

2019年度 人と地域共創センター公開講座(春・夏)

AI/IoTセンサのしくみを知ろう(基礎編)

第6回 動きをはかろう



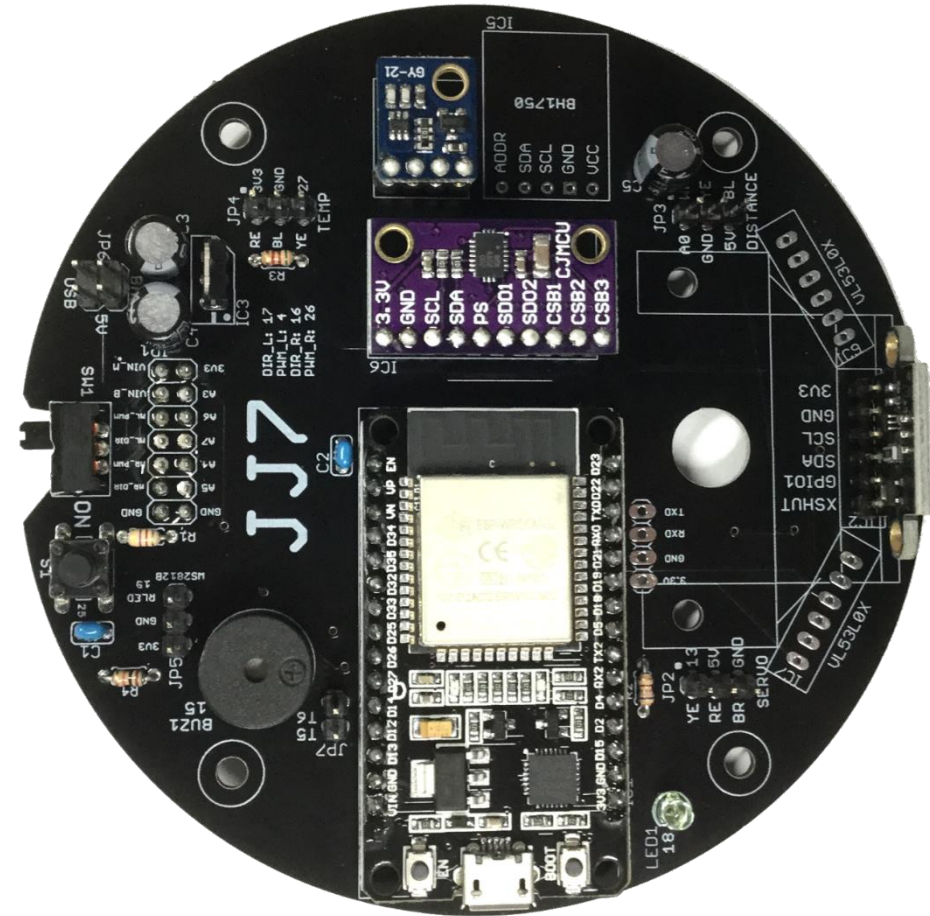
徳島大学技術支援部

辻 明典 博士(工学)

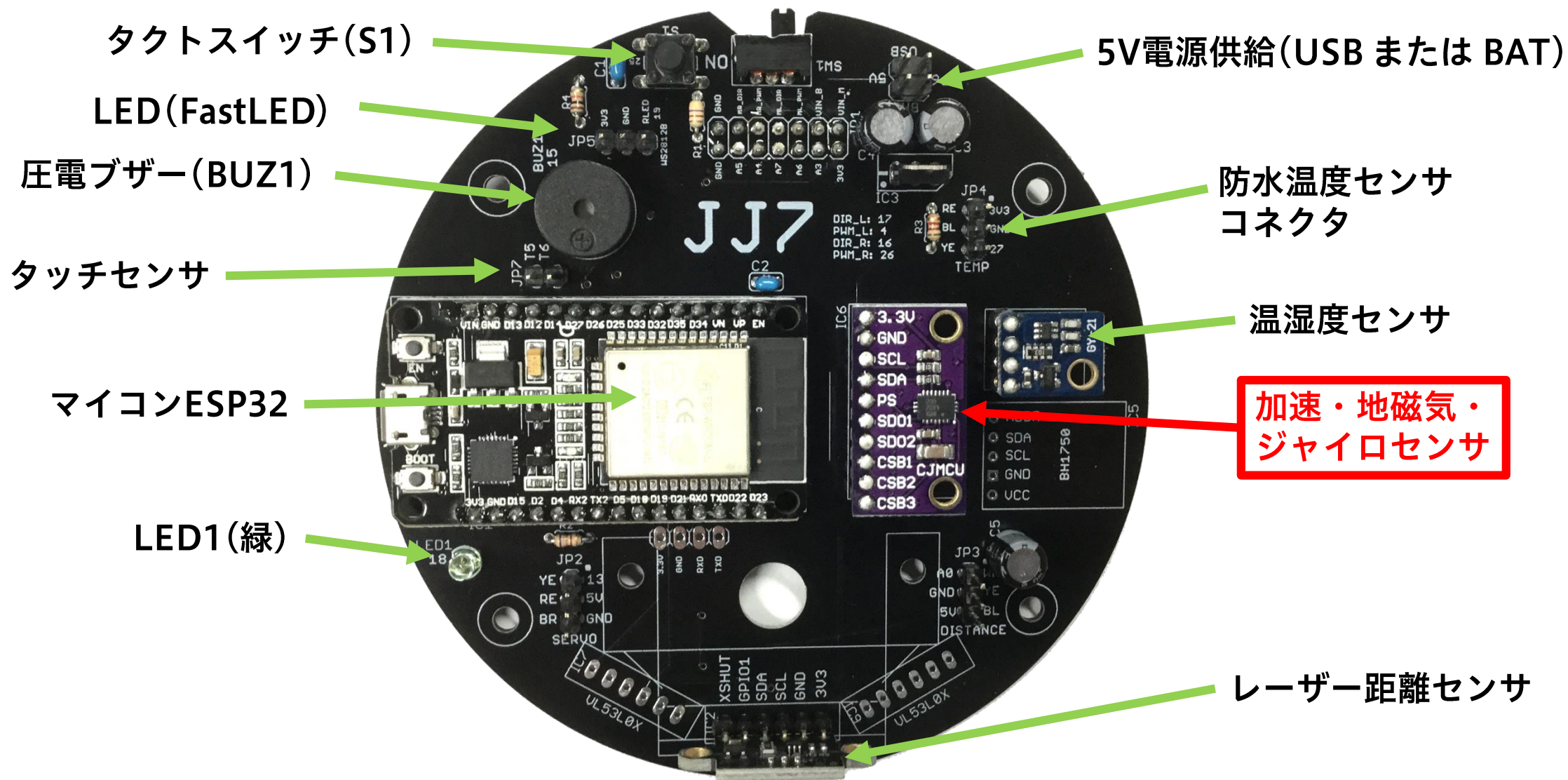
E-mail: a-tsuji@is.tokushima-u.ac.jp

概要

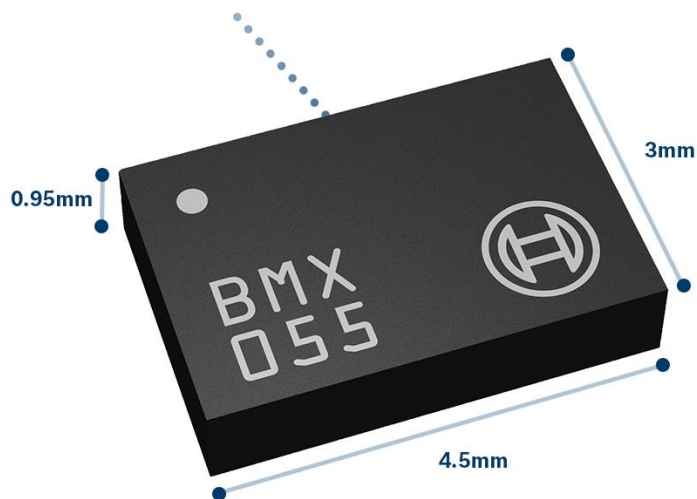
- ▶ モーションセンサ
- ▶ 加速度の計測
 - 加速度・重力加速度
 - 静止時の加速度
 - プログラム
- ▶ 地磁気の計測
 - 地球の磁気
 - 地磁気センサの校正
 - コンパス(方位磁石)
- ▶ 角速度の計測
 - 角速度
 - ラジアン
- ▶ 考えてみよう



マイコンボード(JJ7)



モーションセンサ (BMX055)



Main features



Absolute Orientation
Integrates accelerometer,
gyroscope and magnetometer



Accelerometer
Detects linear motion
and gravitational forces



Gyroscope
Measures the rate of rotation
in space (roll, pitch, yaw)



Magnetometer
Measures the terrestrial
earth's magnetic fields

▶ モーション (IMU) センサ

- 9軸慣性センサ
- 加速度センサ
 - $\pm 2g, 4g, 8g, 16g$
- 地磁気センサ
 - $\pm 1300 \mu T (x,y), \pm 2500 \mu T (z)$
- ジャイロセンサ
 - $\pm 125, 250, 500, 1000, 2000$ 度/s

▶ 応用

- ゲーム機, スマートフォン
- ナビゲーション, 自律航法 (Dead Reckoning)
- VR/AR機器
- HMI, リモコン

加速度，重力加速度

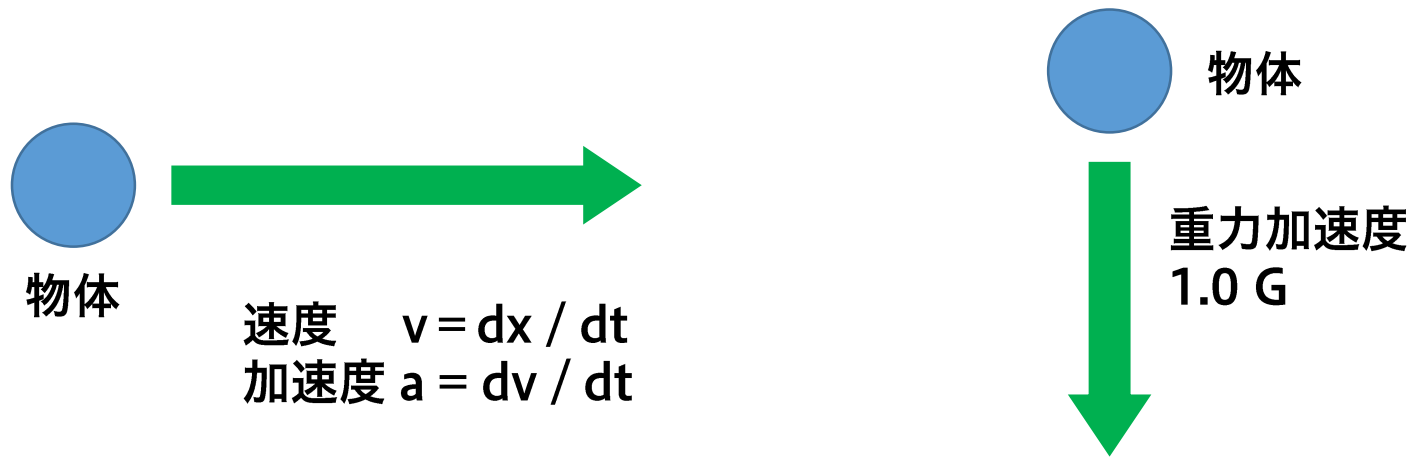
▶ 加速度

- 1秒あたりの速度の変化
- 単位：m/s²

▶ 重力加速度

- 物体を落としたとき，その物体の速度が単位時間あたりどれだけ速くなるか
- 単位：G（英語 gravity の頭文字）
- 1.0 G = 9.80665 m/s²（地球）（参考）1.622 m/s²（月）地球の約6分の1

北緯45度の海上の重力加速度の値



加速度センサ | 計測原理

ニュートンの法則 : $F=ma$

F: 力 (N)

m: 質量 (kg)

a: 加速度 (m/s^2)

フックの法則 : $F=kx$

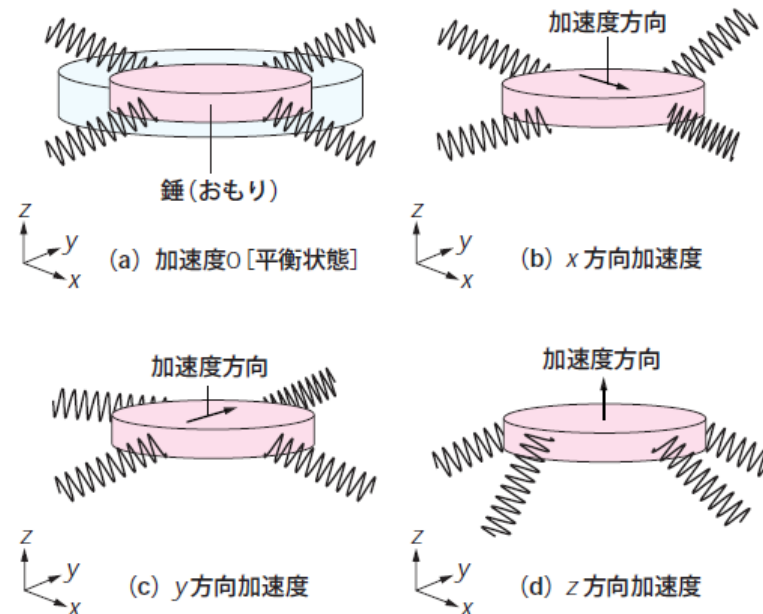
k: ばね定数

x: ばねの変位 (m)

加速度 : $a = kx / m$

kとmは既知なので

xの変位を検出すれば良い



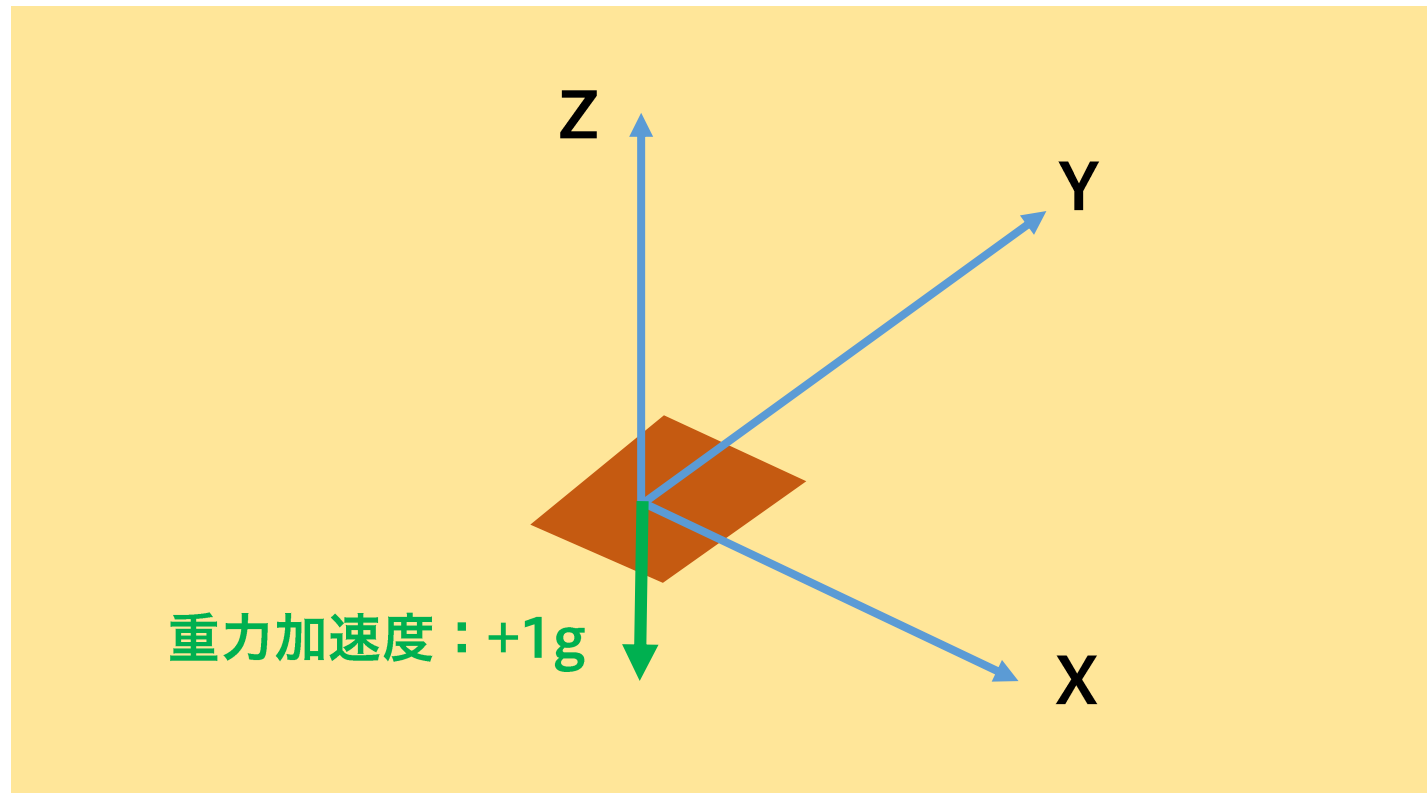
静電容量, ひずみゲージ
圧電素子で変位を計測

Design Wave Magazine
2007 Aug. CQ出版

静止時の加速度

▶ 静止時の加速度

- 加速度 X , Y の値は 0
- 加速度 Z は重力が加わっているため $+1g$



Ex0601 | 加速度センサによる計測

- ▶ 関数 `BMX055_Init()` | センサの初期化
- ▶ 関数 `BMX055_Accl()` | 加速度センサの計測値の読み込み
- ▶ 変数 `xAccl, yAccl, zAccl` | 計測値

```
#include <Wire.h>

// 加速度センサの変数(計測値)
float xAccl, yAccl, zAccl;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  delay(100);

  // 加速度・ジャイロ・地磁気センサの初期化
  BMX055_Init();
}
```

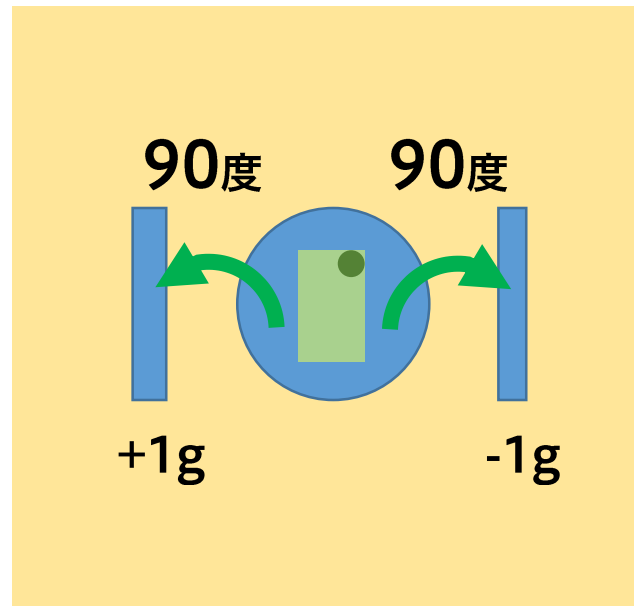
```
void loop() {
  BMX055_Accl();

  Serial.print(xAccl);
  Serial.print(",");
  Serial.print(yAccl);
  Serial.print(",");
  Serial.println(zAccl);

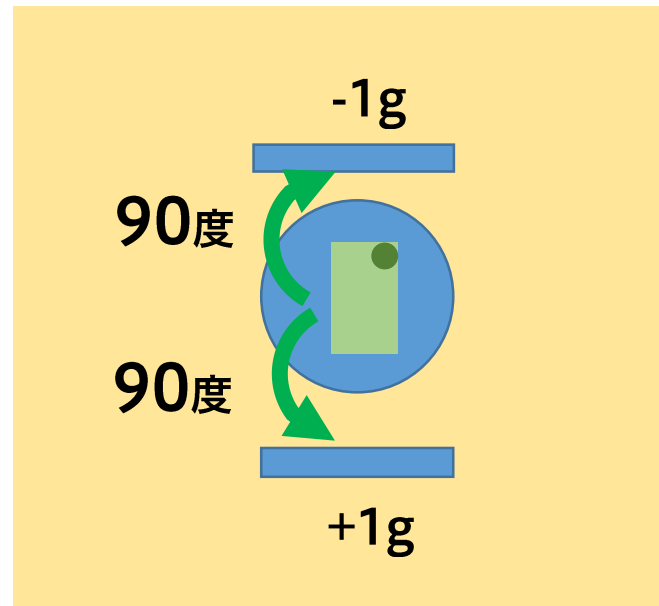
  delay(100);
}
```


加速度センサ | 動作確認

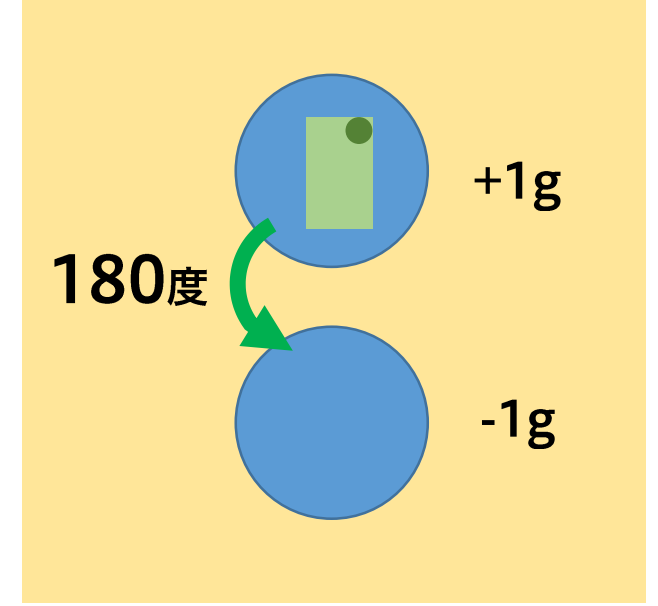
- ▶ 基板を傾けて，加速度センサの変化を確認
 - ツール→シリアルプロッタ



X軸

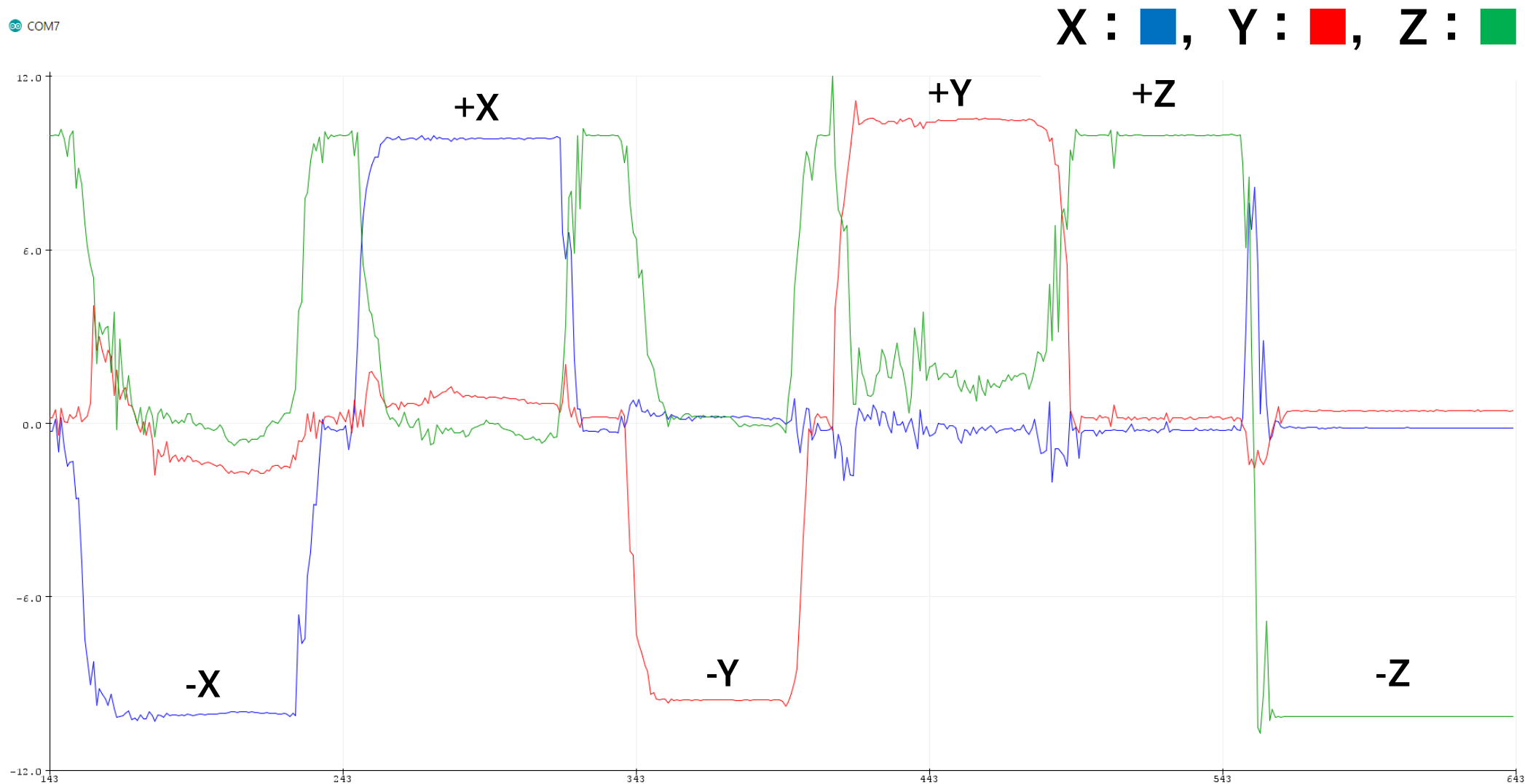


Y軸



Z軸

加速度センサ | X軸 Y軸 Z軸の変化



地球の磁気

- ▶ 地磁気：地球が持つ磁気
- ▶ 磁気の単位：ガウス (CGS電磁単位系), テスラ (SI単位系)
 - 1ナノテスラ (nT) = 10^{-9} テスラ (T) = 10^{-5} ガウス (G)
- ▶ 地磁気の大きさ：0.3G~0.5G = 30,000nT~50,000nT
 - (例) 磁気ネックレス：0.13T, ピップエレキバン：0.18T, 棒磁石：0.25T, ネオジム磁石：0.5T

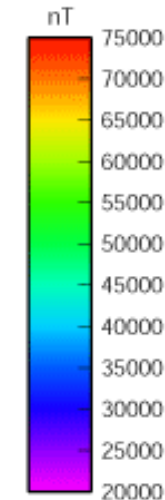
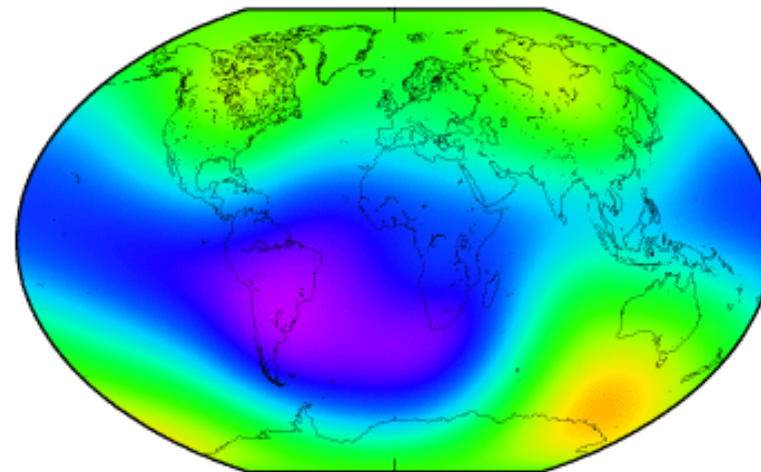
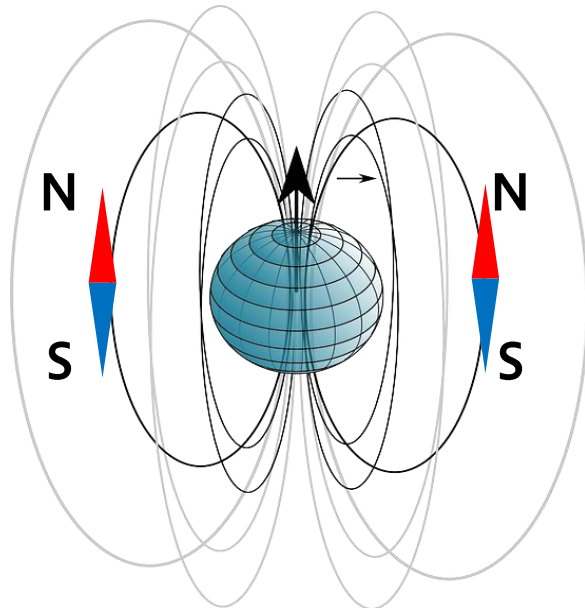
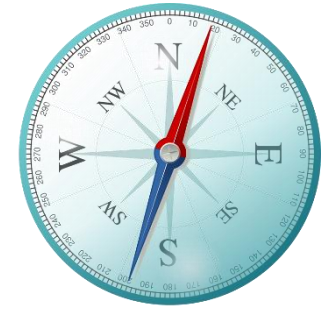


図2-1 地表の磁場強度分布 (全磁力、2000年)

[気象庁：地磁気観測所](#)

地磁気センサの種類

検出方法	ホール	MR	MI
構成	<p>磁界の変化により ホール効果で電圧が変化</p>	<p>磁界の変化により MR素子の抵抗値が変化</p>	<p>磁界の変化により パルス電流でコイルから電圧を検出</p>
対ノイズ (感度)	×	△	◎
消費電流	×	△	◎
応答速度	×	△	◎

地磁気センサ(Rohm) https://www.rohm.co.jp/electronics-basics/sensors/sensor_what2

地磁気

- ▶ 日本・・・地図上の北(真北)と方位磁針の北(磁北)は少し西にずれている。
- ▶ **偏角(へんかく)(Declination)** 真北と磁北のなす角度
- ▶ **伏角(ふっかく)(Inclination)** 下を向く角度

▶ 徳島では？

- 緯度：北緯 34度4分
- 経度：東経 134度34分
- **偏角：-7度32分(西偏)**
- **伏角：48度30分**
- 磁気：47,191 [nT]

国土地理院地図(機能：設定→磁北線)
<http://maps.gsi.go.jp>

Magnetic declination : <http://www.magnetic-declination.com/>

Find your location
tokushima
Japan

::SEARCH MAP::
Browse countries
1 TOKUSHIMA

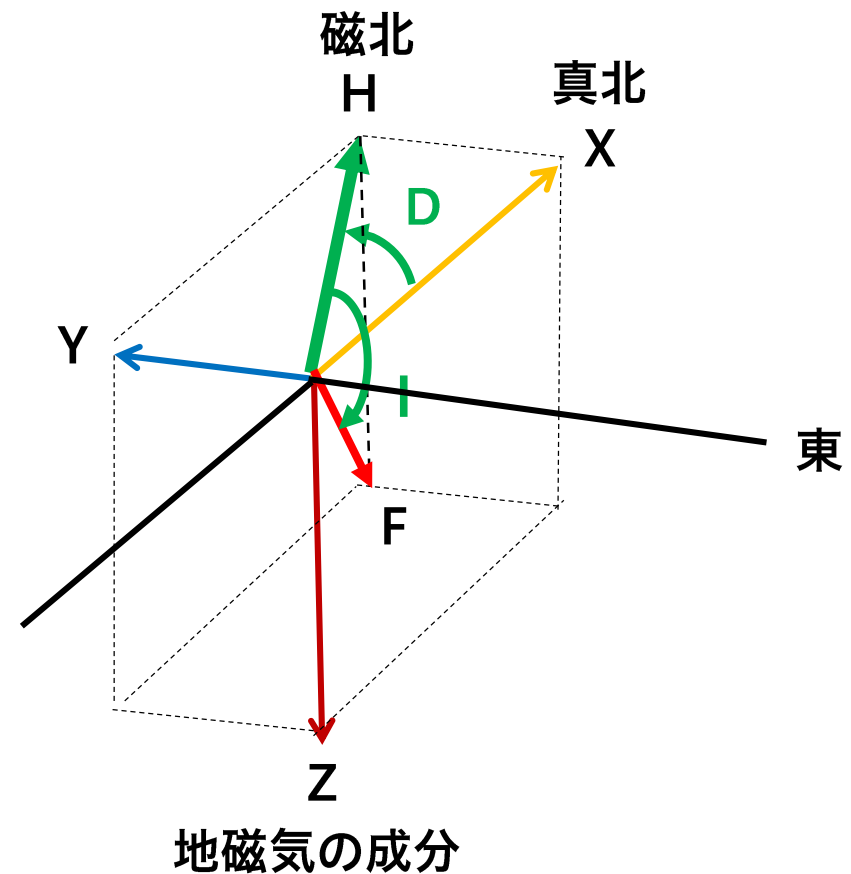
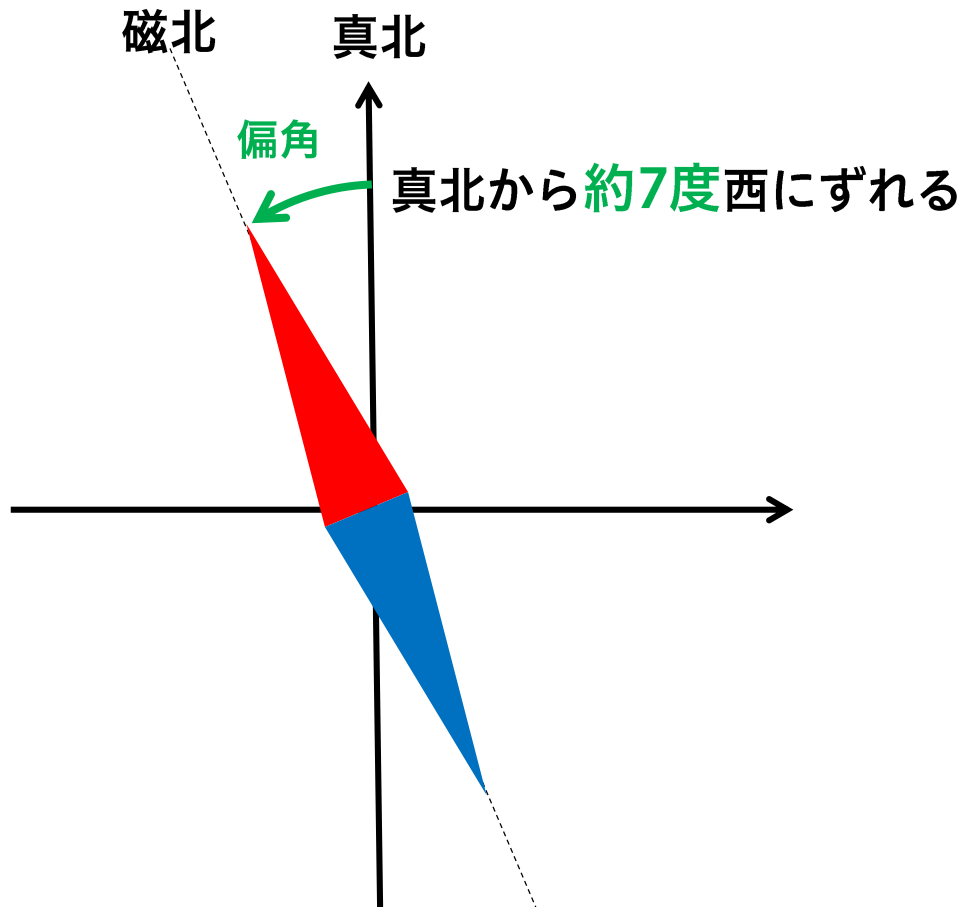
Start Here

3 Easy Steps:

TOKUSHIMA
Latitude: 34° 4' 0" N
Longitude: 134° 34' 0" E
Magnetic declination: -7° 32'
Declination is **NEGATIVE (WEST)**
Inclination: 48° 30'
Magnetic field strength: 47191.0 nT

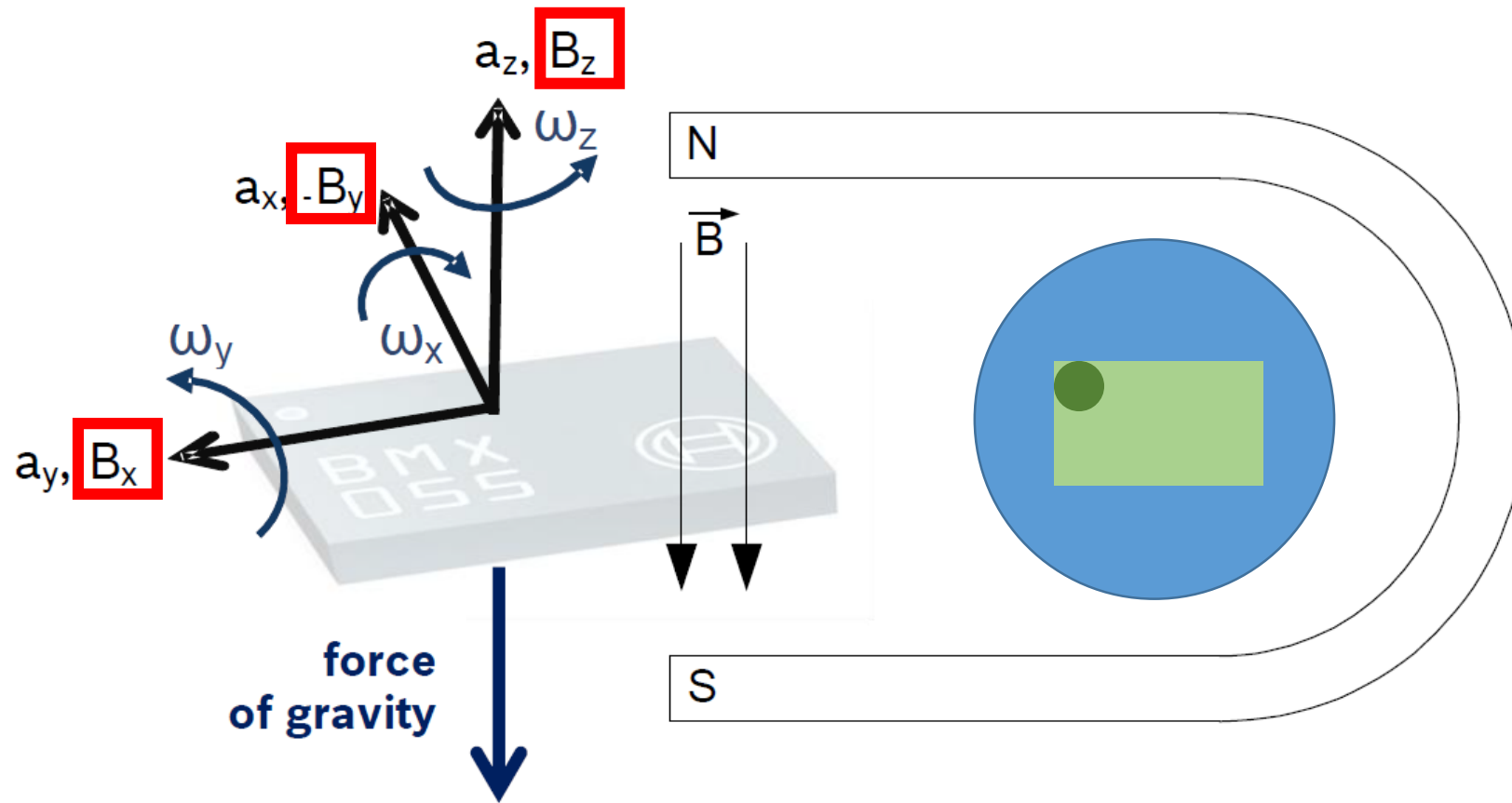
偏角 (Declination)

- ▶ 地磁気の成分：全磁力(F), 偏角(D), 伏角(I), 水平分力(H), 垂直分力(Z), 南北成分(X), 東西成分(Y)



地磁気センサ | X軸 Y軸 Z軸の変化

- ▶ 基板を回転させて，地磁気センサの変化を確認
 - ツール→シリアルプロッタ



Ex0602 | 地磁気センサによる計測

- ▶ 関数BMX055_Init() | センサの初期化
- ▶ 関数BMX055_Mag() | 地磁気センサの計測値の読み込み
- ▶ 変数 xMag, yMag, zMag | 計測値

```
#include <Wire.h>

// 地磁気センサの変数(計測値)
float xMag, yMag, zMag;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  delay(100);

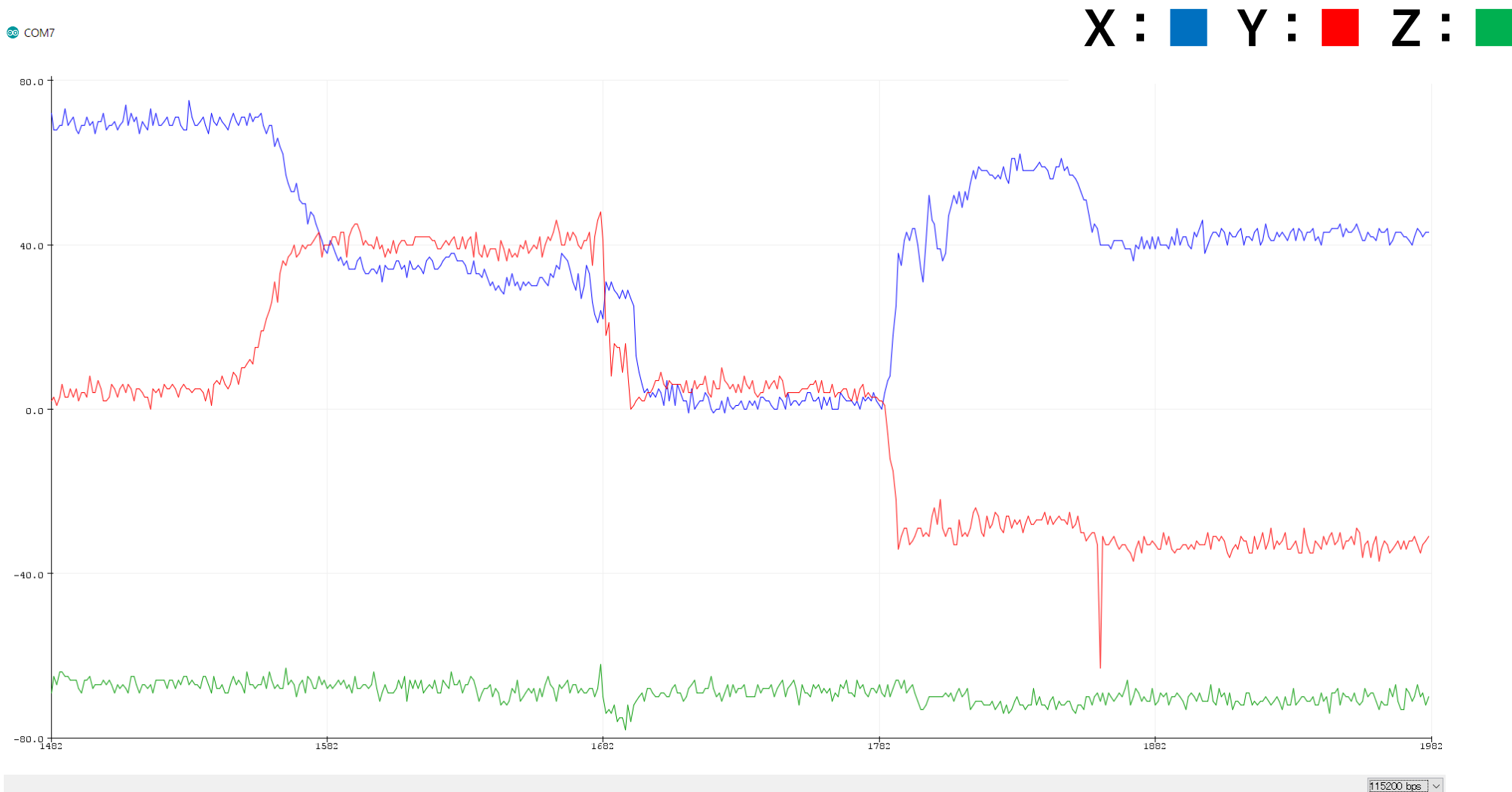
  // 加速度・ジャイロ・地磁気センサの初期化
  BMX055_Init();
}
```

```
void loop() {
  BMX055_Mag();

  Serial.print(xMag);
  Serial.print(",");
  Serial.print(yMag);
  Serial.print(",");
  Serial.println(zMag);

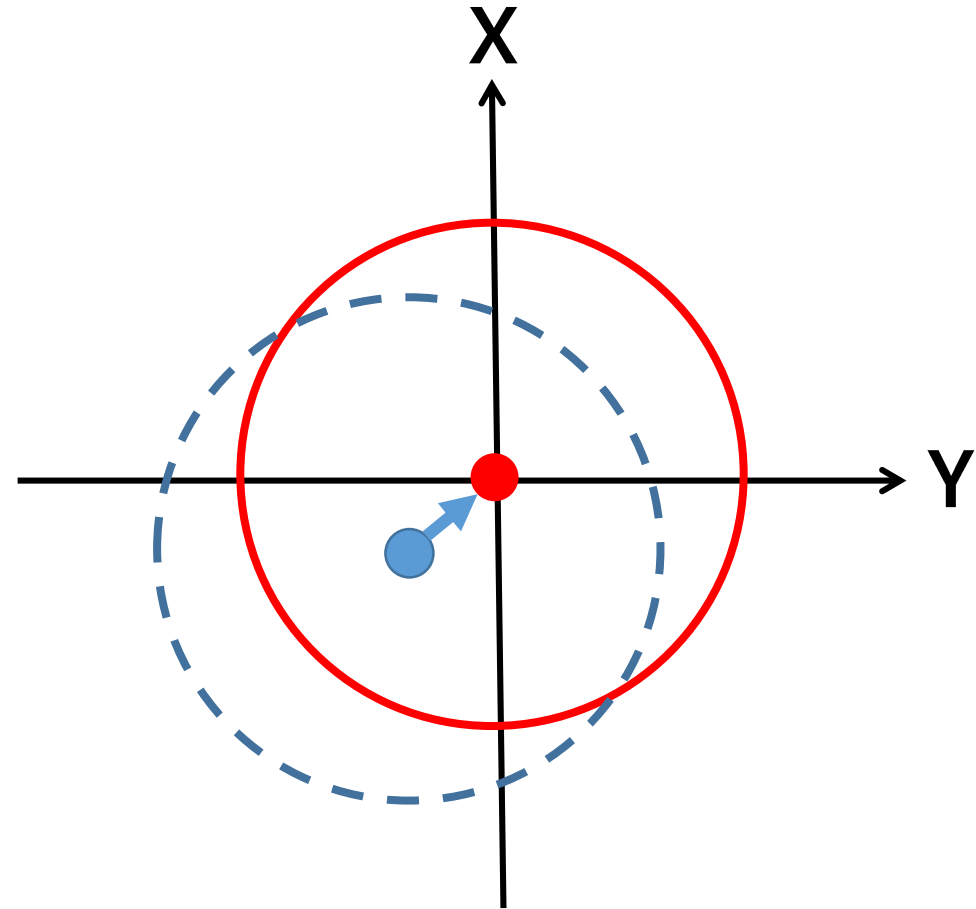
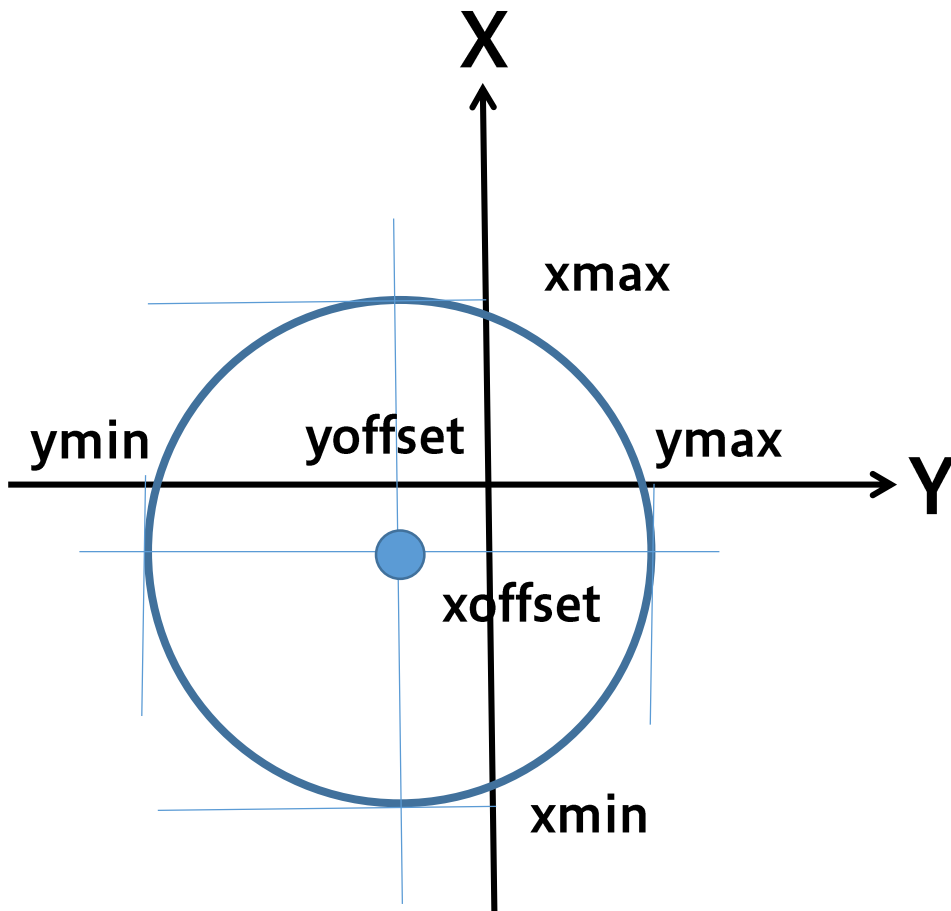
  delay(100);
}
```


地磁気 | X軸, Y軸, Z軸



方位の算出(1) キャリブレーション(校正)

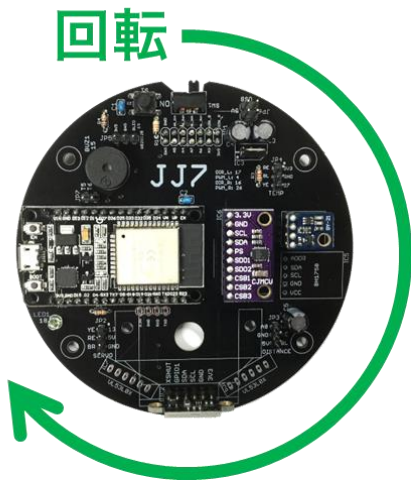
- ▶ 地磁気センサのx,yの最小値(min), 最大値(max), オフセット値を調べる



Ex0602a | 地磁気センサの校正

- ▶ Ex0602aのプログラムを書き込む
- ▶ シリアルモニター→最大, 最小, オフセットをコピー
- ▶ Ex0602bに貼り付け

最小, 最大, オフセット値の変化が
なくなるまで回転させる。



```
float xMag_min=-6.00,xMag_max=82.00;
float yMag_min=-35.00,yMag_max=52.00;
float xMag_off=38.00,yMag_off=8.50
float xMag_min=-6.00,xMag_max=82.00;
float yMag_min=-35.00,yMag_max=52.00;
float xMag_off=38.00,yMag_off=8.50
```

送信

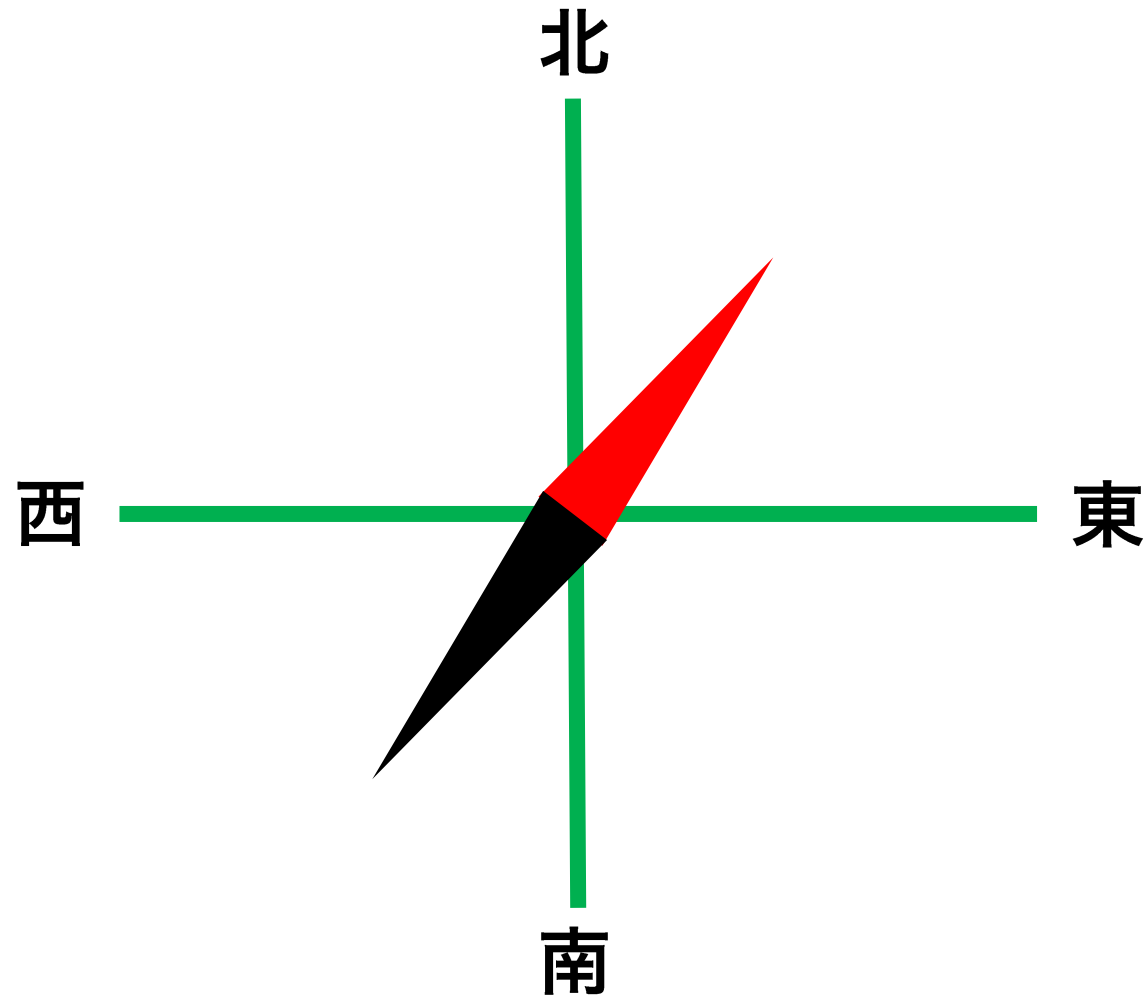
最小値, 最大値, オフセット値

```
float xMag_min=-6.00,xMag_max=82.00;
float yMag_min=-35.00,yMag_max=52.00;
float xMag_off=38.00,yMag_off=8.50
```

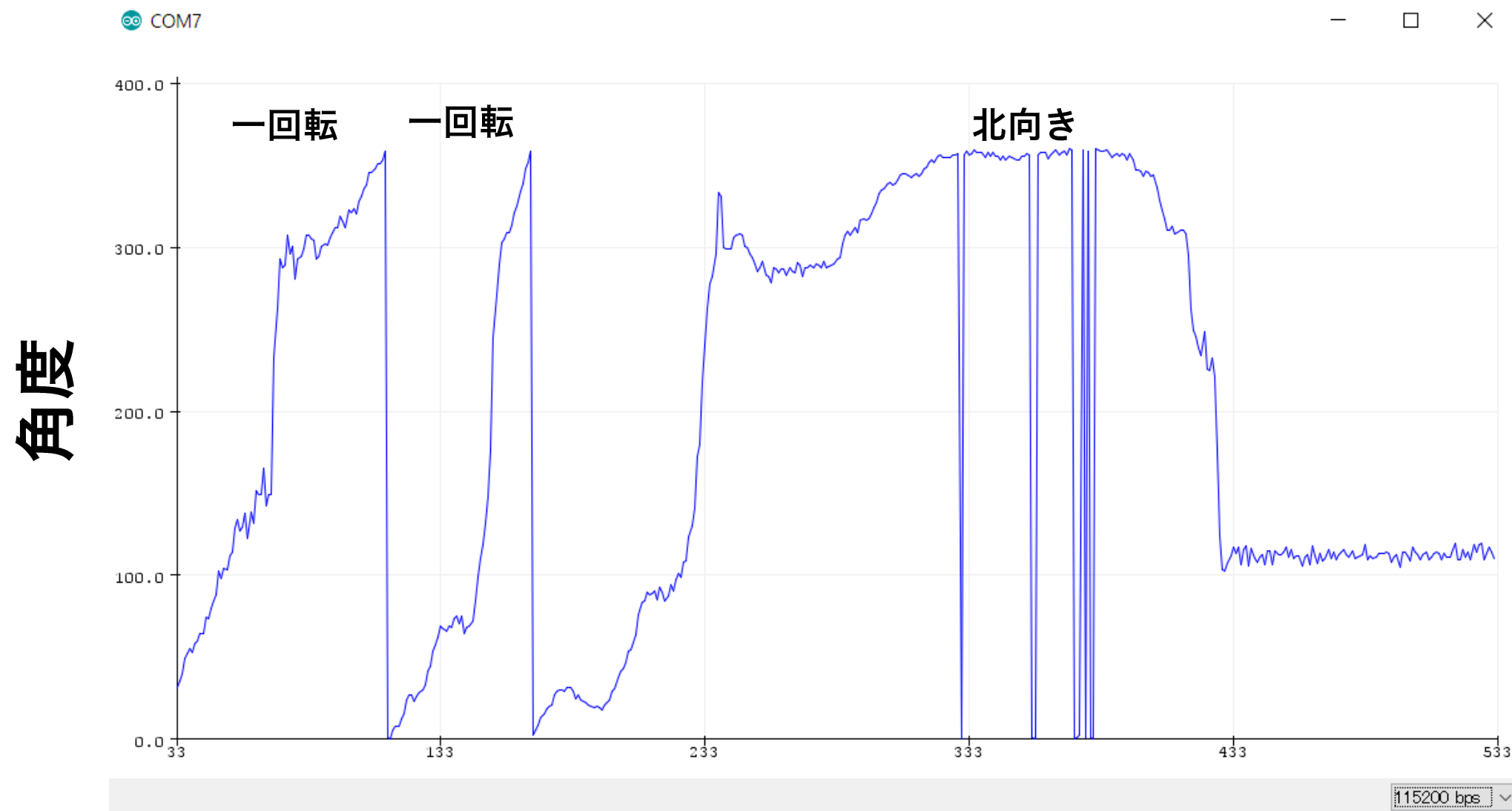
自動スクロール タイムスタンプを表示 CRおよびLF 115200 bps 出力をクリア

Ex0602b | 地磁気センサによるコンパス

▶ コンパス(方位磁石)



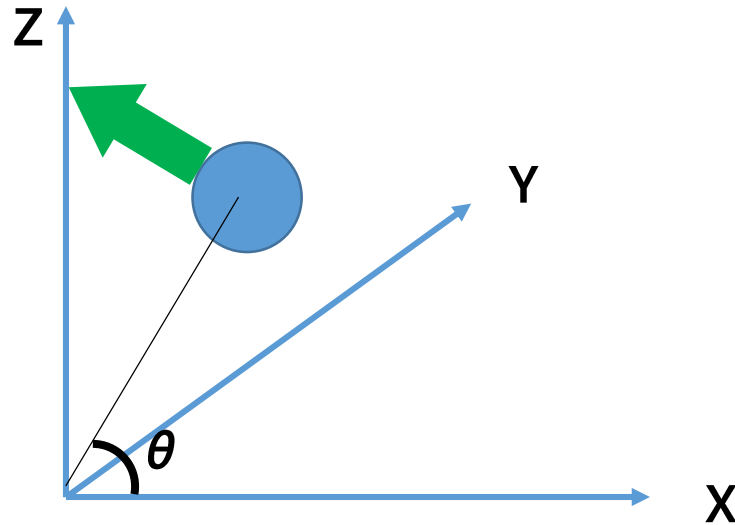
Ex0602b | コンパス 0度~360度



ジャイロセンサ

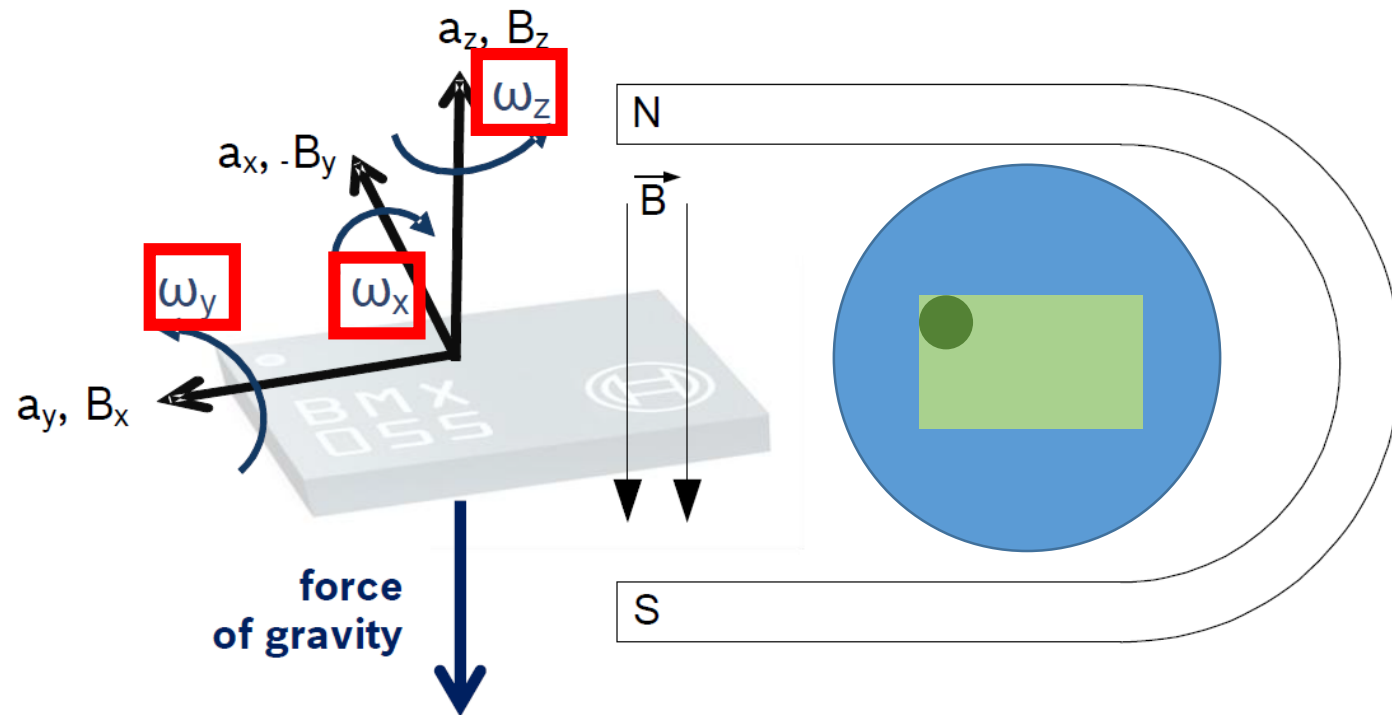
▶ 角速度

- 回転運動している物体が単位時間あたり(1秒間)に回転する角度
- 角度： θ (シータ)
- 単位：degree / s (ディグリーパーセコンド), radian / s (ラジアンパーセコンド)
- ラジアン $\pi = 180$ 度, $2\pi = 360$ 度 ($\pi=3.14159\dots$)

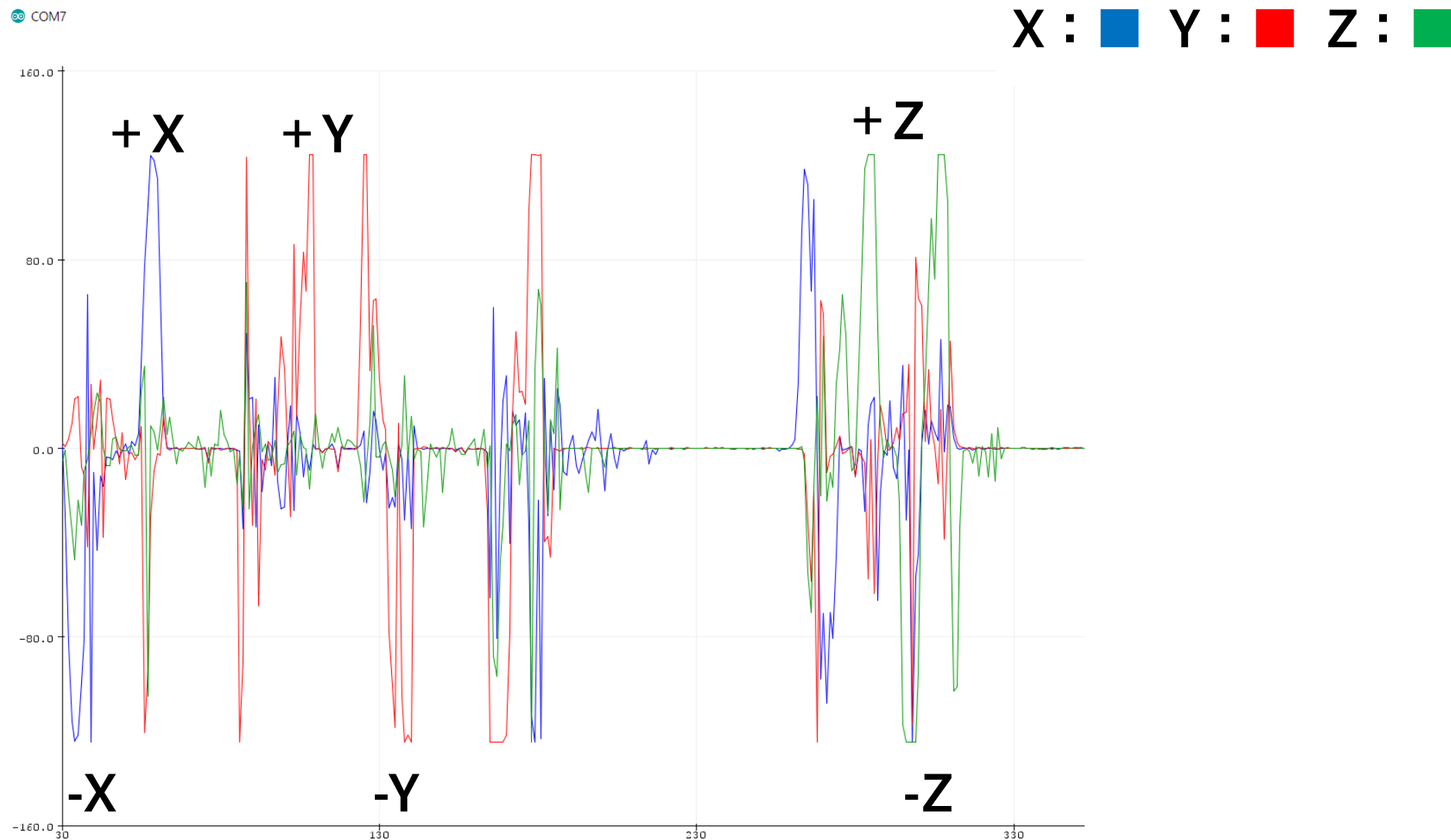


ジャイロセンサ | 動作確認

- ▶ 基板を傾けて，ジャイロセンサの変化を確認
 - X軸，Y軸，Z軸で回転動作
 - ツール→シリアルプロッタ



ジャイロ：X軸，Y軸，Z軸方向の回転



Ex0603 | ジャイロセンサによる計測

- ▶ 関数BMX055_Init() | センサの初期化
- ▶ 関数BMX055_Gyro() | ジャイロセンサの計測値の読み込み
- ▶ 変数 xGyro, yGyro, zGyro | 計測値

```
#include <Wire.h>

// ジャイロセンサの変数(計測値)
float xGyro, yGyro, zGyro;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  delay(100);

  // 加速度・ジャイロ・地磁気センサの初期化
  BMX055_Init();
}
```

```
void loop() {
  BMX055_Gyro();

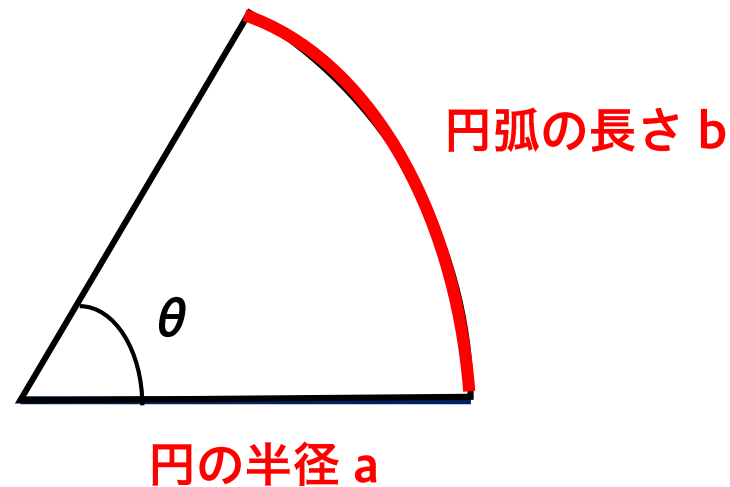
  Serial.print(xGyro);
  Serial.print(",");
  Serial.print(yGyro);
  Serial.print(",");
  Serial.println(zGyro);

  delay(100);
}
```

単位：ラジアン

▶ ラジアン

- 角度の単位：rad (radian)
- ラジアン= 円周上でその円の半径(a)と同じ長さの弧(b)を切り取る2本の半径が成す角 θ の値
- 1ラジアン = 約57.2958度 = $180^\circ / \pi$
 $\pi = 3.141592\dots$



考えてみよう

- ▶ Ex0601の加速度センサで，傾き(角度)を調べる
- ▶ Ex0601の加速度センサで，傾きがある角度を超えるとLED点灯
- ▶ Ex0602bのコンパスで，北を向いたときにLEDを点灯
- ▶ Ex0603のジャイロで，揺れを検知したらLEDを点灯

- ▶ モーションセンサの応用を考えてみよう。