

ご購入はこちら

舞いあがれ 人力飛行機

第12回 加速度/角速度センサやGNSSを駆使…姿勢推定は難しい

樋田 啓

人力飛行機に限らず、航空機の姿勢は飛行状態を把握するために非常に重要な要素です。

今回は人力飛行機のコンテストに15年ほど参加してきた筆者が、人力飛行機の姿勢推定について紹介します。

安価なセンサでの姿勢推定は難しい

姿勢推定で中心的な役割を果たすのはジャイロ・センサです。

ジャイロ・センサは角速度を測定するので、原理的には測定値を積分することで角度、つまり機体の姿勢を求めることができます。

しかし、スマートフォンなどで使われる安価なMEMS (Micro Electro Mechanical Systems) ジャイロ・センサでは、このような単純な方法で実用的な姿勢角を求めることはできません。現実のジャイロ・センサでは感度やオフセットといったパラメータを寸分のずれなく正確に求めることは困難です。

さらに、これらのパラメータは温度などの外部要因で変化します。このため、積分時間が長くなるに従い、真の姿勢角と推定値がどんどん乖離^{かいり}していくドリフトが生じます。

姿勢を推定するためには加速度センサを使うこともできます。この方法では、加速度センサにより重力加速度の向きを測定し、そこからピッチ・ロール角を求めます(ヨー角は求められない)。

重力加速度の測定をある時刻で1度だけ行えば姿勢角が求まるので、ジャイロ・センサのようなドリフトの問題は生じません。しかし、重力加速度を基準とするという原理から、運動による加速度がかかる場合には、姿勢角の推定値にずれが生じます。

ジャイロと加速度センサで姿勢角を得る

このような欠点を克服するために、ジャイロ・センサと加速度センサをうまく組み合わせるセンサ・フュージョン・アルゴリズムが使われています。代表

的なものに、相補フィルタやMadgwickフィルタ⁽¹⁾が挙げられます。Madgwickフィルタは計算量が少ないため、計算能力のあまり高くないマイコンにも適しています。

● 単体で姿勢角を得られるモジュールもある

慣性センサ(ジャイロ+加速度の6軸)の中には、単体で姿勢角を得られるモジュールもあります。詳細なアルゴリズムは不明なものの、姿勢推定処理を行って得たデータを出力します。そのためマイコンで計算することなしに姿勢角を得られます。そのようなセンサの例として、TDKのセンサ(Digital Motion Processor ; DMPと呼ばれるアルゴリズムを内蔵する)やボッシュのものが挙げられます。

● 実機で測定してパラメータを調整する

センサ・フュージョン・アルゴリズムでは、大抵の場合、加速度センサの情報を重視するか、ジャイロ・センサの情報を重視するかを決めるパラメータがあります。

これはMadgwickフィルタでは β で表され、 $\beta=0$ はジャイロ・センサの情報だけを使う場合に対応します。 β が大きくなるにつれ加速度センサの情報を重視します。

パラメータを調整することで、推定される姿勢を真の値に近づけられます。画像・映像などの他の方法をもとにして、より真の姿勢角に近いと思われるデータを取得し、値を突き合わせることでパラメータを調整します。従って何度かフライトを繰り返し、データを取りながら調整する必要があります。

実測値による比較

図1(a)にMPU-6000(TDK)内蔵のDMPと、マイコン上でも動くMadgwickフィルタで推定した姿勢角との比較を示します。

このフライト・データは、琵琶湖に設置されたプラットフォームから飛行した滑空機のもので、フラ

第3回 フライト・ロガーのソフトウェア(2023年4月号)

第4回 機体のあちらこちらに取り付けたセンサ・データの集め方(2023年5月号)

第5回 機体の推力に直結するクランク回転数の測定(2023年6月号)