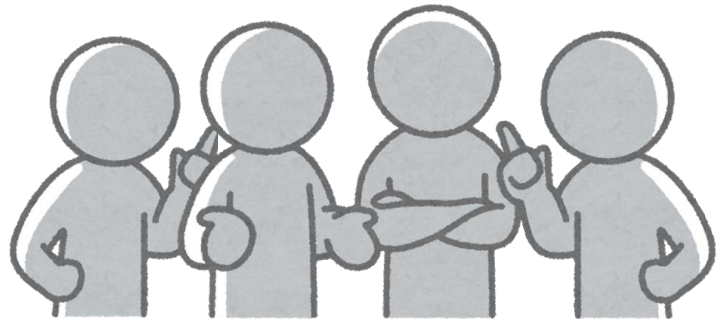


M R L 計画



物理1班

伊藤一世 阿部玲哉 小川出 後藤暖人
指導 小西弘麿

1 はじめに

〈研究動機〉

昨年の先輩方の研究発表を聞いて興味をもち、ロケットの推進力の推移や発射角度の関係などについて最適な発射条件の確立をしようと思ったからである。

〈ペットボトルロケットのしくみ〉

はじめに水を適量入れたペットボトルにポンプで強制的に空気を押し込む。するとペットボトル内の空気は高圧になり、栓を開けると容器内の水が噴射し、その反作用で水の出る方向とは逆向きにペットボトルが飛ぶという仕組みになっている。

〈ペットボトルロケットの作成〉

三ツ矢サイダーの1.5Lペットボトルを機体1つにつき3本使用。羽には市販の下敷きを2枚使用。先端部分および発射台は市販のキットに含まれるものを使用した。

〈昨年度までの研究〉

昨年は、ジャイロ効果による飛行姿勢の安定化をテーマに研究が行われてきた。昨年度までの実験から、最高飛距離を出せる条件として、発射角度を 65° 、水の量を400mL、空気圧を600kPaにすることで、最高飛距離が99.4mとなった。



2 研究の目的

一昨年、昨年の先輩方はともにロケットの発射回数を重ねることで最適条件を確立してきた。そこで私たちはその条件がなぜ最適となるのか根拠を求め、より正確な最適条件を確立したいと考えた。そして求めた条件をもとにロケットを飛ばし、先輩方が越えられなかった100mの壁を越えるべくこの実験を開始した。

3 実験方法

私たちは最適条件を確立するために5つの実験を行った。

〈実験1-1〉

フォースゲージという機器(写真1)を使い、エンジンの出力を、水量を変えて測定した。

100mL 200mL 300mL 400mL (気圧は600kPa)

*フォースゲージとは押したり引っ張ったりする力を数値化し記録する測定器である。

〈実験1-2〉

シミュレーターと実験1-1の結果を使って最適な水量を算出した。



写真1

〈実験2〉

実際にロケットを次の条件で飛ばした。

- ・水量 400mL
- ・空気圧 600kPa
- ・角度 60° ~80° までを5° 刻みに変える

〈実験3-1〉

抗力係数を以下の通りにしてシミュレーション上で検証した。

・0.10 ・0.70

〈実験3-2〉

フォースゲージから得られたデータをシミュレーションに代入した。

4 結果と考察

〈仮説1〉

ロケットの水量が400mLのとき、一番力と重量のバランスが良い。

〈実験1-1〉

フォースゲージを使い、エンジンの出力を水量を変えて測定した。

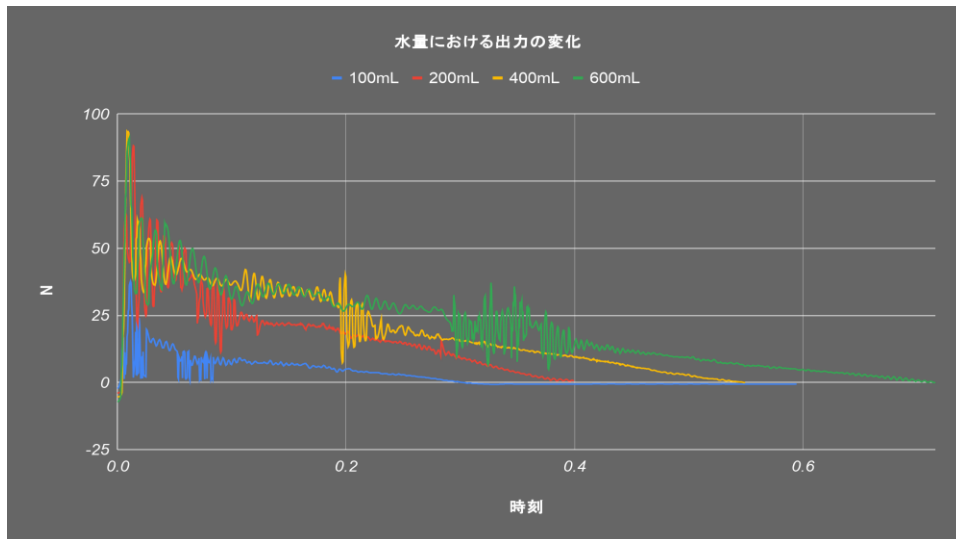
100mL 200mL 300mL 400mL (気圧は600kPa)

〈結果1-1〉

結果はグラフ1の通りになった。横軸は時刻、縦軸は力の大きさを表している。

〈グラフ1から分かること〉

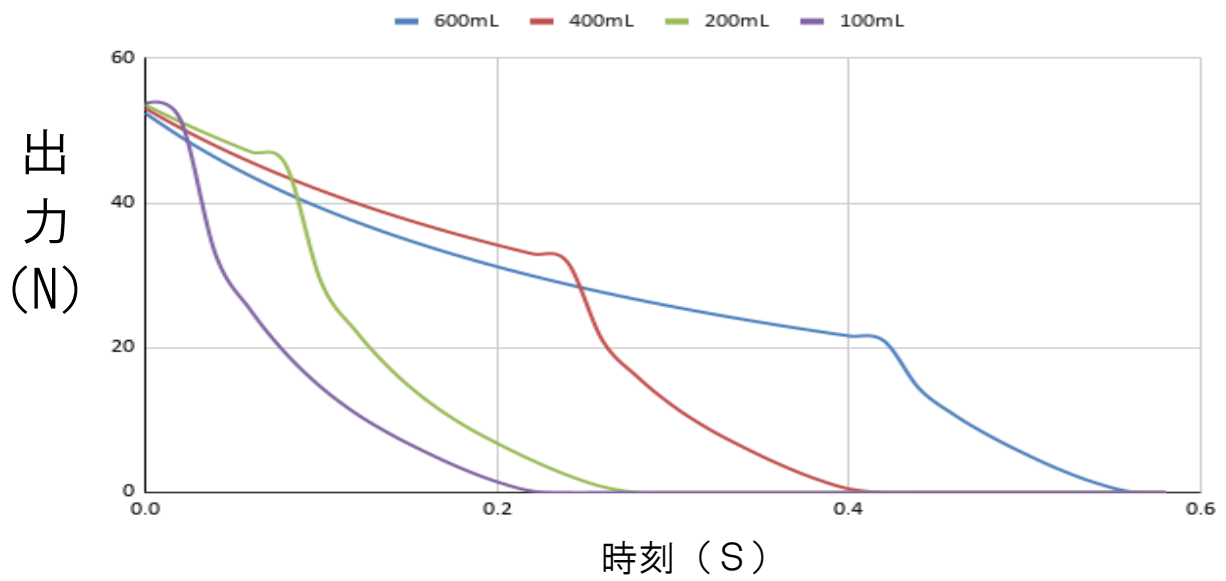
- ・最高出力は水量に依存しない。(但し100mLは除く)
- ・どの水量でも力の変化の波が2回訪れる。
- ・水量が多いほうが出力の持続性が高い。
- ・最高出力に達する時間は、水量によってあまり変化しない。



グラフ1

〈実験1-2〉

シミュレーターを使って最適な水量を算出した。(グラフ2)



グラフ2

※シミュレーターについて

ペットボトルロケットの軌道計算

ロケットの本体質量、タンク容量、水量、発射台

項目	値	単位
発射時のタンク内の空気圧	P_start	200kPa
発射時のタンク内の空気温度	Temp_start	293K
発射時のタンク内の空気の密度	D_start	1.2kg/m ³
発射時のタンク内の空気の質量	M_start	0.15kg

ここに軌道の概形を表すグラフが表示さ

物理量	時刻	速度	座標	タンクの水の残量	水の噴出速度	推力
時刻	t	v_x, v_y	x, y	M	v_e	F
計算式	t+dt	v_x+dv_x, v_y+dv_y	x+dx, y+dy	M-dm	v_e	F

ここに任意の時間ごとの速度、座標、タンクの水の残量、水の噴出速度、推力が表示される。

出力と重量のバランス効率の良さを求めるために次の式を使った。

グラフの面積

最初の水の質量+ロケット本体の質量

$$m(v-v_0)=F\Delta t \quad v=v_0+F\Delta t/m$$

よってFΔt/mが大きいほど速くなる。

この式から400mLの時がもっとも重さと力のバランスが良いことが分かったので、次の実験から水量を400mLにして行った。

〈仮説2〉

ロケットの速度が最大となったとき、ロケットの飛ぶ方向が45°だと飛距離が最大となる。

〈実験2〉

実際にロケットを次の条件で飛ばした。

- ・水量 400mL
- ・空気圧 600kPa
- ・角度 60° ~ 80° までを5° 刻みに変える

※60° より小さい角度でロケットを飛ばした場合、ロケットが前転してしまったため60° から計測した。

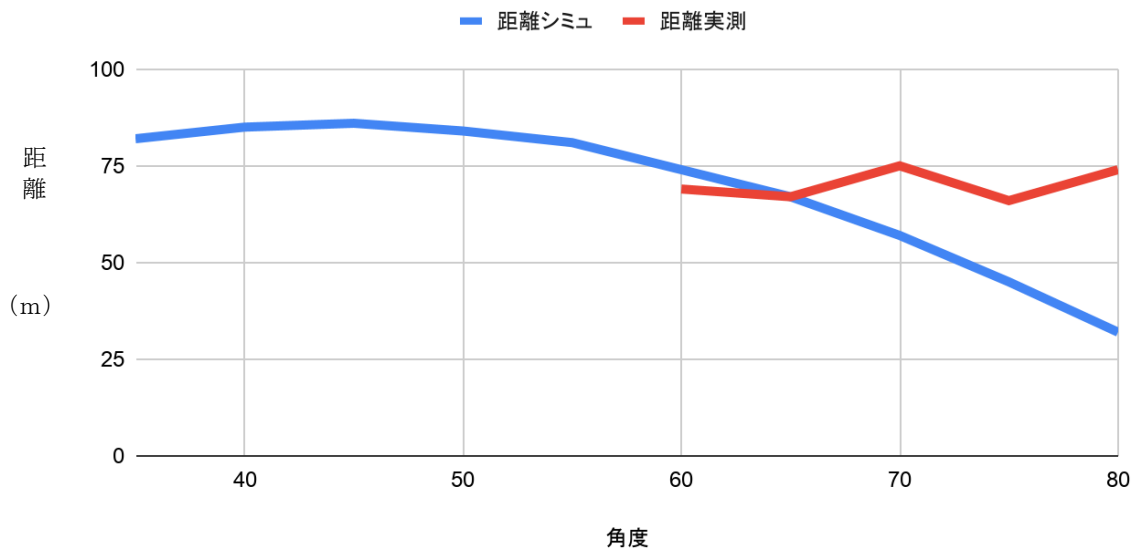
〈結果2〉

結果はグラフ3の通りになった。横軸は角度、縦軸は飛距離、青線はシミュレーションの飛距離、赤線は実測の飛距離を表している。

〈グラフ3から分かること〉

- ・シミュレーションでは45° 実測では70° が最大飛距離となる。
- ・65° でシミュレーションと一致するが、それ以降は実測距離のほうが大きい。
- ・55° より角度が小さいと実際は飛距離は伸びないがシミュレーション上では飛距離のピークとなっている。
- ・実測での60° ~80° において角度と飛距離にほとんど相関関係がみられない。
- ・60° ~65° 付近ではシミュレーションと実測での結果が同じようになる。

シミュレーションおける距離と実測における距離の比較



グラフ3

〈考察2〉

実測値とシミュレーションの結果に違いが出る理由を考察した。

- ・風による滑空がシミュレートされていない。
- ・シミュレーション上のロケットと実際のロケットの抗力に差がある。
- ・水と空気が同時に噴射されることを考慮していない。
- ・水が噴き出すことによる重心の変化を加味していない。

〈実験3-1〉

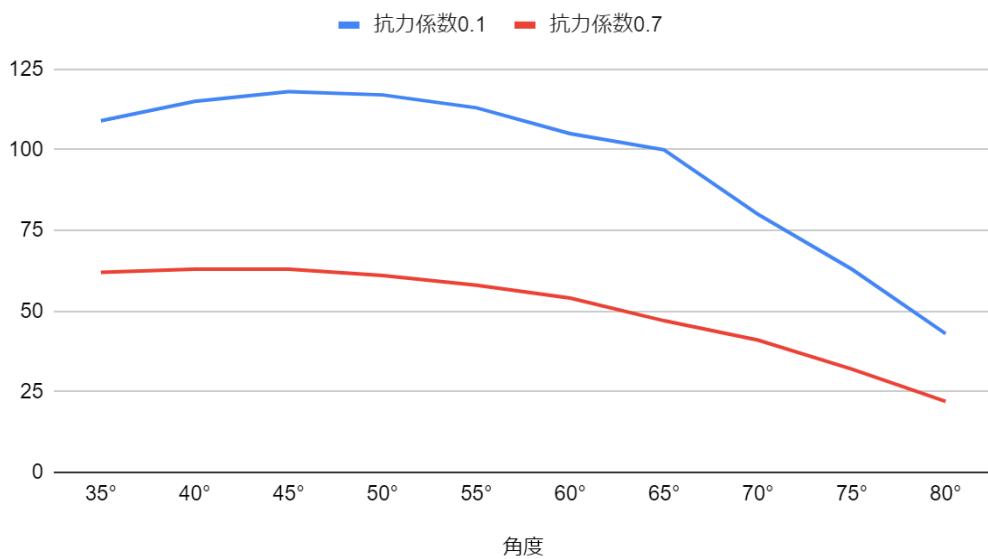
抗力係数を以下の通りにしてシミュレーション上で検証した。

-0.10 -0.70

〈結果3-1〉

結果はグラフ4の通りになった。青線が抗力係数0.1でシミュレートした時の角度ごとの飛距離、赤線が抗力係数0.7の時のものである。

抗力係数0.1 と 抗力係数0.7



グラフ4

抗力係数を変えても発射角度に対する飛距離のピークに変わりはないといえる。



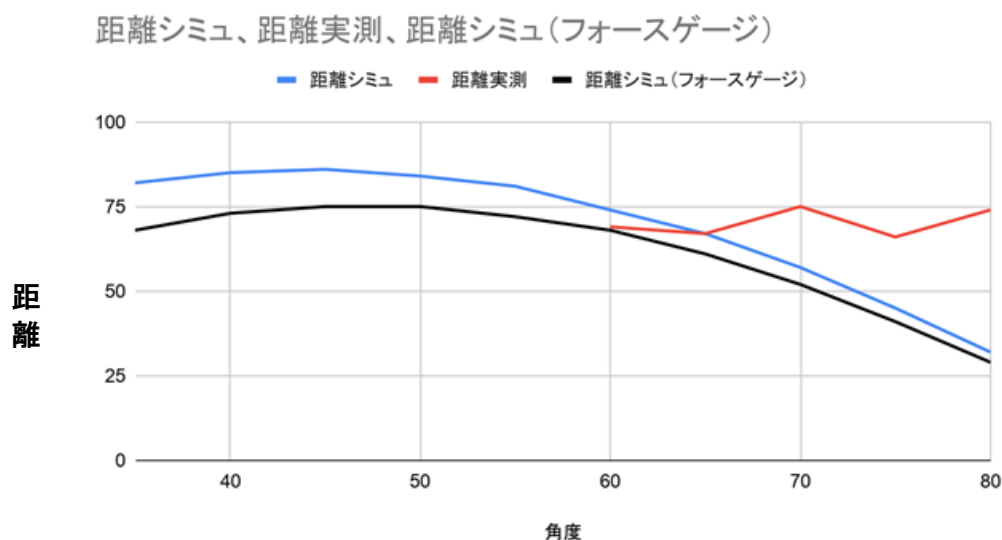
つまり考察は正しいとは言い切れない。

〈実験3-2〉

フォースゲージから得られたデータをシミュレーターに代入した。

〈結果3-2〉

結果はグラフ5の通りになった。青線がシミュレーションでだした距離、黒線がフォースゲージを使用した実験の結果を考慮してシミュレートした距離、赤線が実測の距離である。



グラフ5

〈実験3の結果〉

抗力や推進力は飛距離のピークに変化を与える大きな要因とはならなかった。



羽により空中での姿勢が安定して滑空距離が伸びた。

〈まとめ〉

- ・水の量は400mLがベスト!
- ・現時点では発射角60° 以上において角度と飛距離に相関は見られない。
- ・このシミュレーターは実際の飛行を再現しているとは言えない。

5 今後の課題

- ・実測のデータ数を増やし、角度と飛距離のきちんとした相関関係を求める。
- ・正確なシミュレーションを作成し、ロケットの飛行距離を予想できるようにする。

6 参考文献

ペットボトルロケットの力学(シミュレーターの出典)

http://www.asahi-net.or.jp/~hy9n-knk/pet_bottle_rocket/rocket_index.html

〈謝辞〉

指導して下さった小西弘磨先生、ありがとうございました。