

生活環境教材研究(11) 「ミニチュア風洞の作製とシミュレーション実験」

| | |
|-----|---|
| 著者 | 恵下 斂, 猪野 進一, 福永 道尚, 嶋末 武, 前川 智, 秋山 博臣, 隈本 幸一 |
| 雑誌名 | 宮崎大学教育文化学部紀要. 自然科学 |
| 巻 | 4 |
| ページ | 1-7 |
| 発行年 | 2001-03-31 |
| URL | http://hdl.handle.net/10458/923 |

生活環境教材研究 II

「ミニチュア風洞の作製とシミュレーション実験」

恵下敏・猪野進一・福永道尚・嶋末武・前川智
秋山博臣・隈本幸一*

Study on Teaching Materials for Living and Environment, II
"Design of a Miniature Wind Tunnel and Simulation Experiments"

Osamu EGE, Shinichi INO, Michitaka FUKUNAGA, Takeshi SHIMASUE,
Satoru MAEKAWA, Hiroomi AKIYAMA, and Kouichi KUMAMOTO

要 旨

物理学を基礎にした分野から、生活環境教育への1つのアプローチとして、広く小学校から大学初等まで使える、安価で実用性の高い実験用教材を作製した。それは市販の換気扇と厚紙の空気整流器からなるミニチュア風洞で、一様でストレートな風を作り出すことができる。これを用いてビルの谷間に吹く風や盆地あるいは競技場等に吹く風のシミュレーションを試みた。その結果、そういった場所では気象的に広範に吹く風に反して、部分的には逆方向に吹く風もあることに対応するようなシミュレーション結果を得ることができた。また、種々の小道具を使うと、翼・ヨット・風力発電などについても遊びを交えてシミュレーションできるので、工夫すれば低学年用にもさらに効果的な教材化が可能であると思われる。

Approaching to living and environment education based on physics, we designed a low cost and useful teaching material, a wind tunnel, which could be widely utilized from an elementary school to first grade of a university. It is composed of a usual air fan and a thick mesh made of paper, and can make uniform and straight wind. We simulated the winds blowing among buildings and running across basins or stadiums, using this wind tunnel and reduced sets. It was clarified that the winds were partially blowing to the opposite directions against to the atmospherically blowing winds in the sets. As one can play with optional models or devices such a wing, a yacht, or a wind dynamo in the wind of the tunnel set, this teaching material may be developed into more interesting one to fit for lower aged persons.

* 宮崎市木花中学校

1. はじめに

近年、生活環境をめぐる問題が社会的にもクローズアップされており、環境教育についても非常に重要視されている。そのような中で、生活環境について物理分野からアプローチできることを探してみたい。しかし物理で取り扱う対象としては、物の動きや変化、あるいはそこに働く力、またその背後にあるエネルギーなどあまり多くなく、しかも複雑な問題は取り扱うことが困難と思われる。我々のグループはこれまで、文献[1]にあるように、物理の分野から川の流れをテーマにして、「流される流されない」という問題を設定して、簡単なシミュレーション実験を試みている。そこでは化学・生物・地学・物理の4領域から1つの川に対して学際的にアプローチして、それぞれの分野からの結果を重ねてみて共通に言えることは何かを探す取り組みであり、不十分ながらも1つの共通因子のようなものが得られたことは興味深いことであったと思われる。

今回は幅広く教材として使えるミニチュア風洞を作製し、風（空気の流れ）をテーマにして、ビルに吹く風・盆地に吹く風などについてシミュレーション実験を行った。さらに、この風洞を低学年用に教材化するために、風の中で走るヨット、あるいはプロペラを用いた風力発電など風の持つ力やエネルギーを体感するための小道具を作り、平成12年8月に行われた「青少年のための科学の祭典2000」（宮崎）に出展する取り組みも行ったので、資料としてそのレジメを論文末に添付している[2]。

2. 教材の製作 <ミニチュア風洞および小道具>

図1にあるように、換気扇と空気整流器と筐体用ベニヤ板を組み合わせて、ミニチュア風洞を作る。

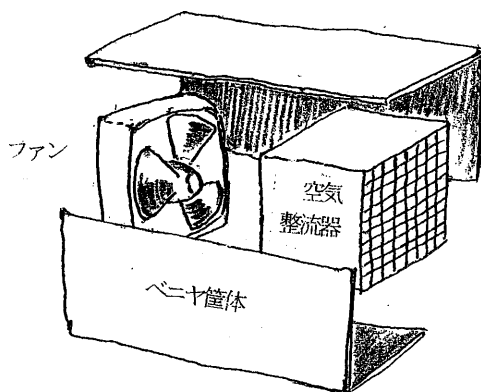


図1

換気扇は交流100V用の市販のものでよい。換気扇による風は回って出てくるので、それを一様でまっすぐな風に整流する必要がある。そこで、形状がそろった多数の厚紙に幅をそろえて楕形の切れ目を入れて、それらの切り目と切り目を差し込み合わせて厚いメッシュの空気整流器を作る。風洞からでてくる風は真ん中よりも周囲の方が強い傾向があるので、空気整流器の構造は中窪みにして外側よりも内側の経路が短くなるようにした方が、風は均一になると

思われる。風洞はスライダックにより多少風速調整ができるようにしておくとう便利である。

小道具としては図2にあるように、まず風速風向を調べる簡易のセンサーとして、細い棒の先に木綿糸を付けたもの（風センサーと呼ぶ）が必要である。この風センサーではもちろん定量的な測定はできないが、構造が簡単で分かりやすいので、これを用いると、風速風向について特に低学年であってもよくわかる。いわば定性的な測定は可能である。

その他としては、実験例に応じて、ビル模型や盆地模型あるいはベルヌーイの定理観測用の穴あき翼（塩ビパイプの半分に穴を開けて、円周の外と内の圧力差が測れるようにしたもの）から、プロペラ付モーターや発泡スチロールのタイヤをもつヨットなどの小物まで、いろいろな小道具を準備する。

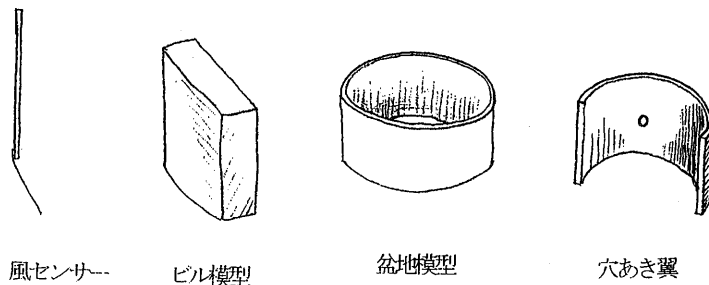


図2

3. シミュレーション実験

生活環境について、シミュレーション的な知見を得る1つの手段として、ここではミニチュア風洞・ミニチュアセット・小道具類を用いた実験を行う。たとえばビル風や盆地風などについて、風センサーを使ってシミュレーション的に調べる場合は、高さによって風速風向は微妙に変化するので、(1)ビル風など平面的な風の分布を測るときは、測るべき高さを統一して測り、(2)盆地風など縦の面の風の分布を測る場合は、位置と高さを変えながら測ることが必要である。風センサーの使い方は風の中にセンサーの棒を立て、棒の先に付いた糸の向きと傾きで風速風向を読みとる。風速風向を矢印で記録するには、糸の向きを矢印の向きにし、糸の傾きでできる水平成分を矢印の長さに見立てる。なお、気流が乱れて矢印が定まらないところでは乱れている範囲に点線の丸印を書くとそのありさまがよくわかる。

(1) ビル風

建物の反対側にまわったら風向きが変わったということを体験した人は多いかと思われる。風センサーを使うことによって、これがどのようなメカニズムによるものかを体験する。図3は風洞からの気流の中にビル模型を置いた場合の平面的な風の分布であり、風センサーによる矢印で気流の風速風向を定性的にシミュレーションしたものである。

ビルの裏側で風洞からの風に反対向きの風が観測されているが、これはビルの風下にできたビルサイズの渦の一部であることがよく理解できる。点線丸印が複数描かれているところは、前述のように気流に乱れがあるところである。

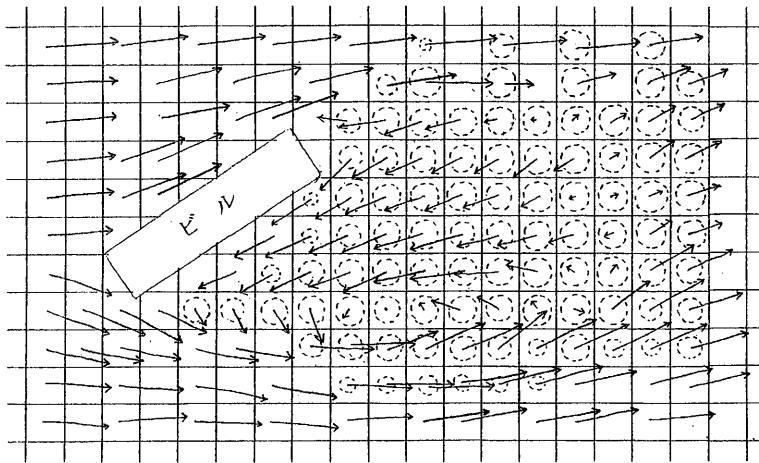


図3 ビル風

(2) 盆地風（競技場風）

こちらは縦の面の渦となるので、方眼紙に書き取ることは難しいが、風センサーでみることによって、縦方向の渦の存在に気づく。野球場などの競技場では盆地地形がもっと極端になるので、さらにその効果が大きくなることが予想される。その様子を大まかに図4に示す。

甲子園の内野上空にあがった打球は予想しない動きで内野手を困らせることで有名であるが、この実験から言えることは、内野に高く上がった打球がいったんは浜風に乗ってバックスクリーン上の旗の方向に流されるが、落ちてくるにしたがって今度は逆方向に流されるので、内野手は大いに戸惑うことが予想される。

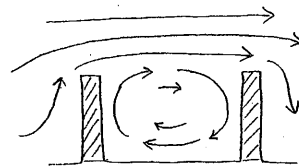


図4（横から見た図）

(3) 翼の揚力とベルヌーイの定理

飛行機の翼に働く揚力についても、簡易にシミュレーションしてみることができる。それにはまずベルヌーイの定理についてみていく。ベルヌーイの定理は次式で示される。

$$p + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = \text{一定} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 p は気体の圧力、 $\frac{1}{2}\rho v^2$ 中の v は気体の速度である。 ρgh は位置のエネルギーに関係する量で、このシミュレーションでは高低差を考慮する必要がないので一応無視できる。したがって、ここでは p と v だけに注目する。すなわち、左辺全体が一定であることから、速度 v が増せば圧力 p が減り、 v が減れば p が増える。ここで、ベルヌーイの定理観測用の穴あき翼を図5のように風洞からの風の中

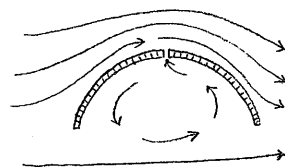


図5（上から見た図）

に置くと、風センサーの糸が穴に吸い込まれる様子がよくわかる。つまり、穴あき翼の半円の外側は風速が大きいので圧力が低く、半円の内側はそれに対して風速が小さいので圧力が高い。したがって穴の内から外に空気が流れる。

これは横向きに置かれているが、これを上下に置くと飛行機の翼に近いものとなり、翼の上部つまり円周部では風速が下部より増すので、それだけ圧力が減るつまり揚力が働くことになる。

また、ベルヌーイの定理は自然科学で重要なエネルギー保存の法則を表す方程式を体積で割った形をしていることからわかるように、エネルギー保存の法則の一種と考えることができる。したがって、このシミュレーションを通じて、自然科学の普遍的な法則について体感できると言うことができる。

(4) ヨットなどの遊び用の小道具

車輪付ヨットあるいは紙ヒコーキその他いろいろな遊びを交えた小道具を準備して、主に低学年の興味を引くことに役立たせる。直接に生活環境教育を行う前にいろいろなことに興味を持つことも大切と考えられる。ここでは車輪付ヨットについてみていく。図6のようにミニチュア車に帆をつけたヨットカーを作り、風洞からの風に対して、車と帆の角度をうまく調整すると、ヨットは斜め風上方向に向かって進むことができる。

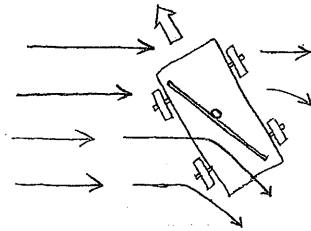


図6 ヨットカー

ここでの関係を理解するには多少高度な知識を必要とするので、それは低学年生に押しつけないほうがよい。すなわちヨットの帆の裏には前述のビル風も吹くが、メインな力関係はおおよそ次のようになる。まず、ヨットの帆にあたった風は帆を風下の方向に押し戻す力 F_1 を与える。次に、帆によって風は横に向きが変えられるので、その反動で帆はその反対側に力 F_2 を受ける。 F_2 は、ヨットの進路方向(斜め風上方向)成分 F_3 とそれに垂直な抗力方向成分 F_4 に分けられるが、 F_4 は抗力によってうち消されるので F_3 が残る。この F_3 の風上方向成分を F_5 とすると、最初の F_1 と比べてみて、 $F_5 > F_1$ であるならば結局帆は風上に(斜めに)進むことができる。したがってこの条件を満たすために、ヨットの帆と車体の向きをいろいろ変えて、最良の状態を探すことが必要である。

(5) 風力発電

風力発電を実際にやってみて、体感する。プロペラを付けた少電力用のモーターを2つ用意して、結線し、どちらを風で回しても他が回ることを確かめる。風の力でモーターが回り、その発電によって離れたところにある同種のモーターが回る。すなわち、風のエネルギーが回転のエネルギーからさらに電気のエネルギーに変わり、そのエネルギーが導線を伝わって別のモーターを回し、また回転のエネルギーに変わっていく。また、風の強さを強くすると勢いよく回る。そういった様子から、エネルギーはその形を変化しながら伝わり、しかも量として保存されていることも実感できる。

4. まとめ

小学校から大学初等まで、幅広く楽しみながら学べる生活環境分野の教材作製として、今回はミニチュア風洞に取り組んだ。物理学としては生活環境の大きなスケールそのものを取り扱うことが困難な場合が多いため、ここでもまたシミュレーション実験となった。シミュレーションで注意すべきことは、アンケートと同様に、そこから得られる結果が真理あるいは実体を完全な形で反映しているとはかぎらない点である。このことは当然であるが、油断すると大きな誤りに陥ることがあるので十分注意しておかなければならない。しかし、シミュレーションにおいては、複雑な系でなくもっばら簡単な系が取り扱われて、結果的に純粋な要素が抽出されることが多く、それらはまた十分参考になる内容であることも多い。ここでもビル風盆地風などが渦の一部であったことが仮説的に説明できたこと、またいわゆる「甲子園に魔物が住む」と言われる現象についても1つの見方を示すことができた。この教材をうまく用いると、そういった広くは生活環境の一部と見なされる興味深い現象に少し近づくことができるものと思われる。

自然の環境の中で遊びながら自然を学べるような環境があれば、もっとも素晴らしいことではあるが、それが許されない場合でも、この種の教材には一種の楽しさがあると思われるので、今後このような教材を幅広く開発して、楽しく学べる環境を作っていくことが大切と思われる。

大学の初等での生活環境教育にあっても、やはり物理学の分野は重要であり、エネルギー保存則やベルヌーイの定理など基本的な法則についての学習も、このような教材を通じて体得することもまた大切なことと考えられる。

文 献

- [1] 宮崎大学教育文化学部紀要 自然科学 第1号 1999年9月
- [2] 宮崎科学技術館 青少年のための科学の祭典2000宮崎大会 実験解説集
2000年8月

(2000年9月30日受理)

風の妙技

——— ミニチュア風洞を使って、いろいろな実験をしてみよう ———

宮崎大学教育文化学部 恵下敏 猪野進一 福永道尚 嶋末武 前川智
宮崎市立木花中学校 隈本幸一

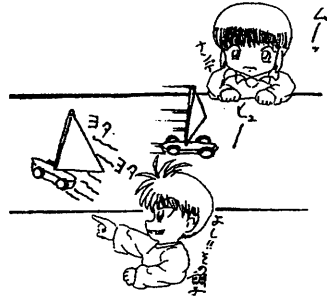
● どんな実験なの？

風洞とはムラのない様な風を出すことのできる装置です。この装置を使って風の動きを調べてみましょう。風の動きの例として「ヨットは風上に向かって進むことができる」とか、「飛行機の翼には揚力という力が生じる」などがあります。これは風の性質をうまく利用している例ですね。他には、建物の周りで風向きが逆になっているなんて不思議な例もあります。そこで今回はコンパクトなミニチュア風洞を使ってムラのない風を起こし、風の動きを調べてみることにしました。

● どんな実験があるの？

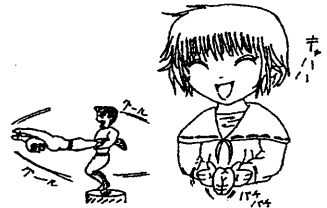
① ヨットの帆の実験

ミニチュアの車に帆をつけたヨットカーをつくり、風洞の前で走らせてみよう。車と帆の角度をうまく調整すると風上に向かって走り出すよ。



② 風力発電の実験

風の力を利用すると発電することもできます。そこで直流式のモーターとプロペラを使って風力発電の実験をしてみましょう。プロペラが激しく回転するほどたくさん発電することができます。今回は発生した電気をつかって人形を回してみることにしました。



③ ビル風や盆地風の実験

建物の反対側に回ったとき風向きが変わる現象を、風洞を使って調べてみましょう。風の動きは竹ひごに軽い糸をつけたもので調べます。風洞の前にビルや盆地に見立てたブロックや大きめのパイプなどを置き風の向きを調べると、場所によっては逆向きに風が吹いていることがわかります。どんな場所で逆向きになっているか法則が見つかったらすごいですね。



④ ヒコーキの実験

発泡スチロールでヒコーキのおもちゃをつかって、風の中で浮かせてみよう。風洞の風と扇風機の風ではヒコーキの飛び方は同じかな？

● 気をつけよう

換気扇や電熱線など危険な場所をさわらないでください。

● もっとくわしく知るために

理科を好きになり、将来理科系に進学して、ベルヌーイの定理などの流体力学を勉強しよう。