

小学生の部 【金賞】

内田町宇宙センター

～太陽光ロケット、空を舞う～

学校名：和泉市立北松尾小学校

学 年：6年

名 前：山東 功太郎

動機

4年生の自由研究で、空気には重さがあること、その重さは、温度が低いほど重くなることを知った。そして5年生の自由研究では、ろうそくを使って空気の温度を上げ、空気の重さの差で、一円玉を結び付けた小型熱気球を浮かばせることができた。しかし、その実験では一円玉を大空に飛ばすことはできず、悔い思いをした。そのため今年は、これまでの経験を活かして、温度と空気の力によって、大空を舞うロケットを作りたいと思った。

空飛ぶ原理

空気は温まると膨張する。しかし、密閉された容器の場合、これ以上膨張することができない空気は、外に出ようとする力が強くなると考えた。つまり、気圧（空気が地面や私たちを押す力のこと）が高くなる。この外に出ようとする力の強さは、温度が高いほど強くなる。また、密閉された空気の量が多いほど強くなる。体積が変わらない条件下では、空気の量は空気の重さと考えることができる。よって、気圧は、次の通り、温度×空気の重さに比例するはずである。

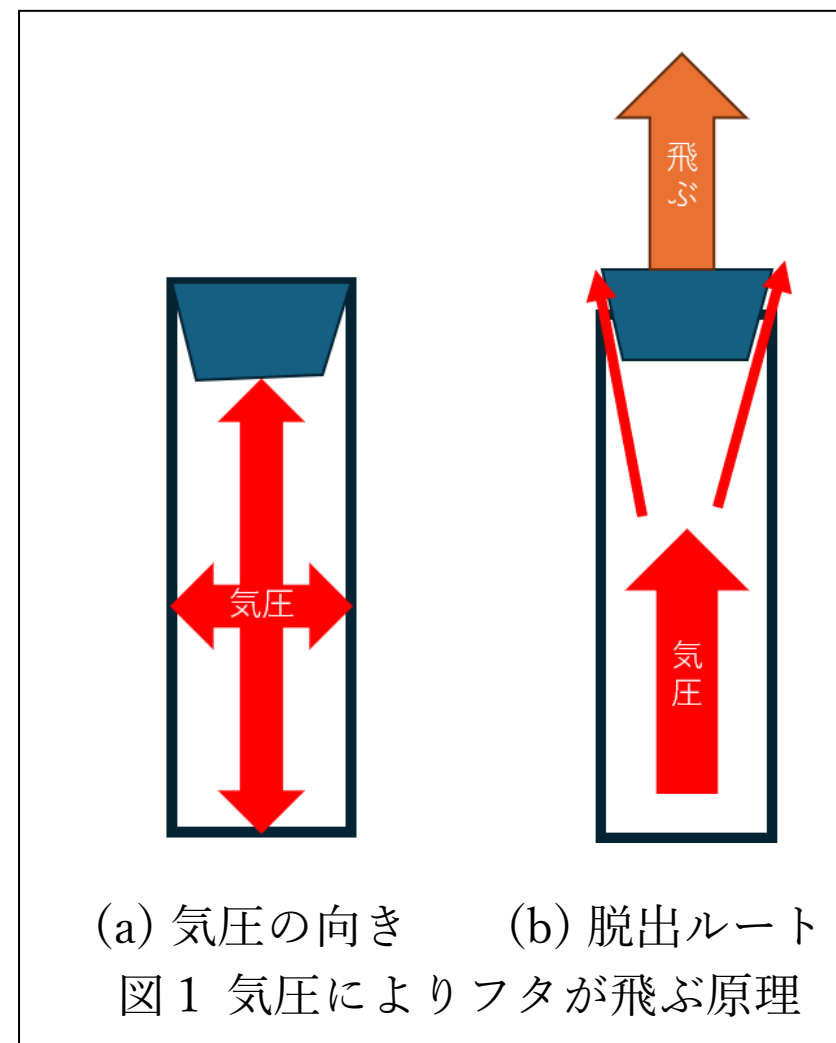
$$\text{気圧} \quad \text{は} \quad \text{空気の温度} \times \text{空気の重さ} \quad \text{に比例} \quad (1)$$

図1の密閉状態、空気が外に出ようとする力は容器内の全ての場所に働く。そのため、温度を徐々に上げていくと、最も脱出しやすい所に脱出ルートができ、空気がもれ出る。図1のようにキャップ式のフタのついた容器の場合、脱出ルートはフタを押し上げる事で出来るため、そこから空気がもれる。一度空気がもれると、そこから一気に大量の空気が流れ出るため、その勢いのまま、フタも飛ぶ。この原理を用いればロケットを飛ばせると思う。

研究内容

太陽光の熱でロケットを飛ばすために、5つの実験に分けて行った。

- ・予備実験「ラムネ容器で go」
- ・第一実験「太陽熱で go」
- ・第二実験「水蒸気で go」
- ・第三実験「エタノールで go」
- ・第四実験「内田町宇宙センター」



予備実験「ラムネ容器で go」

空飛ぶ原理を確かめるため、予備実験を行った。まず、室温（約25℃）の空気をラムネ容器に入れる。次に、容器を手で温めて空気の温度を高め、フタが飛ぶかどうかを調べた。しかし、飛ばなかった。

ラムネ容器のフタを飛ばすため、容器に入れた空気の温度をもっと上げてみることにした。そこで、室温の空気を密封した後、お湯につけて放置した。すると、フタが飛んだ。空気の温度を上げることで、気圧を高められることがわかった。

次に、空気の重さを増やすことでも、気圧を高めることができることを確かめるため、冷凍庫（-14℃）の重たい空気をラムネ容器に入れて、フタを閉めた後、冷凍庫から取り出した。その後、すぐに手で温めた。結果、60cmぐらい飛んだ（図2）。この結果から、同じ温度でも空気の重さが重いほど、気圧が高いことがわかった。

この予備実験により、式（1）が正しいことを証明できた。ただ、もっと遠くに飛ばすためには、フタがしっかり閉まる容器を使う必要がある。



(a) ラムネ容器



(b) 飛んだ瞬間



(c) QR コード

図2 ラムネ容器のフタを飛ばす

第一実験「太陽光で go」

フタがしっかりしめる容器としてプラスチック製の試験管を用いる。このフタを飛ばすためには、予備実験よりもずっと気圧を高めなければならない。だから、太陽光で空気の温度を高めることにした。

方法：屋外に透明な試験管を放置しても、フタが飛ぶのに十分な温度にならないと考えたため、もっと温度を高めるために、黒紙を入れた方法（図3）と、光を集められる凹面鏡を使用する方法（図4左）を行ってみた。また、熱が逃げるのを防ぐため、保温性の高い発泡スチロール製の容器の中に試験管をセットした。ただし前面は、光を透過させるためラップにしている。

結果：黒紙を入れる方法では飛ばなかった。温度が十分に上がらなかったからだと思う。凹面鏡を使用する方法は、太陽光を一点に集光させすぎて黒紙が焦げて穴が開いた。このように、温度を上げすぎると壊れてしまうため（図4右）、実験できる空気の温度には限界があることを知った。



図3 黒紙を入れる方法



図4 凹面鏡を使用する方法

第二実験「水蒸気で go」

あまり温度を上げずに気圧を高めるために、太陽光の熱で水を蒸発させて、水蒸気を作ることによって容器内の空気の重さを増やす。この方法では、黒紙を水に浸すので、 100°C 以上にならず黒紙が燃えないという効果もある。

方法：試験管に黒紙と水を入れて、太陽光で温める。そして、水を沸騰させて蒸発させることで空気の重さを増やす。実験で黒紙を試験管の上まで入れている理由は、水蒸気が上の方で冷やされて、水に戻るのを防ぐためである。

結果：熱で試験管が変形したため試験を中断した。試験管はポリスチレン製で、耐熱温度が約 90°C 。水が沸騰する前に、変形してしまっただと考える。水の沸点は 100°C のため、この方法で水を沸騰させることは、不可能と判断した。



図5 実験前の試験管 図6 実験後の試験管

第三実験「エタノールで go」

空気の重さを増やすために蒸発させるのは、水以外でも可能である。そこで、沸点がポリスチレンの耐熱温度より低く、簡単に手に入る液体を蒸発させ、空気の重さを増やす。

方法：今回はエタノールを蒸発させることにした。なぜなら、エタノールの沸点は、約 80°C あることと、消毒用アルコールとして簡単に入手できたからである。まず、第二実験と同じ理由で、試験管の上部まで、黒紙を入れる（図7(a)）。次に、エタノールを入れて、凹面鏡で温める。この時、黒紙に一点集中させすぎると試験管に穴が開くので、少しずつして、凹面鏡を配置した。

結果：太陽光を当てるとすぐに液面がふつふつし始めたので、エタノールが沸騰したことが分かった。しばらくすると、音を立ててフタが飛んだ。試験後の容器を確認したところ、穴が空かず変形もしていなかった。エタノールの蒸発により、試験管内の気圧を十分に高めることができた。



(a) 実験前の様子 (b) 飛んだ瞬間 (c) QR コード

図7 エタノールを入れての実験

第四実験「内田宇宙センター」

第三実験では、フタを飛ばすことができた。エタノールが沸騰できるなら、より気圧を高め、より重たいものも飛ばせると思った。そこで最終実験として、フタではなく試験管本体をロケットと見立てて、それを飛ばす実験を行った。

方法：図8 (a)のようにフタを下にしてセットした。この時、試験管全体の重さは9.4gで、発射台となるフタは0.8gであった。つまり、ロケット本体の重さは8.6gであった。その他は、第三実験と同じ条件で行った。

結果：ロケットは大空を舞った。また発射する時に、エタノールが容器から噴き出した様も実際のロケット発射の様子に似ていて、リアルだった。

まとめ

密閉容器の気圧を上げるには、式(1)の通り二つの方法がある。一つは、空気の温度を上げる方法で、もう一つは、空気の重さを増やす方法である。空気の温度を上げるため太陽光を凹面鏡で集光させた。しかし、温度が上がりすぎて黒紙に穴が開いた。そこで、試験管の中に水を入れ、太陽光で水を沸騰させる方法に切り替えた。この方法は、水蒸気により空気の重さを増やす方法である。しかし、沸騰する前に試験管が変形してしまった。そこで、試験管が変形する温度よりも低い沸点を持つエタノールを使うことにした。その結果、太陽光で沸騰させ、気圧を高め、フタを飛ばすことに成功した。最後に、この方法を用いることで、8.6gのミニロケットを大空まで高く飛ばすことが出来た。次は、太陽熱発電に挑戦したい。

