

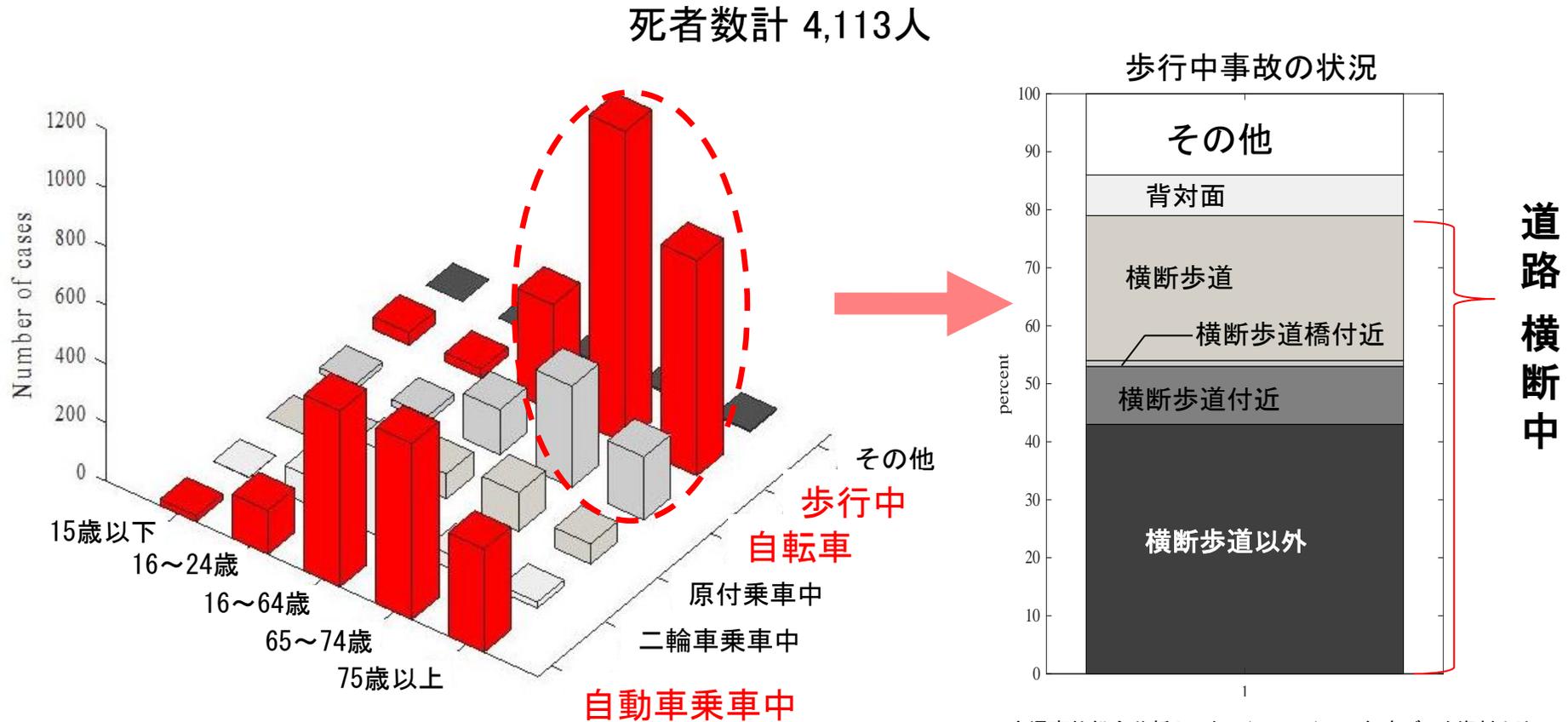
# 交通環境を用いた 走行リスク予測アルゴリズムの評価手法の研究

---

神奈川工科大学  
工学研究科 機械システム工学専攻  
井上・小宮研究室

1884006 張 海鵬

# 交通死亡事故発生の傾向



\* 交通事故総合分析センター(IRTAD)H27年度データ資料より  
\* 死者数の定義は事故発生後30日以内の死者である

- ・自動車乗車中・歩行中ともに死亡事故に占める高齢者の割合が高い
- ・歩行中死亡事故の80%以上が道路横断中

# 研究課題と目的

## 課題

- 歩行者, 自転車などの行動パターンは多岐にわたる
- AEBS は歩行者等の認識性能が不十分→安全技術の向上が必要
- 安全性を向上するシステムの効果評価は重要



- IIHS、交通事故総合分析センター(IRTAD)資料より
- AEBS(Advanced Emergency Braking System): 衝突被害軽減ブレーキ

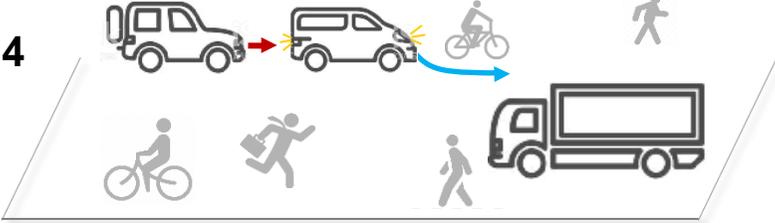
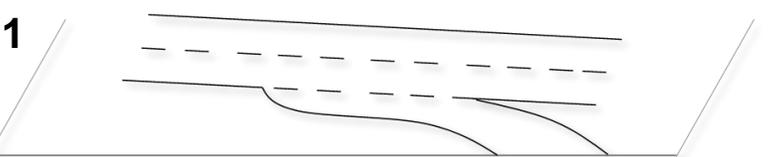
複雑, 且つ, 膨大な交通環境を再現する, 評価シミュレーションの構築が必要

## 目的

仮想交通環境での評価シミュレーションを構築する

- ① 交通環境モデルにドライバーのリスク指標, 走行環境のリスク指標を定義
- ② 歩行者や自転車の行動モデルを作成(ヒヤリハットデータから分析)
- ③ 先読み減速制御システムを例とした改善システムの効果検証

# ①交通環境モデル化に向けた要因の階層化

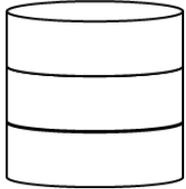
動的 ロードユーザ	Layer 4		<ul style="list-style-type: none"><li>・乗用車</li><li>・トラック…</li><li>・歩行者</li><li>・自転車</li></ul>
	静的 走行道路 環境	Layer 3	
静的 走行道路 環境	Layer 2		<ul style="list-style-type: none"><li>・信号機</li><li>・一時停止 …</li></ul>
	Layer 1		<ul style="list-style-type: none"><li>・道路の形</li><li>・道路の限界 …</li></ul>

独PEGASUSプロジェクト参照

# ① 走行道路環境のモデル化

Near-Miss Incident

Data Base



- ・直線道路
  - ・交差点
  - ・カーブ
- 抽出

現地の選定



観察



飛び出し位置

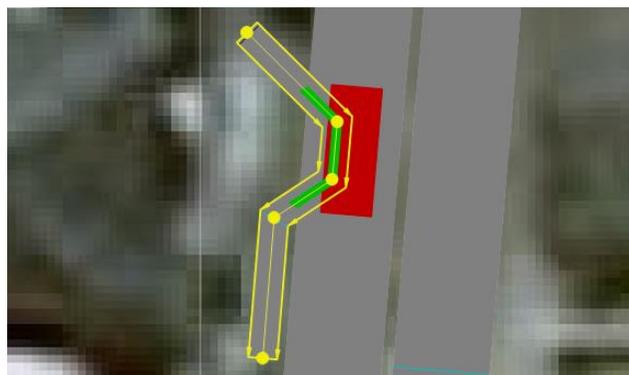
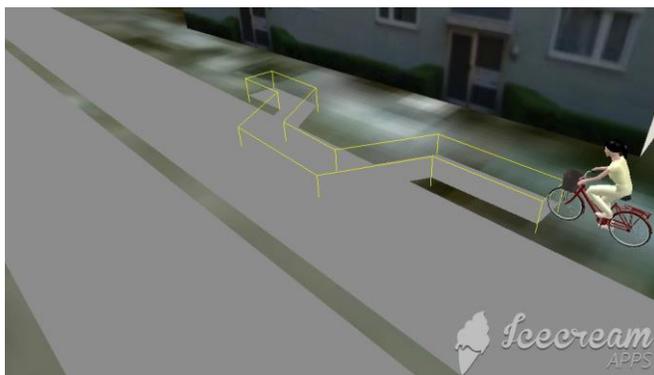


# ① 歩行者，自転車 の 行動モデル の 構築

## A. Head on Bicycle behavior model



ヒヤリハットデータベースから抽出の逆走自転車 → Head onに分類される

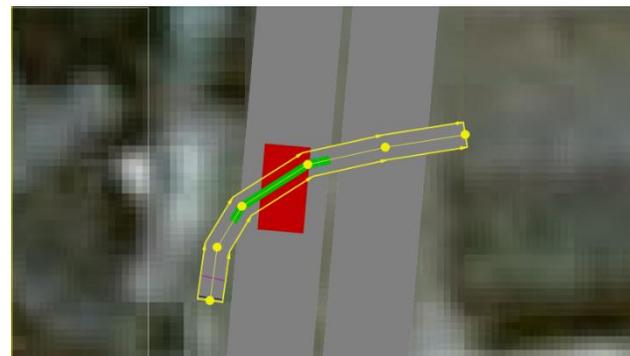
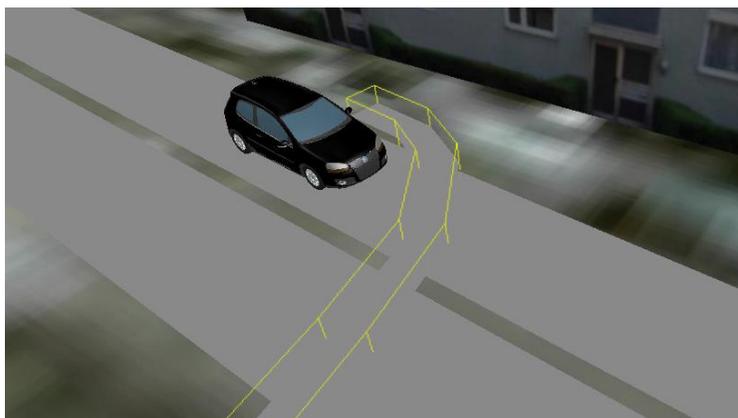


# ①歩行者，自転車の行動モデルの構築

## B. Turn Cross Pedestrian behavior model



ヒヤリハットデータベースから斜め横断の歩行者 → Turn crossに分類される

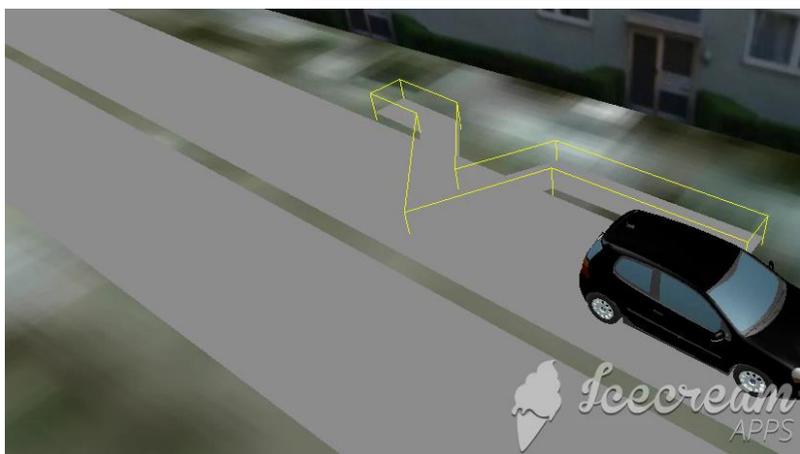


# ①歩行者，自転車の行動モデルの構築

## C. **Swing** Bicycle behavior model



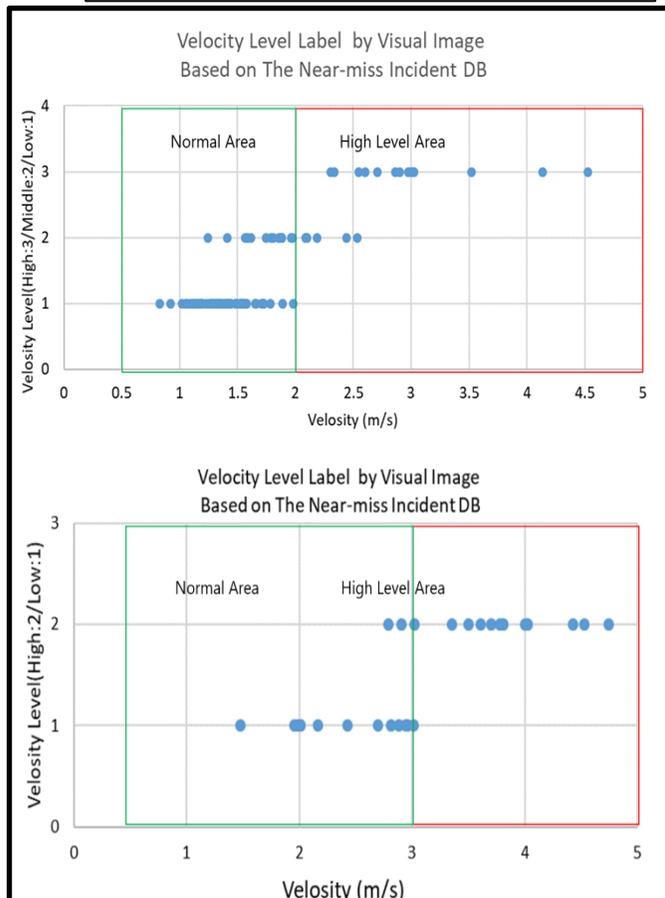
ヒヤリハットデータベースから抽出の横断中止自転車 → Swingに分類される



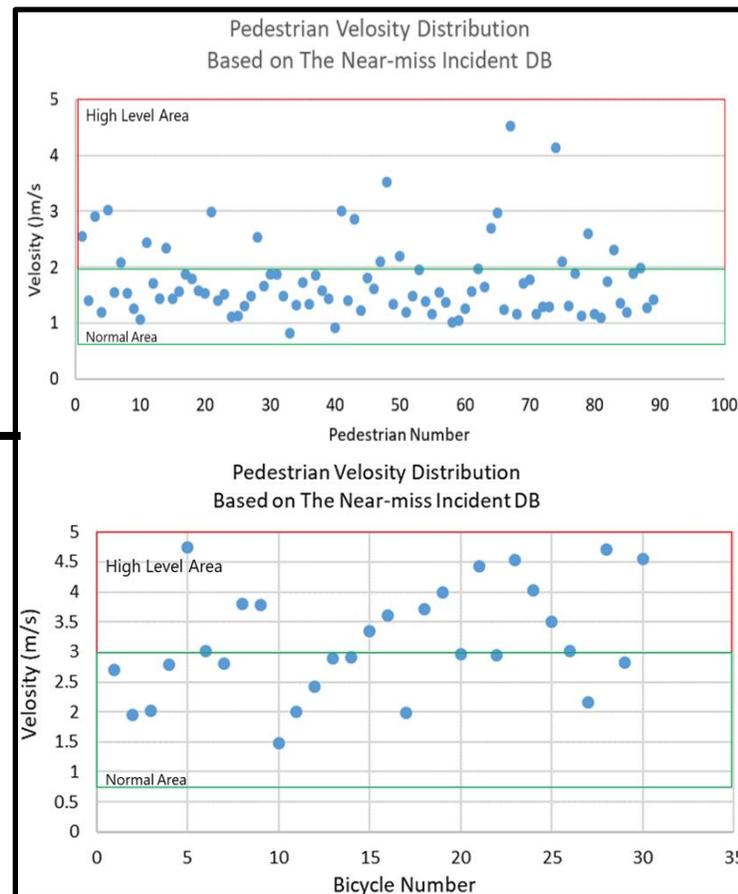
# ①歩行者，自転車の飛び出し速度の定量

飛び出し速度のシーン抽出

主観的に移動速度を評価



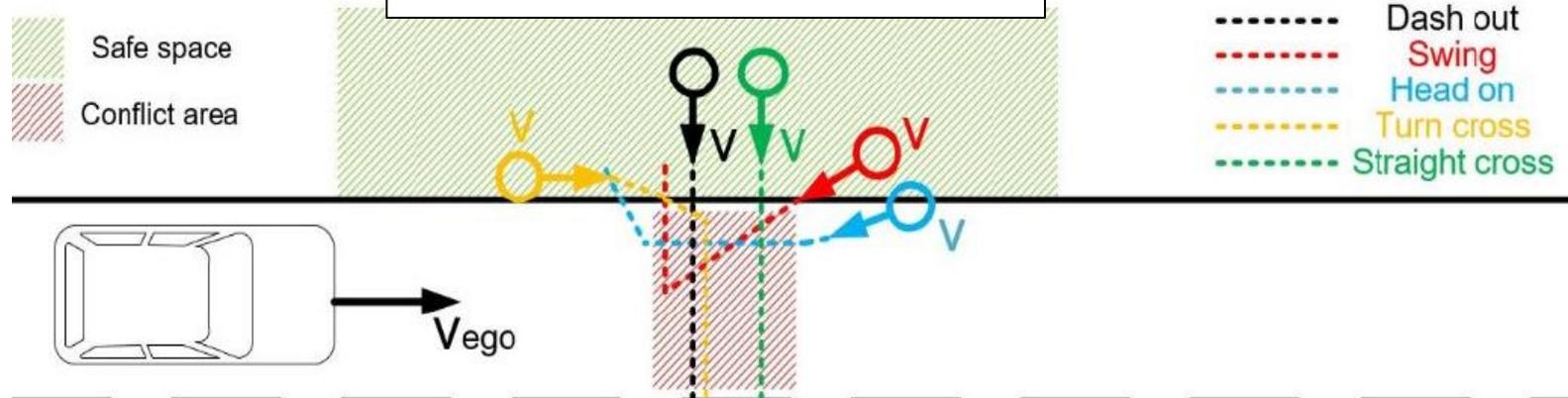
平均速度を計算



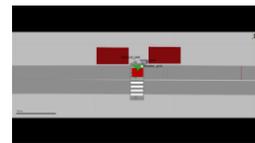
閾値は  
歩行者 2 m/s,  
自転車 3m/s  
に設定

# ① Vissimのモデル化したシナリオ

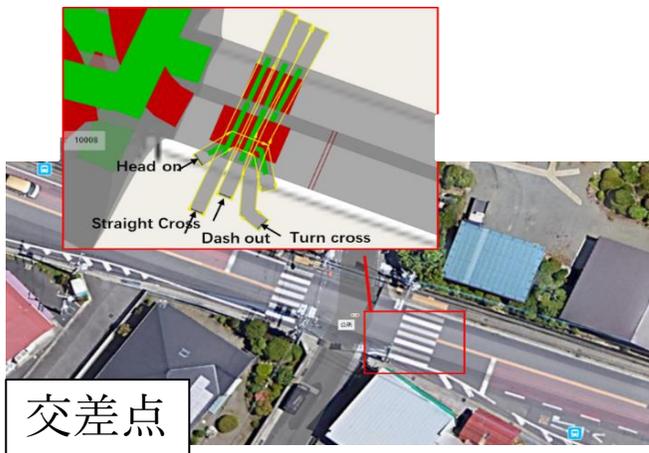
+ 直接道路を渡るシーン二つ



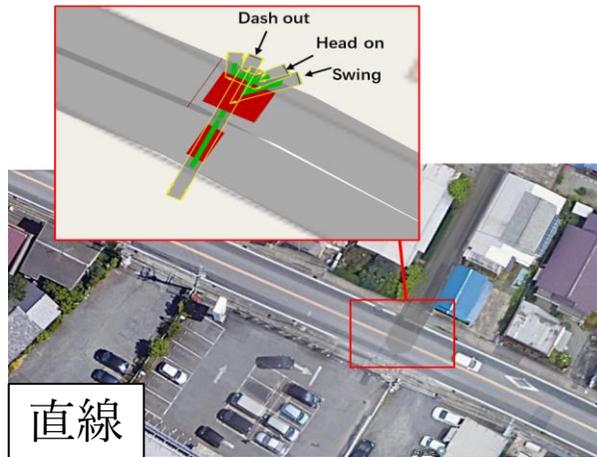
歩行者，自転車モデルを交通環境に加え，シナリオを作成



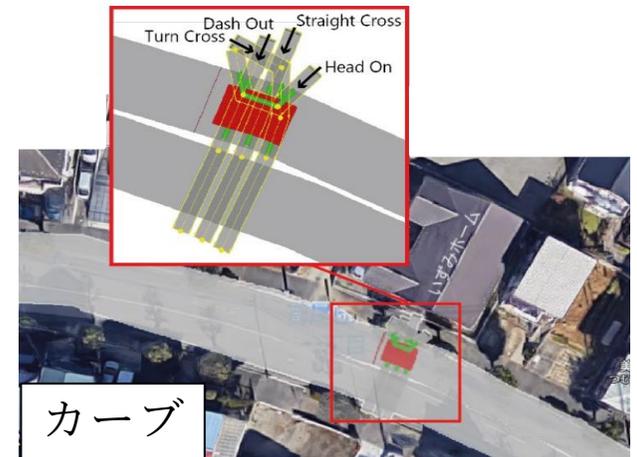
PTV VISSIM



交差点



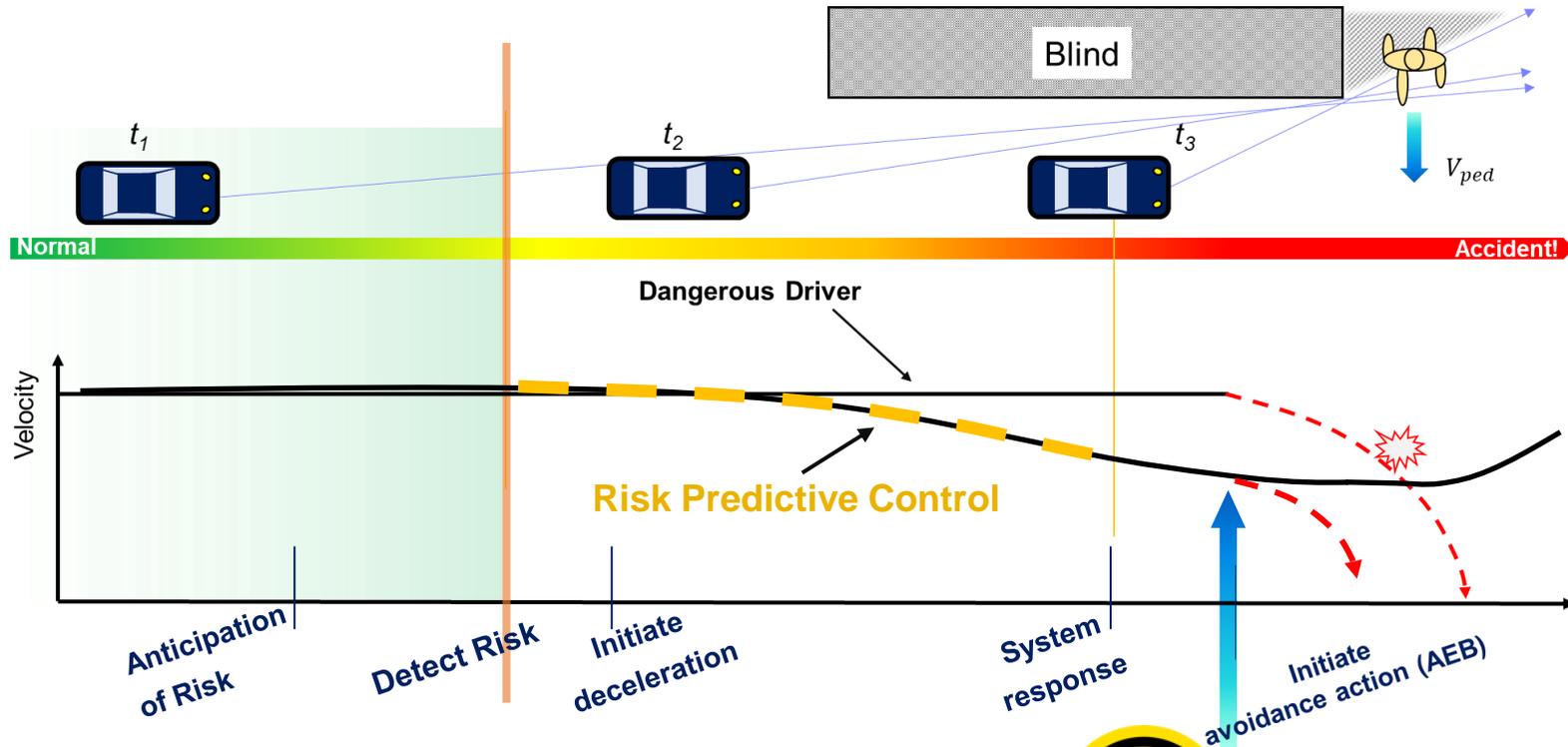
直線



カーブ

## ② 「先読み減速制御」とは？

環境の潜在リスクを読み，事前に減速する事で，  
万が一の際に対応可能な**時間余裕を十分に確保**する



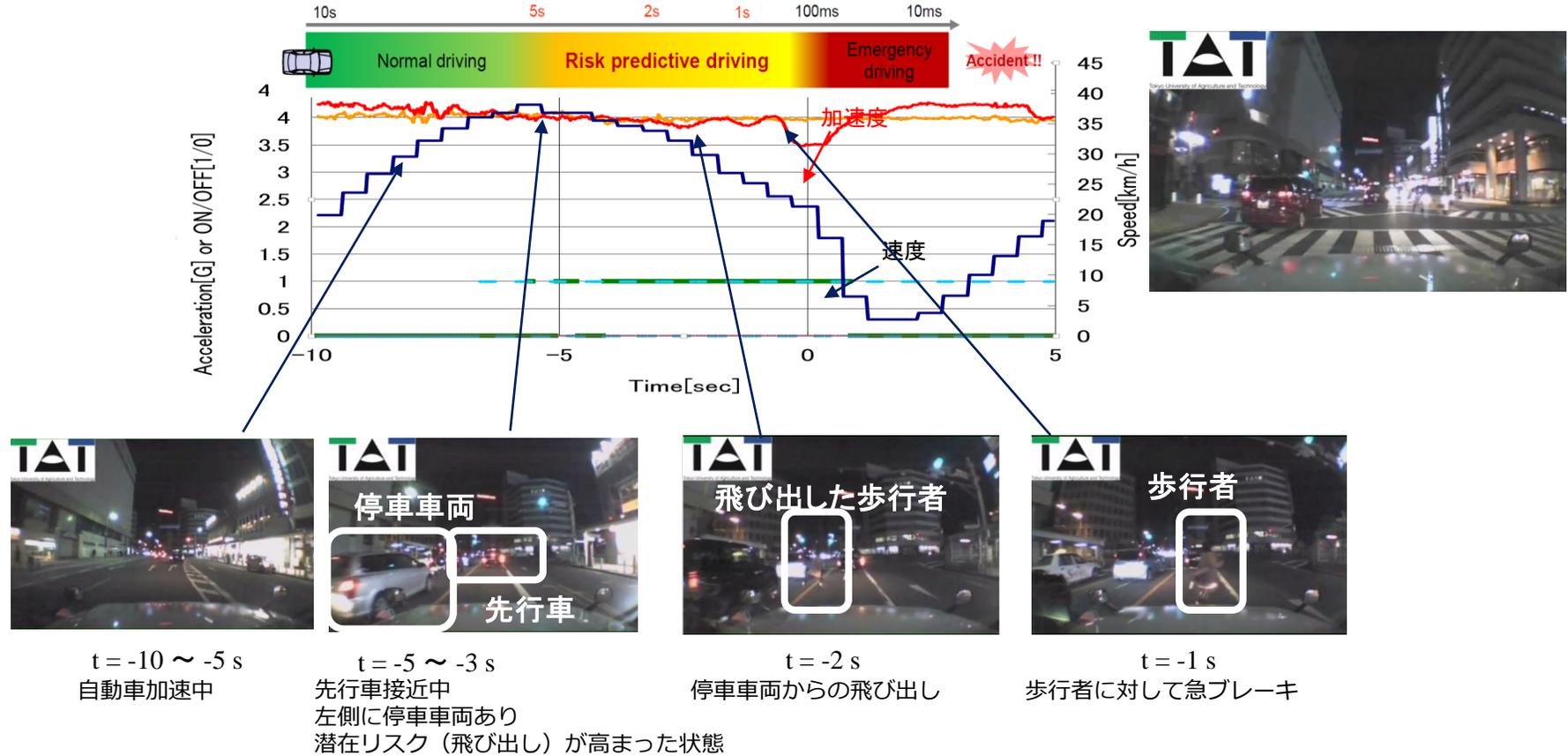
• 交通環境要因のリスク指標 Risk value

• ドライバ運転行為のリスク指標 LHP

適正な通過速度

\*LHP: Long-term Hazard Potential

## ② リスク指標のシミュレーションへの組み込み

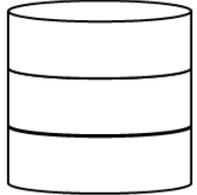


- ・ドライバ運転の -10s~0sデータ > 運転行動の危険度 LHP
- ・交通環境要因での発生率と危険度 > 走行環境の危険度 Risk Value
  - ↳ ・交差点の形 (十字路, 丁字路...) ・歩道(区分け有無...)

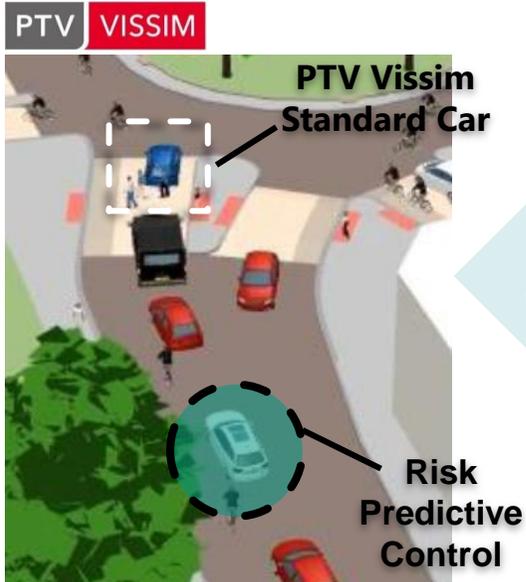
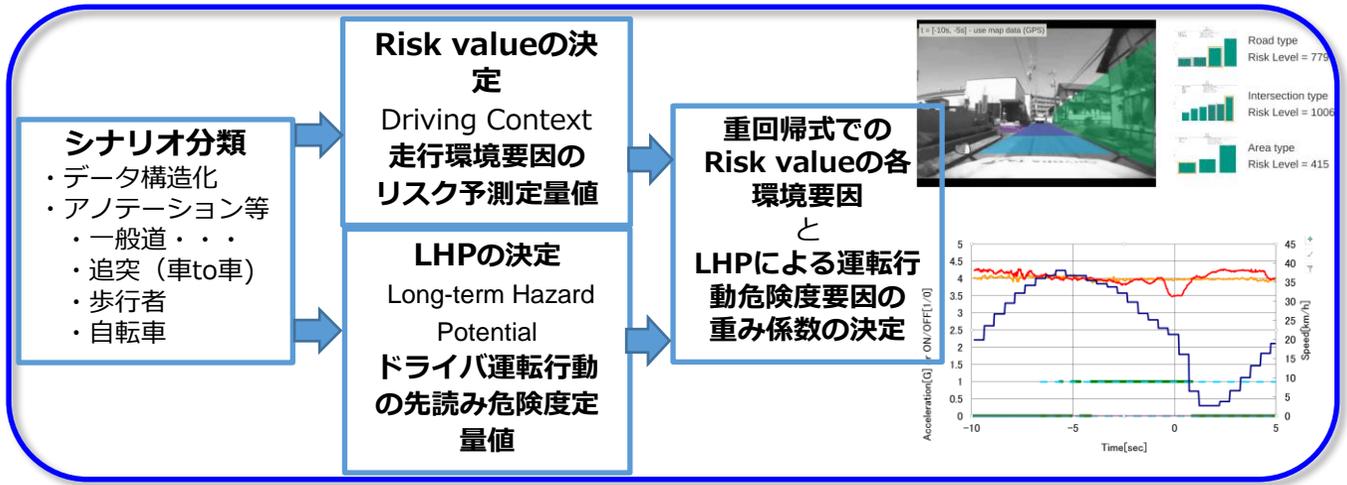
東京農工大学収集したヒヤリハットデータベースにより

# 先読み減速制御のバーチャル環境での実現

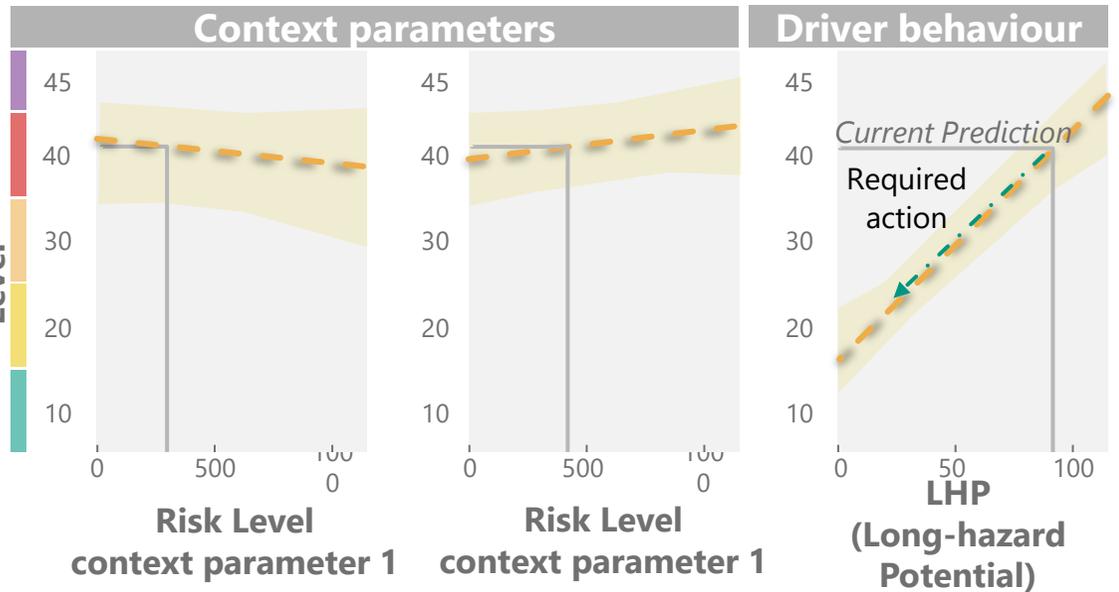
Near-Miss Incident  
Data Base



≒ 140,000 incidents

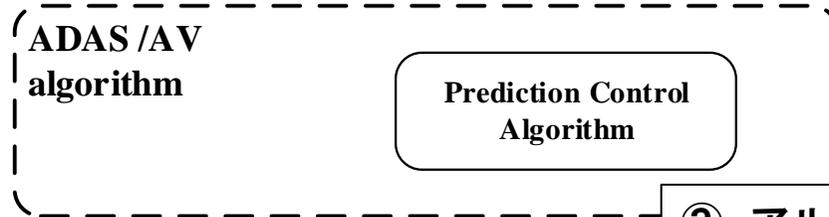


Online connection

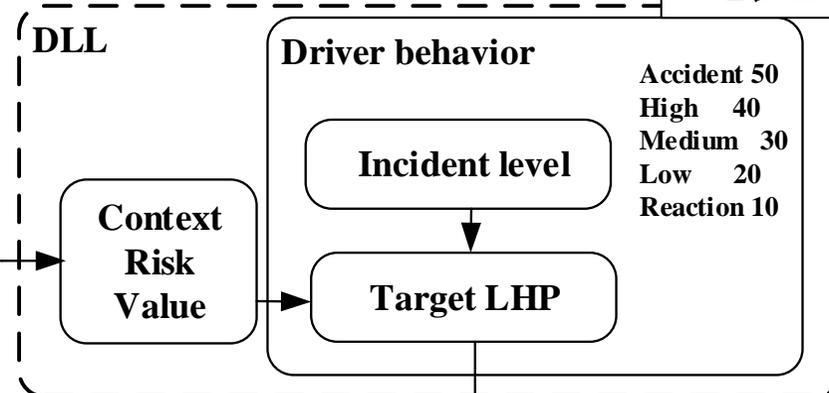
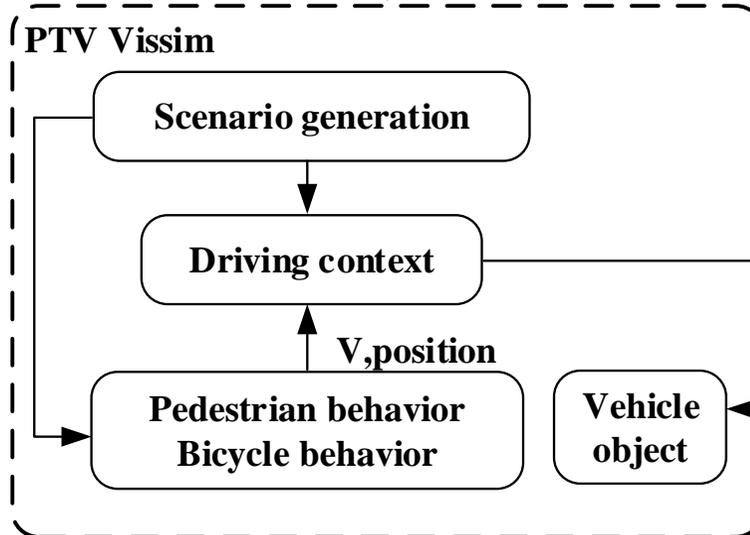


# システムの構成

① 歩行者, 自転車行動と交通環境要因の抽出



③ アルゴリズムのモジュール化



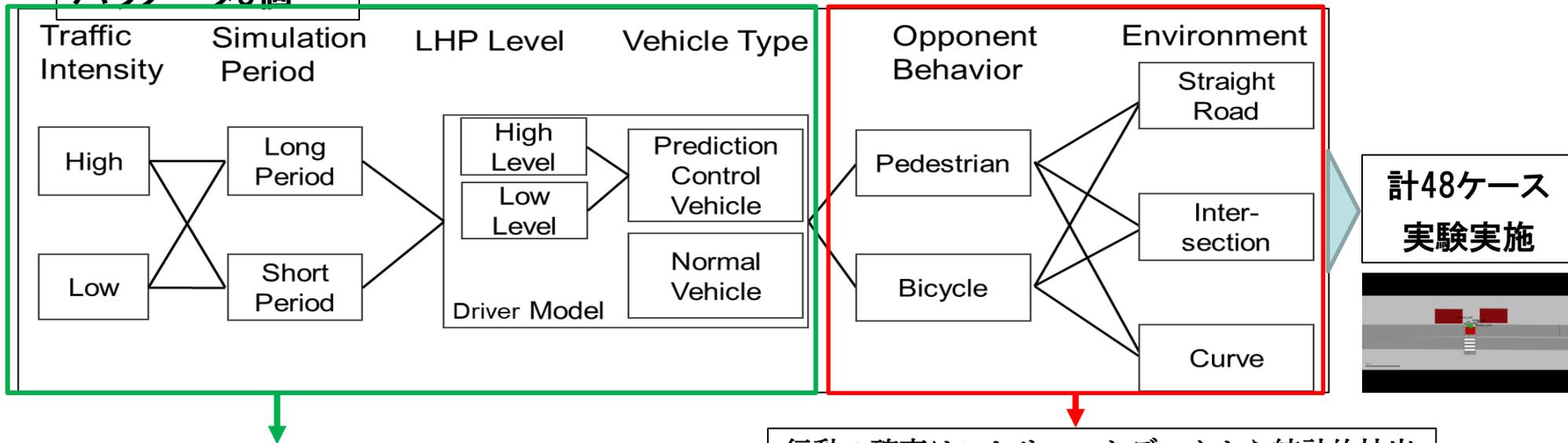
② 歩行者, 自転車行動と交通環境のモデル化

④ データの分析と評価

DLL: Dynamic Link Library

# シミュレーション実験条件の設定

パラメータ6個



行動の確率はヒヤリハットデータから統計的抽出

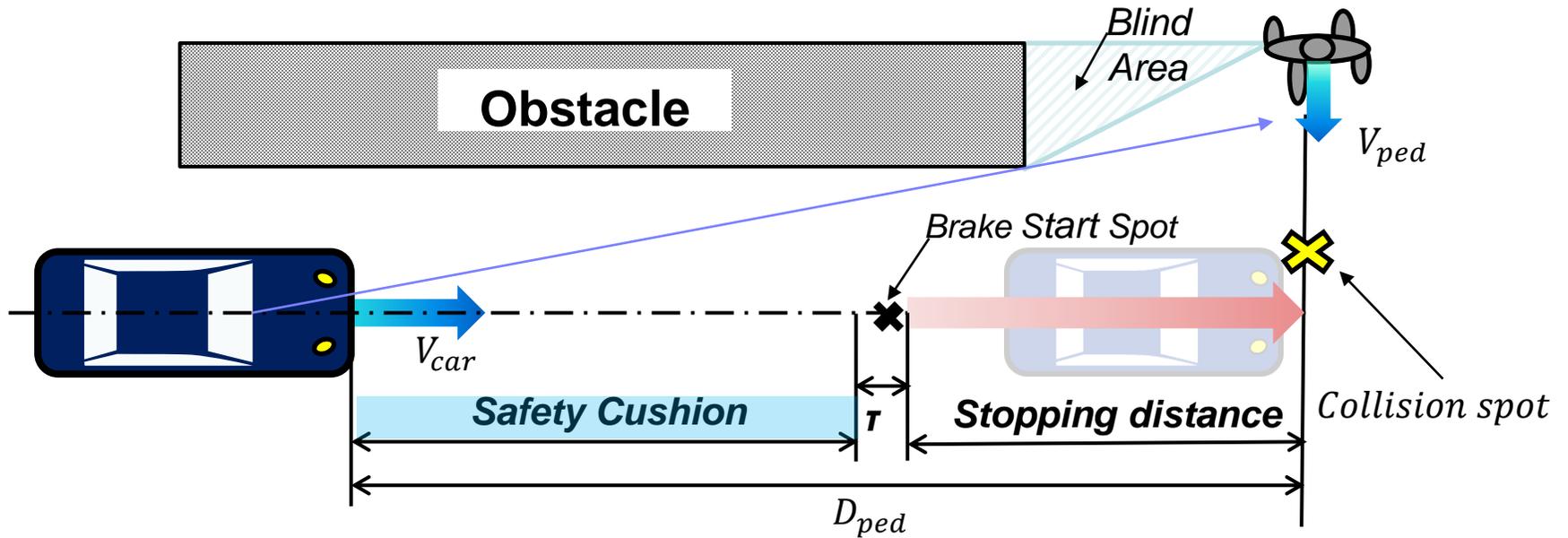
Test plan

Parameter	Min Value	Max Value
Target Incident Level (Accepted Risk)	32	38
Traffic Intensity	100 vehicles/h	200 vehicles/h
Simulated Days	1	2
Initial Speed	60 km/h	

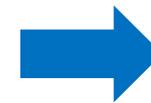
+

Traffic Opponent Behavior (Spawn Rates, %)						
Traffic Opponent	Infra-structure	Swing	Turn Cross	Head On	Dash Out	Straight Cross
Pedestrian	Road	4	0	1	95	0
	Intersection	44	22	18	16	0
	Curve	5	0	23	32	40
Bicycle	Road	14	0	5	69	12
	Intersection	0	38	33	4	25
	Curve	0	32	22	9	37

# セーフティ・クッション (Safety Cushion)



セーフティ・クッション・タイム (以下SCT) は回避操作の実行のために**余裕時間**である



ヒヤリハットのレベル判定

$$SCT = \frac{\left\{ D_{ped}(t^*) + \frac{V_{car}^2(t^*)}{2a_{max}} \right\}}{V_{car}(t^*)} - \tau$$

$a_{max}$ : 回避最大減速度

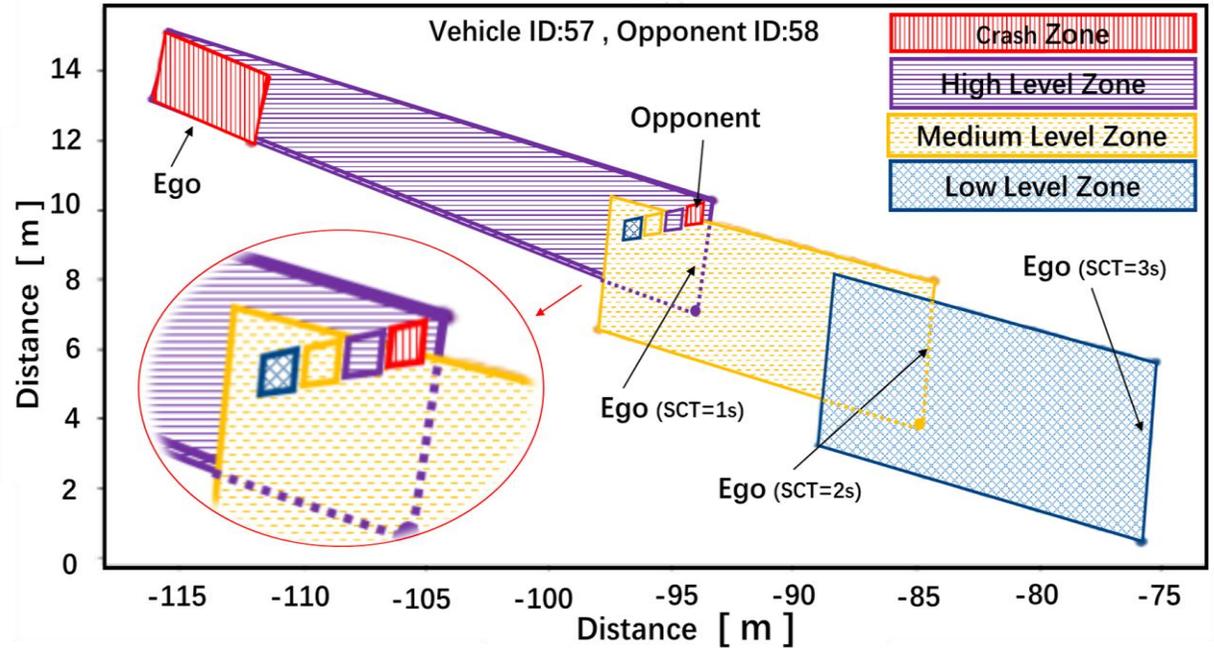
Accident Level	$SCT \leq 0s$
High Level	$0 < SCT \leq 1s$
Medium Level	$1 < SCT \leq 2s$
Low Level	$2 < SCT \leq 3s$

出典: 斎藤裕一ほか, セーフティクッション: 走行環境文脈と運転行動状態に基づく危険度推定モデルの構築

# ヒヤリハットレベルの検知と可視化

Vissim で歩行者と遭遇シーン

セーフティ・クッションタイム(SCT)を指標としてヒヤリハットレベルを検知する

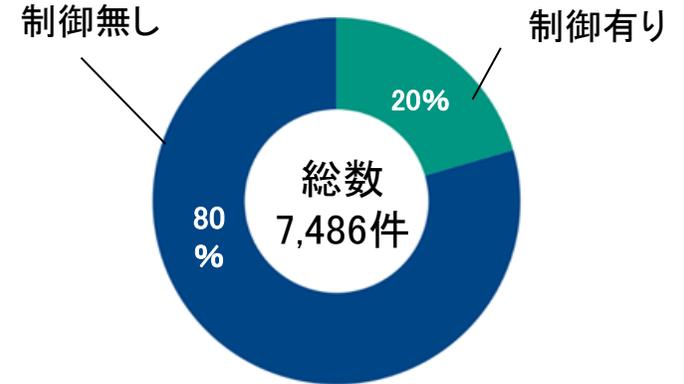
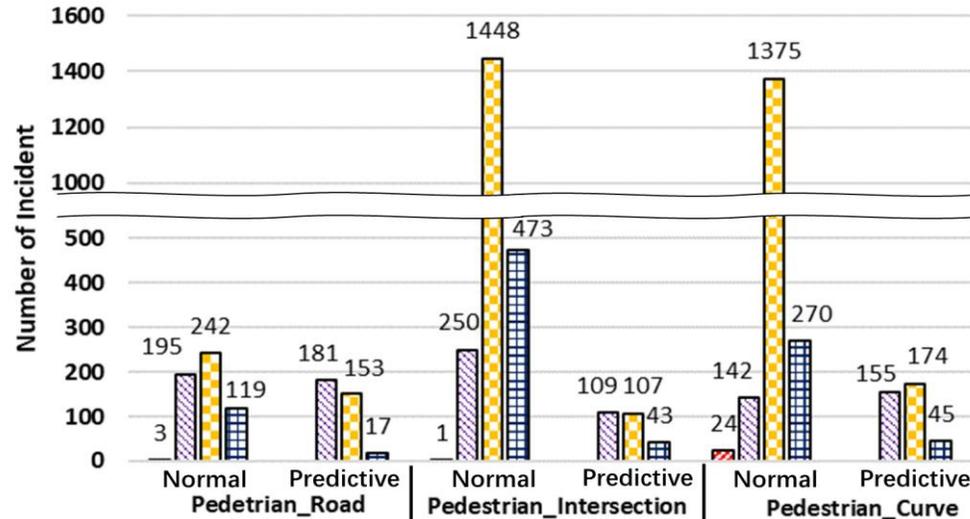
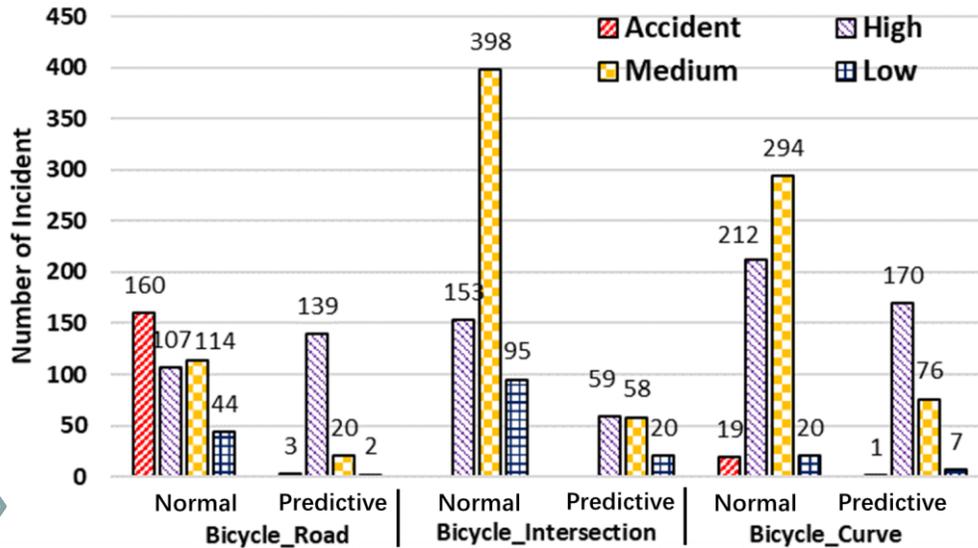


- Crash,  $SCT \leq 0$  second
- High Level,  $0 < SCT < 1$  second
- Middle Level,  $1 \leq SCT < 2$  second
- Low Level,  $2 \leq SCT < 3$  second

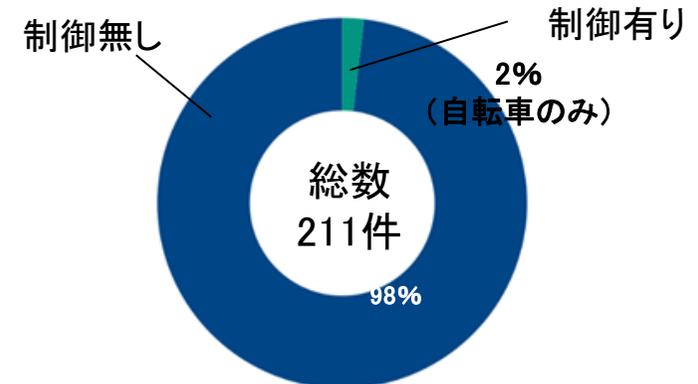
Automated Incident Detection Based on the Safety Cushion Concept

# 先読み減速制御の効果

Significantly Reduces the Number of Crashes and Incidents



ヒヤリハットと事故発生率  
→1/4に低減



事故発生率  
→1/50に低減

加速実験

# まとめ

---

- 既存の交通シミュレーションVissimを基に、交通環境リスクとドライバリスク指標を実装し、また確率的な要因も加え、発生ヒヤリハットを予測するバーチャル評価手法を確立した。
- 実データを基に交通環境と歩行者、自転車の行動モデルも再現することで、「先読み減速制御」効果評価では、ヒヤリハットが大幅に低減することを定量的に示すことができた。
- さらに、今後自動運転／運転支援システムの安全性評価にも展開し、安全技術の進化に貢献していく。