二輪車での姿勢制御の研究

４年Ｃ組　船井遼太朗
指導教員　米田　隆恒

１．概要

私は現在、ロボットが左右についた二輪車で前後に倒れることなくバランスを取るための「姿勢制御」の研究を行っている。今回は、前後のバランスをとるために距離センサを用いる方法と、３軸加速度センサを用いる方法の二つの視点から取り組んだ。ここでは、その途中経過を報告する。

キーワード　姿勢制御、距離センサ、３軸加速度センサ、倒立振子

２．研究の背景と目的

私は、レゴ社が販売している「マインドストーム」と呼ばれる、プログラミングロボット開発キットを用いて製作された、姿勢制御ロボットを見る機会を得た。このロボットは、手で押してもバランスをとりながら、自立し続けることができるものである。私もこのような、自立型の姿勢制御ロボットを開発したいと考えた。そこで、今回は２つの車輪を持った、シンプルな形状の試作機を製作することにした。

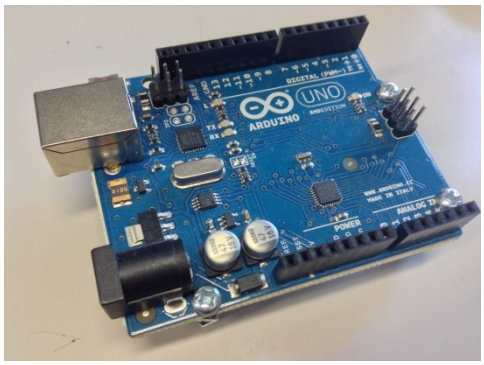

図１　Arduino Uno

３．研究内容

３．１　研究１

まず私は、地面と機体の高い位置に取り付けたセンサとの間の距離を測定し、そのデータを元に機体の姿勢制御を目指した。

できるだけバランスを取りやすくするため、箱形の機体を製作した。今回用いたマイクロコンピュータ（以下マイコン）には、複雑な制御でも、利用者ができるだけプログラミングをしやすいように改良された、Arduino と呼ばれるものを選択した。

車輪の動力には、機体の重さに耐えて走ることができるだけのトルクのある、タミヤ製ハイパーダッシュモータ PRO を使用した。モータの回転方向、及び、印加電圧を調整できるモータドライバ IC(TA7291P)を使用して、マイコンからモータの回転を制御した。

地面からの距離を計測するための距離センサとしては、GP2Y0A21YKという、10~80cmまでの距離を計測することができるセンサを使用した。高い位置にこのセンサをつけることで、機体のわずかな傾きも

より早く検出できるようになるのではないかと考え、このセンサを利用した。

図２　距離センサ(GP2Y0A21YK)

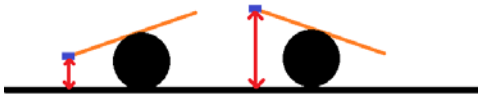

図３　距離センサで測定する距離

まずこのセンサを用いて、図３の矢印で表しているように地面からの距離を測定し、値の範囲を見た上で、しきい値を設定する。次に、その値を超えたときモータの回転方向を逆回転させることで本体が倒れる前に機体の位置を修正するようにした。

機体の重さは前後でなるべく調整を行ったが、均等にはならず常にアンバランスな状態となっている。

図４　自作した箱型ロボット

実際に作動させたところうまくバランスを取ることができなかった。１回目に行った実験では、機体のプラスチック板の重さが原因となり、モータが空回りしてしまった。そこで本体の重心を一度糸で引っ張り上げ、動くようにしてから再度実験を行ってみた。しかし、それでも上手く動かなった。まず考えられたのがしきい値の決め方である。最初は目で確認して設定していたが、その後倒立振子という考え方をご教示していただいた。この考え方は、重心が上にあり、支持点が下にある場合の考え方で、その支持点を重心の下に持っていくように制御するという考え方である。

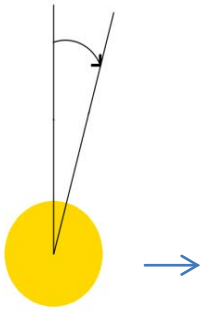

図５　倒立振子模式図

ところが、この考え方で厳密に計算を行うのは困難であり、断念した。そこで、別の方法を用いて次のような研究を行うことにした。

３．２　研究２

倒立振子を用いずに、３軸加速度センサを用いた姿勢制御方法を考えた。研究１で製作した機体を軽量化したものに、赤外線距離センサの代わりに、３軸加速度センサを搭載したものを使う。このセンサを用いることで、どちらの方向に機体がどれだけ傾いているかを測定することができる。初期の状態をバランスが取れている状態とした時に、そこからどれだけ傾いたかを計測

して制御を行う。また、できる限り精密に測定するために三端子レギュレータを用いてなるべく電圧を安定させるようにした。

まず、私は３軸加速度センサの動作実験を行った。この実験は、加速度センサの６，７，８ピンがそれぞれx軸, y 軸, z 軸方向への加速度データを出力しているため、そこからArduinoの入力ピンがデータを受け取り、10進数に変換して数値化するものである（図５）。

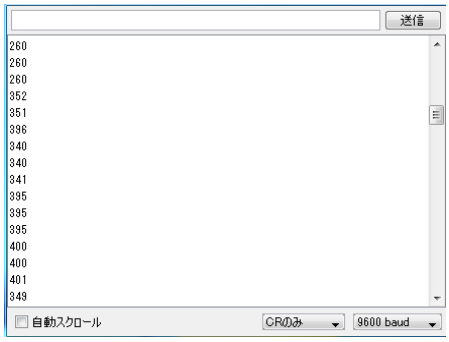

図６　３軸加速度センサから取得した値

しかし、このままでは直感的に数字の変化を捉えにくい。そこで、私は、Processingを用いてアナログデータをグラフ化するプログラムを見つけ、Arduino マイコンと連動させることにした。先に実験したときと同じようにマイコンからセンサ入力値を取得し、そのデータを一度別の変数に格納する。その後、Processing を用いて制作されたソフトウェアで、シリアル通信用のライブラリをインポートし、そのデータをグラフに変換する。しかし、送られてきたデータが全て 0 になっていたため今回その実験は失敗だった。原因として、取得したデータを上手くインポートできなかったことが考えられる。

実際に機体にこのセンサを用いるときには、センサから取得した数値が変わるのに応じて、モータの回転方向を変え、バランスを保つことができると考えている。

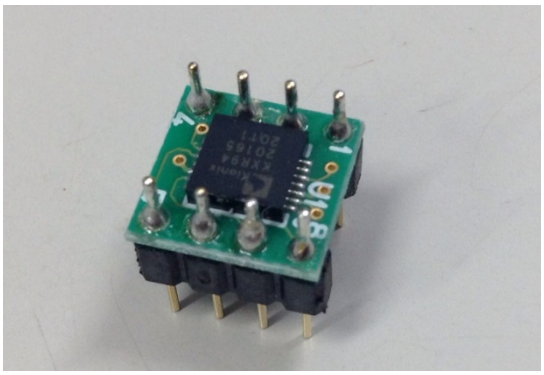

図７　３軸加速度センサ（kxr94-2050）

４．今後の課題

今回行った研究１は、非常に複雑なものになるため一度断念することにした。しかし、今後、機会があれば再度取り組んでみたいと思う。

研究２では、まだ実際に動作させていないが、モータの回転が空回りしないための本体の軽量化と、センサの値とモータとの連動を行うことで姿勢制御が行えるのではないかと考えている。

今回行った実験により、センサの値を視認することができた。センサから取得した値をグラフで描画する実験は、シリアル通信からデータの送信ができず、グラフ化を実行することができなかった。今後はシリアル通信から得たデータをインポートし、グラフ化を行えるようにしていきたいと思う。

５．参考文献

[1]倒立振子を作ってみよう
http://www.kumikomi.net/archives/2009/04/01beauto.php?page=1

[2]倒立振子の製作
http://maverickengineer.web.fc2.com/
[3]加速度センサで遊ぼう
http://jkoba.net/prototyping/arduino/accel_practice.html

６.謝辞

サイエンス研究会物理班の活動において、顧問の米田先生をはじめ多くの先生、先輩方に多大なご指導をいただきました。この場で深く感謝申し上げます。