

ARLISS2009 大会参加報告書

1. 始めに

この報告書は、2009年9月14日~9月18日の5日間にわたって開催された模擬人工衛星 CanSat についてのものである。

【大学名】 東京工業大学

【指導教官】 松永三郎

【リーダー】 西原俊幸

【メンバー】 足立将基、磯村一樹、森井翔太、森本貴景、別府伸耕

2. 機体の紹介

東工大学部3年生チームの CanSat のミッションは、パラシュートによる振動抑制と速度制御である。

パラシュートの上部に穴をあけ、その径を可変にする。この穴は通気口の役目をし、空気の通り道ができるため、強い風が吹いても CanSat の振動が抑制される。また、穴の径を大きくすると投影面積が小さくなり落下速度が増加するので、着地時には穴の径を小さくして投影面積を増加させて着地時の衝撃を小さくする。これは穴の付近に紐を通し、その紐を引っ張ることで実現させる。

また、CanSat 開発は、設計・機械加工技術、電子回路の製作技術、評価、そしてそれらのマネジメントまでを含んだプロジェクトであるため、本開発を通じて、宇宙システムに関する知識向上を果たすことを本プロジェクトの目的とする。

以上の理論を実証するため、Cansat にはジャイロ・加速度センサを用いて振動を検出し、気圧高度計・GPSを用いて落下速度を検出する。また、実際には上記理論から着地直前までは穴の径を大きくして振動を抑制し、着地直前に径を小さくして速度減速して着地の衝撃を小さくすることが理想的であるが、今回は理論の実証という目的から、高度 3000m 以上と高度 2000~500m で穴の径を最大、高度 3000~2000m と高度 500m 以下で穴の径を最小にする。

理論値の導出についてはここでは省くが、今回の実験で用いるパラシュートでは風の無い理想的な状況で 3.97m/s と 2.98m/s であるので、実際には風があることから、速度についての目標値は速度差がおおよそ 1m/s 現れることを目的とする。振動については、パラシュート上部に通気口を設けることによって振動振幅が半分以下に減ることを目標値として設計し、ジャイロセンサの値を評価対象とする。加速度センサは直接振動の振幅の評価対象にはならないが、参考として振動の目安とする。



図1 パラシュート上部の穴の形状
穴の紐を引っ張ることで穴の大きさが変化する

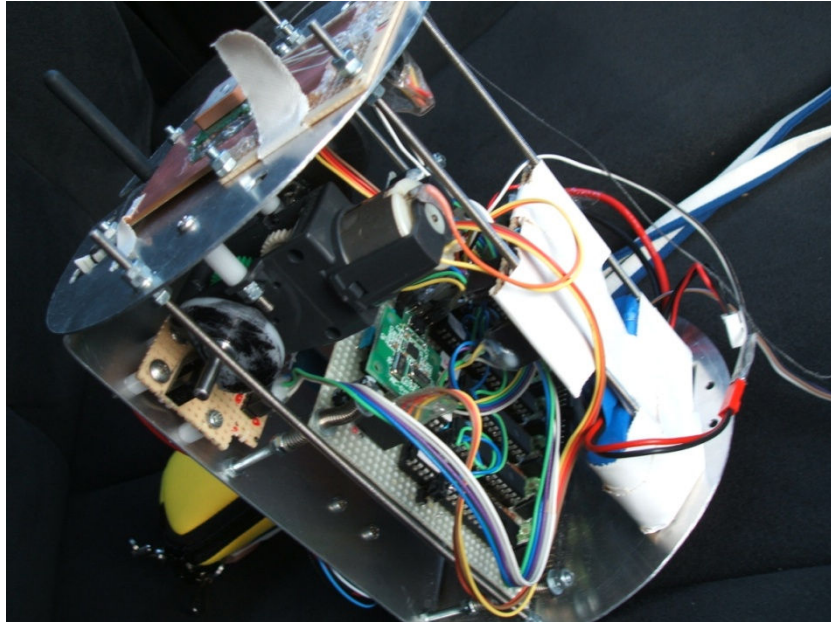


図2 自作した Open Class の CanSat



図3 パラシュートを取り付けた本番用 CanSat

3. 苦労したこと・工夫したこと

本ミッションを考えるにあたって、「どのようなミッションが意味のあるミッションであるか」ということをメンバー全員で考え、試行錯誤の結果、ミッション選定までおよそ一か月半を費やした。本ミッションの「振動抑制」「速度減速」を「単純な機構」で実証するのは、ARLISS のみならず、大気が存在する惑星への人工衛星の突入を考える際には非常に有意義なものになるであろうと考えた。

CanSat 本体については、メインミッションはパラシュート上部に大きな通気口を設けるという特殊なものであるため、パラシュートは実験機も含めてすべてミシンで自作した。本番までには材質の違うものも含め4つのパラシュートを作成した。毎回パラシュートを作成するごとに落下実験を行い、姿勢の安定性や速度差を計測し、メンバーでパラシュートの形状・構造についての議論を行い、新たな改良したパラシュートを作成した。結果、本番で用いたパラシュートは、断面が球ではなくやや楕円に近い形をとった。

また、加速度計や無線機などを動作させるための中心となる OBC についても工夫をした。本 CanSat には、

加速度計・気圧計・ジャイロセンサ・GPS・モータドライバ・フォトインタラプタ・無線機の計7個のセンサ等が搭載されているが、これらはすべて別々にROM保存が行われており、どれか一つに不具合が生じて、他のセンサ等には影響が及ぼさないようになっている。メインマイコンに不具合が生じた場合、通信を行うことだけはできなくなってしまうが、最低限各センサがROM保存を行うことができ、飛行記録が全て消えることがないように設計した。

構造に関しては、数度落下実験を行い、出来るだけ軽い構造で壊れないような設計を心掛けた。最終的には自由落下という状況で試験を行い、その時の機体の状況から、仮に自由落下をしても中の無線機などが壊れないよう工夫した。

今回のARLISSはメンバーが全員初参加者であり、動きだしたのも5月中旬からという期間のない中での開発であったが、その時間の限られている中で、マネジメント能力や、回路設計、技術について多くのことを学ぶことができた。

4. 成果

第一回打ち上げ 9/14

初日に第一回の打ち上げを行った。パラシュートは無事展開したが、打ち上げ時の衝撃で配線が切れてしまい、完全にOBCの動作が止まってしまった。その後配線関係の見直しを行い、次の打ち上げに備えた。

第二回打ち上げ 9/15

二日目に第二回打ち上げを行った。パラシュートは無事展開し、OBCも完全に動作した。以下に各センサの打ち上げ記録を示す。なお、以下のデータはCansat内部のROMから得られたデータを用いたが、無線通信で得られたデータも同じものであることが確認できている。

図4は気圧計から得られた高度データであり、表1はその結果から各区分での平均速度を算出したものである。図5はジャイロセンサからのデータ(回転を含む)、図6は加速度センサからのデータである。ただし加速度センサからのデータについては、振動による加速度のみを検出するため、計算の過程で加速度の値(三軸の絶対値の合計)から重力加速度(9.8m/s^2 とする)を引いている。

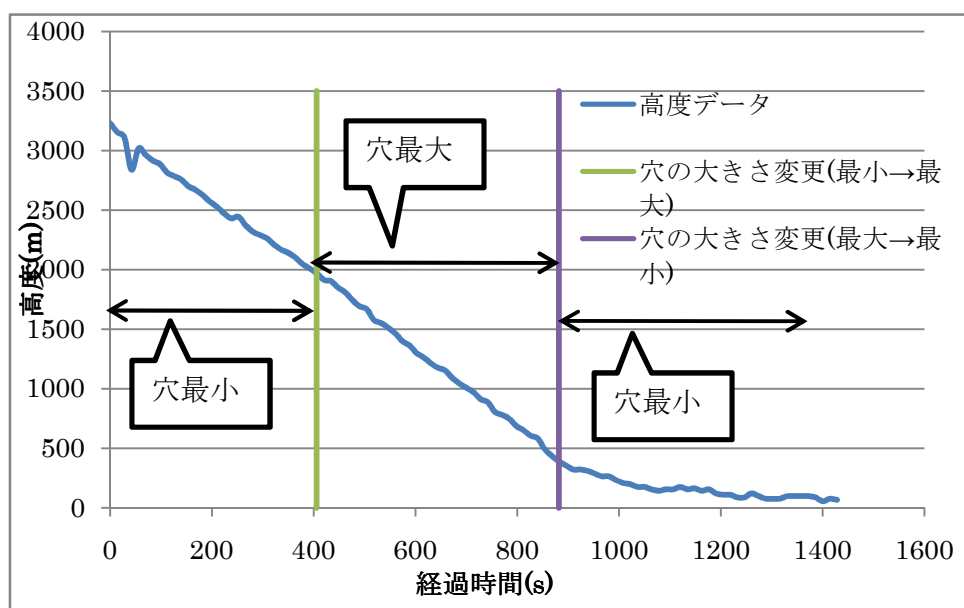


図4 気圧計による高度データと時間

表 1 高度と速度の関係

高度	平均速度
3000m~2000m	2.94 m/s
2000m~500m	3.27 m/s
500m~	0.495 m/s

風のない理論値では速度差は約 1m/s であったが、今回の実験では 0.3m/s~2.7m/s と幅が存在する。これは上空では風が強いこととその方向が大きく影響していると考えられ、さらに風が強すぎるとパラシュートの形状が変化するなどして投影面積が小さくなって速度が増加する可能性もある。速度差が小さい時はこのことが影響していると考えられる。しかし、いずれにおいても、穴が最大の時に速度も最大になっており、高度 500m 以下では速度差は理論値以上出ており、さらに長時間速度差が出ていることから、パラシュートの穴の径を変えることにより速度差が存在することが確認できた。

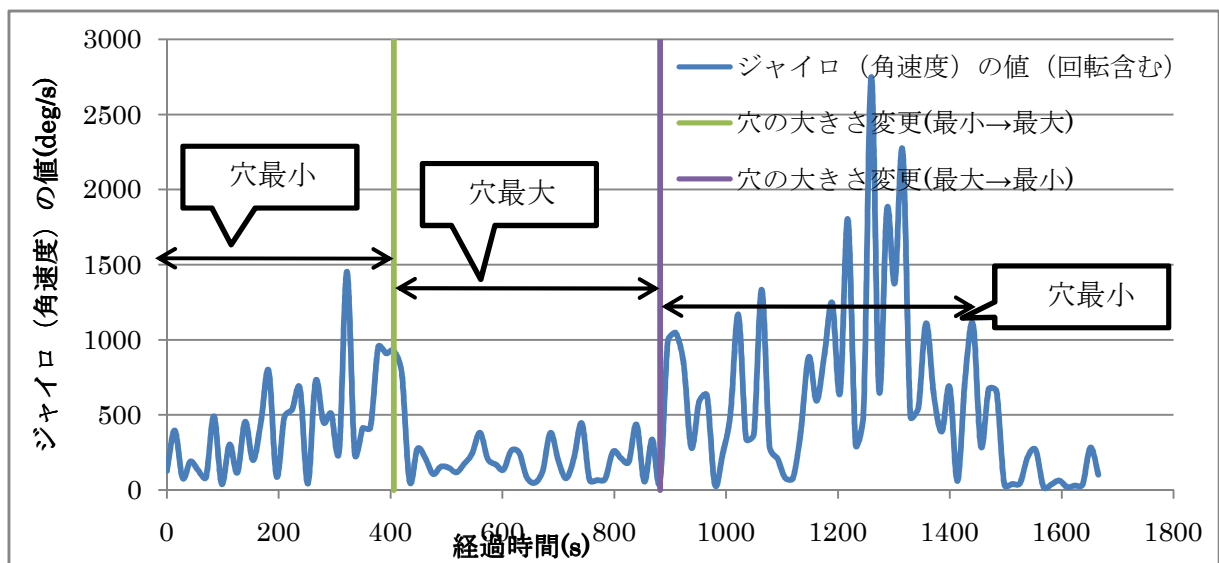


図 5 ジャイロセンサからのデータ

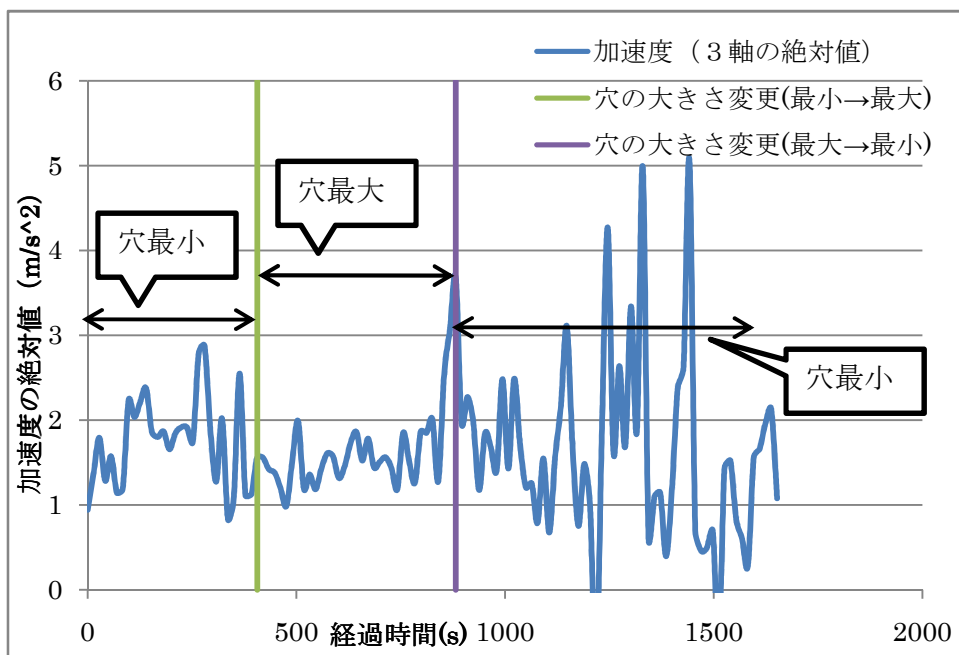


図 6 加速度センサからのデータ(重力加速度は 9.8m/s² としてあらかじめ値から引いてある)

図 5.6 の実験結果から、穴が最小の時、ジャイロ・加速度センサの値は大きく振動していることが確認できるのに対し、穴が最大の時振動が抑制されているのがわかる。値についても、加速度では高度 3000~2000m の時では高度の時と同じようにはっきりとしたデータは得られていないが、2000~500m と 500m の時では値は約倍近く違い、ジャイロセンサではさらに顕著に値の差が表れている。

以上より、パラシュートの上部に通気口を設けることにより、振動が抑制されているのが確認できた。

5. 今後の課題・感想

今回の ARLISS での打ち上げでは、目的通りの実験データが得られ、ミッション目的を十分果たすことができた。また、Mission Competition でも 3 位という結果が得られ、自分たちの考えたミッションを認めてもらうことができた。

しかし、今回のミッションでは、開発時間の関係上、カメラモジュールによる画像・動画撮影というミッションを削らざるを得なくなってしまった。これは OBC 及びカメラ開発担当が他メンバー全員の単機能デバッグを全て行っていたためである。

今回の ARLISS では前述のようにメンバーは全員初参加であったが、初期の時に予想していた以上の経験が得られ、非常に有意義な半年間であった。今後は各自今回の ARLISS での体験を生かし、さらに来年度参加する東工大の学生のために、今回の ARLISS で得られた注意点や失敗例などを伝えていきたい。

