



I-SA-NA-MI PROJECT

I-SA-NA-MIは衛星に見立てた機体をターゲットまで誘導し着地させることを目的としたプロジェクトです。ペットボトル、ビニール袋、乾電池、水といったありふれた材料や推薬を使い、実際の衛星に限りなく近いシステムの実現を目指しました。水の噴射による推力、すなわち「**水スラスタ**」によってターゲットに向かうことをミッションとしています。

機体構成

I-SA-NA-MIは電源系、通信系、制御系、構体系、推進系で構成されています。

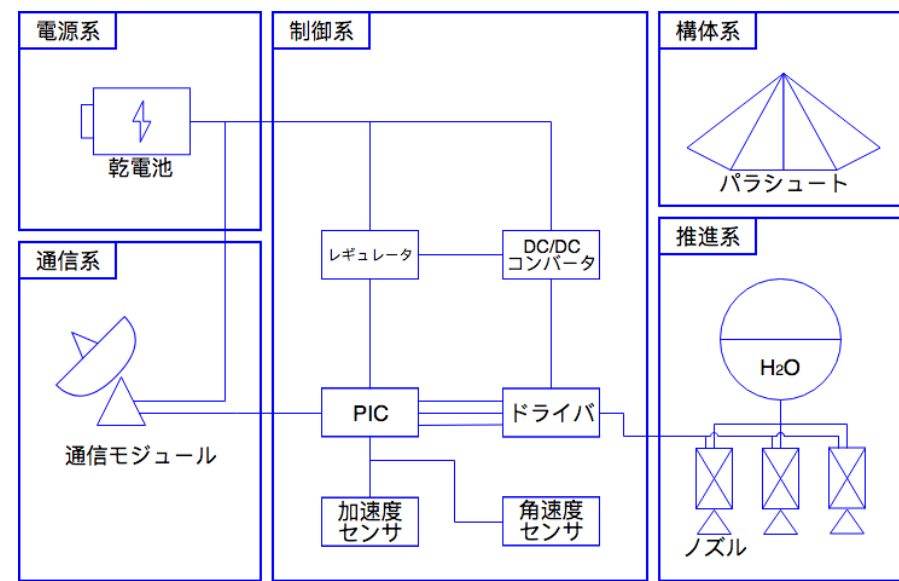


Fig.1 システムブロック図

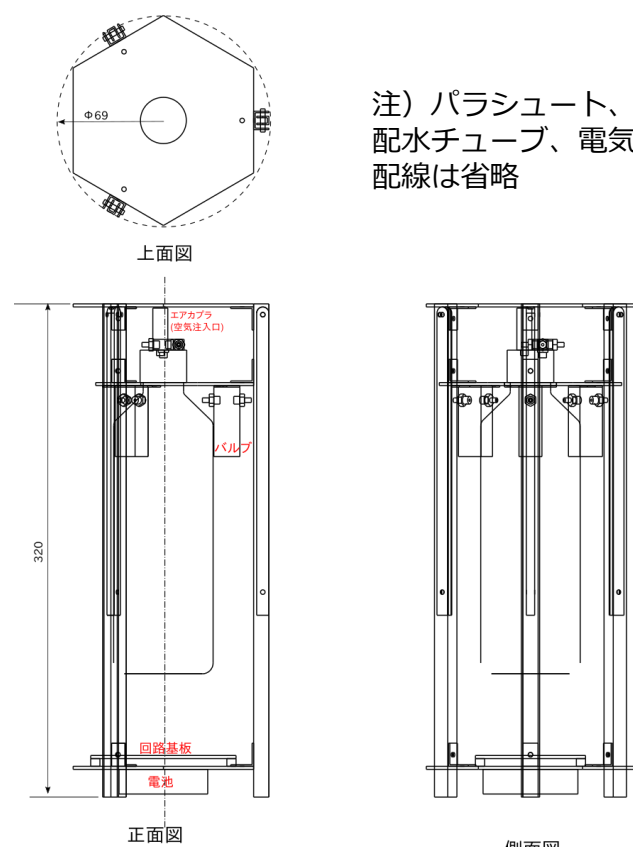


Fig.2 三面図

機能

アーム：フェアリングから放出後、ばねの力により3本のアームが展開。先端にはパラシュートのひもが結ばれている。

ノズル：ペットボトル内の水を放射状に噴射する。計3個ある。

ペットボトル：推薬の水を入れるタンク。7気圧に耐えられるよう炭酸飲料のペットボトルを使用。

パラシュート：ビニール製のパラシュート。落下速度を落とし、機体の向きを整える。

基盤：センサやアクチュエータを制御するPIC、地上との通信モジュールなどを搭載している。

電池ボックス：機体の電力を賄う単4電池×4本を収納するボックス。

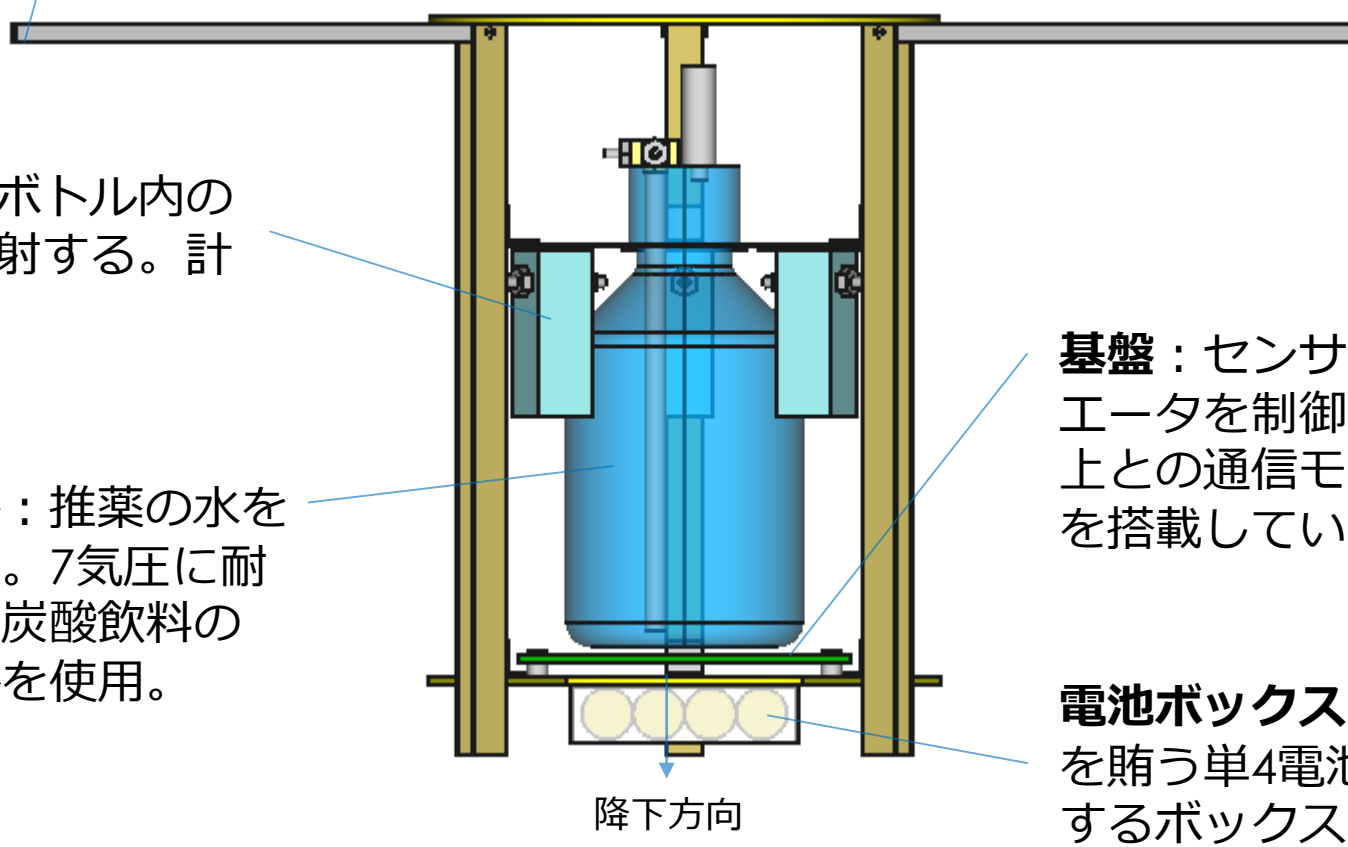


Fig.3 形状図

ミッション

ペットボトルに水と圧縮空気を封入し、3方向に配置したノズルから水を噴射して機体を制御します。地上のPCソフトウェアに、打上げ位置から見たターゲットの座標を前もって入力しておきます。

ロケットから放出されると同時に、バネの力でパラシュートが自動的に展開します。ペットボトルに封入した圧縮空気の圧力で3方向に配置したノズルから水を噴射して機体を制御します。水の噴射制御には電磁弁を使用します。

機体に搭載したジャイロセンサで計測した角速度、加速度の信号を無線で地上のノートPCに伝送し、それらを積分することで位置と姿勢を計算します。その結果をもとにPCでバルブの制御指令を算出し、地上から制御コマンドを送信して機体を制御します。

アームを付けてパラシュートのひもを極力短くすることで、水を噴射したときに機体が揺れるのを抑えるよう工夫しています。

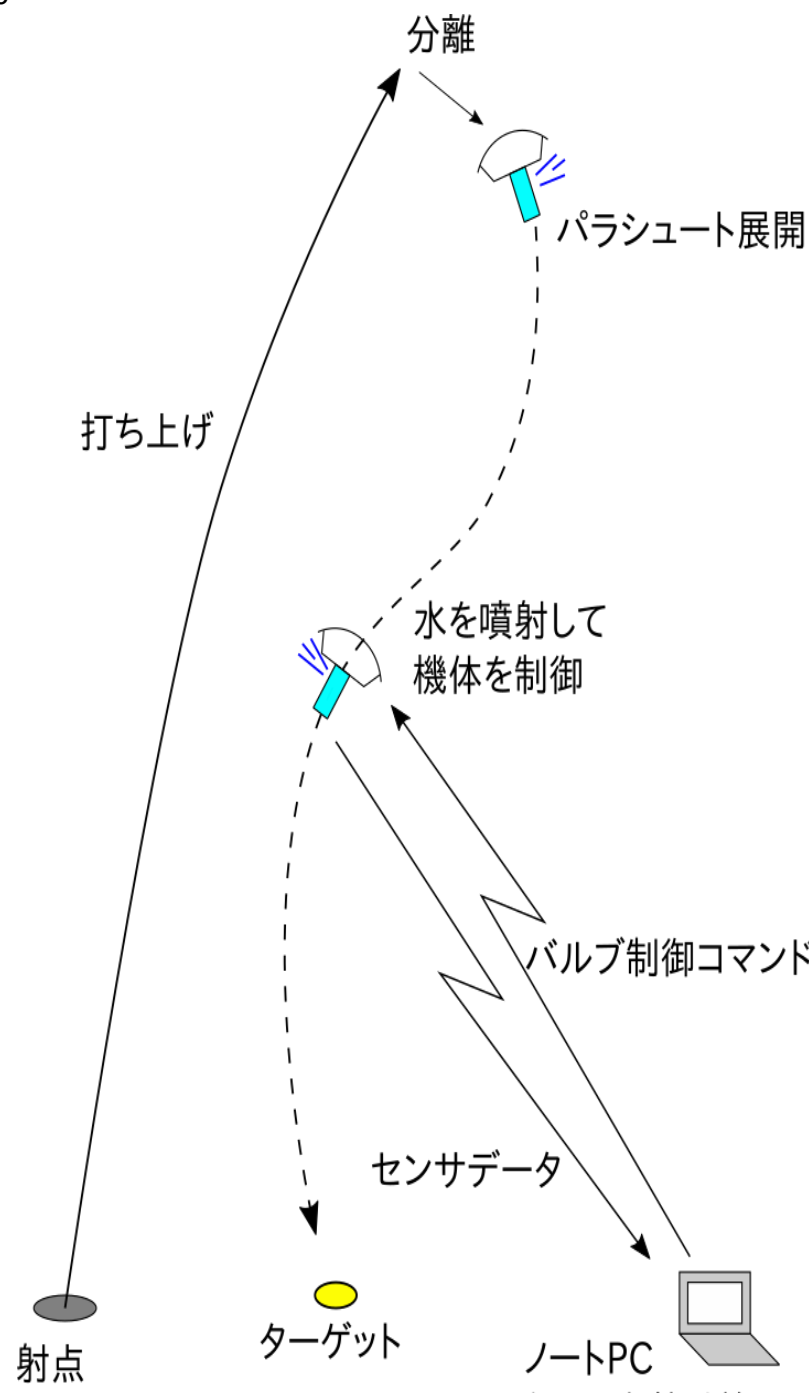


Fig.4 ミッション概要

推進系

炭酸飲料用500mlペットボトルに水300mlを入れます。その後圧縮空気を送り込み内部は7気圧にします。6m/sで落下する間、ノズル1個から最大約24Nの推力が発生することを見込んでいます。

ペットボトル内の水面とノズルにベルヌーイの定理を適用し計算すると、ノズル1個の推力は

$$F=2A_1\{(P_b - P_0) + \rho g(h_b - h_1)\}$$

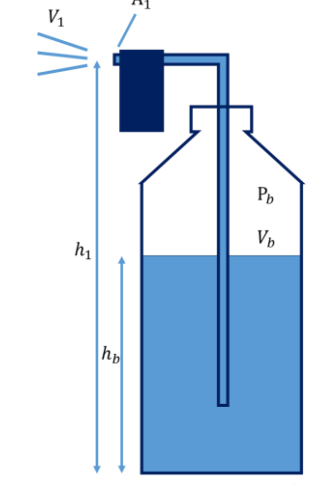


Fig.5 推進系モデル図

水が噴射している様子

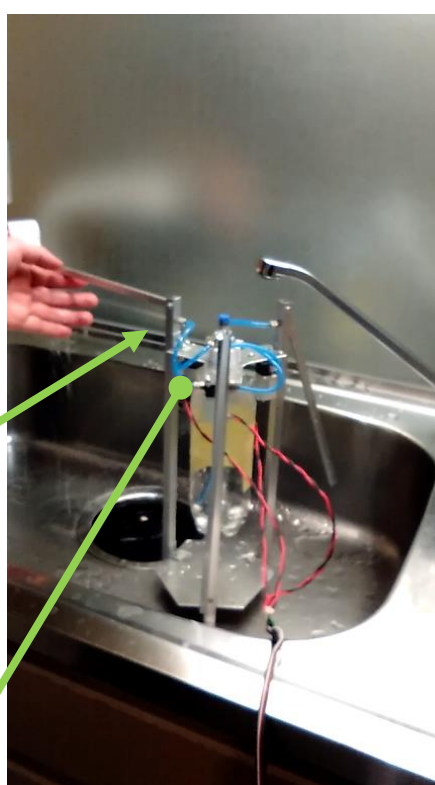


Fig.6 推進系概要

制御系

図の通りノズルA～Cからそれぞれ地面と水平方向に水を噴射します。水の噴射制御には電磁弁を使用します。

ジャイロセンサから送られた信号を元に地上で位置、姿勢を積分計算します。そこからターゲットに向かうために必要な推力を求め各ノズルにコマンドを送信します。

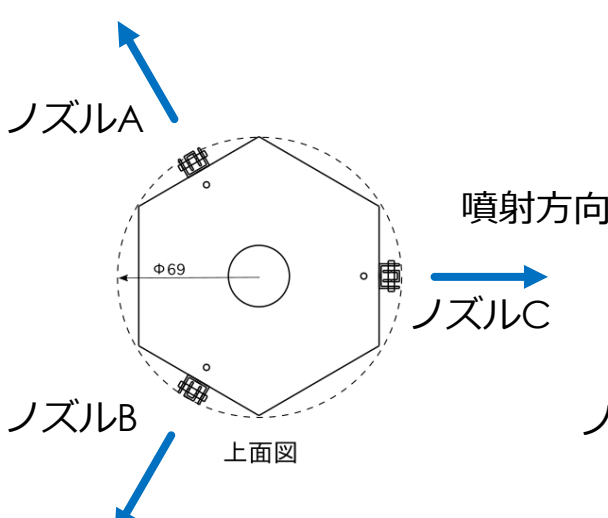


Fig.7 噴射方向

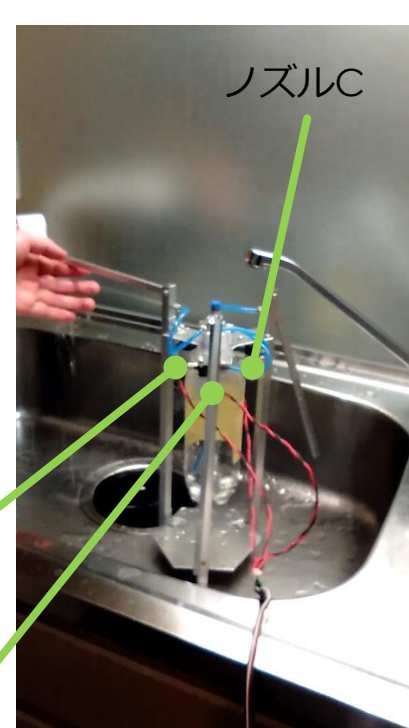


Fig.8 制御系概要

電子回路構成

電源は単4アルカリ乾電池×4本です。機体の加速度/角速度を計測するジャイロセンサ、地上との通信を行なう無線モジュール、バルブを駆動する12V電源を作り出すDC/DCコンバータ、バルブへの電流を制御するドライバ、およびそれらをコントロールするPICマイコンで構成されています。

無線モジュールとPIC間は非同期シリアル通信、センサとPIC間はI2C通信で情報をやり取りしています。

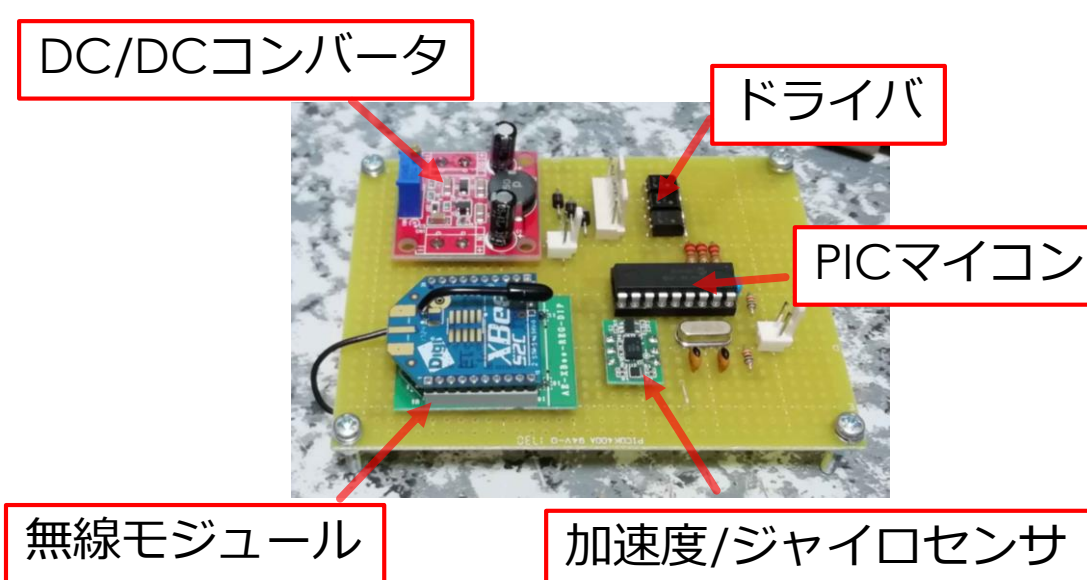


Fig.9 回路図

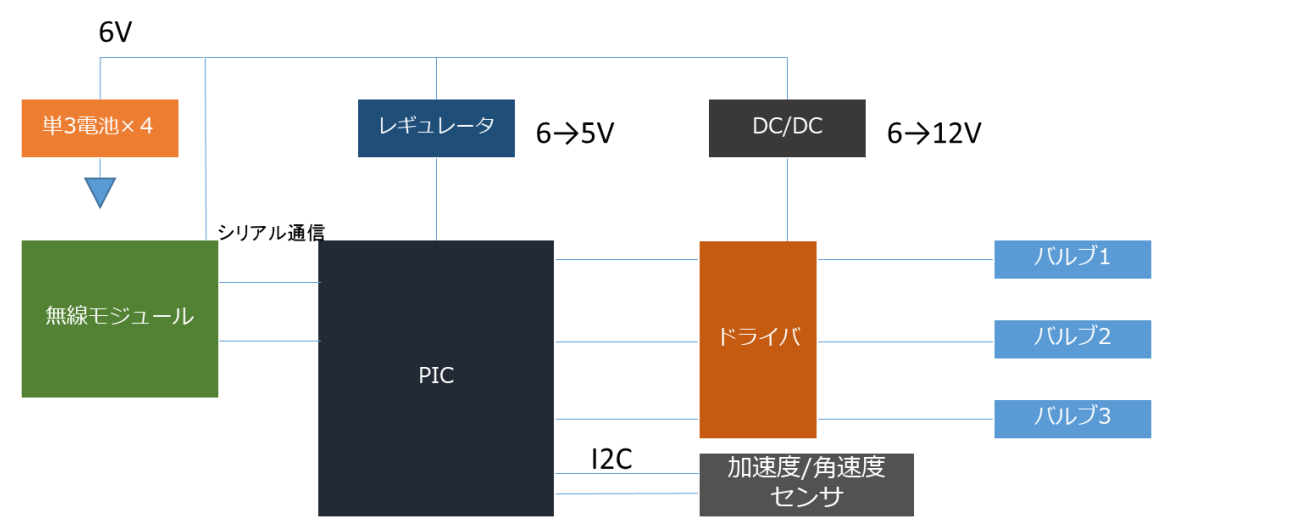


Fig.10 回路ブロック図

試験／実験内容

1 要素試験

- 1-1 圧力タンクの気密性試験、耐衝撃性試験
- 1-2 センサ信号から位置・姿勢を計算するプログラム動作確認
- 1-3 無線モジュールの通信速度、通信距離、指向性の確認試験
- 1-4 電磁弁の制御回路動作試験

気密性試験結果。カプラとペットボトルのキャップとの接合部をシールド、チューブを交換し再試験。圧力低下が緩やかになった。

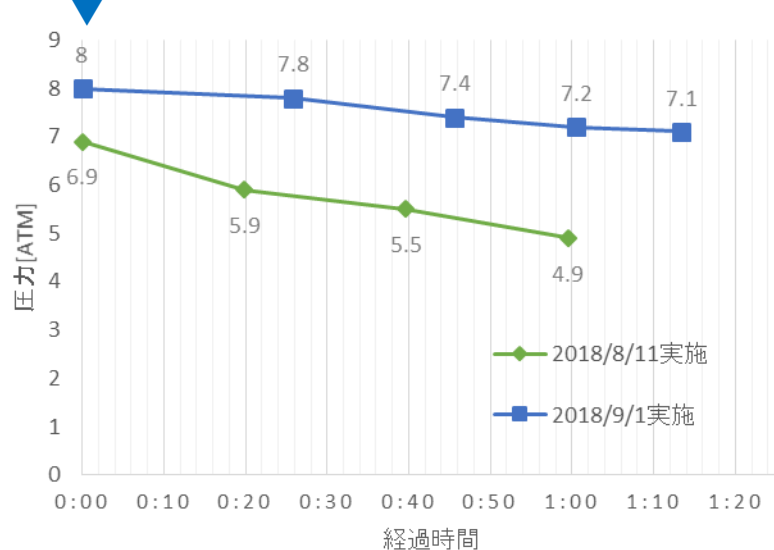
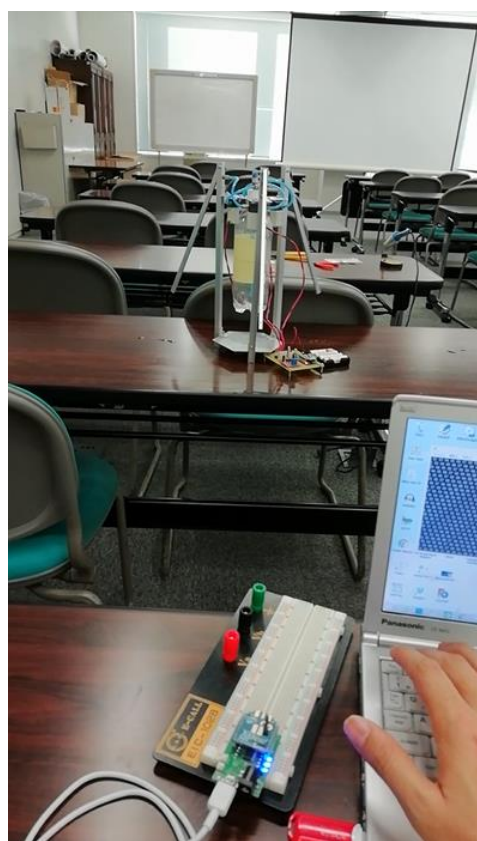


Fig.11 気密性試験結果

初めての圧縮空気封入。段ボールと傘でガードしびびるメンバーたち。しかし何事もなく成功！



通信試験。電磁弁をリモートコントロール。



2 実機を用いた確認／実験

- 2-1 落下時のパラシュート展開試験
- 2-2 スラスタによる機体の制御性能試験



お手製の展開機構。



ビニール袋から制作したパラシュート。

某ビルからのパラシュート落下。パラシュート本体とビルに映る影。

