

二輪車両ロボットを用いた合意制御シミュレーションと実機実験のための環境整備

首都大学東京 知能機械システムコース
B4 遠藤 真哉 (児島研究室)

1.はじめに

複数のエージェントを用いて目標を達成するマルチエージェントシステムは、近年の社会において人間が活動を行うことが難しい環境での活躍が期待され、盛んに研究が行われている[1].

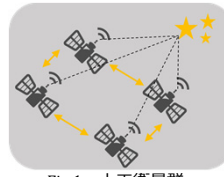


Fig.1 : 人工衛星群

マルチエージェントシステムのメリット

- ・通信可能範囲の拡大
- ・機体故障をシステム全体で補完し停止を防ぐことが可能
- ・障害物などの地理的な環境変化に対応できる

マルチエージェントシステムの制御法に合意制御がある。合意制御では

- ・初期位置に応じた適切なエージェントの集合
 - ・自律的なフォーメーションを形成
- などが可能である。



Fig.2 : KheperaIV

研究目的

- ・合意制御を用いた、フォーメーション形成と障害物回避を行う制御システムの構築
- ・二輪車両ロボットを用いた実機実験のための環境整備

2.仮想構造を用いた合意制御

二輪車両ロボットモデル

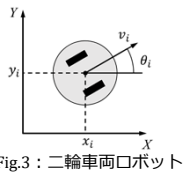


Fig.3 : 二輪車両ロボット

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_i \\ \dot{y}_i \\ \dot{\theta}_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta_i & 0 \\ \sin \theta_i & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_i \\ \omega_i \end{bmatrix}$$

速度拘束 $\dot{x}_i \sin \theta_i - \dot{y}_i \cos \theta_i = 0$

仮想構造を用いた二輪車両ロボットモデル[2]

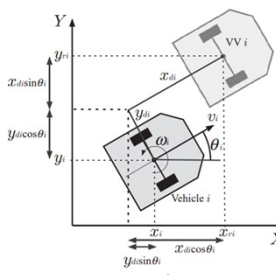


Fig.4 : 二輪車両ロボットの仮想構造

仮想ビークル(VV)の座標と姿勢角

$$\begin{bmatrix} x_{ri} \\ y_{ri} \\ \theta_{ri} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_i + x_{di} \cos \theta_i - y_{di} \sin \theta_i \\ y_i + x_{di} \sin \theta_i + y_{di} \cos \theta_i \\ \theta_i \end{bmatrix} \quad (1)$$

- (x_i, y_i, θ_i) : 各ビークルの状態変数
- (v_i, ω_i) : 各ビークルの入力変数
- $(x_{ri}, y_{ri}, \theta_{ri})$: 各ビークルVVの状態変数
- (x_{di}, y_{di}) : 各ビークルVVとの距離

各ビークルの仮想ビークルの状態を一致させることでフォーメーション制御を実現する。

制御対象

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_{ri} \\ \dot{y}_{ri} \\ \dot{\theta}_{ri} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B_i \\ B_\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_i \\ \omega_i \end{bmatrix}, \quad B_i = \begin{bmatrix} \cos \theta_i & -x_{di} \sin \theta_i - y_{di} \cos \theta_i \\ \sin \theta_i & x_{di} \cos \theta_i - y_{di} \sin \theta_i \end{bmatrix} \quad (2)$$

制御則

$$\begin{bmatrix} v_i \\ \omega_i \end{bmatrix} = B_i^{-1} \left(-k \sum_{j \in N_i} (r_i - r_j) + \dot{r}_d \right), \quad r_i = \begin{bmatrix} x_{ri} \\ y_{ri} \end{bmatrix}, \quad \dot{r}_d = \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \end{bmatrix} : \text{一定目標速度} \quad (3)$$

$k > 0$: 設計パラメータ

3.合意制御シミュレーション

ビークル2台のフォーメーション制御

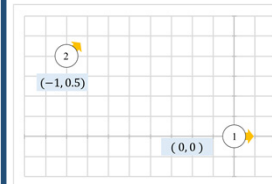


Fig.5 : 初期状態

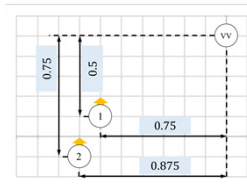


Fig.6 : 目標フォーメーション

設計パラメータ
 $k = 0.5$
目標速度
 $\dot{r}_d = \begin{bmatrix} 0 \\ 0.1 \end{bmatrix}$

シミュレーション結果 ブルー:ビークル1 オレンジ:ビークル2

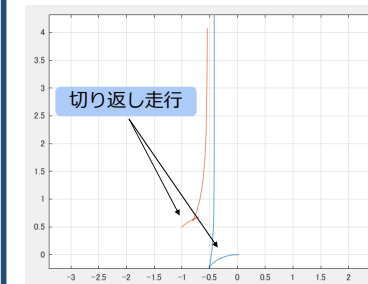


Fig.7 : ビークル経路

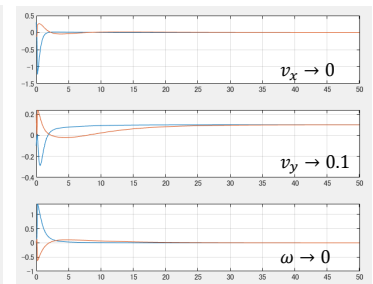


Fig.8 : 速度・角速度の時間変化

- ・目標フォーメーションを形成しながら目標速度で走行していることが確認できる
- ・振り返り走行の存在から速度拘束の反映も確認できる

4.実機実験のための環境整備

ウェブカメラを用いた位置情報の取得

合意制御の実機実験には機体位置情報の取得が必要である。そのため、機体のLEDをもとにウェブカメラの画像から機体の座標・姿勢角を取得するシステムを構築した。

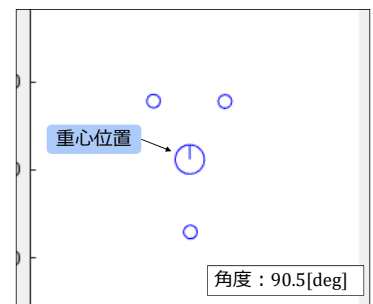
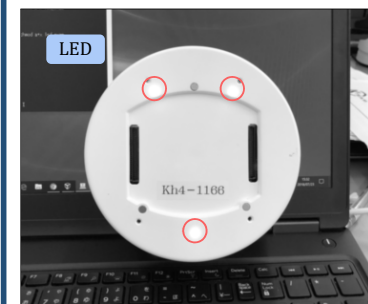


Fig.9 : 位置情報取得のための画像処理

今後行う実機実験では、このシステムを使用する予定である。

5.まとめと今後の方針

まとめ 二輪車両ロボットのフォーメーション制御のシミュレーションを行い、ウェブカメラでの機体の位置情報取得を行うプログラム作成した。

- 今後の方針**
- ・障害物回避のシミュレーションを行い、フォーメーション制御と組み合わせる
 - ・実機実験を行いシミュレーションとの比較を行う

参考文献

- [1] 西沢健紀, 児島晃, “速度拘束を考慮した二輪移動ロボットの合意制御”, 平成29年度特別研究論文, 2017.
- [2] 吉岡愛, 滑川徹, “仮想構造を用いたマルチビークルシステムのフォーメーション制御”, 第7回制御部門大会, 2007.