

二輪倒立ロボットの自己位置推定に関する研究

2016sc104 吉田和司

指導教員：中島明

1 はじめに

倒立振子は代表的な制御対象であり、なかでもセグウェイは二輪倒立振子の応用例である。今回文献 [1] を参考にし Zumo Robot を二輪倒立ロボットを目標の位置・角度に倒立しながら巡回移動することを可能としたシステムを設計する。

2 Zumo Robot

2.1 Zumo

ZumoRobot は、エンコーダを搭載しており、左右の車輪回転角を測定することができる。モーションキャプチャで位置を測定することは可能であるが、位置データをリアルタイムで共有できないため、車輪の回転角で位置を測定する。Zumo に対して、 x 軸 y 軸を以下の図 1 のように取る。

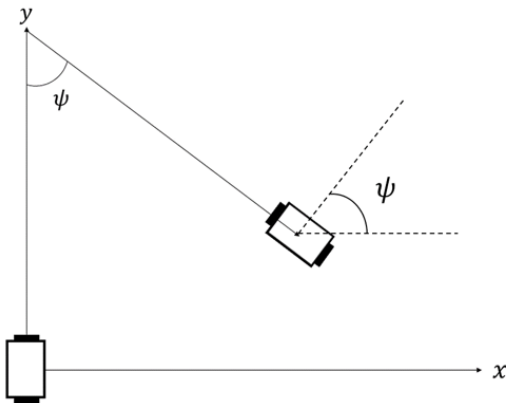


図 1 座標系の取り方

2.2 パラメータ

今回使用する Zumo のパラメータを表 1 に示す。

定義	記号	値	単位
直進速度	v	変数	cm/s
巡回角速度	ω	変数	rad/s
巡回角度	ψ	変数	rad
車輪回転角	θ	変数	rad
車体幅	d	未知	cm
車輪半径	r	1.95	cm

表 1 物理パラメータ

3 倒立状態での巡回

二輪ロボットの直進方向の速度 v と巡回角速度 ω は、車体幅 d と左右の車輪回転角 $\theta_l(t), \theta_r(t)$ とすると、

$$\begin{bmatrix} v \\ \omega \end{bmatrix} = r/2 \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ \frac{1}{d} & -\frac{1}{d} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\theta}_l \\ \dot{\theta}_r \end{bmatrix} \quad (1)$$

となる。したがって式 (1) から左右の車輪回転角に差が生じると、車体が巡回することがわかる。また、倒立方法は文献 [1] を参考にした。

なお、倒立状態での巡回は中間発表までに成功した。

4 パラメータ同定

二輪の回転角の差を利用し、巡回行動をすることから実際の車体幅 $d = 9.6(\text{cm})$ としたが、 ψ を正確に測定することができなかった。理由の一つとして、巡回する際に車輪の滑りが生じることで車体幅に誤差が生じている可能性がある。そのため、車体幅のパラメータ同定が必要がある。

本研究では、平面座標の値・車体の巡回角度を目標値に設定し、倒立姿勢を維持しながら制御することを目的としている。そのため車体の巡回角度は非常に重要な役割を担っており、車体の巡回角度を求める際、必要である。したがって、車体幅 d のパラメータ同定を行う。エンコーダで測定した車輪回転角とモーションキャプチャで計測した巡回角度から、求められた d は以下の図 2 のようになる。

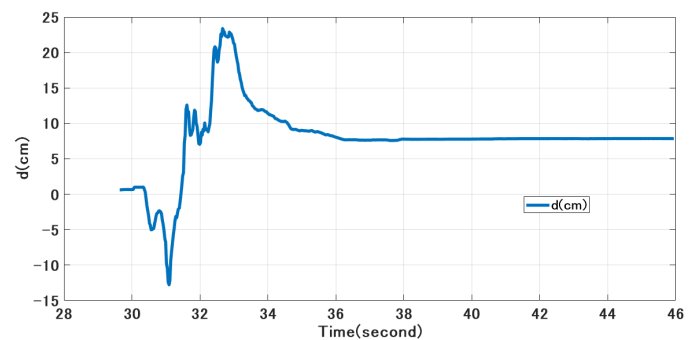


図 2 エンコーダで測定した車輪角とジャイロセンサで測定した車体の姿勢角

実験結果より複数の計測データから、最小二乗法を用いることで Δd は

$$\Delta d = 6.7733$$

となった。

5 実機実験

5.1 実験内容

Zumo を移動させ、その様子をモーションキャプチャで撮影。実際にどのように動いたかを確認し、車輪回転角からの推定値と比較。車輪回転角からの自己位置推定がどの程度精度があるかを確認する。

5.2 誤差について

直進する二輪ロボットの位置は左右の車輪回転角から

$$2\pi r \times \frac{(\theta_l + \theta_r)}{360} \div 2 \quad (2)$$

で表される。

またエンコーダの測定する最低値が約 0.96° から発生し得る誤差 Δl は式 2 より

$$\Delta l = 0.032656(\text{cm})$$

となる。

5.3 実験結果

車体位置の比較は以下の図 3(車輪回転角から推定した位置)、図 4(モーションキャプチャで測定した位置) のようになった。

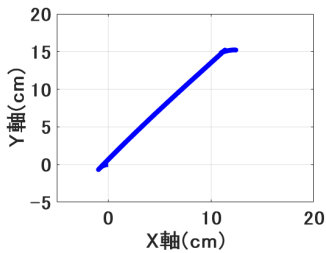


図 3 推定値 (位置)

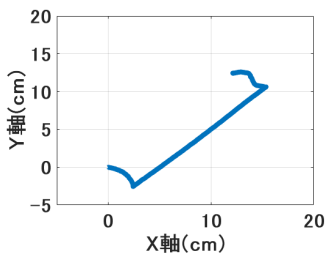


図 4 モーションキャプチャ測定値 (位置)

図 3,4 から、 x 軸方向で約 $0.7(\text{cm})$ の誤差、 y 軸方向で約 $2.7(\text{cm})$ の誤差が生じていることがわかった。

また、車体旋回角度の比較は以下の図 5(車輪回転角から推定した旋回角度)、図 6(モーションキャプチャで測定した旋回角度) のようになった。

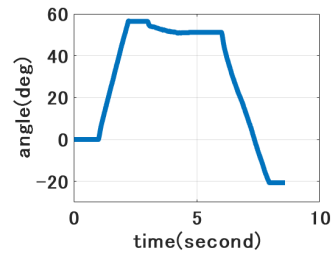


図 5 推定値 (旋回角度)

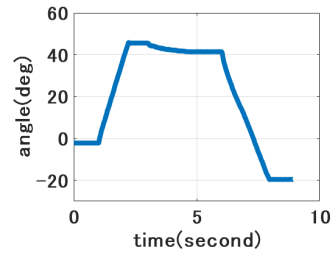


図 6 モーションキャプチャ測定値 (角度)

図 5,6 から、目標位置に向かい旋回する時に約 11° の誤差が生じていることがわかる。また、目標角度では約 1° の誤差が生じていることがわかった。

5.4 考察

これらの結果から、推定した位置・角度に誤差が生じ位置・角度が推定できていないことが分かった。

誤差が生じた理由として、一つはエンコーダの精度である。エンコーダの精度が低かったため、推定値自体の精度も低くなったと考えられる。またもう一つの理由は、目標位置に車体を旋回する際、旋回角に誤差が生じたため、目標位置に誤差が生じたと考えられる。

6 おわりに

これまで、旋回するために必要なパラメータ d を求めた。また、状態方程式を用いて位置を推定した。今後は倒立状態で目標値への移動を実行と、エンコーダやその他のハード面の見直しが必要であると考ええる。(位置情報を利用した移動方法に対応した機器へ変更)

7 参考文献

参考文献

- [1] 磯川航一朗 (指導教員: 中島明): 『二輪倒立ロボットの制御』 南山大学情報理工学部 2019 年度卒業論文
- [2] 石若広太郎・佐藤和也: 『無限軌道式ロボット車の倒立制御』 第 59 回自動制御連合講演会, 北九州, p.1321-1325, 2016
- [3] 佐藤 和也・下本 陽一・熊澤 典良: 『はじめての現代制御理論』