

モデルロケットを使用した航空写真の撮影

物理 1 班

【キーワード】 モデルロケット、Alpha iii、小型カメラ、航空写真

1. 動機

ペットボトルロケットではなく、火薬を使ったモデルロケットを実際のロケットのように打ち上げてみたかった。また、打ち上がったロケットからの航空写真を撮影したかった。

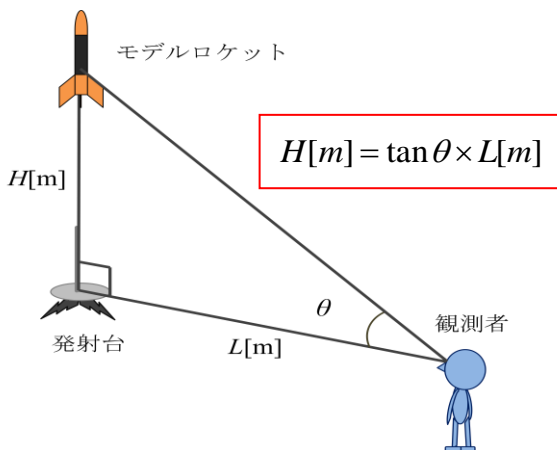
2. 目的

- (a) モデルロケット Alpha iii の打ち上げと、その高度の測定。
- (b) 小型カメラの搭載による、黒部川扇状地の空撮

3. 方法

実験 A ロケットの打ち上げと高度の測定

I. モデルロケットの発射地点からパラシュート開封地点までの到達高度 H を、発射台からの観測距離 L と観測者から見た発射台からパラシュート開封地点までの角度 θ から求める(下の図を参照)。当初観測距離 L を 20m として測定したが、より角度を正確に測るために 100m まで離れて測定した。



II. パラシュートを開封した後のモデルロケットの運動を等速運動と考えて、落下速度 V とその落下時間 T から到達高度 H を求める。

$$H[m] = V[m/s] \times T[s]$$

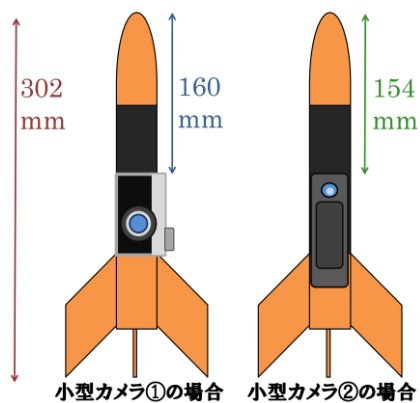
例えば、おもりを取り付けていないモデルロケットについて高さ 9.1m から落下させ時間を計測したところ、2.5 秒かかった。このことから、このモデルロケットの落下速度 V は 3.7m/s だということが分かる。また、おもり 18g を取り付けた場合落下速度 V は 5.6m/s だった。この速度から到達高度を求める。

実験 B カメラと同質量のおもりを付けた打ち上げ

小型カメラ①の代わりとして、10 円玉(4.5g)を 4 枚(18g)重ねて Alpha iii の機体側面に取り付けて打ち上げ、到達高度を測定する。

実験 C カメラを取り付けた打ち上げ

全長 302mm の Alpha iii の機体側面に小型カメラ①(縦 35mm × 横 50mm × 幅 17mm、18g) 小型カメラ②(縦 72mm × 横 20mm × 幅 12mm、19g) を下の図のように取り付け、動画撮影を開始した状態で打ち上げる。また、小型カメラ②は機体を安定させるために対称に 2 台取り付けた状態の打ち上げも行った。



なお、カメラを取り付けた際のエンジンを含めた質量は次の表のようになった。

カメラ無し	カメラ①付	カメラ②×1付	カメラ②×2付
36.9g	55.3g	56.9g	77.1g

ロケットの目標到達高度を 70m に設定した。

4. 結果

8回の打ち上げを行い、次表のような結果を得た。

打ち上げ	実験	条件	エンジン	力積	頂上到達 時間	観測 距離	最高点の 角度	パラシュートが 開いてからの落下時間	推定高度
1	A	通常	A8-3	2.5N・s	3.7s	20m	74°	16.4s	60-70m
2	A	通常	A8-3	2.5N・s	6.1s	20m	70°	17.3s	55-64m
3	A	通常	A8-3	2.5N・s	4.5s	100m	28°	15.8s	53-59m
4	A	通常	B4-4	5.0N・s	6.4s	100m	55°	29.0s	1.1-1.4*10 ² m
5	B	おもり	A8-3	2.5N・s	4.2s	—	—	8.6s	46m
6	C	カメラ①	A8-3	2.5N・s	—	—	—	—	10m 程度
7	C	カメラ②×2	A8-3	2.5N・s	8.3s	109m	5°	—	9m
8	C	カメラ②×1	A8-3	2.5N・s	4.9s	100m	15°	0.7s	27m

打ち上げ1~3から、A8-3型エンジンでAlpha iiiを打ち上げた場合の到達高度は60m程度であった。また、測定する角度が大きいと、高度の誤差が大きくなるため、観測距離は100m程度が適当であった。

カメラを取り付けない状態での到達高度が60m程度にとどまったため、より強力なエンジンであるB4-4型エンジンでの打ち上げ4をしてみると、100mを超える高度に到達することが分かった。但し、地上での風速が0.7m/sと小さくても打ち上げ地点から80m離れた地点に落下したことから、風力や風向きによっては敷地外に達する可能性がある。

カメラと同じ質量のおもりをつけた打ち上げ5では、バランスを崩してうまく上がらないことが予想されたが、打ち上げと回収に問題なく成功した。到達高度はおもりをつけないものと比べて、2割程度(約60m→46m)減少した。

小型カメラ①を装着した打ち上げ6では、打ち上げ5の経験から「到達高度は低くなるものの、打ち上げと回収はできる」と考えていたが、ロケットは上昇中にバランスを崩し、パラシュートが開く前に落下した。回収されたカメラの動画には、機体が発射後間もなくほぼ水平に傾く様子が記録されていた。また、到達高度は10m程度と推定された。



小型カメラ②を2台装着した打ち上げ7についても、ロケットはエンジンの燃焼中に落下した。このことから、ロケットの対称性が崩れることよりも、質量が増えたことや、重心がずれたことが墜落の要因である可能性が高いと考えられたので、カメラ②を1台外し、1台だけにして打ち上げ8を行った。その到達高度は27mとかなり低かったが、パラシュートが開いて落下し、機体の回収に成功した。回収したカメラの動画には、2.5km離れた海岸線が映っていることが確認できた。



4. 考察・まとめ

A8-3型エンジンで小型カメラを高度27mまで上げた。カメラを装着しなかったときと比べて高度が約半分になったことから、B4-4型エンジンや、C6-7型エンジンを用いれば、小型カメラを目標とする高度70mに上げることができると考えられる。

5. 参考文献

- ・「第4級講習テキスト ロケットを飛ばそう！」特定非営利活動法人 日本モデルロケット協会
- ・「飛ばせ！手作りロケット」誠文堂新光社