

モデルロケット及び各種ロケットの教材化

— 運動の応用及び宇宙科学教育推進の視点から —

中里 勝平

1 はじめに

科学技術の成果が社会に及ぼす影響は、時代とともに一層増大している。平成4年9月に、搭乗科学技術者である毛利 衛氏の宇宙船での活躍を目にした児童、生徒にとっては、宇宙がますます身近なものになってきている。宇宙科学に関することを小・中・高等学校の理科において多少なりとも学習させることは、児童、生徒の将来にとって非常に意義のあることである。

ここでは、ロケットの飛ぶ原理、各種ロケットを用いての多様な実験やそれらの応用・発展的な課題の解決などを通して宇宙科学に興味・関心を持たせ主体的に学習させるためにはどうすればよいか、その展開の一例を紹介する。

2 ロケットの飛ぶ原理

A 風船を飛ばす方法

準備

ゴム風船

方法

- (1) 細長い形のゴム風船に空気を吹き込んで膨らませ、風船の口を押える。
- (2) 風船の口を押えていた手を離したあと、風船はどのような動き方をするか調べる。

結果と考察

- (1) 風船の口を開けて、中の圧力の高い空気を一度に放出すると推力を生じ、風船は空気の放出された向きの逆方向に飛ぶ。
- (2) 風船の口を閉じている間、風船の中の空気は、風船の壁をどの方向にも同じ力で押しているため、推力を生ぜず動かない。

B 水道水を流し出す方法

準備

ろうと、ゴム管、L型のガラス管、水道水

方法

- (1) 図1のように、ろうとにゴム管を取り付け、その先端にL型のガラス管を接続する。

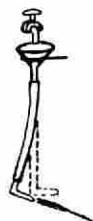


図1 水道水による反作用の実験

- (2) ろうとに水を満たして水を流し出すとき、ガラス管はどのような動きをするか調べる。
- (3) 水の量を変化させると、ガラス管はどのような動きをするか調べる。

結果と考察

- (1) ガラス管は水流方向の反対側に動く。
- (2) 水量を増やすほど水流は速くなり、その反動でガラス管が大きく動く。

C コルク栓を飛ばす方法

準備

炭酸水素ナトリウム、酢、ガラスびん、コルク栓、うけ皿、自動上皿ばかり

方法

- (1) ガラスびんの中に炭酸水素ナトリウムと酢を加え、手早くコルク栓をする。
- (2) それを図2のように、自動上皿ばかりの上に乗せてコルク栓の動きと指針の変化の様子を調べる。

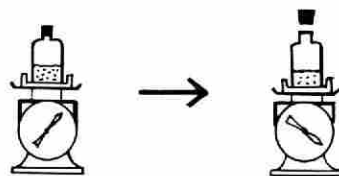


図2 コルク栓を飛ばす実験

結果と考察

- (1) ガラスびんの中では、二酸化炭素が発生し、その結果内圧が増加してコルク栓を飛ばす力が生ずる。
- (2) コルク栓が飛び出すとき、自動上皿はかりの指針は、ガラスびんを最初に載せたときよりもさらに大きく振れることから、自動上皿はかりに力が加わったことがわかる。

指導上の留意事項

- (1) コルク栓は適当な固さにはめ、コルク栓が飛ぶときにびんが倒れないようにする。
- (2) 二酸化炭素の発生が少ないときには、炭酸水素ナトリウムか酢の量を多くする。

D 竹鉄砲で玉を弾く方法

準備

竹鉄砲、玉、糸、マッチ

方法

- (1) 図3のような竹鉄砲を作り、糸でつるし、水平に保つ。

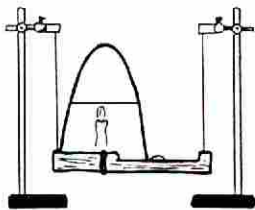


図3 竹鉄砲の実験

- (2) 玉を込めずにマッチの炎でばねの糸を焼き切ればねを弾くと、竹鉄砲はどうか観察し、その理由について調べる。
- (3) 玉を込めてマッチの炎でばねの糸を焼き切ればねを弾くと、竹鉄砲はどうか観察し、その理由について調べる。

結果と考察

- (1) 方法(2)では、ほとんど振れない。
- (2) 方法(3)では、全体が大きく振れ、玉が飛び出す反作用として竹鉄砲が後退する。

総合考察

- (1) ロケットを飛ばすには、風船などが飛ぶときと同じ原理で、推力（推進力）が必要である。

(2) ロケットは、燃料を燃やしてできた高温高圧のガスをノズルから噴射することで推力を生じ、その反動を利用して飛ぶ。

(3) ロケットの飛ぶ原理は、物理法則からみれば「物体Aから物体Bに力が作用するとき、その力と等しい力が反対向きに物体Bから物体Aに作用している（作用反作用の法則）。」の関係にある。

(4) ロケットの飛ぶ原理を理解させるための方法には、他にもたくさん考えられるが、児童、生徒の発達の段階、思考の差異や安全性などを考慮に入れてどの方法がより適切か検討のうえ実施することが大切である。

3 教材として活用できるロケット

A 空気ロケット

準備

プラスチックボトル（1.5～2.0 l）、ボールの空気入れ用の口金、ゴム栓、キリ、空気入れ方法

- (1) プラスチックボトルの口に合うゴム栓を用意して、空気入れの口金を通す孔をキリで開ける。
- (2) 発射台にボトルを置き、口金に空気入れのノズルをつなぎ、空気を入れる。
- (3) ボトルの飛び方や飛ぶ理由について調べる。

結果と考察

- (1) 内圧がボトルの口とゴム栓との最大摩擦力より大きくなるとゴム栓が離れ、噴射する空気が推力となってボトルが飛ぶ。
- (2) 飛距離は、10～20m程度で、内圧や発射角度を変えることで運動の様子がわかる。
- (3) 水素、二酸化炭素のような気体を推力として利用したロケットも考えられる。

指導上の留意事項

- (1) プラスチックボトル（ロケット本体）は軽く、飛距離も短いので児童向けに適している。また、第3学年では圧縮した空気の働きについて学習するので、発展課題とし

て取り上げるとよい。

- (2) 本体は軽いけれども、安全面から至近距離のところからは打ち上げない。

B 水ロケット

準備

プラスチックボトル (1.5~2ℓ) , ポールの空気入れ用の口金, ゴム栓, 発射台 (木枠など) , 水, キリ, 空気入れ

方法

- (1) プラスチックボトルの口に合うゴム栓を用意して, 空気入れの口金を通す孔をキリで開け, 口金を固定する。
- (2) ロケットの発射台を組み立てる。
- (3) プラスチックボトルに水を入れ, ゴム栓をしっかり止める。
- (4) 図4のように, ボトルを発射台にセットし, 口金に空気入れのノズルをつなぐ。

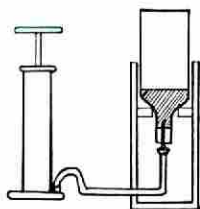


図4 水ロケットの発射

- (5) 空気入れのポンプを押し, 水ロケットが発射するまで空気を入れる。
- (6) 水ロケットを飛ばすに当たって, 次の方法でいろいろ実験する。

ア 水ロケットに入れる水量を変えて飛び方の違いや飛ぶ理由について調べる。

イ ゴム栓の止め方を変えて飛び方の違いを調べる。

ウ いろいろなボトルを用意し, 水ロケットとしてはどのような形が適切か調べる。

エ ボトルの口 (噴出口) の大きさによる飛び方の違いを調べる。

オ 発射角度を 30° 45° 60° などに変えたとき, 到達距離や高度はどのように変化するか調べる。

結果と考察

(1) 水ロケットは, ボトル内に注入した空気の圧力によって, 噴出口付近の水が押し出されるときに推力を生じ, その反動で飛ぶ。また, ゴム栓は内圧がボトルの最大摩擦力より大きくなると離れる。

(2) 方法(6) アでは, 約 $1/3$ から $1/2$ くらいの水量がよい。また, 水量が多過ぎても少な過ぎても推力が小さくなるので飛びにくくなる。水ロケットを高く飛ばすためには, 噴出する水の運動量をできるだけ大きくする必要があるのである。垂直距離で 20m ~ 30m くらいは飛ばすことができる。

(3) 方法(6) イでは, ゴム栓を強く止めると, 内圧が大きくなり推力も増大しよく飛ぶ。強過ぎると, ボトルが割れることがあるので注意する。弱過ぎると, 摩擦力が小さくなるので推力は減少しあまり飛ばない。

(4) 方法(6) ウでは, 先端部が丸形で円筒状のものが空気抵抗も小さくよく飛ぶ。

(5) 方法(6) エでは, 噴出口が大きいと水が速く出過ぎて飛距離が短い。噴出口が小さいと噴射する水量が少ないので推力が小さく飛距離は短くなるとともに, 水ロケットの指向性が悪くなる。飛ぶためには, 噴出口の大きさも影響する。

(6) 方法(6) オでは, 45° 前後のところでは飛距離が大きく, 60° のとき高く, 放物線的に飛ぶのがみられる。

指導上の留意事項

(1) 実際に取り上げる学習課題は, 児童, 生徒の発達段階や経験等を考慮のうえ決めることが大切である。

(2) 人や周囲の建物に当たらないように発射方向には, 十分注意する。

(3) プラスチックボトル容器は, 角のないものを使い安全面に気をつける。

(4) ガラス容器は, 割れると危険なので使用しない。また, 爆発防止を防ぐためには, ボトル全体をビニルテープを巻いておく。

(5) グランドのような広い場所で発射する。

- (6) 発射の際に水がかかることもあるので、濡れても構わないような準備をする。

C マッチロケット

準備

銀紙（アルミニウムはく）、マッチ、発射台（傾斜を自由に変えられるもの）、メジャー

- 方法
- (1) 長さ 5cm、幅 1.5~2.0cm くらいの銀紙で、図 5 のようにマッチの頭薬部分を包む。
 - (2) 発射台の上に傾斜をつけて置く。
 - (3) マッチで頭薬部分に火をつけ、マッチロケットの飛ぶ様子や理由について調べる。



図 5 マッチロケットの発射

- (4) マッチの数を 1, 2, 3 本と増やして飛び方の違いを調べる。
- (5) 発射角度を変えて飛び方の違いを調べる。

結果と考察

- (1) 放物線的に飛び、その距離は条件によっても違うが 2~4m 程度である。頭薬の燃焼でガスを噴射し、それが推力となって飛ぶ。
- (2) 方法(4) では、本数を多くすると推力が大きくなるので飛距離も長くなる。
- (3) 方法(5) では、角度の違いによって高度、飛距離が異なる。

指導上の留意事項

児童が学習する場合、マッチを扱うので安全面に対し細心の注意を払うことが必要である。

D モデルロケット

準備

モデルロケット（アルファⅢなど各種）、発射装置一式、組み立て道具一式、測定器具一式

- 方法
- (1) モデルロケットのキットを組み立てる。
 - (2) 発射装置を組み立てる。
 - (3) 完成したモデルロケットを発射台に載せ、

発射手順に従って打ち上げる。

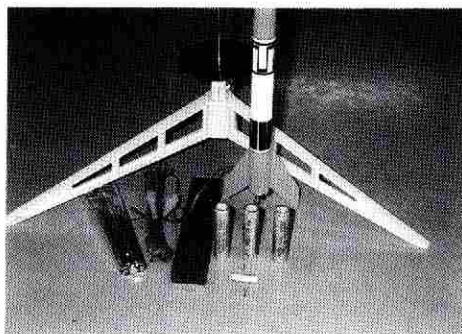


図 6 モデルロケットの全景

- (4) 打ち上げの中で、ロケットの到達高度を測ったり、定められた地点に到着させたり、滞空時間を測定したりするなど多様な活動を発展課題として行う。

結果と考察

- (1) モデルロケットのキットは、輸入品ではあるが全国各地で販売されているので、購入して製作できる。
- (2) 購入先や製作、打ち上げ、測定の方法等については、日本モデルロケット協会著「モデルロケット入門」を参考にするとよい。
- (3) 日本では火薬類取締法があり、A型エンジン（火薬5g未満）を玩具煙火（無資格）に指定しているのので、自由に購入して打ち上げることができる。5g以上の場合には資格（ライセンス）を必要とする。
- (4) 児童、生徒の安全性を考え、A型エンジンでは33m×33m以上の広さが必要である。

参考

- (1) モデルロケット協会、☎0492-66-5188
千葉県上福岡市上福岡1-5-23青柳ビル4F
- (2) 新潟大学教育学部附属長岡中学校、札幌市立八軒中学校などでは授業や部活動に取り入れている。

参考文献

- 1) 日本モデルロケット協会(1993)：モデルロケット入門，電波実験社
- 2) 藤岡由夫(1977)：物理実験事典，講談社
(なかさと しょうへい 物理研究室研究員)