

いかにしてペットボトルロケットを遠くまで飛ばすか

地球物理班：東山 宗一 宮田 昌幸

1. ペットボトルロケットが飛ぶ仕組み

水の入った容器に空気を注入し、空気圧を高め、それを一気に放出した力の反作用の力で飛ぶ。

2. 運動量保存の法則

運動量保存の法則より m =水を除いたロケットの質量、 M =水の質量、 V_0 =ロケットの初速度、 V =水の噴出の速さとしたとき

$$mV_0 - MV = 0$$

が成り立つ。変形して

$$V_0 = \frac{M}{m}V$$

となる。この式から m は小さく、 M は大きければ大きいほど V_0 は大きくなることがわかる。しかし、実際に水は極めて短い時間で放出されるわけではないので、前記の式の通りにはいかない。水の量が多いと加速する時間は長くなるが、水の放出がもたつくため飛距離は伸びない。水の量が少ないと加速する時間は短い、十分な運動量を与えられない。これらの関係から、水の量には最適値があると考え、それを求めようとした。

3. 実験(1)

ペットボトルロケットは発射の瞬間から水を放出しきるまで加速を続けるため、初速度を計測することが困難である。そこで、ロケットを実際に飛ばして飛距離の変化を見ることにした。空気圧と発射角度を一定にして、水量を変化させることで飛距離がどう変化するかを見た。

実験(1)の結果

天候(風)の影響を受けたため、正確な値が出なかったことと、一回ずつ手作業で測らなければならないので時間がかかるという点から、別の新しい方法を考えた。

4. 実験(2)

一方のセンサーを通過してからもう一方を通過するまでの時間を計測できる装置を使用し、発射から 50cm 上昇するまでの平均の速さを計測した。

実験(2)の結果

水 450ml のとき最も速いということがわかったが、センサーの配線が短く、加速の一部始終を測ることができず、ロケットの軌道を制御できなかったため、さらに別の新しい方法を考えた。

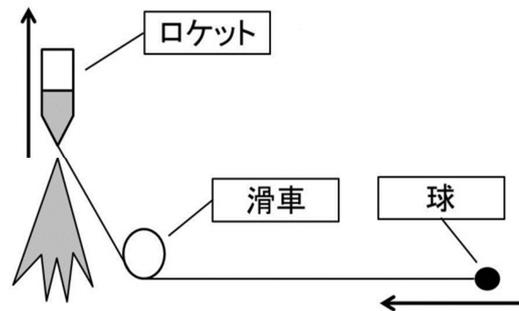
5. 実験（3）

次の二つの計測方法を組み合わせることで測定した。水が全て出し切られるまでの時間を測定する（計測①）。そこで計測された時間内にロケットがどれだけ動くのかを測定する（計測②）。

計測① ロケットを固定し、その場で噴出させ、水が出し切られるまでの時間を測る。加速が何秒間続いているのかわかる。

計測② 下の図のようにしてロケットを発射し、①の時間内にどれだけ球が動くかを計測した。

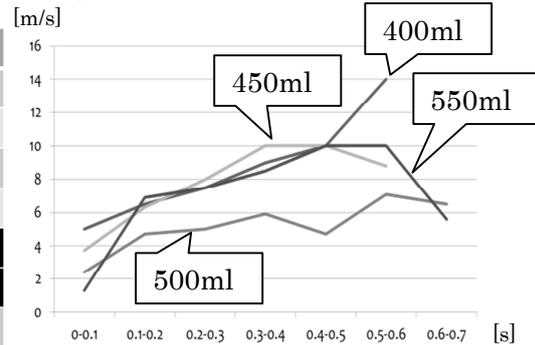
計測②の図



表

(s) \ (ml)	400	450	500	550
0~0.1	0.50	0.37	0.24	0.13
0.1~0.2	0.65	0.63	0.47	0.69
0.2~0.3	0.75	0.80	0.50	0.75
0.3~0.4	0.90	1.0	0.59	0.85
0.4~0.5	1.0	1.0	0.47	1.0
0.5~0.6	1.4	0.88	0.71	1.0
0.6~0.7			0.65	0.56

グラフ



実験(3)の結果

表の白抜きの数字はそれぞれの水量で0.1s間に進む距離の最大値である。したがって、0.1で割ると、各水量における最大の速さとなる。グラフは横軸を時刻[s]、縦軸を各0.1s間の速さ[m/s]としたものである。表およびグラフから400mlのとき14m/sとなり、最大の速さが生じている。

6. 考察

計測した路面の凹凸により球がバウンドしたために結果が正確でなかった可能性があるが、空気圧400kPaにおける、飛距離が最も長くなる時の水の量は400mlであった。また、水が出し切られた瞬間に速さが最大になると予想したが、実験の結果、その瞬間にはすでに減速していたことがわかった。