

実践報告

フロッピーケースなどで簡単にできる加速度計

川村 康文 京都教育大学附属高校

昨今の物理離れへの対処として、生徒実験をふんだんに取り入れた生徒参加型の授業が有効であると考えられる。しかし、いきなり高度な実験技術を要する生徒実験を押しつけても、生徒達の心は物理から離れていく一方である。そこで生徒の探究心を刺激するような実験教材の開発が求められる。今回は、生徒達が種々の工夫をしながら簡易な加速度計を作製し、実際に電車の加速度測定を行ったので、これを報告する。

1. はじめに

我々は、電車内や自動車内という日常生活の場面で加速度運動や慣性力を実体験として経験する。その意味で、加速度という言葉は小中学生にとっても身近な言葉であると考えられる。しかし加速度概念については、新学習指導要領では高等学校の物理 I A あるいは物理 I B において初めて学習することになっている。高等学校での物理学習では、学習者は論理的に思考することができる能力や物理現象を数式で表現することができる能力が求められる。このため、加速度概念や慣性力の学習に関しては、かなり高度な理解力が要求される。しかし昨今の物理離れは、現在一般に行われている高校学校物理の授業の改善を物理教師に求めているとみることができる。また、新課程では理科 I が廃止されたため、物理 I A や物理 I B を学習しない高校生の場合、加速度概念について科学的な観点からの学習を行わないことも考えられる。我々地球市民には、高度化する科学技術社会に対処していくためのサイエンティフィック・リテラシーが強くとめられている。したがって、多くの学習者が物理に興味・関心を持つことができるような教材や、また生涯学習としての物理学習の視点からみた教材が開発される必要がある。ここでは、リサイクルの一環としてフロッピーケースを用いた簡単な加速度計（プロトタイプ）の作製の仕方と利用法を報告する。

2. 作製方法

フロッピーケースに、色水を約半分程度入れ、フロッピーケースから水が漏れないように、全体をボンドなどで封じる。青少年のための科学の祭典（大阪大会；1995年12月）でも、小中学生に作製させたが、ほとんどすべ

ての児童・生徒が簡単に完成させることができた。

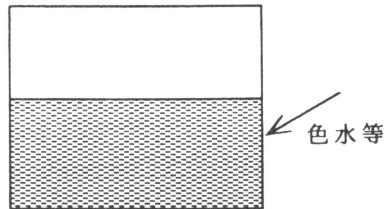


図1. フロッピーケースに水を入れ水平に置いた状態

3. 利用方法

静止している水平な台の上にフロッピーケース型加速度計を置き、そのときの水面の線を基準線としてマジックインク等でラインを入れておく（図2）。使用する際には、基準線を含むように幅の広い透明テープ（ブックカバーなどに用いられる伸びにくいテープ）を張る。テープに基準線の両端の2点の印を入れておく。電車やバスなどの乗り物が加速度運動を始めると水面は傾く。このとき同様に車内のつり革も傾くので、加速度運動をしているかどうかを両者から視覚的に確認することができる。もちろん、ある程度加速度の大きさが大きい場合には、我々は加速度を体感することができる。

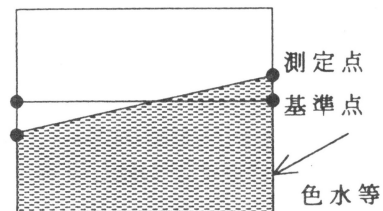


図2. 加速度運動中の水面の状態

加速度運動をしているとき、図2に示すように水面の傾きに合わせて両端の2点に印を入れる。その後、テープを丁寧に剥がしノートや記録帳にテープを張り直す。テープをノートに張ってから、基準の2点および測定した2点を直線で結ぶ。2つの直線のなす角度 θ から加速度 a を

$$a = g \tan \theta \quad (\text{m/s}^2)$$

として求める。テープを張り替えることによって、このような方法で何度も加速度測定ができる。乗り物が平坦地を等速走行しているときには、水面が基準線と一致することも確認できる。

Duzen, Nelson & Nelson (1992) は、このような薄いケース状の加速度計を作製し、その利用方法について報告している。しかし、彼らの加速度計では、水面の基準線の位置にあわせてゴムバンドをはめているため、水面の傾きをみるにとどまってしまうという問題点があった。今回報告する加速度計は、この点を改善したもので、その場その場での加速度の値を求め、記録する事ができる。

また、愛知・岐阜物理サークル (1988) が提案する「ズバリ加速度計」は、加速度を電気信号化してメータを用いてその大きさを知るというもので、確かに授業で用いるには効果的であろう。しかし筆者は、彼らの加速度計には以下に示すような2つの問題点があると考えられる。1つは、加速度計の製作にある程度高度な技術が求められるため、すべての生徒が完成することができるには限らない。完成することができなかった生徒は、物理実験は難しく、自分にはできないと思ってしまう。もう1つは、このタイプの加速度計が、ブラックボックス化している点である。彼らのタイプの加速度計の長所は、メータを意識することにより、簡単に 1 m/s^2 の加速度を実感させることができる点であると述べているが、筆者の開発したタイプの加速度計でも、 1 m/s^2 にみあうように基準線より 5.8° だけ傾いた線をあらかじめ記入した透明シールをフロッピーケースの側面に張っておくことにより、同様に 1 m/s^2 の加速度を体感させることができる。

4. 生徒が測定した加速度測定の例

以下に示すデータは、上述のフロッピーケース型加速度計を用いて生徒が実測した電車の発着時の加速度の値である。生徒達の感想の多くは「最初、電車の中で少々恥ずかしい気がしたけれど、だんだん面白くなってきて快感に変わった。授業中にみんなまで電車に乗ってワイワ

イと実験できたらもっと面白かったのでは…」というものであった。

表1. 生徒が実測した加速度の値

	発 駅 ~ 着 駅	発後着前時刻 s	加速度 m/s^2
近畿 日本 鉄道	小倉~伊勢田	発後 4 0	5.5×10^{-1}
		着前 2 0	-4.3×10^{-1}
	桃山御陵前~向島	発後 7 着前 5	8.6×10^{-1} -5.1×10^{-1}
京 都 市 地 下 鉄	久津川~大久保	発後 -	8.6×10^{-1}
		着前 -	-4.3×10^{-1}
	竹田~くいな橋	発後 5	7.7×10^{-1}
		着前 1 4	-6.9×10^{-1}
五 条 ~ 四 条	発後 2 5	8.6×10^{-1}	
	着前 3 2	-5.3×10^{-1}	
	十 条 ~ 九 条	発後 2 8	8.6×10^{-1}
着前 2 3		-7.7×10^{-1}	
五 条 ~ 京 都	発後 2 9	8.7×10^{-1}	
	着前 1 9	-8.1×10^{-1}	

5. 簡単に加速度の大きさが読みとれるタイプのその他の加速度計

フロッピーケース型加速度計は、細かい値まで数値解析が可能であるという意味で有効である。しかし、瞬時におおよその加速度の大きさを知りたいという場合には、次に述べる図3のタイプの加速度計も有効である。図3-1のタイプのもはフロッピーケース型加速度計と同様にハンディタイプのもので、生徒実験用として力学台車の上に乗せて利用してもよいし、また生徒各自が日常生活の場としての電車やバスの中での加速度測定に利用してもよい。作製には押しピン入れ等の空き箱やカセットテープのケースや8mmビデオテープのケースを利用する。ただし、このようにフロッピーケースに比べてかなり分厚いタイプの空き箱では、フロッピーケース型加速度計と同様の作製を行っても、ケース内の水面が乱れて実用に耐えない。そこで、水面の上に浮板を浮かせることによって水面の乱れに対処した。また、浮板は左右に流れないように、浮板本体に軸を取り付け、側板に軸受けを設けて止めた。

以下に具体的な作製方法を述べる。

1. 空き箱の両側板に軸受けとして、ナットをボンドで張り付ける。
2. 浮板には、左右のバランスが丁度とれるように軸を取り付ける。
3. さらに、浮板に浮板と垂直になるように指針を取り付ける。
4. 浮板の軸を軸受けにはめる。
5. 浮板が丁度水面に浮かんでいる状態になるまで、空き箱の中に水を入れる。
6. 加速度の値を空き箱の側板に目盛りとして書き入れる。

以上のようにして作製した加速度計の指針により、その時々々の加速度の値を知ることができる。なお、ケース内に水を入れずに加速度計として用いようとしても、指針が敏感に揺れすぎて加速度の値を読みとることが難しかった。その意味では、水よりも粘性の高い液体をケース内に入れてもよいが、今回の実験器の開発の目的は、ごくごく身の回りにあるものを用いて実験器を作ることにあるので、ケース内の液体としては、水の方が望ましいと考えられる。

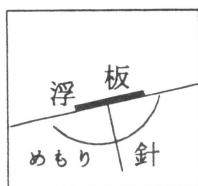


図3. 1. 生徒実験用

図3-2のタイプのものは演示実験用に開発したもので、少し大型のものである。大きな装置を走らせて演示実験を行う場合に、その台車の中に設置し、加速度測定を行うのに用いることができる。

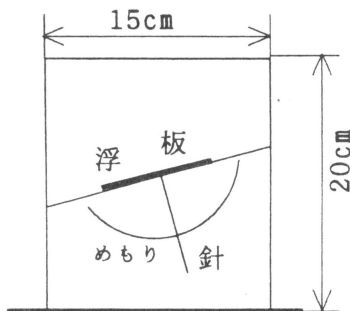


図3. 2. 演示実験用

6. 慣性力の授業において加速度計を用いる場合

生徒が加速度運動について認識しやすい日常現象としては、電車や自動車の中で受ける加速感があげられよう。物理の授業で加速度について学習をする場合、生徒達は実験台の上を走る力学台車などの運動物体を外から観察し、あの物体の運動は等速直線運動をしているとか、この物体の運動は等加速度直線運動をしているというストーリーで学ぶ。しかし、彼らが最も身近に感じる加速度現象は、上述したように加速度運動をしている乗り物の中にいる時である。その意味で物理ⅠAや物理ⅠBの加速度運動の学習場面にこの加速度計を用いて加速度計測を行う実験は、彼らの日常経験や考え方と一致するので有効であると考えられる。加速度計により、加速度が生じていることが確認できる時に、同時に電車内のつり革の傾きを観察しておくことは、物理Ⅱで扱われる慣性力の学習に有効である。フロッピーケース型加速度計の原理を、生徒が加速度計を実際に用いながら探究することや、電車内のつり革の傾きとの対応関係を探究することは、生徒の慣性力理解を支援することにつながる。教室の中でも、電車やバスの中の空間により近い、臨場感のあるような実験器による実験が望ましい(川村, 1996)。

7. おわりに

物理実験の実験器は可能な限り、どこにでもある身近な材料による開発が望ましい。というのは、生徒が何か実験器を作ってみたくと思ったときに、たいそうな道具や材料がなければ作製できないとなると、彼らの作ってみたくという願いがかなわなくなることがあるからである。身近な材料を利用してのリサイクルであれば、手がかるに作製することが可能である。また、生徒自身が開発作製した実験器により、物理実験を身近なものとし、体感の物理教育を学ぶことは、生徒の物理離れをくい止めることにつながる。

ものを1つ作ると、人間というものは不思議なもので、生徒達は新たなものを泉が湧くように次々と思いつく。筆者の授業では、プロトタイプの加速度計として今回紹介した3種類の加速度計を用いたが、生徒たちはこれらのプロトタイプをもとに、いろいろな加速度計を工夫して作っていた。創造性の開発は、物理学習の目的の1つであるが、我々物理教師は、「暗記の物理」学習に固執することを早くやめ、「創造性の物理」を1人でも多くの生徒に提供することが大切である。

参考文献

- 愛知・岐阜物理サークル編著『いきいき物理わくわく実験』新生出版社, 1988, pp.159-161
- C. Duzen, J. Nelson, & J. Nelson, "Classifying Motion", THE PHYSICS TEACHER, Vol.30, 1992, pp.414-418
- 川村康文「遠心力再考」『京都理化学協会誌』1986年版, pp.33-40
- 川村康文「ハンディ肩押し小僧と背中カキカキ」『京都理化学協会誌』1992年版, pp.56-59
- 川村康文「体感の物理教育」『理科の教育』Vol.43, 1994, 9月号, pp.32-34
- 川村康文「慣性力実験器の製作およびそれを用いての学習効果の測定」『日本理科教育学会研究紀要』Vol.36, No.3, 1996, pp.13-24

(1997年3月31日受付)