

2組の3軸加速度センサを用いたモーションセンサシステムの開発

1. 研究背景と目的

現在、動作中の剛体の姿勢角を求める方法として、ジャイロセンサにより測定した角速度を積分することで姿勢角を求める方法が多く用いられている。しかし、積分を行うと時間経過とともに積分による誤差が蓄積するなどの問題がある。そのためジャイロセンサを用いた姿勢センサには、加速度計や地磁気センサを使い積分による誤差を補正するという方式が主流となっている。さらにジャイロセンサは加速度計に比べ高価であり、地磁気センサは外乱に弱く、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、より安価な3軸加速度センサを2組用いることにより、積分による誤差の蓄積なしに剛体の姿勢角を求めるモーションセンサシステムの開発を進める。

今回は理論に基づき実際の3軸加速度センサを使用した場合の実験方法とその結果について報告する。

2. 加速度センサを利用することによる利点と課題点

加速度センサの利点として、小型で安価であることが挙げられる。さらに剛体が静止状態の場合には積分なしに姿勢角を求めることができる。

課題点として、加速度センサの原理としては加速度が力に比例することを利用して、重力による加速度と回転による加速度が生じるような運動においては、それらを分離して考える必要があるということである。

3. 推定方法

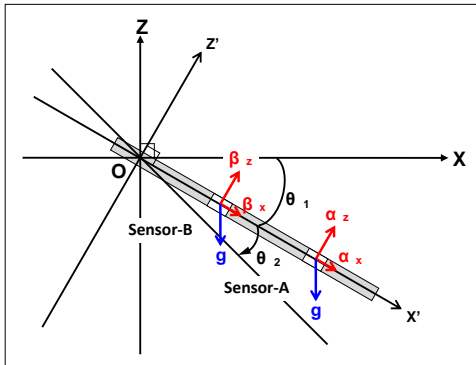


Fig.1 Rotation of rigid body in the X-Z plane

Fig.1 に示すように剛体の一端が点 O により支持され、基準座標系 X, Z から θ_1 の姿勢状態で 1 方向へ微小角度 θ_2 回転する場合、加速度センサ A, B による x', z' 方向の加速度 $\alpha_x, \alpha_z, \beta_x, \beta_z$ は回転による加速度成分と重力加速度による加速度成分により以下の式で表すことができる。

$$\begin{cases} \alpha_x = -r1 \cdot \dot{\theta}_2^2 - g \cdot \sin\theta_1 \\ \alpha_z = r1 \cdot \ddot{\theta}_2 + g \cdot \cos\theta_1 \end{cases} \quad \begin{cases} \beta_x = -r2 \cdot \dot{\theta}_2^2 - g \cdot \sin\theta_1 \\ \beta_z = r2 \cdot \ddot{\theta}_2 + g \cdot \cos\theta_1 \end{cases}$$

以上の式の組み合わせから姿勢角 θ_1 は (1) 式により表され、さらに θ_2 回転による角速度は (2) 式より、角加速度は (3) 式でそれぞれ表すことができる。

$$\theta_1 = \tan^{-1} \left(\frac{-r2 \cdot \alpha_x + r1 \cdot \beta_x}{r2 \cdot \alpha_z - r1 \cdot \beta_z} \right) \quad \dots (1)$$

$$\dot{\theta}_2 = \pm \sqrt{\frac{-\alpha_x + \beta_x}{r1 - r2}} \quad \dots (2)$$

$$\ddot{\theta}_2 = \frac{\alpha_z - \beta_z}{r1 - r2} \quad \dots (3)$$

$r1, r2$: 支持点から加速度センサ A, B までの距離

$\dot{\theta}_2$: θ_2 回転による角速度 $\ddot{\theta}_2$: θ_2 回転による角加速度

4. 実験方法と結果

理論と同様に一端単純支持の剛体が 1 方向回転する場合の姿勢角および角速度の算出を行った。加速度の測定には Sunhayato 製の 3 軸加速度センサ MM-2860 を使用し、(1) 式から姿勢角を、(2) 式から角速度を算出し、MicroStrain 製の 3 軸角度センサ 3DM-GX1 から出力される姿勢角と角速度との比較を行った。動作条件としては剛体が真下に静止している状態から時計回りに約 40 度の往復運動とした。

Fig.2 の姿勢角の比較結果において加速度センサの測定値から算出した姿勢角と角度センサから出力される姿勢角はほぼ一致していることがわかる。このことから 2 組の 3 軸加速度センサを用いて、積分なしに姿勢角を算出することが可能であることを示すことができた。また、Fig.3 での角速度の比較結果では回転速度を上げるなどの条件設定をすることにより良好な結果を得ることができた。この結果から、速い速度での回転運動においてはジャイロセンサの代わりとしても利用することが可能であると考えられる。

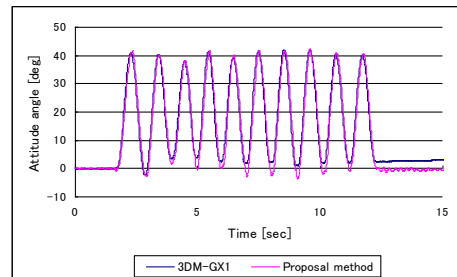


Fig.2 Attitude angle

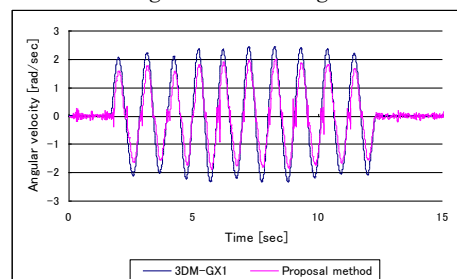


Fig.3 Angular velocity