

傘袋ロケットの飛距離について

3501 青木慎平 3512 亀山煌介 3613 後藤遼希

一昨年の城陵祭で傘袋ロケット（空気を入れた傘袋）を飛ばした際、機体によって飛距離に差があったことに興味を持ち、研究することにした。本研究では①発射角度、②輪型のおもりの位置、③尾翼の面積の3つの条件と飛距離の関係を調べた。その結果①は発射角度 10° が一番遠くまで飛んだが測定方法に不備があり発射角度 30° の時最もよく飛ぶという仮説を否定しきれず、②は輪型のおもりが先端から15cm以内ならどこに配置してもそこまで飛距離の差がなく、③は尾翼の形を辺の比が $1:2:\sqrt{3}$ の直角三角形に統一した上で斜辺が10cmのものが最もよく飛ぶという結果になった。

1. 目的

傘袋ロケットをより遠くまで飛ばすための発射角度、輪型のおもりの位置、尾翼の面積の最適な組み合わせを見つける。

2. 仮説

発射角度 30° 、おもりは最先端、尾翼は決めた中で一番大きなもの、この時最も遠くへ飛ぶ。

発射角度 30° はインターネットの物理演算サイトで計算した理論値であり、残りの2つの条件はJAXAの文献を参考にした。

おもりは最先端に配置してロケットの重心を前に、尾翼は大きさを最大にして空力中心（空気抵抗や揚力などの空気による力が働く中心）を後ろにそれぞれ持っていきロケットの飛行を安定させるためである。

3. 器具・材料

- ・傘袋（空気を入れた際60～70cm）
- ・ロケットの先端（画用紙、三角錐高さ10cm程）
- ・輪型のおもり（画用紙、幅5cm）
- ・尾翼3種（画用紙、サイズは斜辺が20cm、15cm、10cmでそれぞれ大中小とする）
- ・発射台（発射角度と発射する力を固定する）
- ・メジャー（飛距離の測定用）
- ・タブレット（軌道の撮影用）



図1 傘袋ロケット

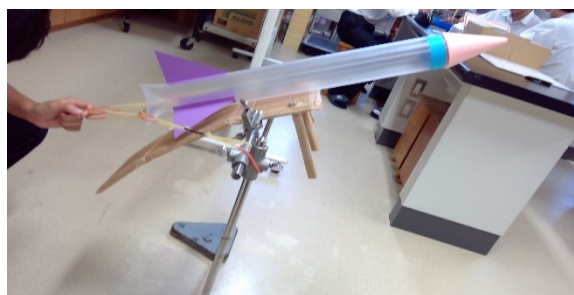


図2 発射台と傘袋ロケット

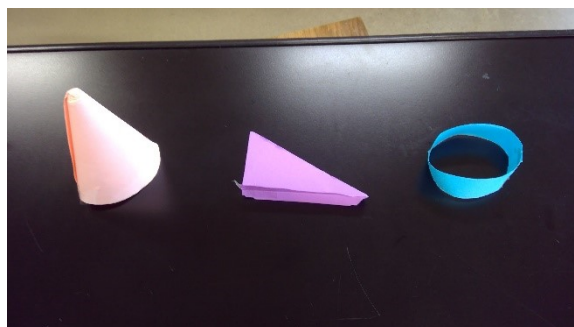


図3 ロケットの先端、尾翼、輪型のおもり

4. 実験1

4-1. 予備実験

発射角度と発射する力を調整できる発射台を作成した。

4-2. 本実験1

- (1) おもりの位置を最先端，尾翼のサイズを大で固定し，角度を 10~40° で 10° ずつ変え，発射台で 20 回飛ばした。
- (2) 飛距離を測定した。
- (3) 角度と飛距離の相関を比較した。

4-3. 結果1

- ・発射角度 10° 平均 6.51m
- ・発射角度 20° 平均 6.08m
- ・発射角度 30° 平均 5.79m
- ・発射角度 40° 平均 4.95m

最大値，最小値などの詳細は図4の通り。

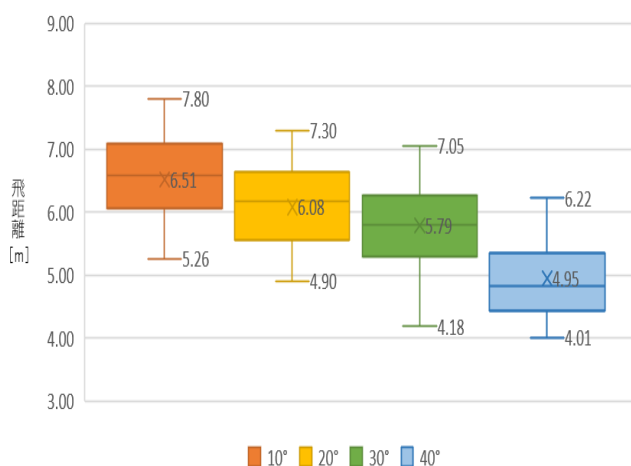


図4 発射角度と飛距離の相関

5. 考察と結論1

10° から角度が大きくなるにつれて飛距離が縮み仮説とは異なる結果となった。これについて原因として考えられるものは大きく2つあると考えた。

1 つ目は角度が小さくなるほど傘袋ロケットの着地時に地面と平行に近くなりその分地面を滑ってしまうこと。

2 つ目は本来なら傘袋ロケットの着地地点を飛距離とするところを，人手不足という理由で飛距離をロケットが完全に停止した時点での，ロケットの先端までの『到達距離』を測定したこと。

したがって 10° で発射した際には 30° の時よりも着地してから滑った距離が長く，これが

そのまま結果として反映されたためと考える。

このことを考慮すると傘袋ロケットの本来の飛距離は図5のようになると考えることが出来る。

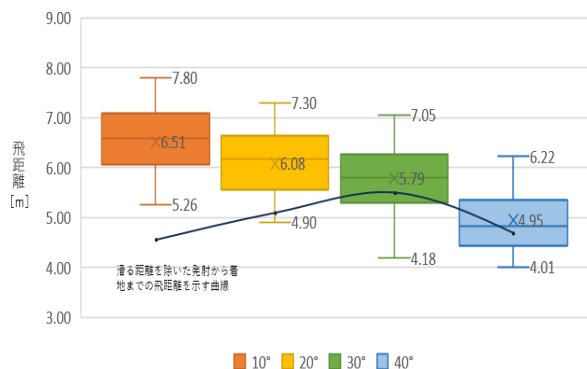


図5 発射角度と飛距離の補正予測

これにより，仮説が正しい可能性が残った。

6. 実験2

6-1. 本実験2

- (1) 発射角度を 30° ，尾翼のサイズを大で固定し，おもりの位置を最先端(0cm)から 15cm まで最先端から 5 cm ずつ尾翼方向へ寄せ，発射台から 10 回飛ばした。
- (2) 飛距離を落下地点で測定した。
- (3) おもりの位置と飛距離の相関を比較した。

6-2. 結果2

都合上最終の実験結果のみを記載し，これ以外のは次項の考察と結論で触れる。

- ・おもり 0cm 平均 5.08m
- ・おもり 5cm 平均 5.08m
- ・おもり 10cm 平均 5.26m
- ・おもり 15cm 平均 5.22m

詳細は図6の通り。

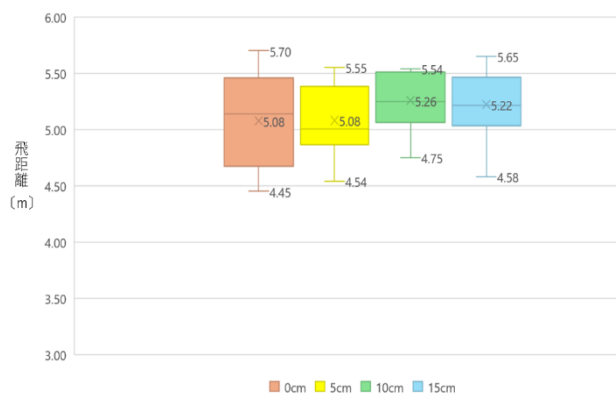


図6 おもりの位置と飛距離の相関

6-3. 考察と結論2

最新の実験結果から、飛距離は仮説と異なり15cmの時が最もよく飛びはしたが、他の条件と約20cmの差しかなかった。

主な原因として考えられるのは、おもりが先端部分もとい機体全体に対して無視できるほど軽かったということであり、そのためにおもりの位置が多少前後してもそこまで飛距離に影響を与えなかったと推察した。

しかし、原因はこれ以外にも考えられ、その一つに傘袋ロケットそのものが軽すぎて、ロケットの空気量や尾翼の位置、発射時のゴムの当たり方や発射台との摩擦などの機体のコンディションの些細な違いで飛距離が変化するというものがある。

結果は最新のもののみを記載したが、これ以前にも実験は3回実施しており、おもりの位置が最先端、5cm、10cmと15cmという条件でそれぞれ別日に実験にした際は、5cmの時だけ1m以上短いという不自然な結果となり、最先端、5cm、追加で20cmの条件下で再び実験したところいずれも10cm、15cmの記録に及ばないという結果となった。

こうなった理由を考察すると、毎回組み立て直している発射台のゴムのつけ方や高さなどの細かな違いや、発射時のゴムの機体への当たり方、発射台と期待の摩擦などが軽いロケットに影響を与えたということが分かる。その証左として別日の実験ではデータが大きく変わり、各条件での実験ごとの飛距離の幅も1mを超えた

大きなものとなった。

こういった原因により、おもりの位置と飛距離に相関性はあまり見られないとしたが、追加で行った20cmの時だけは最先端、5cmと大きな差があり飛距離が短かった。いくら軽いおもりとはいえ中央に寄り過ぎると重心が変わり、飛距離が落ちることがあるのではないかと考えられる。

総括すると、最先端から15cmの間ではおもりがどこにあっても有意な飛距離の差があるとは言えないが、20cmまで下げると重心がずれ飛距離が短くなるという結論となる。

7. 実験方法3

7-1. 本実験3

- (1) おもりの位置を最先端、角度を 30° 、尾翼のサイズを斜辺が0, 5, 10, 12.5, 15, 17.5, 20cm(道具欄にはないが、実験の過程で詳しく知るため尾翼なし、5cm, 12.5cm, 17.5cmの尾翼を製作し追加条件とした)で、辺の比が $1:2:\sqrt{3}$ の直角三角形を用いて、発射台で20回飛ばした。
- (2) 飛距離を落下地点で測定した。
- (3) 角度と飛距離の相関を比較した。

7-2. 結果3

都合上最終の実験結果のみを記載し、これ以外のものは考察と結論で触れる。

- ・尾翼なし (0 cm) 平均 3.80m
- ・尾翼 5 cm 平均 4.19m
- ・尾翼 10 cm 平均 4.62m
- ・尾翼 12.5 cm 平均 4.53m
- ・尾翼 15 cm 平均 4.51m
- ・尾翼 17.5 cm 平均 4.22m
- ・尾翼 20 cm 平均 3.58m

最大値、最小値などの詳細は図7の通り。

10. 参考文献

ねらい - JAXA 宇宙教育センター

<http://edu.jaxa.jp/contents/other/rocket/pdf/78933.pdf> (2023年7月21日最終閲覧)

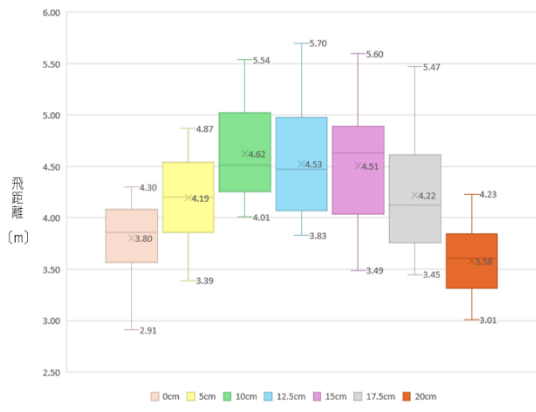


図7 尾翼のサイズと飛距離の相関

7-3. 考察と結論3

斜辺が 10 cmの尾翼をつけたロケットが最も飛距離が大きくなり、仮説とは異なる結果になった。

こうなった原因として、尾翼をつけない、もしくは 5 cmのようにサイズが小さいと、ロケット先端側に重心が寄り、尾翼による空力が減ることも重なり飛距離が縮むということがあり、また、20 cmのようにサイズが大きいと、質量が過度に大きくなり、尾翼による空力が増してもバランスを崩し、飛距離が縮むことになるといえる。よって重心と空力による空力中心のバランスを保つことができる 10cm, 12.5cm の飛距離が長くなったと考えられる。

8. 展望

各条件において実験を行ったが、至らぬところが多々あり、正確性に欠くようなものもあった。したがって測定方法に不備があった角度条件の実験を落下地点で測定する方法でやり直したり、飛距離のブレがあった発射台や発射方法をそれを減らすために改良したりしていくことなどを検討していく。

9. 謝辞

佐々木先生をはじめとする多くの先生方に助言を頂きました。ここに感謝の意を表します。