



TAHUチーム

# 台車の倒立

1

L2班	1526084	中島 崇晴	(電子回路・リーダー)
	1526021	岩崎 晃久	(メカニズム)
	1526022	植木 文弘	(ソフトウェア)
	1526090	林 泰広	(モデリング)

# 目次

1. 目的
2. 問題点1「**mbed**が使えない」
3. 問題点2「モータが動かない」
4. 問題点3「エンコードの読み込み」
5. ロボットの構成-構造
6. ロボットの構成-基本データ
7. モデリング
8. 結果
9. まとめ

## 1. 目的

- 台車が大きく移動しないように倒立させる。
- 台車の重心位置を変化させたときの台車の反応を調べる。

## 2. 問題点 1 「mbedが使用できない。」

- ・当初、コントローラで機体を操作する予定だったので、ピン数がたりなかった。
- ・IMUが使えない。



Arduino megaを使用

### 3. 問題点2 「モータが動かない」

Arduinoは、モータドライバが無い



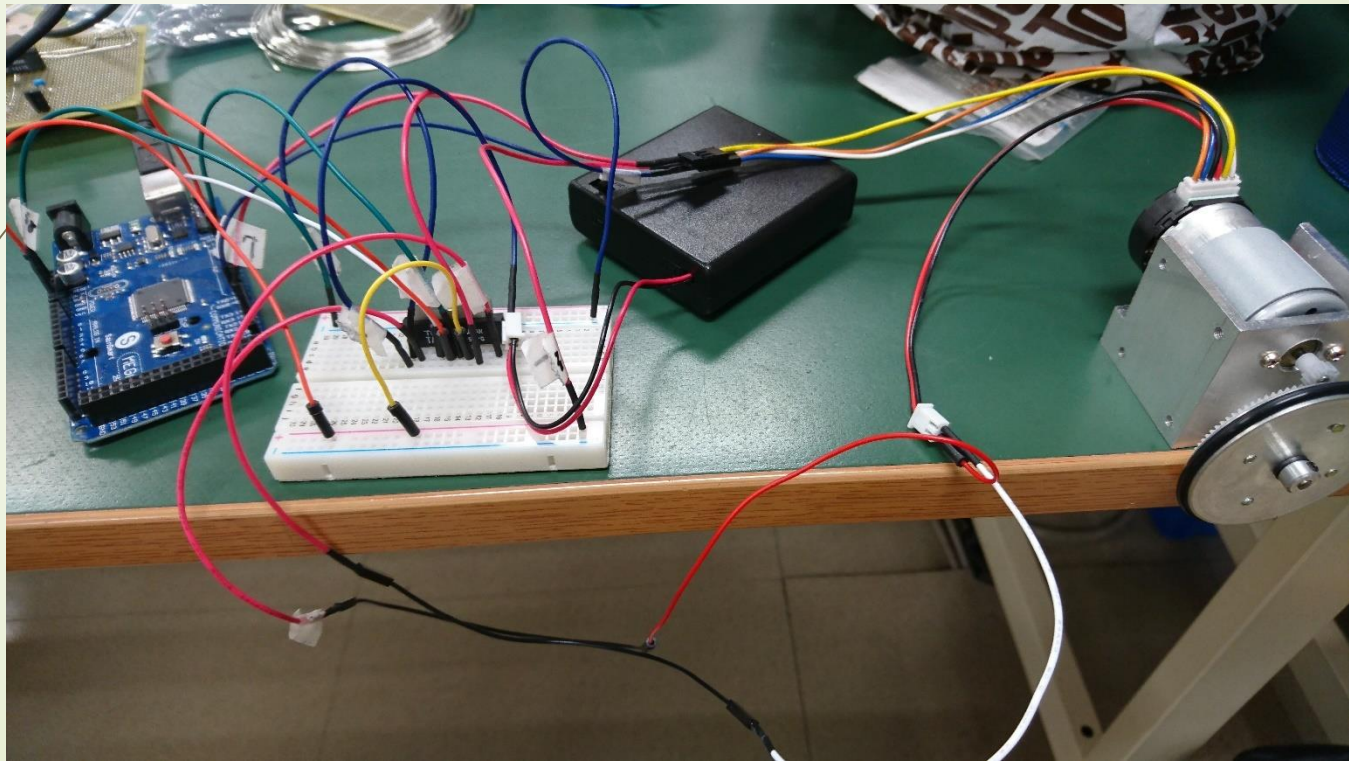
モータドライバを載せる  
他にも、IMUの接続部を設ける必要性



自作基板の制作へ

### 3. 問題点2 「モータが動かない」

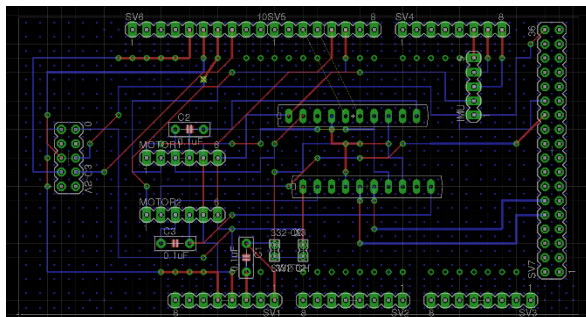
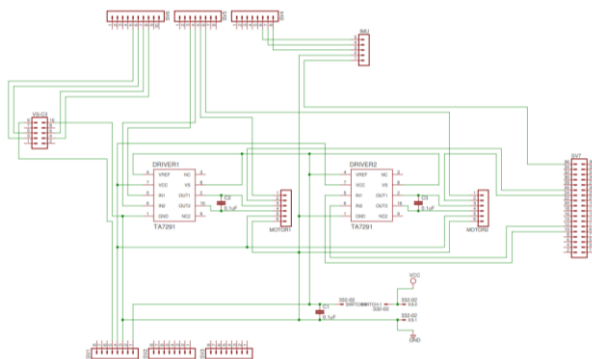
- ▶ ブレッドボードで回路の試作





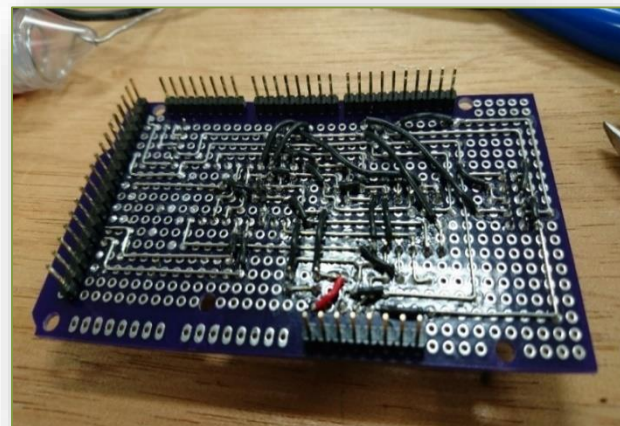
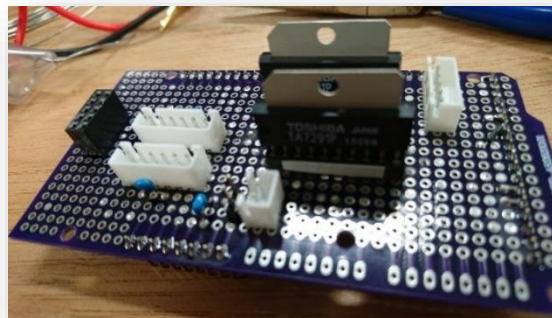
### 3. 問題点2 「モーターが動かない」

Eagleを使用



設計

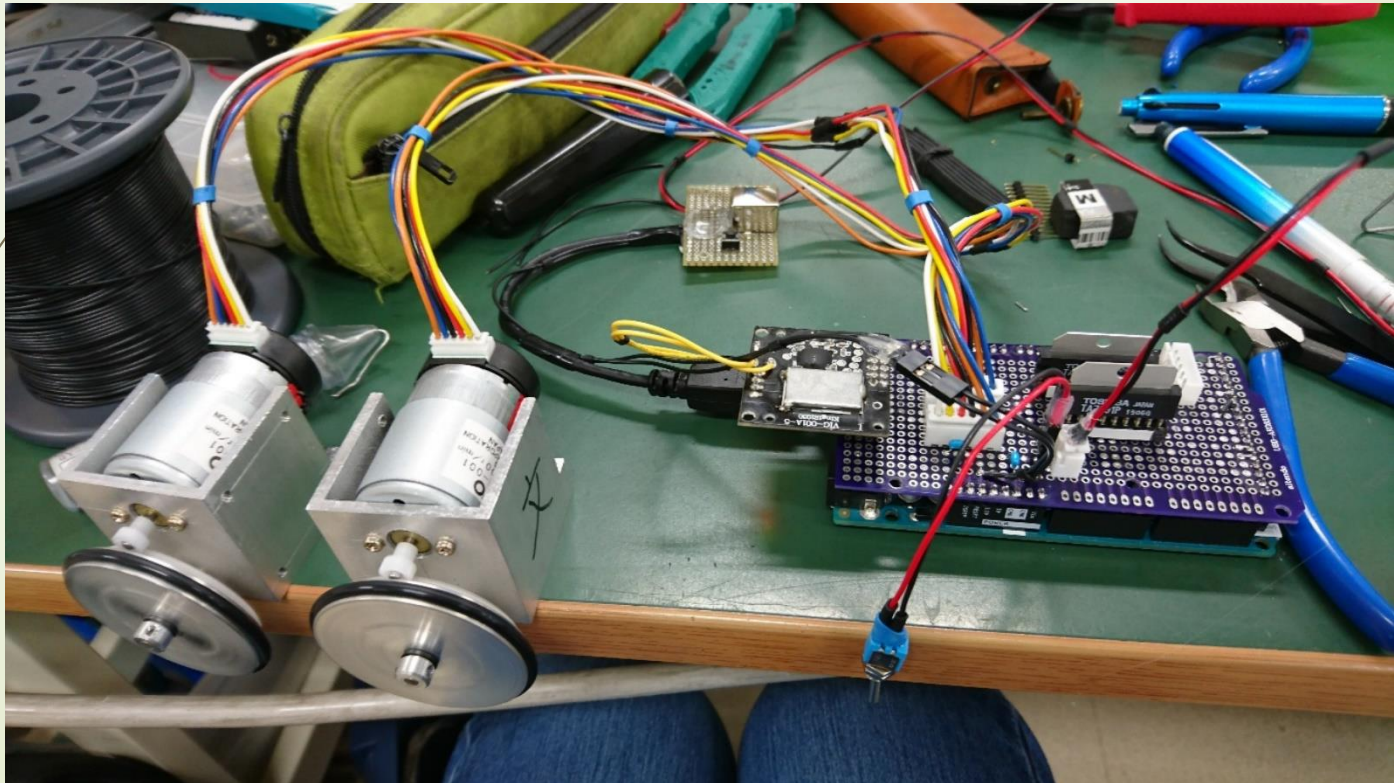
実装



制作

### 3. 問題点2 「モータが動かない」

- 実際に制作した回路で動作テスト





## 4. 問題点3 「エンコーダの読み込み」

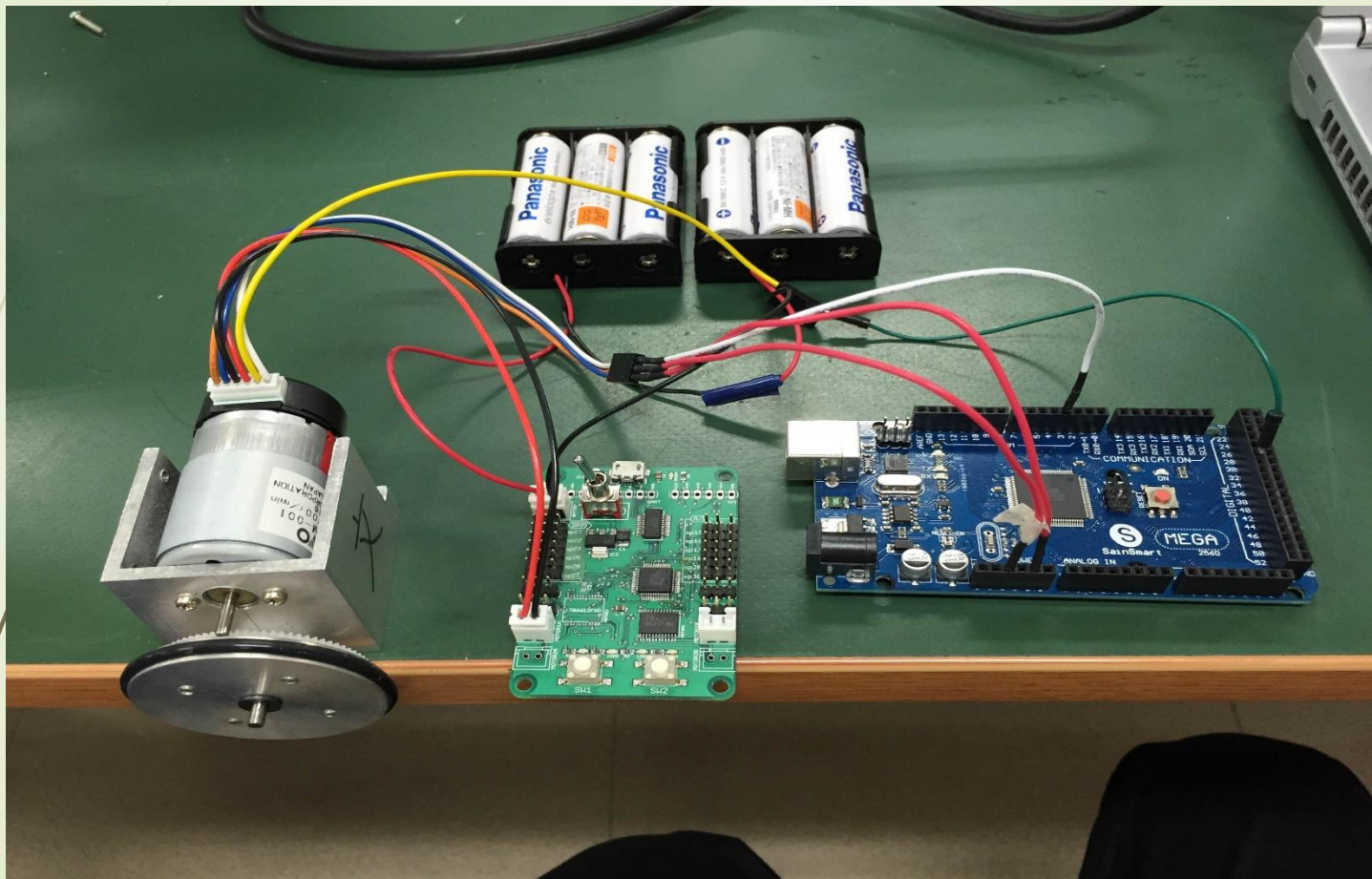
mbedではQEI.hを使用していた

しかし

Arduinoはライブラリが無い

QEI.hは48カウントしていたので48カウントで  
きるライブラリの制作した。

## エンコーダ動作実験風景



## 4. 問題点3 「エンコーダの読み込み」 結果

48カウント時は他のプログラムと干渉してしまい正しいカウントができなかった。

### 解決策

割り込みを使用して他のプログラムとの干渉をなくす。ただし、パルスのカウントは12となってしまう。

## 4. 問題点3 「エンコードの読み込み」 結果

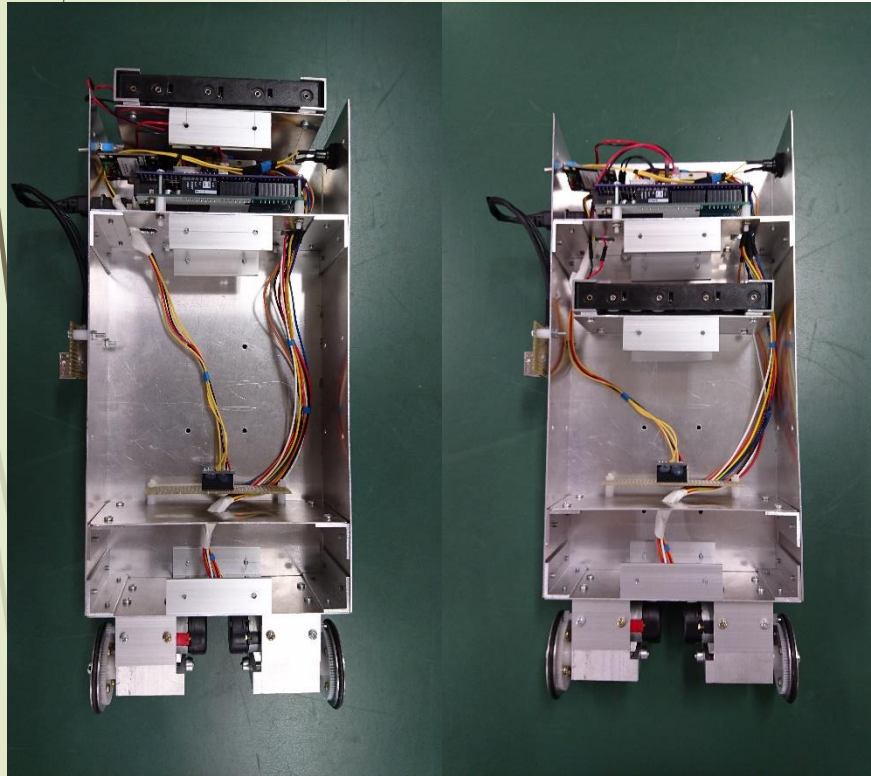
### 成功

割り込みを使用することで他のプログラムとの干渉がなくなり正しい値が出るようになった。

### 欠点

12カウントになったことで回転数の検出が粗くなってしまった。

## 5. ロボットの構成-構造



- ・ 最大の特徴「重心位置の変更できる」

→電池ボックス・マイコンの高さ4段階に分けて変更できる（本棚のように）

←具体例

電池ボックスの位置をずらして  
重心位置を変更

図：機体内部の写真

その他  
「配線をなるべく機体内部に」  
「ネジの種類の統一」



## 6. ロボットの構成-基本データ

### ・基本データ

項目	数値
サイズ	L89×W153×H382[mm]
総重量	1.43[kg]
電源電圧	9.6[v]

### ・使用既製品パーツ

仕様	パーツ名(又は型番)	参考
マイコン	Arduino Mega	
モータ	DMN29BM-001	エンコーダ付きモータ 定格12[v]
モータドライバ	TOSHIBA TA7291P	
スイッチ	トグルスイッチ	主電源用
	プッシュスイッチ	コントローラーリセット用
	タクトスイッチ	Arduinoリセット用
IMU	GY-521	MPU-6050

## 7. モデリング

- ・ 状態フィードバックを用いた制御
- ・ 状態方程式は同じものを使用
- ・ 目標値に追従させるため新たなゲインGを追加

$$\frac{dx}{dt} = Ax(t) + Bu(t)$$

$$y(t) = Cx(t)$$

$$u(t) = -Fx(t) + G r$$

$$\frac{dx}{dt}(t) = (A - BF)x(t) + BG r$$

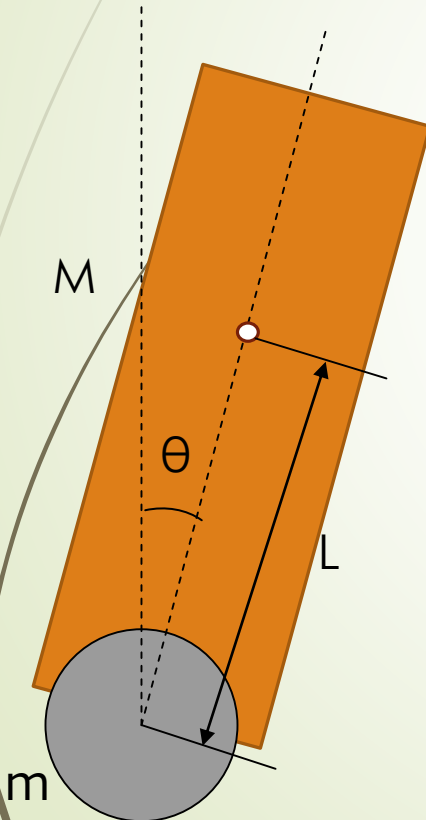
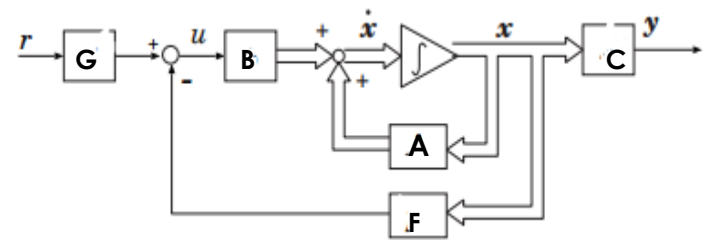
$$\frac{dx}{dt}(\infty) = 0$$

$$x(\infty) = -(A - BF)^{-1} BG r$$

$$y(\infty) = -C(A - BF)^{-1} BG r$$

$$y(\infty) = r$$

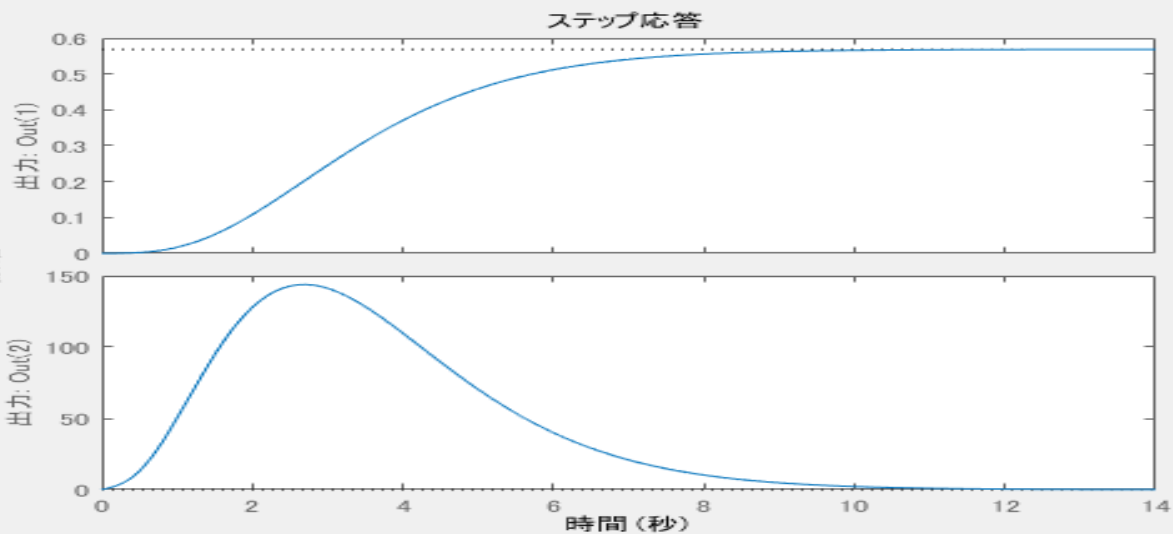
$$G = -1/C(A - BF)^{-1}B$$



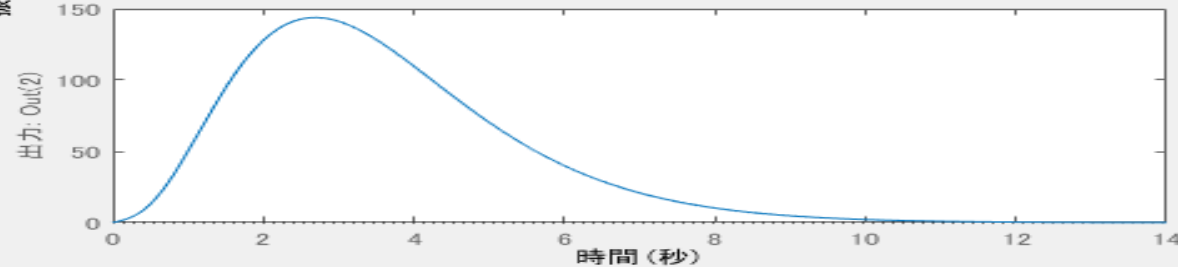
## 極指定

X

振幅

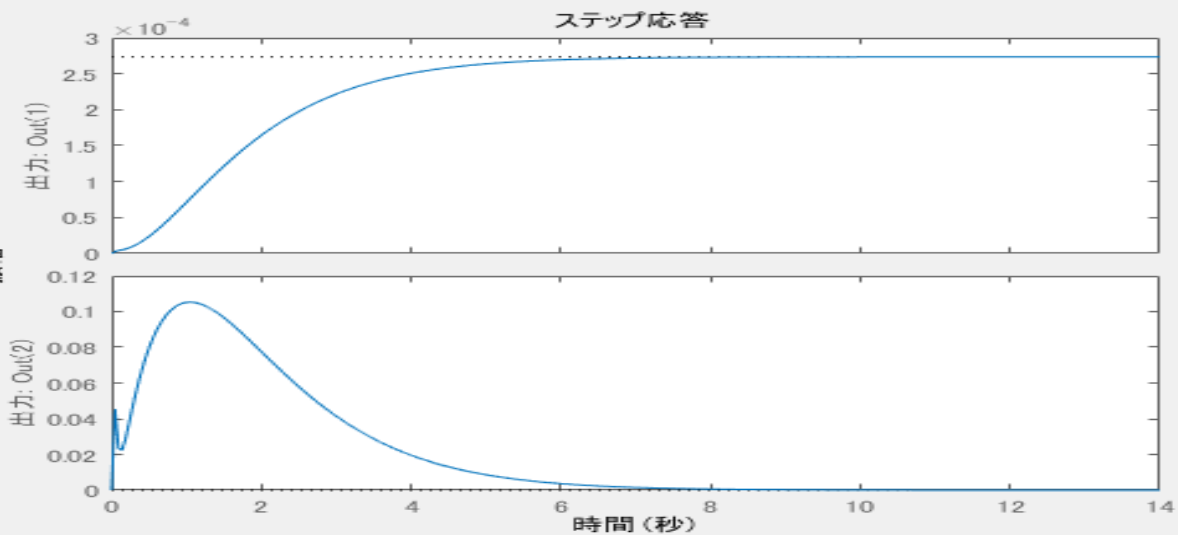
 $\theta$ 

振幅

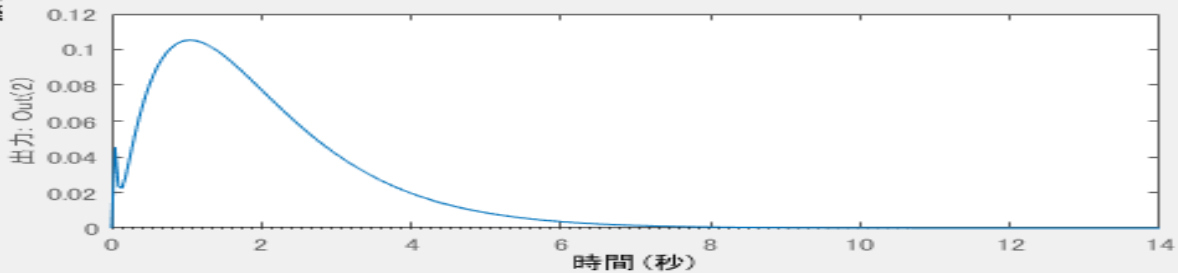


X

振幅

 $\theta$ 

振幅



## 8. 結果

- ・ 6 秒近く立たせる事が出来た。
- ・ 重心を低くして実験すると不安定になった。
- ・ IMUの数値に多少ずれが生じてしまい、倒立するのに影響が出てしまった。
- ・ 機体の重量が重すぎたので、モータのギアが空回りしてしまった。

動画

[台車の倒立](#)

[重心位置を下げる](#)

[再生リスト](#)

## 9. まとめ

台車が大きく移動しないように倒立させることはできなかったが  
重心位置を変えることによる倒立の仕方の違いは調べる事が出来た。

GitHub

[Inverted Pendulum-in-TAHU](#)



# ご清聴ありがとうございました

## ■ 参考文献

- ・ Massimo Banzi著 Arduinoをはじめよう 第2版 O'REILLY 2012年3月15日
- ・ 浜田 望著 現代制御理論入門 コロナ社 2000年
- ・ 2003年度-2009年度の九州工業高等専門学校電子制御工学科の講義資料  
(<http://lab.cntl.kyutech.ac.jp/~nishida/pdf/09no13.pdf>)