

Cコース 圧力観測 見えないものをみようとして

西山成郎・福田善之（宮城教育大学教育学部理科教育講座）

実施日時：2004年7月24日（土）、25日（日）

実施場所：宮城教育大学 物理第一学生実験室

参加生徒数：23名（24日）、21名（25日）計 44名

担当学生：相田慎也、秋山和士、池口良太、石倉康寿

小寺正洋、坂本 徹、菅原徳朗、藤塚 心

吉田昌弘、井上かおり、吉川正樹、佐久間弘子、

佐藤美恭

担当教官：西山成郎、福田善之

1. はじめに

平成16年度宮城教育大学理科フレンドシップ事業の一環として、仙台市および近郊の中学生を対象とした実験教室を開催した。物理分野を希望する学生たちは、望遠鏡や偏光板と言った光に関する実験、音の振動やドップラー効果などの波動、そのほか、熱、電気、力学など様々なアイデアを出し、議論を重ねてきた。内容はかなり具体性に富んでおり、うまく実験の流れを組み立てれば、いずれもおもしろい実験教室になると思われた。特に今年度の学生に感心したのは、例年では見られるSF的な発想や実現不可能なテーマ設定が少なく、摩擦とは何か、飛行機は何故浮くのか等、自分が知りたいからとの理由で取り上げた題材が数多く見受けられた。これは、理科実験を行う上でもっとも大切な姿勢なのである。ただ、基礎的な知識が身に付いていないためか、実験の原理を説明させてみると理解していない学生が数多く見受けられた。そういった意味では、この実験教室を通して中学生に教えるという実践的な経験を得るといふ本来の目的以外に、学生たちに物理学を実体験させる効果も含んでいると思われる。

2. テーマ設定と実施の検討

様々なアイデアから、Cコース（物理分野）の学生が選んだテーマは「圧力」であった。圧力は身近な存在であるが、それ自身は目に見えず、体感もしにくい。ならばと、中学生にも興味を持ってもらえる実験のアイデアがいくつか提案されたため、圧力に決定した。後で聞いた話では、「ウルトラマンは、実は地球で立つことができない」ということを知り、その理由が「ウルトラマンが地球で立つことができないのは、ウルトラマンの体重が重く、それを支える足の大きさが小さいため、圧力が大きいからである」との話から、「圧力」をテーマとして決定し発展したとのことである。動機付けにはやや幼稚な理由であるが、実はおもしろい論点を含んでいる。定量的に言えば、ウルトラマンの身長は56メートル、体重が5万6千トンとし、170センチで体重60キロの人間と相似であるなら、足の裏の圧力は人間なら2.3トン/平方メートルであるが、ウルトラマンは実に2000トン/平方メートルなのである。つまり、ウルトラマンが人間の骨格と同じ強度しか持たなければ、上記の論理は成り立つ。この議論はここで終わりにするが、実際に学生がこのように定量的評価を行ったかどうかは不明である。

では、実際に「圧力」に対してどれほどの知識があるのか、学生に質問してみたところ、大気圧、水圧、風船等の感覚的な内容は理解しているが、その原理や本質は理解していないようであった。そこで、まず学生に圧力に関する知識を正しく取得するための勉強を行ってもらった。案の定、圧力の定義やボイル・シャルルの法則などの教科書の内容はあっさり理解してきたが、例えば大気圧はいくつか、またそれは何故か等の疑問には依然として答えられないのである。断片的な知識だけでは、中学生を指導できない。そこで、中学校で使用している教科書を出発点に、具体性のある勉強を行ってもらった。

次に、実験教室で圧力を体感してもらう実験について、具体的な提案をしてもらった。先の中学校の教科書には、風船を息で膨らませながら自分を持ち上げる実験や水圧の違いにより水の噴き出す速度が異なる実験などが紹介されており、導入部分としての実験には丁度良いのではという意見があった。また、インターネットには様々な理科実験が掲載されており、その中から同様な実験を紹介する学生もいた。従って、早い時期の段階で自分の体を風船で持ち上げる「空気圧実験」が決定した。また、人間が持ち上がるなら自動車も上げられるに違いないとの意見から、乗用車を息だけで膨らませた風船で持ち上げる案が浮上した。これは原理上可能なのであるが、安全性を考慮して簡単に了承を与えることはできなかった。具体的な安全策を学生に提示させると、(1)自動車の片側の後輪を使用する、(2)空気は学生が吹き込み、中学生は周りから観察する、(3)周囲が広い安全な場所で行う、(4)事前にテスト実験を複数回行い、安全性を確認する、との回答から了承を与えることにした。実は、上手くいけば中学生に対して強いインパクトを与えることができると期待できる、おもしろいアイデアであった。

ここで、少し危惧されたことは、学生は深く考えずにインターネットを利用しており、そこに記載されている内容が正しいものと勝手に思いこむ傾向にあったことである。実はインターネットに掲載された内容は正しいとは限らず、また個人的・経験的な知見が記述されていることが数多く存在する。そのため、学生にはインターネットはあくまで参考として考え、その内容については自分で分析することを強く求めた。

「空気圧実験」の練習のため、コンパネ材と大型のゴミ袋、径の異なるホース等を購入した。自分の体重を支える圧力から板の面積を求め、板を切断しゴミ袋と接合し、また息を吹き込むホースの位置や長さの調節等の試行錯誤を行った結果、自分たちが持ち上がることを確認できた。但し、バランスを保つことが難しいため、実際の改良にかなり時間をとられる結果となった。従って、乗用車を持ち上げるテスト実験は、本番直前まで行えなかった。

その他の実験として、断面積の異なる2種類のピストンを用いて圧力の定義を理解する「油圧実験」、水槽の中の水に薄い膜が蓋になった円筒を沈め、膜が水圧によって引っ込む「水圧実験」、大気圧を利用してペットボトルを潰す実験やロートを使って発砲スチロールの板を吸盤の原理で持ち上げる「大気圧実験」、真空を利用して風船を割る「真空実験」を提案し、議論を重ねた。特に「真空実験」では、真空にすると何が膨らむのかと言った素朴な疑問が生じたらしく、小型のポリ袋やゴム風船以外にピーマンやレモンを真空鎮に入れて実験したみたいであるが、原理を理解していれば無駄な実験と思われた。これらの実験には物理実験室の器具を利用する訳であるが、例えばピストンは注射器を利用したが、径の異なる注射器が存在しなかったので新規に購入した。但し、ペットボトルは大学生協の自動販売機脇に置かれたゴミ箱から回収して、洗浄してから使用した。

3. 実施プログラムの内容

学生が計画した実施プログラムは以下の内容である。

全体の流れ

- ・ 導入：10分 ~ 10:40
- ・ 空気圧実験 車：10分 ~ 10:50
- ・ 空気圧実験 人：30分 ~ 11:20
- 休憩：15分 ~ 11:35
- ・ 油圧実験 ピストン：30分 ~ 12:05
- ・ 油圧実験 簡易ピストン：10分 ~ 12:10
- 昼休み ~ 13:30
- ・ 水圧実験 水槽：10分 ~ 13:40
- ・ 大気圧実験 ろうと：20分 ~ 14:00
- ・ 大気圧実験 ペットボトル：15分 ~ 14:15
- 休憩：15分 ~ 14:30
- ・ 大気圧実験 真空鐘：30分 ~ 15:00
- ・ まとめ：10分 ~ 15:10
- ・ アンケート：10分 ~ 15:20

空気圧実験 車

準備：ビニール袋（大）二枚重ねて使用、ビニールホース、コンパネ板（90cm×90cm）、ガムテープ、車、酸素ボンベ

実験内容：人の息で車が持ち上がるかどうかを実験し、観察を行った。ビニール袋の上に板を敷いて、その上に車を乗せ、ビニールホースから息を吹き込みビニール袋の圧力で車を持ち上げた。

ねらい：この実験を最初に持つてくることで、圧力に対するインパクトをつけた。



空気圧実験 人

準備：ビニール袋（大）二枚重ねにして使用、ビニールホース、板（90×90cm、45×45cm、25×20cm）、ガムテープ、車、酸素ボンベ

実験内容：人を板の上に乗せ、板の大きさを変えた場合の持ち上がり具合を調べた。
 また、班ごとに活動することで、学生と生徒のコミュニケーションをはかった。
 ねらい：この実験で、圧力には面積が関係していることに着目させた。



油圧実験 ピストン

準備：ガラス注射器（100ml、20ml）、分銅（400g、100g）、ゴムチューブ、スタンド
 実験内容：力の単位が何であるかを確認し、単位変換の計算をさせた。また、チューブでつないだ
 径の違うピストンの上に同じ重さの分銅をのせ、どちらが下がるかを予想させて実験した。次に、
 ピストンを釣り合わせる為には、どんな重さの分銅をのせたらよいのか予想させ、実験した。この
 際に、何がつり合っているのかを考えさせ、圧力がつり合っているということを導いた。
 ねらい：ここで圧力の式を教え、計算によっても圧力がつり合っていることを確認した。



油圧実験 簡易ピストン

準備：プラスチック注射器（25ml、5ml）、ビニールチューブ
 実験内容：チューブでつないだ小型注射器を自分たちの指で押し合うことで、ピストンの実験の理
 解をより深めさせた。
 ねらい：注射器は安全性を考え、プラスチック製のものを用意し、班ごとに実験を行った。



水圧実験 水槽

準備：水槽、水圧実験キット

実験内容：あらゆる方向から水圧がかかっていることを視覚的に捕らえるために、水槽に水をはって、両端に膜のついた筒を様々な方向に向けて沈め、その膜の様子を観察した。

ねらい：圧力が四方からかかっていることを認識させる。



大気圧実験 ロート

準備：スチレンボード、ゴムチューブ、ゴム板、ろうと、簡易真空ポンプ

実験内容：スチレンボードとロートを密着させ、簡易真空ポンプでロートの中の空気を抜き圧力を下げる。ここで持ち上げるとスチレンボードがロートにくっつき浮く。

ねらい：吸いながら持ち上げているのではなく、あくまで圧力の差で持ち上がっているということを強調した。1日目は、演示実験のみを行った。2日目は前日に時間が余ってしまった反省を活かし、演示実験を行ってから、班ごとに実験させた。



大気圧実験 ペットボトル

準備：ペットボトル、アルミ缶、粘土、簡易真空ポンプ、ビニール手袋

実験内容：空き缶の飲み口に簡易真空ポンプのホースを差し込み、粘土を使って密封させる。次に、簡易真空ポンプで空き缶の中の圧力を下げ、その様子を観察する。

ねらい：どんな物にもあらゆる方向から大気圧がかかっているということを、様々な大きさの空き缶やペットボトルを使うことで示した。



大気圧実験 真空鐘

準備：真空鐘、ジッパー付きビニール袋

実験内容：ろうと、空き缶の実験では、容器の中の圧力を下げたが、ここでは真空鐘を用いて、容器の外の圧力を下げたらどうなるかを考えさせ、実験、観察をした。また、生徒に容器の外と中の圧力の関係がどのようになり、どんな現象が起こるか班ごとにまとめ発表させた。その後、発表をふまえた上で、実験をした。

ねらい：周りが高い圧力の状態に対し、低い圧力の状態の観察と考察。透明のビニール袋の膨張する様子から表題の見えない圧力が見えそうな疑似体験もねらいとした。また、最後に袋が割れてしまう、現象としての面白さも一種のねらいである。



まとめ

内容：本日学習したことを思い出しながら、復習をした。また、それらをふまえて、圧力は面にかかる力であることを示した。板書内容は以下の内容である。

- ・少ない力で大きいものを持ち上げられる。
- ・圧力 = 力 / 面積
- ・大気圧、水圧はあらゆる方向からかかっている。
- ・大気圧は普段感じているより凄い。
- ・圧力は面にかかる力である。



4 . 実験教室の実施結果

具体的な進行は、学生たちが作成した授業案に沿って行われた。実験教室の導入として行われた乗用車を空気圧で持ち上げる実験は、意外に中学生の反応が無いように感じた。当初、実施場所や気温の問題点等を自己反省したが、後で評価すると実は学生側のコミュニケーション不足が原因であったように思える。また、観察するだけでなく「何でも持ち上げられるのかな？自分を持ち上げてみたい」という中学生もいたことから、興味を引き出すためにもっと安全に工夫して、中学生も参加できる内容にすべきであった。実際、次の人を持ち上げる空気圧実験に、その傾向はよく現れていた。中学生は実験に参加することで積極的に動き、また緊張が解けた学生たちはコミュニケーションを取ることができるようになったのである。学生たちも、互いのコミュニケーションを取る方策として「レッツサイエンス！」と声を掛け合っていたことも効果的であった。

ところが、ピストンを使った実験と圧力の講義では演示実験が予定通りに進行せず、また中学生に計算をさせても今ひとつ反応が鈍くなった。恐らく、中学生が体験を通さずに知識だけを教えられていたためと考えられる。次の簡易ピストンの実験を講義の中に上手く取り込みながら、圧力の定義や計算をさせた方が効果的であったと思われる。水圧実験でも、膜の変化が見えにくいなどの中学生の不満が見受けられた。しかし、次の大気圧ロート実験ではマジックの効果もあり、授業の流れの上でアクセントになった。但し、初日ではロート実験は演示実験だけで終始したため、生徒にやらせる実験が少なくなってしまったことを反省し、2日目は中学生にも行わせた。また、ペットボトルによる大気圧実験は、よく行われている実験なのか、実にすんなりと終わってしまった。もう、ひと工夫ないと中学生にはつまらないのかも知れない。真空鐘を用いてビニール袋を膨らませて破裂させる実験は、実験結果を予想させながら中学生に発表させて実験へつなげる形式であり、中学生の反応も良かったと思われる。最後のまとめでは、1日目は説明する人と板書をする人が別々で分かりにくいとの指摘があったので、2日目は板書するところを模造紙に書いて、説明する人は模造紙を張る形にした。

5. まとめ

圧力という身近でありながら説明すると以外にわかりにくい題材を、上手く実験を通して中学生に理解させようとしていたし、精力的に準備・実施をしていたと思う。ただ授業として評価すると、実験の善し悪しではなく、中学生に効果的に理解させる実験や、次は何をしようかと興味を維持させるような工夫があっても良かったと思われる。また、空気圧実験に使ったビニール袋等を記念にほしいという中学生がいたことから、何か記念になるものを自作させる工夫があっても良かったと思われる。

フレンドシップ事業の本来の目的は、理科を学ぶことの楽しさやおもしろさを生徒に伝えるための実践的な体験を積むことである。自分たちで課題を設定し実験の準備を行い、指導案を作り模擬授業の練習を行うなど非常に忙しい体験であったと考えられる。そのことから、本事業の目的の半分は達成しているようだ。しかし、今一度内容を振り返ると、もっと重要なことを学生たちは理解していない可能性がある。学生たちは準備や試行実験を通して真剣に考えて行動していたと思うが、その中に楽しさを感じていただろうか。また、授業でも同じように楽しさを感じていただろうか。授業の内容を単に伝えるだけでなく先生が真剣に楽しまないと、生徒も興味を持たないことを理解しなければならない。理科離れ防止が本事業の目的であるなら、将来先生になる可能性のある学生には、自分たちが真剣に楽しめる理科のテーマを常に一つ持っていてもらいたい。

最後に学生たちが集計したアンケートの結果を示す。

