

# 1. 電動式飛行ロボットの活動適用例と技術的な課題に関する考察

キャリアオ技研株式会社

○富田 茂

## 1. 緒言

産業界の様々な分野で無人化およびロボットによる機械化が進む中、調査・探査作業についても開発が期待されている。特に上空作業の無人化により、いち早く安価で安全に活動ができるので、情報取得を主とした地上状況の画像取得はとて有用である。当然多くの研究例からも無人ロボットの開発が期待されている<sup>1-3)</sup>。

弊社は、機上カメラによる無人飛行体操縦の簡便化を目指して、探査用無人飛行ロボットシステム (SARA : Search and Rescue Aircraft) の開発を行

ってきた<sup>4-5)</sup>。視界外運行を目指して、無線カメラと GPS (全方位位置システム) を導入して遠隔操作を行い、特定した場所で空中停止 (ホバーリング) や広域パターン飛行 (スキヤニング) することが可能となり、上空作業時に活躍する事が期待されている。本稿では、電動無人飛行体の運用による探査システムの実証事例を報告する。

## 2. 回転翼型飛行体と飛行システムの概要

回転翼型災害探査用無人飛行体には、GPS センサや姿勢制御センサを搭載している。図-1 は回転翼型飛行体 (SARA-H) を、表-1 は回転翼型無人飛行体の仕様を示す。回転翼型無人飛行体の代表例であるヘリコプタは高速航行とホバーリングが可能であるため、離発着用の用地が無い場合や定点での探査活動が必要な場合に向いている。

低速での航行だが、狭所内を飛行するには多軸回転翼型無人飛行体 (SARA-X, 図-2, 表-2) がある。各ロータ径が小さく、ロータの周りをバンパーで囲い、狭所内での運行が可能である。

表-1 回転翼型無人飛行体の仕様

項目	回転翼型
全長×全幅×高(mm)	1343×210×424
質量(g)	約 5500
動力	ブラシレス DC モータ
飛行時間(min)	15
操縦系通信周波数(GHz)	2.4
電源	リチウムイオン電池
翼長(mm)	1582
翼弦長(mm)	60
翼面積(mm <sup>2</sup> )	9.49×10 <sup>4</sup>
翼面荷重(N/mm <sup>2</sup> )	5.68×10 <sup>-4</sup>
翼弦 Re 数	8.8×10 <sup>5</sup>
飛行速度(m/s)	27.8

表-2 多軸回転翼型無人飛行体の仕様

名称	SARA-X
全長×全幅×高(mm)	670×670×450
質量(g)	約 2700
動力	ブラシレス DC モータ
飛行時間(min)	20
操縦系通信周波数(GHz)	2.4
電源	リチウムイオン電池
翼長(mm)	300
翼弦長(mm)	25
翼(6枚分)面積(mm <sup>2</sup> )	4.5×10 <sup>4</sup>
翼面(6枚分)荷重(N/mm <sup>2</sup> )	5.88×10 <sup>-4</sup>
翼弦 Re 数	3.3×10 <sup>4</sup>
飛行速度(m/s)	9.2



図-1 回転翼型無人飛行体 (SARA-H)



図-2 多軸回転翼型無人飛行体 (SARA-X)

表-3 無人飛行体に搭載したカメラの仕様

	カメラ
操縦・探査用	1920万画素小型ハイビジョンビデオ 3次元立体視(3D)カメラ



図-3 地上で操縦者が利用するモニター

上空探査を目的とした無人飛行体はカメラを取り付けるので、排煙、振動、オイル飛散、騒音等が少ない電気動力式の方が、エンジン動力式より、好ましいと考えられる。

上空からの状況を把握するために、無人飛行体に以下の示すカメラを機体に設置し運用を行った。表-3は使用したカメラの仕様を示す。

目視外飛行試験では、表-3のカメラを機体下部に図-1に示すように設置、操縦時にモニターから前方部を見えるように配置している。目視外飛行を行うため、操縦用カメラからの映像は1.2GHz帯の電波により伝送する事で運用でき、電波の空中線出力に応じた半径約1kmの探査範囲を確保する事が可能である。この探査用カメラ(SARA-V)は操縦用カメラを流用し、録画も同時に行った。

図-3には地上操縦者が使うモニタの様子を示す。1台のモニターで操縦用カメラと探査用カメラを流用して運用を行っている。具体的には、ビデオカメラは、電動モーターが取り付けられている雲台に載せてあり、地上にいる操縦者からの無線信号で雲台の画角を動かすことができ、その他の場合は無人飛行体に搭載したジャイロセンサーと同期して、雲台の姿勢を保つようにしてある。操縦時には概ね前方が写るように、雲台の位置を調整する。

### 3. 開発事例と上空活動事例

#### 3.1 災害探査用飛行体による被災地の上空撮影

2011年9月に岐阜県御嵩町で発生した大雨による広域自然災害事故後の飛行体による調査報告をする。

撮影状況は、被災状況を把握するために、無人飛行体(SARA-HV)に表-3に示されたカメラを機体下部に設置し(図-1参照)運用を行った。



図-4 無人飛行体が撮影した災害状況写真

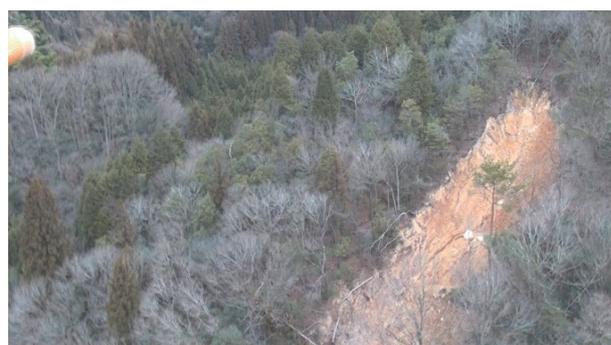


図-5 約150m高度からの災害現場空撮

図-4と図-5は電動の無人飛行体(SARA-H)を用いた、カメラ(SARA-V)運用時の取得画像の結果を示す。

#### 3.2 広域農地上空での無人飛行体活動事例

表-2に示した無人飛行体を用いて広域農地での上空からの撮影活動実験を行った(図-6参照)。図-7は、上空約5mから取得した農地の画像である。図-8はゴルフ場のテレビジョン放送用として取得した例である<sup>6)</sup>。

GPSによる飛行データから飛行高度も記録されている。昼間に高度情報と経路情報を検証し、自動飛行プログラムを作成することで、夜間でのGPS情報による自動航行が可能となり、夜間での探査活動が可能と考えられる。

#### 3.3 無人監視用ロボットとしての開発例

狭所用無人飛行体として、図-2に示す多軸回転翼型無人飛行体(SARA-X)を使い、探査用カメラ(SARA-V)を搭載して、遠隔から法面工事状況の画像取得を試みた。無人飛行体(SARA-XV)の概略を表-2に示した。図-9, 10では、SARA-XVが法面工事現場を撮影した。安定したホバーリングと制振技術により、振れの少ない高画質な画像を取得することに成功した。図-11では、空撮した写真から簡単な3次元画像処理を施し、立体的な画像にした。



図-6 広域農地で飛行する無人飛行体 SARA-XV



図-7 約 5m 上空からの取得画像



図-8 ゴルフ場での運用例



図-9 無人飛行体 (SARA-XV) が空撮した法面完成工事全景写真



図-10 無人飛行体 (SARA-XV) が空撮した法面工事の接近写真



図-11 空撮した法面の 3 次元画像処理



図-12 垂炭鉱内 (地下) で安定飛行した無人飛行体 (SARA-XUV)

### 3.4 GPS 信号が無い状況で活躍が期待される探査用無人飛行体の開発例

GPS が無い環境下で無人飛行体を安定して飛行させる実証を試みるために、地下探査用多軸回転翼型無人飛行体 (SARA-XUV) を開発し、垂炭鉱内での建設作業現場状況の画像取得を試みた。図-12 に示すように、地下約 5m 以下に掘られた垂炭鉱内は高さ 1500mm 程度の地下洞窟で、坑内温度は約 15 度だが湿度が 90%を超える環境であった。そこで、搭載部品に防水処理を施し、放熱板をロータからの風があたる部分に設置した。GPS 信号は受信不可能なので高性能高度センサを取り付けた。

### 3.5 薬剤散布時に活躍が期待される飛行ロボットの開発例

探査用の無人飛行体に、薬剤が入ったボールを搭載し、遠隔信号で上空からボールを投下する実証を試みた(図-13)。

無人飛行体をGPS信号でホバーリングさせて、真下を見ることが出来る無線カメラ(SARA-V)からの画像で狙いをつけて、適所に命中させた。

### 3.6 補助バッテリーシステム

飛行中に電池切れが起こった場合に備えて補助電池サブシステムを開発した。主電池の他に補助



図-13 薬剤を積載した無人飛行体 (SARA-XFV)

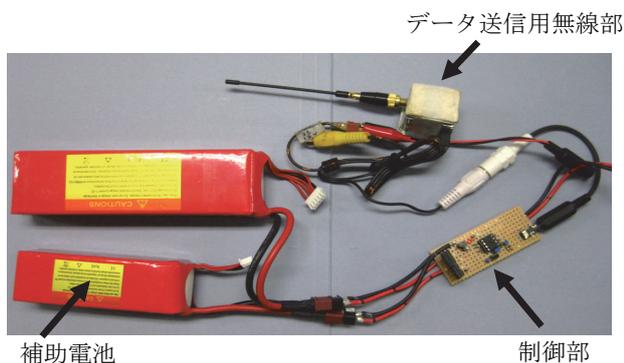


図-14 試作中の補助電池サブシステム



図-15 受信機(上左)と表示部(下)

電池を搭載し、制御部で主電池の消耗を監視し(積分型電流計)、電池切れを検知あるいは予測して補助電池に切り替える一方、これらのデータは無線により地上に送られる。図-14に機体搭載部を、図-15に地上部の写真を示す。

## 4. まとめと今後の研究課題

本発表では、上空からの探査用回転翼型無人飛行体の飛行システムの開発事例を紹介し、実際に様々な上空での活動事例を報告した。その結果を以下に示す。

電動回転翼型無人飛行体を、GPS信号による位置及び姿勢制御することにより、様々な場面での活用を検証することができた。補助バッテリーシステムの搭載により、電池切れのリスクを減らすことができた。

今後の研究課題を以下に示す。

- ① バッテリー充電容量と使用電気を常時監視すること
- ② 既存の2次元マップ情報と飛行体の取得画像情報を連携すること

バッテリーを充電した時の電気容量と飛行中での使用電気を常時監視することで、電池切れのリスクを回避できるだけでなく、充電電池の劣化なども飛行体搭載前に検知することが可能となり、より安全性の高い飛行体の運用が可能となる。

インターネットで配信されている2次元地図情報と飛行体が取得した上空からの画像情報と重ね合わせて活用することで、現在の地上情報との比較することが可能となり、災害時の土石量の見積もりなどに活用できる。

## 参考文献

- 1) 森川泰,「小型無人ヘリコプタの自動飛行制御システムの研究」, 第48回飛行機シンポジウム講演集, pp.420~423, 2010
- 2) 河野敬他4名,「小型無人飛行船の地上運用性改善に関する研究」, 第48回飛行機シンポジウム講演集, pp.409~413, 2010
- 3) 戸田拓海他3名,「狭い空間を通過できる自律誘導無人飛行機の研究」, 第48回飛行機シンポジウム講演集, pp.498~503, 2010
- 4) 富田茂, 北川一敬,「災害探査用途を目指した無人電動ヘリコプタの飛行システムの研究開発」, 日本航空宇宙学会第42期年会講演会講演集, pp.275~279, 2010
- 5) 岐阜放送 「岐阜オープンクラシック 2013」 岐阜放送 2013.4.14