

24. 環境観測システムのための小型移動車両の軌道追従制御に関する研究

指導教員：平田 研二 准教授 機械創造工学課程 11302286 枝川 正輝

1. はじめに

背景

- ▶ ゲリラ豪雨やヒートアイランド現象などの自然災害が頻繁に発生している。地方自治体での環境モニタリング、一部の緑化など対策が行われつつある。
→ **局地的な変化に対する環境モニタリングシステムの需要**
- ▶ ネットワーク技術が発展し、センサネットワークを用いた研究が注目されつつある。ネットワーク化された移動体を協調させることで、単体では不可能なタスクの実現が可能。
→ **定期的な範囲中のデータの取得**

移動型観測システムの有効性

観測手法

- 定点観測型
広範囲に設置可能だが、新たな観測センサ設置などの手間・コストの問題
- 移動観測型
設置場所に左右されず、手間などの緩和が行えるが広範囲の現象には不向き

ヒートアイランドに対する緑化等、局地的な変化では移動型観測が有効である

目的

- ▶ 移動体となる小型移動車両への軌道追従制御の実装

2. 移動車両の構成

本研究では、まず移動体のベースとなる小型移動車両の作成を行っている。

移動車両ベース

移動車両への要求

- 1: 駆動輪をもち、2輪駆動
- 2: マイコン・センサ等の搭載スペース
- 3: 高い走破性

- ▶ **上記を満たすべく、移動車両のベースはタミヤ製オフロードラジコンカーとした。**

Table 1: ラジコンカーの構成

装置	製造元	型番	仕様
車体	タミヤ	BLACKFOOT-XTREME	全長420[mm], 全幅310[mm], 全高267[mm]
ESC		TEU-101BK	最大電流60[A]
サーボ		TSU-01	
バッテリー		ニカド電池7.2[V]	カスタムパック7.2[V]-1300[mAh]
モータ		RS-540SH-7520	マブチモータ製

ラジコンカーの改良

ラジコンカーを観測用の移動車両とするため、下記のような改良を施す。

改良点

- ▶ 前輪駆動前輪操舵へ
- ▶ 後輪へのロータリエンコーダの搭載
- ▶ マイコンおよびXBeeの搭載

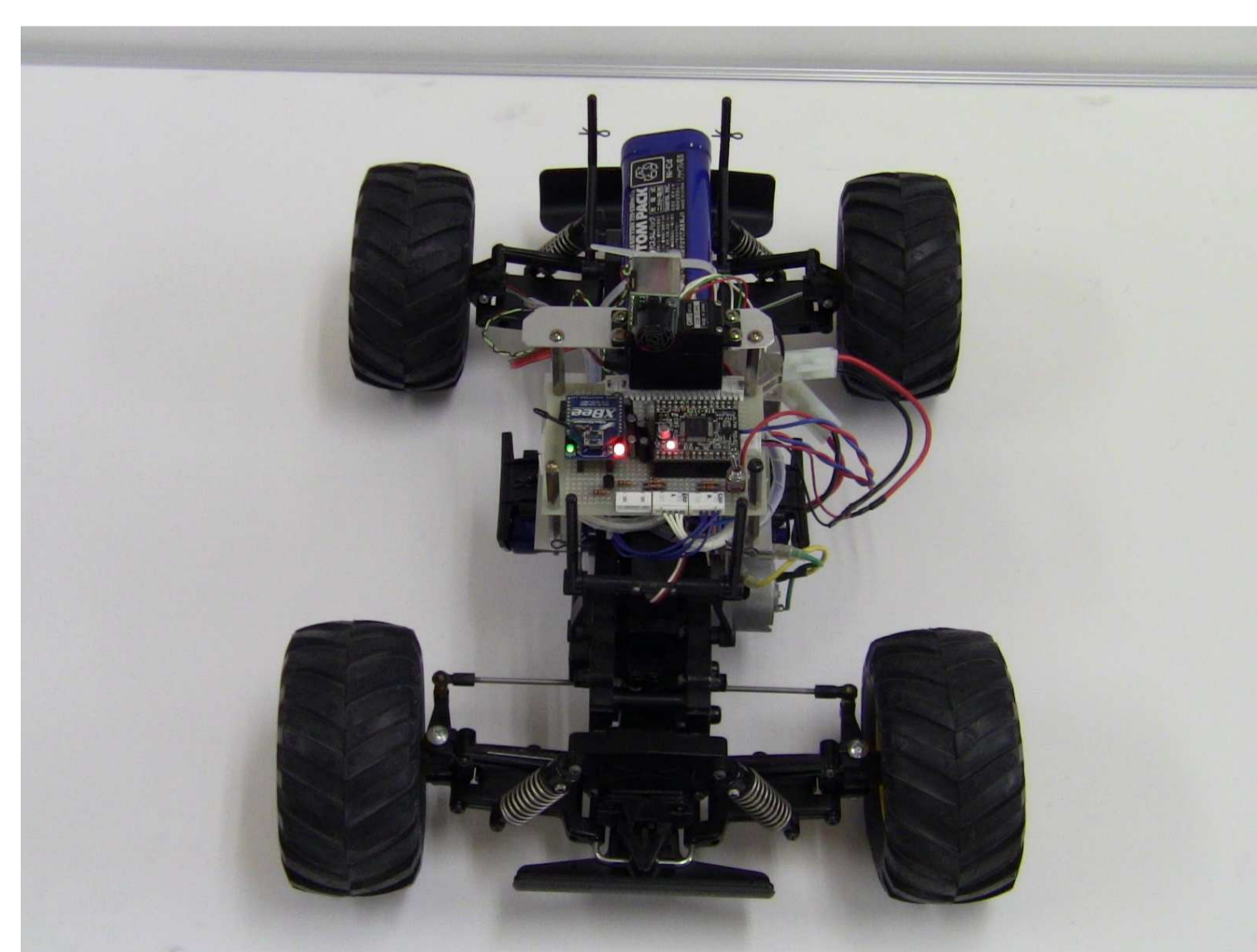


Fig. 1: 移動車両

改良点

- ▶ 前輪で駆動・操舵することで制御しやすくする。
- ▶ 移動車両の車速・ヨーレート・走行距離を測定する。
- ▶ 車両の制御や、PC-移動車両間の通信を可能にする。

通信規格

XBeeとは、MaxStream社の提供する低消費電力のワイヤレスネットワークを提供する高性能ZigBeeモジュールである。小型かつ使いやすく、省電力、デバイス間のデータ通信の高信頼性を提供している。

Table 2: XBeeの規格

Platform	XBee 802.15.4
DataRate	250kbps
Indoor Range	30m
Outdoor Range	100m
Transmit Power	1mW
Receiver Sensitivity	-92dBm



Fig. 2: XBeeモジュール

3. 軌道追従制御

制御手法

- ▶ 現研究
時間移動する目標点を設け、その目標点に対してどれほど近づけられるかということに重点を置く手法。
- ▶ 本研究
制御対象の動いた軌跡が、目標とする軌跡にどれほど近くなるかということに重点を置く手法。

全駆動系および非ホロノミックな速度拘束をもつハミルトン系の軌道追従制御

制御手法

上記の系における、指定した速度のもとで系を目標軌道へ漸近収束させる手法について述べる。
目標軌道にいる時がポテンシャル最小となるように指定。
→ 現在自分がいる位置のポテンシャルを計算し、最もポテンシャルが小さくなる方向へ車体を動かすことで実現させる。

- ▶ 軌道追従の実現手順、および手順に用いる制御則を以下に示す。

実現手順

- 目標軌道上のすべての点でポテンシャルエネルギーが最小となる架空のポテンシャル関数を作成する。
- (a)のポテンシャル関数より、目標余接ベクトル場を作る。
(系の速度を目標軌道を追従するための速度とそれ以外の速度に分解する。)
- ハミルトン系は状態変数として余接ベクトルを用いるため、その状態変数の向きを(b)の向きに制御した上でポテンシャル関数の値が減少するように入力を与える。
(ポテンシャル関数の値が減少する方向に速度をもたせる。)

制御則

- ▶ ノミナル制御則

$$u_n = \langle p_{we}, p \rangle G^{-1} \eta - \langle \eta, p \rangle G^{-1} p_{we}$$

- ▶ 漸近制御則

$$u_a = -\beta \langle p_{we}, p \rangle |G^{-1} p_{\bar{w}} + \beta \langle p_{\bar{w}}, p \rangle \operatorname{sgn} \langle p_{we}, p \rangle G^{-1} p_{we}$$

ノミナル制御則および漸近制御則は、ポテンシャル最小値をとるポテンシャル関数をつくるために用いられる。

- ▶ 勾配制御則

$$u_p = -G^{-1} J_{12}^T \frac{\partial U}{\partial q}$$

勾配制御則は、ポテンシャルエネルギーを最小値に収束させるものであり、入力をポテンシャルエネルギーが減少となる向きになるように加えるためのものである。

- ▶ 速度制御則

$$u_r = -\langle p_{we}, p \rangle \gamma (H + U - H_r) G^{-1} p_{we}$$

速度制御則は、全運動エネルギーをその目標値(一定値)に収束させる入力を与えるためのものである。前3つの制御則では行えなかった系の運動速度制御を可能とした。

Table 3: 各パラメータ

パラメータ	概要
$U(q)$	ポテンシャル関数(ハミルトン関数)
$H(q, r)$	全運動エネルギー
$p_{\omega}(q)$	$(\frac{\partial U}{\partial q})^T$ に直交するベクトル場
p_{we}	正規化された p_{ω}
$p_{\bar{w}}(q, p)$	p_{we} に直交する p の成分
$\beta(q, p), \gamma(q, p)$	設計パラメータ

問題点

- ▶ 摩擦のある系への対応はしていない。
- ▶ 目標軌道が8の字のように自身と交わる場合では適用が不可能。

4. 今後の展望

- ▶ 移動車両の完成
- ▶ 完成した移動車両のシステム同定
- ▶ 時変の経路に対する軌道追従制御の理解
- ▶ 軌道追従制御の移動車両への実装

参考文献

- [1] 松橋健太, 移動車両を利用した環境観測システム構築のための基礎研究, 長岡技術科学大学, 2010.
- [2] 谷口充・藤林健治, ポート・ハミルトン系の漸近的経路追従制御, 計測自動制御学会, 2009.