

自律型倒立振り子ロボットの走行制御プログラム開発

著者 山口純一

指導教員 青山義弘

1. 目的

本研究では自律型ロボットの中でも 2 輪倒立振り子ロボットに着目し、様々な状況下で発生する問題を自己解決し目標を達成するロボットの制御プログラムの開発を目的とする。その一環として、ET ロボコンに参加することで、安定して指定された動作を行うための制御の方法、それを成し遂げるために問題提議を行い解決する力を身に付ける。NXT 走行体を用いて ET ロボコン内に設置されたシーソーを攻略することを研究の目標の一つとした。アウトコース難所であるシーソーを攻略することでボーナスタイムが獲得できる。攻略方法の 1 つであるシーソーダブルを達成するために、最適な動作を検証、難所攻略の動作を走行体へ実装する。

2. シーソー攻略における問題

シーソー攻略プログラムを作成し、実行することにより以下の問題があることが分かった。

2.1 シーソー乗り上げに失敗

走行体がシーソーに乗り上げる時に問題が発生する。シーソーはカーブが終わってすぐに設置されており、走行体がシーソーに対して正面に行かない場合が考えられる。この時、片方の車輪のみがシーソーに乗り上げてしまい、ジャイロ値は大きく変動し走行体が転倒してしまう。



図 1 シーソーに片方の車輪のみが侵入

2.2 シーソー乗降、接地端変化時の衝撃で転倒

シーソーの板の厚さは 14mm あり、両輪同時にシーソーに侵入した場合にも走行体が転倒してしまう可能性が考えられる。乗り上げだけでなく、降りる際にもその衝撃は走行体に伝わり転倒の可能性もある。他に、シーソー上を移動し、接地端が変化した時にも走行体に対して衝撃が加わる。

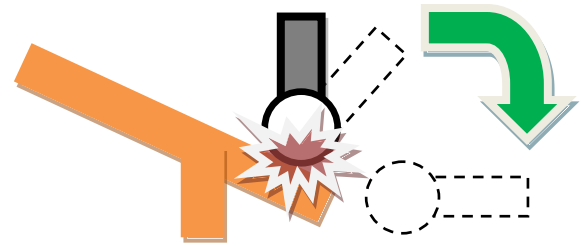


図 2 接地端変化時の衝撃で走行体が転倒

2.3 シーソーからの落下問題

走行体がシーソー上を移動している時に、進行方向が左右のどちらかに曲がり落下してしまうという問題がある。プログラムで直進を行うように命令しても左右モータで回転する力や速さは全く同じではない為、実際はどちらかのモータの方が多く回ってしまうことがある。こうした左右モータの個体差を出来るだけ小さくする必要がある。



図 3 右に曲がり走行体が落下

3. 問題に対する解決策

3.1 シーソー乗り上げに失敗

走行体の片方の車輪のみがシーソーに乗り上げて転倒してしまう問題には、自己位置推定を導入することによって解決した。今回使用した走行体では、モータの現在の回転角度を度数法で取得できる。この値をエンコーダ値と呼ぶ。自己位置推定は左右モータのエンコーダ値を取得し、現在走行体がどの地点にいるかを判断するものである。これによってシーソーに対して正面の位置でシーソー攻略用関数に切り替えるようにすることで両輪同時に乗り上げることが可能になった。

3.2 シーソー乗降、接地端変化時の衝撃で転倒

シーソー攻略中に発生する衝撃で走行体が転倒してしまう問題には、倒立振り子制御のジャイロセンサオフセット値を変化させることで解決した。この値を変更させることで、走行体を前方もしく

は後方に傾けることができる。これを利用して、走行体を衝撃とは逆方向に傾けることで、転倒を防止した。

3.3 シーソーからの落下問題

シーソー上には黒線が引いてある。これを利用して、ラインレースで問題を解決できるのでは無いかと考えられた。図 4 の枠で囲った部分がシーソーに乗り上げる時の光センサ値の変化である。この時、光センサ値が大きく下降している部分が見受けられる。この大きな乱れをジャイロセンサが検知して、走行体が黒線から外れてしまう可能性が考えられた。また、シーソーには勾配があり、光センサが外乱光の影響を受けやすいという問題があった。図 4 を見ると、シーソーに乗る前に比べて、乗った後は光センサ値が小さくなっていることが分かる。これらの問題から、ラインレースによる問題解決には至らなかった。

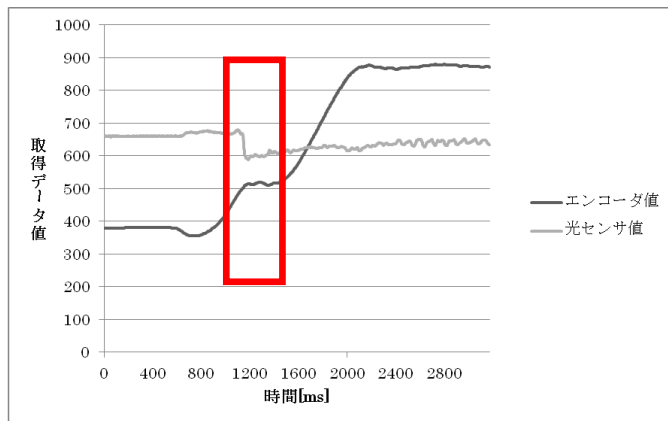


図 4 シーソー攻略時の光センサ値の変化

ラインレースをすることは出来ないため、モータ制御のみによる移動でシーソー上を移動することにした。これを実現すべく、左右モータの個体差による回転角差を無くすためにモータの選定を行った。

A~I までの 9 個のモータで選定を行い、10 秒間モータを回転させた時のエンコーダ値を測定した。これを同じモータに対し 10 回行い、その平均値を出して、エンコーダ値に大きな差異が無いものをセットとして扱い、左右車輪のモータに使用した。また、実験中はバッテリー値による回転数の変動を考慮し、常時充電をしている状態で計測を行った。

モータの選定を行った後にも、シーソー上で左右どちらかに寄ってってしまう問題が見られた為、左右車輪の交互回転（ジグザグ）による前進方法を取り入れた。この走行方法によって、走行体はシーソー上を直進することが可能になった。また、ジグザグで進む事で極めて低速でシーソー

上を移動出来るようになり、接地端変化時の衝撃を少なくすることに成功した。

4. 大会結果

2013 年 9 月 22 日に行われた ET ロボコン北陸地区大会に出場した。PID 制御によるラインレースは安定し IN コース・OUT コースともボーナスコースに突入した。しかし、シーソーダブルは乗り上げに失敗し、ボーナスタイムを得ることは出来なかった。結果は 9 チーム中 4 位であった。

11 月 30 日に行われたリベンジ大会では、OUT コースの走行は坂道で転倒してしまい、シーソー攻略を確認することは出来なかった。坂道で転倒した原因は PID 制御の各ゲインの値が 9 月に比べ精度の良いものになり、走行体の速さが上がってしまったからであると考えられた。

5. まとめ

大会では、シーソーダブルを成功させることは出来なかったが、大会前にテストコースで行った試走では、90%成功していた。9 月大会で発生した問題の対策も行い、シーソーダブル攻略は問題無かった為、非常に残念な結果であった。

これらの研究を通して、予め発生する問題を予測して対策を立てる能力やその問題点の原因を考察して解決し、プログラムの実装を行う能力を身に付ける事が出来たと考えられる。

6. 今後の課題

今回、シーソーに乗り上げる際の問題には自己位置推定法を用いることで解決をした。しかし、その方法は、今回の大会でしか使用することが出来ない応用性の無いプログラムになってしまった。これを改善するために、ジャイロセンサ値の変動からシーソーを発見し、シーソー攻略用関数を行うようにする事が考えられる。これによってシーソーがどの位置に置かれていても、シーソーを攻略することが可能になると考えられる。そのためにもデータのロギングを繰り返し行い、取得できるデータ値の考察を行わなければならない。

参考文献

- [1]ET ロボコン 2013 公式サイト
<http://www.etrobo.jp/2013/>
- [2]nxtOSEK : インデックス
<http://lejos-osek.sourceforge.net/jp/>