

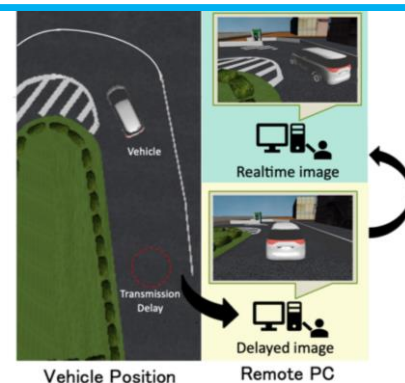
1 研究背景

無人自動運転移動サービスの実証

- 監視・遠隔操作には連続的で遅延のないカメラ映像が要求される
- 通信遅延が発生すると適切な操作ができなくなり、現在は低速度域での実証に留まっている



中高速度域においても安定した遠隔操作の実現を目指し、遅延補償を行った。



3 評価手法

実験車での遠隔操作を模擬したシミュレータを構築し、遠隔操作支援手法を評価した

- ハンドル型の入力装置を用い、CGモデルで構築された走路を遠隔操作する
- 車両の位置・向きを配列型の変数に保持し、遅延相当の時間後に描画
- 被験者は、普通自動車免許を所有する大学生、大学院生4名
- 1周約340mコースを遅延時間は、1000msで走行
- 直線部は10km/h、20km/h、30km/h、40 km/hのいずれかの速度で、カーブ部では10km/hで走行



5 まとめ

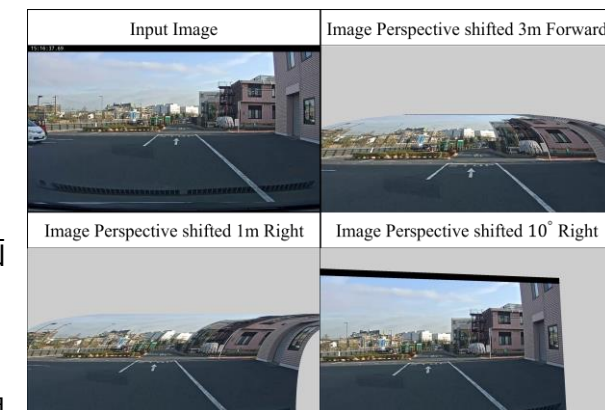
- 提案する遠隔操作支援手法を用いることで、通信遅延存在下での遠隔操作時に提示するカメラ映像の遅延が補償された
- 提案する遠隔操作支援手法を用いることで、中速度域においてもコース追従性が改善し、ふらつきが軽減される
- LiDARから得られる周囲物体情報を用いることで、画像の全領域を正しくオペレータに提示できることを確認した

2 研究手法

取得したカメラ映像を投影変換し、遅延時間分の移動量に応じて映像の視点を変更することで、遅延補償を行った。これによりオペレータはカメラ映像が遅延している場合でも常に実車に近い視点のカメラ映像を用い実車を運転することができる。

遠隔操作支援手法の概要

- 遅延したカメラ画像から現在の実車の位置と角度に対応したカメラ画像を生成するため、RTKGNSSから得られる現在の実車の絶対位置座標と角度を用い、画像の視点移動先を決定
- 透視投影変換の逆変換を行い、遅延したカメラ画像の各画像座標点を世界座標点へ変換する
- ②で求めた各世界座標点を世界座標系で①で求めた視点移動先へ移動する
- 透視投影変換を行い、各世界座標点を画像座標点へ変換する



作成した視点移動画像

4 実験結果

- 遠隔操作支援手法を用いずに直線部を時速10km/hで走行した際に、全ての被験者がふらつくまたはコースをはみ出した
- 遠隔操作支援手法を用いることでコース追従性が改善され、時速40km/hであっても走行できる
- 被験者4名の遠隔操作支援手法を用いた場合のハンドルの操作量は、用いなかった場合に比べ約54%減少した
- LiDARから得られる周囲の物体情報を用いて、画像の全領域を正しくオペレータに提示するように遠隔操作支援手法を改善した



周囲物体情報を用いた視点移動画像

| ハンドル角の絶対値の平均値 | 遠隔操作支援なし | 遠隔操作支援あり | 遠隔操作支援あり |
|---------------|----------|----------|----------|
| | 10km/h | 10km/h | 40km/h |
| 被験者 A | 170 | 69 | 94 |
| 被験者 B | 92 | 55 | 95 |
| 被験者 C | 90 | 59 | 71 |
| 被験者 D | 185 | 63 | 100 |
| 平均値 | 134 | 62 | 90 |

