

可変式の錘とパラシュートを用いたモデルロケットの製作

—モデルロケット世界大会への挑戦—

東京都立小石川中等教育学校 全日制課程

1.はじめに

私たちは、2025年6月にパリで行われたモデルロケット世界大会(IRC)に出場した。この大会では、自作ロケットの打上競技と自分たちのロケットに関する英語でのプレゼン競技があり、打上競技では鶏卵2個を積んだロケットをコンポジット推進薬で打ち上げ、割らずに回収し、目標高度765ft、パラシュートを用いて目標滞空時間41~44sにどれだけ近づけることができたかを競った。

2.機体の作成

2-1.概要



図1.作成した機体

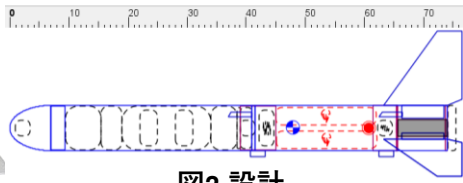


図2.設計

部品	素材
ノーズコーン	3Dプリント品
ボディチューブ	GFRP (ガラス繊維強化プラスチック)
フィン	シナベニヤ
パラシュート	リップストップナイロン
卵の保護機構	低反発ウレタン、ポリウレタンフォーム

2-2.フィン

モデルロケットの羽となる部品

大きな空気抵抗→高度に大きく影響

エンジンマウント(エンジンを差し込む部品)を3Dプリンターで製作した。そこにフィンを差し込むことで、飛行中にフィンが最大で受ける約4kgの横方向の力に耐えることに成功した。



図3.矩形

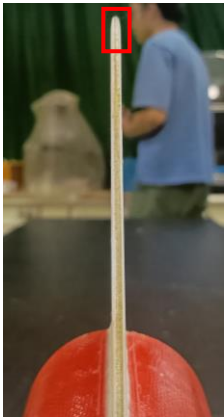


図4.丸み

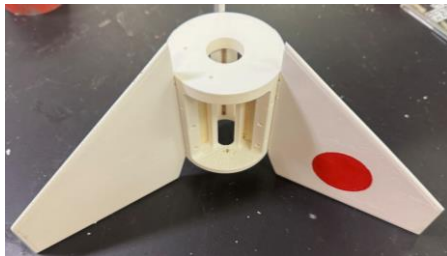


図5.差し込まれたフィン

進行方向(上向き)と反対方向に風が流れる。



図6.矩形フィンでの空気の流れ

フィン上部では、矩形により急に折れ曲がった形の通りに気流は曲がれないので、気流が溜まる。
→**空気がぶつかり圧力が高くなる**

高圧から低圧へと空気は動こうとするので、**ロケットは後ろに引っ張られてさらなる抵抗となる。**

同じく下部でも、気流はフィンの形の通りに直角に曲がれない。
→**剥離が起こり、圧力が低くなる**
+ **渦巻いた乱流も空気抵抗となる**

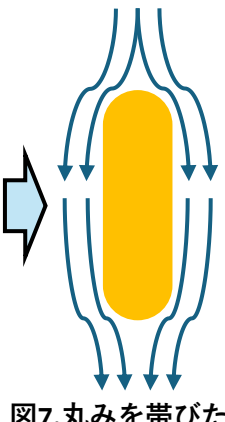


図7.丸みを帯びたフィンでの空気の流れ

2-3.パラシュート



空気が出ていかず、流れがなくなる

空気の逃げ道を作ることで気流を外部と近づけ、安定させる

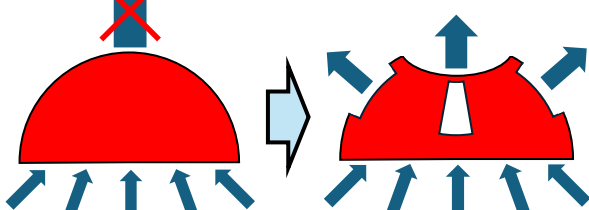


図9.パラシュートの穴の有無での空気の流れの比較

この競技では、高度に対してあまり長い滞空時間が求められていないので、パラシュートに穴をあけることによる滞空時間減少というデメリットより、**滞空時間の安定**というメリットの方が大きい。

穴をあけると、空気の逃げ道がないときに生まれる**不規則な乱流を防げたり**、風などでパラシュートが傾いたときに、**傾いた方向の穴から自然と多くの風が逃げて真っすぐな向きに戻ろう**としたりする。

3.パラシュートの落下実験

何回もロケットを打ち上げて滞空時間のデータを取るのには金銭的にも時間的にも難しいので、学校の吹き抜けで落とすことでパラシュートの滞空時間を測定した。この実験では、**径の異なるパラシュートを複数の種類作り**、複数の機体重量において、面積と速度のデータをとった。打上では、**まず錘で高度を調整し、その機体重量でのパラシュートの大きさを選ぶため**だ。パラシュートはすぐに終端速度に達するため、下の図12のように学校の5階からの落下と4階からの落下の差を取ることで、**終端速度を求めた**。

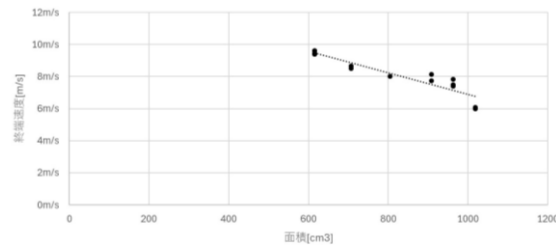


図10.パラシュートの面積と終端速度の関係

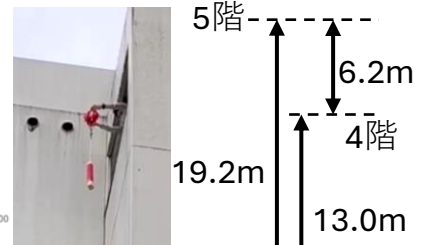


図11.落下実験の様子

図12.5階と4階の差

4.打上実験

高度目標を合わせるため、またパラシュートの落下実験と実際の空中からの落下の誤差を確かめるために、日本での打上実験を行った。大会で使用するエンジンの国内供給が十分でないため、**n=13**と母数は不十分だった。

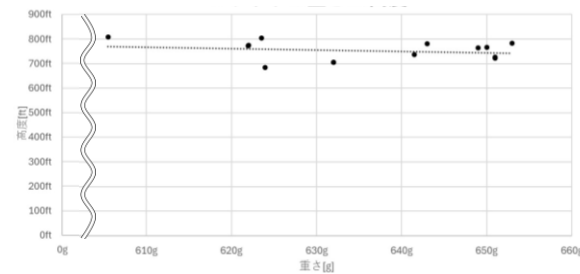


図13.飛行高度と機体重量の関係

同じロケットを複数回打ち上げたが、データ計測や装填などを含めると一回ごとに30分ほどかかるため、時間が経つにつれて風などの**環境条件が変わってしまい、データにブレが生じてしまった**。

5.大会結果

IRCは打上競技とプレゼン競技で構成されており、**打上競技は4位、プレゼン競技は2位**という結果だった。本番では、当日の風の予想やパリと日本での環境の違いを考慮した計算に基づいて、機体重量やパラシュートの大きさを定めた。しかし、右の図14のように、**ロケットは斜めに飛行してしまっ**た。練習では起こったことがなく、原因はさまざまに考えられるが、一番大きな原因は**発射台の長さ**と**私たちの機体の加速度**の問題だと考えられる。



図14.本番での打上

6.反省と展望

私たちの機体は2-1.概要にあるように、**ボディチューブが直線**である。また、横向きに積んだ卵を割らないために安全性を求めてφ76mmしたが、**他国と比べて太い機体であった**。日本での打上実験で使った3m長の発射台であれば問題なかったが、本番のパリでは発射台は2m弱程の長さで、**十分な加速ができず、機体が安定しないまま飛び出して斜めに飛んでしまった**と考えられる。また、**フィンが大きい**ことも問題であった。確かに大きなフィンは斜めに飛んだ時の修正力は大きいですが、かえって首振り飛行を起こすこともあり、風の影響も大きい。



図15.トランジション

これからの機体では、**機体径を細くし、トランジションを導入**、そして**フィンを小さくしたい**と考えている。まず、卵の保護機構の落下実験を重ね、**機体径が細くても割れない機構**を作成したい。また、機体の下部は卵を積まず、太い必要はないので、**トランジション**(図15のように異なる径のボディチューブの接続部品)ですばめることで、抵抗を減らし、フィンの抗力の影響を大きくして**圧力中心を下げる**ことと、下部の重量を軽くして**重心を上げる**ことを両立させる。そして、安定性に余裕ができるので、フィンを小さくすることで風の影響を減らし、**打上毎のブレが少ない機体**を製作したい。