

1. はじめに

近年、物流・運送業界では人手不足により、業務量の増加やサービスの低下が問題となっている。そのような背景から、本研究では、労働効率の向上により労働時間やコストを削減できるため、追従ロボットシステムを構築することで、荷物運搬の負荷を軽減させることを目指す。追従ロボットの実装において、先導対象の走行経路と追従ロボットの走行経路が類似することが望ましい。本研究では、前輪操舵後輪駆動モデルにおいて先導対象の参照座標を仮想的に後方に遅らせることで先導対象と追従ロボットの走行経路誤差を軽減させる追従システムを提案する。

2. 追従システム概要

始めに光測域センサを用いて深度情報を取得し、深度情報から先導対象の輪郭を抽出する。先導対象の位置・姿勢推定はテンプレートマッチング [1] を用いて求める。追従方法は前輪操舵後輪駆動モデル [2] を採用する。(1) 式より追従車の速度 $\dot{x}_2, \dot{y}_2$ および角速度 $\dot{\theta}_2$ を求めることで追従可能になる。

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_2 \\ \dot{y}_2 \\ \dot{\theta}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta_2 & 0 \\ \sin \theta_2 & 0 \\ \tan \psi & 0 \\ l_s & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_2 \\ \omega_2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

3. 仮想参照座標を用いた前輪操舵後輪駆動モデル

一般的に前輪操舵後輪駆動モデルは前輪と後輪との内輪差により旋回時、内側に偏向する特性がある。そこで、先導対象を仮想的に後方に遅延させる。理解図を Fig. 1 に示す。

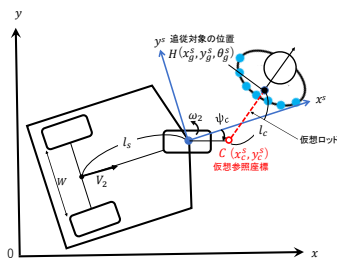


Fig. 1 仮想参照座標を用いた車両モデルの理解図

先導対象の後方に長さ l_c の仮想ロッドを伸ばし、その先端座標 $C(x_c^s, y_c^s)$ を仮想参照座標とする。仮想参照座標 C 及び仮想操舵角 ψ_c をそれぞれ (2), (3) 式に示す。

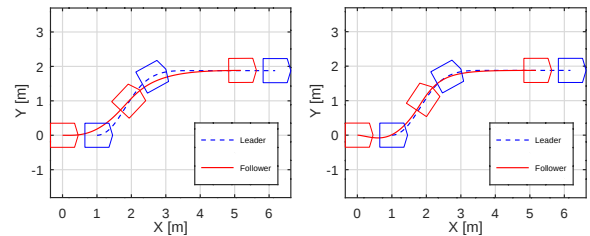
$$\begin{cases} x_c^s = x_g^s - l_c \cos \theta_g^s \\ y_c^s = y_g^s - l_c \sin \theta_g^s \end{cases} \quad (2)$$

$$\psi_c = \tan^{-1} \frac{y_c^s}{x_c^s} = \tan^{-1} \frac{x_g^s - l_c \cos \theta_g^s}{y_g^s - l_c \sin \theta_g^s} \quad (3)$$

従って、追従車の参照角速度 ω_2^{ref} は追従ロボット本体の角速度 ω_2 を加えると (4) 式となる。ここで V_2^{ref} は追従車に与える参照速度と定義する。

$$\omega_2^{ref} = V_2^{ref} \frac{\tan \psi_c}{l_s} + \omega_2 \quad (4)$$

仮想参照座標を用いた追従走行シミュレーションを Fig. 2 に示す。仮想ロッド l_c を与えることで内輪差が軽減され、追従精度が向上していることが分かる。



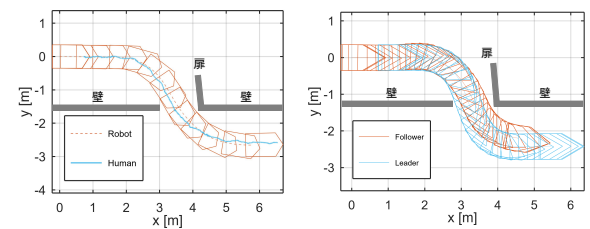
(a) $l_c = 0.1[\text{m}]$

(b) $l_c = 0.45[\text{m}]$

Fig. 2 追従シミュレーション

4. 実機実験

実機を用いて実験を行った。実験の先導対象は、人と先導ロボットで行い、追従対象が直進後少ししたら右に旋回し約 115[cm] 幅の扉を通過できるか確認した。結果を Fig. 3 に示す。仮想参照座標を用いることで壁に衝突することなく、先導ロボットと追従ロボットの走行経路差が改善された追従を行えた。



(a) 対象：人

(b) 対象：先導ロボット

Fig. 3 追従実験

5. まとめ

荷物運搬の負荷を軽減させることを目的に追従ロボットシステムの構築を行った。先導対象を仮想的に遅らせた仮想参照座標を用いることで高精度の追従を行うことができた。

参考文献

- [1] 三好 美成：テンプレートマッチングと車両モデルを応用した人追従ロボットシステムに関する研究，令和 4 年度，鳥取大学工学部電気情報系学科，卒業論文
- [2] 中野，小森谷，米田，高橋：高知能移動ロボティクス，2 章，講談社サイエンティフィク (2004)