

事故分析WG

被害軽減ブレーキ（AEBS）の 有効性の検討

名古屋大学

2018年3月20日

四輪車対自転車 事故再現

- タクシーのドライブレコーダをもとに PC-Crash によって、四輪車対自転車出会い頭事故の再現を行う。
- PC-Crash Active Safetyモデルを用いて、上記で再現した事故において被害軽減ブレーキ（AEBS: Autonomous Emergency Braking System）の効果を検証する。

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（300件、2010～2017）

- **ヒヤリハットデータベース**

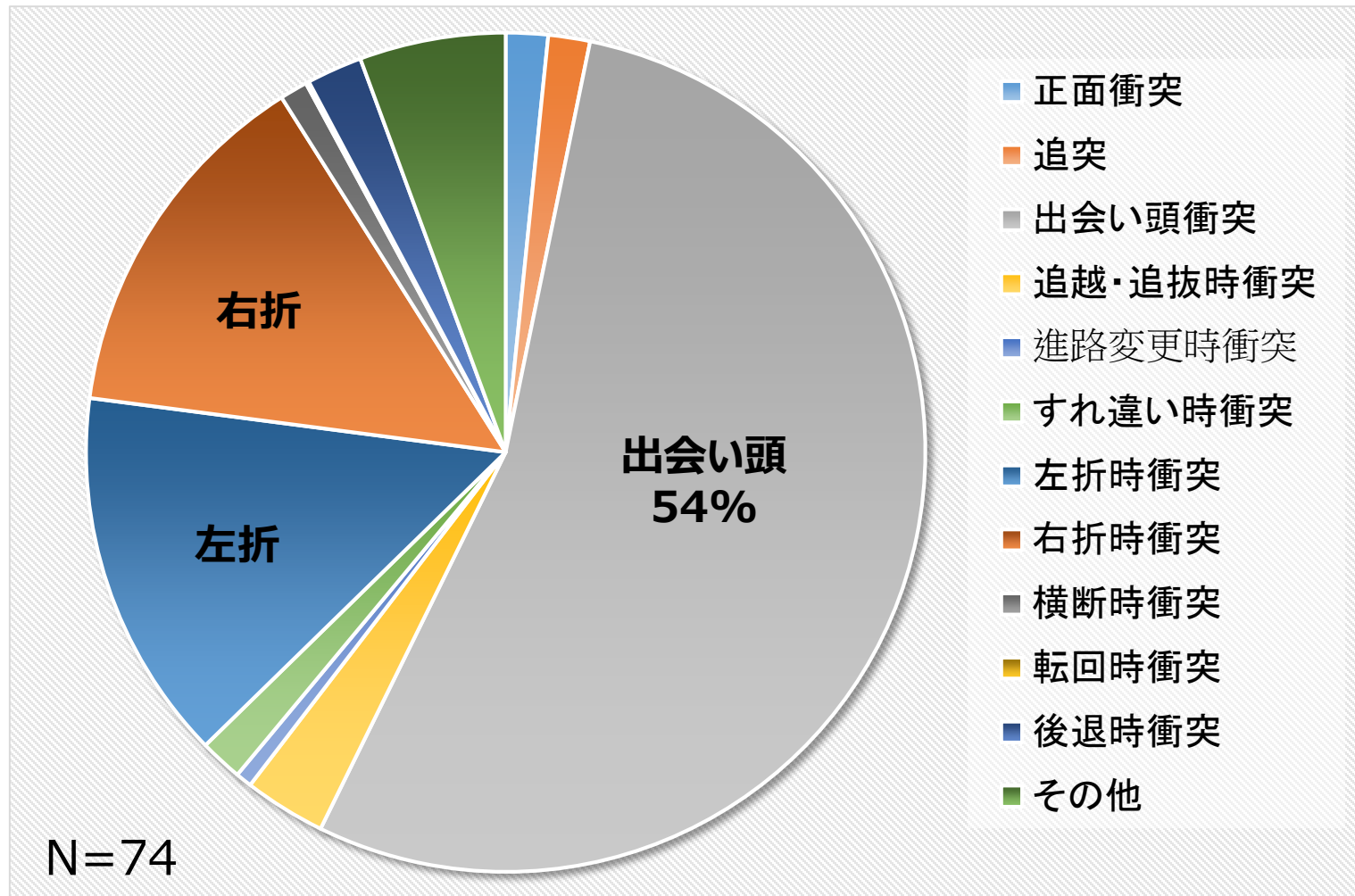
東京都，静岡県 of タクシーのデータ（東京農工大）
2005～2010（1カメラ），2014～2016（2カメラ）

- **四輪車対自転車出会い頭事故データ**

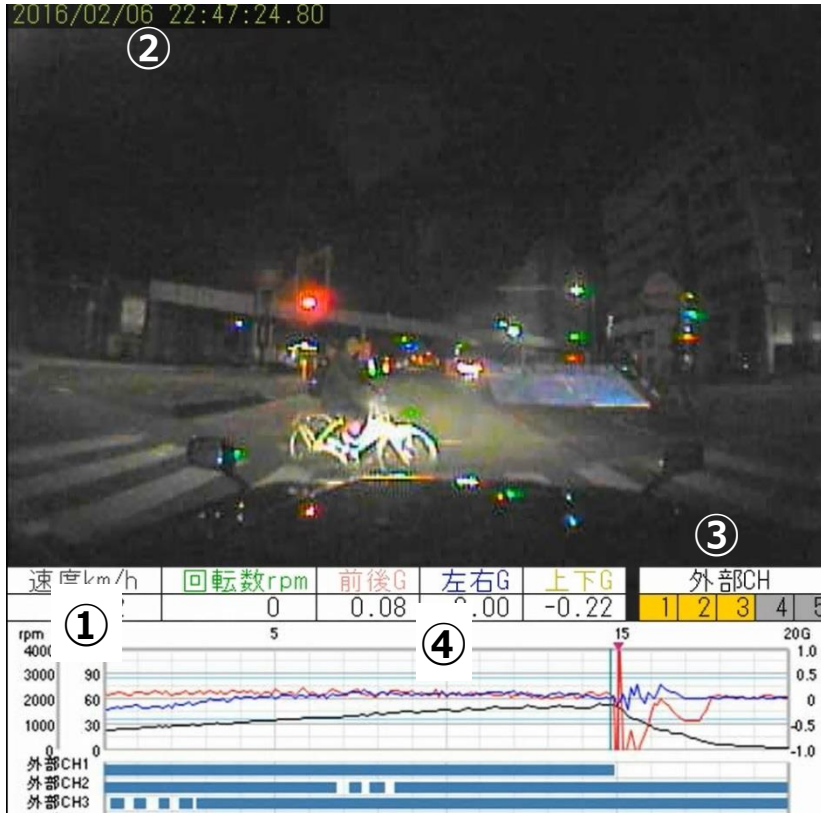
愛知県のデータ 31件
東京都，静岡県のデータ 9件



四輪車対自転車事故形態



再現方法



ドライブレコーダ

① : 車速

② : 時刻

③ : ブレーキ, ウィンカー

④ : 車両加速度

ドライブレコーダ



再現方法



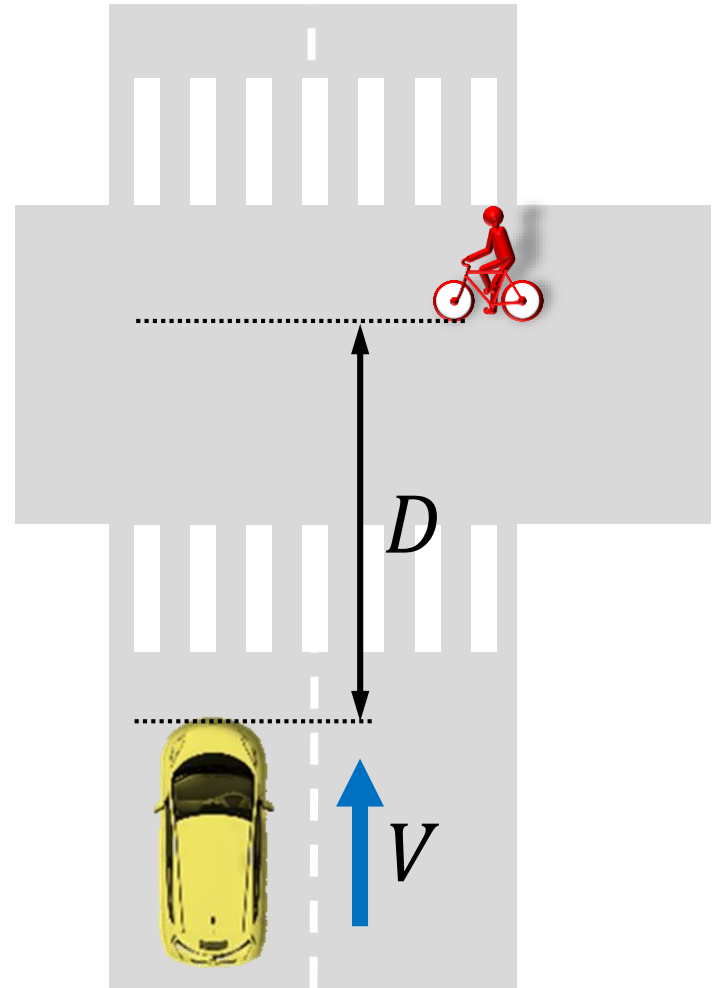
各データおよび動画コマごとの位置から，四輪車と自転車の軌跡・走行速度を決定

衝突余裕時間 TTC

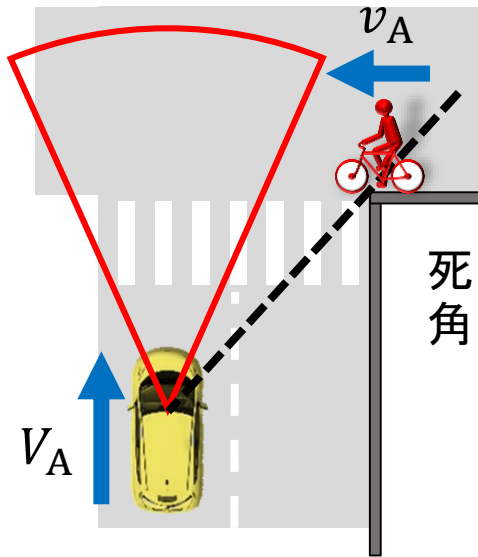
TTC (Time-to-Collision)

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

四輪車が対象となる物体と衝突するまでに衝突回避のための運転操作を行うことのできる余裕時間

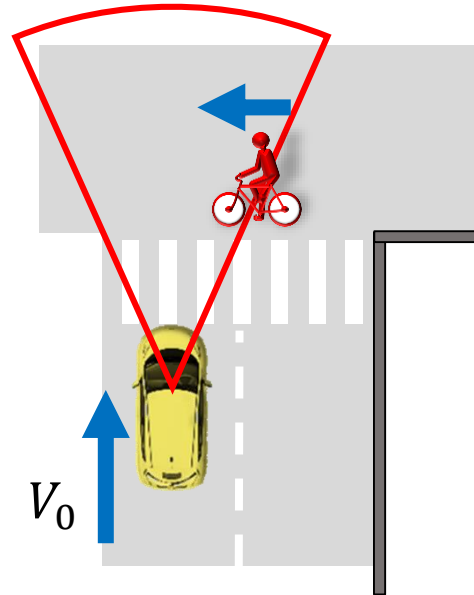


時間推移



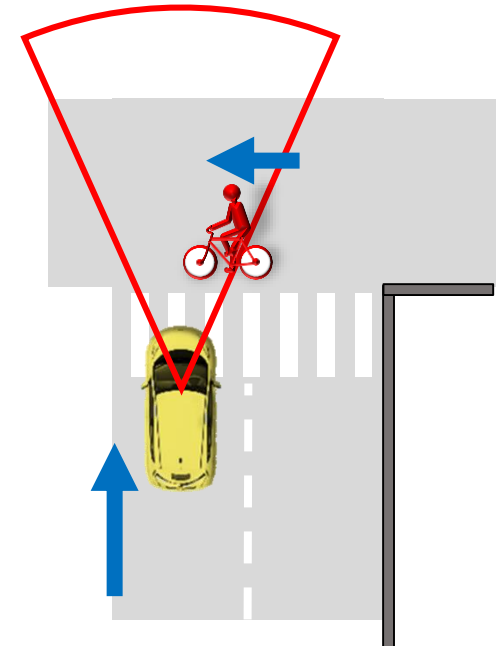
自転車乗員が死角
から出現

t_A



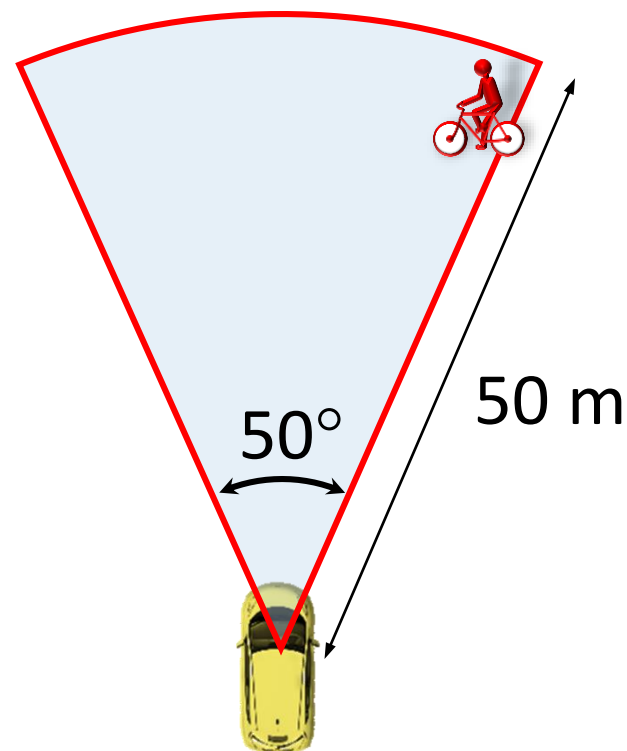
自転車乗員がセンシ
ングエリア内に侵入

t_0



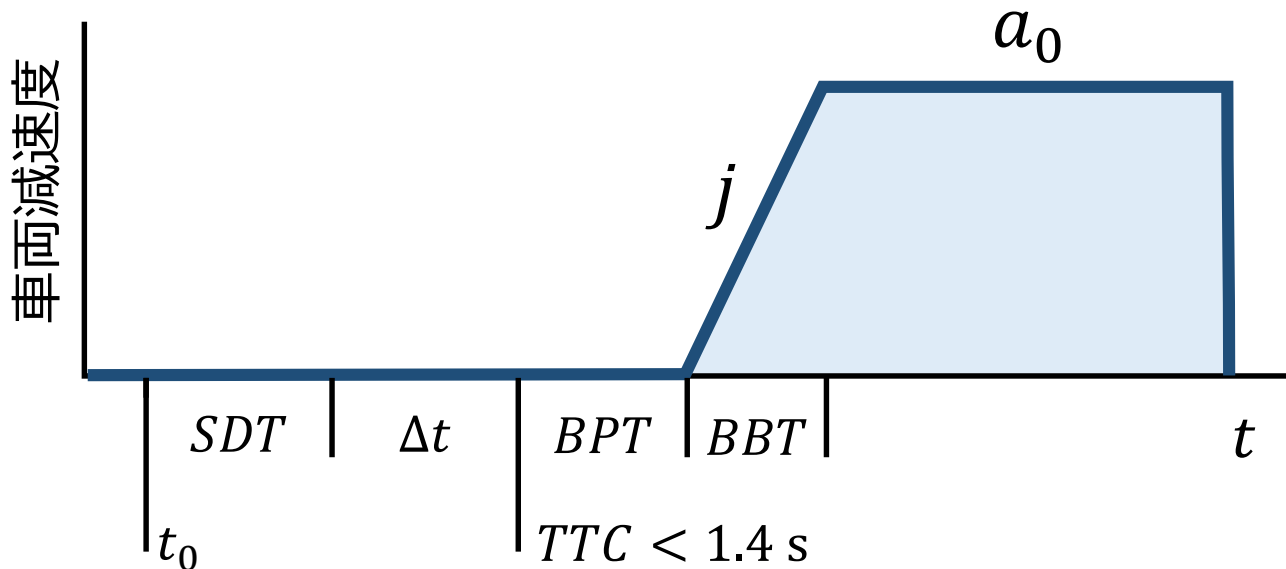
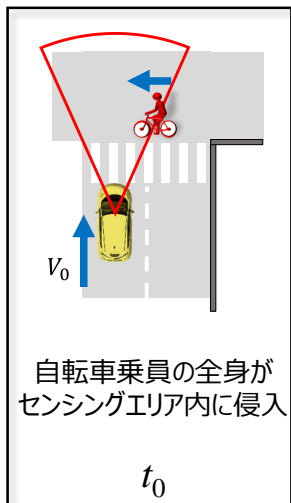
AEBセンサー（歩行者用）仕様

- Sensor Range: 50 m
- Sensor Angle: 50°
- 制動開始 TTC: 1.4 s

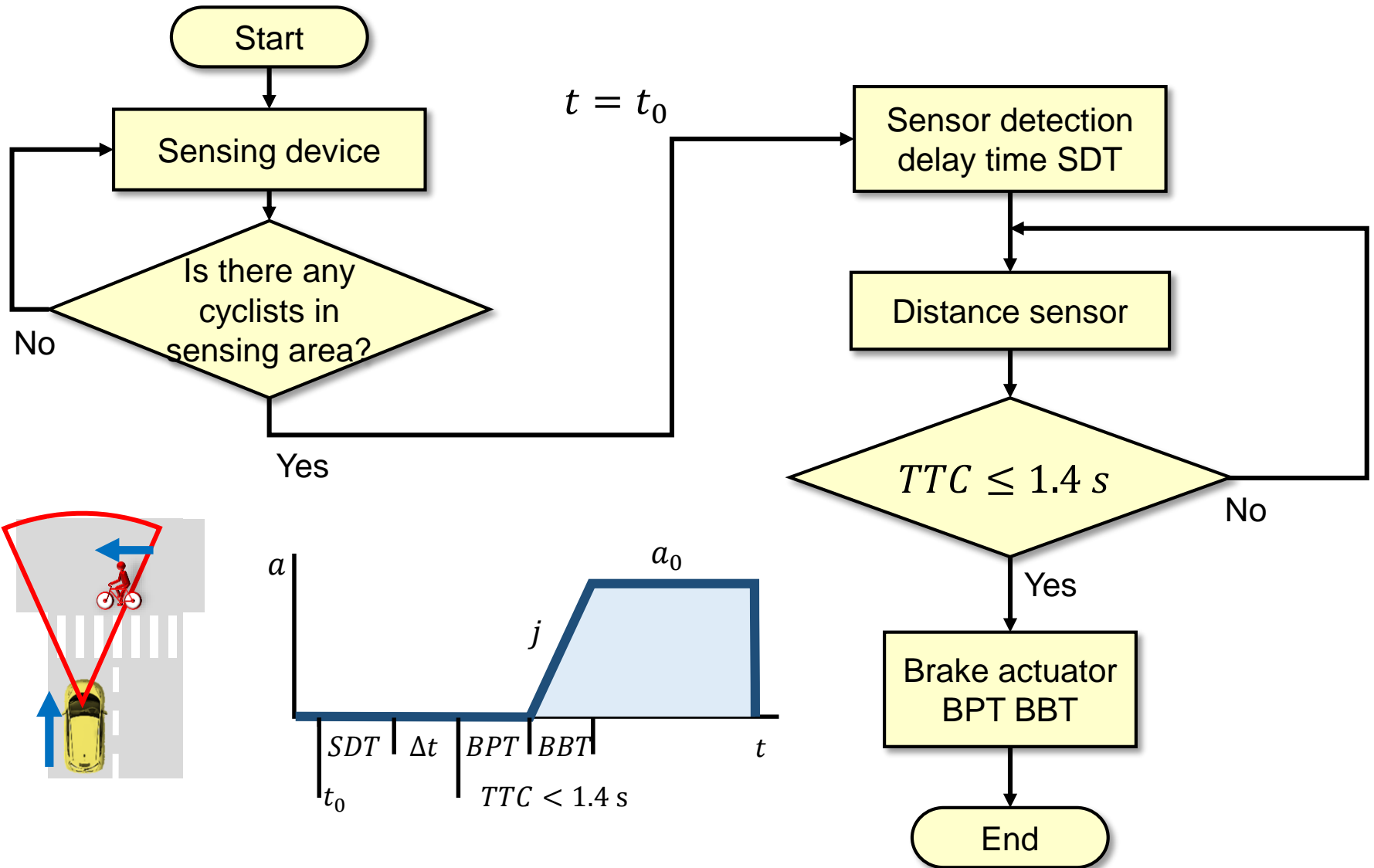


ブレーキ仕様

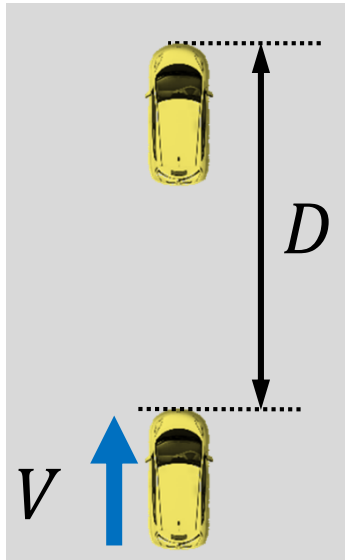
- 検知時間 SDT (Sensor detection Delay Time) : 0.4 s
- ブレーキプリチャージ時間 BPT (Brake Pre-charge Time) : 0.1 s
- ブレーキ制動遅れ $DT=SDT+BPT$: 0.5 s
- 最大減速度到達時間 BBT (Brake Boosting Time): 0.1 s
- 最大減速度 a_0 : 0.8 G



AEB 作動フローチャート

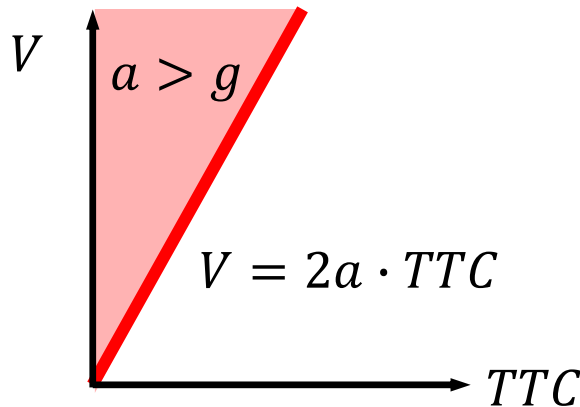


TTCと速度の関係（制動開始時）



$$0^2 - V^2 = 2(-a)D$$

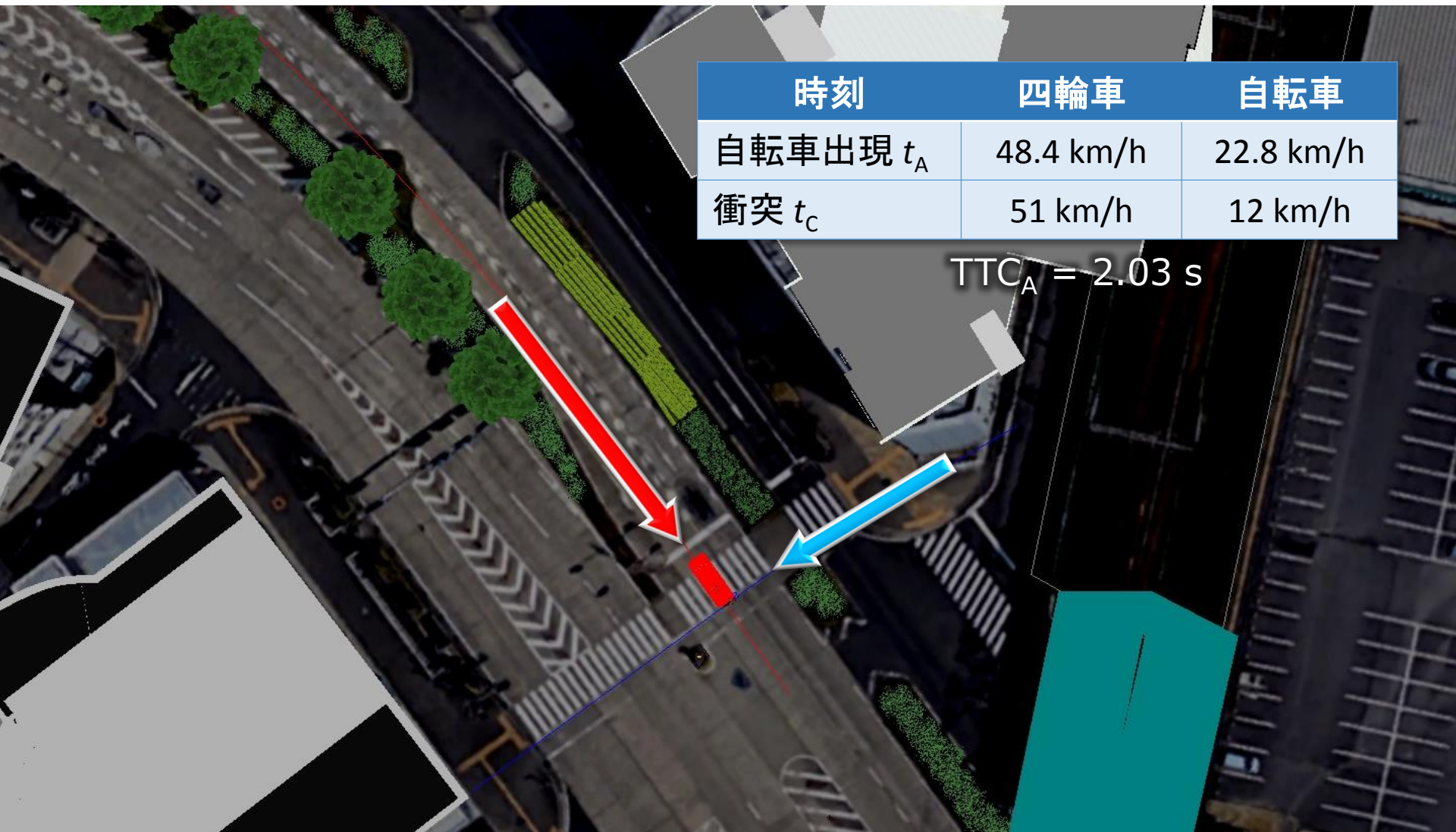
$$TTC = \frac{D}{V}$$



$$V = 2a \cdot TTC$$

事故再現とAEBSの効果

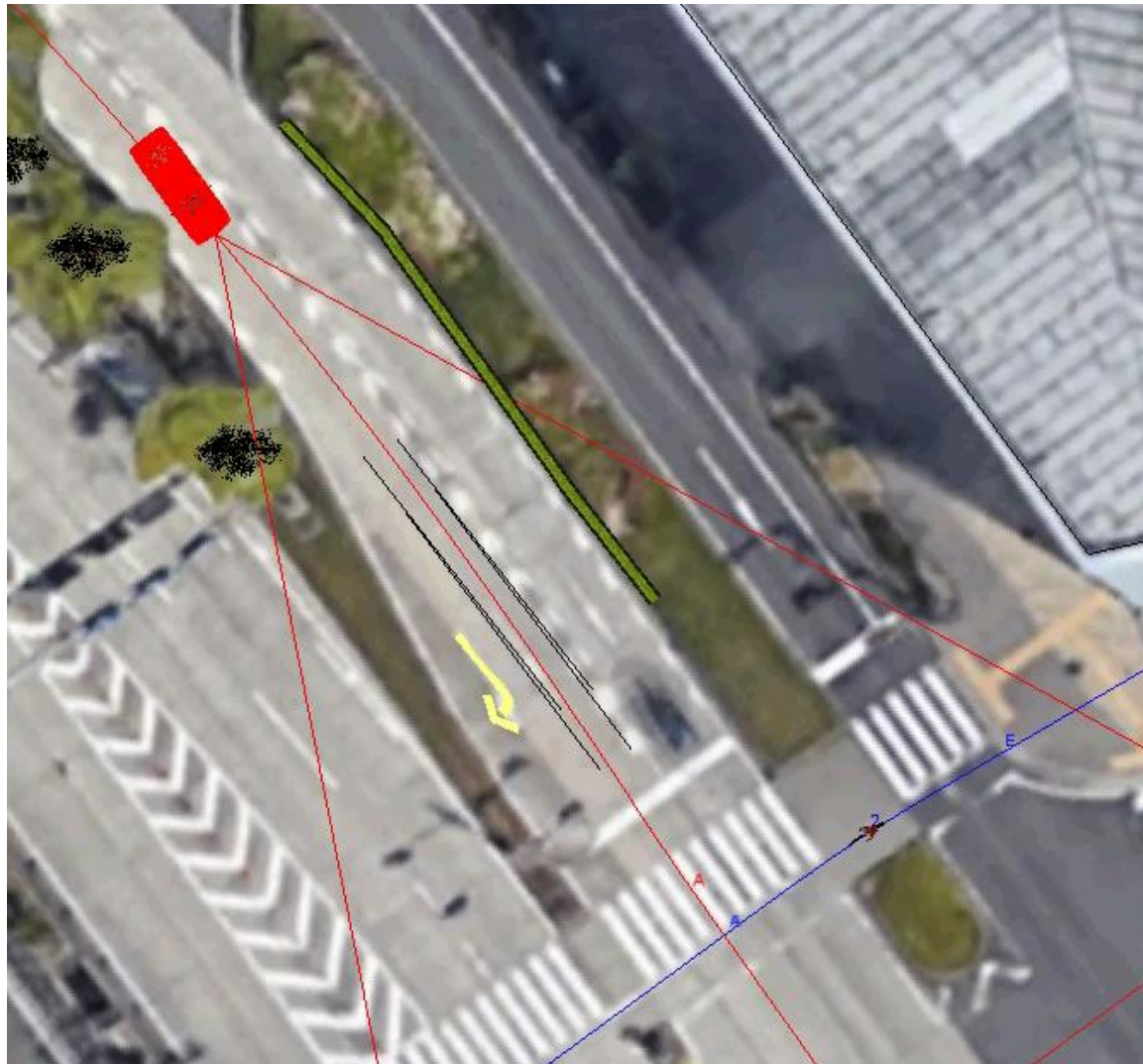
出会い頭事故 (Case1)



時刻	四輪車	自転車
自転車出現 t_A	48.4 km/h	22.8 km/h
衝突 t_C	51 km/h	12 km/h

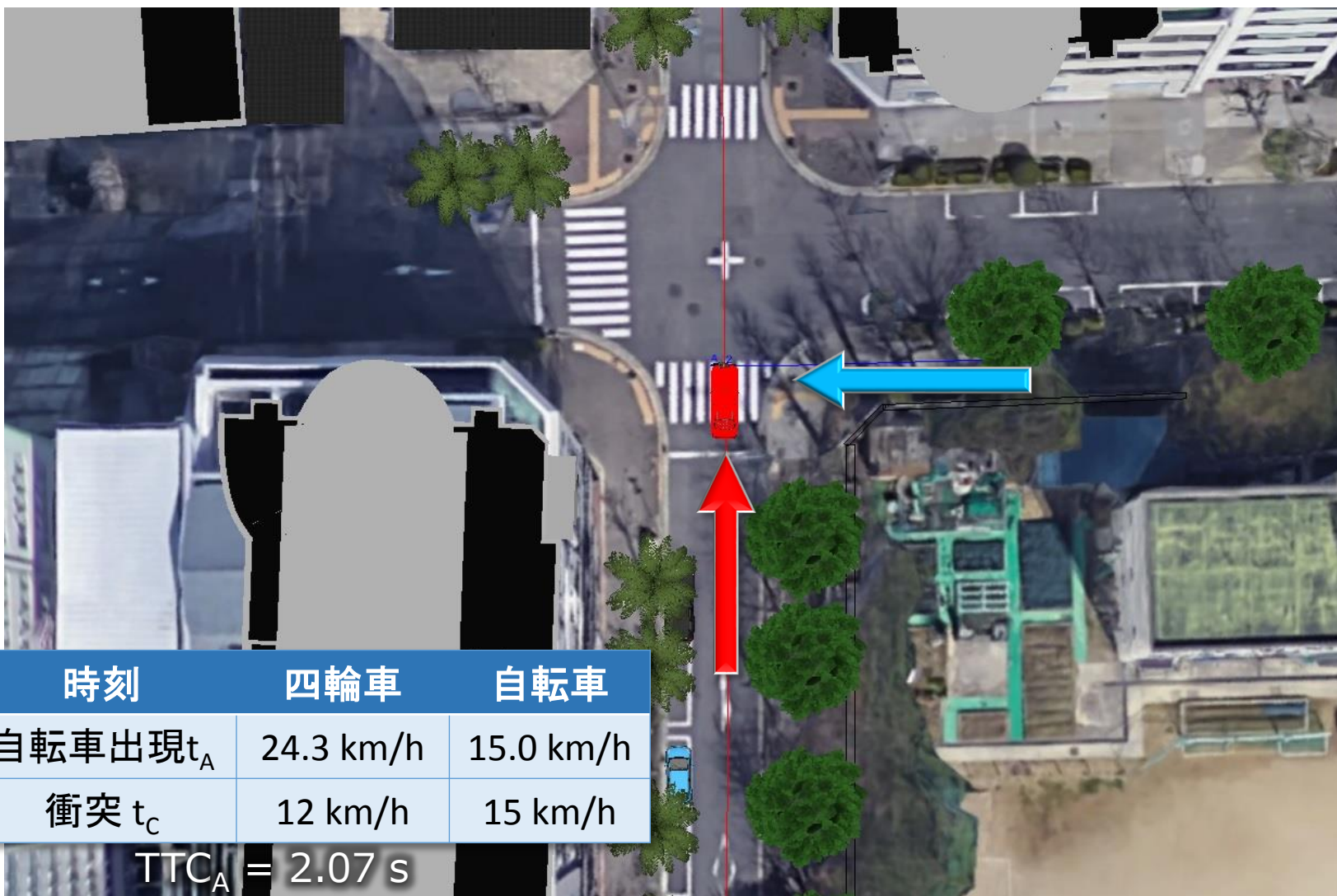
$TTC_A = 2.03 \text{ s}$

出合い頭 (Case 1) AEBS ON

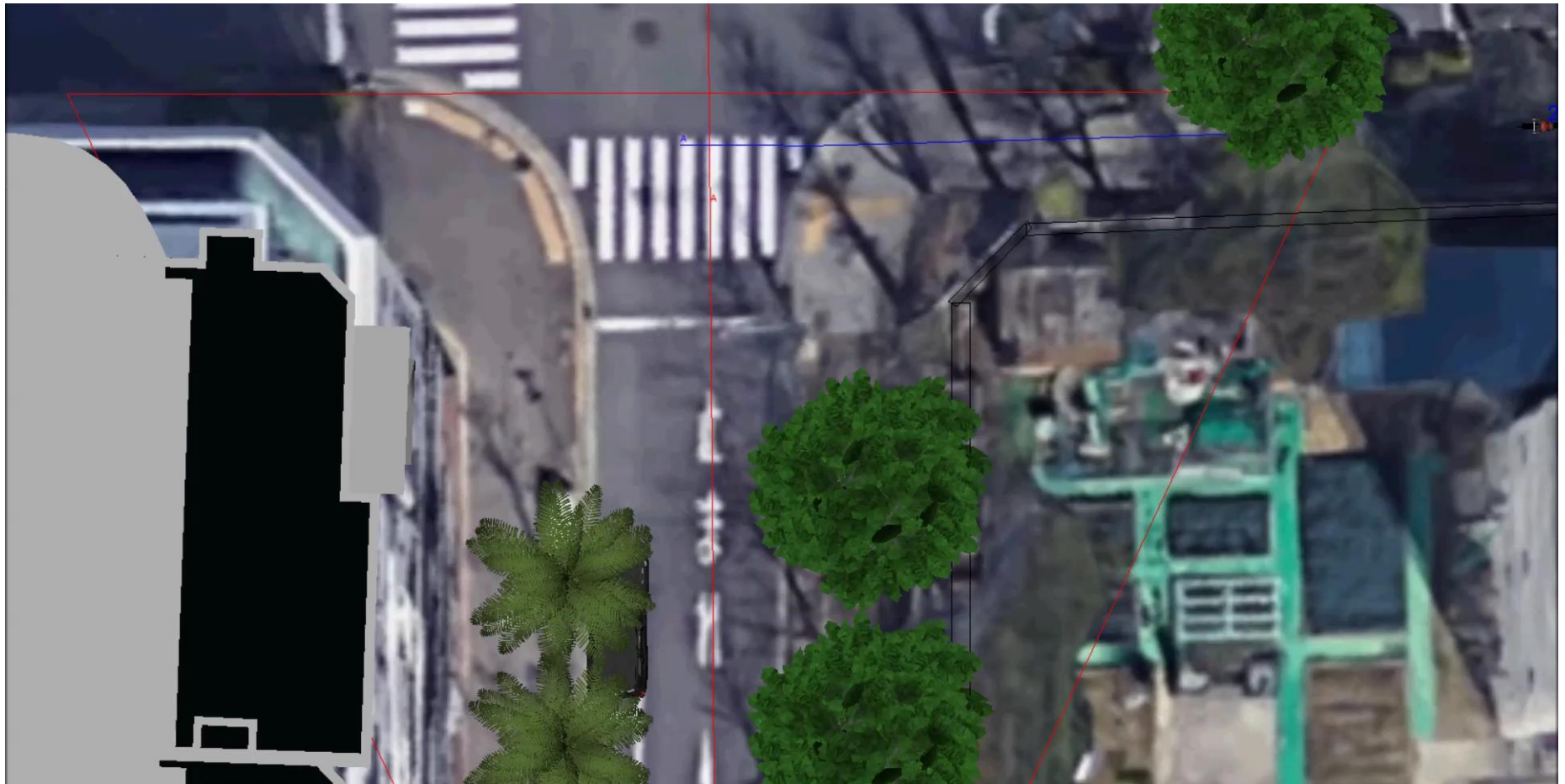


AEBS作動 衝突回避

出会い頭事故 (Case2)

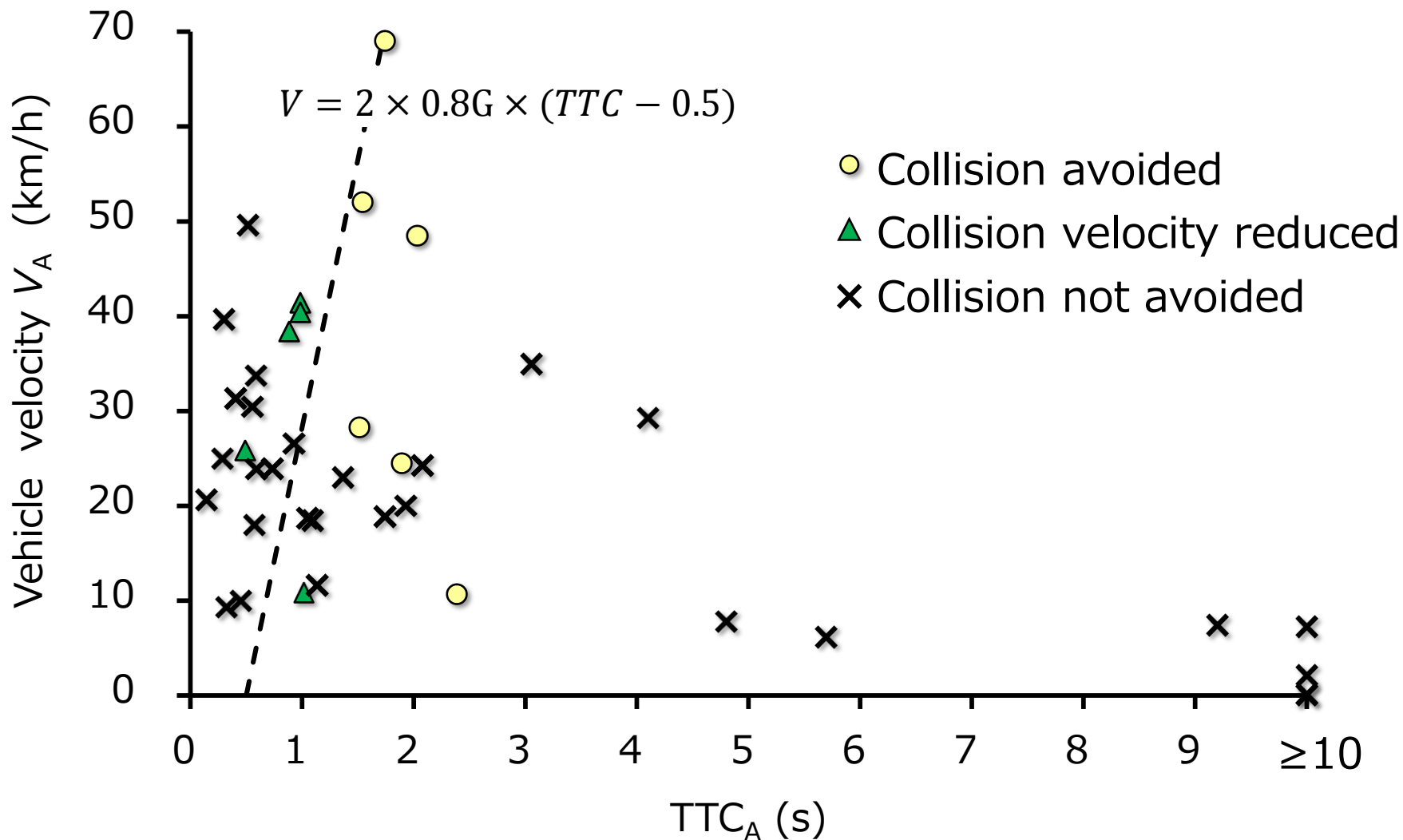


出会い頭事故 (Case2) AEBS ON



AEBS非作動：衝突発生

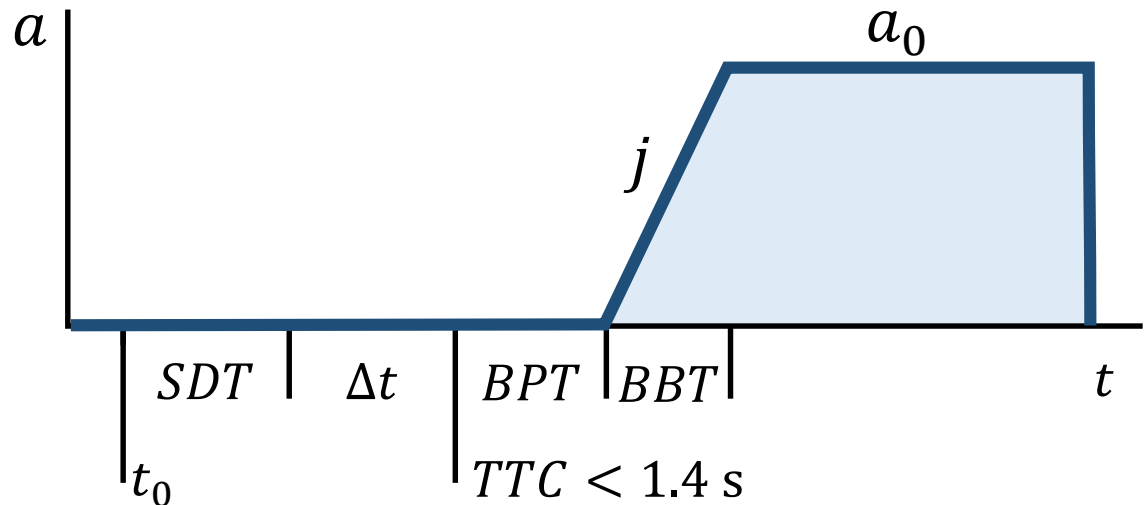
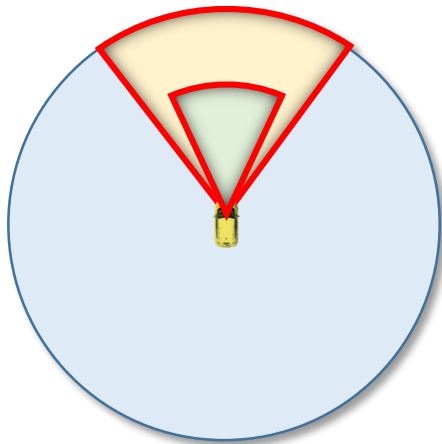
AEBS作動と事故回避（歩行者用センサー）



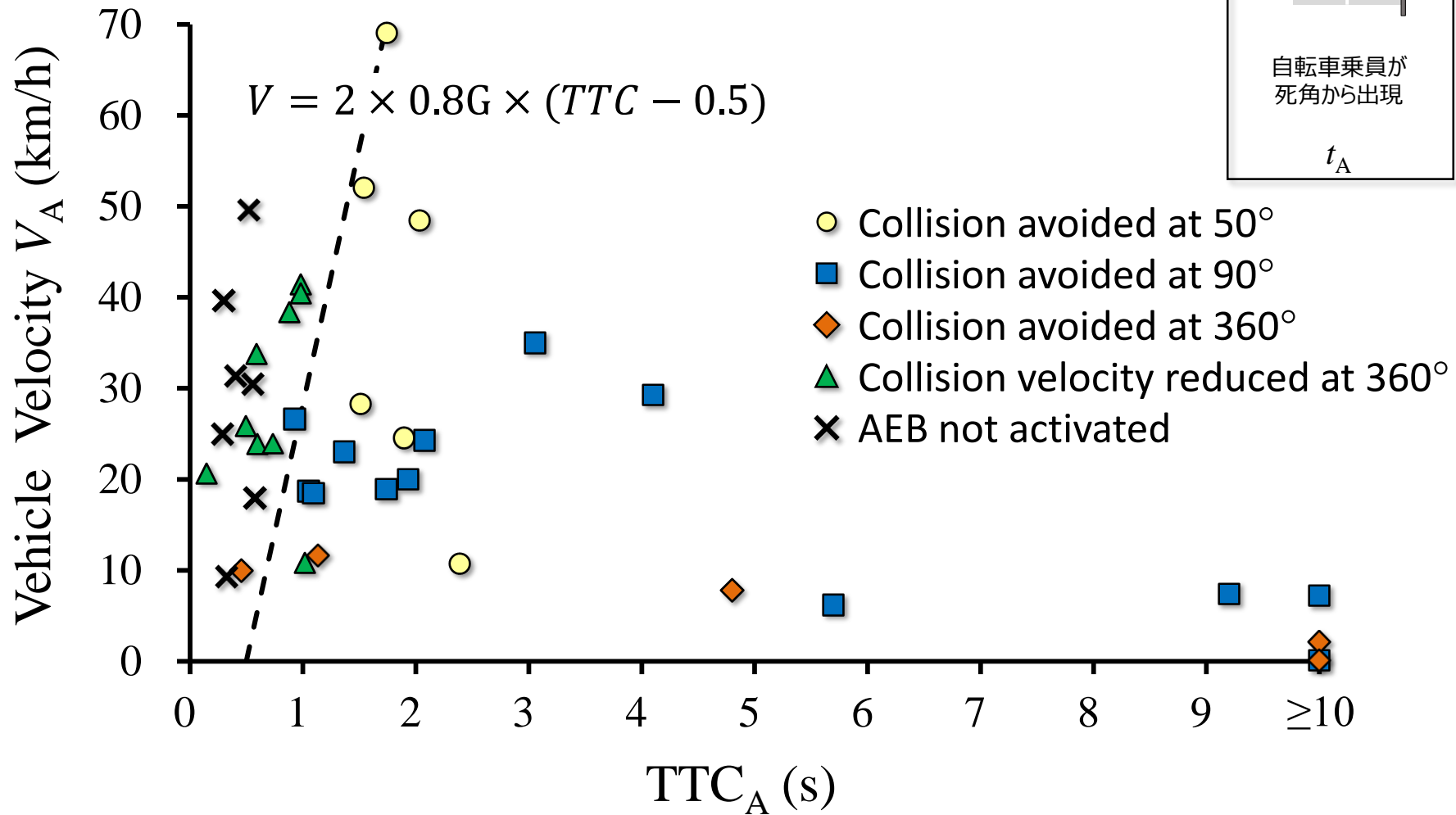
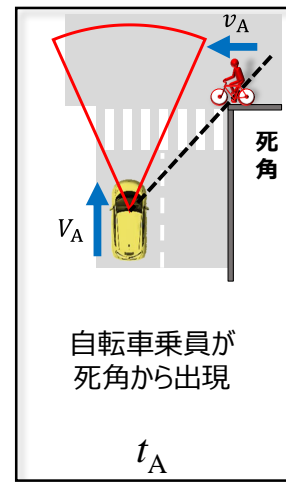
AEBSパラメータ変更

センサーパラメータ

- センサー
 - 角度 50° 距離 50 m
 - 角度 90° 距離 75 m
 - 角度 360° 距離 75 m
- 遅れ時間 $DT = SDT + BPT$: 0.5 ~ 0.0 s (0.1 s 刻み)
- 衝突余裕時間 TTC 1.4 s
- 最大減速度到達時間 BBT: 0.1 s

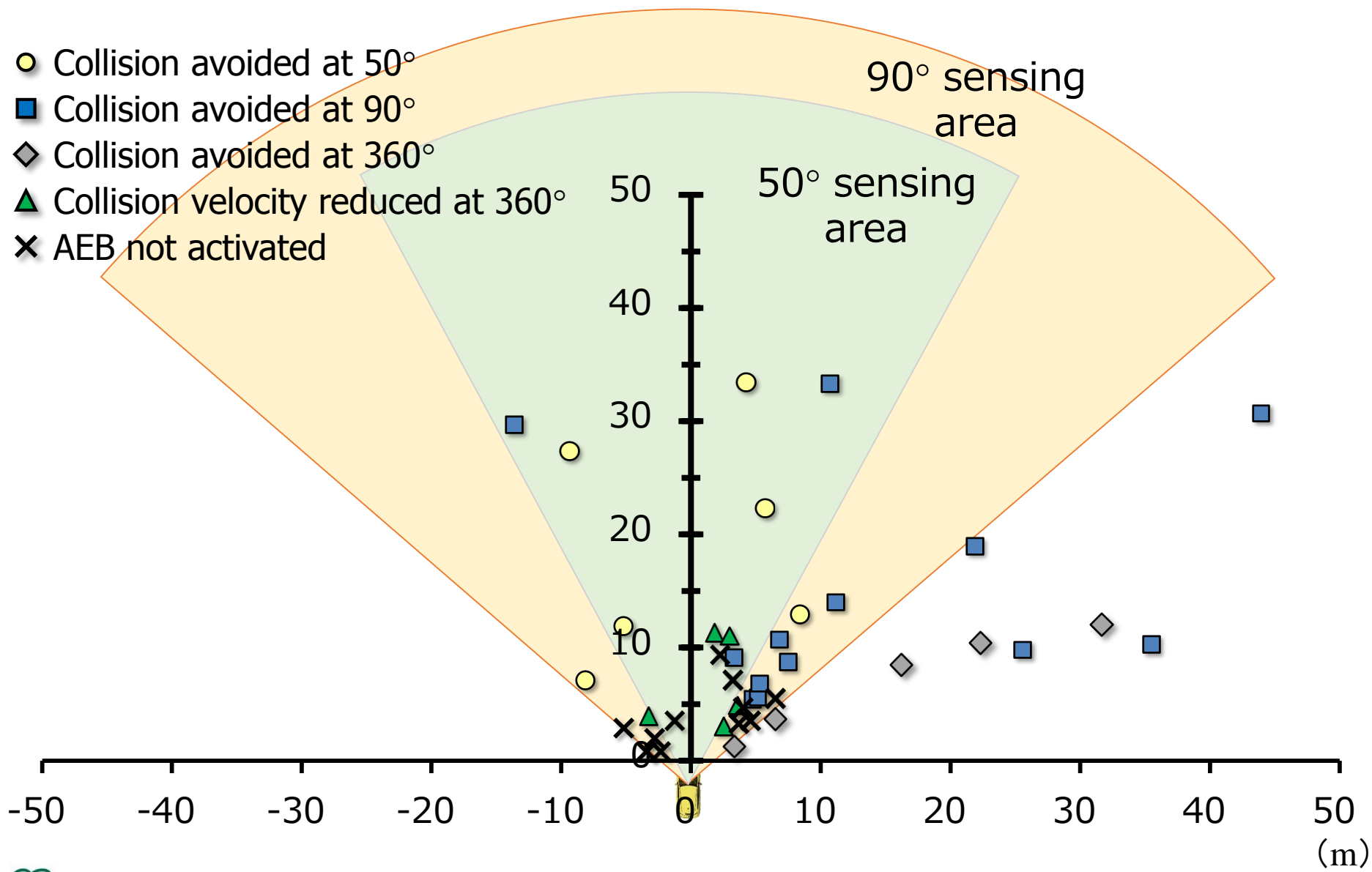


センサ角度 (DT 0.5 s)

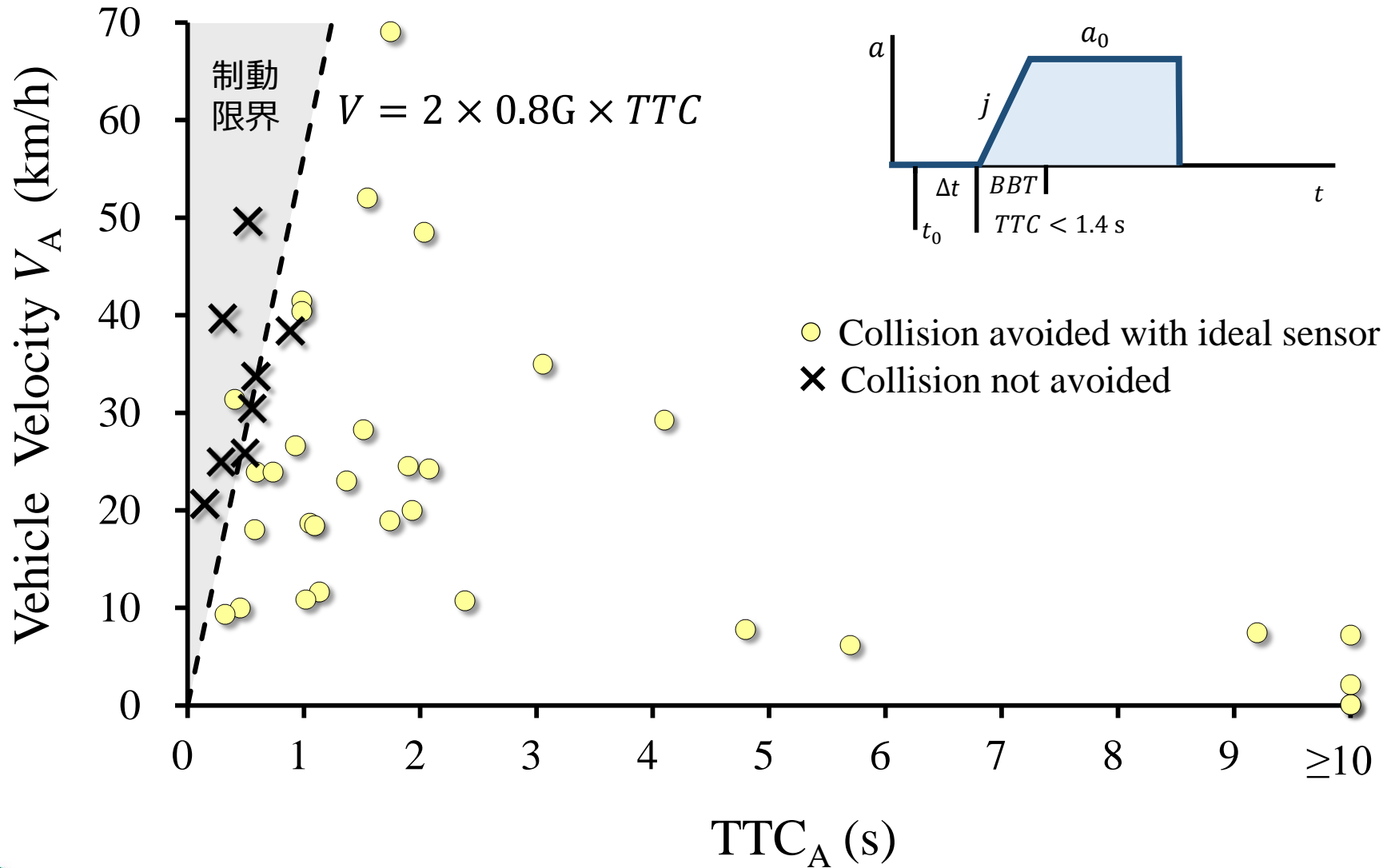


センサー角度 (DT 0.5 s)

- Collision avoided at 50°
- Collision avoided at 90°
- ◇ Collision avoided at 360°
- ▲ Collision velocity reduced at 360°
- × AEB not activated



理想的なAEBS (センサ角度360°, DT 0.0s)

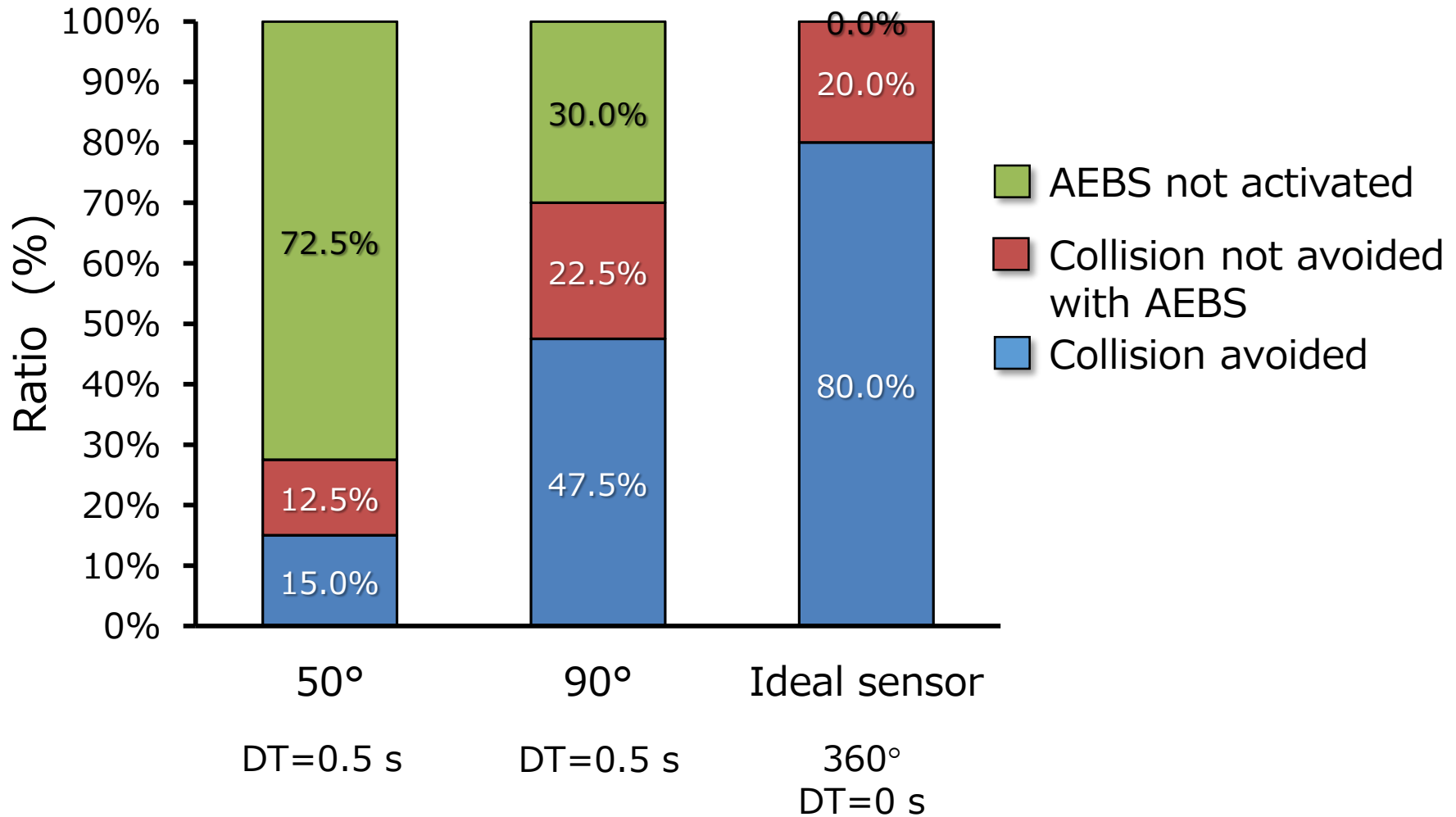


理想的なAEBSでも 回避困難な事故（8件/40件中）

No.	TTC_A (s)	V_A (km/h)	AEB非搭載 V_c (km/h)	AEB搭載 V_{CAEB} (km/h)	衝突速度低 減 (km/h)	事故状況
1	0.880	38.4	30	6.5	23.5	対向車線から飛び出し（単路）
2	0.517	49.6	35	32.3	2.7	対向車線から飛び出し（単路）
3	0.555	30.5	8	4.6	3.4	対向車線から飛び出し（単路）
4	0.587	33.8	10	7.0	3.0	建屋影から飛び出し（交差点）
5	0.287	25	25	14.5	10.5	建屋影から飛び出し（交差点）
6	0.493	25.9	15	11.3	3.7	四輪車信号無視(横断歩道上)
7	0.144	20.7	15	10.5	4.5	横断歩道飛び出し
8	0.299	39.7	35	25.3	9.7	交差点渡り遅れ

Sensor angle 360°, SDT+BPT=0 s

センサー性能と事故回避



結 論

- 対自転車の衝突回避にはAEBSセンサーの角度拡大が有効である（角度 90° では多くの衝突が回避可能）。また，制動時間遅れDTを小さくすることで，四輪車の制動限界に近い衝突における衝突回避・速度低減が可能となる。
- 四輪車に理想的なセンサーを搭載しても，衝突回避困難な自転車の飛び出し事故（TTC 0.9 s 未満）が存在する。