

卒業論文要旨

固定翼無人航空機の計測制御システムの開発

Development of measurement and control system for fixed-wing unmanned aerial vehicle

システム工学群

機械・航空システム制御研究室 1180140 福井 太志

1. 緒言

上空からの情報収集及び観測の手段として無人航空機の需要が高まっており、用途として生態調査、遭難者の捜索、災害監視等が挙げられる。無人航空機には主に回転翼機タイプと固定翼機タイプが存在し、それぞれ短所と長所が存在する。表1の様に回転翼機タイプは航続距離が短く、可搬重量が少ない。風による擾乱に弱いが垂直離着陸が可能である。固定翼機タイプは航続距離が長く、可搬重量が大きく、風に強いが、垂直離着陸ができない。そこで本研究では回転翼より長所が多い固定翼機について開発を行う。

本研究は、災害時の対応に当たる小型固定翼無人航空機の開発を行う。体の特徴として、山岳風あるいは海風等を利用し低速で定点飛行を行う。固定翼無人航空機の開発のために、実際に試験機を飛行させて、機体の状態量の計測、低速飛行が可能かの確認、機体の安定係数の推定、機体のモデル化、向かい風を利用した低速飛行する方法の提案を目的とする。

2. 試験機の開発

図1に飛行試験によって機体状態を測定するために使用した機体を示す。機体は市販されている固定翼模型飛行機を使用し、全備重量1070g、スパン1100mm、胴体長864mmである。測定機器にはpixhawkを用いる。Pixhawkに搭載、接続されているセンサーの緒元を表2に示す。

モーター、エレベーター、ラダー、エルロンを用いて機体の操作を行う。測定機器は機内への搭載が困難なため、機体上部および左翼に搭載する。加速度、角速度、姿勢角、対地速度、対気速度、緯度、経度、高度の測定が可能である。

3. 試験機を用いた飛行試験

3.1 測定方法

機体上部、左翼に搭載されたセンサーによって機体状態の計測を行った。上部に搭載されている6軸センサー、地磁気、GPSセンサーにより加速度、角速度、姿勢角、緯度、経度、高度、対地速度を測定し、図2のように左翼に機首軸方向に搭載されているピトー管より対気速度の測定を行った。

3.2 飛行試験

試験飛行は手動制御により試験機を周回飛行させることで行った。地上から滑走によって離陸を行い、その後周回飛行に移った。

Table 1 Advantages and disadvantages of fixed wing aerial vehicle and rotorcraft

	fixed-wing aerial vehicle	rotorcraft
Cruising distance	long	short
Payload	many	few
Wind disturbance	strong	weak
VTOL	×	○



Fig. 1 fixed-wing unmanned aerial vehicle



Fig. 2 Pitot tube

sensor	gyroscope	accelerometer / magnetometer	3-axis accelerometer/gyroscope	barometer	GPS	pitot tube
Model number	L3GD20H	LSM303D	MPU 6000	MS5611	NEO-M8N	4525DO
Measurement range	±2000 [dps]	±16[g]/±12[gauss]	±16 g/ ±2000 [dps]	450~1100mbar		roughly up to 100 m/s

Table 2 Sensor specifications

4. 測定結果と考察

図3にピッチ角およびロール角、角速度、加速度、対地、対気速度の測定結果を、図4に機首方位、対地速度方向、高度を、図5に飛行経路を示す。これらの計測データは、安定飛行中のものであり、x軸は機首方向、y軸は右翼方向、z軸はx軸とy軸のなす角下向きに取っている。方位は北を 0° として時計回りを正としている。加速度のz軸が常に $-10[m/s^2]$ 付近で変化しているのはこの加速度計が機体の加速度ではなく、機体にかかっている力を計測しているためだと思われる。飛行中はx軸方向に推力、y軸方向に横力、z軸方向に揚力が働いている。

図3より $96 \times 10^6 \mu s \sim 98 \times 10^6 \mu s$ の範囲を見ると対気速度が増加している。対気速度が増加すると揚力が増加するので、高度が増加する。図4の高度のグラフを見ると範囲内で高度が増加しているが、図3の加速度のグラフを見ると高度が増加している範囲でz軸での加速度が $-10[m/s^2]$ 付近である。揚力が増加するのは速度が増加した場合と迎角が増加した場合なので、速度が増加すると同時に迎角が減少したため揚力が $-10[m/s^2]$ 付近になったのではないかと考えられる。経路角が増加し、ピッチ角との差が小さくなったので迎角が減少したのではないかと考えた。経路角が増加したことにより揚力が $-10[m/s^2]$ 付近で高度が増加したのではないかと考えられる。

角速度が増加し、迎角が増加すると揚力が増加するので、高度が上昇する。 $90 \times 10^6 \mu s \sim 92 \times 10^6 \mu s$ の範囲でz軸方向の加速度が増加している。角速度のグラフを見ると加速度が増加している範囲で角速度が増加しているが高度が減少している。方位のグラフを見ると、ヨー角が範囲内で増加しており、機体が旋回中であることがわかる。揚力が機体の上昇のためでなく旋回のために使われたので、揚力が増加しているが、高度が減少したのだと考えられる。

機体のヨー角が北方向に向いた時 ($96 \times 10^6 \mu s \sim 100 \times$

$10^6 \mu s$) に、対地速度が減少し、対気速度が増加している。このとき高度が下降しておらず上昇している。対気速度が対地速度よりも大きいので、機体は向かい風を受けていることが推定できる。機体が向かい風を受けたことにより、対地速度が減少しても対気速度が増加したことにより高度を上昇させることが出来たと推定できる。このとき高度を上昇させなかった場合より低速で飛行が可能であったのではないかと考えられる。

機体のヨー角が南方向に向いた時 ($104 \times 10^6 \mu s \sim 109 \times 10^6 \mu s$) に対気速度が減少し、対地速度が少し増加しているのがわかる。対地速度が対気速度よりも大きいので機体は追い風を受けていることが推定できる。対気速度を見ると $5m/s$ 以下で飛行が行えており、対気速度と対地速度の差が存在するため、このとき機首を北に向けていた場合、空中で定点飛行を行う事ができたのではないかと考えられる。しかし目視のみでの飛行の場合、飛行中の対気速度を把握できないので、低速、定点飛行を行うのが難しい。そのため、テレメトリによる飛行中の機体状態の把握が必要だと考えた。

5. 結言

試験機を用いた飛行試験による測定によって運動方程式からの空気力、モーメントを推定するために測定する必要がある機体状態量の測定を行った。今後の課題として、迎角の推定、空気力の推定及び風速、風向の推定、安定微係数の推定、機体のモデル化、自動飛行制御系設計、開発が挙げられる。

6. 文献

- (1) 加藤寛一郎, 大屋昭雄, 柄沢研治, “航空機力学入門”, 東京大学出版会
- (2) 片柳亮二, “飛行機の飛行力学と制御”, 森北出版

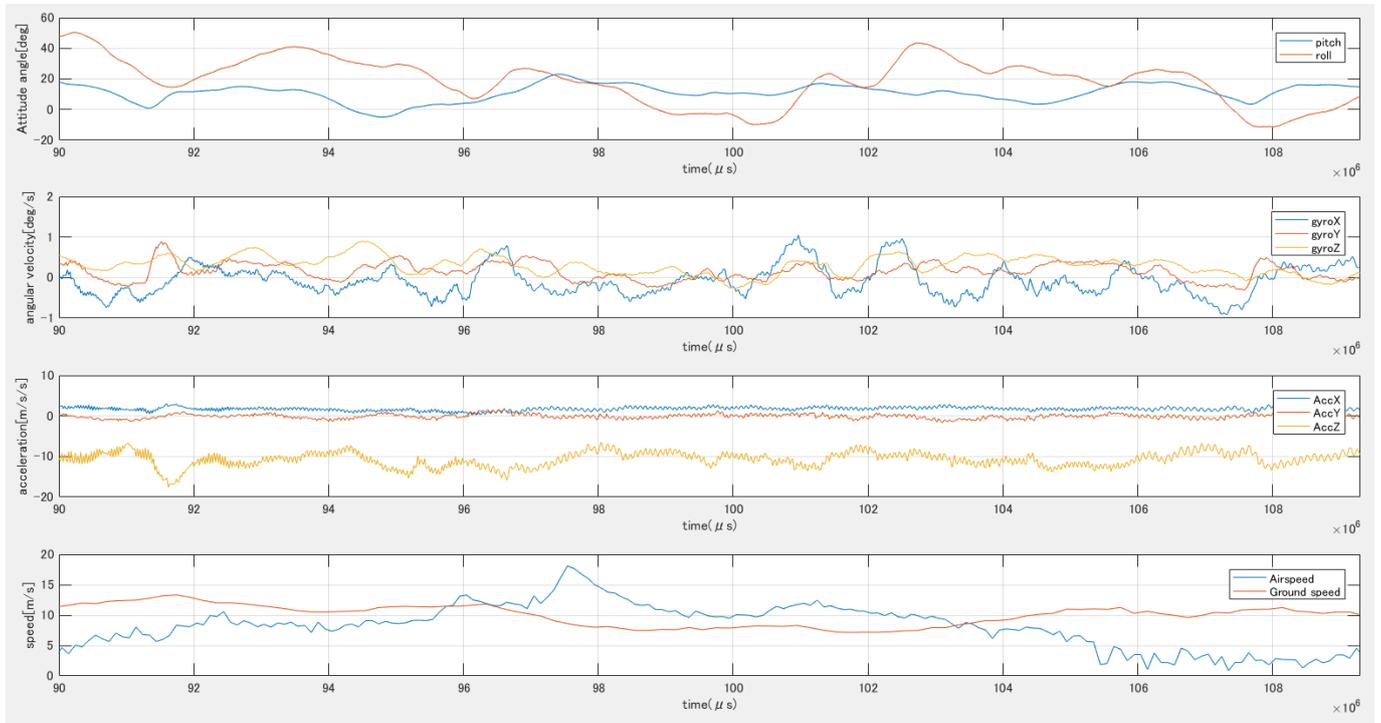


Fig. 3 Aircraft state quantity

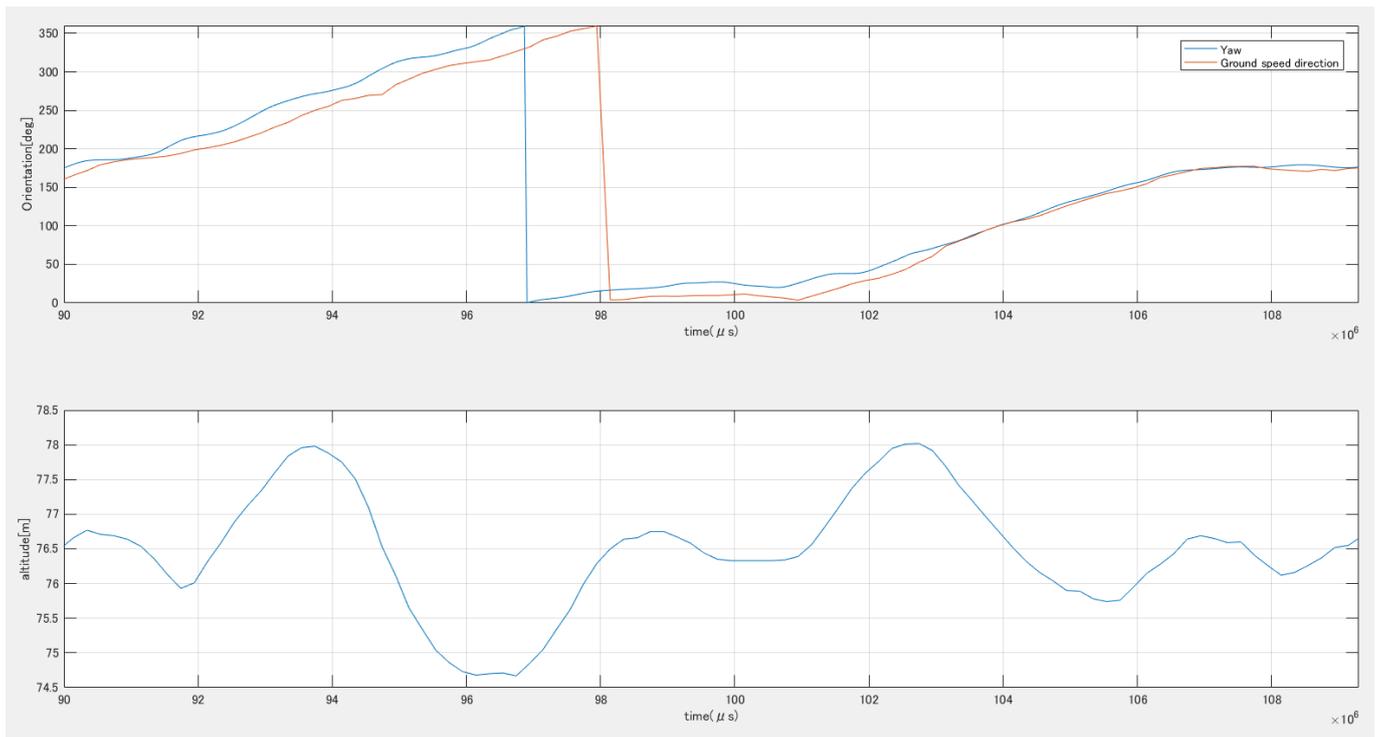


Fig. 4 Orientation and altitude



Fig. 5 Flight path