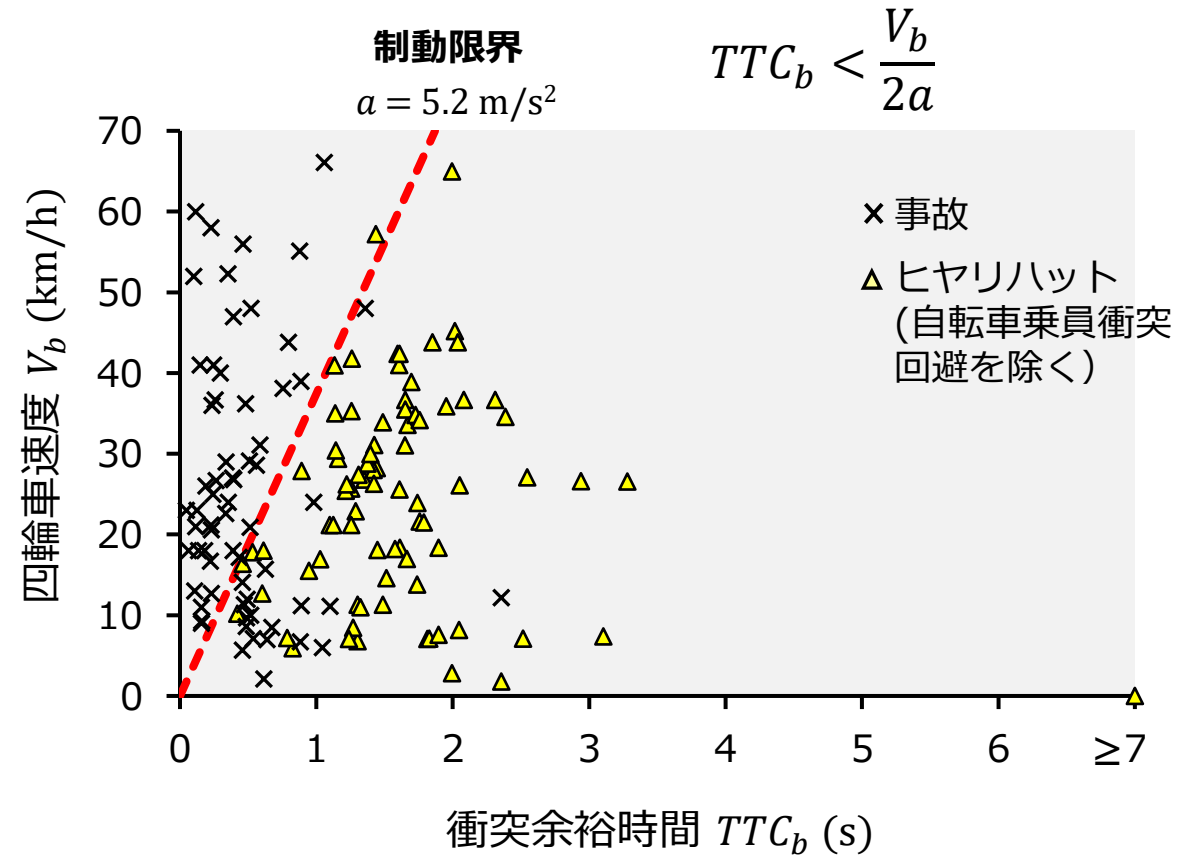


衝突発生モデル (1)

自転車が見認可能になった時刻 t_a



制動開始時刻 t_b



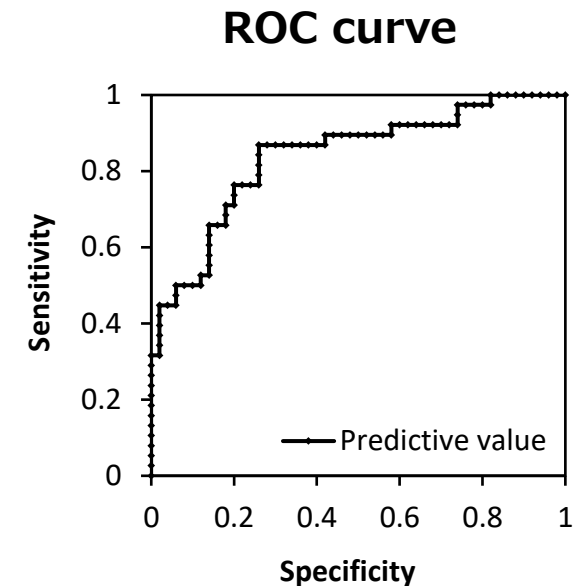
衝突発生モデル（2）統計モデル

ロジスティック回帰モデル

$$\ln \frac{P}{1-P} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_n x_n \quad (P = 0 \text{ ヒヤリハット}, P = 1 \text{ 衝突})$$

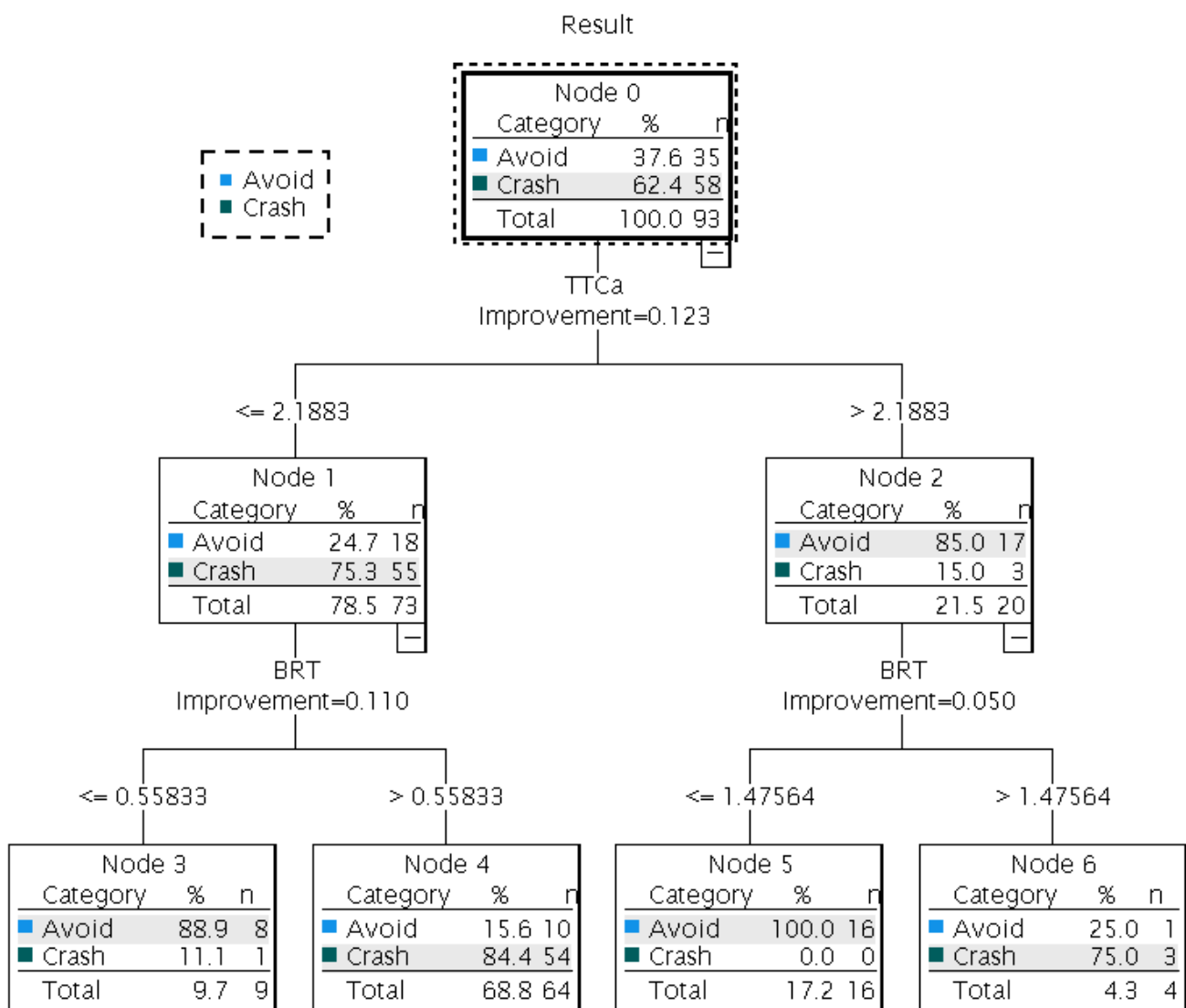
説明変数	偏回帰係数	標準偏回帰係数	P値
Constant	-1.683		< 0.001
BRT	4.936	3.101	< 0.001
TTCa	-0.731	-2.343	< 0.001
A _a	0.391	0.399	0.208

Significance of regression equation: P < 0.05



- TTCa が小さく BRT が大きいほど，衝突が発生する

衝突発生モデル (3) 決定木モデル



Specifications	Growing Method	CRT
	Dependent Variable	Result
	Independent Variables	Aa, BRT, TTCa, Va
	Validation	None
	Maximum Tree Depth	2
	Minimum Cases in Parent Node	4
	Minimum Cases in Child Node	2
Results	Independent Variables Included	TTCa, Va, Aa, BRT
	Number of Nodes	7
	Number of Terminal Nodes	4
	Depth	2

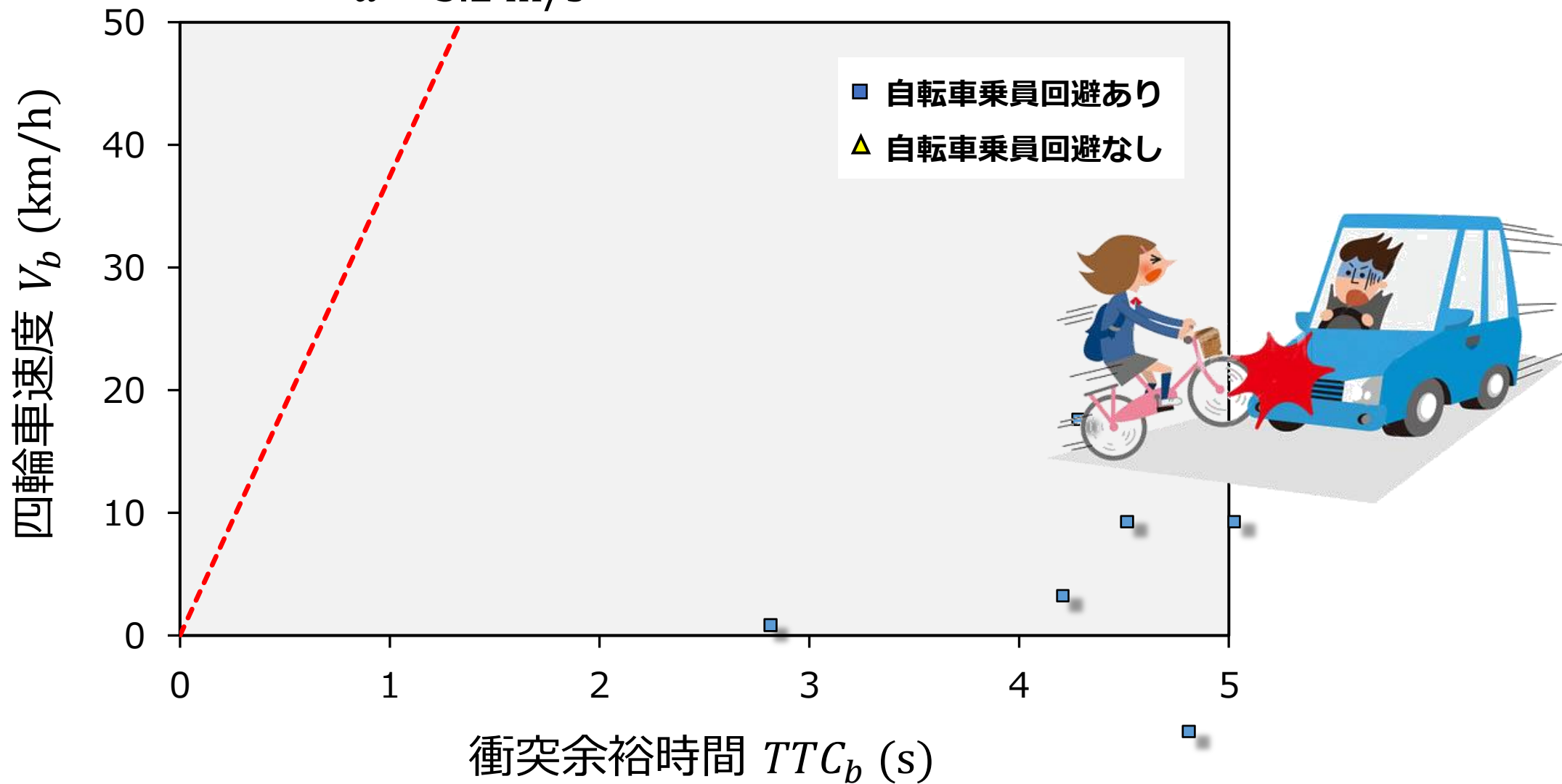
Classification			
Observed	Predicted		
	Avoid	Crash	Percent Correct
Avoid	24	11	68.6%
Crash	1	57	98.3%
Overall Percentage	26.9%	73.1%	87.1%
Growing Method: CRT			
Dependent Variable: Result			

- **TTCa** はコンフリクトの程度 (環境) を決める
- 衝突発生は **BRT** に依存する

自転車乗員の事故回避有無別のヒヤリハット

四輪車制動限界

$$a = 5.2 \text{ m/s}^2$$



内 容

1. ドライブレコーダ事故分析
2. ドライビングシミュレータ実験
3. 今後の課題

ドライビングシミュレーター実験

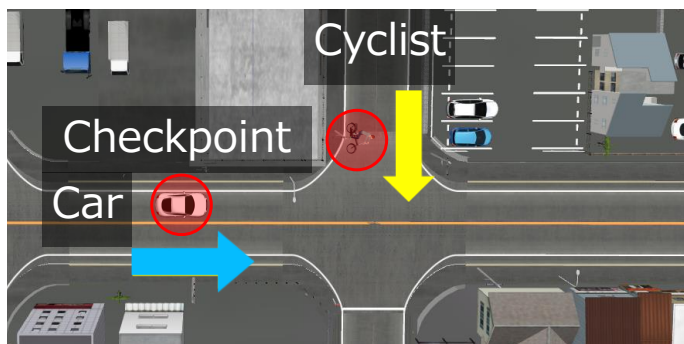
TTC_a 1.5 s
目標速度 40 km/h



実験条件

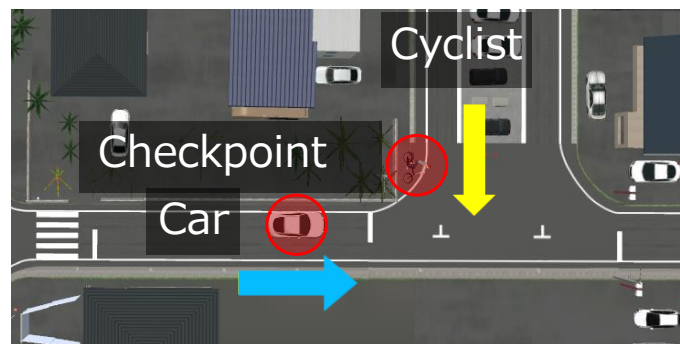
シナリオ N1 (TTC_a 1.5 s)

目標速度 40 km/h



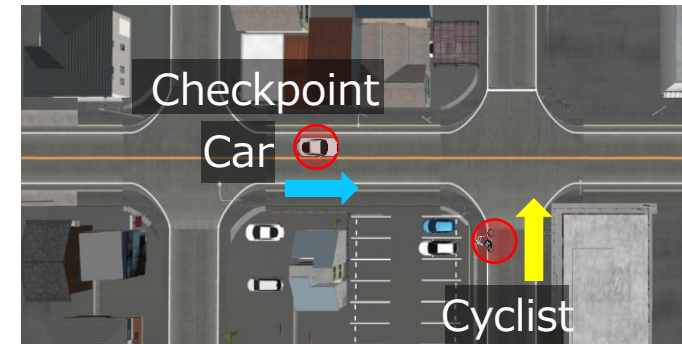
シナリオ N2 (TTC_a 0.8 s)

目標速度 30 km/h



シナリオ F (TTC_a 2.0 s)

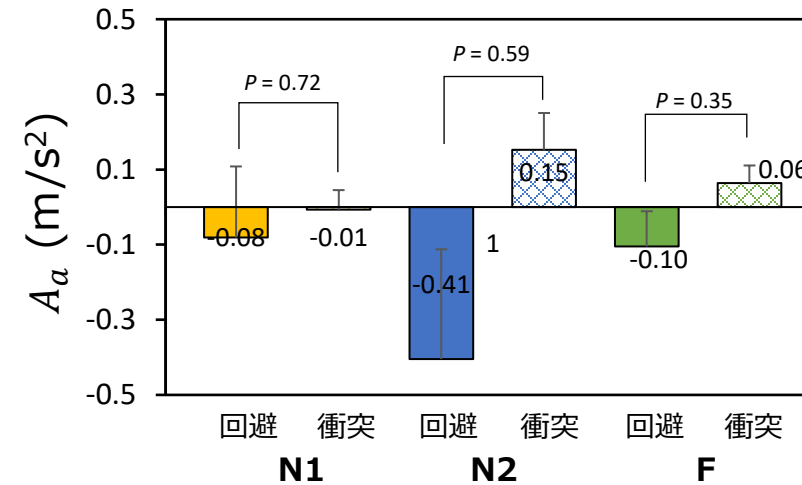
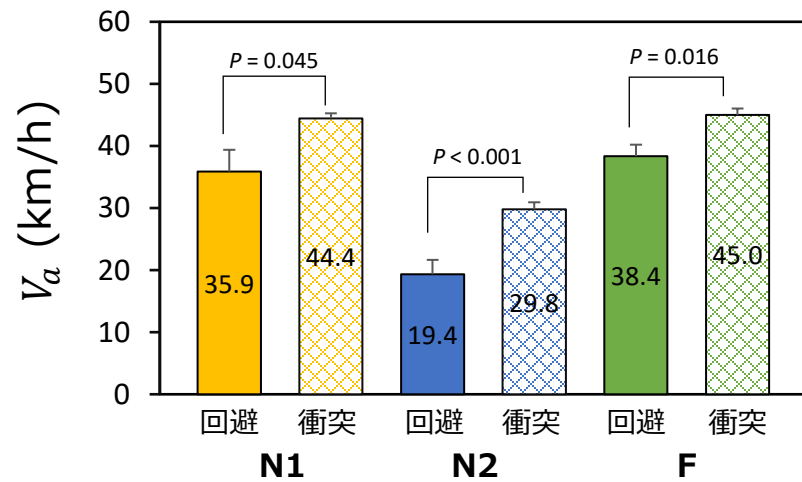
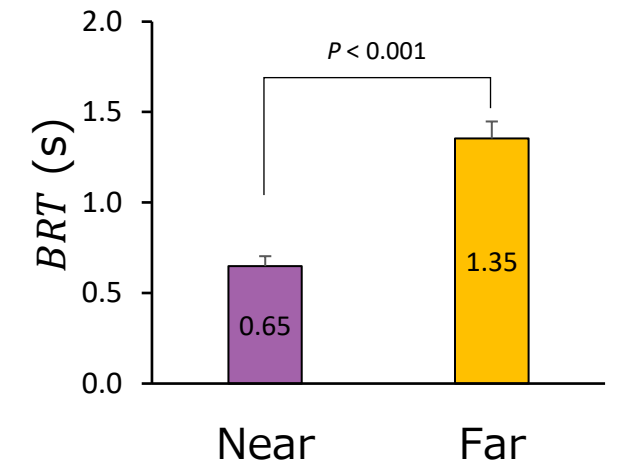
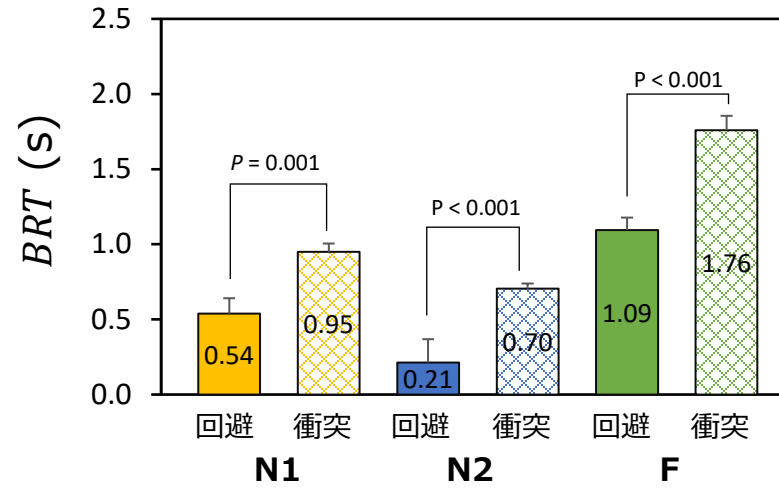
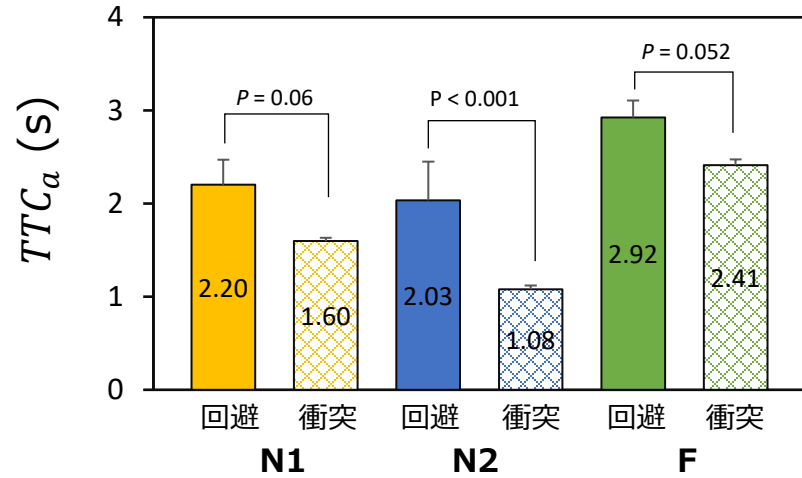
目標速度 40 km/h



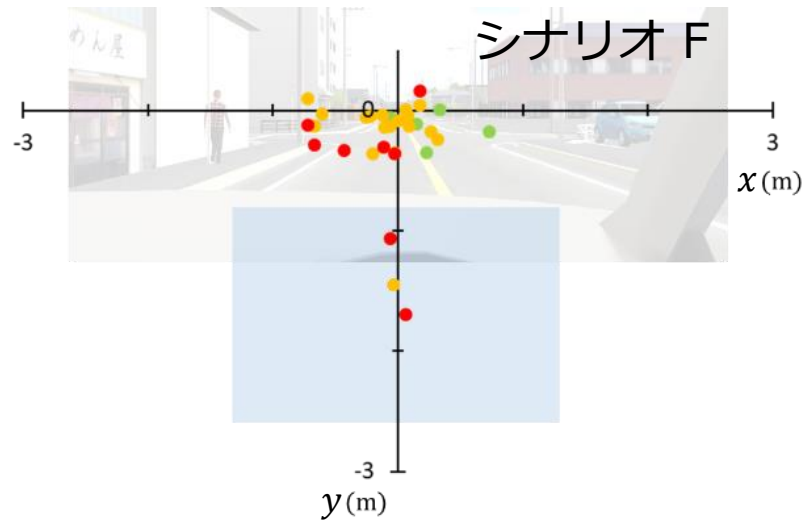
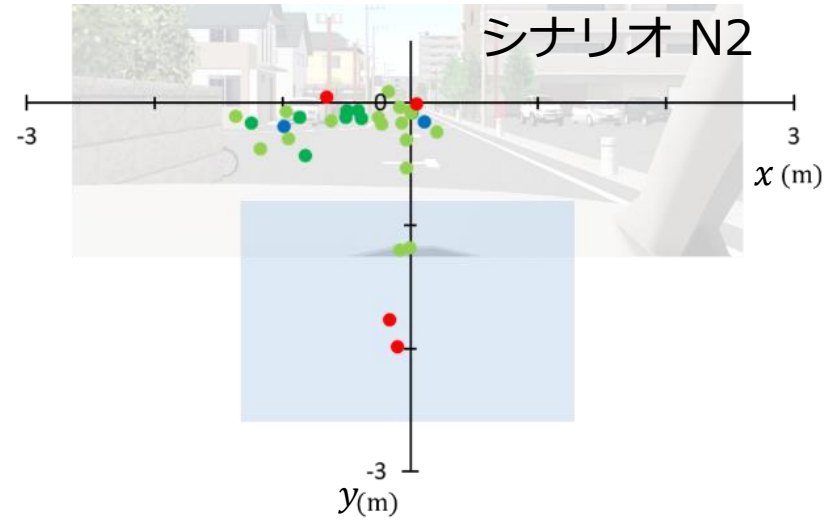
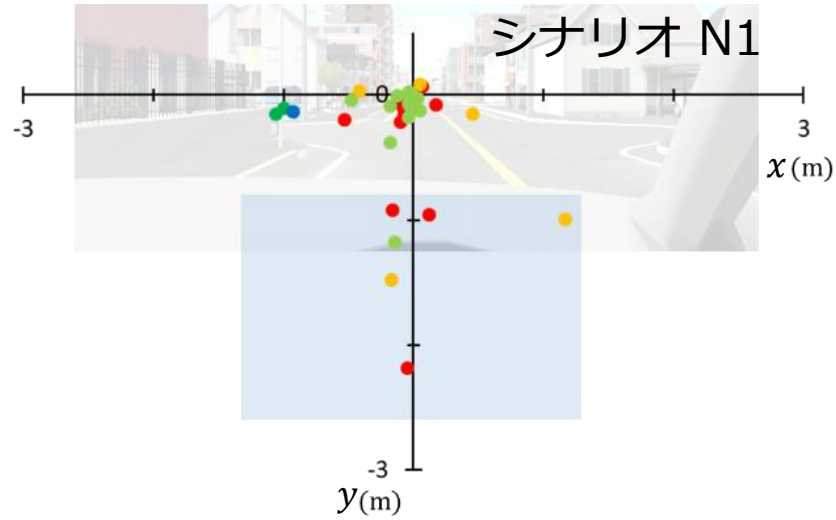
- 被験者31名 (20~70歳代)
- 目標速度で直進走行することを指示
- 3つのシナリオをランダムに実施
- 名古屋大学工学部倫理部会承認

シナリオ	TTC_a [s]	目標速度	自転車速度	Far or Near
N1	1.5	40	10	Near
N2	0.8	30	10	Near
F1	2.0	40	15	Far

変数 (事故発生の有無)

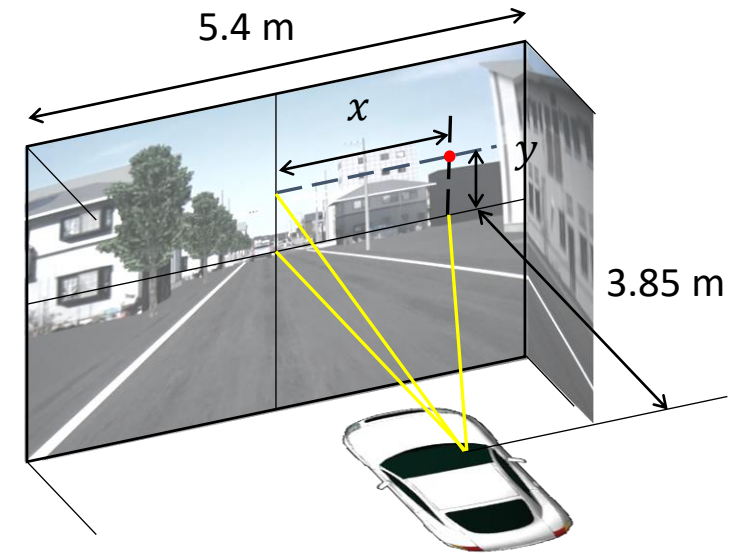


視線分析 (t_a)

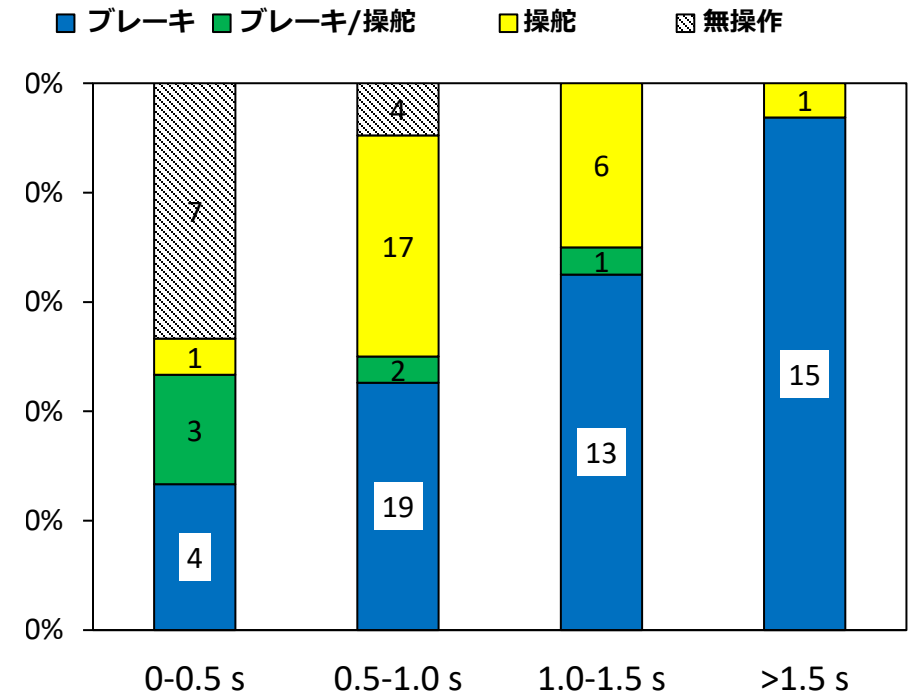
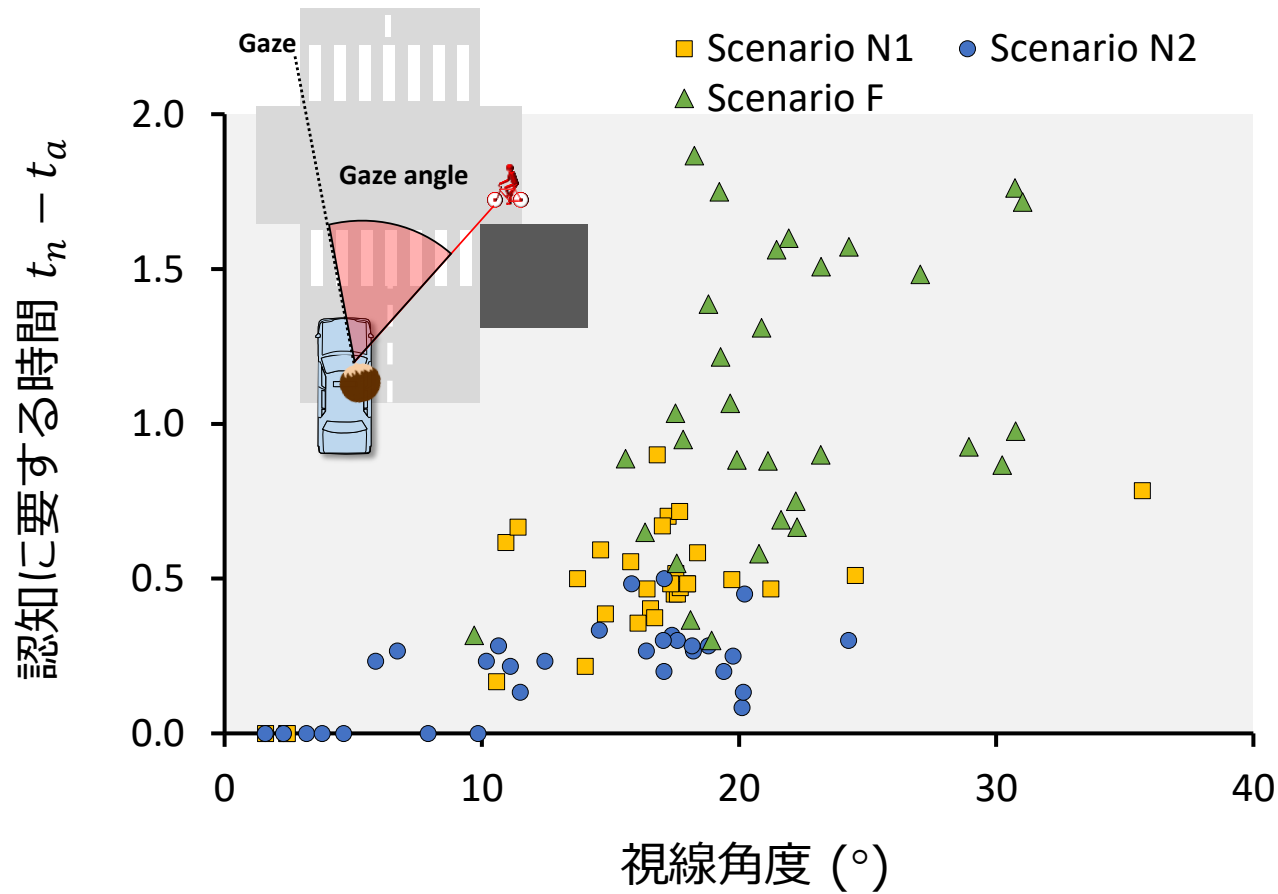


- $BRT \leq 0$
- $0 < BRT \leq 0.5$
- $0.5 < BRT \leq 1.0$
- $1.0 < BRT$
- No Braking
- Speedometer

$x = 3.85 \times \tan \theta$
 $y = 3.85 \times \tan \varphi$
 θ : 水平角
 φ : 垂直角

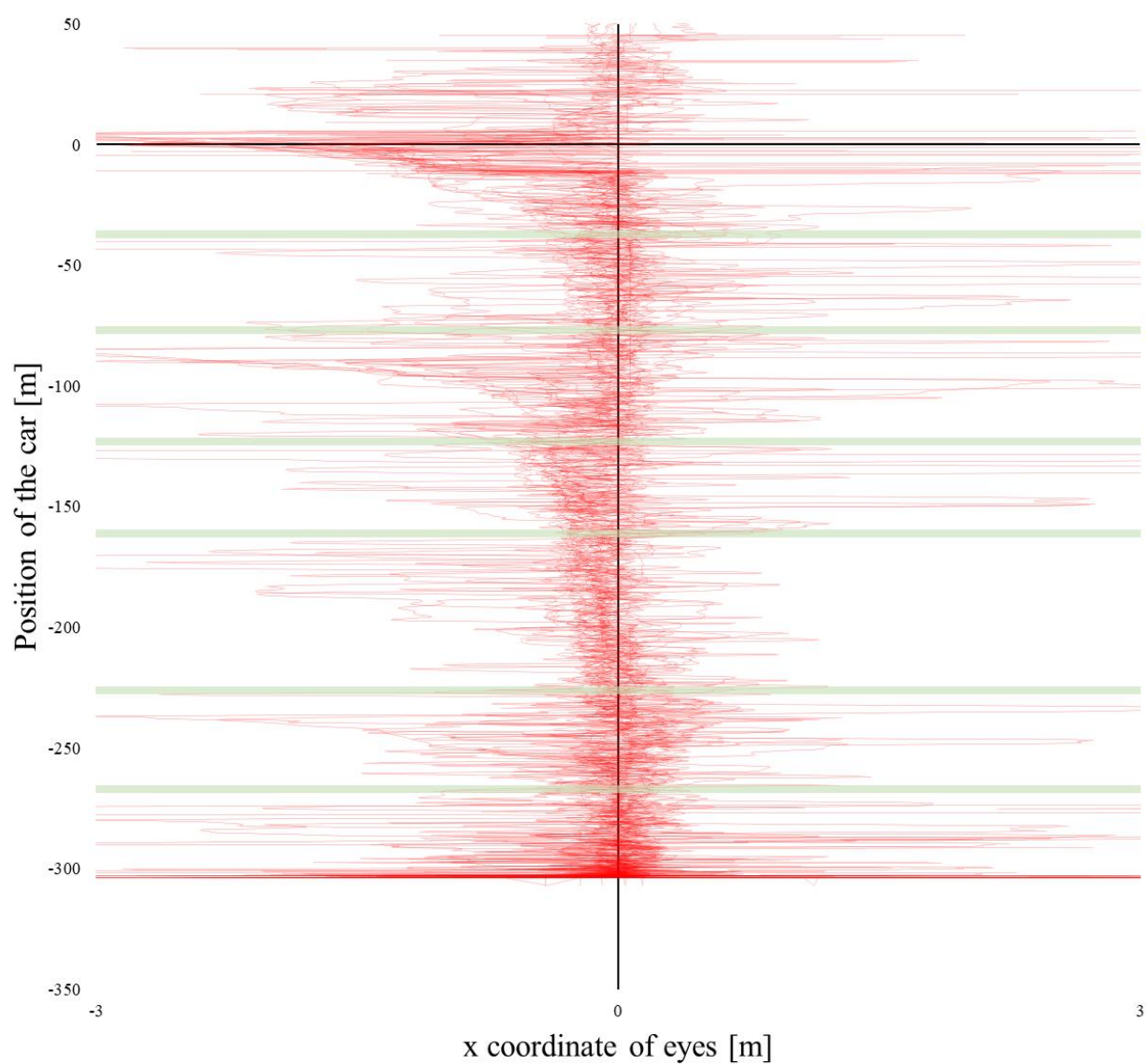


認知時刻とドライバ応答



ドライバが自転車を認知した時刻 t_n での衝突余裕時間 TTC_n

視線の左右への割り振り

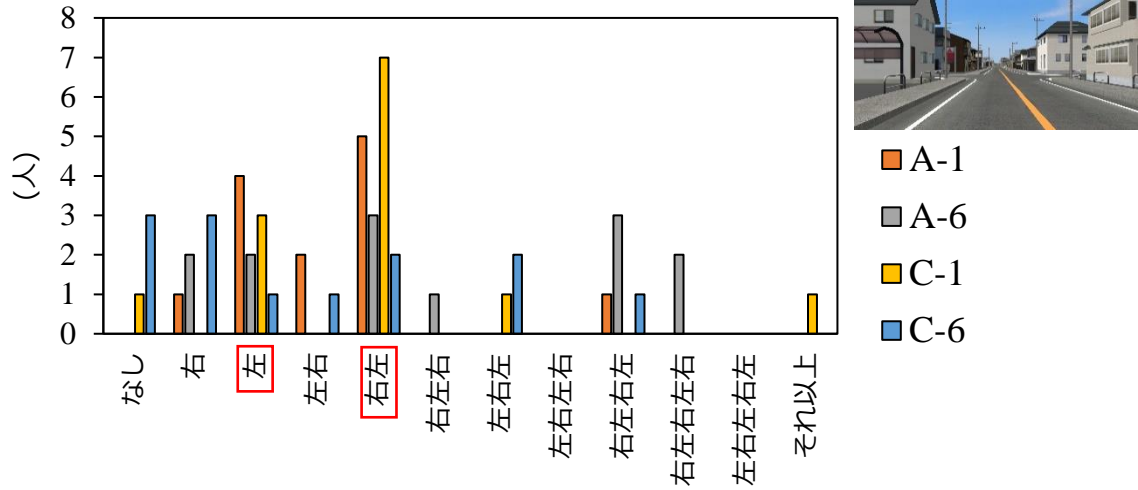


7. 左: 見通し悪い 右: 見通し普通
6. 左: 見通し良い 右: 見通し良い
5. 左: 見通し悪い 右: 見通し普通
4. 左: 見通し悪い 右: 見通し悪い
3. 左: 見通し良い T字路
2. 左: 見通し悪い 右: 見通し悪い
1. 左: 見通し普通 右: 見通し良い

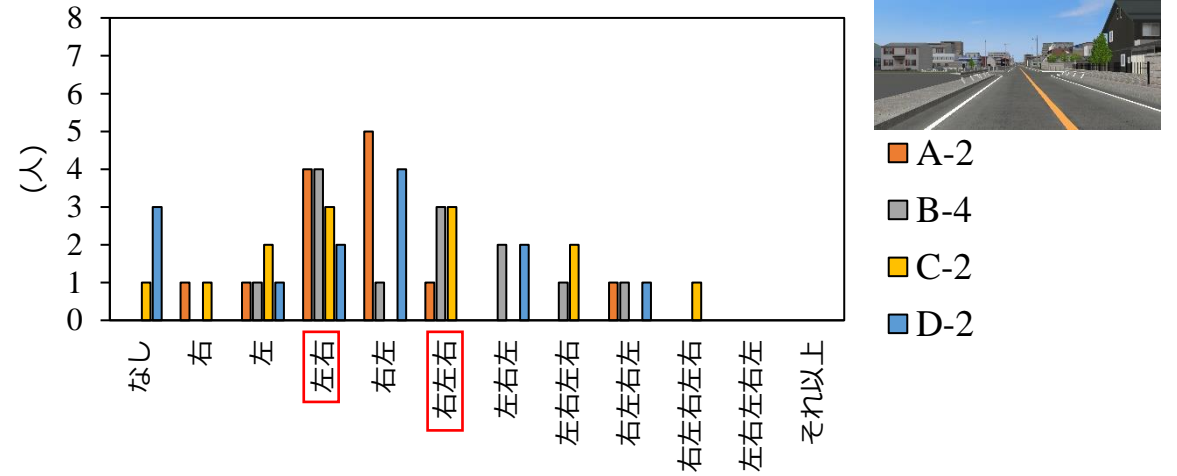
安全確認の順番 (視線)

交差点では見通しの悪い側を最後に見る (両側の見通しが良い・悪い場合は 左側を最後に見る)

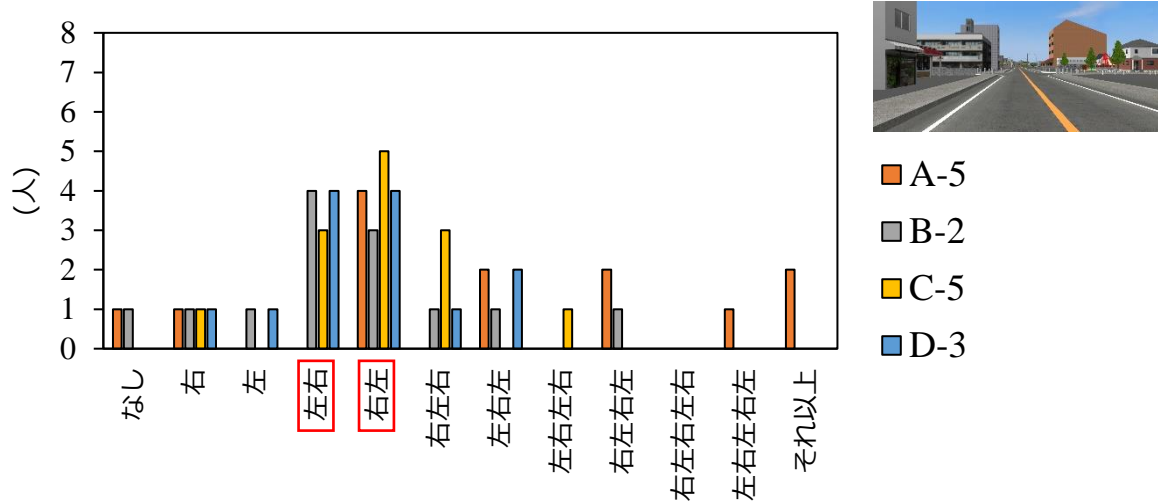
左右ともに見通しが悪い交差点



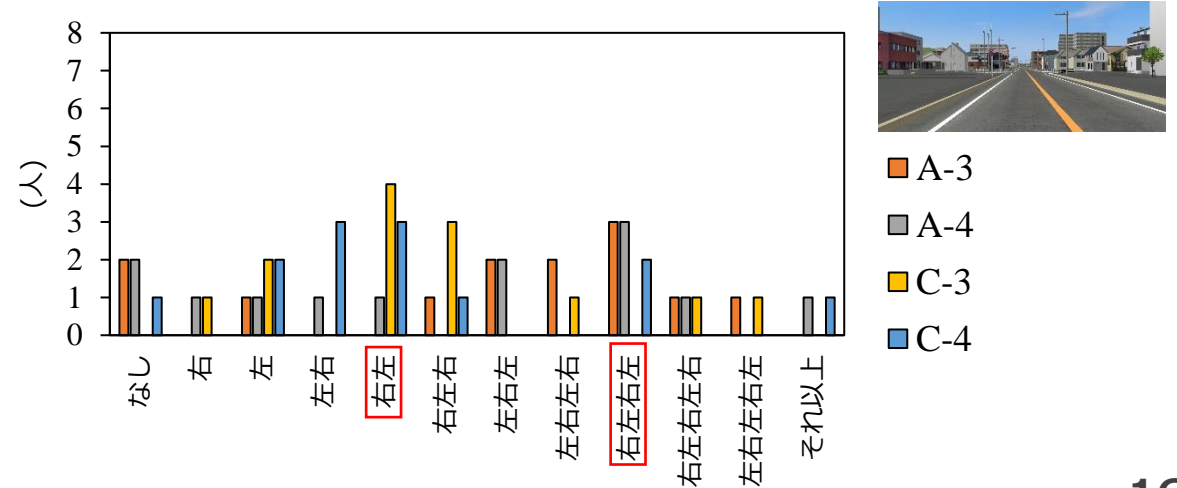
左の見通しが良く 右の見通しが悪い交差点



左の見通しが悪く 右の見通しが良い交差点



左右ともに見通しが良い交差点



ドライビングシミュレータ被験者へのフィードバック

3. 個人の試験結果

シナリオ N1 (結果: 回避)

自転車出現時の四輪車の速度は 21 km/h でした。この速度での四輪車の制動限界を考慮し、ブレーキ反応時間が 2.76 秒以内であれば理論上、自転車との衝突回避が可能でした。あなたのブレーキ反応時間はこれよりも短かった (0.46 秒) ため、衝突を回避することができました。

シナリオ N2 (結果: 回避)

自転車出現時の四輪車の速度は 23 km/h でした。この速度での四輪車の制動限界を考慮し、ブレーキ反応時間が 0.82 秒以内であれば理論上、自転車との衝突回避が可能でした。あなたのブレーキ反応時間はこれよりも短かった (0.55 秒) ため、衝突を回避することができました。

シナリオ F1 (結果: 回避)

自転車出現時の四輪車の速度は 23 km/h でした。この速度での四輪車の制動限界を考慮し、ブレーキ反応時間が 3.69 秒以内であれば理論上、自転車との衝突回避が可能でした。あなたのブレーキ反応時間はこれよりも短かった (1.30 秒) ため、衝突を回避することができました。

シナリオ F2 (結果: 回避)

自転車出現時の四輪車の速度は 4.5 km/h でした。自転車出現前からブレーキを踏んで減速していたため余裕をもつて衝突を回避することができました。

図 7 は各シナリオにおけるあなたのブレーキ反応時間を全被験者の平均と比較し、あなたのブレーキ反応時間は平均よりも小さく、危険に対して素早く反応して出現前からブレーキを踏んでいた、またはブレーキを踏まなかった場合、ブレーキ反応時間として示されています。

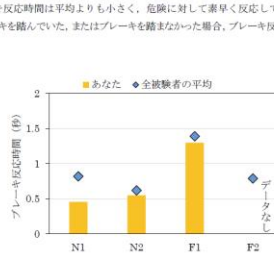


図7 自転車が見えてからブレーキをかけるまでの時間(ブレーキ反

四輪車に対する自転車の相対軌跡を図 8 に示します。自転車の相対軌跡は、きいほど角度が急であり、ブレーキをかけ、四輪車の速度が小さくなると水平色で囲まれた四輪車の領域に自転車の軌跡が進入すると、衝突したことを意味します。

シナリオ N1 では、あなたはブレーキ操作を行った結果、自転車の約 11 m 手止しました。

- シナリオ N2 では、あなたはブレーキ操作を行った結果、自転車の約 1 m 止しました。
- シナリオ F1 では、あなたはブレーキ操作を行った結果、自転車の約 12 m 止しました。
- シナリオ F2 では、自転車出現時に十分減速していたため、自転車が車道を通りました。

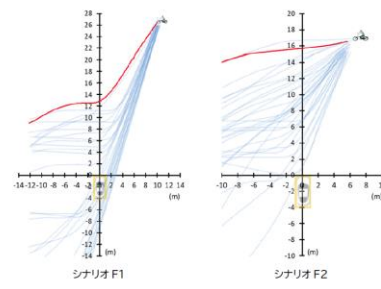
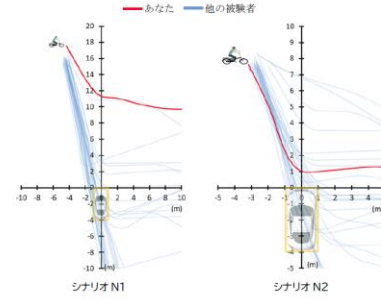


図8 四輪車に対する自転車の相対軌跡

自転車が現れる前後の時刻における四輪車の速度履歴を図 9 に示します。自転車が現れた時刻を 0 秒としています。また、速度履歴の傾きは減速度 (ブレーキ強さ) を表します。

- シナリオ N1, N2, F1 では、急ブレーキをかけて、自転車との衝突を回避しました。
- シナリオ F2 では自転車が現れた時点で既に十分に減速しており、衝突を回避しました。

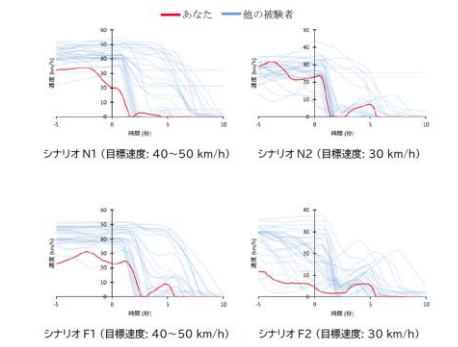


図9 車速の時刻歴

図 10 に、自転車が出現した瞬間にスクリーン上のどこに視線を向けていたのかを示します。

- あなたはいずれのシナリオにおいても自転車出現時に道路の左側を見ていました。そのため、左側から自転車が出現するシナリオ N1, N2 では特に素早くブレーキを踏むことができていました。

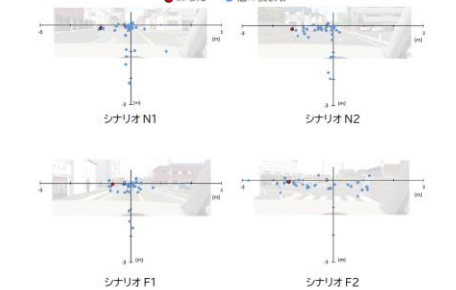


図10 自転車出現時の視線

【総合評価】

あなたは交差点でしっかりと危険認知をしており、速度も下げて走行していました。自転車が飛び出してからブレーキ反応時間は平均よりも優れた値です。その結果、4 件のシナリオすべてで事故を回避しており、優れた危険回避能力を示しました。引き続き、交差点での減速と危険予知に努めてください。

【総合評価】
 あなたは交差点でしっかりと危険認知をしており、速度も下げて走行していました。自転車が飛び出してからブレーキ反応時間は平均よりも優れた値です。その結果、4 件のシナリオすべてで事故を回避しており、優れた危険回避能力を示されました。引き続き、交差点での減速と危険予知に努めてください。

まとめ

- 衝突回避は制動によって行われ、操舵単独では回避が困難であった。
- 3つの衝突発生モデルを提案した：ブレーキ反応時間と制動減速時間の和が $TTCa$ よりも大きい場合に発生する。
- 自転車乗員が視認可能となった時刻において、ドライバの視線位置が自転車から離れているほど、認知時間が大きい
(→ファーサイドからの自転車横断での長いブレーキ反応時間と関連)

今年度の課題

- ドライバの視線分析
 - 出合い頭, 右左折, 自転車の追い抜き
- 高齢ドライバーの運転行動分析
- 自動ブレーキの作動状況・効果分析