

ものづくり入門③ 力学に基づくペットボトルロケット製作

機械システム工学科 森 和也

1. はじめに

高校物理の内容は、物理Ⅰでは、電気、波、運動とエネルギー、物理Ⅱでは、力と運動、電気と磁気、物質と原子、原子と原子核等である¹⁾。多くの高校生は、これらの項目を学習しても、その有効性を体験できる機会を持つことは少ない。そこで、入門セミナー（ものづくり入門③ 力学に基づくペットボトルロケット製作）、ペットボトルロケット²⁾の運動の解析を通して、高校物理の有効性を体験する機会を提供している。

2. ペットボトルロケットの力学

ペットボトルロケットの模式図を図1に示す。耐圧型のペットボトル一本を圧力容器として利用し、その上部にダミーのタンクを配し、下端に4本の尾翼を持つ。圧力容器には水と圧縮空気を充填し、空気圧によって水を噴射させて推力を得る。

ペットボトルロケットの運動を記述するためには、推力を求めなければならない。推力を求めるためには、空気圧力を求める必要がある。したがって、ペットボトルの運動の予測を通して、図2に示すように運動の

法則、エネルギー保存の法則、気体の状態方程式と、幅広い高校物理の有効性を確認することができる。

3. 講義の内容

熊本大学の基礎セミナーは、新入生を対象としたもので、8回の講義からなり、20名以下の小人数制である。本講義の流れを図3に示している。2~3名の小グループを作り、課題に取り組んでいく。

最初は講義形式によるペットボトルロケットの力学の説明である。ここでは、力積と運動量の関係、気体の状態方程式、ベルヌーイの定理、等を説明する。ベルヌーイの定理は高校の物理の範囲を超えるものであるが、大学の基礎物理を少し加えることで、受講生の学習意欲の向上を図っている。また、物理を高校で修得していない学生もいるが、グループ内で互いに教え合っている。

次は、力学に基づいて数値シミュレーションの演習をおこなう。表1はその計算の例である。簡単なオイラー法を用いて、逐次計算をおこなう。初期圧力、初期の水の量を変えて、推力の変化、到達最高高さをシミュレーションする。計算は電卓を用いておこなう。

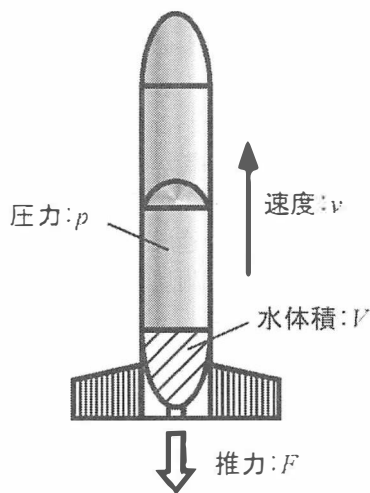


図1 ペットボトルロケット

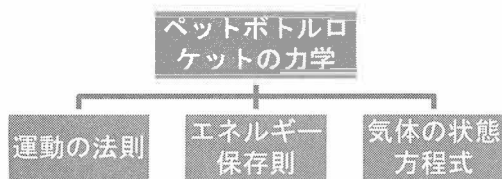


図2 ペットボトルロケットの力学

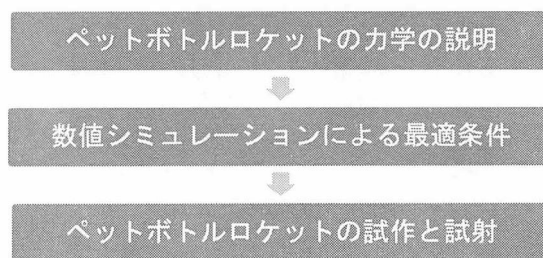


図3 基礎セミナーのプログラム

表1 推力のシミュレーション

時間(s)	空気(m ³)	圧力(Pa)	水(m ³)	流速(m/s)	推力(N)
0	1.00E-03	5.00E+05	5.00E-04	31.6	56.7
0.01	1.07E-03	4.54E+05	4.28E-04	30.1	51.5
0.02	1.14E-03	4.16E+05	3.60E-04	28.8	47.2
0.03	1.21E-03	3.85E+05	2.94E-04	27.7	43.7
0.04	1.27E-03	3.58E+05	2.31E-04	26.8	40.7
0.05	1.33E-03	3.36E+05	1.71E-04	25.9	38.1
0.06	1.39E-03	3.16E+05	1.12E-04	25.1	35.9
0.07	1.45E-03	2.99E+05	5.48E-05	24.4	33.9
0.08	1.50E-03	2.83E+05	-6.99E-07	23.8	32.1
0.09	1.55E-03	2.70E+05	-5.47E-05	23.2	30.6
0.1	1.61E-03	2.57E+05	-1.07E-04	22.7	29.2

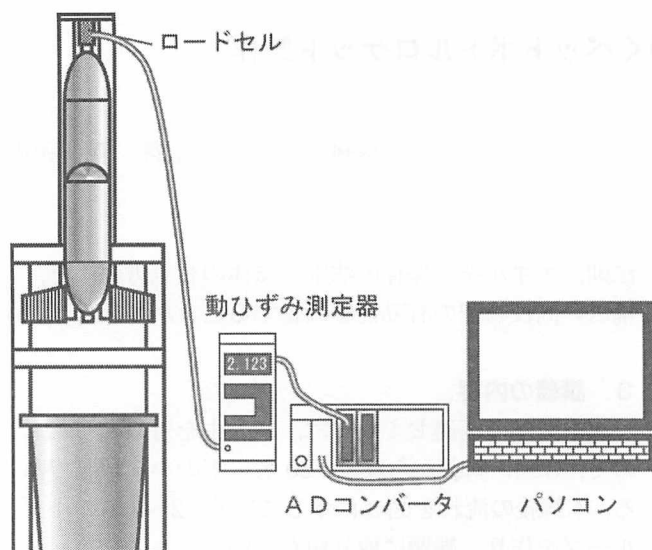


図4 推力を測定する実験のシステム

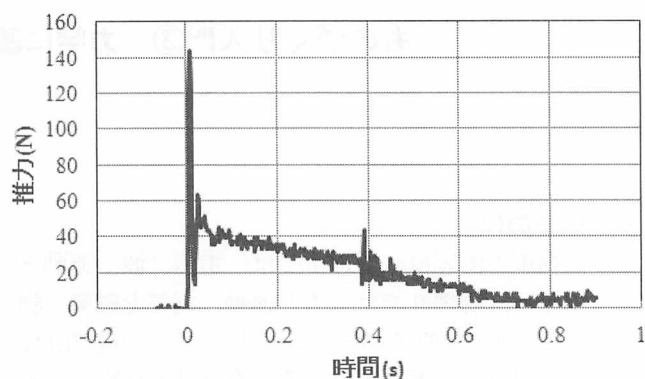


図6 ペットボトルの推力測定結果

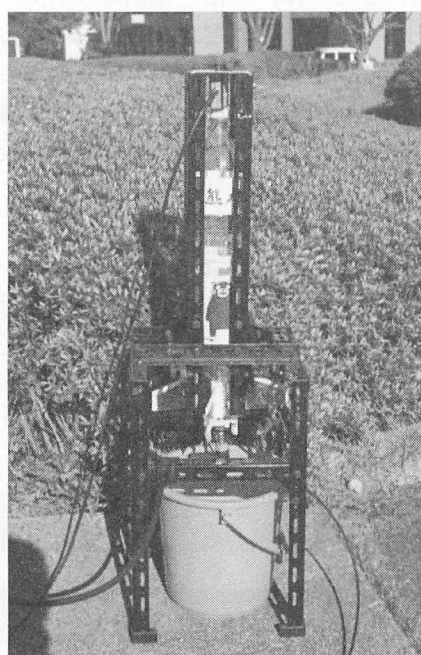


図5 推力測定装置

最後は実験である。まず、数値シミュレーションの結果を実験で確認する。図4は推力を測定するシステムである。ペットボトルロケットの先端を、ロードセルを介して台に固定している。推力はロードセルで電気抵抗の変化に変換され、動ひずみ測定器とADコンバータを通して、パソコンに取り込まれる。図5は推力の測定装置の写真である。

図6は推力測定結果の一例を示している。最初の大きな衝撃的な推力は、ペットボトル固定部の遊びによって生じるものである。また、0.4(s)近くの波形は、水の消失を意味しており、シミュレーションとの比較が可能である。

図7は講義中の試射の写真である。



図7 試射の様子

4. おわりに

ペットボトルロケットの運動のシミュレーションと製作・実験を通して、高校物理の有効性を体験するプログラム、入門セミナー（ものづくり入門③ 力学に基づくペットボトルロケット製作）を紹介した。

数値シミュレーションをおこなうに当たっては、しっかりとした高校物理の知識が必要であるが、グループで実習を進めるにあたって、理系の学部の学生が中心となって問題なく課題を達成していった。

本プログラムは、工学部附属革新ものづくり教育センターの支援を受けて実施している。ここに、感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 文部科学省, 高等学校学習指導要領, 第5節 理科, 1999.3 告示, 2002.5, 2003.4, 2003.12 一部改正.
- 2) 日本ペットボトルクラフト協会, 新ペットボトルロケットを飛ばそう, ダイナミックセラーズ出版, pp.1-158, 1996.6.