

2組の3軸加速度センサを用いたウェアラブルモーションセンサシステムの開発

知能機械 力学研究室 河本あかり

1. 緒言

現在、剛体の傾斜角の推定には角速度を積分して姿勢角度を求めるジャイロセンサ（レートジャイロ）が多く用いられている。しかし積分動作を行うと、積分誤差の蓄積が懸念される。そこで積分による誤差の蓄積を解消し高い精度の姿勢角度を検出するため、ジャイロセンサに加速度計や地磁気センサ等を組み合わせた姿勢センサが主流となっている。しかしながら、これらの方法はセンサが高価であったり外乱に弱く、場所の制約を受けるなどの問題点がある。

そこで本研究では、安価な3軸の加速度センサのみを2組用いて、剛体の姿勢角度を求めるセンサシステムの開発を目指している。姿勢角度算出を理論的に導出し、また、理論計算値の複数解の妥当性を検討するためシミュレーションをおこなう。

2. 加速度センサのみであることの利点と課題点

現在、多くの加速度センサは小型で、大量安価な生産が可能であるため、有効な測定手段となりえる。またジャイロセンサと異なり、静止した角度を積分動作なしで求めることができる。

課題となる点は、加速度センサが感知するのは局所座標系上での加速度であり、動的状態では重力加速度と運動による加速度の両方を検出するため、動的状態では重力加速度と運動による加速度を分離させる必要があることである。

3. 理論計算

一端単純支持の剛体について静止状態での姿勢角度は加速度センサ1組(Fig.1のA)を用いて、式(1)として算出される。

$$\theta_1 = \tan^{-1} \left(\frac{\alpha_x}{-\alpha_z} \right) \quad \dots(1)$$

動的状態での場合分けは以下で示す a) ~f) とする。

<一端単純支持で1方向回転の場合>

- a) 回転のみ
- b) 支持点に既知の X 方向, Z 方向加速度
- c) 支持点に未知の X 方向加速度
- d) 支持点に未知の Z 方向加速度
- e) 支持点に未知の X 方向, Z 方向加速度

<一端支持の剛体が2方向回転の場合>

- f) 回転のみ

a)の姿勢角度 (Fig.1の θ_1) は加速度センサを2組(A, B)用いて式(2)として算出される。

※ r_1 , r_2 は支持点からセンサ A, B までの距離,

$\alpha_x, \alpha_z, \beta_x, \beta_z$ はセンサ A, B の x', z' 方向の加速度とする。

$$\begin{cases} \alpha_x \cdot r_2 - \beta_x \cdot r_1 = g \cdot (r_1 - r_2) \cdot \sin \theta_1 \\ \alpha_z \cdot r_2 - \beta_z \cdot r_1 = -g \cdot (r_1 - r_2) \cdot \cos \theta_1 \end{cases}$$

$$\therefore \theta_1 = \tan^{-1} \left(\frac{-r_2 \cdot \alpha_x + r_1 \cdot \beta_x}{r_2 \cdot \alpha_z - r_1 \cdot \beta_z} \right) \quad \dots(2)$$

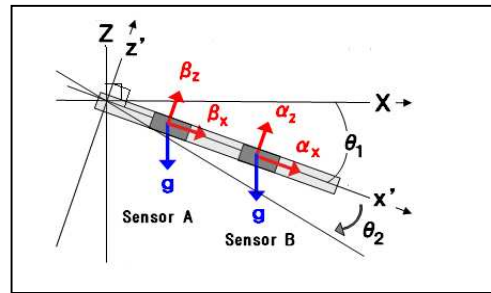


Fig.1 Simple rigid body rotates around the Y axis

b)~f)も同様の計算プロセスから姿勢角度を算出する。

4. シミュレーション方法

今回 Mathematica を用いた。姿勢角度 (θ_1) をあらかじめ設定し、設定した角度から加速度センサが検出するであろう加速度成分を求める。その加速度成分を理論計算で導いた姿勢角度の式に代入し、姿勢角度 (New θ_1) を算出して、姿勢角度 θ_1 , New θ_1 の比較をおこなう。

今回は a) の場合で、実際の加速度センサを用いた実験もおこなっている。

5. 考察と結言

a)~f)で、理論値とシミュレーション値はほぼ一致した。また、シミュレーションでは2組の解が得られる場合があるが、 α_x の初期値を考慮することで2組の解の使い分けが

できる。一例として、c) のシミュレーション結果を Fig.2 で示す。

今後は他の条件の場合においても同様の実験を行い、2方向回転の場合の理論計算をさらに進める。

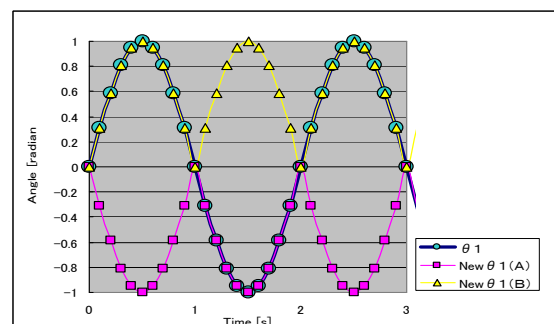


Fig.2 c) Angle comparison of θ_1 and New θ_1 (A),(B)