

ビジュアルアシストを利用した福祉車両の運転支援制御系の構築

Design of Steering Assist of Welfare Vehicle using Visual Assist System

2161023



研究代表者 熊本大学大学院 先端科学研究部 教授 松 永 信 智

[研究の目的]

超高齢社会では、自力で福祉車両の運転ができれば、活動範囲が広がり高齢者のQOLは大幅に向上する。しかし、高齢者は周辺認知能力の低下に伴い、狭所では方向転換が難しく壁へ衝突する場合もある。そのため、高齢者の操作機能と認知機能を同時に補償する安全な操縦アシスト法が求められる。

初心者にとっては、福祉車両をゲームのような客観視点（以下、第三者視点）で捉えることが出来れば操縦が容易になる事が知られている。しかし、第三者視点への視点変換は複雑な処理が必要となる。この課題に対して、擬似的に視点変換を実現する制御手法が提案されている。

本研究では、拡張現実（Augmented Reality: AR）を用いて仮想車両をリモート操縦し、一方現実世界の車両と仮想隊列を構成することで、第三者視点での安全な操縦を可能にする新たなビジュアルアシスト技術を構築する。

[研究の内容・成果]

1. 操縦支援システムの構成

仮想隊列制御の概念を図1に示す。操縦者はMicrosoft HoloLens（以下 Head Mounted Display: HMD）を装着し、福祉車両に搭乗する。HMDは、CPUやGPUが組み込まれた専用の

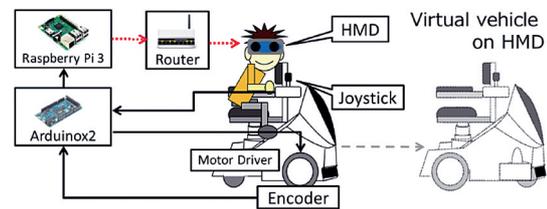


図1 ビジュアルアシストの概念

PCであり、現実世界にデジタルコンテンツレイヤーを重ね合わせて、仮想物体が現実世界に組み込まれたように表示する技術である。HMDは透過型ディスプレイを使用しているため、通常のデバイスと異なり周辺環境を直接視認できるため、走行路に人が飛び出す危険な状況でも車両を止めることが可能である。

図1に示す様に、ARにより搭乗車両の前方に第三者視点で仮想誘導車両を投影する。操縦者は、この仮想車両を手元のジョイスティックで後方からリモート操縦を行う。仮想車両と運転者の搭乗する福祉車両とは仮想的な隊列制御系が構築されており、搭乗車両は仮想車両を追従することで安全な走行を実現できる。

ARを使って仮想車両を表示するには、HMDの姿勢だけでなく、そのHMDを装着したドライバーが乗っている車両の位置・姿勢が実時間で必要となる。制御システムは、福祉車両の制御とARを使って操縦者に画像を提示する2つのコントローラから構成される。福祉車両のコントローラでは、仮想車両と追従車両の位



図2 STAViの操縦例

置・姿勢を求める。Arduino は、操縦者がリモート操作するジョイスティック値と、車両のエンコーダ値を使って、追従車両の位置・姿勢を計算する。操縦者に画像を提示するコントローラでは、HMD に組み込まれているジャイロセンサの値により頭部姿勢を推定する。車両からシリアル通信によって送られてきた福祉車両及び仮想車両の位置・姿勢情報と組み合わせることで第三者視点の映像を求め、Raspberry pi を経由して HMD へと表示する。図 2 に実験車両 STAVi を示す。

2. 仮想車両と実車両の仮想隊列制御

図 3 にシステムの概要を示す。先行する仮想

車両のリモート制御を行ない、追従車両の速度及び操舵角の制御には ACC (Active Cruise Control) と地点追従法 (Target Point Following) を用いることで、仮想的な第三者視点での操作を実現する。

ACC は、車間距離と相対速度の値から車両の速度を制御し車間距離を保持する手法である。また、地点追従法は、自律走行する車両を前もって設定された経路に沿って進むように車両の舵角を制御する手法である。詳細は省略するが、地点追従法では追従精度を向上させるために、ウェイポイント法を用いた精密な地点追従を使って制御した。また、パラメータ変動に対してロバストなモデル誤差抑制補償器 (MEC) を実装している。

3. HMD 画像の表示手順

2次元平面上の仮想車両 (Virtual Preceding Vehicle) の位置と頭部姿勢から、HMD 上で3次元表示する手法について述べる。

デザインした仮想車両のコンテンツを HMD 上に表示するためには、図 4 に示すように、位置・姿勢の変換処理が必要である。図 5 は、HMD 上に投影された仮想車両であり、この操作性や動力的パラメータは実際の STAVi と同様に設定している。なお、STAVi は同図のマゼンダの線上を隊列を作り自動走行する。

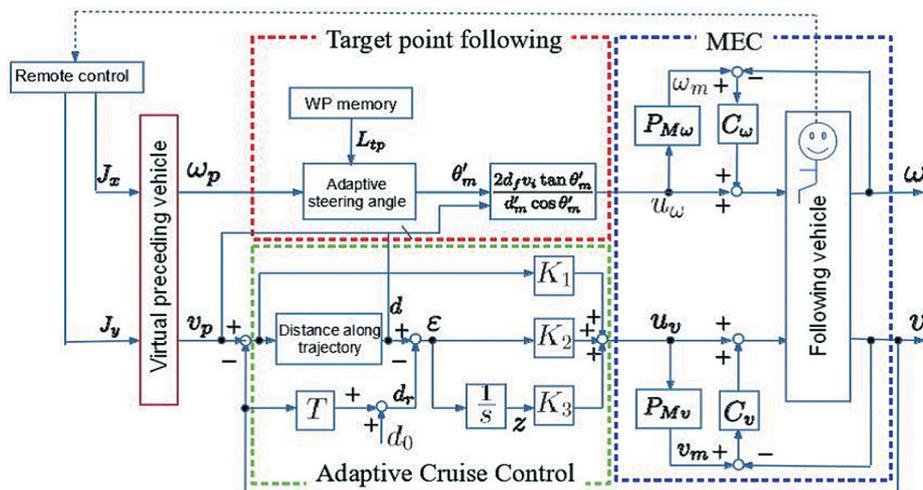


図3 ビジュアルアシスト制御系のブロック図

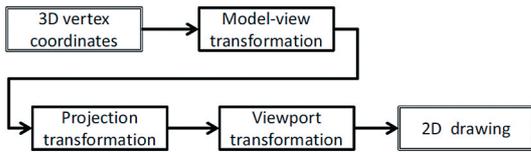


図4 視点画像変換

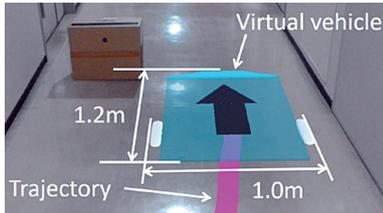


図5 ARを使った仮想車両表示

4. 実験結果

提案する操縦支援手法を評価するために、幅2mの狭い廊下を走行する。廊下にはさらにダンボールの障害物が置かれており、そのレイアウトを図6に示す。図7に実験風景を示す。なお、仮想車両の最高速度は0.5 m/s (約2 km/h)、最大ヨーレートは0.5 rad/sである。

図8に走行軌道の比較を行う。同図は走行経路であり、0 m から走行を開始し、18 m 地点がゴールである。図において、点線がSTAVi

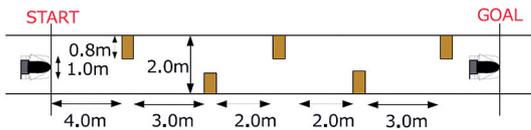


図6 狭い廊下に配置された障害物

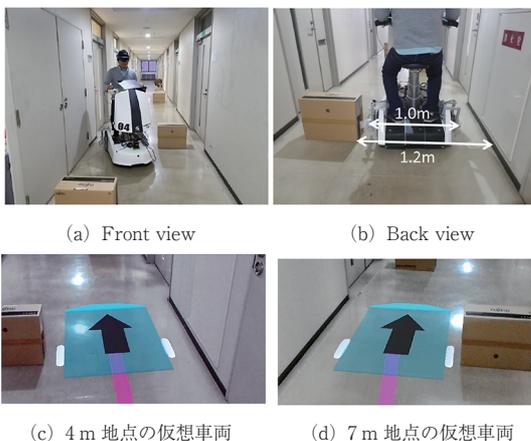
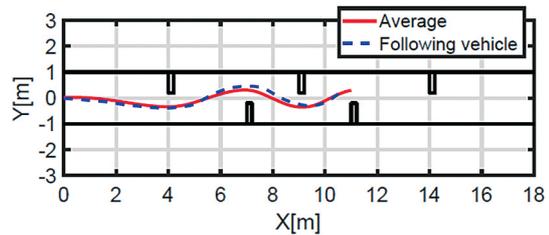


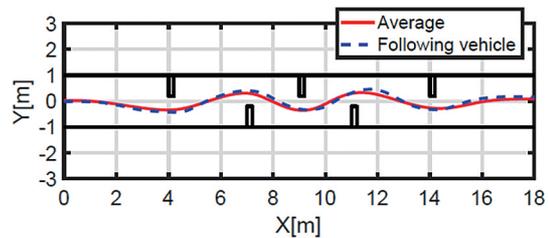
図7 実験風景

の走行軌跡である。また、STAViの走行軌跡との比較のために、熟練ドライバーの5回の走行データの平均軌道を求め赤実線で記している。図では初心者の2回目の走行経路を例示しているが、仮想車両を利用することで初心者でもゴールまで到達出来ていることがわかる。

次に走行の質を評価するために、図9に熟練者の平均走行波形に対する偏差の二乗誤差の総和を示す。図中○は、ゴールまで走行出来たことを示し、×は途中で接触したことを意味する。従来手法では偏差の二乗誤差は微減しているが、失敗した第一回と成功した第三回の誤差積分は大きく、ぎりぎりで通過していることがわかる。提案手法では、成功した第二回目から誤差は明らかに小さく、経路は熟練者に近くなっている。



(a) 従来手法



(b) 提案手法

図8 初心者の走行経路の比較 (2nd試行)

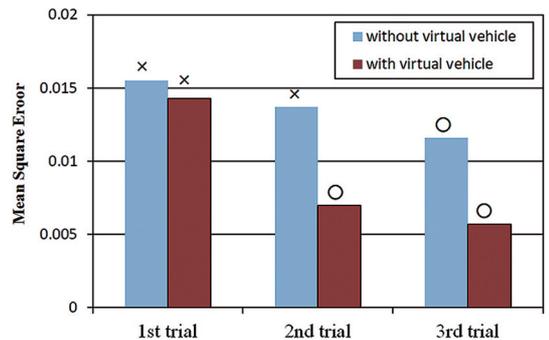


図9 熟練者に対する偏差の二乗誤差

[今後の研究の方向, 課題]

AR を使って仮想車両と実車両の仮想隊列制御系を構成し, 第三者視点を模擬したビジュアルアシスト制御系を実装した。提案する手法を用いれば, 短時間で熟練者相当の操作性を実現できることを実験により明らかにした。

走行実験での失敗は, 主に壁との接触が原因である。さらなる安全性を追求するためには, 壁との接触を回避する自動操縦機能を付加した支援機能について検討する必要がある。また, 操作の熟練は本研究の重要な課題であるが, 高齢者など被験者の幅を広げ, 数多くの利用者に対し定量的に評価する予定である。

[研究の発表, 論文等]

- [1] 宮本洋孝, 田中友樹, 岡島寛, 松永信智: PID 制御を用いたモデル誤差抑制補償器によるスキッドステア型車両の操縦支援制御, 電気学会論文誌 C, Vol. 136, No. 5, pp. 642-649, [DOI: 10.1541/ieejc.136.642], 2016
- [2] Tatsuya Sugano, Hiroshi Okajima, Satoshi Samura and Nobutomo Matsunaga: Narrow Space Driving of Welfare Vehicles using Robust Platoon Control with Adaptive Way Point Tracking, SICE Annual Conference, [DOI: 10.1109/SICE.2016.7749175], 2016
- [3] Hirotaka Miyamoto, Tomoki Tanaka, Hiroshi Okajima and Nobutomo Matsunaga: Experiment of Robust Driving Assistance Control for Skid Steer Welfare Vehicle using Model Error Compensator, 16th ICCAS, [DOI: 10.1109/ICCAS.2016.7832329], 2016 (Outstanding Paper Award)
- [4] Yuki Shida, Hiroshi Okajima, Daisuke Matuno, Nobutomo Matsunaga: Evaluation of Steering Model with Real-time Measurement of Gazing Distance by using Driving Simulator, 16th ICCAS, [DOI: 10.1109/ICCAS.2016.7832297], 2016
- [5] 菅野達也, 壇裕介, 岡島寛, 松永信智: モデル誤差抑制補償器による福祉用パーソナルビークルのロバストな屋内隊列走行システムの走行評価, 日本機械学会論文集, [DOI: 10.1299/transjsme.15-00690], 2016
- [6] 下川京将, 松永信智, 岡島寛: 福祉車両の遠隔操縦による後列からの隊列誘導実験, 第 34 回計測自動制御学会九州支部学術講演会, 203A3, 2016
- [7] 田中友樹, 宮本洋孝, 松永信智, 岡島寛: モデル誤差抑制補償器を用いた SSV の屋外操縦支援の評価, 第 59 回自動制御連合講演会, Fr. A6-2, pp. 770-773, 2016
- [8] 松永信智, 田中友樹, 岡島寛, 坂本一将: モデル誤差抑制補償器を用いた走行支援制御系による福祉用 SSV の操作性評価, ロボティクス・メカトロニクス講演会, 1P1-F10, 2017
- [9] 木村大亮, 松永信智, 岡島寛: 拡張現実を用いた福祉車両の操縦支援システム, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2A1-J08, 2017
- [10] 松永信智, 岡島寛, 松野大亮, 志田裕紀: ドライビングシミュレータを用いた注視距離依存型操舵モデルの推定と評価, 日本機械学会論文集, Vol. 83, No. 851, [DOI: 10.1299/transjsme.16-00519], 2017
- [11] Ryota Kimura, Nobutomo Matsunaga, Hiroshi Okajima, Gou Koutaki: Driving Assistance System for Welfare Vehicle using Virtual Platoon Control with Augmented Reality, SICE Annual Conference, [DOI: 10.23919/SICE.2017.8105516], 2017
- [12] Ryota Kimura, Nobutomo Matsunaga, Hiroshi Okajima, Gou Koutaki, Design of Virtual Platoon Control System using Augmented Reality to Assist Welfare Vehicle Users, Proc. of 17th ICCAS, [DOI: 10.23919/ICCAS.2017.8204460], 2017 (Outstanding Paper Award)
- [13] Shoichi Sakamoto, Tomoki Tanaka, Hiroshi Okajima and Nobutomo Matsunaga, Maneuverability Evaluation of Skid Steer Welfare Vehicle for Robust Assistance Control with Model Error Compensator, 17th ICCAS, [DOI: 10.23919/ICCAS.2017.8204335], 2017
- [14] 木村亮太, 小柳俊博, 松永信智, 岡島寛, 上瀧剛: 拡張現実感技術による仮想隊列制御を用いた操縦支援の評価, 第 35 回計測自動制御学会九州支部学術講演会, 202B3, 2017
- [15] 松永信智, 田中友樹, 岡島寛, 坂本一将: モデル誤差抑制補償器を用いた福祉用 SSV の走行支援制御系による屋外走行実験, 日本機械学会論文集, Vol. 84, No. 858, [DOI: 10.1299/transjsme.17-00349], 2018