

ハイブリッドロケット回収のための有翼飛翔体制御に関する研究

B4101001 情報 太郎

B41010026 工大 花子

指導教員 三橋 龍一 助教授

1. はじめに

宇宙開発の幕開けは、旧ソ連が1957年10月に2段式のA型ロケットによって、世界初の人工衛星スプートニク1号を打ち上げた事により始まり、その後は、アメリカとの宇宙開発競争によって目覚しく発展した。初期の目的は、軍事的、学術的な宇宙利用であったが、1990年代に差し掛かると商業的な宇宙利用へ変化し、国民生活に密着した宇宙利用が浸透した。これに伴い、宇宙開発は民間企業の参入や大学等の研究によって、より活発化している。

国内では、小型衛星の研究が進むにつれ、大学や高専等においても開発が可能な超小型衛星や、ハイブリッドロケットの研究が活発化している。手作り衛星やロケット開発等の実践的な宇宙工学活動を支援する大学宇宙工学コンソーシアム(UNISEC: University Space Engineering Consortium)が、2003年2月にNPO法人として認可され、2003年6月30日には、東大と東工大の学生チームの開発した重量1kgの超小型衛星がロケットによる打ち上げ、その後の運用に成功している。

道内においても、北海道での宇宙科学技術研究拠点となる、北海道宇宙科学技術創成センター(HASTIC: Hokkaido Aerospace Science and Technology Incubation Center)が、2003年1月にNPO法人として認可されている。これらの活動により、総合的な宇宙関連研究活動が活発化している。

現在、主に大学や高専等で研究されているハイブリッドロケットとは、安全・安価・低公害なロケットで、推進剤として固体燃料と液体酸化剤の組み合わせを用いている。ハイブリッドロケットの原理自体は、比較的古くから提案されているが、低燃焼率・低推進力により、実用化には至っていない。しかし、大学や高専等の研究によって、この問題は改善されつつある。

2. 研究目的

これからの宇宙開発においては、安全・安価・低公害な打ち上げシステムが望まれている。そこで、北海道工業大学・北海道大学・室蘭工業大学の共同研究グループは、北海道大樹町多目的航空公園を発着場として、ミッション機器100kgを、ハイブリッドロケットによって高度200kmまで打ち上げ、数分間の微小重力

状態を実現した後、有翼飛翔体やパラグライダーを用いてGPSによる誘導で自動操縦し、着陸するサウンディングロケットシステムの開発を検討している^[1]。

3. CAMUI ハイブリッドロケットエンジン

先に述べたようにハイブリッドロケットは、低燃焼率・低推進力という欠点がある。この欠点を改善するため、北大の永田助教授のグループは、衝突噴流を用いたCAMUI(CAscaded MUltistage Impinging-jet: 縦列多段噴流)方式を開発し、低燃焼率・低推進力が大きく改善された。

2002年3月には酸化剤に液体酸素、燃料にアクリル樹脂を使用したCAMUIハイブリッドロケットの打ち上げに成功し、2003年の1月には、パラシュートによる回収にも成功している。初打ち上げの発射瞬間のCAMUIハイブリッドロケットをFig.1に示す。



Fig.1 CAMUI Hybrid Rocket

4. 有翼飛翔体

回収機体を自律制御して帰還させるためには、飛行機のように固定翼による有翼形状が望ましいと考えられる。そこで、高速飛行に安定性のあるデルタ翼のスペースシャトル型有翼飛翔体を本学機械システム工学科の豊田研究室と共同開発した^[2]。有翼飛翔体をFig.2に示す。胴体は、内部にペイロードを搭載するスペースを設け、前方を流線形とした。材質は、無線を用いる事を考慮して、電波透過性の良さに優れ、軽量・強靱を兼ね備えたグラスファイバーを用いたFRP(Fiber Reinforced Plastics)である。翼は、発泡スチロール表面にバルサ板を張り、グラスファイバーで補強している。

また、主翼には、elevator(昇降舵)と aileron(補助翼)の動作が可能なエレボンを取り付け、機体の操縦を行う。有翼飛翔体の主な仕様を Table 1 に示す。

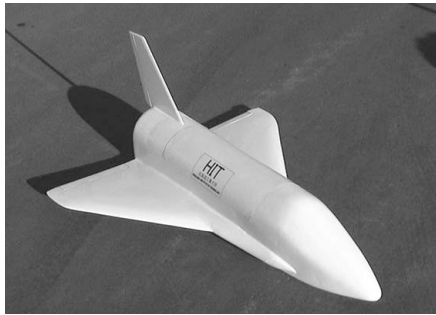


Fig.2 Winged Vehicle

Table.1 Specification of Winged Vehicle

Length (m)	1.05	Aspect ratio	1.77
Height (m)	0.39	Dihedral angle (°)	5
Wing span (m)	0.3875	Total weight (kg)	1.5
Wing area (m ²)	0.83		

飛行特性を確認するため、風洞実験による空力特性、大型ラジコン機に搭載し上空から切り離しての滑空実験による飛行特性、モデルロケット(小型固体ロケットエンジン)を用いた打ち上げ実験による打ち上げ時の姿勢特性確認実験を行った。これらの実験結果から、有翼飛翔体は、回収機体として用いるのに適している事が確認された。

5. 自律制御実験

打ち上げシステムとして、自律制御を備えたアビオニクスを開発を行った。アビオニクスとは、主に航空電子機器に用いられる呼び名であり、本研究では、飛翔体に搭載する電子機器類を指している。

2001 年度の有翼飛翔体搭載実験、2002 年度のモーターグライダー自律制御実験により、自律制御システムの基礎を確立した。モーターグライダー自律制御実験で取得した自律制御時の飛行データを PC で解析した結果を Fig.3 に示す。



Fig.3 Computer Screen

実験の結果、風の影響によりプログラム通り自律制

御しない事があり、この解決策として、姿勢制御を行う必要がある。そこで、2004 年 3 月中旬の打ち上げに向けて準備を行っている有翼 CAMUI ハイブリッドロケットにアビオニクスを搭載して、姿勢情報の取得を試みる準備を行っている。

6. 有翼 CAMUI ハイブリッドロケット実験

CAMUI ハイブリッドロケットは 2 度の打ち上げ実験に成功しており、2004 年 3 月中旬に、回収機体として検討している有翼飛翔体のデルタ翼の飛行特性を基に設計した有翼を、CAMUI ハイブリッドロケットに装着して、有翼 CAMUI ハイブリッドロケットとして打ち上げ実験を行う。有翼 CAMUI ハイブリッドロケットの完成予定図を Fig.4 に示す。

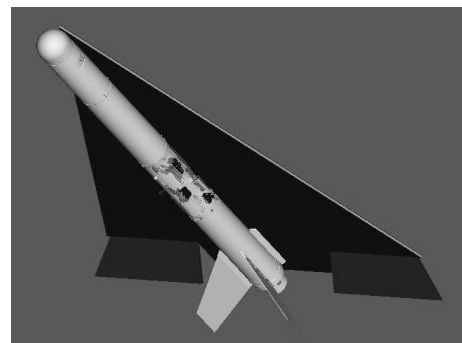


Fig.4 Winged CAMUI Hybrid Rocket

この有翼 CAMUI ハイブリッドロケットに姿勢情報を取得するためのアビオニクスを搭載する。アビオニクス構成は、Fig.5 に示すように GPS、加速度センサ、圧力センサの各データを CPU ボードに取り込み、EEPROM 書き込みと並列してスルーモデムと、アマチュア無線による無線データ伝送も行う。

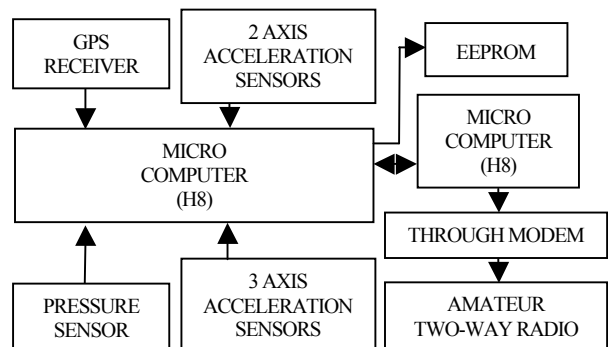


Fig.5 Composition figure of Avionics

スルーモデムとは、TNC の簡易版で飛翔体に搭載するために小型・軽量化を施し、入力されたデータをそのまま(スルー)音声に変換して無線機に送る回路基板である。スルーモデムは、本学電気電子工学科の佐鳥研究室と共同開発したものである。

姿勢検出方法は、GPS 情報から得られる緯度、経度の変化による軌跡、磁気方位による飛翔体の向き、加速度センサによるロール角及びピッチ角の検出を行う。

実験方法は、①有翼 CAMUI ハイブリッドロケットにアビオニクスを搭載する②GPS を同期させた後、打ち上げる③最高高度到達後、無線操縦によって飛翔体を制御して着陸させる④その間の姿勢情報を無線通信によって地上局で受け取る⑤回収後に、EEPROM から詳細な姿勢情報の取得を行い、解析をして軌跡と姿勢状態を算出する、という手順で行う。搭載予定のアビオニクスを Fig.6 に示す。

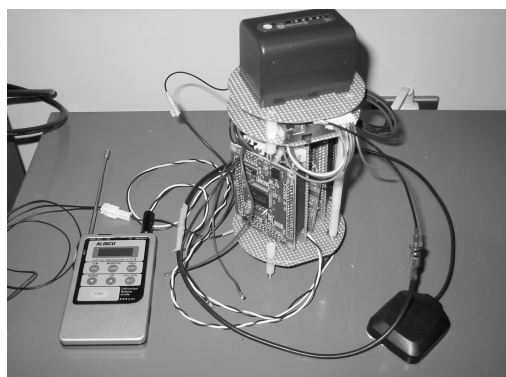


Fig.6 Avionics

7. 水ロケット実験

水ロケットにアビオニクスを搭載して、打ち上げ予備実験を行った。重量制限により、有翼 CAMUI ハイブリッドロケットと同様の機器を搭載する事は出来なため、加速度センサを用いたロール角検出のみの実験を行った。実験の様子を Fig.7 に示す。

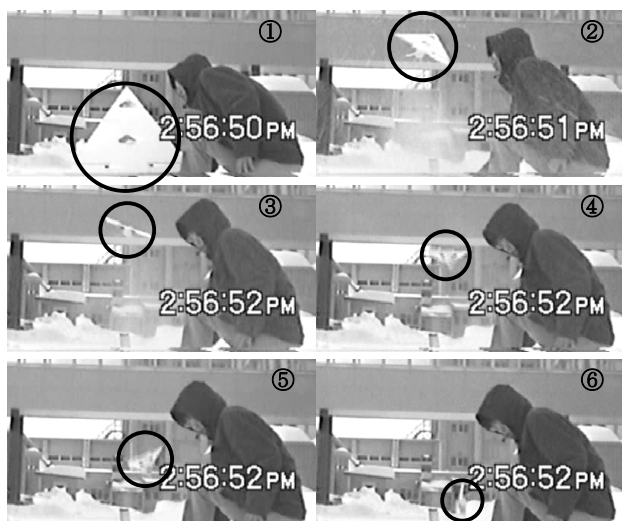


Fig.7 Water rocket experiment

得られた加速度データから角度を算出したグラフを Fig.8 に示す。このグラフと、Fig.7 の画像からの水ロケットの傾きを比較すると、実際のロール角とほぼ一

致している事が確認できた。

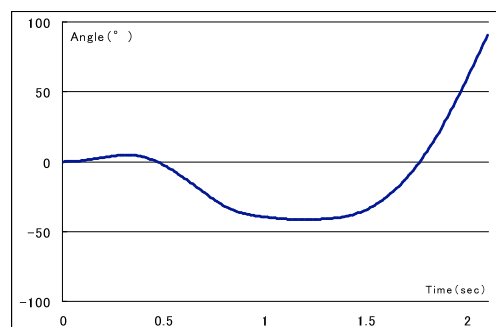


Fig.8 Angle Graph

8. まとめ

サウンディングロケットシステムとして検討している CAMUI ハイブリッドロケットは、2 度の打ち上げ実験に成功している。機体として検討している有翼飛翔体は、風洞実験、滑空実験、モデルロケットによる打ち上げ実験により、打ち上げシステムとしての飛行性能が十分ある事を実証した。アビオニクスによる自律制御は、モーターグライダーに自律制御システムを搭載しての実験によって、基礎を確立した。

2004 年 3 月中旬に予定している実験では、有翼飛翔体の翼特性を用いて設計・開発した有翼を CAMUI ハイブリッドロケットに装着しているため、サウンディングシステムの実機体に近い状態で飛行特性を確認する事が出来る。また、姿勢情報を用いて軌跡、姿勢を検出する事が出来れば、姿勢制御の開発に取り組む事が可能となる。今後は、打ち上げ準備中である有翼 CAMUI ハイブリッドロケット打ち上げ実験を成功させ、飛翔体の姿勢検出を実証した後に、姿勢制御システムの開発を目指す。

参考文献

- [1] 永田晴紀, “大学連合による小型完全再使用打上げシステムの開発” 日本機械学会誌, vol.104 no.990, 337, 2001
- [2] 芝邦明, “ハイブリッドロケット回収システムの開発” 北海道工業大学大学院修士論文, 2003