

【助成 41-17】

HAPS 社会実装に向けた複数カナード無人航空機の突風荷重軽減制御とシステム検討

研究者 東京大学工学系研究科航空宇宙工学専攻 助教 森田 直人

〔研究の概要〕

近年のバッテリー技術の発達により、ソーラーパネルとバッテリーを組み合わせた永続飛行可能な固定翼無人航空機の実現が可能となりつつある。HAPS と呼ばれるこれらのシステムの性能向上に向け、無人航空機自体の機体の洗練や効率的な電源系の開発が求められている。本研究では、機体の軽量化を目指した柔軟航空機の飛行制御技術および研究室での運用に適した電源系の開発を行った。飛行試験により定点巡回アルゴリズムの有用性が確認され、地上試験により電源系設計の妥当性と今後の課題が確認された。

〔研究経過および成果〕

ソーラーパネルとバッテリーを組み合わせ、昼夜を問わず永続的な飛行が可能である高高度滞空型擬衛星 (High-Altitude Pseudo-Satellite : HAPS) の実現に向け、東京大学工学部航空宇宙工学科では、研究室・有志学生を中心として低高度での 24 時間継続飛行が可能な無人航空機を開発する HAPS プロジェクトが運営されている。本プロジェクトでは、学生がそれぞれ構造系、回路系、制御系を担当し、それぞれのコンポーネントをすべて内製しており、設計・製作・シミュレーション・試験飛行を繰り返しながら開発を行っている。24 時間の継続飛行を実現するためには、軽量かつ高揚抗比の機体の開発が必要だが、この条件を満たす高アスペクト比の翼では剛性低下が課題となる。そこで安定した飛行を行うため、翼の変形を能動的に制御する能動空力弾性制御に着目し、その実現のために複数カナードを持つ構造的に柔軟な航空機を提案している。主翼に接続されたカナードを用いて主翼のねじり角を変化させることで、高アスペクト比翼では不足しがちな操舵応答性能を改善するだけでなく、過大な変形を抑制することによる突風荷重に対する性能も向上させることができる。図 1 に機体の外観を示す。



図 1. 小型実験機と 24 時間挑戦機

本研究では、スパン 4m の小型実験機を用いて飛行制御・誘導に関する研究開発を実施し、スパン 9.6m の 24 時間飛行挑戦機を用いてソーラー発電系を含めたシステム全体の研究開発を行っている。

24 時間飛行を実施するにあたって、人の手の介在しない自動定点飛行を行うことは必須であるが、この実施には高精度な自己姿勢推定と十分に調整された機体制御を行う必要がある。本研究においては、ひずみゲージを組み合わせた高精度姿勢・構造変形推定アルゴリズムを構築し、それに飛行力学エネルギー制御および L1 誘導制御を組み合わせることで、完全自動操縦での定点滞空飛行を実現した。その際の飛行の様子を図 2 に示す。

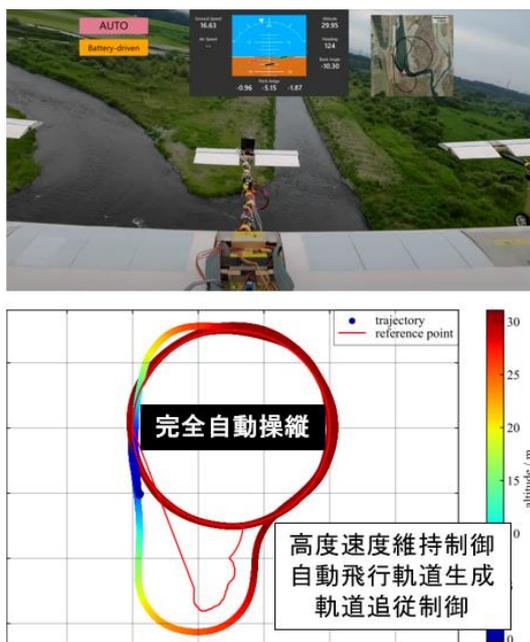


図 2. 小型実験機による自動定点飛行

HAPS 機を長時間飛行させるためには、安定した電力供給システムを設計・開発することが重要な課題となっている。また、地上試験を通じて製作した発電系の特性を把握することもまた重要である。図 3 に開発した電源システムの系統図を示す。電力系には太陽光を電気エネルギーへと変換するソーラーパネルと、ソーラーパネルの発電効率を最大化する MPPT (最大電力点追従基板)、リチウムイオンバッテリーのセル電圧を監視する BMS (バッテリーマネジメントシステム) にて構成されている。図 3 にこれらの要素を十分な太陽光の存在する環境下で、サンセンサを用いて計測した太陽日射強度ごとの発電電力をプロットしたものを示す。用いた電力負荷が想定よりも小さかったため、発電量が 40W 程度で頭打ちとなっているが、線形外挿を用いて想定される最大日射強度での発電量を概算すると、想定される理論値の 61% となることがわかった。本実験の結果を受けて機体全体に搭載するソーラーパネルの数を増やし、日射強度に対してよりロバストとなるように機体設計を変更した。

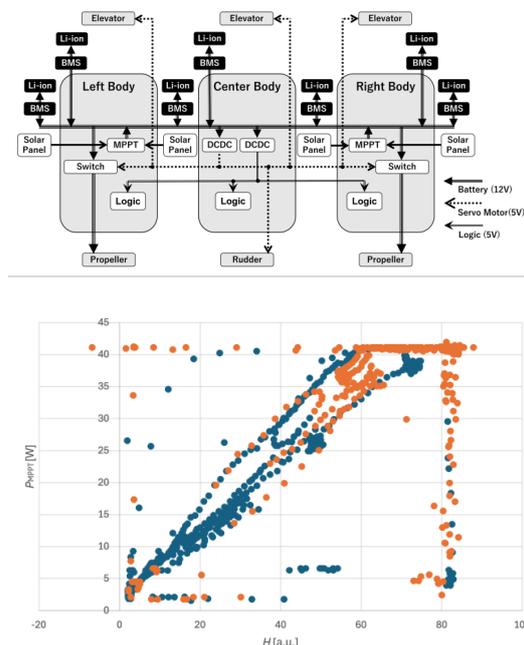


図 3. 実験機の電力系統と発電電力

[発表論文]

1. 佐々木悠人, 犬井隆介, 森田直人, 土屋武司, ソーラープレーンの低高度 24 時間連続飛行に向けた試験および進捗報, 62 回飛行機シンポジウム, Oct. 15-17, 2024, 福井
2. 廣田万由子, 田島己隆, 小川巧海, 木原冬輝, 下崎凜人, 高本英熙, 森田直人, 土屋武司, 太陽光発電を用いた無人航空機の電力供給システム設計と評価, 62 回飛行機シンポジウム, Oct. 15-17, 2024, 福井
3. 岡本和樹, 森田直人, 土屋武司, マルチボディダイナミクスを用いた複数カナードを持つ柔軟航空機の簡易リアルタイムフライトシミュレーション, 62 回飛行機シンポジウム, Oct. 15-17, 2024, 福井
4. 竹内優維斗, 森田直人, 土屋武司, 小型高高度擬衛星の実現に向けた柔軟航空機におけるひずみ計測と長時間継続飛行のための誘導, 62 回飛行機シンポジウム, Oct. 15-17, 2024, 福井