

安価な火山観測用小型固定翼ドローンの開発 Development of an Inexpensive Fixed-wing Drone for Volcanic Observations

○東野 伸一郎, 吉村 令慧

○Shin-Ichiro HIGASHINO and Ryohei Yoshimura

Drones have been said to be suitable for 3D missions, that is, dull missions, dirty missions, and dangerous missions. Volcanic observations, especially around a crater of an active volcano using drones are obviously one of the dangerous missions, and quite appropriate for using drones. However, the more dangerous the mission becomes, the higher the likelihood of losing or damaging the drone. If an expensive drone is lost, economic loss will be even greater. Thus the authors tried to establish inexpensive volcanic observation system using a fixed-wing drone with no hesitation when using. The ultimate goal is to establish an observation system using fixed-wing drones that can take off and land at the west coast of Yakushima, and observe the crater of Kuchinoerabujima in Kagoshima prefecture. A fixed-wing-drone-based video transmission system which was built using commercially available products at the lowest possible cost will be described.

1. はじめに

本研究の目的は、まさに活動が進行中の火山の火口上空において、カメラによる観察や火山灰・火山ガスの採取など、その場観測のニーズに対して“使い捨て”すら可能な低コストの固定翼ドローンを開発し、観測機会を増やすことである。

第1筆者は、極低温である南極において高高度(高度 12km)からエアロゾルサンプルを回収するための固定翼ドローンや広域磁場探査用ドローン、逆に高温環境であるエチオピア・アフール凹地において広域磁場探査を行うための固定翼ドローン(航続距離 500km 超)などをその制御システムも含めて開発し、いずれも現地における観測に同行してその有用性を実証してきた。これらのドローンの開発においては、温度や運用環境への耐性や信頼性を考慮したため、低コストで実現されているわけではない。しかながら、逆にそれらの経験を通して得た知見を利用しつつ、低コストで実現することを目指す。現在はマルチコプタあるいは eVTOL が全盛であるが、航続距離や風速への耐性からは固定翼ドローンが適しており、本研究でも固定翼ドローンを対象とする。

本システムの開発目標は以下のとおりである。

- ① 屋久島からの離着陸を前提として、口永良部島火口の観測ができること。
- ② In Situ 観測に必要なペイロード搭載を実現できるようにすること。
- ② 固定翼であっても、離着陸を自動化すること。

③ 低コスト化実現のために、ある程度信頼性を犠牲にして安価な市販品を徹底的に利用すること。

④ 火口からの熱上昇風や山特有の風の特性に耐えられる耐空性を備えること

⑤ 最終的に、実際の火山火口において有用性を実証確認すること。

本稿では、これらの目標に対する現時点までの検討・開発状況について報告する。

2. 飛行環境としての口永良部島

口永良部島(標高 657m)の火口は、図 1 に示すように屋久島の北西に位置する永田前浜あるいは永田いなか浜と呼ばれる砂浜の海岸から約 21km の距離がある。一般的な固定翼ドローンの飛行速度 100km/h であれば、無風ならば約 13 分の距離である。風速によって飛行時間は変化するが、往復時間は 30 分程度と推定され、これに火口付近でのミッションに応じた飛行時間を加え、必要航続時間は 45 分~60 分と推定される。



図 1 口永良部島および屋久島

図2に、気象庁発行のGPVデータ(予測)から、口永良部島付近海面上における気圧面1000hPa面(ほぼ海面上)、925hPa(高度800m)、850hPa(高度1500m)の過去10年間の風速をプロットしたものを示す。

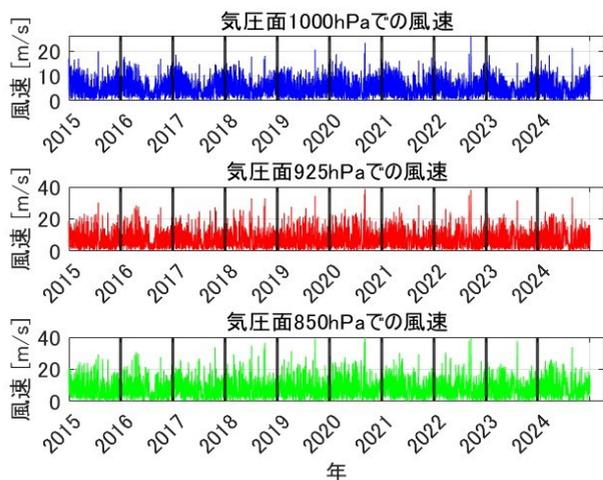


図2 口永良部島付近における10年間風速予測

図2より、海面上(1000hPa)でも風速10m/s以上の日があり、口永良部島最高標高の625mよりやや高い高度約800m(925hPa)では20m/s以上の風速の日もあるが、1500m(850hPa)ではほぼ同様の傾向である。したがって、屋久島からの往復時には、より対地速度が大きくなるように、向かい風成分が大きい場合には低高度を飛行し、追い風成分が大きい場合には高高度を飛行する方式が飛行時間短縮には有利であることがわかる。

3. 開発した小型固定翼ドローンシステム

機体については、前節で述べたように比較的強風に強い機体を準備する必要があることがわかったが、まずはテストベッドとして、安価な半完成機(翼幅2m、総重量約3kg)と、関連するモータ、スピードコントローラ、サーボモータ等の機器およびバッテリー、データと画像通信が同時に可能なシステム、さらにArdupilotと呼ばれるオープンソースの制御プログラム互換の安価な制御装置を購入し、図3に示すようなシステムを構築した。機体機首にはピンホールカメラも搭載し、画像伝送が可能である。Ardupilotによる自動操縦によりウェイポイント飛行が可能であり、手投げ発進とパラシュートによる回収法を併用することにより、特に手動操縦を行わなくとも発進



図3 市販の安価なシステムによって構築した画像伝送固定翼ドローンシステム

から回収までをすべて自動で行うとともに、画像伝送が可能なシステムが構築できた。

本システム構築に要した費用は表1に示すとおりである。使い捨てになりうるのはデータ・画像トランスミッタを除いたものであり、約10万円強で使い捨て可能なシステムが実現できるこ

表1 おもなシステム構成品の価格

項目	価格(円)
機体システム	33,000
モータ, スピコン, バッテリ	30,000
FPVカメラ	15,000
制御装置	20,000
パラシュート	5,000
データ・画像トランスミッタ	170,000
計	273,000

とがわかった。今後は、比較的強風に強い機体、また十分なペイロード容量を持つ市販機を探す、あるいは設計、製作すること、飛行時間の要求を満たすようにすること、火口からの熱耐性を高めることなどの課題に取り組み、実際に飛行させてその有用性を確認する予定である。