

センサー連携と衝突確率を活用した ネットワークコントロール型 自動運転制御

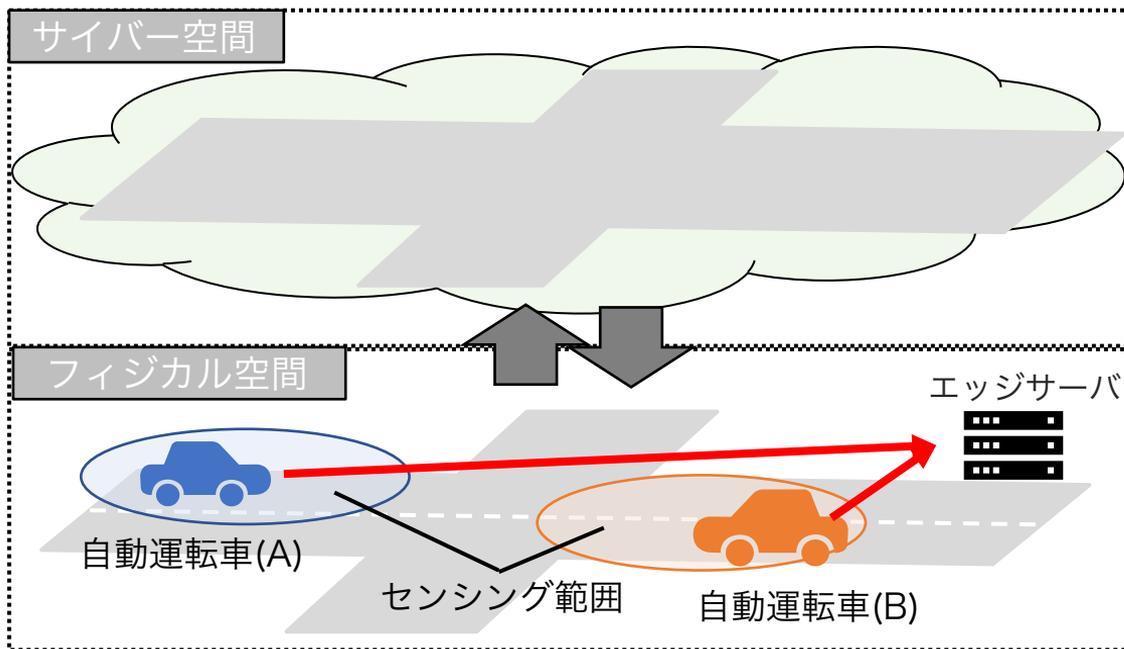
慶應義塾大学大学院

理工学研究科 開放環境科学専攻

情報工学専修 山中研究室 修士2年

白井涼祐

- 近年、**スマートシティ**が、市民の生活水準を向上させるために注目を集め、実現 [1]
- **スマートシティ**：**CPS**を利用し、交通やヘルスケア、工業分野での最適化を図るような都市 [2]



CPS: Cyber Physical System

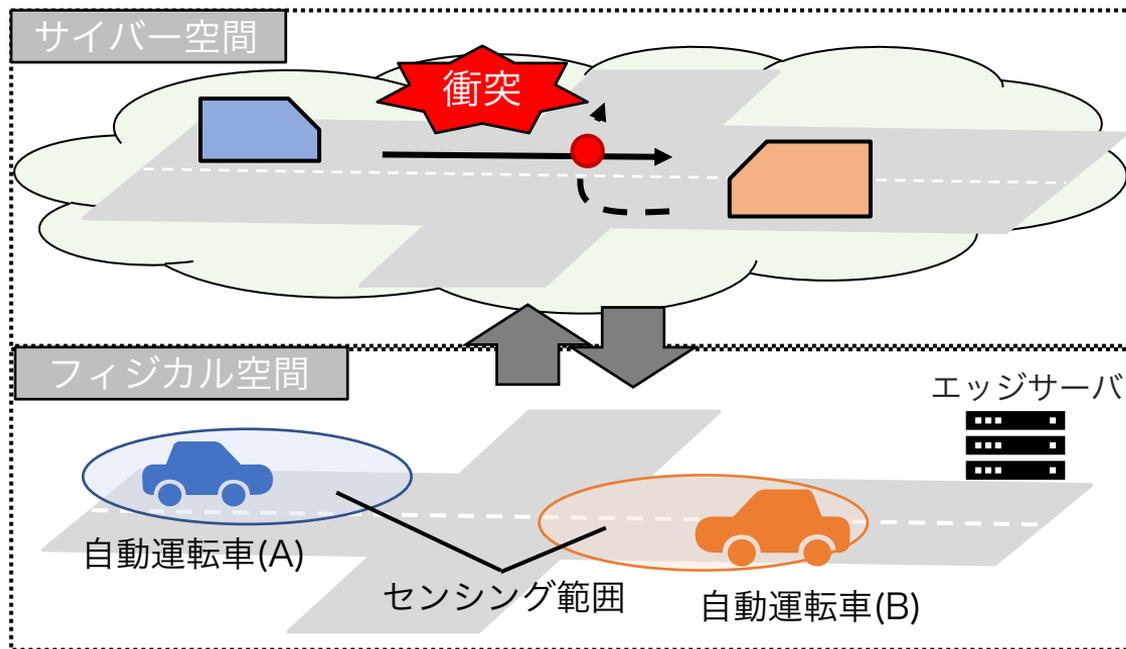
CPS[3]

1. フィジカル空間の情報をセンサ等が収集、サイバー空間へアップロード
2. サイバー空間ではアップロードされた情報を基に分析し、結果をフィジカル空間へフィードバック
3. 1と2をリアルタイムに繰り返す

[2] P. Porambage, J. Okwuibe, M. Liyanage, M. Ylianttila and T. Taleb, "Survey on Multi-Access Edge Computing for Internet of Things Realization," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 20, no. 4, pp. 2961-2991, Fourthquarter 2018, doi:10.1109/COMST.2018.2849509.

[3] D. Ding, Q. Han, Z. Wang and X. Ge, "A Survey on Model-Based Distributed Control and Filtering for Industrial Cyber-Physical Systems," in IEEE Trans. on Industrial Informatics, vol. 15, no. 5, pp. 2483- 2499, May 2019, doi: 10.1109/TII.2019.2905295.

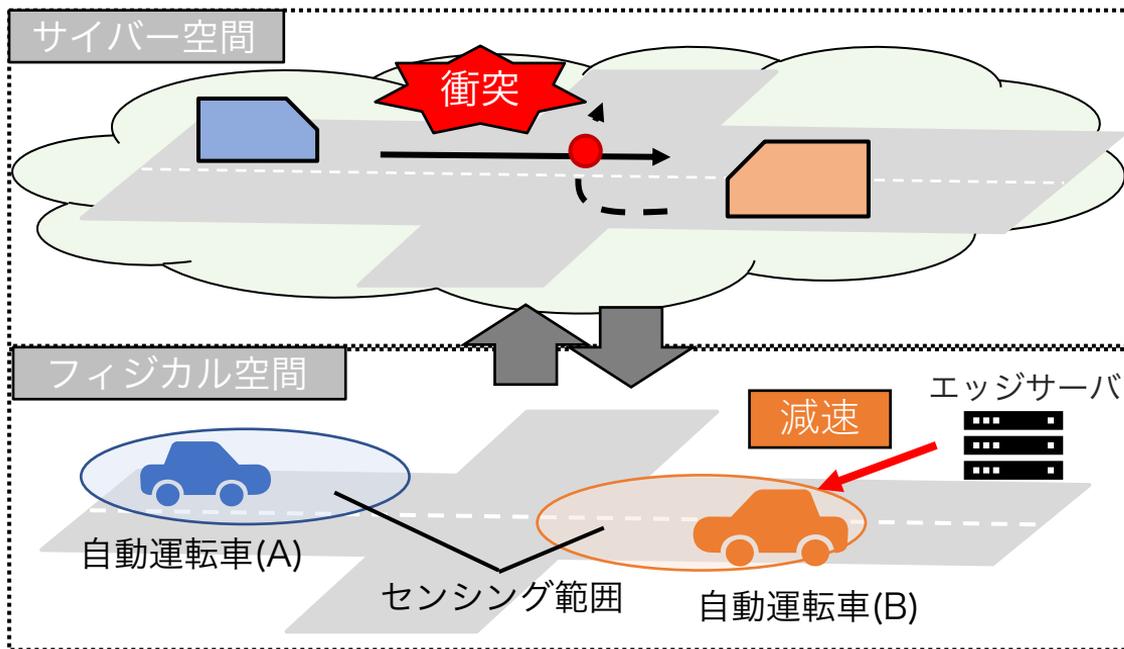
- 近年、**スマートシティ**が、市民の生活水準を向上させるために注目を集め、実現 [1]
- **スマートシティ**：**CPS**を利用し、交通やヘルスケア、工業分野での最適化を図るような都市 [2]



CPS[3]

1. フィジカル空間の情報をセンサ等が収集、サイバー空間へアップロード
2. サイバー空間ではアップロードされた情報を基に分析し、結果をフィジカル空間へフィードバック
3. 1と2をリアルタイムに繰り返す

- 近年、**スマートシティ**が、市民の生活水準を向上させるために注目を集め、実現 [1]
- **スマートシティ**：**CPS**を利用し、交通やヘルスケア、工業分野での最適化を図るような都市 [2]



CPS[3]

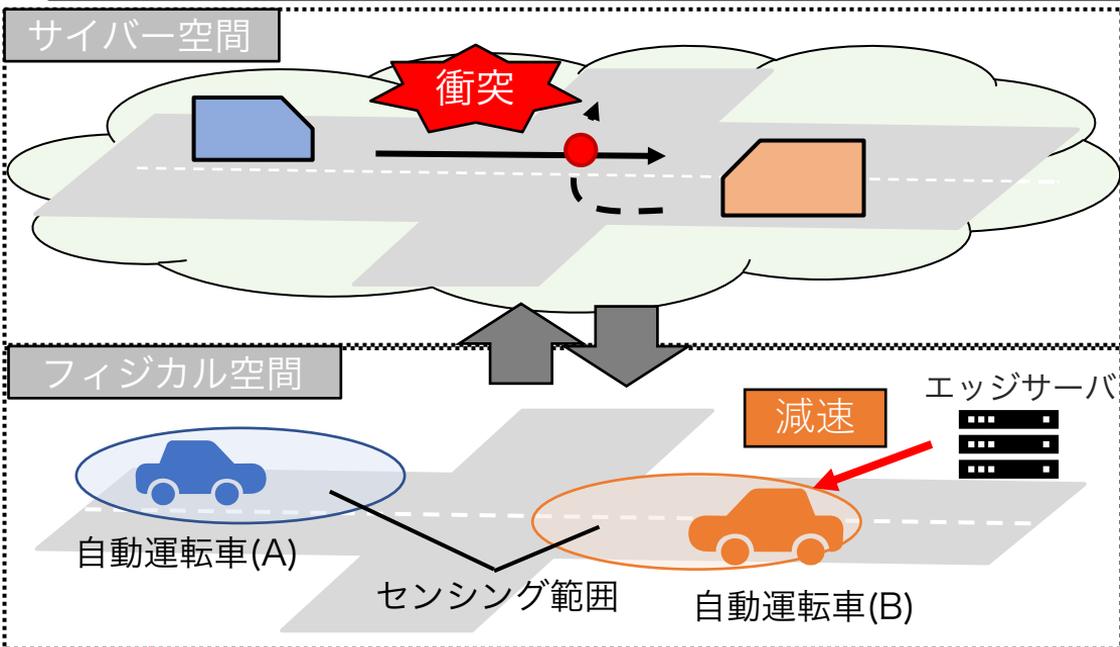
1. フィジカル空間の情報をセンサ等が収集、サイバー空間へアップロード
2. サイバー空間ではアップロードされた情報を基に分析し、結果をフィジカル空間へフィードバック
3. 1と2をリアルタイムに繰り返す

はじめに

[4]青木佳紀, 山本剛毅, 谷口優也, 窪川拓紀, 岡本 聡, 山中直明, "エージェントマイグレーションによる低遅延保証型自動運転プラットフォーム", 信学技報 PN2018-93, 2019年3月.

- 近年, **スマートシティ**が, 市民の生活水準を向上させるために注目を集め, 実現 [1]
- **スマートシティ**: **CPS**を利用し, 交通やヘルスケア, 工業分野での最適化を図るような都市 [2]

CPS: Cyber Physical System



ネットワークコントロール型 自動運転車[4]

- CPSを利用し, クラウド・エッジサーバが送信された情報を基に分析, 車両制御を行う自動運転技術

➔ ネットワークに接続していない自転車などはサイバー空間で認識されず,
自動運転車と衝突事故となる可能性

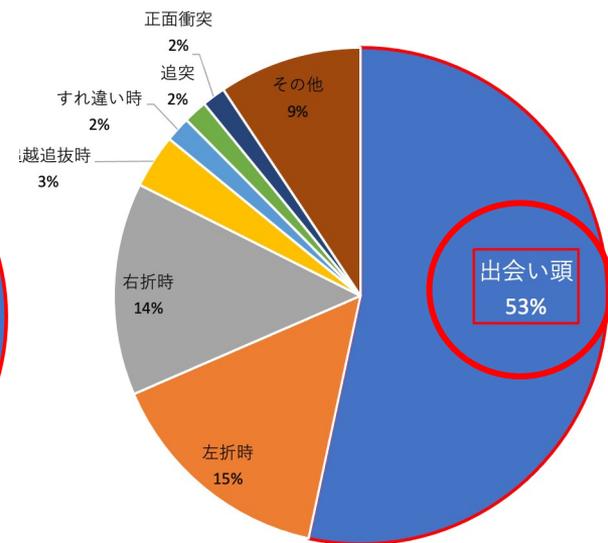
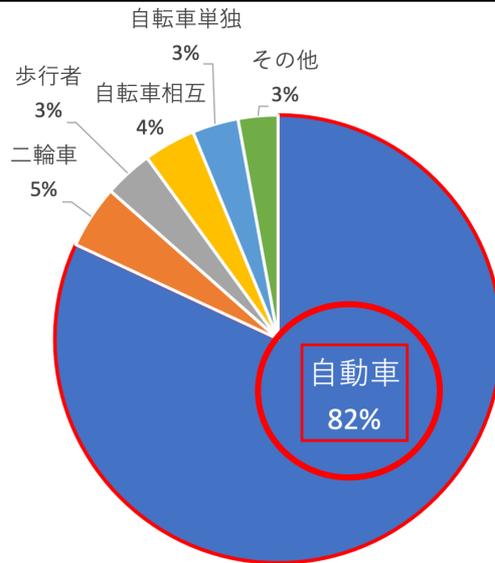
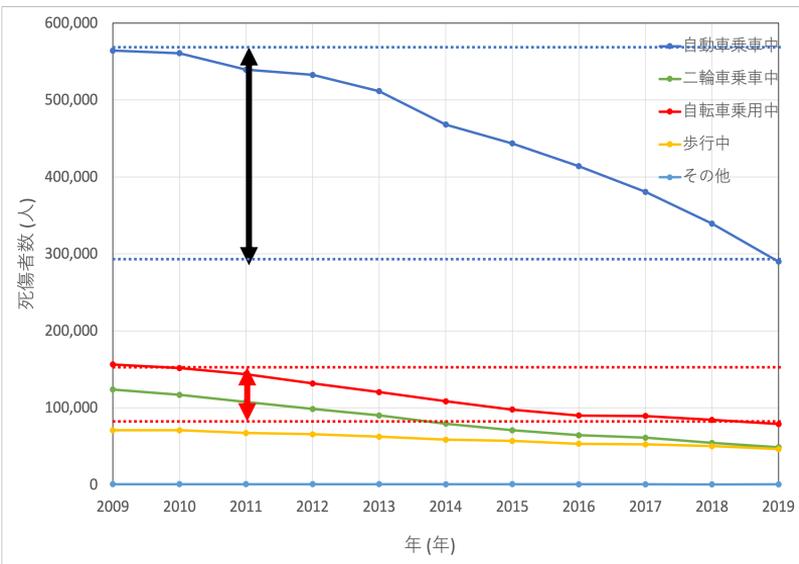
はじめに

[5]警察庁 交通企画課, “状態別死傷者数の推移”, 2019 年.

[6]警察庁 交通企画課, “自転車(第 1・第 2 当事者)の相手当事者別交通事故件数の推移”, 2019 年.

[7]警察庁 交通企画課, “自転車乗用中(第 1・第 2 当事者)の事故類型別交通事故件数の推移”, 2019 年.

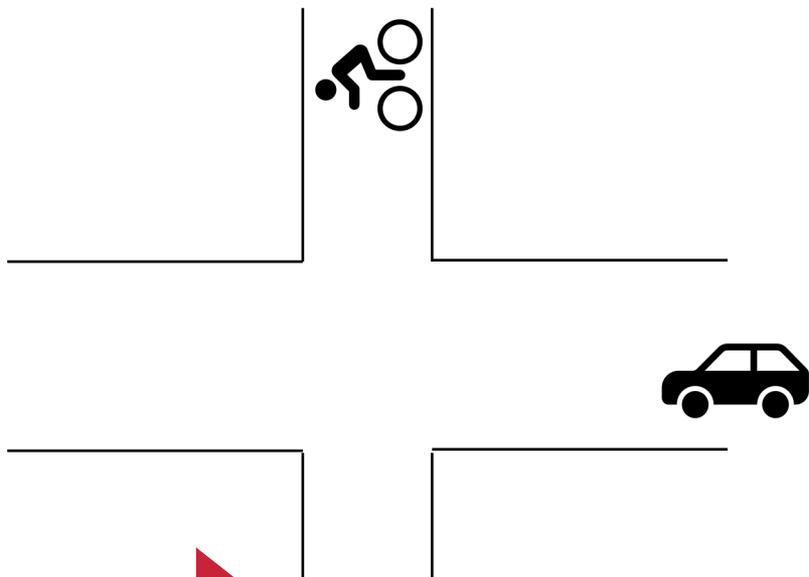
- 自転車乗用中における死傷者数は10年間2位を維持[5]
 - 自動車乗用中の274,192件減少と比べ、自転車乗用中は77,400件のみ減少
- 2019年の自転車事故のうち、**相手当事者**として**自動車**[6], **類型別**では**出会い頭**が最も多い[7]



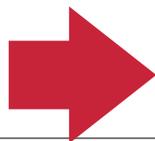
自転車と自動運転車の見通しの悪い交差点における
出会い頭での衝突を想定し、衝突を防止する手法の検討

従来の自動運転車

- 従来の自動運転車（スタンドアロン型自動運転車）
 - 周囲環境をセンサー・カメラを利用してセンシング
 - センシングデータを基に、自車内の計算資源を使って走行経路を計算・決定



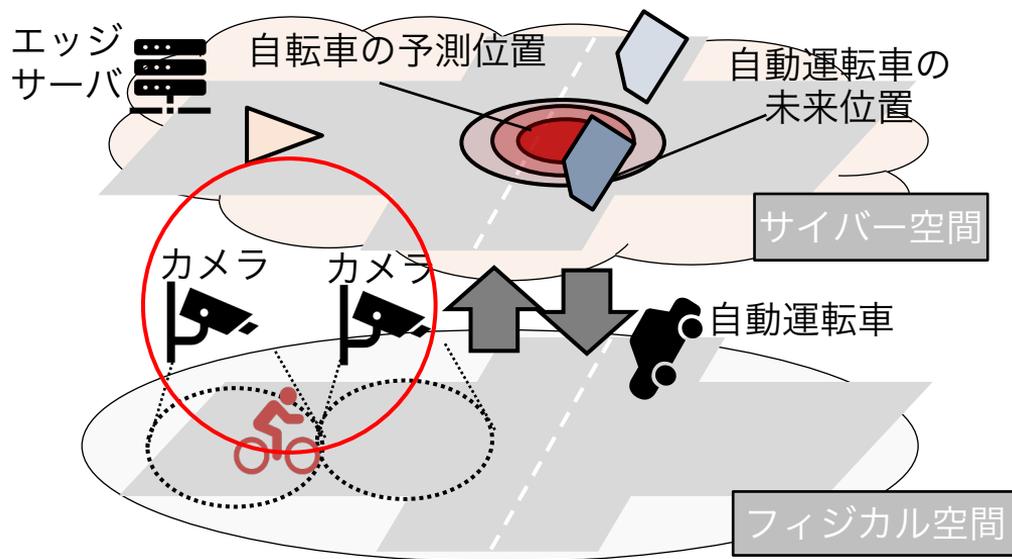
- 見通しの悪い交差点において、死角から向かってくる自転車を認識できない
→ 急ブレーキや事故となる可能性



CPSを利用し、車両からは見えない部分を別のIoTで補う

提案概要

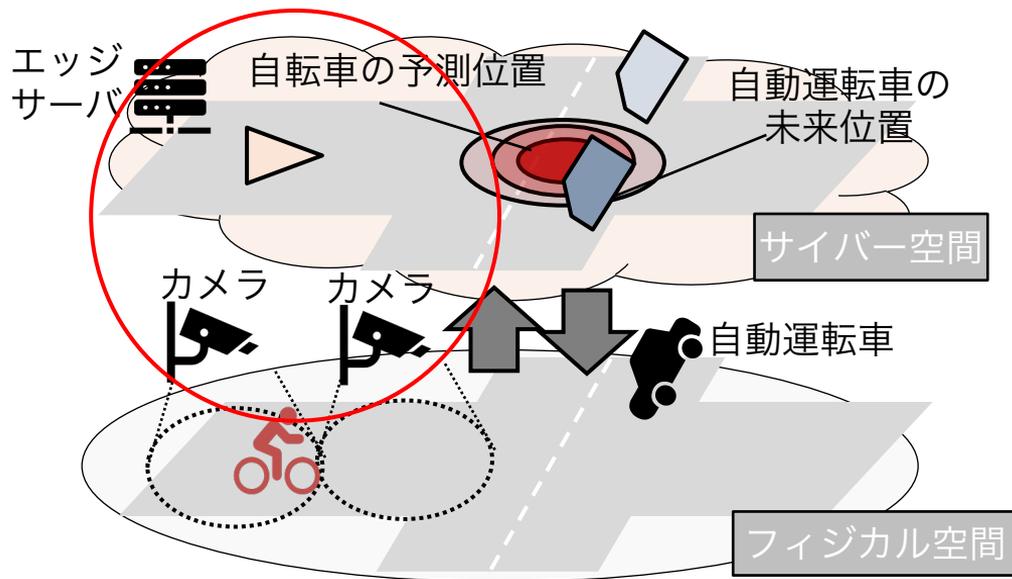
- CPSを利用した衝突事故防止プラットフォームにより、自転車と自動運転車の衝突を防止
 - 自転車の行動傾向である加速度捕捉のため→複数カメラの連携



- 複数カメラで検出した自転車情報共有
→ カメラをネットワークに接続
- 自転車をサイバー空間で認識
→ 映像をエッジサーバへ送信
- 自動運転車は常時エッジサーバと接続
→ 位置情報は常に既知

提案概要

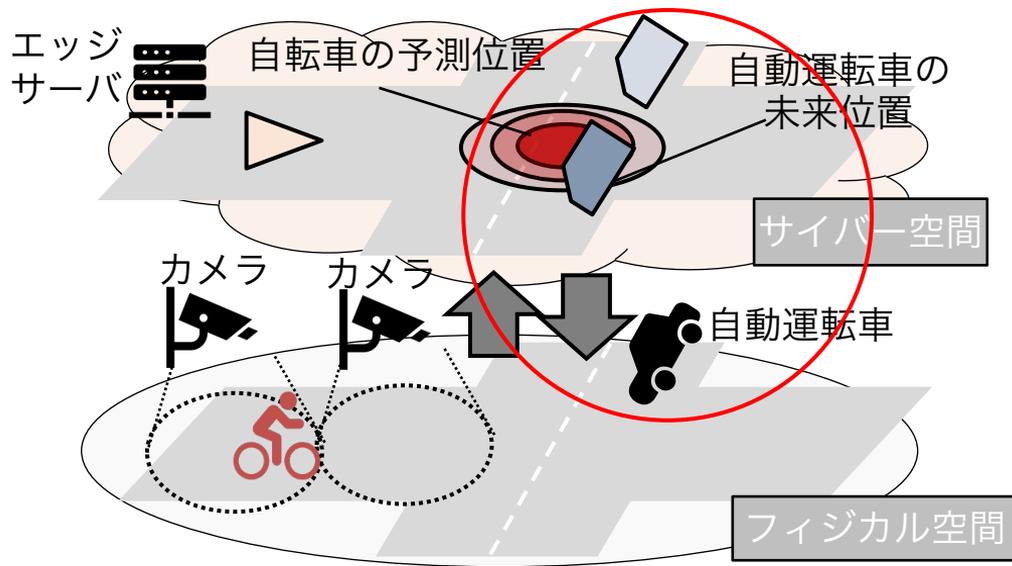
- CPSを利用した衝突事故防止プラットフォームにより、自転車と自動運転車の衝突を防止
 - 自転車の行動傾向である加速度捕捉のため→複数カメラの連携



- 複数カメラで検出した自転車情報共有
→ カメラをネットワークに接続
- 自転車をサイバー空間で認識
→ 映像をエッジサーバへ送信
- 自動運転車は常時エッジサーバと接続
→ 位置情報は常に既知

提案概要

- CPSを利用した衝突事故防止プラットフォームにより、自転車と自動運転車の衝突を防止
 - 自転車の行動傾向である加速度捕捉のため→複数カメラの連携



- 複数カメラで検出した自転車情報共有→カメラをネットワークに接続
- 自転車をサイバー空間で認識→映像をエッジサーバへ送信
- 自動運転車は常時エッジサーバと接続→位置情報は常に既知

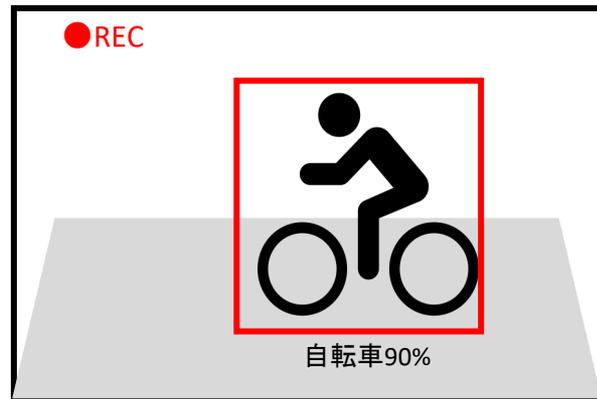


サイバー空間上で自転車を認識させることで、自転車の位置推定を行い、
自動運転車との衝突を予測

位置推定

- カメラから検出した自転車に対し、ある未来の時刻における位置の予測
 - 正規分布を用いて、確率的に表現

カメラで自転車を認識

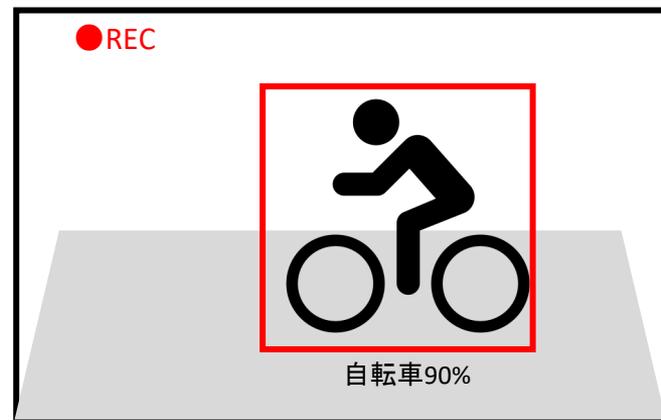


- 画像認識による自転車の検出
- フレーム間の自転車速度と位置座標を計算

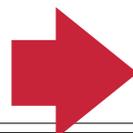
位置推定

- カメラから検出した自転車に対し、ある未来の時刻における位置の予測
 - 正規分布を用いて、確率的に表現

カメラで自転車を認識



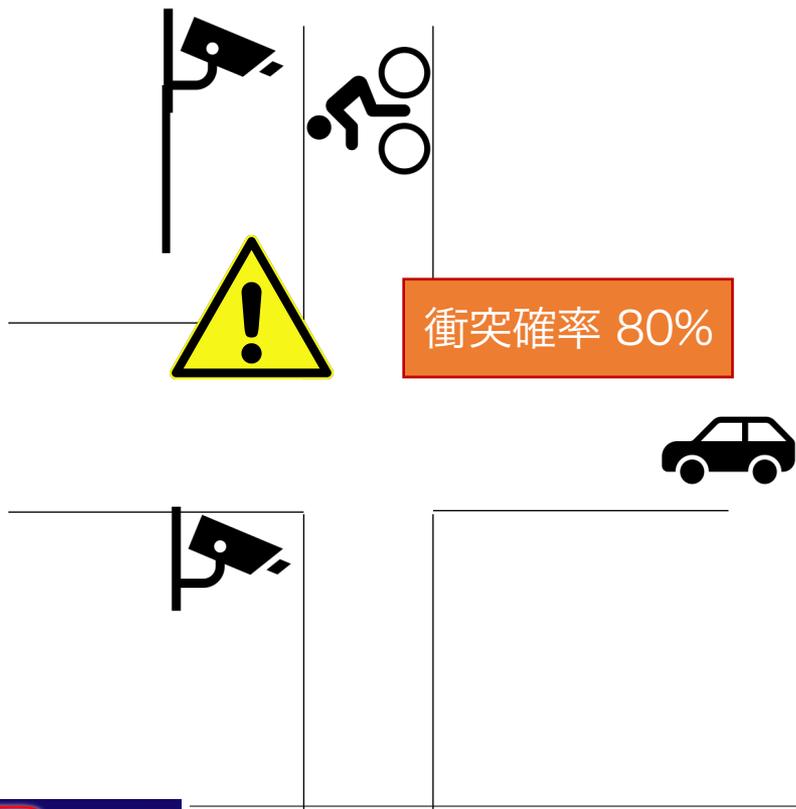
- 画像認識による自転車の検出
- フレーム間の自転車速度と位置座標を計算



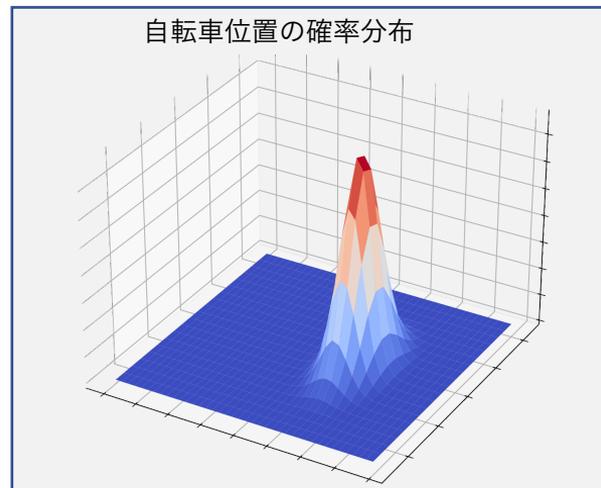
正規分布を用いた**自転車の位置推定**

衝突判定

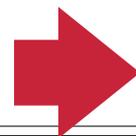
➤ 自転車の位置予測を用いて、自動運転車との衝突を確率的に予測



➤ 自転車と自動運転車の**衝突確率計算**



➤ 自転車位置の確率分布を同時刻の自動運転車の未来位置で積分



衝突確率の計算

実証実験

➤ 提案が実際に動作することを、実証実験により確かめた



- 場所：
K2キャンパス（新川崎）
- 想定：
見通しの悪い交差点
- 自動運転車：
ネットワークコントロール型
- カメラ台数：
2台

[K2キャンパス]

居室

K棟 102

住所

〒212-0032 川崎市幸区新川崎7-1

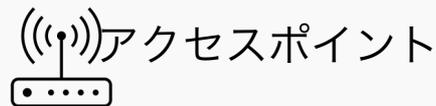
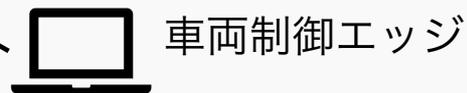


実験構成

矢上



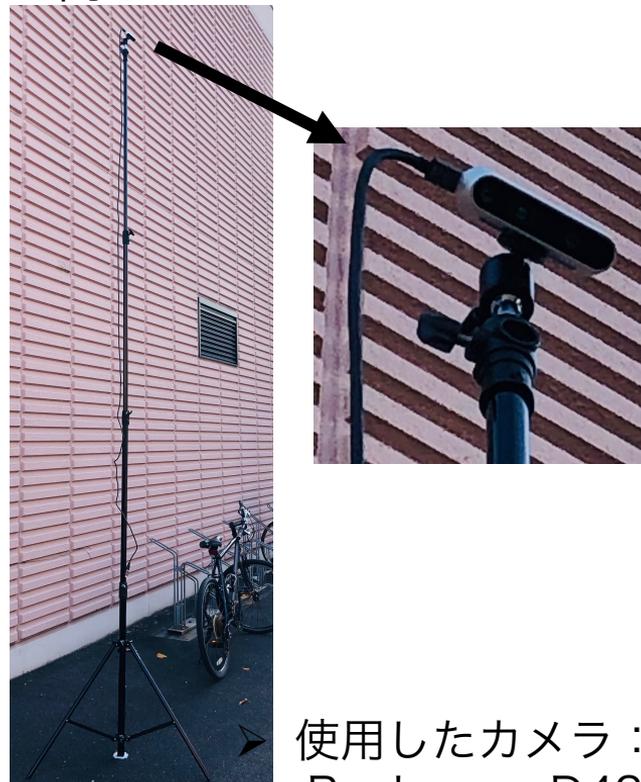
K2



実験の様子



高さ4m



使用したカメラ：
Realsense D435i