電子機械設計・製作Ⅰ
～エレキ概要解説～

大沼　巧

目次

- 標準機のエレキ全体構成
- 各部の仕様
  - 制御系ボード仕様
  - 通信・端子仕様
  - 駆動系仕様
  - センサ系仕様
- その他

標準機のエレキ全体構成

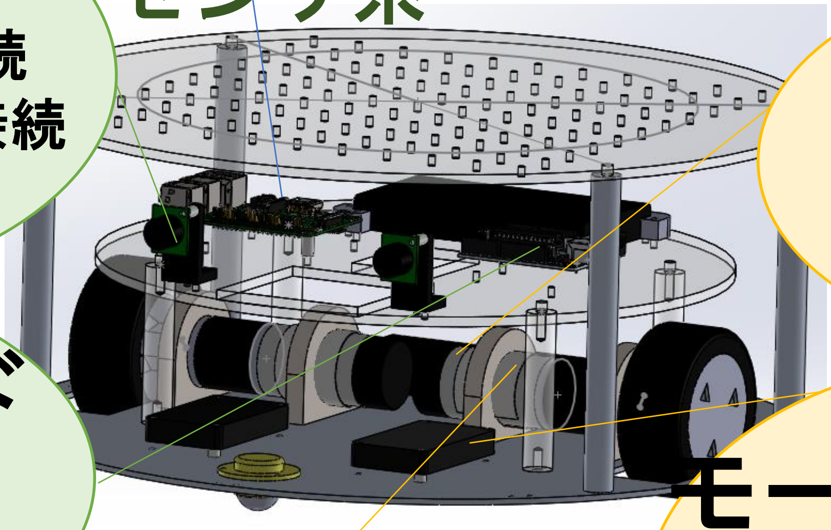
制御系

CPUボード
Raspberry Pi 4/Model B
1.5GHz quad-core CPU
Wi-Fi, BT, USB3.0内蔵

センサ系

センサ
USS:16cm～6m,I2C接続
Camera: HD,30fps,USB接続
タッチセンサ

IO拡張ボード
Arduino UNO
DIO:14pin
AIN:6pin



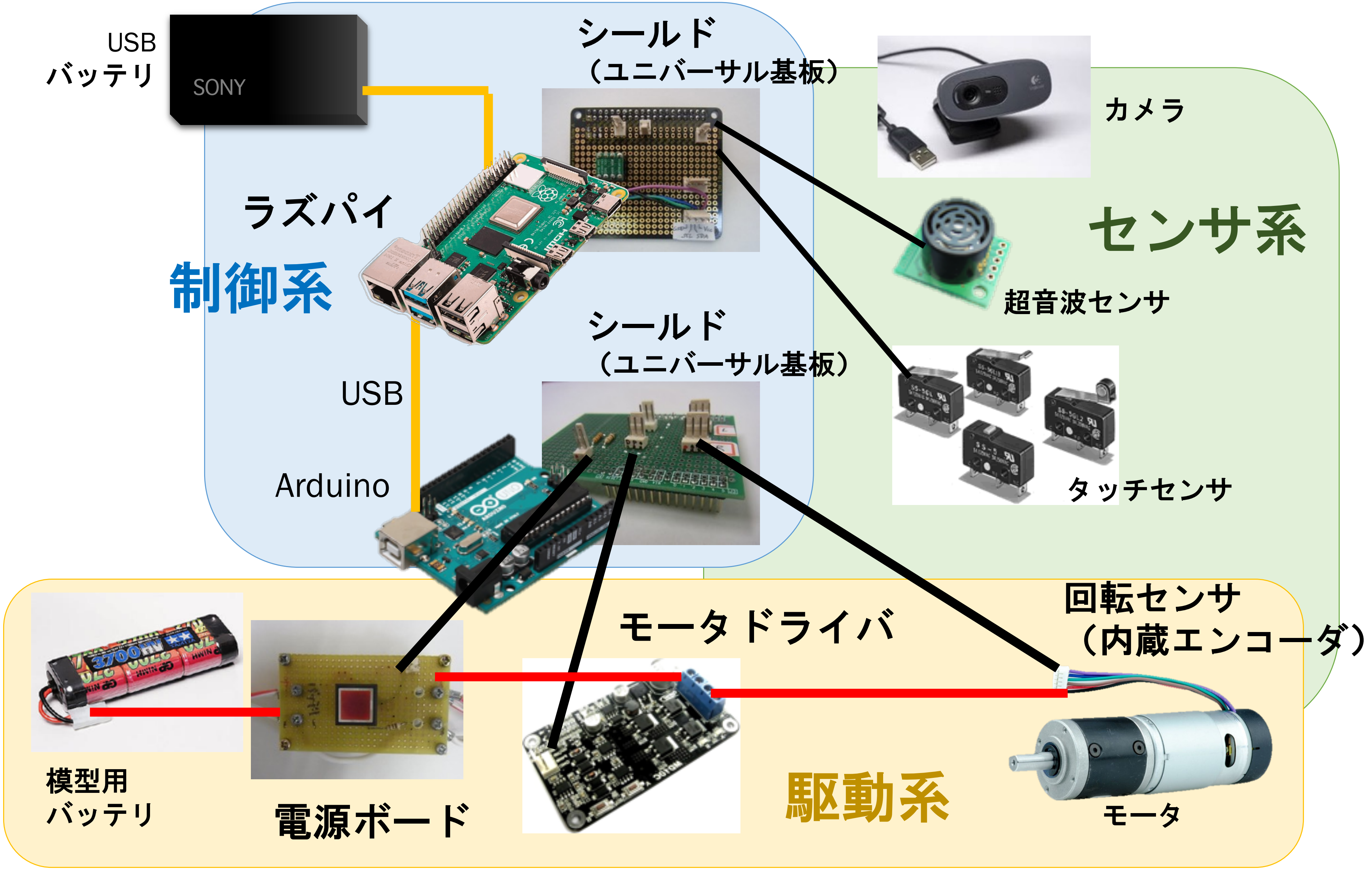
駆動系

モータ
エンコーダ内蔵
ギアードDCモータ

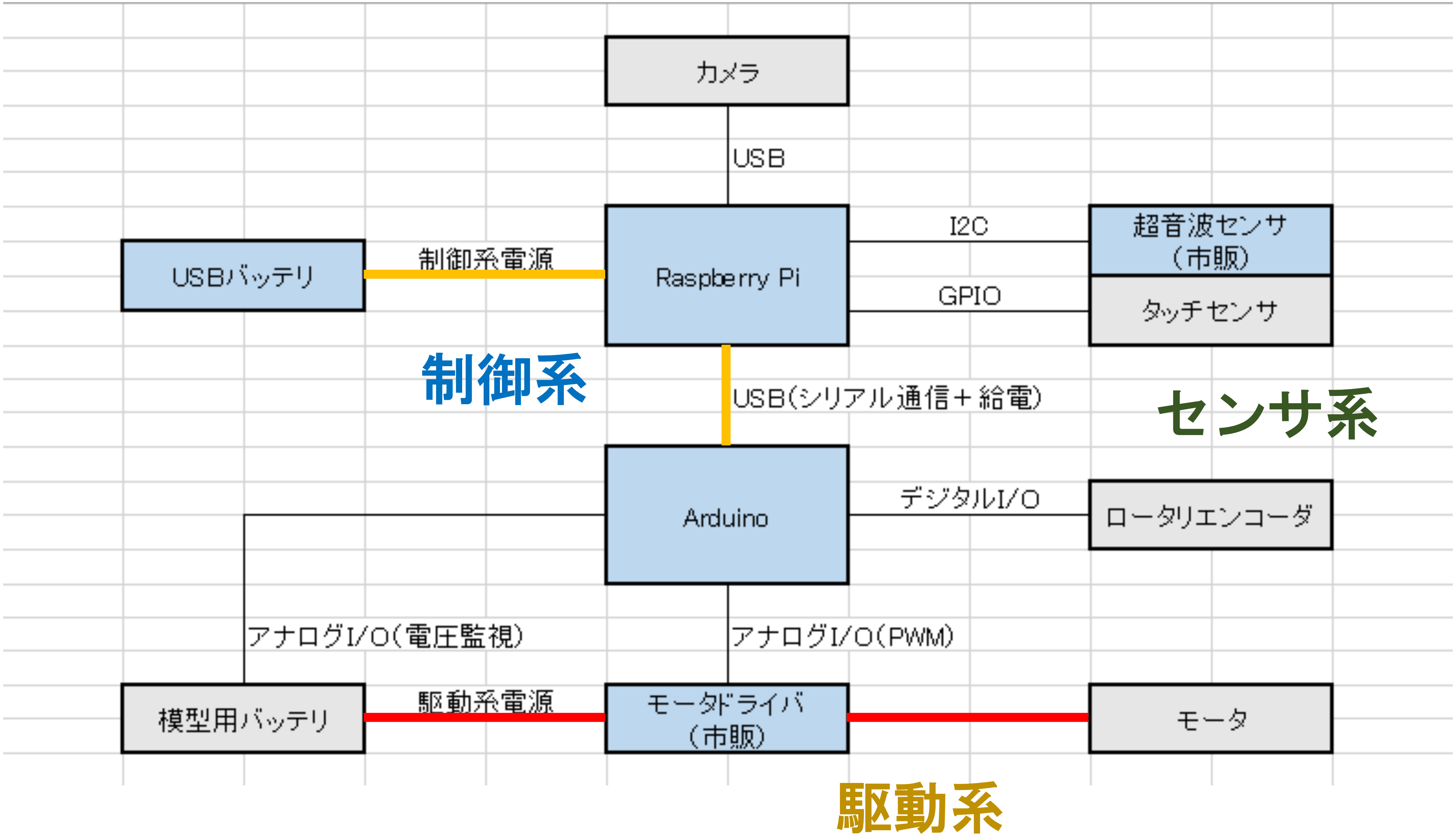
モータドライバ
最大20kHz, PWM出力
入力電圧5V-25V
最大30A/10s
連続定格13A

バッテリ
制御電源：最大5V/3.6A出力10Ah
主回路電源：NiMH 7.2V 3Ah

標準機のボード接続


USB
バッテリ
SONY
シールド
（ユニバーサル基板）
ラズパイ
制御系
シールド
（ユニバーサル基板）
USB
Arduino
カメラ
センサ系
超音波センサ
タッチセンサ
回転センサ
（内蔵エンコーダ）
モータドライバ
模型用
バッテリ
電源ボード
駆動系
モータ

標準機の配線図


カメラ
USB
I2C
超音波センサ
（市販）
制御系電源
USBバッテリ
Raspberry Pi
GPIO
タッチセンサ
制御系
USB(シリアル通信＋給電)
センサ系
デジタルI/O
Arduino
ロータリエンコーダ
アナログI/O(電圧監視)
アナログI/O(PWM)
駆動系電源
模型用バッテリ
モータドライバ
（市販）
モータ
駆動系

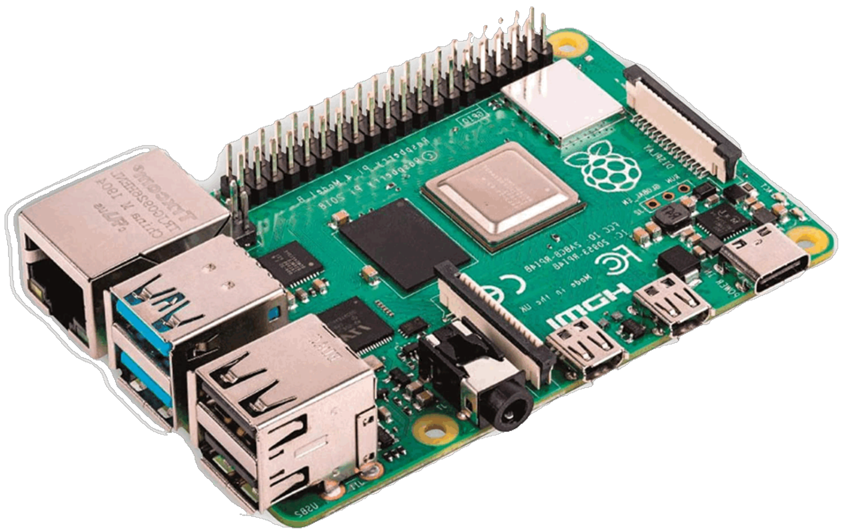
制御系ボード仕様

1. Raspberry Pi
2. Arduino
3. 電源ボード
4. モータ制御ボード
5. 超音波センサボード

1. Raspberry Pi（ラズパイ）

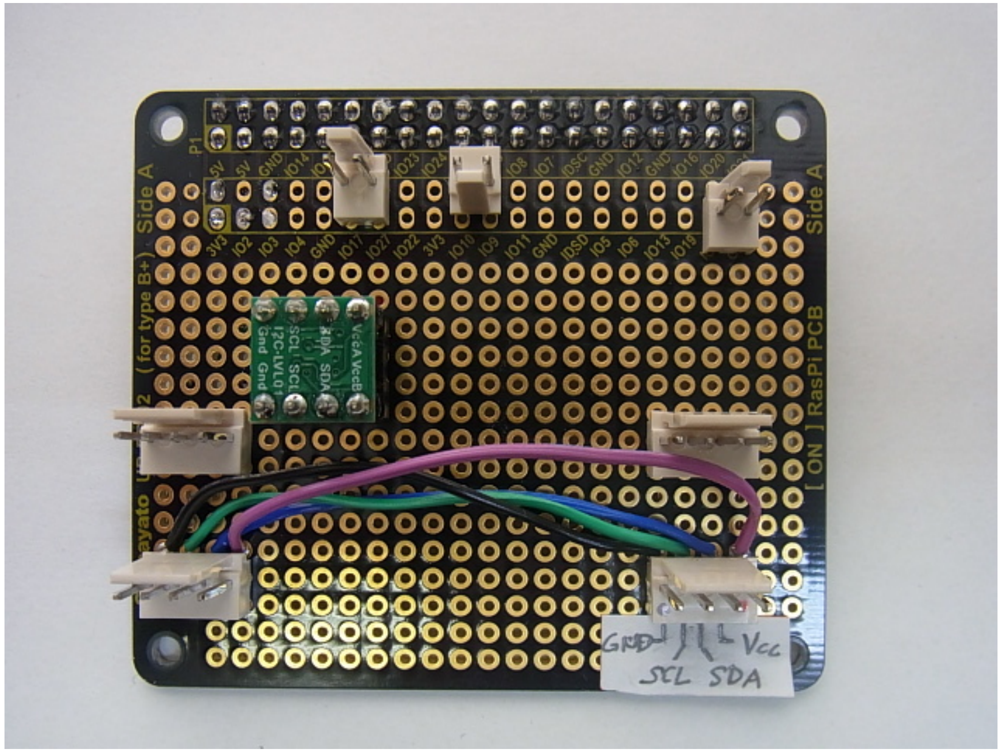
- ARMプロセッサを搭載した<u>シングルボードコンピュータ</u>
- <u>教育向けの廉価なコンピュータ</u>
- 少し高性能なマイコン
- Linuxを搭載し，GUIを使えて，USBやWi-Fi等の通信環境を標準装備し，日常的な用途にも使える

Raspberry Pi 4 Model B.
CPU: Quad core Cortex-A72 (1.5GHz) 4 core
GPU: Broadcom VideoCore VI
Mem: 4GB
USB: 3.0×2, 2.0×2ポート
LAN: 有線LAN, 無線Wi-Fi



Raspberry Pi シールド

- ラズパイ-センサの接続用基板
- 標準
  - 超音波センサ：I2C接続
  - タッチセンサ：2ピン
- 拡張
  - I2C接続のセンサが増やせる



2. Arduino（アルドゥイーノ）

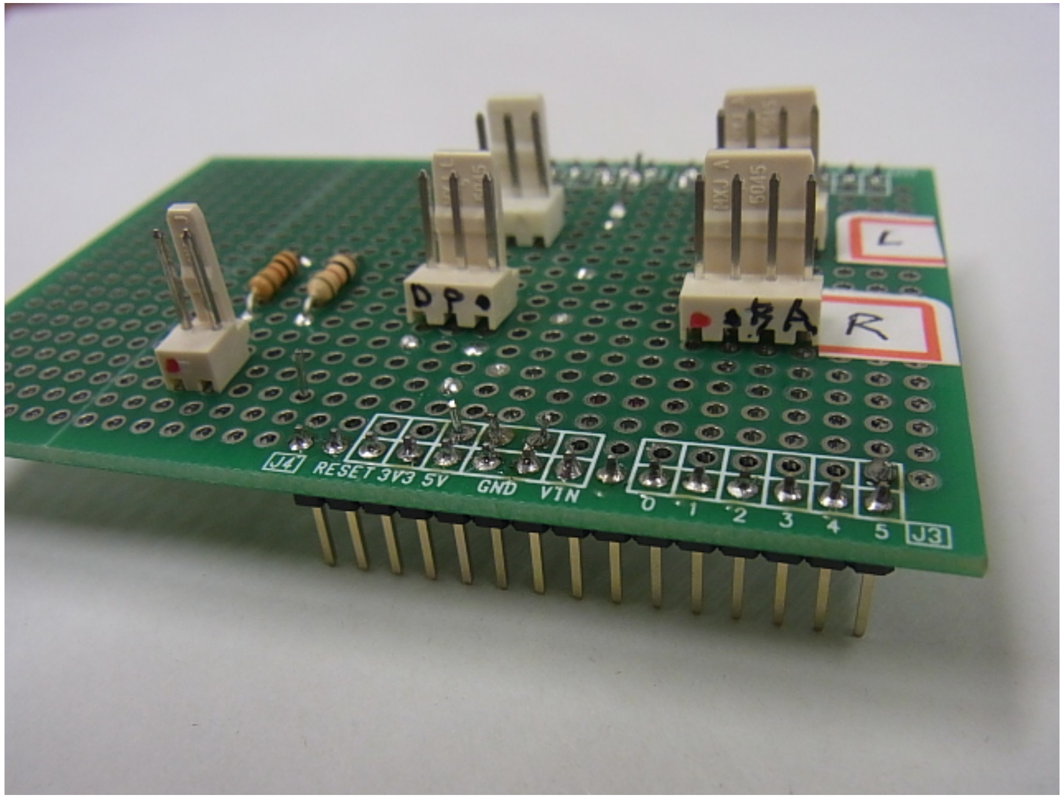
- 入出力ポートを備えた基板上にAVRマイコンを搭載したシステムと，CライクなArduino言語とその総合開発環境を提供する
- <u>教育向けのマイコン</u>
- 開発しやすいマイコン
- PICのようにプログラムを書き込んで動作させる

Arduino Uno
マイコン：Atmel ATmega328P
動作周波数：16MHz
動作電圧：5V
Digital IO：14
PWM　IO：6
Analog IO：6
USB: 1

出典：https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno

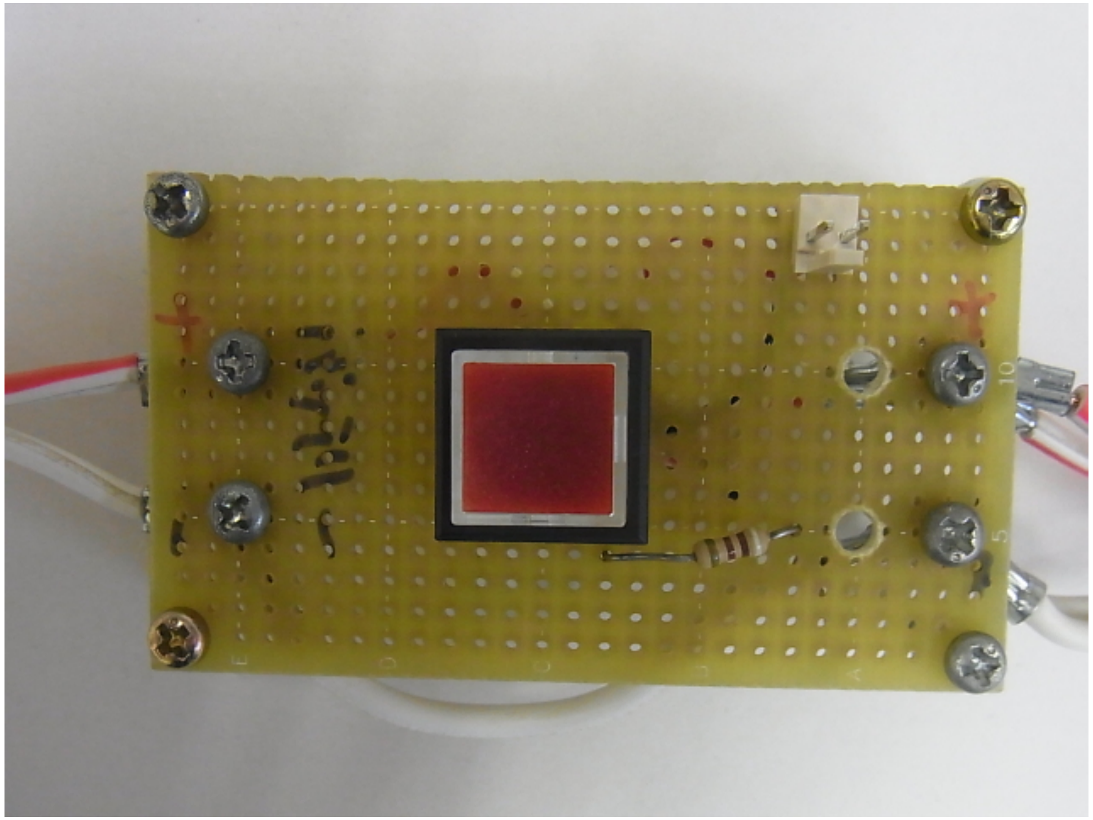
Arduino シールド

- Arduino – モータドライバ接続用の基板
- モータドライバへの制御命令ポート（4ピン）
- エンコーダ読み取りポート（3ピン）
- バッテリ電圧測定ポート（2ピン）



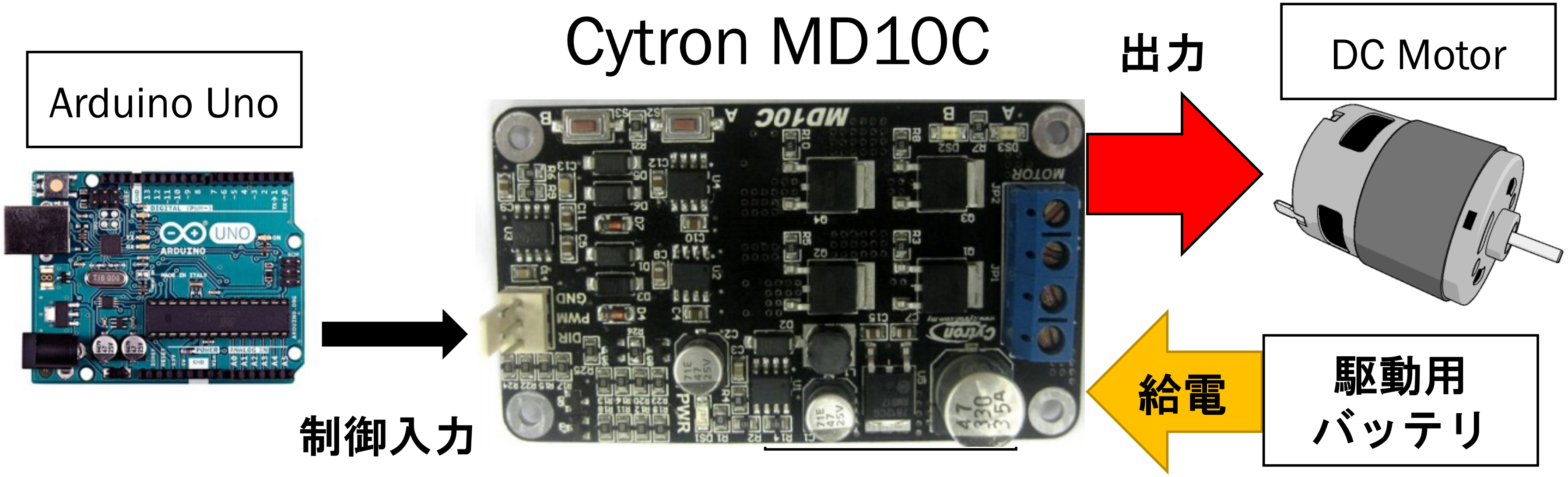
3. 電源ボード

- 駆動系の電源（7.2Vバッテリ）用スイッチ
  ※ 制御系は5VのUSBモバイルバッテリ
- ユニバーサル基板上に作成



4. モータ制御ボード

- PWM制御用のHブリッジ回路を備える
- Arduinoの制御信号からモータ駆動用の大電流に変換



No.	Pin Name	役割
1	GND	グランド
2	PWM	回転数制御用 PWM入力
3	DIR	回転方向

- 最大電流：13[A]（連続）
- ピーク電流：30[A]（10秒）
- 電圧範囲：5～25[V]
- 20[kHz]までのPWM出力に対応

5. 超音波センサボード

- 超音波による距離測定
- I2C通信を使用することで、SDA, SCL, Vcc, GNDの４ピンで複数のセンサとの通信が可能
- Raspberry PiのI2C通信は3.3Vで動作するが、SRF02は5V動作であるため3.3V-5VのI2Cレベル変換器が必要

SRF02
メーカ：Devantech
通信仕様：I2C, シリアル
測定距離：16cmから6mまで
電源：5V, 定格電流4mA
周波数：40kHz
接続可能数：１つのI2Cバス上に16個まで
単位：μs, cm, インチ

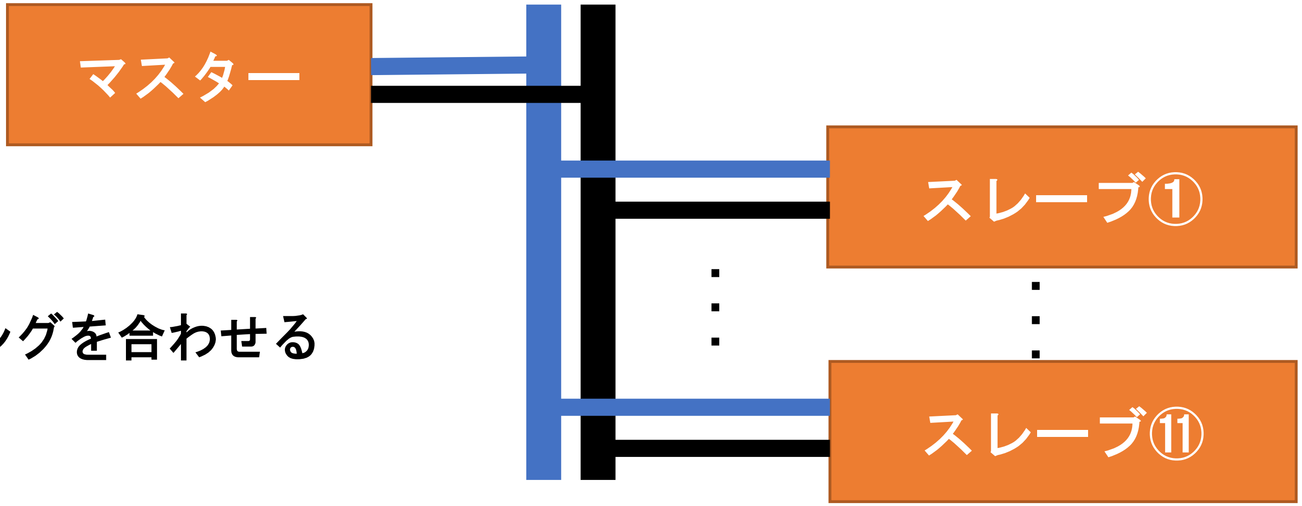
通信・端子仕様

1. I2C通信
2. GPIO端子

1. I2C通信

I2C (Inter Integrated Circuit)

- フィリップス社が提唱しているシリアル通信インターフェイス
- バス接続で１対多の通信ができる
- マスター1個に対して，複数のスレーブが接続できる
- マスターは番号を使って通信相手を識別する（選ぶ）
- スレーブは番号が割当てられ，それを常に保持している



I2C信号線

SCL：クロック
送受信のタイミングを合わせる

SDA：データ入出力

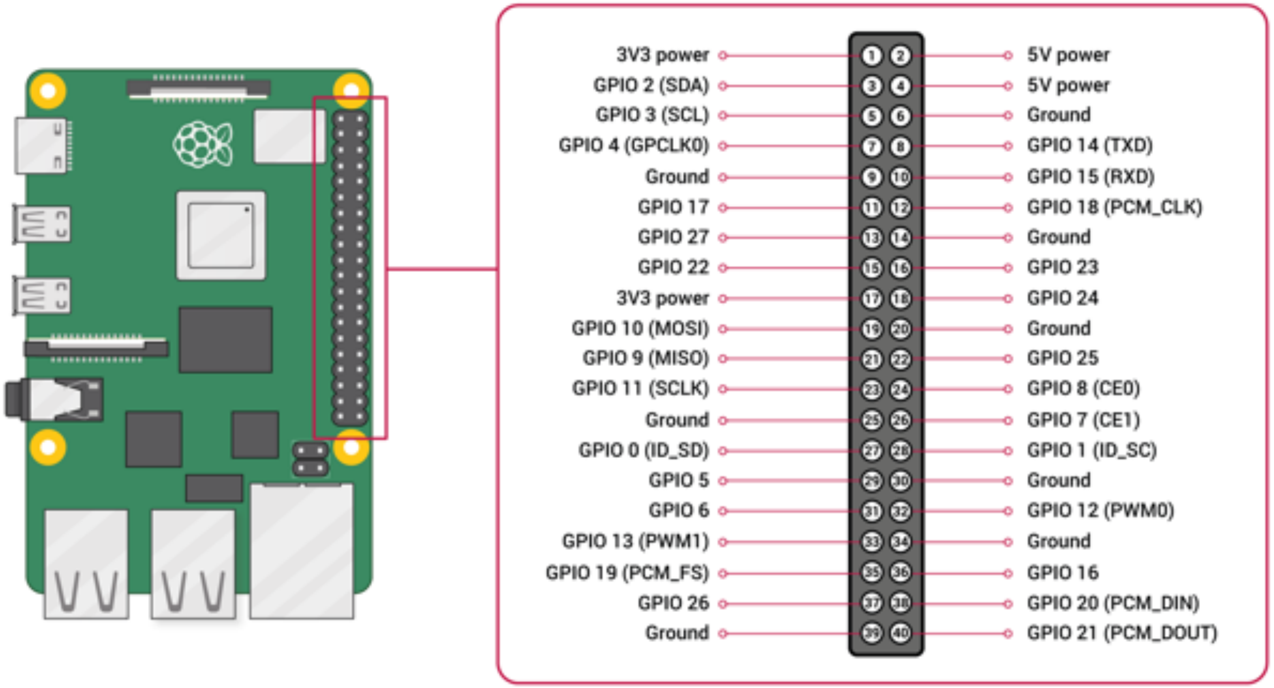
2. GPIO端子

GPIO (General Purpose Input/Output)

ソフトウエアで機能割当てが可能な汎用入出力端子の総称

- デジタルIO
- 通信規格(I2C等)が使えるIOピン

など



駆動系

1. **モータ仕様**
2. Hブリッジ回路によるPWM**制御**

1. モータ仕様

- DCモータ
- 遊星ギヤボックスと磁気式エンコーダを内蔵

KS5N-IG36P-XXX-E
メーカ：朱雀技研
定格電圧：12[V]
定格トルク：23.5mNm
定格負荷電流：2[A]
無負荷電流：400[mA]
定格出力：12.5[W]
最大電流：9[A]

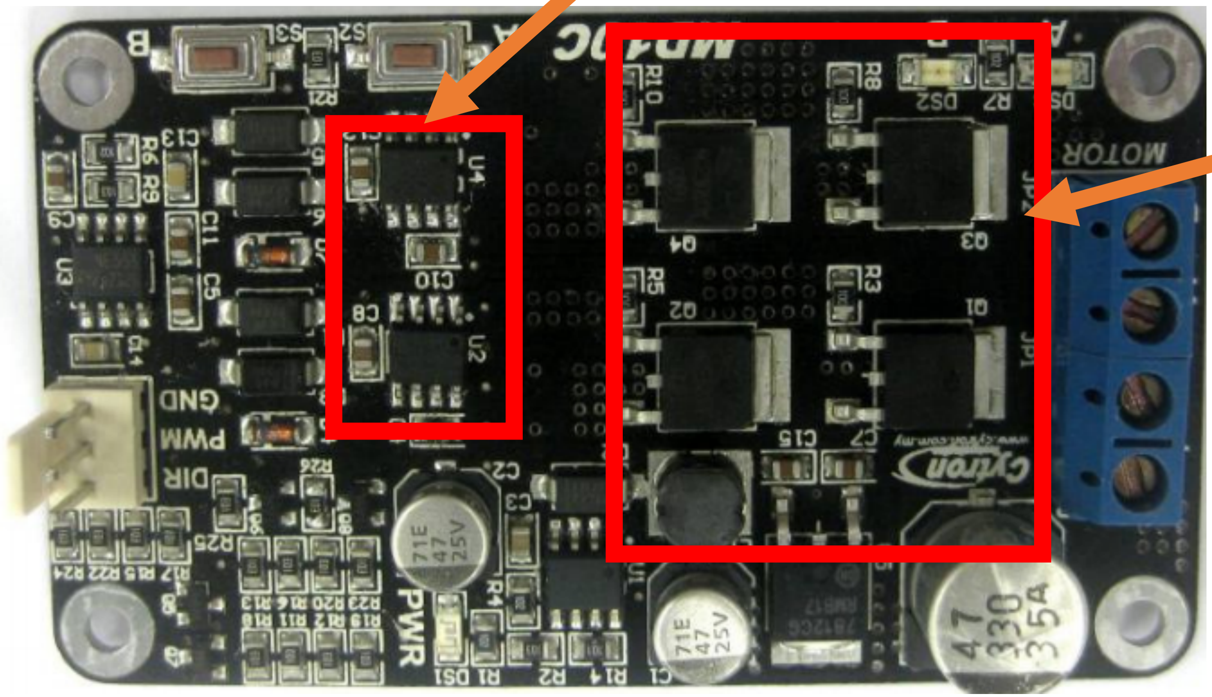
ギヤ
減速比：1/4～1/721

エンコーダ
使用センサ：ホール素子
分解能：13PPR

2. HブリッジによるPWM制御

ブリッジドライバ

Hブリッジ回路



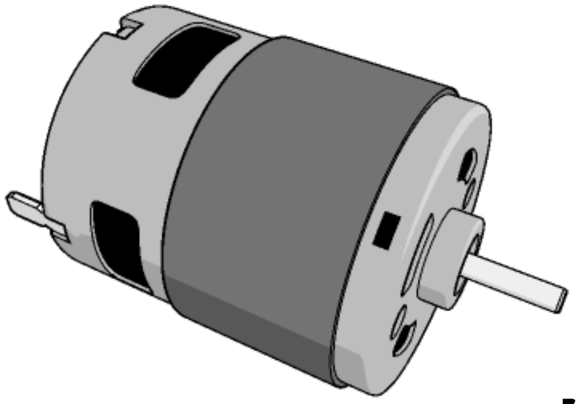
モータ制御ボード

2. HブリッジによるPWM制御

目的：DCモータの正転逆転・回転速度を制御

電圧
電流

電気的
入力



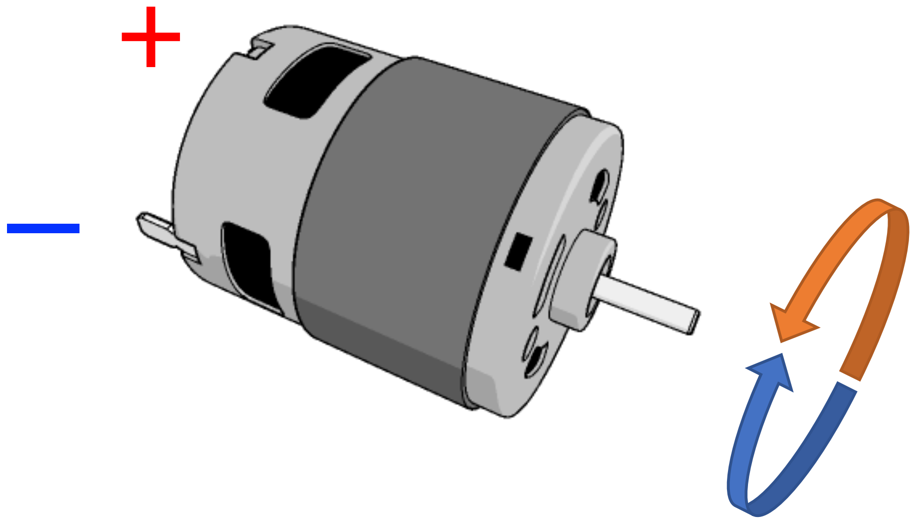
機械的
出力

回転速度
トルク

2. HブリッジによるPWM制御

電圧の大きさを変える→ トルクの大きさが変わる

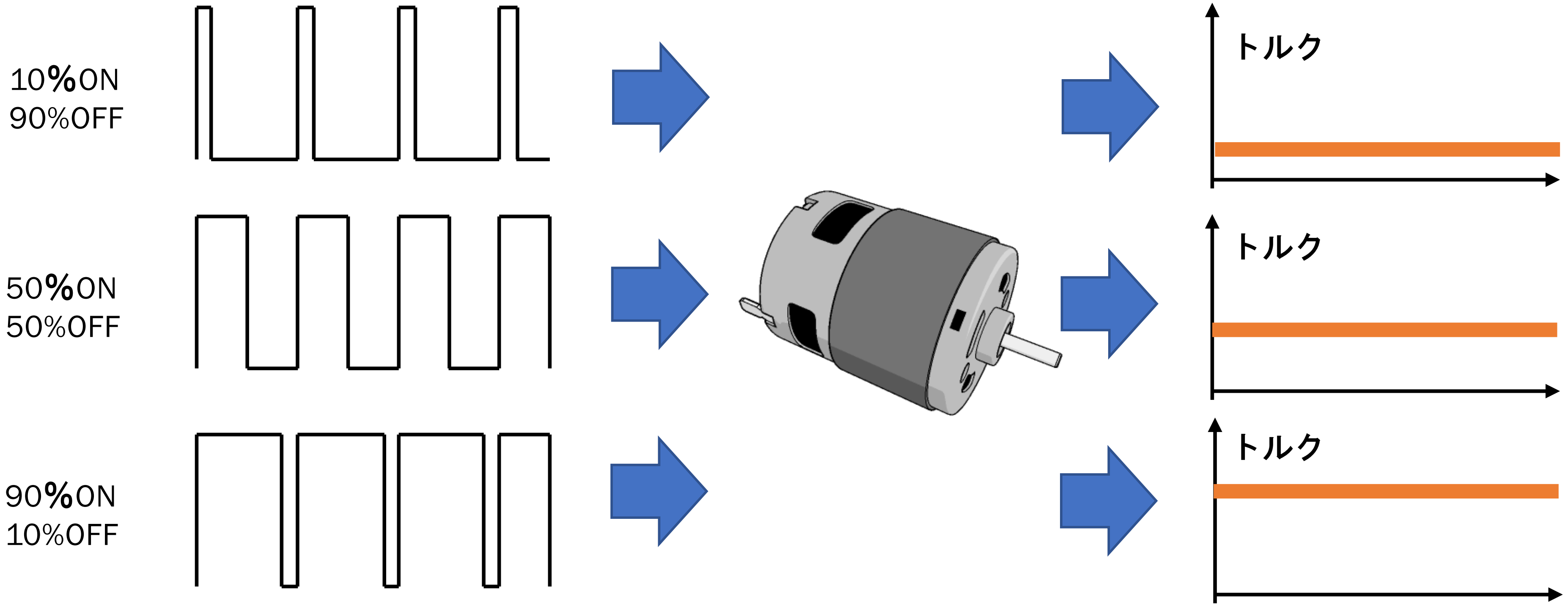
電圧の向きを変える　→　トルクの符号が変わる



PWMによる回転速度制御
（Pulse Width Modulation：パルス幅変調）

電圧の大きさを変えるには？

高速スイッチングによりON/OFF時間（パルス幅）を変え平均電圧を調整

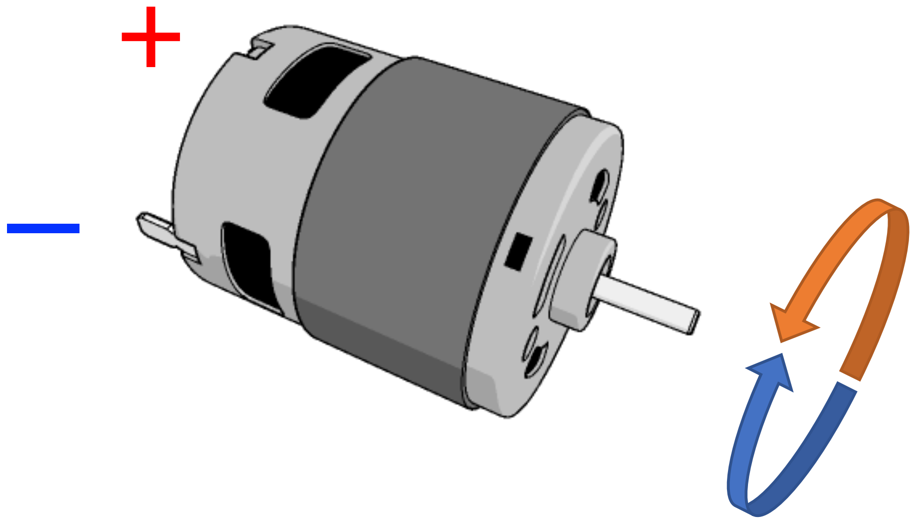


ArduinoでPWM信号を出力しモータドライバで増幅

2. HブリッジによるPWM制御

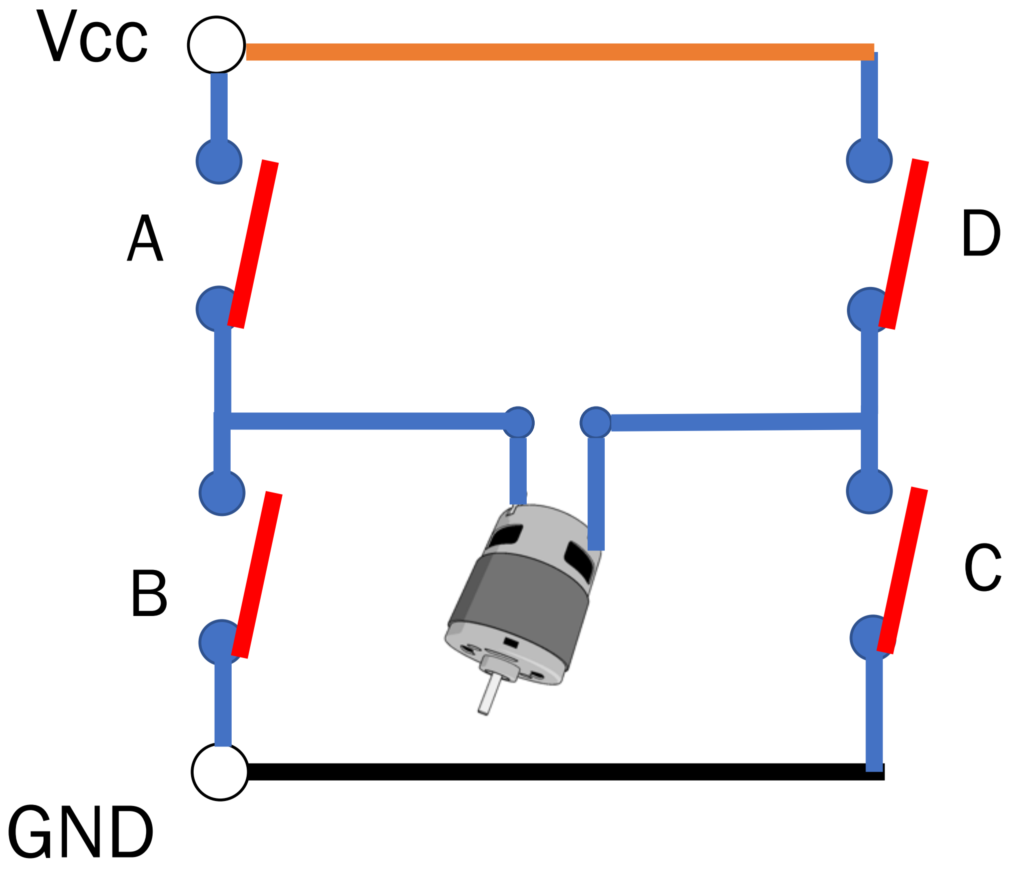
電圧の大きさを変える→ トルクの大きさが変わる

電圧の向きを変える　→ トルクの符号が変わる



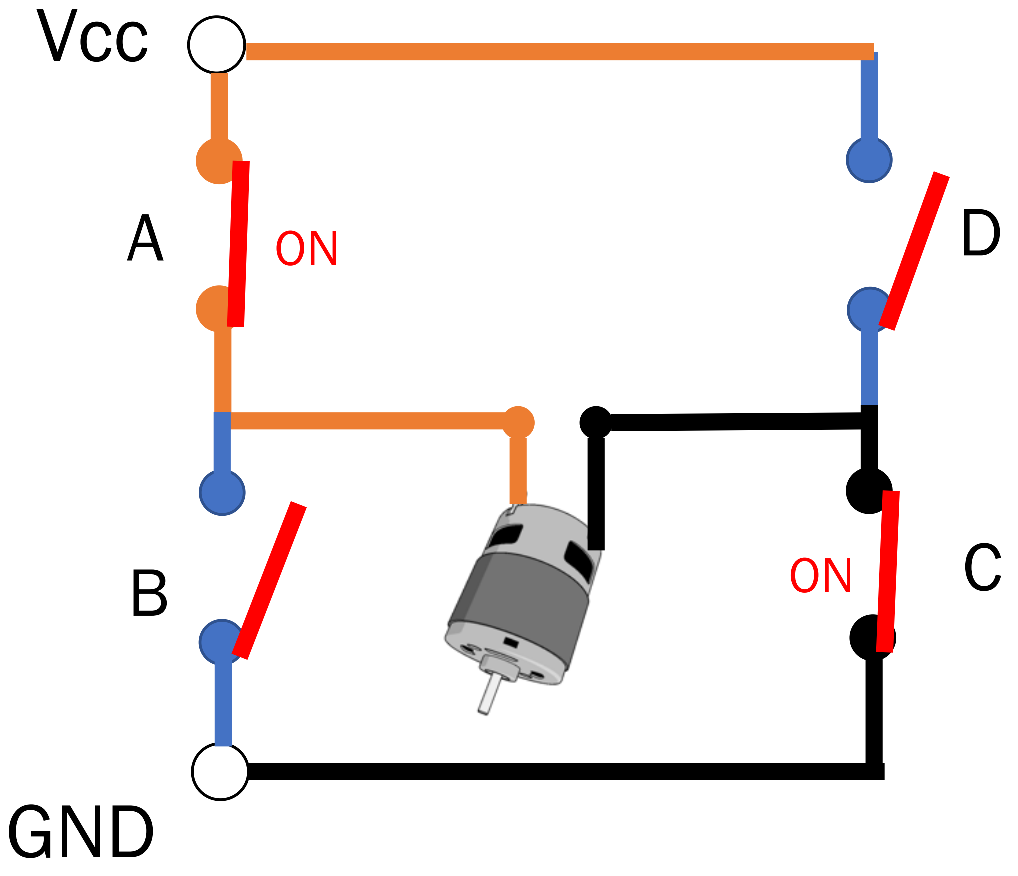
DCモータ制御ボード：Hブリッジ

切替スイッチだけで電圧の向きを変えるには？



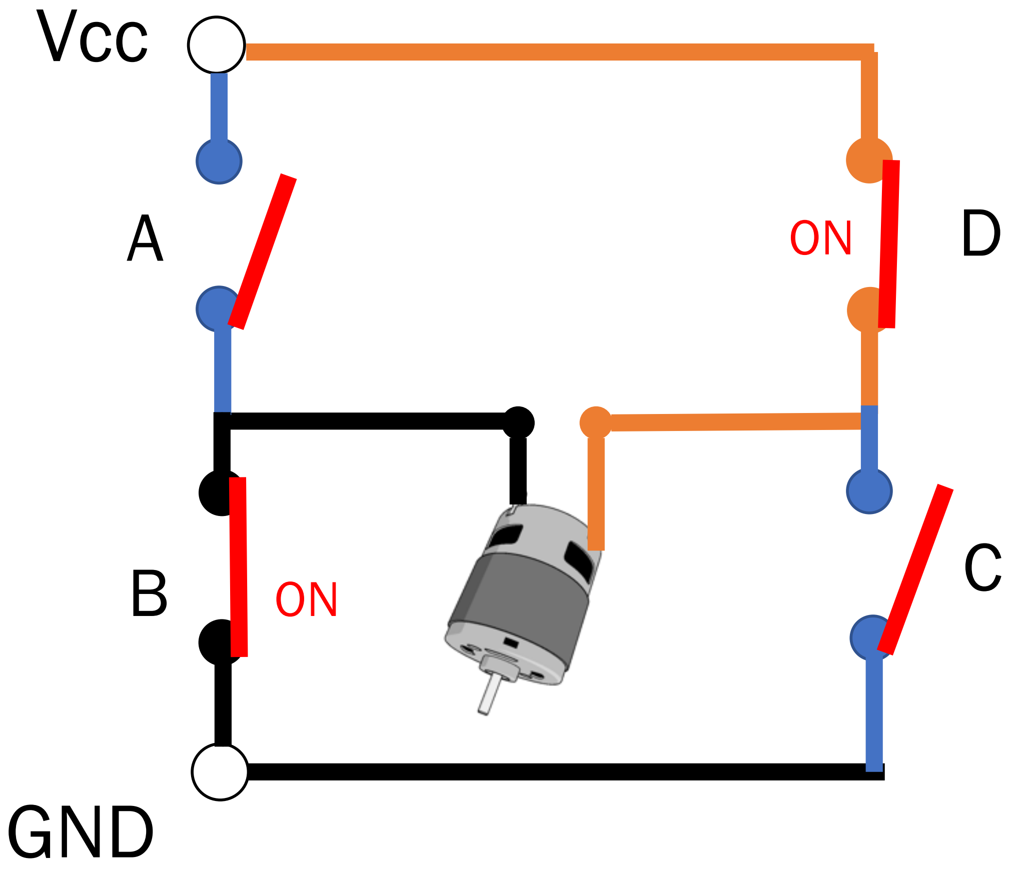
DCモータ制御ボード：Hブリッジ

切替スイッチだけで電圧の向きを変えるには？



DCモータ制御ボード：Hブリッジ

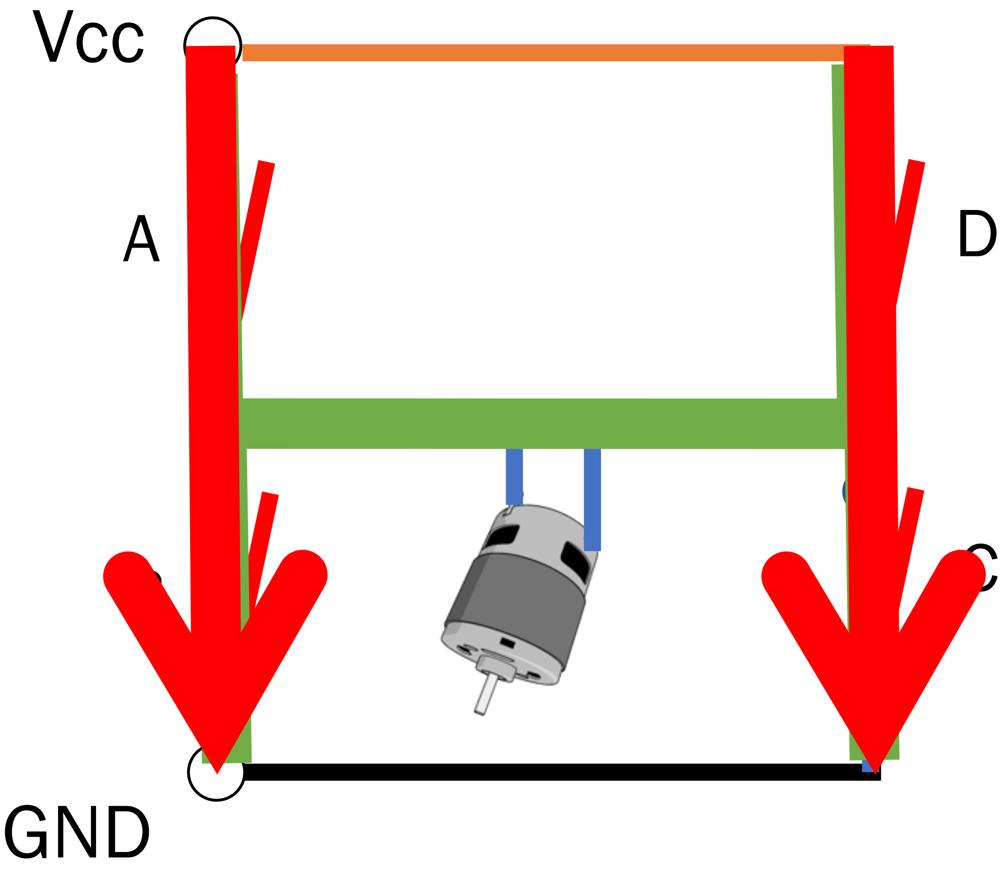
切替スイッチだけで電圧の向きを変えるには？



DCモータ制御ボード：Hブリッジ

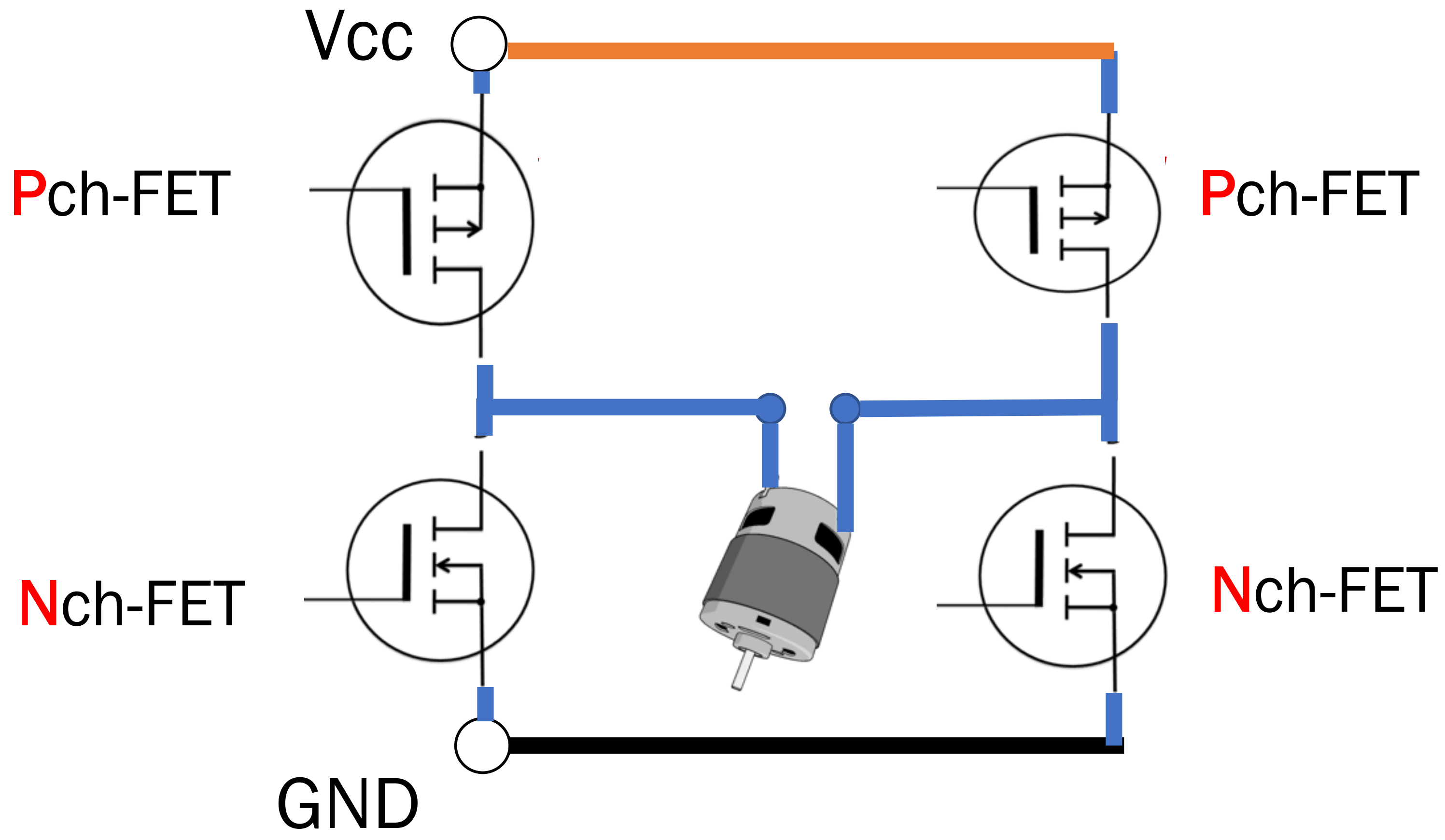
短絡は危険！
スイッチABがON
もしくはDCがON

回路が燃える！



DCモータ制御ボード：Hブリッジ

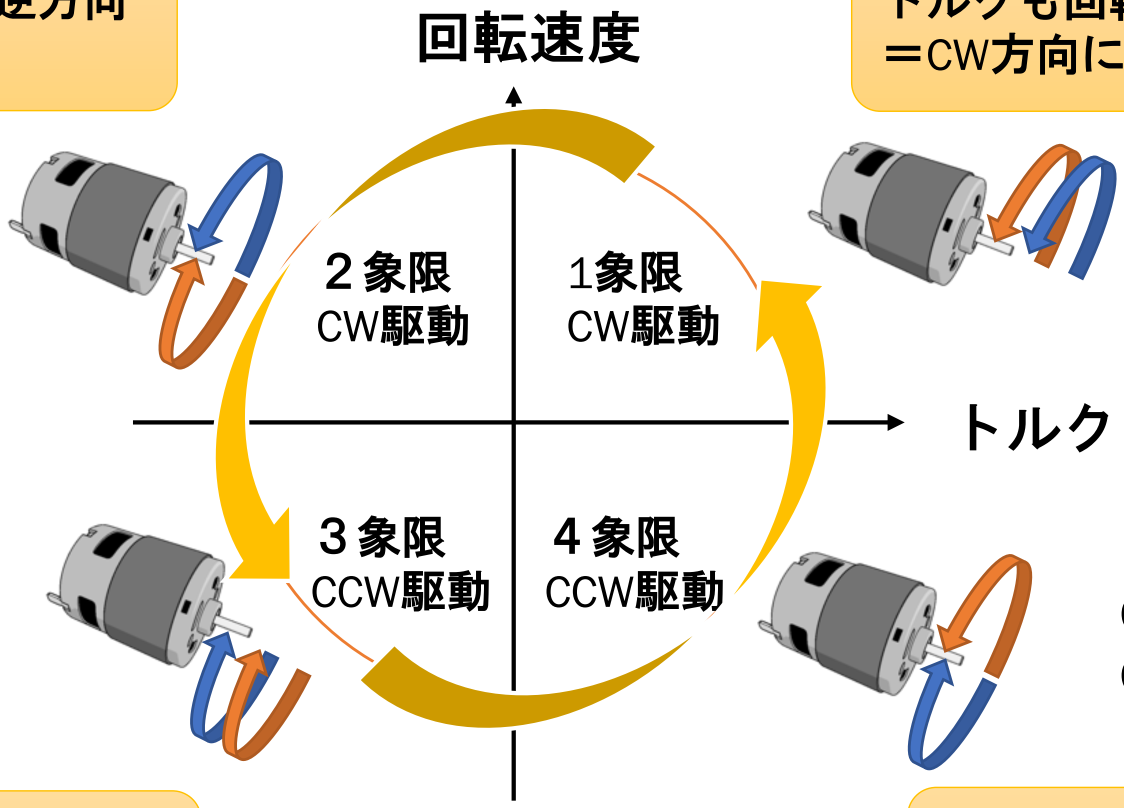
実際にはスイッチの代わりにFETを使用



モータ駆動における4象限動作

トルクが回転方向と逆方向
＝CW方向に減速

トルクも回転も同じCW方向
＝CW方向に増速



CW：
Clockwise

CCW：
Counter Clockwise

トルクも回転方向と同じCCW
＝CCW方向に増速

トルクが回転方向と逆方
向＝CCW方向に減速

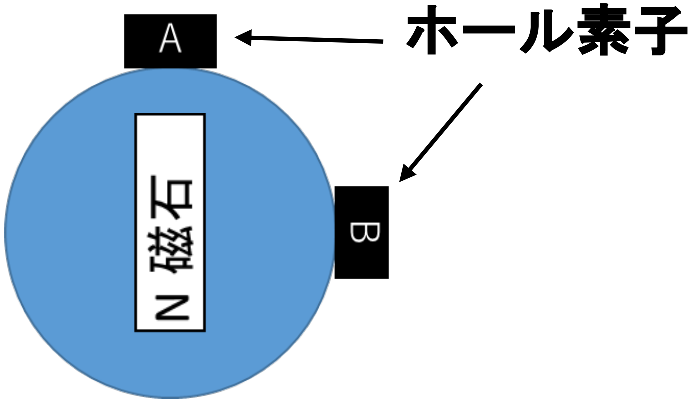
正転逆転の切り替えをスムーズにできる

センサ系仕様

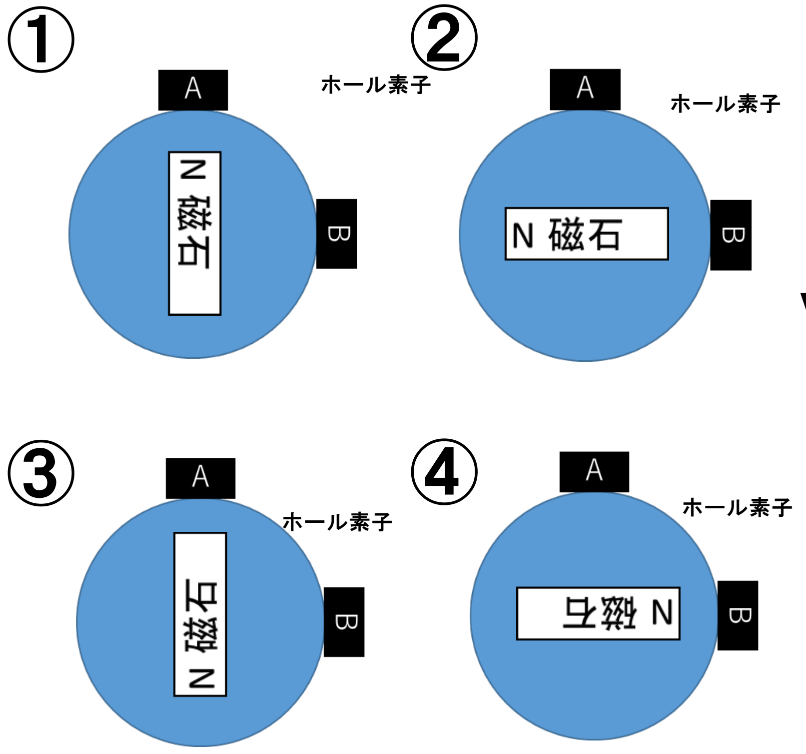
1. エンコーダ
2. 超音波センサ
3. タッチセンサ

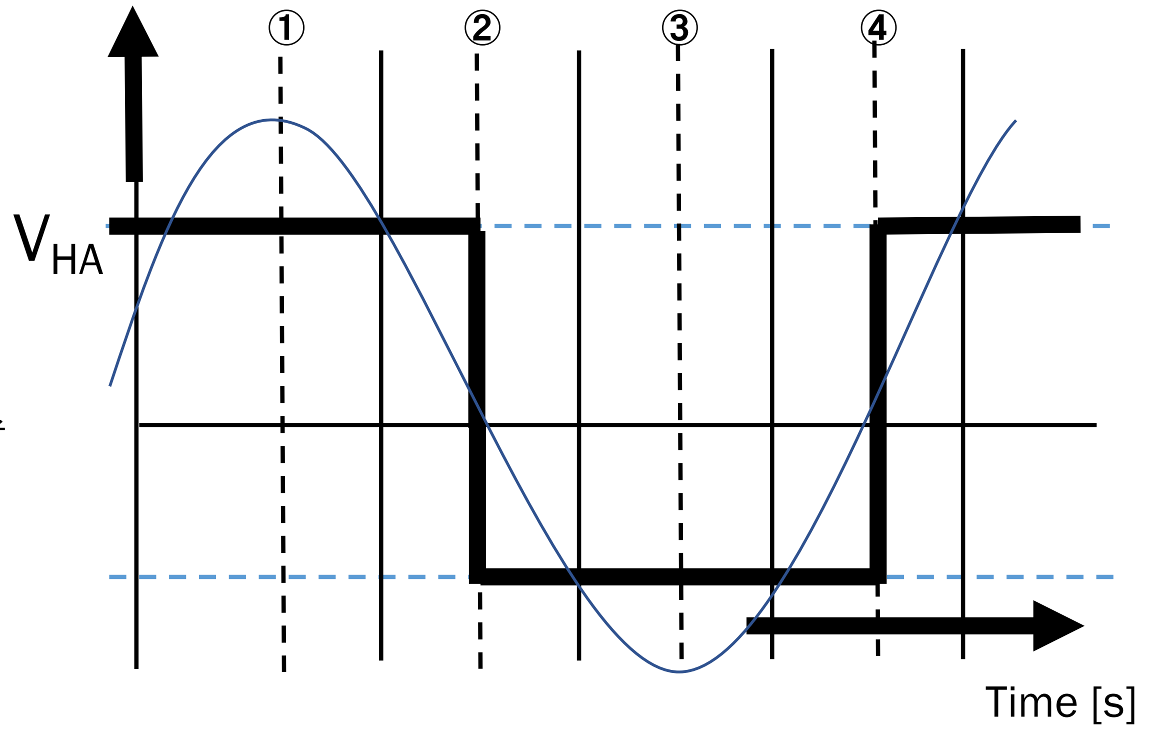
1. エンコーダ

- 磁気式のエンコーダ装着済み！
- 磁気式はホール素子を使っている



ホール素子出力電圧と閾値処理

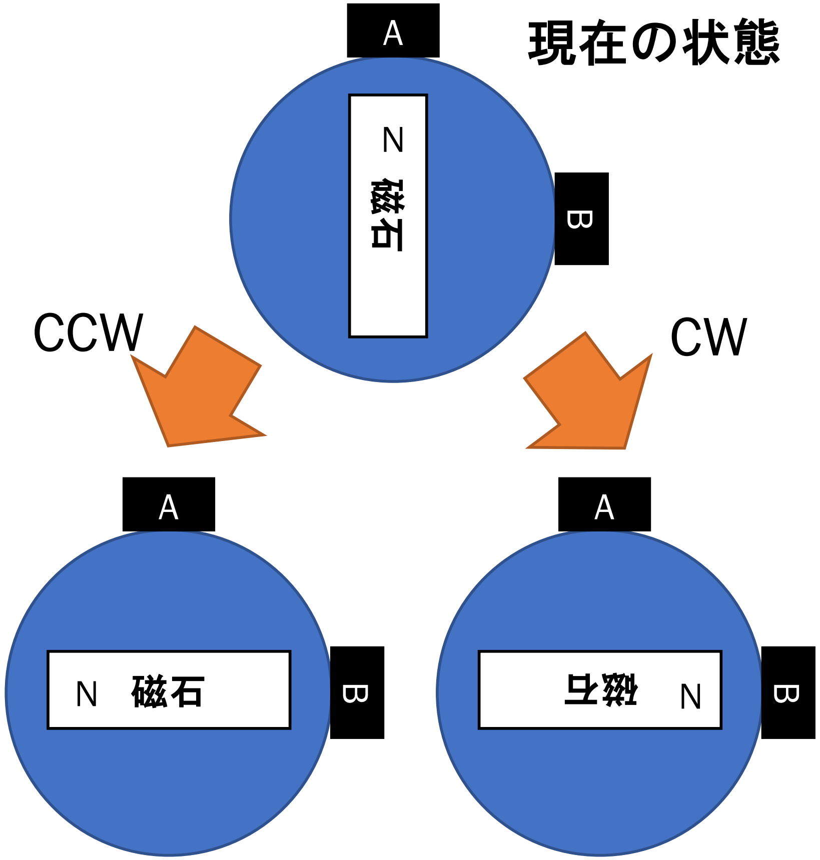


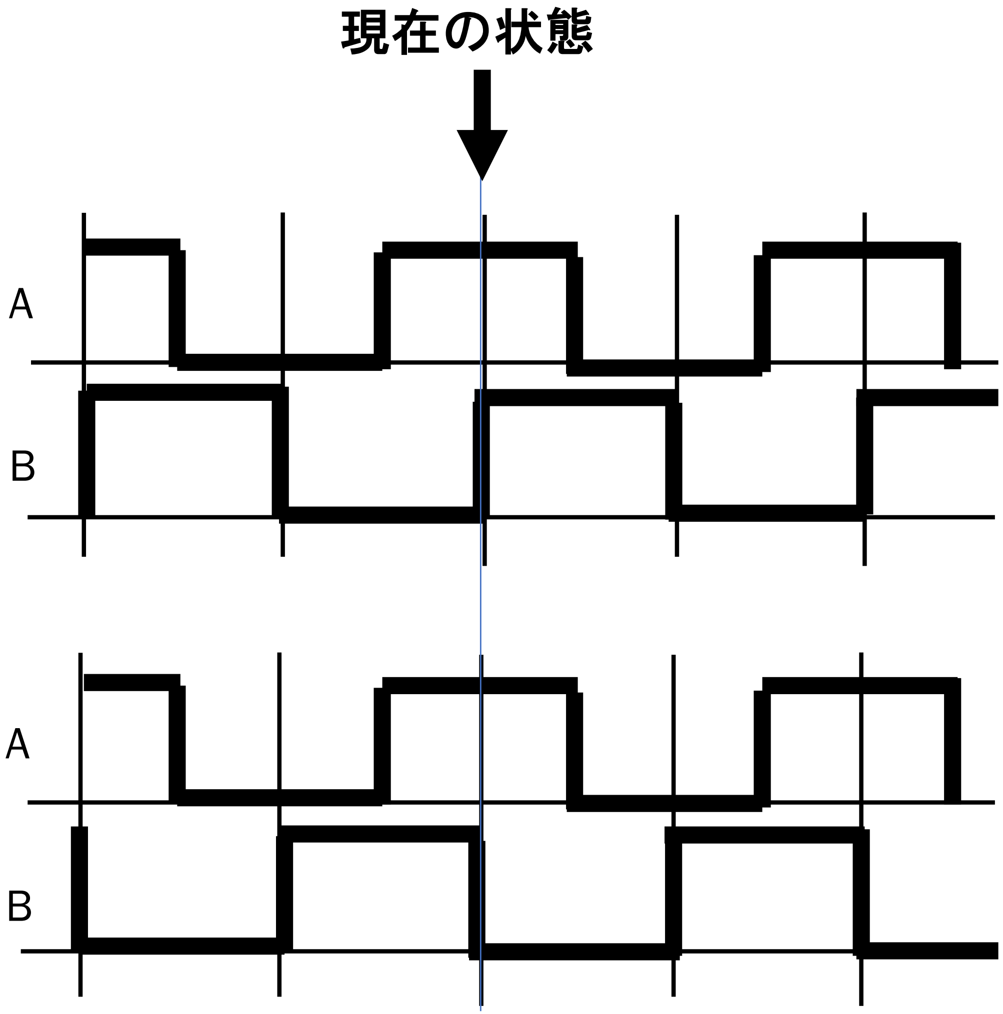


分解能：13PPR※

※ PPR：Pulse Per Revolution（１回転あたりのパルス数）

回転方向の検出

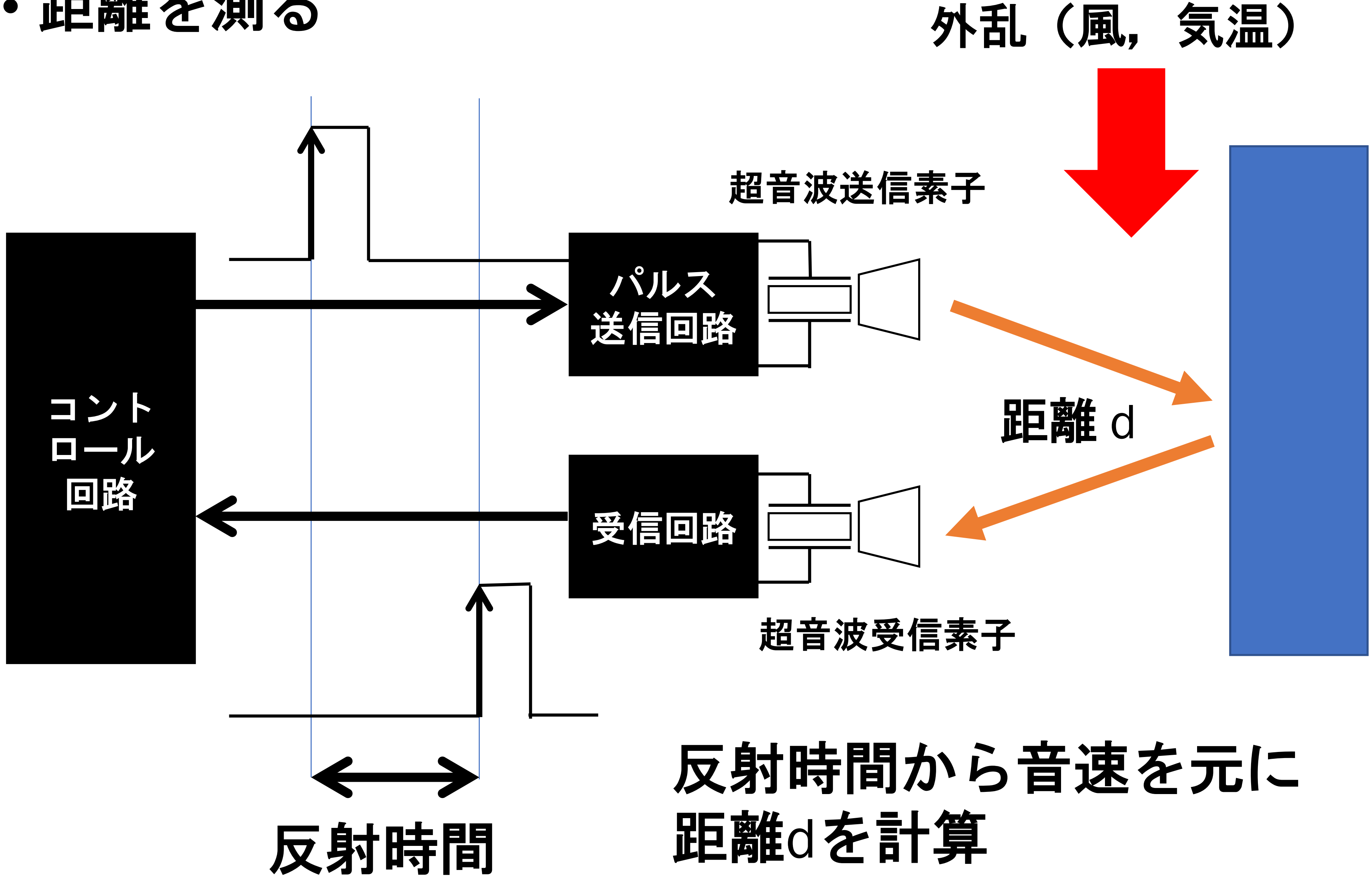




どちらがCWでしょう？

2. 超音波センサ

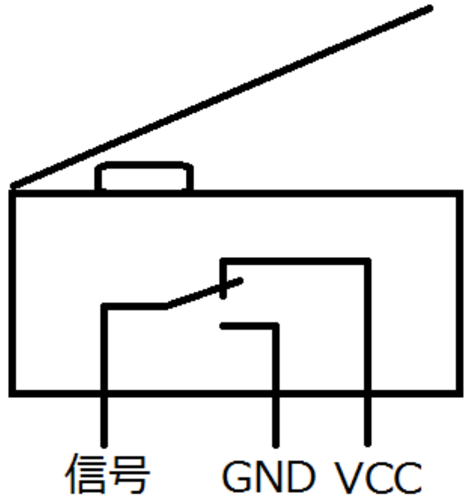
- 距離を測る



反射時間から音速を元に
距離dを計算

3. タッチセンサ（スイッチ）

ON/OFFの状態を検出することで接触判定



足の配線を間違うとボード側が壊れるかも！

その他

1. バッテリ
2. ケーブル
3. 電子工作の注意点

1. バッテリ

用途	**駆動電源**	**制御電源**
種類	**ニッケル水素**	**リチウムイオン**
出力電圧	7.2 [V]	5 [V]
出力容量	3000 [mAh]**他**	6700 [mAh]

駆動電源の充電器

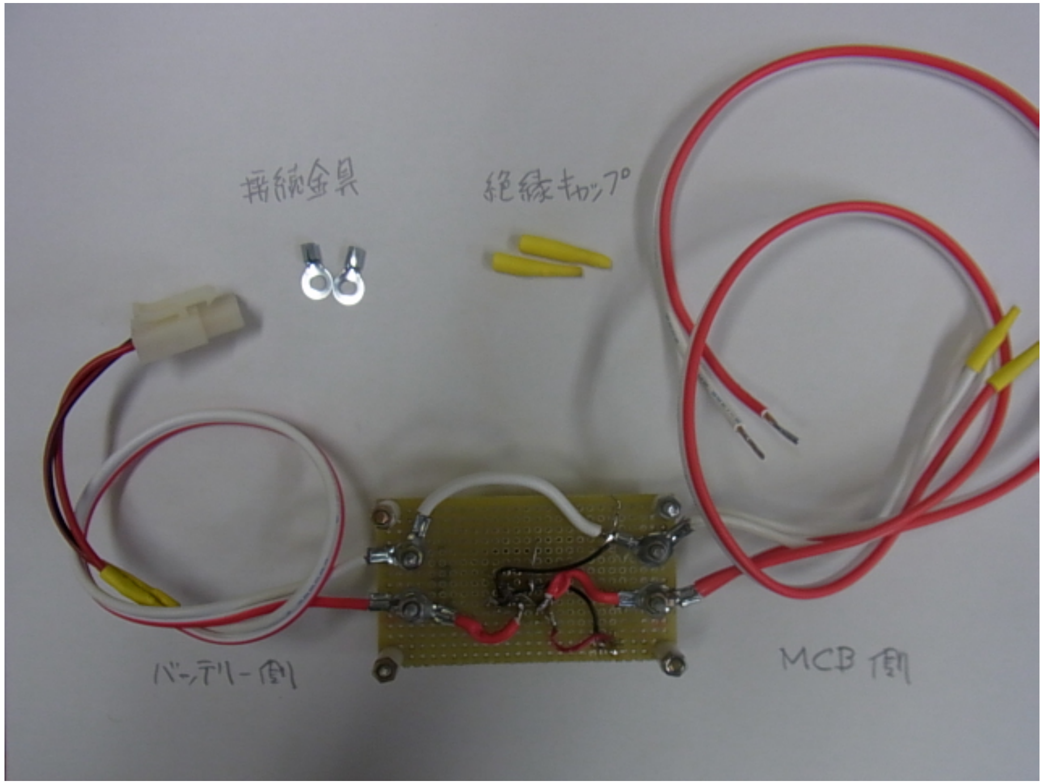
2. ケーブル

http://www2.denshi.numazu-ct.ac.jp/mirsdoc2/mirsmg4d/tech/num0002a/index.html

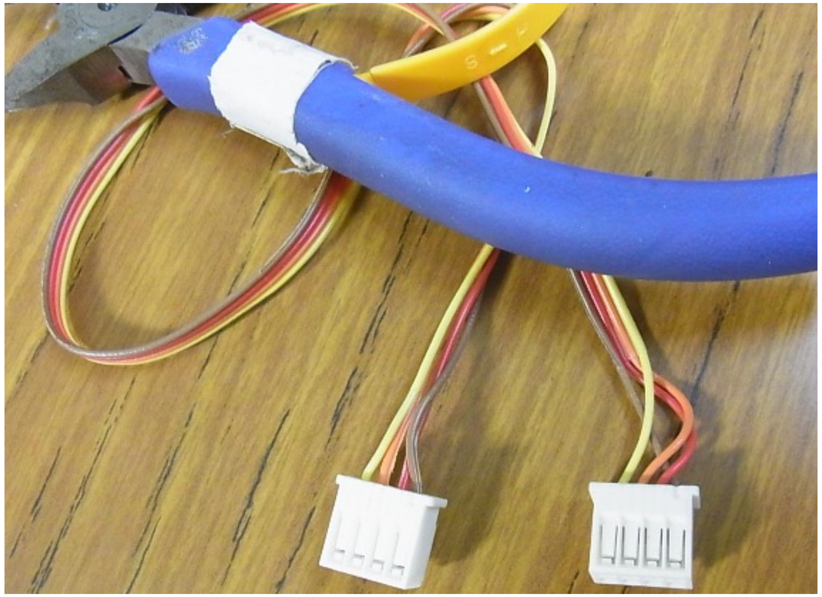
名称	規格	接続先	ピン数	長さ目安	本数	備考
USB	TypeA-TypeB	RasPi- Arduino			1	
		Arduino- PC			1	
	TypeA-TypeC	制御Bat.-RasPi			1	
Display	microHDMI-HDMI	RasPi-Display			1	変換アダプタ
駆動系 (Max数A)	被覆径約3mm (芯径約1mm) or 電源リール線で自作	駆動Bat.-電源ボード			1	バッテリ端子
		電源ボード- MCB		15-20cm	1	コネクタ無し
		MCB-モータ			1	モータ線を延長
信号系	被覆径約1mmで自作 or ジャンパワイヤ	Arduino-電源ボード	2	30-40cm	1	電圧モニタ用
		Arduino-MCB	3	20-40cm	2	モータ制御信号
		Arduino-モータ	4	10-20cm	2	エンコーダ信号
		RasPi-USS	4	20cm	2	

自作でケーブル同士を半田付けして延長する場合は、ケーブルに見合う径の熱収縮チューブで被覆すること

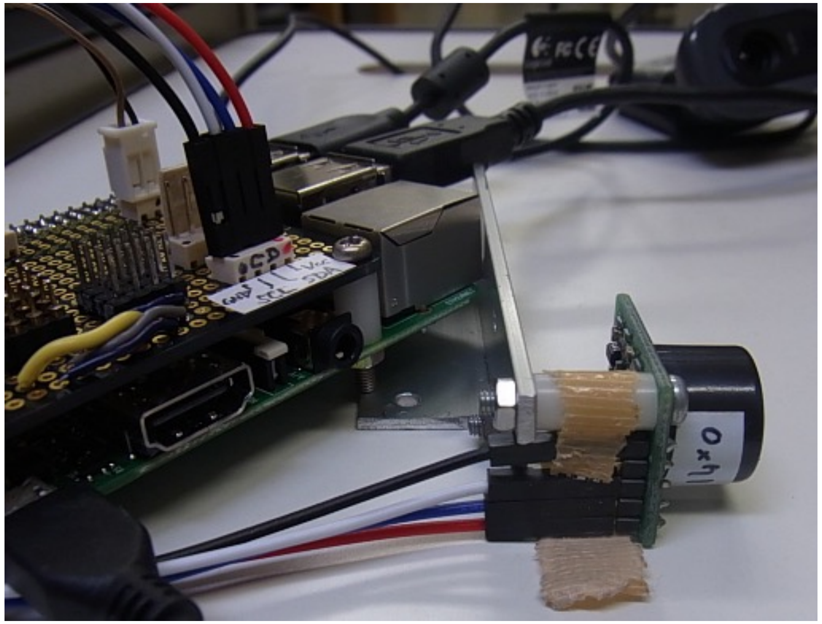
2. ケーブル



電源ボード周りのケーブル（駆動系）



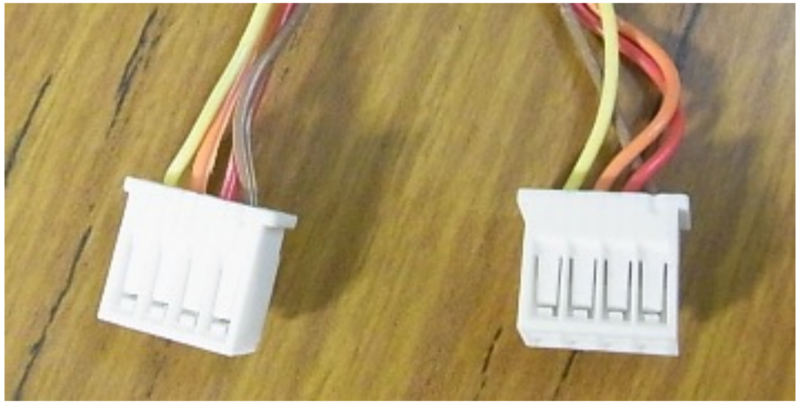
信号線（Molexハウジング）

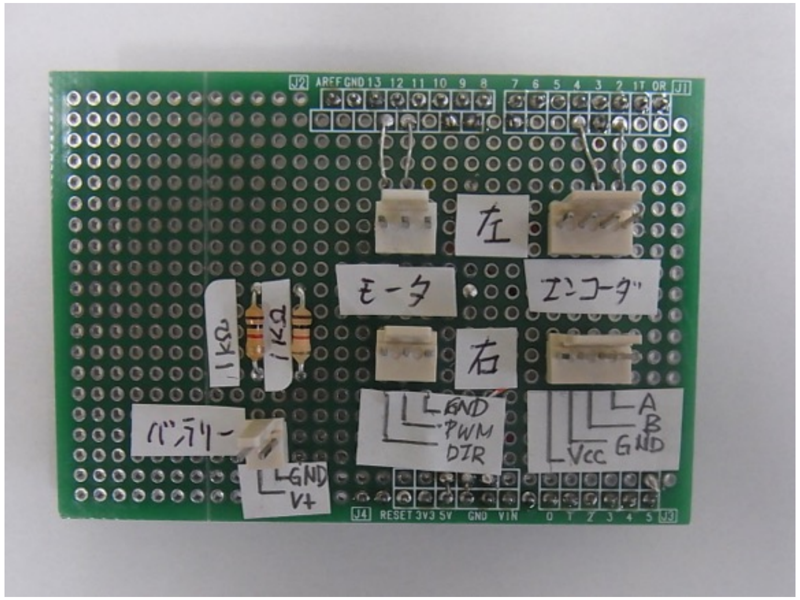


市販のジャンパワイヤ
で接続したところ→

2. ケーブル

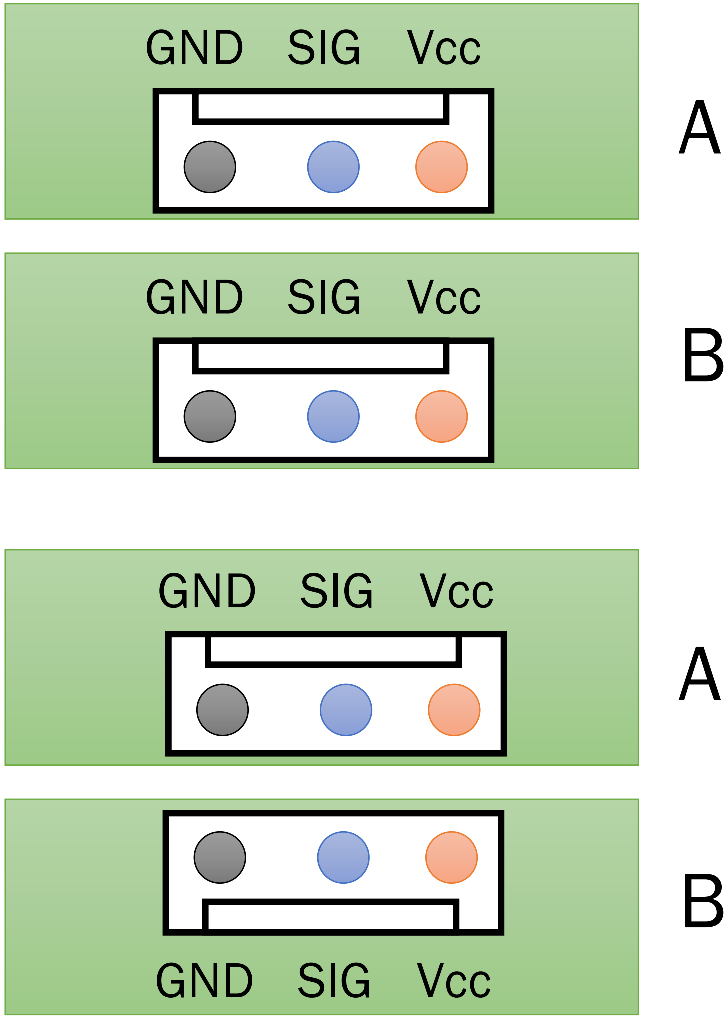
注意! コネクタの向きとケーブルの順序





標準 ストレート

要注意 クロス



ストレートの端子にクロスケーブルを接続したら・・・？

3. 電子工作の注意点

その1．安全第一！！

- はんだ付け
  - ✓ はんだごての消し忘れに注意
  - ✓ やけどに注意（支持台を使う等）
  - ✓ 長袖・保護メガネ着用
  - ✓ 照明をつける
- 整理整頓
  - ✓ 切屑を残さない→短絡リスク軽減
  - ✓ 周囲の可燃物を避ける→延焼防止
  - ✓ ケーブルを床に這わせない→転倒防止

3. 電子工作の注意点

その２．一発本番はやらない！※

- ✓ ブレッドボードでテスト
- ✓ 簡単なところから積み上げる
- ✓ 部品の仕様をよく調べる
- ✓ 導通チェック
- ✓ 波形測定して結果を残す
  （実験ノート・データ管理）

※ 特に後期の回路設計・製作