

パラfoilを用いた小型飛翔体自律誘導システムの基礎開発

山本研究室

枝本雅史

1. 背景と目的

現在、高層大気の in-situ 観測や様々な実験のプラットフォームとしての使用を目的として、気象機関や研究機関によって高高度気球が運用されている。加えて、近年欧米を中心に Space Balloon と呼ばれるホビーが広まり始めている。しかし、山がちな地形であり平野には都市が集積する日本は高高度気球の運用に適しているとはいえず、運用のリスクが大きい。また、上空の風速予測に基づく放球直前の飛行経路予測にも限界があり、確実な予想は難しい。本研究室では 2014 年 8 月に山梨県～埼玉県上空で共同放球実験[1]を行ったが、その際には予想着地点から約 5 km 離れた場所に着地した。本研究では、安全な高高度気球運用のための自立誘導システムを提案し、プロトタイプモデルの開発および評価を目的とする。

2. システム開発

本システムでは、市販のラムエア型パラfoilを用いた(Fig.1(左))。2 台のサーボモータを用いて左右のブレークコードを引くことにより機体を制御した。制御およびデータ処理には RX621 マイコンを用いた。搭載したセンサは 9 軸センサ・気圧センサ・GPS である(Fig.1(右))。制御ログおよび各センサログは SD カードに保存した。

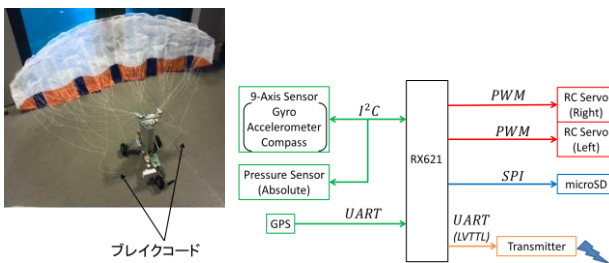


Fig. 1 用いたパラfoil(左)とシステムブロック図(右)

3. 性能評価

開発したシステムを評価するために、投下試験および環境試験を行った。当初は屋外での投下試験を試みたが、複数回の失敗の後、本学内に適した屋外投下場所がないと判断し、屋内での投下試験に切り替えた。また、環境試験では宇宙実験用真空チャンバーを用いた低圧試験(常圧~1 hPa)と、恒温恒湿槽を用いた低温試験(常温~40℃)を行った。

高さ 15 m からの屋内投下試験で得られたデータを用いて、パラfoilが直進飛行する際の飛行パラメータ(進行速度および滑空比)が得られた(Fig. 2)。滑空時の平均速度は約 5 [m/s]、平均滑空比は約 2.5 と推定された。環境試験の結果からは、各部の発熱やバッテリー放電特性のパラメータが得られた。低圧環境下でアクチュエータを駆動させるとアクチュエータ表面の温度上昇が常圧環境下に比べて約 5℃程度大きくなった。また、低温試験で 0℃を下回るとリチウムイオンポリマー電池の放電能力が急激に低下した。

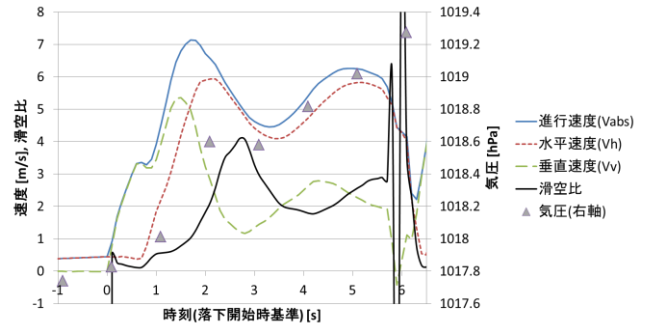


Fig. 2 飛行試験結果

4. 考察

屋内投下試験においては、進行速度と滑空比が得られたが、この値は迎え角の設定によって変動すると考えられる。フライトモデルの作製にあたっては、迎え角を変更しながら複数回の投下試験を行い、最適な設定を見つける必要があると考える。また、屋内の短距離では予定していた誘導制御性能の試験を行うことはできなかったため、係留気球等の手段を用いて 30 m 以上の高度からの投下試験を行う必要がある。

環境試験においては、バッテリーの低温特性およびアクチュエータの放熱に課題が見出された。バッテリーの温度対策に関しては、フライトモデルではシステムを発泡スチロールにより保温する予定である。それでも温度低下が抑えられないようであれば、ヒータ設置等の対策が必要となると考えられる。アクチュエータの放熱に関しては、実際の運用で 1 hPa(高度約 80 km 相当)まで気圧が下がることはなく、また、気球到達範囲の高高度は基本的に低温環境である。そのため、温度の上昇幅は今回より小さく問題にならないと考える。

5. 結論

本研究では、自律誘導帰還システムの基礎開発を目的に、自由落下試験および環境試験を行った。屋外自由落下試験を行うことができず、当初予定していた誘導制御性能の評価には至っていないが、屋内投下試験により直進飛行時の性能パラメータが取得できた。今後、シミュレーションや屋外投下試験を行って誘導制御性能の評価を行う必要がある。環境試験については、主に熱的な面で多少の課題が把握された。熱設計を検討後にフライトモデルを作製して改めて環境試験を行い、評価する必要がある。以上の課題は残るものの、本研究によりシステムの基礎的な要素開発についてはほぼ完了できた。

参考文献

[1] Hiroki Kono et al., Laboratory level development of an operational system and its collaborative experiments for small high-altitude balloons, Conference on Space Science and Technology(2014): JSASS-2014-4305