

知能ロボコン用機体の開発・回路設計

機体名 : One-Cannon チーム名 : tape robotics
メンバー : ハード担当, エレキ担当, ソフト担当 (各1名)

コンセプト 「ボールを回収しバネの力で射出する戦車型ロボット」

目標 「吸引機構と射出機構のシステム構築」

機体概要

W : 170mm コンピュータ : RaspberryPi3 B
D : 330mm 走行部 : クローラ
H : 160mm ボール取得部 : 吸引機構

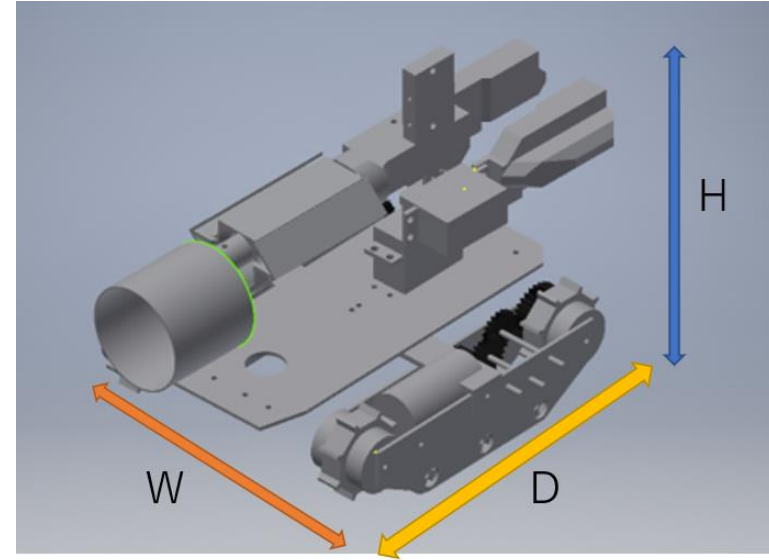


Fig.1 機体の全体図

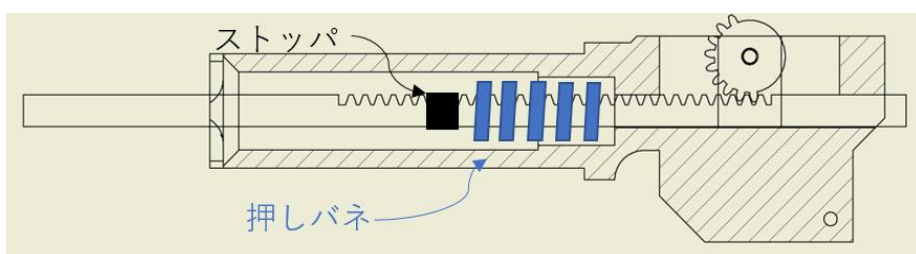


Fig.2 射出機構の断面図

- ボールの吸引回収と、ボールの射出を同じアームで行う
- ラック&ピニオン機構でバネを押し縮め、射出(一般的なエアガンと同じ機構)
- バネ射出の反動と回収時の不安定さを考慮したクローラ走行

走行戦略

- 時間短縮のため、ボールを回収し、その場でゴールへ射出
- 外部カメラを用いて、ボールの位置検出はOpenCVを使った画像認識で行い、また自己位置推定にはAprilTagsを使用
- ボール保持の確認は、光センサもしくは距離センサを検討
- ゴールの認識は、機体に設置するRaspberryPiカメラを用いてゴールの画像認識を検討

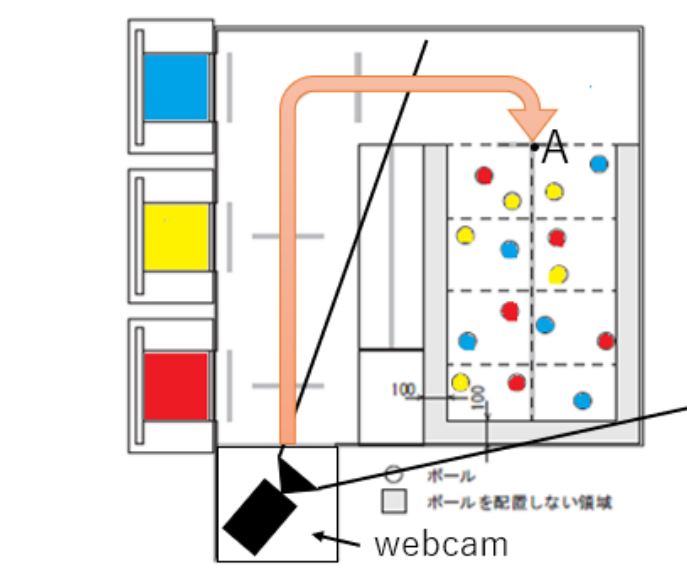
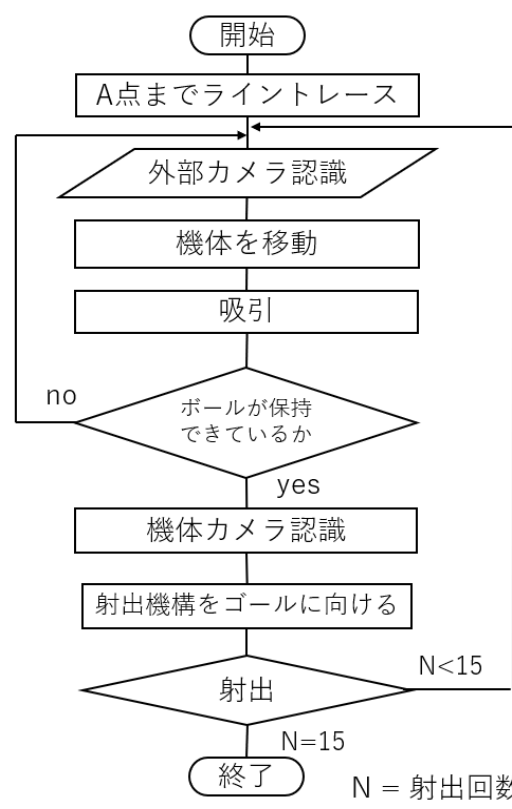


Fig.3_1 走行戦略図

Fig.3_2 AprilTags

専用のタグを用いて対象の位置を検出

システム概要

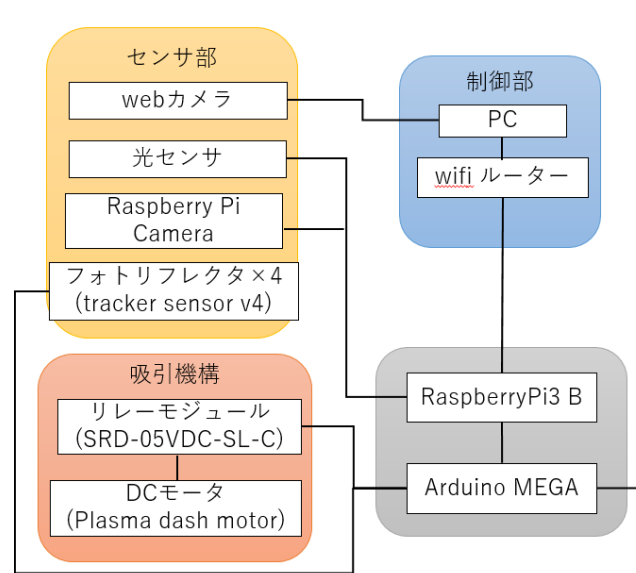


Fig.4 システム図

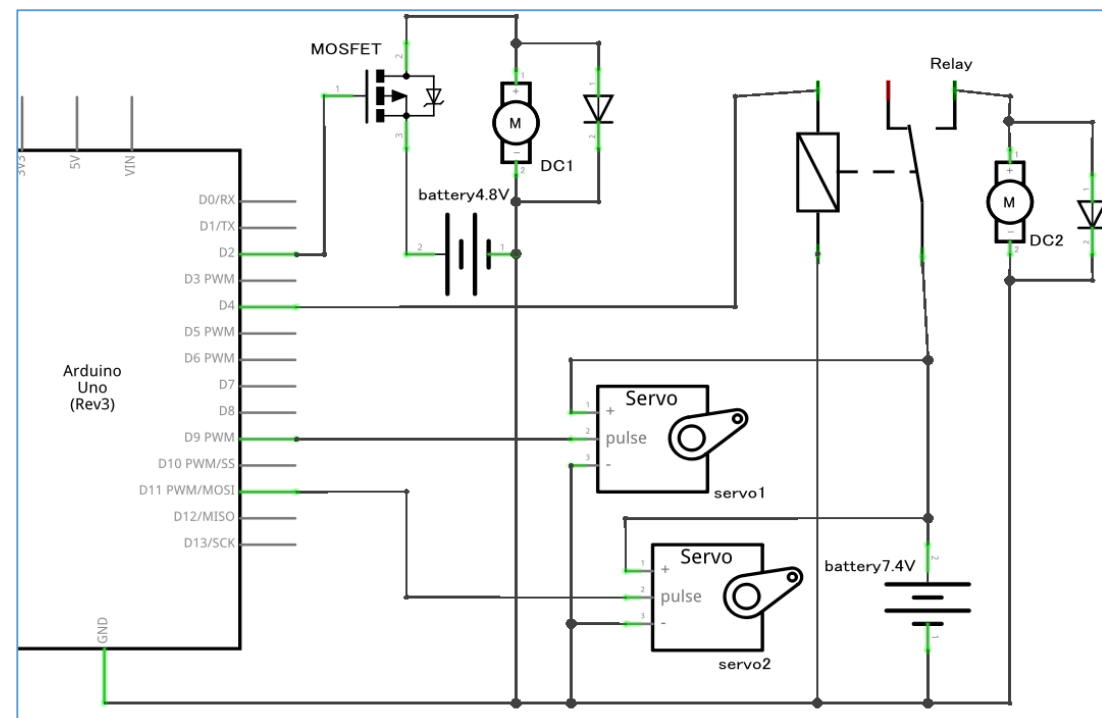


Fig.5 吸引_射出機構の回路図

[システムの工夫点]

- 射出機構と吸引機構が同じアームに搭載されているので、ボールをサーボモータで持ち上げている間は吸引をONにして、45°に達したらOFFにする制御で、ボールを保持したまま射出の動作につなげられた。

射出機構

射出機構の概要

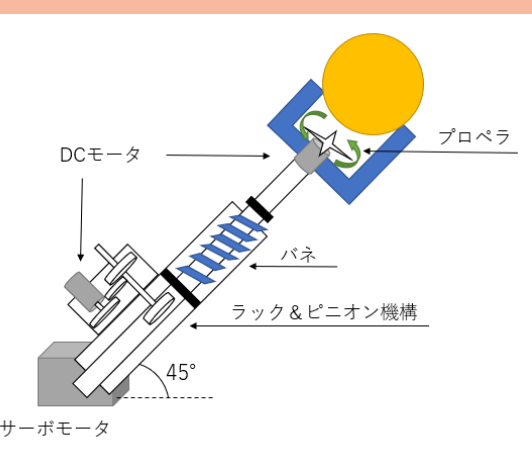


Fig.6 吸引_射出アームの構造図

[バネを圧縮するDCモータ]
Tamiya ギヤボックス
ギヤ比 344.2 : 1
回転数 38 rpm
回転トルク 2276 gfcm

モータの選定

[サーボモータのトルク概算]

$$T = (m_1 \times g \times L_1) + (m_2 \times g \times L_2) \\ = F_1 \times L_1 + F_2 \times L_2$$

$$T = 0.16(kg) \times 9.8(m/s^2) \times 0.075\cos 45^\circ(m) \\ + 0.028(kg) \times 9.8(m/s^2) \times 0.265\cos 45^\circ(m) \\ = 0.13(Nm) \\ = 1.33(kgfcmm)$$

サーボモータはFutaba S3003を選定し、アームの上下と射出時の角度維持も可能



Fig.8 Futaba S3003
3.2(kgfcmm) : 4.8V
4.2(kgfcmm) : 6.0V

アームの重量	m1	0.16kg
ボールの重量	m2	0.028kg
重力加速度	g	9.8m/s ²
F1の腕の長さ	L1	0.075m
F2の腕の長さ	L2	0.265m

Table.1 パラメータ

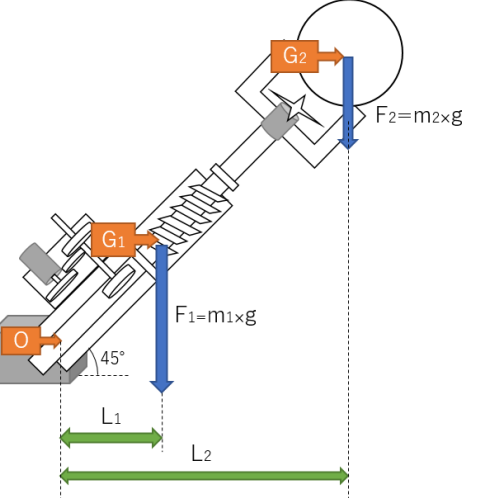


Fig.9 アームの力のモーメント図

吸引機構

吸引力実験

[実験目的]

- モータに流す電流による吸引範囲を調べる

[実験方法]

- 吸引アームを下方に仰角25度で固定
- 安定化電源で電流値を最大値(5.2A)から、吸引できなくなるまでの電流値まで下げる
- また、ボールを置く位置の方位角を変化させる

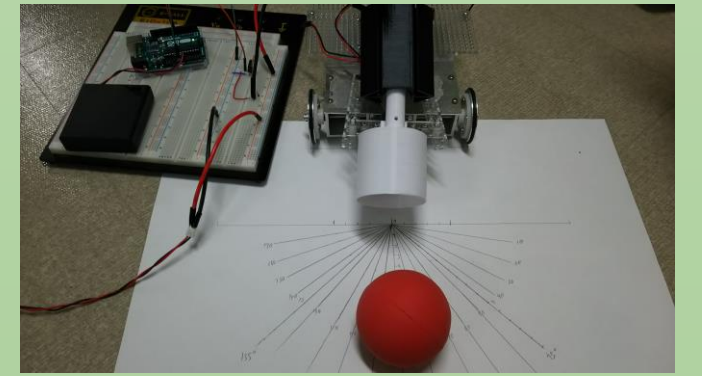


Fig.10 実験の様子

[吸引に使用するモータ]
プラズマダッシュモータ
適正電圧 : 2.4-3.0(V)
回転数 : 25000-28000(rpm)
消費電流 : 4.1-5.2(A)



Fig.11 Plasma dash motor

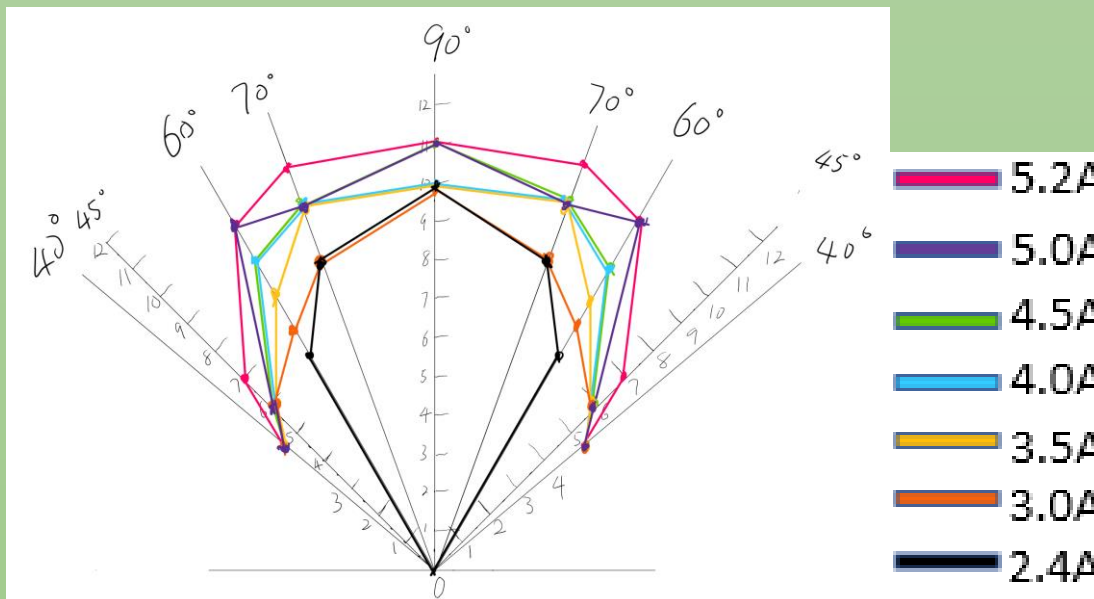


Fig.12 吸引範囲の図

	90°	70°	60°	45°	40°
5.2A	11cm	11cm	10cm	7cm	5cm
5.0A	11cm	10cm	10cm	6cm	5cm
4.5A	11cm	10cm	9cm	6cm	5cm
4.0A	10cm	10cm	9cm	6cm	5cm
3.5A	10cm	10cm	8cm	6cm	5cm
3.0A	10cm	8cm	7cm	6cm	5cm
2.5A	10cm	8cm	6cm	×	×
2.4A	10cm	8cm	6cm	×	×
2.3A	×	×	×	×	×

Table.2 電流_吸引範囲表

[実験結果]

電流を小さくするにつれて、ボールを吸引寄せられる範囲は小さくなったが、電流値を半分にしても吸引距離の変化幅は1cmから4cmと想定よりも小さかった。2.4A以下になると、ボールを引き寄せることはできたが、ボールの保持はできなかった。

スイッチング回路実験

[実験目的]

- 吸引のスイッチ制御には、MOSFETとリレーモジュールのどちらを使用するかを検討

[実験方法]

- 電源には、エネループ(ニッケル水素電池)4本を使用
- Arduinoとモータの間に、スイッチング回路としてMOSFETとリレーモジュールをそれぞれ用いて、出力電流を測定

	Eneloop × 4(4.8V)
FET	3.73A
Relay	3.14A

Table.3
回路と電流値



Fig.13 Relay Module
⇐(SRD-05VDC-SL-C)

Fig.14 MOSFET
(2SK3510)⇒

[実験結果]

リレーモジュールより、MOSFETを使用した方が出力電流が大きくなり、測定結果は3.73Aだった。3.73Aの電流値であれば、垂直方向で10cm、45度方向で6cmの距離にあるボールを吸引回収できる。

降圧実験

[実験目的]

- 電源を射出機構と吸引機構で分けるべきかを検討する
- DC-DCコンバータによる降圧で、電流値はどう変化するかを検証

[実験方法]

- 安定化電源を使用し、3Vから10Vに電圧を変化させ、電流の入出力値の増減を調べる
- 射出機構で使用する7.4Vバッテリーを3V、4.8Vに降圧して吸引するときの電流値を測定

3Vに降圧した時の電流値の変化

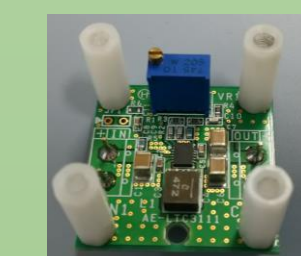
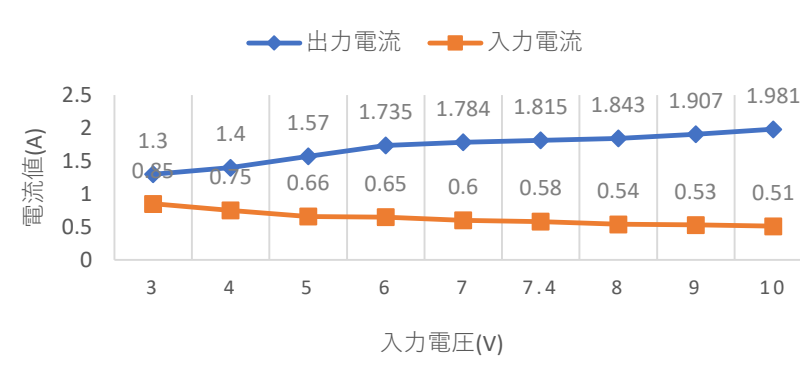


Fig.15 DC-DCコンバータ
(昇降圧型) LTC3111

	7.4→3.0(V)	7.4→4.8(V)
-----	1.82A	1.57A
FET	2.78A	3.06A
Relay	2.75A	2.95A

Table.4 降圧とスイッチング回路

[実験結果]

入力電圧を大きくするにつれて、出力電流は増加し入力電流は低下しているのが、電流の増幅値が大きくなっている。しかし、Table.3とTable.4を比較して分かるように、同じ電圧4.8Vでも、DC-DCコンバータなしで別電源の電池につないだほうが出力電流は大きい。

[考察]

- 吸引機構では、スイッチ制御にFETを使用し、電源にはニッケル水素電池(4本)を使用すると、垂直方向で10cm、45度方向で6cmの距離を吸引できる。
- 7.4Vバッテリーから適正電圧に降圧して、FETを使ったときも垂直方向で10cm、60度方向で6cmと範囲は狭まるが、十分吸引できる。

まとめ

- 吸引機構と射出機構を搭載するアームを持ち上げるサーボモータを選定した
→Futaba S3003でアームを上下でき、射出時の仰角45度での維持も可能
- 吸引機構ではスイッチ制御にFETを用いて、別電源としてニッケル水素電池(4本)を使用すると出力電流が3.73Aとなった。
→垂直方向で10cm、45度方向で6cmの距離を吸引可能

今後の課題

- ボール保持の確認や、ゴールの位置確認用のセンサの選定と回路製作
- カメラで自己位置推定し、走行、回収、射出の一連の動作を自律制御できるかの実験
- raspberrypiとArduinoの通信をROSで接続

後期スケジュール

- | | |
|-----|--------------|
| 8月 | 試作機に走行部の回路実装 |
| 9月 | 全体の基盤製作 |
| 10月 | 本番用機体に回路を実装 |
| 11月 | 調整 |
| 12月 | 大会本番 |