

第2章

拡張カルマン・フィルタを用いて
加速度/角速度センサから姿勢を抽出する

数式を.mファイルへ…姿勢の抽出アルゴリズムを作る

近藤 亜希子

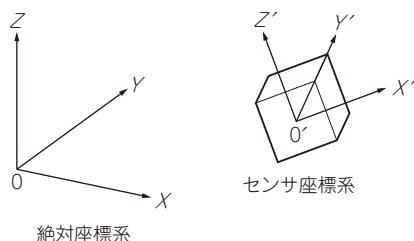


図1
絶対座標系と
センサ座標系

センサから姿勢を計算する

ここでは加速度センサ、角速度センサによる姿勢情報抽出のアルゴリズムをMATLABで作ります。

● センサの座標系と「姿勢」の関係

6軸の慣性計測ユニット(IMU)によって得られる計測情報は3軸の角速度と3軸の加速度です。より正確に言うと「センサ座標系における角速度、加速度」です(図1)。

センサ座標系は、センサ上に設定された座標系のことを指します。センサの動きとともに座標系は変化していくことになります。それに対して、地球上の重力方向や北方向を基準として固定された座標系を固定座標系と言ったり、地球上において一定と考えることができることから注1絶対座標系と言います。

重力方向に対する傾きや北方向を基準とした方位が姿勢としてよく用いられますが、これは絶対座標系から見たセンサ座標系の方位、傾きのことを指します。また、2つのセンサの間の座標系は相対的な運動を表すことから、相対座標系として表すことができます。例えば、上腕と前腕に慣性センサを取り付けて相対座標系の姿勢を計算すると、それは関節角度を表していることになります(図2)。

● 姿勢表現に用いられるロール・ピッチ・ヨー角

姿勢の表現には複数の方法がありますが、直感的に分かりやすいのは角度を用いる場合です。3つの角度を用いて姿勢を表現する方法として、広義のオイラー

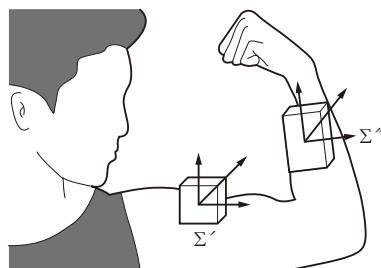


図2
2つのセンサの相対
姿勢は関節角度

角であるロール、ピッチ、ヨー角が広く用いられています(図3)。飛行機などの姿勢を表す際にも使われているので、聞いたことがあるかもしれません。

ロール、ピッチ、ヨー角はZ軸→Y軸→X軸の順番で座標軸を回転させる手法で、各軸の回転を表したロール角(ϕ)、ピッチ角(θ)、ヨー角(ψ)を用います。絶対座標系 Σ_0 をZ軸周りに角度 ψ 回転させたものを座標系 Σ_0' 、座標系 Σ_0' をY軸周りに角度 θ 回転させたものを座標系 Σ_0'' 、座標系 Σ_0'' を角度 ϕ 回転させたものをセンサ座標系 Σ_S とすると、各座標系の関係は回転行列 R を用いて表すことができます。

$${}^0R_{0'} = \begin{bmatrix} \cos\psi & -\sin\psi & 0 \\ \sin\psi & \cos\psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(1)$$

$${}^0R_{0''} = \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 & \sin\theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\theta & 0 & \cos\theta \end{bmatrix} \dots\dots\dots(2)$$

$${}^0R_S = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\phi & -\sin\phi \\ 0 & \sin\phi & \cos\phi \end{bmatrix} \dots\dots\dots(3)$$

$${}^0R_S = {}^0R_{0'} \cdot {}^0R_{0''} \cdot {}^0R_S \dots\dots\dots(4)$$

今回紹介する方法は、方位情報を含まないロール角、ピッチ角を推定する方法です。

● ロール・ピッチ・ヨー角の制限

ロール・ピッチ・ヨー角には、それぞれの角度範囲に制限があります。ロール角 ϕ が $-180^\circ < \phi < 180^\circ$ 、

注1：場所によって若干は変化します。