

ご購入はこちら

# 舞いあがれ 人力飛行機

第11回 高度、姿勢、測量…GNSSによる高精度測位の恩恵

樋田 啓

人力飛行機の電装系において、GNSS (Global Navigation Satellite System) 受信機は必須の装備です。ほぼ全ての機体に搭載されています。近年では安価なモジュールの登場により、手軽にセンチメートル級の精度で測位できるようになっています。

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、GNSSによる高精度測位について人力飛行機への応用を紹介します。

GNSSによる測位データは、人力飛行機の航法において中心的な役割を果たします。パイロット用ディスプレイに地図とともに現在位置を表示したり、飛行後に飛行経路を解析したりするために使われます。

対地速度も測定可能です。別の方法で測定した対気速度との差を取れば、風速の推定も可能です。これらの目的には、メートル級の精度を持つ通常のGNSSモジュールを用いれば十分な場合が多いです。

一方でセンチメートル級の精度で測位できるGNSSモジュールを導入すれば、さらに次のような場面でも役立ちます。

- 滑走路のGNSS測量 (非機載用途)
- 対地高度の推定 (機載用途)
- 姿勢角の推定 (機載用途)

## 高精度測位の利点1： 滑走路のGNSS測量

琵琶湖で行われる飛行コンテスト以外に、飛行距離や飛行速度などの公認記録更新を目指して、記録飛行を行う場合があります。

記録として認定されるためには滑走路の傾きや飛行コースの形状といったレギュレーションが守られていることを、測量などによって客観的に証明する必要があります。証拠としての測定を測量業者などに依頼する前の予備計測の手段として高精度GNSS測位を活用できます。

## 高精度測位の利点2：対地高度の推定

超音波距離計やLiDARなどで直接測定できる対地

高度ですが、高精度GNSS測位の結果を使って、推定値を得ることもできます(2023年11月号の連載第8回も参照)。

メートル級精度のGNSSモジュールでは、地面の裏に隠れるGNSS衛星からの信号は受信できないという理由で、緯度・経度に比べ高度方向の精度が低くなる場合が多いです。そのため、サブメートル程度の精度が必要な人力飛行機の高度推定には向いていません。しかし、センチメートル級精度のGNSS測位の結果からは対地高度を十分な精度で推定できます。

ただし、この方法で滑走路に対する対地高度を推定する場合は、地面の傾きに注意が必要です。GNSS高度は、測位の基準である地球楕円体(ほとんどの場合WGS-84楕円体)からの値なので、滑走路の標高が場所によって変化する場合、その補正が必要です。標高のデータは、例えば国土地理院による5mメッシュ航空レーザ測量<sup>(1)</sup>から得られます。

## 高精度測位の利点3： 機首方位角の推定

人力飛行機では主に、次のどちらかによって姿勢角を推定しますが、これらではヨー角(機首方位角)を正しく求めるのが難しい場合が多いです。

- 低価格なMEMS加速度センサとジャイロ・センサを用いた慣性航法装置(INS; Inertial Navigation System)
- INSとGNSSの組み合わせ(INS/GNSS)

### ● 飛行中の機首方向を知るの難しい

#### ▶ 加速度センサによる測定

単体の加速度センサを用いた場合、重力加速度の方向をもとに姿勢角を求めることができます。重力加速度の3成分(x, y, z)から、次の3つの値を計算できます。

- 重力加速度の大きさ
- ピッチ角
- ロール角

しかし、重力加速度の方向は鉛直下向きであるため、ヨー角は求められません。

#### ▶ ジャイロ・センサによる測定

ジャイロ・センサでは、地球の自転の向きを測定す

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)

第6回 対気速度の測定…ピトー管とペーン式(2023年8月号)

第7回 風向計…ペーン式と多孔ピトー管式(2023年10月号)