

倒立振り子型自律走行体の走行制御

著者 山路龍斗 山田健真

指導教員 青山義弘

1. 研究背景

現在、私たちの身の回りには製品の多くには組み込み技術が使われており、組み込みシステムはこれらの製品において非常に重要になっている。

本研究室でも、組み込みソフトウェアの設計・制作を学ぶため ET(Embedded Technology)ロボコンに参加し、倒立振り子型自律走行体の制御を行ってきた。

今回の研究目標はプライマリークラスのコースをライントレースしながら設けられた難所をクリアし、完走する制御プログラムを作成することにより、組み込みソフトウェアの設計手法を学ぶことである。

2. ET ロボコン

今回出場したのはデベロッパー部門のプライマリークラスである。

2.1 走行体の説明

今回使用する走行体は EV3way-ET という LEGO の mindstormsEV3 を使用して作成した走行体である。

以下に EV3way-ET の特徴について記述する。

- ・カラーセンサ、タッチセンサ、ジャイロセンサ、超音波センサを装備
- ・左右の車輪と尻尾を動作させる 3 つのモータ
- ・左右の車輪のみによる 2 輪走行体



図 1 EV3way-ET の全体図

2.2 プライマリーコース紹介

ET ロボコンのコースには L コースと R コースの 2 つのコースがある。それぞれのコースはライントレースの走行タイムを競うタイムアタックエリアと、与えられた課題を攻略する難所エリアの 2

つのエリアで構成されている。タイムアタック部分は 2 人で攻略法を考え、難所エリアは L コース（ルックアップゲート）を山路が、R コース（階段）を山田が担当した。図 2 にコースの全体図を示す。

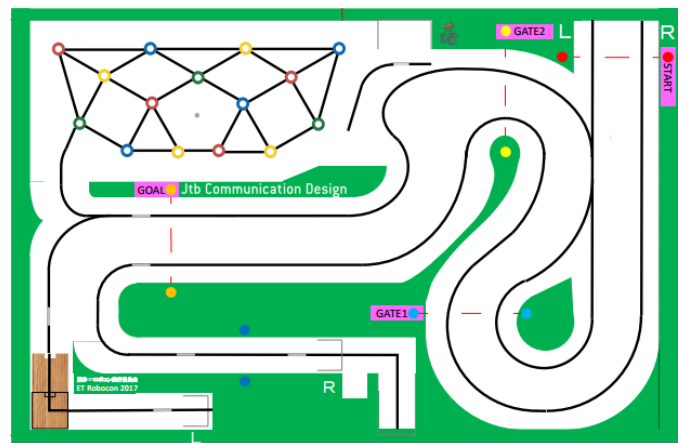


図 2 コースの全体図 ([2]より引用)

2.3 難所エリア

・階段

2 段の階段であり、バランスを崩さないように登る。段差の上で回転（スピン）をすると、ボーナスタイムが与えられる。図 3 に階段を示す。



図 3 階段 ([2]より引用)

・ルックアップゲート

機体よりも背の低いゲートを、尻尾を使って機体を反らせて通過させる（この間ライントレースはできない）。通過させる回数（最大 2 回）によってボーナスタイムが与えられる。図 4 にルックアップゲートを示す。



図 4 ルックアップゲート ([2]より引用)

- ・ガレージ

ゴール地点にあり、機体が触れないようにガレージ内で規定時間の 3 秒間、完全停止する。両コースに設置されている。

3. 完走するための戦略

- ・PID 制御

最初はライントレース方法を理解するために単純な on-off 制御を行ったが、滑らかな走行を実現するために PID 制御を実装した。

光センサの測定値に対して、比例（ラインからの逸脱量）、積分（累積された逸脱量）、微分（逸脱量の変化量）を用いて制御量を決定する。

それぞれの係数 (K_p, K_i, K_d) を何度もライントレースを行い、 K_p, K_i, K_d の順で決定していき、その後細かい修正を行った。決定した係数を、以下の表 1 に示す。

表 1 PID 制御の各係数

K_p (比例ゲイン)	K_i (積分ゲイン)	K_d (微分ゲイン)
0.74	0.06	0.03

- ・光センサのフィルタ

スタート時に 8 回分のカラーセンサの値を取得し、平均化フィルタを適用する。その後は毎回取得する値と一番古い値とを入れ替えて計算を行う。これにより大きく逸脱した値を取得しても、対応できるようになった。

- ・簡易的な自己位置推定

左右のモータの回転角度を取得することにより現在の大きなコースでの位置を判断する。これにより難所に接近したことを判断できる。

- ・緊急停止

ジャイロセンサで角速度を取得して、一定値以上の変化ならば対処不能と判断して、モータを停止させる。

- ・ルックアップゲート

難所が近づいてきたら走行速度を遅らせ、超

音波センサを用いてゲートを検知する。検知できたら走行体を停止させる。そして走行体の体勢をゲート通過可能な高さまで倒す。体勢を倒すときは、走行体が転ばないように 4 回に分けて倒していく。その後決めた時間カウント分走行させ、ゲートを通過する。最後に倒れた時と同様に体勢を起こした後、ラインに復帰する。

- ・階段

難所に着いたら速度を落とし、低速で前進する。機体が階段に触れたら少し後退して助走をつけて登っていき、階段上でライントレースに復帰して降りていく。

- ・ガレージ

難所攻略後、尻尾を出した状態で on-off 制御を行い、決めた時間カウント分進んだら停止する。カウントは走行を繰り返し行うことで調整した。

4. 現在の成果

今回の研究において以下のことが達成できた。

- ・PID 制御の実装
- ・難所攻略プログラムの作成
- ・フィルタリングの実装
- ・自己位置推定の実装

これらの研究を通して組込みシステムについて理解を深めることができた。

5. 今後の展望

今回の研究で実現できなかった課題は以下の 2 点である。

- ・リモートスタート

Bluetooth 通信を行い、走行体のタッチセンサを使用せずにリモートスタートを行えるようにする。

- ・より精度の高い難所の攻略

ルックアップゲートは成功率が低く、本番でも成功しなかった。階段は、うまく降りることができない。これらの精度向上を図る。

次年度の研究では、これらを達成しより良い成績を目指してほしい。

6. 参考文献

[1]ET ロボコン 2017 公式サイト

<http://www.etrobo.jp/2017/>

[2]ET ロボコン 2017 デベロッパ部門競技規約

http://www.etrobo.jp/2017/gaiyou/images/doc/ETRC2017_rules_dev_1.0.0.pdf