

航続可能な模型飛行機を作ろう

1. 概要

今日、空を見上げれば当たり前のように飛行機が飛んでいる。この光景に違和感を覚える人はそう多くないだろうが、よく考えると不思議なことではないだろうか。店頭で売っているような模型飛行機を投げたところで、飛行したかと思えばすぐに真っ逆さまだ。そこで私たちは、実物の飛行機におけるエンジン(プロペラ)に着目し、それが飛行とどのように関係しているかを考察した。

この実験では、自作の射出装置を用いてプロペラ無しの模型飛行機とプロペラ有りのそれを飛ばし、両者の飛行距離の差異を解析した。

2. 目的

「プロペラが模型飛行機の飛行性能に与える影響を見て、揚力定数を算出し最適なプロペラを考察する。」

3. 仮説

プロペラの有無による飛行距離の差異を解析することで、航続可能なプロペラの形状や揚力定数を導けるのではないか。

4. 実験手法

《手順》

- ① 射出装置を用いてプロペラ無しの飛行機(以下”甲”)を飛ばす。
- ② 直線距離を測定。
- ③ 射出装置を用いてプロペラ有りの飛行機(以下”乙”)を飛ばす。
- ④ 直線距離を測定。
- ⑤ ①～④を繰り返す

《実験条件》

* 場所:半田高校体育館 * 気温:21°C * 空気密度 1.166



図1：実験の様子



図2：実験のイメージ

《実験で使った機材》

・ 模型飛行機…「ジャンボぶっ飛びグライダーDIY」

素材:EPP 重量:181.8(g) プロペラの推進力:0.68(N) 主翼面積: $337.5 \times 10^{-4}(m^2)$

正面から見た面積: $93.62 \times 10^{-4}(m^2)$ 翼弦長:0.45(m) 最大翼厚:0.01(m)



図 3：模型飛行機の全体像



図 4：飛行機のフック

・ スピードガン

・ 自作射出装置

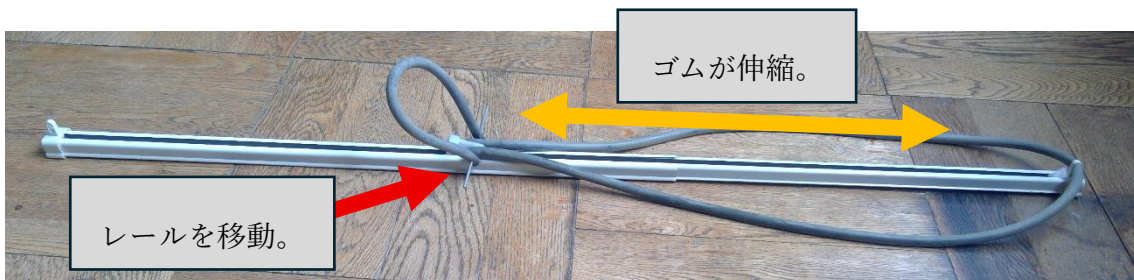


図 5：射出装置の全体像



図 6：射出直前の状態のイメージ

5. 実験結果

	1回目	2回目	3回目	4回目	平均(m)
飛行距離(m):甲	5.10				5.10
飛行距離(m):乙	5.47	5.85	5.65	5.15	5.42
着地までの時間(s)	甲 0.730	甲 ---	甲 ---	甲 ---	0.730
	乙 0.79	乙 0.94	乙 0.81	乙 0.73	0.818

乙の一回目について、スピードガンで初速を計測したところ 24.0(m/s)だった。

甲の一回目について、着地直前の速さを同様に測定したところ 4.0(m/s)だった。

6. 考察

以下は飛行機の略図であり、乙の飛行中にはたらく力を図示した。

(矢印の大きさは無関係)

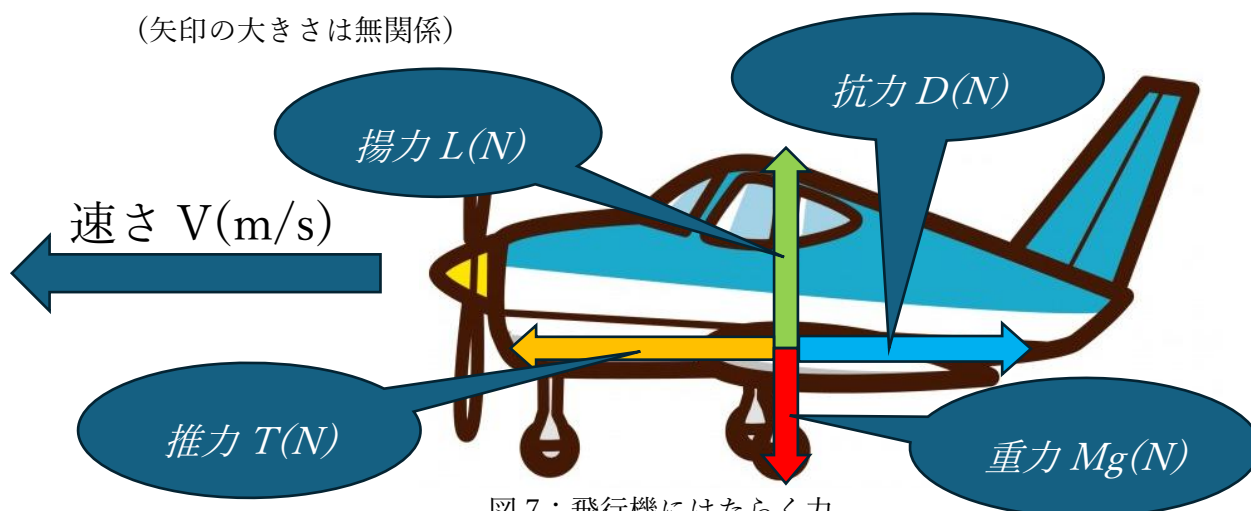


図7：飛行機にはたらく力

以下、機体の形状を円錐付円柱と流線形物体をあわせたものと仮定し、抗力係数を 0.74 とする。また、水平飛行する条件として、 $L=Mg$ (以下、“第一条件”)かつ $T=D$ (以下、“第二条件”)と仮定する。

ここで、揚力に関する一般式: $L=\frac{\rho S V^2 C_L}{2}$ (N)と抗力に関する一般式: $D=\frac{\rho A V^2 C_D}{2}$

(※空気密度 ρ (kg/m³), 翼面積 S (m²), 速さ V (m/s), 揚力定数 C_L , 正面から見た面積 A (m²), 抗力係数 C_D) を用いて、まず甲の実験結果について考察する。ここでは、飛行機は胴体が地面とほぼ垂直に着地したため、着地直前の速度ベクトルを垂直下向きとする。また、地面と発射台との高さを h (=2.00m) とする。

胴体と垂直に働く力の合力 $Mg-L$ がした仕事 W_{Mg-L} について、力学的エネルギーと仕事の関係より、 $W_{Mg-L} = Mgh - \frac{Mv^2}{2} = 2.111$ (J)

よって、平均 $(Mg-L) \times 2.000 = 2.111$

$$\therefore \text{平均 } L \cong 0.7272 \text{ (N)}$$

また、平均 $V = 6.986$ より、 $C_L = \frac{2L}{\rho S V^2}$ に値をそれぞれ代入すると

$$\therefore C_L \cong 0.7573$$

次に、水平飛行している仮想の飛行機(以下”丙”)について考察する。

丙における第一条件 $L=Mg$ より、水平飛行する際の最小速度 V_{min} について、

$$\therefore V_{min} = \sqrt{\frac{2Mg}{\rho S C_L}}$$

$$\therefore V_{min} \cong 10.94 \text{ (m/s)}$$

$$\cong 39.38 \left(\frac{\text{km}}{\text{s}} \right)$$

丙における第二条件 $T=D$ より、この飛行機に必要な最小の推進力 T_{min} について、

$$\therefore T_{min} = D = \frac{\rho A V^2 C_D}{2} \cong 0.4832 \text{ (N)}$$

以上より、乙の初速度 24.00 (km/s) < 丙の初速度 39.38 (km/s) となり、丙の第一条件を満たしていないとわかる。しかしながら一方で、丙の第二条件は満たしているにもかかわらず飛距離は極端に小さいと感じる。よって、飛行を妨げる重心や車輪の不安定さなどのほかの要因が介在しているのではないかと考察する。

7. 結果

結論1 この飛行機に水平飛行するために必要な最小限のロペラの推進力は約
0.48N

結論2 飛行機が水平飛行するための条件は、揚力のみにとどまらずほかの要因か
内在していると考えられる。

8. 展望

今回は実験の試行回数が少なく偏ったデータになってしまった可能性がある。ま
た、サイズの合った推進力の大きいモーターを準備することができず計算の結果よ
りも小さな動力で飛ばすことになってしまった。

9. 参考文献・使用した機材

スピードガン「スピードガン スピードスターV | 阪神交易」

<https://www.hanshinco.com/speedster.html>

飛行機イラスト「飛行機 | 無料イラスト素材 | 素材ラボ」

https://www.sozailab.jp/db_img/sozai/14610/04d11b90f86451a4f1f99cf2934978a4.jpg

揚力公式「飛行の航空力学/国土交通省」

[https://www.bing.com/ck/a?!&&p=94bdc35f671a83e7b43f029efc4e09ad9c18f879d8a52c326ba7000b24db6c89JmltdHM9MTc1MTMyODAwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=1af14ea1-3445-6da2-2480-](https://www.bing.com/ck/a?!&&p=94bdc35f671a83e7b43f029efc4e09ad9c18f879d8a52c326ba7000b24db6c89JmltdHM9MTc1MTMyODAwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=1af14ea1-3445-6da2-2480-5c5b35ce6c68&psq=%e6%8f%9a%e5%8a%9b%e5%ae%9a%e6%95%b0+%e5%9b%bd%e5%9c%9f%e4%ba%a4%e9%80%9a%e7%9c%81&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cubWxpdc5nby5qcC9jb21tb24vMDAxNDgwNzA1LnBkZg&ntb=1)

[5c5b35ce6c68&psq=%e6%8f%9a%e5%8a%9b%e5%ae%9a%e6%95%b0+%e5%9b%bd%e5%9c%9f%e4%ba%a4%e9%80%9a%e7%9c%81&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cubWxpdc5nby5qcC9jb21tb24vMDAxNDgwNzA1LnBkZg&ntb=1](https://www.bing.com/ck/a?!&&p=94bdc35f671a83e7b43f029efc4e09ad9c18f879d8a52c326ba7000b24db6c89JmltdHM9MTc1MTMyODAwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=1af14ea1-3445-6da2-2480-5c5b35ce6c68&psq=%e6%8f%9a%e5%8a%9b%e5%ae%9a%e6%95%b0+%e5%9b%bd%e5%9c%9f%e4%ba%a4%e9%80%9a%e7%9c%81&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cubWxpdc5nby5qcC9jb21tb24vMDAxNDgwNzA1LnBkZg&ntb=1)

[5c5b35ce6c68&psq=%e6%8f%9a%e5%8a%9b%e5%ae%9a%e6%95%b0+%e5%9b%bd%e5%9c%9f%e4%ba%a4%e9%80%9a%e7%9c%81&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cubWxpdc5nby5qcC9jb21tb24vMDAxNDgwNzA1LnBkZg&ntb=1](https://www.bing.com/ck/a?!&&p=94bdc35f671a83e7b43f029efc4e09ad9c18f879d8a52c326ba7000b24db6c89JmltdHM9MTc1MTMyODAwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=1af14ea1-3445-6da2-2480-5c5b35ce6c68&psq=%e6%8f%9a%e5%8a%9b%e5%ae%9a%e6%95%b0+%e5%9b%bd%e5%9c%9f%e4%ba%a4%e9%80%9a%e7%9c%81&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cubWxpdc5nby5qcC9jb21tb24vMDAxNDgwNzA1LnBkZg&ntb=1)

空気密度「■各種物質の性質：気体の性質」

[https://www.bing.com/ck/a?!&&p=a93a131da62add95e9f07c7436e4050b12f58139c04c60e9b80c352d1dce2978JmltdHM9MTc1MTMyODAwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=1af14ea1-3445-6da2-2480-](https://www.bing.com/ck/a?!&&p=a93a131da62add95e9f07c7436e4050b12f58139c04c60e9b80c352d1dce2978JmltdHM9MTc1MTMyODAwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=1af14ea1-3445-6da2-2480-5c5b35ce6c68&psq=%e7%a9%ba%e6%b0%97%e5%af%86%e5%ba%a6+%e4%b8%80%e8%a6%a7&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cuaGFra28uY28uanAvbGlicmFyeS9xYS9xYWtpdC9odG1sL2gwMTA0MC5odG0&ntb=1)

[5c5b35ce6c68&psq=%e7%a9%ba%e6%b0%97%e5%af%86%e5%ba%a6+%e4%b8%80%e8%a6%a7&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cuaGFra28uY28uanAvbGlicmFyeS9xYS9xYWtpdC9odG1sL2gwMTA0MC5odG0&ntb=1](https://www.bing.com/ck/a?!&&p=a93a131da62add95e9f07c7436e4050b12f58139c04c60e9b80c352d1dce2978JmltdHM9MTc1MTMyODAwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=1af14ea1-3445-6da2-2480-5c5b35ce6c68&psq=%e7%a9%ba%e6%b0%97%e5%af%86%e5%ba%a6+%e4%b8%80%e8%a6%a7&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cuaGFra28uY28uanAvbGlicmFyeS9xYS9xYWtpdC9odG1sL2gwMTA0MC5odG0&ntb=1)

[5c5b35ce6c68&psq=%e7%a9%ba%e6%b0%97%e5%af%86%e5%ba%a6+%e4%b8%80%e8%a6%a7&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cuaGFra28uY28uanAvbGlicmFyeS9xYS9xYWtpdC9odG1sL2gwMTA0MC5odG0&ntb=1](https://www.bing.com/ck/a?!&&p=a93a131da62add95e9f07c7436e4050b12f58139c04c60e9b80c352d1dce2978JmltdHM9MTc1MTMyODAwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=1af14ea1-3445-6da2-2480-5c5b35ce6c68&psq=%e7%a9%ba%e6%b0%97%e5%af%86%e5%ba%a6+%e4%b8%80%e8%a6%a7&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cuaGFra28uY28uanAvbGlicmFyeS9xYS9xYWtpdC9odG1sL2gwMTA0MC5odG0&ntb=1)

[5c5b35ce6c68&psq=%e7%a9%ba%e6%b0%97%e5%af%86%e5%ba%a6+%e4%b8%80%e8%a6%a7&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cuaGFra28uY28uanAvbGlicmFyeS9xYS9xYWtpdC9odG1sL2gwMTA0MC5odG0&ntb=1](https://www.bing.com/ck/a?!&&p=a93a131da62add95e9f07c7436e4050b12f58139c04c60e9b80c352d1dce2978JmltdHM9MTc1MTMyODAwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=1af14ea1-3445-6da2-2480-5c5b35ce6c68&psq=%e7%a9%ba%e6%b0%97%e5%af%86%e5%ba%a6+%e4%b8%80%e8%a6%a7&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cuaGFra28uY28uanAvbGlicmFyeS9xYS9xYWtpdC9odG1sL2gwMTA0MC5odG0&ntb=1)

[5c5b35ce6c68&psq=%e7%a9%ba%e6%b0%97%e5%af%86%e5%ba%a6+%e4%b8%80%e8%a6%a7&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cuaGFra28uY28uanAvbGlicmFyeS9xYS9xYWtpdC9odG1sL2gwMTA0MC5odG0&ntb=1](https://www.bing.com/ck/a?!&&p=a93a131da62add95e9f07c7436e4050b12f58139c04c60e9b80c352d1dce2978JmltdHM9MTc1MTMyODAwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=1af14ea1-3445-6da2-2480-5c5b35ce6c68&psq=%e7%a9%ba%e6%b0%97%e5%af%86%e5%ba%a6+%e4%b8%80%e8%a6%a7&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cuaGFra28uY28uanAvbGlicmFyeS9xYS9xYWtpdC9odG1sL2gwMTA0MC5odG0&ntb=1)

[5c5b35ce6c68&psq=%e7%a9%ba%e6%b0%97%e5%af%86%e5%ba%a6+%e4%b8%80%e8%a6%a7&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cuaGFra28uY28uanAvbGlicmFyeS9xYS9xYWtpdC9odG1sL2gwMTA0MC5odG0&ntb=1](https://www.bing.com/ck/a?!&&p=a93a131da62add95e9f07c7436e4050b12f58139c04c60e9b80c352d1dce2978JmltdHM9MTc1MTMyODAwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=1af14ea1-3445-6da2-2480-5c5b35ce6c68&psq=%e7%a9%ba%e6%b0%97%e5%af%86%e5%ba%a6+%e4%b8%80%e8%a6%a7&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cuaGFra28uY28uanAvbGlicmFyeS9xYS9xYWtpdC9odG1sL2gwMTA0MC5odG0&ntb=1)

[5c5b35ce6c68&psq=%e7%a9%ba%e6%b0%97%e5%af%86%e5%ba%a6+%e4%b8%80%e8%a6%a7&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cuaGFra28uY28uanAvbGlicmFyeS9xYS9xYWtpdC9odG1sL2gwMTA0MC5odG0&ntb=1](https://www.bing.com/ck/a?!&&p=a93a131da62add95e9f07c7436e4050b12f58139c04c60e9b80c352d1dce2978JmltdHM9MTc1MTMyODAwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=1af14ea1-3445-6da2-2480-5c5b35ce6c68&psq=%e7%a9%ba%e6%b0%97%e5%af%86%e5%ba%a6+%e4%b8%80%e8%a6%a7&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cuaGFra28uY28uanAvbGlicmFyeS9xYS9xYWtpdC9odG1sL2gwMTA0MC5odG0&ntb=1)

[5c5b35ce6c68&psq=%e7%a9%ba%e6%b0%97%e5%af%86%e5%ba%a6+%e4%b8%80%e8%a6%a7&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cuaGFra28uY28uanAvbGlicmFyeS9xYS9xYWtpdC9odG1sL2gwMTA0MC5odG0&ntb=1](https://www.bing.com/ck/a?!&&p=a93a131da62add95e9f07c7436e4050b12f58139c04c60e9b80c352d1dce2978JmltdHM9MTc1MTMyODAwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=1af14ea1-3445-6da2-2480-5c5b35ce6c68&psq=%e7%a9%ba%e6%b0%97%e5%af%86%e5%ba%a6+%e4%b8%80%e8%a6%a7&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cuaGFra28uY28uanAvbGlicmFyeS9xYS9xYWtpdC9odG1sL2gwMTA0MC5odG0&ntb=1)

[5c5b35ce6c68&psq=%e7%a9%ba%e6%b0%97%e5%af%86%e5%ba%a6+%e4%b8%80%e8%a6%a7&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cuaGFra28uY28uanAvbGlicmFyeS9xYS9xYWtpdC9odG1sL2gwMTA0MC5odG0&ntb=1](https://www.bing.com/ck/a?!&&p=a93a131da62add95e9f07c7436e4050b12f58139c04c60e9b80c352d1dce2978JmltdHM9MTc1MTMyODAwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=1af14ea1-3445-6da2-2480-5c5b35ce6c68&psq=%e7%a9%ba%e6%b0%97%e5%af%86%e5%ba%a6+%e4%b8%80%e8%a6%a7&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cuaGFra28uY28uanAvbGlicmFyeS9xYS9xYWtpdC9odG1sL2gwMTA0MC5odG0&ntb=1)

[5c5b35ce6c68&psq=%e7%a9%ba%e6%b0%97%e5%af%86%e5%ba%a6+%e4%b8%80%e8%a6%a7&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cuaGFra28uY28uanAvbGlicmFyeS9xYS9xYWtpdC9odG1sL2gwMTA0MC5odG0&ntb=1](https://www.bing.com/ck/a?!&&p=a93a131da62add95e9f07c7436e4050b12f58139c04c60e9b80c352d1dce2978JmltdHM9MTc1MTMyODAwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=1af14ea1-3445-6da2-2480-5c5b35ce6c68&psq=%e7%a9%ba%e6%b0%97%e5%af%86%e5%ba%a6+%e4%b8%80%e8%a6%a7&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cuaGFra28uY28uanAvbGlicmFyeS9xYS9xYWtpdC9odG1sL2gwMTA0MC5odG0&ntb=1)