

スペースプローブコンテスト2018

～チーム岩井家～



自己紹介

- いわい たつや (iwi2go)
- **codeHead** でエンジニアやってます
- いちおう工業系専門学校卒です
- スペースプローブコンテストは今年で3回目
 - 2016年:見学
 - 2017年:参加(結果:計測不能)
 - 2018年:参加←ここ



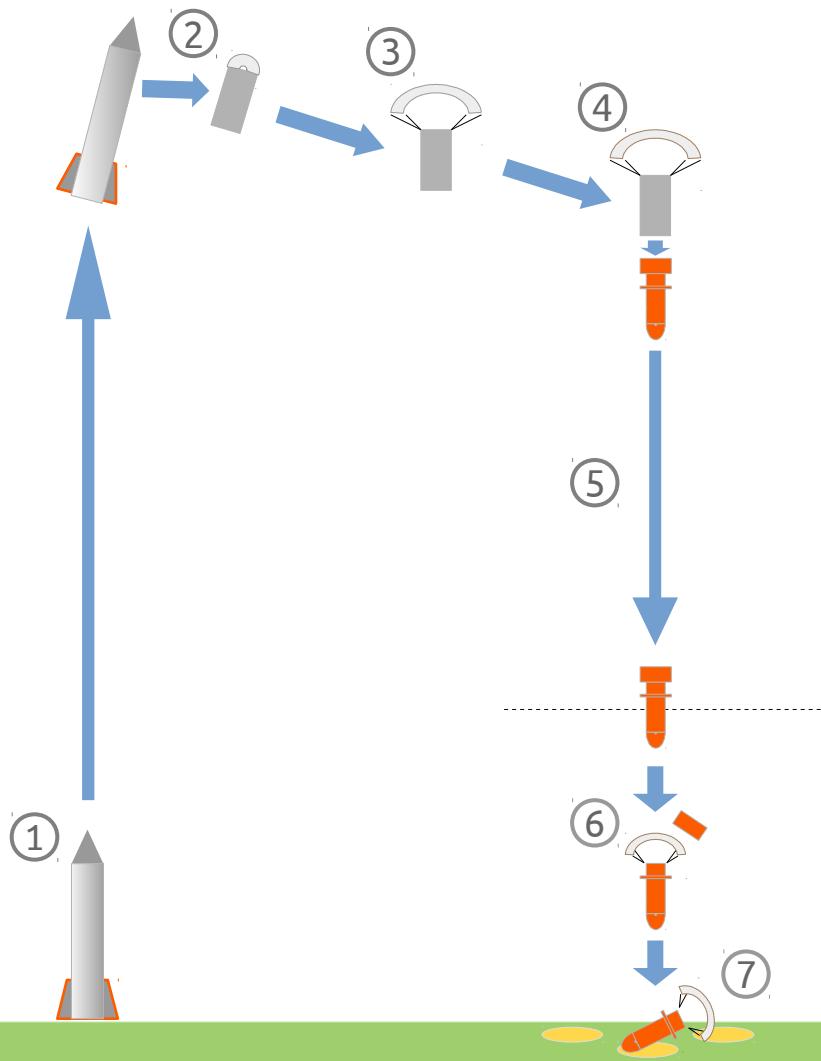
今回のコンセプト

風の影響を最小限に抑えた『ほぼ自由落下』と『安全な着地』

- プローブ開放後、一定の姿勢を維持しつつ、『ほぼ自由落下』
 - 美しい機体の落下姿勢を皆様に見ていただきたい
 - 機体のブレによるセンサへの影響を抑えたい
- 地表近くでパラシュートを自動展開・減速して『安全な着地』
 - 衝突か!?と手に汗握るタイミングでパラシュートを展開
 - 風による影響を極力抑えたい



発射から着地までのシナリオ



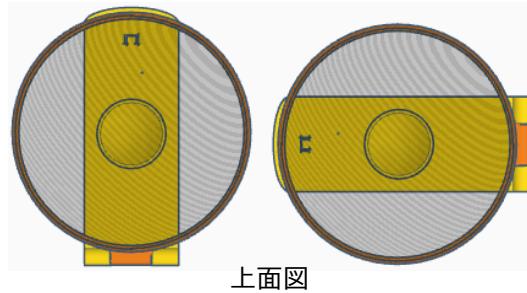
機体構成(プローブ)



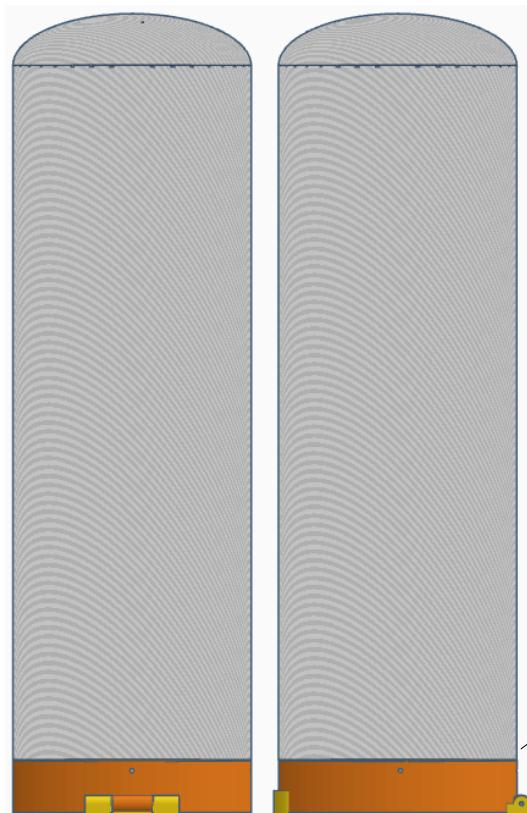
- 機体の骨格部分は3Dプリンタで作成
 - 曲げ強さが必要な箇所には竹ひごを使用
- パラシュートの自動展開にサーボを使用
- 地表までの距離計算は気圧センサを使用
- 機体の姿勢情報取得は9軸センサを使用
- 取得データは XBee 経由でコントローラーに送信
- 単4アルカリ乾電池4本で9時間以上動作



機体構成(プローブキャリア)



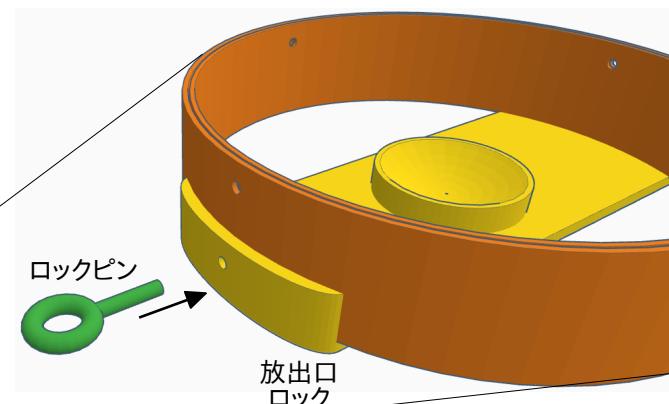
上面図



正面図

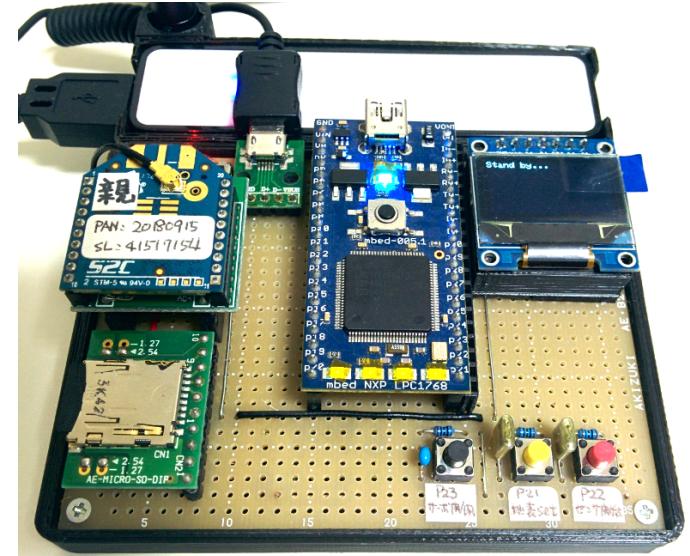
側面図

- ・ 胴体部分にはペットボトルを使用
- ・ プローブ放出口にロック機構あり
 - ロックピンで固定、放出時に解除
- ・ ペットボトルが歪むと、歪みの方向によってはロックが外れない場合がある
- ・ ロック解除をサポートするゴム紐を追加し、ロックが開きやすい方向にペットボトルを歪ませて対処



機体構成(コントローラ)

- 主な機能
 - プローブの遠隔操作
 - パラシュートの手動ロック/アンロック
 - 標高リセット
 - データ取得開始
 - プローブから受信したデータをSDカードに保存
 - 取得中のデータをLCDに表示
 - LEDは屋外での視認性が良くなかったので今回は使用せず
 - 脱着式の日除けカバーも製作(やりすぎ?)



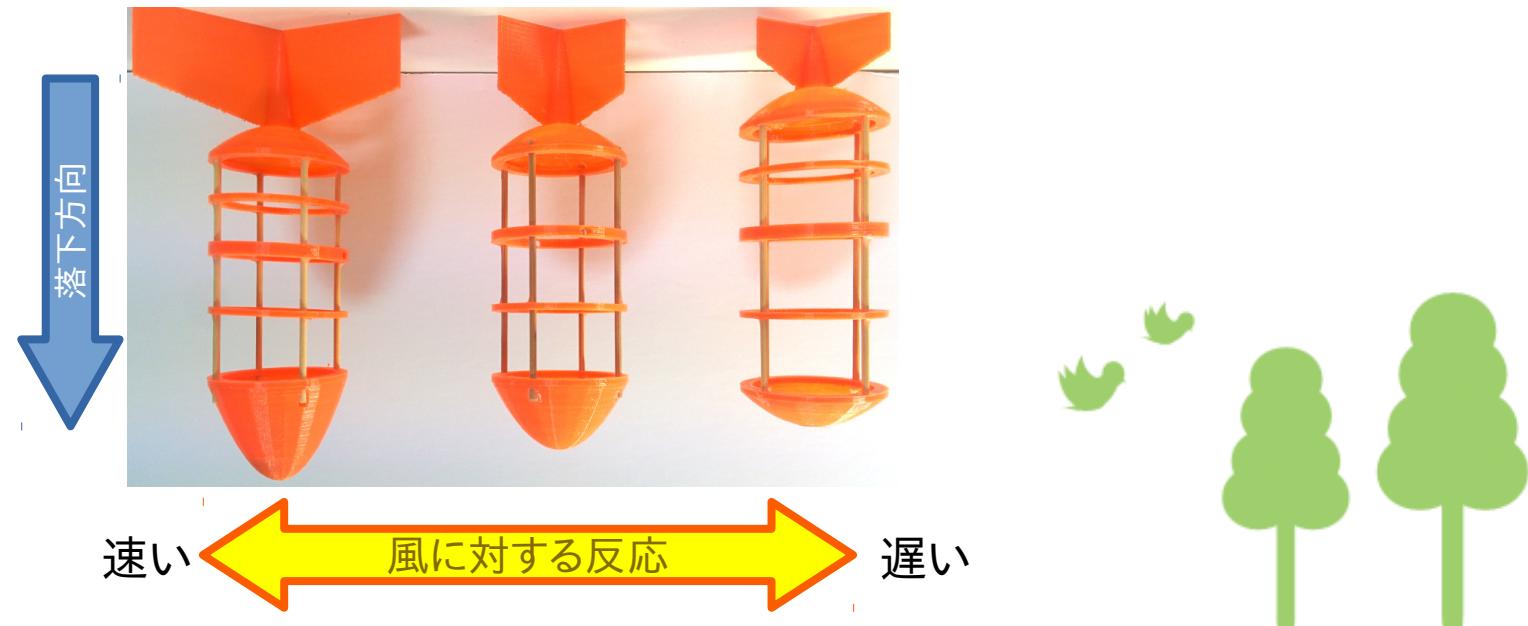
いかに「美しい落下姿勢」を実現するか

- 美しい落下姿勢=先端を地表に向け、ブレることなく落下
- 落下姿勢と物体の重心は、必ずしも一致しないようだ
 - 重心を先端に置いたら良い、というわけではない
 - プローブ先端の空気抵抗を減らし、後端は空気抵抗を稼ぐことで、先端を地表に向けて落下させられるのでは
- 感覚的には先端を円錐状にして、後端は尾翼をつけてやれば良さそう



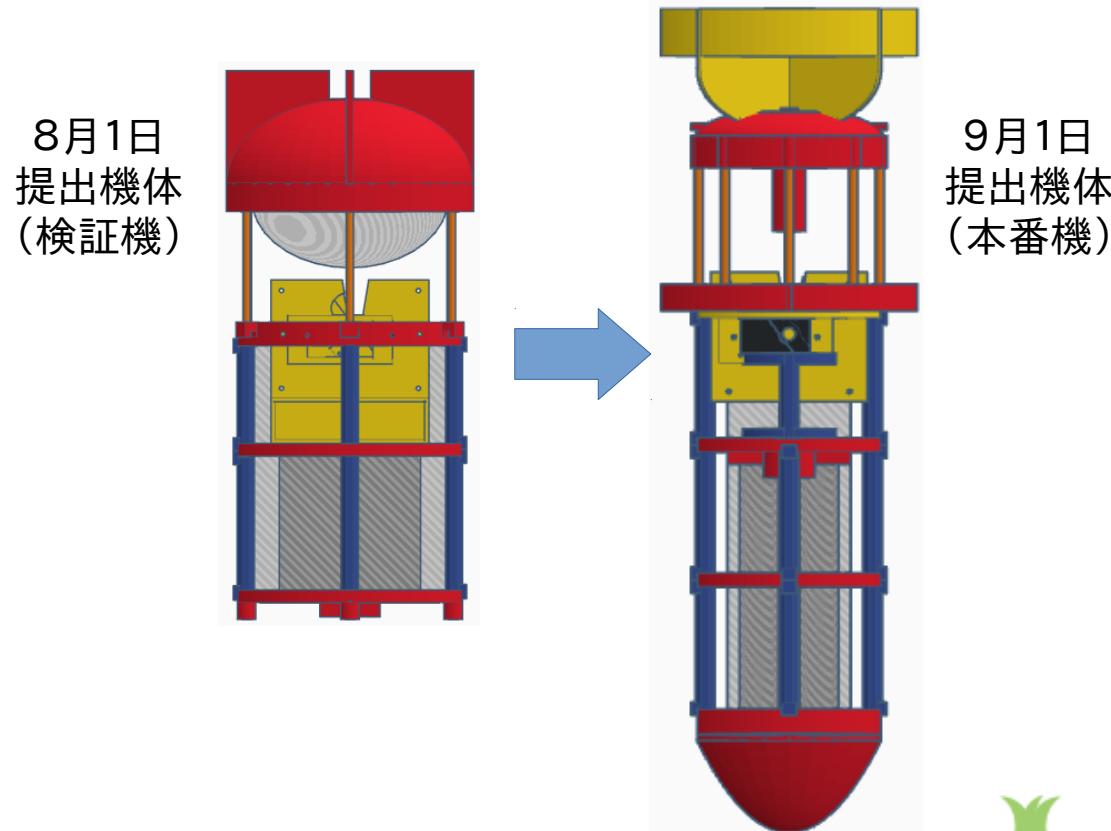
いかに「美しい落下姿勢」を実現するか(続き)

- 1/2スケールのモックを数パターン製作した
- モックの中心に重心をおいた状態で強い風を当て、どの形状がより素早く先端を風の方向(落下方向)に向け、かつ安定するのかを検証した
- その結果、後端は長さよりも直径をより大きく取ると、風に対する反応が良くなることがわかった
- また先端は尖っている方が風の方向を向いた後の安定性が良いことも分かった



いかに「美しい落下姿勢」を実現するか(続き)

- 前述の検証結果を踏まえて、機体の形状を見直した
- 本番機は本体直径を縮小し、相対的に尾翼の直径を大きくした
- また先端にノーズコーンを追加し、落下中の安定性を向上させた



「手に汗握るタイミング」を見切る

- 落下時間が分かれば、落下速度を求めることができる
- 落下速度が分かれば、地上何mでパラシュートを展開すれば良いかわかる

100m上空から落下させた場合の落下時間と速度を求めてみた

落下距離 $y = 0.5gt^2$ (g:重力加速度、t:落下時間)

$$100 = 0.5 * 9.80665 * t^2$$

$$t \doteq 4.518(\text{sec})$$

落下速度 $v = gt$

$$v = 9.80665 * 4.518$$

$$v \doteq 44.31 \text{m/s}$$

…あくまでも理論上は、という話



「手に汗握るタイミング」を見切る(続き)

- 落下速度は上昇し続けるわけではなく、実際には重力加速度と空気抵抗が平衡して速度一定状態になる(終端速度)
- 抗力係数 C_D : 終端速度を求めるのに必要な係数
 - どうやら C_D は実際のテストで求めるしかなさそう…
- いろいろ考えた末、植松電機さんにお邪魔して、ドローンによる投下試験を実施していただいた
- 上空30m、75m、100mからプローブを投下して、地上高20mでパラシュートの開放テストを実施(※)
 - 1回目(30m): パラシュート開放→展開成功
 - 2回目(75m): 展開が遅すぎて地面に衝突
 - 3回目(100m): 展開成功(ただし展開時の衝撃で機体分解)

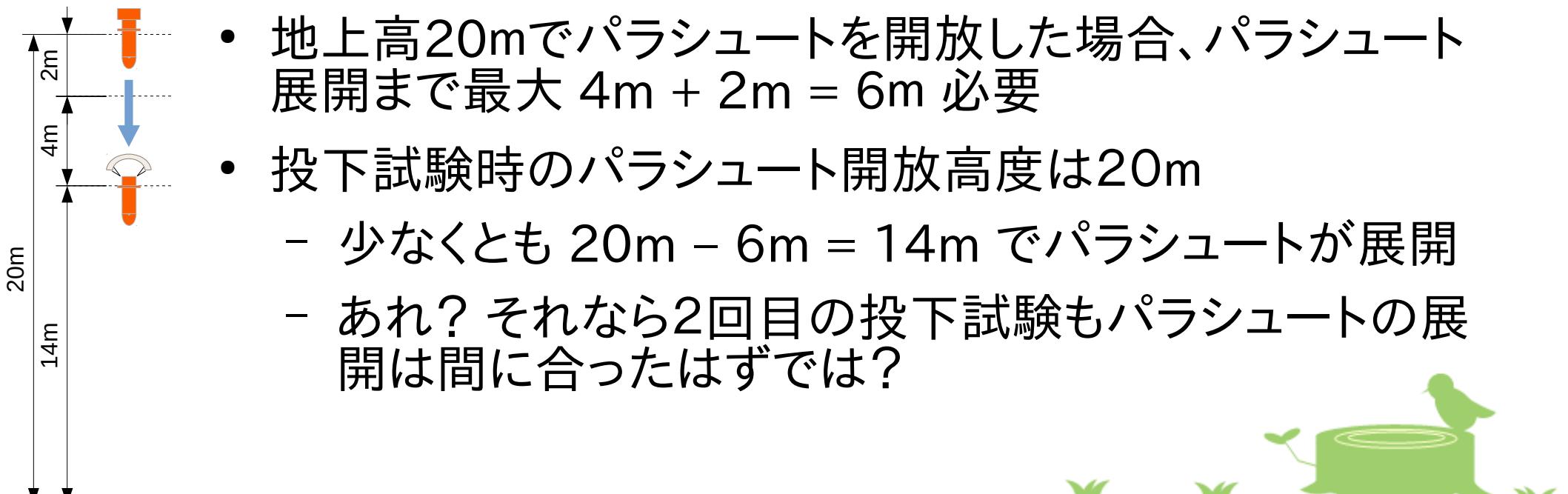
- 
- 1回目(30m): パラシュート開放→展開成功
 - 2回目(75m): 展開が遅すぎて地面に衝突
 - 3回目(100m): 展開成功(ただし展開時の衝撃で機体分解)

※ 3回目は地上高40mでパラシュート開放



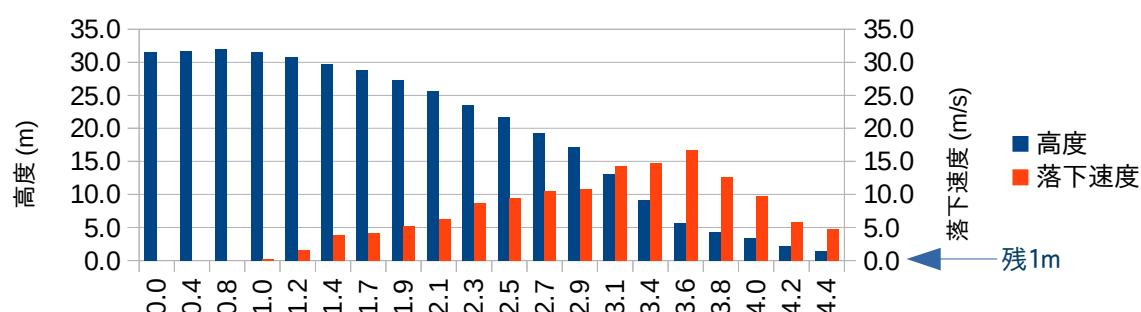
「手に汗握るタイミング」を見切る(続き)

- 100m投下試験でわかったこと
 - 終端速度はおよそ20m/s
 - データのサンプリングレートは0.1秒→ 2m 移動
 - パラシュート開放から展開まで約0.2秒→ 4m 移動
- 地上高20mでパラシュートを開放した場合、パラシュート展開まで最大 $4m + 2m = 6m$ 必要
- 投下試験時のパラシュート開放高度は20m
 - 少なくとも $20m - 6m = 14m$ でパラシュートが展開
 - あれ？ それなら2回目の投下試験もパラシュートの展開は間に合ったはずでは？



「手に汗握るタイミング」を見切る(続き)

30m 投下試験

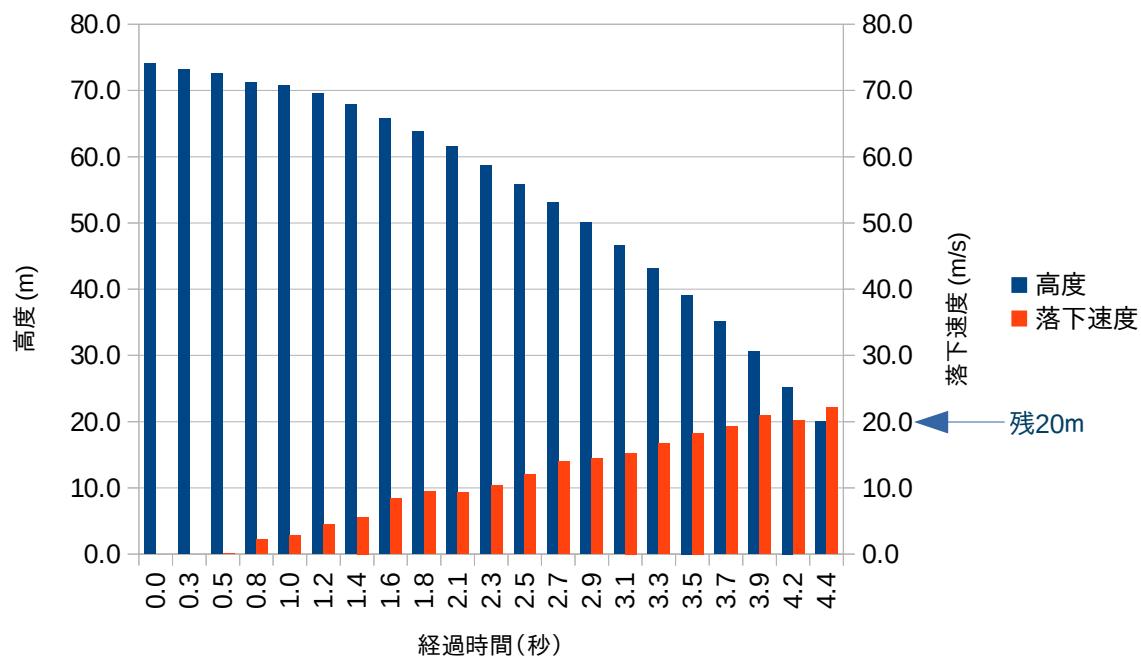


75m 投下試験では、高度が正しく取得できなかった可能性がある

30m投下試験

- 着地時の高度は約1m(誤差の範囲)
- 落下速度は最大で16.8m

75m 投下試験



75m投下試験

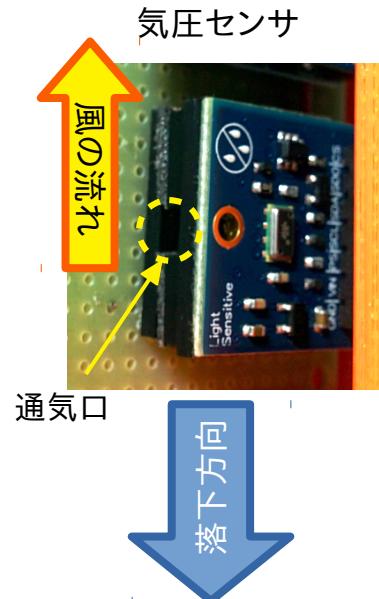
- 着地時の高度は約20m
- 誤差にしては大きすぎる
- 落下速度は最大20.9m/s

落下速度の上昇によって高度が実際よりも高い値になっている?



「手に汗握るタイミング」を見切る(続き)

- 高度は気圧センサの値から算出している
 - 実際よりも高度が高くなる=実際よりも気圧が低くなっている



- 気圧センサは落下方向と水平に配置
- 気圧センサ直下にはノーズコーンを設置して、直接風が当たらないようにしている。が…
- 通気口付近に強い風の流れが生じると、空気は通気口から吸い出される方向に移動する?
 - 吸い出される→気圧が下がる



「手に汗握るタイミング」を見切る(続き)

- 風圧が気圧センサに影響を与える可能性があるのか知りたい
- ポケット部門で使用している高度測定装置(AltimeterOne)も気圧から高度を割り出している事を知った
 - マニュアルを確認したところ、やはり強風が当たると測定値に影響を及ぼすという記載がある
 - 「強風による誤差が生じたときは、布製のポーチで包んで風の流れを分散してね」とのこと

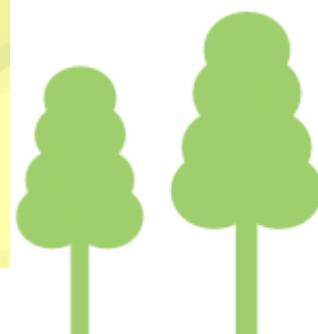
Avoid Really Strong Airflow



Rapid gusts of wind and turbulence can create pressure waves that can sometimes confuse AltimeterOne and result in odd readings.

If you experience odd readings and are exposing AltimeterOne to airflow during flight, try wrapping it in a little fabric pouch to break up the airflow around it.

<https://www.jollylogic.com/public/JollyLogicAltimeterOne-Gen2-V4web.pdf>



「手に汗握るタイミング」を見切る(続き)

- 通気口の形状を色々と工夫してみた
 - なるべく直接風が当たらないような設計にする
 - 通気口の周囲をスポンジで覆ってみる
- 風速約 20m/s の状況下で、通気口の設計変更が改善につながるか検証を行った
- しかし風の影響を最小限に抑えられるような改善まではたどり着けなかった
 - 仕方ないので今回は設定高度+20mとして対処
 - 今後の検討課題

