

可搬型災害時周辺状況把握システム

植田 健太^{†1} 曾根 諒^{†2} 神戸 英利[‡]

東京電機大学大学院[†] 東京電機大学[‡]

1. はじめに

現在、災害時の被害状況を確認する手段として UAV(無人航空機)が挙げられる。主な UAV として気球、飛行船、カイト、RC 飛行機、マルチコプター等がある。それらの UAV 運用において最も大きな課題となっている航続時間に着目し研究テーマとした。

本研究では、従来の UAV の課題であった航続時間を改善した新たな UAV の設計・開発を行い、災害時の被害状況を上空から確認するためのシステムを構築する。安価かつ安全で省エネルギーの UAV を開発することで、個人や小規模の地方自治体でも運用が可能になり、より多くの人々に災害情報を伝えられるようにする事を目的とする。

2. 関連技術

大型のカイトにカメラを吊るして空中撮影を行うカイトフォトグラフィー[1]という手法がある。航空機と違い、航空法の制限を受けないため低空からの撮影が可能である。

3. 関連研究

株式会社スカイリモートが経済産業省の助成金を受け、開発したカイトプレーンがある[2]。これはエンジン飛行機とカイトを組み合わせた UAV である。特徴は GPS や高度・方位などのセンサとマイコンを搭載し、飛行前にプログラミングした経路を自動巡航するというものである。さらにカイトの帆があることにより 2~3 時間程度の長時間巡航が可能となっている。課題としては離陸・着陸時に人による操縦が必要であることと、エンジン動力を用いているため長時間の上空滞在が困難である事が挙げられる。

4. 研究内容

4.1 提案手法

本研究では、まず従来機の問題点として挙げた手動離着陸と上空滞在時間を改善するため、省エネルギーかつ運用が容易な UAV を用いた上空からの撮影システムを提案する。

UAV はカイトをベースに開発し、搭載する機材を最小限にする。これにより長時間(半日以上)の上空滞在を目指す。しかし現状では自動で上空に挙がる事が出来ない。さらにある程度の積載量があると人の手を介して

も揚げる事が困難となる。そこで離陸時のみ動力を用いることで滑走路不要の自動離陸を検討する。また風速の速い上空へ到達するとカイトの機能で飛び続けるため、飛行継続のためのモーターは不要となる。よって本モーターを発電機として用いることでシステムの消費する電力を賄い、システム稼働時間の延長を目指す。

4.3 システム概要

本システムは、UAV に搭載された制御用マイコン(mbed)と通信用マイコン(Raspberry Pi)及び、ジャイロ・風速・高度センサおよびカメラモジュールから構成される。動作としてはジャイロ・風速データを制御用マイコンが処理し UAV を自律制御させる。また、GPS・高度データ・カメラ画像は情報として地上端末に Wi-Fi 経由で送信し、Web ブラウザ上から撮影画像・地図・高度・緯度経度・撮影時間を確認する(図 1)。



図 1. 全体システム図

5. 実装・評価

本 UAV の機能要件は以下の 3 点である。①安定性と剛性を兼ね備えたデルタカイトをベースとする。②自動離陸のためのモーターを搭載する。③上昇用としての役割を終えたモーターを発電機として用いる。UAV の設計図を図 2 に示す。寸法単位はミリメートルである。

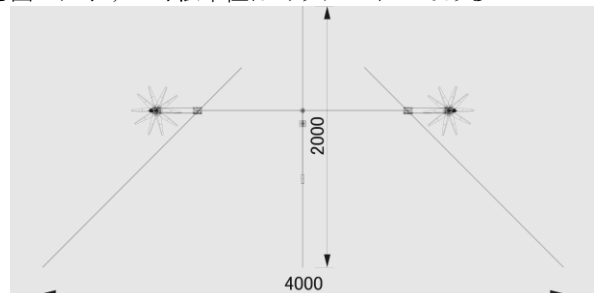


図 2. UAV 設計図

现阶段では①と③の実装・評価を終え、②の実装を行っている。

5.1 カイト部

カイトの形状はデルタカイトとし、材料に軽量かつ高強度のカーボンやナイロン生地を用いて製作した。製作したカイトの仕様は以下の通りである。

表 1. カイト性能表 (風速 2m 時)

面積[m ²]	4.0
翼幅[m]	4.0
アスペクト比	4.0
揚力[N]	9.8(実測値)

揚力の理論値を算出する際に以下の式を用いた。

$$\text{揚力} : L = 1/2\rho AV^2 C_L \quad \text{揚力係数} : C_L = \frac{C_{L0}}{1 + \frac{C_{L0}}{\pi \times AR}}$$

$$C_{L0} = 2 \times \pi \times \text{angle}$$

L:揚力[N], ρ:空気密度, A:面積, V:風速, C_L:揚力係数

AR:アスペクト比, C_{L0}:形状・傾き係数

製作したカイトを用いて風速 2[m/s]の環境で飛行実験を行った結果、最大ペイロードが 1[kg]であることが確認できた。よって理論値の 60[%]程度の性能しか出ていないことが分かった。

5.2 発電システム

本システム稼働時の消費電力は約 3[W]である。長時間稼働するための本電力を離陸用モーターを発電機として用いることで補う。今回利用したモーターは E-MAX 製 890KV ブラシレスモーター、プロペラは 15 インチのものを用いた。測定には図 3 の回路を用いた。

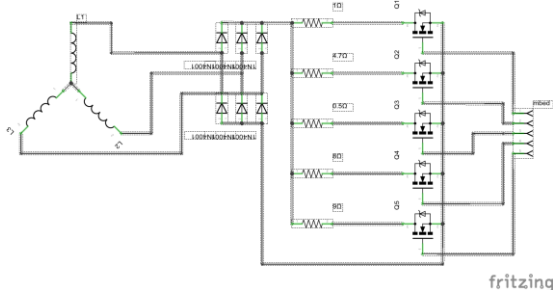


図 3. 発電検証回路

発電量の評価は送風用モーターと発電用モーターを向かい合わせにした装置で行った。風速の調節、発電量の記録、負荷抵抗値の切り替えには LPC1768 マイコンを用いた。発電機のプロペラ機構には、プロペラと発電機を直結した直結型と、ギアによって 2 倍に増速した二重反転型 (図 4) の二種類を用いた。直結型の発電量を図 5、二重反転型の発電量を図 6 に示す。凡例は風速を表している。

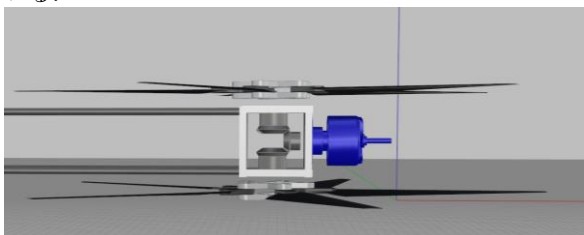


図 4. 二重反転機構

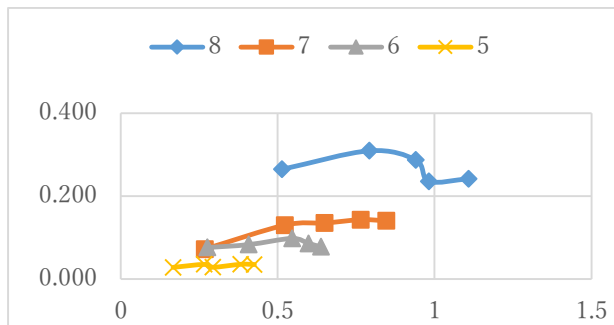


図 5. 直結型発電量

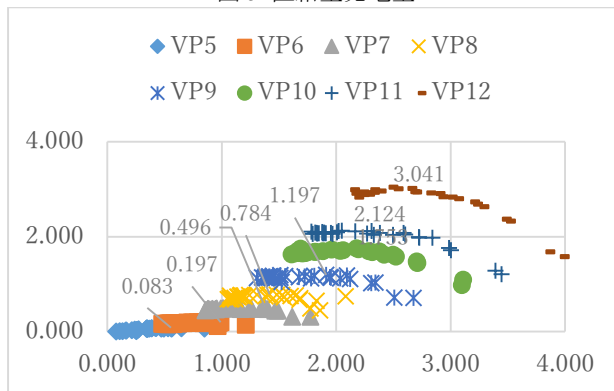


図 6. 二重反転型発電量

二重反転機構を用いることで、直結型に比べて約 2.5 倍の発電量となることが確認できた。また、風速 12[m/s]の時点で目標の 3[W]に達することが分かった。

6. 考察

カイトの飛行試験結果で、理論値の 60%しか出ていないという結果となったが、理由として考えられるのは、実験時の風速が不安定であったことや、カイトの変形による揚力係数の変動が考えられる。また、発電システムでは風速が 12[m/s]の時にようやく目標である 3[W]に達するという結果になったが、これでは発電できるタイミングが強風時に限られてしまうため、ギア比をさらに大きくして出力向上が見込めるかの検討が必要となる。

7. まとめと今後の課題

現段階ではベースとなるカイトの製作と実際に用いるモーターの発電特性を実験により求め、修正すべき点が見えた。今後はそれらの修正と、離陸システムの実装、評価を行っていく。

参考文献

- [1] James S. Aber and Susan W. Aber and Firooza Pavri: "UNMANNED SMALL-FORMAT AERIAL PHOTOGRAPHY FROM KITES FOR ACQUIRING LARGE-SCALE, HIGH-RESOLUTION, MULTIVIEW ANGLE IMAGERY" Emporia State University, Emporia, Kansas 66801 USA
- [2] 岡部和夫: "自動飛行装置搭載カイトプレーンとその応用", 1989-12-20 日本緑化工学会
- [3] Force on a Kite NASA <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/shortk.html>