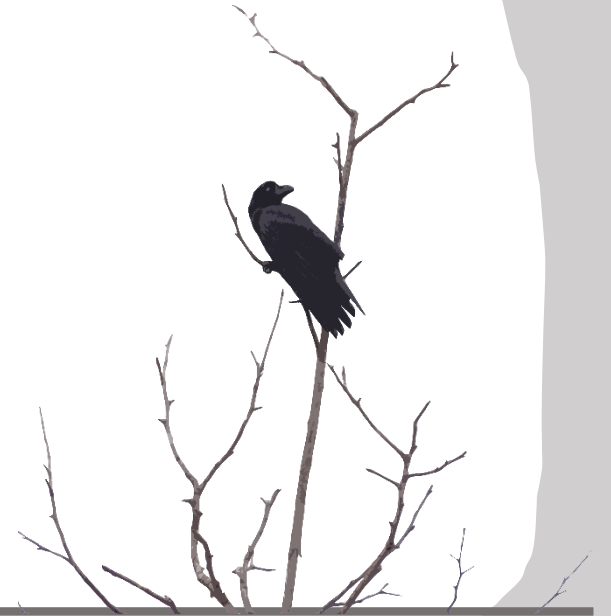


徳島大学 大学開放実践センター 公開講座

センサのしくみを知ろう(基礎編)



徳島大学大学院社会産業理工学研究部総合技術センター
徳島大学理工学部理工学科情報光システムコース
技術専門職員 辻 明典 博士(工学)

- ▶ センサのしくみを知ろう(基礎編)
- ▶ 講師：辻 明典(徳島大学大学院社会産業理工学研究部総合技術センター)
桑折 範彦(徳島大学名誉教授)
川上 博(徳島大学名誉教授)
- ▶ 曜日・時間：土曜日 10時00分～11時30分
- ▶ スケジュール：
 - ① 5/20 概要, 開発環境
 - ② 5/27 温度をはかる
 - ③ 6/3 明るさをはかる
 - ④ 6/10 モータを動かす
 - ⑤ 6/17 動きをはかる
 - ⑥ 6/24 センサを組み合わせる

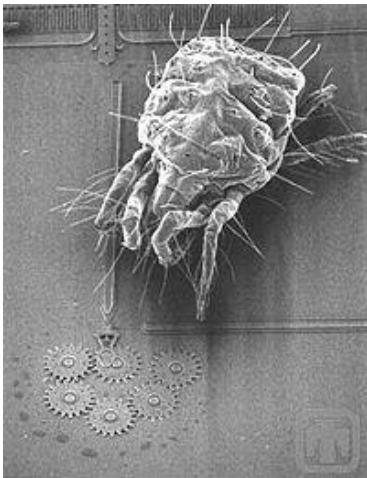
加速度・ジャイロセンサ

▶ 加速度センサ

- ・ 重力・振動, 傾き・動き, 落下・衝撃の検出
- ・ 応用例) エアバック, カーナビ, ドローン, パソコン

▶ ジャイロセンサ

- ・ 回転の検出, 姿勢制御
- ・ 応用例) カメラ(約100 deg/s), ゲーム機(約300 deg/s), 自動車(約30 deg/s), カーナビ(約10 deg/s) (*EPSONジャイロセンサとは ~仕組みとトレンド~)



MEMS技術によって実装された加速度・ジャイロセンサ

MEMS: Micro Electro Mechanical Systems
機械要素部品、センサ、アクチュエータ、
電子回路を一つの基板上に微細加工技術によって集積化したデバイス

サンディア国立研究所 SUMMITT Technologies



加速度・ジャイロセンサ

JJ5マイコンボード (Arduino Nano互換)

D9 : LED(赤色)
D11 : LED(緑色)

A0 : 温度センサ(LM61CIZ)

A1 : 可変抵抗

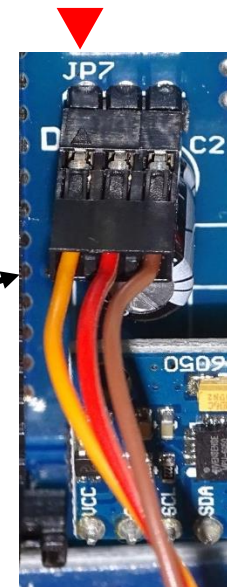
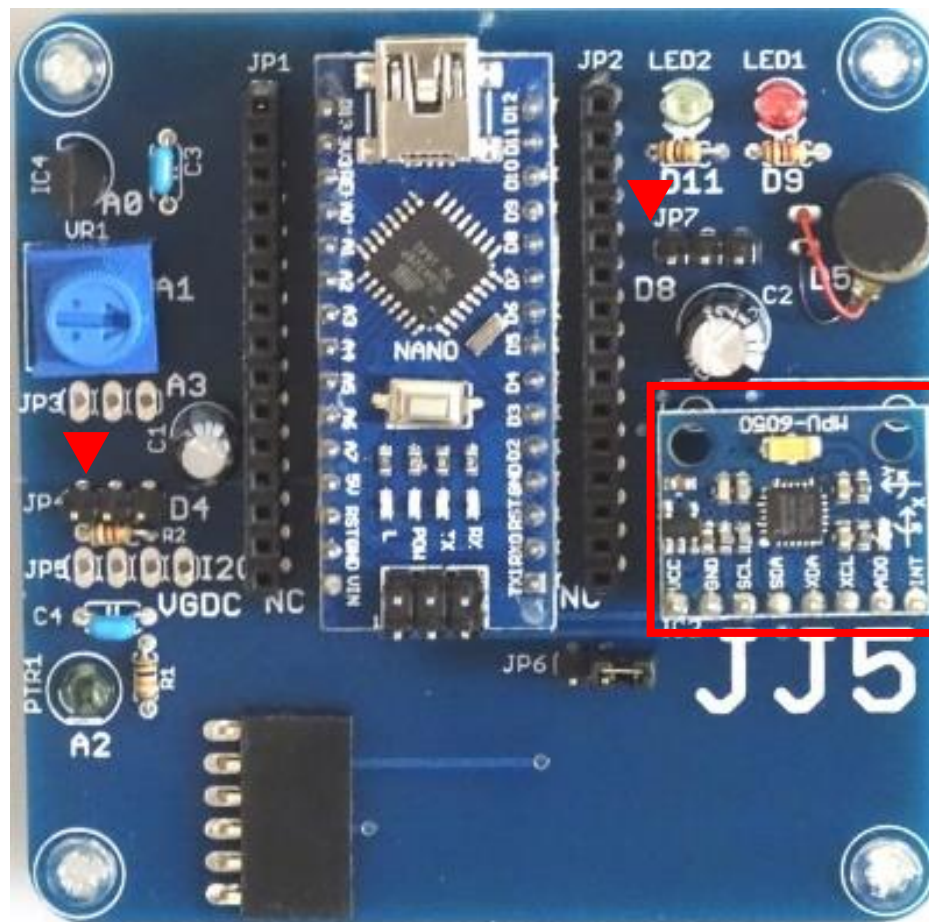
D4 : デジタル温度センサ
(DS18B20)

A2 : 照度センサ
(NJL7502L)

D5 : 振動モーター

D6 : サーボモーター

MPU6050 :
加速度・ジャイロセンサ



加速度

▶ 加速度

- 1秒あたりの速度の変化
- 単位： m/s^2

▶ 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）
- $1.0 \text{ G} = 9.80665 \text{ m/s}^2$ （地球）（参考） 1.622 m/s^2 （月）地球の約6分の1

北緯45度の海上の重力加速度の値

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

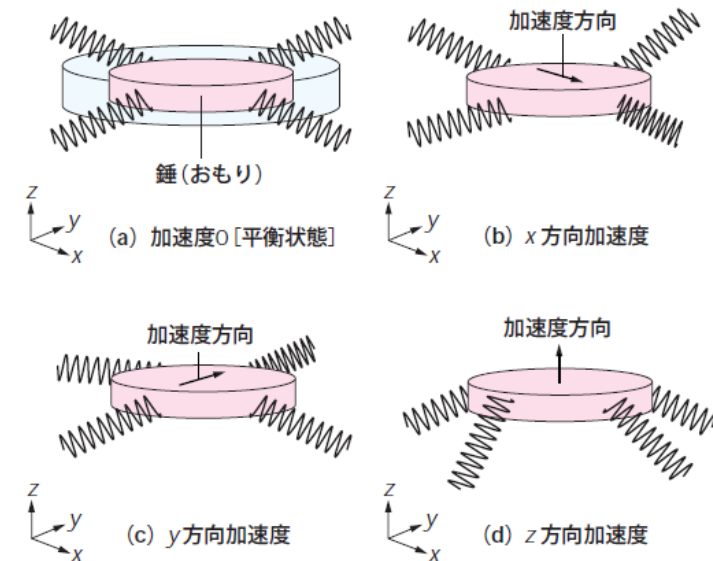
x: ばねの変位(m)

加速度： $a = kx / m$

kとmは既知

xの変位を検出

静電容量，ひずみゲージ
圧電素子など使用

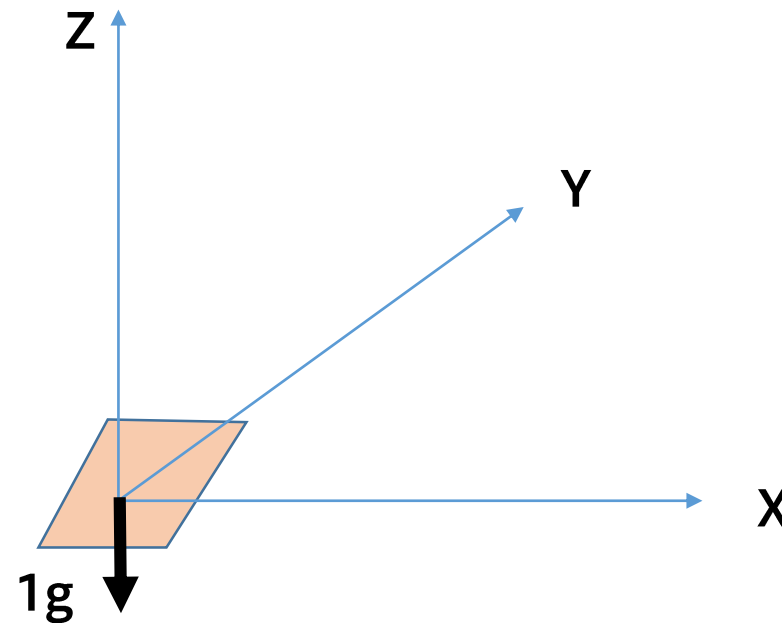


Design Wave Magazine
2007 Aug. CQ出版

静止状態での加速度と角速度

▶ 静止状態での加速度と角速度

- 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 $1g$
- 角速度 X , Y , Z の値は 0



Example0501: 加速度センサ(机に静止)

```
#include <MPU6050.h>
```

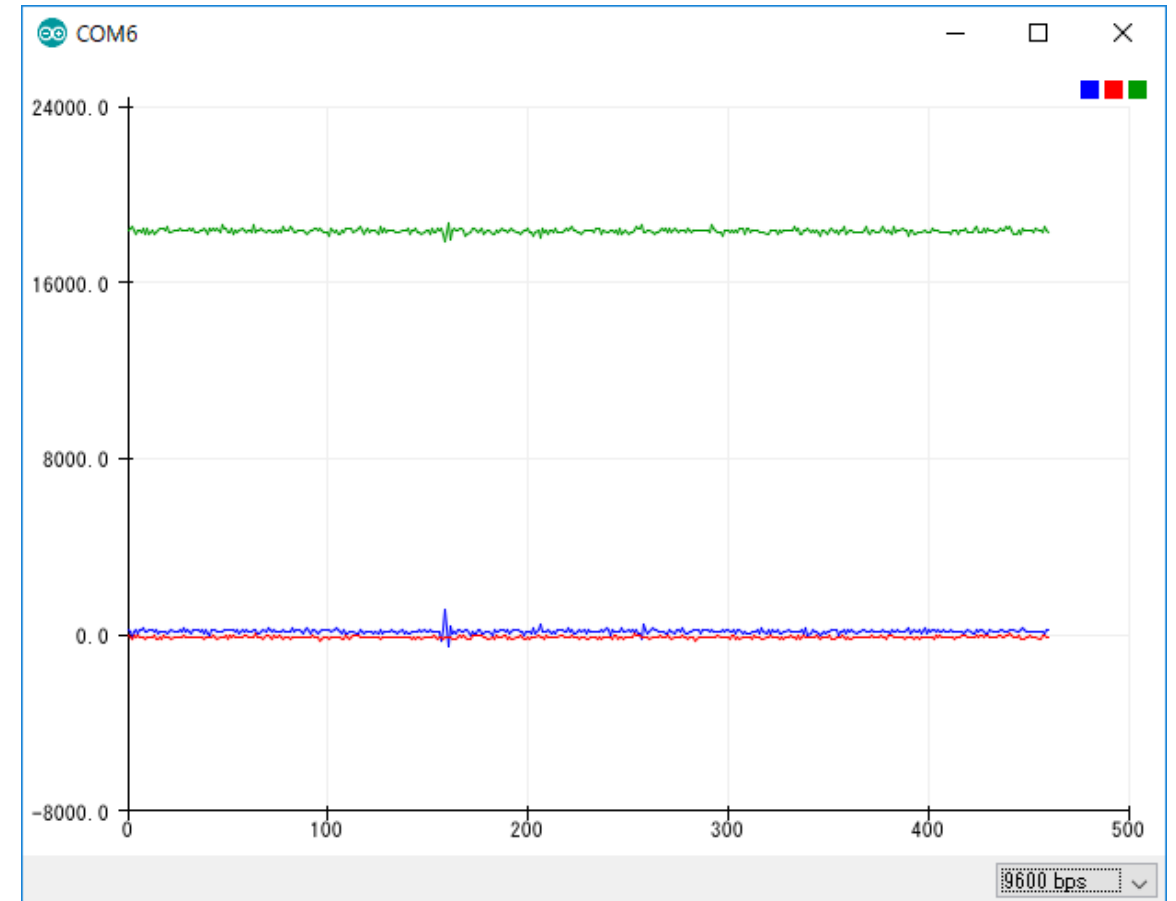
```
MPU6050 accelgyro; // 加速度センサのオブジェクト  
int16_t ax, ay, az; // 加速度センサの値X,Y,Z
```

```
void setup() {  
  Serial.begin(9600);  
  Wire.begin(); // i2c通信開始  
  accelgyro.initialize(); // MPU6050センサの初期化  
}
```

```
void loop() {  
  accelgyro.getAcceleration(&ax, &ay, &az);  
  Serial.print("a:¥t");  
  Serial.print(ax); Serial.print("¥t");  
  Serial.print(ay); Serial.print("¥t");  
  Serial.println(az);  
  delay(100); // 100ms毎に出力  
}
```

▶ プログラムを実行してシリアルプロッタで確認

X: ■, Y: ■, Z: ■



Example0502: 加速度センサ(X, Y, Z方向に回転, 角度)

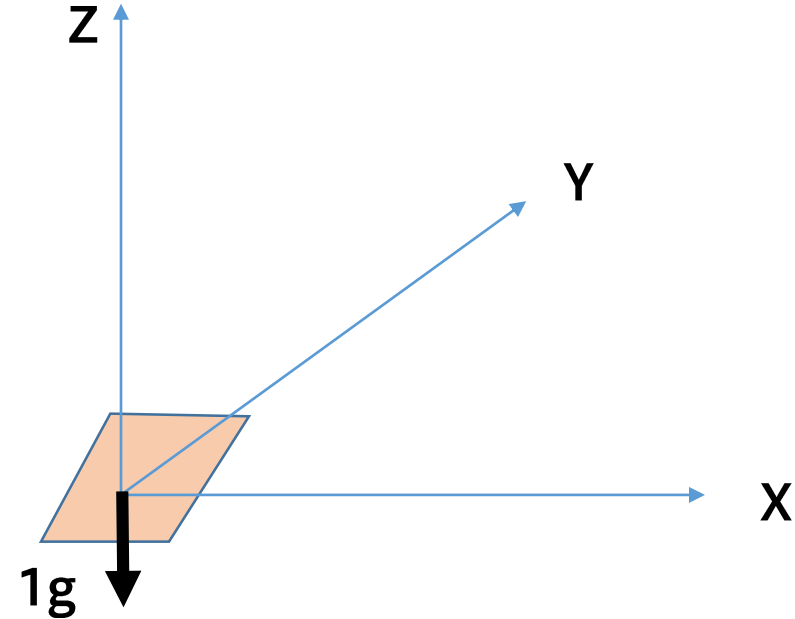
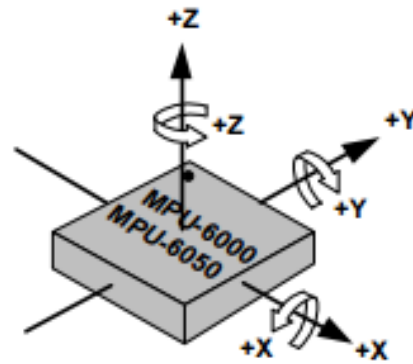
次の状態のとき, グラフがどのように変化するか確認

- ▶ X方向に90度, -90度
- ▶ Y方向に90度, -90度
- ▶ Z方向に0度, 180度

Example0501のX,Y,Zの値を, それぞれ16384で割った値が重力加速度 $1G = 16384$



加速度センサの向き



Example0502a: 加速度センサ(X, Y, Z方向の角度)

- ▶ XとZの角度 θ_x : X-Z平面
- ▶ YとZの角度 θ_y : Y-Z平面
- ▶ XとYの角度 θ_z : X-Y平面

・ xとzの角度 θ_x を求める
 $\tan \theta_x = x / z$
 $\theta_x = \tan^{-1} (x / z)$

θ の単位はラジアン

1ラジアン = $180 / \pi$ [°]

角度[°] = $\theta \times 180 / \pi$

例) $\tan(30) = 1 / \sqrt{3}$
 $\text{atan2}(1, \text{sqrt}(3))$

$\tan^{-1}$: arc tangent

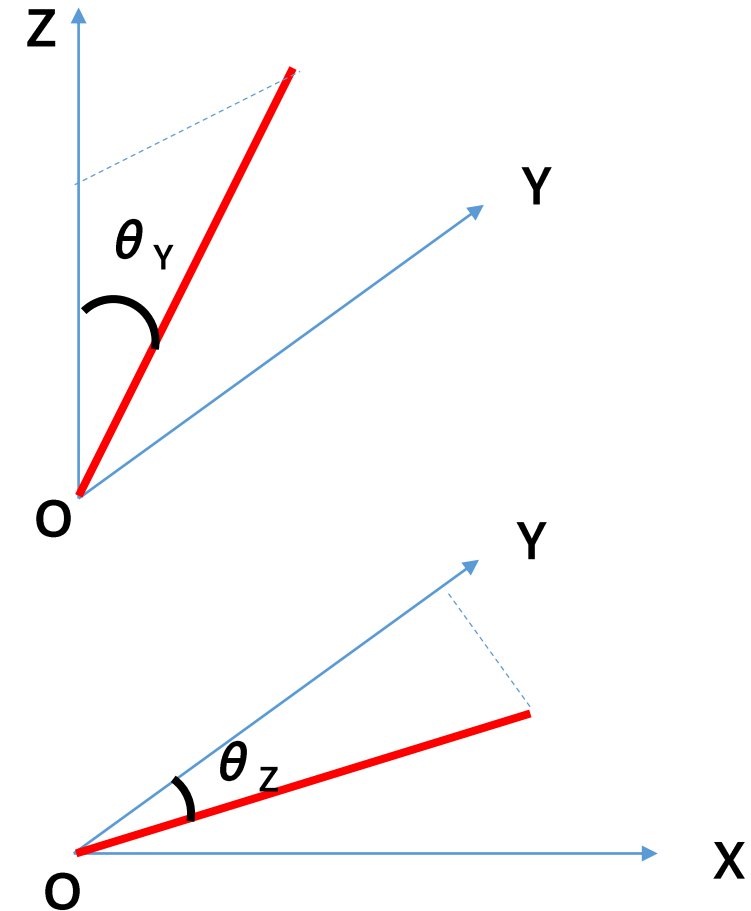
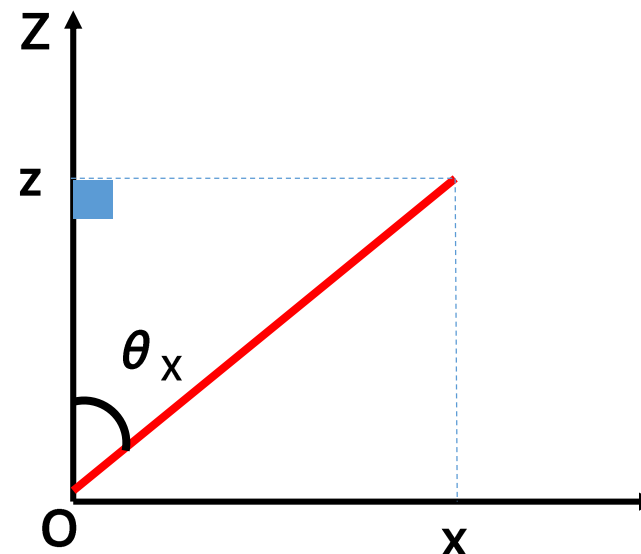
関数: $\text{atan2}(\text{double } y, \text{double } x)$

x, y: y / x

返値: $-\pi \sim +\pi$

・ 角度 θ_y , θ_z も求めてみよう

・ 角度 θ_x

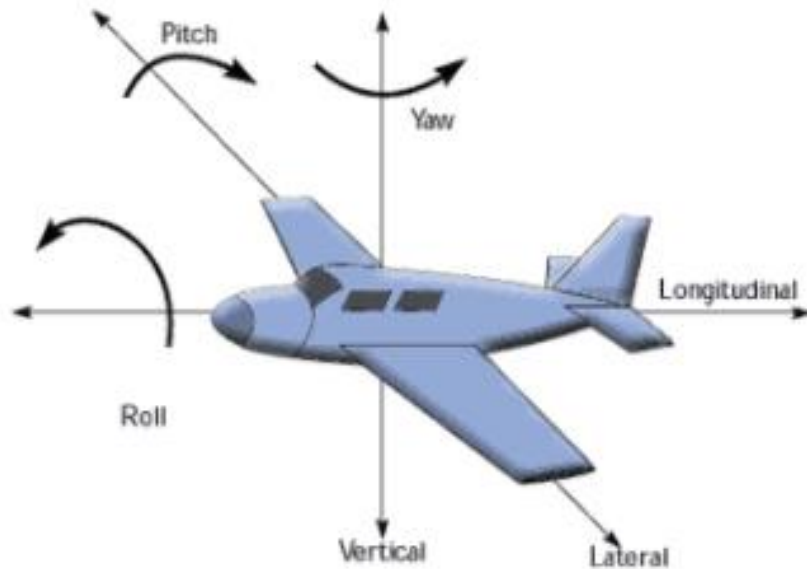


Example0502b: 加速度センサ(ロールとピッチ)

航空機・自動車・船舶の姿勢制御

飛行機の場合：

- ロール：翼の上下（横揺れ）
 - ピッチ：機首（ノーズ）の上下（縦揺れ）
 - ヨー：機首を左右（偏揺れ）
- 前後軸
– 左右軸
– 上下軸

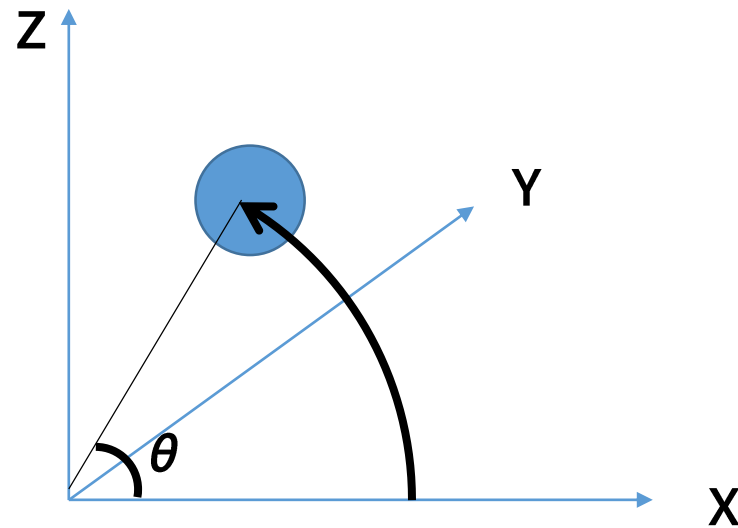


参考画像：novatelより引用

角速度

▶ 角速度

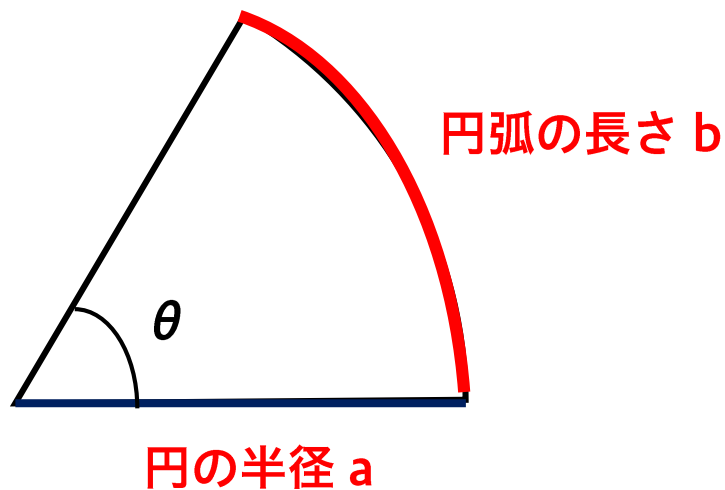
- 回転運動している物体が単位時間あたり(1秒間)に回転する角度
- 角度： θ (シータ)
- 単位： degree / s (ディグリーパーセコンド), radian / s (ラジアンパーセコンド)
- ラジアン $\pi = 180$ 度, $2\pi = 360$ 度 ($\pi=3.14159\dots$)



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 = $180^\circ / \pi$
 $\pi = 3.141592\dots$



Example0503: ジャイロセンサ(机に静止)

```
#include <MPU6050.h>
```

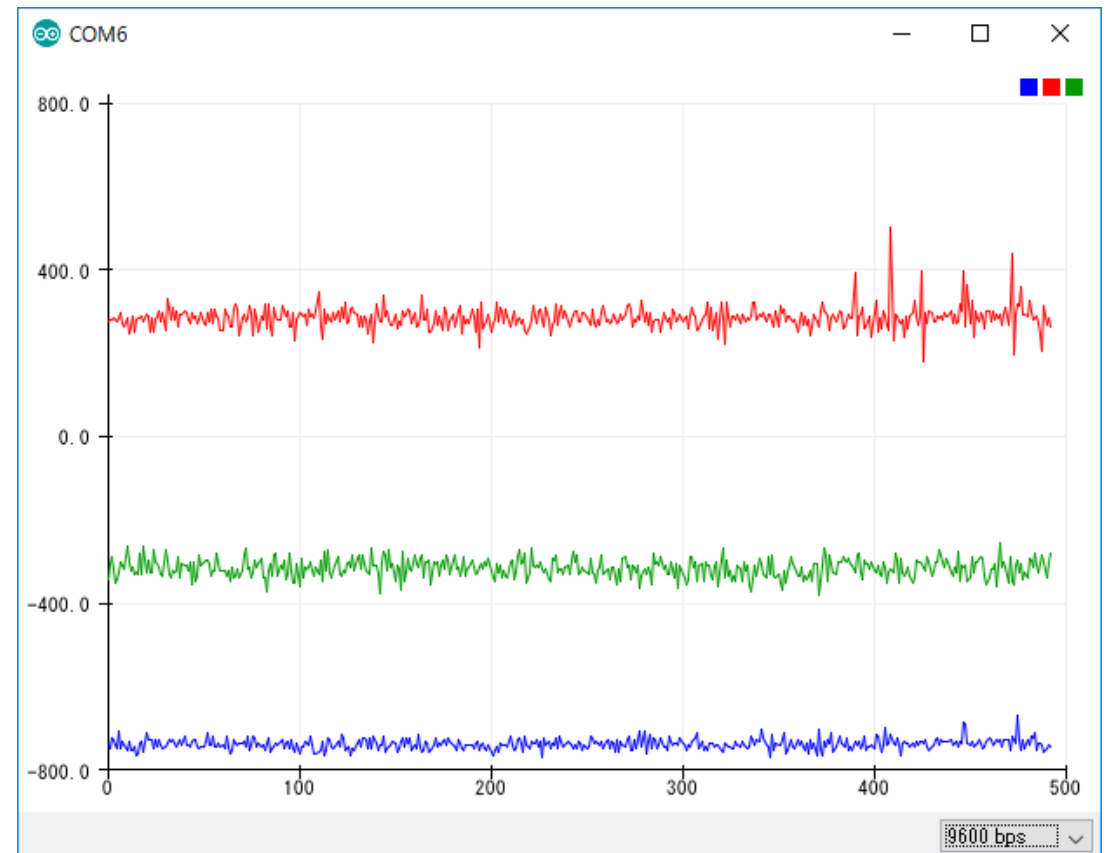
```
MPU6050 accelgyro;  
int16_t gx, gy, gz;
```

```
void setup() {  
  Serial.begin(9600);  
  Wire.begin();  
  accelgyro.initialize();  
}
```

```
void loop() {  
  accelgyro.getRotation(&gx, &gy, &gz);  
  Serial.print("g:¥t");  
  Serial.print(gx); Serial.print("¥t");  
  Serial.print(gy); Serial.print("¥t");  
  Serial.println(gz);  
  delay(100);  
}
```

▶ プログラムを実行してシリアルプロッタで確認

X: ■, Y: ■, Z: ■



Example0504: ジャイロセンサ(X, Y, Z方向に回転)

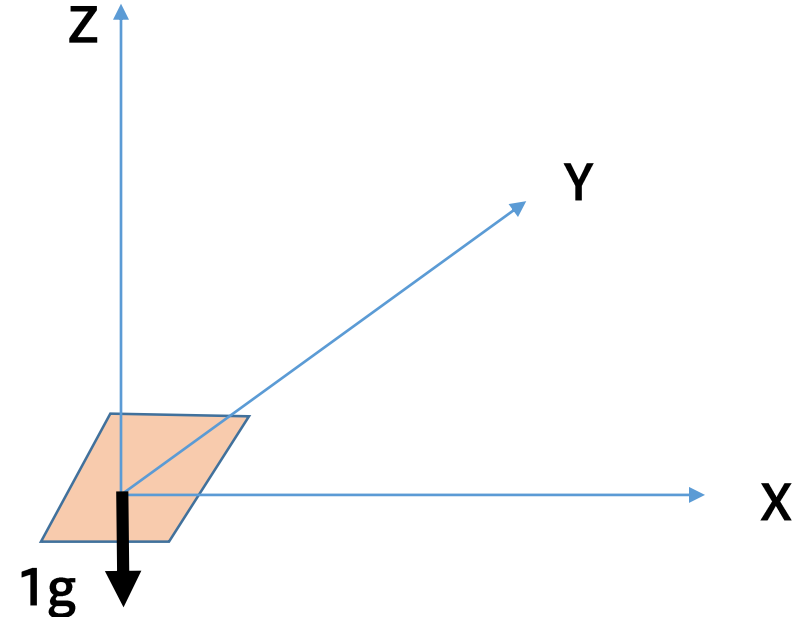
静止状態から次の状態に回転させたとき, どのように変化するか確認

- ▶ X方向に90度, -90度
- ▶ Y方向に90度, -90度
- ▶ Z方向に0度, 180度

Example0503のX,Y,Zの値を, それぞれ131で割った値が角速度 $1.0 \text{ deg / s} = 131$



ジャイロセンサの向き



▶ センサとアクチュエーターを組み合わせる

