

## 1. 研究背景

- 国内のバス事業者において、運転手不足の課題が存在する。
- 自動運転車両の実証実験が行われているが、路側構造物との衝突事故が複数報告される。
- 事故の多くは、自己位置の計測・推定の失陥を原因とする不適切な操舵制御によるものである。

## 3. 研究手法

### 地図ベースの自動運転シャトルバスにおける衝突防止の手法

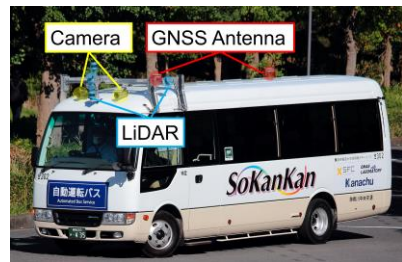
本研究で提案手法の適用対象とする自動運転シャトルバスは、自己位置の計測・推定によって目標バスとの位置関係を算出し、目標操舵角を決定する地図ベースの自動運転を行う。この自動運転制御において、上位から算出された目標操舵角をアクチュエータに送る前に、目標操舵角が衝突を防止できる操舵角の範囲内にあるか監視、超過時には制限する操舵角制限制御を置く。

### 操舵角制限制御の構築

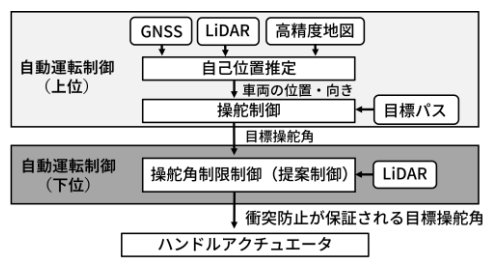
- 4つのLiDARを用いて障害物情報を取得。
- 車両の旋回中心位置が後輪軸中心の横方向に存在すると仮定し、車輪軸間距離とタイヤの操舵角から車両旋回半径を算出。
- 障害物位置と車両旋回半径の値から、障害物と車両将来軌跡の位置関係を一定操舵角ごとに求め、障害物までの衝突余裕時間・距離を算出。その情報から、衝突を防止できる操舵角の上限となる制限値を算出。

### 左側の衝突防止操舵角 (制限値) 算出の例

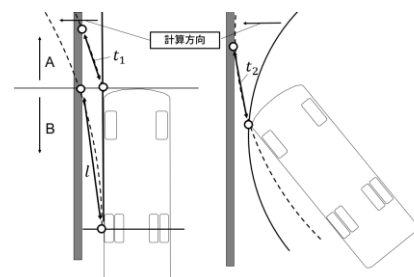
- ①左方向の操舵角 $\alpha$ [deg]から $\beta$ [deg] (本研究では $\alpha = 10$   $\beta = 900$ ) まで衝突防止判定を行い、衝突余裕時間 $t_1$  (エリアAの障害物と車両将来軌跡 (左前方部) との位置関係から算出) ・距離 $l$  (エリアBの障害物と車両将来軌跡 (左後輪部) から算出) が一定範囲内だった場合その時の操舵角を制限値として採用。
- ②①で衝突防止操舵角が $\alpha$ [deg] (左方向に安全な操舵角の範囲がない) となった場合、右方向の操舵角 $\beta$ [deg]から $\alpha$ [deg]までの衝突防止判定を行う。衝突余裕時間 $t_2$  (障害物と車両将来軌跡 (左前方部) との位置関係から算出) が一定範囲内だった場合その時の操舵角を制限値として採用。



▲地図ベースの自動運転シャトルバス



▲地図ベースの自動運転シャトルバスの操舵制御の構造



▲左側の衝突防止操舵角 (制限値) 算出時の車両と障害物の位置関係の例

## 5. まとめ

- 地図ベースの自動運転シャトルバスにおいて、自動運転制御を複雑化することなく、見通しの良い制御で衝突防止を保證する手法を提案した。
- 実車実験により評価を行い、提案する手法により、路側障害物に衝突する目標操舵角を適切に制限して衝突防止が実現できることを確認した。さらに、自動運転制御による走行時は、曲率が大きい旋回路を含むコースでも、自動運転制御と干渉しないことを確認した。

## 2. 研究目的

- 自動運転制御を複雑化することなく、自己位置の計測・推定結果に依存しない手法で地図ベースの自動運転シャトルバスの衝突防止を保證し安全性を向上。
- 見通しの良い制御として自動運転制御から算出された目標操舵角を監視・制限する手法を提案し、実車実験により提案手法の有効性を評価。

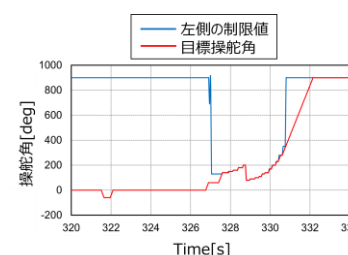
## 4. 評価

### 評価手法

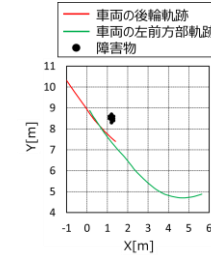
- 地図ベースの自動運転シャトルバスの自動運転制御を、提案制御を通して目標操舵角をアクチュエータに指令する構成とする。
- 車両側方に障害物が存在する走路において、不適切な操舵を含む2種類の走行 (実験A、実験B) と正常な自己位置推定が行えている状態の自動運転制御による目標バスの経路追従走行 (実験C) により実車実験を実施。

### 評価結果

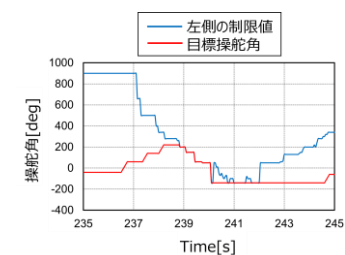
- 実験Aでは、車体側方に障害物が存在する走行コースを左折中、過剰に左方向 (障害物方向) へ目標操舵角を与えたが、制限値により衝突回避。
- 実験Bでは、車体側方に連続した障害物が存在する走行コースを直進中、左方向 (障害物方向) に逸脱させる目標操舵角を与えたが、制限値により衝突回避。
- 実験Cでは、4つの旋回区間を含む走行コースを自動運転制御により走行したが、過剰な制限値は算出されず正常な自動運転制御によって算出された目標操舵角には干渉しないことを確認。



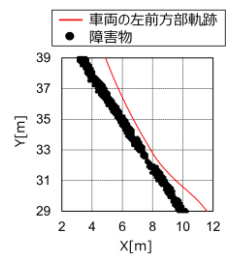
▲実験結果 (実験Aの目標操舵角と制限値)



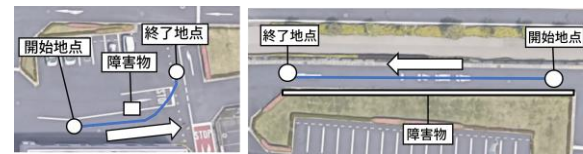
▲実験結果 (実験Aの車両軌跡)



▲実験結果 (実験Bの目標操舵角と制限値)



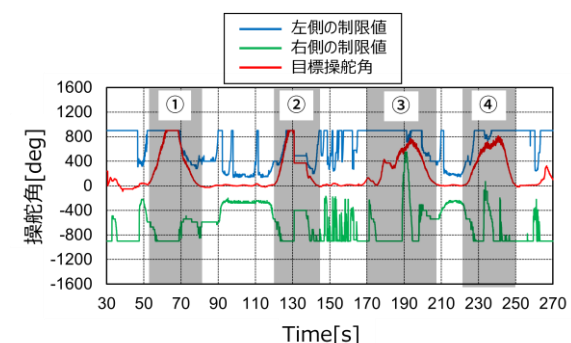
▲実験結果 (実験Bの車両軌跡)



▲走行コース (左: 実験A・右: 実験B)



▲走行コース (実験C)



▲実験結果 (実験Cの目標操舵角と制限値) (グレーの着色部は旋回区間)