

自律飛行無人ヘリコプタによる 有珠山火口付近の観測

Our Autonomous-Flight Unmanned Helicopter Plays
Observation Role at Mt.Usu

佐藤 彰 Akira Sato スカイ事業部 開発グループ

1 はじめに

2000年4月23日より26日まで、建設省土木研究所砂防部の要請により、共同で北海道虻田町において有珠山の災害観測をおこなった。

ヤマハ発動機（以下、当社という）では、すでに農業散布用途で販売されているRMAXをベースに自律飛行機能を組み込んだ技術開発をおこない、モンゴルにおいての生育観測調査を実施してその有用性を確認している⁽¹⁾。今回、観測に用いた機体は、その自律システムに、4月上旬から約2週間で、有珠山観測専用のシステムを組み込んだものである。

観測の内容は、道中央道洞爺湖インターチェンジから洞爺湖温泉に向かう国道230号線付近に堆積した火山灰等の噴出物を調査し、その危険性を把握することである。観測は3日間かけ約1時間のフライトを5フライトおこない、現地の状況の撮影や撮影中の画像の伝送に成功した（図1）。その結果、有人ヘリコプタでは確認されなかった多くの地形変化や火山灰堆積の状況を、生々しい映像として捕らえた。観測データは直ちにマスコミを通じて、ニュースとして全国のテレビや新聞で報道され、大きな反響を呼んだ。



図1 有珠山火口付近のフライト

ここに、その自律システムと観測フライトの概要を紹介する。

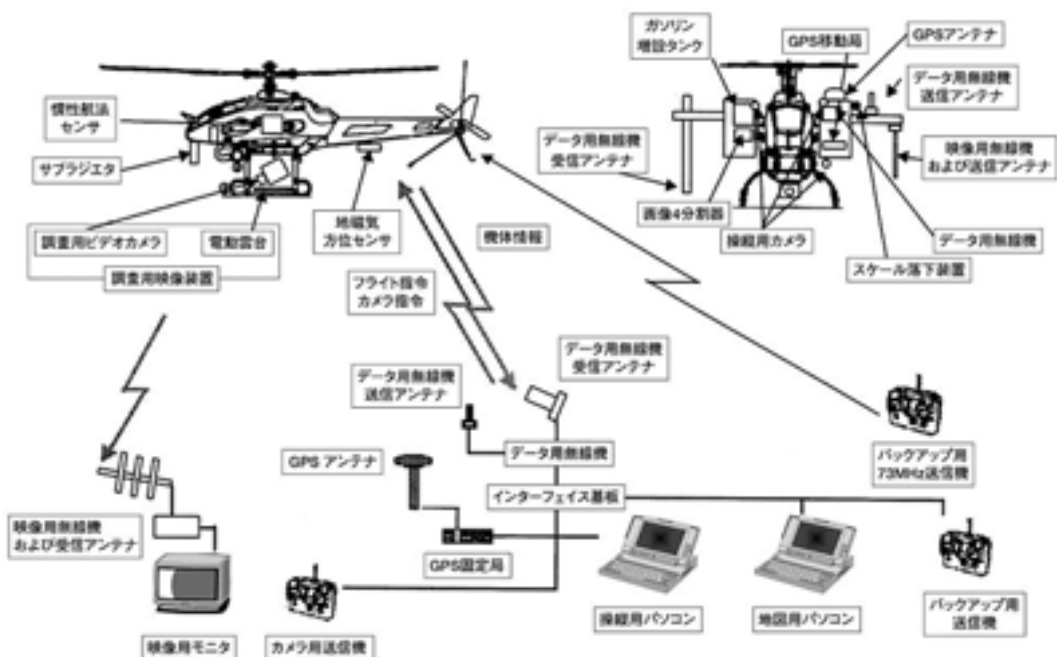


図2 自立システム

2 自立システム

図 2 に今回の自律システムの全体図を示す。火山観測用に改良した内容は主に以下の点である。

- (1)無線機の受信アンテナ感度向上
- (2)機上に固定された 3 個の CCD カメラ
- (3)地上からの指令で、2 方向に動かすことができる CCD カメラ
- (4)航続時間延長のための予備燃料タンク
- (5)エンジン冷却性能向上のためのサブラジエタ
- (6)土砂、泥流の厚みを測定するためのスケール投下装置

2.1 機体システム

機体は、農薬散布用途に開発され、国内で 300 機以上の販売実績を誇る RMAX をベースにしている⁽²⁾。機体の左右には、自律システムに必要な機材を搭載するボックスを備えている(図 2)。そのボックスの両端に電波障害にならないように、約 50cm のオフセットをもたせてアンテナを装着した。機体右側にはデータ受信用アンテナ、機体左側にはデータ送信用アンテナと映像送信用のアンテナをおいている。データの送信と受信のアンテナを分け、受信用アンテナを高性能なものにすることにより、電波の到達距離を通常のもの約 2 倍以上向上させた(図 3)。



図 3 機体

2.2 地上システム

地上システムは、画像受信装置、GPS 地上局、データ送受信装置からなる。

画像受信装置は、受信機と画像モニタ、およびカメラの向きを変える送信機で構成されている。機体に搭載されている 4 つのカメラからの映像は、4 分の 1 に圧縮して 1 つの電波で受信し画面表示する。各カメラは地上からの指令により、その方向を変えることができる。

GPS 地上局は地面に固定されていて、補正データを機体側の GPS に送ることにより、高精度な位置と速度を検出することができる。

データ送受信装置は、アンテナと機体操縦用の送信機およびパソコンからなる。アンテナは、データ送信用と受信用に分かれている。

送信機は、通常の農薬散布用でもちいられている 73MHz 帯送信機の他に、専用のデータ送信機に接続された送信機の 2 つがある。万一、制御システムに異常が発生し、73MHz 帯の送信機で到達できない距離となったときには、この送信機で機体の操縦をバックアップすることができる。

パソコンは、機体の位置や姿勢、ウォーニング情報、および操縦指令を与える操縦ダイアログを表示するものと、広域の地図を表示するものの 2 つを使用した。またこれらの送受信信号をコントロールするインターフェイス基板も有している。

2.3 制御システム

地上のパソコンから発せられた操縦指令は、速度指令となって機体側に届く。その速度指令に基づき、機体の運動特性も考慮して目標位置指令、目標速度指令、目標姿勢指令が計算される。機体に搭載されている姿勢センサから姿勢角データを、また GPS センサから速度と位置データを検出して、目標との差を求めてフィードバック制御をおこなっている。

また、フィードフォワード制御により、機体の応答性能を改善した。

操縦指令をあらかじめパソコンに記憶させたプログラムフライトもできる。今回のフライトは、機体側から送られてくる被災状況の映像を見ながら、速度指令をオペレータがパソコンから与えることによって、フライトをおこなった。

3 観測フライト

3.1 状況

有珠山の噴火が小康状態となり、立ち入り禁止区域が 10Km から 2Km に短縮された状況で現地入りをした。観測フライトをおこなうための基地局は、西山火口から約 2Km の立ち入り可能限界点の丘上に設置した(図 4)。自衛隊の有人ヘリコプタとの干渉をさけるため、日の出から 8 時までの早朝のみの観測フライトとなった。天候は曇りで、風速は約 5m/s 以下と比較的穏やかであった。



図 4 基地局および観測エリア

3.2 フライト実績

(1)4 月 23 日記者発表

マスコミ関係者に、観測をおこなうことを発表するため、伊達市内の資材置き場にてデモフライトを実施した。



図 5 グラーベン

(2)4 月 24 日観測初日

約 50 分のフライトを 2 回。道中央道高速道路と板屋川沿いの国道 230 号線上空をフライトした。その結果、高速道路上に明らかな亀裂があることを発見した。旧火口からの土石流の先端部が 230 号線に達して、危険な状態であることがわかった。グラーベンと呼ばれる地溝帯の映像を撮影することにも成功した(図 5)。

(3)4 月 25 日観測 2 日目

1 時間 20 分のフライトを 1 回。旧火口から板屋川にかけての火山灰と水の溜まり具合を調査した。その結果、旧火口からの火山灰が谷筋に沿って、相当量堆積していることがわかった。また、水溜まりの詳細な観測から、その土砂の危険度を推定することができた。

(4)4月26日観測最終日

約1時間のフライトを2回。最初のフライトではヤリ状のスケールを無人ヘリコプタに搭載して土石流の堆積している所まで飛行し、上空約50mより落下させ、厚みを計測した。計測の結果、土石流が約2m以上堆積していることがわかった。2回目のフライトでは、西山火口周辺の状況を観測した。火口まで30m程度に近づき、最も地殻変動の激しかった所を撮影した。また、2日前まで噴火していた火口の内部を撮影することにも成功した(図6)。噴煙内をフライトしたため、機体表面に火山灰が付着していた。これを採集して成分分析をおこない、火山の特性を知る上での貴重なデータとなった。

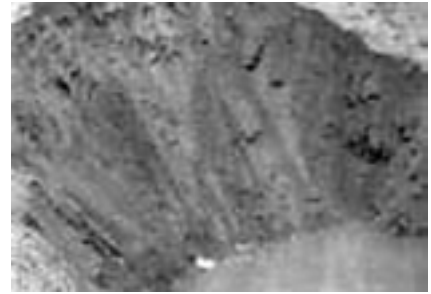


図6 噴火口

4 おわりに

今回の有珠山の観測フライトは、有人ヘリコプタでは近づくことのできない危険な場所を無人ヘリコプタでフライトする、という非常に難しい要請であった。1Kmを越える可視範囲外の自律フライトは、我々にとっては今回が全く初めての経験であった。世界的にみても多くの大学や研究開発機関で研究されているが、今回のように実用化されたことはない。



図7 有珠山観測チーム

5回の観測フライトがすべて成功し、飛行性能や観測映像において、我々(図7)が予期した以上の成果をあげることができた。また、観測映像がマスコミを通じて全国に発信されたため、その反響の大きさにも驚かされた。社内でも無人ヘリコプタの将来性が疑問視されていた時だけに、この成功は我々にとっては、本当に大きな意味をもつものであった。

この観測フライトの成功により、建設省や北海道開発局はもとより、警察庁や気象庁、海上保安庁、核燃料サイクル開発機構など、多岐に渡る方面からの問い合わせをいただいた。無人ヘリコプタがもっている無限の可能性を多くの方々に知らせることができ、我々にとっても大きな自信となった。今後は、これらの用途に沿えるように実用化技術開発をすすめ、当社の自律無人ヘリコプタが社会に貢献できるようにしたい。

参考文献

- (1) 佐藤彰：無人ヘリコプタの自律飛行制御の開発，ヤマハ発動機技報No.29,33-402000)
- (2) 金丸恭宏ら：産業用無人ヘリコプタ RMAX， ヤマハ発動機技報 No.28,16-21 (1999)
- (3) 佐藤彰，鈴木弘人，山越隆夫：無人ヘリコプタの自律飛行による有珠山火口付近の観測第38回飛行機シンポジウム講演集，109-112(2000)
- (4) 中村心哉，佐藤彰，柴田英貴，菅野道夫：画像処理およびGPSを用いた無人ヘリコプタによる自動探索，追従システムに関する研究，日本ロボット学会誌，862-872(2000)